

# ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE CIRCUITOS DIGITALES Y MIXTOS CON PSpICE

J. Pallarès, N. Cañellas, J.L. Ramírez, O. Centelles y L.F. Marsal  
Universitat Rovira i Virgili  
Departament d'Enginyeria Electrònica  
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria  
Autovia de Salou s/n 43006 Tarragona  
Telf.: + 34 77 559625 Fax: + 34 77 559710  
email: jpallare@etse.urv.es

**RESUMEN.-** En este trabajo se analizan las posibilidades del programa PSpice para el diseño y análisis de circuitos digitales e mixtos. La principal ventaja pedagógica de su utilización es que con un único simulador el alumno puede abarcar el amplio espectro del diseño y análisis de circuitos analógicos, digitales y mixtos.

## 1.- INTRODUCCIÓN

El programa PSpice es una herramienta ampliamente usada tanto en el entorno profesional como en el educativo. El uso de este software se ha centrado clásicamente en el campo de la electrónica analógica [1], [2], pero las últimas versiones han extendido sus prestaciones al campo del análisis de circuitos digitales e mixtos [3], cubriendo así los diferentes ámbitos de la electrónica.

Este programa ofrece múltiples ventajas que lo hacen especialmente interesante para la enseñanza de la electrónica. Tanto es así que algunos textos docentes recientes incorporan apartados específicos de análisis de circuitos con PSpice [4], [5]. En primer lugar, existen versiones gratuitas de demostración que no requieren ordenadores muy potentes, lo que permite la creación de puestos de trabajo sin una gran inversión. Por lo tanto, el alumno puede llevarse una copia del programa y trabajar fuera del horario de clase. Además su versión profesional es ampliamente utilizada en la industria. Por otra parte permite realizar diferentes análisis (temporales, estadísticos, frecuenciales, ruido, etc) así como conocer las diferentes fases del diseño de un circuito (esquema, simulación, síntesis, etc). Finalmente destaca su compatibilidad con diferentes programas de CAD electrónico (Viewlogic, Cadence, Mentor, OrCAD, etc).

Aprovechando que los alumnos conocen el entorno de utilización del PSpice en su vertiente analógica, resulta relativamente fácil su aplicación a los circuitos digitales e mixtos. Una ventaja intrínseca de su uso es que con un único simulador el alumno puede abarcar el amplio espectro del diseño y análisis de circuitos analógicos, digitales e mixtos.

En este trabajo se presenta la utilización de programa de análisis y simulación de circuitos electrónicos PSpice en circuitos digitales e mixtos. Se utiliza como soporte docente a las explicaciones teóricas y las realizaciones prácticas en el laboratorio desarrolladas en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad Rovira i Virgili, dentro de las titulaciones de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas e Ingeniería Técnica Industrial especialidad Electrónica Industrial.

La última fase del diseño es la implementación del circuito, ya sea mediante circuitos integrados estándar o dispositivos lógicos programables, y la verificación de su funcionamiento.

## 2.- EJEMPLOS DE APLICACIÓN

A continuación se presentan, a modo de ejemplo, unos circuitos típicos de circuitos digitales e mixtos. Son una muestra de las amplias posibilidades que ofrece el programa PSpice.

La metodología a seguir sería la misma en todos los casos: primero el profesor propone las especificaciones del circuito. Después el alumno realiza un primer diseño y con la simulación comprueba el funcionamiento e introduce las modificaciones necesarias hasta obtener el resultado deseado. Finalmente, en el laboratorio implementa el circuito y verifican experimentalmente las características del diseño.

## 2.1.- Sistema combinacional

Como ejemplo de sistema digital combinacional se presenta el sumador. El esquema del circuito escogido se presenta en la figura 1. Se trata de un sumador de dos bits con acarreo, formado por puertas lógicas básicas AND (7408), OR (7432) y XOR (7486).

