

# APLICACIÓN DEL MODELO 3D-SCHEMA EN ASIGNATURAS DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA

A. del Río y A. Rodríguez

Dpto. Tecnología Electrónica, Universidad de Vigo, 36200-Vigo

Tfno. 986-812143, Fax 986-469547, e-mail: ario@uvigo.es

**RESUMEN.-** La transmisión de conocimientos del profesor al alumno, objetivo principal de toda metodología educativa, presenta especial dificultad en el estudio de determinados temas de electrónica analógica y de conmutación. Tal es el caso del análisis de las funciones de transferencia estática de circuitos electrónicos y el de su respuesta en el dominio del tiempo. En esta comunicación se propone la utilización de un modelo gráfico tridimensional animado, denominado *3D-Schema*, que permite representar de forma cualitativa el funcionamiento de los circuitos analógicos. Se describe asimismo una herramienta software que sustenta este modelo y se expone un ejemplo práctico de aplicación a la docencia de una asignatura de electrónica general y analógica. El objetivo del modelo y la herramienta propuestos es el de servir de ayuda en la docencia de asignaturas de electrónica analógica.

## 1.- INTRODUCCIÓN

La docencia de las asignaturas de electrónica general y analógica exige la exposición de numerosos temas cuyo contenido gira en torno a la descripción del funcionamiento de determinados circuitos básicos. Dicha exposición se lleva a cabo, en la mayor parte de los casos, con la ayuda de una pizarra o un proyector de transparencias. La utilización de transparencias libera al docente de la necesidad de representar en la pizarra los circuitos que debe describir.

Aquellos circuitos cuyo funcionamiento se describe mediante el análisis de su función de transferencia estática o de su respuesta en el dominio del tiempo obligan a borrar y añadir información complementaria a lo largo de la explicación. Esto se traduce, con frecuencia, en una pérdida del seguimiento de la exposición por parte del estudiante.

La dificultad principal radica en la incapacidad de los medios técnicos convencionales para mostrar de forma clara y eficiente diferentes imágenes que describan el funcionamiento de un circuito. La aplicación de programas informáticos es un recurso útil que ha sido ensayado con éxito en la docencia de la electrónica, ya sea en forma de simuladores de aplicación general [1][2], o de herramientas específicas [3].

El modelo *3D-Schema* [4] se ha mostrado especialmente útil para facilitar la descripción cualitativa del funcionamiento de los circuitos analógicos. El apartado 2 presenta las principales características del modelo y describe una herramienta software que lo sustenta. El apartado 3 expone un ejemplo práctico de aplicación a la docencia de una asignatura de electrónica general y analógica.

## 2.- DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo *3D-Schema* se basa en los esquemas electrónicos convencionales [5]. Los esquemas convencionales son representaciones gráficas planas (2D) compuestas de símbolos de dispositivos y líneas de interconexión. El modelo *3D-Schema* añade una tercera dimensión para representar una *elevación* de símbolos y líneas de interconexión que es proporcional a la tensión de los nodos del circuito. Este modelo representa, por lo tanto, no sólo la topología del circuito sino también su estado de funcionamiento (definido por las tensiones de los nodos) (Figura 1).

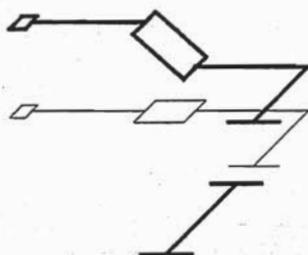


Figura 1.- Circuito representado según el modelo 3D-Schema.

Mientras que una representación aislada o *fotograma* de un circuito mediante el modelo *3D-Schema* permite visualizar su estado de polarización, una secuencia de *fotogramas* permite observar su respuesta cuasi-estática (barrido de continua) o a un estímulo temporal (transitorio). Para obtener una descripción más detallada del modelo consultar la referencia [4].

Para generar una representación de este tipo se precisa utilizar una herramienta basada en ordenador. La herramienta desarrollada se denomina *Sistema 3D-Schema* y consta de los módulos *software* que se indican en la Figura 2. Se ejecuta en un ordenador personal con sistema operativo MS-DOS.

