UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Tiaraju Vasconcellos Wagner

EVALUATION TESTS WITH SOLUTION, APPLIED IN DISCIPLINE INTRODUÇÃO À ENGENHARIA ELÉTRICA FROM 2004/2 UNTIL 2015/1

Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil
(2015)

ABSTRACT

This document is a collection of Evaluation Tests with solution, applied to the students at Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Electrical Engineering Department (DELET), Porto Alegre, Brazil.
The main subject is introduction to analog electrical circuits, taught in Introdução à Engenharia Elétrica, at the beginning of the engineering course.

This document is divided in 3 sets of Evaluation Tests:

Prova 1 deals with resistive electrical circuits, power supplies and capacitors.

Prova 2 deals with magnetic circuits, inductors and transformers.

Recuperação or Exame is the final exam and deals with the above two.

There is similar a document dealing with analog electronic circuits, taught in Eletrônica Fundamental 2B, also divided into 3 parts.

It is a small insight of what happens in our university, ranked the first in Brazil and one of the best 500 universities in the world.

Students must reply the questions writing step-by-step the solution. Together with the Tests, a template hand-made shows what is expected in the student's answers. Each Test is evaluated, torougfully commented and returned to each student a week later.

When possible, I put some real world situations in one or more questions and used standard component values so any student can build the circuit and see it doing some useful action. The combination of components values was carefully chosen so the calculation at each step and in the final answer give nice numbers with few digits. On many questions, an electrical simulation confirms the results.

This is a public domain document so fell free to use and modify at will. As a teacher at UFRGS, I am happy to spread this knowledge.

Tiaraju Vasconcellos Wagner.

Keywords: Evaluation Tests, Solutions, Introduction to Electrical Circuits, Ohm's Law and Kirchhoff's Laws, Power and Energy, Magnetism and equivalences, Electrical Circuit Simulation, Analog Circuits.

RESUMO

Este documento é uma coleção de Provas de Avaliação com o gabarito da solução, aplicadas aos alunos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Departamento de Engenharia Elétrica (DELET), Porto Alegre, Brasil.

O assunto principal é introdução aos circuitos elétricos analógicos, ministrado na disciplina Introdução à Engenharia Elétrica, no início do curso de engenharia.

Este documento está dividido em 3 conjuntos de Provas de Avaliação:

Parte 1 trata de circuitos elétricos resistivos, fontes e capacitores.

Parte 2 trata de circuitos magnéticos, indutores e transformadores.

Parte 3 é a Prova de recuperação e abrange todos os ítens acima.

Existe documento semelhante tratando de circuitos eletrônicos analógicos, ministrado na disciplina de Eletrônica Fundamental 2B, também dividido em 3 partes.

É uma pequena visão do que acontece em nossa universidade, classificada como a primeira no Brasil e uma das 500 melhores universidades do mundo.

Os estudantes devem responder às perguntas escrevendo passo-a-passo a solução. Juntamente com os testes, um gabarito feito à mão mostra o que é esperado nas respostas dos estudantes. Cada prova é avaliada, extensivamente comentada e devolvida para o aluno uma semana mais tarde.

Quando possível, eu coloquei algumas situações do mundo real em uma ou mais questões e utilizei componentes com valores padronizados de modo que qualquer estudante pode construir o circuito e vê-lo fazer alguma ação útil. A combinação de valores dos componentes foi cuidadosamente escolhida para que o cálculo de cada etapa e a resposta final resultem em números agradáveis, com poucos dígitos. Em muitas questões, a simulação do circuito confirma os resultados.

Este é um documento de domínio público, então sinta-se livre para usar e modificar à vontade. Como professor da UFRGS, estou feliz por divulgar estes conhecimentos.
Tiaraju Vasconcellos Wagner.

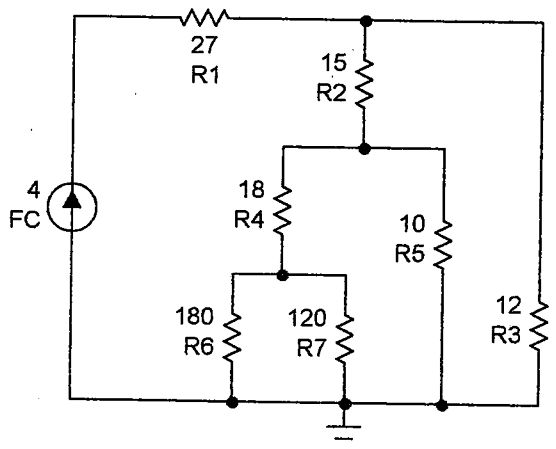
Palavras-chaves: Provas de Avaliação, Gabaritos da solução, Introdução aos Circuitos Elétricos, Lei de Ohm, Leis de Kirchhoff, Potência e Energia, Magnetismo e equivalências, Simulação de Circuitos Elétricos, Circuitos Analógicos.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2004/2

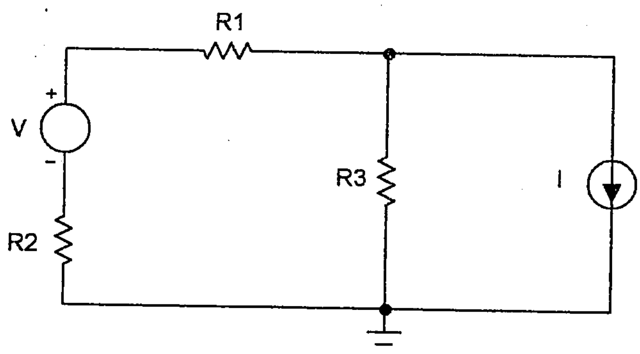
Prova 1 **8/11/2004**

Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3 pontos) Calcule a tensão nos terminais da fonte de corrente de 4 Ampères. Redesenhe o esquema a medida que for simplificando. Descreva e equacione cada etapa da solução.

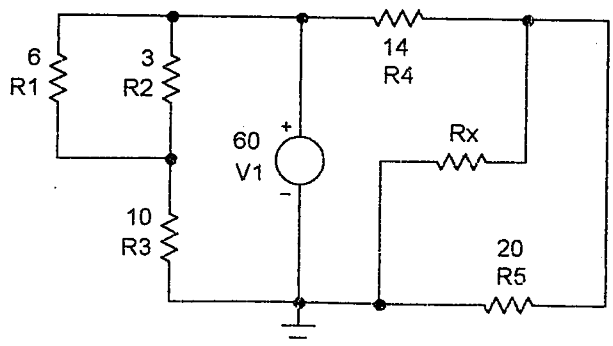


2. (3,5 pontos) Nomeie a tensão (indicando a polaridade) e a corrente (indicando o sentido) em cada elemento do circuito a seguir. Calcule estes valores, usando as leis de Kirchhoff, descrevendo cada etapa de cálculo.

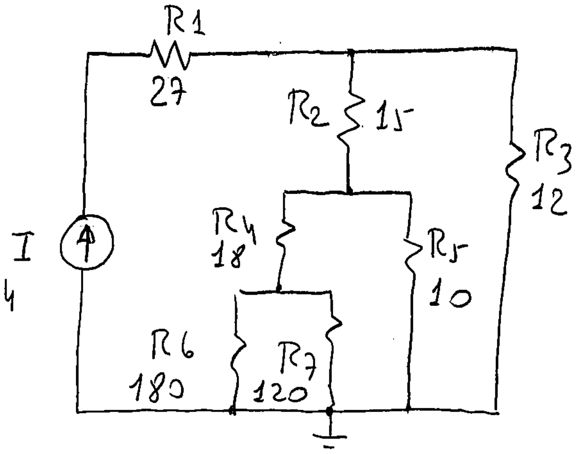


V = 10 Volts
I = 4 Ampères
R1 = 2 Ohms
R2 = 6 Ohms
R3 = 3 Ohms

3. (3,5 pontos) Qual o valor de R_X para que a fonte forneça 450 Watts ao circuito?
Qual a potência dissipada em R_X?
Documente com textos e cálculos cada passo da solução.



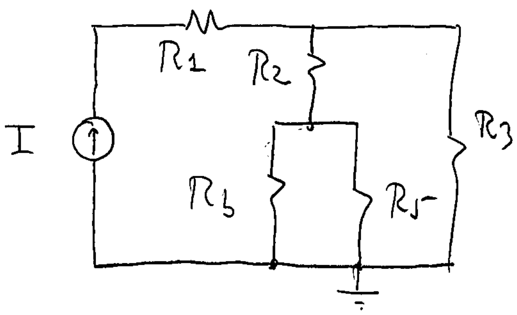
Calcule a tensão nos terminais da fonte de corrente de 4 Ampères. Redesenhe o esquema à medida que for simplificando. Descreva cada etapa da solução.



Simplificando:

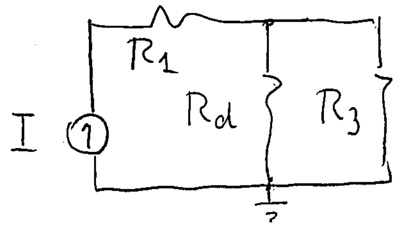
$$R_a = R_6 // R_7 = \frac{180 \cdot 120}{180+120} = 72\,\Omega$$

$$R_b = R_a + R_4 = 72 + 18 = 90\,\Omega$$



$$R_c = R_b // R_5 = \frac{90 \cdot 10}{90+10} = 9\,\Omega$$

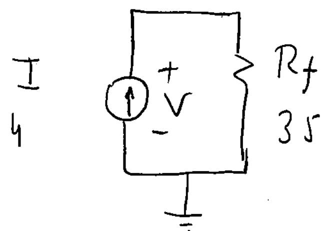
$$R_d = R_c + R_2 = 9 + 15 = 24\,\Omega$$



$$R_e = R_d // R_3 = \frac{24 \cdot 12}{24+12} = 8\,\Omega$$

$$R_f = R_1 + R_e = 27 + 8 = 35\,\Omega$$

O circuito ficou:

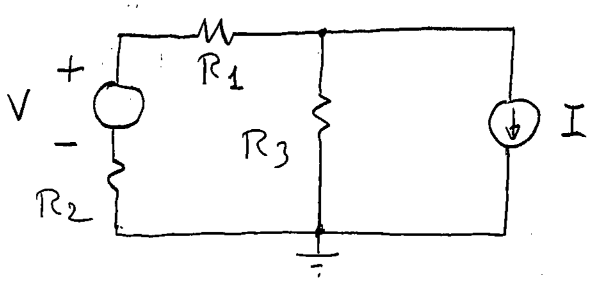


Então:

$$V = R_f \cdot I = 35 \cdot 4$$

$$V = 140 \text{ Volts} //$$

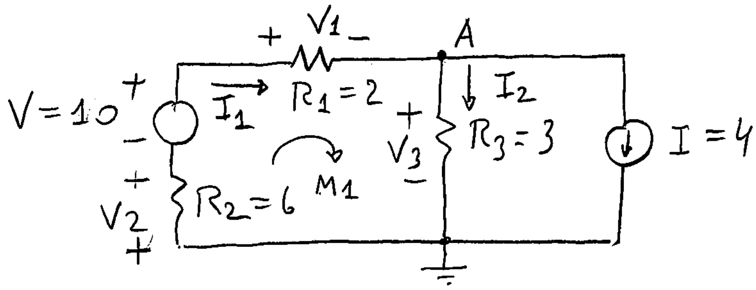
Nomeie a tensão (indicando a polaridade) e a corrente (indicando o sentido) em cada elemento do circuito a seguir.
Calcule estes valores, usando as leis de Kirchhoff, descrevendo cada etapa de cálculo.



$V = 10$ Volts
$I = 4$ Ampère

$R_1 = 2\,\Omega$
$R_2 = 6\,\Omega$
$R_3 = 3\,\Omega$

Nomeando tensões, correntes, malhas e nós:



KVL na malha M1:

$$V_2 - V + V_1 + V_3 = 0$$

KCL no nó A:

$$-I_1 + I_2 + I = 0$$

Pela lei de Ohm:

$$V_1 = R_1 \cdot I_1 = 2 \cdot I_1$$
$$V_2 = R_2 \cdot I_1 = 6 \cdot I_1$$
$$V_3 = R_3 \cdot I_2 = 3\, I_2$$

substituindo no KVL:

$$6 \cdot I_1 - 10 + 2 \cdot I_1 + 3 \cdot I_2 = 0$$

$$8 \cdot I_1 + 3\, I_2 - 10 = 0$$

Isolando I_1 do KCL e substituindo:

$I_1 = I_2 + 4$ então

$$8 \cdot (I_2 + 4) + 3 I_2 - 10 = 0$$
$$8 I_2 + 32 + 3 I_2 - 10 = 0$$

Então $I_2 = -2$ Ampère //

Do KCL:

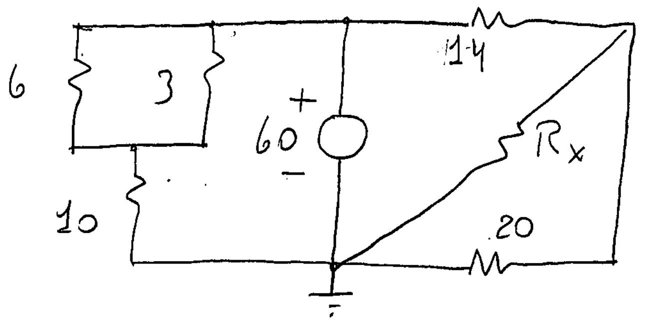
$$I_1 = -2 + 4$$

Então $I_1 = 2$ Ampère //

Pela lei de Ohm:

$V_1 = 2 \cdot 2 = 4$ Volts
$V_2 = 6 \cdot 2 = 12$ Volts
$V_3 = 3 \cdot (-2) = -6$ Volts

Calcule o valor de R_x para que a fonte forneça 450 W.
Qual a potência dissipada em R_x?



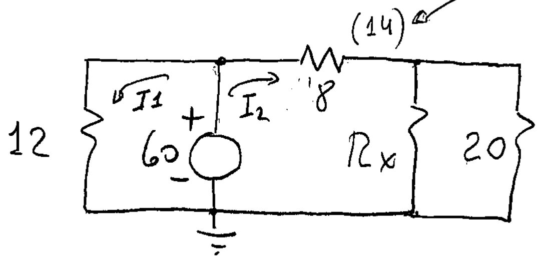
<u>Simplifique o circuito, calcule as correntes e faça o balanço de potência</u>

Simplificando o circuito:

$$6 // 3 = \frac{6 \cdot 3}{6+3} = 2\,\Omega$$

$$2 + 10 = 12\,\Omega$$

Na prova (14)



corrente fornecida pela fonte:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{P}{V} = \frac{450}{60} = 7{,}5\ A$$

como $I_1 = \frac{60}{12} = 5\ A$

Sobra $I_2 = 7{,}5 - 5 = 2{,}5\ A$

como $P_{fonte} = P_{resistores}$:

$$P_{fonte} = P_{12} + \overset{P_{14}}{P_8} + P_{20} + P_{Rx} \quad (1)$$

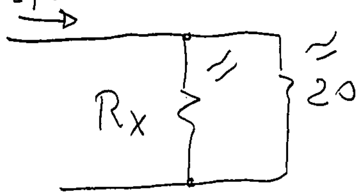
$$450 = 60 \cdot I_1 + I_2^2 \cdot \overset{R_{14}}{R_8} + P_{20} + P_{Rx}$$

$$450 = 60 \cdot 5 + 2{,}5^2 \cdot \overset{14}{8} + P_{20} + P_{Rx}$$

$$P_{20} + P_{Rx} = \overset{62{,}5}{100}\ \text{Watts}$$

O circuito fica:

$I_2 = 2{,}5$



Dissipa 100 W
62,5

$$P = I_2^2 (R_x // 20)$$

$$100 = 2{,}5^2 \frac{R_x \cdot 20}{R_x + 20}$$

portanto

$$R_x = \overset{20\,\Omega}{80\,\Omega}$$ //

Divisor de corrente:

$$I_{Rx} = I_2 \cdot \frac{R_{20}}{R_{20} + R_x}$$

$$I_{Rx} = 2{,}5 \frac{20}{20 + \underset{(20)}{80}} = \overset{1{,}25\ Amp}{0{,}5\ Amp.}$$

Então: $P_{Rx} = I_{Rx}^2 \cdot R_x$

$$P_{Rx} = 0{,}5^2 \cdot \overset{20}{80} = \overset{31{,}25\,W}{20\ \text{Watts}}$$

Balanço: Usando (1):

$$450 = 60 \cdot 5 + 2{,}5^2 \cdot \underset{(14)}{8} + \underbrace{(I_2 - I_{Rx})}_{2A}{}^2\, 20 + \underset{20W\ (31{,}25)}{P_{Rx}}$$

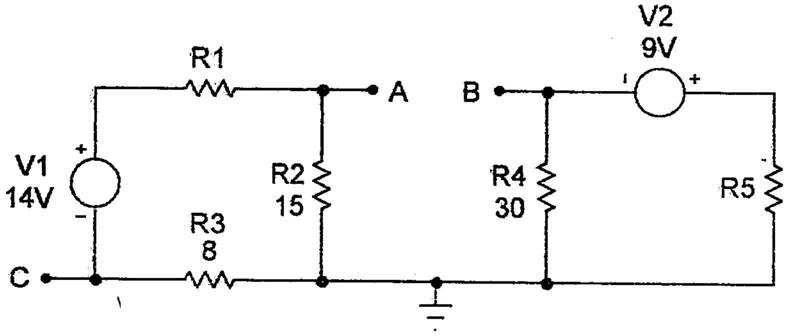
OK. //

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2005/1

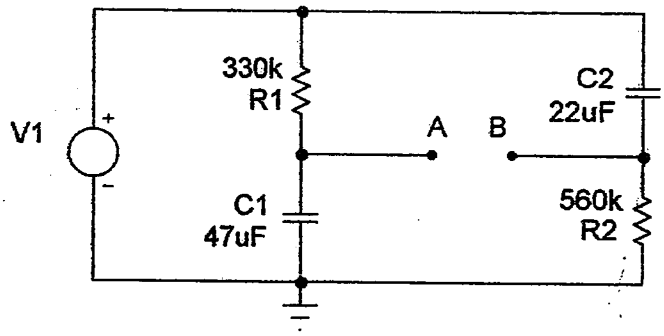
Prova 1 16/5/2005

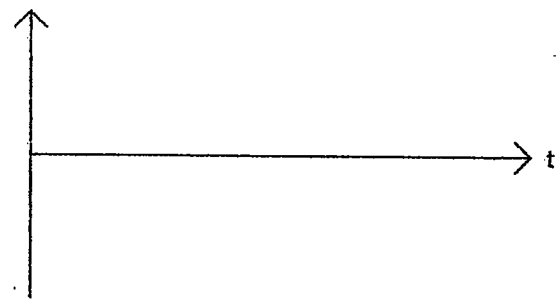
Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (4 pontos) No circuito a seguir constatou-se que $V_c = -3{,}2$ Volts (medido em relação a massa) e que por um curto-circuito entre o ponto B e a massa passa 0,9 Ampères.
Determine a tensão V_a quando os pontos A e B forem conectados, descrevendo cuidadosamente cada etapa do seu trabalho.

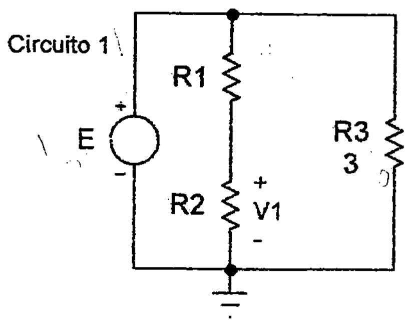


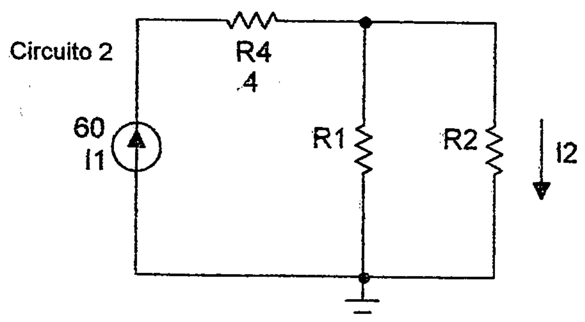
2. (4 pontos) No circuito a seguir, sabe-se que a tensão Va alcança 21 Volts, 20 segundos após ser ligada a alimentação. Determine o valor da tensão $V_a - V_b$ neste mesmo instante.
Os capacitores estão descarregados ao ligar a ~~chave~~. Descreva cada etapa da solução.
Arredondamento em 3 dígitos significativos. alimentação





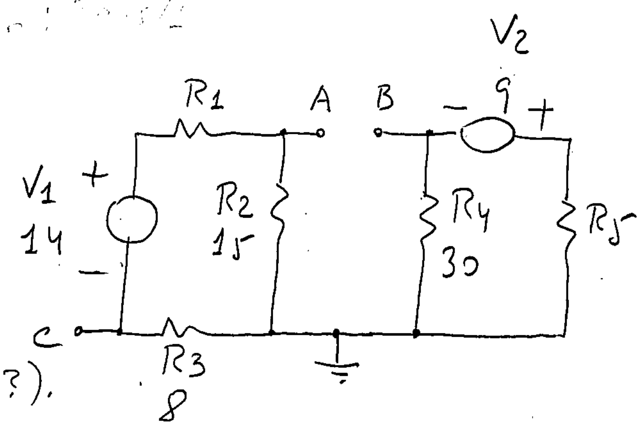
3. (2 pontos) No circuito 1 mediu-se $V_1 = E/3$. Calcule a corrente I_2 no circuito 2, descrevendo todas as etapas.



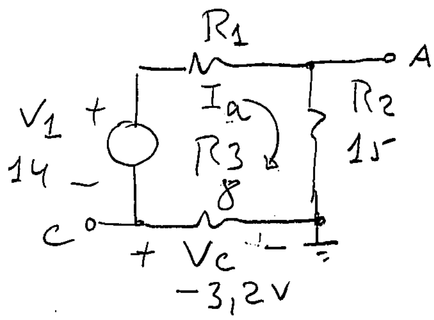


Determine a tensão V_a (em relação a massa) quando os pontos A e B forem conectados. Sabe-se que $V_c = -3{,}2\,V$ e que por um fio unindo B com a massa passa 0,9 A (sentido?).

Valores em Ohms e Volts.



Calculando os elementos desconhecidos:



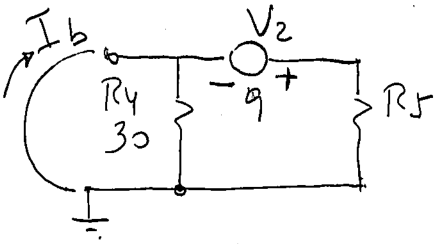
$$I_a = \frac{-V_c}{R_3} = \frac{-(-3{,}2)}{8} \rightarrow I_a = 0{,}4\,A$$

Aplicando KVL:

$$-14 + I_a R_1 + I_a R_2 - V_c = 0$$

$$-14 + 0{,}4 \cdot R_1 + 0{,}4 \cdot 15 - (-3{,}2) = 0$$

$$R_1 = 12\,\Omega \;//$$

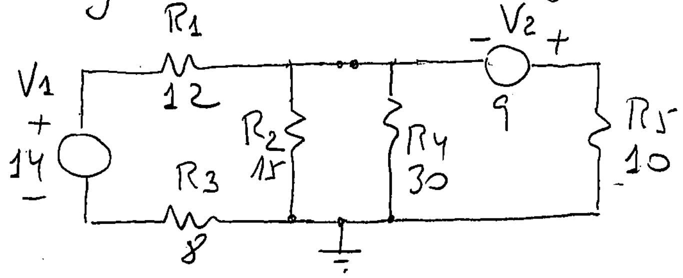


$$I_b = \frac{V_2}{R_5}$$

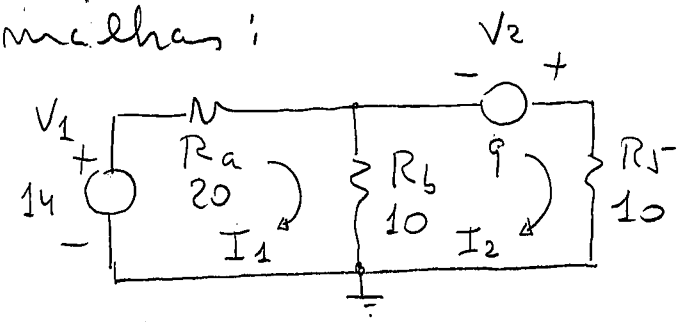
$$0{,}9 = \frac{9}{R_5}$$

$$R_5 = 10\,\Omega \;//$$

Ligando A com B fica:



Associando os resistores e aplicando o método das malhas:



$$\begin{cases} -V_1 + I_1 \cdot R_a + I_1 \cdot R_b - I_2 \cdot R_b = 0 \\ -V_2 + I_2 R_5 + I_2 \cdot R_5 - I_1 \cdot R_b = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -14 + I_1 (20+10) - I_2 \cdot 10 = 0 \\ -9 + I_2 (10+10) - I_1 \cdot 10 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 30 I_1 - 10 I_2 = 14 \\ -10 I_1 + 20 I_2 = 9 \quad (\times 3) \end{cases}$$

Somando

$$-30 I_1 + 60 I_2 = 27$$

$$50 I_2 = 41 \rightarrow I_2 = 0{,}82\,A \;//$$

$$30 I_1 - 10 \cdot 0{,}82 = 14 \rightarrow I_1 = 0{,}74\,A$$

Então:

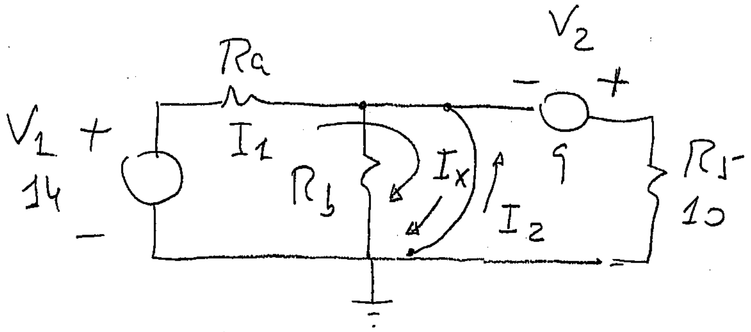
$$V_a = V_b = R_b (I_1 - I_2) = -0{,}8 \text{ Volts}$$

VIRE →

Qual o menos V_c ?

$$V_c = -I_1 \cdot R_3 = -0{,}74 \cdot 8 = -5{,}92 \text{ Volts}$$

Qual a corrente pelo fio unindo $V_a = V_b$ para a massa?

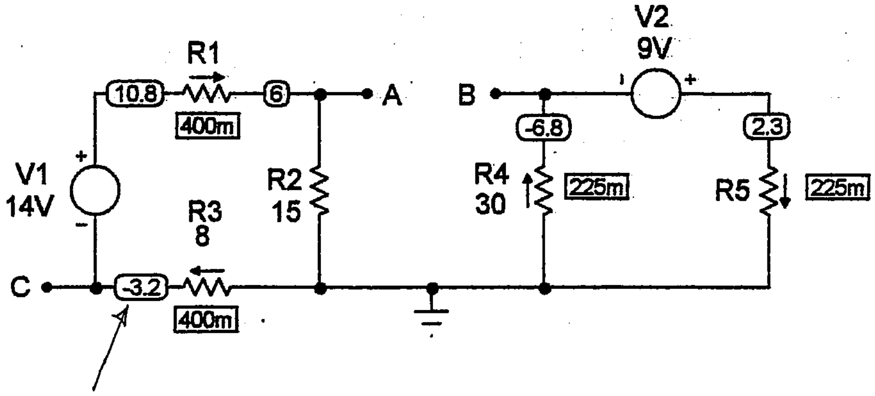


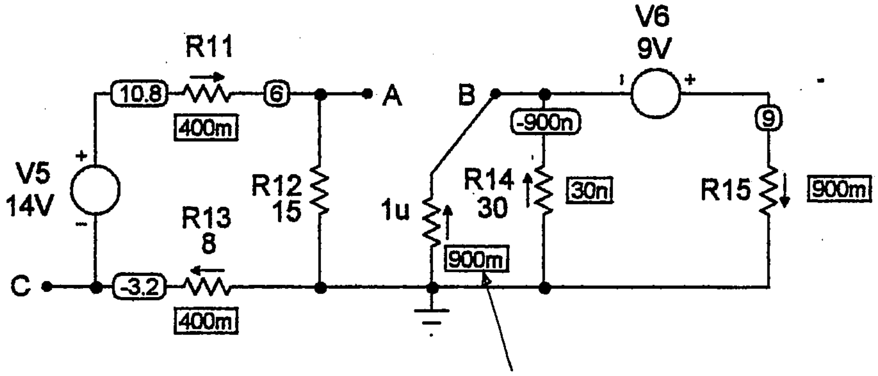
$$I_1 = \frac{V_1}{Ra} = \frac{14}{20} = 0{,}7 \text{ A}$$

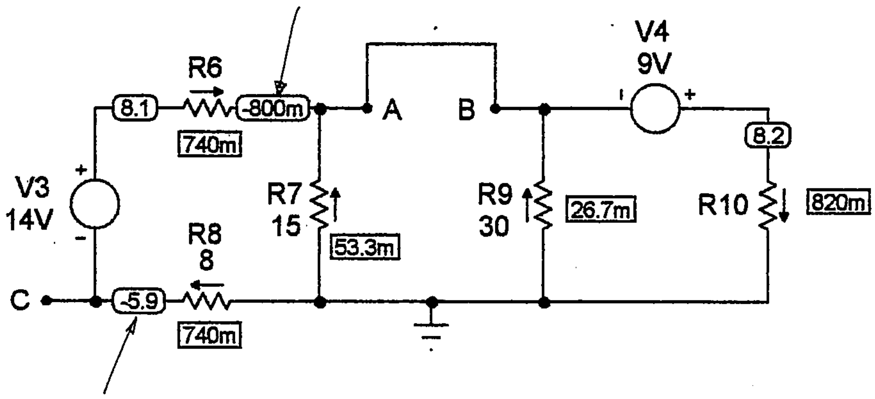
$$I_2 = \frac{V_2}{R_5} = \frac{9}{10} = 0{,}9 \text{ A}$$

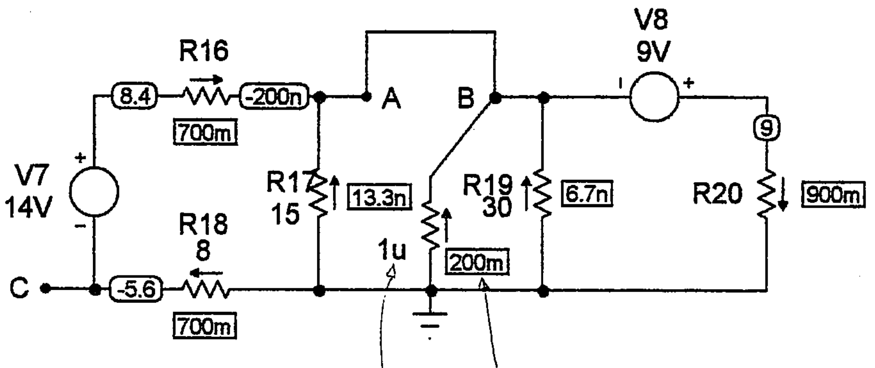
Então $I_x = I_1 - I_2 = 0{,}7 - 0{,}9$

$$I_x = -0{,}2 \text{ A}$$



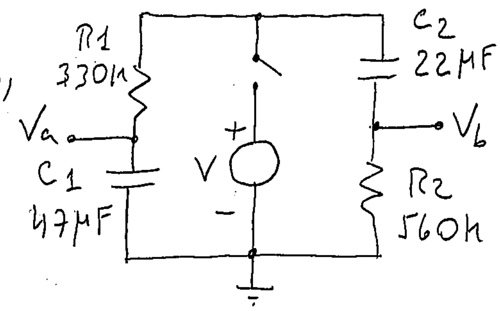






$10^{-6}\,\Omega$ = CURTO

No circuito ao lado, sabe-se que a tensão V_a alcança 21 Volts, 20 segundos após ligada a alimentação.
Qual o valor da tensão $V_a - V_b$ neste instante? Os capacitores estão descarregados ao ligar a chave.
Arredondamento em 3 dígitos significativos.



Objetivo: $V_a - V_b$.
Tensão de alimentação é desconhecida.

$$\tau_1 = R_1 \cdot C_1 = 330 \cdot 10^3 \cdot 47 \cdot 10^{-6}$$

$\tau_1 = 15,51$ segundos

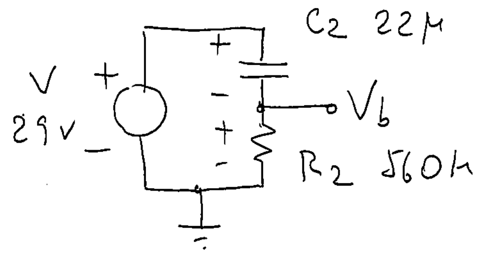
Carga do capacitor C_1:

$$V_a = V_{C1} = V\left(1 - e^{-t/\tau_1}\right)$$

$$21 = V\left(1 - e^{\frac{-20}{15,51}}\right)$$

$$V = 28,98 \rightarrow V = 29 \text{ Volts}$$

Cálculo de V_b:



$V_b = V_{R2}$

Aplicando KVL:

$$-V + V_{C2} + V_{R2} = 0$$

$$V_{R2} = V_b = V - V_{C2}$$

$$V_b = V - \left[V\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_2}}\right)\right]$$

$$\tau_2 = R_2 \cdot C_2 = 560 \cdot 10^3 \cdot 22 \cdot 10^{-6}$$

$\tau_2 = 12,32$ segundos

Então:

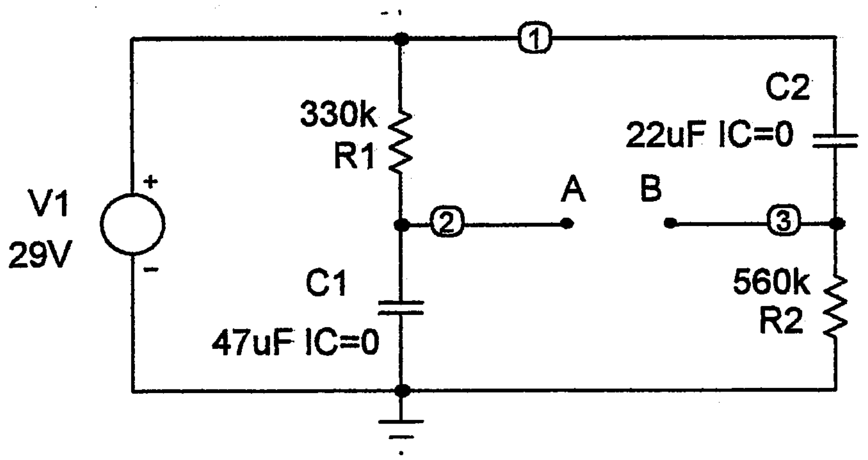
$$V_b = 29 - \left[29\left(1 - e^{\frac{-20}{12,32}}\right)\right]$$

$$V_b = 29 - 23,28$$

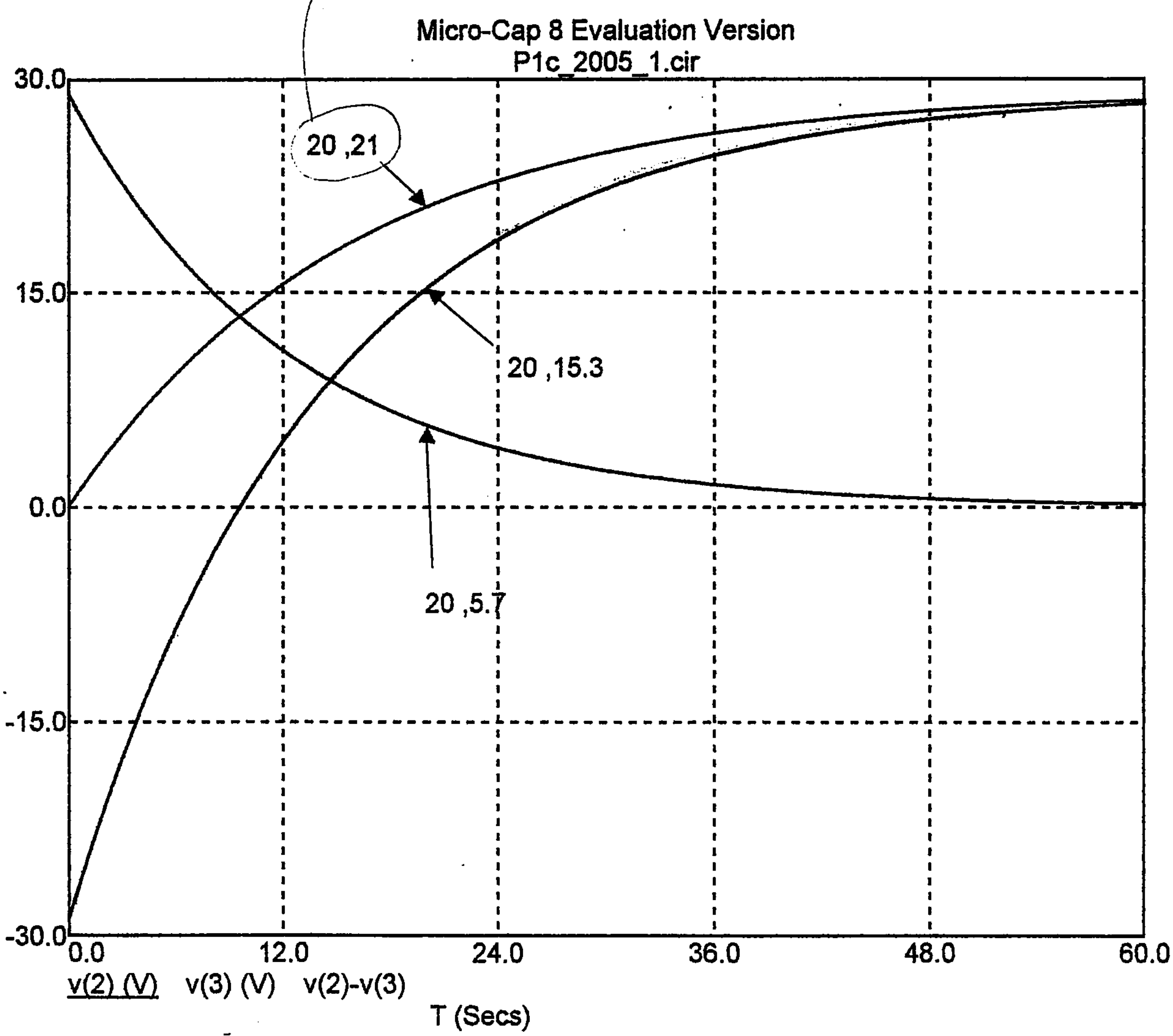
$$V_b = 5,72$$

Portanto:

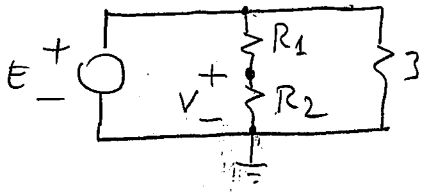
$$V_a - V_b = 21 - 5,72 = 15,28\,V$$

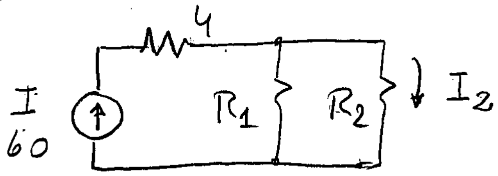


20 segundos, 21 Volts



No circuito 1, $V_1 = E/3$. Calcule I_2 no circuito 2.





No circuito 1:

Resistor de 3Ω em paralelo com fonte de tensão não muda a tensão E

Divisor de tensão:

$$V = E \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{E}{3}$$

Então $$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{3}$$

e $R_1 = 2 \cdot R_2$ //

No circuito 2:

Resistor de 4Ω e série com fonte de corrente não muda a corrente I.

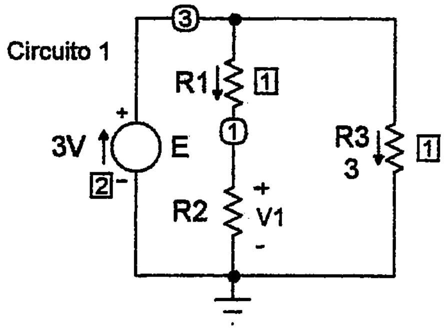
Divisor de corrente:

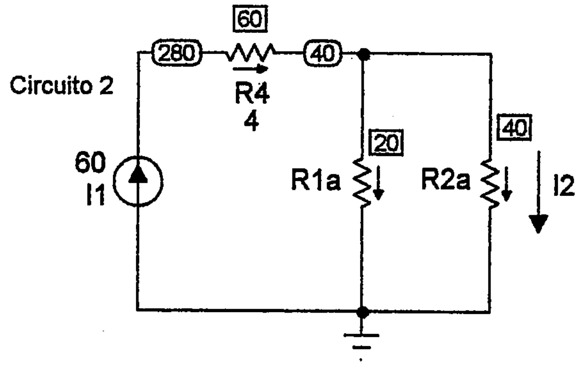
$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Substituindo:

$$I_2 = 60 \frac{2 \cdot R_2}{2 \cdot R_2 + R_2}$$

$I = 40$ Ampères //


Circuito 1
3
R1
1
1
3V
E
+
-
2
R3
3
1
R2
+
V1
-

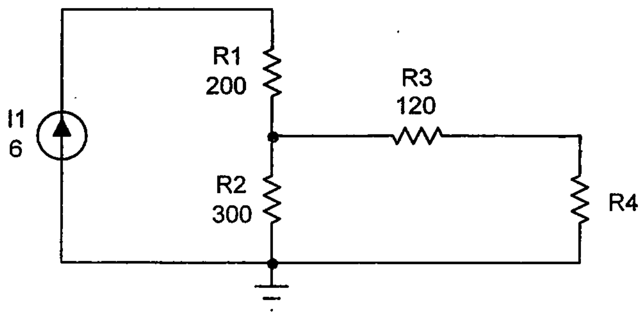

Circuito 2
60
280
40
R4
4
60
I1
20
R1a
40
R2a
I2

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2005/2

Prova 1 10/10/2005

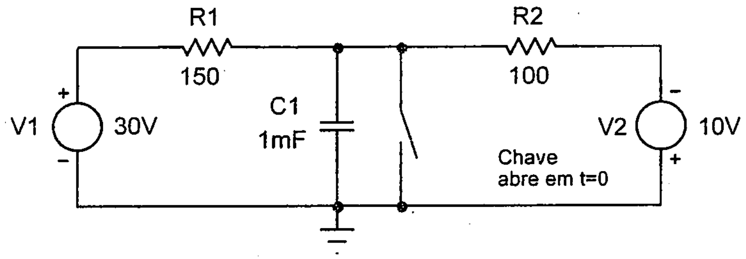
Nome: GABARITO **Turma:** ____

1. Calcule o valor de R_4 para que a corrente nele seja de 4 Ampères. Resolva a questão documentando com textos, esquemas e equações a cada passo, caso contrário a avaliação será bem menor.



3 pontos

2. Examine o circuito e descreva o seu funcionamento. A seguir, equacione detalhadamente com o objetivo de obter a resposta temporal da tensão e da corrente no capacitor. Esboce então os diagramas, colocando valores numéricos nos pontos de interesse. Documente cada etapa do seu trabalho, para obter boa avaliação.

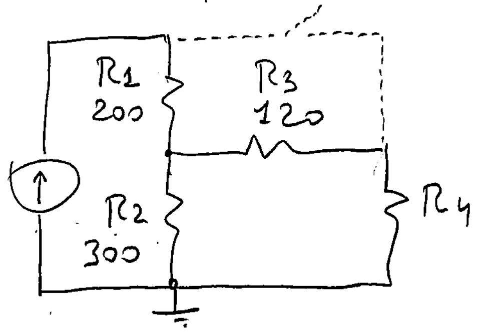


4 pontos

3. A resistência do filamento de uma lâmpada incandescente é modelada por $R=K+V^2/90$ (Ohms), onde V é a tensão aplicada e K é a constante a ser determinada. A lâmpada drena 50 Watts quando ligada na rede de 120 Volts. Determine a potência drenada quando ela for ligada na rede de 220 Volts. Descreva o seu trabalho. Arredonde em 3 dígitos significativos.

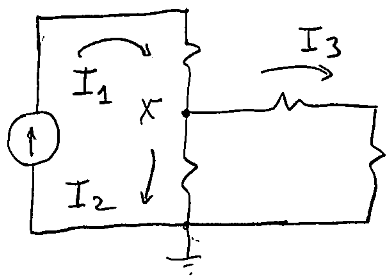
3 pontos

Calcule R_4 para que a corrente nele seja 4 A. Documente sua solução.



P1 2005-2

Aplicando o método dos nós:



No ponto X:

$$-I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$-6 + I_2 + 4 = 0$$

Logo, $I_2 = 2$ Amp //

Então: $V_X = I_2 \cdot R_2 = 2 \cdot 300 = 600V$

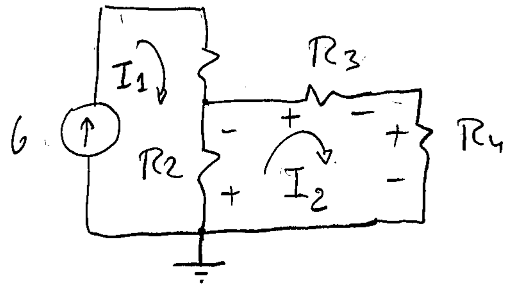
Logo, para que $I_3 = 4$:

$$V_X = I_3 (R_3 + R_4)$$

$$600 = 4 (120 + R_4)$$

Daí, $R_4 = 30 \Omega$ //

Outro modo: aplicando método das malhas:



$$V_{R2} + V_{R3} + V_{R4} = 0$$

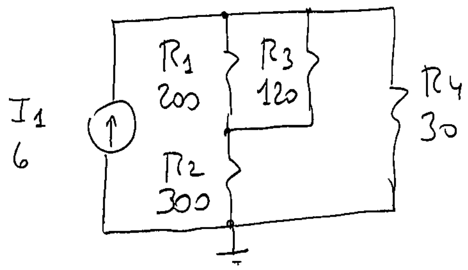
$$R_2 (I_2 - I_1) + R_3 \cdot I_2 + R_4 \cdot I_2 = 0$$

$$300(4-6) + 120 \cdot 4 + R_4 \cdot 4 = 0$$

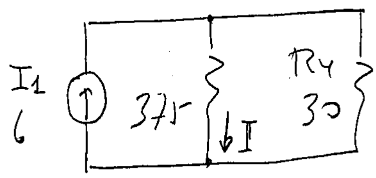
$$-600 + 480 + R_4 \cdot 4 = 0$$

Daí, $R_4 = 30 \Omega$ //

Fechando a chave:



$R_1 // R_3 = 75$

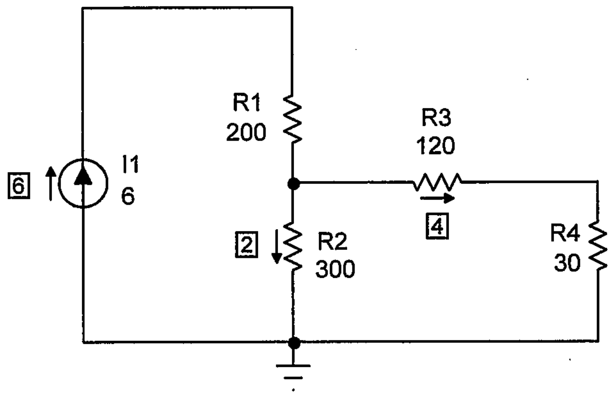


$R = 75 + 300 = 375$

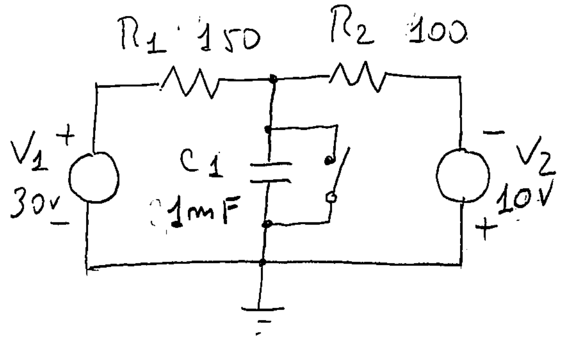
Divisor de corrente:

$$I = I_1 \frac{R}{R + R_4} = 6 \frac{375}{375 + 30}$$

$I = 5{,}556$ Amp. //


R1
200
R3
120
I1
6
6
2
R2
300
4
R4
30

Equacione o circuito com o objetivo de obter a resposta temporal de tensão e a corrente no capacitor. Documente cada passo da solução.
A chave abre em $t=0$.



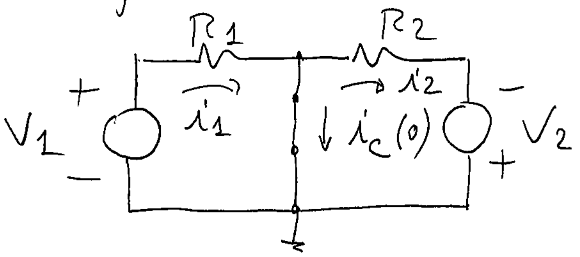
O capacitor se carrega pela ação combinada das fontes e resistores.
Equações conhecidas:

$$i_c(t) = I_m \cdot e^{-t/\tau}$$

$$v_c(t) = V_m\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$$\tau = R \cdot C$$

Em $t=0$, $v_c(0) = 0$ e $i_c(0)$ é a corrente que passa no capacitor como se fosse um curto-circuito:



Aplicando KCL:

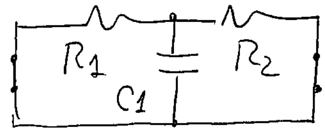
$$-i_1 + i_c + i_2 = 0 \quad (1)$$

$$-\frac{V_1}{R_1} + i_c + \frac{V_2}{R_2} = 0$$

$$i_c = \frac{30}{150} - \frac{10}{100}$$

$$i_c(0) = 0,1\ A \ //$$

Constante de tempo é calculada fazendo as fontes iguais a zero volt:



$$R = R_1 // R_2 = \frac{150 \cdot 100}{150 + 100} = 60\Omega$$

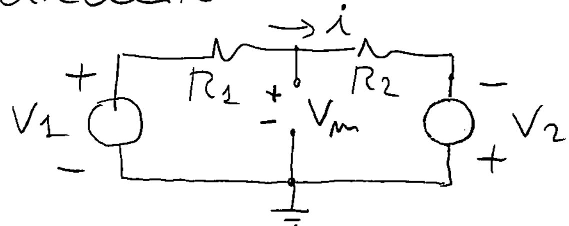
Então:

$$\tau = 60\Omega \cdot 1mF = 0,06\ s$$

Logo:

$$i_c(t) = 0,1 \cdot e^{\frac{-t}{0,06}}\ Amp \ //$$

Após $t = 5 \cdot \tau$ a corrente no capacitor é zero e ele se comporta como um circuito aberto:



KVL:

$$-V_1 + i \cdot R_1 + i \cdot R_2 - V_2 = 0$$

$$i = \frac{V_1 + V_2}{R_1 + R_2} = \frac{30+10}{150+100}$$

$$i = 0,16\ A$$

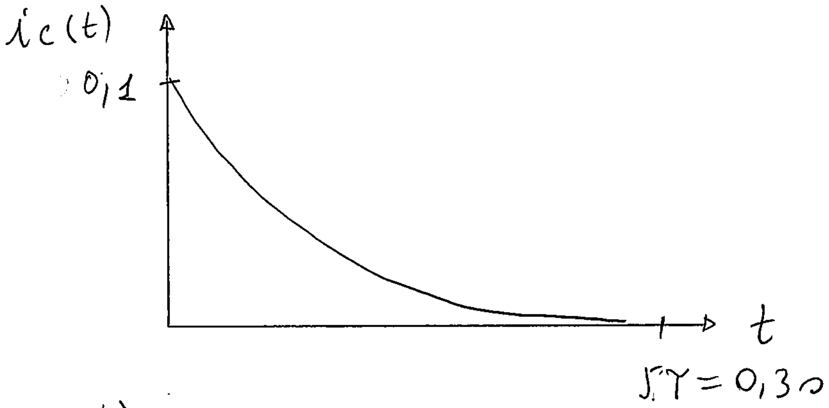
KVL:

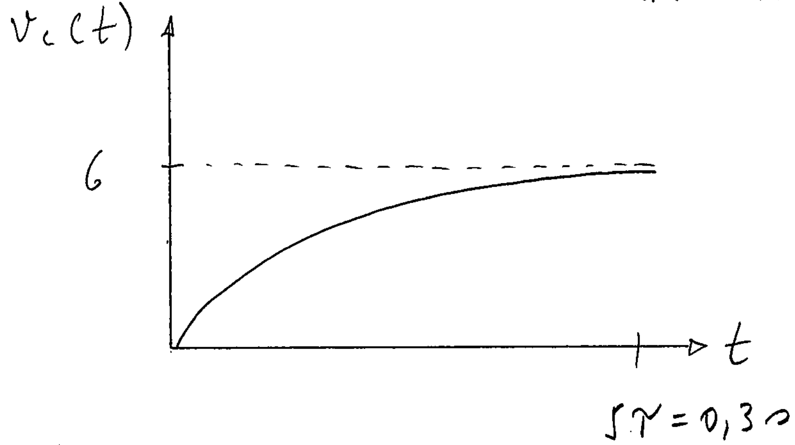
$$-V_1 + i \cdot R_1 + V_m = 0$$

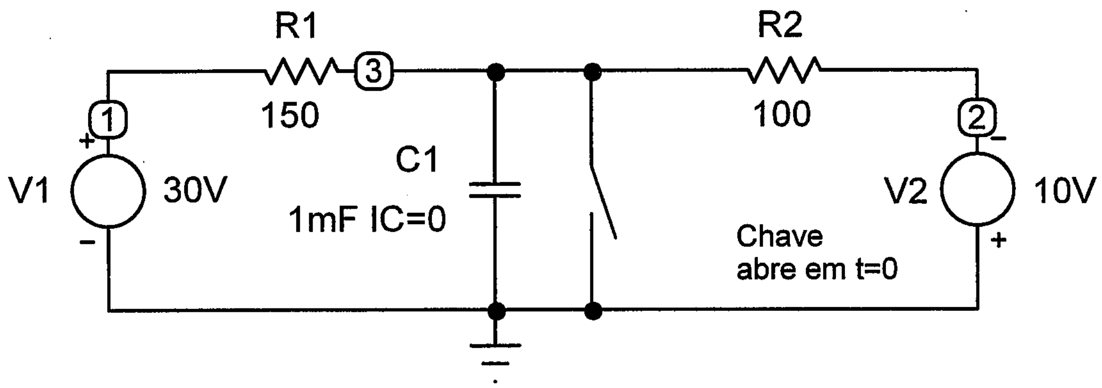
$$V_m = V_1 - i \cdot R_1 = 30 - 0,16 \cdot 150$$

$V_m = 6$ Volts Portanto:

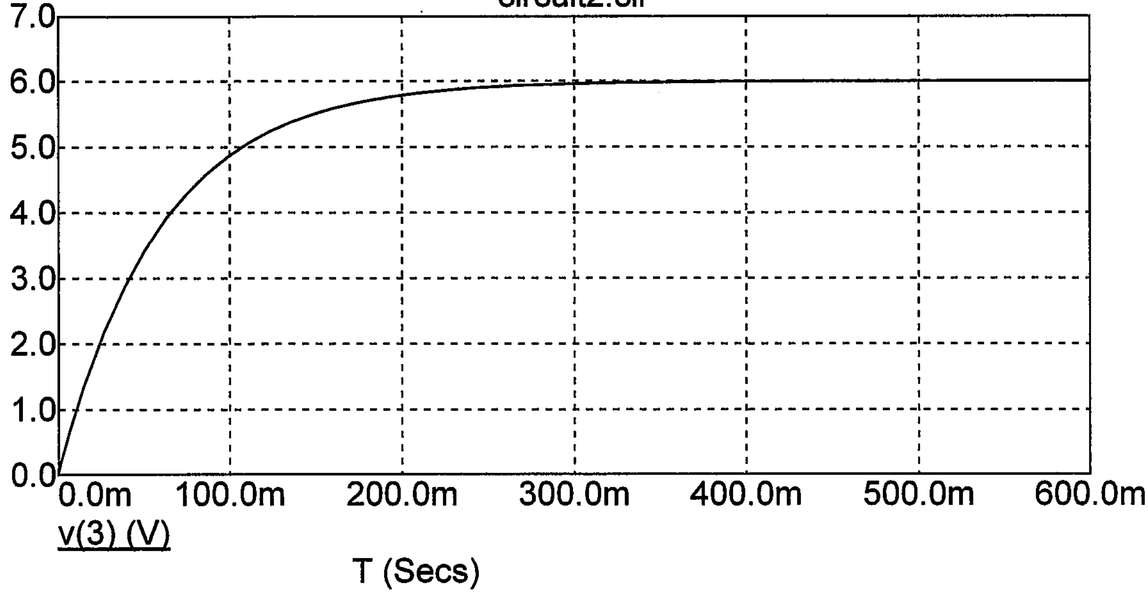
$$v_c(t) = 6\left(1 - e^{-\frac{t}{0,06}}\right) \text{ Volts} \quad //$$

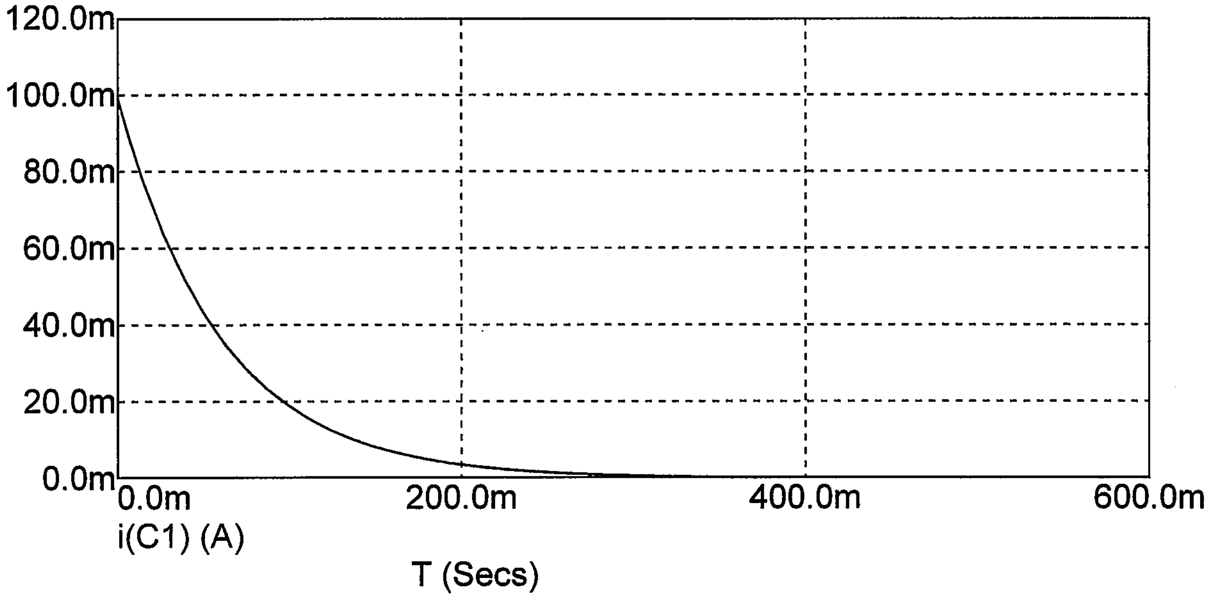




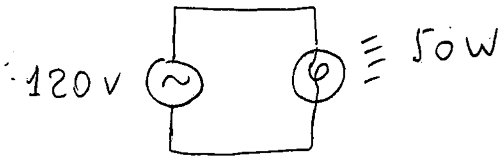


Micro-Cap 8 Evaluation Version
circuit2.cir





A resistência do filamento de uma lâmpada incandescente pode ser modelada por $R = K + \frac{V^2}{90}$ (Ω) onde V é a tensão aplicada e K precisa ser determinado. A lâmpada drena 50 Watts quando ligada na rede de 120 Volts.
Determine a potência da lâmpada ao ser ligada em 220 Volts. Arredondamento: 3 dígitos significativos.



Para a lâmpada dissipar 50 W, então:

$$P = \frac{V^2}{R} \rightarrow 50 = \frac{120^2}{R}$$

$$\text{Então } R_{120} = \frac{120^2}{50} = 288\,\Omega$$

Portanto:

$$R_{LAMP} = 288\,\Omega = K + \frac{120^2}{90}$$

$$\text{Então } K = 288 - \frac{120^2}{90} = 128$$

$$R_{LAMP} = 128 + \frac{V^2}{90} \quad (\Omega)$$

Em 220 Volts:

$$R_{220} = 128 + \frac{220^2}{90} = 666\,\Omega$$

Logo:

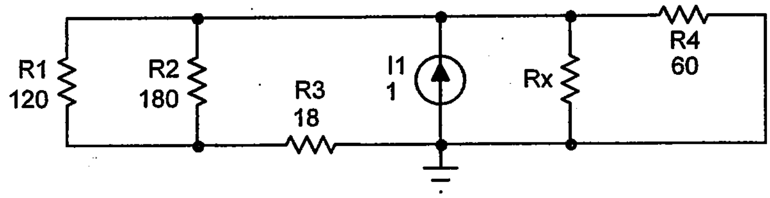
$$P_{220} = \frac{V^2}{R} = \frac{220^2}{666} \rightarrow P_{220} = 72{,}6\,W \;//$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2006/1

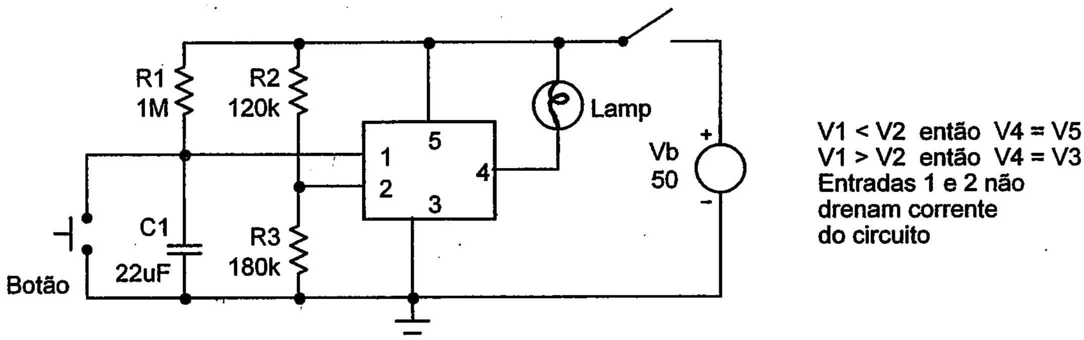
Prova 1 8/5/2006

Nome: GABARITO **Turma:** ____

1. (3 pontos) Calcule o valor de R_X para que a fonte de corrente forneça 30W ao circuito. Cada etapa deve ser acompanhada de textos explicativos e cálculos pois isso será avaliado.

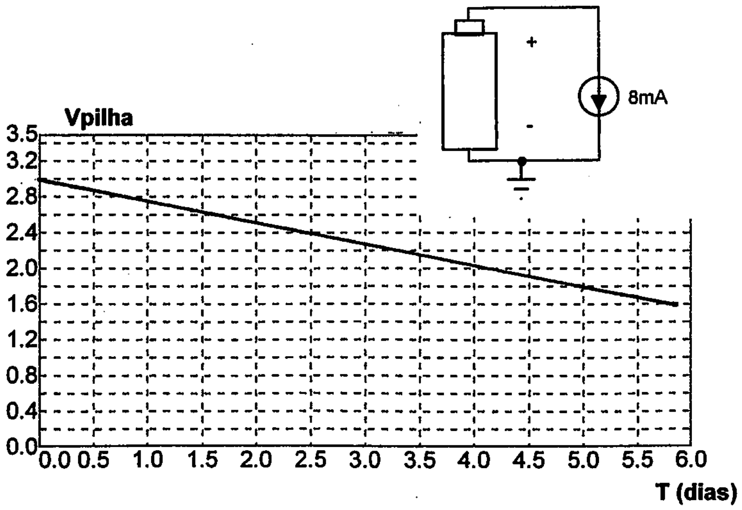


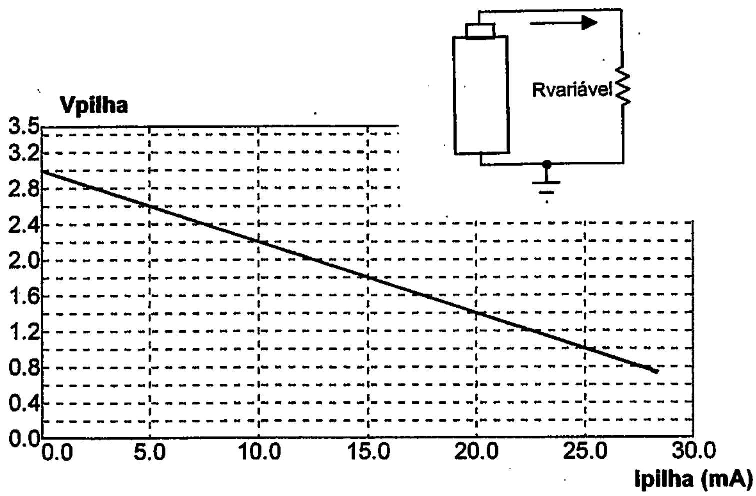
2. (4 pontos) No circuito a seguir, a) Descreva em detalhes o seu funcionamento qualitativo. Note a presença de um circuito integrado que segue as regras mostradas. b) Qual a função do botão de contato momentâneo? c) Calcule o intervalo de tempo entre soltar o botão e algum evento ocorrer, documentando amplamente com textos e equações.



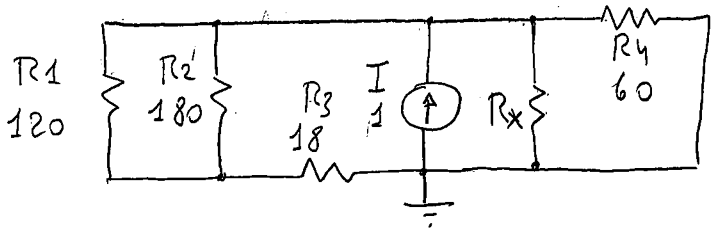
3. (3 pontos) Os testes em uma pilha de lítio apresentaram os gráficos a seguir. Note o circuito de teste usado para obter cada gráfico.
   a) Determine os valores de tensão e resistência do modelo elétrico da pilha.
   b) A pilha está esgotada quando sua tensão diminui para 1,8 Volts. Nestas condições, calcule a sua capacidade em mAh (miliAmpères·hora).
   c) Por quanto tempo funciona um relógio que consome 64μA e que aceita tensão mínima de 1,8V?

   Cada etapa deve ser amplamente descrita e equacionada.





Calcule o valor de R_x para que a fonte de corrente forneça 30 W para o circuito. Descreva cada passo do cálculo.

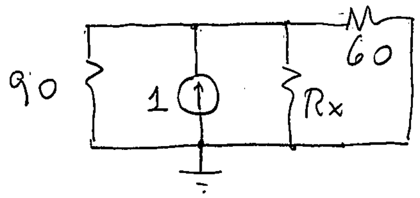


P1 2006/1

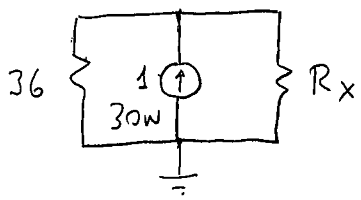
Simplificando:

$$R_1 // R_2 = \frac{120 \cdot 180}{120+180} = 72\,\Omega$$

$72\,\Omega$ série $18\,\Omega = 90\,\Omega$

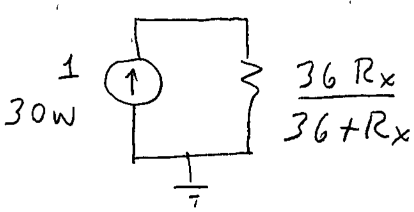


$$90//60 = \frac{90 \cdot 60}{90+60} = 36\,\Omega$$



Associando:

$$36 // R_x = \frac{36 \cdot R_x}{36+R_x}$$



Potência entregue pela fonte:

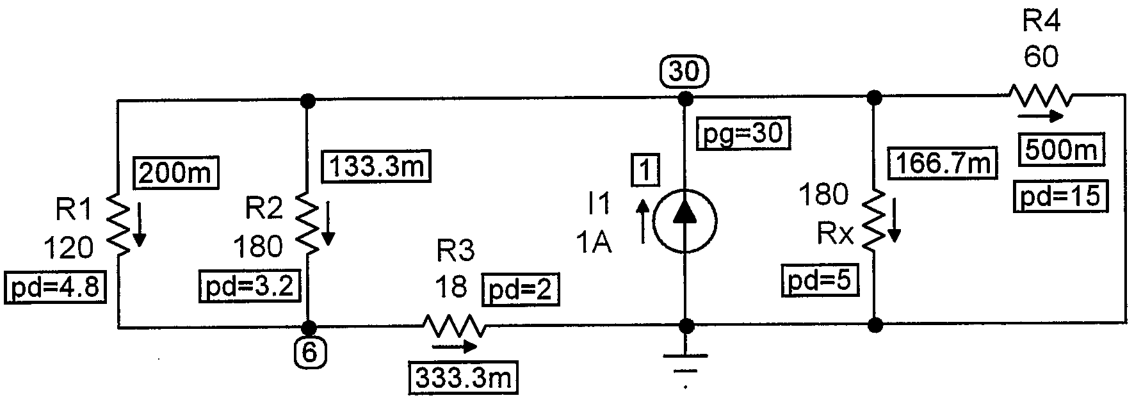
$$P = I^2 \cdot R$$

$$30 = 1^2 \cdot \frac{36\,R_x}{36+R_x}$$

$$30 \cdot 36 + 30 \cdot R_x = 36\,R_x$$

$$R_x = 180\,\Omega //$$

Calcule o valor de Rx para que a fonte forneça 30W ao circuito



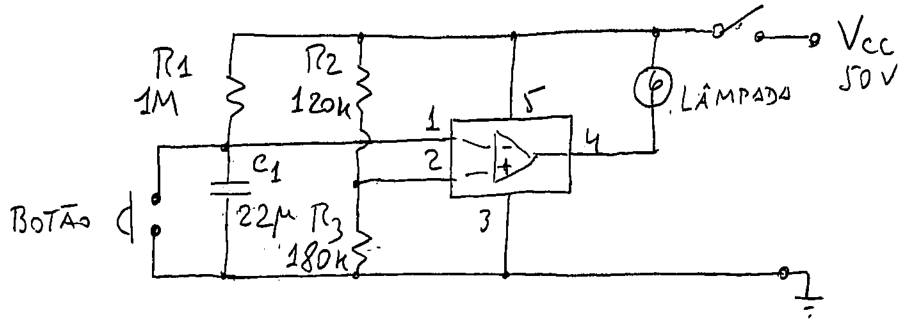
O circuito a seguir usa um integrado que segue as regras: $V_1 < V_2 \rightarrow V_4 = V_5$

$V_1 > V_2 \rightarrow V_4 = V_3$

Terminais 1 e 2 se comportam como circuito aberto.

a) Descreva o funcionamento do circuito e a sua utilidade, a partir do momento em que a alimentação é ligada (capacitor descarregado).

b) Qual a função do botão de contato momentâneo?



c) calcule o intervalo de tempo entre soltar o botão e algum evento ocorrer.

---

a) Capacitor descarregado, $V_1 < V_2 \rightarrow$ lâmpada off.
Capacitor se carrega até que $V_1 > V_2 \rightarrow$ lâmpada on.
É um contador de tempo.

b) Botão descarrega C_1, permitindo novo ciclo de operação.

c) Tensão e_2 de comparação:

$$e_2 = V_{cc}\frac{R_3}{R_2+R_3}$$

$$e_2 = 50\,\frac{180k}{120k+180k} = 30 \text{ Volts}$$

Tempo para C_1 se carregar até 30 Volts:

$$V_c(t) = V(\infty)\cdot\left(1-e^{-t/\tau}\right)$$

$$\tau = R_1 C_1 = 1\cdot 10^6 \cdot 22\cdot 10^{-6}$$

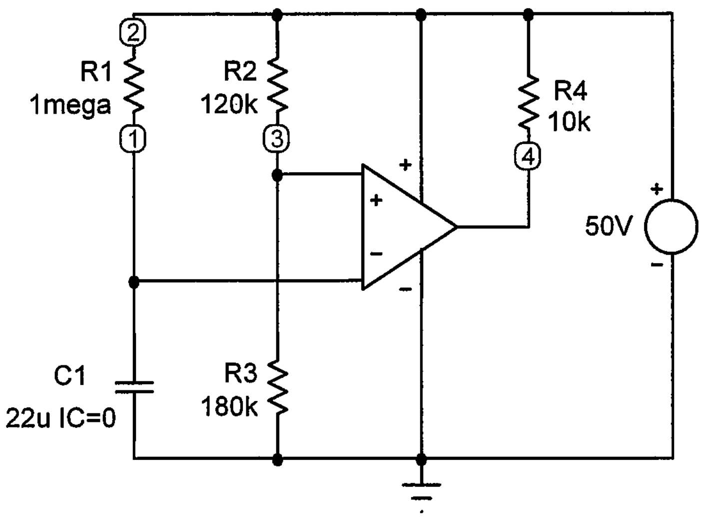
$$\tau = 22 \text{ segundos}$$

$$30 = 50\left(1 - e^{\frac{-t}{22}}\right)$$

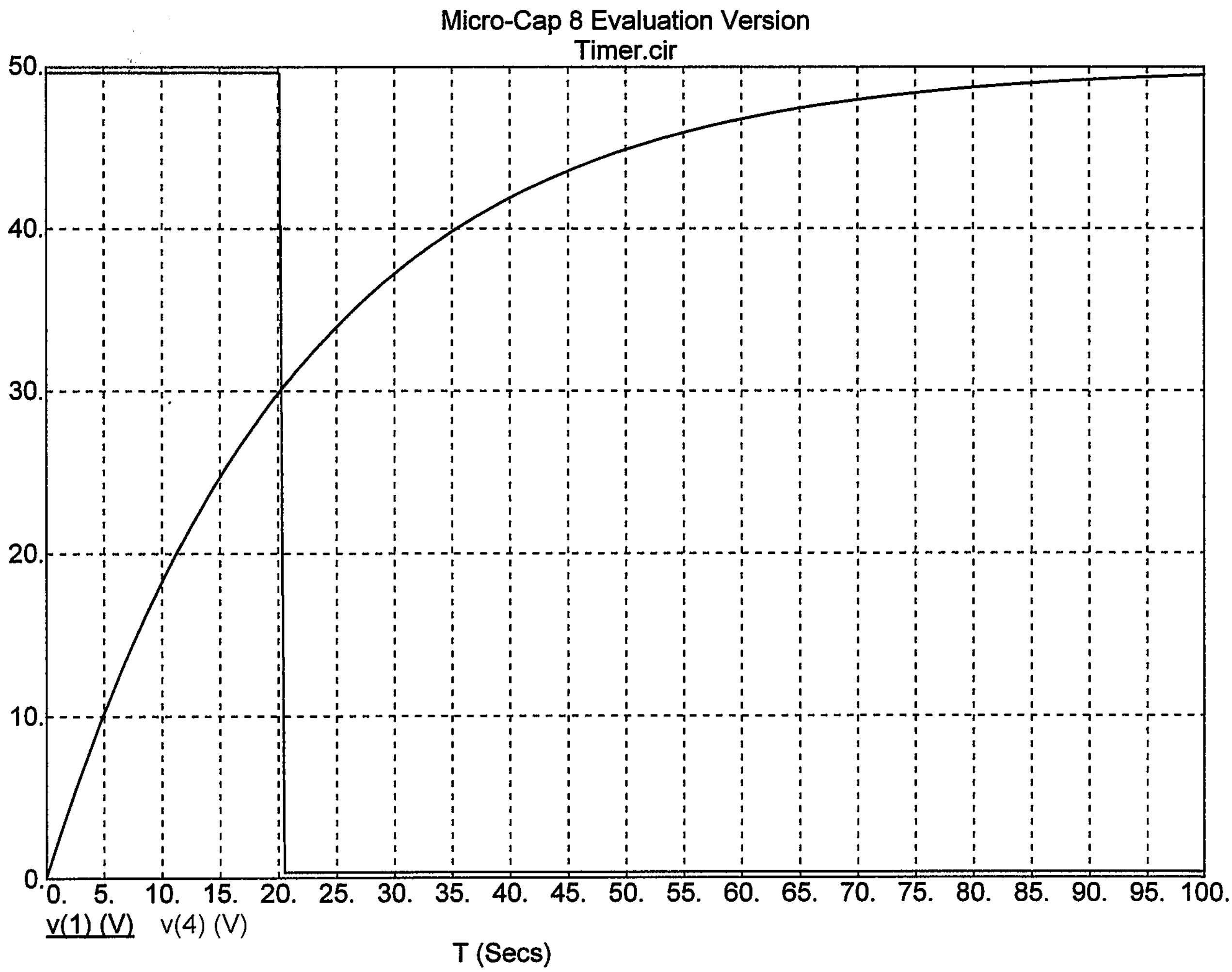
$$-0,4 = -e^{-t/22}$$

$$\ln 0,4 = \frac{-t}{22}$$

$$t = 20,2 \text{ segundos}$$



R1
1mega
R2
120k
R4
10k
50V
C1
22u IC=0
R3
180k



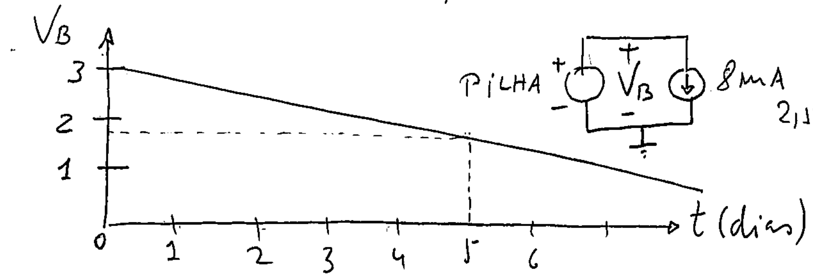
Micro-Cap 8 Evaluation Version
Timer.cir
50.
40.
30.
20.
10.
0.
0. 5. 10. 15. 20. 25. 30. 35. 40. 45. 50. 55. 60. 65. 70. 75. 80. 85. 90. 95. 100.
v(1) (V) v(4) (V)
T (Secs)

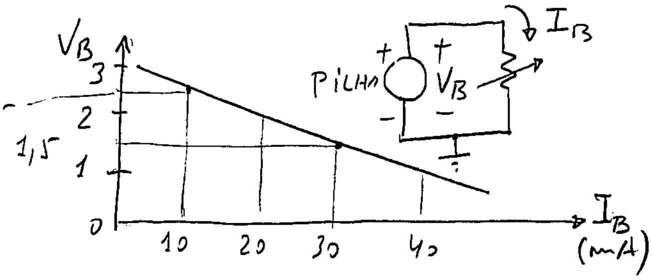
Um novo modelo de pilha de lítio foi testado, apresentando os resultados descritos nos gráficos a seguir.

a) Determine o seu modelo elétrico (fonte de tensão ideal + resistência interna) e calcule os valores.

b) A pilha está esgotada quando a sua tensão diminui para 1,8 Volts. Nestas condições, calcule a sua capacidade, em mA.h.

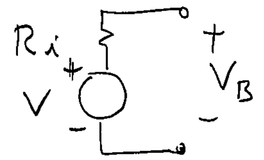
c) Por quanto tempo funciona um relógio que consome 64 μA e aceita tensão mínima de 1,8V?





---

a) Modelo:



$$R_i = \frac{\Delta V_B}{\Delta I_B} = \frac{2,6 - 1}{25mA - 5mA}$$

$R_i = 80\Omega$

Em circuito aberto:

$V = V_B = 3$ Volts //

b) Com a fonte de corrente drenando 8mA, a tensão da pilha cai para 1,8V após 5 dias. Então:

$$cap = 8mA \cdot 5 dias \cdot \frac{24 \text{ horas}}{\text{dia}}$$

$cap = 960$ mA·h //

c) Tempo de funcionamento:

$$t = \frac{\text{cap. de corrente}}{\text{dreno de corr.}} = \frac{960 \text{ mA·h}}{64 \mu A}$$

$t = 15.000$ horas

$$t = \frac{15.000 \text{ horas}}{24 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}} = 625 \text{ dias}$$

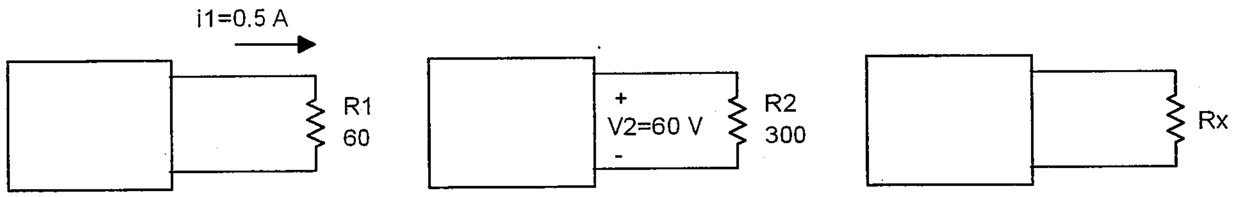
$$t = \frac{625 \text{ dias}}{30 \frac{\text{dias}}{\text{mês}}} \cong 20 \text{ meses}$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2006/2

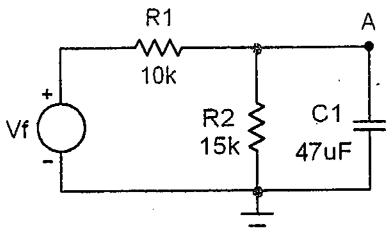
Prova 1 2/10/2006

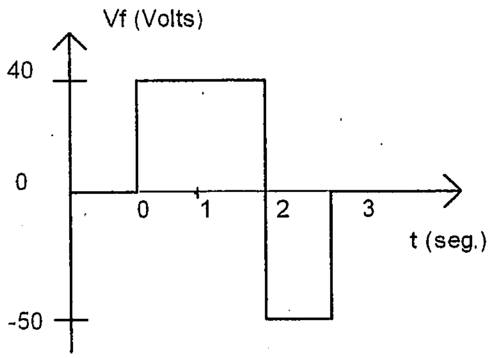
Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3 pontos) Qualquer circuito elétrico linear, sob o ponto de vista de dois terminais, pode ser modelado por uma fonte de tensão $\mathbf{V_i}$ com um resistor em série $\mathbf{R_i}$.
Uma caixa preta, com dois terminais, foi submetida aos ensaios descritos a seguir. Determine qual o valor de $\mathbf{R_x}$ que deve ser instalado para se obter 16 Volts entre seus terminais.
Cada etapa da solução deve ser acompanhada de textos explicativos, diagramas, esquemas e cálculos pois isso será avaliado. Esta obsevação é válida para todas as questões de todas as provas. Escreva de cima para baixo e não para os lados.

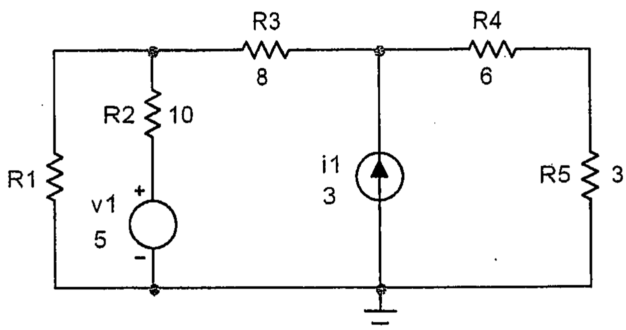


2. (4 pontos) Equacione a tensão $\mathbf{V_A}$ a cada segundo e desenhe o seu gráfico temporal, colocando os valores obtidos. A tensão da fonte é descrita por um gráfico temporal.
Documente amplamente cada etapa do seu trabalho.

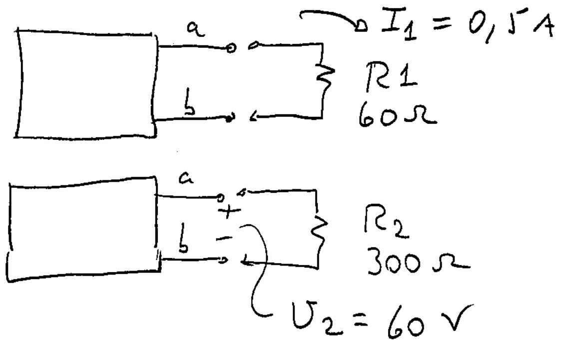




3. (3 pontos) Calcule o valor de $\mathbf{R_1}$ sabendo que a tensão em R5 vale 6 Volts em relação à massa do circuito. Analise e calcule da direita para a esquerda. Redesenhe o circuito a cada etapa, nomeie e calcule as tensões em cada nó e as correntes em cada ramo e descreva com textos e equações cada passo desta esta tarefa.

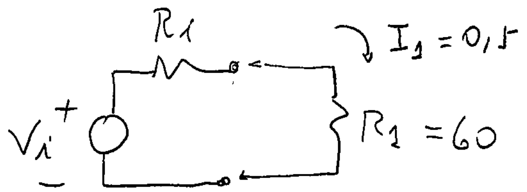


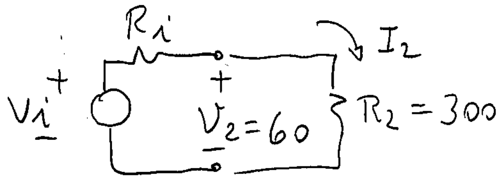
Qualquer circuito elétrico linear, sob o ponto de vista de 2 terminais, pode ser modelado como uma fonte de tensão com um resistor em série. Uma caixa preta com dois terminais foi submetida aos ensaios descritos a seguir. Determine qual o valor de R_x que deve ser colocado para se obter 16 Volts entre seus terminais. Descreva cada etapa da solução.



P1 2006-1

Usando o modelamento:





Equacionando: KVL

$$\begin{cases} -V_i + R_i \cdot I_1 + R_1 \cdot I_1 = 0 \\ -V_i + R_i \cdot I_2 + R_2 \cdot I_2 = 0 \end{cases}$$

Isolando V_i e igualando:

$$R_i \cdot 0,5 + 60 \cdot 0,5 =$$
$$= R_i \cdot I_2 + 300 \cdot I_2$$

Como $I_2 = \dfrac{V_2}{R_2} = \dfrac{60}{300} = 0,2A$

$$0,5 \cdot R_i + 30 = 0,2 \cdot R_i + 60$$

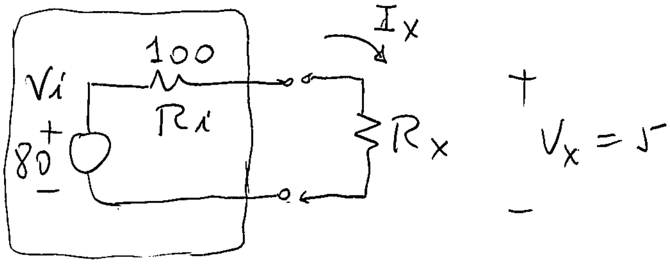
$$R_i = 100\,\Omega \quad //$$

Levando na primeira equação:

$$-V_i + 100 \cdot 0,5 + 60 \cdot 0,5 = 0$$

Então $V_i = 80$ Volts //

Colocando o resistor R_x:



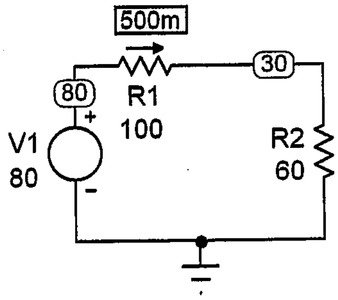
Equacionando por KVL:

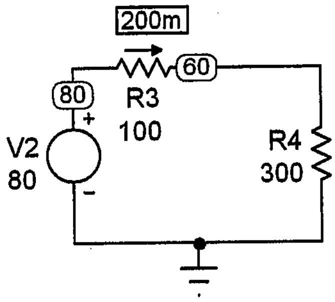
$$-V_i + R_i \cdot I_x + R_x \cdot I_x = 0$$

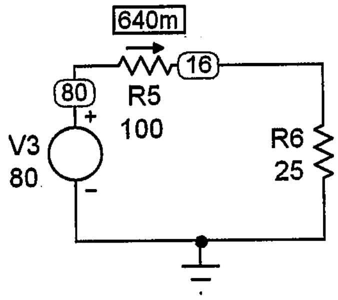
Como $I_x = \dfrac{V_x}{R_x}$ vem:

$$-80 + 100 \cdot \frac{16}{R_x} + R_x \frac{16}{R_x} = 0$$

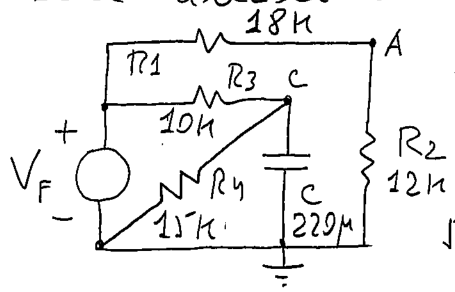
Então $R_x = 25\,\Omega$ //

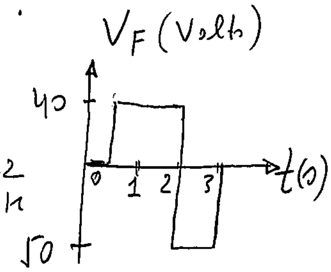

500m
80
30
R1
100
V1
80
R2
60


200m
80
60
R3
100
V2
80
R4
300


640m
80
16
R5
100
V3
80
R6
25

Equacione a tensão $V_{CA}(t)$ a cada segundo e desenhe o seu gráfico temporal, colocando os valores calculados. A tensão da fonte é descrita por um gráfico. Documente em detalhes cada etapa do seu trabalho pois isso será avaliado.





P1 2006-2

Equacionando por partes:

$t \leq 0$: circuito desligado

$V_A = V_C = 0 \rightarrow V_{AC} = 0$

$0 < t < 2$: $V_F = 40$ Volts

Divisor de tensão:

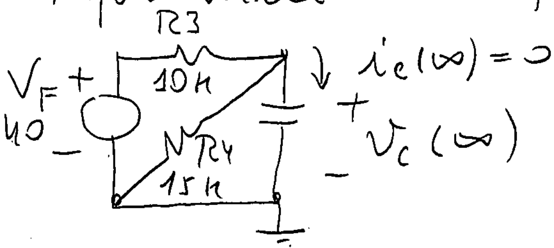
$$V_A = V_F \frac{R_2}{R_1+R_2} = 40 \frac{12}{18+12} = 16\,V \,//$$

Usando a equação geral de carga do capacitor:

$$V_C(t) = V_C(0) + [V_C(\infty) - V_C(0)](1 - e^{-t/\tau})$$

No caso, $V_C(0) = 0$

Após muito tempo:



Divisor de tensão:

$$V_C(\infty) = V_F \frac{R_4}{R_3+R_4} = 40 \frac{15}{10+15}$$

$V_C(\infty) = 24$ Volts

Resistência equivalente que carrega C: matando a fonte:

$$R = R_3 // R_4 = \frac{10 \cdot 15}{10+15} = 6\,k\Omega \,//$$

Constante de tempo:

$$\tau = R \cdot C = 6k \cdot 220\mu = 1{,}32 \text{ seg.} \,//$$

$$V_C(t) = 0 + (24 - 0)(1 - e^{-t/1{,}32})$$

$$V_C(t) = 24(1 - e^{-\frac{t}{1{,}32}})$$

$V_C(t=2) = 18{,}73$ V //

$V_C(t=3) = 21{,}52$ V //

$2 < t < 3$: $V_F = -50$ V

$$V_A = -50 \frac{12}{18+12} = -20 \text{ Volts} \,//$$

$$V_C(\infty) = -50 \frac{15}{10+15} = -30 \text{ Volt}$$

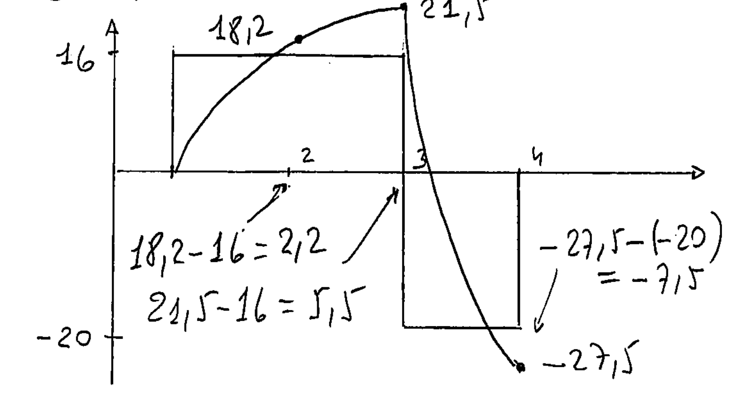
$V_C(0) = 21{,}5$.

Substituindo na equação:

$$V_C(t) = 21{,}5 + (-30 - 21{,}5)(1 - e^{-\frac{t}{1{,}32}})$$

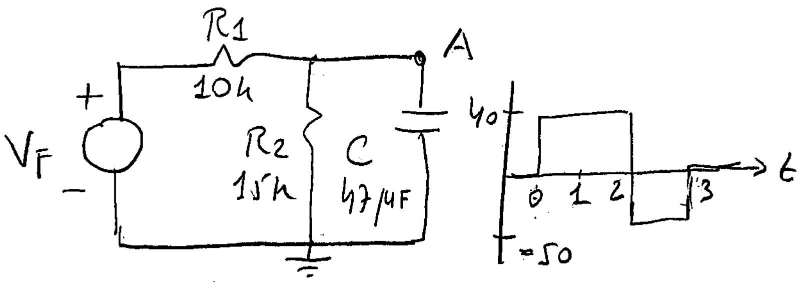
$$V_C(t) = -30 + 51{,}52\, e^{-t/1{,}32}$$

$V_C(4) = -27{,}5$ Volts //



Versão da prova

P1 2006-2



$V_c(\infty) = 24V$

$R = 6k\Omega$

$\tau = R \cdot C = 6 \cdot 10^3 \cdot 47 \cdot 10^{-6} = 0{,}282\,s$

$v_c(t) = 0 + (24 - 0)\left(1 - e^{-\frac{t}{0{,}282}}\right)$

$v_c(t) = 24\left(1 - e^{-t/0{,}282}\right)$

$v_c(t=2) = 23{,}98$ Volts //

Para $3 < t < 4$:

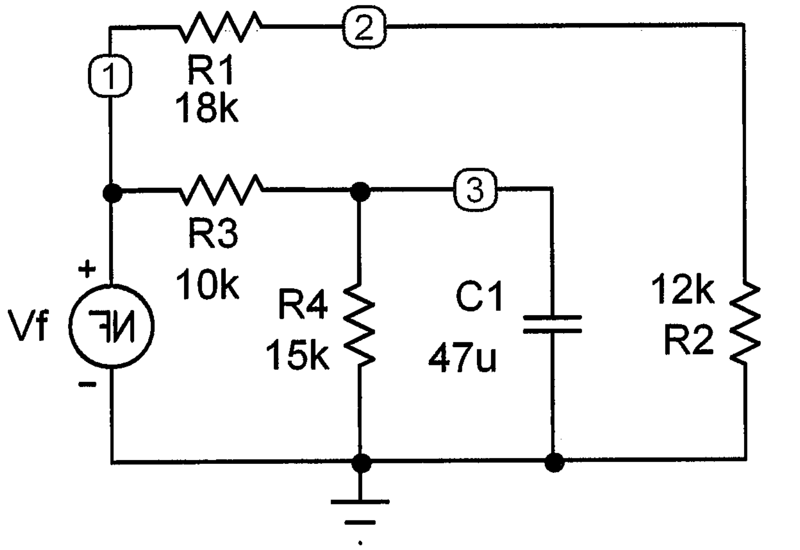
$v_c(\infty) = -50 \frac{15}{10+15} = -30$

$v_c(0) = 23{,}98$

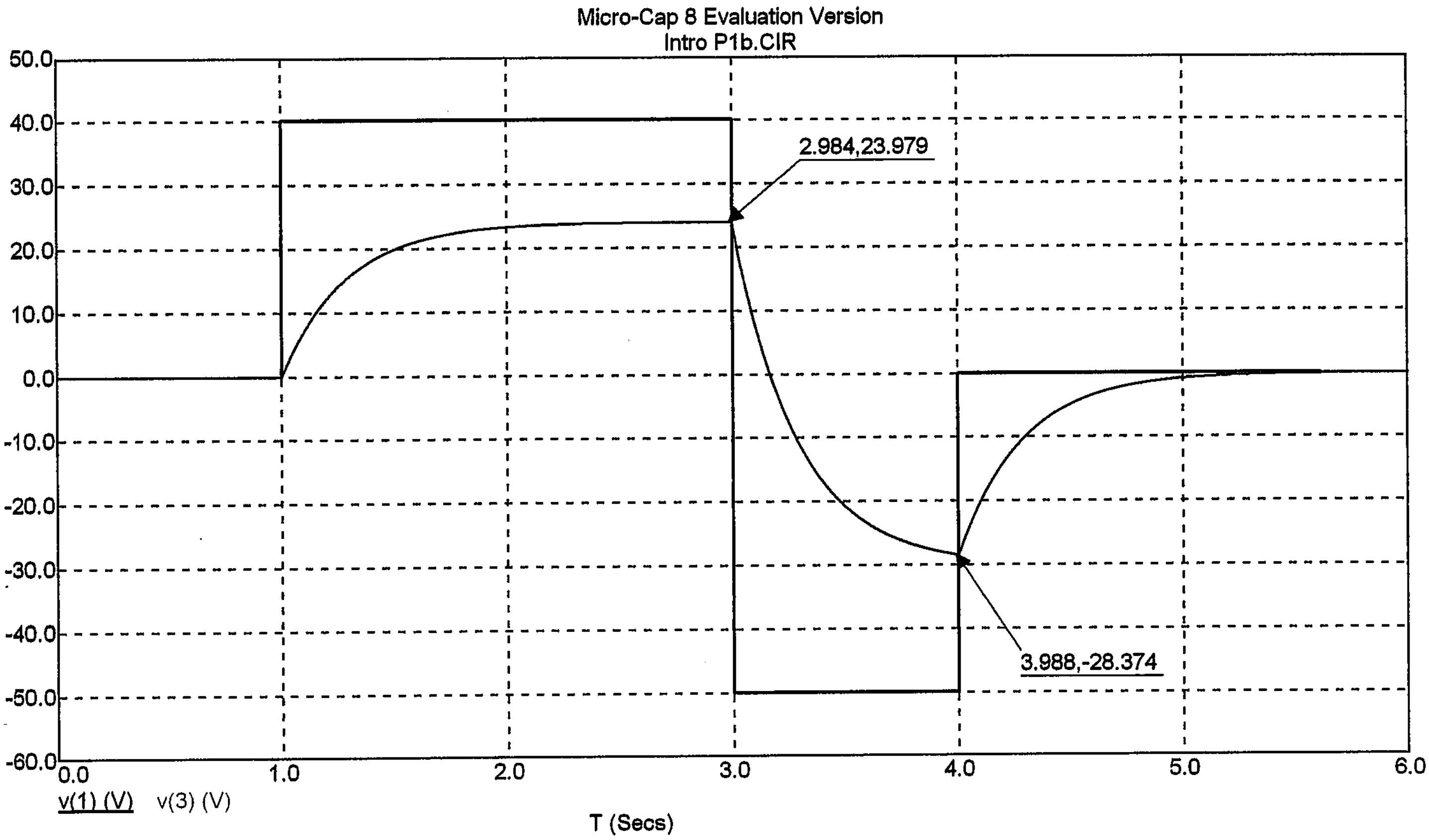
$v_c(t=3) = 23{,}98 + \underbrace{(-30 - 23{,}98)}_{53{,}98}\left(1 - e^{-\frac{t}{0{,}282}}\right)$

$v_c(t=3) = -30 + 53{,}98 \cdot e^{-\frac{t}{0{,}282}}$

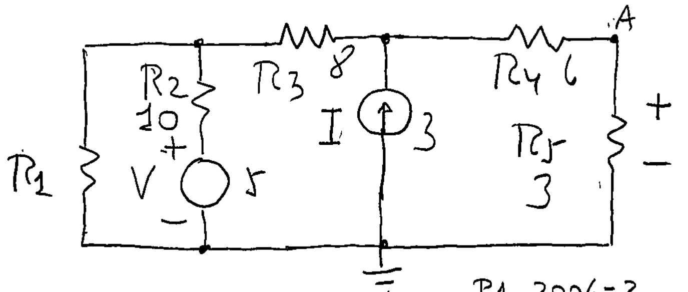
$v_c(t=3) = -29{,}99$ Volts



40*(T>=1)-90*(T>=3)+50*(T>=4)

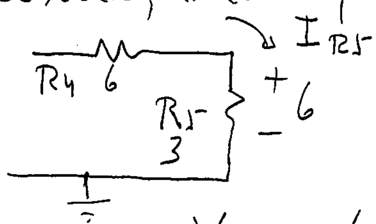


Calcule o valor de R1 sabendo que a tensão no nó A vale 6 Volts. Analise e calcule da direita para a esquerda. Redesenhe o circuito a cada etapa, nomeie e calcule as tensões e correntes em cada ponto e descreva com textos e equações o seu trabalho.



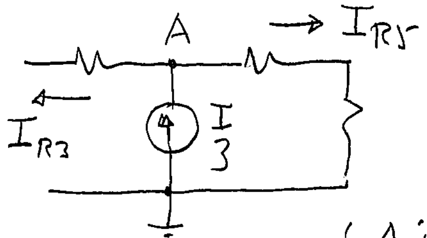
P1 2006-2

Começando pela esquerda:



$$I_{R5} = \frac{V_{R5}}{R_5} = \frac{6}{3} = 2A$$

$$I_{R6} = I_{R5} = 2A$$



Tensão no nó A:

$$V_A = I_{R5}(R_4 + R_5)$$

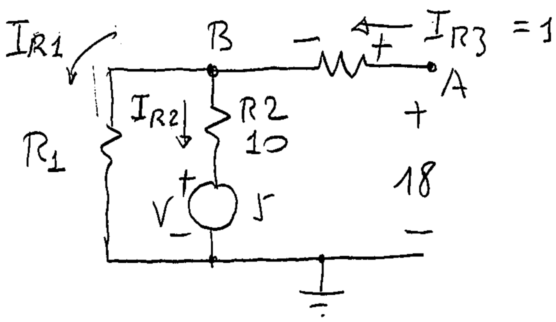
$$V_A = 2(6+3) = 18\ V$$

KCL em A:

$$+I_{R3} - I + I_{R5} = 0$$

$$I_{R3} - 3 + 2 = 0$$

$$I_{R3} = 1\ A \ //$$



Tensão no nó B:

$$-V_B - V_{R3} + V_A = 0$$

$$-V_B - I_{R3} \cdot R_3 + 18 = 0$$

$$V_B = 18 - 1 \cdot 8 = 10 \text{ Volts}$$

Então:

$$I_{R2} = \frac{V_B - V}{R2} = \frac{10-5}{10} = 0,5\ A$$

KCL em B:

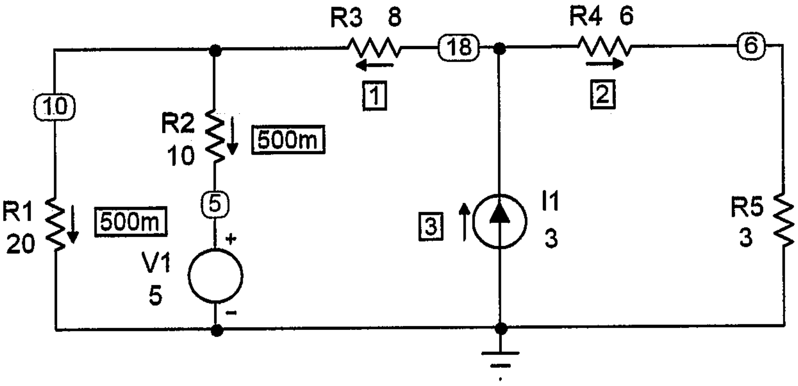
$$+I_{R1} + I_{R2} - I_{R3} = 0$$

$$I_{R1} + 0,5 - 1 = 0$$

$$I_{R1} = 0,5\ A$$

Logo:

$$R_1 = \frac{V_B}{I_{R1}} = \frac{10}{0,5} = 20\Omega \ //$$

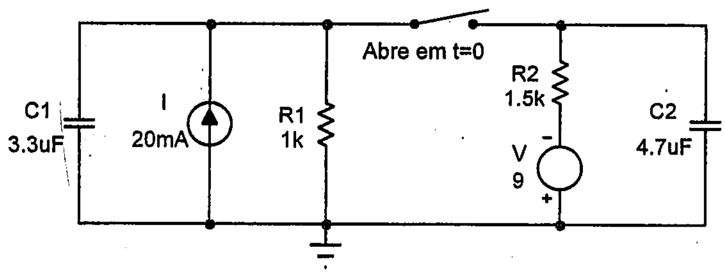

R3 8
R4 6
18
6
10
R2
10
500m
5
R1
20
500m
V1
5
+
-
1
2
3
I1
3
R5
3

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2007/1

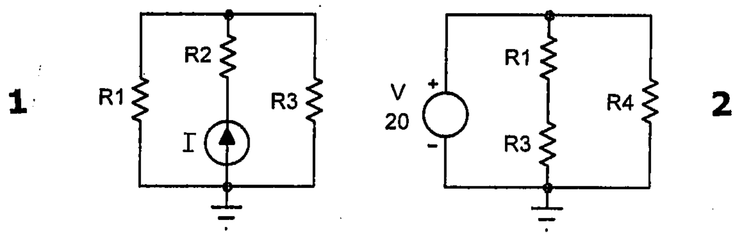
Prova 1 8/5/2007

Nome: GABARÎTO **Turma:** ____

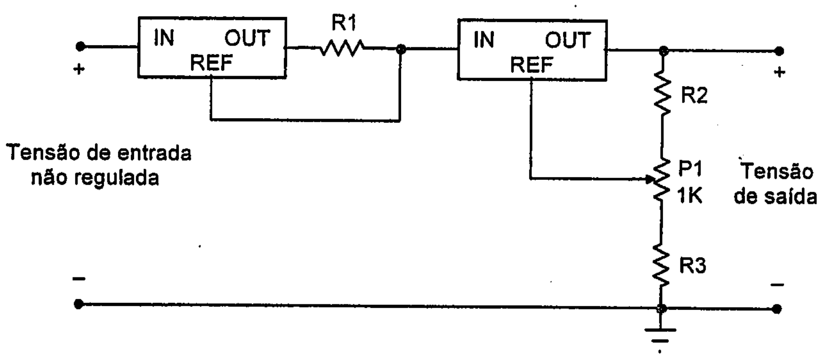
1. (4 pontos) O circuito a seguir está ligado a bastante tempo.
   a) Calcule a energia acumulada em sua capacitância total, descrevendo cada etapa de cálculo com textos, diagramas e equações, pois isso será avaliado sempre.
   b) Esboce a curva da tensão em C_2 ao longo do tempo ao abrir a chave em t = 0, colocando valores em todos os pontos de interesse e documentando cada etapa.
   c) Calcule o instante de tempo em que a tensão em C_2 é zero.
   $v_c(t) = v_c(\infty)(1-e^{-t/\tau})$ $i_c(t) = i_c(o)e^{-t/\tau}$ $t_{fim} = -\tau \ln[(v_\infty - v_{fim}) / (v_\infty - v_o)]$ $\tau = RC$



2. (3 pontos) No circuito 1 abaixo, mediu-se a corrente em R_3 com sendo $I_3 = I/4$. Calcule a tensão sobre o resistor R_1 do circuito 2, descrevendo cada passo da solução com textos e equações. O circuito 2 foi montado aproveitando alguns resistores do circuito 1.



3. (3 pontos) Para testes de aparelhos automotivos foi pensada a topologia descrita a seguir, que permite alimentar o aparelho com uma tensão bem regulada e ajustável na faixa de 10,5 a 13,9 Volts, que é a esperada em uma bateria de 12 V sob várias condições de uso. No caso de um curto-circuito acidental, a corrente da fonte não deve ultrapassar 800mA.
   Calcule o valor de todos os componentes para atender a estes objetivos, descrevendo extensivamente cada etapa do seu trabalho. Use um potenciômetro de 1000Ω.
   O circuito integrado procura manter Vout - Vref = 1,2 Volts, sempre que possível. A entrada Vref não drena corrente.



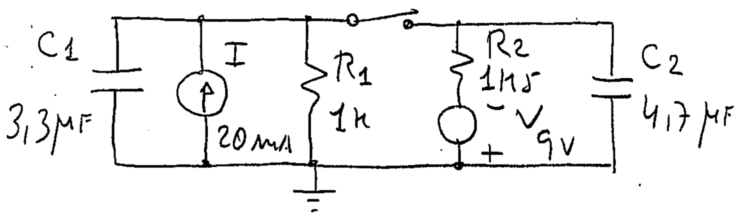
O circuito a seguir está ligado a bastante tempo.

a) Calcule a energia acumulada em sua capacitância equivalente.

b) Esboce a curva de V_{C2} após abrir a chave, em $t=0$.

c) Calcule o instante de tempo em que a tensão em C_2 é zero.

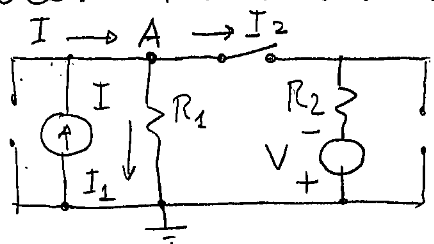
d) Calcule a corrente em C_2 neste mesmo momento.



P1 2007/1

---

a) circuito ligado a muito tempo → C_1 e C_2 carregados e corrente zero. Fica então:



Objetivo: calcular a tensão no capacitor (V_A)

KCL no nó A:

$$-I + I_1 + I_2 = 0$$

$$-I + \frac{V_A}{R_1} + \frac{V_A - (-V)}{R_2} = 0$$

Isolando V_A:

$$\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_A}{R_2} = I - \frac{V}{R_2}$$

$$V_A = \left(I - \frac{V}{R_2} \right) \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$ Então:

$$V_A = \left(20 \cdot 10^{-3} - \frac{9}{1500} \right) \frac{1 \cdot 1{,}5}{1 + 1{,}5}$$

$V_A = 8{,}4$ Volts //

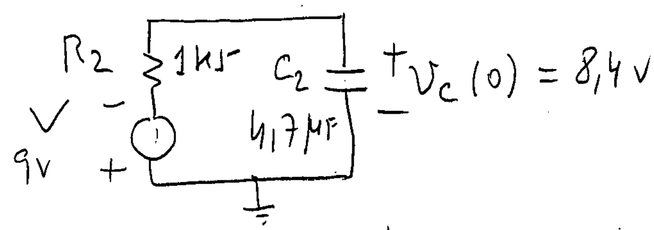
como C_1 e C_2 estão em paralelo, $C_{Eq} = C_1 + C_2 = 8\mu F$

$$W = \frac{1}{2} C_{Eq} \cdot V_C^2$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 10^{-6} (8{,}4)^2$$

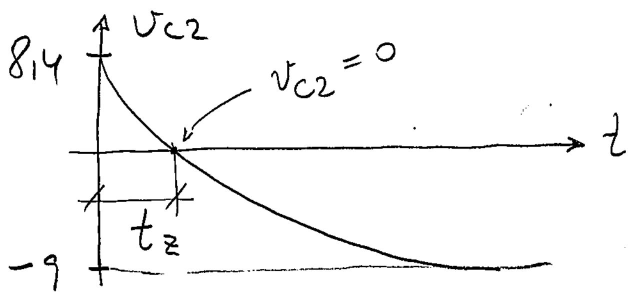
$W = 0{,}282$ mJ //

b) circuito ao abrir a chave:



Após muito tempo, C_2 se carrega com:

$V_{C2}(\infty) = -9$ Volts, Então



c) Tempo para C_2 alcançar zero volt:

$$t_z = -\tau \ln \left(\frac{V(\infty) - V(t_z)}{V(\infty) - V(0)} \right)$$

$$\tau = R \cdot C$$

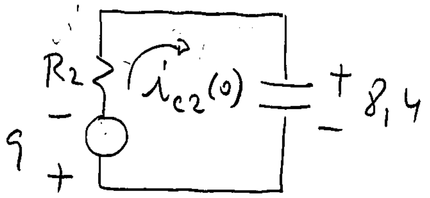
$$t_z = -1{,}5 \cdot 10^3 \cdot 4{,}7 \cdot 10^{-6} \ln \left(\frac{-9 - 0}{-9 - 8{,}4} \right)$$

$t_z = 4{,}648$ ms //

d) corrente em C_2 no instante t_0:

$$i_{c2}(t) = i_{c2}(0)\, e^{-t/\tau}$$

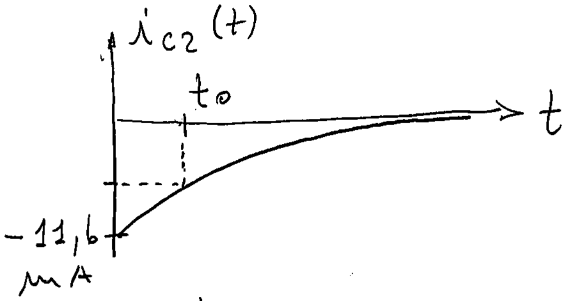
Em $t=0$ a corrente em C_2 vale:



$$i_{c2}(0) = \frac{-9-(8,4)}{1,5 \cdot 10^3}$$

$$i_{c2}(0) = -11,6 \text{ mA}$$

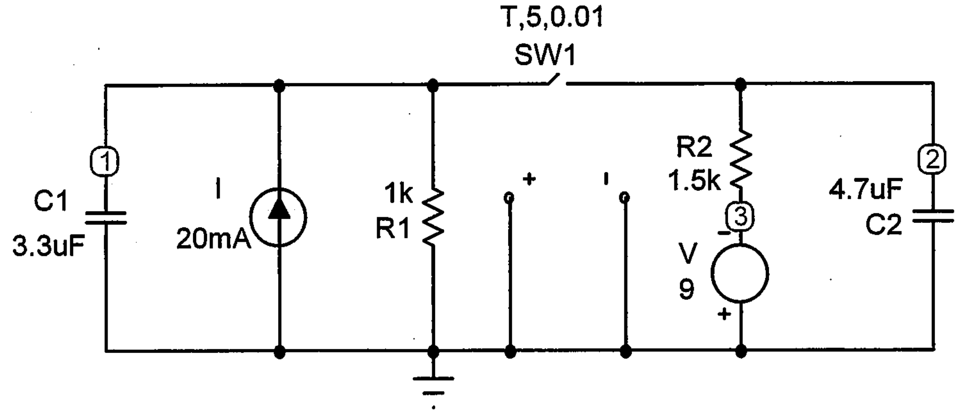
Em sentido oposto ao que foi arbitrado.

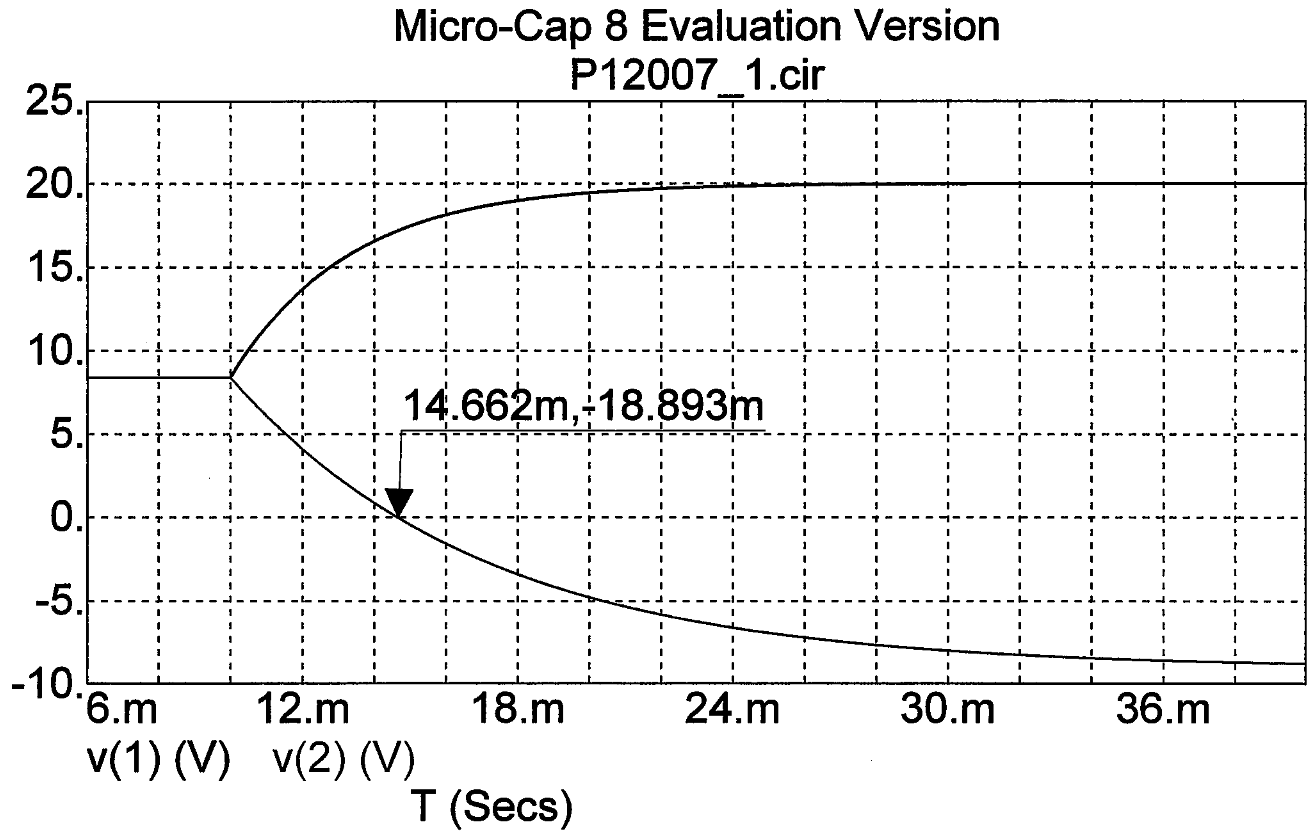


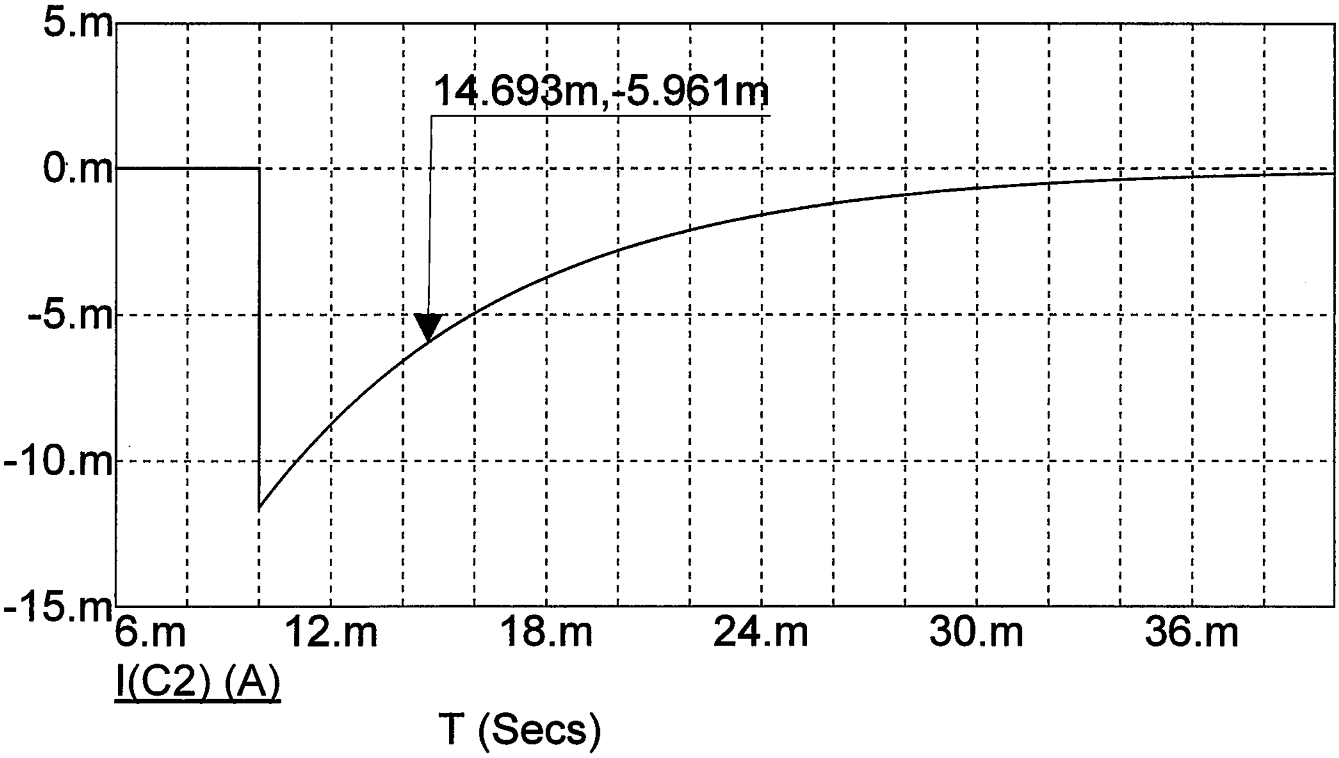
Então:

$$i_{c2}(t_0) = -11,6 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\frac{4,648 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^3 \cdot 4,7 \cdot 10^{-6}}}$$

$$i_{c2}(t_0) = -5,998\ 10^{-3} = -6 \text{ mA}$$

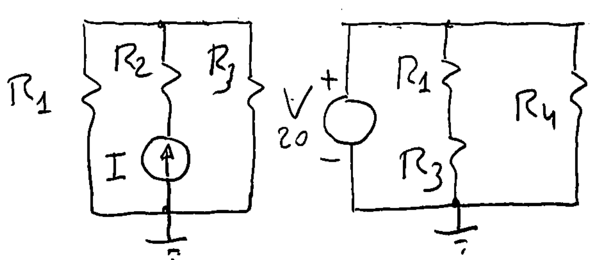

T,5,0.01
SW1
C1
3.3uF
I
20mA
1k
R1
R2
1.5k
V
9
4.7uF
C2
1
2
3


Micro-Cap 8 Evaluation Version
P12007_1.cir
14.662m,-18.893m
25.
20.
15.
10.
5.
0.
-5.
-10.
6.m
12.m
18.m
24.m
30.m
36.m
v(1) (V) v(2) (V)
T (Secs)


14.693m,-5.961m
5.m
0.m
-5.m
-10.m
-15.m
6.m
12.m
18.m
24.m
30.m
36.m
I(C2) (A)
T (Secs)

No circuito 1 abaixo, mediu-se a corrente em R_3 como sendo $I_3 = \frac{I}{4}$. Calcule a tensão sobre o resistor R_1 do circuito 2, descrevendo cada passo da solução com textos e equações.

O circuito 2 foi montado com alguns resistores do circuito 1.



CIRCUITO 1

P1 2007/1

Circuito 1: Divisor de corrente:

$$I_3 = I \frac{R_1}{R_1 + R_3} = \frac{I}{4} \quad \text{Então:}$$

$$4R_1 = R_1 + R_3 \rightarrow R_3 = 3 \cdot R_1 //$$

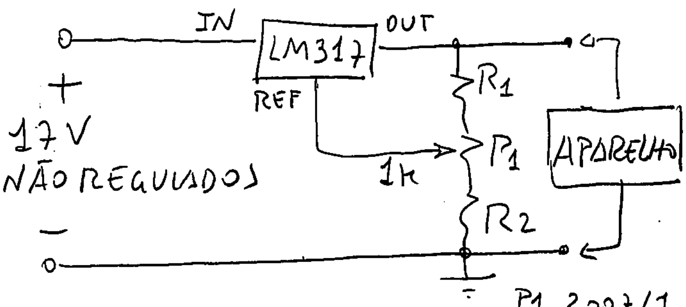
Circuito 2: Divisor de tensão:

$$V_1 = V \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

$$V_1 = 20 \frac{R_1}{R_1 + 3 \cdot R_1}$$

$$V_1 = 5 \text{ Volts} //$$

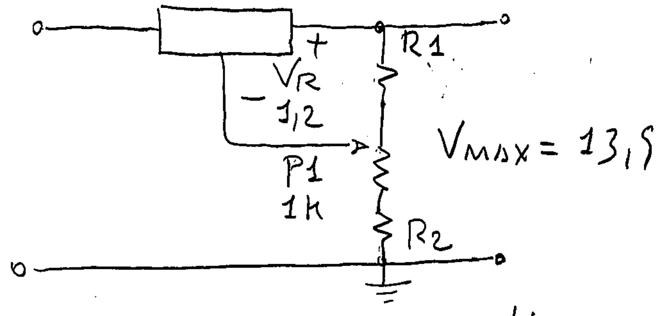
Para testar aparelhos automotivos foi pensada a topologia descrita a seguir, que permite alimentar o aparelho com uma tensão regulada ajustável entre 10,5 e 13,9 Volts, que são os limites esperados de uma bateria em diversas condições de uso. Calcule o valor dos componentes para alcançar estes objetivos.



P1 2007/1

O integrado procura manter $V_R = 1,2$ V.

Circuito para V_{MAX}:

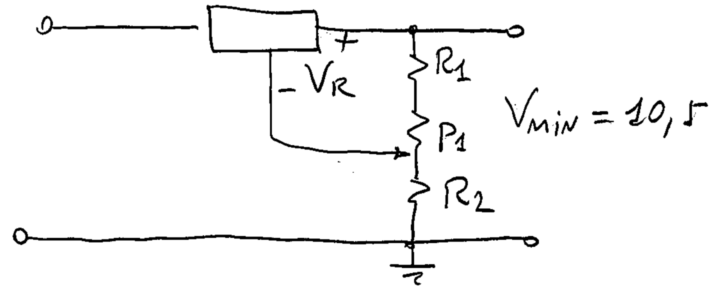


Equacionando o divisor de tensão:

$$V_R = V_{MAX} \frac{R_1}{R_1 + P_1 + R_2}$$

$$1,2 = 13,9 \frac{R_1}{R_1 + 1k + R_2} \quad (1)$$

Circuito para V_{MIN}:



Equacionando o divisor:

$$V_R = V_{MIN} \frac{R_1 + P_1}{R_1 + P_1 + R_2}$$

$$1,2 = 10,5 \frac{R_1 + 1k}{R_1 + 1k + R_2} \quad (2)$$

Igualando (1) com (2)

$$13,9 \frac{R_1}{\cancel{R_1 + 1k + R_2}} = 10,5 \frac{R_1 + 1k}{\cancel{R_1 + 1k + R_2}}$$

$$13,9 \cdot R_1 = 10,5 \cdot R_1 + 10,5k$$

Então $R_1 = 3,088k$ //

Substituindo em (1):

$$1,2 = 13,9 \frac{3,088}{3,088 + 1 + R_2}$$

Então $R_2 = 31,68k$ //

A fonte de alimentação descrita a seguir está sendo projetada para uso em testes de placas de circuito impresso. Ela deve ter as seguintes características:

Tensão de saída ajustável entre $V_{omin} = 4,5$ e $V_{omáx} = 6\,V$

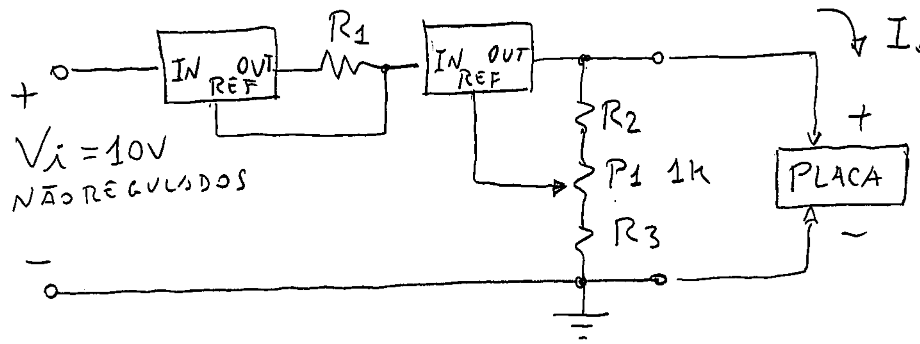
Corrente de saída em caso de curto-circuito $I_{omáx} = 0,8\,A$.

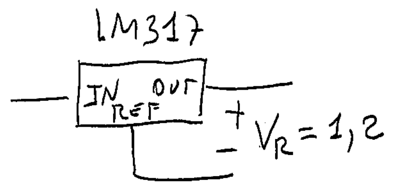
a) Examine o circuito e descreva em detalhes o seu funcionamento.

b) Equacione as tensões de saída com o objetivo de determinar o valor dos resistores desconhecidos.

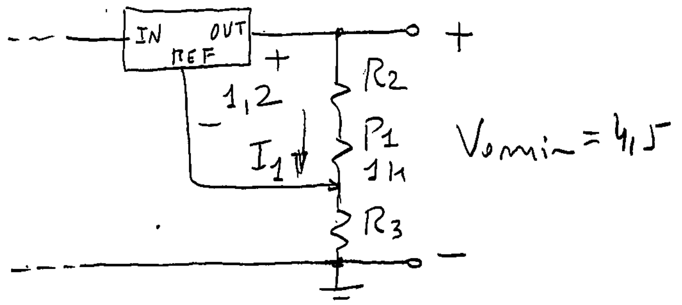
c) Equacione a corrente de curto para obter o valor dos demais componentes.

Descreva amplamente cada passo da solução com textos, diagramas e equações pois isso será avaliado.





b) Circuito para Vomin:

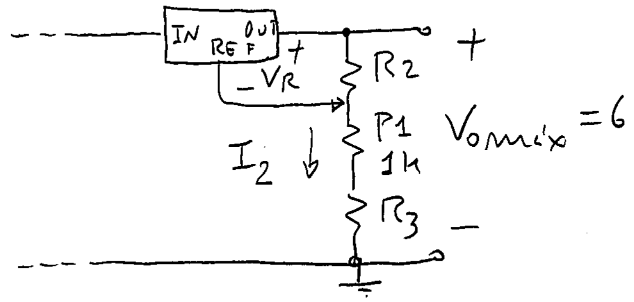


$$V_{omin} = V_R + I_1 R_3$$

Como $I_1 = \dfrac{V_{omin}}{R_2+P_1+R_3}$

$$4,5 = 1,2 + \frac{4,5 \cdot R_3}{R_2+R_3+1k} \quad (1)$$

Circuito para Vomáx:



$$V_{omáx} = V_R + I_2 (P_1+R_3)$$

Como $I_2 = \dfrac{V_{omáx}}{R_2+P_1+R_3}$

$$6 = 1,2 + \frac{6\,(P_1+R_3)}{R_2+R_3+1k} \quad (2)$$

Resolvendo (1) e (2):

$$\begin{cases} \dfrac{4,5-1,2}{4,5 \cdot R_3} = \dfrac{1}{R_2+R_3+1k} \\ \dfrac{6-1,2}{6(1k+R_3)} = \dfrac{1}{R_2+R_3+1k} \end{cases}$$

igualando:

$$\frac{3,3}{4,5 \cdot R_3} = \frac{4,8}{6(R_3+1k)}$$

Resolvendo, $R_3 = 11k$ //

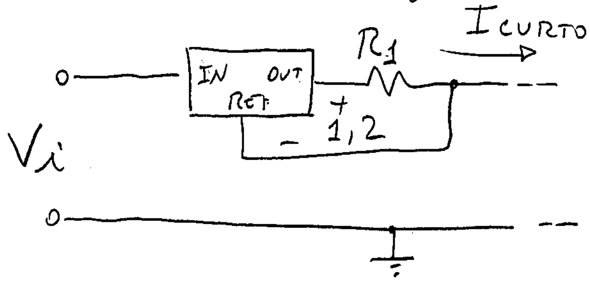
Substituindo em ①:

$$4,5 = 1,2 + \frac{4,5 \cdot 11k}{R_2 + 1k + 11k}$$

Resolvendo:

$R_2 = 3k$ //

c) Com curto circuito na saída a corrente no circuito fica:

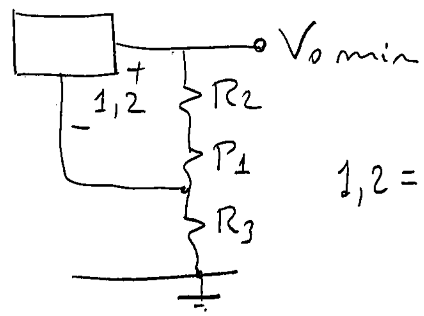


$$R_1 = \frac{V_R}{I_{CURTO}} = \frac{1,2V}{0,8A}$$

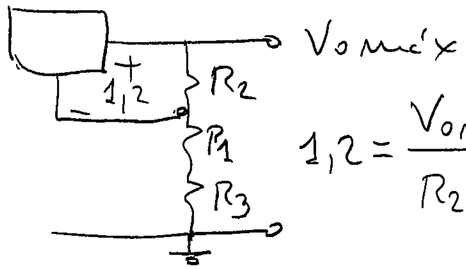
$R_1 = 1,5\,\Omega$ //

Outro modo de resolver:

Equacionando como divisores de tensão:



$$1,2 = \frac{V_{o\,min}(R_2+P_1)}{R_2+P_1+R_3}$$



$$1,2 = \frac{V_{o\,máx}\, R_2}{R_2+P_1+R_3} \quad ③$$

Igualando as equações:

$$\frac{V_{o\,min}(R_2+P_1)}{\cancel{R_2+P_1+R_3}} = \frac{V_{o\,máx} \cdot R_2}{\cancel{R_2+P_1+R_3}}$$

$$4,5(R_2+1k) = 6 \cdot R_2$$

Então $R_2 = 3k$ //

Substituindo em ③:

$$1,2 = \frac{6 \cdot 3k}{3k+1k+R_3}$$

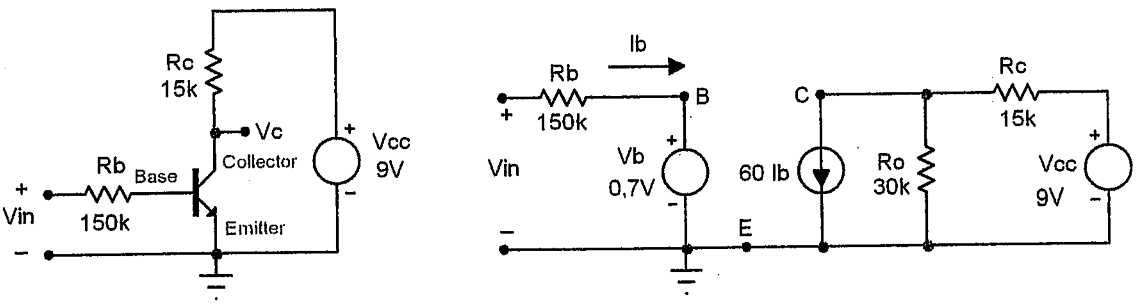
Então $R_3 = 11k$ //

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2007/2

Prova 1 8/10/2007

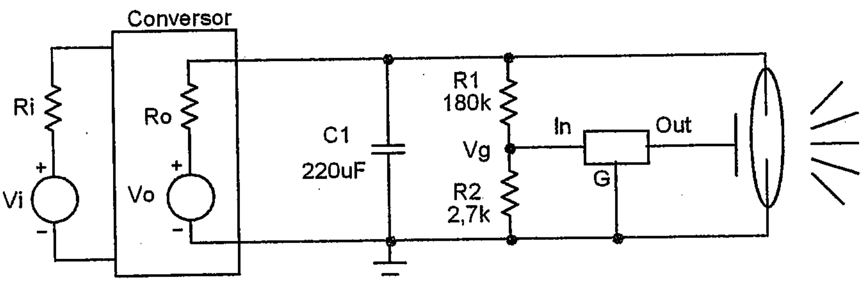
Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3 pontos) O amplificador transistorizado a seguir está também descrito por seu circuito equivalente, onde o transistor foi representado por seu modelo elétrico. V_b é a queda de tensão na junção semicondutora, $60 \cdot I_b$ é uma fonte de corrente controlada pela corrente aplicada na base e R_o modela as perdas internas. Equacione, em termos literais e calcule a tensão V_{in} que deve ser aplicada na entrada para que a tensão no coletor V_c seja a metade da tensão de alimentação V_{cc}. Descreva amplamente cada passo da solução com textos, equações e esquemas pois isso será avaliado sempre.

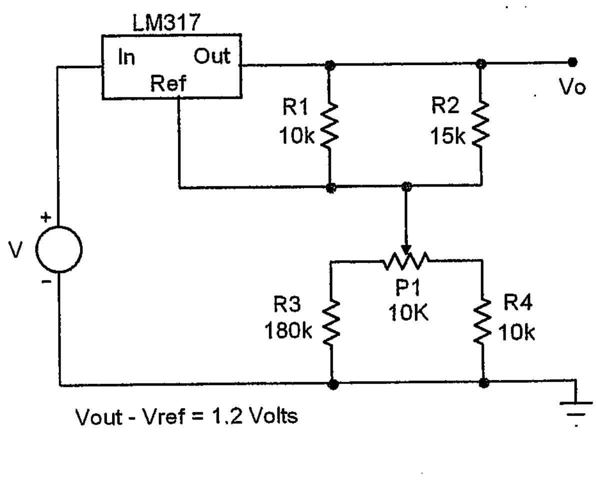


2. (4 pontos) Estude o sinalizador de emergência a seguir e descreva em rápidas palavras o seu funcionamento. A alimentação é por 3 pilhas em série (V_i , R_i) que um conversor de tensão eleva para V_o , R_o. A lâmpada de flash é um circuito aberto até receber um pulso de gatilho gerado pelo circuito integrado quando sua entrada alcança 5 Volts. Esta entrada não drena corrente e a lâmpada, ao ser ativada, descarrega completamente o capacitor. Equacione em termos literais o circuito descrevendo cada passo e determine o tempo entre cada pulso luminoso.

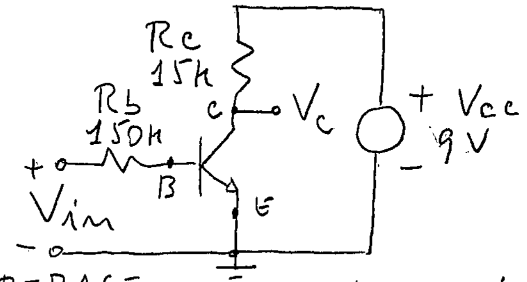
Pilha: 1,5 Volt e 3,9Ω de resistência interna cada uma. Conversor: $V_o = 84 \cdot \sqrt{i}\,Ro = 84 \cdot R_i^2$. Arredonde os valores em 3 dígitos significativos. Lembre-se de descrever cada passo.

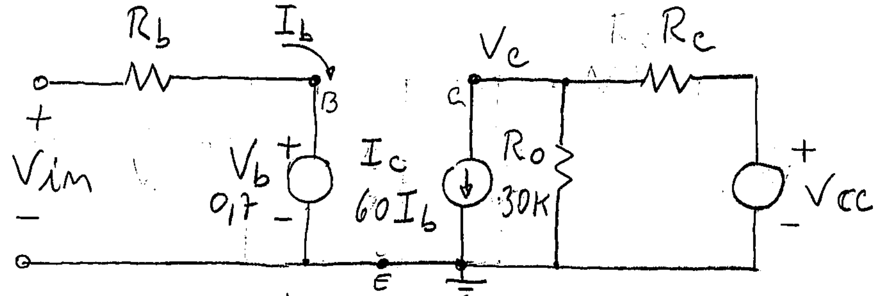


3. (3 pontos) Examine o regulador de tensão ao lado. a) Calcule a tensão de saída V_o quando o potenciômetro estiver nos seus dois limites (desenhe o circuito em cada condição). b) Calcule a máxima tensão de saída se uma soldagem defeituosa causar a desconexão de R_4 (desenhe o circuito nesta condição). Cada etapa deve ser descrita com textos, equações e esquemas.



O circuito a seguir mostra um amplificador transistorizado e o circuito equivalente onde o transistor foi representado por seu modelo elétrico. Calcule a tensão V_{in} que deve ser aplicada na entrada para que a tensão de coletor V_c seja a metade da tensão de alimentação V. Descreva amplamente cada etapa de resolução.



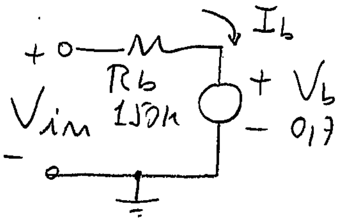


B=BASE
C=COLETOR
E=EMISSOR

Note a fonte de corrente controlada por corrente.

P1 2007-2

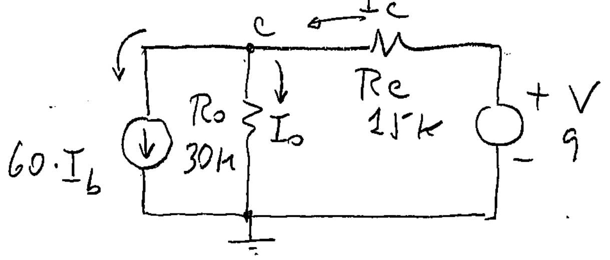
Equacionando o circuito de entrada:



KVL: $-V_{in}+I_b\cdot R_b+V_b=0$

$$I_b = \frac{V_{in}-V_b}{R_b} = \frac{V_{in}-0{,}7}{150k} \quad (1)$$

Equacionando o circuito de saída:



KCL no C:

$$60\cdot I_b + I_o - I_c = 0$$

$$60\, I_b + \frac{V_c}{R_o} - \frac{V_{cc}-V_c}{R_c} = 0$$

Aplicando a equação (1) e isolando V_{in}:

$$60\,\frac{V_{in}-V_b}{R_b} = -\frac{V_c}{R_o} + \frac{V_{cc}-V_c}{R_c}$$

$$V_{in}-V_b = \frac{R_b}{60}\left(-\frac{V_c}{R_o} + \frac{V_{cc}-V_c}{R_c}\right)$$

$$V_{in} = V_b + \frac{R_b}{60}\left(-\frac{V_c}{R_o} + \frac{V_{cc}-V_c}{R_c}\right)$$

colocando os valores:

$$V_{in} = 0{,}7 + \frac{150k}{60}\left(-\frac{9/2}{30k} + \frac{9-9/2}{15k}\right)$$

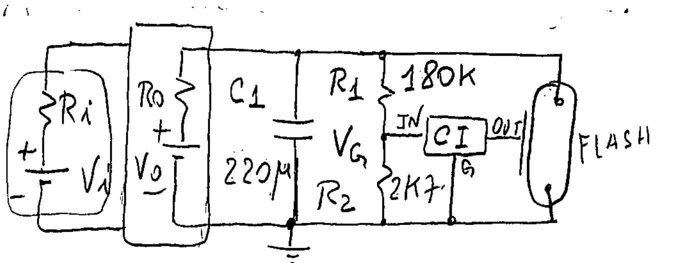
$$V_{in} = 0{,}7 + 2{,}5k\,(-0{,}15mA + 0{,}3\,mA)$$

V_{in} = 1,45 Volts //

usando Rc = 10K

1,075 Volts

Estude o sinalizador de emergência a seguir e procure entender o seu funcionamento. A alimentação é por 3 pilhas de lanterna em série (V_i, R_i) que um conversor de tensão eleva para V_o, R_o. A lâmpada de flash é um circuito aberto até receber um pulso de gatilho gerado pelo circuito integrado quando sua entrada atinge $V_G = 5$. A entrada do integrado não drena corrente e a lâmpada, ao ser ativada, descarrega totalmente o capacitor. Equacione detalhadamente o circuito com o objetivo de determinar o tempo entre cada pulso luminoso. Cada pilha: 1,5V, 3,9Ω. $V_o = 84 \cdot V_i$ $R_o = 84 \cdot R_i^2$. Arredonde em 3 dígitos significativos.



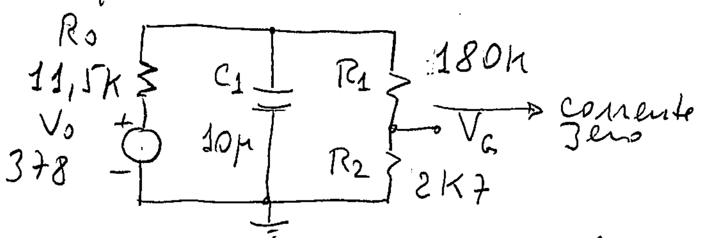
P1 2007-2

circuito da alimentação:

$V_o = 84 \cdot 3 \cdot 1{,}5 = 378$ Volts

$R_o = 84 \cdot (3 \cdot 3{,}9)^2 = 11{,}5 \cdot 10^3 \Omega$

circuito para a carga do capacitor:



Tensão no cap. para $V_G = 5V$:

$V_G = V_C \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow 5 = V_C \dfrac{2{,}7}{180 + 2{,}7}$

$V_C = 338$ Volts //

Tensão máxima no capacitor:

$$V_\infty = V_o \frac{R_1 + R_2}{R_o + R_1 + R_2}$$

$$V_\infty = 378 \frac{180 + 2{,}7}{11{,}5 + 180 + 2{,}7} \rightarrow V_\infty = 356$$

Tempo para o capacitor carregar de 0 até 338 Volts:

$$t_{fim} = -\tau \ln\left(\frac{V_\infty - V_{fim}}{V_\infty - V_{inic}}\right)$$

$$\tau = C_1 \cdot [R_o // (R_1 + R_2)]$$

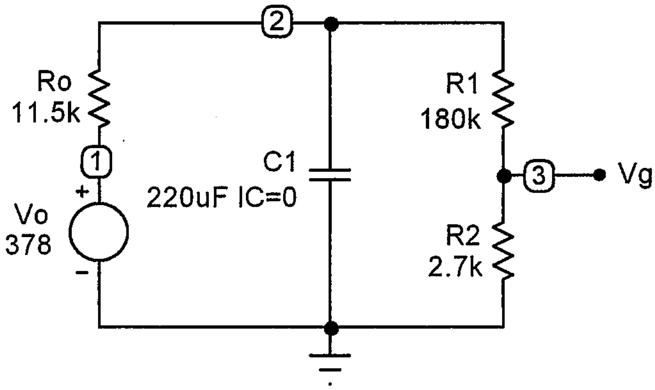
$$\tau = 220 \cdot 10^{-6} \cdot 10{,}82 \cdot 10^3 = 2{,}38 \text{ seg}$$

$$t_{fim} = -2{,}38 \cdot \ln\left(\frac{356 - 338}{356 - 0}\right)$$

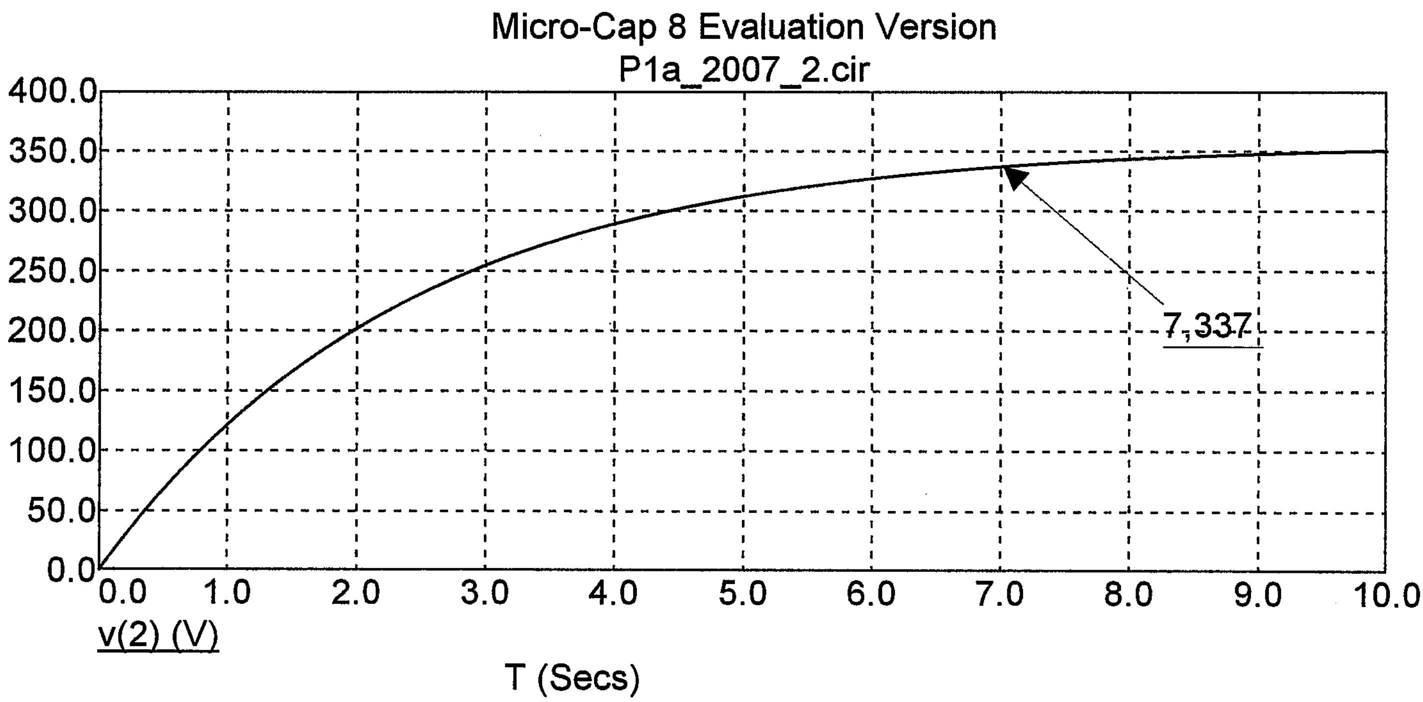
$$t_{fim} = -2{,}38 \cdot (-2{,}98) = 7{,}1 s$$

Este é o intervalo entre cada flash.

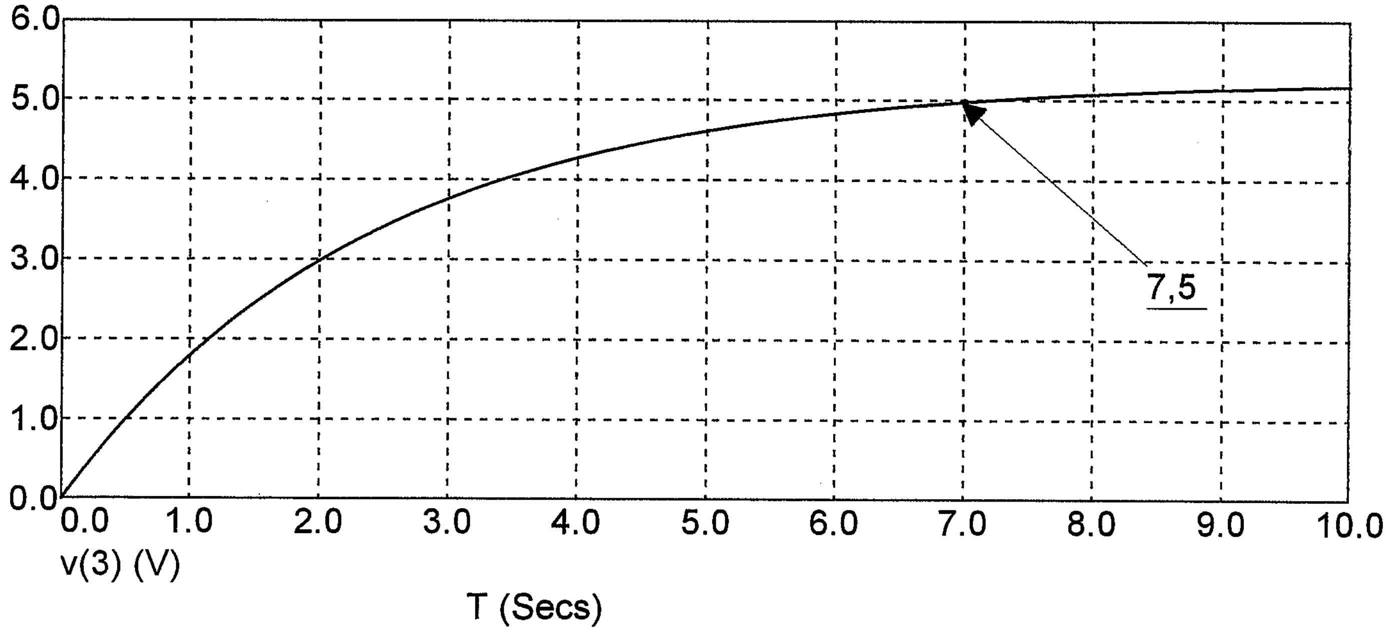
Se a resist. interna da bateria aumentar com o seu desgaste, o intervalo entre os flashes aumenta.



Ro
11.5k
1
Vo
378
2
C1
220uF IC=0
R1
180k
3
Vg
R2
2.7k



Micro-Cap 8 Evaluation Version
P1a_2007_2.cir
400.0
350.0
300.0
250.0
200.0
150.0
100.0
50.0
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
7,337
v(2) (V)
T (Secs)

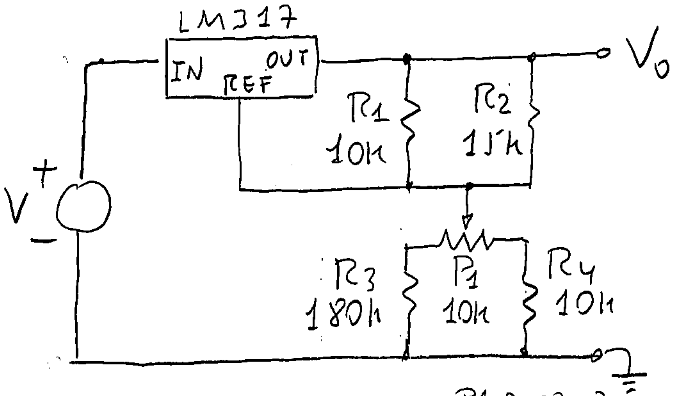


6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
7,5
v(3) (V)
T (Secs)

Examine o regulador de tensão a seguir e

a) calcule as tensões de saída V_o quando o potenciômetro estiver nos seus dois limites.

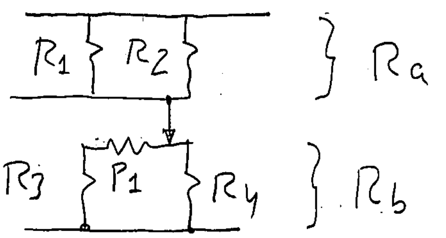
b) calcule a máxima tensão de saída se uma soldagem defeituosa causar a desconexão de R4.



P1 2007-2

---

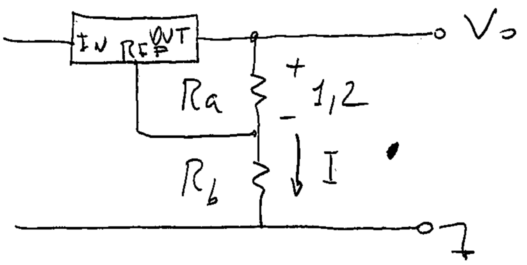
a) Cálculo da resistência equivalente nos dois extremos do potenciômetro:



$$R_a = R_1 // R_2 = \frac{10 \cdot 15}{10+15} = 6k$$

$$R_b = (R_3+P_1) // R_4 = \frac{190 \cdot 10}{190+10} = 9{,}5k$$

Então;



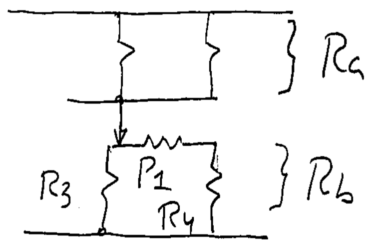
$$I = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{R_a} = \frac{1{,}2}{6k} = 0{,}2\,mA$$

$$V_{Rb} = I \cdot R_b = 0{,}2mA \cdot 9{,}5k = 1{,}9\,V$$

Então:

$$V_o = V_a + V_b = 1{,}2 + 1{,}9 = 3{,}1\,Volts$$

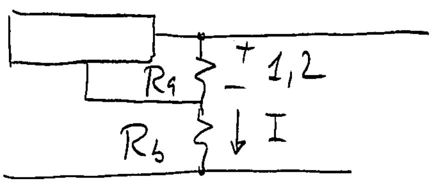
Na outra posição:



$$R_a = 6k$$

$$R_b = R_3 // (P_1+R_4) = \frac{180 \cdot 20}{180+20} = 18k$$

Então;



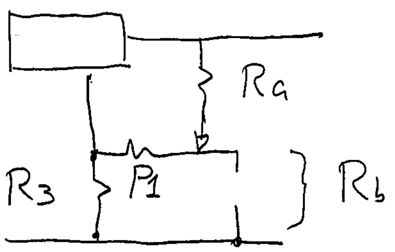
$$I = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{R_a} = \frac{1{,}2}{6k} = 0{,}2\,mA$$

$$V_{Rb} = I \cdot R_b = 0{,}2mA \cdot 18k = 3{,}6\,Volts$$

Portanto;

$$V_o = V_a + V_b = 1{,}2 + 3{,}6 = 4{,}8\,Volts$$

b) Se R_4 abrir, no pior caso fica:



$$R_b = R_3 + P_1 = 190k$$

$$V_b = I \cdot R_b = 0{,}2\,mA \cdot 190k = 38V$$

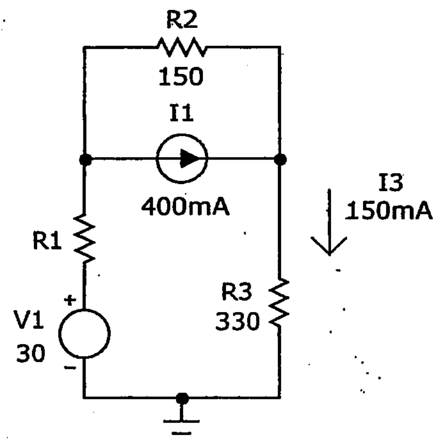
Então:

$$V_o = V_a + V_b = 1{,}2 + 38 = 39{,}2\,Volts$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica   2008/1

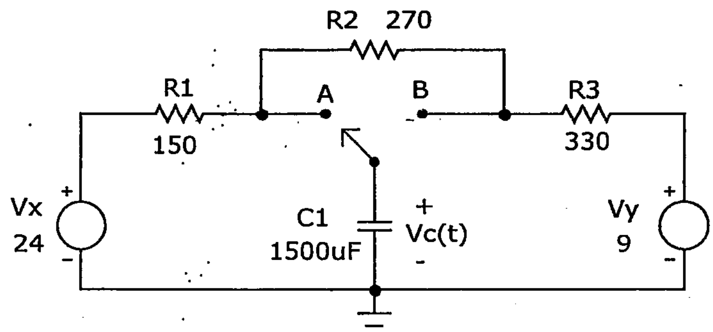
Prova 1   6/5/2008

Nome: GABARITO **Turma:** _____



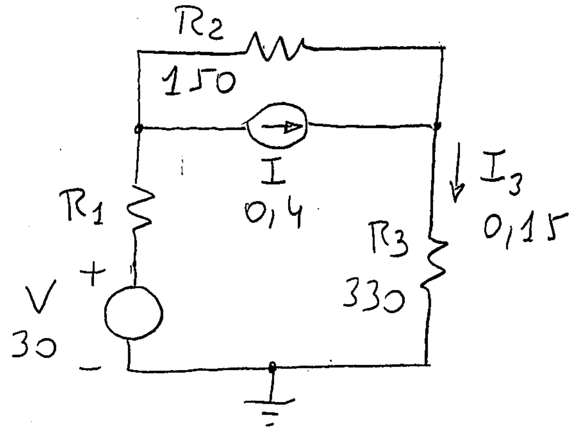
1. (3 pontos) Calcule o valor de R1 no circuito ao lado, descrevendo cada etapa com textos, equações e diagramas pois isso será avaliado.

2. (4 pontos) No circuito a seguir, a chave está na posição A por muito tempo e comuta para B em $t = 0$. Equacione o circuito de modo a obter a tensão no capacitor para $t \geq 0$.
Descreva amplamente cada etapa com textos, equações e esquemas. Esboce agora a curva da resposta temporal, colocando no gráfico todos os valores que foram calculados.



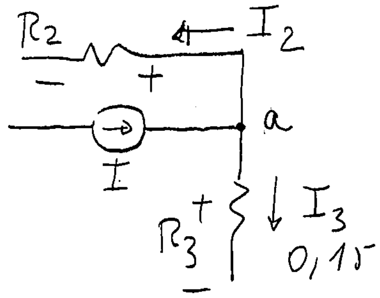
3. (3 pontos) Projete uma fonte de tensão regulada (ligada na rede), para alimentar um CD Player portátil que usa 3 pilhas de 1,5 Volts em série. Material disponível: Fonte não-regulada de uma antiga impressora da HP, regulador LM317 e resistores diversos.
Medidas na fonte da HP: Tensão em circuito aberto = 12,6V. Tensão com carga de 15Ω = 5,4V.
Regulador LM317: Tensão de referência V_{ref} = 1,2V. Tensão mínima para funcionar $V_{in} - V_{out}$ = 2V. Documente cada etapa de projeto com textos equações o esquemas pois isso facilita a resolução e a revisão.
Após projetar a fonte, calcule qual a máxima corrente que o Player pode solicitar sem que a tensão de saída diminua.

Calcule o valor de R1 no circuito a seguir, descrevendo cada etapa.



Examinando o circuito, apenas R1 é desconhecido e a corrente em R3 vale 0,15 A.

Aplicando KCL no nó a



$$+I_2 - I + I_3 = 0$$

$$I_2 - 0{,}4 + 0{,}15 = 0$$

$$I_2 = 0{,}25\,A \;//$$

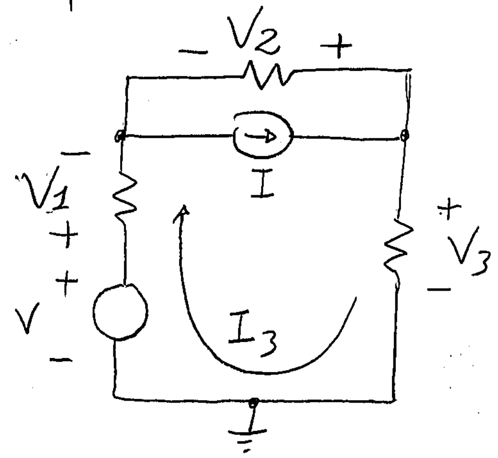
Então: $V_2 = I_2 \cdot R_2 = 0{,}25 \cdot 150$

$$V_2 = 37{,}5\,V \;//$$

Então: $V_3 = I_3 \cdot R_3 = 0{,}15 \cdot 330$

$$V_3 = 49{,}5\,V \;//$$

Aplicando KVL:



Note que a polaridade de V_1 está definida pela corrente I_3 no circuito série.

Então:

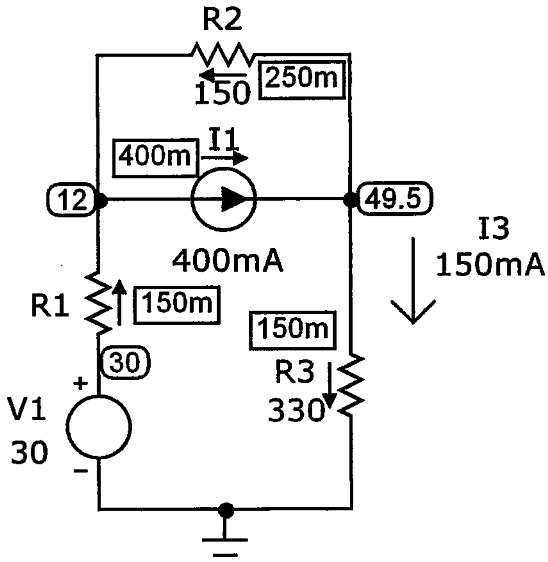
$$-V + V_1 - V_2 + V_3 = 0$$

$$-30 + V_1 - 37{,}5 + 49{,}5 = 0$$

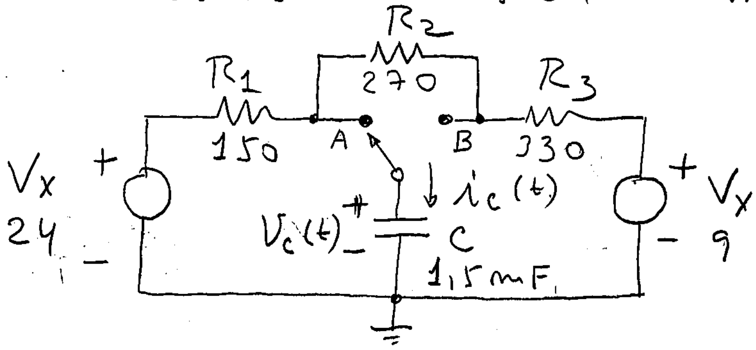
$$V_1 = 18 \text{ Volts} \;//$$

Logo: $R_1 = \dfrac{V_1}{I_3} = \dfrac{18}{0{,}15}$

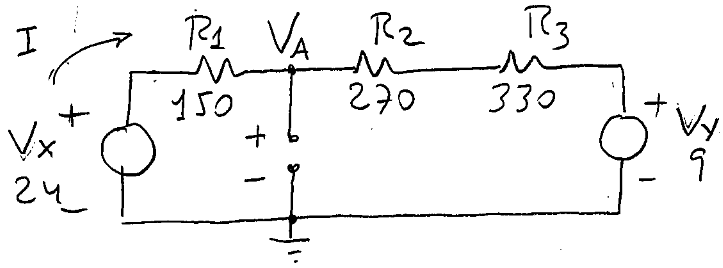
$$R_1 = 120\,\Omega \;//$$


R2
150
250m
400m
I1
12
49.5
I3
150mA
400mA
R1
150m
150m
30
R3
330
V1
30

No esquema a seguir, a chave está na posição A por muito tempo e comuta para B em $t=0$. Equacione o circuito e desenhe a curva da resposta temporal de $v_c(t)$ e $i_c(t)$ a partir de $t=0$, colocando no gráfico todos os valores calculados.



Após muito tempo com a chave em A, o capacitor já se carregou: $i_c(t=0)=0$



$$-V_X + I(R_1+R_2+R_3)+V_y=0$$

$$-24+I(150+270+330)+9=0$$

$$I=\frac{15}{750}=0{,}02\ A$$

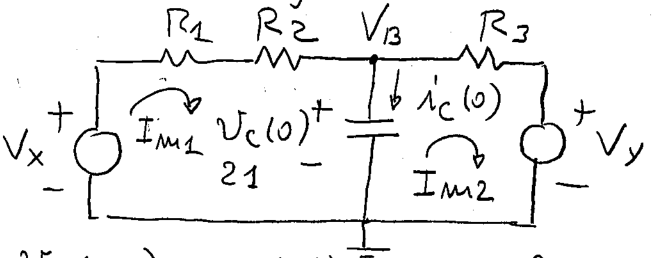
KVL:

$$-V_X + I\cdot R_1 + V_A = 0$$

$$-24+0{,}02\cdot 150+V_A=0$$

$$V_A = 21\ \text{Volts} = v_c(t=0)\ //$$

Comutando a chave para B, o circuito fica em $t=0$:



$V_c(0^-)=V_c(0^+)=21$ Volts

Método das malhas:

$$\begin{cases}-V_X+V_1+V_2+V_c(0)=0\\ -V_c(0)+V_3+V_y=0\end{cases}$$

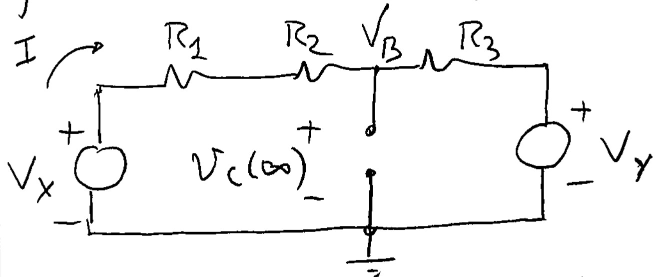
$$\begin{cases}-24+I_{m1}\cdot 150+I_{m1}\cdot 270+21=0\\ -21+I_{m2}\cdot 330+9=0\end{cases}$$

$$\begin{cases}7{,}143\cdot 10^{-3}=I_{m1}\\ 36{,}36\cdot 10^{-3}=I_{m2}\end{cases}$$

$$i_c(0)=I_{m1}-I_{m2}$$

$$I_c(0)=-29{,}22\cdot 10^{-3}\ A\ //$$

Após muito tempo com a chave em B, o circuito fica estável e $i_c(\infty)=0$:



Aproveitando o que já foi calculado:

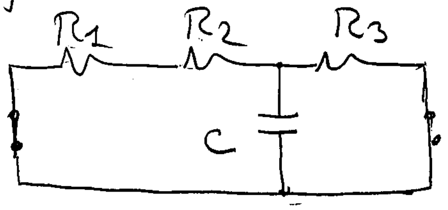
KVL:

$$-V_X + I\cdot R_1 + I\cdot R_2 + V_B = 0$$

$$-24+0{,}02\cdot 150+0{,}02\cdot 270+V_B=0$$

$$V_B = 15{,}6 = v_c(\infty)\ //$$

Constante de tempo, matando as fontes:



$$\tau = \left[(R_1 + R_2) // R_3 \right] \cdot C$$

$$\tau = \frac{(150+270) \cdot 330}{(150+270)+330} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\tau = 184,8 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 0,2772\ s \ //$$

Usando a equação geral:

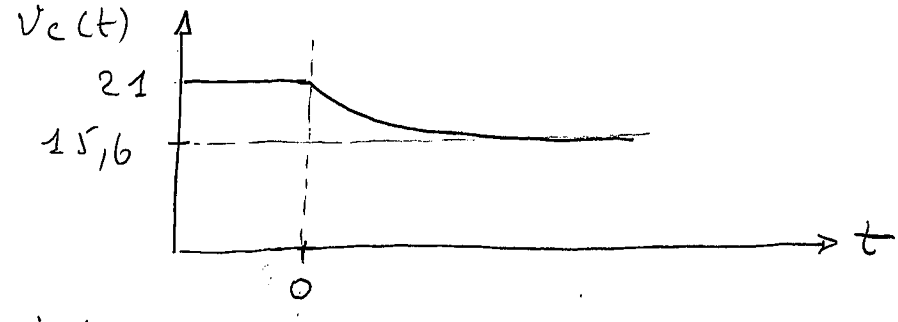
$$v_C(t) = v_C(\infty) + \left[v_C(0) - v_C(\infty) \right] e^{-t/\tau}$$

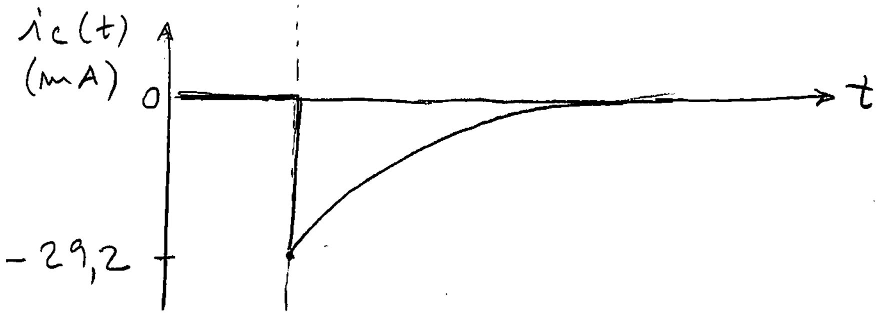
$$v_C(t) = 15,6 + (21 - 15,6) \cdot e^{-t/0,2772}$$

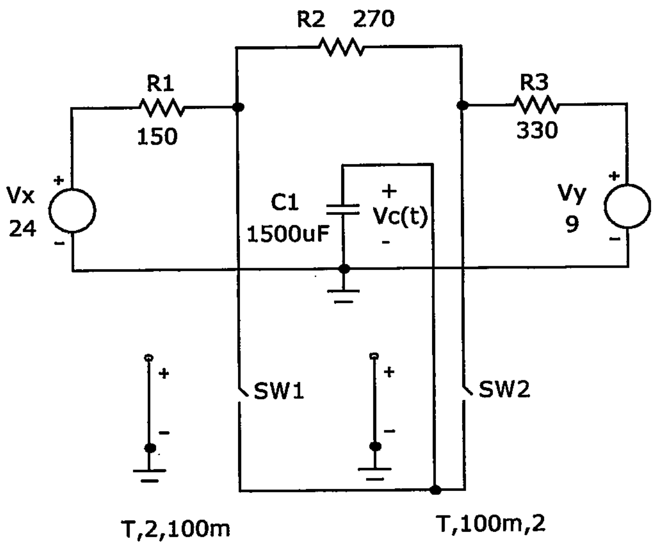
$$v_C(t) = 15,6 + 5,4\, e^{-3,61 \cdot t} \ //$$

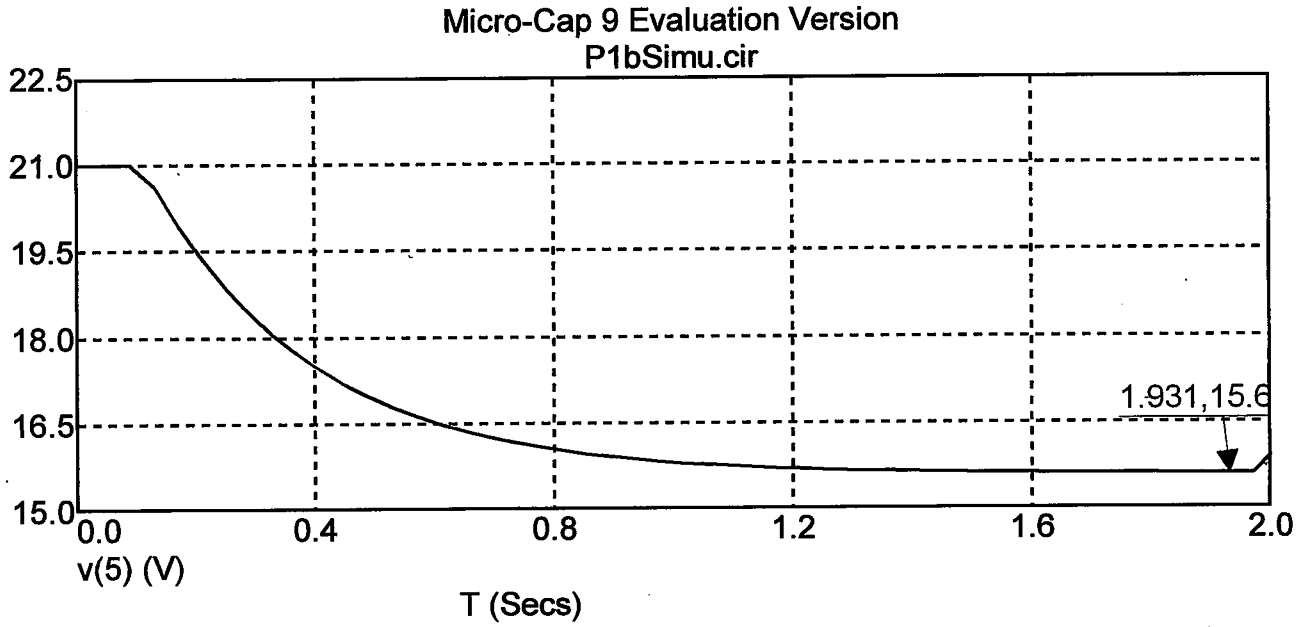
$$i_C(t) = i_C(0) \cdot e^{-t/\tau}$$

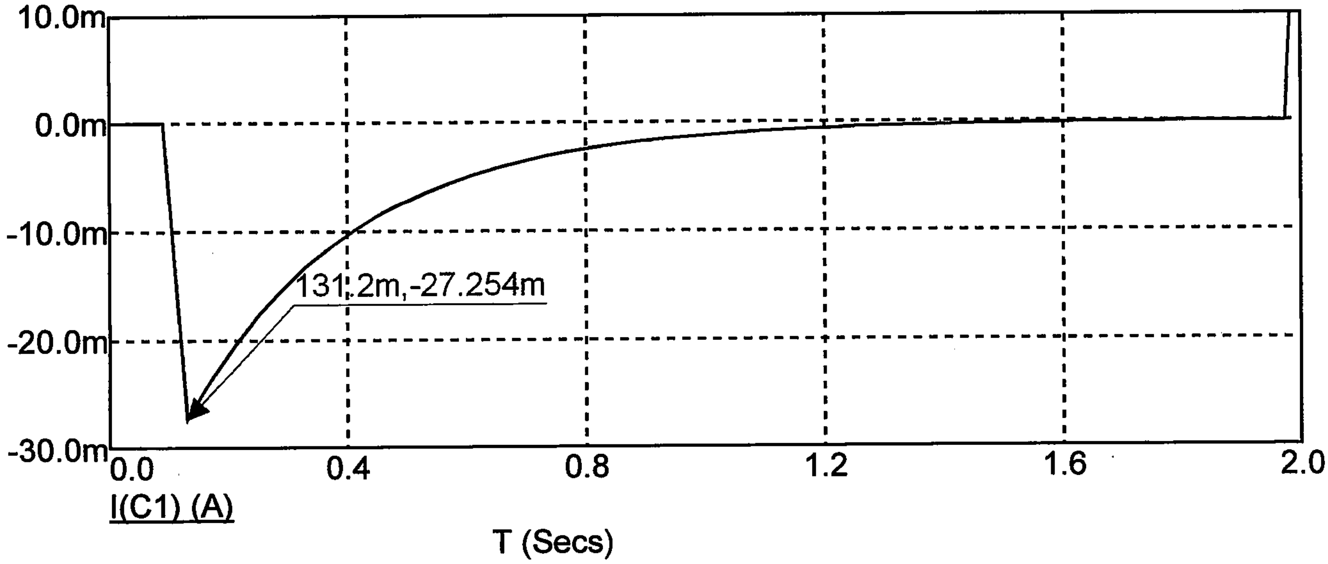
$$i_C(t) = -29,22 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-3,61 \cdot t} \ //$$






R2 270
R1
150
R3
330
Vx
24
C1
1500uF
Vc(t)
Vy
9
SW1
SW2
T,2,100m
T,100m,2


Micro-Cap 9 Evaluation Version
P1bSimu.cir
22.5
21.0
19.5
18.0
16.5
15.0
1.931,15.6
0.0
0.4
0.8
1.2
1.6
2.0
v(5) (V)
T (Secs)


10.0m
0.0m
-10.0m
-20.0m
-30.0m
131.2m,-27.254m
0.0
0.4
0.8
1.2
1.6
2.0
I(C1) (A)
T (Secs)

Projete uma fonte de tensão regulada para alimentar um CD Player portátil que usa 3 pilhas de 1,5 Volt em série. Material disponível: Fonte não-regulada de uma velha impressora HP, regulador LM317 e resistores diversos com valores múltiplos de 10 12 15 18 22 27 33 39 47 56 68 82

Ensaios na fonte HP:

Tensão a circuito aberto: $V_{aberto} = 12,6V$

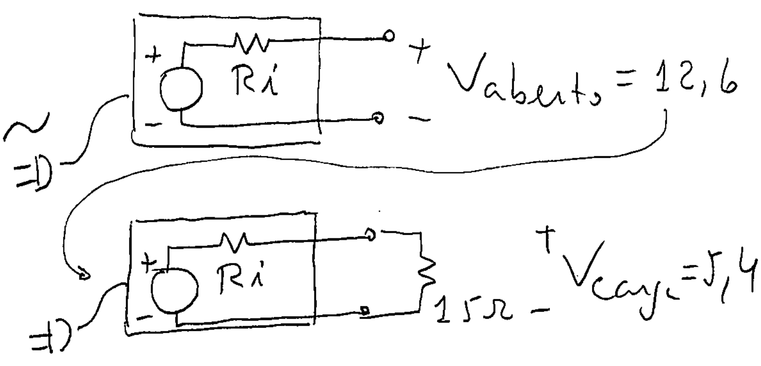
Tensão colocando resistor de 15Ω: $V_{carga} = 5,4V$

Regulador LM317: Tensão de referência: $V_{Ref} = 1,2V$

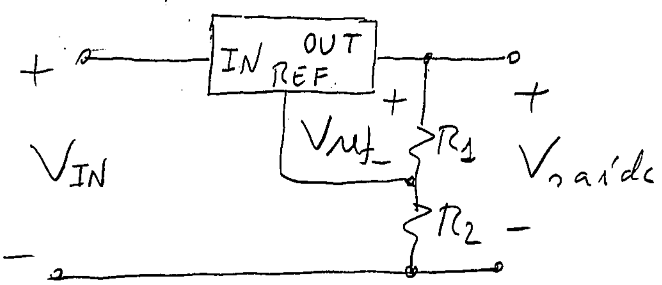
Tensão mínima para funcionar $V_{in} - V_{out} = 2V$

Após projetar a fonte, calcule qual a corrente máxima que o Player pode consumir sem que a tensão de saída diminua.

Fonte não-regulada:



Regulador LM317:



Divisor de tensão:

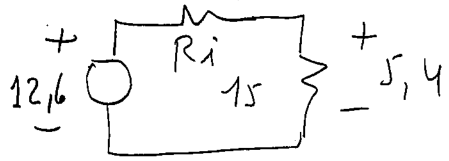
$$V_{ref} = V_{saída} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Escolhendo $R_1 = 120\Omega$,

$$1,2 = (3 \cdot 1,5) \cdot \frac{120}{120 + R_2}$$

Então, $R_2 = 330\Omega$ //

Cálculo da máxima corrente de saída:



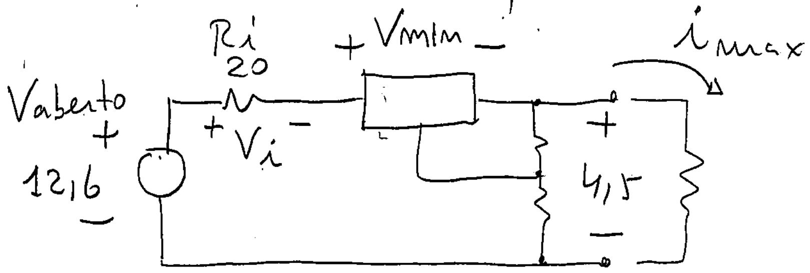
Divisor de tensão:

$$V_{carga} = V_{aberto} \frac{R_{carga}}{R_{carga} + R_i}$$

$$5,4 = 12,6 \frac{15}{15 + R_i}$$

Então, $R_i = 20\Omega$ //

circuito completo:



KVL:

$$-V_{aberto} + V_i + V_{min} + V_{saída} = 0$$

$$-12{,}6 + V_i + 2 + 4{,}5 = 0$$

$$V_i = 6{,}1 \text{ V}$$

como $i_{máx} = \dfrac{V_i}{R_i} = \dfrac{6{,}1}{20}$

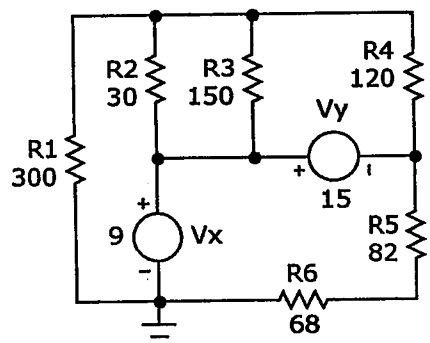
$$i_{máx} = 0{,}305 \text{ A} \ //$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2008/2

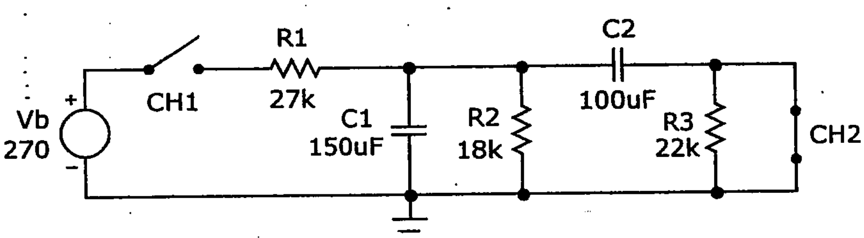
Prova 1 7/10/2008

Nome: GABARITO **Turma:** _____

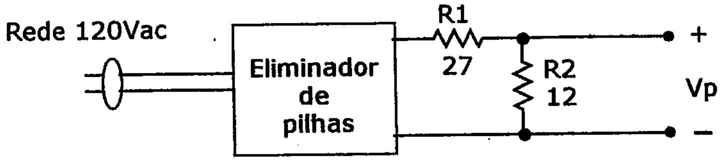
1. (3,5 pontos) Aplique o Método das Tensões de Malha no circuito ao lado, descrevendo cada etapa com textos, diagramas e equações pois isso será avaliado sempre. Calcule então a potência que a fonte V_X entrega ou recebe (especifique).



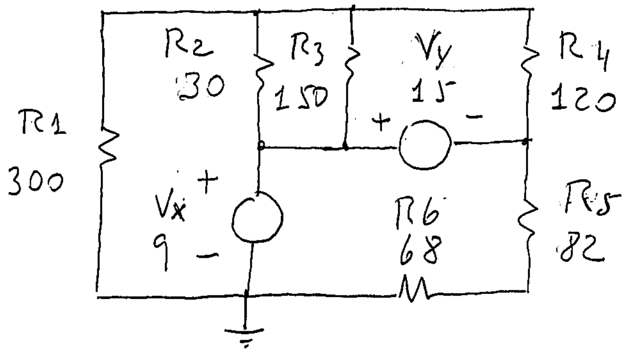
2. (3,5 pontos) No circuito a seguir, equacione a corrente em R_2 a partir do momento em que a chave CH_1 fecha e esboce o gráfico temporal, colocando os valores calculados. Após o circuito estabilizar, a chave CH_2 abre. Calcule a tensão sobre ela a partir deste momento. Cada etapa deve ser extensivamente documentada com textos equações e diagramas.



3. (3,0 pontos) Um aluno resolveu alimentar o seu *Player* com a fonte de uma impressora velha, cuja saída é 12 Volts. Como *Player* é alimentado por 3 pilhas de N_iC_d (1,2 Volts) em série, o aluno projetou o circuito a seguir. Examine o projeto, equacione, documente e responda:
   a) Qual a tensão de saída sem o *Player*?
   b) Qual a tensão que o Player recebe, sabendo que ele consome 0,18 Watts?
   c) Qual a eficiência desta adaptação alimentando o *Player*?



Aplique o Método das Tensões de Malha, descrevendo cada etapa. Calcule então a potência que a fonte V_x recebe ou entrega (especifique) ao circuito e a energia dissipada por R2 após 2 horas de funcionamento.



Simplificando:

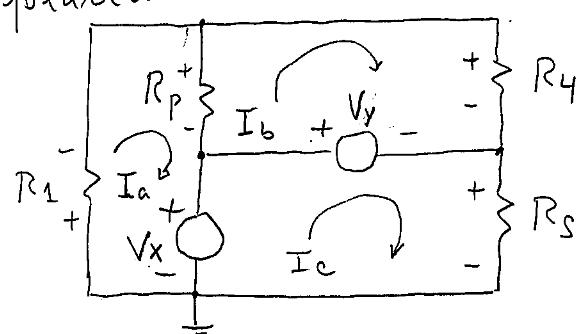
$$R_p = R_2 // R_3 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{30 \cdot 150}{30 + 150}$$

$R_p = 25\Omega$ //

$R_s = R_5 + R_6 = 82 + 68$

$R_s = 150$ //

Redesenhando e nomeando as correntes de malha e polaridades:



Aplicando KVL em cada malha:

$$\begin{cases} V_1 + V_P + V_X = 0 \\ -V_P + V_3 - V_y = 0 \\ -V_X + V_y + V_S = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_a \cdot R_1 + (I_a - I_b) \cdot R_P + V_X = 0 \\ -(I_a - I_b) \cdot R_P + I_b \cdot R_4 - V_y = 0 \\ -V_X + V_y + I_c \cdot R_S = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 300 \cdot I_a + 25 I_a - 25 I_b + 9 = 0 \quad (1) \\ -25 I_a + 25 I_b + 120 I_b - 15 = 0 \quad (2) \\ -9 + 15 + 150 I_c = 0 \quad (3) \end{cases}$$

Resolvendo (1):

$$I_c = \frac{9 - 15}{150} \rightarrow I_c = -0{,}04\,A //$$

Sobrou:

$$\begin{cases} 325 I_a - 25 I_b = -9 \\ -25 I_a + 145 I_b = 15 \quad (\times 13) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 325 I_a - 25 I_b = -9 \\ -325 I_a + 1885 \cdot I_b = 195 \end{cases}$$

$$+ \quad 0 \quad + 1860 \cdot I_b = 186$$

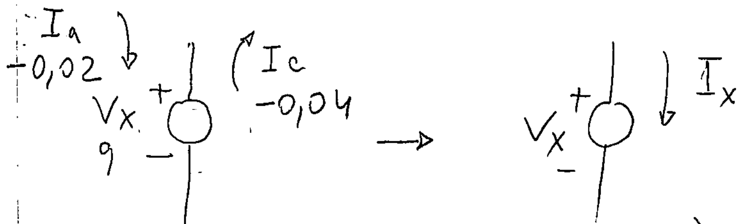
$I_b = 0{,}1\,A$ //

Levando em (1):

$325 \cdot I_a - 25 \cdot 0{,}1 = -9$

$I_a = -0{,}02\,A$ //

Potência em V_x:



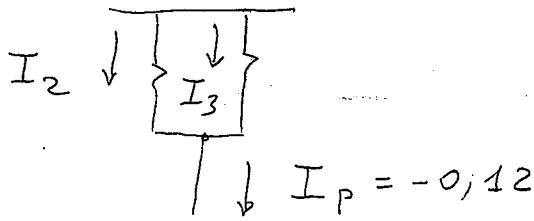
$I_x = I_a - I_c = -0{,}02 - (-0{,}04)$

$I_x = 0{,}02$ // $\rightarrow P_x = V_x \cdot I_x = 9 \cdot 0{,}02$

$P_x = 0{,}18\,W$ (recebendo) //

$$I_p = I_a - I_b = -0,02 - 0,1 = -0,12 \text{ Ampères.}$$

Divisor de corrente:



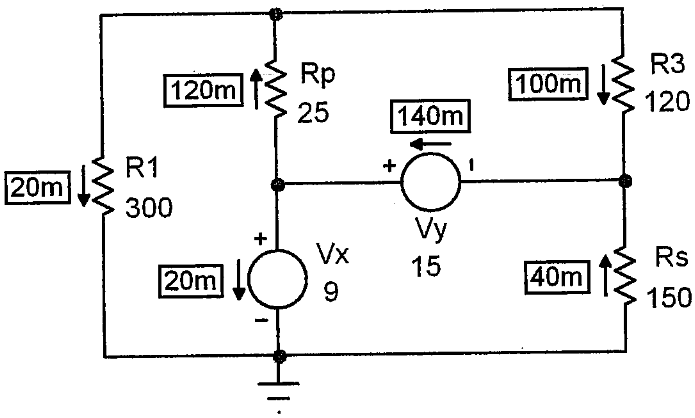
$$I_2 = I_p \frac{R_3}{R_2 + R_3} = -0,12 \frac{150}{150+30}$$

$$I_2 = 0,1 \quad //$$

Então $E_2 = V_2 \cdot I_2 \cdot t = I_2^2 \cdot R_2 \cdot t$

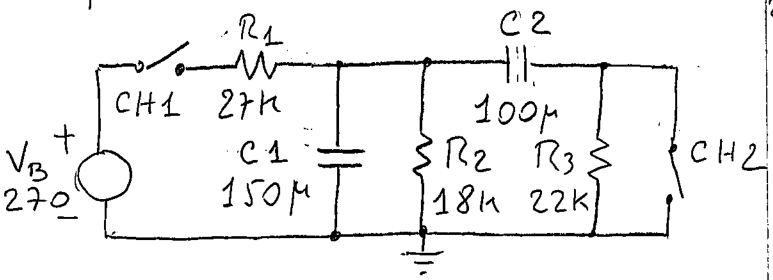
$$E_2 = 0,1^2 \cdot 30 \cdot 2\,h \cdot 60 \frac{min}{h} \cdot 60 \frac{seg}{min}$$

$$E_2 = 2160 \text{ Joules} \quad //$$



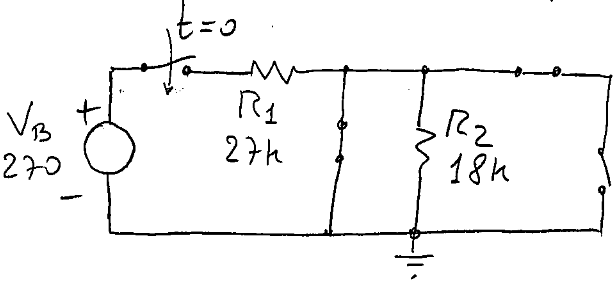
120m
Rp
25
100m
R3
120
140m
20m
R1
300
+
Vy
15
+
Vx
9
-
20m
40m
Rs
150

Calcule a corrente em R_2 a partir do momento em que a chave CH1 fecha. Após o circuito estabilizar, a chave CH2 abre. Calcule a tensão sobre ela a partir deste momento.



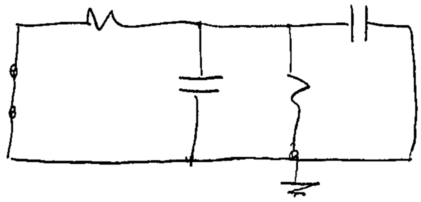
P1 2008-2

Circuito em $t=0$:
capacitores descarregados
C = curto para variações
CH2 está fechada
$C = C_1 + C_2 = 150\mu + 100\mu = 250\mu$



$V_C(0) = 0$, então $i_{R2}(0) = 0$

Constante de tempo: matando a fonte fica:



$$\tau = (R_1 // R_2) \cdot (C_1 + C_2)$$

$$\tau = \frac{27 \cdot 18}{27+18} \cdot 10^3 \cdot 250 \cdot 10^{-6}$$

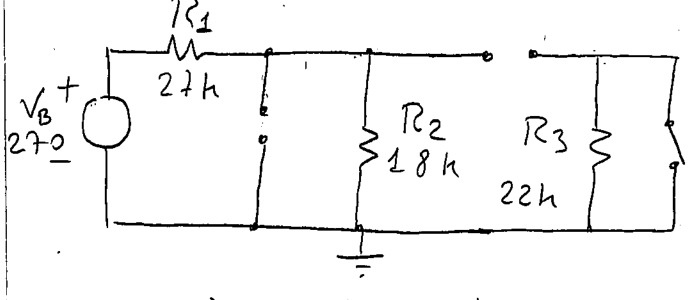
10,8K

$\tau = 2{,}7$ segundos //

circuito estável para $t > 5 \cdot \tau$:
$t > 5 \cdot 2{,}7 \rightarrow t > 13{,}5\ s$

C = aberto em regime

Circuito para $t > 13{,}5\ s$:



$$V_C(\infty) = V_{R2}(\infty)$$

Divisor de tensão:

$$V_{R2}(\infty) = V_B \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 270 \cdot \frac{18}{27+18}$$

$V_{R2}(\infty) = 108\,V$ logo

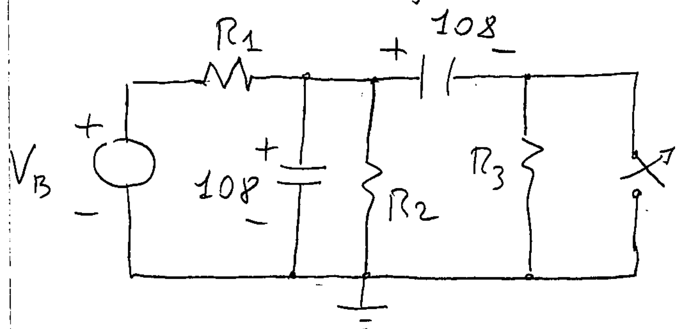
$$I_{R2}(\infty) = \frac{V_{R2}(\infty)}{R_2} = 6\ mA //$$

Corrente em R_2 para $t > 0$:

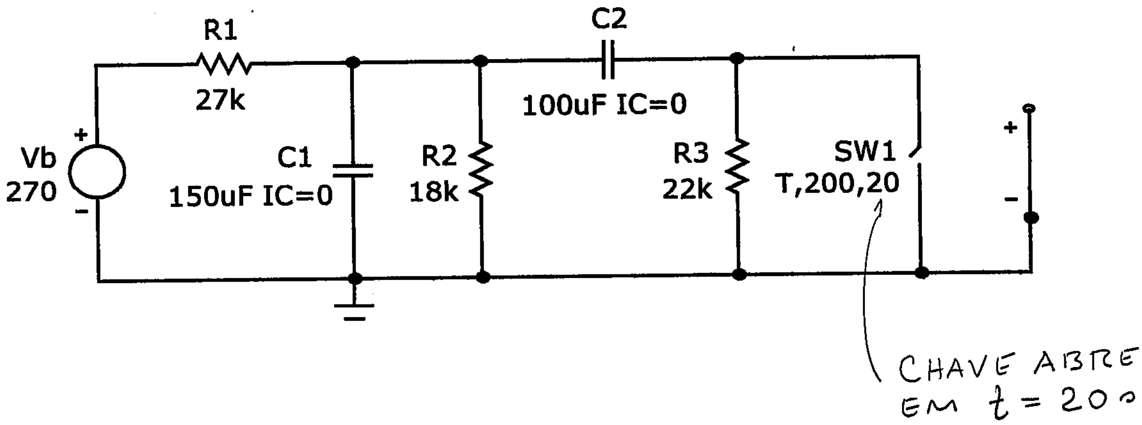
$$i_{R2}(t) = i_{R2}(\infty) \cdot \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$$i_{R2}(t) = 6 \cdot 10^{-3} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{2{,}7}}\right) //$$

Após $t = 13{,}5\ s$, CH2 abre e o circuito fica:

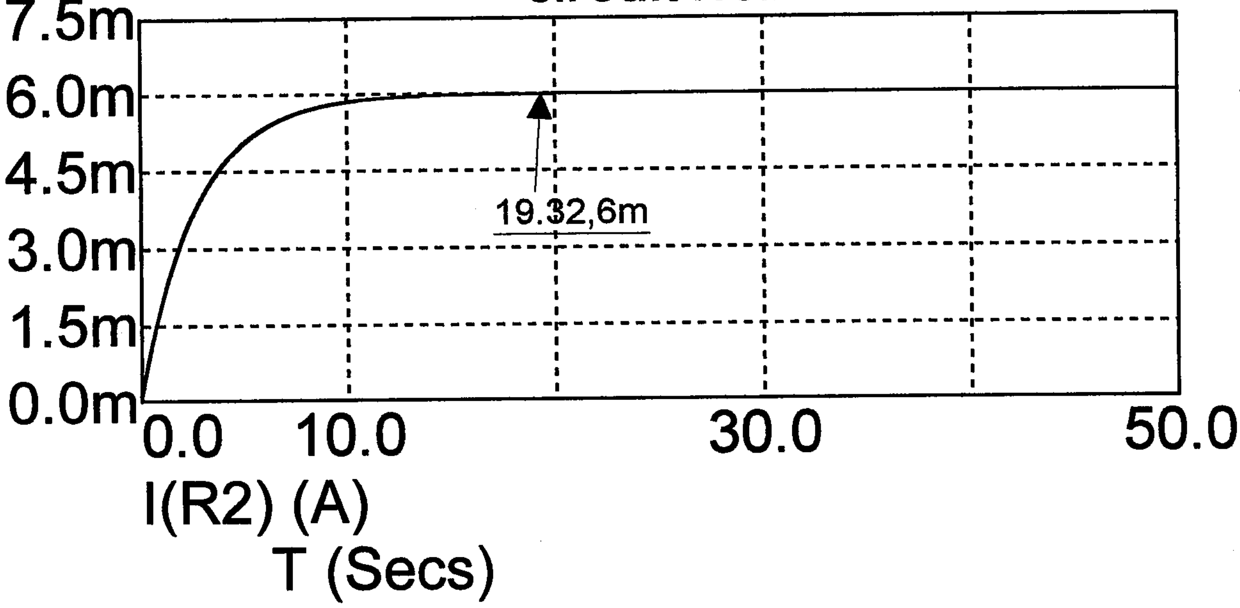


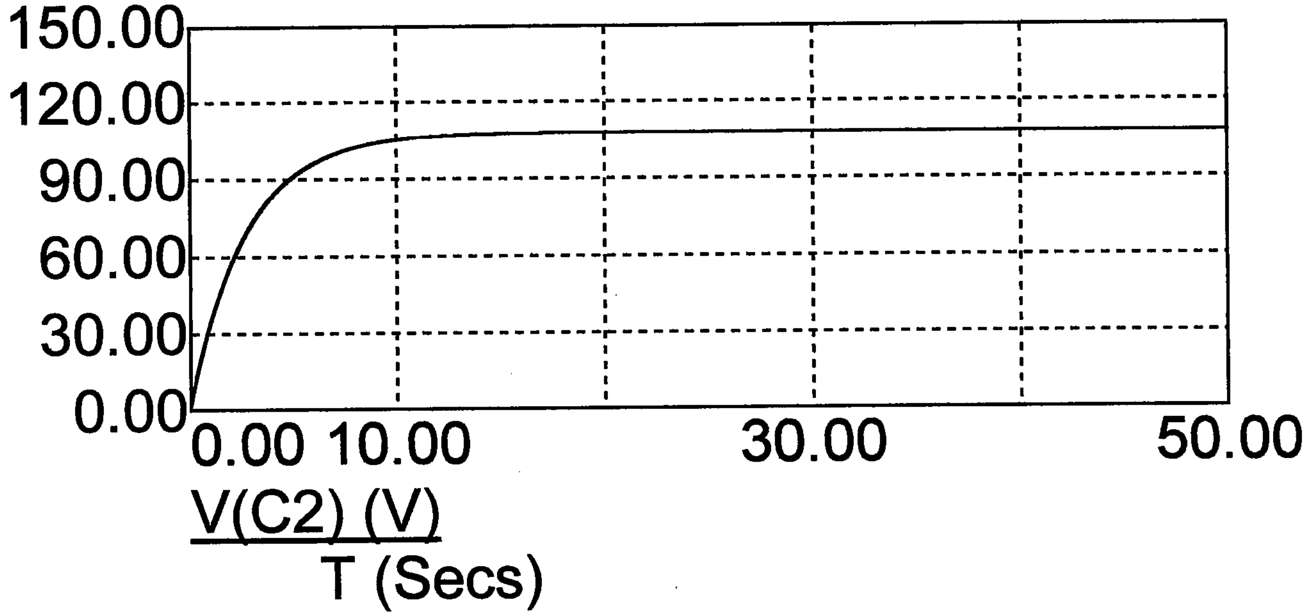
Como o circuito está já estável, C = aberto e $i_{R3} = 0$ portanto a tensão em CH2 é zero sempre.



