

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Diseño e Implementación del Control de una Válvula”

TOPICO DE GRADUACIÓN

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

Presentado por:

Carlos Acebo Cortez

Carlos Aguilera Sarria

Manuel Lucas Larco

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO

2004

AGRADECIMIENTO

A DIOS y a todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo

A Dios

A nuestros Padres

A nuestros Hermanos

Quienes nos apoyaron

pese a las largas

noches y fines de

semana en los que el

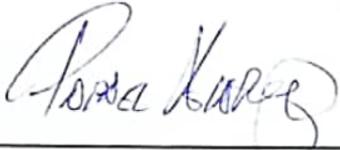
“no puedo, tengo que

trabajar en el tópico fue

frecuente”.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

ING. MIGUEL YAPUR
SUB-DECANO DE LA FIEC



ING. RAFAEL ALARCON
DIRECTOR DE TOPICO



ING. ALBERTO MANZUR H.
VOCAL



ING. HOLGUER CEVALLOS
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Tópico de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Carlos Acebo Cortez



Carlos Aguilera Sarria

Manuel Lucas Larco

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla el diseño y la implementación del control electrónico de una válvula de control proporcional, teniendo como objetivos el funcionamiento de la misma en una aplicación y realizar un análisis de factibilidad económica para su fabricación en serie.

Primero, se revisa la parte teórica acerca de las válvulas, tipos y características; luego se realiza el diseño del control electrónico de dos maneras, con chips de M.S.I. y con P.I.C. respectivamente.

A continuación se realizará su implementación y se comprobará su funcionamiento por medio de un sistema de control en la que se utilizarán equipos que se disponen en el Laboratorio de Automatización Industrial.

Finalmente, se realizará un análisis de costo de producción, verificando la factibilidad de implementar la válvula a gran escala para fines comerciales.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VII
INDICE GENERAL	VIII
ABREVIATURAS.....	XIII
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE TABLAS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO 1

1. TEORIA GENERAL DE VALVULAS.....	2
1.1 INTRODUCCION.....	2
1.2 CLASIFICACION DE VALVULAS.....	3
1.3 VALVULAS DE COMPUERTA.....	3
1.4 CARACTERISTICAS DE LA VALVULA DE COMPUERTA.....	4
1.5 VALVULA DE CONTROL.....	6

CAPITULO 2

2. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL CONTROL DE UNA

VALVULA: COMPONENTES ELECTROMECHANICOS.....7

2.1 INTRODUCCIÓN.....7

2.2 MOTORES DE PASO.....7

2.3 CIRCUITO DE FUERZA9

2.3.1 OPTOAISLADORES.....10

2.3.2 TRANSISTORES.....11

2.4 PIEZAS MECÁNICAS.....12

2.4.1 ACOPLA DEL MOTOR DE PASO CON
VÁLVULA.....12

CAPITULO 3

3. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL CONTROL DE UNA

VALVULA: COMPONENTES ELECTRONICOS.....14

3.1 CALCULO DE NUMERO DE PASOS.....14

3.1.1 CONTROL DIGITAL POR M.S.I. :FUNCIONAMIENTO.....15

3.1.2 PROGRAMACION DEL CONTROLADOR.....29

3.1.3 COMPONENTES.....30

3.2 CONTROL DIGITAL POR P.I.C.....	31
3.2.1 COMPONENTES.....	31
3.2.2 FUNCIONAMIENTO Y DETALLES.....	32
3.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO.....	34
3.2.4 PROGRAMACION DEL PIC.....	38

CAPITULO 4

4. APLICACIÓN DE VÁLVULA EN UN CONTROL DE NIVEL. 39

4.1 PROCESO CON CONTROL DE NIVEL.....	39
4.1.1 DESCRIPCIÓN.....	39
4.1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	41
4.1.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	41
4.1.4 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.....	41
4.1.5 OPERACION PLANTA.....	42
4.2 EQUIPOS NECESARIOS.....	44
4.3 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE LM90.....	44
4.4 VISUALIZADOR DE PROCESOS INTOUCH.....	45
4.4.1 DISEÑO DE LA PANTALLA DE PROCESO.....	45
4.4.2 ESCRITURA LOGICA DE LA APLICACION	49

CAPITULO 5**5. ANALISIS DE COSTOS DE IMPLEMENTACION DE****VÁLVULAS DE CONTROL.....51**

5.1 COSTOS DEL DISEÑO CON MSI.....53

5.2 COSTOS DEL DISEÑO CON PIC..... 55

5.3 COSTOS DE MATERIALES EXTERNOS..... 56

5.4 ANALISIS DE COSTO DEL DISEÑO CON PIC..... 57

CAPITULO 6**6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....65****APENDICES.....68****APENDICE A**

MOTORES PASO A PASO.....69

APENDICE B

TEORIA BASICA DE PIC.....77

APENDICE C

PROGRAMA EN LENGUAJE ENSAMBLADOR DEL PIC 16F876.....88

APENDICE D

CONEXIONES DE LOS INTEGRADOS UTILIZADOS EN MSI.....105

APENDICE E

PROGRAMACION BINARIA DE MEMORIA EEPROM.....112

APENDICE F

PROGRAMACION DEL P.L.C.....117

BIBLIOGRAFIA.....126

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1-1	Válvulas de Compuerta	4
Figura 1-2	Características de la Válvula de Compuerta	6
Figura 2-1	Motor de Paso	8
Figura 2-2	Circuito de Conmutación	9
Figura 2-3	Optoacoplador	11
Figura 2-4	Transistor Bipolar TIP120	12
Figura 2-5	Acople de Piezas Mecánicas	13
Figura 3-1	Sistema de Conversión Analógico –Digital	16
Figura 3-2	Esquema de la conversión de Desplazamientos	20
Figura 3-3	Esquema de Desplazamiento de Señal e Interfase de Potencia	22
Figura 3-4	Esquema de Circuito Controlador	23
Figura 3-5	Diagrama A.S.M.	25
Figura 3-6	Foto de circuito implementado con MSI	29
Figura 3-7	Diagrama de Flujo de secuencia de PIC	33
Figura 3-8	Diagrama secuencial de funcionamiento de convertidor A/D	37
Figura 3-9	Foto de circuito implementado con PIC	38
Figura 4-1	Gráfica de entradas y salidas al PLC	43
Figura 4-2	PLC G.E. FANUC Serie 90 Micro	45
Figura 4-3 (a)	Esquema de proceso	46
Figura 4-3 (b)	Gráfica de apertura de válvula respecto a valor de referencia	47
Figura 4-3 (c)	Gráfica de Señal analógica vs Tiempo y Valor de referencia vs Tiempo	48
Figura 5-1	Diagrama de flujo completo	60
Figura 5-2	Diagrama de flujo en función de las anualidades	61
Figura A-1	Principio de Funcionamiento de un Motor Paso a Paso	72
Figura A-2	Principio Básico de un Motor Unipolar de 4 Fases	74
Figura A-3	Control de Motor Unipolar	76
Figura B-1	Diagrama de Asignación del P.I.C. 16F876	87

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 3-I	Combinaciones S0 y S1	21
Tabla 5-I	Lista de materiales con diseño M.S.I.	53
Tabla 5-II	Lista de materiales generales (M.S.I.)	56
Tabla 5-III	Lista de materiales con diseño PIC	55
Tabla 5-IV	Lista de materiales generales (PIC)	56
Tabla 5-V	Requerimiento	57
Tabla 5-VI	Recuperación de inversión respecto a años	59
Tabla B-I	Registros e instrucciones de PIC 16F873, PIC16F874, PIC16F876 Y PIC16F877	79
Tabla B-II	Selección del banco por medio de RP1 y RP2	82
Tabla B-III	Distribución de memoria R.A.M.	82
Tabla B-IV	Sumario de instrucciones	85
Tabla D-I	Conexiones de integrados en implementación con MSI	106
Tabla E-I	Programación binaria de memoria EEPROM	113

ABREVIATURAS

A	Amperios
A/D	Analógico/Digital
C.D.	Corriente Directa
C.I.	Circuito Integrado
C.V.	Variable de Control
F.E.T.	Transistor de Efecto de Campo
H.M.I.	Interacción Hombre Máquina
I.R.E.D.	Infrarrojos
L.E.D.	Diodo Emisor de Luz
M.S.I.	Media Escala de Integración
P.I.C.	Controlador de Interfase de Periférico
P.I.D.	Proporcional Integral Derivativa
P.L.C.	Controlador Lógico Programable
R.A.M.	Memoria de Acceso Volátil
Reg.	Registro
S.P.	Parámetro Deseado
T.I.R.	Tasa Interna de Retorno
T.M.A.R.	Tasa Mínima Atractiva de Retorno
U.C.P.	Unidad Central de Proceso
V	Voltios
V.P.	Valor de Parámetro

INTRODUCCION

El presente trabajo trata acerca del “Diseño e Implementación del control de una válvula”.

En el capítulo 1 se ha escrito acerca de la teoría de válvulas, su clasificación, características.

En el capítulo 2 y 3 se habla sobre el diseño e implementación del circuito de control y fuerza de nuestro proyecto.

En el capítulo 4 se realiza una aplicación de dicho control por medio de un sistema de control de nivel, en el que se utiliza un Controlador Lógico Programable y el software Intouch, que sirve como interface de visualización para el operador de lo que ocurre en el campo de trabajo.

Finalmente, se realiza un análisis de costo para cada diseño y se lo compara con una válvula de control comercial.

Capítulo 1

1. TEORIA GENERAL DE VALVULAS

1.1. INTRODUCCION

Válvulas son dispositivos mecánicos para controlar, retener, regular, o dar paso a cualquier fluido entubado.

Partiendo por esta definición de válvula, en este informe se analizarán las válvulas más comunes en el mercado. Además en este análisis se verán las partes principales, algunas características y su funcionamiento.

Existen numerosos tipos de válvulas diseñadas para cierto tipo de uso, la mala elección de éstas puede llevar al mal funcionamiento y así acortar la vida útil, lo que conlleva a un aumento excesivo de costos.

En la selección de la válvula se requiere de los siguientes datos:

Tipo de fluido, material, presión, tipo de unión, temperatura, diámetro, etc.

Debido a esto al seleccionar una válvula nos vemos en la necesidad de recurrir a catálogos para ver algunas especificaciones técnicas como el peso, espacio disponible u otros factores para así ver si concuerda con nuestros objetivos.

1.2. CLASIFICACION DE VALVULAS

Existen dos grandes grupos de válvulas:

- Las de corte de flujo en donde sus dos posiciones extremas (totalmente abiertas y totalmente cerradas) es su función principal.
- Válvulas de regulación en donde su función principal es poder regular el flujo de acuerdo con las necesidades del proceso.

1.3. VALVULAS DE COMPUERTA

Por ser la válvula utilizada en nuestro proyecto presentamos los conceptos básicos de este tipo de válvula (Ver figura 1-1).

Es utilizada para el flujo de fluidos limpios y sin interrupción, este tipo de válvula no es recomendable para estrangulamiento ya que posee un disco que se alterna en el cuerpo lo que causaría una erosión arruinando su funcionamiento.



Figura 1-1 Válvulas de compuerta

1.4. CARACTERISTICAS DE LA VALVULA DE COMPUERTA

Existen diferentes tipos de válvulas de compuerta, los que se diferencian mayormente por el tipo de disco para el cierre, como lo son: válvula de compuerta tipo cuña sólida, tipo flexible, tipo abierta, válvulas de guillotina, válvulas de cierre rápido.

Normalmente este tipo de válvulas son construidas en su cuerpo de latón, bronce, hierro, acero fundido (Ver Figura 1-2). En su interior normalmente son de bronce, acero inoxidable, acero aleado, monel, cromo, estelita o molibdeno.

Dependiendo del uso que se le dé a la válvula y del tipo de fluido va a cambiar el material de construcción. Otro cambio que surge es el tipo de unión, a veces es con hilo, otras para soldadura, otras es con bridas, etc.



Figura 1-2 Características de la válvula de compuerta

1.5. VALVULA DE CONTROL

Las válvulas de control son los elementos finales de control más usuales y se les encuentra en las plantas de proceso, donde manejan flujos para mantener los puntos de control las variables que deben controlar.

La válvula de control actúa como una resistencia variable en la línea de proceso: mediante el cambio de su apertura se modifica la resistencia al flujo y en consecuencia, el flujo del mismo. Las válvulas de control no son más que reguladores de flujo.

Capítulo 2

2. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL CONTROL DE UNA VALVULA: COMPONENTES ELECTROMECHANICOS

2.1. INTRODUCCIÓN

La válvula de control que hemos diseñado se compone de los siguientes elementos:

- Motor de Paso
- Circuito de Fuerza
- Válvula de Compuerta
- Acople del motor a la válvula

2.2 MOTORES DE PASO

El motor de paso, llamado también “motor de conmutación electrónica”, es apropiado para mover gradualmente el eje del motor un ángulo previamente determinado. El motor de paso que hemos utilizado es del tipo unipolar (Ver Figura 2-1).

Un motor de paso es un dispositivo electromagnético, que convierte pulsos eléctricos en movimientos mecánicos discretos. La secuencia de pulsos está directamente relacionada con la dirección de rotación del eje del motor.



Figura 2-1 Motor de Paso

Los motores de paso son diferentes a los demás motores de corriente directa (CD), porque no tienen escobillas ni conmutador mecánico. El rotor no tiene devanado de armadura, en su lugar existe una colección de imanes permanentes salientes (Ver

Apéndice A). El motor de paso que hemos utilizado es del tipo unipolar.

2.3. CIRCUITO DE CONMUTACION

La energía es suministrada por la fuente de 12V que alimenta también al motor de paso, esta fuente no es considerada dentro de los componentes de la tarjeta ya que es provista por el usuario. Esta fuente tiene que proveer corriente mayor a 1 A, en este caso debido por la demanda de corriente del motor de paso.

Existen cuatro opto aisladores conectados con los transistores para protección de la parte electrónica con la de fuerza ya que los transistores están polarizados con 12 V (Ver Figura 2-2).

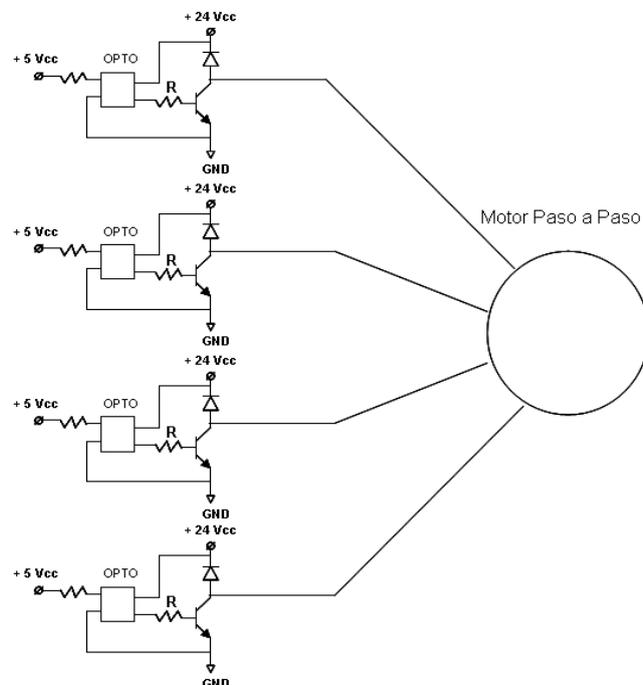


Figura 2-2 Circuito de Conmutación

2.3.1. OPTOACOPLOADORES

Un opto acoplador combina un dispositivo semiconductor formado por un foto emisor, un fotorreceptor y entre ambos hay un camino por donde se transmite la luz. Todos estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado.

La señal de entrada es aplicada al foto emisor y la salida es tomada del fotorreceptor. Los optoacopladores son capaces de convertir una señal eléctrica en una señal luminosa modulada y volver a convertirla en una señal eléctrica. La gran ventaja de un opto acoplador reside en el aislamiento eléctrico que puede establecerse entre los circuitos de entrada y salida (Ver Figura 2-3).

Los foto emisores que se emplean en los optoacopladores de potencia son diodos que emiten rayos infrarrojos (IRED) y los fotorreceptores pueden ser tiristores o transistores.

Cuando aparece una tensión sobre los terminales del diodo IRED, este emite un haz de rayos infrarrojo que transmite a través de una pequeña guía-ondas de plástico o cristal hacia el fotorreceptor. La energía luminosa que incide sobre el fotorreceptor hace que este genere una tensión eléctrica a su salida. Este responde a las señales de entrada, que podrían ser pulsos de tensión.

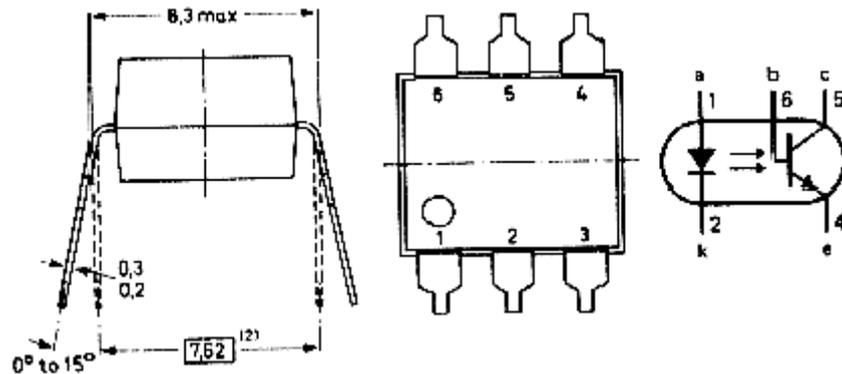


Figura 2-3 Opto acoplador

2.3.2. TRANSISTORES

El funcionamiento y utilización de los transistores de potencia es idéntico al de los transistores normales, teniendo como características especiales las altas tensiones e intensidades que tienen que soportar y, por tanto, las altas potencias a disipar (Ver Figura 2-4).

Existen tres tipos de transistores de potencia:

- Bipolar
- unipolar o FET (Transistor de Efecto de Campo).
- IGBT.

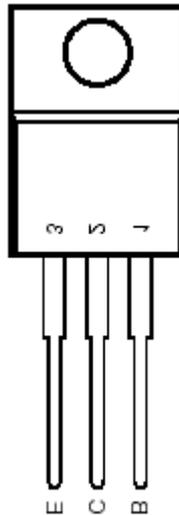


Figura 2-4 Transistor bipolar TIP 120

2.4. PIEZAS MECÁNICAS

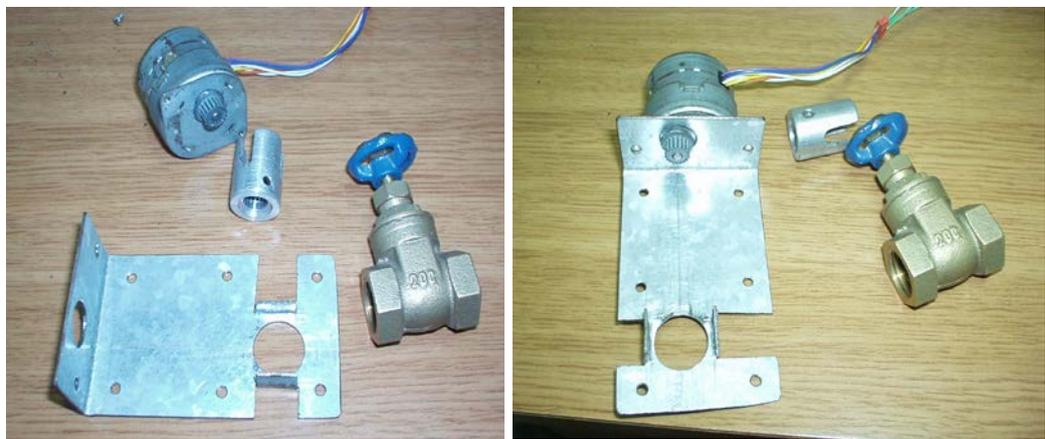
2.4.1. ACOPLE DEL MOTOR DE PASO CON VÁLVULA

Los pasos a seguir para armar la válvula son (Ver Figura 2-5):

1. En la placa metálica ubicamos el motor de paso arriba del orificio.
2. Aseguramos el acople mecánico con el eje del motor mediante un tornillo en pulgadas.
3. Insertamos la válvula de abajo hacia arriba hasta que entre en el acople.
4. Adjuntamos la tarjeta electrónica en la placa y conectamos los cables del motor de paso en sus respectivas borneras,

especificando cuales sirven para el voltaje de alimentación del motor y los que energizan las bobinas de este.

5. Por último agregamos la caja protectora asegurándola con la placa teniendo en cuenta sacar el cable de alimentación y los que sirven como entrada analógica.



a)

b)



c)

Figura 2-5 Acople de piezas mecánicas

Capítulo 3

3. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL CONTROL DE UNA VALVULA: COMPONENTES ELECTRONICOS.

3.1 CALCULO DE NUMERO DE PASOS

Para realizar el control debemos tomar en cuenta que tenemos una válvula que para abrirse completamente de girar tres veces y media, tenemos un motor de paso de $5,7^\circ$ por paso, por lo que:

$$\frac{3,5vueltas}{1vuelta} * \frac{360^\circ}{5,7^\circ} = 221,05 \text{ pasos}$$

O sea, para abrir o cerrar completamente la válvula el motor de paso debe dar 221 pasos aproximadamente. En nuestro control 10 Vdc harán que el motor paso a paso avance 221 pasos.

3.1.1 CONTROL DIGITAL POR M.S.I. : FUNCIONAMIENTO

El control electrónico de la válvula proporcional consta de tres etapas:

- Conversión analógica – digital
- Conversión de número de desplazamientos
- Desplazamiento de señal.

Conversión Analógica – Digital.-

En esta parte el control electrónico de la válvula proporcional recibe una señal analógica de voltaje (0 – 10 Vcc.), convirtiéndola en un valor digital de 8 Bits y de esta manera en la siguiente etapa poder realizar los respectivos cálculos de la cantidad de desplazamientos para abrir o cerrar la válvula. Para lograr nuestro objetivo utilizamos un convertidor Analógico – Digital ADC0808 y un reloj al que denominamos “CLK2”, el cual es necesario para establecer la velocidad de conversión del ADC0808 (Ver Figura 3-1).

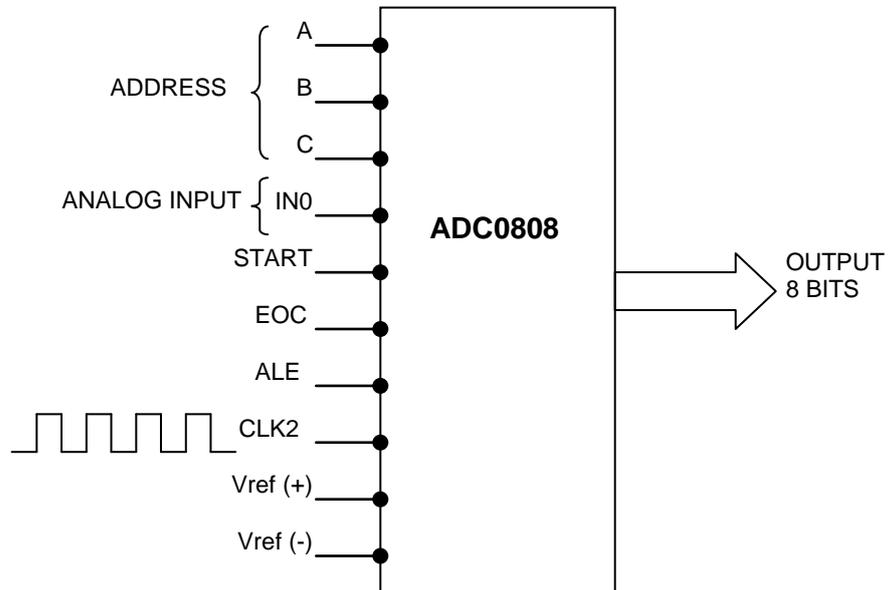


Figura 3-1 Sistema de conversión Analógico - Digital

El convertidor ADC0808 posee 8 entradas tipo análogas (IN0....IN7) las cuales se pueden multiplexar para elegir con cual trabajaremos, en este caso la combinación binaria de las entradas A, B y C determina la dirección del canal IN0 para procesar la señal analógica (0 – 10 Vcc).

La velocidad del ADC0808 para convertir un valor analógico a un valor equivalente digital depende de una señal de reloj que

denominamos CLK2, la misma que es proporcionada por un 555 (circuito electrónico que se utiliza como temporizador) cuya frecuencia podemos calcularla mediante la formula:

$$f = \frac{1.44}{(Ra + 2Rb)C} \quad (3.1)$$

Donde $0.695(Ra+Rb)C$ es el período en que la señal está en voltaje alto y $0.695(Rb)C$ es el período en que la señal está en voltaje bajo. Esta formula es válida para una configuración del 555 para una operación libre o estable

Conversión del número de desplazamientos.-

En esta etapa el control realiza los cálculos y conversiones para establecer la cantidad y dirección de los desplazamientos que debe realizar el motor paso a paso, de esta manera comanda la apertura y cierre de la válvula proporcional.

El esquema siguiente (Ver Figura 3-2) muestra de una manera global la arquitectura electrónica de la etapa de conversión de pasos. Cabe indicar que: En el mercado local, solo encontramos flip-flop tipo "D", inversores (74LS04) que manejan 6 bits y contadores (74LS191), comparadores (74LS85), sumadores (74LS83) y multiplexores (74LS257) que manejan 4 bits. Por esta razón, cuando nos refiramos a uno de los

elementos antes mencionados expresaremos por parejas el código de los integrados, ejemplo: I1 – I21 (código que representa a los dos registros que almacenan y manejan el valor binario de 8 bit recién ingresado para la comparación).

Luego de la etapa de conversión Analógica – Digital, el valor digital de 8 bits se deposita en el primer registro I1 - I21 para ser comparado en I17 – I18 (comparador envía señales “>” y “<”) con el valor almacenado anteriormente en el segundo registro I2 – I23 enviando la respectiva señal al controlador y a su vez este determina si el desplazamiento es a la izquierda o derecha (las señales “R1” y “R2” se especifican en el controlador de estados).

Los valores de ambos registros se restan entre si (utilizando el método de complemento) y el residuo expresa la cantidad de deslizamientos del motor paso a paso para abrir o cerrar la válvula proporcional.

Al realizar las operaciones de resta obtenemos dos valores de residuos, el correcto y el complemento (restando el valor en el primer registro del segundo y viceversa) el controlador elige el valor correcto mediante el multiplexor al cual controla con una señal de direccionamiento denominada “S” en base a las señales “>” y “<”.

Un segundo circuito integrado “I” comparador I15 – I16 envía la señal “=” mediante la comparación de el valor del residuo seleccionado y el valor que genera un contador I19 – I20 que determina la cantidad de desplazamientos en un sentido previamente establecido por el controlador, este contador es habilitado mediante la conjunción de las señales del reloj CLK1 y la señal “R2”. Esta señal “=” indica al controlador que el número de desplazamientos fue realizado.

Desplazamiento de señal.-

El motor paso a paso que estamos utilizando, su funcionamiento de una manera resumida, se conectan todos sus terminales (A, B, C y D) a +Vcc (en este caso 12 Vcc.) y se debe conmutar uno a uno en secuencia cada terminal a GND (0 Vcc.) mientras los tres terminales restantes continúan conectados a +Vcc para realizar el movimiento respectivo (ver apéndice “A”). Para realizar estas conmutaciones utilizamos un circuito integrado 74194 que es un registro de desplazamiento el cual es habilitado por la señal de reloj “CLK1” y la dirección es establecidas por la combinación de las señales “S1” y “S0” (Ver Tabla de combinaciones 3-I), proporcionadas por el controlador.

