





## Capítulo 2

# Titulo por definir

*«La verdadera ciencia enseña, sobre todo, a dudar y a ser ignorante.»*

Ernest Rutherford

**RESUMEN:** En este capítulo se define con detalle lo que es un procesador y su importancia en el mundo hoy en día. También se tratan dos arquitecturas más concretas, la arquitectura DLX y la arquitectura ARM.

A continuación se define qué es un fallo y qué tipos de fallos pueden ocurrir en los sistemas. Además se explican algunas técnicas de tolerancia a fallos.

Para terminar se justifica la importancia de la tolerancia en los sistemas y concretamente porque es necesaria la tolerancia en los microprocesadores.

### 2.1. Fallos

Un fallo ocurre cuando nuestro sistema no ha funcionado correctamente. Se pueden encontrar desde fallos en la definición de requisitos que se propagan hasta la fase de producción, hasta fallos producidos en el sistema por agentes externos como la radiación. En un sistema electrónico pueden ocurrir fallos que se clasifican en *soft errors* o *fallos transitorios* y *hard errors* o *fallos permanentes*.

Cuando el fallo ocurrido afecta a los elementos de memoria alterando sus valores, esto incluye tanto a los datos como a las instrucciones, se conoce como *soft error* o *fallo transitorio*. Sin embargo, si el fallo daña o altera el funcionamiento del chip, se conoce como *hard error* o *fallo permanente*.

En esta sección se olvidan los fallos que se producen a partir de una mala implementación y se centra en los fallos producidos por agentes externos

que no se pueden evitar en las fases de diseño. Y que afectan al hardware, dañando sus componentes o alterando los valores de las señales con las que trabaja.

### 2.1.1. Causas

Estos fallos se conocen como *Single-Event Effects (SEEs)*, y se deben al choque de una partícula de energía contra un elemento del circuito integrado

2.1. Estas partículas pueden ser:

- Los **rayos cósmicos** con suficiente carga, puede depositar energía suficiente para invertir un bit en un elemento de memoria, en una puerta lógica, o en una sección del circuito. Estos rayos pueden tener un origen galáctico o solar.
- Un **protón de alta energía**, con origen radiactivo o solar, puede provocar una reacción radiactiva ionizando elementos en el chip y provocando un SEE.

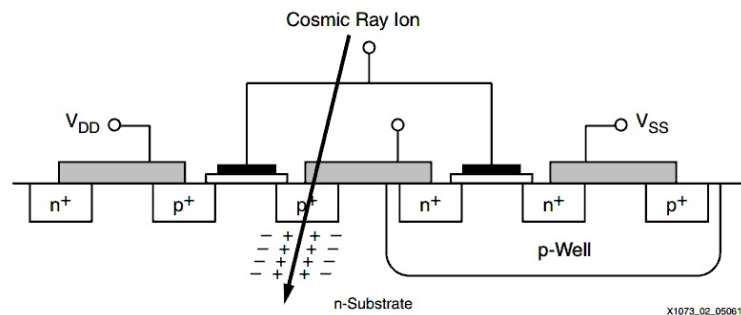


Figura 2.1: Single Event Upset en una FPGA [Hu y Zain (2010)].

### 2.1.2. Tipos de fallos

Se clasifican los fallos en dos tipos, fallos transitorios o no destructivos y fallos permanentes o destructivos.

#### Fallos Transitorios

Los *fallos transitorios*, también llamados *soft errors*, son aquellos que cambian el estado del dispositivo o celda sin afectar a su funcionalidad.

Los principales fallos transitorios son [Jedec (2006)]:

- **Single-Event Upset (SEU)**

Aquellos fallos que afectan a los elementos de memoria, celdas de memoria o registros, del chip invirtiendo su valor. En un microprocesador pueden corromper los datos del banco de registro o los datos y las señales de control entre las etapas de segmentación.