Micro-Cap 9 Evaluation Version

circuit1.cir





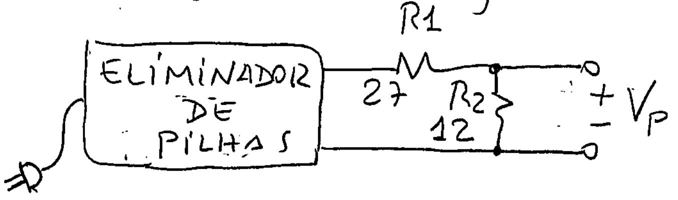
Um aluno resolveu alimentar seu player com um eliminador de pilhas com saída de 12 Volts. Como o player é alimentado por 3 pilhas de NiCd de 1,2V cada, o aluno projetou o circuito a seguir. Examine o projeto e responda:

a) Qual a tensão de saída sem o player?

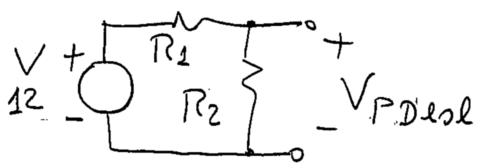
b) Qual a tensão que o player recebe, sabendo que ele consome 0,18W?

c) Desenhe a curva $V_{saída}$ versus $I_{saída}$ do projeto, a partir de 3 valores diferentes de corrente de saída.

e) Qual a eficiência deste aparelho?



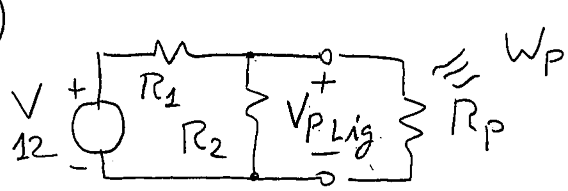
a) Redesenhando:



Divisor de tensão:

$$V_{PDesl} = V\frac{R_2}{R_1+R_2} = 12\frac{12}{27+12} = 3,69V$$

b)



$$V_{PLig} = V\frac{R_2 // R_P}{R_1 + (R_2 // R_P)}$$

Resistência equivalente do player:

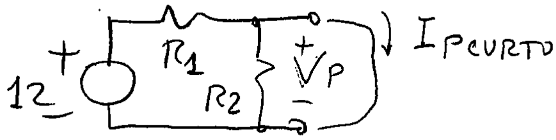
$$W_P = V_P \cdot I_P = \frac{V_P^2}{R_P}$$

$$0,18 = \frac{(3\cdot 1,2)^2}{R_P} \rightarrow R_P = 72\Omega$$

Então: $V_{PLig} = 12\,\frac{12 // 72}{27 + (12 // 72)}$

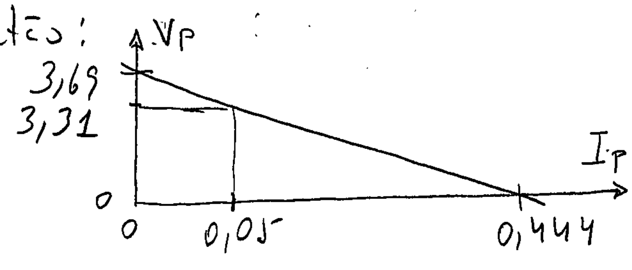
$$V_{PLig} = 3,31V \;//$$

c) Já temos dois pontos da curva: com e sem player. Colocando em curto a saída fica:



$$I_{PCURTO} = \frac{V}{R_1} = \frac{12}{27} = 0,444$$

Então:



como $W_P = R_P \cdot I_{P\,lig}^2$

$$I_{P\,lig} = \sqrt{\frac{W_P}{R_P}} = \sqrt{\frac{0{,}18}{72}} = \underline{\underline{0{,}05\,A}}$$

Levando este valor ao gráfico

ou use a nominal $W_P = 0{,}18\,W$

e) Eficiência $\eta = \dfrac{P_{saída}}{P_{entrada}}$

com o player ligado:

$$P_{saída} = V_{P\,lig} \cdot I_P = 3{,}31 \cdot 0{,}05 = 0{,}166\,W \;//$$

$$P_{entrada} = \frac{V^2}{R_{equiv}} = \frac{12^2}{27 + (12 \,//\, R_P)} = 3{,}86\,W$$

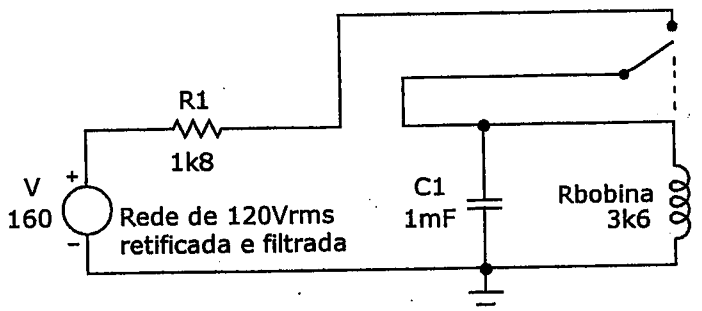
Então $\eta = \dfrac{0{,}166}{3{,}86} = 0{,}0429 \Rightarrow \eta = 4{,}29\,\% \;//$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2009/1

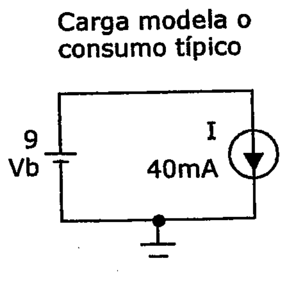
Prova 1 5/5/2009

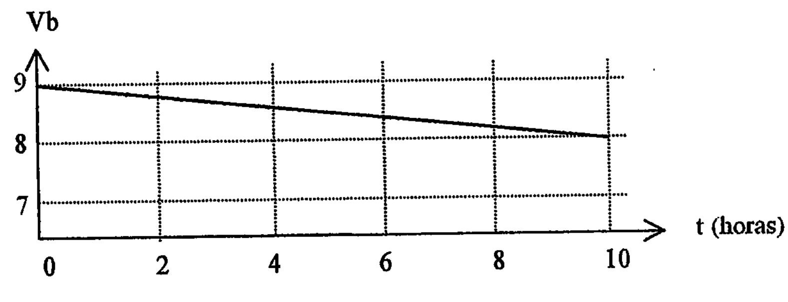
Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (4 pontos) A chave eletromecânica (relé) tem uma bobina de fio com resistência de 3,6 kΩ. Uma corrente crescente ativa o relé quando $I_{bobina} \geq 20mA$ (o contato abre). Após ativado, o relé só desarma quando a corrente diminuir até $I_{bobina} \leq 15mA$ (o contato volta a fechar). Outros contatos, não mostrados, comutam um conjunto de lâmpadas.
Examine o circuito, entenda e descreva o seu funcionamento e então calcule os tempos em que a chave fica em cada condição, a partir do instante em que é ligada a alimentação. Para isso, precisa antes determinar a equação de vc(t) ou $i_{bobina}(t)$. Desenhe o gráfico temporal de uma destas variáveis, com todos os valores que foram calculados.
Cada etapa da solução deve ser documentada com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado sempre.

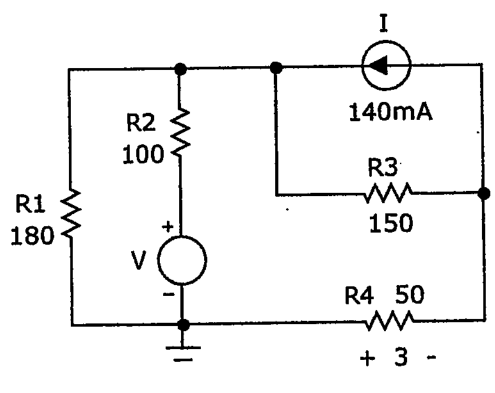


2. (3 pontos) O ensaio em uma bateria de 9 Volts resultou no gráfico a seguir. A bateria é considerada esgotada quando sua tensão cair para 7,5V enquanto conectada na carga padrão mostrada.
Calcule a capacidade energética desta bateria em Joules e em mAh, descrevendo amplamente cada etapa com textos, equações e diagramas.

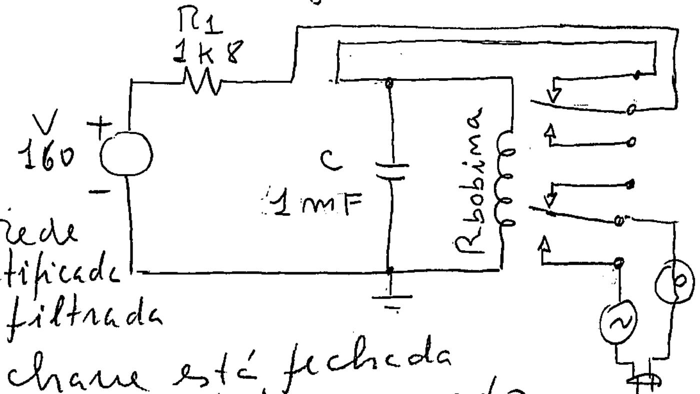




3. (3 pontos) Calcule a tensão da fonte V no circuito ao lado, sabendo que existe uma queda de potencial de 3 Volts no resistor R_4. Examine o circuito e escolha o melhor conjunto de ferramentas para alcançar o objetivo e o caminho para lá chegar. Como sempre, documente extensivamente cada etapa da solução com textos, equações e diagramas.



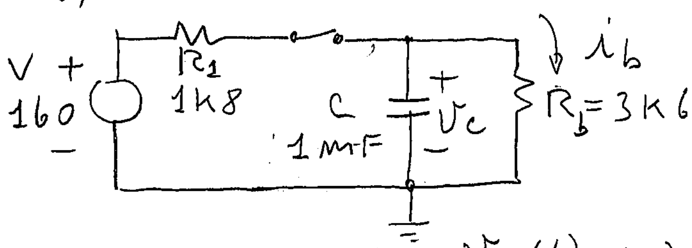
O relé tem uma bobina de 3,6K Ohms, aciona com $i_b \geq 20$ mA e desaciona com $i_b \leq 15$ mA. Possui ainda dois conjuntos de contatos que são acionados de acordo.
Examine o circuito, descreva o funcionamento e calcule os tempos em que o relé permanece aberto e fechado.



Rede retificada e filtrada

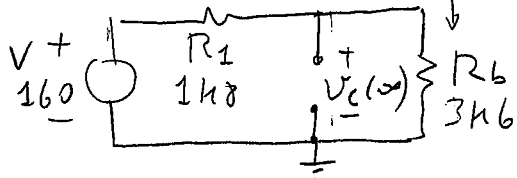
A chave está fechada com o relé desacionado

É um pisca-pisca.
Circuito equivalente:
a) Relé aberto ($i_b < 15$ mA)



$v_c(t)$ e $i_b(t) = \frac{v_c(t)}{R}$ (1)

Ao ligar a alimentação, $i_b(0) = 0$ e aumenta com o tempo.
Quando $i_b(t) = 20$ mA o relé fecha e interrompe a alimentação. C então se descarrega por R até que $i_b = 15$ mA e o relé abre, repetindo o ciclo.
Supondo que o relé nunca abre, C vai se carregar até $v_c(\infty)$ e $i_c(\infty) = 0$:

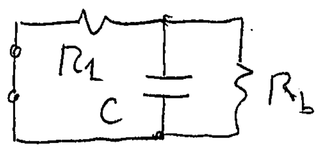


Divisor de tensão:

$$v_c(\infty) = V\frac{R}{R_1+R} = 160\frac{3K6}{1K8+3K6}$$

$v_c(\infty) = 106,7$ Volts //

Matando a fonte:



$\tau = R\cdot C$

$\tau = R_1 // R_b \cdot C$

$$\tau = \frac{1K8\cdot 3K6}{1K8+3K6}\cdot 1\cdot 10^{-3} \to \tau = 1,2\,s \text{ //}$$

$$v_c(t) = v_c(\infty)\cdot(1-e^{-t/\tau})$$

Usando (1) com $i_b = 20$ mA:

$$20\,mA = \frac{106,7\,(1-e^{-t/12})}{3K6}$$

Isolando t:

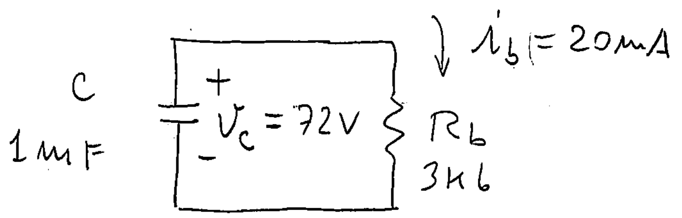
$$\frac{20\cdot 10^{-3}\cdot 3,6\cdot 10^{3}}{106,7} - 1 = -e^{\frac{-t}{1,2}}$$

$$\ln(0,3252) = \ln(e^{-t/1,2})$$

$$-1,124 = -\frac{t}{1,2} \to 1,35\,s \text{ //}$$

Neste momento o relé fecha e a alimentação é desligada mas o relé continua fechado pois está alimentado por C, até e só vai abrir quando $i_b(t) = 15$ mA.

O circuito fica:



$V_c = i_b \cdot R_b = 20mA \cdot 3k6 = 72\,Volts = V_c(0) = V_c\,(\text{inicial})$

Tempo para i_b diminuir até 15mA e o relé abrir. Neste momento

$V_c = i_b \cdot R_b = 15mA \cdot 3k6 = 54\,Volts = V_c\,(\text{final})$

Se o relé nunca abrir, $V_c(\infty) = 0$ e $i_b(\infty) = 0$

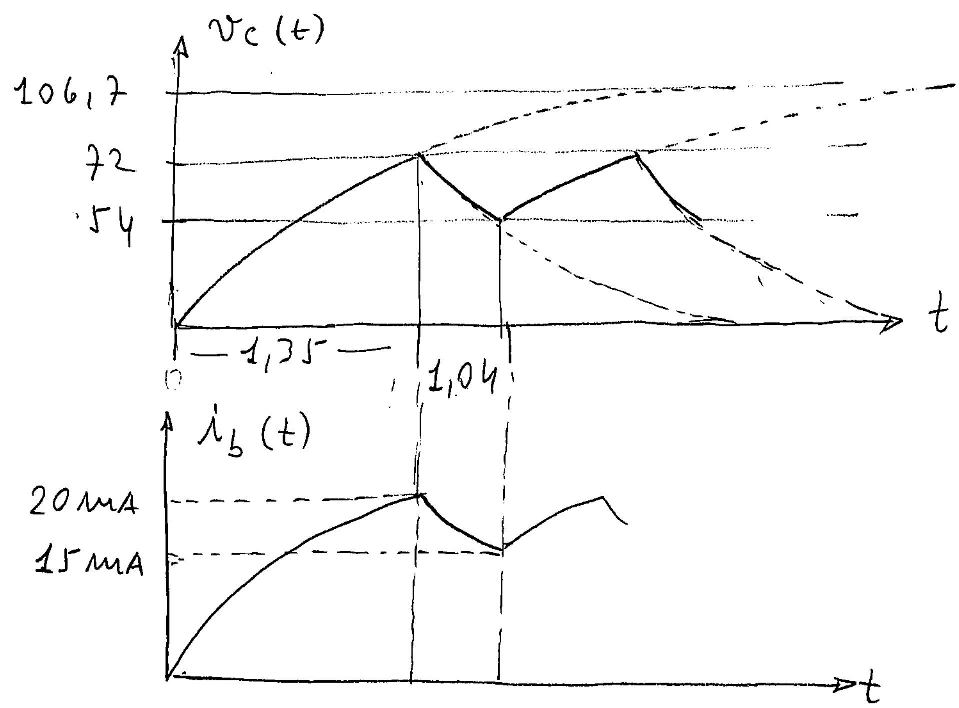
$$t = -\tau \ln\left(\frac{V_\infty - V_{final}}{V_\infty - V_{inicial}}\right)$$

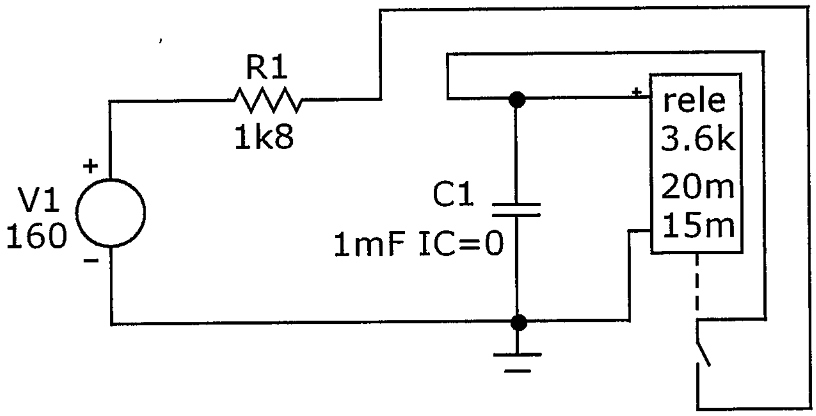
Mas agora, $\tau = R \cdot C = R_b \cdot C = 3k6 \cdot 1mF = 3{,}6\,seg$ //

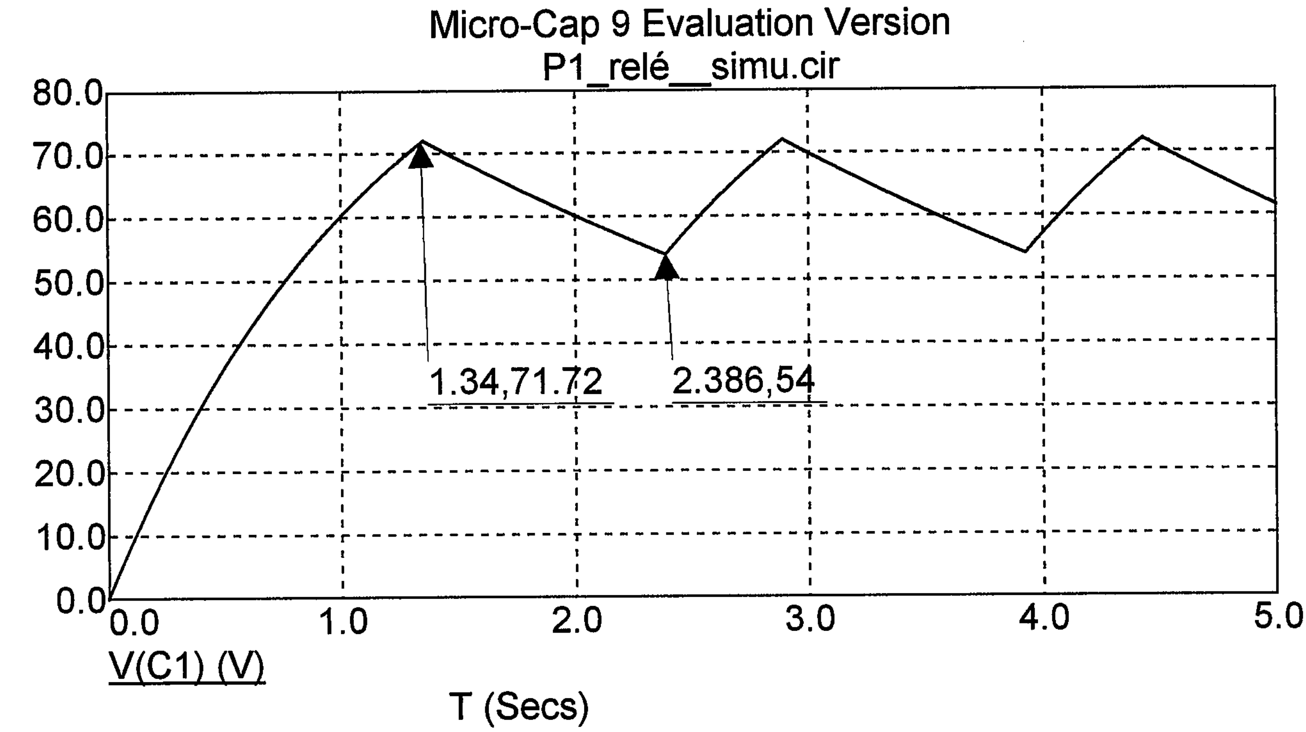
$$t = -3{,}6 \ln\left(\frac{0 - 54}{0 - 72}\right)$$

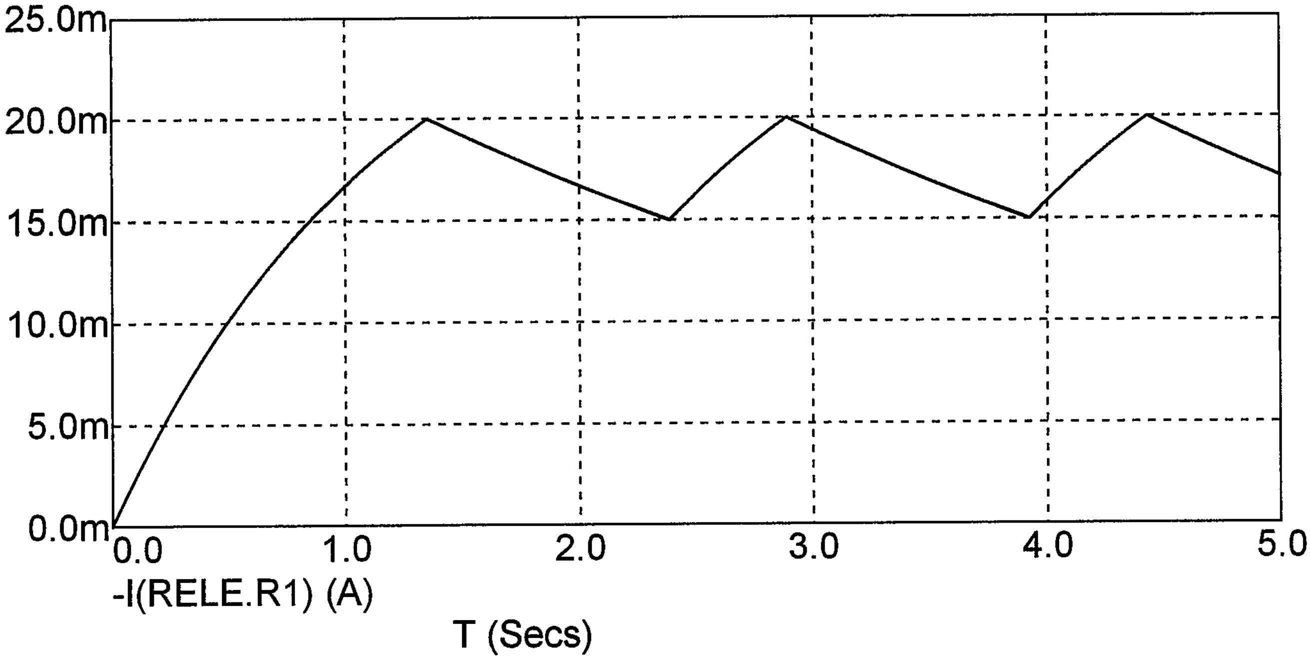
$t = -3{,}6\,(-0{,}2877) \rightarrow t = 1{,}036\,seg$ //

Fica então:




R1
1k8
V1
160
C1
1mF IC=0
rele
3.6k
20m
15m

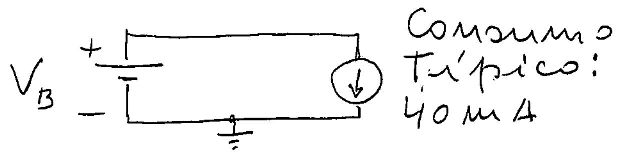

Micro-Cap 9 Evaluation Version
P1_relé__simu.cir
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
1.34,71.72
2.386,54
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
V(C1) (V)
T (Secs)

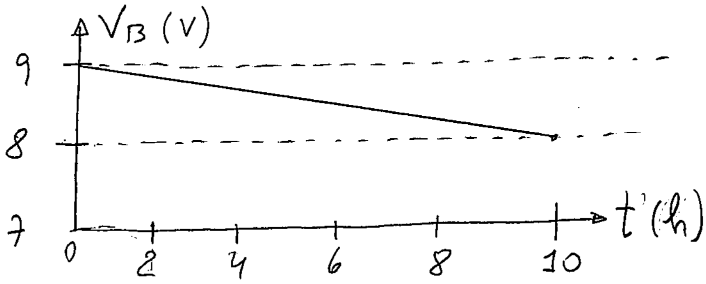

25.0m
20.0m
15.0m
10.0m
5.0m
0.0m
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
-I(RELE.R1) (A)
T (Secs)

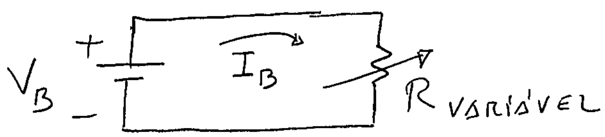
Os ensaios em uma bateria de 9 Volts resultaram nos gráficos a seguir:

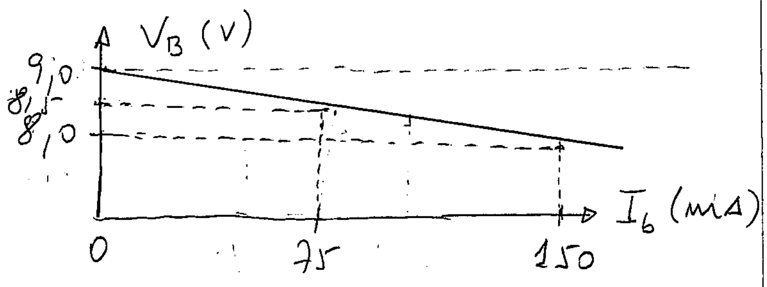
a) Calcule a capacidade energética, em Joules e em mA.h deste bateria. Esgotada quando a tensão cair para 7,5V

b) Calcule sua resistência interna no início de sua vida útil e sua corrente de curto-circuito. Descreva e fundamente cada etapa destas tarefas









---

a) Energia acumulada:

$W = I \cdot V \cdot t$ (Joules)

$I = 40\,mA$

$V \cdot t$ = área do gráfico $V_B \times t$

Tempo para a bateria esgotar (7,5 Volts) com consumo típico (40 mA):

V_B diminui linearmente com o tempo:

$$\Delta V_B = \frac{8V - 9V}{10h - 0h} = -0,1\ \frac{Volt}{hora}$$

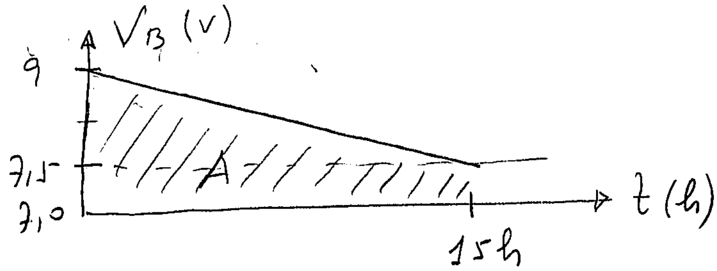
Para cair 1,5 Volt (regra de 3)

$-0,1$ — $1h$

$-1,5$ — t

$t = 15$ horas //

Curva completa:



Área da curva:

$V \cdot t$ = +

$V \cdot t = 7,5V \cdot 15h + \frac{1}{2}\ 1,5V \cdot 15h$

$V \cdot t = 123,75$ Volts. hora

$V \cdot t = 123,75 \cdot 60 \cdot 60 = 445500\ V.s$

Então:

$W = 40 \cdot 10^{-3} \cdot 445500$

$W = 17820\ J$ //

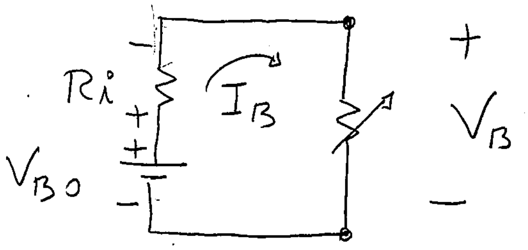
Capacidade em mA·h:

Bateria se esgota ao fornecer 40 mA durante 15 horas. Então:

Capacidade = 40 mA · 15 h

Capacidade = 600 mA·h //

b) circuito equivalente da bateria:



$V_{BO} = 9V$ = tensão V_B com corrente zero (sem carga)

KVL:

$-V_{BO} + V_{Ri} + V_B = 0$

Como $V_{Ri} = Ri \cdot I_B$

$V_B = V_{BO} - Ri \cdot I_B$

$V_B = 9 - Ri \cdot I_B$ //

Curva é linear.
Tomando um ponto qualquer:

$8 = 9 - Ri \cdot 150\,mA$

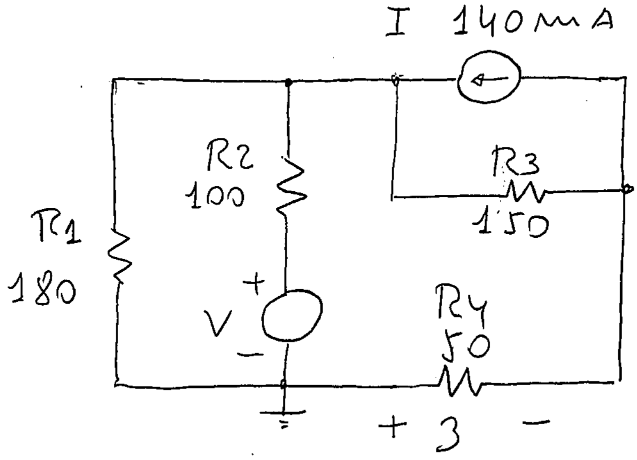
$Ri = 15\,\Omega$ //

Corrente de curto:
Aplicando a equação para $V_B = 0$:

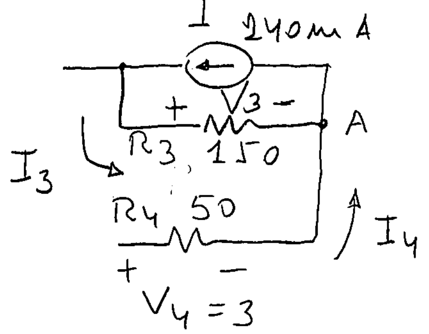
$0 = 9 - 15 \cdot I_{B\,curto}$

$I_{B\,curto} = 0,6$ Ampères //

Calcule a tensão da fonte V no circuito a seguir, descrevendo cada passo com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado sempre.



A partir do valor dado de $V_4 = 3$ Volts, vamos calcular tensões e correntes, progredindo até V.



Temos;

$$I_4 = \frac{V_4}{R_4} = \frac{3}{50} = 60\,mA$$

KCL no nó A: Atribuído o sentido para I_3.

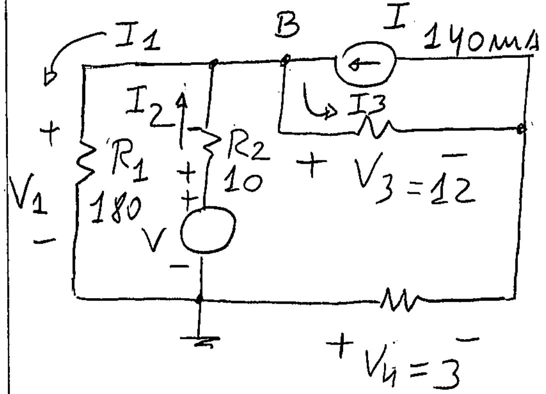
$$+I - I_3 - I_4 = 0$$

$$140 - I_3 - 60\,mA = 0$$

$$I_3 = 80\,mA \,//$$

Então, $V_3 = R_3 \cdot I_3 = 150 \cdot 80\,mA$

$$V_3 = 12 \text{ Volts} \,//$$



KVL na malha externa:

$$-V_1 + V_3 - V_4 = 0$$

$$-V_1 + 12 - 3 = 0 \rightarrow V_1 = 9 \,//$$

Então,

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{9}{180} = 50\,mA \,//$$

KCL no nó B: Atribuído o sentido para I_2.

$$+I_1 - I_2 - I + I_3 = 0$$

$$50\,mA - I_2 - 140\,mA + 80\,mA = 0$$

$$I_2 = -10\,mA \,//$$

Sentido real é o oposto do arbitrado.

KVL na malha esquerda:

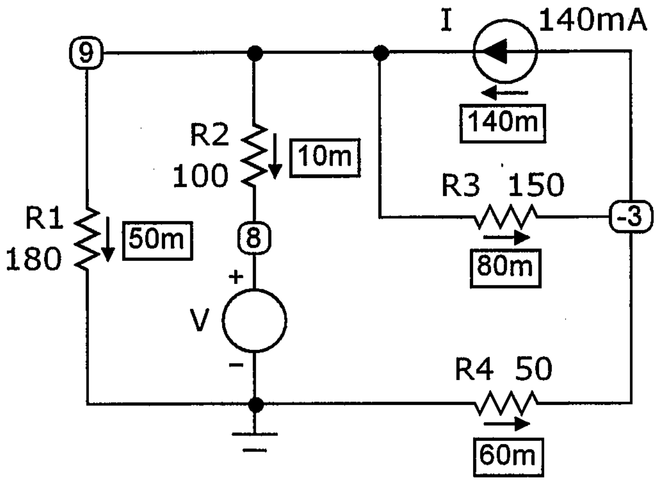
$$-V_1 - V_2 + V = 0$$

Como: $V_2 = R_2 \cdot I_2 = 100 \cdot (-10\,mA)$

$V_2 = -1$ Volt vem:

$$-9 - (-1) + V = 0$$

Então $V = 8$ Volts //



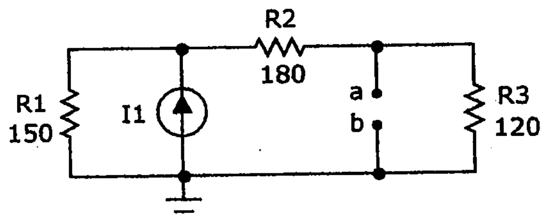
I
140mA
9
140m
R2
100
10m
R3 150
-3
R1
180
50m
8
80m
V
+
−
R4 50
60m

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2009/2

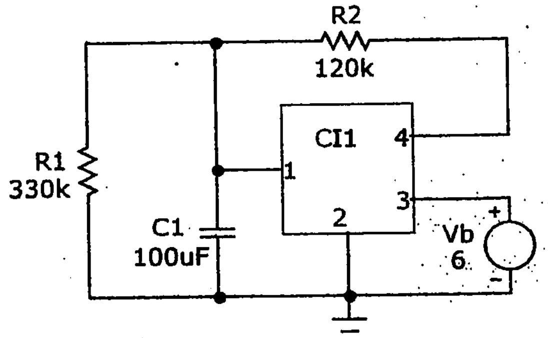
Prova 1 27/10/2009

Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3 pontos) No circuito a seguir, $V_{ab} = 24$ Volts. Calcule a corrente I_{ab} que passa por um curto-circuito entre **a** e **b**. Descreva cada etapa do seu trabalho com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado sempre. Escreva de cima para baixo e não para os lados.



2. (4 pontos) Examine o circuito a seguir e descreva o seu funcionamento qualitativo. Faça isso em primeiro lugar pois vai facilitar o seu trabalho depois.
Calcule e esboce o gráfico temporal das tensões nos pinos 1 e 4 do circuito integrado, partindo do instante em que o capacitor, em descarga, passa por 1 Volt, até ele voltar novamente para este valor. Descreva cada etapa da solução com textos, equações e diagramas. Arredonde em 3 dígitos significativos.

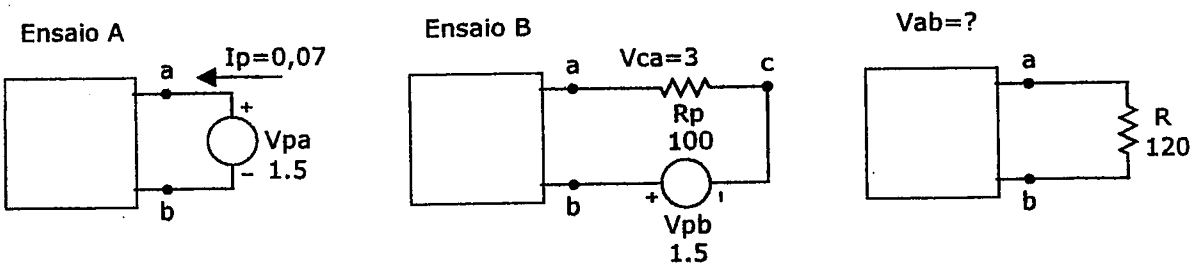


$(V1 - V2) \geq 3 \rightarrow V4 = V2$

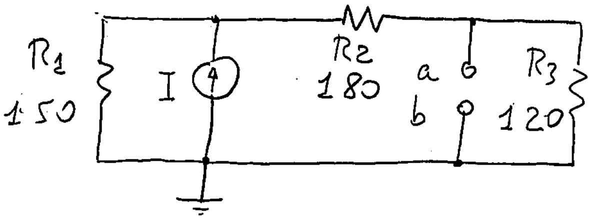
$(V1 - V2) \leq 1 \rightarrow V4 = V3$

$v_c(t) = v_\infty + (v_0 - v_\infty) \cdot e^{-t/\tau}$

3. (3 pontos) Qualquer circuito elétrico linear, sob o ponto de vista de dois quaisquer terminais, pode ser modelado como uma fonte de tensão V_x com um resistor R_x em série. Descubra o conteúdo da caixa a seguir e então calcule a tensão V_{ab} ao ser instalado um resistor de 120Ω entre seus terminais. Documente extensivamente todas as etapas do seu trabalho.



No circuito a seguir, $V_{ab} = 24$ volts.
Calcule a corrente I_{ab} que passe por um curto-circuito entre a e b.
Descreva cada etapa.



Circuito com fonte de corrente desconhecida mas é dado $V_{ab} = 24$. Então OK.

Cálculo de I: Partindo de V_{ab}, aplicamos as propriedades dos circuitos para chegar até a fonte I.

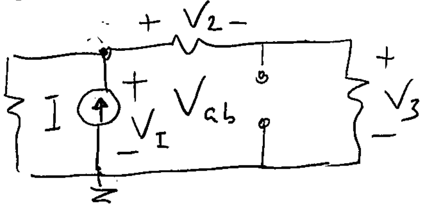
$$I_3 = \frac{V_{ab}}{R_3} = \frac{24}{120} \rightarrow I_3 = 0,2 \text{ Amp.}$$

Como R_2 e R_3 estão em série, $I_2 = I_3 = 0,2$

Portanto,

$$V_2 = R_2 \cdot I_2 = 180 \cdot 0,2 = 36 V$$

Tensão sobre a fonte de corrente: KVL:



$$-V_I + V_2 + V_3 = 0$$

$$V_I = 36 + 24 = 60 \text{ Volts}$$

Corrente em R_1:

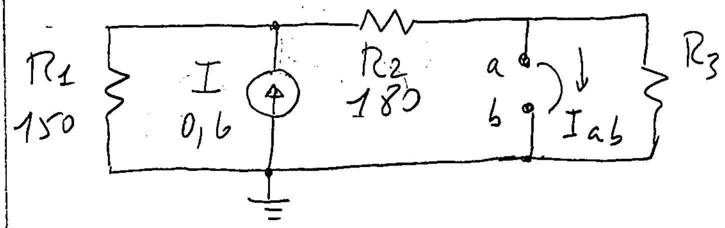
$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_I}{R_1} = \frac{60}{150} \rightarrow I_1 = 0,4$$

KCL em X:

$$-I + I_1 + I_2 = 0$$

$$I = 0,4 + 0,2 = 0,6 \,//$$

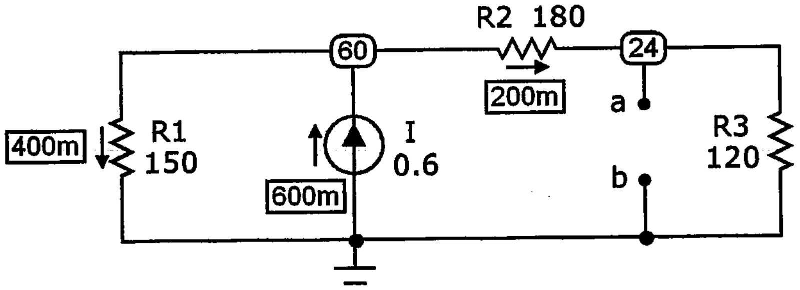
Corrente pelo curto entre a e b:



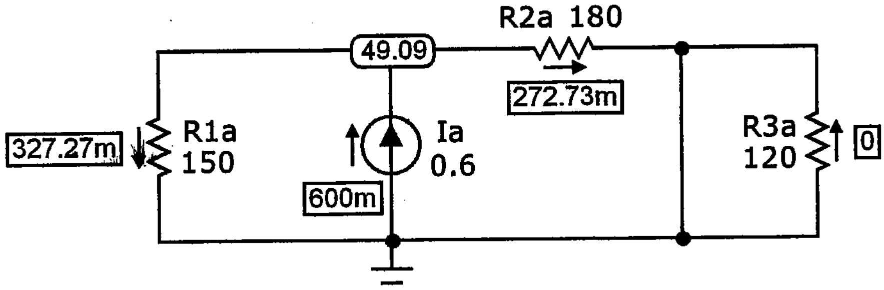
Divisor de corrente:

$$I_{ab} = I \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0,6 \frac{150}{150+180}$$

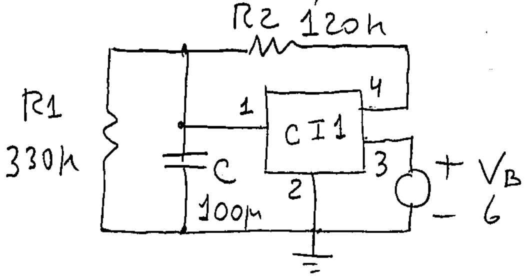
$$I_{ab} = 0,2727 \,//$$



Delet 2009
Introdução
Novos circuitos
Kirch2.cir



Examine o circuito a seguir e descreva o seu funcionamento qualitativo. Faça isso em primeiro lugar. Note a presença de um circuito integrado descrito por suas equações. A entrada (pino 1) não drena corrente.
Calcule e esboce o gráfico temporal da tensão no capacitor partindo do instante em que o capacitor, em descarga, passa por 1 Volt, até ele voltar novamente para este valor. Descreva cada etapa de solução com textos, equações e diagramas.



$(V_1 - V_2) \geq 3 \rightarrow V_4 = V_2$

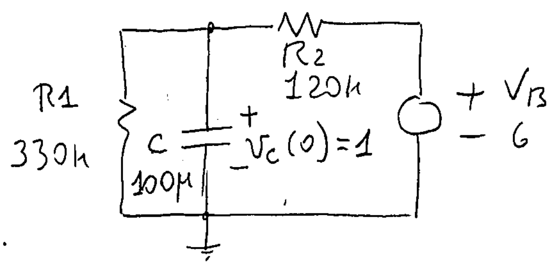
$(V_1 - V_2) \leq 1 \rightarrow V_4 = V_3$

$v_c(t) = v_\infty + (v_0 - v_\infty)\, e^{-t/\tau}$

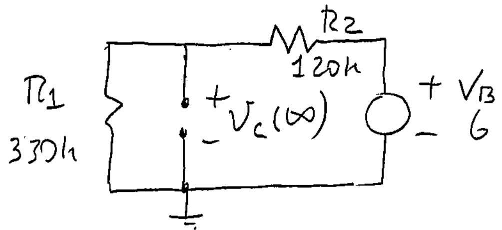
Arredondar em 3 dígitos significativos

Quando $v_c \leq 1$, pino 4 assume 6V e C carrega até $v_c(\infty)$ mas ao chegar em $v_c = 3$ o pino 4 assume zero e C descarrega até 1 novamente.

Equacionamento com C em descarga:
Quando $v_c = 1$, $V_3 = V_4$ e o circuito fica:



Cálculo de $v_c(\infty)$:
Após muito tempo, o capac. está carregado e $i_c(\infty) = 0$:

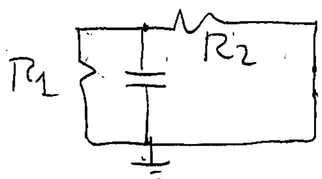


Divisor de tensão:

$v_c(\infty) = V_B \dfrac{R_1}{R_1 + R_2} = 6 \dfrac{330}{330 + 120}$

$v_c(\infty) = 4{,}4$ Volts //

constante de tempo:
matando a fonte fica:



$\tau = R_{eq} \cdot C$

$R_{eq} = R_1 // R_2 = \dfrac{330 \cdot 120}{330 + 120} = 88k\Omega$

$\tau = 88 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 8{,}8\ \text{seg}$ //

Tempo para o capacitor ir de 1 Volt até 3 Volts:

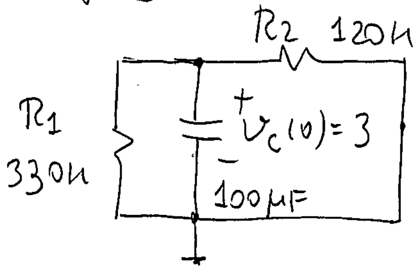
$3 = v_c(t) = 4{,}4 + (1 - 4{,}4)\, e^{-\frac{t}{8{,}8}}$

$$-1{,}4 = -3{,}4\, e^{-\frac{t}{8{,}8}}$$

$$\ln\left[\frac{1{,}4}{3{,}4}\right] = \ln\left\{e^{-t/8{,}8}\right]$$

$$-0{,}8873 = \frac{-t}{8{,}8} \rightarrow t = 7{,}81 \text{ segundos}$$

quando V_c alcança 3 Volts o integrado faz $V_4 = V_2$ e o circuito fica:



Agora, $V_c(\infty) = $ zero

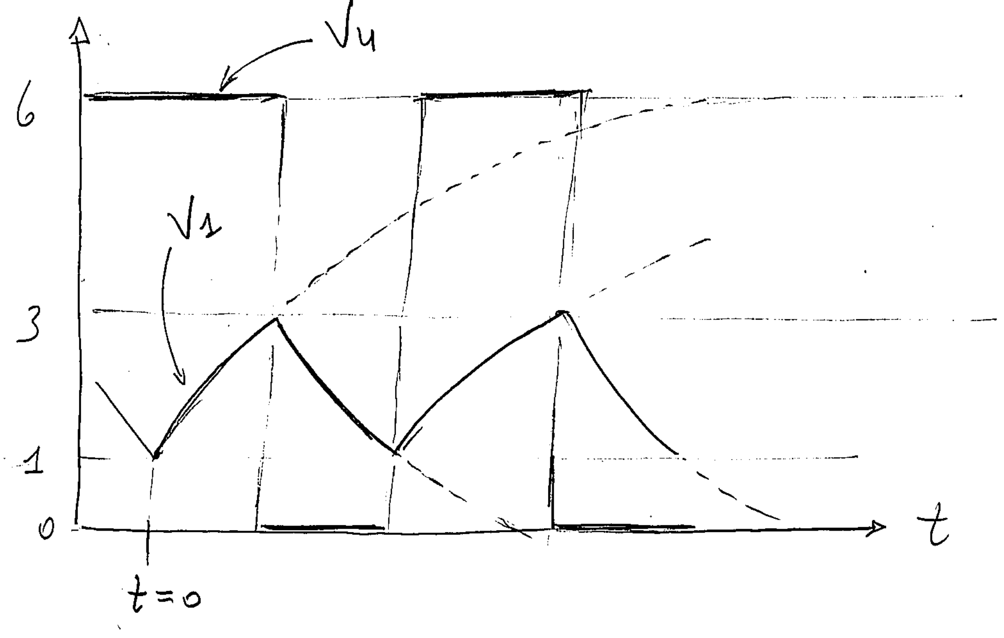
Tempo para o capacitor descarregar de 3V até 1 Volt:

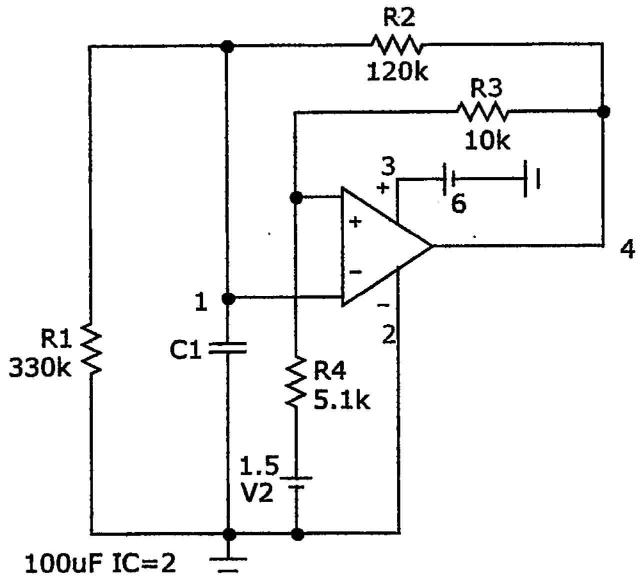
$$1 = V_c(t) = 0 + (3 - 0)\, e^{-t/8{,}8}$$

$$\ln\left[\frac{1}{3}\right] = \ln\left\{e^{-t/8{,}8}\right]$$

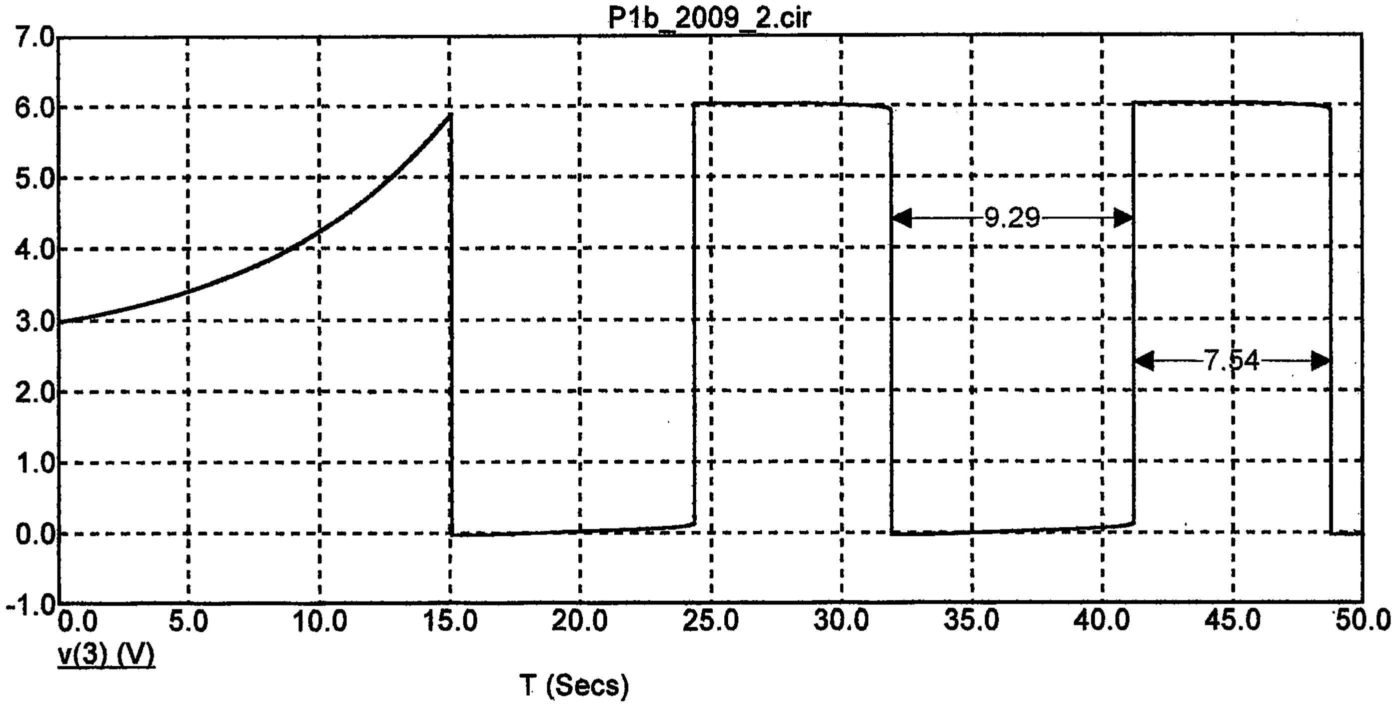
$$-1{,}098 = \frac{-t}{8{,}8} \rightarrow t = 9{,}67\,s$$

Gráficos:

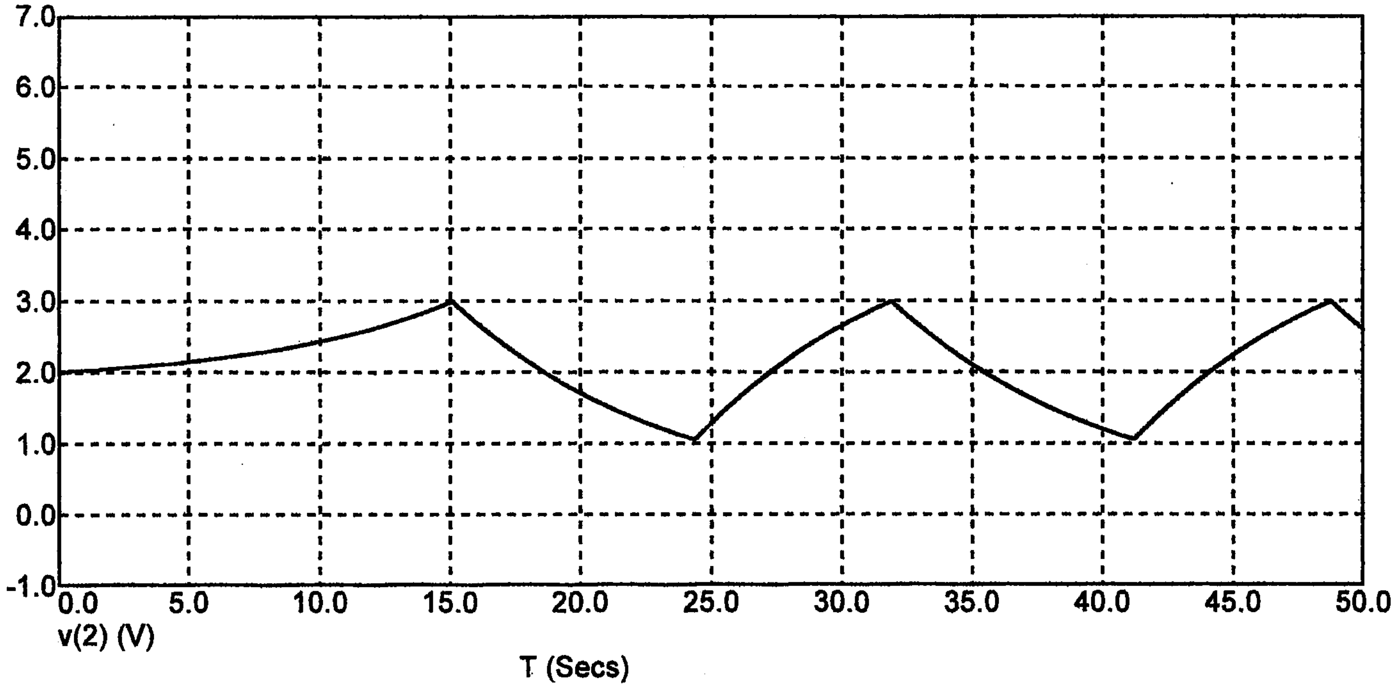




R2
120k
R3
10k
3
6
4
1
2
R1
330k
C1
R4
5.1k
1.5
V2
100uF IC=2

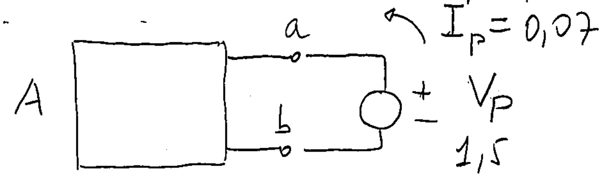


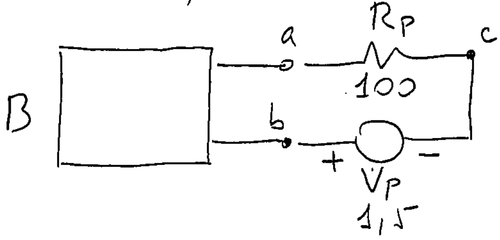
P1b_2009_2.cir
9.29
7.54
v(3) (V)
T (Secs)



v(2) (V)
T (Secs)

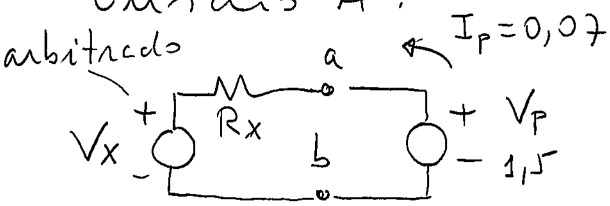
Qualquer circuito elétrico linear, sob o ponto de vista de dois terminais, pode ser modelado por uma fonte de tensão Vx com um resistor Rx em série. Descubra o conteúdo da caixa a seguir e calcule a corrente que passa por um curto circuito entre seus terminais. A caixa foi submetida aos ensaios A e B e os resultados estão mostrados em cada esquema. Descreva cada etapa da solução com textos, equações e diag.



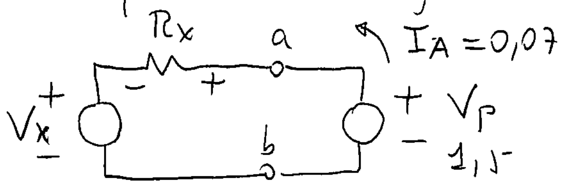


$V_{ca} = 3$ Volts

Ensaio A:



Devido ao sentido de I_P, as polaridades ficam:

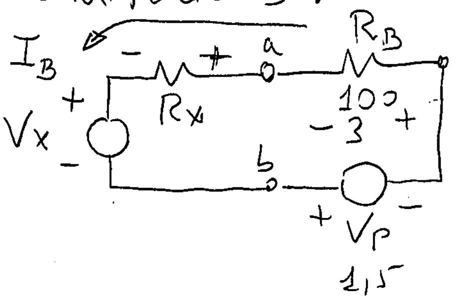


Aplicando KVL:

$-V_x - R_x \cdot I_A + V_p = 0$

$-V_x - 0{,}07 \cdot R_x + 1{,}5 = 0$ // ①

Ensaio B:



$V_{ca} = 3$

circuito série → mesma corrente

$V_{ca} = 3$ determina uma corrente $I_B = \frac{V_{ca}}{R_B} = \frac{3}{100}$

$I_B = 0{,}03$ //

Aplicando KVL:

$-V_x - I_B \cdot R_x - \underbrace{I_b \cdot R_B}_{V_{ca}} - V_p = 0$

$-V_x - 0{,}03\, R_x - 0{,}03 \cdot 100 - 1{,}5 = 0$

$-V_x - 0{,}03\, R_x - 4{,}5 = 0$ // ②

Isolando Vx em ① e ② e igualando:

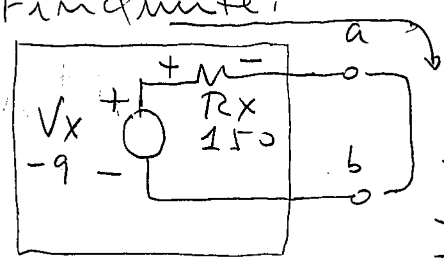
$-0{,}07 \cdot R_x + 1{,}5 = -0{,}03\, R_x - 4{,}5$

Então $R_x = 150\,\Omega$ //

Usando ①: $-V_x - 0{,}07 \cdot 150 + 1{,}5 = 0$

Então $V_x = -9$ Volts (sentido contrário do arbitrado) //

Finalmente:



I_{ab}

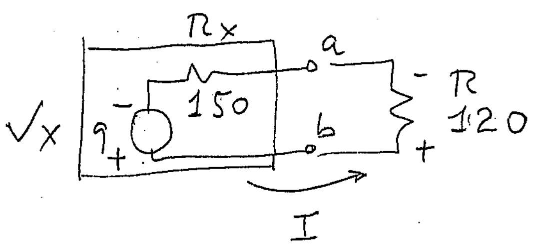
$-V_x + I_{ab} R_x = 0$

$-(-9) + I_{ab} \cdot 150 = 0$

$I_{ab} = -0{,}06$

Ou seja: $I_{ba} = 0{,}06$ Amp. //

com $R = 120\Omega$:



KVL :

$I \cdot R + I \cdot R_x - V_x = 0$

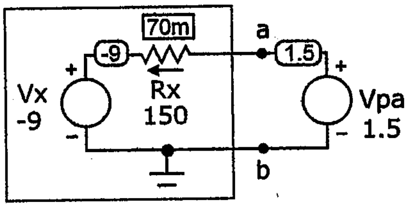
$I(120 + 150) = 9$

$I = 0,0333$

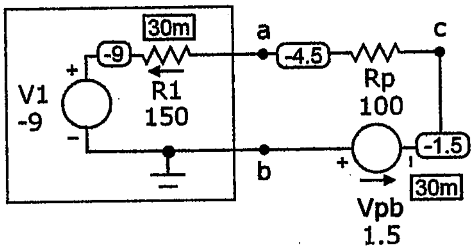
Então $V_{ba} = I \cdot R = 0,033 \cdot 120$

$V_{ba} = 4$ Volts //

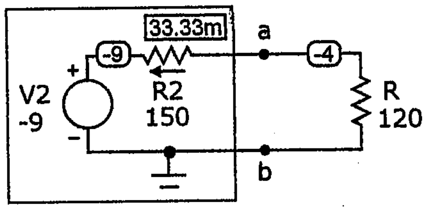
Teste A



Teste B



Vab = ?

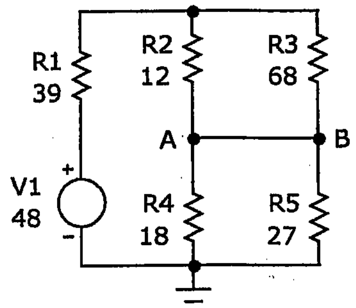


Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2010/1

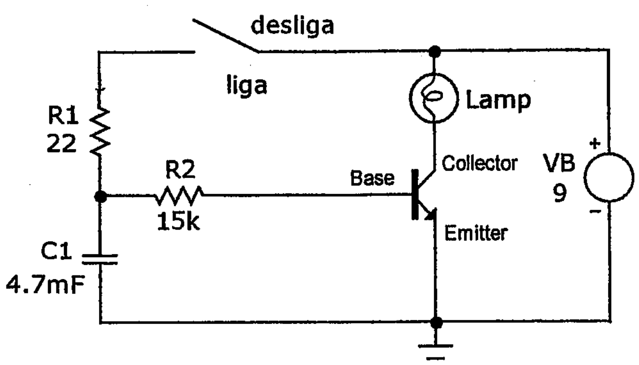
Prova 1 11/5/2010

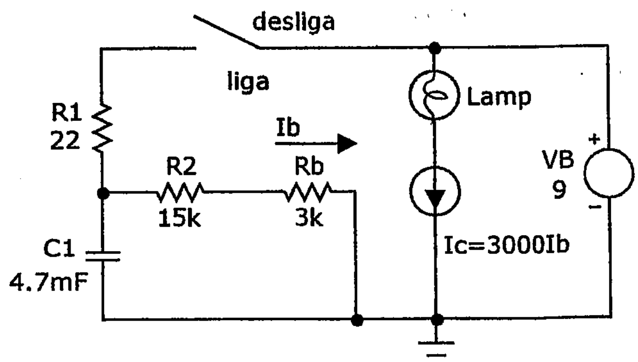
Nome: GABARITO **Turma:** ____

1. (3 pontos) Examine o circuito ao lado e aplique o Método das Correntes de Malha para obter a corrente I_{AB}, descrevendo cada etapa com textos, equações e diagramas pois isso será avaliado sempre.

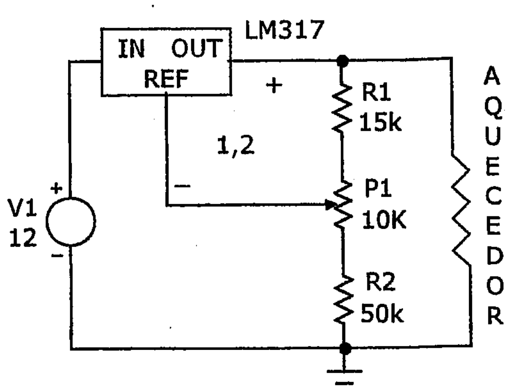


2. (4 pontos) O circuito a seguir alimenta uma lâmpada de cabeceira. Ao desligar, a lâmpada continua brilhando por algum tempo e depois diminui, simulando o anoitecer. Para possibilitar o equacionamento, o transistor foi substituído pelo seu circuito elétrico equivalente (simplificado), onde o valor da corrente de coletor I_c depende da corrente de base I_b.
a) Examine o circuito e descreva o seu funcionamento com a chave ligada e após abrir a chave.
b) Calcule a constante de tempo de carga do capacitor quando a chave liga.
c) Determine a equação literal que permite calcular o tempo entre abrir a chave e o brilho da lâmpada <u>começar</u> a diminuir e aplique então os valores para saber este tempo.
Todas as etapas da solução devem ser documentadas com textos, equações e diagramas.
Lâmpada: 9Volts, 600mA. Transistor: $I_c / I_b = 3000$.
Note que no modelo, I_c pode ser muito grande mas a máxima corrente de coletor, na realidade, é determinada pela resistência da lâmpada. Nestas condições o transistor está saturado e opera como um curto-circuito entre coletor e emissor.
Documente cada passo com textos, equações e esquemas.

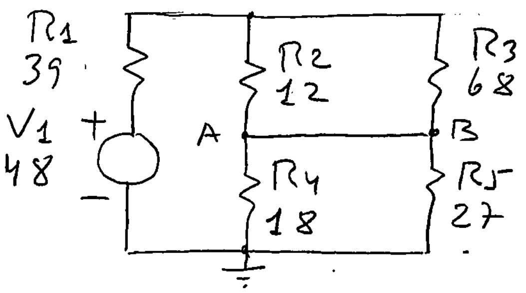




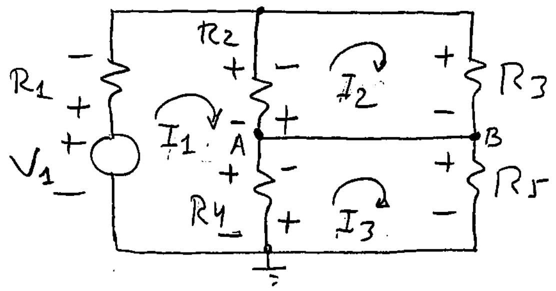
3. (3 pontos) O circuito ao lado é o controle de um aquecedor com valor nominal de 5Watts e 4,5Volts.
a) Determine as equações literais e calcule os limites da tensão que alimenta o aquecedor.
b) Com o circuito ajustado para o valor nominal do aquecedor, calcule a potência dissipada no regulador integrado LM317.
Descreva cada etapa com textos, equações e esquemas.



Aplique o Método das Correntes de Malha para calcular I_{AB}, documentando cada etapa com textos, equações e diagramas.



Nomeando as malhas em sentido horário e marcando as polaridades:



Equacionando:

$$\begin{cases} -V_1 + I_1 \cdot R_1 + (I_1 - I_2) R_2 + (I_1 - I_3) R_4 = 0 \\ (I_2 - I_1) \cdot R_2 + I_2 \cdot R_3 = 0 \\ (I_3 - I_1) \cdot R_4 + I_3 \cdot R_5 = 0 \end{cases}$$

Colocando os valores:

$$\begin{cases} 39 \cdot I_1 + 12 I_1 - 12 I_2 + 18 I_1 - 18 I_3 = 48 \\ 12 I_2 - 12 I_1 + 68 I_2 = 0 \\ 18 I_3 - 18 I_1 + 27 I_3 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (39 + 12 + 18) I_1 - 12 I_2 - 18 I_3 = 48 \\ (12 + 68) I_2 - 12 I_1 = 0 \\ (18 + 27) I_3 - 18 I_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 69 I_1 - 12 I_2 - 18 I_3 = 48 & (1) \\ 80 I_2 - 12 I_1 = 0 & (2) \\ 45 I_3 - 18 I_1 = 0 & (3) \end{cases}$$

Isolando I_2 e I_3 em (2) e (3) e aplicando em (1):

$$69 \cdot I_1 - 12 \left(\frac{12 \cdot I_1}{80} \right) - 18 \left(\frac{18 \cdot I_1}{45} \right) = 48$$

$$69 I_1 - 1{,}8 \cdot I_1 - 7{,}2 I_1 = 48$$

$I_1 = 0{,}8$ Ampères //

Levando em (2):

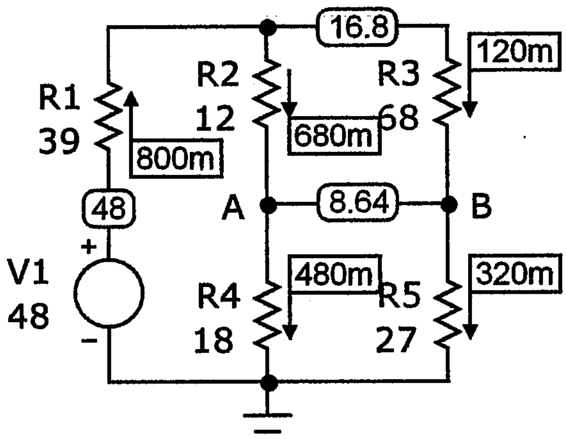
$$I_2 = \frac{12 \cdot 0{,}8}{80} \rightarrow I_2 = 0{,}12 \text{ A} //$$

Levando em (3):

$$I_3 = \frac{18 \cdot 0{,}8}{45} \rightarrow I_3 = 0{,}32 \text{ A} //$$

Como $I_{AB} = I_3 - I_2 = 0{,}32 - 0{,}12$

$I_{AB} = 0{,}2$ Ampères //


16.8
R1
39
800m
R2
12
680m
R3
68
120m
48
+
V1
48
−
A
8.64
B
R4
18
480m
R5
27
320m

O circuito a seguir é uma lâmpada de cabeceira que ao desligar brilha por algum tempo e depois começa a apagar.

a) Descreva o funcionamento ao fechar a chave e depois abrir.

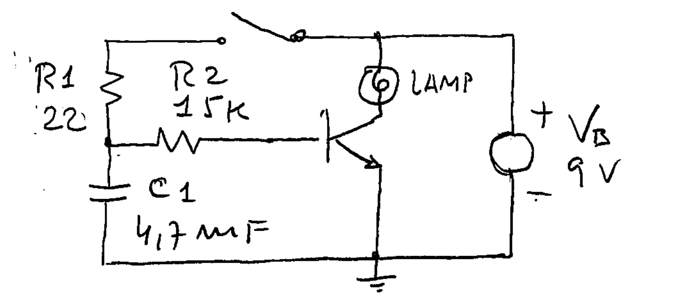
b) Determine a constante de tempo ao fechar a chave.

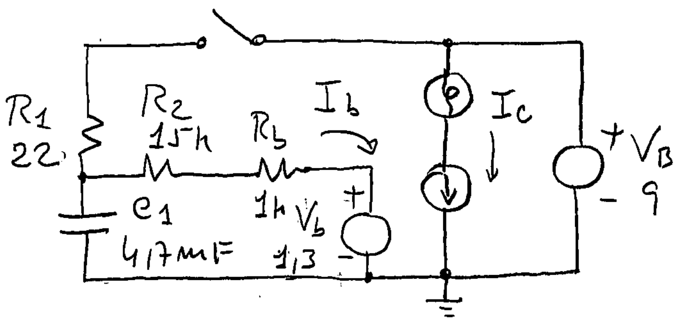
c) Calcule o tempo entre abrir a chave e o brilho começar a diminuir.

d) Até onde diminui?

Lâmpada: 9 V, 600 mA

Transistor: $I_c/I_b = 3000$.



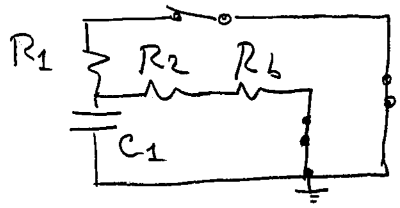


a) chave aberta, C_1 está descarregado, lâmpada apagada.

Fechando a chave, C_1 carrega rapidamente por R1. Corrente I_b causa I_c que liga a lâmpada.

Abrindo a chave, carga de C_1 sustenta I_b por algum tempo mas diminui. A lâmpada continua brilhando e vai apagando.

b) Fechando a chave e matando as fontes:



$$\tau = R \cdot C = R_1 // (R_2 + R_b) \cdot C_1$$

$$\tau = \frac{22 \cdot (15k + 1k)}{22 + 15k + 1k} \cdot 4,7 \cdot 10^{-3}$$

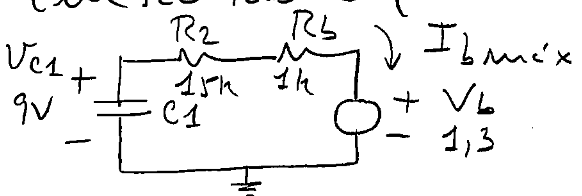
$$\tau = 0,1\ s \ //$$

c) Para a lâmpada ter pleno brilho, $I_c = 600mA$ logo $I_b = \frac{I_c}{3000} = \frac{600}{3000}$

$I_b = 0,2\ mA$ //

Se $I_b < 0,2mA$, o brilho da lâmpada diminui.

Corrente I_b com máxima tensão no capacitor:



$$I_{b\,máx} = \frac{V_{c1} - V_b}{R_2 + R_b} = \frac{9 - 1,3}{15k + 1k}$$

$I_{b\,máx} = 0,481\ mA$ então

$I_c = 3000 \cdot I_{b\,máx} = 1,44$ Ampères mas a lâmpada limita em 0,6 Ampères.

Tensão V_{C1} para garantir $I_b = 0,2$ mA e pleno brilho na lâmpada:

$$I_{b\,min} = 0,2\,mA = \frac{V_{C1\,min} - V_b}{R_2 + R_b}$$

$$V_{C1\,min} = I_{b\,min}(R_2 + R_b) + V_b \;//$$

$$V_{C1\,min} = 0,2 \cdot 10^{-3}(15k + 1k) + 1,3$$

$V_{C1\,min} = 4,5$ Volts.

Tempo para C1 descarregar de 9V até 4,5 Volts:

$$t = -R \cdot C \ln\left(\frac{V_\infty - V_{fim}}{V_\infty - V_{inic}}\right)$$

Qual o valor de V_∞?
Após muito tempo, $I_b = 0$ e $V_{C1} = 1,3 = V_\infty$ Então:

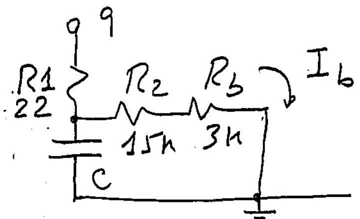
$$t = -(R_1 + R_b) \cdot C_1 \ln\left(\frac{V_\infty - V_{c\,min}}{V_\infty - V_{c\,máx}}\right)$$

$$t = -(15k + 1k) \cdot 4,7 \cdot 10^{-3} \ln\left(\frac{1,3 - 4,5}{1,3 - 9}\right)$$

$t = 66$ segundos //

d) como I_b tende a zero, a lâmpada apaga totalmente e I_c = zero também, não consumindo corrente da fonte de alimentação.

VERSÃO DA PROVA, SEM V_b:



$$I_{b\,máx} = \frac{V_{C1}}{R_2 + R_b} = \frac{9}{15k + 3k}$$

$I_{b\,máx} = 0,5$ mA

Tensão no cap. para garantir $I_{b\,min} = 0,2$ mA:

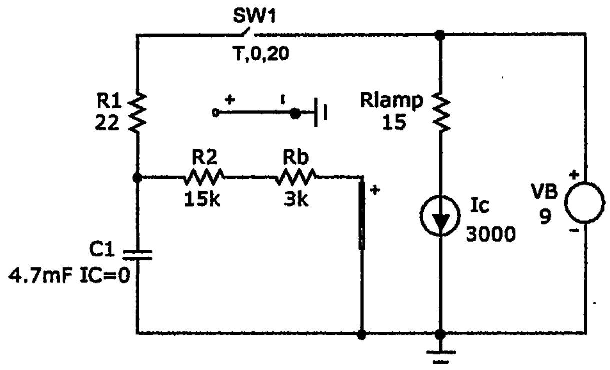
$$I_{b\,min} = 0,2\,mA = \frac{V_{C\,min}}{R_2 + R_b}$$

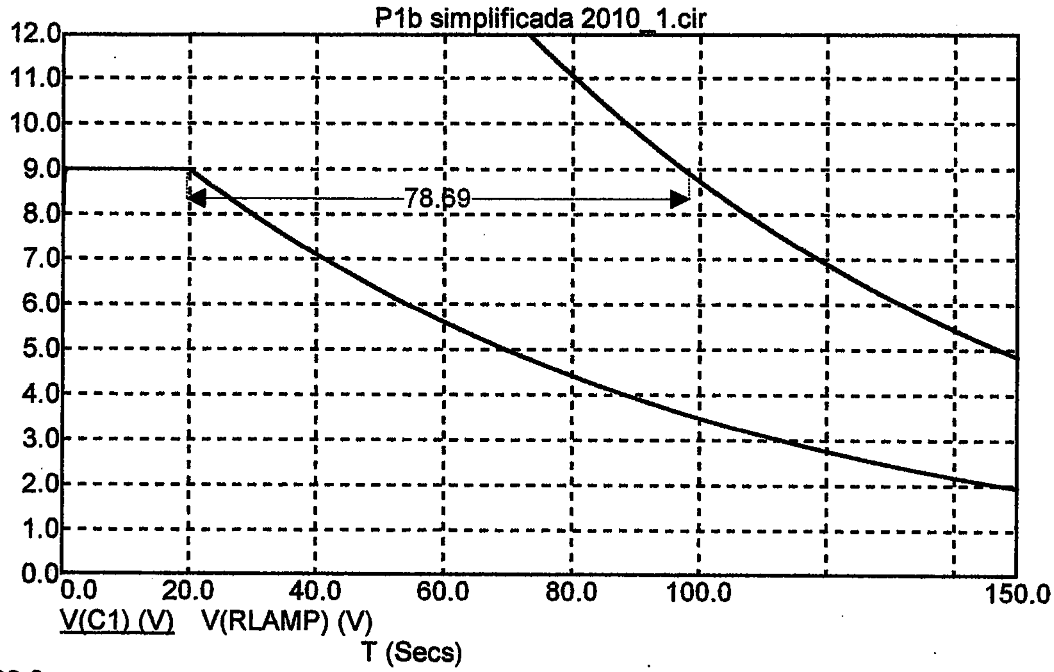
$V_{C\,min} = 3,6$ Volts //

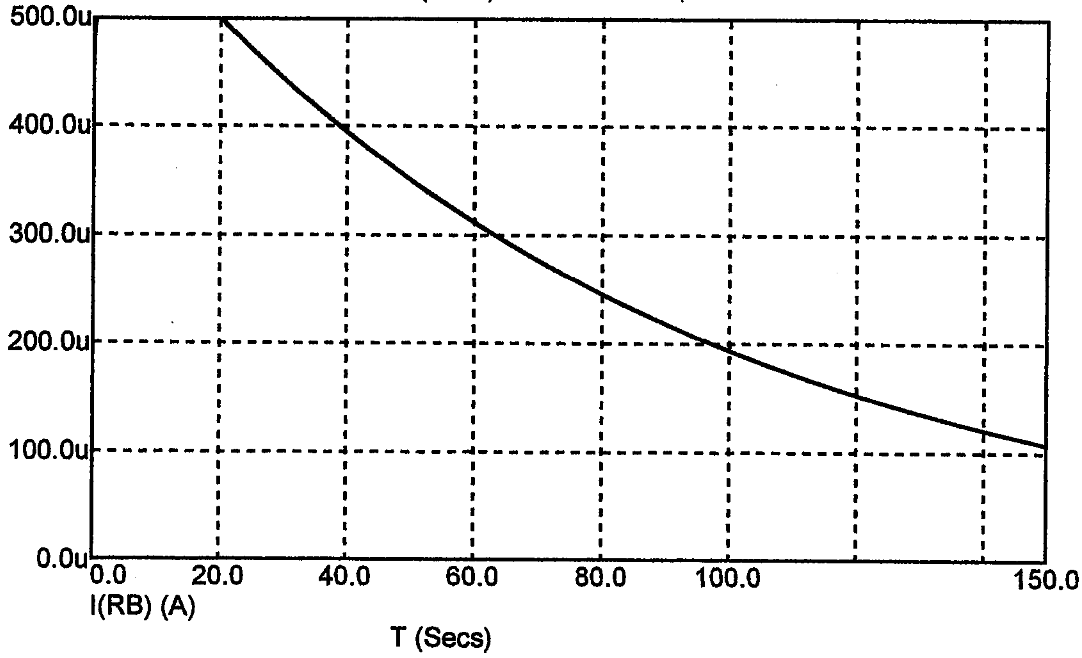
Tempo para o cap. descarregar de 9 até 3,6:
Em $t = \infty$, $V_c(\infty) = 0$

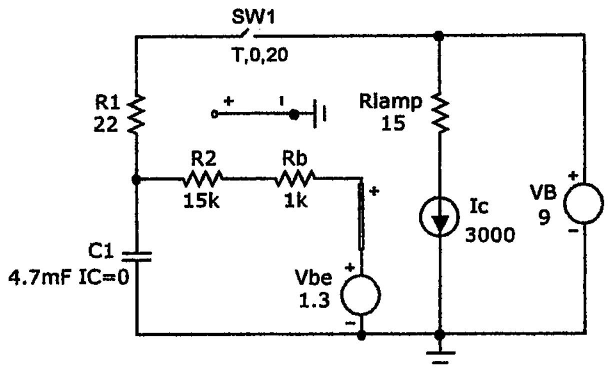
$$t = -(R_2 + R_b) \cdot C_1 \cdot \ln\left(\frac{0 - 3,6}{0 - 9}\right)$$

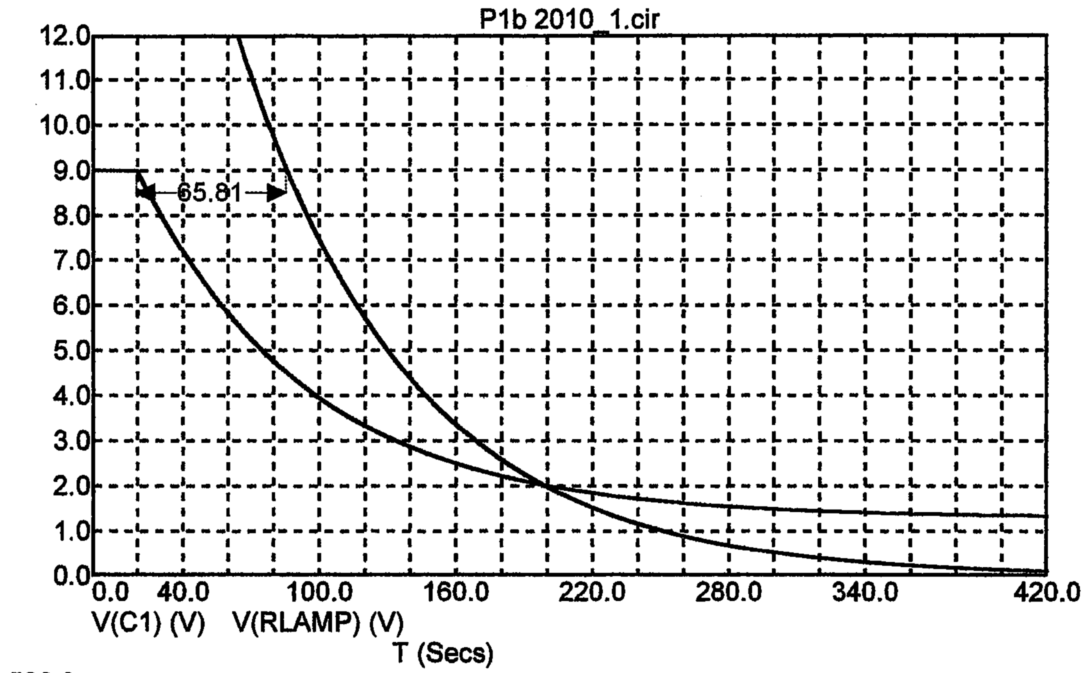
$t = 77,5$ segundos //

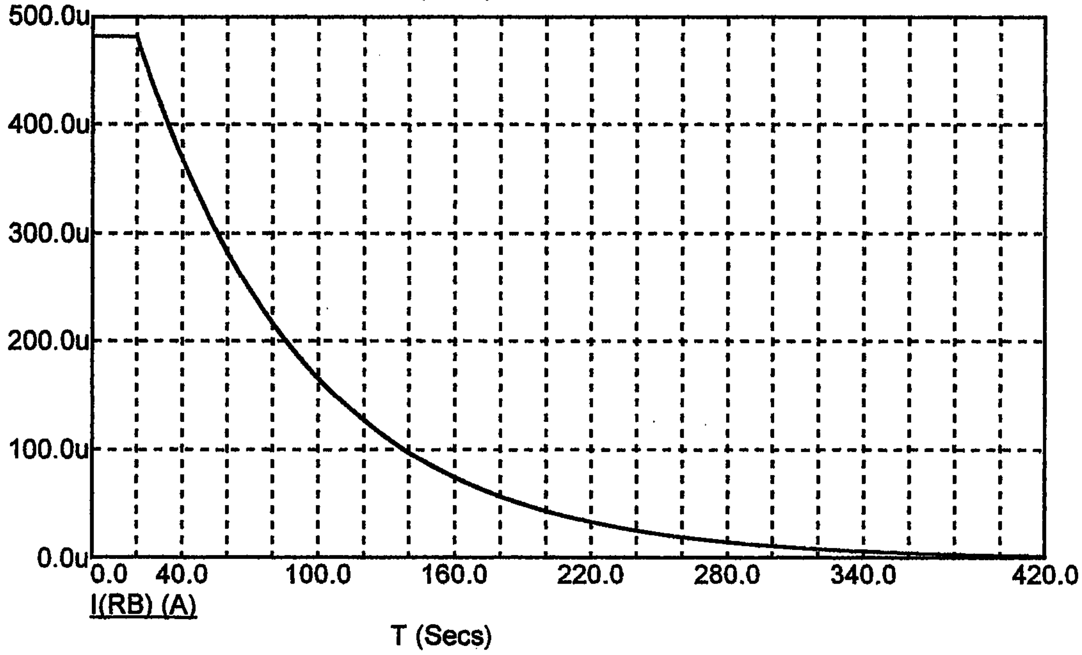

SW1
T,0,20
R1
22
Rlamp
15
R2
15k
Rb
3k
Ic
3000
VB
9
C1
4.7mF IC=0


P1b simplificada 2010_1.cir
12.0
11.0
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
78.69
0.0
20.0
40.0
60.0
80.0
100.0
150.0
V(C1) (V) V(RLAMP) (V)
T (Secs)


500.0u
400.0u
300.0u
200.0u
100.0u
0.0u
0.0
20.0
40.0
60.0
80.0
100.0
150.0
I(RB) (A)
T (Secs)


SW1
T,0,20
R1
22
R2
15k
Rb
1k
Rlamp
15
Ic
3000
VB
9
C1
4.7mF IC=0
Vbe
1.3

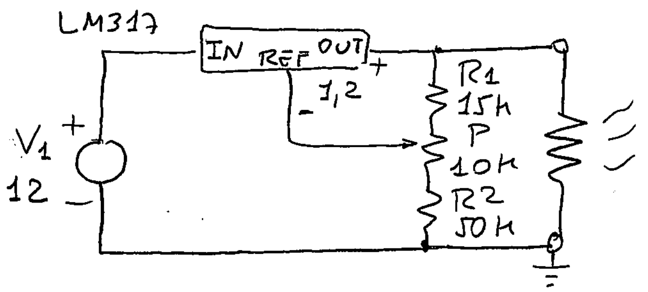

P1b 2010_1.cir
65.81
V(C1) (V) V(RLAMP) (V)
T (Secs)


I(RB) (A)
T (Secs)

O circuito é um controlador de um aquecedor de valor nominal 5W, 4,5V.

a) Equacione e calcule os limites da tensão de alimentação.

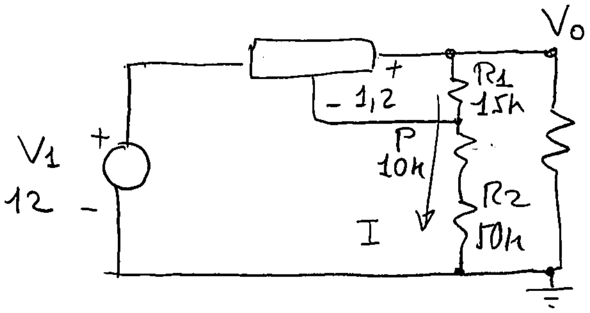
b) Na condição nominal, qual é a dissipação no integrado?



É uma simples fonte de alimentação com o regulador LM317.

Hipóteses:

1. Cursor do potenc. em cima:



Integrado procura manter $V_{REF} = 1{,}2$ entre os terminais OUT e REF de modo que $I = \frac{V_{REF}}{R_1}$

A tensão no aquecedor será:

$$V_0 = I \cdot (R_1 + P + R_2)$$

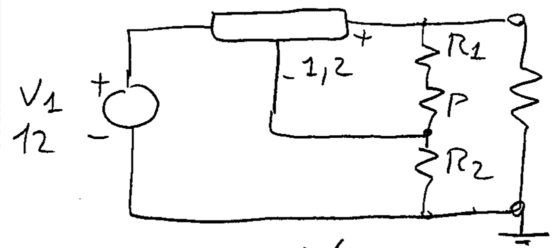
$$V_0 = \frac{V_{REF}}{R_1}(R_1 + P + R_2) \quad //$$

Colocando os valores:

$$V_0 = \frac{1{,}2}{15k}(15k + 10k + 50k)$$

$V_0 = 6$ Volts = máximo //

2. Cursor do potenciômetro em baixo:



Agora, $I = \frac{V_{REF}}{R_1 + P}$ e

$$V_0 = \frac{V_{REF}}{R_1 + P}(R_1 + P + R_2) \quad //$$

colocando os valores:

$$V_0 = \frac{1{,}2}{15k + 10k}(15k + 10k + 50k)$$

$V_0 = 3{,}6$ Volts = mínimo //

b) Nas condições nominais, $V_0 = 4{,}5$ V. Como $P = \frac{V^2}{R}$

$$R_{Aq} = \frac{V_0^2}{P_{Aq}} = \frac{4{,}5^2}{5W} \rightarrow R_{Aq} = 4{,}05\,\Omega$$

$$I_{Aq} = \frac{V_{Aq}}{R_{Aq}} = \frac{4{,}5}{4{,}05} \rightarrow I_{Aq} = 1{,}11 \text{ Amp}$$

Integrado se comporta como resistor R_{LM}:

KVL: $-V_1 + V_{LM} + V_0 = 0$

$V_{LM} = V_1 - V_0 = 12 - 4{,}5 = 7{,}5V$ //

Dissipação:

$$P_{LM} = V_{LM} \cdot I_{LM} = 7{,}5 \cdot 1{,}11$$

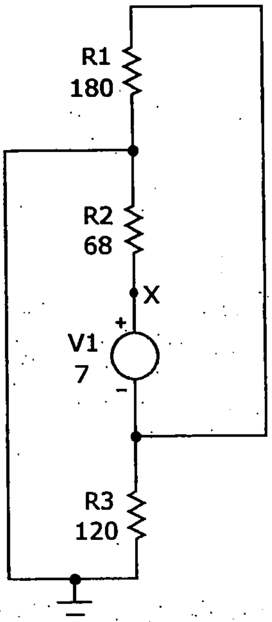
$P_{LM} = 8{,}33$ W Maior do que o aquecedor!

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2010/2

Prova 1 26/10/2010

Nome: GABARITO **Turma:** ____

1. (3 pontos) Equacione o circuito a seguir pelo Método das Malhas e determine a tensão V_X. Descreva cada etapa do seu trabalho com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado sempre. Escreva de cima para baixo e não para os lados.



Carga:

$$I_C(t) = I_C(0) \cdot e^{-t/\tau} \qquad \tau = R \cdot C$$

$$v_C(t) = v_C(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

$$v_C(t) = v_C(\infty) + [v_C(0) - v_C(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$$

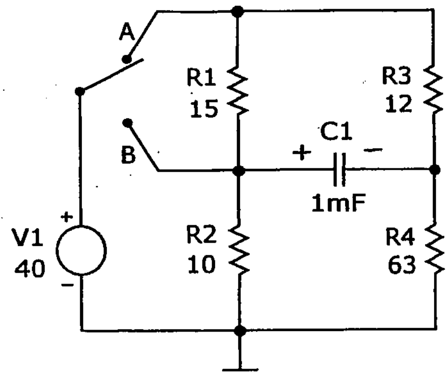
Descarga:

$$I_C(t) = -I_C(0) \cdot e^{-t/\tau}$$

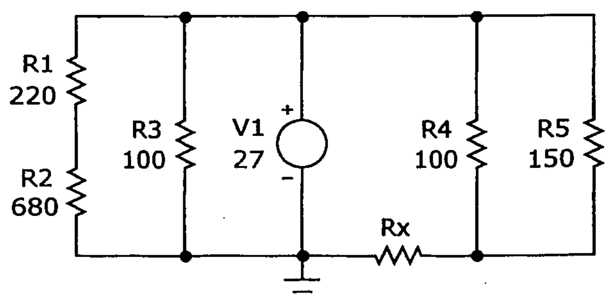
$$v_C(t) = v_C(0) \cdot e^{-t/\tau}$$

$$t = -R \cdot C \cdot \ln \{[v_C(\infty) - v_C(t)] / [v_C(\infty) - v_C(0)]\}$$

2. (4 pontos) No circuito a seguir, a chave está na posição A por muito tempo e muda para a posição B em t = 0. Analise o funcionamento do circuito e equacione, descrevendo cada passo com textos, diagramas e equações, com o objetivo de descobrir o instante de tempo em que a tensão no capacitor é zero.

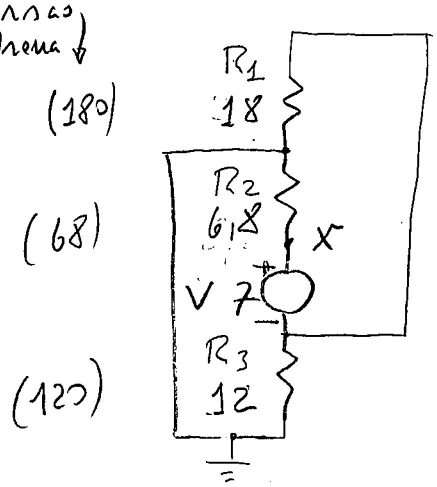


3. (3 pontos) Calcule o valor de R_X no circuito ao lado para que a fonte de alimentação entregue 11.1 Watts ao circuito, descrevendo cada passo da solução pois isso vai ser avaliado sempre.

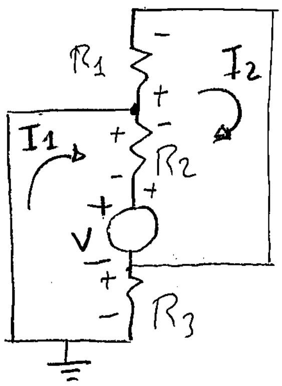


Equacione o circuito pelo Método das Malhas, com o objetivo de determinar a tensão V_x.

Versão da prova



Nomeando as duas malhas em sentido horário e montando as equações KVL:



$$\begin{cases} R_3 \cdot I_1 + R_2 (I_1 - I_2) + V = 0 \\ R_2 (I_2 - I_1) + R_1 \cdot I_2 - V = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 (R_2 + R_3) - I_2 R_2 = -V \\ -I_1 \cdot R_2 + I_2 (R_1 + R_2) = V \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 (6,8 + 12) - I_2\, 6,8 = -7 \\ -I_1 \cdot 6,8 + I_2 (6,8 + 18) = 7 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 18,8 \cdot I_1 - 6,8\, I_2 = -7 & (1) \\ -6,8\, I_1 + 24,8 \cdot I_2 = 7 & (2) \end{cases}$$

Isolando I_1 em (1) e levando para (2):

$$I_1 = \frac{6,8 \cdot I_2 - 7}{18,8} \quad (3)$$

$$-6,8\,\frac{6,8 I_2 - 7}{18,8} + 24,8 \cdot I_2 = 7$$

$$I_2 = \frac{7 - 2,532}{-2,46 + 24,8} \rightarrow I_2 = 0,2A$$

Levando em (3):

$$I_1 = \frac{6,8 \cdot 0,2 - 7}{18,8} \rightarrow I_1 = -0,3A$$

Então,

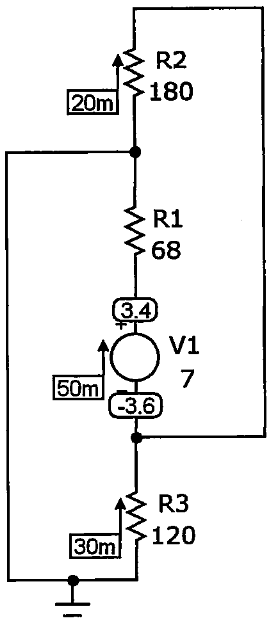
$$V_x = V + V_{R3}$$

$$V_x = V + I_1 \cdot R_3$$

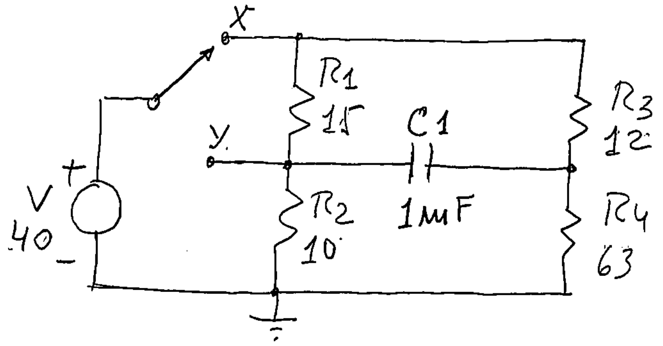
$$V_x = 7 + (-0,3) \cdot 12$$

$$V_x = 3,4 \text{ Volts} \;//$$

Introdução P1a 2010/2

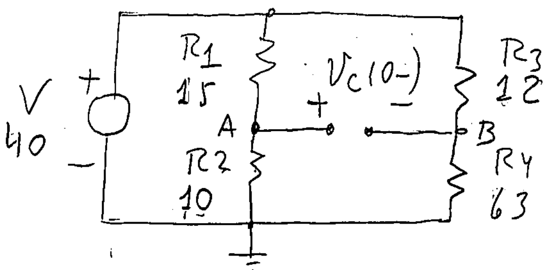


No circuito a seguir, a chave está na posição x por muito tempo e muda para posição y em t = 0. Esquematize o circuito e calcule o instante de tempo em que a tensão no capacitor é zero. Qual a corrente?



---

circuito em $t = 0-$: capacitor carregado, $i_c(0-) = 0$:



Divisores de tensão:

$$V_A = V\frac{R_2}{R_1+R_2} = 40\,\frac{10}{15+10}$$

$$V_A = 16 \text{ Volts}$$

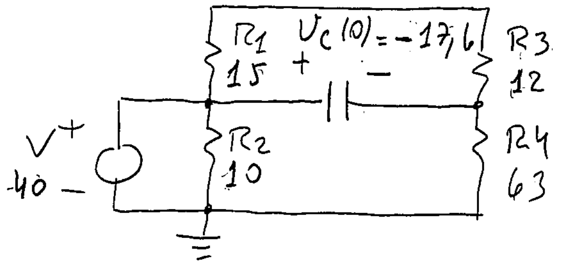
$$V_B = V\frac{R_4}{R_3+R_4} = 40\,\frac{63}{12+63}$$

$$V_B = 33{,}6$$

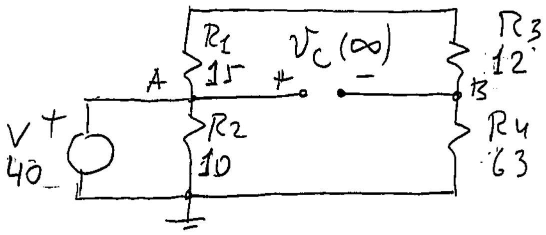
Então $V_c(0_-) = V_A - V_B = 16 - 33{,}6$

$V_c(0-) = -17{,}6$ Volts //

Em $t=0$ a chave muda para y e $V_c(0-) = V_c(0) = V_c(0+)$



Após muito tempo, o cap. se carrega e $i_c(\infty) = 0$:



$V_A = 40$ Volts

$$V_B = V\cdot\frac{R_4}{R_1+R_3+R_4} = 40\,\frac{63}{15+12+63}$$

$V_B = 28$ Volts

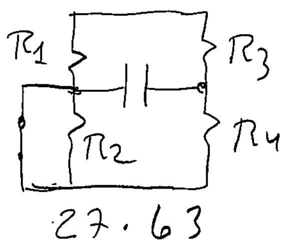
Então $V_c(\infty) = V_A - V_B = 40 - 28$

$V_c(\infty) = +12$ Volts //

No capacitor,

$$t = -R\cdot C\cdot \ln\left(\frac{V_c(\infty) - V_c(\text{fim})}{V_c(\infty) - V_c(\text{inic.})}\right)$$

cálculo do resistor equiv., matando a fonte → curto:



$R = (R_1 + R_3) \,//\, R_4$

$$R = \frac{27\cdot 63}{27+63} \rightarrow R = 18{,}9\,\Omega$$ //

Para $V_c(\text{fim}) = 0$;

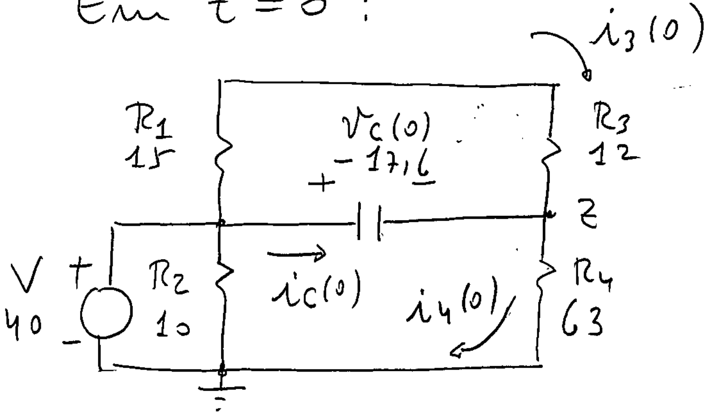
$$t = -18{,}9\cdot 1\cdot 10^{-3}\cdot \ln\left(\frac{12-0}{12-(-17{,}6)}\right)$$

$t = 0{,}01706 \rightarrow t = 17$ ms

Corrente no capacitor no instante em que a sua tensão é zero:

$$i_c(t) = i_c(0)\cdot e^{-t/\tau}$$

Em $t = 0$:



KCL no nó z:

$$-i_c(0) - i_3(0) + i_4(0) = 0$$

$$-i_c(0) - \frac{v_c(0)}{R_3} + \frac{V_z}{R_4} = 0$$

Cálculo de V_z: KVL na malha inferior:

$$-V + v_c(0) + V_z = 0$$

$$-40 + (-17,6) + V_z = 0$$

$V_z = 57,6$ Então:

$$-i_c(0) - \frac{-17,6}{12} + \frac{57,6}{63} = 0$$

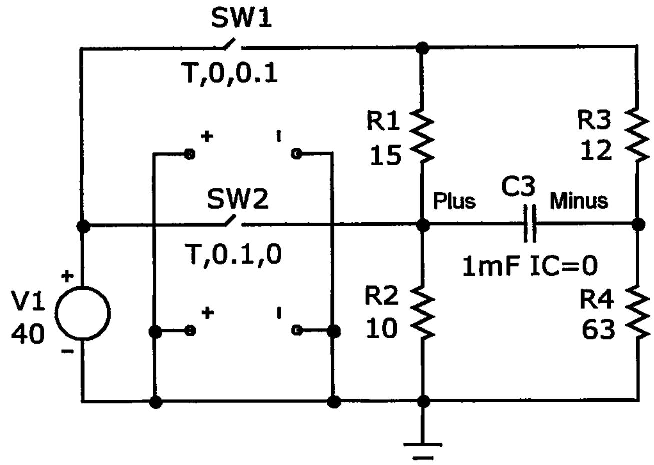
$i_c(0) = 2,38$ Amp. //

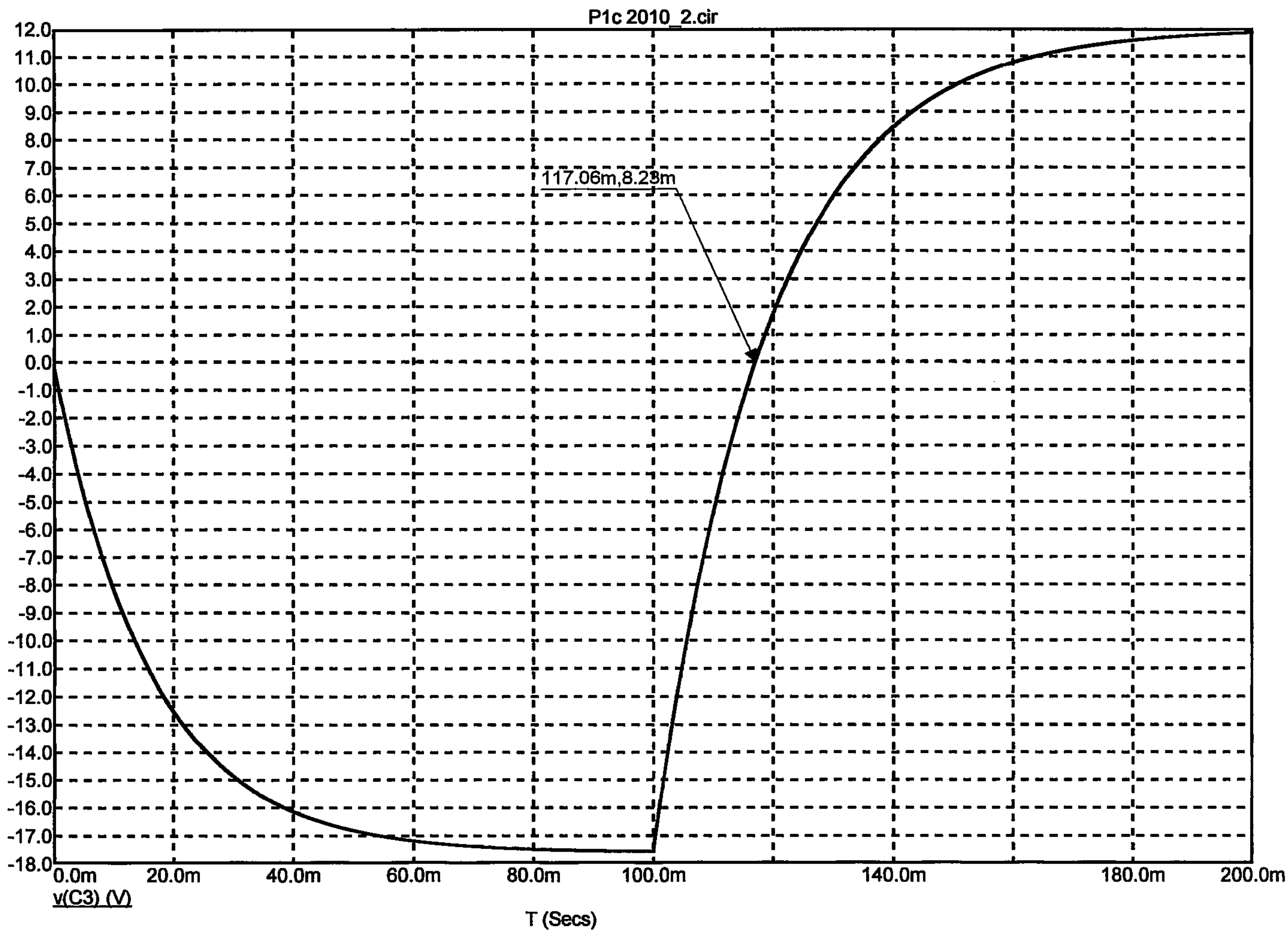
$V_c(t) = 0$ ocorre em $t = 0,0170$

$$i_c(0,17) = 2,38\cdot e^{\frac{-0,0170}{18,9\cdot 1\cdot 10^{-3}}}$$

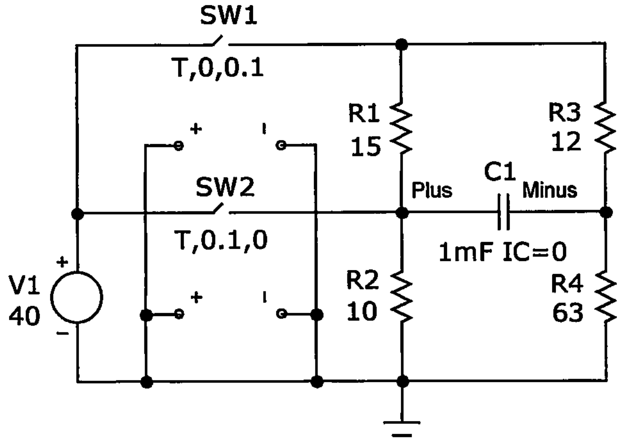
$i_c(0,17) = 0,968$ Amp.

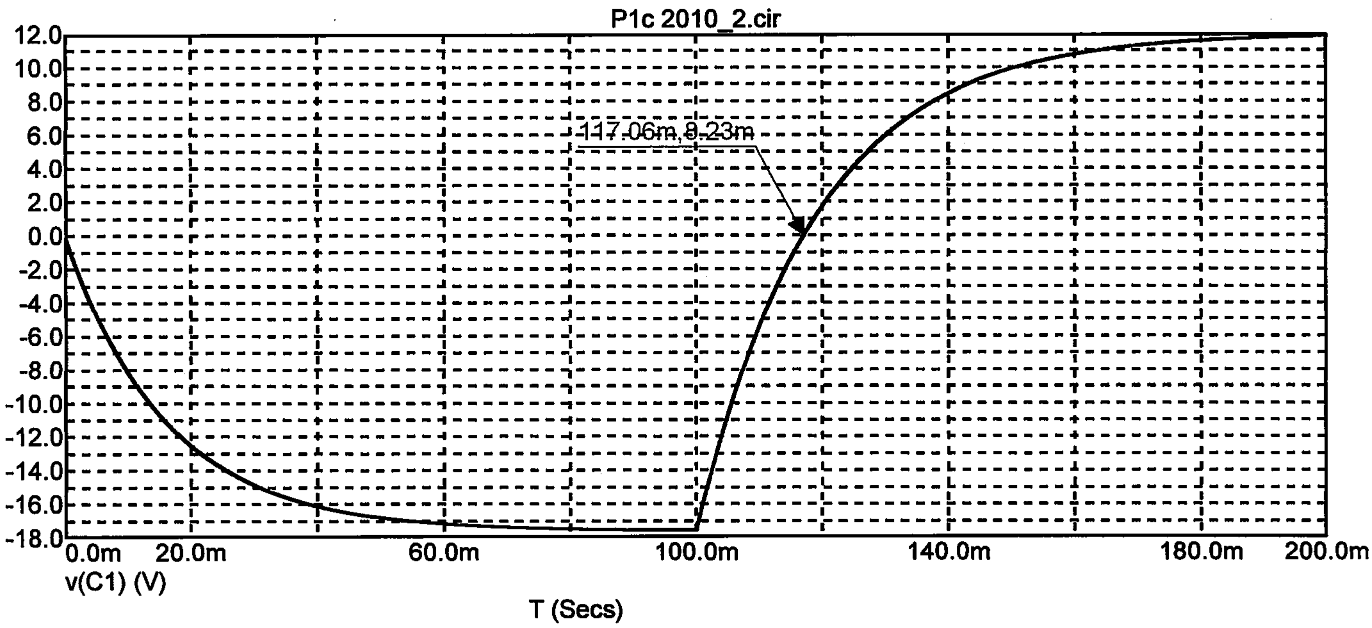
simulação deu 0,624 Amp.

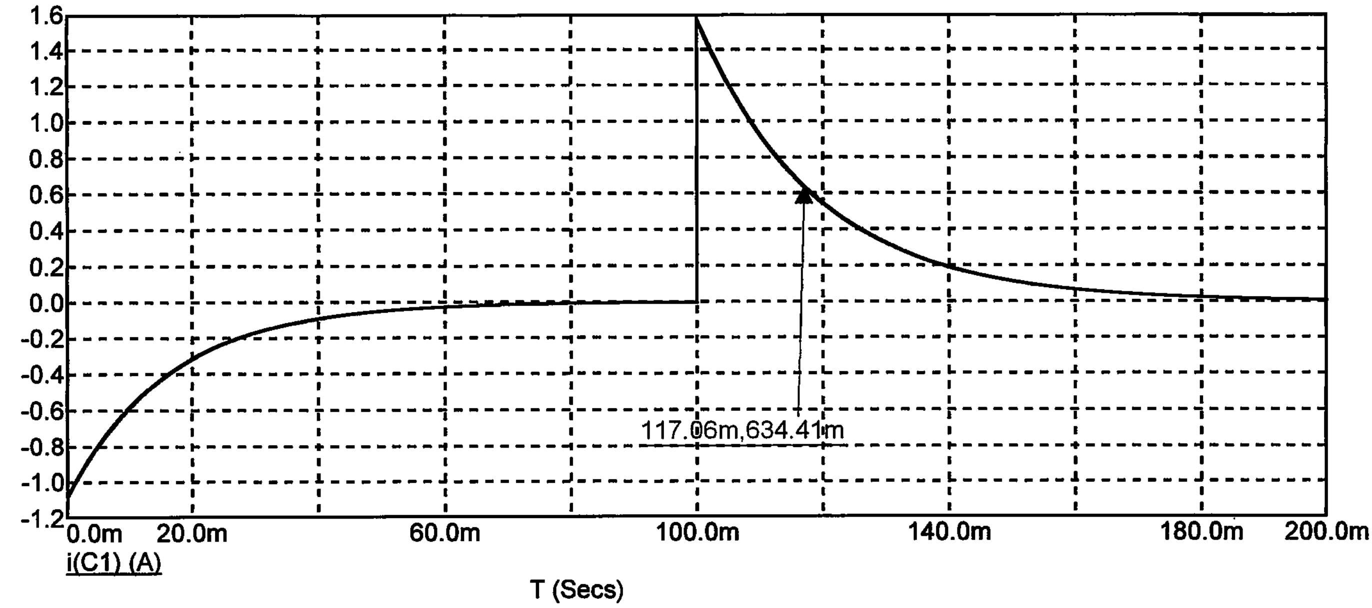

SW1
T,0,0.1
R1
15
R3
12
SW2
Plus
C3
Minus
T,0.1,0
1mF IC=0
V1
40
R2
10
R4
63


P1c 2010_2.cir
117.06m,8.23m
v(C3) (V)
T (Secs)

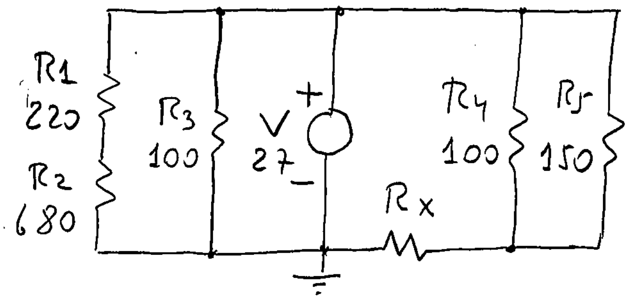
P1c 2010/2


SW1
T,0,0.1
SW2
T,0.1,0
R1
15
R3
12
Plus
C1
Minus
1mF IC=0
V1
40
R2
10
R4
63


P1c 2010_2.cir
117.06m,0.23m
v(C1) (V)
T (Secs)


117.06m,634.41m
i(C1) (A)
T (Secs)

Calcule o valor de Rx para que a fonte de alimentação entregue 11,1 Watts ao circuito.



Simplificando o circuito por associação dos resistores:

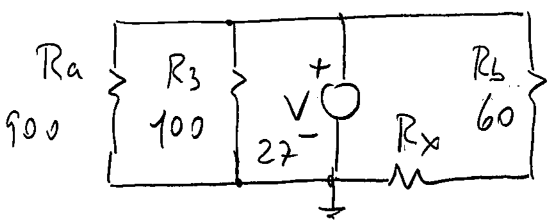
$R_a = R_1$ série $R_2 = R_1 + R_2$

$R_a = 220 + 680 \rightarrow R_a = 900\,\Omega$

$R_b = R_4$ paralelo $R_5 = \dfrac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5}$

$$R_b = \frac{100 \cdot 150}{100 + 150} \rightarrow R_b = 60\,\Omega$$

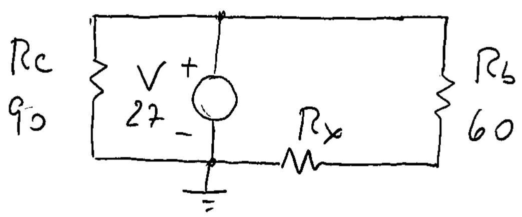
O circuito ficou:



Associando Ra com R3:

$$R_c = \frac{R_a \cdot R_3}{R_a + R_3} = \frac{900 \cdot 100}{900 + 100} = 90\,\Omega$$

O circuito ficou:



Em termos de potência:

$$P_{FONTE} = P_c + P_b + P_x$$

como $P_c = \dfrac{V^2}{R_c} = \dfrac{27^2}{90} = 8{,}1$ Watts

temos então:

$$11{,}1 = 8{,}1 + P_b + P_x$$

$$P_b + P_x = 3 \text{ Watts}$$

Podemos escrever:

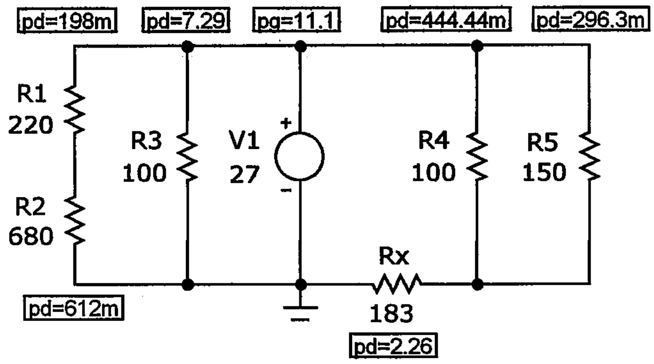
$$P_b + P_x = \frac{V^2}{R_b + R_x}$$

$$3 = \frac{27^2}{60 + R_x}$$

$$R_x = \frac{27^2 - 180}{3}$$

$$R_x = 183\,\Omega \quad //$$

Introdução P1b 2010/2

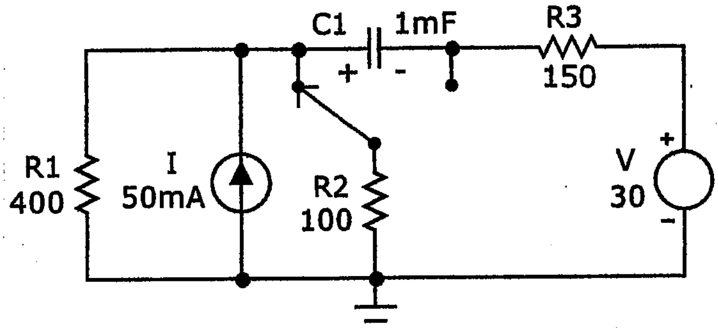


Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2011/1

Prova 1 10/5/2011

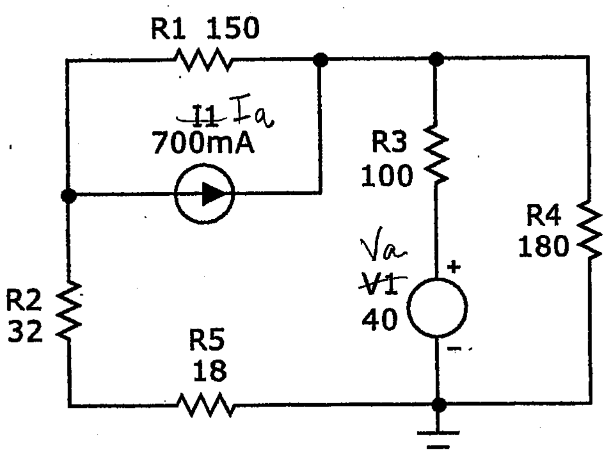
Nome: GABARITO **Turma:** ____

1. (4 pontos) No circuito a seguir, a chave está na posição indicada a bastante tempo e passa para a outra posição em t = 0. Equacione a tensão sobre o capacitor a partir deste momento e calcule o tempo em que esta atinge 1 Volt. Cada etapa da solução deve ser amplamente descrita com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado sempre.



2. (2,5 pontos) O fio de cobre padrão AWG (American Wire Gauge) número 31, tem secção reta circular de $0{,}04mm^2$ e resistividade de $18\mu\Omega\cdot cm$.
a) Calcule a resistência elétrica de um pedaço de 200 metros.
b) A mesma peça foi trefilada (esticada) até quadruplicar seu comprimento. Calcule a nova resistência elétrica da peça, descrevendo todos os passos da solução com textos, equações e diagramas.

3. (3,5 pontos) Aplique o Método das Tensões de Nó no circuito abaixo, com o objetivo de descobrir a potência fornecida pela fonte I_a. Descreva em detalhes cada etapa da solução pois isso vai ser avaliado sempre.



Carga:

$I_c(t) = I_c(o)\cdot e^{-t/\tau} \qquad \tau = R\cdot C$

$v_c(t) = v_c(\infty)\cdot(1-e^{-t/\tau})$

$v_c(t) = v_c(\infty) + [v_c(o) - v_c(\infty)]\cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:

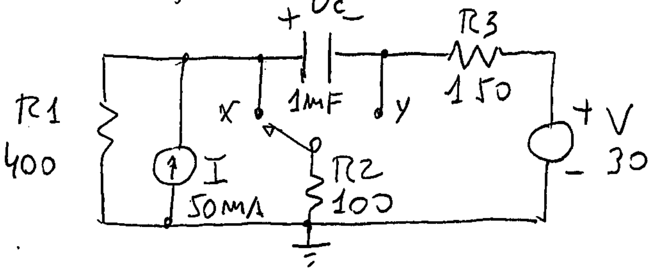
$I_c(t) = -I_c(o)\cdot e^{-t/\tau}$

$v_c(t) = v_c(o)\cdot e^{-t/\tau}$

$t = -R\cdot C\cdot \ln\{[v_c(\infty) - v_c(t)]/[v_c(\infty) - v_c(o)]\}$

$R = \rho\cdot l/A$

No circuito a seguir, a chave permanece na posição X por muito tempo e passa para a posição Y em $t=0$. Equacione a tensão no capacitor a partir de $t=0$ e calcule o tempo em que este alcança o valor de 1 Volt.

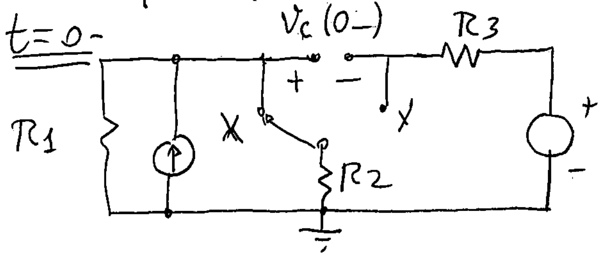


Documente cada etapa.

P1 2011/1

Em $t=0-$ capacitor já se carregou, com a chave na posição X: C = aberto.

$t=0-$

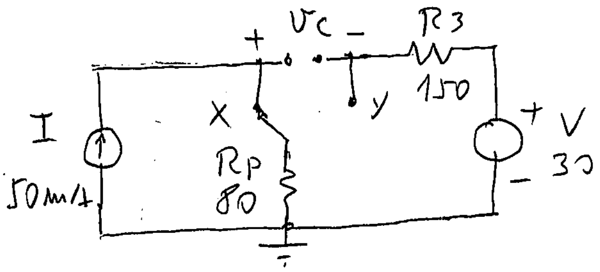


$$V_c(0-) = V_x - V_y$$

Simplificando:

$$R_1 /\!/ R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{400 \cdot 100}{400+100}$$

$$R_P = R_1 /\!/ R_2 = 80\ \Omega$$



Então:

$$V_x = I \cdot R_P = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 80$$

$$V_x = 4 \text{ Volts}$$

como não há corrente por R3, $V_y = V = 30$ Volts

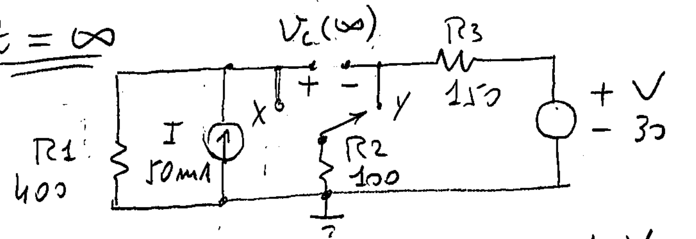
Então: $V_c(0-) = V_x - V_y = 4 - 30$

$V_c(0-) = -26$ Volts//

Em $t=0$ a chave passa para Y e $V_c(0-) = V_c(0) = V_c(0+)$

Com o passar do tempo $V_c(t)$ muda sua carga e após muito tempo em Y ele já se estabilizou: C = aberto.

$t=\infty$



Vale novamente: $V_c(\infty) = V_x - V_y$

$$V_x = I \cdot R_1 = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 400$$

$$V_x = 20 \text{ Volts}$$

V_y é um divisor de tensão.

$$V_y = V \frac{R_2}{R_2+R_3} = 30 \frac{100}{100+150}$$

$$V_y = 12 \text{ Volts}$$

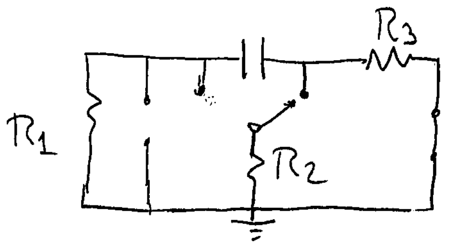
Portanto,

$$V_c(\infty) = 20 - 12 = 8 \text{ Volts}//$$

Para calcular a constante de tempo matamos as fontes:

Fonte V → curto

Fonte I → aberto



$$R_{eq} = R_1 + (R_2 // R_3)$$

$$R_{eq} = 400 + \frac{100 \cdot 150}{100 + 150}$$

$$R_{eq} = 400 + 60 = 460\Omega //$$

Constante de tempo:

$$\tau = R_{eq} \cdot C = 460 \cdot 1 \cdot 10^{-3} F$$

$$\tau = 0{,}46 \text{ segundos } //$$

Tensão no capacitor:

$$V_C(t) = V_C(\infty) + [V_C(0) - V_C(\infty)] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$V_C(t) = 8 + (-26 - 8) \cdot e^{-t/0{,}46}$$

$$V_C(t) = 8 - 34 \cdot e^{\frac{-t}{0{,}46}} //$$

Tempo para o capacitor alcançar 1 Volt:

$$1 = 8 - 34\, e^{\frac{-t}{0{,}46}}$$

$$\frac{1-8}{-34} = e^{\frac{-t}{0{,}46}}$$

$$0{,}2059 = e^{\frac{-t}{0{,}46}}$$

$$\ln 0{,}2059 = \ln \left(e^{\frac{-t}{0{,}46}}\right)$$

$$-1{,}5804 = -\frac{t}{0{,}46}$$

$$t = -1{,}5804 \cdot 0{,}46$$

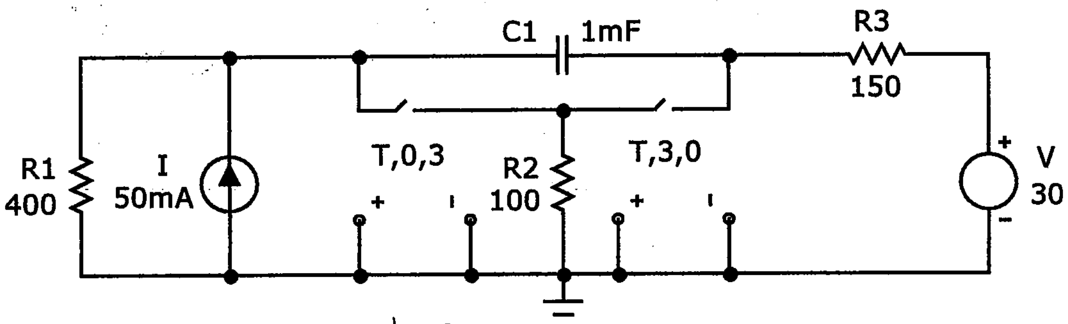
$$t = 0{,}727 \text{ segundos } //$$

Outro modo:

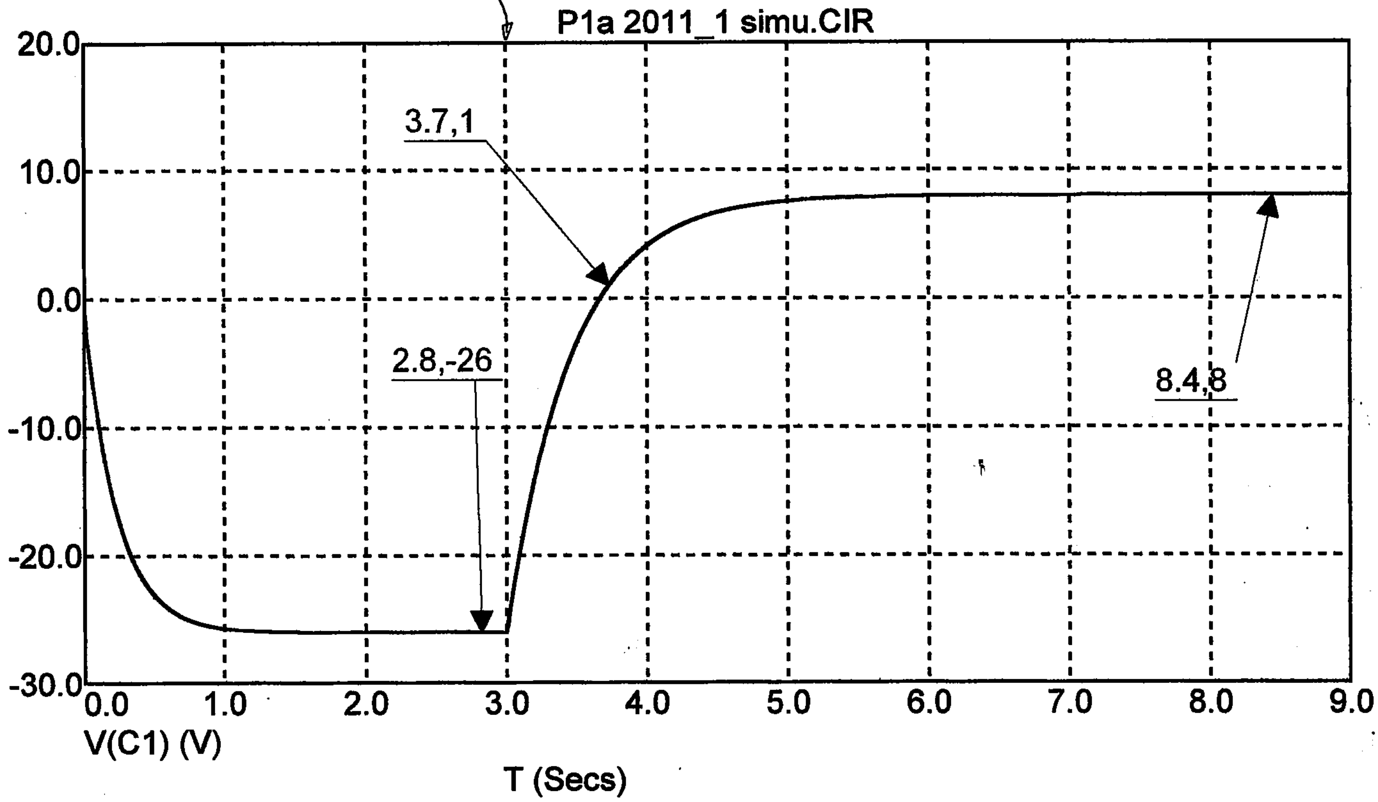
$$t = -\tau \cdot \ln \left(\frac{V_C(\infty) - V_C(\text{fim})}{V_C(\infty) - V_C(\text{inic.})}\right)$$

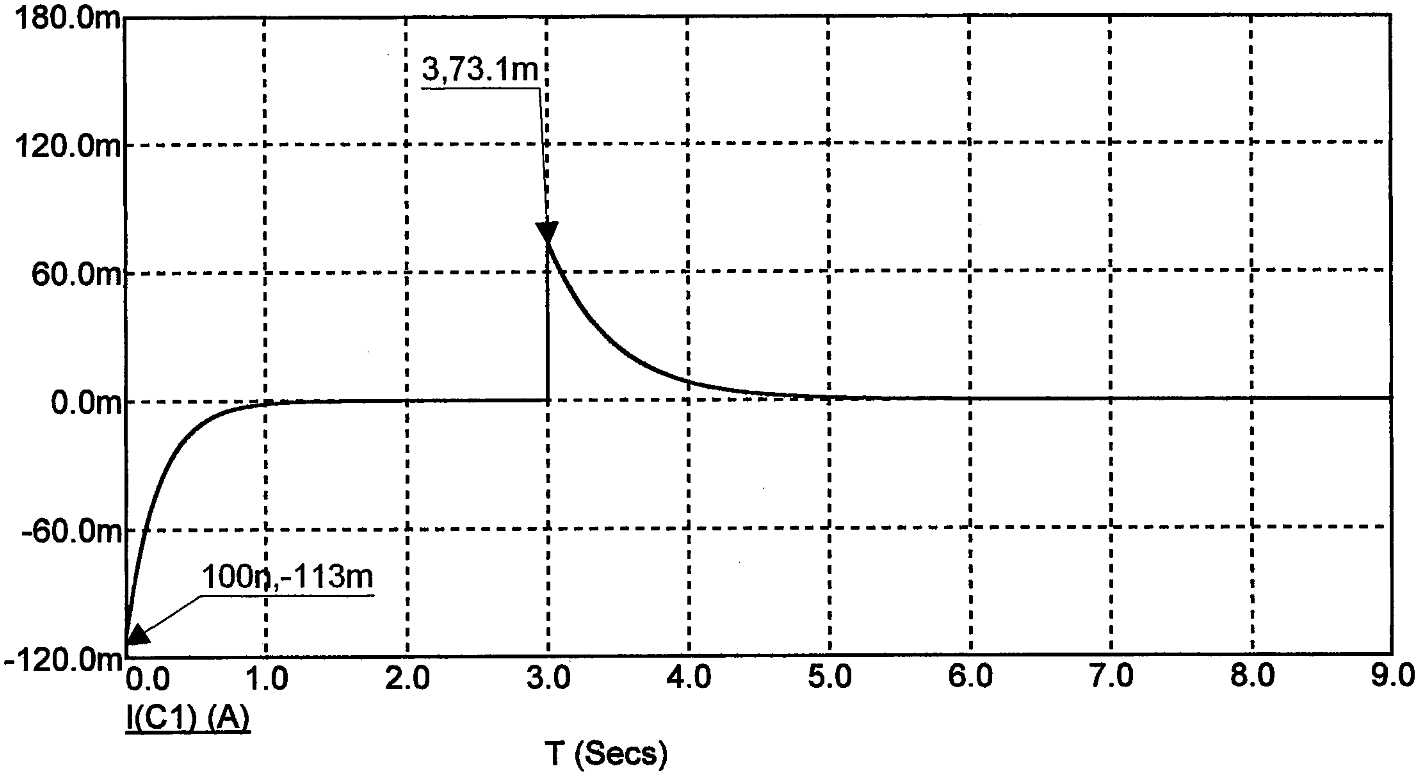
$$t = -0{,}46 \cdot \ln \left(\frac{8 - 1}{8 - (-26)}\right)$$

$$t = 0{,}727 \text{ segundos}$$


C1 1mF
R3
150
R1
400
I
50mA
T,0,3
R2
100
T,3,0
V
30

t=0


P1a 2011_1 simu.CIR
3.7,1
2.8,-26
8.4,8
20.0
10.0
0.0
-10.0
-20.0
-30.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
V(C1) (V)
T (Secs)


3,73.1m
100n,-113m
180.0m
120.0m
60.0m
0.0m
-60.0m
-120.0m
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
I(C1) (A)
T (Secs)

Um fio de cobre Nº 31 AWG com $0{,}04\,mm^2$ de área em sua secção reta e 200 metros de comprimento está sendo testado.

a) Calcule a resistência elétrica sabendo que a resistividade do material vale $18\,\mu\Omega\cdot cm$.

O fio agora foi trefilado (esticado) até ficar com comprimento quatro vezes maior.

b) Calcule sua nova resistência elétrica.

Descreva cada passo da solução.

---

a) Resistência do fio:

$$R_{200} = \rho \frac{\ell}{A} \quad (\Omega)$$

convertendo as unidades:

$200\,m = 200\cdot 10^{2}\,cm$

$0{,}04\,mm^2 = 0{,}04\cdot 10^{-2}\,cm^2$

$$R_{200} = 18\cdot 10^{-6}\,\Omega\cdot cm \;\frac{200\cdot 10^{2}\,cm}{0{,}04\cdot 10^{-2}\,cm^2}$$

$$R_{200} = 900\,\Omega$$

b) Esticando o fio 4 vezes a área de secção reta diminui e o volume de cobre é o mesmo.

Como Volume $= A\cdot \ell$, vale a igualdade:

$$A_{200}\cdot \ell_{200} = A_{800}\cdot \ell_{800}$$

$$A_{800} = \frac{A_{200}\cdot \ell_{200}}{\ell_{800}} = \frac{A_{200}\cdot \cancel{\ell_{200}}}{4\cdot \cancel{\ell_{200}}}$$

$$A_{800} = \frac{A_{200}}{4} = \frac{0{,}04\cdot 10^{-2}\,cm^2}{4}$$

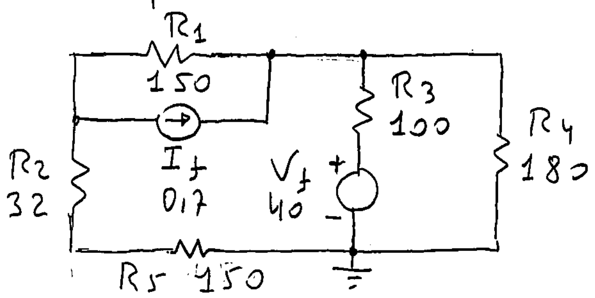
$$A_{800} = 0{,}01\cdot 10^{-2}\,cm^2 \;//$$

Portanto:

$$R_{800} = 18\cdot 10^{-6}\,\Omega\cdot cm\;\frac{800\cdot 10^{2}\,cm}{0{,}01\cdot 10^{-2}\,cm^2}$$

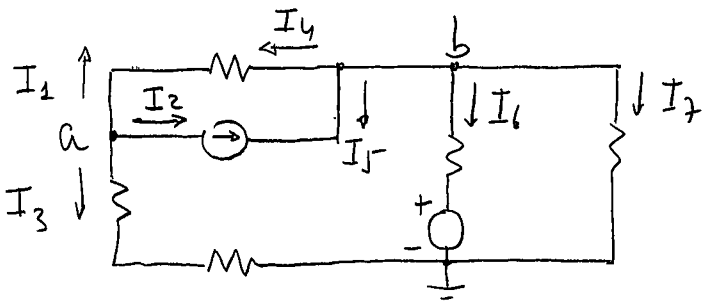
$$R_{800} = 14.400\,\Omega \;//$$

Equacione o circuito pelo Método dos Nós e então determine a potência dissipada em R1.



O nó da massa já está definido.

Nomeando os demais nós e marcando as correntes todas saindo de cada nó:



KCL no nó a:

$I_1 + I_2 + I_3 = 0$ ou:

$$\frac{V_a - V_b}{R_1} + I_f + \frac{V_a}{R_2 + R_5} = 0$$

$$\frac{V_a}{150} - \frac{V_b}{150} + I_f + \frac{V_a}{50} = 0$$

$$V_a\left(\frac{1}{150} + \frac{1}{50}\right) - \frac{V_b}{150} = -0{,}7$$

$$\frac{4V_a}{150} - \frac{V_b}{150} = -0{,}7 \quad (1)$$

KCL no nó b:

$I_4 + I_5 + I_6 + I_7 = 0$

$$\frac{V_b - V_a}{R_1} - I_f + \frac{V_b - V_f}{R_3} + \frac{V_b}{R_4} = 0$$

$$\frac{V_b}{150} - \frac{V_a}{150} - 0{,}7 + \frac{V_b}{100} - \frac{40}{100} + \frac{V_b}{180} = 0$$

$$\frac{-V_a}{150} + V_b\left(\frac{1}{150} + \frac{1}{100} + \frac{1}{80}\right) = 0{,}7 + 0{,}4$$

$$-\frac{V_a}{150} + \frac{V_b}{45} = 1{,}1 \quad (2)$$

Resolvendo (1) e (2):

Multiplicando (2) por 4 e somando com (1):

$$\begin{cases} \dfrac{4V_a}{150} - \dfrac{V_b}{150} = -0{,}7 & (1) \\ -\dfrac{4V_a}{150} + \dfrac{4 \cdot V_b}{45} = 4{,}4 & (3) \end{cases}$$

Somando (1) e (3):

$$V_b\left(-\frac{1}{150} + \frac{4}{45}\right) = 3{,}7$$

Então $V_b = 45$ Volts //

Introduzindo V_b em (2):

$$-\frac{V_a}{150} + \frac{45}{45} = 1{,}1$$

Então $V_a = -15$ Volts //

Potência em R1:

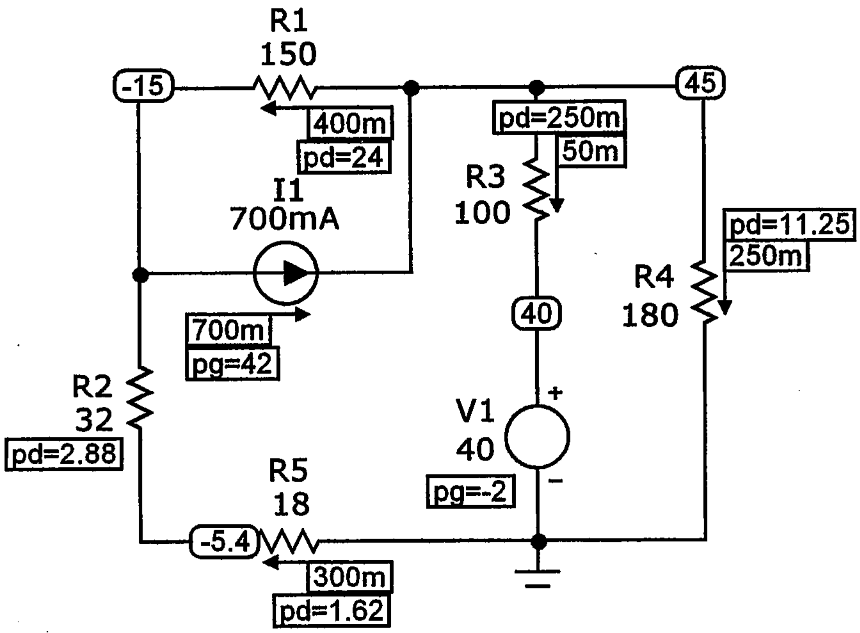
$$P_{R1} = \frac{V_{R1}^2}{R_1} = \frac{(V_b - V_a)^2}{R_1}$$

$$P_{R1} = \frac{(45 - (-15))}{150}$$

$P_{R1} = 24$ Watts //

$P_{If} = (45 - (-15)) \cdot I_f = 60 \cdot 0{,}7$

$P_{If} = 42$ Watts //

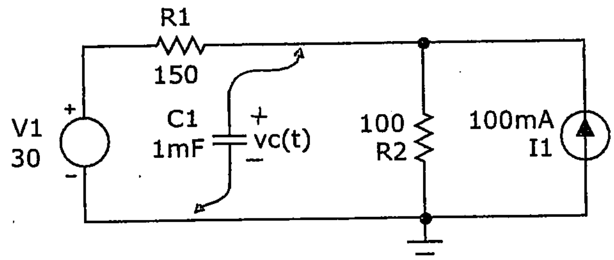

R1
150
-15
400m
pd=24
I1
700mA
700m
pg=42
R2
32
pd=2.88
R5
18
-5.4
300m
pd=1.62
pd=250m
50m
R3
100
40
V1
40
pg=-2
45
pd=11.25
250m
R4
180

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2011/2

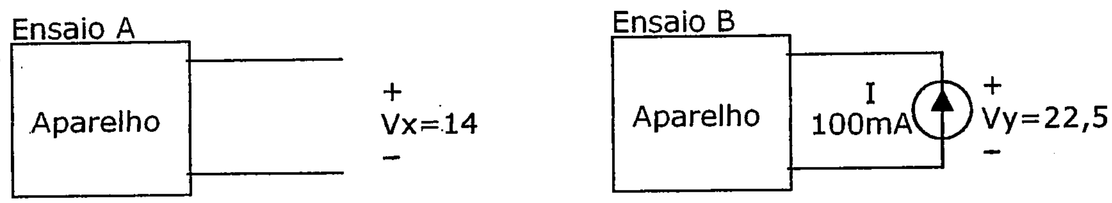
Prova 1 18/10/2011

Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (4 pontos) Equacione o circuito ao lado com o objetivo de determinar a resposta temporal da tensão no capacitor, a partir do momento em que este é instalado no circuito, descrevendo cada etapa com textos, equações e diagramas pois isso vai ser sempre avaliado.
O capacitor estava carregado com -3 Volts ao ser instalado no circuito.



2. (3 pontos) Um aparelho científico é alimentado por uma bateria interna com características desconhecidas e seus terminais estão acessíveis no conector onde é ligado o carregador.
Para caracterizar a bateria, foram feitos dois ensaios e os resultados estão descritos a seguir.
a) Determine o valor da tensão e resistência interna da bateria e desenhe o circuito equivalente da mesma com os valores calculados.
b) Calcule a potência dissipada por uma lâmpada de 3 Volts e 0,6 Watts quando ligada no conector de carga do aparelho, supondo que a resistência da lâmpada não mude com a temperatura.
Todas as etapas da solução devem ser fundamentadas com textos, equações e diagramas.



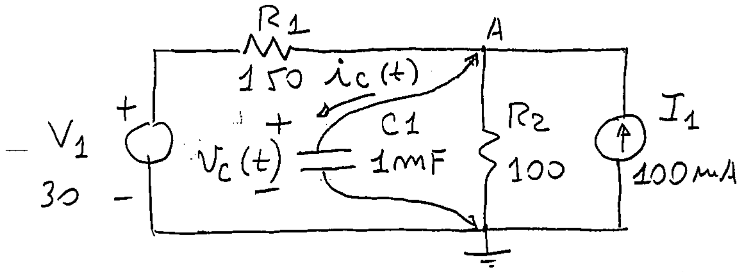
3. (3 pontos) A CPU de um computador converte em calor o equivalente a 83 watts que um dissipador de calor associado a uma ventoinha transferem para o ar de modo que a temperatura fica estabilizada em 58°C.
Neste momento um defeito trava a ventoinha, ficando apenas o dissipador nesta função.
Calcule o tempo para o dissipador alcançar a temperatura limite de 150°C. Como o dissipador ainda consegue transferir um pouco de calor para o ar, a eficiência na conversão dos 83W é de 68%. O dissipador de cobre tem 480 gramas e 385 (J/kg)/K de calor específico.
A resposta será avaliada apenas se for documentada com textos, equações e diagramas.

$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot l / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$w = m \cdot c \cdot \Delta T$ (Joules)
$\varepsilon = k \cdot t / r^2$ (Newton / Coulomb)
$\epsilon = D / \varepsilon$ (Farads / metro)
$\epsilon_{vácuo} = \epsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ (F / m)
$C = q / V = \epsilon \cdot A / d$ (Farads)

Carga:
$I_c(t) = I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$v_c(t) = v_c(\infty) + [v_c(o) - v_c(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$I_c(t) = -I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

Equacione o circuito com o objetivo de obter a resposta temporal da tensão e da corrente no capacitor, a partir do instante em que este é instalado no circuito. O capacitor estava carregado com −3 Volts ao ser instalado.



P1_2011-2

---

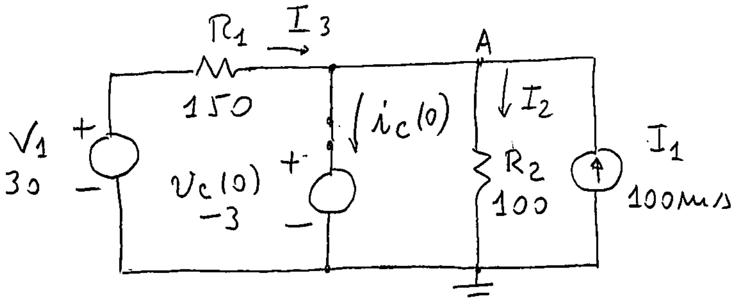
carga inicial no capacitor:

$v_c(t=0-) = -3\,V$

Ao ligar o capacitor no circuito existe um transitório ⇒ C = curto e

$V_C(0-) = V_c(0) = V_c(0+) = -3V$.

circuito em $t=0$:



cálculo de i_c: KCL nó A:

$$-I_3 + i_c + I_2 - I_1 = 0$$

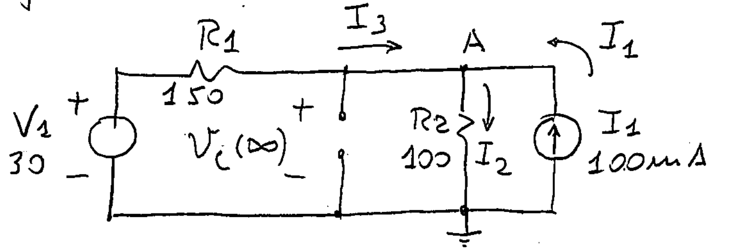
$$-\frac{V_1 - V_A}{R_1} + i_c(0) + \frac{V_A}{R_2} - I_1 = 0$$

Em $t=0$, $V_A = V_c(0) = -3$

$$-\frac{30-(-3)}{150} + i_c(0) + \frac{-3}{100} - 100mA = 0$$

$i_c(0) = 350\,mA$ //

Após muito tempo, o circuito fica estável e C_1 = aberto:



$i_c(\infty) = 0$

cálculo de $V_c(\infty) = V_A$; KCL em A:

$$-I_3 + I_2 + I_1 = 0$$

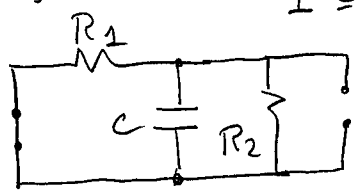
$$-\frac{V_1 - V_A}{R_1} + \frac{V_A}{R_2} - I_1 = 0$$

$$V_A\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) - \frac{V_1}{R_1} - I_1 = 0$$

$$V_A = \frac{V_1/R_1 + I_1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

$$V_A = \frac{\frac{30}{150} + 0,1}{\frac{1}{150} + \frac{1}{100}} \rightarrow V_A = V_c(\infty) = 18V$$

constante de tempo: zerando as fontes: V = curto
I = aberto



$$\tau = R_{equiv} \cdot C = (R_1 // R_2) \cdot C$$

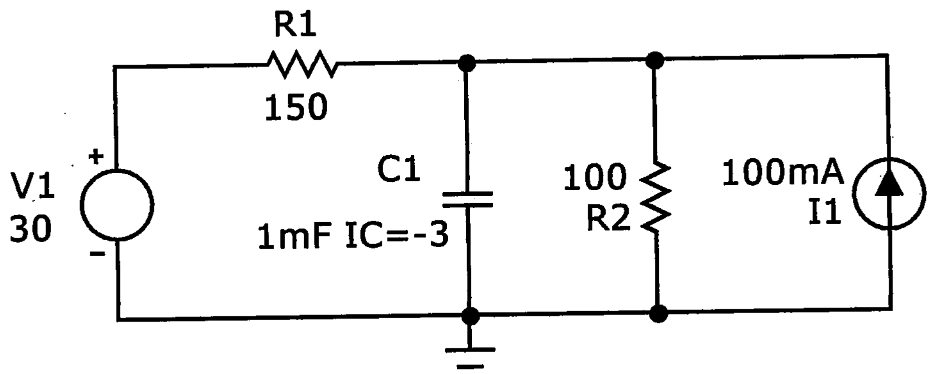
$$R_{eq} = \frac{150 \cdot 100}{150 + 100} = 60\Omega$$

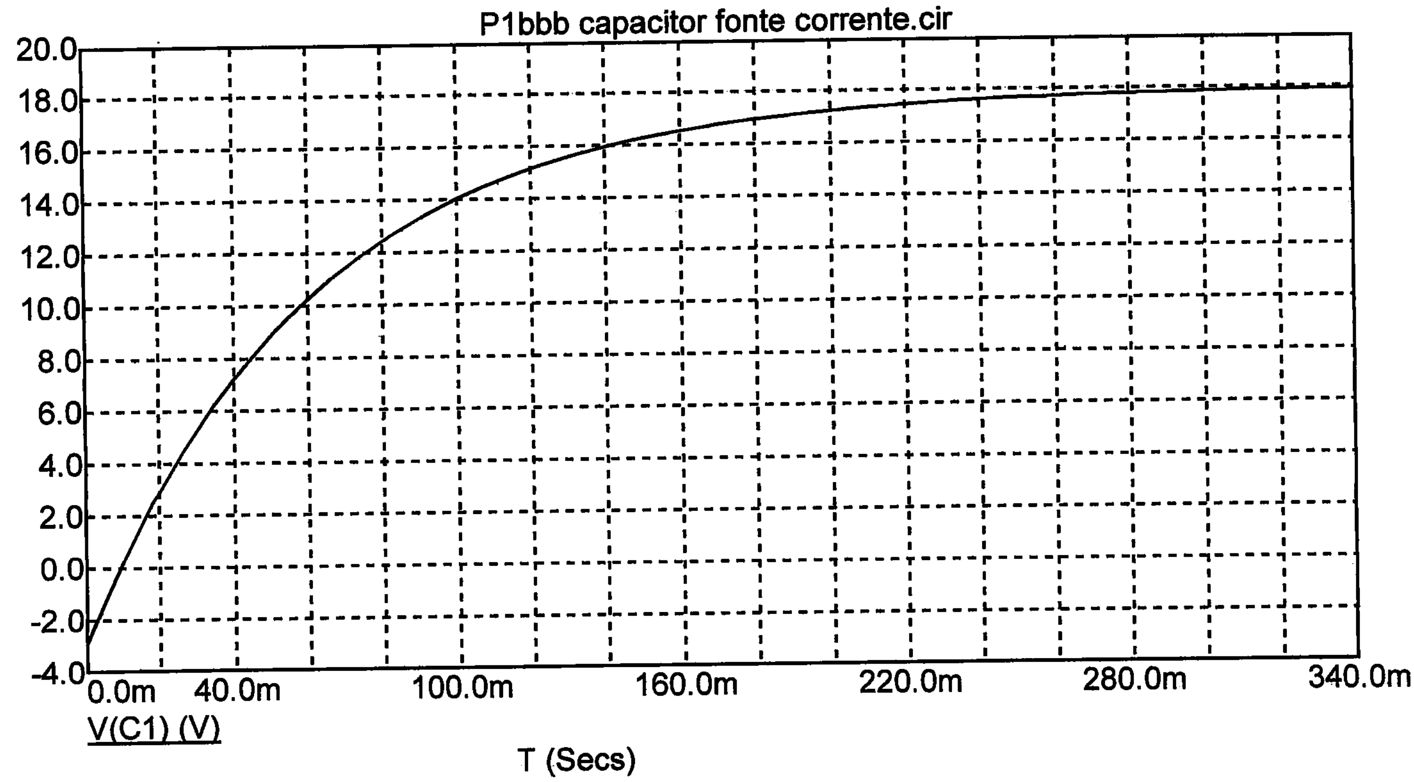
$\tau = 60 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \rightarrow \tau = 60ms$ //

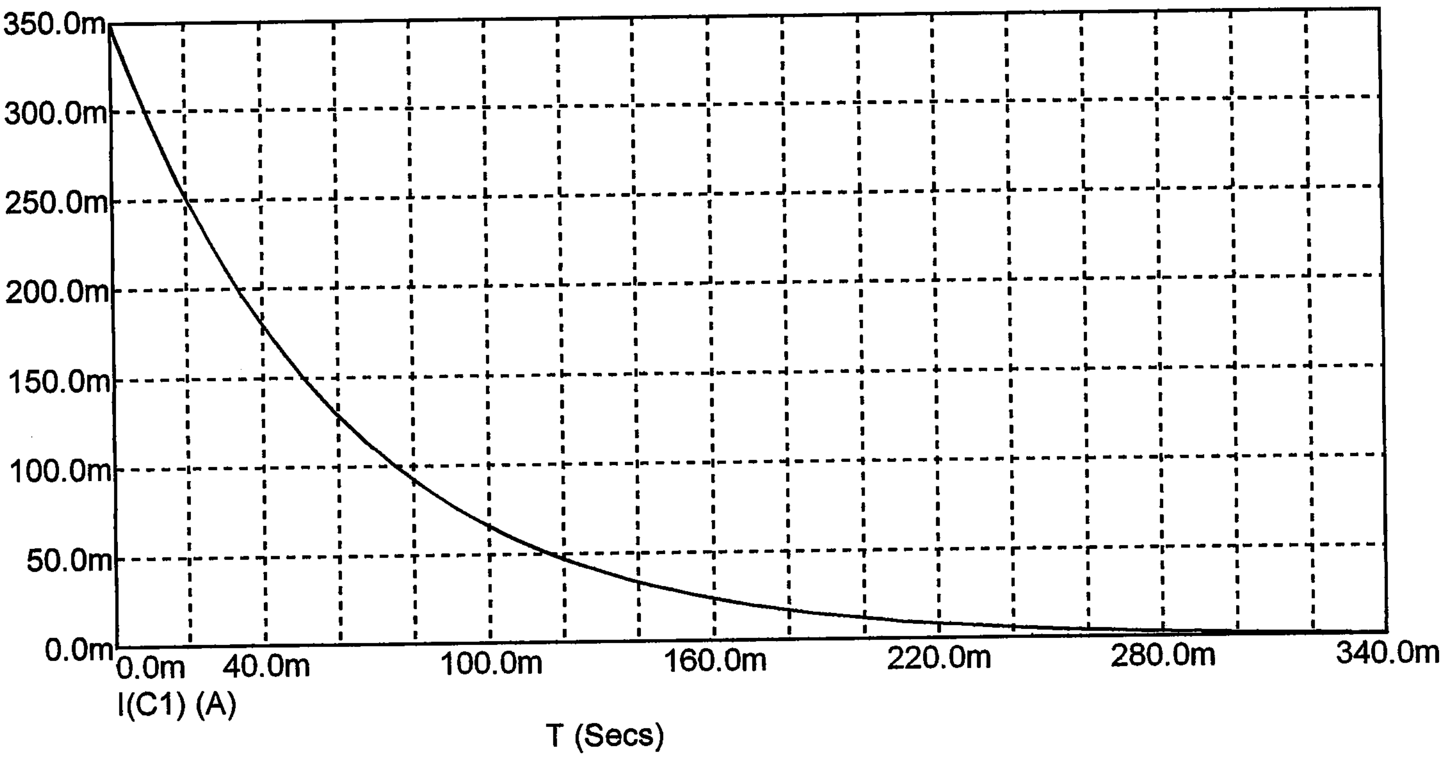
$i_c(t) = i_c(0) \cdot e^{-t/\tau} \rightarrow i_c(t) = 0,35\, e^{-\frac{t}{0,06}}$ //

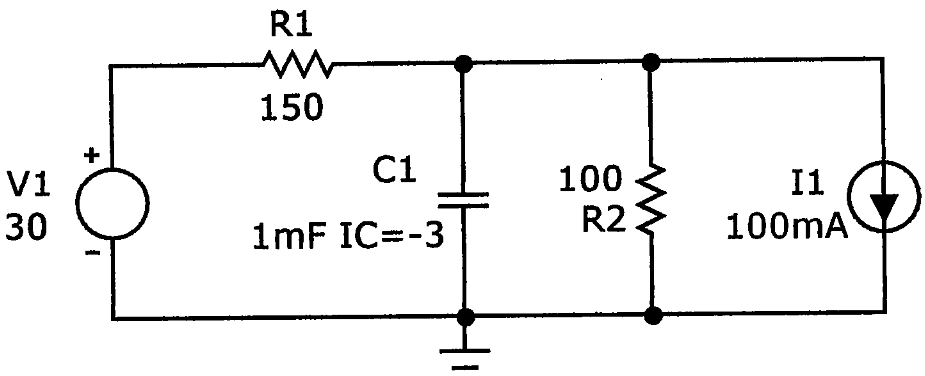
$v_c(t) = v(\infty) + (v(0) - v(\infty)) \cdot e^{-t/\tau}$

$V_c(t) = 18 - 21 \cdot e^{-\frac{t}{0,06}}$ Volts //

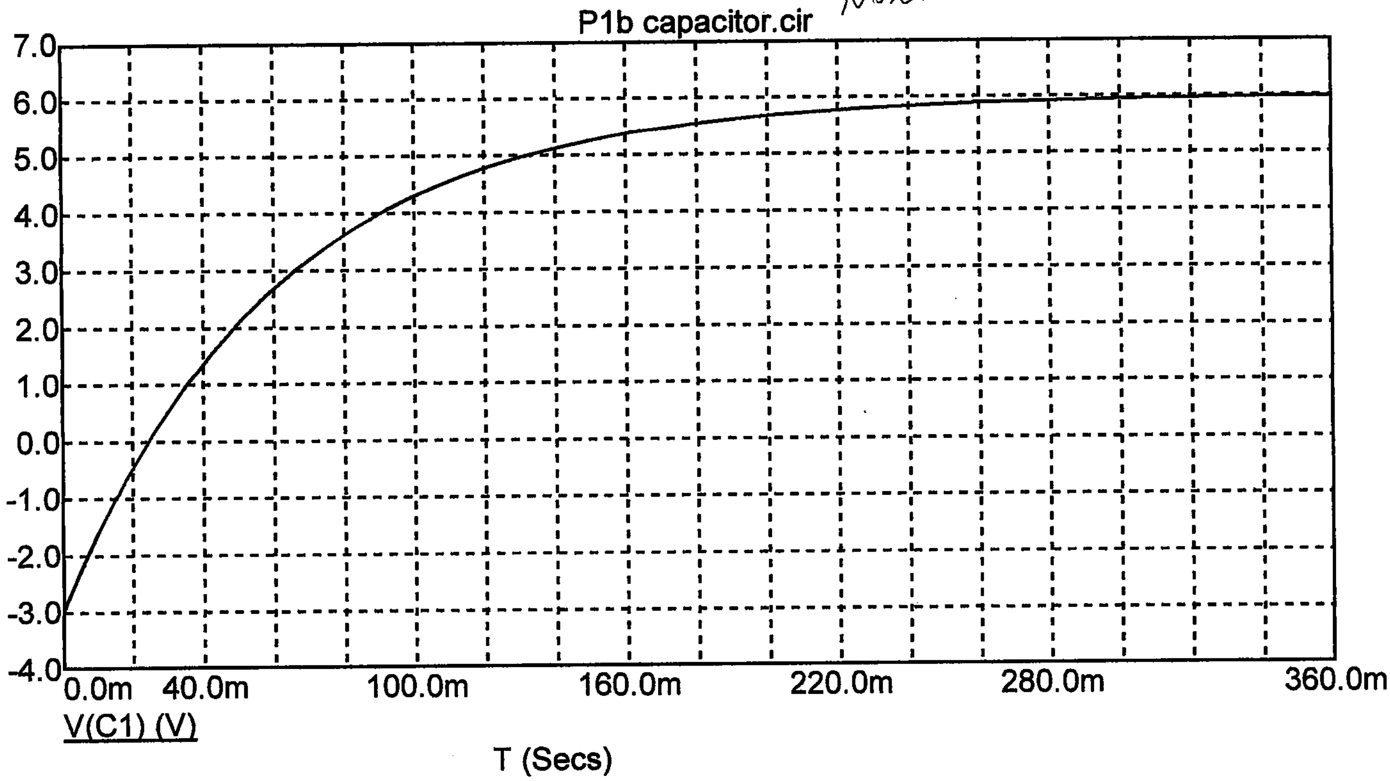

R1
150
V1
30
C1
1mF IC=-3
100
R2
100mA
I1

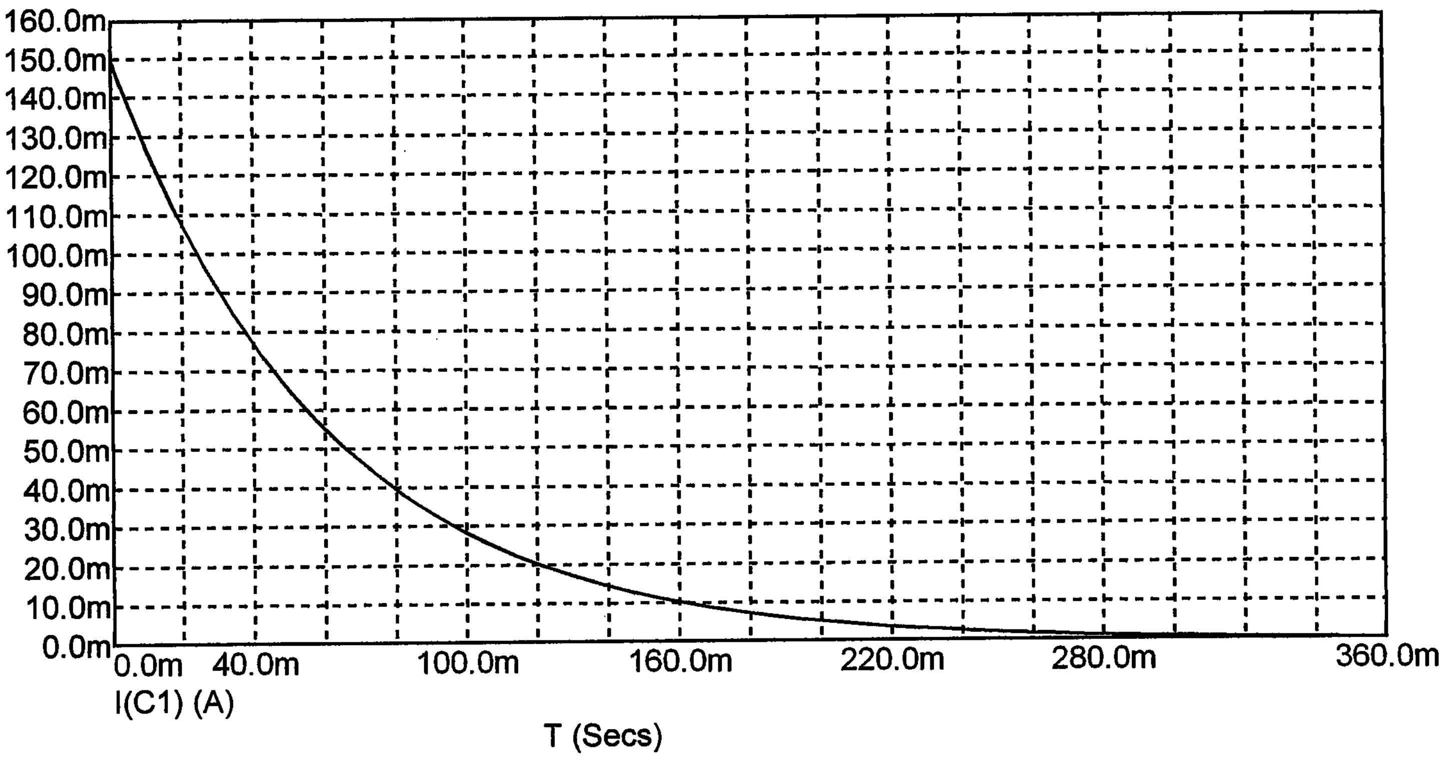

P1bbb capacitor fonte corrente.cir
V(C1) (V)
T (Secs)

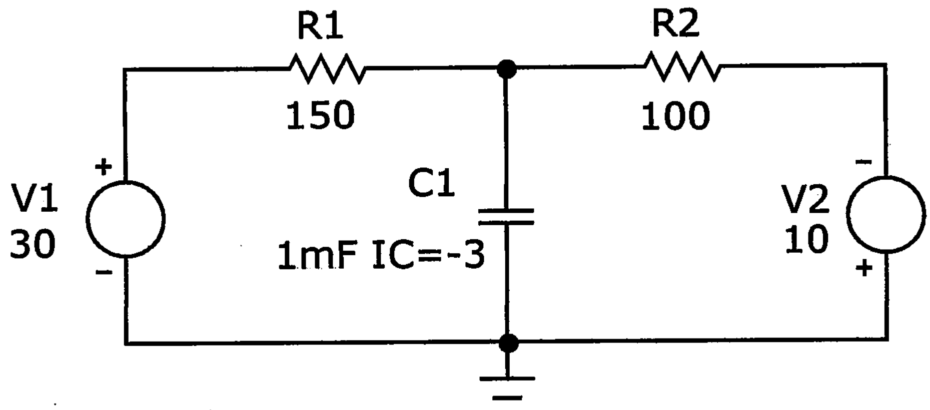

I(C1) (A)
T (Secs)

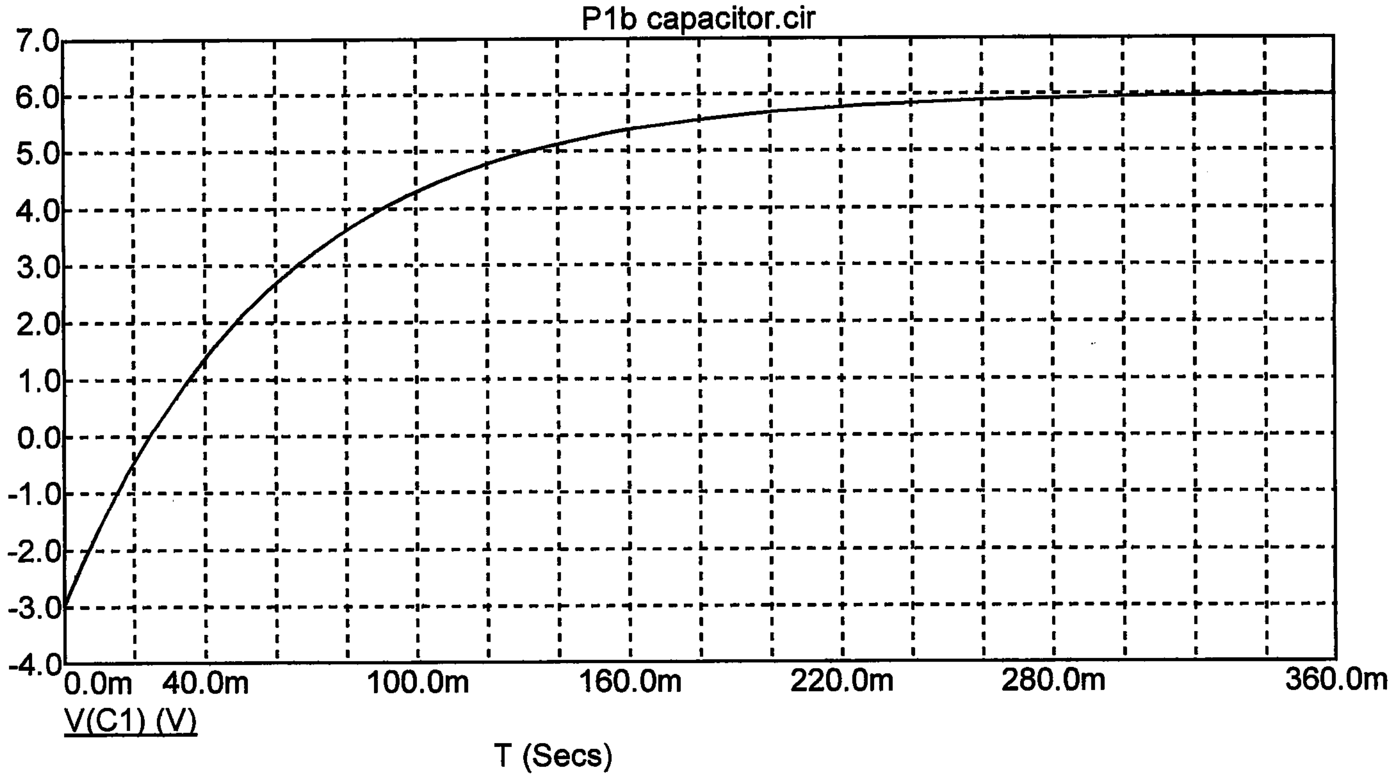

R1
150
V1
30
C1
1mF IC=-3
100
R2
I1
100mA

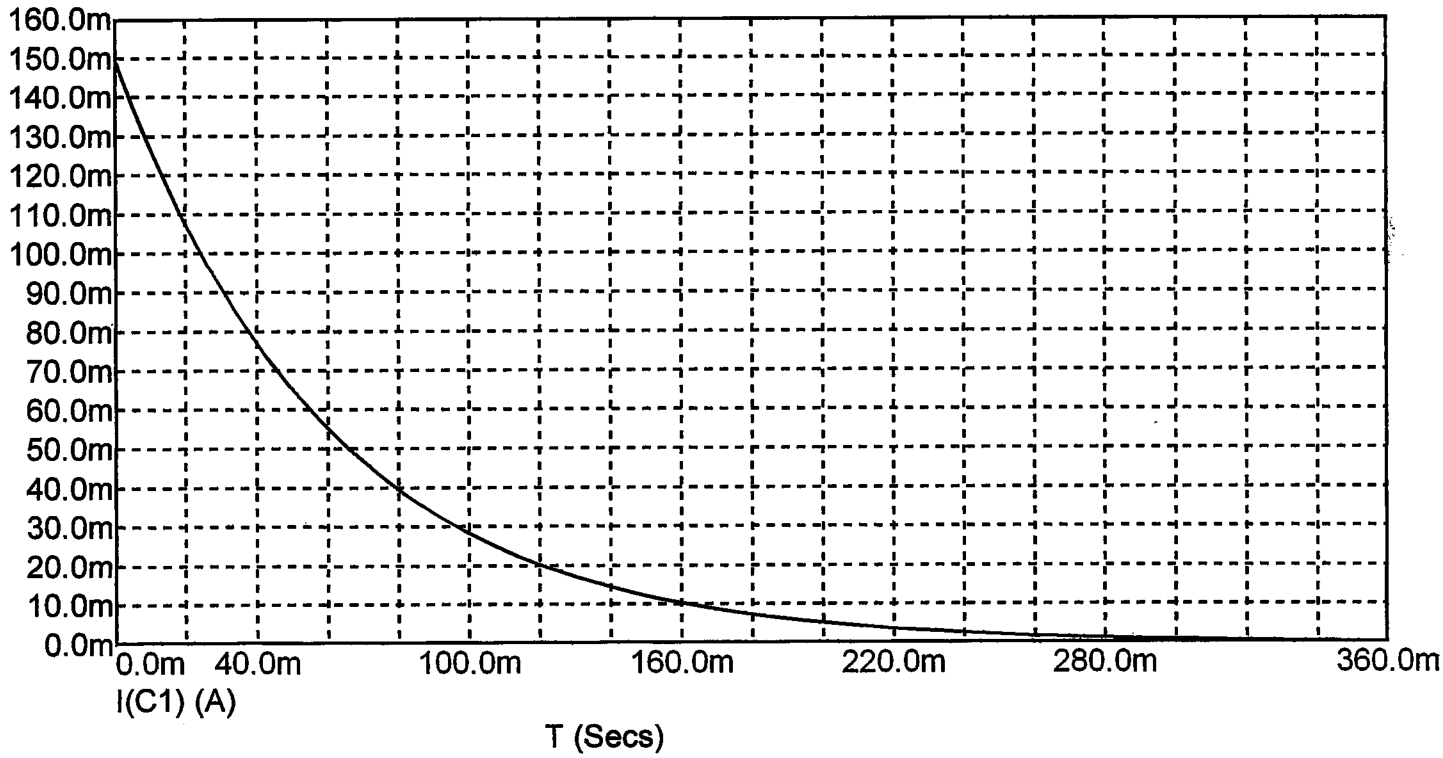
Norton


P1b capacitor.cir
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
0.0m 40.0m 100.0m 160.0m 220.0m 280.0m 360.0m
V(C1) (V)
T (Secs)


160.0m
150.0m
140.0m
130.0m
120.0m
110.0m
100.0m
90.0m
80.0m
70.0m
60.0m
50.0m
40.0m
30.0m
20.0m
10.0m
0.0m
0.0m 40.0m 100.0m 160.0m 220.0m 280.0m 360.0m
I(C1) (A)
T (Secs)


R1
150
R2
100
V1
30
C1
1mF IC=-3
V2
10


P1b capacitor.cir
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
0.0m
40.0m
100.0m
160.0m
220.0m
280.0m
360.0m
V(C1) (V)
T (Secs)

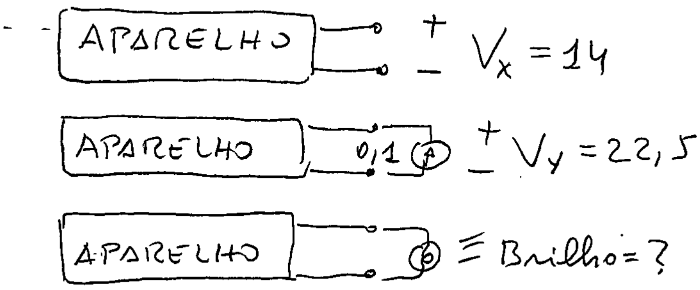

160.0m
150.0m
140.0m
130.0m
120.0m
110.0m
100.0m
90.0m
80.0m
70.0m
60.0m
50.0m
40.0m
30.0m
20.0m
10.0m
0.0m
0.0m
40.0m
100.0m
160.0m
220.0m
280.0m
360.0m
I(C1) (A)
T (Secs)

Um aparelho científico é alimentado por uma bateria interna com características desconhecidas cujos terminais estão estão acessíveis no conector onde é ligado o carregador. Para caracterizar a bateria foram feitos dois ensaios e os resultados estão descritos a seguir.

a) Determine o valor da tensão e resistência interna da bateria.

b) Calcule o brilho (% do máximo) de uma lâmpada de 3V, 0,6W ligada no conector de carga do aparelho.

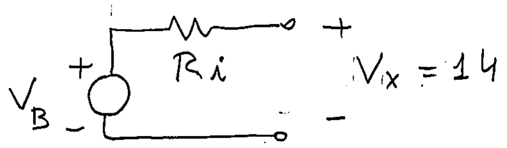
use potência dissipada



Suponha que a resistência do filamento não mude com a temperatura.

Substituindo a bateria pelo seu modelo equivalente e aplicando os ensaios:

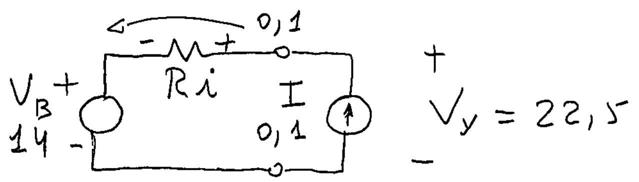
Ensaio a:



com circuito aberto, não há corrente por Ri e assim,

$V_X = V_B = 14$ Volts //

Ensaio b:



Aplicando KVL:

$$-V_B - V_{Ri} + V_y = 0$$

$$-V_B - I \cdot Ri + V_y = 0$$

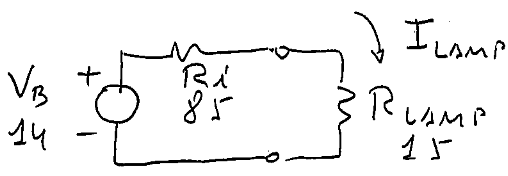
$$-14 - 0,1 \cdot Ri + 22,5 = 0$$

Logo, $Ri = 85\,\Omega$ //

Conectando a lâmpada:

$$W_{LAMP} = \frac{V_{LAMP}^2}{R_{LAMP}}$$

$$0,6 = \frac{3^2}{R_{LAMP}} \rightarrow R_{LAMP} = 15\,\Omega \,//$$



$$I_{LAMP} = \frac{V_B}{Ri + R_{LAMP}}$$

$$I_{LAMP} = \frac{14}{85+15} = 0,14 \text{ Ampères} \,//$$

Nesta condição, $P_{LAMP} = I_{LAMP}^2 \cdot R_{LAMP}$

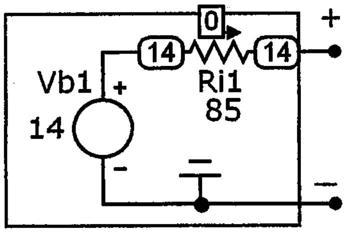
$$P_{LAMP} = 0,14^2 \cdot 15 \rightarrow P_{LAMP} = 0,294W$$

Brilho:

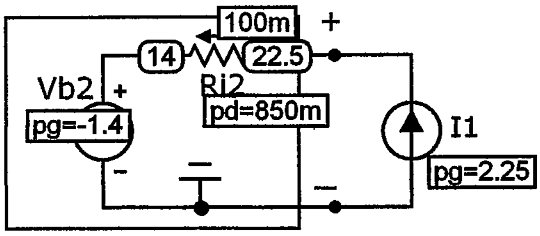
0,6W — 100%

0,294W — x $\rightarrow$ $BRILHO = \frac{0,294}{0,6} \cdot 100\%$

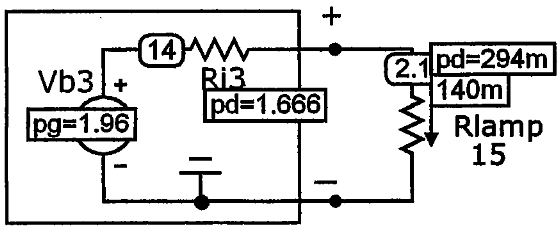
BRILHO = 49% //



0
14
14
Ri1
85
Vb1
14
+
-
+
−



100m
14
22.5
Ri2
pd=850m
Vb2
pg=-1.4
I1
pg=2.25
+
-
+
−



14
Ri3
pd=1.666
Vb3
pg=1.96
2.1
pd=294m
140m
Rlamp
15
+
-
+
−

A CPU de um computador converte em calor o equivalente a 83 W que um dissipador de calor associado a uma ventoinha transferem para o ar de modo que a temperatura fica estabilizada em 58°C. Neste momento um defeito trava a ventoinha, ficando apenas o dissipador nesta função. Calcule o tempo para o dissipador alcançar a temperatura limite de 150°C. Como o dissipador ainda transfere um pouco de calor para o ar, a eficiência na conversão dos 83W é de 68%.
O dissipador de cobre tem 480 gramas e calor específico de 385 $\frac{J/kg}{K}$.

A energia necessária para aquecer uma massa de material vale:

$W = m \cdot c \cdot \Delta T$ (Joules) No caso:

$$W_{cobre} = 480\,g \cdot \frac{1\,kg}{1000\,g} \cdot 385\,\frac{J/kg}{K}\,(150° - 58°)$$

$$W_{cobre} = 17.000\,J$$

Como parte da energia calorífica da CPU é dissipada para o ar,

$$\eta = \frac{W_{saída}}{W_{entrada}} \cdot 100\% = \frac{W_{cobre}}{W_{CPU}} \cdot 100\% = 68\% \quad \text{Logo:}$$

$$W_{CPU} = \frac{W_{cobre}}{\eta} = \frac{17.000\,J}{0,68} \rightarrow W_{CPU} = 25.000\,J$$

Como $W_{CPU} = P_{CPU} \cdot t$

$$t = \frac{W_{CPU}}{P_{CPU}} = \frac{25000\,J}{83\,J/s} \rightarrow t = 301 \text{ segundos}$$

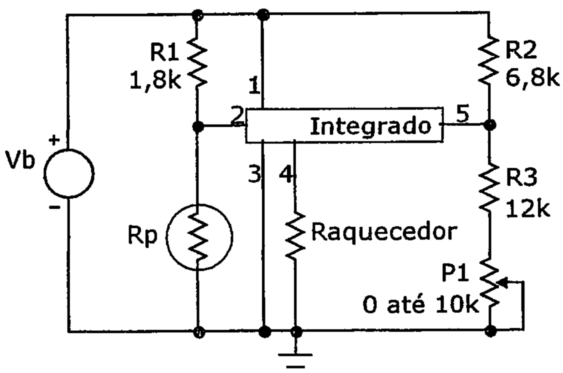
Ou ainda, $t = \dfrac{301\,s}{60\,s/min} \rightarrow t = 5$ minutos

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2012/1

Prova 1 8/5/2012

Nome: GABARITO **Turma:** _____

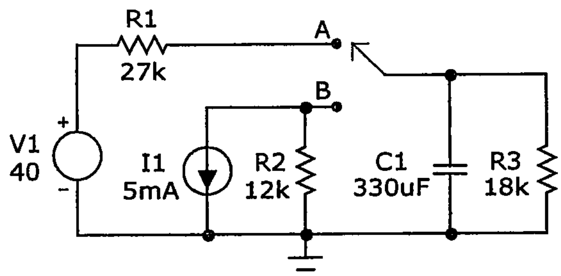
1. (3 pontos) Algumas cafeteiras possuem um disco aquecido onde repousa o bule. Um resistor PTC na base e o controlador a seguir permitem manter o café na temperatura desejada.
Examine o circuito procurando entender o funcionamento e encontrar o caminho para a solução.
Calcule então o valor do potenciômetro de ajuste P_1 para manter o bule a 65 °C, descrevendo cada etapa da solução com textos, equações e esquemas pois isso vai ser avaliado sempre.
O sensor é modelado por $R_P(\Omega) = 3000 + 60\cdot(T - 25)$ onde T é a temperatura do sensor em °C.



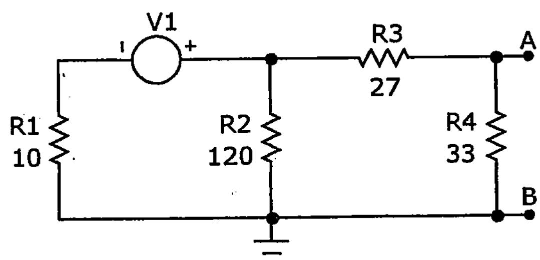
V2 < V5 então V4 = V1
V2 > V5 então V4 = V3
V2 = V5 em transição de estado, ponto de equilíbrio

Rp = resistor PTC
P1 = potenciômetro
Entradas 2 e 5 não drenam corrente

2. (4 pontos) No circuito ao lado, a chave está na posição A por muito tempo e passa para B em t = 0. Equacione o circuito com o objetivo de esboçar a curva da tensão no capacitor a partir de t = 0 e calcular o instante de tempo em que a tensão é zero, descrevendo todos os passos com textos, equações e esquemas.



3. (3 pontos) Equacione o circuito ao lado pelo **Metodo das Correntes de Malha**, para obter o conjunto de equações que descrevem o circuito, em formato literal primeiro, descrevendo amplamente todas as etapas.
A seguir calcule V1 sabendo que $V_{AB} = 22$Volts.

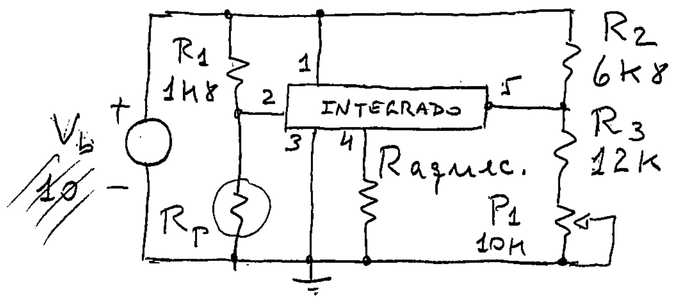


$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot l / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$w = m \cdot c \cdot \Delta T$ (Joules)
$\varepsilon = k \cdot t / r^2$ (Newton / Coulomb)
$\epsilon = D / \varepsilon$ (Farads / metro)
$\epsilon_{vácuo} = \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ (F / m)

Carga:
$I_c(t) = I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$v_c(t) = v_c(\infty) + [v_c(o) - v_c(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$I_c(t) = - I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$

Examine o circuito do aquecedor do bule de café, procurando entender o seu funcionamento e encontrar o caminho para a solução. R_P está junto com $R_{aquec.}$ Calcule o valor de ajuste de P1 para manter o bule na temperatura de 65 °C. Descreva cada etapa.
O sensor PTC é modelado por $R_P(\Omega) = 3000 + 60\,(T-25)$.

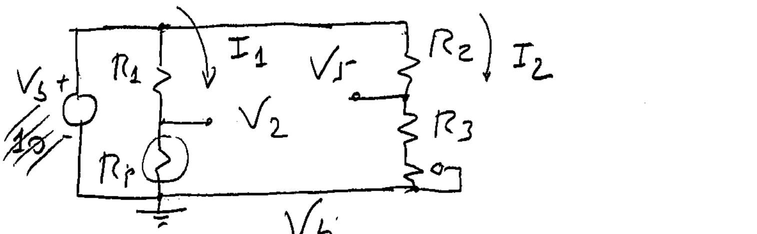


$V_2 > V_5$ então $V_4 = V_1$
$V_2 < V_5$ então $V_4 = V_3$
$V_2 = V_5$ transição

P1 2012/1

Dois divisores de tensão:
R_1, R_P depende da temperatura
R_2, $R_3 + P_1$ depende do ajuste
Integrado é uma chave que alimenta o aquecedor com 10 V.
Raquec. aquece o bule e o sensor R_P varia com a temperatura.
Integrado estabelece o equilíbrio (igualdade) entre os dois divisores de tensão.
CAMINHO: Equacionar os dois divisores e igualar. Calcular R_P a 65 °C e aplicar na equação. Calcular o valor de P1.

Cálculo de V_2 e V_5:



$$I_1 = I_{RP} = \frac{V_b}{R_1 + R_P}$$

$$V_2 = I_P \cdot R_P = \frac{V_b}{R_1 + R_P} \cdot R_P \;//$$

$$I_2 = I_3 = I_{P1} = \frac{V_b}{R_2 + R_3 + P_1}$$

$$V_5 = I_2\,(R_3 + P_1) \quad \frac{V_b \cdot (R_3 + P_1)}{R_2 + R_3 + P_1} \;//$$

A 65 °C, $R_P = 3000 + 60\,(65 - 25)$

$R_P = 5400\,\Omega$ //

Igualando V_2 com V_5 e aplicando os valores:

$$\frac{\cancel{V_b} \cdot R_P}{R_1 + R_P} = \frac{\cancel{V_b}\,(R_3 + P_1)}{R_2 + R_3 + P_1}$$

$$\frac{5{,}4k}{1{,}8k + 5{,}4k} = \frac{12k + P_1}{6{,}8k + 12k + P_1}$$

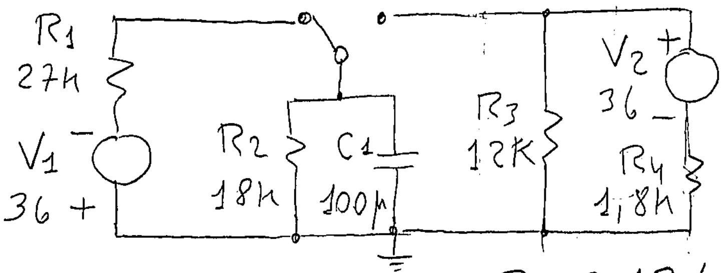
$$0{,}75 = \frac{12 + P_1}{18{,}8 + P_1}$$

$$14{,}1 + 0{,}75\,P_1 = 12 + P_1$$

Então $P_1 = \dfrac{2{,}1}{0{,}25} \rightarrow P_1 = 8{,}4\,k\Omega$

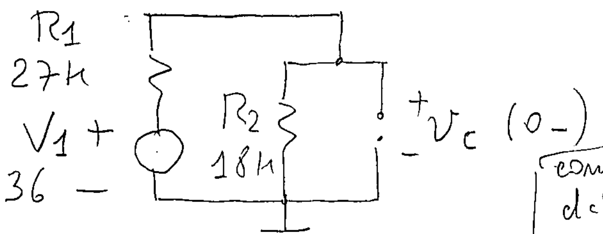
Ajuste máximo: $P_1 = 10k$
então $R_P = 5{,}82k$ e $T = 72$ °C máximo

No circuito a seguir, a chave está na posição a por muito tempo e passa para a posição b em t=0. Equacione o circuito e calcule em que momento do tempo, após t=0, a tensão no capacitor é nula. Documente cada etapa da solução.



P1 2012/1

circuito com a chave em a por muito tempo; em $t=0_-$ C = aberto (em regime)



com $V_1 = 40$ dá 16v

Divisor de tensão:

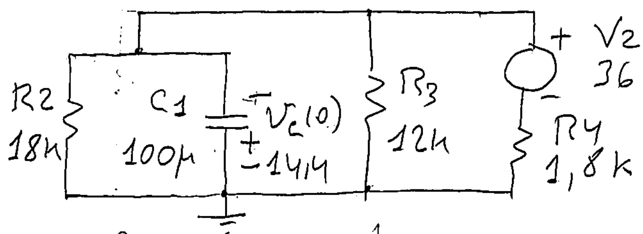
$$V_C(0_-) = V_1 \frac{R_2}{R_1+R_2} = -36 \frac{18k}{27k+18k}$$

$V_C(0_-) = -14,4$ Volts

Como a tensão não muda instantaneamente no capacitor:

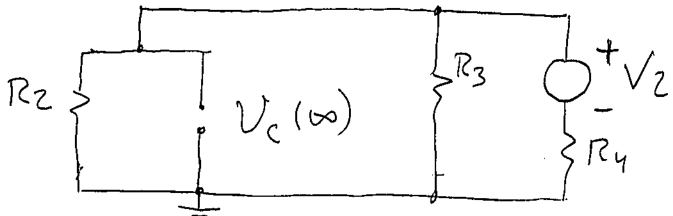
$$V_C(0_-) = V_C(0) = V_C(0_+) = -14,4.$$

Em t=0 a chave muda para b e o circuito fica:



Ao longo do tempo, C1 que tem polaridade negativa vai se carregar positivamente pela fonte V2 e vai haver um instante em que $V_C(t) = 0$.

Com a chave em b por muito tempo, a carga se completa e C = aberto;



Simplificando;

$$R_p = R_2 // R_3 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{18k \cdot 12k}{18k + 12k}$$

$R_p = 7,2\,k\Omega$

Divisor de tensão;

$$V_C(\infty) = V_2 \frac{R_p}{R_p + R_4}$$

$$V_C(\infty) = 36 \frac{7,2k}{7,2k + 1,8k} = 28,8 \text{ Volts}$$

com 30V dá 24V com 40 dá 32V

Constante de tempo:

Matando a fonte → curto;

$$R_{equiv} = R_p // R_4 = \frac{R_p \cdot R_4}{R_p + R_4}$$

$$R_{equiv} = \frac{7,2k \cdot 1,8k}{7,2k + 1,8k} = 1,44k$$

Então,

$$\tau = R_{equiv} \cdot C_1 = 1,44k \cdot 680\mu$$

$$\tau = 0,9792 \text{ segundos}$$

Equação geral de tensão no capacitor:

$$v_C(t) = v_C(\infty) + (v_C(0) - v_C(\infty)) \cdot e^{-t/\tau}$$

Tempo onde $v_C(t) = 0$:

$$0 = 28{,}8 + (-14{,}4 - 28{,}8)\, e^{-\frac{t}{0{,}9792}}$$

$$-28{,}8 = -43{,}2 \cdot e^{-t/0{,}9792}$$

$0{,}6667 = e^{-t/0{,}9792}$ tomando o ln:

$$\ln(0{,}6667) = \frac{-t}{0{,}9792}$$

$t = 0{,}397$ segundos //

Outro modo:

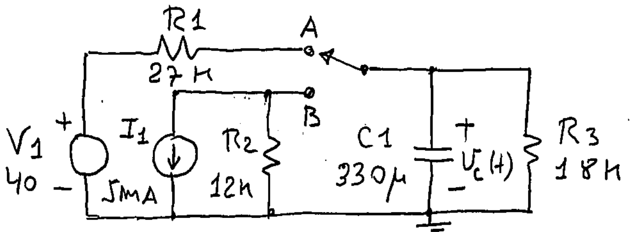
$$t = -R_{equiv.} C_1 \ln\left(\frac{v(\infty) - v(fim)}{v(\infty) - v(inic.)}\right)$$

$$t = -1{,}44k \cdot 680 \cdot 10^{-6} \ln\left(\frac{28{,}8 - 0}{28{,}8 - (-14{,}4)}\right)$$

$$t = -0{,}9792 \ln\left(\frac{28{,}8}{43{,}2}\right)$$

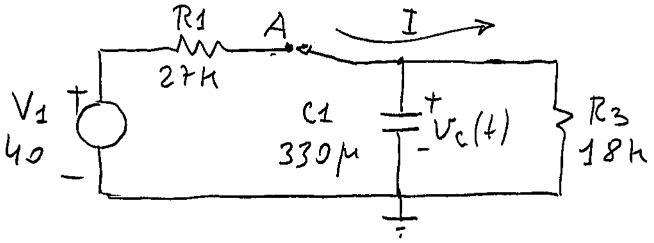
$t = 0{,}397\, s$ //

A chave está na posição A e passa para B em $t=0$. Esboce a curva de $V_c(t)$ a partir de $t=0$ e calcule o instante de tempo em que V_c passa por zero. Documente as etapas.



P1 2012/1

Chave em A:



Após muito tempo, o capacitor já carregou e $i_c(0-)$ = zero

Divisor de tensão define a tensão no capacitor:

$$I = \frac{V_1}{R_1 + R_3}$$

$$V_c(0-) = V_{R3} = I \cdot R_3 = \frac{V_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3}$$

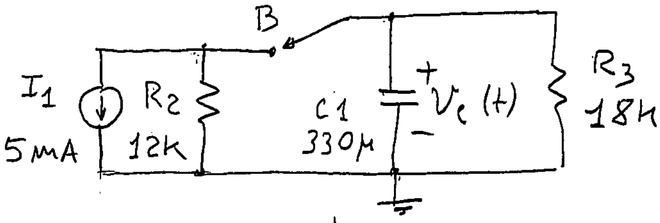
$$V_c(0-) = \frac{40 \cdot 18}{27+18} \rightarrow V_c(0-) = 16\,V$$

Em $t=0$ chave está passando para B.

Em $t=0+$ a chave está na posição B.

