

T/621.381/518

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA**



**“SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES EN PLANTA  
DE RECUBRIMIENTO METALICO MEDIANTE LA VARIACION DE ENTRADAS  
ANALOGICAS”**

**TESIS**

**Para optar el titulo profesional de**

**INGENIERO ELECTRONICO**

**Presentado por**

**MARIO VALDERRAMA ZURITA**

**Asesor ING. JACOB ASTOCONDOR VILLAR**

**CALLAO – PERU**

**2005**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA**

**“SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES EN PLANTA  
DE RECUBRIMIENTO METALICO MEDIANTE LA VARIACION DE ENTRADAS  
ANALOGICAS”**

**Por**

**MARIO VALDERRAMA ZURITA**

**Tesis de grado presentada a la Comisión integrada por los profesores**

- |                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| <b>- Ing. ARMANDO CRUZ RAMIREZ</b>    | <b>PRESIDENTE</b> |
| <b>- Ing. JULIO BORJAS CASTAÑEDA</b>  | <b>SECRETARIO</b> |
| <b>- Ing. VICTOR GUTIERREZ TOCAS</b>  | <b>VOCAL</b>      |
| <b>- Ing. JACOB ASTOCONDOR VILLAR</b> | <b>ASESOR</b>     |

**CALLAO - PERU**

**diciembre – 2005**

## **DEDICADO A**

**DIOS** por ser el verdadero centro de mi vida y la razón de mi existencia,

**MI FAMILIA**, que sembró en mí valores y principios basados en el amor, enseñándome a creer, confiar y luchar, por los ideales que busca mi vida.

**MI NOVIA**, que siempre creyó en mí y me apoyo,

**MIS AMIGOS**, que estuvieron cuando más los necesite,

*Y el PMH que siempre me impulso al verdadero éxito.*

## **AGRADECIMIENTOS**

- A Dios, porque más que mi creador es mi mejor amigo y estuvo conmigo desde el inicio hasta el final de este trabajo.
- A mi Familia, porque el amor que influyó en mi fue una excelente motivación para realizar este trabajo.
- A mi Alma Mater, "La Universidad Nacional del Callao", por brindarme la oportunidad de estudiar la carrera profesional que más anhele en mi vida.
- A mi Asesor, que a pesar de su saturado tiempo, siempre se esmeró y dedicó a orientarme en las dudas que podría tener en el desarrollo de mi trabajo.
- A las empresas ALGEL S.A. y QUÍMICA ANDERS S.A., por brindarme la oportunidad de investigar y analizar los procesos que desarrollan.
- Al Instituto Superior Tecnológico TECSUP por ser mi segundo lugar de estudios, y una fuente de investigación para el desarrollo de mi proyecto.
- A diferentes ingenieros, que me brindaron sabios consejos y me apoyaron en la solución de algunos problemas.
- A todas la personas que de una u otra forma me apoyaron en el desarrollo de este trabajo.

## PREFACIO

La eficiencia y eficacia de la ejecución de los procesos que se desarrollan en la Industria Nacional, son factores preponderantes para el desarrollo óptimo de sus productos, orientando a la Industria a mejores logros, con respecto a la competitividad dentro de un mundo globalizado en que desarrolla su mercado.

Los tiempos van evolucionando de manera creciente, el desarrollo de la tecnología va marcando las pautas para el desarrollo de productos con mejores posibilidades de competir, los factores más importantes del producto se plasman en el costo y la calidad del producto, parámetros estos que marcan el punto de partida y base primordial, en la búsqueda de aplicación de técnicas estratégicas que mejoren la calidad de su producción.

Ante esta realidad existente, surge la necesidad de la Industria Nacional (enfocada en este estudio a la Pequeña y Mediana Industria) de tecnificar los procesos que realizan contando con métodos y mecanismos actualizados que la Tecnología Moderna pueda ofrecerles, a un bajo costo y que les retribuya una producción rentable.

La Automatización Industrial ha reemplazado en una gran cantidad de Industrias, los procesos Mecánizados y/o semiatummatizados desarrollando un papel preponderante dentro de la solución a problemas que aquejaba a la Industria, inicialmente avocada a las Grandes Industrias, limitando a las Pequeñas y Medianas Industrias a contar con un sistema de automatización por la insuficiente capacidad de inversión.

## ACRONIMOS

ADC	Conversor Analógico Digital
BOD	Detección de Baja Tensión
BSR	Registro de Selección de Banco
CAS	Circuito de Acondicioamiento de Señal
CCP	Circuito de Captura de Pulsos
CPU	Unidad Central de Proceso
CTR	Razón de Transferencia de Corriente
DIP	Dual In Packet
GPR	Registro de Porpósito General
ICSP	In-Circuit Serial Programming
LCD	Liquid Crystal Liquid
LVD	Baja Deteccion de Voltaje
MSSP	Modulo Puerto Serial Maestro
PAP	Paso a Paso
PC	Contador de Programa
PIC	Programing in Circuit
pH	Potencial de hidrógeno
POR	Power On Reset
PSP	Puerta Paralela Esclava
PWM	Moulación de Anchura de Impulsos
PWRT	Power Up Timer
RPM	Revoluciones por minuto
SFR	Regitro de Propósito Específico
SSP	Puerto Serie Sincrono
uC	Micro-Controlador
WDT	Wachtdog Timer

## LISTA DE FIGURAS

- 3.1 Tabla de Progresión del pH
- 3.2 Secuencia de Procesos para recubrir un Metal
- 3.3 Modelo de Cuba para Galvanotécnia
- 3.4 Elementos utilizados en la experiencia de Galvanotécnia
- 3.5 Industria Informal
- 3.6 Pequeña Industria
- 3.7 Mediana Industria
- 3.8 Gran Industria
  
- 4.1 Diagrama de Pines del Microcontrolador PIC18F452
- 4.2 Motor de imán permanente unipolar con tap central
- 4.3 Características de los Motores utilizados en la experiencia
- 4.4 Figura de Motores PAP utilizados en la experiencia (1,3,2)
- 4.5 Sensor de Temperatura LM335
- 4.6 La Pantalla de Cristal Líquido-LCD
- 4.7 Teclado Matricial de 4x4
- 4.8 Circuito equivalente de ca. para el Op-amp
- 4.9 Conexión básica del Op-amp
- 4.10 Diagrama del Circuito restador de voltaje
- 4.11 IC OP-AMP LM741
- 4.12 Circuito interno LM741
- 4.13 Optoacoplador 4N33
- 4.14 Optotriac MOC3022
- 4.15 Triac BT136
- 4.16 Transistor 2N3904
- 4.17 Transistor TIP110
- 4.18 Flip Flop 74LS374
- 4.19 Max 232
- 4.20 Borneras, conectores tipo Molex
- 4.21 Tipos de Resistencias
- 4.22 LEDs
- 4.23 Tipo de Condensadores
- 4.24 Fusible

## LISTA DE FIGURAS

- 4.25 Tipos de Diodos
- 4.26 Tipos de Dip Swicht
- 4.27 Conector DB9
- 4.28 Potenciómetros
- 4.29 Cristal de Cuarzo
- 4.30 Pulsador
  
- 5.1 Diagrama de Bloques del Sistema de Automatización
- 5.2 Diseño del Circuito de Control del Sistema
- 5.3 Diseño del Circuito de Control de las Fases de los Motores
- 5.4 Diseño del Circuito de Amplificación de la Ganancia
- 5.5 Gráfica del voltaje en función de las características de temperatura
- 5.6 Diagrama de Bloques de Adquisición de datos
- 5.7 Diagrama de Bloques para el Sistema de Medida de Temperatura
- 5.8 Características de Entrada - Salida para el CAS
- 5.9 Amplificador - Inversor de ganancia -1
- 5.10 Circuito de Medición de la Temperatura
- 5.11 Circuito de Potencia de Salida
- 5.12 Circuito de Cruce por Cero
- 5.13 Circuito del Sistema de Control de Temperatura
- 5.14 Circuito Interfaz RS232
- 5.15 Circuito de Inicio de los Procesos
- 5.16 Tarjeta del Circuito de Control del Sistema
- 5.17 Tarjeta del Circuito de drivers de los Motores
- 5.18 Tarjeta del Circuito de Medición de la Temperatura
- 5.19 Tarjeta del Sistema de control de la Temperatura
- 5.20 Tarjeta de Diversos Circuitos
- 5.21 Tarjeta del Circuito Grabador del Microcontrolador
- 5.22 Interconexion entre las Tarjetas y el Sistema de Control
- 5.23 Implementación Final de la Máquina
  
- 6.1 Fotografía del LDR para el Inicio del Sistema
- 6.2 Desplazamiento de la Ganchera

## LISTA DE FIGURAS

- 6.3 Cuadro de los diferentes desplazamientos de la Ganchera
- 6.4 Fotografía LCD - Teclado, Circuito de Teclado
- 6.5 Fotografías del Sistema de medición y control de Temperatura
- 6.6 Fotografías del sistema de secado
- 6.7 Fotografía de remoción de electrolitos
- 6.8 Fotografía de los Baños Electrolíticos
  
- 7.1 Diagrama de Flujo del Encendido de la Máquina
- 7.2 Diagrama de Flujo de la Configuración de la Máquina
- 7.3 Diagrama de Flujo del modo de Operación Manual
- 7.4 Diagrama de Flujo de reanudación del Menú
- 7.5 Diagrama de Flujo del Modo de Operación Automático
- 7.6 Diagrama de Flujo del Proceso Automático
  
- 8.1 Ejes de coordenadas en OpenGL
- 8.2 Traslación de un objeto
- 8.3 Rotación de un Objeto
- 8.4 Rotación de un Objeto
- 8.5 Primitivas de dibujado
- 8.6 Volumen de Proyección Ortográfico
- 8.7 Volumen de visualización en perspectiva
- 8.8 Gráfico de Triángulo en OpenGL
  
- 9.1 Cuadro de Pruebas y Resultados Obtenidos
  
- 10.1.1 Presupuesto Económico - Materiales
- 10.1.1 Presupuesto Económico - Materiales (Continuación)
- 10.1.2 Presupuesto Económico - Intervención Hombre
- 10.1.3 Presupuesto Económico - Utiles de escritorio
- 10.1.4 Presupuesto Total del Proyecto de Tesis

## RESUMEN

El presente Proyecto de Tesis, que lleva como título "Sistema de Automatización de Procesos Industriales en Planta de Recubrimiento Metálico mediante la variación de Entradas Analógicas", se ha realizado en dos etapas bien definidas, la parte teórica y la parte experimental. En la parte teórica del proyecto, se orientan los estudios en la Pequeña y Mediana Industria de Galvanotecnia, como son Algel S.A y Química Anders S.A. respectivamente.

La parte experimental se realizó en base a la teoría encontrada, identificando las tareas, diseñando los circuitos y desarrollando la implementación de la máquina

El presente Proyecto de tesis se expone en 11 capítulos, que se resumen de la siguiente manera. En el capítulo I, se hace una introducción al proyecto, la justificación, los objetivos, los alcances, los antecedentes y las características que poseerá la máquina de automatización que se construirá; En el capítulo II, se realiza un diagnóstico del sistema actual; en el capítulo III, se describe toda la teoría de la Galvanotecnia; en el capítulo IV, se definió las características técnicas de los materiales y componentes electrónicos; en el capítulo V, se explica detalladamente el diseño e implementación de la máquina de automatización; en el Capítulo VI, se describen los procesos de automatización; en el capítulo VII, se describe el diagrama de flujo del programa así como la programación del microcontrolador PIC; en el Capítulo VIII, se explica todo lo referente al monitoreo del sistema por computadora; en el Capítulo IX, se detallan las pruebas y resultados; en el Capítulo X, se realiza el planeamiento en base a una estructura de costos del proyecto; En el Capítulo XI, se dan las conclusiones, recomendaciones y las perspectivas de trabajo. Para complementar con el desarrollo del proyecto se ha realizado 1 anexo (características técnicas de los dispositivos y componentes) y 2 apéndices (capture y layout de los esquemas electrónicos)

# CONTENIDO

PORTADA		
DEDICATORIA		iii
AGRADECIMIENTOS		iv
PREFACIO		v
ACRONIMOS		vi
LISTA DE FIGURAS		vii
RESUMEN		x
<b>CAPITULO I</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVOS	3
1.1.1	GENERAL	3
1.1.2	ESPECIFICO	3
1.2	ALCANCES	4
1.3	ANTECEDENTES	4
1.4	CARACTERISTICAS	5
<b>CAPITULO II</b>	<b>DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL</b>	<b>8</b>
2.1	LA AUTOMATIZACION EN EL PERU	9
2.2	OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACION DE PROCESOS	10
<b>CAPITULO III</b>	<b>DESCRIPCION DE LOS PROCESOS GALVANOTECNICOS</b>	<b>11</b>
3.1	GENERALIDADES	11
3.1.1	GALVANOPLASTIA	12
3.1.2	GALVANOSTEGIA	12
3.2	FACTORES QUE INTERVIENEN EN PROCESOS DE GALVANOPLASTIA	12
3.2.1	DENSIDAD DE CORRIENTE	12
3.2.2	AGITACION DEL ELECTROLITO	12
3.2.3	TEMPERATURA	13
3.2.4	DENSIDAD DEL ELECTROLITO	13
3.2.5	CONCENTRACION DE IONES HIDROGENO	13
3.3	ETAPAS DEL PROCESO GALVANICO	15
3.3.1	PULIDO	15
3.3.2	DECAPADO	15
3.3.3	DESENGRASADO	15
3.3.4	DESPLACADO	17
3.3.5	ENJUAGUE	17
3.3.6	ELECTRODEPOSICION	18
3.3.7	SECADO	18
3.4	TIPOS DE CONTROL DE ELECTROLISIS	18
3.4.1	METODO DE LA CELULA DE HULL	18
3.4.2	METODO DE LA GANCHERA	19
3.5	PRINCIPALES BAÑOS ELECTROLITICOS	20
3.5.1	COBREDO ALCALINO	20

3.5.2	COBREADO ACIDO O AL SULFATO	21
3.5.3	NIQUELADO BRILLANTE	21
3.5.4	COBREADO BRILLANTE	22
3.5.5	PLATEADO	23
3.5.6	DORADO	23
3.5.7	CINCADO	23
3.6	ELEMENTOS GALVANOTECNICOS UTILIZADOS EN LA EXPERIENCIA	24
<b>CAPITULO IV</b>	<b>CARACTERISTICAS TECNICAS DE MATERIALES Y COMPONENTES</b>	<b>26</b>
4.1	MICROCONTROLADOR 18F452	26
4.2	MOTORES DE PASO	33
4.3	SENSOR DE TEMPERATURA LM335	38
4.4	PANTALLA DE CRISTAL LIQUIDO-LCD	38
4.5	TECLADO MATRICIAL	39
4.6	AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM741	41
4.7	OPTOACOPLADOR 4N33	44
4.8	OPTOTRIAC MOC3022	45
4.9	TRIAC BT136	46
4.10	TRANSISTOR 2N3904	47
4.11	TRANSISTOR TIP110	49
4.12	FLIP FLOP 74LS374	50
4.13	CHIP MAX 232	51
<b>CAPITULO V</b>	<b>DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA MAQUINA DE AUTOMATIZACION</b>	<b>55</b>
5.1	DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL SISTEMA	55
5.2	DISEÑO DEL CIRCUITO DE DRIVERS DE MOTORES	59
5.2.1	DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DE FASES DE MOTORES	60
5.2.2	DISEÑO DEL CIRCUITO DE AMPLIFICACION DE LA GANANCIA	60
5.3	DISEÑO DEL CIRCUITO DE MEDICION DE TEMPERATURA	61
5.4	DISEÑO DEL CIRCUITO DE SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA	66
5.4.1	DISEÑO DEL CIRCUITO DE POTENCIA DE SALIDA	67
5.4.2	DISEÑO DEL CIRCUITO CRUCE POR CERO	68
5.5	DISEÑO DEL CIRCUITO INTERFAZ RS232	70
5.6	DISEÑO DEL CIRCUITO DE INICIO DE LOS PROCESOS	71
5.7	ELABORACION DE LAS TARJETAS IMPRESAS DE LOS CIRCUITOS	73
5.8	CONSTRUCCION DE LA MAQUINA	75
5.9	CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA	77
5.10	RESUMEN	82
<b>CAPITULO VI</b>	<b>DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE AUTOMATIZACION</b>	<b>84</b>
6.1	INICIO AUTOMATICO DE LOS PROCESOS	84
6.2	TRANSPORTE DE LA GANCHERA	85
6.3	MODOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	88
6.4	INTRODUCCION Y VISUALIZACION DE DATOS	88
6.5	SISTEMA DE MEDICION Y CONTROL DE TEMPERATURA	89
6.6	SECADO DEL METAL	90
6.7	REMOCION DE ELECTROLITOS	91
6.8	PROCESO DE RECUBRIMIENTO ELECTROLITICO	91
6.9	RESUMEN	92

<b>CAPITULO VII</b>	<b>DESARROLLO DE LA PROGRAMACION DEL MICROCONTROLADOR</b>	
	<b>PIC 18F452</b> .....	<b>94</b>
7.1	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA .....	94
7.2	PROGRAMACION DEL MICROCONTROLADOR .....	102
<b>CAPITULO VIII</b>	<b>MONITOREO DEL SISTEMA POR COMPUTADORA</b> .....	<b>106</b>
<b>CAPITULO IX</b>	<b>PRUEBAS Y RESULTADOS</b> .....	<b>113</b>
<b>CAPITULO X</b>	<b>PLANEAMIENTO</b> .....	<b>115</b>
<b>CAPITULO XI</b>	<b>CONCLUSIONES RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO</b>	<b>119</b>

**BIBLIOGRAFIA**

**PAGINAS WEB**

**ANEXO 1 : ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS DISPOSITIVOS Y COMPONENTES UTILIZADOS EN EL PROYECTO**

**APENDICE 1 : ESQUEMAS DEL CIRCUITO EN CAPTURE**

**APENDICE 2 : ESQUEMAS DE CIRCUITOS IMPRESOS-LAYOUT**

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

Los procesos que se desarrollan en la Industria Nacional, se realizan de una forma manual, mecánica, semiautomatizada y solo en las grandes Industrias con potenciales de inversión de una forma automatizada, limitando a las pequeñas y medianas industrias a competir en el mercado, por falta de eficiencia y eficacia en sus procesos y que le proporcione una producción óptima y con mayores ventajas de competir en el mundo globalizado en el cual desarrolla su mercado.

La Automatización se puede definir como el grado superior de la Mecanización de los trabajos manuales, que no solo reemplaza la labor manual sino también ejecuta automáticamente las tareas industriales sobre los diferentes elementos que componen el sistema y el control de los mismos, haciendo más ágil y efectivo las tareas, logrando de esta manera reducir la mano de obra, simplificando el trabajo para que así se de propiedad a algunas máquinas; por lo que se indica, se va dar un proceso más rápido y eficiente.

Al darse una mayor eficiencia en el sector de maquinaria, se logrará que la Empresa Industrial disminuya la producción de piezas defectuosas, y por lo tanto aumente una

mayor calidad en los productos que se logran mediante la exactitud de las máquinas automatizadas; todo esto ayudará a que la empresa industrial mediante la utilización de inversiones tecnológicas incremente toda su competitividad en un porcentaje considerable con respecto a toda su competencia, de lo contrario, la empresa puede sufrir el riesgo de quedarse rezagada.

El desarrollo de circuitos integrados programables como son los Microcontroladores, han desarrollado un papel importante en el diseño e implementación de sistemas de automatización para la Industria, estos circuitos integrados funcionan como un computador personal, siendo programados para controlar un determinado proceso; para el proyecto que se ha realizado se utilizó el Microcontrolador de la familia Microchip utilizándose el *PIC18F452* de arquitectura de tipo RISC, Memoria de datos RAM, Memoria de programa tipo Flash, 6 Puertos de I/O, módulo de conversión A/D de 10 bits de resolución y 8 canales de entrada analógica, etc. Además de presentar estas características el precio es relativamente económico en comparación a otros controladores.

Este es el punto de partida que impulsa a mi persona a buscar una solución, con la implementación de un Sistema de Automatización aplicado a los procesos que intervendrán en la industria, especificando las ramas de estudio a la Pequeña y Mediana Industria de Galvanotécnica en la etapa de Galvanoplastia.

La experiencia realizada se efectuó con la implementación de un sistema automatizado para una planta de Galvanotecnia, definida clásicamente como la ciencia que trata de los cambios químicos producidos por la corriente eléctrica, y de la producción de la electricidad mediante la energía de reacciones químicas. Las empresas en la cuales desarrolle los estudios fueron ALGEL S.A. y QUÍMICA ANDERS S.A. elegidas en representación de la pequeña y mediana industria respectivamente. En la pequeña industria, se analizaron los procesos de una manera manual y mecanizada, donde necesariamente tendría que contar con la presencia de una persona en la "administración de los procesos", en la mediana industria los procesos se realizan de una manera semiautomatizada donde

necesariamente influye la presencia del hombre pero en un porcentaje mínimo, de la misma manera se analizaron a las Grandes Industrias de Galvanotécnica donde los procesos se realizan en plantas netamente automatizadas y a grandes escalas de producción.

Una vez que se ha efectuado el análisis de los procesos, se procedió a aplicar la tecnología del microcontrolador a la electrónica, diseñándose para esto circuitos que administrarían estos procesos. Los procesos que se han automatizado dentro de la Industria de Galvanotecnia son: El transporte de la ganchera (metales a recubrir), Introducción y Visualización de Datos, Medición y Control de la Temperatura, Remoción de electrolitos, monitoreo por Computador.

## 1.1 OBJETIVOS

**1.1.1 GENERAL.-** Aportar a la Tecnología Nacional una fuente de solución a los diferentes problemas y limitaciones que se generan en la pequeña y mediana industria en el desarrollo de sus procesos, aplicando la tecnología moderna en el campo de la Ingeniería Electrónica con eficiencia y eficacia en el desarrollo de los mismos, mediante la creación de un sistema que permita automatizar los procesos industriales, tecnificando sus procesos y obteniendo de esta manera resultados óptimos en la realización de un determinado producto.

**1.1.2 ESPECIFICO.-** Crear un Sistema Automatizado que permita desarrollar los procesos industriales en una planta de Galvanotecnia desde la limpieza del elemento metálico hasta el recubrimiento electrolítico requerido, reemplazando de esta manera los procesos manuales, mecánicos y /o semiautomatizados y permitiendo que los procesos a desarrollar generen en la Pequeña y Mediana Industria mejoras en la calidad del producto, ahorro en los costos, seguridad en el personal, etc, con una inversión económica y rentable.

## 1.2 ALCANCES

Los alcances generales son los siguientes:

- a.- Se realizará un amplio estudio, de los procesos que intervienen en una Industria de Galvanotecnia, analizando de una manera exhaustiva las formas, los métodos y la tecnología aplicada en la obtención de sus productos.
- b.- Se propondrá un sistema de automatización, que permita realizar las tareas de una planta de Galvanotecnia de una forma más eficiente y efectiva, basada en la aplicación de los Microcontroladores a la Electrónica; consiguiendo de esta manera un modelo a seguir, con la intención de ser mejorado.
- c.- Se Desarrollarán experiencias y pruebas, para conseguir una mejora en los procesos galvanotécnicos, con respecto al ahorro de costos, eficiencia y eficacia en los resultados, protección del personal y del medio ambiente, etc.
- d.- Se dará un costo aproximado, por la implementación de este sistema dentro de la pequeña y mediana empresa, así como la posibilidad de que las industrias puedan proponer sus problemas ante este sistema de automatización.

## 1.3 ANTECEDENTES

La técnica de los dispositivos electrolíticos, surge ante la necesidad de renovar los métodos clásicos, de conformación de los metales y asegurar una mejora en su resistencia a los agentes corrosivos de la atmósfera. El hierro es el metal para los cuales se han ideado mayor número de métodos de protección , así, capas relativamente delgadas de metales más estables prolongan su duración bajo aquellas condiciones corrosivas. Estas capas protectoras mejoran el aspecto de los metales básicos utilizados en las manufacturas. Pertenecen a este grupo los métodos de recubrimientos metálicos por vía química y

electrolítica, como por ejemplo el cobreado, cincado, niquelado, cromado, dorado, etc, que constituyen la Industria de la Galvanotecnia en la etapa de Galvanoplastia.

En los inicios, los procesos que se realizan en una planta de Galvanotecnia, eran procesos puramente manuales y mecanizados, los procesos se realizaban utilizando cubas gigantes, donde las soluciones electrolíticas oscilaban entre los 400 a 600 litros y las barras electrolíticas median aproximadamente 1m<sup>2</sup>, paralelamente a esta situación, las grandes empresas comenzaban a utilizar sistemas semiautomatizados para trabajar a grandes escalas pero con un porcentaje de inversión más elevado.

La calidad de los procesos se fueron modernizando en la grandes Industrias, en las pequeñas y medianas Industrias existían demasiadas limitaciones relacionadas a la falta de capacidad de inversión, poco conocimiento de la tecnología moderna, y un deficiente análisis de estrategias inteligentes, limitándolos a desarrollar sus procesos de una manera que mejore la calidad de la producción y genere de esta manera una mayor rentabilidad para la Empresa.

#### 1.4 CARACTERISTICAS

El diseño e implementación del sistema de automatización representado en la máquina *"Microbot to Automate of Galvanoplasty Processes MVZ-22pmh"*, estará realizada en base a la aplicación del Microcontrolador PIC18F452 a la electrónica, utilizando materiales y componentes después de un previo análisis en la realización de diseños de circuitos.

Los circuitos a implementar obedecen a la representación de un sistema de control secuencial, donde las tareas a desarrollar son:

**El transporte de la ganchera.-** Para el desplazamiento de los elementos a recubrir (de cuba en cuba), de acuerdo al baño electrolítico que se desee. Estos movimientos serán dirigidos en los Ejes X y Y, y apoyados en dos motores, así como la implementación de un circuito de LDR y un circuito de Tope (fin de carrera) para fijar los puntos de inicio de cada ciclo de funcionamiento del sistema, previamente a una programación establecida en el Microcontrolador y el diseño de la lógica circuital a implementar.

**Introducción y Visualización de Datos.-** Para que el operador de la máquina pueda definir el tipo de recubrimiento, la duración de los baños, el tipo de operación del proceso (manual, automático, por computador), etc; y visualizar la respuesta a los procesos como por ejemplo, la visualización de la temperatura, el tiempo, etc. Para desarrollar esto utilizaré un teclado matricial (4x4) y un LCD (2x16) alfanumérico quienes serán gobernados por el microcontrolador por 8 líneas (RB1-RB2, RC0-RC5) y el LCD por 7 líneas (RD1-RD7) mediante una programación previa.

**Medición y Control de la Temperatura de la solución electrolítica.-** Para sensor y controlar la temperatura de la solución electrolítica que va a recubrir los metales. Para desarrollar esta necesidad se han realizado dos circuitos, el primero en base al LM335 quien va a sensor la temperatura en un intervalo de 0 –90°C, mediante el diseño circuital de un circuito de op-amps y el segundo, basado en dos circuitos a su vez uno de salida de potencia y el otro de cruce por cero para controlar procesos en el horno.

**Remoción de electrolitos.-** Para desconcentrar la solución que va a recubrir el metal; esta solución estará a un intervalo de temperatura definida. Para el control del motor que serviría como paleta, se implementó un circuito para la amplificación de la ganancia basada en un arreglo de Optoacopladores y TIP110.

**Control del sistema por Computadora.-** Para monitorear los procesos fuera de la planta , se ha implementado el control del sistema entre el computador y el microcontrolador mediante una comunicación serial (RS232). El software llamado Open GL , va a permitir simular los procesos y así realizar las tareas en tiempo real.

## **CAPITULO II**

### **DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL**

Actualmente la Pequeña y Mediana Industria Nacional cuenta con laboratorios, plantas, etc, donde realizan sus procesos galvanotécnicos en condiciones inadecuadas, estos procesos son realizados en forma manual y en la mayoría de industrias, con procedimientos netamente artesanales, el personal esta expuesto a enfermedades cancerígenas e infecciosas, los gases y sustancias químicas son entes contaminantes del medio ambiente, los procesos a desarrollar tienen pérdidas sustanciales y el acabado presenta ciertas imperfecciones.

Las Industrias con capacidades de inversión importan sistemas galvanotécnicos, para desarrollar sus baños electrolíticos, las pequeñas y medianas industrias sólo se limitan a realizar sus procesos en cubas o mediante un sistema denominado la "Celula de Hull" que consiste en un tambor que removerá las piezas a recubrir en medio de la electrólisis que se encargará de recubrir los metales mediante la interacción entre el ánodo y el cátodo; otro caso similar vendría a ser el método de "La Ganchera", que consiste en un conductor de cobre que posee ganchos donde se

sujetan los metales que van a ser recubiertos, la lógica eléctrica es similar a la del método anteriormente enunciado.

## 2.1 LA AUTOMATIZACION EN EL PERU

En el Perú a pesar de existir un elevado número de industrias en todos los campos de la producción, la gran mayoría no está en capacidad de competir en los Mercados Internacionales, tanto en cantidad como en calidad. La explicación salta a la vista cuando se observa y analiza el parque de máquinas y el equipo de empleados. Este está formado por una amplia gama de tecnologías, la mayoría de ellas con una alta participación manual en sus procesos. Como resultado, su rendimiento es mínimo y no hay homogeneidad en los bienes producidos. El pretender reponer el parque industrial por aquel de alta tecnología de punta, es una tarea casi imposible para la casi totalidad de las empresas debido a los altos costos que ello representa.

Con el ingreso de las computadoras al mercado Nacional, se comenzó a realizar sistemas de automatización en grandes escalas, pero limitados por la falta de capacidad técnica y personal calificado para interactuar con los diferentes softwares provenientes de países extranjeros, más adelante con la llegada de los Microcontroladores se procedieron a realizar sistemas de automatización con características similar a los de la PC; actualmente las grandes industrias realizan sus sistemas de automatización con el PLC (Controladores Lógicos programables), obteniendo buenos resultados, pero limitando a las pequeñas y medianas empresas a invertir ante los elevados precios que cuestan estos sistemas.

La pequeña y mediana industria nacional, requieren de sistemas de automatización que estén económicamente asequibles a su potencial de inversión, la solución a estos problemas se basa en la tecnología actual, el diseño de circuitos, así como la correcta programación de microcontroladores es una fuente de solución para estos sistemas.

## 2.2 OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACION DE PROCESOS

Los objetivos que se busca al automatizar determinados procesos industriales pueden resumirse en los siguientes enunciados:

- Integrar varios aspectos de las operaciones de manufactura.
- Mejorar la calidad y uniformidad del producto .
- Minimizar el esfuerzo y los tiempos de producción.
- Mejorar la productividad reduciendo los costos de manufactura mediante un mejor control de la producción.
- Mejorar la calidad mediante procesos repetitivos.
- Reducir la intervención humana, el aburrimiento y posibilidad de error humano.
- Reducir el daño en las piezas que resultaría del manejo manual.
- Aumentar la seguridad para el personal.
- Ahorrar área en la planta haciendo más eficiente:
  - El arreglo de las máquinas.
  - El flujo de material.

## CAPITULO III

### DESCRIPCION DE LOS PROCESOS GALVANOTECNICOS

#### 3.1 GENERALIDADES

La Galvanotecnia comprende todo el conjunto de operaciones necesarias para recubrir los metales con otros de distinta naturaleza, mediante la acción de la corriente en baños de soluciones acuosas de ácidos, bases y sales.

Se hace dimanar una corriente eléctrica de las placas sumergidas (ánodos), hacia el objeto que se ha de galvanizar, a través de una solución de sales metálicas (electrólisis). Los ánodos son del mismo metal que la electrólisis y se disuelve en ella lentamente. Los iones de metal son atraídos por los objetos que se galvanizan y se despojan aquí de sus cargas eléctricas y se depositan sobre sus superficies. Plata, níquel, cobre y cinc son los metales generalmente más utilizados en este proceso.

La industria galvanotécnica se clasifica en dos grandes grupos : La Galvanoplastia y la Galvanostegia.

**3.1.1 GALVANOPLASTIA.-** Se denomina así a los procedimientos por los cuales se separan los metales de sus disoluciones salinas acuosas, con el objeto de obtener reproducciones metálicas por vía electrolítica de una resistencia y calidad tales que sean utilizables una vez desprendidas del soporte, este último, puede ser de naturaleza metálica o no metálica.

**3.1.2 GALVANOSTEGIA.-** Consiste en la producción de películas metálicas sobre objetos de metal por vía electrolítica. Estas películas son delgadísimos revestimientos de algún otro metal o metales sobre la superficie primitiva del objeto, de manera que tanto por su aspecto como por sus propiedades se asemeje al metal del revestimiento.

### **3.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO GALVANICO**

**3.2.1 DENSIDAD DE CORRIENTE.-** Cantidad de corriente que circula por unidad de superficie ( $A/dm^2$ ). Determina la velocidad de deposición del metal. La densidad de corriente puede ser registrada en un cartómetro. Cuando se incrementa la densidad de corriente, la corriente disminuye a la par que la polarización aumenta, si se utilizan densidades de corriente mayores a la requerida se obtiene depósitos rugosos y arborescentes, también se dan recubrimientos quemados y esponjosos. La densidad de corriente determina la corriente con que se va a trabajar una carga de área específica.

**3.2.2 AGITACION DEL ELECTROLITO.-** Este factor contribuye en la gestión de una mayor difusión de los iones metálicos a los cátodos, dando lugar a depósitos uniformes, al mismo tiempo logra utilizar mayor densidad de corriente. Los métodos, para proveer agitación a las soluciones electrolíticas son: el movimiento catódico, la insuflación por aire, o bombeo de la solución electrolítica.

**3.2.3 TEMPERATURA.**- Un aumento de la temperatura de la solución electrolítica, facilitará la difusión y la disminución o anulación del desprendimiento de hidrógeno sobre el cátodo; por otro lado permite la utilización de mayores densidades de corriente. Al incrementarse se logra un aumento de la solubilidad y por consiguiente mayor disociación metálica, lo que a su vez proporciona conductividad más alta de la solución. Ciertos baños de niquelado, concentrados en sulfato, actúan a temperaturas del orden de 60°C.

Este efecto se puede lograr por:

- Calentamiento directo, se realiza mediante la aplicación de calentadores eléctricos de inmersión, los que pueden encontrarse en el mercado en diferentes grados de potencia y tamaños. Estos calentadores tienen revestimiento externo de acero inoxidable, titanio, teflón, cuarzo, etc; y se adecua según el baño a procesar.

- Calentamiento indirecto. Ejemplo: Baño María.

Se puede hacer una regulación precisa de la temperatura por medio de termostatos.

**3.2.4 DENSIDAD DEL ELECTROLITO.**- Debe ser medido por un densímetro que estará dividido en  $\text{gr/cm}^3$  (densidad específica) o por un areómetro en grados baume. Este factor indirectamente nos indica la falta o exceso de las sales proveedoras del ión metálico en baños de formulación sencilla como el cobre ácido o el cromo.

**3.2.5 CONCENTRACION DE IONES HIDRÓGENO (pH).**- La noción de pH, es decir, la cantidad de iones hidrógeno activos en una solución ácida, es muy importante. Un ácido puede, en efecto hallarse más o menos disociado. Un exceso de iones hidrógeno da malos resultados en diversas aplicaciones

electrolíticas como las de níquel y las de zinc, y en estos últimos casos el pH debe ser vigilado.

La figura 3.1 muestra la tabla que expresa la progresión de los pH usualmente utilizados. El pH7 representa el punto neutro (agua pura). A partir de 7 la solución se hace cada vez más alcalina, mientras que regresando del 7 al 1 se hace cada vez mas ácida.

Las concentraciones de hidrógeno indicadas en la columna I están referidas a la concentración normal (1gr. de hidrógeno en un litro de agua) y pueden ser representadas por potencias de 10, regidas por exponentes negativos, según la columna II.

Para simplificar las cosas, ha sido tomado como valor de pH el del exponente de dicha potencia. Es así como 0,001, que representa la milésima parte de la concentración normal en hidrógeno (1gr/litro), corresponde al pH.

I	II	III
Concentraci3n en iones hidrogeno		
0,1	10-1	1
0,01	10-2	2
0,001	10-3	3
0,000 1	10-4	4
0,000 01	10-5	5
0,000 001	10-6	6
0,000 000 1	10-7	7
0,000 000 01	10-8	8
.....	...	...
.....	...	...
0,000 000 000 001	1-12	12

**Fig. 3.1** Tabla de Progresi3n del pH

### 3.3 ETAPAS DEL PROCESO GALVANICO

Para un buen resultado en el proceso galvánico, es necesario la “preparación de la superficie o pretratamiento” del elemento a recubrir. Este paso tiene por fin eliminar toda clase de suciedad (física o química); pues sólo se conseguirá un recubrimiento metálico de buena calidad, si esa superficie esta “activada” para imbuir los iones metálicos presentes en el baño electrolítico.

Teniendo en cuenta el tipo de suciedad que suele recubrir la pieza a tratar, los primeros tratamientos a aplicar serán el pulido, el desengrasado y el decapado.

En la figura 3.2 se puede observar el diagrama de bloques de los procesos que se realizan en una planta de galvanotécnica, este diagrama de bloques puede variar según los procesos que se necesiten para realizar un recubrimiento específico.

**3.3.1 PULIDO.-** El pulido de las superficies metálicas cumple un papel muy importante en la calidad final del producto, el pulido comprende el uso de abrasivos, fajas, ruedas, tambores, arenado, etc.

**3.3.2 DECAPADO.-** Este proceso tiene por fin eliminar o remover los óxidos u otro compuesto químico insoluble como carbonato, cloruro, sulfuro, etc. de las superficies metálicas por ataque químico, la solución a utilizar dependerá de la naturaleza del metal a remover y del material base. Se suele hacer el decapado mediante ácidos mas o menos diluidos.

**3.3.3 DESENGRASADO.-** Este proceso tiene por fin el separar de la superficie de la pieza cualquier partícula de la suciedad o grasa, o aceite mineral o material abrasivo que haya quedado adherido.

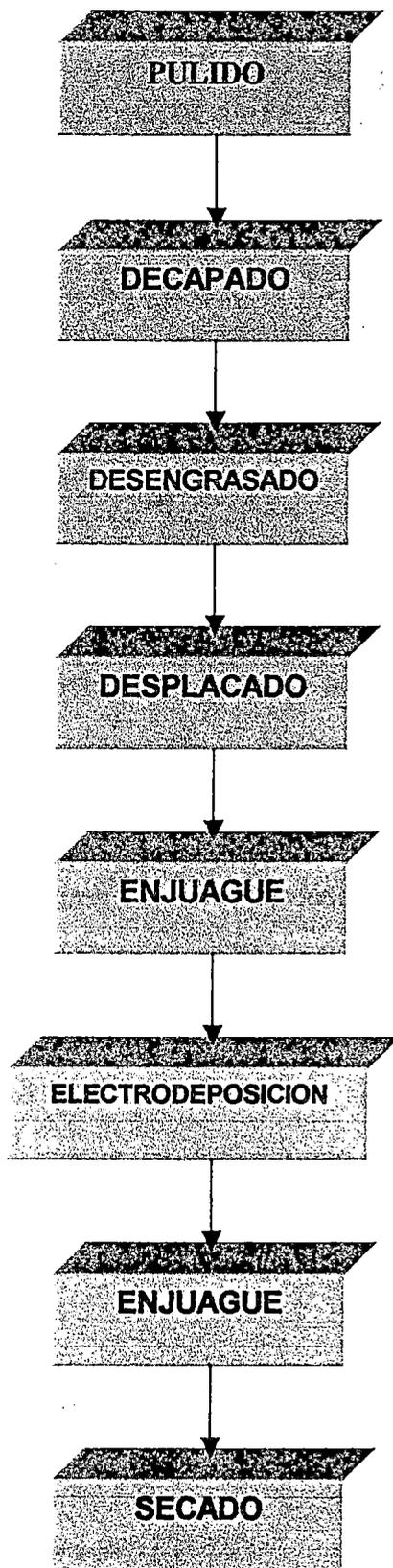


Fig.3.2 Secuencia de Procesos para Recubrir un Metal

Orgánico (desengrase químico). Generalmente se eligen sustancias baratas como la nafta solvente, el kerosene, la gasolina, etc.

Una vez que a la pieza se le ha sacado la mayor cantidad posible de grasa empleando solventes, se somete al desengrasado por inmersión con soluciones alcalinas lo más calientes posibles (60-90°C). Estas soluciones contienen álcalis fuertes o débiles acompañados de agentes tenso activos, y otras sustancias como cianuros.

Actualmente se utiliza mucho el desengrasado electrolítico con soluciones alcalinas, por su grado de efectividad. En esta línea se somete a la pieza, suspendida de la barra catódica, a la acción de la corriente eléctrica.

Otro sistema para lograr la limpieza de las piezas es el desengrase por Ultrasonido, el cual consiste en vibraciones de alta frecuencia que son transportadas a través de una solución con características desengrasantes hasta la superficie de la pieza, actuando sobre ella y desprendiendo las partículas de grasa y suciedad aún en aquellas zonas o rincones no expuestas al contacto directo.

**3.3.4 DESPLACADO.-** Los materiales (metal) que van a ser reprocesados debido a rechazos o se encuentran descascarados por óxidos deben ser tratados para remover las capas deterioradas de metal (cromo, níquel, cobre, etc).

**3.3.5 ENJUAGUE.-** Un adecuado proceso de enjuague después de cada baño electroquímico, es tan importante como el proceso mismo de recubrimiento.

Diferentes tipos de enjuagues son posibles

- Enjuague por inmersión
- Enjuague con spray
- En agua caliente o fría

- Enjuague estático
- Enjuague en circuito cerrado
- Con inyección
- En cascadas



**Fig.3.3 Modelo de Cuba para Galvanotecnia**

La definición correcta y cálculo de los enjuagues depende del tipo de piezas, recubrimiento en racks (gancheras) o tambor, temperatura, tipo de tratamiento, tamaño de tanques, espacio disponible, etc.

**3.3.6 ELECTRODEPOSICION.-** Esta es la etapa más importante del proceso, en la cual se procede a recubrir el objeto elegido adecuadamente. El metal que aquí se deposita es arbitrario según el uso final que va a darse a las piezas tratadas.

**3.3.7 SECADO.-** Esa es la etapa final de los procesos en el cual se da un secado al elemento metálico, puede darse mediante un sistema de ventilación.

### **3.4 TIPOS DE CONTROL DE LA ELECTROLISIS**

**3.4.1 METODO DE LA CELULA DE HULL.-** Es uno de los métodos prácticos, más utilizados para el control de los baños galvánicos ya sean del tipo "mate" o del tipo denominados "brillantes", llevando en su formulación aditivos orgánicos o metálicos y abrillantadores.

Consiste en la observación, del comportamiento de una pequeña porción del baño, sometida a las condiciones ideales de electrólisis en la cuba real. Esa reproducción de los factores que interviene en la electrólisis nos permite, en todo momento, conocer y corregir los defectos que puedan producirse, así como estudiar el poder cubriente del baño.

La cubeta o celda electrolítica Hull, de forma trapezoidal está construida con material plástico transparente (polietileno), vidrio o porcelana y tiene una capacidad de 267ml. El ánodo se coloca contra la cara AB de la celda y el cátodo contra la cara CD, oblicua, la forma trapezoidal permite una distribución progresiva de la densidad de corriente catódica variando desde un valor mínimo a un valor máximo constituyendo una de sus características esenciales.

