SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL PARA COMPUTADORES PERSONALES

ING. JORGE ECHEVERRIA P.

INGENIERO EN ELECTRONICA Y CONTROL, EPN, 1990.

GERENTE DE CONTROL PROTEUS C. LTDA.

ING. PATRICIO BURBANO ROMERO

MSc. SYSTEMS AND CONTROL
U.M.I.S.T., INGLATERRA, 1984

PROFESOR PRINCIPAL, EPN.

RESUMEN

Se presentan los resultados del diseño y construcción del equipo utilizado para adquisición de datos y control con la ayuda de un computador personal.

Para el efecto se utiliza un esquema que consta de 8 canales de entrada análoga, 4 canales de salida análoga, un canal de entrada digital (8 bits) y un canal de salida digital, todos ellos administrados por el microcontrolador 8751.

Se presenta el diseño del hardware desarrollado y los aspectos principales del software, incluyendo una breve revisión de la comunicación entre el microcontrolador y el computador personal.

ABSTRACT

This paper presents the results of design and construction of an equipment used to the data acquisition and control with a personal computer.

For this motive, it's used a scheme composed of 8 channels for analog input, 4 channels for analog output, one channel for digital input (8 bits) and one channel for digital output, every devices are managed for the microcontroller 8751.

The hardware design and the most important aspects of software are presented, including a brief revision about the comunications between the microcontroller and the personal computer.

1.- INTRODUCCION

La creciente actualidad de las técnicas digitales es un hecho incuestionable. No obstante, si se tiene en cuenta que los sistemas en el mundo real son "analógicos", resulta evidente la necesidad de establecer, de una u otra forma, la unión entre ambos mundos.

El interés de las técnicas digitales reside esencialmente, en la rapidez de la manipulación, almacenamiento y tratamiento de la información digital. Para que estas ventajas estén al alcance de todos, es preciso que se disponga de técnicas prácticas de conversión analógica/digital y digital/analógica.

El objetivo no es abordar aquí un nuevo proceso de conversiones, sino todo lo contrario. Conscientes del enorme impacto de las técnicas digitales en todo el mundo electrónico, se ha considerado interesante revisar algunos fundamentos y extenderlos a aplicaciones generales, cuya concrecion dependerá en gran medida de la iniciativa personal de los lectores.

El interface de adquisición de datos está diseñado para aplicaciones en tiempo real, mejorando de esta manera la instrumentación existente y permitiéndonos realizar los diferentes tipos de control y monitoreo de procesos.

Por tener mayor aplicación en nuestro medio, se pone énfasis en el control computarizado de procesos industriales del tipo digital directo que se ilustra en la figura 1.

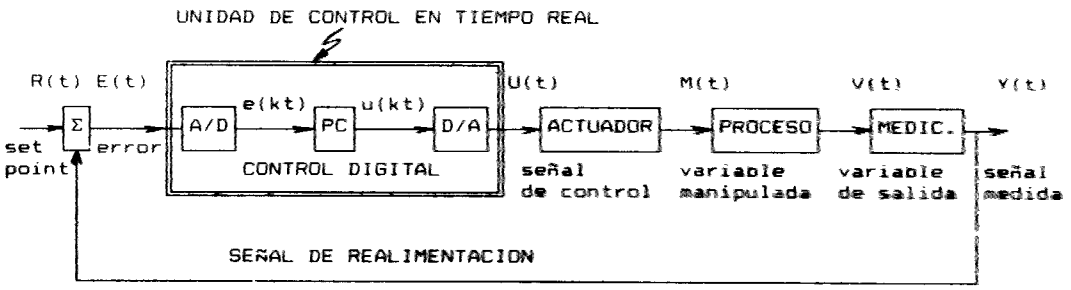

Fig. 1. Control digital directo

La acción de control se realiza a través de un computador en el caso de algoritmos complejos (identificación, control adaptivo), o un microprocesador si el algoritmo es sencillo P.I.D. discreto.

Para poder realizar el control digital es indispensable la utilización de un interface de adquisición de datos A/D para convertir las señales análogas a digitales para la entrada al computador y conversión D/A para transformar a la señal discreta de control a una señal análoga compatible con la planta. Adicionalmente el interface permite seleccionar el período de muestreo T, utilizado en la secuencia KT, K = 0,1,2,3,....