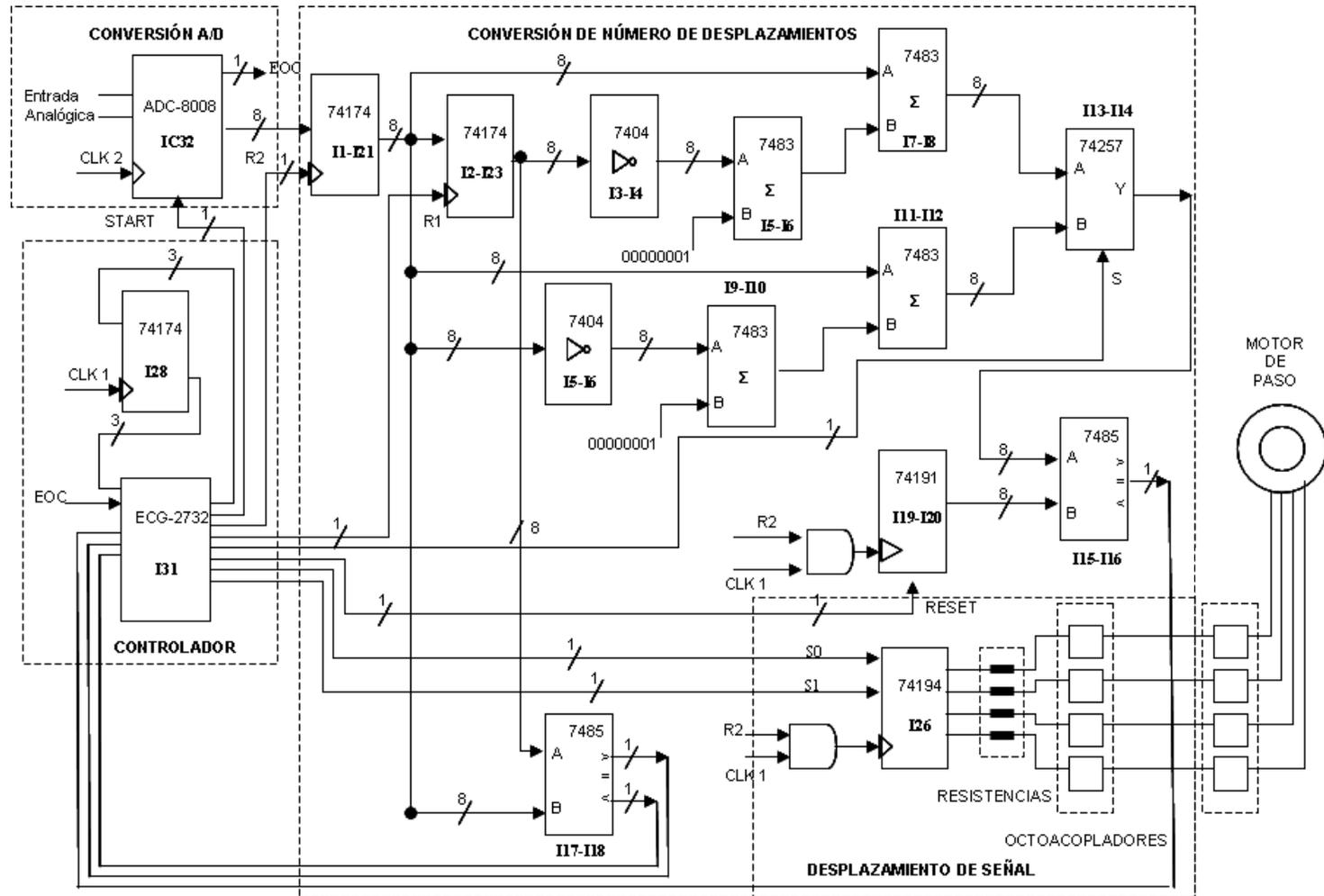


Figura 3-2 Esquema de la conversión de desplazamientos

Tabla 3-I Combinaciones de S0 y S1

S0	S1	Salida
0	0	Mantiene
0	1	Desplaza Izquierda
1	0	Desplaza Derecha
1	1	Carga Dato

Las señales de salida del registro de desplazamiento, comandan el movimiento del motor paso a paso mediante una interfase de potencia compuesta por transistores (1A) que manejan valores de corriente mayores a los manejados por el registro (Ver Figura 3-3).

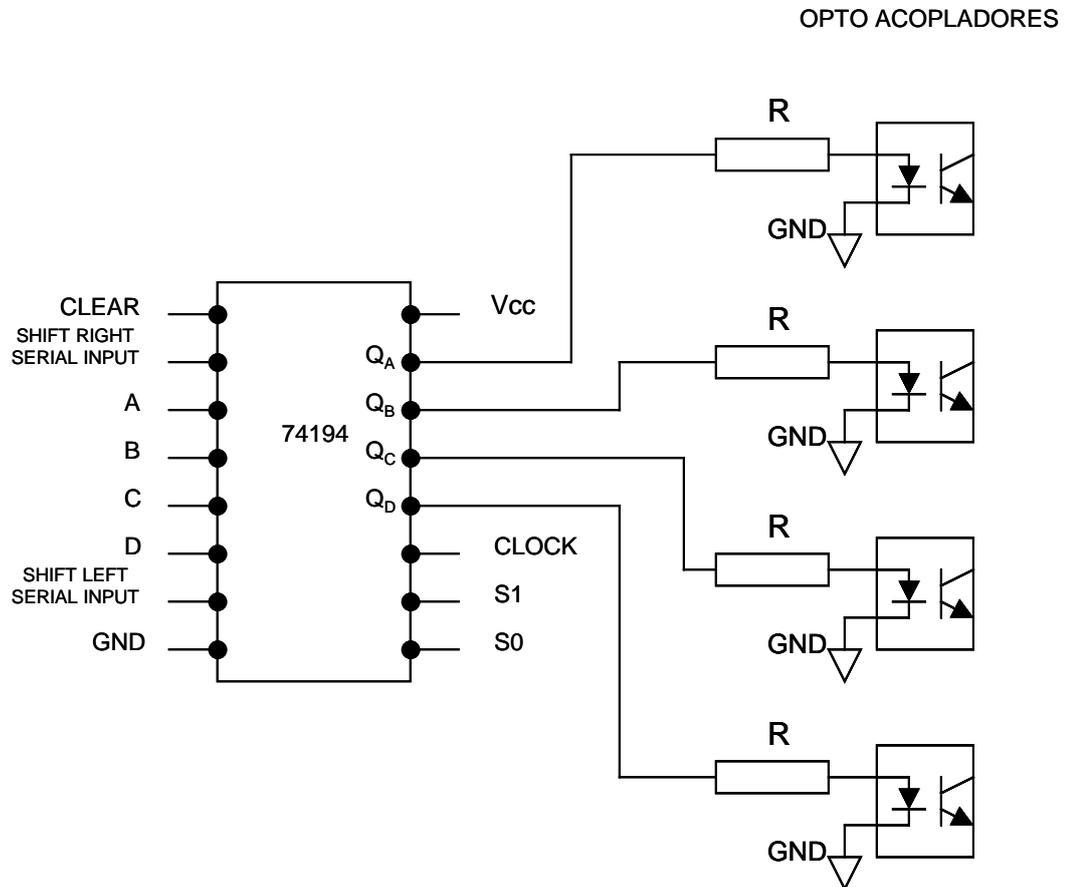


Figura 3-3 Esquema de desplazamiento de señal e interfase de potencia

La interacción de estas tres etapas del control electrónico de la válvula proporcional la realiza el Controlador, que consta de una memoria E-EPROM y un CI Flip - Flop tipo D.

En la memoria E-EPROM, se almacena las combinaciones lógicas que controlaran el funcionamiento de la válvula

proporcional tomando en cuenta las combinaciones lógicas posibles en la entrada de la memoria (Ver Figura 3-4).

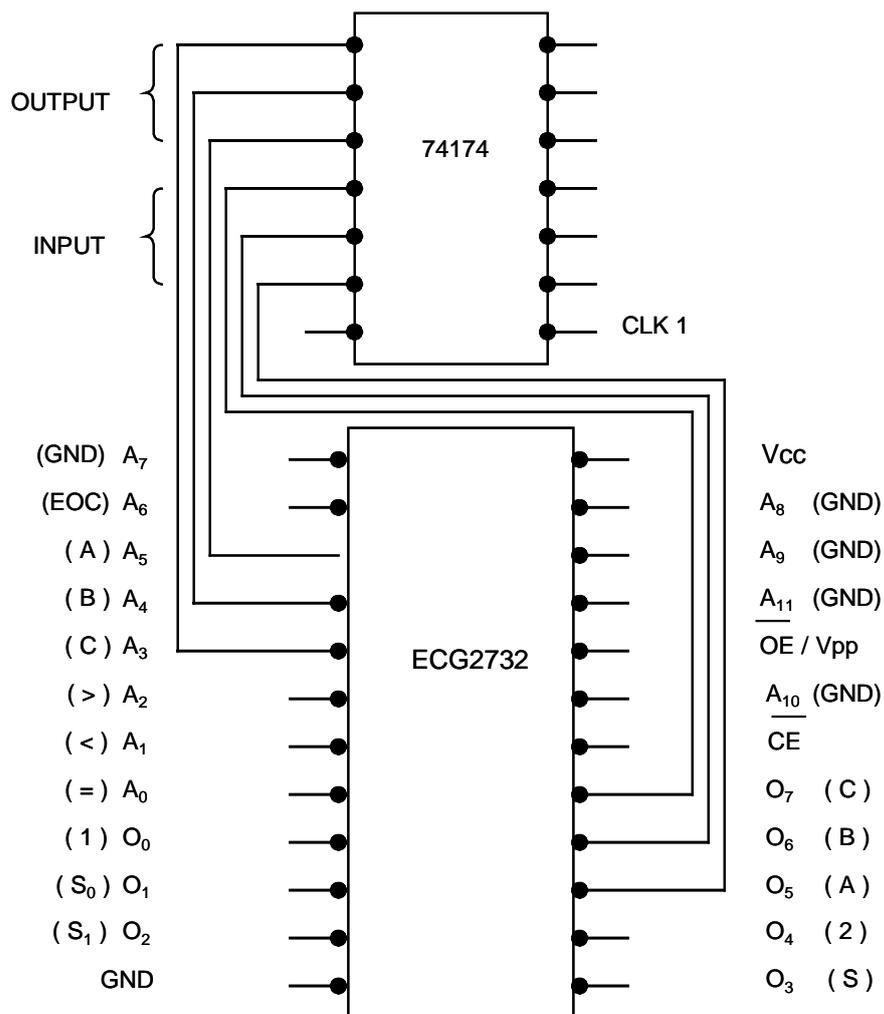


Figura 3-4 Esquema de circuito Controlador

Las instrucciones grabadas en la memoria obedecen a la secuencia programada en un diagrama ASM que consta de ocho estados lógicos, en los cuales se indica al controlador las decisiones que debe tomar en base a la combinación de siete entradas: "EOC", "A", "B", "C", ">", "<", y "="; de acuerdo a las decisiones el controlador habilita ocho salidas lógicas: "C", "B", "A", "R2", "S", "S1", "S0" y "R1".

Mediante estas tablas de combinaciones se traduce el diagrama ASM al lenguaje binario, entendible al controlador y se programa la memoria EEPROM.

La velocidad de ejecución del controlador y el movimiento del motor paso a paso también está dada por una señal de reloj la cual denominamos CLK1 (ver figura 3-4) y su frecuencia responde a la fórmula 3.2 antes explicada.

DIAGRAMA ASM

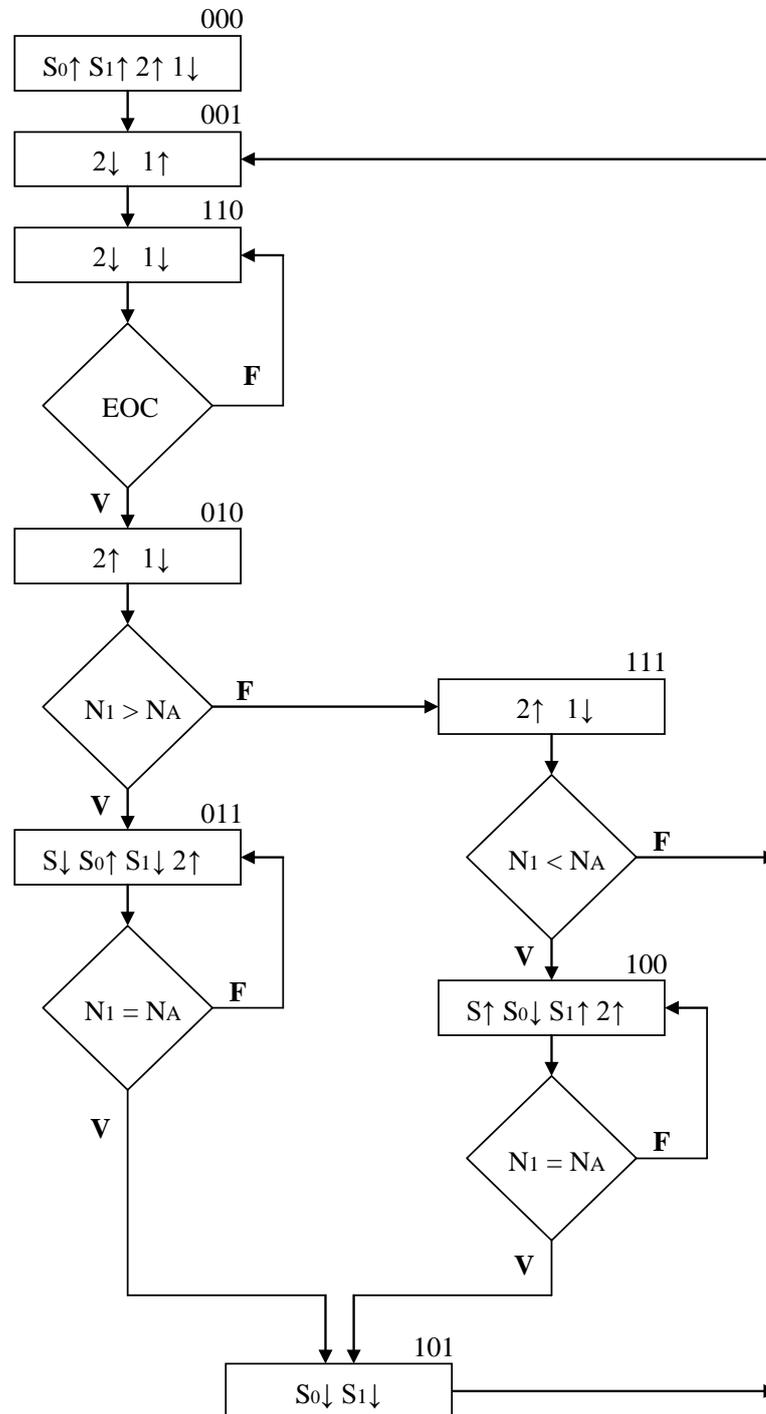


Figura 3- 5 Diagrama ASM (secuencia lógica que controla a la válvula proporcional)

El diagrama ASM (Ver Figura 3-5) consta de 8 estados denominados por un código digital de tres bits (A.H, B.H, C.H), en cada estado se establece el valor lógico de las variables involucradas en el movimiento de apertura y cierre de la válvula proporcional. Este valor lógico es representado por “↑” = 1 y “↓” = 0.

Estado 000.- Este es el estado inicial donde se establece el valor lógico 1 a las variables “S1”, “S0”, y “R2”. Con esta combinación de S1 y S0 se inicializa al motor paso a paso preparándolo para su posterior movimiento, la señal “R2” habilita la carga de los registros I2 – I23 el mismo que guarda el primer valor digital de inicio (00000000 para esta aplicación).

Estado 001.- Deshabilita la señal “R2” y habilita la señal “R1” para captar el código digital proporcionado por el convertidor analógico digital I32 que representa el primer valor analógico de voltaje en este caso enviado a la válvula proporcional por el PLC.

Estado 110.- Asigna un valor lógico 0 a las señales anteriores y según el valor lógico de la señal “EOC” que indica 1 si la señal analógica ya fue convertida a una señal digital y poder pasar al siguiente estado, caso contrario se mantiene en el estado actual.

Estado 010.- Una vez obtenido el valor digital (el cual indica la nueva posición del motor de paso a paso) se asigna el valor lógico 1 a la señal “R2”, indicando a los Flip Flop I1 – I21 almacenar el reciente valor digital y supervisa el valor lógico de la señal “>” que indica si el valor digital recién almacenado es mayor al guardado en el estado 001, en cuyo caso pasa al estado 011 de lo contrario va al estado 111.

Estado 011.- Da el valor lógico 0 a la señal “S” para direccionar en el I13 – I14 el residuo de los valores digitales presente y guardado. La combinación de “S1” y “S0” es utilizada por la etapa de desplazamiento que da la señal al motor de paso a paso para abrir la válvula la cantidad de desplazamientos según indica el residuo.

Estado 111.- Similar al estado 010, supervisa la señal “<” que indica si el valor digital recién almacenado es menor al guardado en el estado 001, en cuyo caso pasa al estado 100 de lo contrario va al estado 001.

Estado 100.- Da el valor lógico 1 a la señal “S” para direccionar en el I13 – I14 el residuo de los valores digitales guardado y presente. La combinación de “S1” y “S0” es utilizada por la etapa de desplazamiento que da la señal al motor de paso a paso para cerrar la válvula la cantidad de desplazamientos según indica el residuo.

Supervisa la señal “=”, que indica si la cantidad de desplazamientos se cumplió y pasar al siguiente estado caso contrario se mantiene en el estado actual.

Estado 101.- Es el ultimo estado en donde se asigna el valor lógico 0 a las señales “S1” y “S0” para mantener la posición del motor paso a paso, para luego pasar al estado 001 y repetir el ciclo.

3.1.2 PROGRAMACION DEL CONTROLADOR

En la memoria E-EPROM, se almacena las combinaciones lógicas que controlaran el funcionamiento de la válvula proporcional tomando en cuenta las combinaciones lógicas posibles en la entrada de la memoria.

Para grabar estos valores en la memoria E-EPROM se requiere realizar una conversión de binario a hexadecimal en las combinaciones digitales de salida como vemos en el (Ver Apéndice “E” el cuadro donde se expresan las combinaciones binarias grabadas en nuestro caso).

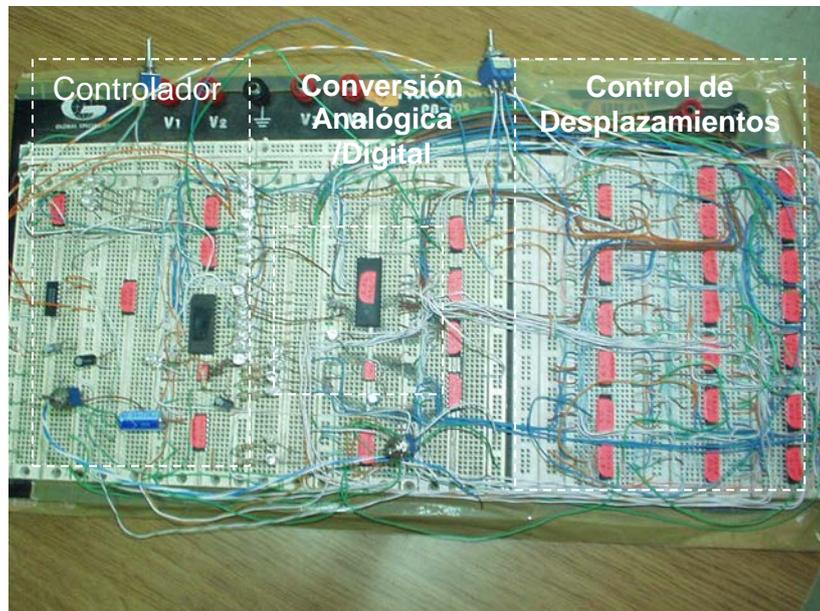


Figura 3-6 Foto de circuito implementado con MSI

3.1.3 COMPONENTES.-

Integrado lógica CMOS EEPROM 2732

Integrado lógica CMOS ADC 8008

Integrado lógica TTL 74 LS174

Integrado lógica TTL 74 LS04

Integrado lógica TTL 74 LS08

Integrado lógica TTL 74 LS83

Integrado lógica TTL 74 LS283

Integrado lógica TTL 74 LS85

Integrado lógica TTL 74 LS257

Integrado lógica TTL 74 LS191

Integrado lógica TTL 74 LS194

Integrado lógica TTL NE 555N

Capacitor 1 uF 50 V

Capacitor 10 uF 25 V

Resistencia 1K Ω 1/8 W

3.2 CONTROL DIGITAL POR P.I.C.

3.2.1 COMPONENTES

- Microcontrolador PIC 16F876.
- 1 botonera.
- 2 Resistencias de 5K.
- Resistencia de 350 ohmios.
- 1 Resistencia de 1K.
- borneras.
- Reguladores de voltaje de 12Vcc y 5Vcc.
- Cristal de cuarzo de 3.57Mhz.
- 2 capacitores de 25 uf.
- Convertidor A/D 0809.

3.2.2 FUNCIONAMIENTO Y DETALLES

El microcontrolador está encargado de realizar el control de:

- Procesar la señal digital de 8 bit que recibe del convertidor analógico - digital
- Movimiento del eje del motor de paso.

La conversión de la señal analógica es impuesta por el convertidor ADC0809 el cual recibe una señal de 0 – 10 Vcc proveniente de un controlador PLC.

El PIC (ver apéndice “B”), controla la señal de START del convertidor ADC0809 así como la señal de reloj necesaria en este y que es generada por el PIC con la activación de registros para producir una señal con un ancho de pulso PWM.

En el movimiento del eje del motor de paso compara el dato proveniente del convertidor analógico – digital (ADC0809) con el último dato almacenado en la memoria del PIC y mediante operaciones de suma (giro a la izquierda) y resta (giro a la derecha) se obtiene un control absoluto en los dos sentidos.

El PIC16F876 consta de un convertidor analógico digital de 10 bits con 8 canales para recibir señales analógicas pero con los inconvenientes descritos a continuación:

- El convertidor del PIC tiene un error offset debido a la fuente de poder que se conecta lo cual provoca ruidos que generan valores en que la señal digital del microcontrolador se encuentra dentro del **ancho de código** donde no puede decidir si tomar el valor próximo o el anterior.
- En las pruebas realizadas con la válvula sólo abarcamos un pequeño rango en el número de vueltas en que el PIC realizaba un control en el giro del eje del motor de paso fuera de este giraba tanto a la izquierda como a la derecha provocando calentamiento al motor de paso.

La señal digital del convertidor ADC0809 es enviada al puerto B y mediante el algoritmo escrito en la programación del PIC teniendo en cuenta la polarización de las bobinas del motor de paso aplicando el máximo torque existe una señal digital de salida en el puerto A de 5 pines (1bit por pin) de 4 bits conectados cada uno a un opto aislador como protección para luego conectar los transistores NPN a las bobinas del motor de paso.

3.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO

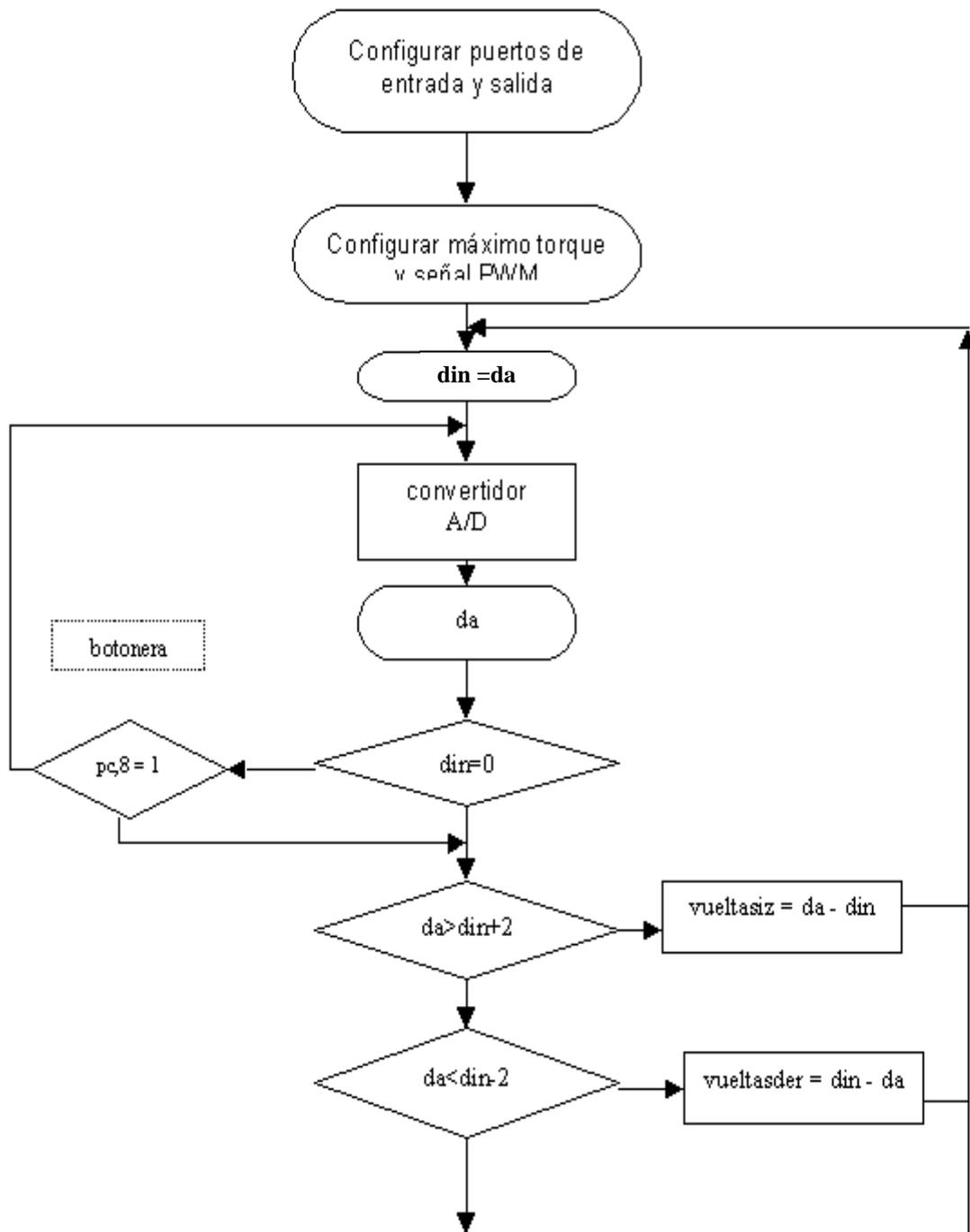


Figura 3-7 Diagrama de flujo de secuencia de PIC

Cuando el PIC ejecuta la secuencia programada, primero debemos inicializar los puertos indicando al PIC si los vamos a utilizar como entrada de datos o como salida de datos (de aquí en adelante nos guiaremos con la Figura 3-7).

En el segundo bloque secuencial damos la frecuencia de salida Start y CLK al convertidor ADC0809, para que comience su proceso de conversión de señal de un valor analógico (0 – 10 Vcc) a un valor equivalente digital binario.

Luego en el tercer bloque secuencial, al inicializar el PIC estamos tomando el dato binario inicial (presente en el puerto B) y lo declaramos como nuestro dato actual.

En el siguiente bloque, el PIC envía las respectivas señales de control al convertidor analógico digital (a través del puerto C) para que realice la conversión respectiva y entregue el valor binario de 8 bit por el puerto B.

En el sexto bloque secuencial (Ver Figura 3-7), el PIC verifica el ingreso de un nuevo valor mediante la variable de dato ingresado ($din = 0$), si no se ha ingresado un nuevo dato se procede a indicar al convertidor A/D que nuevamente convierta la señal analógica de entrada y retorne el resultado a través del puerto B; caso contrario, pasa a ejecutar las instrucciones en el siguiente bloque.

