

Aplicações de antifusíveis e PROMs na programação de PDLs

Ana Luiza Scharf

Karoline da Rochal *

27 de fevereiro de 2015

Resumo

Esse artigo descreve as tecnologias utilizadas para programação de circuitos lógicos programáveis não voláteis de antifusíveis e memória PROM, mostrando inclusive as vantagens das duas, as dos antifusíveis são: o seu pequeno tamanho, a baixa resistência e baixa capacitância, e a da PROM é sua simples implementação. Também iremos descrever as desvantagens das duas tecnologias, que é o fato delas poderem ser programadas somente uma única vez. E será abordado como cada uma dessas duas tecnologia são programadas em FPGAs, juntamente ressaltaremos suas aplicações, como por exemplo os antifusíveis são bastante usados para auxiliar na proteção contra clonagens e em satélites. Já as memórias PROMs são usadas para amanezar programas permanentemente e em microcontroladores.

Palavras-chaves: antifusíveis. PROM. FPGAs.

Introdução

Este documento tem por objetivo informar como os PDLs são programados, entre os PDLs abordaremos sobre os Antifusíveis e sobre a memória PROM. No decorrer do artigo explicaremos um pouco do que é cada uma dessas tecnologias não voláteis, como são programadas em FPGAs, quais são suas vantagens e desvantagens e algumas aplicações interessantes de cada uma delas.

1 Antifusível

Os antifusíveis são componentes não voláteis, que são utilizados em chips que podem ser programados depois de terem sido fabricados, porém só podem ser programados uma única vez. Essa tecnologia é um dispositivo de dois terminais, que no estado não programado apresenta uma alta impedância (circuito aberto).

Existem dois tipos de anti-fusíveis possíveis, o silício amorfo e o dielétrico. O de silício amorfo pode ser depositado no espaço entre duas camadas de metal, proporcionando isolamento elétrico. Um pulso de programação de tensão (tipicamente 10V - 12V) e duração suficiente pode ser aplicado através de elemento anti-fusível, fazendo com que as camadas

* Aluno do curso de Engenharia de Telecomunicações - IFSC

superiores e inferiores de metal penetrem no silício amorfo, criando um canal condutivo bidirecional com uma resistência de cerca de 50 ([ARAUJO, 2004](#)).

Já os dielétricos, consiste em uma camada de material dielétrico (chamado ONO - Oxide-Nitride-Oxide) colocado entre uma difusão N+ e polisilício. Um sistema de anti-fusível desta categoria utilizado pela ACTEL é chamado de PLICE (Programmable Low Impedance Circuit Element) ([ARAUJO, 2004](#)).

Os anti-fusíveis são adequados na programação para FPGAs, pois ele podem ser construído usando a tecnologia CMOS modificada. A seguir tem uma imagem 2, que ilustra o funcionamento do sistema PLICE, o anti-fusível fica posicionada entre dois fios interconexão. E fisicamente consiste entre camadas superpostas: uma superior e inferior são de tipos condutores e a camada do meio é de natureza isoladora. No momento em que o anti-fusível está no estado não programado, o isolador isola a camada superior da camada inferior. Mas quando o tecnologia é programada, o isolador muda para se tornar um caminho de baixa resistência ([FERREIRA, 2012](#)), assim o dielétrico derrete, criando um canal condutivo entre os eletrodos.

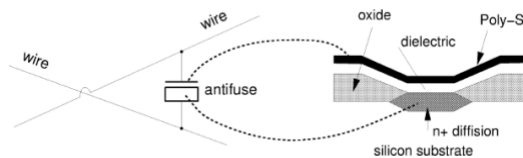


Figura 1 – Estrutura antifusível Atmel

Fonte: baseado em ([FERREIRA, 2012](#))

1.1 Vantagens e desvantagens

Os anti-fusíveis possui algumas vantagens, como:

- É o tamanho relativamente pequeno e a redução de área, que é anulada pela área consumida pelo circuito extra necessário para programar o FPGA.
- Possui a baixa resistência em série e a baixa capacitância parasita.

Porém esse também possui desvantagens, como pelo fato de não poderem ser reconfigurados, pois são programáveis uma única vez. E isso é um ponto negativo, pois os projetistas frequentemente precisam testar o hardware ou incorporar mudanças inesperadas ao projeto.

1.2 Aplicações

Um aplicação de antifusíveis é que este é usado em satélites, essa tecnologia que mais se adequa ao problema irradiação espacial. Pois ao contrário do dos demais, o antifusível não sofre interferências da irradiação, mantendo a programação do satélite intacta. Outros benefícios dessa tecnologia são: facilidade de implementação, menor consumo de energia, redução de peso e alta confiabilidade ([ORSQUO, 2003](#)).