Como a tensão não pode mudar instantaneamente no capacitor, vale dizer:

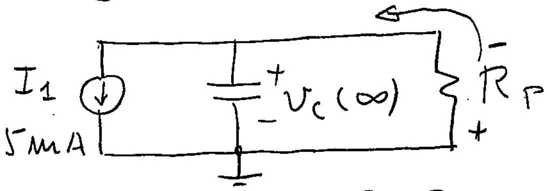
$$V_c(0-) = V_c(0) = V_c(0+) = 16 \text{ Volts}$$



Após muito tempo em B o capacitor já carregou e

$i_c(\infty) = 0$

Juntando os resistores e calculando $V_c(\infty)$:



$$R_p = R_2 // R_3 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_p = \frac{12 \cdot 18}{12+18} = 7{,}2\,K$$

Então $V_c(\infty) = I_1 \cdot R_p$

$$V_c(\infty) = -5mA \cdot 7{,}2K = -36\,V$$

Constante de tempo, com as fontes mortas $\rightarrow$ I_1 = aberto.

$$\tau = R_p \cdot C = 7{,}2 \cdot 10^3 \cdot 330 \cdot 10^{-6} = 2{,}376\,s$$

Como: $V_c(t) = V_c(\infty) + [V_c(0) - V_c(\infty)]\, e^{-t/\tau}$

$$V_c(t) = -36 + [16 - (-36)]\, e^{-\frac{t}{2{,}376}}$$

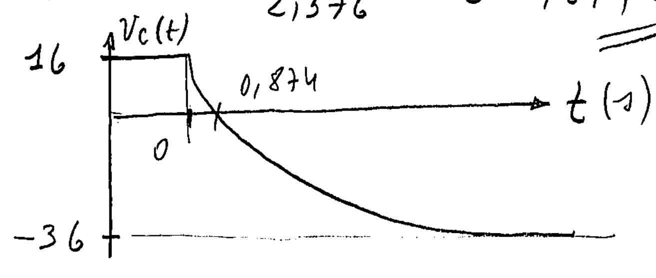
$$V_c(t) = -36 + 52 \cdot e^{-\frac{t}{2{,}376}}$$

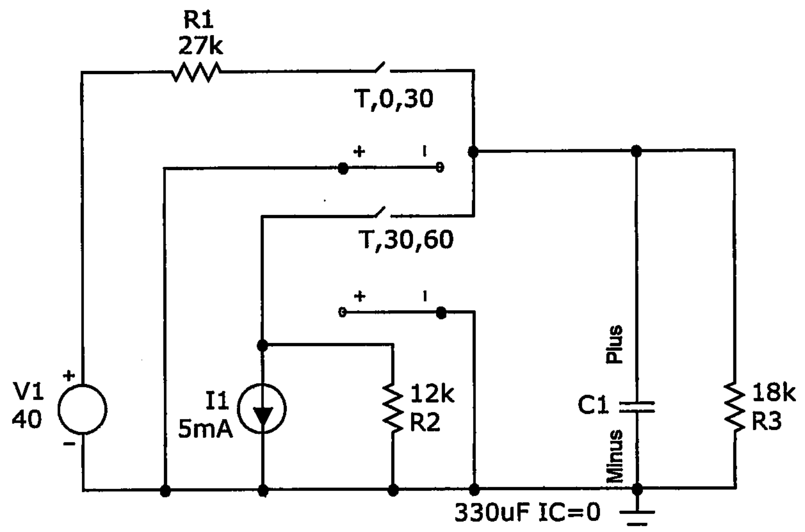
Para ter $V_c(t) = 0$:

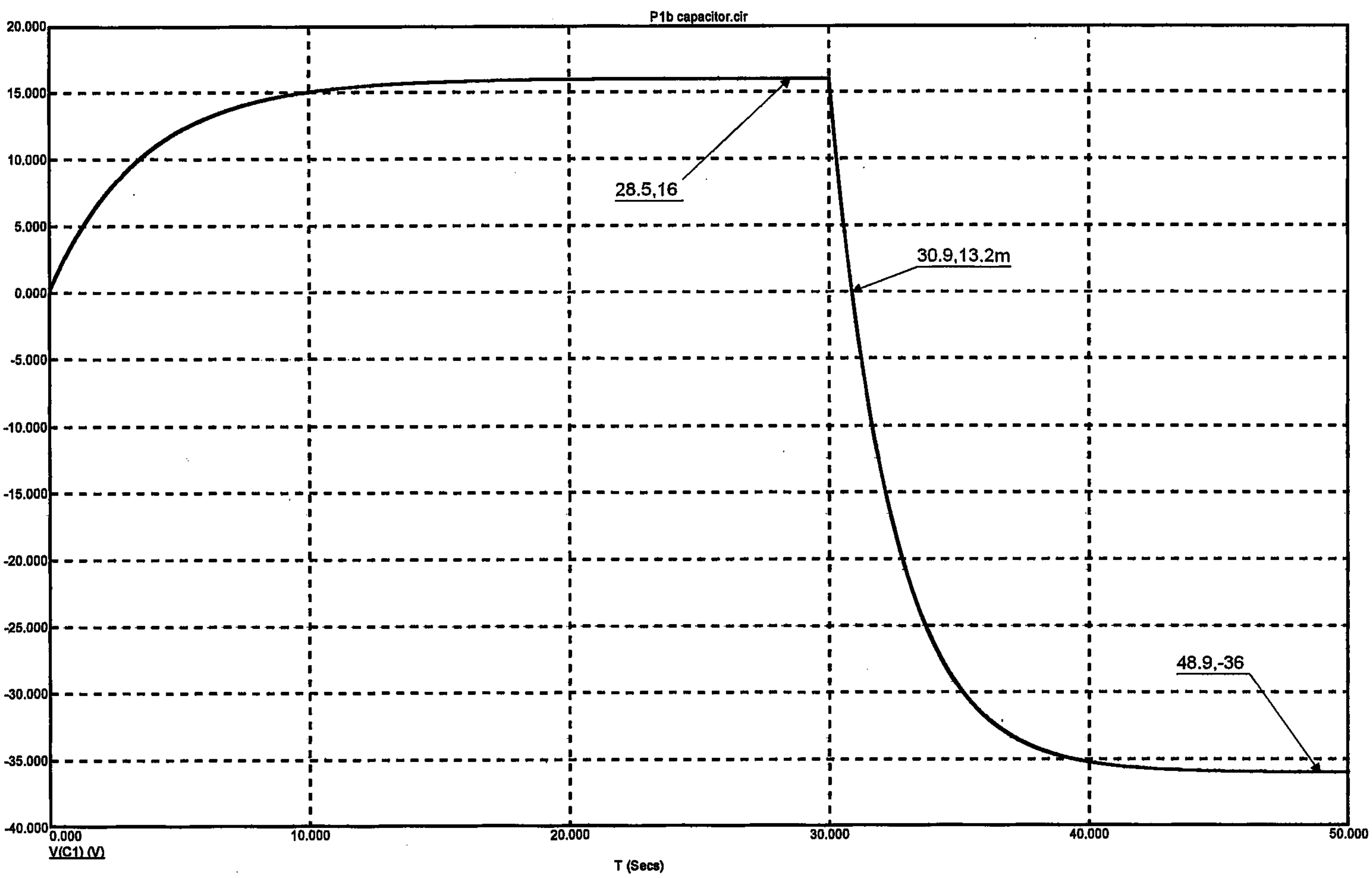
$$0 = -36 + 52\, e^{-t/2{,}376}$$

$$\ln\left(\frac{36}{52}\right) = \ln\left(e^{-t/2{,}376}\right)$$

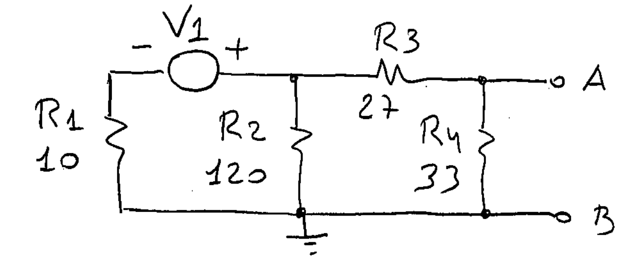
$$-0{,}3677 = \frac{-t}{2{,}376} \rightarrow t = 0{,}874 \text{ seg.}$$




R1
27k
T,0,30
T,30,60
V1
40
I1
5mA
12k
R2
Plus
C1
Minus
18k
R3
330uF IC=0

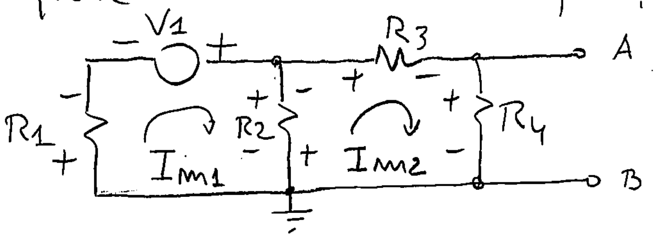

P1b capacitor.cir
20.000
15.000
10.000
5.000
0.000
-5.000
-10.000
-15.000
-20.000
-25.000
-30.000
-35.000
-40.000
0.000
10.000
20.000
30.000
40.000
50.000
V(C1) (V)
T (Secs)
28.5,16
30.9,13.2m
48.9,-36

Equacione o circuito pelo Método das correntes de Malha para obter o conjunto de equações literais que descrevem o circuito. A seguir, sabendo que $V_{AB} = 22V$, calcule a corrente que passa por um curto entre A e B.



P1 2012/1

Duas malhas, V1 desconhecido. Nomeando as correntes de malha e aplicando KVL para montar as 2 equações:



Malha 1:

$$+I_{m1} \cdot R_1 - V_1 + (I_{m1} - I_{m2}) R_2 = 0$$

Malha 2:

$$+(I_{m2} - I_{m1}) R_2 + I_{m2} \cdot R_3 + I_{m2} \cdot R_4 = 0$$

Simplificando:

$$\begin{cases} +I_{m1}(R_1 + R_2) - I_{m2} \cdot R_2 = V_1 \\ -I_{m1} \cdot R_2 + I_{m2}(R_2 + R_3 + R_4) = 0 \end{cases}$$

colocando os valores:

$$\begin{cases} I_{m1}(10 + 120) - I_{m2} \cdot 120 = V_1 \\ -I_{m1}(120) + I_{m2}(120 + 27 + 33) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 130 \cdot I_{m1} - 120 I_{m2} = V_1 & ① \\ -120 I_{m1} + 180 I_{m2} = 0 & ② \end{cases}$$

Como $V_{AB} = V_{R4} = 22$ Volts

$$I_{m2} = \frac{V_{AB}}{R_4} = \frac{22}{33} \rightarrow I_{m2} = 0{,}667$$

Calculando I_{m1} usando ②:

$$-120 \cdot I_{m1} + 180 \cdot 0{,}667 = 0$$

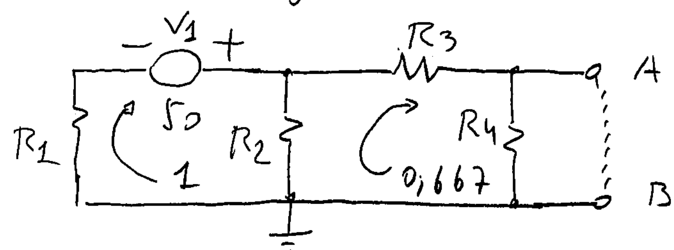
Então $I_{m1} = 1$ Ampère

Calculando o valor de V_1 usando ①:

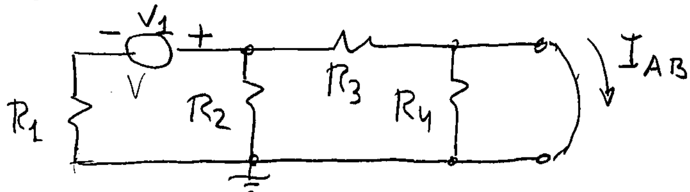
$$130 \cdot 1 - 120 \cdot 0{,}667 = V_1$$

Então $V_1 = 50$ Volts

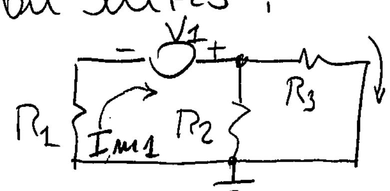
O circuito ficou:



Com curto entre A e B:



Ou então:



$I_{AB} = I_{m2}$

Resolvendo por malhas e aproveitando a equação ①:

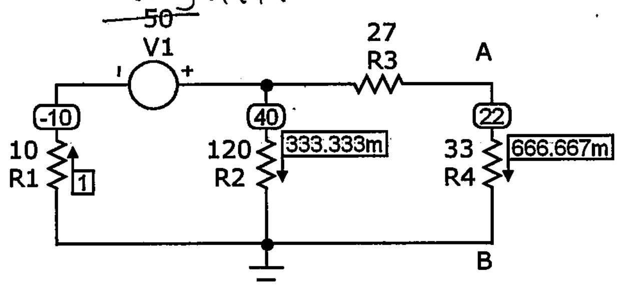
$$\begin{cases} 130 \cdot I_{m1} - 120 I_{AB} = V_1 \\ -R_2 \cdot I_{m1} + (R_2 + R_3) I_{AB} = 0 \end{cases}$$

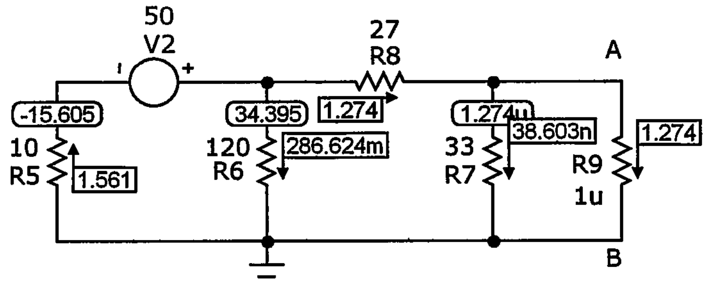
$$\begin{cases} 130 I_{m1} - 120 I_{AB} = 50 \\ -120 I_{m1} + 147 \cdot I_{AB} = 0 \end{cases}$$

Então $I_{AB} = 1{,}274$ Ampères

P1 2012/1 Malhas

incógnita



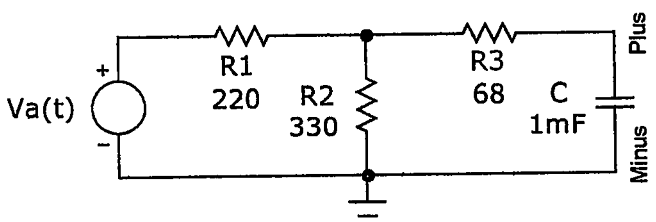


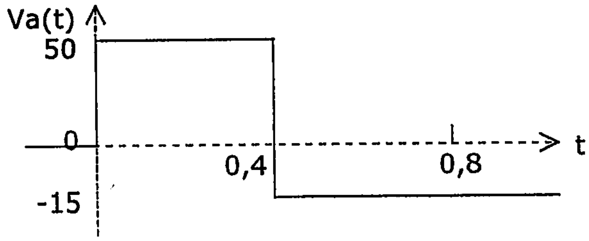
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2012/2

Prova 1 30/10/2012

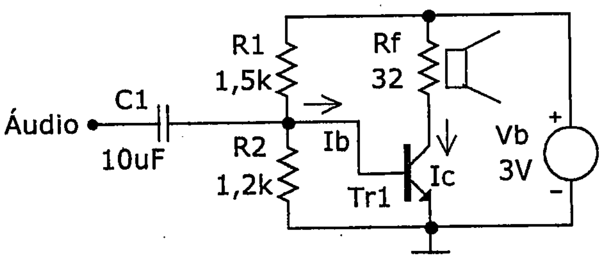
Nome: GABARITO **Turma:** _____

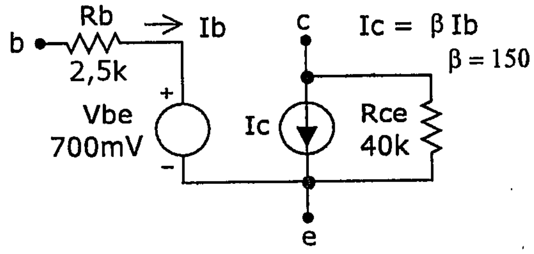
1. (3,5 pontos) Examine o circuito a seguir, procurando entender o seu funcionamento. Esboce o gráfico de $v_{c1}(t)$ sobre o gráfico de $v_a(t)$ na folha da prova. Equacione o circuito para obter os valores de $v_{c1}(t)$ nos tempos 0,0 0,4 0,8 e infinito, descrevendo cada etapa com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliando em todos os momentos. Desenhe os gráficos novamente colocando os valores calculados. Após ligar $v_a(t)$, calcule o tempo em que $v_{c1}(t)$=0.



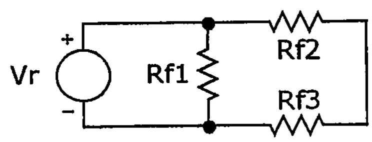


2. (3,5 pontos) O amplificador de som a seguir está polarizado em sua região linear de operação. O sinal de áudio está aplicado capacitivamente para não perturbar a polarização. Substitua o transistor pelo seu modelo e calcule a corrente que passa pelo alto-falante com sinal de áudio zero na entrada, descrevendo cada passo da solução com textos, equações e esquemas pois isso será avaliado. O modelo do transistor usa uma fonte de corrente I_c controlada pela corrente I_b, onde β é o ganho de corrente do transistor. Note que existe considerável amplificação do sinal, às custas da bateria que alimenta o circuito. Desconsidere R_{ce} por ser muito maior do que R_f.





1. (3 pontos) Uma marca de lâmpada incandescente de 100W, 120V nominais utiliza um filamento modelado por $R_f = 64 + V_f^2/180$ Ohms. Calcule a potência drenada de uma rede de 127V por 3 lâmpadas ligadas conforme a topologia ao lado, documentando todos os passos da solução.

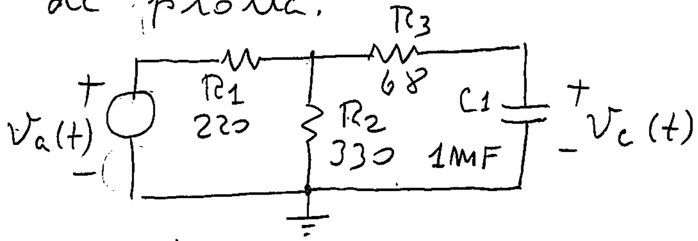


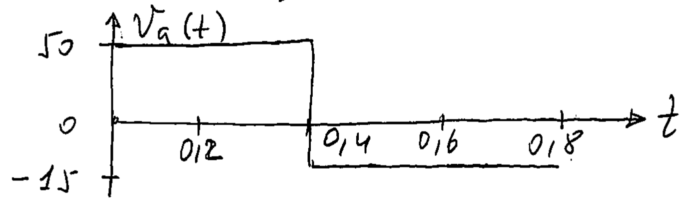
$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot l / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$w = m \cdot c \cdot \Delta T$ (Joules)
$\varepsilon = k \cdot t / r^2$ (Newton / Coulomb)
$\epsilon = D / \varepsilon$ (Farads / metro)
$\epsilon_{vácuo} = \epsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ (F / m)
$C = q / V = \epsilon \cdot A / d$ (Farads)

Carga:
$I_c(t) = I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$v_c(t) = v_c(\infty) + [v_c(o) - v_c(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$I_c(t) = - I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

Examine o circuito, equacione e desenhe o gráfico temporal da fonte $V_a(t)$ e do capacitor $V_c(t)$ superpostos. Calcule os valores a cada 0,2 segundos após ligar o circuito. Inicialmente, para fixar as idéias, esboce a curva de $V_c(t)$ sobre o gráfico de $V_a(t)$ aqui mesmo, na folha de prova.

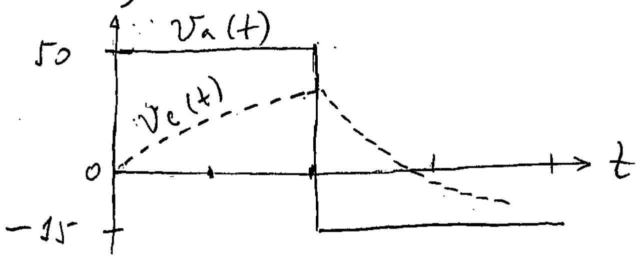




P1 2012/2

Ao ligar a fonte, o capacitor carrega a partir de $V_c=0$ em $t=0$. Quando a fonte inverte de polaridade o capacitor começa a descarregar.

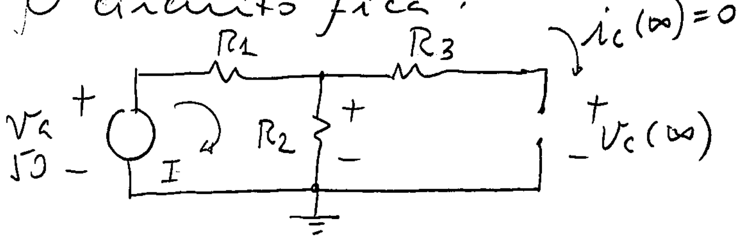
Esboço:



Em $t=0-$ circuito desligado, $V_c(0-)=V_c(0)=V_c(0+)=0$

Após muito tempo, supondo $V_a(t)=50$ sempre, o capacitor completa a sua carga $\rightarrow C=$ aberto.

O circuito fica:

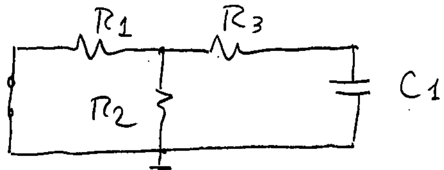


Como $i_c(\infty)=0$, $V_c(\infty)=V_{R2}$

$$I=\frac{V_a}{R_1+R_2} \quad \text{e} \quad V_{R2}=I\cdot R_2$$

$$V_{R2}=\frac{V_a\cdot R_2}{R_1+R_2}=\frac{50\cdot 330}{220+330}\rightarrow V_c(\infty)=30$$

Resistência equivalente de carga de C1; zerando a fonte de tensão $\rightarrow$ curto:



$$R_e=(R_1 /\!/ R_2)+R_3$$

$$R_e=\frac{220\cdot 330}{220+330}+68\rightarrow R_e=200\,\Omega$$

Constante de tempo:

$$\tau=R_e\cdot C_1=200\cdot 1\cdot 10^{-3}\rightarrow \tau=0{,}2 \text{ segundos}$$

Equação da tensão em C1, válida para $0<t<0{,}4$:

$$V_c(t)=V_c(\infty)\cdot\left(1-e^{-t/\tau}\right)$$

$$V_c(t)=30\left(1-e^{-t/0{,}2}\right)$$

Valores para o gráfico:

$t=0 \rightarrow V_c(t)=0$

$t=0{,}2 \rightarrow V_c(t)=30\left(1-e^{-\frac{0{,}2}{0{,}2}}\right)$
$= 18{,}96 \approx 19$ Volts

$t=0{,}4 \rightarrow V_c(t)=30\left(1-e^{-\frac{0{,}4}{0{,}2}}\right)$
$= 25{,}94 \cong 26$ Volts

Em $t=0,4$ segundos, a fonte muda para $V_a(t)=-15$. Iniciando nova contagem do tempo, e supondo que a fonte permaneça em $-15V$:

$v_c(0,4)=25,94=v_c(0)$.

Aproveitando as equações:

$$v_c(\infty)=V_{R2}=\frac{V_a\cdot R_2}{R_1+R_2}=\frac{-15\cdot 330}{220+330}$$

$$v_c(\infty)=-9 \text{ Volts} //$$

Equação da tensão em C1 válida para $t>0,4$ segundos:

$$v_c(t)=v_c(\infty)+(v_c(0)-v_c(\infty))\cdot e^{-t/\tau}$$

$$v_c(t)=-9+(26-(-9))\,e^{-t/0,2}$$

$$v_c(t)=-9+35\cdot e^{-t/0,2} \quad (1)$$

Valores para o gráfico, lembrando que começou nova contagem de tempo em $t=0,4 \rightarrow t=0$:

$$t=0,2 \rightarrow v_c(t)=-9+35\cdot e^{-\frac{0,2}{0,2}}$$

$$v_c(0,6)=3,875 \text{ Volts}$$

$$t=0,4 \rightarrow v_c(t)=-9+35\cdot e^{-\frac{0,4}{0,2}}$$

$$v_c(0,8)=-4,263 \text{ Volts}$$

Tempo para $v_c(t)=0$:

Usando (1):

$$0=-9+35\cdot e^{-5\cdot t}$$

$$\frac{9}{35}=e^{-5t}=\frac{1}{e^{5t}}$$

$$\frac{35}{9}=e^{5t}$$

$$\ln\left(\frac{35}{9}\right)=\ln(e^{5t})$$

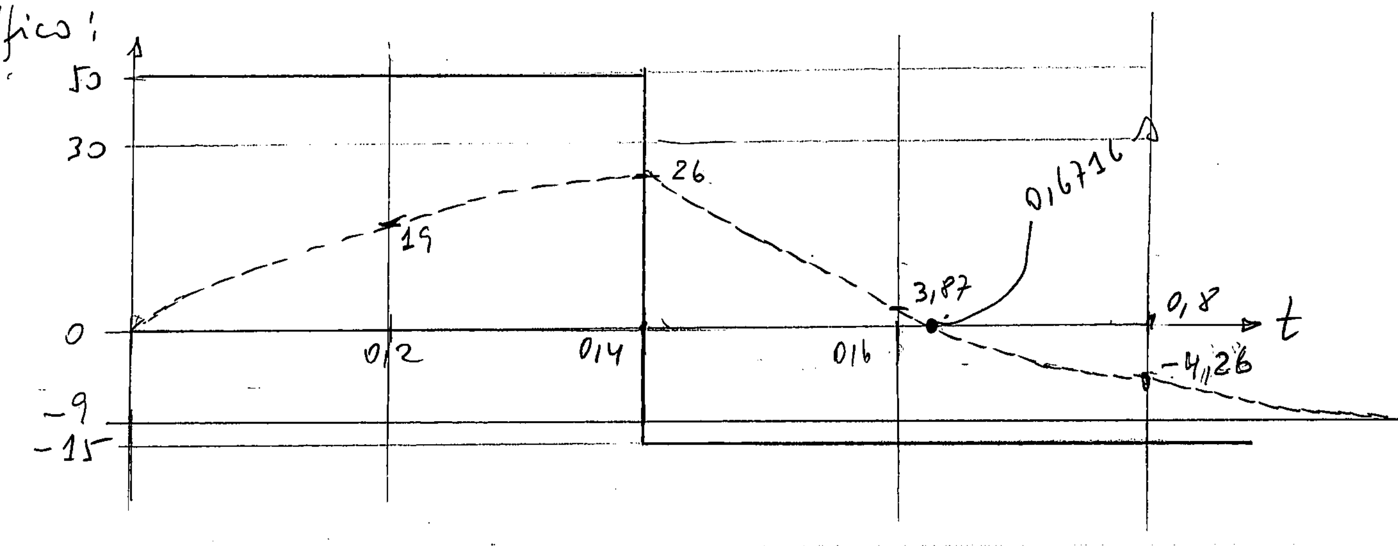
$$1,358=5\cdot t$$

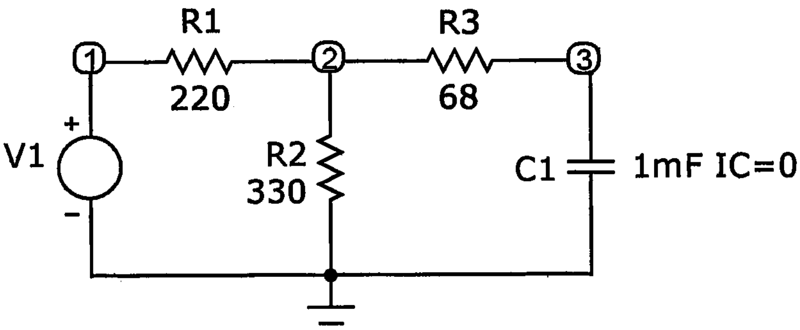
$$t=0,2716 \text{ segundos} //$$

Deslocando o eixo dos tempos,

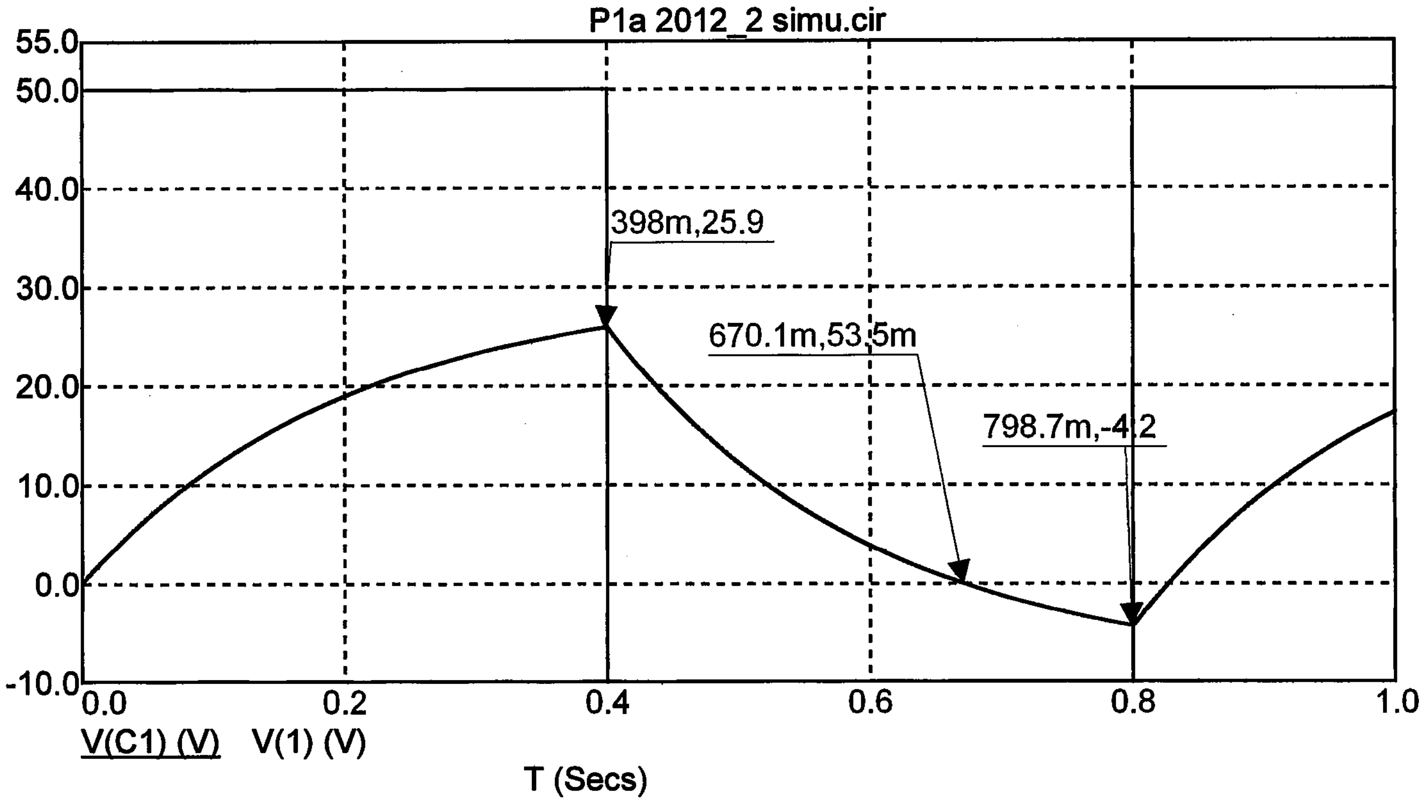
$$t=0,4+0,2716=0,6716 //$$

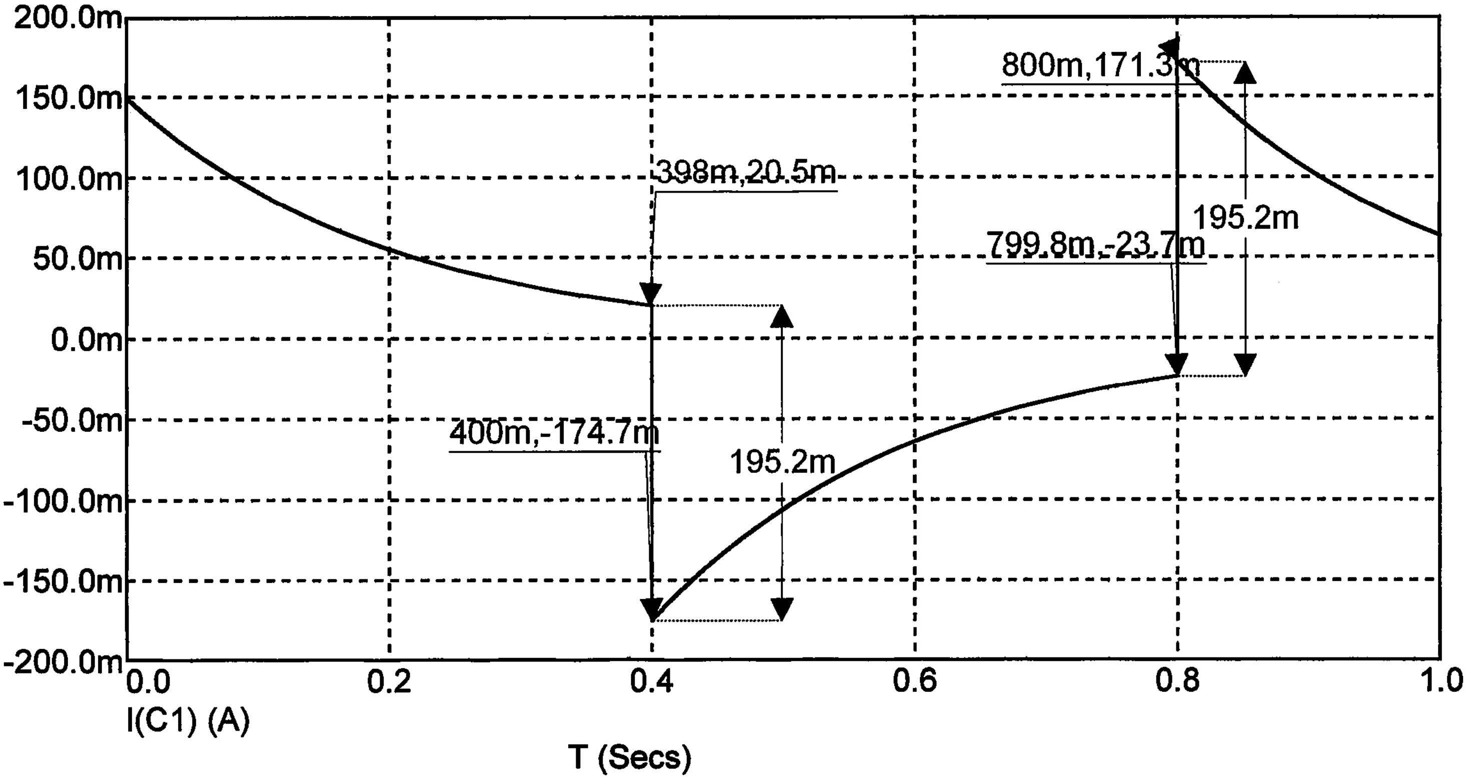
Gráfico:



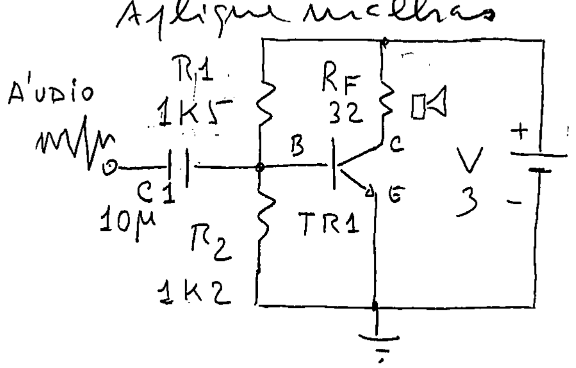


DC 0 AC 1 0 Pulse -15 50 100n 10n 10n 0.4 0.8

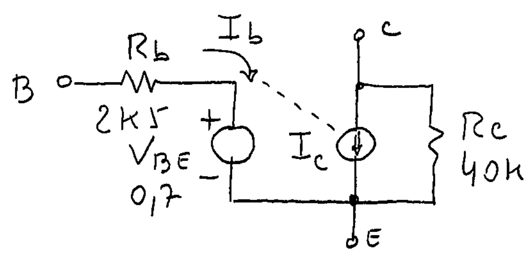




O amplificador a seguir está polarizado por R1 e R2 em sua região linear de operação.
O sinal de áudio é acoplado capacitivamente para não perturbar as tensões DC de polarização.
Calcule a corrente que passa pelo alto-falante com sinal zero na entrada.
Substitua o transistor pelo seu modelo e equacione.
Note que o modelo usa uma fonte de corrente I_c controlada pela corrente I_b, onde β é o ganho de corrente do transistor: $I_c = \beta \cdot I_b$. Isso mostra que existe considerável amplificação do sinal, às custas da bateria que alimenta o circuito. A solução deve ser amplamente documentada com textos, equações e esquemas pois isso vai ser avaliado sempre.
Desconsidere Rc do modelo face ao elevado valor.
Aplique malhas



MODELO DO TRANSÍSTOR

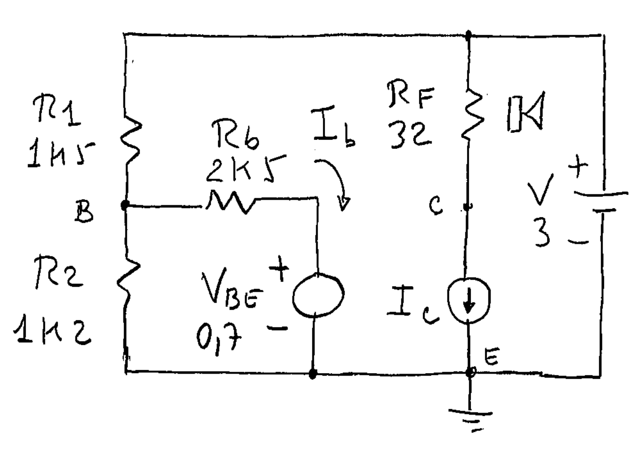


$I_c = \beta \cdot I_b$

$\beta = 150$

P1-2012/2

Substituindo TR1 pelo seu modelo e eliminando C1 pois queremos apenas a corrente sem sinal no alto-falante:



Precisamos saber o valor de $I_c = \beta \cdot I_b$.
Como a fonte V alimenta com 3V tanto o circuito de base como o circuito do coletor, podemos equacionar separadamente cada um.

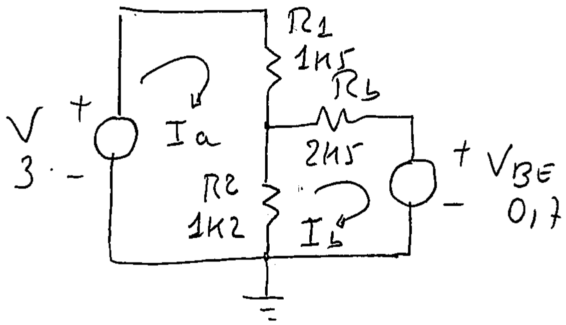
Pela lei de Ohm:

$$V = R\,(k\Omega) \cdot I\,(mA) = R \cdot I$$

cancelam

Podemos então trabalhar com kΩ e os resultados serão em mA.

Cálculo de I_b:



Resolvendo pelo método das malhas:

$$\begin{cases} -3 + I_a \cdot R_1 + I_a \cdot R_2 - I_b \cdot R_2 = 0 \\ -I_a \cdot R_2 + I_b \cdot R_2 + I_b \cdot R_b + V_{BE} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -3 + I_a \cdot 2{,}7 - I_b \cdot 1{,}2 = 0 & (1) \\ 0{,}7 - I_a \cdot 1{,}2 + I_b \cdot 3{,}7 = 0 & (2) \end{cases}$$

Para eliminar I_a, multiplicamos a 2ª equação por $2{,}7/1{,}2 = 2{,}25$:

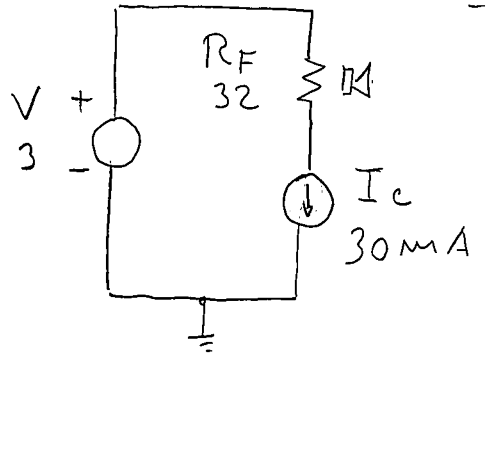
$$1{,}575 - I_a \cdot 2{,}7 + I_b \cdot 8{,}325 = 0 \quad (3)$$

Somando (1) com (3):

$$-1{,}425 + I_b \cdot 7{,}125 = 0$$

$$I_b = 0{,}2 \text{ mA}$$

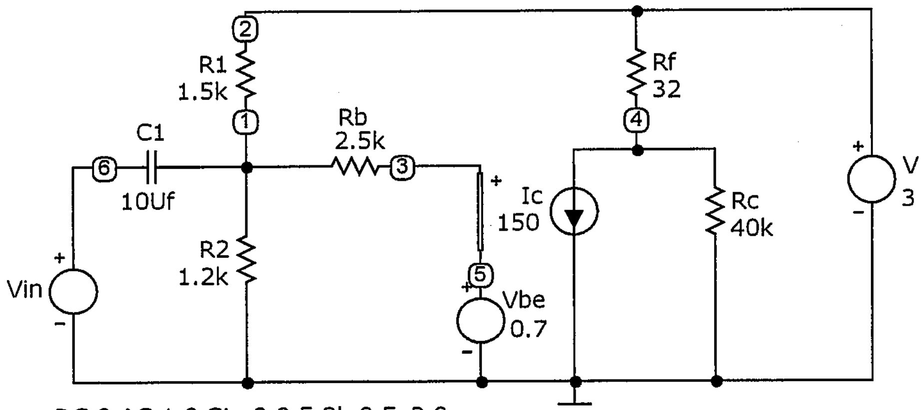
Equacionando a segunda parte: $I_c = \beta \cdot I_b = 150 \cdot 0{,}2 \text{ mA}$
$= 30 \text{ mA}$



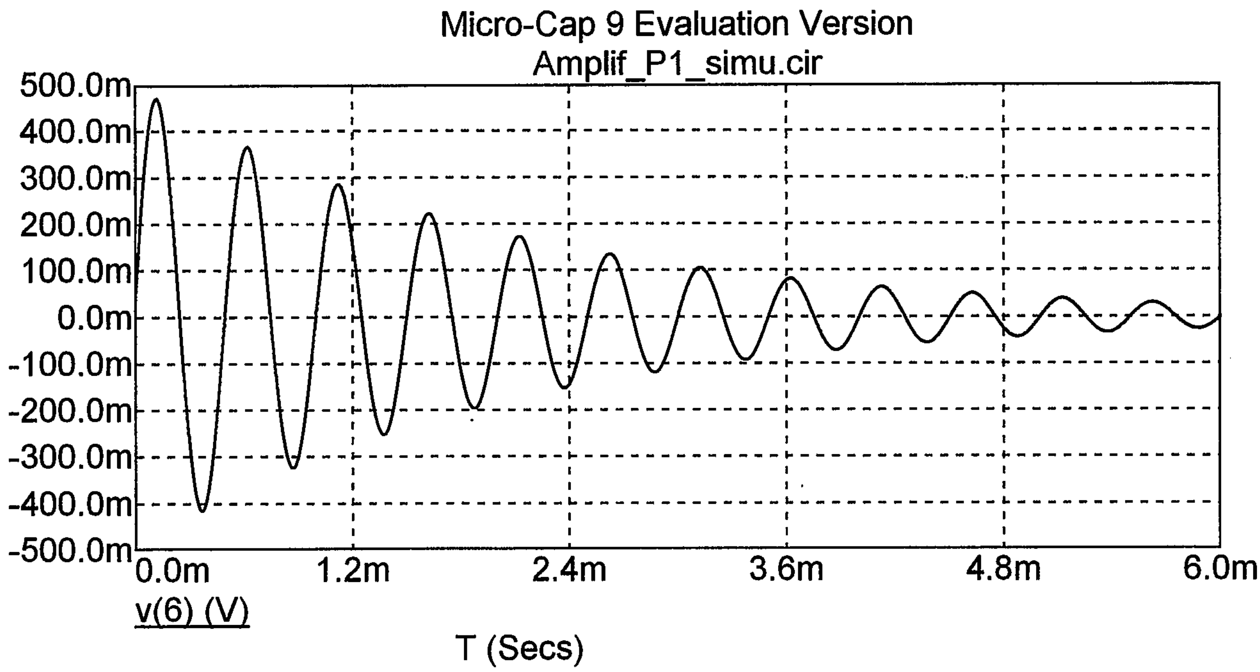
A corrente em repouso no alto-falante é 30 mA.

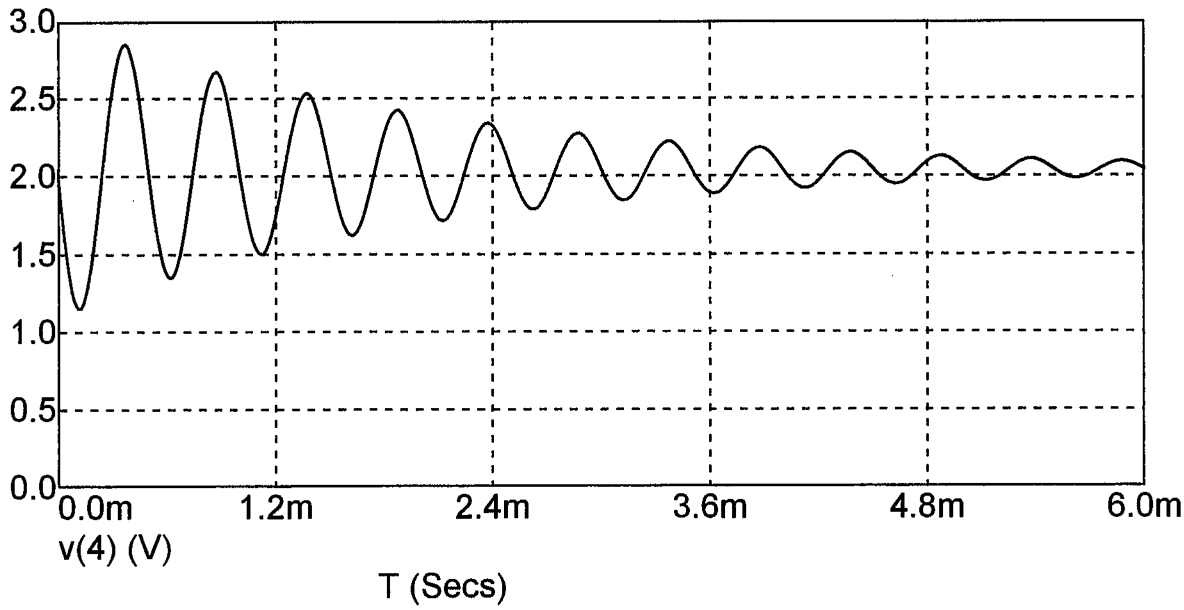
Aplicando o sinal, esta corrente aumenta ou diminui. Estas variações movem o cone do alto-falante produzindo som.

AMPLIFICADOR TRANSISTORIZADO

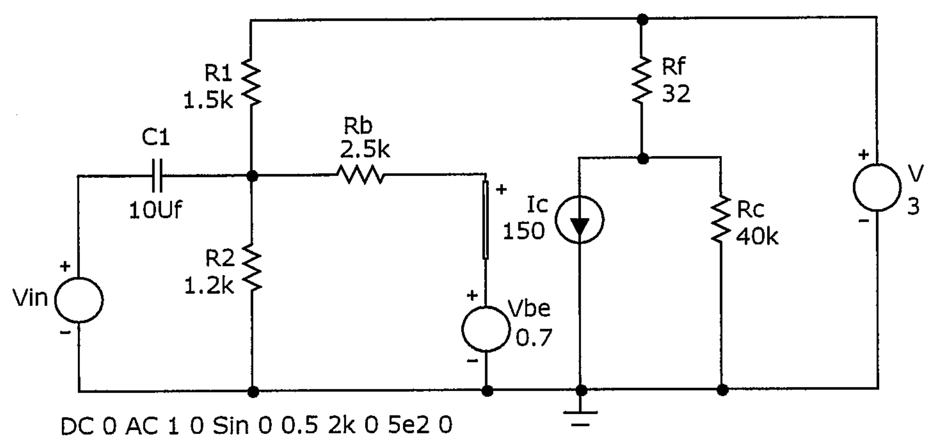


DC 0 AC 1 0 Sin 0 0.5 2k 0 5e2 0

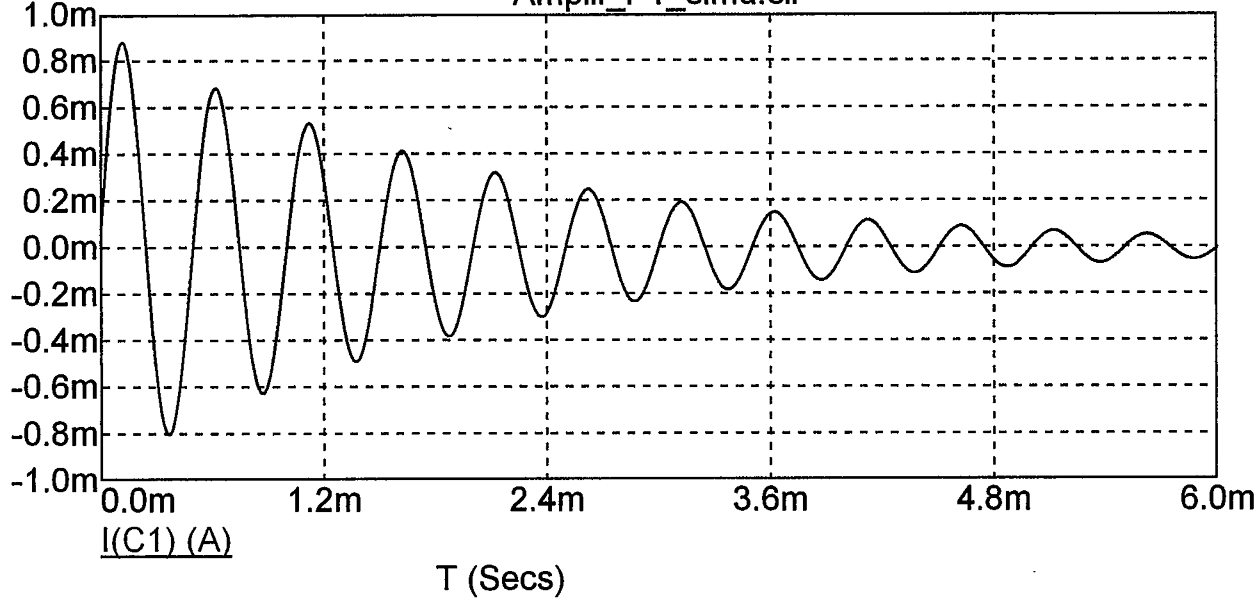


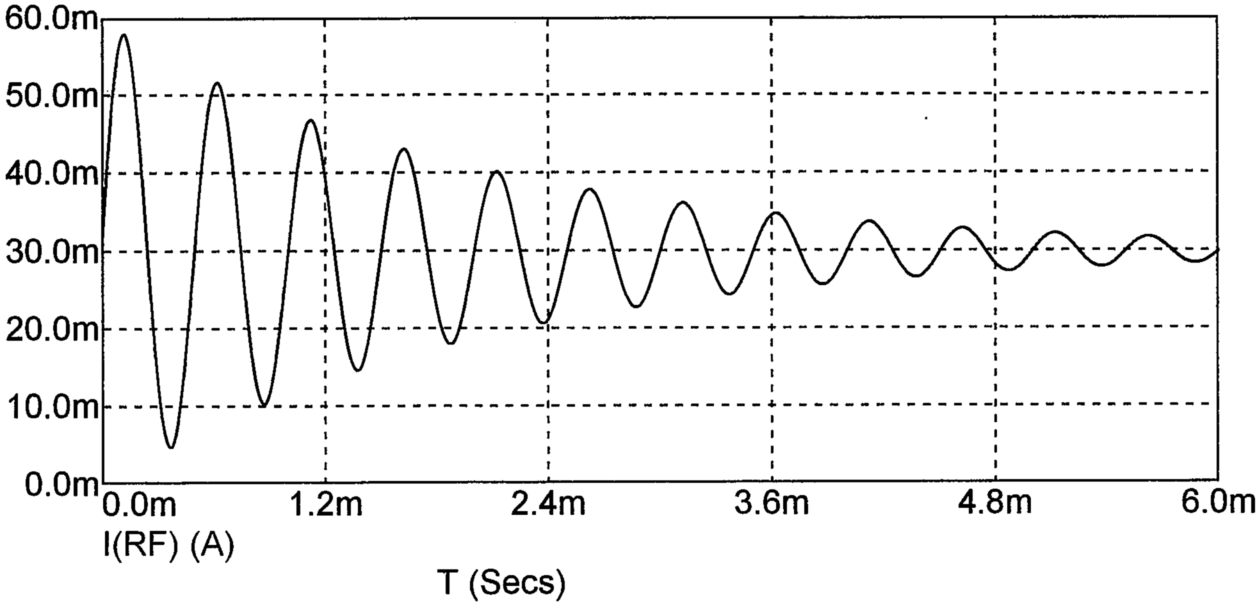


AMPLIFICADOR TRANSISTORIZADO



Micro-Cap 9 Evaluation Version
Amplif_P1_simu.cir



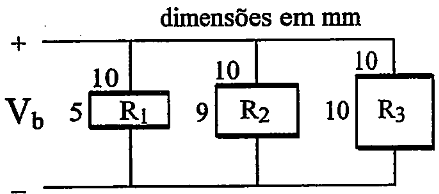


Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2013/1

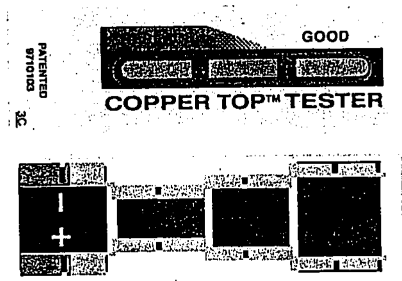
Prova 1 14/5/2013

Nome: GABARÎTO **Turma:** _____

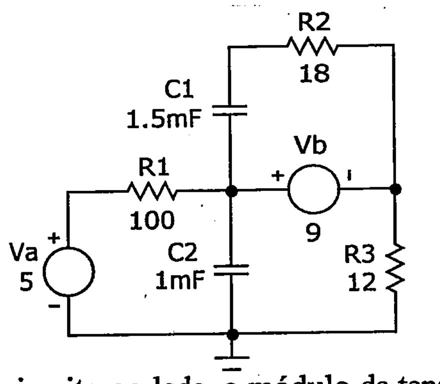
1. (3 pontos) O medidor a seguir veio como brinde em uma cartela com pilhas de 9Volts descartáveis. Ele mede o estado da bateria drenando uma corrente suficiente para aquecer a fita plástica com 3 resistores impressos com tinta condutora em uma das faces e 3 segmentos de cristal líquido ativado por calor na outra face. O aquecimento é proporcional à densidade de potência em cada resistor (D = P / A). Uma bateria nova tem pequena resistência interna e consegue colocar nos 3 resistores $D \geq 2{,}5 mW/mm^2$, tornando transparente os 3 segmentos de cristal líquido sob os quais aparece o plástico amarelo da base. Examine o circuito, equacione os resistores e coloque na tabela. Calcule D quando o medidor é conectado a uma bateria usada e sua tensão cai para 8,5 Volts. Coloque na tabela. Informe quais os segmentos que "acendem". A resitência entre os terminais do medidor vale $R_{total} = 82{,}7\Omega$.
Cada etapa do trabalho deve ser documentada com equações (literais e depois com os valores de circuito), textos e diagramas pois isso vai ser avaliado sempre.

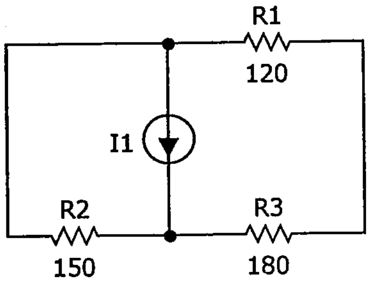


	R (Ω)	D (mW/mm^2)
1		
2		
3		



2. (4 pontos) Examine o circuito ao lado e equacione pelo Método das Correntes de Malha a resposta temporal da corrente em cada capacitor após ligar as fontes, descrevendo cada passo com textos, equações (literais) e diagramas. Esboce as duas curvas no mesmo gráfico temporal. Por último, determine o instante em que as duas correntes assumem o mesmo valor numérico.





3. (3 pontos) No circuito ao lado, o módulo da tensão em R1 vale 24 Volts. Equacione o circuito pelo Método dos Nós e descobra a potência fornecida pela fonte quando o resistor R3 for colocado em curto-circuito, descrevendo com textos, equações literais e esquemas.

$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot l / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$w = m \cdot c \cdot \Delta T$ (Joules)
$\varepsilon = k \cdot t / r^2$ (Newton / Coulomb)
$\epsilon = D / \varepsilon$ (Farads / metro)
$\epsilon_{vácuo} = \epsilon_o = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ (F / m)
$C = q / V = \epsilon \cdot A / d$ (Farads)

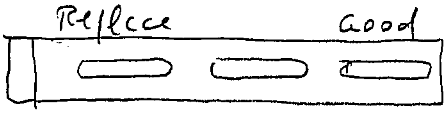
Carga:
$I_c(t) = I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$v_c(t) = v_c(\infty) + [v_c(o) - v_c(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$I_c(t) = -I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

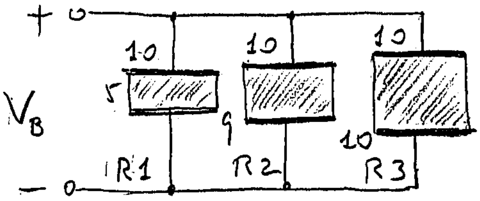
O medidor a seguir veio como brinde em uma cartela com duas baterias de 9V não-recarregáveis. Ele mede o estado da bateria drenando uma corrente suficiente para aquecer a fita plástica com 3 resistores impressos com tinta resistiva em uma das faces e 3 segmentos de cristal líquido sensível ao calor na outra face. O calor é proporcional à densidade de potência em cada resistor: $D = P/A$ (watts/mm2).

Uma bateria nova apresenta baixa resistência interna e consegue colocar nos 3 resistores $D \geq 2,5 \frac{mW}{mm^2}$ tornando transparentes os 3 segmentos de cristal líquido sob os quais aparece o plástico amarelo da base.

Examine o circuito, equacione as variáveis solicitadas e coloque na tabela. Complete a tabela para o caso em que ao conectar o medidor a uma bateria usada, a tensão da mesma diminui para 8,5 Volts. Determine quais os segmentos que "acendem".



A resistência entre os terminais do medidor é $R_{TOTAL} = 82,7\ \Omega$.



Dimensões em mm

	R (Ω)	D (mW/mm²)
1	170	8,65
2	306	2,63
3	340	2,12

com $V_B = 8,5$

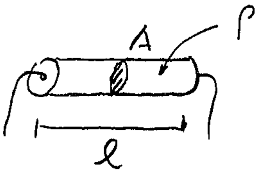
P1 2013/1

circuito com 3 resistores em paralelo cujo valor depende das suas dimensões.

Sabemos que:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1)$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$



ρ = resistividade ($\Omega \cdot m$)

como o resistor é uma tinta condutora:

$$R = \rho \frac{\text{comprimento}}{\text{largura}} = \rho \cdot \frac{l}{L}$$

e ρ = resistividade em Ohms.

Levando em (1)

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{\rho \cdot \frac{l_1}{L_1}} + \frac{1}{\rho \cdot \frac{l_2}{L_2}} + \frac{1}{\rho \cdot \frac{l_3}{L_3}}$$

colocando os valores:

$$\frac{1}{82,7} = \frac{1}{\rho \cdot \frac{5}{10}} + \frac{1}{\rho \cdot \frac{9}{10}} + \frac{1}{\rho \cdot \frac{10}{10}}$$

$$\frac{1}{82{,}7} = \frac{1}{\rho}\left(2 + 1{,}111 + 1\right)$$

$$\rho = 340\ \Omega$$

Portanto:

$$R_1 = 340 \cdot \frac{5}{10} = 170\ \Omega$$

$$R_2 = 340 \cdot \frac{9}{10} = 306\ \Omega$$

$$R_3 = 340 \cdot \frac{10}{10} = 340\ \Omega$$

Densidade de potência:

$$D = \frac{P}{A} \quad \text{como} \quad P = \frac{V^2}{R} \quad \text{vem:}$$

$$D = \frac{V_B^2}{R \cdot A} \quad //$$

Para o caso de $V_B = 8{,}5$ Volts:

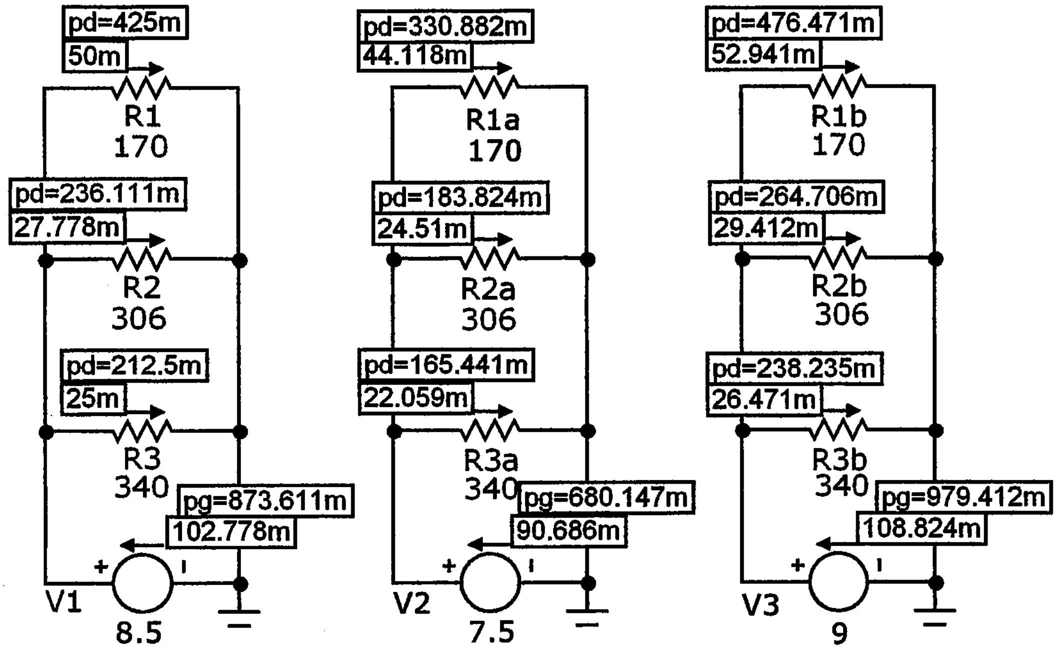
$$D_1 = \frac{8{,}5^2}{170 \cdot 10 \cdot 5} = 8{,}5\ \frac{mW}{mm^2}$$

$$D_2 = \frac{8{,}5^2}{306 \cdot 10 \cdot 9} = 2{,}63\ \frac{mW}{mm^2}$$

$$D_3 = \frac{8{,}5^2}{340 \cdot 10 \cdot 10} = 2{,}12\ \frac{mW}{mm^2}$$

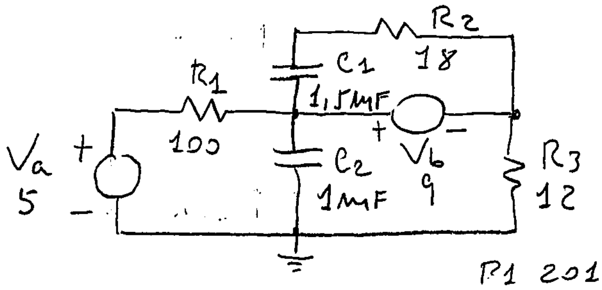
Para acender precisa de $D \geq 2{,}5\ mW/mm^2$ então acendem os segmentos D_1 e D_2 //

Testador de Baterias de 9 Volts P1 2013/1 Introdução



No circuito a seguir, equacione por malhas a resposta temporal da corrente (indicando sentido no desenho) em cada capacitor após ligar as fontes e esboce as duas curvas no mesmo gráfico.

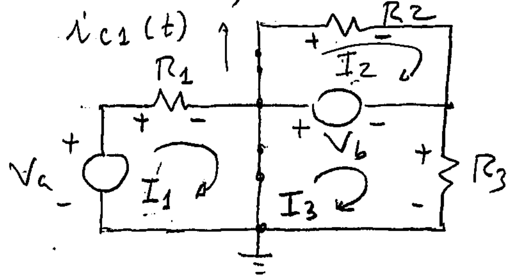
A seguir determine o instante de tempo em que as correntes assumem o mesmo valor numérico.



P1 2013-1

$t = 0_-$: fontes desligadas e capacitores descarregados

$t = 0$: Fontes ligam, transição, C = curto :



Aplicando o Método das correntes de Malha:

— Nomear as malhas no sentido horário e marcar as polaridades. Aplicar KVL.

$$\begin{cases} -V_a + V_1 = 0 \\ -V_b + V_2 = 0 \\ +V_b + V_3 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -V_a + I_1 \cdot R_1 = 0 \\ -V_b + I_2 \cdot R_2 = 0 \\ +V_b + I_3 \cdot R_3 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -5 + I_1 \cdot 100 = 0 \\ -9 + I_2 \cdot 18 = 0 \\ +9 + I_3 \cdot 12 = 0 \end{cases}$$

Resolvendo:

$$\begin{cases} I_1 = 0{,}05 \\ I_2 = 0{,}5 \\ I_3 = -0{,}75 \end{cases}$$

Então:

$i_{C1}(0) = I_2 = 0{,}5A$ //

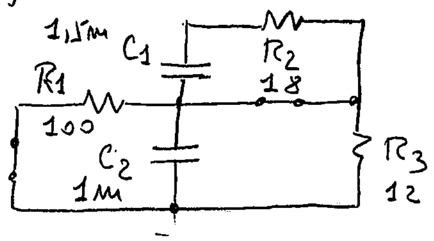
$i_{C2}(0) = -I_1 + I_2 = -0{,}05 + (-0{,}75)$

$i_{C2}(0) = -0{,}8\,A$ //

constantes de tempo:

zerando as fontes:

fonte V → curto.



$\tau_1 = R_2 \cdot C_1 = 18 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-3}$

$\tau_1 = 0{,}027$ segundos //

$\tau_2 = R_{eq} \cdot C_2 = (R_1 /\!/ R_3) \cdot C_2$

$\tau_2 = \dfrac{100 \cdot 12}{100 + 12} \cdot 10^{-3}$

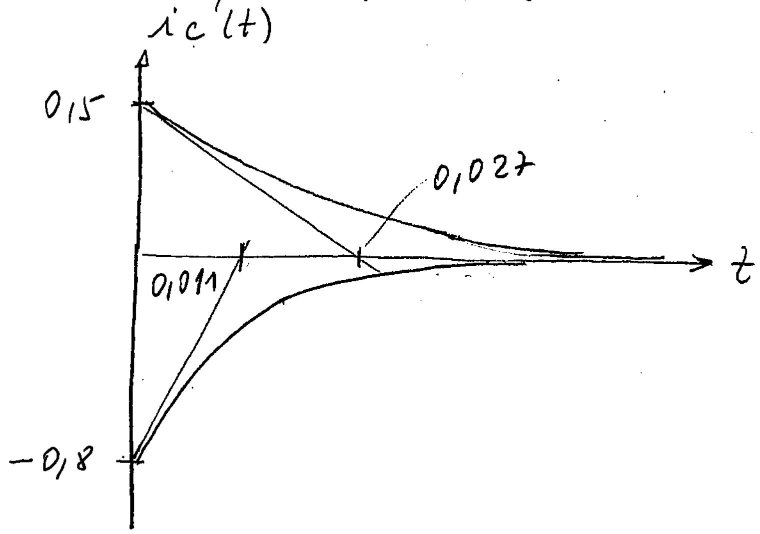
$\tau_2 = 0{,}01071$ segundos //

Aplicando: $i_c = i_c(0) \cdot e^{-t/\tau}$:

$i_{C1}(t) = 0{,}5 \cdot e^{-t/0{,}027}$ //

$i_{C2}(t) = -0{,}8 \cdot e^{\frac{-t}{0{,}01071}}$ //

Esboço das curvas:



Instante onde as correntes tem o mesmo valor numérico:

Note que o sentido da corrente em cada capacitor foi marcado arbitrariamente.

Tomando o módulo das correntes e igualando:

$i_{c1}(t) = i_{c2}(t)$

$0,5 \cdot e^{-t/0,027} = 0,8 \cdot e^{-t/0,01071}$

Isolando o tempo:

$$\frac{0,8}{0,5} = \frac{e^{-t/0,027}}{e^{-t/0,01071}} = e^{t\left(-\frac{1}{0,027}+\frac{1}{0,01071}\right)}$$

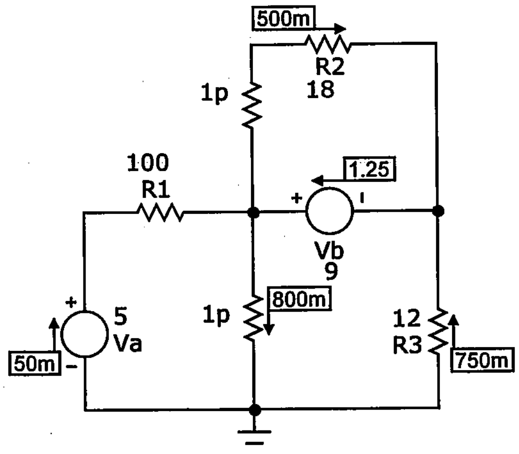
$1,6 = e^{56,3 \cdot t}$

Aplicando ln membro-a-membro:

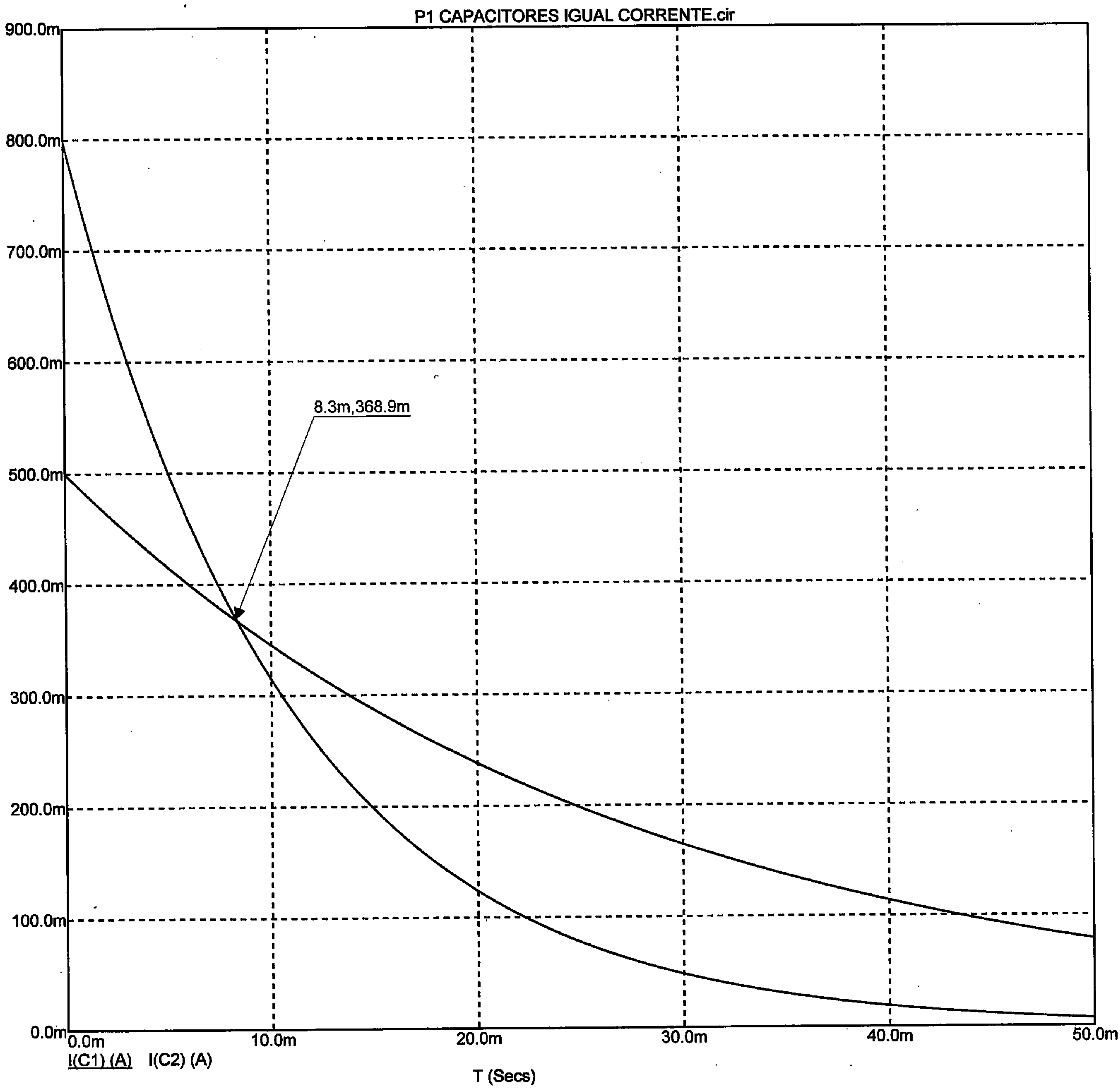
$\ln(1,6) = \ln\left(e^{56,3 \cdot t}\right)$

$0,47 = 56,3 \cdot t$

$t = 8,35\ ms$ //

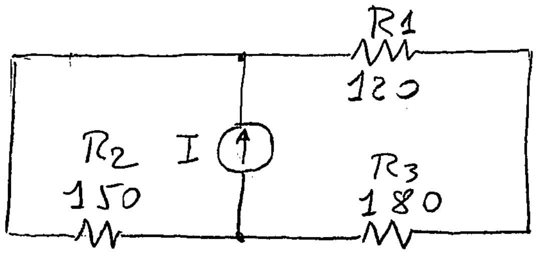


500m
R2
18
1p
100
R1
1.25
Vb
9
1p
800m
5
Va
50m
12
R3
750m
Minus
R2a
18
1.5mF IC=0
C1
R1a
100
Plus
Plus
V2
9
5
V1
C2
Minus
1mF IC=0
R3a
12



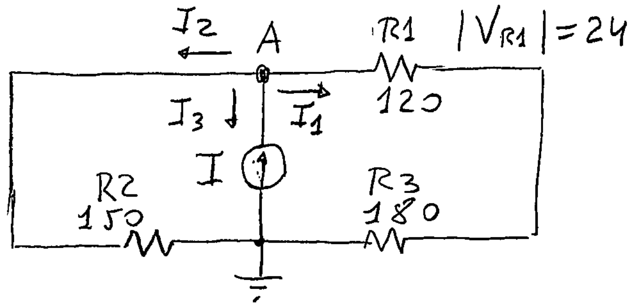
P1 CAPACITORES IGUAL CORRENTE.cir
900.0m
800.0m
700.0m
600.0m
500.0m
400.0m
300.0m
200.0m
100.0m
0.0m
8.3m,368.9m
0.0m
10.0m
20.0m
30.0m
40.0m
50.0m
I(C1) (A)
I(C2) (A)
T (Secs)

No circuito a seguir, o módulo da tensão em R1 vale 24 Volts.
Equacione o circuito pelo Método dos Nós em formato literal e depois coloque os valores para calcular a potência que a fonte fornece, documentando cada etapa.
Calcule novamente a potência da fonte com R3 em curto-circuito.



P1_2013-1

Método dos Nós:
- Escolher nó de massa e nomear os demais.
- Marcar as correntes, todas saindo de cada nó.
- Aplicar KCL



KCL: $I_1 + I_2 + I_3 = 0$

$$\frac{V_A}{R_2} + \frac{V_A}{R_1 + R_3} + (-I) = 0 \quad (1)$$

2 incógnitas: V_A e I
Precisamos outra equação.
Como $|V_{R1}| = 24$ Volts, o divisor de tensão dá:

$$V_{R1} = V_A \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

Isolando V_A e levando em (1):

$$V_A = \frac{V_{R1}(R_1 + R_3)}{R_1}$$

$$\frac{V_{R1}(R_1 + R_3)}{R_1} \cdot \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1 + R_3}\right) = I$$

Aplicando os valores:

$$\frac{24(120+180)}{120} \cdot \left(\frac{1}{150} + \frac{1}{120+180}\right) = I$$

Então, $I = 0{,}6$ Ampères //

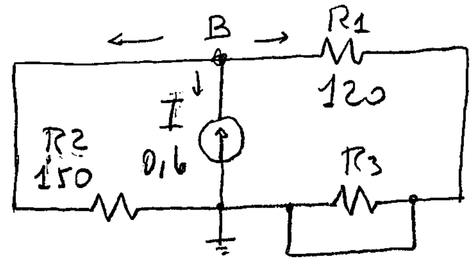
$$V_A = \frac{24(120+180)}{120}$$

Então $V_A = 60$ Volts

Potência entregue pela fonte:

$P_I = V_A \cdot I = 60 \cdot 0{,}6 \rightarrow P_I = 36\,W$ //

Colocando R_3 em curto:



Aplicando o Método dos Nós:

$$\frac{V_B}{R_2} + \frac{V_B}{R_1} + (-I) = 0$$

$$\frac{V_B}{150} + \frac{V_B}{120} - 0{,}6 = 0$$

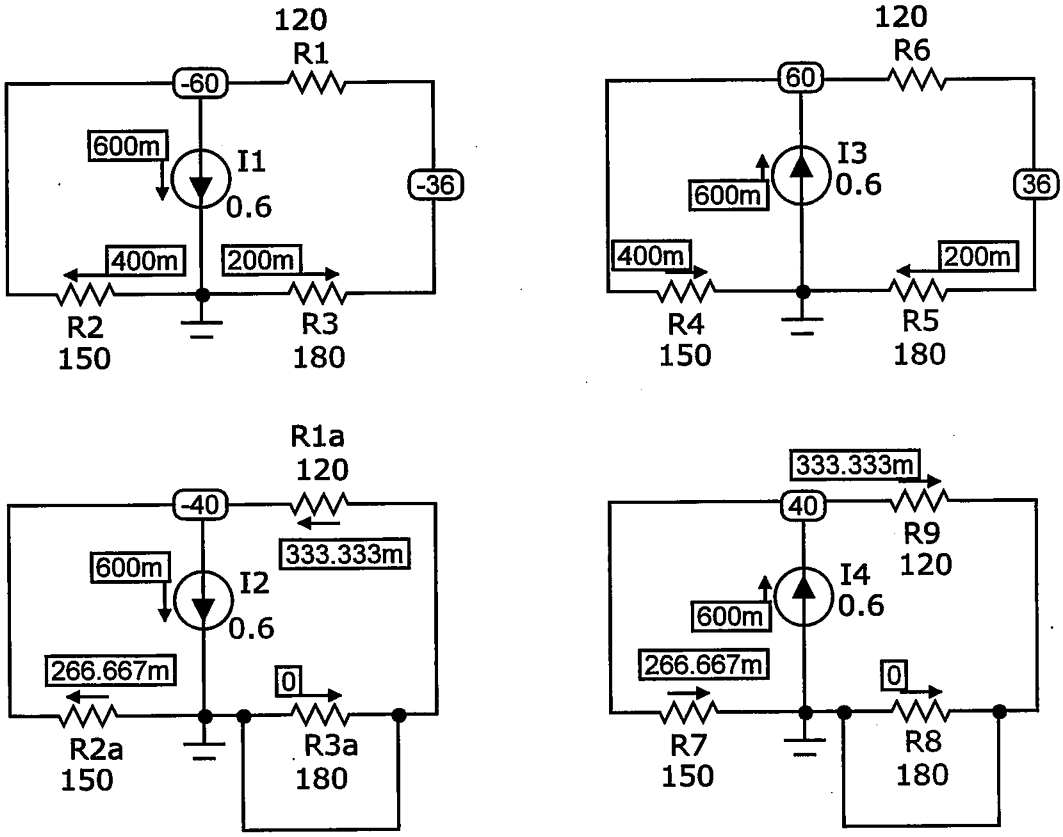
Então, $V_B = 40$ Volts //

Potência na fonte:

$P_I(\text{curto}) = V_B \cdot I = 40 \cdot 0{,}6$

$P_I(\text{curto}) = 24$ Watts //

Fonte desconhecida mas é conhecido o módulo
da tensão em um resistor.
Qual a corrente que passa por um curto no outro resistor?
Ou potência fornecida pela fonte...



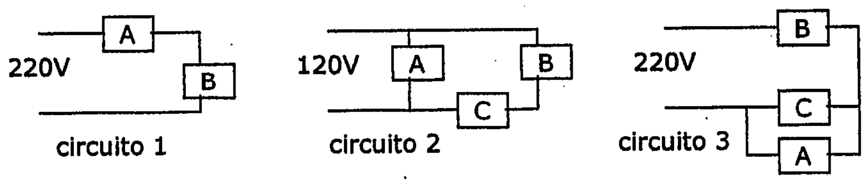
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2013/2

Prova 1 8/10/2013

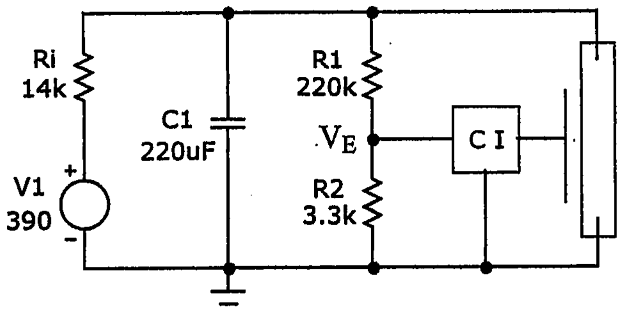
Nome: GABARITO **Turma:** ____

Sempre equacione o circuito em formato literal e depois aplique os valores numéricos.

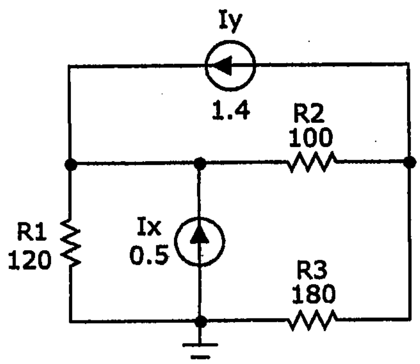
1. (3 pontos) Os circuitos a seguir foram montados usando diversos tipos de aquecedores de água. Examine cada circuito, equacione e calcule a potência drenada da rede em cada caso, descrevendo cada etapa com textos equações e diagramas pois isso será avaliado sempre. Examine os resultados, procure e prove se existe algum aquecedor operando com valor acima do especificado. Dados: A: 650W e 125V B: 1,1kW e 10A C: 220V e 3,636A



2. (3,5 pontos) O circuito abaixo é um sinalizador construído com material reciclado de uma câmara fotográfica de baixo custo, aproveitando a bateria, o elevador de tensão e a lâmpada do flash. Após um ensaio, o elevador de tensão foi modelado por uma fonte de 390 Volts com resistência interna de 14kΩ. A lâmpada de flash é um circuito aberto até receber um pulso de disparo fornecido pelo circuito integrado quando a sua entrada V_E atingir 5 Volts. Esta entrada não drena corrente e a lâmpada após ativada se comporta como um curto-circuito e volta a ser um circuito aberto quando a corrente por ela chegar a zero. Lembrando de documentar cada etapa, entenda o funcionamento do circuito, equacione e calcule o intervalo de tempo entre os pulsos de luz.



3. (3,5 pontos) Aplique o Método das Tensões de Nó no circuito ao lado e calcule a corrente em R_3, descrevendo cada passo com textos, equações e diagramas.



$I = q / t$ (Ampères = Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts = Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot l / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$w = m \cdot c \cdot \Delta T$ (Joules)
$\varepsilon = k \cdot q / d^2$ (Newton / Coulomb)
$\epsilon = D / \varepsilon$ (Farads / metro)
$\epsilon_{vácuo} = \epsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ (F / m)
$C = q / V = \epsilon \cdot A / d$ (Farads)

Carga:
$I_C(t) = I_C(0) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_C(t) = v_C(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$v_C(t) = v_C(\infty) + [v_C(0) - v_C(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$I_C(t) = -I_C(0) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_C(t) = v_C(0) \cdot e^{-t/\tau}$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

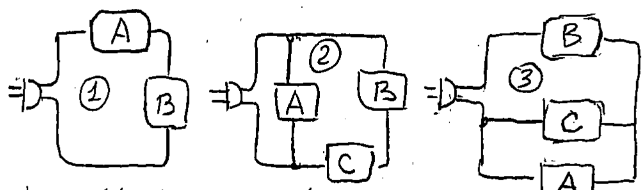
Os circuitos a seguir foram montados usando diversos tipos de aquecedores de água (rabo-quente). Examine cada um e calcule a potência drenada da rede, descrevendo cada etapa com textos, equações e diagramas. Existe sobre-carga em algum aquecedor?

Valores nominais:

A: 650 W, 125 V

B: 10 A, 1,1 kW

C: 800 W, 220 V 3,64 A



220V, 60Hz   120V, 60Hz   220V, 60Hz

Arredonde: 3 dígitos

P1 2013-2

Resistência equivalente de cada aquecedor, usando $P = V \cdot I = I^2 \cdot R = V^2/R$:

R_A: $P_A = \dfrac{V_A^2}{R_A}$ $\quad 650 = \dfrac{125^2}{R_A}$

$R_A = 24\,\Omega$ //

R_B: $P_B = I_B^2 \cdot R_B$ $\quad 1{,}1 \cdot 10^3 = 10^2 \cdot R_B$

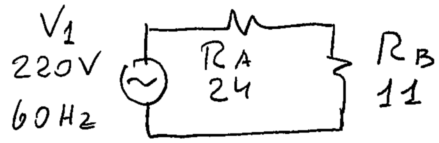
$R_B = 11\,\Omega$

R_C: $P_C = \dfrac{V_C^2}{R_C}$ $\quad 800 = \dfrac{220^2}{R_C}$

$R_C = 60{,}5\,\Omega$ //

Circuitos equivalentes:

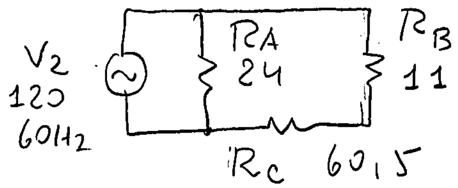
Circuito 1:



$R_1 = R_A + R_B = 24 + 11 \rightarrow R_1 = 35\,\Omega$

$P_1 = V_1^2/R_1 = \dfrac{220^2}{35} \rightarrow P_1 = 1383\,W$

Circuito 2:

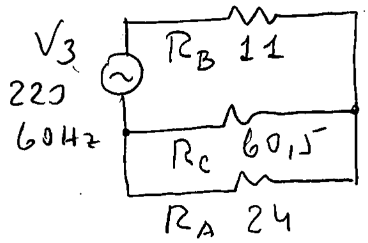


$R_2 = R_A /\!/ (R_B + R_C)$

$R_2 = \dfrac{24 \cdot (11 + 60{,}5)}{24 + 11 + 60{,}5} \rightarrow R_2 = 17{,}97\,\Omega$

$P_2 = V_2^2/R_2 = \dfrac{120^2}{17{,}97} \rightarrow P_2 = 801{,}3\,W$

Circuito 3:



$R_3 = R_B + (R_A /\!/ R_C)$

$R_3 = 11 + \dfrac{24 \cdot 60{,}5}{24 + 60{,}5} \rightarrow R_3 = 28{,}18$

$P_3 = V_3^2/R_3 = \dfrac{220^2}{28{,}18} \rightarrow P_3 = 1717\,W$ //

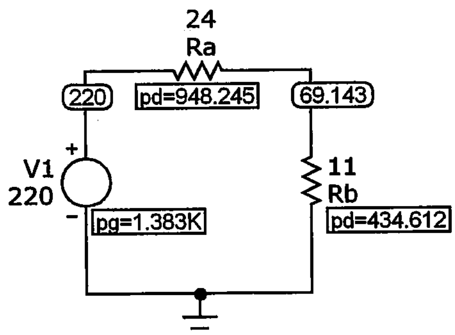
Sobre-carga: circuito 1 é alimentado por 220V e usa aquecedor A de 120V nominal:

Divisor de tensão: $V_A = V_1 \cdot \dfrac{R_A}{R_A + R_B}$

$V_A = 220 \dfrac{24}{24 + 11} \rightarrow V_A = 151 \Rightarrow$ SOBRE-CARGA

Circuito 3: $V_A = V_3 \dfrac{R_A /\!/ R_C}{R_B + (R_A /\!/ R_C)}$

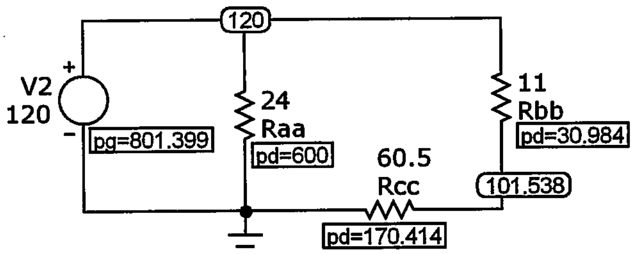
$V_A = 220 \dfrac{24 \cdot 60{,}5}{24 + 60{,}5} \rightarrow V_A = 91{,}8\,V \Rightarrow$ OK.

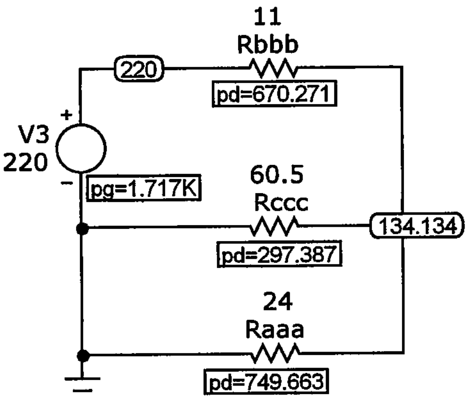


P1 Aquecedores de água 2013_2

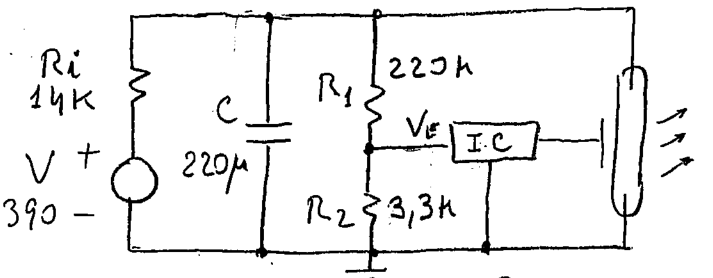
Potência fornecida pela rede

Tensão em cada aquecedor



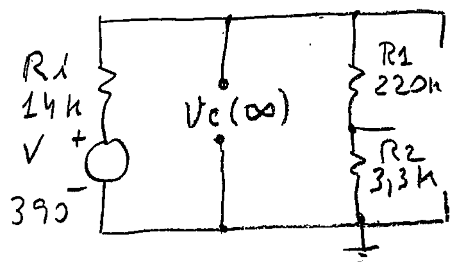


O circuito a seguir é um sinalizador construído a partir de uma câmara fotográfica de baixo custo, aproveitando a bateria, o elevador de tensão e a lâmpada xenon. Após um ensaio, o elevador de tensão foi modelado por uma fonte de 390 Volts com resistência interna de 14kΩ. A lâmpada de flash é um circuito aberto até receber um pulso de disparo fornecido pelo integrado quando a sua entrada V_E atinge 5 Volts. Esta entrada não drena corrente e a lâmpada após atirada descarrega completamente o capacitor e volta a ser um circuito aberto. Lembrando de documentar cada etapa, entenda o funcionamento do circuito, equacione e calcule o intervalo de tempo entre cada pulso luminoso.



P1 2013-2

Circuito estável, C = aberto:



Fonte carrega C, Vc vai aumentando e V_E também. Quando $V_E = 5$ a lâmpada descarrega o capacitor e o ciclo se repete.

Tensão no capacitor para obter $V_E = 5$: Divisor de tensão:

$$V_E = V_C \frac{R_2}{R_1+R_2} \rightarrow V_C = V_E \frac{R_1+R_2}{R_2}$$

$$V_c = 5 \cdot \frac{220+3,3}{3,3} \rightarrow V_c = 338 \text{ Volts}$$

Tensão máxima que o capacitor alcança, supondo que a lâmpada não dispare:

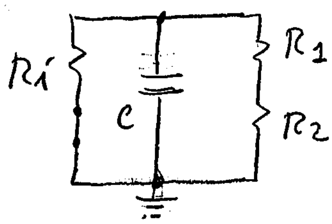
Divisor de tensão:

$$V_c(\infty) = V \cdot \frac{R_1+R_2}{R_i+R_1+R_2}$$

$$V_c(\infty) = 390 \cdot \frac{220+3,3}{14+220+3,3}$$

$$V_c(\infty) = 367 \text{ Volts}$$

Constante de tempo, matando as fontes:



$$R_{eq} = R_i // (R_1+R_2)$$

$$R_{eq} = \frac{R_i \cdot (R_1+R_2)}{R_i+R_1+R_2}$$

$$R_{eq} = 13,17K$$

$\tau = R_{eq} \cdot C = 13{,}17 \cdot 10^3 \cdot 220 \cdot 10^{-6}$

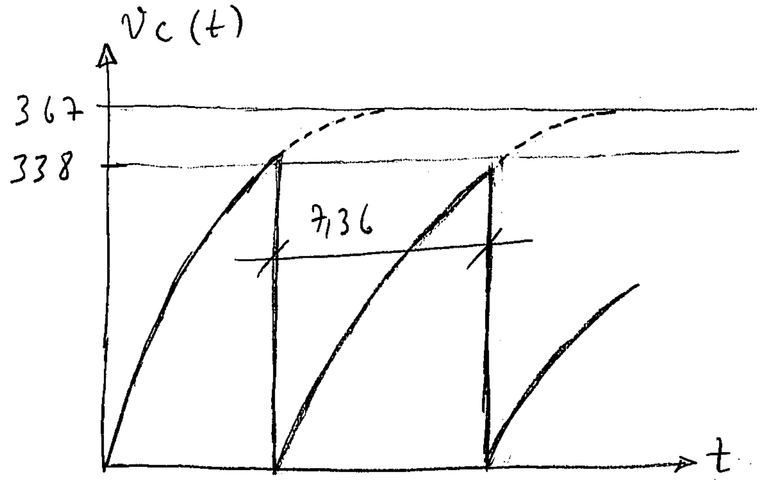
$\tau = 2{,}898 \rightarrow \tau = 2{,}9$ segundos

Tempo para carregar o C partindo de zero até alcançar 338 V tendo como limite de carga 367V:

$$t = -\tau \ln\left(\frac{V_c(\infty) - V_c(\text{fim})}{V_c(\infty) - V_c(\text{início})}\right)$$

$$t = -2{,}9 \ln\left(\frac{367 - 338}{367 - 0}\right)$$

$t = 7{,}36$ segundos



Sinalizador pisca a cada 7,36 segundos.

Outro modo, usando a equação de tensão no capacitor:

$$V_c(t) = V_c(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

$$338 = 367 \cdot (1 - e^{-t/2{,}9})$$

$$\frac{338}{367} = 1 - e^{-t/2{,}9}$$

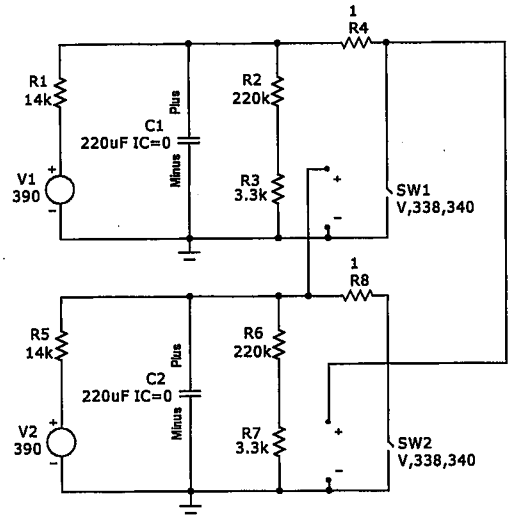
$$-0{,}79 = -e^{-t/2{,}9}$$

Aplicando ln nos dois lados da equação:

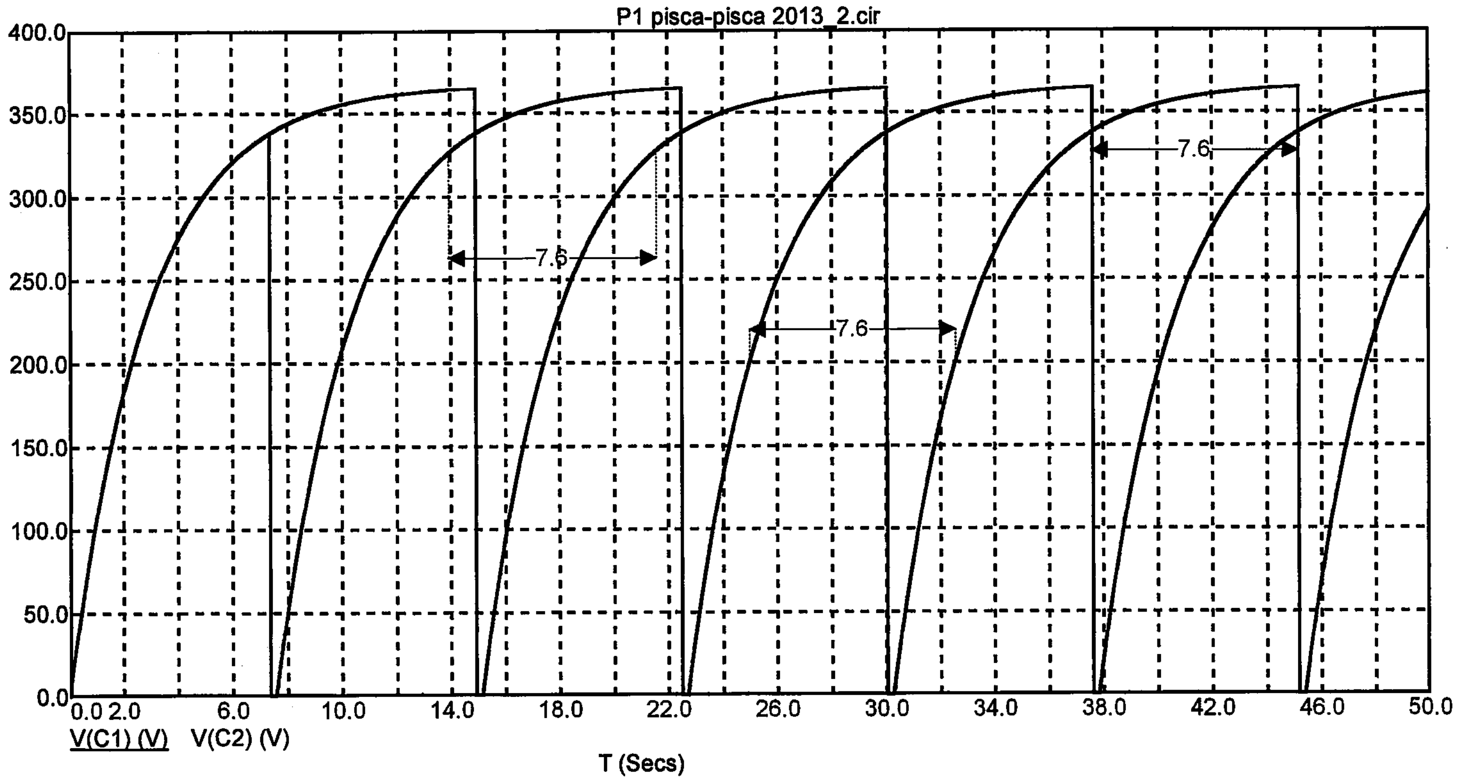
$$\ln 0{,}79 = \ln(e^{-t/2{,}9})$$

$$-2{,}538 = -\frac{t}{2{,}9}$$

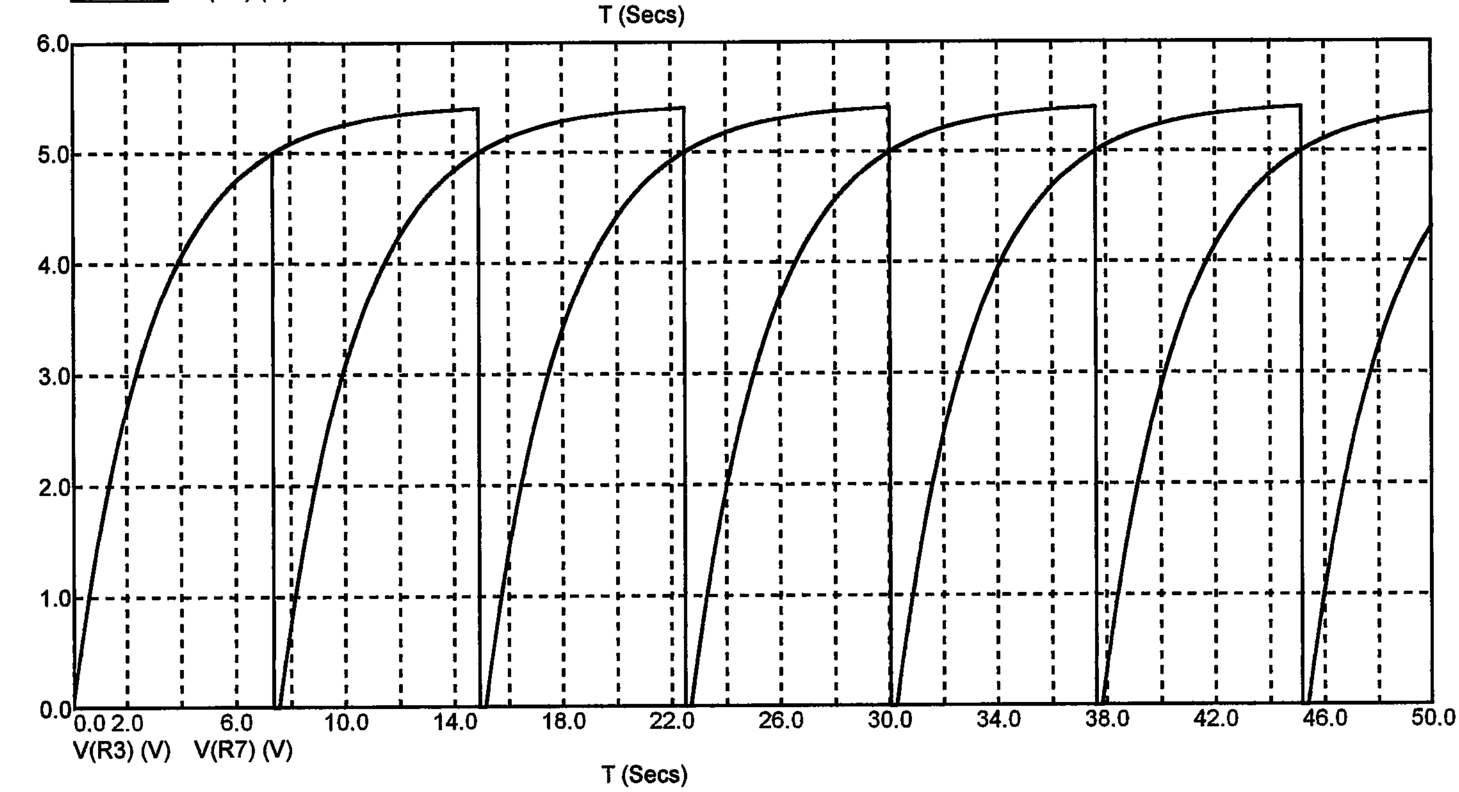
$t = 7{,}36$ segundos



R1 14k
V1 390
C1 220uF IC=0
Plus
Minus
R2 220k
R3 3.3k
1 R4
SW1 V,338,340
R5 14k
V2 390
C2 220uF IC=0
R6 220k
R7 3.3k
1 R8
SW2 V,338,340



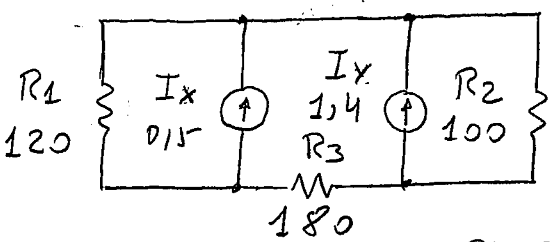
P1 pisca-pisca 2013_2.cir
400.0
350.0
300.0
250.0
200.0
150.0
100.0
50.0
0.0
7.6
7.6
7.6
0.0 2.0 6.0 10.0 14.0 18.0 22.0 26.0 30.0 34.0 38.0 42.0 46.0 50.0
V(C1) (V) V(C2) (V)
T (Secs)



6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0 2.0 6.0 10.0 14.0 18.0 22.0 26.0 30.0 34.0 38.0 42.0 46.0 50.0
V(R3) (V) V(R7) (V)
T (Secs)

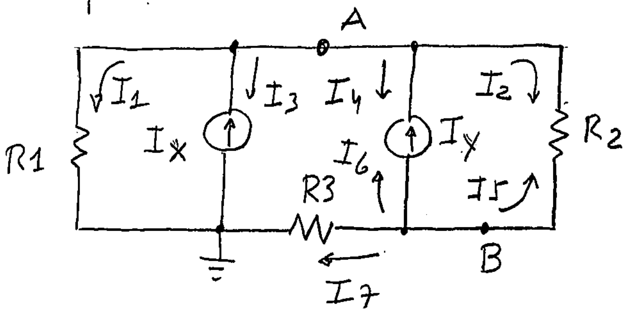
Simulações: Intro 1++++ Questão pronta ou em 2013-2

Aplique o Método dos Nós no circuito e calcule a potência dissipada em R_3, documentando todas as etapas.



P1 – 2013/2

Aplicando o método;
- Escolher nó de massa
- Nomear os demais
- Marcar as correntes todas saindo de cada nó
- Aplicar KCL



Aplicando KCL:

Nó A: $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$

Nó B: $I_5 + I_6 + I_7 = 0$

$$\begin{cases} \dfrac{V_A}{R_1} + \dfrac{V_A - V_B}{R_2} + (-I_x) + (-I_y) = 0 \\ \dfrac{V_B - V_A}{R_2} + I_y + \dfrac{V_B}{R_3} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{V_A}{120} + \dfrac{V_A}{100} - \dfrac{V_B}{100} - 0{,}5 - 1{,}4 = 0 \\ -\dfrac{V_A}{100} + \dfrac{V_B}{100} + \dfrac{V_B}{180} - 1{,}9 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_A \cdot \dfrac{22}{1200} - V_B \cdot \dfrac{1}{100} = 1{,}9 \quad (1) \\ -V_A \cdot \dfrac{1}{100} + V_B \dfrac{28}{1800} = -1{,}4 \quad (2) \end{cases}$$

Interessa V_B, pois $P_{R3} = \dfrac{V_B^2}{R_3}$

Multiplicando (2) por $\dfrac{22}{12}$ fica:

$$-V_A \frac{1}{100} \cdot \frac{22}{12} + V_B \frac{28}{1800} \cdot \frac{22}{12} = -1{,}4 \cdot \frac{22}{12}$$

$$-V_A \frac{22}{1200} + V_B \frac{616}{21600} = \frac{-30{,}8}{12} \quad (3)$$

Somando (1) com (3) anula V_A:

$$-V_B \frac{1}{100} + V_B \cdot \frac{616}{21600} = 1{,}9 - \frac{30{,}8}{12}$$

$$V_B \cdot 1{,}852 \cdot 10^{-2} = -0{,}666$$

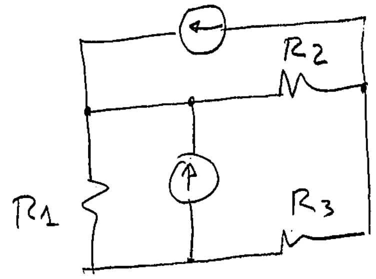
Então $V_B = -36$ Volts //

Logo $P_{R3} = \dfrac{V_B^2}{R_3} = \dfrac{(-36)^2}{180}$

$$P_{R3} = 7{,}2 \text{ Watts} //$$

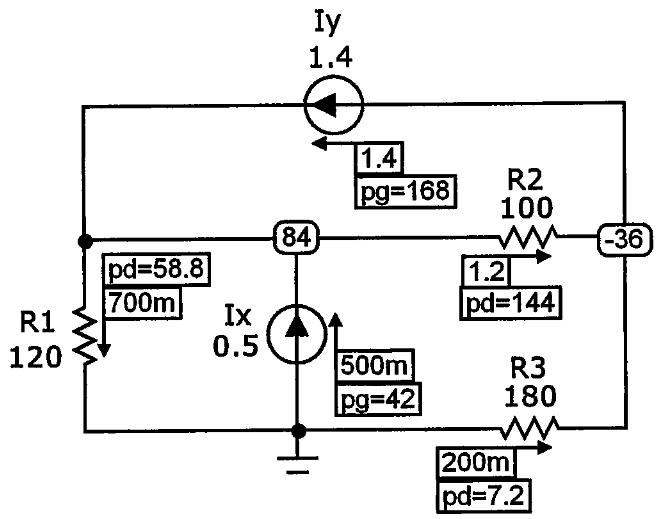
Corrente em R_3: $I_{R3} = \dfrac{V_B}{R_3} = \dfrac{-36}{180}$

$I_{R3} = -0{,}2$ //



Com o sentido que foi arbitrado.

P1 2013-2
Aplicar o Método das tensões de nó



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2014/1

Prova 1 6/5/2014

Nome: GABARITO **Turma:** _____

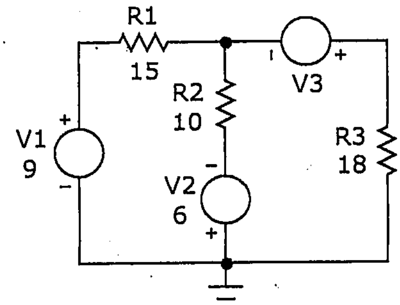
1. (3 pontos) O proprietário de um sítio construiu um reservatório abrindo uma cova, revestindo depois com lona plástica. Após encher com água até as bordas, resolveu testar se não havia vazamentos. Para isso usou um Megômetro que aplica 2000 Volts entre as ponteiras, mede a corrente e calcula a resistência. Colocou uma ponteira na água e ligou a outra em uma haste enterrada. Após algum tempo ligado, o aparelho se estabilizou indicando resistência infinita. Feliz com o resultado do teste o proprietário se apoiou no chão e foi retirar a ponteira que estava mergulhada, levando um violento choque elétrico que...

a) Entenda e descreva em poucas palavras este evento, ilustrando com figuras.

b) Equacione em formato literal primeiro, aplique os valores e calcule a corrente inicial do choque e a energia total envolvida neste acidente, documentando cada etapa.

Dados: Resistividade da água e do solo muito baixa. Resistência entre as mãos 80k Ohms.
Lona de polietileno: expessura 0,15mm e permissividade relativa 8,5.
Cova com 20 x 8 metros e 2 metros de profundidade.

2. (3,5 pontos) Examine o circuito ao lado e equacione pelo Método das Correntes de Malha, para obter o valor da fonte V_3, sabendo que as duas correntes de malha guardam a proporção $I_1 / I_2 = 1{,}6$. Descreva cada etapa com textos, equações e figuras pois isso vai ser sempre avaliado.

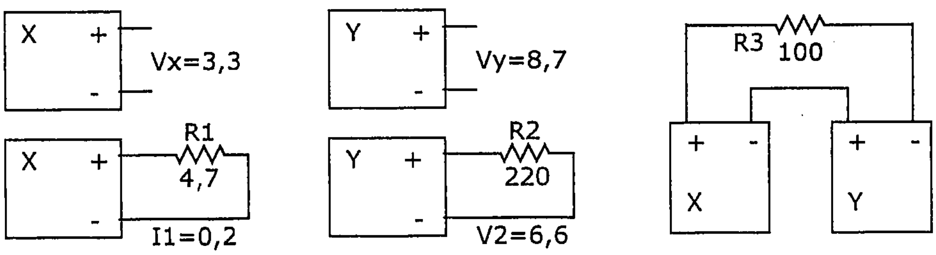


3. (3,5 pontos) Pilhas e baterias são fontes reais de tensão, modeladas por uma fonte ideal de tensão Vi em série com uma resistência Ri.

a) Descubra os valores internos das baterias desconhecidas X e Y, usando os resultados dos ensaios descritos a seguir, equacionando sempre em formato literal primeiro e documentando todas as etapas com texto, equações e figuras.

b) Calcule a corrente que passa por R3 na montagem descrita.

c) Calcule a potência total perdida dentro das baterias, responsável pelo seu aquecimento.



$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot l / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$w = m \cdot c \cdot \Delta T = 1/2 \cdot C \cdot V^2$ (Joules)
$\varepsilon = k \cdot q / r^2$ (Newton / Coulomb)
$\epsilon = D / \varepsilon$ (Farads / metro)
$\epsilon_{vácuo} = \epsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ (F / m)
$C = q / V = \epsilon \cdot A / d$ (Farads)

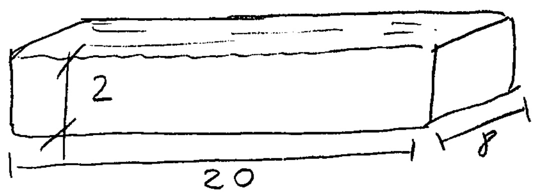
Carga:
$I_c(t) = I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$v_c(t) = v_c(\infty) + [v_c(o) - v_c(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$
Descarga:
$I_c(t) = - I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

O proprietário de um sítio construiu um reservatório abrindo uma cava e revestindo com lona plástica, conforme descrito a seguir.
Após encher com água, até as bordas, resolveu testar se não havia vazamentos. Para isso usou um Megaôhmetro que aplica 2kV entre as ponteiras, mede a corrente resultante e calcula a resistência. Ligou uma ponteira na água e a outra em uma haste enterrada.
Após algum tempo ligado, o aparelho indicou resistência infinita. Feliz com o resultado do teste o proprietário se apoiou no chão e foi retirar a ponteira que estava mergulhada, levando um violento choque elétrico.

a) Entenda e descreva cada etapa deste evento. Ilustre com desenhos.

b) Calcule a corrente inicial do choque e a energia total envolvida.

Dados: Resistividade da água comum e do solo: muito baixa
Resistência entre as mãos: 80kΩ
Lona de polietileno: espessura 0,15mm, permissividade $\varepsilon_r = 8{,}4$ --- Cava: 20 x 8 x 2 metros.



Circuito equivalente é de um capacitor:
água = placa
terra = placa
lona = dielétrico
Se houver vazamento, o filete de água conduz corrente entre a água e a terra e o megaôhmetro vai indicar $R < \infty$

Cálculo de C:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}{d} \quad \text{(Farads)}$$

$$A = 20 \cdot 8 + 2 \cdot 2 \cdot 8 + 2 \cdot 2 \cdot 20 = 272\,m^2$$

$$C = \frac{8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 8{,}5 \cdot 272}{0{,}15 \cdot 10^{-3}} \rightarrow C = 136 \cdot 10^{-6}\,F$$

Como $R_{FUGA} = \infty$ e a medida estabilizou, então C carregou até o máximo: 2kV.

Energia:

$$E = \tfrac{1}{2} C \cdot V^2 = \tfrac{1}{2} \cdot 136 \cdot 10^{-6} (2 \cdot 10^3)^2$$

$E = 272$ Joules //

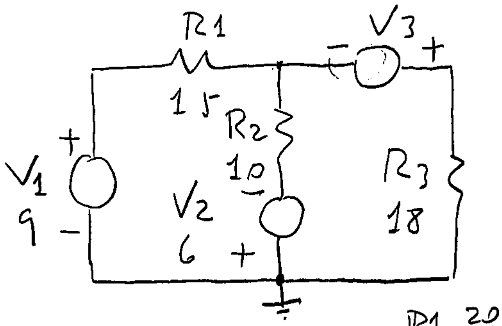
Corrente inicial:

$$I(t=0) = \frac{V}{R} = \frac{2 \cdot 10^3}{80 \cdot 10^3}$$

$I(t=0) = 0{,}025$ Ampères //

Aplique o Método das Correntes de Malha no circuito e determine o valor da fonte V_3 sabendo que as duas correntes de malha guardam a proporção $I_1 / I_2 = 1,6$.

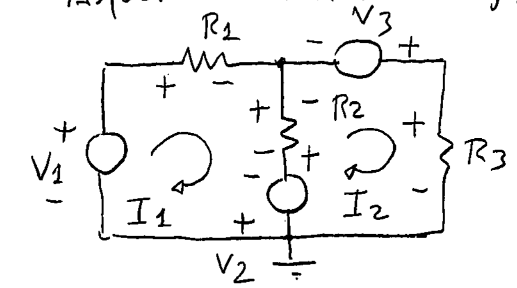
Documente cada passo.



P1 2014-1

Método:

- Marcar as correntes em sentido horário e a polaridade nos resistores
- Aplicar Kirchhoff.



Malha 1:

$$-V_1 + I_1 \cdot R_1 + (I_1 - I_2) \cdot R_2 - V_2 = 0$$

Malha 2:

$$+V_2 + (I_2 - I_1) \cdot R_2 - V_3 + I_2 \cdot R_3 = 0$$

Colocando os valores:

$$\begin{cases} -9 + 15 \cdot I_1 + 10 I_1 - 10 I_2 - 6 = 0 \\ +6 + 10 I_2 - 10 \cdot I_1 - V_3 + 18 \cdot I_2 = 0 \end{cases}$$

Juntando as parcelas:

$$\begin{cases} -15 + 25 \cdot I_1 - 10 I_2 = 0 \\ +6 - 10 I_1 + 28 I_2 - V_3 = 0 \end{cases}$$

como $I_1 = 1,6 \cdot I_2$:

$$\begin{cases} -15 + 25 \cdot 1,6 \cdot I_2 - 10 I_2 = 0 & (1) \\ +6 - 10 \cdot 1,6 \cdot I_2 + 28 I_2 - V_3 = 0 & (2) \end{cases}$$

Equação (1):

$$-15 + 30 I_2 = 0 \rightarrow \underline{\underline{I_2 = 0,5\ A}}$$

Levando em (2):

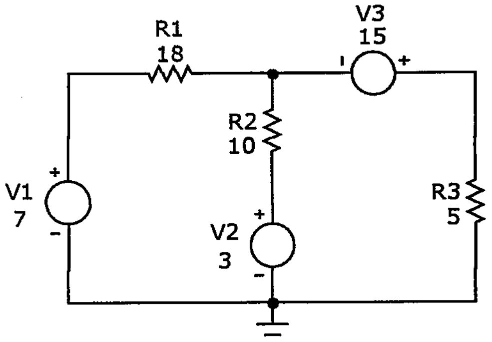
$$+6 - 16 \cdot 0,5 + 28 \cdot 0,5 - V_3 = 0$$

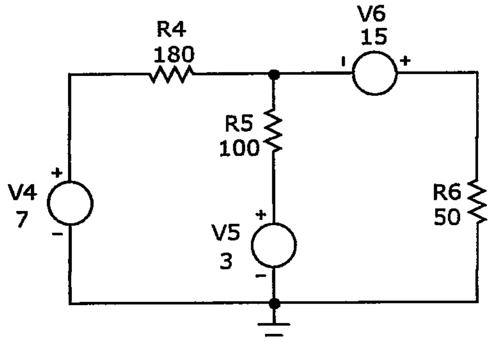
$$V_3 = 12 \text{ Volts} //$$

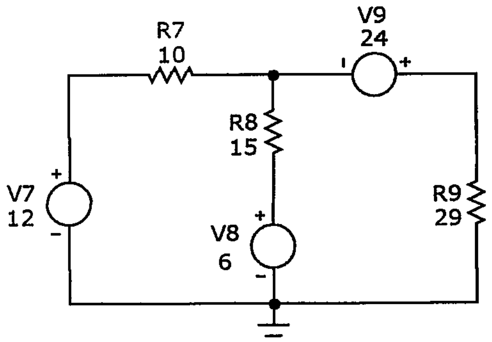
Corrente de malha:

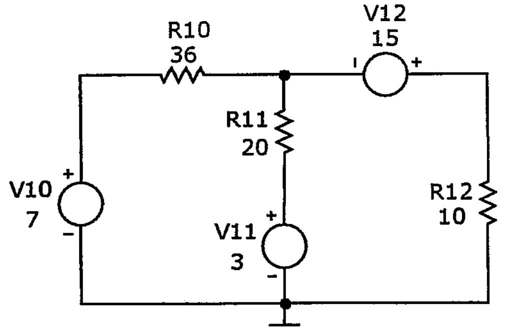
$$I_1 = 1,6 \cdot 0,5 \rightarrow I_1 = 0,8\ A //$$

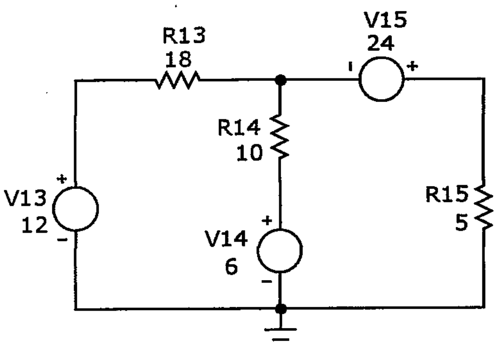
Dynamic DC
Temperature=27
Displaying DC Currents

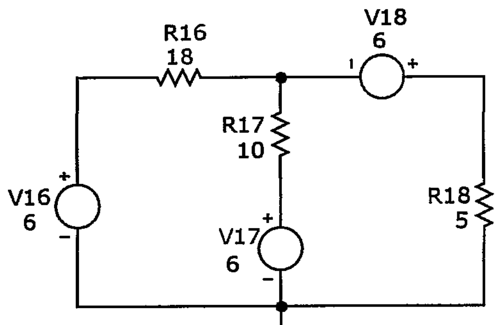




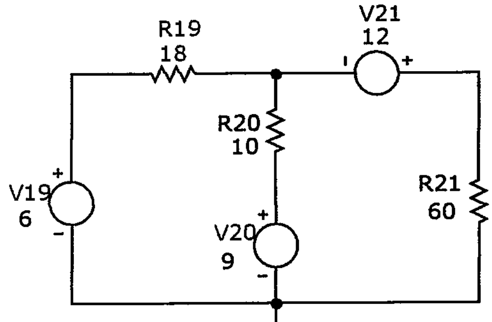




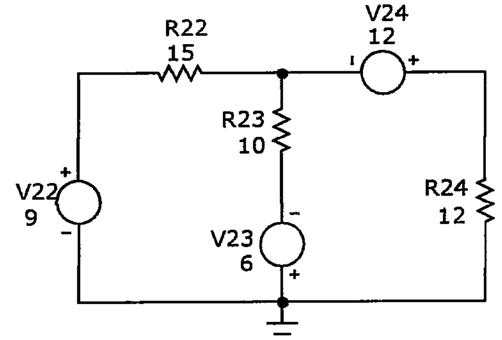


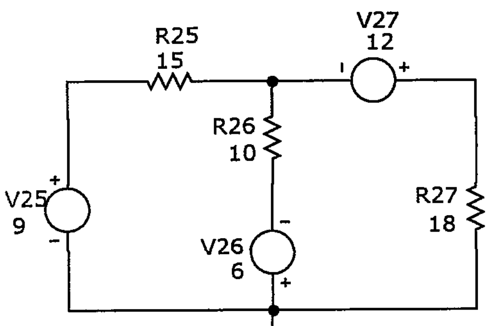


1,05/0,375=2,8



Corrente de malha zero





800/500=0,6

esta versão

Pilhas e baterias são fontes reais de tensão, modeladas por uma fonte de tensão ideal interna Vi, em série com uma resistência interna Ri.

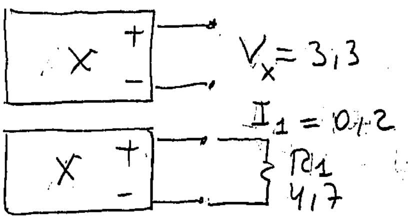
a) Descubra os valores internos de duas baterias desconhecidas, usando os resultados obtidos nos ensaios a seguir.

b) Calcule a corrente que passa por R_3 na montagem descrita.

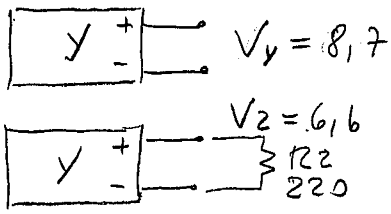
c) Calcule a potência total perdida, responsável pelo aquecimento das baterias. Descreva cada passo.

d) calcule a eficiência

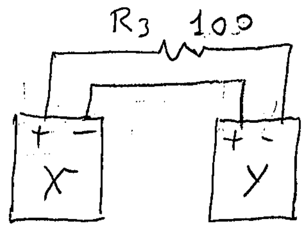
Bateria X:



Bateria Y:

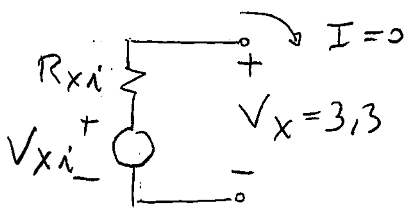


Montagem:



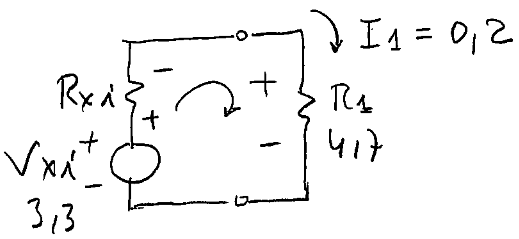
P1 2014-1

Ensaio da bateria X:



Então,

$V_{xi} = V_x = 3,3$



Aplicando KVL:

$$-V_{xi} + I_1 \cdot R_{xi} + I_1 \cdot R_1 = 0$$

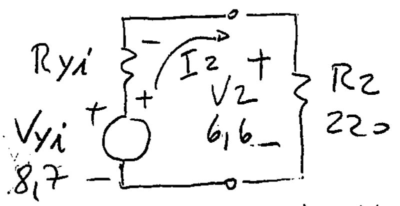
$$R_{xi} = \frac{V_{xi} - I_1 \cdot R_1}{I_1}$$

$$R_{xi} = \frac{3,3 - 0,2 \cdot 4,7}{0,2} = 11,8\,\Omega$$

Ensaio da bateria Y:

Do mesmo modo,

$V_{yi} = V_y = 8,7$



$$V_2 = I_2 \cdot R_2$$

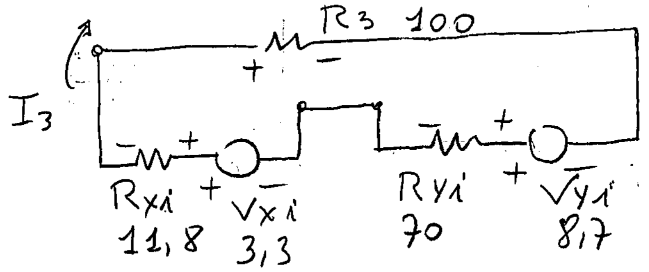
$$I_2 = \frac{6,6}{220} = 0,03$$

Aplicando KVL:

$$-V_{yi} + I_2 \cdot R_{yi} + V_2 = 0$$

$$R_{yi} = \frac{8,7 - 6,6}{0,03} = 70\,\Omega$$

Montagem:



Aplicando KVL:

$$I_3 \cdot R_3 - V_{yi} + I_3 \cdot R_{yi} - V_{xi} + I_3 \cdot R_{xi} = 0$$

$$I_3 (100 + 70 + 11,8) = 3,3 + 8,7$$

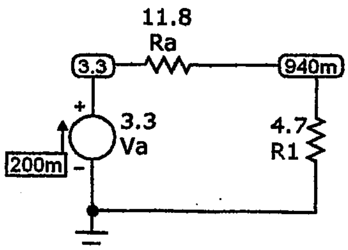
$$I_3 = 66\,mA$$

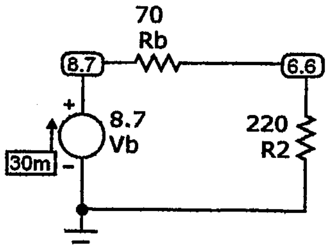
$$P_{total} = I_3^2 \cdot (R_{xi} + R_{yi})$$

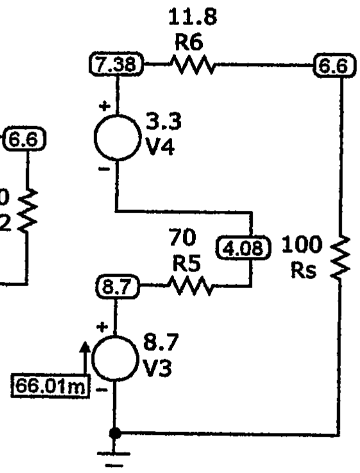
$$P_{total} = (66 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 81,8$$

$$\doteq 0,356\ \text{Watts}$$

P1 2014/1







Rs=12 dá 125.8mA
570 18.1

Eficiência:

$$P_3 = I_3^2 \cdot R_3 = (66\,mA)^2\, 100 = 0{,}436\,W$$

$$\eta = \frac{P_3}{P_3 + P_{Total}} = \frac{0{,}436}{0{,}436 + 0{,}356} = 0{,}55$$

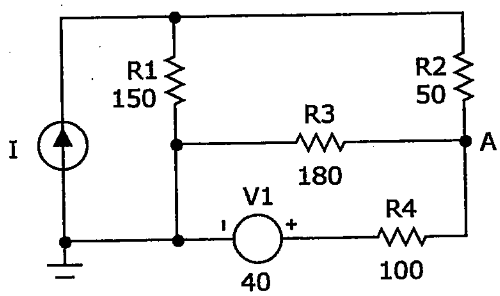
$$\eta = 55\,\% \;//$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2014/2

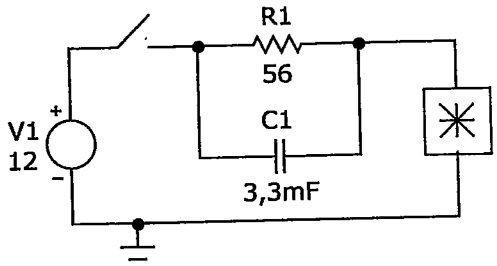
Prova 1 7/10/2014

Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3,5 pontos) No circuito ao lado, aplique o Método das Tensões do Nó, sabendo que a diferença de potencial entre o nó A e a massa vale 45 Volts. Descreva cada etapa com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado sempre. Qual o valor da fonte de Corrente?



2. (3,5 pontos) O circuito a seguir é o redutor de velocidade de uma ventoinha, modelada por uma resistência de R_m=40 Ohms. A rotação depende da tensão aplicada e segue a equação RPM=$400 \cdot V_m$. Em qualquer motor, a corrente de partida é bem maior do que a normal pois é preciso vencer o atrito estático e ganhar velocidade, onde o sistema magnético é mais eficiente. Estude o circuito e descreva o seu funcionamento em poucas palavras. Equacione a resposta temporal da tensão e da corrente na ventoinha após ligar a chave, documentando cada passo com textos, equações e diagramas. Esboce as duas curvas e coloque os valores calculados.
Por último, calcule a rotação da ventoinha após algum tempo.

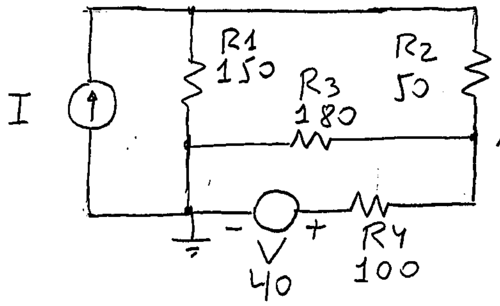


3. (3,0 pontos) Uma casa de campo dista 420 metros da rede de distribuição elétrica. A energia foi levada até lá por fios de cobre com 5,8mm de diâmetro. No momento, o medidor na entrada da casa indica um consumo de 3,7kW e 205,5 Volts na rede. Desenhe a instalação colocando todos os dados e lembrando de descrever e equacionar formalmente:
   a) Calcule as perdas em calor nos fios da instalação. Resistividade = $1{,}67 \cdot 10^{-8}$ Ohms·metro.
   b) Calcule tensão no poste de distribuição da rede.

$I = q / t$ (Ampères = Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts = Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot l / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$w = m \cdot c \cdot \Delta T = 1/2 \cdot C \cdot V^2$ (Joules)
$\varepsilon = k \cdot q / r^2$ (Newton / Coulomb)
$\epsilon = D / \varepsilon$ (Farads / metro)
$\epsilon_{vácuo} = \epsilon_o = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ (F / m)
$C = q / V = \epsilon \cdot A / d$ (Farads)

Carga:
$I_c(t) = I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$v_c(t) = v_c(\infty) + [v_c(o) - v_c(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$
Descarga:
$I_c(t) = -I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

Aplique o Método das Tensões de Nó, sabendo que a tensão do nó A até a massa vale 45 Volts. Calcule o valor da fonte I.

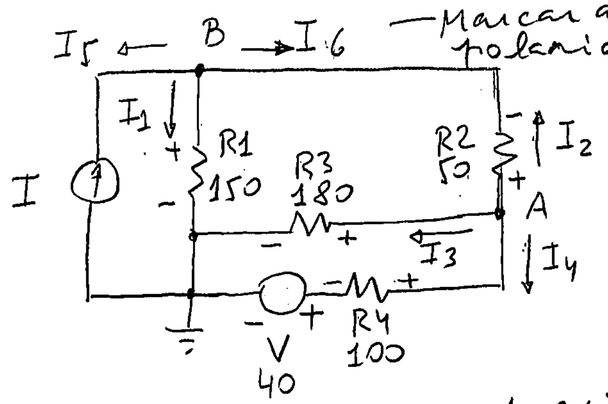


P1 2014-2

Fonte de corrente I é desconhecida mas $V_A = 45$.

Método:

- Identificar os nós.
- Escolher um deles para massa.
- Marcar as correntes todas saindo do nó e nomear.
- Marcar as polaridades.



- Nó da massa não precisa equacionar.
- Aplicar Kirchhoff: $\sum_{nó} I_i = 0$

Fica então:

$$\begin{cases} \text{Nó A}: \; I_2 + I_3 + I_4 = 0 \\ \text{Nó B}: \; I_1 + I_5 + I_6 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{V_A - V_B}{R_2} + \dfrac{V_A}{R_3} + \dfrac{V_A - V}{R_4} = 0 \\[2ex] \dfrac{V_B}{R_1} + (-I) + \dfrac{V_B - V_A}{R_2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{45 - V_B}{50} + \dfrac{45}{180} + \dfrac{45-40}{100} = 0 \quad (1) \\[2ex] \dfrac{V_B}{150} - I + \dfrac{V_B - 45}{50} = 0 \quad (2) \end{cases}$$

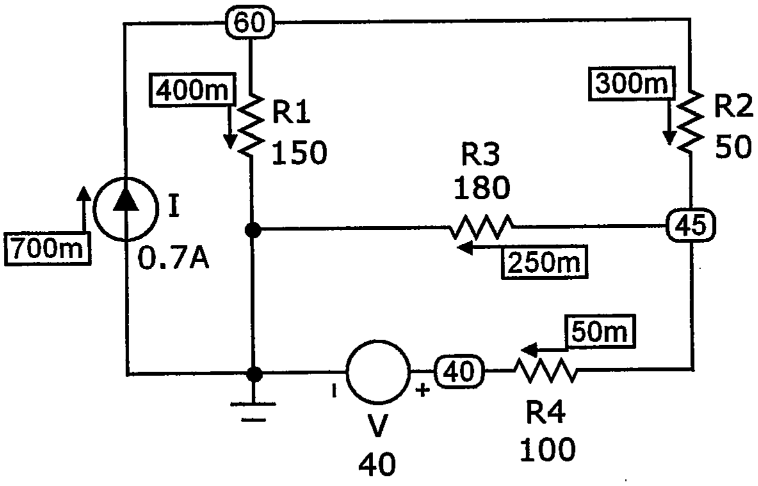
(1) dá $V_B = 60$ Volts //

Levando em (2):

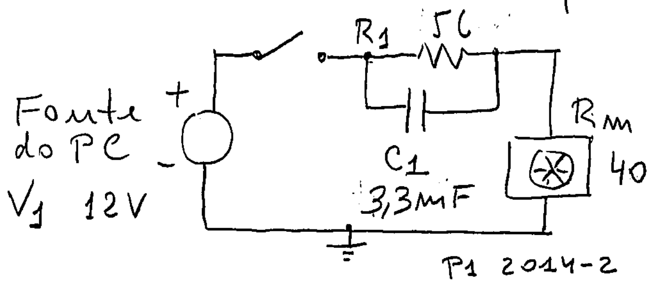
$$\frac{60}{150} - I + \frac{60-45}{50} = 0$$

Então $I = 0{,}7$ Ampères //

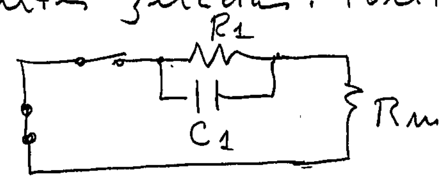
P1c---Método dos Nós 2014/2



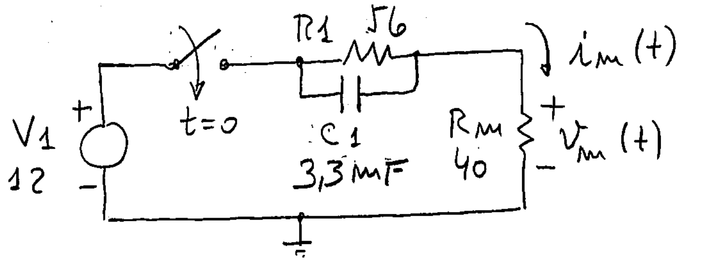
Estude o circuito redutor de velocidade do motor da ventoinha de um computador PC, modelado por uma resistência de 40Ω e RPM = 400 · Vmotor.
Em qualquer motor, a corrente de partida é bem maior do que a corrente em regime pois é preciso vencer o atrito estático e ganhar velocidade.
Equacione o circuito com o objetivo de determinar tensão e corrente na ventoinha após ligar o computador.
Calcule os limites de rotação do motor. Desenhe as curvas.
Documente cada etapa da solução.



Constante de tempo, com fontes zeradas. Fonte V = curto:



Redesenhando e nomeando:

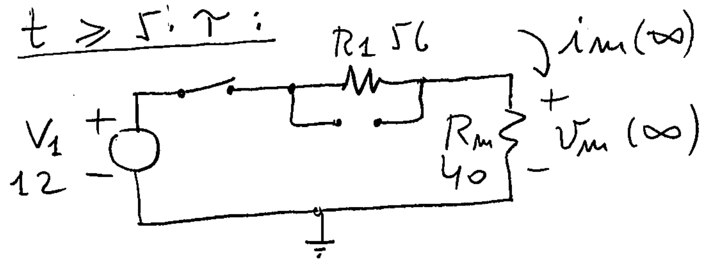


$$\tau = R_{equiv.} \cdot C = (R_1 // R_m) \cdot C_1$$

$$\tau = \frac{56 \cdot 40}{56 \cdot 40} \cdot 3{,}3 \cdot 10^{-3} = 0{,}077 \text{ seg.} //$$

Após 5·τ o circuito se estabiliza e C → aberto:

$t \geq 5 \cdot \tau$:



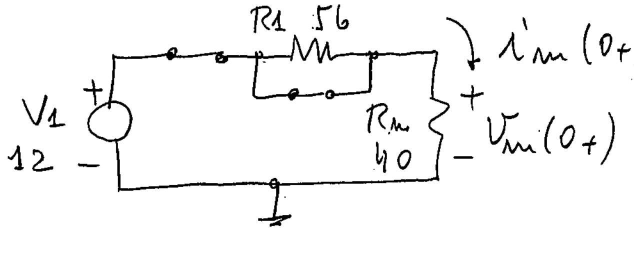
Seguindo a linha do tempo:

$t = 0-$: Fonte desligada,

$v_c(0-) = 0 \quad i_c(0-) = 0$

$t = 0$: chave ligando

$t = 0+$: chave ligada. Variação no circuito → C = curto:



$$v_m(0+) = V_1 = 12\,V //$$

$$i_m(0+) = \frac{V_1}{R_m} = \frac{12}{40} = 0{,}3 \text{ Amp.} //$$

Divisor de tensão:

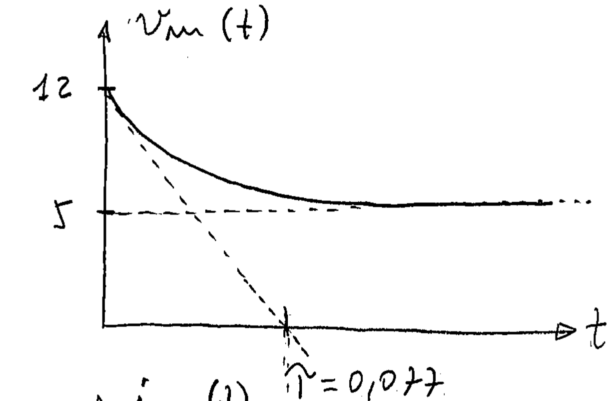
$$v_m(\infty) = V_1 \cdot \frac{R_m}{R_1 + R_m}$$

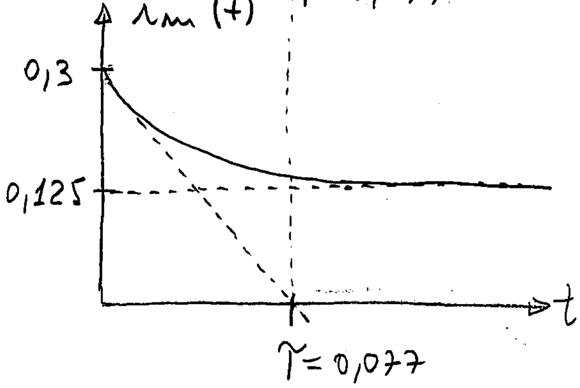
$$v_m(\infty) = 12 \cdot \frac{40}{56 + 40} = 5 \text{ Volts} //$$

$$i_m(\infty) = \frac{V_1}{R_1 + R_m}$$

$$i_m(\infty) = \frac{12}{56 + 40} = 0{,}125 \text{ Amp.} //$$

Gráficos:





Valores iniciais e finais em C1:

$$i_c(0) = i_m(0) = \frac{V_1}{R_m} = \frac{12}{40} = 0{,}3 \text{ Amp.}$$

$$i_c(\infty) = \text{zero}$$

$$v_c(0) = 0$$

$$v_c(\infty) = V_1 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_m} = 12 \cdot \frac{56}{56+40} = 7 \text{ Volts}$$

Então:

$$i_c(t) = i_c(0) \cdot e^{-t/\tau} = 0{,}3 \cdot e^{\underbrace{-t/0{,}077}_{\approx 13 \cdot t}} \quad //$$

$$v_c(t) = v_c(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

$$v_c(t) = 7 \cdot (1 - e^{-t/0{,}077}) \quad //$$

$$\text{KVL}: -V_1 + v_c(t) + v_m(t) = 0$$

$$v_m(t) = 12 - 7(1 - e^{-t/0{,}077})$$

$$v_m(t) = 5 + 7 \cdot e^{-t/0{,}077}) \quad //$$

$$\text{KCL}: i_m(t) = i_c(t) + i_{R1}$$

como $i_{R1} = \dfrac{v_c(t)}{R_1}$;

$$i_m(t) = 0{,}3 \cdot e^{-t/0{,}07} + \frac{7 \cdot (1 - e^{-t/0{,}007})}{56}$$

$$i_m(t) = 0{,}125 + 0{,}175 \cdot e^{-t/0{,}077} \quad //$$

Limites da rotação do motor:

Ao ligar, $v_m(0+) = 12$ Volts;

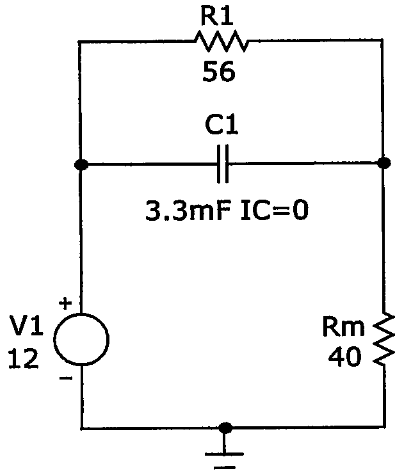
$$RPM(0+) = 400 \cdot v_m(0+)$$

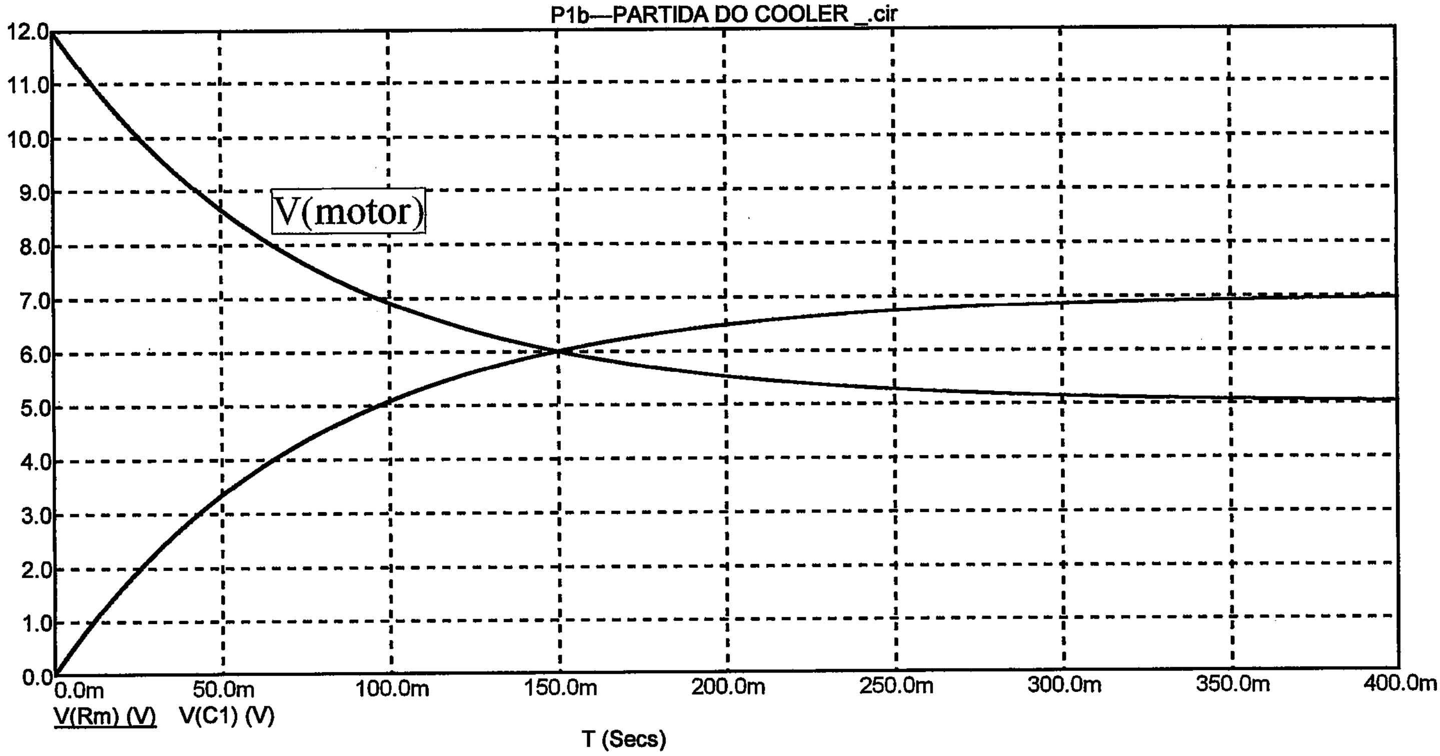
$$RPM(0+) = 400 \cdot 12 = 4800 \text{ RPM}$$

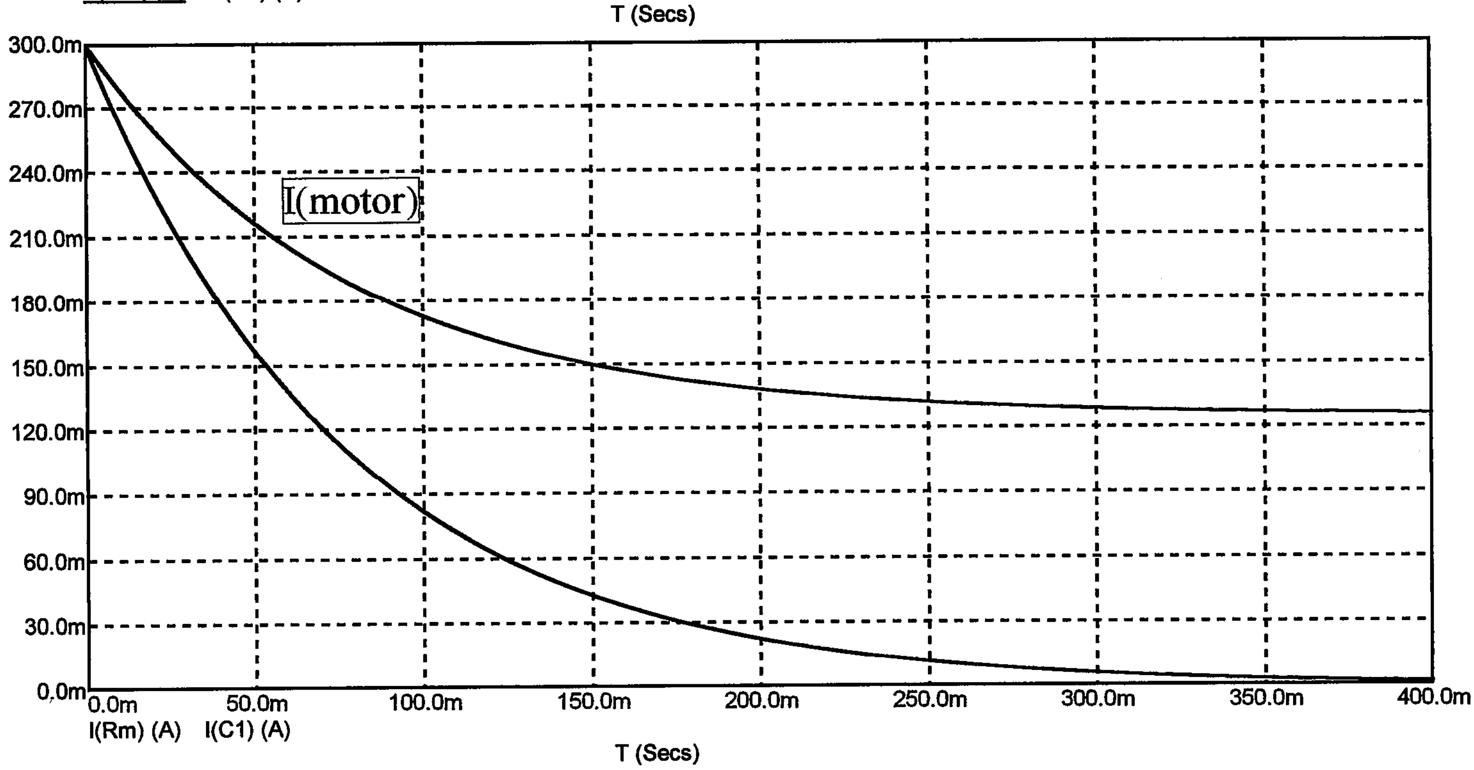
Em funcionamento, $\tau \geq 0{,}035$

$$RPM(\infty) = 400 \cdot v_m(\infty)$$

$$RPM(\infty) = 400 \cdot 5 = 2000 \text{ RPM} \quad //$$


R1
56
C1
3.3mF IC=0
V1
12
Rm
40


P1b—PARTIDA DO COOLER _.cir
V(motor)
12.0
11.0
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0m
50.0m
100.0m
150.0m
200.0m
250.0m
300.0m
350.0m
400.0m
V(Rm) (V) V(C1) (V)
T (Secs)


I(motor)
300.0m
270.0m
240.0m
210.0m
180.0m
150.0m
120.0m
90.0m
60.0m
30.0m
0,0m
0.0m
50.0m
100.0m
150.0m
200.0m
250.0m
300.0m
350.0m
400.0m
I(Rm) (A) I(C1) (A)
T (Secs)

Uma casa no campo dista 420 m da rede de distribuição elétrica. A energia foi levada até lá por fios de cobre com 5,8 mm de diâmetro. No momento, o medidor na entrada da casa indica um consumo de 3,7 kW e 205,5 V na rede.

a) Calcule as perdas em calor nos fios da instalação.

b) Calcule a tensão no poste de distribuição elétrica.

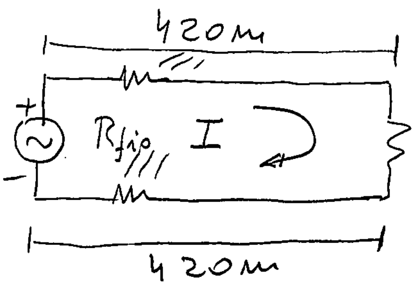
Resistividade do cobre $= 1{,}67 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$; Desenhe a instalação.

P1 2014-2

Circuito de instalação;

Rede de Distribuição

$V_{REDE} = ?$



$+\ V_{CASA} = 205{,}5$

$-\ W_{CASA} = 3{,}7\ kW$

Resistência total do fio:

$$R_{FIO} = \rho \cdot \frac{l}{A} = 1{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{420 + 420}{\pi \cdot \left(\frac{5{,}8 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2} \rightarrow R_{FIO} = 0{,}531\ \Omega$$

corrente drenada da rede:

$$W_{CASA} = V_{CASA} \cdot I$$

$$I = \frac{W_{CASA}}{V_{CASA}} = \frac{3{,}7 \cdot 10^3}{205{,}5} = 18 \text{ Ampères}$$

a) Perdas em calor;

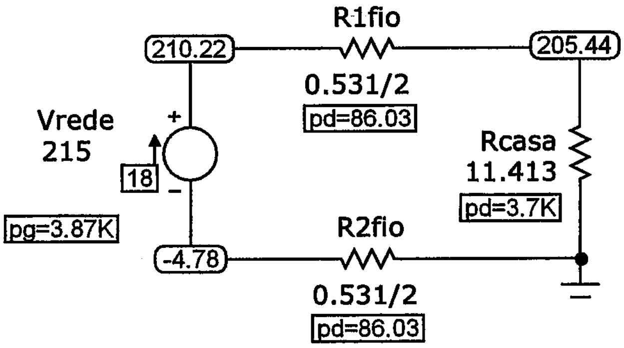
$$W_{FIO} = I^2 \cdot R_{FIO} = 18^2 \cdot 0{,}531 \rightarrow W_{FIO} = 172 \text{ Watts}$$

b) Tensão no poste;

$$V_{REDE} = V_{CASA} + I \cdot R_{FIO}$$

$$V_{REDE} = 205{,}5 + \underbrace{18 \cdot 0{,}531}_{9{,}588 \text{ Volts}} \rightarrow V_{POSTE} = 215 \text{ Volts}$$

Introdução P1 2014/2

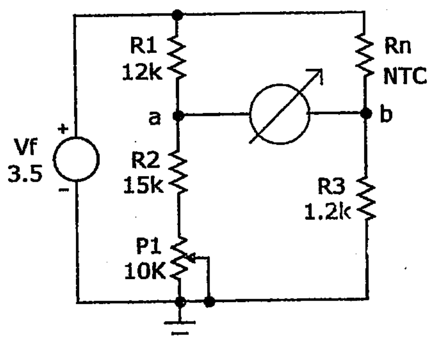


Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2015/1

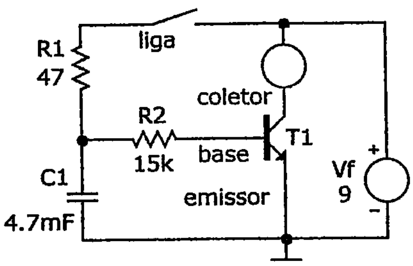
Prova 1 12/5/2015

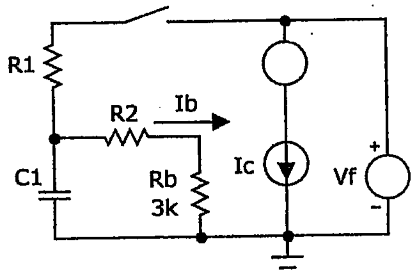
Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3 pontos) O circuito ao lado faz parte de uma estufa com temperatura ajustável. A tensão V_{ab} informa ao controle se a temperatura é diferente da temperatura selecionada pelo potenciômetro e o voltmetro indica estes desvios da temperatura certa (tensão zero). No momento, P_1 foi ajustado para $1k\Omega$. Documentando cada etapa com textos, equações e diagramas, calcule a temperatura correta da estufa onde está instalado o NTC de valor $R_n = (7000+60(25-T))\Omega$.



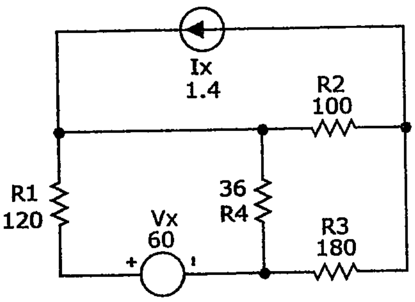
2. (4 pontos) O circuito a seguir é uma lâmpada de cabeçeira que simula o anoitecer. Após desligar a lâmpada continua brilhando por certo tempo e depois apaga lentamente, sob comando do circuito RC + transistor, modelado pelo seu circuito equivalente: fonte de corrente controlada pela corrente que passa na resistência de base.
a) Descreva a situação com a chave ligada.
b) Descreva os eventos após abrir a chave.
c) Calcule a constante de tempo de carga do capacitor ao ligar a chave. Note que $R_1 << R_2$.
d)Usando o modelo do transistor, calcule a corrente mínima de base I_{bmin} para manter a lâmpada com pleno brilho. Correntes maiores apenas saturam o transistor e o brilho continua o máximo. V_{ce} é zero e a corrente I_c é limitada pela fonte e lâmpada.
e) Determine a equação literal que permite calcular o tempo entre desligar a chave e o brilho começar a diminuir. Aplique então os valores e calcule este tempo. Todas as etapas devem ser documentadas com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado sempre.





Lâmpada: 9Volts, 600mA
Ganho do transistor: Ic / Ib = 3000

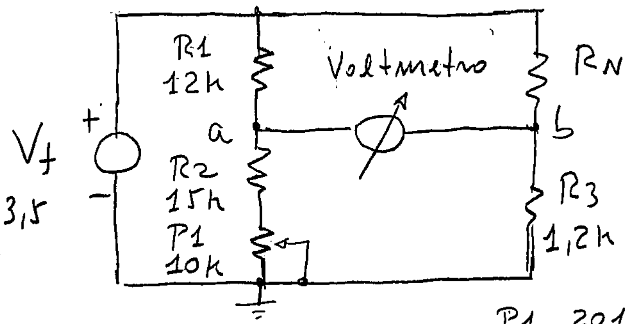
3. (3 pontos) Aplique o Método das Tensões de Nó no circuito ao lado, descrevendo cada etapa com textos, equações e diagramas, sempre em formato literal com cálculos numéricos no final. Calcule agora a potência em R_2.



$I = q / t$ (Ampères = Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts = Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot l / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$w = m \cdot c \cdot \Delta T = 1/2 \cdot C \cdot V^2$ (Joules)
$\varepsilon = k \cdot q / r^2$ (Newton / Coulomb)
$\epsilon = D / \varepsilon$ (Farads / metro)
$\epsilon_{vácuo} = \epsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ (F / m)
$C = q / V = \epsilon \cdot A / d$ (Farads)

Carga:
$I_c(t) = I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$v_c(t) = v_c(\infty) + [v_c(o) - v_c(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$
Descarga:
$I_c(t) = - I_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

O circuito a seguir faz parte de uma estufa com temperatura ajustável. A tensão Vab informa ao controle se a temperatura da estufa é diferente da temperatura escolhida pelo potenciômetro e o voltímetro indica estes desvios. Na temperatura certa, o desvio é nulo. No momento, P1 foi ajustado para 1kΩ. Calcule a temperatura correta T da estufa onde está instalado o NTC que vale $R_N = (7000+60(25-T))\,\Omega$.



P1 2015-1

Caminho para a solução: Equacionar Va e Vb que são divisores de tensão. Voltímetro tem alta resistência interna e não afeta o circuito. A temperatura escolhida é alcançada pela estufa quando Va = Vb.

$$V_a = V_f \cdot \frac{R_2 + P_1}{R_1 + R_2 + P_1} \quad \text{com } P_1 = 1k:$$

$$V_a = 3{,}5 \cdot \frac{15k + 1k}{12k + 15k + 1k} \rightarrow V_A = 2 \text{ Volts}$$

$$V_b = V_f \cdot \frac{R_3}{R_N + R_3}$$

$$V_b = 3{,}5 \cdot \frac{1200}{7000 + 60(25-T) + 1200}$$

$$V_b = \frac{4200}{9700 - 60T}$$

Igualando com Va:

$$2 = \frac{4200}{9700 - 60T}$$

Então $T = 126{,}7°$

O circuito a seguir é uma lâmpada de cabeceira que simula o anoitecer. Após desligar, a lâmpada continua acesa por algum tempo e depois reduz lentamente o brilho até apagar, sob comando do circuito RC e transistor, modelado por seu circuito equivalente usando uma fonte de corrente controlada (coletor) pela corrente na base.

a) Descreva a situação com a chave ligada.

b) Descreva os eventos após abrir a chave.

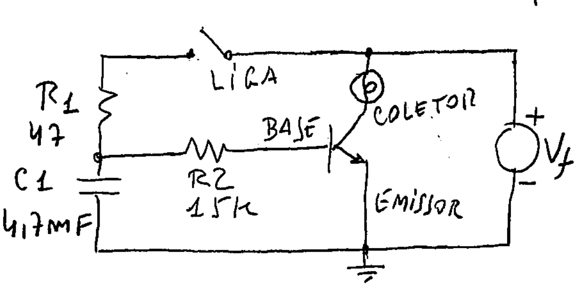
Procure definir os objetivos, variáveis a serem equacionadas e o caminho para a solução.

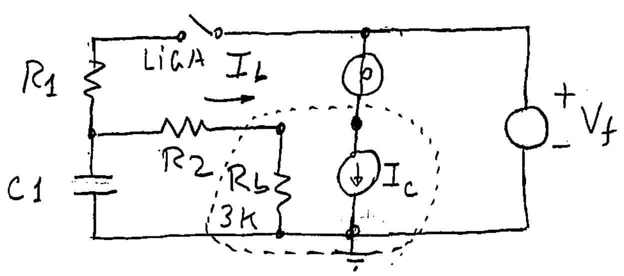
c) Calcule de forma simplificada a constante de tempo do capacitor ao ligar a chave.

d) Usando o modelo do transistor, calcule a corrente de base mínima para manter a lâmpada com pleno brilho. Correntes maiores apenas saturam o transistor e o brilho continua sendo o mesmo.

e) Determine a equação literal que permite calcular o tempo entre desligar e o brilho da lâmpada começar a diminuir. Aplique os valores e calcule este tempo.

Note que no modelo, a corrente de coletor pode ser muito grande mas o valor real depende da fonte e resistência da lâmpada. O transistor satura e se comporta como um curto circuito.





Lâmpada: 9 Volts, 600 mA

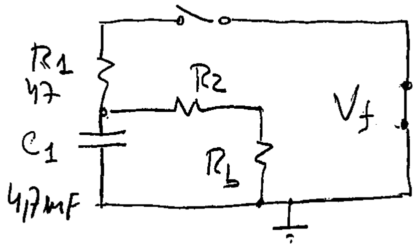
Transistor: Ganho de corrente $\frac{I_c}{I_b} = 3000$

P1 2015-1

a) Chave ligada: capacitor carregado com quase $V_B = 9V$. Corrente na base ativa o transistor e a lâmpada brilha.

b) Após abrir a chave, capacitor começa a descarregar por $R_2 + R_b$ e a corrente I_b vai diminuindo causando a diminuição de I_c e do brilho da lâmpada.

c) Constante de tempo com a chave fechada e fontes zeradas. V = CURTO:



(1)

como $R_1 << R_2 + R_b$

$\tau_L = R_{equiv}\, C = R_1 \cdot C_1$ apenas

$\tau_L = 47 \cdot 4{,}7 \cdot 10^{-3} \rightarrow \tau_L = 0{,}22\,s$ //

Lâmpada acende rápido.

d) Para pleno brilho,

$I_{c\,min} = I_{lamp} = 600\,mA$

Usando o modelo:

$I_{b\,min} = \frac{I_{c\,min}}{3000} = \frac{600}{3000}$

$I_{b\,min} = 0{,}2\,mA$ //

e) Equacionamento.

Interessa equacionar I_b pois a lâmpada começa a apagar quando $I_b \leq I_{b\,min}$.

$$I_b(t) = \frac{V_c(t)}{R_2 + R_b} \quad (2)$$

Usando a equação geral:

$$V_c(t) = V_c(\infty) + \left(V_c(0) - V_c(\infty)\right) \cdot e^{-t/\tau}$$

Aproveitando o circuito (1) e o item c):

$$V_c(0) = V_f \cdot \frac{R_2 + R_b}{R_2 + R_b + R_1}$$

$$V_c(0) = 9 \cdot \frac{15k + 3k}{15k + 3k + 47} \cong 9 \text{ Volts}$$

$\tau_D = C_1 \cdot (R_2 + R_b) \rightarrow \tau_D = 84{,}6\,s$ //

$V_c(t) = 0 + (9 - 0) \cdot e^{-t/84{,}6}$

Então: $I_b(t) = \frac{9 \cdot e^{-t/84{,}6}}{15k + 3k}$

Para $I_{b\,min} = 0{,}2\,mA$ calculamos $t = 77{,}5$ segundos //

Solução mais simples:

Tensão no capacitor para obter $I_{b\,min}$ usando (2):

$V_{c\,min} = I_{b\,min}\,(R_2 + R_b)$

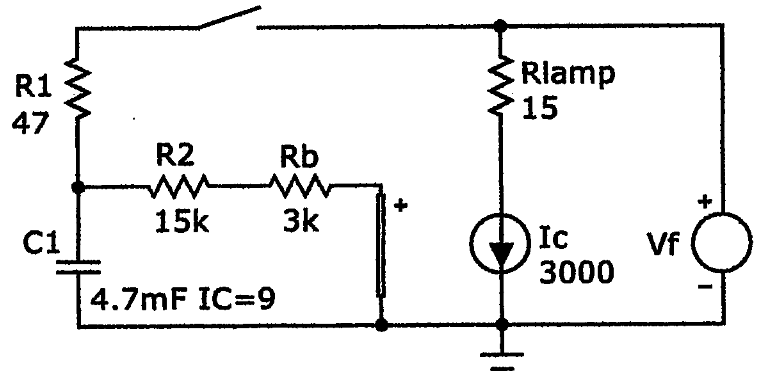
$V_{c\,min} = 0{,}2\,m\,(15k + 3k) = 3{,}6$ Volts

Adaptando a equação:

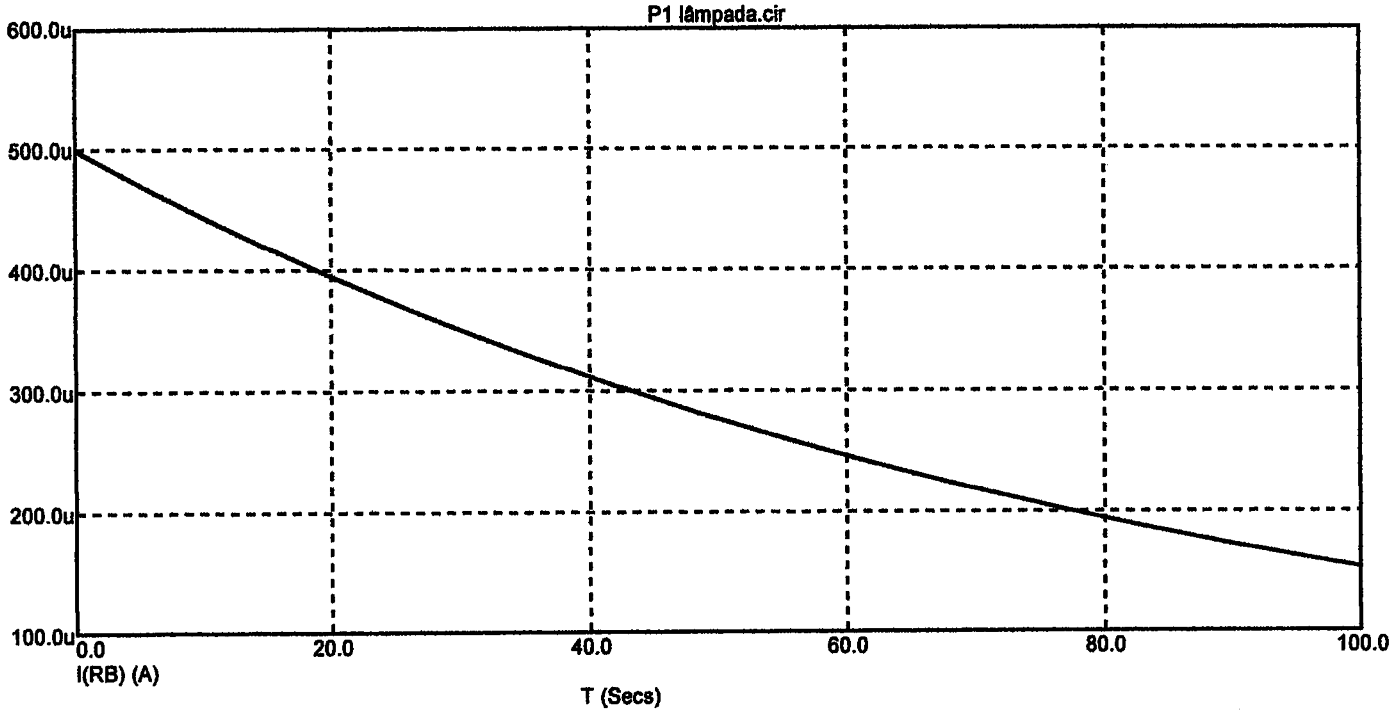
$$t = -R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{V_c(\infty) - V_c(fim)}{V_c(\infty) - V_c(inic)}\right)$$

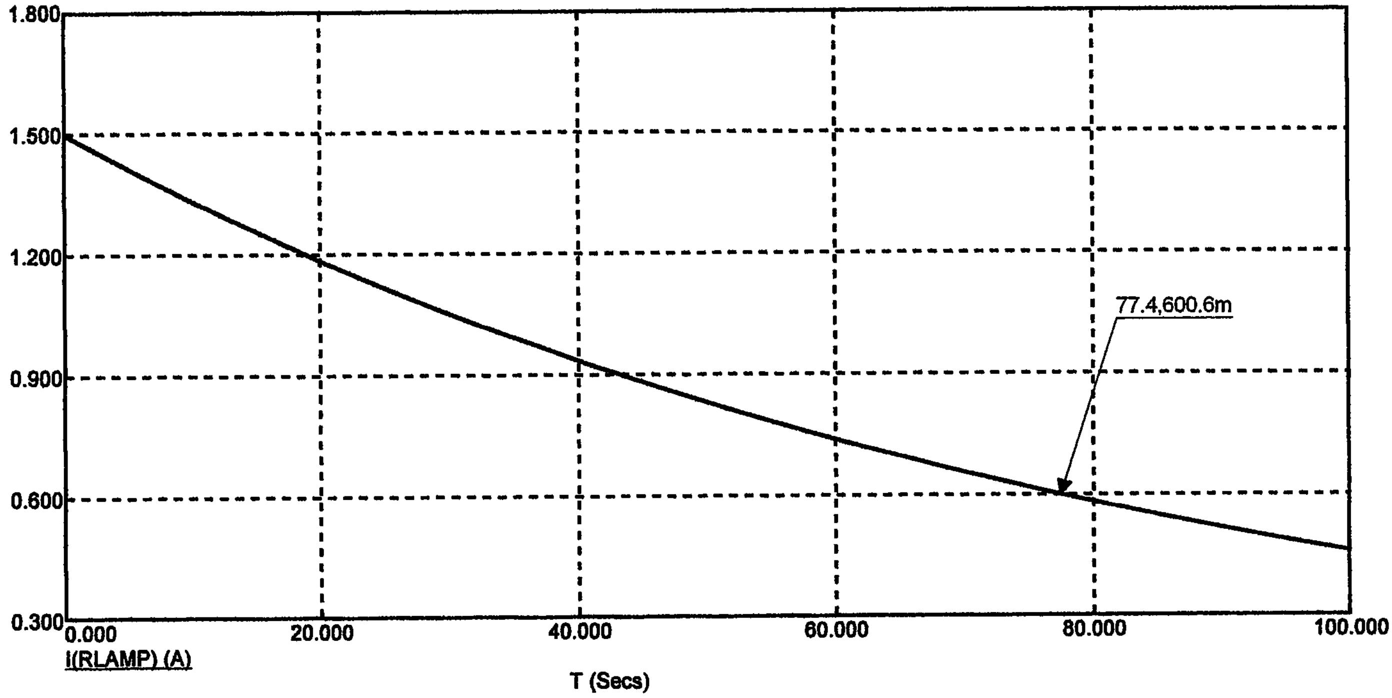
$$t = -(15k + 3k) \cdot 4{,}7m \cdot \ln\left(\frac{0 - 3{,}6}{0 - 9}\right)$$

Então $t = 77{,}5$ segundos //

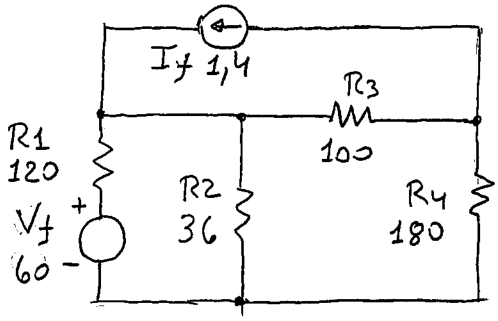


P1 lâmpada.cir



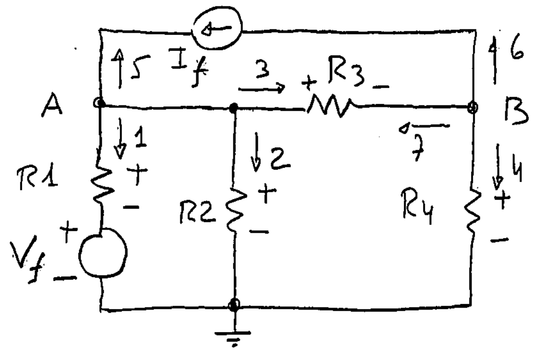


Aplique o Método das Tensões de Nó no circuito a seguir e calcule a potência em R_2, documentando cada etapa.



P1 2015-1

- Escolha nó de massa
- Nomeie os nós
- Marque as correntes todas saindo de cada nó
- Marque a polaridade nos resistores
- Aplique Kirchhoff das correntes



Nó A: $I_1 + I_2 + I_3 + I_f = 0$

Nó B: $I_4 + I_6 + I_7 = 0$

$$\begin{cases} \dfrac{V_A - V_f}{R_1} + \dfrac{V_A}{R_2} + \dfrac{V_A - V_B}{R_3} - I_f = 0 \\ \dfrac{V_B}{R_4} + I_f + \dfrac{V_B - V_A}{R_3} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_A \cdot \left(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3} \right) - \dfrac{V_f}{R_1} - \dfrac{V_B}{R_3} - I_f = 0 \\ V_B \left(\dfrac{1}{R_3} + \dfrac{1}{R_4} \right) - \dfrac{V_A}{R_3} + I_f = 0 \end{cases}$$

Colocando os valores:

$$\begin{cases} V_A \left(\dfrac{1}{120} + \dfrac{1}{36} + \dfrac{1}{100} \right) - \dfrac{60}{120} - \dfrac{V_B}{100} - 1{,}4 = 0 \\ V_B \left(\dfrac{1}{100} + \dfrac{1}{180} \right) - \dfrac{V_A}{100} + 1{,}4 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{V_A}{21{,}69} - 0{,}5 - \dfrac{V_B}{100} - 1{,}4 = 0 & (1) \\ \dfrac{V_B}{64{,}28} - \dfrac{V_A}{100} + 1{,}4 = 0 & (2) \end{cases}$$

como interessa V_A, isolamos V_B em (2) e aplicamos em (1):

$$V_B = 64{,}28 \left(\frac{V_A}{100} - 1{,}4 \right) = 0{,}6428 V_A - 90$$

Então, em (1):

$$\frac{V_A}{21{,}69} - \frac{0{,}6428 \cdot V_A}{100} + \frac{90}{100} - 0{,}5 - 1{,}4 = 0$$

$V_A = 25{,}2$ Volts //

Potência em R_2:

$$P_2 = \frac{V_A^2}{R_2} = \frac{25{,}2^2}{36} \rightarrow P_2 = 17{,}64W$$

Versão da prova: P_{R3}

Usando (2)

$$\frac{V_B}{64{,}28} - \frac{25{,}2}{100} + 1{,}4 = 0$$

$V_B = -73{,}8$ //

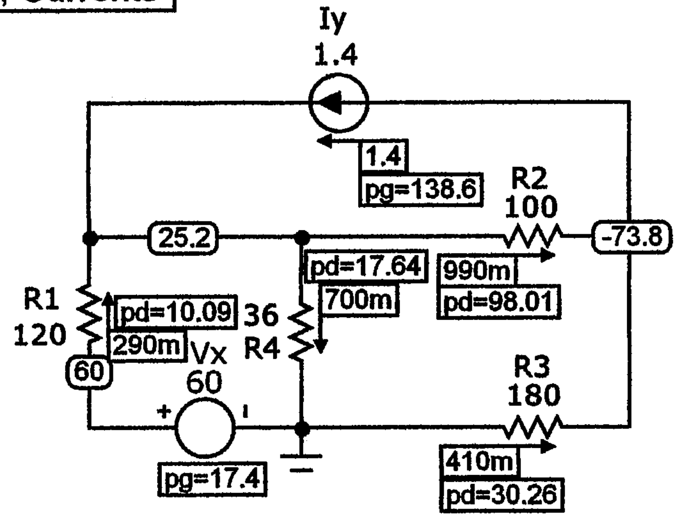
$$P_3 = \frac{(V_A - V_B)^2}{R_3}$$

$$P_3 = \frac{(25{,}2 - (-73{,}8))^2}{100}$$

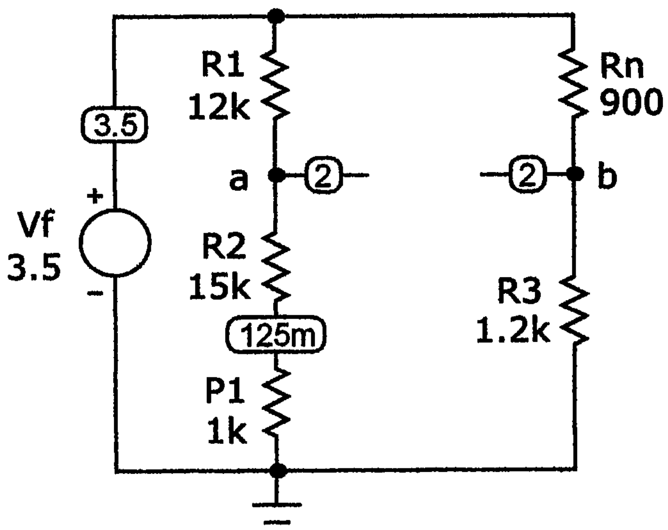
$P_3 = 98$ Watts //

Dynamic DC
Temperature=27
Displaying DC Voltages, Currents

P1 2015-1
Aplicar o Método das tensões de nó



P1 2015-1
Controle de temperatura

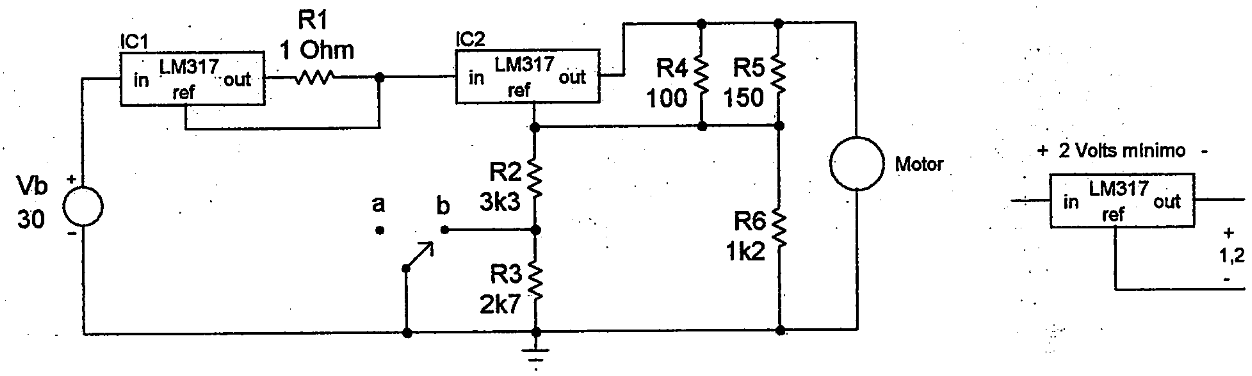


Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2004/2

Prova 2 3/1/2005

Nome: GABARITO **Turma:** _____

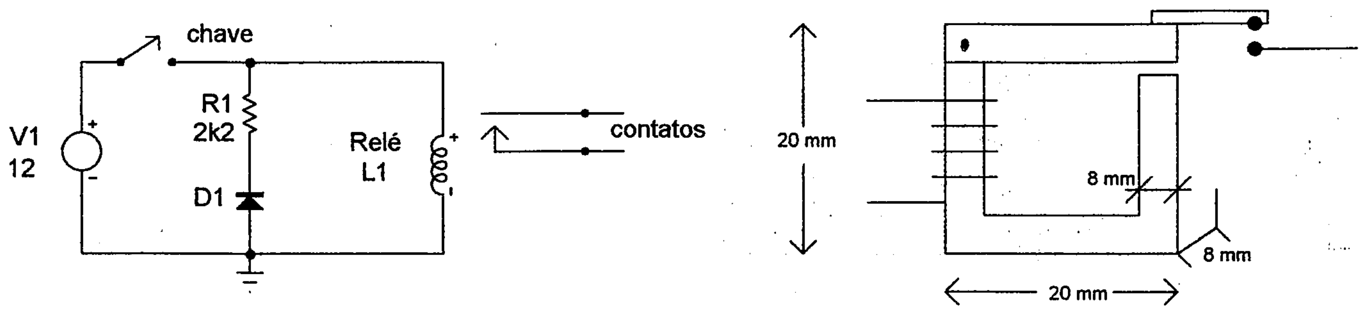
1. (4,5 pontos) Determine as duas tensões que alimentam o motor. Desenhe o circuito para cada posição da chave e calcule esta tensão.
Qual a máxima corrente que o motor pode solicitar (e receber)?
Qual a dissipação de calor em cada regulador com a chave na posição **b,** com o motor solicitando máxima corrente?
Documente detalhadamente cada etapa da sua solução.
Tensão de referência do integrado é 1,2 Volts.
Tensão mínima entre entrada e saída do integrado é 2 Volts (devido ao transistor interno).



2. (5,5 pontos) O relé da figura foi construído com material de permeabilidade magnética relativa $\mu_r = 5000$, onde foi enrolada uma bobina com 200 espiras. Um ensaio com este relé resultou em: Resistência do fio da bobina = 500Ω, corrente mínima para o fechamento = 15 mA e corrente onde ocorre a abertura = 8 mA.
Desenhe o circuito elétrico equivalente e calcule os valores a seguir, descrevendo em detalhes todas as etapas do seu trabalho:

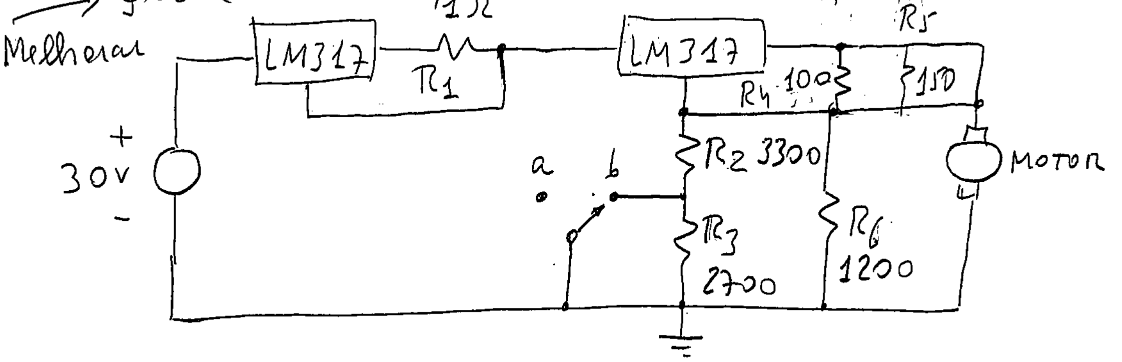
a) Corrente máxima na bobina
b) Tempo t_f para o relé fechar o contato após ligar a alimentação da bobina
c) Energia acumulada no circuito (com a chave fechada)
d) Tensões e polaridades na bobina imediatamente antes e depois de abrir a chave
e) Tempo t_a para o contato abrir após a chave ser aberta.

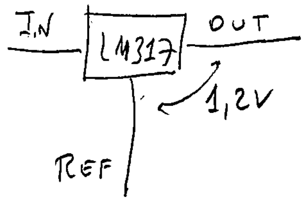
Suponha que a indutância não muda, nas diversas condições de operação.



Determine as duas tensões que alimentam o motor. Desenhe o circuito para cada posição da chave, simplifique e calcule. Qual a máxima corrente que o motor pode solicitar? Use $V_{ref} = 1{,}2$.

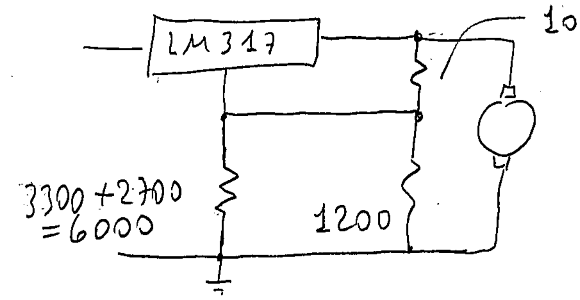
Melhorar → Qual a dissipação de calor em cada regulador na condição $\begin{cases} I_{máx} \\ \text{Chave em b} \end{cases}$?

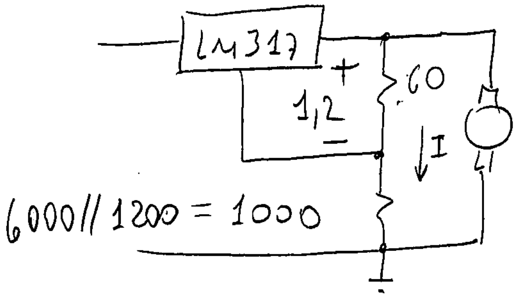




P2 2004/2

Chave em a: simplificando:



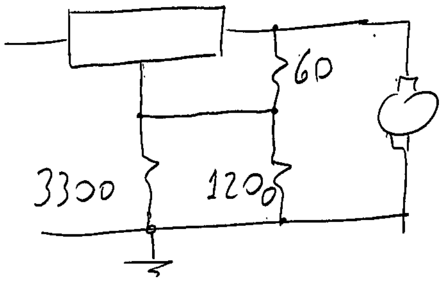


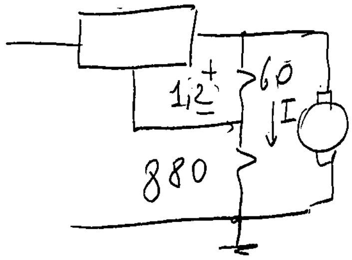
$$I = \frac{1{,}2}{60} = 0{,}02\ A$$

logo $V_{motor} = I\,(60 + 1000)$

$V_{motor} = 21{,}2$ Volts //

Chave em b:



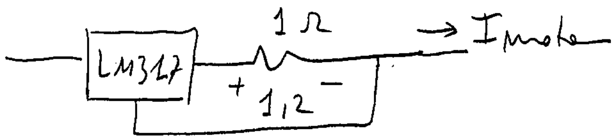


$$I = \frac{1{,}2}{60} = 0{,}02\ A$$

logo $V_{motor} = I\,(60 + 880)$

$V_{motor} = 18{,}8$ Volts //

Corrente máxima:



$$I_{motor\,máx} = \frac{1{,}2\ V}{1\ \Omega} = 1{,}2\ A //$$

Dissipação em IC1: $\left(\begin{array}{l} I_{máx} = 1{,}2 \\ \text{chave em } b \rightarrow V_m = 18{,}2 \end{array} \right)$

$P_1 = 2V \cdot 1{,}2A = 2{,}4$ Watts //

Dissipação em IC2: KVL:

$$30 - V_{IC1} - \cancel{V_{IC2}}^{\,V_{R1}} - V_{IC2} - V_{motor} = 0$$

$$V_{IC2} = 30 - 2 - 1{,}2 - 18{,}8 = 8\ \text{Volts}$$

$$P_2 = I_{motor} \cdot V_{IC2} = 1{,}2 \cdot 8 = 9{,}6\ W\ //$$

O relé da figura foi construído com material magnético de permeabilidade relativa $\mu_r = 5000$ onde foi enrolada uma bobina de 200 espiras. Um ensaio com este relé resultou em: Resistência do fio da bobina = 500 Ω e corrente mínima para fechamento = 15 mA e 8mA para abrir. Desenhe o circuito elétrico equivalente e calcule os valores a seguir descrevendo em detalhes todas as etapas do seu trabalho:

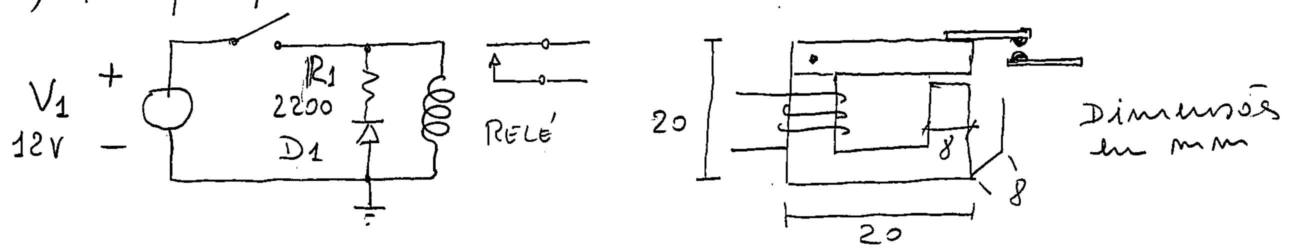
a) Corrente máxima na bobina

b) Tempo t_F para o relé fechar o contato ao ser alimentado.

c) Energia acumulada no circuito (com a chave fechada)

d) Tensões e polaridades na bobina imediatamente antes e depois de abrir a chave. Suponha que a indutância não muda nas diversas condições de operação.

e) Tempo t_A para o relé abrir após abrir a chave.



Cálculo da indutância da bobina do relé:

$$L = \frac{N^2 \mu A}{l} \quad (H)$$

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0 = 5000 \cdot 4\pi 10^{-7} = 628 \cdot 10^{-5} \ \frac{Wb}{A \cdot M}$$

Considerando todo o fluxo concentrado no centro da estrutura:

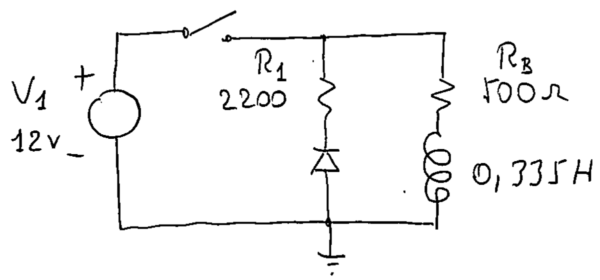
$$l = 4 \cdot (20 - 8) = 48 \text{ mm}$$

$$A = 8 \cdot 8 = 64 \text{ mm}^2$$

$$L = \frac{200^2 \cdot 628 \cdot 10^{-5} \cdot 64 \cdot 10^{-6}}{48 \cdot 10^{-3}}$$

$$L = 0,335 \text{ H} //$$

O circuito fica então:



a) $I_{máx} = \frac{V_1}{R_B} = \frac{12}{500} \rightarrow I_{máx} = 24 \text{ mA}$

b) Tempo para a corrente passar de zero para 15 mA:

$$i_L = I_{máx}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0,335}{500} \rightarrow \tau = 0,67 \text{ ms}$$

$$15 \cdot 10^{-3} = 24 \cdot 10^{-3}\left(1 - e^{-\frac{t_F}{0,67 \cdot 10^{-3}}}\right)$$

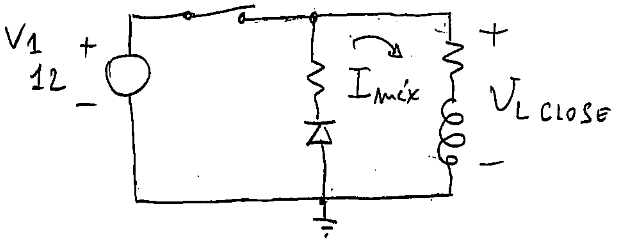
Então, $t_F = 0,657$ ms//

c) Após alguns momentos com a chave fechada, a corrente na bobina está limitada pela resistência do fio, no valor de $I_{máx} = 24$ mA.
A energia acumulada na bobina vale: $E = \frac{1}{2} L \cdot I_{máx}^2$

$$E = \frac{1}{2} \cdot 0{,}335 \, (24 \cdot 10^{-3})^2$$

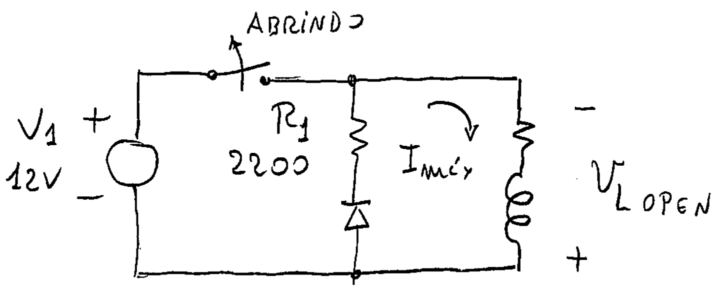
$$E = 96{,}5 \, \mu J \; //$$

d) Antes da chave abrir, o circuito fica:



$$V_{L\,CLOSE} = V_1 = 12V$$

Logo após abrir a chave, a corrente na bobina permanece a mesma pois ela não pode mudar instantaneamente. A tensão na bobina sofre uma inversão instantânea para poder impulsionar a corrente Imáx pelo circuito:



O diodo conduz e toda a corrente passa pelo resistor R1:

$$V_{L\,OPEN} = V_{R1} = I_{max} \cdot R_1$$

$$V_{L\,OPEN} = 24 \cdot 10^{-3} \cdot 2200$$

$$V_{L\,OPEN} = 52{,}8 \text{ Volts} \; //$$

e) O relé abre quando a corrente na bobina diminuir para 8 mA, partindo de $I_{max} = 24$mA:

$$8 \cdot 10^{-3} = 24 \cdot 10^{-3} \, e^{-\frac{t_A}{\tau}}$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0{,}335}{2200 + 500} = 0{,}124 \text{ ms}$$

Então $t_A = 0{,}136$ ms //

Outra versão:

30 X 30 X 8 mm

$R_{fio} = 400$

N = 468 espiras

fecha = 20mA

L = 1H precisa 0,8 H ..

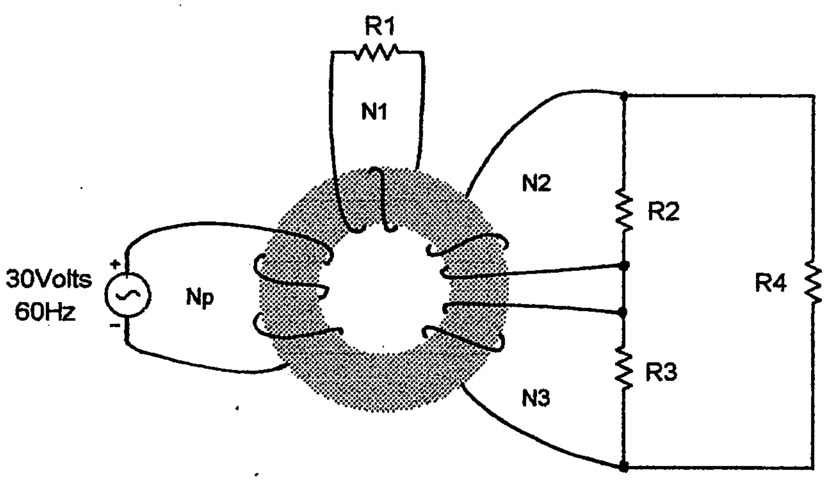
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica   2005/1

Prova 2   11/7/2005

Nome: GABARITO **Turma:** _____

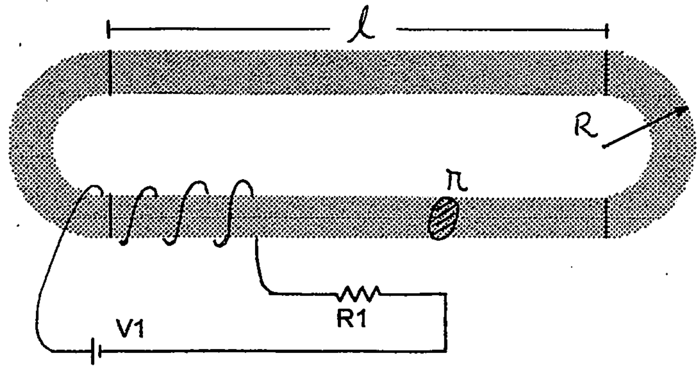
1. Examine o circuito magnético e então: a) Descreva o seu funcionamento, b) Complete a tabela, relatando com uma frase como será o equacionamento e cálculo de cada um dos ítens faltantes. Observe a polaridade dos enrolamentos e lembre-se de descrever convenientemente cada etapa da solução.

N		R	V	I	P
N_1		R_1 50	2,5		
N_2 540		R_2		0,06	
N_3		R_3 500			
N_p 180		R_4		0,1	2

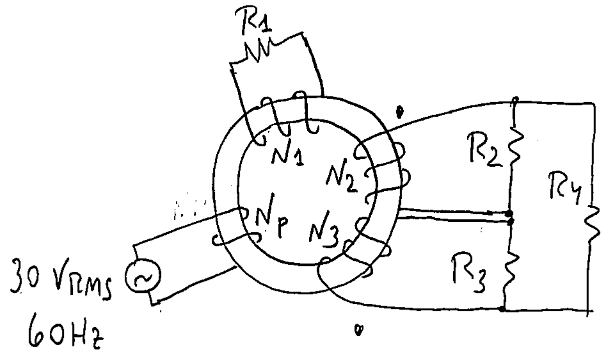


2. Equacione o circuito a seguir, com o objetivo de encontrar o número de espiras que leva a corrente na bobina a atingir a metade do valor máximo, 200ms após ser ligada a alimentação. Inicialmente, descreva o circuito mostrado e explique o caminho para a solução. Esta etapa é importante para orientá-lo na fase dos cálculos, que também deve ser descrita com textos explicativos e equações em cada etapa.

Dimensões do circuito magnético: R = 19cm r = 4cm l = 5πcm μ = 150Wb/A·m
Valores do circuito elétrico: R1 = 1500Ω



Examine o circuito magnético, entenda o seu funcionamento e complete a tabela. Cada ítem da tabela deve ser explicitamente descrito, equacionado e calculado. Observe a polaridade dos enrolamentos. Documente cada passo de cálculo.