En el séptimo y octavo bloque, se verifica que dato es mayor el actual (presente en el PIC) o el ingresado por el puerto B y luego ejecutar las respectivas instrucciones para el movimiento del motor paso a paso.

El cuarto bloque de instrucciones es referente al funcionamiento del convertidor A/D, el mismo que procede de acuerdo al diagrama secuencial presentado en la Figura 3-8.

Una vez recibida la señal analógica, recibe la señal para empezar el proceso de conversión. Una vez que termina el proceso de conversión el convertidor A/D, envía una señal de EOC y presenta en sus terminales de salida el valor binario y queda en la espera de una nueva orden para volver a empezar el proceso ya descrito.

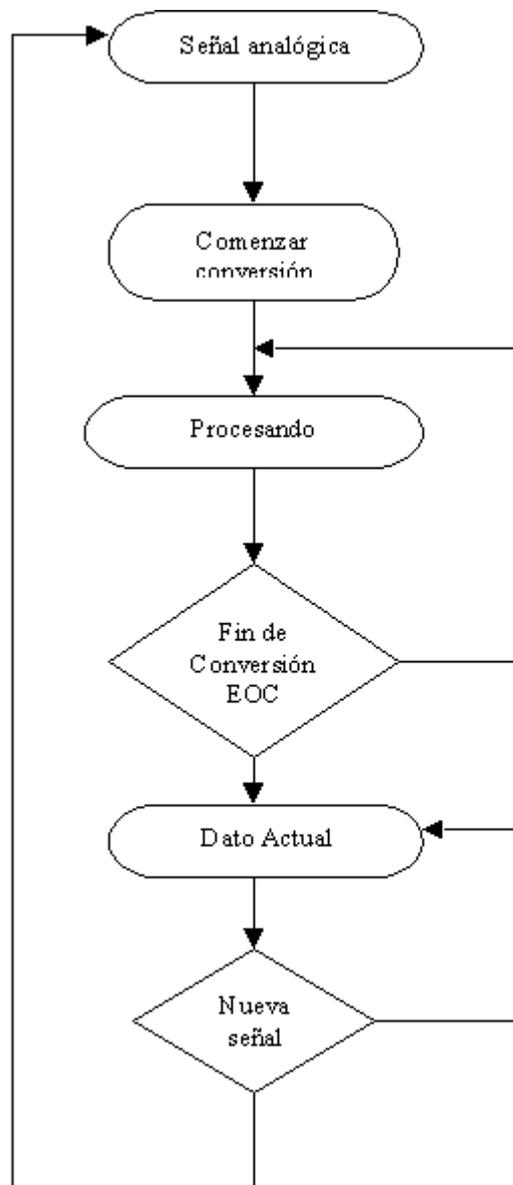


Figura 3-8 Diagrama secuencial de funcionamiento de convertidor A/D

3.2.4 PROGRAMACION DEL PIC

El PIC se programa utilizando un lenguaje ensamblador, el mismo que consiste en especificar el funcionamiento de los puertos, espacio de memoria donde se alojarán las instrucciones y comandos.

Presentamos el programa ensamblador para esta aplicación en el Apéndice “C”

Presentamos una foto del circuito de control implementado con PIC (Ver Figura 3-9).

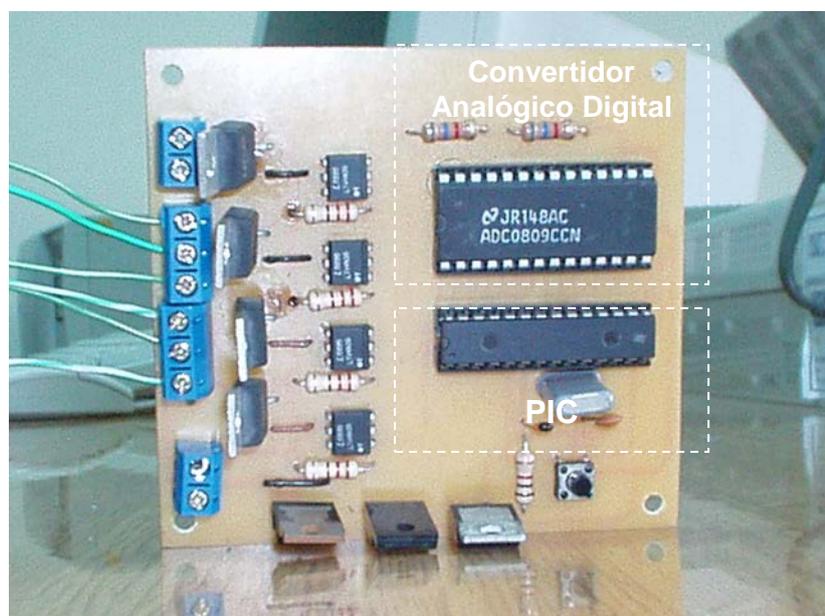


Figura 3-9 Foto de Circuito implementado con PIC

Capítulo 4

4. IMPLEMENTACION DE PLANTA CON CONTROL DE NIVEL

4.1. PROCESO CON CONTROL DE NIVEL

El proceso que se automatizará, es un control de nivel que será detallada más adelante.

4.1.1. DESCRIPCION

Dentro del campo de la automatización electrónica, existen diversos tipos de control, uno de los más empleados es el esquema de control PID, el cual posee varios criterios para la estimación de los parámetros del sistema y una adecuada implementación.

En los procesos industriales la medición y el control de las variables de nivel y flujo se hace necesario cuando se pretende tener una producción continua, cuando se desea mantener una presión hidrostática, cuando un proceso requiere de control y medición de volúmenes de líquidos ó, bien en el caso más simple, para evitar que un líquido se derrame. La medición de estos parámetros en los líquidos, dentro de un recipiente parece sencilla, pero puede convertirse en un problema más ó menos difícil, sobre todo cuando el material es corrosivo ó abrasivo, cuando se mantiene a altas presiones, cuando es radioactivo ó cuando se encuentra en un recipiente sellado en el que no conviene tener partes móviles ó cuando es prácticamente imposible mantenerlas, el control de nivel entre dos puntos, uno alto y otro bajo, es una de las aplicaciones más comunes de los instrumentos para controlar y medir el nivel, los niveles se pueden medir y mantener mediante dispositivos mecánicos de caída de presión, eléctricos y electrónicos.

4.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El control de nivel, trabaja midiendo directamente la altura del líquido sobre una línea de referencia en este caso opera según el desplazamiento por un flotador producido por el propio líquido. Los instrumentos de flotador consisten en un flotador situado en el seno del líquido y conectado al exterior del tanque indicando directamente el nivel.

4.1.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las variables de medida, trabajan bajo los siguientes rangos de medida:

Nivel: Se maneja la medida de altura del líquido en el tanque en un rango de 0-46 cm.

4.1.4. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La planta consta básicamente de un tanque alimentador que será el encargado de suministrar el líquido a un segundo tanque, en el cual se hará el control de nivel del líquido, dependiendo del valor de referencia "SP" del sistema.

El abastecimiento del líquido al tanque secundario se realiza por medio de una bomba y el suministro de flujo constante se establece mediante el posicionamiento de una llave ubicada como salida del tanque secundario.

El medidor de nivel es tipo desplazamiento consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un sistema de engranaje que trasmite el movimiento de giro a un transmisor exterior el cual es un potenciómetro.

Conforme el flotador se eleva ó desciende con el nivel del medio, la rotación del eje se transforma en indicaciones por medio eléctrico (potenciómetro), para usarse en un circuito remoto, para convertir el movimiento angular en una señal medible.

4.1.5. OPERACIÓN DE LA PLANTA

Para iniciar el proceso se debe accionar I1 (Inicio/Paro), dependiendo del valor deseado (SP) que se indique en el controlador por medio del programa de monitoreo (Intouch), este encenderá la bomba para el ingreso del líquido y se comparará el valor deseado con el valor de parámetro,

indicándole así el controlador a la válvula que se abra proporcionalmente hasta alcanzar el valor deseado (Apéndice F).

Una vez que el valor deseado y el valor de parámetro sean iguales se apagará la bomba y el controlador esperará un nuevo valor para comenzar el ciclo nuevamente.

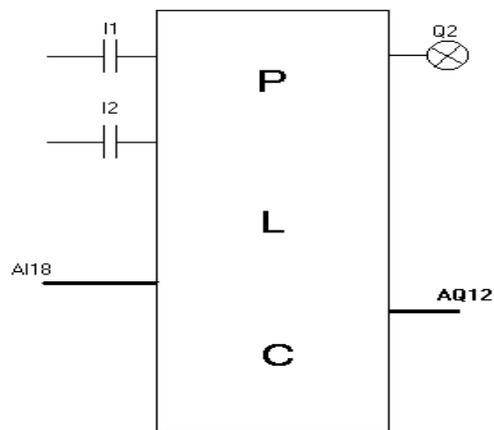


FIGURA 4-1 Gráfica de entradas y salidas al P.L.C.

Además, existe un switch (I2) por si se tuviera que realizar un paro de emergencia, sino el proceso se puede detener normalmente por medio de I1.

4.2. EQUIPOS NECESARIOS

Los equipos necesarios para la planta con control de nivel son:

- Controlador Lógico Programable
- Visualizador de Procesos Intouch
- Sensor de Nivel
- Válvula de Control
- Tanque de Almacenamiento
- Bomba y Tuberías
- Válvula

4.3. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

El controlador Lógico Programable (PLC) es básicamente un sistema de control industrial basado en una computadora que utiliza instrucciones de programación para tomar decisiones de encendido y apagado que de otra manera tendrían que ser realizadas por medio de lógica alambrada.

El PLC utilizado es el GE Fanuc Serie 90TM Micro.



Figura 4-2 P.L.C. GE Fanuc Serie 90 Micro

4.4. VISUALIZADOR DE PROCESOS INTOUCH

4.4.1. DISEÑO DE LA PANTALLA DE PROCESO

En las figuras 4-3 (a,b,c), se muestran la ventanas en donde se muestra el programa desarrollador de procesos de Intouch WindowMaker.

En esta ventana es en donde se definen los Tagnames, variables y expresiones lógicas, necesarias para crear la ventana que servirá para visualizar un proceso con control en tiempo real. Para diseñar el proceso necesitamos crear gráficos muy parecidos a los elementos reales de la planta. De tal manera que los movimientos de los elementos sean lo más naturales.

4.4.2. ESCRITURA LÓGICA DE LA APLICACIÓN

{Para iniciar proceso desde Intouch}

IF (b==1 AND I1==0) THEN

M200=1;

m204=0;

ENDIF;

{Para detener proceso desde Intouch}

IF (b==0 AND I1==0) THEN

M200=0;

m204=1;

M4=0;

ENDIF;

{Para iniciar proceso desde P.L.C.}

IF (b==0 AND I1==1) THEN

M4=1;

b=1;

ENDIF;

IF (b==1 AND I1==1) THEN

b=0;

ENDIF;

{Rutina para convertir datos de entrada}

IF ai18<=400 THEN

WW=0;

ENDIF;

R200=15900*(MM/46);

IF ai18 >400 THEN

WW=((ai18)/15900)*46;

ENDIF;

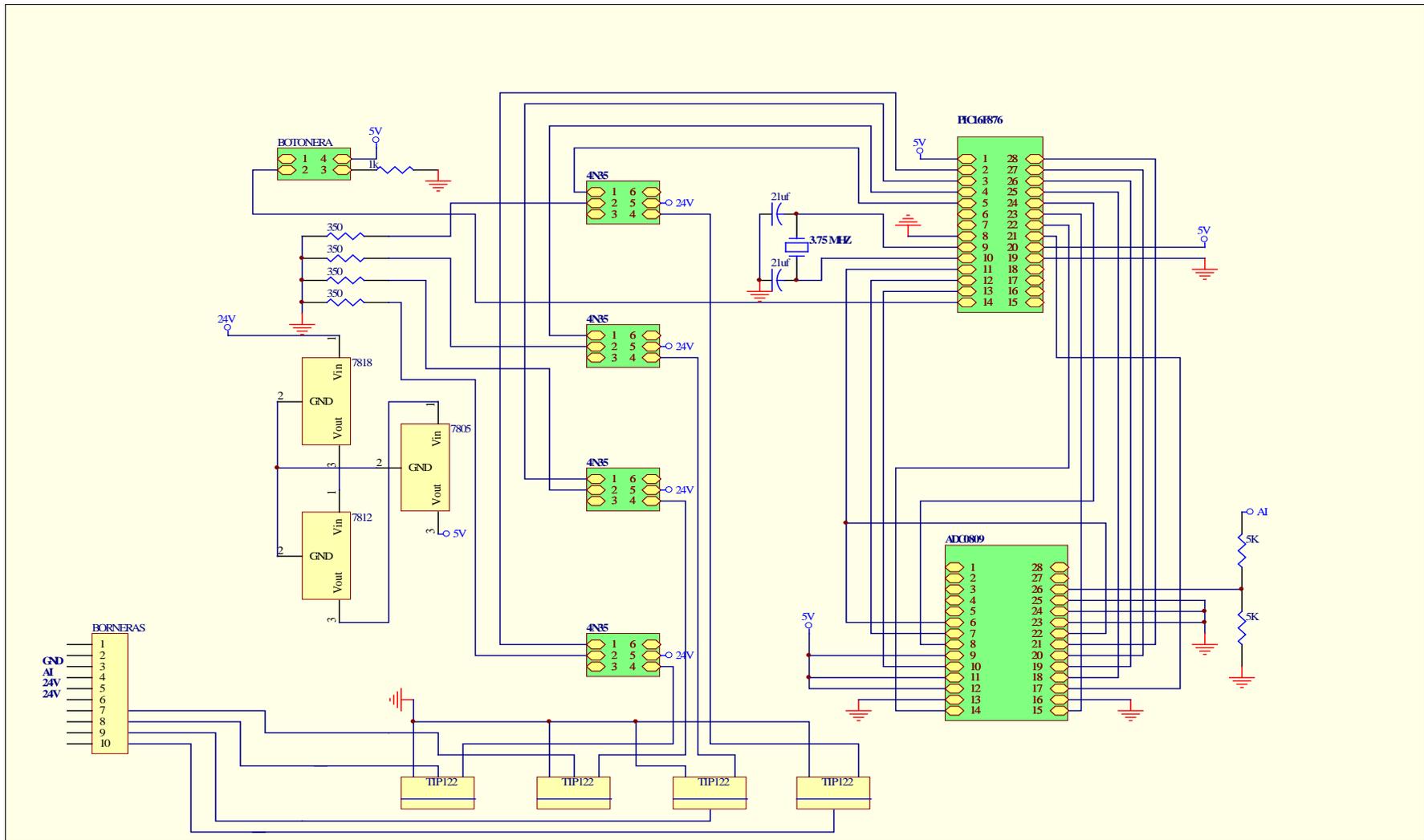
{Rutina para convertir datos de salida}

TTT=10*R180/32000;

SAL=100*TTT/5;

ERROR=Abs((MM - WW)/MM)*100;

ERROR1= Abs(MM - WW);



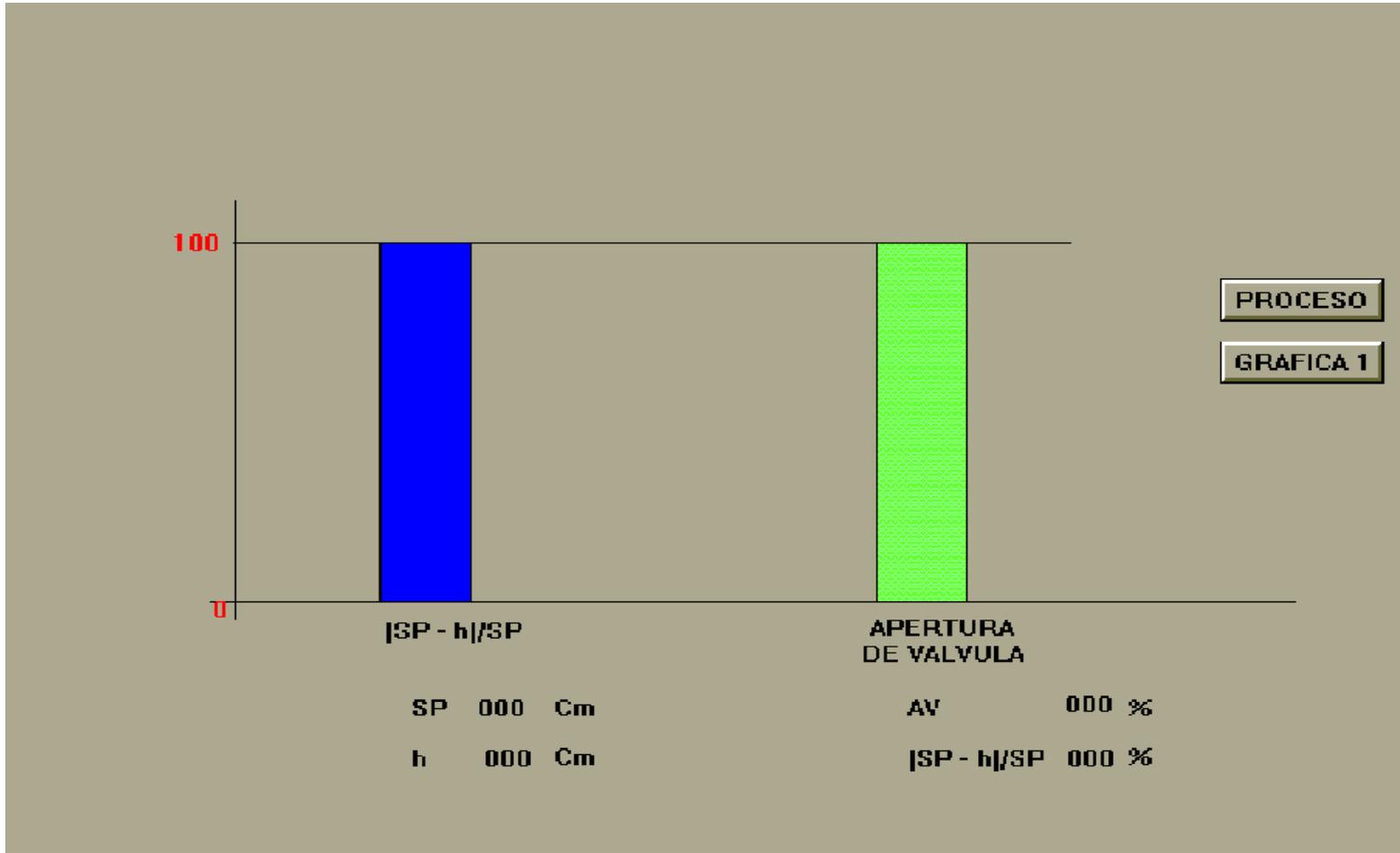


Figura 4-3b Gráfico de apertura de válvula respecto a valor de referencia

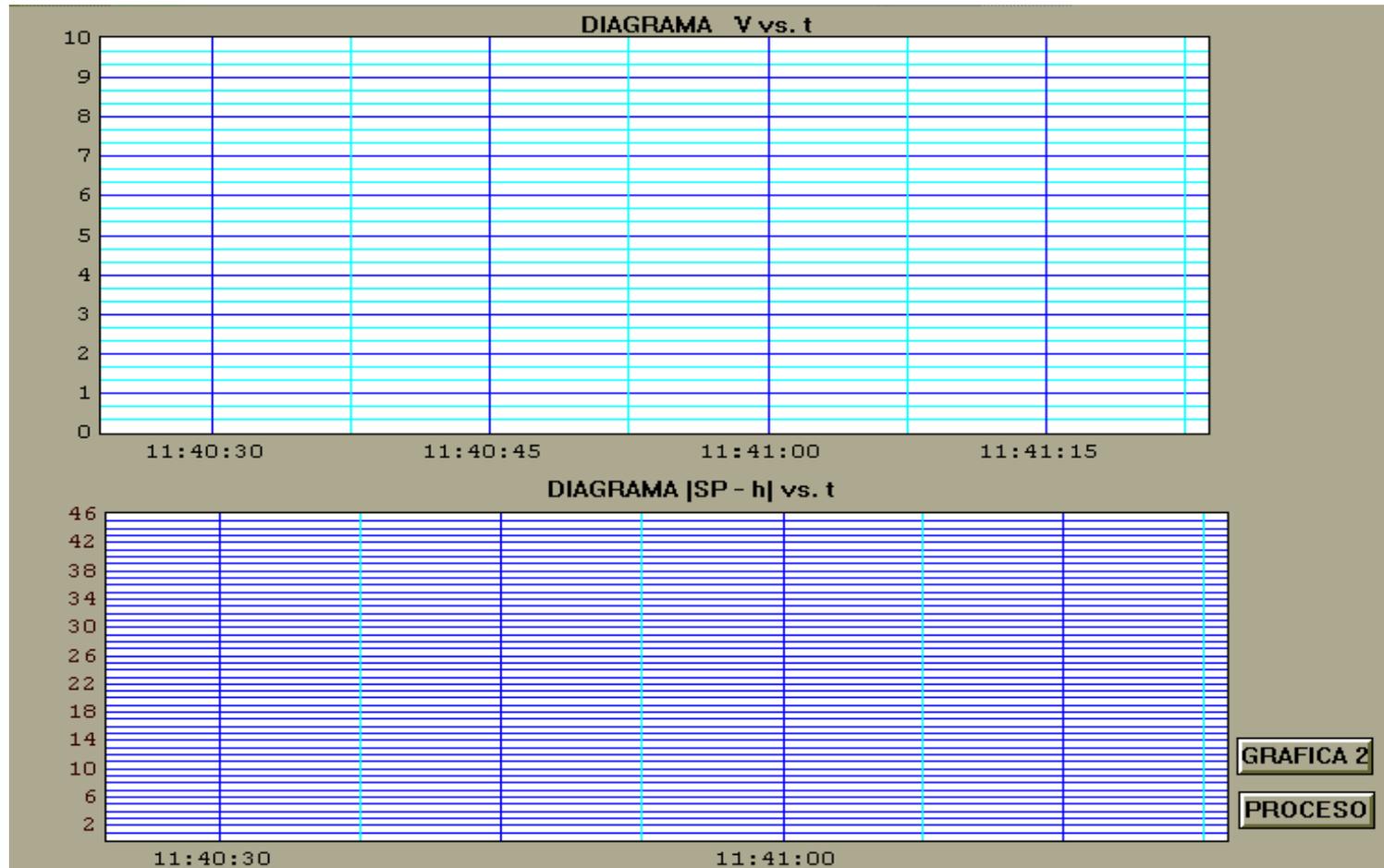


Figura 4-3c Gráfica de Señal Analógica vs Tiempo y Valor de referencia vs Tiempo

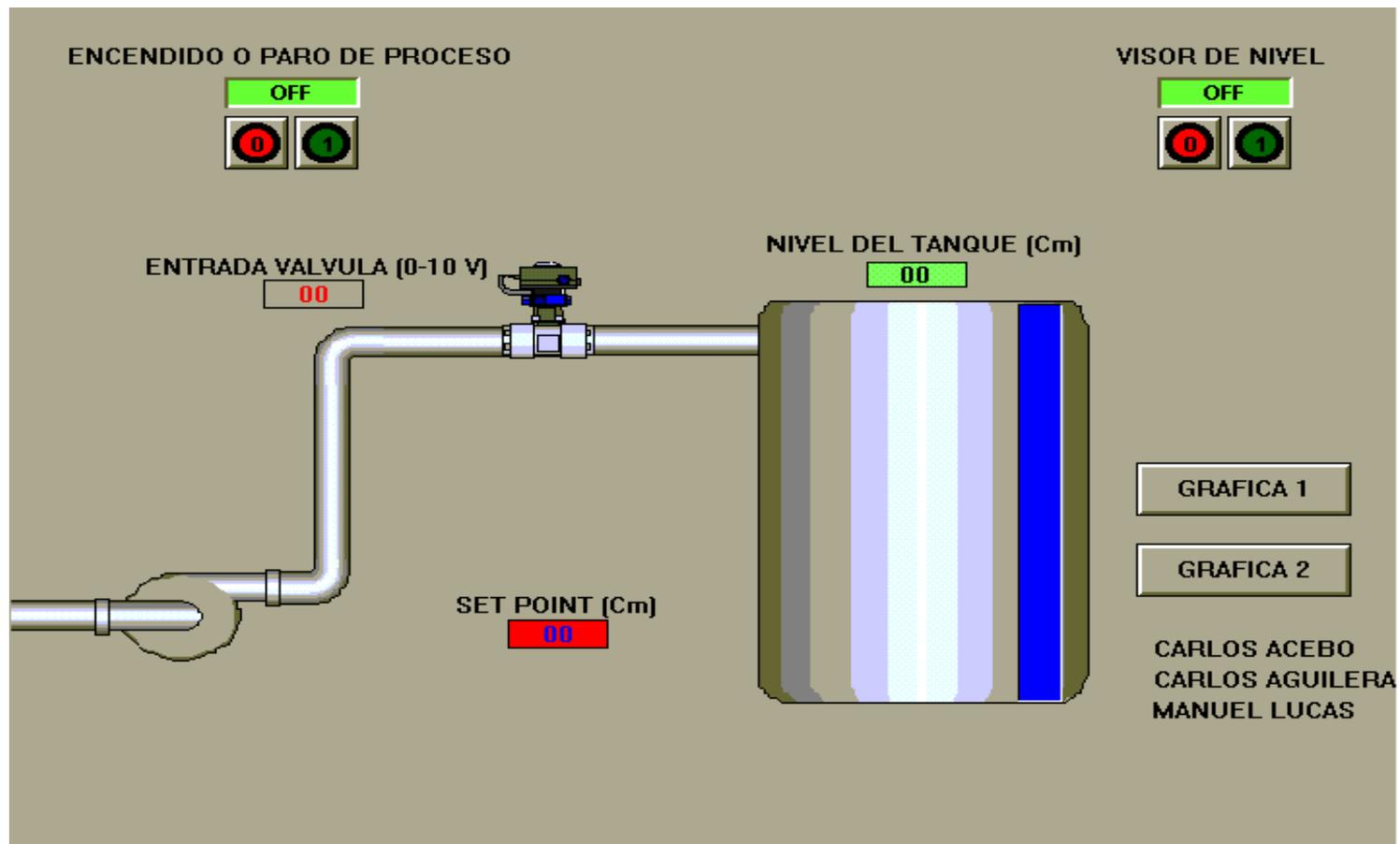


Figura 4-3a Esquema de Proceso

CAPITULO 5

5. ANALISIS DE COSTOS DE IMPLEMENTACION DE VALVULAS DE CONTROL

El análisis de costo del control de la válvula se puede realizar por medio de los factores básicos del cálculo económico para así determinar el tiempo de retorno de la inversión.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Es la tasa de interés pagada sobre el saldo no pagado de dinero obtenido en préstamo, o la tasa de interés ganada sobre el saldo no recuperado de una inversión, de manera que el pago o entrada final iguala exactamente a cero el saldo con el interés considerado.

La alternativa de inversión se evalúa sobre el pronóstico de que pueda esperarse una TIR razonable (TMAR que es la Tasa Mínima Atractiva de Retorno).

Por lo tanto, si el TIR es mayor o igual que la TMAR, el proyecto es considerado financieramente viable.

