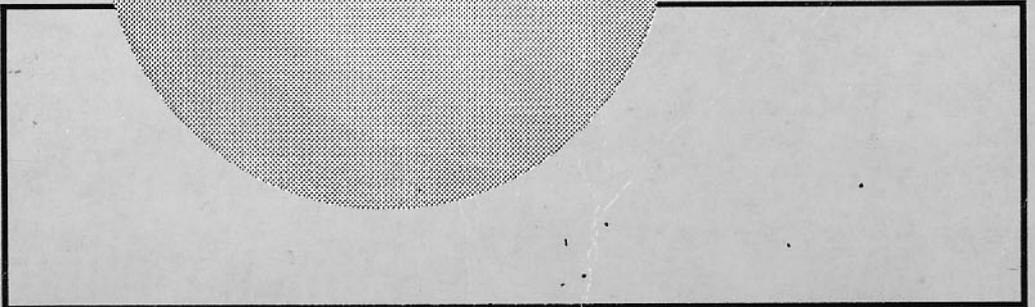
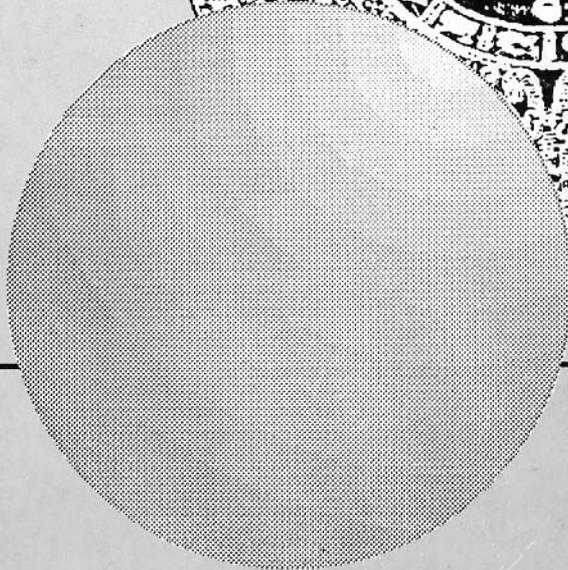
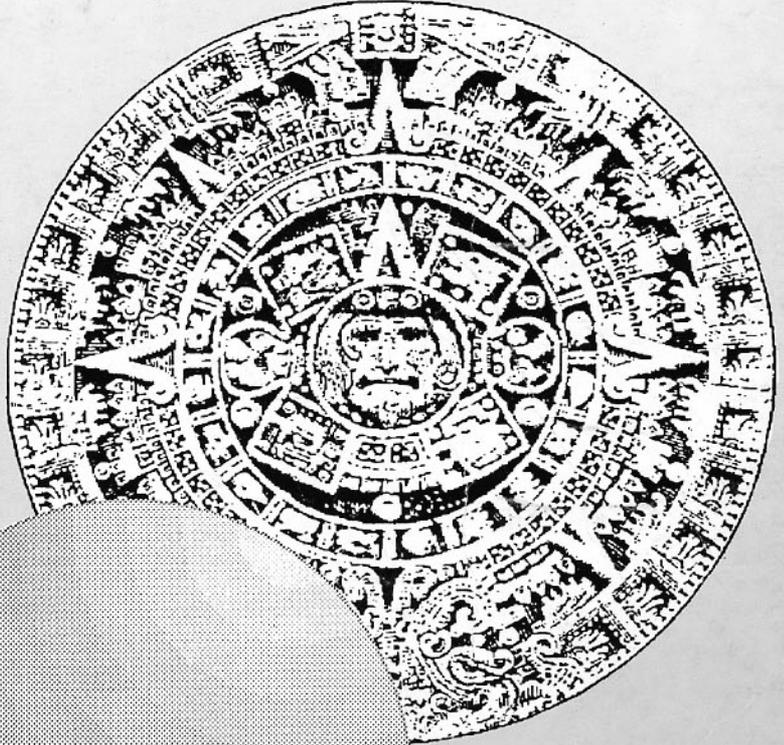


Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
ENERO/JUNIO 1992 VOLUMEN 2 No. 1

620
In



INGENIERIA

1992

INGENIERIA

Revista Semestral de la Universidad de Costa Rica

Volumen 2 Enero-junio 1992 Número 1

DIRECTOR

Rodolfo Herrera J.

EDITOR

Victor Herrera C.

CONSEJO EDITORIAL

Víctor Hugo Chacón P.

Ismael Mazón G.

Domingo Riggioni C.

CORRESPONDENCIA Y SUSCRIPCIONES

Editorial de la Universidad de Costa Rica

Apartado Postal 75

2060 Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

CANJES

Universidad de Costa Rica

Sistemas de Bibliotecas, Documentación e información

Unidad de Selección y Adquisiciones-CANJE

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

Suscripción anual:

Costa Rica: ₡500,00

Otros países: US \$20,00

Número suelto:

Costa Rica: ₡250,00

Otros países: US \$10,00



TARJETA INTERFAZ DE SISTEMA CONTROLADOR

*Ing. Jorge E. Badilla P., M.Sc. **

RESUMEN

El objetivo de esta investigación ha sido el diseño de una tarjeta no inteligente, totalmente controlada por una microcomputadora IBM PC o compatible. El sistema desarrollado le permite a la PC operar como unidad controladora de un sistema. Además, facilita el estudio y la prueba de estrategias de control, permitiéndole al diseñador hacer los ajustes que más convengan, para el buen desempeño de un control automático. Dicha tarjeta es relativamente fácil de construir y tiene la ventaja de ser un producto nacional y de bajo costo económico.