Mediante ese método y utilizando probetas metálicas rectangulares de latón o de hierro, convenientemente pulidas, se logra reproducir sobre las mismas, la influencia de la temperatura, densidad de corriente, agitación, etc. sobre las soluciones, permitiendo conocer además el exceso o defecto de los principales constituyentes del baño, de los abrillantes orgánicos utilizadas y la presencia de impurezas tanto metálicas como del tipo orgánico.

#### **3.4.2 METODO DE GANCHERA**

Este proceso se realiza mediante la implementación de un cable de cobre que sujetará (como una especie de ganchos) a los metales que serán recubiertos en la electrólisis, el cobre actuará como cátodo (-) interceptado por una tensión de 12V cuando ingrese a la cuba que posee la solución electrolítica hará contacto a través de dicha solución con las placas del elemento electrolítico que se va recubrir que actuarán como Ánodos (+).

Este método es utilizado en las industrias que recubren metales de grandes dimensiones, las gancheras son de aproximadamente 1 metro de largo y de diámetro de 4 cm, mientras que los ganchos varían según el tamaño de los metales a recubrir.

### 3.5 PRINCIPALES BAÑOS ELECTROLITICOS

Los electrolitos que se usan con mayor frecuencia son los siguientes:

- 1) Cobreado Alcalino.
- 2) Cobreado Ácido.
- 3) Niquelado Brillante.
- 4) Cromado Brillante.
- 5) Plateado.
- 6) Dorado.
- 7) Zincado.

**3.5.1 COBREADO ALCALINO.-** Este recubrimiento galvánico va a permitir la deposición de una capa de cobre fina y dúctil, este tipo de baño no cubre las posibles fallas en las piezas a tratar llámese fisuras, etc. La velocidad de deposición es lenta pero en descargo el depósito es muy adherente, se puede calentar la solución para lograr mayor velocidad en los depósitos.

En general este tipo de recubrimiento se da cuando sobre la capa de cobre se va a aplicar otro metal.

Este procedimiento se puede utilizar con todos los metales, excepto el aluminio. No se usa para recubrimientos gruesos, sino como un paso intermedio para cobrear más tarde en el baño de sulfato.

**Parámetros de Trabajo**

Densidad de Corriente	: 0,5 – 0,8 A/dm <sup>2</sup>
Tensión	: 1,0 – 5,0 voltios
Temperatura	: 20 - 45°C
pH	: 9,5 - 11,5v
Densidad	: 13 - 18°Bé
Ánodos	: Cobre Electrolítico
Agitación	: Mecánica de considerarlo necesario.

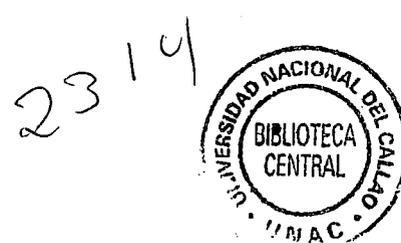
**3.5.2 COBREADO ACIDO O AL SULFATO.-** Tiene como característica principal ser de alto brillo y posee una alta velocidad de deposición, es el complemento al cobre alcalino por su rápida nivelación.

Se utiliza por lo general para obtener depósitos relativamente gruesos, el plomo y sus aleaciones se recubren bien por este método, pero no sucede lo mismo con el hierro, cinc, níquel, cobalto, metales preciosos que deben ser recubiertos previamente en un baño de cobre cianurazo.

**Parámetros de Trabajo**

Densidad de Corriente	: 1,0 - 0,8 A/dm <sup>2</sup>
Tensión	: 1,0 – 4,0 voltios
Temperatura	: Ambiente (no mayor de 28°C)
pH	: < 1,0
Densidad	: 20 - 23°Bé
Ánodos	: Cobre fosforoso (0,02 – 0,06% de P)
Agitación	: Vigorosa (catódica, por aire o bombeo de la solución)

**3.5.3 NIQUELADO BRILLANTE.-** Los electrolitos de níquel ante todo dan depósitos duros y anticorrosivos, debido a las características del recubrimiento (nivelación y brillo) es excelente para su uso decorativo. Este



baño permite el uso de altas densidades de corriente y agitación, es uno de los baños más dóciles y de poco cuidado.

#### Parámetros de Trabajo

Densidad de Corriente	: 2,0 - 7,0 A/dm <sup>2</sup>
Tensión	: 3,0 – 8,0 voltios
Temperatura	: 50 – 7,0 °C
pH	: 4,0 – 4,8
Densidad	: 20 - 25°Bé
Ánodos	: Níquel electrolítico
Agitación	: Vigorosa (catódica, por aire o bombeo de la solución)

**3.5.4 CROMADO BRILLANTE.**- El cromado decorativo es un baño de protección anticorrosivo de alta resistencia, generalmente este baño se realiza sobre el niquelado reciente aprovechando de este modo el brillo, lo cual implica un corto periodo de tratamiento. Su brillo es de aspecto blanco azulado resplandeciente, de alta dureza al rayado.

#### Parámetros de Trabajo

Densidad de Corriente	: 10 - 25 A/dm <sup>2</sup>
Tensión	: 8,0 – 12,0 voltios
Temperatura	: 30 – 50 °C
pH	: 1,0
Densidad	: 20 - 30°Bé
Ánodos	: Plomo(5 – 7% de Sn)
Agitación	: Mecánica de considerarlo necesario

**3.5.5 PLATEADO.**-Este baño tiene mucha aplicación decorativa para objetos de exhibición y joyería también tiene aplicación en uso industrial como recubrimientos antifricción y en contactos eléctricos.

Parámetros de Trabajo

Densidad de Corriente : 0,2 – 2,0 A/dm<sup>2</sup>

Tensión : 0,3 – 2,0 voltios

Temperatura : 18 – 40 °C

pH : >10,5

Densidad : 15 - 18°Bé

Ánodos : Plata fina

Agitación : Necesaria

**3.5.6 DORADO.**- Al igual que el baño de plateado, esta técnica es de dorado, es de aplicación decorativa, tanto para objetos de arte como para joyería, piezas de cualquier forma y tamaño. El dorado se puede efectuar sobre la plata, cobre y sus aleaciones, en el caso de otro tipo de material base, se hace necesaria una capa de cobre, plata, etc.

Parámetros de Trabajo

Densidad de Corriente : 0,4 – 1,5 A/dm<sup>2</sup>

Tensión : 1,0 – 4,0 voltios

Temperatura : 18 – 40 °C

pH : >10,0

Densidad : 10 - 11°Bé

Ánodos : Acero Inoxidable

Agitación : Mecánica de considerarlo necesario

**3.5.7 CINCADO.**- Este tratamiento es aplicado a metales ferrosos y acerados, su particularidad es que permite una estructura granular fina que se adhiere

bien al acero, se puede aplicar en ciertos artículos de bastidor también en tambor.

Este tratamiento es recomendado en los siguientes casos:

- Si no se realiza un pretratamiento óptimo.
- Si no se realizará una inspección regular del baño.
- Si se debe depositar una capa muy gruesa.
- Si la superficie debe ser sometida a procesos térmicos después de la deposición de cinc.
- Si no es posible dar movimiento a las piezas o al electrolito durante el proceso.

### 3.6 ELEMENTOS GALVANOTECNICOS UTILIZADOS EN LA EXPERIENCIA

Dentro de los elementos galvanotécnicos que se han utilizado en la experiencia tenemos:

- Sustancia Electrolítica de Níquel
- Sustancia Electrolítica de Cobre.
- Detergentes
- Placas de cobre electrolítico.
- Placas de níquel electrolítico.
- Conductor de cobre.



**Fig.3.4 Elementos utilizados en la experiencia de Galvanotecnia**

- Cuba con factor de calentamiento y remoción de la sustancia.
- Cubas.
- Ventiladores de secado.

Los estudios realizados se efectuaron en la pequeña y mediana Industria Nacional, pero también se efectuó los análisis en las grandes industrias. A continuación se presenta las imágenes de los procesos realizados en la industria informal (Artesanales), pequeña (manuales y mecanizadas), mediana (semiautomatizadas) y gran industria (automatizadas), de nuestro país, que reflejan en que condiciones se efectúan los procesos industriales de Galvanotécnica.



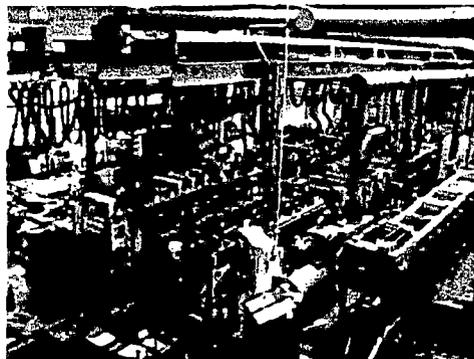
**Fig.3.5 Industria Informal**



**Fig.3.6 Pequeña Industria**



**Fig.3.7 Mediana Industria**



**Fig.3.8 Gran Industria**

## **CAPITULO IV**

### **CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS MATERIALES Y COMPONENTES**

#### **4.1 MICROCONTROLADOR PIC18F452**

Un Microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene internamente todos los componentes de un computador. Este controlador es de Arquitectura tipo Risc de 8 bits, posee con referencia a la familia de los PIC mayores avances en hardware y software para simplificar y potenciar miles de aplicaciones centrales de las áreas de la automoción, las comunicaciones, la ofimática, los productos de gran consumo y el control industrial. Una vez que el microcontrolador esta programado, se encargará de ejecutar al pie de la letra la tarea encomendada.

El microcontrolador 18F452 pertenece a la gama Mejorada con 77 instrucciones de 16 bits, 32 niveles de pila y 4 vectores de interrupción.

Mantiene compatibilidad del software a nivel de código Ensamblador y de lenguaje C, no hay compatibilidad a nivel de código objeto; existe máxima

eficiencia del compilador C, que se considera 50% superior al de los PIC16Fxx, posee una elevada productividad, llegando a funcionar a 40 MHz y alcanzando un rendimiento de 10 MIPS a 10 MHz.

#### **High Performance RISC CPU:**

- Código fuente compatible con el set de instrucciones del PIC 16Fxx.
- Direccionamiento lineal de programa de memoria hasta 2 Mbytes.
- Direccionamiento lineal de memoria de datos hasta 4Kbytes.
- Operación hasta 10MIPS:
  - DC - 40 MHz osc./clock input
  - 4 MHz - 10 MHz osc./clock input with PLL active
- Instrucciones de 16 y 8 bits de ancho.
- Niveles de prioridad de interrupción.

#### **Características periféricas:**

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Tres pines de interrupción externa.
- Módulo de Timer0: timer /contador de 8-bits/16-bits contiene una pre-escala programable de 8bits.
- Módulo de Timer1: timer /contador de 16-bits.
- Módulo de Timer2: timer /contador de 8-bits con registro periódico de 8-bits (tiempo-base para PWM). Módulo de Timer3: timer / contador de 16-bits.
- Oscilador de reloj secundario Timer1/Timer3
- Dos módulos de Captura/ Comparación / PWM (CCP) . Pines de CCP que pueden configurarse como:
  - Captura de entrada: la captura es de 16-bits, máxima resolución 6.25 ns (TCY/16)
  - La comparación es 16-bits, máximo de resolución 100 ns (TCY)
  - Salida de PWM: La resolución del PWM es 1 - al 10-bits.  
Max. frec de PWM.  
resolución de 8-bits = 156 kHz

resolución de 10-bits = 39 kHz

- Módulo de Puerto Serial Maestro Síncrono (MSSP). Dos modos de funcionamiento:
  - El 3-alambre SPI™ (apoya todos los 4 modos de SPI)
  - I2C™ modo maestro esclavo
- Módulo direccionable USART:
- Módulo de puerto paralelo esclavo (PSP).

#### **Características Análogas:**

- Conversor A/D de 10 bits con:
  - Tasa de muestreo rápido.
  - La conversión disponible durante el modo sleep.
  - DNL =  $\pm 1$  LSB, INL =  $\pm 1$  LSB
- Módulo de detección de voltaje programable bajo (LVD).

#### **Características especiales del Microcontrolador:**

- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) y Oscilator Start-up Timer (OST).
- Watchdog Timer (WDT) con su oscilador RC on-chip para funcionamiento fiable.
- Código programable de protección.
- Ahorro de potencia en modo SLEEP
- Opciones de oscilador:
  - 4X Phase Lock Loop (de oscilador primario).
  - Oscilador secundario (32 kHz) entrada de reloj.
- In-Circuit Serial Programming (ICSP™) via two pins.

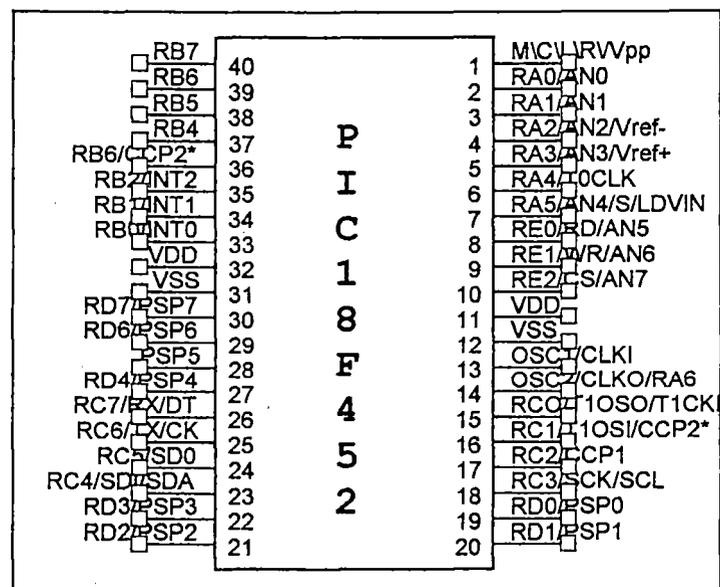


FIG.4.1 Diagrama de pines del Microcontrolador PIC18F452

### Arquitectura Interna

Las partes importantes de este microcontrolador son:

- Procesador.
- Memoria no volátil para contener el programa.
- Memoria de lectura y escritura para guardar los datos.
- Líneas de E/S para los controladores de periféricos:
  - Comunicación Paralelo.
  - Comunicación Serie.
  - Diversas puertas de comunicación ( busI<sup>2</sup>C, USB, etc).
- Recursos Auxiliares:
  - Circuito de reloj.
  - Temporizadores.
  - Perro Guardian ( "watchdog").
  - Conversores AD y DA.

Comparadores Analógicos.

Protección ante fallos de la alimentación.

Estado de reposo o de bajo consumo.

El gráfico de la Arquitectura interna lo podemos observar en el apéndice 2.

El repertorio consta de 77 instrucciones que tienen un tamaño de 16 bits (palabra de 2 bytes). No obstante, hay 4 instrucciones que tienen un tamaño de 2 palabras de 16 bits. Dentro de las potencialidades que se han implementado se presenta:

- Instrucciones capaces de mover datos entre dos posiciones de la memoria de datos.
- Instrucciones que permitan el intercambio normal de información entre dos posiciones de la memoria de programa y la de datos.
- Multiplicación de 8x8 bits en un ciclo de instrucción
- Potentes instrucciones de un solo ciclo que ponen a 1 o cambian el valor de un bit en un registro o en una puerta de E/S.

### **Organización de la Memoria de Programa**

El contador de Programa (PC), puede manejar un espacio de memoria de 2MB para el programa, pero sólo tienen implementados 32 KB de memoria EPROM; como la mayor parte de las instrucciones tienen 16 bits entonces posee 16 K instrucciones.

El Vector de Reset ocupa la dirección 0000h y las interrupciones las direcciones 0008h y 0018h.

La Pila tiene 31 niveles de 21 bits cada uno y su puntero, con 5 bits, se pone a cero después de un Reset. Tanto dicho puntero como la posición de la cima de la Pila son leíbles y escribibles a través de los registros FSR. Además, hay

señalizadores de "Pila llena" y "Desbordamiento de pila" y existen instrucciones PUSH POP para introducir y salvar el PC de la cima de la Pila.

El PC tiene depositados sus 21 bits en 3 registros. Los 8 bits de menos peso los contiene el registro PCL, los 8 siguientes están en el PCH y , finalmente, los 5 de más peso<20,-16>, se ubican en el registro PCU. Sólo los bits del registro PCL son directamente leíbles y escribibles.

Existen 4 instrucciones de 4 bytes (MOVFF, CALL, GOTO, y LFSR). Los 4 bits de más peso de la segunda palabra de estas instrucciones siempre son 4 unos, que codifican una forma especial de la instrucción NOP. Los 12 bits de menos peso de la segunda palabra de estas instrucciones direccionan el dato que manejaba la instrucción codificada en la primera palabra. Así, mientras se ejecuta la primera palabra se busca el operando de la segunda. Además, si se brinca o salta la primera palabra, la segunda palabra al no ir precedida por la primera se interpreta por una NOP.

### **Organización de la Memoria de Datos**

La memoria de datos puede alcanzar un tamaño de 4KB al estar manejada por direcciones de 12 bits. Es de tipo RAM estática, pero solamente están implementados 1.536 bytes. En los bancos de la RAM hay posiciones que contienen Registros Específicos (SFR) y otros de Propósito General (GPR).

El mapa de memoria puede dividirse en 16 bancos de 256 bytes cada uno. En este caso, la dirección se forma con dos campos. El primer campo de 4 bits sirve para seleccionar el banco y esta implementado en los 4 bits de menos peso del registro BSR (Registro de Selección de Banco. El segundo campo tiene 8 bits, que se hallan contenidos en el formato de la instrucción.

En el direccionamiento directo, los 16 bits del formato de la instrucción INS<15-0> se reparten en los siguientes campos. Los 6 bits de mas peso INS<15-10>

contienen el código OP que discrimina las instrucciones. El bit INS<9> indica el destino de la instrucción, de forma que si vale 0 es el W y si vale 1 es el registro f, que maneja la instrucción. El bit INS<8> se denomina "a" y determina el tipo de acceso a la memoria de datos. Si a=1 se accede al banco que determinan los 4 bits de menos peso del registro BSR. Si a=0, se usa un direccionamiento especial de "Acceso a Banco".

Cuando a=0 el acceso especial consiste en que solo se emplean los 8 bits de la dirección, puesto que el banco al que se accede está formado por los 128 primeros bytes del Banco 0 y los 128 últimos bytes del Banco 15, en el que se hallan contenidos los registros SFR.

Para manejar de forma óptima la memoria de datos, se han construido instrucciones formadas por dos palabras de 16 bits. La primera destina sus 4 bits de más peso al código OP de discriminación y los 12 restantes a apuntar en el espacio de 4KB al operando fuente (s). La segunda palabra siempre tiene sus 4 bits de más peso a 1 y los 12 restantes apuntan al operando destino(d). La instrucción MOVFF s,d transfiere el contenido de la dirección de la memoria de datos (s) a la posición (d).

Mediante el uso de varios punteros de datos indirectos (registros FSR), se accede a posiciones de la memoria con preincremento, postdecremento, etc.

Una última posibilidad de los PIC18F452 es trasladar información entre la memoria de datos, cuyas posiciones tienen tamaño byte, y la de programa que tienen 16 bits de tamaño. Para soportar estas operaciones de lectura de tabla y escritura de tabla existen dos registros, uno de ellos es el TBLPTR, que consta de 21 bits y que sirve para apuntar una posición de la memoria de programa. El otro registro es el TABLAT, que soporta un Latch de Datos, que guarda los 8 bits que se leen o que se van a escribir en la memoria de programa.

## 4.2 MOTORES DE PASO

Para desplazar las piezas a recubrir, los motores de paso (PAP) son ideales, sobre todo cuando se tienen que realizar giros de un eje y detenerlo en determinadas posiciones con una precisión de una centésima de milímetro, permaneciendo bloqueado hasta que no se de una nueva orden para hacerlo girar en el sentido que se requiera; esta condición es difícil de obtener con los motores normales DC pues aunque se desenergize el motor muy rápido, la inercia del rotor continuará girando el eje hasta una posición casual.

### **Características de los Motores de Paso**

El motor de pasos es un dispositivo usado para convertir pulsos eléctricos en movimientos rotacionales discretos. Los motores de paso poseen ciertas características que los hacen idóneos para algunas aplicaciones e inadecuadas para otras.

- No son muy rápidos en términos de RPM ( revoluciones por minuto), en comparación con los demás tipos de motores eléctricos. El motor de paso típico en el mejor de los casos tiene una velocidad de 1000 pasos por segundo, si lo trasladamos son 150 RPM para un motor de 1.8 grados por paso.
- No se puede conectar directamente a una fuente de energía, el motor de paso necesita de un circuito especial para gobernarlo.
- Los distintos arreglos en los cuales se pueden conectar, hacen grandes diferencias a la hora del funcionamiento. Son adecuados para el posicionamiento. donde se busca un fácil manejo, pues no necesita una constante de realimentación ( lazo cerrado).
- Son precisos y se pueden mover en incrementos muy pequeños, característica que no es posible o muy practica en otros tipos de motores. Esta propiedad lo hacen idóneo para el desplazamiento de piezas a recubrir.

- La principal ventaja radica en que no necesita la realimentación de la posición de la máquina. Esto se conoce como un sistema de lazo abierto. Lo único que se requiere es transmitir un número exacto de pasos al motor para llevarlo a una posición exacta y repetible.

### Tipos de Motores PAP

Existen dos variedades de motores de paso a paso .

- Motores de imán permanente
- Motores de reluctancia variable

Se puede diferenciar estos tipos de motores fácilmente, cuando lo manipulamos no conectados a una fuente de alimentación. Los motores de imán permanente muestran resistencia cuando intentamos girar el eje con los dedos, mientras que los de reluctancia variable, casi siempre giran libremente.

Los motores de paso a paso de imán permanente generalmente tiene dos devanados independientes sin tap central en motores bipolares y con tap central en motores unipolares tal como se muestra en la figura 4.2

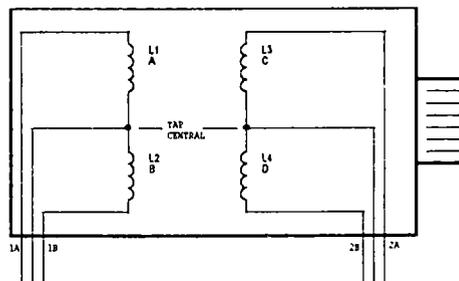


Fig. 4.2. Motor de imán permanente unipolar con tap central

### Conceptos en el Control de Motores de Paso a Paso

Se puede considerar los siguientes conceptos.

- Pasos ( step)

La mayoría de motores de paso tienen un paso entre  $7.5^\circ$  y  $1.8^\circ$  . Esto se traduce en 48 a 200 pasos por revolución respectivamente. Con un paso menor se puede conseguir mejores resoluciones.

- PULL –in Y PULL –out rate

El **PULL in rate** es la máxima velocidad con la cual puede arrancar un motor con carga sin perder pasos.

El **PULL out rate** es la máxima velocidad a la cual puede operar un motor con carga sin perder pasos .

El PULL in rate es siempre menor al PULL out rate. Si se quiere llevar un motor a su máxima velocidad sin perder pasos es necesario acelerar desde una velocidad menor .

### **Resonancia**

Ciertas frecuencias de operación pueden hacer resonar el motor. Esto se traduce en pérdidas de paso. Estas frecuencias de operación deben de tratar evitarse. Si un motor es operado sin carga en un rango de frecuencias, se detectaran una o mas frecuencias de resonancia , se pueden detectar audiblemente o por medio de sensores. Cuando se trabajan bajo estas condiciones o no se pueden evitar estas velocidades , se deben agregarse un factor de amortiguamiento externo , mayor inercia o un driver controlador adecuado.

### **Criterios de selección de motores de paso**

Los siguientes puntos deben tomarse en cuenta en la selección de un motor de pasos

- Torque de fricción en Nm .
- Carga inercial en  $gr \cdot m^2$
- Angulo que se quiere mover en grados
- Tiempo en que se quiere alcanzar dicho ángulo por paso
- Velocidad en pasos por segundo
- Aceleración y desaceleración
- Fuente de alimentación disponible
- Sistema controlador ( unipolar ó bipolar)

- Tamaño, peso, forma y consideraciones de montaje

La importancia, y la jerarquía de cada uno de los elementos anteriores dependerá de las especificaciones del sistema y el factor económico. Algunas veces solo interesará las aplicaciones de posicionamiento, pero en las que involucran control de la velocidad se debe considerar:

- Velocidad máxima y mínima requerida
- Precisión en la generación de pulsos ( frecuencia )
- Variaciones de velocidad
- Resonancia.

### Formulas importantes

#### a) Torque

$$\tau = F \cdot r$$

Donde F = Fuerza en mili Newtons requerida para mover la carga

r = radio en metros

$\tau$  = Torque en mili Newtons

#### b) Momento de inercia

$$I = \frac{W * r^2}{2} \text{ ..para..un..disco}$$

$$I = \frac{W(r_1^2 + r_2^2)}{2} \text{ ..para..un..cilindro}$$

Donde

W = Peso por gramos

r = radio en metros

I = momento de inercia gr.m<sup>2</sup>

#### c) Torque requerido para acelerar una carga inercial

$$T = I \cdot \alpha$$

Donde

T = Torque ( Nm)

$I$  = momento de inercia ( gr.m<sup>2</sup>)

d) Aceleración angular y velocidad angular

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$$

$\alpha$  = Aceleración angular ( rad / s<sup>2</sup>)

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

La aceleración angular ( $\alpha$ ) es la función del cambio de velocidad ( $\omega$ ) y del tiempo requerido para dicho cambio.

$$\omega = \frac{\text{pasos..por..segundo}}{\text{pasos..por..revolucion}} * 2$$

Si la velocidad inicial es cero,

$\omega$  = velocidad angular en radianes por segundo

$t$  = tiempo en segundos

La velocidad angular y la aceleración es expresada en pasos por segundo ( $\omega_i$ ) y pasos por segundo al cuadrado ( $\alpha_i$ ) respectivamente.

Nº	Tipo de Motor	Fases	Grados	Medidas	Torque	Volt.	Corrien	Ohm	Induct	I. Rotor	Masa
1	SPH-54AB-137	4F-2Com	1.8grad	D=56,4 L=56mm	0.147Nm	2.4V	1.5A	3.15Ω	2.8mH	0.03Kgm <sup>2</sup>	0.2Kg
2	Step Syn - Ss	4F-2Com	1.8grad	L,A=45mm	0.147Nm	1.2V	0.3A	31.5Ω	2.2mH	0.02Kgm <sup>2</sup>	0.18Kg
3	103-771-2141	4F-2Com	1.8grad	D=56,4 L=56mm	0.147Nm	2.4V	0.3A	3.15Ω	2.8mH	0.03Kgm <sup>2</sup>	0.2Kg

Fig. 4.3 Características de los Motores utilizados en la Experiencia

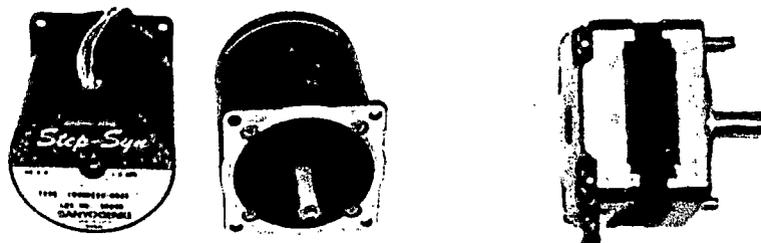


Fig.4.4 Figura de Motores PAP Utilizados en la Experiencia (1,3,2)

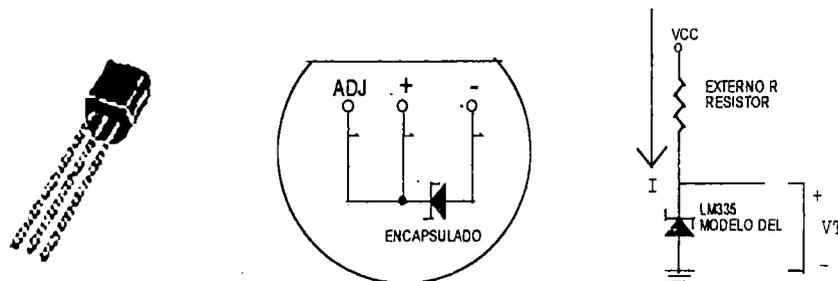
### 4.3 SENSOR DE TEMPERATURA LM335

Es un sensor de temperatura de estado sólido, trabaja como un diodo zener cuyo voltaje de ruptura es directamente proporcional a la temperatura que llega a la superficie. Por cada grado de temperatura, el LM335 varía su voltaje en mV, presentando teóricamente una lectura de 0V a 0°K (-273°C). Este sensor es utilizado en aplicaciones donde se necesita medir temperaturas entre los -40 y 100°C. El sensor en su estado básico, nos proporciona 10mV/°K. Tiene una impedancia dinámica de 1Ω y opera en un rango de corriente de 450μA a 5mA sin la alteración de las características.

La relación que existe entre grados Kelvin y grados celsius es la siguiente:

Una elevación de 1 grado en la escala Kelvin es igual a una elevación de 1 grado en la escala celsius y el punto de congelación del agua es de 0°C y equivale a 273°K

Rango de temperatura de - 40 a 100°C



**Fig. 4.5 Sensor de Temperatura LM335**

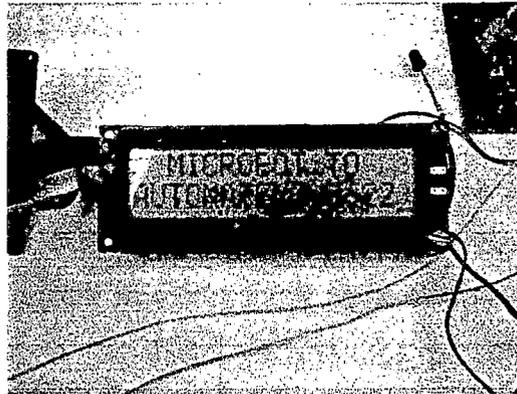
Las especificaciones técnicas, eléctricas y funcionales las podemos observar en la hoja de especificaciones que se encuentra en el apéndice 2.

### 4.4 PANTALLA DE CRISTAL LIQUIDO (LCD)

Es uno de los visualizadores más utilizados en la actualidad debido a las importantes ventajas que ofrece. Se trata de módulos inteligentes que están

gobernado por un controlador, los mensajes se visualizan en la pantalla LCD introduciendo los correspondientes códigos ASCII de cada uno de los caracteres a visualizar. Además, un extenso juego de caracteres predefinidos en fábrica permiten usar nuevos caracteres y símbolos definidos por el usuario. A pesar de que el número de modelos comerciales es muy grande, las líneas necesarias para su conexión y control son prácticamente las mismas. En la figura 4.6 se observa el LCD de 2x16 líneas.

Se ha elegido los puertos RD1-RD7 para el control del LCD, el programa de control residente en el PIC, que debe encargarse de gestionar las tres señales de control y el envío de los caracteres ASCII.



**Fig. 4.6 La Pantalla de Cristal Liquido-LCD**

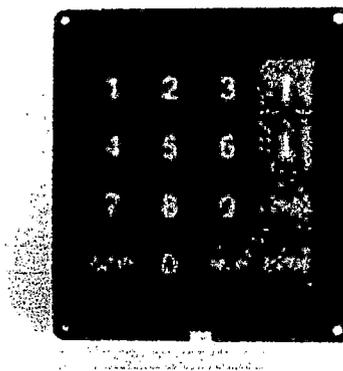
#### **4.5 TECLADO MATRICIAL**

Cada tecla de un teclado es un mecanismo idéntico a un pulsador. La aportación del teclado consiste en la configuración de las teclas para que necesiten pocas líneas de entrada en la detección de la que se ha presionado, para disminuir las líneas necesarias para detectar la tecla pulsada, éstas se agrupan de forma matricial en filas y columnas. Con esta configuración un teclado matricial de 16 teclas solo precisa 8 líneas del PIC para su gestión. Si cada tecla actuase como un pulsador individual se precisarían 16 líneas de E/S

del microcontrolador para gestionarlas. En la fig 4.7 se muestra el esquema de un teclado matricial.

Las 4 líneas de interconexión entre el Teclado y el Microcontrolador son las líneas (RB1-RB2 y RC0-RC5) quienes controlarán las funciones del teclado.

El programa que gestiona el teclado saca, secuencialmente, un nivel bajo por una de las 4 líneas de salida que se aplica a las columnas, al mismo tiempo que lee el nivel lógico introducido por las filas. Si ninguna de las teclas de la columna por la que se introduce el nivel bajo está pulsada, se leerá un nivel alto en las 4 filas, pasándose a activar la siguiente columna. Si se aplica una columna en un nivel bajo y al leer las filas una de ellas se encuentra a nivel bajo, se deduce que la tecla asociada a dicha fila y dicha columna se halla presionada. Así se averigua la tecla que se presiona en cada momento. Cada tecla tiene asociada un código binario, los códigos de exploración de las teclas varían según los modelos y la colocación de las mismas. El programa que gestiona el teclado realiza la exploración cada cierto tiempo, que suele ser de un valor aproximado a los 20ms; también es el software el encargado de realizar el tratamiento oportuno cuando se pulsan varias teclas a la vez, eliminar los rebotes, implementar funciones de repetibilidad, etc.



**Fig. 4.7 Teclado Matricial de 4x4**

## 4.6 AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM741

Un amplificador operacional u op-amp es un amplificador diferencial de muy alta ganancia con una alta impedancia de entrada y baja impedancia de salida. Los usos típicos del amplificador operacional son proporcionar cambios en amplitud de voltaje (amplitud y polaridad), osciladores, circuitos de filtro y muchos tipos de circuitos de instrumentación. Un op-amp contiene varias etapas de amplificador diferencial para conseguir una muy alta ganancia de voltaje.

La figura 4.8 muestra un op-amp básico con dos entradas y una salida, como se tendría al utilizar una etapa de entrada de amplificador diferencial. Cada entrada da por resultado, ya sea la misma polaridad (o fase) o la polaridad opuesta de salida, dependiendo de si la señal se aplica a la entrada con el signo más(+) o con el signo(-).

El circuito equivalente de ca para el op-amp se puede observar en la fig 4.8 como se aprecia la señal de entrada que se aplica entre las terminales de entrada "vd" una impedancia de entrada,  $R_i$  normalmente muy alta. El voltaje de salida aparece como la ganancia del amplificador multiplicada por la señal de entrada tomada a través de una impedancia de salida,  $R_o$ , la que generalmente es muy baja. Un circuito op-amp ideal, tendría una impedancia de entrada infinita, cero impedancia de salida y una ganancia de salida infinita.

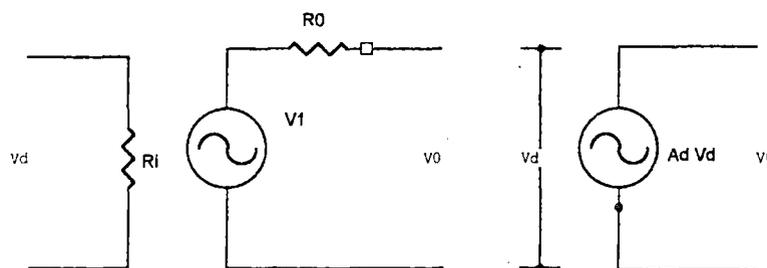


Fig. 4.8 Circuito Equivalente de ca para el Op-amp

La conexión básica del circuito utilizando un op-amp se ilustra en la fig 4.9, como se aprecia, el circuito proporciona una operación como multiplicador de ganancia constante o modificador de escala. Una señal de entrada,  $V_1$ , se aplica a través del resistor  $R_1$  a la entrada. Luego la salida se conecta de nuevo hacia la misma entrada (en retroalimentación o "feedback") a través del resistor  $R_f$ . La entrada se conecta a tierra.

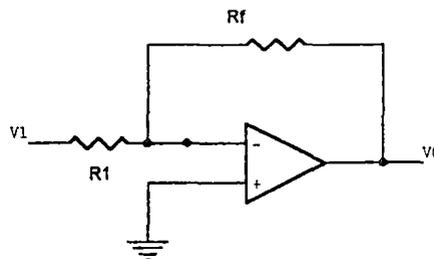


Fig. 4.9 Conexión básica del Op-amp

#### Circuito Amplificador Inversor

El circuito amplificador de ganancia constante más ampliamente usado es el amplificador inversor, la salida se obtiene al multiplicar la entrada por una ganancia fija o constante, establecida por el resistor de entrada y el resistor de retroalimentación, resultando también invertida esta salida con respecto a la entrada.

La ecuación del circuito inversor para el circuito del gráfico 4.10 sería:

$$V_o = -\frac{R_f}{R_1} V_1$$

#### Circuito Restador de Voltaje

Se pueden sustraer o restar dos señales, de diversas formas. La figura 4.11, muestra dos etapas del Op-amp empleadas para facilitar la sustracción o resta de señales de entrada. También se puede diseñar la conexión en una sola

etapa del Op-amp proporcionado por la sustracción de dos señales de entrada. Haciendo una superposición se puede demostrar que la salida resulta ser:

$$V_O = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \left( \frac{R_3 + R_4}{R_3} \right) V_1 - \left( \frac{R_4}{R_3} \right) V_2$$

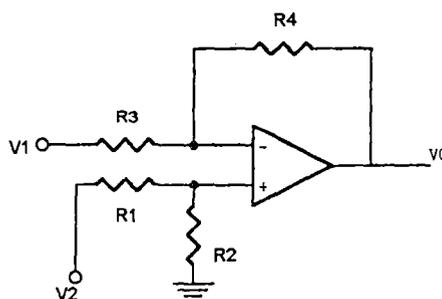


Fig. 4.10 Diagrama del Circuito restador de Voltaje

#### Principales Características:

- Protección de corto circuito.
- Excelente estabilidad de temperatura.
- Compensación de frecuencia interior.
- Alto rango de voltaje de entrada.



1

Fig. 4.11 IC Op-amp LM741

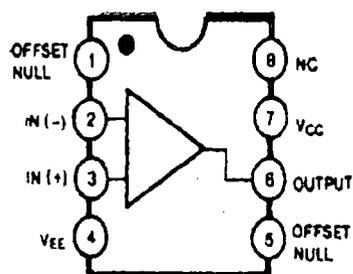


Fig.4.12 Circuito interno LM741

Las especificaciones técnicas, eléctricas y funcionales las podemos observar en la hoja de especificaciones que se encuentra en el apéndice 1.

## 4.7 OPTOCOPLADOR 4N33

El Optoacoplador es un dispositivo compuesto de un LED infrarrojo y un fotodetector, tal como un diodo de silicio, un par de transistores Darlington o un SCR. La respuesta de longitud de onda de cada dispositivo se ajusta para que sea lo más idéntica posible, de manera de que cuando el diodo LED emita luz, ésta ilumine el fototransistor y conduzca. Estos dos elementos están acoplados de la forma más eficiente posible.

La corriente de salida IC (corriente de colector del fototransistor) es proporcional a la corriente de entrada IF (corriente en el diodo LED). La relación entre estas dos corrientes se llama "razón de transferencia de corriente" (CTR) y depende de la temperatura ambiente. A mayor temperatura ambiente, la corriente de colector en el fototransistor es mayor para la misma corriente IF (la corriente por el diodo LED)

La entrada (circuito del diodo) y la salida (circuito del fototransistor) están 100% aislados y la impedancia de entrada es muy grande (1013 ohms típico).

El optoacoplador es un dispositivo sensible a la frecuencia y el CTR disminuye al aumentar esta. Este elemento puede sustituir a elementos electromecánicos como relés, conmutadores. De esta manera se eliminan los golpes, se mejora la velocidad de conmutación y casi no hay necesidad de mantenimiento.

### **Principales Características:**

El Optoacoplador permite conseguir un buen aislamiento eléctrico entre el circuito de control y el de potencia. Este tipo de aislamiento ofrece como inconveniente la posibilidad de disparos espúreos en las conmutaciones del interruptor de potencia, debido a la capacidad parásita entre el LED y el fototransistor.

Otro problema se debe a la diferencia de potencial entre las tierras del fotodiodo y del fototransistor que no debe superar la tensión de ruptura.

Para minimizar estos dos inconvenientes se pueden usar fibras ópticas, (inmunidad al ruido EMI, aislamiento de alta tensión y evitan el efecto inductancia de los cables largos).

No permiten transportar potencia, sólo señal, por lo que será necesario una fuente de alimentación auxiliar y un amplificador .

Las especificaciones técnicas, eléctricas y funcionales las podemos observar en la hoja de especificaciones que se encuentra en el apéndice 1.

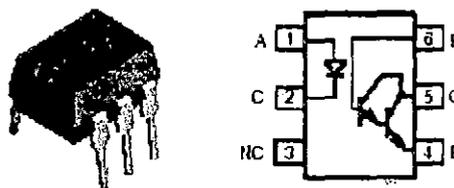


Fig. 4.13 Optoacoplador 4N33

#### 4.8 OPTOTRIAC MOC3022

El MOC3022 es un dispositivo ópticamente aislado del conductor del triac. Este dispositivo contiene un diodo que emite infrarrojo del GaAs y un interruptor bilateral activado ligero del silicio, que funciona como un triac. Se diseñan para interconectar entre los controles electrónicos y los triac de la energía para controlar las cargas resistentes e inductivas para 115 operaciones del VAC. Consta de un transistor encargado e de amplificar la señal de entrada(DC) que controlará la conducción del optocoplador encargado de producir el pulso de disparo en la puerta del triac.

### Principales Características:

- Estabilidad excelente de l pie - el diodo que emite IR tiene degradación baja
- Alto voltaje del aislamiento - mínimo 5300 VAC RMS
- El laboratorio de los suscriptores (UL) reconoció - el archivo # E90700
- Voltaje de bloqueo máximo : 400V - MOC302XM
- Opción que ordena V

Las especificaciones técnicas, eléctricas y funcionales las podemos observar en la hoja de especificaciones que se encuentra en el apéndice 1.

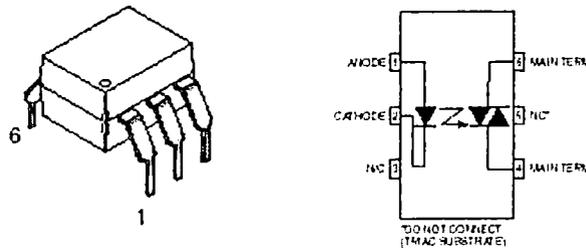


Fig. 4.14 Optotriac MOC3022

### 4.9 TRIAC BT136

Es una combinación inversa en paralelo de dos terminales de capas semiconductoras y una terminal de compuerta que permite controlar las condiciones de disparo del dispositivo bilateral en cualquier dirección. En cualquier dirección la corriente de compuerta puede controlar la acción del dispositivo trabajando de esta manera de una manera similar al SCR. Una aplicación fundamental del Triac es controlar la potencia ca a la carga por medio de la conmutación conducción-corte, las regiones positiva y negativa de la señal senoidal de entrada. La acción de este circuito durante la parte positiva de la señal de entrada es muy semejante a la del diodo Shockley; la ventaja de esta configuración es que durante la parte negativa de la señal de entrada se

producirá el mismo tipo de respuesta, puesto que el Triac puede dispararse en dirección inversa.