Para obtener un valor futuro de una cantidad que se desea invertir o depositar en un banco en cierto número de años y a una tasa de interés anual, se puede utilizar la ecuación:

$$F = P (1 + i)^n$$

Donde:

P: Valor presente o Inversión

F: Valor Futuro

i %: Tasa de interés

n: Número de años

5.1 COSTOS DEL DISEÑO CON MSI

Tabla 5-I Lista de materiales con diseño MSI

LISTA DE MATERIALES PARA CONTROL DE VALVULA			
DESCRIPCION	CANT.	V/UNIT.	TOTAL
Integrado lógica TTL 74 LS174	10	0,29	\$ 2,90
Integrado lógica TTL 74 LS04	8	0,28	\$ 2,24
Integrado lógica TTL 74 LS08	3	0,30	\$ 0,90
Integrado lógica TTL 74 LS83	8	0,50	\$ 4,00
Integrado lógica TTL 74 LS283	2	0,50	\$ 1,00
Integrado lógica TTL 74 LS85	6	0,52	\$ 3,12
Integrado lógica TTL 74 LS257	3	0,56	\$ 1,68
Integrado lógica TTL 74 LS191	4	0,74	\$ 2,96
Integrado lógica TTL 74 LS194	10	0,74	\$ 7,40
Integrado lógica TTL NE 555N	3	0,25	\$ 0,75
Integrado lógica CMOS ADC 8008	1	4,85	\$ 4,85
Integrado lógica CMOS EEPROM 2732	1	15,00	\$ 15,00
Grabado de datos en memoria	10	3,00	\$ 30,00
Resistencia Lineal 10000 ohmios	1	36,00	\$ 36,00
Capacitor 1 uF 50 V	1	0,16	\$ 0,16
Capacitor 10 uF 25 V	3	0,20	\$ 0,60
Capacitor 100 uF 16 V	1	0,35	\$ 0,35

Capacitor 220 uF 35 V	1	0,42	\$ 0,42
D-LED	30	0,10	\$ 3,00
Cable UTP CAT5 CM (mts)	20	0,25	\$ 5,00
Costo Total			\$ 122,33

5.2 COSTOS DEL DISEÑO CON PIC

Tabla 5-II Lista de materiales con diseño PIC

LISTA DE MATERIALES PARA CONTROL DE VALVULA			
DESCRIPCION	CANTIDAD	V/UNIT.	TOTAL
PIC16F876	1	9,5	\$ 9,5
Convertidor A/D 0809	1	4,85	\$ 4,85
Optoaisladores	4	1	\$ 4
Transistores TIP122	4	0,8	\$ 3,2
Borneras	8	0,1	\$ 0,8
Cristal de 3,75 MHz	1	2	\$ 2
Capacitores de 27uf	2	0,8	\$ 1,6
Botonera	1	0,1	\$ 0,1
Tarjeta con pista	1	20	\$ 20
Grabada de PIC	1	2	\$ 2
	Costo Total		\$ 48,05

5.3 COSTOS DE MATERIALES EXTERNOS

Tabla 5-III Lista de materiales generales

LISTA DE MATERIALES GENERALES			
DESCRIPCION	CANT.	V/UNIT.	TOTAL
Motor de Paso	1	28	\$ 28,00
Válvula de Compuerta	1	2	\$ 2,00
Acople	1	5	\$ 5,00
Placa Metálica	1	10	\$ 10,00
Cubierta Metálica	1		\$ 3 ,00
Costo Total			\$ 48

Por lo que el costo total de materiales es: **\$ 96.05**

5.4. ANALISIS DE COSTO DEL DISEÑO CON PIC

Primero debemos tener en cuenta la inversión que se va a realizar, a continuación se presenta una tabla de ciertos requerimientos para conformar una empresa.

Tabla 5-IV Requerimiento

REQUERIMIENTO PARA EMPRESA	
Computador	\$ 600.00
Grabador de PIC	\$ 400.00
Ingeniería y Diseño	\$ 3000.00
Publicidad	\$ 1000.00
Costo Total	\$ 5000.00

Luego, de realizar un sondeo en nuestro mercado, establecemos que el número de válvulas de control proporcional que podemos vender a ciertas empresas por año está alrededor de 20 unidades. Por lo que calculamos el costo de este número de válvulas de la siguiente manera:

Costo de una Válvula (PIC) = \$ 96.05

Costo Total de Válvulas (PIC) = \$ 1,921.00 (20 u.)

El valor de inversión será el costo de las 20 válvulas más el costo de los requerimientos mencionados en la tabla 5-IV obteniendo un total de:

$$\begin{array}{r} \text{Inversión} = \quad \$ 5,000.00 \text{ (requerimientos)} \\ \quad \quad \quad + \\ \quad \quad \quad \$ 1,921.00 \text{ (costo de válvulas)} \\ \hline \quad \quad \quad \$ 6,921.00 \end{array}$$

Para obtener el valor de venta de la válvula, aumentamos el 40% del valor de costo de nuestra válvula, o sea:

$$\text{Valor de venta de válvula} = \$ 134.47$$

El valor total que se prevé por la de venta de 20 unidades es:

$$\text{Valor de venta total de válvulas} = \$ 2689.40$$

Tabla 5-V Recuperación de la inversión con respecto a años

# años (a)	Inversión (b)	Saldo no recuperado (c _a) = (b _{a-1}) - (e _{a-1})	Venta (d)	Utilidad (e) = (d)-(c)
0	5000.00	----	----	----
1	1921.00	6921.00	2689.40	-4231.60
2	1921.00	6152.60	2689.40	-3463.20
3	1921.00	5384.20	2689.40	-2694.80
4	1921.00	4615.80	2689.40	-1926.40
5	1921.00	3847.40	2689.40	-1158.00
6	1921.00	3079.00	2689.40	-389.60
7	1921.00	2310.60	2689.40	378.80

De acuerdo a la tabla 5-V, la inversión se recuperaría en aproximadamente 7 años. Observamos que el primer valor de la saldo no recuperado (c_a) (donde el subíndice a representa el número de años) consta de la suma del costo de los requerimientos (b_0) y la inversión en el primer año (b_1), a partir del segundo año se hace efectiva la fórmula $\{ C_a = b_{a-1} - e_{a-1} \}$ en donde la saldo no recuperado es la adición entre la inversión y la utilidad del año anterior.

La formula para el cálculo de la utilidad se hace efectiva desde el primer año.

Esto se puede observar mediante un diagrama de flujo de efectivo:

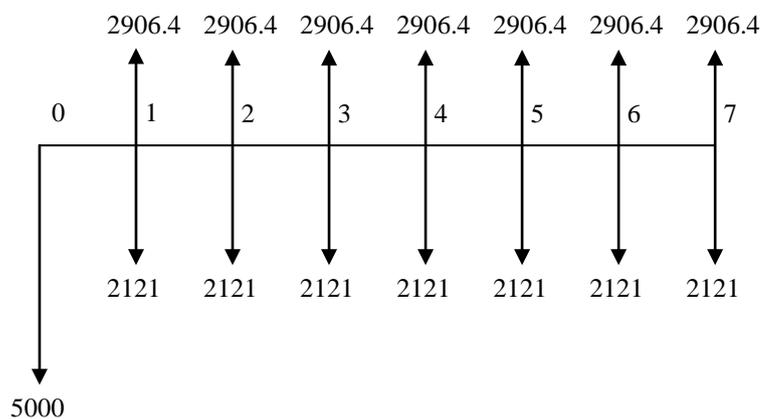


Figura 5-1 Diagrama de flujo completo

El mismo que simplificando, nos representa un horizonte futuro en función de un valor presente en el año cero y siete anualidades.

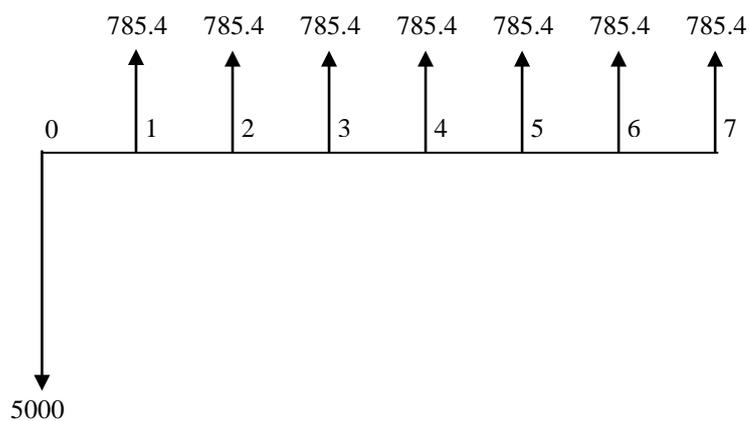


Figura 5-2 Diagrama de flujo en función de las anualidades

Para poder hallar el TIR correspondiente a la inversión, podemos utilizar el cálculo del valor presente en función de la anualidad.

La ecuación de valor presente en función de la anualidad y la tasa de retorno anual es la siguiente:

$$P = A \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \right]$$

ó

Por su notación estándar de factores

$$P = A [P/A, i\%, n]$$

Donde:

A: Valor Anual

P: Valor presente o Inversión

P/A: Factor de Recuperación de Capital

i %: Tasa de retorno anual

n: Número de años

Por medio de los valores del diagrama de flujo de la figura 5-2 se reemplaza en la notación estándar y obtenemos:

$$5000 = (2906.40 - 2121) [P/A, i\%, 7]$$

$$5000 = 785.40 [P/A, i\%, 7]$$

$$6.3662 = [P/A, i\%, 7]$$

Por medio de las tablas de factores de interés² se puede hallar el valor de $i\%$.

El valor de $i\%$ no está contemplado en las tablas de interés, por lo que se debe interpolar entre los valores tabulados.

2% \longrightarrow 6.4720

$i\%$ \longrightarrow 6.3662

3% \longrightarrow 6.2303

$$i = \left[\left(\frac{6.3662 - 6.4720}{6.2303 - 6.4720} \right) (0.03 - 0.02) \right] + 0.02$$

$$i = 0.0244$$

$$i\% = 2.44\%$$

Sin embargo, podemos observar que sería una mala inversión, si se sabe que el interés de ahorro en los bancos es el 4.40%, se puede calcular el valor futuro de dicha inversión:

$$F = P (1+i)^n$$

$$F = 5000 (1+0.044)^7$$

$$\mathbf{F = \$ 6758.86}$$

Luego, la utilidad en 7 años es:

$$U = 6758.86 - 5000$$

$$U = 1758.86$$

Es decir, que en 7 años se ha ganado \$ 1758.86, invirtiendo \$5000.

Para exponer mejor este análisis, realizaremos dos gráficos:

En la figura 5-3, se presenta una gráfica del número de años vs. número de válvulas manteniendo constante el TIR a un valor del 5% (valor recomendado que supere la tasa del banco que es 4.40%)

Para nuestro caso de 7 años a un TIR de 5% necesitaríamos vender aproximadamente 24 válvulas.

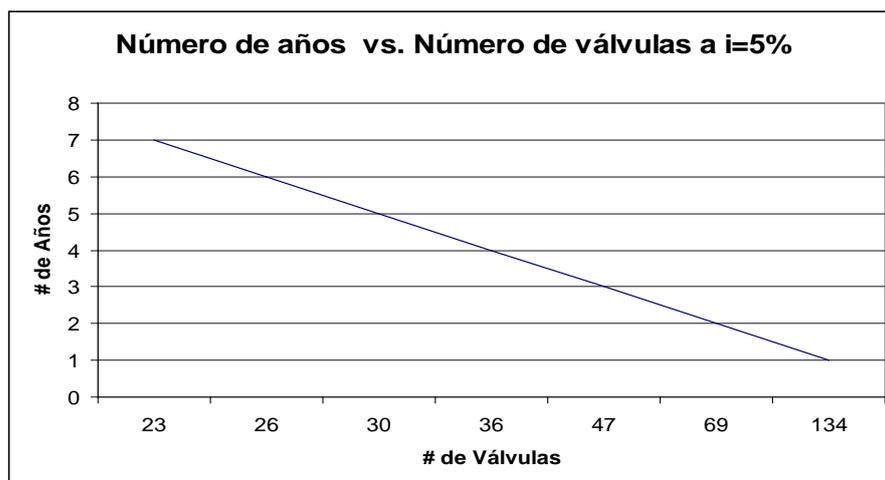


Figura 5-3 Número de años vs. Número de Válvulas a $i=5\%$

Pero idealmente para recuperar la inversión en 2 años necesitamos vender aproximadamente 66 válvulas como lo expresamos de mejor manera en la figura 5-4 donde presentamos

una gráfica del TIR vs. número de válvulas manteniendo constante la ventana de tiempo de 2 años.

Una tasa de retorno atractiva para el mercado del 16% en esta misma gráfica vemos que necesitaríamos vender 80 válvulas para recuperar la inversión inicial en dos años.

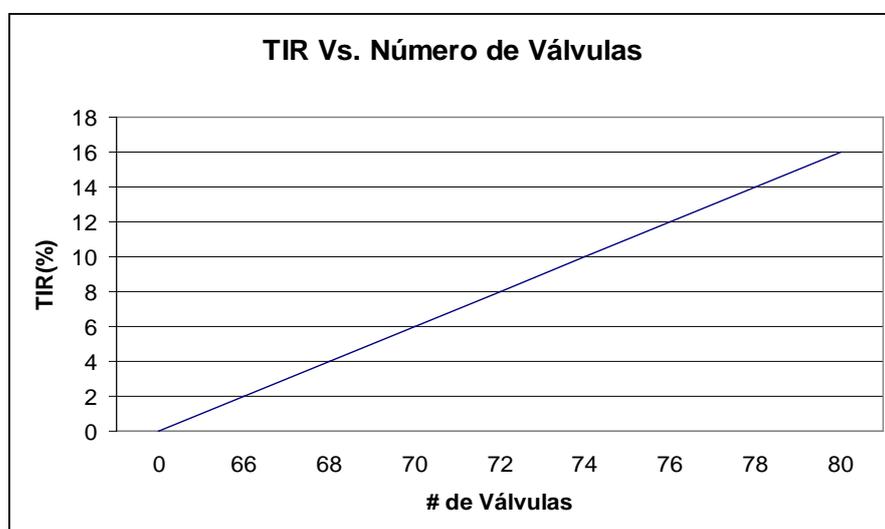


Figura 5-4 TIR vs. Número de Válvulas a n = 2 años

Capítulo 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Realizamos la implementación del circuito de control electrónico de la válvula proporcional por los métodos M.S.I. (media escala de integración) y P.I.C. para fines didácticos y comparativos.

Se puede observar que al comparar el diseño de cada uno de los controles para la válvula proporcional, el realizado por medio de P.I.C. físicamente es el más pequeño pues utilizamos pocos elementos en comparación con el método M.S.I. y es fácil su implementación aunque su dificultad radica en la programación (ensamblador).

La amplia funcionalidad del PIC 16F876, permite minimizar la densidad de la tarjeta electrónica, ocasionando una reducción considerable de espacio y de elementos electrónicos, con lo cual los costos disminuyen, teniendo en

cuenta que su utilización radica principalmente en organizar el movimiento del eje del motor de paso que junto al eje de la válvula de compuerta provocan la apertura o cierre de la misma, apenas una parte de sus grandiosas cualidades son utilizadas convirtiéndola en una implementación muy flexible, ligera y barata.

En la parte experimental, la válvula, es ergonómica y flexible gracias al tamaño de los componentes electrónicos y nos permite la manipulación de motores de paso de diferente potencia.

Comparamos el costo de producir una válvula reguladora utilizando M.S.I. frente a utilizar un P.I.C. y aparentemente en este último resulta muy conveniente; pero, de acuerdo al análisis económico aplicando fórmulas básicas llegamos a la conclusión que no es conveniente producir 20 unidades anuales a un precio \$ 254.30.

Una inversión de \$ 6,421.00 con una tasa de retorno de 2.24% no resulta atractiva para ningún inversionista, el tiempo de recuperación de la inversión es de 11 años y en el mercado el tiempo esperado de recuperación de una inversión es aproximadamente 2 años.

En nuestra evaluación de costos a pesar de las ventajas que nos ofrece el PIC, vemos que no resulta conveniente su producción en línea; puesto que, en el mercado nacional la demanda de válvulas proporcionales es baja y en las pocas aplicaciones en donde antes eran comunes, ahora se aplican otros métodos como es el caso del variador de frecuencia utilizado para regular la presión en una tubería (además se obtiene un notable ahorro de energía).

En determinados casos, si el proceso no es muy complejo es posible implementar una válvula proporcional con PIC, un motor paso a paso y una válvula ahorrando en costo y tiempo; pues, las válvulas proporcionales que son suministradas por contadas empresas localmente tienen un costo mayor y se la adquiere bajo pedido. En la mayoría de los casos la adquisición de este tipo de válvulas tarda entre 45 y 60 días (dependiendo del proveedor).

ANEXOS

TEORIA BASICA DE PIC

BREVE RESEÑA HISTORICA

En 1965, la empresa GI creó una división de microelectrónica, GI Microelectronics División, que comenzó su andadura fabricando memorias EPROM y EEPROM. A principios de los años 70 diseñó el microprocesador de 16 bits CP1600, razonablemente bueno pero que no manejaba eficazmente las Entradas y Salidas. Para solventar este problema, en 1975 diseñó un chip destinado a controlar E/S: el PIC (Peripheral Interface Controller). Se trataba de un controlador rápido pero limitado y con pocas instrucciones pues iba a trabajar en combinación con el CP1600.

La arquitectura del PIC, que se comercializó en 1975, era sustancialmente la misma que la de los actuales modelos PIC16C5X. En aquel momento se fabricaba con tecnología NMOS y el producto sólo se ofrecía con memoria ROM y con un pequeño pero robusto microcódigo.

La década de los 80 no fue buena para GI, que tuvo que reestructurar sus negocios, concentrando sus actividades en los semiconductores de potencia.

La GI Microelectronics División se convirtió en una empresa subsidiaria, llamada GI Microelectronics Inc. Finalmente, en 1985, la empresa fue vendida a un grupo de inversores de capital de riesgo, los cuales, tras analizar la situación, rebautizaron a la empresa con el nombre de Arizona Microchip Technology y orientaron su negocio a los PIC, las memorias EPROM paralelo y las EEPROM serie. Se comenzó rediseñando los PIC,

que pasaron a fabricarse con tecnología CMOS, surgiendo la familia de gama baja PIC16CSX, considerada como la "clásica".

Una de las razones del éxito de los PIC se basa en su utilización. Cuando se aprende a manejar uno de ellos, conociendo su arquitectura y su repertorio de instrucciones, es muy fácil emplear otro modelo.

Tabla B-I Registros e instrucciones de los modelos PIC16F873, PIC16F874, PIC16F876 Y PIC16F877.

MODELO		PIC16F84A	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
MEM	BYTES	1792	7168	7168	14336	14336
PROG (FLASH)	PALABRAS	1024x14	4096x14	4096x14	8192x14	8192x14
MEM DATOS	BYTES EEPROM	64	128	128	256	256
	BYTES RAM	68	192	192	368	368
CONV. A/D		NO	5 (10BITS)	8 (10BITS)	5 (10BITS)	8 (10BITS)
DETECCIÓN DE BAJA TENSION		NO	SI	SI	SI	SI
LINEAS E/S		13	22	33	22	33
COMUNICACIÓN		NO	USART/M	USART/M	USART/M	USART/M

SERIE		SSP	SSP	SSP	SSP
CCP	NO	2	2	2	2
TEMPORIZADORES	1-8 BIT, 1-WDT	1-16 BIT, 2-8 BIT, 1-WDT	1-16 BIT, 2-8 BIT, 1-WDT	1-16 BIT, 2-8 BIT, 1-WDT	1-16 BIT, 2-8 BIT, 1-WDT
FREC. MAXIMA EN MHZ	20	20	20	20	20
PROGRAMACIÓN SERIE EN CIRCUITO	SI	SI	SI	SI	SI
ENCAPSULADOS	18P, 18SO, 20SS	28SP, 28SO	40P, 44L, 44PQ, 44PT	28SP, 28SO	40P, 44L, 44PQ, 44PT
FUENTES DE INTERRUPCIÓN	4	13	14	13	14
COMUNICACIÓN PARALELO	NO	NO	SI	NO	SI

Principales Características de la Familia PIC16F87X:

- Procesador de Arquitectura RISC Avanzada.
- 35 instrucciones con 14 bit de longitud.
- Frecuencia de Reloj de hasta 20 Mhz.

- Memoria de Código tipo FLASH (8K).
- 368 bytes de memoria de datos RAM.
- 256 bytes de memoria de datos EEPROM.
- 14 Fuentes de interrupción externas.
- Modos de direccionamiento directo, indirecto y relativo.
- Código de Protección Programable.
- Voltaje de Alimentación entre 2 y 5.5 Voltios.
- Perro Guardian (WDT).

MEMORIA DE PROGRAMA:

Como podrá notar, la memoria tipo FLASH está dividida en 4 bloques de 2K, pero sólo para los modelos de 8K de memoria.

MEMORIA DE DATOS:

La Memoria RAM está conformada por 4 bancos de 128 bytes cada uno, en los cuales se ubican los registros especiales con los cuales vamos a programar.

A través de los Bits 5 y 6 del registro STATUS se puede hacer la selección del banco al cual queremos entrar para así poder configurar el PIC. Para esto debemos poner a RP1 y RP0 según la tabla que se muestra a continuación:

Tabla B - II Selección del banco por medio de RP1 Y RP2

BANCO	RP1	RP0
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

Tabla B – III Distribución de la memoria R.A.M.

BANCO 0		BANCO 1		BANCO 2		BANCO 3	
INDF	00h	INDF	80h	INDF	100h	INDF	180h
TMR0	01h	OPTION_ REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTD	08h	TRISD	88h		108h		188h

PORTE	09h	TRISE	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	RESERVADO	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	RESERVADO	18Fh
T1CON	10h		90h	Registros de Propósito General 16 Bytes	110h	Registros de Propósito General 16 Bytes	190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h		111h		191h
T2CON	PR2		92h		112h		192h
SSPBUF	13h	SSPADD	93h		113h		193h
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h		114h		194h
CCPR1L	15h		95h		115h		195h
CCPR1H	16h		96h		116h		196h
CCP1CON	17h		97h		117h		197h
RCSTA	18h	TXSTA	98h		118h		198h
TXREG	19h	SPBRG	99h		119h		199h
RCREG	1Ah		9Ah	11Ah	19Ah		
CCPR2L	1Bh		9Bh	11Bh	19Bh		
CCPR2H	1Ch		9Ch	11Ch	19Ch		

CCP2CON	1Dh		9Dh		11Dh		19Dh
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh		11Eh		19Eh
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh		11Fh		19Fh
Registros de Propósito General 96 Bytes	20h	Registros de Propósito General 80 Bytes	A0h	Registros de Propósito General 80 Bytes	120h	Registros de Propósito General 80 Bytes	1Ah
			EFh		16Fh		1EFh
			Mapeados	F0h	Mapeados	170h	Mapeados con
	7Fh	70h-7Fh	FFh	70h-7Fh	17Fh	70h-7Fh	1FFh

Tabla B – IV Sumario de instrucciones

INSTRUCCION	CICLOS DE INSTRUCCION	BIT DEL REGISTRO DE ESTADO QUE SE AFECTA	DESCRIPCION
ADDWF f,d	1	C,DC,Z	Suma W en f
ANDWF f,d	1	Z	AND de W con f
CLRF f	1	Z	Borra f
CLRW	1	NINGUNO	Borra W
COMF f,d	1	Z	Complementa f
DECF f,d	1	Z	Decrementa f
DECFSZ f,d	1 (2)	NINGUNO	Decrementa f, Salta si es 0
INCF f,d	1	Z	Incrementa f
INCFSZ f,d	1 (2)	NINGUNO	Incrementa f, Salta si es 0
IORWF f,d	1	Z	Inclusive OR de W con f
MOVF f,d	1	Z	Mueve f
MOVWF f	1	NINGUNO	Mueve W a f
NOP -	1	NINGUNO	No Opera
RLF f,d	1	C	Rota el contenido de f a la izquierda usando el carry

RRF f,d	1	C	Rota el contenido de f a la derecha usando el carry
SUBWF f,d	1	C,DC,Z	Resta W de f
SWAPF f,d	1	NINGUNO	Intercambia los cuatro bits altos y los cuatro bits bajos del registro f
XORWF f,d	1	Z	OR exclusiva de W con f
BCF f,d	1	NINGUNO	Pone CERO en f
BSF f,d	1	NINGUNO	Pone UNO en f
BTFSC f,d	1 (2)	NINGUNO	Prueba f y salta si es CERO
BTFSS f,d	1 (2)	NINGUNO	Prueba f y salta si es UNO
ADDLW k	1	C,DC,Z	Suma el valor de k con W
ANDLW k	1	Z	Hace AND de k con W
CALL k	2	NINGUNO	Llama una subrutina
CLRWDT -	1	TO,PD	Reinicia el Watchdog Timer
GOTO k	2	NINGUNO	Va a una Dirección k
IORLW k	1	Z	Inclusive OR de k con W
MOVLW k	1	NINGUNO	Mueve k a W
RETFIE -	2	NINGUNO	Retorno de una interrupción
RETLW k	2	NINGUNO	Retorna con k en W

RETURN -	2	NINGUNO	Retorna de una subrutina
SLEEP	1	TO,PD	Entra en modo Standby
SUBLW k	1	C,DC,Z	Resta W de k
XORLW k	1	Z	OR exclusiva de k con W

DIAGRAMA DE ASIGNACIÓN:

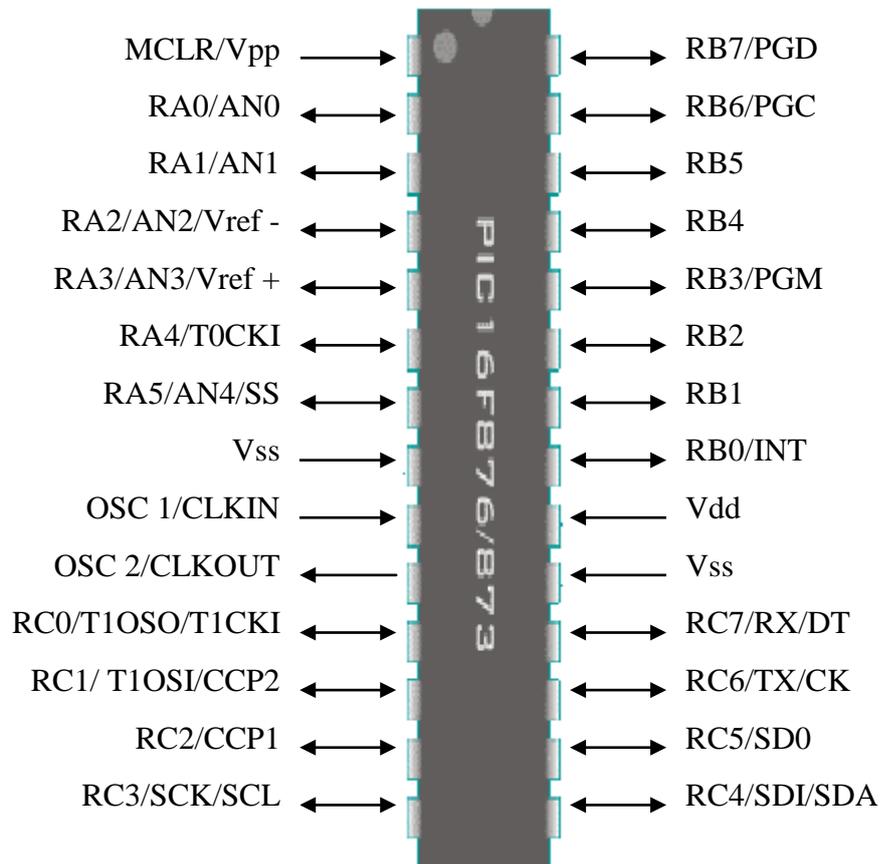


Figura B-1 Diagrama de asignación PIC 16F876

MOTORES PASO A PASO

En numerosas ocasiones, es necesario convertir la energía eléctrica en energía mecánica, utilizaremos los motores de corriente continua. Pero cuando lo que queremos es posicionamiento con un elevado grado de exactitud y/o una muy buena regulación de la velocidad, tenemos dos soluciones, la primera es utilizar un motor paso a paso y la segunda utilizar un servomotor.

