

SÍNTESIS TOPOLÓGICO/FUNCIONAL y METODOLOGÍA DE PREDICCIÓN DE LA DINÁMICA DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS CON EL APOYO DE PSPICE y REDES CAUSA-EFECTO DEL RAZONAMIENTO CUALITATIVO

J. J. GONZÁLEZ¹ y L. ROSADO²

¹Área de Electrónica. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Tecnología Electrónica y Electrónica. Secc. Dptal. Escuela Politécnica Superior de Algeciras. Universidad de Cádiz. España.

²Dpto. de Inteligencia Artificial. Facultad de Ciencias (Físicas). UNED. Madrid. España.

Los continuos avances tecnológicos en Electrónica requieren una metodología de formación que permita la adquisición de habilidades cognitivas, propias de expertos. En este trabajo se expone, mediante un ejemplo, el procedimiento de síntesis topológico/funcional de módulos electrónicos. Combinado con el simulador electrónico, el razonamiento funcional basado en la estructura permite al alumno asumir el papel de diseñador hipermedia, abstrayéndose de la herramienta tradicional cuantitativa y, consecuentemente, desarrollando su capacidad metacognitiva.

1. Introducción

El razonamiento cualitativo está adquiriendo gran auge en el desarrollo de modelos científicos y en la adquisición de habilidades expertas en el ámbito profesional [4,5,6]. Por ello, la investigación de nuevos métodos de formación en Electrónica que lo incorporen resulta esencial si se desea que el impacto tecnológico no introduzca un desfase irreversible en la formación del futuro profesional [4].

J. De Kleer (1984) [2] señaló un camino de desarrollo de un método de razonamiento aplicado a circuitos transistorizados. Malvino (1995) [7] introduce reglas expertas de diagnóstico. En el ámbito de la Termodinámica, K. Forbus (1999) ha comenzado a proyectar un *laboratorio virtual articulado* con el fin de comprobar si los alumnos son capaces de desarrollar con éxito tareas complejas de diagnóstico y, simultáneamente, reforzar el aprendizaje de conceptos básicos. Coughlin y Driscoll (1995) [1] proponen, implícitamente, métodos de identificación funcional de circuitos, que soslayan el empleo excesivo de expresiones matemáticas. L. Rosado y J.J. González (1999) [9] han investigado la introducción de herramientas multimedia y de técnicas de representación del conocimiento de la Inteligencia Artificial en la formación en Electrónica basada en la relación entre topologías y funciones, concluyendo que fomenta la adquisición de habilidades cognitivas, propias de expertos, como por ejemplo el desarrollo de los modelos mentales cualitativos.

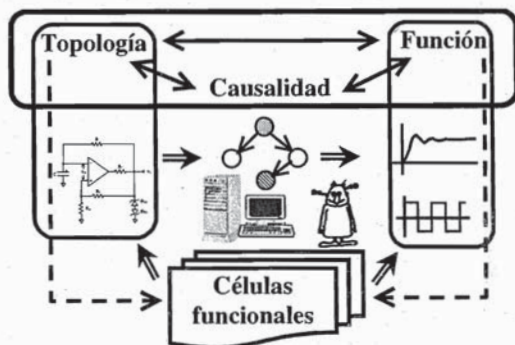
En este trabajo se desarrolla un ejemplo de construcción funcional de un circuito electrónico (VCO) con el fin de mostrar la aplicación del método de construcción funcional de circuitos. En el apartado 2 se expone la metodología de formación de un modo genérico, para concretar en la aplicación del VCO, apartado 3. El último apartado muestra las conclusiones de esta aplicación, relacionándolas con experiencias precedentes de los autores y futuros trabajos.

2. Metodología de síntesis de topologías y funciones en circuitos electrónicos

El empleo del razonamiento cualitativo permite comprender con eficacia el funcionamiento de un sistema. Éste se fundamenta en la interacción sinérgica de sus módulos y componentes, puesta de relieve mediante las tres características esenciales: estructura, comportamiento y función [2,9]. La inspección topológico/funcional permite establecer el conjunto de ecuaciones que rigen el comportamiento dinámico de un sistema [9]. Se predice el estado de un sistema a partir de un conjunto de condiciones iniciales y de sus ecuaciones cualitativas, mediante el razonamiento basado en un modelo causal [6].