Es utilizado en los procesos que requieren alta capacidad bidireccional del voltaje transitorio y de bloqueo y funcionamiento que completa un ciclo arriba termal. Los usos típicos incluyen control del motor, la iluminación industrial y doméstica, la calefacción y la conmutación estática.

Posee 3 terminales que son: G= Compuerta, T2 = Ánodo 2, T1 = Ánodo 1; la compuerta o "gate" esta proyectada de tal modo que una tensión positiva o negativa, con respecto al ánodo T1, hace conducir al TRIAC cualquiera que sea la polaridad de la tensión que haya entre los ánodos 1 y 2.

Las especificaciones técnicas, eléctricas y funcionales las podemos observar en la hoja de especificaciones que se encuentra en el apéndice 1.

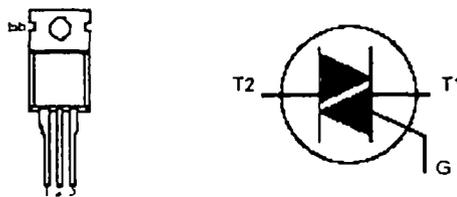


Fig. 4.15 Triac BT136

#### 4.10 TRANSISTOR 2N3904

Es un dispositivo semiconductor de tres capas, compuesto de dos capas de material tipo n (emisor y colector) y una de tipo p (base), este transistor de Juntura Bipolar es comúnmente conocido como un Transistor NPN. Las capas exteriores del transistor son materiales semiconductores con altos niveles de dopado, que tienen anchos mucho mayores que los correspondientes al material emparedado del tipo p. El termino bipolar refleja el echo de que los electrones y los huecos participan en el proceso de inyección en el material polarizado opuestamente.

## Regiones operativas del Transistor

**Región de corte:** Un transistor está en corte cuando:

corriente de colector = corriente de emisor = 0, ( $I_c = I_e = 0$ ). En este caso el voltaje entre el colector y el emisor del transistor es el voltaje de alimentación del circuito. (como no hay corriente circulando, no hay caída de voltaje, *ver Ley de Ohm*). Este caso normalmente se presenta cuando la corriente de base = 0 ( $I_b = 0$ ).

**Región de saturación:** Un transistor está saturado cuando:

corriente de colector = corriente de emisor = corriente máxima, ( $I_c = I_e = I_{\text{máxima}}$ ). En este caso la magnitud de la corriente depende del voltaje de alimentación del circuito y de las resistencias conectadas en el colector o el emisor o en ambos. Este caso normalmente se presenta cuando la corriente de base es lo suficientemente grande como para inducir una corriente de colector  $\beta$  veces más grande. (recordar que  $I_c = \beta * I_b$ )

**Región activa:** Cuando un transistor no está ni en su región de saturación ni en la región de corte entonces está en una región intermedia, la región activa. En esta región la corriente de colector ( $I_c$ ) depende principalmente de la corriente de base ( $I_b$ ), de  $\beta$  (ganancia de corriente de un amplificador, es un dato del fabricante) y de las resistencias que hayan conectadas en el colector y emisor). Esta región es la más importante si lo que se desea es utilizar el transistor como un amplificador.

Hay tres tipos de configuraciones típicas en los amplificadores con transistores, cada una de ellas con características especiales que las hacen mejor para cierto tipo de aplicación. y se dice que el transistor no está conduciendo.

Normalmente este caso se presenta cuando no hay corriente de base ( $I_b = 0$ )

- Emisor común
- Colector común
- Base común.

Las especificaciones técnicas, eléctricas y funcionales las podemos observar en la hoja de especificaciones que se encuentra en el apéndice 1.

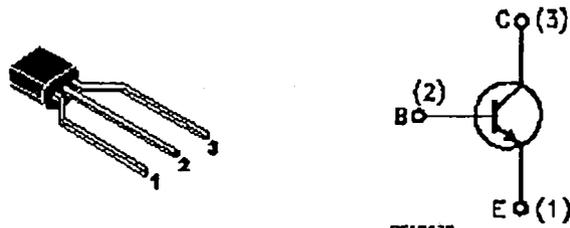


Fig. 4.16 Transistor 2N3904

#### 4.11 TRANSISTOR TIP 110

Es un transistor NPN tipo darlington, en una construcción monolítica construida en base a las resistencias de desviación del emisor.

La conexión darlington es una conexión de dos transistores de unión bipolar para funcionar como un solo transistor "Superbeta". La principal característica de esta conexión es que el transistor compuesto actúa como una sola unidad con una ganancia de corriente que es el producto de las ganancias de corriente de los transistores por separado. Posee 3 terminales, Base(1), Colector(2), y una Emisor(3). Si la conexión se hace utilizando dos transistores individuales con ganancias de corriente  $\beta_1$  y  $\beta_2$  la conexión darlington proporciona una ganancia de corriente de  $\beta_D = \beta_1 \beta_2$ , si se hace coincidir a los dos transistores de tal modo que  $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ , la conexión Darlington suministra una ganancia de corriente de  $\beta_D = \beta^2$ .

Una corriente de transistor darlington proporciona un transistor con una ganancia de corriente muy grande, normalmente de varios miles.

dentro de las propiedades características se puede nombrar:

- Alta Ganancia de corriente :  $h_{FE}=1000$  ,  $V_{CE}=4V$  ,  $I_C=1A(\text{Min.})$ .
- El voltaje de saturación del Colector-Emisor es bajo.

- Ampliamente utilizada en la Industria.

Las especificaciones técnicas, eléctricas y funcionales las podemos observar en la hoja de especificaciones que se encuentra en el apéndice 1.

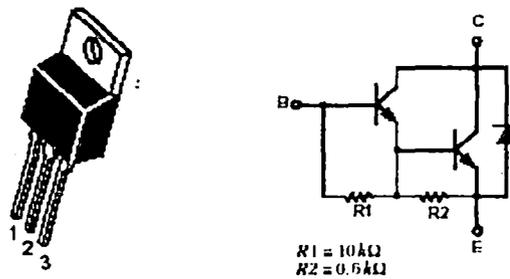


Fig. 4.17 Transistor TIP110

#### 4.12 FLIP FLOP 74LS374

Esta formado por un ensamble de compuertas lógicas, posee la capacidad de almacenar información. Este latch con características tri-estado va a servir para controlar el control de los motores.

Las especificaciones técnicas, eléctricas y funcionales las podemos observar en la hoja de especificaciones que se encuentra en el apéndice 1.

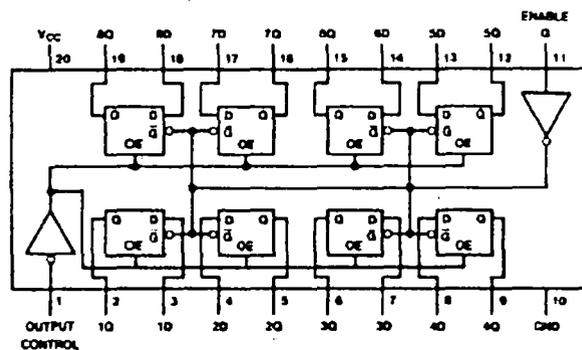


Fig. 4.18 FLIP FLOP 74LS374

### 4.13 CHIP MAX 232

Este chip permite adaptar los niveles RS232 y TTL, permitiendo conectar un PC con un microcontrolador.

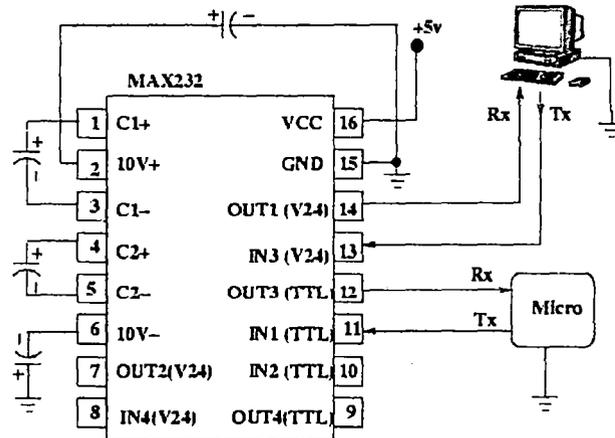


Fig. 4.19 MAX 232

### 4.14 OTROS COMPONENTES

- BORNERAS, CONECTORES TIPO MOLEX 2, 4, 6, 8 pines

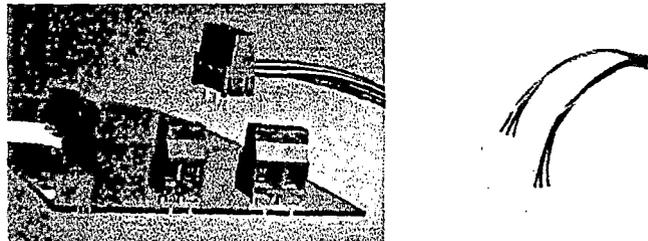


Fig. 4.20 Borneras, conectores tipo Molex

- RESISTENCIAS
  - 270Ω , 330Ω, 1KΩ, 10KΩ de ¼ w
  - 1MΩ de ½ w
  - 100Ω, 4.7KΩ de 1 w
  - 22KΩ de 10 w
  - Industrial 660w

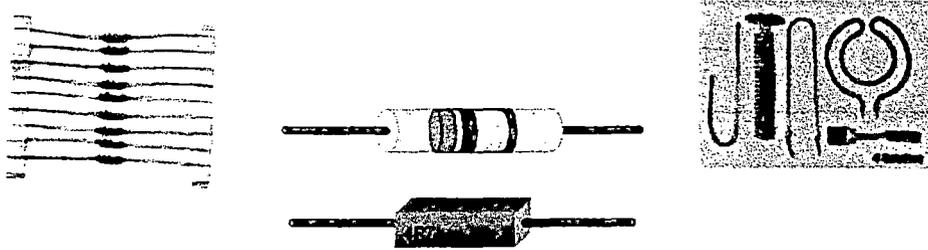


Fig. 4.21 Tipo de Resistencias

- LED(Diodo Emisor de Luz)

Rojo

Amarillo

Verde



Fig. 4.22 LEDs

- CONDENSADORES

27pF, 0.1 Mf, 1 $\mu$ F a 50V, 0.1 $\mu$ F a 250V



Fig. 4.23 Tipo de Condensadores

- FUSIBLE de 4 A – 250V



Fig. 4.24 Fusible.

- DIODOS  
2N4004  
De 6A

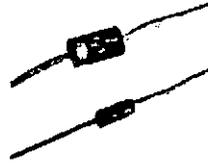


Fig. 4.25 Tipos de Diodos

- DIP SWICHTH-4

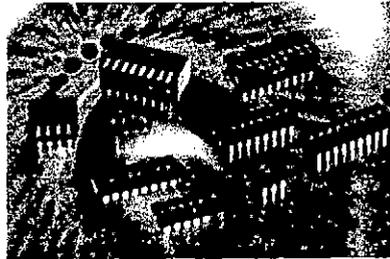


Fig. 4.26 Tipos de Dip Swicth

- CONECTOR DB9

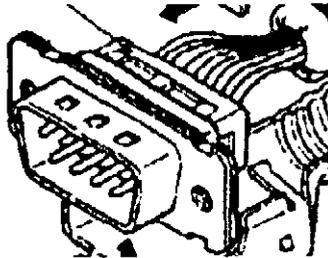


Fig. 4.27 Conector DB9

- POTENCIOMETRO semiprecisión de 10K $\Omega$



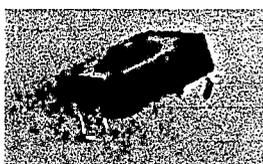
Fig. 4.28 Potenciómetros

- CRISTAL – 40MHz.



**Fig. 4.29 Cristal de Cuarzo- 40 MHz**

- PULSADOR.



**Fig. 4.30 Pulsador**

## **CAPITULO V**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA MAQUINA DE AUTOMATIZACION**

Se desarrolló una serie de circuitos interconectados, los cuales están conformados bajo una arquitectura modular, el diseño e implementación de la máquina se basa en el diagrama a bloques de la figura 5.1.

#### **5.1 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL SISTEMA**

Es una tarjeta de interconexión entre los circuitos y el microcontrolador, para controlar las tareas que desarrollen cada circuito en forma independiente; esta tarjeta es el cerebro del sistema, en la cual se ha implementado los recursos que necesita el microcontrolador para su funcionamiento así como la circuitería necesaria para operar con sus puertos de comunicación.

#### **Objetivo**

Interconectar los puertos del microcontrolador con cada circuito para controlar el funcionamiento de los mismos, así como la comunicación serial con la PC.

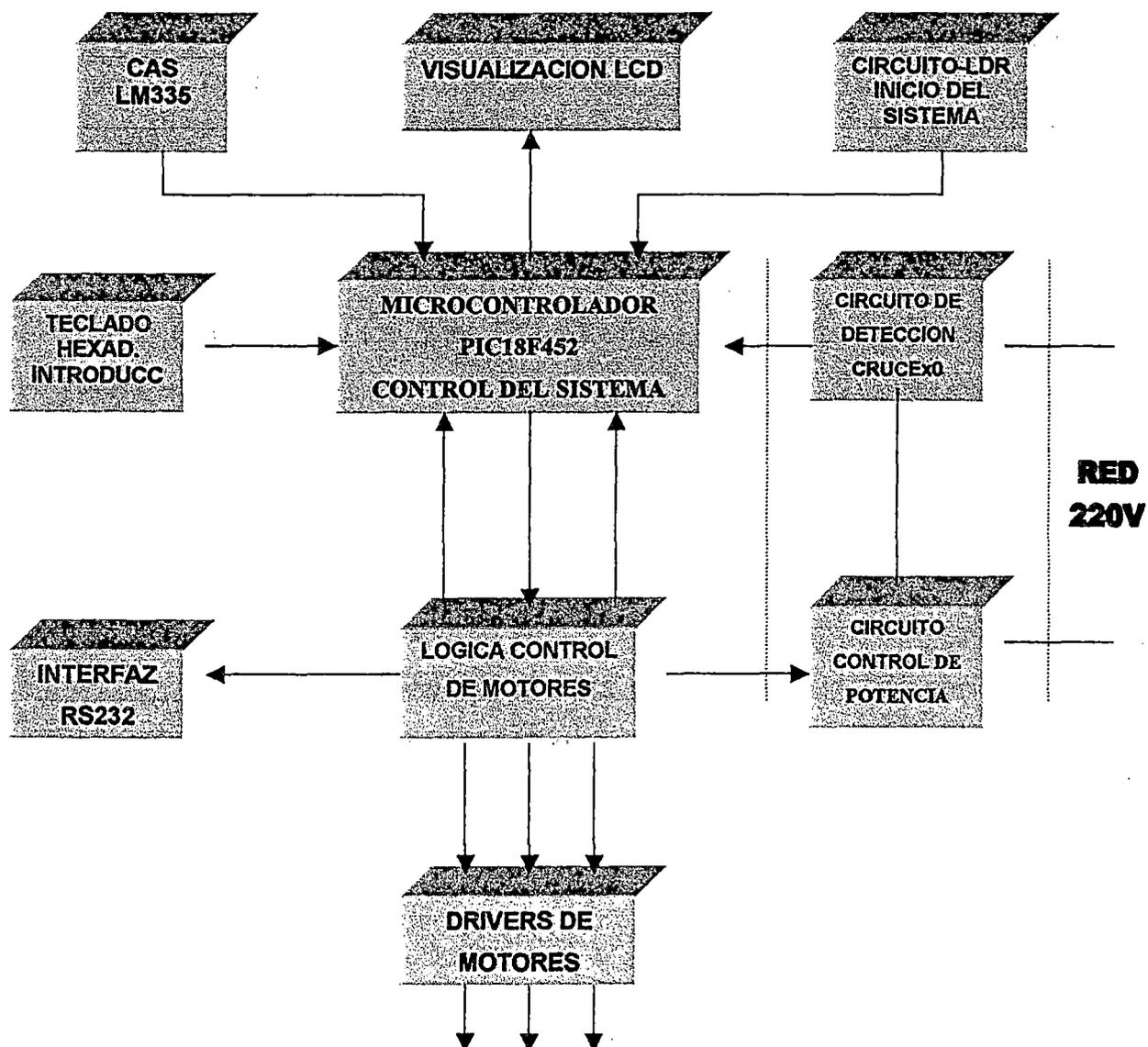


Fig. 5.1 Diagrama de Bloques del Sistema de Automatización

**Diseño y explicación del circuito:**

El diseño del circuito se observa en la figura 5.2 y se basa en el desarrollo de los siguientes ítems:

- Circuito de RESET para el microcontrolador, con la finalidad de reiniciar las tareas que el PIC esta desarrollando.
- Implementación de un conector, para la conexión de un visualizador LCD de una manera independiente (RD1-RD7).
- Implementación de un DipSwitch (4), para que trabaje como resistencias PULL-UP conectadas a los pines RC0-RC3 para poder soportar un teclado matricial 4x4.
- Implementación de 4 conectores, para fuente de 5V y 2 conectores para fuente de 12V con sus respectivos LEDs de visualización.
- Implementación de 4 transistores 2N3904, para trabajar como Dip Switch para poder conectar algunos dispositivos que se necesiten controlar, tales como ventiladores, baterías externas, etc.
- Implementación de un Cristal de 40 MHz para ejecutar la frecuencia de trabajo del microcontrolador PIC18F452.

La distribución de los pines de los Puertos de comunicación se detallan de la siguiente manera:

RA0 Sensor LM335

RA1 Sensor Auxiliar

RA2 Fase I Motor

RA3 Fase II Motor

RA4 Fase IV Motor

RA5 Fase III Motor

RB0 Interruptor externo – cruce por 0

RB1 Teclado

RB2 Teclado  
RB3 Control Motor  
RB4 Control Motor  
RB5 Control Motor  
RB6 In LDR Sensor  
RB7 In Tope Ganchera

RC0 Teclado  
RC1 Teclado  
RC2 Teclado  
RC3 Teclado  
RC4 Teclado  
RC5 Teclado  
RC6 Tx RS-232  
RC7 Rx RS-232

RD0 Bateria  
RD1 LCD  
RD2 LCD  
RD3 LCD  
RD4 LCD  
RD5 LCD  
RD6 LCD  
RD7 LCD

RE0 Control de Potencia  
RE1 Ventilador 1  
RE2 Ventilador 2

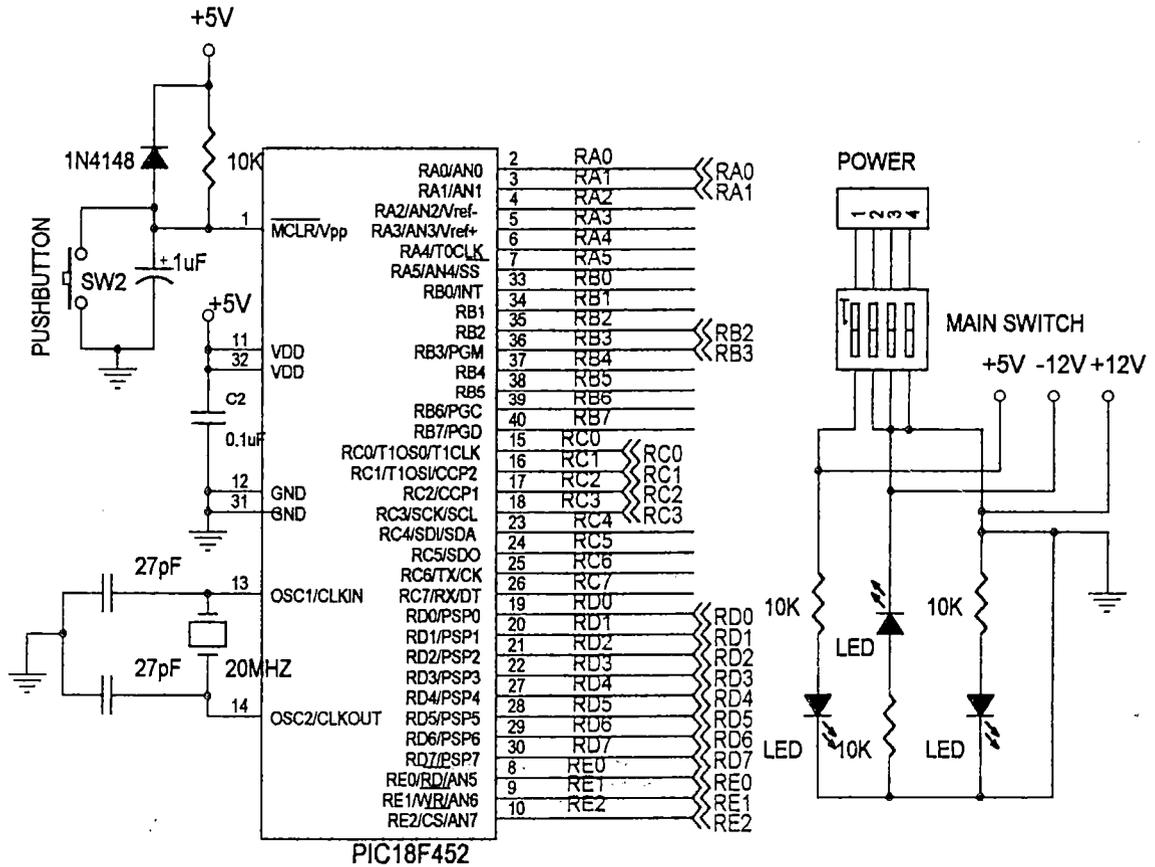


Fig. 5.2 Diseño del Circuito de Control del Sistema

### 5.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE DRIVERS DE MOTORES

Este circuito esta formado por la integración de dos circuitos, el primero, denominado circuito de Buffers y el segundo, denominado circuito de amplificación de la ganancia, que funcionaran con un diseño establecido, para que los motores sean controlados por el Microcontrolador.

#### Objetivos:

Controlar las fases de los 3 motores PAP, que funcionarán mediante un programa en el PIC según requieran los procesos.

### 5.2.1 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DE FASES DE LOS MOTORES

La lógica para efectuar el control sobre los tres motores se apoya tan solo de 4 líneas dedicadas a dar los pasos a cada motor y tres líneas dedicadas a la habilitación del control de dichos motores.

Para efectuar dicho control se utilizó el IC LATCH 74LS374, con este integrado direccionamos los bits provenientes del PIC para las 4 fases de los motores y 3 para el control de los mismos. Mediante un diseño establecido según la figura 5.3, se dirigirán estas señales hacia el circuito de amplificación de la ganancia.

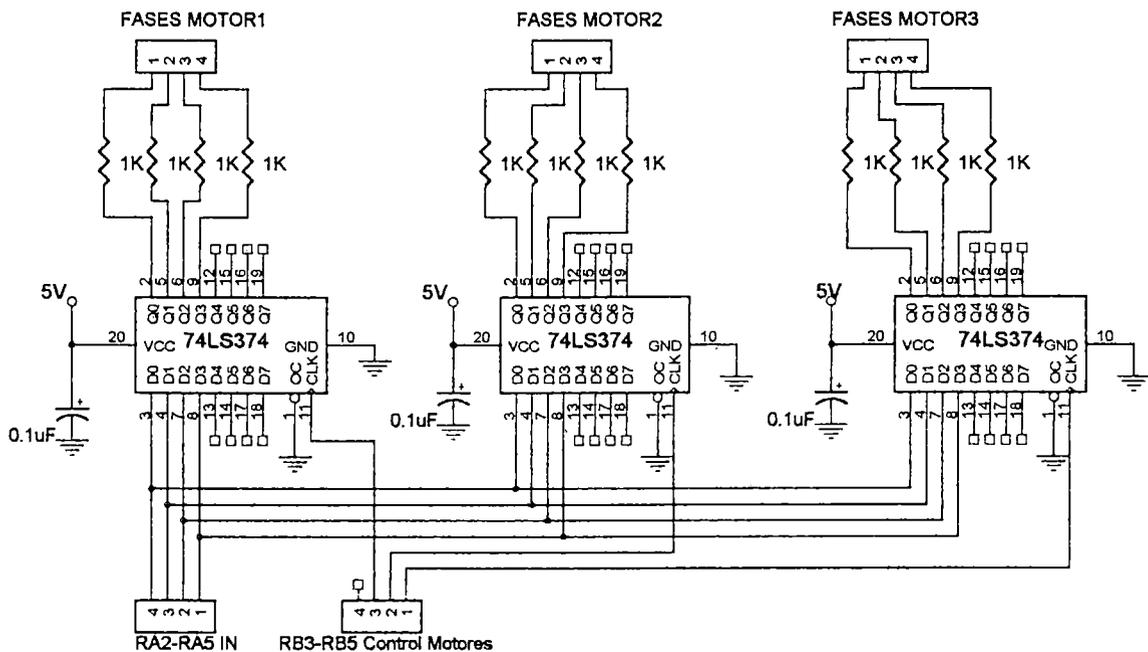


Fig. 5.3 Diseño del Circuito de Control de las fases de los Motores

### 5.2.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE AMPLIFICACION DE LA GANANCIA

#### Objetivo

Utilizar un circuito de acondicionamiento de las señales de control del PIC amplificando las señales que controlarían a los motores con un nivel óptimo.

### Diseño y explicación del circuito

A la salida de los LATCH se ha previsto de un sistema de 4 Optoacopladores y de 4 transistores TIP110 por cada motor (1 por fase), los cuales mediante un diseño establecido tal como se observa en la figura 5.4 van a amplificar la señal que recibirán los motores y puedan movilizar el sistema en un nivel óptimo.

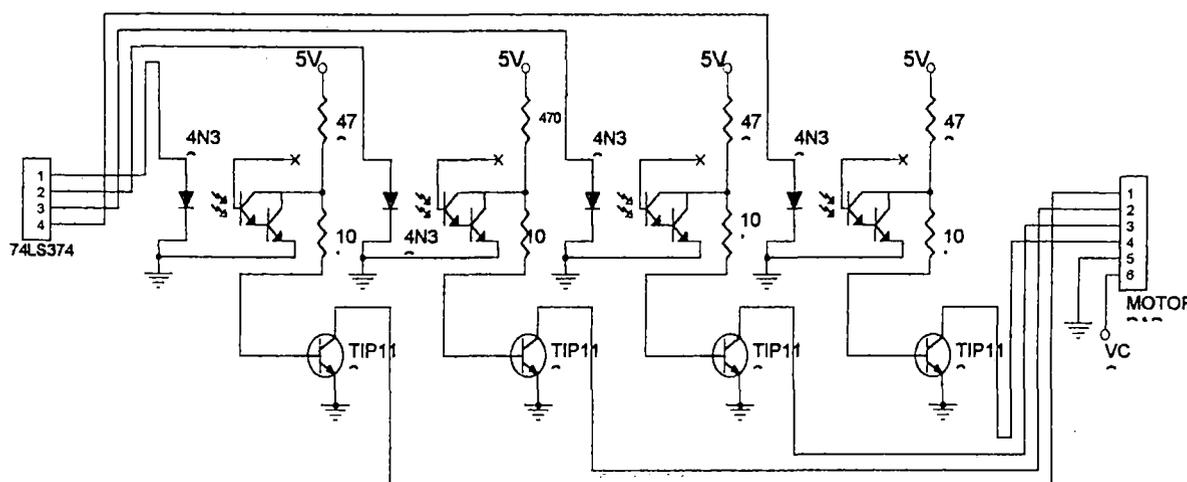


Fig. 5.4 Diseño del Circuito de Amplificación de la Ganancia

### 5.3 DISEÑO DEL CIRCUITO DE MEDICION DE TEMPERATURA

Para la implementación del circuito de Temperatura entre la recepción de la señal analógica proveniente de la temperatura que va a sensor el LM335 y la entrada que ingresará al microcontrolador por el puerto RA0, se necesitará un Circuito de Acondicionamiento de la Señal(CAS).

#### DISEÑO DEL CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL (CAS)

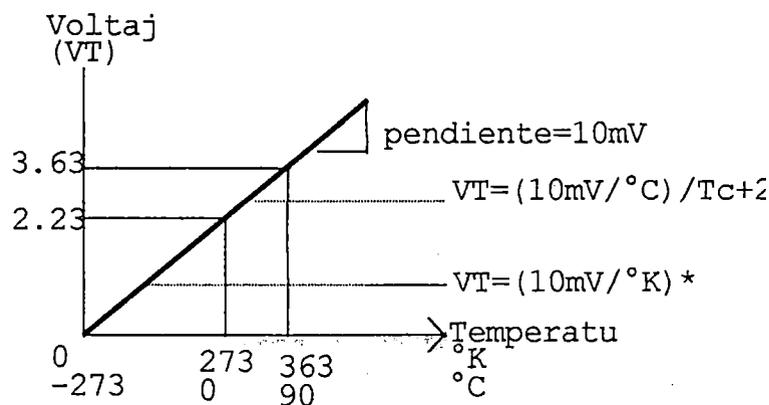
##### Objetivos

- Sensor el margen de temperatura, comprendido entre 0 °C y 90°C proveniente del calor que se requiere en las diferentes soluciones electrolíticas .
- Determinar el margen del ADC que esta comprendido entre 0 y 5 V, aplicando la circuitería necesaria e introduciendo a los valores de trabajo del LM335 .

- Que la salida del CAS sea lineal, es decir cuando la salida del CAS sea 0°C la salida sea 2.73 V, cuando la salida mide 25°C , la salida del CAS sea 2.98V y así sucesivamente hasta llegar a los 90°C , en cuyo caso la salida del CAS es de 3.63V.

Ecuación que representa el sensor

En la figura 5.5 se muestra una gráfica de voltaje de salida del LM335 en función de la temperatura



**Fig.5.5 Gráfica del voltaje en función de las características de temperatura**

La pendiente de la línea equivale a la sensibilidad del dispositivo : 10 mV/°K

Por lo tanto , el voltaje de salida expresado en °K es el siguiente:

$$V_T = (10\text{mV}/^\circ\text{k}) * (T_{ent}^\circ\text{K})$$

En la cual T es la temperatura en °k a 273 °k ( °0 C) , el voltaje de salida del sensor es :

Como se puede observar en la fig.5.5

$$V_T = (10\text{mV}/^\circ\text{k}) * 273^\circ\text{k} = 2.73\text{V}$$

Ahora es posible expresar el voltaje de salida del sensor en grados celsius como en la siguiente ecuación.

$$V_T = (10\text{mV}/^\circ\text{c}) * (T_{ENT}^\circ\text{c}) + 2.73$$

Tabulando valores en la ecuación podemos obtener:

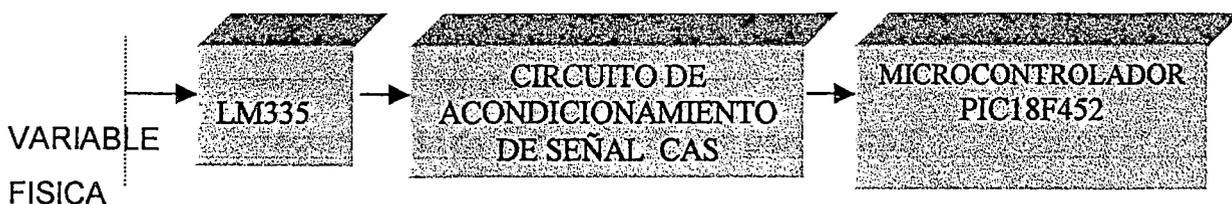
$$T^{\circ}\text{C} = 25 \rightarrow 10\text{mV}[ 25+273 ] = 2.98 \text{ V}$$

$$T^{\circ}\text{C} = 50 \rightarrow 10\text{mV}[ 50+273 ] = 3.23 \text{ V}$$

$$T^{\circ}\text{C} = 90 \rightarrow 10\text{mV}[ 90+273 ] = 3.63 \text{ V}$$

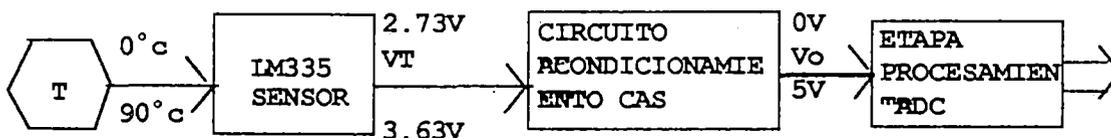
En donde T es la entrada expresada en grados Celsius . En el caso de nuestra aplicación . a 0°C VT= 2.73V, a 90°C VT= 3.63 V; este es el margen de entrada correspondiente al circuito de acondicionamiento de la señal(CAS). El margen de salida del CAS viene a ser el margen de entrada al ADC , el cual esta comprendido entre 0 y 5 V.

En la figura 5.6 se muestra un diagrama de bloques de este sistema de adquisición de datos para medición de temperatura.



**Fig.5.6 Diagrama de Bloques de Adquisición de Datos**

Con base en la información que disponemos sobre el sensor y el convertidor A/D , se grafican las características de entrada / salida del CAS. En la figura 5.7 se muestra esta gráfica. Los valores de salida del CAS se grafican en el eje Y, hay que tener presente que estos valores corresponden al margen de voltaje del convertidor de 0 a 5V los valores de entrada del CAS se grafican en el eje X.

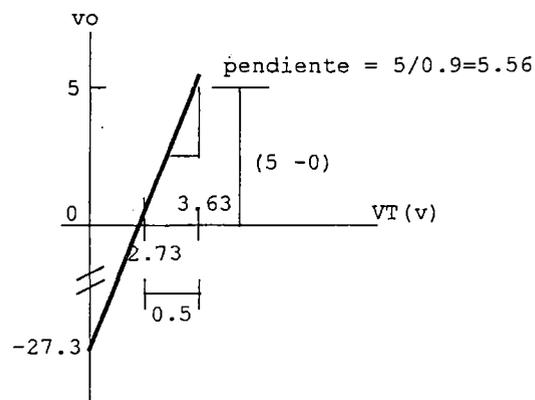


**Fig.5.7 Diagrama de Bloques para el Sistema de Medida de Temperatura**

Los valores son los del margen del sensor – 2.73 a 3.63 V, en el caso de esta esta aplicación.

Como se observa en la Figura 5.8 la pendiente de la recta es :

$$m = \frac{(5 - 0)}{(3.23 - 2.63)} = 5.56 = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_T}$$



**Fig. 5.8 Características de Entrada – Salida para el CAS**

El valor de 5.56 es la ganancia por la que hay que multiplicar  $V_T$ , la desviación de CD se encuentra con solo elegir un punto de la línea y sustituirlo en la ecuación de una línea recta

$$Y = mx + b$$

Después de elegir un par de coordenadas ( 2.73,0) obtenemos :

$$0 = ( 5.56 ) ( 2.73 ) + b$$

Resolviendo la ecuación para b se obtiene :

$$b = -15.18V$$

Por lo tanto, la ecuación de voltaje de salida del CAS es :

$$V_o = (5.56) \cdot V_T - 15.18V$$

Si bien la desviación de cd es de  $-15.18 V$ , el voltaje de salida,  $V_o$  nunca toma este valor puesto que el margen de  $V_T$  esta comprendido entre 2.73 y 3.63 V, este margen de  $V_T$  limita el valor de  $V_o$  de 0 a 5 V

### Diseño del Circuito Acondicionador

Un vez obtenida la ecuación del CAS expresado en la forma  $y = mX + b$ , ahora deseamos un circuito en que la ganancia de 5.56 y la desviación de  $-15.18$  V se defina de manera independiente. La solución no está en un sumador no inversor, puesto que en este la ganancia y la desviación no se pueden definir de manera independiente. Lo que se necesita es un amplificador operacional como el que se muestra en la figura 5.9. Un amplificador inversor de ganancia  $-1$ , seguido por un sumador inversor.

Recordando La ecuación de voltaje de salida del sumador es :

$$V_o = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \left( \frac{R_3 + R_4}{R_3} \right) V_2 - \left( \frac{R_4}{R_3} \right) V_1$$

De acuerdo a los valores de la experiencia tenemos:

Reemplazando valores tenemos :

$$V_o = \left( \frac{10\text{ K}}{10\text{ K} + R_x} \right) \left( \frac{10\text{ K} + 56\text{ K}}{10\text{ K}} \right) V_2 - \left( \frac{56\text{ K}}{10\text{ K}} \right) V_1$$

$$V_o = \left( \frac{10\text{ K}}{10\text{ K} + R_x} \right) \left( \frac{66\text{ K}}{10\text{ K}} \right) V_2 - 5.6 V_1$$

$$V_o = \frac{66}{10 + R_x} V_2 - 5.6 V_1$$

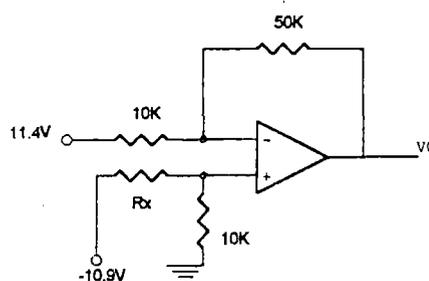


Fig. 5.9 Amplificador – inversor de ganancia -1

De la teoría del circuito restador de voltaje:

Entonces:

$$V_o = -5.6 V_1 + \frac{66 K}{10 K + R_x} V_2$$

$$\rightarrow \frac{66 K}{10 K + R_x} V_2 = -15.18 \quad \text{pero : } V_2 = -10.9V$$

$$\frac{66(-10.9)}{10 + R_x} = -15.18$$

de donde obtenemos  $R_x = 37.39\Omega$

$$Y = mx + b$$

El LM335 genera un voltaje positivo,  $V_T$ , el amplificador inversor con ganancia de  $-1$  se utiliza para generar  $-V_T$ , como se muestra en el circuito ya completo de la figura 5.10.

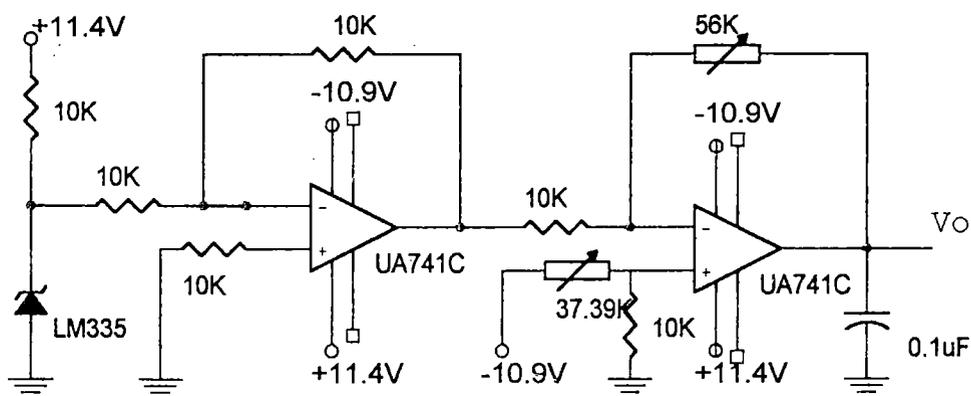


Fig. 5.10 Circuito de Medición de la Temperatura

#### 5.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

Este sistema está compuesto de dos circuitos, un circuito de potencia de salida que controlará la energía entregada a la planta, para realizar este control se implementó un segundo circuito, que detectará el cruce por cero; a continuación se detallan los circuitos.

### 5.4.1 DISEÑO DEL CIRCUITO DE POTENCIA DE SALIDA

El Circuito de Potencia será utilizado para calentar el recipiente que contiene la solución electrolítica que recubrirá el metal a una temperatura específica, este circuito será controlado por el microcontrolador a través del PIN RE1.

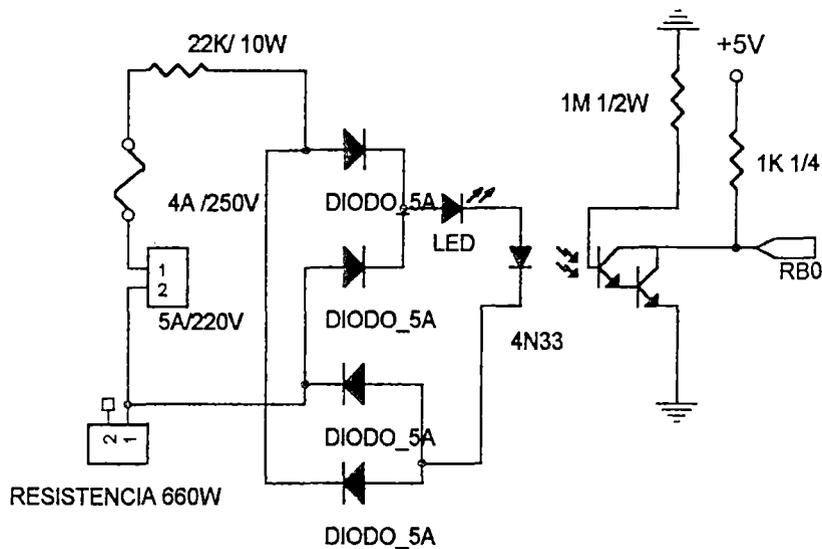
#### Objetivo

Aportar al horno la cantidad de energía necesaria para calentar la solución electrolítica a una temperatura establecida por el Proceso .

Controlar un circuito de corriente alterna con el Microcontrolador 18F452 mediante la implementación de un circuito interfaz.

#### Diseño y explicacion del circuito

Para efectuar el control del horno se empleó el TRIAC BT116, que se encargará de variar la cantidad de energía aportada al proceso, este control utiliza el PIN RE0 del microcontrolador, el cual hará conmutar al transistor 2N3904 conectado a su salida tal como se muestra en la figura 5.11, este transistor controlará la conducción del Optotriac MOC3021 encargado de producir el pulso de disparo en la puerta del TRIAC BT116, Entre los Ánodos del TRIAC se ha previsto de una red RC que actuará como una red antiparásita evitando disparos incontrolados, puesto que el Triac es un interruptor bidireccional que funciona principalmente con corriente alterna, se ha configurado de tal manera que la puerta o "Gate" esta proyectada a una tensión positiva o negativa con respecto al Ánodo 1, esto hará conducir al TRIAC cualquiera que sea la polaridad de la tensión que haya entre sus ánodos.



**Fig. 5.11 Circuito de Potencia de Salida**

#### 5.4.2 DISEÑO DEL CIRCUITO CRUCE POR CERO

Para realizar el control de temperatura, es necesario también detectar el paso por cero de la tensión de la red, para lo cual se implementó este circuito, que servirá como punto de referencia de un nuevo semiciclo de una red.

##### Objetivo

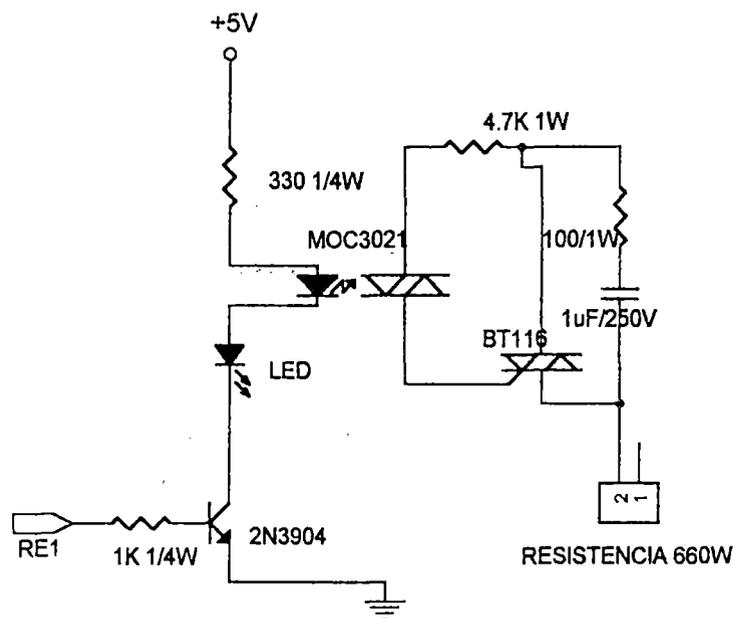
Detectar el punto en el cual la tensión de la red se hace cero para que el microcontrolador sepa a partir de este momento cuanto tiempo ha de transcurrir desde el cruce por cero hasta generar la señal de control por el PIN RE0.

