

NUEVOS MATERIALES EDUCATIVOS EN LA ENSEÑANZA TEÓRICA Y PRÁCTICA DE LA ELECTRÓNICA

M. CASTRO¹, E. LÓPEZ¹, A. HILARIO¹, J. PÉREZ¹, G. DÍAZ¹, A. VARA¹, J. PEIRE¹
F. GARCÍA-SEVILLA² y P. CARRIÓN²

¹*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Nacional de Educación a Distancia. España.*

²*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Automática y Comunicaciones. Escuela Politécnica Superior de Albacete. Universidad de Castilla-La Mancha. España.*

Este artículo presenta y describe los nuevos materiales educativos del área de electrónica creados por el equipo docente del DIEEC de la UNED en colaboración con alumnos y profesores de otras universidades. En estos materiales se aplican las nuevas tecnologías y la simulación para conseguir mejorar la calidad en el aprendizaje en un entorno de educación a distancia.

1. Introducción

En la actualidad, el sector de la Formación está sufriendo un gran avance debido a la integración y utilización de las denominadas *Nuevas Tecnologías*. Éstas ofrecen alternativas para mejorar la calidad del estudio y conseguir disminuir la brecha existente entre teoría y práctica, algo muy necesario para enfrentarse a las exigencias del mundo laboral actual. Este artículo presenta una alternativa en esta línea de progreso, en donde se analiza la forma más innovadora existente en la actualidad para la enseñanza de la Electrónica General y Analógica.

2. Simular para aprender

En numerosas investigaciones y trabajos realizados por el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control (DIEEC) de la UNED, se ha demostrado que la simulación, en el entorno formativo de las áreas técnicas, es una herramienta muy útil para eliminar las barreras entre la formación teórica y la práctica [1, 2, 3].

La necesidad de situarse en el punto actual que ofrecen las nuevas tecnologías a la hora de formar en el área de la Electrónica ha originado la creación de nuevos materiales educativos que sean más eficaces y mejoren su calidad sin eliminar la enseñanza tradicional. Tras varios años de estudio y que aún continúan, se ha analizado y contrastado que la integración de la Simulación en esta área implica mejorar los conocimientos técnicos tanto en la Electrónica como en general. Esta situación ocurre también porque la persona que está recibiendo la formación ve la necesidad de utilizar medios que actualmente ya están implantados, como es un ordenador. Cada vez más, existe la idea de formarse técnicamente con un ordenador tanto en áreas tecnológicas como en el resto de las áreas y las nuevas generaciones disponen de más aptitudes frente a la utilización de Sistemas Informáticos. Por ello, y para seguir con la idea de formación completa, se ha planteado el desarrollo de estos materiales que a continuación se presentan y sirven en la actualidad para formar en el área de Electrónica General y Analógica.

3. Nuevos materiales formativos en Electrónica

Uno de los objetivos que se plantea a la hora de formar a una persona en el área de Electrónica, sobre todo a la hora de recibir una formación a distancia, consiste en saber si conseguirá disponer de un conocimiento práctico que implique tener una formación completa. Entendiendo por completa la formación que no es sólo teórica. La formación en electrónica utilizando la simulación, además de

proporcionar a alumno conocimientos sobre los programas de actualidad de diseño electrónico muy utilizados en el mundo laboral, tiene muchas ventajas desde el punto de vista formativo: favorece la adquisición de capacidades a la hora de resolver un problema, mejora la traslación a un caso diferente a los estudiados, ofrece mecanismos de rutina para conseguir que la respuesta a un problema sea cada vez más inmediato, y muestra las dificultades que un diseño complejo puede conllevar.

En los materiales realizados por el DIEEC se ha conseguido un compromiso claro entre formación teórica y práctica con la ayuda de la simulación previa al laboratorio. Este compromiso se está llevando a cabo incluso con grupos de miles de alumnos y está suponiendo una realidad formativa innovadora y capaz de adaptarse a las nuevas circunstancias sociales, tanto en adaptación a los nuevos planes de estudio, como a la integración de la formación utilizando nuevas tecnologías tan demandadas en la actualidad. También se plantea la posibilidad de introducir esta formación en las nuevas plataformas educativas que en la actualidad persiguen una estandarización e innovación acorde a los descubrimientos actuales.

