

**Validación y mejora de técnica de diagnóstico
de SEU a partir de diccionarios incompletos basada
en distancia de Levenshtein**

Beca de Colaboración 2019/2020

Solicitante: Álvaro Calvo Matos

Director del proyecto: Hipólito Guzmán Miranda

Universidad de Sevilla – Departamento de Ingeniería Electrónica

6 de septiembre de 2019

Índice

1. Introducción.
2. Labor de investigación previa llevada a cabo el pasado curso.
3. Funciones a realizar y objetivos fijados para este curso.
4. Referencias.

1. Introducción.

La radiación supone un problema para los circuitos destinados a trabajar en su presencia. La radiación ionizante puede dar lugar a un SEU, o Single Event Upset, que no es más que el cambio de valor de un registro del circuito en un momento dado.

Con la miniaturización de los circuitos este problema se manifiesta cada vez más a menor altura, sufriendo sus efectos incluso a nivel del mar. Es por eso que disponer de una técnica que permita localizar donde y cuando (ciclo de reloj y biestable) ha ocurrido un SEU supondría un gran avance para los test de radiación.

El problema de localizar un SEU crece exponencialmente con el tamaño del circuito. Disponer pues de un diccionario exhaustivo de todos los SEUs posibles para un circuito no es siempre posible. Además, ordenar las entradas de un diccionario no es una tarea trivial. Esto hace que encontrar un método para comparar una salida con el mencionado diccionario, a fin de determinar el ciclo y biestable que define cierto SEU, sea también una tarea complicada. Esta determinación de la localización y tiempo de un SEU se llama *SEU diagnosis* [1].

En investigaciones previas llevadas a cabo en [1] se abrió un camino para solucionar el problema de diagnóstico de fallos que se basaba en el uso de códigos hashes. Esta técnica precisa de un diccionario de fallos completo, lo que la hace impracticable a ciertas escalas y en la gran mayoría de los circuitos reales. La solución que presentaremos parte de un diccionario no exhaustivo o incompleto, generado a través de una campaña aleatoria con la plataforma de inyección de fallos FT-Unshades2 [2].

El proceso de diagnosticar un SEU parte de comparar la salida que este genera con todas las presentes en el diccionario mediante una adaptación de la métrica de comparación propuesta por el matemático Vladimir Levenshtein en 1965.

El resultado final es una lista de candidatos de las posibles localizaciones del SEU.

Es importante mencionar que, aun suponiendo que disponemos de un diccionario exhaustivo, en muchas ocasiones no será posible obtener un único candidato. Esto se debe a que dos SEUs totalmente distintos pueden generar exactamente el mismo patrón de salida. A este fenómeno nos referimos como *fault aliasing* [3].

2. Labor de investigación previa llevada a cabo el pasado curso.

El pasado curso académico se llevó a cabo la labor de investigación enfocada en determinar una métrica válida para comparar patrones de salida de un circuito a fin de diagnosticar un SEU.

Se descubrió que se obtenía información útil y suficiente para comenzar a acotar la lista de candidatos al aplicar una ligera modificación a la distancia de Levenshtein. La distancia entre dos salidas queda expresada con la mínima cantidad de bits que habría que cambiar para que ambas sean idénticas.

El algoritmo que se encarga de realizar todos los cálculos hace uso de la operación lógica XOR, la cual devuelve '1' cuando sus entradas son diferentes. Entonces, se calcula la XOR bit a bit entre las dos salidas del circuito a comparar para posteriormente contar el número de bits con valor '1'.

Una vez comparada la salida a diagnosticar con cada una de salidas disponibles en el diccionario y generadas las distancias entre ellas se procede a seleccionar los candidatos. La condición que se debe cumplir para considerar un candidato como válido es:

$$distancia \leq p * \frac{max - min}{100} + min$$

Donde p es un porcentaje indicado por el usuario, y max y min son las distancias máxima y mínima respectivamente.

De esta forma se seleccionan como candidatos las salidas más próximas de todas las del diccionario.

Mediante esta simple selección el pasado curso se consiguió determinar con bastante precisión el biestable en el que se había producido el SEU, siendo un poco más difícil diagnosticar el ciclo.

En circuitos significativamente más grandes, para los cuales se disponía de diccionarios con menos de un 1% de exhaustividad (es decir, de los cuales faltaba más del 99% para estar completos), se probó además una técnica de selección recursiva. La lista de candidatos que se obtiene resultado de cada iteración se introduce en la plataforma de inyección de fallos para realizar una nueva campaña aleatoria de la cual se obtiene un diccionario no exhaustivo con el que repetir el proceso. Esta técnica presenta el riesgo de toparnos con un mínimo relativo e iterar erróneamente hacia una lista desencaminada de candidatos.

