

Laboratorio de instrumentación programable para prueba de circuitos electrónicos y análisis de señales de Bus GPIB

Resumen

Los autores presentan un sistema ATE diseñado para la realización de prácticas de instrumentación electrónica programable, mediante instrumentos GPIB y VXI conectados a una red de área local (LAN). Este sistema destinado a los alumnos de ingeniería electrónica, tiene por objetivo introducirles en las tecnologías más relevantes del hardware de instrumentación para aplicaciones ATE, así como el manejo de sus herramientas de desarrollo de programas.

Introducción

La enseñanza de la instrumentación electrónica para alumnos de ingeniería, tiene una importancia capital en la formación básica en tecnologías orientadas al diseño de sistemas para: controlar procesos, verificar productos, explotar servicios, analizar calidades, etc., en todos los sectores económicos el creciente avance de la microelectrónica con su continua reducción de costes y aumento de potencia de procesamiento y miniaturización, junto con las cada vez mayores prestaciones de los paquetes informáticos, han permitido la aparición de potentes sistemas de medida automatizados (ATE: Automated Test Equipment) basados en instrumentación programable [28].

Desde que en 1965 la firma HP presentó su bus HPIB, se consolidó paulatinamente la normalización "de facto" de instrumentos programables de sobremesa (rack-and-stack), hasta que en 1975 alcanzó la normalización "de jure" bajo la denominación IEEE 488, popularmente llamada GPIB (General Purpose Interface Bus). La limitación de esta norma al aspecto físico de la conexión del bus (hardware) motivó que en 1987 se ampliara la primera versión, que pasó a denominarse IEEE 488.1, en el sentido de facilitar la programación de los

instrumentos mediante la normalización de protocolos de intercambio de mensajes, formatos de datos y sintaxis, informes de estado y órdenes generales comunes a distintos tipos de instrumentos. Esta nueva versión llamada IEEE 488.2 no permitía aún el diseño de sistemas ATE totalmente compatibles, y por ello en 1990 surgió la norma SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) que definió un modelo conceptual único para el diseño de instrumentos programables [29]. Paralelamente a los avances en el desarrollo de sistemas ATE compatibles, se realizaron esfuerzos para aumentar la capacidad de procesamiento de los instrumentos GPIB mejorando la velocidad de las transferencias en el bus (máximo de 1MBps), hasta que en 1987 un consorcio de compañías fabricantes de instrumentos electrónicos presentó la arquitectura VXI (VME eXtension for Instrumentation) basada en el bus VME, con instrumentos modulares en tarjetas que se insertan en un chasis, capaz de alcanzar una velocidad de 40 MBps [22]. En la presente década la instrumentación programable basada en los buses GPIB y VXI ha alcanzado una enorme expansión permitiendo la creación de sistemas ATE con diversas plataformas de ordenadores y múltiples sistemas operativos dando lugar al concepto de "instrumentación virtual". Actualmente se mantiene el impulso de avance en las prestaciones del bus GPIB y en nuevas arquitecturas de instrumentos programables, por parte de fabricantes usuarios e investigadores.

En concreto la firma National Instruments presentó respectivamente la especificación HS488 en 1993 destinada a conseguir una velocidad máxima de 8MBps en GPIB, y en 1997 la arquitectura PXI (PCI eXtensions for Instrumentation), basada en Compact PCI [29], para instrumentos modulares en tarjetas.

Descripción del sistema ATE

En el Departamento de Tecnología Electrónica (DTE) de la Universidad de Vigo (España), se cuenta con un Sistema de Instrumentación Programable (SIP) basado en los buses de instrumentación IEEE 488 (GPIB) y VXI situado en el laboratorio de comunicaciones digitales. El bus GPIB además conecta todos los instrumentos a los ordenadores del laboratorio por medio de una LAN [26]. La interfaz entre la red y el bus GPIB se realiza mediante la pasarela Gateway LAN HP-IB HP E2050 [19]. El bus VXI [2][22][26] está instalado en un chasis (mainframe) para instrumentos modulares (modules) en tarjetas tamaño C que se conecta a la LAN mediante el bus GPIB, y su herramienta de desarrollo es el lenguaje VEE [15][16][17]. Las figuras 1a y 1b muestran la configuración del sistema.