Los nuevos libros realizados (en colaboración con alumnos distribuidos por toda España y profesores de otras universidades), [4, 5, 6, 7, 8], integran la Simulación Electrónica en cada área de forma consecuente para realizar un buen trabajo de análisis y diseño de circuitos. A través del análisis y simulación de los diferentes circuitos (Figura 1) se pretende mostrar una metodología de trabajo de circuitos electrónicos utilizando la simulación como herramienta. A lo largo de los libros se muestra que para enfrentarse a los resultados de la simulación de un circuito se debe conocer previamente el funcionamiento ideal del mismo, y también los posibles modelos que aproximan ciertas características reales de los componentes utilizados. Estos modelos explican por qué el comportamiento simulado del circuito (que intenta aproximar el comportamiento real) se aleja del ideal. Sólo de esta forma se podrán definir correctamente los parámetros de una simulación, y sólo así se encontrará sentido a los resultados obtenidos.

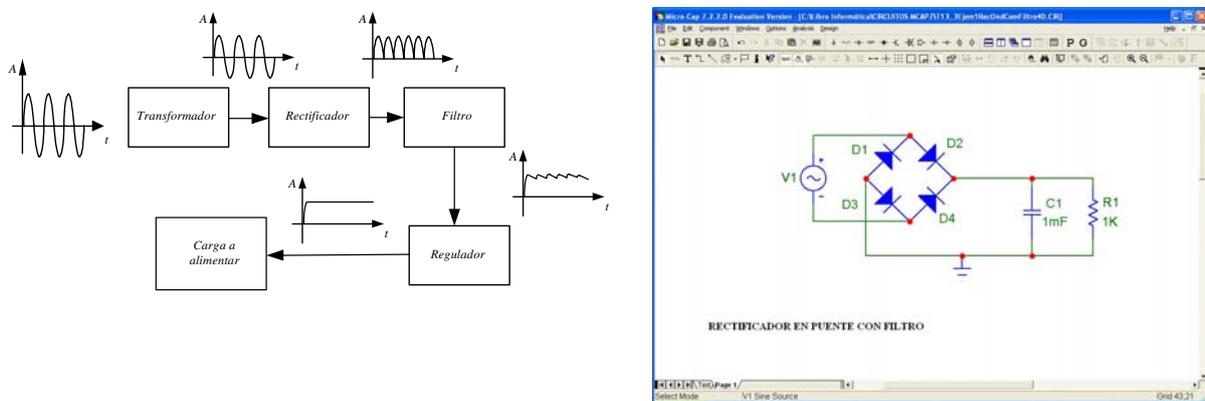


Figura 1. Diseño de un circuito electrónico y simulación de una de sus partes.

4. Descripción de los materiales

Se han creado varios materiales educativos que resuelven la necesidad de adaptación a la estructura actual y futura de la educación y, en especial, en la educación a distancia. A continuación se van a presentar varios de los materiales realizados ofreciendo una visión general, sus objetivos y aplicaciones. Estos materiales se encuentran disponibles en la actualidad para las personas que deseen iniciarse en el mundo de la Electrónica y profundizar en el área de la Electrónica Analógica. También son materiales didácticos de la UNED que actualmente estudian los alumnos que a estas materias se presentan.

4.1. Electrónica General

El material dedicado a Electrónica General [4] se compone de un libro y un CD. El libro se divide en dos partes fundamentales. Por un lado, se realiza un estudio teórico resumido en el cual se han recogido los aspectos realmente esenciales y prácticos, pudiendo servir tanto de nexo entre un libro únicamente teórico y un libro de problemas como estudio y refuerzo para concluir los diferentes temas estudiados. Por otro lado, se han realizado una gran cantidad de problemas resueltos que tratan todas las partes de la electrónica general. La materia se ha extraído fundamentalmente de la propia experiencia de los autores a la hora de enseñar y diseñar en electrónica y de la observación de los libros más utilizados de teoría que hay sobre electrónica en el mercado, analizando y solventando sus posibles deficiencias en cuanto a contenidos prácticos. El equipo de desarrollo cuenta con catedráticos de la materia que han analizado los contenidos, así como, ingenieros electrónicos y alumnos que han ofrecido su trabajo y su opinión en cada parte del libro para conseguir encontrar un nexo de unión entre la educación de calidad y a su vez, las necesidades y la visión que los alumnos tienen cuando se enfrentan por primera vez a esta materia. Por ello, hay parte del libro dedicada a enseñar motivando, mostrando circuitos útiles en el mercado o sistemas complejos y no sólo didácticos, consiguiendo pasar de la intuición que un alumno tiene de la Electrónica en sus primeros años de estudio, a la realidad del diseño profesional en la actualidad sin saltos graves que distorsionen la imagen de la misma.

El libro comienza inicialmente con el estudio de los fundamentos generales de la electrónica y la teoría de circuitos. Se ha optado por realizar esta parte para conseguir solventar el problema existente a la hora de comenzar a estudiar esta materia sin conocimientos previos de circuitos y sin los fundamentos generales que son necesarios para abordar con éxito el estudio de los circuitos electrónicos.

