

DIAGNÓSTICO DE FALLOS EN CIRCUITOS ELECTRÓNICOS: UNA APROXIMACIÓN COMO METODOLOGÍA DOCENTE.

Moreno, Joaquín; Corredor, Cristóbal; Chover, Enrique; Carmona, Agustín

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Tecnología
Electrónica y Electrónica, Universidad de Cádiz,
Pol. Río S. Pedro, 11510 Puerto Real (Cádiz).

Tfnos: 956 470843,44 Fax: 956 470843 e-mail: joaquin.moreno@uca.es

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diagnóstico en circuitos electrónicos como un proceso que posee interesantes aportaciones como metodología pedagógica. Se hacen diversas consideraciones sobre los procesos de detección de fallos (etapas, tipos de conocimiento involucrados,...), ilustrándolas con un ejemplo, y remarcando su aportación metodológica

1. INTRODUCCION

El diagnóstico es una tarea importante y habitual en muchos trabajos: supervisión, mantenimiento, incluso diseño. Sin embargo, quizás a nivel universitario no tenga una consideración especialmente significativa, y no se valoren algunas posibilidades que puede aportar como método de trabajo.

Si tenemos en cuenta que la metodología es un medio orientado a un objetivo, el análisis de circuitos en condiciones de fallo puede ser un proceso valioso para los fines siguientes:

- aprender propiamente a diagnosticar circuitos electrónicos en condiciones de fallo.
- evaluar conocimientos (conceptos, razonamiento causal, conocimiento funcional, comportamiento de los dispositivos, modelos de fallos).
- diseñar circuitos al comprobar la funcionalidad de los componentes, mediante la consideración de sus especificaciones y limitaciones técnicas, cuestiones que se pueden plantear en un proceso de diagnóstico.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DIAGNÓSTICO

El diagnóstico electrónico es el proceso por el cual se identifica la causa de un mal funcionamiento en un equipo o circuito electrónico. El diagnóstico electrónico es un proceso de *resolución de problemas*, guiado por los datos que se van obteniendo. Se inicia cuando se *detecta una discrepancia* (síntoma) entre el comportamiento normal y el observado. Una vez detectados los síntomas del mal funcionamiento, el proceso de diagnóstico lo podemos considerar, a efectos formales, según las siguientes etapas [1]:

- *Generación de hipótesis.* Detectado un síntoma (o varios) de mal funcionamiento, se plantea un conjunto de causas (hipótesis) susceptibles de ser el origen del mismo.
- *Test de hipótesis.* En esta etapa se comprueban qué hipótesis de las consideradas son consistentes, que justifican todas las observaciones realizadas.
- *Discriminación de hipótesis.* Consiste en obtener nuevas informaciones (normalmente a partir de medidas) para discriminar las hipótesis que hayan superado la etapa anterior.

Esta formalización del proceso de diagnóstico, proveniente del ámbito de la inteligencia artificial, nos va a servir para su análisis. Aunque en la práctica se dan simultáneamente, desde el punto de vista metodológico que nos ocupa es esencial su consideración.

3. APORTACIONES METODOLÓGICAS

3.1 Motivación

El diagnóstico es un proceso de *resolución de problemas*, sobre todo si el proceso se hace en la práctica. El alumno detecta, normalmente, a través de medidas, que algo no va bien y se siente lanzado a detectar la causa.

Uno de los objetivos del trabajo docente es el de generar *situaciones de aprendizaje*. Situaciones un tanto especiales que estimulan al alumno, que le fuerzan a encontrar soluciones nuevas, a buscar información, a innovar o a resolver un problema. Una de ellas es la de encontrarse con un circuito que no funciona correctamente, generándose así un *proceso de búsqueda* dirigido por los datos. Otro aspecto motivador del diagnóstico, es la verificación inmediata del éxito o el fracaso de ese proceso de búsqueda.

3.2 Conocimiento y descripción del comportamiento normal de los circuitos

El primer paso en el diagnóstico es el conocimiento del comportamiento normal o correcto del circuito o sistema sobre el que se trabaja. Este conocimiento está sustentado en, al menos, las siguientes formas:

- *Conocimiento estructural.* Qué circuitos componen el sistema, cual es la topología de cada uno de ellos y cómo están construidos los dispositivos.