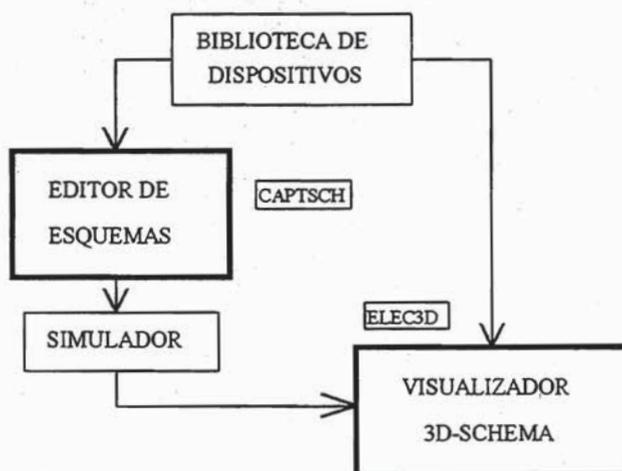


Figura 2.- Módulos que componen el sistema *3D-Schema*

La elaboración de una lección, requiere definir un circuito a describir y abordar las siguientes tareas:

- i) Dibujar el esquema del circuito con el editor CAPTSCHE. Definir el tipo de análisis a llevar a cabo y efectuar la simulación correspondiente mediante un simulador tipo SPICE.
- ii) Visualizar el resultado mediante el programa ELEC3D. Comprobar que el resultado obtenido es el deseado y volver al paso (i) en caso contrario. Añadir los mensajes oportunos de asistencia al estudiante.

### 3.- APLICACIÓN EN ASIGNATURAS DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA

Existen distintas alternativas en cuanto al modo de aplicar el sistema *3D-Schema* como herramienta auxiliar en la docencia de una asignatura de electrónica analógica. Dado el carácter experimental de su aplicación actual, se ha optado por utilizar este sistema con posterioridad a la exposición magistral de los temas tratados. Esta forma de trabajo es la que supone un menor riesgo desde el punto de vista de su influencia sobre la transmisión de conocimientos. Además, de esta forma, los alumnos están más capacitados para emitir un juicio crítico sobre la utilidad de *3D-Schema*.

#### 3.1.- Circuitos seleccionados

A continuación se enumeran los circuitos elegidos, agrupados en bloques temáticos. Del contenido de una asignatura tipo de electrónica analógica se han seleccionado diez circuitos para los cuales el modelo *3D-Schema* aporta una mayor claridad manifiesta con respecto a las técnicas convencionales de exposición.

##### A) Diodo semiconductor.

- 1- Rectificador monofásico de media onda.
- 2- Rectificador monofásico de onda completa.
- 3- Rectificador monofásico de media onda con filtro de condensador (Figura 3).
- 4- Regulador de tensión con resistencia y diodo zéner.

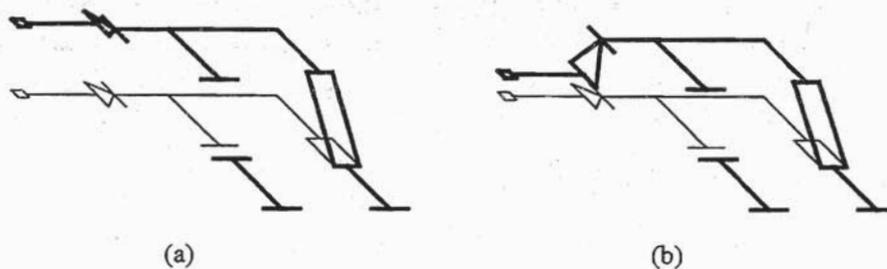


Figura 3.- Fotogramas de la lección 3.

##### B) Transistor bipolar.

- 5- Estados de polarización de un transistor bipolar (Figura 4).
- 6- Astable con dos transistores.

##### C) Amplificador operacional.

- 7- Amplificador inversor.
- 8- Oscilador de relajación con un operacional (Figura 5).
- 9- Oscilador de relajación con dos operacionales.