La metodología se apoya en tres tipos de análisis. El **análisis causal**, que describe cómo los comportamientos de componentes y módulos de un circuito electrónico se combinan con el fin de explicar el funcionamiento del sistema. La esencia del análisis causal reside en la unificación de los comportamientos de los componentes de un sistema para deducir el comportamiento del sistema global. Los comportamientos individuales deben considerarse

bajo un enfoque sinérgico, atendiendo a las conexiones entre unidades electrónicas.



Un segundo tipo, el **análisis teleológico**, sirve como apoyo al análisis causal, ya que conocer el propósito o fin (función) para el que ha sido diseñado el circuito ayuda a estructurar y clarificar el análisis causal del mismo.

Por último, el **análisis topológico**, o geométrico del circuito, ayuda a averiguar el propósito para el cual ha sido desarrollado. Se sustenta en la identificación de partes del

Figura 1. Razonamiento topológico/funcional.

circuito que son familiares (células funcionales), en el sentido de que conocemos la misión que realiza cada una de ellas individualmente. Cada parte es un subcircuito o subsistema caracterizado por una estructura, un comportamiento y una función. Esta identificación es el resultado de anteriores análisis más sencillos, que permiten el desarrollo de la base de conocimientos del individuo [9]. Por ejemplo, al observar un amplificador operacional se recuerda su símbolo (estructura), su comportamiento (relación entrada/salida) y su función (comparador en lazo abierto). La figura 1 resume las relaciones entre los tres tipos de análisis. El experto combina estas técnicas de análisis con el fin de generar modelos aplicables a los campos del análisis, diseño y diagnóstico.

La identificación de células funcionales es determinante en el proceso de construcción de la base de conocimientos del sujeto, ya que permite integrar reglas expertas topológicas y funcionales generando una *estructura cognitiva compilada* de orden superior. Esto permite la automatización de razonamientos posteriores [4,9,10]. El siguiente ejemplo muestra una aplicación del método.

3. Construcción funcional de un oscilador controlado por tensión (VCO)

Esta aplicación práctica tiene por finalidad obtener la relación entre la entrada y la frecuencia de salida del circuito electrónico *oscilador controlado por tensión* de la figura 2. La

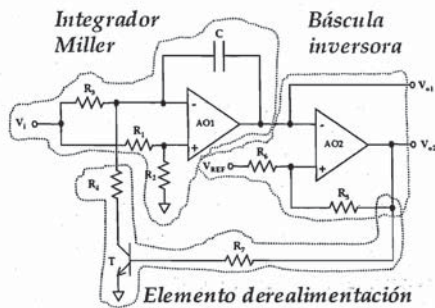


Figura 2. Oscilador controlado por tensión y células funcionales:

aplicación del *método topológico/funcional* conduce a la identificación de zonas del circuito con funcionalidad conocida y a la asignación de responsabilidades de los componentes. La figura 3 muestra el proceso de asignación de funciones en forma de diagrama de árbol. En el cuadro de "topologías" se observan las tres células funcionales básicas. El diagrama de relaciones causa/efecto, de la figura 4, permite inferir la expresión definitiva que relaciona la tensión de entrada con la frecuencia de oscilación.

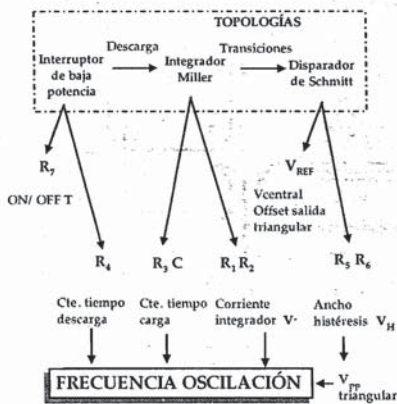


Figura 3. Asignaciones de funciones a los componentes del circuito.

