

3  
24 323817



# UNIVERSIDAD ANAHUAC DEL SUR

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
ESCUELA DE INGENIERIA

Universidad Anáhuac  
del Sur

“ DISEÑO DE CONTROLADOR DE TEMPERATURA TIPO  
PROPORCIONAL INTEGRAL Y DERIVATIVO ”

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

**IVAN ERNESTO GOMEZ MARTINEZ**

DIRECTOR DE TESIS :

FIS. ESTEBAN AMANO TOYOMOTO

MEXICO, D. F.

1991

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

Introducción

## CAPITULO I

Generalidades teóricas de control.

-Sistemas de control.	5
-Características de un sistema de control.	5
-Clasificación de los sistemas de control.	6
-Sistemas de control de lazo abierto.	6
-Sistemas de control de lazo cerrado.	7
-Sistemas reguladores.	8
-Sistemas de seguimiento.	8
-Tipos de acción de control.	8
-Control proporcional.	10
-Control integrado.	19
-Control derivativo.	23
-Control proporcional integral y derivativo.	25

## CAPITULO II.

### Microprocesadores.

-Introduccion	35
-Descripción del 8085.	36
-Descripción funcional del microprocesador 8085.	41
-Memoria EPROM.	43
-Memoria RAM.	43
-Semejanza con microprocesador 8086.	45
-Interfase.	47
-Transductores.	52

## CAPITULO III.

### Diseño y construcción.

-Introduccion	55
-Diagrama de ADC (convertidor analógico digital ).	61
-Diagrama de DAC (convertidor digital analógico ).	62
-Circuito minimo.	63
CONCLUSIONES	66

## APENDICE.

-Características del 8085.	67
-Características de EPROM 2732.	70
-Características de RAM 8155.	71
-Termopares.	73
-Características de termopares	73

## BIBLIOGRAFIA.

76

## INTRODUCCION

El controlar una magnitud física (Temperatura, Velocidad, Presión etc.) es estrictamente necesario para el buen desarrollo de determinados procesos, sobretodo en la industria.

Cuatro temas se entrelazan a través de todos los sistemas dinámicos y la teoría del control : La búsqueda de las relaciones causa-efecto; la inspección de que la salida normal de un sistema es el resultado de sus entradas pasadas; la utilización de la propia salida del sistema para regularlo, y la definición de interacciones relevantes entre las partes que componen un sistema.

Los sistemas de control automáticos en circuito de lazo abierto, y en circuito de lazo cerrado; los servo sistemas pertenecen a esta última categoría, es un sistema cuyo objetivo primordial es el de controlar una determinada magnitud física en forma automática, entendiéndose como sistema a una combinación de componentes u órganos diversos, estando conjuntamente para el logro de un determinado objetivo.

Los sistemas de control emplean frecuentemente componentes de diferentes tipos como son : componentes neumáticos, eléctricos, hidráulicos, mecánicos y combinaciones de estos mismos, para diseñar controladores específicos de uso general ( controladores de temperatura, controladores de presión, controladores de nivel, de flujo, etc. ) que se encuentran en múltiples aplicaciones en la industria.

CAPITULO

1

## GENERALIDADES TEORICAS DE CONTROL

### SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema de control es un arreglo de componentes físicos conectados de tal manera que el arreglo se pueda comandar, dirigir, regularse así mismo o a otro sistema .

### CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE CONTROL

La estabilidad, exactitud, rapidez de respuesta son características que debe de tener todo sistema de control, necesariamente un sistema debe de ser estable, y esto significa que la respuesta a una señal, ya sea el cambio del punto de referencia o una perturbación debe alcanzar y mantener un valor útil durante un periodo razonable. Un sistema de control inestable producirá oscilaciones persistentes o de gran amplitud en la señal, o bien, puede hacer que la señal tome valores que correspondan a los límites externos. Un sistema de control debe ser exacto dentro de ciertos límites especificados. esto significa que el sistema debe ser capaz de reducir cualquier error a un valor aceptable. Es conveniente hacer notar que no hay sistema de control alguno que pueda mantener un error cero en todo tiempo porque siempre es necesario que exista un error para que el sistema inicie la acción correctora. Incluso cuando haya sistemas que matemáticamente pueden reducir a cero el error de sistema (bajo condiciones ideales) .

## CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control pueden clasificarse en dos grupos :

- Sistemas de control de lazo abierto
- Sistemas de control de lazo cerrado
- \* Sistemas reguladores
- \* Sistemas de seguimiento

### SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO ABIERTO

Los sistemas de control de lazo abierto son sistemas en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control. En un sistema de lazo abierto la salida ni se mide ni se retroalimenta para comparación con la entrada, en el diagrama de bloques de la siguiente figura se observa la secuencia de un sistema de lazo abierto .

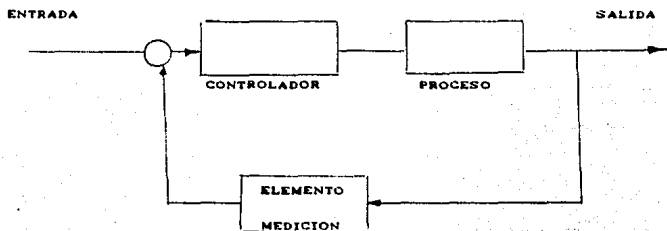




## SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO

Los sistemas de control de lazo cerrado (retroalimentados) la variable controlada es comparada con la variable de referencia, y cualquier diferencia que existe entre ambas (error) es usada para reducir esta última. Un sistema de control retroalimentado compara lo que estamos obteniendo con lo que necesitamos y usa cualquier diferencia a fin de poner en correspondencia la entrada con la salida.

Un sistema de control retroalimentado es aquel en la señal de salida tiene un efecto directo sobre la acción de control. En la siguiente figura se muestra un sistema de lazo cerrado básico.



Los sistemas de control retroalimentados pueden dividirse en dos amplias categorías :

#### SISTEMAS REGULADORES

Es aquél cuya función principal es mantener esencialmente constante la variable controlada además de las perturbaciones inconvenientes que pudieran actuar sobre el sistema .

#### SISTEMAS DE SEGUIMIENTO

Es un sistema de control retroalimentado cuya función es mantener la variable controlada en correspondencia muy próxima con la variable de referencia ,la cual es cambiada frecuentemente .

#### TIPOS DE ACCION DE CONTROL

El término acción de control se refiere a la manera en la que la señal actuante es empleada por la porción de control (elementos de control ) para lograr la corrección . Un conocimiento de las características de las diversas acciones de control , es útil para predecir las respuestas del sistema o de los sistemas especialmente en aquellos casos donde la función de transferencia del sistema está

siendo controlada .Los sistemas de control pueden clasificarse ya sea por su acción de control o por el tipo al que pertenece ,para nuestro estudio citaremos las acciones de control mas conocidas :

- CONTROL DE DOS POSICIONES ENCENDIDO Y UNO APAGADO
- CONTROL PROPORCIONAL
- CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL
- CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO
- CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL Y DERIVATIVO.

## Control Proporcional

Tiene una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control-dentro de la banda proporcional-esto es el elemento final de control se mueve o se desplaza una unidad igual por cada unidad de desviación .

Es característica de este modo de control su persistencia , ya que si no existe desviación obviamente no habrá corrección .

El modo proporcional tiene la capacidad de corregir pero solo bajo una condición de carga. Para otras cargas habrá errores estacionarios esta es su característica y desventaja.

El error estacionario se puede corregir ajustando manualmente el elemento final de control. La corrección es válida para un solo valor de los parametros y sin perturbación.

Como conclusión: Se pueda decir que el modo proporcional es un poderoso estabilizador, capaz de ajustarse ampliamente, pero tiene la indeseable característica del error estacionario.

El tipo de control demandado consiste en controlar manualmente la posición correspondiente a cero error dentro de las condiciones promedio de el proceso e instrucción al controlador para cerrar la válvula proporcional para un error positivo ( $PV > PF$ ) o abrir esta para proporcionar un error negativo ( $PV < PF$ ).

En otras palabras la ley de control para sistemas proporcionales es

$$V = KE + M \quad (1)$$

donde:

V=válvula

E=error

donde:

E= $PV - PF$

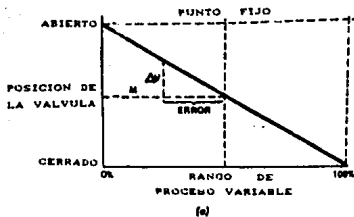
k=constante de proporcionalidad

M=una constante de válvula establecida para  $E=0$

SP=set point, punto de referencia.

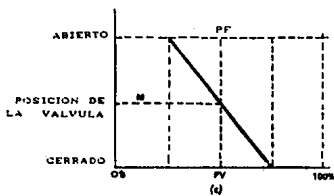
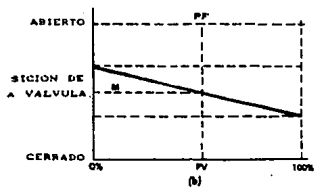
PV=proceso variable

Esta es la ecuación de una línea recta y su definición se muestra en la figura 1.



( figura 1 )

La constante de proporcionalidad  $K$  se le llama ganancia del controlador se muestra en la figura 2



LEY DE CONTROL PROPORCIONAL  
 A GANANCIA PROPORCIONAL ( $\Delta v = error$ ) BILEY DE GANANCIA  
 CALTA GANANCIA

figura 2

La ganancia o la pendiente de la línea determinan el cambio en la apertura de la válvula que corresponde al resultado del error.