N		R		V	I	P
N_1	15	R_1	50	2,5	0,05	0,125
N_2	540	R_2	1500	90	0,06	5,4
N_3	420	R_3	500	70	0,14	9,8
N_P	180	R_4	200	20	0,1	2

Cálculo de N_1:

$$\frac{N_P}{N_1} = \frac{V_P}{V_1}$$

$$\frac{180}{N_1} = \frac{30}{2{,}5} \rightarrow N_1 = 15 \text{ espiras}$$

Cálculo de I_1 e P_1:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{2{,}5}{50} \rightarrow I_1 = 0{,}05A$$

$$P_1 = V_1 \cdot I_1 = 2{,}5 \cdot 0{,}05 \rightarrow P_1 = 0{,}125W$$

Cálculo de V_2:

$$\frac{V_P}{V_2} = \frac{N_P}{N_2}$$

$$\frac{30}{V_2} = \frac{180}{540} \rightarrow V_2 = 90 \text{ Volts}$$

Cálculo de R_2 e P_2:

$$R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{90}{0{,}06} \rightarrow R_2 = 1500\Omega$$

$$P_2 = I^2 \cdot R_2$$

$$P_2 = (0{,}06)^2 \cdot 1500 = 5{,}4 W$$

Cálculo de R_4:

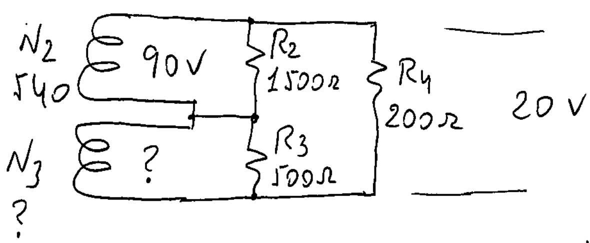
Como $P_4 = I_4^2 \cdot R_4$ então:

$$R_4 = \frac{P_4}{I_4^2} = \frac{2}{(0{,}1)^2} \rightarrow R_4 = 200\Omega$$

Cálculo de V_4:

$$V_4 = R_4 \cdot I_4 = 200 \cdot 0{,}1 = 20 \text{ Volts}$$

Enrolamentos de N_2 e N_3 estão em oposição de fase:



Examinando o circuito:

$$90 - V_3 = 20 \rightarrow V_3 = 70 \text{ Volts}$$

Cálculo de N_3:

$$\frac{N_P}{N_3} = \frac{V_P}{V_3} \rightarrow \frac{180}{N_3} = \frac{30}{70} \rightarrow N_3 = 420 \text{ esp.}$$

Cálculo de I_3 e P_3:

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{70}{500} = 0{,}14 A$$

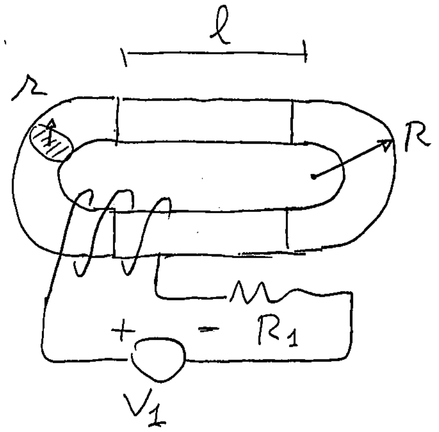
$$P_3 = V_3 \cdot I_3 = 70 \cdot 0{,}14 \cong 9{,}8 W$$

Equacione o circuito com o objetivo de encontrar o número de espiras que leva a corrente na bobina a atingir a metade do valor máximo, 200 ms após ser ligada a alimentação.

Dados: $R = 19$ cm $r = 4$ cm

$l = 5\pi$ cm $\mu = 150 \frac{Wb}{A \cdot m}$.

$R_1 = 1K5$



Inicialmente, descreva o caminho para a solução.

Como resolver:

Equacionar a indutância em função de N e do circuito magnético e suas dimensões.

Equacionar a corrente no circuito em função de L, V_1, R_1 e tempo.

Determinar N.

Equações do circuito magnético:

$$L = \frac{\mu \cdot A N^2}{l}$$

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 4^2 = 16\pi \text{ cm}^2$$

Raio médio:

$$R_m = R - r = 19 - 4 = 15 \text{ cm}$$

comprimento do caminho magnético do círculo

$$l_{circ} = 2 \cdot \pi R = 2 \cdot \pi \cdot 15 = 30\pi \text{ cm}$$

caminho magnético total:

$$l_{TOTAL} = l_{circ} + 2 \cdot l$$

$$l_{TOTAL} = 30\pi + 10\pi = 40 \cdot \pi \text{ cm}$$

Então:

$$L = \frac{150 \cdot 16\pi \cdot 10^{-4} \cdot N^2}{40\pi \cdot 10^{-2}}$$

$$L = 0{,}6 \cdot N^2 \ //$$

Equações do circuito elétrico:

$$i_L = \underbrace{I_m}_{\text{máximo}} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0{,}6 \cdot N^2}{1500} = 4 \cdot 10^{-4} \cdot N^2$$

Após $5 \cdot \tau$, o circuito está estabilizado e passa a máxima corrente no Indutor, I_m.

Na condição em que $i_L = \frac{I_m}{2}$ para $t = 200$ ms

temos:

$$\frac{\cancel{I_m}}{2} = \cancel{I_m}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$\frac{1}{2} = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\cancel{-}0,5 = \cancel{-}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Tomando ln e substituindo os valores:

$$-0,693 = -\frac{200 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-4} N^2}$$

$$N^2 = 721 \text{ espiras}^2$$

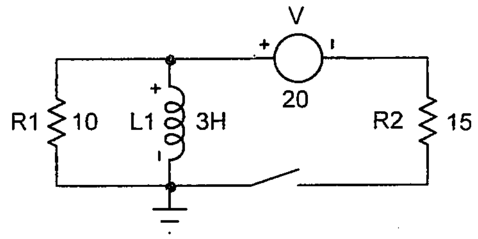
$$N = 26,8 \cong 27 \text{ espiras}$$ //

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2005/2

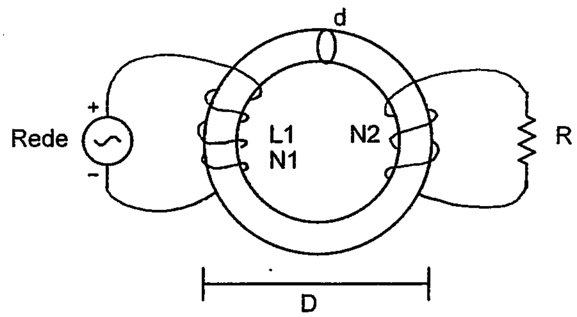
Prova 2 12/12/2005

Nome: GABARITO **Turma:** _____

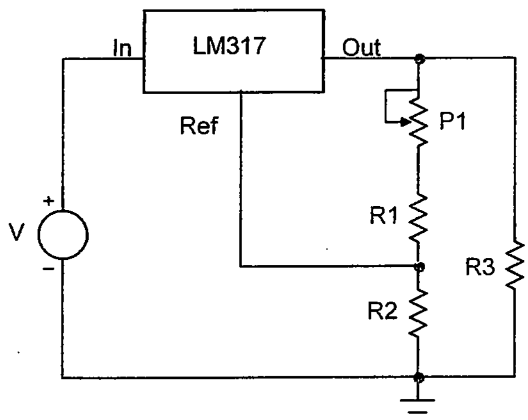
1. (3,5 pontos) No circuito a seguir, determine a equação da potência dissipada em R_1, descrevendo amplamente cada etapa de cálculo. Qual a potência em t = 0,1 segundos?
O circuito é alimentado em t = 0, ao fechar a chave.



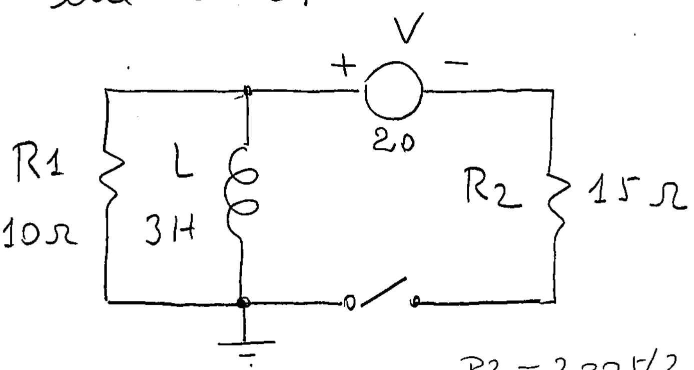
2. (3,0 pontos) No circuito ao lado, a indutância do primário vale L_1 = 3 Henrys. Calcule a corrente que passa pelo resistor. Documente cada passo da solução com textos e diagramas pois isso conta na avaliação.
Dados: D = 28cm d = 4cm R = 33Ω $\mu_r = 1000$ $\mu_o = 4\pi 10^{-7}$ Wb/A·m N_2 = 45 espiras
Rede elétrica com 220V, 60Hz. Arredonde convenientemente os valores calculados.



3. (3,5 pontos) Calcule a dissipação de calor no circuito integrado regulador de tensão, em cada posição extrema do potenciômetro, descrevendo detalhadamente o seu trabalho. Desenhe o circuito em uma das posições e equacione. Repita para a outra posição. Arredonde em 3 dígitos significativos.
Dados: V= 30 P_1 = 5kΩ R_1 = 1kΩ R_2 = 10kΩ R_3 = 10Ω $V_{out} - V_{ref}$ = 1,2 Volts.



No circuito a seguir, determine a equação da potência dissipada em R1, descrevendo amplamente cada etapa.
Qual a potência em $t=0,1s$?
O circuito é alimentado ao fechar a chave, em $t=0$.



P2 – 2005/2

Em R1:

$$P_{R1} = V_{R1} \cdot i_{R1} = V_L \cdot i_{R1} =$$

$$= V_{R1}^2 / R_1 = i_{R1}^2 \cdot R_1$$

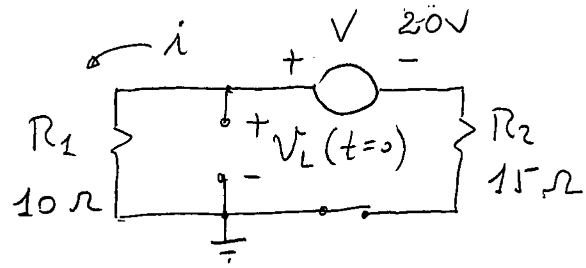
A melhor equação é:

$$P_{R1} = \frac{V_L^2}{R_1}$$

$$V_L = V_m \, e^{-t/\tau}$$

A máxima tensão no indutor, V_m ocorre em $t=0$, quando ainda $i_L(t=0) = 0$.

O circuito fica:



$$i = \frac{V}{R_1 + R_2} = \frac{20}{10+15} \rightarrow i = 0,8\,A$$

Então:

$$V_L(t=0) = i \cdot R_1 = 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ Volts.}$$

$$\tau = \frac{L}{R} \text{ segundos}$$

$$R = R_1 // R_2 = \frac{10 \cdot 15}{10+15} \rightarrow R = 6\Omega$$

$$\tau = \frac{3H}{6\Omega} = 0,5 \text{ segundos}$$

Logo: $V_L(t) = 8\, e^{-\frac{t}{0,5}} = 8\, e^{-2t}$

Potência em R1:

$$P_{R1}(t) = \frac{(8 \cdot e^{-2t})^2}{10}$$

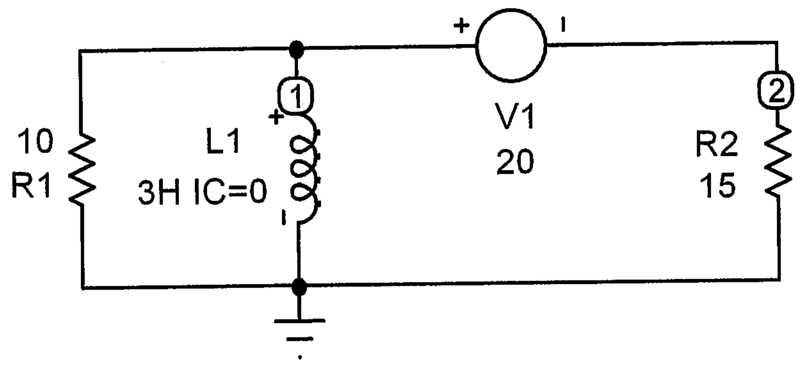
$$P_{R1}(t) = \frac{64 \cdot (e^{-2t})^2}{10}$$

$$P_{R1}(t) = 6,4\, e^{-4t} \quad //$$

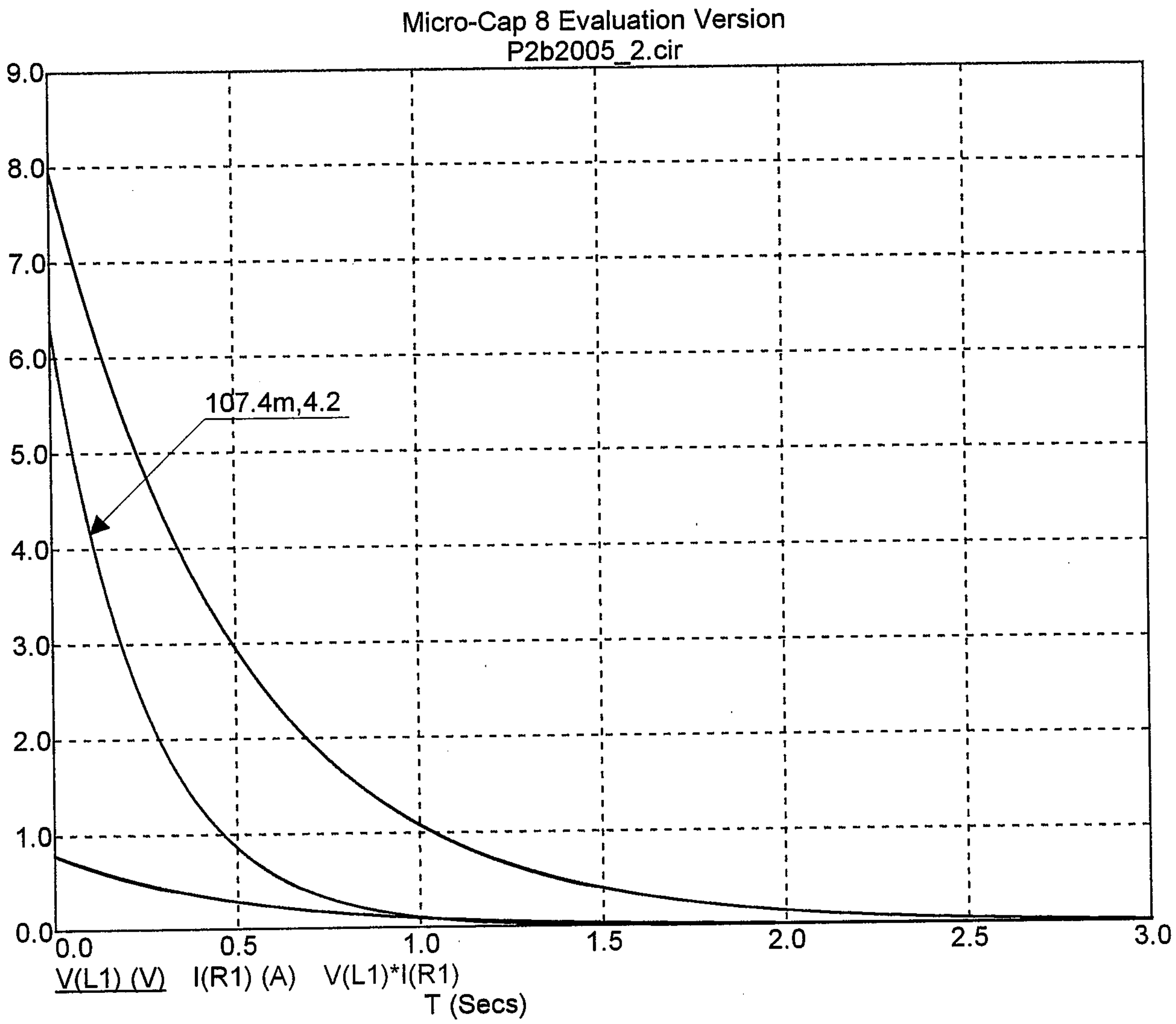
Em $t = 0,1\,s$ vem:

$$P_{R1}(0,1) = 6,4 \cdot e^{-4 \cdot 0,1}$$

$$P_{R1}(0,1) = 4,29 \text{ Watts} \quad //$$

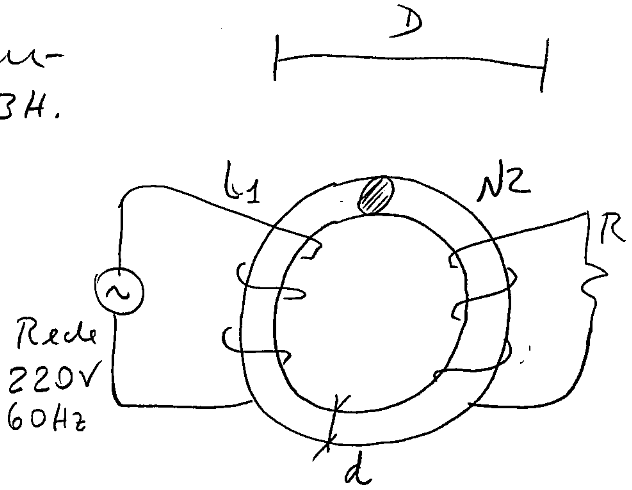


1
2
+
+
-
10
R1
L1
3H IC=0
V1
20
R2
15



Micro-Cap 8 Evaluation Version
P2b2005_2.cir
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
107.4m,4.2
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
V(L1) (V)
I(R1) (A)
V(L1)*I(R1)
T (Secs)

No circuito ao lado, a indutância do primário vale $L_1 = 3H$. Calcule a corrente que passa pelo resistor.
Dados: $D = 28\,cm$ $d = 4\,cm$ $R = 33\Omega$
$\mu_r = 1000$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, $N_2 = 45$ esp.
Documente cada etapa.
Arredonde os valores convenientemente.



P2-2005/2

O circuito é um transformador, onde é conhecida a indutância do primário e o nº de espiras do secundário.

$$L = \frac{\mu \cdot A\, N^2}{l}$$

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 1000$$

$$\mu = 4000 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$$

$$A = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{4}{2}\right)^2 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-4}\, m^2$$

$$l = 2 \cdot \pi \left(\frac{D-d}{2}\right) = 2 \cdot \pi \left(\frac{28-4}{2}\right)$$

$$l = 24 \cdot \pi \cdot 10^{-2}\, m$$

Substituindo:

$$3 = \frac{4000 \cdot \cancel{\pi} \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-4} \cdot N^2}{24\, \cancel{\pi} \cdot 10^{-2}}$$

Então: $N_1 = 1197$ espiras $\cong 1200$ esp.

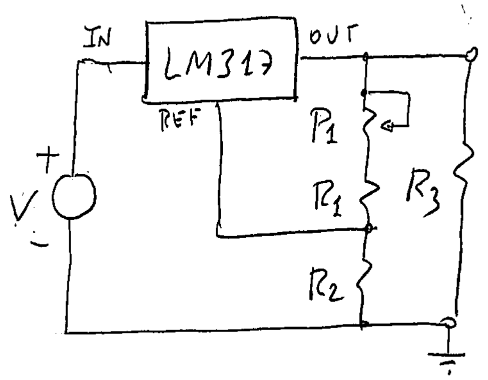
como: $\dfrac{V_1}{V_2} = \dfrac{N_1}{N_2}$

$$V_2 = V_1 \frac{N_2}{N_1} = 220 \frac{45}{1200}$$

$$V_2 = 8{,}25 \text{ Volts}$$

Então $I = \dfrac{V_2}{R} = \dfrac{8{,}25}{33} = 0{,}25$ Amp.

Calcule a dissipação de calor no circuito integrado, em cada posição extrema do potenciômetro. Desenhe o circuito em uma das posições e equacione. Repita para a outra posição. Descreva em detalhes cada etapa da solução. Arredonde em 3 dígitos significativos.



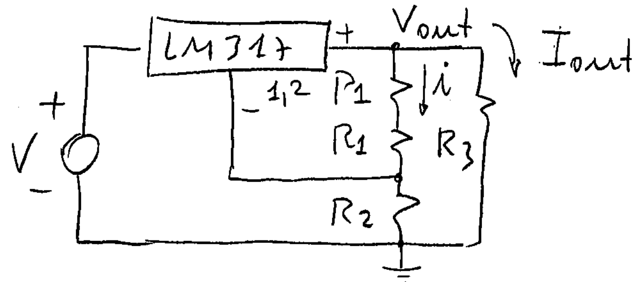
$V = 30$ $P_1 = 5k$ $R_1 = 1k$ $R_2 = 10K$

$R_3 = 10\,\Omega$ $V_{OUT} - V_{REF} = 1{,}2$ Volts

P2 2005/2

Para calcular a dissipação no integrado, é preciso saber a tensão e corrente sobre ele.

a) Potenciômetro no máximo:



$$i = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{P_1 + R_1} = \frac{1{,}2}{5k + 1k} = 0{,}2\,mA$$

como: $V_{out} = i\,(P_1 + R_1 + R_2)$,

$V_{out} = 0{,}2\,mA\,(5k + 1k + 10k) = 3{,}2\,V$ //

Então: $I_{out} = \dfrac{V_{out}}{R_3} = \dfrac{3{,}2}{10} = 0{,}32\,A$ //

KVL:

$-V + V_{LM} + V_{out} = 0$

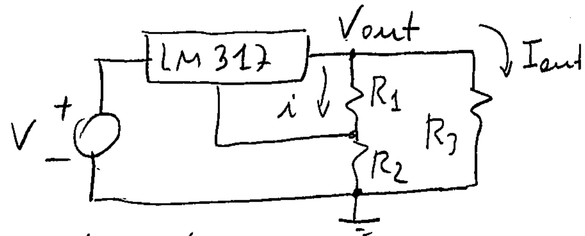
$-30 + V_{LM} + 3{,}2 = 0 \Rightarrow V_{LM} = 26{,}8$

Dissipação no integrado:

$P_{LM} = V_{LM} \cdot I_{out} = 26{,}8 \cdot 0{,}32$

$V_{LM} = 8{,}58$ Watts //

Com o potenciômetro no outro extremo:



$$i = \frac{V_{out} - V_{ref}}{R_1} = \frac{1{,}2}{1k} = 1{,}2\,mA$$

$V_{out} = i\,(R_1 + R_2)$

$V_{out} = 1{,}2\,mA\,(1k + 10k) = 13{,}2$ Volts

Então $I_{out} = \dfrac{V_{out}}{R_3} = \dfrac{13{,}2}{10} = 1{,}32\,A$

KVL:

$-30 + V_{LM} + 13{,}2 = 0$

$V_{LM} = 16{,}8$

Dissipação no integrado:

$P_{LM} = V_{LM} \cdot I_{out} = 16{,}8 \cdot 1{,}32$

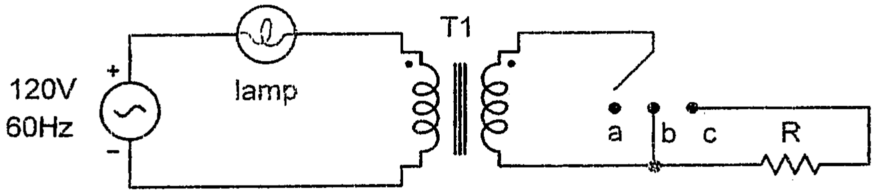
$P_{LM} = 22{,}2$ Watts //

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2006/1

Prova 2 3/7/2006

Nome: GABARÍTO **Turma:** _____

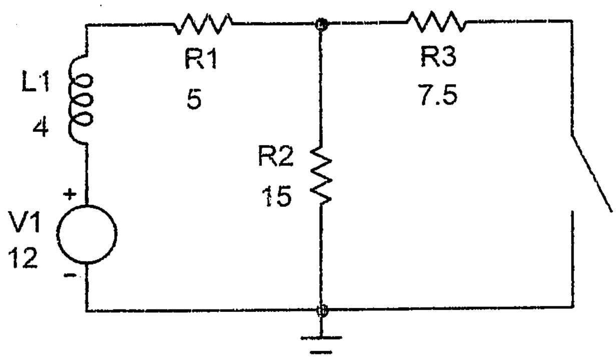
1. (3 pontos) Calcule o brilho da lâmpada com a chave na posição a e depois na posição b. A seguir, com a chave em c, calcule o valor de R para que o brilho da lâmpada seja a metade do seu valor nominal. Assuma que a luz varia linearmente com a tensão e que R_{lamp} é constante. Descreva amplamente cada etapa com textos, diagramas e equações pois isso será valorizado. Escreva de cima para baixo e não para os lados.



T1: Primário 240 espiras
Secundário 80 espiras

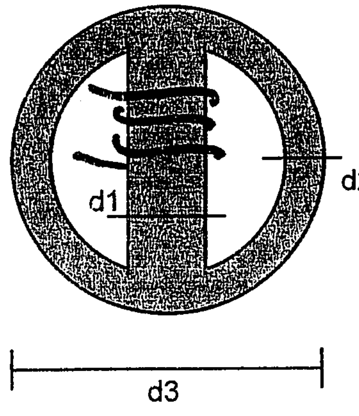
lamp: 120Volts, 25 Watts

2. (4 pontos) No circuito a seguir, a chave está aberta por muito tempo e fecha em t = 0. Calcule o instante de tempo, a partir de t = 0, em que a tensão no indutor se iguala a tensão em R1. Ducumente cada etapa de cálculo com textos, equações e diagramas. Procure entender o funcionamento do circuito e encontrar a maneira de solucionar antes de iniciar a resolução.

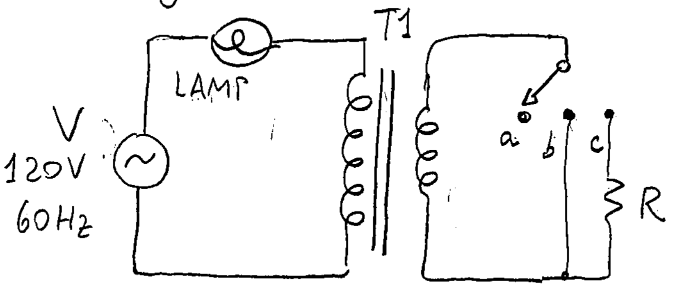


$$i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0) - i_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$$

1. (3 pontos) A estrutura ao lado é formada por um cilindro vertical com diâmetro d1 = 5,66cm, cujos extremos são interligados por dois cilindros curvos com diâmetro d2 = 4cm, formando um anel circular com diâmetro externo d3 = 18cm. Foi enrolada uma bobina de 390 espiras no cilindro central. O material magnético tem uma permeabilidade 1500 vezes maior que a do vácuo. Calcule a indutância desta estrutura, descrevendo cuidadosamente cada etapa. Arredondamento em 3 dígitos significativos.



Calcule o brilho da lâmpada com a chave na posição a e depois na posição b. A seguir, determine o valor de R para que o brilho da lâmpada seja a metade do seu valor nominal com a chave em c. Suponha que a luz varie proporcionalmente com a tensão e $R_{LAMP} = cte$. Descreva amplamente cada etapa com textos, equações e diagramas.



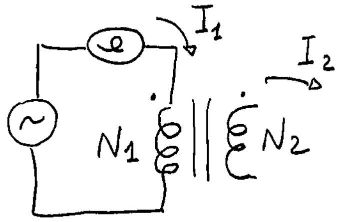
LAMP: 120V, 25W

T1: Primário 240 espiras
Secundário 80 espiras

P2 2006-1

Posição a:

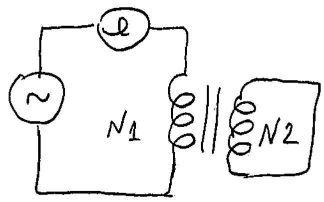
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$



Como $I_2 = 0$ então $I_1 = 0$ e a lâmpada está apagada.

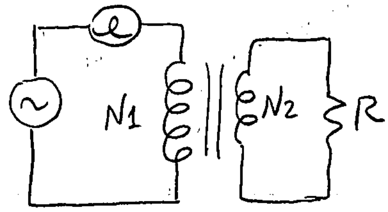
Posição b:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$



Como $V_2 = 0$ então $V_1 = 0$ e a lâmpada está com pleno brilho.

Posição c:

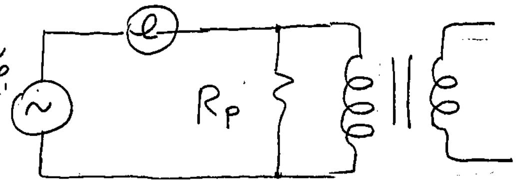


Transferindo R para o primário:

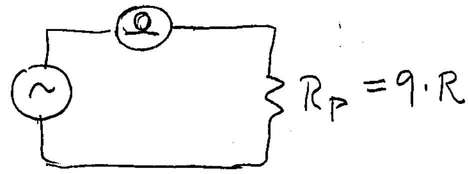
$$\frac{R_P}{R} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$R_P = R \cdot \left(\frac{240}{80}\right)^2 \rightarrow R_P = 9 \cdot R \quad (1)$$

Fica então:



Igual ao caso a. Portanto:



Resistência da lâmpada:

$$W_{LAMP} = \frac{V_{LAMP}^2}{R_{LAMP}}$$

$$R_{LAMP} = \frac{120^2}{25} \rightarrow R_{LAMP} = 576\,\Omega$$

Para que a lâmpada tenha o brilho reduzido à metade, é preciso que $R_{LAMP} = R_P$.

Usando a equação (1):

$$R_P = 9 \cdot R$$

$$576 = 9 \cdot R$$

$$R = 64\,\Omega \,//$$

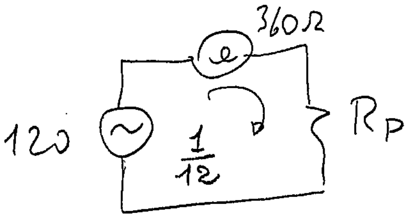
Considerando 1/2 potência sobre a lâmpada então $R = 26{,}5\,\Omega$

Com 40W e 1/4 brilho

$$R_{lamp} = \frac{120^2}{40} = 360\,\Omega$$

$$I_{nominal} = \frac{W}{V} = \frac{40}{120} = \frac{1}{3}\ Amp.$$

face $\frac{1}{4} I_{nom} \Rightarrow I_{1/4} = \frac{1/3}{4} = \frac{1}{12}\ Amp.$

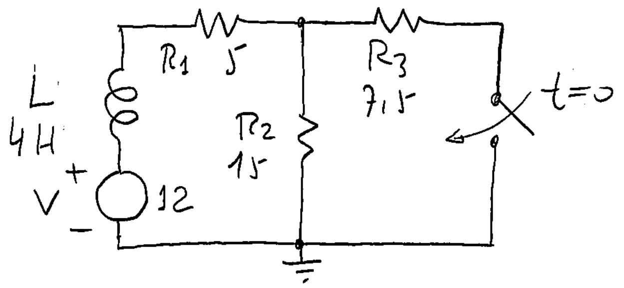


$$I_{1/4} = \frac{V}{R_{lamp} + R_p} \Rightarrow \frac{1}{12} = \frac{120}{360 + R_p}$$

$$R_p = 1080\,\Omega$$

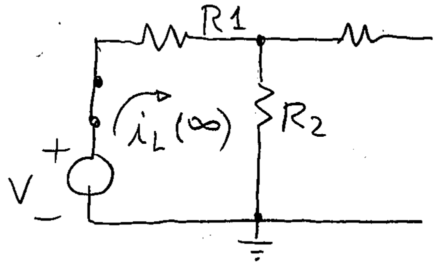
Ents $R = \frac{1080}{9} \rightarrow R = 120\,\Omega$ //

No circuito a seguir, a chave está aberta por muito tempo e fecha em t=0. Calcule o instante de tempo, a partir de t=0, em que a tensão no indutor se iguala a tensão em R1. Descreva cada passo de cálculo com texto, equações e diagramas.



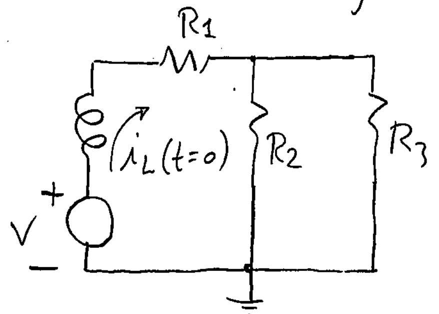
P2 2006-1

Após muito tempo,
$v_L(\infty) = 0$ e o circuito fica:

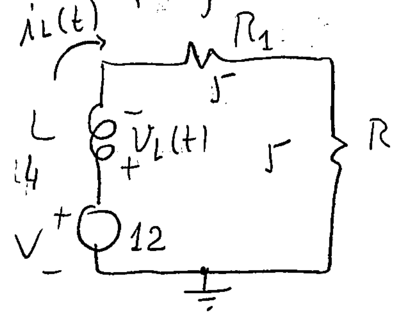


$$i_L(\infty) = \frac{V}{R_1+R_2} = \frac{12}{5+15} = 0{,}6 \text{ Amp.}$$

Quando a chave fecha, em t=0, a corrente no indutor não muda instantaneamente e o circuito fica:



Simplificando: $R = R_1 // R_3$
$R = 5\,\Omega$

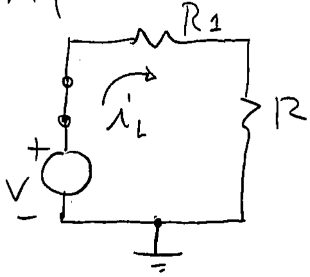


$$i_L(t=0) = 0{,}6$$

Tensão no indutor em t=0:
KVL: $-12 + V_L(0) + i_L(0)\cdot(R_1+R)$

$$V_L(t=0) = 6 \text{ Volts}$$

Após muito tempo o circuito fica:



$$i_L(\infty) = \frac{V}{R_1+R} = \frac{12}{5+5}$$

$$i_L(\infty) = 1{,}2 \text{ Amp.}$$

$$V_L(\infty) = 0$$

Equações do indutor:
Como existe corrente inicial:

$$i_L(t) = i_L(\infty) + (i_L(0) - i_L(\infty))\cdot e^{-t/\tau}$$

como $\tau = \frac{L}{R_1+R} = \frac{4}{5+5} = 0{,}4$ seg.

$$i_L(t) = 1{,}2 + (0{,}6 - 1{,}2)\, e^{-2{,}5\cdot t} \quad //$$

$$V_L(t) = V_L(0)\cdot e^{-t/\tau} = 6\, e^{-2{,}5 t} \quad //$$

Tempo onde $V_L = V_{R1}$:
como $V_{R1} = i_L \cdot R_1$ vem:

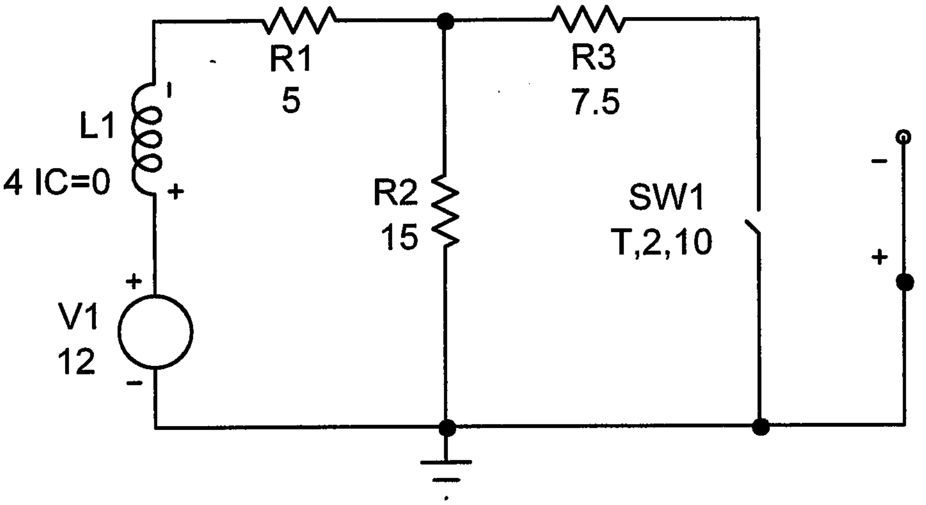
$$6\cdot e^{-2{,}5t} = \left[1{,}2 - 0{,}6\, e^{-2{,}5t}\right]\cdot 5$$

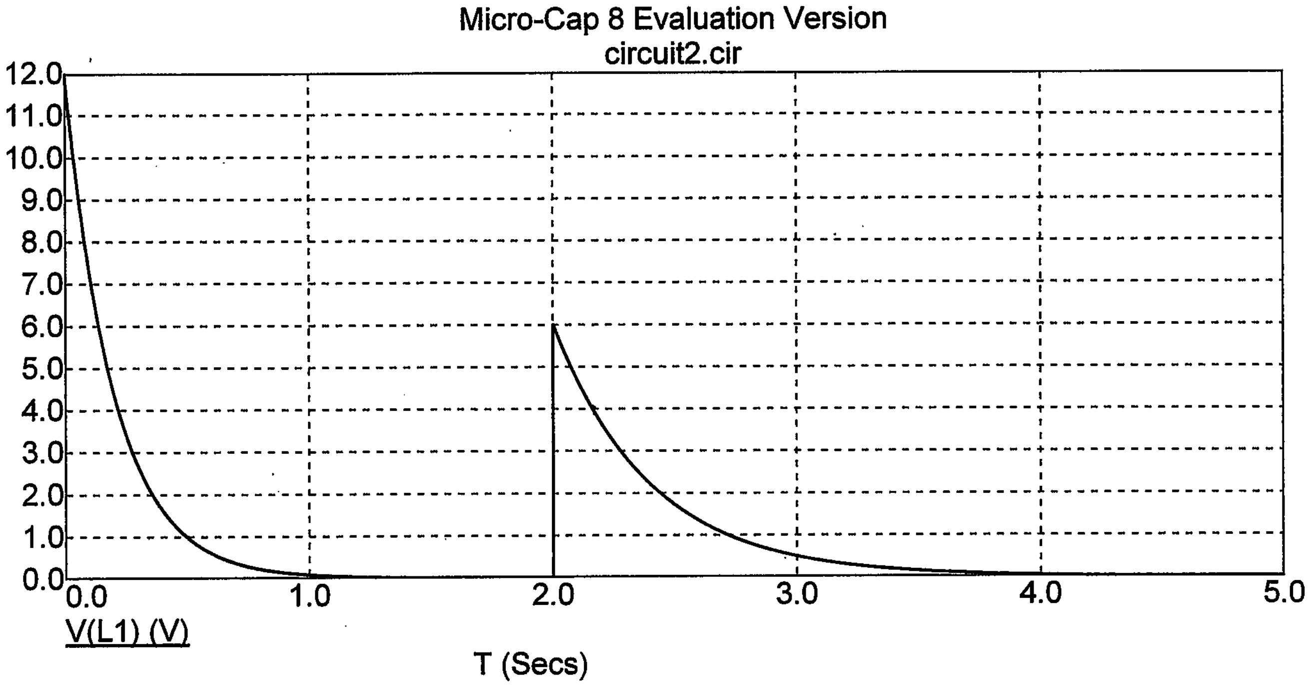
$$6\, e^{-2{,}5t} = 6 - 3\, e^{-2{,}5t}$$

$$e^{-2{,}5t} = \frac{6}{9}$$ tomando ln nos dois membros:

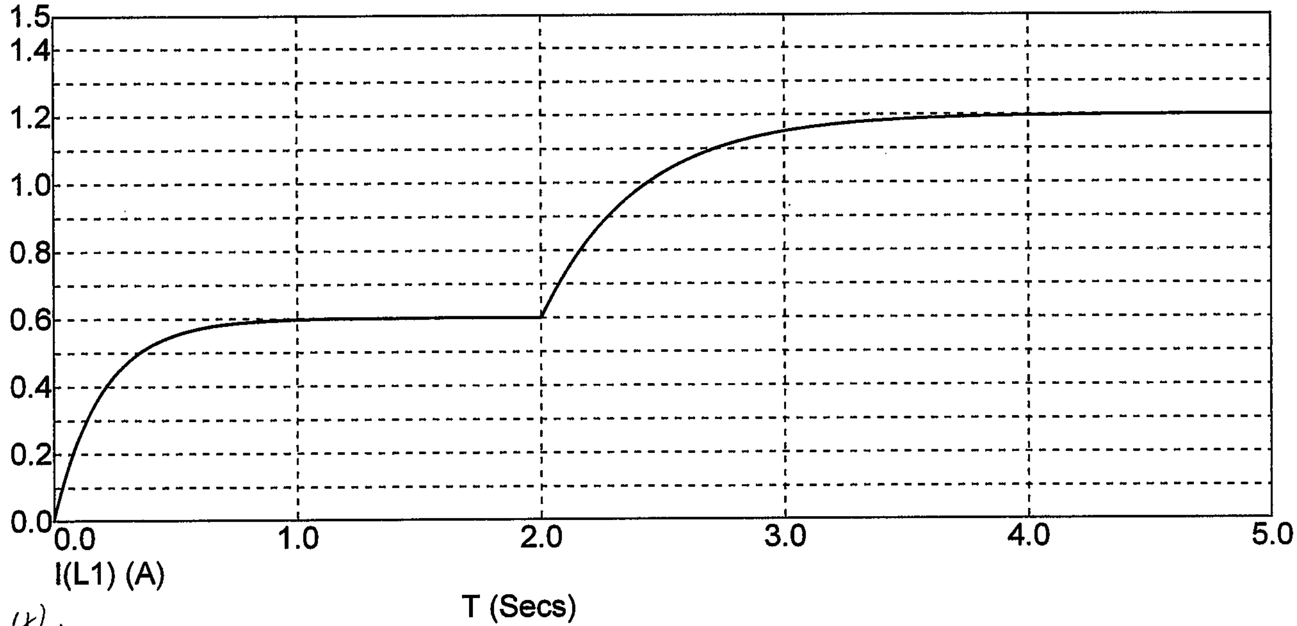
$$-2{,}5\, t = \ln 2/3 = -0{,}4055$$

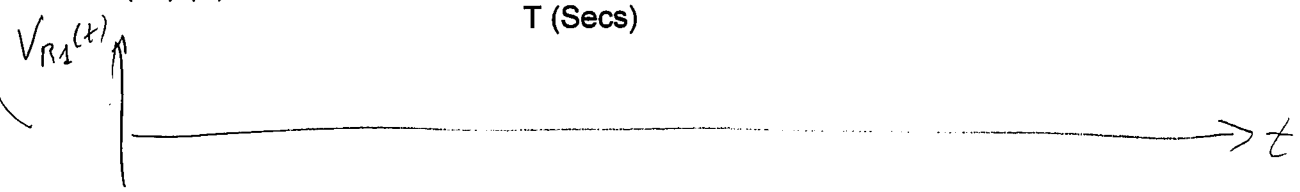
$$t = 0{,}1622 \text{ segundos} \quad //$$


R1
5
R3
7.5
L1
4 IC=0
R2
15
SW1
T,2,10
V1
12

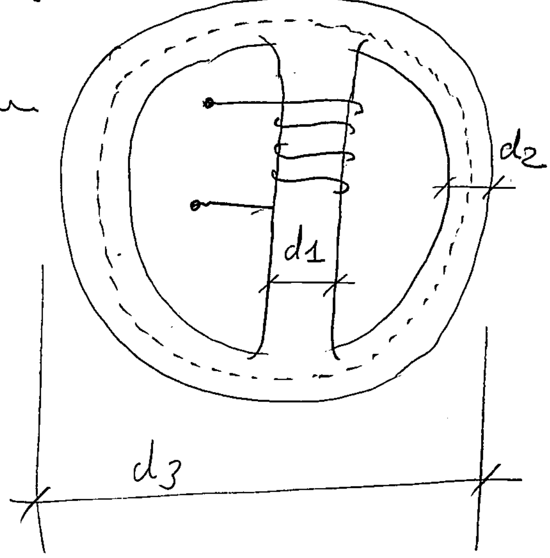

Micro-Cap 8 Evaluation Version
circuit2.cir
12.0
11.0
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
V(L1) (V)
T (Secs)

Jump to


1.5
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
I(L1) (A)
T (Secs)


$V_{R1}(t)$
t

A estrutura ao lado é formada por um cilindro vertical com diâmetro $d_1 = 5{,}66$ cm, cujos extremos são interligados por dois cilindros curvos de diâmetro $d_2 = 4$ cm formando um anel circular com diâmetro externo $d_3 = 18$ cm. Foi enrolada uma bobina de 390 espiras no cilindro central. O material magnético tem permeabilidade 1500 vezes maior que a do vácuo. Calcule a indutância desta estrutura, descrevendo cada etapa. Arredonde. P2 2006-1



Como $L = \dfrac{\mu \cdot A \cdot N^2}{l}$ precisamos determinar estes valores.

Permeabilidade: $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$

$\mu = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 1500 = 1{,}88 \cdot 10^{-3}$

Comprimento magnético do cilindro vertical, considerando todo o fluxo concentrado no centro da estrutura:

$l_1 = d_3 - d_2 = 18 - 4 = 14$ cm

Área:

$A_1 = \pi \left(\dfrac{d_1}{2}\right)^2 = 8\pi \text{ cm}^2 = 25{,}1 \text{ cm}^2$

Meia circunferência:

$l_2 = \dfrac{1}{2} \cdot 2 \cdot \pi \left(\dfrac{d_3 - d_2}{2}\right)$

$l_2 = 7 \cdot \pi \text{ cm} = 22 \text{ cm}$

Área:

$A_2 = \pi \left(\dfrac{d_2}{2}\right)^2 = 4\pi$

As duas metades estão em paralelo e possuem a metade da área do cilindro central. Deste modo, todo o caminho tem área constante de 8π cm²

Então: $l = l_1 + l_2 = 36$ cm

$$L = \frac{1{,}88 \cdot 10^{-3} \cdot 8\pi \cdot 10^{-4} \cdot 390^2}{36 \cdot 10^{-2}}$$

$L = 2$ Henrys //

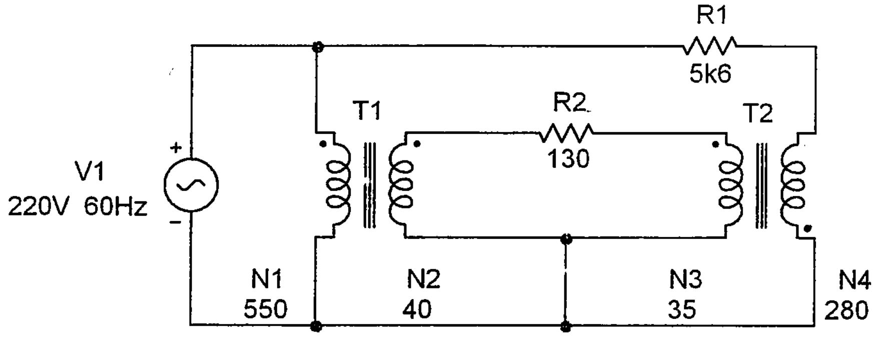
Interessante calcular pelas relutâncias $R = \dfrac{l}{\mu \cdot A}$ e obter a relutância do caminho e usar o termo $\dfrac{A}{l}$ para entrar na equação $L = \mu \cdot N2 \cdot \dfrac{A}{l}$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2006/2

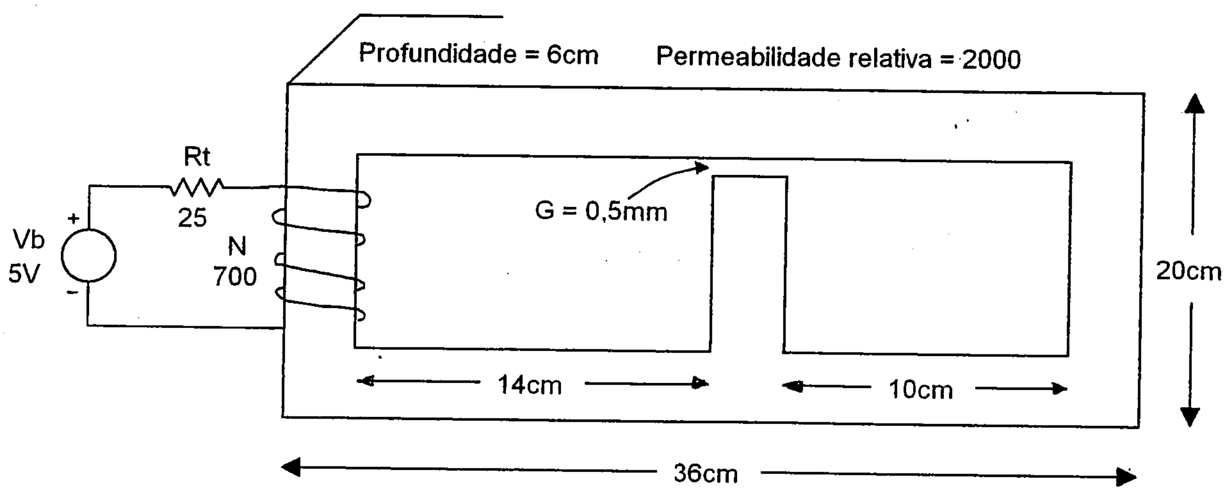
Prova 2 4/12/2006

Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (4 pontos) Determine a corrente que passa pelo resistor R2. Esboce o caminho para a solução antes de iniciar o equacionamento. Descreva extensivamente cada etapa do seu trabalho com textos, diagramas e equações pois isso será avaliado. Observe a polaridade dos enrolamentos.
$N_a / N_b = I_b / I_a = V_a / V_b \quad R_a / R_b = (N_a / N_b)^2.$

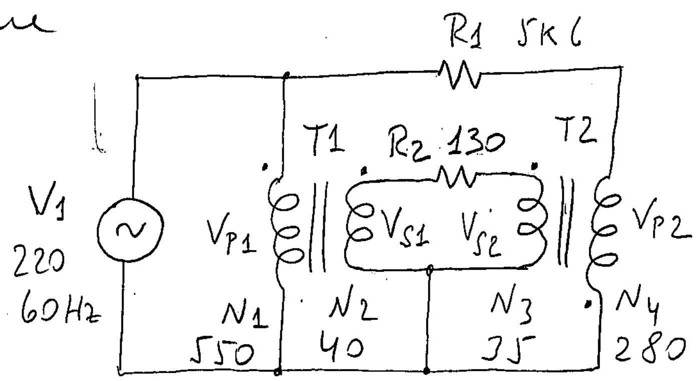


2. (6 pontos) Na estrutura magnética a seguir, a) Calcule o fluxo no entreferro, após o sistema estar ligado por muito tempo. Cada passo da solução deve ser amplamente documentado. Evite escrever para os lados. b) Calcule a indutância da bobina. c) Determine a equação temporal do circuito e o tempo que leva o fluxo no entreferro para alcançar a metade do seu valor máximo. Arredonde cada cálculo em 3 dígitos significativos. Faça analogia com um circuito elétrico. Lembre-se de descrever cada passo da solução pois isso ajuda a organizar os pensamentos. $\mu o = 4 \pi 10^{-7}$ Wb/Am.



Determine a corrente que passa pelo resistor R2.

Esboce o caminho para a solução antes de iniciar o equacionamento. Descreva cada etapa do trabalho. Observe a polaridade dos enrolamentos.



P2 2006-2

T1 está ligado diretamente na rede. É possível calcular V_{S1}.

T_2 tem R_1 em série com o primário.

A conexão mostra que R_2 é alimentado por V_{S1} e V_{S2}.

Caminho para a solução:

a) Transferir R1 para o secundário

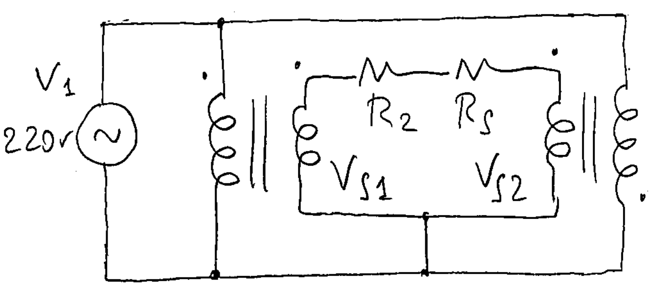
b) Calcular V_{S1} e V_{S2}

c) Descobrir R2.

__a)__ Sabemos que $\dfrac{R_P}{R_S} = \left(\dfrac{N_P}{N_S}\right)^2$

Então: $\dfrac{R_1}{R_S} = \left(\dfrac{280}{35}\right)^2$

$R_S = 87{,}5\,\Omega$ // Fica então:



__b)__ Como $\dfrac{V_P}{V_S} = \dfrac{N_P}{N_S}$ vem:

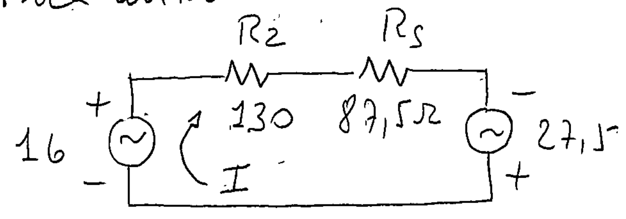
$$\frac{V_{P1}}{V_{S1}} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow V_{S1} = V_P \cdot \frac{N_2}{N_1}$$

$$V_{S1} = 220\,\frac{40}{550} \rightarrow V_{S1} = 16\text{ Volts}$$

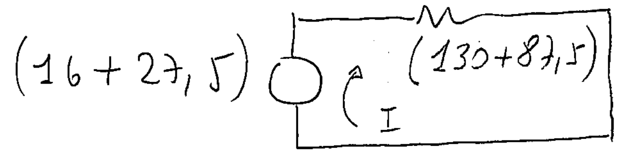
$$\frac{V_{P2}}{V_{S2}} = \frac{N_4}{N_3} \rightarrow V_{S2} = V_{P2}\,\frac{N_3}{N_4}$$

$$V_{S2} = 220\,\frac{35}{280} \rightarrow V_{S2} = 27{,}5\text{ Volts}$$

Fica então:



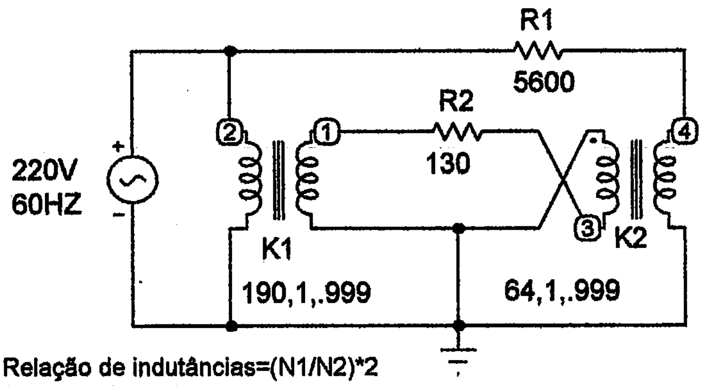
Simplificando:



Equacionando: $I = \dfrac{V}{R}$

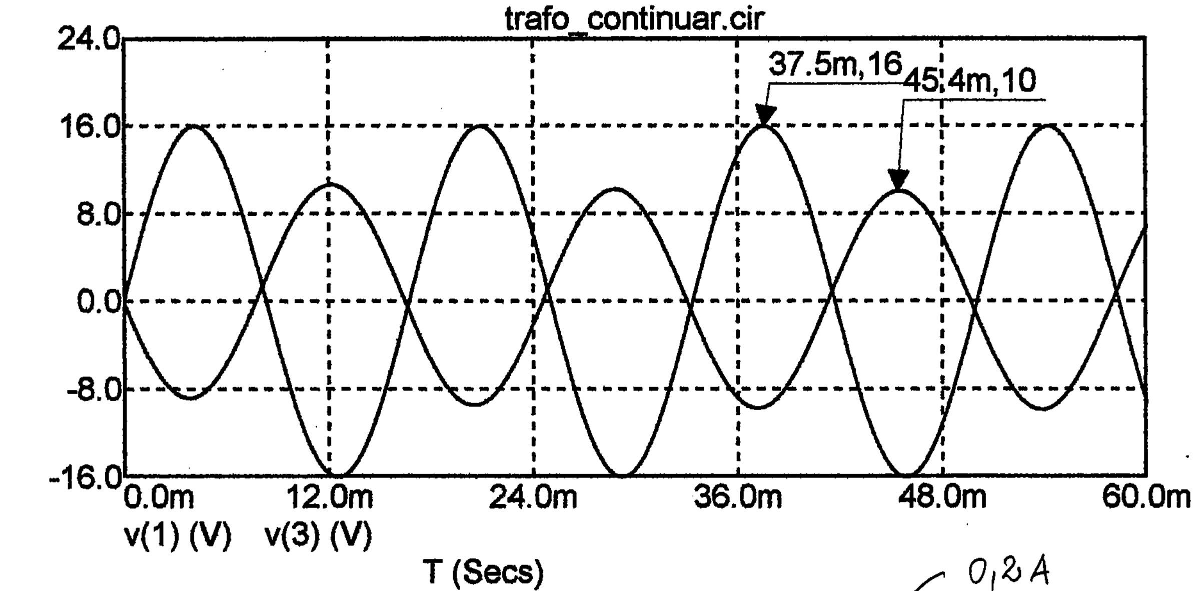
$$I = \frac{43{,}5}{1217{,}5}$$

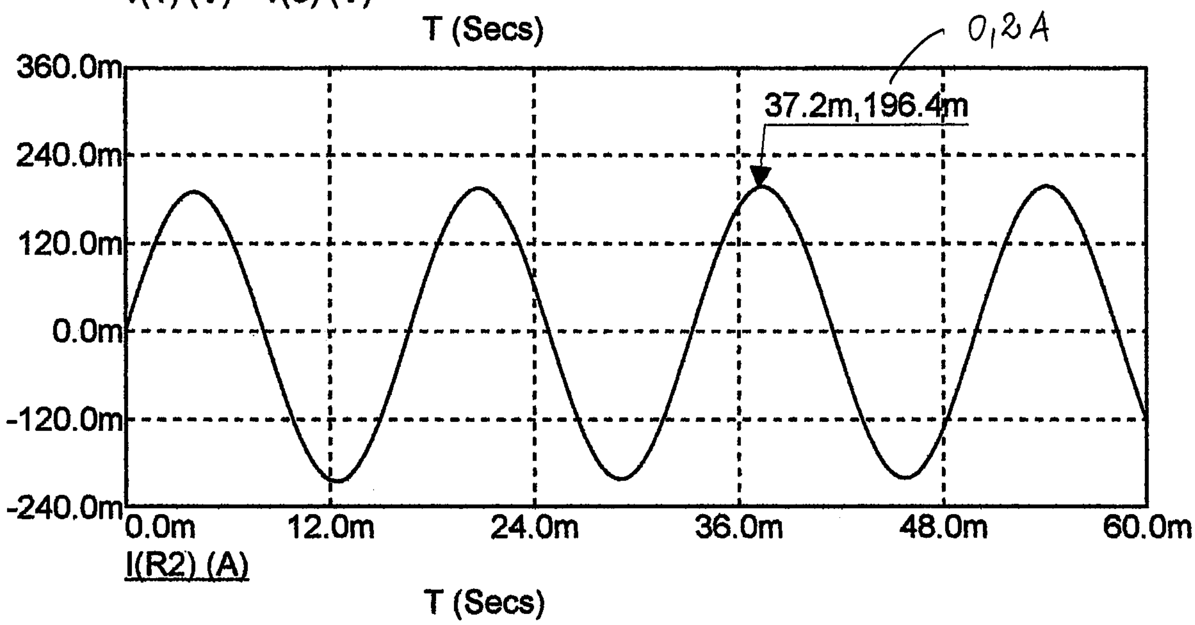
$I = 0{,}2$ Ampères //



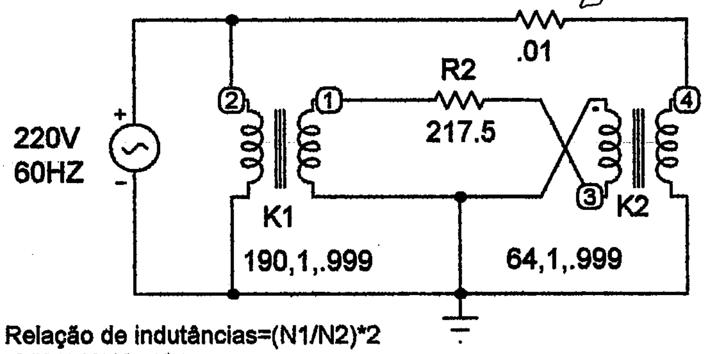
Relação de indutâncias=(N1/N2)*2
(550/140)*2=190
(280/35)*2=64

Micro-Cap 8 Evaluation Version
trafo_continuar.cir

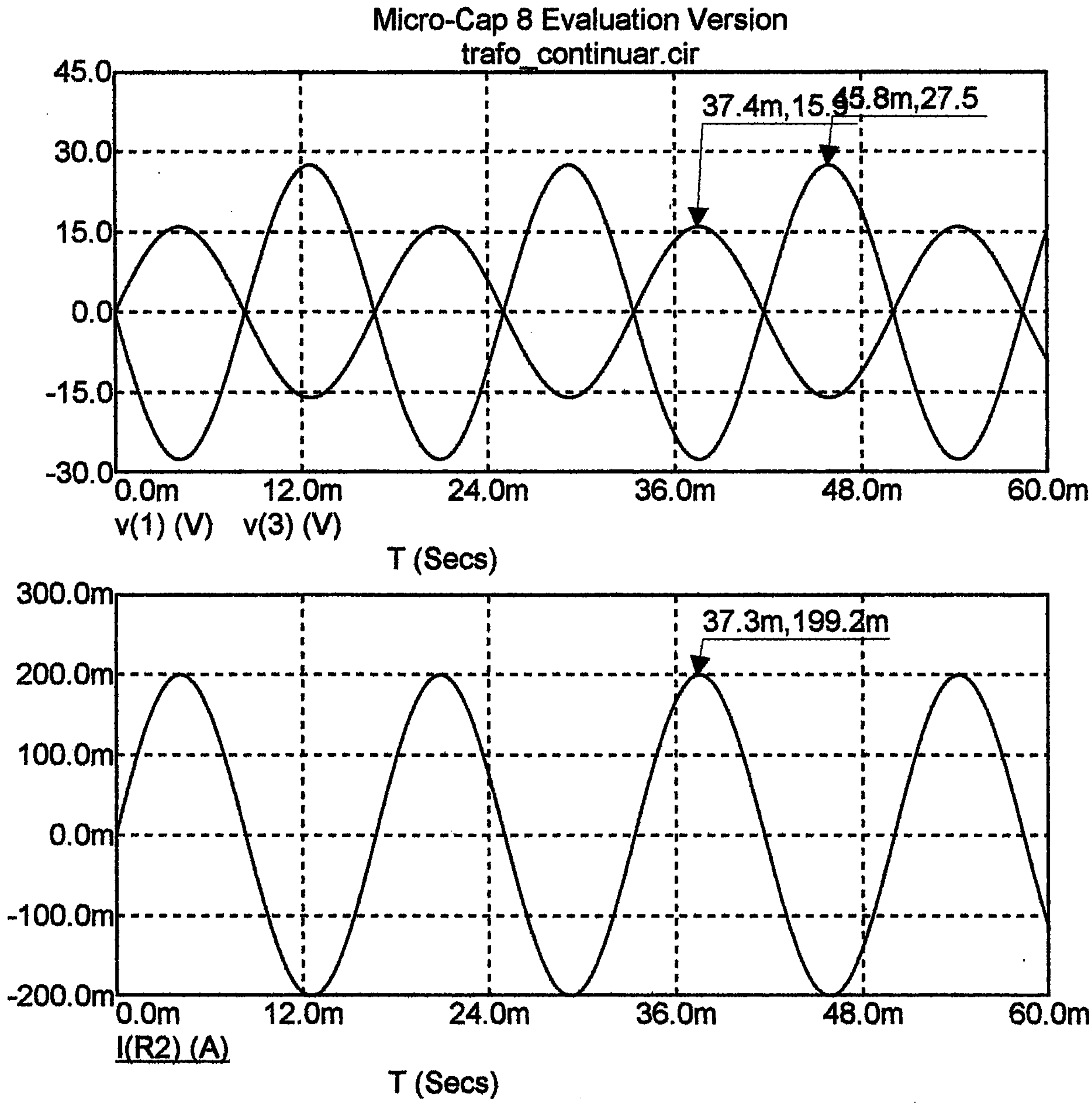




com outro núcleo



Relação de indutâncias=(N1/N2)*2
(550/140)*2=190
(280/35)*2=64



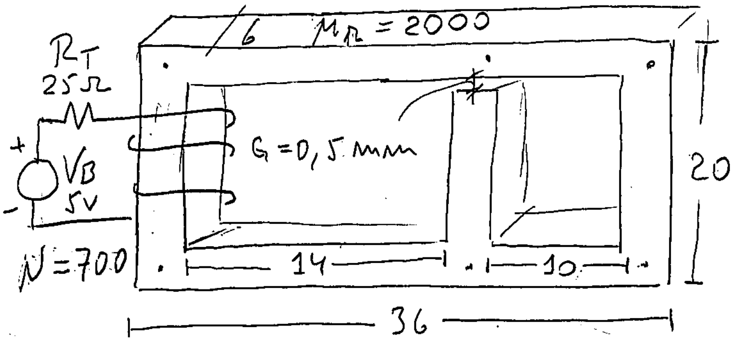
a) Calcule o fluxo magnético no entreferro G da estrutura à seguir (direita), após o circuito magnético estar estabilizado.

b) Calcule a indutância da bobina.

c) Determine a equação temporal e o tempo que leva o fluxo G para alcançar a metade do máximo.

Arredonde cada cálculo em 3 dígitos significativos.

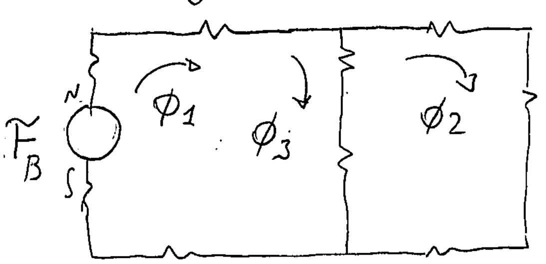
Dica: faça analogia com um circuito elétrico.



Dimensões em centímetros

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \frac{Wb}{A\cdot m}$ — P2 2006-2

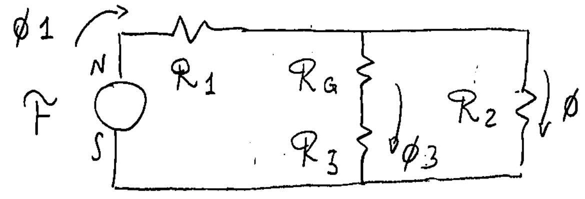
Analogia com circ. elétrico:



Nota para $L = \frac{N^2}{R} = \frac{700^2}{86,2k + 52,9k}$

$L = 3,5\,H$

Simplificando:



Calculando as relutâncias:

$$R = \frac{l}{\mu \cdot A}$$

Área da secção reta é constante;

Largura do caminho mag.:

$$\frac{36-14-10}{3} = 4\,cm$$

Então;

$$A = 4cm \cdot 6cm = 24\,cm^2 = 24 \cdot 10^{-4}\,m$$

Comprimento dos caminhos magnéticos:

$$l_1 = 2(14+4) + (20-4) = 52\,cm = 0,52\,m$$

$$l_2 = 2(10+4) + (20-4) = 44\,cm = 0,44\,m$$

$$l_3 = 20-4 = 16\,cm = 0,16\,m$$

Permeabilidade mag. da estrutura: $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r = 4\pi 10^{-7} \cdot 2000$

Portanto;

$$R_1 = \frac{0,52}{8 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 24 \cdot 10^{-4}} = 86,2 \cdot 10^3 \frac{A}{Wb}$$

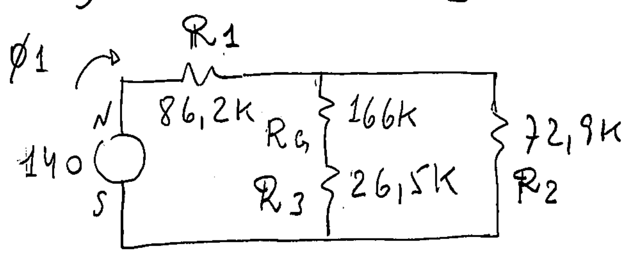
$$R_2 = \frac{0,44}{8 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 24 \cdot 10^{-4}} = 72,9 \cdot 10^3 \frac{A}{Wb}$$

$26,5 \cdot 10^3$

$$R_3 = \frac{0,16}{8 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 24 \cdot 10^{-4}} = 26,5 \cdot 10^3 \frac{A}{Wb}$$

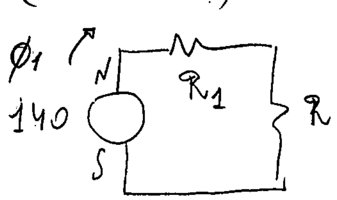
$$R_G = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 24 \cdot 10^{-4}} = 166 \cdot 10^3 \frac{A}{Wb}$$

Fazendo a analogia:



Cálculo de ϕ_1: Simplificando

$$(R_G + R_3) // R_2 = R = 52,9k$$

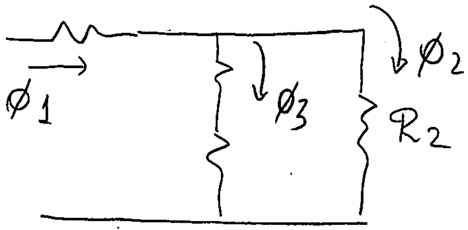


$$\phi_1 = \frac{F}{R_1 + R}$$

$$\phi_1 = \frac{140}{86{,}2k + 52{,}9k}$$

$$\phi_1 = 10^{-3}\ Wb \ //$$

Divisor de fluxo:



$$\phi_G = \phi_3 = \phi_1 \frac{R_2}{R_2 + R_G + R_3}$$

$$\phi_G = 10^{-3} \frac{72{,}9}{72{,}9 + 166 + 23{,}2}$$

$$\phi_G = 0{,}278\ mWb \ //$$

Cálculo da indutância:

$$L = N \frac{d\phi}{di} = N \frac{\Delta \phi}{\Delta i} = 700 \frac{10^{-3}\ Wb}{0{,}2\ A}$$

$$L = 3{,}5\ H \ //$$

Equação de $i_L(t)$:

$$i_L(t) = i_L(\infty) \cdot \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{3{,}5}{25} = 0{,}14 \text{ segundos}$$

$$i_L(t) = 0{,}2 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{0{,}14}}\right) \ //$$

como o fluxo é proporcional à corrente, para obter ϕ_G metade do máximo, precisa metade da corrente máxima:

$$0{,}1 = 0{,}2 \left(1 - e^{-\frac{t}{0{,}14}}\right)$$

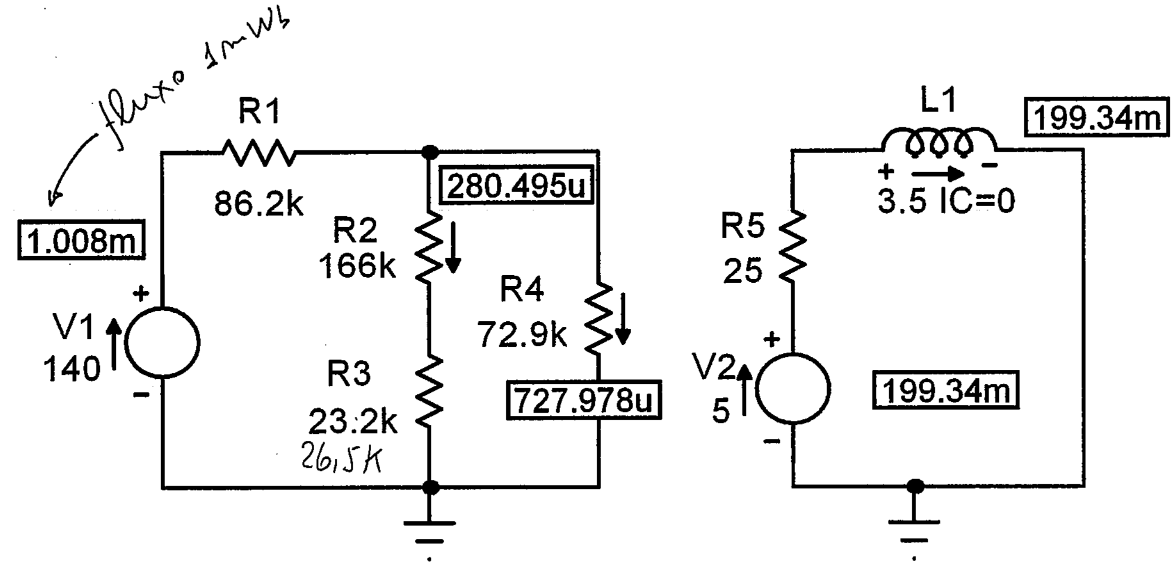
Isolando t:

$$\frac{0{,}1}{0{,}2} - 1 = -e^{-\frac{t}{0{,}14}}$$

$$\ln(+0{,}5) = \ln\left(+e^{-\frac{t}{0{,}14}}\right)$$

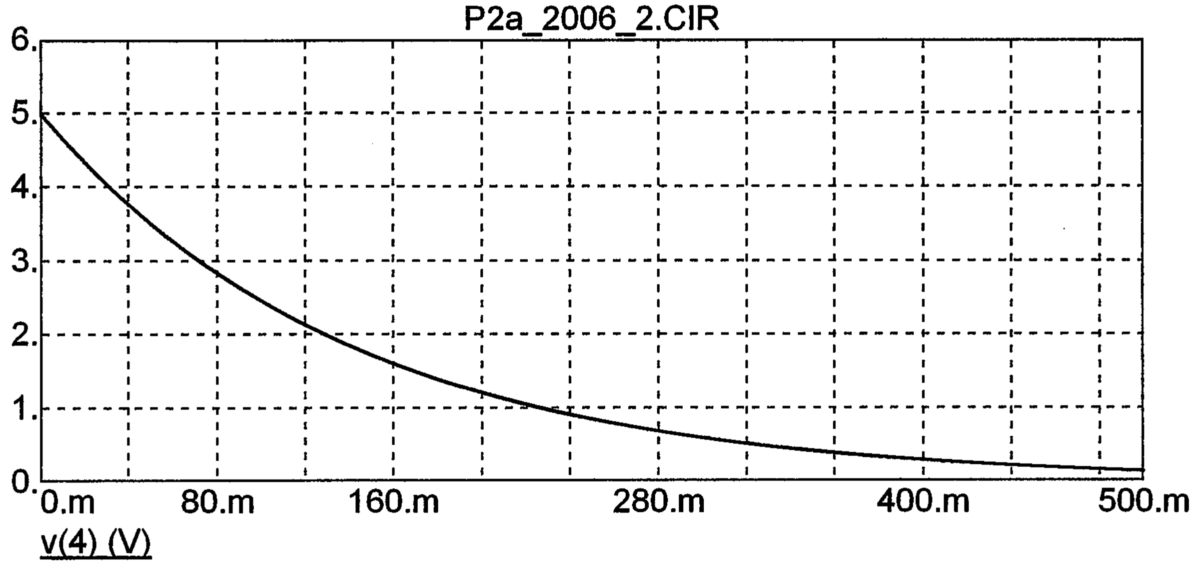
$$-0{,}693 = -\frac{t}{0{,}14}$$

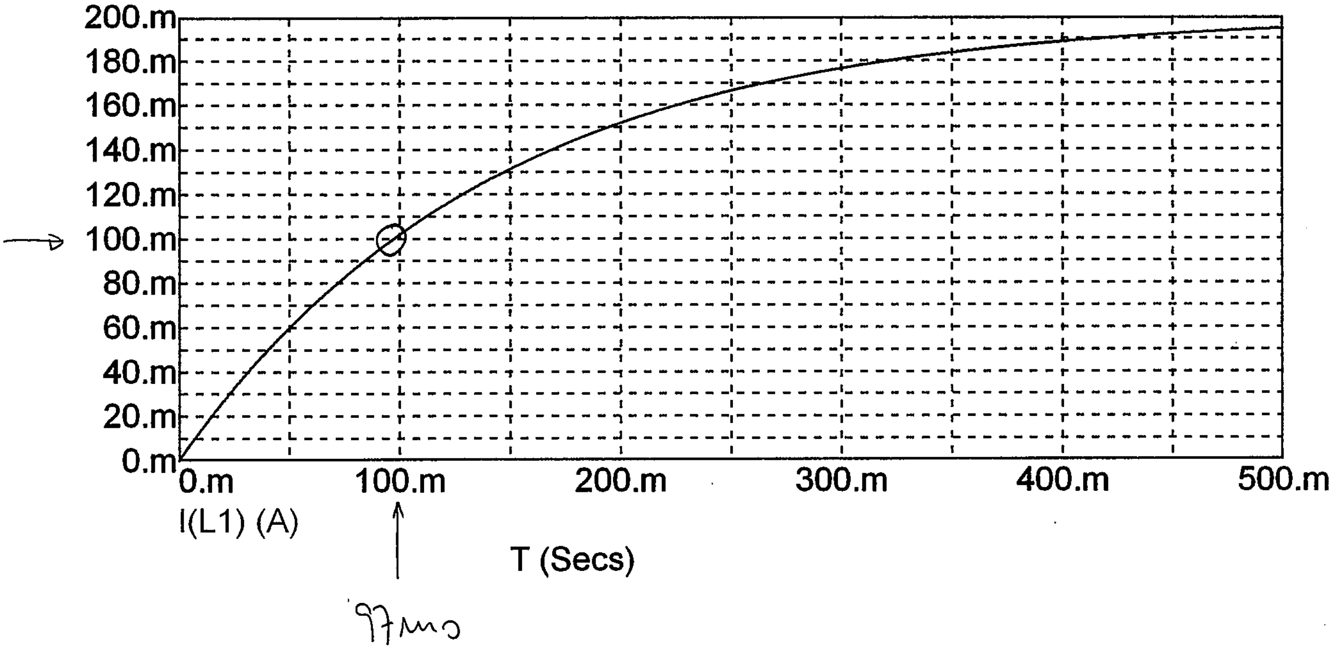
$$t = 97\ ms \ //$$



Micro-Cap 8 Evaluation Version

P2a_2006_2.CIR



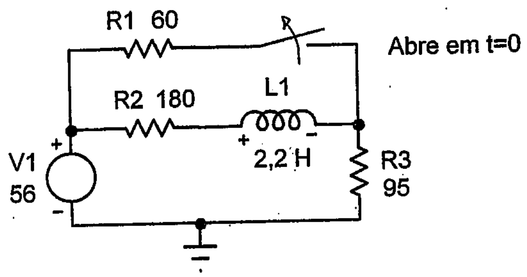


Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2007/1

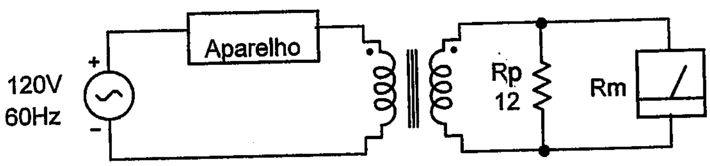
Prova 2 3/7/2007

Nome: GABARITO **Turma:** _____

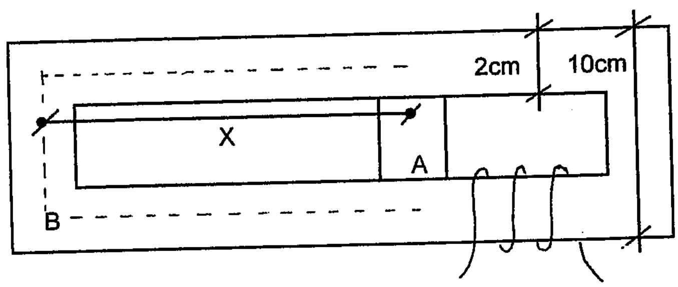
1. (4,0) circuito a seguir está ligado a muito tempo e, em t = 0, a chave abre. Equacione a corrente em R_3 a partir deste momento, descrevendo cada etapa da solução com textos, equações e esquemas, pois isso será avaliado. Esboce o gráfico temporal desta corrente, começando alguns momentos antes de t = 0. Escreva de cima para baixo.



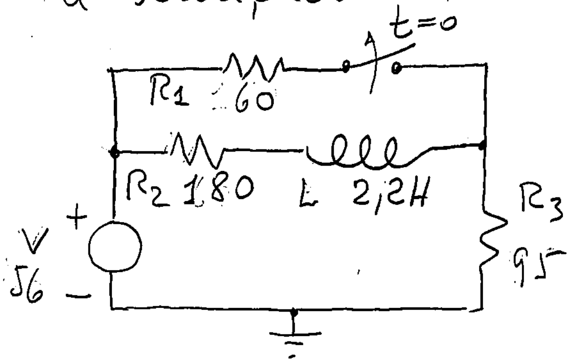
2. (3,0) Na medida da corrente consumida por aparelhos ligados à rede elétrica, costuma-se usar um <u>transformador de corrente</u>, que oferece simplicidade e isolação galvânica. Estude o circuito a seguir e calcule, descrevendo cada passo do seu trabalho:
a) Resistência em série com o aparelho, supondo o uso de um transformador ideal.
b) máxima corrente que pode ser medida.
c) Tensão na saída se for retirada R_p e R_m.
O medidor é um galvanômetro para corrente alternada com resistência interna de $R_m = 48\Omega$ e plena deflexão do ponteiro com 5mA. Foi usado um transformador de tensão tipo 220/5,5 ligado ao contrário (enrolamento de 5,5 Volts ligado no lado da rede).



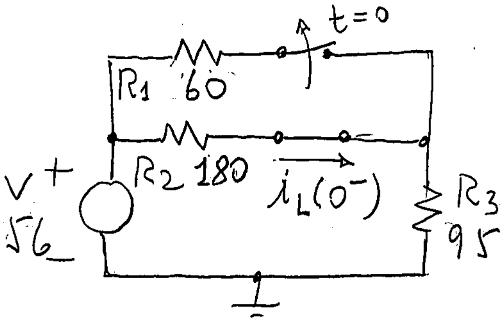
3. (3,0) circuito magnético a seguir tem secção reta constante, sendo formado pela peça A, com permeabilidade relativa de 200, que pode se deslocar ao longo da peça B, que tem permeabilidade relativa de 500. Uma bobina completa o circuito. Calcule a distância X para que o fluxo magnético na peça A seja o triplo do fluxo no caminho B, marcado na figura.
Como sempre, descreva em detalhes cada passo da solução.



No circuito a seguir, a chave está fechada por muito tempo e abre em $t = 0$. Equacione a corrente em R_3 a partir deste momento. Descreva amplamente a solução.



Circuito estabilizado em $t = 0^-$ → $v_L(0^-) = 0$



condição inicial: $i_L(0^-)$:

Divisor de corrente:

$$i_L(0^-) = I \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

Como: $$I = \frac{V}{R_1 // R_2 + R_3}$$

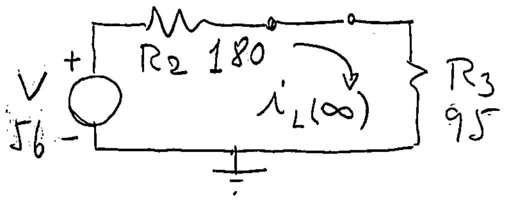
$$I = \frac{56}{\frac{60 \cdot 180}{60+180} + 95} = 0,4$$

Então: $$i_L(0^-) = 0,4 \cdot \frac{60}{180+60} = 0,1$$

Em $t=0$ a chave abre mas a corrente no indutor não muda:

$$i_L(0^-) = i_L(0^+) = 0,1 \text{ Amp.}$$

Após 5 constantes de tempo o circuito se estabiliza novamente:



$$i_L(\infty) = \frac{V}{R_2+R_3} = \frac{56}{180+95} = 0,204$$

Como $i_{R3} = i_L(t)$:

$$i_{R3} = i_L(\infty) + [i_L(\infty) - i_L(0)] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

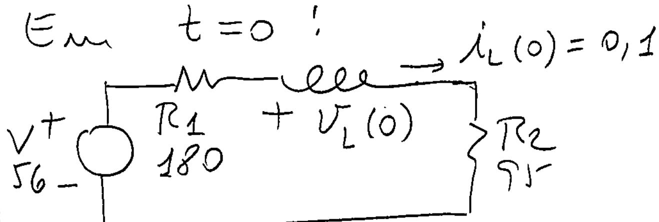
$$\tau = \frac{L}{R_2+R_3} = \frac{2,2}{180+95} = 8ms$$

$$i_{R3} = 0,204 + (0,204 - 0,1) \cdot e^{-\frac{t}{8ms}}$$

$$i_{R3} = 0,204 + 0,104\, e^{-125t}$$

Tensão no indutor:

Em $t=0$:

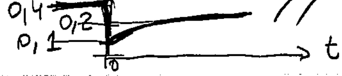


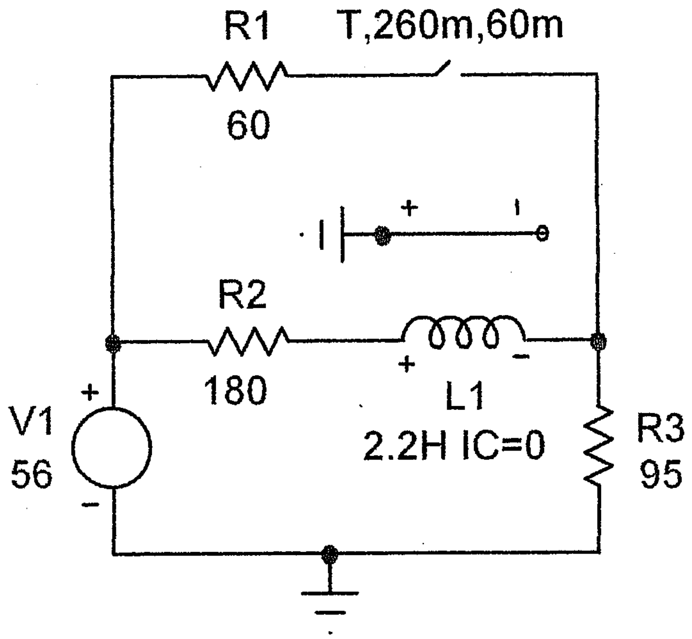
$$KVL: -V + i_L(0) \cdot (R_1+R_2) + v_L(0) = 0$$

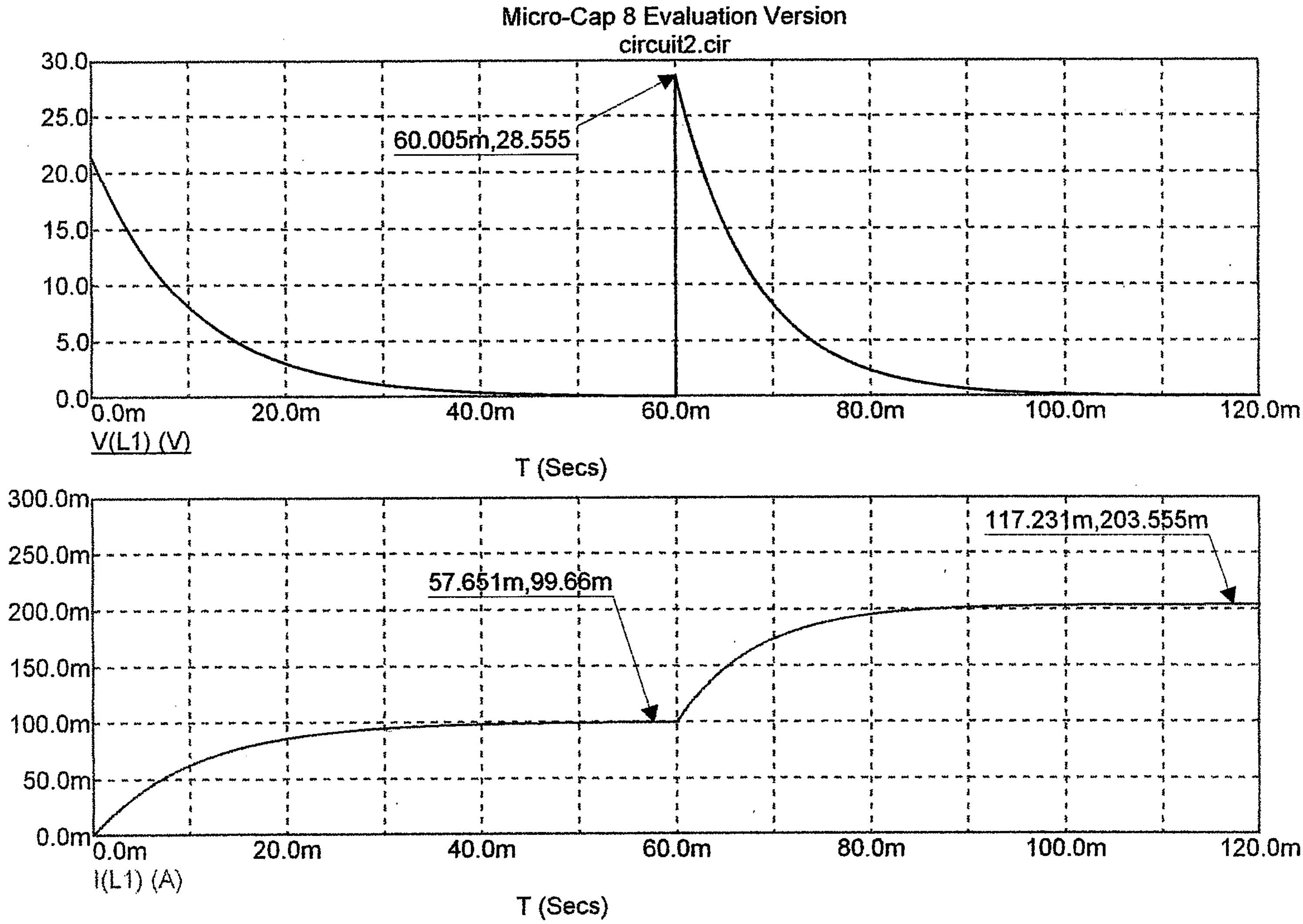
Então $v_L(0) = +28,5$

$$v_L(t) = v_L(0)\, e^{-t/\tau}$$

$$v_L(t) = 28,5 \cdot e^{-125t}$$




R1
T,260m,60m
60
R2
180
V1
56
L1
2.2H IC=0
R3
95


Micro-Cap 8 Evaluation Version
circuit2.cir
60.005m,28.555
V(L1) (V)
T (Secs)
117.231m,203.555m
57.651m,99.66m
I(L1) (A)
T (Secs)

Para medir a corrente consumida por aparelhos ligados à rede elétrica, costuma-se usar um transformador de corrente, que oferece isolação galvânica e simplicidade.

Estude o circuito a seguir e calcule:

a) Resistência equivalente em série com o aparelho.

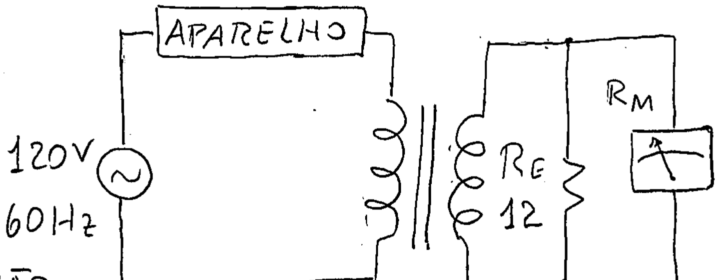
b) Máxima corrente que pode ser medida.

c) Tensão na saída se for retirado R_E e R_M do circuito.

Dados:

O medidor é um galvanômetro para corrente alternada com resistência interna de 48Ω e plena deflexão com 5mA.

Foi usado um transformador de tensão comum, tipo 220/5,5 ligado ao contrário (enrolamento de 5,5 em série com a rede).



VERSÃO 2010/1: $R_P = 10$, $R_M = 40 \rightarrow R_E = 8\Omega$

$$R_1 = \left(\frac{5{,}5}{220}\right)^2 \cdot 8 = 0{,}005\,\Omega$$

$$I_M = 5mA = I_2 \cdot \frac{10}{10+40} = 25mA \rightarrow I_1 = 1\,Amp$$

a) Resistência equivalente no secundário:

$$R_2 = R_E // R_M = \frac{12 \cdot 48}{12+48} = 9{,}6\,\Omega$$

Relação de espiras:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow \frac{5{,}5}{220} = \frac{N_1}{N_2}$$

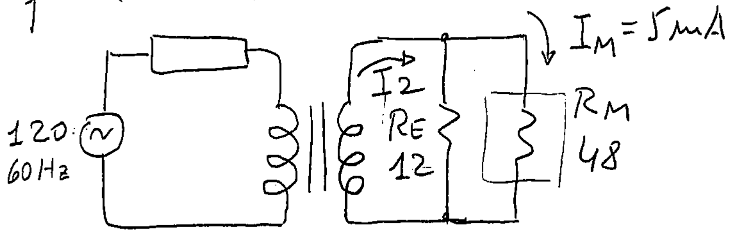
$$\frac{N_1}{N_2} = n = 0{,}025$$

Resistência em série com o aparelho:

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = n^2$$

$$R_1 = 9{,}6 \cdot 0{,}025^2 \rightarrow R_1 = 0{,}006\,\Omega$$

b) Com 5mA no galvanômetro, qual a corrente I_1?



Divisor de corrente:

$$I_M = I_2 \frac{R_E}{R_E + R_M} \quad \text{Então:}$$

$$I_2 = I_M \frac{R_E + R_M}{R_E} = 5mA\,\frac{12+48}{12} = 25mA$$

Como $\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$

$$I_1 = 25mA \cdot \frac{220}{5{,}5} \rightarrow I_1 = 1\ \text{Ampère}$$

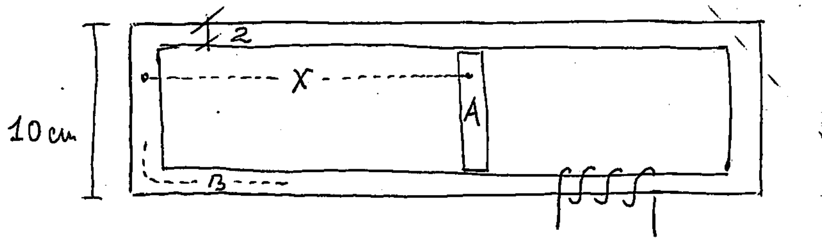
c) Sem carga na saída:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \rightarrow \frac{I_1}{\text{zero}} = \frac{220}{5{,}5} \rightarrow I_1 = \text{zero}$$

Então V_{REDE} aparece no primário:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow V_2 = 120 \cdot \frac{220}{5{,}5} \rightarrow V_2 = 4800\,V$$

O CIRCUITO MAGNÉTICO AO LADO TEM SECÇÃO RETA CONSTANTE. A PEÇA A, COM PERMEABILIDADE RELATIVA DE 200, PODE SE DESLOCAR AO LONGO DA PEÇA MAIOR, QUE TEM PERMEABILIDADE RELATIVA DE 500. CALCULE A DISTÂNCIA X PARA QUE O FLUXO NA PEÇA A SEJA O TRIPLO DO FLUXO NO CAMINHO B.

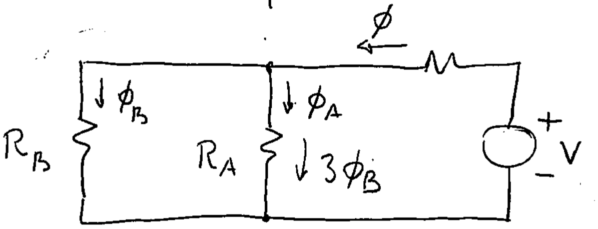


INTRO EX 2007/1

$\mu_A = 200 \quad \mu_B = 500$

$\phi_A = 3\,\phi_B$

Modelando por um circuito elétrico:



Divisor de corrente:

$$\phi_B = \phi \frac{R_A}{R_A + R_B}$$

Como $\phi = \phi_A + \phi_B$

$$\phi = \phi_B + 3\,\phi_B = 4\,\phi_B$$

logo:

$$\cancel{\phi_B} = 4\,\cancel{\phi_B} \frac{R_A}{R_A + R_B}$$

$R_B = 3 R_A$ então:

$$\frac{l_B}{\mu_B \cdot A} = \frac{3 \cdot l_A}{\mu_A \cdot A}$$

Como:

$$l_A = 10 - 2 - 2 = 6\,cm$$

$$l_B = 2 \cdot X + 10 - 2 = 2 \cdot X + 8\,cm$$

Fica:

$$l_B = \frac{500 \cdot 3 \cdot 6}{200} = 45\,cm$$

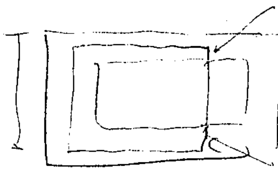
Portanto:

$$2 \cdot X + 8 = 45\,cm$$

$$X = 18{,}5\,cm \quad //$$

Ou então

10



$10 - 2 + 2 = 10$

$l_B = 2X + 10$

$\Rightarrow X = 17{,}5$

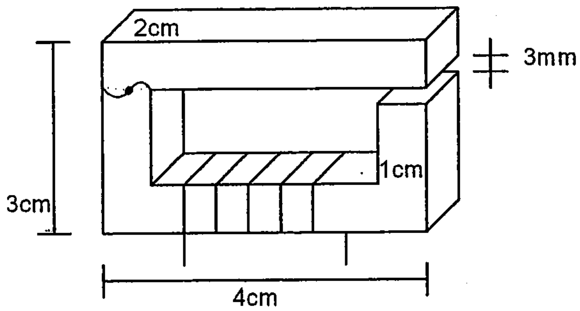
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2007/2

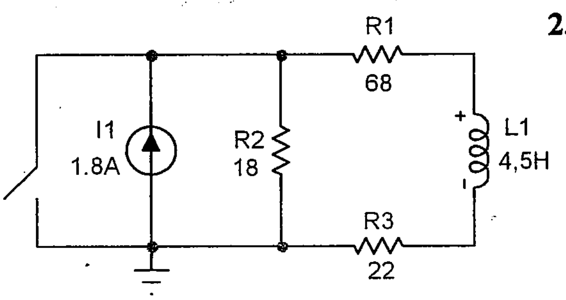
Prova 2 **3/12/2007**

Nome: GABARITO **Turma:** _____

3,0

1. (~~3,5~~ pontos) O relé da figura ao lado fecha com um fluxo magnético de $8 \cdot 10^{-5}$ Webers. Calcule a corrente a ser aplicada na bobina com 200 espiras para este fim, descrevendo amplamente cada etapa da solução com textos, equações e esquemas.
Dados: entreferro lg = 3mm; permeabilidade relativa do núcleo = 400.

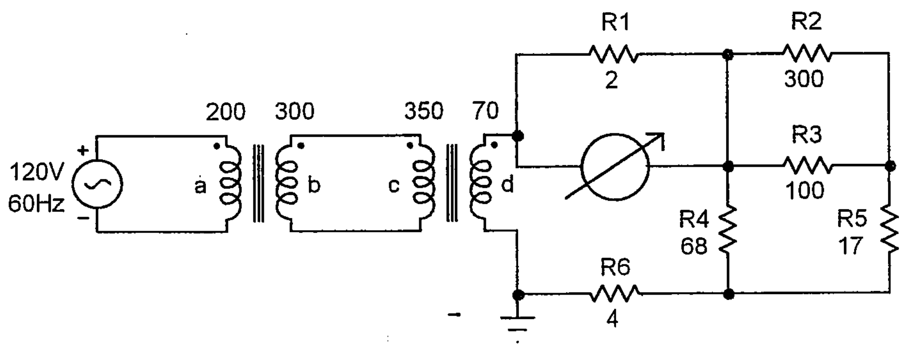




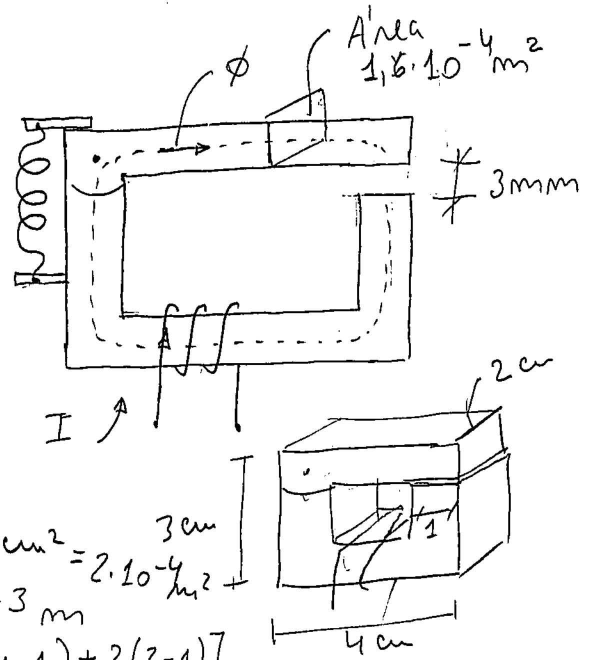
2. (4 pontos) O circuito a seguir está ligado por muito tempo. Em t=0 a chave fecha.
a) Calcule a tensão nos extremos da chave um instante antes do fechamento.
b) Determine a equação e esboce o gráfico temporal da corrente que passa na chave fechada, a partir de t=0. Descreva cada etapa com textos, equações e diagramas.

3,0

3. (~~[illegible]~~ pontos) No circuito a seguir, o galvanômetro de ferro móvel G e o resistor R_1 formam um ampermetro que mede correntes contínuas ou alternadas. Calcule o valor indicado pelo galvanômetro sabendo que sua sensibilidade é de 100mA para plena deflexão do ponteiro e sua resistência interna é de 38 Ohms. Todas as etapas da solução devem ser extensivamente descritas e equacionadas.



O relé ao lado fecha com um fluxo magnético de $\phi = 0{,}8 \cdot 10^{-4}$ Wb. Calcule a corrente I para o fechamento.



Entreferro: $l_g = 3 mm$

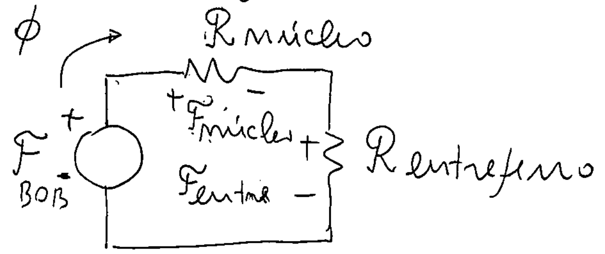
Núcleo com secção reta constante de $A_n = 1{,}6 \cdot 10^{-4} m^2$ e permeabilidade $\mu_r = 400$ — $1 \cdot 2 = 2 cm^2 = 2 \cdot 10^{-4} m^2$

Caminho magnético $l = 100 \cdot 10^{-3}$ m — $[2 \cdot (4-1) + 2(3-1)]$

Bobina com $N = 200$ espiras

P2 2007/2

Circuito magnético equivalente:



Pela lei de Ampère:

$$\sum_{\substack{\text{caminho} \\ \text{fechado}}} F = 0 \quad \text{Força magnetomotriz}$$

$$-F_{Bob} + F_{núcleo} + F_{entre} = 0$$

como $F = N \cdot I = H \cdot l$

$$N_{Bob} \cdot I_{bob} = H_{núcleo} \cdot l_{núcleo} + H_{entre} \cdot l_{entre}.$$

Precisamos calcular a força magnetizante H. Como $\mu = \frac{B}{H}$ precisamos calcular a densidade de fluxo B.

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{0{,}8 \cdot 10^{-4} Wb}{1{,}6 \cdot 10^{-4} m^2} = 0{,}5\ T \quad (0{,}4T)$$

(2)

como $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$ vem:

$$\mu = 400 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} = 500 \cdot 10^{-6} \frac{Wb}{A \cdot m} \quad (503)$$

Então:

$$H_{núcleo} = \frac{B}{\mu_{núcleo}} = \frac{0{,}5 \frac{Wb}{m^2}}{500 \cdot 10^{-6} \frac{Wb}{A \cdot m}} \quad (0{,}4)$$

$$H_{núcleo} = 1000 \frac{A}{m} \quad (800\ A/m)$$

No entreferro:

$$H_{entre} = \frac{B}{\mu_0} = \frac{0{,}5 \cdot Wb/m^2}{4\pi\, 10^{-7} \frac{Wb}{A \cdot m}} \quad (0{,}4)$$

$$H_{entre} = 398.000\ A/m \quad (318.000)$$

Então:

$$N_{Bob} \cdot I = H_{núcleo} \cdot l_{núcleo} + H_{entre} \cdot l_{entre}$$

$$200 \cdot I = 1000 \frac{A}{m} \cdot 100 \cdot 10^{-3} m + 398.000 \frac{A}{m} \cdot 3 \cdot 10^{-3} m = 80 + 954$$

(800) (318.000)

$$I = 6{,}47 \text{ Ampères} \quad (5{,}17)$$

outro modo:

Versão da prova:

Com $\phi = 0{,}8 \cdot 10^{-5}$ Wb

$B = 0{,}04$ T

$H_{núcleo} = 79{,}6$ A/m

$H_{entre} = \dfrac{0{,}04}{4\pi\, 10^{-7}} = 31{,}8 \cdot 10^{3} \dfrac{Wb}{A \cdot m}$

$200 \cdot I = 79{,}6 \cdot 14 \cdot 10^{-2} + 31{,}8 \cdot 10^{3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}$

$I = 0{,}533$ Amp. //

Ou então:

$$\phi = \frac{F}{R} = \frac{N \cdot I}{R_{núcleo} + R_{entre}}$$

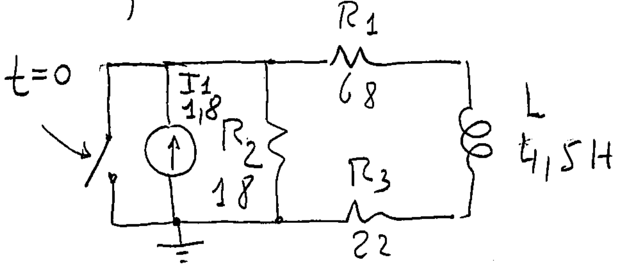
$$R = \frac{l}{\mu \cdot A}$$

O circuito abaixo está ligado a muito tempo. Em $t=0$ a chave fecha.

a) Calcule a tensão nos extremos da chave, pouco tempo antes do fechamento.

b) Calcule a equação e esboce o gráfico da corrente que passa na chave fechada, a partir de $t=0$.

Descreva cada etapa com textos, equações e esquemas.



---

a) Após muito tempo de ligado, $v_L = 0$ e o indutor é um fio apenas. Circuito em $t<0$:

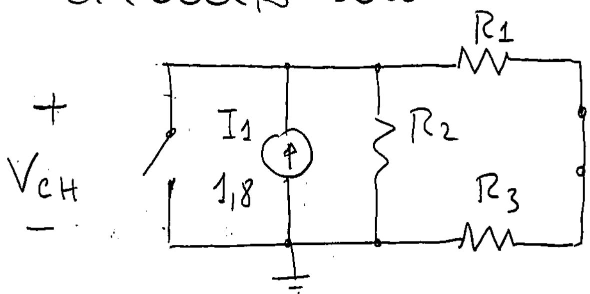


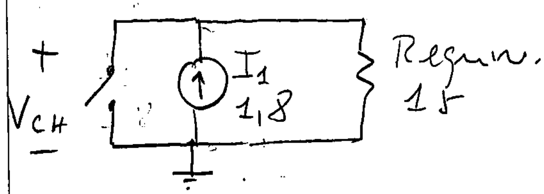
Fig 1

Simplificando:

$$R_{equiv.} = R_2 \,//\, (R_1+R_3)$$

$$R_{equiv} = \frac{18 \cdot (68+22)}{18+68+22}$$

$$R_{equiv} = 15\,\Omega$$



$$V_{CH}\,(t<0) = I_1 \cdot R_{equiv} = 1{,}8 \cdot 15$$

$$V_{CH}\,(t<0) = 27 \text{ Volts} \;//$$

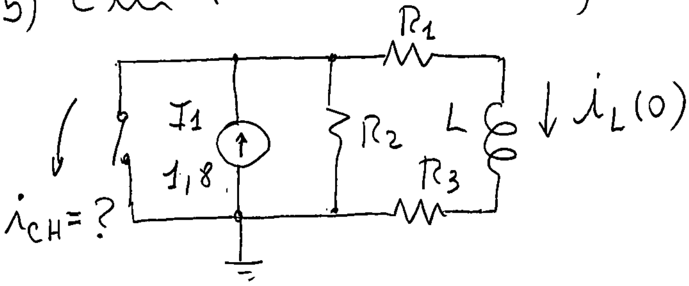
Corrente no indutor com a chave aberta:

Usando a Fig. 1, divisor de corrente:

$$i_L(0) = I_1 \frac{R_2}{R_1+R_2+R_3}$$

$$i_L(0) = 1{,}8 \frac{18}{68+18+22} \rightarrow i_L(0) = 0{,}3 \;//$$

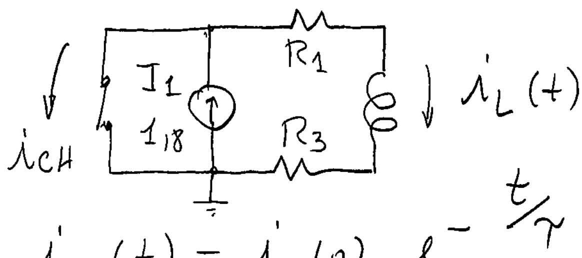
b) Em $t=0$ a chave fecha:



Simplificando:

R_2 ficou em curto: elimina.

Pela chave passa I_1 e a corrente de descarga de L:



$$i_L(t) = i_L(0)\, e^{-t/\tau}$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{4{,}5}{R_1+R_3} = 0{,}05\,s$$

$$i_L(t) = 0{,}3\, e^{-20 \cdot t} \;//$$

Corrente na chave, com o sentido mostrado na figura:

$i_{CH} = I_1 - i_L(t)$

$i_{CH} = 1{,}8 - 0{,}3\, e^{-20t}$ //

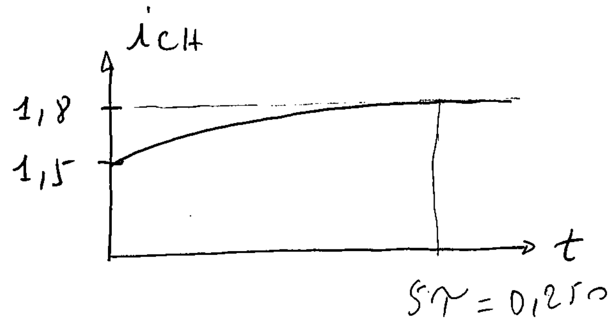
Gráfico:

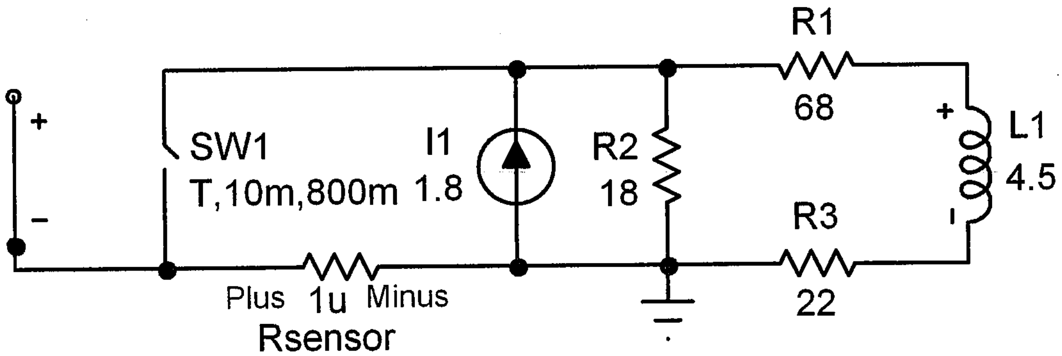
Em $t=0$:

$i_{CH}(0) = 1{,}8 - 0{,}3 \cdot 1 = 1{,}5$

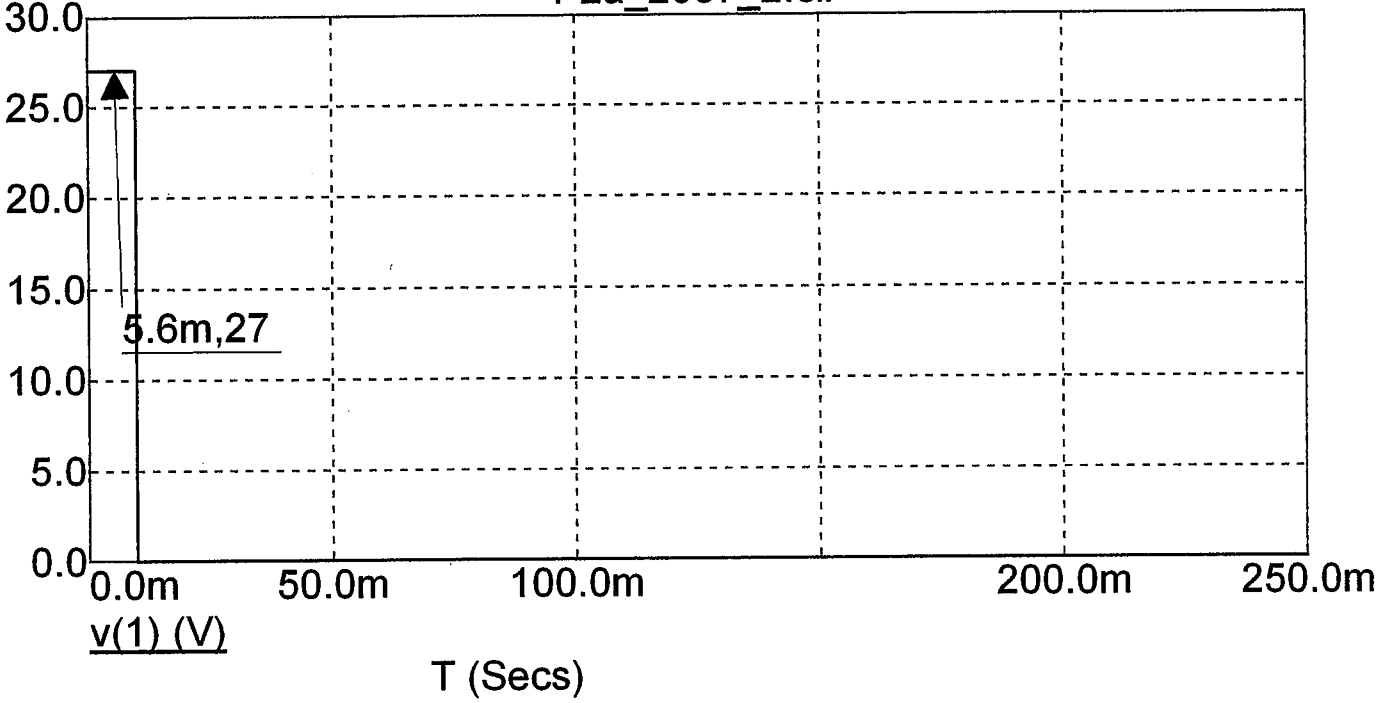
Em $t = \infty$:

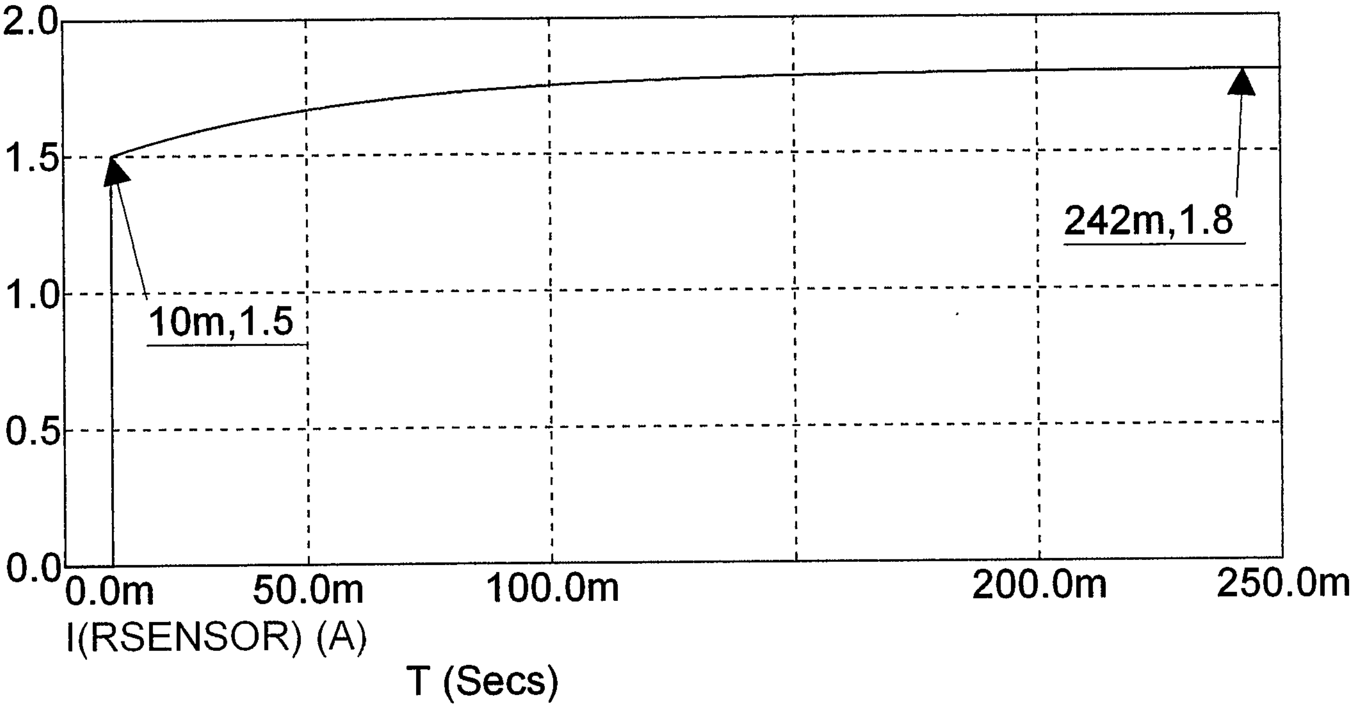
$i_{CH} = 1{,}8 - 0{,}3 \cdot \dfrac{1}{e^{\infty}} = 1{,}8$

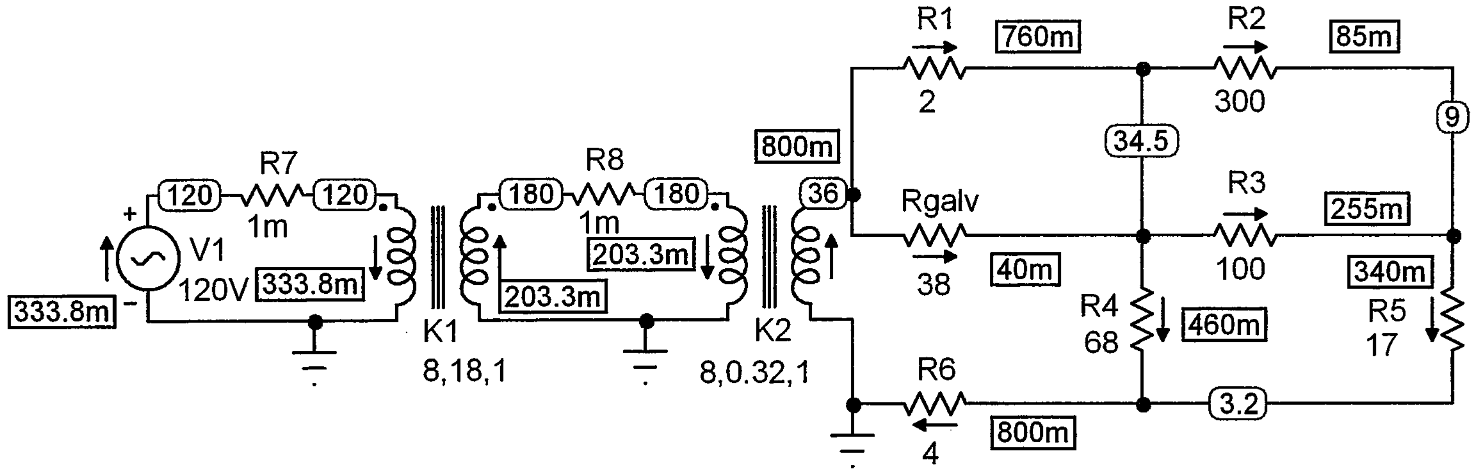




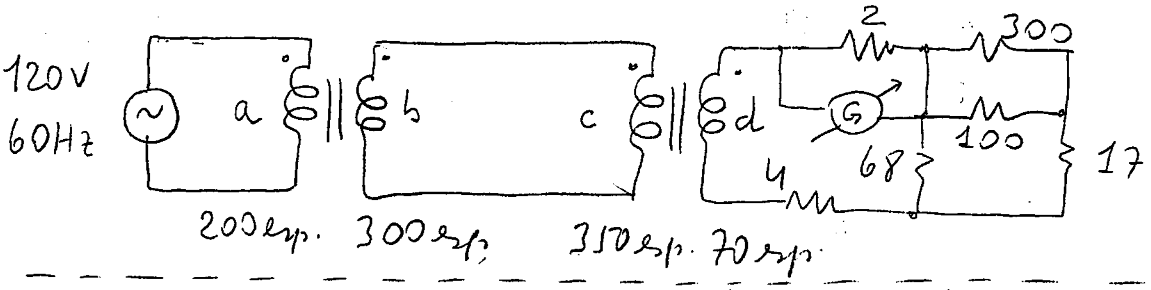
Micro-Cap 8 Evaluation Version
P2a_2007_2.cir






R7
120
1m
120
V1
120V
333.8m
333.8m
K1
8,18,1
R8
180
1m
180
203.3m
203.3m
K2
8,0.32,1
36
800m
R1
2
760m
R2
300
85m
34.5
9
Rgalv
38
40m
R3
100
255m
340m
R4
68
460m
R5
17
R6
4
800m
3.2

No circuito abaixo, o galvanômetro G e o resistor de 2 Ω em paralelo compõem um amperímetro que mede correntes contínuas ou alternadas (o galvanômetro é do tipo ferro móvel). Calcule o valor indicado pelo galvanômetro, que possui uma sensibilidade de 100 mA para plena deflexão do ponteiro e uma resistência interna de 38 Ω. Valores em ohms.



EX992

Cálculo da tensão no enrolamento d:

Transferindo a fonte de a para b:

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{a}{b} \rightarrow V_b = V_a \frac{b}{a}$$

$$V_b = 120 \frac{300}{200} = 180 \text{ Volts} = V_c$$

Transferindo de c para d:

$$\frac{V_c}{V_d} = \frac{c}{d} \rightarrow V_d = V_c \frac{d}{c}$$

$$V_d = 180 \frac{70}{350} = 36 \text{ Volts.}$$

Simplificando o circuito:

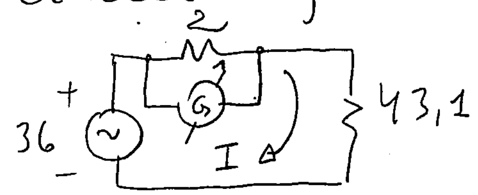
$300 // 100 = 75 \Omega$

$75 + 17 = 92 \Omega$

$68 // 92 = 39,1 \Omega$

$39,1 + 4 = 43,1 \Omega$

circuito fica:



Como $G = 38 \Omega$

$2 // 38 = 1,9 \Omega$

corrente no circuito:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{36}{1,9 + 43,1} = 0,8 \text{ Amp}$$

O divisor de corrente determina a corrente que passa pelo galvanômetro:

$$I_G = I \frac{2}{2+38} = 0,04 \text{ Amp.}$$

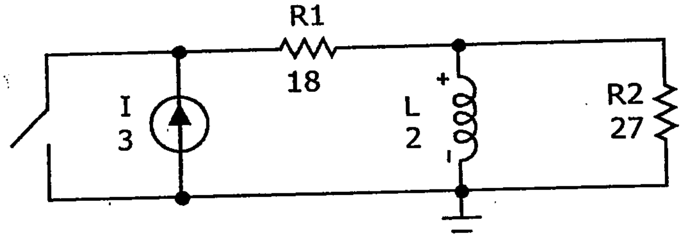
$I_G = 40 \text{ mA}$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2008/1

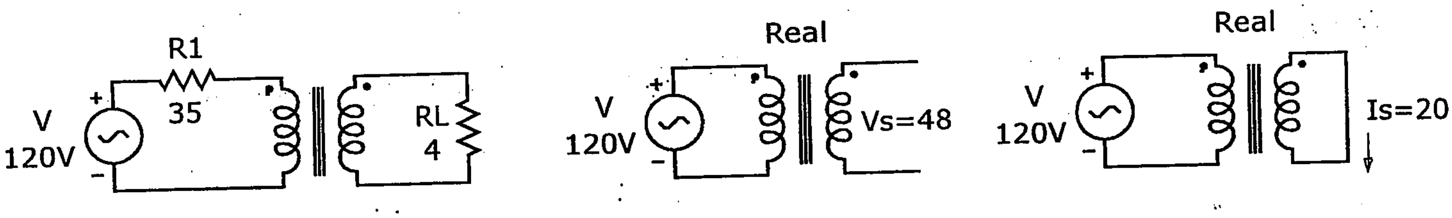
Prova 2 24/6/2008

Nome: GABARÍTO **Turma:** _____

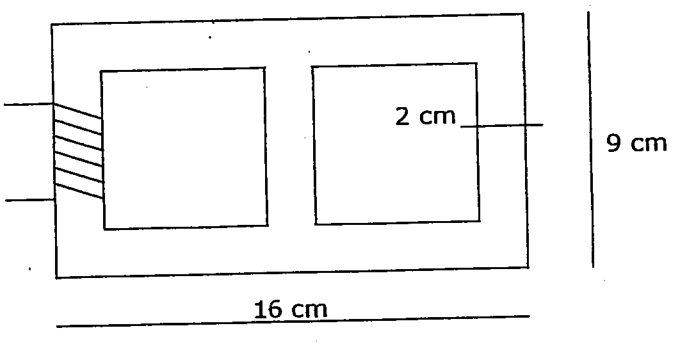
1. (3,5 pontos) No circuito a seguir, a chave fecha em t=1 segundo.
a) Examine o circuito e descreva o seu funcionamento qualitativo pois isso direciona a solução.
b) Equacione a corrente em R_2 a partir de t=0, descrevendo cada passo com textos, equações e diagramas pois isso será avaliado. c) Esboce o gráfico desta corrente, colocando os valores que foram calculados.



2. (3,5 pontos) Equacione o circuito abaixo com o objetivo de determinar a dissipação de calor no resistor de carga R_L usando: a) Transformador real, que possui fios com certa resistência. As características devem ser deduzidas dos ensaios.b) Transformador ideal com a mesma relação de espiras. Documente cada etapa com textos, equações e diagramas.



3. (3 pontos) Calcule o fluxo magnético que passa dentro da bobina de 3000 espiras alimentada por 200mA. Descreva e documente cada etapa da solução. Núcleo de secção reta quadrada feito de material magnético com permeabilidade relativa de 800.

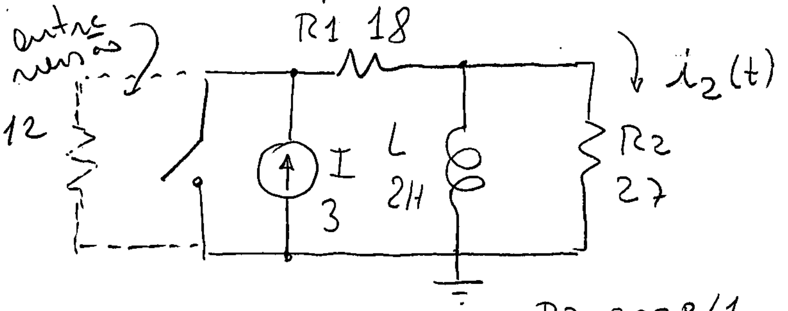


No circuito a seguir, a chave fecha em $t = 1$ s.

a) Examine o circuito e descreva o seu funcionamento qualitativo.

b) Equacione a corrente em R_2 a partir de $t=0$.

c) Esboce o gráfico desta corrente, colocando os valores que foram calculados.

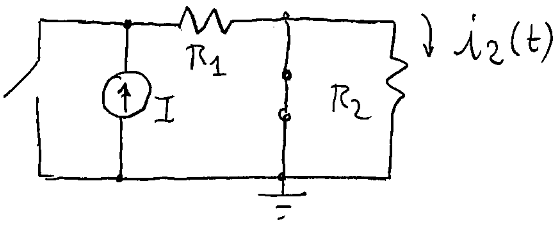


P2 2008/1

a) Existe corrente no indutor já em $t=0$. Ao fechar a chave, a fonte fica inoperante e o indutor se descarrega pelos resistores até zero.

b) $0 < t < 1$:

circuito estável, o indutor é um curto:



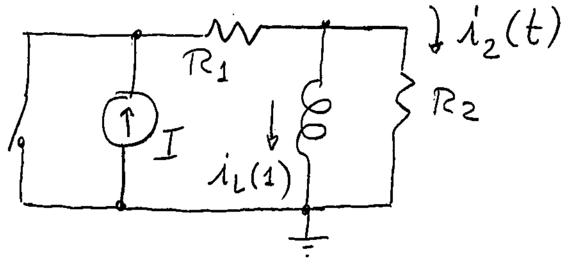
R_2 está em curto pelo indutor: $i_2(0<t<1) = 0$ //

Corrente da fonte passa por R_1 e pelo indutor:

$$i_L(0<t<1) = I = 3 \text{ Ampère}$$

$t = 1$:

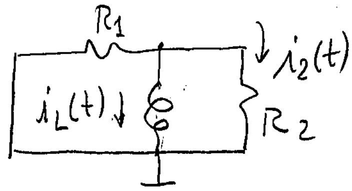
A chave fecha:



Corrente no indutor não muda:

$$i_L(1-) = i_L(1) = i_L(1+) = 3$$

Indutor se descarrega por R_1 e R_2



$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{L}{R_1 /\!/ R_2} = \frac{2}{18 /\!/ 27}$$

$$\tau = \frac{2}{10,8} = 0,185 \text{ segundos} //$$

$$i_L(t) = i_L(1) \cdot e^{-t/\tau}$$

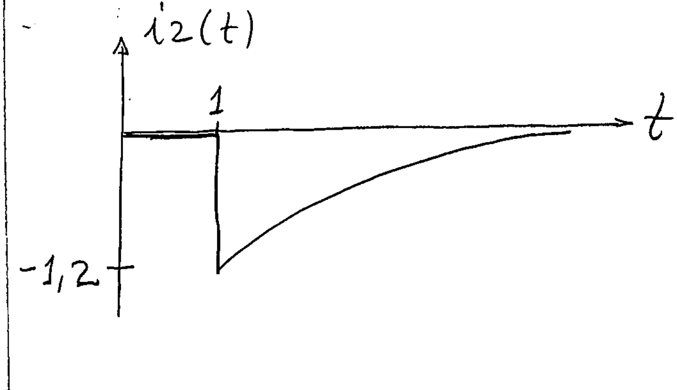
$$= 3 \cdot e^{-\frac{t}{0,185}} = 3 \cdot e^{-5,4 \cdot t} //$$

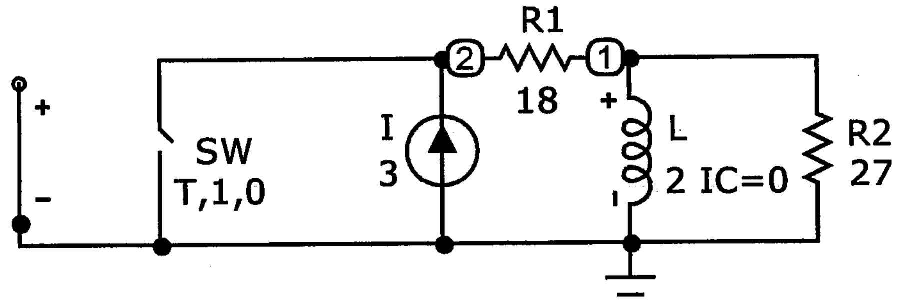
Divisor de corrente:

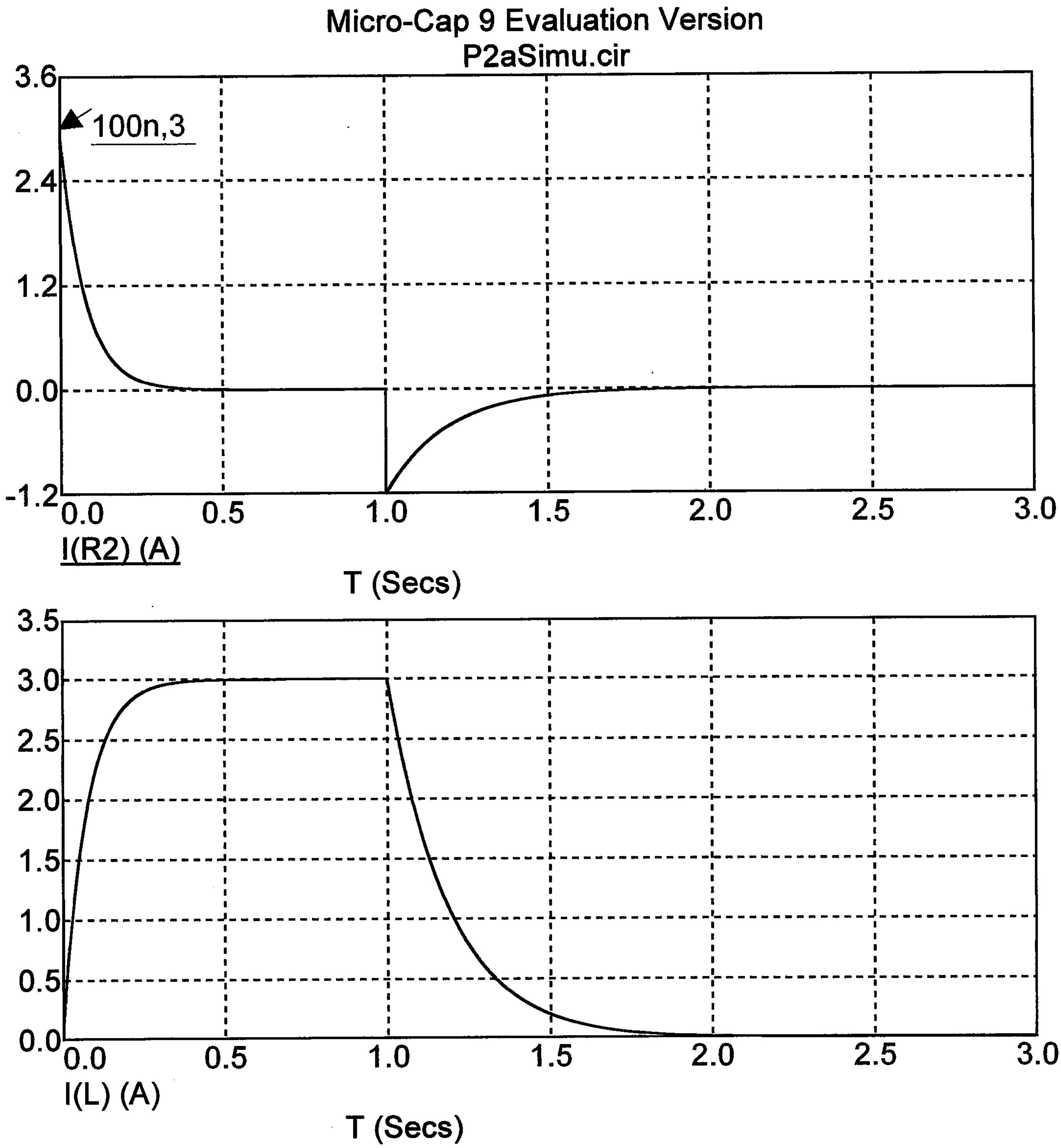
$$i_2(t) = -i_L(t) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$i_2(t) = -3 \cdot e^{-5,4 \cdot t} \frac{18}{18+27}$$

$$i_2(t) = -1,2 \cdot e^{-5,4 t} //$$




R1
2
1
18
+
-
I
3
SW
T,1,0
+
L
2 IC=0
R2
27

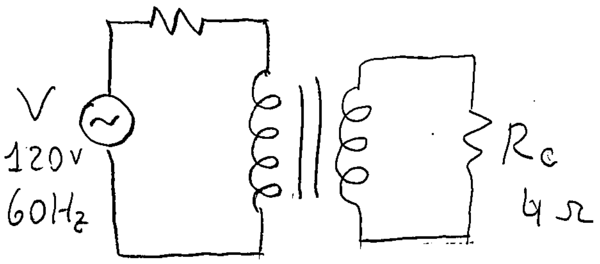

Micro-Cap 9 Evaluation Version
P2aSimu.cir
100n,3
3.6
2.4
1.2
0.0
-1.2
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
I(R2) (A)
T (Secs)
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
I(L) (A)
T (Secs)

Equacione o circuito a seguir, com o objetivo de determinar a dissipação de calor no resistor de carga Rc usando:

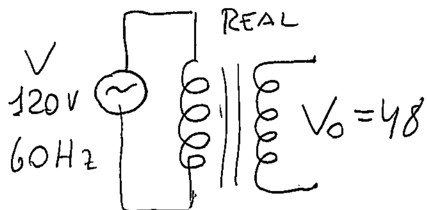
a) Transformador real, cujas características devem ser deduzidas dos ensaios, visto que os fios de cada enrolamento têm resist.

b) Transformador ideal com a mesma relação de espiras do caso a).

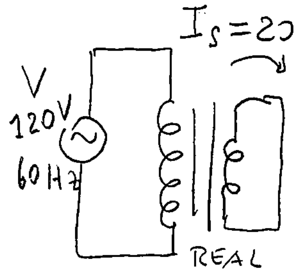
Descreva extensivamente o seu trabalho.



Ensaio 1



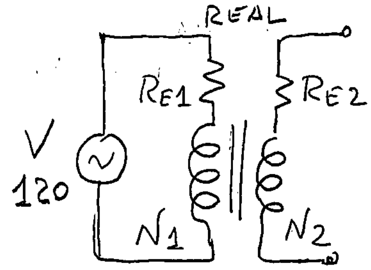
Ensaio 2



P2_2008/1

---

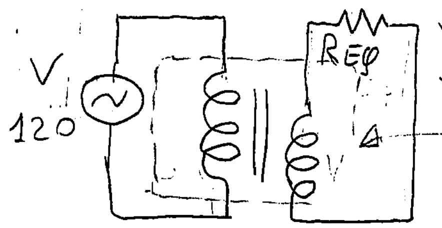
a) Transformador real tem resistência nos fios dos enrolamentos: RE1 RE2. No ensaio 1, as correntes são nulas de modo que não há queda de tensão nelas:



$V_0 = 48$

Então: $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V}{V_0} = \frac{120}{48} \rightarrow \frac{N_1}{N_2} = 2{,}5$

Ensaio 2: Podemos calcular a resistência equivalente dos dois enrolamentos, que será colocada no secundário:



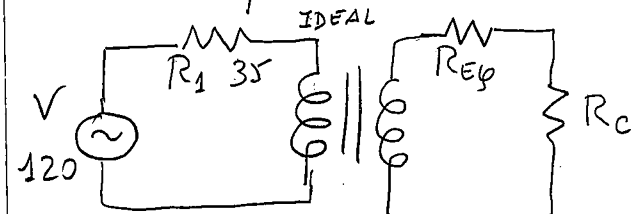
$I_s = 20$

ideal, agora

$m = 2{,}5$

$$R_{E\varphi} = \frac{V/m}{I_s} = \frac{\frac{120}{2{,}5}}{20} = 2{,}4\,\Omega$$

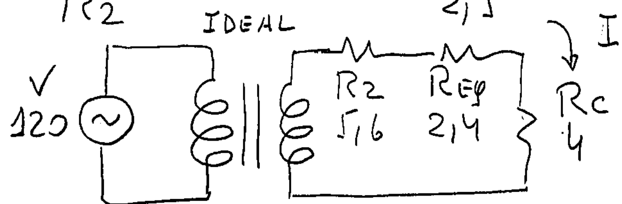
Montando o circuito com o transformador real:



$m = 2{,}5$

Passando R1 para o secundário

$$\frac{R_1}{R_2} = m^2 \rightarrow R_2 = \frac{35}{2{,}5^2} = 5{,}6\,\Omega$$



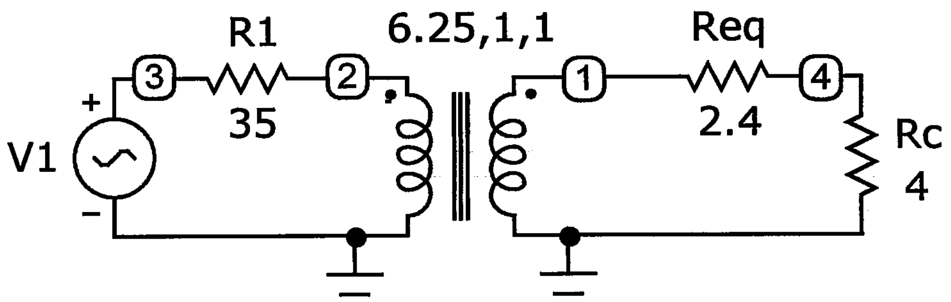
$$P_c = I_c^2 \cdot R_c = \left(\frac{V/m}{R_2 + R_{E\varphi} + R_c}\right)^2 \cdot R_c$$

$$P_c = \left(\frac{120/2{,}5}{5{,}6 + 2{,}4 + 4}\right)^2 \cdot 4 \rightarrow P_{C\,REAL} = 64\,W$$

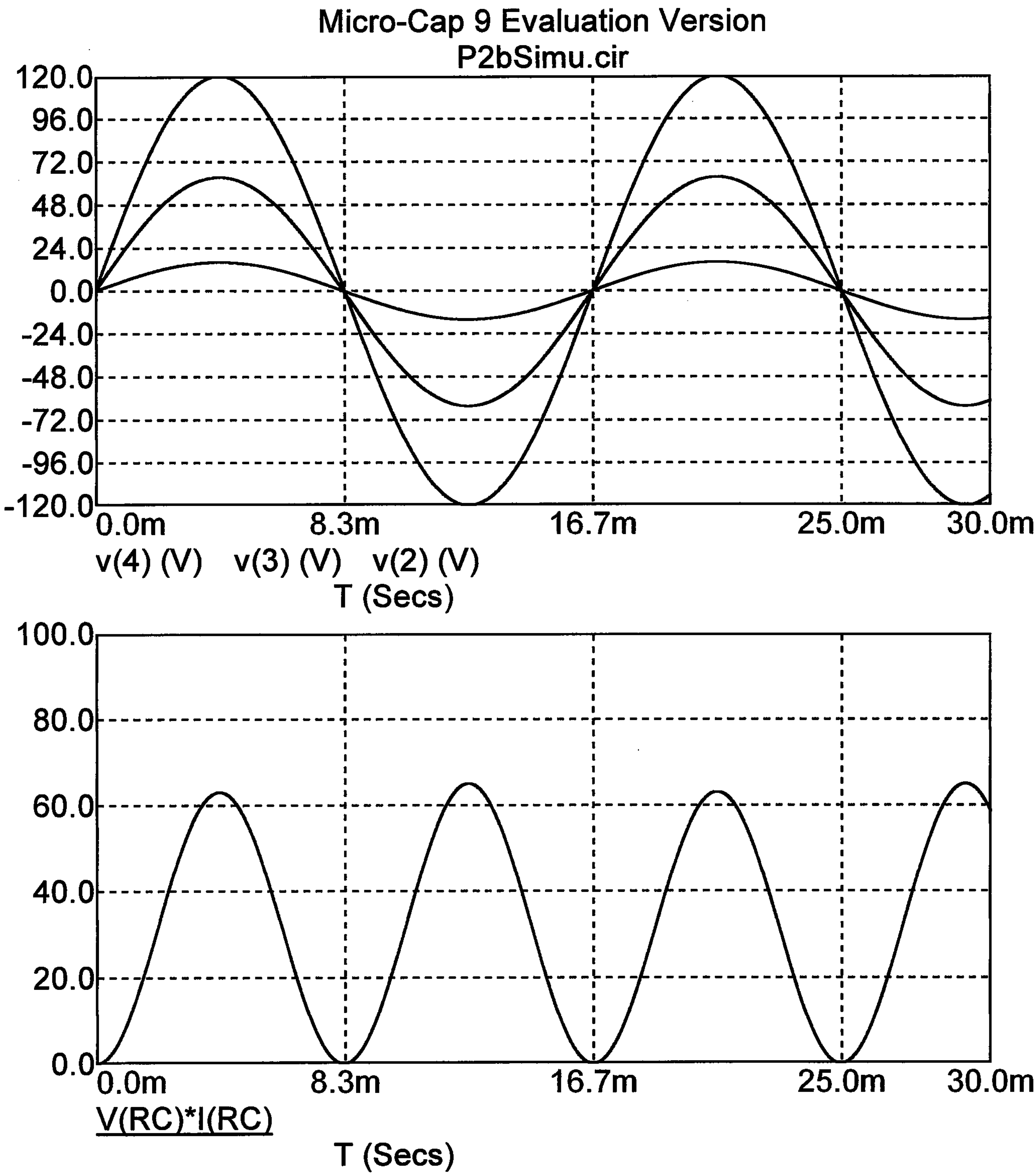
b) Ideal: $R_{E\varphi} = 0$

Então: $P_{C\,ideal} = \left(\frac{120/2{,}5}{5{,}6 + 4}\right)^2 \cdot 4$ → $P_{C\,ideal} = 100\,W$

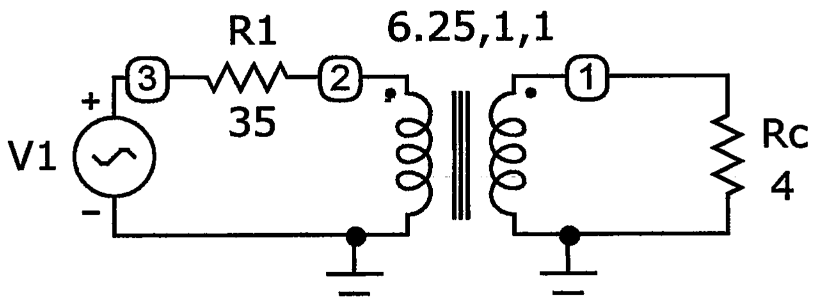
Perda nos fios: $100\,W - 64\,W = 36\,W$

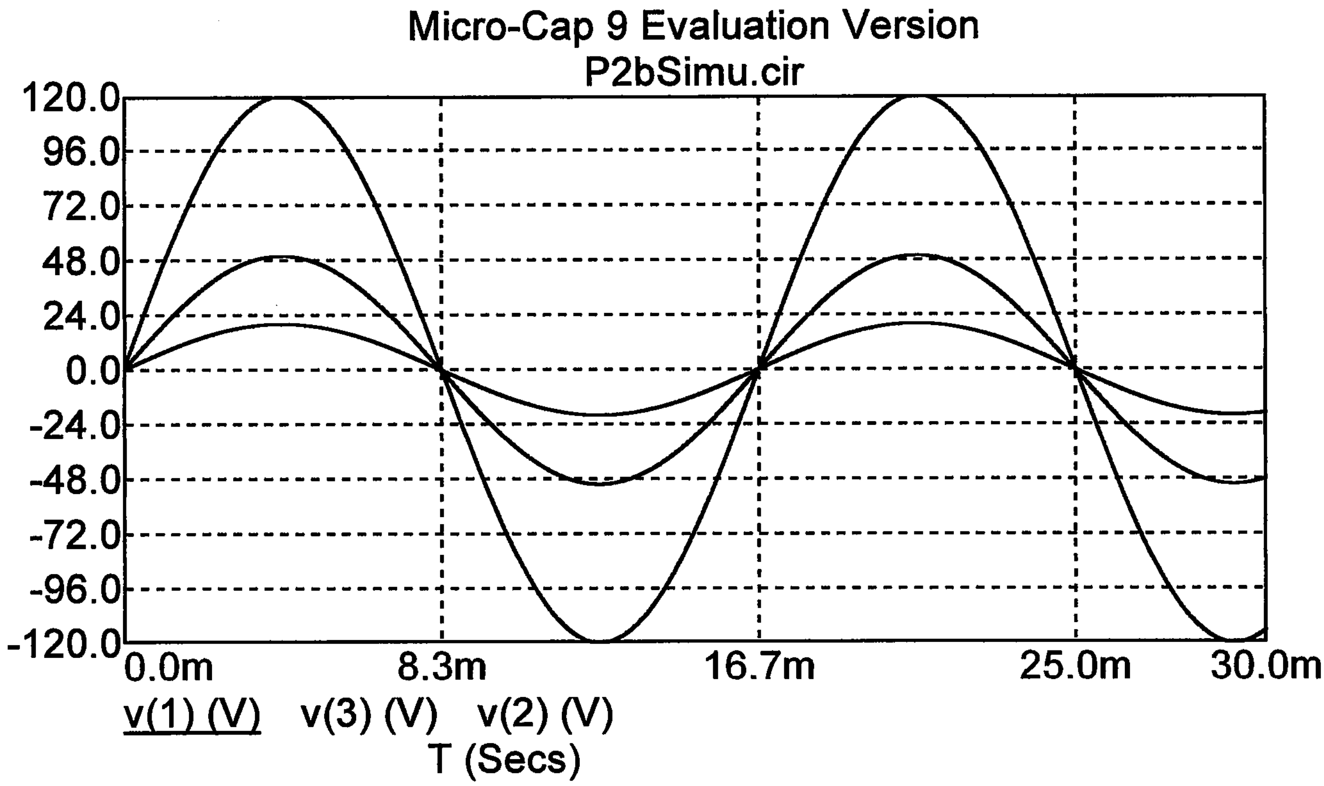


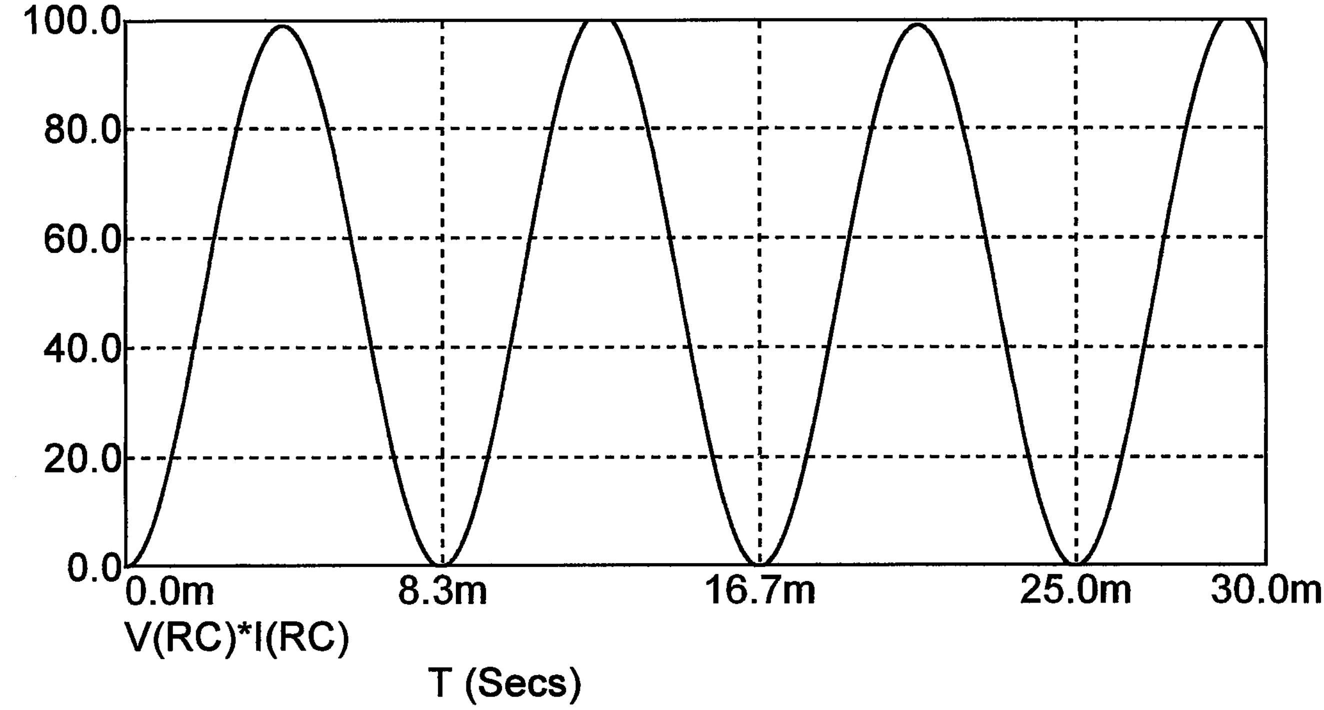
R1
35
6.25,1,1
Req
2.4
Rc
4
V1
3
2
1
4
+
−



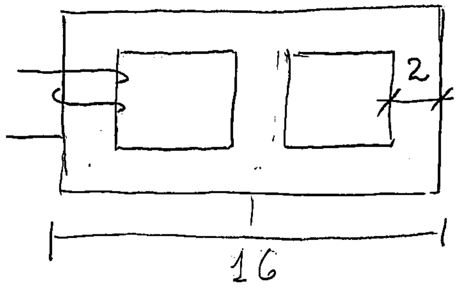
Micro-Cap 9 Evaluation Version
P2bSimu.cir
120.0
96.0
72.0
48.0
24.0
0.0
-24.0
-48.0
-72.0
-96.0
-120.0
0.0m
8.3m
16.7m
25.0m
30.0m
v(4) (V) v(3) (V) v(2) (V)
T (Secs)
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
0.0m
8.3m
16.7m
25.0m
30.0m
V(RC)*I(RC)
T (Secs)


R1
6.25,1,1
3
2
1
35
V1
Rc
4
+
-


Micro-Cap 9 Evaluation Version
P2bSimu.cir
120.0
96.0
72.0
48.0
24.0
0.0
-24.0
-48.0
-72.0
-96.0
-120.0
0.0m
8.3m
16.7m
25.0m
30.0m
v(1) (V) v(3) (V) v(2) (V)
T (Secs)

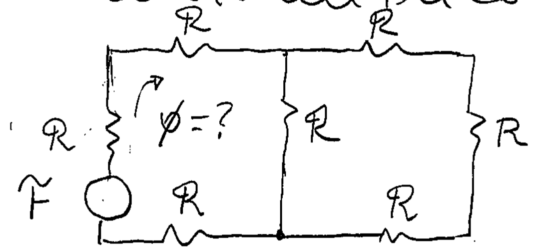

100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
0.0m
8.3m
16.7m
25.0m
30.0m
V(RC)*I(RC)
T (Secs)

Calcule o fluxo que passa dentro da bobina de 3000 espiras alimentada por 200 mA. Dimensões em cm. Descreva cada etapa da solução. Núcleo de secção reta quadrada. $\mu_r = 800$



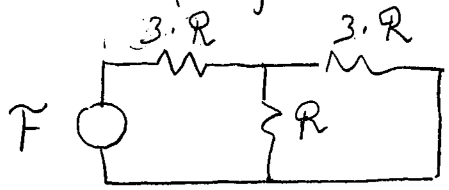
P2

Circuito elétrico equiv.

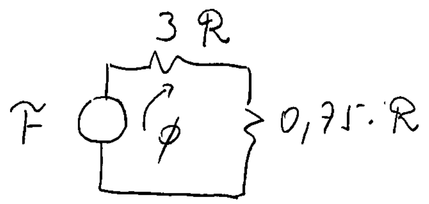


R = Relutância de cada segmento do núcleo.

Simplificando:



$$R \,//\, 3\cdot R = \frac{R\cdot 3R}{R+3R} = 0{,}75\,R$$



Então:

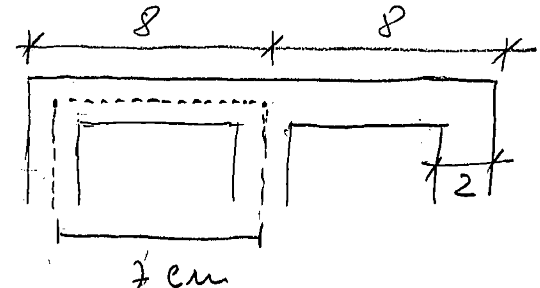
$$\phi = \frac{F}{3R + 0{,}75R} \rightarrow \phi = \frac{F}{3{,}75R} \quad (1)$$

Cálculo da relutância de um segmento:

$$R = \frac{l}{\mu \cdot A}$$

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_o$$

Examinando a figura e supondo o fluxo concentrado no centro da estrutura:



$$l = 7\,cm = 7\cdot 10^{-2}\,m$$

$$A = 2\,cm \cdot 2\,cm = 4\,cm^2 = 4\cdot 10^{-4}\,m$$

Então: $$R = \frac{7\cdot 10^{-2}}{800\cdot 4\pi\cdot 10^{-7}\cdot 4\cdot 10^{-4}}$$

$$R = 174\cdot 10^3 \,//$$

Como $F = N\cdot I$, levando em (1)

$$\phi = \frac{N\cdot I}{3{,}75\cdot R} = \frac{3000\cdot 200\cdot 10^{-3}}{3{,}75\cdot 174\cdot 10^3}$$

$$\phi = 9{,}195\cdot 10^{-4}\,Wb \,//$$

$$\phi = 0{,}92\,mWb \,//$$

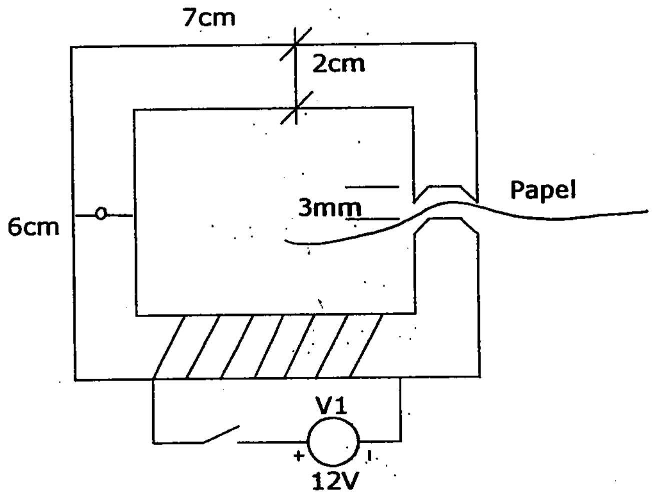
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2008/2

Prova 2 25/11/2008

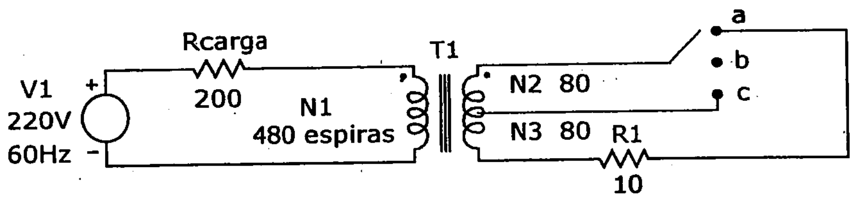
Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (4 pontos) O diagrama a seguir mostra um perfurador de papel, construído com duas peças articuladas com permeabilidade relativa de 800 e lâminas de corte em aço inox que perfuram o papel, ambos com permeabilidade relativa unitária. Calcule a força exercida sobre o papel ao ativar o circuito.
Cada etapa da solução dever ser amplamente documentada com textos, equações e esquemas pois isso será avaliado sempre.
Secção reta quadrada, entreferro de 3mm. Bobina: 250 espiras e 3Ω de resistência do fio. Arredonde os cálculos em 3 dígitos significativos.

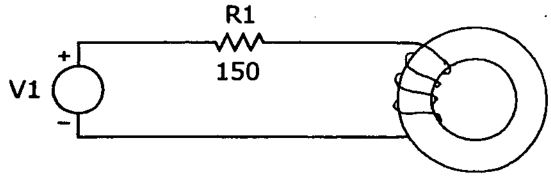
$$Força = F = \frac{B^2 \cdot A}{2 \cdot \mu_o}(Newtons)$$



2. (3 pontos) Calcule a potência dissipada no resistor de carga do circuito abaixo em cada uma das três posições da chave seletora, descrevendo e fundamentando o seu trabalho com textos, equações e esquemas.

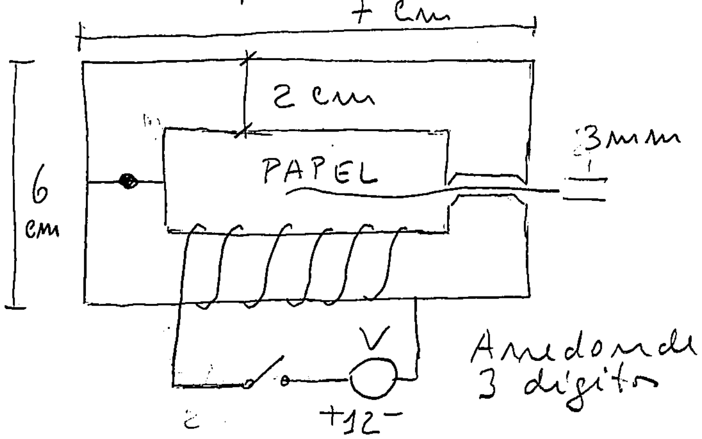


3. (3 pontos) Calcule o número de espiras da bobina do toroíde esquematizado a seguir para que a corrente sobre ela alcance 55% do seu valor máximo, 200ms após alimentar o circuito.
Como sempre, procure esboçar o caminho para a solução antes de começar o equacionamento e a ampla documentação de cada etapa da solução.
O toróide tem 12cm de diâmetro e secção reta com 2cm de raio. O material usado tem permeabilidade de $6 \cdot 10^{-3}$ Wb/A·m. Arredonde os cálculos em 3 dígitos significativos.



O diagrama a seguir mostra um perfurador de papel, formado por duas peças articuladas com $\mu_r = 800$ e lâmina de corte em aço inox com $\mu_r(\text{inox}) = 1$.
Calcule a força exercida sobre o papel ao ativar o circuito. Entreferro 3mm

$$F = \frac{B^2 \cdot A}{2 \cdot \mu_0} \quad (\text{Newtons}, N)$$



Secção reta quadrada.
Bobina 250 esp. e 3 Ω P2 2008/2

Equacionamento:

$$B = \frac{\phi}{A} \qquad R_{Total} = R_N + R_{ar}$$

$$\phi = \frac{\mathcal{F}}{R}$$

$$\mathcal{F} = N \cdot I$$

$$R = \frac{l}{\mu \cdot A}$$

Caminho magnético com o fluxo concentrado no centro da estrutura:

$$l_N = 2(7-2) + (6-2) + (6-2-0,3)$$

$$l_N = 17,7 \text{ cm} = 0,177 \text{ m}$$

$$A_N = 2 \times 2 = 4 \text{ cm}^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$R_N = \frac{0,177 \text{ m}}{800 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Wb}{A \cdot m} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$R_N = 440162 \rightarrow 44 \cdot 10^4$$

$$R_{ar} = \frac{l_{ar}}{\mu_0 \cdot A} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Wb}{Am} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$R_{ar} = 5,968 \cdot 10^6 = 6 \cdot 10^6$$

$$R_{Total} = 44 \cdot 10^4 + 6 \cdot 10^6$$

$$R_{Total} = 6,44 \cdot 10^6$$

$$\mathcal{F} = N \cdot I = N \cdot \frac{V}{R_{Fio}} = 250 \frac{12}{3}$$

$$\mathcal{F} = 1000 \text{ Ampères}$$

$$\phi = \frac{\mathcal{F}}{R_{Total}} = \frac{1000}{6,44 \cdot 10^6}$$

$$\phi = 1,553 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{1,553 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$B = 0,3882 \text{ Tesla}$$

$$F = \frac{0,3882^2 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{2 \cdot 4\pi\, 10^{-7} \frac{Wb}{Am}}$$

$$F = 23,97 \rightarrow F = 24 \text{ Newtons}$$

Força sem o papel e o entreferro fechado:

$$R_{Total} = R_N = 44 \cdot 10^4$$

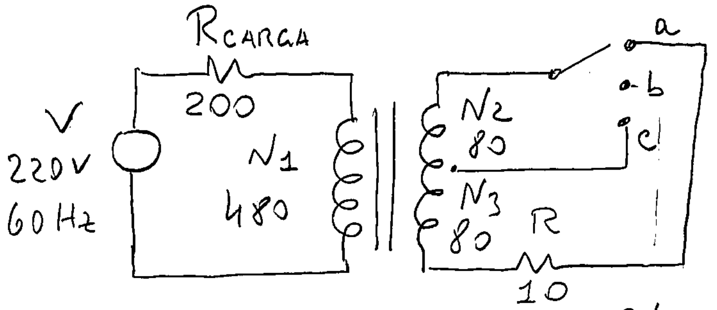
$$\phi = \frac{1000}{44 \cdot 10^4} = 2,273 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$B = \frac{2,273 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-4}} = 5,682 \text{ T}$$

$$F_{Fechado} = \frac{5,682^2 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 4\pi\, 10^{-7}}$$

$$F_{Fechado} = 5138 \text{ Newton}$$

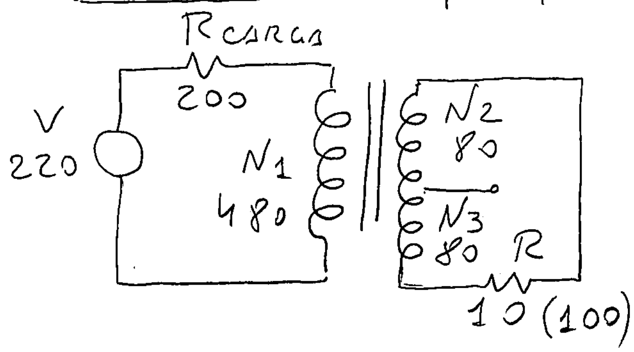
Calcule a potência dissipada no resistor de carga em cada uma das três posições da chave, fundamentando cada etapa com textos equações e esquemas.



P2 2008/2

Todos os componentes tem valor conhecido.

Circuito na posição a:



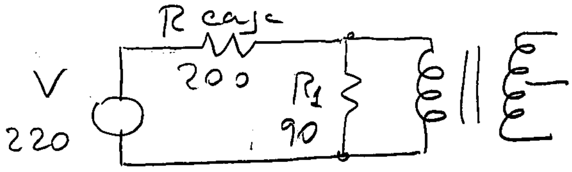
Objetivo: passar R para a entrada e eliminar o trafo:

$$\frac{R_1}{R} = \left(\frac{N_1}{N_2+N_3}\right)^2$$

$$R_1 = 10\left(\frac{480}{80+80}\right)^2$$

$$R_1 = 90\,\Omega \quad // \quad (900)$$

Fica então:



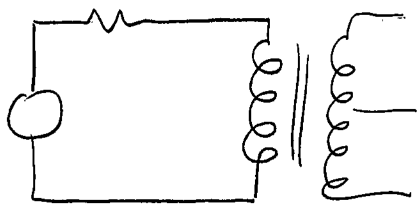
$$I = \frac{V}{R_{carga}+R_1} = \frac{220}{200+90}$$

$$I = 0{,}759 \text{ Ampères} \qquad (0{,}2A)$$

$$P_{carga}|_a = I^2 \cdot R_{carga} = 0{,}759^2 \cdot 200$$

$$P_{carga}|_a = 115 \text{ watts} \quad // \quad (8W)$$

Chave em b:

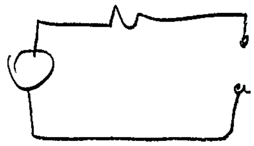


aberto
$R = \infty$

Passando R2 para a entrada:

$$\frac{R_1}{R} = \left(\frac{N_1}{N_2+N_3}\right)^2 \rightarrow R_1 = \infty$$

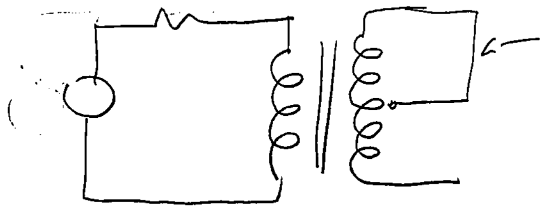
Fica então:



Então

$$P_{carga}|_b = 0$$

Chave em c:



Passando R para a entrada:

$$\frac{R_1}{R} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \rightarrow R_1 = \text{zero}$$

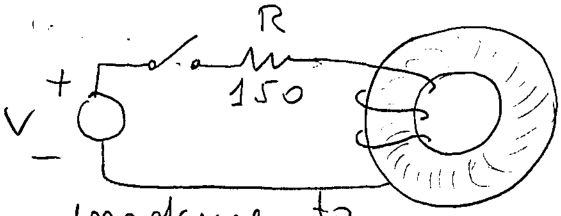
Fica então:

$$P_{carga}|_c = \frac{V^2}{R_{carga}} = \frac{220^2}{200} = 242W$$

Calcule o número de espiras da bobina do toróide para que a corrente alcance 55% do valor máximo 200 ms após alimentar o circuito.

Procure esboçar o caminho para a solução antes de iniciar o equacionamento. Cada etapa deve ser descrita com textos, equações e diagramas pois isso será avaliado sempre.

O toróide tem 12 cm de diâmetro, secção reta com 2 cm de raio e permeabilidade de $6 \cdot 10^{-3}$ Wb/A.m.



Arredondamento 3 dígitos

P2 2008-2

---

circuito RL série:

$$i_L(t) = i_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

Objetivo:

$$0,55 \cdot \cancel{i_L(\infty)} = \cancel{i_L(\infty)} \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

$$\cancel{-}0,45 = \cancel{-}e^{-\frac{0,2}{\tau}}$$

Tomando ln nos dois membros:

$$\ln 0,45 = -\frac{0,2}{\tau}$$

$$-0,7985 = -0,2/\tau$$

$$\tau = \frac{L}{R} = 0,25 \text{ segundos}$$

$$L = 0,25 \cdot 150 = 37,5\,H \,//$$

Como $L = \dfrac{\mu \cdot A N^2}{l}$

$$N = \sqrt{\frac{l \cdot L}{\mu \cdot A}}$$

Examinando o toróide e considerando todo o fluxo no centro da estrutura:

$$l = \pi \cdot d_{médio} = \pi \cdot (12-4)\text{ cm}$$

$$l = 8\pi \cdot 10^{-2}\,m$$

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 2^2 = 4\pi \cdot 10^{-4}\,m$$

Então:

$$N = \sqrt{\frac{8\pi 10^{-2} \cdot 37,5}{6 \cdot 10^{-3} \cdot 4\pi 10^{-4}}}$$

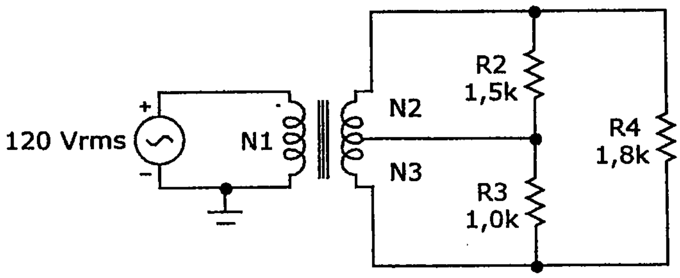
$$N = 1118 \text{ espiras} \,//$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2009/1

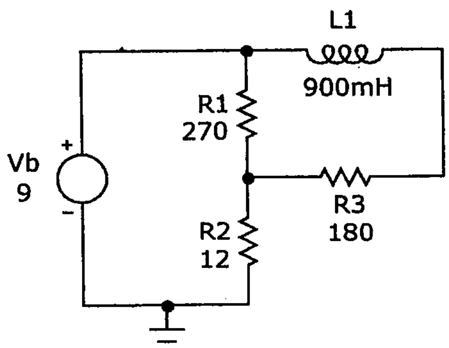
Prova 2 23/6/2009

Nome: GABARITO **Turma:** _____

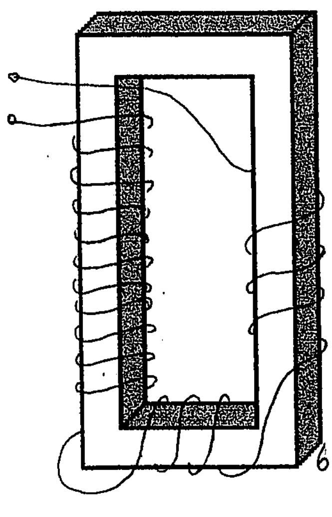
1. (3,5 pontos) O transformador a seguir segue a relação $N_1 = (N_2 + N_3) / 2$.
   a) Calcule a relação N_2 / N_3 para que a potência dissipada em R_2 seja seis vezes maior do que a potência em R_3. b) Calcule a potência dissipada em R_4.
   Todas as etapas da solução devem ser amplamente descritas com textos, equações e esquemas pois isso será avaliado sempre.



2. (3,5 pontos) O aparelho a seguir está ligado por muito tempo. Em t = 0 a bateria é retirada do circuito. Equacione e desenhe o gráfico temporal da tensão nos extremos do conector da bateria, documentando amplamente cada etapa com textos, equações e esquemas.



3. (3 pontos) Calcule o fluxo na estrutura magnética ao lado, ao ser aplicada uma corrente de 3 Ampères no enrolamento, documentando extensivamente a solução. Observe atentamente a figura. Permeabilidade relativa do núcleo = 2500. Dimensões externas: 14cm x 27cm. Secção reta: 4cm x 6cm.

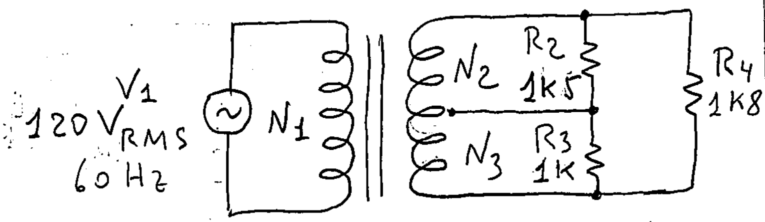


No transformador a seguir, $N_1 = (N_2+N_3)/2$.

a) Calcule a relação N_2/N_3 para que a potência dissipada em R_2 seja seis vezes maior do que a potência em R_3.

b) Calcule a potência dissipada em R_4.

Documente cada etapa.



P2 2009/1

a) Potência: $P = V \cdot I = \frac{V^2}{R} = I^2 R$

Transformador: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$

Então:

$$P_2 = \frac{V_2^2}{R_2} \quad e \quad P_3 = \frac{V_3^2}{R_3}$$

Como $P_2 = 6 \cdot P_3$,

$$\frac{V_2^2}{R_2} = 6\,\frac{V_3^2}{R_3}$$

$$\frac{V_2^2}{V_3^2} = \frac{6 \cdot R_2}{R_3}$$

$$\left(\frac{V_2}{V_3}\right)^2 = \frac{6 \cdot 1{,}5}{1} = 9$$

Então: $\frac{V_2}{V_3} = 3$ //

No transformador, as tensões são proporcionais ao número de espiras:

$$\frac{V_2}{V_3} = \frac{N_2}{N_3} = 3 \quad // \quad (1)$$

b) como $N_1 = \frac{N_2+N_3}{2}$

$$N_1 = \frac{3 \cdot N_3 + N_3}{2} = 2 \cdot N_3$$

$$\frac{N_1}{N_3} = 2 = \frac{V_1}{V_3} \quad \text{Então:}$$

$$V_3 = \frac{V_1}{2} = \frac{120}{2} = 60\ V_{RMS} \ //$$

Isolando V_2 em (1):

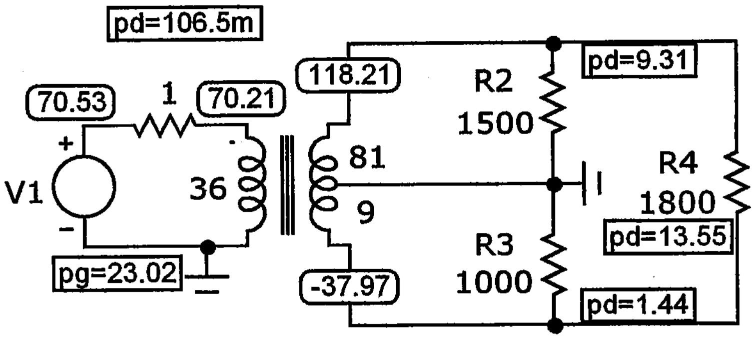
$$V_2 = \frac{N_2}{N_3} \cdot V_3$$

$$V_2 = 3 \cdot 60 = 180\ V_{RMS} \ //$$

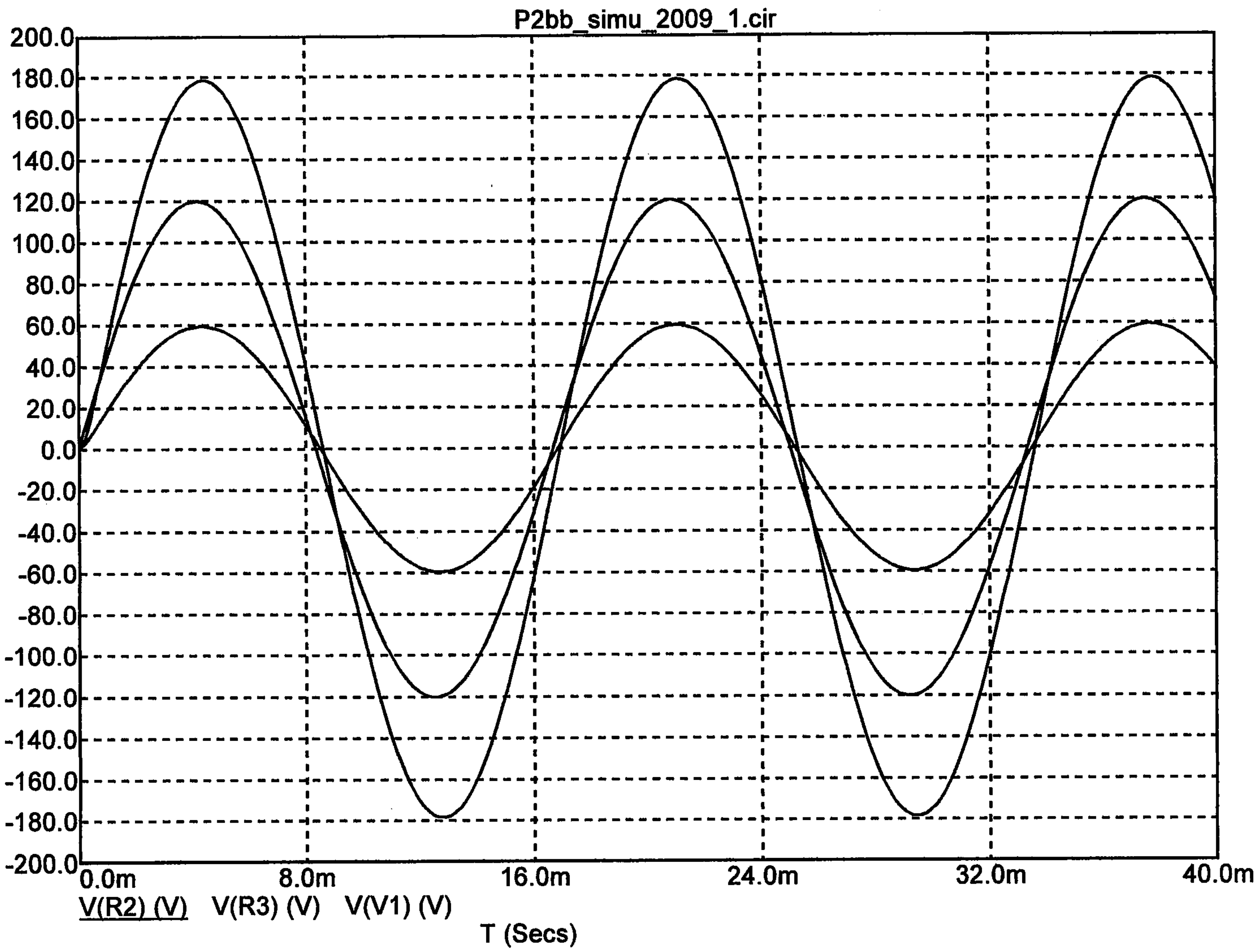
Dissipação em R_4:

$$P_4 = \frac{V_4^2}{R_4} = \frac{(V_2+V_3)^2}{R_4}$$

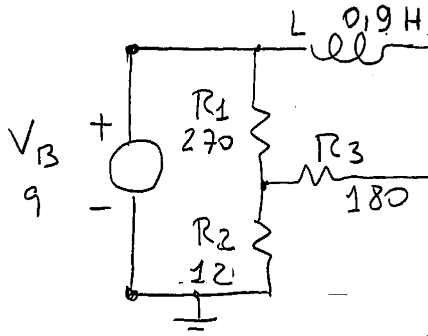
$$P_4 = \frac{(180+60)^2}{1\,800} \rightarrow P_4 = 32\,\text{Watt}$$



DC 0 AC 1 0 Sin 0 120 60 0 0 0

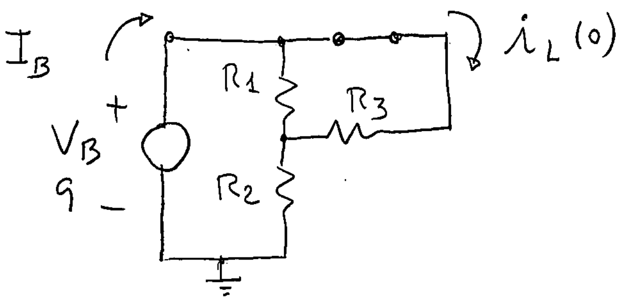


O circuito a seguir está ligado por muito tempo. Em $t=0$ a bateria é retirada do circuito.
Equacione e desenhe o gráfico temporal da tensão nos extremos do conector da bateria.
Documente cada etapa.



P2 2009/1

Em $t=0$ o circuito está estável e L = curto:



Cálculo de $i_L(0)$:

$$I_B = \frac{V}{R_1 // R_3 + R_2}$$

como $R_1 // R_2 = \dfrac{270 \cdot 180}{270 + 180} = 108$

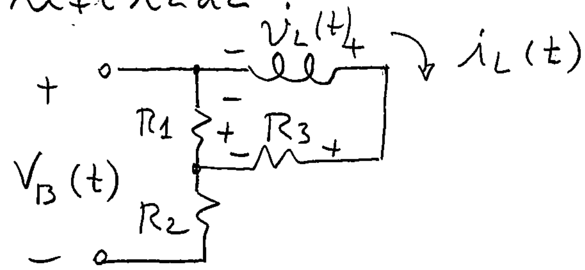
$$I_B = \frac{9}{108 + 12} \rightarrow I_B = 0{,}075\,A$$

Divisor de corrente:

$$i_L(0) = I_{R3} = I_B \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

$$i_L(0) = 0{,}075 \frac{270}{270 + 180} \rightarrow i_L(0) = 0{,}045\,A$$

Em $t=0$ a bateria é retirada:



Examinando o circuito,

$$V_B(t) = -V_{R1}(t) = -R_1 \cdot i_L(t)$$

cálculo de $i_L(t)$:

constante de tempo:

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{L}{R_1 + R_3} = \frac{0{,}9\,H}{270 + 180}$$

$\tau = 0{,}02$ segundos //

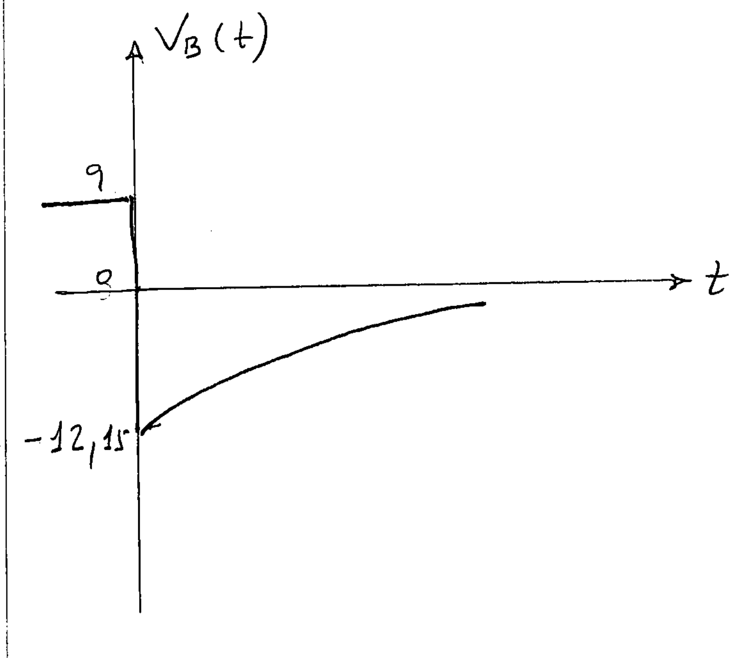
como:

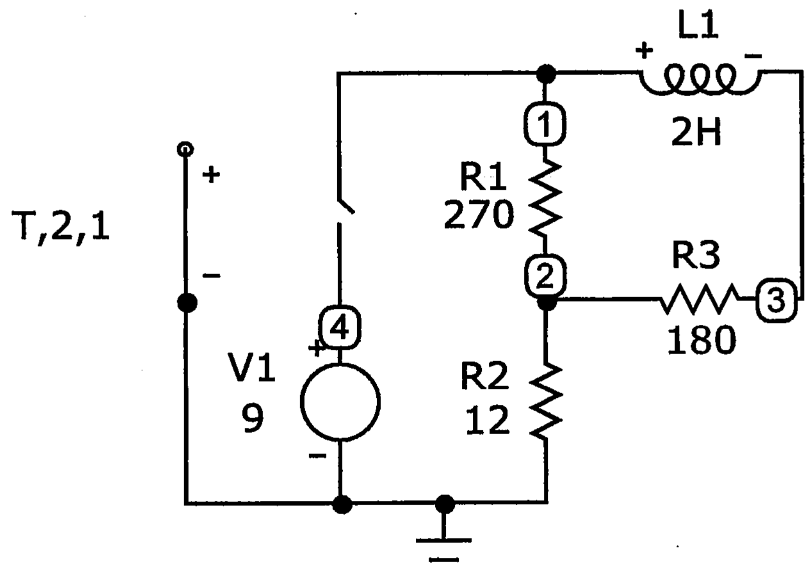
$i_L(t) = i_L(0) \cdot e^{-t/\tau}$ então

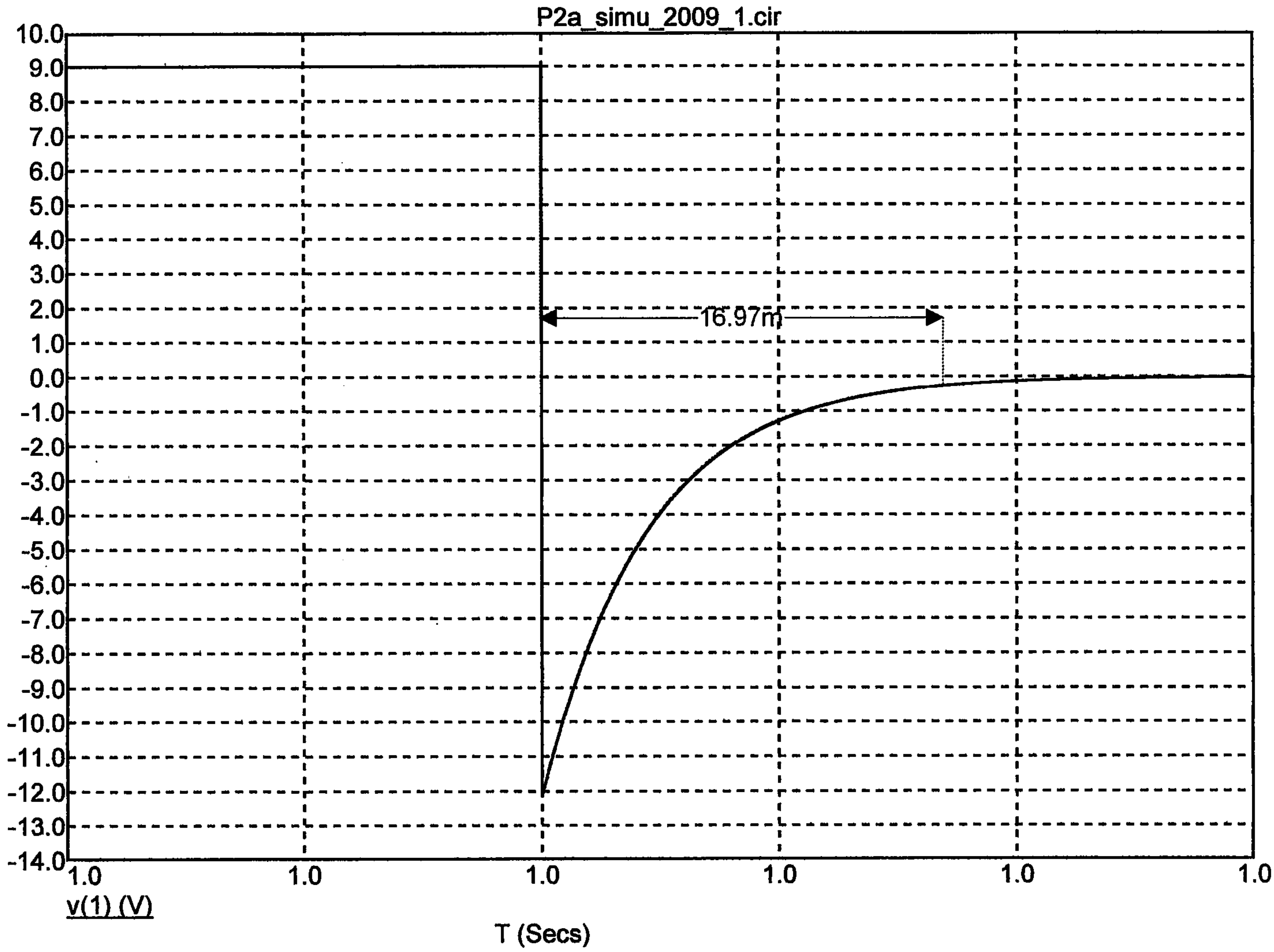
$$V_B(t) = -R_1 \cdot i_L(0)\, e^{-t/\tau}$$

$$V_B(t) = -270 \cdot 0{,}045\, e^{-\frac{t}{0{,}02}}$$

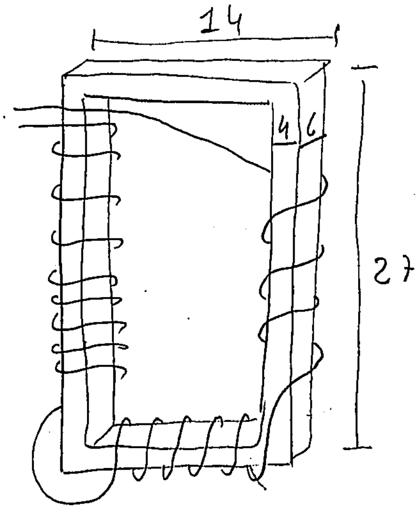
$$V_B(t) = -12{,}15\, e^{-500 \cdot t} \quad //$$




L1
2H
T,2,1
R1
270
R3
180
V1
9
R2
12


P2a_simu_2009_1.cir
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
-5.0
-6.0
-7.0
-8.0
-9.0
-10.0
-11.0
-12.0
-13.0
-14.0
16.97m
1.0
1.0
1.0
1.0
1.0
1.0
v(1) (V)
T (Secs)

Calcule o fluxo na estrutura magnética descrita ao lado ao ser aplicada uma corrente de 3 A no enrolamento.
Dimensões em centímetros.
Permeabilidade relativa do núcleo vale 2500.



$\phi = B \cdot A \quad \mu = \mu_0 \cdot \mu_r \quad F = N \cdot I \quad B = \mu \cdot H$

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \quad F = H \cdot l$

Contando as espiras que passam por dentro da estrutura:
14 entram no papel e 3 saem
então:

$N = 14 - 3 = 11$ espiras.

μ — $\frac{Wb}{A \cdot m}$

H — A/m

B — $\frac{Wb}{m^2} = T$

F — A

$\phi = B \cdot A$

$\phi = \mu \cdot H \cdot A$

$\phi = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H \cdot A$

$\phi = \mu_0 \, \mu_r \, \frac{F}{l} \cdot A$

$\phi = \mu_0 \, \mu_r \, \frac{N \cdot I}{l} \cdot A$

$H = \frac{F}{l} = \frac{3 \cdot 11}{66 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow H = 50 \, \frac{A}{m}$

$B = \mu \cdot H = 2500 \cdot 50 = 125 \cdot 10^3 \frac{Wb}{m^2} = T$

caminho médio:

$l = 2(27-4) + 2(14-4)$

$l = 66 \text{ cm} = 66 \cdot 10^{-2} m$

$A = 4 \times 6 \text{ cm}^2 = 24 \cdot 10^{-4} m^2$

$\phi = 4\pi 10^{-7} \cdot 2500 \cdot \frac{11 \cdot 3}{66 \cdot 10^{-2}} \, 24 \cdot 10^{-4}$

$\phi = 0{,}377 \text{ mWb}$ //

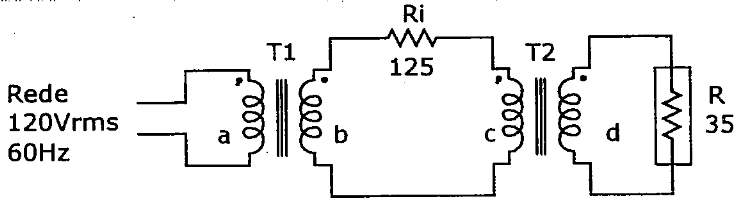
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2009/2

Prova 2 15/12/2009

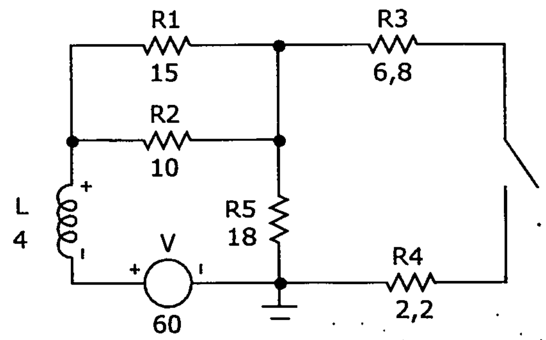
Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3 pontos) Calcule a potência dissipada no ferro de soldar R da figura a seguir e então determine a eficiência do circuito, supondo que não haja perdas nos transformadores. Cada etapa deve ser documentada com textos, equações e esquemas pois isso vai ser avaliado sempre.

$N_a = 200$ espiras $N_b = 300$ espiras
$N_c = 250$ espiras $N_d = 50$ espiras
$\eta = (P_{saída} / P_{entrada}) \cdot 100\%$

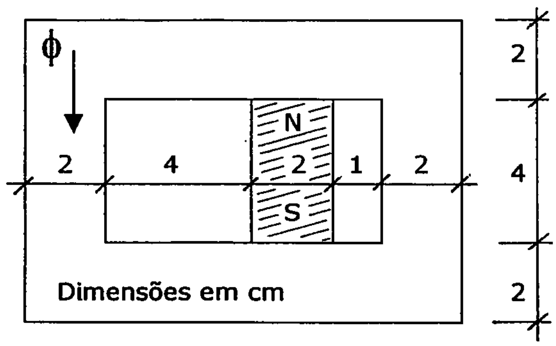


2. (4 pontos) No circuito a seguir, a chave está aberta por muito tempo e fecha em t = 0. Calcule o instante de tempo, contado a partir do fechamento da chave, em que a tensão sobre o indutor se iguala à tensão em R1. Calcule então o valor desta tensão. Não precisa desenhar os gráficos. Descreva toda a solução com textos, equações e diagramas.

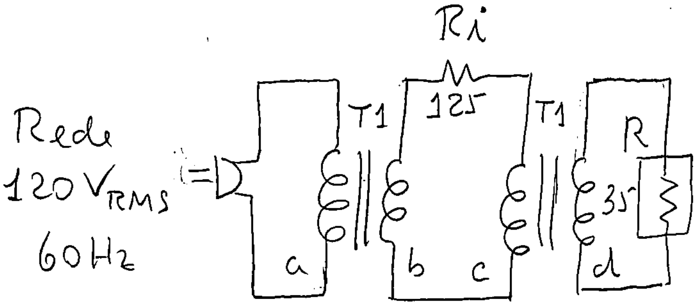


3. (3 pontos) O circuito magnético descrito a seguir foi construído com material que apresenta uma relutância por metro de $\mathcal{R}_m = 5 \cdot 10^6$ A/Wb · m. Calcule o fluxo no percurso mostrado, sabendo que o íman tem uma força magnetomotriz de $\mathcal{F} = 1800$ A.
Todas as etapas devem ser amplamente documentadas com textos, equações e diagramas.

$N_1/N_2 = V_1/V_2 = I_2/I_1 \quad R_1/R_2 = (N_1/N_2)^2$
$v_L(t) = L \cdot di/dt$ $\neq N^2/\mathcal{R}$
$L = (N^2 \cdot \mu \cdot A)/\ell$ (Henrys)
$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau} \quad \tau = L/R$
$i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(o) - i_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$
ℓ
$\mathcal{R} = L/\mu \cdot A$
$\mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu/\mu_o$
$\mathcal{F} = \mathcal{R} \cdot \phi = N \cdot I = H \cdot \ell$ (Ampères)
$B = \phi/A = \mu \cdot H$ (Tesla)
$\omega = ½ \cdot L \cdot i_L(t)^2$ (Joules)



Calcule a potência dissipada no ferro de soldar R do circuito abaixo e então calcule a eficiência do circuito, supondo que não haja perdas nos transformadores.



$N_a = 200$
$N_b = 300$
$N_c = 250$
$N_d = 50$

$$\eta = \frac{P_{SAÍDA}}{P_{ENTRADA}} \cdot 100\%$$

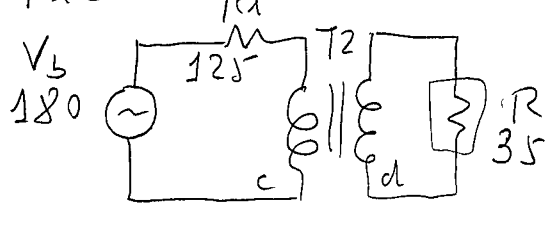
Objetivo: Potência em R e potência total, pois Ri também aquece.
Caminho para a solução: Eliminar os trafos, transferindo tudo para junto de R.

Em T1,

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{N_a}{N_b} \rightarrow V_b = V_a \frac{N_b}{N_a}$$

$$V_b = 120 \frac{300}{200} \rightarrow V_b = 180 \text{ Volts}$$

Ficou:

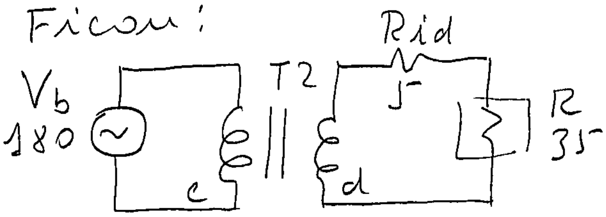


Passando Ri de c para d:

$$\frac{R_i}{R_{id}} = \left(\frac{N_c}{N_d}\right)^2 \rightarrow R_{id} = R_i \left(\frac{N_d}{N_c}\right)^2$$

$$R_{id} = 125 \left(\frac{50}{250}\right)^2 \rightarrow R_{id} = 5\Omega$$

Ficou:

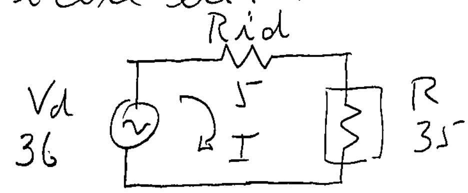


Passando Vb de c para d:

$$\frac{V_b}{V_d} = \frac{N_c}{N_d} \rightarrow V_d = V_b \frac{N_d}{N_c}$$

$$V_d = 180 \frac{50}{250} \rightarrow V_d = 36 \text{ Volts}$$

Ficou então:



$$I = \frac{V_d}{R_{id} + R} = \frac{36}{5 + 35}$$

$I = 0{,}9$ Ampères //

No ferro de soldar fica:

$$P_R = I^2 \cdot R = 0{,}9^2 \cdot 35$$

$P_R = 28{,}35$ Watts //

como:

$$P_{Rid} = I^2 \cdot R_{id} = 0{,}9^2 \cdot 5$$

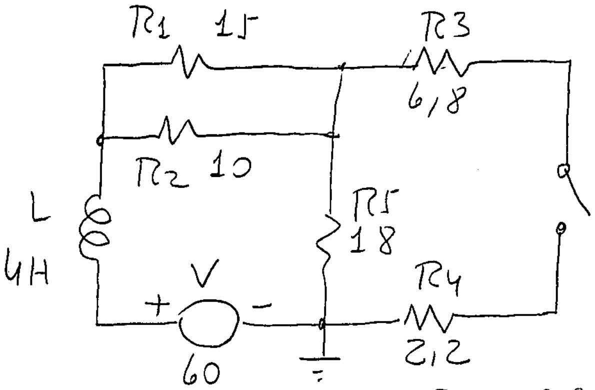
$P_{Rid} = 4{,}05$ Watts

Então a eficiência é:

$$\eta = \frac{P_{SAÍDA}}{P_{SAÍDA} + P_{PERDAS}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{28{,}35}{28{,}35 + 4{,}05} \rightarrow \eta = 0{,}875\,\%$$

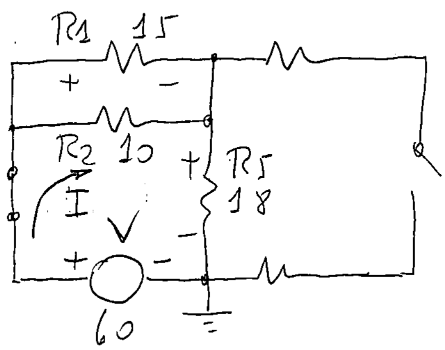
No circuito a seguir, a chave está aberta por muito tempo e fecha em $t=0$.
Calcule o instante de tempo, contado a partir do fechamento da chave, em que a tensão no indutor se iguale à tensão em R1.
Calcule então o valor desta tensão. Desenhe os gráficos destas tensões.
Documente cada passo com textos, equações e diagramas.