Nos vamos a centrar en esta ocasión, la primera de las posibilidades, los motores paso a paso (*stepping motor*), vamos a realizar el estudio de su funcionamiento y su regulación.

Sus principales aplicaciones se pueden encontrar en robótica, tecnología aeroespacial, control de discos duros, flexibles, unidades de CD-ROM o de DVD e impresoras, en sistemas informáticos, manipulación y posicionamiento de herramientas y piezas en general.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los motores eléctricos, en general, basan su funcionamiento en las fuerzas ejercidas por un campo electromagnético y creadas al hacer circular una corriente eléctrica a través de una o varias bobinas. Si dicha bobina, generalmente circular y denominada estator, se mantiene en una posición mecánica fija y en su interior, bajo la influencia del campo electromagnético,

se coloca otra bobina, llamada rotor, recorrida por una corriente y capaz de girar sobre su eje, esta última tenderá a buscar la posición de equilibrio magnético, es decir, orientará sus polos NORTE-SUR hacia los polos SUR-NORTE del estator, respectivamente. Cuando el rotor alcanza esta posición de equilibrio, el estator cambia la orientación de sus polos, aquel tratará de buscar la nueva posición de equilibrio; manteniendo dicha situación de manera continuada, se conseguirá un movimiento giratorio y continuo del rotor y a la vez la transformación de una energía eléctrica en otra mecánica en forma de movimiento circular.

Aun basado en el mismo fenómeno, el principio de funcionamiento de los motores de corriente continua, los motores paso a paso son más sencillo si cabe, que cualquier otro tipo de motor eléctrico.

La Figura A-1 intenta ilustrar el modo de funcionamiento de un motor paso a paso, suponemos que las bobinas L1 como L2 poseen un núcleo de hierro dulce capaz de imantarse cuando dichas bobinas sean recorridas por una corriente eléctrica. Por otra parte el imán M puede girar libremente sobre el eje de sujeción central.

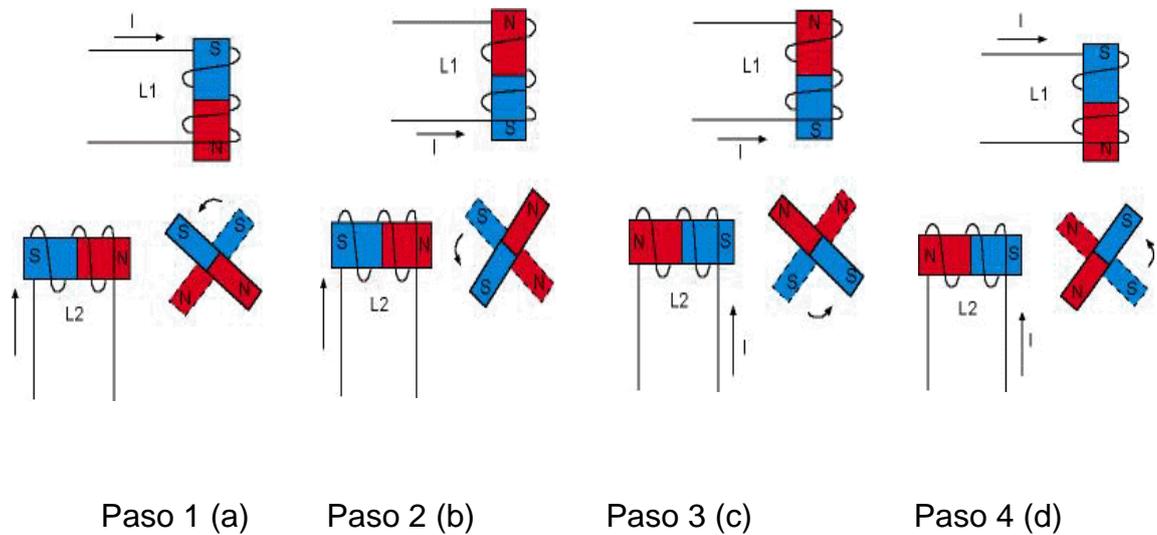


Figura A-1.- Principio de funcionamiento de un motor paso a paso

Inicialmente, sin aplicar ninguna corriente a las bobinas (que también reciben el nombre de fases) y con M en una posición cualquiera, el imán permanecerá en reposo si no se somete a una fuerza externa.

Si se hace circular corriente por ambas fases como se muestra en la Figura 1(a), se crearán dos polos magnéticos NORTE en la parte interna, bajo cuya influencia M se desplazará hasta la posición indicada en la dicha figura.

Si invertimos la polaridad de la corriente que circula por L1 se obtendrá la situación magnética indicada en la Figura 1(b) y M se verá desplazado hasta la nueva posición de equilibrio, es decir, ha girado 90 grados en sentido contrario a las agujas del reloj.

Invertiendo ahora la polaridad de la corriente en L2, se llega a la situación de la Figura 1 (c) habiendo girado M otros 90 grados. Si, por fin, invertimos de

nuevo el sentido de la corriente en L1, M girará otros 90 grados y se habrá obtenido una revolución completa de dicho imán en cuatro pasos de 90 grados.

Por tanto, si se mantiene la secuencia de excitación expuesta para L1 y L2 y dichas corrientes son aplicadas en forma de pulsos, el rotor avanzará pasos de 90 grados por cada pulso aplicado.

Por lo tanto es podemos decir que un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte impulsos eléctricos en un movimiento rotacional constantes y finito dependiendo de las características propias del motor.

El modelo de motor paso a paso que hemos analizado, recibe el nombre de bipolar ya que, para obtener la secuencia completa, se requiere disponer de corrientes de dos polaridades, presentando tal circunstancia un inconveniente importante a la hora de diseñar el circuito que controle el motor. Una forma de paliar este inconveniente es la representada en la Figura A-2, obteniéndose un motor unipolar de cuatro fases, puesto que la corriente circula por las bobinas en un único sentido.

Si inicialmente se aplica la corriente a L1 y L2 cerrando los interruptores S1 y S2, se generarán dos polos NORTE que atraerán al polo SUR de M hasta encontrar la posición de equilibrio entre ambos como puede verse en la Figura 2(a). Si se abre posteriormente S1 y se cierra S3, por la nueva

distribución de polos magnéticos, M evoluciona hasta la situación representada en la Figura 2(b).

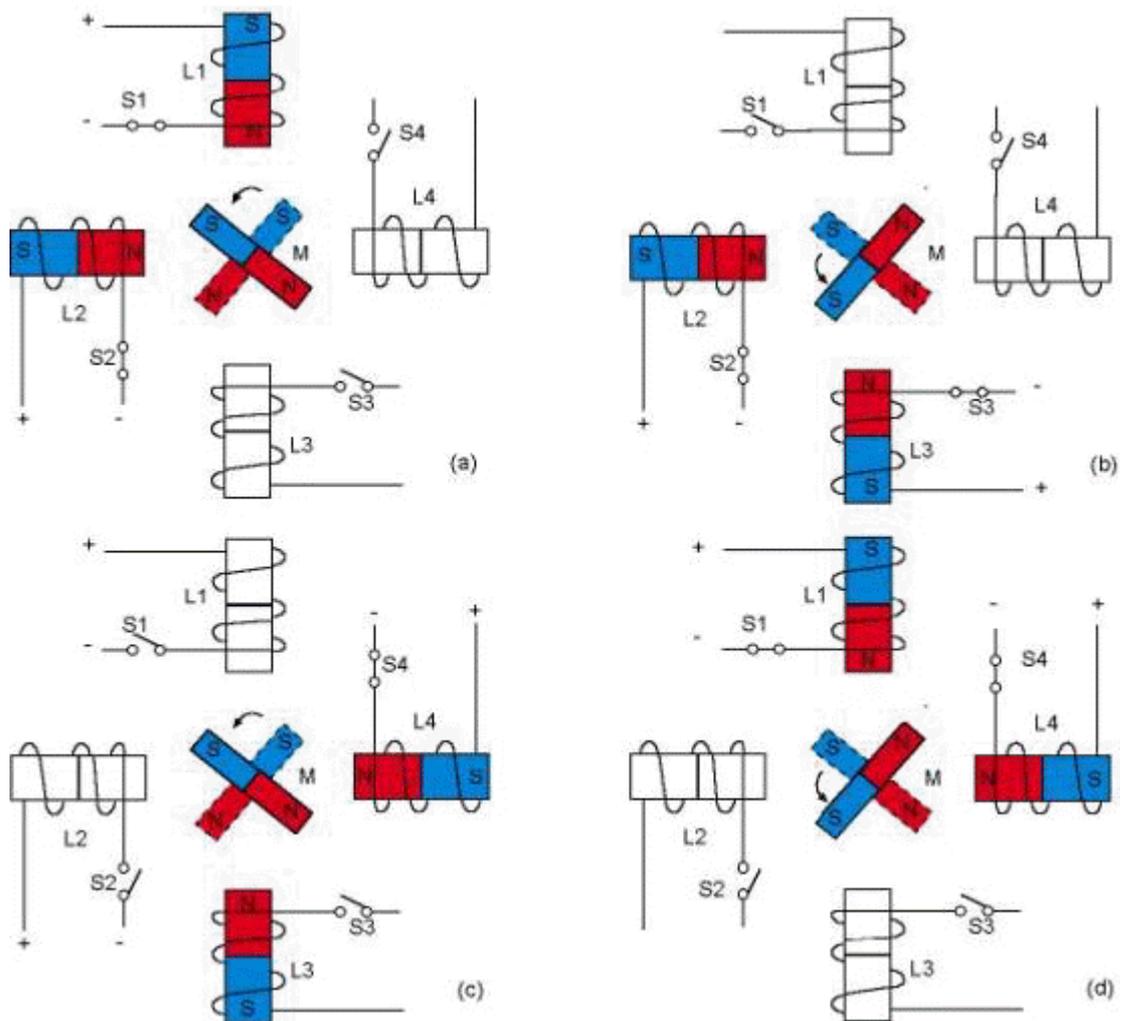


Figura A-2.- Principio básico de un motor unipolar de cuatro fases

Siguiendo la secuencia representada en la Figuras 2 (c) y (d), de la misma forma se obtienen avances del rotor de 90 grados habiendo conseguido,

como en el motor bipolar de dos fases, hacer que el rotor avance pasos de 90 grados por la acción de impulsos eléctricos de excitación de cada una de las bobinas. En uno y otro caso, el movimiento obtenido ha sido en sentido contrario al de las agujas del reloj; ahora bien, si las secuencias de excitación se generan en orden inverso, el rotor girará en sentido contrario, por lo que fácilmente podemos deducir que el sentido de giro en los motores paso a paso es reversible en función de la secuencia de excitación y, por tanto, se puede hacer avanzar o retroceder al motor un número determinado de pasos según las necesidades.

El modelo de motor paso a paso estudiado, salvo su valor didáctico, no ofrece mayor atractivo desde el punto de vista práctico, precisamente por la amplitud de sus avances angulares.

Una forma de conseguir motores PAP de paso mas reducido, es la de aumentar el número de bobinas del estator, pero ello llevaría a un aumento del coste y del volumen y a pérdidas muy considerable en el rendimiento del motor, por lo que esta situación no es viable. Hasta ahora y para conseguir la solución más idónea, se recurre a la mecanización de los núcleos de las bobinas y el rotor en forma de hendiduras o dientes, creándose así micropolos magnéticos, tantos como dientes y estableciendo las situaciones de equilibrio magnéticos con avances angulares mucho menores, siendo posible conseguir motores de hasta de 500 pasos.

Motores Unipolares: En este tipo de motores, todas las bobinas del estator están conectadas en serie formando cuatro grupos. Esto a su vez, se conectan dos a dos, también en serie, y se montan sobre dos estatores diferentes, tal y como se aprecia en la Figura A-3. Según puede apreciarse en dicha figura, del motor paso a paso salen dos grupos de tres cables, uno de los cuales es común a dos bobinados. Los seis terminales que parten del motor, deben ser conectados al circuito de control, el cual, se comporta como cuatro conmutadores electrónicos que, al ser activados o desactivados, producen la alimentación de los cuatro grupos de bobinas con que está formado el estator. Si generamos una secuencia adecuada de funcionamiento de estos interruptores, se pueden producir saltos de un paso en el número y sentido que se desee

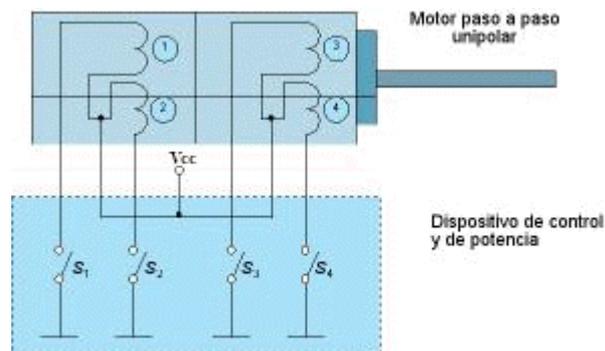
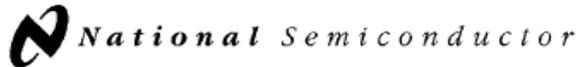


Figura A-3.- Control de motor Unipolar

CARACTERISTICAS DEL CONVERTIDOR ANALOGICO/DIGITAL



November 1995

ADC0808/ADC0809 8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8-single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE[®] outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

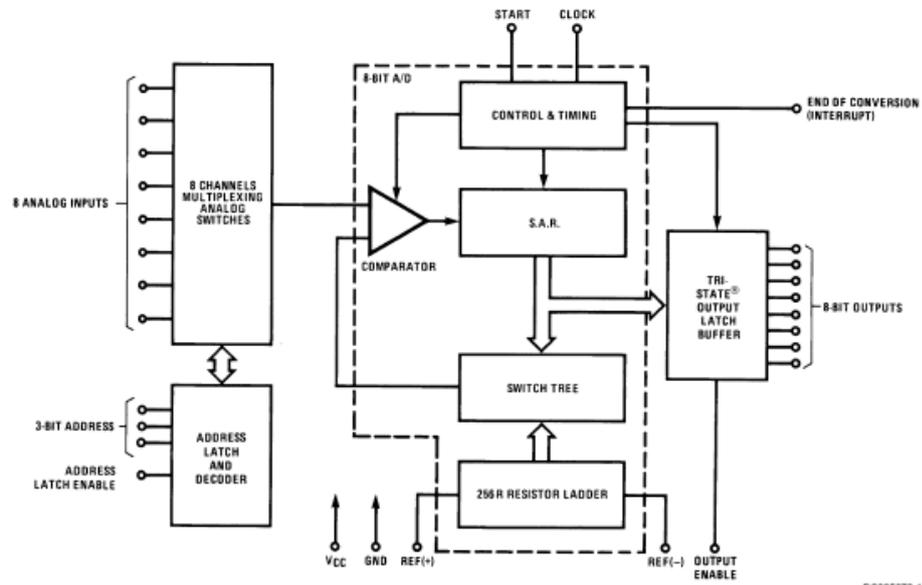
Key Specifications

- Resolution: 8 Bits
- Total Unadjusted Error: $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- Single Supply: 5 V_{DC}
- Low Power: 15 mW
- Conversion Time: 100 μ s

ADC0808/ADC0809 8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

TRI-STATE[®] is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

Block Diagram



See Ordering
Information

DS005872-1

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Absolute Maximum Ratings (Notes 1, 2)						
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.			Dual-In-Line Package (ceramic)		300°C	
			Molded Chip Carrier Package		215°C	
			Vapor Phase (60 seconds)		220°C	
			Infrared (15 seconds)		400V	
			ESD Susceptibility (Note 8)			
Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V					
Voltage at Any Pin	-0.3V to ($V_{CC}+0.3V$)					
Except Control Inputs						
Voltage at Control Inputs	-0.3V to +15V					
(START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)						
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C					
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW					
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)						
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C					
Operating Conditions (Notes 1, 2)						
Temperature Range (Note 1)			$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$			
ADC0808CJ			-55°C \leq T_A \leq +125°C			
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0809CCN			-40°C \leq T_A \leq +85°C			
ADC0808CCV, ADC0809CCV			-40°C \leq T_A \leq +85°C			
Range of V_{CC} (Note 1)			4.5 V_{DD} to 6.0 V_{DD}			
Electrical Characteristics						
Converter Specifications: $V_{CC}=5$ $V_{DC}=V_{REF+}$, $V_{REF-}=GND$, $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ and $f_{CLK}=640$ kHz unless otherwise stated.						
ANALOG MULTIPLEXER						
	ADC0808	Total Unadjusted Error	25°C		$\pm 1/2$	LSB
		(Note 5)	T_{MIN} to T_{MAX}		$\pm 3/4$	LSB
	ADC0809	Total Unadjusted Error	0°C to 70°C		± 1	LSB
		(Note 5)	T_{MIN} to T_{MAX}		$\pm 1 1/4$	LSB
		Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5	k Ω
		Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	GND-0.10		$V_{CC}+0.10$
$V_{REF(+)}$		Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V_{CC}	$V_{CC}+0.1$
$\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$		Voltage, Center of Ladder		$V_{CC}/2-0.1$	$V_{CC}/2$	$V_{CC}/2+0.1$
$V_{REF(-)}$		Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0	V
I_{IN}		Comparator Input Current	$f_c=640$ kHz, (Note 6)	-2	± 0.5	2 μA
Electrical Characteristics						
Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V, -55°C \leq T_A \leq +125°C unless otherwise noted						
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75V \leq V_{CC} \leq 5.25V, -40°C \leq T_A \leq +85°C unless otherwise noted						
ANALOG MULTIPLEXER						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$, $V_{IN}=5V$, $T_A=25^\circ\text{C}$ T_{MIN} to T_{MAX}		10	200	nA μA
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$, $V_{IN}=0$, $T_A=25^\circ\text{C}$ T_{MIN} to T_{MAX}	-200 -1.0	-10		nA μA
CONTROL INPUTS						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage		$V_{CC}-1.5$			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=15V$			1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=0$	-1.0			μA
I_{CC}	Supply Current	$f_{CLK}=640$ kHz		0.3	3.0	mA

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V ≤ V_{CC} ≤ 5.5V, -55°C ≤ T_A ≤ +125°C unless otherwise noted
 ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75V ≤ V_{CC} ≤ 5.25V, -40°C ≤ T_A ≤ +85°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
V _{OUT(1)}	Logical "1" Output Voltage	I _O = -360 μA	V _{CC} - 0.4			V
V _{OUT(0)}	Logical "0" Output Voltage	I _O = 1.6 mA			0.45	V
V _{OUT(0)}	Logical "0" Output Voltage EOC	I _O = 1.2 mA			0.45	V
I _{OUT}	TRI-STATE Output Current	V _O = 5V V _O = 0	-3		3	μA μA

Electrical Characteristics

Timing Specifications V_{CC} = V_{REF(+)} = 5V, V_{REF(-)} = GND, t_r = t_f = 20 ns and T_A = 25°C unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t _{WS}	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t _{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t _S	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
t _H	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
t _D	Analog MUX Delay Time From ALE	R _S = 0Ω (Figure 5)		1	2.5	μS
t _{H1} , t _{HO}	OE Control to Q Logic State	C _L = 50 pF, R _L = 10k (Figure 8)		125	250	ns
t _{H1} , t _{OH}	OE Control to Hi-Z	C _L = 10 pF, R _L = 10k (Figure 8)		125	250	ns
t _C	Conversion Time	f _C = 640 kHz, (Figure 5) (Note 7)	90	100	116	μS
f _C	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t _{EOC}	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		8+2	μS Clock Periods
C _{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C _{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs		10	15	pF

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to GND and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC}.

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0V_{DC} to 5V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.900 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See Figure 2. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 13.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure "NO TGT: fig NS0562"). See paragraph 4.0.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

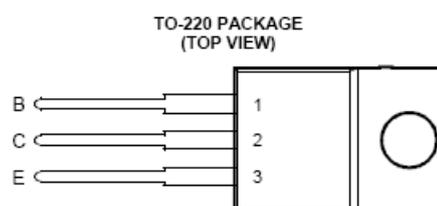
CARACTERISTICAS DEL TRANSISTOR TIP 120

TIP120, TIP121, TIP122 NPN SILICON POWER DARLINGTONS

Copyright © 1997, Power Innovations Limited, UK

DECEMBER 1971 - REVISED MARCH 1997

- Designed for Complementary Use with TIP125, TIP126 and TIP127
- 65 W at 25°C Case Temperature
- 5 A Continuous Collector Current
- Minimum h_{FE} of 1000 at 3 V, 3 A



Pin 2 is in electrical contact with the mounting base.

MDTRACA

absolute maximum ratings at 25°C case temperature (unless otherwise noted)

RATING		SYMBOL	VALUE	UNIT
Collector-base voltage ($I_E = 0$)	TIP120	V_{CBO}	60	V
	TIP121		80	
	TIP122		100	
Collector-emitter voltage ($I_B = 0$)	TIP120	V_{CEO}	60	V
	TIP121		80	
	TIP122		100	
Emitter-base voltage		V_{EBO}	5	V
Continuous collector current		I_C	5	A
Peak collector current (see Note 1)		I_{CM}	8	A
Continuous base current		I_B	0.1	A
Continuous device dissipation at (or below) 25°C case temperature (see Note 2)		P_{tot}	65	W
Continuous device dissipation at (or below) 25°C free air temperature (see Note 3)		P_{tot}	2	W
Undamped inductive load energy (see Note 4)		$\frac{1}{2}LI_C^2$	50	mJ
Operating junction temperature range		T_J	-65 to +150	°C
Storage temperature range		T_{stg}	-65 to +150	°C
Lead temperature 3.2 mm from case for 10 seconds		T_L	260	°C

NOTES: 1. This value applies for $t_p \leq 0.3$ ms, duty cycle $\leq 10\%$.

2. Derate linearly to 150°C case temperature at the rate of 0.52 W/°C.

3. Derate linearly to 150°C free air temperature at the rate of 16 mW/°C.

4. This rating is based on the capability of the transistor to operate safely in a circuit of: $L = 20$ mH, $I_{B(on)} = 5$ mA, $R_{BE} = 100 \Omega$, $V_{BE(off)} = 0$, $R_S = 0.1 \Omega$, $V_{CC} = 20$ V.

TIP120, TIP121, TIP122 NPN SILICON POWER DARLINGTONS

DECEMBER 1971 - REVISED MARCH 1997

electrical characteristics at 25°C case temperature

PARAMETER	TEST CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{(BR)CEO}$ Collector-emitter breakdown voltage	$I_C = 30 \text{ mA}$ (see Note 5)	$I_B = 0$	TIP120 TIP121 TIP122	60 80 100			V
I_{CEO} Collector-emitter cut-off current	$V_{CE} = 30 \text{ V}$ $V_{CE} = 40 \text{ V}$ $V_{CE} = 50 \text{ V}$	$I_B = 0$ $I_B = 0$ $I_B = 0$	TIP120 TIP121 TIP122			0.5 0.5 0.5	mA
I_{CBO} Collector cut-off current	$V_{CB} = 60 \text{ V}$ $V_{CB} = 80 \text{ V}$ $V_{CB} = 100 \text{ V}$	$I_E = 0$ $I_E = 0$ $I_E = 0$	TIP120 TIP121 TIP122			0.2 0.2 0.2	mA
I_{EBO} Emitter cut-off current	$V_{EB} = 5 \text{ V}$	$I_C = 0$				2	mA
h_{FE} Forward current transfer ratio	$V_{CE} = 3 \text{ V}$ $V_{CE} = 3 \text{ V}$	$I_C = 0.5 \text{ A}$ $I_C = 3 \text{ A}$	(see Notes 5 and 6)	1000 1000			
$V_{CE(sat)}$ Collector-emitter saturation voltage	$I_B = 12 \text{ mA}$ $I_B = 20 \text{ mA}$	$I_C = 3 \text{ A}$ $I_C = 5 \text{ A}$	(see Notes 5 and 6)			2 4	V
V_{BE} Base-emitter voltage	$V_{CE} = 3 \text{ V}$	$I_C = 3 \text{ A}$	(see Notes 5 and 6)			2.5	V
V_{EC} Parallel diode forward voltage	$I_E = 5 \text{ A}$	$I_B = 0$	(see Notes 5 and 6)			3.5	V

NOTES: 5. These parameters must be measured using pulse techniques, $t_p = 300 \mu\text{s}$, duty cycle $\leq 2\%$.

6. These parameters must be measured using voltage-sensing contacts, separate from the current carrying contacts.

thermal characteristics

PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNIT
$R_{\theta JC}$ Junction to case thermal resistance			1.92	°C/W
$R_{\theta JA}$ Junction to free air thermal resistance			62.5	°C/W

resistive-load-switching characteristics at 25°C case temperature

PARAMETER	TEST CONDITIONS †			MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{on} Turn-on time	$I_C = 3 \text{ A}$	$I_{B(on)} = 12 \text{ mA}$	$I_{B(off)} = -12 \text{ mA}$		1.5		μs
t_{off} Turn-off time	$V_{BE(off)} = -5 \text{ V}$	$R_L = 10 \Omega$	$t_p = 20 \mu\text{s}$, dc $\leq 2\%$		8.5		μs

† Voltage and current values shown are nominal; exact values vary slightly with transistor parameters.

TYPICAL CHARACTERISTICS

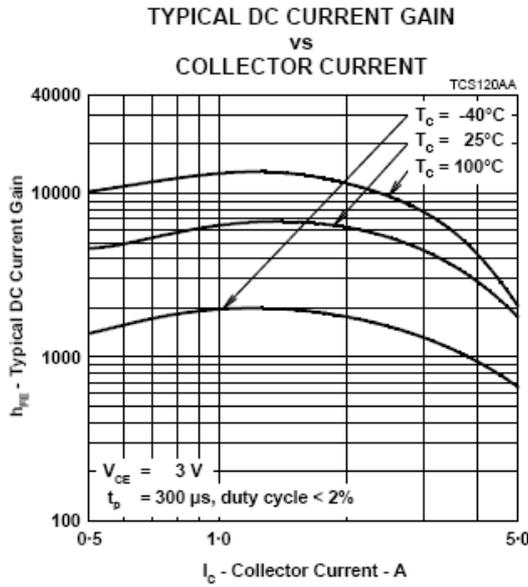


Figure 1.

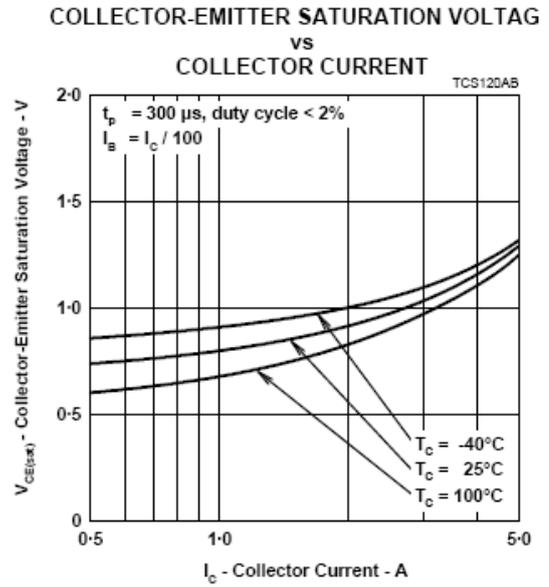


Figure 2.

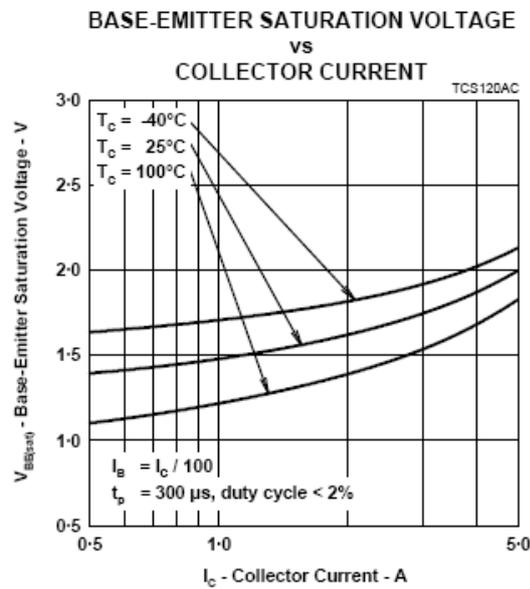


Figure 3.

