

TARJETA REPROGRAMABLE PARA PRÁCTICAS DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA BASADA EN EPAC'S

J.J. García, C. Mataix, M. Mazo, F.J. Meca y J. Ureña
Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá
Campus Universitario s/n. 28871. Alcalá de Henares. MADRID
Tel: 8854810 Fax: 8854899 E-mail: jesus@depeca.alcala.es

RESUMEN.- El IMP50E10 representa el primer circuito integrado analógico que puede ser programado por el usuario tanto en la fase de diseño, como reprogramado durante su uso en una aplicación. En este trabajo se ofrece una visión general de las características, estructura y posibilidades de programación del dispositivo, denominado por su filosofía, EPAC (Electrically Programmable Analog Circuit). Además se describe una tarjeta reprogramable basada en este circuito integrado que permite realizar múltiples prácticas de electrónica analógica, desde unas predefinidas, hasta otras que pueden ser diseñadas íntegramente por el usuario.

1.- INTRODUCCIÓN

La estructura interna del IMP50E10 se muestra en la Figura 1 [1]. Se observa la presencia de un número importante de módulos analógicos de alto nivel, que presentan un grado elevado de programación de su funcionalidad, características y posibilidades de interconexión. La interconexión entre los módulos, con ciertas limitaciones, se realiza por medio de los buses analógicos programables de altas prestaciones, representados en la Figura 1. La estructura y características programadas del dispositivo quedan almacenadas en sus memorias internas.

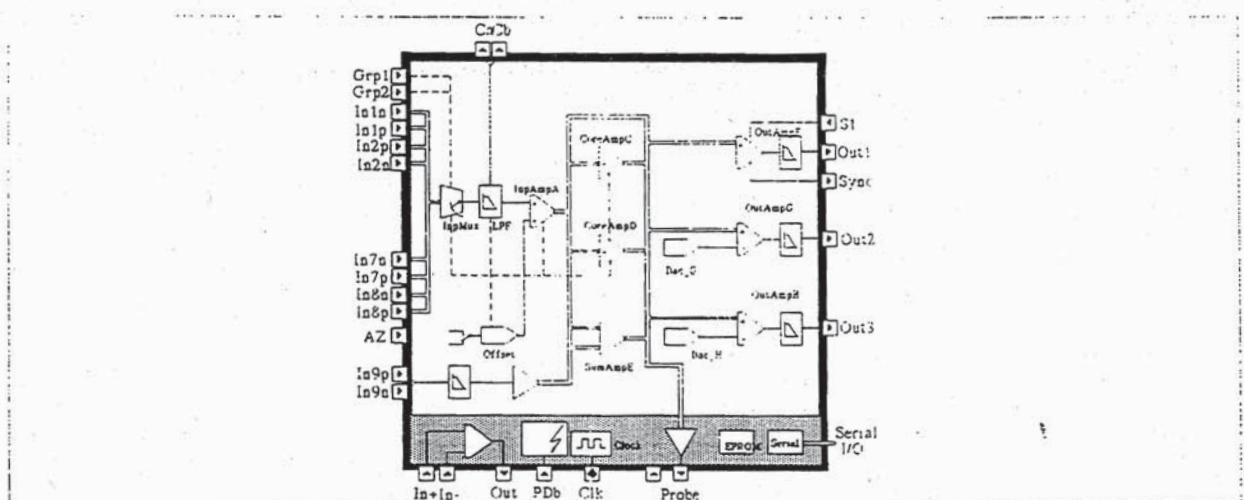


Figura 1.- Diagrama de bloques del IMP50E10.

Por lo visto hasta ahora, podemos observar cierta analogía entre el concepto EPAC y sus hermanas digitales FPGA's [2]. Al igual que éstas, presentan importantes ventajas sobre el diseño convencional que podemos resumir en las siguientes:

- Diseño eficaz a nivel de módulos con el apoyo de herramientas software permitiendo obtener rápidamente un prototipo, reduciendo las posibilidades de errores tan comunes en el diseño de módulos convencionales y facilitando el testeo y reprogramación sin coste adicional.
- Reducido tamaño y coste, existiendo además versiones con programación por máscara para grandes series, que eliminan el tiempo de programación individual y disminuyen los costes.

