

APLICACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN PROGRAMABLE Y LOS SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS A LA CARACTERIZACIÓN Y TEST DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.

F.J. Meca y J.A. Jiménez.
Departamento de Electrónica.
Escuela Universitaria Politécnica.
Campus Universitario. Ctra. Madrid-Barcelona, Km. 33.6
28871 Alcalá de Henares (Madrid).
Tno: (91) 8854817/10.
Fax: (91) 8854804.
e-mail: jimenez@depeca.alcala.es

RESUMEN.- En este artículo se presenta la metodología seguida para impartir la enseñanza de los sistemas de instrumentación programable bajo bus IEEE 488 en el laboratorio de Instrumentación del Dpto. de Electrónica de la U.A.H. Además de presentar el desarrollo temático impartido, se trata en profundidad una aplicación orientada al test de un circuito analógico, en concreto un EPAC (Electrically Programmable Analog Circuit).

1.- INTRODUCCIÓN.

La amplia difusión del standard para interconexión de instrumentos programables IEEE 488, también conocido como GPIB (*General Purpose Interface Bus*), recomienda una formación adecuada en este campo de la instrumentación electrónica. Bajo esta perspectiva ha sido programada la asignatura "Laboratorio de Instrumentación Electrónica" que se imparte en 3^{er} curso de I.T.T. en la especialidad de Sistemas Electrónicos. Con este artículo pretendemos dar una visión general del planteamiento de dicha asignatura, comentando brevemente su desarrollo temático, en lo que respecta a la instrumentación programable, así como los objetivos perseguidos. Para finalizar presentamos como ejemplo, el desarrollo de una de las prácticas realizadas.

Comentar que la materia impartida en dicho laboratorio incluye igualmente el estudio de un sistema de adquisición de datos comercial [2], abarcando desde su estructura circuital hasta la programación enfocada hacia aplicaciones de medida, mediante software comercial.

Por último, debemos aclarar que la práctica presentada es una simplificación de la realmente desarrollada en el laboratorio, con el fin de no alargar la exposición. La práctica original hace uso de una tarjeta de adquisición de datos para extraer parámetros adicionales del dispositivo testado. Si bien, sirve de muestra de la filosofía de trabajo propuesta.

2.- DESARROLLO DEL APRENDIZAJE DEL BUS GPIB EN EL LABORATORIO.

Para comenzar, realizaremos una breve exposición de las prácticas desarrolladas en el laboratorio, que tienen por objetivo final que el alumno conozca la utilidad de los sistemas de instrumentación y sea capaz de desarrollar aplicaciones para ellos. Comentar que con anterioridad a la realización de estas prácticas el alumno ya es sabedor de los aspectos

teóricos fundamentales, tales como:

- * Finalidad de los sistemas de instrumentación.
- * Problemática.
- * Orígenes de la normalización y su evolución.
- * Elementos integrantes de un sistema de instrumentación.
- * Aspectos básicos de la norma IEEE 488 y sus posteriores revisiones.

Todos estos aspectos se desarrollan en [2].

La evolución temporal de las prácticas es la siguiente:

PRÁCTICA 1: "FAMILIARIZACIÓN CON EL BUS IEEE 488"

Representa la primera toma de contacto con el bus y consiste en enviar y recibir información a través de este. Se hace también especial incapie en los distintos tipos de comandos.

PRÁCTICA 2: "LÍNEAS DEL BUS Y PROTOCOLO IEEE 488"

Estudia las líneas del bus y su función así como el protocolo IEEE 488 para transmisión de datos. El desarrollo de la práctica consiste en enviar un comando a un instrumento para comprobar la secuencia de bytes transmitidos y que el protocolo se realiza para cada uno de estos bytes tal y como describe la norma. Para monitorizar el estado de las líneas del bus se utiliza un analizador lógico.

PRÁCTICA 3: "SONDEO SERIE"

Con esta práctica se pretenden varios objetivos:

- 1.- Conocer en qué consiste un sondeo en general y cuando se realiza.
- 2.- Estudiar el sondeo serie definido por la norma IEEE 488.1
- 3.- Conocer el modelo de informe de estado definido por la norma IEEE 488.2 así como sus comandos asociados.