Cabe mencionar que el prototipo construido se desarrolló como parte del proyecto de investigación CONUEP - EPN 87-01 "CONTROL DE PROCESOS EN TIEMPO REAL".

2.- SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL

Simplemente expuesto, "adquisición de datos" es la colección de información que describen una situación, desde el punto de vista del control automático, los datos mencionados describen la dinámica de la planta.

Los datos reflejan que estuvo pasando mientras una condición se satisfacía. Usualmente, esta condición es definida por una base uniforme de tiempo, pero puede ser controlada por cualquier evento.

Los sistemas de "tiempo real" se caracterizan por la habilidad de ejecutar la adquisición de datos y/o control en un "apropiado" intervalo de tiempo. La velocidad a la que el sistema debe responder depende de los requerimientos de velocidad y precisión de la aplicación.

Para todos los sistemas de adquisición de datos o control, no importa cuan lentos sean, en una aplicación suficientemente lenta, el sistema será de "tiempo real".

Con el vocablo "proceso" en general se hace referencia a una operación progresivamente continua, caracterizada por una serie de cambios graduales debido a una secuencia de acciones que llevan de una u otra manera a un determinado resultado o fin; los procesos pueden ser químicos, de manufactura, de transportación, energía, económicos, biológicos, etc. y pueden estar afectados por perturbaciones, inclusive de tipo aleatorio.

La figura 2 nos muestra el esquema del "control de procesos en tiempo real".

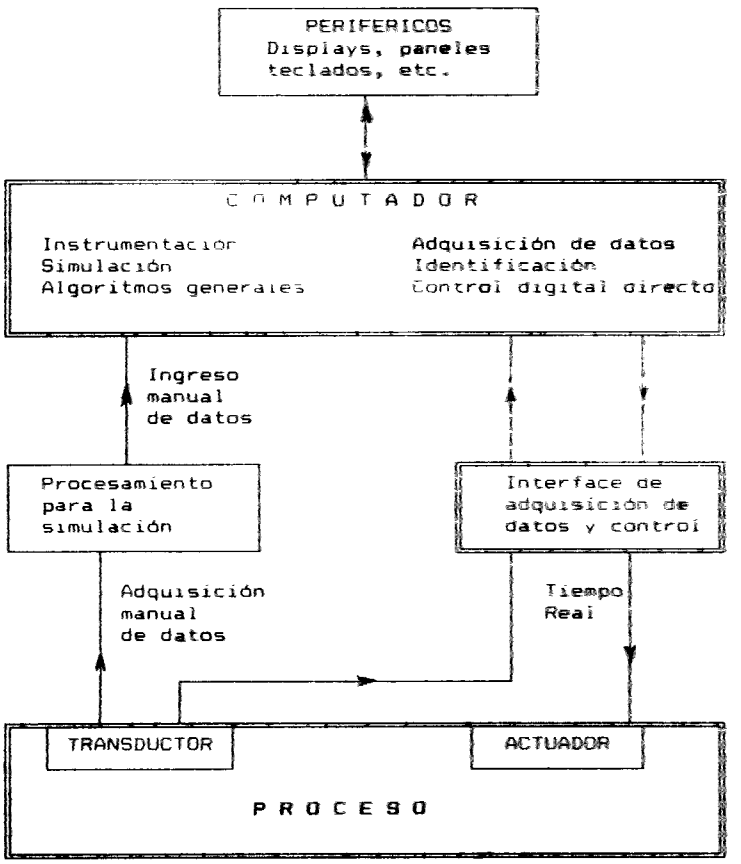

Fig. 2 Control en tiempo real y simulación

El sistema completo interactua con el proceso a través de los sensores en el caso de la medición de las variables que van a ser reguladas tales como velocidad de fluidos, temperatura, presión, etc. El sensor realiza la conversión de dicha magnitud física a un voltaje en los rangos adecuados para que pueda ser reconocido por el sistema de adquisición de datos. Dicho voltaje es convertido a un número binario el cual es transformado al formato serial y enviado hacia la computadora personal donde se procesa y/o almacena dando como resultado otro dato el cual es transformado nuevamente para que por medio del actuador modifique otras magnitudes físicas a ser manipuladas (variables manipuladas) que permitan obtener los resultados deseados a la salida (variables de salida).