2.- ESTRUCTURA DE UN EPAC

En la Figura 2 podemos ver la estructura funcional de un EPAC [2][6]. Inicialmente se puede dividir en una sección de módulos analógicos y otra de control del dispositivo.

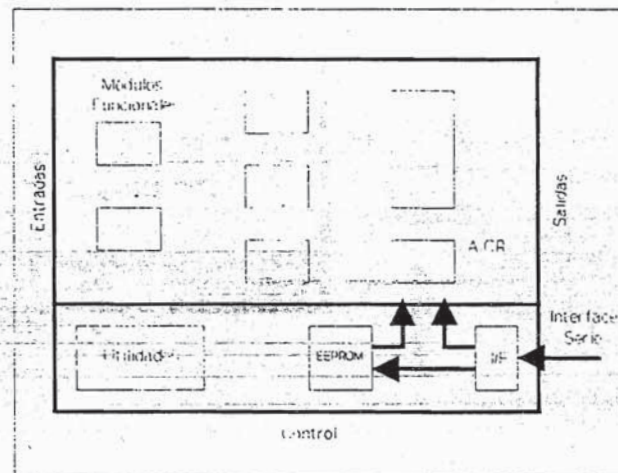


Figura 2.- Estructura funcional de un EPAC.

2.1.- Sección analógica

En ella se encuentran todos los módulos analógicos programables: amplificadores, DAC's, etc., que serán detallados en el siguiente apartado. Además se incluyen los llamados registros de configuración (CR) asociados a los diferentes módulos y buses analógicos que están materializados en una SRAM. Estos registros pueden ser modificados por la sección de control con los datos procedentes del puerto serie o de la EEPROM.

2.2.- Sección de control

Se incluyen una serie de utilidades para el proceso de depuración del diseño que permiten, por ejemplo, testear una señal interna, o volcar los registros de configuración al puerto serie para ser leídos, con la posibilidad en este caso de proteger dicha información con una clave de 4 bits.

La configuración del circuito se realiza mediante un interface serie, que permite escribir tanto en la SRAM como en la EEPROM. Cuando el circuito entra en funcionamiento, el contenido de la EEPROM es volcado en la SRAM. Posteriormente, durante el funcionamiento del circuito se puede modificar el contenido de los registros (al igual que el contenido de la EEPROM) y volcar en cualquier momento el contenido de la

EEPROM en éstos para recuperar la configuración inicial.

3.- CONCEPCIÓN FUNCIONAL DE LOS MÓDULOS INTERNOS

Debido a las diferentes características que son necesarias en los sistemas analógicos según su aplicación (ancho de banda, ruido, exactitud, etc.), resulta necesario limitar el campo de aplicación del dispositivo a la hora de diseñar su composición interna. El primer modelo comercializado por el fabricante (IMP50E10) ha sido pensado para aplicaciones generales de acondicionamiento de señal.

Un EPAC está formado por un conjunto de células o módulos de alto nivel que realizan funciones como DAC, amplificación y comparación, en oposición a una filosofía basada en células de más bajo nivel como operacionales, resistores, etc., que se aproximaría más a la utilizada en una FPGA, donde podemos encontrar células tan básicas como una puerta NAND. Este menor nivel de granularidad de los EPAC, si bien puede mermar la versatilidad del dispositivo, permite un diseño más rápido y adaptado a un conjunto de aplicaciones con un menor coste del dispositivo final.

Finalmente, debemos destacar que las salidas de la mayoría de los módulos se encuentran conectadas a un bus analógico al cual tienen acceso el resto de módulos, realizándose las interconexiones mediante puertas analógicas altamente optimizadas. Estas puertas, además de encargarse de la interconexión entre módulos, permiten el control interno de éstos para actuar sobre sus características.

4.- MÓDULOS ANALÓGICOS

Con el fin de reflejar más concretamente las posibilidades de los diferentes módulos analógicos, vamos a realizar a continuación una descripción rápida de sus características y funcionalidad.