El porcentaje en error necesitado para mover toda la escala, es amenudo llamado, banda proporcional (PB).

En la siguiente figura se requiere de un pequeño error para abrir o cerrar completamente la válvula. A este tipo de sistemas se le denomina como: sistema de alta ganancia.

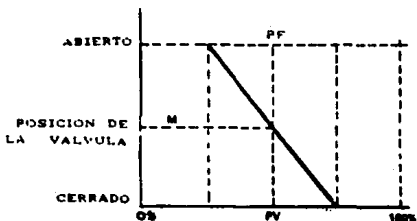


figura 3

En la siguiente figura lo opuesto es verdad. Por consiguiente la relacion entre ganancia y banda proporcional es inverso.

$$K = \frac{100}{PB} \quad (2)$$

donde PB esta en porcentaje, y el estado constante del

termino M en la ecuación es llamado montaje manual.

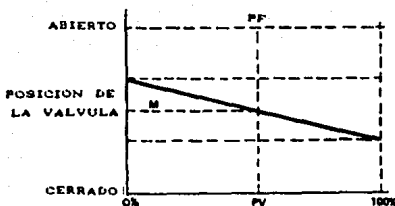


figura 4

La siguiente figura muestra la acción de un controlador proporcional en tiempo. Podemos decir, que, si por alguna razón, se inyecta un producto frío, o aumentamos la cantidad de fluido del producto el error saltara rapidamente para arreglar el valor y la válvula se movera rapidamente ( o tratará ) atraves de una cantidad proporcional en la dirección necesaria para reducir el valor a cero. Si el error continua constante la nueva posición de la válvula será la misma.



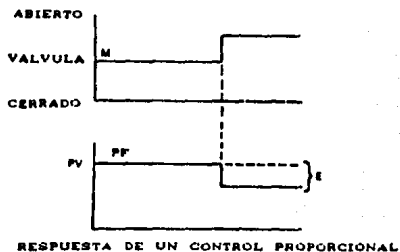


figura 5

Las desventajas del tipo de control proporcional pueden ser determinadas siguiendo las consecuencias a esta clase de disturbios en un sistema de lazo cerrado, asumiendo que el sistema es de lazo abierto y que no hay control.

Si cierta carga de disturbios se presenta como se muestra en la siguiente figura, la posición de la válvula no cambia y la temperatura caerá de nuevo a un valor de estado constante con un error constante.

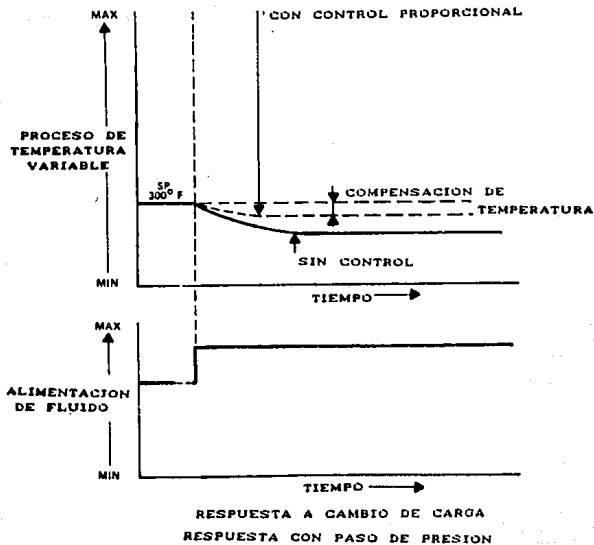


figura 6

Ahora regresando a las condiciones de lazo cerrado con control proporcional, la válvula respondera como se muestra en la figura 5, para reducir este error.

Pero la ley de control establece que V puede cambiar unicamente si E lo hace y si M es una constante.

Esto es para cualquier nueva posición de la válvula no para M, la cual corresponde a la carga promedio desde la cual nosotros nos hemos desviado . Debe haber un valor definido para el error E.

Este error residual es conocido como " offset ". El tipo de control proporcional con menos de la ganancia infinita resulta un error cero, unicamente con una condicion de presión establecida con el valor de M vuelto a poner manualmente.

Para eliminar el error cuando los cambios de presión ocurren ,el valor de M debe ser vuelto a poner manualmente asi el origen del nombre llega a ser claro.

Por cambios frecuentes de presión es necesario de alguna manera automatizar la función de reinicio.

El algoritmo del controlador iproporcional guiado hacia un error constante cuando la presión excede a la presión inicial através de el valor de M en  $V=KE+M$ ; este valor debe ser vuelto a poner si el error va ha ser reducido a cero.

Una forma de hacer esto automaticamente es meramente programar al controlador para que maneje la válvula en la dirección de reducir el error tanto como el error persista .

Por ejemplo, la válvula debe ser manejada por un motor de velocidad constante. a este tipo de reinicio automático es conocido como (Control de velocidad fluctuante) donde la palabra fluctuante se refiere a la dependencia (relacion) de la proporción de cambio en el controlador sobre el error.

El tipo mas común de reinicio es el de control de velocidad fluctuante, en donde la proporción de movimiento de válvula es proporcional a la derivada del error.

$$\frac{dv}{dt} = K_I$$

Integrando esta ecuacion obtendremos:

$$V = K_I \int E dt \quad (4)$$

(si las condiciones iniciales son iguales a cero) la cual justifica el término mas moderno que es Control Integral.

## Control Integral

Existe en este modo de control una relación preestablecida entre la desviación y la razón de desplazamiento del elemento final de control, el cual se mueve relativamente con lentitud hacia una u otra posición extrema, dependiendo de que la variable controlada quede arriba o abajo del punto fijado.

Dentro de este modo de control existen 3 variantes que son:

- a) Modo flotante de una velocidad.
- b) Modo flotante de una velocidad con zona muerta.
- c) Modo flotante de una velocidad múltiple.

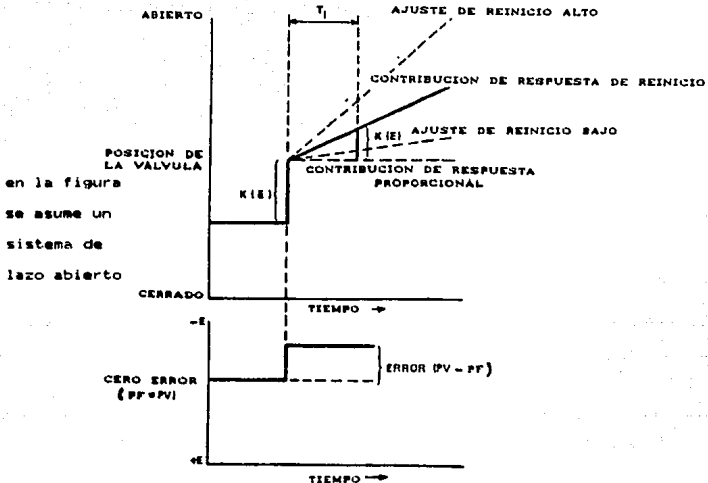
Este tipo de control intuitivamente y matemáticamente nulifica el error y corrige el offset (error residual), dando suficiente tiempo desde que el controlador comienza a manejar la válvula hasta que no exista error.

Si ambos (el control Proporcional e Integral) se combinan, la ecuación de control será.

$$V = K_E + K_I \int E dt + M \quad (5)$$

Esto es conocido como: Control Proporcional Integral (PI). El comportamiento del controlador PI cuando está sujeto a un error de paso el cual se ve en la siguiente figura.

CONTROL PICO DE REINICIO PROPORCIONAL



RESPUESTA DE CONTROL P;  
figura 8

La salida del controlador (válvula de posición) se eleva casi automáticamente por una cantidad  $KE$  como resultado del término proporcional. Pero desde que el error persiste, el término integral continúa moviendo la válvula en una proporción constante como se muestra en la figura 8. (en la figura se asume un sistema de lazo abierto).

$$\frac{dv}{dt} = kiE$$

Donde el deslizamiento de la elevación está dado por la ganancia de entrada  $K_I$ , después de un tiempo  $T_I$  llamado tiempo de inicio. El trabajo de mover la válvula hacia la pendiente de el término integral llega a ser igual a la contribución proporcional de origen  $K_E$ .

El ajuste de reinicio de el controlador puede ser expresado en terminos de  $T_I$ , el tiempo de reinicio ó su recíproco, repeticiones por minuto (RPM), desde la última expresión cuantas veces por minuto los ajustes integrales repiten la corrección proporcional  $K_E$ .

El algoritmo PI, tiempo de reinicio

$$V = K_E + \frac{K}{T_I} \int E \, dt + M \quad (6)$$

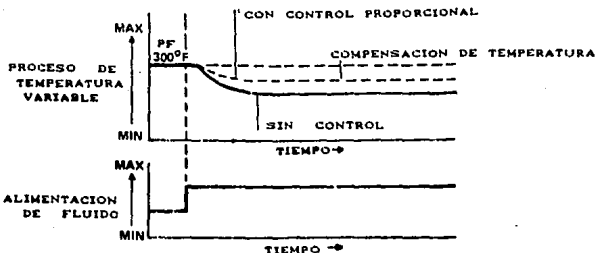
$$= K \left( E + \frac{1}{T_I} \int E \, dt \right) + M$$

La relación entre  $K_I$ ,  $T_I$  la ganancia proporcional es entonces

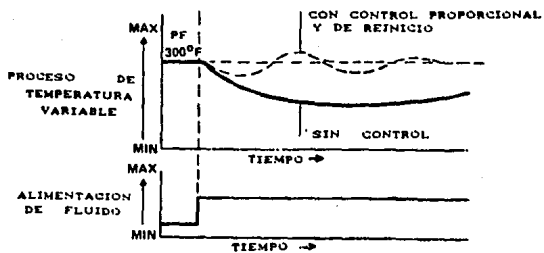
$$K_I = \frac{K}{T_I} \quad (7)$$

La siguiente figura muestra los términos de un sistema de lazo cerrado mejorando los resultados de este sistema integral la respuesta es un sistema estable a un escalón de presión, de esta manera anula eventualmente el error.

