

Tolerância a Falhas em Dispositivos Programáveis Analógicos e de Sinal Misto em Aplicações Suscetíveis à Radiação

Gustavo S. Fernandes¹, Tiago R. Balen²

ENG – Engenharias

1 Autor, Engenharia Elétrica, UFRGS

2 Orientador

INTRODUÇÃO

Atualmente existem diversas aplicações importantes da eletrônica em que circuitos são expostos à radiação. Equipamentos que operam em altas altitudes (aviões), no espaço (satélites) e em centros nucleares, exemplificam situações em que os efeitos causados pela radiação não podem ser desprezados.

Dentre os principais efeitos da radiação ionizante, está o Efeito de Dose Total (TID – *Total Ionizing Dose*). Esse efeito é cumulativo, de longo prazo, e degrada propriedades elétricas dos dispositivos que compõem o circuito. No caso dos transistores MOS, a ionização gera o aprisionamento de cargas elétricas nos óxidos de isolamento, causando desvio da tensão de limiar (*threshold voltage*) e aumento das correntes de fuga (*leakage current*) [1].

Por esta razão, há hoje um grande investimento no desenvolvimento de técnicas de proteção que busquem mitigar esses danos. Essas técnicas podem ser implementadas em nível de tecnologia (materiais de fabricação), de leiaute (disposição das camadas de silício), ou de sistema (circuito de aplicação) [1].

A PESQUISA

A pesquisa teve por objetivo validar uma técnica de proteção baseada em redundância (*N-tuple Modular Redundance*), aplicada em dispositivos analógicos programáveis. O efeito da radiação a ser mitigado foi o TID. Conforme o nome sugere, a técnica consiste em replicar N blocos que sejam capazes de desempenhar a mesma função e neste caso específico, multiplexá-los no tempo, mantendo apenas um ligado por vez. Essa técnica baseia-se no fato de que dispositivos não polarizados sofrem com menor intensidade os efeitos da radiação [2]. O diagrama em blocos da Figura 1 ilustra o funcionamento descrito.

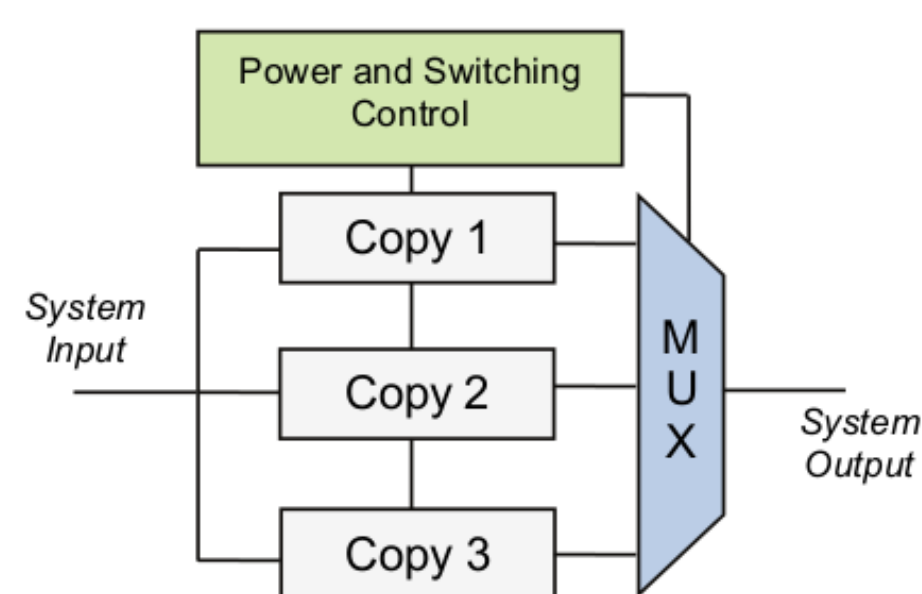


Figura 1: arquitetura do sistema de redundância a ser validado [3]

A fim de definir uma relação entre o tempo de falha de componentes irradiados sem sistema de redundância (DUT100), com redundância dupla parcial (DUT75) e com redundância quádrupla (DUT25), foi proposto um experimento. Desenvolveu-se uma placa de circuito impresso com um microcontrolador, multiplexadores, conectores e um sistema de chaveamento de alimentação para ser usada em experimentos desse tipo. A placa permite configurar o tempo que cada dispositivo permanece ligado e ter acesso às suas entradas e saídas. O componente usado na placa para a realização dos testes foi o FPAAs AN221E04, da Anadigm Company.