P2 2009-2
(parecida com P2 2006-1)

Cálculo das condições iniciais e finais:

Em $t=0_-$, chave aberta, circuito estabilizado, $v_L(0_-)=0$, $L=$ curto:



$$R_a = R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2} = \frac{15 \cdot 10}{15+10} \rightarrow R_a = 6\,\Omega$$

KVL na malha:

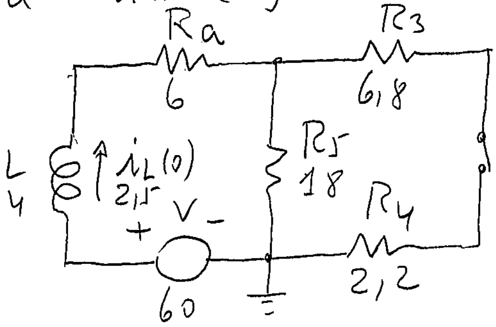
$$-V + I \cdot R_a + I\,R_5 = 0$$

$$-60 + I \cdot 6 + I \cdot 18 = 0$$

$$I = 2{,}5 = i_L(0_-)$$

Em $t=0$, $i_L(0) = i_L(0_-) = 2{,}5$

a chave fecha.

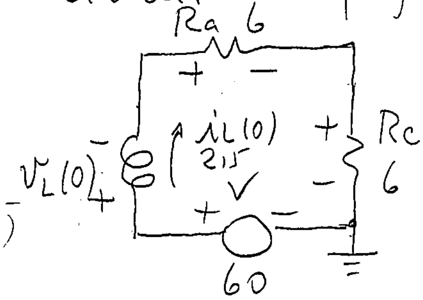


Simplificando:

$$R_b = R_3 + R_4 = 6{,}8 + 2{,}2 = 9\,\Omega$$

$$R_c = R_5 // R_b = \frac{18 \cdot 9}{18+9} \rightarrow R_c = 6\,\Omega$$

circuito simplificado em $t=0$:



KVL:

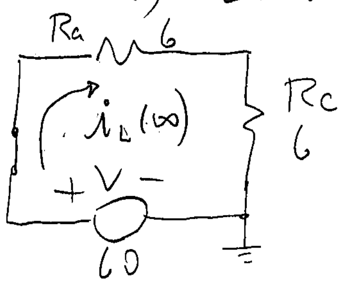
$$-V + v_L(0) + i_L(0)\,(R_a+R_c) = 0$$

$$-60 + v_L(0) + 2{,}5(6+6) = 0$$

$$v_L(0) = 30 \text{ Volts}$$

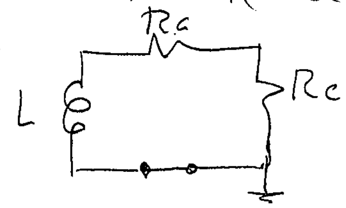
Precisamos da equação de $v_L(t)$ e de $v_{Ra}(t)$.
como $v_{Ra}(t) = i_L(t) \cdot R_a$,
precisamos de $i_L(t)$.

condições finais:
Em $t=\infty$, circuito estável, $v_L(\infty)=0$, $L=$ curto:



$$i_L(\infty) = \frac{V}{R_a + R_c} = \frac{60}{6+6} \rightarrow i_L(\infty) = 5 \text{ Ampères}$$

constante de tempo: retirando a fonte:



$$\tau = \frac{L}{R_{eq}} = \frac{L}{R_a + R_c} = \frac{4}{6+6}$$

$$\tau = 1/3 \text{ segundo}$$

Então,

$$v_L(t) = v_L(0) \cdot e^{-t/\tau} = 30 \cdot e^{-t/1/3} \rightarrow v_L(t) = 30 \cdot e^{-3t}$$

$$i_L(t) = i_L(\infty) + (i_L(0) - i_L(\infty)) \cdot e^{-t/\tau}$$

$$i_L(t) = 5 + (2{,}5 - 5)\, e^{-3t} \rightarrow i_L(t) = 5 - 2{,}5 \cdot e^{-3t}$$

Igualando $v_L(t)$ com $v_{Ra}(t)$ e isolando t:

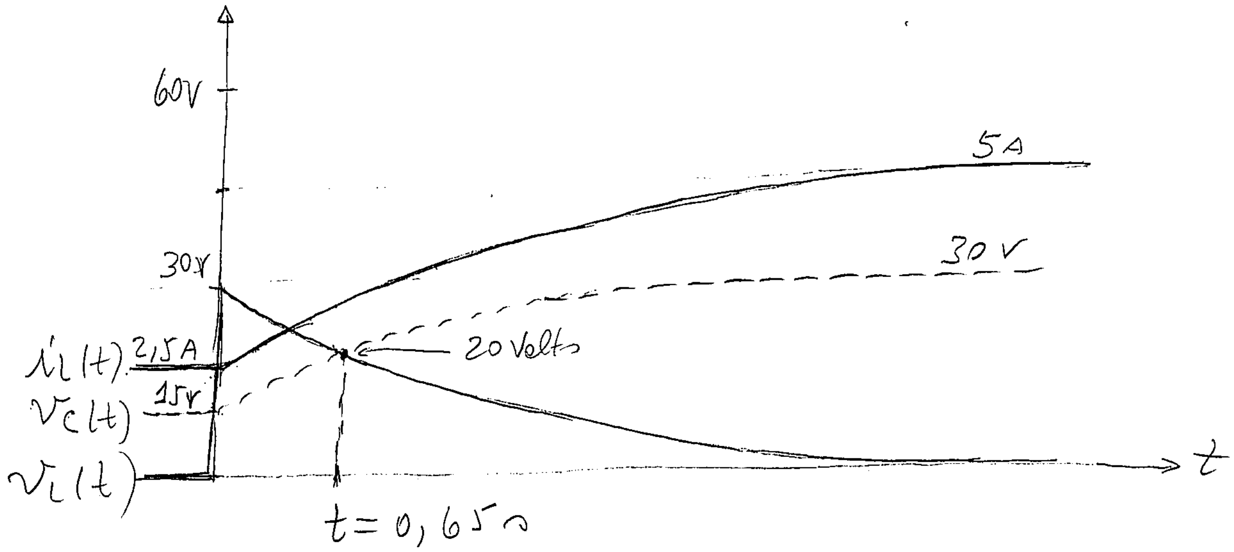
$$30 \cdot e^{-3t} = 6 \cdot (5 - 2{,}5 \cdot e^{-3t})$$

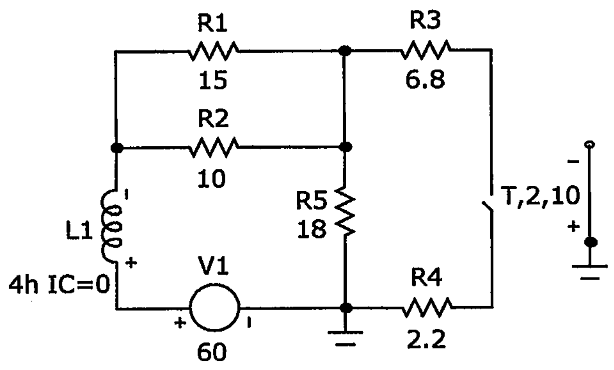
$e^{-3t} = \frac{30}{45}$ Tomando o logarítmico membro-a-membro:

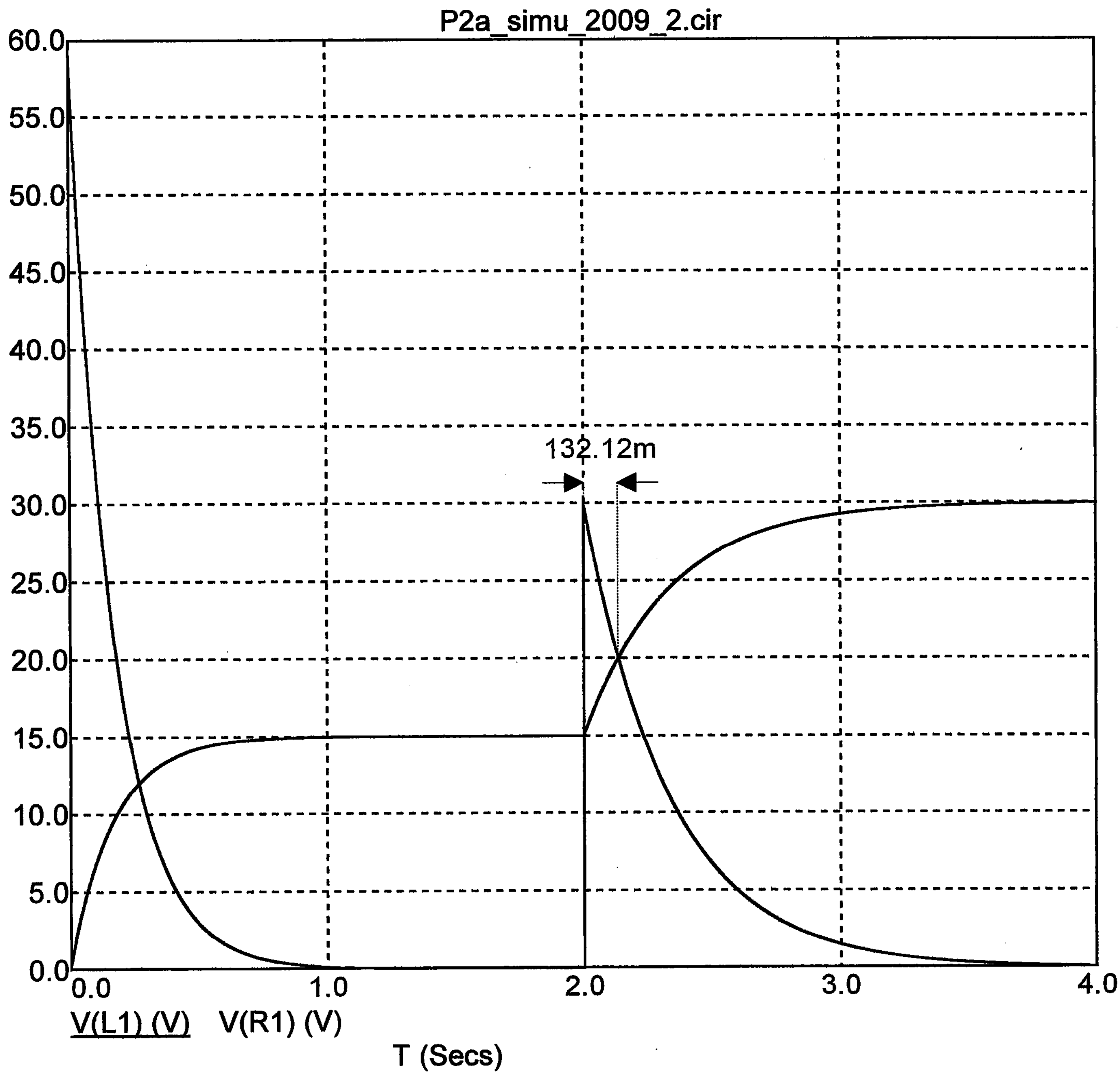
$$\ln(e^{-3t}) = \ln\left(\frac{30}{45}\right)$$

$$-3t = -0{,}4055 \rightarrow t = 0{,}135 \text{ s}$$

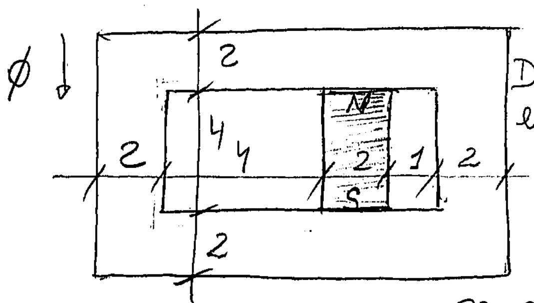
$$v_L(t) = v_c(t) = 30\, e^{-3 \cdot 0{,}135} \rightarrow v_L(t) = 20 \text{ Volts}$$




R1
15
R2
10
R3
6.8
R5
18
L1
4h IC=0
V1
60
R4
2.2
T,2,10

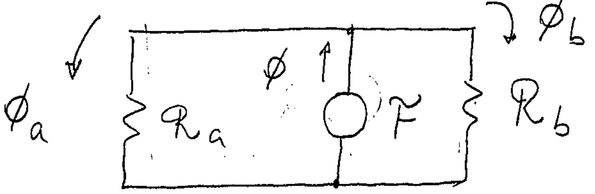

P2a_simu_2009_2.cir
60.0
55.0
50.0
45.0
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
132.12m
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
V(L1) (V)   V(R1) (V)
T (Secs)

O circuito magnético a seguir, foi construído com material que apresenta uma relutância por metro de $\mathcal{R} = 5 \cdot 10^6$ A/Wb.m
Calcule o fluxo no percurso marcado, sabendo que o ímã tem uma força magnetomotriz de $\mathcal{F} = 1800$ A.



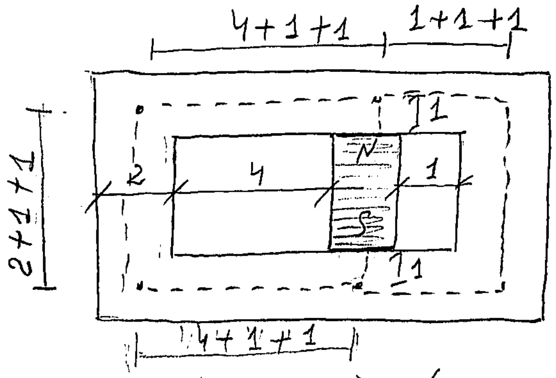
P2 2009/2

Funcionamento:
O ímã produz um fluxo que se divide pelos dois braços da estrutura.
O circuito elétrico equivalente é:



Então, $\phi_a = \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{R}_a}$ //

Cálculo de Ra, supondo o fluxo concentrado no centro da estrutura:



(correto)

$l_a = 2(4+2+1) + (2+1+1) + 1 + 1$

$l_a = 18 \text{ cm} = 0{,}18 \text{ m}$ //
(20 cm) (0,2 m)

Relutância deste caminho:

$\mathcal{R}_a = 5 \cdot 10^6 \frac{A}{Wb \cdot m} \cdot 0{,}18 \text{ m}$ (0,2 m)

$\mathcal{R}_a = 9 \cdot 10^5 \frac{A}{Wb}$ //
$(1 \cdot 10^6)$

(correto)

$l_b = 2(1+1+1) + (2+1+1) + 1 + 1$

$l_b = 12 \text{ cm} = 0{,}12 \text{ m}$ (0,10)

$\mathcal{R}_b = 5 \cdot 10^6 \frac{A}{Wb \cdot m} \cdot 0{,}12 \text{ m}$

$\mathcal{R}_b = 5 \cdot 10^5$ A/Wb // $(6 \cdot 10^5)$

Fluxo total:

$$\phi = \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{R}_a // \mathcal{R}_b} = \frac{1800}{\frac{9 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^5}{9 \cdot 10^5 + 5 \cdot 10^5}}$$

$\phi = 5{,}6$ mWb (4,8 mWb)

Divisor de fluxo (corrente)

$$\phi_a = \phi \frac{\mathcal{R}_b}{\mathcal{R}_a + \mathcal{R}_b}$$

$$\phi_a = 5{,}6 \cdot 10^{-3} \frac{5 \cdot 10^5}{9 \cdot 10^5 + 5 \cdot 10^5}$$

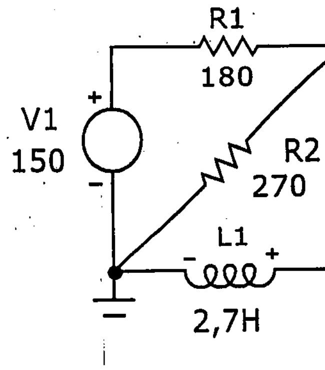
$\phi_a = 2 \cdot 10^{-3} = 2$ mWb (1,8 mWb)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2010/1

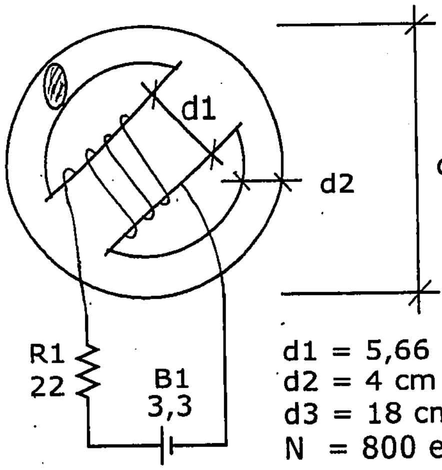
Prova 2 **29/6/2010**

Nome: GABARITO **Turma:** ____

1. (3,5 pontos) Examine o circuito ao lado, procurando entender o seu funcionamento após ligar a alimentação. Equacione o circuito para que seja possível calcular a potência dissipada em R_2 a qualquer instante de tempo, documentando cada etapa com textos, equações e esquemas pois isso vai ser avaliado sempre.

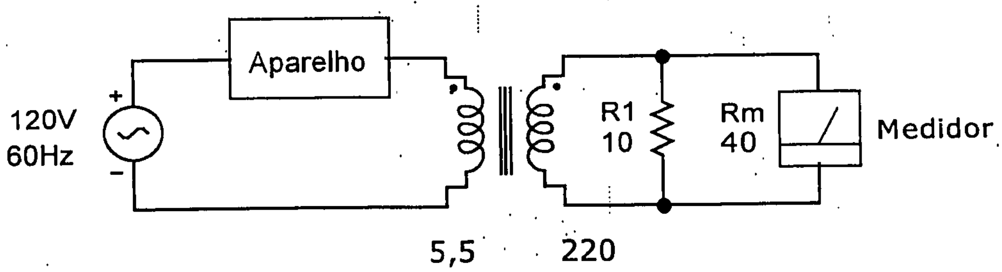


2. (3,5 pontos) Calcule a energia armazenada na estrutura ao lado, que foi fundida em material ferromagnético de permeabilidade 1600 relativa ao vácuo. Toda a peça tem secção reta circular. Considere o circuito em regime permanente. Arredonde alguns valores para simplificar os cálculos. Como sempre, todos os passos devem ser amplamente descritos.

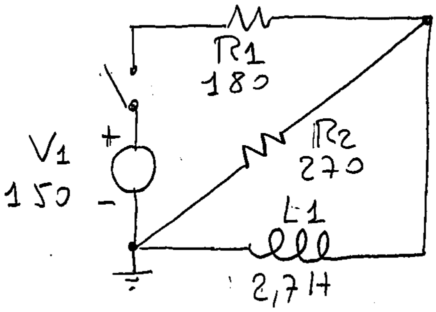


d1 = 5,66 cm
d2 = 4 cm
d3 = 18 cm
N = 800 espiras

3. (3 pontos) Na medida da corrente consumida por aparelhos ligados à rede elétrica, costuma-se usar um Transformador de Corrente, que oferece simplicidade e isolação galvânica. No caso, foi usado um transformador comum que reduz 220V para 5,5V mas que foi ligado ao contrário, com o enrolamento de 5,5V em série com a rede.
Estude o circuito a seguir e calcule, descrevendo cada passo do seu trabalho:
a) Resistência que este medidor coloca em série com o aparelho, supondo o uso de um transformador ideal.
b) Máxima corrente que pode ser medida.
Descreva cada etapa com textos, equações e esquemas.
O medidor de corrente alternada desloca o ponteiro ao longo da escala e alcança máxima deflexão com 5mA passando por sua resistência interna de 40Ω



Examine o circuito procurando entender o seu funcionamento após ligar a alimentação. Equacione o circuito para que seja possível calcular a potência dissipada em R_2 em qualquer instante de tempo. Documente cada passo.



P2 2010/1

Objetivo:

$$P = V \cdot I = \frac{V^2}{R} = I^2 \cdot R$$

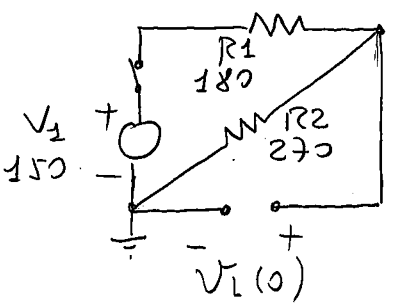
Como $V_{R2} = V_L(t)$ usaremos

$$P_2(t) = \frac{(V_L(t))^2}{R_2} \quad //$$

$$V_L(t) = V_L(0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

cálculo do valor inicial ao ligar a alimentação em $t=0$:

Variação no circuito ⇒ L = aberto.



Divisor de tensão:

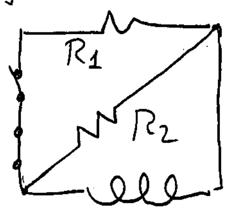
$$V_L(0) = V_1 \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2} = 150 \cdot \frac{270}{180+270}$$

$$V_L(0) = 90 \text{ Volts} \quad //$$

constante de tempo:

$$\tau = \frac{L}{R}$$

Cálculo da resist. equivalente que carrega L_1: matando a fonte fica:



$$R = R_1 // R_2 = \frac{180 \cdot 270}{180+270} \rightarrow R = 108\,\Omega$$

Deste modo,

$$\tau = \frac{L_1}{R} = \frac{2,7}{108} = 0,025 \text{ segundos} \quad //$$

Então:

$$V_L(t) = 90 \cdot e^{\frac{-t}{0,025}}$$

$$V_L(t) = 90 \cdot e^{-40 \cdot t}$$

$$P_2(t) = \frac{(90 \cdot e^{-40 \cdot t})^2}{270}$$

$$P_2(t) = 30 \cdot e^{-80t} \text{ Watts}$$

Potência após 20 ms:

$$P_2(20ms) = 30 \cdot e^{-80 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}$$

$$P_2(20ms) = 6,06 \text{ Watts} \quad //$$

Potência na fonte V1:

$$P_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$I_1 = \frac{V_1 - v_L(t)}{R_1}$$

$$P_1 = 150 \cdot \frac{150 - 90 \cdot e^{-40t}}{180}$$

$$P_1 = 125 - 75 \cdot e^{-40 \cdot t}$$ //

Em $t = 10ms$:

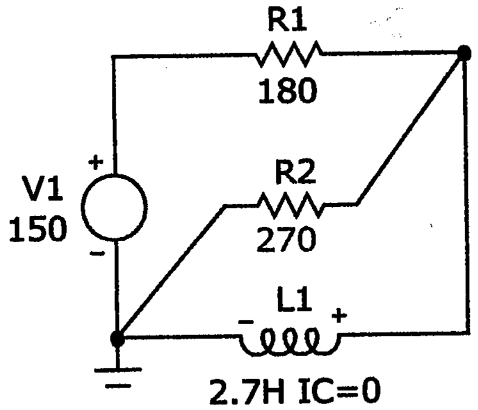
$$P_1 \Big|_{10ms} = 125 - 75 \cdot e^{-40 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}$$

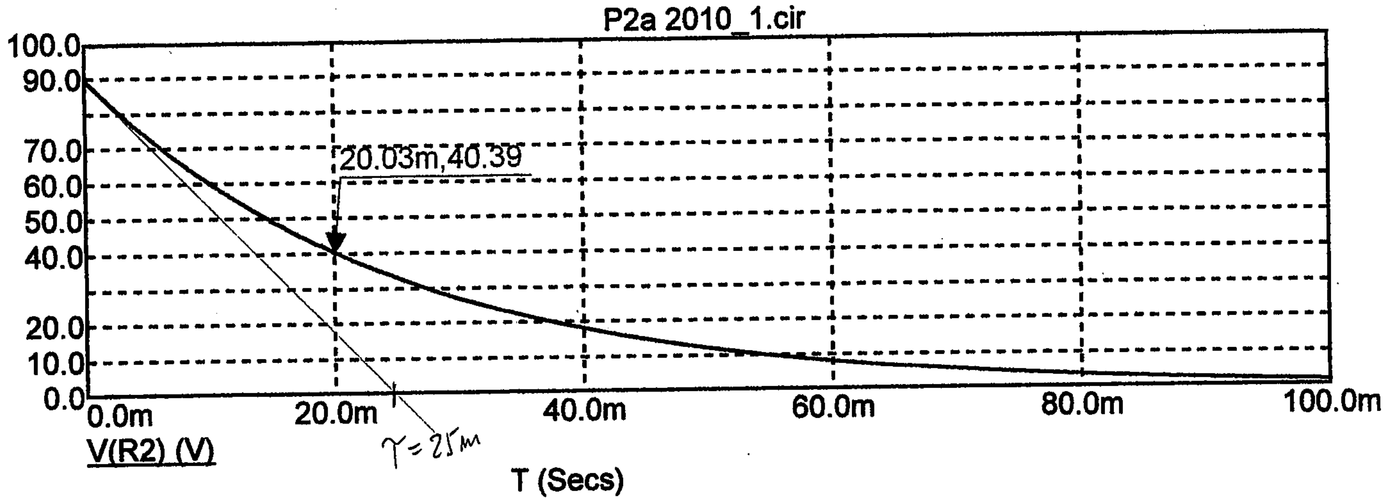
$$P_1 \Big|_{10ms} = 74,7 \text{ Watts}$$ //

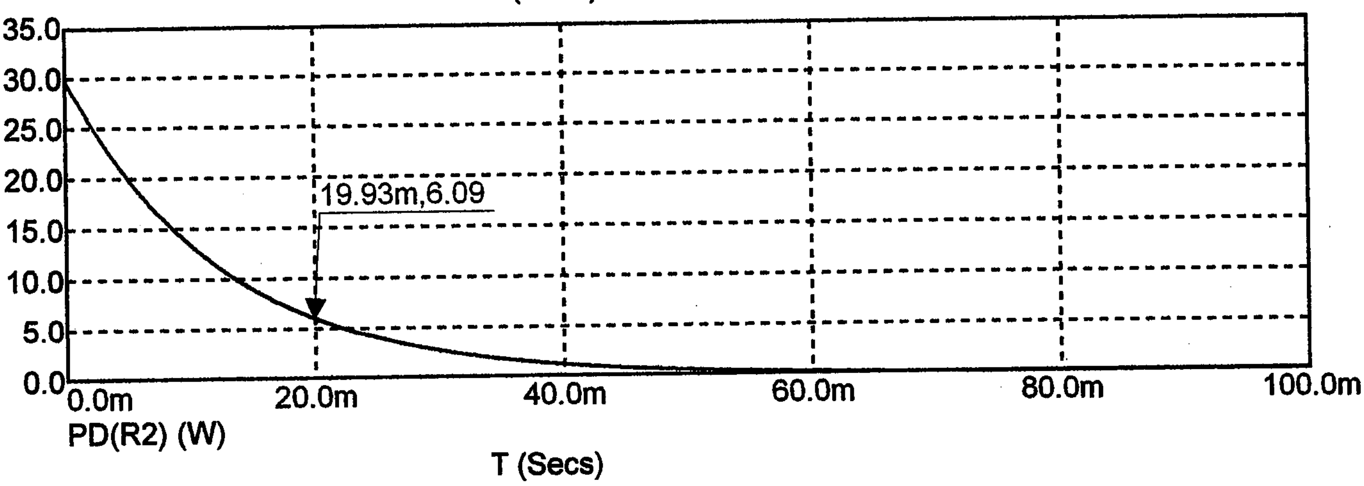
Em $20ms$:

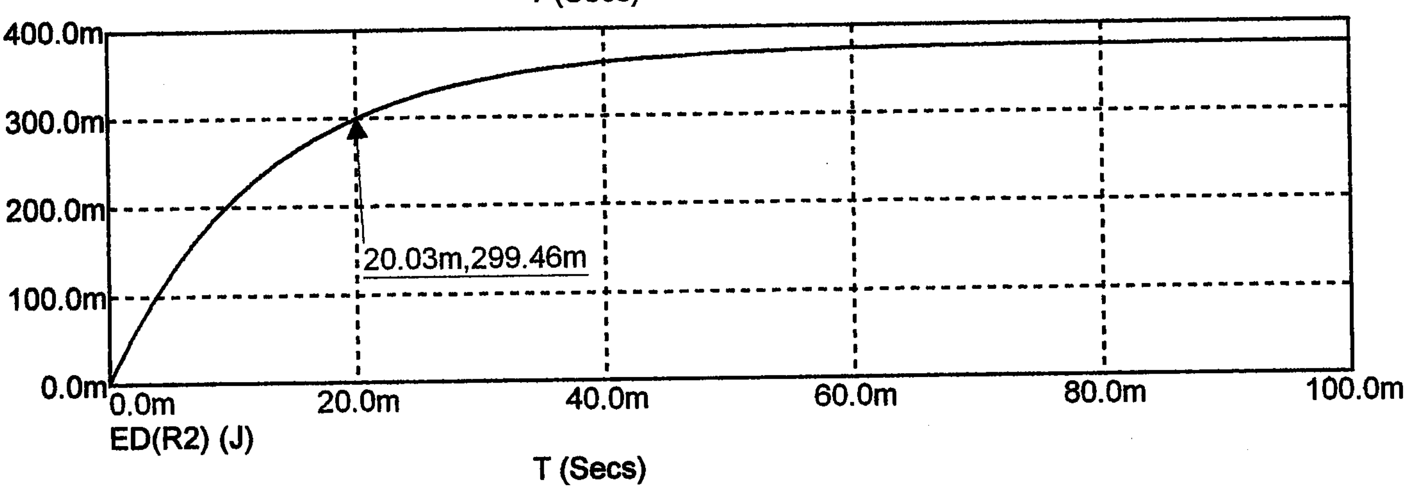
$$P_1 \Big|_{20ms} = 125 - 75 \cdot e^{-40 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}$$

$$P_1 \Big|_{20ms} = 91,3 \text{ Watts}$$ //

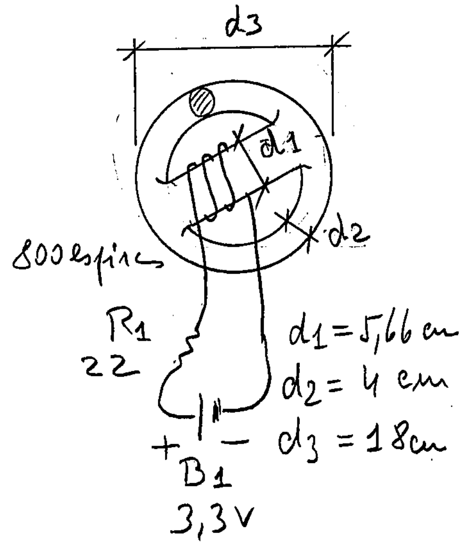

R1
180
V1
150
R2
270
L1
2.7H IC=0


P2a 2010_1.cir
100.0
90.0
70.0
60.0
50.0
40.0
20.0
10.0
0.0
20.03m,40.39
0.0m
20.0m
40.0m
60.0m
80.0m
100.0m
V(R2) (V)
τ = 25m
T (Secs)


35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
19.93m,6.09
0.0m
20.0m
40.0m
60.0m
80.0m
100.0m
PD(R2) (W)
T (Secs)


400.0m
300.0m
200.0m
100.0m
0.0m
20.03m,299.46m
0.0m
20.0m
40.0m
60.0m
80.0m
100.0m
ED(R2) (J)
T (Secs)

Calcule a energia armazenada na estrutura ao lado, fundida em material ferromagnético de secção reta circular e permeabilidade relativa ao núcleo de 1600. Considere o circuito em regime permanente. Ignore pequenos erros e use 3 dígitos significativos. Documente todas as etapas.



Objetivo: energia.
Como existe corrente e a estrutura é um indutor,

$$W = \frac{1}{2} L \cdot i_L^2$$

Corrente na bobina em regime:

$$i_L = \frac{B1}{R1} = \frac{3,3}{22} \rightarrow i_L = 0,15A //$$

Indutância da peça:

$$L = \frac{\mu \cdot A \cdot N^2}{l} \quad (\text{Henrys})$$

Permeabilidade:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r = 4\pi\, 10^{-7} \cdot 1600$$

$$\mu = 2,01 \cdot 10^{-3} \frac{Wb}{A \cdot m} \quad //$$

Área da barra central:

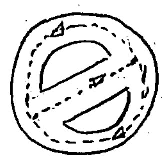
$$A_1 = \pi \cdot r_1^2 = \pi \left(\frac{d1}{2}\right)^2$$

$$A_1 = \pi \cdot \left(\frac{5,66}{2}\right)^2 = 25,2 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \pi \cdot r_2^2 = \pi \left(\frac{d2}{2}\right)^2$$

$$A_2 = \pi \cdot \left(\frac{4}{2}\right)^2 = 12,57 \text{ cm}^2$$

Caminho magnético considerando o fluxo concentrado no centro da estrutura:



As duas metades estão em paralelo e possuem a metade da área do cilindro central. Deste modo, todo o caminho tem área constante de

$$25,2 \text{ cm}^2 = 25,2 \cdot 10^{-4} m^2 //$$

Comprimento do caminho central:

$$l_1 = d_3 - \frac{d_2}{2} - \frac{d_2}{2} = 18 - \frac{4}{2} - \frac{4}{2}$$

$$l_1 = 14 \text{ cm} = 14 \cdot 10^{-2} m$$

l_2 é a metade da circunferência:

$$l_2 = \frac{1}{2} \cdot 2\pi \left(\frac{d_3}{2} - \frac{d_2}{2}\right)$$

$$l_2 = \pi \left(\frac{18}{2} - \frac{4}{2}\right)$$

$$l_2 = 22 \text{ cm} = 22 \cdot 10^{-2} m$$

O comprimento total do caminho magnético vale:

$l = l_1 + l_2 = 14 + 22$ cm

$l = 36$ cm $= 36 \cdot 10^{-2}$ m //

Cálculo da indutância:

$$L = \frac{\mu \cdot A \cdot N^2}{l} = \frac{2{,}01 \cdot 10^{-3} \cdot 25{,}2 \cdot 10^{-4} \cdot 800^2}{36 \cdot 10^{-2}}$$

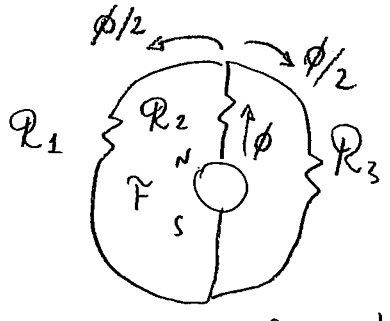
$L = 9$ Henrys //

Energia acumulada:

$$W = \frac{1}{2} L \cdot i_L^2 = \frac{1}{2} \cdot 9 \cdot (0{,}15)^2$$

$W = 0{,}101$ Joules //

Pode ser também:



com $L = \dfrac{N^2}{R_{total}}$

Para medir a corrente consumida por aparelhos ligados à rede elétrica, costuma-se usar um <u>transformador de corrente</u>, que oferece isolação galvânica e simplicidade.
Estude o circuito a seguir e calcule:

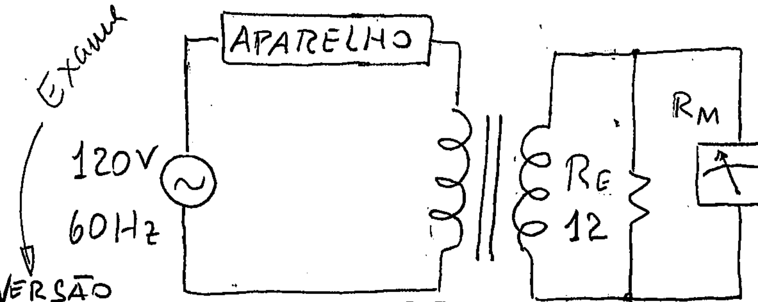
a) Resistência equivalente em série com o aparelho.

b) Máxima corrente que pode ser medida.

c) Tensão na saída se for retirado R_E e R_M do circuito.

Dados:
O medidor é um galvanômetro para corrente alternada com resistência interna de 48Ω e plena deflexão com 5mA.
Foi usado um transformador de tensão comum, tipo 220/5,5 ligado ao contrário (enrolamento de 5,5 em série com a rede).

Exame



VERSÃO 2010/1: $R_P = 10$, $R_M = 40 \rightarrow R_E = 8\Omega$

$$R_1 = \left(\frac{5,5}{220}\right)^2 \cdot 8 = 0,005\Omega$$

$$I_M = 5mA = I_2 \cdot \frac{10}{10+40} = 25mA \rightarrow I_1 = 1Amp //$$

a) Resistência equivalente no secundário:

$$R_2 = R_E // R_M = \frac{12 \cdot 48}{12+48} = 9,6\,\Omega$$

Relações de espiras:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow \frac{5,5}{220} = \frac{N_1}{N_2}$$

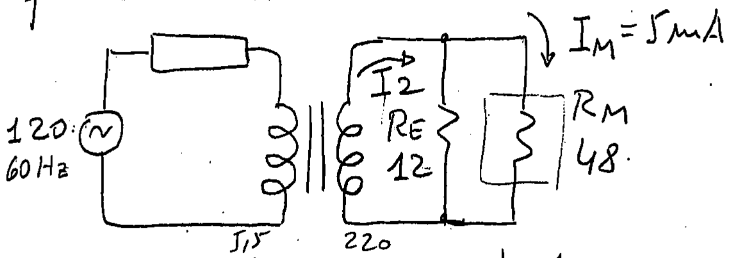
$$\frac{N_1}{N_2} = n = 0,025 //$$

Resistência em série com o aparelho:

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = n^2$$

$$R_1 = 9,6 \cdot 0,025^2 \rightarrow R_1 = 0,006\,\Omega$$

b) Com 5mA no galvanômetro, qual a corrente I_1?



Divisor de corrente:

$$I_M = I_2 \frac{R_E}{R_E + R_M} \quad \text{Então:}$$

$$I_2 = I_M \frac{R_E + R_M}{R_E} = 5mA \frac{12+48}{12} = 25mA$$

Como $\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$

$$I_1 = 25mA \cdot \frac{220}{5,5} \rightarrow I_1 = 1 \text{ Ampère}$$

c) Sem carga na saída:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \rightarrow \frac{I_1}{\text{zero}} = \frac{220}{5,5} \rightarrow I_1 = \text{zero}$$

Então V_{REDE} aparece no primário:

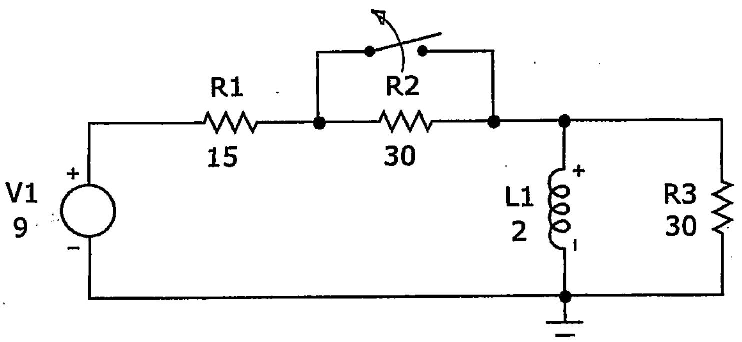
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow V_2 = 120 \cdot \frac{220}{5,5} \rightarrow V_2 = 4800V$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2010/2

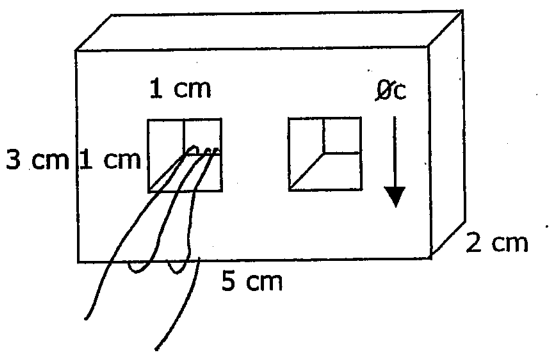
Prova 2 14/12/2010

Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3,5 pontos) No circuito a seguir, a chave abre 140ms após ser ligada a alimentação. Analise o funcionamento do circuito ao longo do tempo, equacione $i_L(t)$ supondo a chave sempre fechada e desenhe o gráfico com todos os valores calculados. Calcule então a tensão sobre o indutor um instante após a chave abrir. Todas as etapas da solução devem ser documentadas com textos, equações e esquemas pois isso vai ser avaliado sempre.



2. (3 pontos) Examine o circuito magnético a seguir e calcule o fluxo ϕ_C ao ser aplicada uma corrente de 400mA na bobina com 360 espiras, enrolada no núcleo com permeabilidade relativa de 2650.
Descreva todos os passos do seu trabalho com textos, equações e diagramas.



$B = \phi / A$ (Teslas)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell$ (Ampères)
$\mu = B / H$ (Wb/A·m)
$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu / \mu_0$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$
$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

Carga:
$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$v_L(t) = -v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$

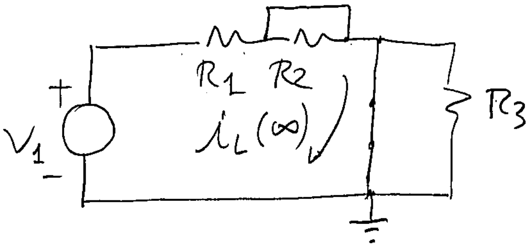
$t = -R \cdot C \cdot \ln\{[v_C(\infty) - v_C(t)] / [v_C(\infty) - v_C(o)]\}$
$\tau = R \cdot C = L/R$ (segundos)

1. (3,5 pontos) Para ligar um Soprador de Calor (500W, 220V) na rede de 120 Volts, é necessário usar um transformador elevador de tensão. O único disponível, capaz de manipular esta potência tem bobinas com 360 e 800 espiras.
a) Desenhe o circuito completo da instalação com todos os dados.
b) Ao ligar o Soprador, constatou-se demasiado aquecimento do ar. A solução foi instalar um resistor R em série com a rede de 120V para o Soprador voltar a ter 500W. Desenhe o circuito completo desta nova instalação, calcule o valor deste resistor e a potência que ele vai dissipar, documentando extensivamente cada etapa com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado sempre.

Versão P2 2010/2

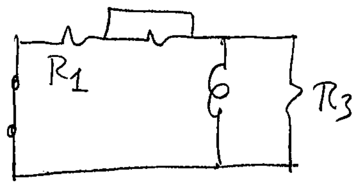
$$i_L(t) = i_L(\infty)\cdot\left(1-e^{-t/\tau}\right)$$

Em $t = \infty$, L = curto:



$$i_L(\infty) = \frac{V_1}{R_1} = \frac{9}{15} = 0,6\ A$$

Cálculo do R equiv:
Matando a fonte:



$$R_{equiv} = R_1 // R_3 = \frac{15\cdot 30}{15+30} = 10\Omega$$

$$\tau = \frac{L}{R_{equiv}} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ segundo}$$

Então: $\frac{t}{\tau} = 5.t$

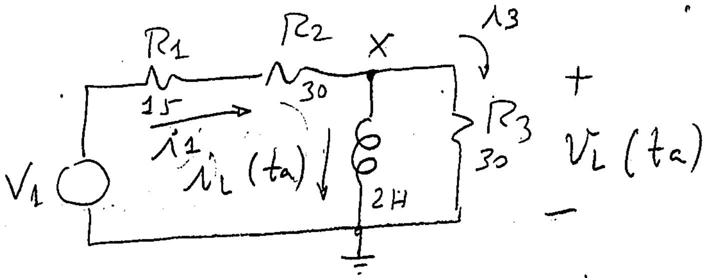
$$i_L(t) = 0,6\cdot\left(1-e^{5.t}\right) //$$

Corrente no indutor em $t = 140ms$, ao abrir a chave:

$$i_L(140ms) = 0,6\left(1-e^{-5.140.10^{-3}}\right)$$

$$i_L(140ms) = 0,3 \text{ Ampères} //$$

Um instante após abrir a chave, $(t=t_a)$ a corrente no indutor ainda não mudou e o circuito fica:



$t_a = 140ms + \Delta t$ $\quad \Delta t \to$ zero

$$i_L(t_a) = i_L(140ms) = 0,3$$

KCL no nó X: $\quad V_x = V_L(t_a)$

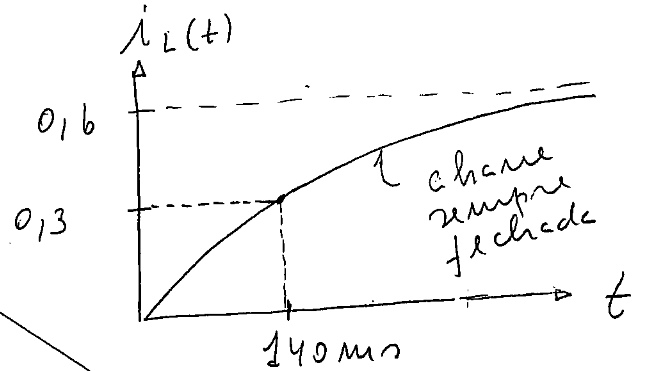
$$-i_1 + i_L(t_a) + i_3 = 0$$

$$-\frac{V_1 - V_x}{R_1+R_2} + i_L(t_a) + \frac{V_x}{R_3} = 0$$

$$-\frac{9 - V_x}{15+30} + 0,3 + \frac{V_x}{30} = 0$$

$$V_x\left(\frac{1}{45}+\frac{1}{30}\right) - \frac{9}{45} + 0,3 = 0$$

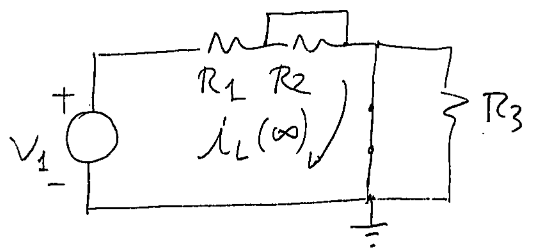
$$V_x = -1,8 \text{ Volts}$$



Versão P2 2010/2

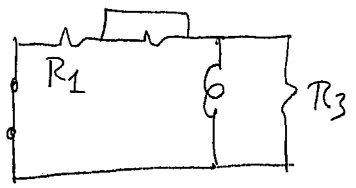
$i_L(t) = i_L(\infty)\cdot\left(1-e^{-t/\tau}\right)$

Em $t=\infty$, L = curto:



$i_L(\infty) = \frac{V_1}{R_1} = \frac{9}{15} = 0{,}6$ A

Cálculo do R equiv:
Matando a fonte:



$R_{equiv} = R_1 // R_3 = \frac{15\cdot 30}{15+30} = 10\Omega$

$\tau = \frac{L}{R_{equiv}} = \frac{2}{10} = 0{,}2$ segundo

E vale: $\frac{t}{\tau} = 5\cdot t$

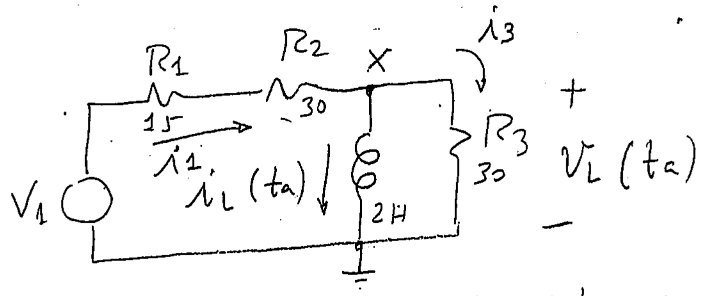
$i_L(t) = 0{,}6\cdot\left(1-e^{5\cdot t}\right)$ //

Corrente no indutor em $t = 140ms$, ao abrir a chave:

$i_L(140ms) = 0{,}6\left(1-e^{-5\cdot 140\cdot 10^{-3}}\right)$

$i_L(140ms) = 0{,}3$ Ampères //

Um instante após abrir a chave, $(t=t_a)$ a corrente no indutor ainda não mudou e o circuito fica:



$t_a = 140ms + \Delta t$ $\quad \Delta t \to$ zero

$i_L(t_a) = i_L(140ms) = 0{,}3$

KCL no nó X: $V_X = V_L(t_a)$

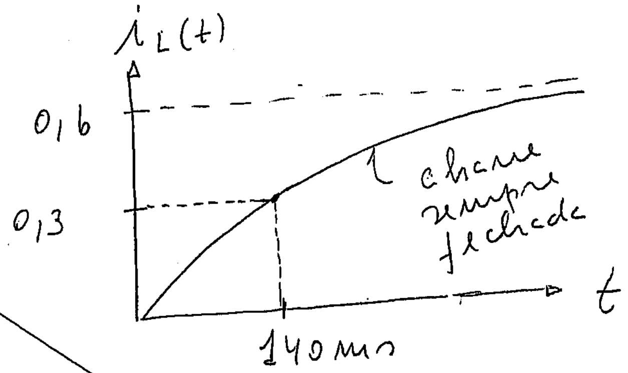
$-i_1 + i_L(t_a) + i_3 = 0$

$-\frac{V_1 - V_X}{R_1+R_2} + i_L(t_a) + \frac{V_X}{R_3} = 0$

$-\frac{9 - V_X}{15+30} + 0{,}3 + \frac{V_X}{30} = 0$

$V_X\left(\frac{1}{45}+\frac{1}{30}\right) - \frac{9}{45} + 0{,}3 = 0$

$V_X = -1{,}8$ Volts

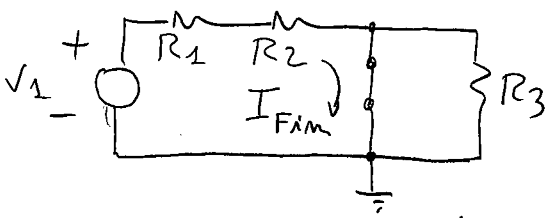


b) Equacionamento para $t \geq 140\,ms = t_a$;

Existe corrente inicial no indutor. A equação fica:

$$i_L(t \geq t_a) = I_{Fim} + \left(I_{Inic} - I_{Fim}\right) \cdot e^{-\frac{(t-t_a)}{\tau_a}}$$

Após $t \geq 5 \cdot \tau_a$ o circuito se estabiliza novamente:



Logo: $I_{Fim} = \dfrac{V_1}{R_1+R_2} = \dfrac{9}{15+30}$

$I_{Fim} = 0,2\ A$

Então;

$$i_L(t \geq t_a) = 0,2 + (0,3-0,2)\, e^{\frac{t_a - t}{0,111}}$$

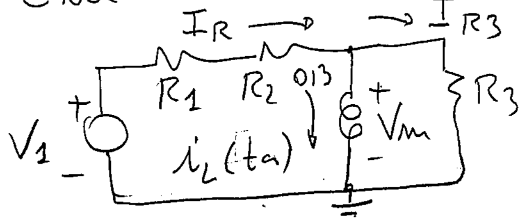
$$i_L(t \geq t_a) = 0,2 + 0,1\, e^{9(t_a - t)} \quad //$$

$$v_L(t = t_a) = 6 \cdot e^{-5 \cdot 0,14}$$

$v_L(t = t_a) = 3$ Volts //

$$v_L(t \geq t_a) = V_m\, e^{-\frac{(t-t_a)}{\tau_a}}$$

Em $t = t_a = 140\,ms$; i_L não muda instant.



KCL: $-I_R + I_m + I_{R3} = 0$

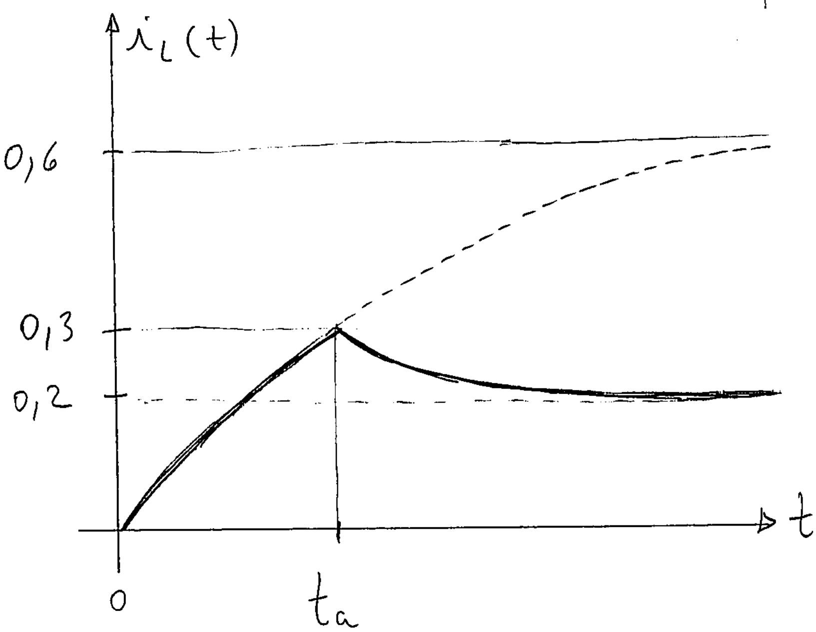
$$-I_R + 0,3 + \frac{V_m}{R_3} = 0 \quad (1)$$

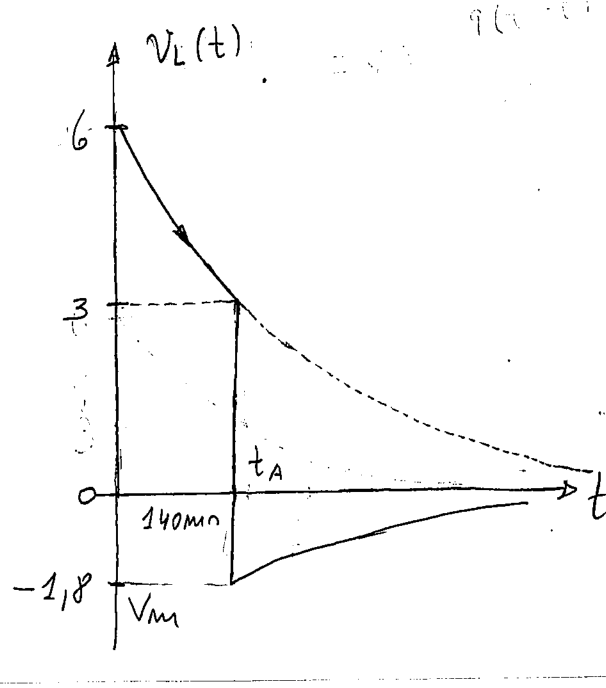
mas: $I_R = \dfrac{V_1 - V_m}{R_1 + R_2}$ então

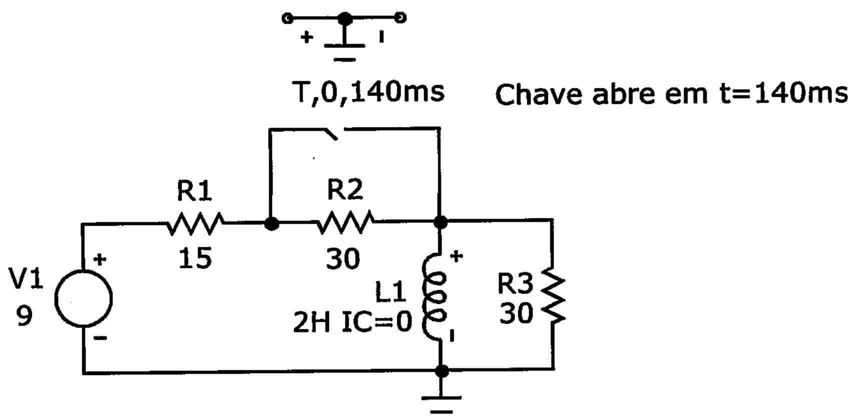
$$-\frac{9 - V_m}{15+30} + 0,3 + \frac{V_m}{30} = 0$$

$$V_m\left(\frac{1}{45} + \frac{1}{30}\right) - \frac{9}{45} - 0,3 = 0$$

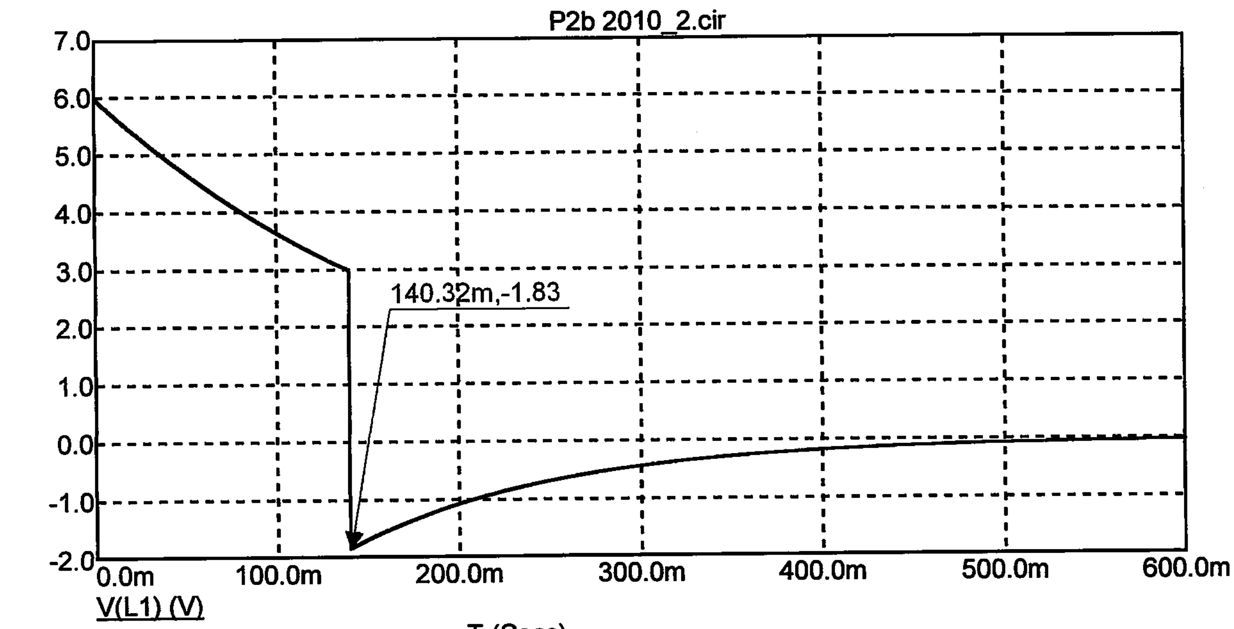
$V_m = -1,8$ Volts //



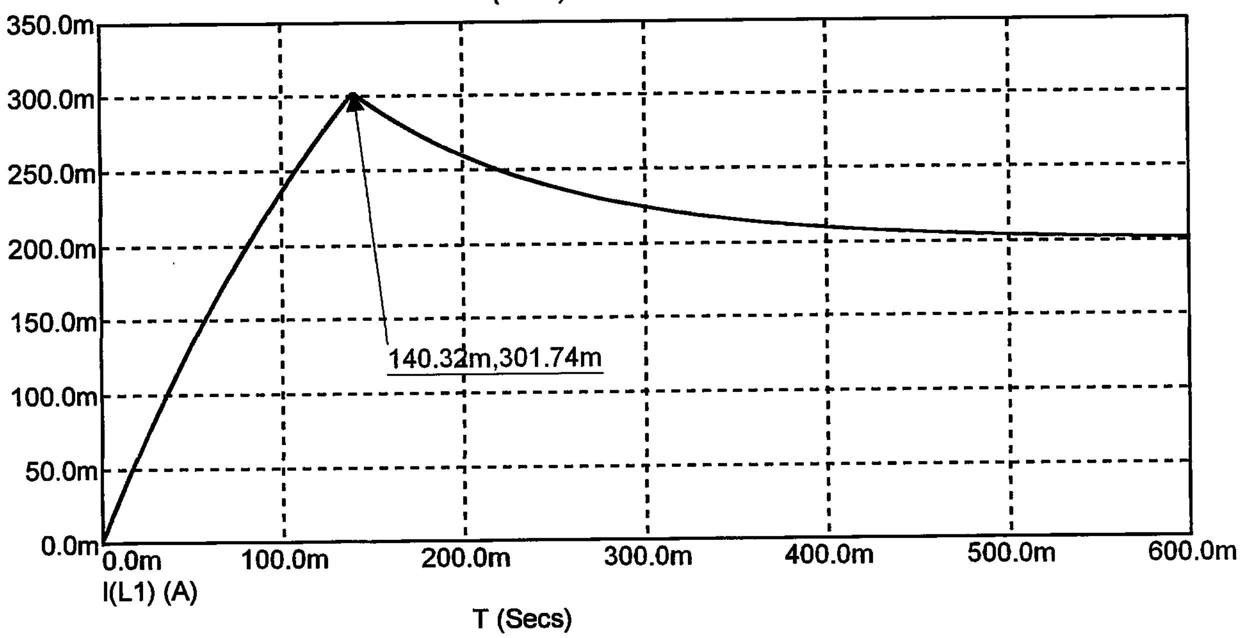




T,0,140ms
Chave abre em t=140ms
R1
15
R2
30
V1
9
L1
2H IC=0
R3
30



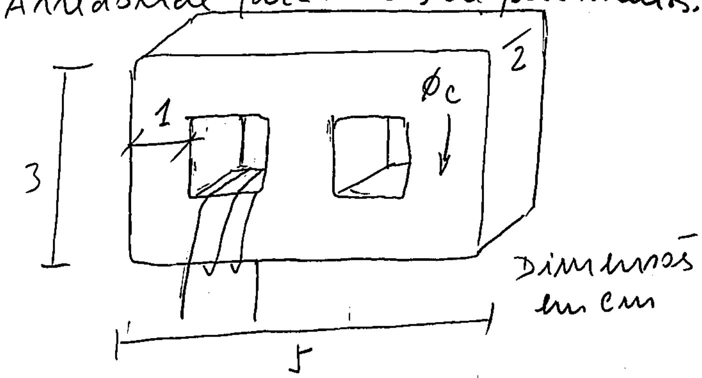
P2b 2010_2.cir
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
-1.0
-2.0
140.32m,-1.83
0.0m
100.0m
200.0m
300.0m
400.0m
500.0m
600.0m
V(L1) (V)
T (Secs)



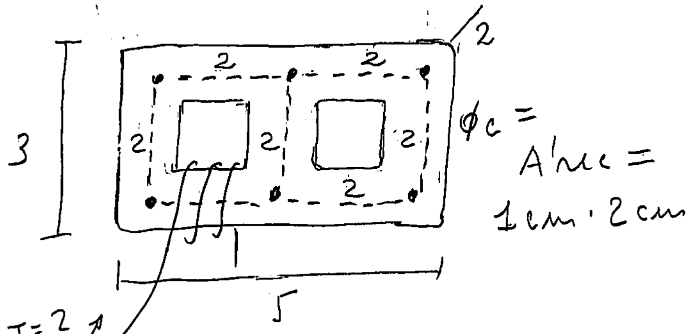
350.0m
300.0m
250.0m
200.0m
150.0m
100.0m
50.0m
0.0m
140.32m,301.74m
0.0m
100.0m
200.0m
300.0m
400.0m
500.0m
600.0m
I(L1) (A)
T (Secs)

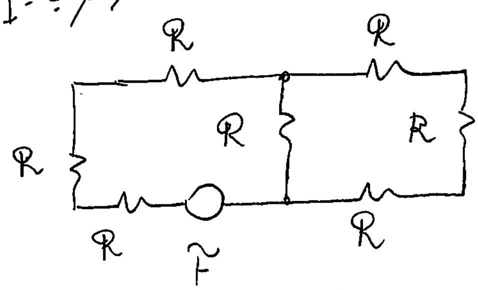
Examine o circuito magnético a seguir e calcule o fluxo ϕ_c ao ser aplicado uma corrente de 400mA na bobina,

descrevendo todas as etapas de solução. Bobina com 360 espiras enrolada no núcleo de permeabilidade relativa 2650.
Arredonde para mais ou para menos.



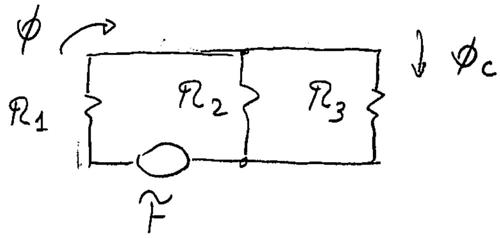
Método: transformar em um circuito elétrico equivalente.
Fluxo concentrado no centro da estrutura:





Todas as relutâncias são iguais.

Associando as relutâncias:



$$\mathcal{R}_1 = \frac{l_1}{\mu \cdot A} \quad \text{com } \mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

$$\mathcal{R}_1 = \frac{(2+2+2)\cdot 10^{-2}\ (m)}{2650 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-4}}$$

$$\mathcal{R}_1 = 90061 \cong 90 \cdot 10^3 \ A/Wb \ //$$

$$\mathcal{R}_2 = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{2650 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-4}}$$

$$\mathcal{R}_2 = 30020 \cong 30 \cdot 10^3 \ A/Wb \ //$$

$$\mathcal{R}_3 = \mathcal{R}_1 = 90 \cdot 10^3 \ A/Wb \ //$$

Fluxo total:

$$\phi = \frac{F}{\mathcal{R}_{TOTAL}} \quad \text{onde } F = N \cdot I$$

$$\mathcal{R}_{TOTAL} = \mathcal{R}_1 + (\mathcal{R}_2 // \mathcal{R}_3)$$

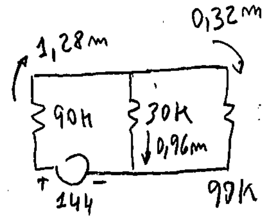
$$\mathcal{R}_{TOTAL} = 90 \cdot 10^3 + \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 90 \cdot 10^3}{30 \cdot 10^3 + 90 \cdot 10^3}$$

$$\mathcal{R}_{TOTAL} = 112,5 \cdot 10^3 \quad \text{Logo}$$

$$\phi_{TOTAL} = \frac{360 \cdot 400\,mA}{112,5 \cdot 10^3} = 1,28\,mWb$$

Interessa ϕ_c que passa por $\mathcal{R}_3$.

Divisor de fluxo:

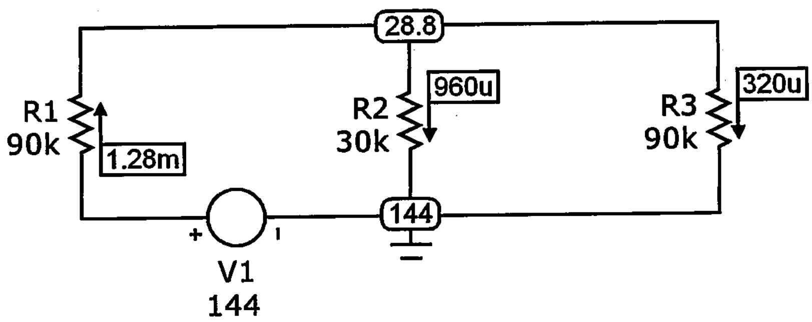


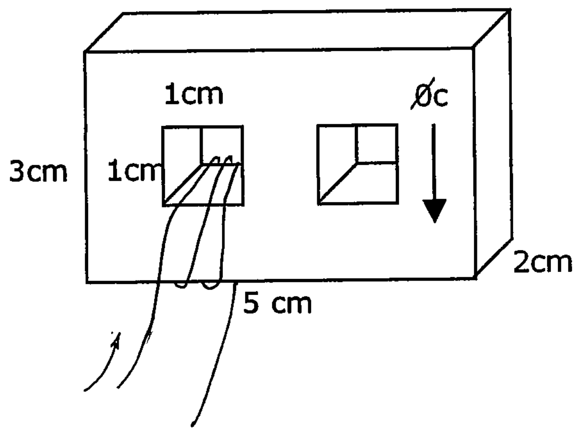
$$\phi_c = \phi_{TOTAL} \frac{\mathcal{R}_2}{\mathcal{R}_2 + \mathcal{R}_3}$$

$$\phi_c = 1,28\,mWb \cdot \frac{30 \cdot 10^3}{30 \cdot 10^3 + 90 \cdot 10^3}$$

$$\phi_c = 0,32\,mWb$$

P2c 2010/2 fluxo em R3





Para ligar um soprador de calor (500W, 220V) na rede de $V_1 = 120V$, é necessário usar um transformador elevador de tensão. O único disponível capaz de manipular 600W tem bobinas com 360 e 800 espiras.

a) Desenhe o circuito completo, identificando os valores conhecidos.

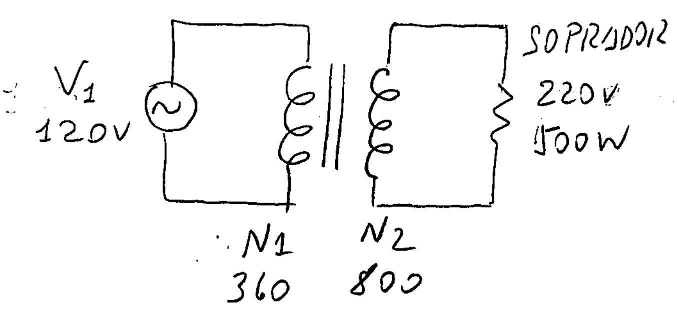
Ao ligar o soprador constatou-se demasiado aquecimento. A solução foi instalar um resistor R de potência em série com a rede para o soprador voltar a ter 500 Watts.

b) Desenhe o novo circuito e calcule o valor deste resistor R, documentando cada etapa.

P2 2010/2

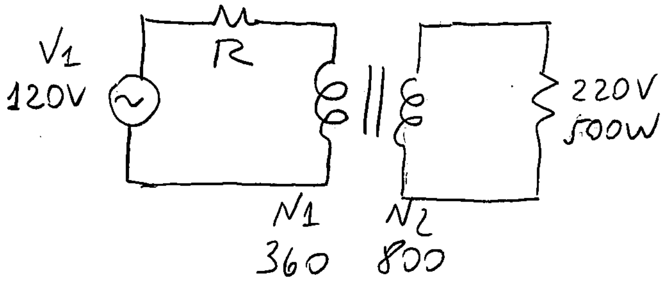
---

a) Como $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$ e precisamos elevar a tensão fica:



4H 19,75H

b) colocando o resistor para diminuir a potência:



Método: eliminar o transformador.

Resistência do soprador:

$$P_s = V_s \cdot I_s = \frac{V_s^2}{R_s} = I_s^2 \cdot R_s$$

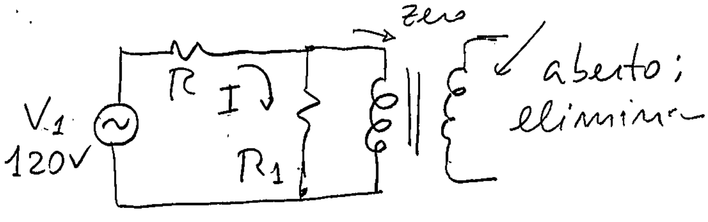
$$500 = \frac{220^2}{R_s} \rightarrow R_s = 96{,}8\Omega$$

Passando para a entrada:

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$\frac{R_1}{96{,}8} = \left(\frac{360}{800}\right)^2 \rightarrow R_1 = 19{,}6\Omega$$

Redesenhando:



Para voltar a ter 500W no soprador, a corrente deve ser:

$$P_1 = I^2 \cdot R_1$$

$$500 = I^2 \cdot 19{,}6 \rightarrow I = 5{,}05A$$

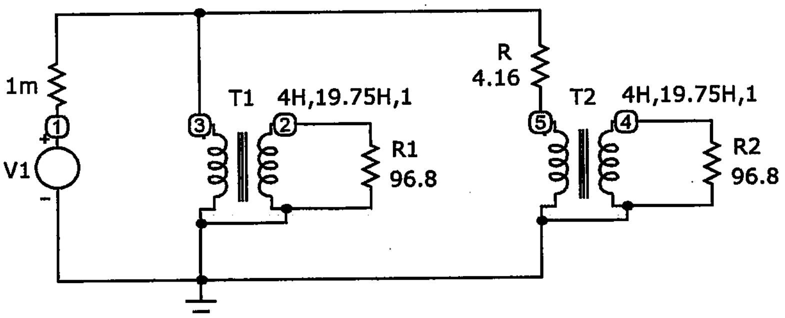
Para obter este valor precisa:

$$I = \frac{V_1}{R + R_1} \rightarrow 5{,}05 = \frac{120}{R + 19{,}6}$$

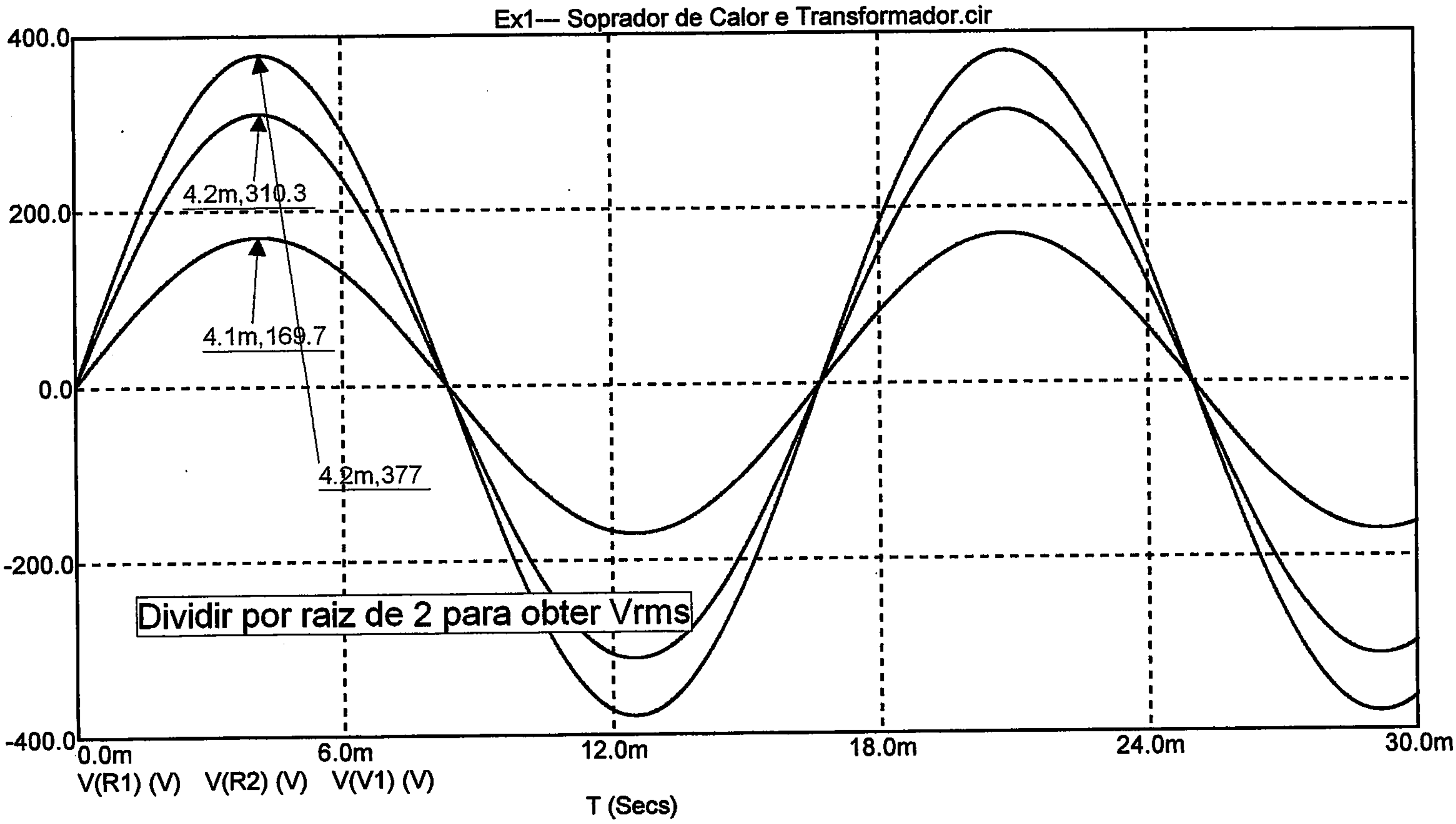
$R = 4{,}16\Omega$

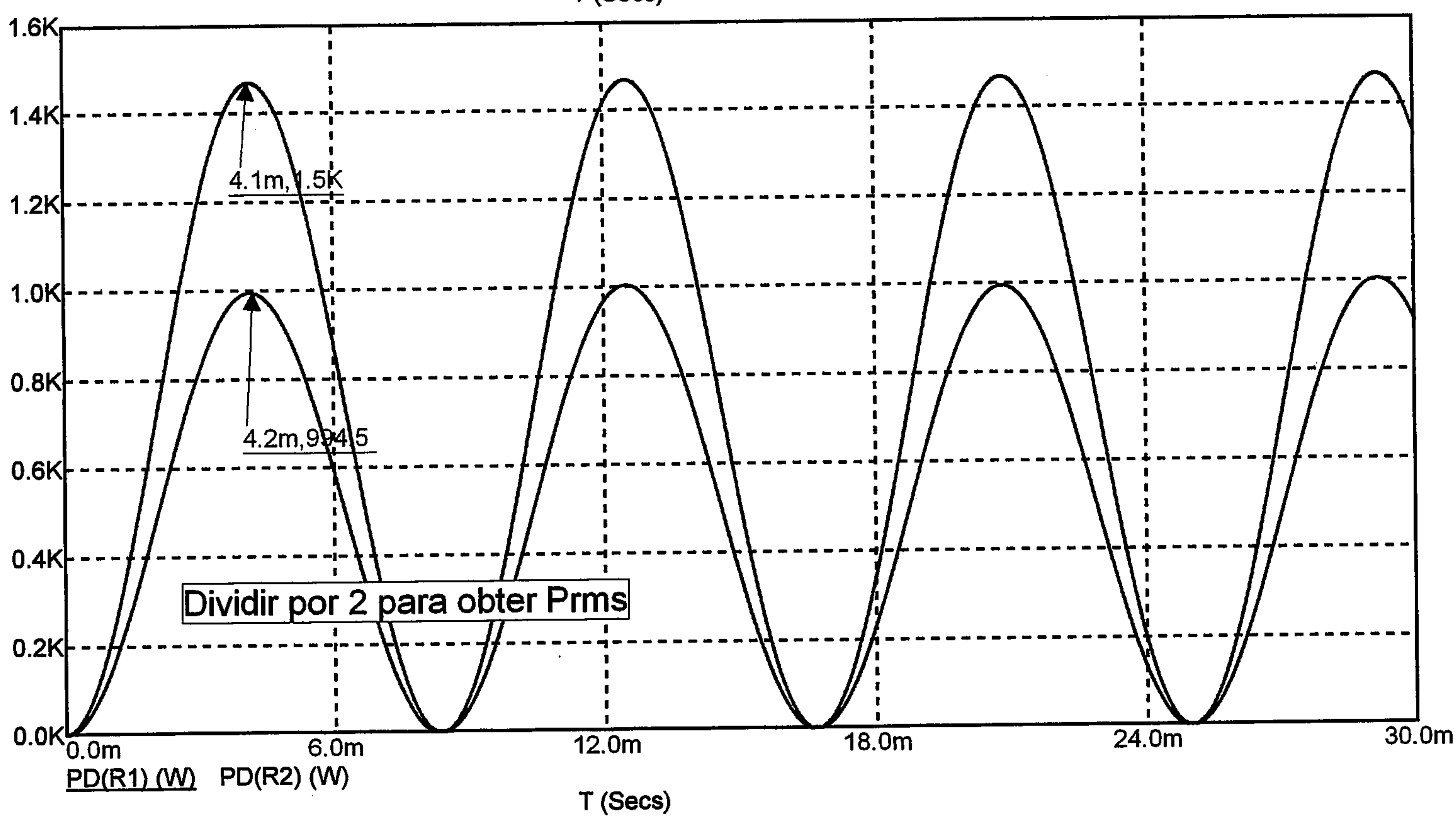
Potência: $P = I^2 \cdot R$

$P = 5{,}5^2 / 4{,}16 \rightarrow P = 7{,}27$ Watts



DC 0 AC 0 0 Sin 0 169.7 60 0 0 0



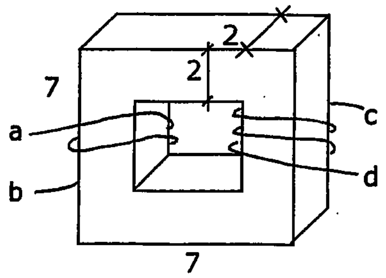


Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2011/1

Prova 2 28/6/2011

Nome: GABARITO **Turma:** ____

1. (3 pontos) Calcule as duas possíveis indutâncias na estrutura ao lado ao associar em série os dois enrolamentos. $N_{ab} = 800$ $N_{cd} = 6600$ $\mu = 200$, dimensões em cm. Descreva com textos, equações e diagramas cada etapa da solução pois isso vai ser avaliado sempre.



2. (3,5 pontos) Estude o circuito a seguir, procurando entender o seu funcionamento. Em qualquer relé, contato fecha se o campo magnético gerado pela corrente na bobina BB for intenso suficiente. Após fechar, a corrente na bobina pode ser reduzida sem que o contato abra. Neste componente, $I_{fecha} = 0{,}4A$, $I_{abre} = 0{,}2A$ e a indutância pode ser ignorada.

a) Supondo o relé sempre aberto, equacione τ_{aberto}, $i_L(\infty)$ e esboce a curva de $i_L(t)$ após ligar a alimentação. Note o resistor de 3Ω que modela a resistência do fio do indutor.

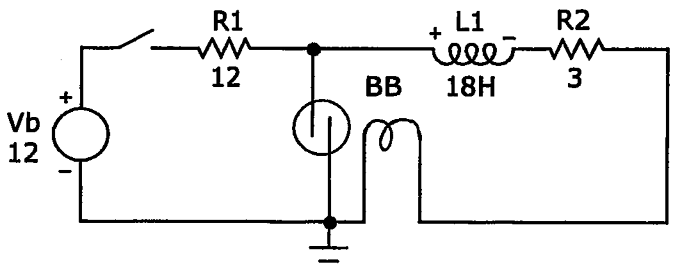
b) Supondo o relé fechado, equacione $\tau_{fechado}$ e $i_L(\infty)$.

c) Supondo que o relé abriu neste instante (qual a causa?), calcule o tempo que leva para fechar.

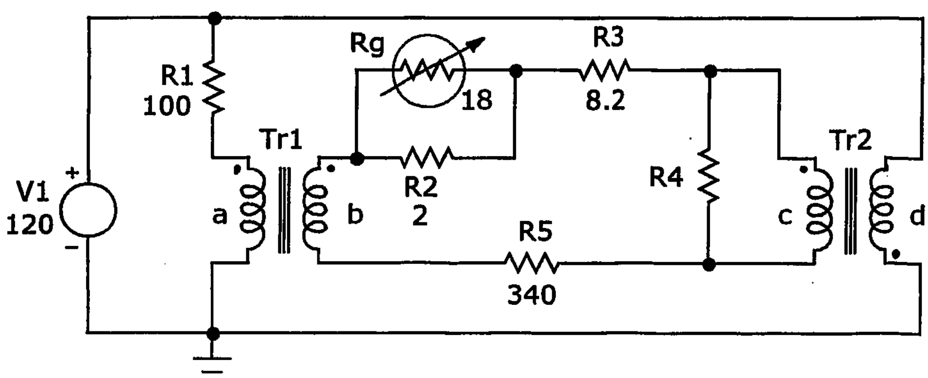
d) Calcule agora o tempo que leva para abrir novamente.

e) Calcule o tempo entre dois clicks audíveis do relé.

Cada etapa da solução deve ser amplamente descrita com textos, equações e diagramas.



3. (3,5 pontos) O Galvanômetro do circuito a seguir aceita correntes alternadas em sua bobina de 18 Ohms e deflexiona o ponteiro sobre uma escala graduada de zero a 25 unidades. Com 50mA na bobina, o ponteiro alcança o final da escala. Examine o circuito e equacione com o objetivo de determinar a posição do ponteiro do medidor. Descreva cada passo com textos, equações e diagramas; equacione sempre em formato literal e depois coloque os valores de circuito.
Espiras: a = 450 b = 225 c = 70 d = 560. Observe a polaridade dos enrolamentos.



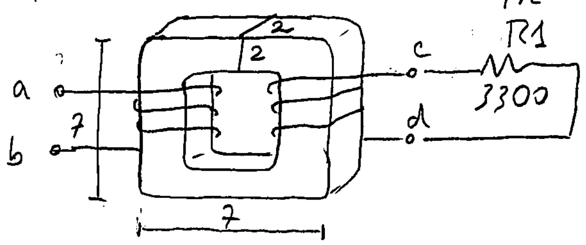
A estrutura a seguir tem duplo propósito.

a) calcule a corrente em R1 ao conectar a rede elétrica de 120 V_{RMS}, 60 Hz aos terminais a e b.

b) calcule a indutância da estrutura nos extremos da conexão em série dos enrolamentos. Teste as duas possibilidades.

Descreva cada etapa com textos equações e diagramas.

$N_{ab} = 800$ $N_{cd} = 6600$ $\mu_r = 200$



P2 2011-1

---

a) Usando como transformador, vale a equação:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$ adaptando:

$$V_{cd} = V_{ab} \cdot \frac{N_{cd}}{N_{ab}}$$

$$V_{cd} = 120 \cdot \frac{6600}{800} \rightarrow V_{cd} = 990\,V$$

Então, $$I_{R1} = \frac{V_{cd}}{R_1} = \frac{990}{3300}$$

$$I_{R1} = 0,3 \text{ Ampères}//$$

b) Usando como indutor e colocando os dois enrolamentos em série:

b1) Ligando b com d os enrolamentos tem o mesmo sentido ficando no total:

$$N_{soma} = N_{ab} + N_{cd} = 800 + 6600$$

$N_{soma} = 7400$ espiras.

Como $$L_{soma} = \frac{\mu \cdot A \cdot N_{soma}^2}{l}$$

calculemos:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r = 4\pi 10^{-7} \cdot 50 \ \frac{Wb}{A \cdot m}$$

$$\mu = 6,283 \cdot 10^{-5} \ \frac{Wb}{A \cdot m}$$

$$A = 2\,cm \cdot 2\,cm = 4\,cm^2 = 4 \cdot 10^{-4}\,m^2$$

$$l = 4\,(7-2) = 20\,cm = 0,2\,m$$

Então:

$$L_{soma} = \frac{6,283\,10^{-5} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 7400^2}{0,2}$$

$$L_{soma} = 6,88 \text{ Henrys}//$$

b2) Ligando b com c os enrolamentos tem sentidos opostos ficando no total:

$$N_{sub} = N_{cd} - N_{ab} = 6600 - 800$$

$N_{sub} = 5800$ espiras

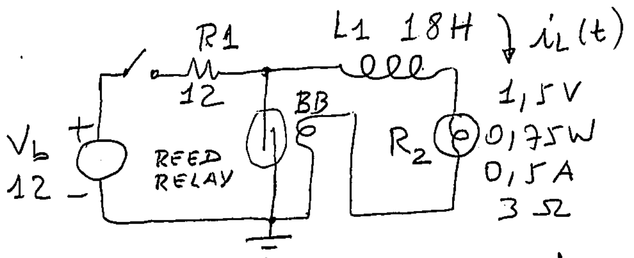
Então:

$$L_{sub} = \frac{\mu \cdot A \cdot N_{sub}^2}{l}$$

$$L_{sub} = \frac{6,283 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 5800^2}{0,2}$$

$$L_{sub} = 4,23 \text{ Henrys}//$$

Versão P2 2011/1



$$t = -\tau \ln\left(\frac{V_\infty - V_f}{V_\infty - V_i}\right)$$

$I_{fecha} = 0,4\ A$

$I_{abre} = 0,2\ A$

Circuito série: $i_L = i_{R2} = i_{BB}$

$t=0_-$: circuito desligado,
$i_L(0_-) = 0 \quad v_L(0_-) = 0$

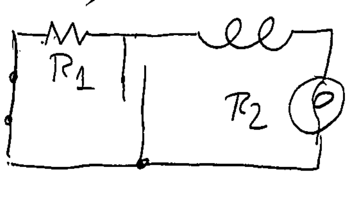
$t=0_+$: Alimentação ligada,
$i_L(0_+) = i_L(0_-) = 0$

Aparece $v_L(0+)$ que se opõe a V_b, logo $i_L(0+) = 0$.
Reed-relay aberto.

Com o passar do tempo, i_L aumenta até chegar no valor máximo, em $t = \infty$:
$t = \infty$: circuito estável,
L_1 = curto,

$$i_L(\infty) = \frac{V_b}{R_1 + R_2} = \frac{12}{12+3}$$

$i_L(\infty) = 0,8\ A$ // Suposto relé sempre aberto.
Constante de tempo nesta condição: matando a fonte:



$R_{eq} = R_1 + R_2$

$$\tau_{aberto} = \frac{L_1}{R_{eq}} = \frac{18\ H}{12+3} = 1,2\ s$$

Com relé aberto, vale:

$$i_L(t) = i_L(\infty)\cdot\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$$i_L(t) = 0,8\cdot\left(1 - e^{-t/1,2}\right) \quad //$$

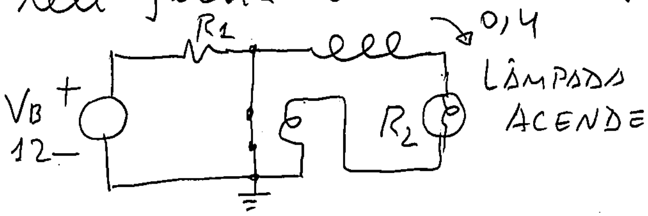
Mas o relé fecha quando $i_L(t) = 0,4\ A$. O tempo é:

$$t(0 \to 0,4) = -\tau_{aberto} \ln\left(\frac{i_\infty - i_f}{i_\infty - i_i}\right)$$

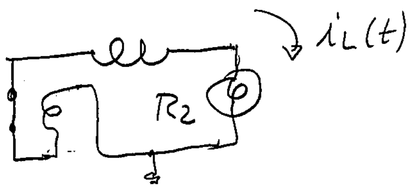
$$t(0 \to 0,4) = -1,2 \ln\left(\frac{0,8 - 0,4}{0,8 - 0}\right)$$

$$t(0 \to 0,4) = 0,832\ s \quad //$$

Com $i_L(0,832) = 0,4$, o relé fecha e o circuito fica:



Fonte V_b ficou isolada.



Indutor se descarrega pela lâmpada e relé. Quando $i_L(t) = 0,2\ A$, o relé abre.
A nova constante de tempo é: $\tau_{fechado} = \dfrac{L_1}{R_2} = \dfrac{18\ H}{3} = 6\ s$

Se o relé nunca abrir, o indutor se descarrega até $i(\infty) = 0$.

Tempo em que o relé permanece fechado:

$$t(0{,}4 \rightarrow 0{,}2) = -\tau_{fechado} \ln\left(\frac{i(\infty) - i_f}{i(\infty) - i_i}\right)$$

$$t(0{,}4 \rightarrow 0{,}2) = -6 \cdot \ln\left(\frac{0 - 0{,}2}{0 - 0{,}4}\right)$$

$$t(0{,}4 \rightarrow 0{,}2) = 4{,}16\ s \ //$$

com o relé abrindo, o indutor volta a se carregar e a corrente aumenta de 0,2 até 0,4:

$$t(0{,}2 \rightarrow 0{,}4) = -\tau_{aberto} \ln\left(\frac{i_\infty - i_f}{i_\infty - i_i}\right)$$

$$t(0{,}2 \rightarrow 0{,}4) = -1{,}2 \ln\left(\frac{0{,}8 - 0{,}4}{0{,}8 - 0{,}2}\right)$$

$$t(0{,}2 \rightarrow 0{,}4) = 0{,}4865\ s \ //$$

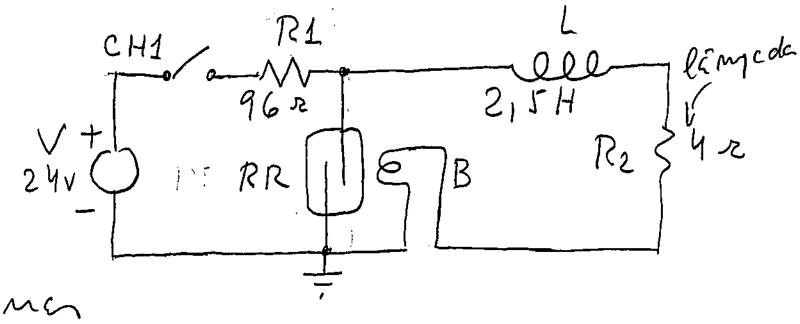
Tempo do ciclo do pisca:

$$T = t(0{,}2 \rightarrow 0{,}4) + t(0{,}4 \rightarrow 0{,}2)$$

$$T = 0{,}4865 + 4{,}16$$

$$T = 4{,}645\ s \ //$$

a) Estude o circuito ao lado e descreva o seu funcionamento.



O relé tipo REED-RELAY é formado por duas lâminas de material ferromagnético. O contato fecha se o campo magnético causado pela corrente na bobina B for intenso suficiente. Após fechado, a corrente na bobina pode ser reduzida sem que o contato abra. Neste modelo $I_{FECHA} = 200\,mA$ $I_{ABRE} = 120\,mA$.
A indutância e resistência da bobina B, com poucas espiras, podem ser desconsideradas.

b) Equacione o circuito com o objetivo de determinar o tempo que RR leva para fechar, a partir do instante que o circuito é ligado.

c) Determine agora o tempo que RR leva para abrir.

d) Calcule a frequência de operação do circuito.

e) Qual a máxima corrente que passa pelos contatos de RR e em qual condição de operação do circuito?

---

a) Ligando o circuito, a corrente no indutor vai aumentando com o tempo até RR fechar, com:

$I_B = I_L = 200\,mA$.

Quando o relé fecha, o indutor começa a descarregar até que $I_B = I_L = 120\,mA$ e o relé fecha. A corrente no indutor sobe de 120 mA até 200 mA, o relé fecha e o ciclo se repete.

b) Ao ligar o circuito:

$$i_L(t) = I_{máx}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

Após muito tempo, $v_L = 0$

e $$I_{máx} = \frac{V}{R_1 + R_2} = \frac{24}{96+4} = 0{,}24A$$

$$\tau_1 = \frac{L}{R} = \frac{L}{R_1 + R_2} = \frac{2{,}5H}{100\Omega}$$

$\tau_1 = 25\,ms$

Então

$$i_L(t) = 0{,}24\left(1 - e^{-40t}\right)$$

Tempo para $i_L = 0{,}2A$ e o relé fechar:

$$0,2 = 0,24\left(1 - e^{-40t}\right)$$

$$\frac{0,2}{0,24} = 1 - e^{-40t}$$

$-1,792$ $\cancel{-}0,1667 = \cancel{-}e^{-40t}$

Tomando o ln:

$-1,792$

$-0,182 = -40t$

$44,79 \cdot 10^{-3} = 44,8\,ms$

$t = 4,56\,ms$ // X

c) Com o relé fechado, o indutor agora se descarrega por ele e por R2, segundo a equação:

$$i_L(t) = I_{L\,máx}\, e^{-\frac{t}{\tau_2}}$$

onde:

$I_{L\,máx} = 0,2\,A$ que é o valor que leva o relé a fechar.

$$\tau_2 = \frac{L}{R_2} = \frac{2,5\,H}{4\,\Omega}$$

$$\tau_2 = 625\,ms$$

Então

$$i_L(t) = 0,2 \cdot e^{-1,6t}$$

Tempo para i_L diminuir até 0,12 A:

$$0,12 = 0,2 \cdot e^{-1,6t}$$

$$0,6 = e^{-1,6t}$$

Tomando o ln:

$$-0,51 = -1,6t$$

$t = 319\,ms$ //

Neste momento a chave abre. O tempo para a corrente no indutor subir de 0,12 A para 0,2 A será então:

$$i_L(t) = I_{INIC} + (I_{FIM} - I_{INIC}) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

ou: $i_L(t) = I_{FIM} + (I_{INIC} - I_{FIM}) \cdot e^{-t/\tau}$

$$0,2 = 0,24 + (0,12 - 0,24) \cdot e^{-40t}$$

$$0,333 = e^{-40t}$$

Tomando o ln:

$t = 27,5\,ms$ //

d) O ciclo de operação é a soma dos tempos de i_L variar de 0,12 até 0,2 e de volta até 0,12:

$$T_{ciclo} = 319\,ms + 27,5\,ms$$

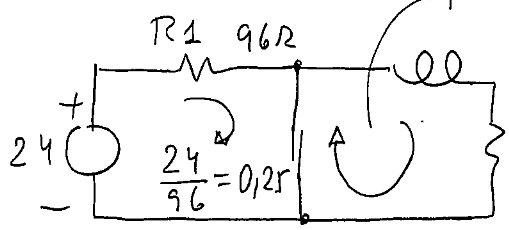
$$T_{ciclo} = 346\,ms$$

Logo:

$f = \frac{1}{T_{ciclo}} = 2,89\,Hz$ //

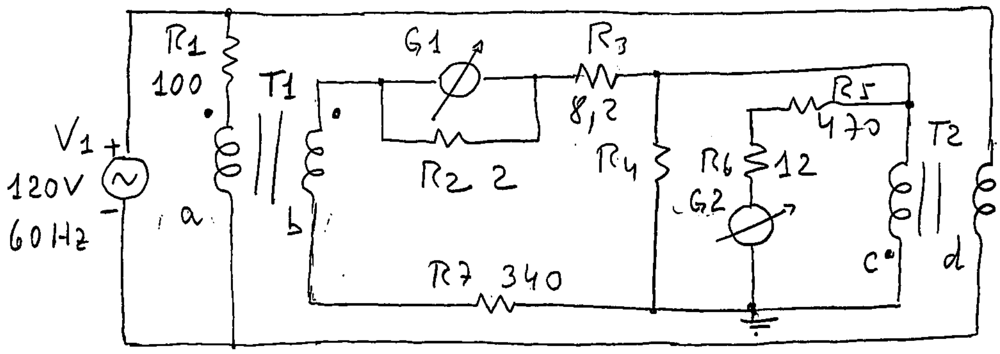
e) máxima corrente no relé:

mínima é 0,12



$I_{relé\,máx} = 0,25 - 0,12 = 0,13\,A$ //

No circuito a seguir existem galvanômetros de ferro móvel que aceitam correntes alternadas em sua bobina com resistência de 18Ω e deflexionam o ponteiro em uma escala graduada de zero a 25 unidades. Com 50mA na bobina o ponteiro alcança o final da escala. Examine o circuito procurando entender o seu funcionamento. Equacione o circuito com o objetivo de determinar a posição do ponteiro em cada galvanômetro. Descreva cada passo, equacione em formato literal e depois aplique os valores. Atente para a polaridade dos enrolamentos.



Espiras:
a = 450
b = 225
c = 70
d = 560

P2 2011/1

Caminho para a solução:
eliminar os transformadores.

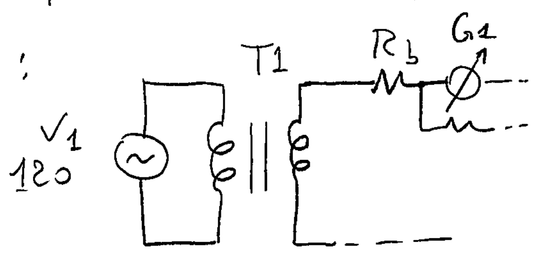
Passando R1 de a para b:

$$\frac{R1}{R_b} = \left(\frac{a}{b}\right)^2$$

$$\frac{100}{R_b} = \left(\frac{450}{225}\right)^2$$

$$R_b = \frac{100}{4} \rightarrow R_b = 25\Omega //$$

Ficou:



Passando V1 de a para b:

$$\frac{V_1}{V_b} = \frac{a}{b}$$

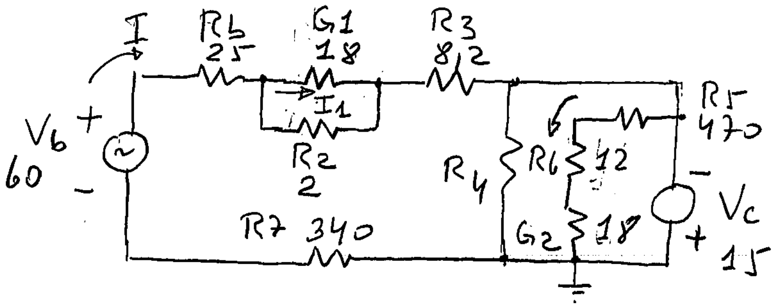
$$\frac{120}{V_b} = \frac{450}{225} \rightarrow V_b = 60 \text{ Volts}//$$

Passando V1 de d para c:

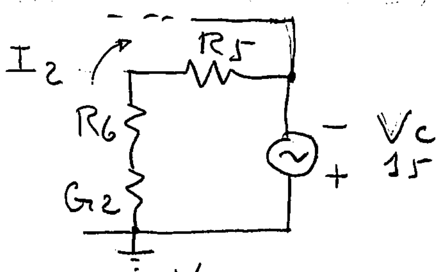
$$\frac{V_1}{V_c} = \frac{d}{c}$$

$$\frac{120}{V_c} = \frac{560}{70} \rightarrow V_c = 15 \text{ Volts}//$$

Obedecendo a polaridade marcada nos transformadores e substituindo G1 e G2 pela resistência equivalente:



Objetivo: calcular as correntes em G1 e G2.
V_c alimenta G2 diretamente:



$$I_2 = \frac{V_c}{G_2 + R_6 + R_5}$$

$$I_2 = \frac{15}{18+12+470} \rightarrow I_2 = 30\,mA$$

Posição do ponteiro G2:

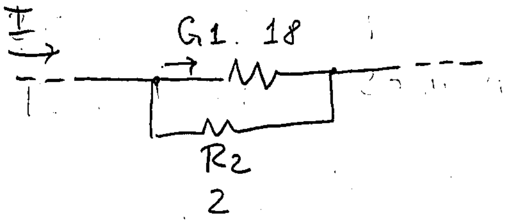
25 unidades — 50 mA
Ponteiro2 — 30 mA

$$\text{Ponteiro2} = \frac{25\,\text{unidades} \cdot 30\,mA}{50\,mA}$$

Ponteiro2 = 15 unidades //

Independente do sentido de corrente I_2.

Corrente em G1:



$$I_1 = I \frac{R_2}{R_{G1} + R_2} = 200\,mA \frac{2}{18+2}$$

$I_1 = 20\,mA$ //

Posição do ponteiro G1:

25 unidades — 50 mA
Ponteiro 1 — 20 mA

$$\text{Ponteiro 1} = \frac{25 \cdot 20}{50}$$

Ponteiro 1 = 10 unidades //

KVL na malha externa:

$$-V_b + I \cdot R_b + I\,(G_1 /\!/ R_2) + I \cdot R_3 - V_c + I \cdot R_7 = 0$$

Associando: $G_1 /\!/ R_2 = \frac{G_1 \cdot R_2}{G_1 + R_2} = \frac{18 \cdot 2}{18+2} = 1{,}8\,\Omega$

Isolando I e colocando os valores:

$$I\,(R_b + 1{,}8 + R_3 + R_7) = V_b + V_c$$

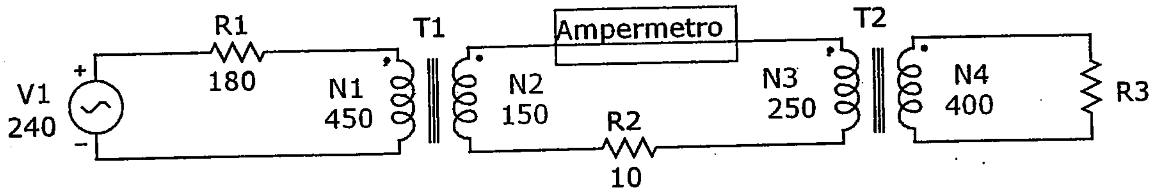
$$I = \frac{60+15}{25+1{,}8+8{,}2+340} \rightarrow I = 200\,mA$$ //

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2011/2

Prova 2 6/12/2011

Nome: GABARITO **Turma:** _____

1) (3 pontos) Examine o circuito a seguir, procurando entender o seu funcionamento. Equacione e calcule o valor de R3 para que o ampermetro indique 1 Ampère. Calcule após a potência dissipada em R3. Descreva cada etapa com textos equações e esquemas pois isso é avaliado sempre.



2) (4 pontos) Estude os tempos de fechamento e abertura de um relé eletro-magnético, instalado no circuito ao lado, cujas características foram obtidas por um ensaio de funcionamento.

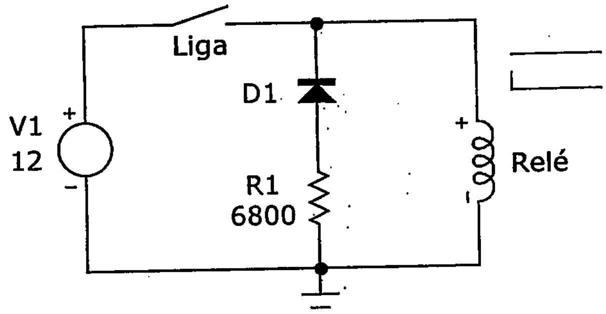
a) Desenhe o circuito equivalente, analise e calcule o tempo para fechar os contatos após ligar a alimentação

b) Segundos depois, a alimentação é desligada. Calcule o tempo que leva para os contatos abrirem

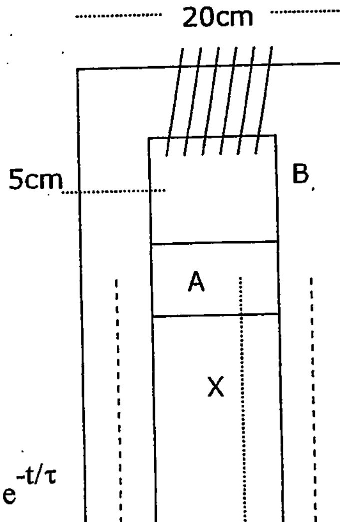
c) Calcule a máxima tensão que aparece nos terminais da bobina do relé (Vb).

Descreva todas as etapas da solução com textos, equações e esquemas.

Ensaio: O relé fecha com 20mA na bobina e, após fechado, abre quando a corrente for reduzida para 12 mA, demonstrando que possui histerese. Bobina com L = 0,8H e R = 400Ω.



3) (3 pontos) O circuito de relutância variável ao lado é formado pela peça A, permeabilidade relativa de 60 que pode ser deslocada ao longo da peça B, com permeabilidade relativa de 90, onde está instalada uma bobina energizada. Calcule a distância X que a peça A deve ser posicionada para que o fluxo nela seja 4 vezes maior do que o fluxo no caminho marcado, documentando todos os passos da solução com textos, equações e diagramas.



$B = \phi / A$ (Teslas)

$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)

$F = N \cdot I = H \cdot \ell$ (Ampères)

$\mu = B/H$ (Wb/A·m)

$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)

$\mu_r = \mu / \mu_o$

$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)

$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$

$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

Carga:

$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$

$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$

$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:

$v_L(t) = -v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$

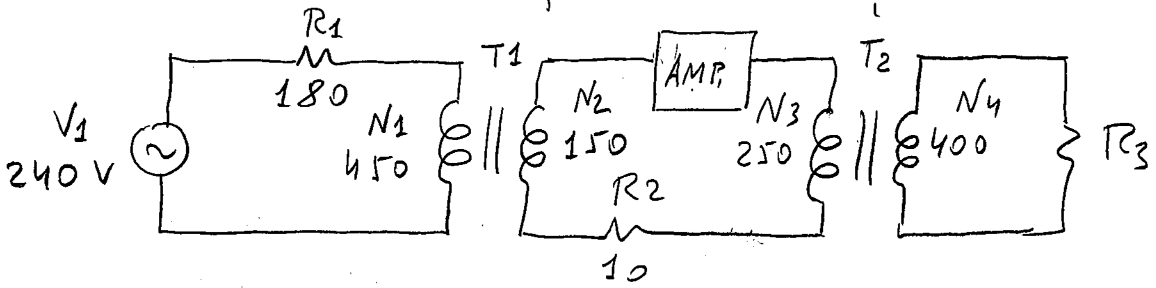
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$

$t = -\tau \cdot \ln\{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$

$x = v_c(t),\ I_c(t),\ v_L(t),$ ou $I_L(t)$

$\tau = R \cdot C = L/R$ (segundos)

Examine o circuito a seguir, procurando entender o seu funcionamento.
Equacione e calcule o valor de R_3 para que o amperímetro indique 1 Ampère. Calcule a pot. dissipada por R_3.
Documente cada etapa da solução.



20.25, 2.25, 1 6.25, 16, 1 P2 2011-2

Método: eliminar os transformadores.
Caminho para a solução:
Passar R_1, V_1 e R_3 para junto do amperímetro.

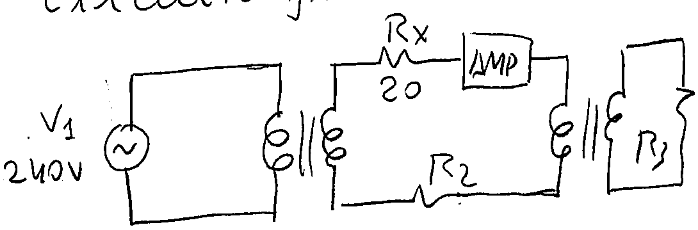
Passando R_1:

$$\frac{R_1}{R_x} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$\frac{180}{R_x} = \left(\frac{450}{150}\right)^2$$

$$R_x = \frac{180}{9} \rightarrow R_x = 20\Omega$$

Circuito ficou:

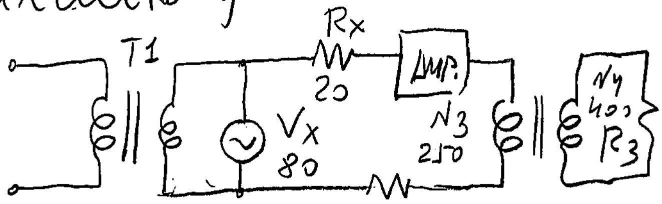


Passando a fonte:

$$\frac{V_1}{V_x} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{240}{V_x} = \frac{450}{150} \rightarrow V_x = 80 \text{ Volts}$$

Circuito ficou:



T1 está aberto: eliminar.

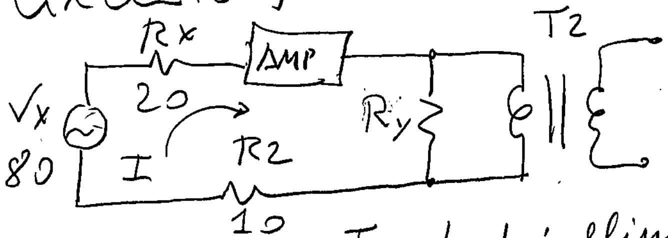
Passando R_3:

$$\frac{R_y}{R_3} = \left(\frac{N_3}{N_4}\right)^2$$

$$R_y = R_3 \cdot \left(\frac{250}{400}\right)^2$$

$$R_y = 0{,}390625 \cdot R_3$$

Circuito ficou:



T2 aberto: eliminar

No circuito série:

$$I = \frac{V_x}{R_x + R_y + R_2}$$

$$1 \text{ Ampère} = \frac{80}{20 + 0{,}390625 \cdot R_3 + 10}$$

Então $R_3 = 128\Omega$ //

$$P_3 = I^2 \cdot R_y = 1^2 \cdot 0{,}390625 \cdot 128 = 50W$$

Variantes:

Resistência do fio: $0{,}06 \ \frac{\Omega}{espira}$

Então:

$450 \cdot 0{,}06 = 27\ \Omega$

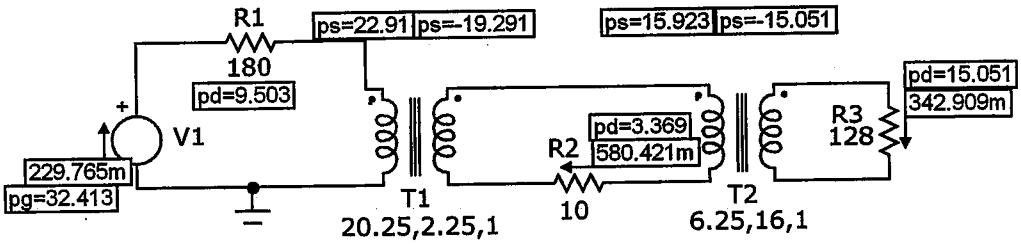
$150 \cdot 0{,}06 = 9\ \Omega$

$250 \cdot 0{,}06 = 15\ \Omega$

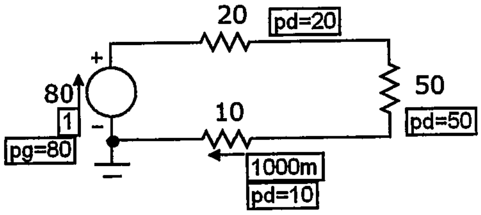
$400 \cdot 0{,}06 = 24\ \Omega$

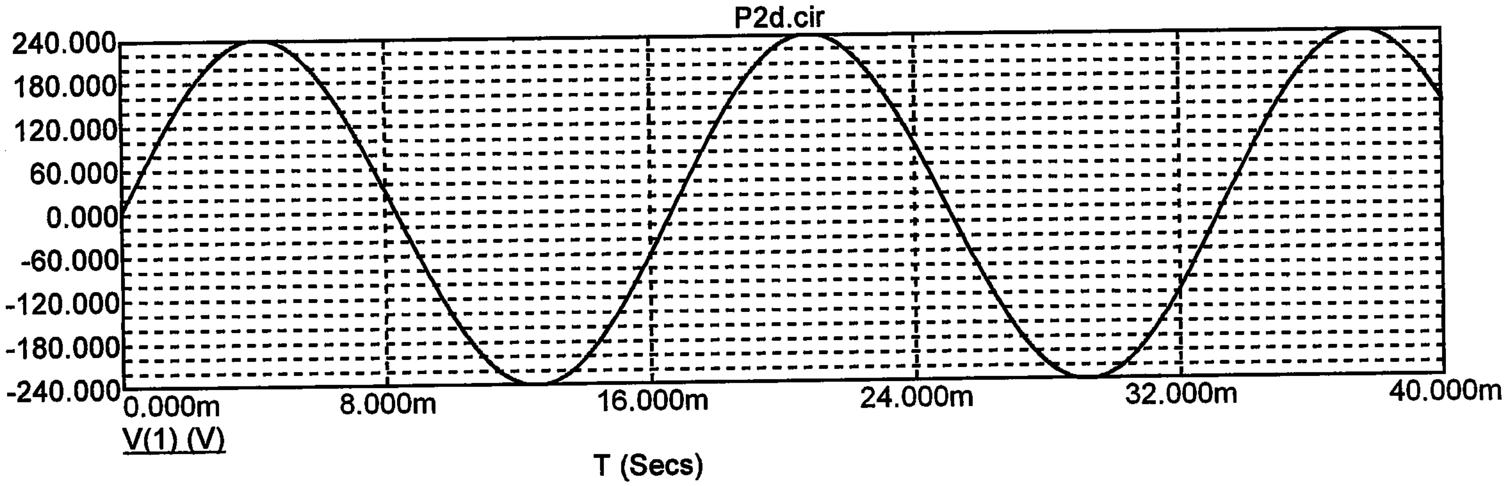
$\left(\frac{150}{450}\right)^2 = \frac{1}{9}$

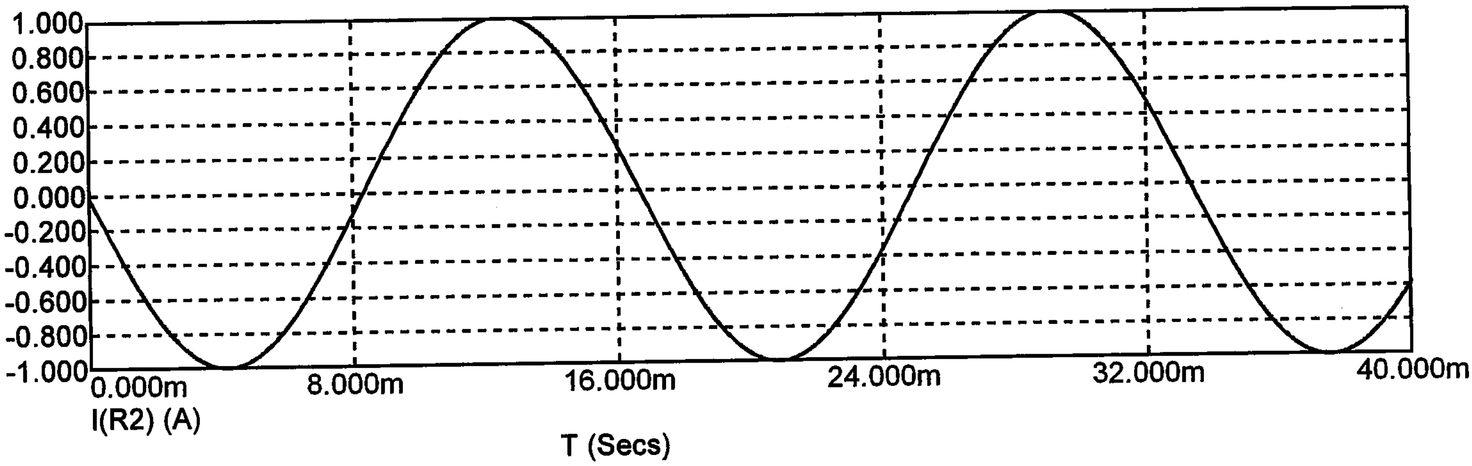
$\left(\frac{400}{250}\right)^2 = 2{,}56$

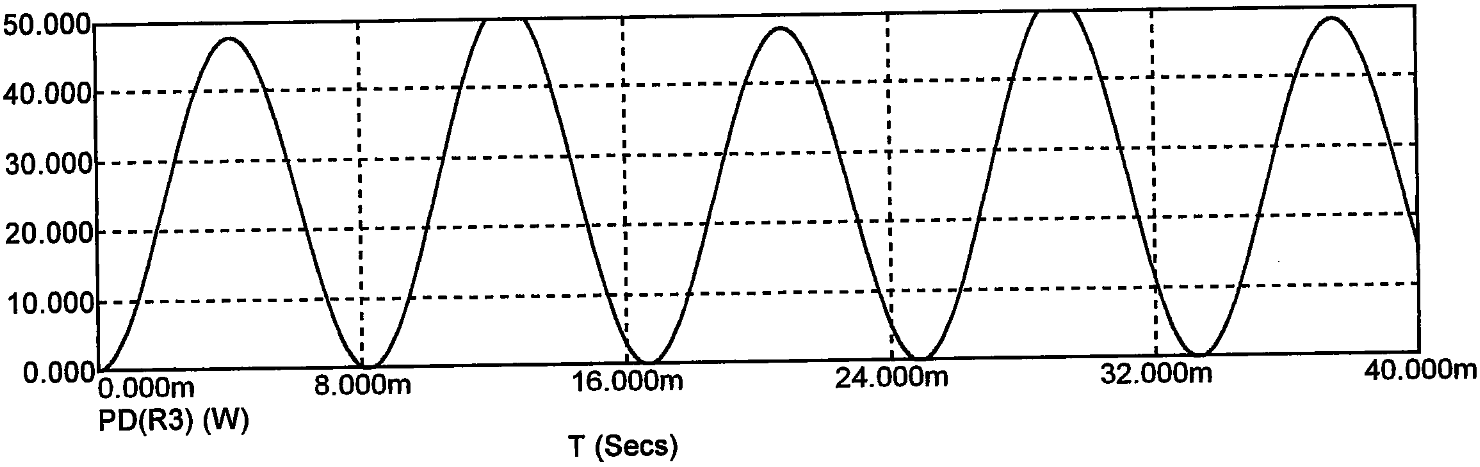


DC 0 AC 1 0 Sin 0 240 60 0 0 0









Estude os tempos de fechamento e abertura de um relé eletromagnético cujas características foram obtidas por um ensaio de funcionamento.

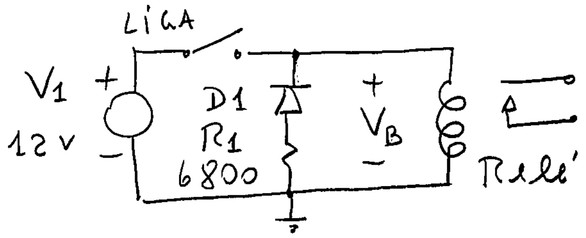
a) Desenhe o circuito equivalente, analise e calcule o tempo para fechar os contatos, após ligar a alimentação.

b) Segundos depois, a alimentação é desligada. Calcule o tempo que leva para os contatos abrirem.

c) Calcule a máxima tensão nos terminais da bobina do relé (V_B)

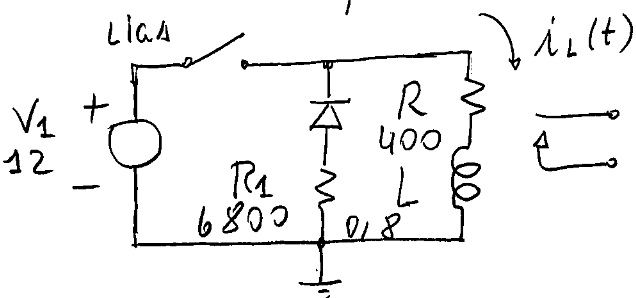
Ensaio: O relé fecha com 20 mA na bobina e, após fechado, abre quando a corrente for reduzida para 12 mA, demonstrando que possui histerese.

Características da bobina: $L = 0{,}8H$, $R = 400\Omega$.



P2 2011-2

Circuito equivalente:



Tempo para ligar:

$t = 0-$ chave aberta $i_L(0) = 0$

$t = 0$ chave fechando

$t = 0+$ chave fechou.

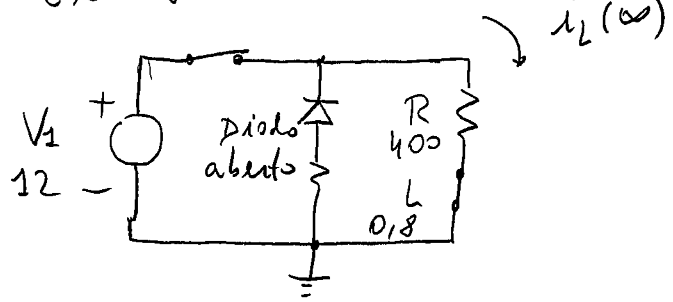
Corrente na bobina não muda instantaneamente:

$i_L(0-) = i_L(0) = i_L(0+) = 0$

Para variações, L = aberto.
Diodo não conduz.

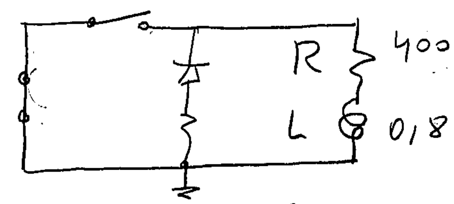
Após algum tempo, o circuito fica estável e L = curto:

Em $t = \infty$:



$$i_L(\infty) = \frac{V_1}{R} = \frac{12}{400} \rightarrow i_L(\infty) = 0{,}03A$$

Constante de tempo, zerando as fontes:



$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0{,}8}{400} \rightarrow \tau = 0{,}002s$$

corrente na bobina:

$$i_L(t) = i_L(\infty)\cdot\left(1-e^{-t/\tau}\right)$$

$$i_L(t)=0,03\cdot\left(1-e^{\frac{-t}{0,002}}\right) \quad //$$

Tempo para $i_L(t) = 20$ mA e os contatos fecharem:

$$0,02 = 0,03\left(1-e^{-500t}\right)$$

Isolando a exponencial e aplicando ln membro-a-membro:

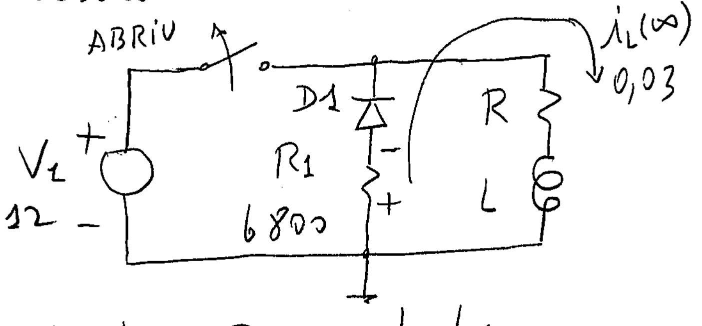
$$\ln\left(\frac{0,02}{0,03}-1\right) = \ln\left(e^{-500t}\right)$$

$$-1,0986 = -500t$$

$$t = 2,197\cdot 10^{-3}\,s$$

$$t_{fechar} = 2,2\ ms \quad //$$

Após alguns momentos existe $i_L(\infty) = 0,03$ e abrindo a chave a corrente não muda:



A tensão na bobina inverte de polaridade e o diodo então conduz, fechando o circuito para $i_L(\infty)$

A corrente diminui com o passar do tempo, de acordo com a equação de descarga:

$$i_L(t) = i_L(0)\cdot e^{-t/\tau}$$

Onde $i_L(0) = 0,03$ e a constante de tempo para a situação de descarga vale: $\tau = \frac{L}{R_{equiv}} = \frac{L}{R_1+R}$

$$\tau = \frac{0,8}{6800+400} \rightarrow \tau = 0,1111\cdot 10^{-3}$$

Corrente na bobina após desligar a alimentação:

$$i_L(t) = 0,03\cdot e^{-\frac{t}{0,1111\cdot 10^{-3}}} \quad //$$

Tempo para os contatos abrirem, com $i_L = 12$ mA:

$$0,012 = 0,03\cdot e^{-\frac{t}{0,1111\cdot 10^{-3}}}$$

$$0,4 = e^{-9000\cdot t}$$

Tomando ln membro-a-membro:

$$-9,1629 = -9000\cdot t$$

$$t = 1,0181\cdot 10^{-4}$$

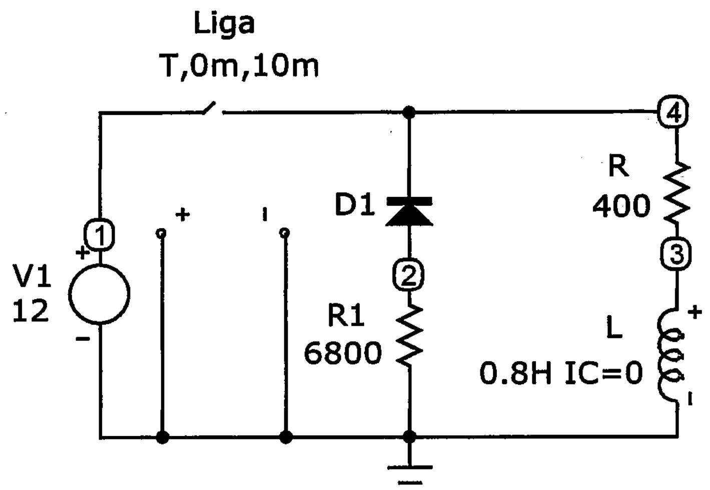
$$t_{abrir} = 0,1\ ms \quad //$$

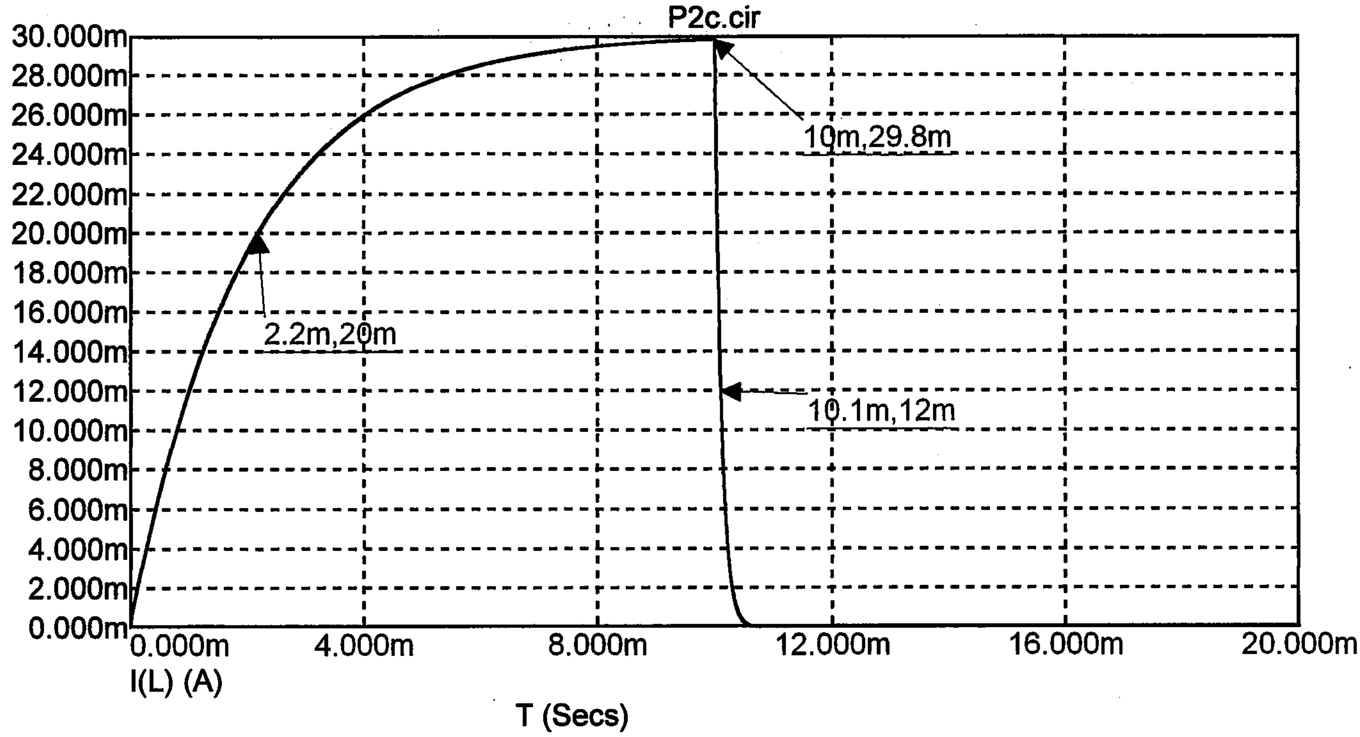
c) Tensão máxima nos terminais da bobina ocorre ao desligar a alimentação e D1 conduzir:

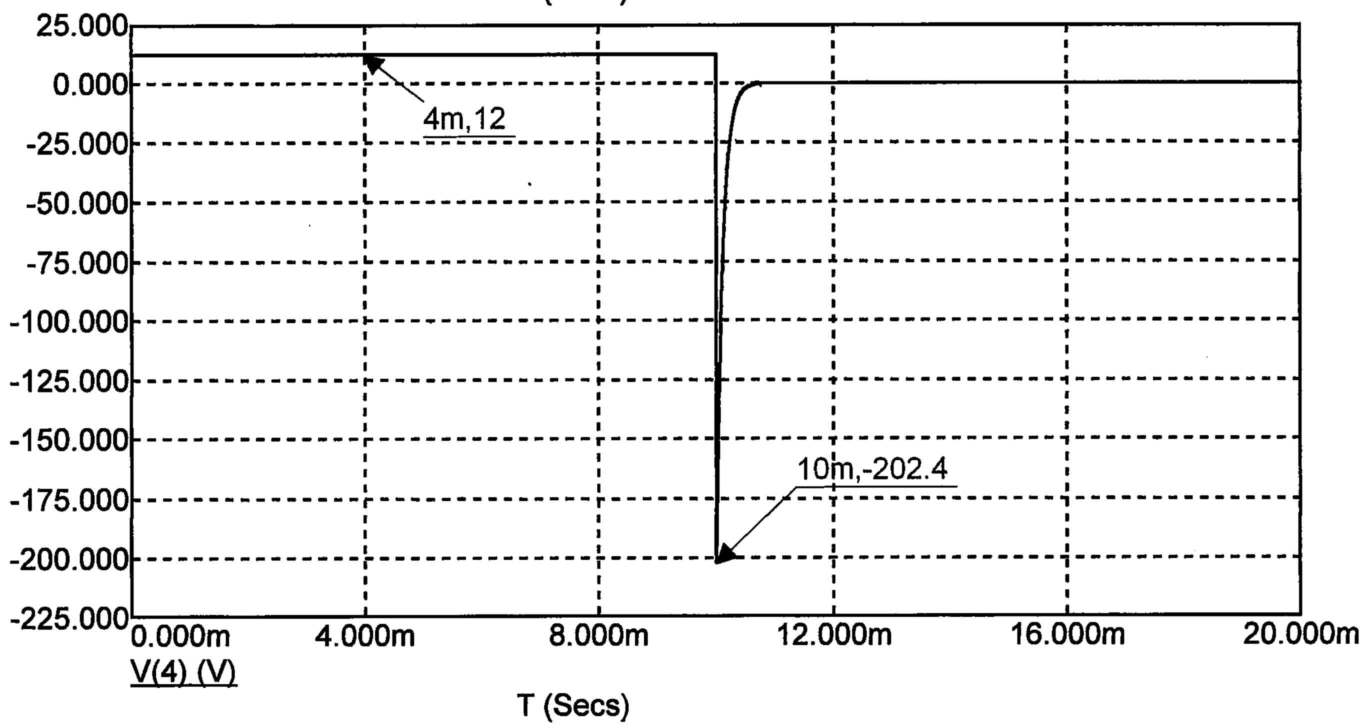
$$V_{Bmáx} = -i_L(\infty)\cdot R_1$$

$$V_{Bmáx} = -0,03\cdot 6800$$

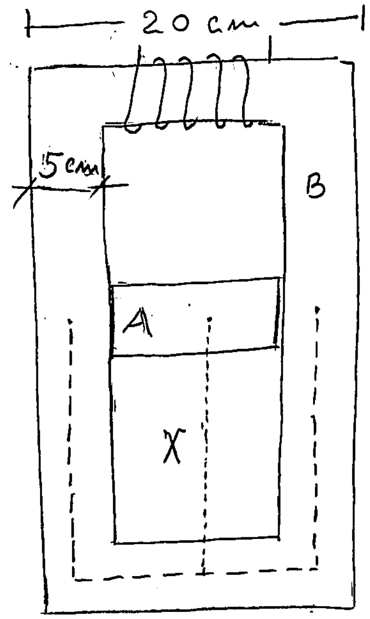
$$V_{Bmáx} = -204\ Volts \quad //$$


Liga
T,0m,10m
V1
12
D1
R1
6800
R
400
L
0.8H IC=0

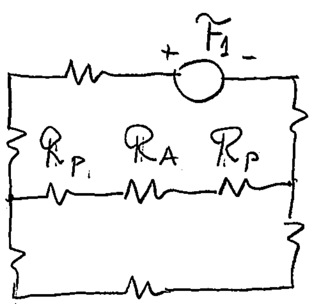

P2c.cir
30.000m
28.000m
26.000m
24.000m
22.000m
20.000m
18.000m
16.000m
14.000m
12.000m
10.000m
8.000m
6.000m
4.000m
2.000m
0.000m
10m,29.8m
2.2m,20m
10.1m,12m
0.000m
4.000m
8.000m
12.000m
16.000m
20.000m
I(L) (A)
T (Secs)


25.000
0.000
-25.000
-50.000
-75.000
-100.000
-125.000
-150.000
-175.000
-200.000
-225.000
4m,12
10m,-202.4
0.000m
4.000m
8.000m
12.000m
16.000m
20.000m
V(4) (V)
T (Secs)

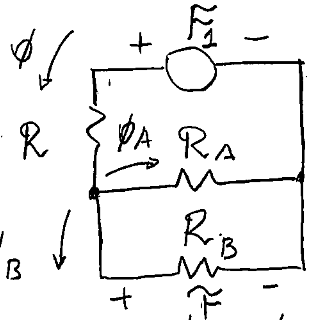
O circuito de relutância variável é formado pela peça A, com permeabilidade 60 que pode se deslocar ao longo da peça B, com permeabilidade 90, onde está instalada uma bobina energizada. Calcule a distância X que a peça A deve ocupar para que o fluxo nela seja 4 vezes maior do que o fluxo no caminho tracejado marcado na figura. A peça tem secção reta uniforme.



Circuito elétrico equivalente:



Associando as relutâncias e desconsiderando as pequenas relutâncias R_p:



Circuito é um divisor de fluxo.

Aplicando a lei de Ampère para circuitos magnéticos na junção:

$$-\phi + \phi_A + \phi_B = 0$$

$$\phi = \phi_A + \phi_B = 4\phi_B + \phi_B = 5\phi_B$$

Divisor de fluxo: $\phi_B = \phi \dfrac{R_A}{R_A + R_B}$

$$\phi_B = 5\phi_B \frac{\frac{l_A}{\mu_A \cdot A}}{\frac{l_A}{\mu_A \cdot A} + \frac{l_B}{\mu_B \cdot A}}$$

Área e ϕ_B se cancelam

$$1 = 5 \cdot \frac{l_A}{\mu_A \left(\frac{l_A}{\mu_A} + \frac{l_B}{\mu_B} \right)}$$

$$l_A = 20 - 5 - 5 = 10 \text{ cm}$$

$$l_B = 2 \cdot X + (20 - 5) = 2X + 15$$

$$1 = \frac{5 \cdot 10}{60 \left(\frac{10}{60} + \frac{l_B}{90} \right)}$$

$$l_B = 60 \text{ cm} = 2X + 15 \rightarrow X = 22{,}5$$

Outra solução:

$$\phi_A = 4\phi_B$$

F = fmm sobre o paralelo de R_A e R_B

$$\frac{\cancel{F}}{R_A} = 4 \cdot \frac{\cancel{F}}{R_B}$$

$$\frac{\mu_A \cdot \cancel{A}}{l_A} = \frac{4 \mu_B \cdot \cancel{A}}{l_B}$$

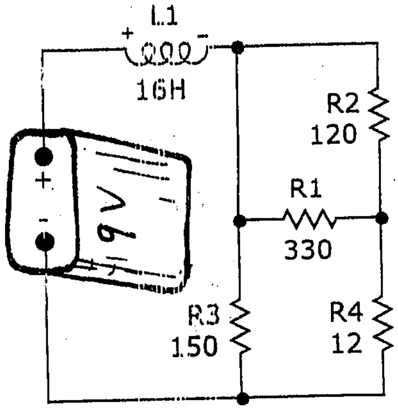
$$l_B = \frac{4 \cdot \mu_B \cdot l_A}{\mu_A} = \frac{4 \cdot 90 \cdot 10}{60} = 60 \text{ cm}$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2012/1

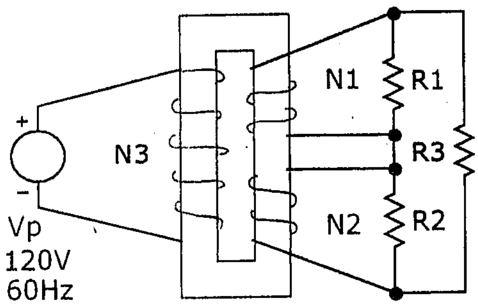
Prova 2 3/7/2012

Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3,5 pontos) Um aluno estava retirando a bateria do circuito a seguir e levou um choque elétrico ao soltar o terminal negativo.
   a) Examine o circuito e descreva o acontecimento.
   b) Equacione detalhadamente o circuito (literal primeiro e valores depois) para obter a curva temporal da tensão sobre os dedos do aluno, a partir do momento em que o terminal foi desconectado. Esboce o gráfico.
   c) Calcule a energia total do choque e a potência do choque no instante da desconexão.
   A resistência equivalente dos dedos vale 80kΩ. Arredonde e ignore valores muito pequenos.
   Documente todos os passos com textos, equações e esquemas.

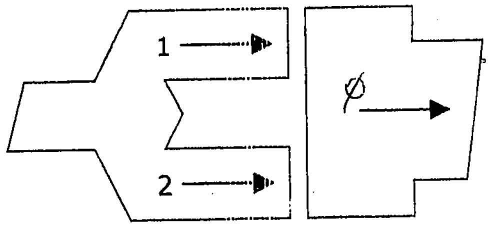


2. (3,5 pontos) Examine o circuito a seguir e complete a tabela. Equacione em formato literal, coloque os valores depois e descreva todas as etapas com textos, equações e diagramas.



	N	R	V_R	I_R	P_R
1	450	15k		0,02	
2		1k		---------	------
3	180			0,05	3

3. (3 pontos) A figura ao lado mostra um pedaço de um circuito magnético construído com material de alta permeabilidade. Sabendo que Φ_1 = 5mWb, calcule o fluxo total Φ. Documente amplamente o seu trabalho.
   Entreferros: $\ell_1 = 200\mu m$ $\ell_2 = 250\mu m$.



$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$B = \phi / A$ (Teslas) $\phi = \mathcal{F}/\mathcal{R}$
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell$ (Ampères)
$\mu = B / H$ (Wb/A·m)
$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu / \mu_o$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$

$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

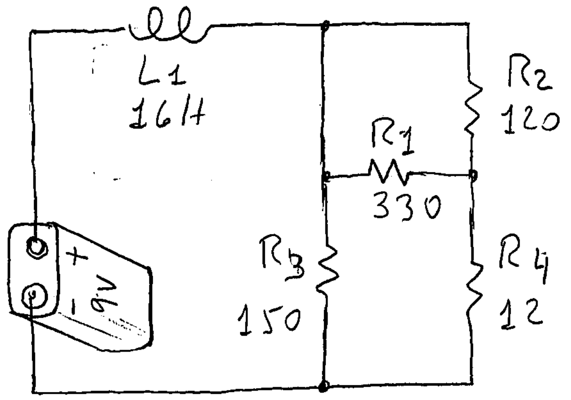
Carga:
$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$v_L(t) = - v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln \{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = v_C(t), I_C(t), v_L(t),$ ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

Um aluno estava retirando a bateria do circuito a seguir e levou um choque elétrico ao soltar o terminal negativo.

a) Examine o circuito e descreva o que aconteceu: Faça isso agora.

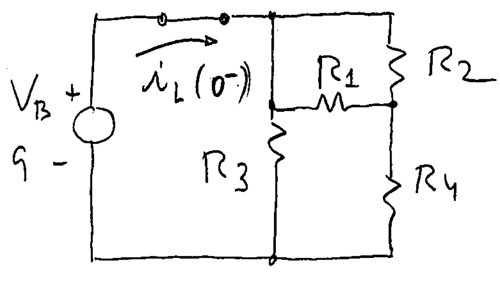
b) Equacione detalhadamente o circuito com o objetivo obter a curva temporal de tensão sobre os dedos do aluno a partir do momento de abertura, t=0 e também a potência contida no choque elétrico no instante da abertura. A resistência equivalente entre os dedos vale 80KΩ. Arredonde e ignore valores muito pequenos.



P2 2012/1

a) Com a bateria ligada por muito tempo, L=curto e passa uma corrente por ele. Ao abrir o contato da bateria, a resistência dos dedos do aluno é inserida no circuito e o indutor se descarrega pelos resistores e pelos dedos.

b) circuito após muito tempo ligado: L=curto:



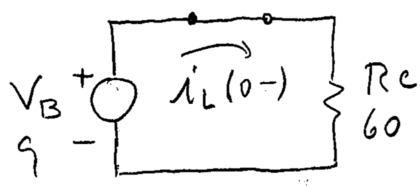
Associando os resistores:

$$R_a = R_1 // R_2 = \frac{330 \cdot 120}{330+120} \rightarrow R_a = 88\Omega$$

$$R_b = R_a + R_4 = 88 + 12 \rightarrow R_b = 100\Omega$$

$$R_c = R_b // R_3 = \frac{100 \cdot 150}{100+150} \rightarrow R_c = 60\Omega$$

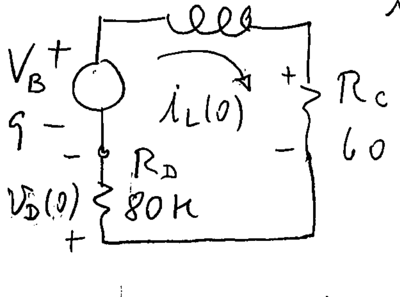
Ficou:



Então:

$$i_L(\infty) = \frac{V_B}{R_C} = \frac{9}{60} = 0{,}15 \text{ Ampères}$$

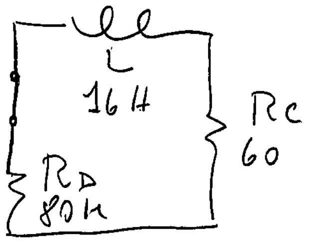
Ao soltar o terminal negativo da bateria em t=0, os dedos do aluno fecham o circuito. A corrente no indutor não varia de um momento para outro então:



$$i_L(0-) = i_L(0) = i_L(0+) = 0{,}15$$

Concluímos que passa 0,15 Amp. pelos dedos do aluno no instante de abertura do circuito //

Constante de tempo; calculada com a fonte zerada: Fonte V → curto



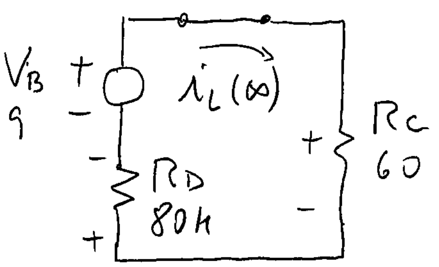
$$R_{equiv} = R_D + R_C = 80k + 60 \cong 80k$$

$$\tau = \frac{L}{R_{eq}} = \frac{16\,H}{80 \cdot 10^3} \rightarrow \tau = 2 \cdot 10^{-4}\, seg.$$

O circuito fica estável novamente após $t \geq 5\tau$:

$$t \geq 5 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \rightarrow t \geq 1\,ms //$$

O circuito fica: L = curto



$$i_L(\infty) = \frac{V_B}{R_C + R_D} = \frac{9}{60 + 80 \cdot 10^3}$$

$$i_L(\infty) = 11 \cdot 10^{-5} //$$ muito pequeno

Portanto,

$$i_L(t) = [i_L(0) - i_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$$

$$i_L(t) = 0,15 \cdot e^{-t/2 \cdot 10^{-4}}$$

$$i_L(t) = 0,15 \cdot e^{-5000t} = i_D(t) //$$

A tensão sobre os dedos do aluno vale:

$$V_D(t) = i_L(t) \cdot R_D = 0,15 \cdot 80 \cdot 10^3 \cdot\cdot$$

$$V_D(t) = 12 \cdot 10^3 \cdot e^{-5000t} //$$

Portanto, no instante de abertura fica 12 KV nos dedos e a potência vale:

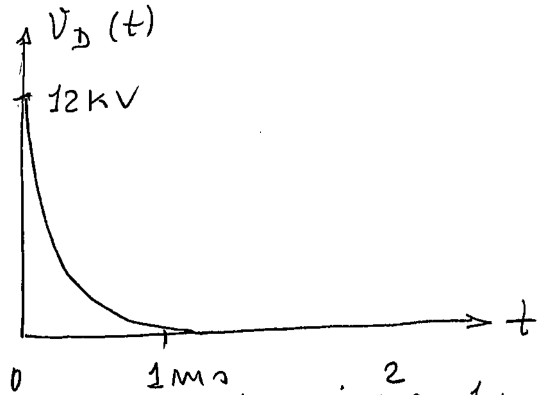
$$P(0) = i_L^2(0) \cdot R_D$$

$$P(0) = 0,15^2 \cdot 80.000$$

$$P(0) = 1800 \text{ Watts} //$$

Ou então:

$$P(0) = \frac{V_D(0)^2}{R_D} = \frac{(12 \cdot 10^3)^2}{80000} = 1800W$$



Energia: $E = \frac{1}{2} L \cdot i_L^2(0-) = \frac{1}{2} 16 \cdot 0,15^2$

$E = 0,18$ Joules //

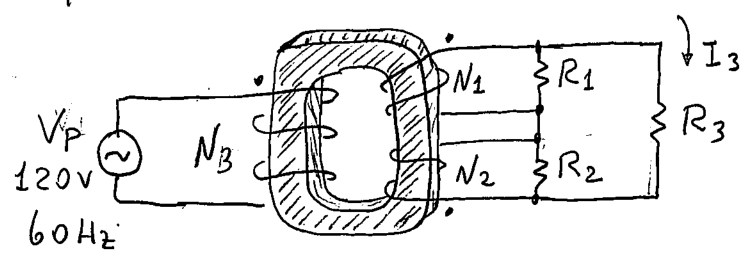
Em termos mais precisos, em $t=0$, existe uma queda de tensão em Rc!

$$V_{Rc}(0) = i_L(0) \cdot R_C = 0,15 \cdot 60 = 9V$$

mas a bateria continua no circuito e acrescenta 9V.

Assim, $V_D(0) = 12k - 9 + 9 = 12kV$

Examine o circuito a seguir e procure a melhor maneira de completar os ítens faltantes da tabela, documentando cada etapa. Observe a polaridade dos enrolamentos.



	N	R	V	I	P
1	450	15k	300	0,02	6
2	360	1K	240		
3	180	1,2K	60	0,05	3

P2 2012/1

Transformador onde N_1 e N_2 estão ligados em oposição de fase.

Equações: $\dfrac{N_a}{N_b} = \dfrac{V_a}{V_b} = \dfrac{I_b}{I_a}$

$$P = V \cdot I = I^2 \cdot R = V^2/R$$

Examinando a tabela, as linhas 1 e 3 têm dados suficientes para calcular:

Tensão em R1:

$$V_{R1} = R_1 \cdot I_1 = 15k \cdot 0,02$$

$$V_{R1} = 300 \text{ Volts}$$

Potência em R1:

$$P_{R1} = V_{R1} \cdot I_{R1} = 300 \cdot 0,02$$

$$P_{R1} = 6 \text{ Watts}$$

Valor de R3:

$$R_3 = \frac{P_3}{I_3^2} = \frac{3}{0,05^2}$$

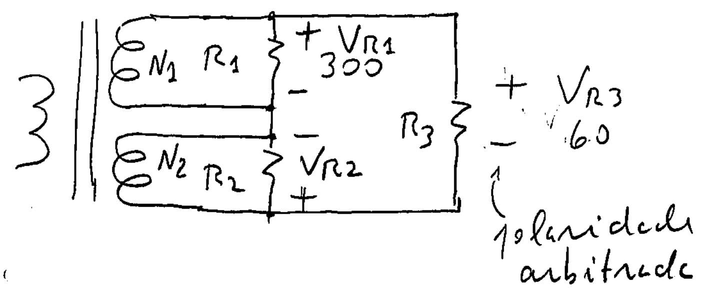
$$R_3 = 1,2\,k\Omega$$

Tensão em R3:

$$V_{R3} = R_3 \cdot I_3 = 1,2 \cdot 10^3 \cdot 0,05$$

$$V_{R3} = 60 \text{ Volts}$$

Como N1 e N2 estão em oposição, as polaridades de V_{R1} e V_{R2} são opostas:



Aplicando KVL na malha:

$$+V_{R2} - V_{R1} + V_{R3} = 0$$

$$+V_{R2} - 300 + 60 = 0$$

Logo: $V_{R2} = 240 \text{ Volts}$

Podemos agora calcular:

Enrolamento N2:

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{N_3}{N_2} \rightarrow \frac{120}{240} = \frac{180}{N_2}$$

$$N_2 = 360 \text{ esp.}$$

Corrente em R2:

$$I_{R2} = \frac{V_2}{R_2} = \frac{240}{1 \cdot 10^3}$$

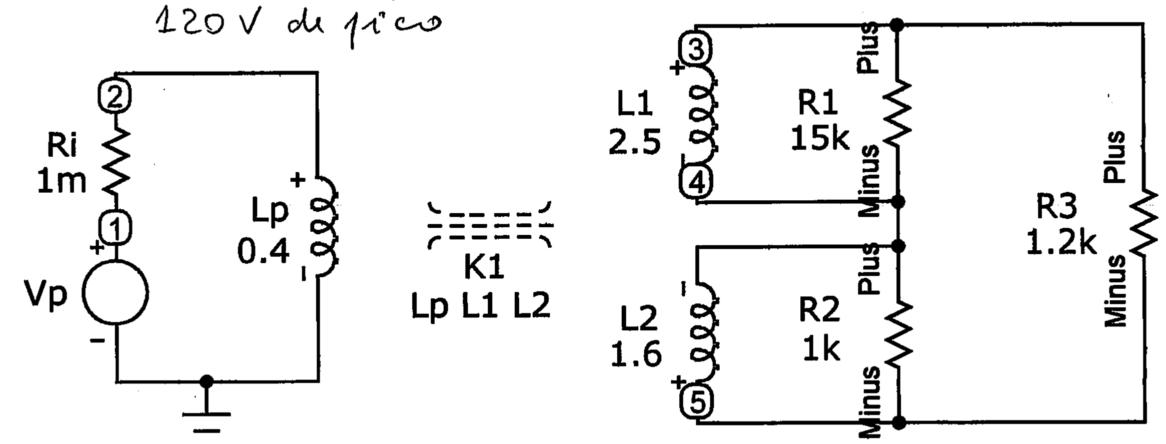
$$I_{R2} = 0,24 \text{ Ampères}$$

Potência em R2:

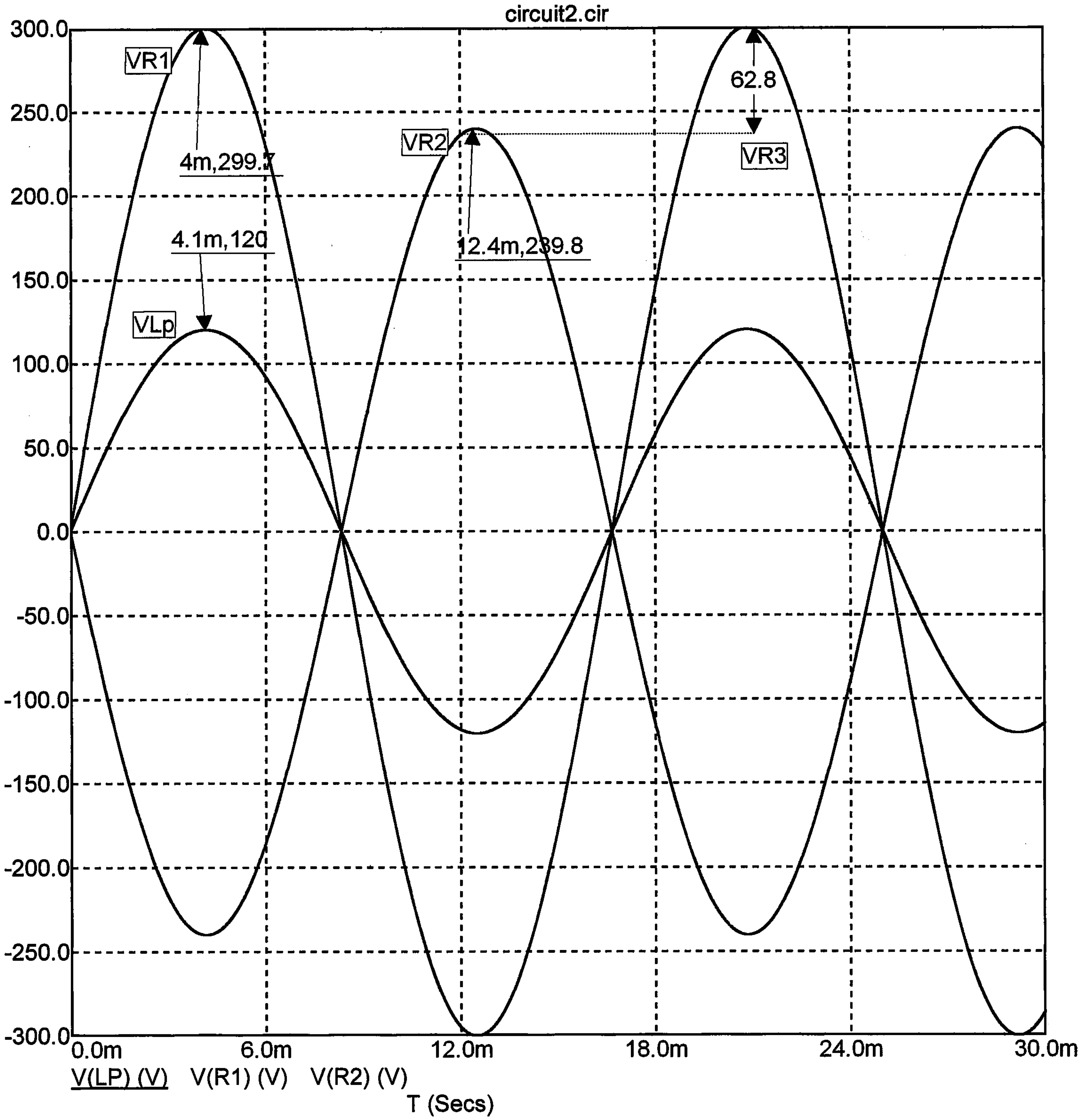
$$P_{R2} = V_{R2} \cdot I_{R2} = 240 \cdot 0,24$$

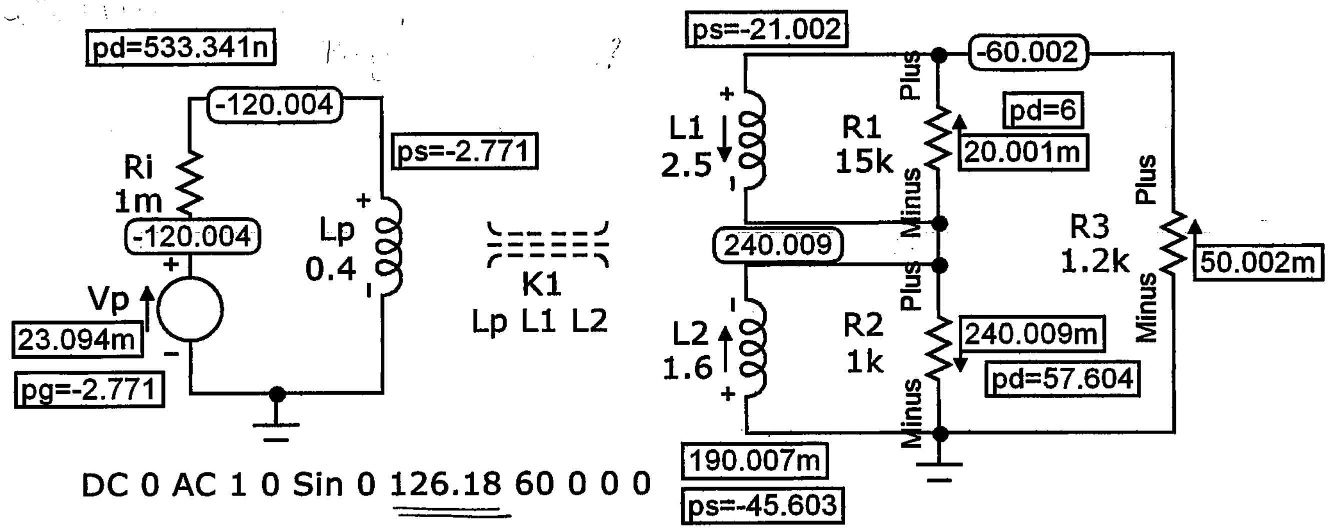
$$P_{R2} = 57,6 \text{ Watts}$$

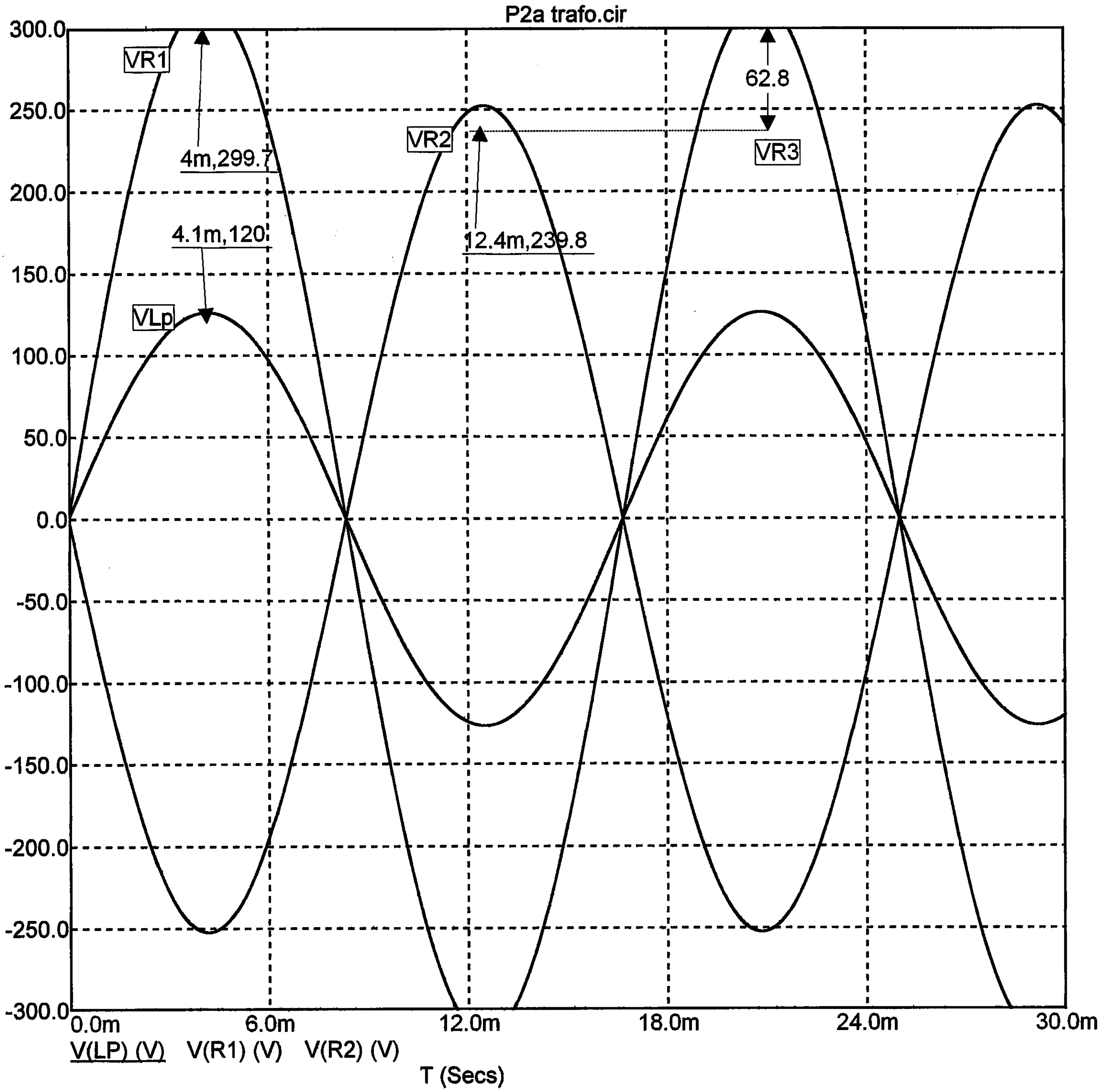
Usando Vp com 120V de pico



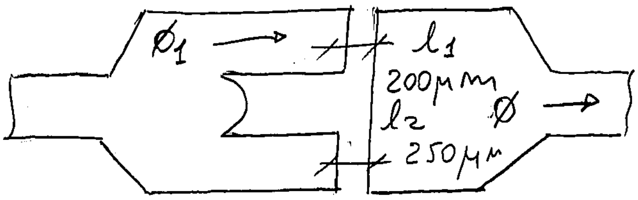
DC 0 AC 1 0 Sin 0 120 60 0 0 0




pd=533.341n
-120.004
Ri
1m
ps=-2.771
-120.004
Lp
0.4
Vp
23.094m
pg=-2.771
K1
Lp L1 L2
ps=-21.002
-60.002
L1
2.5
R1
15k
pd=6
20.001m
Plus
Minus
240.009
R3
1.2k
50.002m
L2
1.6
R2
1k
240.009m
pd=57.604
190.007m
ps=-45.603
DC 0 AC 1 0 Sin 0 126.18 60 0 0 0

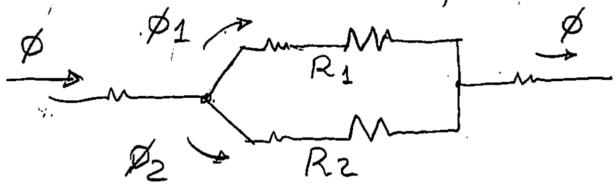

P2a trafo.cir
VR1
VR2
VR3
VLp
4m,299.7
4.1m,120
12.4m,239.8
62.8
300.0
250.0
200.0
150.0
100.0
50.0
0.0
-50.0
-100.0
-150.0
-200.0
-250.0
-300.0
0.0m
6.0m
12.0m
18.0m
24.0m
30.0m
V(LP) (V) V(R1) (V) V(R2) (V)
T (Secs)

A figura mostra um pedaço de um circuito magnético construído com material de alta permeabilidade.
Sabendo que $\phi_1 = 5 \cdot 10^{-3}$ Webers, calcule o fluxo total ϕ.



P2 2012-1

A estrutura é simétrica e de alta permeabilidade logo o fluxo é controlado apenas pela relutância do entreferro.
Circuito elétrico equivalente:



circuito é um divisor de fluxo.

KCL no nó:

$$-\phi + \phi_1 + \phi_2 = 0$$

Logo $\phi = \phi_1 + \phi_2$ //

Relutâncias dos entreferros:

$$\mathcal{R}_1 = \frac{l_1}{\mu \cdot A} = \frac{200 \cdot 10^{-6}}{\mu \cdot A}$$

$$\mathcal{R}_2 = \frac{l_2}{\mu \cdot A} = \frac{250 \cdot 10^{-6}}{\mu \cdot A}$$

Divisor de fluxo:

$$\phi_1 = \phi \cdot \frac{\mathcal{R}_2}{\mathcal{R}_1 + \mathcal{R}_2}$$

$$5 \cdot 10^{-3} = \phi \frac{\frac{250 \cdot 10^{-6}}{\mu \cdot A}}{\frac{200 \cdot 10^{-6}}{\mu \cdot A} + \frac{250 \cdot 10^{-6}}{\mu \cdot A}}$$

Simplificando:

$$5 \cdot 10^{-3} = \phi \frac{250}{200 + 250}$$

Então $\phi = 1{,}8 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \rightarrow \phi = 9 \cdot 10^{-3}$ Wb

Modo mais simples:

$$\phi = \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{R}} = \frac{\mathcal{F}}{\frac{l}{\mu \cdot A}} = \frac{\mathcal{F} \cdot \mu \cdot A}{l}$$

Fluxo é inversamente proporcional ao entreferro.
Como o circuito é linear:

$$\left.\begin{array}{l} \phi_1 \text{ — } 1/l_1 \\ \phi_2 \text{ — } 1/l_2 \end{array}\right] \text{Regra de 3}$$

$$\phi_2 = \frac{\phi_1 \cdot 1/l_2}{1/l_1}$$

$$\phi_2 = \phi_1 \cdot \frac{l_1}{l_2}$$

$$\phi_2 = 5 \cdot 10^{-3} \frac{200 \cdot 10^{-6}}{250 \cdot 10^{-6}}$$

$$\phi_2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

Como $\phi = \phi_1 + \phi_2$,

$$\phi = 5 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-3}$$

$\phi = 9 \cdot 10^{-3}$ Webers //

Outra solução:

outra solução, usando o divisor de fluxo:

$$\phi_1 = \phi \frac{R_2}{R_1+R_2} = 5\,mWb$$

$$\phi = \frac{5\cdot(R_1+R_2)}{R_2}$$

$$\phi_2 = \phi \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2} = \frac{5\cancel{(R_1+R_2)}}{R_2} \cdot \frac{R_1}{\cancel{R_1+R_2}} = 5 \cdot \frac{R_1}{R_2} = 5 \cdot \frac{l_1}{l_2}$$

$$= 5 \cdot \frac{200}{250} = 4 \,//$$

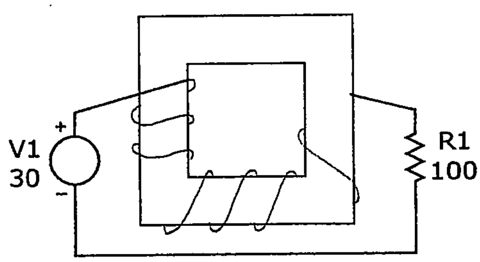
$$\phi = \phi_1 + \phi_2 = 5 + 4 = 9\,mWb \,//$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2012/2

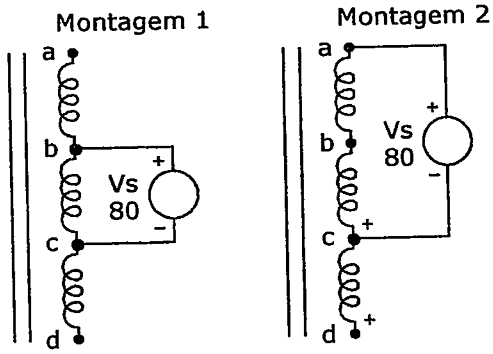
Prova 2 **8/1/2013**

Nome: GABARITO **Turma:** _____

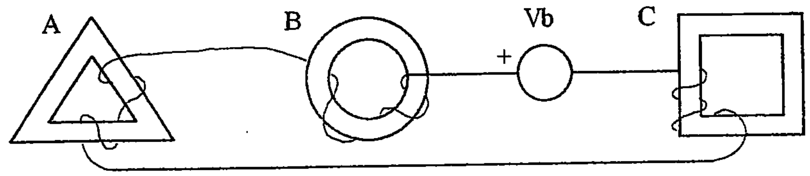
1. (3,5 pontos) Calcule o número de espiras do circuito magnético ao lado, sabendo que a corrente alcança 58% do seu valor máximo 347ms após ligar a alimentação, descrevendo cada etapa com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado. Equacione primeiro em formato literal e coloque os valores de circuito depois. Calcule a seguir a máxima energia acumulada. A estrutura tem 10cm de lado, secção reta quadrada de 6,25cm^2 e permeabilidade de 1,2 mWb/A·m. Arredonde os valores.



2. (3,5 pontos) Um auto-transformador com 4 terminais foi testado na montagem 1 resultando: v_{ab} = 50 v_{cd} = 200, ao ser aplicado uma fonte senoidal de 80 Volts entre **b** e **c**. Lembrando de equacionar em formato literal primeiro e documentar cada etapa da solução, calcule a tensão v_{ad}. Calcule v_{ad} novamente e v_{bc} na montagem 2.



3. (3 pontos) As estruturas de ferro-cobalto a seguir têm as mesmas dimensões externas, mesma secção reta quadrada e bobinas iguais. Sabendo que ϕ_a = 5mWb, calcule ϕ_b e ϕ_c. Documente todas as etapas da solução.



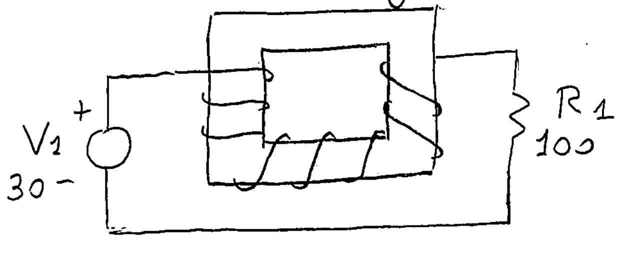
$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$B = \phi / A$ (Teslas)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell = \phi \cdot R$ (Ampères)
$\mu = B / H$ (Wb/A·m)
$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu / \mu_o$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$

$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

Carga:
$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$v_L(t) = - v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln \{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = v_C(t),\ I_C(t),\ v_L(t),$ ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

Calcule o número de espiras do circuito magnético a seguir sabendo que a corrente alcança 58% do seu valor máximo 347 ms após ligar a alimentação. A estrutura tem 10 cm de lado, secção reta quadrada de 6,25 cm² e permeabilidade de 1,2 mWb/A.m.
Documente cada etapa da solução. Arredonde.
Calcule a energia acumulada.



P2 2012-2

Circuito RL série alimentado com DC.

$$i_L(t) = i_L(\infty)\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

Então;

$$58\%\, \cancel{i_L(\infty)} = \cancel{i_L(\infty)}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$\frac{58}{100} - 1 = -e^{-t/\tau}$$

Tomando ln membro-a-membro:

$$\ln(0,42) = \ln\left(e^{-\frac{0,347}{\tau}}\right)$$

$$-0,8675 = -\frac{0,347}{\tau}$$

$\tau = 0,4$ segundos //

Como $\tau = \frac{L}{R_1} = \frac{L}{100}$

$L = 40$ Henrys //

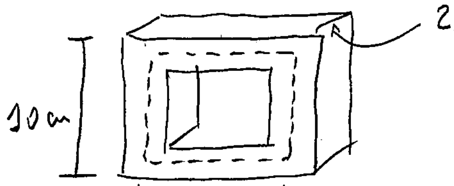
Sabemos que:

$$L = \frac{\mu \cdot A \cdot N^2}{l} \quad (1)$$

Examinando a estrutura:

$A = 6,25\ cm = 2,5 \times 2,5\ cm$

Fluxo concentrado no centro:



$\underbrace{}_{10-2,5} = 7,5\ cm$

Caminho médio:

$l = 4 \cdot (10 - 2,5) = 30\ cm = 0,3\ m$

Levando os valores em (1):

$$40 = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 6,25 \cdot 10^{-4} \cdot N^2}{0,3}$$

$$N^2 = 16 \cdot 10^6$$

$N = 4000$ espiras //

Energia:

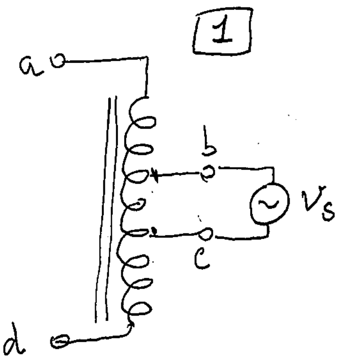
$$E = 1/2 \cdot L \cdot i_L^2$$

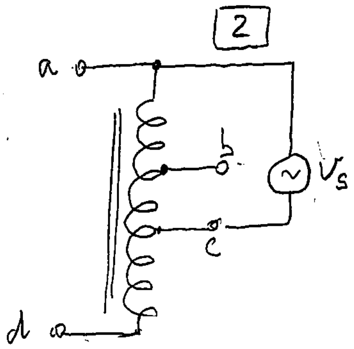
Após muito tempo, L = curto:

$$i_L(\infty) = \frac{V_1}{R_1} = \frac{30}{100} \rightarrow i_L(\infty) = 0,3\ A$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 0,3^2 \rightarrow E = 1,8 \text{ Joules}$$

Um auto-transformador com 4 terminais foi ensaiado na montagem 1 resultando: $V_{ab} = 50$ $V_{cd} = 200$ ao ser aplicado uma fonte senoidal $V_s = 80$ Volts entre b e c.
Lembrando de documentar cada etapa da solução,
a) calcule formalmente a tensão V_{ad}.
b) calcule V_{ad} novamente na montagem 2.

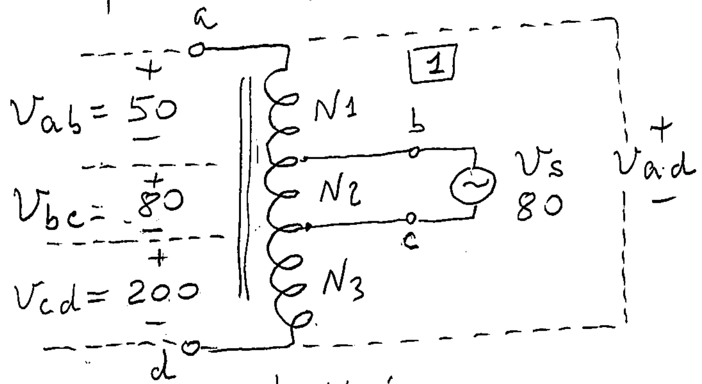




A relação de tensões em um transformador vale:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = m \quad (1)$$

Adaptando para o caso:



Aplicando KVL:

$$-V_{cd} - V_{bc} - V_{ab} + V_{ad} = 0$$

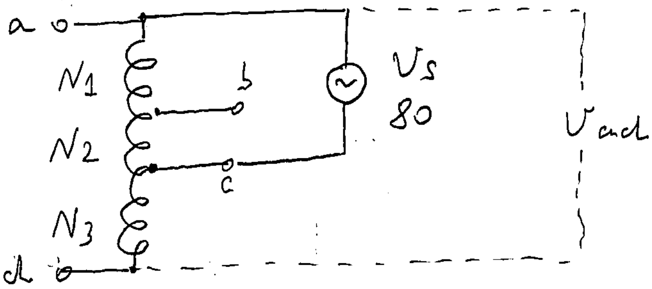
$$V_{ad} = 200 + 80 + 50 \rightarrow V_{ad} = 330 \text{ Volts}$$

Aplicando (1):

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_{ab}}{V_{bc}} = \frac{50}{80} \rightarrow \frac{N_1}{N_2} = 0,625 \quad (1)$$

$$\frac{N_2}{N_3} = \frac{V_{bc}}{V_{cd}} = \frac{80}{200} \rightarrow \frac{N_2}{N_3} = 0,4 \quad (2)$$

Na montagem 2:



Agora V_s está aplicado em $N_1 + N_2$, valendo então:

$$\frac{N_1 + N_2}{N_3} = \frac{80}{V_{cd}}$$

Usando (1) e (2):

$$\frac{0,625 \cdot \cancel{N_2} + \cancel{N_2}}{\frac{\cancel{N_2}}{0,4}} = \frac{80}{V_{cd}}$$

$$0,4\,(0,625 + 1) = \frac{80}{V_{cd}}$$

$$V_{cd} = 123 \text{ Volts}$$

Aplicando KVL:

$$-V_{cd} - V_{ab} + V_{ad} = 0$$

$$V_{ad} = 123 + 80$$

$$V_{ad} = 203 \text{ Volts}$$

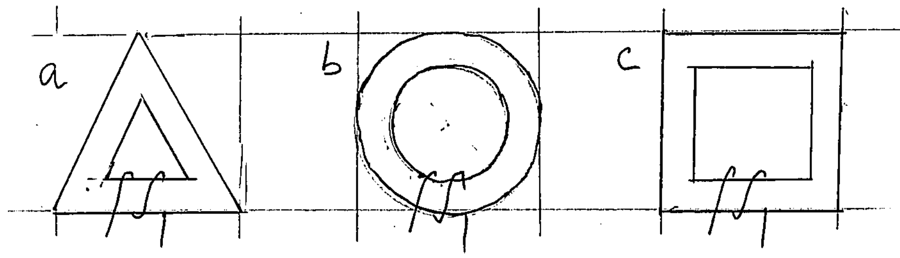
Calculando V_{bc}:

$$\frac{N_1 + N_2}{N_2} = \frac{V_s}{V_{bc}}$$

$$\frac{N_1}{N_2} + \frac{N_2}{N_2} = \frac{V_s}{V_{bc}}$$

De(1): $0,625 + 1 = \frac{80}{V_{bc}} \rightarrow V_{bc} = 49,2\,V$

As estruturas magnéticas a seguir têm as mesmas dimensões externas, mesma secção reta e bobinas com mesma corrente e espiras. Sabendo que $\phi_a = 5\,mWb$, calcule ϕ_b e ϕ_c. Documente todas as etapas da solução.



P2 2012-2

Sabemos que:

$$\phi = \frac{F}{R} = \frac{N \cdot I}{\frac{l}{\mu \cdot A}}$$

$$\phi = \frac{N \cdot I \cdot \mu \cdot A}{l}$$

como N, I, μ e A são os mesmos, o fluxo em cada estrutura é apenas inversamente proporcional ao comprimento do caminho magnético.

$$\phi_a = \frac{cte}{l_a} = 5\,mWb \quad (1)$$

Como a comparação é relativa à estrutura a, vamos usar as dimensões externas (d) para dimensionar o comprimento do caminho magnético. Portanto:

$$l_a = d + d + d = 3 \cdot d$$

$$l_b = 2 \cdot \pi \cdot r = \pi \cdot d$$

$$l_c = d + d + d + d = 4 \cdot d$$

Montando as proporções:

Usando (1):

$\phi_a \cdot l_a = cte$

como $\phi_b \cdot l_b = cte$, igualando:

$$\phi_a \cdot l_a = \phi_b \cdot l_b$$

$$\phi_b = \frac{\phi_a \cdot l_a}{l_b} = \frac{5\,mWb \cdot 3 \cdot d}{\pi \cdot d}$$

$$\phi_b = 4{,}775\,mWb \;//$$

Do mesmo modo:

$$\phi_c = \frac{\phi_a \cdot l_a}{l_c} = \frac{5\,mWb \cdot 3d}{4d}$$

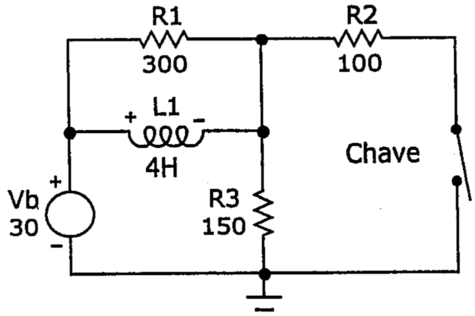
$$\phi_c = 3{,}75\,mWb \;//$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2013/1

Prova 2 9/7/2013

Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3,5 pontos) No circuito ao lado, a chave está fechada por muito tempo e abre em t=0. Calcule a resposta temporal da corrente no indutor a partir de t=0, descrevendo cada etapa com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado sempre.



2. (3,0 pontos) Calcule o comprimento de uma barra de material magnético para que ela conduza 6mWb ao ser alimentada por uma bobina de 2500 espiras, descrevendo cada etapa da solução com textos, equações e desenhos. A barra possui 2cm de lado e permeabilidade relativa de 800. A corrente na bobina é de 1,5 Ampère. Desenhe o circuito magnético e coloque os valores.

3. (3,5 pontos) Para avaliar a qualidade de um transformador, a sua construção foi examinada e os resultados estão tabelados a seguir. Entenda esta tarefa e faça os cálculos necessários para desenhar o gráfico da tensão x corrente da sua saída de 12 Volts (nominal), quando alimentado por 120 Volts, descrevendo todos os passos com textos, equações e diagramas. Arredonde os valores em 2 ou 3 dígitos significativos. Desenhe o circuito para entender melhor a questão.
Espira de fio para cada volt aplicado: Nv = 6 espiras/Volt.

Bobina	Espira média (cm/esp)	Bitola do fio	Resistência (Ω/km)
120V	$\ell_{m120} = 11$	35 AWG	1073
12V	$\ell_{m12} = 13{,}2$	27AWG	168

$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$B = \phi / A$ (Teslas)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell = \phi \cdot R$ (Ampères)
$\mu = B / H$ $(Wb/A \cdot m)$
$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ $(Wb/A \cdot m)$
$\mu_r = \mu / \mu_o$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$
$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

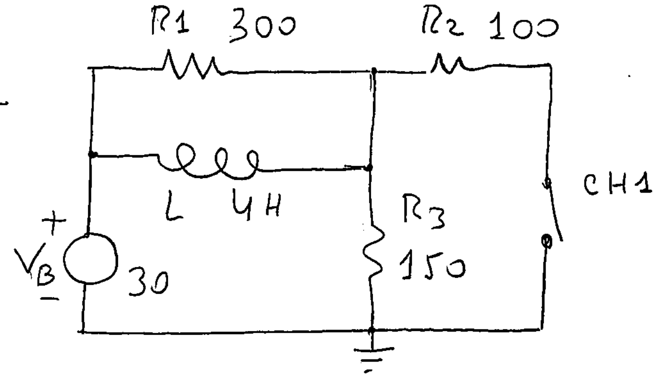
Carga:
$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$v_L(t) = - v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln \{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = v_c(t),\ I_c(t),\ v_L(t),$ ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L/R$ (segundos)

No circuito a seguir, a chave está fechada por muito tempo e abre em $t=0$.

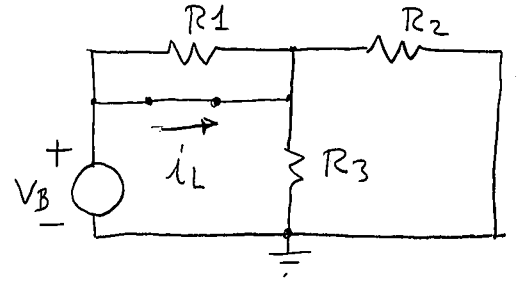
Calcule a resposta temporal de $V_L(t)$ e $i_L(t)$ a partir deste momento, descrevendo cada passo de cálculo com texto, equações e gráficos.

Versão da prova: $i_L(t)$ apenas

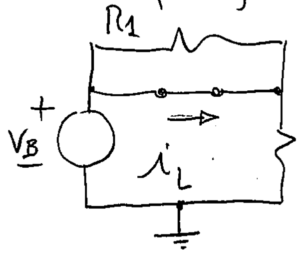


P2 2013/1

circuito em $t=0^-$:



Simplificando:

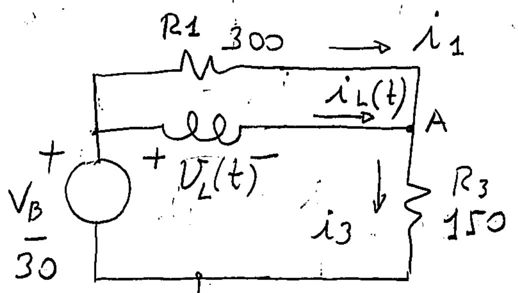


$R = R_2 // R_3 = 60\Omega$

$$i_L(t=0^-) = \frac{V_B}{R} = \frac{30}{60} = 0{,}5 \text{ Amp.}$$

$$V_L(t=0^-) = 0$$

Neste momento a chave abre e o circuito fica:



Cálculo das novas condições iniciais no indutor:

como a corrente no indutor não muda instantaneamente:

$$i_L(t=0+) = i_L(t=0-) = 0{,}5 \text{ Amp.}$$

KVL na malha:

$$-V_B + V_L(t) + V_{R3} = 0$$

$$-30 + V_L(0) + i_3 \cdot 150 = 0 \quad (1)$$

KCL no A:

$$-i_1 - i_L(0) + i_3 = 0$$

$$\frac{-V_L(0)}{300} - 0{,}5 + i_3 = 0$$

ou: $$i_3 = \frac{V_L(0)}{300} + 0{,}5 \quad (2)$$

Juntando (1) e (2):

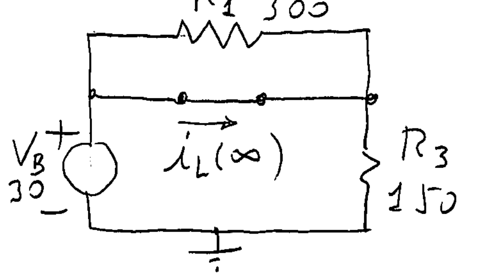
$$-30 + V_L(0) + \left(\frac{V_L(0)}{300} + 0{,}5\right)150 = 0$$

Então: $V_L(0) = -30$ Volts //

Note: $i_1 = -30/300 = -0{,}1$ $\quad i_3 = V_B + (-30)/150$

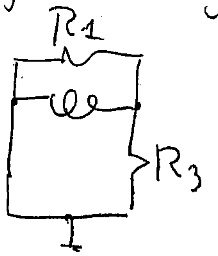
cálculo da condição final de corrente no indutor:

circuito após estabilizar:



$$i_L(\infty) = \frac{V}{R_3} = \frac{30}{150} = 0{,}2 \text{ Amp.} //$$

Equações temporais:
Resistor equivalente que limita a corrente no indutor; Obtido fazendo a fonte igual a zero:



$$R = R_1 \parallel R_3$$

$$R = \frac{300 \cdot 150}{300 + 150} = 100\,\Omega$$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{4\,H}{100\,\Omega} = 0{,}04\,s$$

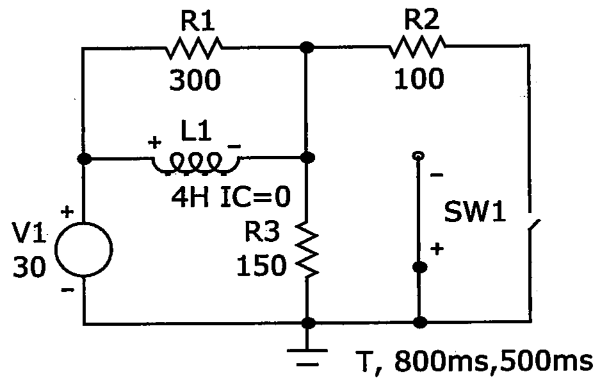
$$i_L(t) = i(\infty) + [i(0) - i(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$$

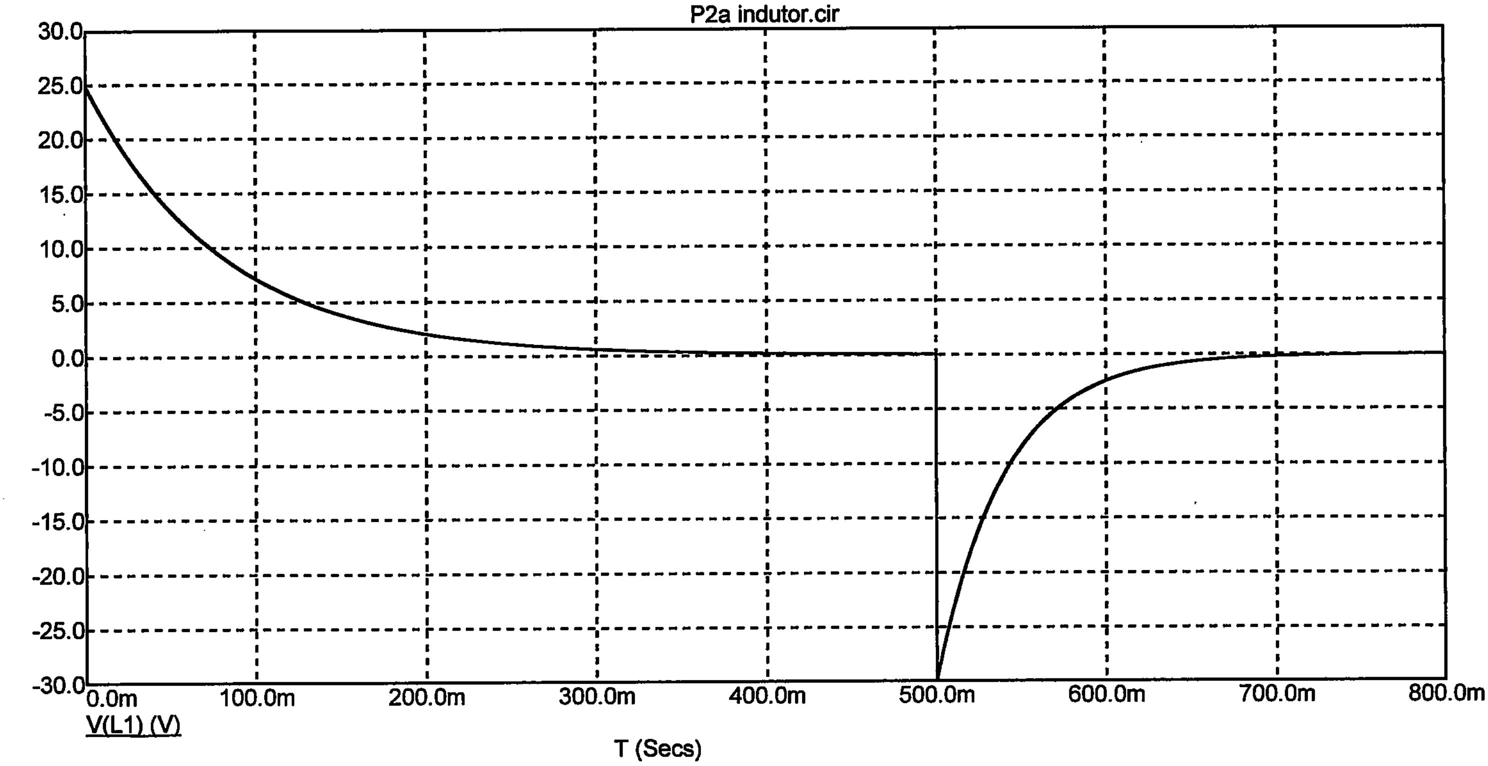
$$i_L(t) = 0{,}2 + [0{,}5 - 0{,}2]\, e^{-\frac{t}{0{,}04}}$$

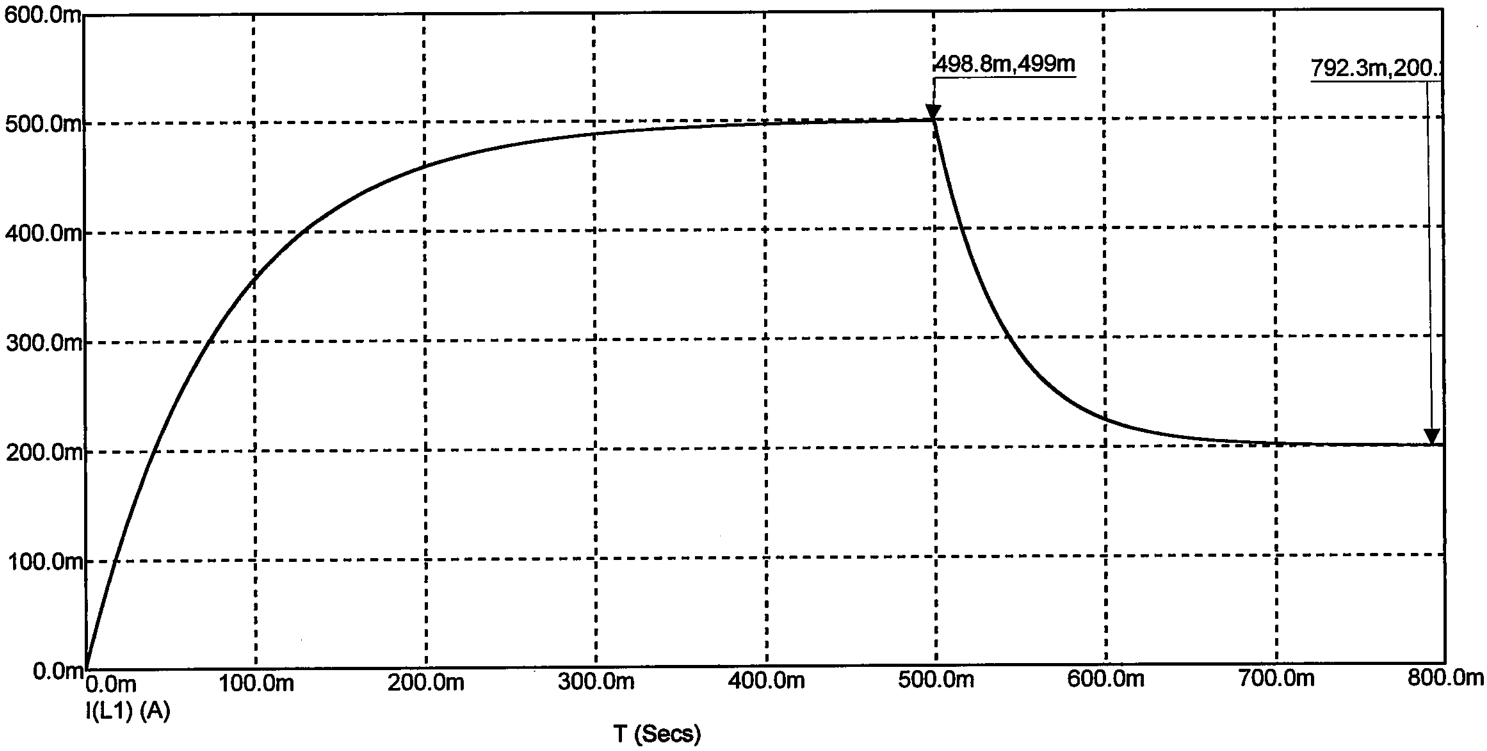
$$i_L(t) = 0{,}2 + 0{,}3\, e^{-25t}$$

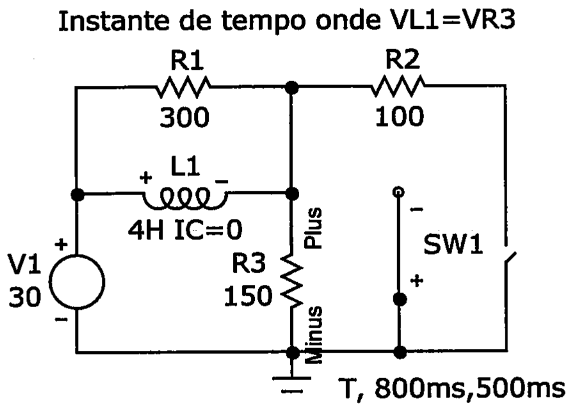
$$v_L(t) = v_L(0) \cdot e^{-t/\tau}$$

$$v_L(t) = -30 \cdot e^{-25t}$$

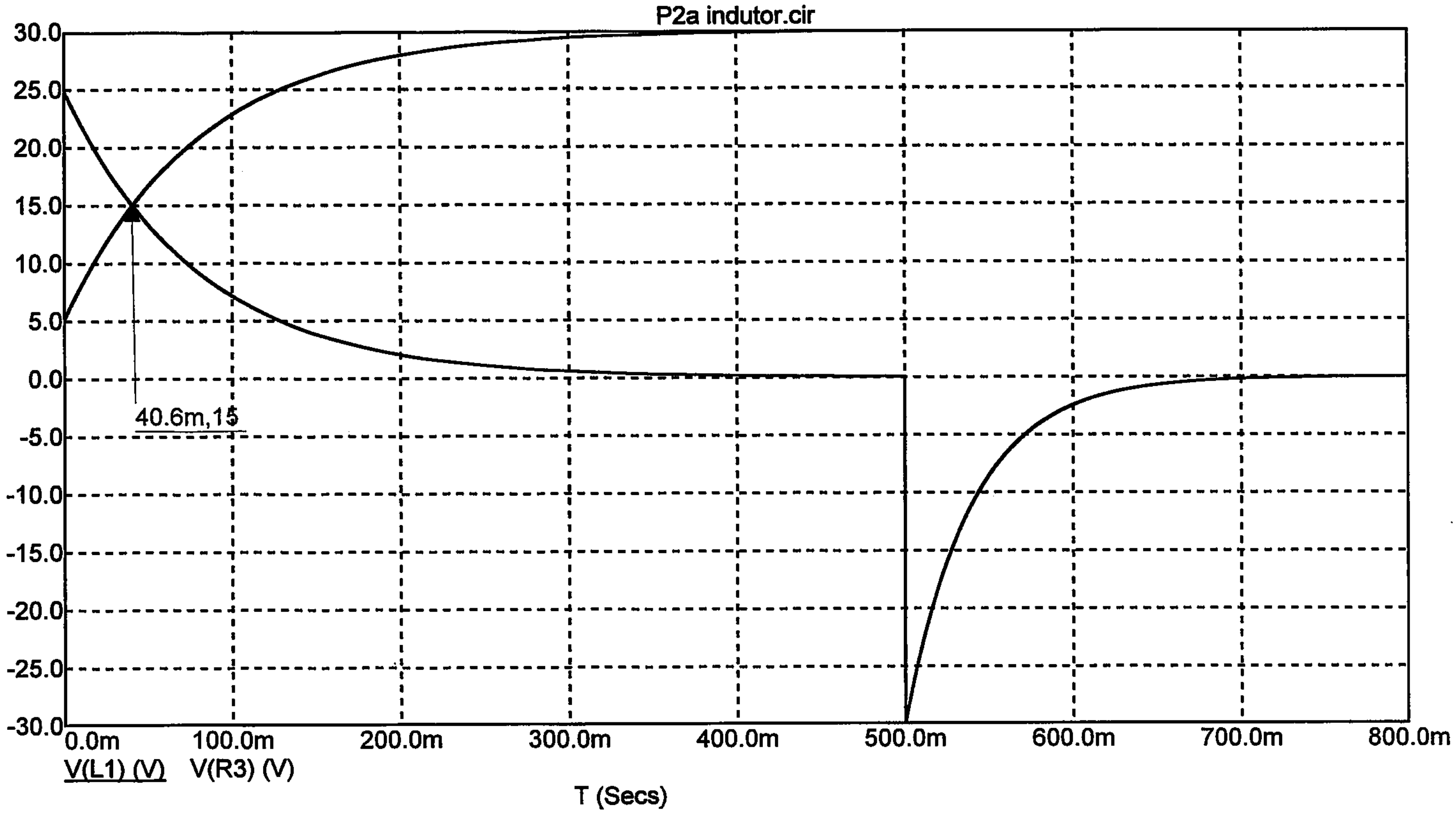

R1
300
R2
100
L1
4H IC=0
V1
30
R3
150
SW1
T, 800ms,500ms


P2a indutor.cir
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
-5.0
-10.0
-15.0
-20.0
-25.0
-30.0
0.0m
100.0m
200.0m
300.0m
400.0m
500.0m
600.0m
700.0m
800.0m
V(L1) (V)
T (Secs)

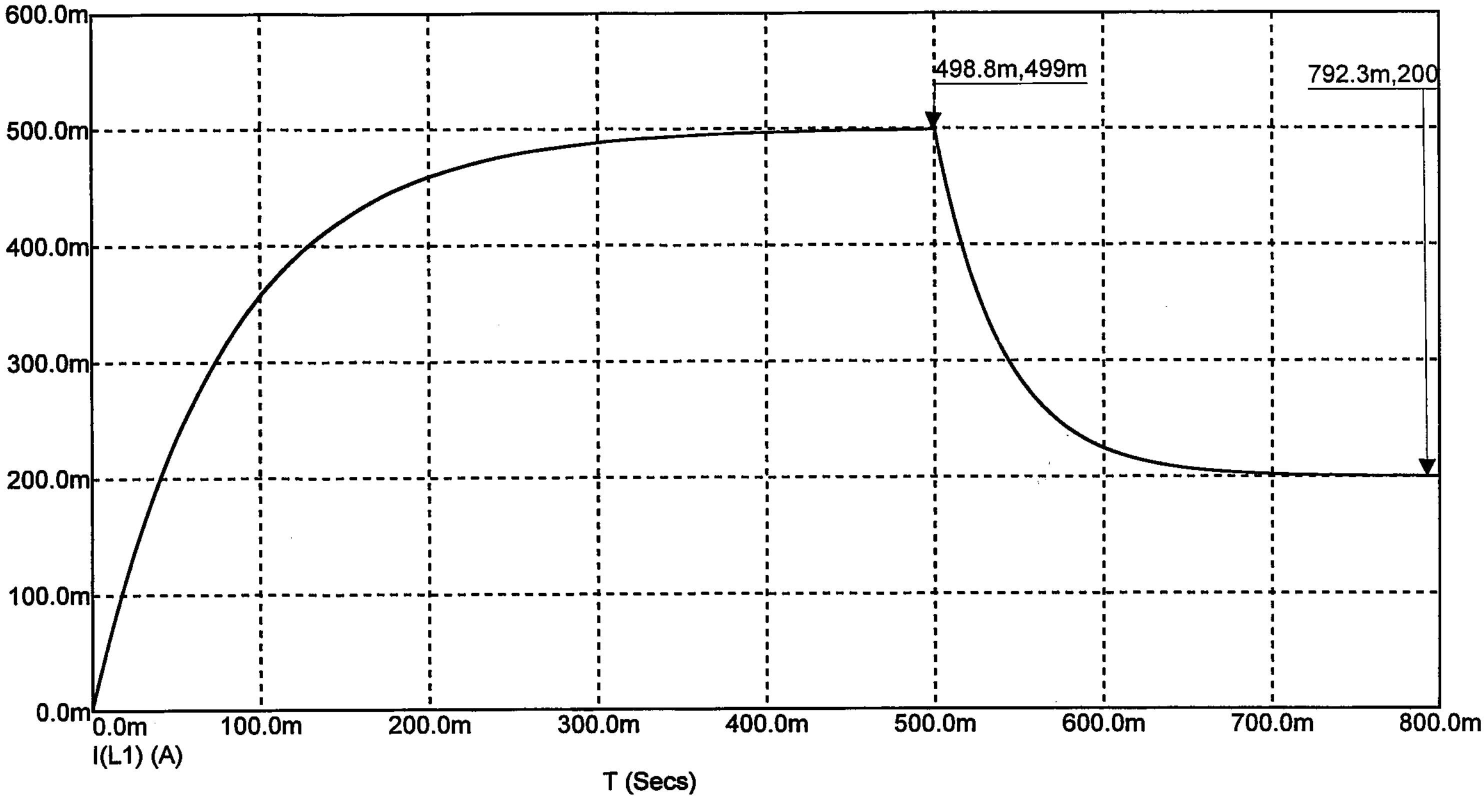

600.0m
500.0m
400.0m
300.0m
200.0m
100.0m
0.0m
498.8m,499m
792.3m,200.
0.0m
100.0m
200.0m
300.0m
400.0m
500.0m
600.0m
700.0m
800.0m
I(L1) (A)
T (Secs)



Instante de tempo onde VL1=VR3
R1
300
R2
100
L1
4H IC=0
V1
30
R3
150
Plus
Minus
SW1
T, 800ms,500ms

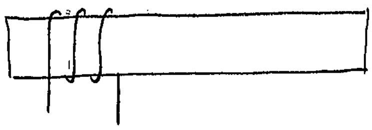


P2a indutor.cir
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
-5.0
-10.0
-15.0
-20.0
-25.0
-30.0
40.6m,15
0.0m
100.0m
200.0m
300.0m
400.0m
500.0m
600.0m
700.0m
800.0m
V(L1) (V) V(R3) (V)
T (Secs)



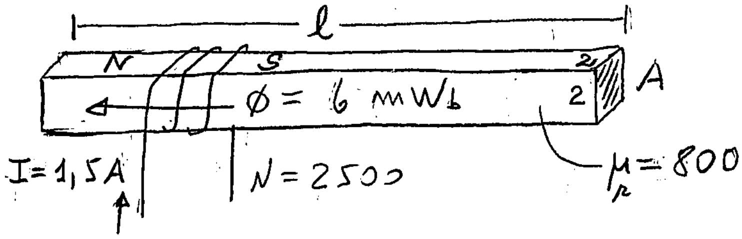
600.0m
500.0m
400.0m
300.0m
200.0m
100.0m
0.0m
498.8m,499m
792.3m,200
0.0m
100.0m
200.0m
300.0m
400.0m
500.0m
600.0m
700.0m
800.0m
I(L1) (A)
T (Secs)

Calcule o comprimento da barra do circuito magnético a seguir, para que ela conduza 6 mWb ao ser alimentada pela bobina de 2500 espiras. A barra possui 2 cm de lado e permeabilidade relativa de 800. Corrente na bobina é de 1,5 A. Documente cada etapa.