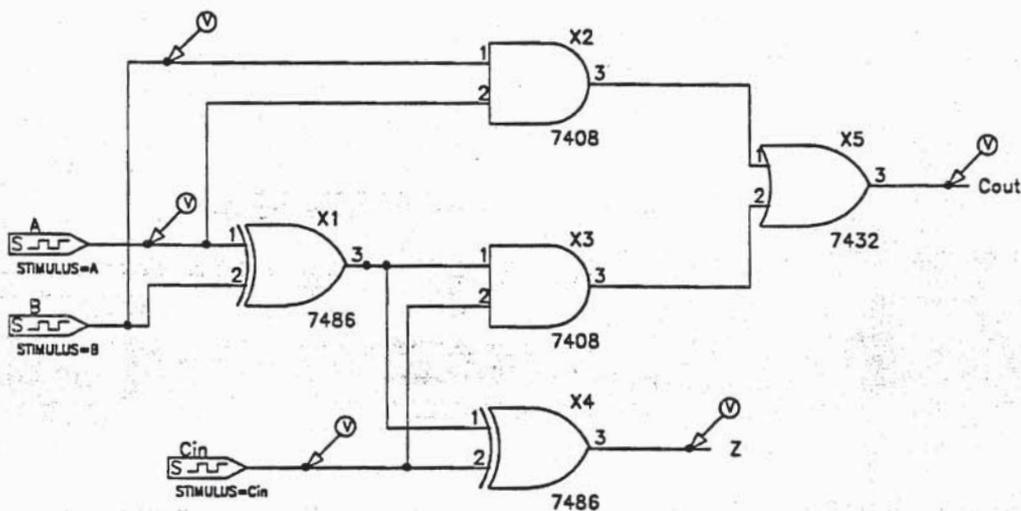


Figura 1.- Esquema del circuito sumador.

En la figura 2 se muestra el resultado de la simulación del sumador en forma de cronograma. El circuito tiene como entradas los dos bits a sumar (A y B) y el acarreo (Cin), y como salida el resultado (Z) y el acarreo (Cout).

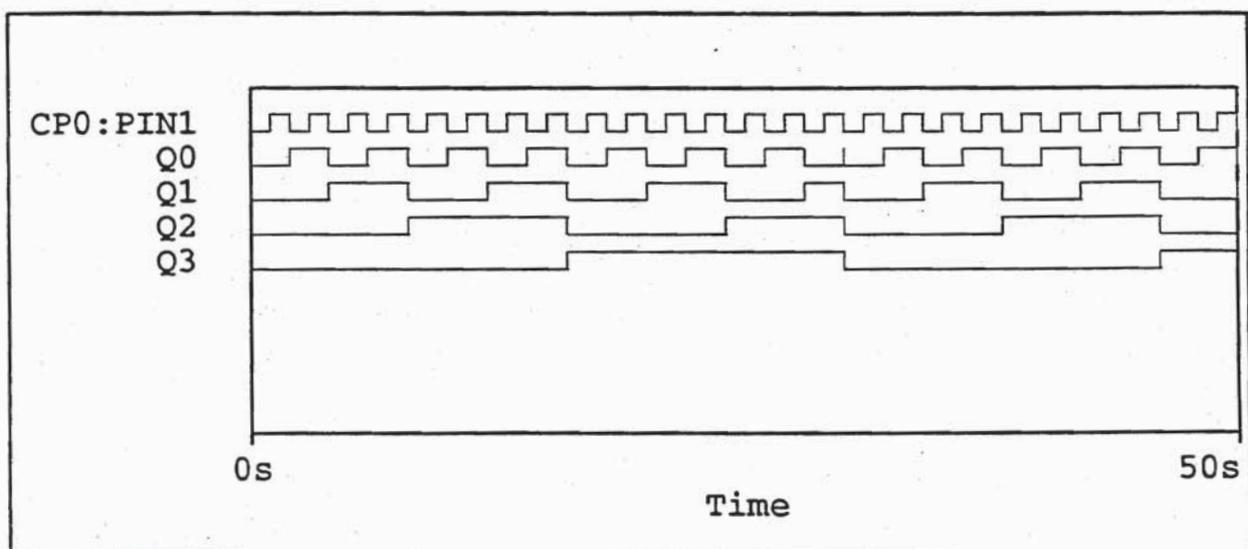


Figura 2.- Resultado de la simulación.