En la Figura 2 y en la Figura 3 se muestran un ejemplo de figuras realizadas en el libro para introducir esta materia.

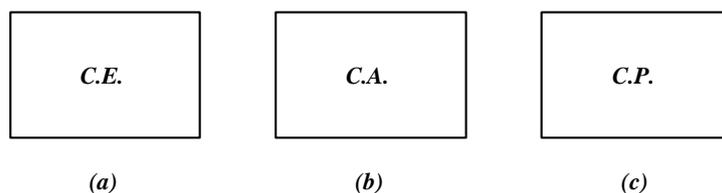


Figura 2. Diagramas de bloques de: a) circuito eléctrico genérico, b) circuito activo, c) circuito pasivo.

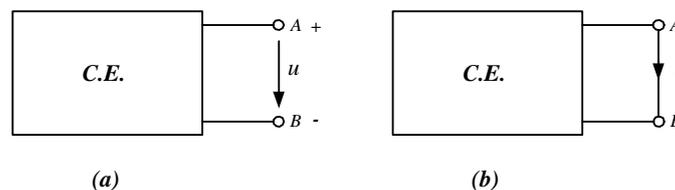


Figura 3. Referencias de tensión (a) y de corriente (b) entre dos terminales de un circuito eléctrico.

Un aspecto importante a la hora de describir la electrónica en estos materiales es la metodología utilizada, pues el estudio se desarrolla desde los sistemas (Figura 3 y Figura 4) a los componentes para luego volver a estudiar los sistemas, esta vez ya, con los conocimientos de las cajas negras que constituyen la diversidad de componentes.

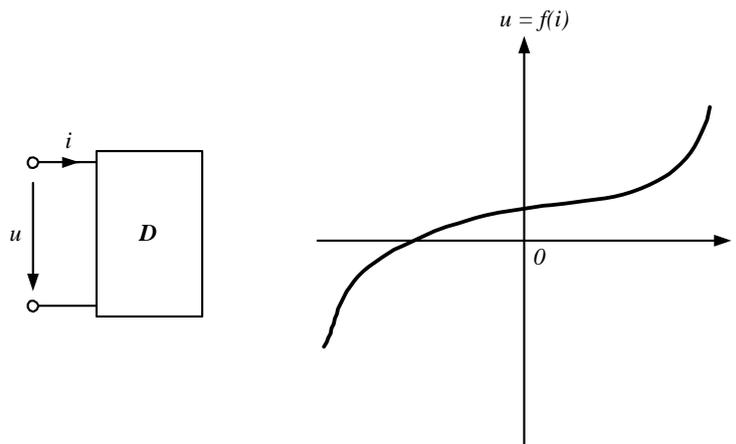


Figura 4. Curva característica del dipolo genérico.

La sección de introducción de la materia es bastante extensa y dedica unas noventa páginas con diferentes problemas resueltos a parte de ejemplos resueltos en la explicación teórica de los conceptos. Se dedica una sección aquí sobre las formas de onda (Figura 5), siendo éstas de especial interés dentro del marco cultural del diseño de sistemas electrónicos en España, pues a la hora de diseñar en un proyecto complejo, se dispondrá de un sistema con el que se comunica mediante señales analógicas, discretas y de alimentación siendo las diferentes formas de onda lo que las diferencia fundamentalmente.

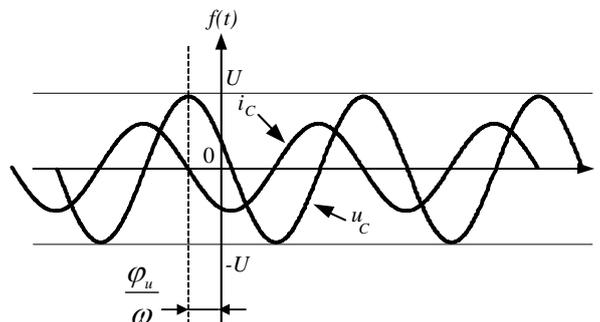


Figura 5. Formas de onda senoidales y desfase entre intensidad y corriente al aplicar una tensión senoidal en un condensador.

A continuación se sigue con el estudio de los diferentes componentes electrónicos, diodos, transistores bipolares y de efecto de campo (Figura 6).

Finalmente se estudian los circuitos amplificadores, la respuesta en frecuencia y los circuitos con amplificadores operacionales, principios de la electrónica analógica, así como, el procesado de señales analógicas (Figura 7).