De igual forma es posible actuar sobre los canales de entrada y salida digital, con los cuales podemos realizar un control de tipo ON-OFF sensando y activando relés o indicadores como en el caso de alarmas, relés de fin de carrera, etc., y también control secuencial por ejemplo para controlar el movimiento de un motor de pasos con diferentes secuencias de bytes que posicionen el rotor del motor.

La figura 3 muestra el diagrama de bloques general del prototipo construido, donde constan los módulos de : polarización, conversión análoga-digital, conversión digital-análoga, entrada y salida digital, transmisión y recepción serial y configuración del microprocesador central (buses de datos, de direcciones y control).

Los rangos de voltaje que se pueden ingresar por las entradas análogas varian desde ± 1 V hasta ± 10 V dependiendo del nivel de amplificación seleccionado (5 - 1 - 0,5) ya sea inicialmente a través del dip switch, o mediante comandos que permiten cambiarlo desde la computadora personal.

La amplificación inicial del sistema es definida manualmente a través de un dip switch, el cual es leido por el microcontrolador en el momento del arranque, para según dicha lectura controlar switches análogos a través del pórtico de E/S 8212, que mantiene los datos, hasta recibir un nuevo comando que modifique la amplificación del sistema.

Para evitar los retardos de fase se utiliza la arquitectura de S/H simultáneo, cada canal tiene su propio circuito de sample/hold LF398. La línea de control de todos los circuitos S/H es común y proviene del microcontrolador el cual envia las señales respectivas de captura, mantenimiento, inicio de la conversión, etc. a través de líneas de control especificas

La conversión análoga-digital se realiza a través de un conversor A/D de 8 canales multiplexados, que aceptan un voltaje de entrada de 5 V con una precisión de 8 bits.

El conversor A/D ADC0808 usa la técnica de aproximaciones suscesivas, por lo cual necesita una frecuencia de reloj que se genera con el timer LM555 trabajando en modo aestable con una frecuencia de 640 Khz

Las salidas analogas se las obtienen de 4 canales de conversión D/A los mismos que emiten voltajes entre 0 V y 10 V dependiendo del código digital aplicado.

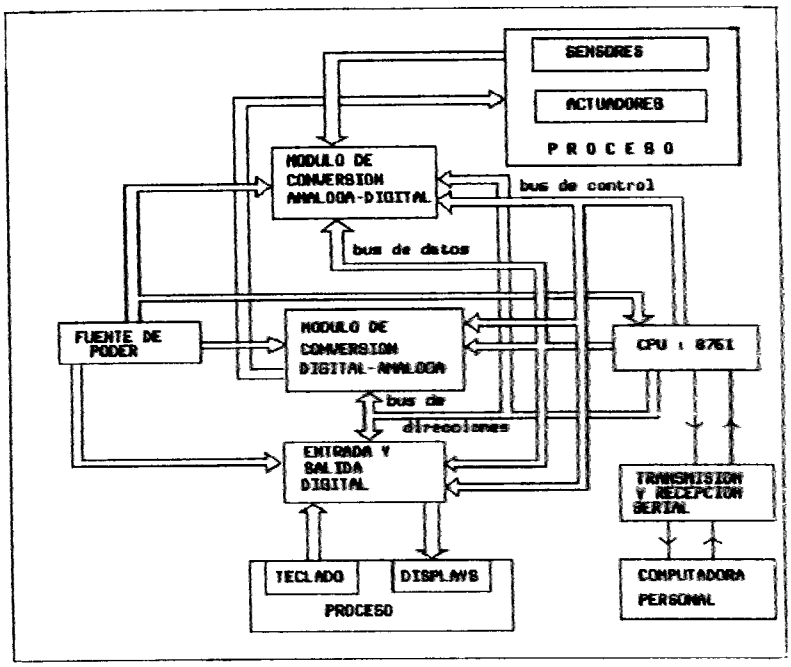

Fig. 3 Diagrama de bloques general

Para el sistema de salida análoga se tiene un conversor diseñado específicamente para uso con microcontroladores debido a su doble registro de salida interno: DAC0830.