- **Single-Event Functional Interrupt (SEFI)**

Fallos que producen una pérdida temporal de la funcionalidad del dispositivo. Provocando un mal funcionamiento detectable, que no requiere reiniciar el sistema para recuperar la funcionalidad. Normalmente se asocia con un SEU en los registros de control.

- **Single-Event Transient (SET)**

Picos de energía provocados por una partícula en un nodo de un circuito integrado. Pueden propagarse y almacenarse en un biestable si se produce en un flanco de reloj.

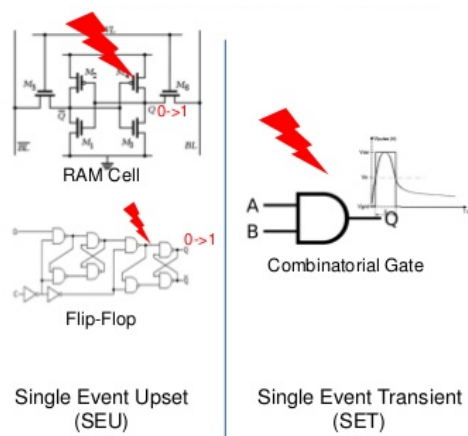


Figura 2.2: Fallos Transitorios

El sistema sufre las consecuencias como un cambio de valor en un bit. Si este bit afecta a una celda de memoria en un registro corromperá el dato almacenado. Si afecta a un biestable en cualquier etapa de la segmentación, puede alterar el comportamiento de la instrucción, siendo más o menos grave según donde se produzca el fallo.

Algunos fallos pueden

### Fallos Permanentes

Los *fallos permanentes* o *hard errors* son los que afectan a la funcionalidad del dispositivo y lo dañan permanentemente.

Los fallos permanentes son aquellos que afectan al hardware de forma irreversible. Producen cambios en el diseño que estropean el correcto funcionamiento del módulo o circuito que lo sufre. Estos fallos no se solucionan reiniciando el sistema. [Jedec (2006)]

Los fallos permanentes, una vez detectados, pueden solucionarse sustituyendo el chip o moviéndolo de un lugar a otro dentro del mismo chip, véase el apartado de 2.2.2.

## **2.2. Tolerancia a Fallos**

La tolerancia a fallos se define como la capacidad de un sistema de funcionar correctamente incluso si se produce un fallo o anomalía en el sistema

Existen dos tipos de tolerancia; tolerancia estática y tolerancia dinámica.

Aquellos fallos que no se enmascaran por no usarse el segmento donde se producen pueden causar graves consecuencias, para ello existen técnicas de tolerancia a fallos que se comentan a continuación.

### **2.2.1. Tolerancia estática**

...

### **2.2.2. Tolerancia dinámica**

...

### **2.2.3. Tolerancia en microprocesadores**

...



# Bibliografía

*Y así, del mucho leer y del poco dormir,  
se le secó el cerebro de manera que vino  
a perder el juicio.*

Miguel de Cervantes Saavedra

ACTEL. Neutrons from Above Soft Error Rates. (October), 2002.

BRINKGREVE, R., SWOLFS, W. y ENGIN, E. *ARM Architecture Reference Manual Thumb-2 Supplement*. 2011. ISBN 9781597180948.

HABINC, S. Functional Triple Modular Redundancy (FTMR). *Design and Assessment Report, Gaisler Research*, páginas 1–56, 2002.

HENNESSY, J. L. y PATTERSON, D. A. *Computer Architecture, Fourth Edition: A Quantitative Approach*. 0. 2006. ISBN 0123704901.

HU, A. C. y ZAIN, S. NSEU Mitigation in Avionics Applications. vol. 1073, páginas 1–12, 2010.

JEDEC. Measurement and Reporting of Alpha Particle and Terrestrial Cosmic Ray Induced Soft Error in Semiconductor Devices: JESD89A. *JEDEC Solid State Technology Association*, páginas 1–85, 2006.

SADASIVAN, S. An introduction to the arm cortex-m3 processor. 2006.