O experimento de irradiação foi realizado no Instituto de Estudos Avançados (IEAv), em São José dos Campos (SP), sob supervisão do professor orientador. Uma bomba de cobalto 60 (Co60) foi usada para irradiar os FPAAs durante 27 h a taxa de 1 krad(Si)/h. O restante do circuito foi protegido por uma chapa de chumbo. A Figura 2 mostra uma foto da placa antes de ser irradiada e a Tabela 1 os estados em que cada FPAAs permaneceu ligado.

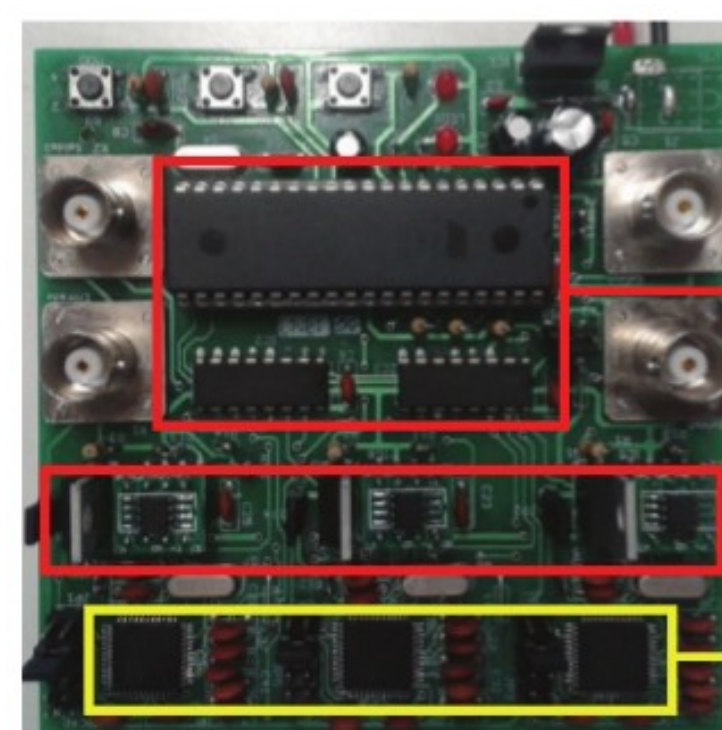


Figura 2: PCI irradiada [3]

Tabela 1: Estados (cíclicos) do experimento [3]

State	1	2	3
Duration	5min	5min	10min
DUT100	ON	ON	ON
DUT75	OFF	ON	ON
DUT25	ON	OFF	OFF

Controle e Multiplexação
Chaveamento da Alimentação
Dispositivos Irradiados

RESULTADOS

Verificou-se que os FPAAs expostos à radiação, ativos por uma fração de tempo maior, falharam mais cedo. Além disso, um aumento na corrente de alimentação e na temperatura de funcionamento dos componentes também foi verificado. A Figura 3 mostra o gráfico da corrente de alimentação dos dispositivos em função da dose acumulada durante o experimento.

