

# LA SIMULACIÓN POR ORDENADOR COMO AYUDA AL APRENDIZAJE DE LA ELECTRÓNICA: UNA NUEVA ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA

*Félix Biscarri Triviño,  
Alberto Molina Cantero,  
Alvaro Ariel Gómez Gutiérrez y  
Antonio Barbáncho Concejero  
Departamento de Tecnología Electrónica  
Escuela Universitaria Politécnica*

## RESUMEN

La Universidad de Berkeley desarrolló el programa PSPICE para la simulación de circuitos integrados. El acrónimo PSPICE significa 'Programa de Simulación centrado en Circuitos Integrados'. En este trabajo se ha propuesto y llevado a cabo el diseño de un material didáctico sobre la integración de PSPICE en la enseñanza de la Electrónica de Potencia.

## ABSTRACT

U.C. Berkeley developed the SPICE program to simulate integrated circuits. In fact, the acronym SPICE stands for Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis. The aim of this paper is to present a team effort in education innovation: the development of an education material to join the SPICE program to simulate integrated circuits teaching and Power Electronics teaching.

## 1. INTRODUCCIÓN

En primer lugar, no existe un material didáctico como el que se propone. Sería de extrema utilidad para el desarrollo curricular de los estudiantes de Ingeniería Electrónica. No existe en la enseñanza actual una asignatura que contemple, integrados, la accesibilidad, potencia y nulo precio de la simulación electrónica con el aprendizaje teórico de la electrónica. La enseñanza práctica de estos temas, en la línea del proyecto presentado y culminado en la convocatoria 2002/2003, abre la puerta a nuevas posibilidades en la enseñanza de la electrónica.

La mejora de la calidad de la enseñanza universitaria de la electrónica pasa, o puede pasar, por la realización de montajes prácticos que incluyan materias de dos o más asignaturas o herramientas software/enseñanza reglada. La elaboración del material didáctico que se propone aquí ha pretendido, por una parte, probar esta hipótesis mediante una evaluación rigurosa y continua por parte del grupo humano interviniente (profesores y alumnos) y por otra el uso de elementos de futuro en la enseñanza (en el caso de la electrónica, y en este proyecto concreto, la simulación de circuitos electrónicos con PSPICE).

## 2. OBJETIVOS

La elaboración de un material didáctico completo sobre la adaptación y utilidades del programa PSPICE de la enseñanza de la Electrónica de Potencia. En un primer paso, este material se elaborará en forma de fichas que contengan prácticas estructuradas en orden creciente de dificultad y todas de aplicación práctica. Un futuro sería la elaboración de un cuidado material editable y publicable.

## 3. CONTENIDOS DESARROLLADOS

Los contenidos se detallan a continuación:

- 1) Estudio del simulador PSPICE para diseño y simulación de circuitos electrónicos por ordenador. Conjunto de instrucciones. Lenguaje de programación. Ejercicios prácticos.
- 2) Presentación de los circuitos electrónicos reales más comunes. Estudio teórico en clase. Ejemplos prácticos. Circuitos con interruptores. Conversión de energía. Ejercicios prácticos.
- 3) Estudio de los sistemas reales por simulación. Ventajas e inconvenientes. Posibilidades. Redundancia de información y control de calidad.
- 4) Líneas futuras de desarrollo: Diseño de circuitos impresos. Realización de una placa con un montaje práctico que incluya todo lo anterior.

## 4. METODOLOGÍA, ACTIVIDADES, SUJETOS Y CONTEXTO

Se ha realizado un grupo de trabajo compuesto por tres profesores y los alumnos de la asignatura troncal "Electrónica de Potencia", de la titulación de Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad Electrónica Industrial de la Universidad de Sevilla. Planteado desde un punto de vista eminentemente práctico para ellos, se han elaborado una serie de fichas (4 concretamente) con la descripción de los ejercicios o prácticas, que los alumnos han llevado a cabo en el laboratorio del Dpto. de Tecnología Electrónica de la Universidad de Sevilla. Se han discutido los

resultados y se ha elaborado un documento de trabajo. Se evaluará la repercusión de este trabajo en el aprendizaje de la asignatura.