La tarjeta permite al computador controlar cualquier planta, que se adapte a las características propias de la tarjeta, con sólo implementar el programa de control correspondiente. La tarjeta puede recibir ocho entradas analógicas y siete digitales, además controla dos salidas analógicas y dieciséis digitales.

SUMMARY

The objective of this research has been to design a not smart card, which is controlled by IBM PC or compatible microcomputer. The developed system allows the PC to operate as a controller unity of a system. Furthermore, the card makes easier to study and test the control strategies, it allows the designer to make control adjust for a good discharge of automatic control. The mentioned card is easy to build and it has the advantage to be a national product and its cost is low.

The card allows the computer to control any plant, which could be adapted to the system, the only thing to do is to develop the software. The card could received eight analog and seven digital inputs. It could controlled two analog and sixteen digital outputs.

INTRODUCCION

Sin lugar a dudas, el uso de las computadoras ha influido enormemente en el alto grado de desarrollo científico, de los últimos tiempos. Hoy día, tenemos a la computadora penetrando todos los campos del quehacer humano. Su presencia se ha hecho notar no sólo en el manejo de datos e información, sino que también en el control de sistemas y procesos.

Para el desarrollo de sistemas controladores es de primordial importancia contar con un sistema computarizado, el cual permita el estudio de las viejas y nuevas estrategias y algoritmos de control; pero además, debemos contar con algún dispositivo que le posibilite a la computadora la comunicación con el mundo exterior, ya sea analógico o digital. Esa relación directa computador mundo exterior es necesaria para el desarrollo de controladores computarizados y automatizados.

Tomando en cuenta, que las microcomputadoras no tienen precios altos, que su capacidad de memoria es grande, que su manejo es relativamente fácil y otra serie de ventajas que todos conocemos, resulta inaceptable que su utilización no sea mayor en los sistemas de control de procesos. Con el nuevo desarrollo de los microcontroladores y los microcomputadoras debemos provocar e incentivar el uso de estos dispositivos para el mejoramiento de nuestra producción, y lograr de esta forma una competencia más equiparada en el mercado internacional.

De acuerdo con lo expuesto, podemos asegurar que una buena alternativa podría ser, utilizar una microcomputadora como la IBM PC o compatible para realizar todo ese tipo de menesteres. De ahí que el objetivo principal de esta presentación es el diseño de una tarjeta no inteligente, en este caso, que sea totalmente controlada y congruente con una microcomputadora IBM PC o compatible, de

*Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica

tal forma que le permita a la PC operar como una unidad controladora de un sistema, planta o proceso, gracias a la tarjeta.

La tarjeta diseñada es relativamente fácil de construir y además tiene la ventaja de ser producto nacional y de muy bajo costo económico. Lo único que tendría que hacer el usuario con la tarjeta, sería colocarla dentro de su sistema microcomputador, conectarla en el "slot" de su tarjeta principal e implementar el programa de control correspondiente, sabiendo de antemano en qué dirección del mapa de memoria están sus puertos de entrada y salida.

El sistema desarrollado facilita el estudio y la prueba de estrategias de control, permitiendo hacer los ajustes que más convengan para el buen desempeño de un control automático.

La figura 1 muestra la interconexión básica que se da entre el controlador y el conjunto planta-sensor. El diagrama está en una forma sencilla, pero clara, y muestra la interrelación que existe entre cada una de las partes que componen un sistema controlado automáticamente.

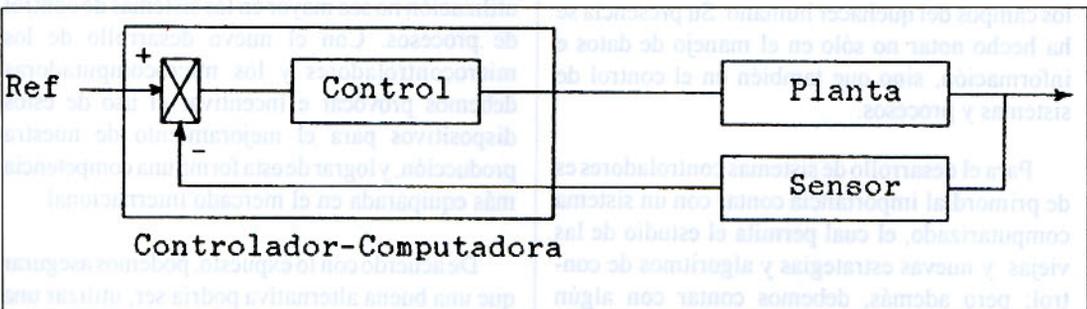


Fig. N° 1

Diagrama de bloques de Planta, Sensor y Controlador

La tarjeta interfaz expuesta en este artículo, se diseñó primero para utilizar una IBM PC o compatible como controlador de un sistema específico, pero con solo cambiar su programa de control, o sea el "software", se podría controlar cualquier otra planta o sistema que tenga las mismas o menos entradas y salidas digitales y analógicas que éste.

DESCRIPCION GENERAL DE LA TARJETA

La tarjeta cuenta con ocho entradas analógicas y siete digitales, además de dos salidas analógicas y dieciséis digitales. Controladas todas directamente por la microcomputadora, a través del bus de direcciones y las señales IOW, IOR y AEN, la cual también envía o recibe información mediante el bus de datos.

