

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y
Mecatrónica

Técnica de diagnóstico de SEU utilizando
diccionarios de fallos incompletos

Autor: Álvaro Calvo Matos

Tutor: Hipólito Guzmán Miranda

**Dpto. Ingeniería Electrónica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica

Técnica de diagnóstico de SEU utilizando diccionarios de fallos incompletos

Autor:

Álvaro Calvo Matos

Tutor:

Hipólito Guzmán Miranda

Profesor Titular

Dpto. Ingeniería Electrónica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020

Trabajo Fin de Grado: Técnica de diagnóstico de SEU utilizando diccionarios de fallos
 incompletos

Autor: Álvaro Calvo Matos

Tutor: Hipólito Guzmán Miranda

El tribunal nombrado para juzgar el trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes profesores:

Presidente:

Vocal/es:

Secretario:

acuerdan otorgarle la calificación de:

El Secretario del Tribunal

Fecha:

Agradecimientos

El diseño de una hoja de estilo en \LaTeX para un texto no es en absoluto trivial. Por un lado hay que conocer bien los usos, costumbres y reglas que se emplean a la hora de establecer márgenes, tipos de letras, tamaños de las mismas, títulos, estilos de tablas, y un sinfín de otros aspectos. Por otro, la programación en \LaTeX de esta hoja de estilo es muy tediosa, incluida la selección de los mejores paquetes para ello. La hoja de estilo adoptada por nuestra Escuela y utilizada en este texto es una versión de la que el profesor Payán realizó para un libro que desde hace tiempo viene escribiendo para su asignatura. Además, el prof. Payán ha participado de forma decisiva en la adaptación de dicha plantilla a los tres tipos de documentos que se han tenido en cuenta: libro, tesis y proyectos final de carrera, grado o máster. Y también en la redacción de este texto, que sirve de manual para la utilización de estos estilos. Por todo ello, y por hacerlo de forma totalmente desinteresada, la Escuela le está enormemente agradecida.

A esta hoja de estilos se le incluyó unos nuevos diseños de portada. El diseño gráfico de las portadas para proyectos fin de grado, carrera y máster, está basado en el que el prof. Fernando García García, de la Facultad de Bellas Artes de nuestra Universidad, hiciera para los libros, o tesis, de la sección de publicación de nuestra Escuela. Nuestra Escuela le agradece que pusiera su arte y su trabajo, de forma gratuita, a nuestra disposición.

Orden recomendado: - Comienza con los agradecimientos más formales, que suelen ir dirigidos a patrocinadores y/o al tutor del proyecto.

- Jerarquiza en función de su influencia en partes relevantes del proyecto, de mayor a menor.
- No uses frases largas, aunque cuando nombres a personas cercanas puedes hacer uso de dedicatorias en el TFG; te dejamos algunos ejemplos de cómo hacerlo más adelante.
- Las dedicatorias en el TFG pueden ser palabras tuyas, propias, o comenzar con un verso, un proverbio, etc.

Algunos ejemplos de dedicatorias: - ... y particularmente agradezco a mi maestro D/D^a, por inculcarme el amor por las matemáticas cuando sólo era un niño de 7 años.

- También deseo agradecer el apoyo y la amistad demostrada en todo momento por, incluso cuando le llamaba, temeroso de no lograr terminar esta tesis, a altas horas de la madrugada.

- Gracias a mi familia por su amor y apoyo incondicional desde mi nacimiento, que se mantiene siendo un adulto.

- Y deseo agradecer de manera especial al profesor/a de la asignatura porque sin su buen hacer en la docencia no habría sido capaz de acometer el apartado con facilidad.

- La vida es hermosa, y una de las formas en que se manifiesta esta hermosura es en el hecho de poder compartir y disfrutar con quienes amamos,, y con quienes nos ayudan en nuestro camino, como han hecho en mi formación académica.

A mis profesores del Colegio Salesiano de Utrera, ... en especial a mis dos últimos tutores, D^a Elena Ojeda ¿Rodríguez? y D Fernando ¿? ¿? , por la formación que me dieron, pero sobre

todo por entenderme, soportarme y apoyarme. Y a D Eduardo Pérez Prados, de quien adquirí mis primeros conocimientos en informática, y quién posteriormente me informó de la existencia de las becas científicas de verano, gracias a las cuales descubrí mi vocación por la robótica, llevándome directamente hasta donde estoy hoy.

Álvaro Calvo Matos
Grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica

Sevilla, 2020

Resumen

El diagnóstico de Single Event Upset (SEU) es un problema abierto sobre el que apenas se han realizado investigaciones previas. En este trabajo perseguimos diseñar una nueva técnica de diagnóstico que permita localizar un SEU a partir de la información de la que se disponga.

Es común disponer únicamente de diccionarios de fallos incompletos, ya que, en circuitos grandes, el tiempo necesario para obtener un diccionario de fallos completo lo hace inviable. Vamos a ver qué técnica usamos para diagnosticar en estas situaciones y cuándo se comienza a perder la capacidad de diagnóstico conforme la exhaustividad del diccionario se reduce.