CONTROL PROPORCIONAL PICO DE REINICIO



RESPUESTA SOLO A CAMBIO DE CARGA DE CONTROL PROPORCIONAL



RESPUESTA A CONTROL PROPORCIONAL PICO DE REINICIO

MEJORAMIENTO EN LAZO CERRADO DEBIDO A CONTROLADOR PI

figura 9



## Control Derivativo

Factores importantes relacionados con el modo derivativo son: para oponerse a cualquier cambio, el modo derivativo tiene un gran efecto de estabilización en control pero no elimina el error estacionario.

Tiempo de Derivación: El ajuste del modo derivativo se expresa como tiempo de derivación, que es el tiempo en minutos durante el cual el modo derivativo adelanta el efecto sobre el elemento final de control.

La figura ( 9 ) nos lleva a la conclusión de que una cantidad substancial de tiempo puede transcurrir antes de que un proceso regrese lentamente a cero error .

Si un producto sensible a variación en el controlador variable ,temperatura ,.Por ejemplo,donde estuvo procesada una gran cantidad de producto fuera del estandard puede resultar antes de que el sistema regrese a la normalidad .

Intuitivamente parece que una posibilidad de mejoramiento del control sería tener anticipación del error sensando cuando y que tan rápido se mueve .Esto es ,que nosotros podemos sensar la proporción de cambio o la derivación del error y agregar un término proporcional ,a este factor como una corrección al controlador .Expresando este concepto matemáticamente .

$$V = K_D \frac{dE}{dt} \quad (8)$$

Cuando  $K_D$  es la derivada o constante de proporcionalidad. Es claro que este término de proporcionalidad afecta al controlador únicamente durante un cambio de la magnitud de error.

Un valor constante de error, puede ser corregido únicamente con el algoritmo PI, aunque los términos derivativos pueden ser usados con el tipo proporcional para formar un controlador proporcional y derivativo.

## Control Proporcional Integral y Derivativo

Los modos de control anteriormente descritos se pueden combinar en un solo instrumento de control, obteniendo así todas sus ventajas.

1) El modo proporcional corrige la posición en una cantidad proporcional a la desviación y produce una entrada temporal de energía aumentada.

2) El modo integrativo corrige la posición en una razón proporcional a la desviación y produce una entrada permanente de energía aumentada.

3) El modo derivativo corrige la posición en una cantidad proporcional a la razón de cambio de la variable controlada.

Los elementos de medición ejecutan la función de transducir, que consiste en recibir una cierta señal a la entrada y entregar otra con las características que sean requeridas para cada caso.

Un controlador automático es un dispositivo sensible a los errores y autocorrector.

Este capta una señal a la salida del proceso y lo retroalimenta a la entrada del mismo para comparar y corregir. Es por esto que al control de lazo cerrado se le conoce también como un control de retroalimentación.

El algoritmo para el controlador PID es una combinación de E (8) y (6).

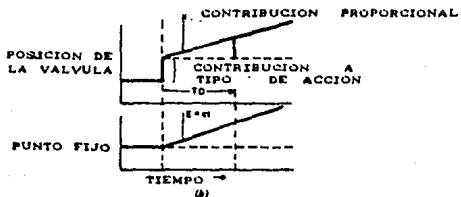
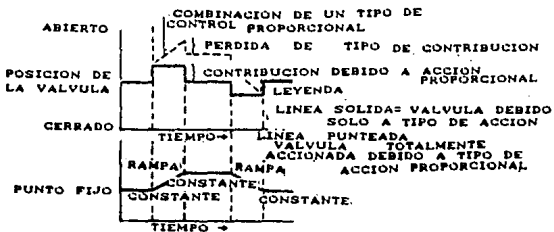
$$V=K(E+\frac{1}{T_I}\int E dt +T_D \frac{dE}{dt})+M \quad (9)$$

El término  $T_D$  es la proporción o tiempo derivada y esta relacionado con  $K_D$ , la ganancia de constante de proporcionalidad en (8) como  $T_I$  y  $K_I$  son relacionadas.

$$K_D=KT_D \quad (10)$$

La siguiente figura muestra la acción de un controlador PD o controlador doble. Si el punto establecido es movido linealmente de manera que el error de lazo abierto es una función de tiempo  $E$  es igual a un constante

CONTROL PROPORCIONAL PICO TIPO DERIVATIVO



PD ACCION DE CONTROLADOR AISOLO TIPO DE ACCION  
B) ACCION PROPORCIONAL PICO

figuras 10

La acción proporcional producirá un cambio inmediato en la posición de la válvula, proporcional al deslizamiento del error  $C$ . Esto toma un tiempo  $T_d$  para el factor proporcional  $K_E$  al igual anticipada proporción de corrección, así continuando con  $K_D = K T_d$  como se muestra en la siguiente figura este controlador, cuando se actúa subiendo y bajando rampas como entradas  $SP$ . tiene una respuesta compleja compuesta de ambas proporciones y componentes

proporcionales. Los efectos producidos empiezan a acelerar la acción de la válvula.

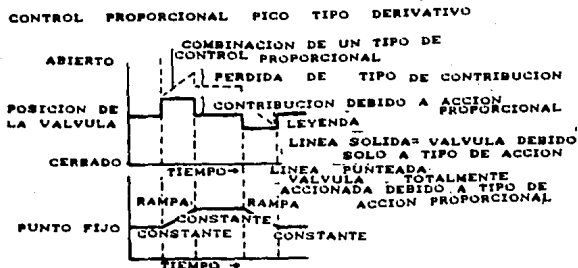


figura 11

Si la expresión lineal de la rampa  $E=constante$  es substituida dentro de la ecuacion.

$$V-M=KE+KT_d \frac{dE}{dt}$$

De (1) (8) y (10) el resultado sera

$$V-M=K_c(t+T_d)$$

Demostrando que la respuesta de la válvula avanza en tiempo por la cantidad  $T_d$ .

Esto no debería asumir que el algoritmo PID y sus componentes son las únicas maneras de control en uso. Muchas variantes son posibles especialmente donde la flexibilidad donde las computadoras digitales están disponibles, algunas de estas incluyen términos de una ganancia no lineal, tal como: deslizamiento de cambio zonas muertas (huecos) errores potenciales tales como  $E^2$ , y familias de algoritmos óptimos tales como las muestras mínimas de datos prototipo que deberían ser particularmente propio de los microprocesadores. Sin embargo los usos más frecuentes de controladores son del tipo PI o PID desde el punto de vista de la universalidad y de la estabilidad representan un estándar promedio del cual todas las formas de control son limitadas.

Si seguimos la tarea de nuevos procesos de aplicación tales como los microprocesadores puede ser demostrado el equivalente de PID.

#### Modificaciones Para Algoritmos PID

Usando la siguiente tabla (ver apéndice a) nosotros podemos escribir (9) en la forma de Laplace (omitiendo reinicio manual del término M) obteniendo.

$$V/E = K(1 + \frac{1}{T_I S} + T_D S) \quad (11)$$

Como una función de transferencia del controlador ( nosotros notamos de la tabla que multiplicando por  $I/S$  representa el equivalente de Laplace de la operación de integración justamente como una multiplicación por  $S$  que representa la primera derivada ). Esta función de transferencia se representa en la siguiente figura :

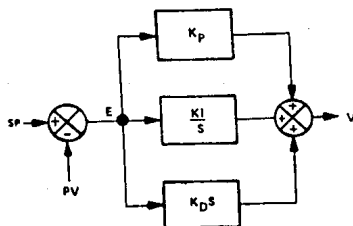


figura 12

Otro nombre para esta función es ideal o no interactiva control tres términos .Desde que cada uno de estos tres términos es sumado y la ganancia de cada bloque puede ser determinado como independiente a la mayoría de los



controles análogos , sin embargo tiene una función de transferencia mas claramente representada por :

$$\frac{V}{E} = \frac{K_i(1+T_iS)(1+T_2S)}{(T_iS)(1+\gamma T_2S)} \quad (12)$$

Donde  $T_i$ = Es igual al equivalente integral de tiempo

$T_2$ =Al tiempo proporcional para un controlador ideal .

La ultima fórmula viene históricamente como un resultado de la construcción física lo mas parecida a un mecanismo análogo de un controlador neumático .

Ecuación (12) la llamamos real o algoritmo interactivo PID .En la práctica actual la forma ideal ayudada por un filtro pasa bajas (La función de transferencia de primer orden )  $1/(1+T_fS)$  La cual multiplicada por (11) para limitar la fase y la alta frecuencia.

Cuando este es el caso. se puede demostrar que la forma de las dos expresiones es la misma si los límites de la alta frecuencia son idénticos esto es, si  $\gamma T_2=T_f$ , y con algunas manipulaciones algebraicas podemos obtener los equivalentes.

$$K=K_i \frac{(T_1+T_2)}{T_1}$$

$$T_i=T_1+T_2 \quad (13)$$

$$T_b = \frac{T_1 T_2}{T_1}$$

Estas expresiones demuestran no es igual a la verdadera integral en tiempo  $T_1$ , ni  $T_2$  a  $T_b$ , la constante proporcional,  $K_i$  tampoco es igual a  $K$ .