##### Diseño y explicación del circuito

A la salida del Optocoplador 4N33 se coloca una resistencia PULL-UP de tal manera que cuando el Optocoplador este conduciendo a la salida del circuito (RB0) se tiene el nivel lógico '0' y cuando permanezca en su estado

de no conducción por consiguiente se tiene el nivel lógico '1'; esta configuración es como si trabajara un inversor de nivel.

El Optoacoplador 4N33 se encuentra normalmente en conducción siempre que la tensión de la red no cruce por cero, cuando suceda el cruce el Optoacoplador dejará de conducir y por lo mencionado anteriormente a la salida del circuito se obtendrá pulsos de nivel lógico '1' con la misma frecuencia que la tensión de la Red es decir 60 Hz; estos pulsos provocarán una interrupción al microcontrolador el cual mediante una lógica establecida sabrá en que momento habilitará el control de potencia.



**Fig. 5.12 Circuito Cruce por Cero**

De la unión de los dos circuitos se obtendrá el circuito de la figura 5.12, que vendría a ser el Circuito del Sistema de Control de Temperatura.

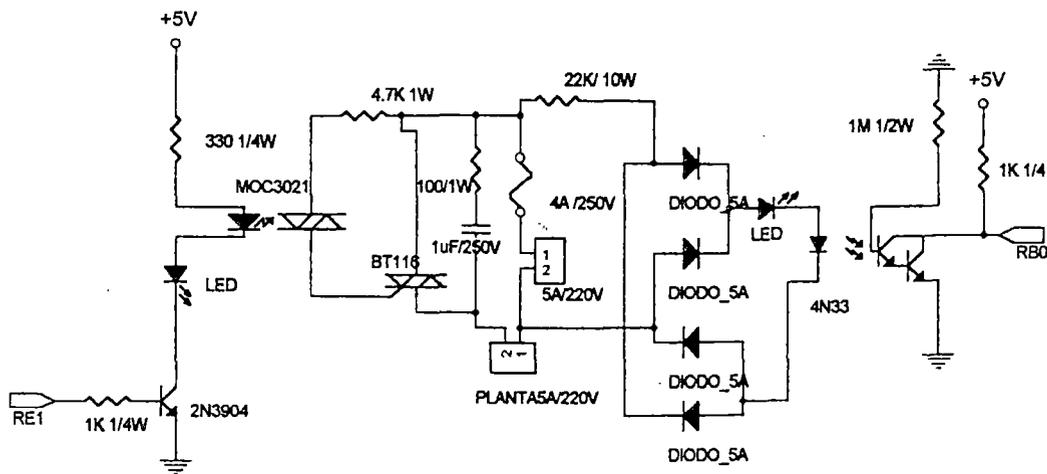


Fig. 5.13 Circuito del Sistema de Control de Temperatura

## 5.5 DISEÑO DEL CIRCUITO INTERFAZ RS232

La Norma RS-232 fue definida para conectar un ordenador a un modem. Para transmitir los datos de una forma serie asíncrona, se utilizará el integrado MAX232, con la finalidad de controlar el desarrollo de los procesos desde el ordenador.

### Objetivo

Establecer la comunicación entre el Microcontrolador y el Ordenador para que ambos dispositivos intercambien las datos de información usadas en el proceso.

### Diseño e implementación del circuito.

Para conectar el ordenador al microcontrolador por el puerto serie se utilizan las señales Tx, Rx y GND, el PC utiliza la norma RS232 por lo que los niveles de tensión de los pines están comprendidos entre +15 y -15V . Los microcontroladores normalmente trabajan con niveles TTL(0.5V), por eso se intercalo un circuito que adapte los niveles , el integrado utilizado es el MAX232, este chip permite adaptar los niveles RS232 y TTL permitiendo conectar un PC con un Microcontrolador , para la implementación del circuito sólo es necesario

este chip y 4 condensadores electrolíticos (10  $\mu$ F), para realizar la conexión entre la PC y nuestro circuito se ha utilizado un cable serie Macho-hembra y en el PCB un conector macho DB9. En la figura 5.14 se puede observar el circuito interfaz RS232 para la comunicación entre la PC y el Microcontrolador.

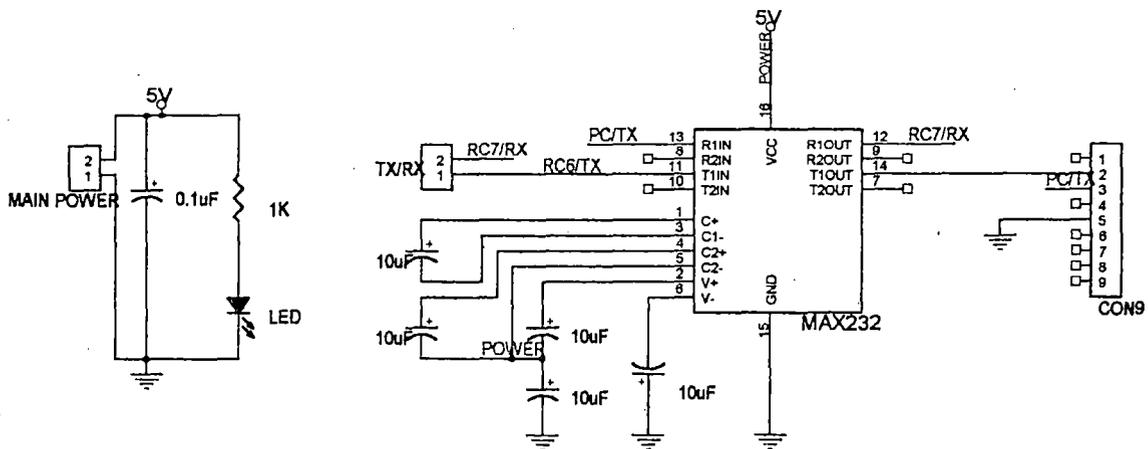


Fig. 5.14 Circuito Interfaz RS232

## 5.6 DISEÑO DEL CIRCUITO DE INICIO DE LOS PROCESOS

Este circuito cumplirá la tarea de ubicar los coordenadas iniciales para un nuevo ciclo del microcontrolador.

### Objetivo

Configurar un circuito LDR y un circuito de tope (fin de carrera) que medirán los puntos de iniciación en el desarrollo de los procesos según la lógica circuital establecida.

### Diseño y explicación del circuito

Para la ubicación de los puntos de inicio que leerá el microcontrolador se ha implementado 1 LDR, que estará ubicado con respecto al Motor 1 y un tope ubicado en el segundo motor, con respecto a la ganchera.



## 5.7 ELABORACIÓN DE LAS TARJETAS IMPRESAS DE LOS CIRCUITOS

Las Tarjetas Impresas se realizaron en el software ORCAD 9.1, el diseño de los circuitos, se realizaron en el Capture (ver en el Apéndice2), posteriormente para el enrutado de las pistas se utilizó el Layout Plus(Ver Apéndice 3).

A continuación se pueden observar las fotografías de las tarjetas impresas que se utilizaron en la experiencia.

### TARJETA DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL SISTEMA

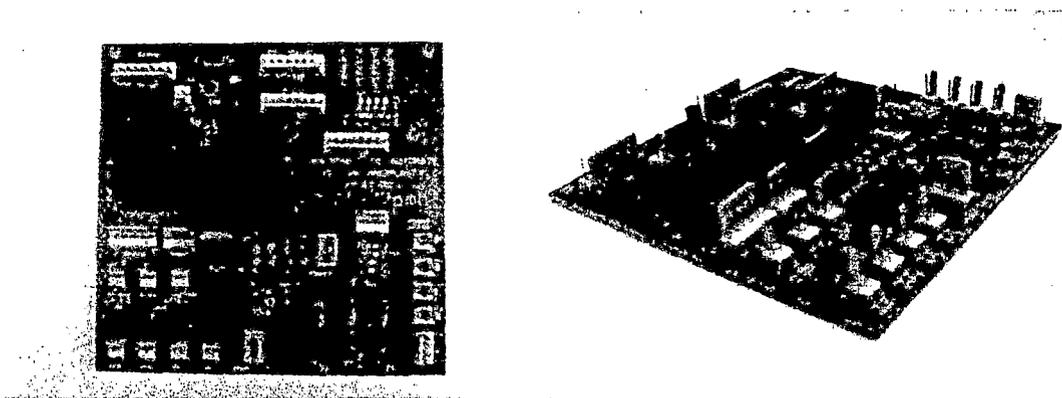


Fig. 5.16 Tarjeta del Circuito de Control del Sistema

### TARJETA DEL CIRCUITO DE DRIVERS DE LOS MOTORES

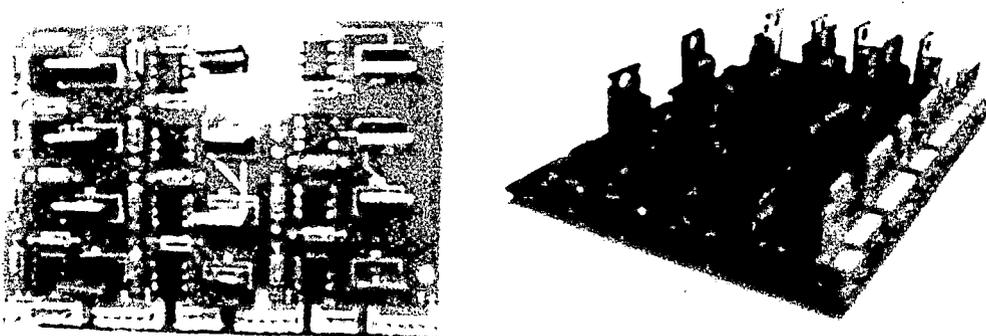
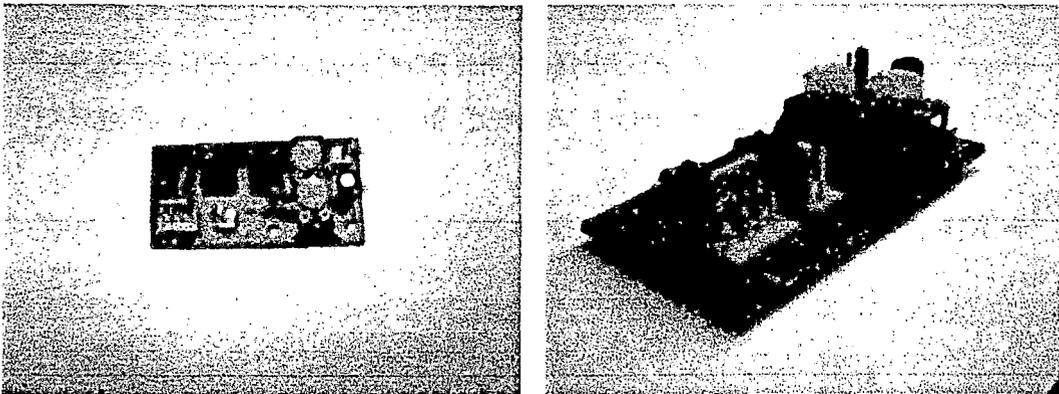


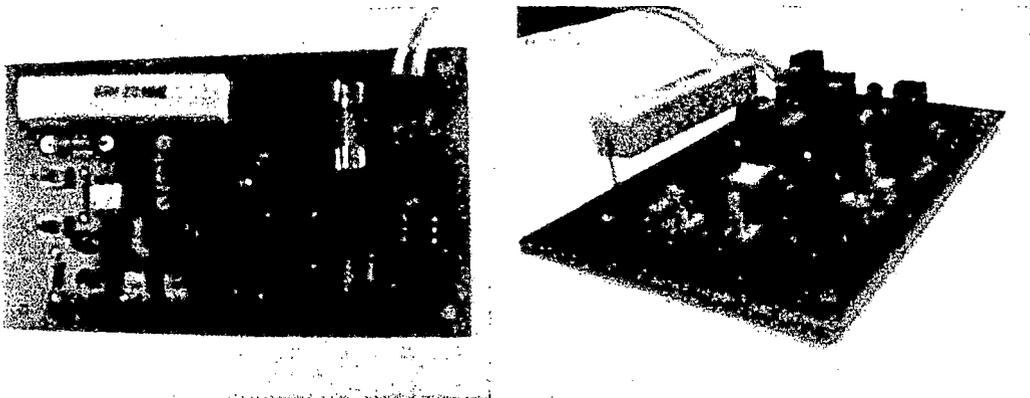
Fig. 5.17 Tarjeta del Circuito de Drivers de Los Motores

**TARJETA DEL CIRCUITO DE MEDICION DE TEMPERATURA**



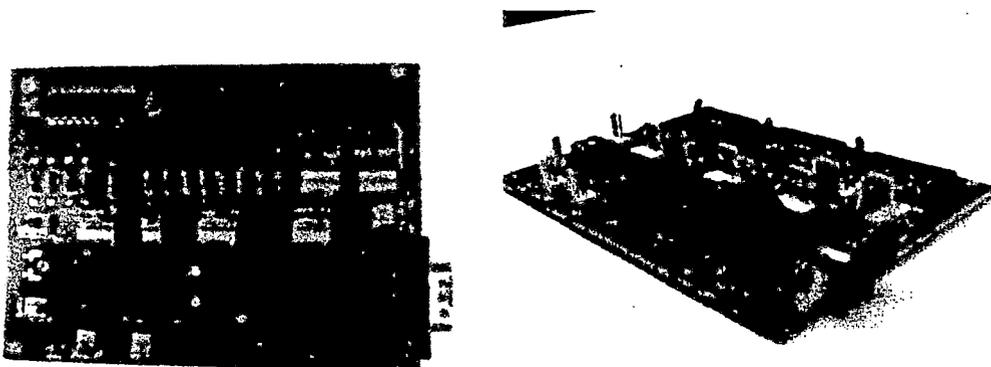
**Fig. 5.18 Tarjeta del Circuito de Medición de Temperatura**

**TARJETA DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA TEMPERATURA**



**Fig. 5.19 Tarjeta del Sistema de Control de la Temperatura**

**TARJETA DE DIVERSOS CIRCUITOS**



**Fig. 5.20 Tarjeta de Diversos Circuitos**

Esta tarjeta posee los siguientes circuitos:

- TARJETA DEL CIRCUITO INTERFAZ RS232
- TARJETA DEL CIRCUITO DE INICIO DE LOS PROCESOS
- TARJETA DEL CIRCUITO DE CONTROL DE LAS FASES DE MOTORES

#### TARJETA DEL CIRCUITO GRABADOR DEL MICROCONTROLADOR

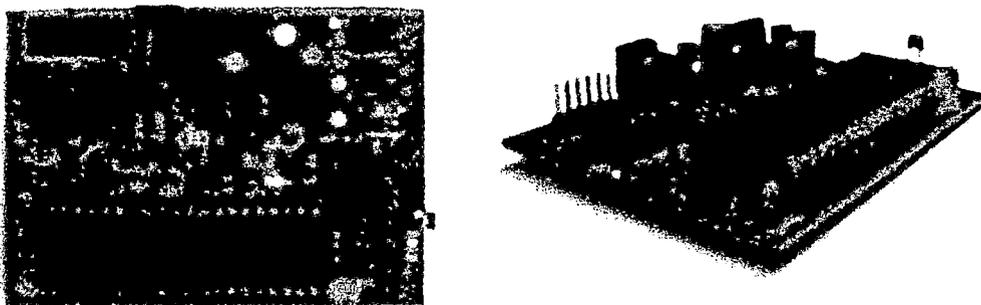
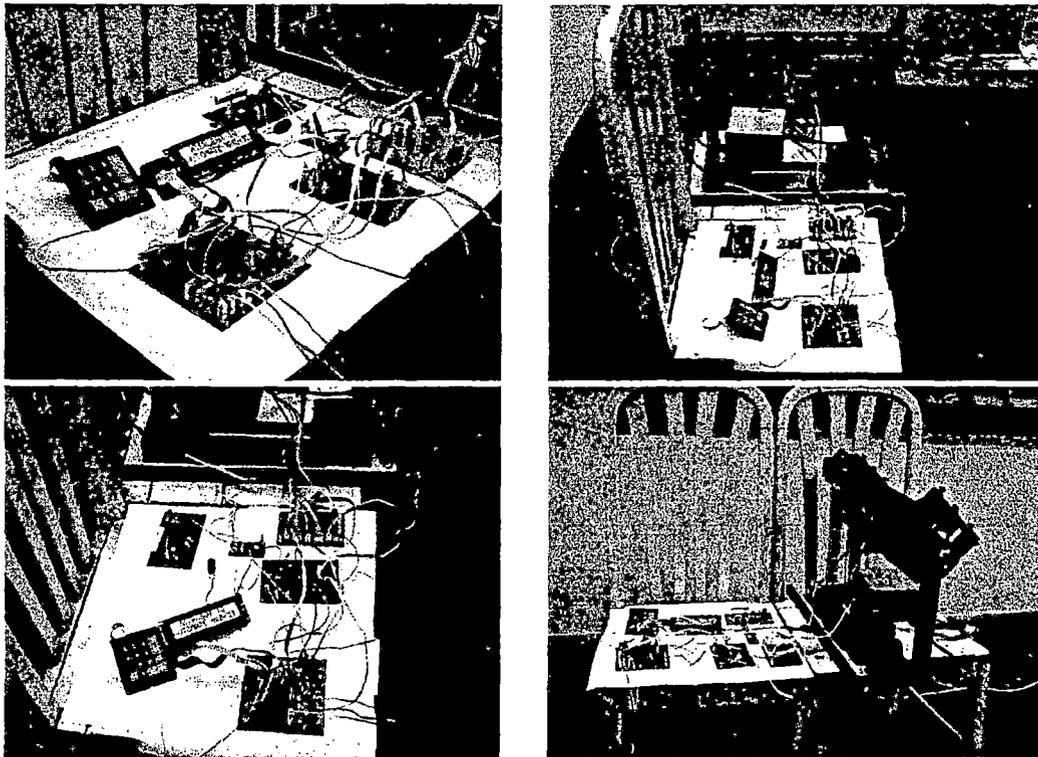


Fig. 5.21 Tarjeta del Circuito Grabador del Microcontrolador

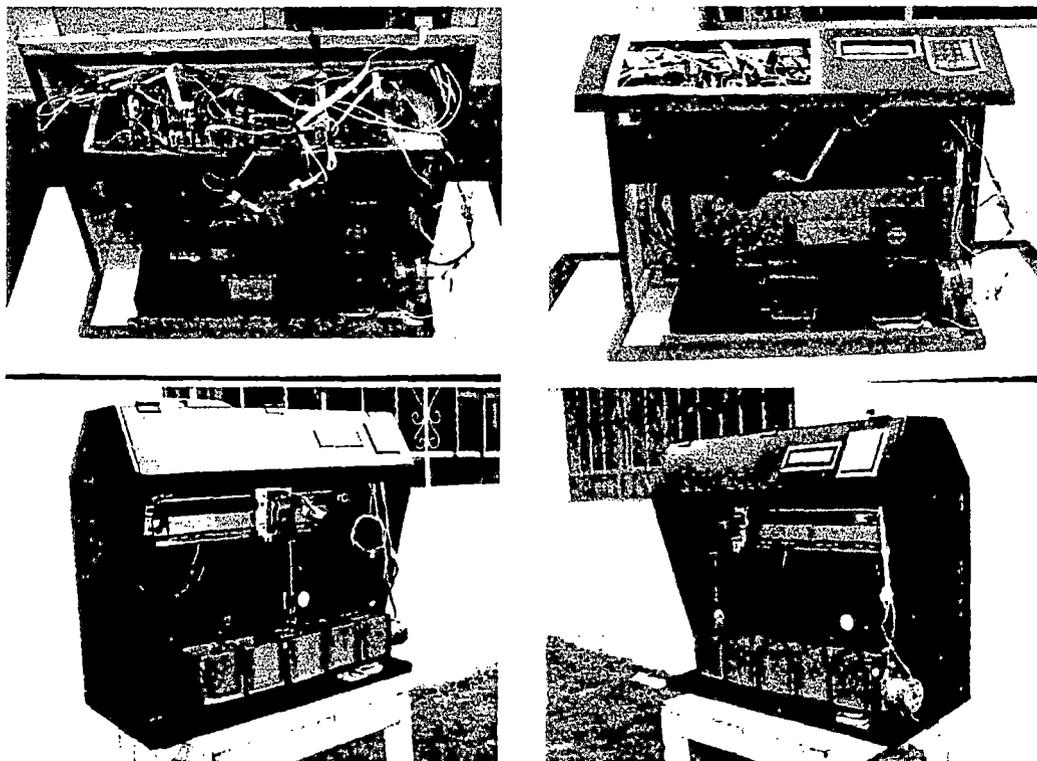
#### 5.10 CONSTRUCCION DE LA MAQUINA

Una vez efectuada la ejecución de las tarjetas y de haberse realizado las pruebas correspondientes de una manera independiente, se procedió a ensamblar las tarjetas , interconectándolas con la Tarjeta de Control del Sistema, para que a través de la programación definida en el microcontrolador se procedan a realizar las pruebas tal como se muestra en las figura 5.22.

Realizada ya las pruebas en la interconexión de las tarjetas y obteniendo resultados esperados, se procedió a ensamblar la máquina, constituida por todo el conjunto de tarjetas, así como la base de metal, la carcasa de madera y plástico, los motores, las cubas y demás elementos tal como se muestra en la figura 5.23, de esta manera se concluyó con la construcción de la Máquina que lleva como nombre "Microbot to Automate of Galvanoplasty Processes MVZ-22pmh".



**Fig.5.22 Interconexión entre las Tarjetas y el Sistema de Control**



**Fig. 5.23 Implementación Final de la Máquina**

### 5.11 CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA

La máquina que lleva como nombre " Microbot to Automate of Galvanoplasty Processes MVZ-22pmh", presenta las siguientes características:

**Características Físicas.-** La Máquina de Automatización esta construida en base a las siguientes características:

- 1 Base de Metal y Plástico.
- 1 carcasa de madera, mica y fibra de vidrio de medidas L: 57.5cm, A: 29.5cm, H: 45cm.
- 3 Recipientes de Plástico de color negro, de medidas L:5.6cm, A:5.6, H:7.5cm.
- 1 Recipiente de Plástico transparente, de medidas L:7cm, A:7cm,H:9.5.
- 1 Recipiente de Metal de color negro, de medidas L:10cm, A:7.5cm,H:7cm.
- 3 Motores de Paso.
- 1 Faja Transportadora de L:48cm.
- 1 LCD-2x16.
- 1 Teclado-4x4.
- 2 Ventiladores-12V.
- 1 Fuente de Alimentación ATX.
- 6 Tarjetas Electrónicas.
  - 1 Tarjeta de Sistema de Control.
  - 1 Tarjeta de Drivers de los Motores.
  - 1 Tarjeta de Medición de Temperatura.
  - 1 Tarjeta de Control de Temperatura.
  - 1 Tarjeta de Diversos Circuitos.
    - Circuito Interfaz RS232.
    - Circuito de Inicio de los Procesos.
    - Circuito de Buffers de los Motores.
- 2 Barras de Cobre Electrolítico.
- 2 Barras de Níquel Electrolítico.
- 200ml Solución de Cobre Electrolítico.
- 180ml Solución de Níquel Electrolítico.

- 1 Resistencia Cerámica de 600W.
- 260ml de Agua.
- 130ml de Agua con Detergente.
- 1 Ganchera de Cobre de 4 ganchos.
- Cables Tipo Flags.

**Características Operativas.**- Consisten en las características propias de las tarjetas electrónicas y de las funciones que realiza la máquina, de dividen a su vez en :

### **Características Eléctricas**

La máquina será alimentada con un tensión de entrada de 220vac monofásica, el cual alimentará a una fuente tipo swiching ATx de computo de 250 Watts.

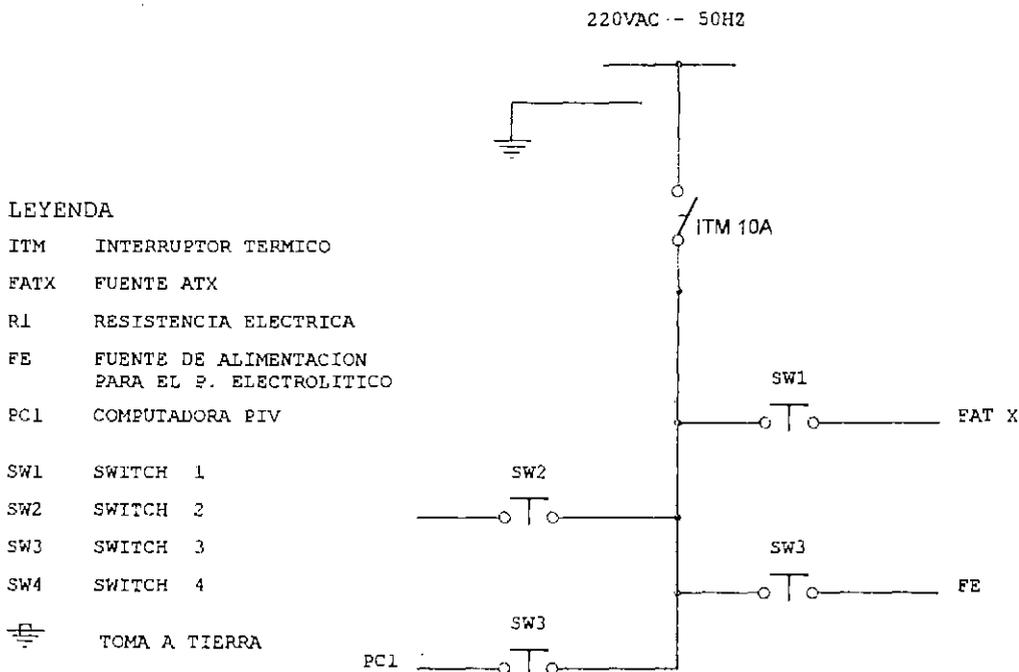
La fuente alimentará a los diversos circuitos electrónicos del Proceso de control automático, control de motores, control de temperatura y sistema de potencia; luego en la parte del control de la temperatura se alimentará con 220vac a una resistencia eléctrica de micrón aislada con loza de 600watts, también alimentará a una fuente de alimentación de 50watts de entrada a 220vac y salida de 12vdc para el proceso de electrólisis. Luego el proceso también es controlado y monitoreado por una PC completa Pentium IV de 500watts a 220vac.

Para analizar el consumo de energía del sistema, se han realizado en forma independiente, las pruebas de consumo en base a la instrumentación utilizadas las diferentes hojas de especificaciones técnicas de cada elemento electrónico participante del proyecto.

Dentro de la instrumentación que se ha utilizado para el desarrollo de pruebas, así como para la búsqueda de valores eléctricos (V,A,etc), se han contado con osciloscopio, multímetro, puntas lógicas.

PARAMETROS	ESPECIFICACIONES
TENSION DE ENTRADA	220VAC
FRECUENCIA DE LINEA	60HZ
CORRIENTE DE CONSUMO	6.36 A.
POTENCIA NOMINAL	1400VA
INTERRUPTOR TERMICO	10A
TENSIONES Y CORRIENTES DE SALIDA	FUENTE ATX 250W 220VAC + 5V 25 A + 12V 10A - 5V 0.30A - 12V 0.30A
	RESISTENCIA ELECTRICA 220VAC 2.73A
	FUENTE ELECTROLISIS 220VAC 0.23A
	PC PENTIUM IV 220VAC 2.27A

Se puede apreciar a continuación el diagrama unifilar del sistema eléctrico



A continuación se puede apreciar las características eléctricas de los elementos electrónicos utilizados en la experiencia.

**Características eléctricas del Microcontrolador PIC 18F452**

Ambient temperature under bias.....	-55°C to +125°C
Storage temperature .....	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to Vss (except VDD, MCLR, and RA4) .....	-0.3V to (VDD + 0.3V)
Voltage on VDD with respect to Vss .....	-0.3V to +7.5V
Voltage on MCLR with respect to Vss (Note 2) .....	0V to +13.25V
Voltage on RA4 with respect to Vss .....	0V to +8.5V
Total power dissipation (Note 1) .....	1.0W
Maximum current out of Vss pin .....	300
Maximum current into VDD pin .....	250 mA
Input clamp current, I <sub>IK</sub> (V <sub>I</sub> < 0 or V <sub>I</sub> > VDD).....	±20 mA
Output clamp current, I <sub>OK</sub> (V <sub>O</sub> < 0 or V <sub>O</sub> > VDD) .....	±20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin.....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin .....	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB, and PORTE (Note 3) (combined) .....	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB, and PORTE (Note 3) (combined).....	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (Note 3) (combined).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (Note 3) (combined).....	200 mA

**Características eléctricas del LM335**

Parameter	Conditions	LM135/LM235			LM335			Units
		LM135A/LM235A			LM335A			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	400 µA; I <sub>Q</sub> ≤ 5 mA		2.5	10		3	14	mV
Change with Current	At Constant Temperature							
Dynamic Impedance	I <sub>Q</sub> = 1 mA		0.5			0.6		Ω
Output Voltage Temperature Coefficient			+10			+10		mV/°C
Time Constant	Still Air		80			80		sec
	100 ft/Min Air		10			10		sec
	Stirred Oil		1			1		sec
Time Stability	T <sub>C</sub> = 125°C		0.2			0.2		°C/chr

**Características eléctricas del LM741**

Parameter	Symbol	Conditions	LM741C/LM741I			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V <sub>IO</sub>	R <sub>S</sub> ≤ 10KΩ	-	2.0	6.0	mV
		R <sub>S</sub> ≤ 50Ω	-	-	-	
Input Offset Voltage Adjustment Range	V <sub>IO(R)</sub>	V <sub>CC</sub> = ±20V	-	±15	-	mV
Input Offset Current	I <sub>IO</sub>	-	-	20	200	nA
Input Bias Current	I <sub>BIAS</sub>	-	-	80	500	nA
Input Resistance (Note 1)	R <sub>I</sub>	V <sub>CC</sub> = ±20V	0.3	2.0	-	MΩ
Input Voltage Range	V <sub>I(R)</sub>	-	±12	±13	-	V

## Características eléctricas del 4N33

### Input

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Forward voltage	$I_F = 50 \text{ mA}$	$V_F$		1.25	1.5	V
Reverse current	$V_R = 3.0 \text{ V}$	$I_R$		0.1	100	$\mu$
Capacitance	$V_R = 0 \text{ V}$	$C_D$		25		pF

### Coupler

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Colector emitter saturation voltage		$V_{CEsat}$		1.0		V
Coupling capacitance				1.5		pF

## Características eléctricas del MOC3022

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS							
Parameters	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
<b>EMITTER</b>							
Input Forward Voltage	$I_F = 10 \text{ mA}$	$V_F$	All		1.15	1.5	V
Reverse Leakage Current	$V_R = 3 \text{ V}, T_A = 25 \text{ C}$	$I_R$	All		0.01	100	$\mu\text{A}$
<b>DETECTOR</b>							
Peak Blocking Current, Either Direction	Rated $V_{DRM}, I_F = 0$ (note 1)	$I_{DRM}$	All		10	100	nA
Peak On-State Voltage, Either Direction	$I_{TM} = 100 \text{ mA peak}, I_F = 0$	$V_{TM}$	All		1.8	3	V

## Características eléctricas del BT136

### STATIC CHARACTERISTICS

$T_J = 25 \text{ C}$  unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.		UNIT
$I_{GT}$	Gate trigger current	BT136- $V_D = 12 \text{ V}; I_T = 0.1 \text{ A}$			...	...F	
		T2+ G+	-	5	35	25	mA
		T2+ G-	-	8	35	25	mA
		T2- G-	-	11	35	25	mA
$I_L$	Latching current	$V_D = 12 \text{ V}; I_{GT} = 0.1 \text{ A}$					
		T2- G+	-	30	70	70	mA
		T2+ G+	-	7	20	20	mA
		T2+ G-	-	16	30	30	mA
$I_H$	Holding current	$V_D = 12 \text{ V}; I_{GT} = 0.1 \text{ A}$					
		T2- G-	-	5	20	20	mA
$V_T$	On-state voltage	$I_T = 5 \text{ A}$	-	1.4	1.70		V
		$V_D = 12 \text{ V}; I_T = 0.1 \text{ A}$	-	0.7	1.5		V
$V_{GT}$	Gate trigger voltage	$V_D = 400 \text{ V}; I_T = 0.1 \text{ A}; T_J = 125 \text{ C}$	0.25	0.4	-		V
		$V_D = V_{DRM(max)}; T_J = 125 \text{ C}$	-	0.1	0.5		mA
$I_D$	Off-state leakage current	$V_D = V_{DRM(max)}; T_J = 125 \text{ C}$	-	0.1	0.5		mA

**Características eléctricas del 2N3904**

## ON CHARACTERISTICS\*

$h_{FE}$	DC Current Gain	$I_C = 0.1 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 50 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 100 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$	40 70 100 60 30	300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$		0.2 0.3	V V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$	0.65	0.85 0.95	V V

**Características eléctricas del TIP110**

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CE0(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage : TIP110 : TIP111 : TIP112	$I_C = 30 \text{ mA}, I_B = 0$	60 80 100		V V V
$I_{CEO}$	Collector Cut-off Current : TIP110 : TIP111 : TIP112	$V_{CE} = 30 \text{ V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 40 \text{ V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 50 \text{ V}, I_B = 0$		2 2 2	mA mA mA
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current : TIP110 : TIP111 : TIP112	$V_{CB} = 60 \text{ V}, I_E = 0$ $V_{CB} = 80 \text{ V}, I_E = 0$ $V_{CB} = 100 \text{ V}, I_E = 0$		1 1 1	mA mA mA
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{BE} = 5 \text{ V}, I_C = 0$		2	mA
$h_{FE}$	DC Current Gain	$V_{CE} = 4 \text{ V}, I_C = 1 \text{ A}$ $V_{CE} = 4 \text{ V}, I_C = 2 \text{ A}$	1000 500		
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 2 \text{ A}, I_B = 8 \text{ mA}$		2.5	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter ON Voltage	$V_{CE} = 4 \text{ V}, I_C = 2 \text{ A}$		2.8	V
$C_{ob}$	Output Capacitance	$V_{CB} = 10 \text{ V}, I_E = 0, f = 0.1 \text{ MHz}$		100	pF

**Características Funcionales.-** El funcionamiento de la máquina, comienza por la visualización de la presentación de la máquina, invitando al usuario a elegir el modo de funcionamiento con el que la máquina va a operar, pudiendo ser:

- **Modo Manual.-** La máquina es controlada netamente por el usuario quien ingresará los datos mediante el teclado y visualizar los resultados por el LCD esta información será procesada por el microcontrolador, dando como resultado una respuesta a las teclas del teclado.
- **Modo Automático .-** La máquina es controlada netamente por el microcontrolador realizando las tareas específicas según la necesidad de los procesos, los datos iniciales (tipo de recubrimiento, cantidad de elementos, etc) serán indicados por el usuario después de esto la máquina comenzará a funcionar y se detendrá cuando haya culminado el proceso.

- **Modo Computador.**- La máquina es controlada netamente por un Computador personal, quien a través de una interfaz RS232 para comunicarse con el PIC controlará el desarrollo de las tareas que se realizan en la planta.

## 5.12 RESUMEN

El diseño y la implementación de la máquina se ha desarrollado en base a circuitos distribuidos de manera secuencial, estos circuitos funcionan de manera independiente con respecto a los puertos de interconexión entre el controlador (PIC18F452) y los periféricos de entrada y salida.

Al comienzo se inició el diseño de circuitos de manera manual, según la referencia de algunos libros utilizados. Se diseñó circuitos en el ORCAD-Capture, luego se desarrolló la implementación de los circuitos en el Protoboard, se hicieron pruebas correspondientes, estas se realizaban independientemente al control del PIC, una vez definido el diseño de las tarjetas se desarrolló el enrutado de las vías por intermedio del ORCAD-Layout, después se realizó la elaboración de los procesos químicos obteniendo las tarjetas impresas, finalmente se soldaron los elementos electrónicos.

Durante el desarrollo del sistema se procedió a realizar las pruebas, con la finalidad de lograr el óptimo funcionamiento de la máquina; identificando así mismo los parámetros que definirían los procesos, con respecto al grado de temperatura de los procesos electrolíticos, el control de los tiempos, el control de los movimientos de la ganchera, etc.

Finalmente se procedió a implementar la máquina, ensamblando las tarjetas en un base de metal y una carcasa de madera y plástico, la máquina sufrió una serie de cambios respecto a su construcción inicial, debido a una serie de inconvenientes (p.e cableado de flags, ubicación de las cubas, etc) que se fueron resolviendo, implementando al final la construcción de una máquina con características bien definidas como se muestran en la figura 5.23.

## **CAPITULO VI**

### **DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE AUTOMATIZACION**

La ejecución de los procesos de automatización se realizaron de acuerdo a las tareas que se desarrollan en una Planta de Galvanotecnia; la explicación de los procesos automatizados se describen a continuación de manera individual, posteriormente se explica el funcionamiento de todo el sistema.

#### **6.1 INICIO AUTOMATICO DE LOS PROCESOS**

El sistema permitirá el inicio de cada ciclo de funcionamiento en base a un sistema de posiciones iniciales, que serán ubicados según dos circuitos, uno en base a un sensor de luminosidad (LDR) y el otro en base a un circuito de tope (fin de carrera), estos elementos se encontrarán ubicados en puntos estratégicos de la máquina.

El LDR se ubicará en la parte superior izquierda de la máquina, tal como se visualiza en la figura 6.1, el cual estará continuamente alumbrado por la acción de un LED (permitiendo de esta manera al sistema trabajar en lugares donde no exista mucha luz), por lo cual el LDR se encontrará en un estado de baja impedancia; cuando el motor N°2 se encuentre ubicado en la posición x0,

interrumpirá el alumbrado del LED hacia el LDR ocasionando que el LDR pase a un estado de alta impedancia y generando un nivel de interrupción en el microcontrolador, ubicando de esta manera el primer punto de inicio de un nuevo ciclo.

El circuito de tope se establecerá mediante el cierre de un circuito (como un interruptor), este tope estará acoplado a la ganchera, tal que cuando suba a su posición inicial cerrará el circuito ubicando de esta manera el segundo punto de inicio que necesita el microcontrolador para realizar un nuevo ciclo de funcionamiento. Para que el sistema desarrolle un nuevo ciclo (ciclo repetitivo), es necesario que estos dos puntos de inicio se activen.



Fig. 6.1 Fotografía del LDR para el Inicio del Sistema

## 6.2 TRANSPORTE DE LA GANCHERA

La ganchera es un conductor de cobre, que mediante alambres en forma de ganchos soldados a este, va a sostener los diferentes elementos que van a ser recubiertos. Este conductor estará cargado negativamente (cátodo), para que cuando ingrese a las cubas con soluciones electrolíticas, se genere la electrolisis debido a que se encontrarán placas de cobre o níquel cargados positivamente (ánodo).

El desplazamiento de la ganchera se realizará de acuerdo al accionamiento de dos actuadores (motores PAP), el motor N°1 es el encargado de desplazar la faja de distribución con respecto al eje X, el motor N°2 se encargará del

desplazamiento con respecto al eje Y; la ganchera se desplazará de acuerdo al funcionamiento de cualquiera de los motores.

Inicialmente como se explicó en el inicio automático del sistema, se activará el motor N°1 (eje +X) desplazándose la ganchera hasta la ubicación de la cuba N°1 ( $x_1$ ), donde se detendrá para que seguidamente se desplace por el eje -Y hasta una altura específica (dependerá de la altura de la cuba), donde se detendrá el motor (-y1). En la figura 6.2 podemos observar la forma en que se desplazará la ganchera por las diferentes cubas.

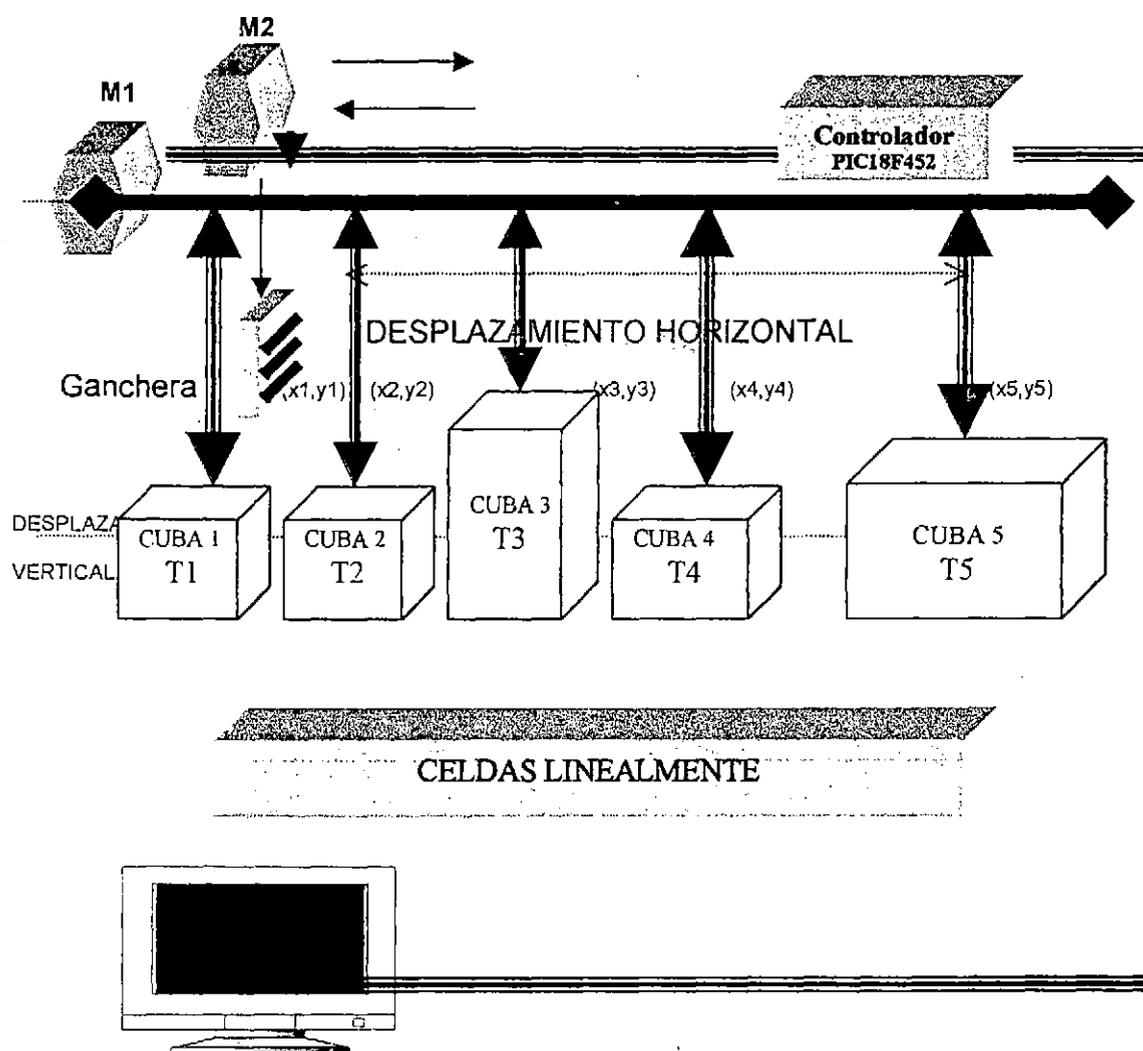


Fig. 6.2 Desplazamiento de la Ganchera

En este intervalo de tiempo la ganchera permanecerá dentro de la cuba 1 donde se realizará el desengrase de los metales a recubrir, cuando haya culminado este proceso (controlado por temporización) se activará de nuevo el motor N°2 subiendo(eje +Y, y1) la ganchera hasta la posición del ventilador donde se detendrá unos segundos para que se seque el metal, se volverá a activar el motor N°2 sobre el eje +Y hasta llegar cerrar el circuito del LDR, activando la señal de stop del motor; en este preciso momento se activará el motor N°1, desplazándose sobre el eje X, hasta la posición de la Cuba N°2(x2), donde se detendrá el motor, continuando similarmente el proceso de desplazamiento de la ganchera en los demás procesos como son Cuba N°2 (x2,y2), N°3 (x3,y3), N°4 (x4,y4), N°5 (x5,y5); en las cubas N°3 y N°5 el intervalo de tiempo se extenderá de acuerdo al tiempo en que se demore la electrolisis propiamente dicha.