En cada sección se detallan todas las ecuaciones necesarias para poder resolver los problemas que se proponen conformando un material autosuficiente y motivador para el estudio. Todas las figuras y tablas están clasificadas para poder tener un acceso cómodo. Los capítulos comienzan con una síntesis general donde se detallan los objetivos, el contenido de la materia a estudio, indicaciones sobre los problemas resueltos y un apartado donde se exponen indicaciones generales para la simulación. De esta forma, la persona que inicia un capítulo siente que se le explica qué es lo que va a aprender, qué

es lo que va a hacer y cómo, consiguiendo que no se pierda y que mantenga siempre el objetivo principal en mente.

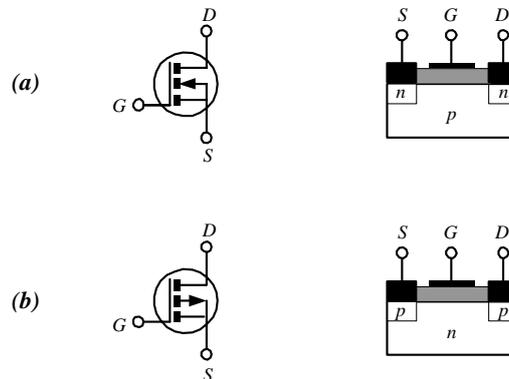


Figura 6. Transistor MOSFET de acumulación. Símbolo y construcción esquemática: (a) canal n, (b) canal p.

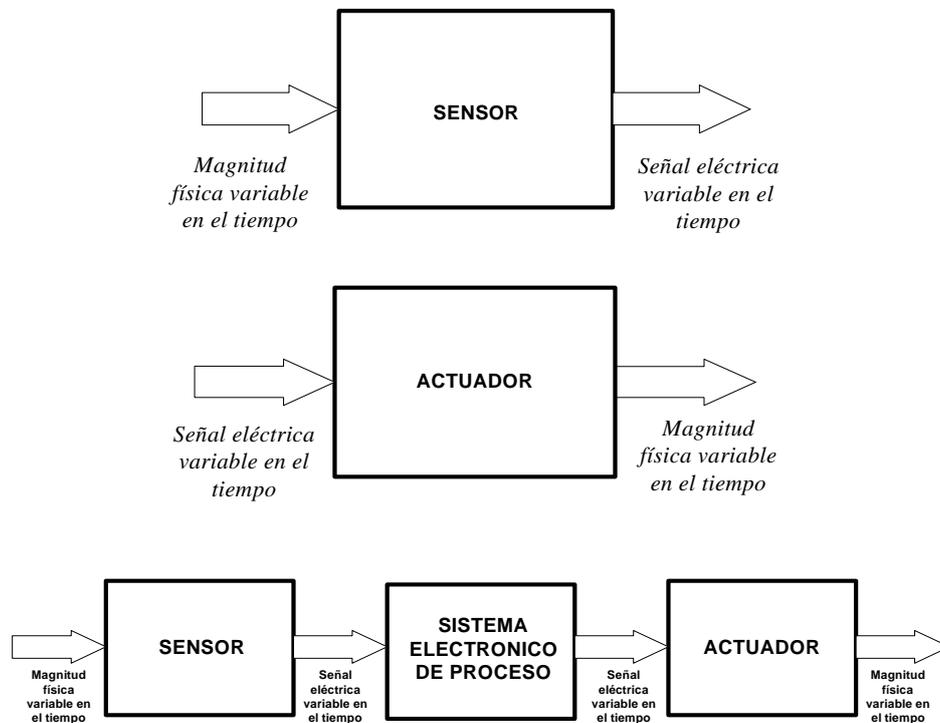


Figura 7. Bloques genéricos de sensores, actuadores y sistema electrónico de proceso.

En el CD-ROM que acompaña a este texto, se ha incluido la simulación de una gran cantidad de circuitos tanto de la parte teórica como práctica del libro (Figura 8), con las versiones 7 y 8 del programa MicroCAP de libre distribución. Para facilitar el trabajo del lector, orientarle a la hora de realizar determinados cálculos o simulaciones y, muy especialmente, indicarle cómo debe proceder en la realización práctica de cada problema o parte teórica simulada, se ha incluido en el CD-ROM una aplicación multimedia que explica la entrada a la simulación y la forma de operar con esta herramienta.

Esta aplicación, está desarrollada con Adobe Acrobat 6.0 de la empresa ADOBE y se ejecuta bajo los sistemas operativos MS-Windows de 32 bits (95/98/2000/XP), incluye las indicaciones necesarias

para la realización de cada uno de los apartados de simulación (Figura 9) y los enlaces a todos los circuitos realizados con MicroCap, debidamente ordenados para que resulte rápido el acceso al circuito determinado en el que se está trabajando. También se muestra a la izquierda de la aplicación una serie de marcadores con los que el lector podrá desplazarse en el texto electrónico y acceder al apartado que desee directamente. El material de que se compone la aplicación es un navegador que guiará a todos los documentos electrónicos que explican la simulación de cada uno de los diferentes apartados, un guión de cada problema simulado en PDF (Figura 10) para poder ser consultado con acceso a todos los circuitos simulados y los ficheros de los circuitos simulados para que se puedan manipular por el lector.