3. Funciones a realizar y objetivos fijados para este curso.

Como se ha comentado en el punto anterior, la técnica en su estado actual permite la localización del biestable en el que se ha producido el SEU con relativa facilidad en función de la exhaustividad del diccionario. Los esfuerzos durante este curso se centrarán pues en mejorar el diagnóstico temporal, es decir, en dar una estimación más precisa del ciclo en el que se ha producido el SEU.

Se va a realizar una primera mejora en el algoritmo de selección de candidatos de acuerdo a la distancia entre ciclos, es decir, el número de ciclos existentes entre la primera manifestación a la salida del SEU que tratamos de diagnosticar (a partir de ahora lo llamaremos target run) y la primera manifestación de cada una de las entradas del diccionario (a partir de ahora llamados run). Esta distancia temporal puede ser positiva o negativa, según si el target run se manifiesta antes o después que el run del diccionario respectivamente.

Cada run del diccionario tiene asociado información acerca de la inyección que lo generó durante la campaña en el FT-Unshades2 [2]. Esta información incluye biestable y ciclo de inyección. Cuando se muestra la lista de candidatos generada con el algoritmo del pasado curso junto con esta información de la que se habla, se observa correlación entre el ciclo de inyección y la distancia temporal. Esto se hace mucho más evidente si con el diccionario disponible se ha llegado a una lista cuyos candidatos señalen al mismo registro y bit.

Según este comportamiento, aunque de nuestro diccionario no surjan candidatos con distancia cero, se puede hacer una estimación precisa del ciclo exacto del target run operando con las distancias temporales de los candidatos seleccionados. De ser necesaria más información sobre los candidatos seleccionados para incrementar las probabilidades de acertar se programaría previamente una campaña aleatoria en [2] centrada en los registros candidatos para generar un diccionario no exhaustivo localizado en la zona del SEU.

Con el algoritmo actual pueden darse varias situaciones posibles.

- Todos los candidatos apuntan al mismo registro y bit.
- Todos los candidatos apuntan al mismo registro, pero no al mismo bit.
- No todos los candidatos apuntan al mismo registro.
- No se obtiene ningún candidato, el diccionario es demasiado pequeño.

Para la primera de las situaciones se espera que con esta técnica ya quede localizado completamente el SEU. La segunda puede ser solucionada con un segundo diccionario más localizado como se explica en el párrafo anterior. Para el penúltimo caso se necesitará aplicar algún método previo tras el cual reduzcamos la lista a una descrita por los dos primeros casos.

La metodología que se describirá a continuación se basa en el análisis de la topología del circuito. Según esta, existirá una mínima cantidad de ciclos de reloj necesaria para que un cambio se propague de un biestable a otro. Esta característica será denominada de ahora en adelante como distancia entre biestables.

Se pretende desarrollar pues una técnica basada en el análisis de grafos para generar una nueva base de datos de distancias entre biestables que será usada para llevar la lista de candidatos a una nueva en la que todos apunten al mismo registro. Para ello se hará uso de la herramienta Yosys desarrollada por Clifford Wolf.

Una vez logrado desarrollar el método para generar las distancias entre biestables, la idea se vuelve simple. Cuando se contrasten la lista de candidatos y su información en distancia temporal con la distancia en biestables, se marcarán algunos candidatos como imposibles y serán descartados. Una distancia entre biestables mayor que la distancia entre ciclos se traduce en que el fallo se ha trasladado desde el lugar donde se ha producido hasta la salida en un número de ciclos menor que el que la topología permite, luego realmente no nos encontramos ante un candidato válido y puede ser descartado.

Será necesario estudiar a fondo este método para descubrir si ofrece además otra clase de información útil no prevista.

Además, durante este proyecto de colaboración se realizarán pruebas sobre diseños de mayor complejidad para estudiar si la validez de este método de diagnóstico se ve afectada por el tamaño y la complejidad del circuito, comprobando la veracidad de las hipótesis realizadas para elaborar y reducir la lista de candidatos.

Como meta se encuentra la redacción de un manuscrito sobre la técnica desarrollada para su posterior publicación científico-técnica.

5. Referencias.

- [1] J. M. Mogollón, J. N´apoles, H. Guzm´an-Miranda, and M. A. Aguirre, “Real time seu detection and diagnosis for safety or mission-critical ics using hash library-based fault dictionaries,” in 2011 12th European Conference on Radiation and Its Effects on Components and Systems (RADECS). RADECS Association, 9 2011, pp. 705–710.
- [2] J. M. Mogollon, H. Guzm´an-Miranda, J. N´apoles, J. Barrientos, and M. A. Aguirre, “Ftunshades2: A novel platform for early evaluation of robustness against see,” in 2011 12th European Conference on Radiation and Its Effects on Components and Systems (RADECS). RADECS Association, 9 2011, pp. 169–174.
- [3] J. M. Mogollón, H. Guzm´an-Miranda, J. N´apoles, and M. A. Aguirre, “Metrics for the measurement of the quality of stimuli in radiation testing using fast hardware emulation,” IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 60, no. 4, pp. 2456–2460, 8 2013.