Cuando la ganchera haya terminado con la electrolisis (níquelado) , se desplazará en el eje +Y hasta llegar a la etapa de ventilación, donde se realizará el secado del metal deteniéndose el motor por unos segundos ; una vez relizado este proceso la ganchera seguirá subiendo hasta cerrar circuito LDR deteniendosé el motor N°2 (x5) y activándose el motor N°1 que desplazará a la ganchera en el plano -X, hasta llegar a la posicion del LDR 1 (x1) donde se detendrá el sistema. En la figura 6.3 podemos observar los diferentes desplazamientos que seguirá la ganchera:

CUBA	DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL	DESPLAZAMIENTO VERTICAL BAJADA /SUBIDA	TIEMPO DE PERMANENCIA EN LA CUBA
	X0	Y0	T0
1	X1	Y1	T1
2	X2	Y2	T2
3	X3	Y3	T3
4	X4	Y4	T4
5	X5	Y5	T5

**Fig. 6.3 Cuadro de los diferentes desplazamientos de la ganchera**

### 6.3 MODO DE OPERACION DEL SISTEMA

Los modos de operación con los que cuenta el sistema son 3 y se describen a continuación:

**Modo Manual.-** Permite al operador interactuar con el sistema de manera manual, donde los procesos a desarrollar serán controlados por el teclado, que se encontrará así mismo programado para realizar funciones (podemos observar el manual de instrucciones de la máquina).

**Modo Automático.-** Permite al microcontrolador desarrollar todo el control del sistema; al inicio se introducirá los datos iniciales ( como el tipo de recubrimiento, etc). El microcontrolador estará programado de acuerdo a las características del proceso que se va a seleccionar; todo el sistema funcionará automáticamente, desde el desengrase del metal hasta el secado del recubrimiento, además se podrá tener la opción de introducir cuantos procesos se desee realizar (podemos observar el manual de instrucciones de la máquina).

**Modo Computador.-** Permite al operador monitorear el sistema desde un computador (PC), mediante la comunicación serial (RS232) entre el computador y el microcontrolador, cuando se active este modo de operación, permitirá al computador controlar los procesos de una manera automática o manual similarmente a los procedimientos explicados para el microcontrolador (podemos observar el manual de instrucciones de la máquina).

### 6.4 INTRODUCCION Y VISUALIZACION DE DATOS

Para operar el sistema en cualquiera de sus modos de funcionamiento, la maquina requerirá información mediante la visualización y la introducción de datos que el operador realice.

Los datos que mostrará el sistema serán visualizados por un LCD alfanumérico, de 2x16 líneas, e introducidos por un teclado matricial de 4x4; el control y manejo de los mismos dependerá del microcontrolador PIC18F452 que mediante una programación estructurada y el diseño de un circuito establecido permitirá la realización de estos procesos. En la figura 6.4 se puede apreciar los puertos de interconexión entre el Teclado y el Microcontrolador.

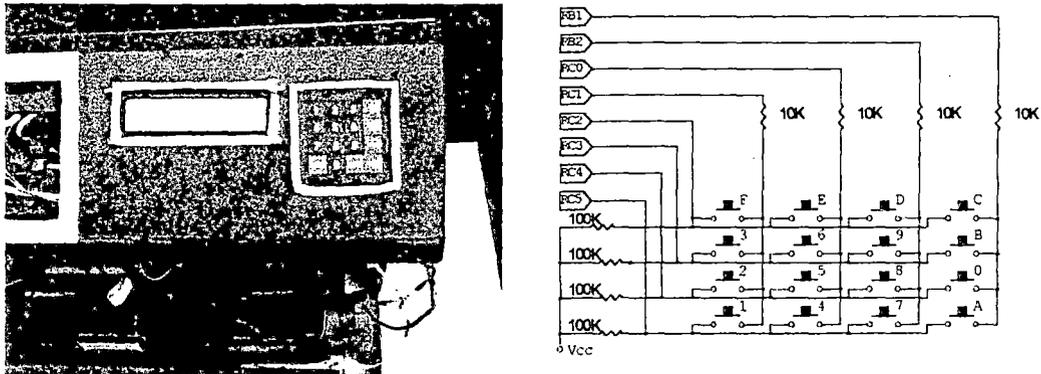


Fig. 6.4 Fotografía LCD-Teclado, Circuito de Teclado

## 6.5 SISTEMA DE MEDICION Y CONTROL DE TEMPERATURA

En algunos procesos electrolíticos, las soluciones requieren estar a determinadas temperaturas de trabajo; para nuestro caso de experimentación se ha considerado para el proceso de niquelado, trabajar en el intervalo de 60-70°C. Por esta razón se implementó un sistema de horno, para calentar dicha solución, que a la vez deberá dejar de funcionar cuando la solución haya conseguido la temperatura necesaria para una electrolisis óptima.

El control de sistema de temperatura funcionará como un sistema retroalimentado donde inicialmente se activará mediante la puerta RE1 del microcontrolador una señal para calentar la solución, una vez que se haya llegado a establecer la temperatura necesaria, el sensor LM335 medirá la temperatura entre los 60-70°C, enviando otra señal por el puerta RB0 y desactivando de esta manera al horno.

En la figura 6.5 se puede observar las fases de medición y control del sistema de temperatura.

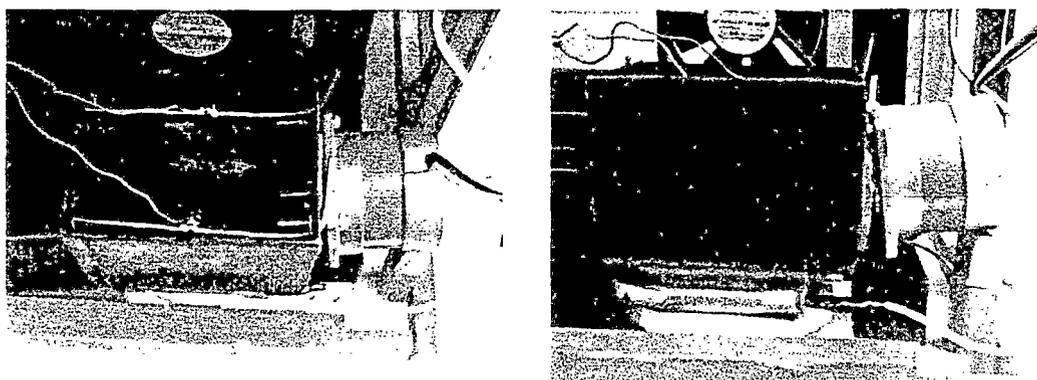


Fig. 6.5 Fotografías del Sistema de medición y control de Temperatura

## 6.6 SECADO DEL METAL

La implementación de dos ventiladores realizarán el secado de las piezas en dos etapas del proceso.

En la primera etapa el ventilador N°1 realizará el secado, después del desengrase que se ha realizado y antes de pasar al enjuague con la finalidad de eliminar el detergente impregnado sobre el metal y evitar que se contamine el agua para próximos enjuagues.

En la segunda etapa el ventilador N°2 secará las piezas ya recubiertas, culminando el proceso y obteniendo el producto final; se puede observar estos dos ventiladores en la figura 6.6; estos dos ventiladores serán controlados por el PIC18F452.

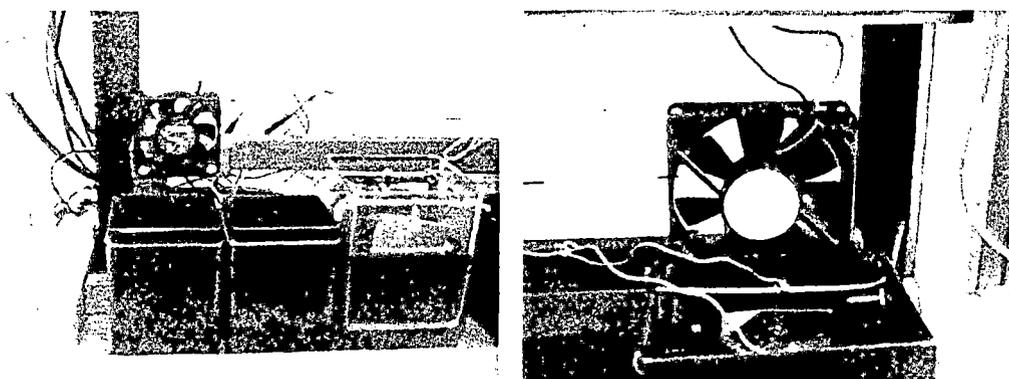


Fig. 6.6 Fotografía del sistema de secado

## 6.7 REMOCION DE ELECTROLITOS

Para un mejor recubrimiento de los metales, algunas soluciones tienen que ser continuamente removidas para desconcentrar los electrolitos; en la etapa de niquelado se ha establecido de un motor internamente en la cuba para remover dichos electrolitos(funcionar como una lavadora a 70°C). Se puede observar en la figura 6.7, la ubicación del motor que con una paleta acoplada en su eje, removerá la solución.

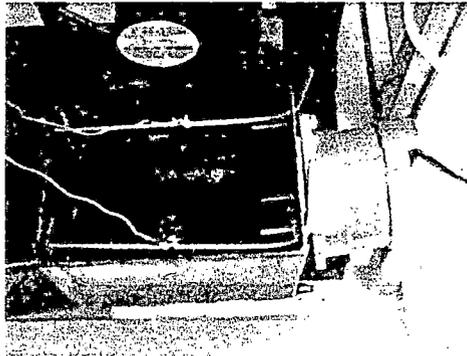


Fig. 6.7 Fotografía de remoción de electrolitos

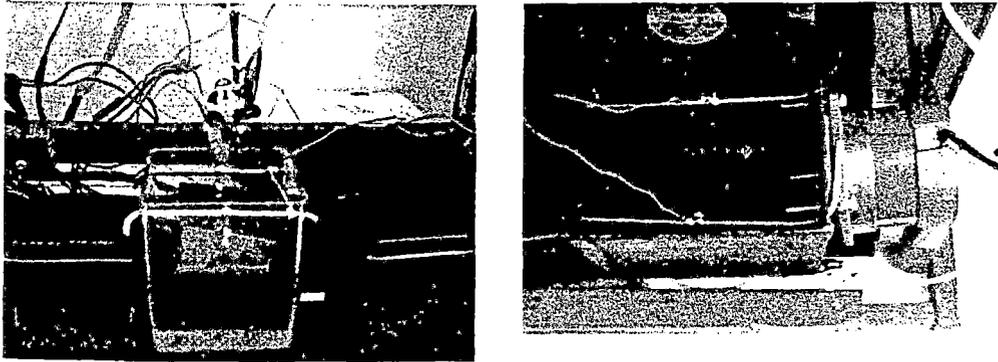
## 6.8 PROCESO DE RECUBRIMIENTO ELECTROLITICO

Consiste en automatizar todos los procesos íntegramente participantes en el baño electrolítico, dentro de los cuales podemos mencionar:

- **Activación de la Batería.**- Mediante la cual se alimentará a la ganchera negativamente (cátodo) y a las placas electrolíticas positivamente (ánodo), durante el tiempo de permanencia de la ganchera dentro de la cuba en que se realice la electrolisis.

- **Temporización de Permanencia.**- Mediante la cual el microcontrolador mantendrá inmóvil a la ganchera dentro de la cuba, por los minutos que necesite el baño electrolítico para recubrir en óptimas condiciones a las piezas a recubrir.

El control de los tiempos y las características eléctricas, en los baños electrolíticos es muy importante porque de ellos dependerá el acabado del baño.



**Fig. 6.8 Fotografía de los Baños Electrolíticos**

## 6.9 RESUMEN

La realización de los procesos de automatización de las tareas de una planta de galvanotécnica, se desarrollaron en base a una lógica secuencial de procesos, siendo estos controlados por el PIC 18F452.

Al inicio de la realización de los procesos, se realizaron diversos estudios dentro de las plantas de galvanotécnica de la pequeña y mediana industria; se analizaron los procesos con respecto a los factores de costo, tiempo, calidad, contaminación del ambiente y de personal, etc; planificando los procesos que se iban a desarrollar y construyendo la máquina de automatización según las necesidades encontradas.

Durante la realización del sistema se realizaron las diferentes pruebas, bloque por bloque, con la finalidad de que de acuerdo a la experiencia se puedan definir parámetros de trabajo de la máquina (tiempo, velocidad, temperatura, etc), para priorizar la realización de los procesos mediante la corrección y simplificación de algunos procesos. La experiencia demostró por ejemplo, que el tiempo de recubrimiento en las cubas tiene que ser preciso de acuerdo a un intervalo establecido, si existe poco tiempo en el recubrimiento el acabado presentará muchas despigmentaciones en el color y si se realiza a demasiado tiempo puede que las piezas comiencen a corroerse.

Al final de la implementación, del sistema se realizaron pruebas para baños como el cobreado y el niquelado dando resultados óptimos, y fijando así mismo los parámetros que serian introducidos a la programación del PIC. Los procesos ya estaban establecidos de esta manera, procediéndose a controlar los procesos desde el computador mediante el software Open-GL concluyendo finalmente la realización del sistema.

## **CAPITULO VII**

### **DESARROLLO DE LA PROGRAMACION DEL MICROCONTROLADOR PIC18F452**

El PIC18F452 posee un repertorio de 77 instrucciones que tienen un tamaño de 16 bits (palabra de 2 bytes). No obstante, hay 4 instrucciones que tienen un tamaño de 2 palabras de 16 bits.

Mantiene compatibilidad del software a nivel de código Ensamblador y de lenguaje C, no hay compatibilidad a nivel de código Objeto; existe máxima eficiencia del compilador C, que se considera 50% superior al de los PIC16Fxx, posee una elevada productividad, llegando a funcionar a 40 MHz y alcanzando un rendimiento de 10 MIPS a 10 MHz.

#### **7.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA**

El diagrama de flujo de la programación del microcontrolador PIC 18F452, responde al requerimiento que los procesos requieren para poder ser controlados.

El siguiente diagrama de flujo consta de 6 sub diagramas, desarrollados de acuerdo al funcionamiento de la máquina de una forma secuencial.

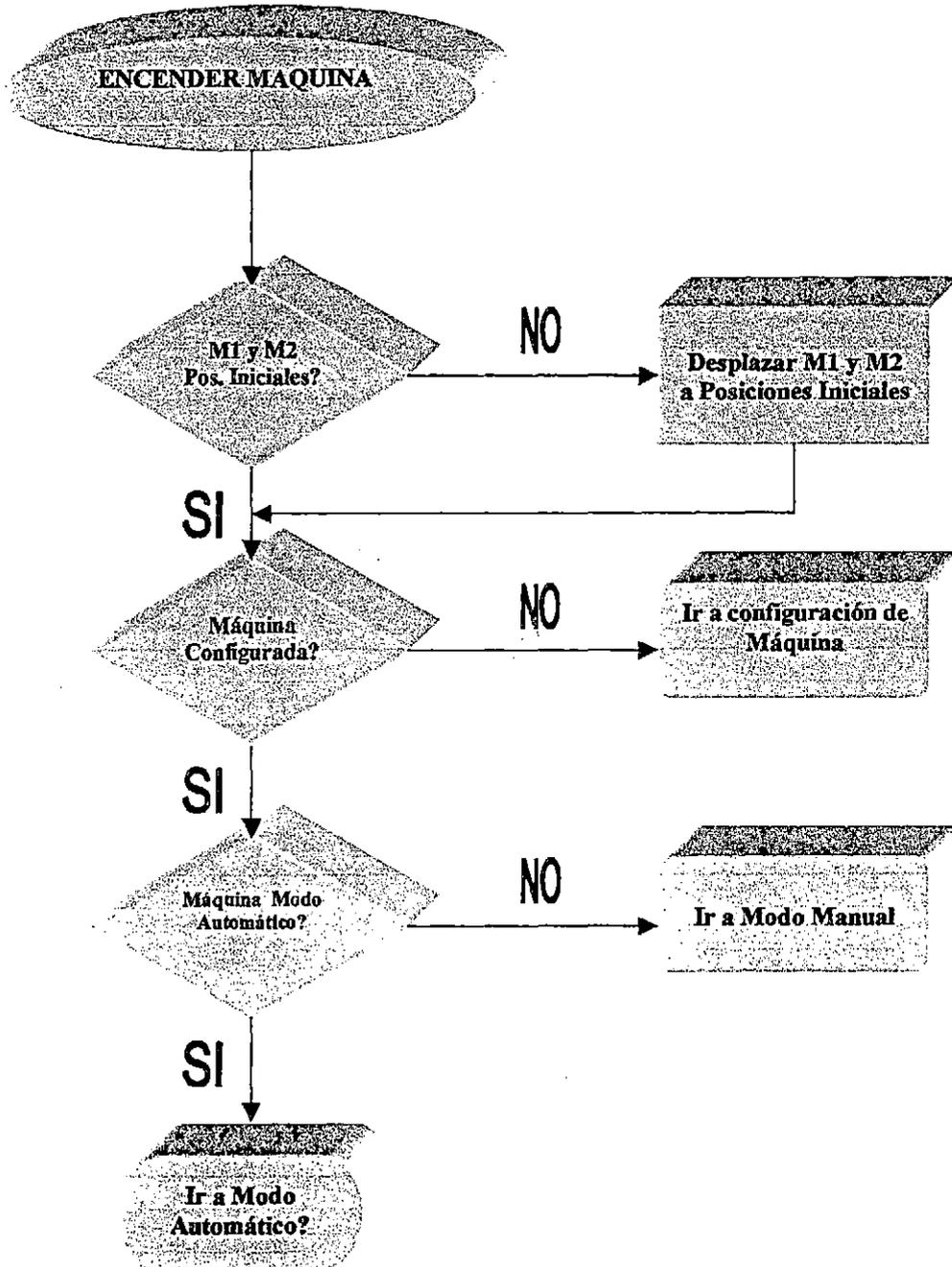


Fig. 7.1 Diagrama de Flujo del Encendido de la Máquina

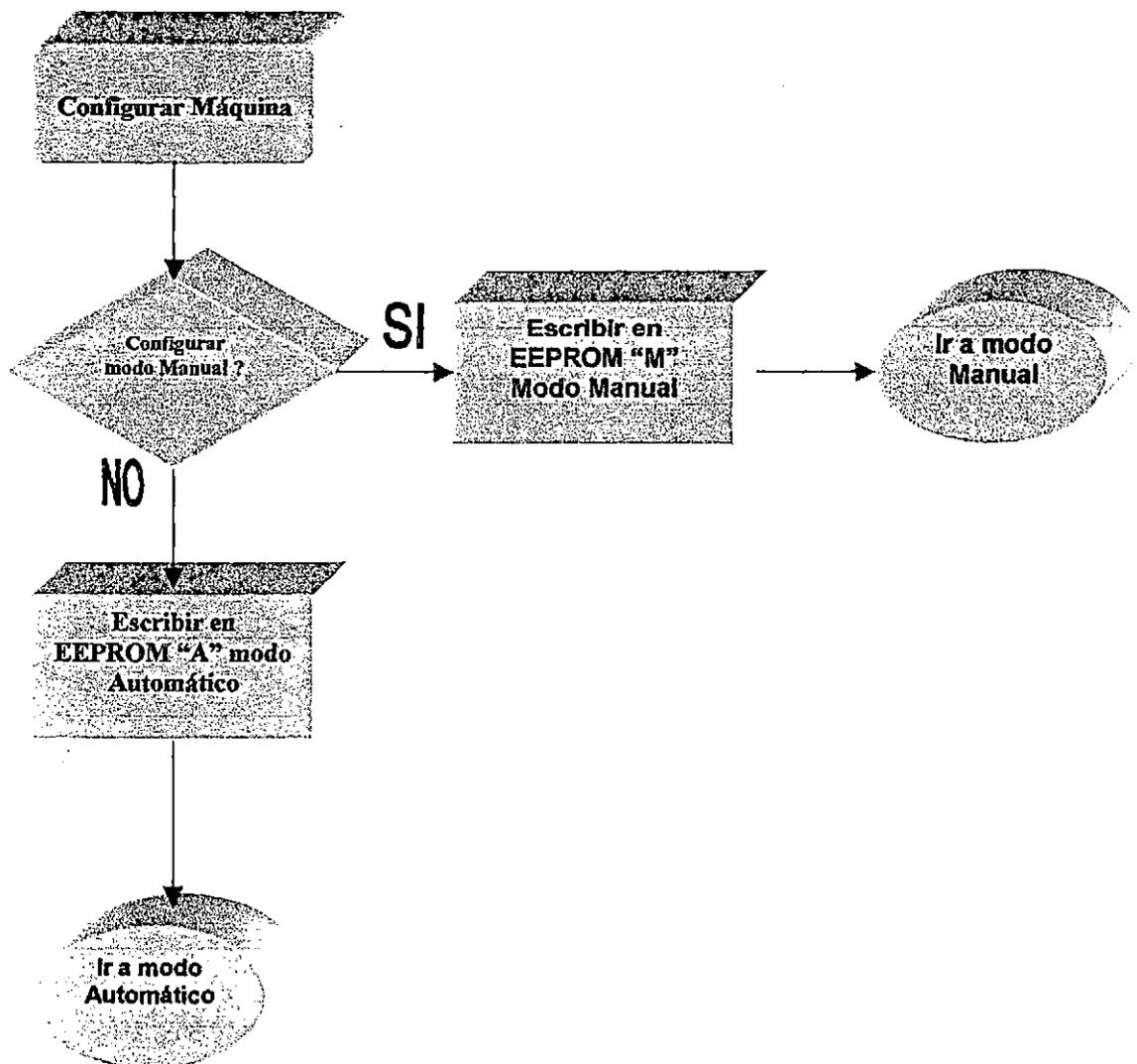
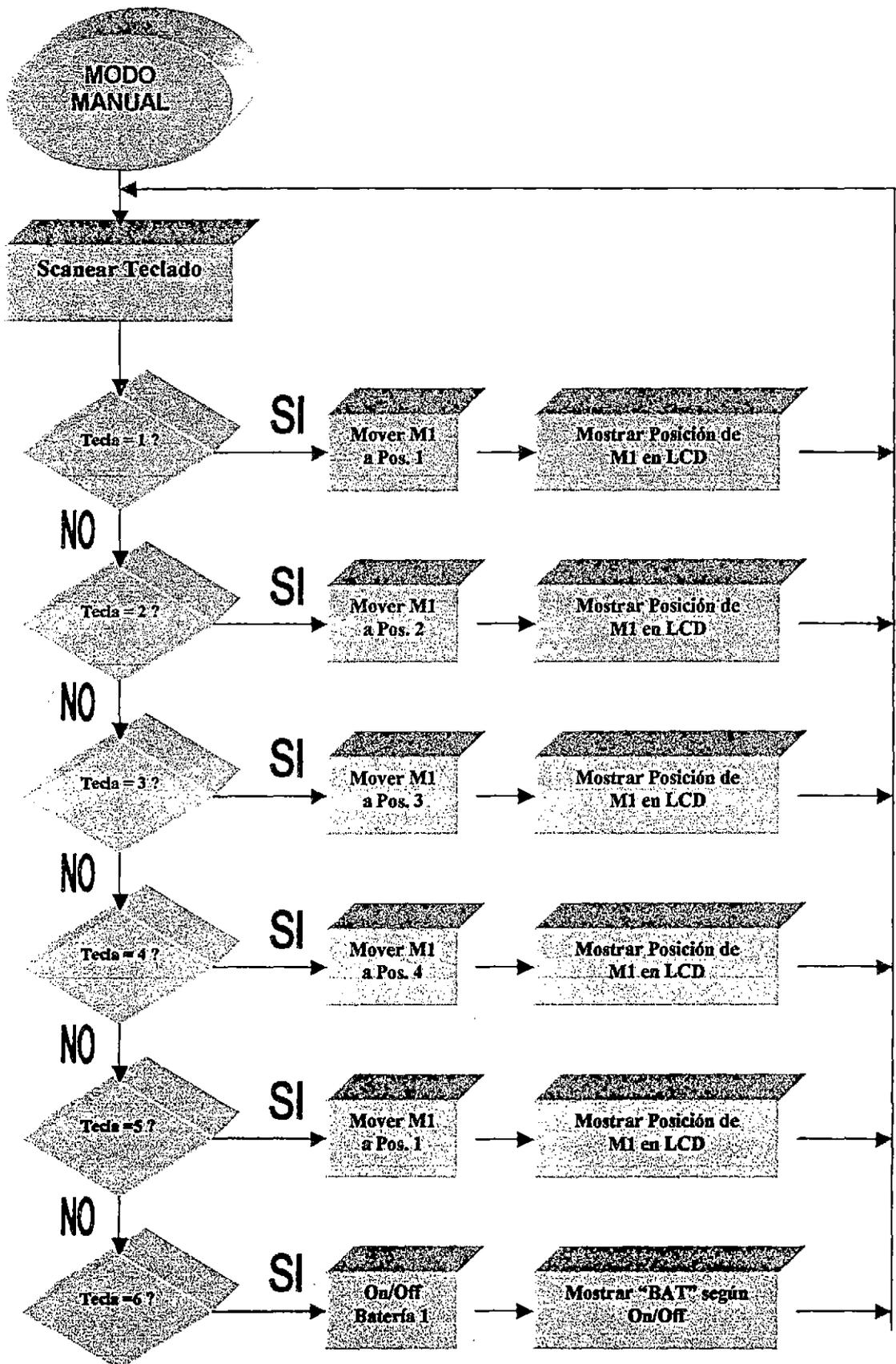
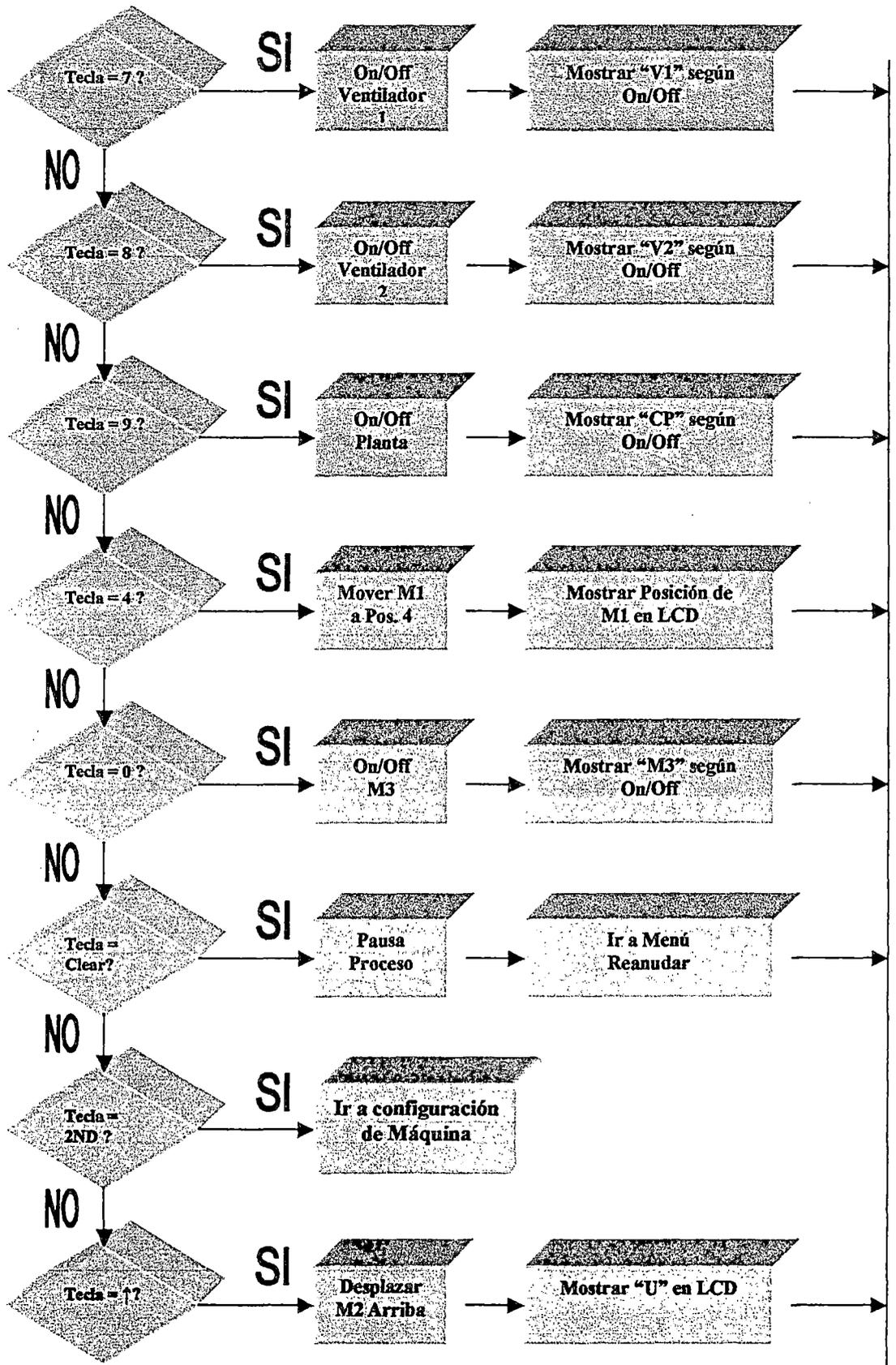


Fig. 7.2 Diagrama de Flujo de la Configuración de la Máquina





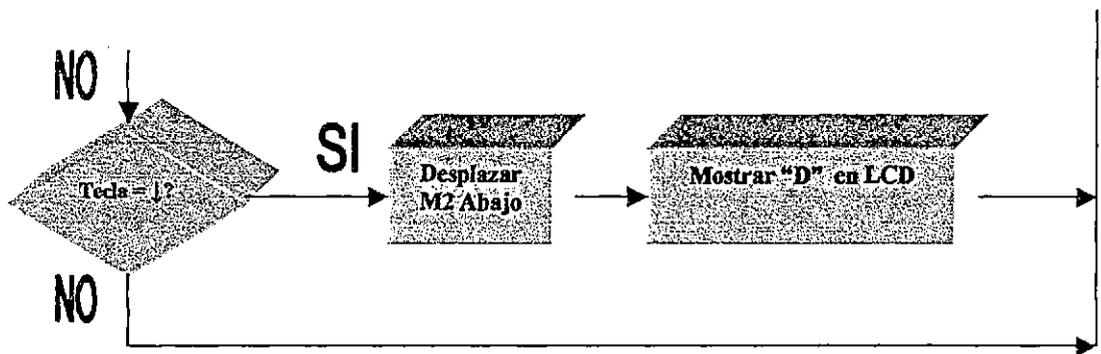


Fig. 7.3 Diagrama de Flujo del Modo de Operación Manual

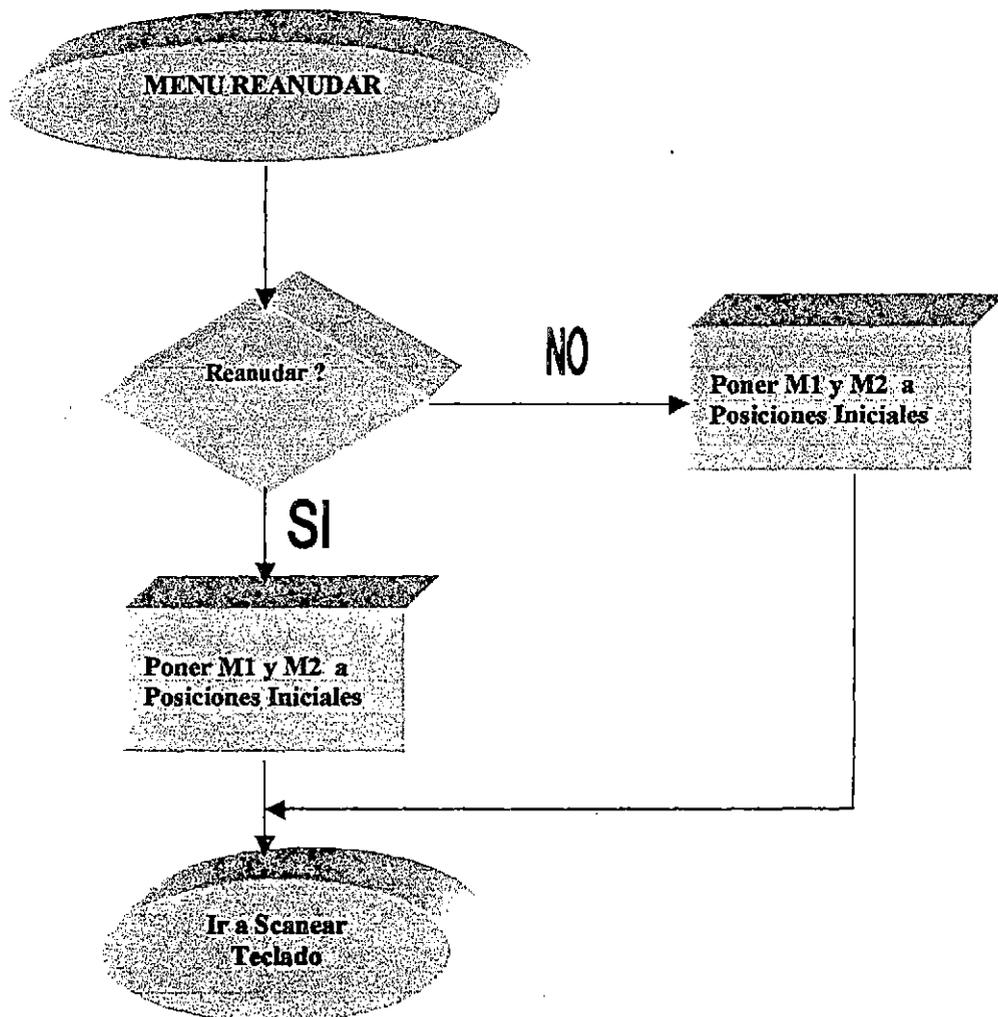


Fig. 7.4 Diagrama de Flujo de Reanudación del Menú

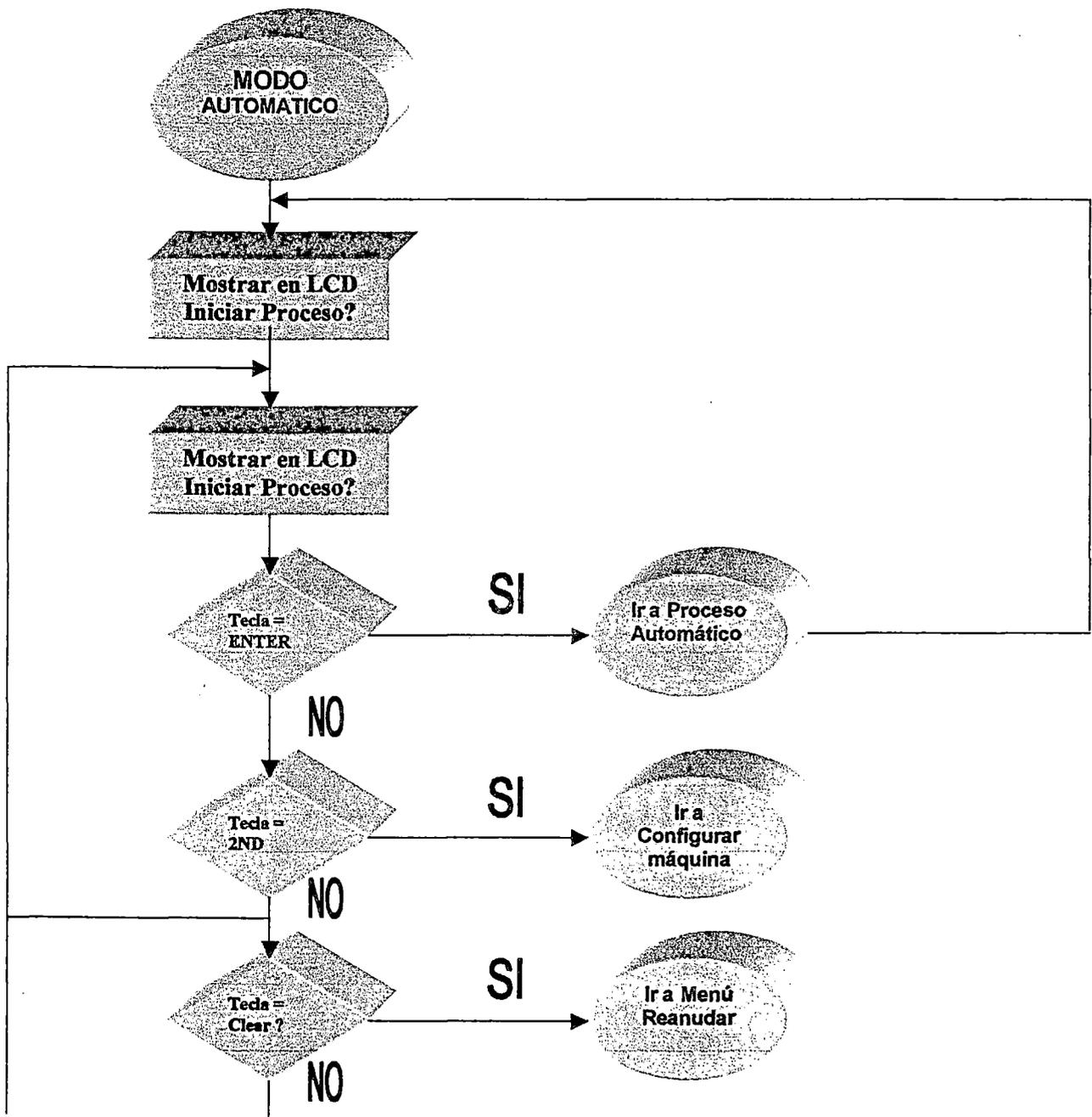
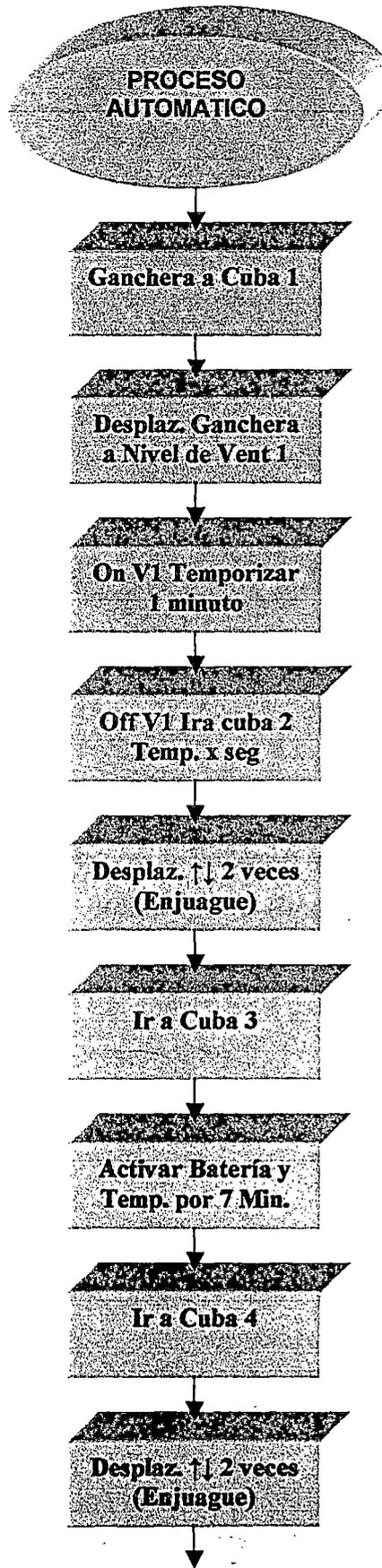


Fig. 7.5 Diagrama de Flujo del Modo de Operación Automático



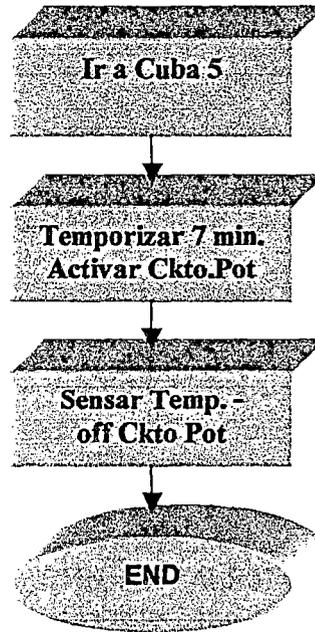


Fig. 7.6 Diagrama de Flujo del Proceso Automático

## 7.2 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

La programación del PIC se realizó en el Software MPLAB IDE 7.1 y se grabó al PIC mediante el software de grabación IC-Prog. El programa consta de aproximadamente 2000 líneas; a continuación para efectos de explicación de la lógica utilizada para el desarrollo del software se plasma la programación de los motores M1 y M2 (eje X e Y respectivamente) .

```
list P=18f452
```

```
#include <p18f452.inc>
ERRORLEVEL -203, -226, -205, -305, -302
```

```
.*****
,
#define E_MOTOR1 PORTD,1
#define E_MOTOR2 PORTD,2
#define E_MOTOR3 PORTD,3
```

```
.*****
,
```

```

__config_XT_OSC & _PWRTE_ON & _WDT_OFF & _CP_OFF &
_BODEN_OFF & _LVP_OFF

```

```

CBLOCK 20h
  CONT01, CONT02, CONT03

```

```

  CONT1_MOTOR1, CONT2_MOTOR1
ENDC

```

```

org 00h
goto inicio

```

```

inicio:

```

```

bsf          STATUS,RP0

```

```

bcf          E_MOTOR2      ;Habilita 74LS374 -ESTADOS INICIALES
bsf          E_MOTOR1      ;Habilita 74LS373 -ESTADOS INICIALES

```

```

clrf        TRISC          ;SALIDA MOTOR
clrf        TRISD          ;ENABLE MOTOR

```

```

bcf          STATUS,RP0
clrf        PORTC

```

```

bcf          E_MOTOR2      ;DESHabilita 74LS374 -ESTADOS
INICIALES
bsf          E_MOTOR1      ;DESHabilita 74LS373 -ESTADOS
INICIALESp

```

```

;*****
;
;MOTOR 1 USANDO 74LS373 SE HABILITA POR NIVEL BAJO
;*****

```

```

bcf          E_MOTOR1

```

```

movlw d'2'
movwf CONT1_MOTOR1

```

```

CARGA_CONT02_MOTOR1:

```

```

movlw d'50'
movwf CONT2_MOTOR1

```

```

PASOS_MOTOR1:

```

```
;movlw 0Ah
movlw 05h
movwf PORTC
call RETARDO
```

```
;movlw 09h
movlw 06h
movwf PORTC
call RETARDO
```

```
;movlw 05h
movlw 0Ah
movwf PORTC
call RETARDO
```

```
;movlw 06h
movlw 09h
movwf PORTC
call RETARDO
```

```
;-----
decfsz CONT2_MOTOR1
goto PASOS_MOTOR1
```

```
decfsz CONT1_MOTOR1
goto CARGA_CONT02_MOTOR1
```

```
;DESHABILITA MOTOR1
bsf E_MOTOR1
```

```
.*****
;
;MOTOR 2 USANDO 74LS374
.*****
```

```
BUCLE01:
;movlw 0Ah
movlw 05h
movwf PORTC
bsf E_MOTOR2
call RETARDO
bcf E_MOTOR2
```

```
;movlw 09h
movlw 06h
movwf PORTC
bsf E_MOTOR2
call RETARDO
```

```
bcf          E_MOTOR2

;movlw 05h
movlw 0Ah
movwf PORTC
bsf          E_MOTOR2
call  RETARDO
bcf          E_MOTOR2

;movlw 06h
movlw 09h
movwf PORTC
bsf          E_MOTOR2
call  RETARDO
bcf          E_MOTOR2

goto  BUCLE01
```

RETARDO:

```
movlw 01h
movwf CONT01
```

YY:

```
movlw 3fh
movwf CONT02
```

```
;clrf  CONT02
```

```
XX:  clrf  CONT03
      decfsz CONT03
      goto  $-1
```

```
      decfsz CONT02
      goto  XX
```

```
      decfsz CONT01
      goto  YY
```

```
return
```

END

## CAPITULO VIII

### MONITOREO DEL SISTEMA POR COMPUTADORA

Para monitorear el sistema automatizado desde un computador se ha previsto de dos puntos muy importantes:

- a. La comunicación entre la PC y el Microcontrolador, a través de un circuito de comunicación serie ( RS232).
- b. El monitoreo de los procesos de automatización por intermedio del software OpenGL.