La hipótesis de la que partimos para diseñar las técnicas de diagnóstico es que los SEU próximos entre sí producen patrones similares a la salida. Estos pueden ser caracterizados de diferentes formas y usados para estimar la localización real del SEU que queremos localizar.

Combinando la información que obtenemos al aplicar distintas métricas sobre la información disponible, hemos conseguido unos resultados bastante buenos sobre los diseños en los que se ha probado la técnica. Incluso para aquellos circuitos en los que no se consigue acertar el biestable y ciclo exactos, la técnica, tras la primera iteración, acota la localización del SEU en un relativamente reducido rango de ciclos y a unos registros concretos. A partir de esta primera acotación podemos obtener un nuevo diccionario de fallos enfocado en las zonas del circuito señaladas por el algoritmo de diagnóstico y repetir con él el proceso, mejorando el resultado. El diagnóstico puede darse por finalizado cuando encontremos un candidato que produzca exactamente el mismo patrón de salida que el SEU bajo diagnóstico.

Con este proceso iterativo, si el diccionario de partida es lo suficientemente completo para realizar correctamente la primera estimación, llegará un momento en el que podamos obtener un diccionario completo de la zona acotada. Si llegados a este punto aún no ha terminado el diagnóstico y las iteraciones han seguido el camino correcto, el siguiente diccionario contendrá al menos una entrada cuyo patrón de salida coincida con el patrón que produce el SEU bajo diagnóstico.

Esta técnica puede ser muy útil en el proceso de diseño de circuitos resistentes a radiación, ya que, por ejemplo, ante cualquier vulnerabilidad encontrada tras radiar el circuito en el acelerador de partículas, evita repetir el proceso de diseño completo. Aplicando la técnica se puede saber en qué biestable se ha producido el SEU y reforzar la zona en caso de que fuera necesario.

Abstract

The Single Event Upset (SEU) diagnosis is an open problem that has hardly been investigated previously. In this work we seek to design a new diagnostic technique that allows locating a SEU from the information that is available.

It is common to have only incomplete fault dictionaries, since, on large circuits, the time required to obtain a complete fault dictionary makes it unfeasible. We are going to see what technique we use to diagnose in these situations and when the diagnostic capacity begins to lose, according to the exhaustiveness of the dictionary.

The hypothesis from which we start to design diagnostic techniques is that the SEUs close to each other produce similar patterns at the output. These can be characterized in different ways and used to estimate the actual location of the SEU that we want to locate.

Combining the information we obtain by applying different metrics on the available information, we have achieved quite good results on the designs in which the technique has been tested. Even for those circuits in which it is not possible to hit the exact flip-flop and cycle, the technique, after the first iteration, limits the location of the SEU in a relatively reduced range of cycles and to specific registers. From this first dimension we can obtain a new fault dictionary focused on the areas of the circuit indicated by the diagnostic algorithm and repeat the process with it, improving the result. The diagnosis can be terminated when we find a candidate that produces the exact same output pattern as the SEU under diagnosis.

With this iterative process, if the starting dictionary is complete enough to make the first estimate correctly, there will come a time when we can obtain a complete dictionary of the bounded area. If at this point the diagnosis has not yet finished and the iterations have followed the correct path, the following dictionary will contain at least one entry whose output pattern matches the pattern that the diagnostic SEU produces.

This technique can be very useful in the process of designing radiation resistant circuits, since, for example, before any vulnerability found after radiating the circuit in the particle accelerator, it avoids repeating the entire design process. By applying the technique, it is possible to know in which bistable the SEU has been produced and to reinforce the area if necessary.

... -translation by google-

Índice Abreviado

<i>Resumen</i>	III
<i>Abstract</i>	V
<i>Índice Abreviado</i>	VII
1 Introducción	1
2 Estado del arte	3
3 Inyección de fallos	5
3.1 FT-Unshades2	5
4 Primera aproximación a una métrica apropiada. Distancia de Levenshtein	7
4.1 Elaboración de la base de datos de distancias	7
4.2 Diagnóstico basado en la distancia de Levenshtein	7
4.3 Resultados experimentales	7
5 Inclusión de la distancia temporal en el algoritmo de selección de candidatos	9
5.1 Diagnóstico basado en la distancia temporal	9
5.2 Fusión de las distancias temporal y de Levenshtein	9
5.3 Resultados experimentales	9
6 Técnicas de diagnóstico auxiliares	11
6.1 Diagnóstico basado en el análisis de imágenes	11
6.2 Diagnóstico por coincidencias	11
6.3 Resultados experimentales	11
7 Campañas iterativas a partir de los candidatos seleccionados	13
7.1 Estudio preliminar sobre el porcentaje de acierto de los algoritmos	13
7.2 Obtención de la lista de candidatos	13
7.3 Extracción de la información para la siguiente campaña de inyección de fallos	13
7.4 Resultados experimentales	13
8 Aplicación de la técnica sobre diseños reales	15
8.1 Edelweis creo	15
8.2 8061 o algo así	15
9 Distancia en flip-flops. Mejora de la distancia temporal	17