La interacción entre, el ajuste de control real para proporción y la integral de tiempo son aparte, sin embargo, en el caso donde  $T_2 \ll T_1$  los dos parámetros precisados llegan a ser casi iguales.

Nos podemos hacer preguntas para ambos argumentos como, que algoritmo es el mejor.

Se supone que el controlador real es menos sensitivo para cambiar parámetros de procesos, y esto tal vez compense de algún modo con algunas dificultades de ajuste.

En controladores digitales la interacción debe ser mas obia debido a que los ajustes pueden ser hechos con mas precisión y son mas estables. Por consiguiente, es aconsejable proveerse de cualquiera de los dos para ser usados.

Los algoritmos tan discutidos anteriormente pueden ser empleados para cualquier tipo de válvula, se dice esto porque computan el valor absoluto de la posición de la válvula continuamente.

Para una variación valuable es la ecuación de incremento de valor. Solo en esta modificación la diferencia entre el cómputo de cualquier válvula y un previo intervalo de tiempo transmitido a la válvula, es solo un cambio de posición enviado.

Si los intervalos de tiempo son un muestreo regular, es más conveniente incrementar el algoritmo a un sistema digital que tomar lecturas de salida regulares.

Ventajas del algoritmo incrementado, incluyen libertad de movimiento ó saturación del término integral.

## CAPITULO

2

# M I C R O P R O C E S A D O R E S

## INTRODUCCION

La teoria de control ha tenido un gran impulso desde el advenimiento de los Microprocesadores ya que esta combinacion ha resultado una buena mancuerna para el desarrollo de máquinas controladoras en un desempeño muy eficiente en la industria ya que el "software" de los microprocesadores es tan flexible como uno lo desee ademas, de la rapidez y exactitud con que procesan la informacion que se les transmite ya sea por un operador a través de una computadora o por un sensor mediante señales eléctricas.

A continuacion se describen las características de los microprocesadores y en particular el 8085 que se utilizó en este diseño.

La complejidad de los circuitos integrados se ha duplicado aproximadamente cada año desde que se desarrollo el primer dispositivo al comienzo de la década de los 60's. Las estadísticas indican que en la década de los 90's se fabricarán dispositivos que contengan varios millones de transistores.

El primer microprocesador ampliamente aceptado fué el: 8080A de la compañía INTEL. El micro procesador i8085A es una versión mejorada DEL I8080a. Con el i 8085A y sus circuitos compatibles ( i8155A, i8156A, i8755A, i8355A y i8185A ) casi cualquiera puede diseñar una micro computadora pequeña.

Desgraciadamente no todos los problemas se pueden resolver con micro computadoras pequeñas. Generalmente se requiere mas memoria y dispositivos adicionales para aplicaciones particulares.

En este proyecto se analizara el funcionamiento del i8085A.

#### DESCRIPCION DE EL 8085

El i8085 es una unidad de procesamiento central de 8 bits en paralelo. que se fabrica en un circuito integrado de 40

terminales usando la tecnología de alta escala de integración ( LSI large scale integration ) con la lógica de compuertas de silicio con canal (N).

El i8085A es un producto de la compañía INTEL que mejora a la i 8080A, en las siguientes características :

- 1.- El i8085A requiere de sólo una fuente de alimentación de 5v
- 2.- El i8085A utiliza sólo una señal de reloj.
- 3.- El i8085A incluye la misma lógica del i8080A, i8224A y i8228A juntos, es decir incluye un sistema de más alto nivel de integración
- 4.- El i8085A opera con un reloj con un período de 300 ns y frecuencia de 3 Mhz. El i8080A estándar, es de 500 ns (2 Mhz), aunque existen las versiones i8080A de 250 ns (4 Mhz) y el i8085A-2 de 200 ns (10 Mhz).
- 5.- El i 8085A cuenta con la capacidad de transmisión serie de entrada/salida (E/S) de datos.
- 6.- El i8085A tiene cinco entradas para solicitudes de interrupción ( cuatro mascarables y una no mascarable ). cuatro generan un vector de interrupción interno.

La serie de instrucciones del i8085A incluye las mismas instrucciones de la i8085A más dos instrucciones ( SIM y RIM ). ver apéndice

Su sistema de integración de alto nivel requiere de un mínimo de cuatro circuitos integrados \*

\*

El i8085A utiliza al bus de datos ( AD7-AD0 ) para la entrada/salida de datos y también para enviar la parte baja ( 8 bits ) de las direcciones. Realiza una función de multiplexor. Es decir esto obliga a la micro computadora a tener circuitos que realicen la función de "multiplexar" para los circuitos ( memoria e interfaces ) que se conecten al bus de datos o circuitos que tengan la función de multiplexar tales como el 8155A.

El i8085A contiene seis registros de propósito general ( B, C, D, E, H y L ) de 8 bits y el acumulador de 8 bits, también de propósito general, pero con características que lo hacen diferente ( por ejemplo, el acumulador siempre se utiliza en las operaciones aritméticas y lógicas ). Los seis registros de propósito general se pueden direccionar en forma particular ( para 8 bits o en pares de registros ) la serie de instrucciones del i8085A "ponen" ( envían a nivel 1 ) o "limpian" ( envían a nivel 0 ) a cuatro banderas y las que



por medio de instrucciones se les puede investigar su estado, estas banderas son: Signo (S), Acarreo (CY), Paridad (P), y Cero (Z). Una quinta bandera se utiliza para operaciones de aritmética BCD y se la conoce como bandera de Acarreo Auxiliar (AC).

Estas banderas se manejan como un registro conocido como registro de banderas de estado.

El i8085A tiene una característica de " Pila de Almacenar " ( stack ) externo en la que una parte de la memoria RAM disponible de la micro computadora se puede usar como pila de "último en llegar-primero en salir" (LIFO) para almacenar-obtener el contenido cualquiera de los siguientes registros :Acumulador, Banderas, Contador de Programas, y los tres registros pares. Un registro de 16 bits. apuntador del stack ( SP, Stack-Pointer ) controla la dirección de ese stack externo.

Este stack permite al i8085A la habilidad de un manejo fácil de las prioridades de la interrupción de nivel múltiple con un almacenamiento y rescate rápido del estado de los registros del procesador.

El i8085A utiliza un bus de direccionamiento de 16 líneas y un bus de datos de 8 bits para facilitar la interfase directa el i8085A con la memoria y con los dispositivos de E/S.

El control final de los buses de dirección y de datos reside en la señal de control HOLD, la cual proporciona la habilidad de suspender las operaciones del procesador y forzar a los buses de dirección y de datos a su estado de alta impedancia. esto permitirá que se realice la función " OR " de estos buses con otros dispositivos de control para acceso directo a memoria DMA, ( acceso directo a memoria ).

## Descripción Funcional de MP 8085

El MP 8085 es un procesador central completo de 8 bits en paralelo. Se ha diseñado con cargas de empobrecimiento de canal N y sólo necesita una alimentación de +5V. La velocidad base de su reloj es de 3MHz ó de 6MHz

El MP 8085 tiene doce registros direccionables de ocho bits. Cuatro de ellos sólo pueden funcionar en dos parejas de registros de 16 bits.

Otros seis pueden utilizarse alternativamente en registros de ocho bits ó en parejas como registros de 16 bits. El juego de registros de el MP 8085 es el siguiente.

Término anemotecnico	Registro	Contenido
ACC o A	Acumulador	8 bit
PC	Controlador de programa	Dirección de 16 bits
BC,DE,HL	Registros universales puntero de datos (HL)	8 bits X 6 ó 16 bits X 3
SP	Puntero de la pila	Dirección de 16 bits
Marcas ó F	Registro de	5 indicadores (espacio de 8 bits)

El MP 8085 utiliza un bus de datos multiplexado. La dirección se desdobra entre los 8 bits mas significativos del bus de direcciones y los 8 bits menos significativos del bus

de direcciones/datos. Durante el primer estado T ( ciclo de reloj ) de un ciclo de máquina, la dirección menos significativa se envía por el bus de dirección/datos .Estos ocho bits pueden ser enclavados externamente por la señal de habilitación de almacenamiento de dirección (ALE).Durante el resto del ciclo de maquina ,el bus de datos se utiliza para datos de memoria ó de E/S.

El microprocesador 8085 proporciona señales RD,WR,So,Si e IO/M para control del bus .También se provee una señal de reconocimiento de interrupciones (INTA).HOLD y todas las interrupciones están sincronizadas con el reloj interno del procesador .El MP 8085 aporta también líneas de datos de entrada en serie (SID) y de datos de salida en serie (SOD) para la conexión simple en serie .

El procesador central del MP 8085 tiene una cantidad de registros de almacenamiento de 8 bits. éstos pueden ser utilizados solamente en la manipulación temporal de datos y no pueden almacenar instrucciones de programas. Las instrucciones de programación deben ser almacenadas en elementos de memoria exterior.

La memoria externa puede ser dividida en dos amplias clases :ROM (memoria de solo lectura) y RAM (memoria de lectura y escritura). La ROM es utilizada para almacenar específicos, pasos permanentes de programación o datos. Los

contenidos de estas posiciones de memoria son considerados permanentes y no pueden cambiarse fácilmente. La memoria de lectura/escritura, por otra parte, es utilizada para almacenar datos que cambian cuando la computadora está funcionando.

