

UM ALGORITMO DE POSICIONAMENTO E ROTEAMENTO PARA A TECNOLOGIA AUTOMATOS CELULARES COM PONTOS QUÂNTICOS (QCA)

Alyson Trindade Fernandes¹

Resumo: QCA é uma tecnologia com vistas à substituir o atual método de fabricação de circuitos CMOS. QCA irá aumentar a velocidade de processamento em Terahertz, além de permitir maior densidade de circuitos lógicos. O objetivo proposto foi alcançado por meio da criação de um algoritmo que efetua o posicionamento e roteamento de circuitos lógicos combinacionais para a tecnologia QCA. Seguiu-se o esquema de clock USE que possui restrições bem definidas, a fim de, manter a escalabilidade do algoritmo proposto. A ferramenta QCADesigner foi utilizada para validar as soluções propostas. Exemplos de resultados foram apresentados demonstrando que o algoritmo funciona para diferentes tipos de circuitos.

Palavras-chave: Posicionamento. Roteamento. Algoritmo. QCA.

Introdução

O processo de fabricação de circuitos CMOS vem enfrentando novos desafios na escala nanométrica. De acordo com [3], em breve, os circuitos CMOS irão alcançar o limite físico, impedindo que a densidade dos transistores em circuitos integrados continue a crescer como nos últimos anos. Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de desenvolver novas tecnologias para substituir num futuro próximo o CMOS na produção de circuitos integrados. Os Autômatos Celulares com Pontos Quânticos (QCA), são uma das tecnologias mais promissoras na substituição do CMOS. QCA baseia-se em efeitos quânticos para gerar sinais que possam ser transmitidos e processados a uma frequência estimada de Terahertz com baixo consumo energético [7]. QCA são células de formato quadrado, contendo geralmente quatro regiões denominadas pontos quânticos, que armazenam cargas elétricas [6]. Esta tecnologia foi proposta por [6] em 1993 e posteriormente validada de forma experimental em 1997 [5]. Dentro de cada célula há dois elétrons livres que podem se posicionar em cada um dos quatro pontos quânticos internos à célula. Este formato específico unido à repulsão Coulombiana existente entre os elétrons (partículas de carga de mesmo sinal), definem dois estados possíveis para cada célula, gerando os sinais binários zero e um. Na figura 01, pode-se perceber no item (a) uma célula QCA sem elétrons livres e no item (b) os dois estados possíveis para um célula QCA com dois elétrons livres. Deve-se perceber a impossibilidade dos dois elétrons estarem posicionados em pontos vizinhos, devido à repulsão existente entre eles. Atualmente diversos estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de testar as aplicações da tecnologia QCA em substituição dos principais componentes eletrônicos existentes. Alguns trabalhos propõem formas de criar desde estruturas lógicas simples como fios, inversores,

¹ Acadêmico do curso de Ciência da Computação da UFV. Docente do IFNMG campus Diamantina. Email: alyson.fernandes@ifnmg.edu.br

portas and e or ([2] é um exemplo), até componentes complexos como dispositivos FPGA em [4].

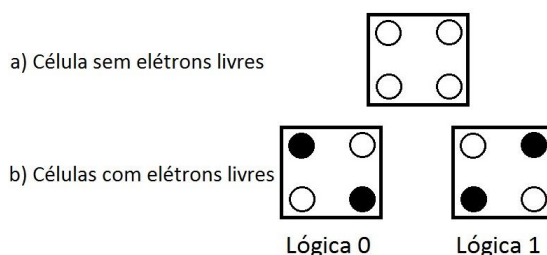


Figura 01: Células QCA

Em [1] é apresentado um novo esquema de clock denominado USE para viabilizar a transmissão de sinais dentro de circuitos QCA. Seu principal objetivo é ser universal, flexível e eficiente. Respeitando as restrições do esquema de clock USE, propõem-se desenvolver um algoritmo que busca posicionar os elementos de uma função lógica qualquer, dentro de um circuito QCA. O problema é mapear automaticamente cada componente da função lógica no esquema de clock USE.

Material e Métodos

Por QCA ser uma tecnologia em desenvolvimento, existem poucas ferramentas capazes de possibilitar a sua simulação. Este trabalho utiliza principalmente o software QCADesigner. Esta ferramenta é capaz de possibilitar a rápida criação, simulação e testes de falhas em circuitos QCA. O posicionamento e roteamento de circuitos elétricos na tecnologia QCA, será efetuado seguindo as restrições de clock definidas em [1], de modo a garantir a escalabilidade, flexibilidade e eficiência das soluções propostas. Inicialmente, buscou-se estudar as soluções existentes para os problemas de posicionamento e roteamento. A partir dos resultados dessa busca, foram identificados as melhores características de cada solução proposta. Então, diversos algoritmos foram gerados, levando algumas das melhores características encontradas nos passos anteriores. Por fim, os algoritmos implementados foram testados até se encontrar o algoritmo que gerou os melhores resultados.