En la figura 2 se muestra un diagrama de bloques de la tarjeta, tal y como fue descrito anteriormente. Se puede apreciar que las entradas analógicas ingresan primero a un convertidor analógico-digital, luego pasan por un reforzador de tercer estado, y por último llegan al bus de datos. Las entradas digitales pasan por un reforzador, para luego ingresar al bus de datos.

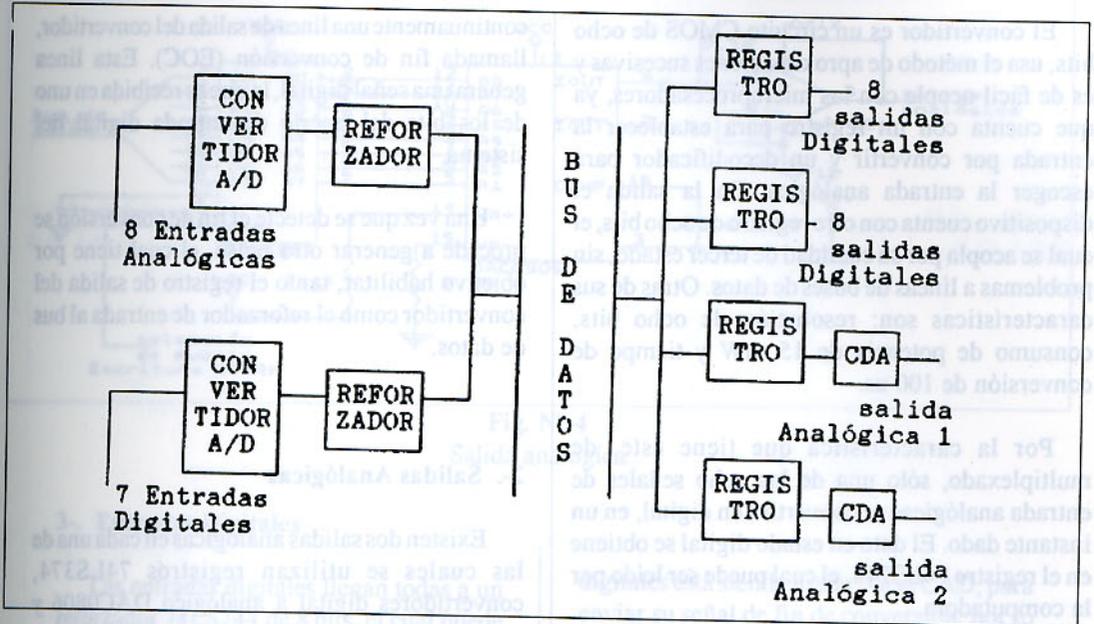


Fig. Nº 2
Diagrama de bloques de la tarjeta

En cuanto a las salidas digitales, el bus de datos les entrega a un registro, el cual se encarga de ponerlas en el exterior. Las salidas analógicas pasan también por un registro, pero luego deben pasar por un convertidor digital-analógico.

A continuación se describirán las diferentes secciones que componen la tarjeta.

1- Entradas Analógicas

Para digitizar las 8 entradas analógicas, se usa un convertidor ADC0809 multiplexado, o similar. Un diagrama de éste se muestra en la figura 3.

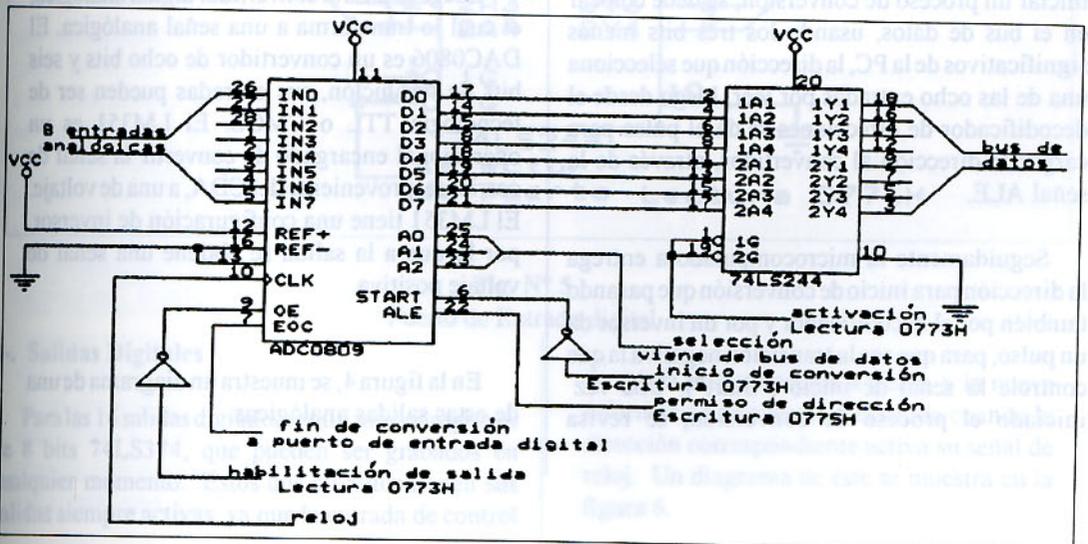


Fig. Nº 3
Sección de entradas analógicas

El convertidor es un circuito CMOS de ocho bits, usa el método de aproximaciones sucesivas y es de fácil acople con los microprocesadores, ya que cuenta con un registro para establecer la entrada por convertir y un decodificador para escoger la entrada analógica. En la salida el dispositivo cuenta con otro registro de ocho bits, el cual se acopla por su cualidad de tercer estado, sin problemas a líneas de buses de datos. Otras de sus características son: resolución de ocho bits, consumo de potencia de 15 mW y tiempo de conversión de 100 us.