En nuestro diseño se utilizaron una memoria EPROM 2732 organizada como 2048 bytes de 8 bits y memoria RAM 3155 de 3\*256 bytes

#### MEMORIA EPROM

La EPROM es una memoria de lectura en su mayor parte, es usada como una ROM para periodos prolongados de tiempo, borrada ocasionalmente y reprogramable cuando sea necesario. Cuando se recibe de fábrica todas las posiciones de memoria están sin programar, pero pueden ser programadas por el usuario. Si el contenido de la EPROM debe cambiarse, puede ser borrado y programado de nuevo. Estas memorias son fácilmente reconocibles porque tienen una ventana de cuarzo sobre el circuito integrado. Esta ventana es transparente a la luz ultravioleta y facilita el borrado.

#### MEMORIA RAM

La RAM es una memoria de lectura/escritura. Dicha memoria permite que los datos sean escritos en su interior lo mismo que se leen los que posee. La memoria de lectura escritura para microcomputadoras suele estar configurada por dispositivos de memoria programables de semiconductores, que

retienen los datos sólo mientras la alimentación está aplicada.

Hay dos clase de RAM estática y dinámica. La memoria estática almacena cada bit de información en un elemento de memoria biestable, tal como un circuito flip-flop. Esta información es retenida tanto tiempo como se mantenga la alimentación suministrada al circuito. Las memorias programables dinámicas tienen una estructura interna más simple, un tamaño más pequeño disipan menos potencia y son intrínsecamente más rápidas. Almacenan información como una carga eléctrica, esta carga dura solamente unos pocos milisegundos y debe ser regenerada. Esta necesidad de regenerar la información almacenada es una de las más grandes diferencias entre las memorias programables estáticas y dinámicas.

El regenerar la memoria dinámica puede ser de algún modo molesto. El proceso requiere que todos los elementos de almacenaje estén direccionados por lo menos una vez cada pocos (por lo general 2) milisegundos. Un circuito contador suele incorporarse para ejercitar las líneas de dirección de la memoria, cuando la computadora no está teniendo acceso a la memoria. En la mayoría de los sistemas la regeneración de la memoria requiere de una circuitería externa adicional.

## Semejanza con el MP 8086

El repertorio de instrucciones del 8086 incluye todos los tipos que se encuentran en el 8085, pero con más modos de direccionamiento y más tipos de operandos.

Por tanto se tienen todas las instrucciones de transferencia de datos del 8085 para el movimiento de datos entre registros de la CPU, entre la CPU y la memoria (incluyendo las instrucciones de inserción y extracción de la pila) y entre la CPU y los puertos de E/S. Las instrucciones aritmético - lógicas básicas incluyen sumas y restas con o sin acarreo/adeudo, incrementos y decrementos y varias operaciones booleanas y de rotación. Como en el caso del 8085, las operaciones decimales se realizan mediante instrucciones binarias seguidas de instrucciones especiales de ajuste decimal. El 8086 también realiza la mayoría de las instrucciones para control del programa del 8085, incluyendo instrucciones de saltos condicionales e incondicionales y llamadas y retornos de subrutinas.

En el núcleo del 8086 hay una UAL (unidad aritmético lógica) de 16 bits que realiza todos los procesamientos de datos, y que se comunica con un conjunto de 14 registros programables de 14 registros programables de 16 bits que se utilizan para almacenar direcciones, datos e indicadores de estado. Las transferencias de datos y direcciones externas

utilizan un bus AD multiplexado bidireccional de 16 bits, análogo al bus del mismo nombre, de 8 bits, del 8035. Cuatro líneas adicionales de dirección permiten utilizar direcciones de 20 bits en el 8086..

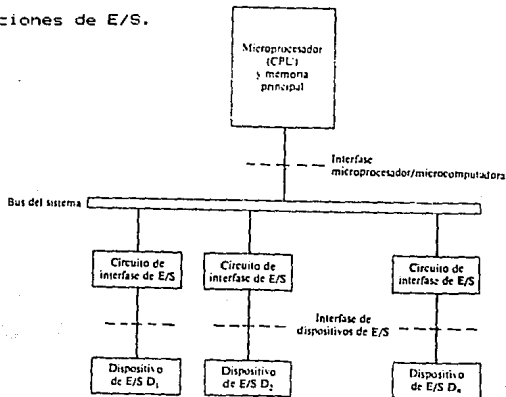


## I N T E R F A S E

El nombre (( interfase )) es un término general para especificar la frontera o punto de contacto entre dos partes de un sistema. En sistemas digitales usualmente con él se hace referencia al conjunto de puntos de conexión de señales que el sistema o cualquiera de sus componentes presenta al exterior.

Cuando se habla de (( realizar una interfase )) significa, enlazar dos o más componentes o sistemas a través de sus respectivos puntos de interfase, de forma tal que entre ellos pueda transferirse información. En un sistema con micro procesadores hay principalmente dos tipos de interfases: la interfase microprocesador o microcomputadora, que, como se muestra en la figura 1, corresponde al bus del sistema; y las interfases presentadas por los dispositivos de E/S del sistema. La última depende de los dispositivos de E/S con que están asociadas, y varían grandemente en complejidad. Para conectar un dispositivo de E/S a un microprocesador, normalmente entre el dispositivo y el bus del sistema se incluye un circuito de interfase de E/S. Este circuito sirve para acoplar los formatos de las señales y las características de temporización de la interfase del microprocesador con los de interfase del dispositivo de E/S.

Tomando como formato, la conversión entre la transmisión de datos serie (bit a bit) utilizada por algunos dispositivos de E/S y la transmisión de datos en paralelo (palabra a palabra) usado por la mayoría de microprocesadores. Y como temporización a la sincronización necesaria para acomodar las diferentes velocidades operativas de la CPU, memoria principal y dispositivos de E/S. ya que estos funcionan independientemente en el sentido de que sus relojes internos no están sincronizados uno con otro. Por ello deben intercambiarse señales de control de conformidad (listo, petición, reconocimiento, etc.) a través de los circuitos de interfase para iniciar o terminar las operaciones de E/S.



Interfases principales en una microcomputadora.

figura 1

Una función básica de los dispositivos de E/S es transformar información de varias formas no eléctricas a una forma eléctrica digital, tal como se requiere para ser procesada por un microprocesador.

Cuando tanto las señales eléctricas como no eléctricas que intervienen en las interfases de E/S son primariamente digitales, como en conmutadores, LEDs y dispositivos similares, se dice que el dispositivo es un dispositivo digital de E/S. Hay otra clase importante y numerosa de dispositivos que tratan con señales externas analógicas, es decir, que varían continuamente; éstos se denominan dispositivos de E/S analógicos. Entre las magnitudes analógicas más comúnmente utilizadas se encuentran:

Posición espacial

Velocidad

Aceleración

Presión

Velocidad de flujo de un fluido

Intensidad de radiación (luz, radiación infrarroja, etc.)

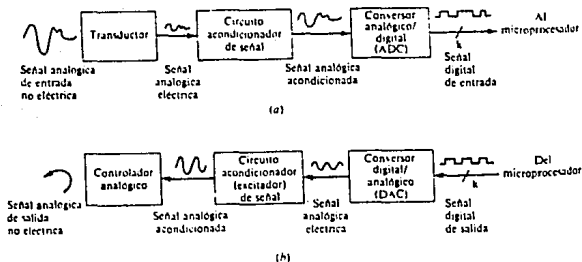
Temperatura.

(Esta última magnitud mencionada es la que se va a controlar en este tema de tesis.)

Generalmente se requieren dispositivos analógicos de entrada cuando una cantidad física continuamente variable debe medirse con precisión, mientras que los dispositivos analógicos de salida son necesarios para controlar magnitudes físicas continuamente variables. Muchas aplicaciones de los microprocesadores utilizan medidas y control analógicos.

En la figura 2 se ilustran los requisitos globales para realizar una interfase entre un microprocesador y variables analógicas. En primer lugar la señal analógica no eléctrica de entrada se convierte en una señal eléctrica proporcional (analógica) por medio de un transductor o sensor. La salida del transductor usualmente debe ser modificada por circuitos electrónicos acondicionadores que adaptan las características eléctricas del transductor a las del dispositivo que alimentan. Las funciones habituales efectuadas por los circuitos acondicionadores de señales son, filtrado de ruido y amplificación de tensión. A continuación la señal eléctrica acondicionada se convierte en una señal digital proporcional por medio de un conversor analógico/digital (ADC) controlado por hardware o por software. La señal digital resultante puede ser transferida a la computadora central para su almacenamiento o procesamiento. Un conjunto de operaciones similares se necesitan para efectuar la interfase de un microprocesador

con un dispositivo analógico de salida, como indica la figura 2b. las señales digitales de salida del microprocesador primero se convierten en señales eléctricas analógicas proporcionales por medio de un conversor digital/analógico (DAC). La salida del DAC es acondicionada por circuitos apropiados -circuitos excitadores de salida, por ejemplo- y transferida al dispositivo analógico de salida.



Interfases analógicas de una microcomputadora: (a) circuito de entrada; (b) circuito de salida.