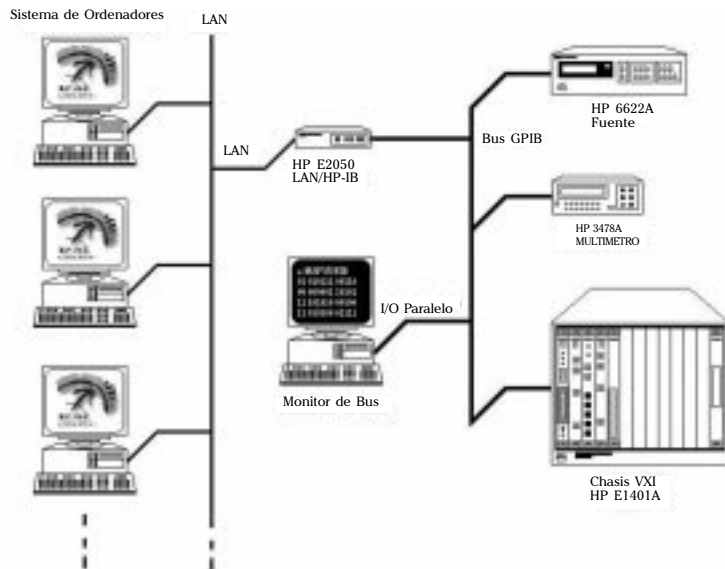


FIGURA 1A. Configuración del Sistema de Instrumentación Programable (SIP)

La pasarela (gateway) conecta la red de ordenadores al bus GPIB siguiendo el modelo de Cliente/Servidor [22], en el que cada ordenador actúa como cliente y la pasarela como servidor [14][18][19]. De esta forma las aplicaciones ejecutadas en los clientes pueden comunicarse con los instrumentos basados en el bus GPIB de forma transparente a través de la red LAN. Con ello se logra que varios alumnos puedan acceder a los instrumentos y compartir los recursos del sistema.

La pasarela físicamente se puede instalar en cualquier lugar de la red, dependiendo de la localización de los instrumentos y de la longitud de los cables

GPIB. La identificación de los instrumentos se reduce a una simple dirección.



FIGURA 1B. Sistema de Instrumentación Programable (SIP)

La tabla 1 resume las características de los equipos que configuran el SIP, y consisten en dos instrumentos GPIB de sobremesa (fuente de alimentación [9] y multímetro [4]), un chasis VXI [29][31] que conecta 8 instrumentos más ([5] a [13] y [21]), la pasarela y un ordenador con el software ESPYGPIB, desarrollado en el DTE, que realiza la función de monitor de bus.

Nombre	Conexión	Características
Fuente de Alimentación DC HP 6622 A	GPIB	3 Salidas de W. a 7V@10 A, 20V@4 A o 50V@2 A, 20V@4 A
Multímetro HP 6478A	GPIB	284 hilos Ω, Vdc/ac, 9 Ags 250V
Módulo Potencia del Chasis HP E1401A	VXI/GPIB	Tamaño C, 13 ranuras, conector P102
Módulo de ordenes HP E1406A	VXI	GP-IB, BS-232, ranura 0, 2MB Ram
Cicloscopio HP E1428A	VXI	Controlador basado en mensajes
Multímetro HP E1410A	VXI	2 canales, 100ms 250 MHz
Contador Universal HP E1420B	VXI	2 & 4 hilos Ω, Vdc/ac, RMS desde 20Hz a 10kHz
Generador de Funciones HP E1445A	VXI	200 MHz / 2ns, resolución de 9 dígitos
Placa de desarrollo HP E1490C	VXI	13 bits de resolución, 40 Mns/r, registro de memoria de la forma de onda de 256 Kns
Pasarela HP E2050A	VXI	Interfaz con el bus VXI de 16 bits, conector P2
Monitor de Bus	I/O Paralelo	Interfaz con el bus VXI de 16 bits, conector P2