Por la característica que tiene éste, de multiplexado, sólo una de las ocho señales de entrada analógicas se convertirá en digital, en un instante dado. El dato en estado digital se obtiene en el registro 74LS244, el cual puede ser leído por la computadora.

El 74LS244 es un reforzador de ocho bits, con entrada "Smith Trigger" y características de tercer estado.

Hay que hacer notar que en la configuración que tiene el CAD, sólo puede recibir señales analógicas positivas que varían de 0 a 5 v., siendo esta una limitación.

Para efectuar una transferencia de datos o iniciar un proceso de conversión, se debe colocar en el bus de datos, usando los tres bits menos significativos de la PC, la dirección que selecciona una de las ocho entradas por leer, luego desde el decodificador de direcciones se da el pulso para cargar la dirección al convertidor, a través de la señal ALE.

Seguidamente la microcomputadora entrega la dirección para inicio de conversión que pasando también por el decodificador y por un inversor da un pulso, para que sea la transición negativa la que controle la señal de inicio ("Start"). Una vez iniciado el proceso de conversión, se revisa

continuamente una línea de salida del convertidor, llamada fin de conversión (EOC). Esta línea genera una señal digital, la que es recibida en uno de los bits del puerto de entrada digital del sistema.

Una vez que se detecte el fin de conversión se procede a generar otro pulso, el cual tiene por objetivo habilitar, tanto el registro de salida del convertidor como el reforzador de entrada al bus de datos.

2.- Salidas Analógicas

Existen dos salidas analógicas en cada una de las cuales se utilizan registros 74LS374, convertidores digital a analógico DAC0806 y convertidores de corriente a voltaje LM351, o similares.

El dato digital, se almacena en un registro 74LS374. El 74LS374 es un registro de 8 bits con salidas "totem-pole" y tercer estado, lo cual lo hace de gran utilidad para ser conectado a buses de ocho bits. La información del bus se establece en el registro con un borde negativo en su entrada de reloj.

Luego se pasa al convertidor digital analógico, el cual lo transforma a una señal analógica. El DAC0806 es un convertidor de ocho bits y seis bits de resolución, sus entradas pueden ser de tecnología TTL o CMOS. El LM351 es un operacional encargado de convertir la señal de corriente, proveniente del CDA, a una de voltaje. El LM351 tiene una configuración de inversor, por lo que a la salida se obtiene una señal de voltaje positiva.

En la figura 4, se muestra un diagrama de una de estas salidas analógicas.

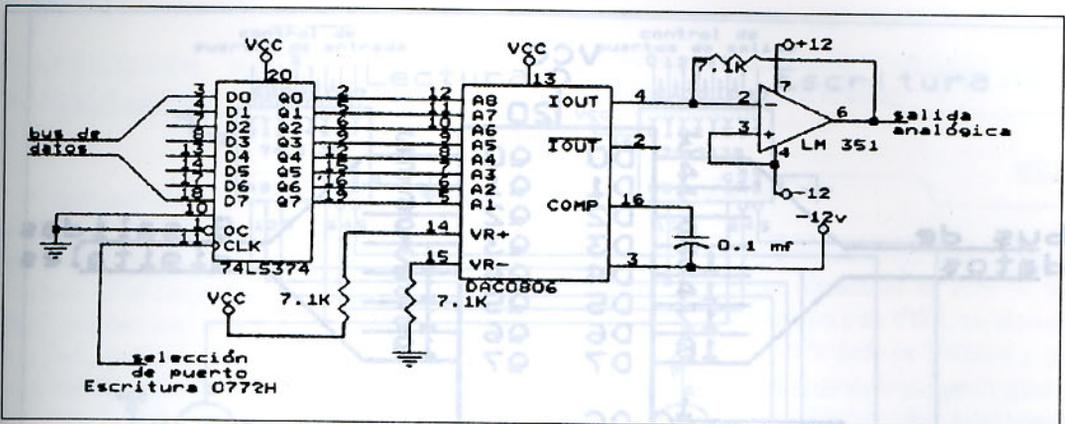


Fig. N° 4
Salida analógica

3-. Entradas Digitales

Las entradas digitales llegan todas a un reforzador 74LS244 de 8 bits, el cual puede ser leído en cualquier momento. Es importante recordar que una de esas entradas

digitales está siendo usada por el CAD, para enviar su señal de fin de conversión, por lo que sólo hay disponibilidad para siete entradas digitales más. Ver figura 5.