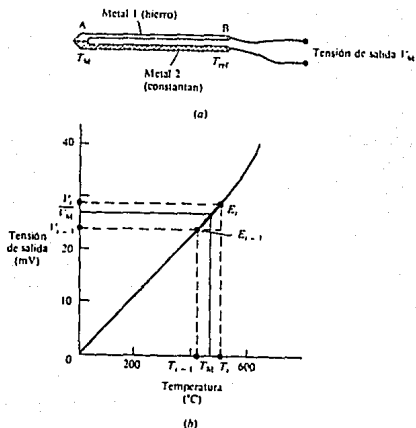
fig.2 a)y2b)

## TRANSDUCTORES

Los transductores tienen la función de convertir variables de entrada no eléctricas a eléctricas, usualmente analógicas

El transductor que se usará en este proyecto es el termopar, con este se puede medir y controlar con precisión la temperatura sobre un amplio margen. Este transductor está compuesto de dos pequeñas piezas (hilos) de diferentes metales unidos en uno de sus extremos A, como muestra la figura 3a. El otro extremo B se une a los conductores eléctricos que sirven de líneas de salida del termopar. Cuando A y B están a diferentes temperaturas, aparece una pequeña diferencia de potencial entre ellos (efecto Seebeck). Entonces si el terminal B se mantiene a una temperatura fija de referencia  $T_{ref}$  el terminal de la unión A puede utilizarse para detectar una temperatura  $T_M$  que deba medirse. La tensión  $V_M$  generada es aproximadamente proporcional a  $T_M - T_{ref}$ . Comercialmente hay tipos de termopares normalizados, y son designados por letras que identifican los metales que contienen.

En la figura 3b se muestra una gráfica de la relación entre  $T_M$  y  $V_M$  que se utiliza cuando  $T_{ref}=0$  C. Como esta relación es ligeramente no lineal, se utilizan tablas para determinar  $T_M$  a partir de  $V_M$ .



Termopar tipo J (hierro-constantan): (a) estructura; (b) característica temperatura-tensión.

fig. 3a) y 3b)

Como interfase se utilizaron convertidores de analógico a digital (ADC) para la lectura de la temperatura (magnitud analógica) que nos proporciona el transductor (termopar) para que pueda ser procesada por el microprocesador y convertidores digital a analógico (DAC) para para que el microprocesador pueda proporcionar una señal analógica.

CAPITULO

3



## DISENO Y CONSTRUCCION

### INTRODUCCION

En base a los estudios de el capitulo anterior se desarrollo el siguiente circuito minimo, utilizando como unidad central de proceso (CPU) El microprocesador 8085.

Como memorias externas se utilizaron una EPROM 2732 ( memoria de solo escritura ) y una RAM 8155 ( memoria de lectura/escritura ).

En estos tres circuitos integrados esta basado principalmente nuestro controlador de temperatura de tipo PID ( Proporcional Integral y Derivativo ).

Como se dijo, el programa residente en la memoria EPROM efectua el algoritmo PID que es el que va a caracterizar a nuestro controlador de los diferentes tipos de controladores que pudieran fabricarse y que algunos de estos fueron mencionados en el capitulo I de esta tesis.

El programa por el cual se va ha regir nuestro controlador se divide en tres partes.

La primera de ellas es un programa que solo comprendera la parte proporcional de el algoritmo, la segunda solo comprendera la parte integral y la tercera comprendera la parte derivativa.

A continuacion se muestran los diagramas a bloque de los programas

```

3 PROGRAMA DE CONTROL PROPORCIONAL
4
5 DESCRITO POR LA EQUACION
6
7 OPERACION (XN-DMM)
8
9 PUNTO: UNACORRIENTE DE SALIDA
10 : DMM) UNACORRIENTE ANTERIOR A LA SALIDA
11 : UNACORRIENTE
12 : UNACORRIENTE DE ENTRADA
13
14 0000 31F080 LMI SP,80FH ; INICIALIZA STACK
15 0003 F5 PUSH PSW
16 0004 1E03 MVI E,3H ; DMM)
17 0006 3E04 MVI A,4H ; XN
18 0008 73 SUB E ; XN-DMM)
19 0009 1E02 MVI C,2H
20 000B 57 MOV B,A
21 000C 1D1200 CALL MULT
22 000F 78 MOV A,B
23 0010 83 ADD E
24 0011 71 POP PSW
25 0012 54 MULTI: MOV B,C
26 0013 43 MOV C,L
27 0014 0600 MULTI: MVI B,00H ; BYTE MAS SIGNIFICATIVO DEL RESU
28 ; LADO
29 0016 1E03 MVI E,03H ; CONTADOR DE CARRILLOS
30 0018 77 MULTI: MOV A,C ;
31 ; INTRODUCIR A LA DERECHA AL MULTIFLIC
32 ; ALOR
33 001A 4F MOV C,A ;
34 001B 1D DECR E ; DECREMENTAR AL CONTADOR
35 001C CAZ000 JZ FIN ; SALIR SI SE TERMINO
36 001E 78 MOV A,B ;
37 0020 022400 JNC MUL ; SALIR SI EL BYTE QUE SALE TIENE
38 ; NIVEL
39 ;
40 ;
41 0022 52 ADD D ; SUMA EL MULTIFICANDO AL BYTE
42 ; DEL RESULTADO
43 0024 1F MULTI: KAR ;
44 0025 47 MOV B,A ; CARGAR EN B EL BYTE ALTO DEL RE
45 ; SULTADO
46 0026 C31800 JMP MULTAH ; IVA POR OTRO BIT
47 0029 C7 MULTI: MVI ;
48 0000 END ; REGRESA AL PROGRAMA PRINCIPAL

```

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49

```

16000 INTEGRAL ESTA DEFINIDO POR
: Y(I) = INTEGRAL DE U(S) IN DE D(I)DT
TEN FORMA DISCRETA:
: Y(I) = T(S) POR LA SUMATORIA DE 0 A N DE D1
: UNDE:
: YN = VALOR INTEGRAL DE LA CORRIENTE
: YNM1 = VALOR INTEGRAL PREVIO
: ICORRIENTE DE ENTRADA
: PERIODO DE MUESTRO

16 0000 210500 LXI SP,2000H
17 0001 10 PUSH PSW
18 0004 0A0500 LDA 5H : YN
19 0007 220500 STA 5H : YNM1
20 000A 0D2F00 CALL DIVIDE : DIVIDE T(S)
21 000D 07 ADD A : ADDA DN
22 000E 0D1000 CALL MULTI : MULTI T(S)
23 0011 3A0000 STA 5H : YN
24 0014 10 POP PSW : PREGUNTAR POR PC
25 0015 1603 MULTI: MVI D,3
26 0017 0E04 MULTI: MVI C,4 : BYTE MAS SIGNIFICATIVO DEL RESU
27 0019 0E00 MULTI: MVI B,00H : LTA00
28 001B 1E07 MULTI: MVI E,07H : CONTADOR DE CORRIMIENTOS
29 001D 79 MOV A,C :
30 001E 1F RAR : INICIAR A LA DERECHA AL MULTIPPLIC
: ADDC
31 001F 07 MOV C,A :
32 0020 10 DEC B : DECREMENTAR AL CONTADOR
33 0021 0A2E00 JZ FIN : SALTA SI SE TERMINO
34 0024 78 MOV A,B :
35 0025 0E2F00 JM MUL : SALTA SI EL BITE QUE SALE TIENE
: NIVEL
: 10
36 0028 52 ADD D : SUMA EL MULTIPLICANDO AL BYTE
: ALTO
37 0029 17 MULTI: RAR : DEL RESULTADO
38 002A 47 MULTI: MOV B,A : ROTAR EL RESULTADO
: CARGAR EN B EL BYTE ALTO DEL R-E
39 002B 0A1000 JMP MULTA0
40 002C 07 MULTI: RET : IVA POR OTRO BIT
: REGRESA AL PROGRAMA PRINCIPA
41 002E 0A1000 JMP MULTA0
42 002F 07 DIVIDE: RET
43 0030 07 DIVIDE: LXI H,05H : CIERO Y CIER0 CONTADOR
44 0031 0A0800 DIVIDE: MVI C,08H : CIERO
45 0032 0A0000 DIVIDE: MOV A,E : MOVA EL DIVIDENDO UN LUGAR
46 0034 7E DIVIDE: RAL : A LA DERECHA
47 0035 10 DIVIDE: MOV B,A : LA BANDERA DE ACARREO TOMA EL BIT QUE
: SALE
48 0037 79 DIVIDE: MOV A,C : CARGA EN EL REGISTRO C EL BIT
49 0038 17 DIVIDE: RAL : PRESENTE EN LA BANDERA DE ACARREO

```

	SI	0039 92		SUB D	RESTA EL DIVISOR AL DATO
02	000A	023E00		JNC N0HAY	¡SALTA SI NO HAY PRESTAMO
03	0030	82		ADD D	¡REGENERA EL VALOR INICIAL ANTES DE LA
				RESTA	
04	003E	1F	NUHAY	MOV C,A	¡REGRESA EL VALOR AL REGISTRO C
05	003F	0F		CMC	¡SE COMPLEMENTA EL ACARREO
06	0040	7C		MOV A,H	¡ALMACENA EL ACARREO EN EL REGISTRO H
07	0041	12		RAL	
08	0042	57		MOV H,A	
09	0043	2F		RLK L	¡DECREMENTA EN UNO AL CONTADOR
0A	0044	023400		JNZ DIVID	¡SALTA SI EL CONTADOR NO ES CERO
0B	0047	69		RET	¡REGRESA A PROGRAMA PRINCIPAL
0C	0000			END	

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50

PROGRAMA DERIVATIVO DESCRITO POR LA ECUACION  
 $I_{DN} = I_{DN-1} + (1/R) (E_{N-EN-1} + (TS/(R+TS))) (E_{N-DN-1})$   
 DONDE:

I<sub>DN</sub> =CORRIENTE DE SALIDA  
 I<sub>DN-1</sub>=CORRIENTE ANTES DE SALIDA  
 R =CONSTANTE PROPORCIONAL DE AMPLITUD  
 TS =CONSTANTE DE TIEMPO DERIVATIVO REAL  
 E<sub>N</sub> =CORRIENTE DE ENTRADA

```

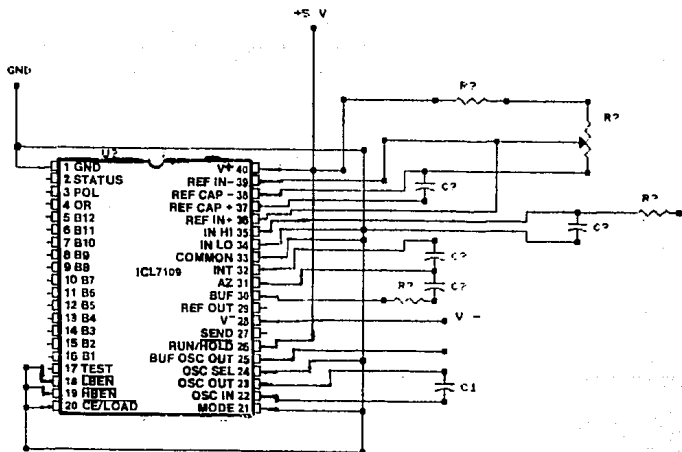
14 0000 31F000      LDI SP,SP00H      ; INICIALIZA STACK
15 0003 C5         PUSH B
16 0004 FD         PUSH PSW
17 0005 3A0600     LIA 6H          ; (DN) = 6H      DEFINE LA SALIDA
18 0008 220500     STA 5H          ; (DNM1) = 5H
19 000B 3A0400     LIA 4H          ; (EN) = 4H
20 000E 47         SUB A
21 000F 022000     CALL MULTI        ; MULT 3H (R1)=3H ESCALA CON TIEMPO
                        ; CLE.
22 0012 3A0400     LIA 4H
23 0015 97         SUB A          ; (ENM1) = 2H
24 0018 C1F000     CALL DIVIDE       ; DIVIDE 1H (R) = 1H
25 0019 87         ADD A
26 001A 87         ADD A          ; STACK DEL SISTEMA
27 001B 220600     STA 6H
28 001E 0604     MVI B,4H
29 0020 220200     STA 2H
30 0023 F1         POP PSW
31 0024 C1         POP B
32 0025 1603     MULTI: MVI D,3
33 0027 0E04     MVI C,4
34 0029 0600     MULTI: MVI B,00H      ; BYTE MAS SIGNIFICATIVO DEL RESU
                        ; LTADO
35 002B 1E09     MVI E,09H      ; CONTADOR DE CORRIMIENTOS
36 002D 7F     MULTA: MOV A,C
37 002E 1F     RAR          ; ROTAR A LA DERECHA AL MULTIPLIC
                        ; ADOR
38 002F 4F     MOV C,A
39 0030 1D     DCR E
40 0031 CA3E00   ; SALTA SI SE TERMINO
41 0034 73     MOV A,B
42 0035 023900   ; SALTA SI EL BITE QUE SALE TIENE
                        ; NIVEL
43
44 0038 82     ADD D
                        ; ALTO
45
46 0039 1F     ; DEL RESULTADO
47 003A 4       ; ROTAR EL RESULTADO
48 003B 032000   ; CARGAR EN B EL BYTE ALTO DEL RE
49 003E C9     ; RESULTADO
50 003F 03     JMP MULTA
51 0040 C9     ; IVA POR OTRO BIT
52 0041 03     RET        ; REGRESA AL PROGRAMA PRINCIPAL

```

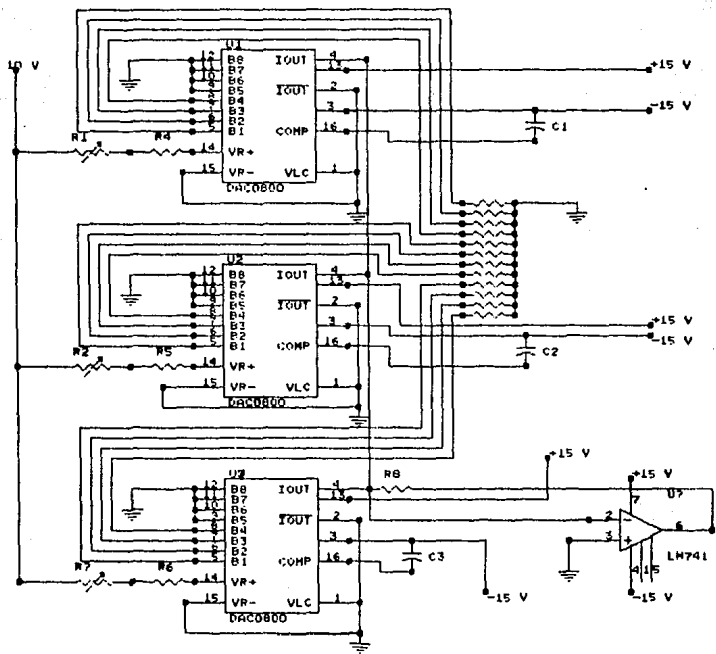


Además se anexa el hardware completo del sistema para uso general, que se puede particularizar cambiando las interfases del sistema y en su defecto el soft-ware en forma mínima.

### DIAGRAMA DE CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL

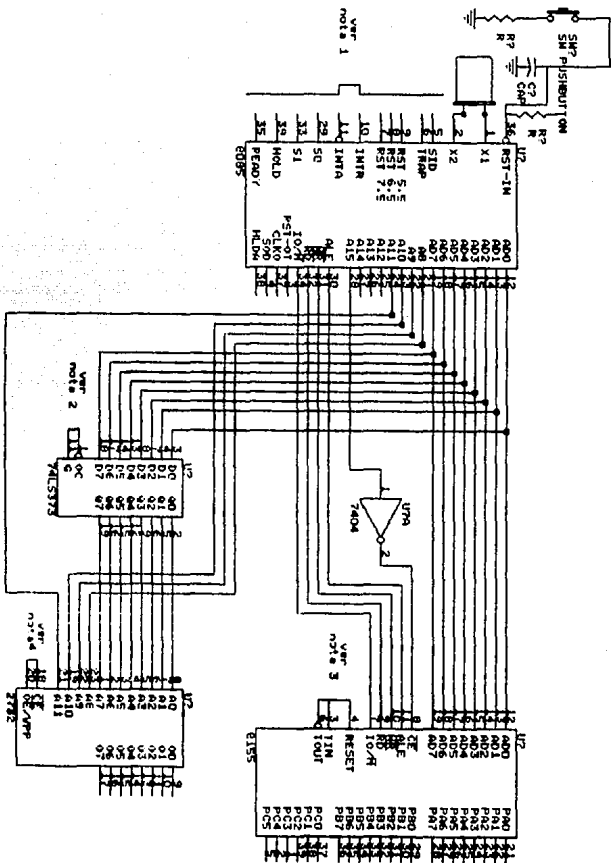


# CONVERTIDOR DIGITAL ANALOGICO





CIRCUITO MINIMO



notas 1,2,3 v 4  
 1818 18181818

## NOTAS

NOTA 1: Ver apendice 1

NOTA 2: El pin N<sup>o</sup>1 ( OC ) es el control de salida que se conecta a tierra para que pueda funcionar el habilitador, las salidas y los datos de entrada.

El pin ( G ) funciona de la siguiente manera: cuando el pin esta en alto las salidas ( Q ) seguiran a los datos ( D ) de entrada y cuando ( G ) esta en bajo la salida sera cerrada en el nivel de datos que fueron tomados.

Este pin se habilita con una señal que saldra de el ALE de el MP 8085

NOTA 3: RESET. Se activa con un pulso que debe venir de el

RESET OUT de el 8085 para inicializar el sistema.

Una entrada en alto en el RESET reinicia el sistema y habilita los tres puertos de entrada/salida.

\*Los dos siguientes pines se utilizan solo cuando se esta trabajando con un temporizador

TIN entrada para contador

TOUT este pin puede dar una salida del tipo de señal cuadrada ó de pulsos dependiendo de el tipo de contador.

NOTA 4:  $\overline{CE}$  Este pin es para habilitar las salidas y es activado con una señal de el ALE de el MP 8085

$\overline{CE}/VP$  Este pin es para habilitar el programa de la EPROM y es activada con un pulso de la A15 de el MP 8085.

## CONCLUSIONES

- 1).- El tipo de control PID (proporcional integral y derivativo) es una herramienta necesaria en cualquier tipo de procesos industriales o de investigación debido a la estabilidad, exactitud, rapidez de respuesta y flexibilidad del soft-ware que presenta este tipo de controlador.
- 2).- De los tipos de control analizados este resulta ser el mas eficiente ya que reúne características de tres tipos de controles (proporcional integral y derivativo) en uno solo que es el control PID.
- 3).- El diseño de este controlador se realizó mediante una integración de bloques funcionales. Los componentes que se utilizaron en el sistema son circuitos integrados que se consiguen en el mercado nacional y a un precio razonable.
- 4).- El controlador utiliza un lector de memoria reprogramable que en caso extremo se podrían hacer cambios mínimos en el soft-ware de este para algun proceso en particular.

## APENDICE

Ademas de las características mencionadas en el capitulo 2 el MP 8085 tiene tres terminales de interrupciones enmascarables vectorizadas y una interrupción TRAP no enmascarable .

### Interupciones y E/S en Serie

El MP 8085 tiene cinco entradas de interrupción: INTR, RST 5,5, RST 6,5, RST 7,5, y TRAP.

