

ESTRUTURAS DE DADOS COM NODOS DE ESCOLHA PARA MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Marcos Henrique Backes, André Inácio Reis

Instituto de Informática – UFRGS, Porto Alegre

{mhbackes, andreis}@inf.ufrgs.br

MOTIVAÇÃO

- ✓ Para a síntese de circuitos digitais, é importante que o circuito seja feito com o menor número de componentes possível, pois a redução de componentes implica em uma redução de área e de consumo de energia.
- ✓ A síntese de circuitos digitais não tem uma solução ótima mesmo para circuitos pequenos, devido à complexidade do problema.
- ✓ Este trabalho apresenta um estudo sobre síntese que tem como objetivo obter a área ótima de circuitos combinacionais pequenos, quando o circuito possui reconvergência.

DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E FUNÇÃO DE CUSTO ADOTADA

Em vez de minimizar número de nodos para diminuir a área, a proposta é minimizar a área de acordo com a função de custo abaixo:

$$C = \alpha * A + \beta * X + \gamma * M \quad (1)$$

Onde:

- α , β e γ são os custos associados às portas lógicas AND2, XOR2 e MUX21, respectivamente;
- A , X e M representam, respectivamente, a quantidade de portas lógicas AND2, XOR2 e MUX21 presentes no circuito final.

ESTRUTURAS DE DADOS

- ✓ *Grafo de Multiplexadores, Xors, Ands e Inversores (MXAIG)*

Um MXAIG com escolhas é um grafo acíclico direcionado com nodos de entrada, saída, escolha, AND2, XOR2 e MUX21. Os nodos podem ser conectados por arestas *diretas* ou *negadas* (que representam a porta NOT).

- ✓ *Inteiros como representação da função lógica.*

Os nodos de escolha do MXAIG armazenam a função lógica associada sob a forma de um número inteiro, o qual permite que subfunções equivalentes levem ao mesmo nodo de escolha.

- ✓ *Matriz de Uso.*

Uma Matriz de Uso representa uma possível cobertura do grafo. Consiste em três vetores binários (um para cada tipo de porta lógica), nos quais, para cada posição, 1 indica que o nodo correspondente pertence à cobertura e 0 caso o contrário.

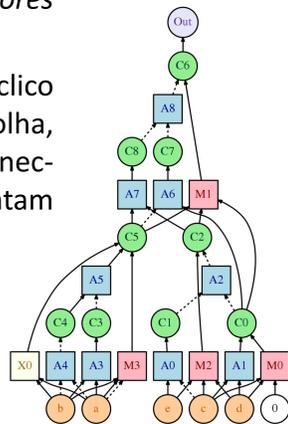


Figura 1: Exemplo de MXAIG

MUX 00000000010₂
XOR 00000000001₂
AND 00000000111₂

Figura 2: Matriz de Uso representando possível cobertura do MXAIG da figura 1.

FLUXO PROPOSTO

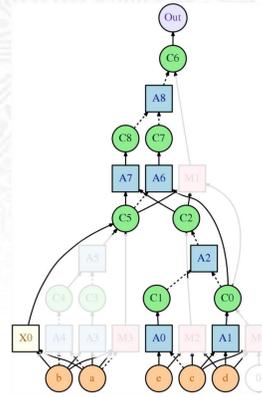
- ✓ **Gerador:** O primeiro passo consiste em gerar diferentes estruturas para implementar as funções objetivo.
- ✓ **Misturador:** O segundo passo tem como objetivo construir uma descrição sujeito, composta pelos nodos MUX21, XOR2 e AND2, misturando as diferentes funções do passo anterior para aumentar o número de escolhas.
- ✓ **Escolhedor:** O terceiro passo é realizar a cobertura de área exata na descrição sujeito, considerando a lógica compartilhada no grafo.

ALGORITMO DE COBERTURA DE ÁREA EXATA

- ✓ **Gerador de Coberturas:** O passo da geração de coberturas percorre o grafo, recursivamente, das saídas primárias (POs) até as entradas primárias (PIs), para gerar todas as Matrizes de Uso.
- ✓ **Escolhedor de Coberturas:** O passo da escolha da cobertura é responsável por avaliar as Matrizes de Uso e determinar a cobertura exata, orientada pela função de custo (1).