Sobre el ítem a se ha establecido los lineamientos en la página 70 explicando el sistema de comunicación serial detalladamente.

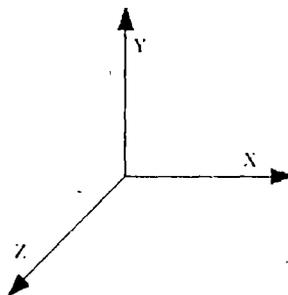
Para el ítem b, se explicará brevemente la descripción y funcionalidad del software OpenGL.

OpenGL es una librería que trabaja como una máquina de estados. La utilización de OpenGL consiste en activar y desactivar opciones, y realizar ciertas acciones, que tendrán como fruto una representación en pantalla (o no) de una serie de datos,

dependiendo en el estado en que nos encontremos. la manera de dibujar algo en OpenGL suele ser la siguiente:

1. Activar todas las opciones que van a ser persistentes a la escena (ponemos la cámara, activamos la iluminación global).
2. Activar las opciones que establecen el estado de un objeto específico (su posición en el espacio, su textura).
3. Dibujar el objeto.
4. Desactivar las opciones propias de ese objeto (volver a la posición original, desactivar su textura).
5. Volver al punto 2 hasta haber dibujado todos los objetos.

OpenGL trabaja, a grandes rasgos, en un espacio de tres dimensiones, trabaja con coordenadas homogéneas (de cuatro dimensiones). Las tres dimensiones que de suma importancia son las especificadas por un sistema 3D ortonormal; es decir, sus ejes son perpendiculares, y cada unidad en uno de ellos está representada por un vector de módulo 1 (si nos alejamos una unidad, nos alejamos la misma distancia del eje de coordenadas, da igual la dirección).



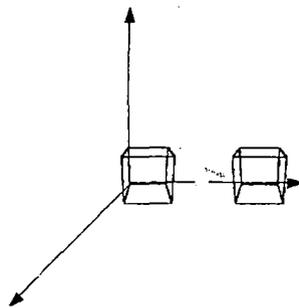
**Fig. 8.1. Ejes de coordenadas en OpenGL**

La cuarta coordenada se utiliza entre otras razones, para representar la perspectiva, de este modo, el sistema de coordenadas inicial de un sistema OpenGL puede representarse con esta matriz:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

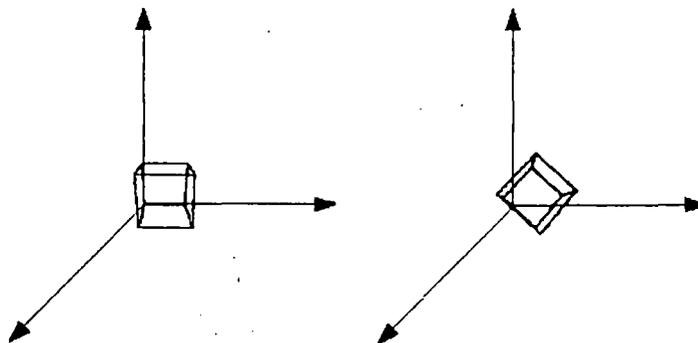
La situación de los ejes de coordenadas se refleja en la matriz de transformación. Esta matriz representa la transformación que se aplicará a todos los vértices que se dibujen mientras ella esté activa. Las transformaciones de los objetos son las que van a describir cómo se visualiza un objeto, dentro de estas tenemos:

- **Traslación:** una traslación es un desplazamiento de un objeto en el espacio; por ejemplo, movemos un objeto a una nueva posición desde la actual.



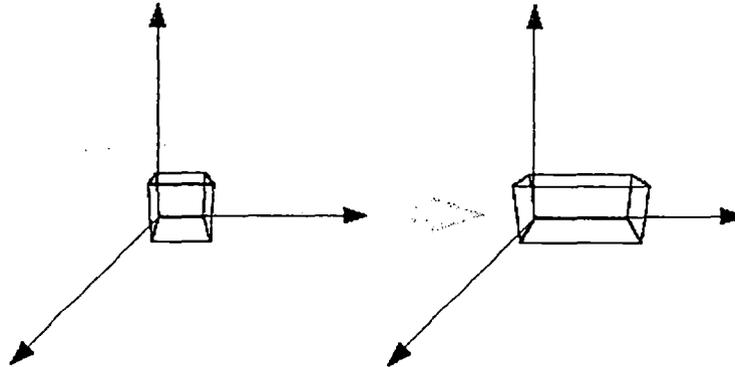
**Fig. 8.2. Traslación de un objeto**

- **Rotación:** como su nombre indica, un objeto rota alrededor de un eje que pasa por su "centro de giro".



**Figura 8.3. Rotación de un objeto**

-**Escalado:** un objeto puede ver afectado el tamaño con que se visualiza por su transformación de escalado



**Fig.8.4 Rotación de un objeto**

Toda transformación construye una matriz de cuatro dimensiones que se multiplicará por la matriz de transformación inicial (aquella que define el eje de coordenadas).

Por ejemplo, al trasladar un objeto dos unidades en el eje X, se genera la siguiente matriz de transformación:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Si aplicamos esta transformación a la matriz original, nos quedará que la nueva matriz de transformación es:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Si ahora dibujamos el punto (1,0,0), teniendo en cuenta que la matriz indica un desplazamiento de dos unidades en eje X, el punto debería de dibujarse en la posición (3,0,0). Para esto, se multiplica el punto por la matriz de transformación:

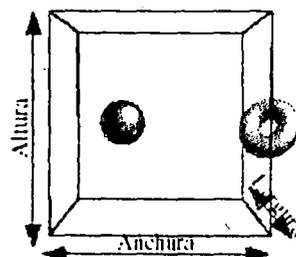
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Para poder multiplicar el punto (1,0,0) por la matriz, lo hemos convertido a coordenadas homogéneas, y para ello, hemos añadido una última componente con el valor 1. Para realizar los dibujos en OpenGL se utilizan las primitivas representadas en la figura 8.5.

Parámetro	Descripción
GL_POINTS	Se dibujaron vértices separados
GL_LINES	Cada par de vértices se interpreta como una línea
GL_POLYGON	Los vértices describen el contorno de un polígono
GL_TRIANGLES	Cada triplete de vértices se interpreta como un triángulo
GL_QUADS	Cada cuarteto de vértices se interpretan como un cuadrilátero
GL_LINE_STRIP	Líneas conectadas
GL_LINE_LOOP	Líneas conectadas con unión entre el primer y último vértice
GL_TRIANGLE_STRIP	Se dibuja un triángulo y cada nuevo vértice se interpreta con un triángulo entre los dos anteriores
GL_TRIANGLE_FAN	Se dibujan triángulos con un vértice común
GL_QUAD_STRIP	Igual que el TRIANGLE_STRIP con cuadriláteros

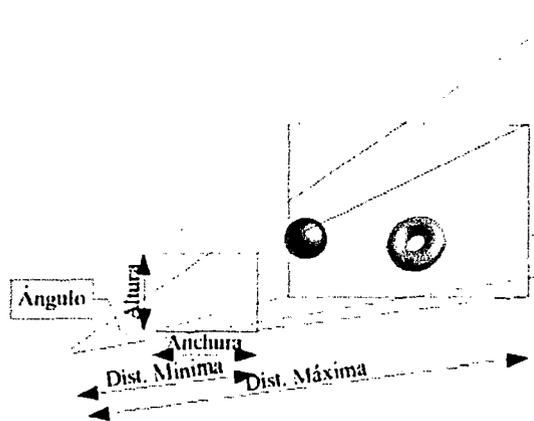
**Fig.8.5 Primitivas de dibujado**

La proyección ortográfica nos permite visualizar todo aquello que se encuentre dentro de un cubo, delimitado por los parámetros de la función glOrtho. A la hora de visualizar, la distancia al observador sólo se tiene en cuenta para determinar si el objeto está dentro o fuera del cubo.



**Fig.8.6 Volumen de Proyección Ortográfico**

La proyección perspectiva delimita un volumen de visualización dado por un ángulo de cámara, y una relación alto / ancho. La distancia al observador determinará el tamaño con el que un objeto se visualiza.



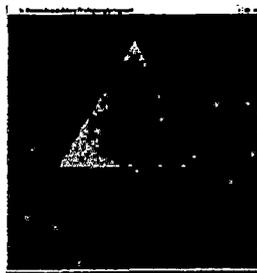
**Fig. 8.7. Volumen de visualización en perspectiva**

Para la ejecución de la programación en OpenGL se utilizó una programación estructurada en base a la instrucciones del software, a continuación de bosqueja la construcción de un triángulo.

```
void display(void)
{
  glClearColor(0.0,0.0,0.0,0.0);
  // Color de fondo: negro
  glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
  // Boramos la pantalla
  glMatrixMode(GL_PROJECTION);
  // Modo proyección
  glLoadIdentity();
  // Cargamos la matriz identidad
  glOrtho(-1.0,1.0,-1.0,1.0,-1.0,1.0);
  // Proyección ortográfica,
  glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
  // Modo de modelado
```

```
glBegin(GL_TRIANGLES);  
// Dibujamos un triángulo  
glColor3f(1.0,0.0,0.0);  
// Color del primer vértice: rojo  
glVertex3f(0.0,0.8,0.0);  
// Coordenadas del primer vértice  
glColor3f(0.0,1.0,0.0);  
// Color del segundo vértice: verde  
glVertex3f(-0.6,-0.2,0.0);  
// Coordenadas del segundo vértice  
glColor3f(0.0,0.0,1.0);  
// Color del tercer vértice: azul  
glVertex3f(0.6,-0.2,0.0);  
// Coordenadas del tercer vértice  
glEnd();  
// Terminamos de dibujar  
glFlush();  
// Forzamos el dibujado  
sleep(10);  
// Esperamos 10 segundos  
exit(0);  
// Salimos del programa  
}
```

La gráfica después de algunos arreglos en la programación será :



**Fig.8.8 Gráfico de Triángulo en OPenGL**

## **CAPITULO IX**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

Las diferentes pruebas realizadas por la máquina de Automatización, responden a los procesos electrolíticos de dos baños como son el cobreado y el niquelado. Las pruebas se han realizado con la finalidad de obtener resultados óptimos, en la realización de las tareas que intervienen en los procesos de Galvanotecnia, logrando de esta manera conseguir que las piezas a recubrir presenten un buen acabado, que la industria disminuya la inversión, que el personal y el medio ambiente no sea contaminado, y otros factores más que beneficiaran a la industria.

Las pruebas de cobreado se han realizado a temperatura ambiente, con la variación de las características eléctricas ( 5V, 9V, 12V), como con los tiempos (5 y 7 minutos); obteniéndose los resultados que se detallan en la figura 9.1.

Las pruebas de niquelado se desarrollaron con respecto a la variación de parámetros como la temperatura (40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C y 90°C), las características eléctricas ( 5V, 9V, 12V) y los tiempos (5 y 7 minutos); obteniéndose los resultados que se detallan en la figura 9.1.

<b>PRUEBAS Y RESULTADOS</b>
-----------------------------

BAÑO ELECTROLITICO	N° DE PRUEBA	TEMPERATURA	CARACTERISTICAS ELECTRICAS	TIEMPO DE PERMANENCIA	RESULTADOS
COBREADO	0001	25°C	5V	5 minutos	30% Despigmntación en el acabado
COBREADO	0002	25°C	5V	7 minutos	15% Despigmntación en el acabado
COBREADO	0003	25°C	9V	5 minutos	20% Despigmntación en el acabado
COBREADO	0004	25°C	9V	7 minutos	10% Despigmntación en el acabado
COBREADO	0005	25°C	12V	5 minutos	10% Despigmntación en el acabado
COBREADO	0006	25°C	12V	7 minutos	5% Despigmntación en el acabado
NIQUELADO	0001	40°C	5V	7 minutos	Condiciones insuficientes para baño
NIQUELADO	0002	40°C	9V	7 minutos	Condiciones insuficientes para baño
NIQUELADO	0003	40°C	12V	7 minutos	Condiciones insuficientes para baño
NIQUELADO	0004	50°C	5V	7 minutos	Baños relativamente bajos
NIQUELADO	0005	50°C	9V	7 minutos	Baños medianamente bajos
NIQUELADO	0006	50°C	12V	7 minutos	Baños aceptables, baja calidad
NIQUELADO	0007	60°C	5V	7 minutos	Presenta baja calidad de baño
NIQUELADO	0008	60°C	9V	7 minutos	Presenta baja calidad de baño
NIQUELADO	0009	60°C	12V	7 minutos	Presenta mediana calidad de baño
NIQUELADO	0010	70°C	5V	7 minutos	Mejora considerable en la calidad
NIQUELADO	0011	70°C	9V	7 minutos	calidad de baño aceptable, mediana calidad
NIQUELADO	0012	70°C	12V	7 minutos	calidad optima, buena calidad
NIQUELADO	0013	80°C	5V	7 minutos	calidad optima, buena calidad
NIQUELADO	0014	80°C	9V	7 minutos	calidad optima, buena calidad
NIQUELADO	0015	80°C	12V	7 minutos	calidad optima, buena calidad, es el limite de exesos en el recubrimiento
NIQUELADO	0016	90°C	5V	7 minutos	calidad optima, buena calidad, es el limite de exesos en el recubrimiento
NIQUELADO	0017	90°C	9V	7 minutos	exceso en los parametros el acabado presenta imperfecciones
NIQUELADO	0018	90°C	12V	7 minutos	exceso en los parametros el acabado presenta imperfecciones

**Fig. 9.1 Cuadro de Pruebas y Resultados Obtenidos**

## CAPITULO X

### PLANEAMIENTO

Para el desarrollo e implementación de la presente "Tesis Experimental", se realizó un estudio económico, basado en la realidad de nuestro país, con respecto al análisis de la estructura de costos en la etapa de inversión del mismo.

Los materiales, elementos electrónicos y elementos químicos, se han adquirido en el mercado nacional, a precios relativamente variables; la mayoría de elementos utilizados son nuevos y algunos usados (como se puede observar en los cuadros de la figuras 10.1.1, 10.1.2, 10.1.3, 10.1.4).

La parte teórica de la Tesis se realizó en un año, la parte experimental en 3 meses. Los conocimientos adquiridos en la Universidad Nacional del Callao y en el Instituto Superior Tecsup, unido a la prestación de sus bibliotecas implementadas de libros, manuales y de la Internet, fue fundamental en el desarrollo de la parte teórica; la parte experimental se realizó en un taller privado.

La estructura de costos que se realizó en la implementación del sistema se detalla a continuación en los siguientes cuadros:

PRESUPUESTO ECONOMICO DEL PROYECTO						
MATERIALES						
N	NOMBRE	CARACT.	CANT.	P/U	P/T	ESTADO
1	Alambre	x metro	0.4	0.50	0.50	NUEVO
2	Alicate de Corte	para cables de protoboard	1	15.00	15.00	NUEVO
3	Alicate punta plana	para presión	1	15.00	15.00	NUEVO
4	Bomera	2 pines 5A - 220V	2	0.80	1.60	NUEVO
5	Cable Comunciacion Serial	2 m	1	0.80	1.60	NUEVO
6	Cable de Cobre	x metro	1	1.00	1.00	NUEVO
7	Cable Flag	para impresora	2	3.00	6.00	NUEVO
8	Cables para protoboard	Cablecillos de Telf. x Metro	15	0.20	3.00	NUEVO
9	Carcasa	Madera y plástico	1	20.00	20.00	NUEVO
10	Carril de Impresora	Tipo matricial	1	10.00	10.00	USADO
11	Condensador	27pF	2	0.15	0.30	NUEVO
12	Condensador	0.1µF	6	0.20	1.20	NUEVO
13	Condensador	10µF	5	0.30	1.50	NUEVO
14	Condensador	0.1µF - 250V	1	0.40	0.40	NUEVO
15	Conector serie	DB 9-hembra	1	3.00	3.00	NUEVO
16	Conector serie	DB 9-macho	2	3.00	6.00	NUEVO
17	Clavos	1/8 pulgada x Kilo	1/8	0.50	0.50	NUEVO
18	Cristal	40 MHz	1	1.50	1.50	NUEVO
19	Diodo	1N4148	1	0.30	0.30	NUEVO
20	Diodo	6A	4	0.60	2.40	NUEVO
21	Display de Cristal Liquido	Alfanumérico 2x16	1	40.00	40.00	NUEVO
22	Fuente de Alimentación	ATX de PC	1	10.00	10.00	USADO
23	Inversor	74LS14	1	1.50	1.50	NUEVO
24	Latch-Flip-Flop	IC 74LS374	3	2.00	6.00	NUEVO
25	LDR	D = 12cm	1	1.00	1.00	NUEVO
26	LED	Rojo	5	0.30	1.50	NUEVO
27	LED	Verde	1	0.30	0.30	NUEVO
28	LED	Amarillo	1	0.30	0.30	NUEVO
29	Madera	Tipo Maderva x m <sup>2</sup>	1	2.50	2.50	NUEVO
30	Main Swicht	6 contactos	2	1.50	3.00	NUEVO
31	Martillo		1	8.00	8.00	NUEVO
32	Max232	IC RS232	1	2.50	2.50	NUEVO
33	Microcontrolador	PIC 18F452-IP	1	65.00	65.00	NUEVO
34	Molex	2 pines	23	0.60	13.80	NUEVO
35	Molex	4 pines	13	1.00	13.00	NUEVO
36	Molex	6 pines	4	1.40	5.60	NUEVO
37	Molex	8 pines	4	1.70	6.80	NUEVO
38	Motor de Paso	SPH-54AB-137	1	10.00	10.00	USADO
39	Motor de Paso	103-771-2114	1	8.00	8.00	USADO
40	Motor de Paso		1	8.00	8.00	USADO

Fig 10.1.1 Presupuesto económico - Materiales

41	Multímetro	Digital	1	70.00	70.00	NUEVO
42	Optoacoplador	4N33	9	1.50	13.50	NUEVO
43	Optotriac	MOC3022	1	2.00	2.00	NUEVO
44	Pasta para Soldar	en lata	1	3.00	3.00	NUEVO
45	Pistola para Soldar	profesional	1	110.00	110.00	NUEVO
46	Placa de Cobre Electrolytico	x m <sup>2</sup>	0.2	4.00	4.00	NUEVO
47	Placa de Niquel Electrolytico	x m <sup>2</sup>	0.2	9.00	9.00	NUEVO
48	Potenciómetro	horizontal 10K	3	1.50	4.50	NUEVO
49	Protoboard	Modulo de 3	1	50.00	50.00	NUEVO
50	Pulsador	on-off	1	0.50	0.50	NUEVO
51	Recipiente	plástico transparente	1	5.00	5.00	NUEVO
52	Recipiente	plastico negro	3	2.50	7.50	NUEVO
53	Recipiente	metal	1	12.00	12.00	NUEVO
54	Resistencia	220Ω - ¼ W	1	0.10	0.10	NUEVO
55	Resistencia	330Ω - ¼ W	1	0.10	0.10	NUEVO
56	Resistencia	470Ω - ¼ W	12	0.10	1.20	NUEVO
57	Resistencia	1KΩ - ¼ W	18	0.10	1.80	NUEVO
58	Resistencia	10KΩ - ¼ W	20	0.10	2.00	NUEVO
59	Resistencia	1MΩ - ½ W	1	0.20	0.20	NUEVO
60	Resistencia	100Ω - 1 W	1	0.20	0.20	NUEVO
61	Resistencia	4.7KΩ - 1 W	1	3.00	0.30	NUEVO
62	Resistencia	22KΩ - 10 W	1	1.00	1.00	NUEVO
63	Resistencia	Industrial - 660 W	1	8.00	8.00	USADO
64	Sensor de Temperatura	LM 335 -40 - 100°C	1	2.50	2.50	NUEVO
65	Soldadura (plomo)	1 Rollo x 50 m	1	12.00	12.00	NUEVO
66	Soporte de Impresora	Tipo matricial	1	8.00	8.00	USADO
67	Soquet	6 pines	2	0.40	0.80	NUEVO
68	Soquet	40 pines	1	2.00	2.00	NUEVO
69	Tarjeta Impresa	Control 10.8 x 11.2 cm	1	65.00	65.00	NUEVO
70	Tarjeta Impresa	Drivers Mot. 7.3 x 10.5 cm	1	45.00	45.00	NUEVO
71	Tarjeta Impresa	Medicion de T. 3.5 x 6.0cm	1	15.00	15.00	NUEVO
72	Tarjeta Impresa	Control de T. 7.0 x 12.0 cm	1	50.00	50.00	NUEVO
73	Tarjeta Impresa	Diversos C. 8.5 x 11.1	1	70.00	70.00	NUEVO
74	Teclado	Matricial 4x4	1	12.00	12.00	NUEVO
75	Tornillos	5cm (D = 0.8, d = 0.5)	20	0.15	3.00	NUEVO
76	Transistor	2N3904	8	1.00	8.00	NUEVO
77	Transistor	TIP 110	8	1.00	8.00	NUEVO
78	Triac	BT116	1	15.00	1.50	NUEVO
79	Tuercas	para tornillos de 5 cm	60	0.10	6.00	NUEVO
80	Ventilador	D 4.5cm - 12V	1		7.00	NUEVO
81	Ventilador	D 7.5cm - 12 V	1	10.00	10.00	NUEVO
TOTAL					929.30	

### 10.1.1 Presupuesto Económico – Materiales (Continuación)

PRESUPUESTO ECONOMICO DEL PROYECTO INTERVENCION-HOMBRE							
N	MOTIVO	CantxD	hxD	C/U-S/	MESES	C x MES	C TOTAL
1	Alquiler de PC - Internet	4	4	1.50	3	180.00	540.00
2	Mano de Obra		8	460.00	2	460.00	920.00
3	Pasajes	4		1.00	2	120.00	240.00
TOTAL							1,700.00

Fig.10.1.2 Presupuesto Económico - Intervención Hombre

PRESUPUESTO ECONOMICO DEL PROYECTO UTILES DE ESCRITORIO					
N	MATERIAL	unidad-m	Cant.	P/U	P/T
N	Alquiler de Impresora	unidad	1		150.00
1	Anillado	unidad	4	2.50	10.00
2	Borrador	unidad	2	0.40	0.80
3	CDs	unidad	5	2.50	12.50
4	Diskettes	caja	2	10.00	20.00
5	Empastados	unidad	4	15.00	60.00
6	Fotocopias	unidad	1400	0.04	56.00
7	Hojas bond A4	millar	3	40.00	120.00
8	Hojas Bulki	millar	1	15.00	15.00
9	Lapicero - Azul	unidad	6	0.5	3.00
10	Lapicero - Negro	unidad	6	0.5	3.00
11	Lapicero - Rojo	unidad	6	0.5	3.00
12	Lapiz	unidad	4	0.5	2.00
13	Liquido corrector	unidad	2	1.50	3.00
14	Regla	unidad	1	3.00	3.00
15	Resaltador	unidad	2	1.50	3.00
16	Tajador	unidad	1	0.5	0.5
17	Tinta Impresora - Color	unidad	2	65.00	130.00
18	Tinta Impresora - Negro	unidad	3	55.00	110.00
TOTAL					704.30

Fig.10.1.3 Presupuesto Económico - Utiles de escritorio

PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO DE TESIS		
Nº	CARACTERISTICA	TOTAL
1	COSTO DE MATERIALES	929.30
2	INTERVENCION HOMBRE	1,700.00
3	UTILES DE ESCRITORIO	704.30
TOTAL		3,333.60

Fig.10.1.4 Presupuesto Total del Proyecto de Tesis

## **CAPITULO XI**

### **CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS DEL TRABAJO**

Las conclusiones, recomendaciones y perspectivas finales que se han obtenido en el desarrollo del presente proyecto de tesis, en las fases teórica y experimental, obedecen a un amplio análisis, aplicado en las etapas de los procesos que se realizan en la industria de Galvanotecnia, en las etapas como son: del diseño e implementación de los circuitos, de la construcción de la máquina, de la creación del programa, de las pruebas y resultados, en el monitoreo por computadora, y en los procesos de la electrólisis propiamente dicha.

#### **CONCLUSIONES**

- 1) Se logró consolidar el objetivo trazado, con el diseño y construcción de una máquina de automatización, que permite optimizar las diferentes tareas que se desarrollan en un proceso galvanotécnico, sin embargo, la máquina puede estar sujeta a modificaciones y a mejoras, tanto en la parte mecánica (estructura), eléctrica (Características eléctricas), electrónica( diseño e implementación de circuitos ) y programación (Assembler, OpenGL, Visual C,

etc); el desarrollo de este proyecto representa un sistema conocido en nuestro país, como un sistema mecatrónico.

- 2) En la etapa de electrolisis, se definieron (después de haber realizado las pruebas respectivas), los parámetros de trabajo, como la cantidad de corriente, el estado de la solución electrolítica, la temperatura de trabajo de las soluciones, los tiempos de permanencia de los elementos a recubrir, para lograr resultados óptimos en el producto.
- 3) Los motores de paso (PAP), son sumamente importantes en los desplazamientos donde se necesitan de buena precisión, debido al movimiento secuencial de pasos, y el ángulo de giro de cada uno, permitiendo exactitud en los desplazamientos. La mecánica que hace posible el desplazamiento del M1 debe estar en perfectas condiciones, sin ejercer presiones en todo el recorrido, pues esto ocasionará que los pasos no sean exactos, además, estas fuerzas mecánicas exigen mucha mas corriente por la presión que soportan.
- 4) Para la medición de la temperatura se ubicó el sensor LM335 en una buena posición ; el valor de los potenciómetros y el arreglo de Op-amps, responden a cálculos encontrados en base a las ecuaciones que rigen el sistema de medición de temperatura, logrando de esta manera diseñar un circuito que responda linealmente en todo el rango comprendido de 0 a 90° C. Un factor muy importante es asegurar la estabilidad de voltaje de funcionamiento del CAS, pues, los voltajes de referencia son "constantes" en la ecuación y deben mantenerse así durante todo el funcionamiento del mismo.
- 5) Con la finalidad de evitar las corrientes espúreas, las sobretensiones, así como las posibles oscilaciones de frecuencias no deseadas, evitando la alteración de la funcionabilidad de los circuitos, se han colocado en diferentes partes de los circuitos condensadores de acoplamiento.

- 6) Se eligió como cerebro del sistema al Microcontrolador PIC18F452, por diferentes motivos; definiendo entre los mas importantes; La frecuencia de trabajo, el número de Puertos, la cantidad y características específicas de los puertos analógico-digitales, la posibilidad de programación Assembler – Lenguaje C, etc, que permitían resolver problemas con mayor eficiencia y eficacia que otros controladores.
- 7) El programa OPen-GI es una potente herramienta gráfica de simulación, que nos puede ayudar a monitorear procesos que realiza el Microcontrolador por intermedio de una comunicación serial PC -  $\mu$ C.
- 8) En la etapa de control de potencia se debe tener en consideración que la carga controlada es netamente resistiva, pues se trata de una resistencia pura que entregará calor a nuestro proceso. Para la protección, se dotó al circuito de un fusible en la entrada a 220, así como una red RC para evitar oscilaciones en la conducción y no conducción que produce normalmente un TRIAC, además, el circuito de control y el circuito de potencia en AC, están aislados eléctricamente a través de un optotriac.
- 9) El software de control y supervisión del sistema PC- $\mu$ C esta realizado mediante la programación en OpenGL en el entorno visual, donde el usuario podrá controlar todas variables involucradas en el control, a través de menús y check box usando librerías de control del puerto RS-232 como es el caso del control Actives MSCOMM. Dicho control y supervisión esta realizado usando el software MS Visual C++ 6.0 Y a interacción con el OpenGL.
- 10) Las pruebas realizadas han demostrado, que la funcionabilidad de la máquina esta en optimas condiciones para ser comercializada en el mercado, es un sistema real en base a la necesidad que tienen las industrias en contar con un sistema de automatización.

## RECOMENDACIONES

- 1) Es recomendable al inicio del diseño e implementación de los circuitos, realizar un análisis de las especificaciones técnicas de los elementos que intervendrán en la máquina, teniendo en consideración si estos, son nuevos o usados. Así mismo antes de realizar la fabricación de las tarjetas impresas, realizar las pruebas en Protoboard, con la finalidad de fijar la circuitería a utilizar.
- 2) Es recomendable utilizar fuentes independientes para el manejo de los motores PAP, para el propio control de microcontrolador y para el CAS del sensor de temperatura.
- 3) Es recomendable tener cuidado en la etapa del control de temperatura, específicamente en el horno ( 220V), una mala implementación podría ocasionar cortocircuito internos en las tarjetas, descargas eléctricas en el operador, etc.
- 4) Es recomendable verificar las características técnicas del motor PAP como el torque ( $\tau$ ), el número de revoluciones por minuto (RPM), etc, para definir la exactitud de pasos de respuesta a una determinada acción.
- 5) Es recomendable en la etapa de remoción de electrolitos, considerar que el eje del motor este bien seguro para que no se derrame la solución electrolítica de níquel y pueda ocasionar un cortocircuito.

## PERSPECTIVAS DEL TRABAJO

- 1) La máquina de Automatización que se ha creado, sirve como base para la realización de futuros estudios, tanto como para nivel industrial así como para estudios (laboratorios).

- 2) La teoría con respecto al diseño y construcción de la máquina, sirve como material de consulta para la realización de investigaciones con relación a este tema de automatización.

## BIBLIOGRAFIA

- ANGULO U. José M. y ANGULO M. Ignacio, Microcontroladores PIC  
España, Editorial Mcgraw-Hill S.A., 2da(I), 1999, 295 Págs.
- ANGULO U. José M. y ANGULO M. Susana, Microcontroladores PIC 16F87X  
España, Editorial Mcgraw-Hill S.A, 2da(II), 2000, 232 Págs.
- ARBETTOT R, Recubrimientos Electrolíticos  
Perú, 1ra, Editorial San Marcos, 1988, 148 Págs.
- BLANCHE R, El Método Experimental y la Filosofía de la Física  
México, 1ra, Editorial Cultur S.A., 1972, 235 Págs.
- BOYLESTAD Robert y NASHELSKY Louis, Electrónica - Teoría de Circuitos  
México, Editorial Prentice Hall S.A., 5ta, 1994, 916 Págs.lj
- DORANTES G. Dante y MANZANO H. Moisés, Automatización y Control  
México, Editorial Mcgraw-Hill S.A., 1ra, 2004, 268 Págs.
- EDMINISTER A. Joseph, Circuitos Eléctricos  
México, Mcgraw-Hill S.A., 2da, 1985, 305Págs.
- GIL E. Juan y VERBOS A. Enrique, Manual de Mecánica Industrial  
España, Editorial Cultural S.A., 1ra, 1999, 856 Págs.
- OGATA Katsushiko, Ingeniería de Control Moderna  
México, Editorial Prentice Hall S.A., 3ra, 1998, 997 Págs.
- PARKER P. Sybil, Diccionario de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
México, Editorial Mcgraw-Hill S.A., 2da, 1991, 470 Págs.
- TOCCI J. Ronald , Sistemas Digitales – Principios y aplicaciones  
México, Editorial Prentice Hall S.A., 6ta, 1996, 833 Págs.
- TORRES B. Carlos, El Proyecto de la Investigación Científica  
Perú, 2da, 1998, 251 Págs.
- W. RIGHT Richard, OpenGL  
España, 3ra, 2005, 1102 Págs.

## PAGINAS WEB UTILIZADAS

[www.directyindustry.com](http://www.directyindustry.com)  
[www.mailzmail.com](http://www.mailzmail.com)  
[www.waltnes.com](http://www.waltnes.com)  
[www.acptechnologies.com](http://www.acptechnologies.com)  
[www.electronica.com.ve](http://www.electronica.com.ve)  
[www.oem.com](http://www.oem.com)  
[www.melabs.com](http://www.melabs.com)  
[www.portaldelaindustria.com](http://www.portaldelaindustria.com)  
[www.tempapers-tempapers.com](http://www.tempapers-tempapers.com)  
[www.semiconductors.philips.com](http://www.semiconductors.philips.com)  
[www.todopic.com](http://www.todopic.com)  
[www.microcontroladores.com](http://www.microcontroladores.com)  
[www.microchip.com](http://www.microchip.com)  
[www.geocities.com](http://www.geocities.com)  
[www.monografias.com](http://www.monografias.com)  
[www.abcdatos.com](http://www.abcdatos.com)  
[www.micropik.com](http://www.micropik.com)  
[www.unicrom.com](http://www.unicrom.com)  
[www.forosdeelectronica.com](http://www.forosdeelectronica.com)  
[www.ierobotics.com](http://www.ierobotics.com)  
[www.national.com](http://www.national.com)  
[www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)  
[www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com)  
[www.autc.com](http://www.autc.com)  
[www.automatismos.com](http://www.automatismos.com)  
[www.siemens.com](http://www.siemens.com)  
[www.festo.com](http://www.festo.com)  
[www.uni.com.pe](http://www.uni.com.pe)  
[www.unac.com.pe](http://www.unac.com.pe)  
[www.pucp.com.pe](http://www.pucp.com.pe)  
[www.automatizacion.com.ve](http://www.automatizacion.com.ve)  
[www.todorobot.com](http://www.todorobot.com)  
[www.hsimotors.com](http://www.hsimotors.com)  
[www.mundotutoriales.com](http://www.mundotutoriales.com)  
[www.qanders.com](http://www.qanders.com)  
[www.electroquimica.com](http://www.electroquimica.com)  
[www.tecsup.edu.pe](http://www.tecsup.edu.pe)  
[www.motorola.com](http://www.motorola.com)  
[www.electroquimica.com](http://www.electroquimica.com)  
[www.ni.com](http://www.ni.com)

**ANEXO I**  
**(INTERNET)**  
**ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS DISPOSITIVOS Y**  
**COMPONENTES UTILIZAD**



# PIC18FXX2

## 28/40-pin High Performance, Enhanced FLASH Microcontrollers with 10-Bit A/D

### High Performance RISC CPU:

- C compiler optimized architecture/instruction set
  - Source code compatible with the PIC16 and PIC17 instruction sets
- Linear program memory addressing to 32 Kbytes
- Linear data memory addressing to 1.5 Kbytes

Device	On-Chip Program Memory		On-Chip RAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)
	FLASH (bytes)	# Single Word Instructions		
PIC18F242	16K	8192	768	256
PIC18F252	32K	16384	1536	256
PIC18F442	16K	8192	768	256
PIC18F452	32K	16384	1536	256

- Up to 10 MIPS operation:
  - DC - 40 MHz osc./clock input
  - 4 MHz - 10 MHz osc./clock input with PLL active
- 16-bit wide instructions, 8-bit wide data path
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier

### Peripheral Features:

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupt pins
- Timer0 module: 8-bit/16-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1 module: 16-bit timer/counter
- Timer2 module: 8-bit timer/counter with 8-bit period register (time-base for PWM)
- Timer3 module: 16-bit timer/counter
- Secondary oscillator clock option - Timer1/Timer3
- Two Capture/Compare/PWM (CCP) modules. CCP pins that can be configured as:
  - Capture input: capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns ( $T_{CY}/16$ )
  - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns ( $T_{CY}$ )
  - PWM output: PWM resolution is 1- to 10-bit, max. PWM freq. @: 8-bit resolution = 156 kHz  
10-bit resolution = 39 kHz
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module, Two modes of operation:
  - 3-wire SPI™ (supports all 4 SPI modes)
  - I<sup>2</sup>C™ Master and Slave mode

### Peripheral Features (Continued):

- Addressable USART module:
  - Supports RS-485 and RS-232
- Parallel Slave Port (PSP) module

### Analog Features:

- Compatible 10-bit Analog-to-Digital Converter module (A/D) with:
  - Fast sampling rate
  - Conversion available during SLEEP
  - Linearity  $\leq 1$  LSb
- Programmable Low Voltage Detection (PLVD)
  - Supports interrupt on-Low Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)

### Special Microcontroller Features:

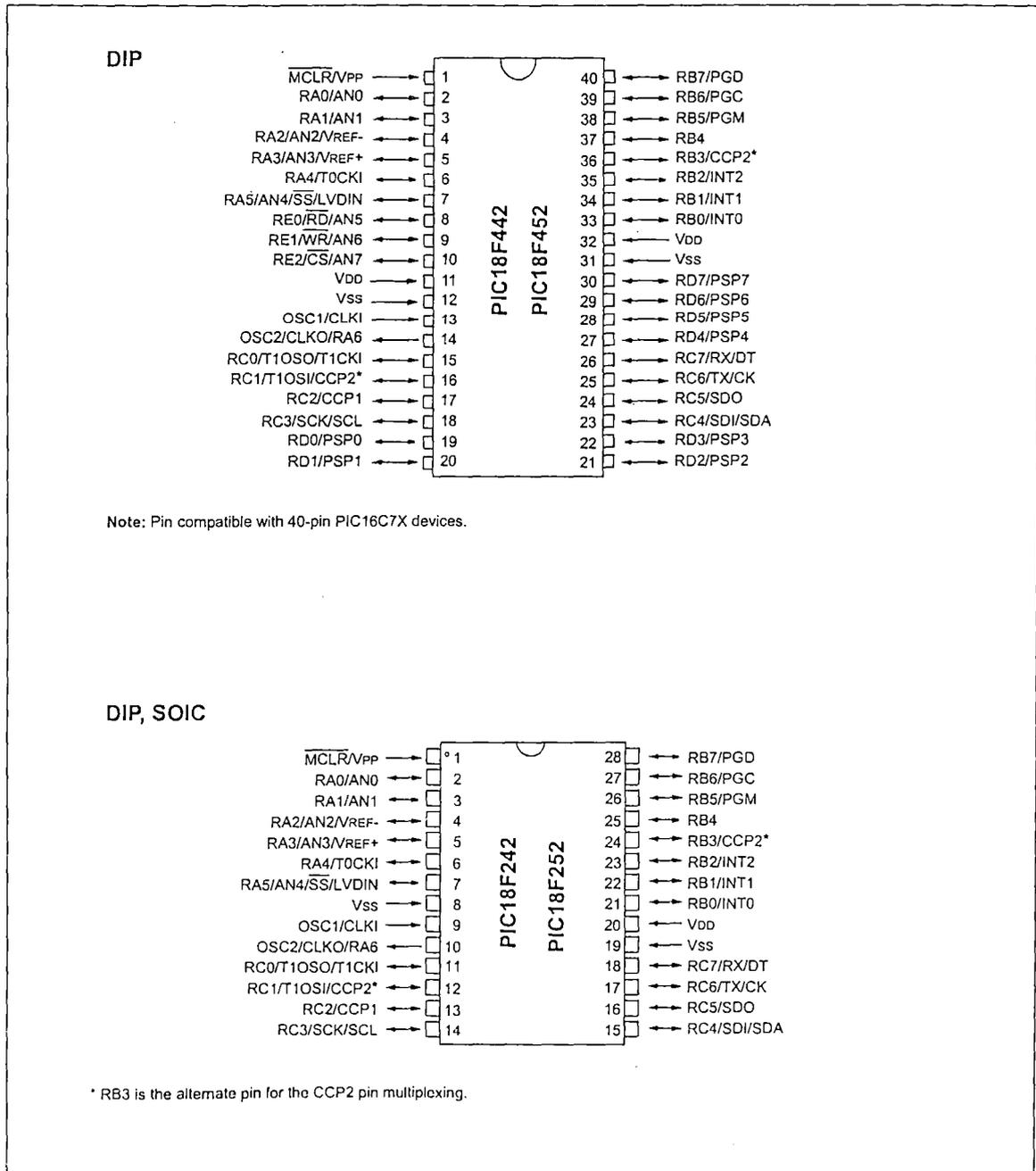
- 100,000 erase/write cycle Enhanced FLASH program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory
- FLASH/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options including:
  - 4X Phase Lock Loop (of primary oscillator)
  - Secondary Oscillator (32 kHz) clock input
- Single supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

### CMOS Technology:

- Low power, high speed FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges
- Low power consumption:
  - < 1.6 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 25  $\mu$ A typical @ 3V, 32 kHz
  - < 0.2  $\mu$ A typical standby current

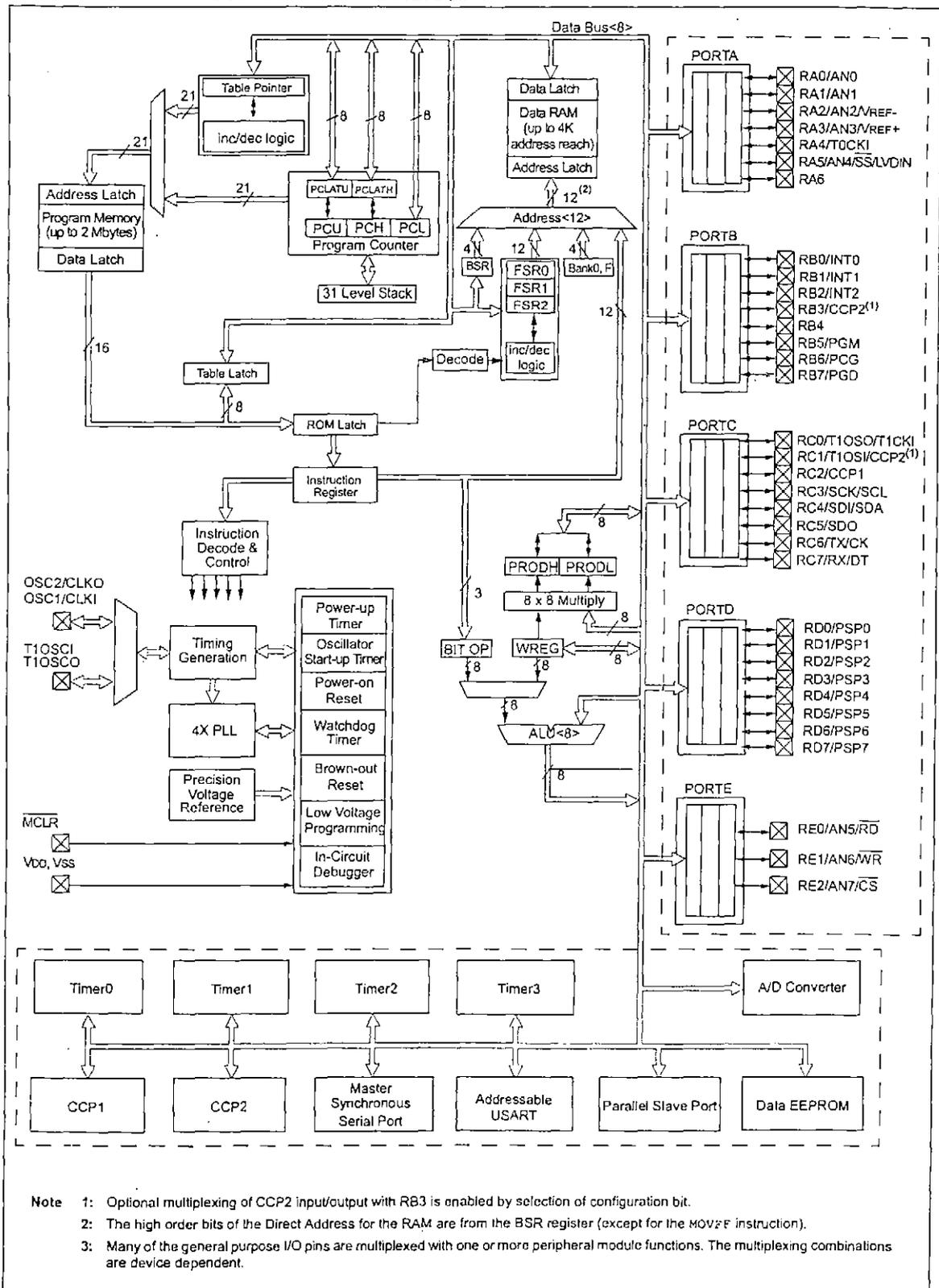
# PIC18FXX2

## Pin Diagrams (Cont.'d)



# PIC18FXX2

FIGURE 1-2: PIC18F4X2 BLOCK DIAGRAM





# PIC18FXX2

TABLE 1-3: PIC18F4X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	PLCC	TQFP			
RB0/INT0 RB0 INT0	33	36	8	I/O I	TTL ST	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs.  Digital I/O. External Interrupt 0.
RB1/INT1 RB1 INT1	34	37	9	I/O I	TTL ST	External Interrupt 1.
RB2/INT2 RB2 INT2	35	38	10	I/O I	TTL ST	Digital I/O. External Interrupt 2.
RB3/CCP2 RB3 CCP2	36	39	11	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RB4	37	41	14	I/O	TTL	Digital I/O. Interrupt-on-change pin.
RB5/PGM RB5 PGM	38	42	15	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. Low Voltage ICSP programming enable pin.
RB6/PGC RB6 PGC	39	43	16	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. In-Circuit Debugger and ICSP programming clock pin.
RB7/PGD RB7 PGD	40	44	17	I/O I/O	TTL ST	Digital I/O. Interrupt-on-change pin. In-Circuit Debugger and ICSP programming data pin.