RESTART, 5,5 5,6 Y 5,7, tienen una máscara programable. TRAP también es una interrupción RESTART, pero no es enmascarable.

Las tres interrupciones enmascarables provocan la ejecución interna de RESTART (guardando el contador de programa en la pila y bifurcando a la dirección de RESTART) si están habilitadas las interrupciones y no está activa la máscara de interrupción. TRAP, siendo no enmascarable, induce la ejecución interna de un vector.

RESTART con independencia del estado de la habilitación de interrupciones o de las mascaras.

Hay dos tipos distintos de entrada en las interrupciones de rearmar. RST 5,5 Y RST 6,5 son sensibles al nivel alto como INTR y se reconocen en sincronismo con INTR. RST 7,5 es sensible al flanco ascendente.

En cuanto a RST 7,5, sólo se necesita un impulso para activar un biestable interno que genera la petición interna de interrupción. El flip flop de petición de RST 7,5 permanece activado hasta que la petición es atendida. Después, su reposición es automática. Este biestable puede reponerse también utilizando la instrucción SIM o cursando un RESET IN. El biestable interno del RST 7,5 será activado por un impulso en el terminal RST 7,5 aun cuando la interrupción RST 7,5 esté enmascarada. El status de las tres máscaras de interrupción RST sólo puede ser afectado por la instrucción SIM y por RESET IN.

Las instrucciones están organizadas con una prioridad fija que determina cuál de ellas ha de ser reconocida si hay pendientes más de una, como se indica a continuación: TRAP (mayor prioridad), RST 7,5, RST 6,5, RST 5,5, INTR (prioridad inferior). Este esquema de prioridades no tiene en cuenta la prioridad de cualquier rutina que se haya iniciado por una interrupción de prioridad superior. RST 5,5 puede interrumpir una rutina RST 7,5 si las interrupciones han sido rehabilitadas antes de terminar la rutina RST 7,5.

La interrupción TRAP es útil para sucesos catastróficos, como pueden ser un fallo de alimentación o un error de bus. La entrada TRAP se reconoce como cualquier otra interrupción, pero tiene la prioridad más alta. No puede ser afectada por ningún indicador ni máscara. La entrada TRAP es sensible al

flanco y al nivel. La entrada TRAP debe ponerse en nivel alto y conservarlo hasta ser reconocida. No volverá a ser reconocida mientras no retorne a nivel bajo y adquiera otra vez el nivel alto. Esto evita cualquier disparo erróneo producido por ruido o por fallos lógicos. La figura siguiente ilustra el circuito de petición de la interrupción TRAP.

Nótese que al cursarse cualquier interrupción (TRAP, RST7,5, RST6,5, RST5,5, INTR) se inhibe todas las interrupciones futuras (excepto las TRAPs) mientras no se ejecute una instrucción.

La interrupción TRAP es especial, por cuanto inhibe las interrupciones, pero preserva el status de habilitación de interrupciones precedentes.

Ejecutando la primera instrucción RIM a continuación de una interrupción TRAP se puede determinar si las interrupciones estaban habilitadas o inhabilitadas antes de la TRAP. Todas las instrucciones RIM siguientes proporcionan el status de activación de interrupciones actual. Si se ejecuta una instrucción RIM a continuación de INTR o RST5,5 a 7,5, se tendrá el status de activación de interrupciones actuales, indicando las interrupciones que estén inhabilitadas.

El sistema de E/S en serie está controlado también por las instrucciones RIM y SID. SID es leído por RIM, y SIM establece los datos SOD.

## Características de EPROM 2732

El MCM2732 es un PROM de 16,384 bit programable electricamente y que se puede borrar diseñado para sistemas que requieran una memoria no volátil que pueda ser programable periodicamente.

La sección transparente de la pastilla contiene la parte de memoria que se podría borrar con luz ultravioleta.

Para facilidad de uso. El aparato opera con una sola fuente de poder de 5v y tiene un modo de reserva estática.

- Una sola fuente de poder de 5v
- Organización de 2048 Bytes de 8 bits
- Compatible con TTL durante la lectura y programación
- Tiempo máximo de acceso 450 ns



Características Generales

- 256 palabras x 8 bits.
  - Suministro de voltaje de +5v.
  - Latch de direcciones interno.
  - Dos puertos de E/S de 8 bits programables.
  - Un puerto de E/S de 6 bits programable.
  - Contador de tiempo binario de 14 bits programable.
  - Compatible con UCP de 8085 y 8088.
  - Bus de datos y multiplexir de direcciones.
- Dip de 40 patas .

El 8155 es una RAM con puertos de E/S. Esta diseñado para usarse con los micro procesadores 8085A y 8088.

Esta RAM esta diseñada con 2048 celdas estáticas organizadas de la siguiente manera : 256 palabras de 8 bits ( 256 x 8 ).

Tiene un tiempo de acceso maximo de 400 ns que permite ser usado en la UCP del 8085 en el estado de no esperas.

La sección de E/S consta de tres propósitos generales de puertos de E/S. La primera de ellas puede ser programada para ser pins de estado estático. Así consediendole a las otras dos partes a que operen en forma conjunta.

Un contador de tiempo programable de 14 bits esta incluido en el chip para proporcionar ondas cuadradas. ocontador final de pulsos para la UCP dependiendo de el tipo de contador.

## TERMOPARES

El termopar consiste en dos alambres de distintos materiales unidos por sus extremos, de tal forma que si se mantiene un gradiente de temperatura en ellos, es decir, si un extremo se calienta ( junta caliente ), mientras el otro permanece a una temperatura ambiente o de referencia ( junta fría ), circulará una corriente en el circuito formado por los dos alambres. Por consiguiente si se mantiene abierta una de las juntas, en éstas aparecerá una fuerza electromotriz proporcional a la diferencia de temperaturas de la junta caliente y de la junta fría ( fenómeno llamado efecto Seebeck ).

Puesto que la fuerza electromotriz que se crea en un termopar es proporcional a la diferencia de temperaturas .Es obvio que una de ellas tiene que permanecer a una temperatura constante y la otra deberá ser conocida que en lugar de la medición .

### CARACTERISTICAS DE LOS TERMOPARES

Los termopares más usados en la práctica son :

- 1.- COBRE - CONSTANTANO (T)
- 2.- HIERRO - CONSTANTANO (J)
- 3.- CROMEL - CONSTANTANO (E)

4.- CROMEL - ALUMEL (K)

5.- PLATINO - PLATINO MAS 10% RODIO (R)

6.- PLATINO - PLATINO MAS 10% RODIO (S)

#### COBRE - CONSTANTANO (T)

Estos termopares tienen un alambre de cobre como reductor y positivo y un alambre de aleación cobre - níquel (constantano), como conductor negativo. Se utilizan para medir temperaturas entre los -184 grados centígrados a 315 grados centígrados y son de un precio bajo y ofrece una alta resistencia a la corrosión en atmósferas húmedas. Pueden ser usados en atmósferas reductoras y oxidantes.

#### HIERRO CONSTANTANO (J)

Tiene como conductor positivo a un alambre de hierro y como conductor negativo un alambre de constantano. Se aplican normalmente para temperaturas que van desde -17 grados centígrados hasta 760 grados centígrados, dependiendo de su calibre. Son recomendables para usarse en atmósferas donde existe deficiencia de oxígeno.

#### CROMEL - CONSTANTANO (E)

Estos termopares tienen un alambre de cromel como conductor positivo y un alambre de aleación cobre níquel (constantano) como conductor negativo .Se emplean primordialmente para atmósferas oxidantes .Desde -185 grados centígrados hasta 870 grados centígrados .

#### CROMEL - ALUMEL (K)

Los termopares tipo k consisten de un alambre de aleación cromo- níquel (cromel ) como conductor positivo y un alambre de aleación níquel- aluminio (alumen )como conductor negativo .La gama de temperatura recomendada es de -17 a 1620 grados centígrados de acuerdo con el calibre del alambre usado .Este tipo de termopares presta un servicio óptimo en atmósferas oxidantes .

#### PLATINO - PLATINO RODIO (R y S)

Estos tipos tienen como conductor negativo un alambre de platino puro y como conductor positivo un alambre de 87 % de platino y 13% de rodio (tipo R ) o un alambre de 90% de platino y un 10 % de rodio (tipo S).Si cuentan con una protección adecuada sirven para la medición de temperaturas hasta de 1684 grados centígrados en atmósferas oxidantes .

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Robert J. Bibbero  
Microprocessors in Instruments and Control  
A. Wiley-Interscience Publication  
John Wiley & Sons
- 2.- John P. Hayes  
Diseño de Sistemas Digitales y Microprocesadores  
Mc Graw Hill Impreso en España 1ª Edición
- 3.- Malvino / Leach  
Digital Principales and Applications  
Mc Graw Hill Second Edition
- 4.- Octavio F García Narcia  
Programacion 8080 y 8085  
Ed Bioediciones S.A. 3ª Edición
- 5.- Juan B. Martínez  
Apuntes de Microprocesadores y Sistemas Digitales  
Impreso en la Coordinación de Servicios Generales  
Unidad de Difusión 1989
- 6.- Burr Brown  
Operational Amplifiers Design and Applications  
Editors TOBEY-GRAEME-HUELSMAN
- 7.- Electronics Book Series  
Microprocessors  
Mc Graw Hill Ed 1975

8.- Timothy J. Maloney

Electronica Industrial Dispositivos y Sistemas

Prentice Hall

9.- W.G. Holzbock

Instrumentos Para Medicion y Control

Cia. Editorial Continental S.A. de C.V. México.

sexta impresion