- *Conocimiento funcional.* Qué función realiza cada circuito y cada componente dentro del mismo.
- *Conocimiento del comportamiento.* Como alcanza la funcionalidad para la que está diseñado cada circuito o componente, cuales son sus límites, como se comporta en condiciones de fallo.

Para poder detectar las anomalías se ha de describir experimentalmente el comportamiento normal del circuito. El grado de conocimiento que se tiene del mismo, permite optimizar esta descripción. El proceso conlleva también la identificación de los parámetros más significativos (ganancia de un amplificador, factor de regulación de rizado de una fuente de alimentación, ...).

La descripción del comportamiento normal, la detección experimental y expresión de los síntomas de mal funcionamiento son elementos de evaluación del grado, y del tipo, de conocimiento que el alumno posee, asimismo, *el uso de instrumentación* también se ve evaluado. Asociada a la toma de medidas se encuentra su interpretación. No basta con medir, sino que hay que asociar un *significado* a la lectura obtenida.

3.3 Conocimiento de la estructura de los circuitos y de los dispositivos

En el proceso de localización de fallos se hace uso de la estructura del circuito en diversas etapas (definición de los puntos de medida, hipótesis a estudiar, selección de las nuevas medidas,...). El diagnóstico es un proceso jerarquizado. El conocimiento estructural facilita el proceder jerárquicamente. Se puede evaluar el conocimiento del alumno en función del grado de resolución en la determinación de la avería. El análisis de situaciones anómalas estimula también un conocimiento más amplio de los dispositivos electrónicos al considerarlos desde la perspectiva de sus fallos posibles (diodo con pérdida inversa, resistencia quemada, etc.) [2].

3.4 Conocimiento funcional

La descripción funcional define el 'para qué' están dispuestos los componentes de un circuito o los circuitos de un sistema [3]. Es también una descripción jerárquica. En la generación de hipótesis podemos considerar solo aquellas que afectan al cambio en la funcionalidad detectado. En la comprobación de hipótesis se puede plantear el test en base a la relación funcional de la hipótesis que se está comprobando con los síntomas observados. Ambos enfoques son de un gran interés docente.

El análisis de circuitos en condiciones de fallo permite estudiar su comportamiento en situaciones o estados críticos, límites y/o diferentes para los que fueron diseñados. De esta forma la función que realizan los componentes de un circuito queda de manifiesto, 'visualizada', al no realizarse (debido al fallo). Esta profundización en el conocimiento funcional es útil para otros trabajos (diseño, por ejemplo). La representación funcional puede ser asimismo una buena herramienta para la evaluación de conocimientos.

3.5 Razonamiento causal cualitativo

El razonamiento cualitativo utiliza un conjunto finito de símbolos (espacio de valores) para representar las variables, tanto en su valor como en su tendencia de evolución [4]. No utiliza información numérica (y si se usa se hace a nivel simbólico, sin realizar operaciones numéricas; así por ejemplo el 0, valor cualitativo importante). Permite hacer inferencias sin disponer de una información exhaustiva o muy precisa, y facilita el agrupar en categorías o *estados cualitativos* (por ejemplo: corte, saturación, activa) una infinidad (literalmente) de *estados cuantitativos*. El razonamiento cualitativo se utiliza, al analizar los circuitos, por su capacidad semántica, y por su capacidad de reflejar *razonamientos causales* [5].

Consideremos una hipótesis de fallo tal como "la resistencia ha aumentado su valor". Esta es una descripción cualitativa. Al analizar el efecto sobre el resto del circuito describiremos una sucesión de causalidades en términos cualitativos que nos servirán para testear la validez de la hipótesis de fallo. El diagnóstico fuerza el desarrollo del análisis causal de los circuitos en términos cualitativos. La expresión de ese razonamiento causal permite la detección de malas concepciones al ser una forma de describir el *modelo mental* que el alumno posee.