## 2.2.- Sistema secuencial

Un ejemplo típico de sistema secuencial es el contador. En la Figura 3 se presenta el esquema de un contador de 4 bits formado por flip-flop JK (7473) y por puertas lógicas AND (7411 y 7400). Todos los flip-flop tienen las entradas J y K en estado de alta impedancia. Hay una señal exterior (CP1) que se aplica al clock del primero. Las divisiones de la frecuencia de entrada (Q0 ... Q3) se obtienen en la salida Q de cada flip-flop.

En la figura 4 se muestran los cronogramas correspondientes a las señales de entrada y salida del contador. Se observa que cada señal tiene un periodo doble de la anterior.

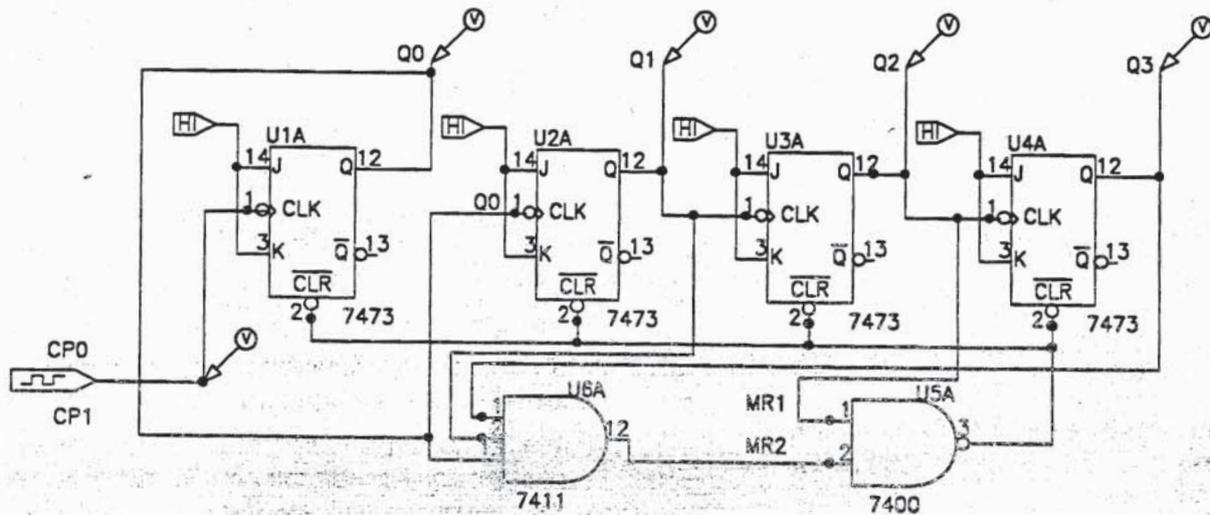


Figura 3.- Esquema del circuito sumador de 4 bits.