Figura 8. Presentación de la aplicación multimedia.

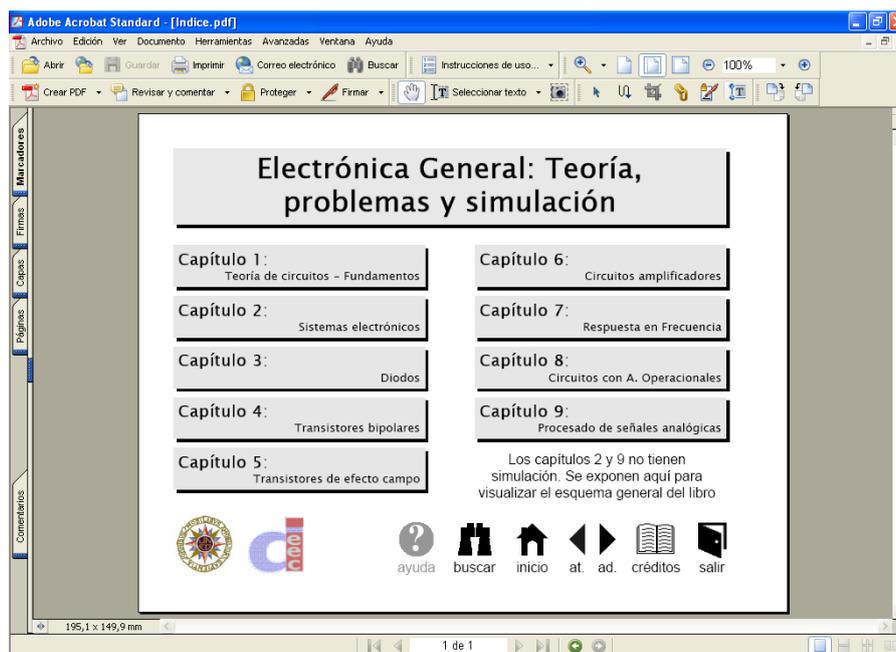


Figura 9. Capítulos de la aplicación electrónica multimedia.

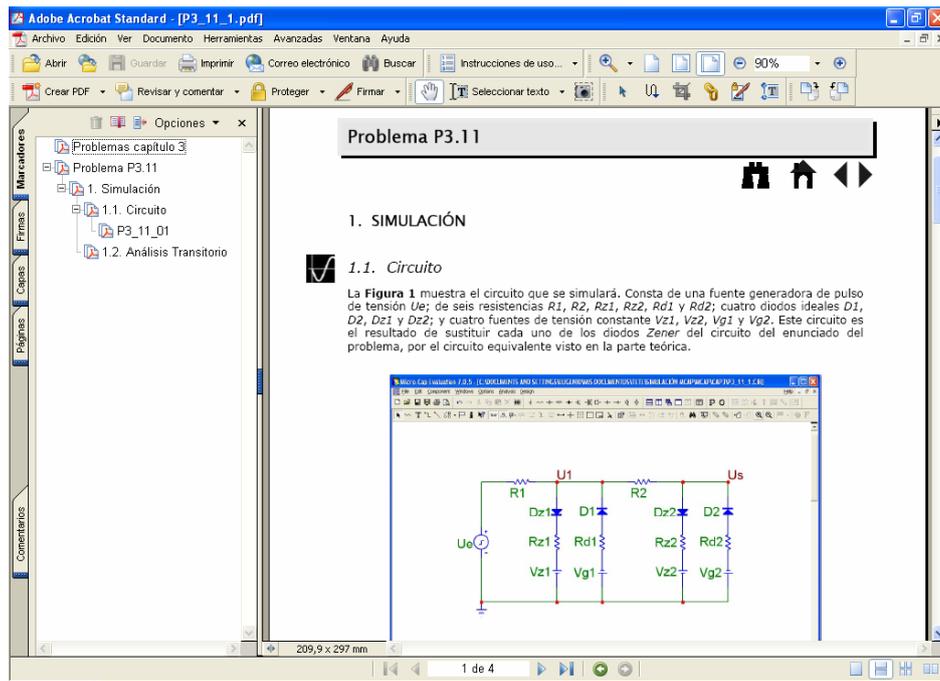


Figura 10. Información del circuito a simular.