Esta característica permite que el voltaje de salida correspondiente a una palabra digital se mantenga mientras se está actualizando otra palabra digital.

Una forma de construir la entrada y salida digital, es mediante dos 8212 los cuales se utilizan como pórticos de entrada o salida, con enclavamiento, de 8 bits. El 8212 puede enclavarse continuamente de modo que los datos fluyan a través del mismo, o puede desconectarse para bloquear el flujo. Es idóneo para esta aplicación porque tiene salidas "triestado".

El método utilizado en el prototipo es el de transmisión serial asincrónica con 1 bit de inicio, 8 bits de datos, sin paridad y un bit de parada, a 9600 baudios.

En el método asincrono la transmisión se controla por bits de inicio y de final que enmarcan cada caracter transmitido, y son utilizados por el terminal receptor para sincronizar su reloj con el transmisor en cada caracter.

Los circuitos de transmisión y recepcion serial se limitan a ser simples comparadores de tensión, que cambian los niveles TTL (0 V - 5 V) a RS-232 (-12 V y +12 V).

El microcontrolador 8751 permite a través de la programación de uno de sus timers, generar la velocidad adecuada para la transmisión serial. Para este caso en particular se tiene al timer 1 trabajando en el MODO 2 de autorecarga y se configura al pórtico serial para que genere 1 bit de inicio, 8 bits de datos y 1 bit de parada. Para el cálculo de los valores iniciales del timer se utilizó la siguiente fórmula :

$$\text{Baud Rate} = \frac{2^{SMOD}}{32} * \frac{\text{Frec. Cristal}}{12\times[256-(TH1)]}$$

donde :

SMOD = 0 en el reset inicial

Frec. Cristal = 7.3728 MHz

Baud Rate = 9.600 baudios

dando como resultado :

TH1 = FEH

Valor hexadecimal que se carga en los registros del timer para que se genere la velocidad de transmisión necesaria.

3.- APLICACIONES

Control PID de tanques acoplados

En esta aplicación se describen algunos aspectos del control de procesos mediante un microcomputador. La planta controlada es el sistema de tanques acoplados, todo el sistema es considerado como un sistema de control digital con un periodo de muestreo de T segundos.

Se requiere controlar el nivel del liquido en el tanque (1) a una altura H = 20 cm, el error entre el nivel observado y el deseado es:

$$e(t) = r - y(t)$$

El microcomputador debe ejecutar los siguientes cálculos para implementar un control PID :

$$u(t)=Kp\ e(t)+Ki\int e(t)dt + Kd\ \frac{d\,e(t)}{dt}$$

Tomando la transformada de Laplace:

$$\frac{u(s)}{e(s)} = Kp + Ki/s + Kd\ s$$

Tomando la transformada z :

$$\frac{u(z)}{e(z)} = Kp + \frac{Ki\ T(z+1)}{2(z-1)} + \frac{Kd}{T}(1-z^{-1})$$

$$\frac{u(z)}{e(z)} = Kp + \frac{Ki\ T}{2} \times \frac{1+z^{-1}}{1-z^{-1}} + \frac{Kd}{T}(1-z^{-1})$$

si se hace :

$$a1 = Kp$$
$$a2 = (Ki\ T)\ /\ 2$$
$$a3 = Kd\ /T$$

$$\frac{u(z)}{e(z)} = \frac{a1(1-z^{-1})+a2(1+z^{-1})+a3(1-z^{-1})}{1-z^{-1}}$$

$$u(k)-u(k-1) = [a1-z^{-1}a1+a2+z^{-1}a2+a3-2a3z^{-1}+a3z^{-2}]\ e(z)$$

$$= [(a1+a2+a3) + (a2-a1-2a3)z^{-1} + a3z^{-2}]e(z)$$

si se hace :