4. EJEMPLO

Consideramos el circuito de la figura 1, perteneciente al equipo didáctico DEGEM SYSTEM de entrenamiento en fundamentos de los semiconductores. Describimos en primer lugar su estructura como dos etapas amplificadoras y un circuito recortador. La descripción del comportamiento normal se realiza en base a las medidas de tensión en los puntos V1, V2, V3, V4, V5 y V6. En condiciones normales obtenemos las señales indicadas en la fig. 2. En modo de diagnóstico, el equipo introduce un fallo determinado, entre una lista de posibles, de forma aleatoria. El síntoma de mal funcionamiento lo encontramos en V6, la señal de salida (Tabla 1). Antes de realizar nuevas medidas nos planteamos que se puede deducir de esta lectura. El conocimiento de la estructura nos indica que solo podemos tratar sobre el circuito recortador, y nos proporciona las hipótesis a analizar, cuyo test utiliza razonamiento causal cualitativo para su aceptación o rechazo, según la concordancia del razonamiento con la lectura en V6.

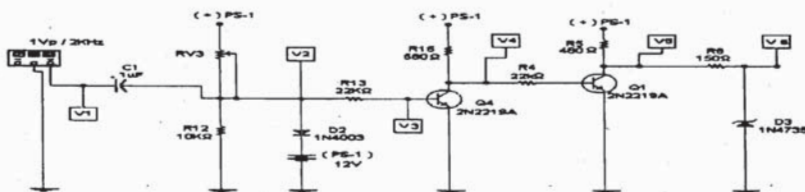


Figura 1. Circuito a diagnosticar

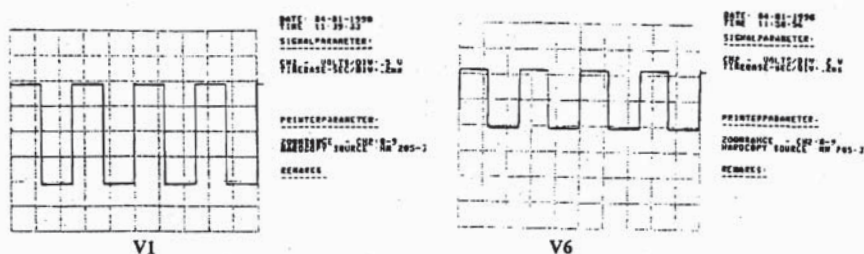


Figura 2: Descripción comportamiento normal del circuito de la Figura 1.

Descartado el circuito recortador, la estructura del circuito nos lleva a analizar el amplificador 2. Para ello medimos en V5 (Tabla 2). La interpretación V5 se realiza también en términos cualitativos. El razonamiento causal hace consistentes las dos lecturas (V5 y V6).

Circuito Recortador	
Medida	V6=0.1 v.
Interpretación	'no hay señal a la salida y el zener no conduce'
Generación de hipótesis	Test de hipótesis
Zener en cortocircuito	$\Rightarrow V6=0$, Rechazada
Zener abierto	$\Rightarrow IR6=0 \Rightarrow V6=V5 < 0$ v., Rechazada
R6=0	$\Rightarrow V6=V5 \Rightarrow V5 < 0$ v., Rechazada
R6 abierto	$\Rightarrow Id3=0 \Rightarrow V6=0$, Rechazada

Tabla 1

En el análisis del amplificador 2 se discriminan hipótesis mediante una nueva medida, seleccionada, en V4. Ninguna de las hipótesis justifica los síntomas. El razonamiento cualitativo en las hipótesis 'R4 cortocircuitada' y 'R15 cortocircuitada' da lugar a dos estados posibles, y evidencia la necesidad de usar información numérica para resolver la ambigüedad.