##### D) Amplificadores de potencia.

## 10- Amplificador en clase B complementario.

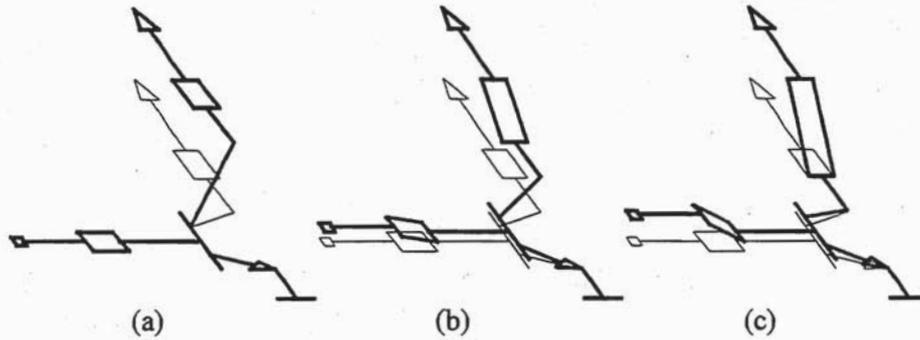


Figura 4.- Fotogramas de la lección 5

La anterior relación no pretende ser exhaustiva, sino una muestra representativa de circuitos adecuados para el uso del modelo propuesto.

Una vez elegido un circuito, es importante determinar una forma de dibujo (posición de componentes e interconexiones) que genere una representación *3D-Schema* clara. Como normas generales cabe citar:

- Evitar el uso de circuitos complejos. Si el circuito tiene muchos componentes, quizá pueda descomponerse en varios subcircuitos para su estudio.
- Evitar situar los componentes muy próximos.
- Utilizar solamente líneas de conexión horizontales y verticales.
- Situar los nodos con potenciales más positivos en la parte superior, y los de potencial más negativo en la parte inferior.

### 3.2.- Descripción de una lección

En este subapartado se describe la lección nº 8 de la relación anterior, como ejemplo de utilización del *Sistema 3D-Schema*. El término lección se emplea en este caso con el significado particular que posee en este sistema, equivalente a "descripción del funcionamiento de un circuito".

El circuito corresponde a un oscilador de relajación básico con amplificador operacional. El funcionamiento de este circuito, a pesar de su aparente sencillez, resulta difícil de asimilar por los estudiantes.

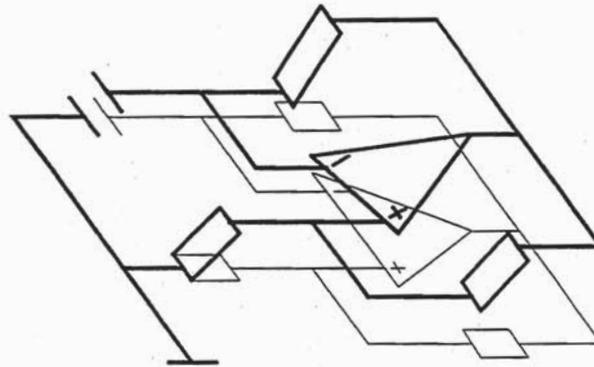
Para su exposición mediante técnicas convencionales es usual representar el circuito y unas gráficas de su evolución temporal, partiendo del estado inicial con C descargado. Las gráficas pueden dibujarse conforme se explica cada uno de los tramos de la evolución temporal, o mostrarse parcialmente si se utilizan transparencias proyectadas. Este método tiene el inconveniente de obligar al alumno a establecer una constante referencia cruzada entre circuito y gráficas.

Por el contrario, el modelo *3D-Schema* integra la evolución temporal sobre el propio circuito, lo que permite al estudiante centrar su atención visual en un solo objeto.

Dado que la herramienta de visualización *3D* puede ser utilizada por el profesor en clase, o directamente por el estudiante en un laboratorio de PCs, se hará referencia en lo sucesivo al operador del programa como *el usuario*,

Al ejecutar la lección correspondiente, aparecen en pantalla los siguientes elementos: (i) la representación *3D* del circuito en su estado inicial; (ii) una ventana similar a la pantalla de

un osciloscopio que representa la evolución de la tensión del nodo elegido; (iii) una ventana de *mensajes* y (iv) un conjunto de botones de control.