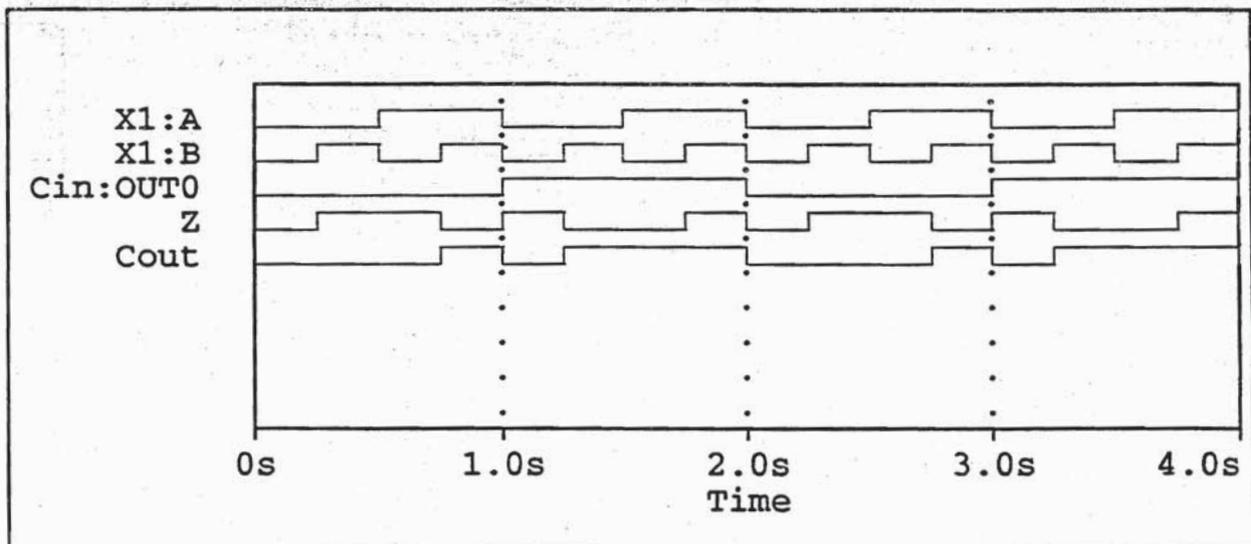


Figura 4.- Cronograma resultado de la simulación.

### 2.3.- Oscilador

Varias son las topologías que permiten realizar circuitos osciladores. En este trabajo se propone el circuito de la figura 5 porque permite una fácil implementación en el laboratorio. El corazón del diseño es el CI555, de amplia difusión y bajo coste. Un detallado análisis teórico del circuito (a realizar por el profesor) permite demostrar que la frecuencia de oscilación está controlada por el valor de la capacidad C3. Por esta razón se realiza un análisis paramétrico en función del valor de este condensador. Además, con el resto de componentes se puede variar la relación de tiempo en estado lógico '1' y '0'.

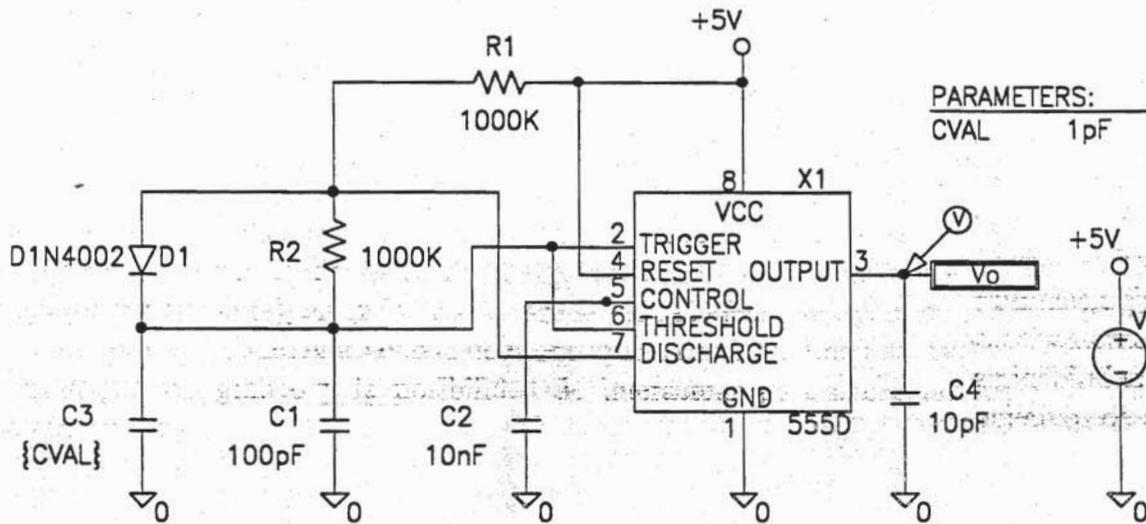


Figura 5.- Esquema de un oscilador basado en el CI555.

La señal de salida ( $V_o$ ) resultante de la simulación se muestra en la figura 6. Para unos componentes externos concretos se obtiene una frecuencia y un ciclo de trabajo determinados (parte inferior). Pero una variación del valor de la capacidad implica un cambio de estas características (parte superior).