Tabla 1. Características los instrumentos y equipos de conexión del SIP

La figura 2 muestra la arquitectura Software/Firmware del SIP en la cual cada ordenador cliente, bajo el sistema operativo Windows 95 y con el software VEE, gestiona los programas necesarios para el control de los instrumentos (SICL: Standard Instrument Control Library) y el acceso a la red LAN (TCP/IP). La pasarela contiene el software de servidor de red y el firmware

adecuado para la realización de la interfaz entre la red LAN y los instrumentos. Los instrumentos de sobremesa GPIB contienen el firmware con los controladores (drivers) del bus. El chasis VXI en su módulo de órdenes (ranura cero) [5][11] incorpora los controladores necesarios para la interfaz VXI/GPIB. El PC monitor de bus solamente capta las señales de las líneas del bus (apartado 4).

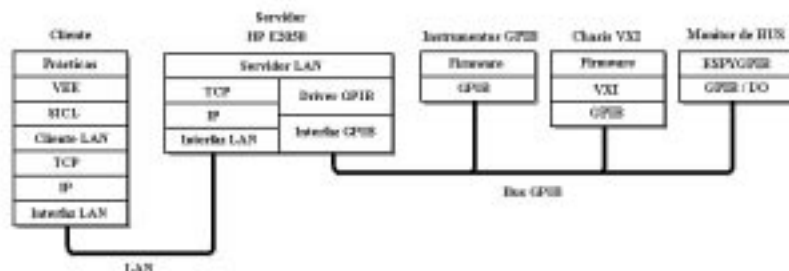


FIGURA 2. Arquitectura Software/
Firmware del SIP

Desarrollo del programa de prácticas

El creciente desarrollo tecnológico en el campo de la instrumentación programable, ha permitido al DTE realizar proyectos de desarrollo con instrumentos de este tipo, principalmente en aplicaciones orientadas a la enseñanza de la Electrónica.

Una de las principales aplicaciones del bus VXI ha sido la automatización de medidas y pruebas sobre circuitos realizados por los alumnos. En paralelo se han diseñado prácticas de desarrollo enfocadas a evaluar y analizar el bus GPIB. Los alumnos tienen acceso al SIP por medio de ordenadores conectados a una red LAN, que disponen de la herramienta de programación VEE y las bibliotecas SICL (Fig. 2). Las primeras son bibliotecas para el control de los instrumentos y el segundo es el software de aplicación. También los alumnos pueden observar el comportamiento de las órdenes y datos a través del bus GPIB, por medio de un ordenador destinado a esta tarea (Fig. 1: monitor de bus).

VEE (Visual Engineering Environment) es un lenguaje de programación gráfico diseñado especialmente para controlar instrumentos programables. Cuando los instrumentos están conectados al bus GPIB, el alumno les envía órdenes y datos para realizar las prácticas mediante un ordenador de la LAN. El ordenador recibirá la respues-

ta y podrá realizar el análisis de datos, mostrar los resultados gráficamente o almacenar los datos para un procesamiento posterior.

Es común que el control de los instrumentos se realice por medio de programas realizados en lenguajes de alto nivel como C, C++, Visual Basic, etc. En esta aplicación se utiliza el lenguaje de programación VEE, que permite simplificar las tareas de diseño de interfa-

ces, adquisición de datos, procesamiento y presentación de los resultados.

En VEE [20][23][24] existen tres formas de control de instrumentos: Objetos de control directo (Direct I/O), Controladores (Drivers) e Importación de bibliotecas (PC Plugin I/O), cuyas principales características se muestran en la tabla 2. Las prácticas se han diseña-

do para que el alumno pueda familiarizarse con las formas de control y adecuarlas a las necesidades y herramientas de que disponga.