CARACTERISTICAS DEL PIC 16F876 DE MICROCHIP



PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

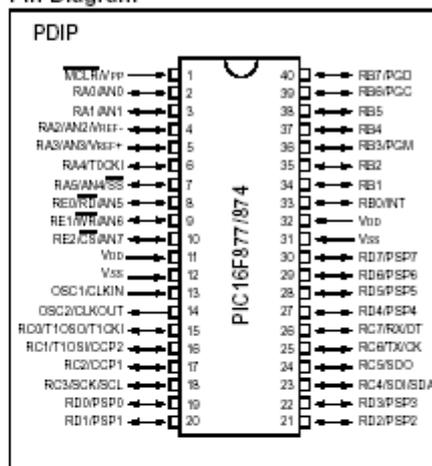
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F876
- PIC16F874
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during SLEEP via external
crystal/dock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

CONEXIONES

Tabla D-I Conexiones de cada pin de los integrados utilizados en

MSI

Integrado I1			
Tipo: 74LS174			
Nro. Pin	Conexión	Nro. Pin	Conexión
1	+ Vcc	16	+ Vcc
2	I2-3	15	
3	I32-21	14	
4	I32-20	13	I32-8
5	I2-4	12	I2-13
6	I32-19	11	I32-18
7	I2-6	10	I2-11
8	GND	9	CLK / I31-14

Integrado I4			
Tipo: 74LS04			
Nro. Pin	Conexión	Nro. Pin	Conexión
1	I2-3	14	+ Vcc
2	I2-2	13	
3	I2-4	12	
4	I2-5	11	I2-13
5	I2-6	10	I2-12
6	I2-7	9	I2-11
7	GND	8	I2-9

Integrado I2			
Tipo: 74LS174			
Nro. Pin	Conexión	Nro. Pin	Conexión
1	+ Vcc	16	+ Vcc
2	I3-1	15	
3	I1-2	14	
4	I1-5	13	I1-12
5	I3-3	12	I3-11
6	I1-7	11	I1-10
7	I3-5	10	I3-9
8	GND	9	I31-9

Integrado I5			
Tipo: 74LS83			
Nro. Pin	Conexión	Nro. Pin	Conexión
1	I3-8	16	GND
2	I9-4	15	I9-16
3	I3-6	14	I6-13
4	GND	13	GND
5	+ Vcc	12	GND
6	I9-7	11	+ Vcc
7	GND	10	I3-2
8	I3-4	9	I9-11

Integrado I3			
Tipo: 74LS04			
Nro. Pin	Conexión	Nro. Pin	Conexión
1	I2-2 / I11-10	14	+ Vcc
2	I5-10	13	
3	I2-5 / I11-8	12	
4	I5-8	11	I2-10 / I12-5
5	I2-7 / I11-3	10	I6-10
6	I5-3	9	I2-12 / I11-1
7	GND	8	I5-1

Integrado I6			
Tipo: 74LS83			
Nro. Pin	Conexión	Nro. Pin	Conexión
1	I24-6	16	GND
2	I10-4	15	I10-16
3	I24-4	14	
4	GND	13	I5-14
5	+ Vcc	12	GND
6	I10-7	11	GND
7	GND	10	I3-10
8	I24-12	9	I10-11

Integrado I7			
Tipo: 74LS83			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I4-8	16	GND
2	I11-4	15	I11-16
3	I11-6	14	I8-13
4	GND	13	
5	+ Vcc	12	GND
6	I11-7	11	+ Vcc
7	GND	10	I4-2
8	I4-4	9	I11-11

Integrado I11			
Tipo: 74LS83			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I3-9	16	GND
2	I13-10	15	I13-13
3	I3-5	14	
4	GND	13	
5	+ Vcc	12	GND
6	I13-6	11	
7	GND	10	I3-1
8	I3-3	9	I13-3

Integrado I8			
Tipo: 74LS83+F13			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1		16	GND
2	I12-15	15	I12-11
3		14	
4	GND	13	
5	+ Vcc	12	
6	I12-2	11	
7		10	
8		9	I12-6

Integrado I12			
Tipo: 74LS283			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I14-6	16	+ Vcc
2		15	
3	I24-1	14	I24-3
4	I14-3	13	I14-10
5	I3-11	12	I24-5
6		11	
7		10	I14-13
8	GND	9	

Integrado I9			
Tipo: 74LS83			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I2-11	16	GND
2	I13-11	15	I13-14
3	I2-6	14	
4	GND	13	
5	+ Vcc	12	GND
6	I13-5	11	
7		10	I2-3
8	I2-4	9	I13-2

Integrado I13			
Tipo: 74LS257			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I31-13	16	+ Vcc
2		15	
3		14	
4	I15-10	13	
5		12	I15-15
6		11	
7	I15-12	10	
8	GND	9	I15-13

Integrado I10			
Tipo: 74LS83			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I23-6	16	GND
2	I14-11	15	I14-4
3	I23-4	14	
4	GND	13	
5	+ Vcc	12	GND
6	I14-5	11	
7		10	I2-13
8	I23-3	9	I14-2

Integrado I14			
Tipo: 74LS257			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I31-13	16	+ Vcc
2		15	
3		14	
4	I16-10	13	
5		12	I16-15
6		11	
7	I16-12	10	
8	GND	9	I16-13

Integrado I15			
Tipo: 74LS85			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I19-7	16	+ Vcc
2	GND	15	
3	+ Vcc	14	I19-6
4	GND	13	
5	I16-4	12	
6	I16-3	11	I19-2
7	I16-2	10	
8	GND	9	I19-3

Integrado I19			
Tipo: 74LS191			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	GND	16	+ Vcc
2	I15-11	15	GND
3	I15-9	14	I26-11
4	GND	13	I20-14
5	GND	12	GND
6	I15-14	11	I20-11
7	I15-1	10	GND
8	GND	9	GND

Integrado I16			
Tipo: 74LS85			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I20-7	16	+ Vcc
2	I15-2	15	
3	I15-3	14	I20-6
4	I15-4	13	
5		12	
6	I27-9	11	I20-2
7		10	
8	GND	9	I20-3

Integrado I20			
Tipo: 74LS191			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	GND	16	+ Vcc
2	I16-11	15	GND
3	I16-9	14	I19-13
4	GND	13	GND
5	GND	12	GND
6	I16-14	11	I29-8
7	I16-1	10	GND
8	GND	9	GND

Integrado I17			
Tipo: 74LS85			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I21-7	16	+ Vcc
2		15	I23-7
3		14	I21-5
4		13	I23-5
5	I31-6	12	I23-2
6	I31-7	11	I21-2
7		10	I2-12
8	GND	9	I1-12

Integrado I21			
Tipo: 74LS174			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	+ Vcc	16	+ Vcc
2	I22-1	15	
3	I32-19	14	
4	I32-20	13	
5	I22-3	12	
6	I32-21	11	
7	I22-5	10	
8	GND	9	I1-9

Integrado I18			
Tipo: 74LS285			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I1-10	16	+ Vcc
2		15	I2-10
3		14	I1-7
4		13	I2-7
5	I17-4	12	I2-5
6	I17-3	11	I1-5
7	I17-2	10	I2-2
8	GND	9	I1-2

Integrado I22			
Tipo: 74LS04			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1		16	+ Vcc
2	I8-8	15	
3		14	
4	I8-3	13	
5		12	
6	I8-1	11	
7		10	
8	GND	9	

Integrado I23			
Tipo: 74LS174			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	+ Vcc	16	+ Vcc
2	I17-12	15	
3	I22-1	14	
4	I22-3	13	
5	I17-13	12	
6	I22-5	11	
7	I17-15	10	
8	GND	9	I2-9

Integrado I27			
Tipo: 74LS174			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I29-2	16	+ Vcc
2	I31-8	15	
3	+ Vcc	14	
4		13	
5		12	
6		11	
7		10	
8	GND	9	I16-6

Integrado I24			
Tipo: 74LS04			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I23-2	15	+ Vcc
2	I6-1	14	
3	I23-5	13	
4	I6-3	12	
5	I23-7	11	
6	I6-8	10	
7	GND	9	

Integrado I28			
Tipo: 74LS174			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	+ Vcc	16	+ Vcc
2	I31-5	15	
3	I31-17	14	
4	I31-16	13	
5	I31-4	12	
6	I31-15	11	
7	I31-3	10	
8	GND	9	I30-1

Integrado I25			
Tipo: 74LS08			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I31-9	14	+ Vcc
2	+ Vcc	13	I19-2
3	I32-6/20	12	I19-7
4	I25-8	11	I25-12
5	I19-6	10	I25-13
6		9	I19-3
7	GND	8	I25-4

Integrado I29			
Tipo: 74LS04			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	I31-9/I2-9	14	+ Vcc
2	I27-1	13	
3	I31-10	12	
4	I30-4	11	
5	I31-11	10	
6	I30-5	9	I30-6
7	GND	8	I20-11

Integrado I26			
Tipo: 74LS194			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	+ Vcc	16	+ Vcc
2	I26-12	15	
3	+ Vcc	14	
4	+ Vcc	13	
5	GND	12	
6	+ Vcc	11	I230-3/I19-14
7	I26-15	10	
8	GND	9	

Integrado I30			
Tipo: 74LS08			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	CLK1/I28-9	14	+ Vcc
2	I34-14	13	
3	I26-11	12	
4	I29-4	11	
5	I29-6	10	
6	I29-9	9	
7	GND	8	

Integrado I31			
Tipo: EEPROM 2732			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1	+ Vcc	24	+ Vcc
2	I32-7	23	GND
3	I28-7	22	GND
4	I28-5	21	GND
5	I28-2	20	GND
6	I17-5	19	GND
7	I17-7	18	GND
8	I27-2	17	I28-3
9	I25-1/I2-9	16	I28-4
10	I29-3/I26-9	15	I28-6
11	I29-5/I26-10	14	I30-2/I1-9
12	GND	13	I13-1

Integrado CLK1			
Tipo: 555N			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1		8	
2		7	
3	I30-1	6	
4		5	

Integrado CLK2			
Tipo: 555N			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1		8	
2		7	
3	I32-10	6	
4		5	

Integrado I32			
Tipo: ADC 0808			
Nro. Pin	Conección	Nro. Pin	Conección
1		28	
2		27	
3		26	
4		25	
5		24	GND
6	I25-3	23	GND
7	I31-2	22	I25-3
8	I1-11	21	I21-6
9	+ Vcc	20	I21-4
10	CLK2	19	I21-3
11	+ Vcc	18	I1-13
12	+ Vcc	17	I1-3
13	GND	16	GND
14	I1-4	15	I1-6

EOC	A	B	C	>	<	=
I6	I5	I4	I3	I2	I1	I0

C	B	A	2	S	S1	S0	1
O0	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7

1	1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	1	1
1	1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	0
1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1

1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0

80
80
80
80
40
40
40
40
40
40
40
40
40
40
90
90
30
30
90
90
30
30

PROGRAMACION DEL P.L.C.

ENTRADAS/SALIDAS

Las entradas y salidas que utilizamos en la programación del P.L.C., son las siguientes:

I1	ENTRADA DIGITAL
I2	ENTRADA DIGITAL
I3	ENTRADA DIGITAL
I11	ENTRADA DIGITAL
I12	ENTRADA DIGITAL
I13	ENTRADA DIGITAL
AI18	ENTRADA ANALOGICA
Q2	SALIDA DIGITAL
AQ12	SALIDA ANALOGICA

LISTA DE NOMBRES SIMBOLICOS

REFER.	SIMBOLO	DESCRIPCION
%I0001	INI_PAR	Inicio o Paro del Proceso
%I0002	STOP	Paro de Emergencia
%I0003	OL_BOMB	OL de la Bomba

%I0011	MAN	Bloque PID (manual)
%I0012	UP	Bloque PID (Arriba)
%I0013	DN	Bloque PID (Abajo)
%Q0002	BOMBA	Bomba para llenado de tanque
%M0200	I_INT	Inicio del Proceso desde Intouch
%M0204	P_INT	Paro del Proceso desde Intouch
%R0100	R_PID	Registro de PID
%R0180	CV	Variable de Control
%R0200	SP	Nivel de Agua Requerido
%AI0018	VP	Nivel de Agua en el Tanque
%AQ012	PIC	Voltaje al PIC

PROGRAMA GENERAL

La programación del P.L.C. se encuentra en un formato dado por el software del LM90, el cual se presenta a continuación:

10-14-03 10:55 GE FANUC SERIES 90-30/90-20/MICRO (v9.02)
 CONTROL DE NIVEL
 APLICACION DE CONTROL DE UNA VALVULA

```

GGGG EEEEE      FFFFF AAA N N U U CCCC
G   E           F   A A NN N U U C
G GGG EEEEE      FFF  AAAAA N N N U U C
G   G E         F   A A N NN U U C
GGG EEEEE       F   A A N N UUU CCCC

```

```

AAA U U TTTTT  OOO M M AAA TTTTT I IIII OOO N N
A A U U T O O MM MM A A T I O O NN N
AAAAA U U T O O M M M AAAAA T I O O N N N
A A U U T O O M M A A T I O O N NN
A A UUU T OOO M M A A T I IIII OOO N N

```

```

(***** )
(*) )
(*) Program: PID2 )
(*) )
(*) PLC PROGRAM ENVIRONMENT HIGHEST REFERENCE USED )
(*) ----- )
(*) INPUT (%I): 512 INPUT: %I0013 )
(*) OUTPUT (%Q): 512 OUTPUT: %Q0002 )
(*) INTERNAL (%M): 1024 INTERNAL: %M0206 )
(*) GLOBAL DATA (%G): 1280 GLOBAL DATA: NONE )
(*) TEMPORARY (%T): 256 TEMPORARY: %T0001 )
(*) REGISTER (%R): 2048 REGISTER: %R0200 )
(*) ANALOG INPUT (%AI): 128 ANALOG INPUT: %AI0018 )
(*)ANALOG OUTPUT (%AQ): 128 ANALOG OUTPUT: %AQ012 )
(*) )
(*) PROGRAM SIZE (BYTES): 240 )
(*) )
(*) )
(***** )

```

10-14-03 10:55 GE FANUC SERIES 90-30/90-20/MICRO (v9.02)
 CONTROL DE NIVEL
 APLICACION DE CONTROL DE UNA VALVULA

```
(***** )
( * )
( *          BLOCK:  _MAIN          )
( * )
( * )
( *          BLOCK SIZE (BYTES):    240 )
( *          DECLARATIONS (ENTRIES): 15 )
( * )
( * )
( *          HIGHEST REFERENCE USED )
( *          ----- )
( * )
( *          INPUT (%I):   %I0013 )
( *          OUTPUT (%Q):  %Q0002 )
( *          INTERNAL (%M): %M0206 )
( *          GLOBAL DATA (%G):  NONE )
( *          TEMPORARY (%T):  %T0001 )
( *          REGISTER (%R):  %R0200 )
( *          ANALOG INPUT (%AI): %AI0018 )
( *          ANALOG OUTPUT (%AQ): %AQ012 )
( * )
(***** )
```

Program: PID2
 Block: _MAIN

C:\LM90M\PID2

10-14-03 10:55 GE FANUC SERIES 90-30/90-20/MICRO (v9.02)
CONTROL DE NIVEL

APLICACION DE CONTROL DE UNA VALVULA

|[START OF LD PROGRAM PID2] (* *)

|[VARIABLE DECLARATIONS]

VARIABLE DECLARATION TABLE

REFERENCE	NICKNAME	REFERENCE DESCRIPTION
%I0001	INI_PAR	Inicio o Paro del Proceso
%I0002	STOP	Paro de Emergencia
%I0003	OL_BOMB	OL de la Bomba
%I0011	MAN	
%I0012	UP	
%I0013	DN	
%Q0002	BOMBA	Bomba para llenado de tanque
%M0200	I_INT	Inicio del Proceso desde Intouch
%M0204	P_INT	Paro del Proceso desde Intouch
%R0100	R_PID	Registro de PID
%R0180	CV	
%R0200	SP	Nivel de Agua Requerido
%AI0018	VP	Nivel de Agua en el Tanque
%AQ012		

IDENTIFIER TABLE

IDENTIFIER	IDENTIFIER TYPE	IDENTIFIER DESCRIPTION
PID2	PROGRAM NAME	
[BLOCK DECLARATIONS]		
[START OF PROGRAM LOGIC]		
<< RUNG 4 STEP #0001 >>		
INI_PAR		%M0206
+--] [---+-----		----- ()--
I_INT		
+--] [---+		
<< RUNG 5 STEP #0004 >>		
%M0206		%M0006
+--] [-----		----- (S)--

REFERENCE	NICKNAME	REFERENCE DESCRIPTION
%M0006		
%M0206		
%I0001	INI_PAR	Inicio o Paro del Proceso
%M0200	I_INT	Inicio del Proceso desde Intouch

Program: PID2

C:\LM90M\PID2

Block: _MAIN

10-14-03 10:55 GE FANUC SERIES 90-30/90-20/MICRO (v9.02)
 CONTROL DE NIVEL
 APLICACION DE CONTROL DE UNA VALVULA

```

| << RUNG 6 STEP #0006 >>
|
| %M0206 +-----+                                     %M0003
+--] [--->UPCTR+----- ( )--
|
| %M0006 |
+--]/[---+R
|
| CONST -+PV
| +00002 |
|
| +-----+
| %R0001
|
| << RUNG 7 STEP #0010 >>
|
| STOP
|M0002
+--] [---+----- ( )--
|
| P_INT |
+--] [---+
|
| << RUNG 8 STEP #0013 >>
|
| %M0002 %M0004
|M0006
+--] [---+---]/[----- (R)--
|
| %M0003 |
+--] [---+
|

```

REFERENCE NICKNAME	REFERENCE DESCRIPTION
%M0002	
%M0003	
%M0004	
%M0006	
%M0206	
%R0001	
%M0204 P_INT	Paro del Proceso desde Intouch
%I0002 STOP	Paro de Emergencia

Program: PID2 C:\LM90M\PID2
 Block: _MAIN

10-14-03 10:55 GE FANUC SERIES 90-30/90-20/MICRO (v9.02)
 CONTROL DE NIVEL
 APLICACION DE CONTROL DE UNA VALVULA

```

| << RUNG 12 STEP #0030 >>
|
| %M0006 +-----+                                     %M0202
+--] [---+ LE_ | +-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|          | INT | |
|          |    | |
| %AQ012  -+I1  Q++
|          |    | |
| CONST  -+I2  |
| +02000 +-----+
|
| << RUNG 13 STEP #0033 >>
|
| %M0006 +-----+                                     %M0203
+--] [---+ GE_ | +-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|          | INT | |
|          |    | |
| VP      -+I1  Q++
|          |    | |
| CONST  -+I2  |
| +15000 +-----+
|
| [          END OF PROGRAM LOGIC          ]
|

```

REFERENCE NICKNAME	REFERENCE DESCRIPTION
%M0006	
%M0202	
%M0203	
%AQ012	
%AI0018 VP	Nivel de Agua en el Tanque

Program: PID2 C:\LM90M\PID2 Block: _MAIN

PROGRAMA EN LENGUAJE ENSAMBLADOR DEL PIC 16F876

Este programa fue desarrollado para que el PIC interactúe con el convertidor analógico/digital y produzca los desplazamientos del motor paso a paso en el sentido respectivo.

```
include "p16F876.inc"
;Variables *****
_code_tmp_0000      equ 0x70
__md__tmp0          equ 0x71
__md__tmp1          equ 0x72
__md__tmp2          equ 0x73
_step               equ 0x74
_stepd              equ 0x78
_ingreso_main       equ 0x20
param00_delay_ms    equ 0x7c
param00_izquierda   equ 0x7e
_count_izquierda    equ 0x39
_count_main         equ 0x3d
_i                  equ 0x3f
_dinicial           equ 0x40
_dinicial1          equ 0x41
_dinicial2          equ 0x42
_danterior          equ 0x43
_dactual            equ 0x44
_vgiros             equ 0x45
param00_derecha     equ 0x46
_count_derecha      equ 0x47
_p_main             equ 0x48
_var_main           equ 0x49
_var1_main          equ 0x4a
_var2_main          equ 0x4b
_vueltas_main       equ 0x4c
_indf                equ 0x00
_tmr0                equ 0x03
_fsr                 equ 0x05
_portb              equ 0x07
_pclath             equ 0x0a
_intcon              equ 0x0b
_pir1                equ 0x0c
_pir2                equ 0x0d
```

```

_tmr1l          equ 0x0e
_tmr1h          equ 0x0f
_t1con         equ 0x10
_tmr2          equ 0x11
_t2con         equ 0x12
_sspbuf        equ 0x13
_sspcon        equ 0x14
_ccpr1l        equ 0x15
_ccpr1h        equ 0x16
_ccp1con       equ 0x17
_rcsta         equ 0x18
_txreg         equ 0x19
_rcreg         equ 0x1a
_ccpr2l        equ 0x1b
_ccpr2h        equ 0x1c
_ccp2con       equ 0x1d
_adresh        equ 0x1e
_adcon0        equ 0x1f
_option_reg    equ 0x81
_trisa         equ 0x85
_trisb         equ 0x86
_trisc         equ 0x87
_pie1          equ 0x8c
_pie2          equ 0x8d
_pcon          equ 0x8e
_sspcon2       equ 0x91
_pr2           equ 0x93
_sspstat       equ 0x94
_txsta         equ 0x98
_spbrg         equ 0x99
_adresl        equ 0x9e
_adcon1        equ 0x9f
_eeedata       equ 0x10c
_eeadr         equ 0x10d
_eeedath       equ 0x10e
_eeadrh        equ 0x10f
_eecon1        equ 0x18c
_eecon2        equ 0x18d

    ORG 0
    clrf PCLATH
    goto start__code

    ORG 4
_interrupt

```

```

        bcf INTCON, T0IF      ;clear interrupt flag
        retfie

_convertidor
        goto _convertidor__code
_seteo
        goto _seteo__code
_izquierda
        goto _izquierda__code
_delay_ms
        goto _delay_ms__code
_derecha
        goto _derecha__code
__mul8
        goto __mul8__code
start__code
en el motor de paso          ;desplazamiento que realiza maximo torque
        movlw D'6'
        movwf _step
        movlw D'3'
        movwf _step+D'1'
        movlw D'9'
        movwf _step+D'2'
        movlw D'12'
        movwf _step+D'3'
        movlw D'12'
        movwf _stepd
        movlw D'9'
        movwf _stepd+D'1'
        movlw D'3'
        movwf _stepd+D'2'
        movlw D'6'
        movwf _stepd+D'3'
        movlw D'4'
        bcf STATUS, RP0
        bcf STATUS, RP1
        movwf _vgiros
_main__code                  ;PROGRAMA PRINCIPAL
        movlw D'8'
        bcf STATUS, RP0
        bcf STATUS, RP1
        movwf _q_main
        clrf _q_main+D'1'
        clrf _i

```

```
    clrf _vueltas_main
    clrf _dinicial
    call _seteo
    bcf PCLATH, 3
    bcf PCLATH, 4
    movlw D'1'
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movwf _adcon0
label_0020
    call _convertidor
    bcf PCLATH, 3
    bcf PCLATH, 4
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movwf _dactual
    movf _portc, W
    andlw D'8'
    sublw D'8'
    movlw 1
    btfss STATUS, Z
    clrw
    sublw 0
    btfsc STATUS, Z
    goto label_0022
    movlw D'1'
    movwf _vueltas_main
    movf _vueltas_main, W
    movwf __md__tmp0
    movlw D'16'
    movwf __md__tmp1
    call __mul8
    bcf PCLATH, 3
    bcf PCLATH, 4
    movwf _code_tmp_0000
    movf __md__tmp1, W
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movwf PORTC
    movf _vueltas_main, W
    movwf param00_derecha
    call _derecha
    bcf PCLATH, 3
    bcf PCLATH, 4
```

```
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    clrf _dinicial
    goto label_0024
label_0022
    clrf _code_tmp_0000
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf _dinicial, W
    addlw D'2'
    btfsc STATUS, C
    incf _code_tmp_0000, F
    movwf _dinicial1
    movf _dactual, W
    subwf _dinicial1, W
    movlw 1
    btfsc STATUS, C
    clrw
    sublw 0
    btfsc STATUS, Z
    goto label_0025
    movf _dinicial, W
    subwf _dactual, W
    movwf _vueltas_main
    movf _vueltas_main, W
    clrf _code_tmp_0000
    movwf param00_izquierda
    movf _code_tmp_0000, W
    movwf param00_izquierda+D'1'
    call _izquierda
    bcf PCLATH, 3
    bcf PCLATH, 4
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf _dactual, W
    movwf _dinicial
    goto label_0026
label_0025
    movlw D'2'
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    subwf _dinicial, W
    movlw 1
    btfsc STATUS, C
```

```
    clrw
    sublw 0
    btfsc STATUS, Z
    goto label_0027
    movlw D'2'
    movwf _dinicial
label_0027
    movlw D'2'
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    subwf _dinicial, W
    movwf _dinicial1
    movf _dinicial1, W
    subwf _dactual, W
    movlw 1
    btfsc STATUS, C
    clrw
    sublw 0
    btfsc STATUS, Z
    goto label_0028
    movf _dactual, W
    subwf _dinicial, W
    movwf _vueltas_main
    movf _vueltas_main, W
    movwf param00_derecha
    call _derecha
    bcf PCLATH, 3
    bcf PCLATH, 4
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf _dactual, W
    movwf _dinicial
    goto label_0029
label_0028
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf _dactual, W
    subwf _dinicial, W
    movlw 1
    btfss STATUS, Z
    clrw
    sublw 0
    btfsc STATUS, Z
    goto label_0030
```

```

        clrf _vueltas_main
        movf _dactual, W
        movwf _dinicial
label_0030
label_0029
label_0026
label_0024
        bcf STATUS, RP0
        bcf STATUS, RP1
        movf _vueltas_main, W
        movwf __md__tmp0
        movlw D'16'
        movwf __md__tmp1
        call __mul8
        bcf PCLATH, 3
        bcf PCLATH, 4
        movwf _code_tmp_0000
        movf __md__tmp1, W
        bcf STATUS, RP0
        bcf STATUS, RP1
        movwf PORTC
        goto label_0020
label_0021
_main__end
_convertidor__code           ;señal analógica es convertida en señal
digital(activación del A/D 0809)
        bcf STATUS, RP0           ;señal digital es procesada en el programa
principal
        bcf STATUS, RP1
        BCF PORTC,0
        BSF PORTC,0
        BCF PORTC,0
label_0000
        movf _portc, W
        andlw D'2'
        sublw D'0'
        movlw 1
        btfss STATUS, Z
        clrw
        sublw 0
        btfsc STATUS, Z
        goto label_0001
        nop
        goto label_0000

```

```

label_0001
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf PORTB, W
    movwf _dactual
    movf _dactual, W
    return
_convertidor__end
_seteo__code           ;configura puerto A como entrada y puerto B
como salida
    movlw D'6'         ;configura señal de reloj para A/D 0809
    bsf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movwf _adcon1
    clrf _trisa
    movlw D'255'
    movwf _trisb
    movlw D'10'
    movwf _trisc
    movlw D'10'
    movwf _pr2
    movlw D'1'
    bcf STATUS, RP0
    movwf _ccpr1l
    clrf _ccpr1h
    movlw D'255'
    movwf _ccp1con
    movlw D'4'
    movwf _t2con
    return
_seteo__end
_izquierda__code      ;desplazamiento a la izquierda
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    clrf _count_izquierda
    clrf _count_izquierda+D'1'
label_0002
    movf param00_izquierda, W
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    subwf _count_izquierda, W
    btfsc STATUS, Z
    goto label_0004
    movlw 1