Legend: TTL = TTL compatible input  
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels  
 O = Output  
 OD = Open Drain (no P diode to VDD)

CMOS = CMOS compatible input or output  
 I = Input  
 P = Power

# PIC18FXX2

TABLE 1-3: PIC18F4X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	PLCC	TQFP			
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	15	16	32	I/O O I	ST — ST	PORTC is a bi-directional I/O port.  Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1/Timer3 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	16	18	35	I/O I I/O	ST CMOS ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	17	19	36	I/O I/O	ST ST	Digital I/O. Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK  SCL	18	20	37	I/O I/O  I/O	ST ST  ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I <sup>2</sup> C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	23	25	42	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. SPI Data In. I <sup>2</sup> C Data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	24	26	43	I/O O	ST —	Digital I/O. SPI Data Out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	25	27	44	I/O O I/O	ST — ST	Digital I/O. USART Asynchronous Transmit. USART Synchronous Clock (see related RX/DT).
RC7/RX/DT RC7 RX DT	26	29	1	I/O I I/O	ST ST ST	Digital I/O. USART Asynchronous Receive. USART Synchronous Data (see related TX/CK).

Legend: TTL = TTL compatible input  
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels  
 O = Output  
 OD = Open Drain (no P diode to VDD)

CMOS = CMOS compatible input or output  
 I = Input  
 P = Power

# PIC18FXX2

TABLE 1-3: PIC18F4X2 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	DIP	PLCC	TQFP			
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST TTL	PORTD is a bi-directional I/O port, or a Parallel Slave Port (PSP) for interfacing to a microprocessor port. These pins have TTL input buffers when PSP module is enabled.  Digital I/O. Parallel Slave Port Data.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST TTL	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST TTL	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST TTL	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST TTL	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST TTL	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST TTL	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST TTL	
RE0/ $\overline{\text{RD}}$ /AN5 RE0 $\overline{\text{RD}}$  AN5	8	9	25	I/O	ST TTL  Analog	PORTE is a bi-directional I/O port.  Digital I/O. Read control for parallel slave port (see also $\overline{\text{WR}}$ and $\overline{\text{CS}}$ pins). Analog input 5.
RE1/ $\overline{\text{WR}}$ /AN6 RE1 $\overline{\text{WR}}$  AN6	9	10	26	I/O	ST TTL  Analog	
RE2/ $\overline{\text{CS}}$ /AN7 RE2 $\overline{\text{CS}}$  AN7	10	11	27	I/O	ST TTL  Analog	
Vss	12, 31	13, 34	6, 29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11, 32	12, 35	7, 28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: TTL = TTL compatible input

ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels

O = Output

OD = Open Drain (no P diode to VDD)

CMOS = CMOS compatible input or output

I = Input

P = Power

# PIC18FXX2

TABLE 20-2: PIC18FXXX INSTRUCTION SET

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	16-Bit Instruction Word				Status Affected	Notes	
			MSb			LSb			
<b>BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS</b>									
ADDWF	f, d, a	Add WREG and f	1	0010	01da0	ffff	ffff	C, DC, Z, OV, N	1, 2
ADDWFC	f, d, a	Add WREG and Carry bit to f	1	0010	0da	ffff	ffff	C, DC, Z, OV, N	1, 2
ANDWF	f, d, a	AND WREG with f	1	0001	01da	ffff	ffff	Z, N	1, 2
CLRF	f, a	Clear f	1	0110	101a	ffff	ffff	Z	2
COMF	f, d, a	Complement f	1	0001	11da	ffff	ffff	Z, N	1, 2
CPFSEQ	f, a	Compare f with WREG, skip =	1 (2 or 3)	0110	001a	ffff	ffff	None	4
CPFSGT	f, a	Compare f with WREG, skip >	1 (2 or 3)	0110	010a	ffff	ffff	None	4
CPFSLT	f, a	Compare f with WREG, skip <	1 (2 or 3)	0110	000a	ffff	ffff	None	1, 2
DECf	f, d, a	Decrement f	1	0000	01da	ffff	ffff	C, DC, Z, OV, N	1, 2, 3, 4
DECFSZ	f, d, a	Decrement f, Skip if 0	1 (2 or 3)	0010	11da	ffff	ffff	None	1, 2, 3, 4
DCFSNZ	f, d, a	Decrement f, Skip if Not 0	1 (2 or 3)	0100	11da	ffff	ffff	None	1, 2
INCF	f, d, a	Increment f	1	0010	10da	ffff	ffff	C, DC, Z, OV, N	1, 2, 3, 4
INCFSZ	f, d, a	Increment f, Skip if 0	1 (2 or 3)	0011	11da	ffff	ffff	None	4
INFSNZ	f, d, a	Increment f, Skip if Not 0	1 (2 or 3)	0100	10da	ffff	ffff	None	1, 2
IORWF	f, d, a	Inclusive OR WREG with f	1	0001	00da	ffff	ffff	Z, N	1, 2
MOVF	f, d, a	Move f	1	0101	00da	ffff	ffff	Z, N	1
MOVFF	f <sub>s</sub> , f <sub>d</sub>	Move f <sub>s</sub> (source) to 1st word f <sub>d</sub> (destination) 2nd word	2	1100	ffff	ffff	ffff	None	
MOVWF	f, a	Move WREG to f	1	0110	111a	ffff	ffff	None	
MULWF	f, a	Multiply WREG with f	1	0000	001a	ffff	ffff	None	
NEGF	f, a	Negate f	1	011c	110a	ffff	ffff	C, DC, Z, OV, N	1, 2
RLCF	f, d, a	Rotate Left f through Carry	1	0011	01da	ffff	ffff	C, Z, N	
RLNCF	f, d, a	Rotate Left f (No Carry)	1	0100	01da	ffff	ffff	Z, N	1, 2
RRCF	f, d, a	Rotate Right f through Carry	1	0011	00da	ffff	ffff	C, Z, N	
RRNCF	f, d, a	Rotate Right f (No Carry)	1	0100	00da	ffff	ffff	Z, N	
SETF	f, a	Set f	1	0110	100a	ffff	ffff	None	
SUBFWB	f, d, a	Subtract f from WREG with borrow	1	0101	01da	ffff	ffff	C, DC, Z, OV, N	1, 2
SUBWF	f, d, a	Subtract WREG from f	1	0101	11da	ffff	ffff	C, DC, Z, OV, N	
SUBWFB	f, d, a	Subtract WREG from f with borrow	1	0101	10da	ffff	ffff	C, DC, Z, OV, N	1, 2
SWAPF	f, d, a	Swap nibbles in f	1	0011	10da	ffff	ffff	None	4
TSTFSZ	f, a	Test f, skip if 0	1 (2 or 3)	0110	011a	ffff	ffff	None	1, 2
XORWF	f, d, a	Exclusive OR WREG with f	1	0001	10da	ffff	ffff	Z, N	
<b>BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS</b>									
BCF	f, b, a	Bit Clear f	1	1001	bbba	ffff	ffff	None	1, 2
BSF	f, b, a	Bit Set f	1	1000	bbba	ffff	ffff	None	1, 2
BTFSCL	f, b, a	Bit Test f, Skip if Clear	1 (2 or 3)	1011	bbba	ffff	ffff	None	3, 4
BTFSCL	f, b, a	Bit Test f, Skip if Set	1 (2 or 3)	1010	bbba	ffff	ffff	None	3, 4
BTG	f, d, a	Bit Toggle f	1	0111	bbba	ffff	ffff	None	1, 2

- Note 1: When a PORT register is modified as a function of itself (e.g., MOVF PORTB, 1, 0), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.
- 2: If this instruction is executed on the TMR0 register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned.
- 3: If Program Counter (PC) is modified or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a NOP.
- 4: Some instructions are 2-word instructions. The second word of these instructions will be executed as a NOP, unless the first word of the instruction retrieves the information embedded in these 16-bits. This ensures that all program memory locations have a valid instruction.
- 5: If the Table Write starts the write cycle to internal memory, the write will continue until terminated.

# PIC18FXX2

TABLE 20-2: PIC18FXXX INSTRUCTION SET (CONTINUED)

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	16-Bit Instruction Word				Status Affected	Notes	
			MSb	LSb					
<b>CONTROL OPERATIONS</b>									
BC	n	Branch if Carry	1 (2)	1110	0010	nnnn	nnnn	None	
BN	n	Branch if Negative	1 (2)	1110	0110	nnnn	nnnn	None	
BNC	n	Branch if Not Carry	1 (2)	1110	0011	nnnn	nnnn	None	
BNN	n	Branch if Not Negative	1 (2)	1110	0111	nnnn	nnnn	None	
BNOV	n	Branch if Not Overflow	1 (2)	1110	0101	nnnn	nnnn	None	
BNZ	n	Branch if Not Zero	2	1110	0001	nnnn	nnnn	None	
BOV	n	Branch if Overflow	1 (2)	1110	0100	nnnn	nnnn	None	
BRA	n	Branch Unconditionally	1 (2)	1101	0nnn	nnnn	nnnn	None	
BZ	n	Branch if Zero	1 (2)	1110	0000	nnnn	nnnn	None	
CALL	n, s	Call subroutine 1st word	2	1110	110s	kkkk	kkkk	None	
		2nd word		1111	kkkk	kkkk	kkkk		
CLRWDT	—	Clear Watchdog Timer	1	0000	0000	0000	0100	$\overline{TO}$ , $\overline{PD}$	
DAW	—	Decimal Adjust WREG	1	0000	0000	0000	0111	C	
GOTO	n	Go to address 1st word	2	1110	1111	kkkk	kkkk	None	
		2nd word		1111	kkkk	kkkk	kkkk		
NOP	—	No Operation	1	0000	0000	0000	0000	None	
NOP	—	No Operation	1	1111	xxxx	xxxx	xxxx	None	4
POP	—	Pop top of return stack (TOS)	1	0000	0000	0000	0110	None	
PUSH	—	Push top of return stack (TOS)	1	0000	0000	0000	0101	None	
RCALL	n	Relative Call	2	1101	1nnn	nnnn	nnnn	None	
RESET	—	Software device RESET	1	0000	0000	1111	1111	All	
RETFIE	s	Return from interrupt enable	2	0000	0000	0001	000s	GIE/GIEH, PEIE/GIEL	
RETLW	k	Return with literal in WREG	2	0000	1100	kkkk	kkkk	None	
RETURN	s	Return from Subroutine	2	0000	0000	0001	001s	None	
SLEEP	—	Go into Standby mode	1	0000	0000	0000	0011	$\overline{TO}$ , $\overline{PD}$	

- Note 1: When a PORT register is modified as a function of itself (e.g., MOVF PORTB, 1, 0), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.
- 2: If this instruction is executed on the TMRO register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned.
- 3: If Program Counter (PC) is modified or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a NOP.
- 4: Some instructions are 2-word instructions. The second word of these instructions will be executed as a NOP, unless the first word of the instruction retrieves the information embedded in these 16-bits. This ensures that all program memory locations have a valid instruction.
- 5: If the Table Write starts the write cycle to internal memory, the write will continue until terminated.

# PIC18FXX2

TABLE 20-2: PIC18FXXX INSTRUCTION SET (CONTINUED)

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	16-Bit Instruction Word				Status Affected	Notes	
			MSb			LSb			
<b>LITERAL OPERATIONS</b>									
ADDLW	k	Add literal and WREG	1	0000	1111	kkkk	kkkk	C, DC, Z, OV, N	
ANDLW	k	AND literal with WREG	1	0000	1011	kkkk	kkkk	Z, N	
IORLW	k	Inclusive OR literal with WREG	1	0000	1001	kkkk	kkkk	Z, N	
LFSR	f, k	Move literal (12-bit) 2nd word to FSRx 1st word	2	1110	1110	00ff	kkkk	None	
MOVLB	k	Move literal to BSR<3:0>	1	0000	0001	0000	kkkk	None	
MOVLW	k	Move literal to WREG	1	0000	1110	kkkk	kkkk	None	
MULLW	k	Multiply literal with WREG	1	0000	1101	kkkk	kkkk	None	
RETLW	k	Return with literal in WREG	2	0000	1100	kkkk	kkkk	None	
SUBLW	k	Subtract WREG from literal	1	0000	1000	kkkk	kkkk	C, DC, Z, OV, N	
XORLW	k	Exclusive OR literal with WREG	1	0000	1010	kkkk	kkkk	Z, N	
<b>DATA MEMORY ↔ PROGRAM MEMORY OPERATIONS</b>									
TBLRD*		Table Read	2	0000	0000	0000	1000	None	
TBLRD*+		Table Read with post-increment		0000	0000	0000	1001	None	
TBLRD*-		Table Read with post-decrement		0000	0000	0000	1010	None	
TBLRD+*		Table Read with pre-increment		0000	0000	0000	1011	None	
TBLWT*		Table Write	2 (5)	0000	0000	0000	1100	None	
TBLWT*+		Table Write with post-increment		0000	0000	0000	1101	None	
TBLWT*-		Table Write with post-decrement		0000	0000	0000	1110	None	
TBLWT+*		Table Write with pre-increment		0000	0000	0000	1111	None	

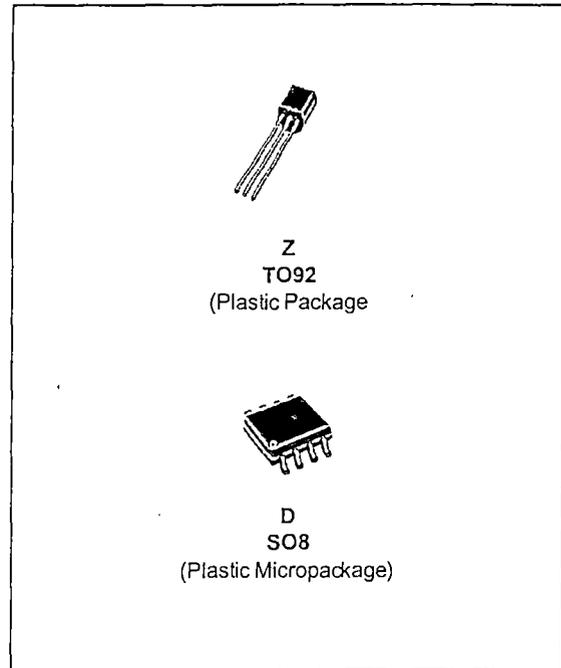
- Note 1: When a PORT register is modified as a function of itself (e.g., MOVF PORTB, 1, 0), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.
- 2: If this instruction is executed on the TMR0 register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned.
- 3: If Program Counter (PC) is modified or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a NOP.
- 4: Some instructions are 2-word instructions. The second word of these instructions will be executed as a NOP, unless the first word of the instruction retrieves the information embedded in these 16-bits. This ensures that all program memory locations have a valid instruction.
- 5: If the Table Write starts the write cycle to internal memory, the write will continue until terminated.

## PRECISION TEMPERATURE SENSORS

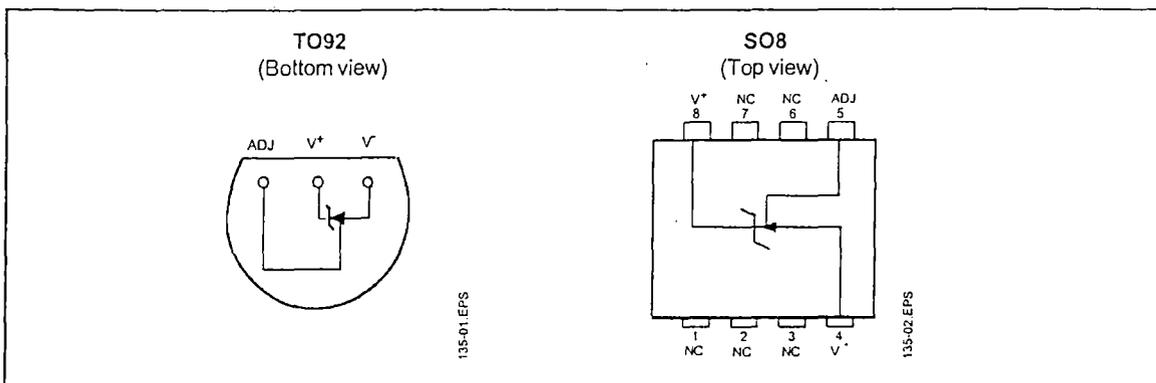
- DIRECTLY CALIBRATED IN °K
- 1°C INITIAL ACCURACY
- OPERATES FROM 450µA TO 5mA
- LESS THAN 1Ω DYNAMIC IMPEDANCE

**DESCRIPTION**

The LM135, LM235, LM335 are precision temperature sensors which can be easily calibrated. They operate as a 2-terminal Zener and the breakdown voltage is directly proportional to the absolute temperature at 10mV/°K. The circuit has a dynamic impedance of less than 1Ω and operates within a range of current from 450µA to 5mA without alteration of its characteristics. Calibrated at +25°C, the LM135, LM235, LM335 have a typical error of less than 1°C over a 100°C temperature range. Unlike other sensors, the LM135, LM235, LM335 have a linear output.


**ORDER CODES**

Part number	Temperature Range	Package	
		Z	D
LM135	-55°C, +150°C	•	•
LM235	-40°C, +125°C	•	•
LM335,A	-40°C, +100°C	•	•

**PIN CONNECTIONS**


# LM741

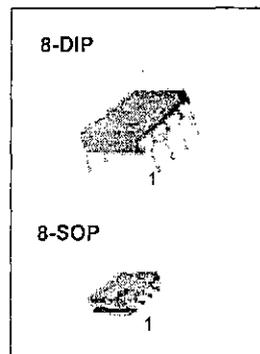
## Single Operational Amplifier

### Features

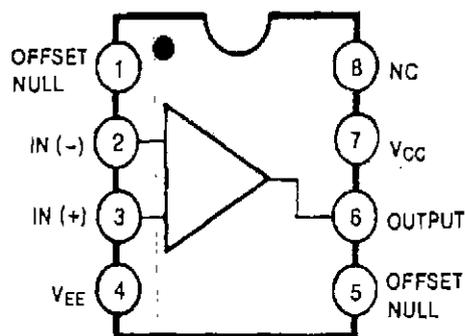
- Short circuit protection
- Excellent temperature stability
- Internal frequency compensation
- High Input voltage range
- Null of offset

### Description

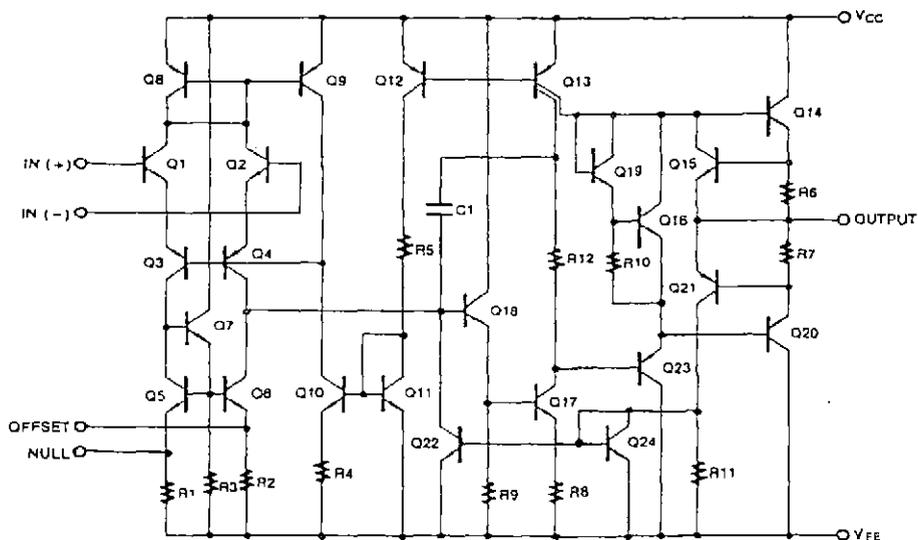
The LM741 series are general purpose operational amplifiers. It is intended for a wide range of analog applications. The high gain and wide range of operating voltage provide superior performance in integrator, summing amplifier, and general feedback applications.



### Internal Block Diagram



## Schematic Diagram

Absolute Maximum Ratings ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	VCC	$\pm 18$	V
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	30	V
Input Voltage	$V_I$	$\pm 15$	V
Output Short Circuit Duration	-	Indefinite	-
Power Dissipation	$P_D$	500	mW
Operating Temperature Range			
LM741C	$T_{OPR}$	0 ~ +70	$^\circ\text{C}$
LM741I		-40 ~ +85	
Storage Temperature Range	$T_{STG}$	-65 ~ +150	$^\circ\text{C}$

## Electrical Characteristics

( $V_{CC} = 15V$ ,  $V_{EE} = -15V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ , unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM741C/LM741I			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	$V_{IO}$	$R_S \leq 10K\Omega$	-	2.0	6.0	mV	
		$R_S \leq 50\Omega$	-	-	-		
Input Offset Voltage Adjustment Range	$V_{IO(R)}$	$V_{CC} = \pm 20V$	-	$\pm 15$	-	mV	
Input Offset Current	$I_{IO}$	-	-	20	200	nA	
Input Bias Current	$I_{BIAS}$	-	-	80	500	nA	
Input Resistance (Note1)	$R_i$	$V_{CC} = \pm 20V$	0.3	2.0	-	M $\Omega$	
Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	-	$\pm 12$	$\pm 13$	-	V	
Large Signal Voltage Gain	GV	$R_L \geq 2K\Omega$	$V_{CC} = \pm 20V$ , $V_{O(P-P)} = \pm 15V$	-	-	-	V/mV
			$V_{CC} = \pm 15V$ , $V_{O(P-P)} = \pm 10V$	20	200	-	
Output Short Circuit Current	ISC	-	-	25	-	mA	
Output Voltage Swing	$V_{O(P-P)}$	$V_{CC} = \pm 20V$	$R_L \geq 10K\Omega$	-	-	-	V
			$R_L \geq 2K\Omega$	-	-	-	
		$V_{CC} = \pm 15V$	$R_L \geq 10K\Omega$	$\pm 12$	$\pm 14$	-	
			$R_L \geq 2K\Omega$	$\pm 10$	$\pm 13$	-	
Common Mode Rejection Ratio	CMRR	$R_S \leq 10K\Omega$ , $V_{CM} = \pm 12V$	70	90	-	dB	
		$R_S \leq 50\Omega$ , $V_{CM} = \pm 12V$	-	-	-		
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_{CC} = \pm 15V$ to $V_{CC} = \pm 15V$ $R_S \leq 50\Omega$	-	-	-	dB	
		$V_{CC} = \pm 15V$ to $V_{CC} = \pm 15V$ $R_S \leq 10K\Omega$	77	96	-		
Transient Response	Rise Time	$T_R$	Unity Gain	-	0.3	-	$\mu s$
	Overshoot	OS		-	10	-	%
Bandwidth	BW	-	-	-	-	MHz	
Slew Rate	SR	Unity Gain	-	0.5	-	V/ $\mu s$	
Supply Current	ICC	$R_L = \infty\Omega$	-	1.5	2.8	mA	
Power Consumption	PC	$V_{CC} = \pm 20V$	-	-	-	mW	
		$V_{CC} = \pm 15V$	-	50	85		

Note:

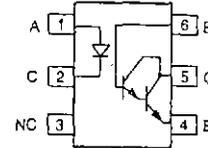
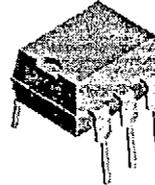
1. Guaranteed by design.



### Optocoupler, Photodarlington Output, High Gain, With Base Connection

#### Features

- Very high current transfer ratio, 500 % Min.
- High isolation resistance,  $10^{11} \Omega$  Typical
- Standard plastic DIP package
- Lead-free component
- Component in accordance to RoHS 2002/95/EC and WEEE 2002/96/EC



#### Agency Approvals

- UL1577, File No. E52744 System Code H or J, Double Protection
- DIN EN 60747-5-2 (VDE0884)  
DIN EN 60747-5-5 pending  
Available with Option 1
- BSI IEC60950 IEC60065

1179068



#### Order Information

Part	Remarks
4N32	CTR > 500 %, DIP-6
4N33	CTR > 500 %, DIP-6
4N32-X007	CTR > 500 %, SMD-6 (option 7)
4N32-X009	CTR > 500 %, SMD-6 (option 9)
4N33-X007	CTR > 500 %, SMD-6 (option 7)
4N33-X009	CTR > 500 %, SMD-6 (option 9)

For additional information on the available options refer to Option Information.

#### Description

The 4N32 and 4N33 are optically coupled isolators with a gallium arsenide infrared LED and a silicon photodarlington sensor.

Switching can be achieved while maintaining a high degree of isolation between driving and load circuits.

These optocouplers can be used to replace reed and mercury relays with advantages of long life, high speed switching and elimination of magnetic fields.

#### Absolute Maximum Ratings

T<sub>amb</sub> = 25 °C, unless otherwise specified

Stresses in excess of the absolute Maximum Ratings can cause permanent damage to the device. Functional operation of the device is not implied at these or any other conditions in excess of those given in the operational sections of this document. Exposure to absolute Maximum Rating for extended periods of the time can adversely affect reliability.

#### Input

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Peak reverse voltage		V <sub>R</sub>	3.0	V
Forward continuous current		I <sub>F</sub>	60	mA
Power dissipation		P <sub>diss</sub>	100	mW
Derate linearly	from 55 °C		1.33	mW/°C

## Output

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Collector-emitter breakdown voltage		$BV_{CEO}$	30	V
Emitter-base breakdown voltage		$BV_{EBO}$	8.0	V
Collector-base breakdown voltage		$BV_{CBO}$	50	V
Emitter-collector breakdown voltage		$BV_{ECO}$	5.0	V
Collector (load) current		$I_C$	125	mA
Power dissipation		$P_{diss}$	150	mW
Derate linearly			2.0	mW/°C

## Coupler

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Total dissipation		$P_{tot}$	250	mW
Derate linearly			3.3	mW/°
Isolation test voltage (between emitter and detector, Standard Climate: 23 °C/ 50 %RH, \nDIN 500 14)		$V_{ISO}$	5300	$V_{RMS}$
Leakage Path			7.0	mm min.
Air Path			7.0	mm min.
Isolation Resistance	$V_{IO} = 500 \text{ V}, T_{amb} = 25 \text{ °C}$	$R_{IO}$	$\geq 10^{12}$	$\Omega$
	$V_{IO} = 500 \text{ V}, T_{amb} = 100 \text{ °C}$	$R_{IO}$	$\geq 10^{11}$	$\Omega$
Storage temperature		$T_{amb}$	- 55 to + 150	°C
Operating temperature		$T_{stg}$	- 55 to + 100	°C
Lead soldering time	at 260 °C		10	s

## Electrical Characteristics

$T_{amb} = 25 \text{ °C}$ , unless otherwise specified

Minimum and maximum values are testing requirements. Typical values are characteristics of the device and are the result of engineering evaluation. Typical values are for information only and are not part of the testing requirements.

## Input

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Forward voltage	$I_F = 50 \text{ mA}$	$V_F$		1.25	1.5	V
Reverse current	$V_R = 3.0 \text{ V}$	$I_R$		0.1	100	$\mu$
Capacitance	$V_R = 0 \text{ V}$	$C_O$		25		pF



Output

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Collector-emitter breakdown voltage <sup>1)</sup>	$I_C = 100 \mu A, I_F = 0$	$BV_{CEO}$	30			V
Collector-base breakdown voltage <sup>1)</sup>	$I_C = 100 \mu A, I_F = 0$	$BV_{CBO}$	50			V
Emitter-base breakdown voltage <sup>1)</sup>	$I_C = 100 \mu A, I_F = 0$	$BV_{EBO}$	8.0			V
Emitter-collector breakdown voltage <sup>1)</sup>	$I_C = 100 \mu A, I_F = 0$	$BV_{ECO}$	5.0	10		V
Collector-emitter leakage current	$V_{CE} = 10 V, I_F = 0$	$I_{CEO}$		1.0	100	nA
	$I_C = 0.5 mA, V_{CE} = 5.0 V$	$h_{FE}$	13			

<sup>1)</sup> Indicates JEDEC registered values

Coupler

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Collector emitter saturation voltage		$V_{CEsat}$		1.0		V
Coupling capacitance				1.5		pF

Current Transfer Ratio

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Current Transfer Ratio	$V_{CE} = 10 V, I_F = 10 mA,$	CTR	500			%

Switching Characteristics

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Turn on time	$V_{CC} = 10 V, I_C = 50 mA$	$t_{on}$			5.0	$\mu s$
Turn off time	$I_F = 200 mA, R_L = 180 \Omega$	$t_{off}$			100	$\mu s$

Typical Characteristics ( $T_{amb} = 25 \text{ }^\circ C$  unless otherwise specified)

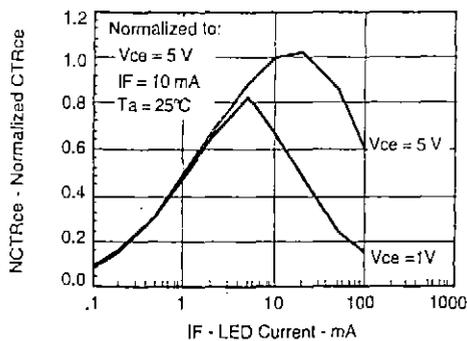


Figure 1. Normalized Non-saturated and Saturated  $CTR_{CE}$  vs. LED Current

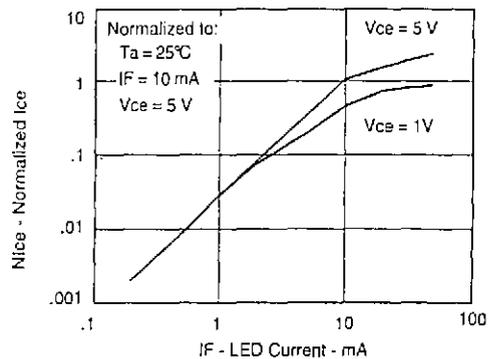
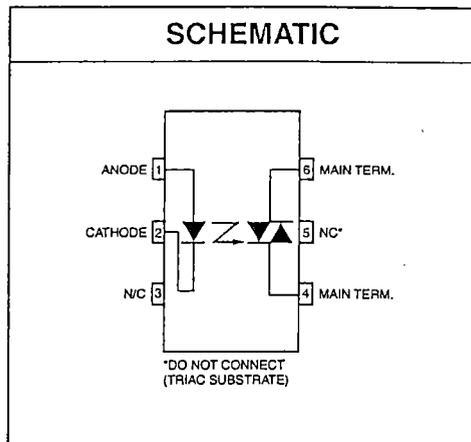
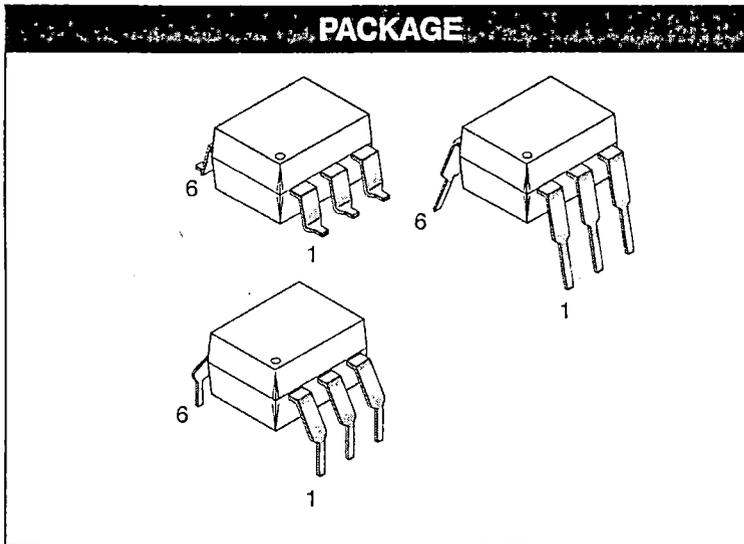


Figure 2. Normalized Non-Saturated and Saturated Collector-Emitter Current vs. LED Current

4N32-33\_02

4N32-33\_02

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M



**DESCRIPTION**

The MOC301XM and MOC302XM series are optically isolated triac driver devices. These devices contain a GaAs infrared emitting diode and a light activated silicon bilateral switch, which functions like a triac. They are designed for interfacing between electronic controls and power triacs to control resistive and inductive loads for 115 VAC operations.

**FEATURES**

- Excellent  $I_{FT}$  stability—IR emitting diode has low degradation
- High isolation voltage—minimum 5300 VAC RMS
- Underwriters Laboratory (UL) recognized—File #E90700
- Peak blocking voltage
  - 250V-MOC301XM
  - 400V-MOC302XM
- VDE recognized (File #94766)
  - Ordering option V (e.g. MOC3023VM)

**APPLICATIONS**

- |                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| • Industrial controls | • Solenoid/valve controls   |
| • Traffic lights      | • Static AC power switch    |
| • Vending machines    | • Incandescent lamp dimmers |
| • Solid state relay   | • Motor control             |
| • Lamp ballasts       |                             |

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)				
Parameters	Symbol	Device	Value	Units
<b>TOTAL DEVICE</b>				
Storage Temperature	$T_{STG}$	All	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	$T_{OPR}$	All	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Lead Solder Temperature	$T_{SOL}$	All	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	$T_J$	All	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Isolation Surge Voltage <sup>(1)</sup> (peak AC voltage, 60Hz, 1 sec duration)	$V_{ISO}$	All	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ 25 $^\circ\text{C}$ Derate above 25 $^\circ\text{C}$	$P_D$	All	330 4.4	mW mW/ $^\circ\text{C}$
<b>EMITTER</b>				
Continuous Forward Current	$I_F$	All	60	mA
Reverse Voltage	$V_R$	All	3	V
Total Power Dissipation 25 $^\circ\text{C}$ Ambient Derate above 25 $^\circ\text{C}$	$P_D$	All	100 1.33	mW mW/ $^\circ\text{C}$
<b>DETECTOR</b>				
Off-State Output Terminal Voltage	$V_{ORM}$	MOC3010M/1M/2M MOC3020M/1M/2M/3M	250 400	V
Peak Repetitive Surge Current (PW = 1 ms, 120 pps)	$I_{TSM}$	All	1	A
Total Power Dissipation @ 25 $^\circ\text{C}$ Ambient Derate above 25 $^\circ\text{C}$	$P_D$	All	300 4	mW mW/ $^\circ\text{C}$

**Note**

1. Isolation surge voltage,  $V_{ISO}$ , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)				
Parameters	Symbol	Device	Value	Units
<b>TOTAL DEVICE</b>				
Storage Temperature	$T_{STG}$	All	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	$T_{OPR}$	All	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Lead Solder Temperature	$T_{SOL}$	All	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	$T_J$	All	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Isolation Surge Voltage <sup>(1)</sup> (peak AC voltage, 60Hz, 1 sec duration)	$V_{ISO}$	All	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ 25°C Derate above 25°C	$P_D$	All	330	mW
			4.4	mW/ $^\circ\text{C}$
<b>EMITTER</b>				
Continuous Forward Current	$I_F$	All	60	mA
Reverse Voltage	$V_R$	All	3	V
Total Power Dissipation 25°C Ambient Derate above 25°C	$P_D$	All	100	mW
			1.33	mW/ $^\circ\text{C}$
<b>DETECTOR</b>				
Off-State Output Terminal Voltage	$V_{DRM}$	MOC3010M/1M/2M MOC3020M/1M/2M/3M	250 400	V
Peak Repetitive Surge Current (PW = 1 ms, 120 pps)	$I_{TSM}$	All	1	A
Total Power Dissipation @ 25°C Ambient Derate above 25°C	$P_D$	All	300	mW
			4	mW/ $^\circ\text{C}$

**Note**

1. Isolation surge voltage,  $V_{ISO}$ , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

## Triacs

## BT136 series

## GENERAL DESCRIPTION

Passivated triacs in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

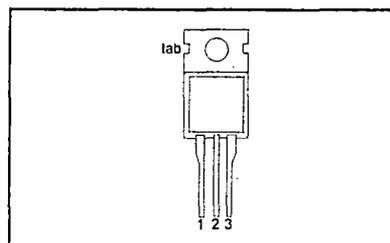
## QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	UNIT
		BT136- BT136-	
$V_{DRM}$	Repetitive peak off-state voltages	600 600F	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	4	A
$I_{TSM}$	Non-repetitive peak on-state current	25	A

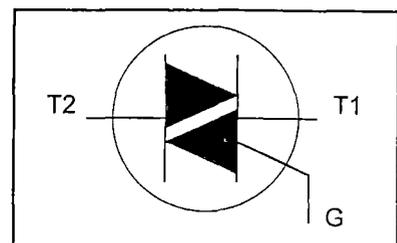
## PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
tab	main terminal 2

## PIN CONFIGURATION



## SYMBOL



## LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{DRM}$	Repetitive peak off-state voltages		-	600 <sup>1</sup>	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	full sine wave; $T_{mb} \leq 107^\circ\text{C}$	-	4	A
$I_{TSM}$	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; $T_j = 25^\circ\text{C}$ prior to surge	-	25	A
		$t = 20\text{ ms}$	-	27	A
		$t = 16.7\text{ ms}$	-	3.1	A <sup>2</sup> s
$I^2t$	$I^2t$ for fusing	$t = 10\text{ ms}$	-		
$di_T/dt$	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$I_{TM} = 6\text{ A}$ ; $I_G = 0.2\text{ A}$ ; $di_G/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$			
		T2+ G+	-	50	A/ $\mu\text{s}$
		T2+ G-	-	50	A/ $\mu\text{s}$
		T2- G-	-	50	A/ $\mu\text{s}$
		T2- G+	-	10	A/ $\mu\text{s}$
$I_{GM}$	Peak gate current		-	2	A
$V_{GM}$	Peak gate voltage		-	5	V
$P_{GM}$	Peak gate power		-	5	W
$P_{G(AV)}$	Average gate power	over any 20 ms period	-	0.5	W
$T_{stg}$	Storage temperature		-40	150	$^\circ\text{C}$
$T_j$	Operating junction temperature		-	125	$^\circ\text{C}$

<sup>1</sup> Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 3 A/ $\mu\text{s}$ .