La práctica consiste en provocar en un instrumento distintas situaciones que originen una petición de servicio para que sea detectada mediante el sondeo correspondiente.

PRÁCTICA 4: "MEDIDA AUTOMÁTICA DE RESISTENCIAS"

La finalidad de esta práctica es aprender a utilizar uno de los dispositivos imprescindible en todo sistema de instrumentación, las unidades de conmutación y encaminamiento, necesarias para hacer accesibles distintos puntos del DUT a los instrumentos de medida y excitación.

Una vez realizadas estas cuatro primeras prácticas en las que se presentan los aspectos fundamentales para conocer el funcionamiento del bus, se desarrollan distintas aplicaciones en las que intervienen varios instrumentos, de esta forma, se pretende que el alumno vaya adquiriendo agilidad y destreza en el desarrollo de aplicaciones para este tipo de sistemas.

Algunas de las aplicaciones que se desarrollan en estas prácticas son: Obtener la respuesta en frecuencia de un filtro, control remoto de distintos instrumentos complejos (osciloscopios digitales, analizadores de impedancia/ganancia/fase, etc) y volcado de las señales de estos instrumentos a un plotter o impresora conectada al mismo bus, o la caracterización y test de distintos circuitos como puede ser el caso de un EPAC, práctica objeto de esta comunicación y en la que nos centraremos a partir de ahora.

Comentar antes de continuar, que la mayoría de las prácticas comentadas se encuentran descritas en [2].

3.- PRÁCTICA: SISTEMA PARA EL TEST DE UN EPAC.

Vamos a presentar una aplicación de los sistemas de instrumentación programable orientada al test de algunas características de un circuito de acondicionamiento de señal. El circuito testado es un Epac (*Electrically Programmable Analog Circuit*), en concreto el IMP50E10 de la firma IMP [3].

La finalidad es la de realizar un test completo del circuito, concretamente, las medidas que

se implementan son las siguientes:

- Respuesta en frecuencia.
- Rechazo al modo común con la frecuencia.
- Consumo del circuito.

Estas medidas resultan suficientes para poner en práctica los conocimientos sobre instrumentación programable, así como para presentar al alumno la nueva tendencia en el diseño de circuitos analógicos representada por los EPAC.

3.1.- Configuración del Epac y estructura del sistema de test.

El Epac ha sido configurado de la siguiente forma:

- Entrada en modo diferencial.
 - Elección externa del canal de entrada mediante las líneas de selección de grupo.
 - Filtro de entrada pasabajo a 15KHz.
 - Ganancia nominal para todas las entradas de 100.
 - Módulo de salida de señal programado como Sample&Hold con salida referenciada a 2.5V.
- Para realizar el test se han utilizado los siguientes instrumentos programables GPIB:

- Multímetro digital Fluke 45 [4].
- Generador de funciones PM5138 Philips [5].
- Caja de conmutación PM2120 Philips [6].

El software de control ha sido realizado mediante LabWindows [7] siendo el controlador del sistema un PC con una tarjeta GPIB PC2A [8] de National.

El esquema completo del sistema de test se representa en la figura 1, donde se muestra la configuración interna del EPAC, la disposición externa de los instrumentos y los diferentes componentes necesarios para el funcionamiento.