**Figura 5.-** Fotograma de la lección 8.

El mensaje inicial representa el nombre del circuito y una breve descripción del estudio que se realiza. El usuario utiliza los botones de control para manejar la herramienta. Si elige la opción de *animación*, la representación 3D comienza a adquirir *vida*, mientras se desplaza un cursor sobre la ventana tipo osciloscopio que permite identificar el avance del tiempo. Opcionalmente, la animación se detiene en aquellos *fotogramas* que poseen un mensaje asociado, para ofrecer al usuario una indicación concisa sobre el o los sucesos que tienen lugar en ese preciso instante.

Por ejemplo, la animación se detiene en el instante en que la tensión en la entrada inversora alcanza el valor de la que está presente en la no inversora, y el mensaje anuncia la inminente conmutación de la salida del operacional.

Una vez que el usuario ha repetido varias veces esta visualización, es conveniente que ejecute la animación sin mensajes. En este modo la animación es continua, lo que permite observar la evolución *real* del circuito. Por el contrario, si el usuario lo prefiere, es posible realizar la presentación paso a paso.

En este ejemplo, la presentación 3D animada permite adquirir en pocos minutos una visión global cualitativa del funcionamiento del oscilador de relajación. Esta visión intuitiva facilita el estudio cuantitativo posterior (cálculo de la amplitud y frecuencia de las formas de onda, etc.).

#### 4.- CONCLUSIONES

A priori, se considera que el sistema 3D-Schema aporta con respecto a métodos convencionales las siguientes ventajas:

- Evita la necesidad de dibujar (y redibujar) esquemas electrónicos en la pizarra.
- Los conocimientos adquiridos mediante imágenes gráficas (más aún si son animadas) se retienen mejor que los adquiridos mediante lectura o audición.
- El modelo ayuda a adquirir una comprensión cualitativa que facilita el posterior estudio cuantitativo.

Con respecto a medios audiovisuales convencionales como vídeos pregrabados presenta la ventaja de su interactividad, ya que permite al alumno repasar las lecciones adaptando la visualización, e incluso ensayar sus propios circuitos.

Este sistema ha sido utilizado de forma experimental durante el curso 1995/96 como herramienta de ayuda a la exposición del docente. Se ha elegido la asignatura de

Electrónica de tercer curso de la titulación de Ingeniería de Minas de la Universidad de Vigo, por tratarse de una asignatura de electrónica general para no especialistas. Para evaluar los resultados obtenidos, se ha solicitado la opinión de los estudiantes que ha sido mayoritariamente favorable. El reducido número de alumnos de esta asignatura, en torno a los 15, hace difícil realizar interpretaciones estadísticas.

Esta experiencia ha permitido constatar un problema de implantación del método como herramienta de ayuda a la exposición en clase. La dificultad reside en la poca luminosidad que poseen los visualizadores LCD comerciales empleados para reproducir la imagen del PC sobre una pantalla con ayuda de un proyector de transparencias convencional. Esto obliga a utilizar un aula oscura y con una moderada ocupación, ya que la imagen obtenida se aprecia mal a distancias superiores a unos 10 metros.

## 5.- REFERENCIAS

- [1] Nagel, L.W. "SPICE 2: A Computer Program to Simulate Semiconductor Circuits". Memo ERL-M520, Energy Research Laboratory, Univ. California, Berkeley, 1975.
- [2] Carpeño, A., López, S. y Arriaga, J. "Pspice como complemento a una formación básica en electrónica". TAAE'94. Madrid, 1994.
- [3] Henderson, W.D. "Animated Models for Teaching Aspects of Computer System Organization". IEEE Trans. Educ., Vol. 37, nº 3, 1994.
- [4] Río, A. y Rodríguez, A. "3D-Schema: An Intuitive Model for Analog Circuits Instruction". CALISCE-96. Donostia, 1996.
- [5] ANSI/IEEE "Graphic Symbols for Electrical and Electronics Diagrams". Std. 315-1975, 315A-1986.