P2 2013-1

Desenhando o circuito e colocando os dados:



Área da secção reta:

$A = 2\,cm \times 2\,cm = 4\,cm^2 = 4 \cdot 10^{-4}\,m^2$

Permeabilidade da barra:

$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 800 = 10^{-3}\,\frac{Wb}{A \cdot m}$

Equações que usam estes valores conhecidos:

$$\mu = B/H \quad e \quad B = \phi/A \qquad (1)$$

$$\mathcal{F} = N \cdot I = H \cdot l \qquad (2)$$

$$\phi = \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{R}} \quad e \quad \mathcal{R} = \frac{l}{\mu A} \qquad (3)$$

Caminho para a solução:

Usando (1) obtemos H e levando em (2) obtemos o comprimento l da barra.

Deste modo:

$$\mu = \frac{B}{H} = \frac{\phi/A}{H}$$ isolando H:

$$H = \frac{\phi}{\mu \cdot A}$$ aplicando em (2):

$$N \cdot I = \frac{\phi}{\mu \cdot A} \cdot l$$ isolando l:

$$l = \frac{N \cdot I \cdot \mu \cdot A}{\phi} \quad //$$

Aplicando os valores:

$$l = \frac{2500 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-3}\, 4 \cdot 10^{-4}}{6 \cdot 10^{-3}}$$

$$l = 0{,}25\,m \rightarrow l = 25\,cm \quad //$$

Podemos calcular também:

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu \cdot A} = \frac{0{,}25}{10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-4}}$$

$$\mathcal{R} = 625 \cdot 10^3\ A/Wb \quad //$$

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-4}}$$

$$B = 2{,}5\ Tesla \quad //$$

Fazendo uma "Engenharia Reversa" no transformador usado no kit de Fonte de Alimentação, obteve-se os dados listados a seguir. Entenda a questão e descrevendo cada passo, faça os cálculos necessários para desenhar a curva de resposta V x I de uma das saídas de 12V deste transformador, quando ligado à rede elétrica de 120 V_{RMS}.

Transformador Hayama código 12/1 (12+12 V, 9 VA):

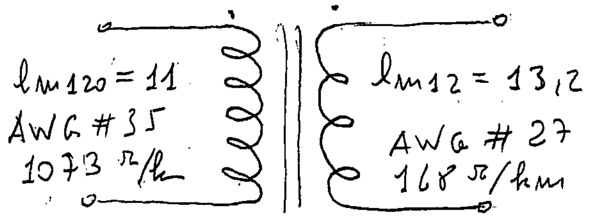
Espiras de fio para cada Volt aplicado: $N_V = 6$ esp/Volt

Bobina	Espira Média $\left(\frac{cm}{esp}\right)$	Bitola do fio	Resistência (Ω/km)
120 V	$l_{m120} = 11$	35 AWG	1073
12 V	$l_{m12} = 13,2$	27 AWG	168

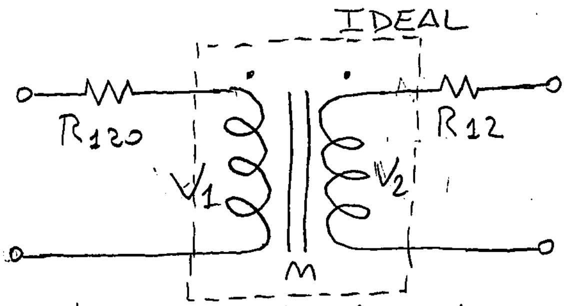
Arredonde em 2 dígitos significativos.

P2 2013/1

Esquema:



circuito equivalente do transformador real:



Resistência do fio de cada enrolamento:

Precisa 6 espiras para cada volt aplicado e cada espira tem certo comprimento médio:

$$l_{120} = N_V \cdot l_{m120} \cdot V_1$$

$$l_{120} = 6 \frac{esp}{Volt} \cdot 11 \frac{cm}{esp} \cdot 120 \text{ Volt}$$

$$l_{120} = 7920 \text{ cm} = 0,0792 \text{ km}$$

Resistência do fio:

$$R_{120} = l_{120} \cdot \frac{\Omega}{km}$$

$$R_{120} = 0,0792 \text{ km} \cdot 1073 \frac{\Omega}{km}$$

$$R_{120} = 84,98 \Omega \rightarrow 85 \Omega \,//$$

Do mesmo modo:

$$l_{12} = N_V \cdot l_{m12} \cdot V$$

$$l_{12} = 6 \frac{esp}{Volt} \cdot 13,2 \frac{cm}{esp} \cdot 12 \text{ Volt}$$

$$l_{12} = 950 \text{ cm} = 0,0095 \text{ km}$$

$$R_{12} = l_{12} \cdot \frac{\Omega}{km}$$

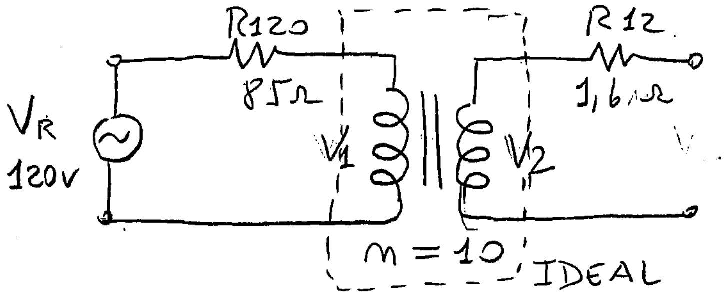
$$R_{12} = 0,0095 \text{ km} \cdot 168 \frac{\Omega}{km}$$

$$R_{12} = 1,596 \Omega \rightarrow 1,6 \Omega \,//$$

Relação de espiras:

$$M = \frac{V_1}{V_2} = \frac{120}{12} \rightarrow M = 10 \,//$$

colocando no diagrama:



Equacionamento para obter a curva V x I:

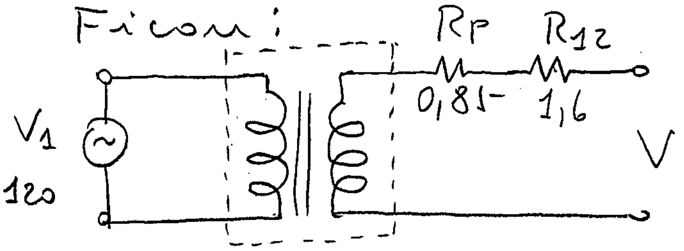
Método: eliminar o transformador passando tudo para o secundário:

Passando $R_{120} \rightarrow R_p$:

$$\frac{R_{120}}{R_p} = n^2$$

$$\frac{85}{R_p} = 10^2 \rightarrow R_p = 0,85\Omega \quad //$$

Ficou:

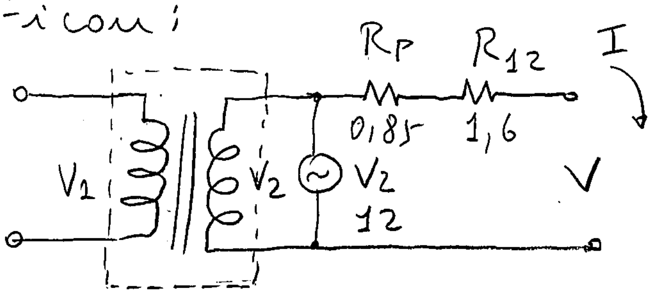


Passando a fonte V_1:

$$\frac{V_1}{V_2} = n$$

$$\frac{120}{V_2} = 10 \rightarrow V_2 = 12 \text{ Volts.}$$

Ficou:



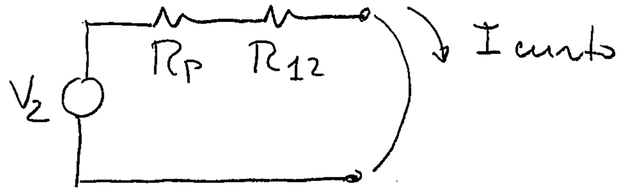
Transformador ideal sem carga: eliminar.

Para desenhar a curva V x I que é uma reta (circuito linear), precisamos de 2 pontos apenas:

Tensão à circuito aberto:

$$V_{aberto} = V_2 = 12 \text{ Volts} \quad //$$

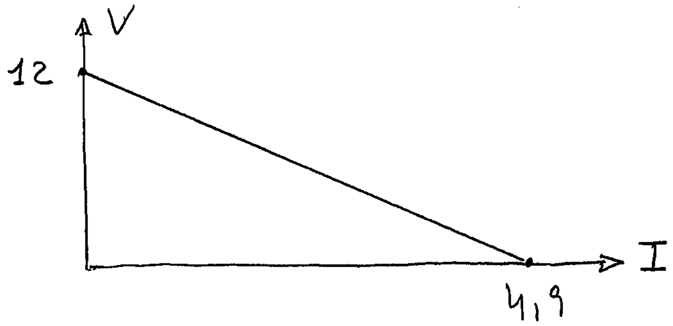
Corrente de curto-circuito:



$$I_{curto} = \frac{V_2}{R_p + R_{12}}$$

$$I_{curto} = \frac{12}{0,85 + 1,6} \rightarrow I_{curto} = 4,9 \text{ A} \quad //$$

Ficou:



Equação da reta:

$$V = 12 - \frac{12}{4,9} \cdot I$$

$$V = 12 - 2,45 I \quad //$$

Para V = 6 Volts,

$$6 = 12 - 2,45 \cdot I \rightarrow I = 2,45A \quad //$$

Para I = 1,5A,

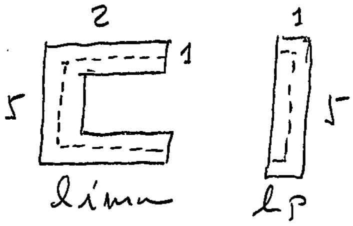
$$V = 12 - 2,45 \cdot 1,5 \rightarrow V = 8,33 V \quad //$$

Aplicando $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$:

$$B = \frac{H_m \cdot l_{ímã}}{\dfrac{l_P}{\mu_0 \cdot \mu_{rP}} + \dfrac{l_V}{\mu_0 \cdot \mu_{rV}}}$$

$$B = \frac{H_m \cdot l_{ímã} \cdot \mu_0}{\dfrac{l_P}{\mu_{rP}} + \dfrac{l_V}{\mu_{rV}}} \quad // \quad (1)$$

Supondo todo o fluxo concentrado no centro da estrutura:



$$l_{ímã} = 2 \cdot \left(2 - \frac{1}{2}\right) + \left(5 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right)$$

$$l_{ímã} = 7\,cm = 7 \cdot 10^{-2}\,m \;//$$

$$l_P = \left(5 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$$

$$l_P = 5\,cm = 5 \cdot 10^{-2}\,m \;//$$

$$l_V = 2 \cdot (4\,mm + 2\,mm)$$

$$l_V = 12\,mm = 12 \cdot 10^{-3}\,m \;//$$

Levando em (1):

$$B = \frac{15 \cdot 10^{3}\,\frac{A}{m} \cdot 7 \cdot 10^{-2}\,m \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{\underbrace{\dfrac{5 \cdot 10^{-2}}{400}}_{0{,}125 \cdot 10^{-3}} + \dfrac{12 \cdot 10^{-3}}{1}}$$

$B = 0{,}1088$ Teslas //

Área da seção reta por onde passa o fluxo mag. entre as duas peças:

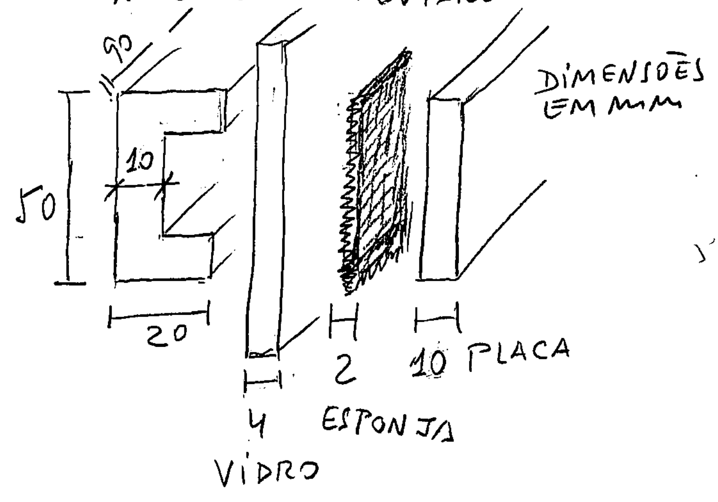
$$A = 1\,cm \cdot 9\,cm = 9\,cm^2 = 9 \cdot 10^{-4}\,m^2 \;//$$

Força entre as peças:

$$F = \frac{B^2 \cdot A}{2 \cdot \mu_0} = \frac{(0{,}1088)^2 \cdot 9 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}$$

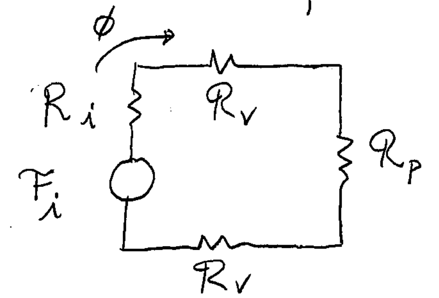
$F = 4{,}24$ Newtons //

Limpador de aquários
Versão de prova, com
$R_{NÚCLEO} >> R_{VIDRO}$



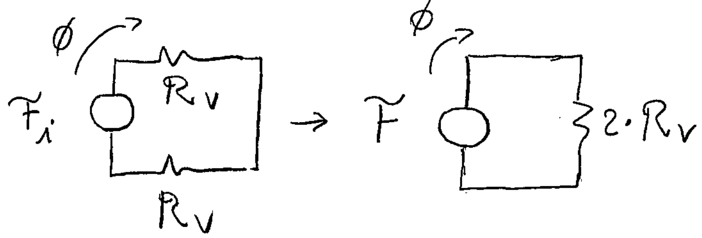
VIDRO = 4mm, $\mu_{rv} = 1$
ESPONJA = 2mm, $\mu_{re} = 1$
PLACA FERRO = 5mm
ÍMAN: 20 X 50 X 90 X 10 mm
$H_i = 15\cdot 10^3 \frac{A}{m}$

Circuito equivalente:



Ri = relutância do íman
Rp = relutância da placa
Rv = relutância do vidro

Desprezando Ri e Rp fica



Equações:

Força: $F = \frac{B^2 \cdot A}{2\cdot \mu_0}$

$B = \frac{\phi}{A}$, $\phi = \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{R}}$, $\mathcal{R} = \frac{l}{\mu \cdot A}$

Juntando:

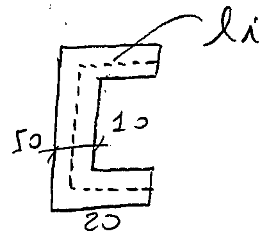
$B = \frac{\phi}{A} = \frac{1}{\cancel{A}} \cdot \frac{\mathcal{F}}{\frac{l}{\mu\cdot \cancel{A}}} \rightarrow B = \frac{\mathcal{F}\cdot \mu}{l}$ //

Adaptando ao caso:

Força magnetomotriz do íman:

$\mathcal{F} = H_i \cdot l_i$

comprimento médio:



$l_i = (20-5) + (50-5-5) + (20-5)$

$l_i = 70\,mm = 7\cdot 10^{-2}\,m$

Então:

$\mathcal{F} = 15\cdot 10^3 \frac{A}{m} \cdot 7\cdot 10^{-2}\,m$

$\mathcal{F} = 1050$ Ampères //

Área de secção reta por onde passa o fluxo magnético:

$A = 10 \times 90 = 900\,mm^2 = 9\cdot 10^{-4}\,m$

Permeabilidade do vidro:

$\mu_v = \mu_{rv}\cdot \mu_0 = 1\cdot \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Wb}{A\cdot m}$

Entreferro: $l_E = 2(l_v + l_e)$

$l_e = 2\cdot(4+2)\,mm \rightarrow l_E = 0{,}012\,m$

Densidade de fluxo:

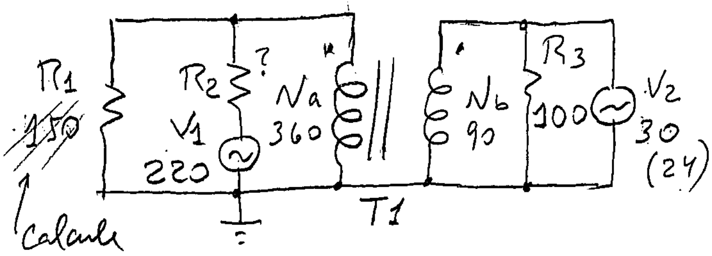
$B = \frac{\mathcal{F}\cdot \mu_v}{l_E} = \frac{1050\cdot 4\cdot \pi \cdot 10^{-7}}{0{,}012}$

$B = 0{,}11\,Wb/m^2$

Força: $F = \frac{B^2\cdot A}{2\cdot \mu_0} = \frac{0{,}1173^2 \cdot 9\cdot 10^{-4}}{2\cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}$

$F = 4{,}329$ Newtons // → 4,33N

Calcule a potência dissipada por R1, e a corrente descrevendo cada etapa de cálculo. Analise o resultado de cada etapa.



Método: eliminar o transformador.

Passando R3 para o lado do R1: Equação geral:

$$\frac{R_a}{R_b} = \left(\frac{N_a}{N_b}\right)^2$$

$$\frac{R_a}{R_3} = \left(\frac{360}{90}\right)^2$$

$R_a = 100 \cdot 16 = 1600\,\Omega$ //

Passando V2 para o lado do R1:

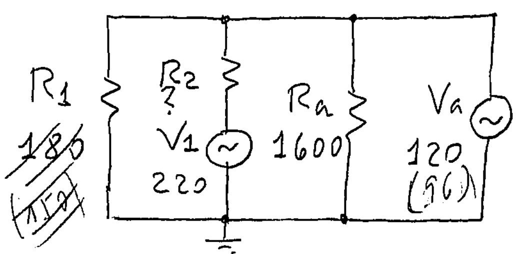
Equação geral:

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{N_a}{N_b}$$

$$\frac{V_a}{V_2} = \frac{360}{90}$$

$V_a = \underset{(24)}{30} \cdot 4 = 120\ V$ // (96)

circuito ficou:



Sem saber o valor de R2 é impossível resolver mas: Examinando o circuito notamos que Va está ligada diretamente à R1. Então:

$$P_{R1} = \frac{V_a^2}{R_1} = \frac{120^2}{150} \qquad \frac{96^2}{150} = 61{,}4\,W$$

$P_{R1} = 96$ watts //

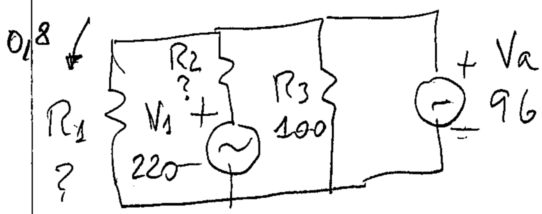
Calcule a corrente em R1:

$$I_1 = \frac{V_a}{R_1} = \frac{120}{150} \qquad \frac{96}{150} = 0{,}64\,A$$

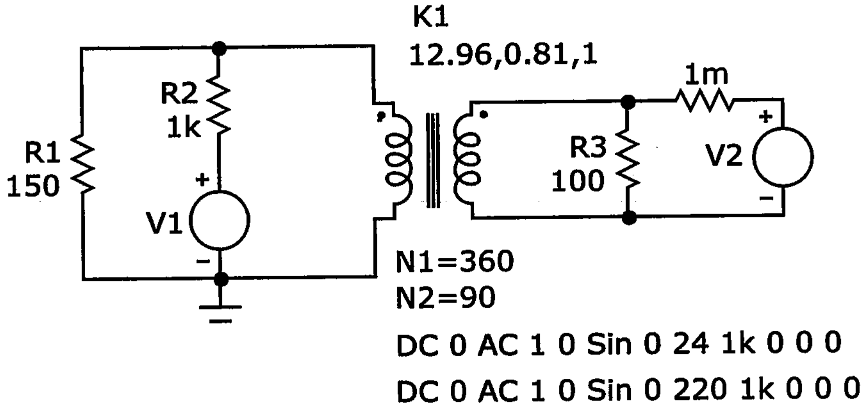
$I_1 = 0{,}8\,A$ //

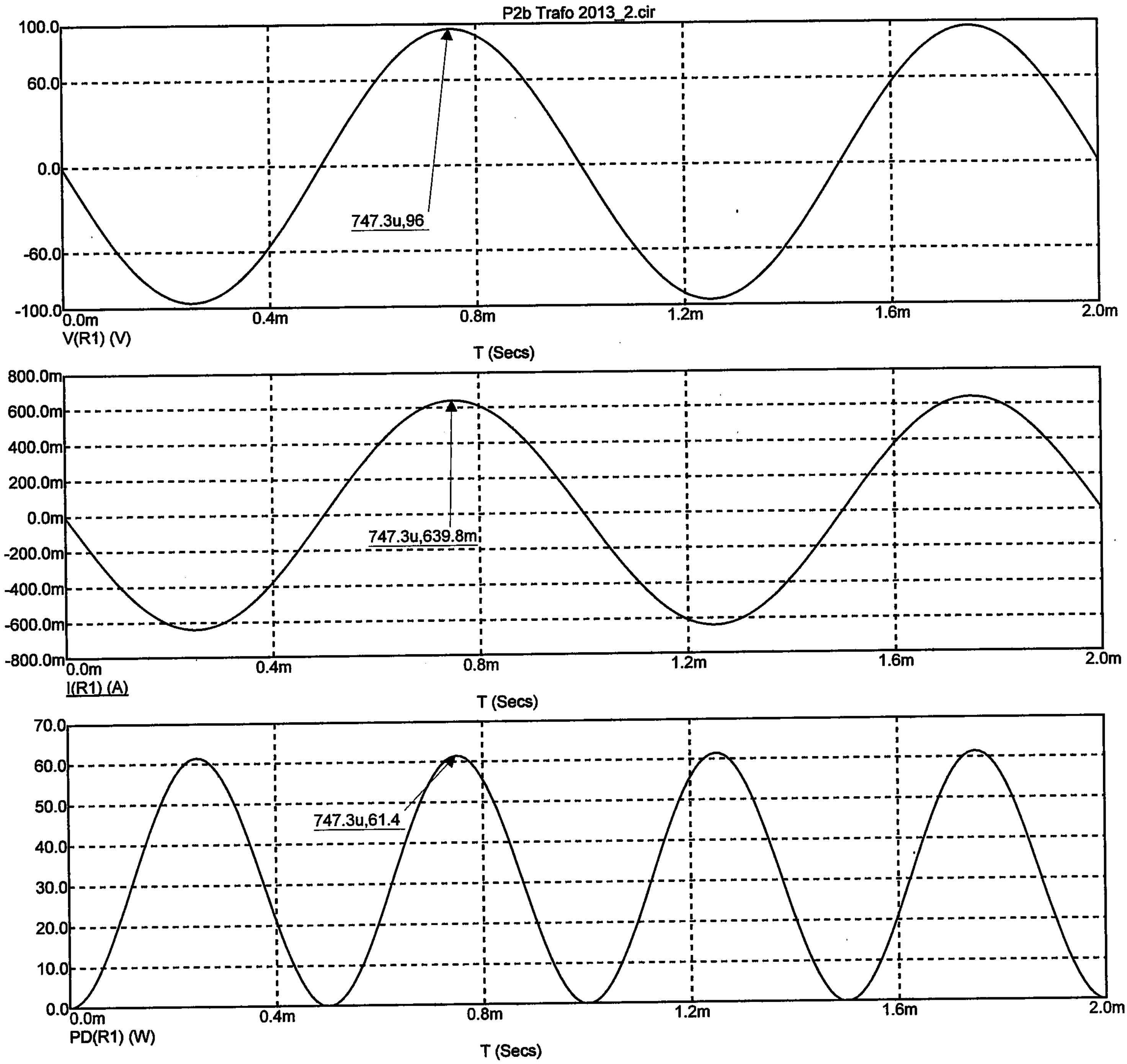
$$R_1 = \frac{96}{0{,}8} = 120\,\Omega$$

Versão 2013-2: Note a polaridade



$$R_1 = \frac{V_a}{I_{R1}} = \frac{96}{0{,}8} \rightarrow R_1 = 120\,\Omega$$


K1
12.96,0.81,1
R1
150
R2
1k
V1
1m
R3
100
V2
N1=360
N2=90
DC 0 AC 1 0 Sin 0 24 1k 0 0 0
DC 0 AC 1 0 Sin 0 220 1k 0 0 0


P2b Trafo 2013_2.cir
100.0
60.0
0.0
-60.0
-100.0
747.3u,96
0.0m
0.4m
0.8m
1.2m
1.6m
2.0m
V(R1) (V)
T (Secs)
800.0m
600.0m
400.0m
200.0m
0.0m
-200.0m
-400.0m
-600.0m
-800.0m
747.3u,639.8m
I(R1) (A)
T (Secs)
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
747.3u,61.4
PD(R1) (W)
T (Secs)

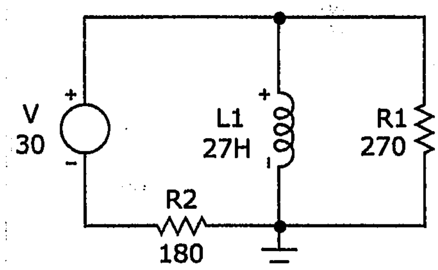
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2013/2

Prova 2 3/12/2013

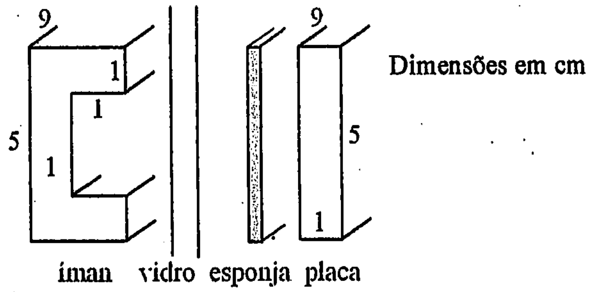
Nome: GABARITO **Turma:** _____

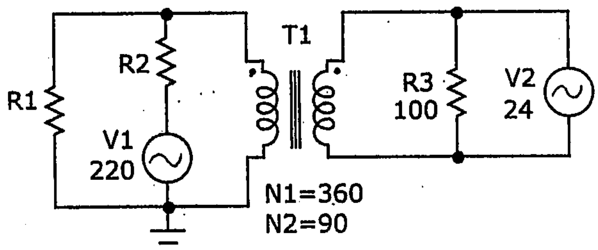
Sempre equacione o circuito em formato literal e depois aplique os valores numéricos.

1. (3,5 pontos) Equacione a tensão no indutor com o objetivo de determinar a equação da potência que a fonte fornece após ser ligada ao circuito ao lado, descrevendo cada passo com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado sempre. Esboce a curva desta equação.



2. (3,5 pontos) O aparelho a seguir serve para limpar vidros de aquários. A placa é revestida com uma esponja e fica dentro do aquário. Do lado de fora fica alinhada magneticamente a outra peça que pode ser movida ao longo da superfície do vidro. Calcule a força de atração entre as duas peças, descrevendo cada etapa com textos,equações e diagramas, seguindo os passos:
Examine o aparelho, desenhe o circuito elétrico equivalente e simplifique.
Manipule as equações do magnetismo, em formato literal, para obter a expressão da força em função dos parâmetros disponíveis. Adapte ao caso e calcule a força.
Vidro = 4mm; esponja comprimida = 2mm; permeabilidade relativa do vidro e esponja = 1; força magnetizante do íman $= 15 \cdot 10^3$ A/m; relutância do núcleo << vidro.





3. (3,0 pontos) Calcule o valor de R1 para que a corrente nele seja 0,8 ampères, descrevendo formalmente todos os passos.

$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$B = \phi / A$ (Teslas)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell = \phi \cdot R$ (Ampères)
$\mu = B / H$ (Wb/A·m)
$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu / \mu_o$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$
$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

$Força = B^2 \cdot A / 2 \cdot \mu_o$ (Newtons)
$Relutância = \ell / \mu \cdot A$

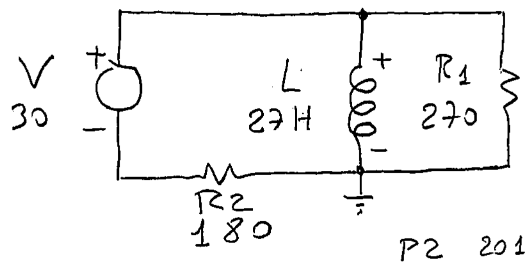
Carga:
$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$v_L(t) = - v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln \{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = v_C(t)$, $I_C(t)$, $v_L(t)$, ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L/R$ (segundos)

Tensão 2013/2

(parecido com P2 2010/1)

Equacione a tensão no indutor com o objetivo de determinar a potência que a fonte fornece após ser ligada no circuito a seguir.

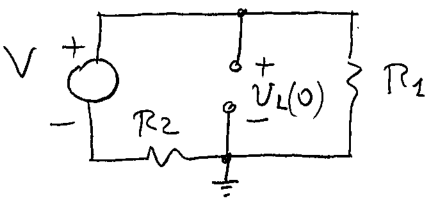


P2 2013-2

---

t = 0:

Fonte liga, variação, L = aberto:

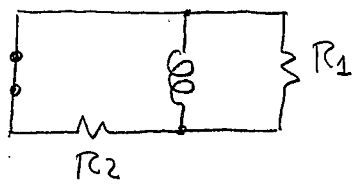


Divisor de tensão:

$$V_L(0) = V \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 30 \frac{270}{270+180}$$

$V_L(0) = 18$ Volts //

Constante de tempo, fonte morta, V = curto:



$$\tau = \frac{L}{R_{eq}} = \frac{L}{R_1 /\!/ R_2} = \frac{27\ H}{108}$$

$\tau = 0{,}25$ segundos //

Tensão no indutor:

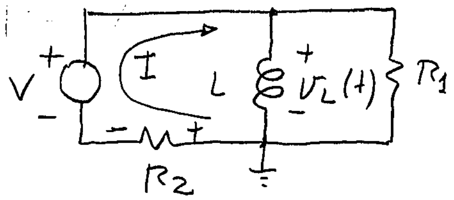
$$V_L(t) = V_L(0) \cdot e^{-t/\tau}$$

$$V_L(t) = 18 \cdot e^{-t/0{,}25}$$

$$V_L(t) = 18 \cdot e^{-4t} \ //$$

Potência que a fonte fornece:

$P = V \cdot I$



KVL na malha:

$$-V + V_L(t) + I \cdot R_2 = 0$$

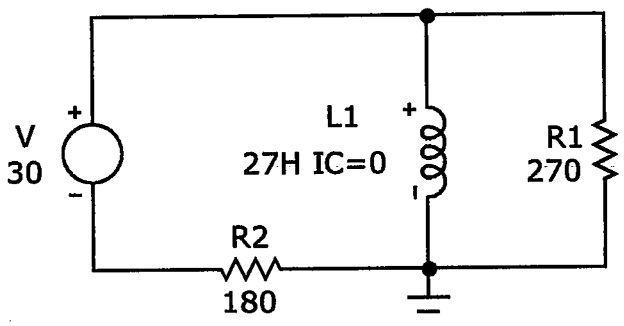
Então $I = \dfrac{V - V_L(t)}{R_2}$

Logo:

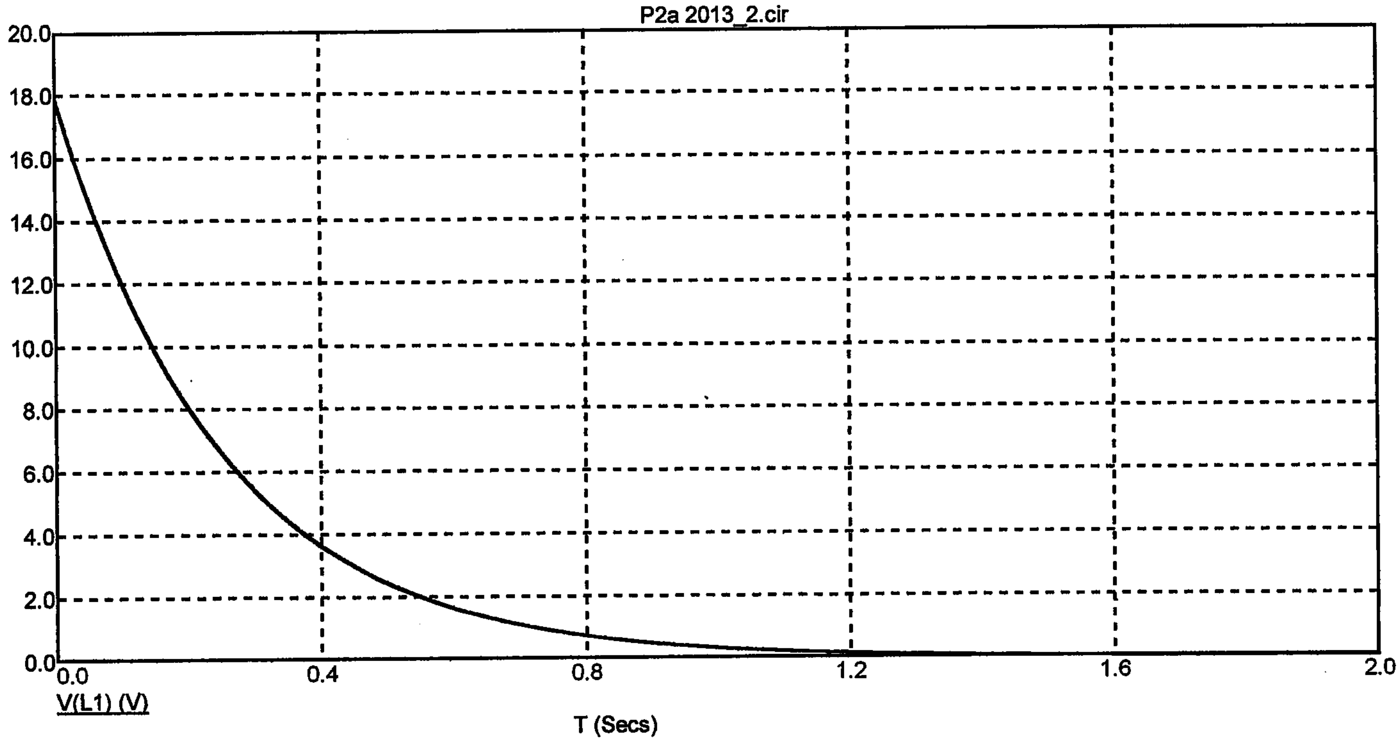
$$P = V \cdot \frac{V - V_L(t)}{R_2}$$

$$P = 30 \cdot \frac{30 - 18 \cdot e^{-4t}}{180}$$

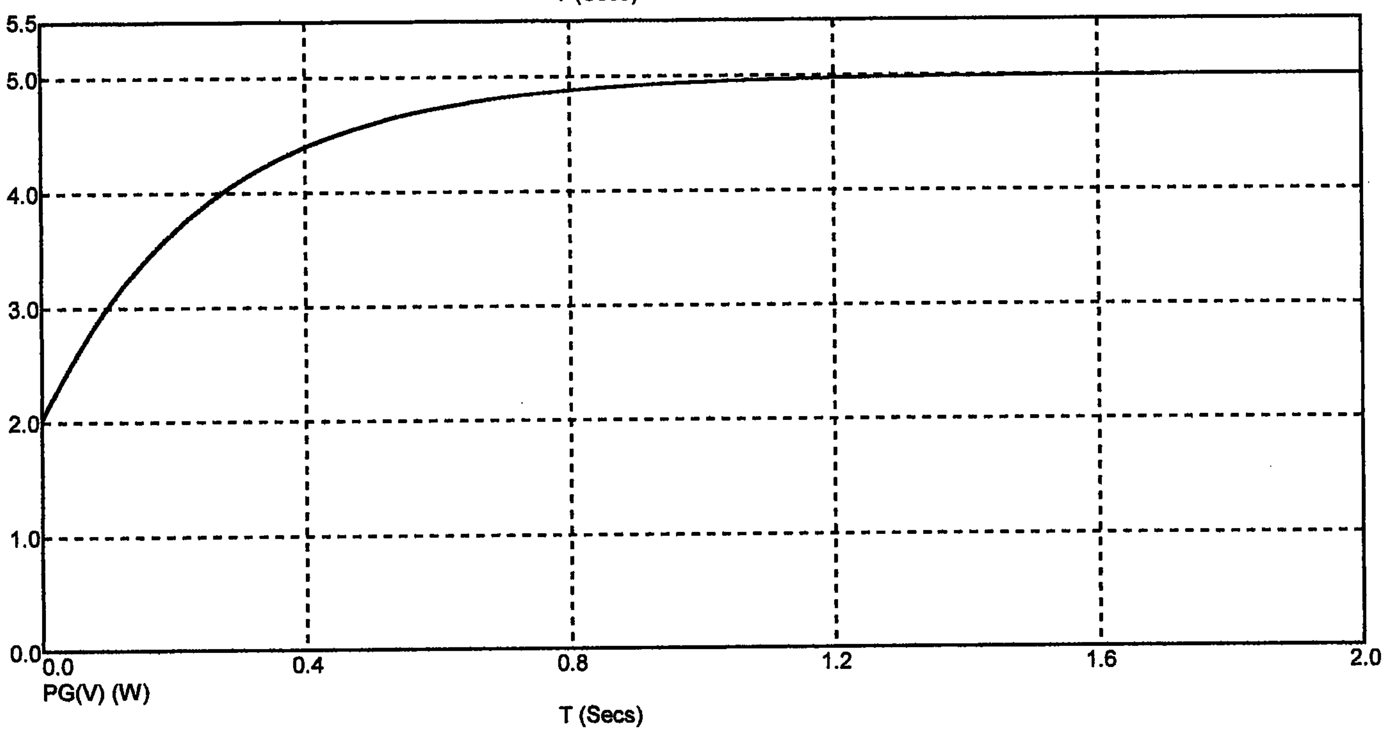
$$P = 5 - 3 \cdot e^{-4 \cdot t} \ //$$



V
30
L1
27H IC=0
R1
270
R2
180



P2a 2013_2.cir
20.0
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
0.0
0.4
0.8
1.2
1.6
2.0
V(L1) (V)
T (Secs)



5.5
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.0
0.4
0.8
1.2
1.6
2.0
PG(V) (W)
T (Secs)

O aparelho a seguir serve para limpar o vidro dos aquários.
A placa é revestida com uma esponja e fica dentro do aquário. Do lado de fora fica alinhada magneticamente a outra peça que pode ser movida ao longo da superfície do vidro.
Calcule a força de atração entre as duas peças nas condições especificadas, seguindo os passos:

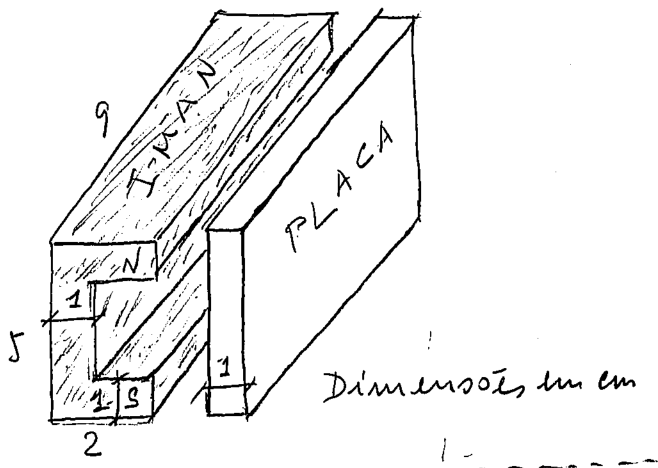
a) Examine o aparelho e desenhe o circuito elétrico equivalente, simplifique o que for possível.

b) Manipule as equações do magnetismo, em formato literal, para obter a expressão da força entre as peças em função dos parâmetros disponíveis.

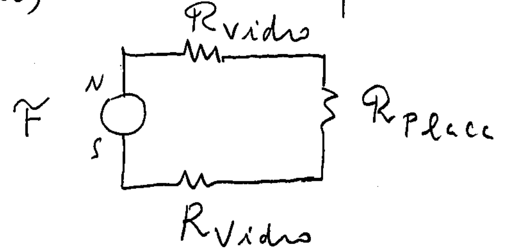
c) Adapte para o caso presente e calcule a força.

Espessuras:
Vidro: 4 mm
Esponja comprimida: 2 mm
Permeabilidades relativas ao vácuo:
Placa: $\mu_{rP} = 400$
Vidro e esponja: $\mu_{rV} = 1$
Força magnetizante do ímã: $H_m = \frac{\mathcal{F}_m}{l} = 15 \cdot 10^3 \frac{A}{m}$

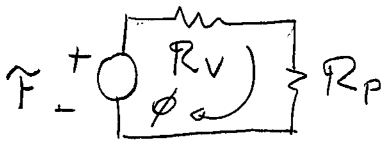
Mais simples: despreza a relutância do ferro e do ímã



a) Circuito equivalente:



circuito série. Simplificando:



b) Equações:

$$F = \frac{B^2 \cdot A}{2 \cdot \mu_0} \qquad B = \frac{\phi}{A} \qquad \phi = \frac{\mathcal{F}}{R}$$

$$R = \frac{l}{\mu \cdot A} \qquad \mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

Juntando:

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{\frac{\mathcal{F}}{l/\mu \cdot \cancel{A}}}{\cancel{A}} = \frac{\mathcal{F}}{l/\mu}$$

c) Adaptando ao caso:
Existem duas relutâncias em série que devem ser somadas e a força do ímã é por metro de comprimento do caminho magnético:

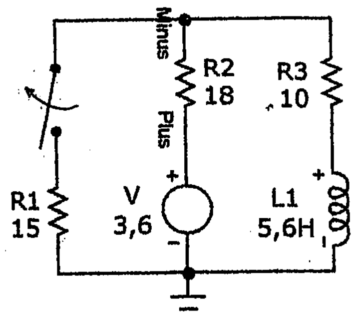
$$B = \frac{H_m \cdot l_{ímã}}{l_P/\mu_P + l_V/\mu_V}$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2014/1

Prova 2 **1/7/2014**

Nome: GABARITO **Turma:** _____

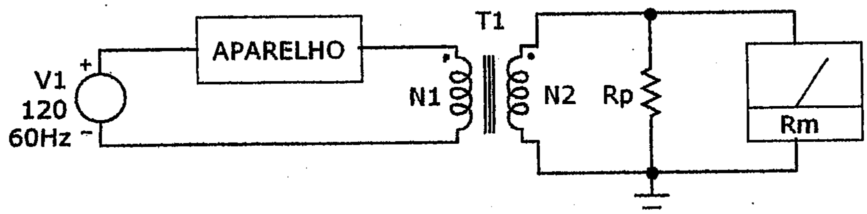
1. (3,5 pontos) Determine a tensão e a corrente em R_2 no circuito ao lado desde um instante antes da chave abrir, em t=0, até o circuito estabilizar. Equacione em formato literal primeiro e coloque os valores de circuito depois, descrevendo cada etapa com textos, equações e esquemas pois isso vai ser avaliado sempre. Desenhe então as respectivas curvas com todos os pontos de interesse calculados.



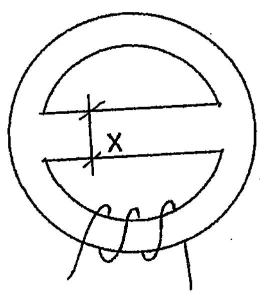
2. (3,5 pontos) O Transformador de Corrente permite medir a corrente em aparelhos ligados à rede elétrica, com simplicidade e isolação galvânica. No circuito a seguir foi usado um Transformador de Tensão tipo 220V para 5,5V, com potência adequada, mas ligado ao contrário: O enrolamento de 5,5V ficou em série com o aparelho. O medidor usado é do tipo Ferro Móvel, que aceita corrente CC ou CA, com 45Ω e sensibilidade de 50mA para plena deflexão do ponteiro. Equacione o circuito (literal primeiro, valores depois), documentando cada etapa e responda:

a) Qual o valor do resistor de ajuste de escala R_p para medir correntes de até 8A no aparelho?

b) Qual a resistência que este circuito introduz em série com o aparelho?



3. (3,0 pontos) No circuito magnético ao lado, calcule a relação entre a relutância do braço central para as demais para que o fluxo central seja 1/4 do fluxo que passa pela bobina energizada. Calcule a seguir a proporção entre a largura **x** para as demais para obter este resultado, descrevendo adequadamente cada etapa.



$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)

$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)

$R = V / I = \rho \cdot \ell / A \quad \mathcal{R} = F / \phi = \ell / \mu \cdot A$

$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)

$B = \phi / A$ (Teslas)

$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)

$F = N \cdot I = H \cdot \ell = \phi \cdot \mathcal{R}$ (Ampères)

$\mu = B / H$ (Wb/A·m)

$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)

$\mu_r = \mu / \mu_o$

$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)

$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$

$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

Carga:

$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$

$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$

$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:

$v_L(t) = -v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$

$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$

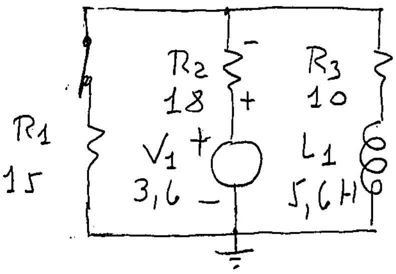
$t = -\tau \cdot \ln\{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$

$x = v_C(t),\ I_C(t),\ v_L(t)$, ou $I_L(t)$

$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

Equacione o circuito a partir de $t=0$, em formato literal e depois aplique os valores do circuito com o objetivo de desenhar as curvas temporais de tensão e corrente em R2, documentando cada etapa com textos, equações e diagramas.

O circuito é alimentado em $t=0$ e a chave abre em $t = 2$ segundos.



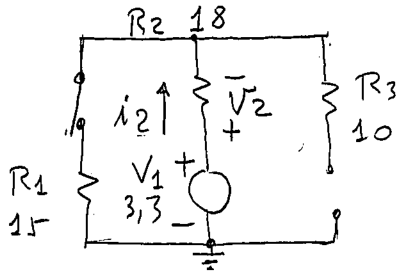
P2 2014-1

Seguindo a linha do tempo:

t=0: Desligado.

$V_2(0) = 0 \quad i_2(0) = 0$

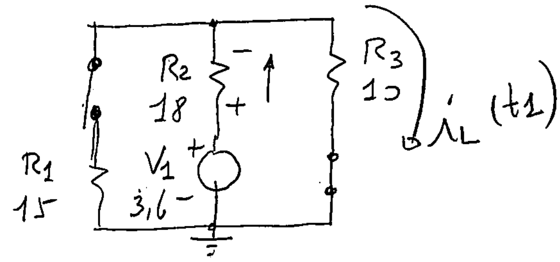
t=0+: Circuito alimentado, variação → L = aberto:



$$i_2(0+) = \frac{V_1}{R_2+R_1} = \frac{3,6}{18+15} = 0,109 //$$

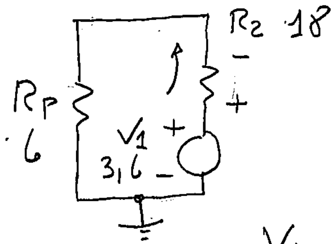
$$v_2(0+) = R_2 \cdot i_2(0) = 18 \cdot 0,109 = 1,96 //$$

t1>>0, chave fechada, estável, L = curto:



Simplificando:

$$R_p = R_1 // R_3 = \frac{15 \cdot 10}{15+10} = 6\,\Omega$$

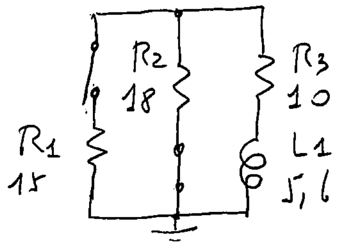


$$i_2(t_1) = \frac{V_1}{R_2+R_p} = \frac{3,6}{18+6} = 0,15 //$$

$$v_2(t_1) = R_2 \cdot i_2(t_1) = 18 \cdot 0,15 = 2,7 //$$

$$i_L(t_1) = i_2(t_1) \cdot \frac{R_1}{R_1+R_3} = 0,09 //$$

Constante de tempo, com as fontes zeradas: V = curto:



$$\tau = L / R_{equiv.}$$

$$R_{eq.} = (R_1 // R_2) + R_3$$

$$R_{eq} = \frac{15 \cdot 18}{15+18} + 10$$

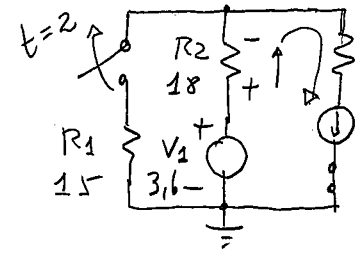
$$R_{eq} = 18,18 //$$

$$\tau_{fechado} = \frac{5,6}{18,18} = 0,308 \text{ segundos} //$$

Indutor carregado em $t \geq 5 \cdot \tau$:

$t = 5 \cdot 0,308 \rightarrow t = 1,54$ segundos //

t=2: chave abre, variação, L = curto + con. inicial:



$$i_L(2_+) = 0,09$$

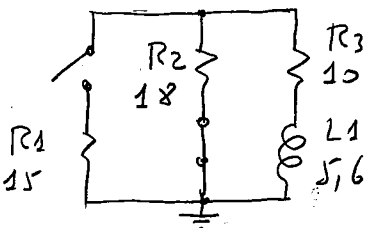
Examinando o circuito:

$i_2(2^-) = i_2(t_1) = 0{,}15$ antes de abrir a chave e a corrente no indutor é $i_L(2^-) = 0{,}09$ e não muda ao abrir a chave: $i_L(2^+) = 0{,}09$.

Então, $i_2(2^+) = i_L(2^+) = 0{,}09$ e

$v_2(2^+) = R_2 \cdot i_2(2^+) = 18 \cdot 0{,}09 = 1{,}62$ //

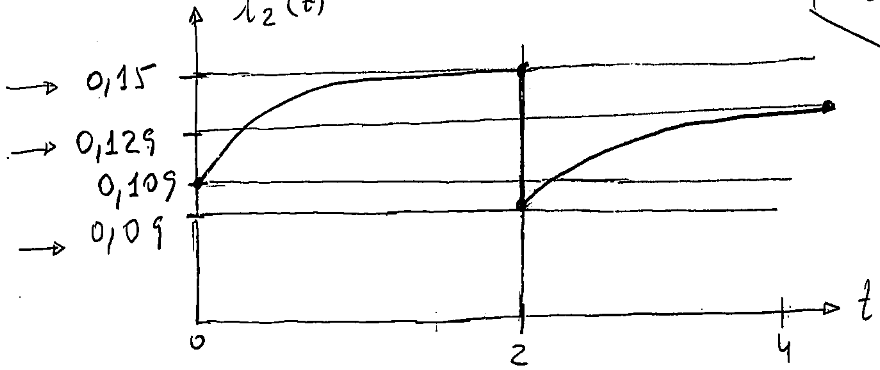
Constante de tempo com a chave aberta: $V_1 = 0$

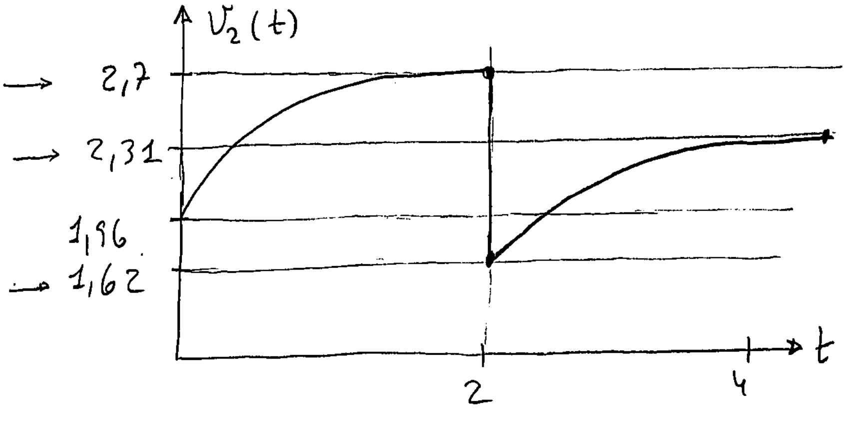


$$\tau_{aberto} = \frac{L}{R_{eq}} = \frac{L}{R_2+R_3} = \frac{5{,}6}{18+10}$$

$\tau_{aberto} = 0{,}2$ segundos //

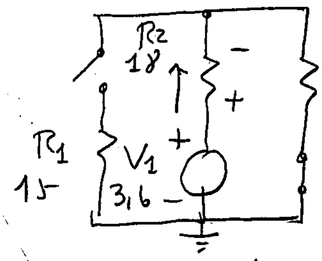
Gráficos:





P2: Apenas este.

$t = \infty$: Estável, L = curto:



$$i_2(\infty) = \frac{V_1}{R_2+R_3} = \frac{3{,}6}{18+10} = 0{,}129 \text{ //}$$

$V_2(\infty) = R_2 \cdot i_2(\infty) = 18 \cdot 0{,}129 = 2{,}31V$

Versão P2 2014-2:

$t = 2$ seg $\rightarrow t = 0$. $v_2(t) = i_2(t) \cdot R_2$

Após abrir a chave, $i_2(t) = i_L(t)$

$t = 0^-$: $i_2(t) = 0{,}15$

$t = 0^+$: $i_2(t) = 0{,}09$

$t = \infty$: $i_2(t) = 0{,}129$

$i_2(t) = i_2(\infty) + [i_2(0) - i_2(\infty)]\, e^{-t/\tau}$

$i_2(t) = 0{,}129 + [0{,}09 - 0{,}129]\, e^{-t/0{,}2}$

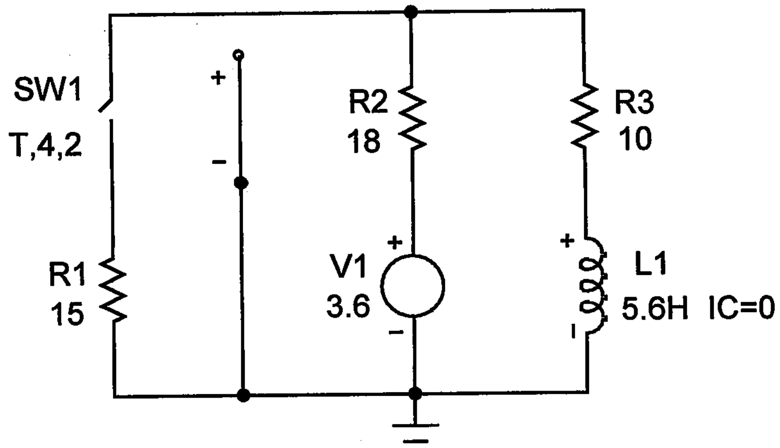
$i_2(t) = 0{,}129 - 0{,}039 \cdot e^{-5t}$ //

$v_2(t) = 2{,}32 - 0{,}702 \cdot e^{-5t}$ //

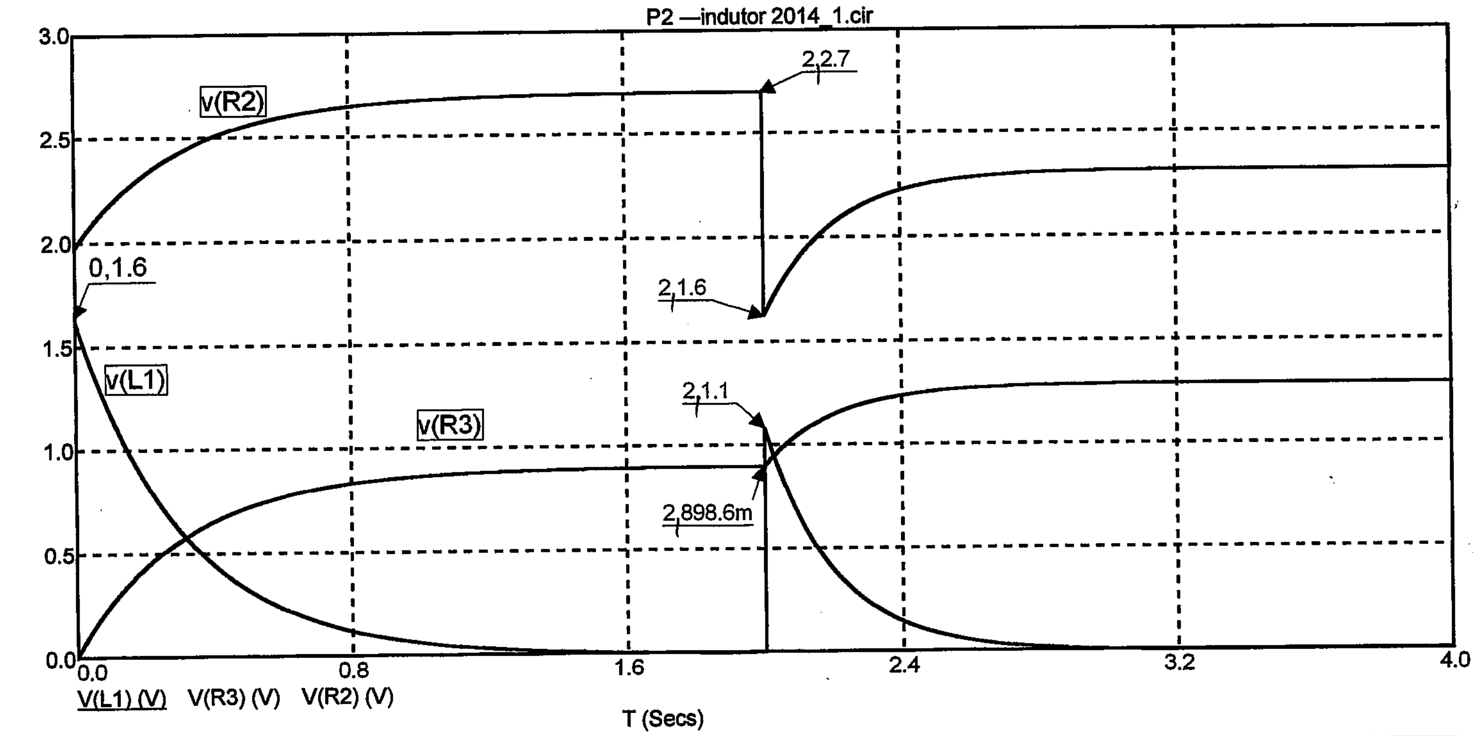
Quando a chave abre:

$i_2(t) = i_L(t)$

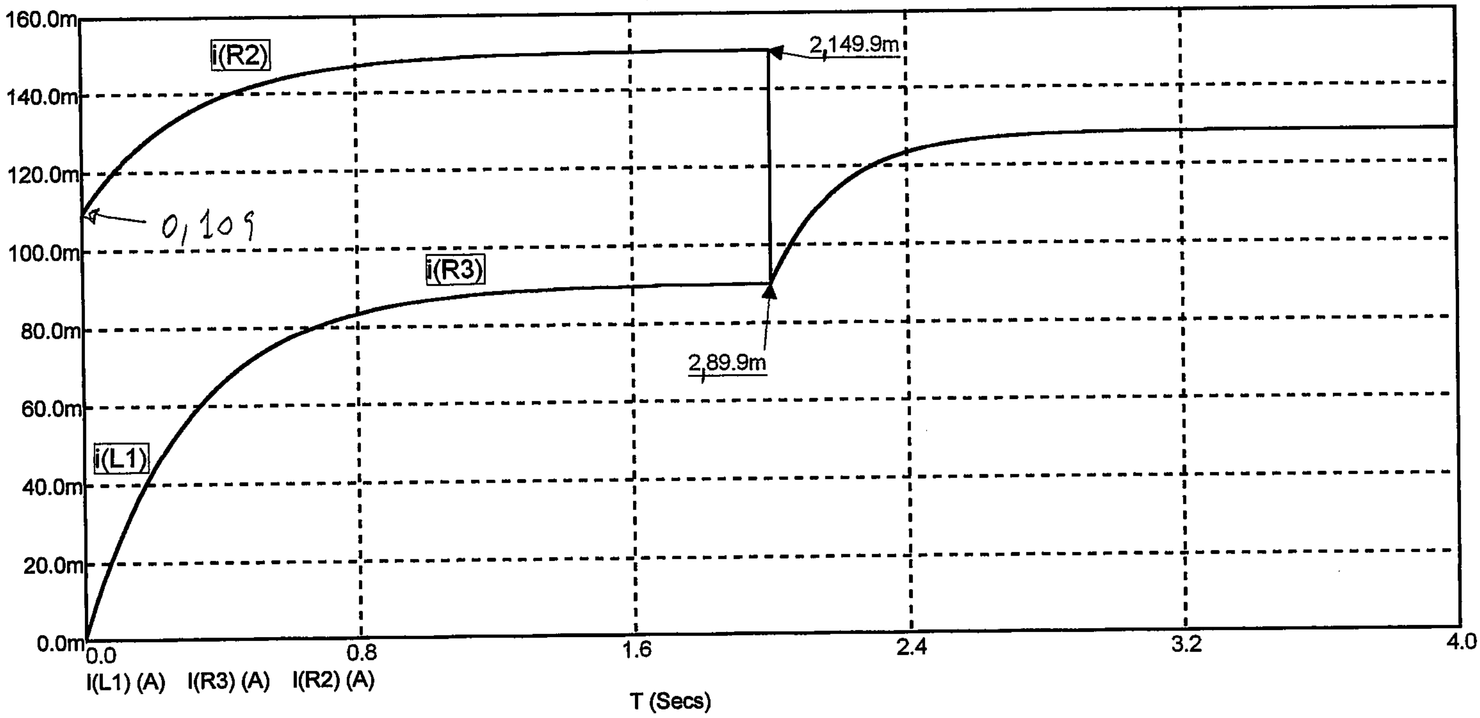
$V_2(t) = R_2 \cdot i_2(t)$



SW1
T,4,2
R1
15
R2
18
V1
3.6
R3
10
L1
5.6H IC=0



P2 —indutor 2014_1.cir
v(R2)
v(L1)
v(R3)
2,2.7
0,1.6
2,1.6
2,1.1
2,898.6m
V(L1) (V) V(R3) (V) V(R2) (V)
T (Secs)



i(R2)
i(R3)
i(L1)
2,149.9m
0,109
2,89.9m
I(L1) (A) I(R3) (A) I(R2) (A)
T (Secs)

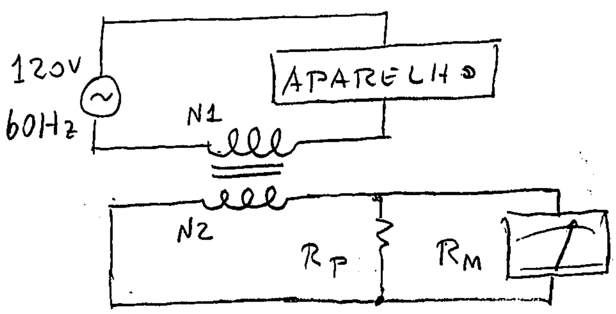
O Transformador de Corrente permite medir a corrente consumida por aparelhos ligados à rede elétrica, com simplicidade e isolação galvânica.

No circuito a seguir foi usado um Transformador de Tensão tipo 220V para 5,5V ligado ao contrário: o enrolamento de 5,5V está ligado em série com o aparelho. O medidor é do tipo Ferro Móvel, que aceita CC ou CA, com 45Ω na bobina e sensibilidade de 50mA para plena deflexão do ponteiro.

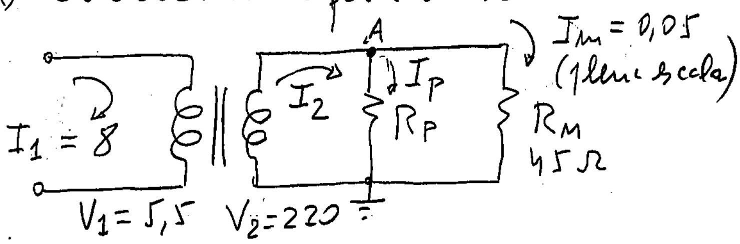
a) Calcule o valor do resistor de ajuste Rp para medir correntes de até 8 Ampères no aparelho.

b) Qual a resistência que este circuito de medida introduz em série com a rede?

c) Qual a tensão na saída do transformador retirando Rp e o medidor?



a) circuito equivalente:



corrente na saída para plena escala:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \rightarrow \frac{8}{I_2} = \frac{220}{5{,}5} \rightarrow I_2 = 0{,}2$$

KCL no nó A:

$$-I_2 + I_p + I_m = 0$$

$$-0{,}2 + I_p + 0{,}05 = 0 \rightarrow I_p = 0{,}15$$

$$V_A = I_m \cdot R_M = 0{,}05 \cdot 45 \rightarrow V_A = 2{,}25\,V$$

Então $R_P = \frac{V_A}{I_P} = \frac{2{,}25}{0{,}15} \rightarrow R_P = 15\,\Omega$

b) Resistência equivalente na saída:

$$R_2 = R_P // R_M = \frac{15 \cdot 45}{15 + 45}$$

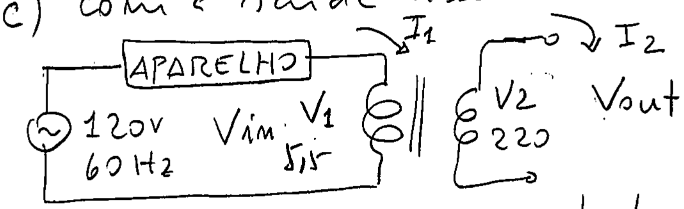
$$R_2 = 11{,}25\,\Omega$$

Passando para a entrada:

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2$$

$$\frac{R_1}{11{,}25} = \left(\frac{5{,}5}{220}\right)^2 \rightarrow R_1 = 0{,}07\,\Omega$$

c) com a saída aberta:



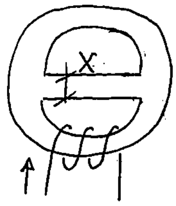
como $I_2 = 0$, $I_1 = 0$ e toda a tensão da rede aparece sobre o transformador:

$$\frac{V_{in}}{V_{out}} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{120}{V_{out}} = \frac{5{,}5}{220} \rightarrow V_{out} = 4\,800\ \text{Volts}$$

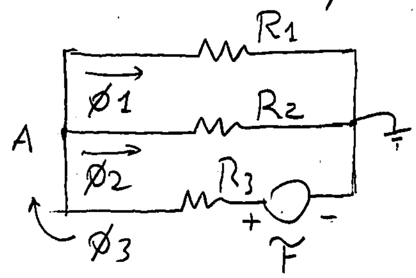
No circuito magnético a seguir, a) Calcule a relação entre a relutância do braço central para as demais para que o fluxo central seja 1/4 do fluxo que passa dentro da bobina.

b) Para obter este resultado, qual a a proporção da largura x em relação às demais?



P2 - 2014/1

O fluxo magnético criado pela corrente na bobina se divide pelos caminhos.
Circuito elétrico equivalente:



No nó A:

$$-\phi_3 + \phi_1 + \phi_2 = 0$$

$$\phi_3 = \phi_1 + \phi_2$$

Sabemos que $\phi_2 = \frac{\phi_3}{4}$

$$\phi_2 = \frac{\phi_1 + \phi_2}{4}$$

$$\phi_1 = 3\cdot\phi_2 \quad //$$

Equacionando o fluxo:

$$\frac{F_1}{R_1} = 3\cdot\frac{F_2}{R_2}$$

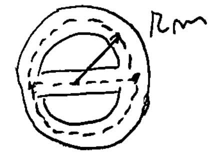
$$\frac{F_1}{\frac{l_1}{\mu\cdot A_1}} = 3\cdot\frac{F_2}{\frac{l_2}{\mu\cdot A_2}}$$

Como $F_1 = F_2$ pois $R_1 // R_2$ e
$A = x \cdot p$ (largura · profundidade)

$$\frac{\mu\cdot x_1\cdot p}{l_1} = 3\cdot\frac{\mu\, x_2\cdot p}{l_2}$$

$$\frac{x_1}{l_1} = 3\,\frac{x_2}{l_2}$$

Examinando o caminho médio da estrutura:



$$\frac{x_1}{\frac{2\cdot\pi\cdot R_m}{2}} = 3\,\frac{x_2}{2\cdot R_m}$$

$$\frac{x_1}{\pi} = 3\cdot\frac{x_2}{2}$$

$$x_2 = \frac{x_1\cdot 2}{3\cdot\pi}$$

$$x_2 = 0{,}212\cdot x_1 \quad //$$

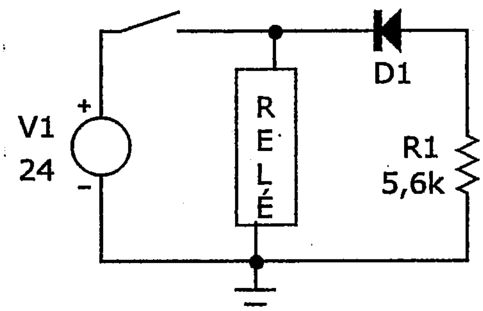
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2014/2

Prova 2 9/12/2014

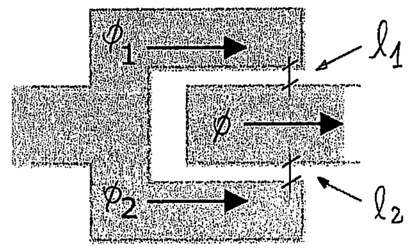
Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3 pontos) Uma família levou para a praia uma TV antiga e um transformador abaixador de tensão pois lá a rede é 220V nominal. Com os dados a seguir, desenhe o **circuito elétrico completo** da instalação, equacione em formado literal, coloque os valores e então determine se é possível assistir TV quando alguém liga o chuveiro. Documente cada etapa. Arredonde.
   Rede elétrica modelada por $V_{ac} = 220$ e $R_i = 1.6$ em série.
   Chuveiro: Calcule o circuito equivalente usando 5,5kW, 220V.
   TV: 110V nominal, consumo constante de 75,6W. Funciona com tensões de 95V até 145V.
   Transformador: Resistências medidas com Ohmmetro: $R_{220} = 12$ e $R_{110} = 7$.

2. (4 pontos) Estude os tempos de fechamento e abertura de um relé eletro-magnético, instalado no circuito ao lado, cujas características foram obtidas por um ensaio, documentando cada etapa com textos, equações e diagramas (será avaliado).
   Desenhe o **circuito equivalente**, equacione em formato literal e calcule apenas o tempo para abrir os contatos após desligar a alimentação.
   Ensaio: O relé fecha com 20mA na bobina e, após fechado, abre quando a corrente for reduzida para 12 mA, demonstrando que possui histerese. Bobina com L = 1,6H e R = 800Ω.



3. (3 pontos) A figura ao lado mostra um pedaço de um circuito magnético simétrico, construído com material de alta permeabilidade.
   Sabendo que $\phi_1 = 5\text{mWb}$, calcule os fluxos ϕ_2 e ϕ.
   Documente amplamente o seu trabalho com textos e equações. Entreferros: $\ell_1 = 200\mu\text{m}$ $\ell_2 = 250\mu\text{m}$.



$I = q / t$ (Ampères = Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts = Joules / Coulomb)
$\mathcal{R} = \ell / \mu \cdot A$
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$B = \phi / A$ (Teslas)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell = \phi \cdot \mathcal{R}$ (Ampères)
$\mu = B / H$ (Wb/A·m)
$\mu_{vácuo} = \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu / \mu_0$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$
$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

Carga:
$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$v_L(t) = - v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln\{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = v_C(t),\ I_C(t),\ v_L(t),$ ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

Uma família levou para a praia uma TV antiga e um transformador abaixador de tensão pois lá a rede é 220V. Com os dados a seguir, desenhe o circuito elétrico completo da instalação, equacione e determine se é possível assistir TV quando alguém liga o chuveiro.

Rede elétrica modelada por $V = 220\,V$ e $Ri = 1{,}6$ em série.

Chuveiro: 5,5 kW, 220 V. Calcule o circuito equivalente com estes valores.

TV: Nominal 110V aceita 95V até 145V, consumindo 75,6W sempre.

Transformador: resistência dos fios medida com Ohmmetro resultou: $Ra = 12\,\Omega$ no enrolamento 220V, $R_b = 7\,\Omega$ no enrolamento 110V

P2-2014/2

Circuitos equivalentes

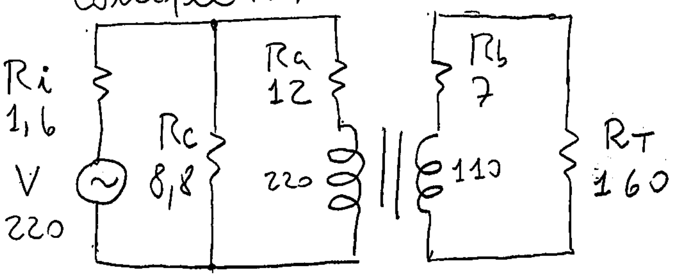
Chuveiro: $P = V \cdot I = V^2/R$

$$P_c = \frac{V_{220}^2}{R_c} \rightarrow R_c = \frac{220^2}{5{,}5 \cdot 10^3} = 8{,}8\,\Omega$$

TV:

$$P_T = \frac{V_{\cancel{220}\,110}^2}{R_T} \rightarrow R_T = \frac{110^2}{75{,}6} = 160\,\Omega$$

circuito equivalente completo:



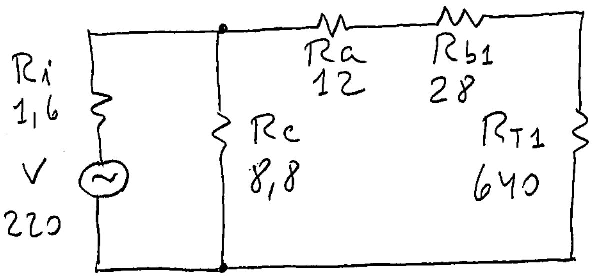
Objetivo: Tensão sobre R_T

Método: Eliminar o trafo, passando R_b e R_T para o lado da rede:

$$\frac{R_{b1}}{R_b} = \left(\frac{220}{110}\right)^2 \rightarrow R_{b1} = 28\,\Omega$$

$$\frac{R_{T1}}{R_T} = \left(\frac{220}{110}\right)^2 \rightarrow R_{T1} = 640\,\Omega$$

Transformador ficou com o secundário aberto e pode ser descartado:



Objetivo: tensão em RT1 e para isso precisamos da corrente. Examinando o circuito, podemos equacionar pelo Método das Correntes de Malha ou então simplificar, calcular a corrente total e depois aplicar o divisor de corrente entre o chuveiro e a TV.

Simplificando:

$$R_{TOTAL} = (R_a + R_{b1} + R_{T1}) \,//\, R_c + R_i$$

$$R_{TOTAL} = (12 + 28 + 640) \,//\, 8{,}8 + 1{,}6$$

$R_{TOTAL} = 10,284$

$I_{TOTAL} = \dfrac{V_{220}}{R_{TOTAL}} = \dfrac{220}{10,284} \rightarrow I_{TOTAL} = 21,39$

Divisor de corrente:

$$I_{T1} = I_{TOTAL} \cdot \frac{R_c}{R_c + R_a + R_{b1} + R_{T1}}$$

$$I_{T1} = 21,39 \cdot \frac{8,8}{8,8 + 12 + 28 + 640} \rightarrow I_{T1} = 0,2732$$

Portanto,

$V_{T1} = I_{T1} \cdot R_{T1} = 0,2732 \cdot 640 \rightarrow V_{T1} = 174,9$ Volts //

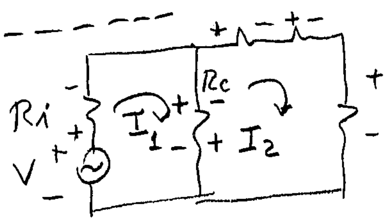
Passando este valor para o lado da TV:

$$\frac{V_{T1}}{V_T} = \frac{V_{220}}{V_{110}}$$

$$\frac{174,9}{V_T} = \frac{220}{110} \rightarrow V_T = 87,43 \text{ Volts} //$$

Conclusão: TV não funciona quando o chuveiro está ligado.

Resolvendo pelo Método das Malhas:



$$\begin{cases} -V + I_1 (R_i + R_c) - I_2 \cdot R_c = 0 \\ I_{m2} (R_c + R_a + R_{b1} + R_{T1}) - I_1 \cdot R_c = 0 \end{cases}$$

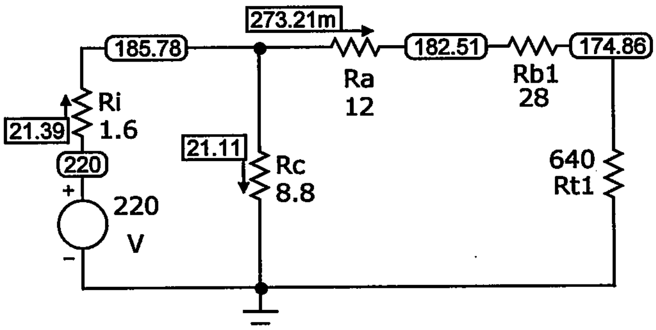
$$\begin{cases} -220 + 10,4 \cdot I_1 - 8,8 \cdot I_2 = 0 \quad (1) \\ -8,8 I_1 + 688,8 \cdot I_2 = 0 \end{cases}$$ ← multiplicando por $\frac{10,4}{8,8}$:

$-10,4 \cdot I_1 + 814,0 \cdot I_2 = 0$ ← somando com (1):

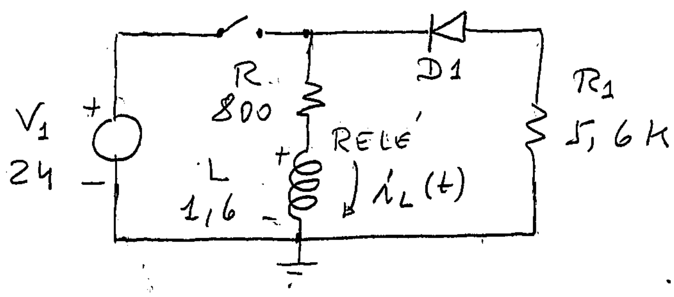
$-220 + 0 + 805,2 \cdot I_2 = 0 \rightarrow I_2 = 0,2732 = I_{T1}$

INTRODUÇÃO P2 2014-2

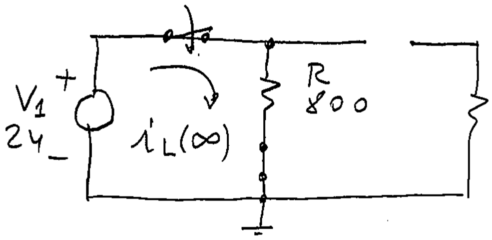
Chuveiro + TV



Versão P2 2014-2



$t = \infty$ L = curto   Diodo cortado



$$i_L(\infty) = \frac{V_1}{R} = \frac{24}{800} \rightarrow i_L(\infty) = 0,03$$

constante de tempo, fontes zeradas:

$$\tau_{LIGA} = \frac{L}{R} = \frac{1,6}{800} \rightarrow \tau_{LIGA} = 0,002\,s$$

corrente na bobina após ligar a chave:

$$i_L(t) = i_L(\infty)\cdot\left(1 - e^{-t/\tau_{LIGA}}\right)$$

$$i_L(t) = 0,03\left(1 - e^{-\frac{t}{0,002}}\right) \text{ //}$$

Tempo para os contatos fecharem, quando $i_L(t)$ alcançar 20mA:

$$0,02 = 0,03\left(1 - e^{-500t}\right)$$

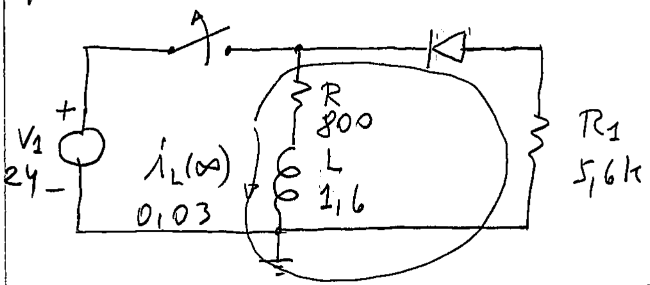
Então $t_{FECHAR} = 2,2$ ms //

Outra solução:

$$t = -\tau_{LIGA} \ln\left(\frac{i(\infty) - i(fim)}{i(\infty) - i(inic)}\right)$$

$$t = -0,002 \ln\left(\frac{0,03 - 0,02}{0,03 - 0}\right)$$

como o relé fechado e $i_L(\infty) = 0,03$ vamos desligar a fonte e calcular o tempo para o relé abrir:



corrente na bobina não muda instantaneamente, mas a tensão inverte, o diodo conduz e a energia é dissipada em R e R1.

Então, $i_L(0) = i_L(\infty) = 0,03$ //

constante de tempo:

$$\tau_{DESL} = \frac{L}{R + R_1} = \frac{1,6}{800 + 5600}$$

$$\tau_{DESL} = 0,00025\,s \text{ //}$$

corrente na bobina após abrir a chave:

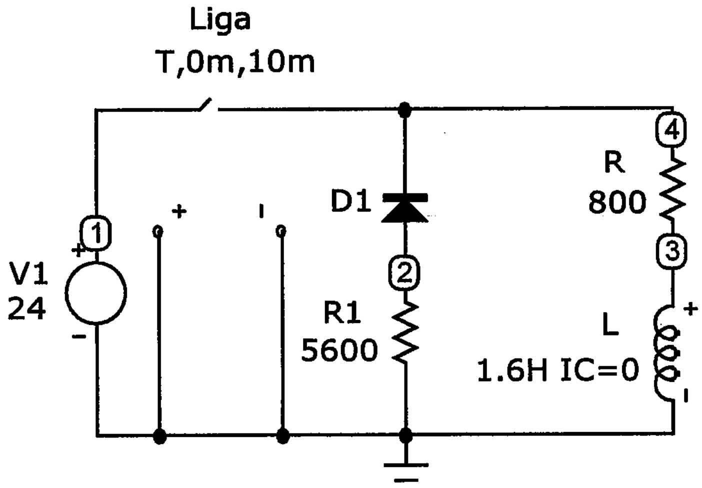
$$i_L(t) = i_L(0)\cdot e^{-t/\tau_{DESL}}$$

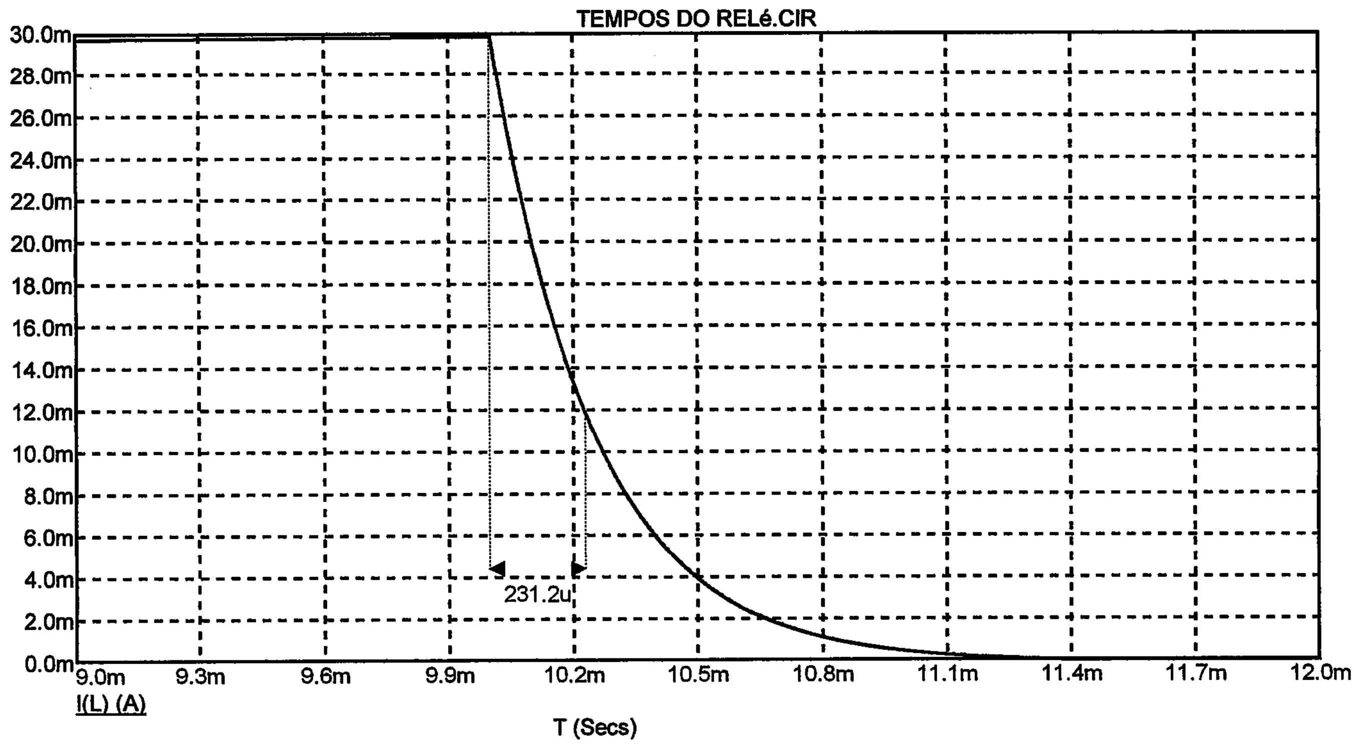
$$i_L(t) = 0,03\; e^{-\frac{t}{0,00025}} \text{ //}$$

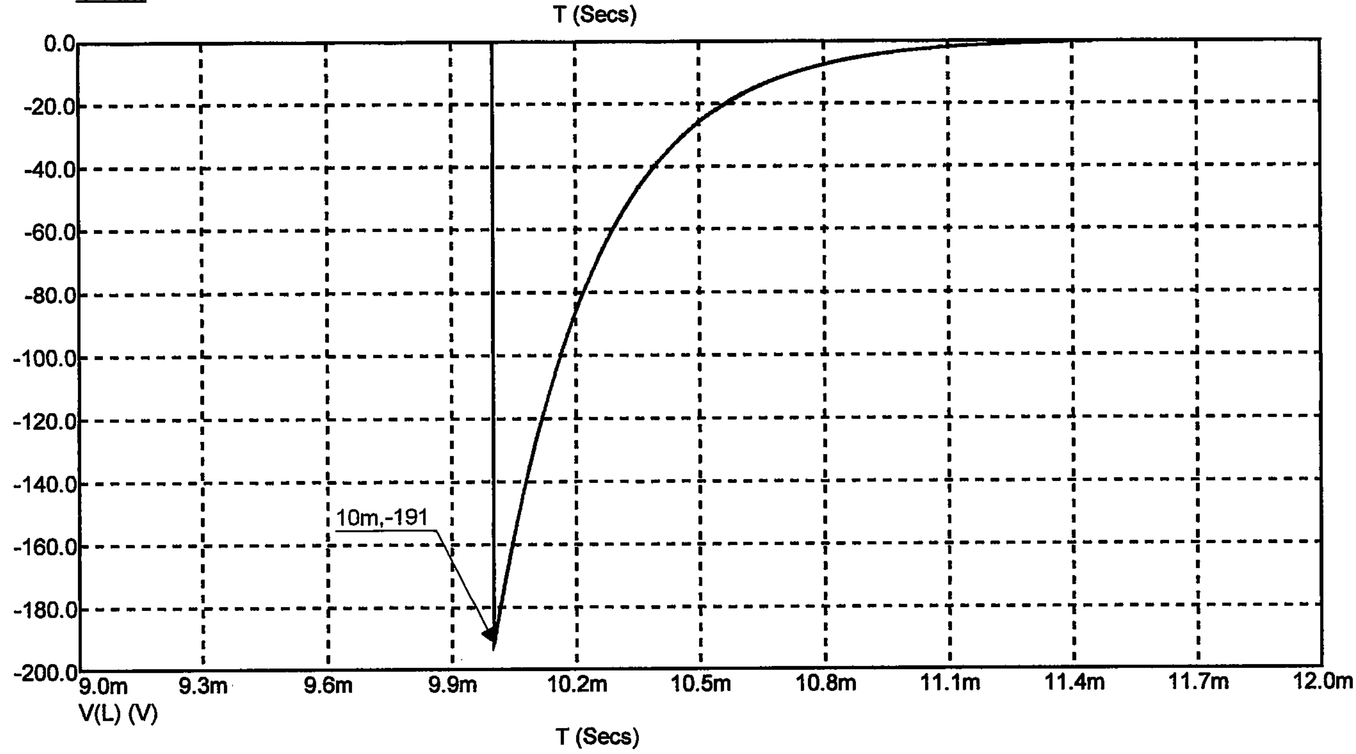
Tempo para os contatos abrirem, quando $i_L(t)$ diminuir para 12mA:

$$0,012 = 0,03\cdot e^{-4000t}$$

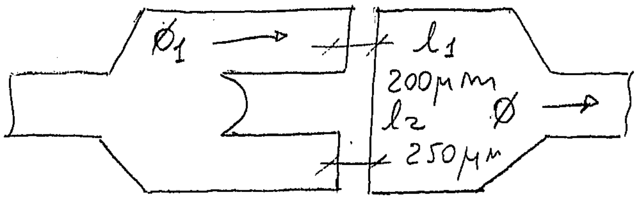
$t_{ABRIR} = 0,23$ ms //


Liga
T,0m,10m
V1
24
D1
R1
5600
R
800
L
1.6H IC=0


TEMPOS DO RELé.CIR
231.2u
I(L) (A)
T (Secs)


10m,-191
V(L) (V)
T (Secs)

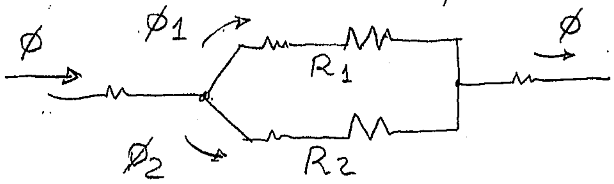
A figura mostra um pedaço de um circuito magnético construído com material de alta permeabilidade.
Sabendo que $\phi_1 = 5 \cdot 10^{-3}$ Webers, calcule o fluxo total ϕ.



P2 2012-1

A estrutura é simétrica e de alta permeabilidade logo o fluxo é controlado apenas pela relutância do entreferro.

Circuito elétrico equivalente:



circuito é um divisor de fluxo.

KCL no nó:

$$-\phi + \phi_1 + \phi_2 = 0$$

Logo $\phi = \phi_1 + \phi_2$ //

Relutância dos entreferros:

$$\mathcal{R}_1 = \frac{l_1}{\mu \cdot A} = \frac{200 \cdot 10^{-6}}{\mu \cdot A}$$

$$\mathcal{R}_2 = \frac{l_2}{\mu \cdot A} = \frac{250 \cdot 10^{-6}}{\mu \cdot A}$$

Divisor de fluxo:

$$\phi_1 = \phi \cdot \frac{\mathcal{R}_2}{\mathcal{R}_1 + \mathcal{R}_2}$$

$$5 \cdot 10^{-3} = \phi \, \frac{\frac{250 \cdot 10^{-6}}{\mu \cdot A}}{\frac{200 \cdot 10^{-6}}{\mu \cdot A} + \frac{250 \cdot 10^{-6}}{\mu \cdot A}}$$

Simplificando:

$$5 \cdot 10^{-3} = \phi \, \frac{250}{200 + 250}$$

Então $\phi = 1{,}8 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \rightarrow \underline{\phi = 9 \cdot 10^{-3}\,Wb}$

Modo mais simples:

$$\phi = \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{R}} = \frac{\mathcal{F}}{\frac{l}{\mu \cdot A}} = \frac{\mathcal{F} \cdot \mu \cdot A}{l}$$

Fluxo é inversamente proporcional ao entreferro, como o circuito é linear:

$$\left.\begin{array}{l} \phi_1 \text{ — } 1/l_1 \\ \phi_2 \text{ — } 1/l_2 \end{array}\right] \text{Regra de 3}$$

$$\phi_2 = \frac{\phi_1 \cdot 1/l_2}{1/l_1}$$

$$\phi_2 = \phi_1 \cdot \frac{l_1}{l_2}$$

$$\phi_2 = 5 \cdot 10^{-3} \, \frac{200 \cdot 10^{-6}}{250 \cdot 10^{-6}}$$

$$\phi_2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

como $\phi = \phi_1 + \phi_2$,

$$\phi = 5 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-3}$$

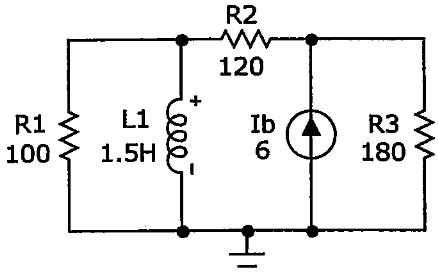
$$\phi = 9 \cdot 10^{-3} \text{ Webers} //$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2015/1

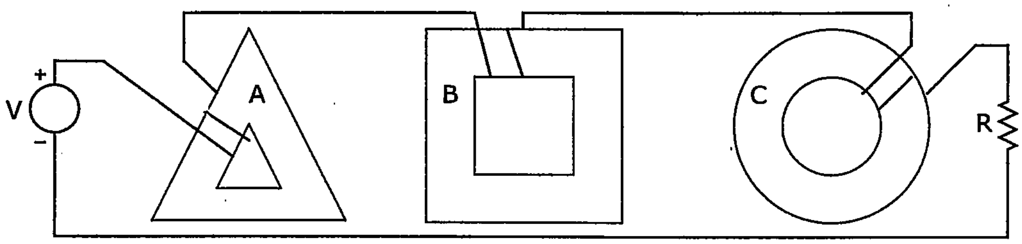
Prova 2 30/6/2015

Nome: GABARITO **Turma:** ______

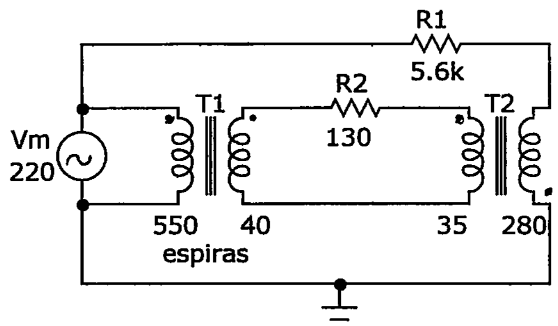
1. (3,5 pontos) Equacione o circuito ao lado com o objetivo de determinar a resposta temporal da potência em R_1 após ligar a fonte, descrevendo cada passo com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado. Calcule então a potência em R_1 no instante t = 20ms.



2. (3,0 pontos) Os três componentes que formam o circuito magnético a seguir foram fabricados com o mesmo material, com mesma secção reta e mesmas dimensões externas. Sabendo que a bobina N_C tem 88 espiras, equacione o circuito e calcule N_A e N_B para que os três componentes tenham o mesmo fluxo. Procure antes o caminho para a solução, descreva e então documente todas as etapas da solução.



3. (3,5 pontos) Examine o circuito ao lado, esboce o caminho para a solução, e descreva cada etapa de cálculo para encontar a corrente em R_2. Observe a polaridade dos enrolamentos.

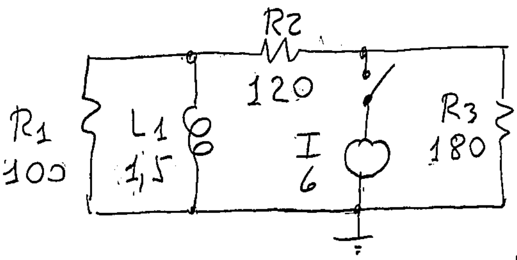


$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$B = \phi / A$ (Teslas)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell = \phi \cdot R$ (Ampères)
$\mu = B / H$ (Wb/A·m)
$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu / \mu_o$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$
$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

Carga:
$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$v_L(t) = -v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln\{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = v_c(t),\ I_c(t),\ v_L(t),$ ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

Equacione o circuito a seguir, com o objetivo de determinar a resposta temporal da potência dissipada em R1 após ligar a alimentação. Calcule então a potência em R_1 com $t = 20ms$.



P2 2015-1

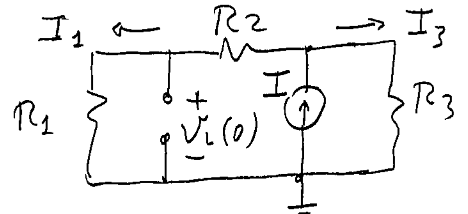
Caminho para a solução:

$$P_1 = V_1 \cdot I_1 = \frac{V_1^2}{R_1} = I_1^2 \cdot R_1$$

As tensões e correntes variam com o tempo devido ao indutor.

Como $V_1 = V_L(t)$, é melhor equacionar $V_L(t)$ e aplicar $P_1 = [V_L(t)]^2 / R_1$.

$t=0$: Variação, L = aberto:



Divisor de corrente:

$$I_1 = I \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

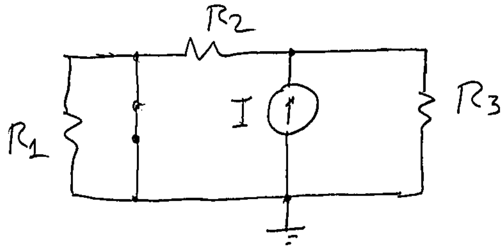
$$I_1 = \frac{180}{100 + 120 + 180}$$

$I_1 = 2,7$ Ampères

Então, $V_L(0) = I_1 \cdot R_1$

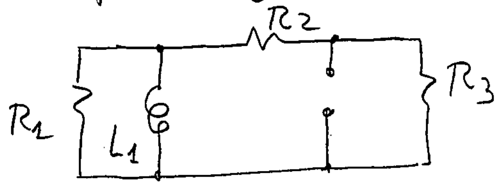
$V_L(0) = 2,7 \cdot 100 = 270$ Volts //

$t = \infty$: Estável, L = curto:



$V_L(0) = 0$ e $I_1 = 0$

Constante de tempo, com as fontes zeradas: Fonte I = aberta



$$R_{eq} = (R_2 + R_3) // R_1$$

$$R_{eq} = \frac{(120+180) \cdot 100}{120+180+100} = 75\Omega$$

$$\tau = \frac{L}{R_{eq}} = \frac{1,5}{75} = 0,02 \text{ segundos}$$

Como: $V_L(t) = V_L(0) \cdot e^{-t/\tau}$

$$V_L(t) = 270 \cdot e^{-t/0,02} \rightarrow V_L(t) = 270 \cdot e^{-50t}$$

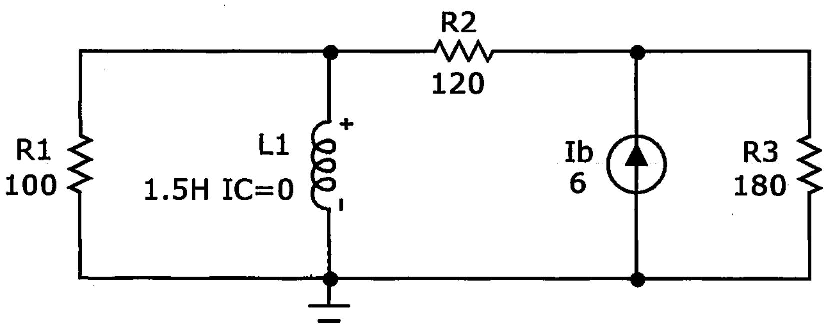
Potência em R1:

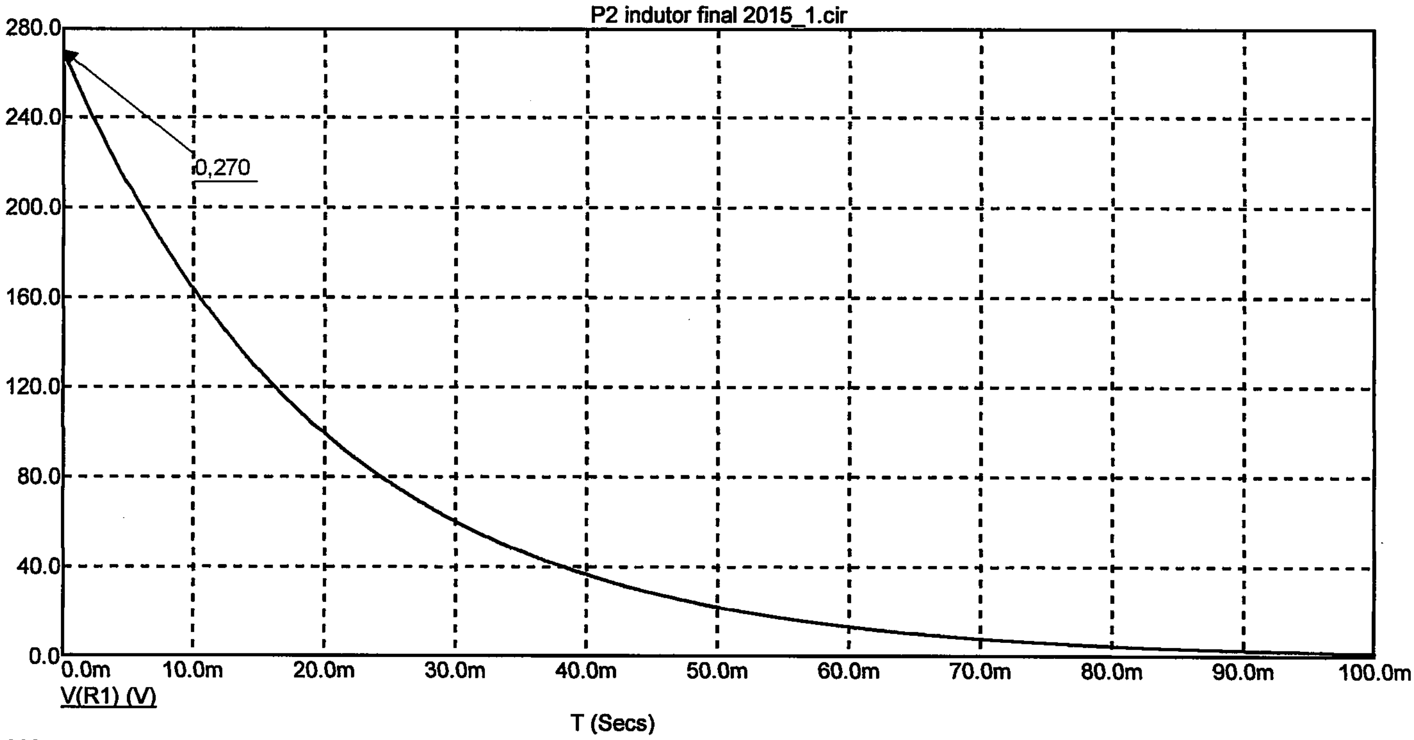
$$P_1 = \frac{[V_L(t)]^2}{R_1} = \frac{[270 \cdot e^{-50t}]^2}{100}$$

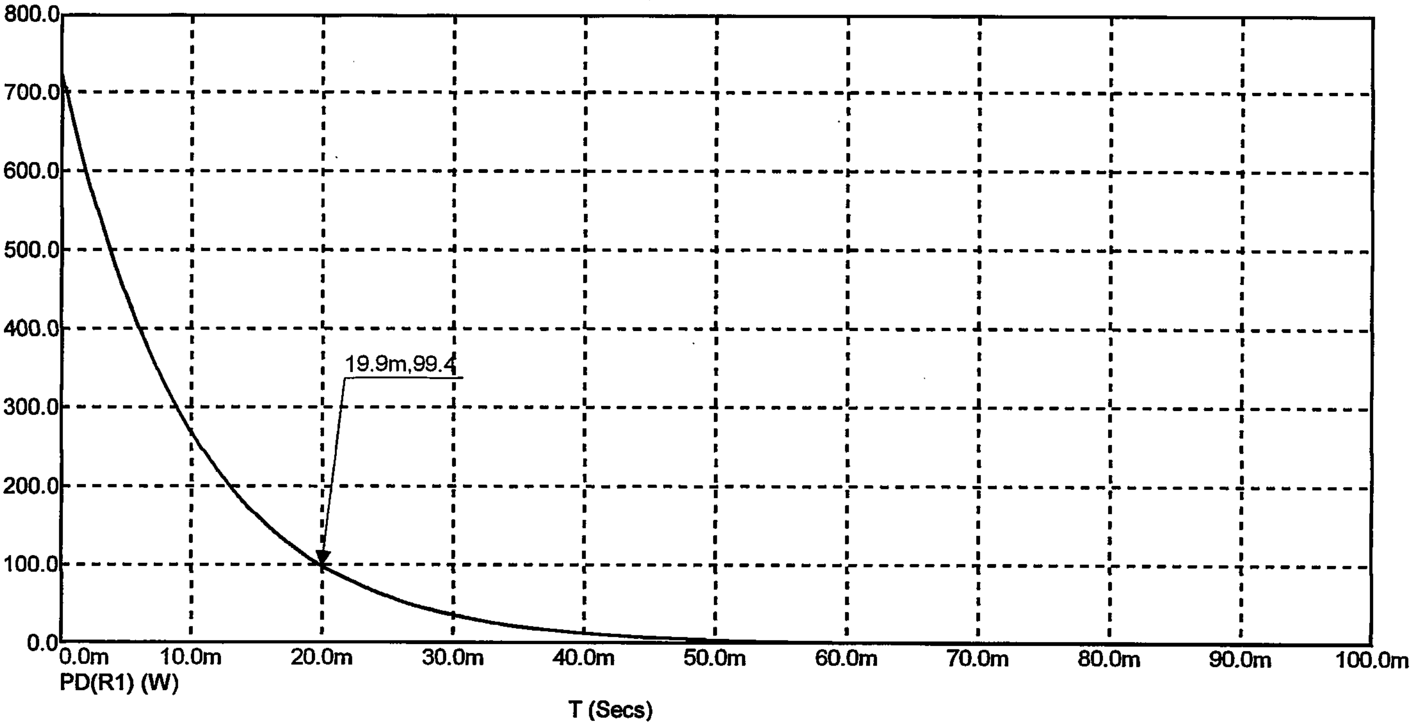
$P_1 = 729 \cdot e^{-100 \cdot t}$ Watts //

Simulação: Em $t = 20ms$,

$P_1 = 729 \cdot e^{-100 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 98,7$ Watts //

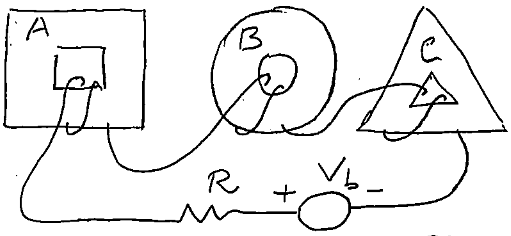

R2
120
R1
100
L1
1.5H IC=0
Ib
6
R3
180


P2 indutor final 2015_1.cir
280.0
240.0
200.0
160.0
120.0
80.0
40.0
0.0
0,270
0.0m
10.0m
20.0m
30.0m
40.0m
50.0m
60.0m
70.0m
80.0m
90.0m
100.0m
V(R1) (V)
T (Secs)


800.0
700.0
600.0
500.0
400.0
300.0
200.0
100.0
0.0
19.9m,99.4
0.0m
10.0m
20.0m
30.0m
40.0m
50.0m
60.0m
70.0m
80.0m
90.0m
100.0m
PD(R1) (W)
T (Secs)

Os 3 componentes que formam o circuito magnético a seguir foram fabricados com o mesmo material, com mesma secção reta e mesmas dimensões externas.

Sabendo que a bobina N_B tem 88 espiras, equacione o circuito e calcule N_A e N_C para que o fluxo seja o mesmo nos 3 componentes. Encontre o caminho para a solução antes de equacionar.



P2 2015-1

---

circuito série, com a mesma corrente nos 3 componentes.

Formas diferentes → caminhos magnéticos diferentes.

Equacionamento:

$$\phi = \frac{F}{R} = \frac{N \cdot I}{\frac{l}{\mu \cdot A}} \quad \text{então:}$$

$$\phi = \frac{N \cdot I \cdot \mu \cdot A}{l}$$

como a comparação é relativa à estrutura, vamos usar a dimensão externa (d) para calcular os caminhos magnéticos:

$$l_A = d + d + d + d = 4 \cdot d$$

$$l_B = \pi \cdot d$$

$$l_C = d + d + d = 3 \cdot d$$

Para mesmo fluxo em A e B → $\phi_A = \phi_B$

$$\frac{N_A \cdot I \cdot \mu \cdot A}{4 \cdot d} = \frac{N_B \cdot I \cdot \mu \cdot A}{\pi \cdot d}$$

Simplificando as igualdades:

$$\frac{N_A}{4} = \frac{N_B}{\pi}$$

$$\frac{N_A}{4} = \frac{88}{\pi} \quad \text{então}$$

$$N_A = 112,1 \text{ espiras} \quad //$$

Para mesmo fluxo em B e C → $\phi_B = \phi_C$

$$\frac{N_B \cdot I \cdot \mu \cdot A}{\pi \cdot d} = \frac{N_C \cdot I \cdot \mu \cdot A}{3 \cdot d}$$

Simplificando:

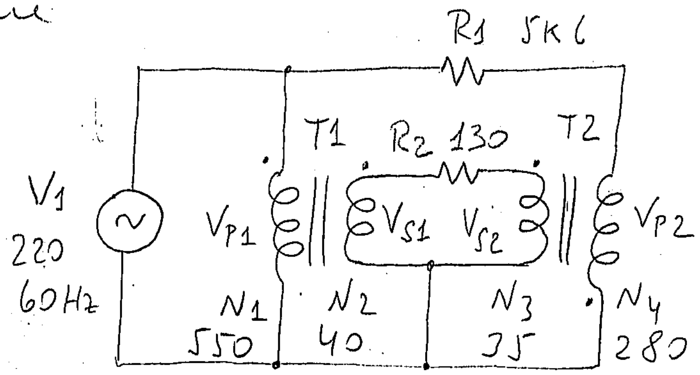
$$\frac{N_B}{\pi} = \frac{N_C}{3}$$

$$\frac{88}{\pi} = \frac{N_C}{3}$$

$$N_C = 84,1 \text{ espiras} \quad //$$

Determine a corrente que passa pelo resistor R2.

Esboce o caminho para a solução antes de iniciar o equacionamento. Descreva cada etapa do trabalho. Observe a polaridade dos enrolamentos.



P2 2006-2

T_1 está ligado diretamente na rede. É possível calcular V_{S1}.

T_2 tem R_1 em série com o primário.

A conexão mostra que R_2 é alimentado por V_{S1} e V_{S2}.

Caminho para a solução:

a) Transferir R_1 para o secundário

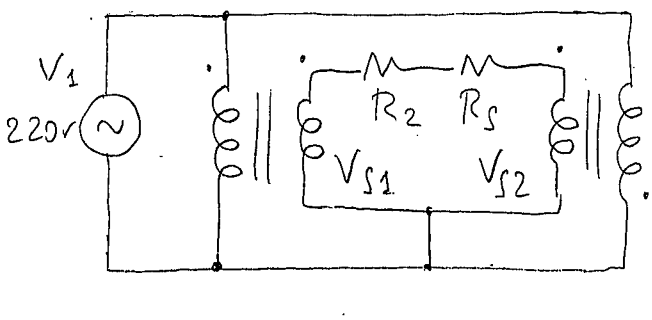
b) calcular V_{S1} e V_{S2}

c) Descobrir R2.

a) Sabemos que $\frac{R_P}{R_S} = \left(\frac{N_P}{N_S}\right)^2$

Então: $\frac{R_1}{R_S} = \left(\frac{280}{35}\right)^2$

$R_S = 87{,}5\Omega$ // Fica então:



b) Como $\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$ vem:

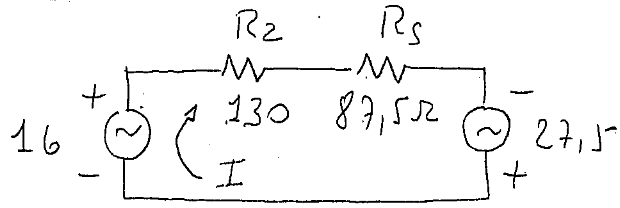
$$\frac{V_{P1}}{V_{S1}} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow V_{S1} = V_P \cdot \frac{N_2}{N_1}$$

$$V_{S1} = 220\,\frac{40}{550} \rightarrow V_{S1} = 16 \text{ Volts}$$

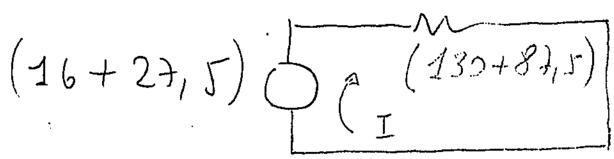
$$\frac{V_{P2}}{V_{S2}} = \frac{N_4}{N_3} \rightarrow V_{S2} = V_{P2}\,\frac{N_3}{N_4}$$

$$V_{S2} = 220\,\frac{35}{280} \rightarrow V_{S2} = 27{,}5 \text{ Volts}$$

Fica então:



Simplificando:



Equacionando: $I = \frac{V}{R}$

$$I = \frac{43{,}5}{217{,}5}$$

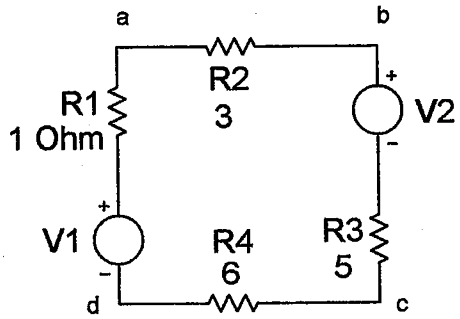
$$I = 0{,}2 \text{ Ampères}$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2004/2

Exame 10/1/2005

Nome: GABARITO **Turma:** ____

1. No circuito ao lado:
$V_{ac} = 12$ Volts e $V_{db} = -21$ Volts.
Calcule V_1 e V_2, descrevendo cada etapa.



2. A carga de um capacitor, inicialmente descarregado, na figura 1 obedece a equação:

$$v_c(t) = v_c(\infty)\cdot(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}) \qquad \tau = R\cdot C \qquad v_c(\infty) \text{ é a tensão no capacitor após a estabilização.}$$

Se o capacitor já possuir carga em t = 0, então a equação fica:

$$v_c(t) = v_c(0) + [v_c(\infty) - v_c(0)]\cdot(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}) \quad \text{onde } v_c(0) \text{ é a tensão no capacitor em } t = 0$$

a) Equacione a tensão vc(t) para o circuito da figura 2.
b) Determine o instante de tempo, após fechar a chave, em que a tensão no capacitor é nula.
Descreva com textos e equações cada etapa da solução.

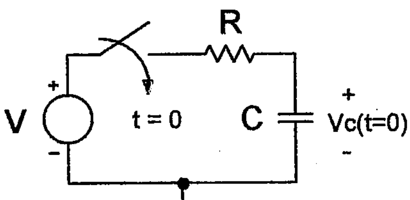


Figura 1

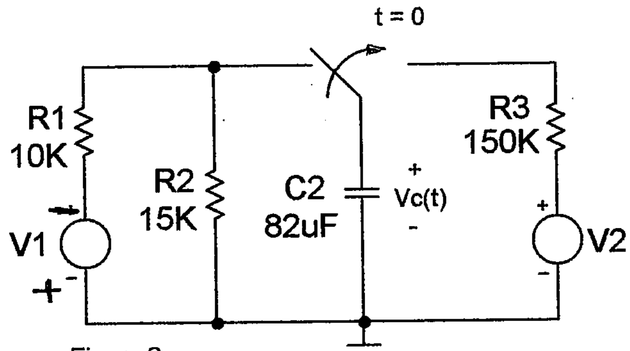
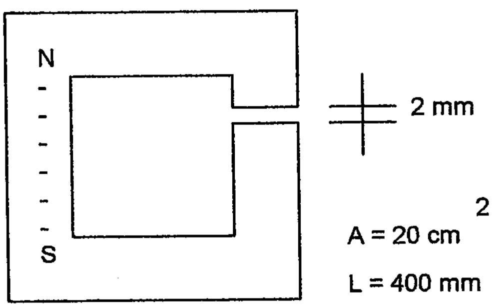


Figura 2



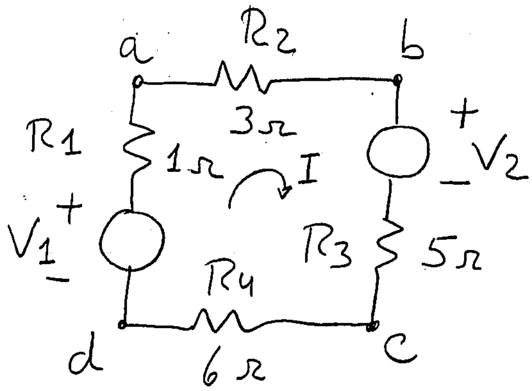
3. Calcule o fluxo magnético Φ na estrutura da figura ao lado, que é "alimentada" por um íman de $F_{iman} = 150$ Ampères, obtido pela aplicação de forte campo magnético, que já foi retirado.
O material tem permeabilidade relativa de 4000.
Documente convenientemente a sua resposta.

No circuito ao lado:

$V_{ac} = 12\,V$

$V_{bd} = 21\,V$

Calcule V_1 e V_2



EX 2004-2

Circuito série:
mesma corrente I

KVL:

$$V_{ac} = R_2 \cdot I + V_2 + R_3 \cdot I = 12$$

$$V_{bd} = V_2 + R_3 \cdot I + R_4 \cdot I = 21$$

Substituindo os valores:

$$\begin{cases} 3I + V_2 + 5I = 12 \\ V_2 + 5I + 6I = 21 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 8I + V_2 = 12 \\ 11I + V_2 = 21 \end{cases}$$

Isolando V_2 e igualando:

$$12 - 8 \cdot I = 21 - 11 \cdot I$$

$$I = \frac{21-12}{11-8} \rightarrow I = 3A //$$

$$V_2 = 12 - 8 \cdot I = 12 - 8 \cdot 3$$

$$\rightarrow V_2 = -12V //$$

como $V_{ac} = -R_1 \cdot I + V_1 - R_4 \cdot I$

$$12 = -1 \cdot 3 + V_1 - 6 \cdot 3$$

$$V_1 = 12 + 3 + 18 \rightarrow V_1 = 33V //$$

A carga de um capacitor, inicialmente descarregado, pelo circuito da figura 1 obedece a equação:

$$V_C(t) = V_C(\infty)\left(1 - e^{\frac{t}{\tau}}\right) \quad \text{onde}$$

$\tau = RC$ é a constante de tempo e $V_C(\infty)$ é a tensão no capacitor após a estabilização.

Se o capacitor já possuir carga em $t=0$, então a equação fica:

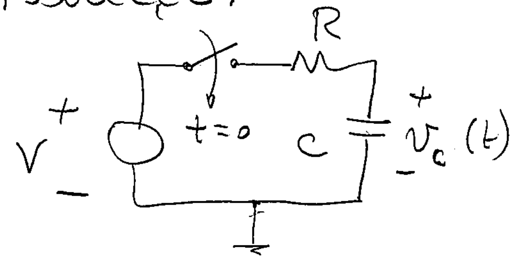
$$V_C(t) = V_C(0) + \left(V_C(\infty) - V_C(0)\right)\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

Onde $V_C(0)$ é a tensão no capacitor em $t=0$.

a) Equacione a tensão $V_C(t)$ para o circuito da figura 2.

b) Determine o instante de tempo, após fechar a chave, em que a tensão no capacitor é nula.

Descreva com textos e equações cada etapa da solução.



$V_C(0) = $ zero

Fig. 1

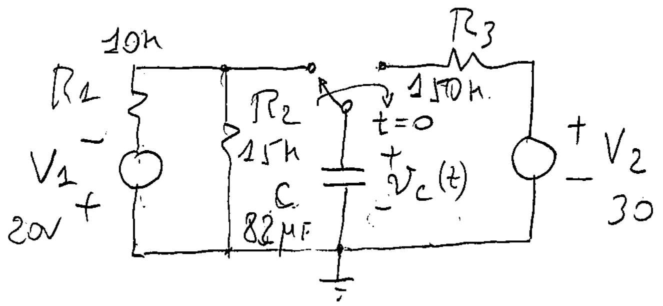
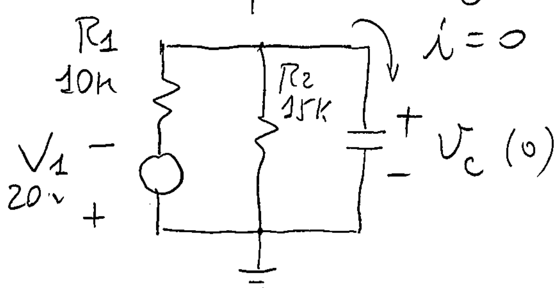


Fig. 2

EX 2004-2

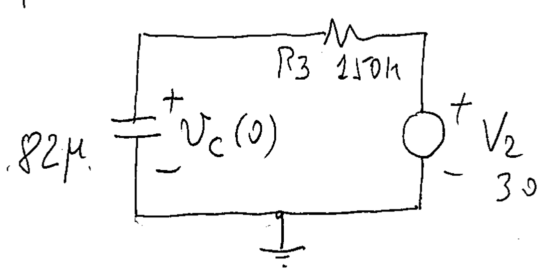
a) Supondo a chave na posição mostrada, por muito tempo, a tensão no capacitor já estabilizou.



$$V_C(0) = -V_1 \frac{R_2}{R_1+R_2} = -20\,\frac{15}{10+15}$$

$V_C(0) = -12$ Volts

Em $t=0$, a chave vira para a direita:



Usando a equação acima:

$$\tau = R_3 \cdot C = 150 \cdot 10^3 \cdot 82 \cdot 10^{-6}$$

$\tau = 12{,}3$ segundos

Após muito tempo, o capacitor ficará carregado com a tensão da fonte:

$$V_C(\infty) = 30 \text{ Volts}$$

Então, usando a equação acima;

$$V_C(t) = (-12) + (30 - (-12)) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{12,3}}\right)$$

$$V_C(t) = 30 - 42\, e^{-0,0813 \cdot t} \quad //$$

b) A tensão no capacitor passa por zero no instante:

$$0 = 30 - 42\, e^{-0,0813 \cdot t}$$

$$\frac{30}{42} = e^{-0,0813 \cdot t}$$

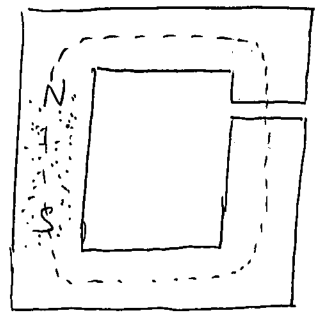
tomando ln membro a membro

$$\ln\left(\frac{30}{42}\right) = -0,0813 \cdot t$$

$$-0,336.. = -0,0813 \cdot t$$

Então: $t = 4,14$ segundos //

Calcule o fluxo magnético na estrutura da figura ao lado, que é "alimentada" por um ímã de $F_{ímã} = 150$ Ampères, obtido pela aplicação de um forte campo externo, que já foi retirado. O material tem permeabilidade relativa de 4000. Entreferro (gap) de 2 mm.



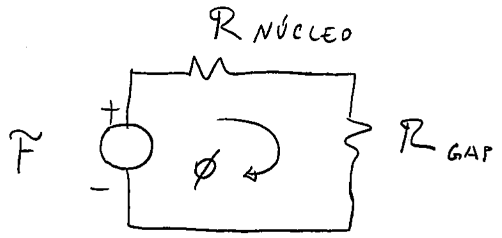
≠ 2mm

$l = 40$ cm
$A = 20$ cm^2

EX 2004-2

---

circuito equivalente:



Analogia com o circuito elétrico série:

$$\phi = \frac{F}{R_N + R_G}$$

$$R_N = \frac{l}{\mu \cdot A}$$

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 4000$$

$\mu = 502 \cdot 10^{-5}$ então:

$$R_N = \frac{40 \cdot 10^{-2}}{502 \cdot 10^{-5} \cdot 20 \cdot 10^{-4}}$$

$$R_N = 39{,}8 \cdot 10^{3} \ \frac{A}{Wb}$$

$$R_G = \frac{l}{\mu_0 \cdot A} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 20 \cdot 10^{-4}}$$

$$R_G = 7{,}85 \cdot 10^{6} \ \frac{A}{Wb}$$

Então:

$$\phi = \frac{150 \ A}{39{,}8 \cdot 10^{3} + 7{,}85 \cdot 10^{6}}$$

$$\phi = 4{,}8 \cdot 10^{-10} \ Wb$$

Se não tivesse o entreferro;

$$\phi_{sem\ gap} = \frac{150 \ A}{39{,}8 \cdot 10^{3}}$$

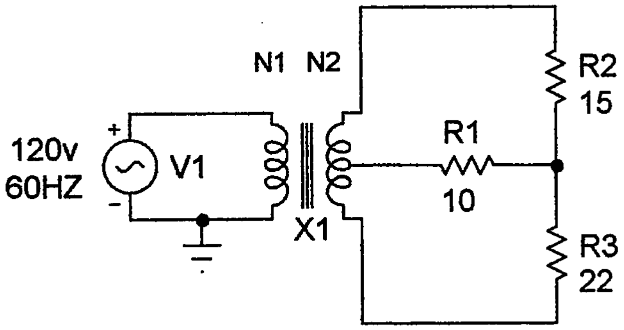
$$\phi_{sem\ gap} = 3{,}77 \cdot 10^{-3} \ Wb$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2005/1

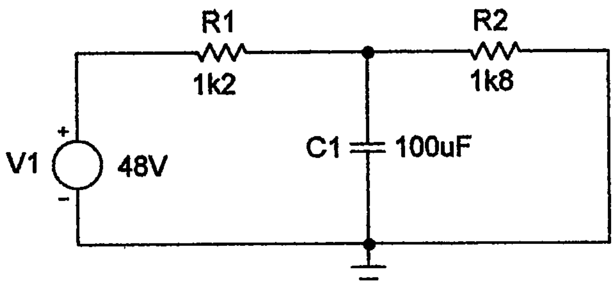
Exame 18/7/2005

Nome: GABARITO **Turma:** _____

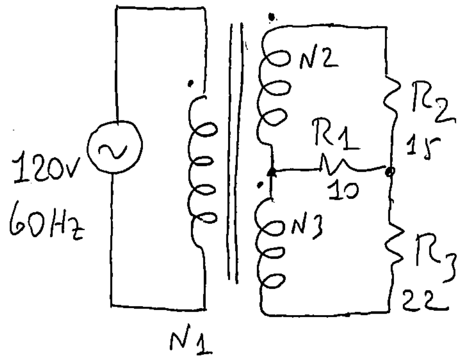
1. Examine o circuito a seguir e descreva qualitativamente o seu funcionamento. Equacione o circuito com o objetivo de de determinar a potência dissipada em cada resistor, descrevendo amplamente todos os passos da solução. Primário N_1=420 espiras. Secundário N_2=84 espiras com uma tomada central.



2. Determine a equação de $i_c(t)$ e $v_c(t)$ após ligar a alimentação. Descreva cada passo da solução. Esboce as curvas, colocando os valores calculados.



Examine o circuito e descreva qualitativamente o seu funcionamento. Equacione o circuito com o objetivo de determinar a potência dissipada em cada resistor. Descreva cada passo da solução.



Primário: N1 = 420 espiras
Secundário: 84 espiras com uma tomada central.

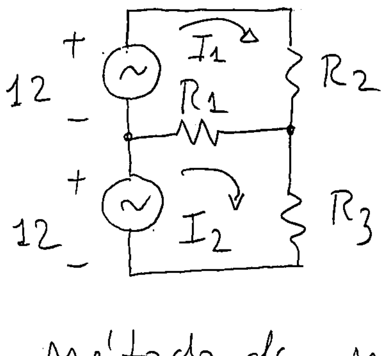
Transformador isola e rebaixa a tensão da rede.
Tensão no secundário:

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

$$V_S = V_P \frac{N_S}{N_P} = 120 \frac{84}{420}$$

$V_S = 24$ Volts total, de modo que cada bobina fica com 12 Volts.

Equacionando o circuito no secundário:



Método das malhas:

$$\begin{cases} -12 + I_1 \cdot R_2 + (I_1 - I_2) \cdot R_1 = 0 \\ -12 + I_2 \cdot R_3 + (I_2 - I_1) \cdot R_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -12 + 15 I_1 + 10 I_1 - 10 I_2 = 0 \\ -12 + 22 I_2 + 10 I_2 - 10 I_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 25 I_1 - 10 I_2 = 12 \\ -10 I_1 + 32 I_2 = 12 \leftarrow (\times 2{,}5) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 25 I_1 - 10 I_2 = 12 \\ -25 I_1 + 80 I_2 = 30 \end{cases}$$ Somando

$$0 \quad + 70 I_2 = 42$$

Então $I_2 = 0{,}6$ Ampères //

$25 I_1 - 10 \cdot 0{,}6 = 12$

Então $I_1 = 0{,}72$ Ampères //

Cálculo da potência:

$P_1 = R_1 (I_1 - I_2)^2 = 10 (0{,}6 - 0{,}72)^2$

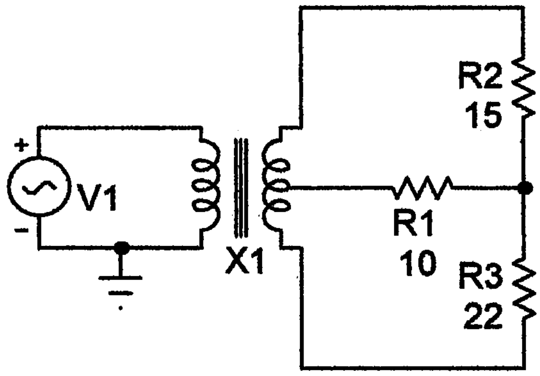
$P_1 = 0{,}144$ Watts //

$P_2 = R_2 \cdot I_1^2 = 15 \cdot (0{,}72)^2$

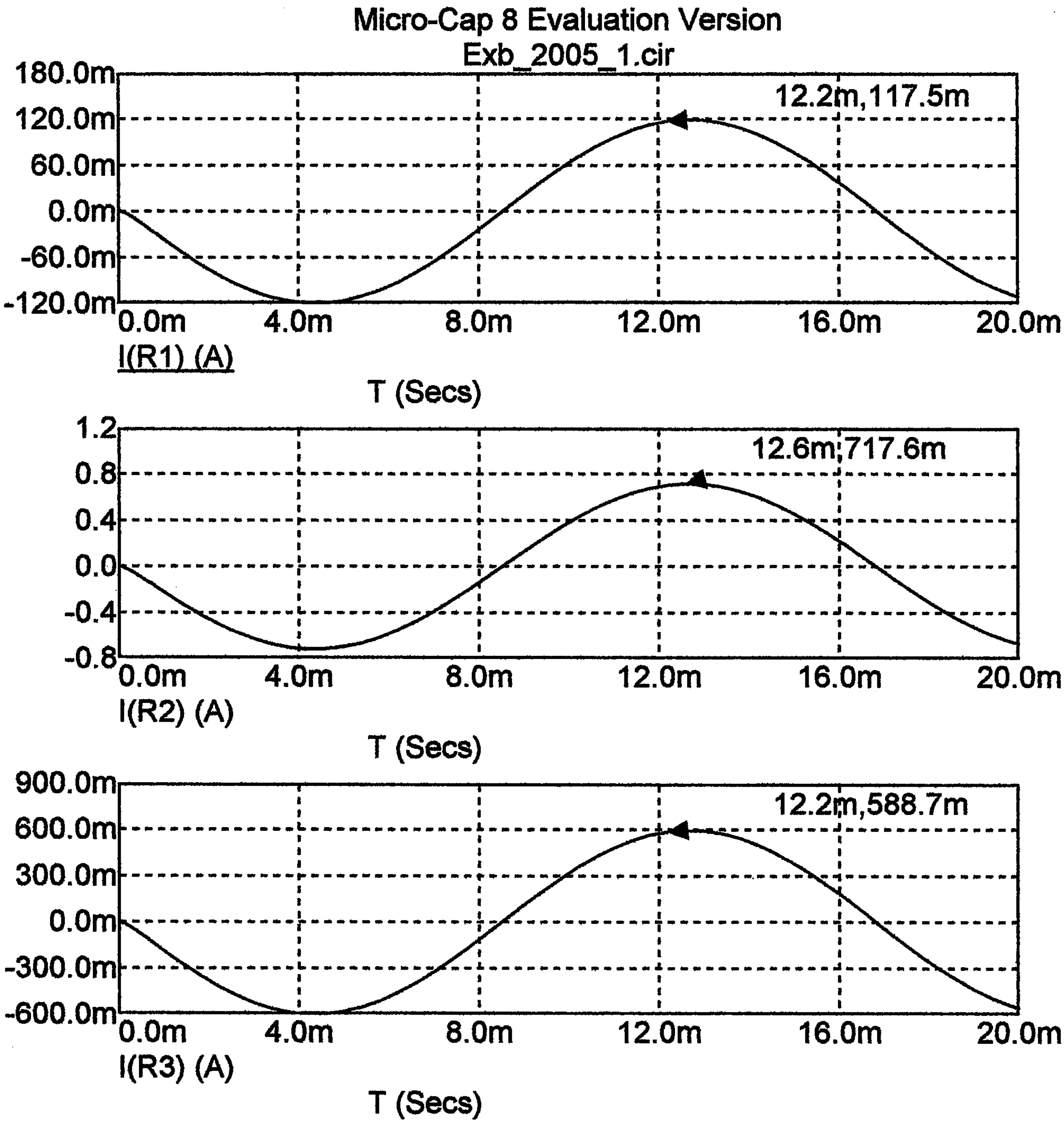
$P_2 = 7{,}78$ Watts //

$P_3 = R_3 \cdot I_2^2 = 22 \cdot (0{,}6)^2$

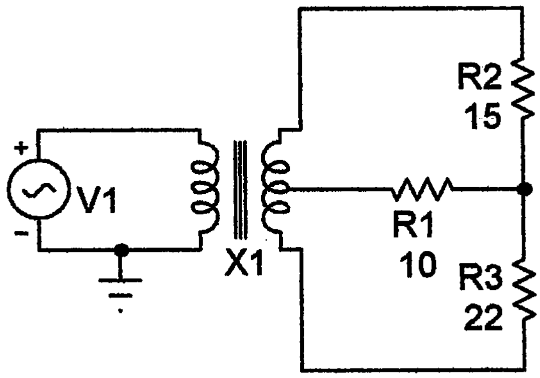
$P_3 = 7{,}92$ Watts //



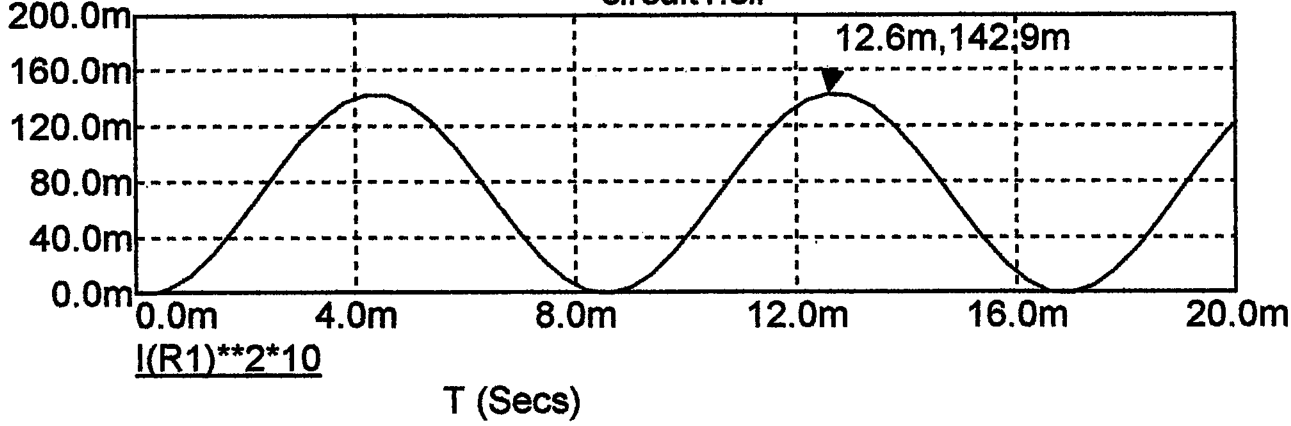
R2
15
V1
X1
R1
10
R3
22

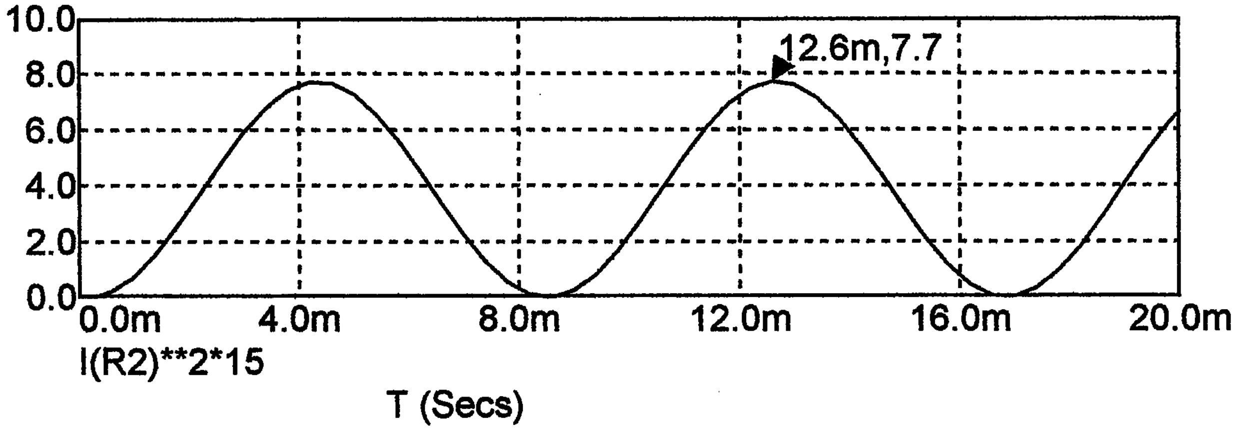


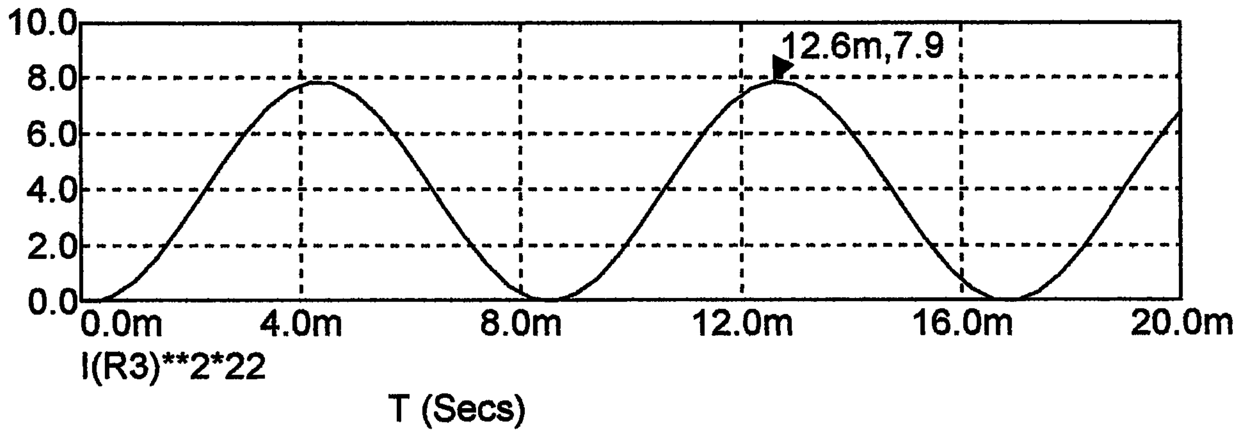
Micro-Cap 8 Evaluation Version
Exb_2005_1.cir
12.2m,117.5m
180.0m
120.0m
60.0m
0.0m
-60.0m
-120.0m
0.0m
4.0m
8.0m
12.0m
16.0m
20.0m
I(R1) (A)
T (Secs)
12.6m,717.6m
1.2
0.8
0.4
0.0
-0.4
-0.8
0.0m
4.0m
8.0m
12.0m
16.0m
20.0m
I(R2) (A)
T (Secs)
12.2m,588.7m
900.0m
600.0m
300.0m
0.0m
-300.0m
-600.0m
0.0m
4.0m
8.0m
12.0m
16.0m
20.0m
I(R3) (A)
T (Secs)



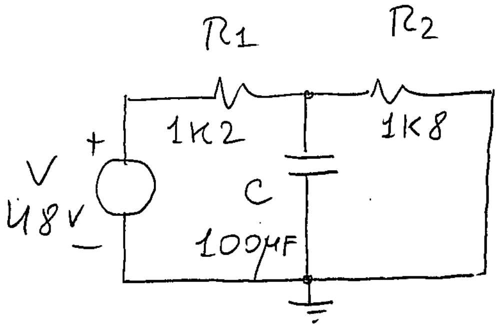
Micro-Cap 8 Evaluation Version
circuit1.cir







Determine a equação de $i_c(t)$ e $V_c(t)$ após ligar a alimentação. Descreva cada passo da solução. Esboce as curvas colocando valores nos gráficos.



Ex 2005/1

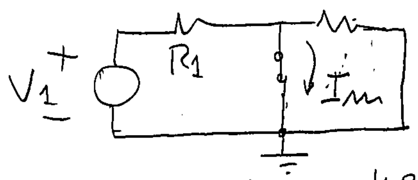
Equações conhecidas:

$$i_c(t) = I_m \cdot e^{-t/\tau}$$

$$V_c(t) = V_m \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

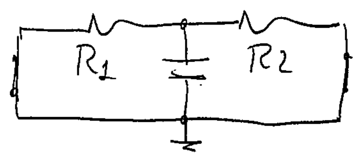
$$\tau = R \cdot C$$

Em $t=0$, C = curto e $i_c(0) = I_m$:



$$I_m = \frac{V_1}{R_1} = \frac{48}{1K2} = 0{,}04 \text{ Amp.}$$

A constante de tempo é calculada com a fonte zerada;



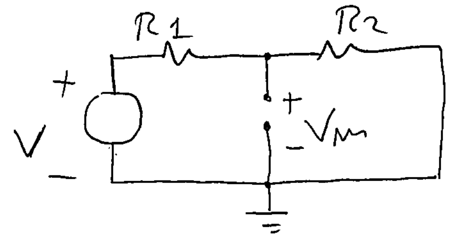
$$R = R_1 \,//\, R_2 = \frac{1K2 \cdot 1K8}{1K2 + 1K8} = 0{,}72K$$

$$\tau = 0{,}72K \cdot 100\mu = 0{,}072 \text{ seg.}$$

Então:

$$i_c(t) = 0{,}04 \cdot e^{\frac{-t}{0{,}072}} \text{ Amp.} \;//$$

Após $t = 5 \cdot \tau = 0{,}360$ o circuito está estabilizado e $i_c = 0$ e $V_c = V_m$;

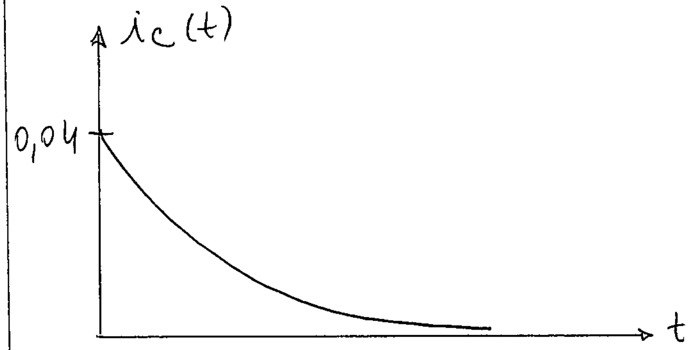


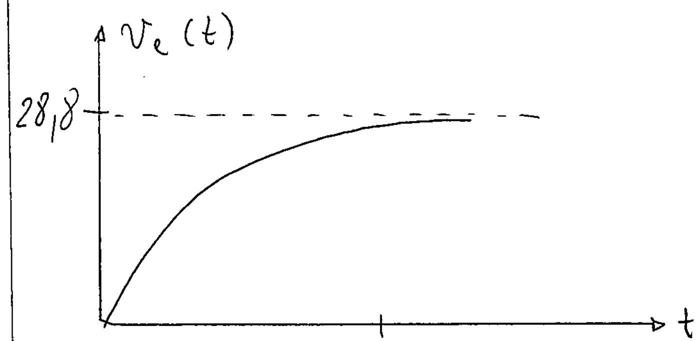
Divisor de tensão:

$$V_m = V \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 48 \frac{1K8}{1K2 + 1K8}$$

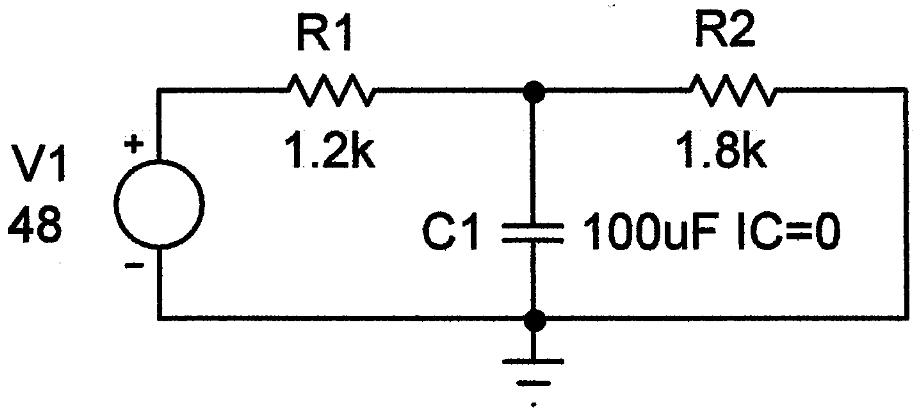
$V_m = 28{,}8$ Volts. Então:

$$V_c(t) = 28{,}8 \left(1 - e^{\frac{-t}{0{,}072}}\right) \text{ Volts} \;//$$

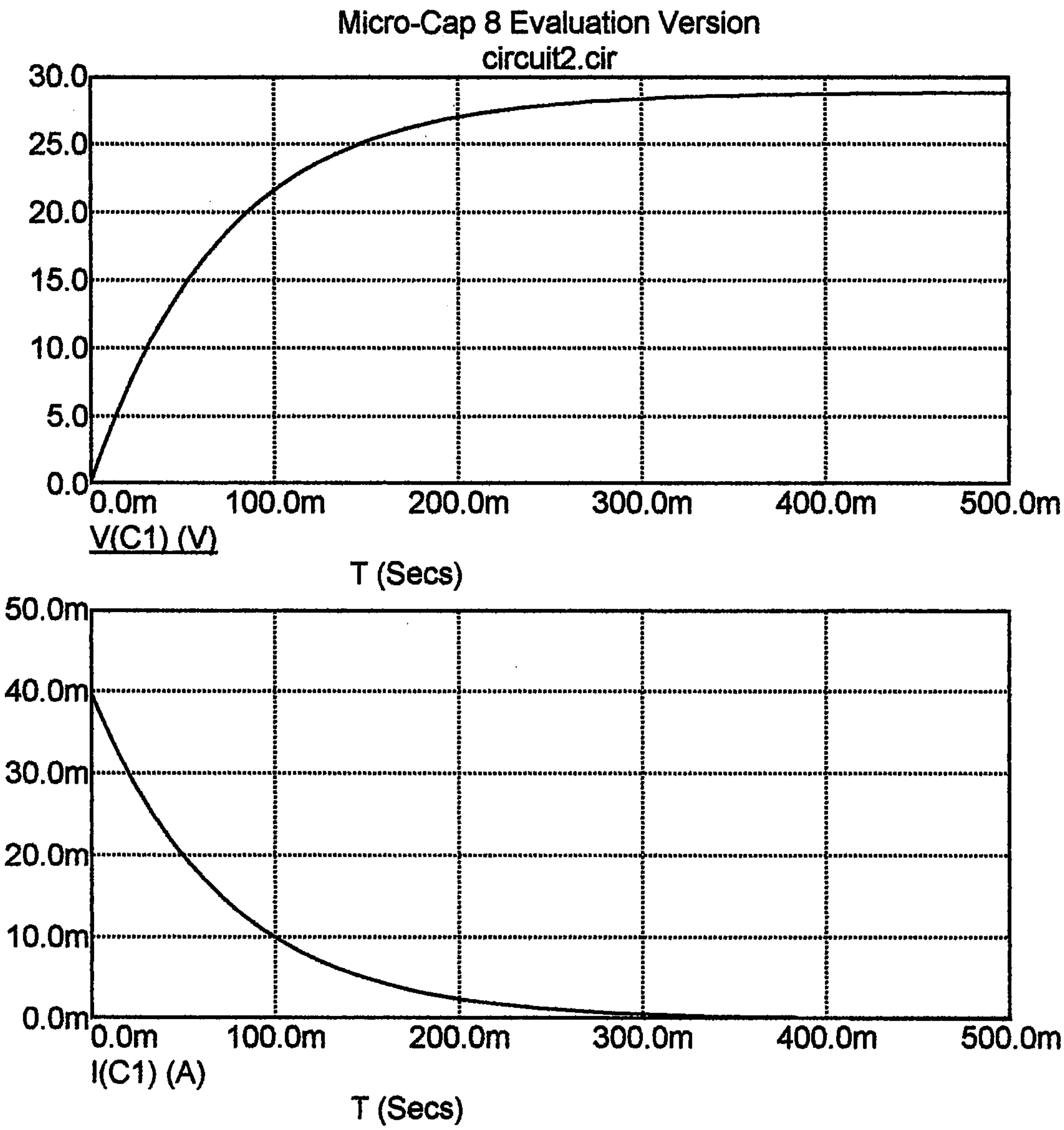




$5\tau = 0{,}360$



R1
1.2k
R2
1.8k
V1
48
+
-
C1
100uF IC=0



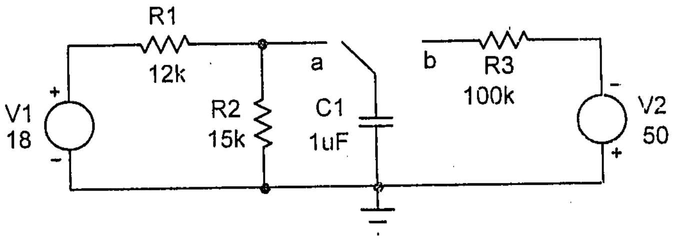
Micro-Cap 8 Evaluation Version
circuit2.cir
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
0.0m
100.0m
200.0m
300.0m
400.0m
500.0m
V(C1) (V)
T (Secs)
50.0m
40.0m
30.0m
20.0m
10.0m
0.0m
0.0m
100.0m
200.0m
300.0m
400.0m
500.0m
I(C1) (A)
T (Secs)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2005/2

Exame 19/12/2005

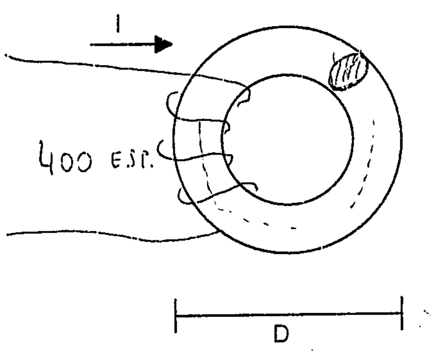
Nome: GABARÍTO **Turma:** _____

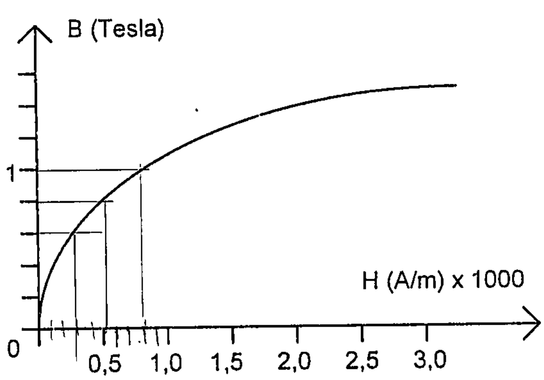
1. Calcule a energia acumulada no capacitor após a chave ficar na posição **a** por um segundo muito tempo. Em t=0, a chave passa para a posição **b**. Calcule o momento do tempo em que o capacitor volta a ter a mesma energia armazenada. Descreva amplamente o funcionamento do circuito e cada passo da solução pois isso será avaliado também.



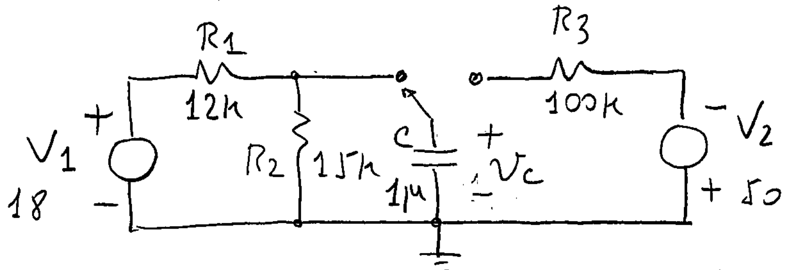
$B = \phi / A$ (Teslas)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell$ (Ampères)
$\mu = B / H$
$E = ½ \cdot L \cdot I^2 = ½ \cdot C \cdot V^2$ (Joules)
$\mu_r = \mu / \mu_o$ (Wb/A·m)
$v_c(t) = v_c(0) + (v_c(\infty) - v_c(0)) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

2. Calcule o valor da corrente na bobina para obter um fluxo magnético de $16 \cdot 10^{-4}$ Webers no toróide de aço fundido da figura a seguir. Calcule a permeabilidade do material e a sua permeabilidade relativa ao vácuo. Por último, calcule a indutância e a energia acumulada nestas condições. Documente cada etapa da solução com textos explicativos, equações, gráficos e diagramas. Arredonde os valores para 3 dígitos significativos.
Diâmetro do toróide = 2 polegadas
Área da secção reta = 20 cm^2
Polegada = 2,54 cm





Calcule a energia acumulada no capacitor após a chave ficar na posição a por muito tempo.
Em t=0, a chave passa para a posição b.
Calcule o momento do tempo em que o capacitor volte a ter a mesma energia acumulada.
Descreva cada passo da solução.



Ex 2005/2

Posição a:

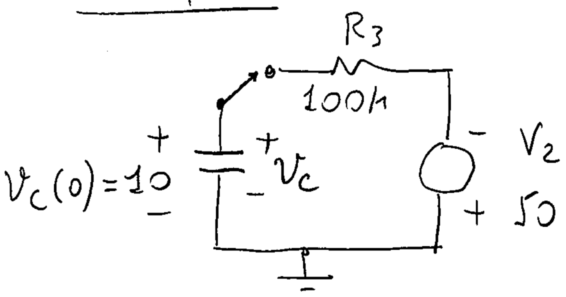
$\tau_1 = (12//15) \cdot 1\mu = 6{,}67ms$
$5 \cdot \tau_1 = 33{,}5ms << 1 seg.$
$\Rightarrow$ carregado.

$$V_c(\infty) = V_1 \frac{R2}{R_1+R_2} = 18 \frac{15}{12+15} = 10V$$

$$E_a = \frac{1}{2} C V_c^2(\infty) = \frac{1}{2} 1 \cdot 10^{-6} \cdot 10^2$$

$$E_a = 50 \cdot 10^{-6} \text{ Jouls} = 50 \mu J \;//$$

Posição b:



capacitor vai se descarregar e carregar com polaridade oposta.

Para o capacitor voltar a ter a mesma energia, basta que ele volte a ter a mesma tensão, agora com polaridade oposta.

Usando a equação geral:

$$V_c(t) = V_c(0) + [V_c(\infty) - V_c(0)] \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Após muito tempo na posição b:

$$V_c(\infty) = -50 \text{ Volts}$$

$$\tau = R_3 \cdot C = 100k \cdot 1\mu = 0{,}1 \text{ seg.}$$

$$V_c(t) = 10 + (-50 - 10) \cdot (1 - e^{-10t})$$

$$V_c(t) = -50 + 60 e^{-10t} \;//$$

Tempo para $V_c(t) = -10$ Volts

$$-10 = -50 + 60 e^{-10t}$$

$$\frac{40}{60} = e^{-10t}$$

Tomando ln membro-a-membro:

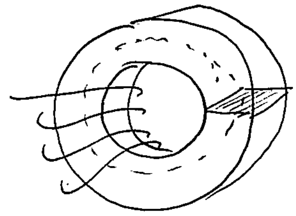
$$\ln\left(\frac{40}{60}\right) = -10 \cdot t$$

$$-0{,}4054 = -10 t$$

Então: $t = 40{,}5$ ms //

(a)

Calcule o valor de corrente na bobina para obter um fluxo magnético de $16 \cdot 10^{-4}$ Wb no toroide de aço fundido da figura. Calcule a permeabilidade do material e a permeabilidade relativa ao vácuo.
Calcule depois a indutância e a energia acumulada nestas condições. Explique cada passo.



$A = 2 \cdot 10^{-3}\ m^2$

$l = 0,16\ m$

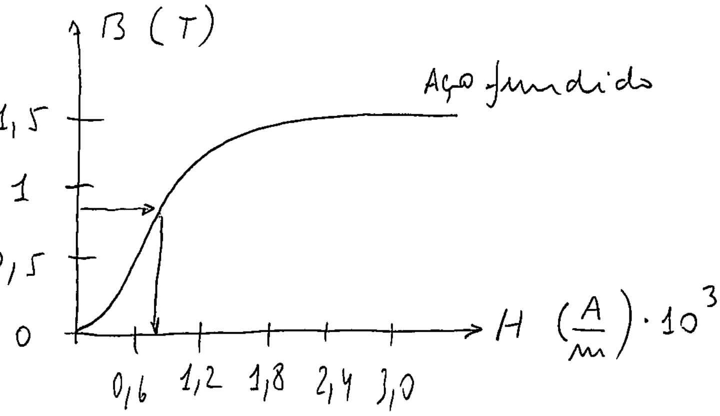
$N = 400$ espiras

ex 2005/2

Densidade de fluxo: $B = \dfrac{\phi}{A} = \dfrac{16 \cdot 10^{-4}\ Wb}{2 \cdot 10^{-3} m^2} = 0,8\ \dfrac{Wb}{m^2} = 0,8\ T$

Sabemos que a força magnetomotriz da bobina vale: $\mathcal{F} = N \cdot I$ (Ampères) e também $\mathcal{F} = H \cdot l$

Precisamos então obter a força magnetizante H. Para isso é necessário a curva B × H do material, que mostra a variação da permeabilidade em cada condição de operação.



Consultando a curva:
$B = 0,8\ T \rightarrow H = 500\ A/m$

Então:

$\mathcal{F} = 400\ esp. \cdot I = 500\ \frac{A}{m} \cdot 0,16\ m$

Então: $I = 0,2\ A$ //

Permeabilidade neste ponto de operação:

$\mu = \dfrac{B}{H} = \dfrac{0,8\ T}{500\ \frac{A}{m}} = 16 \cdot 10^{-4}\ \dfrac{Wb}{A \cdot m}$

Permeabilidade relativa:

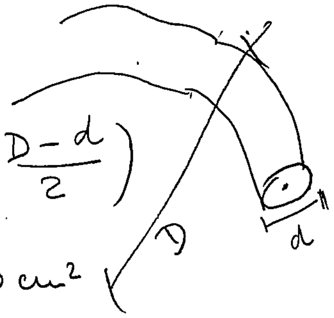
$\mu_r = \dfrac{\mu}{\mu_0} = \dfrac{16 \cdot 10^{-4}}{4\pi \cdot 10^{-7}}$

$\mu_r = 1274$ //

$\longrightarrow$

Cálculo da indutância:

$$L = \frac{N^2 \mu \cdot A}{l} = \frac{400^2 \cdot 16 \cdot 10^{-4} \frac{Wb}{A \cdot m} \cdot 2 \cdot 10^{-3} m^2}{0,16 \, m}$$



$L = 3,2$ Henrys //

$$l = 2\pi \cdot R = 2\pi \left(\frac{D-d}{2}\right)$$

$$A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 20 \, cm^2$$

$$d = \sqrt{\frac{20}{\pi} \cdot 4} = 5 \, cm$$

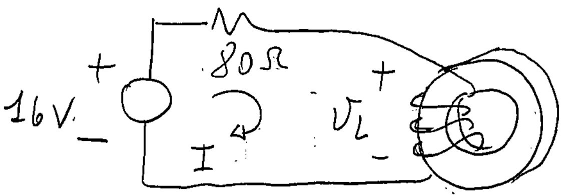
Energia acumulada:

$$E = \frac{1}{2} L \cdot I^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,2 \cdot (0,2)^2$$

$$l = 2\pi ($$

$E = 64 \, mJ$ //

Qual a equação da corr. e da tensão na bobina se ela for alimentada por uma fonte de 16 Volts em série com uma resistência de 80 Ω ?



Após muito tempo, $V_L = 0$

$$I = \frac{16V}{80\Omega} = 0,2 \, A$$ como desejado

constante de tempo:

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{3,2 \, H}{80 \, \Omega} = 0,04 \, s$$

Como $i_L = I_{máx} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

$$i_L = 0,2 \left(1 - e^{-25t}\right) //$$

$$V_L = E \cdot e^{-t/\tau}$$

No instante de ligar a fonte, a corrente no circuito continua zero pois o indutor se opõe às variações de corrente.

Então $E = 16 V$

$$V_L = 16 \, e^{\frac{-t}{0,04}}$$

$$V_L = 16 \, e^{-25t} //$$

Tempo para a corrente e tensão se estabilizarem:

$$t_{estável} = 5 \cdot \tau = 5 \cdot 0,04 \, s$$

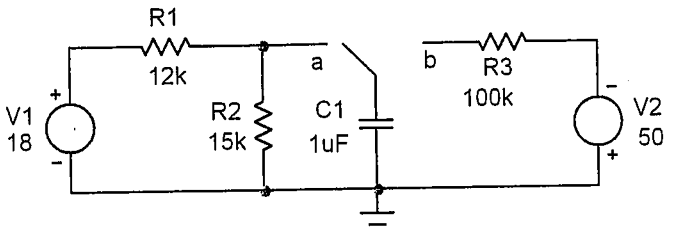
$$t_{estável} = 0,2 \text{ segundos} //$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2006/1

Exame 10/7/2006

Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. Calcule a energia acumulada no capacitor após a chave ficar na posição **a** por muito tempo. Em t=0, a chave passa para a posição **b**. Calcule o momento do tempo em que o capacitor volta a ter a mesma energia armazenada. Descreva amplamente o funcionamento do circuito e cada passo da solução pois isso será avaliado também.



$B = \phi / A$ (Teslas)

$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)

$F = N \cdot I = H \cdot \ell$ (Ampères)

$\mu = B / H$

$E = ½ \cdot L \cdot I^2 = ½ \cdot C \cdot V^2$

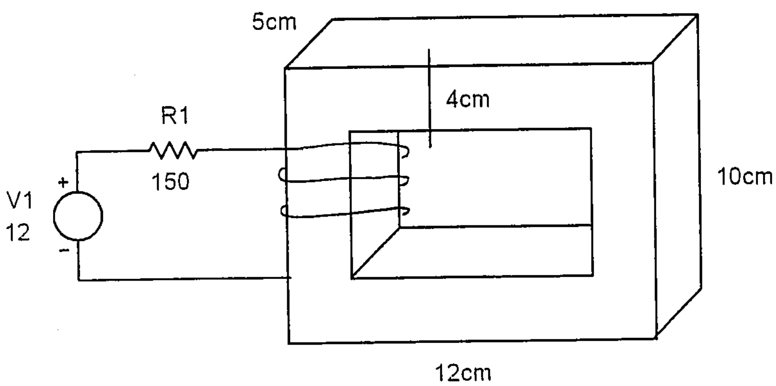
$\mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)

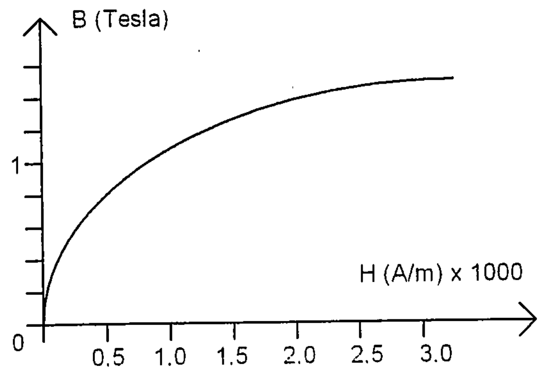
$\mu_r = \mu / \mu_o$

$v_c(t) = v_c(o) + [v_c(\infty) - v_c(o)] \cdot (1 - e^{-t/\tau})$

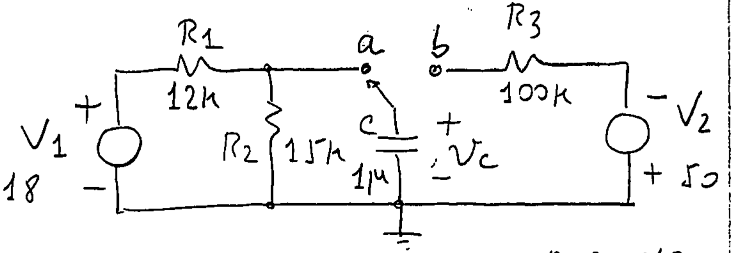
$\tau = R \cdot C = L / R$

2. Calcule o número de espiras na bobina para obter um fluxo magnético de $16 \cdot 10^{-4}$ Webers na estrutura de aço fundido da figura a seguir. Calcule a permeabilidade do material e a sua permeabilidade relativa ao vácuo. Por último, calcule a indutância e a energia acumulada nestas condições. Documente cada etapa da solução com textos explicativos, equações, gráficos e diagramas. Arredonde os valores para 3 dígitos significativos.





Calcule a energia acumulada no capacitor após a chave ficar na posição a por muito tempo.
Em $t=0$, a chave passa para a posição b.
Calcule o momento do tempo em que o capacitor volta a ter a mesma energia acumulada.
Descreva cada passo da solução.



Ex 2005/2

Posição a:

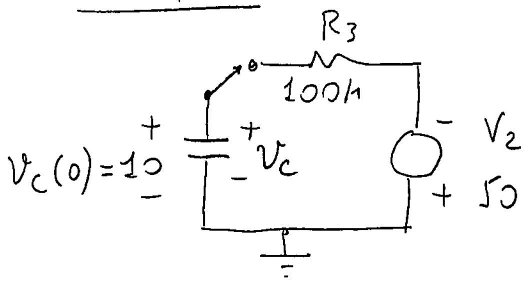
$\tau_1 = (12 // 15)\cdot 1\mu = 6{,}67\,ms$
$5\cdot\tau_1 = 33{,}5\,ms << 1\,seg.$
$\Rightarrow$ C carregado.

$$V_c(\infty) = V_1 \frac{R_2}{R_1+R_2} = 18\frac{15}{12+15} = 10V$$

$$E_a = \tfrac{1}{2}\, C\, V_c^2(\infty) = \frac{1}{2} 1\cdot 10^{-6}\cdot 10^2$$

$$E_a = 50\cdot 10^{-6}\ \text{Joules} = 50\,\mu J \ //$$

Posição b:



capacitor vai se descarregar e carregar com polaridade oposta.

Para o capacitor voltar a ter a mesma energia, basta que ele volte a ter a mesma tensão, agora com polaridade oposta.

Usando a equação geral:

$$V_c(t) = V_c(0) + [V_c(\infty) - V_c(0)]\cdot(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Após muito tempo na posição b:

$$V_c(\infty) = -50\ \text{Volts}$$

$$\tau = R_3\cdot C = 100k\cdot 1\mu = 0{,}1\ seg.$$

$$V_c(t) = 10 + (-50-10)\cdot(1 - e^{-10t})$$

$$V_c(t) = -50 + 60\, e^{-10t} \ //$$

Tempo para $V_c(t) = -10$ Volts

$$-10 = -50 + 60\, e^{-10t}$$

$$\frac{40}{60} = e^{-10t}$$

Tomando ln membro-a-membro

$$\ln\left(\frac{40}{60}\right) = -10\cdot t$$

$$-0{,}4054 = -10t$$

Então $t = 40{,}5\ ms$ //

EX 2006-1

Secção reta:

$A = 4 \times 5 = 20 \, cm^2 = 20 \cdot 10^{-4} m^2$

caminho magnético:

$l = 2(12-4) + 2(10-4)$

$l = 16 + 12 = 28 \, cm = 0{,}28 \, m$

Temos: $\mathcal{F} = N \cdot I = H \cdot l \quad (1)$

$$B = \frac{\phi}{A}$$

Como $B = \dfrac{16 \cdot 10^{-4} Wb}{20 \cdot 10^{-4} m} = 0{,}8 \, T$

Entrando na curva:

$H = 0{,}5 \cdot 1000 = 500 \, \frac{A}{m}$

Após muito tempo, a corrente na bobina vale:

$I = \dfrac{V_1}{R_1} = \dfrac{12}{150} = 0{,}08 \, Amp.$

Da equação (1):

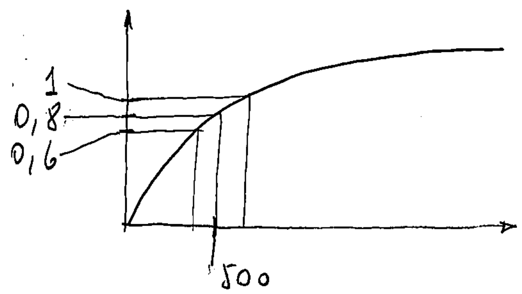
$N \cdot 0{,}08 = 500 \cdot 0{,}28$

$N = 1750$ espiras //

Permeabilidade:

Como $\mu = \dfrac{B}{H} = \dfrac{\Delta B}{\Delta H}$

consultando o gráfico:



$\mu = \dfrac{1 - 0{,}6}{800 - 300} = 8 \cdot 10^{-4} \, \dfrac{Wb}{A \cdot m}$ //

Em relação ao vácuo:

$\mu_r = \dfrac{\mu}{\mu_0} = \dfrac{8 \cdot 10^{-4}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 637$ //

Indutância:

$L = \dfrac{N^2 \cdot \mu \cdot A}{l} = \dfrac{1750^2 \cdot 8 \cdot 10^{-4} \cdot 20 \cdot 10^{-4}}{0{,}28}$

$L = 17{,}5$ Henrys //

Energia acumulada:

$E = \dfrac{1}{2} L \cdot I^2 = \dfrac{1}{2} \cdot 17{,}5 \cdot (0{,}08)^2$

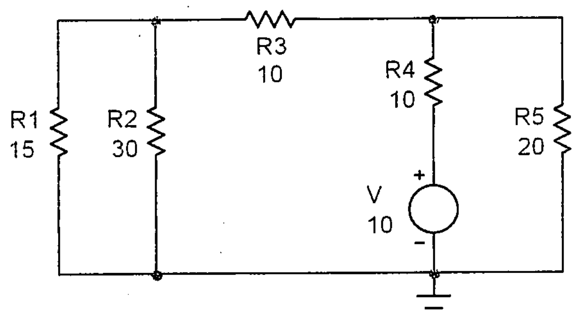
$E = 56 \, mJ$ //

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2006/2

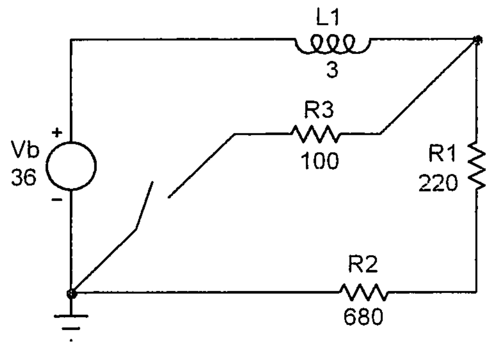
Exame 11/12/2006

Nome: GABARITO **Turma:** _____

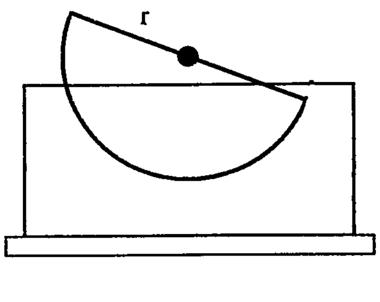
1. (3 pontos) Nomeie as tensões desconhecidas, indicando a polaridade arbritada. Calcule estas tensões usando Kirchhoff, descrevendo cada etapa.

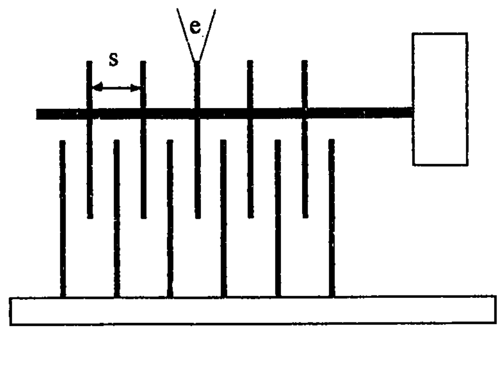


2. (4 pontos) Calcule o tempo necessário, após abrir a chave, para o indutor entregar 4/5 da energia que ele acumulou durante o longo tempo em que a chave ficou fechada. é o instante em que estará com 1/5 da energia original. Descreva amplamente cada passo da solução com textos, diagramas e equações. Faça um esboço das curvas temporais que forem utilizadas na solução.



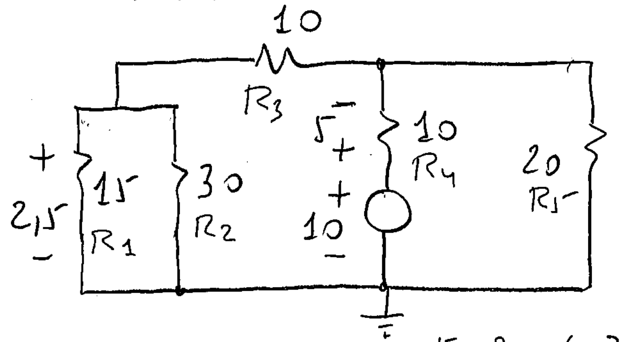
3. (3 pontos) Um capacitor variável é formado por 5 lâminas de alumínio presas pela borda a um eixo de latão. O botão de ajuste seleciona aposição destas lâminas em relação a outro conjunto de 6 lâminas retangulares fixas. Em uma experiência, o capacitor foi ajustado para o seu valor máximo e carregado com 300 Volts. Calcule a energia acumulada nesta condição. A seguir, o botão foi girado de 90°. Calcule a energia e a tensão no capacitor nesta nova posição, descrevendo cada etapa da solução. Dados: r = 4cm s = 0,7cm e = 0,1cm.





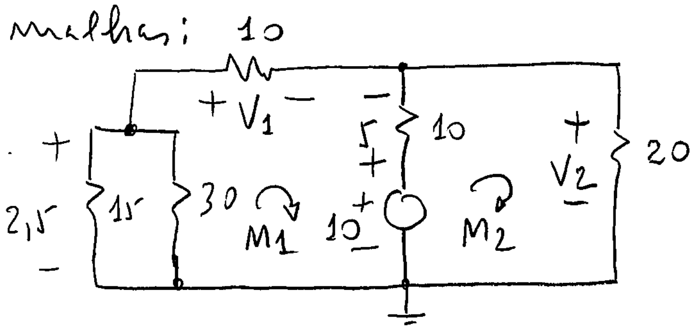
exame 2006-2

Nomeie as tensões desconhecidas e indique a polaridade arbitrada. Calcule as tensões pela lei de Kirchhoff das tensões.



Ex 2006-2

Nomeando as tensões e malhas:



KVL na malha M1:

$$-2,5 + V_1 - 5 + 10 = 0$$

Então, $V_1 = -2,5$ Volts //

Polaridade inversa da que foi arbitrada.

KVL na malha M2:

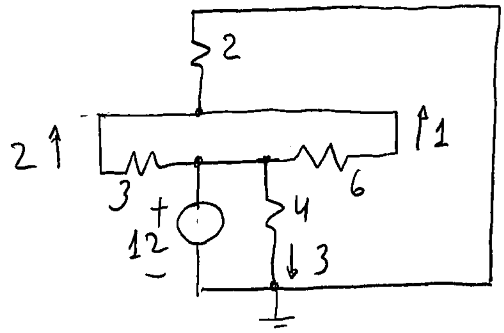
$$-10 + 5 + V_2 = 0$$

Então $V_2 = 5$ Volts //

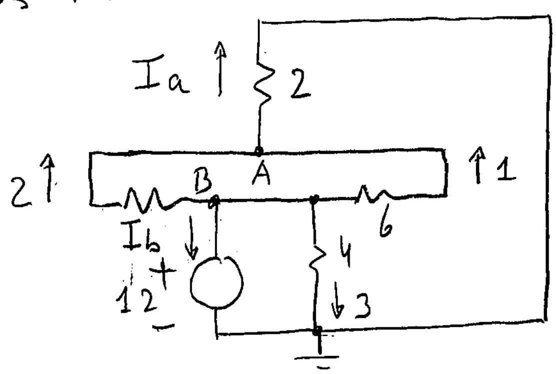
Calcule a potência dissipada em R5.

inédita

Nomeie as correntes desconhecidas e indique o sentido arbitrado. Calcule as correntes pela lei de Kirchhoff das correntes.



Nomeando as tensões e os nós:



KCL no nó A:

$$-2 + I_a - 1 = 0$$

Então $I_a = 3$ Amp. //

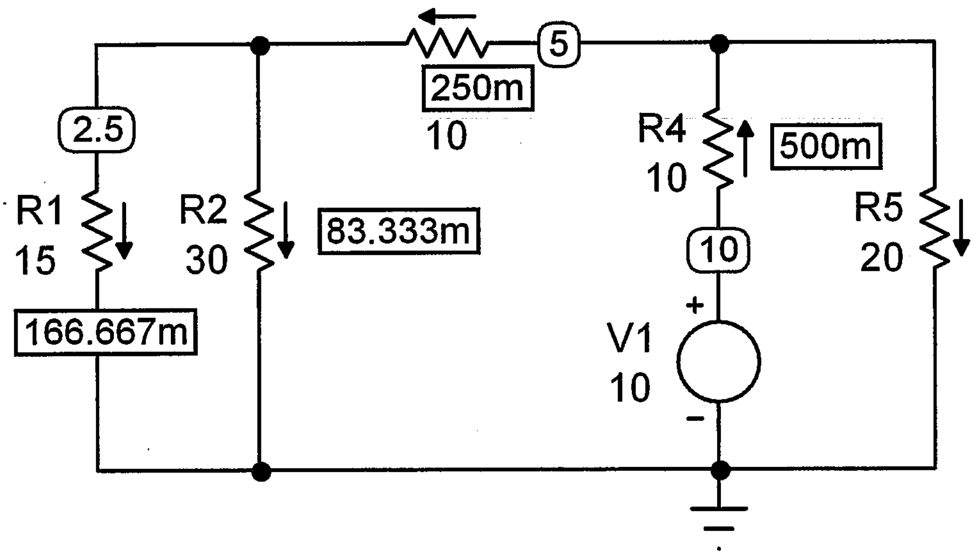
KCL no nó B:

$$2 + I_b + 3 + 1 = 0$$

Então: $I_b = -6$ Amp //

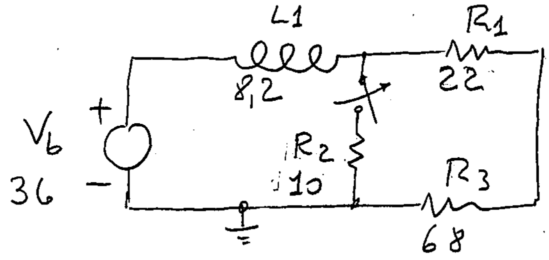
Sentido contrário ao que foi arbitrado.

Calcule a potência fornecida pela fonte.



250m
10
5
2.5
R1
15
166.667m
R2
30
83.333m
R4
10
500m
10
V1
10
+
-
R5
20

Versão Ex 2014-2



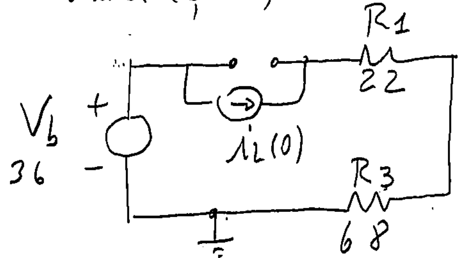
Chave fechada por muito tempo; estável, L = curto.
Simplificando:

$R_F = (R_1 + R_3) // R_2$

$R_F = \frac{(22+68) \cdot 10}{22+68+10} \rightarrow R_F = 9$

$i_L(0) = \frac{V_b}{R_F} = \frac{36}{9} = 4$ Amp. //

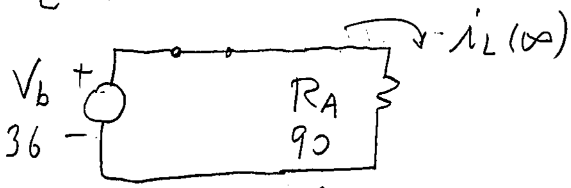
Chave abre em $t = 0$:
Variação, L = aberto + $i_L(0)$



Simplificando:

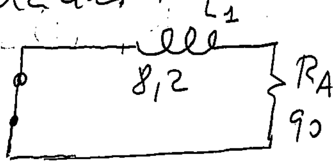
$R_A = R_1 + R_2 = 22 + 68 \rightarrow R_A = 90$

Após muito tempo, estável, L = curto:



$i_L(\infty) = \frac{V_b}{R_A} = \frac{36}{90} \rightarrow i_L(\infty) = 0,4$ //

constante de tempo: fontes zeradas:



$\tau = \frac{L_1}{R_A} = \frac{8,2}{90}$

$\tau = 0,0911$ s //

Corrente no indutor:

$i_L(t) = i_L(\infty) + (i_L(0) - i_L(\infty)) \cdot e^{-t/\tau}$

$i_L(t) = 0,4 + (4 - 0,4) \cdot e^{-\frac{t}{0,0911}}$

$i_L(t) = 0,4 + 3,6 \cdot e^{-11t}$ // (1)

Energia inicial no indutor com a chave fechada:

$E(0) = \frac{1}{2} L_1 \cdot (i_L(0))^2$

$E(0) = \frac{1}{2} \cdot 8,2 \cdot 4^2 \rightarrow E(0) = 65,6 \text{ J}$

Tempo para este valor se reduzir a $\frac{1}{4}$:

$E(t) = \frac{E(0)}{4} = \frac{65,6}{4} \rightarrow E(t) = 16,4 \text{ J}$

como:

$E(t) = \frac{1}{2} L_1 \cdot (i_L(t))^2$

$16,4 = \frac{1}{2} \cdot 8,2 \cdot (i_L(t))^2$

$i_L(t) = 2$ Amp.

Levando em (1):

$2 = 0,4 + 3,6 \cdot e^{-11t}$

$0,444 = e^{-11 \cdot t}$

$-0,8109 = -11 \cdot t$

$t = 0,0737$ s

$$H_0 \frac{w_0}{\varphi} = -\left(\frac{1}{R_1 C_1} \cdot \frac{1+\frac{R_6}{R_5}}{1+R_3/R_4}\right) = \cancel{H_0 \frac{w_0}{\varphi}}$$

$$H_0 \cdot \frac{1}{R_1 C_1} \cdot \frac{\cancel{1+R_4/R_5}}{1+R_4 R_3} = \frac{1}{R_1 C_2} \cdot \frac{\cancel{1+\frac{R_6}{R_5}}}{1+R_3/R_4}$$

$$H_0 = \frac{1+R_4/R_3}{1+R_3/R_4} \quad // \quad = \frac{\frac{\cancel{R_3+R_4}}{R_3}}{\frac{\cancel{R_3+R_4}}{R_4}}$$

$$H_0 = \frac{1+R_4/R_4}{1+R_4/R_4}$$

$$H_0 = \frac{R_4}{R_3}$$

20 log 31

$i_L(\infty) = 0,4$

$E_{fechad} = 0,24\ J$

Chave fechada por muito tempo. Calcule a energia acumulada em L_1. Tempo após abrir a chave para que a energia seja $\frac{1}{5}$ do valor ~~ants~~ ~~antes~~ de abrir a chave.

Use 8,2H

$\tau = \frac{8,2}{90} = 9,111$

$\frac{1}{\tau} = 10,975 \approx 11$

para $\frac{1}{8}$: para $\frac{1}{5}$:

$\frac{12}{8} =$ $\quad \frac{12}{5} = 2,4 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot i_L^2$

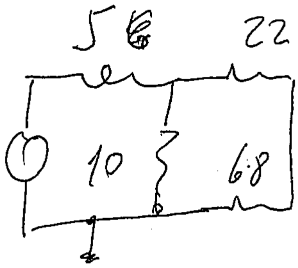
$\frac{4,8}{5} = i_L^2$

$i_L = 0,98$

65,6 J

$0,98 = 0,4 + 3,6 \cdot e^{-15t}$

$t = 0,1217$



$R_{fechad} = (R_1+R_2) // R_3 = \frac{90 \cdot 10}{100} = 9$

$i_L(\infty) = 4$

$E = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 4 = 12\ J$ //

abrindo:

$R_{aberto} = 22+68 = 90$

$i_L(\infty) = \frac{36}{90} = 0,4$

$\tau = \frac{5}{90} = 0,0555$

$i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0) - i_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

$i_L(t) = 0,4 + (4-0,4)\, e^{-15t}$

$i_L(t) = 0,4 + 3,6 \cdot e^{-15t}$

$\frac{12\ J \cdot 1}{8} = 1,5 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot i_L^2$

$\frac{3}{5} = i_L^2$

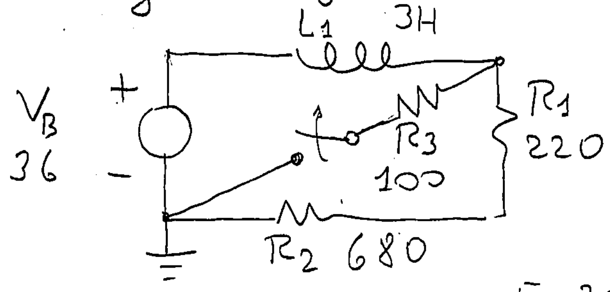
$i_L = 0,775$

$0,775 = 0,4 + 3,6 \cdot e^{-15t}$

$\frac{0,775 - 0,4}{3,6} = e^{-15t}$

$t = 0,151\ s$ //

Calcule o tempo necessário, após abrir a chave, para o indutor entregar 4/5 da energia que ele acumulou durante o longo tempo em que a chave estava fechada. É o instante em que ele estará com 1/5 da energia original.

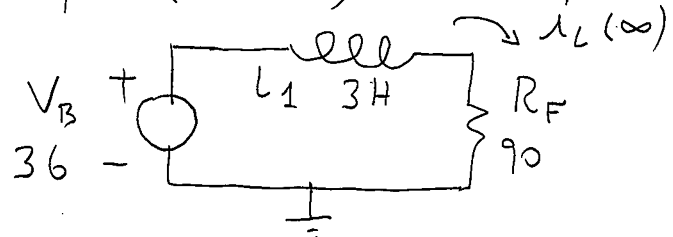


Ex 2006-2

Com muito tempo de chave fechada, o circuito está estável e $v_L(\infty) = 0$.

Simplificando:

$R_F = (R_1 + R_2) // R_3 = 90\,\Omega$



$i_L(\infty) = \frac{V_B}{R_F} = \frac{36}{90} = 0{,}4\ A$ //

Energia acumulada:

$E_{FECHADA} = \frac{1}{2} L_1 \cdot i_L^2(\infty) = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 0{,}4^2$

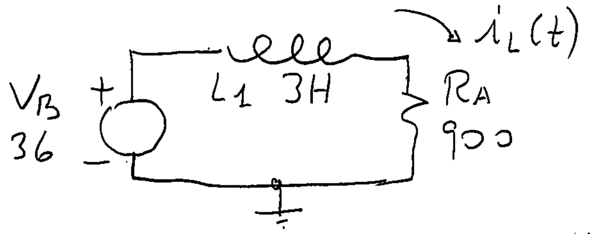
$E_{FECHADA} = 0{,}24$ Joules //

Ao abrir a chave, a resistência do circuito aumenta e a corrente no indutor (energia) diminui.

Equacionamento com a chave aberta:

circuito equivalente:

$R_A = R_1 + R_2 = 220 + 680 = 900$



$i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0) - i_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

$i_L(0) = 0{,}4$ Amp.

Após muito tempo com a chave aberta, circuito estável e $v_L(\infty) = 0$

$i_L(\infty) = \frac{V_B}{R_A} = \frac{36}{900} = 0{,}04$ Amp //

$\tau = \frac{L_1}{R_A} = \frac{3}{900} = \frac{1}{300}$ segundos //

Para ficar 1/5 de energia no indutor:

$\frac{E_{FECHADA}}{5} = \frac{1}{2} L_1 \, i_L^2$

$\frac{0{,}24}{5} = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot i_L^2 \rightarrow i_L = 0{,}179$

Substituindo na equação:

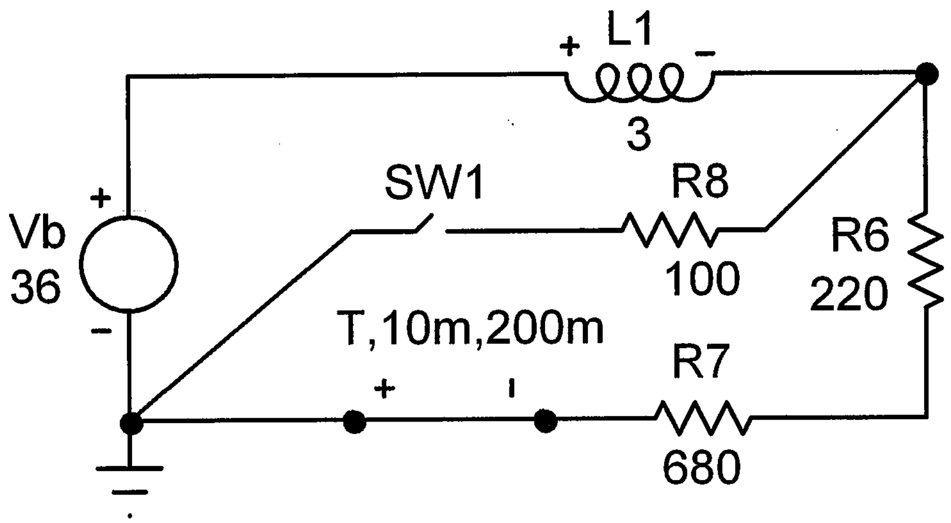
$0{,}179 = 0{,}04 + (0{,}4 - 0{,}04)\, e^{-300 \cdot t}$

$0{,}139 = 0{,}36 \cdot e^{-300 \cdot t}$

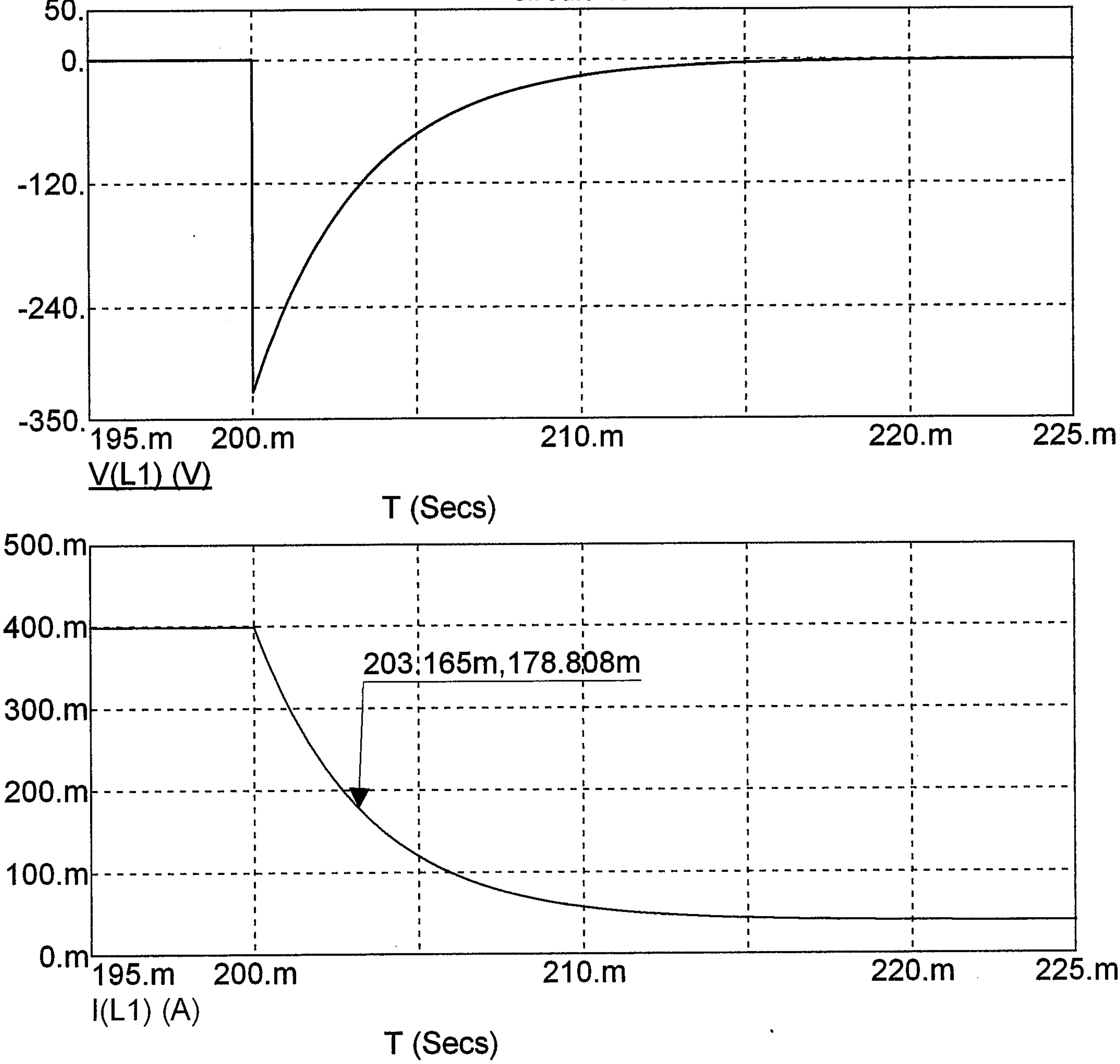
$\ln\left(\frac{0{,}139}{0{,}36}\right) = \ln\left(e^{-300t}\right)$

$-0{,}9516 = -300t$

$t = 3{,}17$ ms //



Micro-Cap 8 Evaluation Version
circuit6.cir

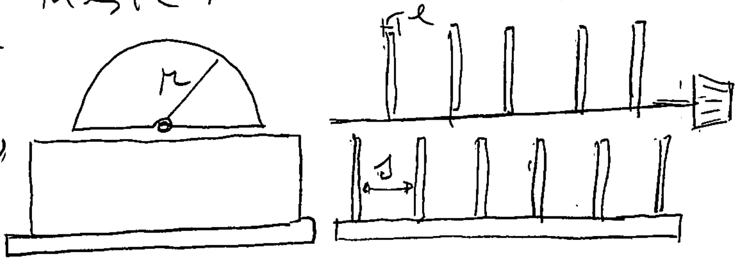


Um capacitor variável é formado por 5 lâminas de alumínio presas pela borda a um eixo de latão. O botão de ajuste seleciona a posição destas lâminas em relação a outro conjunto de 6 lâminas retangulares fixas.

Em uma experiência, o capacitor foi ajustado para o seu valor máximo e carregado com 3000 Volts. Calcule a energia acumulada nesta condição.