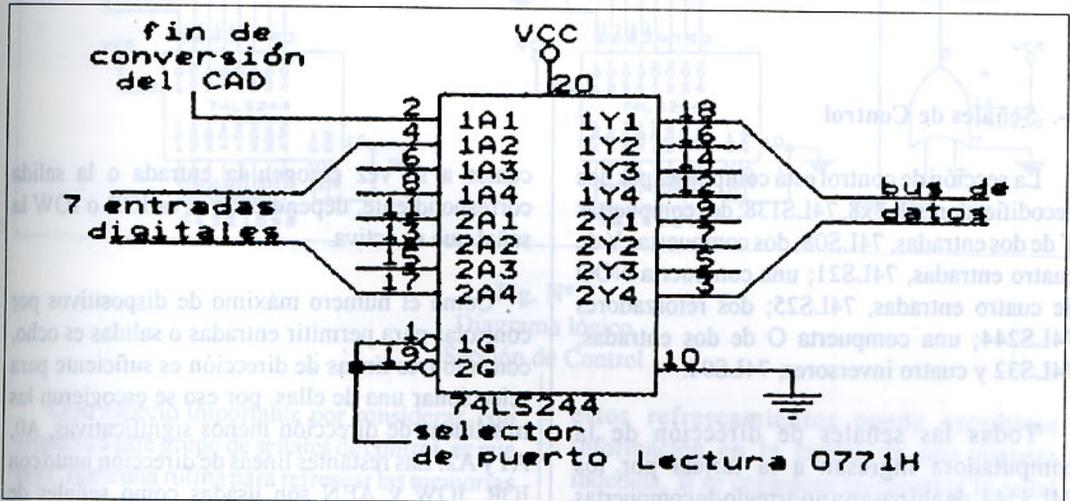


Fig. N° 5
Puerto de Entrada digital

4. Salidas Digitales

Para las 16 salidas digitales se utilizan dos registros de 8 bits 74LS374, que pueden ser grabados en cualquier momento. Estos dos circuitos tienen sus salidas siempre activas, ya que la entrada de control

de salida está conectada a tierra, y la nueva información es puesta en la salida cuando la dirección correspondiente activa su señal de reloj. Un diagrama de éste se muestra en la figura 6.

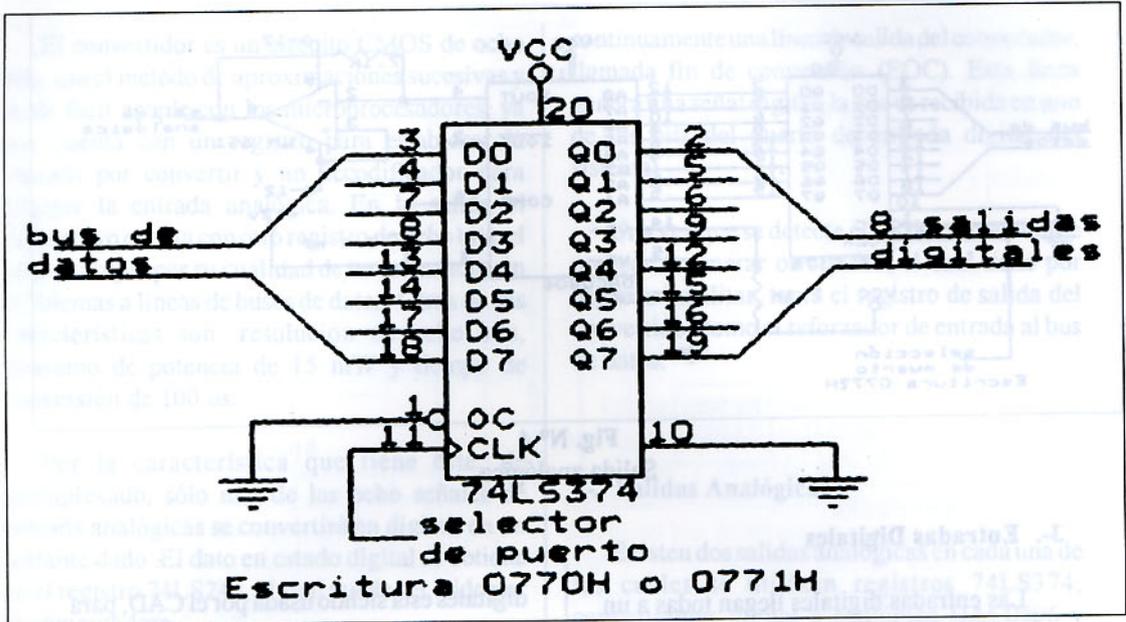


Fig. N° 6
Puerto de Salida digital

5-. Señales de Control

La sección de control está compuesta por dos decodificadores de 3x8, 74LS138; dos compuertas Y de dos entradas, 74LS08; dos compuertas Y de cuatro entradas, 74LS21; una compuerta NOO de cuatro entradas, 74LS25; dos reforzadores 74LS244; una compuerta O de dos entradas, 74LS32 y cuatro inversores, 74LS04.

Todas las señales de dirección de la computadora ingresan a la tarjeta por los 74LS244, de ahí pasan a un arreglo de compuertas formado por los circuitos 74LS04, 74LS25, 74LS21 y 74LS08, los cuales contribuyen en conjunto con las señales IOR, IOW y AEN, hacen la labor de selección en los 74LS138, los

cuales a su vez escogen la entrada o la salida correspondiente, dependiendo si es IOR o IOW la señal que se activa.

Como el número máximo de dispositivos por controlar para permitir entradas o salidas es ocho, con sólo tres líneas de dirección es suficiente para seleccionar una de ellas, por eso se escogieron las tres líneas de dirección menos significativas, A0, A1 y A2. Las restantes líneas de dirección junto con IOR, IOW y AEN son usadas como señales de permiso de los 74LS138, para así dejar asignado un único lugar de memoria. En la figura 7 se muestra lo anterior.