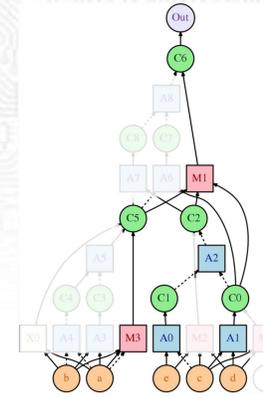
ESTUDOS DE CASO

- ✓ **Algoritmo de Cobertura aplicado a um CMXAIG com escolhas**



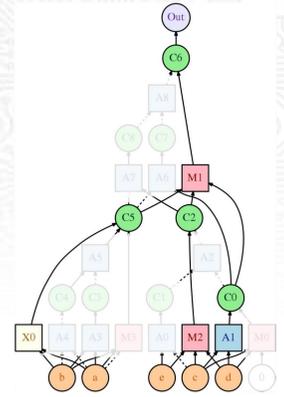
$\alpha = 1 \quad \beta = 2 \quad \gamma = 3$

MUX 00000000000₂
XOR 00000000001₂
AND 00111000111₂



$\alpha = 1 \quad \beta = 3 \quad \gamma = 2$

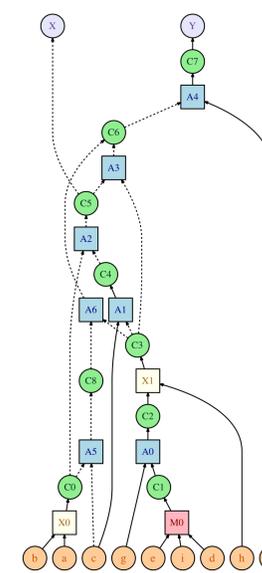
MUX 00000001010₂
XOR 00000000000₂
AND 00000000111₂



$\alpha = 2 \quad \beta = 1 \quad \gamma = 3$

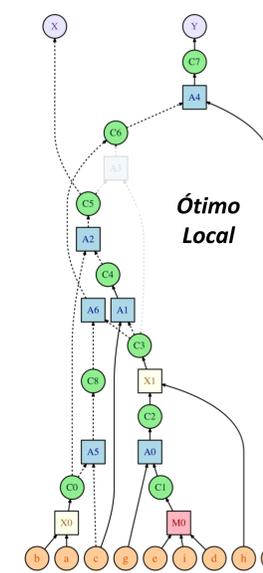
MUX 00000000110₂
XOR 00000000001₂
AND 00000000010₂

- ✓ **Superando o Mínimo Local**



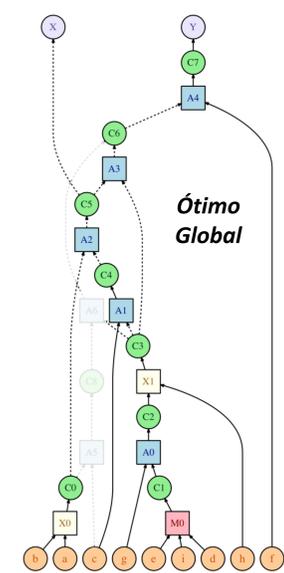
Em ambos os casos

$\alpha = 1 \quad \beta = 2 \quad \gamma = 3$



Ótimo Local

MUX 00000000001₂
XOR 00000000011₂
AND 00001110111₂



Ótimo Global

MUX 00000000001₂
XOR 00000000011₂
AND 00000011111₂

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Um experimento foi realizado com vinte funções de cinco entradas escolhidas aleatoriamente. Essas vinte funções foram agrupadas em pares (f_i, f_j) , nos quais cada par foi sintetizado usando três metodologias diferentes:

(A) *Diretamente da forma fatorada (usada como referência)*

(B) *Fluxo Proposto para MXAIGs com uma saída.*

(C) *Fluxo Proposto para MXAIGs com duas saídas.*

	Initial number of nodes			Final cost (%) $\alpha=1, \beta=2$ and $\gamma=3$		% of nodes in the final solution		Execution time (ms)	
	A	B	C	B	C	B	C	B	C
f									
f_{01}	36	733	649	58.33	41.67	38.89	30.56	10	533
f_{02}									
f_{03}	43	497	476	69.77	65.12	53.49	51.16	10	4,599
f_{04}									
f_{05}	38	449	441	84.21	65.79	73.68	55.26	5	2,970
f_{06}									
f_{07}	43	326	281	72.09	51.16	55.81	39.53	3	408
f_{08}									
f_{09}	40	383	372	72.50	70.00	60.00	52.50	3	18
f_{10}									
f_{11}	43	243	219	76.74	69.77	55.81	51.16	2	34
f_{12}									
f_{13}	44	347	334	65.91	59.09	50.00	43.18	6	10,691
f_{14}									
f_{15}	46	382	360	71.74	60.87	52.17	45.65	6	2,425
f_{16}									
f_{17}	54	342	299	57.41	35.19	40.74	25.93	2	23
f_{18}									
f_{19}	52	263	253	59.62	50.00	44.23	38.46	2	52
f_{20}									
Sum	439	3,965	3,684	688.32	568.65	524.83	433.40	49	21,753