Objetos VEE	Acceso a los instrumentos	Beneficios	Soporte de Interfaces
Direct I/O	Comunicación directa con el instrumento	Gran velocidad de comunicación, control de cualquier instrumento	GPIB, Serie, VXI y LAN.
Plug-in I/O	Requiere controlador del instrumento que cumpla con la norma VXI plug&play	Gran velocidad de comunicación, los controladores son reutilizables por múltiples programas de aplicación	GPIB y VXI.
- Panel Driver - Component Driver	Requiere de un controlador	Fácil de usar Se obtiene mayor velocidad de comunicación con el Component Driver.	GPIB y VXI

Tabla 2. Comparación entre las formas de control de instrumentos.

De las tres formas de control, esta aplicación no utiliza la importación de bibliotecas, debido a que sólo se utilizan cuando la interfaz es una tarjeta de tipo PC Plugin, lo que es posible en el caso de los objetos de control directo (Direct I/O) y de los controladores (Drivers). Aunque los Objetos de control directo requieren el conocimiento de instrucciones SICL (Standard Instrument Control Library), sin embargo proporcionan gran velocidad de comunicación y no necesitan el controlador del instrumento (Driver), siendo por ello la forma de control más utilizada en las prácticas avanzadas. Además VEE provee un nuevo objeto llamado Multidispositivo (Multidevice Direct I/O), que logra el control de varios instrumentos mediante la edición de un solo objeto. Los controladores pueden ser el panel de control

del instrumento (Panel Driver) o una parte del controlador (Component Driver). En la aplicación el uso de herramientas de control de instrumentos está orientada a la enseñanza, y la utilización de los paneles de control es fundamental ya que el alumno aprende a controlar la mayoría de opciones de cada instrumento de una forma fácil. Cuando no se tiene el completo conocimiento de las instrucciones SICL o de las opciones del mismo instrumento, el objeto Component Driver es la mejor solución, por que proporciona mayor velocidad y sólo envía y recibe los datos necesarios para realizar la tarea específica. Asimismo este objeto cuenta con un listado de instrucciones e información de ayuda, facilitando el aprendizaje de las opciones de cada instrumento.

3. Monitor del Bus GPIB

El bus de instrumentación GPIB es un bus de conexión en paralelo donde todos los dispositivos comparten las líneas de señales [1][24][26]. Este tipo de conexión requiere la existencia de un elemento físico que controle dichas señales. Cada dispositivo conectado al bus puede recibir, emitir, controlar o realizar combinaciones de las tres funciones:

- Listener (receptor): Un dispositivo de este tipo acepta datos y órdenes del bus una vez direccionado en este modo de operación por el controlador.
- Talker (emisor): Estos dispositivos envían datos por el bus a los receptores activos una vez direccionado en este modo de operación por el controlador. Sólo puede haber un dispositivo de este tipo activo en cada instante.
- Controller (controlador): Se encarga de gestionar el bus, enviar órdenes, solicitar el estado de los dispositivos así como controlar el flujo de datos. Para ordenarle una acción a un dispositivo, el controlador debe colocar primeramente en el bus la dirección del mismo.

El bus GPIB utiliza lógica negativa en sus líneas de señales, que son las siguientes:

- 8 líneas de datos.
- 3 líneas de control (handshake) del bus para la transferencia de datos (Fig. 3):
 - NRFD (Not Ready For Data). El estado de esta línea lo gestionan los receptores (listeners) activos, que la mantienen a un nivel lógico bajo hasta que estén preparados para aceptar datos. Como los dispositivos comparten la línea, ésta será ac-

tiva sólo cuando todos los receptores activos la pongan a un nivel lógico alto. Por lo tanto NRFD, y en consecuencia el bus, opera a la velocidad del dispositivo más lento. Esta característica será la base de diseño del dispositivo Monitor de Bus GPIB.