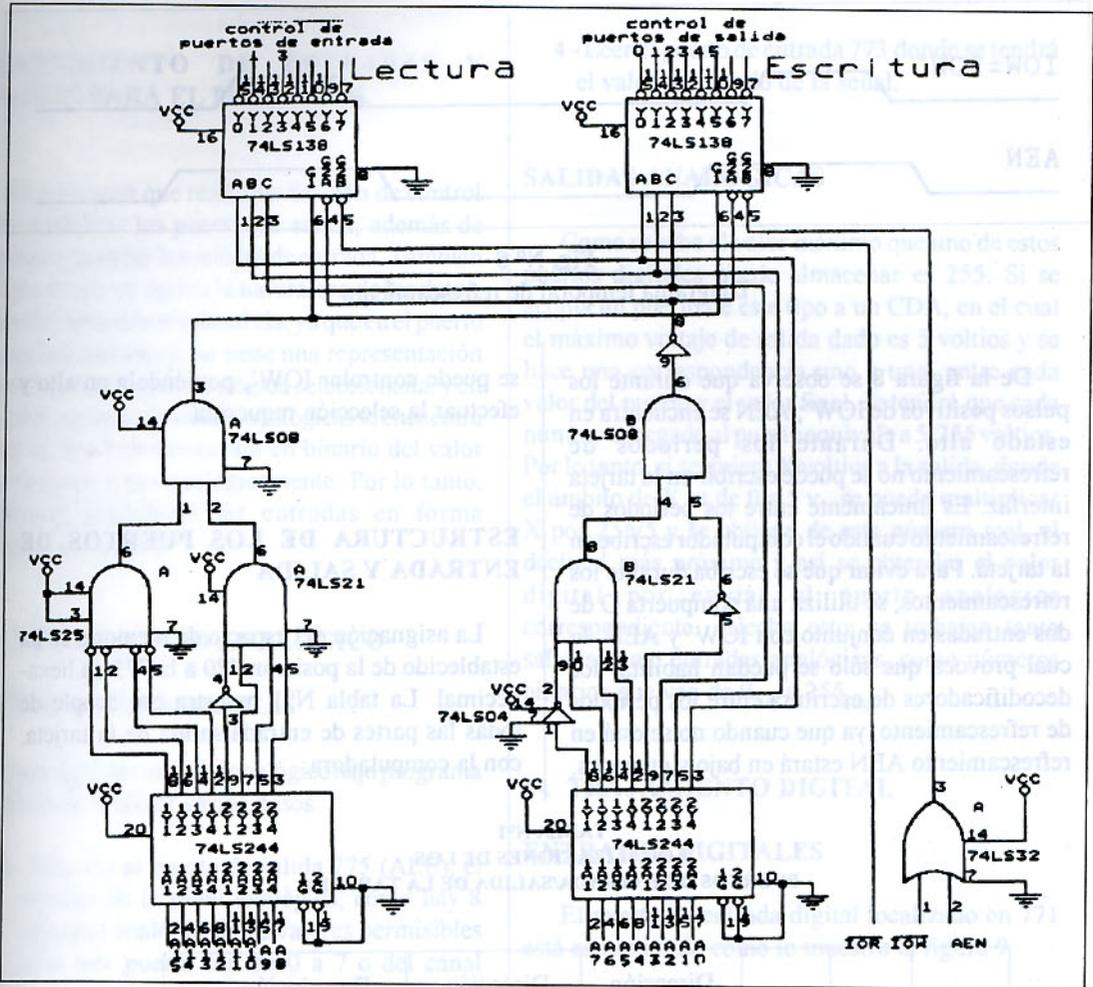


Fig. N° 7
Diagrama lógico
Sección de Control

Otro aspecto importante por considerar, con respecto a este grupo de señales de control, es que la PC tiene una rutina para refrescar las memorias dinámicas. Cada vez que se efectúa esta rutina, la señal IOW pasa a estado bajo, para indicar que se está escribiendo. La diferencia respecto a una escritura normal es que el controlador DMA es el que efectúa el refrescamiento y no el procesador. Es así como el DMA toma durante ese período el control del bus de datos y todas sus señales de control, inclusive IOW e IOR. Esto representa un serio problema para la tarjeta, ya que durante

estos refrescamientos puede escribirse información en la tarjeta de una manera indebida, si se considera únicamente la señal IOW y se despreocupa del DMA.

Para que no suceda este tipo de situaciones, éste dispositivo, DMA, provee una señal llamada AEN, la cual sirve como aviso de que se está dando una transferencia de información a través del DMA. Si se observaran las señales IOW y AEN, se verían como se observa en la figura 8.

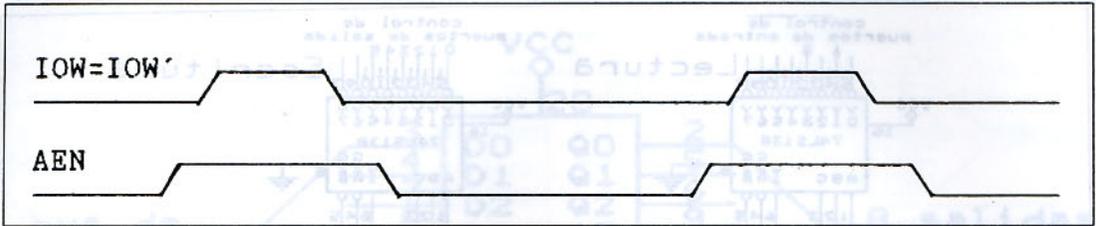


Fig. N° 8

Diagrama temporal de refrescamiento

De la figura 8 se observa que durante los pulsos positivos de IOW'; AEN se encuentra en estado alto. Durante los periodos de refrescamiento no se puede escribir en la tarjeta interfaz. Es únicamente entre los periodos de refrescamiento cuando el computador escribe en la tarjeta. Para evitar que se escriba durante los refrescamientos, se utiliza una compuerta O de dos entradas en conjunto con IOW' y AEN, lo cual provoca que sólo se puedan habilitar los decodificadores de escritura entre los periodos de refrescamiento, ya que cuando no se está en refrescamiento AEN estará en bajo y entonces,

se puede controlar IOW', poniéndola en alto y efectuar la selección requerida.