4.2. Electrónica Analógica

Esta publicación, [5], también está compuesta por un libro y un CD-ROM. En los veinte capítulos del libro se realiza el análisis y simulación de veinte tipos de circuitos diferentes, aunque algunos de ellos están muy relacionados entre sí. El denominador común a lo largo de casi todo el libro es el uso del amplificador operacional (AO) como subsistema en circuitos más complejos. La metodología seguida en los veinte capítulos del libro es la que se describe a continuación:

1. Análisis teórico del circuito desde varios puntos de vista, siempre que sea posible. Se analiza la característica fundamental y definitoria del circuito, pero también los posibles efectos que en el comportamiento del circuito se producen debidos a la no idealidad de los componentes. Si es necesario, se introducen conceptos teóricos que serán utilizados en el resto de capítulos.
2. Simulación de la característica fundamental y funcional del circuito con una de las herramientas utilizadas. Se comparan los resultados de la simulación con los obtenidos teóricamente en base a los valores de los parámetros (valores de las resistencias, condensadores, etc.) del circuito simulado. Si existen discrepancias, se intenta analizar a qué se deben.
3. Cuando resulta relevante, también se simulan las características adicionales que aproximan el comportamiento real del circuito: respuesta en frecuencia de las funciones de transferencia, impedancias de entrada y de salida, etc. Se comparan los resultados obtenidos por simulación con los obtenidos de forma teórica.
4. En las configuraciones con realimentación negativa se analiza la estabilidad absoluta y relativa del circuito analíticamente y a través de la simulación.
5. Se proponen circuitos alternativos con ambas herramientas para que el lector pueda profundizar en el análisis del comportamiento del circuito o en mejoras en la funcionalidad del circuito básico.

En los 3 primeros capítulos se realiza un análisis del comportamiento del AO, su etapa de entrada diferencial en el capítulo 1, su estructura interna en el capítulo 2, y la simulación del modelo de AO en bucle abierto en el capítulo 3. Al final del capítulo 3 se ofrece una introducción a la realimentación de amplificadores, conceptos que serán utilizados en capítulos posteriores.

En el capítulo 4 se introduce la configuración general de un AO realimentado negativamente, (Figura 11 y Figura 12), de forma que desde el capítulo 4 hasta el capítulo 9 se analizan casos particulares de esta configuración. El análisis teórico de estos capítulos se realiza desde dos puntos de vista distintos: el punto de vista de la teoría general de amplificadores realimentados introducido en el capítulo 3, y desde el punto de vista de teoría de sistemas introducido en el capítulo 4. Se presta especial atención a la estabilidad, introducida en el capítulo 4, de las diferentes configuraciones con realimentación negativa.

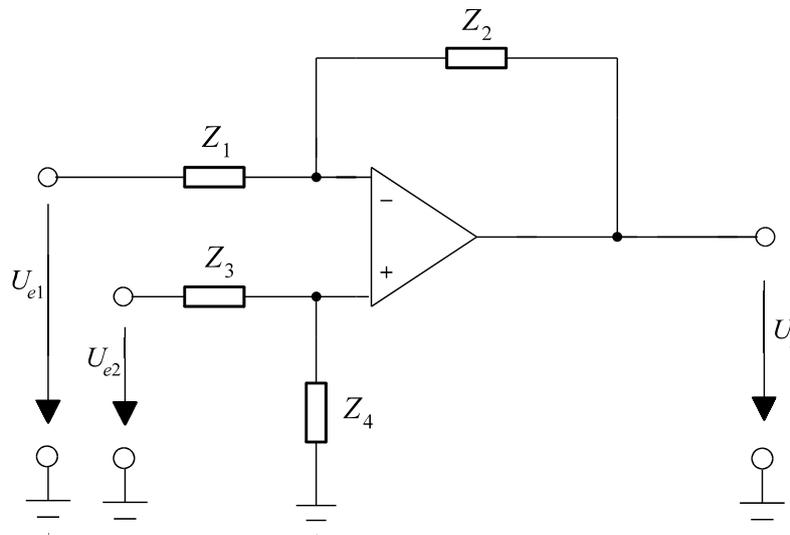


Figura 11. Configuración general del AO realimentado negativamente.