9.1	Inclusión de la distancia en flip-flops en el algoritmo	17
9.2	Resultados experimentales	17
10	Conclusiones y trabajos futuros	19
10.1	Conclusiones	19
10.2	Trabajos futuros	19
11	Referencias	21
	<i>Índice de Figuras</i>	23
	<i>Índice de Tablas</i>	25
	<i>Índice de Códigos</i>	27
	<i>Bibliografía</i>	29
	<i>Índice alfabético</i>	31
	<i>Glosario</i>	31

Índice

<i>Resumen</i>	III
<i>Abstract</i>	V
<i>Índice Abreviado</i>	VII
1 Introducción	1
2 Estado del arte	3
3 Inyección de fallos	5
3.1 FT-Unshades2	5
4 Primera aproximación a una métrica apropiada. Distancia de Levenshtein	7
4.1 Elaboración de la base de datos de distancias	7
4.2 Diagnóstico basado en la distancia de Levenshtein	7
4.3 Resultados experimentales	7
4.3.1 Dicionarios exhaustivos	7
4.3.2 Dicionarios no exhaustivos	7
5 Inclusión de la distancia temporal en el algoritmo de selección de candidatos	9
5.1 Diagnóstico basado en la distancia temporal	9
5.2 Fusión de las distancias temporal y de Levenshtein	9
5.3 Resultados experimentales	9
5.3.1 Dicionarios exhaustivos	9
5.3.2 Dicionarios no exhaustivos	9
6 Técnicas de diagnóstico auxiliares	11
6.1 Diagnóstico basado en el análisis de imágenes	11
6.2 Diagnóstico por coincidencias	11
6.3 Resultados experimentales	11
7 Campañas iterativas a partir de los candidatos seleccionados	13
7.1 Estudio preliminar sobre el porcentaje de acierto de los algoritmos	13
7.2 Obtención de la lista de candidatos	13
7.3 Extracción de la información para la siguiente campaña de inyección de fallos	13
7.4 Resultados experimentales	13
8 Aplicación de la técnica sobre diseños reales	15

8.1	Edelweis creo	15
8.2	8061 o algo así	15
9	Distancia en flip-flops. Mejora de la distancia temporal	17
9.1	Inclusión de la distancia en flip-flops en el algoritmo	17
9.2	Resultados experimentales	17
9.2.1	Diccionarios exhaustivos	17
9.2.2	Diccionarios no exhaustivos	17
10	Conclusiones y trabajos futuros	19
10.1	Conclusiones	19
10.2	Trabajos futuros	19
11	Referencias	21
	<i>Índice de Figuras</i>	23
	<i>Índice de Tablas</i>	25
	<i>Índice de Códigos</i>	27
	<i>Bibliografía</i>	29
	<i>Índice alfabético</i>	31
	<i>Glosario</i>	31

1 Introducción

2 Estado del arte

3 Inyección de fallos

3.1 FT-Unshades2

4 Primera aproximación a una métrica apropiada. Distancia de Levenshtein

4.1 Elaboración de la base de datos de distancias

4.2 Diagnóstico basado en la distancia de Levenshtein

4.3 Resultados experimentales

4.3.1 Dicionarios exhaustivos

4.3.2 Dicionarios no exhaustivos

5 Inclusión de la distancia temporal en el algoritmo de selección de candidatos

5.1 Diagnóstico basado en la distancia temporal

5.2 Fusión de las distancias temporal y de Levenshtein

5.3 Resultados experimentales

5.3.1 Dicionarios exhaustivos

5.3.2 Dicionarios no exhaustivos

6 Técnicas de diagnóstico auxiliares

6.1 Diagnóstico basado en el análisis de imágenes

6.2 Diagnóstico por coincidencias

6.3 Resultados experimentales

7 Campañas iterativas a partir de los candidatos seleccionados

- 7.1 Estudio preliminar sobre el porcentaje de acierto de los algoritmos**
- 7.2 Obtención de la lista de candidatos**
- 7.3 Extracción de la información para la siguiente campaña de inyección de fallos**
- 7.4 Resultados experimentales**

8 Aplicación de la técnica sobre diseños reales

8.1 Edelweis creo

8.2 8061 o algo así

9 Distancia en flip-flops. Mejora de la distancia temporal

9.1 Inclusión de la distancia en flip-flops en el algoritmo

9.2 Resultados experimentales

9.2.1 Diccionarios exhaustivos

9.2.2 Diccionarios no exhaustivos

10 Conclusiones y trabajos futuros

10.1 Conclusiones

10.2 Trabajos futuros

11 Referencias

Índice de Figuras

Índice de Tablas

Índice de Códigos

Bibliografía

- [1] George Grätzer, *More math into latex*, 4 ed., Springer, 2007.
- [2] Markus Kohm, *A bundle of versatile classes and packages*, May 2012.
- [3] Stefan M. Moser, *How to typeset equations in latex*, February 2012.

Glosario

SEU Single Event Upset. III