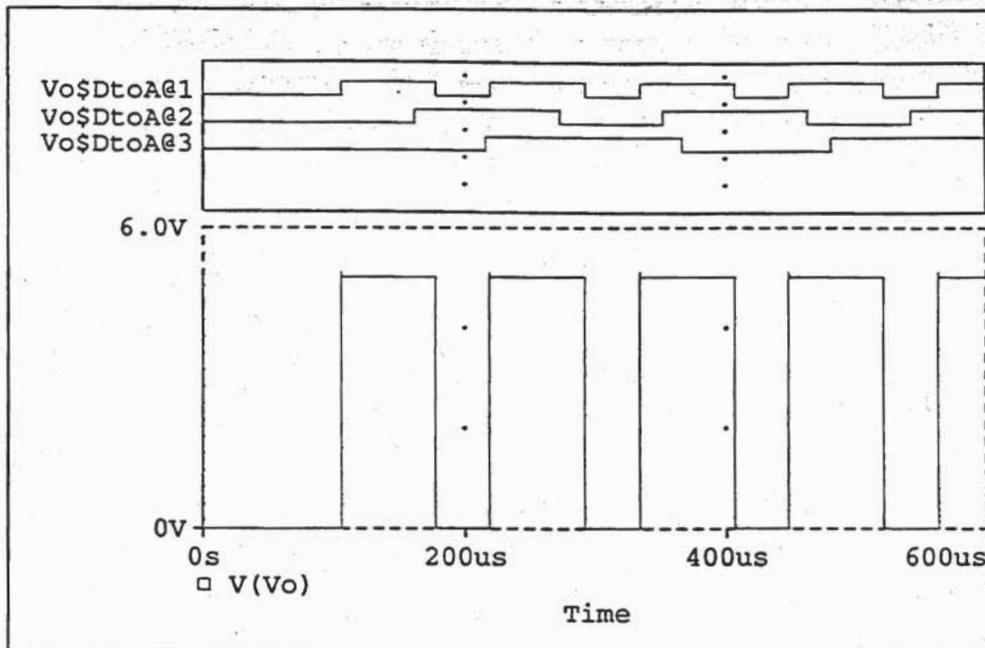


Figura 6.- Simulación parametrizando el valor de la capacidad C3.

## 2.4.- Diseño mixto

Las aplicaciones con circuitos mixtos, con componentes analógicos y digitales, están adquiriendo una gran importancia en la actualidad. Como ejemplo se propone el circuito de la figura 7. La parte analógica está formada por dos inversores 7414, dos resistencias y un condensador. Tal como se muestra en la parte inferior de la figura 8, esta parte genera una señal analógica de frecuencia  $f_0$ , que actúa como señal de reloj del flip-flop 7474 (tipo D). El resultado es una señal digital de frecuencia  $f_0/2$ , parte superior de la figura 8.

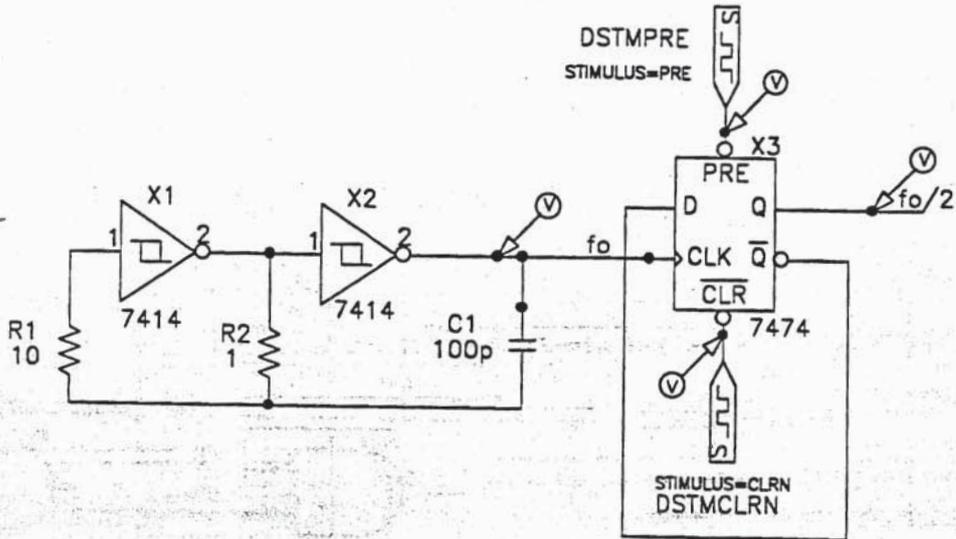


Figura 7.- Esquema del circuito.