ESTRUCTURA DE LOS PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA

La asignación del espacio de memoria se ha establecido de la posición 770 a la 775 en hexadecimal. La tabla N°1 muestra ese acople de todas las partes de entrada-salida de la tarjeta, con la computadora.

TABLA N°1
LOCALIZACIONES DE LOS
PUERTOS DE ENTRADA/SALIDA DE LA TARJETA

IOR	IOW	AEN	Dirección Puertos de salida	Dirección Puertos de entrada	Descripción
0	1	0	0770		puerto digital 1
0	1	0	0773		STA del CAD
0	1	0	0771		puerto digital 2
0	1	0	0772		puerto analógico 1
0	1	0	0774		puerto analógico 2
0	1	0	0775		ALE del CAD
1	0	x		0773	OE del CAD
1	0	x		0771	puerto digital

TRATAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS PARA EL PROGRAMA

El programa que realice la función de control debe modificar los puertos de salida, además de capturar y guardar las señales de entrada. También se debe tomar en cuenta la naturaleza de los datos, tanto de entrada como de salida, ya que en el puerto de entrada analógico, se tiene una representación en binario de la señal analógica seleccionada, y en las localizaciones de salidas analógicas se encuentra también una representación en binario del valor que se desea tener analógicamente. Por lo tanto, podemos considerar las entradas en forma analógica o digital.

1- TRATAMIENTO ANALOGICO

ENTRADAS ANALOGICAS

Para digitizar un valor analógico bajo programa se deben de realizar varios pasos:

1- Se envía al puerto de salida 775 (ALE), el número de la señal analógica, como hay 8 entradas analógicas, los valores permisibles para este puerto son de 0 a 7 o del canal analógico 1 al 8.

2- Se accesa la señal de inicio de conversión del convertidor AD, mandando un valor 0 al puerto de salida 773, (STA).

3- Se verifica la línea de EOC del AD, la cual está conectada al bit menos significativo del puerto de entrada digital. Esta señal normalmente está en alto. Al finalizar la conversión se pone en estado bajo, por 20 us y luego vuelve a alto. Por eso se debe verificar la transición bajo-alto, para asegurar que el valor digital sea el correspondiente al valor del canal de entrada analógico seleccionado en ese momento.

4 - Leer el puerto de entrada 773 donde se tendrá el valor digitizado de la señal.

SALIDAS ANALOGICAS

Como se sabe el valor máximo que uno de estos puertos digitales puede almacenar es 255. Si se acopla un puerto de este tipo a un CDA, en el cual el máximo voltaje de salida dado es 5 voltios y se hace una correspondencia uno a uno, entre cada valor del puerto y el valor final, se tendrá que cada número agregado al puerto equivale a $5/255$ voltios. Por lo tanto, si se quiere X voltios a la salida, donde el ámbito de X es de 0 a 5 v., se puede multiplicar X por $255/5$ y se obtiene de este número real, el decimal más próximo y así se obtendrá el valor digital por enviar al puerto analógico correspondiente. Hecho esto, se trabajan tanto salidas como entradas analógicas, como números binarios que van de $0_{(10)}$ a $255_{(10)}$.

2- TRATAMIENTO DIGITAL

ENTRADAS DIGITALES

El puerto de entrada digital localizado en 771 está estructurado como lo muestra la figura 9.

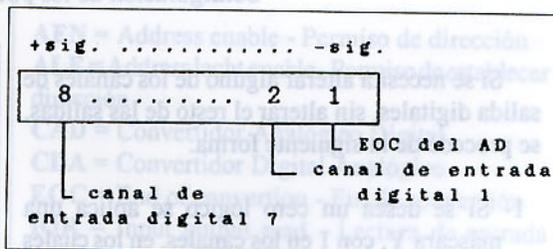


Fig. N° 9

Configuración de los puertos de entrada digital

Para obtener el valor de algún canal de entrada digital en particular, se debe:

- 1- Leer el valor de este puerto.
- 2- Dividir el valor encontrado en el punto 1 por 2, esto equivale a desplazar una posición todos los bits del puerto hacia la derecha, colocando un 0 lógico en la posición más significativa.
- 3- Una vez realizado el punto 2 se tiene un valor que varía entre $0_{(10)}$ y $127_{(10)}$.
- 4- Se aplica una máscara para eliminar los demás canales y dejar pasar sólo el valor del canal deseado. Esta máscara se formará colocando ceros en las posiciones de los canales no deseados y un 1 en el canal por verificar y aplicando una función Y lógica entre este valor y el del puerto dividido entre 2.
- 5- Si el valor de la operación Y da diferente de cero, existirá un 1 lógico en el canal dado, pero

si resulta 0 la señal del canal es 0 lógico. Esto se debe, a que la función lógica Y deja pasar el valor de una señal digital, cuando se selecciona un 1 en una entrada y la señal en la otra. El procedimiento anterior se hace para visualizar, tanto un canal como para varios. Para el control de entradas múltiples en que todas las entradas digitales infieren, basta con llegar al punto 3, en el cual se tendrá el valor del estado en ese momento en la entrada.