A seguir, o botão foi girado de 90°. Calcule a energia e a tensão no capacitor nesta nova condição.

$\varepsilon = 8{,}85 \cdot 10^{-7}$ F/m



$r = 4$ cm $\quad d = 0{,}7$ cm $\quad e = 0{,}1$ cm

EX 2006-2

Área da placa semi-circular:

$$A = \frac{\pi \cdot r^2}{2} = \frac{\pi \cdot (4 \cdot 10^{-2})^2}{2}$$

$$A = 0{,}002512 \text{ m}^2$$

como são 10 superfícies formando o capacitor:

$$A_{TOTAL} = 10 \cdot A = 0{,}02512 \text{ m}^2$$

Distância entre as placas:

$$d = \frac{s - e}{2} = \frac{0{,}7 - 0{,}1}{2} = 0{,}3 \text{ cm} = 0{,}003 \text{ m}$$

Capacitância: $C = \varepsilon_{AR} \dfrac{A_{TOTAL}}{d}$

$$C = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{0{,}02512}{0{,}003}$$

$$C = 7{,}414 \cdot 10^{-11} \text{ Farads}$$
$$= 74{,}14 \text{ pF}$$

Energia:

$$E = \tfrac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} 7{,}414 \cdot 10^{-11} \cdot 300^2$$

$$E = 3{,}334 \cdot 10^{-6} = 3{,}33 \,\mu\text{J}$$

Girando 90°, a energia permanece a mesma, a capacitância se reduz a metade e a nova tensão fica:

$$E = 3{,}33 \cdot 10^{-6} = \frac{1}{2} \frac{C}{2} \cdot V^2_{(90°)}$$

$$V(90°) = 423{,}9 \text{ Volts}$$

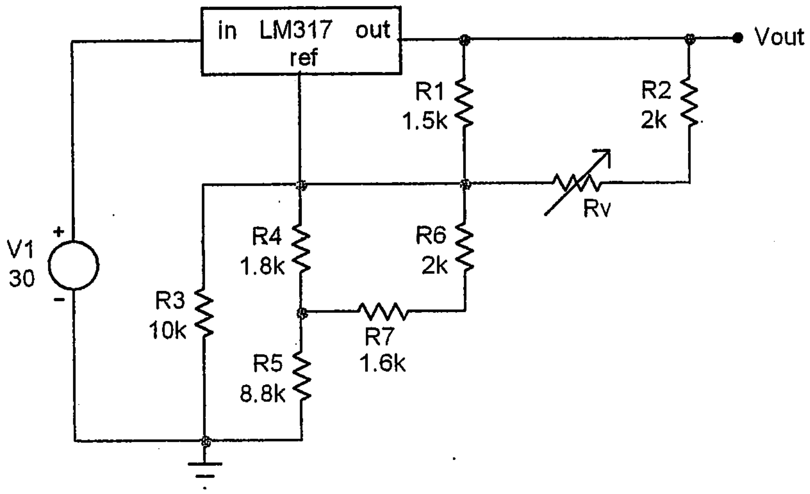
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2007/1

Exame 10/7/2007

Nome: GABARITO **Turma:** _____

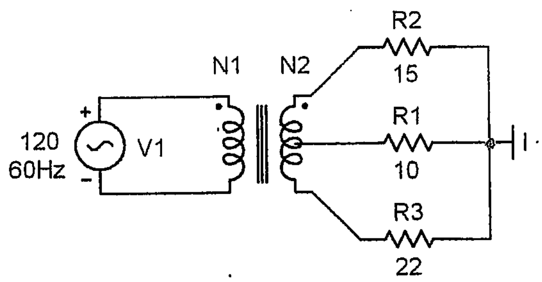
3,5

1. Determine o valor de ajuste do trimpot Rv para que a fonte regulada forneça uma tensão Vout = 7,2 Volts. Tensão de referência do integrado = 1,2 Volts. Descreva cada etapa da solução com textos, equações e esquemas pois isso será avaliado.



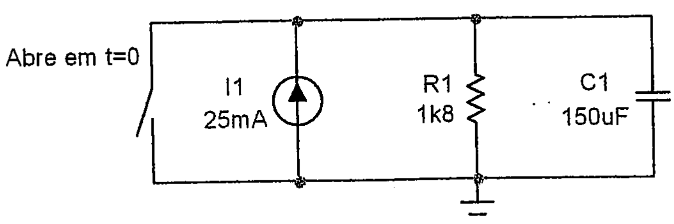
3,0

2. Examine o circuito a seguir e descreva qualitativamente o seu funcionamento, pois isso ajuda a encontrar a solução. equacione o circuito com o objetivo de determinar a potência dissipada em cada resistor, descrevendo amplamente todos os passos. Transformador ideal com o primário de N1 = 420 espiras e secundário de N2 = 84 espiras com uma tomada central.

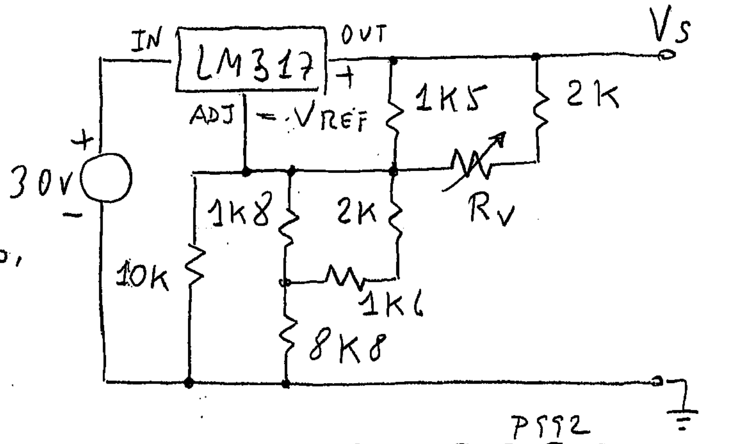


3,5

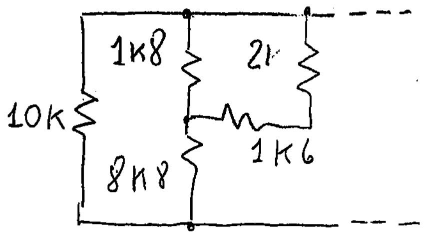
3. No circuito a seguir, a chave abre em t = 0. Calcule o instante de tempo em que a corrente no capacitor e no resistor são iguais. Esboce então as duas curvastemporais. Descreva amplamente a solução.



Determine o valor que deve ser ajustado o trimpot R_V para que a fonte forneça $V_S = 7,2$ Volts. Valores em $K = 1000\ \Omega$.
$V_{REF} = 1,2$ Volts



Simplificando;

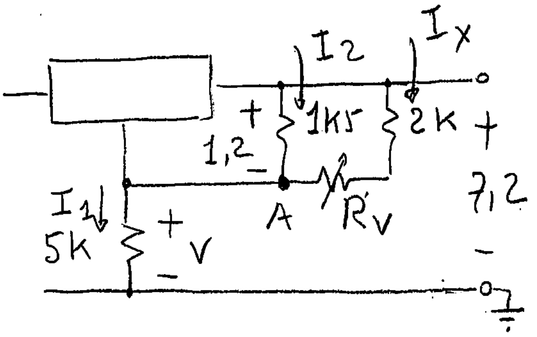


$2K + 1K6 = 3K6$

$3K6 // 1K8 = 1K2$

$1K2 + 8K8 = 10K$

$10K // 10K = 5K$



Nomeando V, I_1, I_2 e I_x

KVL:

$$-V - 1,2 + 7,2 = 0$$

$$V = 6 \text{ Volts}$$

$$I_1 = \frac{6V}{5K} = 1,2 mA$$

No resistor de 1K5:

$$I_2 = \frac{1,2V}{1K5} = 0,8 mA$$

KCL nó A:

$$I_1 - I_2 - I_X = 0$$

$$1,2 - 0,8 - I_X = 0$$

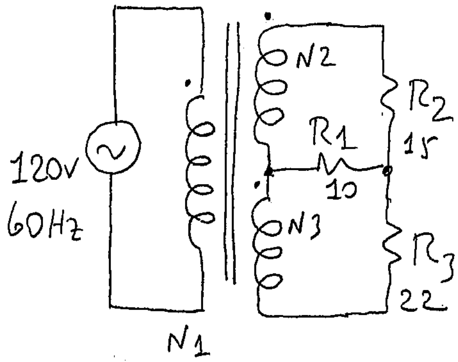
$$I_X = 0,4 mA$$

Então: $$R_V + 2K = \frac{1,2 \text{ Volts}}{I_X}$$

$$R_V + 2K = 3K$$

$$R_V = 1K\Omega \ //$$

Examine o circuito e descreva qualitativamente o seu funcionamento. Equacione o circuito com o objetivo de determinar a potência dissipada em cada resistor. Descreva cada passo da solução.



Primário: N1 = 420 espiras

Secundário: 84 espiras com uma tomada central.

Transformador isola e rebaixa a tensão da rede.

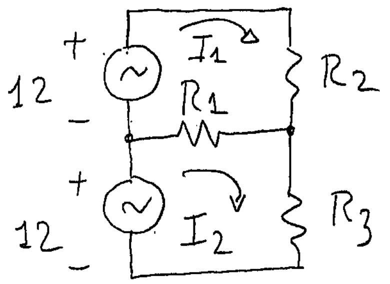
Tensão no secundário:

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

$$V_S = V_P \frac{N_S}{N_P} = 120 \frac{84}{420}$$

$V_S = 24$ Volts total, de modo que cada bobina fica com 12 Volts.

Equacionando o circuito no secundário:



Método das malhas:

$$\begin{cases} -12 + I_1 \cdot R_2 + (I_1 - I_2) \cdot R_1 = 0 \\ -12 + I_2 \cdot R_3 + (I_2 - I_1) \cdot R_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -12 + 15 I_1 + 10 I_1 - 10 I_2 = 0 \\ -12 + 22 I_2 + 10 I_2 - 10 I_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 25 I_1 - 10 I_2 = 12 \\ -10 I_1 + 32 I_2 = 12 \leftarrow (\times 2{,}5) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 25 I_1 - 10 I_2 = 12 \\ -25 I_1 + 80 I_2 = 30 \end{cases} \quad \text{Somando}$$

$$0 \quad + 70 I_2 = 42$$

Então $I_2 = 0{,}6$ Ampères //

$$25 I_1 - 10 \cdot 0{,}6 = 12$$

Então $I_1 = 0{,}72$ Ampères //

Cálculo das potências:

$$P_1 = R_1 (I_1 - I_2)^2 = 10 (0{,}6 - 0{,}72)^2$$

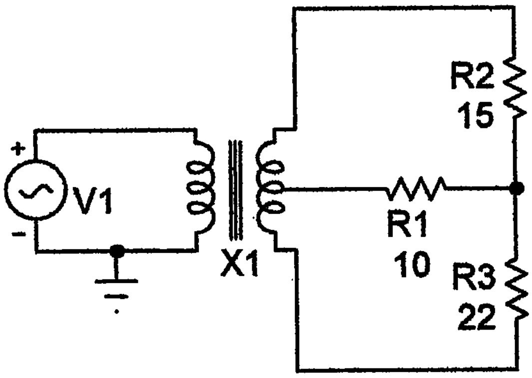
$P_1 = 0{,}144$ Watts //

$$P_2 = R_2 \cdot I_1^2 = 15 \cdot (0{,}72)^2$$

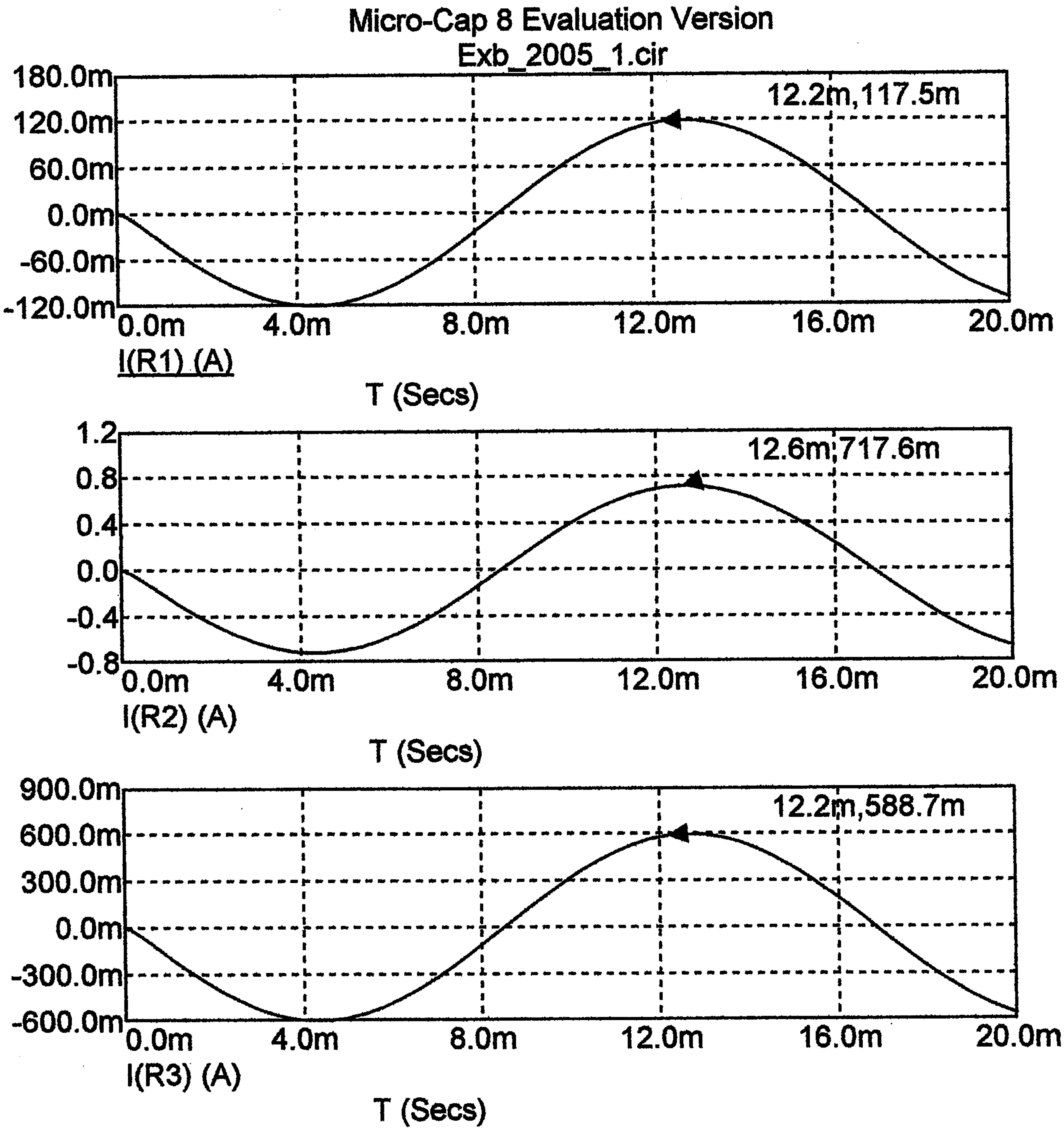
$P_2 = 7{,}78$ Watts //

$$P_3 = R_3 \cdot I_2^2 = 22 \cdot (0{,}6)^2$$

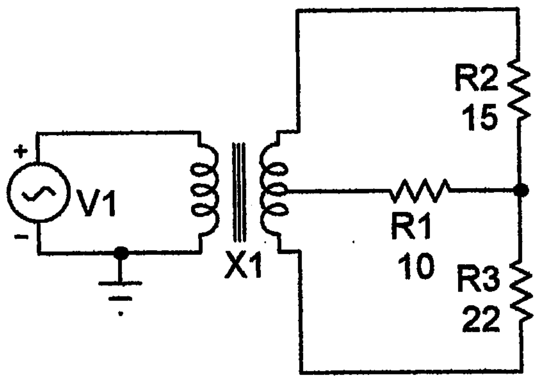
$P_3 = 7{,}92$ Watts //

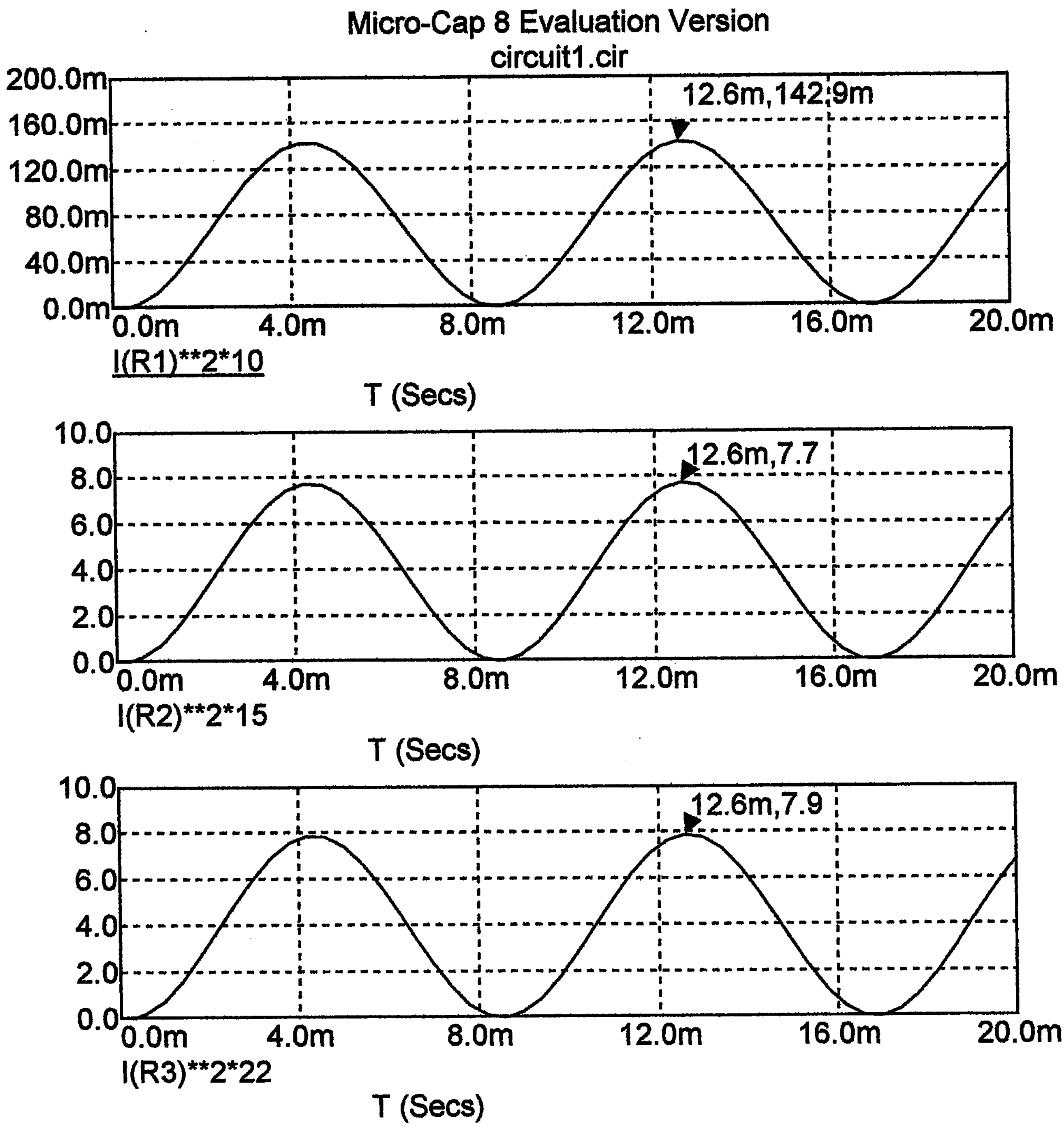


V1
+
-
X1
R1
10
R2
15
R3
22

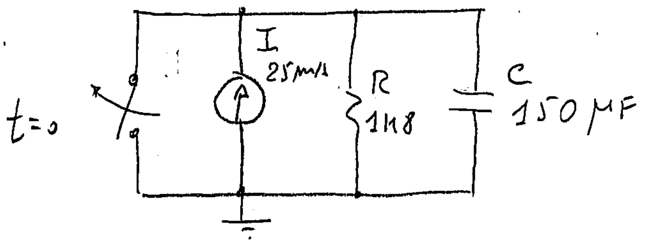


Micro-Cap 8 Evaluation Version
Exb_2005_1.cir
180.0m
120.0m
60.0m
0.0m
-60.0m
-120.0m
12.2m,117.5m
0.0m
4.0m
8.0m
12.0m
16.0m
20.0m
I(R1) (A)
T (Secs)
1.2
0.8
0.4
0.0
-0.4
-0.8
12.6m,717.6m
0.0m
4.0m
8.0m
12.0m
16.0m
20.0m
I(R2) (A)
T (Secs)
900.0m
600.0m
300.0m
0.0m
-300.0m
-600.0m
12.2m,588.7m
0.0m
4.0m
8.0m
12.0m
16.0m
20.0m
I(R3) (A)
T (Secs)


R2
15
V1
X1
R1
10
R3
22

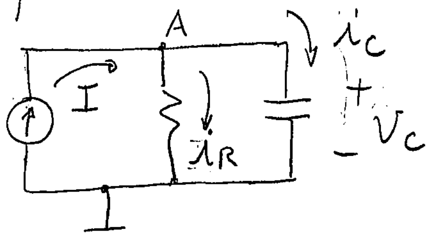

Micro-Cap 8 Evaluation Version
circuit1.cir
12.6m,142.9m
200.0m
160.0m
120.0m
80.0m
40.0m
0.0m
0.0m
4.0m
8.0m
12.0m
16.0m
20.0m
I(R1)**2*10
T (Secs)
12.6m,7.7
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
I(R2)**2*15
T (Secs)
12.6m,7.9
I(R3)**2*22
T (Secs)

No circuito a seguir, a chave abre em $t=0$. Calcule o instante de tempo em que a corrente no capacitor é igual a corrente no resistor.



EX 2007/1

Equacionamento:



KCL nó A:

$$-I + i_R + i_C = 0$$

$$i_C = I - i_R \quad (1)$$

Vale também:

$$i_R = \frac{V_R}{R}$$ como $V_R = V_C$,

$$i_R = \frac{V_C}{R}$$ Levando em (1):

$$i_C = I - \frac{V_C}{R}$$

Igualando:

$$I - \frac{V_C}{R} = \frac{V_C}{R}$$

$$I = 2\frac{V_C}{R}$$

$$V_C = \frac{R\cdot I}{2} \quad //$$

como: $V_C(t) = V_C(\infty)\cdot(1-e^{-t/\tau})$

Após $5\cdot\tau$, o capacitor foi carregado e $i_C(\infty) = 0$

Então $V_C(\infty) = R\cdot I = 1k8\cdot 25mA$

$V_C(\infty) = 45$ volts

$$\tau = R\cdot C = 1,8\cdot 10^3\cdot 150\cdot 10^{-6}$$

$\tau = 0,27$ segundos.

Substituindo:

$$\frac{1k8\cdot 25mA}{2} = 45\left(1 - e^{-\frac{t}{0,27}}\right)$$

$$0,5 = 1 - e^{-t/0,27}$$

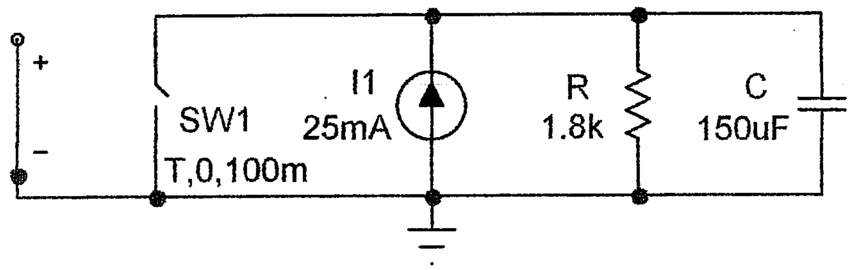
$$0,5 = +e^{-t/0,27}$$

Tomando ln membro-a-membro

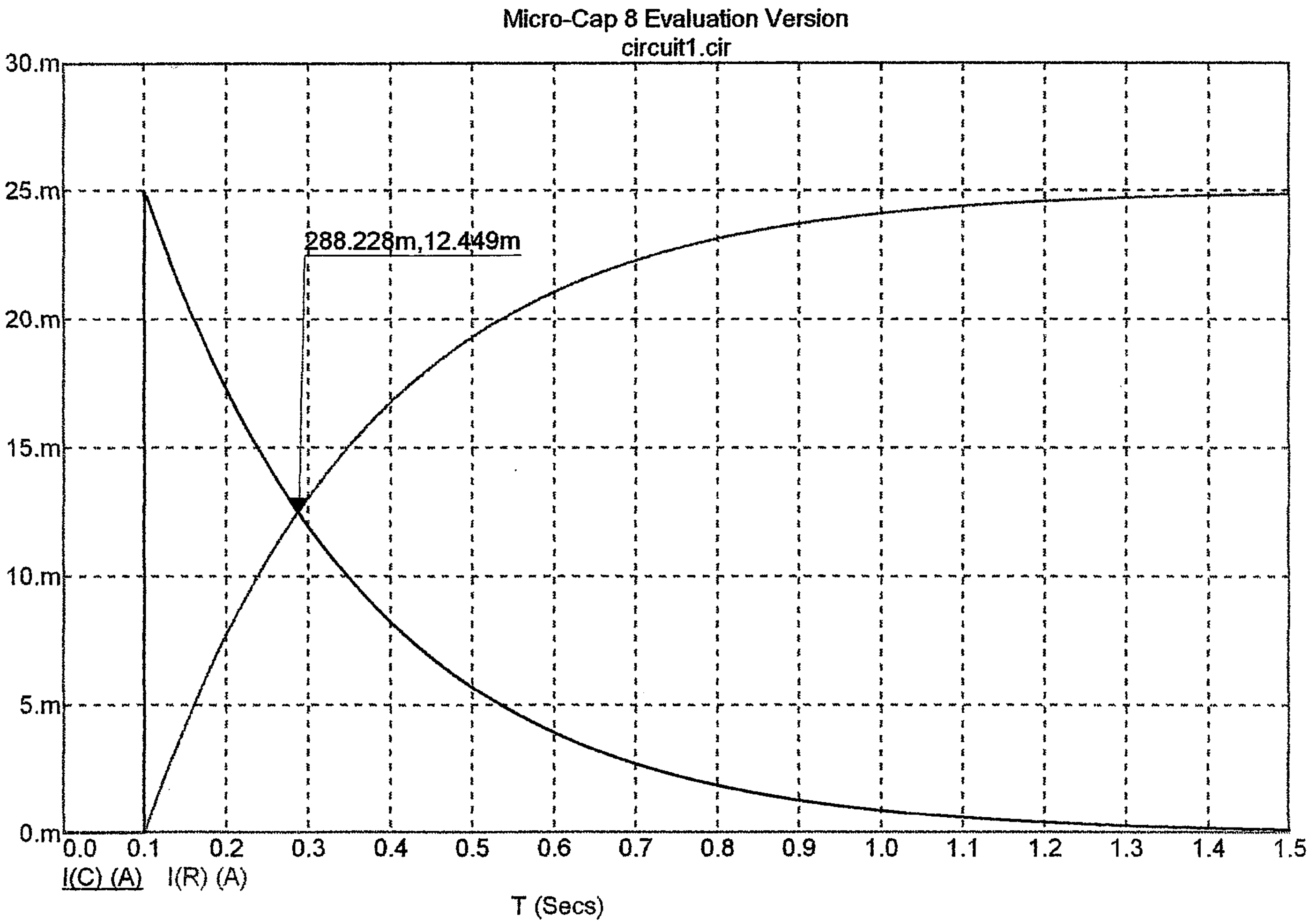
$$\ln 0,5 = \frac{-t}{0,27}$$

Então:

$t = 0,187$ segundos



+
-
SW1
T,0,100m
I1
25mA
R
1.8k
C
150uF



Micro-Cap 8 Evaluation Version
circuit1.cir
288.228m,12.449m
30.m
25.m
20.m
15.m
10.m
5.m
0.m
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5
I(C) (A) I(R) (A)
T (Secs)

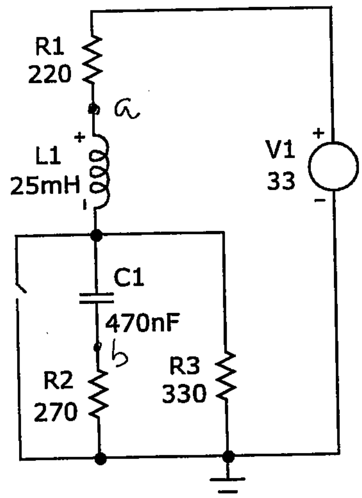
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2007/2

Exame 10/12/2007

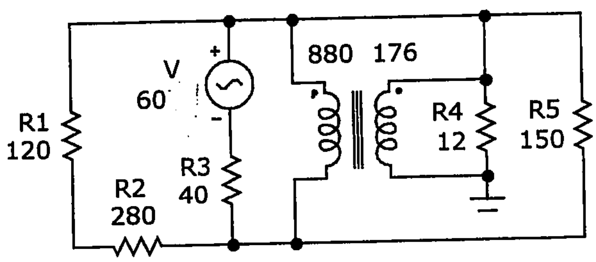
Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3 pontos) Um veículo elétrico é alimentado por um conjunto de baterias totalizando $V_b = 36$ Volts nominal.
   Nas rodas dianteiras existe um motor elétrico de $P_m = 10$ CV. As conexões da bateria até cada motor (fios, chaves, relés e conectores) totalizam uma resistência de $R_f = 15$ mΩ. A resistência interna do conjunto de baterias é de 9 mΩ. Lembrando que 1CV = 736W e que cada passo da resolução deve ser amplamente documentado com textos, equações e diagramas:
   a) Desenhe o diagrama esquemático do veículo.
   b) Calcule a corrente em cada motor, a plena potência, quando alimentado com a sua tensão nominal de 36V (este é o caso de usar componentes ideais, sem perdas).
   c) Calcule as perdas (calor) nas conexões de cada motor e na bateria, a plena potência.
   d) Calcule as perdas totais e a eficiência do veículo, também a plena potência.

2. (4.0 pontos) O circuito ao lado está ligado a muito tempo e, em t = 0, a chave fecha.
   a) Determine os valores iniciais e finais da tensão e corrente no capacitor e no indutor, a partir de t = 0.
   b) Equacione a tensão no capacitor e no indutor ao longo do tempo, descrevendo cada etapa da solução, pois isso será avaliado sempre.



3. (3 pontos) Calcule a potência que a fonte entrega ao circuito, descrevendo cada etapa com textos, esquemas e equações.



foi prova de 97 (com outros valores)

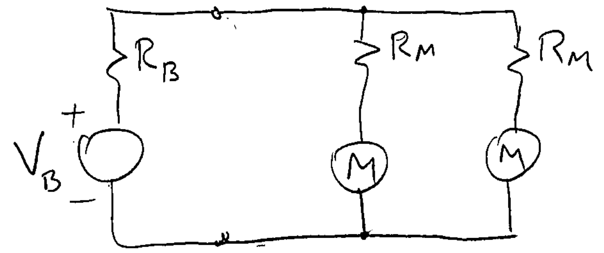
Um veículo ~~carro~~ elétrico é alimentado por um conjunto de baterias de $V_B=36$ volts de tensão.
Em cada roda dianteira existe um motor elétrico de $P_M=10$ cv. A conexão entre cada motor e a bateria (fio, chave ---) apresenta uma resistência de $15\,m\Omega$. A resistência interna do conjunto de bateria é de $9\,m\Omega$. $1\,cv = 736\,W$

a) Desenhe o diagrama esquemático do veículo.

b) Calcule a corrente em cada motor a plena potência, quando alimentado com sua tensão nominal de 36 Volts.

c) Calcule as perdas em Watts (calor) na bateria e nas conexões, também a plena potência

d) Calcule as perdas totais e a eficiência do veículo trabalhando a plena potência.



Pot. em cada motor

$$P_M = 10\ cv = 10 \cdot 736\,W = 7360 \text{ Watts}$$

$$P = V \cdot I \quad \text{logo} \quad I_M = \frac{P_M}{V_B} = \frac{7360}{36} = 204\ A$$

Perdas motor:

$$Per_{mot} = I^2 \cdot R_M = 204^2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 624 \text{ Watts /motor}$$

Perdas na bateria:

$$Per_{bat} = (2 \cdot I)^2 \cdot R_B = 408^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 832 \text{ Watts}$$

$$\text{Perdas totais} = Per.\,motor + Per\,bat = 624 + 624 + 832 = 2080 \text{ Watts}$$

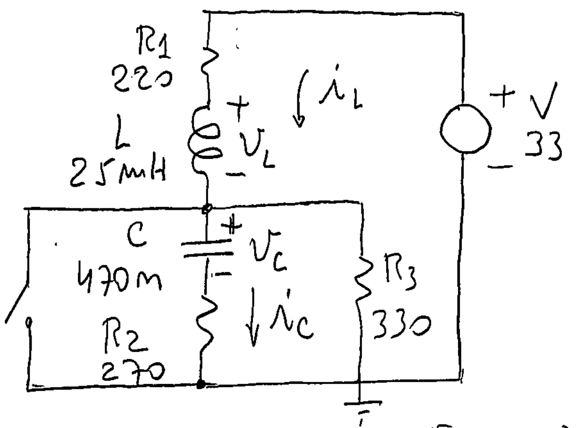
$$\text{Rendimento } \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{OUT}}{P_{OUT} + P_{ERDAS}} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 7360}{2 \cdot 7360 + 2080} \cdot 100\% = 87,6\%$$

O circuito a seguir está ligado por muito tempo e, em $t=0$, a chave fecha.

a) Determine os valores iniciais e finais da tensão e corrente no indutor e no capacitor.

b) Equacione as tensões no indutor e no capac.

c) Equacione as correntes no indutor e no capac.

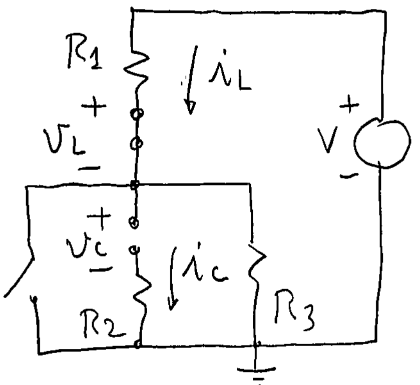


Ex 2007-2

a) Chave aberta por muito tempo. Circuito está estabilizado:

C = Aberto L = curto

circuito em $t=0^-$ fica:



$$v_L(0^-) = 0$$

$$i_C(0^-) = 0$$

$$i_L(0^-) = \frac{V}{R_1+R_3} = \frac{33}{220+330}$$

$$i_L(0^-) = 60\,mA \;//$$

$$v_C(0^-) = i_L(0^-)\cdot R_3 = 60\,mA \cdot 330$$

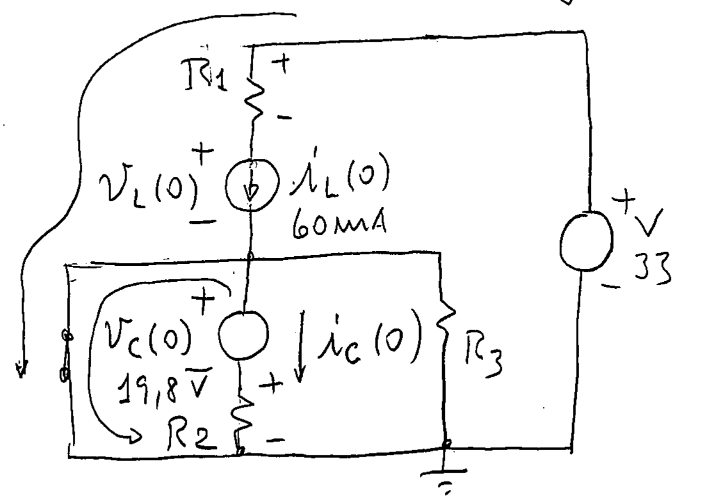
$$v_C(0^-) = 19{,}8 \text{ Volts} \;//$$

Em $t=0$ a chave fecha. O circuito está sofrendo variações; corrente em L e tensão em C não mudam:

$$i_L(0) = i_L(0^-) = 60\,mA \;//$$

$$v_C(0) = v_C(0^-) = 19{,}8 \text{ Volts} \;//$$

Circuito em $t=0+$ fica:



Observando as correntes:

KVL na malha externa:

$$-V + i_L(0)R_1 + v_L(0) = 0$$

$$v_L(0) = 33 - 60\,mA \cdot 220$$

$$v_L(0) = 19{,}8\,V \;//$$

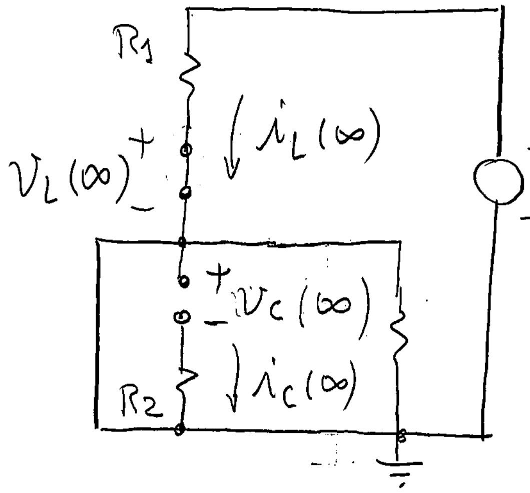
KVL na malha esquerda:

$$-v_C(0) - R_2 \cdot i_C(0) = 0$$

$$i_C(0) = \frac{-19{,}8}{270} \rightarrow i_C(0) = 73{,}3\,mA$$

Após muito tempo com a chave fechada, o circuito volta a se estabilizar:

c = Aberto, L = curto:



$V_L(\infty) = 0$

$i_C(\infty) = 0$

$i_L(\infty) = \frac{V}{R_1} = \frac{33}{220}$

$i_L(\infty) = 0{,}15\,A$ //

$V_C(\infty) = \text{zero}$ //

b) cálculo das constantes de tempo; Matar a fonte.

$\tau_L = \frac{L}{R_1} = \frac{25\,mH}{220}$

$\tau_L = 0{,}114 \cdot 10^{-3}\,s$ //

$\tau_C = R_2 \cdot C = 270 \cdot 470 \cdot 10^{-9}$

$\tau_C = 127\,\mu s$ //

$V_L(t) = V_L(0) \cdot e^{-t/\tau_L}$

$V_L(t) = 19{,}8\, e^{-8800 \cdot t}$ //

$V_C(t) = V_C(0)\, e^{-t/\tau_C}$

$V_C(t) = 19{,}8 \cdot e^{-7880 \cdot t}$ //

c) Equacionando as correntes;

Existe corrente no indutor em $t = 0$.

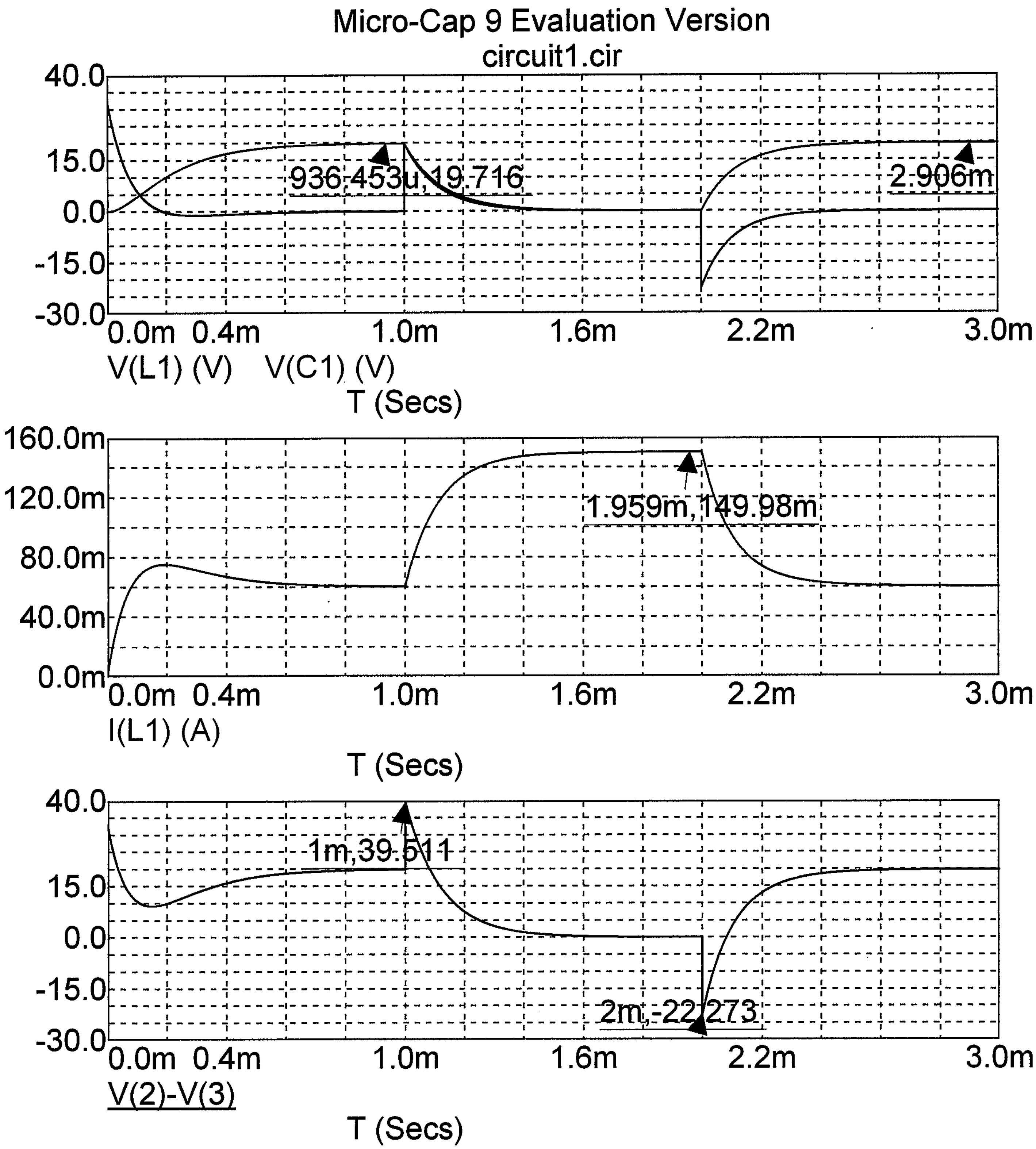
$i_L(t) = i_L(\infty) + (i_L(0) - i_L(\infty))\, e^{-t/\tau_L}$

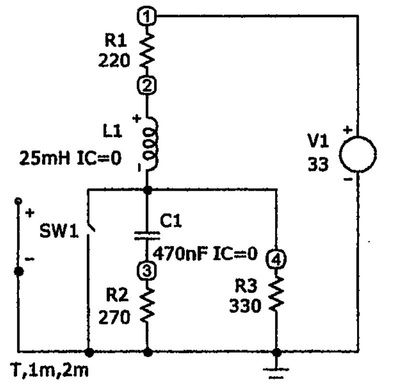
$i_L(t) = 0{,}15 + (0{,}06 - 0{,}15)\, e^{-\frac{t}{0{,}114 \cdot 10^{-3}}}$

$i_L(t) = 0{,}15 - 0{,}09\, e^{-8800 \cdot t}$ //

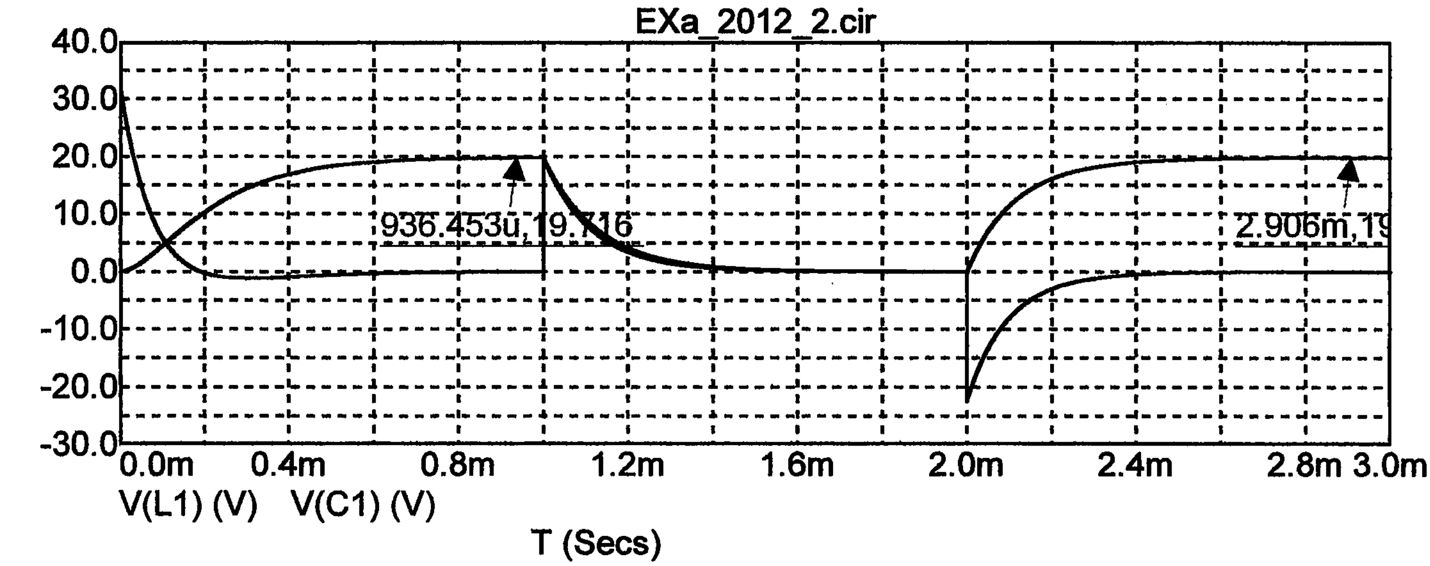
$i_C(t) = i_C(0) \cdot e^{-t/\tau_C}$

$i_C(t) = 73{,}3 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-7880 \cdot t}$ //

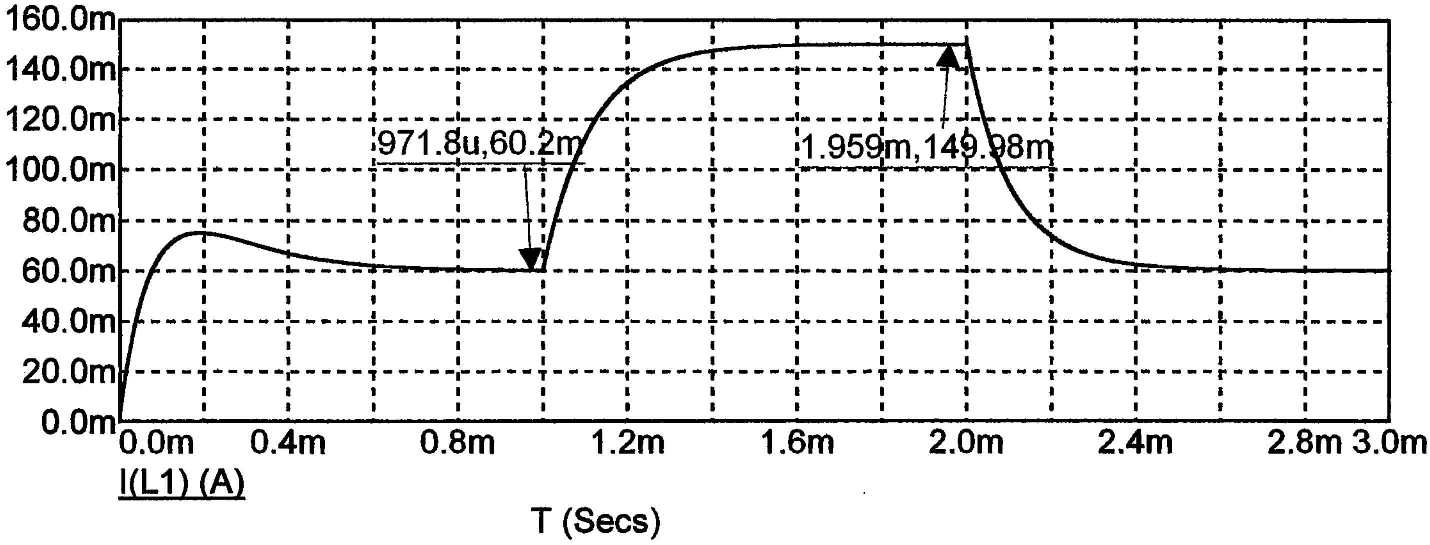

Micro-Cap 9 Evaluation Version
circuit1.cir
40.0
15.0
0.0
-15.0
-30.0
936.453u,19.716
2.906m
0.0m 0.4m 1.0m 1.6m 2.2m 3.0m
V(L1) (V) V(C1) (V)
T (Secs)
160.0m
120.0m
80.0m
40.0m
0.0m
1.959m,149.98m
0.0m 0.4m 1.0m 1.6m 2.2m 3.0m
I(L1) (A)
T (Secs)
40.0
15.0
0.0
-15.0
-30.0
1m,39.511
2m,-22.273
0.0m 0.4m 1.0m 1.6m 2.2m 3.0m
V(2)-V(3)
T (Secs)



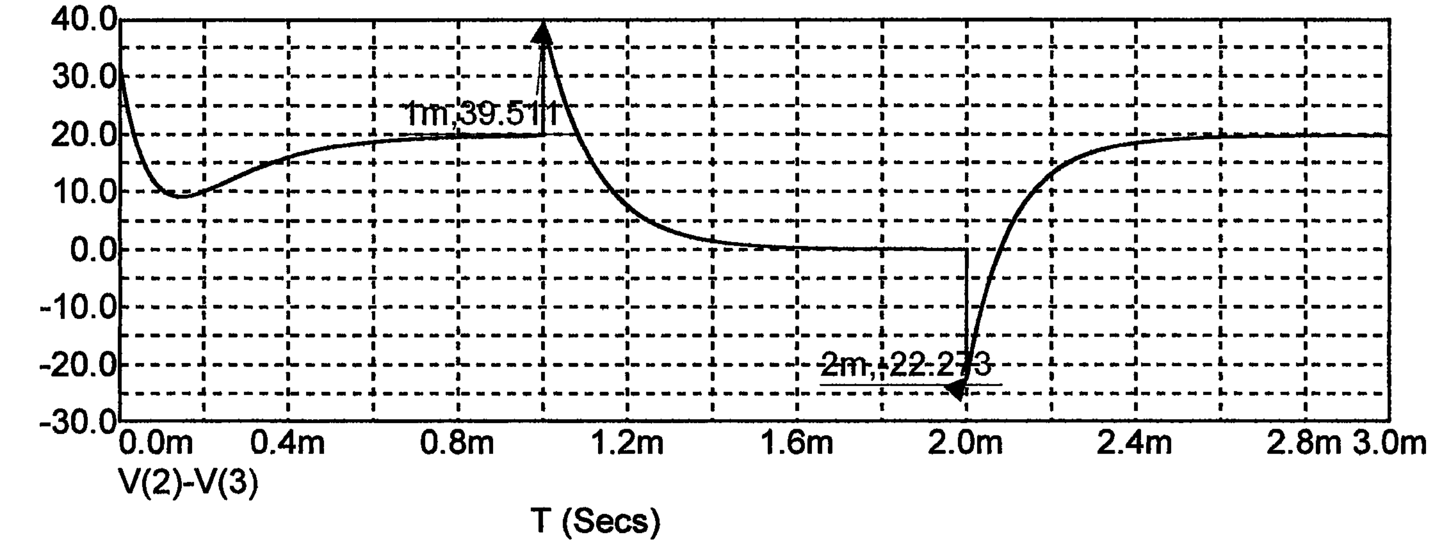
R1
220
L1
25mH IC=0
SW1
C1
470nF IC=0
R2
270
R3
330
V1
33
T,1m,2m



EXa_2012_2.cir
936.453u,19.716
2.906m,19
V(L1) (V)   V(C1) (V)
T (Secs)

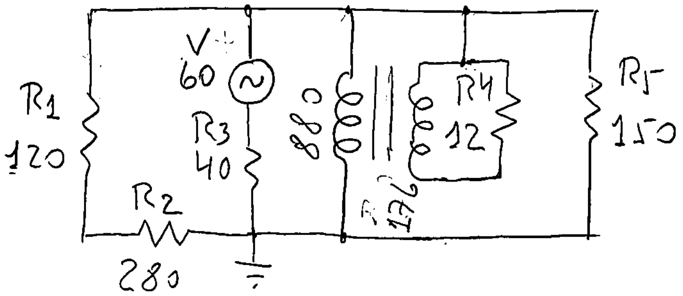


971.8u,60.2m
1.959m,149.98m
I(L1) (A)
T (Secs)



1m,39.511
2m,-22.273
V(2)-V(3)
T (Secs)

Calcule a potência que a fonte entrega ao circuito.



Como $V = 60$, precisa calcular a corrente que a fonte forneceu.

Reduzindo o circuito;

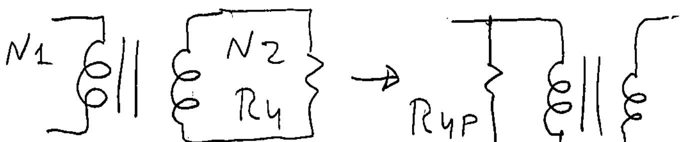
R_1 série $R_2 \rightarrow R_{12} = R_1 + R_2$

$R_{12} = 400\,\Omega$

$$R_{12} // R_5 = \frac{400 \cdot 150}{400 + 150} =$$

$R_{125} = 109{,}09\,\Omega$

Passando R_4 para o primário;



$$\frac{R_{4P}}{R_4} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

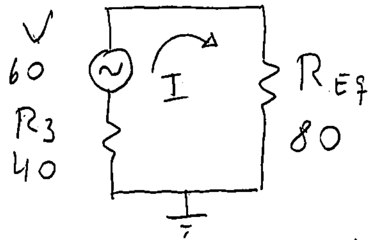
$$R_{4P} = 12 \left(\frac{880}{176}\right)^2 \rightarrow R_{4P} = 300$$

Associando;

$$R_{125} // R_{4P} = \frac{109{,}09 \cdot 300}{109{,}09 \cdot 300}$$

$R_{Eq} = 80\,\Omega$

O circuito ficou:



$$\text{Então } I = \frac{V}{R_3 + R_{Eq}} = \frac{60}{40 + 80}$$

$I = 0{,}5\text{ A}$

Logo

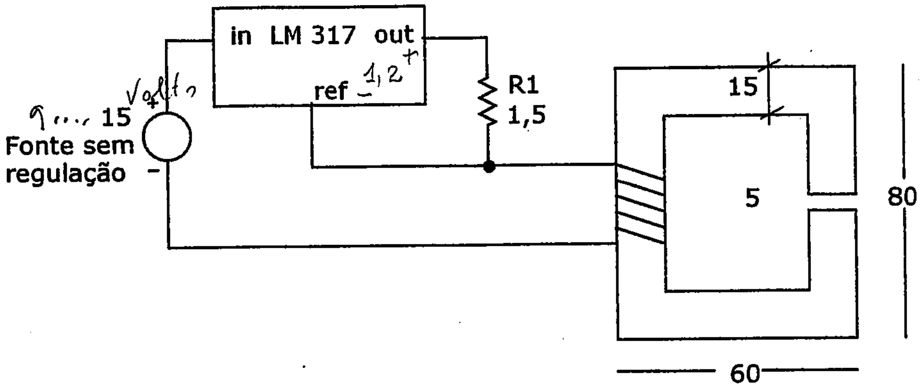
$P_{FONTE} = V \cdot I = 60 \cdot 0{,}5 = 30W$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2008/1

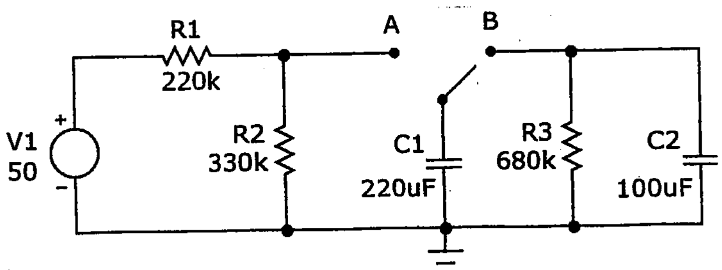
Exame 8/7/2008

Nome: GABARITO **Turma:** _____

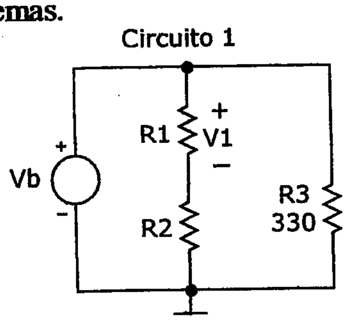
1. (3,5 pontos) A estrutura a seguir é um calibrador de sensores magnéticos, produzindo um campo conhecido e constante com fluxo de 100μWb.
a) Examine o circuito e descreva o seu funcionamento.
b) Calcule o número de espiras da bobina para alcançar estes objetivos, descrevendo cada etapa com textos, equações e esquemas pois isso será avaliado sempre.
Dimensões em mm, secção reta de 15x30. Material com permeabilidade relativa de 3900.
$V_{out} - V_{ref} = 1{,}2$ Volts. Arredonde os cálculos em 3 dígitos significativos.

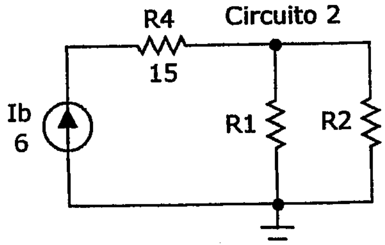


2. (3,5 pontos) O circuito a seguir está ligado a muito tempo com a chave na posição B. Em t = 0, a chave comuta para a posição A. Examine o circuito, entenda o seu funcionamento e então calcule a tensão em C_2 no instante seguinte à comutação da chave para B, o que ocorre em t = 35s. Descreva amplamente cada etapa da solução. $Q = C \cdot V_c$.



3. (3,0 pontos) No circuito 1 mediu-se $V_1 = V_b/1{,}5$. Calcule a corrente no resistor R_2 e a dissipação de calor (potência) em R_4, ambos no circuito 2. Descreva cada etapa com textos, equações e esquemas.

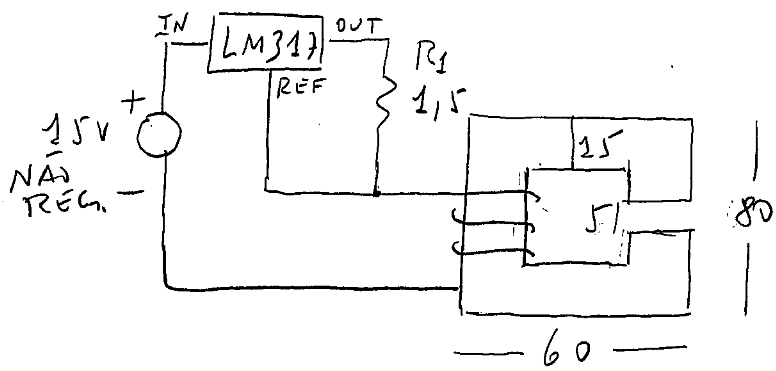




A estrutura a seguir é um calibrador para sensores magnéticos, oferecendo um campo conhecido e constante com fluxo de 100 μWb.

a) Examine o circuito e descreva o seu funcionamento.

b) Calcule o número de espiras da bobina para alcançar este objetivo, descrevendo cada etapa com textos, equações e esquemas.



Dimensões em mm, secção reta constante de 15x30. Permeabilidade do material é de 3900. $V_{OUT}-V_{REF}=1,2$

EX 2008/1

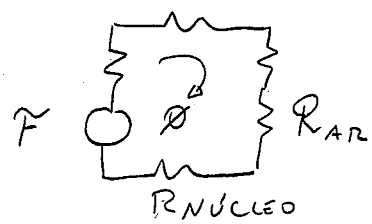
---

a) O LM317 opera como fonte de corrente constante de modo que o fluxo na estrutura será constante também.

b) corrente fornecida pelo regulador:

$$I = \frac{V_{out}-V_{ref}}{R_1} = \frac{1,2}{1,5} = 0,8\,A //$$

Equivalente elétrico da estrutura magnética:



$$\phi = \frac{F}{R_{N\,TOTAL}+R_{AR}} \quad e \quad R = \frac{l}{\mu\cdot A}$$

$$e \quad F = N\cdot I$$

considerando o fluxo concentrado no centro da estrutura:

$$l_N = 2\cdot(60-15)+(80-15)+(80-5-15)$$

$$= 215\,mm = 215\cdot 10^{-3}\,m$$

$$l_{AR} = 5\,mm = 5\cdot 10^{-3}\,m$$

$$A = 15\,mm \times 30\,mm = 450\,mm^2 = $$

$$= 450\cdot 10^{-6}\,m^2$$

$$\mu_N = \mu_0\,\mu_{rN} = 4\pi 10^{-7}\cdot 3900 = 4,9\cdot 10^{-3}\,\frac{Wb}{A\cdot m}$$

Então: $$R_N = \frac{215\cdot 10^{-3}}{4,9\cdot 10^{-3}\cdot 450\cdot 10^{-6}}$$

$$R_N = 97.488\ A/Wb //$$

$$R_{AR} = \frac{5\cdot 10^{-3}}{4\pi\cdot 10^{-7}\cdot 450\cdot 10^{-6}}$$

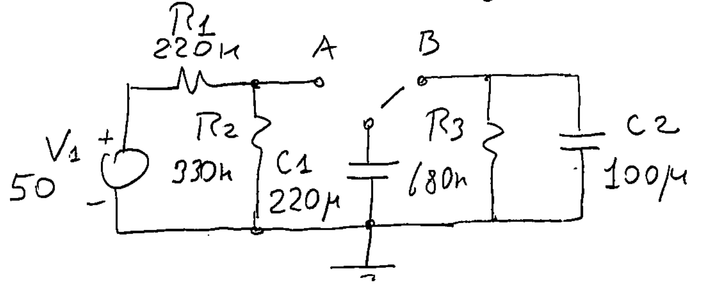
$$R_{AR} = 8,842\cdot 10^{6} //$$

Substituindo:

$$100\cdot 10^{-6} = \frac{N\cdot \overset{0,8}{I}}{97.488+8,842\cdot 10^{6}}$$

$$N = 1117 \text{ espiras} //$$

O circuito está a muito tempo com a chave em B. Em $t=0$ a chave comuta para A e, em $t=35s$ a chave volta à posição B. Calcule a tensão em C2 um instante após $t=35s$.

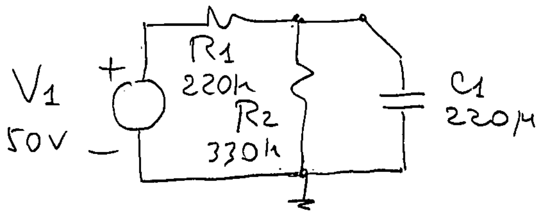


EX 2008/1

---

chave em B: C1 e C2 estão descarregados.

Em $t=0$ chave em A:



$$V_{C}(t) = V_C(\infty)\left(1-e^{-t/R\cdot C}\right)$$

Em $t=\infty$, C1 carregado e $i_{C1}(\infty)=0$. Fica a divisão de tensão:

$$V_{C1}(\infty) = V_1 \frac{R_2}{R_1+R_2} = 50\,\frac{330}{220+330}$$

$$V_{C1}(\infty) = 30 \text{ Volts}$$

Matando a fonte,

$$R = R_1 // R_2 = \frac{220\cdot 330}{220+330} = 132k$$

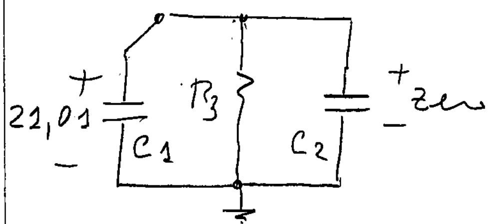
$$\tau = R\cdot C = 132k \cdot 220\mu = 29{,}04s$$

Em $t=35s$:

$$V_{C1}(35) = 30\left(1-e^{-\frac{35}{29{,}04}}\right)$$

$$V_{C1}(35) = 21{,}01 \text{ Volts} //$$

Neste momento a chave comuta para B:



A carga de C1 se distribui por C2 instantâneamente e, em $t=35+\Delta$, $V_{C1}=V_{C2}$, após o que eles começam a se descarregar por R3.

Cargas em $t=35+\Delta$:

$$q_1 = V_{C1}\cdot C_1 = 21{,}01\cdot 220\cdot 10^{-6}$$

$$q_1 = 4{,}622 \text{ mC}$$

capacitância total:

$$C = C_1 + C_2 = 220\mu + 100\mu = 320\mu$$

Como a carga não mudou:

$$q_1 = C\cdot V_C$$

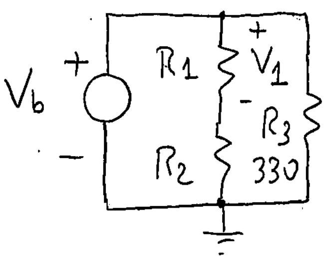
$$4{,}622m = 320\mu \cdot V_C$$

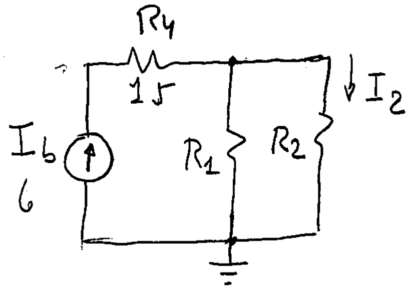
$$V_C = V_{C1} = V_{C2} = 14{,}44 \text{ Volts}$$

Parecido com P1 2005/1

No circuito 1 mediu-se $V_1 = V_b/1{,}5$. Calcule a corrente I_2 e a dissipação de calor em R_4 no circuito 2, descrevendo cada etapa do seu trabalho.

CIRCUITO 1





Ex 2008/1

Circuito 1:

R_3 em paralelo com a fonte de tensão V_b não influi nos objetivos.

Divisor de tensão:

$$V_1 = V_b \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

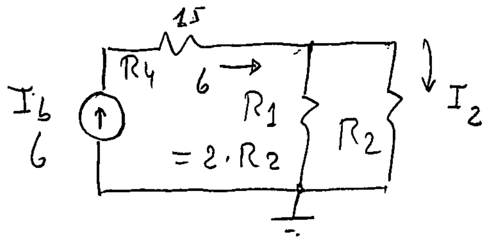
$$\frac{\cancel{V_b}}{1{,}5} = \cancel{V_b}\,\frac{R_1}{R_1+R_2}$$

$$R_2 = 1{,}5 R_1 - R_1$$

$$R_2 = 0{,}5 \cdot R_1 \rightarrow \quad R_1 = 2 \cdot R_2 \;//$$

Circuito 2:

Fonte de corrente I_b força 6 Ampères pelo circuito, independente do valor de R_1 e R_2:



Divisor de corrente:

$$I_2 = I_b \, \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

$$I_2 = 6 \, \frac{2 \cdot R_2}{2 \cdot R_2 + R_2}$$

$$I_2 = 4 \text{ Ampères} \;//$$

Dissipação em R_4

$$P_4 = I_b^2 \cdot R_4 = 6^2 \cdot 15$$

$$P_4 = 540 \text{ Watts} \;//$$

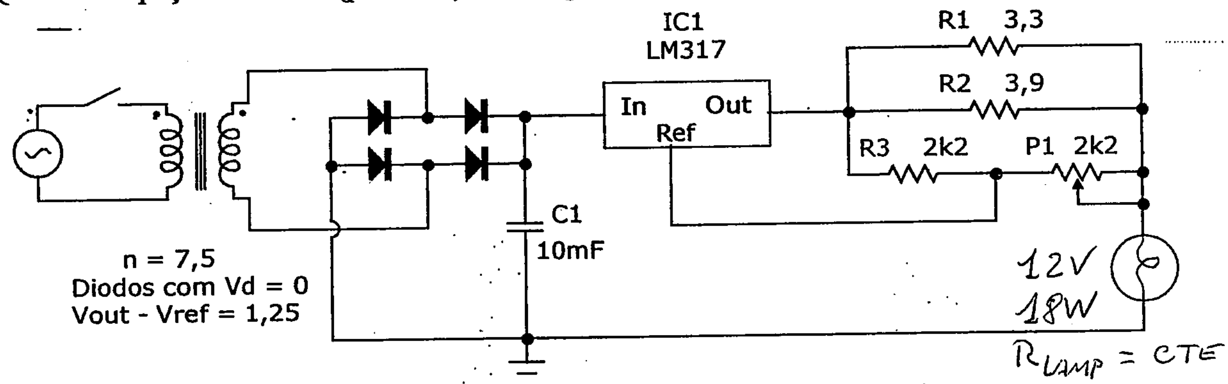
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2008/2

Exame 2/12/2008

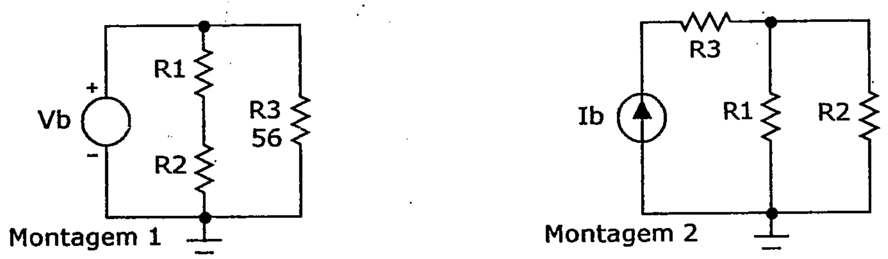
Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3,5 pontos) O circuito a seguir faz parte de um microscópio ótico, alimentado por qualquer tensão alternada de 60Hz entre 120 volts de pico e 330 volts de pico. Lembrando sempre de documentar cada passo da solução com textos, equações e diagramas (pois isso será valiado sempre), responda:

a) Examine e descreva agora o seu funcionamento em termos qualitativos
b) Qual a dissipação de potência na lâmpada com o ajuste em cada um dos seus dois limites?
c) Qual a dissipação de calor (potência) no integrado com alimentação e brilho no máximo?

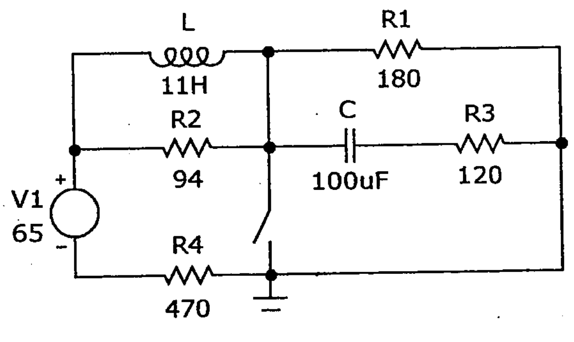


2. (3,0 pontos) Os dois circuitos abaixo foram montados com os mesmos resistores.
Na montagem 1, o resistor R_1 aqueceu quatro vezes mais do que R_2. Na montagem 2, a corrente em R_2 foi de 2 Ampères.
Calcule a dissipação de calor em R_3 na montagem 2. Descreva amplamente cada etapa da solução pois isso ajuda a entender a questão.



3. (3,5 pontos) O circuito a seguir está alimentado a bastante tempo e, em t = 0, a chave fecha.

a) Descreva agora o que acontece a partir deste momento
b) Equacione a corrente no capacitor e a tensão no indutor, documentando convenientemente cada etapa do seu trabalho
c) Esboce os gráficos, colocando os valores iniciais e finais que foram calculados.



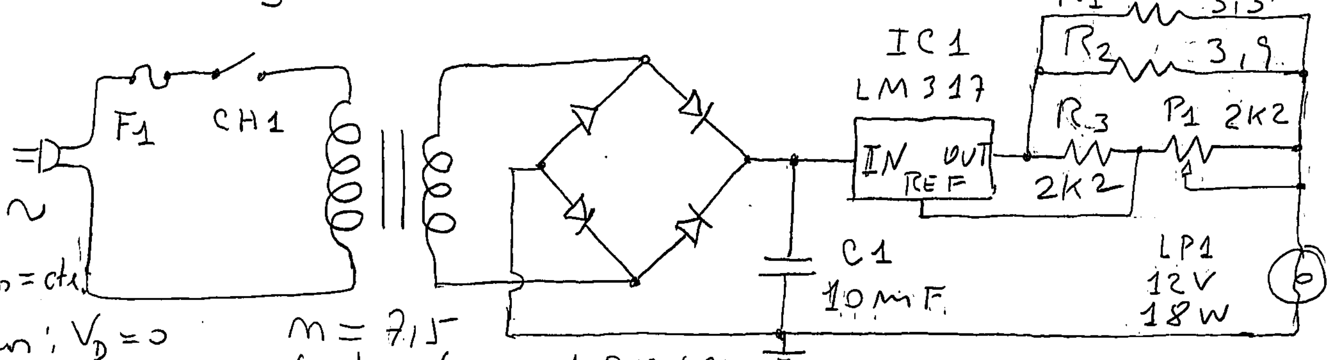
O circuito a seguir faz parte de um microscópio ótico, alimentado por qualquer tensão alternada entre 120 Volts de pico e 330 Volts de pico da senóide de 60 Hz.

a) Examine e descreva o seu funcionamento em termos qualitativos.

b) Qual a dissipação de potência na lâmpada com o ajuste em cada um dos seus dois limites?

c) Qual a dissipação de calor (potência) do integrado com alimentação e brilho máximo?

d) Em alguma condição a lâmpada sofre sobrecargas? Documente cada passo da solução.



$R_{LAMP} = cte$

Diodos: $V_D = 0$

$(V_{in} - V_{out})_{min} = 0$

$n = 7,5$

$V_{out} - V_{ref} = 1,25$ Volts

EX 2008/2

a) Fonte de alimentação da lâmpada, isolada da rede (trafo + retificador + filtro) e fonte de corrente ajustável e regulada pelo integrado.

b) Tensão na saída do trafo:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = n$$

$$V_2 = \frac{V_1}{n} = \frac{120}{7,5} \rightarrow V_2 = 16V$$

O.K. consegue alimentar a lâmpada (mas pode exceder a tensão máxima de 12V).

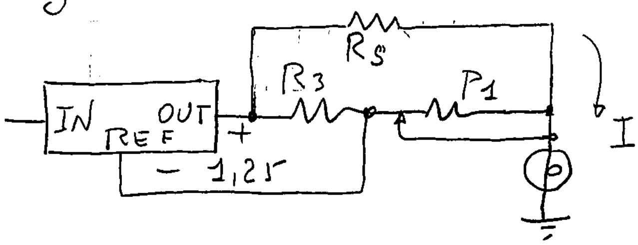
$$P_{LAMP} = V \cdot I = V^2/R = I^2 \cdot R$$

$$18W = \frac{12^2}{R_L} \rightarrow R_L = 8\Omega$$

$$18W = 12 \cdot I_L \rightarrow I_{LAMP} = 1,5A$$

$$R_1 // R_2 = 1,784\ \Omega = R_S$$

Ajustando P1 em zero:



$$R_{equiv.} = R_S // R_3 \cong R_S$$

$$I_L = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{R_{equiv.}} = \frac{1,25}{1,784}$$

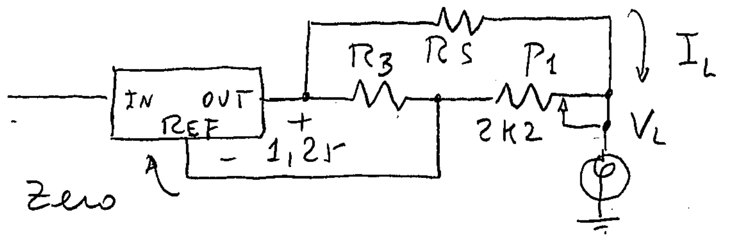
$$I_L = 0,6993 \rightarrow I_L = 0,7\ Amp.$$

A dissipação de calor na lâmpada fica:

$$P_L = I_L^2 \cdot R_{LAMP} = 0,7^2 \cdot 8$$

$$P_L = 3,92\ Watts$$

Ajustando P_1 no máximo:



Divisor de tensão:

$$(V_{OUT} - V_{REF}) = (V_{OUT} - V_L)\,\frac{R_3}{R_3 + P_1}$$

$$V_{OUT} - V_L = 2 \cdot 1{,}25 = 2{,}5 \text{ Volts}$$

$$R_{equiv} = R_S \,/\!/\, (R_3 + P_1) \cong R_S$$

Corrente na lâmpada:

$$I_L = \frac{V_{OUT} - V_L}{R_S} = \frac{2{,}5}{1{,}784}$$

$$I_L = 1{,}4013 \rightarrow I_L = 1{,}4 \text{ Amp} \;/\!/$$

Pouco menos que a máxima corrente que a lâmpada suporta. O.K.!

A dissipação de calor na lâmpada fica:

$$P_L = I_L^2 \cdot R_{LAMP} = 1{,}4^2 \cdot 8$$

$$P_L = 15{,}68 \text{ Watts} \;/\!/$$

c) Com alimentação máxima o transformador fornece:

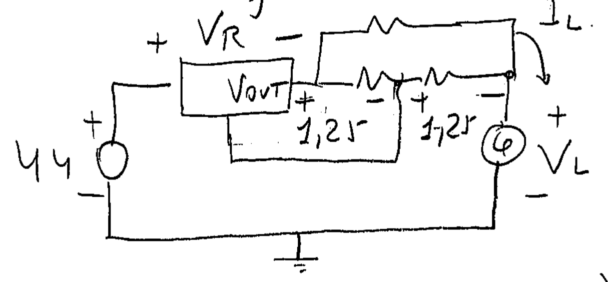
$$\frac{V_1}{V_2} = n$$

$$\frac{330}{V_2} = 7{,}5 \rightarrow V_2 = 44 \text{ Volts} \;/\!/$$

A fonte de corrente não muda:

$$I_L = \text{máx} = 1{,}4 \text{ Amp.}$$

Circuito fica:



$$KVL: -44 + V_R + (V_{OUT} - V_L) + V_L = 0$$

como $V_L = I_L \cdot R_{LAMP}$

$V_L = 1{,}4 \cdot 8 = 11{,}2V$ então:

$$V_R = 44 - 2{,}5 - 11{,}2$$

$$V_R = 30{,}3 \text{ Volts}$$

Dissipação no integrado:

$$P_R = V_R \cdot I_L = 30{,}3 \cdot 1{,}4$$

$$P_R = 42{,}42 \text{ Watts} \;/\!/$$

d) Examinando os cálculos, a lâmpada nunca sofre sobrecargas pois:

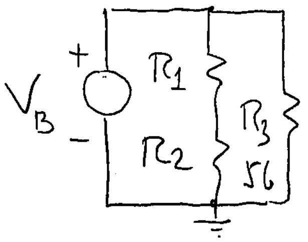
$$I_{L\,máx} = 1{,}4 A$$

$$I_{L\,min} = 0{,}7 A$$

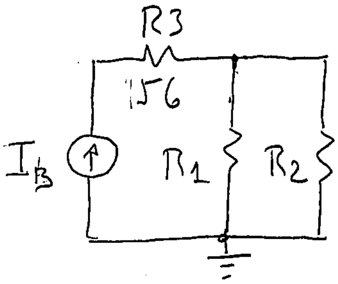
A tensão sobre a lâmpada não importa pois o que queima é a corrente.

Os dois circuitos a seguir foram montados com os mesmos resistores.
Na montagem 1, o resistor R_1 aqueceu quatro vezes mais do que R_2.
Na montagem 2, a corrente em R_2 foi de 2 Ampères.
Calcule a dissipação de calor no resistor R_3 na montagem 2.
Descreva amplamente cada etapa da solução pois isso ajuda a entender a questão.

MONTAGEM 1



MONTAGEM 2



EX 2008/2

MONTAGEM 1:

R_1 e R_2 estão em série e por eles passa a mesma corrente. I_x

Potência:

$$P_1 = I_x^2 \cdot R_1 = 4 \cdot P_2$$

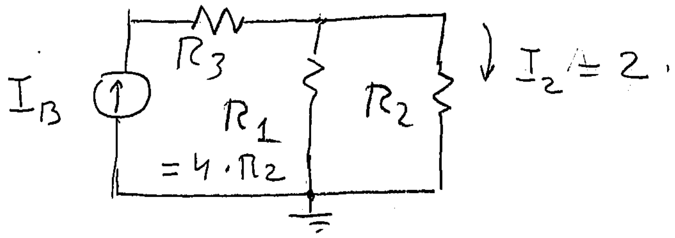
$$P_2 = I_x^2 \cdot R_2$$

Então:

$$\cancel{I_x^2} \cdot R_1 = 4 \cdot \cancel{I_x^2} \cdot R_2$$

$$R_1 = 4 \cdot R_2 \quad // \quad (1)$$

MONTAGEM 2:



Fonte força I_B por R_3 até o divisor de corrente formado por R_1 e R_2.

Equacionando:

$$I_2 = I_B \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \qquad \text{Usando (1)}$$

$$2 = I_B \, \frac{4 \cdot R_2}{4 \cdot R_2 + R_2}$$

Logo $I_B = 2{,}5$ Ampères

Potência em R_3:

$$P_3 = I_B^2 \cdot R_3 = 2{,}5^2 \cdot 56$$

$$P_3 = 350 \text{ Watts} //$$

Extensão:

Resistor R_3 aqueceu igualmente nas duas montagens. Calcule V_B.

Na montagem 1 então $P_3 = 350$ W

$$P_3 = \frac{V_B^2}{R_3} \rightarrow 350 = \frac{V_B^2}{56}$$

$$V_B = 140 \text{ Volts} //$$

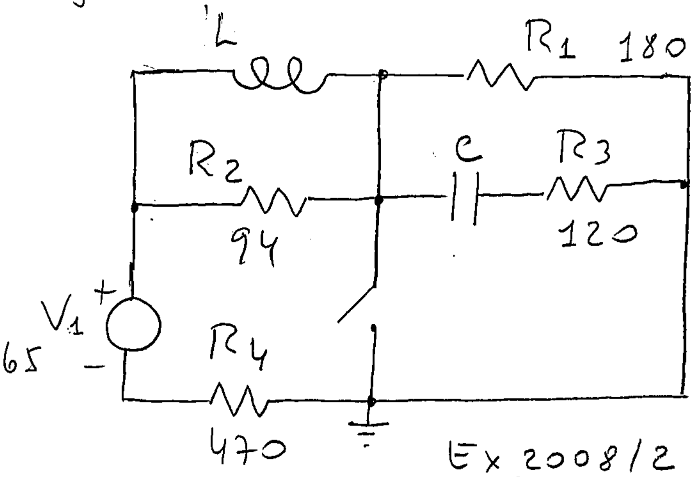
Calcule agora R_1 e R_2 ... pode?

O circuito a seguir está alimentado a bastante tempo e, em $t=0$, a chave fecha.

a) Descreva o que acontece a partir deste momento.

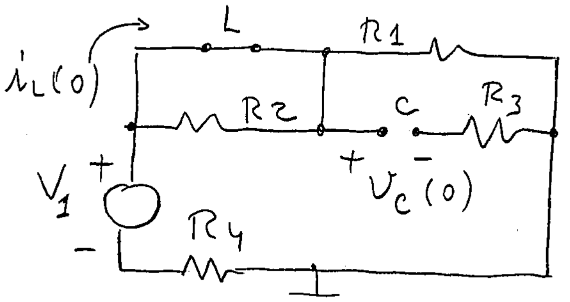
b) Equacione a corrente no capacitor e a tensão no indutor, descrevendo amplamente cada etapa com textos, equações e diagramas.

c) Esboce os dois gráficos colocando os valores iniciais e finais que foram calculados.



Ex 2008/2

Em $t=0^-$ circuito estável: C = aberto L = curto :



Temos: $V_L(0)=0 \quad i_C(0)=0$

Examinando o circuito:

$$i_L(0) = \frac{V_1}{R_1+R_4} = \frac{65}{180+470} = 0{,}1 \text{ Amp}$$

Divisor de tensão:

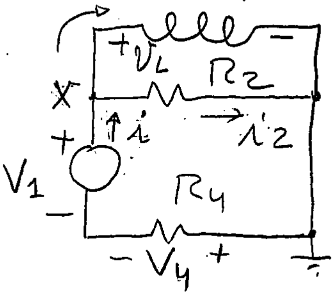
$$V_C(0) = V_{R1} = V_1 \frac{R_1}{R_1+R_4}$$

$$V_C(0) = 65 \cdot \frac{180}{180+470} = 18 \text{ Volts}$$

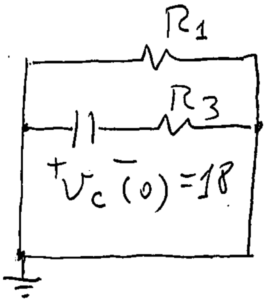
Em $t=0$ a chave fecha dividindo o circuito em duas partes:

circuito A:

$i_L(0)=0{,}1$



Circuito B:



Equacionando $V_L(t)$ no circuito A:

$$V_L(t) = V_L(0) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

como $i_L(0_-) = i_L(0) = i_L(0+) = 0{,}1$

Aplicando KCL no nó X em $t=0$:

$$i_L(0) + i_2(0) - i(0) = 0$$

$$0{,}1 + \frac{V_L(0)}{R_2} - i(0) = 0 \quad (1)$$

Aplicando KVL na malha:

$$-V_1 + V_L(0) + V_4 = 0$$

$$-65 + V_L(0) + i(0) \cdot R_4 = 0 \quad (2)$$

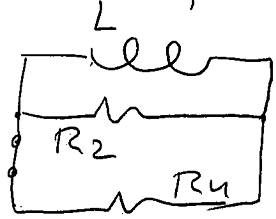
De (1) : $i(0) = 0{,}1 - \frac{V_L(0)}{94}$

Levando em (2) :

$$-65 + v_L(0) + \left(0{,}1 - \frac{v_L(0)}{94}\right) \cdot 470 = 0$$

Então $v_L(0) = 13$ Volts //

Para calcular a constante de tempo matamos as fontes:



$R_{eq} = R_2 \parallel R_4$

$R_{eq} = 78{,}33\ \Omega$

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{11}{78{,}33} = 0{,}1404\ s //$$

Portanto:

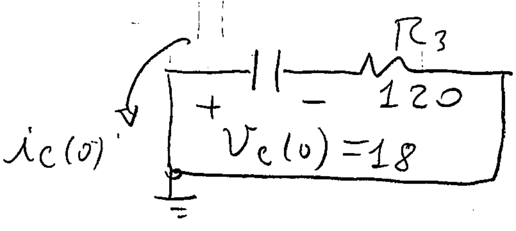
$$v_L(t) = 13 \cdot \left(1 - e^{\frac{-t}{0{,}14}}\right) //$$

Equacionando $i_C(t)$ no circuito B:

$$i_C(t) = i_C(0) \cdot \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$$v_C(0-) = v_C(0) = v_C(0+) = 18$$

R_1 ficou em curto pela chave e o circuito em $t=0$ é:



Descarga do capacitor.

Então:

$$i_C(0) = \frac{v_C(0)}{R_3} = \frac{18}{120}$$

$i_C(0) = 0{,}15$ Amp //

constante de tempo:

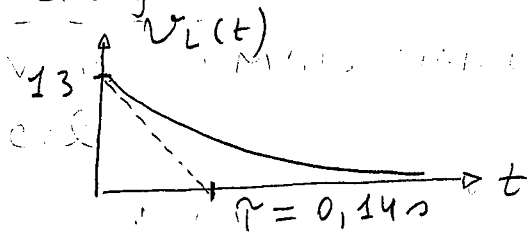
$$\tau = R_3 \cdot C = 120 \cdot 100 \cdot 10^{-6}$$

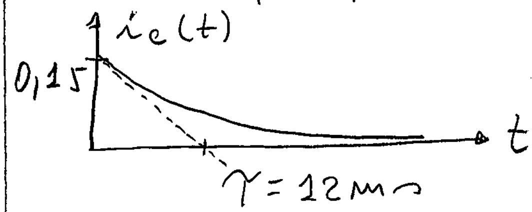
$\tau = 0{,}012\ s$

Finalmente:

$$i_C(t) = 0{,}15 \cdot \left(e^{\frac{-t}{0{,}012}}\right) //$$

Gráficos:





VERSÃO MAIS SIMPLES: calcule $i_L(t)$

$$i_L(t) = i_L(0) \cdot e^{-t/\tau}$$

$$i_L(t) = 0{,}1 \cdot e^{\frac{-t}{0{,}14}} //$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica   2009/1

Exame   7/7/2009

Nome: GABARITO **Turma:** ____

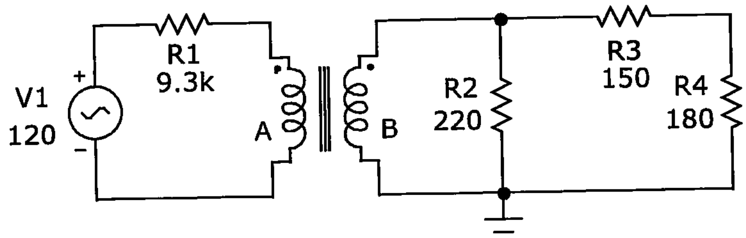
Escreva de cima para baixo e não para os lados. Procure organizar os pensamentos e definir os objetivos de cada etapa antes de mergulhar nos cálculos.

1. (5 pontos) A rede elétrica fornece para o circuito a seguir uma corrente $i_P = 4{,}167mA$.

Calcule a corrente sobre R_3.

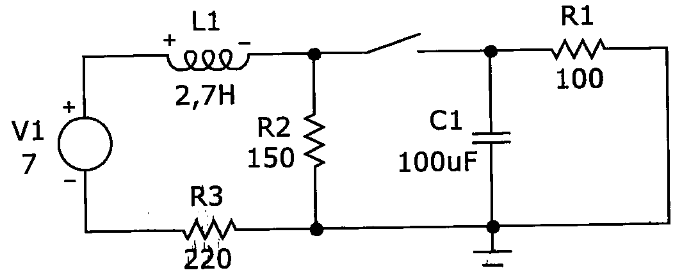
Inicialmente analise o circuito e <u>escreva</u> o caminho para a solução. Comece então o equacionamento formal, escrevendo cada equação em formato literal e depois colocando os valores do circuito. Cada etapa deve ser amplamente documentada com textos, esquemas e equações pois isso vai ser avaliado sempre. Arredondamento em 4 dígitos significativos.

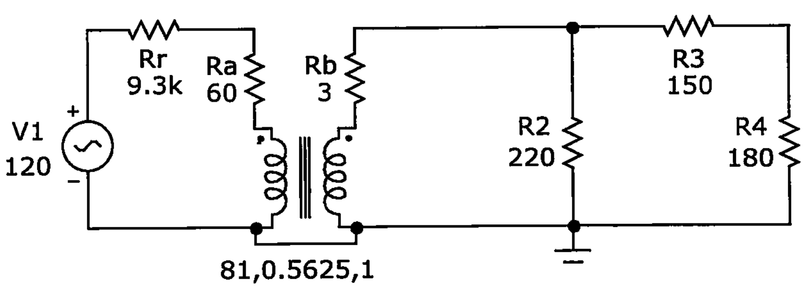
Bobina A: 900 espiras com 60Ω de resistência. Bobina B: 75 espiras com 3Ω de resistência.



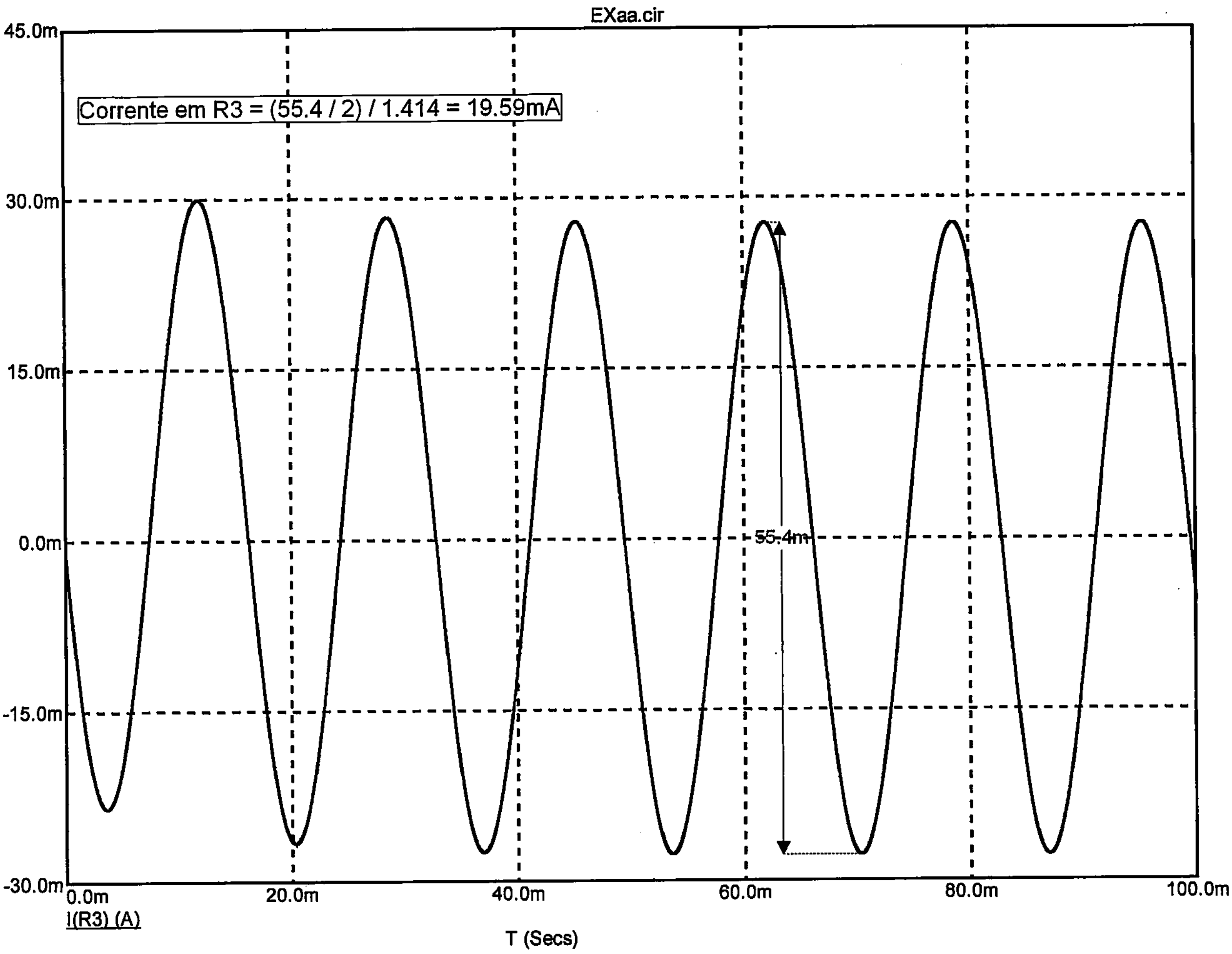
2. (5 pontos) O circuito a seguir está ligado a muito tempo. Em t = 0 a chave abre.

Equacione e esboce o gráficos de $v_L(t)$ e $i_C(t)$ deste evento, documentando amplamente cada etapa da solução com textos, equações e diagramas.





N1=900 L1=900x900=81e4
N2=75 L2=75x75=5625=0.5625e4



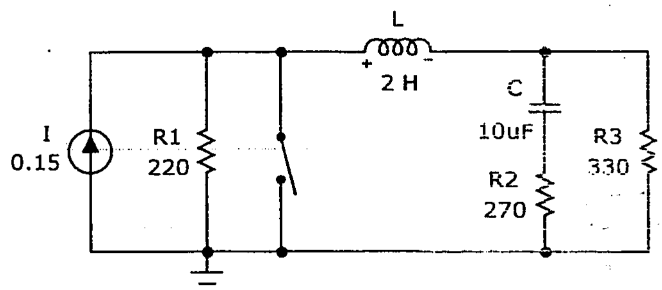
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2009/2

Exame 12/12/2009

Nome: GABARITO **Turma:** _____

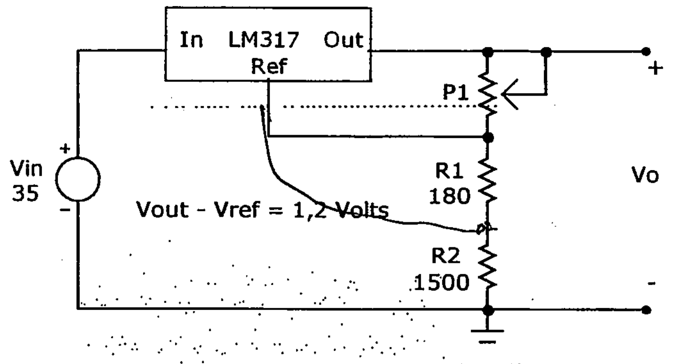
3,5

1. Equacione o circuito a seguir com o objetivo de determinar as condições iniciais e finais da tensão e da corrente no indutor e no capacitor, após a chave abrir em t = 0.
Cada etapa deve ser descrita com textos, equações e esquemas pois isso vai ser avaliado sempre. Procure fazer um trabalho organizado para facilitar a revisão. Escreva de cima para baixo.



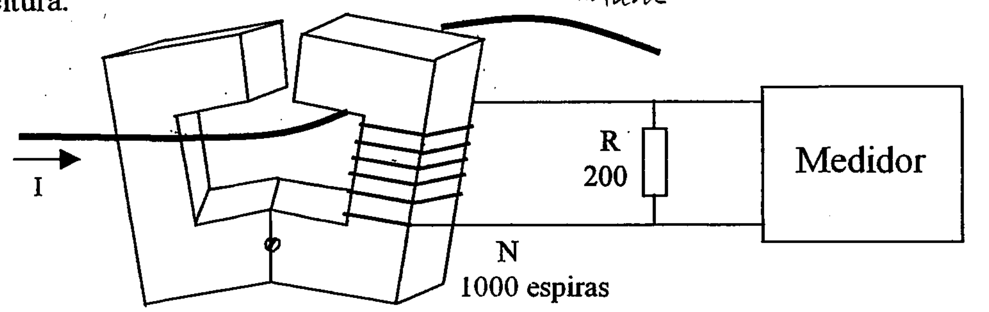
3,5

2. A fonte de alimentação regulada a seguir usa um potenciômetro com valor nominal de P_1 = 220Ω, com tolerância de ±15%.
a) Calcule os limites de tensão V_o da fonte, usando o valor nominal de P_1.
b) Calcule as mínimas tensões de saída quando P_1 assumir os seus dois limites de tolerância.
c) Adicione um resistor ajustável (valor e localização do trimpot) para compensar o erro em $V_{omínimo}$ quando o P_1 usado na montagem tiver valor abaixo do nominal.
Descreva todas as etapas com textos, equações e diagramas.

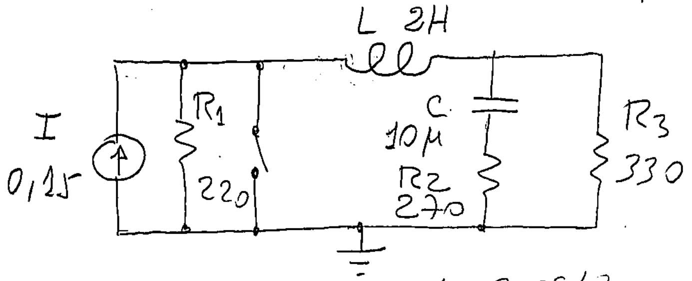


3,0

3. A estrutura a seguir faz parte de um multímetro de alicate que, entre outras funções, permite medir a corrente que passa por um fio sem a necessidade de inserir o medidor em série com o fio. As duas peças de material ferromagnético se abrem para abraçar o fio e fecham por força de uma mola.
a) Descreva esta estrutura, princípio de funcionamento, tipos de corrente que podem ser medidas, etc.
b) Equacione o circuito para determinar a proporção entre a corrente I e a leitura no medidor.
c) Descreva e justifique as características que o medidor deve possuir.
d) Use a estrutura para medir uma corrente I de 6 Ampères alternada e informe o valor da leitura e a escala de leitura.



Determine as condições do circuito a seguir, no instante posterior à abertura da chave e após transcorrido muito tempo: Tensões e correntes em L e C. Documente cada etapa.



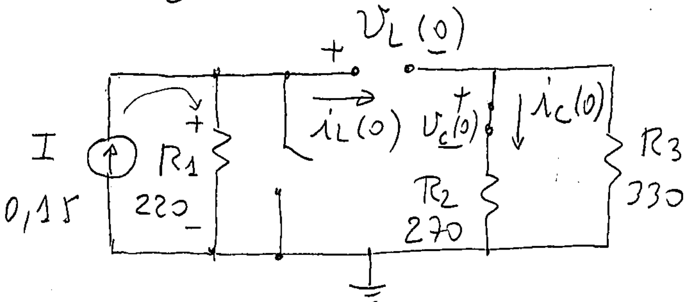
Ex 2009/2

Com a chave fechada, o circuito não tem alimentação e todas as tensões e correntes em L e C são zero.

Em $t=0$ a chave abre, existe uma variação no circuito e o comportamento fica:

L = aberto

C = curto



Condições iniciais:

$i_L(0) = 0$

$v_C(0) = 0$

$i_C(0) = 0$

Devido à $i_L(0) = 0$,

$V_{R1}(0) = I \cdot R_1 = 0{,}15 \cdot 220$

$V_{R1}(0) = 33$ Volts

KVL na malha:

$-V_{R1}(0) + v_L(0) + v_C(0) + V_{R2}(0) = 0$

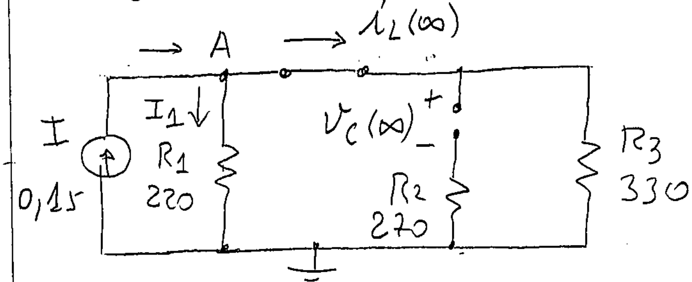
$-33 + v_L(0) + 0 + 0 = 0$

$v_L(0) = 33$ Volts //

Após muito tempo, o circuito se estabiliza e

L = curto

C = aberto



Condições finais:

$v_L(\infty) = 0$

$i_C(\infty) = 0$

Corrente no indutor:

KCL no nó A:

$-I + I_1 + i_L(\infty) = 0$

$-I + \dfrac{V_A}{R_1} + \dfrac{V_A}{R_3} = 0$

$-0{,}15 + V_A \left(\dfrac{1}{220} + \dfrac{1}{330}\right) = 0$

$V_A = \dfrac{0{,}15}{7{,}575 \cdot 10^{-3}} \rightarrow V_A = 19{,}8\,V$

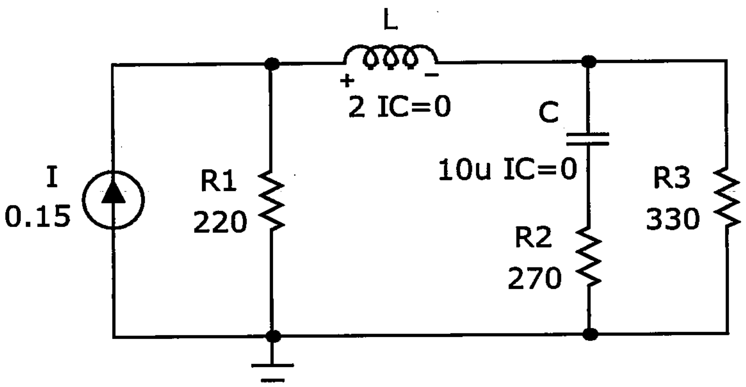
Então:

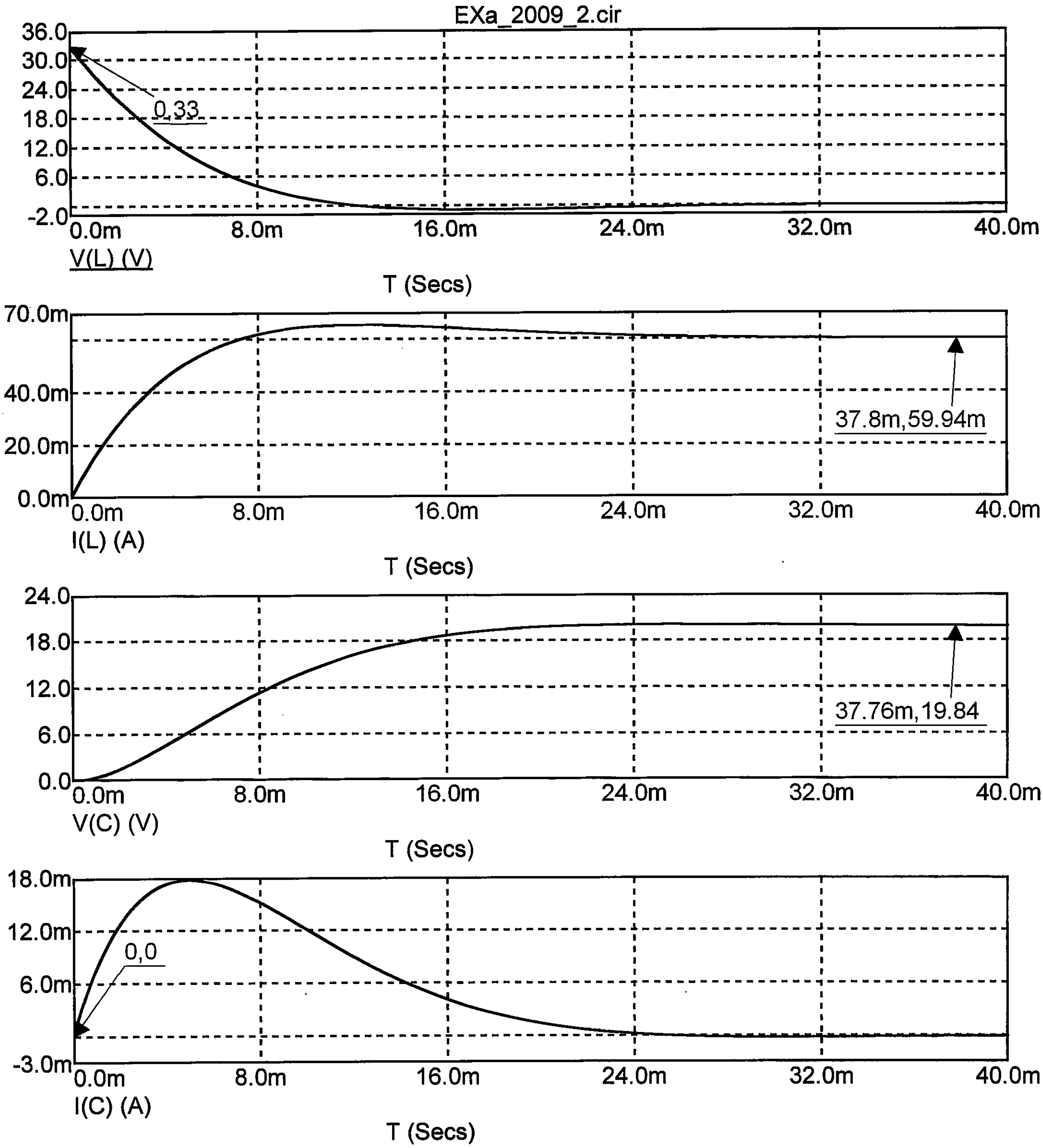
$i_L(\infty) = \dfrac{V_A}{R_3} = \dfrac{19{,}8}{330} = 0{,}06$ Amp

Como $i_C(\infty) = 0$, não existe tensão em R2 de modo que:

$v_C(\infty) = V_A$

$v_C(\infty) = 19{,}8$ Volts //


L
2 IC=0
C
10u IC=0
I
0.15
R1
220
R2
270
R3
330

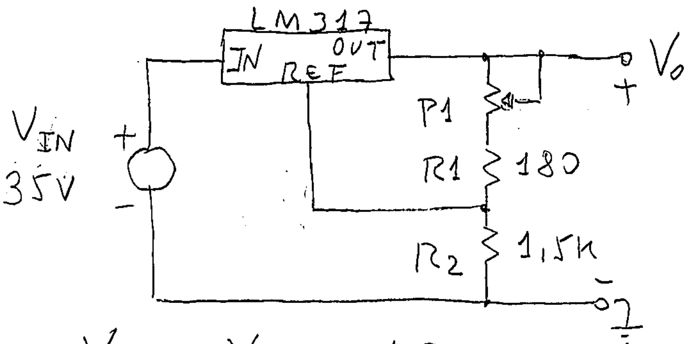

EXa_2009_2.cir
0,33
V(L) (V)
T (Secs)
37.8m,59.94m
I(L) (A)
T (Secs)
37.76m,19.84
V(C) (V)
T (Secs)
0,0
I(C) (A)
T (Secs)

A fonte de alimentação regulada a seguir usa um potenciômetro com valor nominal de 220 Ω com tolerância de ± 15%.

a) Calcule os limites de tensão de saída Vo usando o valor nominal de P1.

b) Calcule as mínimas tensões de saída quando P1 assumir os seus dois limites de tolerância.

c) Adicione um ajuste por trimpot (valor e localização) para compensar o erro em Vomin quando P1 tiver valor abaixo do nominal. Documente cada etapa.



$V_{OUT} - V_{REF} = 1,2$

$I_{REF} = \text{zero}$

Ex 2019/2

O circuito é um regulador de tensão ajustável. Examinando a topologia,

$$I = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{P1 + R_1}$$

Aplicando KVL:

$$V_{OUT} - V_{REF} + V_{R2} - V_O = 0$$

Como $V_{R2} = I \cdot R_2 = \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{P1 + R_1} \cdot R_2$,

$$V_O = V_{OUT} - V_{REF} + \frac{V_{OUT} - V_{REF}}{P1 + R_1} \cdot R_2$$

$$V_O = (V_{OUT} - V_{REF}) \cdot \left(1 + \frac{R_2}{P1 + R_1}\right) \;//$$

a) Com os limites de P1 em 220 e zero vem:

$$V_{O\,min} = 1,2\left(1 + \frac{1500}{220 + 180}\right) = 5,7$$

$$V_{O\,max} = 1,2\left(1 + \frac{1500}{0 + 180}\right) = 11,2 \;//$$

b) Tolerância de P1:

15%. $P_1 = 0,15 \cdot 220 = 33\,\Omega$

$P_{1\,min} = 220 - 33 = 187\,\Omega$ //

$P_{1\,max} = 220 + 33 = 253\,\Omega$ //

$$V_{O\,min}\big|_{+15\%} = 1,2\left(1 + \frac{1500}{253 + 180}\right) = 5,357$$

$$V_{O\,min}\big|_{-15\%} = 1,2\left(1 + \frac{1500}{187 + 180}\right) = 6,105$$

c) Supondo $P_{1\,min} = 187\,\Omega$, $V_{O\,min} = 6,105$, acima do desejado $V_{O\,min}\big|_{nominal} = 5,7$

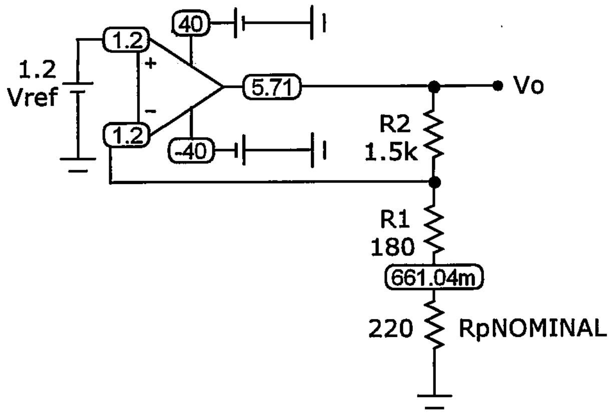
Examinando a equação de Vo, para reduzir Vo de 6,105 para 5,7 precisa aumentar P_1 colocando um trimpot em série:

$$V_O = (V_{OUT} - V_{REF})\left(1 + \frac{R_2}{P_1 + R_1 + R_T}\right)$$

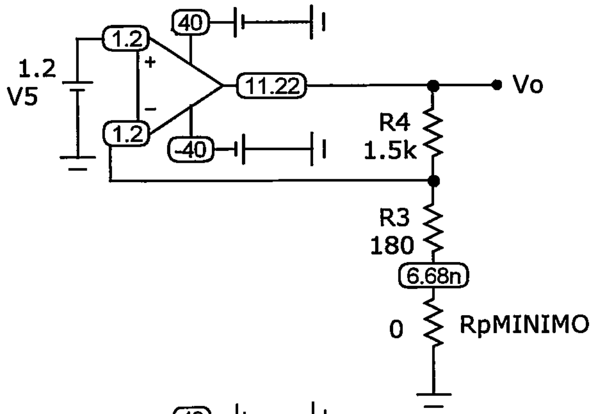
$$5,7 = 1,2\left(1 + \frac{1500}{187 + 180 + R_T}\right)$$

$R_T = 33\,\Omega$ (óbvio)

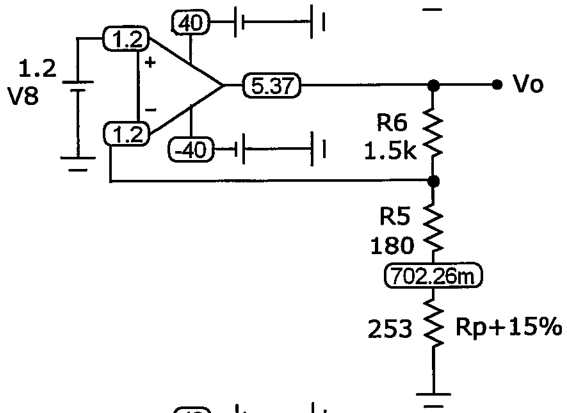
Usaremos $R_T = 47\,\Omega$ valor comercial //



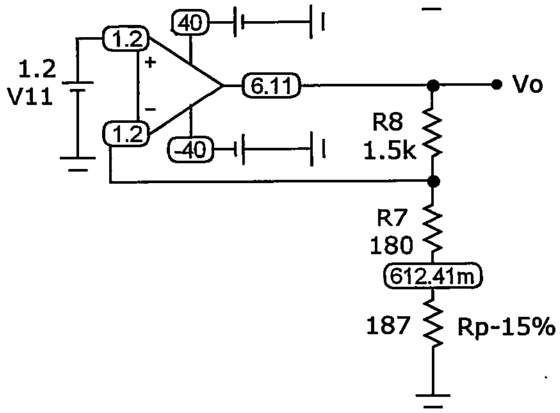
40
1.2
1.2
Vref
1.2
5.71
Vo
R2
1.5k
-40
R1
180
661.04m
220
RpNOMINAL



40
1.2
1.2
V5
1.2
11.22
Vo
R4
1.5k
-40
R3
180
6.68n
0
RpMINIMO



40
1.2
1.2
V8
1.2
5.37
Vo
R6
1.5k
-40
R5
180
702.26m
253
Rp+15%



40
1.2
1.2
V11
1.2
6.11
Vo
R8
1.5k
-40
R7
180
612.41m
187
Rp-15%

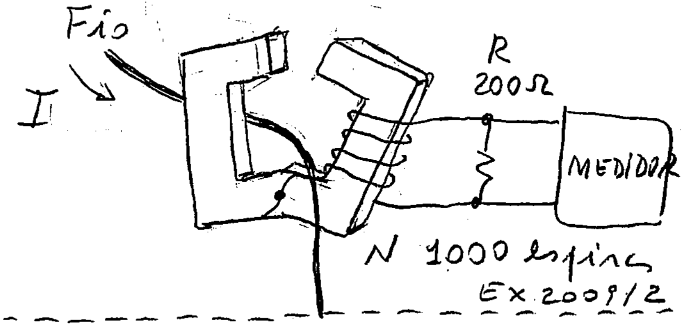
A estrutura a seguir faz parte de um multímetro de alicate que, entre outras funções, permite medir correntes que passam por um fio sem a necessidade de colocar o medidor em série com o fio. As duas peças de material ferromagnético se afastam para inserir o fio e fecham por força de uma mola.

a) Descreva esta estrutura, princípio de funcionamento, tipos de corrente que podem ser medidas, etc.

b) Equacione o circuito para determinar a proporção entre a corrente I e a leitura no medidor.

c) Descreva e justifique as características que o medidor deve possuir.

d) Use a estrutura para medir uma corrente I de 6 Ampères e informe o valor da leitura, definindo então a escala de leitura.



Ex 2009/2

a) Transformador com uma espira na entrada e 1000 espiras na saída. Só funciona com correntes alternadas. corrente em R desenvolve uma tensão

b) Usando a equação que relaciona correntes com espiras:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad \text{Isolando } I_2$$

$$I_2 = I_1 \frac{N_1}{N_2} \quad // \ 1$$

A tensão sobre R vale:

$$V = R \cdot I = R \cdot I_1 \frac{N_1}{N_2} \quad // \ 2$$

c) A maneira como o medidor está ligado é para medir a tensão sobre R. Logo o medidor é um voltímetro para tensões alternadas.

d) Medindo $I = 6$ Ampères:
Usando 2:

$$V = 200 \cdot 6 \cdot \frac{1}{1000} = 1{,}2 \text{ Volts}$$

Escala: $6 — 1{,}2$
$1 — x$

$$x = \frac{1{,}2}{6} = 0{,}2 \quad \text{então:}$$

$$\text{Escala} = 0{,}2 \ \frac{\text{Volt}}{\text{Ampère}} \quad //$$

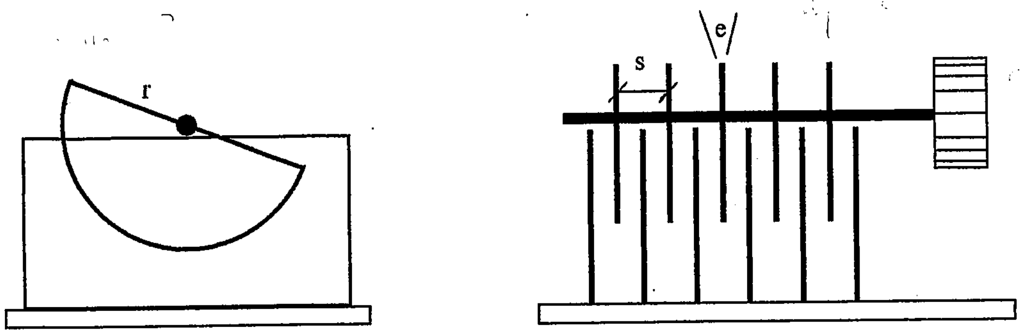
Queda de tensão no fio: $V_1/V_2 = N_1/N_2 \rightarrow V_1 = V_2 \frac{N_1}{N_2} = 1{,}2 \cdot \frac{1}{1000} \rightarrow V_1 = 1{,}2\,mV$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2010/1

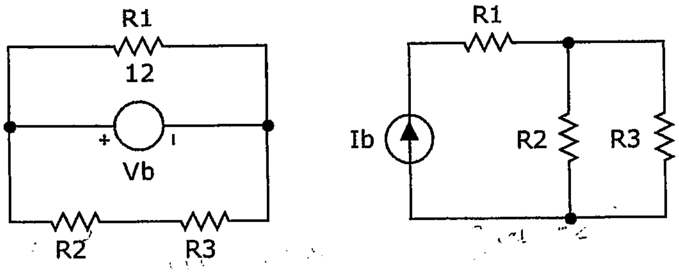
Exame de Recuperação 13/7/2010

Nome: GABARITO **Turma:** _____

1. (3,5 pontos) Um capacitor variável é formado por 5 lâminas de alumínio presas pela borda a um eixo de latão. O botão de ajuste seleciona aposição destas lâminas em relação a outro conjunto de 6 lâminas retangulares fixas. Em uma experiência, o capacitor foi ajustado para o seu valor máximo e carregado com 300 Volts. Calcule a energia acumulada nesta condição. A seguir, o botâo foi girado de 90°. Calcule a energia e a tensão no capacitor nesta nova posição, descrevendo cada etapa da solução com textos, equações e diagramas.
Dados: r = 4cm s = 0,7cm e = 0,1cm.

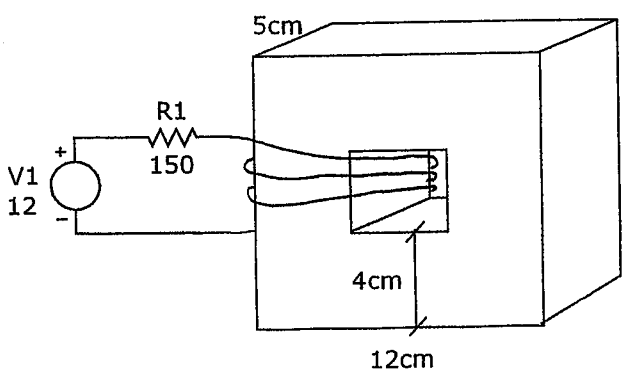


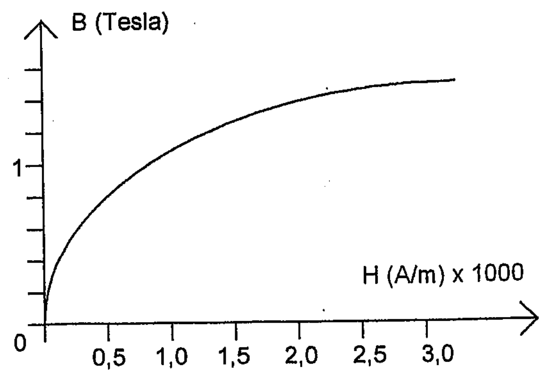
2. (3 pontos) Os dois circuitos a seguir foram montados com os mesmos componentes. Na primeira montagem, o resistor R_2 aqueceu quatro vezes mais do que R_3. Na segunda montagem, passou por R_3 uma corrente de 2 Ampères. Calcule a dissipação de calor em R_1 na segunda montagem, descrevendo cada etapa com textos, equações e esquemas.



$B = \phi / A$ (Teslas)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell$ (Ampères)
$\mu = B / H$ (Wb / A·m)
$E = ½ \cdot L \cdot I^2 = ½ \cdot C \cdot V^2$
$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ $\mu_r = \mu / \mu_0$

3. (3,5 pontos) Calcule o número de espiras da bobina para obter um fluxo magnético de $16 \cdot 10^{-4}$ Webers na estrutura de aço fundido a seguir. Calcule as permeabilidades do material e relativa ao vácuo. Por último, calcule a indutância e a energia acumulada nestas condições, lembrando-se de documentar extensivamente cada etapa. Arredondamento em 3 dígitos significativos.





Ex 2006-1

Secção reta:

$$A = 4 \times 5 = 20\,cm^2 = 20 \cdot 10^{-4}\,m^2$$

caminho magnético:

$$l = 2(12-4) + 2(10-4)$$

$$l = 16 + 12 = 28\,cm = 0{,}28\,m$$

Temos: $\mathcal{F} = N \cdot I = H \cdot l$ (1)

$$B = \frac{\phi}{A}$$

Como $B = \dfrac{16 \cdot 10^{-4}\,Wb}{20 \cdot 10^{-4}\,m} = 0{,}8\,T$

Entrando na curva:

$$H = 0{,}5 \cdot 1000 = 500\,\frac{A}{m}$$

Após muito tempo, a corrente na bobina vale:

$$I = \frac{V_1}{R_1} = \frac{12}{150} = 0{,}08\text{ Amp.}$$

Da equação (1):

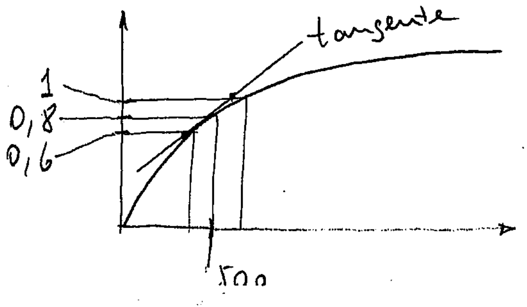
$$N \cdot 0{,}08 = 500 \cdot 0{,}28$$

$N = 1750$ espiras //

Permeabilidade:

Como $\mu = \dfrac{B}{H} = \dfrac{\Delta B}{\Delta H}$

consultando o gráfico:



$$\mu = \frac{1 - 0{,}6}{800 - 300} = 8 \cdot 10^{-4}\,\frac{Wb}{A \cdot m} \;//$$

$(0{,}75 - 0{,}2)1000$ ← usando a tangente

Em relação ao vácuo:

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{8 \cdot 10^{-4}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 637 \;//$$

(579)

Indutância:

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot A}{l} = \frac{1750^2 \cdot 8 \cdot 10^{-4} \cdot 20 \cdot 10^{-4}}{0{,}28}$$

$L = 17{,}5$ Henrys //

(15,9)

Energia acumulada:

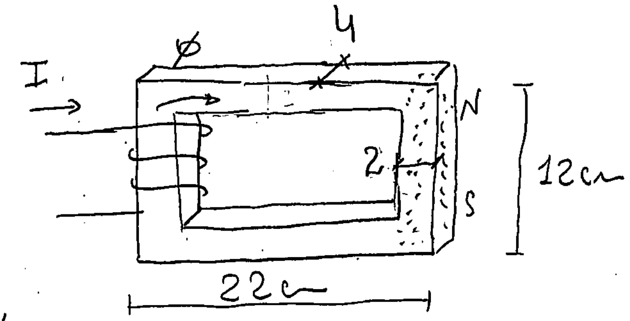
$$E = \frac{1}{2} L \cdot I^2 = \frac{1}{2} \cdot 17{,}5 \cdot (0{,}08)^2$$

$E = 56\,mJ$ //

(51)

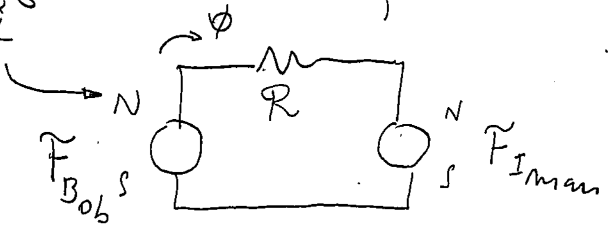
Regra da mão direita

Calcule a corrente necessária para estabelecer um fluxo de $\phi = 0,12$ mWb na estrutura, descrevendo cada etapa. O braço da direita foi exposto a um campo mag. que orientou os domínios, formando um ímã de 40 Ampères.



$\mu_r = 550$ $N = 300$ espiras.

Circuito equivalente:



Equacionando:

$$\phi = \frac{F_B - F_I}{R}$$

$$F_B = R \cdot \phi + F_I$$

$$N \cdot I = \frac{l}{\mu \cdot A} \cdot \phi + F_I$$

$$l = 2(22-2) + 2(12-2)$$

$$l = 60\,cm = 0,6\,m$$

$$A = 2\,cm \cdot 4\,cm = 8\,cm^2$$

$$A = 8 \cdot 10^{-4}\,m^2$$

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r = 4\pi \cdot 10^{-7}\,\frac{Wb}{A \cdot m} \cdot 550$$

$$\mu = 691 \cdot 10^{-6}\,\frac{Wb}{A \cdot m}$$

Então:

$$N \cdot I = \frac{0,6\,m}{691 \cdot 10^{-6}\,\frac{Wb}{A \cdot m}\, 8 \cdot 10^{-4}\,m^2} \cdot 0,12 \cdot 10^{-3}\,Wb + 40\,A$$

$$NI = 170\,A$$

$$I = \frac{170}{300} \rightarrow I = 567\,mA$$

Outras relações:

Densid. de fluxo mag: $B = \frac{\phi}{A}$

$$B = \frac{0,12 \cdot 10^{-3}\,Wb}{8 \cdot 10^{-4}\,m^2} = 0,15\,Wb/m^2$$

Força magnetizante:

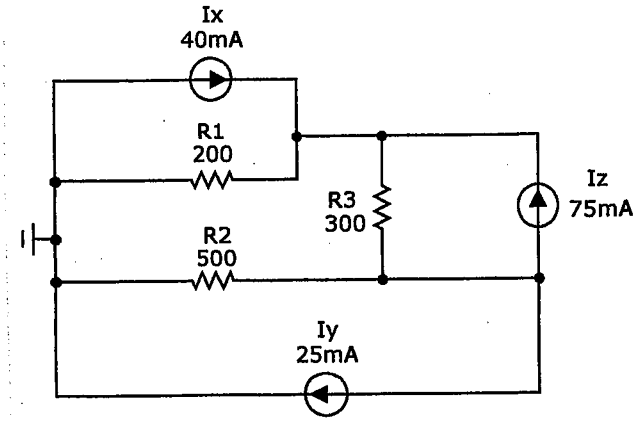
$$H = \frac{B}{\mu} = \frac{0,15\,\frac{Wb}{m^2}}{691 \cdot 10^{-6}\,\frac{Wb}{A \cdot m}} = 217\,A/m$$

$$H = \frac{F}{l} = \frac{F_B - F_I}{l} = \frac{170 - 40}{0,6\,m} = 217\,\frac{A}{m}$$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2010/2

Exame de Recuperação 21/12/2010

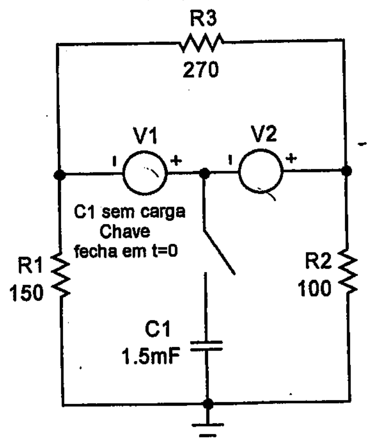
Nome: GABARITO **Turma:** _____

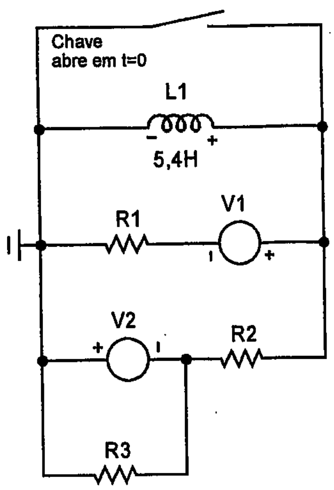


1. (3 pontos) das tensões de Equacione o circuito ao lado pelo Método dos Nós, em formato literal primeiro e depois colocando os valores de circuito, com o objetivo de determinar o valor e o sentido da corrente em R_2. Descreva o seu trabalho com textos, equações e esquemas pois isso vai ser avaliado sempre.

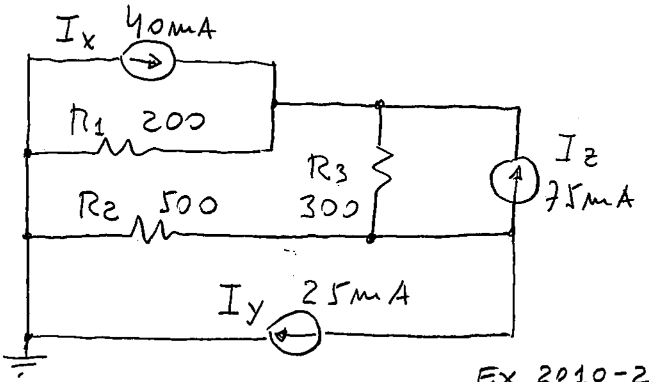
2. (3,5 pontos) Um automóvel elétrico pode ter suas baterias recarregadas pela rede elétrica domiciliar de 120 Volts, desde que a corrente drenada da rede seja limitada em 30 Ampères. Para elevar a tensão alternada da rede e limitar a corrente pode ser usado um transformador de núcleo saturável. Após, um bloco retificador transforma em tensão contínua de 300 Volts necessária para forçar a corrente (também contínua) para dentro das baterias. Existem perdas nestas conversões, causando aquecimento e a eficiência fica em $\eta_C = 95\%$.
O conjunto de baterias tem uma capacidade energética de $E = 44kW{\cdot}h$ e eficiência em acumular carga de $\eta_B = 90\%$. Equacione em formato literal e depois coloque os valores de circuito:
a) Desenhe o diagrama detalhado desta instalação, descrevendo a função de cada objeto e inclua todos os valores mencionados acima pois isso vai direcionar os trabalhos.
b) Calcule a corrente que o conjunto de baterias recebe durante a carga.
c) Partindo das baterias descarregadas, calcule o tempo para alcançar plena carga.
d) Calcule a energia total retirada da rede elétrica para obter plena carga nas baterias. (em Joules).
Todas as etapas da solução devem ser amplamente descritas com textos, equações e diagramas.

3. (3,5 pontos) Os dois circuitos a seguir foram construídos com os mesmos componentes. O primeiro tem com resposta temporal as equações: $v_C(t) = 6 \cdot (1 - e^{-t/0{,}09})$ e $i_C(t) = 0{,}1 \cdot e^{-t/0{,}09}$.
a) Analise cuidadosamente as duas topologias e escreva suas conclusões.
b) Equacione $v_L(t)$ e $i_L(t)$ de maneira mais simples possível, aproveitando seu conhecimento sobre este assunto e após esboce as 4 curvas colocando todos os valores de interesse, descrevendo amplamente todas as etapas com textos, equações e diagramas pois isso sempre será avaliado.



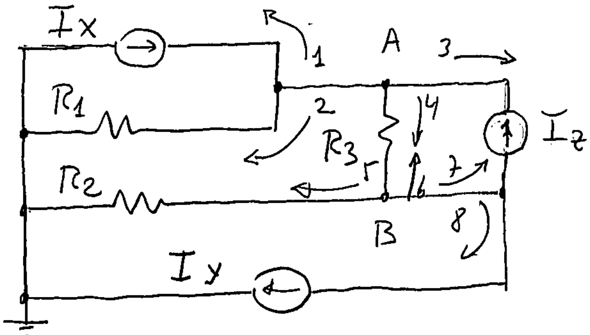


Equacione o circuito a seguir pelo Método dos Nós, em formato literal, com o objetivo de determinar o valor e sentido da corrente em R_2, documentando cada passo da solução.



Ex 2010-2

Nomeando os nós e as correntes, todas saindo dos nós:



Aplicando KCL e montando as equações:

Nó A: $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$

$$-I_x + \frac{V_A}{R_1} - I_z + \frac{V_A - V_B}{R_3} = 0$$

Nó B: $I_5 + I_6 + I_7 + I_8 = 0$

$$\frac{V_B}{R_2} + \frac{V_B - V_A}{R_3} + I_z + I_y = 0$$

Resolvendo:

$$\begin{cases} \dfrac{V_A}{R_1} + \dfrac{V_A}{R_3} - \dfrac{V_B}{R_3} = I_x + I_z \\ \dfrac{V_B}{R_2} + \dfrac{V_B}{R_3} - \dfrac{V_A}{R_3} = -I_z - I_y \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_A\left(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_3}\right) - \dfrac{V_B}{R_3} = I_x + I_z \\ -\dfrac{V_A}{R_3} + V_B\left(\dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3}\right) = -I_y - I_z \end{cases}$$

Colocando os valores:

$$\begin{cases} V_A\left(\dfrac{1}{200} + \dfrac{1}{300}\right) - \dfrac{V_B}{300} = 40m + 75m \\ -\dfrac{V_A}{300} + V_B\left(\dfrac{1}{500} + \dfrac{1}{300}\right) = -25m - 75m \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{V_A}{120} - \dfrac{V_B}{300} = 115m & (1) \\ -\dfrac{V_A}{300} + \dfrac{V_B}{187{,}5} = -100m & (2) \end{cases}$$

Para determinar I_{R2} precisamos saber V_B apenas: Multiplicando (1) por $\frac{120}{300}$ fica:

$$\frac{V_A \cdot \cancel{120}}{\cancel{120} \cdot 300} - \frac{V_B \cdot 120}{300 \cdot 300} = \frac{120}{300} \cdot 115m$$

Somando com (2):

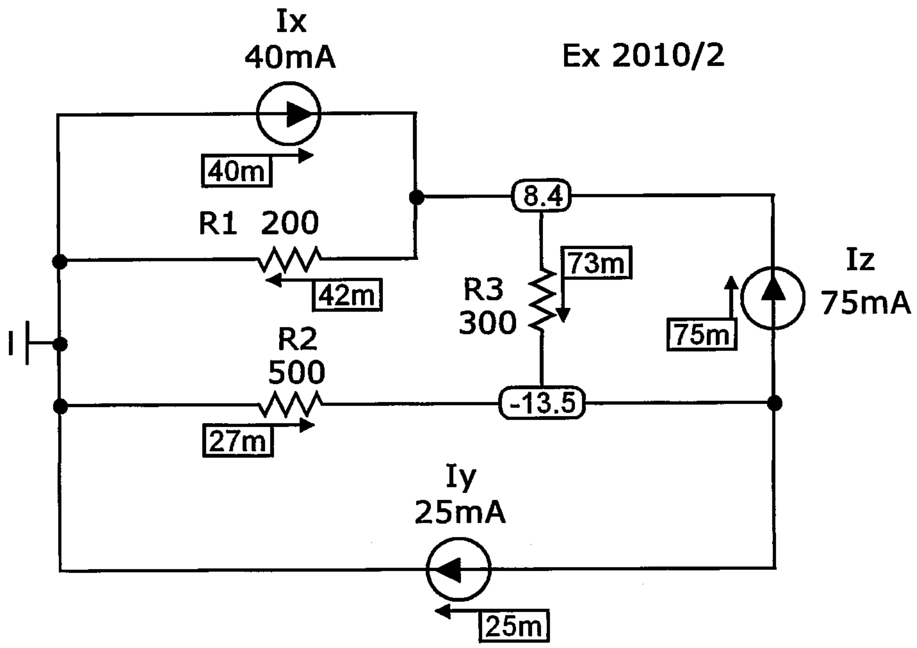
$$-\frac{V_B \cdot 120}{300 \cdot 300} + \frac{V_B}{187{,}5} = \frac{120}{300} \cdot 115m - 100m$$

$$V_B\left(-\frac{1}{750} + \frac{1}{187{,}5}\right) = -54m$$

$$V_B = -13{,}5 \,//$$

Então $I_{R2} = \dfrac{V_B}{R_2} = \dfrac{-13{,}5}{500}$

$I_{R2} = 27mA$ saindo da massa para o nó A //



Ix
40mA
Ex 2010/2
40m
8.4
R1 200
73m
Iz
42m
R3
300
75mA
75m
R2
500
-13.5
27m
Iy
25mA
25m

Um automóvel elétrico pode ter suas baterias carregadas pela rede elétrica domiciliar de 120 V_{RMS} desde que a corrente máxima seja limitada em 30 A_{RMS}. Para elevar a tensão de rede até a tensão contínua de 300 Volts, necessária para forçar corrente (também contínua) para dentro das baterias e ainda limitar a corrente drenada da rede, foi usado um transformador de núcleo saturável e um retificador com diodos. Existem perdas nestas operações causando aquecimento. Eficiência de conversão: $\eta_c = 95\%$. O conjunto de baterias têm capacidade energética de 44 KWatts·hora e eficiência em acumular carga de $\eta_B = 90\%$

a) Desenhe o diagrama em blocos desta instalação, descrevendo a função de cada um e os valores conhecidos.

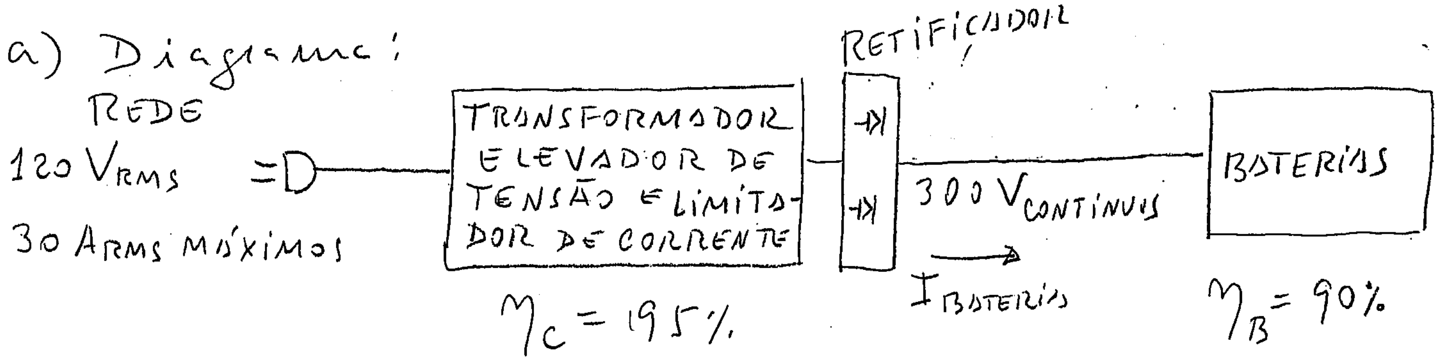
b) Supondo as baterias descarregadas, calcule a corrente real de carga das baterias

c) Calcule o tempo para alcançar plena carga.

Cada etapa deve ser amplamente descrita com texto, equações e diagramas pois isso será avaliado.

---

a) Diagrama:



Grandezas RMS (alternadas) têm o mesmo efeito de grandezas contínuas de mesmo valor.

$$\eta = \frac{P_{SAÍDA}}{P_{ENTRADA}} = \frac{P_{SAÍDA}}{P_{SAÍDA} + P_{PERDAS}}$$

Equações:

$$\text{Potência} = V \cdot I = \frac{V^2}{R} = I^2 \cdot R \ \text{(Watts)}$$

Energia = Potência · tempo (Watts · segundo = Joule)

b) Corrente nas baterias:
A rede elétrica fornece a energia para a carga das baterias mas precisamos descontar as perdas.

Como a corrente máxima é limitada em 30 A_{RMS},
$P_{REDE} = V_{RMS} \cdot I_{RMS} = 120 \cdot 30 = 3600$ Watts
Como existem perdas, $P_{BATERIA} = P_{REDE} \cdot \eta_c = 3600 \cdot \frac{95}{100}$
$P_{BATERIA} = 3420$ Watts
Como $P_{BATERIA} = V_B \cdot I_B$, temos:
$3420 = 300 \cdot I_B$ Logo $I_B = 11,4$ Ampères //

c) Tempo de carga:
As baterias aquecem durante a carga e aproveitam apenas 90% da potência fornecida:

$P_{CARGA} = P_{BATERIA} \cdot \eta_B = 3420 \cdot \frac{90}{100} \rightarrow P_{CARGA} = \underline{\underline{3078 \text{ Watts}}}$

A capacidade energética das baterias é
$E = 44 (Kw \cdot h) = 44.000 (Watts \cdot h)$
Para carregar as baterias usando $P_{CARGA} = 3078$ Watts
o tempo de carga será:
$P_{CARGA} \cdot t = 44.000 (W \cdot h)$
$3078 \cdot t (W \cdot h) = 44.000 (W \cdot h)$

$t = 14,29$ horas //

Ou ainda: $E_{rede} = \frac{E_{bateria}}{\eta_c \cdot \eta_B} = \frac{44 \text{ KW} \cdot h}{0,95 \cdot 0,9} = 51,46 \text{ KW} \cdot h$

d) $E_{rede} = P_{rede} \cdot t_{carga} = 3600 W \cdot 14,29$ horas $= 51,44$ KW·h //
1 hora = 3600 segundos
14,29 = X
X = 51444 segundos

$E_{rede} = 3600 \cdot 51444 = 185,2$ MJ //

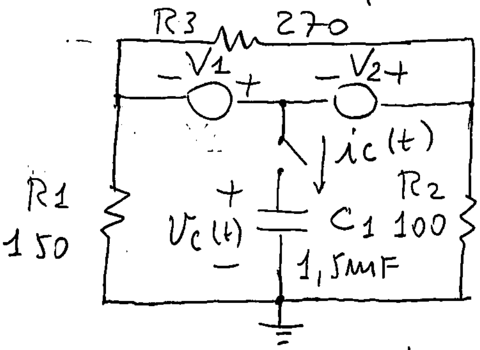
Os dois circuitos a seguir foram construídos com os mesmos componentes. O primeiro tem como resposta temporal as equações:

$v_C(t) = 6(1 - e^{-t/0,09})$ e $i_C(t) = 0,1 \cdot e^{-t/0,09}$.

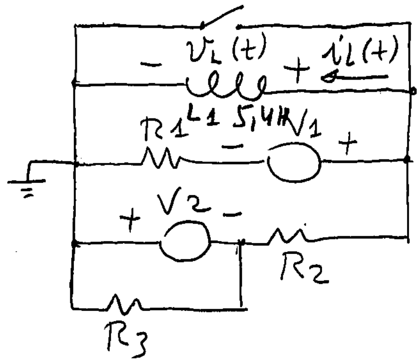
a) Analise cuidadosamente a topologia dos dois circuitos e escreva suas conclusões.

b) Equacione $v_L(t)$ e $i_L(t)$ da maneira simples possível, usando o que já é conhecido.

Descreva amplamente cada etapa.



Chave fecha em t=0



Chave abre em t=0

Ex 2010-2

a) Examinando as duas topologias:

R_3 está em paralelo com V_1 e V_2 ou com V_2 e pode ser retirado sem afetar a resposta temporal.

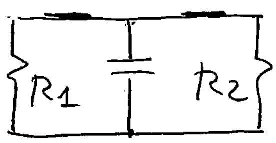
⇒ As duas topologias são iguais.

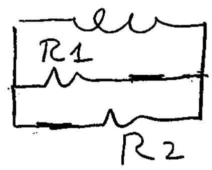
b) Aproveitando a dualidade entre os circuitos RC e RL, podemos afirmar que a curva $v(t)$ de um tem a mesma equação $i(t)$ do outro.

Para aproveitar as equações já conhecidas de $v_C(t)$ e $i_C(t)$ precisamos saber se

$\tau_L = \tau_C$:

Matando as fontes fica:





$\tau_C = R_{eq} \cdot C = 0,09$

$\tau_C = (R_1 // R_2) \cdot C$

$R_{eq} = \dfrac{150 \cdot 100}{150 + 100} = 60\Omega$

$\tau_L = \dfrac{L}{R_{equiv}}$

$\tau_L = \dfrac{L}{R_1 // R_2}$

$\tau_L = \dfrac{5,4}{60} = 0,09\ s$

Como a topologia é a mesma e as constantes de tempo também

$v_L(t) = v_L(0) \cdot e^{-t/\tau}$

$v_L(0) = v_C(\infty) = 6$ Volts

Então $v_L(t) = 6 \cdot e^{-t/0,09}$ //

$i_L(t) = i_L(\infty)(1 - e^{-t/\tau})$

$i_L(\infty) = i_C(0) = 0,1$ Amperes

Então: $i_L(t) = 0,1(1 - e^{-t/0,09})$ //

Supondo agora que o aluno não tenha descoberto que as duas topologias são iguais, vamos procurar outra maneira de equacionar:

No circuito RC conhecemos:

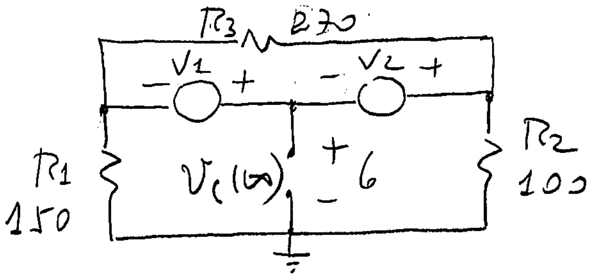
$$v_C(t) = 6\cdot(1 - e^{-t/0{,}05})$$

comparando com eq. geral:

$$v_C(t) = V_C(\infty)\,(1 - e^{-t/\tau})$$

$$v_C(\infty) = 6 \quad e \quad \tau = \frac{1}{0{,}05}$$

Circuito em $t=\infty$: C = aberto.



Existem duas incógnitas V_1 e V_2 mas apenas um valor conhecido $V_C(\infty) = 6$ Volts.

→ Precisamos saber mais um outro valor qualquer (tensão ou corrente) para equacionar.

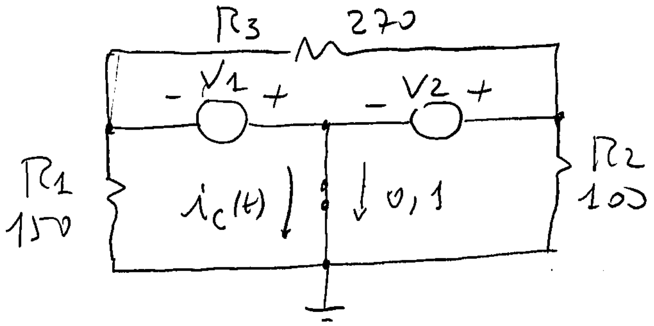
Mas temos a equação de corrente no capacitor:

$$i_C(t) = 0{,}6\cdot e^{-t/0{,}05}$$

comparando com a eq. geral:

$$i_C(t) = i_C(0)\cdot e^{-t/\tau}$$

circuito em $t=0$: C = curto.

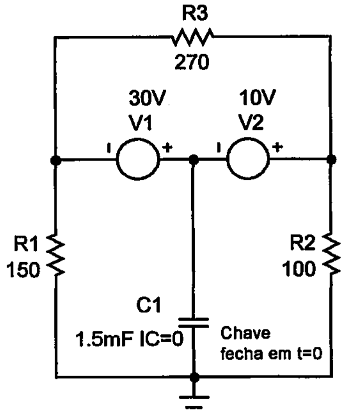


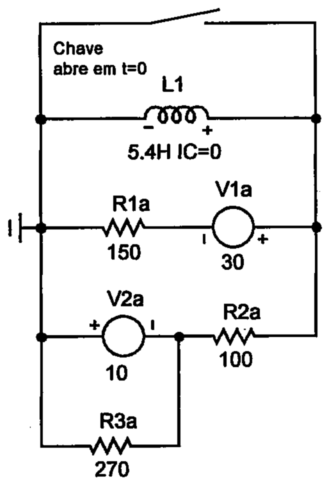
Existem duas incógnitas, V_1 e V_2 mas apenas um valor conhecido

$$i_C(0) = 0{,}1 \text{ Ampère.}$$

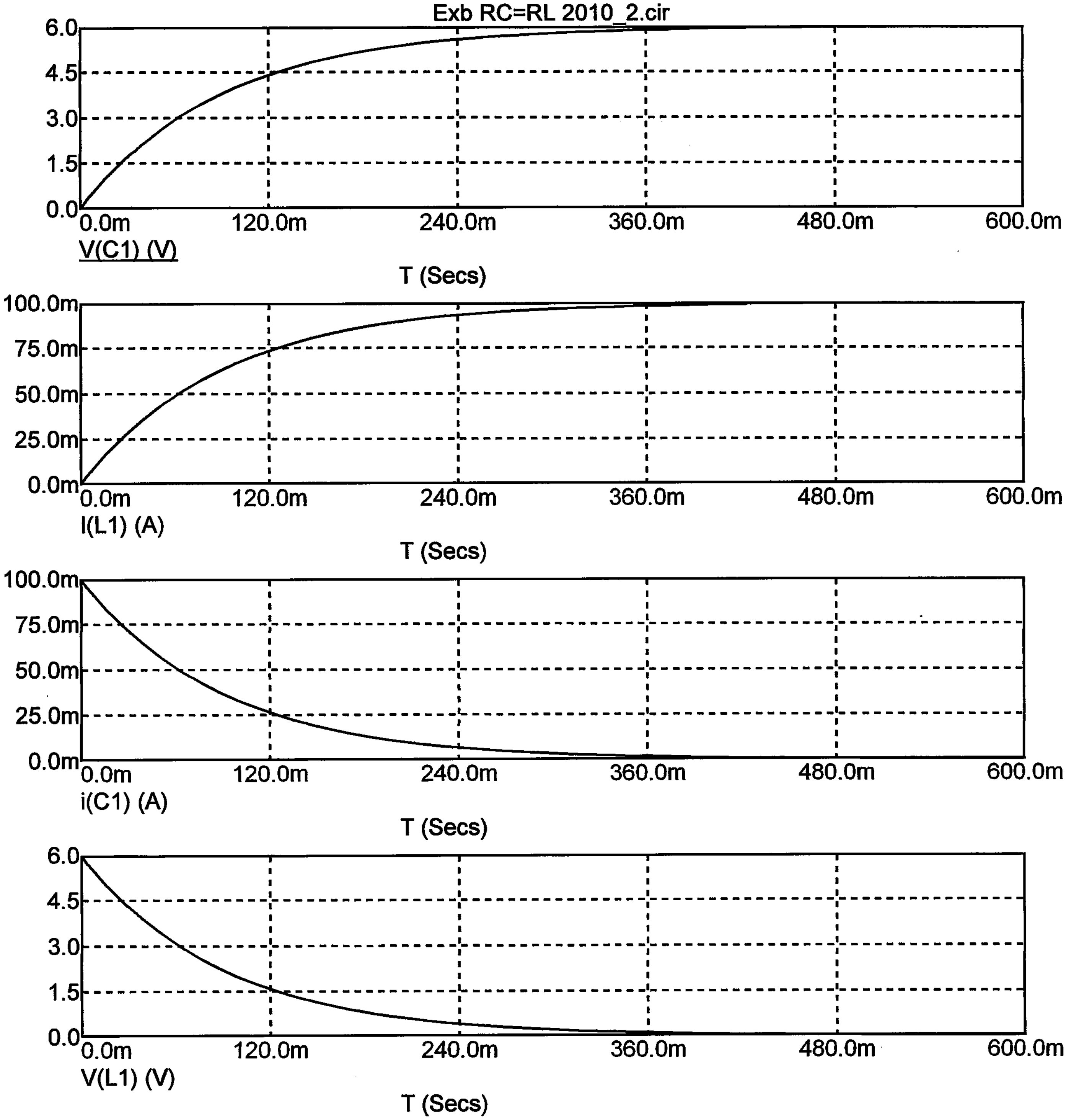
$\Rightarrow$ Não podemos juntar as equações dos dois circuitos pois as topologias são diferentes.

Conclusão: Não tem solução por esta maneira!





Exb RC=RL 2010_2.cir

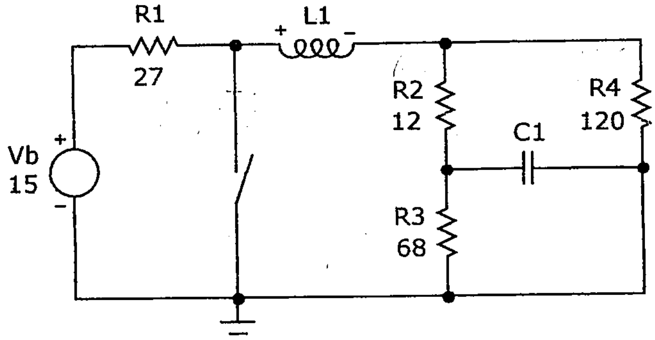


Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2011/1

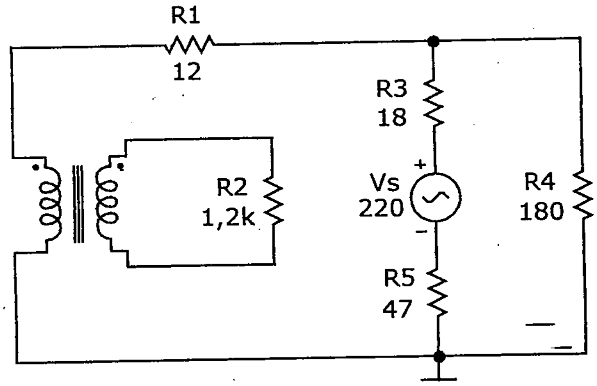
Exame de Recuperação 5/7/2011

Nome: GABARITO **Turma:** _____

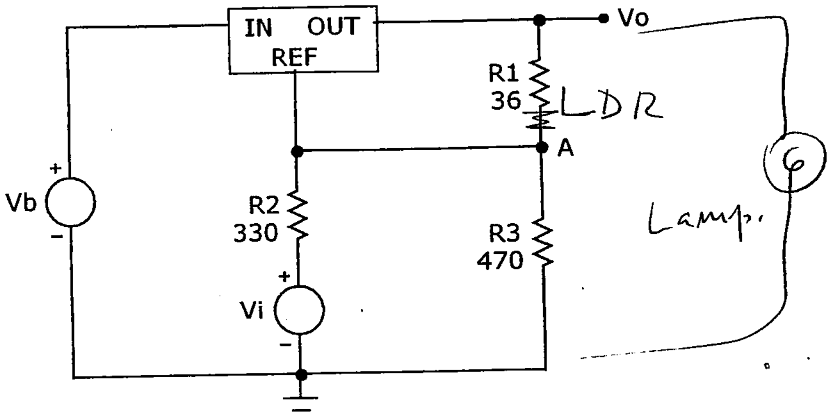
1. (3,5 pontos) No circuito a seguir, a chave abre em t = 0. Equacione o circuito e calcule os valores iniciais e finais de tensão e de corrente no indutor e no capacitor, descrevendo cada etapa com textos, equações e diagramas pois isso é sempre avaliado.



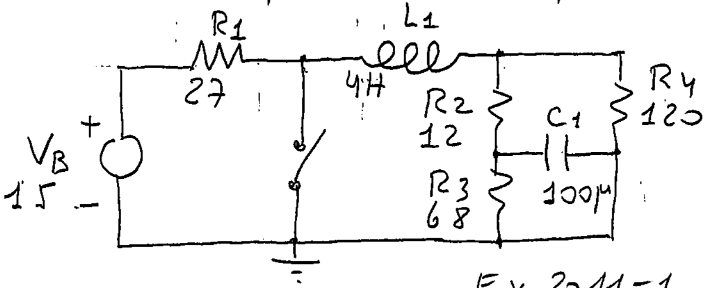
2. (3,5 pontos) Examine o circuito a seguir procurando entender o seu funcionamento. Calcule a potência dissipada em R_2, como sempre, equacionando em forma literal primeiro e colocando os valores de circuíto no final e documentando cada passo da solução.



3. (3,0 pontos) O circuito a seguir utiliza um regulador integrado LM317 e uma fonte V_i que pode variar entre +4 Volts até -4 Volts. Equacione o circuito em forma literal e depois coloque os valores para obter os limites da tensão de saída V_o. O regulador procura manter um valor constante de V_R = 1,2 Volts entre os terminais OUT e REF. O terminal REF não drena corrente do circuito.
Dica: Equacione a tensão no nó A e apenas no final calcule os limites de V_o a partir de V_A. Arredonde em 3 dígitos significativos.



A chave abre em $t=0$. Equacione o circuito e calcule os valores iniciais e finais da corrente e tensão no indutor e no capacitor, descrevendo em detalhe cada etapa da solução.

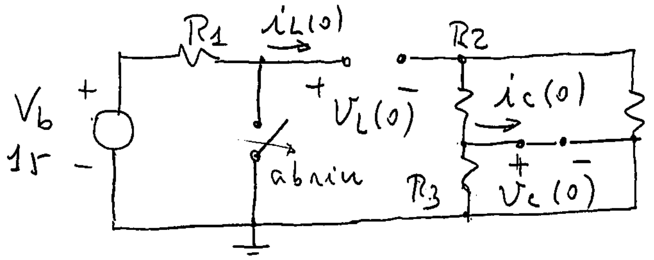


Ex 2011-1

Arbitrando o sentido da corrente e a polaridade sobre L_1 e C_1.

Antes da chave abrir, todas as 4 variáveis são zero.

Ao abrir a chave, existe uma variação no circuito logo: L = aberto e C = curto em $t=0$:



Então:

$i_L(0-) = i_L(0) = \text{zero}$ //

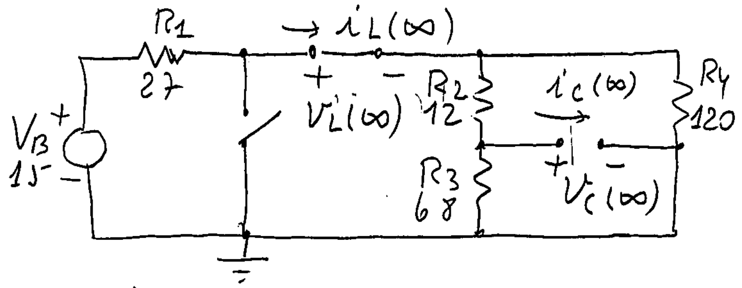
$v_C(0-) = V_C(0) = \text{zero}$ //

Como $i_L(0) = 0$, não existe corrente nem queda de tensão nos resistores logo:

$v_L(0) = V_b - 0 = V_b = 15$ Volts

$i_C(0) = 0$ //

Após muito tempo, L_1 e C_1 já completaram suas cargas e, na estabilidade, L = curto C = aberto:



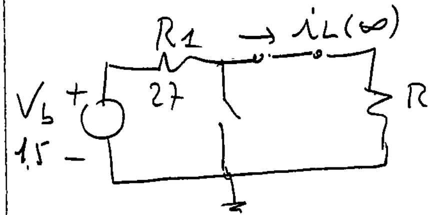
Então: $v_L(\infty) = 0$ //

$i_C(\infty) = 0$ //

Associando R_2, R_3 e R_4:

$$R = (R_2+R_3) /\!/ R_4 = \frac{(R_2+R_3)\cdot R_4}{R_2+R_3+R_4}$$

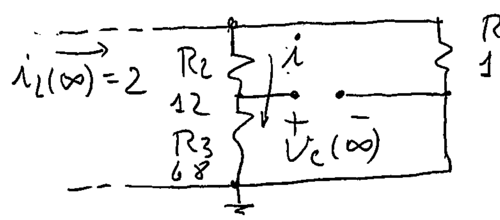
$$R = \frac{(12+68)\cdot 120}{12+68+120} = 48\,\Omega \ /\!/$$



Então: $i_L(\infty) = \frac{V_b}{R_1+R} = \frac{15}{27+48}$

$i_L(\infty) = 0{,}2\ A$ //

Divisor de corrente:



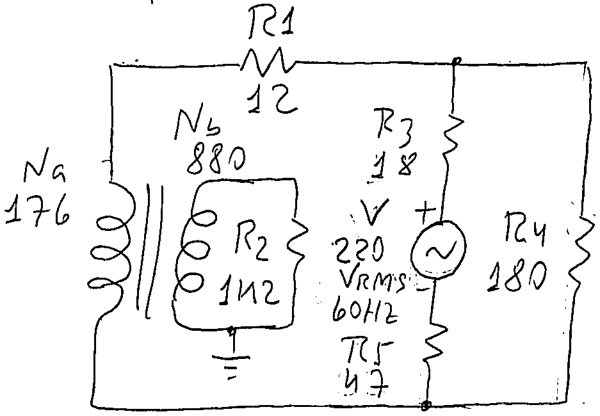
$$i = i_L(\infty)\,\frac{R_4}{R_2+R_3+R_4} = 0{,}2\cdot\frac{120}{12+68+120}$$

$i = 0{,}12\ A$

Então, $V_{R3} = V_c(\infty) = i \cdot R_3$

$v_c(\infty) = 0{,}12 \cdot 68 = 8{,}16\ V$ //

Calcule a potência dissipada em R_2, ou em R_3 descrevendo cada etapa da solução.



Ex 2011-1

Caminho para a solução:

- Potência em R_2 vale:

$$P_2 = V_2 \cdot I_2 = R_2 \cdot I_2^2 = \frac{V^2}{R_2^2}$$

- Eliminar o transformador se possível. O.k. no caso.
- Calcular I_a ou V_a e transferir para junto de R_2.

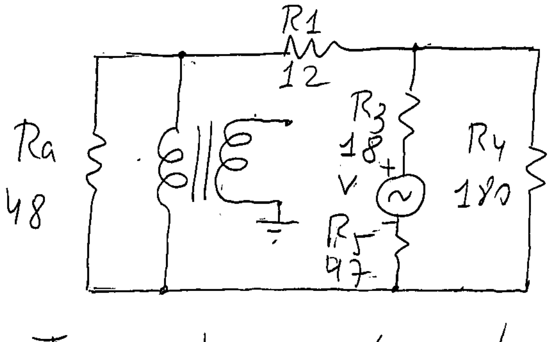
Solução:

Transferindo R_2 para o outro lado:

$$\frac{R_a}{R_2} = \left(\frac{N_a}{N_b}\right)^2$$

$$R_a = R_2 \left(\frac{N_b}{N_a}\right)^2 = 1200 \left(\frac{176}{880}\right)^2$$

$R_a = 48\,\Omega$ e o circuito fica:



Transformador aberto pode ser retirado do circuito.

Vamos calcular I_a e então transferir para junto de R_2.

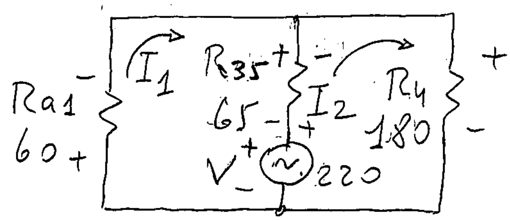
Associando R_a com R_1 fica: $R_{a1} = R_a + R_1 = 48 + 12$

$R_{a1} = 60\,\Omega$ //

Associando R_3 com R_5:

$R_{35} = R_3 + R_5 = 18 + 47 \rightarrow R_5 = 65\,\Omega$

O circuito fica:



Aplicando o método das correntes de malha:

$$\begin{cases} +R_{a1} \cdot I_1 + R_{35}(I_1 - I_2) + V = 0 \\ -V + R_{35}(I_2 - I_1) + R_4 \cdot I_2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 (R_{a1} + R_{35}) - R_{35} \cdot I_2 = -V \\ -I_1 \cdot R_{35} + I_2 (R_{35} + R_4) = V \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 (60+65) - 65\, I_2 = -220 \\ -I_1 \cdot 65 + (65+180) \cdot I_2 = 220 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 125 \cdot I_1 - 65 \cdot I_2 = -220 \quad (1) \\ -65 \cdot I_1 + 245\, I_2 = 220 \quad (2) \end{cases}$$

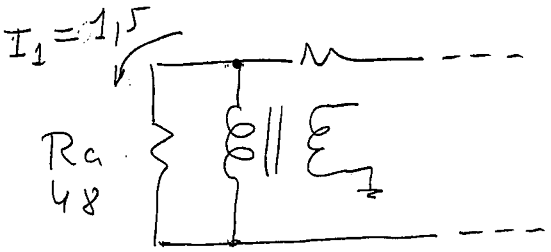
Isolando I_2 em (1):

$$I_2 = \frac{125 \cdot I_1 + 220}{65}$$ levando em (2)

$$-65 \cdot I_1 + 245\, \frac{125\, I_1 + 220}{65} = 220$$

Daí, $I_1 = -1{,}5$ // Sentido contrário ao arbitrado.

Deste modo o circuito fica:

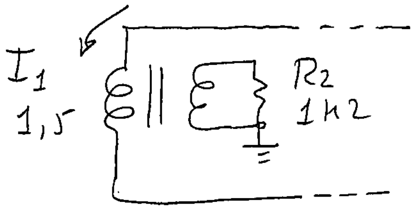


Dissipação em R2 ou em Ra, que é o mesmo resistor:

$$P_{R2} = P_{Ra} = I_1^2 \cdot R_a = 1,5^2 \cdot 48$$

$$P_{R2} = 108 \text{ Watts} //$$

Passando novamente Ra para o outro lado, R2 = 1kΩ e fica:



Passando I_1 para o outro lado:

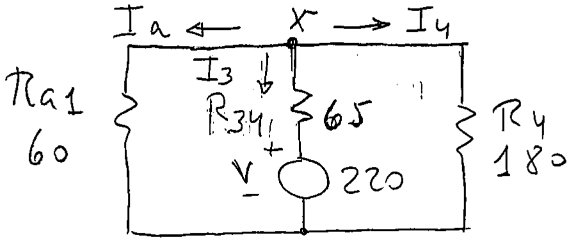
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_b}{N_a} \rightarrow I_2 = I_1 \frac{N_a}{N_b}$$

$$I_2 = 1,5 \frac{176}{880} = 0,3$$

Então $P_{R2} = 0,3^2 \cdot 1200$

$P_{R2} = 108$ W // como antes

Resolvendo pelo método dos nós:



No nó X, KCL dá:

$$I_a + I_3 + I_4 = 0$$

$$\frac{V_X}{R_{a1}} + \frac{V_X - 220}{R_{34}} + \frac{V_X}{R_4} = 0$$

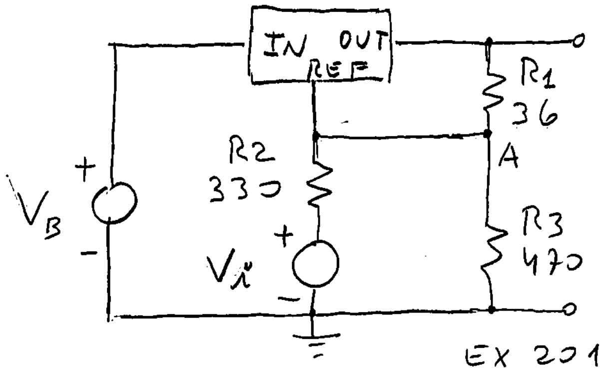
$$V_X \left(\frac{1}{60} + \frac{1}{65} + \frac{1}{180} \right) = \frac{220}{65}$$

$$V_X \cdot 3,76 \cdot 10^{-2} = 3,385$$

$$V_X = 90 \text{ Volts} //$$

logo $I_{Ra1} = \frac{V_X}{R_{a1}} = \frac{90}{60} = 1,5$ //

O circuito a seguir utiliza um regulador de tensão integrado LM317 e uma fonte Vi que pode variar entre +4 Volts até −4 Volts.
Equacione o circuito em forma literal e depois coloque o valor dos componentes objetivando descobrir os limites de tensão de saída Vo.
O regulador procura manter um valor constante de $V_R = 1,2$ Volts entre os terminais OUT e REF.
O terminal REF não drena corrente do circuito.



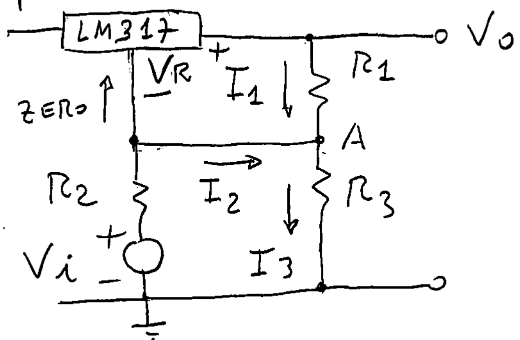
EX 2011-1

Dica: equacione V_A e apenas no final calcule V_o a partir de V_A.
Arredonde 3 dígitos signif.

Sabemos que:

$$V_{OUT} - V_{REF} = 1,2 = V_{R1} \qquad (1)$$

Equacionando o nó A por corrente: KCL em A:



$$-I_1 - I_2 + I_3 = 0$$

$$-\frac{V_o - V_A}{R_1} - \frac{V_i - V_A}{R_2} + \frac{V_A}{R_3} = 0$$

como $V_o = V_A + V_R = V_A + 1,2$

$$-\frac{\cancel{V_A} + V_R - \cancel{V_A}}{R_1} - \frac{V_i}{R_2} + \frac{V_A}{R_2} + \frac{V_A}{R_3} = 0$$

$$-\frac{V_R}{R_1} - \frac{V_i}{R_2} + V_A\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) = 0$$

$$V_A = \frac{\frac{V_R}{R_1} + \frac{V_i}{R_2}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \rightarrow \frac{R_1 + R_3}{R_2 \cdot R_3}$$

$$V_A = \frac{\left(\frac{V_R}{R_1} + \frac{V_i}{R_2}\right) \cdot R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$V_A = \frac{\frac{V_R \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1} + V_i \cdot R_3}{R_2 + R_3} \quad //$$

com $V_i = +4$ Volts;

$$V_A(4) = \frac{\frac{1,2 \cdot 330 \cdot 470}{36} + 4 \cdot 470}{330 + 470}$$

$V_A(4) = 8,8125$ // Usando (1);

$V_o(4) = 8,8125 + 1,2 \rightarrow V_o(4) = 10,01$

com $V_i = -4$ Volts;

$$V_A(-4) = \frac{\frac{1,2 \cdot 330 \cdot 470}{36} - 4 \cdot 470}{330 + 470}$$

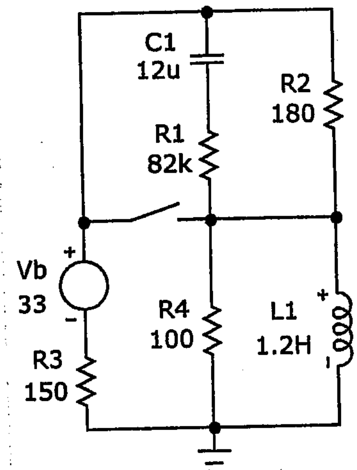
$V_A(-4) = 4,1125$ // Usando (1);

$V_o(-4) = 5,3125$ Volts //

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2011/2

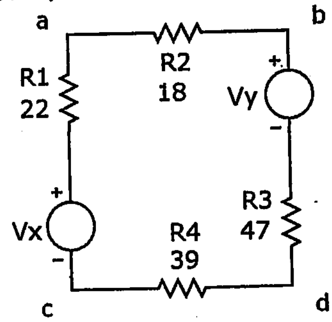
Exame de Recuperação 13/12/2011

Nome: GABARITO **Turma:** _____



1) (4 pontos) O circuito ao lado está alimentado e então chave a fecha. Trabalhando em formato literal:
a) Equacione tensão e corrente no indutor e no capacitor, pouco antes ($t=0_-$) e pouco depois ($t=0_+$) da chave fechar
b) Equacione a resposta temporal de $v_L(t)$ e $v_C(t)$, lembrando que todas as etapas da solução devem ser documentadas com textos, equações e esquemas pois isso vai ser avaliado sempre.

2) (2,5 pontos) Um capacitor "feito em casa" consiste em um cilindro de alumínio com diâmetro interno 6,2cm e comprimento 10cm dentro do qual pode se deslocar outro cilindro de alumínio com diâmetro externo de 6cm e comprimento 10cm, revestido de polietileno com pouco menos de 1mm de expessura e permissividade relativa de 8. O capacitor ajustável foi ligado em paralelo com um indutor de 70μH, formando o circuito de sintonia de um rádio. Calcule os limites de sintonia do rádio ao ajustar a superposição dos cilindros entre 15% e 90%, descrevendo todos os passos com textos, equações e esquemas. Descreva o capacitor por figuras e desenhe diagrama esquemático do circuito de sintonia. $f = 1/2\cdot\pi\cdot\sqrt{L\cdot C}$



3) (3,5 pontos) No circuito ao lado, V_{ad} = 44,5 Volts e V_{bc} = 55 Volts. Calcule a tensão das fontes V_x e V_y, documentando todas as etapas da solução pois isso vai ser sempre avaliado.
Arredonde em 3 dígitos significativos.

$f = 1/(2\cdot\pi\cdot\sqrt{L\cdot C})$ (Hertz, Hz)
$R = \rho\cdot l/A = V/I$ (Ohms)
$k = 9\cdot 10^9$ $(N\cdot m^2/C^2)$
$\varepsilon = k\cdot t/r^2$ (Newtons / Coulomb)
$\epsilon = D/\varepsilon$ (Farads / metro)
$\epsilon_{vácuo} = \epsilon_0 = 8{,}85\cdot 10^{-12}$ (F / m)
$\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$
$C = q/V = \epsilon\cdot A/d$ (Farads)
$L = N^2\cdot\mu\cdot A/\ell$ (Henrys)
$\mu_{vácuo} = \mu_0 = 4\cdot\pi\cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu/\mu_0$
$E = ½\cdot C\cdot V^2 = ½\cdot L\cdot I^2$ (Joules)

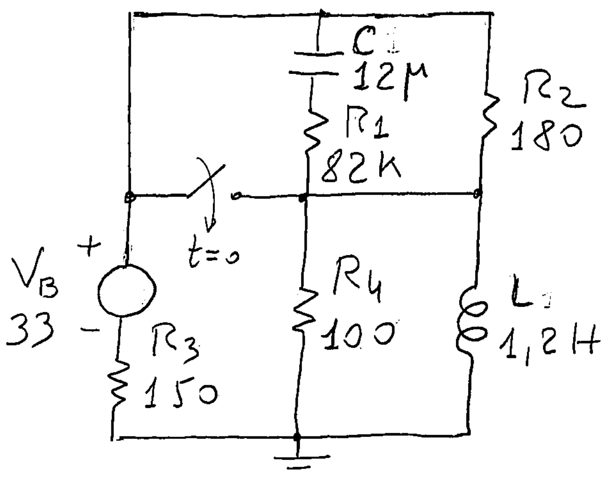
Carga:
$I_c(t) = I_c(o)\cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(\infty)\cdot(1-e^{-t/\tau})$
$v_c(t) = v_c(\infty) + [v_c(o) - v_c(\infty)]\cdot e^{-t/\tau}$
$v_L(t) = v_L(o)\cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(\infty)\cdot(1-e^{-t/\tau})$
$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)]\cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$I_c(t) = -I_c(o)\cdot e^{-t/\tau}$
$v_c(t) = v_c(o)\cdot e^{-t/\tau}$
$v_L(t) = -v_L(o)\cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o)\cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau\cdot\ln\{[x(\infty) - x(t)]/[x(\infty) - x(o)]\}$
$x = v_c(t),\ I_c(t),\ v_L(t),$ ou $I_L(t)$
$\tau = R\cdot C = L/R$ (segundos)

A chave fecha em $t=0$

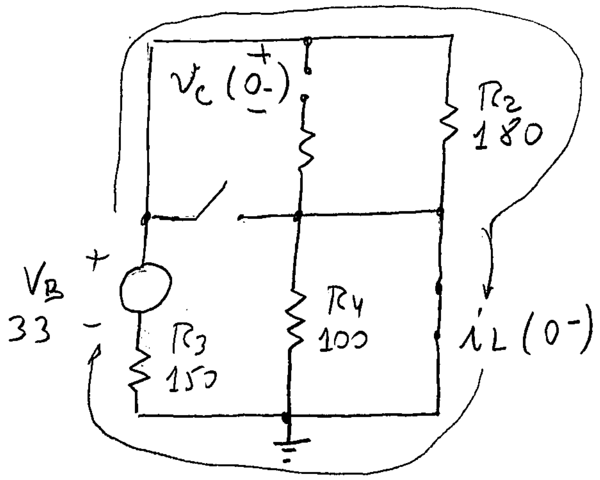
a) Calcule as condições iniciais de corrente e tensão em L e em C.

b) Equacione a resposta temporal de $i_L(t)$ $v_L(t)$ e $V_C(t)$ após a chave fechar.



Circuito em $t=0^-$:

Estável → L = curto C = aberto



$$i_L(0-) = \frac{V_B}{R_2+R_3} = \frac{33}{180+150}$$

$i_L(0-) = 0,1$ Ampére //

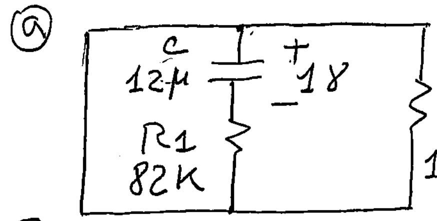
Divisor de tensão:

$$V_C(0-) = V_B \frac{R_2}{R_2+R_3}$$

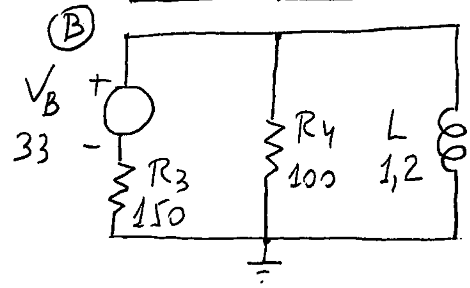
$$V_C(0-) = \frac{33 \cdot 180}{180+150} \rightarrow V_C(0-) = 18V$$ //

$t=0$: chave fechando

$t=0+$: chave fechou e o circuito se dividiu em dois:



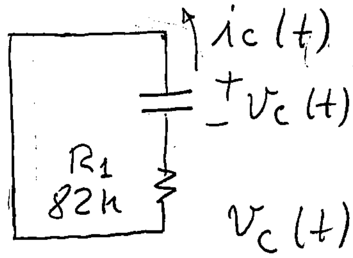
$V_C(0-) = V_C(0+)$



$i_L(0-) = i_L(0+)$

0,1

Circuito (a): R2 ficou em curto.



$\tau_C = R \cdot C = 82k \cdot 12\mu$

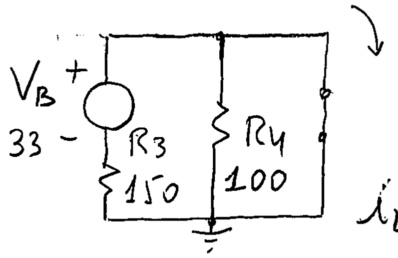
$\tau_C = 0,984\ \Omega$

$$V_C(t) = V_C(0) \cdot e^{-t/\tau_C}$$

$$V_C(t) = 18 \cdot e^{-t}$$ //

Circuito (B): Em $t=\infty$, circuito estável e L = curto:

$i_L(\infty)$



R4 ficou em curto.

$$i_L(\infty) = \frac{V_B}{R_3} = \frac{33}{150}$$

$i_L(\infty) = 0,22$ Ampéres

Constante de tempo:

Fonte $V_B = 0 \rightarrow$ curto.

$$\tau_L = \frac{L}{R_{EQ}} = \frac{L}{R_3 // R_4} = \frac{12}{60} = 0,02 \text{ seg.}$$

como existe corrente inicial:

$$i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0) - i_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau_L}$$

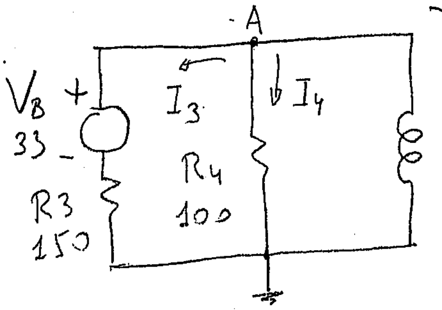
$$i_L(t) = 0,22 + [0,1 - 0,22]\, e^{-t/0,02}$$

$$i_L(t) = 0,22 - 0,12 \cdot e^{-50 \cdot t}$$ //

VIRE →

Efuscionando $v_L(t)$:

circuito en $t=0+$:



KCL nó A:

$$I_3 + I_4 + i_L(0^+) = 0$$

$$\frac{V_A - V_B}{R_3} + \frac{V_A}{R_4} + i_L(0+) = 0$$

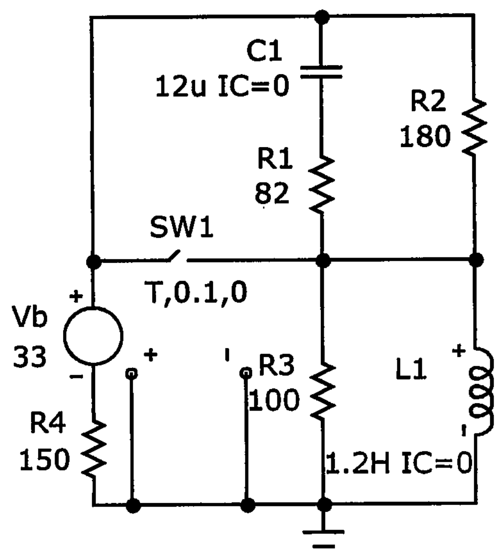
$$\frac{V_A - 33}{150} + \frac{V_A}{100} + 0{,}1 = 0$$

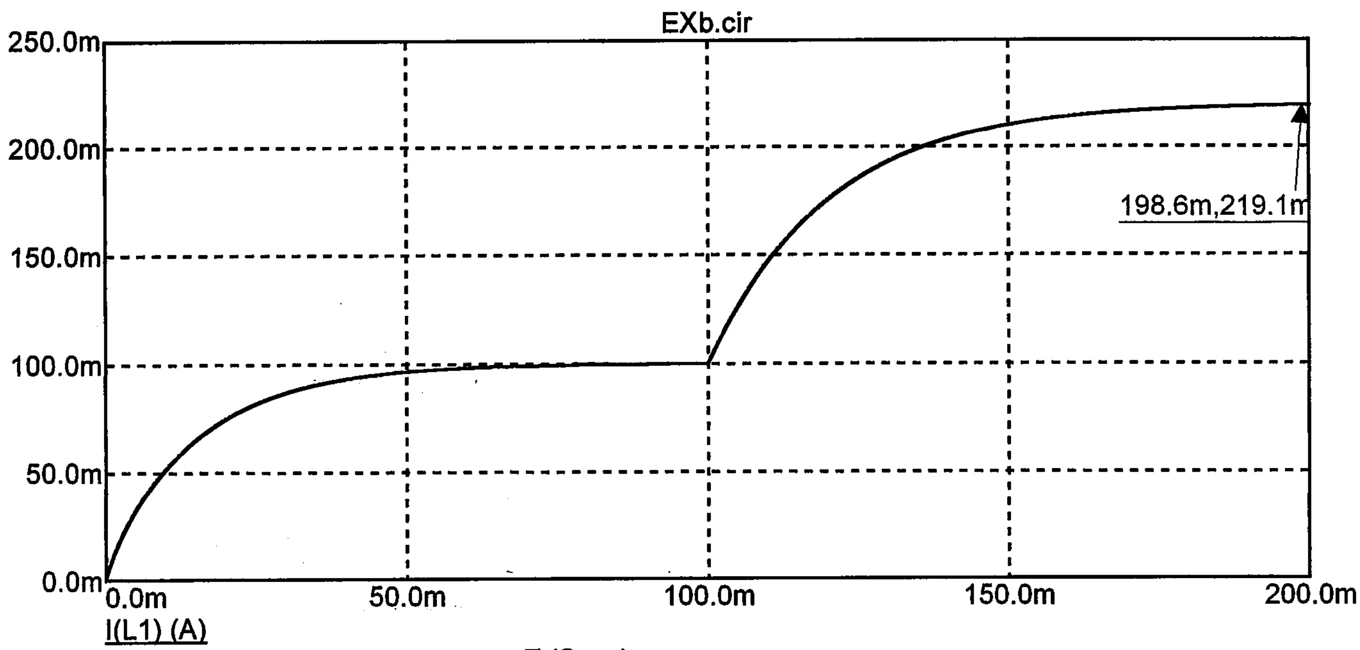
$$V_A\left(\frac{1}{150} + \frac{1}{100}\right) = \frac{33}{150} - 0{,}1$$

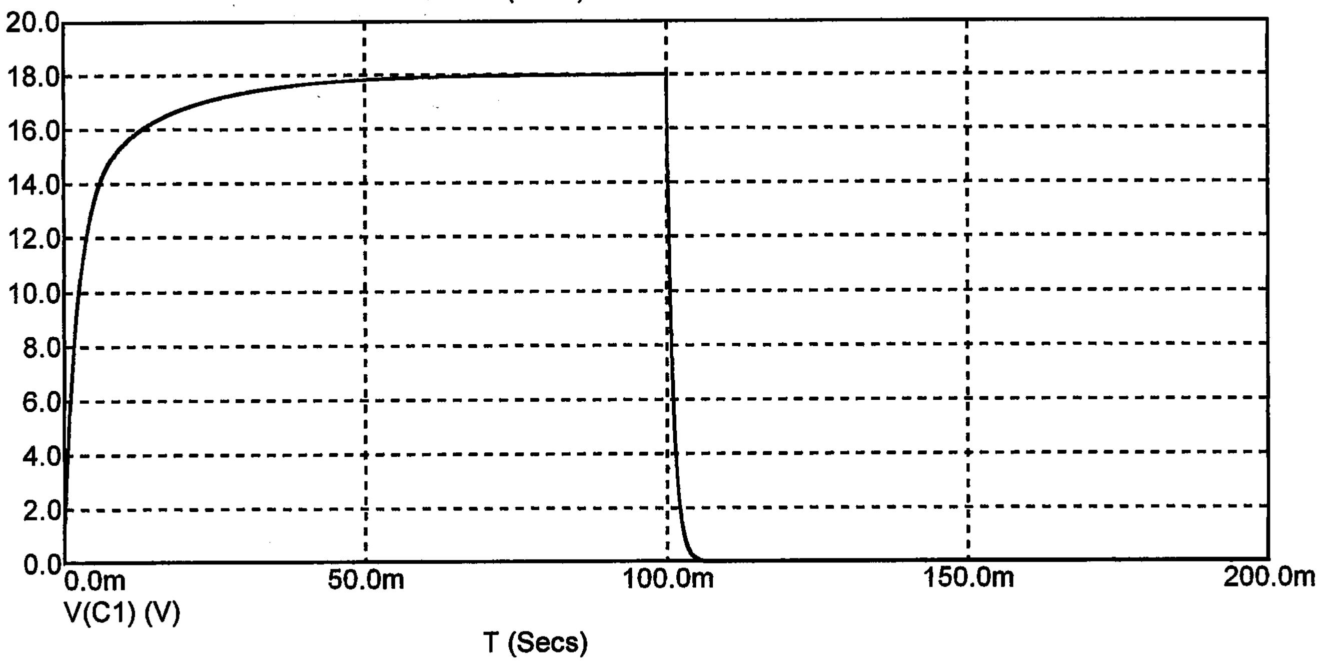
$$V_A = V_L(0+) = 36 \text{ Volts}$$

$$V_L(t) = V_L(0^+) \cdot e^{-t/\tau_L}$$

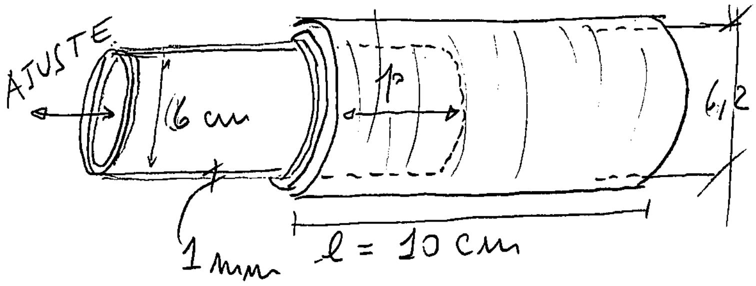
$$V_L(t) = 36 \cdot e^{-50 \cdot t}$$


C1
12u IC=0
R2
180
R1
82
SW1
T,0.1,0
Vb
33
R3
100
L1
1.2H IC=0
R4
150


EXb.cir
250.0m
200.0m
150.0m
100.0m
50.0m
0.0m
0.0m
50.0m
100.0m
150.0m
200.0m
198.6m,219.1m
I(L1) (A)
T (Secs)


20.0
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
0.0m
50.0m
100.0m
150.0m
200.0m
V(C1) (V)
T (Secs)

O capacitor "feito em casa" consiste em um cilindro metálico com diâmetro interno 6,2 cm e comprimento 10 cm dentro do qual pode se deslocar outro cilindro com diâmetro externo 6 cm e comprimento 10 cm, revestido de polietileno com pouco menos de 1 mm de espessura e permissividade relativa 8. O capacitor ajustável foi ligado em paralelo com um indutor de 70 μH formando um circuito sintonizado que é parte de um receptor de rádio. Calcule os limites de faixa de sintonia do rádio ao ajustar a sobreposição dos cilindros entre 15% e 90%. Ilustre com figuras. Descreva a montagem e o capacitor. $f = 1/2\pi\sqrt{LC}$ (em Hertz, Hz)

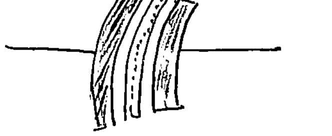


A capacitância entre duas placas paralelas é:

$C = \dfrac{\varepsilon \cdot A}{d}$ $\varepsilon_r = \dfrac{\varepsilon_{diel.}}{\varepsilon_{vácuo}}$

$\varepsilon_{vácuo} = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\, \dfrac{F}{m}$

capacitância varia com a área superposta, função da distância p.
Capacitor é formado entre a superfície interna do cilindro maior e a superfície externa do cilindro menor e o dielétrico é o revestimento de polietileno.



Área superposta: menor placa é a do cilindro interno:

$A_p = \pi \cdot d_{externo} \cdot p$

$\varepsilon_{poliet.} = 8 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}$

$\varepsilon_{poliet.} = 70{,}8 \cdot 10^{-12}\, F/m$

Levando na equação:

$C = \dfrac{70{,}8 \cdot 10^{-12} \cdot \pi \cdot 6 \cdot 10^{-2} \cdot p \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 10^{-3}}$

$C = 1{,}335 \cdot 10^{-10} \cdot p$ (em cm) Farads

Valores limites:

$C_{15\%} = 1{,}335 \cdot 10^{-10} \cdot \dfrac{15}{100} \cdot 10\,cm$

$C_{15\%} = 2 \cdot 10^{-10}$ Farads //

$C_{90\%} = 1{,}335 \cdot 10^{-10} \cdot \dfrac{90}{100} \cdot 10\,cm$

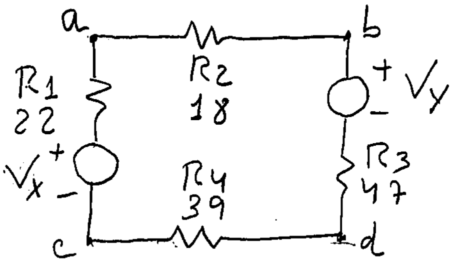
$C_{90\%} = 12 \cdot 10^{-10}$ Farads //

Rádio:

$f_{15\%} = \dfrac{1}{2 \cdot \pi\sqrt{70 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-10}}}$ = 1345 KHz //

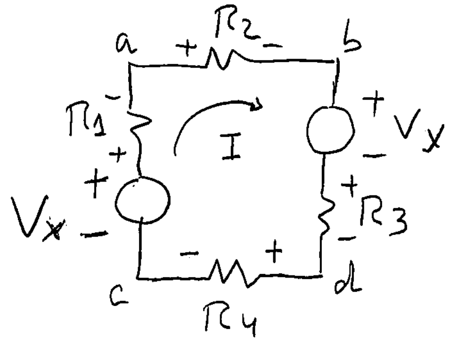
$f_{90\%} = 549$ kHz //

Calcule a tensão das fontes sabendo que $V_{ad} = 44,5$ e $V_{bc} = 55$ Volts.



ex 2011-2

Arbitrando uma corrente I pelo circuito série e marcando as polarid.



Aplicando KVL:

$$\begin{cases} V_{ad} = +V_2 + V_y + V_3 = V_{ad} \\ V_{bc} = +V_y + V_3 + V_4 = V_{bc} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I \cdot R_2 + V_y + I \cdot R_3 = V_{ad} & (1) \\ V_y + I \cdot R_3 + I \cdot R_4 = V_{bc} & (2) \end{cases}$$

Temos 2 equações e 3 incógnitas. Precisamos mais uma equação. KVL em todo o circuito:

$$-V_x + V_1 + V_2 + V_y + V_3 + V_4 = 0$$

$$-V_x + I(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) + V_y = 0$$

$$I = \frac{V_x - V_y}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \quad (3)$$

Fica então:

$$\begin{cases} V_y + I \cdot (R_2 + R_3) = V_{ad} \\ V_y + I \cdot (R_3 + R_4) = V_{bc} \\ I = \dfrac{V_x - V_y}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \end{cases}$$

Colocando os valores:

$$\begin{cases} V_y + I(18 + 47) = 44,5 \\ V_y + I(47 + 39) = 55 \\ I = \dfrac{V_x - V_y}{22 + 18 + 47 + 39} \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_y + 65I = 44,5 & 1) \\ V_y + 86I = 55 & 2) \\ I = \dfrac{V_x - V_y}{126} & 3) \end{cases}$$

Isolando I em 2 e levando em 1

$$I = \frac{55 - V_y}{86} \quad 4)$$

$$V_y + 65\,\frac{55 - V_y}{86} = 44,5$$

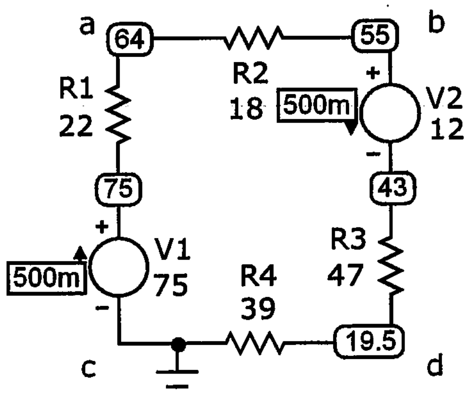
$$V_y \cdot 0,244 = 2,93 \rightarrow V_y = 12 \text{ Volts}$$

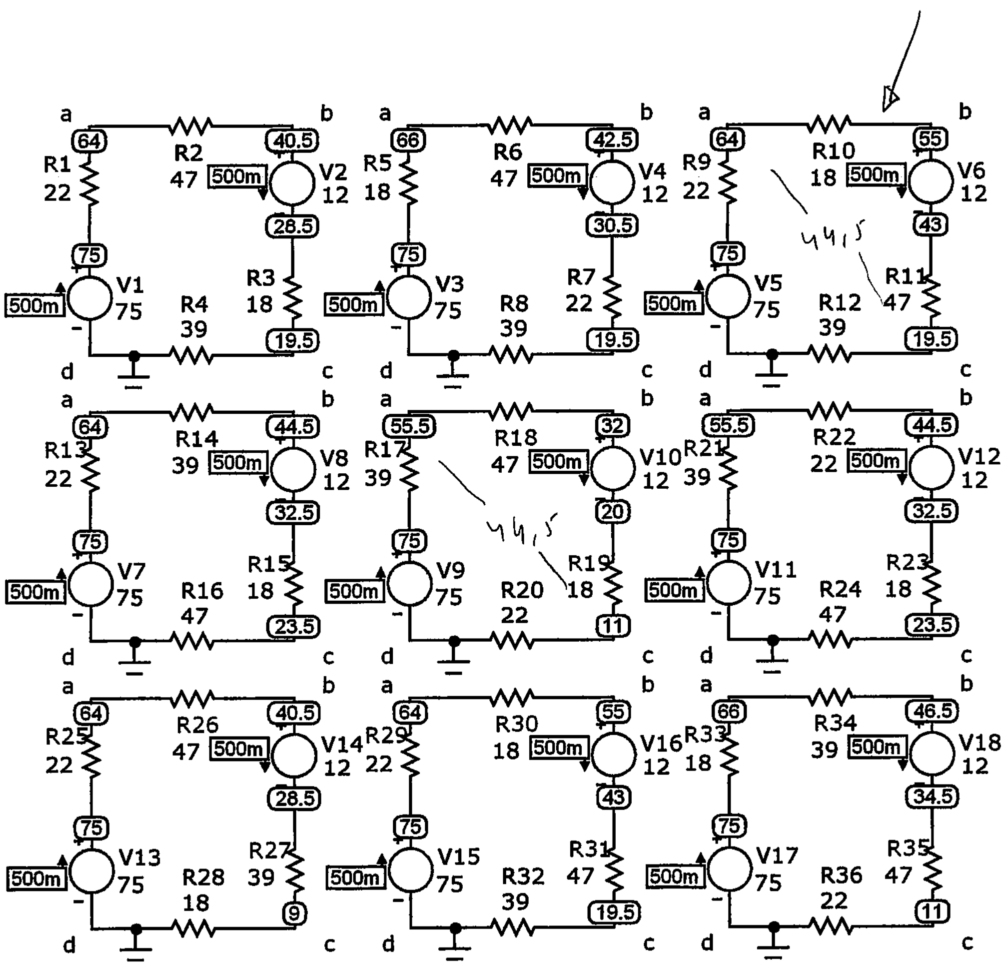
Levando em 4):

$$I = \frac{55 - 12}{86} \rightarrow I = 0,5 \text{ Amp.}$$

Levando em 3):

$$0,5 = \frac{V_x - 12}{126} \rightarrow V_x = 75 \text{ Volts}$$


a
64
R2
18
55
b
R1
22
500m
V2
12
75
43
R3
47
V1
75
500m
R4
39
19.5
c
d



a b c d
R1 22
R2 47
R3 18
R4 39
V1 75
V2 12
500m
64 40.5 28.5 75 19.5
R5 18
R6 47
R7 22
R8 39
V3 75
V4 12
66 42.5 30.5 75 19.5
R9 22
R10 18
R11 47
R12 39
V5 75
V6 12
64 55 43 75 19.5
44,5
R13 22
R14 39
R15 18
R16 47
V7 75
V8 12
64 44.5 32.5 75 23.5
R17 39
R18 47
R19 18
R20 22
V9 75
V10 12
55.5 32 20 75 11
44,5
R21 39
R22 22
R23 18
R24 47
V11 75
V12 12
55.5 44.5 32.5 75 23.5
R25 22
R26 47
R27 39
R28 18
V13 75
V14 12
64 40.5 28.5 75 9
R29 22
R30 18
R31 47
R32 39
V15 75
V16 12
64 55 43 75 19.5
R33 18
R34 39
R35 47
R36 22
V17 75
V18 12
66 46.5 34.5 75 11

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET

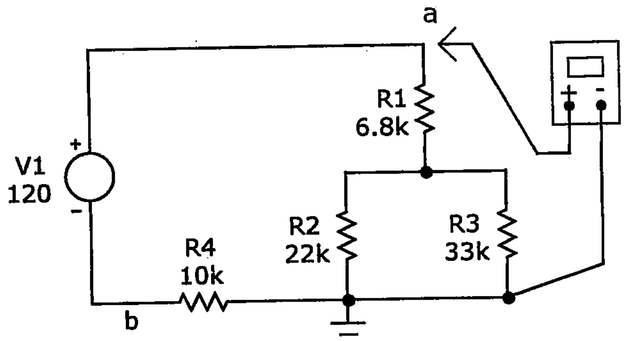
ENG04013 - Introdução à Engenharia Elétrica 2012/1

Recuperação 10/7/2012

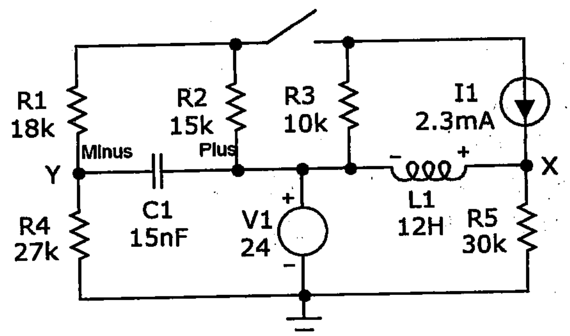
Nome: GABARITO **Turma:** _____

Descreva e documente com equações e diagramas cada etapa da solução pois isto será avaliado. Equacione primeiro em formato literal e coloque os valores de circuito depois.