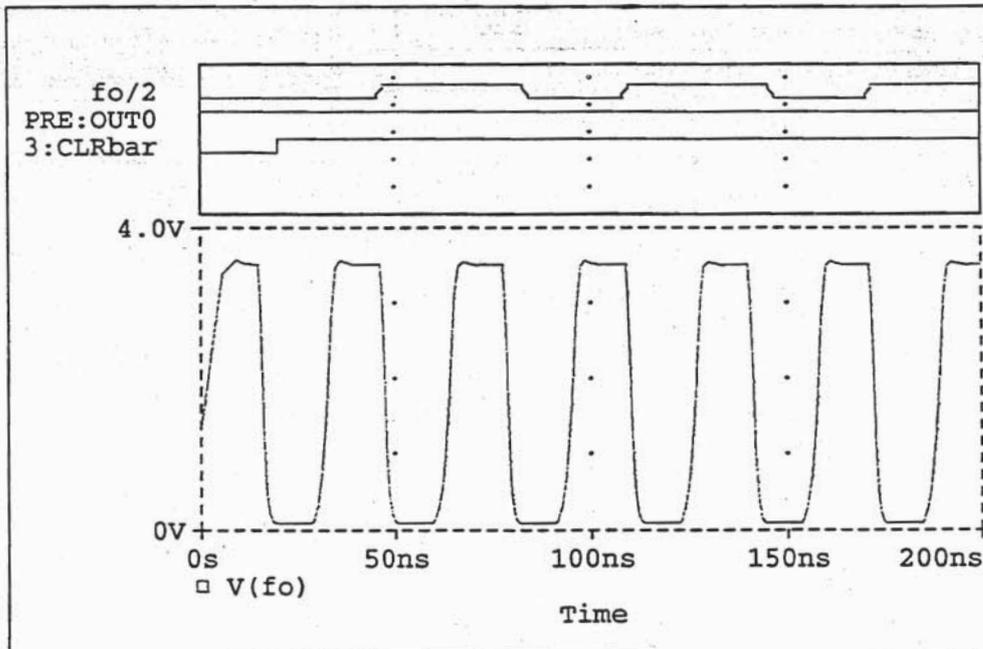


Figura 8.- Resultado de la simulación.

### 3.- CONCLUSIONES

La amplia difusión del simulador de circuitos eléctricos analógicos PSpice hace que sea el candidato ideal para utilizarlo como simulador digital y mixto, puesto que así con un único simulador el alumno puede analizar y diseñar circuitos analógicos, digitales y mixtos.

Este trabajo pretende ser una muestra de posibles aplicaciones. A modo de ejemplo se presentan un sistema combinacional (sumador), un sistema combinacional (contador), un oscilador y un diseño mixto. Para cada circuito se pretende que, a partir de unas especificaciones propuestas por el profesor, los alumnos realicen el análisis y diseño correspondiente. Después implementan en el laboratorio el circuito y, finalmente, comprueban experimentalmente su funcionamiento.

### 4.- REFERENCIAS

[1] Tuinenga, P.W. "SPICE. A guide to circuit simulation and analysis using PSPICE". Ed. Prentice Hall, 1988.

[2] Rashid, M. "SPICE for circuits and electronics using PSPICE". Ed. Prentice Hall, 1990.

[3] García Breijo, E. "PSPICE: simulación y análisis de circuitos digitales y mixtos asistidos por ordenador". Ed. Paraninfo, 1995.

[4] Prats Viñas, L. ed. "Circuitos y dispositivos electrónicos. Fundamentos de electrónica". Edicions UPC, 1994.

[5] Geiger, R.L., Allen, P.E. y Strader, N.R. "VLSI design techniques for analog and digital circuits". Ed. McGraw-Hill, 1990.