- DAV (Data Valid). Indica la validez del dato colocado en las líneas de datos del bus. La fuente de datos activa, es decir el dispositivo emisor del bus (talker), controla su estado.
 - NDAC (Not Data Accepted). Cada receptor mantiene esta línea a un nivel bajo hasta que haya acabado de leer las líneas de datos del bus.
- 5 líneas de gestión de control y estado del bus:
- ATN (Attention). Indica que en las líneas de datos hay una orden o un dato si se encuentra a un nivel bajo o alto respectivamente.
 - IFC (Interface Clear). Coloca el bus en un estado inactivo.
 - REN (Remote Enable). Coloca a los dispositivos con modos de operación local-remoto en uno de los dos modos.
 - SRQ (Service Request). Los dispositivos utilizan esta línea para solicitar la atención del controlador y el Monitor de Bus GPIB para activar las rutinas de interrupciones del programa ESPYGPIB que leerán las líneas del bus (fig. 3a).
 - EOI (End Or Identify). Se utiliza en combinación con ATN para hacer una consulta del estado de los dispositivos.

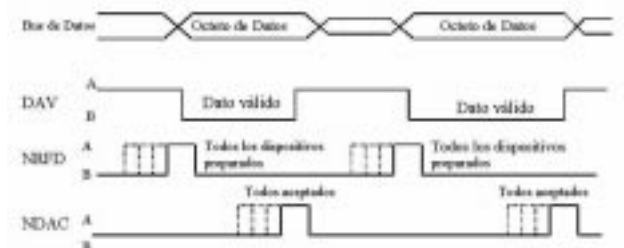


FIGURA 3A. Señales del bus IEEE 488 para el control de la transferencia

El dispositivo Monitor de Bus GPIB (Fig. 1 y Fig. 3b) diseñado para la enseñanza del bus de instrumentación IEEE 488 permite visualizar en tiempo real, y sin pérdida de información las líneas de señales que forman el bus GPIB. Un dispositivo sólo puede acceder al bus cuando es direccionado. Por lo tanto para poder leer el estado del bus en todo

momento el Monitor de Bus no constituye un dispositivo del bus, es decir no tiene asignada ninguna dirección, y es como si no existiese desde el punto de vista del controlador y de los demás dispositivos en el bus.

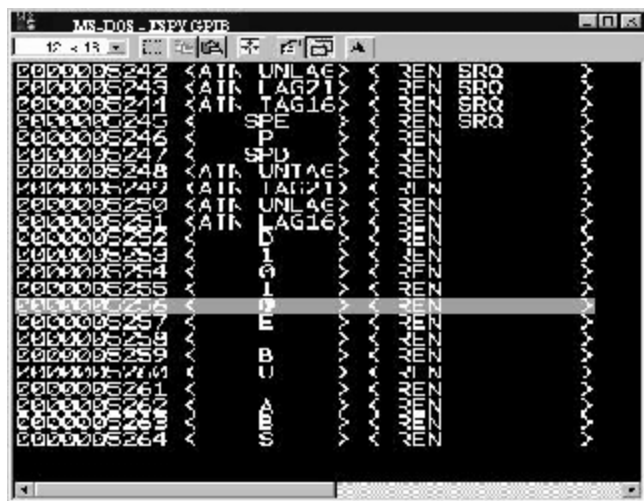


FIGURA 3B. Ventana del programa ESPYGPB

El Monitor de Bus se ha realizado con un ordenador personal PC bajo el sistema operativo MS-DOS (Tabla 1). Las tarjetas de interfaz GPIB existentes para conectar un PC al bus no permiten el acceso al mismo en otro instante diferente a aquel en el que la tarjeta ha sido direccionada por el controlador, y en consecuencia no son de utilidad para este propósito. Por ello se emplea una tarjeta de interfaz paralelo convenientemente modificada para leer las 8 líneas de datos y las 8 líneas de control del bus GPIB. Asimismo se desarrolló el programa ESPYGPB que obtiene un octeto (byte) del bus en cada flanco activo de la señal SRQ. Utilizando el Monitor de Bus el alumno puede visualizar las órdenes y los datos que está enviando por el bus a determinado instrumento del SIP.

Realización de las prácticas

Las prácticas están diseñadas de tal forma que los alumnos puedan manipular el entorno de desarrollo y la visualización del bus GPIB. Las dos primeras prácticas se enfocan a familiarizar al alumno con el entorno de desarrollo VEE y a explicar la configuración del SIP. Ambas se plantean de forma autodidacta y muestran paso a paso el método de uso del entorno VEE y el control de los instrumentos para

la realización de las prácticas, según el diagrama de flujo de la figura 4a.