La práctica 3 se adjunta en este artículo. No se pretende dar aquí una descripción de todas las prácticas con detalle, sino mostrar qué campos abarcan y la filosofía de trabajo. Si desea más detalles, con gusto le ampliaremos la información. Por favor, contacte con Félix Biscarri (fbiscarri@us.es).

## 5. TEMPORALIZACIÓN Y EVALUACIÓN

Se ha desarrollado durante todo el curso académico 2003-2004, con reuniones de periodicidad variable (1 semana mínimo, un mes máximo). Se ha planteado en términos de evaluación continua, tanto por parte del alumno como de los profesores encargados.

## 6. EJEMPLO DE UNA PRÁCTICA DESARROLLADA

### Práctica 3: Enunciado

La Figura 1 muestra un circuito típico de disparo para el tiristor. Suponga un comportamiento ideal de los diodos y el SCR y determine:

- El ángulo de disparo del SCR.
- El tiempo de conducción del mismo.
- Las formas de onda de tensiones e intensidades en C1 y en la carga (R2).

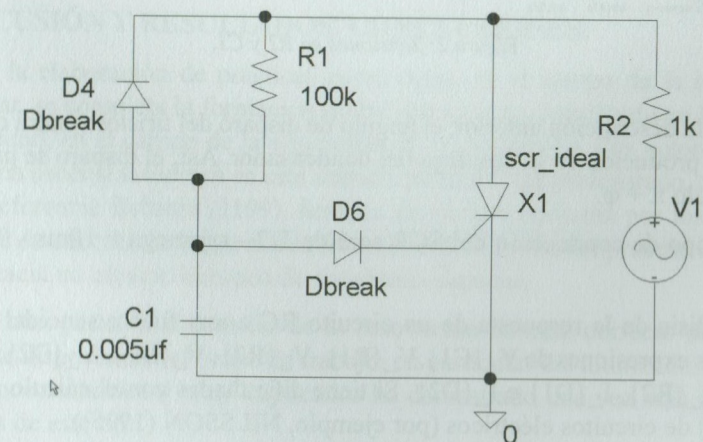


Figura 1: Circuito de disparo de un SCR.

Datos:  $\Omega = 2\pi \cdot 50$ ;  $V_1 = 240\sin(\omega t)$ ;  $V_{D1}(on) = \dots = V_{D2}(on) = 0V$ .

### Práctica 3: Resolución analítica

Comencemos el estudio en el semiciclo negativo de  $V_1$ . Durante el primer cuarto de período,  $C_1$  se carga ( $V_{C1} > V_1$ ) a través de  $R_2$  y  $D_1$ , siendo su constante de tiempo  $\tau = R_2 C_1$  pequeña frente a la frecuencia de la fuente, es decir, que el desfase entre  $V_{C1}$  y  $V_1$  es pequeño (dicho de otro modo,  $V_{C1}$  es aproximadamente  $V_1$ ). Durante el segundo cuarto de período,  $D_1$  se corta y  $C_1$  se descarga ( $V_{C1} < V_1$ ), ahora a través de  $R_1 + R_2$ . El desfase entre  $V_1$  y  $V_{C1}$  se hace apreciable, pues en este intervalo  $\tau = C_1(R_1 + R_2)$ , mayor que antes.

Este efecto de carga y descarga de  $C_1$  con distintas constantes de tiempo provoca que el SCR retrase su disparo hasta hacerse  $V_{C1} \geq 0$ , instante en el que  $V_1$  es ya positivo. En la Figura 2 se observa la evolución de las tensiones en la fuente  $V_1$ , en la carga  $R_2$  y en  $C_1$ .

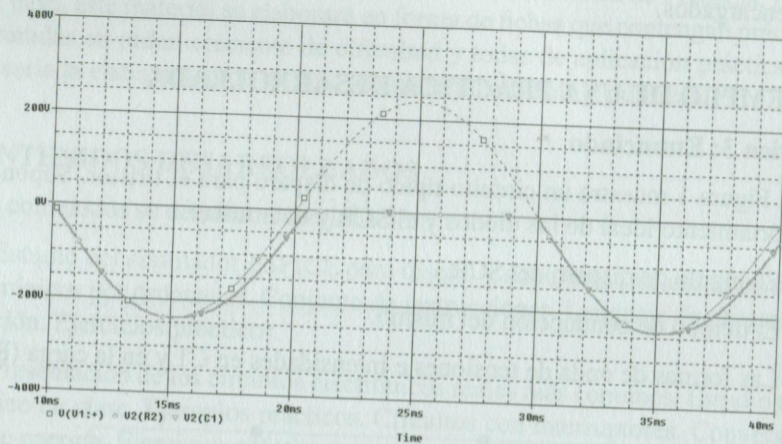


Figura 2: Tensiones en  $R_2$  y  $C_1$ .