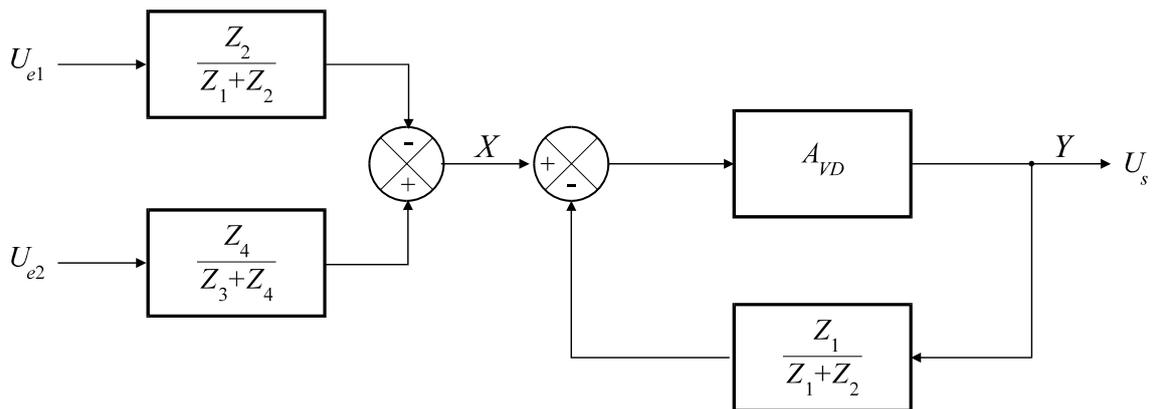


Figura 12. Diagrama de bloques del circuito de la figura 10.

En los capítulos 10 al 14 se analizan circuitos especiales, algunos no lineales, pero con el denominador común de la realimentación negativa del AO.

En el capítulo 15 se analiza el AO realimentado positivamente, en concreto el comparador con histéresis. En el capítulo 16, aprovechando los conceptos de realimentación y estabilidad introducidos

en el capítulo 4, se analizan diferentes configuraciones de osciladores senoidales, en los que se encuentra presente una realimentación positiva.

En los capítulos 17 al 19 se analizan diferentes configuraciones de temporizadores (monoestables) y generadores de ondas cuadradas (astables) y triangulares utilizando AO. En el capítulo 20 se analiza el funcionamiento del CI 555 (Figura 13), y sus aplicaciones como monoestable y astable.

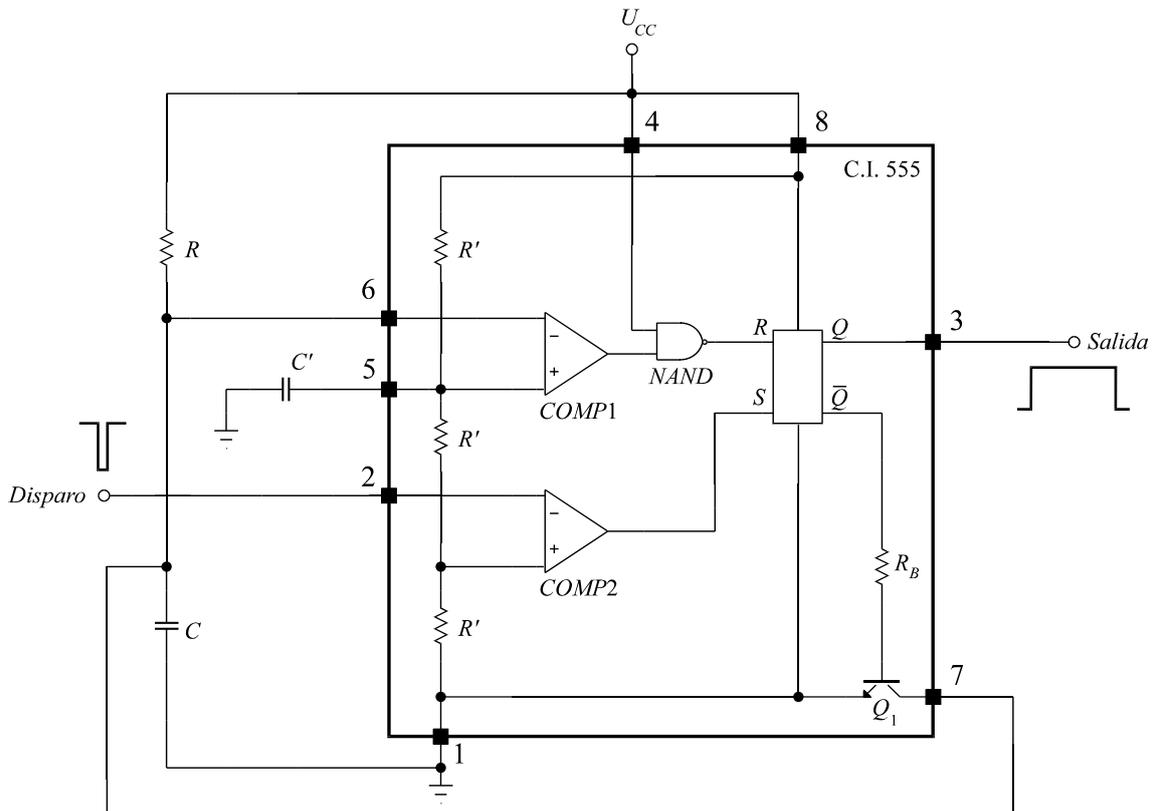


Figura 13. Configuración básica del Circuito Integrado 555 como temporizador.