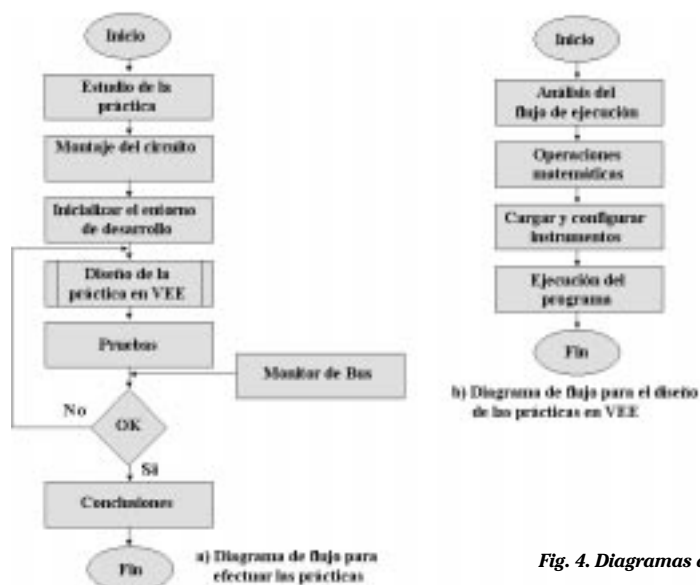


Fig. 4. Diagramas de flujo de ejecución y diseño de las prácticas

Las siguientes prácticas llevan al alumno a desarrollar sus propios programas haciendo uso de las herramientas existentes, y en todo momento el alumno puede acceder directamente al SIP para realizar las conexiones de su circuito. Por ejemplo, la práctica 3 tiene como objetivo el diseño de un programa en VEE que mediante el control de los instrumentos necesarios permita realizar los diagramas de Bode (módulo y fase) de la respuesta en frecuencia de un circuito RC simple. También presenta al alumno las opciones de identificar y comparar los tipos de control de instrumentos (Tabla 2), y se explica detalladamente la forma en que se conectan los objetos en VEE, siguiendo el flujo de ejecución y el de secuencia respectivamente. Se hace mucho énfasis en el control de los instrumentos (Fig. 4b) con la finalidad de que el alumno sepa identificar mejor las herramientas de trabajo. El resultado de la práctica 3 se muestra en la figura 5. Esta familiaridad con el entorno de desarrollo permite que el alumno logre el mayor aprovechamiento del lenguaje gráfico y de la gran capacidad de funciones matemáticas que proporciona VEE.

Otro ejemplo es la práctica 9, dedicada a la automatización de pruebas en placas de medida, en la

que se asigna al alumno una placa de medidas diseñada por el DTE para cursos de dispositivos electrónicos, con el objetivo de diseñar una interfaz gráfica que pueda mostrar los resultados de la prueba de todos los componentes de la placa. El control de los instrumentos consiste básicamente en proporcionar señales de entrada a la placa de medidas, y con ayuda de la matriz de conmutación HP E1465A [8] realizar la adecuada conexión de instrumentos para efectuar medidas de resistencia, voltajes y corrientes en continua y alterna, período, frecuencia y prueba de polaridad en diodos. El resultado se muestra en la figura 6.

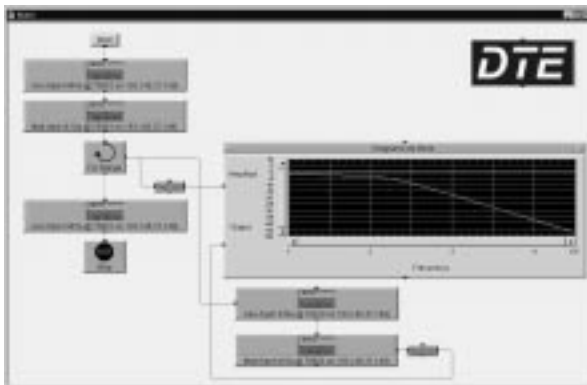


FIGURA 5. Ejemplo de una práctica en VEE

En cada práctica es opcional la utilización del monitor de bus, que muestra la información que transporta el bus en todo momento, complementando esta tarea con la utilización del monitor de bus que provee VEE, siendo este último de gran ayuda para la aplicación de instrucciones SICL.