```

```

        goto label_0005
label_0004
    movf param00_izquierda+1, W
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    subwf _count_izquierda+1, W
    movlw 1
    btfsc STATUS, Z
    clrw
label_0005                                ;primer paso
    sublw 0
    btfsc STATUS, Z
    goto label_0003
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf _i, W
    addlw _step
    movwf FSR
    bcf STATUS, IRP
    movf INDF, W
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movwf PORTA
    movf _vgiros, W
    movwf param00_delay_ms
    call _delay_ms
    bcf PCLATH, 3
    bcf PCLATH, 4
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    incf _i, F
    movf _i, W
    sublw D'4'
    movlw 1
    btfss STATUS, Z
    clrw
    sublw 0
    btfss STATUS, Z
    clrf _i
label_0008                                ;segundo paso
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf _i, W
    addlw _step

```

```

movwf FSR
bcf STATUS, IRP
movf INDF, W
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
movwf PORTA
movf _vgiros, W
movwf param00_delay_ms
call _delay_ms
bcf PCLATH, 3
bcf PCLATH, 4
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
incf _i, F
movf _i, W
sublw D'4'
movlw 1
btfss STATUS, Z
clrw
sublw 0
btfss STATUS, Z
clrf _i
label_0009 ;tercer paso
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
movf _i, W
addlw _step
movwf FSR
bcf STATUS, IRP
movf INDF, W
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
movwf PORTA
movf _vgiros, W
movwf param00_delay_ms
call _delay_ms
bcf PCLATH, 3
bcf PCLATH, 4
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
incf _i, F
movf _i, W
sublw D'4'
movlw 1

```

```

    btfss STATUS, Z
    clrw
    sublw 0
    btfss STATUS, Z
    clrf _i
label_0010                ;cuarto paso
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf _i, W
    addlw _step
    movwf FSR
    bcf STATUS, IRP
    movf INDF, W
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movwf PORTA
    movf _vgiros, W
    movwf param00_delay_ms
    call _delay_ms
    bcf PCLATH, 3
    bcf PCLATH, 4
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    incf _i, F
    movf _i, W
    sublw D'4'
    movlw 1
    btfss STATUS, Z
    clrw
    sublw 0
    btfss STATUS, Z
    clrf _i
label_0011                ;quinto paso
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf _i, W
    addlw _step
    movwf FSR
    bcf STATUS, IRP
    movf INDF, W
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movwf PORTA
    movf _vgiros, W

```

```

movwf param00_delay_ms
call _delay_ms
bcf PCLATH, 3
bcf PCLATH, 4
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
incf _i, F
movf _i, W
sublw D'4'
movlw 1
btfss STATUS, Z
clrw
sublw 0
btfss STATUS, Z
clrf _i
label_0012                ;incrementa contador
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
incf _count_izquierda, F
btfsc STATUS, Z
incf _count_izquierda+1, F
goto label_0002
label_0003
return
_izquierda__end
_delay_ms__code           ;retardos
label_0006
movlw D'142'
movwf param00_delay_ms+1
nop
nop
label_0007
nop
nop
nop
nop
decfsz param00_delay_ms+1, 1
goto label_0007
nop
decfsz param00_delay_ms, 1
goto label_0006
nop
return
_delay_ms__end

```

```

_derecha__code           ;desplazamiento a la derecha
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    clrf _count_derecha
label_0013               ;primer paso
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf param00_derecha, W
    subwf _count_derecha, W
    movlw 1
    btfsc STATUS, Z
    clrw
    sublw 0
    btfsc STATUS, Z
    goto label_0014
    movf _i, W
    addlw _stepd
    movwf FSR
    bcf STATUS, IRP
    movf INDF, W
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movwf PORTA
    movf _vgiros, W
    movwf param00_delay_ms
    call _delay_ms
    bcf PCLATH, 3
    bcf PCLATH, 4
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    incf _i, F
    movf _i, W
    sublw D'4'
    movlw 1
    btfss STATUS, Z
    clrw
    sublw 0
    btfss STATUS, Z
    clrf _i
label_0015               ;segundo paso
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf _i, W
    addlw _stepd

```

```
movwf FSR
bcf STATUS, IRP
movf INDF, W
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
movwf PORTA
movf _vgiros, W
movwf param00_delay_ms
call _delay_ms
bcf PCLATH, 3
bcf PCLATH, 4
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
incf _i, F
movf _i, W
sublw D'4'
movlw 1
btfss STATUS, Z
clrw
sublw 0
btfss STATUS, Z
clrf _i
label_0016 ;tercer paso
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
movf _i, W
addlw _stepd
movwf FSR
bcf STATUS, IRP
movf INDF, W
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
movwf PORTA
movf _vgiros, W
movwf param00_delay_ms
call _delay_ms
bcf PCLATH, 3
bcf PCLATH, 4
bcf STATUS, RP0
bcf STATUS, RP1
incf _i, F
movf _i, W
sublw D'4'
movlw 1
```

```

    btfss STATUS, Z
    clrw
    sublw 0
    btfss STATUS, Z
    clrf _i
label_0017                ;cuarto paso
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf _i, W
    addlw _stepd
    movwf FSR
    bcf STATUS, IRP
    movf INDF, W
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movwf PORTA
    movf _vgiros, W
    movwf param00_delay_ms
    call _delay_ms
    bcf PCLATH, 3
    bcf PCLATH, 4
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    incf _i, F
    movf _i, W
    sublw D'4'
    movlw 1
    btfss STATUS, Z
    clrw
    sublw 0
    btfss STATUS, Z
    clrf _i
label_0018                ;quinto paso
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movf _i, W
    addlw _stepd
    movwf FSR
    bcf STATUS, IRP
    movf INDF, W
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    movwf PORTA
    movf _vgiros, W

```

```
    movwf param00_delay_ms
    call _delay_ms
    bcf PCLATH, 3
    bcf PCLATH, 4
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    incf _i, F
    movf _i, W
    sublw D'4'
    movlw 1
    btfss STATUS, Z
    clrw
    sublw 0
    btfss STATUS, Z
    clrf _i
label_0019
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    incf _count_derecha, F
    goto label_0013
label_0014
    return
_derecha__end
__mul8__code          ;temporizadores
    movlw D'9'
    movwf __md__tmp2
    movf __md__tmp0, W
    clrf __md__tmp0
    bcf STATUS, C
label_0023
    rrf __md__tmp0, F
    rrf __md__tmp1, F
    btfsc STATUS, C
    addwf __md__tmp0, F
    decfsz __md__tmp2, F
    goto label_0023
    movf __md__tmp0, W
    return
__mul8__end
    bcf STATUS, RP0
    bcf STATUS, RP1
    END
```

ADC0808/ADC0809

8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8-single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE[®] outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

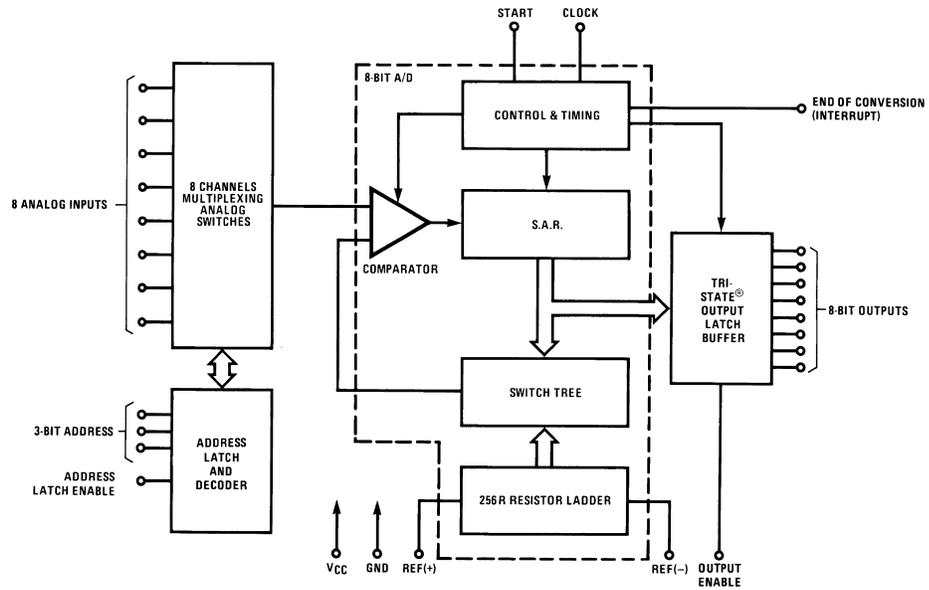
Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

Key Specifications

- Resolution: 8 Bits
- Total Unadjusted Error: $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- Single Supply: 5 V_{DC}
- Low Power: 15 mW
- Conversion Time: 100 μ s

Block Diagram



See Ordering
Information

DS005672-1

Absolute Maximum Ratings (Notes 1, 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin	-0.3V to ($V_{CC}+0.3V$)
Except Control Inputs	
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	-0.3V to +15V
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C

Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 8)	400V

Operating Conditions (Notes 1, 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0808CJ	-55°C $\leq T_A \leq$ +125°C
ADC0808CCJ, ADC0808CCN,	
ADC0809CCN	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0808CCV, ADC0809CCV	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
Range of V_{CC} (Note 1)	4.5 V_{DC} to 6.0 V_{DC}

Electrical Characteristics

Converter Specifications: $V_{CC}=5$ $V_{DC}=V_{REF+}$, $V_{REF-}=GND$, $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ and $f_{CLK}=640$ kHz unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C T_{MIN} to T_{MAX}			$\pm 1/2$ $\pm 3/4$	LSB LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C T_{MIN} to T_{MAX}			± 1 $\pm 1 1/4$	LSB LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		k Ω
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	GND-0.10		$V_{CC}+0.10$	V_{DC}
$V_{REF(+)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V_{CC}	$V_{CC}+0.1$	V
$\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		$V_{CC}/2-0.1$	$V_{CC}/2$	$V_{CC}/2+0.1$	V
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
I_{IN}	Comparator Input Current	$f_c=640$ kHz, (Note 6)	-2	± 0.5	2	μA

Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V $\leq V_{CC} \leq$ 5.5V, -55°C $\leq T_A \leq$ +125°C unless otherwise noted
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75V $\leq V_{CC} \leq$ 5.25V, -40°C $\leq T_A \leq$ +85°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ANALOG MULTIPLEXER						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$, $V_{IN}=5V$, $T_A=25^\circ\text{C}$ T_{MIN} to T_{MAX}		10	200 1.0	nA μA
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$, $V_{IN}=0$, $T_A=25^\circ\text{C}$ T_{MIN} to T_{MAX}	-200 -1.0	-10		nA μA
CONTROL INPUTS						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage		$V_{CC}-1.5$			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=15V$			1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=0$	-1.0			μA
I_{CC}	Supply Current	$f_{CLK}=640$ kHz		0.3	3.0	mA

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V ≤ V_{CC} ≤ 5.5V, -55°C ≤ T_A ≤ +125°C unless otherwise noted
 ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75V ≤ V_{CC} ≤ 5.25V, -40°C ≤ T_A ≤ +85°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
V _{OUT(1)}	Logical "1" Output Voltage	I _O = -360 μA	V _{CC} - 0.4			V
V _{OUT(0)}	Logical "0" Output Voltage	I _O = 1.6 mA			0.45	V
V _{OUT(0)}	Logical "0" Output Voltage EOC	I _O = 1.2 mA			0.45	V
I _{OUT}	TRI-STATE Output Current	V _O = 5V V _O = 0	-3		3	μA μA

Electrical Characteristics

Timing Specifications V_{CC} = V_{REF(+)} = 5V, V_{REF(-)} = GND, t_r = t_f = 20 ns and T_A = 25°C unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t _{WS}	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t _{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t _s	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
t _H	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
t _D	Analog MUX Delay Time From ALE	R _S = 0Ω (Figure 5)		1	2.5	μS
t _{H1} , t _{HO}	OE Control to Q Logic State	C _L = 50 pF, R _L = 10k (Figure 8)		125	250	ns
t _{H1} , t _{OH}	OE Control to Hi-Z	C _L = 10 pF, R _L = 10k (Figure 8)		125	250	ns
t _c	Conversion Time	f _c = 640 kHz, (Figure 5) (Note 7)	90	100	116	μS
f _c	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t _{EOC}	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		8+2	μS Clock Periods
C _{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C _{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs		10	15	pF

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to GND and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC}.

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0V_{DC} to 5V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.900 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See Figure 2. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 13.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure "NO TGT: fig NS0592"). See paragraph 4.0.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Functional Description

Multiplexer. The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. *Table 1* shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE 1.

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

CONVERTER CHARACTERISTICS

The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (*Figure 1*) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in *Figure 1* are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached $+1/2$ LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. *Figure 2* shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

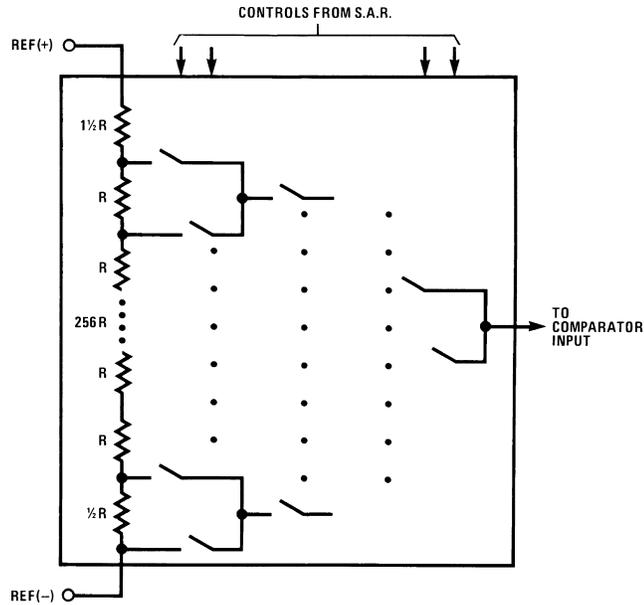
The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

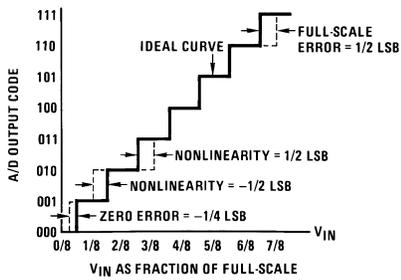
Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

Functional Description (Continued)



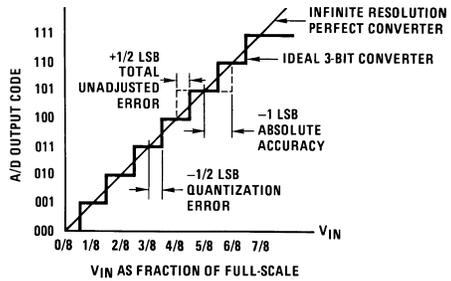
DS005672-2

FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree



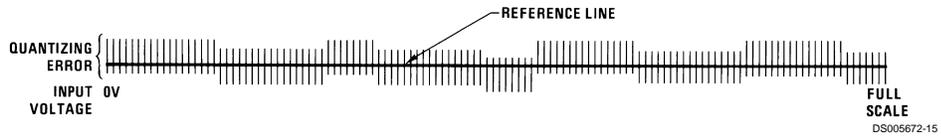
DS005672-13

FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve



DS005672-14

FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

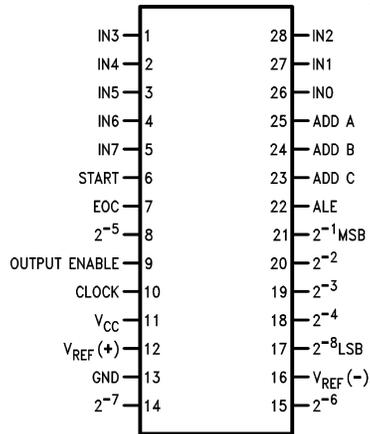


DS005672-15

FIGURE 4. Typical Error Curve

Connection Diagrams

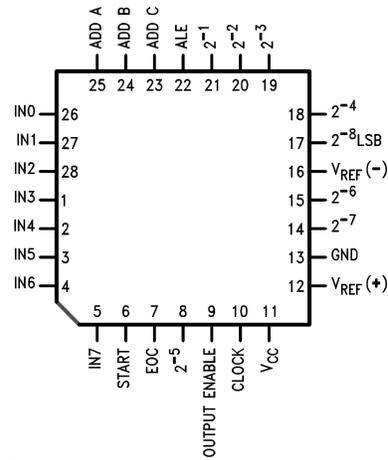
Dual-In-Line Package



DS005672-11

Order Number ADC0808CCN, ADC0809CCN,
ADC0808CCJ or ADC0808CJ
See NS Package J28A or N28A

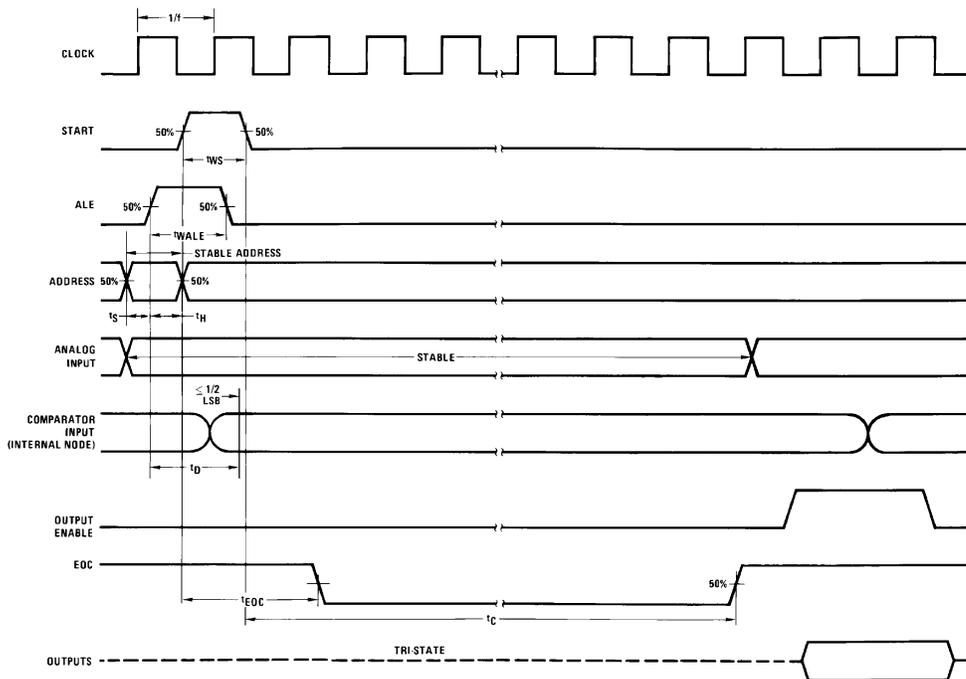
Molded Chip Carrier Package



DS005672-12

Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
See NS Package V28A

Timing Diagram



DS005672-4

FIGURE 5.

Typical Performance Characteristics

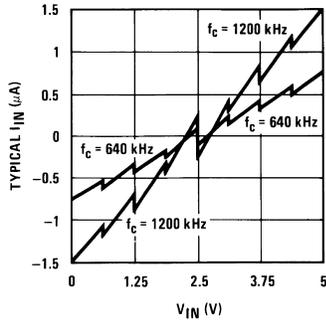


FIGURE 6. Comparator I_{IN} vs V_{IN}
($V_{CC}=V_{REF}=5V$)

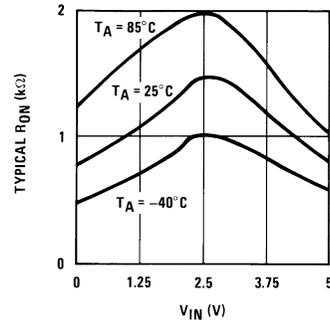
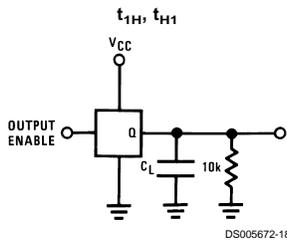
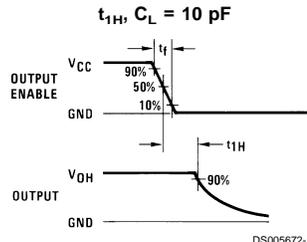


FIGURE 7. Multiplexer R_{ON} vs V_{IN}
($V_{CC}=V_{REF}=5V$)

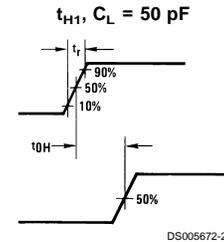
TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams



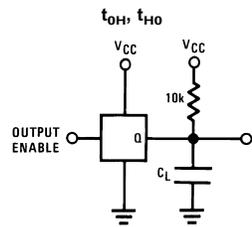
DS005672-18



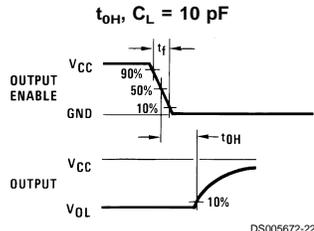
DS005672-19



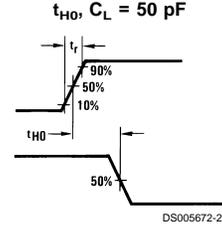
DS005672-20



DS005672-21



DS005672-22



DS005672-23

FIGURE 8.

Applications Information

OPERATION

1.0 RATIOMETRIC CONVERSION

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratiometric conversion systems. In ratiometric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_{fs} - V_Z} = \frac{D_X}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad (1)$$

V_{IN} = Input voltage into the ADC0808

V_{fs} = Full-scale voltage

V_Z = Zero voltage

D_X = Data point being measured

D_{MAX} = Maximum data limit

D_{MIN} = Minimum data limit

A good example of a ratiometric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (Figure 9).

Ratiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are

Applications Information (Continued)

suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a system reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if $V_{CC}=V_{REF}=5.12V$, then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected into 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

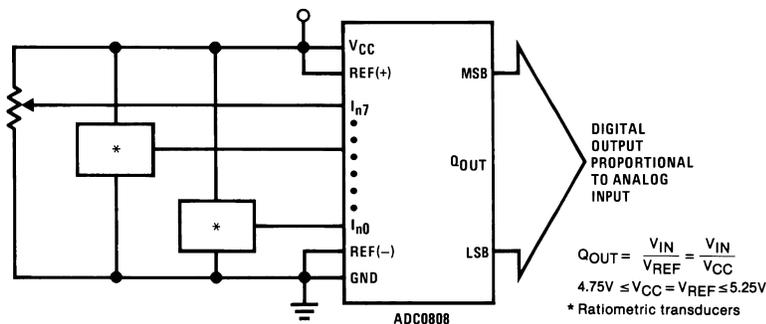


FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

The ADC0808 needs less than a milliamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In *Figure 11* a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the milliamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in *Figure 12*. The LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10 μF output capacitor.

The top of the ladder, Ref(+), should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, Ref(-), should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed V_{CC} and ground, respectively, but they can be symmetrically less than V_{CC} and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In *Figure 13*, a 2.5V reference is symmetrically centered about $V_{CC}/2$ since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.

Applications Information (Continued)

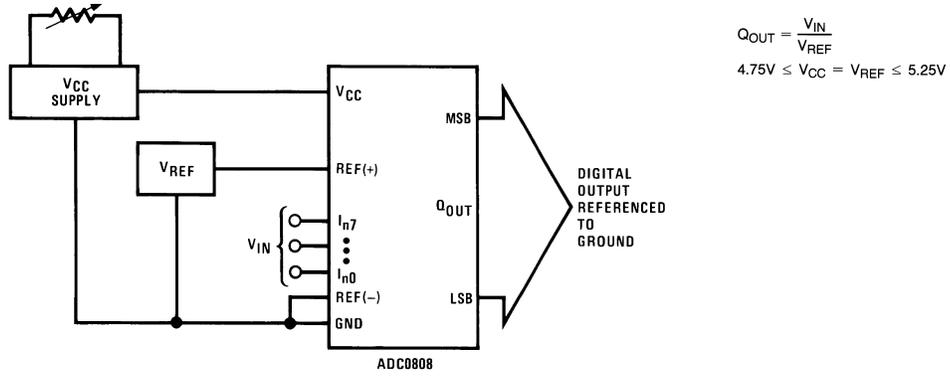


FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply

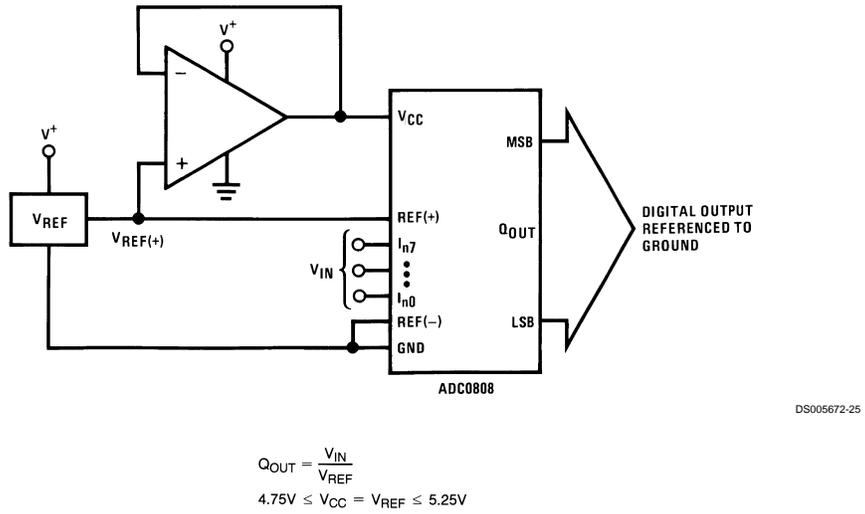


FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating V_{CC} Supply

Applications Information (Continued)

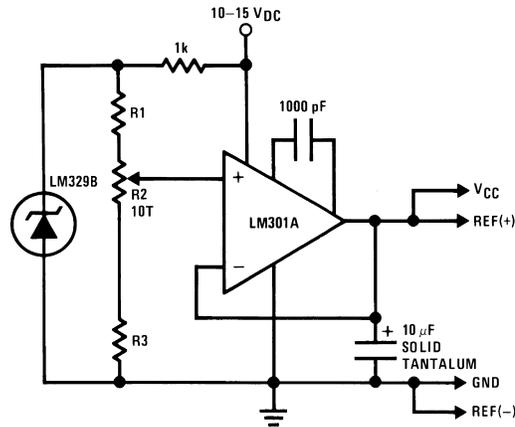
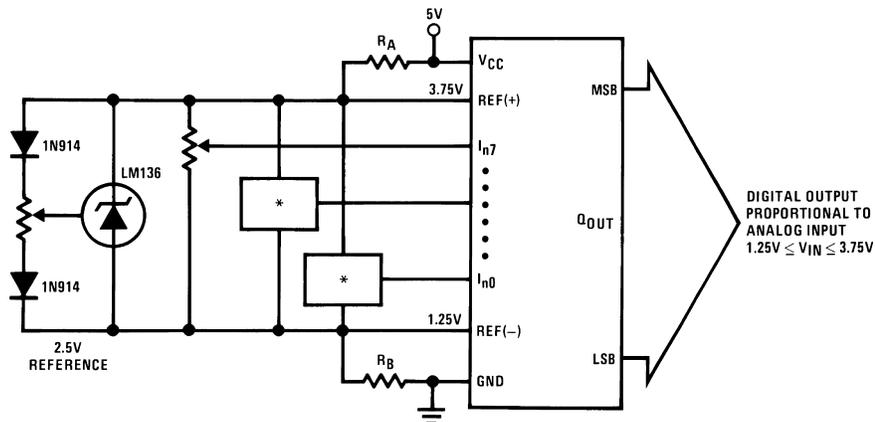


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit

DS005672-26



$R_A = R_B$
*Ratiometric transducers

DS005672-27

FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

3.0 CONVERTER EQUATIONS

The transition between adjacent codes N and N+1 is given by:

$$V_{IN} = \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} + \frac{1}{512} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (2)$$

The center of an output code N is given by:

$$V_{IN} \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (3)$$

The output code N for an arbitrary input are the integers within the range:

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 256 \pm \text{Absolute Accuracy} \quad (4)$$

where: V_{IN} = Voltage at comparator input

$V_{REF(+)}$ = Voltage at Ref(+)

$V_{REF(-)}$ = Voltage at Ref(-)

V_{TUE} = Total unadjusted error voltage (typically

$V_{REF(+)} \div 512$)

Applications Information (Continued)

4.0 ANALOG COMPARATOR INPUTS

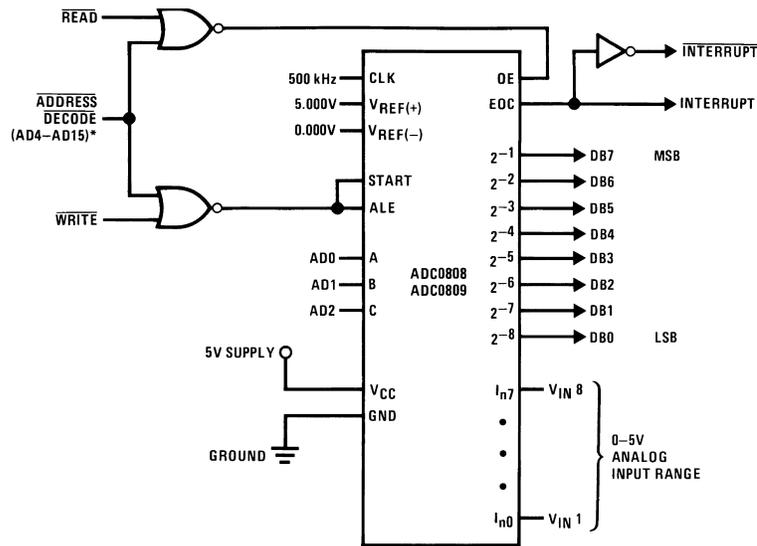
The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

The average value of the comparator input current varies directly with clock frequency and with V_{IN} as shown in Figure 6.