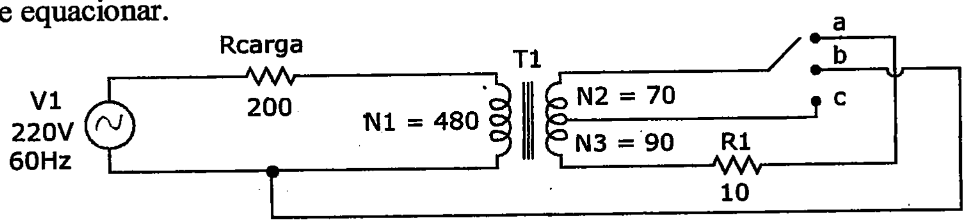
1. (3 pontos) Um voltmetro improvisado com baixa sensibilidade mediu $V_a = 48$ Volts. Examine o circuito, entenda o efeito do voltmetro ao ser conectado ao circuito e descreva em detalhes. Determine o circuito equivalente do voltmetro. Calcule a tensão que o voltmetro deve indicar ao medir V_b. Por último, calcule a tensão V_a sem o voltmetro conectado.



2. (4 pontos) No circuito ao lado, após muito tempo a chave fecha. Examine e descreva qualitativamente o acontecimento, procure o caminho para a solução e só então comece a equacionar com o objetivo de determinar a resposta temporal da tensão $v_{xy}(t)$.
Observe as polaridade marcadas.



3. (3 pontos) Calcule a potência dissipada no resistor de carga do circuito a seguir, em cada uma das três posições da chave seletora. Descreva o funcionamento do circuito em cada posição da chave antes de equacionar.



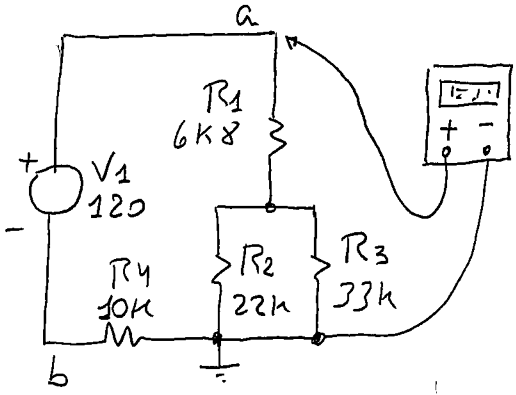
$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$B = \phi / A$ (Teslas)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell$ (Ampères)
$\mu = B / H$ (Wb/A·m)
$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu / \mu_o$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$
$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

Carga:
$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$v_L(t) = - v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln \{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = v_c(t),\ I_c(t),\ v_L(t),$ ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundos)

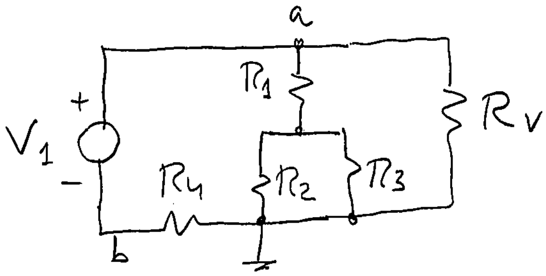
Indutores e capacitores são duais: troque v por i nas equações.

Um voltímetro improvisado mediu $V_a = 48V$. Examine o circuito e determine o circuito equivalente do voltímetro. Calcule a tensão que o voltímetro deve indicar ao medir V_b. Calcule V_a sem o voltímetro.



Voltímetro tem resistência interna que entra em paralelo com os terminais do circuito a medir.

Usando o circuito equivalente:



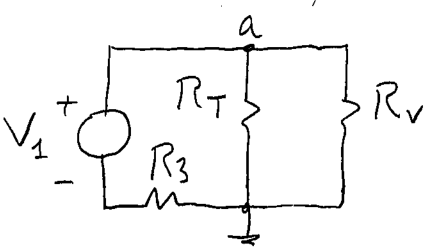
Simplificando:

$$R_T = R_1 + R_2 // R_3$$

$$R_T = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_T = 10 + \frac{22 \cdot 33}{22 + 33}$$

$$R_T = 20K \; //$$



circuito é um divisor de tensão para Va:

$$V_a = V_1 \cdot \frac{R_T // R_V}{R_3 + R_T // R_V}$$

$$V_a = V_1 \frac{\frac{R_T \cdot R_V}{R_T + R_V}}{R_3 + \frac{R_T \cdot R_V}{R_T + R_V}}$$

$$\frac{V_a}{V_1}\left(R_3 + \frac{R_T \cdot R_V}{R_T + R_V}\right) = \frac{R_T \cdot R_V}{R_T + R_V}$$

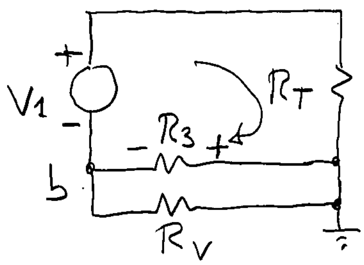
colocando os valores:

$$\frac{48}{120}\left(10 + \frac{20 \cdot R_V}{20 + R_V}\right) = \frac{20 \cdot R_V}{20 + R_V}$$

$$4 + \frac{8 \cdot R_V}{20 + R_V} = \frac{20 \cdot R_V}{20 + R_V}$$

$$R_V = 10k \; //$$

Medindo V_b:

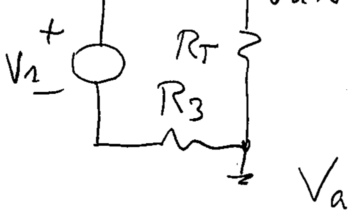


Divisor de tensão:

$$-V_B = V_1 \cdot \frac{R_3 // R_V}{R_T + R_3 // R_V}$$

$$V_b = -24 \text{ Volts} \; //$$

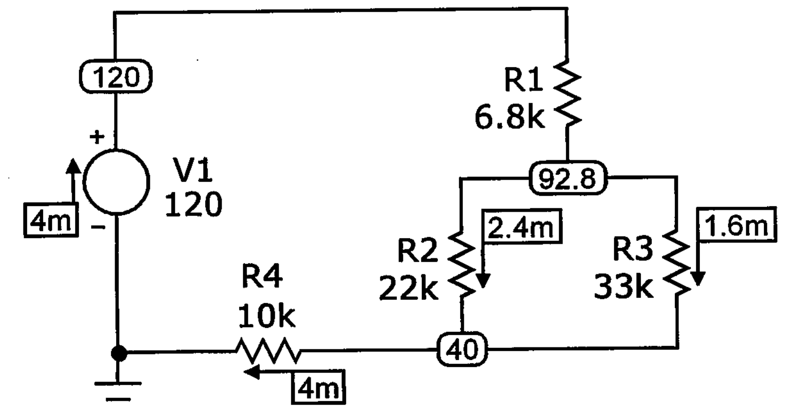
Medindo Va sem o voltímetro:



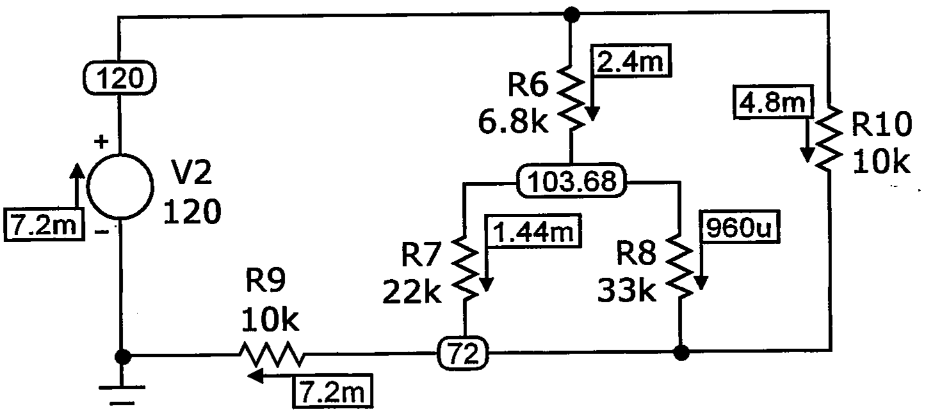
Outro divisor de tensão:

$$V_{a1} = V_a \frac{R_T}{R_3 + R_3}$$

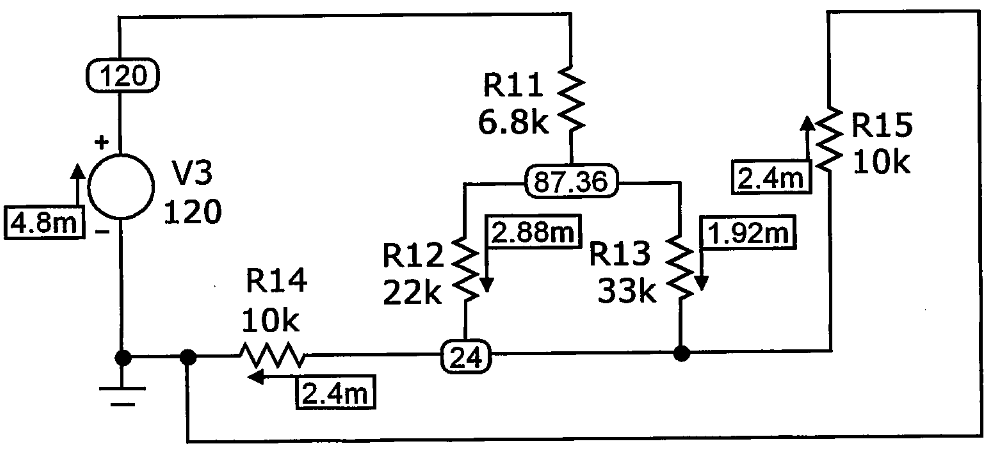
$$V_{a1} = 80 \text{ Volts} \; //$$



120
V1
120
4m
+
-
R1
6.8k
92.8
R2
22k
2.4m
R3
33k
1.6m
R4
10k
4m
40

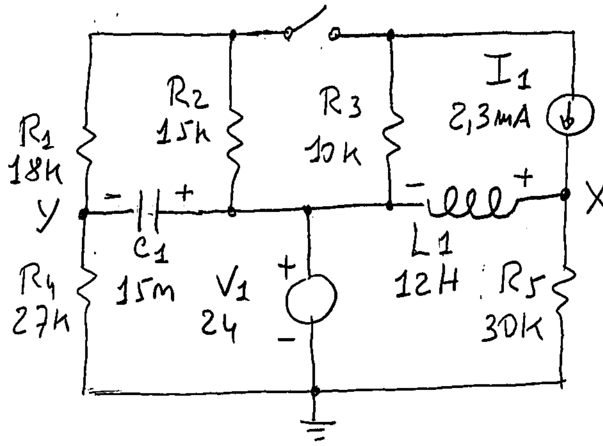


120
V2
120
7.2m
+
-
R6
6.8k
2.4m
R10
10k
4.8m
103.68
R7
22k
1.44m
R8
33k
960u
R9
10k
7.2m
72



120
V3
120
4.8m
+
-
R11
6.8k
87.36
R15
10k
2.4m
R12
22k
2.88m
R13
33k
1.92m
R14
10k
2.4m
24

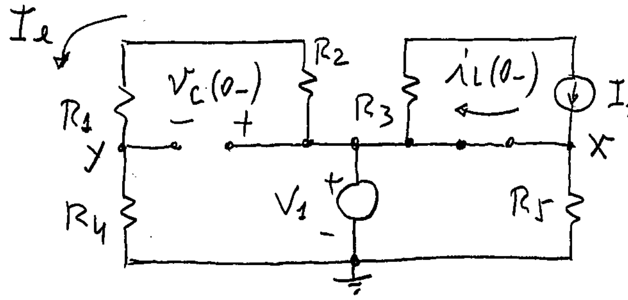
No circuito ao lado, após muito tempo a chave fecha. Examine o circuito e entenda o funcionamento. Equacione com o objetivo de determinar a resposta temporal de $V_{xy}(t)$ após fechar a chave em $t=0$. Observe as polaridades de L_1 e C_1.



EX 2012-1

Objetivo: $V_{xy}(t) = V_L(t) + V_C(t)$

Em $t=0-$, chave aberta, circuito estabilizado, C = aberto e L = curto :



No lado esquerdo, circuito série onde $V_C(0-) = V_{R1} + V_{R2}$

$$I_e = \frac{V_1}{R_2+R_1+R_4} = \frac{24}{15k+18k+27k}$$

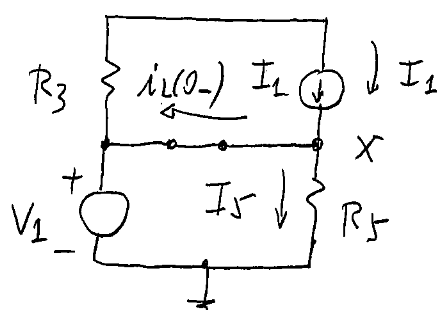
$I_e = 0,4$ Ampère.

como $V_C(0-) = I_e \cdot (R_2 + R_1)$

$V_C(0-) = 0,4(15k + 18k)$

$V_C(0-) = 13,2$ Volts //

No lado direito, aplicando KVL no nó X :



$-I_1 + i_L(0-) + I_5 = 0$

$-I_1 + i_L(0-) + \frac{V_1}{R_5} = 0$

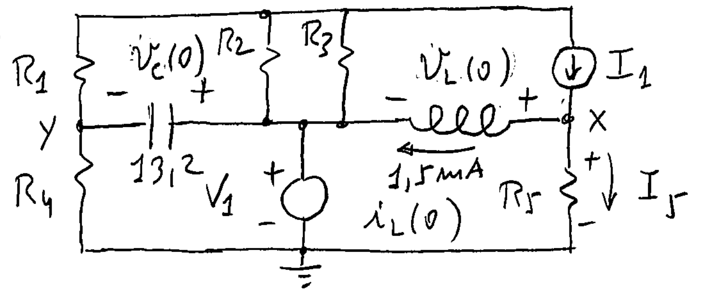
$-2,3mA + i_L(0-) + \frac{24}{30k} = 0$

$i_L(0-) = 1,5 mA$ //

Em $t=0$ a chave fecha e:

$i_L(0-) = i_L(0) = i_L(0+) = 1,5 mA$

$V_C(0-) = V_C(0) = V_C(0+) = 13,2$ Volts //



Precisamos calcular $V_L(0)$:

Simplificando :

$R_P = R_2 // R_3 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \rightarrow R_P = 6K\Omega$ //

Aplicando KCL no nó X :

$-I_1 + i_L(0) + I_5 = 0$

$-2,3mA + 1,5mA + I_5 = 0$

$I_5 = 0,8 mA$ //

Aplicando KVL na malha :

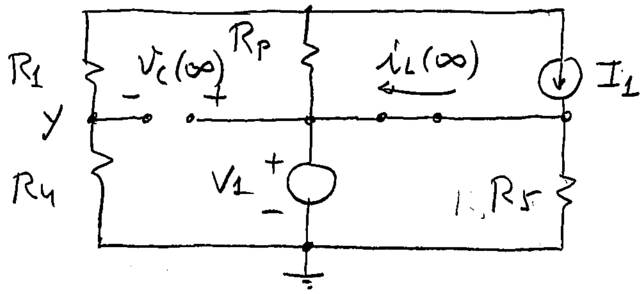
$-V_1 - V_L(0) + V_{R5} = 0$

$-V_1 - V_L(0) + I_5 \cdot R_5 = 0$

$$-24 - v_L(0) + 0{,}8 \cdot 30k = 0$$

$$v_L(0) = 0 \;//$$

Em $t = \infty$, circuito está estabilizado; C=aberto L=curto:



Na malha esquerda:

$$I_e = \frac{V_1}{R_p + R_1 + R_4} = \frac{24}{6k + 18k + 27k}$$

$$I_e = 0{,}4706\ mA \cong 0{,}4\ mA$$

$$V_c(\infty) = I_e \cdot (R_p + R_1)$$

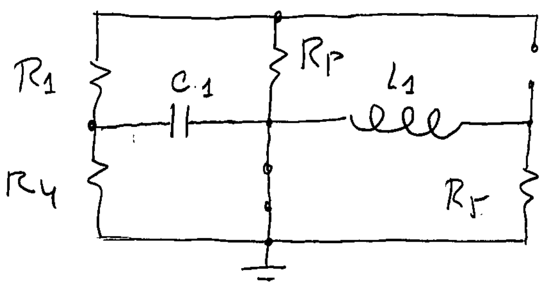
$$V_c(\infty) = 0{,}4mA \cdot (6k + 18k)$$

$$V_c(\infty) = 9{,}6\ \text{Volts} \;// \times$$

Precisa considerar a corrente do indutor. Equacione novamente. Deve ser:

$$V_c(\infty) = 9{,}6 + i_L(\infty) \cdot R_p = 18{,}6\ \text{Volts}$$

constantes de tempo: Fonte V=curto fonte I=aberto:



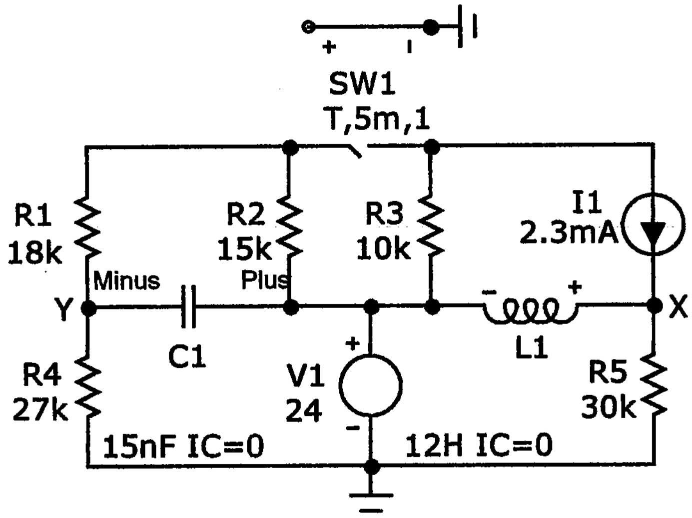
$$\tau_c = R_{eq} \cdot C_1$$

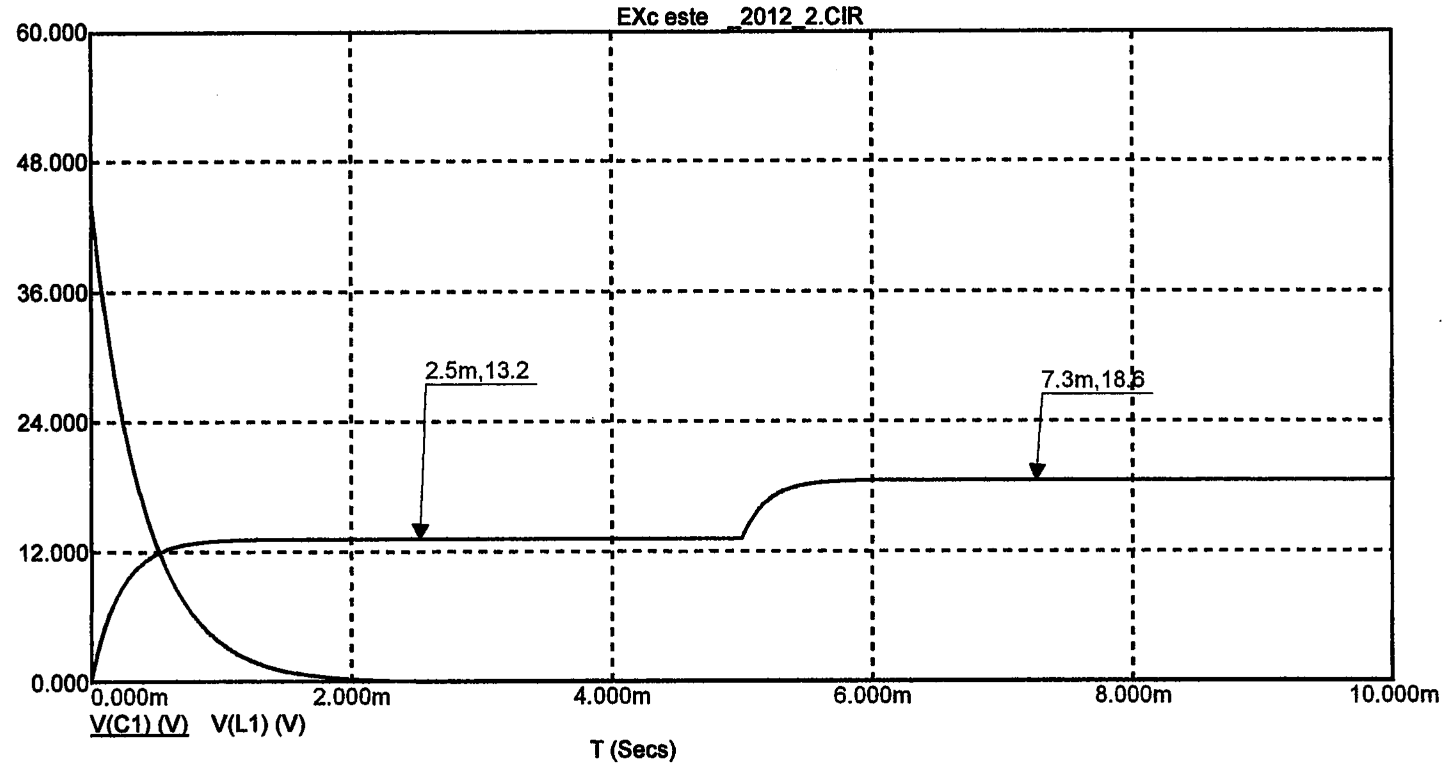
$$R_{eq} = (R_p + R_1) // R_4 = 12{,}7K$$

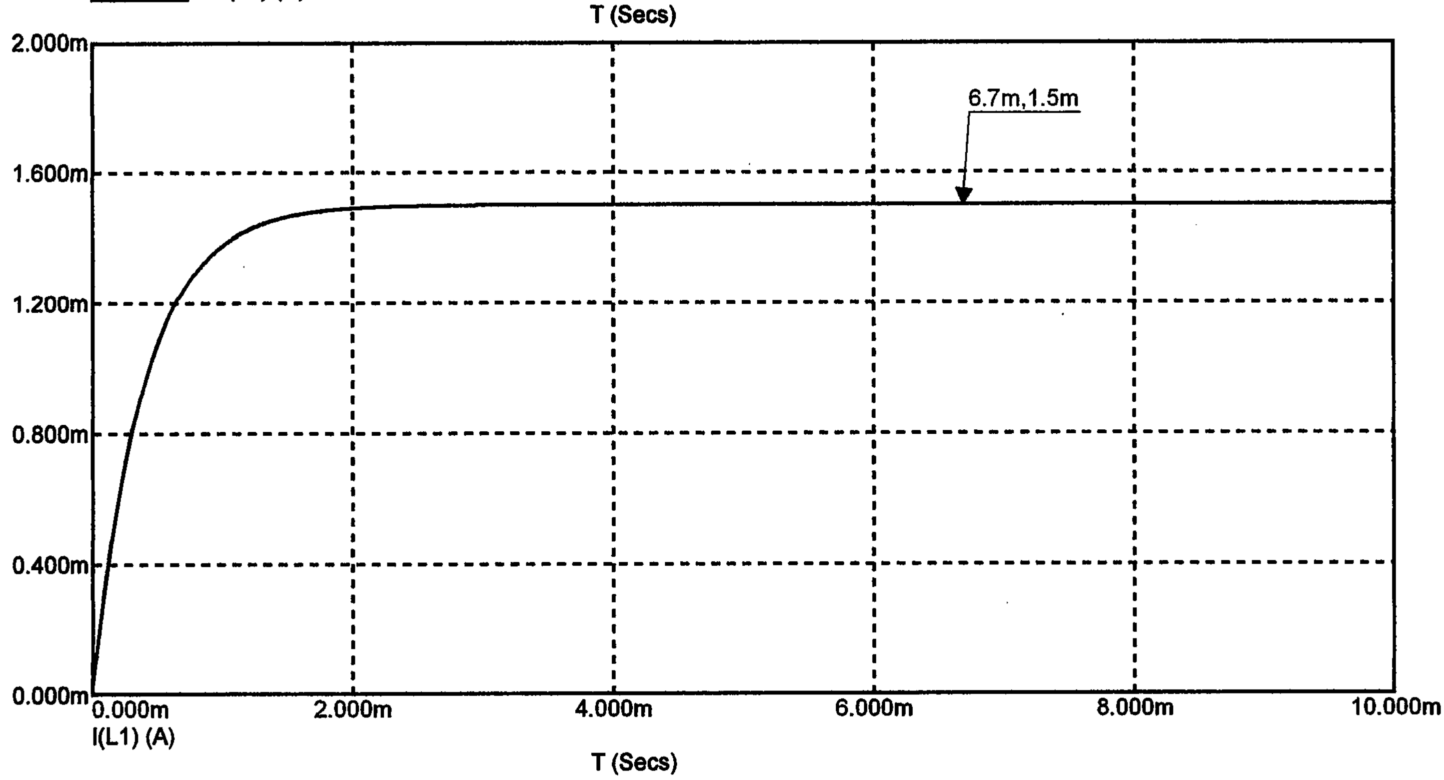
$$\tau_c = 12{,}7k \cdot 15m \rightarrow \tau_c = 1{,}9 \cdot 10^{-4} s \;//$$

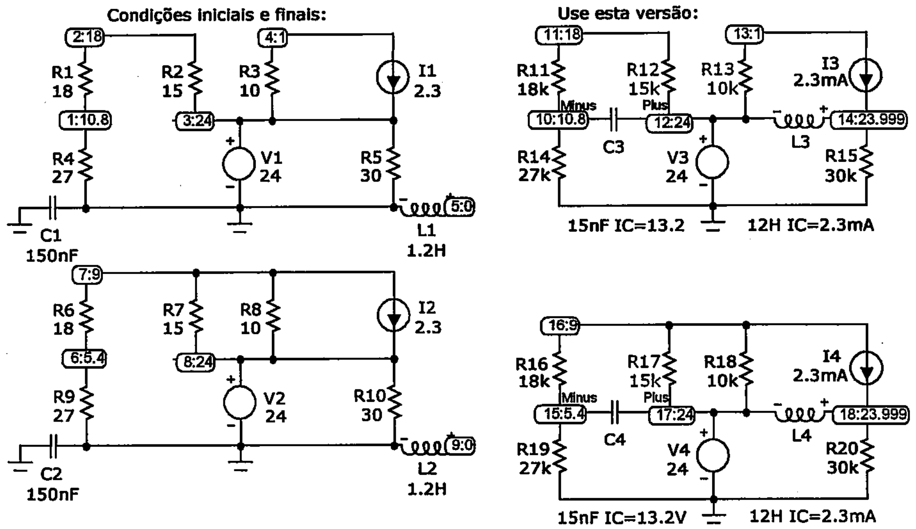
$$\tau_L = \frac{L_1}{R_5} = \frac{12}{30k} \rightarrow \tau_L = 4 \cdot 10^{-4} s \;//$$

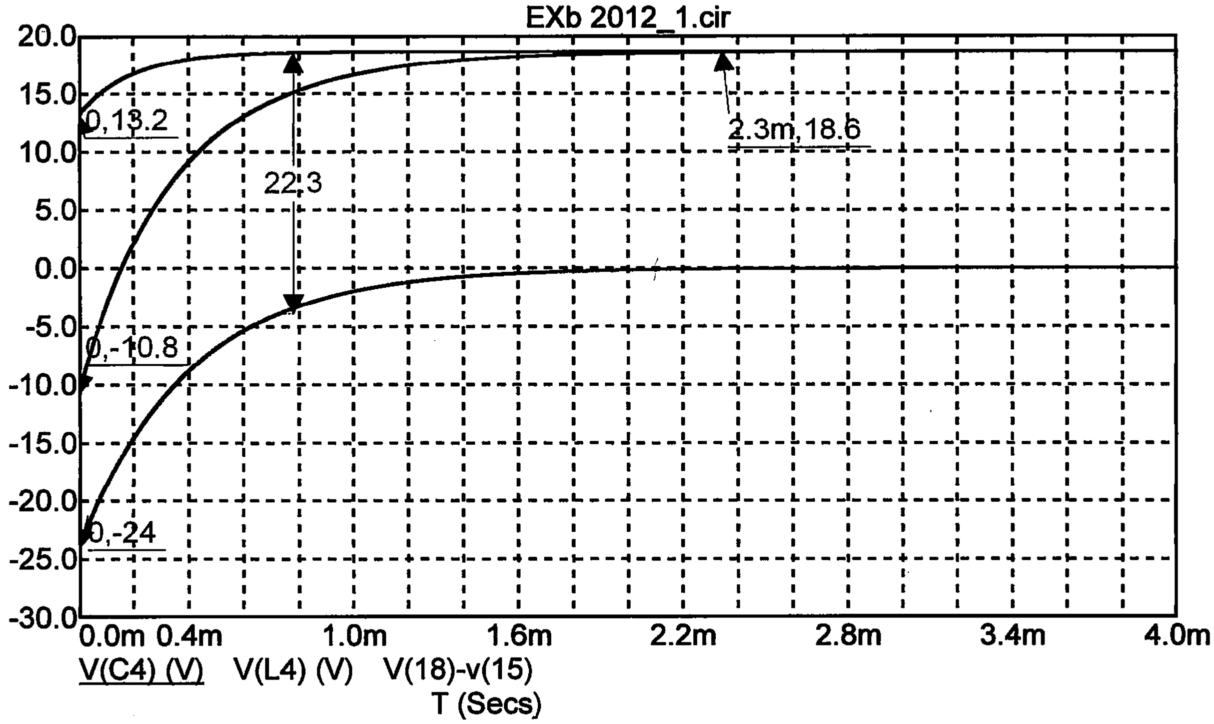
falta $v_L(\infty)$ ...

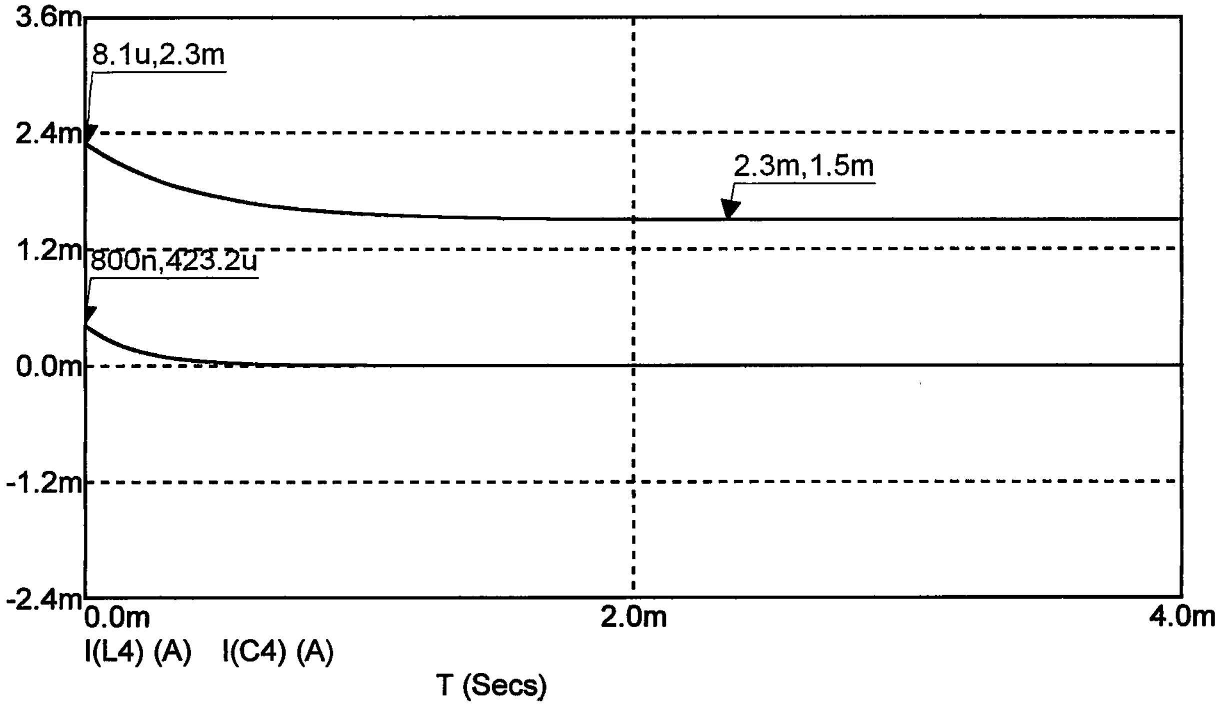

SW1
T,5m,1
R1
18k
R2
15k
R3
10k
I1
2.3mA
Minus
Plus
Y
X
C1
L1
R4
27k
V1
24
R5
30k
15nF IC=0
12H IC=0


EXc este _2012_2.CIR
60.000
48.000
36.000
24.000
12.000
0.000
2.5m,13.2
7.3m,18.6
0.000m
2.000m
4.000m
6.000m
8.000m
10.000m
V(C1) (V) V(L1) (V)
T (Secs)


2.000m
1.600m
1.200m
0.800m
0.400m
0.000m
6.7m,1.5m
0.000m
2.000m
4.000m
6.000m
8.000m
10.000m
I(L1) (A)
T (Secs)


Condições iniciais e finais:
Use esta versão:
2:18
R1 18
R2 15
4:1
R3 10
I1 2.3
1:10.8
3:24
V1 24
R4 27
R5 30
C1 150nF
5:0
L1 1.2H
7:9
R6 18
R7 15
R8 10
I2 2.3
6:5.4
8:24
V2 24
R9 27
R10 30
C2 150nF
9:0
L2 1.2H
11:18
R11 18k
R12 15k
13:1
R13 10k
I3 2.3mA
Minus
Plus
10:10.8
C3
12:24
L3
14:23.999
R14 27k
V3 24
R15 30k
15nF IC=13.2
12H IC=2.3mA
16:9
R16 18k
R17 15k
R18 10k
I4 2.3mA
15:5.4
C4
17:24
L4
18:23.999
R19 27k
V4 24
R20 30k
15nF IC=13.2V
12H IC=2.3mA


EXb 2012_1.cir
0,13.2
2.3m,18.6
22.3
0,-10.8
0,-24
V(C4) (V) V(L4) (V) V(18)-v(15)
T (Secs)

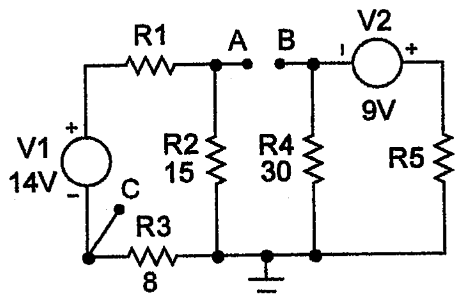

8.1u,2.3m
2.3m,1.5m
800n,423.2u
I(L4) (A) I(C4) (A)
T (Secs)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2012/2

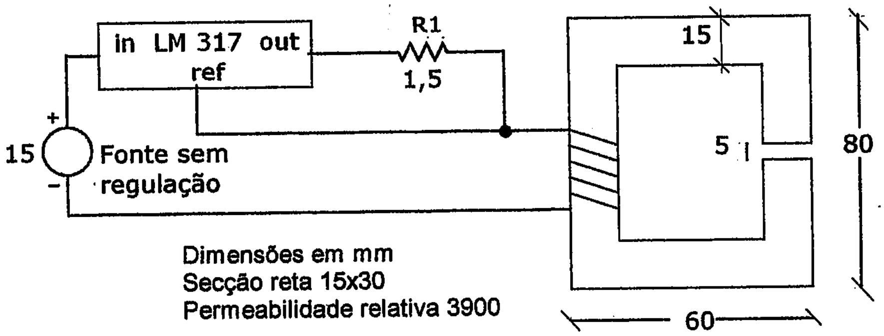
Recuperação 15/1/2013

Nome: GABARITO **Turma:** ____

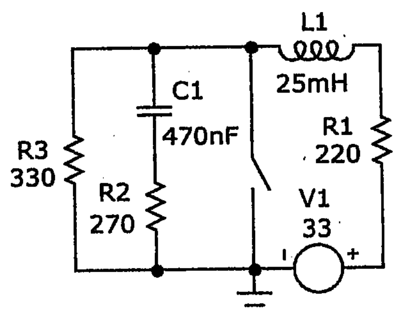
1. (3 pontos) No circuito a seguir constatou-se que $V_c = -3{,}2$ Volts (medido em relação a massa) e que por um curto-circuito entre o ponto B e a massa passa 0,9 Ampères.
Determine a tensão V_A quando os pontos A e B forem conectados, descrevendo cuidadosamente cada etapa do seu trabalho.



2. (3 pontos) A estrutura a seguir é um calibrador de sensores magnéticos, produzindo um campo conhecido e constante com fluxo de 100μWb.
a) Examine o circuito e descreva o seu funcionamento.
b) Calcule o número de espiras da bobina para alcançar estes objetivos, descrevendo cada etapa com textos, equações e esquemas pois isso será avaliado. $V_{out} - V_{ref} = 1{,}2$ Volts. Arredonde.



3. (4.0 pontos) O circuito ao lado está ligado a muito tempo e a chave fecha em t = 0.
a) Determine os valores iniciais e finais da tensão e corrente no capacitor e no indutor, a partir de t = 0.
b) Equacione a tensão no capacitor e no indutor ao longo do tempo, descrevendo cada etapa da solução, pois isso será avaliado sempre.



$I = q / t$ (Ampère = Coulomb / segundo)
$V = w / q$ (Volt = Joule / Coulomb)
$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watt)
$B = \phi / A$ (Tesla)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henry)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell = \phi \cdot R$ (Ampère)
$\mu = B / H$ (Wb/A·m)
$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu / \mu_o$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joule)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$

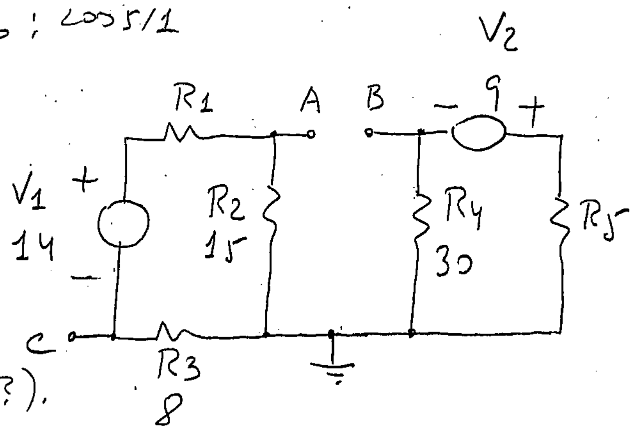
$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

Carga:
$I_c(t)$ ou $V_L(t) = V_x(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$V_c(t)$ ou $I_L(t) = I_x(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$V_c(t)$ ou $I_L(t) = I_x(\infty) + [I_x(o) - I_x(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

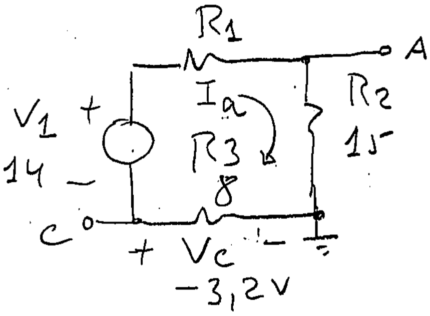
Descarga:
$V_L(t) = -V_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln\{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = V_c(t)$, $I_c(t)$, $V_L(t)$, ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L/R$ (segundo)

Simulado: 2005/1

Determine a tensão V_a (em relação à massa) quando os pontos A e B forem conectados.
Sabe-se que $V_c = -3{,}2\,V$ e que por um fio unindo B com a massa passa 0,9 A (sentido?).
Valores em Ohms e Volts.



Calculando os elementos desconhecidos:



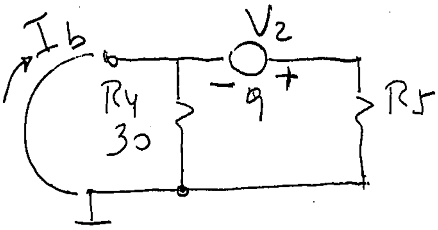
$$I_a = \frac{-V_c}{R_3} = \frac{-(-3{,}2)}{8} \rightarrow I_a = 0{,}4\,A$$

Aplicando KVL:

$$-14 + I_a R_1 + I_a R_2 - V_c = 0$$

$$-14 + 0{,}4 \cdot R_1 + 0{,}4 \cdot 15 - (-3{,}2) = 0$$

$$R_1 = 12\,\Omega$$

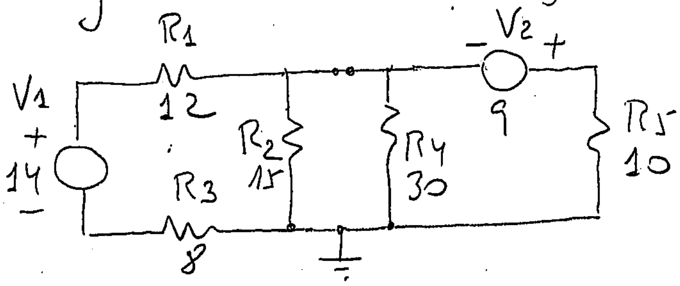


$$I_b = \frac{V_2}{R_5}$$

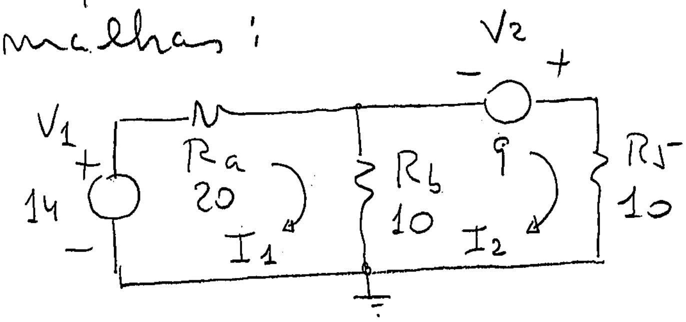
$$0{,}9 = \frac{9}{R_5}$$

$$R_5 = 10\,\Omega$$

Ligando A com B fica:



Associando os resistores e aplicando o método das malhas:



$$\begin{cases} -V_1 + I_1 \cdot R_a + I_1 \cdot R_b - I_2 \cdot R_b = 0 \\ -V_2 + I_2 R_5 + I_2 \cdot R_b - I_1 \cdot R_b = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -14 + I_1(20+10) - I_2 \cdot 10 = 0 \\ -9 + I_2(10+10) - I_1 \cdot 10 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 30 I_1 - 10 I_2 = 14 \\ -10 I_1 + 20 I_2 = 9 \quad (\times 3) \end{cases}$$

$$-30 I_1 + 60 I_2 = 27$$

Somando

$$50 I_2 = 41 \rightarrow I_2 = 0{,}82\,A$$

$$30 I_1 - 10 \cdot 0{,}82 = 14 \rightarrow I_1 = 0{,}74\,A$$

Então:

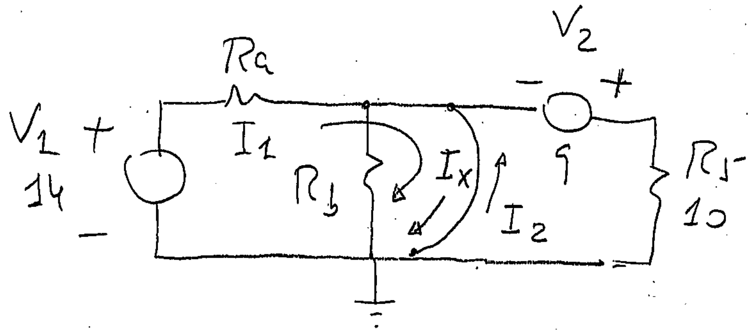
$$V_a = V_b = R_b (I_1 - I_2) = -0{,}8\ \text{Volts}$$

VIDE

Qual o novo V_c ?

$$V_c = -I_1 \cdot R_3 = -0,74 \cdot 8 = -5,92 \text{ Volts} //$$

Qual a corrente pelo fio unindo $V_a = V_b$ para a massa?

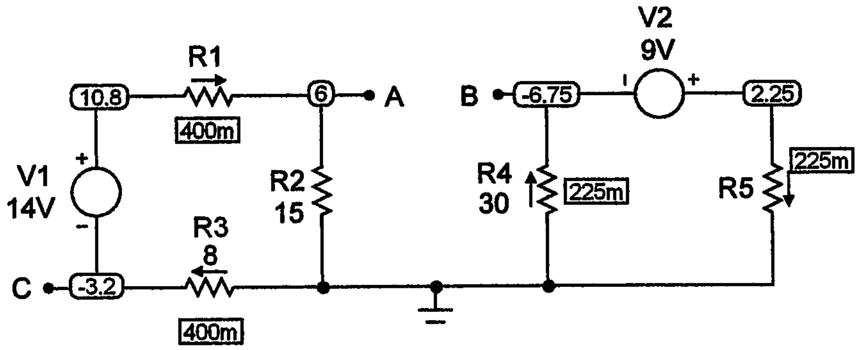


$$I_1 = \frac{V_1}{R_a} = \frac{14}{20} = 0,7 \text{ A}$$

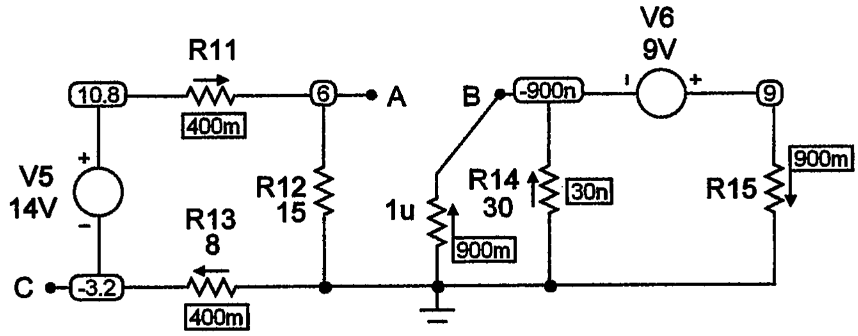
$$I_2 = \frac{V_2}{R_5} = \frac{9}{10} = 0,9 \text{ A}$$

Então $I_x = I_1 - I_2 = 0,7 - 0,9$

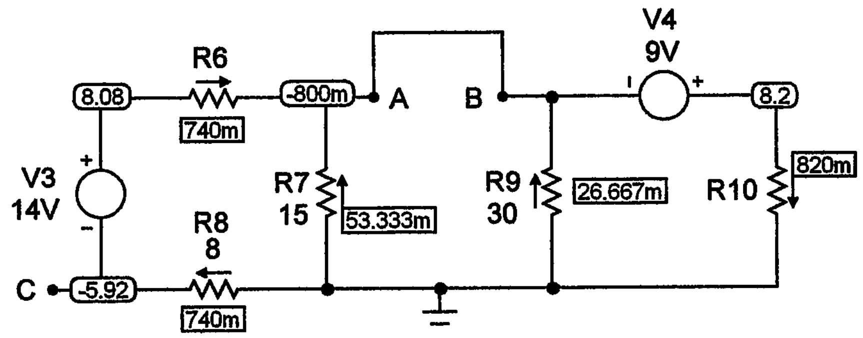
$$I_x = -0,2 \text{ A} //$$



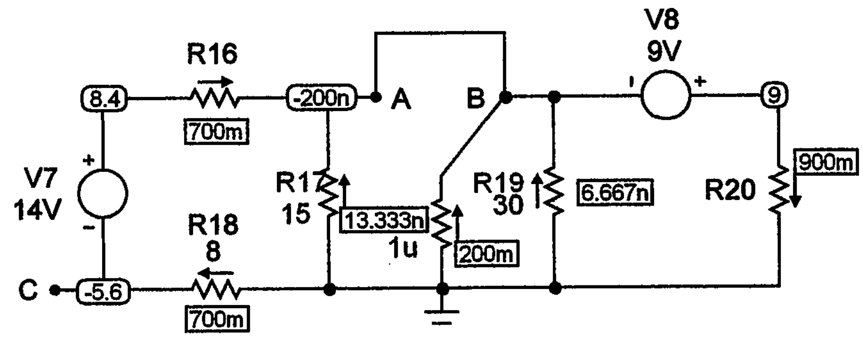
V2
9V
R1
10.8
6
A
B
-6.75
2.25
400m
V1
14V
R2
15
R4
30
225m
R5
225m
R3
8
C
-3.2
400m



V6
9V
R11
10.8
6
A
B
-900n
9
400m
900m
V5
14V
R12
15
R14
30
30n
R15
R13
8
1u
900m
C
-3.2
400m



V4
9V
R6
8.08
-800m
A
B
8.2
740m
820m
V3
14V
R7
15
53.333m
R9
30
26.667m
R10
R8
8
C
-5.92
740m

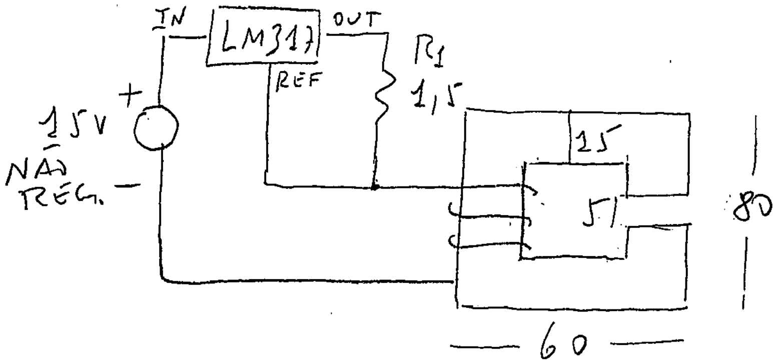


V8
9V
R16
8.4
-200n
A
B
9
700m
900m
V7
14V
R17
15
13.333n
R19
30
6.667n
R20
R18
8
1u
200m
C
-5.6
700m

A estrutura a seguir é um calibrador para sensores magnéticos, oferecendo um campo conhecido e constante com fluxo de 100 µWb.

a) Examine o circuito e descreva o seu funcionamento.

b) Calcule o número de espiras da bobina para alcançar este objetivo, descrevendo cada etapa com textos, equações e esquemas.



Dimensões em mm, secção reta constante de 15x30. Permeabilidade do material é de 3900. $V_{OUT}-V_{REF}=1,2$

EX 2008/1

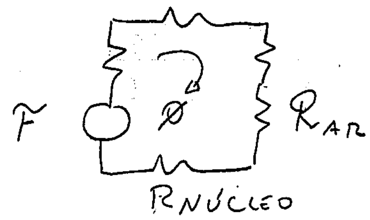
---

a) O LM317 opera como fonte de corrente constante de modo que o fluxo na estrutura será constante também.

b) corrente fornecida pelo regulador:

$$I=\frac{V_{out}-V_{ref}}{R_1}=\frac{1,2}{1,5}=0,8\,A\ //$$

Equivalente elétrico da estrutura magnética:



$$\phi=\frac{F}{R_{N\,TOTAL}+R_{AR}} \quad e \quad R=\frac{l}{\mu\cdot A} \quad e \quad F=N\cdot I$$

Considerando o fluxo concentrado no centro da estrutura:

$$l_N=2\cdot(60-15)+(80-15)+(80-5-15)$$

$$=215\,mm=215\cdot10^{-3}\,m$$

$$l_{AR}=5\,mm=5\cdot10^{-3}\,m$$

$$A=15\,mm\times30\,mm=450\,mm^2=$$
$$=450\cdot10^{-6}\,m^2$$

$$\mu_N=\mu_0\mu_{rN}=4\pi10^{-7}\cdot3900=4,9\cdot10^{-3}\,\frac{Wb}{A\cdot m}$$

Então: $$R_N=\frac{215\cdot10^{-3}}{4,9\cdot10^{-3}\cdot450\cdot10^{-6}}$$

$$R_N=97.488\ A/Wb\ //$$

$$R_{AR}=\frac{5\cdot10^{-3}}{4\pi\cdot10^{-7}\cdot450\cdot10^{-6}}$$

$$R_{AR}=8,842\cdot10^{6}\ //$$

Substituindo:

$$100\cdot10^{-6}=\frac{N\cdot \overset{0,8}{I}}{97.488+8,842\cdot10^{6}}$$

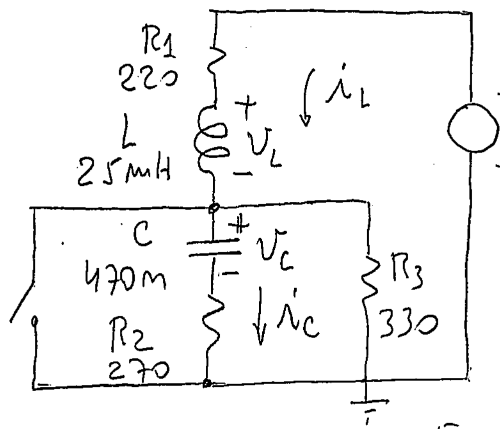
$$N=1117\ \text{espiras}\ //$$

O circuito a seguir está ligado por muito tempo e, em $t=0$, a chave fecha.

a) Determine os valores iniciais e finais da tensão e corrente no indutor e no capacitor.

b) Equacione as tensões no indutor e no capac.

c) Equacione as correntes no indutor e no capac.

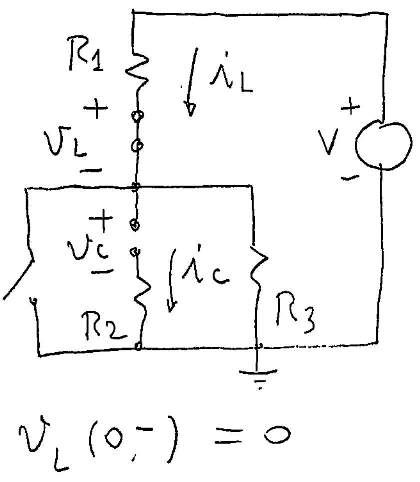


Ex 2007-2

a) Chave aberta por muito tempo. Circuito está estabilizado:

C = Aberto L = curto

circuito em $t=0^-$ fica:



$$v_L(0^-) = 0$$

$$i_C(0^-) = 0$$

$$i_L(0^-) = \frac{V}{R_1+R_3} = \frac{33}{220+330}$$

$$i_L(0^-) = 60\,mA \;//$$

$$v_C(0^-) = i_L(0^-)\cdot R_3 = 60\,mA\cdot 330$$

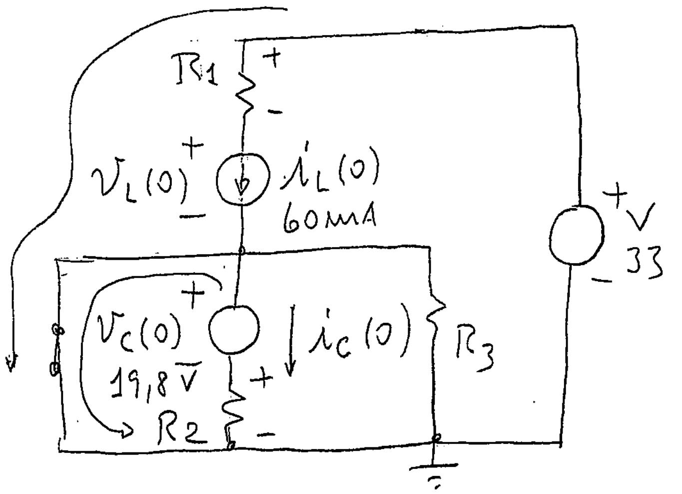
$$v_C(0^-) = 19{,}8 \text{ Volts} \;//$$

Em $t=0$ a chave fecha. O circuito está sofrendo variações; corrente em L e tensão em C não mudam

$$i_L(0) = i_L(0^-) = 60\,mA \;//$$

$$v_C(0) = v_C(0^-) = 19{,}8 \text{ Volts} \;//$$

Circuito em $t=0+$ fica:



Observando as correntes:

KVL na malha externa:

$$-V + i_L(0)R_1 + v_L(0) = 0$$

$$v_L(0) = 33 - 60\,mA\cdot 220$$

$$v_L(0) = 19{,}8\,V \;//$$

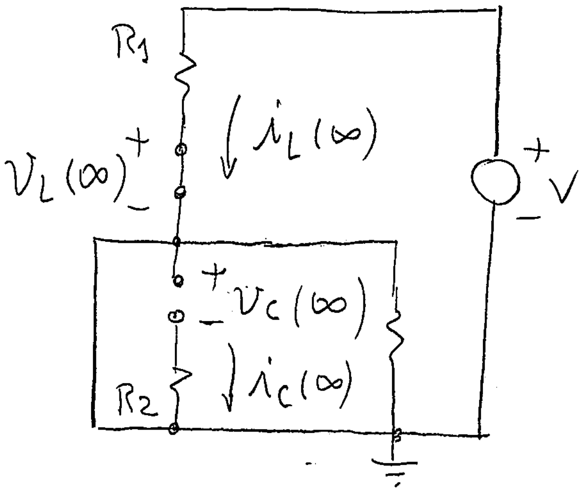
KVL na malha esquerda:

$$-v_C(0) - R_2\cdot i_C(0) = 0$$

$$i_C(0) = \frac{-19{,}8}{270} \rightarrow i_C(0) = 73{,}3\,mA$$

Após muito tempo com a chave fechada, o circuito volta a se estabilizar:

c = Aberto, L = curto :



$$V_L(\infty) = 0$$

$$i_c(\infty) = 0$$

$$i_L(\infty) = \frac{V}{R_1} = \frac{33}{220}$$

$$i_L(\infty) = 0{,}15\,A \;//$$

$$v_c(\infty) = \text{zero} \;//$$

b) cálculo das constantes de tempo; Matar a fonte.

$$\tau_L = \frac{L}{R_1} = \frac{25\,mH}{220}$$

$$\tau_L = 0{,}114 \cdot 10^{-3}\,s \;//$$

$$\tau_c = R_2 \cdot C = 270 \cdot 470 \cdot 10^{-9}$$

$$\tau_c = 127\,\mu s \;//$$

$$V_L(t) = V_L(0) \cdot e^{-t/\tau_L}$$

$$V_L(t) = 19{,}8\, e^{-8800 \cdot t} \;//$$

$$V_c(t) = V_c(0)\, e^{-t/\tau_c}$$

$$V_c(t) = 19{,}8 \cdot e^{-7880 \cdot t} \;//$$

c) Equacionando as correntes:

Existe corrente no indutor em $t = 0$.

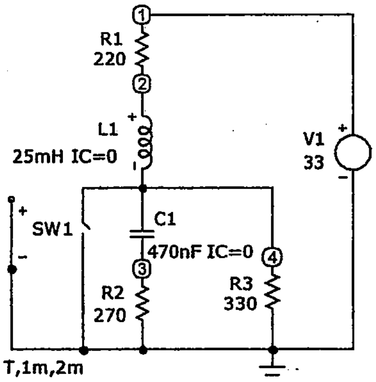
$$i_L(t) = i_L(\infty) + (i_L(0) - i_L(\infty))\, e^{-t/\tau_L}$$

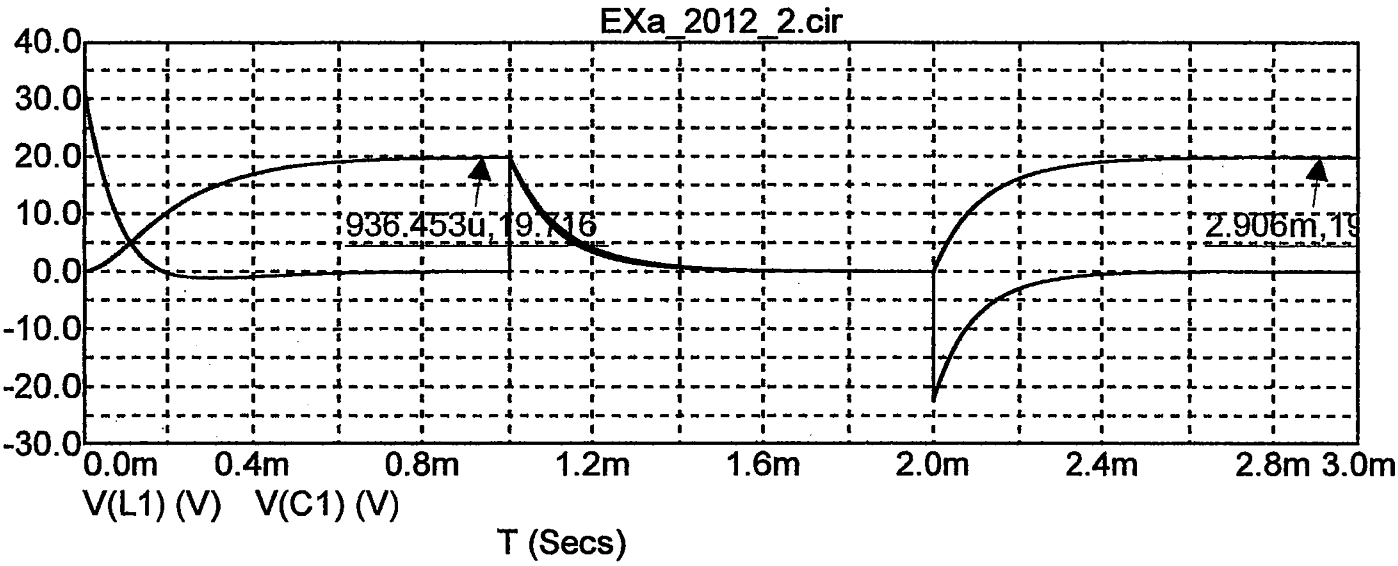
$$i_L(t) = 0{,}15 + (0{,}06 - 0{,}15)\, e^{-\frac{t}{0{,}114 \cdot 10^{-3}}}$$

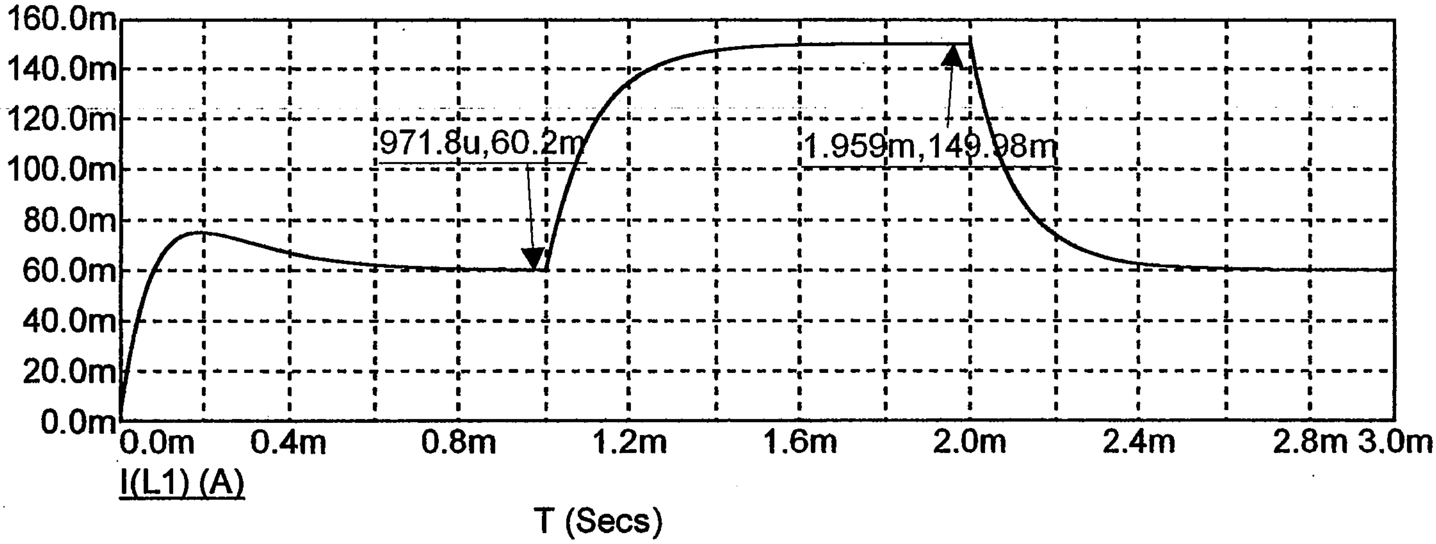
$$i_L(t) = 0{,}15 - 0{,}09\, e^{-8800 \cdot t} \;//$$

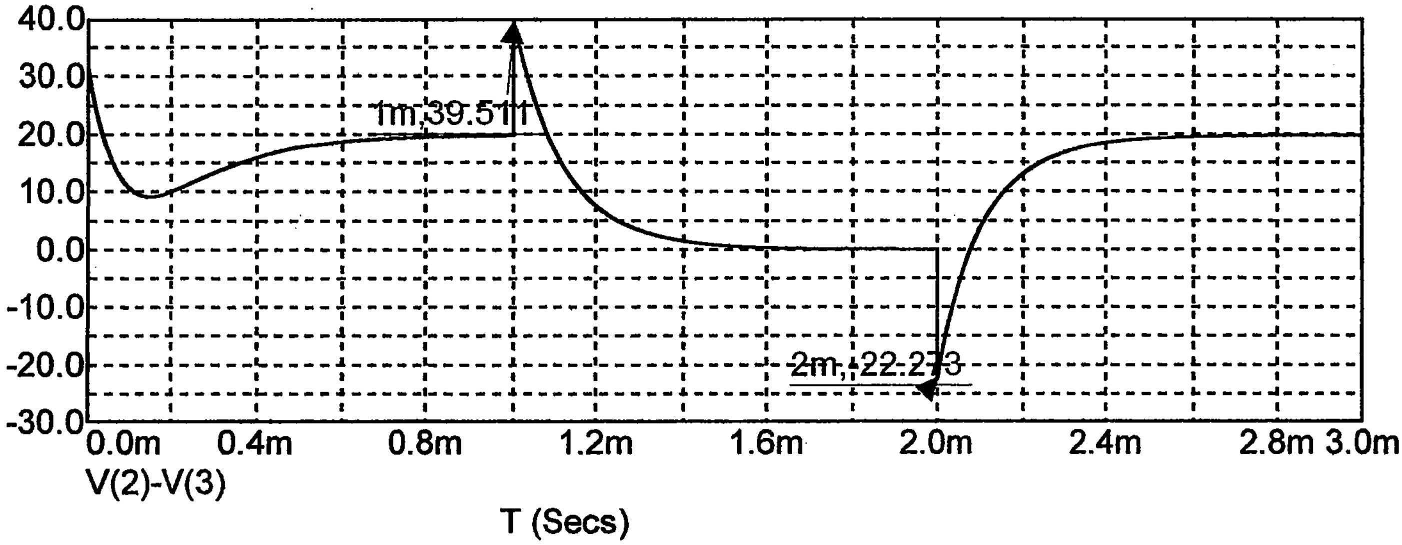
$$i_c(t) = i_c(0) \cdot e^{-t/\tau_c}$$

$$i_c(t) = 73{,}3 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-7880 \cdot t} \;//$$


R1
220
L1
25mH IC=0
V1
33
SW1
C1
470nF IC=0
R2
270
R3
330
T,1m,2m


EXa_2012_2.cir
936.453u,19.716
2.906m,19
V(L1) (V)   V(C1) (V)
T (Secs)


971.8u,60.2m
1.959m,149.98m
I(L1) (A)
T (Secs)

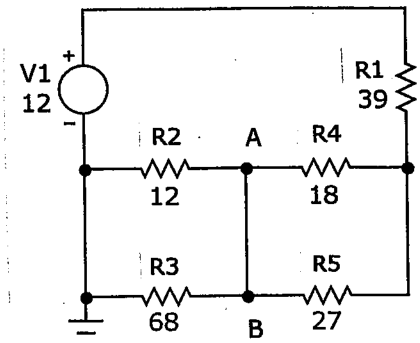

1m,39.511
2m,-22.273
V(2)-V(3)
T (Secs)

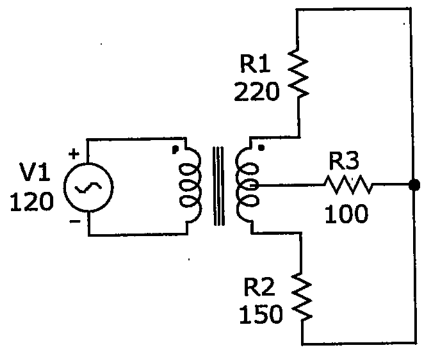
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2013/1

Recuperação 16/7/2013

Nome: GABARITO **Turma:** _____

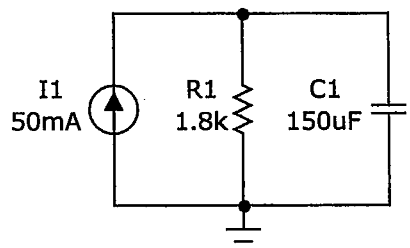
1. (3,5 pontos) Examine o circuito ao lado e equacione em formato literal, usando o Método das Correntes de Malha, com o objetivo de obter a corrente I_{AB} e a tensão V_A, descrevendo cada etapa com textos, equações e diagramas pois isso será avaliado sempre.





2. (3,0 pontos) Descreva qualitativamente o circuito ao lado e equacione de modo a determinar a potência dissipada em cada resistor, documentando amplamente todos os passos da solução. Transformador ideal com 294 espiras no enrolamento de entrada e um total de 98 espiras na saída, que possui um contato central.

3. (3,5 pontos) O circuito ao lado é alimentado em t = 0. Entenda o seu funcionamento, equacione em formato literal e depois coloque os valores de circuito para descobrir o instante de tempo em que as correntes no resistor e no capacitor são iguais, bem como a tensão neles naquele momento. Descreva cada etapa com textos, equações e esquemas.



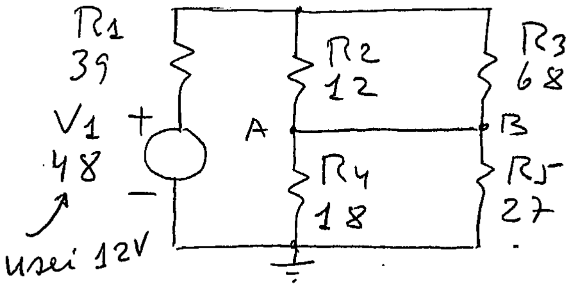
$I = q / t$ (Ampères = Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts = Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$B = \phi / A$ (Teslas)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell$ (Ampères)
$\mu = B / H$ (Wb/A·m)
$\mu_{vácuo} = \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu / \mu_0$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$
$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

Carga:
$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

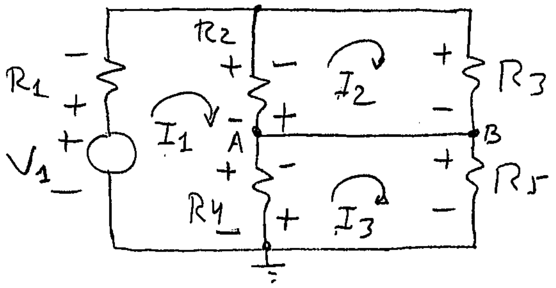
Descarga:
$v_L(t) = - v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln \{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = v_C(t),\ I_C(t),\ v_L(t),$ ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L/R$ (segundos)

Indutores e capacitores são duais: troque **v** por **i** nas equações.

Aplique o Método das Correntes de Malha para calcular I_{AB}, documentando cada etapa com textos, equações e diagramas.



Nomeando as malhas em sentido horário e marcando as polaridades:



Equacionando:

$$\begin{cases} -V_1 + I_1 \cdot R_1 + (I_1 - I_2) R_2 + (I_1 - I_3) R_4 = 0 \\ (I_2 - I_1) \cdot R_2 + I_2 \cdot R_3 = 0 \\ (I_3 - I_1) \cdot R_4 + I_3 \cdot R_5 = 0 \end{cases}$$

colocando os valores:

$$\begin{cases} 39 \cdot I_1 + 12 I_1 - 12 I_2 + 18 I_1 - 18 I_3 = 48 \\ 12 I_2 - 12 I_1 + 68 I_2 = 0 \\ 18 I_3 - 18 I_1 + 27 I_3 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (39 + 12 + 18) I_1 - 12 I_2 - 18 I_3 = 48 \\ (12 + 68) I_2 - 12 I_1 = 0 \\ (18 + 27) I_3 - 18 I_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 69 I_1 - 12 I_2 - 18 I_3 = 48 & (1) \\ 80 I_2 - 12 I_1 = 0 & (2) \\ 45 I_3 - 18 I_1 = 0 & (3) \end{cases}$$

Isolando I_2 e I_3 em (2) e (3) e aplicando em (1):

$$69 \cdot I_1 - 12 \left(\frac{12 \cdot I_1}{80} \right) - 18 \left(\frac{18 \cdot I_1}{45} \right) =$$

$$69 I_1 - 1,8 \cdot I_1 - 7,2 I_1 = 48$$

$I_1 = 0,8$ Ampères //

Levando em (2):

$$I_2 = \frac{12 \cdot 0,8}{80} \rightarrow I_2 = 0,12 \text{ A} //$$

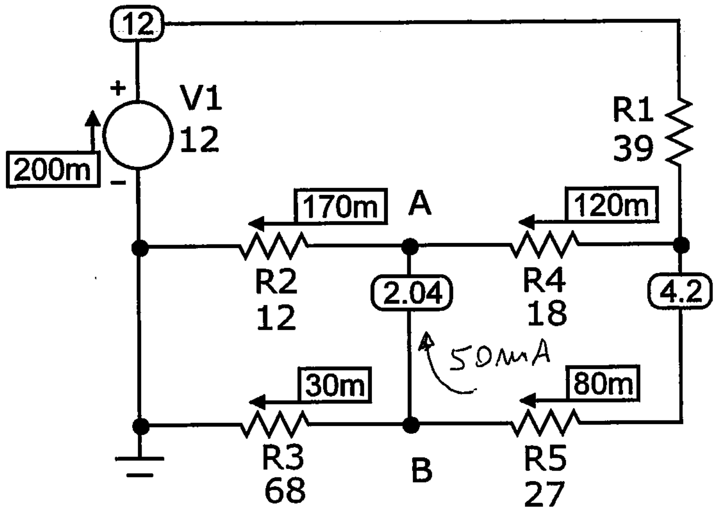
Levando em (3):

$$I_3 = \frac{18 \cdot 0,8}{45} \rightarrow I_3 = 0,32 \text{ A}$$

Como $I_{AB} = I_3 - I_2 = \frac{0,32}{4} - \frac{0,12}{4}$

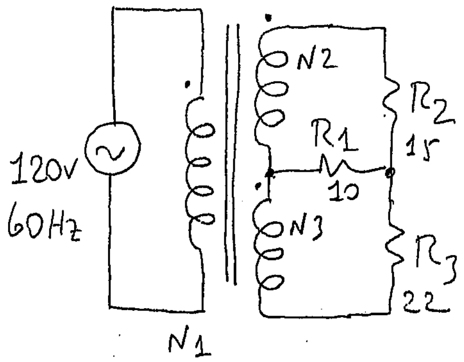
$I_{AB} = \frac{0,2}{4}$ Ampères //

EX 2013/1



12
V1
12
200m
R1
39
170m
A
120m
R2
12
2.04
R4
18
4.2
50mA
30m
80m
R3
68
B
R5
27

Examine o circuito e descreva qualitativamente o seu funcionamento. Equacione o circuito com o objetivo de determinar a potência dissipada em cada resistor. Descreva cada passo da solução.



Primário: N1 = 420 espiras

Secundário: 84 espiras com uma tomada central.

Transformador isola e rebaixa a tensão da rede.

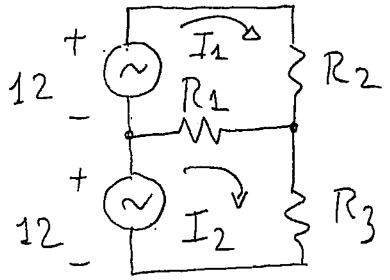
Tensão no secundário:

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

$$V_S = V_P \frac{N_S}{N_P} = 120 \frac{84}{420}$$

$V_S = 24$ Volts total, de modo que cada bobina fica com 12 Volts.

Equacionando o circuito no secundário:



Método das malhas:

$$\begin{cases} -12 + I_1 \cdot R_2 + (I_1 - I_2) \cdot R_1 = 0 \\ -12 + I_2 \cdot R_3 + (I_2 - I_1) \cdot R_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -12 + 15 I_1 + 10 I_1 - 10 I_2 = 0 \\ -12 + 22 I_2 + 10 I_2 - 10 I_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 25 I_1 - 10 I_2 = 12 \\ -10 I_1 + 32 I_2 = 12 \leftarrow (\times 2{,}5) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 25 I_1 - 10 I_2 = 12 \\ -25 I_1 + 80 I_2 = 30 \end{cases} \quad \text{Somando}$$

$$0 \quad + 70 I_2 = 42$$

Então $I_2 = 0{,}6$ Ampères //

$25 I_1 - 10 \cdot 0{,}6 = 12$

Então $I_1 = 0{,}72$ Ampères //

Cálculo das potências:

$P_1 = R_1 (I_1 - I_2)^2 = 10 (0{,}6 - 0{,}72)^2$

$P_1 = 0{,}144$ Watts //

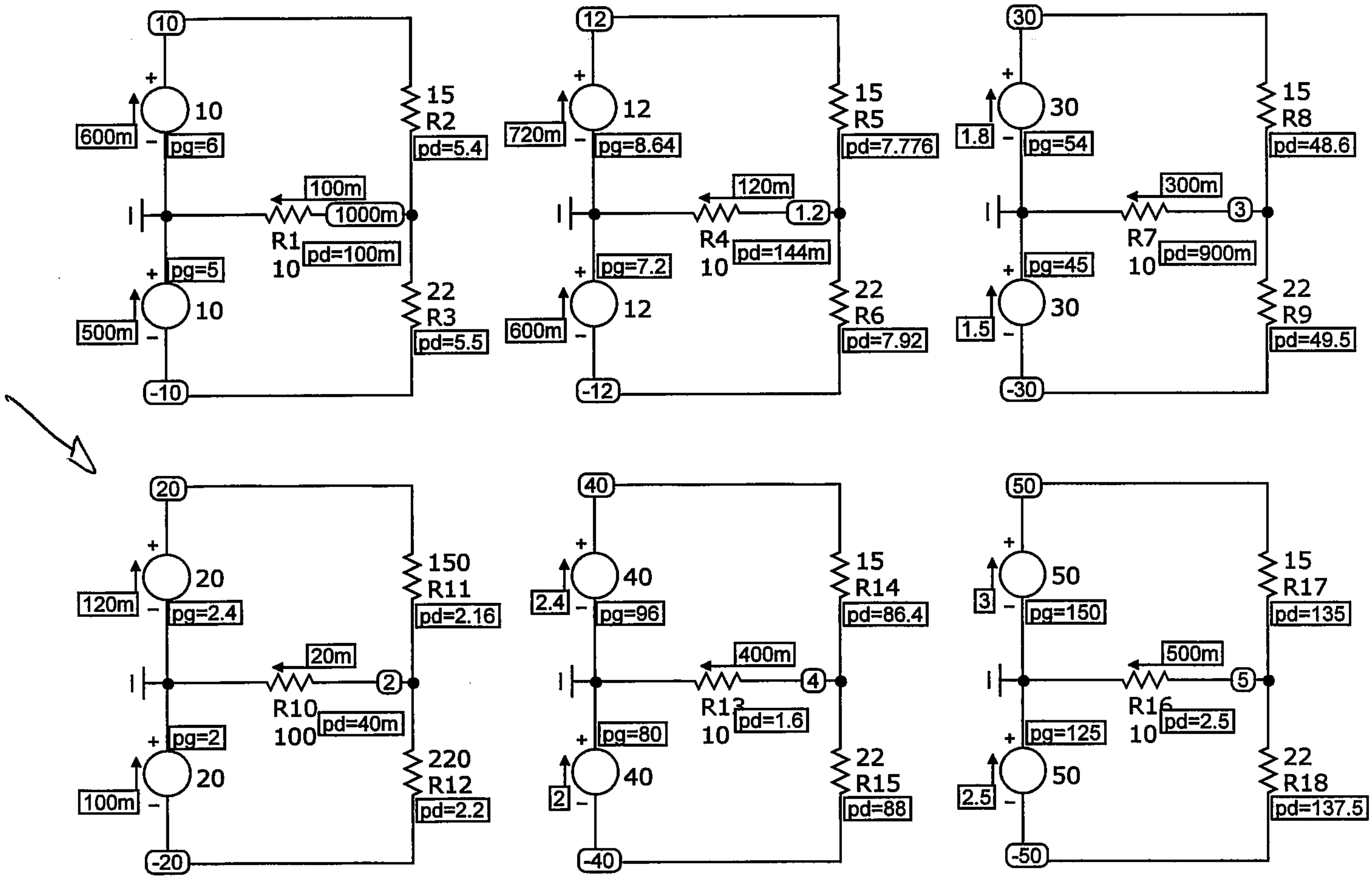
$P_2 = R_2 \cdot I_1^2 = 15 \cdot (0{,}72)^2$

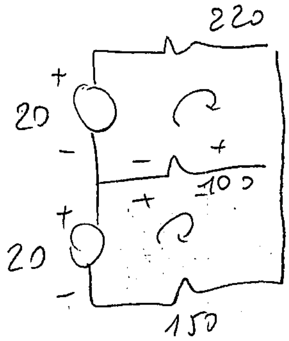
$P_2 = 7{,}78$ Watts //

$P_3 = R_3 \cdot I_2^2 = 22 \cdot (0{,}6)^2$

$P_3 = 7{,}92$ Watts //

EXb 2013/1 Transformador





$$\begin{cases} -20 + I_1(220+100) - 100 I_2 = 0 \\ -20 + I_2(100+150) - 100 I_1 = 0 \end{cases}$$

$320 I_1 - 100 I_2 = 12 \quad \times 2{,}5$

$-100 I_1 + 250 I_2 = 12 \quad \div 2{,}5$

$800 I_1 - 250 I_2 = 30$ +

$-700 I_1 = 42 \rightarrow I_1 =$

$-40 I_1 + 100 I_2 = 4{,}8$

$280 I_1 = 16{,}8 \xrightarrow{I_1} 0{,}06A$

$-100 \cdot 0{,}06 + 250 I_2 = 12$

$I_2 = \dfrac{12}{250} \qquad I_2 = 0{,}072$

$\cancel{I = I_1} - I_2 = 0{,}06 - 0{,}072$

$= -0{,}012$

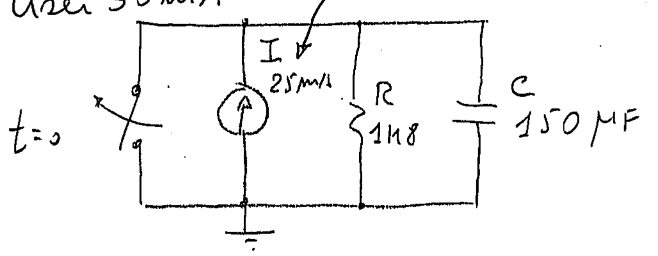
$P_{220} = I_1^2 \cdot 220 = 0{,}792W$

$P_{150} = I_2^2 \cdot 150 = 0{,}7776\,W$

$P_{100} = (I_1 - I_2)^2 \cdot 100 = 0{,}0144W$

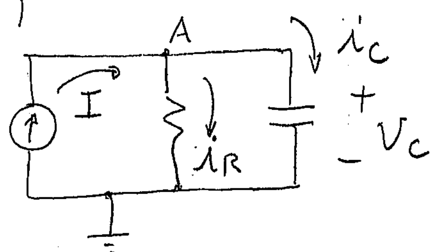
No circuito a seguir, a chave abre em $t=0$. Calcule o instante de tempo em que a corrente no capacitor é igual a corrente no resistor.

Usei 50mA



EX 2007/1

Equacionamento:



KCL nó A:

$$-I + i_R + i_C = 0$$

$$i_C = I - i_R \quad (1)$$

Vale também:

$$i_R = \frac{V_R}{R} \quad \text{como } V_R = V_C,$$

$$i_R = \frac{V_C}{R} \quad \text{Levando em (1):}$$

$$i_C = I - \frac{V_C}{R}$$

Igualando:

$$I - \frac{V_C}{R} = \frac{V_C}{R}$$

$$I = 2\frac{V_C}{R}$$

$$V_C = \frac{R \cdot I}{2} \quad //$$

como: $V_C(t) = V_C(\infty)\cdot\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$

Após $5\cdot\tau$, o capacitor foi carregado e $i_C(\infty) = 0$

Então $V_C(\infty) = R\cdot I = 1k8 \cdot 25mA$

$V_C(\infty) = 45$ volts

$$\tau = R\cdot C = 1,8\cdot 10^3 \cdot 150 \cdot 10^{-6}$$

$\tau = 0,27$ segundos.

Substituindo:

$$\frac{1k8 \cdot \overset{50}{\cancel{25}}\,mA}{2} = \overset{90}{\cancel{45}}\left(1 - e^{-\frac{t}{0,27}}\right)$$

$$0,5 = 1 - e^{-t/0,27}$$

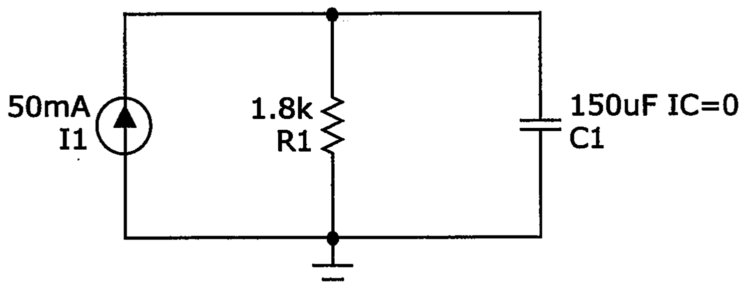
$$0,5 = +e^{-t/0,27}$$

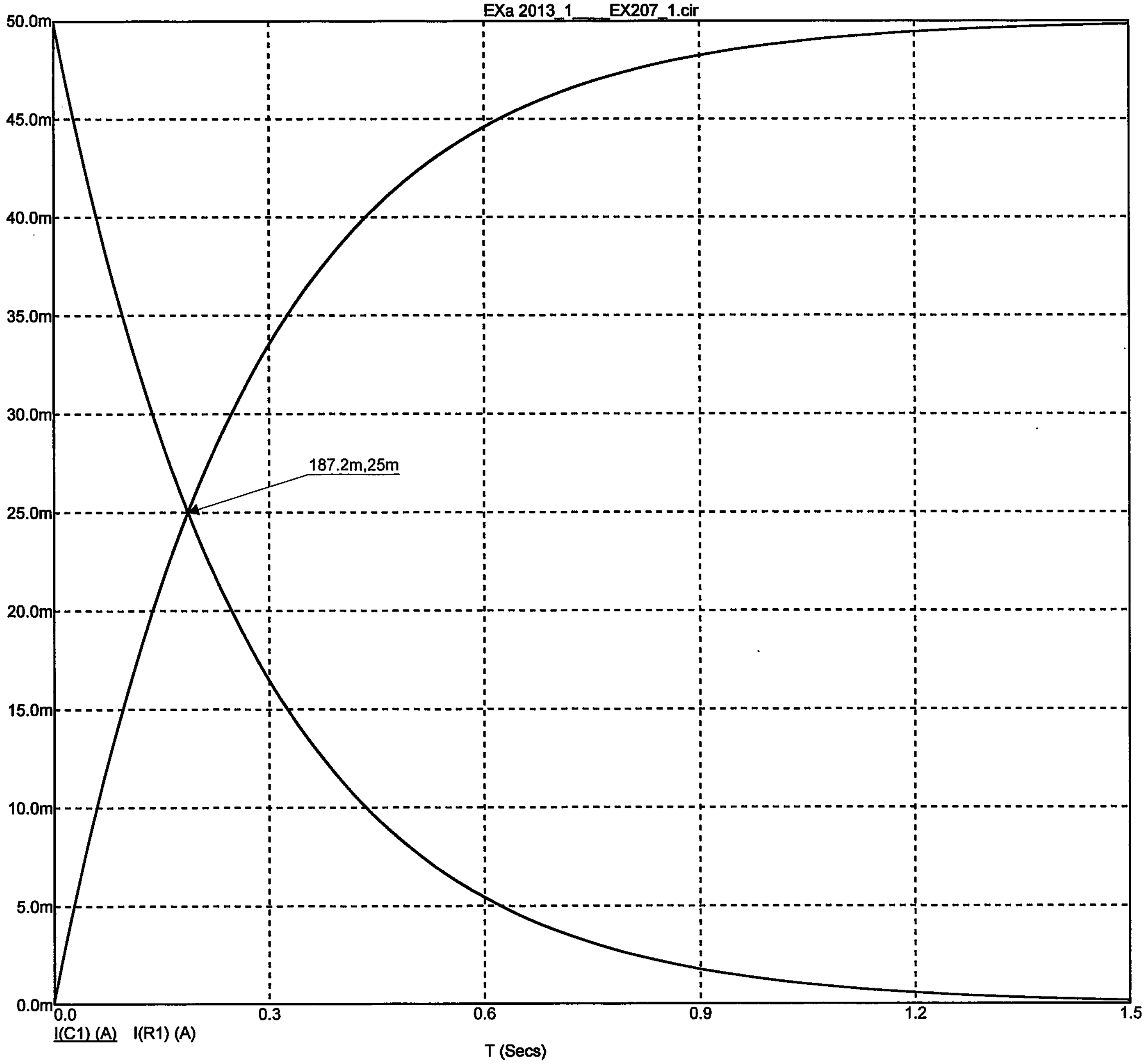
Tomando ln membro-a-membro

$$\ln 0,5 = \frac{-t}{0,27}$$

Então:

$$t = 0,187 \text{ segundos}$$

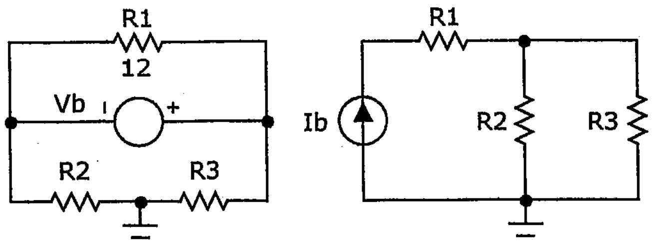

50mA
I1
1.8k
R1
150uF IC=0
C1


EXa 2013_1____EX207_1.cir
50.0m
45.0m
40.0m
35.0m
30.0m
25.0m
20.0m
15.0m
10.0m
5.0m
0.0m
187.2m,25m
0.0
0.3
0.6
0.9
1.2
1.5
I(C1) (A) I(R1) (A)
T (Secs)

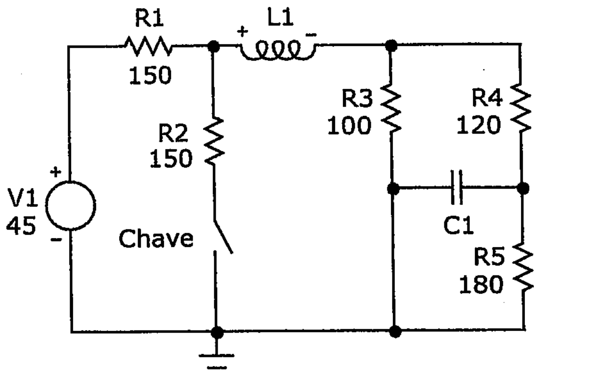
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2013/2

Recuperação 10/12/2013

Nome: GABARITO **Turma:** ____

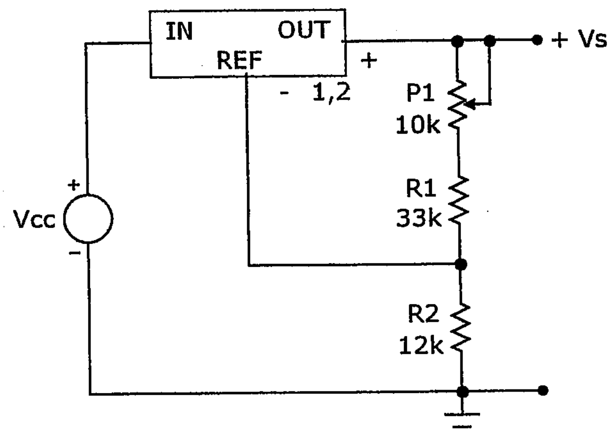


1. (3 pontos) Os dois circuitos ao lado foram montados com os mesmos componentes. Na primeira montagem, R2 aqueceu quatro vezes mais do que R3. Na segunda montagem foi medido 2A em R3. Calcule a dissipação de calor em R1 na segunda montagem, equacionando e justificando cada passo.



2. (4 pontos) No circuito ao lado a chave está aberta por muito tempo. Equacione a corrente no indutor e a tensão no capacitor um instante antes de fechar a chave. Equacione a tensão no indutor um instante após fechar a chave, descrevendo seu trabalho com textos, desenho do circuito em cada situação e equações literais seguida dos valores de circuito.

	v_c	i_c	v_L	i_L
$t=0^-$	15	0	0	0,2
$t=0^+$	15	0	-7,5	0,2



3. (3.0 pontos) A fonte regulada ao lado usa o regulador integrado LM317 que trabalha de modo a manter uma tensão fixa de 1,2 Volts entre seus terminais OUT e REF. O resistor variável P1 ajusta a tensão Vs da fonte. Equacione o circuito de modo a obter a expressão literal de Vs em função dos componentes, documentando cada etapa com textos e equações. Calcule então os limites de tensão da fonte. O terminal REF não drena corrente.

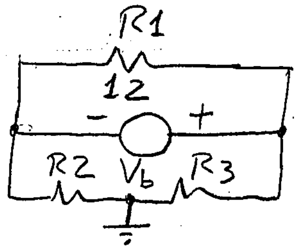
$I = q/t$ (Ampère = Coulomb / segundo)
$V = w/q$ (Volt = Joule / Coulomb)
$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)
$P = w/t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watt)
$B = \phi / A$ (Tesla)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henry)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell = \phi \cdot \mathcal{R}$ (Ampère)
$\mu = B / H$ (Wb/A·m)
$\mathcal{R} = \ell / \mu \cdot A$ (Ampère / Wb)
$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu / \mu_o$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joule)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$

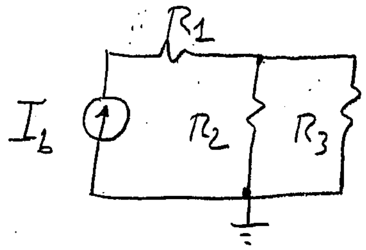
$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

Carga:
$I_C(t)$ ou $V_L(t) = V_X(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$V_C(t)$ ou $I_L(t) = I_X(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$V_C(t)$ ou $I_L(t) = I_X(\infty) + [I_X(o) - I_X(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$V_L(t) = - V_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln \{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = V_C(t),\ I_C(t),\ V_L(t)$, ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L / R$ (segundo)

Os 2 circuitos foram montados com os mesmos componentes. Na montagem 1, o resistor R2 aqueceu quatro vezes mais do que R3. Na segunda montagem passou 2 Ampères por R3. Calcule a dissipação de calor em R1 na 2ª montagem.





Montagem 1:

R_2 e R_3 estão em série → mesma corrente:

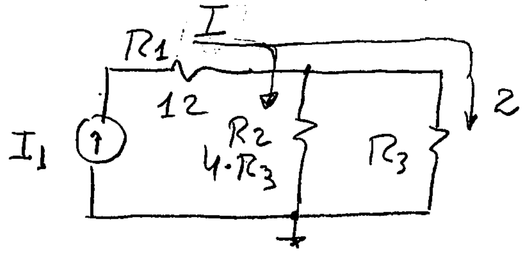
$$P_2 = 4 \cdot P_3$$

$$I^2 \cdot R_2 = 4 \cdot I^2 \cdot R_3$$

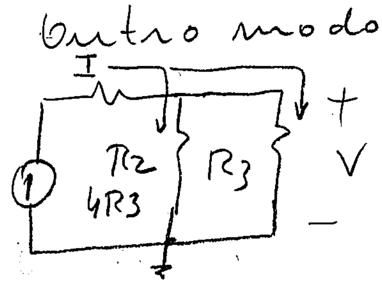
Então $R_2 = 4 \cdot R_3$ //

Montagem 2:

R2 e R_3 estão em paralelo: mesma tensão sobre eles:



Outro modo:



Divisor de corrente:

$$I_3 = I \cdot \frac{4 \cdot R_3}{4 \cdot R_3 + R_3}$$

$$2 = I \frac{4 \cancel{R_3}}{5 \cancel{R_3}}$$

$I = 2{,}5$ Ampères

Então $P_1 = I^2 \cdot R_1 = 2{,}5^2 \cdot 12$

$P_1 = 75$ Watts //

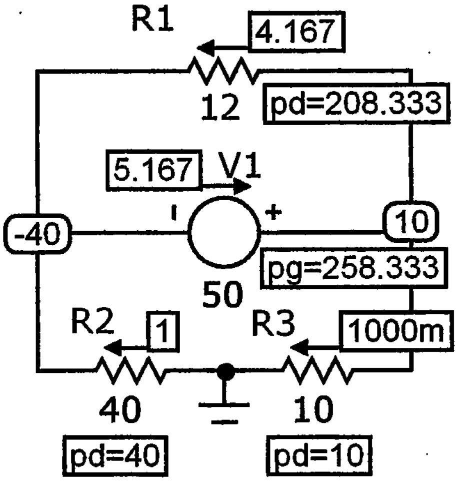
$$V = I_3 \cdot R_3 = 2 \cdot R_3$$

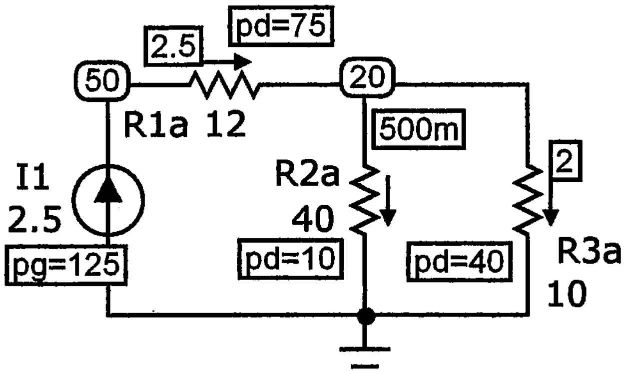
$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{2 \cdot R_3}{4 \cdot R_3} \rightarrow I_2 = 0{,}5 \text{ //}$$

KCL: $-I + I_2 + I_3 = 0$

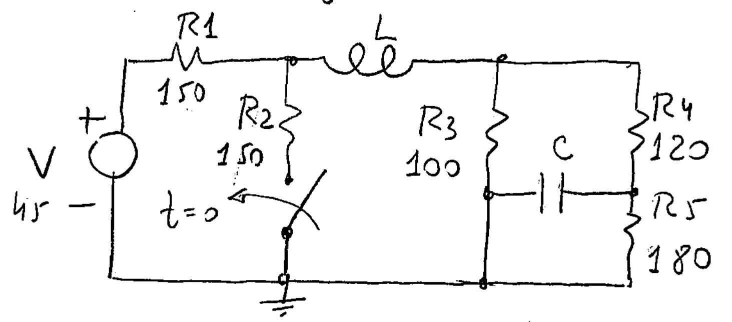
$-I + 0{,}5 + 2 \rightarrow I = 2{,}5$ //

Logo $P_1 = 2{,}5^2 \cdot 12 = 75$ Watts

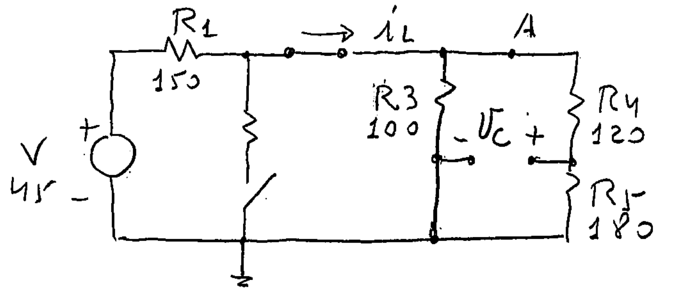

R1
4.167
12
pd=208.333
5.167
V1
-40
10
50
pg=258.333
R2
1
R3
1000m
40
10
pd=40
pd=10


pd=75
2.5
50
20
R1a 12
500m
I1
2.5
R2a
40
2
pg=125
pd=10
pd=40
R3a
10

Equacione tensão e corrente em L e C um instante antes da chave fechar e após muito tempo com a chave fechada.



$\underline{t = 0-}$: chave aberta por muito tempo, L = curto e C = aberto:



$$R_{TOTAL} = R_1 + \left(R_3 \,//\, (R_4+R_5)\right)$$

$$R_T = 150 + \left(\frac{100\cdot(120+180)}{100+120+180}\right)$$

$R_T = 225\,\Omega$

Então $i_L(0-) = \dfrac{V}{R_T} = \dfrac{45}{225}$

$i_L(0-) = 0{,}2$ Ampères //

como L = curto, $V_L(0-) = 0$ //

Nó A: $V_A = i_L(0-)\cdot\left(R_3 \,//\, (R_4+R_5)\right)$

$V_A = 0{,}2 \cdot 75 = 15$ Volts

Divisor de tensão:

$$V_C(0-) = V_A \frac{R_5}{R_4+R_5} = 15\,\frac{180}{120+180}$$

$V_C(0-) = 9$ Volts //

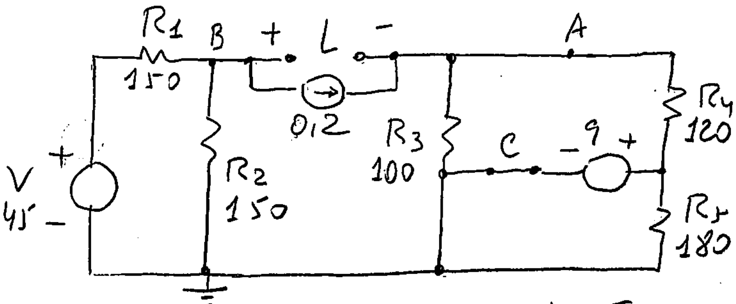
como C = aberto, $i_C(0-) = 0$ //

$\underline{t = 0+}$ chave fechou e

$i_L(0+) = i_L(0-) = 0{,}2$

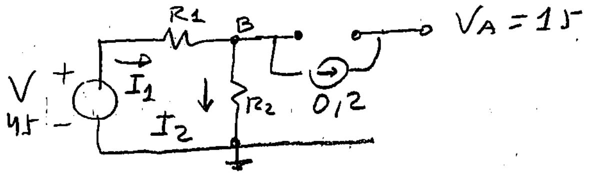
$V_C(0+) = V_C(0-) = 9$

L = aberto, C = curto:



$V_A = 15$ pois $i_L(0+)$ e $V_C(0+)$ não mudaram.

KCL em B:

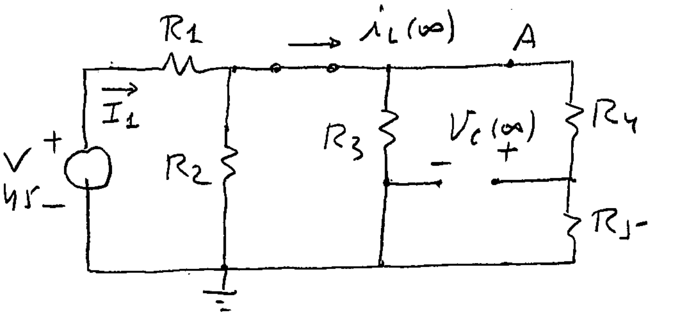


$-I_1 + I_2 + i_L(0+) = 0$

$$-\frac{V - V_B}{R_1} + \frac{V_B}{R_2} + 0{,}2 = 0 \rightarrow V_B = 7{,}5$$

Então: $V_L(0+) = V_B - V_A = 7{,}5 - 15 = -7{,}5\,V$ //

$\underline{t = \infty}$: chave fechada, L = curto e C = aberto:



Como $i_L(0+)$ não mudam, $i_C(0+) = 0$

Seguindo os mesmos passos:

$$R_T = R_1 + \left((R_2 \,//\, R_3 \,//\, (R_4+R_5)\right)$$

$$R_T = R_1 + (R_2 \,//\, 75)$$

$$R_T = 150 + \frac{150\cdot 75}{150+75} \rightarrow R_T = 200$$

$I_1 = \dfrac{V}{R_T} = \dfrac{45}{200} = 0{,}225$ Divisor de corrente

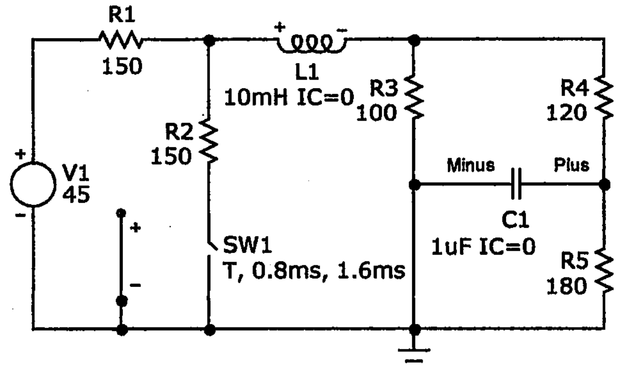
$i_L(\infty) = I_1 \dfrac{R_2}{R_2+75} \rightarrow i_L(\infty) = 0{,}15$ //

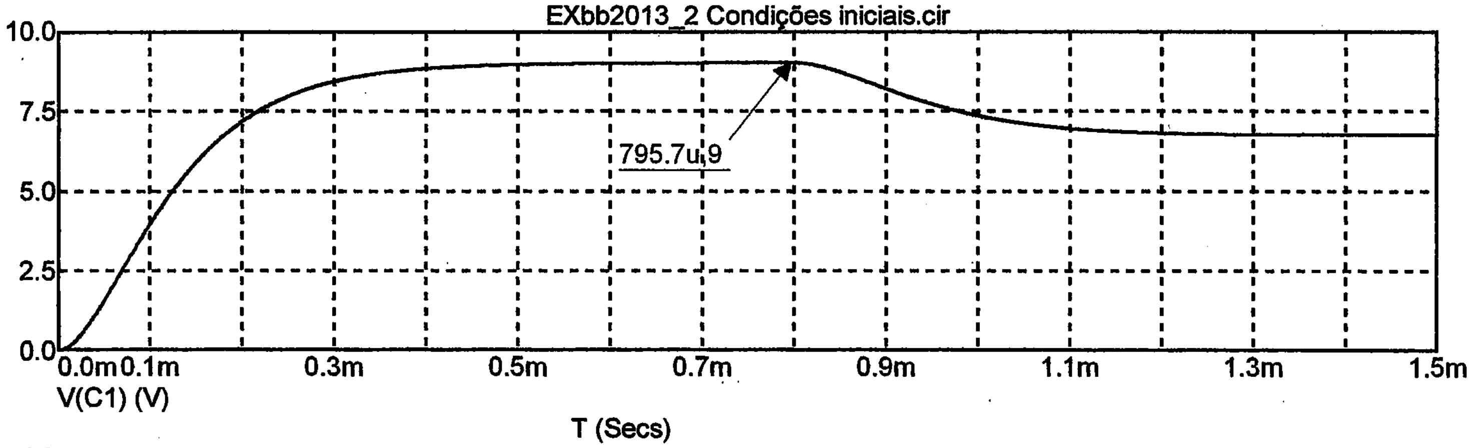
$V_A = i_L(\infty)\cdot 75 \rightarrow V_A = 11{,}25$

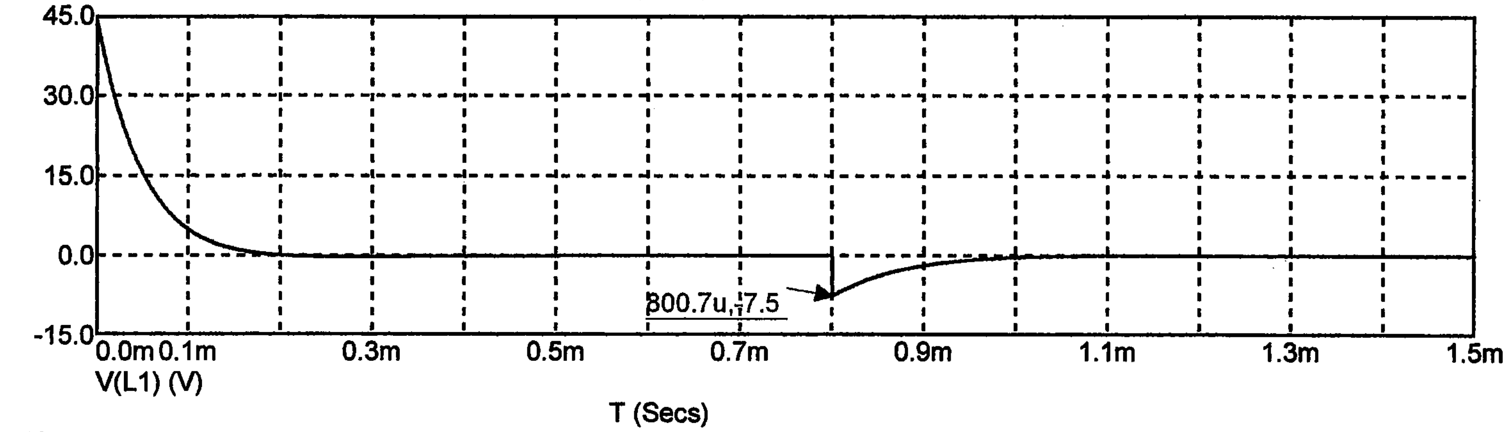
Divisor de tensão:

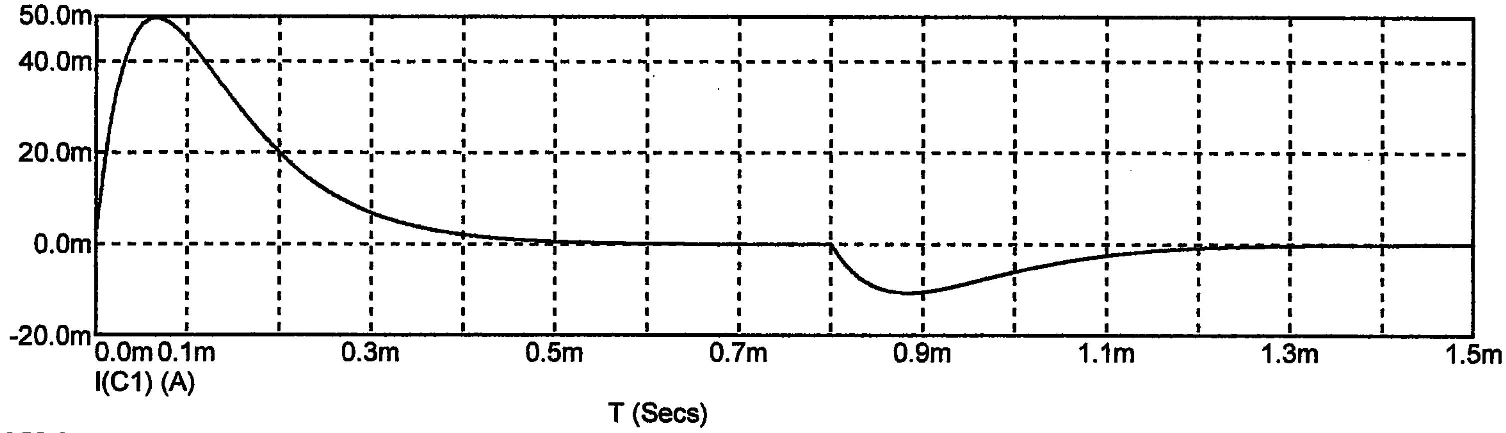
$$V_C(\infty) = V_A \frac{R_5}{R_4+R_5} = 11{,}25\cdot\frac{180}{120+180}$$

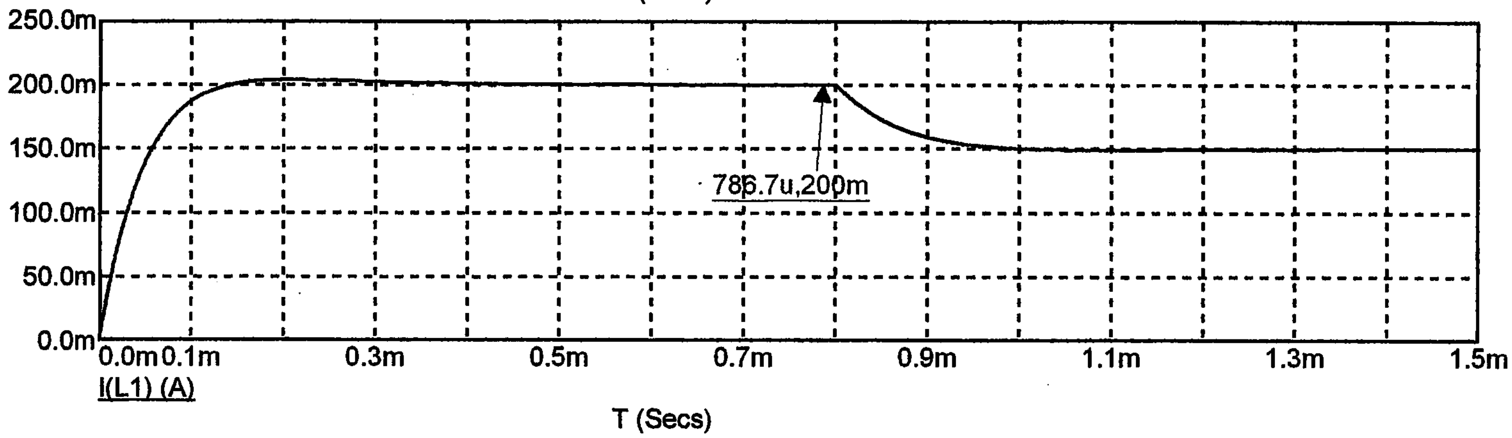
$V_C(\infty) = 6{,}75$ Volts //


R1
150
L1
10mH IC=0
R3
100
R4
120
R2
150
V1
45
Minus
Plus
C1
1uF IC=0
SW1
T, 0.8ms, 1.6ms
R5
180


EXbb2013_2 Condições iniciais.cir
795.7u,9
V(C1) (V)
T (Secs)


800.7u,-7.5
V(L1) (V)
T (Secs)

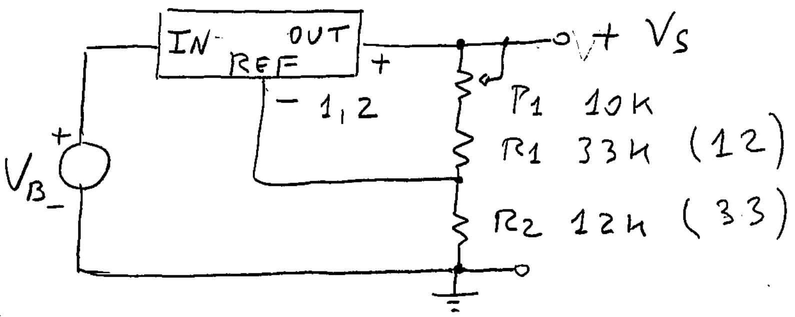

I(C1) (A)
T (Secs)


786.7u,200m
I(L1) (A)
T (Secs)

A fonte regulada a seguir usa um regulador integrado LM317 que trabalha de modo a manter uma tensão fixa de 1,2 Volts entre seus terminais OUT e REFERENCE.

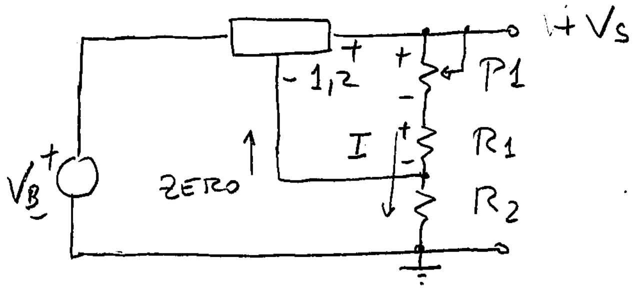
O resistor variável P1 ajusta a tensão de saída Vs. Equacione o circuito de modo a obter a expressão de Vs em função dos componentes, em formato literal.

Calcule então os limites da tensão de saída.



O terminal REF não drena corrente.

Ex 2013-2



Seja I a corrente nos resistores:

$$I = \frac{V_S}{P_1 + R_1 + R_2} \qquad (1)$$

KVL na malha:

$$-1,2 + I \cdot P_1 + I \cdot R_1 = 0$$

$$I = \frac{1,2}{P_1 + R_1} \qquad (2)$$

Igualando (1) e (2):

$$\frac{V_S}{P_1 + R_1 + R_2} = \frac{1,2}{P_1 + R_1}$$

$$V_S = 1,2 \cdot \frac{P_1 + R_1 + R_2}{P_1 + R_1}$$

$$V_S = 1,2 \left(\frac{P_1 + R_1}{P_1 + R_1} + \frac{R_2}{P_1 + R_1} \right)$$

$$V_S = 1,2 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{P_1 + R_1} \right) //$$

Limites:

com P_1 = zero:

$$V_S = 1,2 \cdot \left(1 + \frac{33K}{12K} \right) \rightarrow V_S = 4,5 //$$

com $P_1 = 10K$:

$$V_S = 1,2 \cdot \left(1 + \frac{33K}{10K + 12K} \right) \rightarrow V_S = 3 //$$

Versão com $R_1 = 33K$ e $R_2 = 12K$:

$$V_S = 1,2 \cdot \left(1 + \frac{12}{33} \right) = 1,634\,V //$$

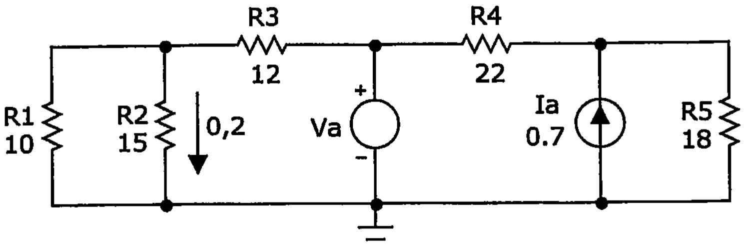
$$V_S = 1,2 \cdot \left(1 + \frac{12}{10 + 33} \right) = 1,534\,V //$$

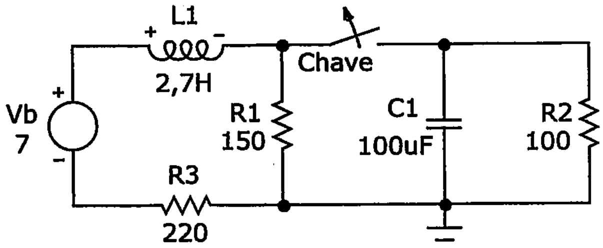
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2014/1

Recuperação 8/7/2014

Nome: GABARITO **Turma:** _____

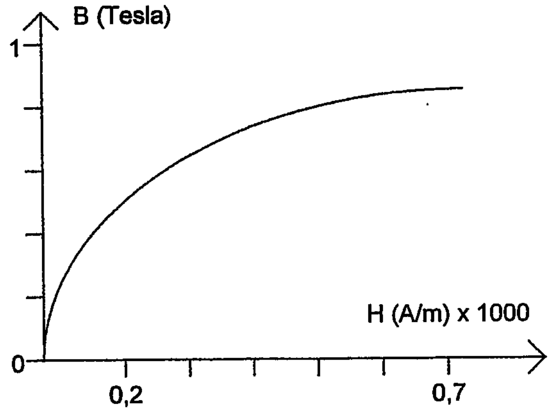
1. (3 pontos) Equacione o circuito abaixo e descubra a corrente em R_4, documentando cada etapa com textos, equações e diagramas pois isso vai ser avaliado. Como sempre, examine com atenção a topologia do circuito, descubra o melhor caminho para a solução e só então inicie o equacionamento em formato literal, colocando os valores de circuito no final.

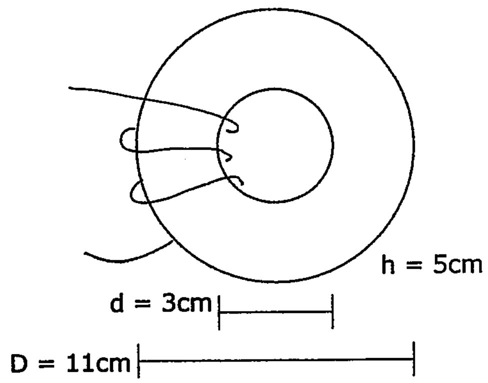




2. (3,5 pontos) Examine o circuito acima, determine as equações literais de $v_L(t)$ e $i_C(t)$ após a chave abrir, em t=0. Descreva cada passo com textos, equações e diagramas. Por último, desenhe os respectivos gráficos temporais, com todos os pontos de interesse calculados. Chave fechada por muito tempo.

3. (3,5 pontos) Calcule a corrente que deve ser aplicada na bobina de 250 espiras para obter um fluxo de $16 \cdot 10^{-4}$ Webers no toróide caracterizado por sua curva de magnetização. Calcule então a indutância neste ponto de operação e a energia armazenada, descrevendo todas as etapas com textos, equações e diagramas.

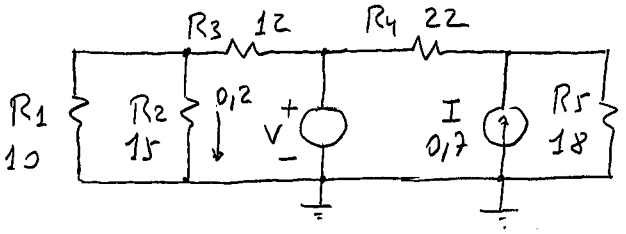




$I = q/t$ (Ampère = Coulomb / segundo)
$V = w/q$ (Volt = Joule / Coulomb)
$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)
$P = w/t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watt)
$B = \phi / A$ (Tesla)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henry)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell = \phi \cdot \mathcal{R}$ (Ampère)
$\mu = B/H$ (Wb/A·m) $\mu_r = \mu / \mu_o$
$\mathcal{R} = \ell / \mu \cdot A$ (Ampère/Wb)
$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$ (Joule)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$

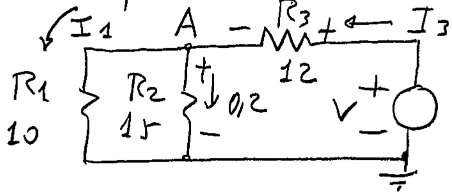
$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$
Carga:
$I_c(t)$ ou $V_L(t) = V_x(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$V_c(t)$ ou $I_L(t) = I_x(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$V_c(t)$ ou $I_L(t) = I_x(\infty) + [I_x(o) - I_x(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$
Descarga:
$V_L(t) = -V_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln\{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = V_c(t),\ I_c(t),\ V_L(t)$, ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L/R$ (segundo)

Calcule a potência dissipada em R_4, aplicando KVL e KCL: $I_2 = 0,2$.



Examinando: Fonte V é desconhecida mas $I_2 = 0,2$.

Equacionando o lado esquerdo do circuito:



Marcando as correntes e tensões.

$$V_A = I_2 \cdot R_2 = 0,2 \cdot 15 \rightarrow V_A = 3 \text{ Volts}$$

$$I_1 = V_A / R_1 = \frac{3}{10} \rightarrow I_1 = 0,3 \text{ Amp.}$$

KCL em A:

$$+I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$0,3 + 0,2 - I_3 = 0 \rightarrow I_3 = 0,5 \text{ Amp.}$$

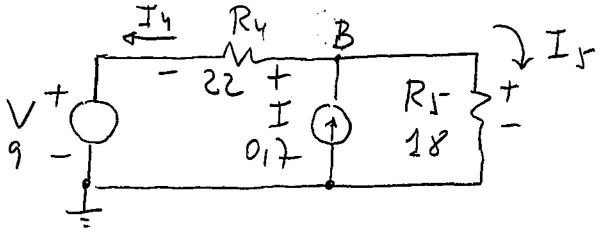
$$V_3 = I_3 \cdot R_3 = 0,5 \cdot 12 \rightarrow V_3 = 6 \text{ Volts}$$

KVL na malha:

$$-V_A - V_3 + V = 0$$

$$-3 - 6 + V = 0 \rightarrow V = 9 \text{ Volts}$$

Equacionando o lado direito do circuito:



KCL no nó B:

$$+I_4 - I + I_5 = 0$$

$$\frac{V_B - V}{R_4} - 0,7 + \frac{V_B}{R_5} = 0$$

$$V_B \left(\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) = 0,7 + \frac{V}{R_4}$$

$$V_B \left(\frac{1}{22} + \frac{1}{18} \right) = 0,7 + \frac{9}{22}$$

$$V_B = 10,98 \text{ Volts}$$

Então:

$$P_4 = \frac{V_4^2}{R_4} = \frac{(V_B - V)^2}{R_4}$$

$$P_4 = \frac{(10,98 - 9)^2}{22}$$

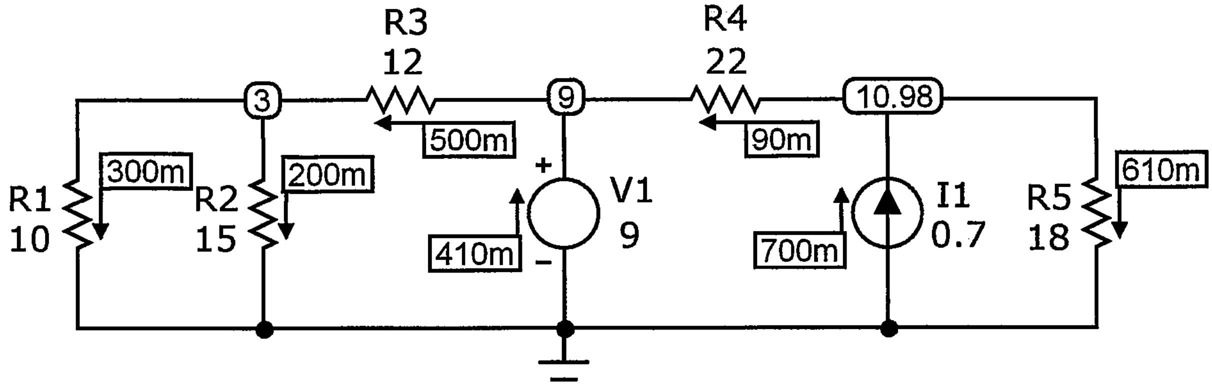
$$P_4 = 1,782 \text{ Watts} \,//$$

A corrente em R_4 vale:

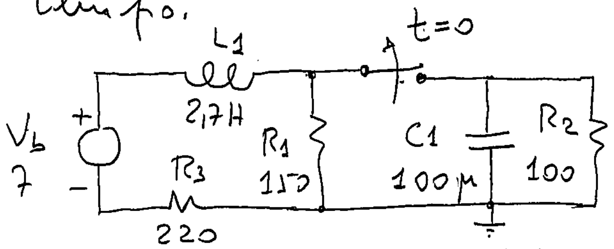
$$I_4 = \frac{V_B - V}{R_4} = \frac{10,98 - 9}{22}$$

$$I_4 = 0,09 \text{ Ampères} \,//$$

Recuperação 2014-1



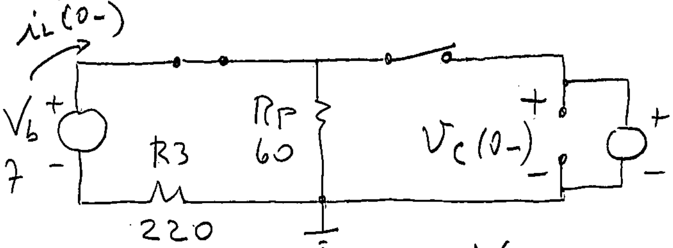
Equacione o circuito para obter $V_L(t)$ e $i_C(t)$, após a chave abrir, em $t=0$. Desenhe os gráficos. Chave fechada por muito tempo.



Ex 2014-1

$t=0-$: Estável, L = curto, C = aberto. Simplificando:

$R_P = R_1 // R_2 = 150//100 = 60\Omega$



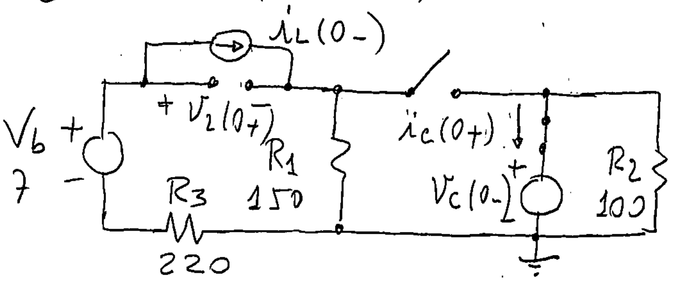
$$i_L(0-) = \frac{V_b}{R_{equiv}} = \frac{V_b}{R_P + R_3}$$

$$i_L(0-) = \frac{7}{60+220} = 0,025 \text{ Ampères}$$

Divisor de tensão:

$$V_C(0-) = V_b \frac{R_P}{R_P+R_3} = \frac{7}{60+220} = 1,5 \text{ Volts}$$

$t=0+$: chave abre, variações:
L = aberto + $i_L(0-)$ em paralelo
C = curto + $V_C(0-)$ em série:



Ficaram dois circuitos separados e $i_L(0+) = i_L(0-)$

$V_C(0+) = V_C(0-)$

Neste instante, precisamos de $V_L(0+)$ e $i_C(0+)$.

KVL no circuito da esquerda:

$$-V_b + V_L(0+) + i_L(0+)\cdot(R_1+R_3) = 0 \quad (1)$$

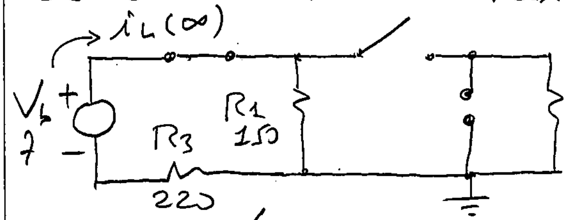
$$-7 + V_L(0+) + 0,025\,(150+220) = 0$$

$$V_L(0+) = -2,25 \text{ Volts}$$

No circuito do lado direito, C1 se descarrega por R2 e:

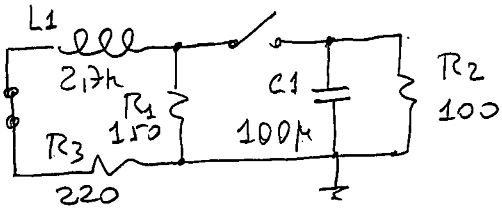
$$i_C(0+) = -\frac{V_C(0+)}{R_2} = \frac{-1,5}{100} = -0,015 \text{ Amp.}$$

$t=\infty$: Estável, L = curto e C = aberto e descarregado:



$$i_L(\infty) = \frac{V_b}{R_1+R_3} = \frac{7}{150+220} = 0,0189 \text{ Amp.}$$

constantes de tempo: fontes zeradas: V = curto I = aberto.



$$\tau_L = \frac{L1}{R_{eq.}} = \frac{2,7}{150+220} \rightarrow \tau_L = 7,3\cdot10^{-3}\text{ s}$$

$$\tau_C = R_2 \cdot C = 100 \cdot 100\mu = 0,01\text{ s}$$

Aproveitando a equação (1):

$$V_L(t) = V_b - i_L(t)\cdot(R_1+R_3) \text{ sendo:}$$

$$i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0) - i_L(\infty)]\cdot e^{-t/\tau_L}$$

Então:

$$V_L(t) = 7 - [0,0189 + [0,025 - 0,0189] \ldots e^{-t/\tau_L}]\cdot(150+220)$$

$$v_L(t) = 7 - [7 + 0{,}0189] \cdot e^{\frac{-t}{0{,}0073}}$$

$$v_L(t) = 7 - 9{,}25 \cdot e^{-137t} \quad //$$

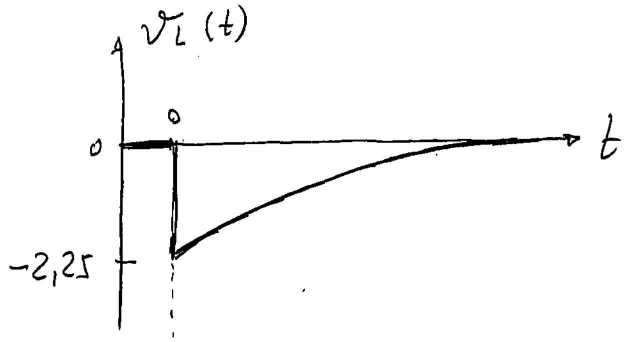
No capacitor:

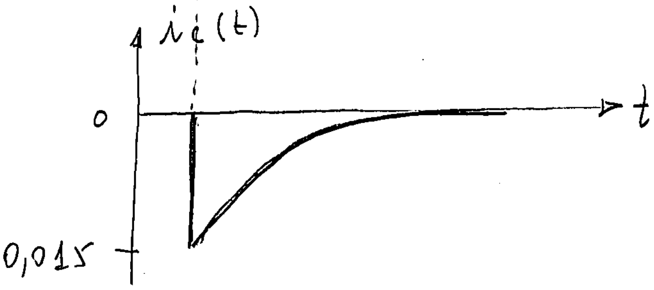
$$i_c(t) = i_c(0) \cdot e^{-t/\tau_c}$$

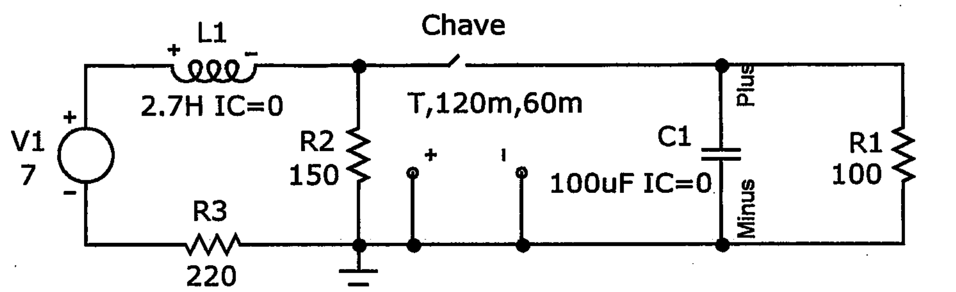
$$i_c(t) = -0{,}015 \cdot e^{-t/0{,}01}$$

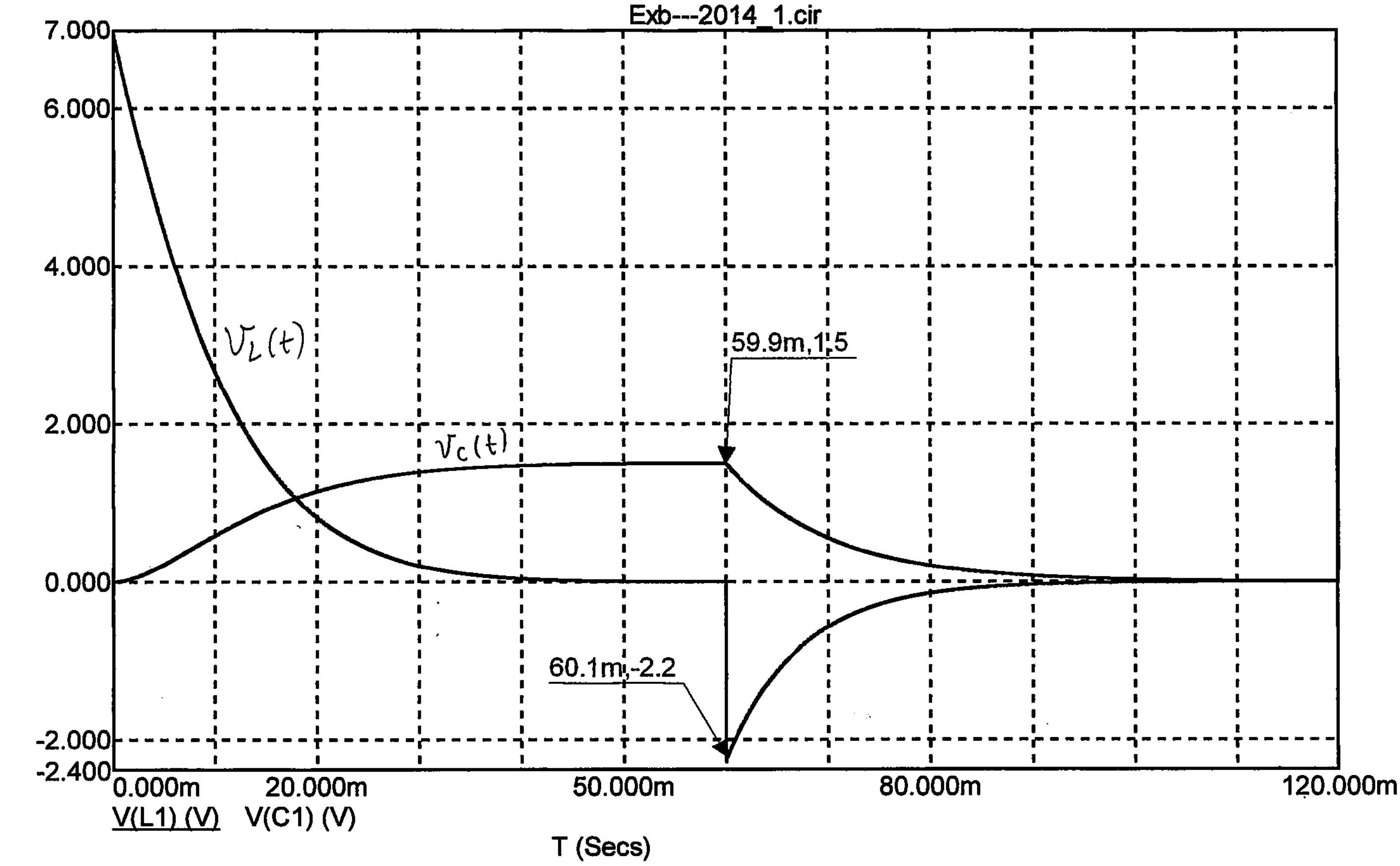
$$i_c(t) = -0{,}015 \cdot e^{-100t} \quad //$$

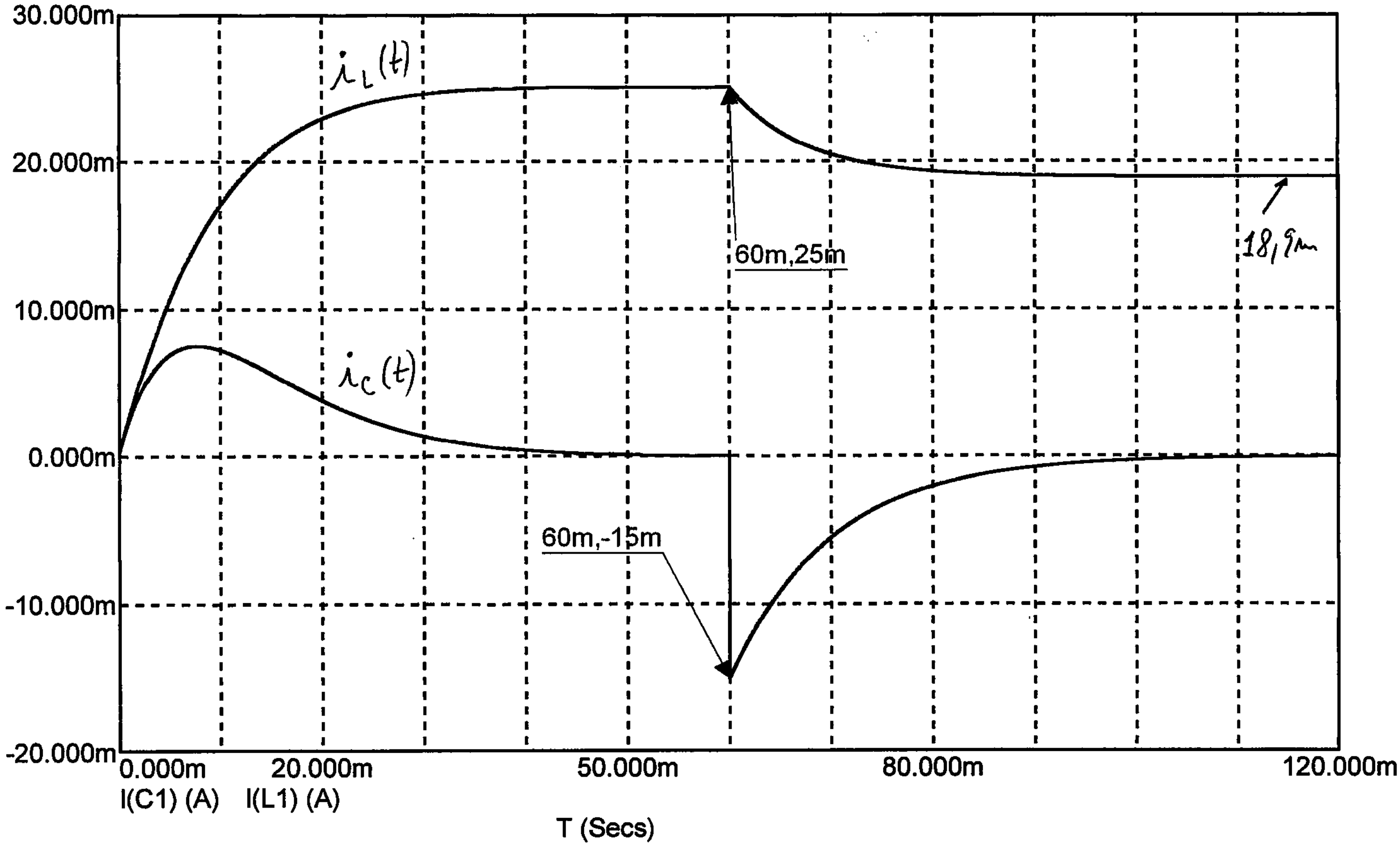
Gráficos:



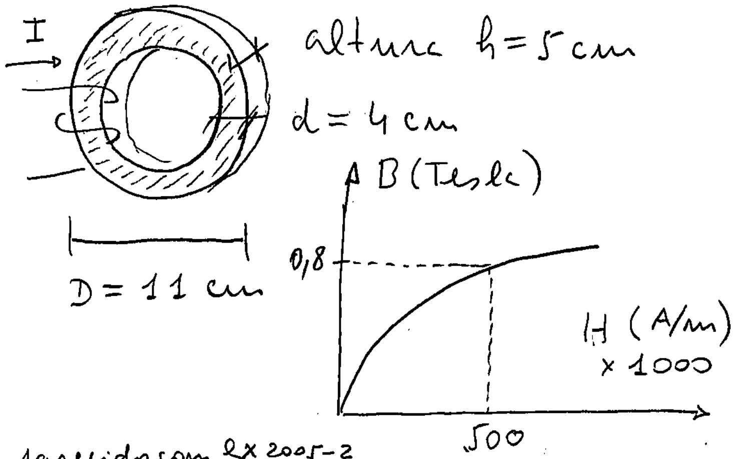



L1
2.7H IC=0
Chave
T,120m,60m
V1
7
R2
150
C1
100uF IC=0
Plus
Minus
R1
100
R3
220


Exb---2014_1.cir
7.000
6.000
4.000
2.000
0.000
-2.000
-2.400
$v_L(t)$
$v_c(t)$
59.9m,1.5
60.1m,-2.2
0.000m
20.000m
50.000m
80.000m
120.000m
V(L1) (V)
V(C1) (V)
T (Secs)


30.000m
20.000m
10.000m
0.000m
-10.000m
-20.000m
$i_L(t)$
$i_c(t)$
60m,25m
18,9m
60m,-15m
0.000m
20.000m
50.000m
80.000m
120.000m
I(C1) (A)
I(L1) (A)
T (Secs)

Calcule a corrente que deve ser aplicada na bobina de 250 espiras para obter um fluxo de $16 \cdot 10^{-4}$ Webers no toróide de aço fundido caracterizado por sua curva $B \times H$. Calcule então a sua indutância neste ponto de operação e a sua energia armazenada.



parecido com ex 2005-2

Área da secção reta:

$A = d \cdot h = 4 \times 5 = 20\,cm^2 = 2 \cdot 10^{-3}\,m^2$

Caminho magnético:

$l = \pi \cdot D_{médio} = \pi\,(11-4)$

$l = 21{,}99\,cm = 0{,}22\,m$

Para o cálculo da corrente usamos: $\mathcal{F} = N \cdot I = H \cdot l$

Obtemos H a partir da curva, calculando antes:

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{16 \cdot 10^{-4}\,Wb}{2 \cdot 10^{-3}\,m^2} = 0{,}8 \text{ Tesla}$$

consultando a curva: $H = 500\,\frac{A}{m}$

Então:

$\mathcal{F} = 250 \cdot I = 500\,\frac{A}{m} \cdot 0{,}22\,m$

$I = 0{,}44$ Ampères //

Cálculo da indutância:

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu \cdot A}{l}$$

Precisamos de $\mu = \frac{B}{H}$

$$\mu = \frac{0{,}8\,\frac{Wb}{m^2}}{500\,A/m} \rightarrow \mu = 16 \cdot 10^{-4}\,\frac{Wb}{A \cdot m}$$

$$L = \frac{250^2 \cdot 16 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{0{,}22}$$

$L = 0{,}909$ Henrys //

Energia armazenada:

$$E = \frac{1}{2} L \cdot I^2$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot 0{,}909 \cdot (0{,}44)^2$$

$E = 88\,mJ$ //

Com $H = 600$ A/m:

$\mathcal{F} = 250 \cdot I = 600 \cdot 0{,}22 \rightarrow I = 0{,}528$

$\mu = \frac{0{,}8}{600} = 1{,}333 \cdot 10^{-3}$

$L = \frac{250^2 \cdot 1{,}33 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{0{,}22} = 0{,}7557\,H$

$E = 1/2 \cdot 0{,}7557 \cdot 0{,}528^2 = 0{,}105\,J$

Com $H = 700$ A/m:

$\mathcal{F} = 250 \cdot I = 700 \cdot 0{,}22 \rightarrow I = 0{,}616$

$\mu = \frac{0{,}8}{700} = 1{,}143 \cdot 10^{-3}$

$L = \frac{250^2 \cdot 1{,}143 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{0{,}22} = 0{,}649\,H$

$E = 1/2 \cdot 0{,}649 \cdot 0{,}616^2 = 0{,}123\,J$

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2014/2

Recuperação 16/12/2014

Nome: GABARITO **Turma:** _____

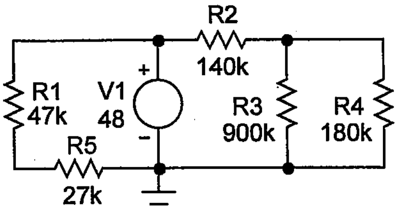
1. (3,0 pontos) Um aluno montou o circuito ao lado e resolveu medir a tensão sobre o resistor R_3 usando um voltmetro com sensibilidade de S = 10kΩ/V e escalas de 10V, 30V e 60V.
Examine e equacione o circuito em formato literal, descrevendo cada etapa para descobrir:

a) A melhor escala para esta medida e $V_{teórico}$

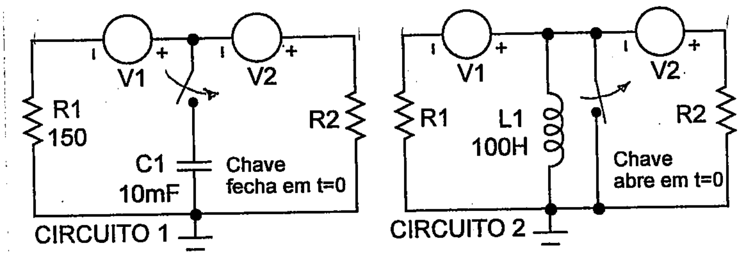
b) A tensão medida, V_{medido}

c) O erro percentual da leitura, definido por:

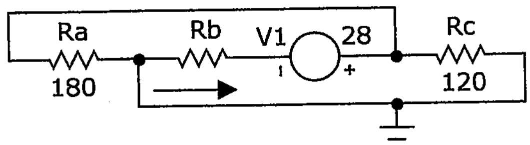
Erro(%) = 100% · $[V_{medido} - V_{teórico}] / V_{medido}$.



2. (3,5 pontos) Lembrando o Princípio da Dualidade, examine os dois circuitos a seguir, construídos com os mesmos componentes. Determine as equações da resposta temporal da tensão e da corrente em C_1 e L_1, após acionar a chave. Já é conhecido que $v_{C1}(t) = 10\,(1 - e^{-t/\tau})$ e $i_{L1}(\infty) = 0{,}01$.
Planeje com cuidado o caminho para a solução procurando o modo mais simples de obter as 3 equações que faltam. Como sempre, equacione em formato literal, coloque os valores no final e documente cada passo com textos, equações e diagramas pois isso será avaliado sempre.



3. (3,5 pontos) Equacione o circuito a seguir, sempre em formato literal inicialmente, usando o Método das Correntes de Malha. Aplique os valores de circuito e determine R_b para que a corrente nele seja 0,2 Ampères.



$I = q/t$ (Ampère = Coulomb / segundo)

$V = w/q$ (Volt = Joule / Coulomb)

$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)

$P = w/t = V \cdot I = V^2/R = I^2 \cdot R$ (Watt)

$B = \phi / A$ (Tesla)

$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henry)

$F = N \cdot I = H \cdot \ell = \phi \cdot R$ (Ampère)

$\mu = B/H$ (Wb/A·m)

$R = \ell / \mu \cdot A$ (Ampère/Wb)

$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)

$\mu_r = \mu / \mu_o$

$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joule)

$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$

$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

Carga:

$I_c(t)$ ou $V_L(t) = V_x(o) \cdot e^{-t/\tau}$

$V_c(t)$ ou $I_L(t) = I_x(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$

$V_c(t)$ ou $I_L(t) = I_x(\infty) + [I_x(o) - I_x(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:

$V_L(t) = -V_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$

$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$

$t = -\tau \cdot \ln\{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$

$x = V_c(t),\ I_c(t),\ V_L(t)$, ou $I_L(t)$

$\tau = R \cdot C = L/R$ (segundo)

Um aluno montou o circuito a seguir e resolveu medir a tensão sobre o resistor R_3, usando um voltmetro com sensibilidade de $S = 10\ k\Omega/V$ e escalas de 10V, 30V e 60V.

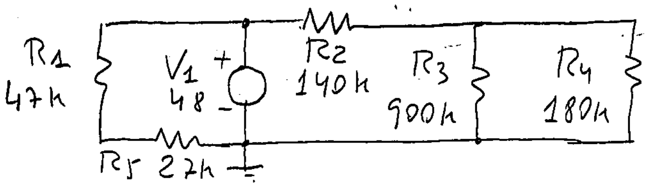
Examine e equacione o circuito para descobrir:

a) Qual a melhor escala para esta medida?

b) Qual a tensão medida?

c) Qual o erro percentual da leitura, definido por

$$\text{Erro}(\%) = [(\text{Valor medido} - \text{Valor teórico}) / \text{Valor medido}] \cdot 100\%$$



EX 2014-2

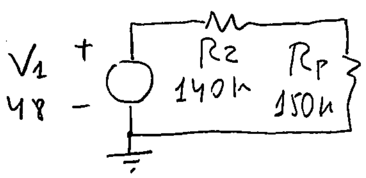
O objetivo é a tensão sobre R_3 que está em paralelo com R_4.

Fonte alimenta $R_1 + R_2$ e também $R_2 + (R_3 // R_4)$

O circuito equivalente do voltmetro é um resistor que depende da escala usada na medida.

Simplificando:

$$R_P = R_3 // R_4 = \frac{900 \cdot 180}{900 + 180} = 150k$$



a) Valor teórico de V_P, sem o voltmetro: divisor de tensão:

$$V_P = V_1 \cdot \frac{R_P}{R_2 + R_P} = 48 \frac{150}{140 + 150}$$

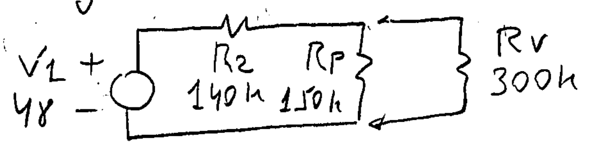
$V_P = 24,83$ Volts (teórico)

a) Melhor escala é de 30 Volts

Resistência equivalente do voltmetro na escala de 30V:

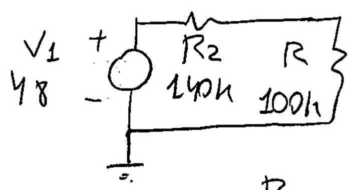
$$R_V = S \cdot V = 10 \frac{k\Omega}{V} \cdot 30V = 300k\Omega \ //$$

b) Ligando o voltmetro fica:



Simplificando:

$$R = R_P // R_V = \frac{150}{300 + 150} = 100k$$



Divisor de tensão;

$$V_R = V_1 \frac{R}{R_2 + R} = 48 \frac{100}{140 + 100}$$

$V_R = 20V$ (com voltmetro)

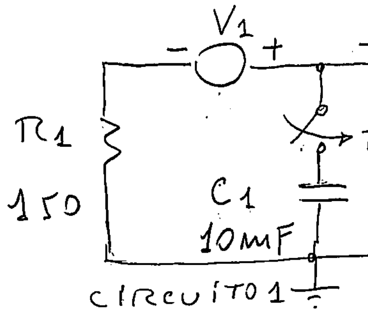
c)

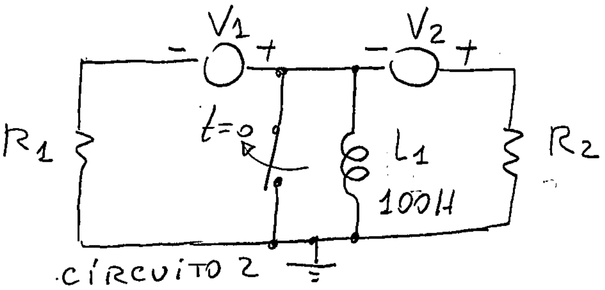
$$\text{Erro}\% = \frac{V_R - V_P}{V_R} \cdot 100\%$$

$$\text{Erro}\% = \frac{20 - 24,83}{20} \cdot 100\%$$

$$\text{Erro}\% = -24,15\% \ //$$

Lembrando do Princípio da Dualidade, examine os dois circuitos a seguir, que foram construídos com os mesmos componentes. Determine as equações de resposta temporal da tensão e da corrente em C_1 e L_1 após acionar a chave.
Já é conhecido que $V_{C1}(t) = 10\cdot(1-e^{-t})$ e $i_{L1}(\infty)=0{,}01$.
Planeje com cuidado o caminho para a solução procurando o modo mais simples possível de obter as 3 equações que faltam. Como sempre, equacione em formato literal e coloque os valores numéricos só no final, documentando cada passo.





Sabemos que capacitores e indutores são duais, ou seja o que é tensão em um é corrente no outro. No caso de circuitos RC e RL alimentados por fontes contínuas, e com mesma topologia e valores, a resposta temporal da corrente em um é a mesma de tensão em outro. Para determinar as equações precisamos dos valores iniciais e finais e das constantes de tempo. Em circuitos RC vale a equação geral:

$$V_C(t) = V_C(\infty)\cdot\left(1-e^{-t/\tau_C}\right)$$

onde $\tau_C = R_{EQUIV}\cdot C$

comparando com:

$$V_{C1}(t) = 10\,(1-e^{-t})$$

obtemos: $V_C(\infty)=10$ e $\tau_C = 1$

Examinando o CIRCUITO 1:

$$R_{EQUIV} = R_1 \,//\, R_2 = \frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}$$

$$\tau_C = \frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}\cdot C_1 = \frac{150\cdot R_2}{150+R_2}\cdot 10m = 1$$

Portanto $R_2 = 300\ \Omega$ //

Examinando o CIRCUITO 2:

$$\tau_L = \frac{L_1}{R_{EQUIV}} = \frac{100}{\dfrac{150\cdot 300}{150+300}}$$

$\tau_L = 1$ segundo também.

Em circuitos RL vale a equação geral:

$$i_L(t) = i_L(\infty) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}}\right)$$

Portanto,

$$i_{L1}(t) = 0{,}01 \cdot \left(1 - e^{-t}\right) \text{//}$$

Devido à dualidade, podemos concluir que:

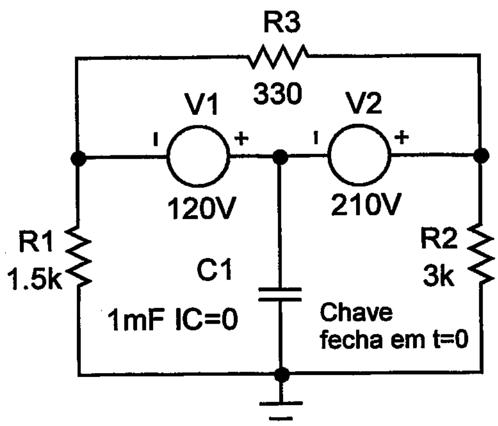
$$v_C(\infty) = v_L(0) = 10$$

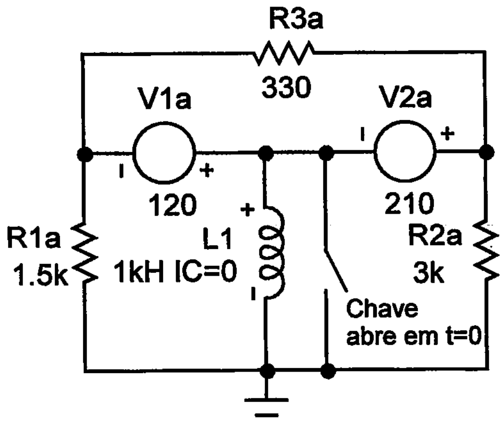
$$i_L(\infty) = i_C(0) = 0{,}01$$

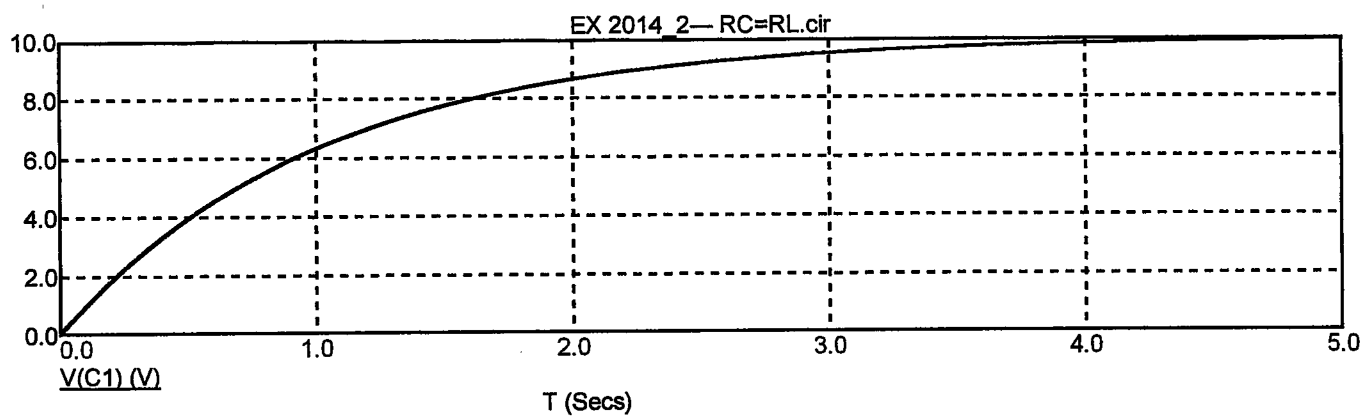
Deste modo podemos montar as equações restantes:

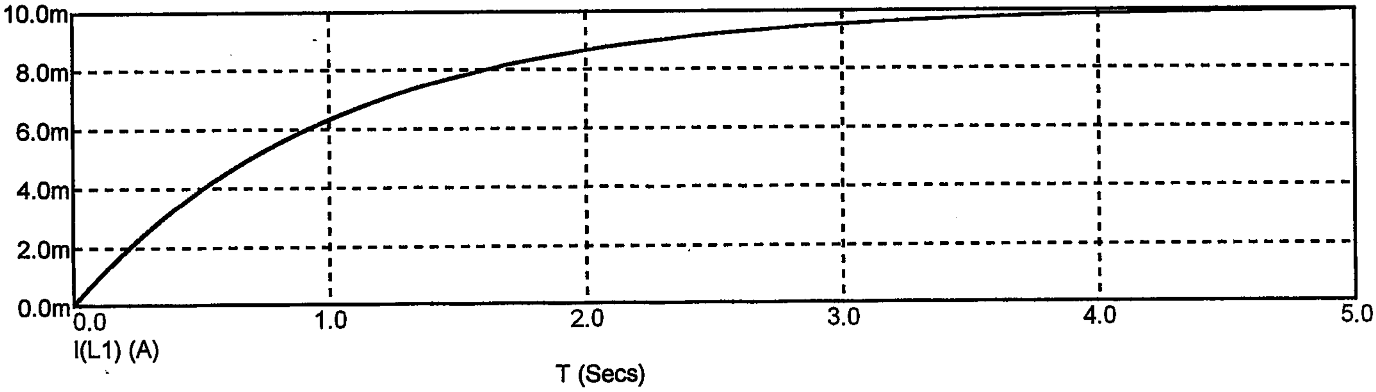
$$i_C(t) = i_C(0) \cdot e^{-t/\tau_C} \rightarrow i_C(t) = 0{,}01 \cdot e^{-t} \text{//}$$

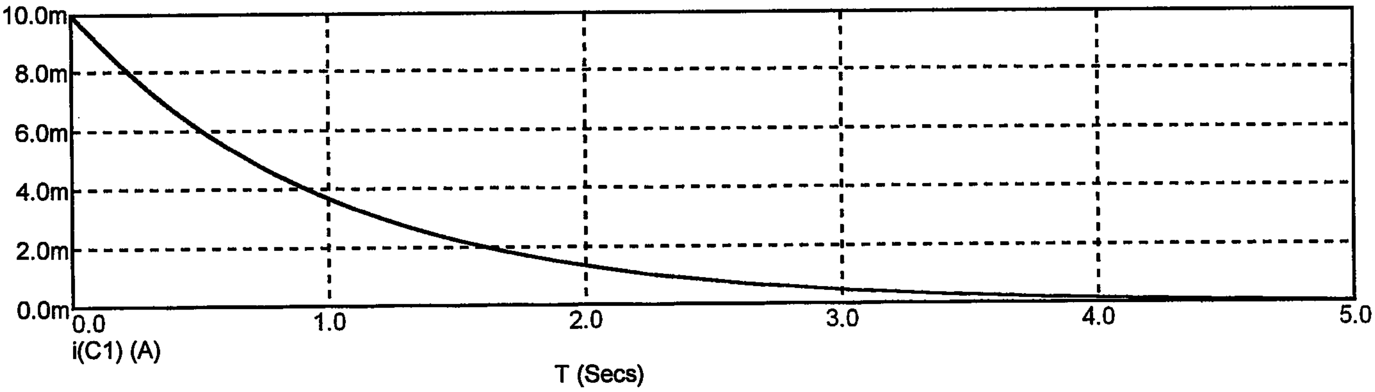
$$v_L(t) = v_L(0) \cdot e^{-t/\tau_L} \rightarrow v_L(t) = 10 \cdot e^{-t} \text{//}$$

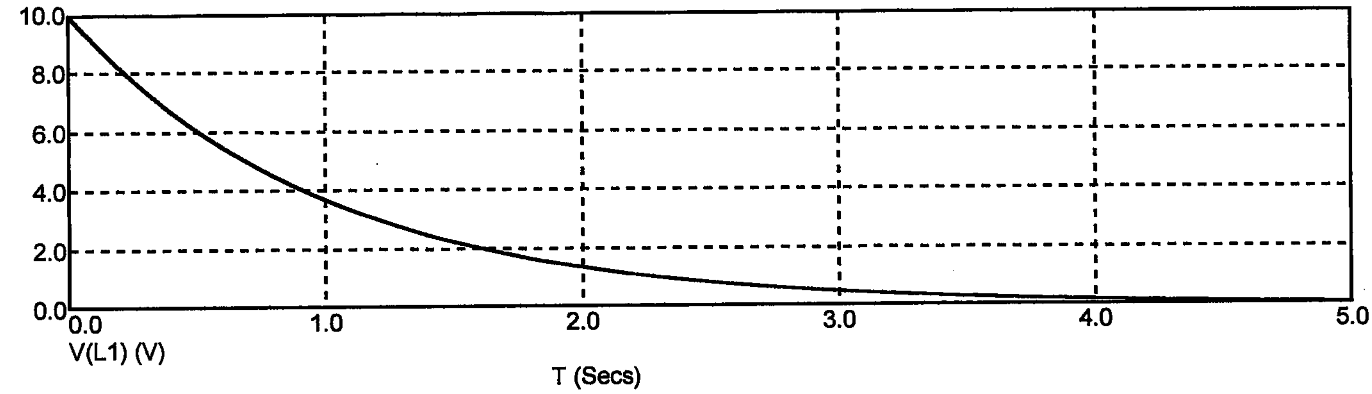

R3
330
V1
V2
120V
210V
R1
1.5k
C1
1mF IC=0
R2
3k
Chave
fecha em t=0


R3a
330
V1a
V2a
120
210
R1a
1.5k
L1
1kH IC=0
R2a
3k
Chave
abre em t=0

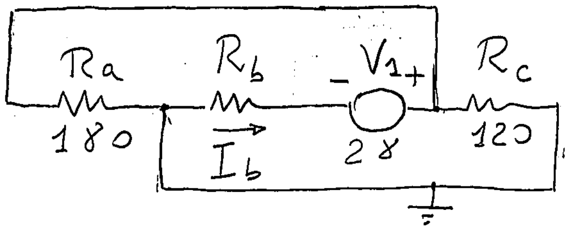

EX 2014_2— RC=RL.cir
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
V(C1) (V)
T (Secs)


10.0m
8.0m
6.0m
4.0m
2.0m
0.0m
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
I(L1) (A)
T (Secs)


10.0m
8.0m
6.0m
4.0m
2.0m
0.0m
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
i(C1) (A)
T (Secs)

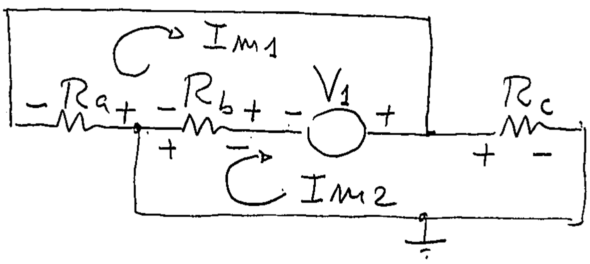

10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
V(L1) (V)
T (Secs)

Equacione o circuito em formato literal pelo Método das Correntes de Malha. Aplique os valores do circuito e determine R_b para que a corrente marcada nele seja 0,2 Ampères.



Aplicando o método:

- Marcar todas as correntes de malha no sentido horário
- Marcar as polaridades
- Aplicar Kirchhoff das tensões.



(1)
$$\begin{cases} I_{m1} \cdot R_a + (I_{m1} - I_{m2}) R_b + V_1 = 0 \\ (I_{m2} - I_{m1}) \cdot R_b - V_1 + I_{m2} \cdot R_c = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{m1}(R_a + R_b) - I_{m2} \cdot R_b + V_1 = 0 \\ -I_{m1} \cdot R_b + I_{m2}(R_b + R_c) - V_1 = 0 \end{cases}$$

Notamos que a corrente I_b vale: $I_b = I_{m2} - I_{m1} = 0{,}2$

Aplicando os valores em (1):

$$\begin{cases} 180 \cdot I_{m1} - 0{,}2 \cdot R_b + 28 = 0 \\ 0{,}2 \cdot R_b - 28 + I_{m2} \cdot 120 = 0 \end{cases}$$

como $I_{m2} = 0{,}2 + I_{m1}$:

$$\begin{cases} 180\, I_{m1} - 0{,}2 \cdot R_b + 28 = 0 \\ 0{,}2 \cdot R_b - 28 + 24 + 120\, I_{m1} = 0 \end{cases}$$

Multiplicando a 2ª equação por $-\frac{180}{120}$:

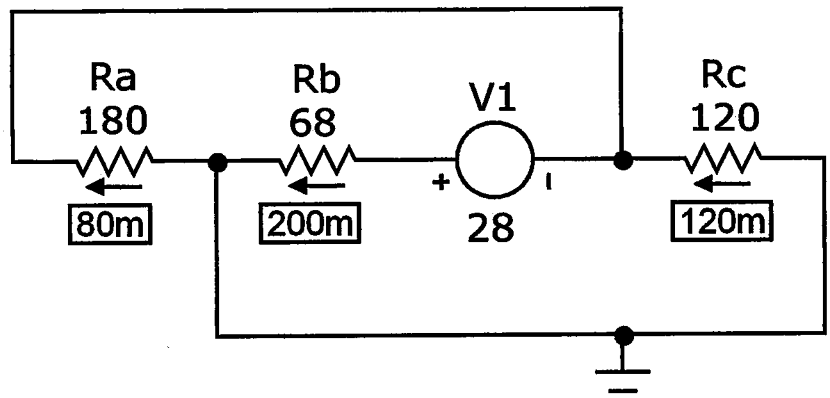
$$\begin{cases} 180\, I_{m1} - 0{,}2 \cdot R_b + 28 = 0 \\ -0{,}3 \cdot R_b + 42 - 36 - 180\, I_{m1} = 0 \end{cases}$$

Somando as duas equações:

$$-0{,}2 \cdot R_b + 28 - 0{,}3\, R_b + 6 = 0$$

$$R_b = 68\,\Omega$$

Recuperação 2014/2



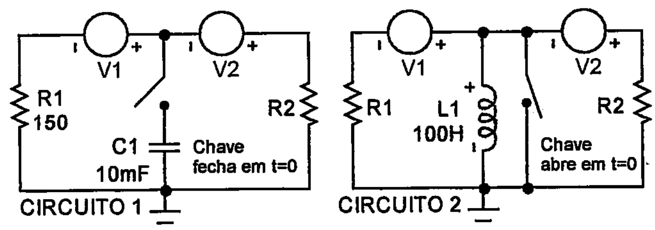
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
ENG04013 – Introdução à Engenharia Elétrica 2015/1

Recuperação 7/7/2015

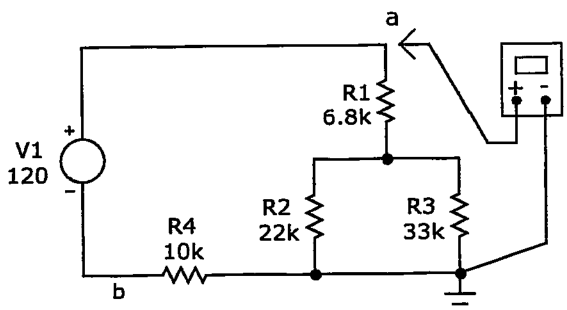
Nome: GABARITO **Turma:** _____

Descreva e documente com equações e diagramas cada etapa da solução pois isto será avaliado. Equacione primeiro em formato literal e coloque os valores de circuito depois.

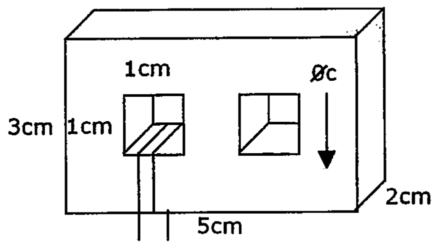
1. (3,5 pontos) Lembrando o Princípio da Dualidade, examine os dois circuitos a seguir, construídos com os mesmos componentes. Determine as equações da resposta temporal da tensão e da corrente em C_1 e L_1, após acionar a chave. Já é conhecido que $v_{C1}(t) = 10\,(1 - e^{-t/\tau})$ e $i_{L1}(\infty) = 0{,}01$. Planeje com cuidado o caminho para a solução procurando o modo mais simples de obter as 3 equações que faltam. Como sempre, equacione em formato literal, coloque os valores no final e documente cada passo com textos, equações e diagramas pois isso será avaliado sempre.



2. (3 pontos) Um voltmetro improvisado com baixa sensibilidade mediu $V_a = 48$ Volts. Examine o circuito, entenda o efeito do voltmetro ao ser conectado ao circuito e descreva em detalhes. Determine o circuito equivalente do voltmetro. Calcule (literal) a tensão que o voltmetro deve indicar ao medir V_b. Por último, calcule a tensão V_a sem o voltmetro conectado.



3. (3,5 pontos) Examine o circuito magnético ao lado e calcule o fluxo ϕ_c ao ser aplicada uma corrente de 400mA na bobina com 360 espiras, enrolada no núcleo com permeabilidade relativa de 2650. Descreva todos os passos do seu trabalho.



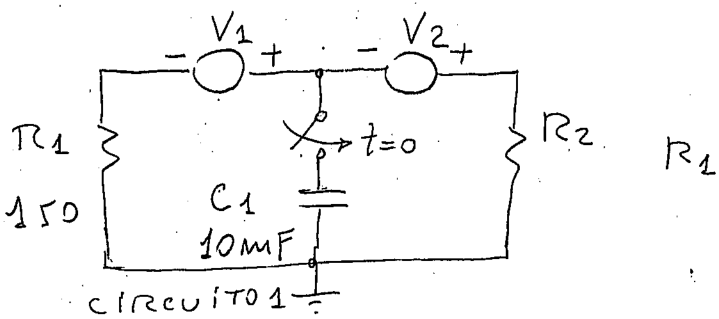
$I = q / t$ (Ampères=Coulombs / segundo)
$V = w / q$ (Volts=Joules / Coulomb)
$R = \rho \cdot \ell / A = V / I$ (Ohms)
$P = w / t = V \cdot I = V^2 / R = I^2 \cdot R$ (Watts)
$B = \phi / A$ (Teslas)
$L = N^2 \cdot \mu \cdot A / \ell$ (Henrys)
$F = N \cdot I = H \cdot \ell$ (Ampères)
$\mu = B / H$ (Wb/A·m)
$\mu_{vácuo} = \mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (Wb/A·m)
$\mu_r = \mu / \mu_o$
$E = ½ \cdot C \cdot V^2 = ½ \cdot L \cdot I^2$ (Joules)
$V_1 / V_2 = I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = n$
$R_1 / R_2 = (N_1 / N_2)^2$

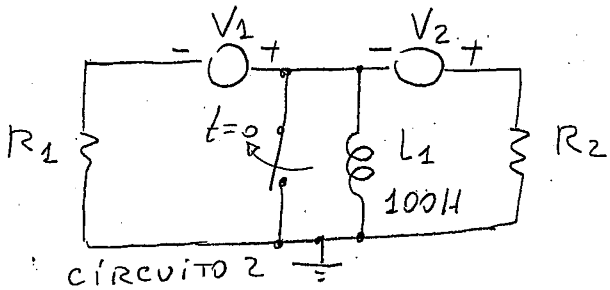
Carga:
$v_L(t) = v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(\infty) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$
$I_L(t) = I_L(\infty) + [I_L(o) - I_L(\infty)] \cdot e^{-t/\tau}$

Descarga:
$v_L(t) = -v_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$I_L(t) = I_L(o) \cdot e^{-t/\tau}$
$t = -\tau \cdot \ln\{[x(\infty) - x(t)] / [x(\infty) - x(o)]\}$
$x = v_C(t),\ I_C(t),\ v_L(t),$ ou $I_L(t)$
$\tau = R \cdot C = L/R$ (segundos)

Indutores e capacitores são duais: troque **v** por **i** nas equações.

Lembrando do Princípio da Dualidade, examine os dois circuitos a seguir, que foram construídos com os mesmos componentes. Determine as equações de resposta temporal da tensão e da corrente em C_1 e L_1 após acionar a chave.
Já é conhecido que $V_{C1}(t) = 10\cdot(1-e^{-t})$ e $i_{C1}(\infty)=0{,}01$.
Planeje com cuidado o caminho para a solução procurando o modo mais simples possível de obter as 3 equações que faltam. Como sempre, equacione em formato literal e coloque os valores numéricos só no final, documentando cada passo.





Sabemos que capacitores e indutores são duais, ou seja o que é tensão em um é corrente no outro. No caso de circuitos RC e RL alimentados por fontes contínuas, e com mesma topologia e valores, a resposta temporal da corrente em um é a mesma da tensão em outro. Para determinar as equações precisamos dos valores iniciais e finais e das constantes de tempo. Em circuitos RC vale a equação geral:

$$V_C(t) = V_C(\infty)\cdot\left(1-e^{-t/\tau_C}\right)$$

onde $\tau_C = R_{EQUIV}\cdot C$

comparando com:

$$V_{C1}(t) = 10\,(1-e^{-t})$$

obtemos: $V_C(\infty)=10$ e $\tau_C=1$

Examinando o CIRCUITO 1:

$$R_{EQUIV} = R_1 \,//\, R_2 = \frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}$$

$$\tau_C = \frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}\cdot C_1 = \frac{150\cdot R_2}{150+R_2}\cdot 10m = 1$$

Portanto $R_2 = 300\,\Omega$ //

Examinando o CIRCUITO 2:

$$\tau_L = \frac{L_1}{R_{EQUIV}} = \frac{100}{\frac{150\cdot 300}{150+300}}$$

$\tau_L = 1$ segundo também.

Em circuitos RL vale a equação geral:

$$i_L(t) = i_L(\infty)\cdot\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}}\right)$$

Portanto,

$$i_{L1}(t) = 0{,}01\cdot\left(1 - e^{-t}\right) //$$

Devido à dualidade, podemos concluir que:

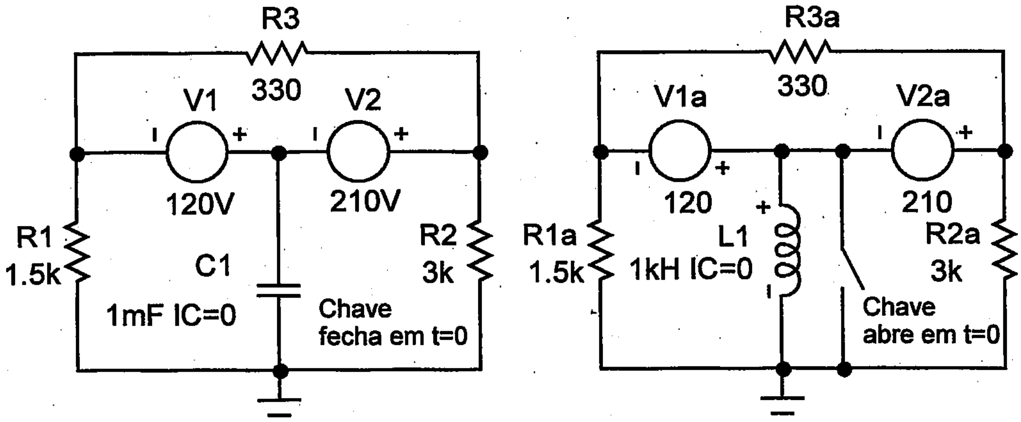
$$V_C(\infty) = V_L(0) = 10$$

$$i_L(\infty) = i_C(0) = 0{,}01$$

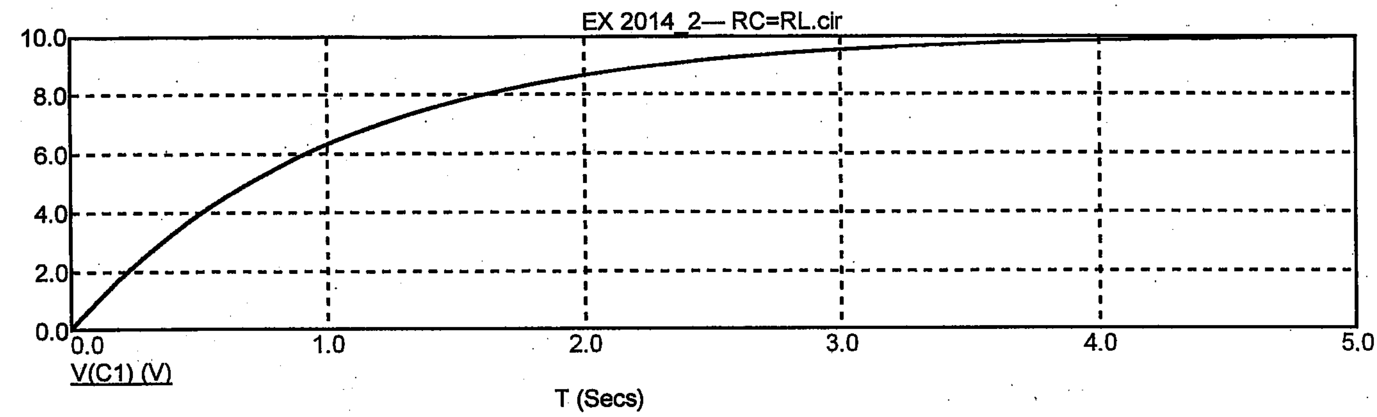
Deste modo podemos montar as equações restantes:

$$i_C(t) = i_C(0)\cdot e^{-t/\tau_C} \rightarrow i_C(t) = 0{,}01\cdot e^{-t} //$$

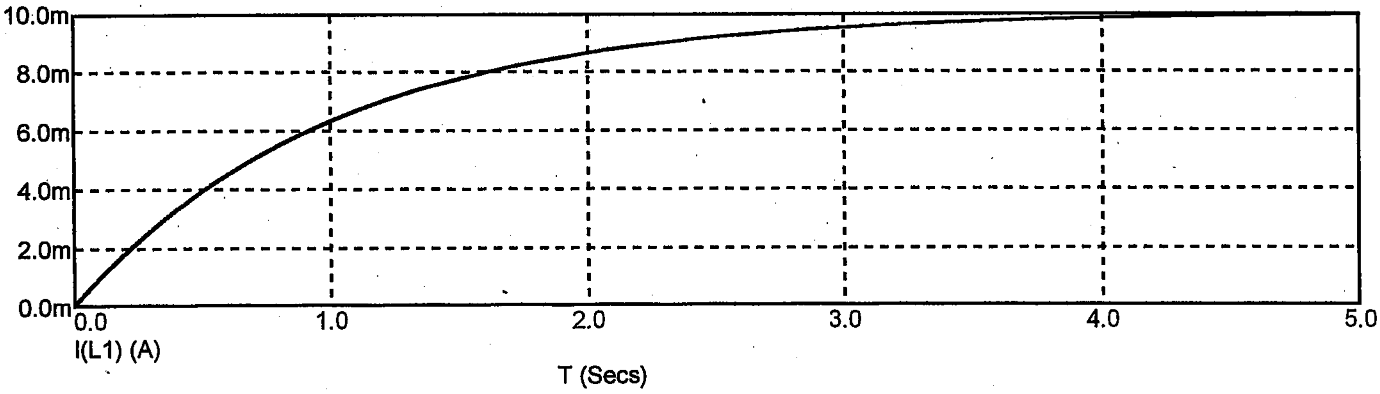
$$V_L(t) = V_L(0)\cdot e^{-t/\tau_L} \rightarrow V_L(t) = 10\cdot e^{-t} //$$



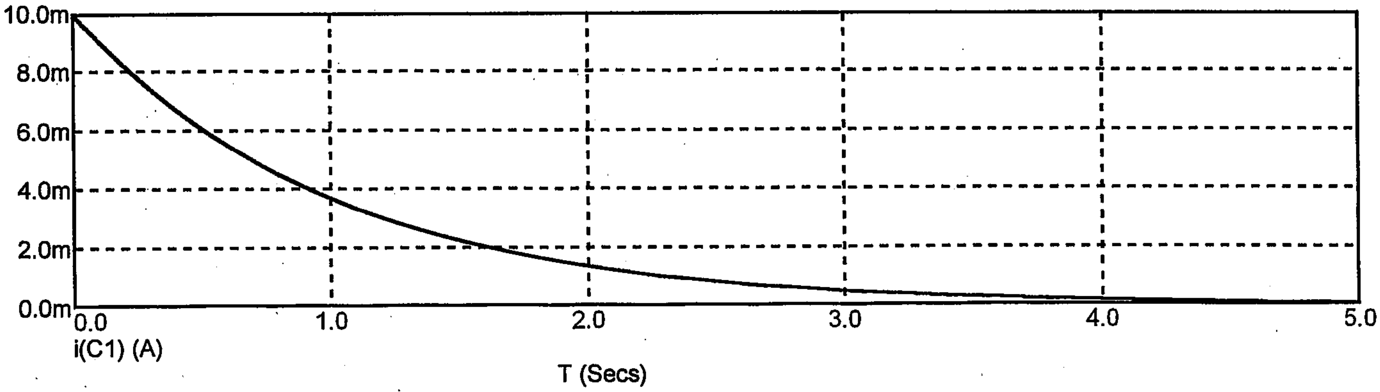
R3
330
V1
120V
V2
210V
R1
1.5k
C1
1mF IC=0
R2
3k
Chave
fecha em t=0
R3a
330
V1a
120
V2a
210
R1a
1.5k
L1
1kH IC=0
R2a
3k
Chave
abre em t=0



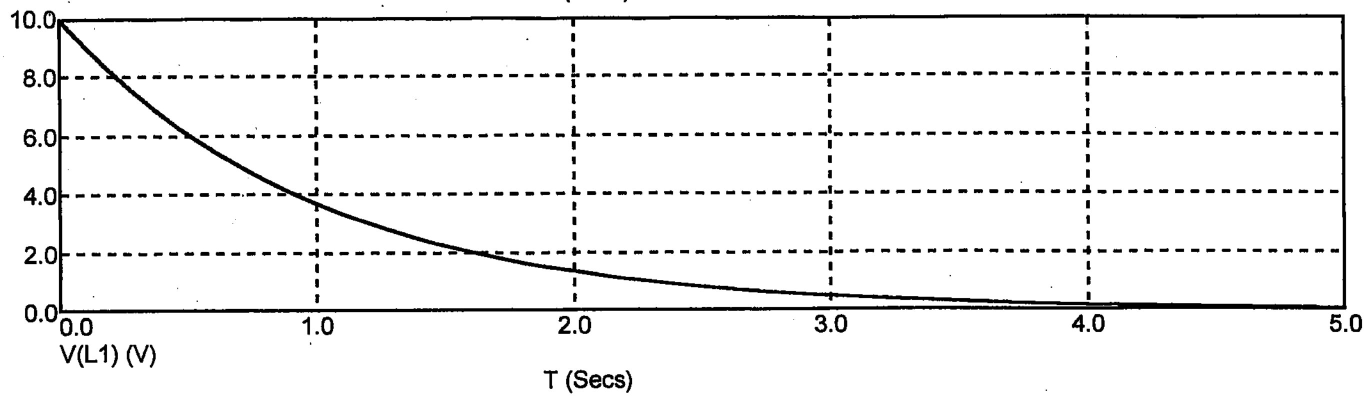
EX 2014_2— RC=RL.cir
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
V(C1) (V)
T (Secs)



10.0m
8.0m
6.0m
4.0m
2.0m
0.0m
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
I(L1) (A)
T (Secs)

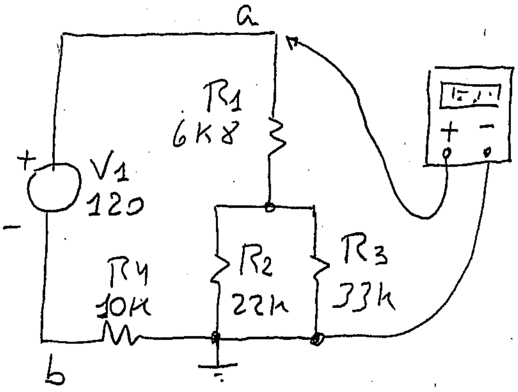


10.0m
8.0m
6.0m
4.0m
2.0m
0.0m
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
i(C1) (A)
T (Secs)



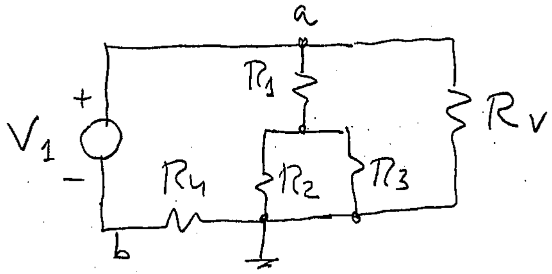
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
V(L1) (V)
T (Secs)

Um voltímetro improvisado mediu $V_a = 48V$. Examine o circuito e determine o circuito equivalente do voltímetro. Calcule a tensão que o voltímetro deve indicar ao medir V_b. Calcule V_a sem o voltímetro.



Voltímetro tem resistência interna que entra em paralelo com os terminais do circuito a medir.

Usando o circuito equivalente:



Simplificando:

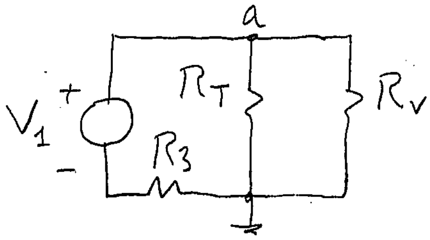
$$R_T = R_1 + R_2 // R_3$$

$$R_T = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

6k8

$$R_T = 10 + \frac{22 \cdot 33}{22+33} = \cancel{167}$$

$$R_T = 20\,K \;//$$



circuito é um divisor de tensão para Va:

$$V_a = V_1 \cdot \frac{R_T // R_V}{R_3 + R_T // R_V}$$

$$V_a = V_1 \frac{\frac{R_T \cdot R_V}{R_T + R_V}}{R_3 + \frac{R_T \cdot R_V}{R_T + R_V}}$$

$$\frac{V_a}{V_1}\left(R_3 + \frac{R_T \cdot R_V}{R_T + R_V}\right) = \frac{R_T \cdot R_V}{R_T + R_V}$$

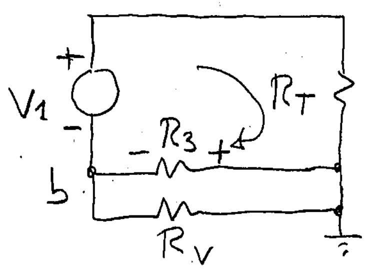
colocando os valores:

$$\frac{48}{120}\left(10 + \frac{20 \cdot R_V}{20 + R_V}\right) = \frac{20 \cdot R_V}{20 + R_V}$$

$$4 + \frac{8 \cdot R_V}{20 + R_V} = \frac{20 \cdot R_V}{20 + R_V}$$

$$R_V = 10\,k \;//$$

Medindo V_b:

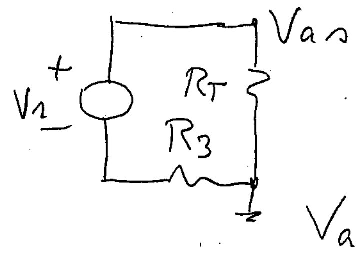


Divisor de tensão:

$$-V_B = V_1 \cdot \frac{R_3 // R_V}{R_T + R_3 // R_V}$$

$$V_b = -24 \text{ Volts } //$$

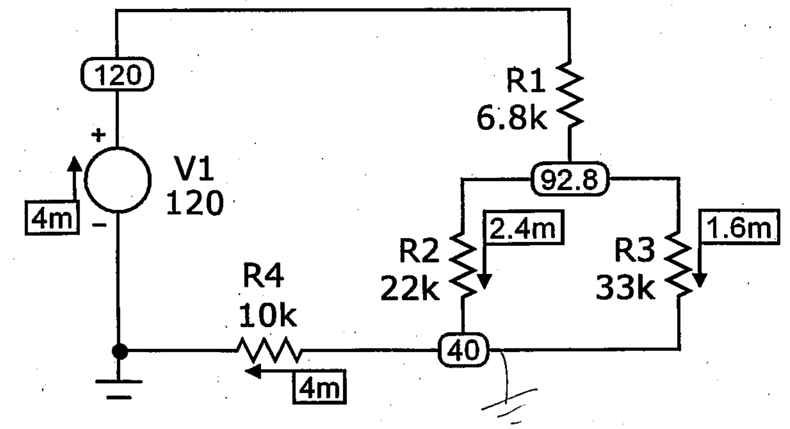
Medindo Va sem o voltímetro:

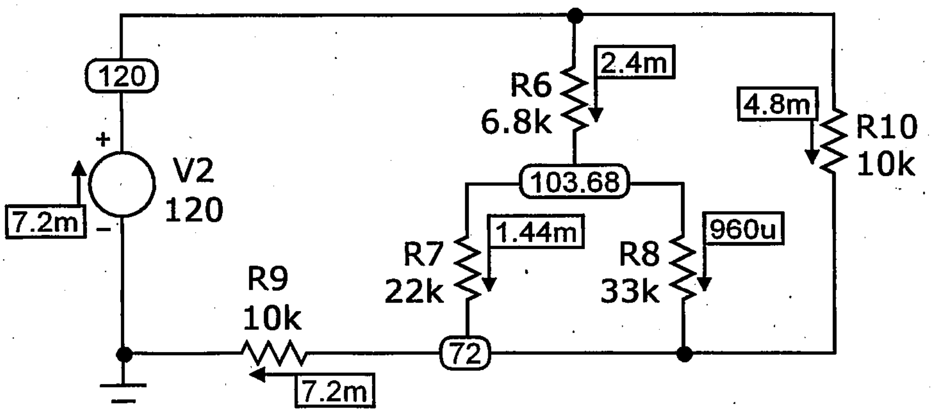


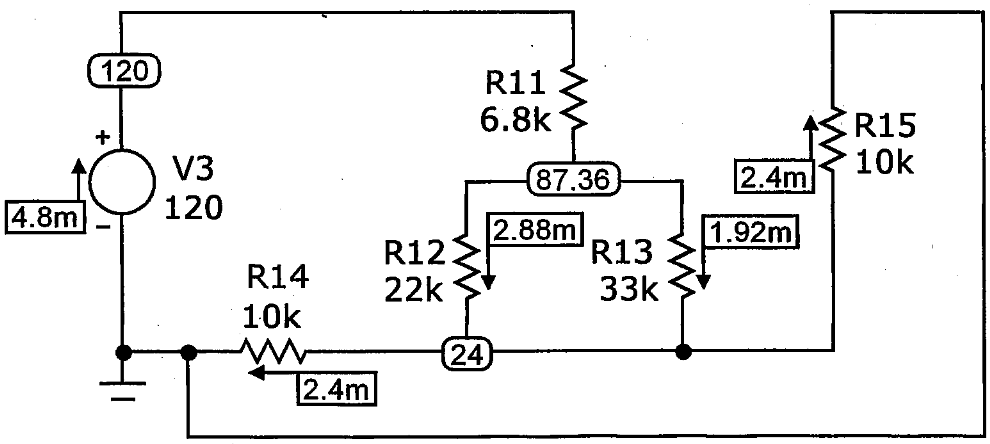
Outro divisor de tensão:

$$V_{as} = V_a \frac{R_T}{R_3 + R_3}$$

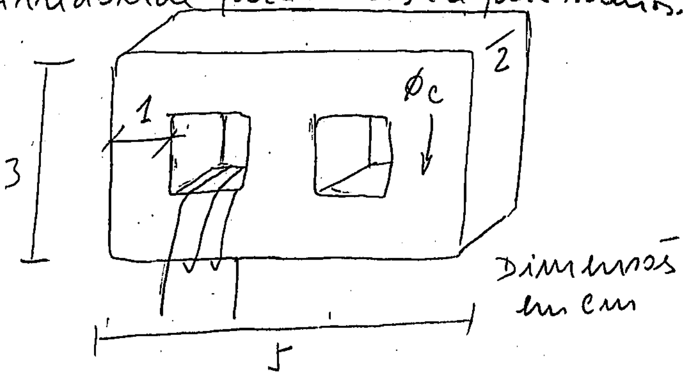
$$V_{as} = 80 \text{ Volts } //$$


120
R1
6.8k
V1
120
4m
92.8
2.4m
1.6m
R2
22k
R3
33k
R4
10k
40
4m

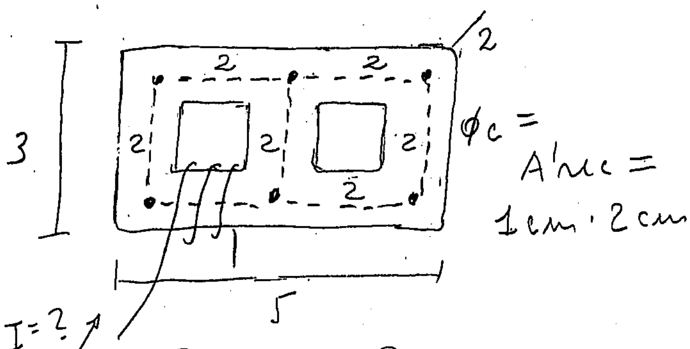

120
R6
6.8k
2.4m
4.8m
R10
10k
V2
120
7.2m
103.68
R7
22k
1.44m
R8
33k
960u
R9
10k
72
7.2m

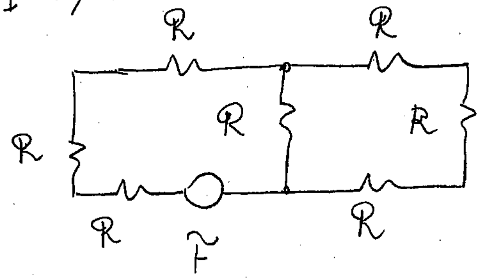

120
R11
6.8k
R15
10k
V3
120
4.8m
87.36
2.4m
R12
22k
2.88m
R13
33k
1.92m
R14
10k
24
2.4m

Examine o circuito magnético a seguir e calcule o fluxo ϕ_c ao se aplicado uma corrente de 400mA na bobina, descrevendo todas as etapas de solução. Bobina com 360 espiras enrolada no núcleo de permeabilidade relativa 2650. Arredonde para mais ou para menos.



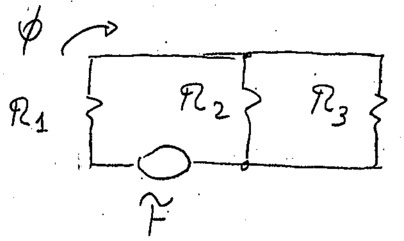
Método: transformar em um circuito elétrico equivalente.
Fluxo concentrado no centro da estrutura:





Todas as relutâncias são iguais.

Associando as relutâncias:



$$R_1 = \frac{l_1}{\mu \cdot A} \quad \text{com } \mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

$$R_1 = \frac{(2+2+2)\cdot 10^{-2}\ (m)}{2650 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-4}\ (m^2)}$$

$$R_1 = 90061 \cong 90 \cdot 10^3\ A/Wb \ //$$

$$R_2 = \frac{2\ 10^{-2}}{2650 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-4}}$$

$$R_2 = 30020 \cong 30 \cdot 10^3\ A/Wb \ //$$

$$R_3 = R_1 = 90 \cdot 10^3\ A/Wb \ //$$

Fluxo total:

$$\phi = \frac{F}{R_{TOTAL}} \quad \text{onde } F = N \cdot I$$

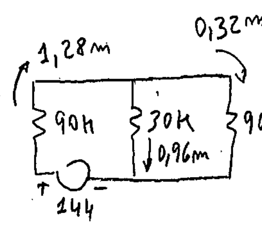
$$R_{TOTAL} = R_1 + (R_2 /\!/ R_3)$$

$$R_{TOTAL} = 90 \cdot 10^3 + \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 90 \cdot 10^3}{30 \cdot 10^3 + 90 \cdot 10^3}$$

$$R_{TOTAL} = 112{,}5 \cdot 10^3 \text{ Logo}$$

$$\phi_{TOTAL} = \frac{360 \cdot 400\,mA}{112{,}5 \cdot 10^3} = 1{,}28\,mWb$$

Interessa ϕ_c que passa por R_3.
Divisão de fluxo:



$$\phi_c = \phi_{TOTAL} \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

$$\phi_c = 1{,}28\,mWb \cdot \frac{30 \cdot 10^3}{30 \cdot 10^3 + 90 \cdot 10^3}$$

$$\phi_c = 0{,}32\,mWb \ //$$

P2c 2010/2 fluxo em R3