Fig. 6. Interfaz del programa de automatización de pruebas en placas de medida

Perfil del usuario

El conjunto de prácticas asistidas por ordenador diseñadas para la enseñanza de instrumentación programable a los alumnos, requiere de éstos los siguientes conocimientos previos:

- Una base sólida en teoría de circuitos.
- Fundamentos de electrónica básica y de componentes
- Experiencia en la utilización de instrumentación manual (osciloscopio, multímetro, generador de funciones, etc.).
- Fundamentos de protocolos de comunicaciones para comprender la configuración del SIP sobre el que está trabajando.
- Prestaciones del entorno de trabajo HP-VEE

Resultados y futuros desarrollos

Desde el punto de vista del alumno los resultados obtenidos son los siguientes:

- Acceso a equipamiento en instrumentación programable compleja y de alto coste.
- Entrenamiento en el uso de instrumentación programable, actualmente imprescindible en gran número de empresas.
- Adquisición de conocimientos sobre un bus de uso generalizado en instrumentación.
- Contemplar la posibilidad de utilizar los buses de instrumentación como elementos de comunicación de tipo general (p.e. transmisión de ficheros entre ordenadores) en caso de necesidad.
- Visualización de señales de control de un bus, además de realizar pruebas de circuitos.
- Universalidad del sistema para prácticas de propósito general, así como electrónica de potencia, control de motores, análisis de redes, etc.

Por otro lado se está trabajando en los siguientes desarrollos futuros:

- Utilizar una placa de desarrollo VXI [21] para diseñar instrumentos compatibles (convertidores A/D y D/A, acondicionamiento de sensores y actuadores, etc.).
- Realizar la evaluación automática del rendimiento del alumno.
- Incorporación del bus de instrumentación emergente PXI [29][30].
- Incorporar los controladores de instrumentos compatibles al estándar VXIPlug&play hoy en día

en expansión, y la utilización de bibliotecas VISA (Virtual Instrument Software Architecture) [3][22][28].

- Posibilidad de ejecución de las prácticas a través de Internet para formación a distancia. Se están haciendo propuestas de investigación con la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED, Madrid).

Conclusiones

El empleo de redes de comunicación para la realización de prácticas de laboratorio basadas en instrumentos programables, permite familiarizar a los alumnos de ingeniería electrónica en el diseño, configuración y desarrollo de sistemas ATE distribuidos. En este trabajo se presenta un sistema de instrumentación programable, realizado con instrumentos GPIB y VXI conectados a puestos de trabajo (PC's) mediante una LAN. El programa de prácticas se inicia con la introducción al conocimiento de la herramienta de programación VEE, para seguidamente realizar medidas y pruebas sobre los circuitos electrónicos diseñados por los alumnos. Asimismo se añaden prácticas para evaluar y analizar las señales del bus GPIB.

Finalmente se definen los conocimientos básicos que deben tener los alumnos para obtener el máximo aprovechamiento de las prácticas, y se analizan los resultados obtenidos desde el punto de vista de los alumnos, y los futuros desarrollos que los autores están elaborando en la mejora de las prácticas de instrumentación programable y del sistema ATE que las soporta .

Reconocimientos

Este trabajo ha sido patrocinado por la Secretaría General del Plan Nacional de I+D (CICYT), dentro del Proyecto de Investigación Ref. TIC97-0414.