$$b1 = a1+a2 + a3 = kp + (Ki\ T)/2 + Kd/T$$

$$b2 = a2-a1- 2a3 =(Ki\ T)/2-Kp - 2\ Kd/T$$

$$b3 = a3 = Kd/T$$

Se obtiene la ley de control :

$$u(k) = u(k-1) + b1\ e(k) + b2\ e(k-1) + b3\ e(k-2)$$

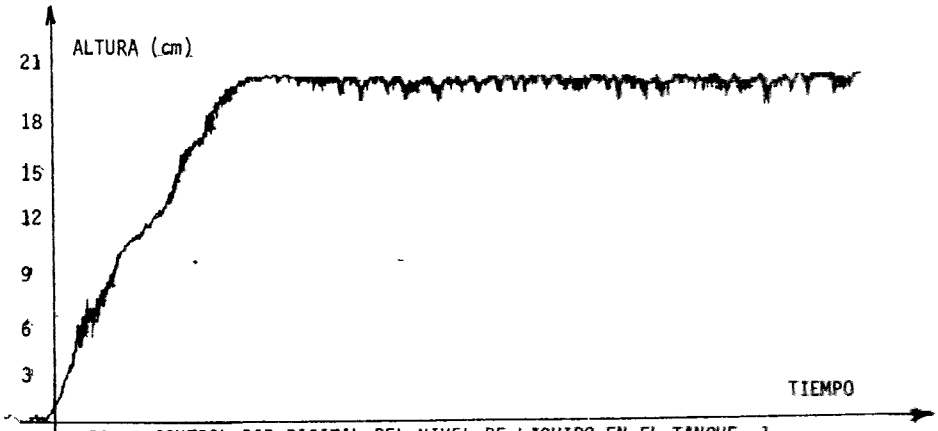

FIG. 4 CONTROL PID DIGITAL DEL NIVEL DE LIQUIDO EN EL TANQUE 1.

El resultado que se obtuvo en el ensayo, se lo aprecia en la Fig. 4 para los siguientes valores :

Kp = 7,50
Ki = 0,44
Kd = 0.00
T = 3 s

Control digital de un motor de pasos

Un motor de pasos convierte la información digital en un movimiento mecánico proporcional, es un motor cuyo rotor gira en pasos discretos siguiendo los pulsos de comando en número y velocidad.

Los motores de pasos son aplicados en control digital debido a su rápido y preciso posicionamiento y se los usa en gran variedad de aplicaciones.

El beneficio completo de utilizar motores de pasos puede ser obtenido solamente si es correctamente operado. Esto requiere una fuente DC, un switch electrónico y una fuente de pulsos (información digital). En efecto, el motor se mueve un paso para cada pulso de control aplicado al switch electrónico. El ángulo depende del tipo de motor y puede ser tan pequeño como 1.8° y tan grande como 15°. Concecuentemente, si 24 pulsos son ingresados al switch en un motor que gira 15° por pulso, este completará una revolución. El tiempo tomado para esta acción es enteramente función de la velocidad a la que los pulsos son aplicados.

Para este caso el motor es de 4-fases unipolar, requiere un simple circuito driver, solamente 4 transistores de potencia. Energizando una bobina a la vez como lo muestra la figura 5, se consigue la llamada excitación de onda. El torque estálico y de trabajo se reduce en un 30 %, esto puede ser compensado incrementando la fuente de potencia. La ventaja de esta secuencia es su alta eficiencia, pero a costa de una reducida exactitud.

	T1	T2	T3	T4
1	ON	OFF	OFF	OFF
2	OFF	OFF	ON	OFF
3	OFF	ON	OFF	OFF
4	OFF	OFF	OFF	ON

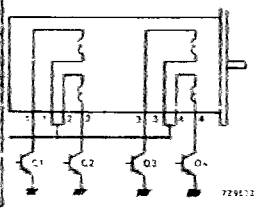

Fig. 5 . Secuencia de encendido

4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se justifica plenamente el prototipo construido por la potencialidad de sus aplicaciones en intrumentación inteligente para procesos industriales, laboratorios especializados de : Ing. Quimica, Ing. Civil, laboratorios de enseñanza, debida a la facilidad para la adquisición de datos y eventualmente de salida de datos análogos y digitales.