SALIDAS DIGITALES

Los puertos de las salidas digitales se localizan en las posiciones 770, para el puerto de salida digital 1 y en 771, para el de salida 2. Se estructuran como lo muestra la figura 10.

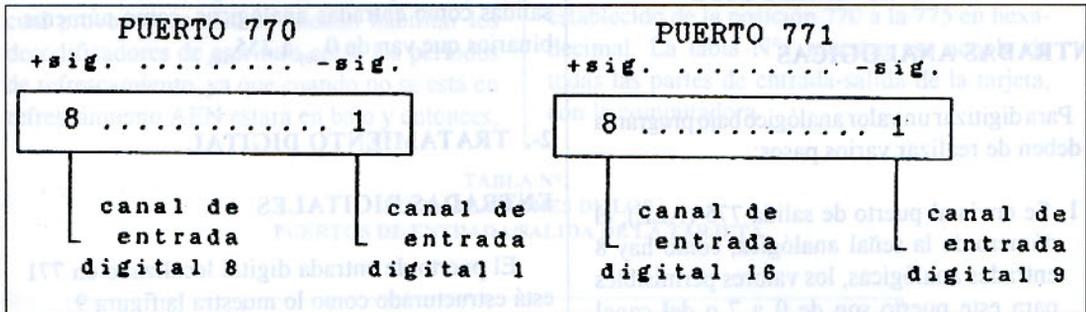


Fig. N° 10

Configuración de los puertos de salida digital

Si se necesita alterar alguno de los canales de salida digitales, sin alterar el resto de las salidas, se procede de la siguiente forma:

- 1- Si se desea un cero lógico se aplica una máscara Y, con 1 en los canales, en los cuales no se necesita modificación y un 0 en la salida en la cual se enviará un nivel lógico bajo.
- 2- Si se desea un 1 lógico se aplica una máscara O, con ceros en los canales en que no se

necesita modificación y un 1 en el canal que se desea mandar un 1 lógico.

Si se desea alterar simultáneamente varias salidas digitales se aplicarán las dos máscaras, la Y pondrá los ceros lógicos en los canales en que se requiere un nivel bajo y la máscara O pondrá los niveles altos en los canales en que se requiera 1 lógico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

La tarjeta expuesta es de gran utilidad para la implementación de sistemas de control. Además, permite implementar diferentes estrategias de control, para luego escoger la que más convenga.

Después de establecida la estrategia y el controlador ha sido totalmente probado que se puede usar la misma microcomputadora como controlador directo o se puede implementar el sistema por medio de un microcontrolador, según sean las características del problema o nuestra conveniencia.

Una de las principales características de este controlador es su sentido universal, lo cual hace que el mismo pueda manejar, no sólo un proceso específico, sino procesos diferentes, con sólo configurar adecuadamente el sistema. Además, se puede actuar a la vez sobre diferentes controles en un mismo proceso, siendo esto de gran utilidad.

Existen algunas cambios que podrían implementarse para modificar en alguna medida el sistema planteado, lo cual es fácil de lograr, algunos de ellos son:

- Modificar la configuración del convertidor analógico digital, para que pueda aceptar señales negativas ($\pm 2.5v$).
- Modificar los convertidores digital analógico, para que pueda entregar también señales negativas ($\pm 2.5v$).
- Aumentar el número de canales de entrada y salida.
- Si se tienen problemas de velocidad por el convertidor de analógico a digital, se recomienda un convertidor por cada entrada analógica, para que la conversión se realice en paralelo.

Una aspecto que mejoraría el sistema notablemente, consiste en independizar la tarjeta del procesador central de la microcomputadora, además proporcionarle inteligencia. Este aspecto se estará analizando en un próximo artículo.

BIBLIOGRAFIA:

- Badilla, Jorge. "Control by microcomputer of a small hydroelectric plant". University of New York at Buffalo, Buffalo, (1987).
- IBM. "Personal computer XT hardware reference library", IBM Inc. (1983).
- Intel Corporation. "Microsystem components handbook", California, (1985).
- Liu, Yu-Cheng, Gibson, Glenn. "Microcomputer systems: The 8088/8086 family", segunda edición, Prentice Hall, (1986).
- Norton, Peter. "Inside the IBM PC", Prentice Hall, (1986).
- Sargent, Murray; Shoemaker, Richard. "The IBM PC from inside out", Addison Wesley, (1986)
- Hayes, John. "Digital system design and microprocessors", McGraw-Hill, (1986).
- Malvino, Albert; Leach, Donald. "Digital principles and applications", second edition, McGraw-Hill, (1975).
- Streitmatter, Gene; Fiore, Vito. "Microprocessors theory and applications", Reston Publishing Company, Inc., (1979).
- Short, Kenneth. "Microprocessors and programmed logic", Prentice Hall, (1981).

ABREVIACIONES:

- AEN = Address enable - Permiso de dirección
ALE = Address latch enable - Permiso de establecer dirección
CAD = Convertidor Analógico Digital
CDA = Convertidor Digital Analógico
EOC = End of conversion - Fin de conversión
IOR = Input output read - Lectura de entrada salida
IOW = Input output write - Escritura de entrada salida
OE = Output enable - Permiso de salida
STA = Start - Inicio
us = microsegundos, 10^{-6} segundos
v = voltios