Como características generales del dispositivo podemos destacar [1][3]:

- Alimentación simple de 5V.
- Tensiones de entrada en modo diferencial y común limitadas a la alimentación $\pm 0.3V$.
- Tensiones de salida del módulo en el margen (0.05 a 4.95V).
- Ganancia mínima 1 y máxima 20.000 con todos los módulos en serie.
- Ancho de banda marcado por el filtro antialiasing si es seleccionado o limitado por Nyquist en cualquier caso a 125KHz.
- Tiempo de programación total del dispositivo: 250 μ s para la SRAM y 340ms para la EEPROM.
- Estado programable de bajo consumo independiente para cada módulo.

En cuanto al ancho de banda del dispositivo, debemos destacar que el diseño interno se basa en la técnica de capacidades conmutadas, utilizando en modo normal de funcionamiento una velocidad de muestreo de 250KHz, limitándose así el ancho de banda a 125KHz para cumplir el criterio de Nyquist. Opcionalmente, podemos intercalar un filtro paso-bajo de entrada para limitar el ancho de banda y asegurar el cumplimiento del criterio de Nyquist.

En la Figura 1 se observan todos los módulos que forman el EPAC, siendo la mayoría configurables independientemente. En la Tabla I se hace una breve descripción de los mismos [6].

Debemos matizar aquí que las entradas analógicas se pueden dividir en 4 grupos. Cada uno de los grupos puede disfrutar de una configuración diferente de algunos módulos internos del

Módulo	Descripción
Multiplexor de entrada	8 entradas diferenciales o 16 analógicas.
Filtro pasobajo de entrada	Filtro de primer orden con frecuencia de corte de 15KHz.
Offset de entrada	Suma componente continua o realiza autoajuste del offset.
Amplificador de entrada A	Suma salida del filtro con el módulo de offset.
Amplificador de entrada B	Habilita un camino alternativo para las señales de entrada.
Amplificadores intermedios C y D	Trabaja con señales conectadas al bus analógico.
Amplificador sumador E	Suma y amplifica señales del bus analógico.
Bloques de salida F, G, H	Pueden funcionar como sumador, comparador o referencia de tensión.
DAC asociado a la salida	Se usa como referencia de tensión para los módulos F, G, H.
PROBE	Permite monitorizar externamente cualquiera de las señales.
Amplificador auxiliar	Amplificador de propósito general.
Reloj	Comanda las funciones internas de control, así como las capacidades conmutadas.

Tabla I.- Módulos del EPAC.

circuito, permitiendo de esta forma acondicionar del modo más adecuado las señales presentes en las entradas según sean sus características. La selección de cada grupo se puede realizar mediante programación por el puerto serie o con los terminales de entrada externos G1 y G2.

5.- SOFTWARE DE CONFIGURACIÓN

Para realizar la conexión de los módulos y definir sus características, se hace necesaria una configuración previa del EPAC. Con este fin, se dispone de un software de alto nivel, que permite realizar cualquier tipo de programación soportada por el dispositivo, siendo almacenada en la EEPROM interna del mismo.

Para poder trabajar con este paquete, denominado comercialmente *Analog Magic*, es necesario disponer de un PC compatible con IBM y de una versión de WINDOWS 3.1 o superior.

La metodología de diseño con un EPAC, mediante el software de aplicación, se basa en el concepto WYSIWYG (what-you-see-is-what-you-get), método éste que permite realizar diseños en cuestión de minutos [3].

Una vez que la tarjeta ha sido montada, si se utiliza un microcontrolador, se puede ir modificando en tiempo real (on the fly) la programación inicial realizada con *Analog Magic*, permitiendo esto tener un sistema totalmente dinámico, adaptado a las necesidades del sistema hardware en cada momento.

6.- TARJETA REPROGRAMABLE

Una de las tareas más comunes para las que está pensado el EPAC es el acondicionamiento de señales en aplicaciones como [6]: equipos de electromedicina, control industrial, control de sensores (presencia, temperatura, luminosidad) etc.

Pensando en posibles prácticas de electrónica analógica, se observa que sería fácil implementar con este dispositivo ejercicios como: sistema de adquisición de datos [5], sensores de corriente, etapas de acondicionamiento para control de procesos, etc. En la Figura 3 se presenta como sería el diagrama de bloques de un sistema de adquisición basado en un EPAC [4].