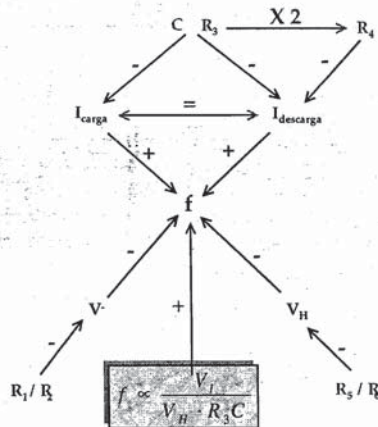


Figura 4. Relaciones causa/efecto y proceso de inferencia de la relación tensión/frecuencia.

En este ejemplo hemos realizado la construcción funcional del VCO de la figura 2 e inferido la relación entre la frecuencia de oscilación (f) y la tensión de control (V_i). La deducción casi exacta de esta última (salvo un cociente por 2 [1,7]) demuestra que el conocimiento de las

subfunciones de cada componente, o grupo de componentes, lleva implícitos importantes aspectos cuantitativos [2,4,9].

4. Conclusiones

La aplicación del método topológico/funcional permite sintetizar esquemas electrónicos complejos a partir de células funcionales de comportamiento conocido. Las ecuaciones de diseño del circuito implementado se deducen a partir del diagrama de relaciones causa-efecto que ligán entre sí los componentes y, a su vez, a éstos con las variables electrónicas del circuito (tensiones, corrientes, frecuencias propias,...). Éstas establecen los objetivos o especificaciones de diseño.

La base de conocimientos del alumno se depura gracias a la unión de una regla estructural o topológica con su homóloga funcional. Las reglas topológico/funcionales resultantes constituyen paquetes de conocimiento y forman parte de modelos mentales próximos a los de los expertos [4,9]. Éstos permiten al sujeto automatizar su comportamiento y, consecuentemente, conseguir mayor eficacia y rapidez de actuación.

Referencias

- [1] R. Coughlin y F. Driscoll. *Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales*. 4ª Edición. Prentice-Hall hispanoamericana. México (1993).
- [2] J. De Kleer. How Circuits Work. *Artificial Intelligence*. **24**, 295-280 (1984).
- [3] R. Glaser, A. Lesgold & S. Lajoie. Toward a cognitive theory for the measurement of achievement. *The influence of cognitive psychology on testing and measurement*. Erlbaum. Hillsdale, NJ. 41-85 (1985).
- [4] J.J. González. *Tesis Doctoral: Modelos Cognitivos para la Ingeniería del Conocimiento. Aplicaciones en la Docencia de la Ingeniería Electrónica*. Universidad de Cádiz (1999).
- [5] S.D. Johnson. Cognitive analysis of expert and novice troubleshooting performance. *Performance Improvement Quarterly*. **1(3)**, 38-54 (1988).
- [6] B. Kuipers. *Qualitative Reasoning: Modeling and Simulation with Incomplete Knowledge*. 4th Ed. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts; London, England (1994).
- [7] A. Malvino. *Principios de Electrónica*. 4ª Edición. McGraw-Hill (1995).
- [8] L. Rosado y Colaboradores. *Didáctica de la Física y sus Nuevas Tendencias*. UNED. Madrid (1997, 1998, 1999).
- [9] L. Rosado y J.J. González. Desarrollo de modelos mentales en alumnos de Electrónica. Investigación en Didáctica de la Electrónica con el apoyo de Inteligencia Artificial, Multimedia e Internet. En L. Rosado y Colaboradores. *Didáctica de la Física y sus Nuevas Tendencias (Manual de 1999)*. UNED. Madrid. 446-630 (1999).
- [10] J. Royer, C. Cisero & M. Carlo. Techniques and Procedures for Assessing Cognitive Skills. *Review of Educational Research*. **63(2)**, 201-243 (1993).
- [11] J. Terrón y J.J. González. Técnicas de representación del conocimiento en Inteligencia Artificial aplicadas a la docencia de la Electrónica. *Actas del congreso Edutec 97: Creación de Materiales para la Innovación Educativa con Nuevas Tecnologías*. ICE de la Universidad de Málaga (1997).