If no filter capacitors are used at the analog inputs and the signal source impedances are low, the comparator input current should not introduce converter errors, as the transient created by the capacitance discharge will die out before the comparator output is strobed.

If input filter capacitors are desired for noise reduction and signal conditioning they will tend to average out the dynamic comparator input current. It will then take on the characteristics of a DC bias current whose effect can be predicted conventionally.

Typical Application



DS005672-10

*Address latches needed for 8085 and SC/MP interfacing the ADC0808 to a microprocessor

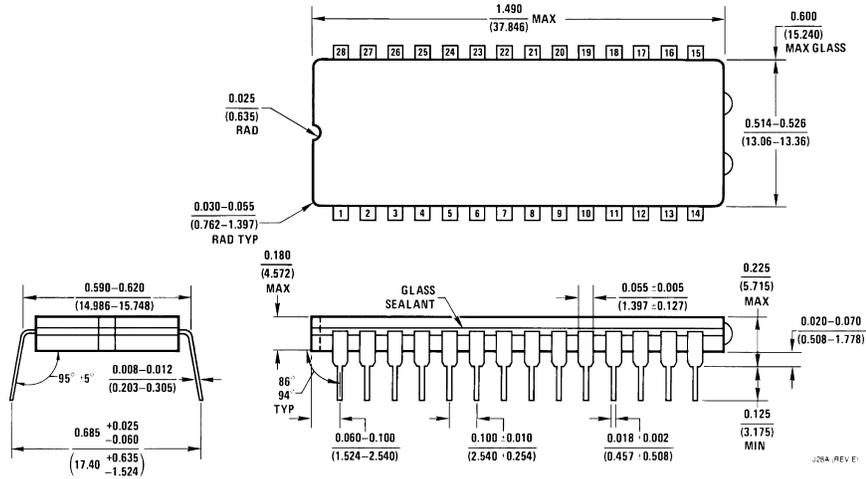
MICROPROCESSOR INTERFACE TABLE

PROCESSOR	READ	WRITE	INTERRUPT (COMMENT)
8080	MEMR	MEMW	INTR (Thru RST Circuit)
8085	\overline{RD}	\overline{WR}	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	\overline{RD}	\overline{WR}	\overline{INT} (Thru RST Circuit, Mode 0)
SC/MP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
6800	$VMA \cdot \phi 2 \cdot R/W$	$VMA \cdot \phi \cdot \overline{R/W}$	\overline{IRQA} or \overline{IRQB} (Thru PIA)

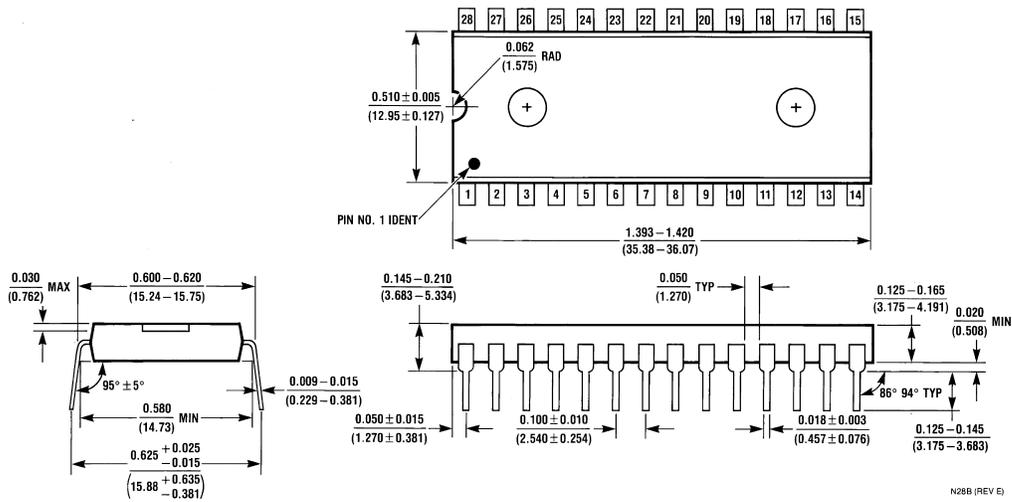
Ordering Information

TEMPERATURE RANGE		-40°C to +85°C			-55°C to +125°C
Error	$\pm 1/2$ LSB Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCV	ADC0808CCJ	ADC0808CJ
	± 1 LSB Unadjusted	ADC0809CCN	ADC0809CCV		
Package Outline	N28A Molded DIP	V28A Molded Chip Carrier	J28A Ceramic DIP	J28A Ceramic DIP	

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

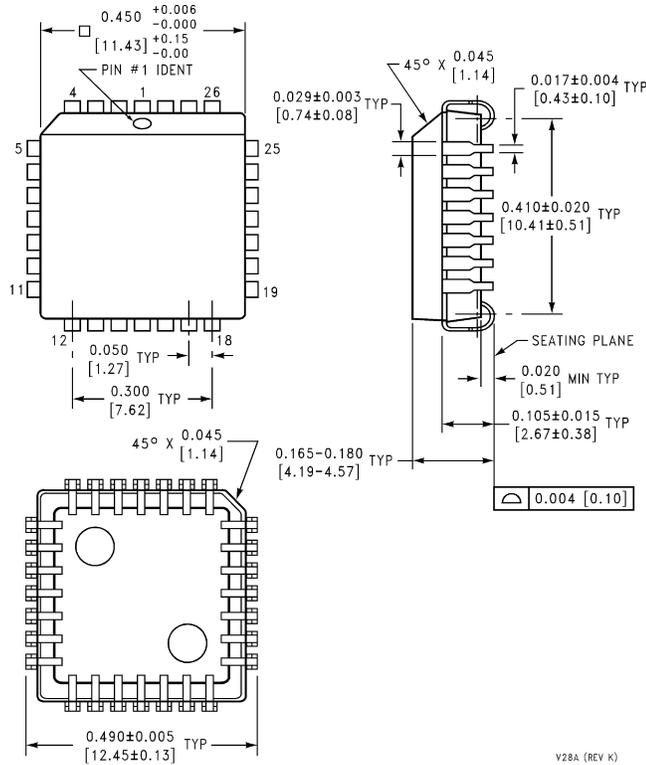


Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number ADC0808CCJ or ADC0808CJ
NS Package Number J28A



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN
NS Package Number N28B

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



V28A (REV K)

Molded Chip Carrier (V)
Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
NS Package Number V28A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Corporation
 Americas
 Tel: 1-800-272-9959
 Fax: 1-800-737-7018
 Email: support@nsc.com

National Semiconductor Europe
 Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
 Email: europe.support@nsc.com
 Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
 English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
 Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
 Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
 Tel: 65-2544466
 Fax: 65-2504466
 Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
 Tel: 81-3-5620-6175
 Fax: 81-3-5620-6179

www.national.com

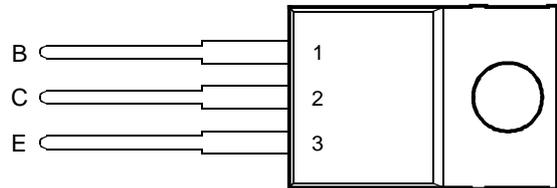
TIP120, TIP121, TIP122 NPN SILICON POWER DARLINGTONS

Copyright © 1997, Power Innovations Limited, UK

DECEMBER 1971 - REVISED MARCH 1997

- Designed for Complementary Use with TIP125, TIP126 and TIP127
- 65 W at 25°C Case Temperature
- 5 A Continuous Collector Current
- Minimum h_{FE} of 1000 at 3 V, 3 A

TO-220 PACKAGE
(TOP VIEW)



Pin 2 is in electrical contact with the mounting base.

MDTRACA

absolute maximum ratings at 25°C case temperature (unless otherwise noted)

RATING		SYMBOL	VALUE	UNIT
Collector-base voltage ($I_E = 0$)	TIP120	V_{CBO}	60	V
	TIP121		80	
	TIP122		100	
Collector-emitter voltage ($I_B = 0$)	TIP120	V_{CEO}	60	V
	TIP121		80	
	TIP122		100	
Emitter-base voltage		V_{EBO}	5	V
Continuous collector current		I_C	5	A
Peak collector current (see Note 1)		I_{CM}	8	A
Continuous base current		I_B	0.1	A
Continuous device dissipation at (or below) 25°C case temperature (see Note 2)		P_{tot}	65	W
Continuous device dissipation at (or below) 25°C free air temperature (see Note 3)		P_{tot}	2	W
Unclamped inductive load energy (see Note 4)		$\frac{1}{2}LI_C^2$	50	mJ
Operating junction temperature range		T_j	-65 to +150	°C
Storage temperature range		T_{stg}	-65 to +150	°C
Lead temperature 3.2 mm from case for 10 seconds		T_L	260	°C

NOTES: 1. This value applies for $t_p \leq 0.3$ ms, duty cycle $\leq 10\%$.

2. Derate linearly to 150°C case temperature at the rate of 0.52 W/°C.

3. Derate linearly to 150°C free air temperature at the rate of 16 mW/°C.

4. This rating is based on the capability of the transistor to operate safely in a circuit of: $L = 20$ mH, $I_{B(on)} = 5$ mA, $R_{BE} = 100 \Omega$, $V_{BE(off)} = 0$, $R_S = 0.1 \Omega$, $V_{CC} = 20$ V.

PRODUCT INFORMATION

Information is current as of publication date. Products conform to specifications in accordance with the terms of Power Innovations standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TIP120, TIP121, TIP122

NPN SILICON POWER DARLINGTONS

DECEMBER 1971 - REVISED MARCH 1997

electrical characteristics at 25°C case temperature

PARAMETER	TEST CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{(BR)CEO}$	Collector-emitter breakdown voltage	$I_C = 30 \text{ mA}$ (see Note 5)	$I_B = 0$	TIP120 60 TIP121 80 TIP122 100			V
I_{CEO}	Collector-emitter cut-off current	$V_{CE} = 30 \text{ V}$ $V_{CE} = 40 \text{ V}$ $V_{CE} = 50 \text{ V}$	$I_B = 0$ $I_B = 0$ $I_B = 0$	TIP120 TIP121 TIP122		0.5 0.5 0.5	mA
I_{CBO}	Collector cut-off current	$V_{CB} = 60 \text{ V}$ $V_{CB} = 80 \text{ V}$ $V_{CB} = 100 \text{ V}$	$I_E = 0$ $I_E = 0$ $I_E = 0$	TIP120 TIP121 TIP122		0.2 0.2 0.2	mA
I_{EBO}	Emitter cut-off current	$V_{EB} = 5 \text{ V}$	$I_C = 0$			2	mA
h_{FE}	Forward current transfer ratio	$V_{CE} = 3 \text{ V}$ $V_{CE} = 3 \text{ V}$	$I_C = 0.5 \text{ A}$ $I_C = 3 \text{ A}$	(see Notes 5 and 6) 1000 1000			
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter saturation voltage	$I_B = 12 \text{ mA}$ $I_B = 20 \text{ mA}$	$I_C = 3 \text{ A}$ $I_C = 5 \text{ A}$	(see Notes 5 and 6)		2 4	V
V_{BE}	Base-emitter voltage	$V_{CE} = 3 \text{ V}$	$I_C = 3 \text{ A}$	(see Notes 5 and 6)		2.5	V
V_{EC}	Parallel diode forward voltage	$I_E = 5 \text{ A}$	$I_B = 0$	(see Notes 5 and 6)		3.5	V

NOTES: 5. These parameters must be measured using pulse techniques, $t_p = 300 \mu\text{s}$, duty cycle $\leq 2\%$.

6. These parameters must be measured using voltage-sensing contacts, separate from the current carrying contacts.

thermal characteristics

PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNIT
$R_{\theta JC}$ Junction to case thermal resistance			1.92	°C/W
$R_{\theta JA}$ Junction to free air thermal resistance			62.5	°C/W

resistive-load-switching characteristics at 25°C case temperature

PARAMETER	TEST CONDITIONS †			MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{on} Turn-on time	$I_C = 3 \text{ A}$	$I_{B(on)} = 12 \text{ mA}$	$I_{B(off)} = -12 \text{ mA}$		1.5		μs
t_{off} Turn-off time	$V_{BE(off)} = -5 \text{ V}$	$R_L = 10 \Omega$	$t_p = 20 \mu\text{s}$, dc $\leq 2\%$		8.5		μs

† Voltage and current values shown are nominal; exact values vary slightly with transistor parameters.

TYPICAL CHARACTERISTICS

TYPICAL DC CURRENT GAIN
 VS
 COLLECTOR CURRENT

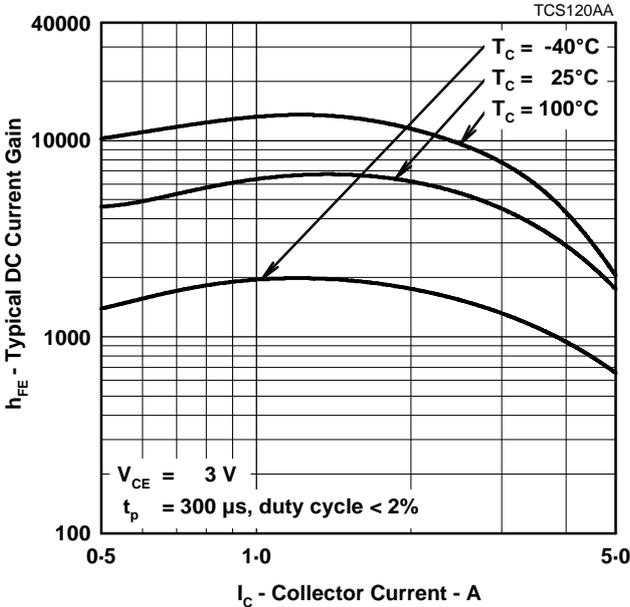


Figure 1.

COLLECTOR-EMITTER SATURATION VOLTAGE
 VS
 COLLECTOR CURRENT

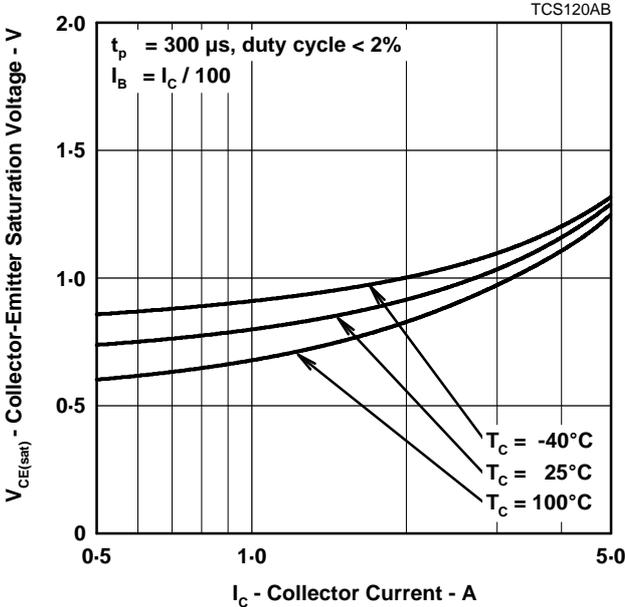


Figure 2.

BASE-EMITTER SATURATION VOLTAGE
 VS
 COLLECTOR CURRENT

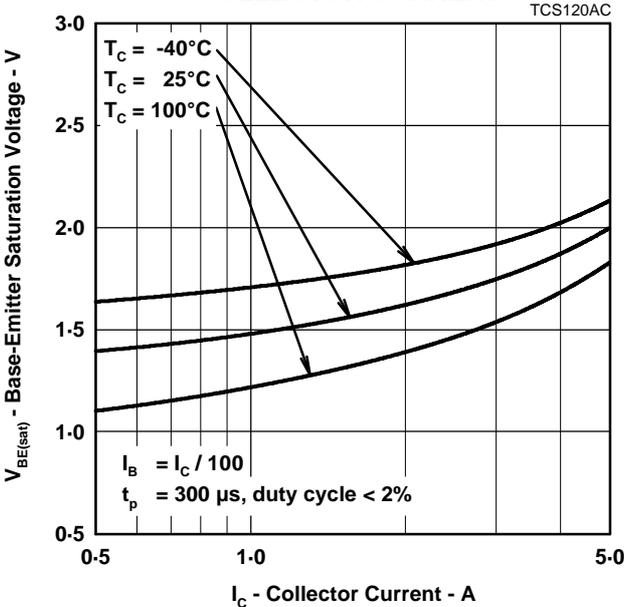


Figure 3.

TIP120, TIP121, TIP122 NPN SILICON POWER DARLINGTONS

DECEMBER 1971 - REVISED MARCH 1997

MAXIMUM SAFE OPERATING REGIONS

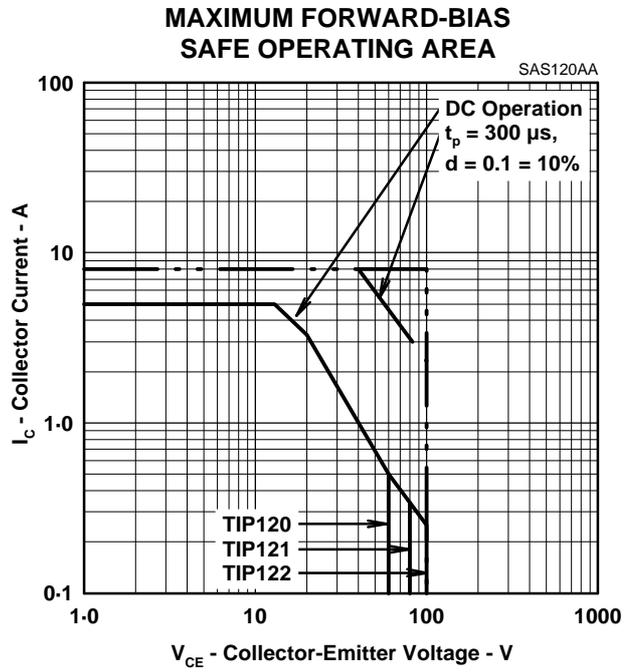


Figure 4.

THERMAL INFORMATION

MAXIMUM POWER DISSIPATION VS CASE TEMPERATURE

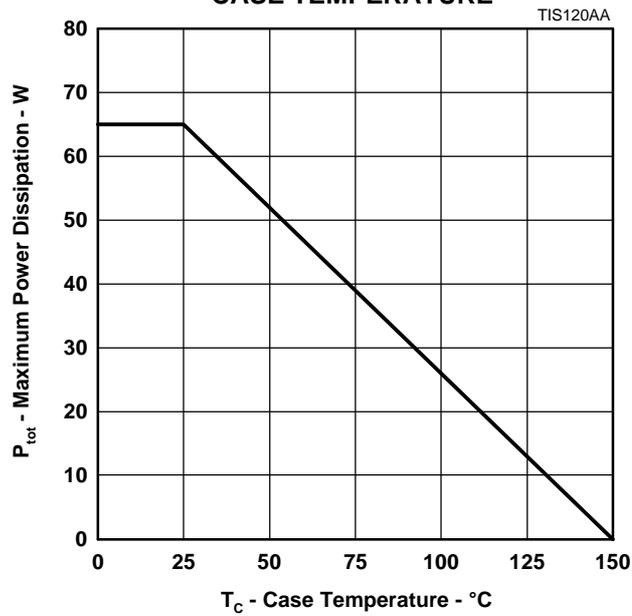


Figure 5.

PRODUCT INFORMATION

TIP120, TIP121, TIP122 NPN SILICON POWER DARLINGTONS

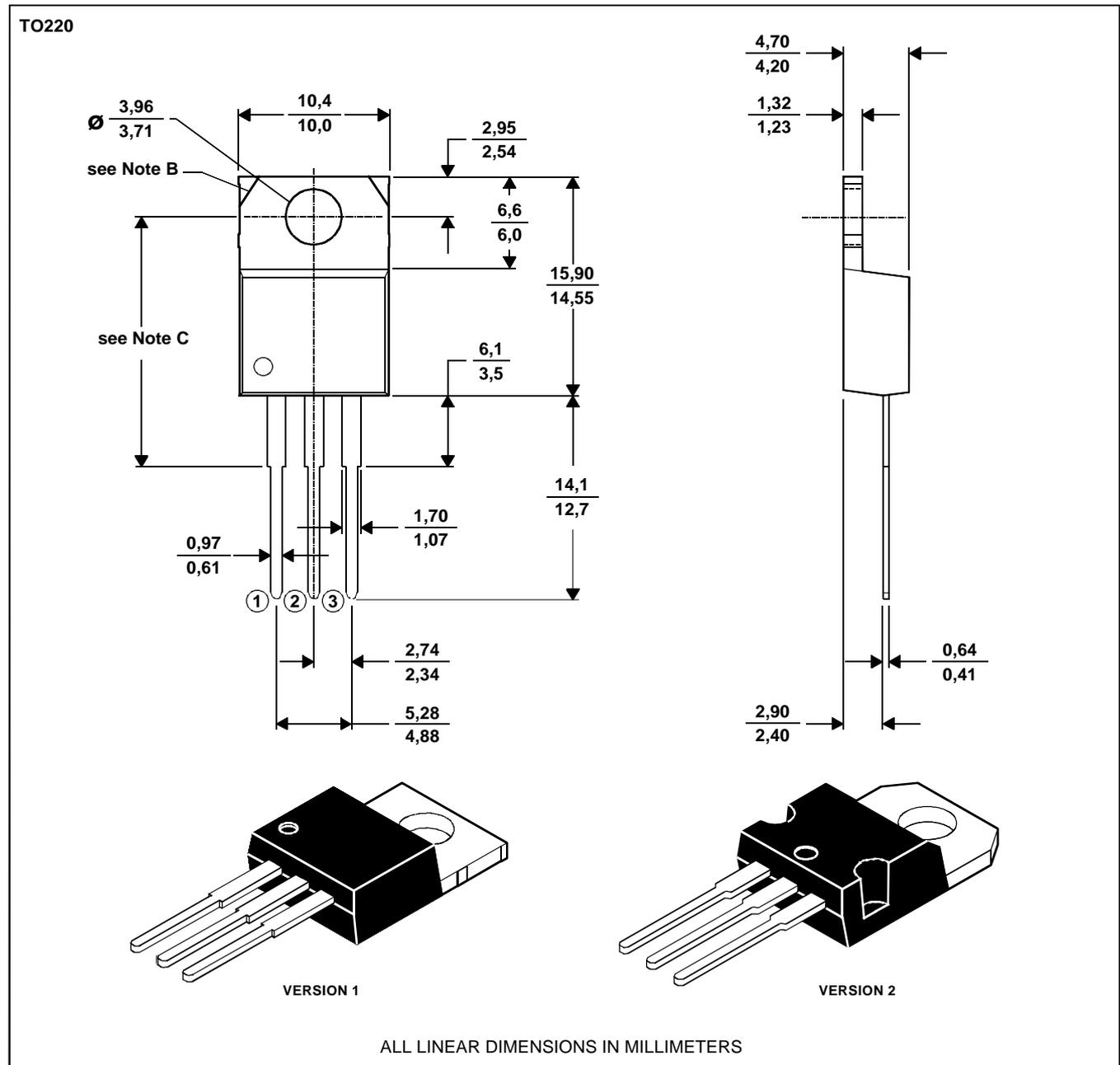
DECEMBER 1971 - REVISED MARCH 1997

MECHANICAL DATA

TO-220

3-pin plastic flange-mount package

This single-in-line package consists of a circuit mounted on a lead frame and encapsulated within a plastic compound. The compound will withstand soldering temperature with no deformation, and circuit performance characteristics will remain stable when operated in high humidity conditions. Leads require no additional cleaning or processing when used in soldered assembly.



- NOTES: A. The centre pin is in electrical contact with the mounting tab.
 B. Mounting tab corner profile according to package version.
 C. Typical fixing hole centre stand off height according to package version.
 Version 1, 18.0 mm. Version 2, 17.6 mm.

MDXXBE

PRODUCT INFORMATION

TIP120, TIP121, TIP122 NPN SILICON POWER DARLINGTONS

DECEMBER 1971 - REVISED MARCH 1997

IMPORTANT NOTICE

Power Innovations Limited (PI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

PI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with PI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent PI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except as mandated by government requirements.

PI accepts no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor is any license, either express or implied, granted under any patent right, copyright, design right, or other intellectual property right of PI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

PI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS.

Copyright © 1997, Power Innovations Limited

PRODUCT INFORMATION

BIBLIOGRAFÍA

1. SERGIO SZLANNY, Sistemas de Control de Procesos, Segunda Edición, Editorial Control S.R.L.
2. KATSUHIKO OGATA, Ingeniería de Control Moderna, Segunda Edición, Editorial Prentice – Hall
3. ARMANDO B. CORRIPIO, Control Automático de Procesos, Versión española, Editorial LIMUSA
4. General Electric, GE Fanuc Automation, Series 90-30/20 Micro. Programmable Control. Reference Manual (GFK-0467K),1998
5. Anthony J. TARQUIN, Ingeniería Económica, Cuarta Edición, Editorial MC Graw-Hill
6. J. Angulo Martínez, Microcontroladores P.I.C., la solución en un chip, Primera Edición, Editorial Paraninfo
7. TEXAS INSTRUMENT
8. ECG
9. <http://www.teknocraft.com/>
10. <http://www.wvenvironmental.com/>
11. <http://www.superpic.com>