Amplificador 2		
Medida	V5=0.1 V. c.c	
Interpretación	'Q1 en saturación' (valor cualitativo)	
Generación de hipótesis	Test de hipótesis	Discriminación
R5 cortocircuitada	$\Rightarrow V5=12$ v., Rechazada	V4=11.8v
R5 abierta	$\Rightarrow V5=0$ v., Rechazada	
Q1 base a tierra	$\Rightarrow Ib1=0 \Rightarrow Ic1=0 \Rightarrow V5=12$ v., Rechazada	
Q1 cortocircuito CE	$\Rightarrow V5=0$ v., Rechazada	
R4 abierta	$\Rightarrow Ib1=0 \Rightarrow Ic1=0 \Rightarrow V5=12$ v., Rechazada	
R4 cortocircuitada	$\Rightarrow Ib1 \uparrow \Rightarrow Ic1 \uparrow \Rightarrow Q1$ sat., Aceptada $\Rightarrow Q1$ activa	V4=11.8v $\Rightarrow VR4 > 11$ v., Rechazada
R15 cortocircuitada	$\Rightarrow Ib1 \uparrow \Rightarrow Ic1 \uparrow \Rightarrow Q1$ sat., Aceptada $\Rightarrow Q1$ activa	V4=11.8v $\Rightarrow VR15 < 0$, Rechazada

Tabla 2

Se impone el estudio del amplificador 1, necesitándose dos nuevas medidas (V_3 y V_2) para llegar a dos hipótesis posibles del fallo. Medidas posteriores discriminarían entre ellas.

Amplificador 1			
Medida Interpretación		V4= 11.8 'Q4 en corte' (valor cualitativo).	
Generación de hipótesis	Test de hipótesis (A:Aceptada, R:Rechazada)	Discriminación	
		V3=0v	V2cc=3 v
R15 abierta	$\Rightarrow V_4 < 11.8v, R$		
R13 abierta	$\Rightarrow I_{b4}=0, A$	$I_{b4}=0 \Rightarrow V_3=0v, A$	$I_{b4}=0, IR_{12} < 0 \Rightarrow 2cc < 0v, A$
RV3 abierta	$\Rightarrow V_2=0 \Rightarrow I_{b4}=0, A$	$I_{b4}=0 \Rightarrow V_3=0v, A$	$I_{b4}=0, V_{2cc}=0v, R$
Q4 base a masa	$\Rightarrow V_3=0 \Rightarrow I_{b4}=0, A$		$I_{b4}=0, IR_{13} < 0 \Rightarrow V_{2cc} < 0, A$
Q4 emisor abierto	$\Rightarrow I_{e4}=0, A$	$I_{e4}=0 \Rightarrow I_{cbo} < 0 \Rightarrow V_3 < 0, R$	
Q4 colector abierto	$\Rightarrow I_{c4}=0 \Rightarrow V_4 \approx 12v, A$	$I_{c4}=0 \Rightarrow I_{be} < 0 \Rightarrow V_3 < 0v, R$	
R12 cortocircuitada	$\Rightarrow V_2=0 \Rightarrow I_{b4}=0, A$	$V_2=0 \Rightarrow I_{b4}=0 \Rightarrow V_3=0v, A$	$V_2=0, R$

Tabla 3

5. CONCLUSIONES

El proceso de diagnóstico de circuitos puede ser utilizado como metodología para diversos objetivos docentes. Además de ser un trabajo motivador para el alumno, en él se ponen de manifiesto varias formas de conocimiento: de la estructura o topología de los circuitos, de la selección de medidas y buen uso de la instrumentación, de la constitución de los dispositivos y de sus limitaciones, de los tipos de fallos que los dispositivos pueden tener y de los modelos que los representan, de la funcionalidad de los dispositivos y circuitos y de las causalidades que definen sus comportamientos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Davis y W. Hamscher. "Model Based Reasoning: Troubleshooting". *Exploring Artificial Intelligence*, pp 239-296. 1988.
- [2] G.C. Loveday. "Diagnóstico de Averías en Electrónica." Ed. Paraninfo. Cap. 3. 1982.
- [3] D. Franke. "Deriving and Using Descriptions of Purpose". *IEEE Expert*, pp 41-47. Junio 1991.
- [4] B. Kuipers. "Commonsense Reasoning About Causality: deriving behaviour from structure". *Artificial Intelligence*. Vol. 24, pp 169-203, 1984.
- [5] De Kleer. "How circuits works". *Artificial Intelligence*. Vol. 24, pp 205-280, 1984.