Según la descripción anterior, el ángulo de disparo del tiristor vendrá dado por el desfase producido en la descarga del condensador. Así, el disparo se producirá en un ángulo  $\pi + \varphi$ .

El tiempo de conducción del SCR será de  $T/2 - \varphi/\omega = 10\text{ms} - 0.5\text{ms} = 9.5\text{ms}$ .

El análisis de la respuesta de un circuito RC a una fuente senoidal permite obtener las expresiones de  $V_{C1}$ ,  $V_{R1}$ ,  $V_{R2}$ ,  $V_{D1}$ ,  $V_{D2}$ ,  $I_{C1}$ ,  $I_{R1}$ ,  $I_{R2}$ ,  $I_{D1}$  e  $I_{D2}$ . Si tiene dificultades con el cálculo consulte un manual de circuitos eléctricos (por ejemplo, NILSSON (1995)).

### Práctica 3: simulación

Para la simulación del circuito de la figura 1 basta usar Schematics (análisis transitorio) Cambie el valor de  $R_1$  y  $C_1$  y observe cómo varía  $\varphi$ . Ponga especial cuidado en no usar un valor demasiado alto de  $(R_1 + R_2)C_1$ , que provocaría que no se produjera el disparo del SCR. La Figura 3 muestra la evolución de las variables eléctricas más significativas.

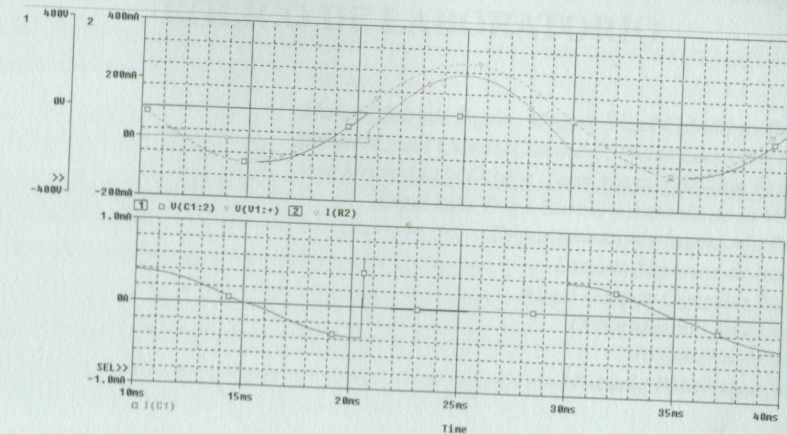


Figura 3: Simulación de disparo.

Con la utilidad cursor (Toggle cursor, y después Mark Label) se ha de resaltar el resultado obtenido ( $\varphi \approx 0.5\text{ms}$ )

## 7. DISCUSIÓN Y RESULTADOS. CONCLUSIONES

Con la elaboración de prácticas como estas, en el campo de la integración curricular, se completa la formación global del alumno, incidiendo en la interdisciplinariedad, en el campo de la enseñanza de la electrónica. Los autores piensan que deben hacerse esfuerzos en este sentido, por parte del profesorado, de acuerdo con la referencia Bolonia (1199), firmada de manera conjunta por los ministros europeos de educación, y que marca formalmente el inicio del proceso de convergencia hacia un espacio europeo de enseñanza superior.

Por otra parte, el desarrollo de la innovación ha sido correcto debido a la excelente disposición del grupo de trabajo, en particular del alumnado. El trabajo con grupos reducidos y muy implicados ha demostrado una vez más su eficacia en tareas de este tipo.

## 8. REFERENCIAS

- NILSSON, J. W. (1995). Circuitos Eléctricos, ed. Addisson Wesley.
- BOLONIA (1999). Declaración conjunta de los Ministros Europeos de Educación reunidos en Bolonia el 19 de Junio de 1999. Puede consultarse en <http://www.us.es/us/temasuniv/espacio-euro/>.