Es necesario continuar desarrollando programas para obtener el máximo provecho del sistema construido, implementando los diferentes tipos de control.

Se debe tratar de utilizar conversores de mayor precisión es decir de 12 o más bits para incrementar la exactitud de los controles y en el caso de que se requiera una mayor velocidad se pueden tomar 2 alternativas : o se realizan los algoritmos de control directamente en el microcontrolador del sistema o se construye otro sistema con arquitectura diferente como el de bus interno con un acceso directo a la memoria del computador personal.

La figura 6 muestra la configuración del prototipo y su aplicación en el control de nivel de tanques y la figura 7 un detalle de la construcción interna del sistema de adquisición de datos.

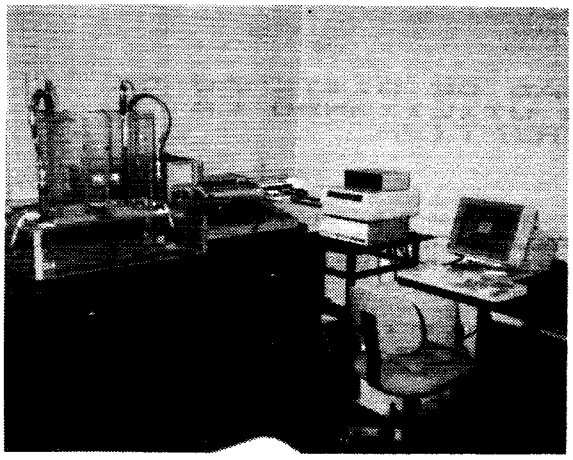

Fig. 6. Control de nivel

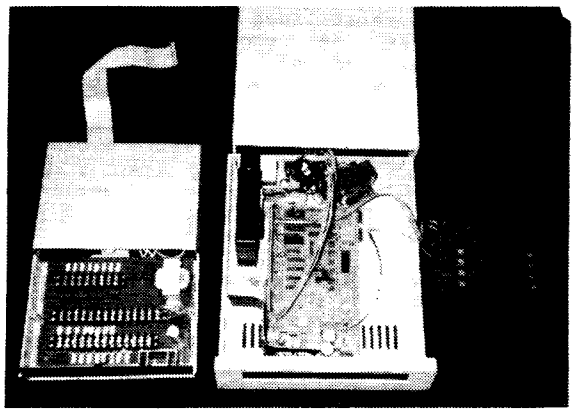

Fig. 7. Vista interior.

5. - BIBLIOGRAFIA

1.- **KUO BENJAMIN**, "Digital Control Systems", Holt-Saunders International Editions, Tokio-Japón, 1981.

2.- **OGATA KATSUHIKO**, "Ingeniería de Control Moderna", Prentice-Hall Internacional, 1974.

3.- **VARIOS AUTORES**, "Convertidores A/D y D/A", Colección Diseño Electrónico, Tomo 29, Ediciones Ingelek, Canarias, 1987.

4.- **JOSE MOMPIN POBLET**, "Interconexión de periféricos a Microprocesadores", Marcombo, Barcelona-México, 1983.

5.- **CIARCIA STEVE**, "Construya una microcomputadora basado en el Z80", McGraw-Hill, España, 1981.

6.- **BURR-BROWN CORPORATION**, "The Handbook of Personal Computer Instrumentation", Burr-Brown, USA, 1986.

7.- **GARZON JUAN**, "Diseño y construcción de un control análogo y digital de nivel de líquidos en tanques acoplados", Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1990.

BIOGRAFIAS

BURBANO, PATRICIO.
Nació en Quito. Se graduó de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la E.P.N. en 1974.

Realizó sus estudios de Post-Grado en el U.M.I.S.T. en la Universidad de Manchester en Inglaterra en 1984.

Actualmente es profesor principal de la E.P.N. y es director del proyecto de Investigación CONUEP-EPN 87-01 "Control de procesos en tiempo real".

ECHEVERRIA, JORGE.
Nació en Quito. Se graduó de Ingeniero en Electrónica y Control en la E.P.N. en 1990.

Actualmente presta sus servicios en SQUARE D ANDINA S.A.