Outra exemplo é que os antifusíveis FPGA podem ser uma forma de proibição à clonagem de dispositivos, adulteração ou engenharia reversa. Essa proteção é feita da seguinte maneira, uma vez programado, ocorre a desativação da sonda e da interface de programação. Proibindo assim a clonagem ([CORPORATION, 2013](#)).

A seguir terá uma tabela ?? comparando as principais características das tecnologias fusível, antifusível, EPROM, EEPROM e SRAM.

Name	Re-programmable	Volatile	Technology
Fuse	no	no	Bipolar
EPROM	yes out of circuit	no	UVMOS
EEPROM	yes in circuit	no	EECMOS
SRAM	yes in circuit	yes	CMOS
Antifuse	no	no	CMOS+

Figura 2 – Tabela com as características de algumas tecnologias

Fonte: baseado em (FERREIRA, 2012)

2 PROM

A memória PROM (programmable read-only memory), que quer dizer memória programável só de leitura), essa é uma forma de memória digital, onde o estado de cada bit está trancado por um fusível ou um antifusível.

Ela só pode ser programada uma única vez, pelo fato de que quando for programada ocorrerá o rompimento dos fusíveis (usando um PROM blower), e isso é um processo irreversível. O rompimento de um fusível abre uma ligação, enquanto que o rebentamento de um antifusível fecha uma ligação.

A programação é feita pela aplicação de pulsos de alta voltagem, que não são encontrados durante a operação normal (tipicamente, de 12 a 21 volts). Uma PROM típica sai da fábrica com todos os bits no estado 1. A queima de um fusível durante a programação faz com que o seu bit passe a 0 (NUNO, 2014).

O FPGA pode ser programado com os dados de programação, através de uma porta paralela ou serial de um computador ou através de uma PROM que já contenha todos os bits que serão utilizados para a configuração do chip. No primeiro caso é possível controlar a programação do chip pelo computador, enquanto que no segundo caso após carregada as informações na PROM não necessitamos mais de um computador controlando a entrada de dados no chip, então terá um circuito adicional fazendo esse controle.

2.1 Vantagens e desvantagens

Uma vantagem é que é uma forma bem mais simples de se implementar uma ROM programável e além de poder ser fabricada em grande escala, pois a ROM devem ser customizada dependendo do uso. Uma desvantagem é o fato dela pode ser programada somente uma única vez.

2.2 Aplicações

Uma aplicação de PROM é que são usadas para armazenar permanentemente os programas. São frequentemente encontradas em jogos de computador ou em produtos como

dicionários electrónicos, onde é possível substituir PROMs para diferentes línguas.

Atualmente muitos microcontroladores utilizam PROMs internas, permitindo que sejam adquiridos limpos (sem dados) para que possam ser programados pelo utilizador ou pela fábrica que o esteja utilizando nos seus projetos. Esta tecnologia é conhecida como One Time Programmable (OTP -programável uma única vez).

Conclusões

Nesta pesquisa aprendemos sobre o antifusível e a memória PROM, levantando suas principais características, como funcionam, suas programações em PDLs, vantagens, desvantagens e suas aplicações do dia-a-dia.

Durante o avanço dos dispositivos lógicos programáveis, descobrimos que os antifusíveis foram uns dos componentes pioneiros nessa tecnologia. Mesmo parecendo antiquado com sua restrição de ser programado somente uma única vez, o antifusível ainda é muito utilizado, por seus aspectos importantes de segurança e confiabilidade.

Já a memória PROM é mais vantajosa que a ROM, por ser fabricada em larga escala e por ter sido aprimorada, como EPROM (Erasable Programmable Read-only Memory), esta é uma PROM que pode ter seus dados apagados e reutilizados, e também a EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-only Memory), onde seu conteúdo pode ser apagado eletricamente, inclusive se a memória estiver instalada em algum circuito. Mesmo sendo precursora dessas memórias, a PROM continua sendo empregada em diversas aplicações.

Referências

ARAÚJO, L. C. *Mecanismo de Reconfiguração Dinâmica Aplicados ao Projeto de um Processador de Imagens Reconfiguráveis*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, nov. 2004. Citado na página 2.

CORPORATION, M. *Overview of Microsemi Antifuse Device Security*. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://www.tecmint.com/rsync-local-remote-file-synchronization-commands/>>. Acesso em: 21 fev. 2015. Citado na página 2.

FERREIRA, E. C. *Circuitos Lógicos Programáveis*. 2012. Disponível em: <<http://www.demic.fee.unicamp.br/~elnatan/ee610/24a%20Aula.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 3.

NUNO, G. *Definir e descrever uma PROM*. 2014. Disponível em: <<http://blognuno97.blogspot.com.br/>>. Citado na página 3.

ORSQUO, N. K. Antifuse fpga technology: Best option for satellite applications. *COTS : the journal of Military Electronics Computing*, v. 1, n. 1, p. 1–1, 2003. Citado na página 2.