También se incluye un capítulo de bibliografía y un índice alfabético. Por último, al final del libro se puede encontrar un apéndice con el contenido del CD-ROM que se distribuye con el libro, y un apéndice con el listado de los ejemplos utilizados a lo largo del libro para realizar las simulaciones y que se incluyen en el CD-ROM.

Las herramientas que se utilizan en este libro para realizar la simulación de los circuitos son las siguientes:

- **OrCAD PSpice A/D Demo v9.**

Esta aplicación de demostración, a la que se hará referencia como PSpice a lo largo de este libro, se encuentra integrada en el paquete OrCAD Demo v9, que es la versión limitada de demostración de OrCAD v9. Este paquete de aplicaciones permite, diseñar el esquema del circuito, simularlo y diseñar la placa de circuito impreso PCB. El idioma de trabajo es el inglés y es de distribución gratuita. Los circuitos con los que trabaja OrCAD PSpice pueden ser analógicos, digitales y mixtos.

- **Micro-Cap 8 Evaluation Version.**

Se trata de una versión limitada de evaluación de la aplicación profesional Micro-Cap 8. El idioma de trabajo es el inglés y su distribución es gratuita. Permite el diseño y simulación de circuitos analógicos, digitales y mixtos.

En cuanto al CD-ROM, se incluyen las versiones de evaluación y de demostración de las herramientas de simulación utilizadas a lo largo del libro, manuales y tutoriales en castellano y en formato PDF de estas herramientas, y todos los ejemplos de circuitos simulados o citados en el libro.

5. Conclusiones

Integrar la Simulación y las nuevas tecnologías en la enseñanza de la Electrónica tradicional y a distancia consigue mejorar la calidad del proceso de aprendizaje. Por ello, se han creado diversos materiales más preparados para afrontar el nuevo reto educativo. Con ellos, se pretende ofrecer una visión más amplia y clara de los conceptos teóricos y prácticos, así como una preparación previa al laboratorio practicando las posibles variantes de los circuitos en función de diferentes parámetros de entrada a la simulación. También ofrecen una alternativa de calidad para enfrentarse al mundo actual, tanto desde el punto de vista de laboral que se centra más en el resultado, como desde el punto de vista educativo, que persigue la didáctica de todo el contenido. El uso meditado de las nuevas tecnologías en la Educación, en particular en la enseñanza de la electrónica, ha sido el elemento clave de los nuevos materiales enfocados para un entorno de enseñanza a distancia.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Ministerio de Educación y Ciencia de España y al Plan Nacional Español I+D+I 2004-2007 el apoyo tanto a este artículo como al proyecto TSI2005-08225-C07-03 "mosaicLearning: Aprendizaje electrónico móvil, de código abierto, basado en estándares, seguro, contextual, personalizado y colaborativo".

Igualmente queremos expresar nuestro agradecimiento al Ministerio de Educación y Ciencia por su apoyo parcial a la presentación de este trabajo a través de la "red temática del Capítulo Español de la Sociedad de la Educación del IEEE" (TSI2005-24068-E).

Referencias

- [1] M. Castro y otros. Application of Modern Simulation Tools to Electronic Teaching and its Dissemination. *MELECON'98 9th Mediterranean Electrotechnical Conference*, mayo de 1998, Tel-Aviv (Israel).
- [2] M. Castro y otros. Multimedia Design and Development for Distance Teaching of Electronics. *FIE 2001 Frontiers in Education Conference. The Future Impact on Engineering and Science Education*, octubre de 2001, Reno, NV (USA).
- [3] M. Castro y otros. Integration of New Tools and Technologies in Electronics Teaching. *FIE 2004 Frontiers in Education Conference. Expanding Education Opportunities through Partnership and Distance Learning*, octubre de 2004, Savannah, GA (USA).
- [4] M. Castro, E. López y otros. *Electrónica General: Teoría, Problemas y Simulación*. Ed. UNED, 2005.
- [5] A. Hilario, M.A. Castro, y otros. *Simulación y Electrónica Analógica. Prácticas y Problemas. 2ª edición*. Ed. Ra-Ma, 2006.
- [6] M. Castro, F. García, P. Carrión y otros. *Electrónica General: Prácticas y Simulación*. Ed. UNED, 2005.
- [7] M. Castro y otros. *Guía Multimedia para la Simulación de Circuitos*. Ed. UNED, 2003.
- [8] F. García, P. Carrión, M. Castro y otros. *Electrónica Digital: Prácticas y Simulación*. Ed. UNED, 2006.