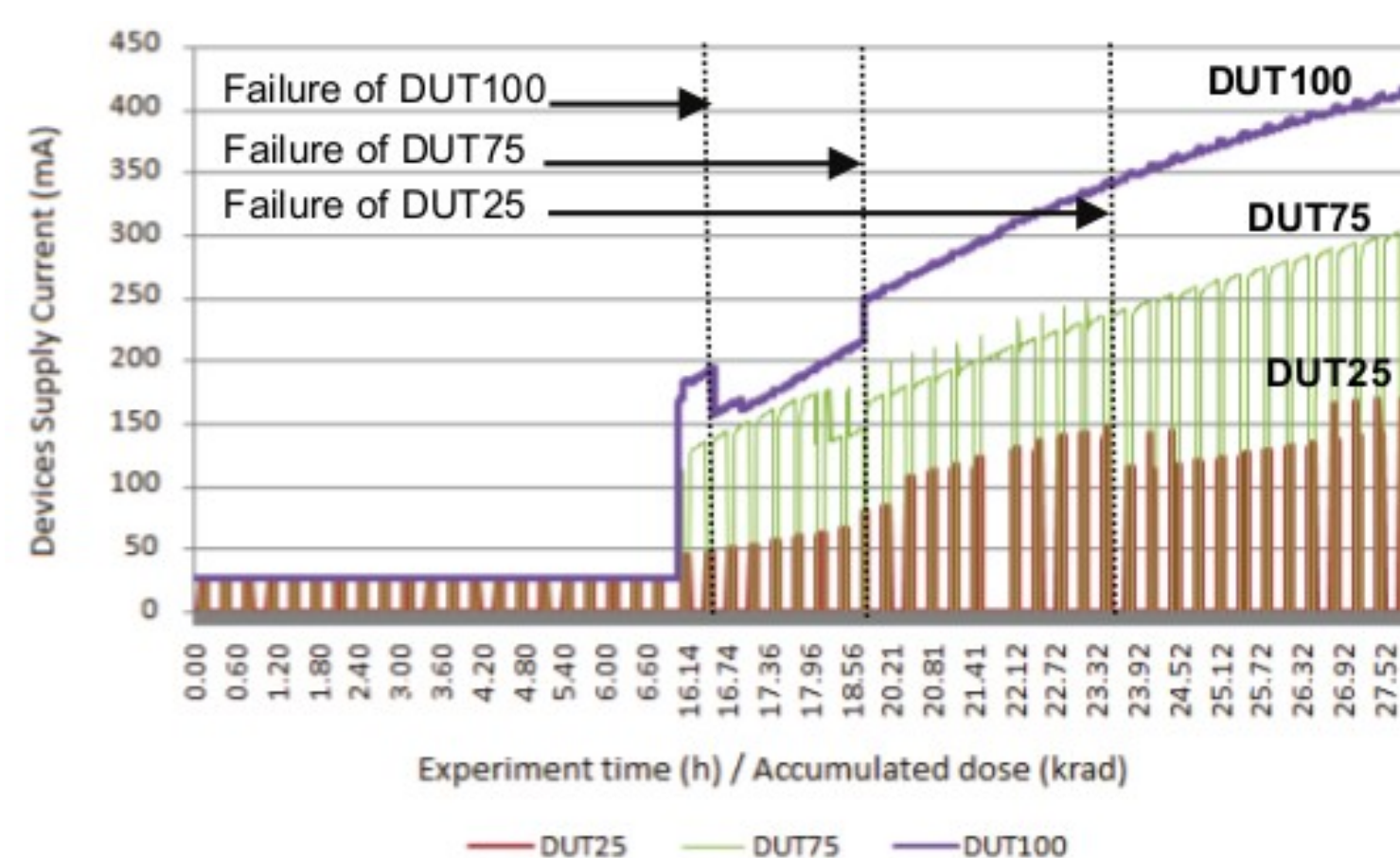


Figura 3: corrente de alimentação dos dispositivos durante o experimento [3]

Analisando-se o gráfico apresentado na Figura 3, em que são apresentados os instantes de falha de cada dispositivo, verifica-se que o aumento da vida útil do DUT25 foi de 43,3% e do DUT75 de 13,3%. Os valores foram comparados com a vida útil do DUT100, que representa o grupo de controle.

Os resultados obtidos nesse experimento foram publicados em um artigo [3].

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a redundância modular pode ser usada para aumentar a vida útil de componentes críticos em circuitos expostos à radiação. Embora a relação entre prolongamento da vida útil e custo adicional aparentemente não seja boa, em determinadas situações, quando o sistema exige alta confiabilidade sob pena de gerar grandes prejuízos caso ocorra uma falha, pode-se optar por essa técnica. A operação em um satélite exemplifica uma situação como essa, em que o custo adicional do sistema de redundância é insignificante frente aos custos de manutenção ou de um possível novo lançamento.

REFERÊNCIAS

- [1] BALEN, T. *Efeitos da radiação em dispositivos analógicos programáveis (FPAAs) e técnicas de proteção*. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.
- [2] SCHWANK, J.R. et al. *IEEE Transaction on Nuclear Science*. Vol.55, No 4. 2008
- [3] BALEN, T. et al. *Alternate Biasing Modular Redundancy: an alternative tolerance technique to cope with TID effects*. 19th Annual International Mixed-Signals, Sensors, and Systems Test Workshop. 2014
- [4] ANADIGM. ANx21E04 - *Field Programmable Analog Arrays – User Manual*. Disponível em: http://www.anadigm.com/_doc/UM021200-U007.pdf. Acesso em setembro de 2014.