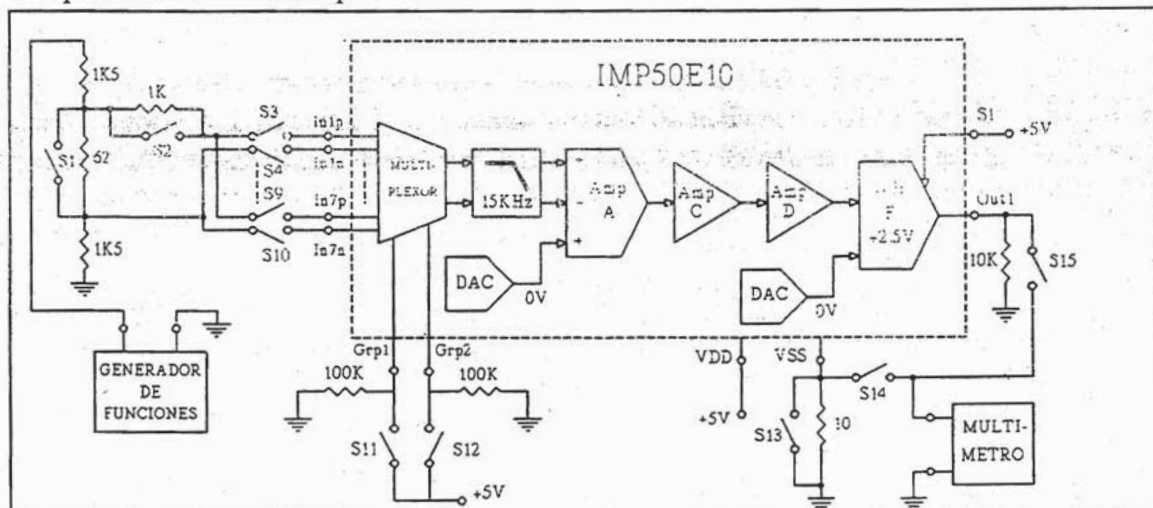


Figura 1.- Esquema completo del sistema de test.

Las pruebas de respuesta en frecuencia se realizan con la siguiente configuración del generador de funciones y polímetro:

- Tensión generada 4V de continua mas 2Vpp de alterna.
- Frecuencia inicial del test 20Hz y las siguientes aumentando a razón de 1.2 hasta 100KHz.
- Multímetro en alterna, autoescala y máxima resolución.

La tensión diferencial de entrada al EPAC será entonces una componente alterna de 14.2mV eficaces y la común de 2V de continua, testeando su respuesta a 48 frecuencias diferentes.

Las pruebas de rechazo al modo común utilizan la siguiente configuración:

- Tensión generada 4V de continua y 5.6Vpp de alterna.
- Frecuencias de test y configuración del polímetro igual que en el caso anterior.

La tensión en modo común de entrada al EPAC estará formada por lo tanto, por una señal alterna de 1V eficaz, mas una continua de 2V. Se ha incorporado un desbalanceo en las impedancias de las dos entradas de $1K\Omega$, tal y como suele realizarse en las medidas de este parámetro. La respuesta será igualmente testada en 48 frecuencias.

Debemos indicar aquí, que la frecuencia máxima de testeo viene limitada por las características del multímetro que no mide correctamente por encima de unos 100KHz.

3.2.- Ecuaciones que relacionan los parámetros testados con las medidas realizadas.

Vamos a realizar una exposición de los conceptos circuitales asociados a las medidas.

MEDIDA DEL CONSUMO: Para ello, tal y como se pudo apreciar en la figura 1, hemos insertado un resistor de 10Ω en el terminal de masa del EPAC. Por ello, la lectura en tensión continua del polímetro en voltios, debe dividirse por 10 para que refleje la corriente consumida por el circuito en amperios.

Esta medida es realizada con tensión nula en la entrada seleccionada. Realizada la medida, dicha resistencia es cortocircuitada con el relé correspondiente en el resto de medidas.

MEDIDA DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA: Con la configuración del generador comentada en el apartado 3.1, resulta una tensión diferencial teórica de entrada de 14.2mVef.

La ganancia del circuito en función de la frecuencia se calcula en dB, según la siguiente expresión:

$$G_f (dB) = 20 \log \frac{V_{O_f}}{14.2mV}$$

La tensión real de entrada no ha sido automatizada en aras de no complicar demasiado la tarea de conexionado del sistema, asumiendo por ello la posible diferencia entre la ganancia real y la calculada.

La resistencia de 62Ω es cortocircuitada en la medida del rechazo al modo común.

La respuesta en frecuencia obtenida para el canal 1 se presenta en la figura 2.

MEDIDA DEL RECHAZO AL MODO COMÚN: Para realizar esta medida provocamos un desequilibrio de $1K\Omega$ entre las resistencias vistas por las entradas, tal y como suele ser normal por parte de los fabricantes de dispositivos a la hora de ofrecer este parámetro. Dicha resistencia es cortocircuitada para la medida anterior de la respuesta en frecuencia.