Bibliografía

- [1] CARISTY, J.
1989 IEEE 488 General Purpose Instrumentation Bus Manual. Academic Press.
- [2] BLACK, J.
1992 The system engineer's handbook. Academic Press.
- [3] HELSEL R.
1998 Visual programming with HP VEE. Hewlett-Packard Professional Books, third edition.
- [4] HEWLETT PACKARD
1988 HP 3478A Multimeter: Operator's Manual. Hewlett-Packard Company.
- [5] HEWLETT PACKARD
1992 High-Power Mainframe HP E1401A: User's/Service Manual. Hewlett-Packard Company.
- [6] HEWLETT PACKARD
1992 HP E1410A 6 1/2 Digit Multimeter: User's Manual. Hewlett-Packard Company.
- [7] HEWLETT PACKARD
1992 HP E1445A Arbitrary Function Generator. Hewlett-Packard Company.
- [8] HEWLETT PACKARD
1993 16x16, 4x64, and 8x32 Relay Matrix Switch Modules HP E1465A/E1466A/E1467A: User's manual. Hewlett-Packard Company.
- [9] HEWLETT PACKARD
1993 Operating Manual, System DC Power supplies, HP models 6621A, 6622A, 6623A, 6624A and 5527A. Hewlett-Packard Company.
- [10] HEWLETT PACKARD
1994 C-Size VXIbus Systems: Configuration Guide. Hewlett-Packard Company.
- [11] HEWLETT PACKARD
1994 Command Module HP E1406A: User's Manual. Hewlett-Packard Company.
- [12] HEWLETT PACKARD
1994 Universal Counter HP E1420B: User's Manual. Hewlett-Packard Company.
- [13] HEWLETT PACKARD
1994 1Gsa/s Digitizing Oscilloscope HP E1428A: User's Manual. Hewlett-Packard Company.
- [14] HEWLETT PACKARD
1994 Installing the HP-IB Interface. Hewlett-Packard Company.
- [15] HEWLETT PACKARD
1995 Building an Operator Interface with HP VEE. Hewlett-Packard Company.
- [16] HEWLETT PACKARD
1995 Exploring HP VEE. Hewlett-Packard Company.
- [17] HEWLETT PACKARD
1995 How to Use HP VEE. Hewlett-Packard Company.

- [18] HEWLETT PACKARD
1996 HP 82335, 82340 & 82341HP-IB Interface. Hewlett-Packard Company.
- [19] HEWLETT PACKARD
1996 HP E2050 LAN/HP-IB Gateway. Hewlett-Packard Company.
- [20] HEWLETT PACKARD
1996 HP I/O Libraries. Hewlett-Packard Company.
- [21] HEWLETT PACKARD
1996 HP E1490C C-Size VXIbus Register-Based Breadboard Module: User's Manual. Hewlett-Packard Company.
- [22] HEWLETT PACKARD
1997 Test System and VXI Products Catalog. Hewlett-Packard Company.
- [23] HEWLETT PACKARD
1998 Controlling Instruments with HP VEE. Hewlett-Packard Company.
- [24] HEWLETT PACKARD
1998 Getting Started with HP VEE. Hewlett-Packard Company.
- [25] MANDADO, E., MARIÑO, P. Y LAGO, A.
1995 Instrumentación Electrónica. Marcombo.
- [26] MARIÑO, P.
1995 Las comunicaciones en la empresa: normas, redes y servicios. Rama.
- [27] Mariño, P. y Domínguez, M. A.
1998 "Image Processing and Automated Testing in Flexible Manufacturing Systems". Proceedings of the 37th SICE Annual Conference, IEEE98TH 8377, pp. 1121-1126, Chiba (Japón), Julio 29-31.
- [28] NATIONAL INSTRUMENTS
1998 Instrumentation Catalogue: Measurement and Automation. National Instruments.
- [29] NATIONAL INSTRUMENTS
1997 PXI Specification Rev.1.0, National Instruments.
- [30] TEKTRONIX
1992 VXIbus System Specifications Revision 1.4. Tektronix Inc.

*P. Mariño **
*J. Nogueira **
*H. Hernández ***

**Departamento de Tecnología Electrónica,
Universidad de Vigo, España.
** DTE, Universidad de Vigo, España –
Universidad Tecnológica de la Mixteca.*