Resultados e Discussão

A partir do algoritmo de posicionamento e roteamento proposto para a tecnologia QCA, foram desenvolvidos soluções para 8 circuitos distintos: AND de 4 portas, MUX 2x1, XOR, Somador completo de 1 bit, XNOR, Gerador de bit de paridade para palavra de 3 bits, Checador de bit de paridade para palavra de 3 bits e Somador completo de 2 bits. Alguns resultados são apresentados na figura 02. Os resultados gerados demonstram que o algoritmo proposto funcionou para todos os circuitos testados. Foi possível validar todos os resultados por meio da ferramenta QCADesigner. A grande vantagem proposta neste trabalho vem de sua escalabilidade, permitindo o posicionamento e roteamento de qualquer tipo de circuito combinacional.

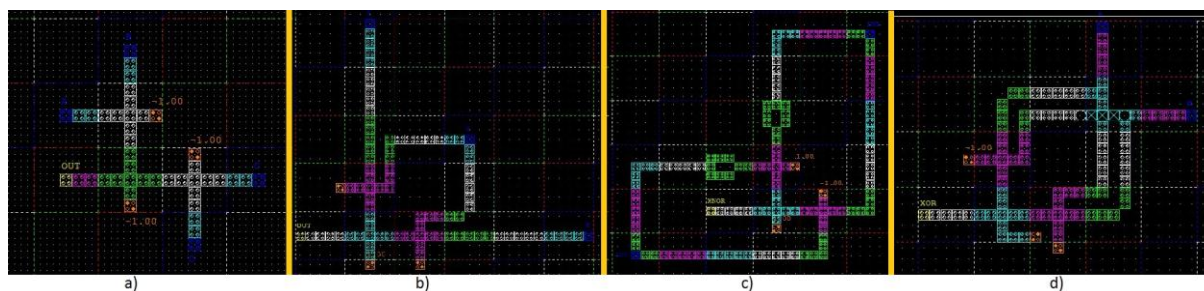


Figura 02: a) AND de 4 portas; b) MUX 2x1; c) XNOR; d) XOR

Conclusões

Os objetivos deste trabalho foram alcançados por meio do desenvolvimento de um algoritmo capaz de efetuar o posicionamento e roteamento de circuitos elétricos na tecnologia QCA. Diferentemente de trabalhos anteriores que não previam nenhum esquema de clock bem definido. Futuramente deve-se tentar desenvolver atualizações para o algoritmo com vistas à ocupar os espaços livres na área ocupada pelo circuito aumentando a densidade da solução, além de permitir o posicionamento e roteamento de circuitos sequenciais.

Referências

- [1] Caio A T Campos. A feasible clocking scheme (use) and a standard cells library (qca one) for future quantum-dot cellular automata circuits. PhD thesis, UFMG, 2015.
- [2] LAKSHMI, S. Karthigai. Efficient design of logical structures and functions using nanotechnology based quantum dot cellular automata design. 2010.
- [3] KEYES, Robert W. Physical limits of silicon transistors and circuits. **Reports on Progress in Physics**, v. 68, n. 12, p. 2701, 2005.
- [4] LANTZ, Timothy; PESKIN, Eric. A QCA implementation of a configurable logic block for an FPGA. In: **Reconfigurable Computing and FPGA's, 2006. ReConFig 2006. IEEE International Conference on**. IEEE, 2006. p. 1-10.
- [5] LENT, Craig S.; TOUGAW, P. Douglas. A device architecture for computing with quantum dots. **Proceedings of the IEEE**, v. 85, n. 4, p. 541-557, 1997.
- [6] SNIDER, Gregory L. et al. Quantum-dot cellular automata: Introduction and experimental overview. In: **Nanotechnology, 2001. IEEE-NANO 2001. Proceedings of the 2001 1st IEEE Conference on**. IEEE, 2001. p. 465-470.
- [7] TEODÓSIO, Tiago; SOUSA, L. A tool for the automatic layout generation of QCA combinational circuits. In: **IEEE Norchip**. 2007.

Agradecimentos

Agradeço ao IFNMG pelo apoio dado na possibilidade de afastamento remunerado para desempenhar minhas atividades de pesquisa bem como o apoio financeiro.