Con la configuración del generador enunciada en el apartado 3.1, el valor eficaz de la tensión en modo común vista por el circuito es de 1Vef.

Para el cálculo del rechazo al modo común es necesario conocer la ganancia del circuito, resultando entonces la expresión:

$$CMRR_f (dB) = 20 \log \frac{1V_{ef}}{V_{O_f}} + G_f (dB)$$

Con el fin de asegurar que el sistema se encuentra estabilizado después de ocasionar un cambio en la frecuencia de salida del generador, el programa debe introducir un retardo previo a la medida por parte del polímetro de la tensión de salida.

En la figura 3 se presenta el CMRR obtenido para el canal 1.

3.3.- Interface de usuario de la aplicación.

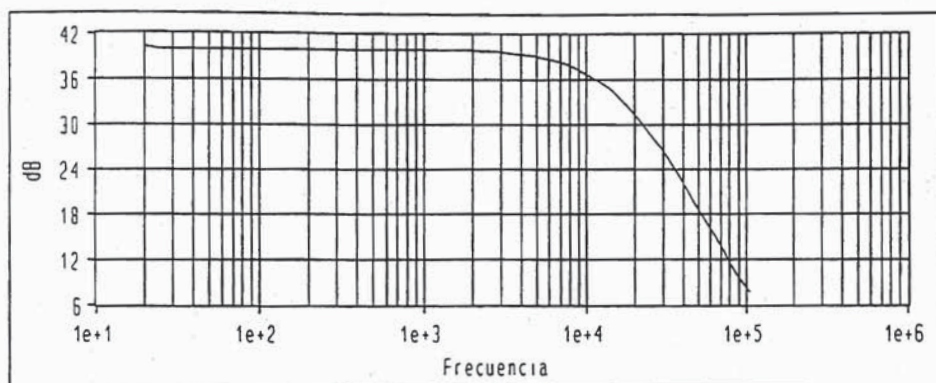


Figura 2.- Respuesta en frecuencia del canal 1.

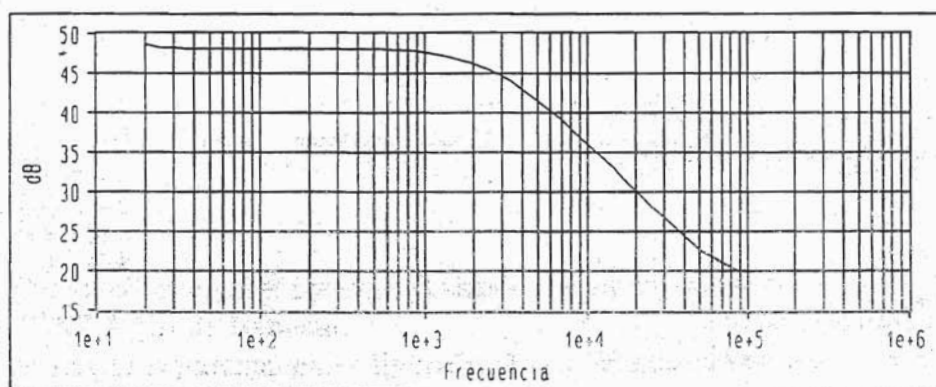


Figura 3.- CMRR del canal 1.

Para que la aplicación resulte más atractiva se le ha dotado del interface gráfico de usuario representado en la figura 4.

Como se puede observar el interface está formado por los siguientes elementos:

1.- Gráfico: Se representa la ganancia o el CMRR en dB en función de la frecuencia, según la opción seleccionada por el usuario.

2.- Pulsador "*Realizar Medidas*": Al operar sobre este elemento se suceden las siguientes acciones:

a.- Reset del bus y de todos los instrumentos conectados a él.

b.- Se cierran los relés correspondientes para el canal sobre el que se desea realizar la medida y se abren el resto de relés.

c.- Configuración del generador de funciones según la opción seleccionada por el usuario, "Respuesta en frecuencia" o "CMRR".

d.- Se realizan medidas a las frecuencias correspondientes y se calcula la ganancia en el caso de que la opción seleccionada sea "Respuesta en frecuencia" o el CMRR en caso de que la opción seleccionada sea "CMRR".

e.- Finalmente se representan los resultados obtenidos.