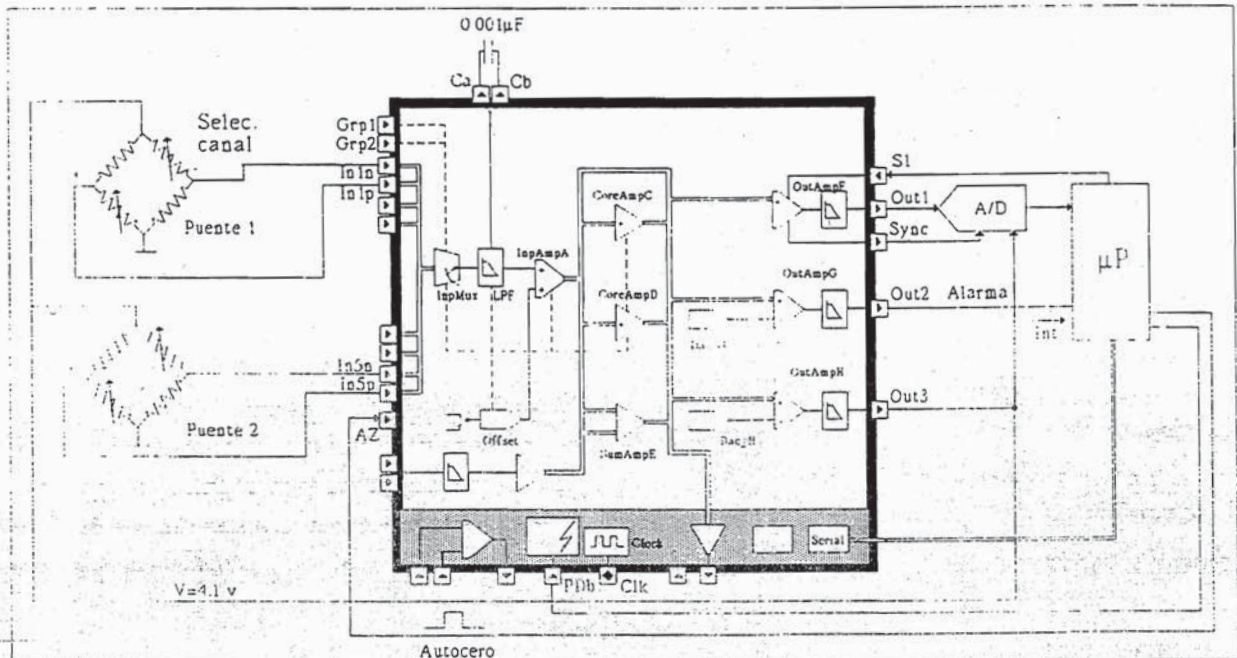


Figura 3.- Sistema de adquisición de datos.

Analizando todas las posibilidades de reprogramación del EPAC se ha diseñado una tarjeta reprogramable basada en el mismo (Figura 4), de forma que se obtiene el máximo rendimiento del dispositivo, y además se realizan numerosas prácticas de una forma sencilla, que sin el circuito programable hubieran necesitado una compleja circuitería.

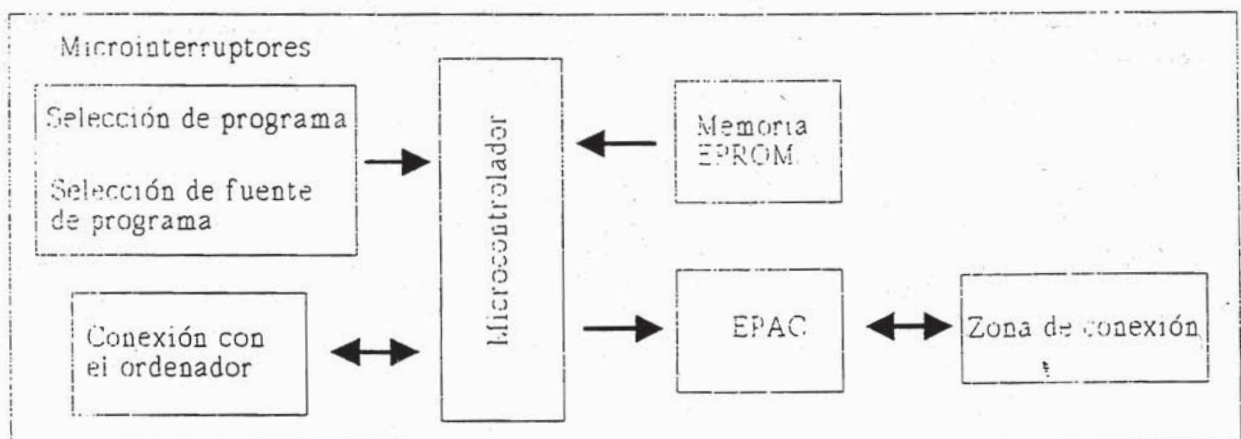


Figura 4.- Diagrama de bloques de la tarjeta reprogramable.