3.- Barra de desplazamiento *Medida*: Mediante este elemento el usuario podrá seleccionar el tipo de medida que desea realizar: "Respuesta en frecuencia" o "CMRR".

4.- Barra de desplazamiento *Canal*: Selecciona el canal que deseamos testear.

5.- Pulsador *Imprimir*: Permite realizar volcados del gráfico a una impresora o plotter conectado al bus.

6.- Pulsador *Consumo*: Permite al usuario obtener el consumo del circuito.

7.- Conmutador *ON/OFF*: Elemento para iniciar (ON) y salir (OFF) de la aplicación.

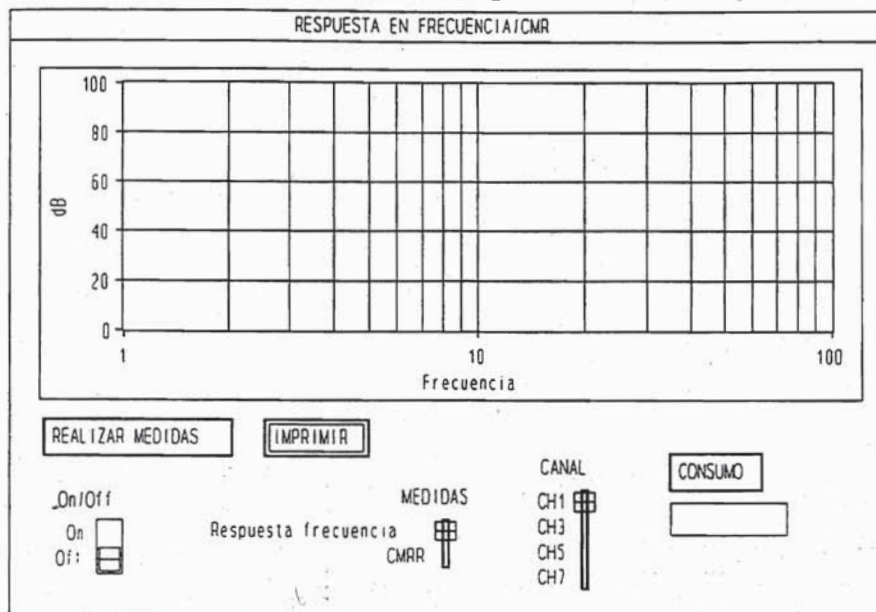


Figura 4.- Interface gráfico de usuario de la aplicación.

4.- CONCLUSIONES.

En muchas ocasiones las prácticas de laboratorio están soportadas por un exceso de material puramente "didáctico" que con demasiada asiduidad se aparta sensiblemente de las herramientas profesionales con las que el futuro ingeniero deberá trabajar.

Enfocando los conceptos hacia una aplicación práctica como la comentada, el alumno se enfrenta directamente a los problemas que surgen al desarrollar aplicaciones de estas características, con la ventaja que implica el hecho de utilizar recursos comerciales de características semejantes a los que tendrá que utilizar en un futuro. Este hecho, como se ha podido comprobar durante el desarrollo del laboratorio, produce una importante motivación en el alumno.

Hemos planteado el uso únicamente de herramientas profesionales, que si bien, su adquisición requiere la disposición de unos recursos económicos notables, creemos conveniente realizar el mayor esfuerzo para incorporarlas en nuestra enseñanza.

5.- REFERENCIAS.

- [1] Díaz, J., Jiménez, J.A., Meca, F.J. "Sistemas de adquisición de datos". Servicio de publicaciones U.A.H, 1995.
- [2] Díaz, J., Jiménez, J.A., Meca, F.J. "Sistemas de instrumentación"., Servicio de publicaciones U.A.H, 1994.
- [3] "EPAC™ User's Manual". IMP, Inc, 1995.
- [4] Fluke. User's manual Fluke 45. 1989.
- [5] Philips. Function generator PM5138. 1991.
- [6] Philips. System 21 manual. 1988.
- [7] National Instruments. Manuales software Labwindows. 1991.
- [8] National Instruments. User's Manual PCIIA. 1989.