En la Tabla II se describen de forma breve la funcionalidad de cada uno de los bloques de la tarjeta.

Bloque	Descripción
Microinterruptores	Permiten realizar dos selecciones diferentes: 1.- El programa se carga de memoria o del PC. 2.- Si el programa se carga de memoria, se indica el número del mismo.
Microcontrolador	Realiza la función de puente entre memoria y el EPAC, o entre el PC y el EPAC.
EPAC	Sobre el se cargan los programas de memoria o del PC.
Memoria	En ella se encuentran almacenadas las programaciones por defecto del EPAC.
Zona de conexión	Se habilita esta zona para incluir la circuitería adicional para un correcto funcionamiento de las prácticas.

Tabla II.- Bloques de la tarjeta reprogramable.

Esta tarjeta se ha preparado para soportar tres posibles modos de trabajo de forma que se pueda realizar el mayor número de prácticas:

- 1.- En una memoria, inicialmente se han grabado varios programas correspondientes a prácticas. Mediante los microinterruptores se selecciona como fuente de programa la memoria EPROM, y se indica el programa que se debe cargar sobre el EPAC. Esta tarea es llevada a cabo por el microcontrolador.
- 2.- Se elige como fuente de programa el ordenador. Mediante el *Analog Magic* se carga el programa diseñado sobre el EPAC.
- 3.- Se selecciona el ordenador, pero mediante un protocolo existente entre ordenador y microcontrolador, se carga un programa de la memoria EPROM, y se modifica desde el PC, para mejorar las prestaciones del diseño original.

Una posibilidad que no se ha implementado es la reconfiguración en tiempo real. En este caso el microcontrolador no actuaría únicamente como puente entre las fuentes de programa y el EPAC, sino que además debe tomar decisiones, situación que se da cuando únicamente se realiza una aplicación y el sistema externo que se está controlando con el EPAC es variable.

7.- CONCLUSIONES

Según lo visto hasta ahora, este nuevo dispositivo presenta grandes ventajas frente a las tradicionales técnicas de desarrollo sistemas analógicos, acrecentadas éstas por las posibilidades de reconfiguración del EPAC.

Las ventajas más relevantes que podemos encontrar en estos integrados podrían resumirse de la siguiente forma:

- simplificación de las etapas de diseño, depuración y montaje,
- facilidad de ajuste,
- soluciones integradas para pequeñas y grandes series,
- aplicaciones rápidas, con un bajo coste,
- protección del esquema interno del EPAC, ya que incorpora un circuito de protección contra copias no autorizadas.

Por otra parte, presenta grandes ventajas en las realizaciones prácticas enfocadas a una clase de laboratorio de electrónica analógica, ya que permite simplificar mucho la circuitería a implementar, sobre todo en las tareas de adquisición, permitiendo que el alumno experimente sólo con aquellos dispositivos que necesita estudiar.

8.- REFERENCIAS

- [1] Información técnica suministrado por IMP, Inc.
- [2] Goodenough, F. "Analog Counterparts of FPGAs ease system design". Electronic Design, Octubre 1994.
- [3] Cantrell, T. "EPAC epoch". Circuit Cellar INK. Mayo 1995.
- [4] Klein, H. "Descripción y aplicaciones de la tecnología EPAC". Revista Española de Electrónica. Diciembre 1995.
- [5] Díaz, J., Jiménez, J.A. y Meca F.J. "Introducción a la Electrónica de medida I". Ed. Universidad de Alcalá, 1995
- [6] Meca, F.J., García, J.J., Mataix, C., Ureña, J., Mazo, M. "Dispositivos Analógicos Programables: EPAC's". En publicación, en la revista INTERFACE.