**Triacs**

**BT136 series**

**GENERAL DESCRIPTION**

Passivated triacs in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

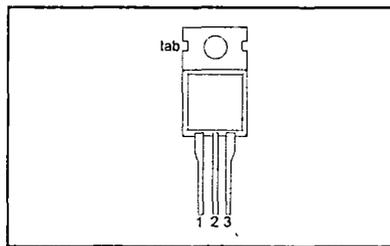
**QUICK REFERENCE DATA**

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	UNIT
		<b>BT136- BT136-</b>	
$V_{DRM}$	Repetitive peak off-state voltages	600 600F	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	4	A
$I_{TSM}$	Non-repetitive peak on-state current	25	A

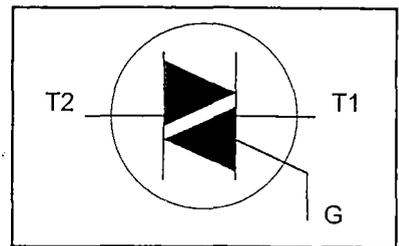
**PINNING - TO220AB**

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
tab	main terminal 2

**PIN CONFIGURATION**



**SYMBOL**



**LIMITING VALUES**

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{DRM}$	Repetitive peak off-state voltages		-	600 <sup>1</sup>	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	full sine wave; $T_{mb} \leq 107^\circ\text{C}$	-	4	A
$I_{TSM}$	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; $T_j = 25^\circ\text{C}$ prior to surge	-	25	A
		$t = 20\text{ ms}$	-	27	A
		$t = 16.7\text{ ms}$	-	3.1	A <sup>2</sup> s
		$t = 10\text{ ms}$	-		
$I^2t$	$I^2t$ for fusing	$I_{TM} = 6\text{ A}; I_G = 0.2\text{ A};$			
$di_T/dt$	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$di_G/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$			
		T2+ G+	-	50	A/ $\mu\text{s}$
		T2+ G-	-	50	A/ $\mu\text{s}$
		T2- G-	-	50	A/ $\mu\text{s}$
		T2- G+	-	10	A/ $\mu\text{s}$
$I_{GM}$	Peak gate current		-	2	A
$V_{GM}$	Peak gate voltage		-	5	V
$P_{GM}$	Peak gate power		-	5	W
$P_{G(AV)}$	Average gate power	over any 20 ms period	-	0.5	W
$T_{stg}$	Storage temperature		-40	150	$^\circ\text{C}$
$T_j$	Operating junction temperature		-	125	$^\circ\text{C}$

<sup>1</sup> Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 3 A/ $\mu\text{s}$ .

## Triacs

## BT136 series

## THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{thj-mb}$	Thermal resistance junction to mounting base	full cycle	-	-	3.0	K/W
$R_{thj-a}$	Thermal resistance junction to ambient	half cycle in free air	-	60	3.7	K/W

## STATIC CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise stated

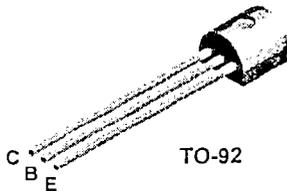
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
$I_{GT}$	Gate trigger current	BT136- $V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	-	-	...	...F	
		T2+ G+	-	5	35	25	mA
		T2+ G-	-	8	35	25	mA
		T2- G-	-	11	35	25	mA
		T2- G+	-	30	70	70	mA
$I_L$	Latching current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	-	-	-	
		T2+ G+	-	7	20	20	mA
		T2+ G-	-	16	30	30	mA
		T2- G-	-	5	20	20	mA
		T2- G+	-	7	30	30	mA
$I_H$	Holding current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	5	15	15	mA
$V_T$	On-state voltage	$I_T = 5\text{ A}$	-	1.4	1.70		V
$V_{GT}$	Gate trigger voltage	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	-	0.7	1.5		V
		$V_D = 400\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A};$ $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	0.25	0.4	-		V
$I_D$	Off-state leakage current	$V_D = V_{DRM(max)}$ ; $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	-	0.1	0.5		mA

## DYNAMIC CHARACTERISTICS

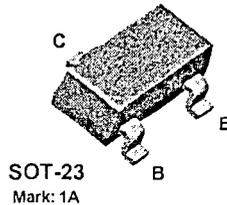
 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
$dV_D/dt$	Critical rate of rise of off-state voltage	BT136- $V_{DM} = 67\% V_{DRM(max)}$ ; $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$ ; exponential waveform; gate open circuit	...	...	250	-	V/ $\mu\text{s}$
$dV_{com}/dt$	Critical rate of change of commutating voltage	$V_{DM} = 400\text{ V}; T_j = 95\text{ }^\circ\text{C};$ $I_{T(RMS)} = 4\text{ A};$ $di_{com}/dt = 1.8\text{ A/ms}$ ; gate open circuit	-	-	50	-	V/ $\mu\text{s}$
$t_{gt}$	Gate controlled turn-on time	$I_{TM} = 6\text{ A}; V_D = V_{DRM(max)}$ ; $I_G = 0.1\text{ A}; di_G/dt = 5\text{ A}/\mu\text{s}$	-	-	2	-	$\mu\text{s}$

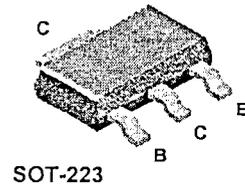
**2N3904**



**MMBT3904**



**PZT3904**



**NPN General Purpose Amplifier**

This device is designed as a general purpose amplifier and switch. The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.

**Absolute Maximum Ratings\***  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CE0}$	Collector-Emitter Voltage	40	V
$V_{CB0}$	Collector-Base Voltage	60	V
$V_{EB0}$	Emitter-Base Voltage	6.0	V
$I_C$	Collector Current - Continuous	200	mA
$T_J, T_{stg}$	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

\* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

**Thermal Characteristics**  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max			Units
		2N3904	*MMBT3904	**PZT3904	
$P_D$	Total Device Dissipation	625	350	1,000	mW
	Derate above $25^\circ\text{C}$	5.0	2.8	8.0	mW/ $^\circ\text{C}$
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3			$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	357	125	$^\circ\text{C/W}$

\* Device mounted on FR-4 PCB 1.6" X 1.6" X 0.06"

\*\* Device mounted on FR-4 PCB 36 mm X 18 mm X 1.5 mm; mounting pad for the collector lead min. 6 cm<sup>2</sup>.

## NPN General Purpose Amplifier

(continued)

### Electrical Characteristics T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>					
V <sub>(BR)CEO</sub>	Collector-Emitter Breakdown Voltage	I <sub>C</sub> = 1.0 mA, I <sub>B</sub> = 0	40		V
V <sub>(BR)CBO</sub>	Collector-Base Breakdown Voltage	I <sub>C</sub> = 10 μA, I <sub>E</sub> = 0	60		V
V <sub>(BR)EBO</sub>	Emitter-Base Breakdown Voltage	I <sub>E</sub> = 10 μA, I <sub>C</sub> = 0	6.0		V
I <sub>BL</sub>	Base Cutoff Current	V <sub>CE</sub> = 30 V, V <sub>EB</sub> = 3V		50	nA
I <sub>CEx</sub>	Collector Cutoff Current	V <sub>CE</sub> = 30 V, V <sub>EB</sub> = 3V		50	< nA

### ON CHARACTERISTICS\*

h <sub>FE</sub>	DC Current Gain	I <sub>C</sub> = 0.1 mA, V <sub>CE</sub> = 1.0 V I <sub>C</sub> = 1.0 mA, V <sub>CE</sub> = 1.0 V I <sub>C</sub> = 10 mA, V <sub>CE</sub> = 1.0 V I <sub>C</sub> = 50 mA, V <sub>CE</sub> = 1.0 V I <sub>C</sub> = 100 mA, V <sub>CE</sub> = 1.0 V	40 70 100 60 30	300	
V <sub>CE(sat)</sub>	Collector-Emitter Saturation Voltage	I <sub>C</sub> = 10 mA, I <sub>B</sub> = 1.0 mA I <sub>C</sub> = 50 mA, I <sub>B</sub> = 5.0 mA		0.2 0.3	V V
V <sub>BE(sat)</sub>	Base-Emitter Saturation Voltage	I <sub>C</sub> = 10 mA, I <sub>B</sub> = 1.0 mA I <sub>C</sub> = 50 mA, I <sub>B</sub> = 5.0 mA	0.65	0.85 0.95	V V

### SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

f <sub>T</sub>	Current Gain - Bandwidth Product	I <sub>C</sub> = 10 mA, V <sub>CE</sub> = 20 V, f = 100 MHz	300		MHz
C <sub>obo</sub>	Output Capacitance	V <sub>CB</sub> = 5.0 V, I <sub>E</sub> = 0, f = 1.0 MHz		4.0	pF
C <sub>ibo</sub>	Input Capacitance	V <sub>EB</sub> = 0.5 V, I <sub>C</sub> = 0, f = 1.0 MHz		8.0	pF
NF	Noise Figure	I <sub>C</sub> = 100 μA, V <sub>CE</sub> = 5.0 V, R <sub>S</sub> = 1.0kΩ, f = 10 Hz to 15.7kHz		5.0	dB

### SWITCHING CHARACTERISTICS

t <sub>d</sub>	Delay Time	V <sub>CC</sub> = 3.0 V, V <sub>BE</sub> = 0.5 V, I <sub>C</sub> = 10 mA, I <sub>B1</sub> = 1.0 mA		35	ns
t <sub>r</sub>	Rise Time			35	ns
t <sub>s</sub>	Storage Time	V <sub>CC</sub> = 3.0 V, I <sub>C</sub> = 10mA		200	ns
t <sub>f</sub>	Fall Time	I <sub>B1</sub> = I <sub>B2</sub> = 1.0 mA		50	ns

\*Pulse Test: Pulse Width ≤ 300 μs, Duty Cycle ≤ 2.0%

### Spice Model

NPN (Is=6.734f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=74.03 Bf=416.4 Ne=1.259 Ise=6.734 Ikf=66.78m Xtb=1.5 Br=.7371 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=1 Cjc=3.638p Mjc=.3085 Vjc=.75 Fc=.5 Cje=4.493p Mje=.2593 Vje=.75 Tr=239.5n Tf=301.2p Itf=.4 Vtf=4 Xtf=2 Rb=10)

2N3904 / MMBT3904 / PZT3904

## TIP110/111/112

TIP110/111/112

### Monolithic Construction With Built In Base-Emitter Shunt Resistors

- Complementary to TIP115/116/117
- High DC Current Gain :  $h_{FE}=1000$  @  $V_{CE}=4V, I_C=1A$ (Min.)
- Low Collector-Emitter Saturation Voltage
- Industrial Use

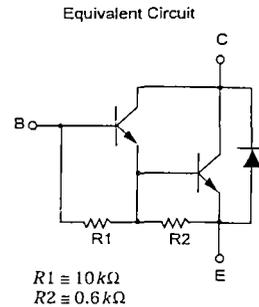


1 TO-220  
1.Base 2.Collector 3.Emitter

### NPN Epitaxial Silicon Darlington Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage : TIP110	60	V
	: TIP111	80	V
	: TIP112	100	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage : TIP110	60	V
	: TIP111	80	V
	: TIP112	100	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	2	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	4	A
$I_B$	Base Current (DC)	50	mA
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_a=25^\circ C$ )	2	W
	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ C$ )	50	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ C$
$T_{STG}$	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ C$



#### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 30mA, I_B = 0$	60		V
	: TIP110		80		V
	: TIP111		100		V
$I_{CEO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 30V, I_B = 0$ $V_{CE} = 40V, I_B = 0$ $V_{CE} = 50V, I_B = 0$		2	mA
	: TIP110			2	mA
	: TIP111			2	mA
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = 60V, I_E = 0$ $V_{CB} = 80V, I_E = 0$ $V_{CB} = 100V, I_E = 0$		1	mA
	: TIP110			1	mA
	: TIP111			1	mA
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{BE} = 5V, I_C = 0$		2	mA
$h_{FE}$	DC Current Gain	$V_{CE} = 4V, I_C = 1A$	1000		
		$V_{CE} = 4V, I_C = 2A$	500		
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 2A, I_B = 8mA$		2.5	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter ON Voltage	$V_{CE} = 4V, I_C = 2A$		2.8	V
$C_{ob}$	Output Capacitance	$V_{CB} = 10V, I_E = 0, f = 0.1MHz$		100	pF

# SN74LS373, SN74LS374

## Octal Transparent Latch with 3-State Outputs; Octal D-Type Flip-Flop with 3-State Output

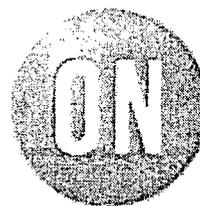
The SN74LS373 consists of eight latches with 3-state outputs for bus organized system applications. The flip-flops appear transparent to the data (data changes asynchronously) when Latch Enable (LE) is HIGH. When LE is LOW, the data that meets the setup times is latched. Data appears on the bus when the Output Enable (OE) is LOW. When OE is HIGH the bus output is in the high impedance state.

The SN74LS374 is a high-speed, low-power Octal D-type Flip-Flop featuring separate D-type inputs for each flip-flop and 3-state outputs for bus oriented applications. A buffered Clock (CP) and Output Enable (OE) is common to all flip-flops. The SN74LS374 is manufactured using advanced Low Power Schottky technology and is compatible with all ON Semiconductor TTL families.

- Eight Latches in a Single Package
- 3-State Outputs for Bus Interfacing
- Hysteresis on Latch Enable
- Edge-Triggered D-Type Inputs
- Buffered Positive Edge-Triggered Clock
- Hysteresis on Clock Input to Improve Noise Margin
- Input Clamp Diodes Limit High Speed Termination Effects

### GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
T <sub>A</sub>	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	°C
I <sub>OH</sub>	Output Current – High			-2.6	mA
I <sub>OL</sub>	Output Current – Low			24	mA

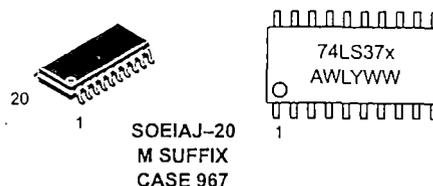
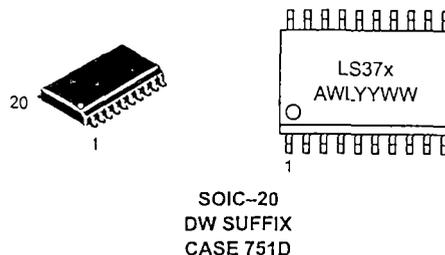
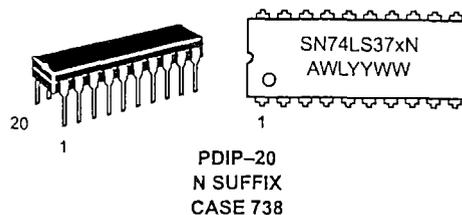


ON Semiconductor

<http://onsemi.com>

LOW  
POWER  
SCHOTTKY

### MARKING DIAGRAMS



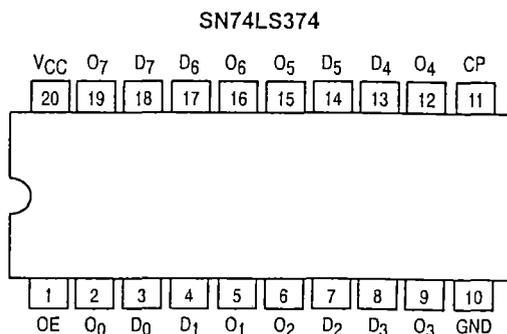
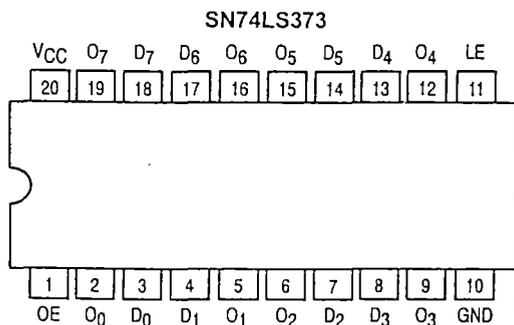
x = 3 or 4  
A = Assembly Location  
WL = Wafer Lot  
YY = Year  
WW = Work Week

### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 6 of this data sheet.

# SN74LS373, SN74LS374

CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



NOTE:  
The Flatpak version  
has the same pinouts  
(Connection Diagram) as  
the Dual In-Line Package.

## PIN NAMES

D<sub>0</sub> - D<sub>7</sub> Data Inputs  
LE Latch Enable (Active HIGH) Input  
CP Clock (Active HIGH Going Edge) Input  
OE Output Enable (Active LOW) Input  
O<sub>0</sub> - O<sub>7</sub> Outputs

NOTES:  
a) 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40 μA HIGH/1.6 mA LOW.

## LOADING (Note a)

HIGH	LOW
0.5 U.L.	0.25 U.L.
65 U.L.	15 U.L.

## TRUTH TABLE

### LS373

D <sub>n</sub>	LE	OE	O <sub>n</sub>
H	H	L	H
L	H	L	L
X	L	L	Q <sub>0</sub>
X	X	H	Z*

H = HIGH Voltage Level  
L = LOW Voltage Level  
X = Immaterial  
Z = High Impedance

### LS374

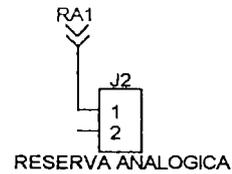
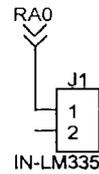
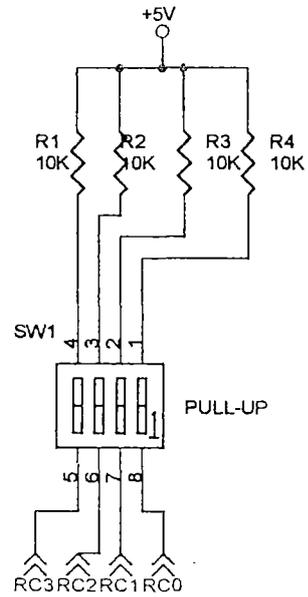
D <sub>n</sub>	LE	OE	O <sub>n</sub>
H		L	H
L		L	L
X	X	H	Z*

\* Note: Contents of flip-flops unaffected by the state of the Output Enable input (OE).

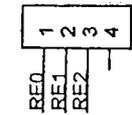
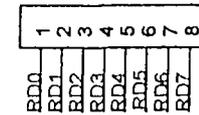
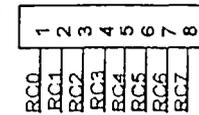
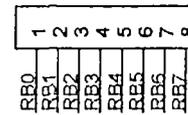
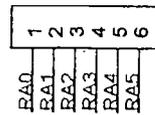
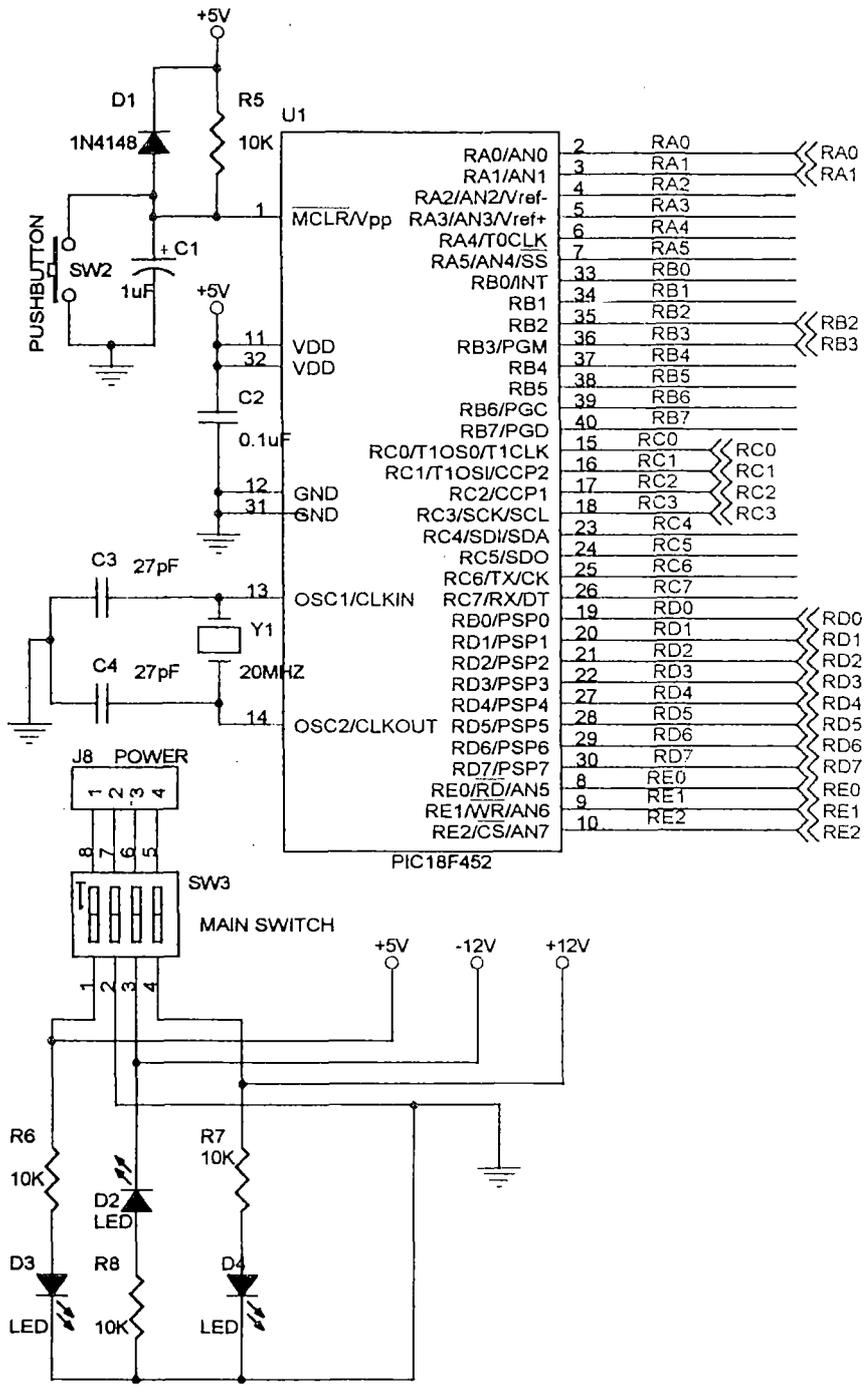
# **APENDICE I**

**(Realizado por el Autor)**

**ESQUEMAS DE CIRCUITOS EN CAPTURE**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES		
Title		
CÍRCULO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL SISTEMA - ENTRADAS		
Size	Document Number	Rev
A	MV2-001-A REALIZADO POR : MARIO VALDERRAMA ZURITA	J.A.V
Date:	NOVIEMBRE., 2005	Sheet 1 of 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES		
Title CIRCUITO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL SISTEMA - PRINCIPAL		
Size A	Document Number MVZ-001-B REALIZADO POR : MARIO VALDERRAMA ZURITA	Rev J.A.V
Date: NOVIEMBRE., 2005	Sheet 1	of 1

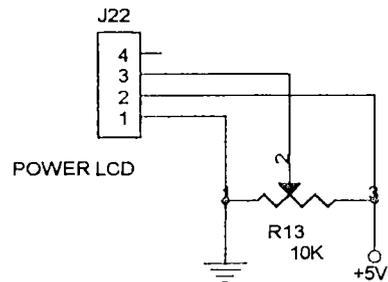
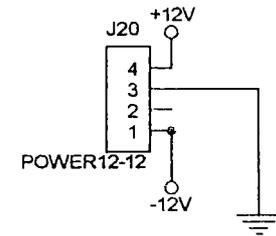
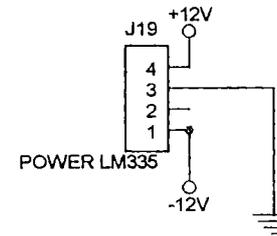
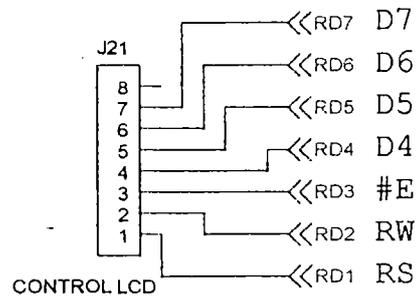
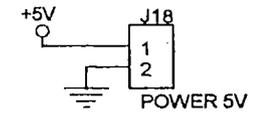
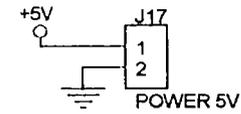
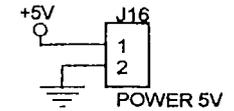
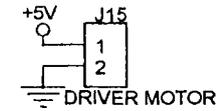
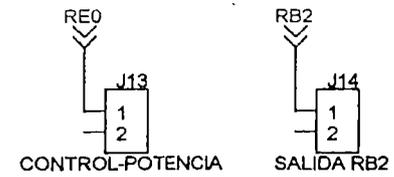
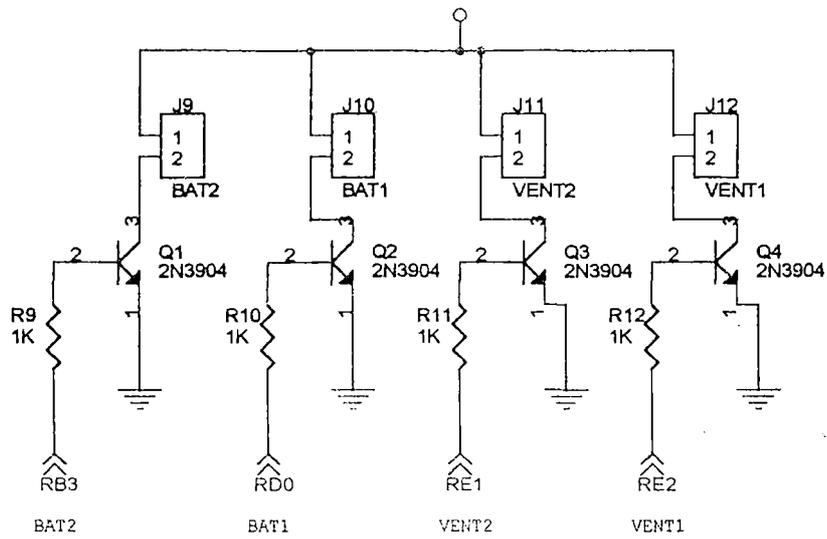
5

4

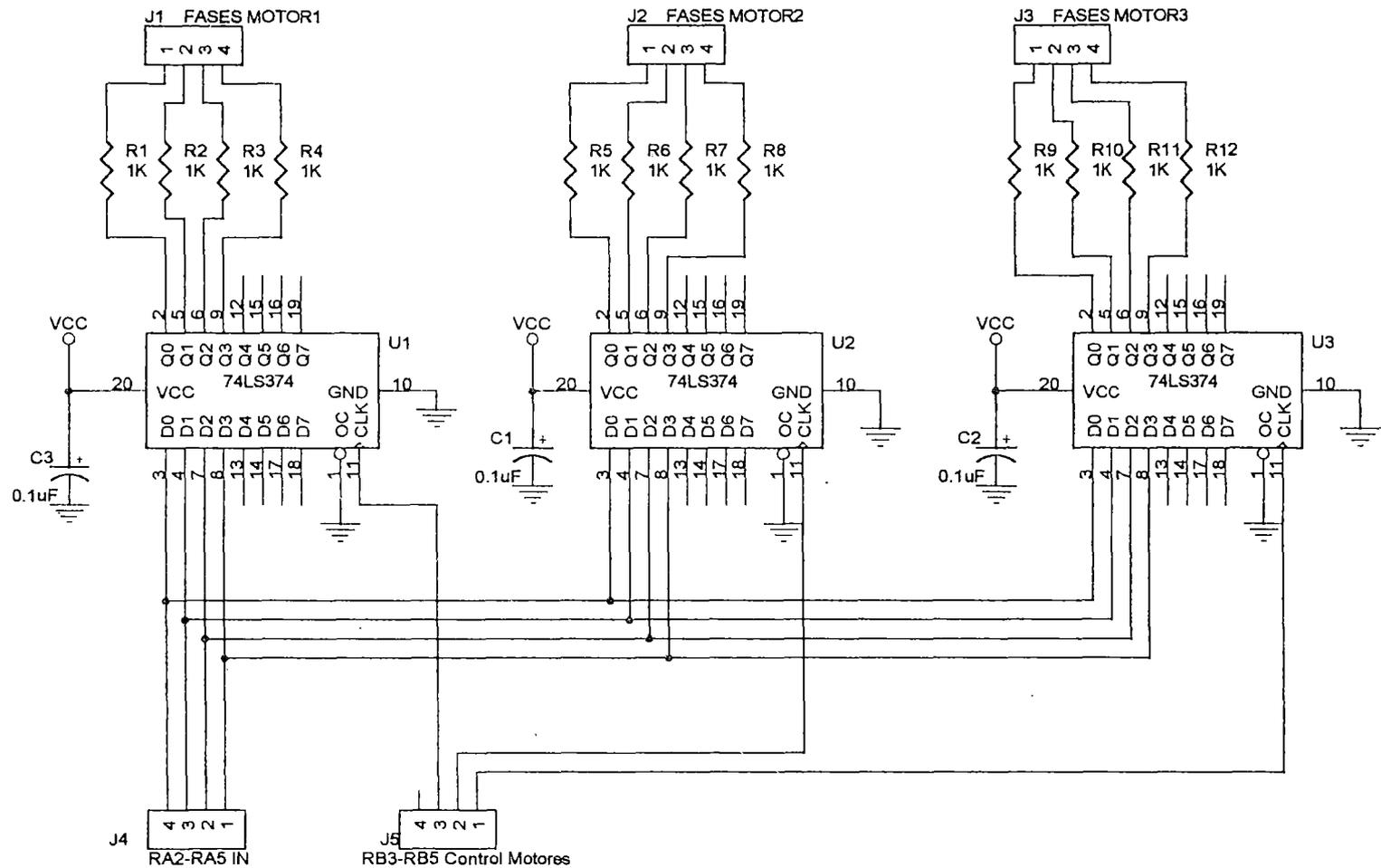
3

2

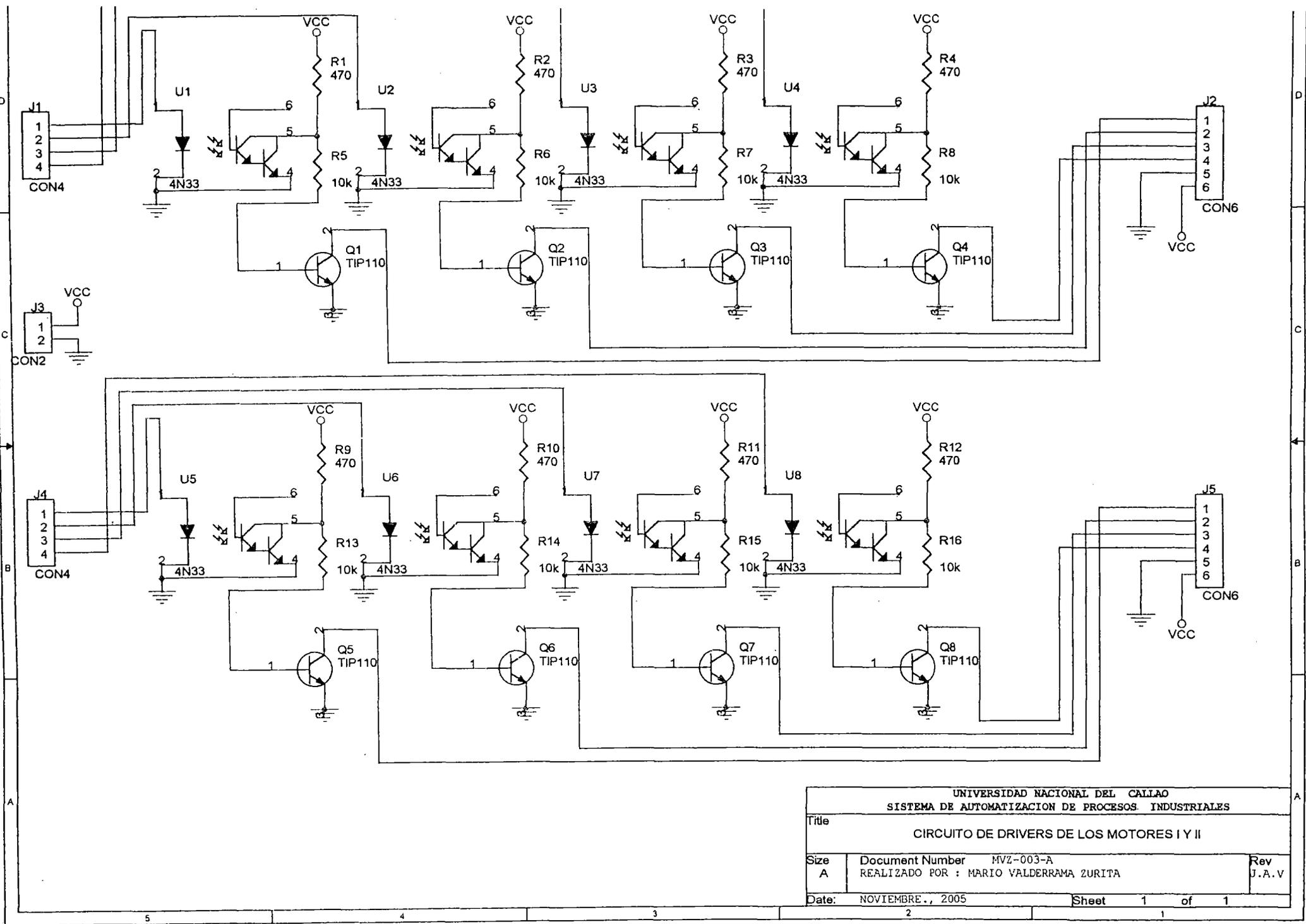
1



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES		
Title CIRCUITO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL SISTEMA - SALIDAS		
Size A	Document Number MVZ-001-C REALIZADO POR : MARIO VALDERRAMA ZURITA	Rev J.A.V
Date:	NOVIEMBRE., 2005	Sheet 1 of 1

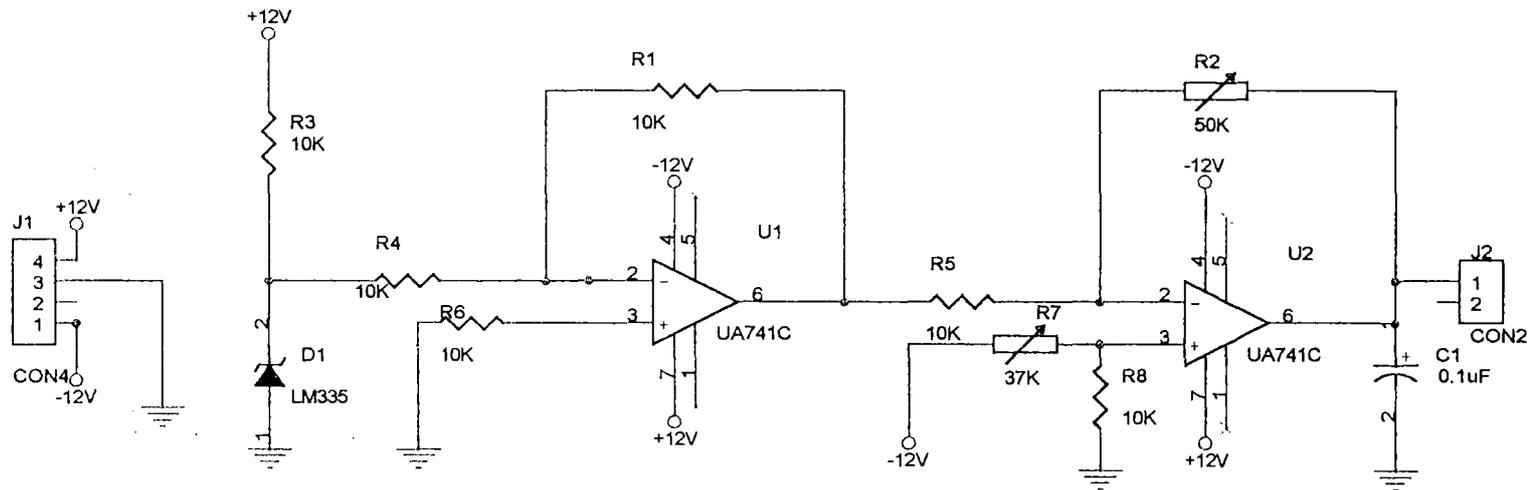


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES		
Title		
CIRCUITO DE CONTROL DE FASES DE MOTORES		
Size	Document Number	Rev
A	MV2-002 REALIZADO POR : MARIO VALDERRAMA ZURITA	J.A.V
Date:	NOVIEMBRE., 2005	Sheet 1 of 1

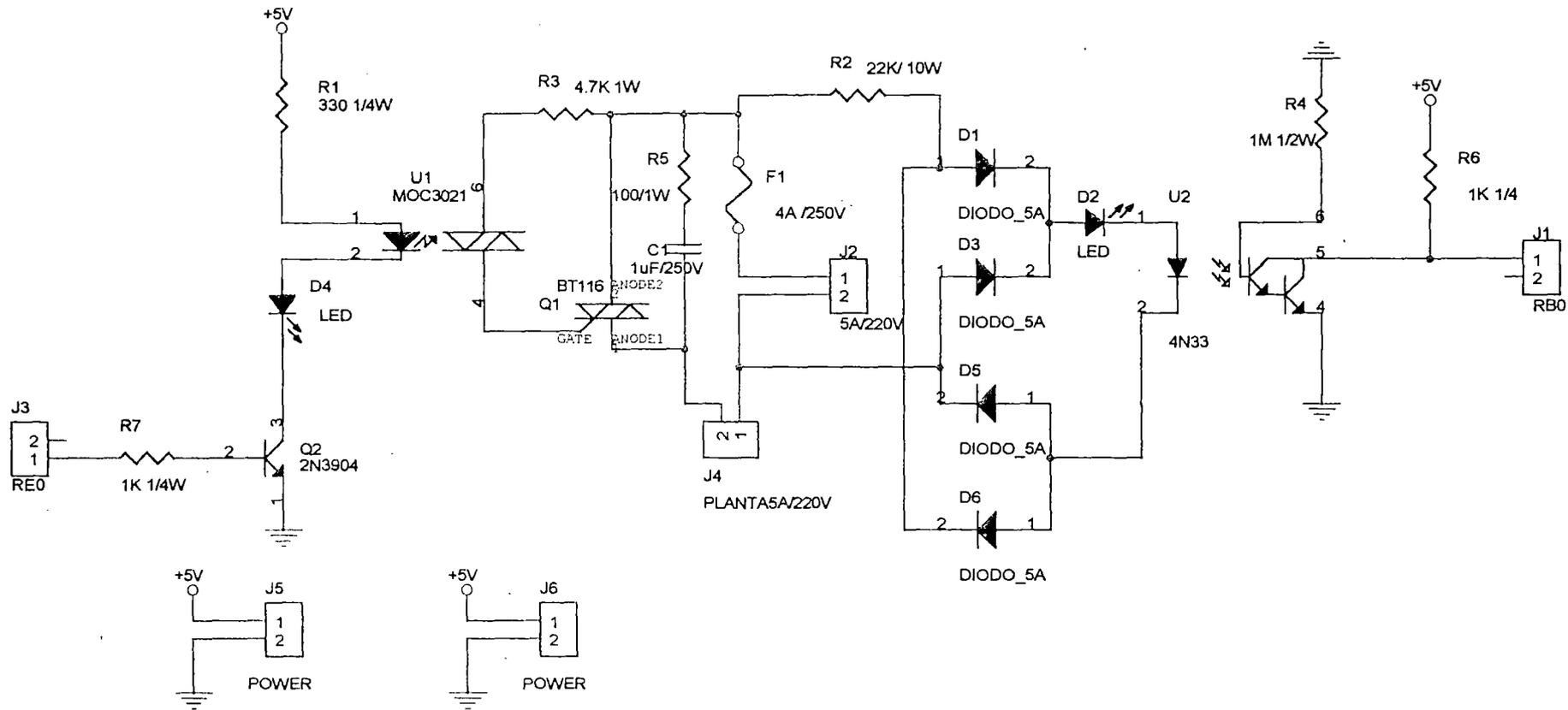


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES		
Title		
CIRCUITO DE DRIVERS DE LOS MOTORES I Y II		
Size A	Document Number MVZ-003-A REALIZADO POR : MARIO VALDERRAMA ZURITA	Rev J.A.V
Date:	NOVIEMBRE., 2005	Sheet 1 of 1

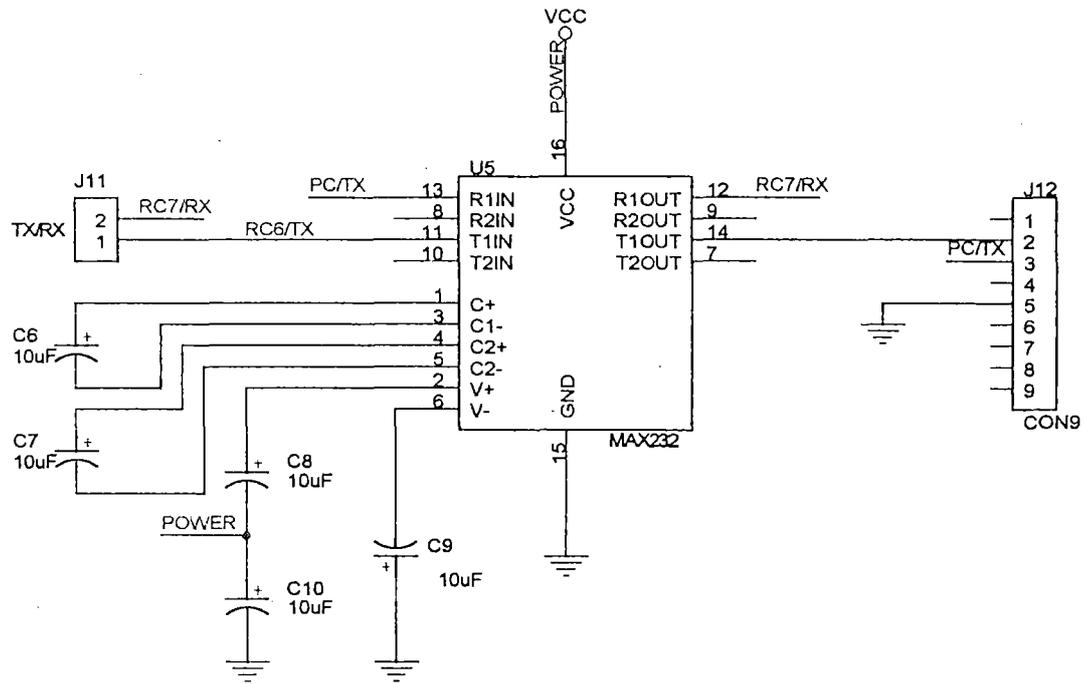
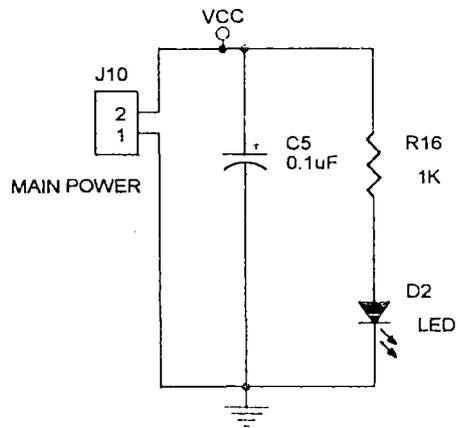




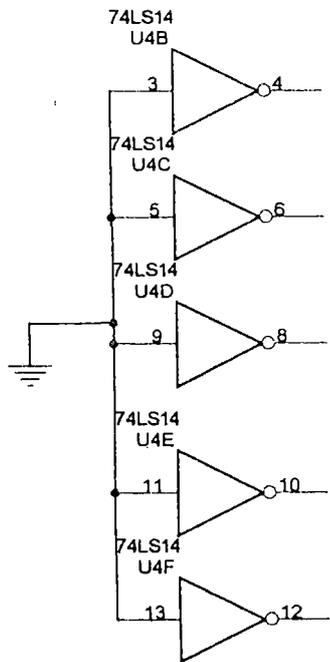
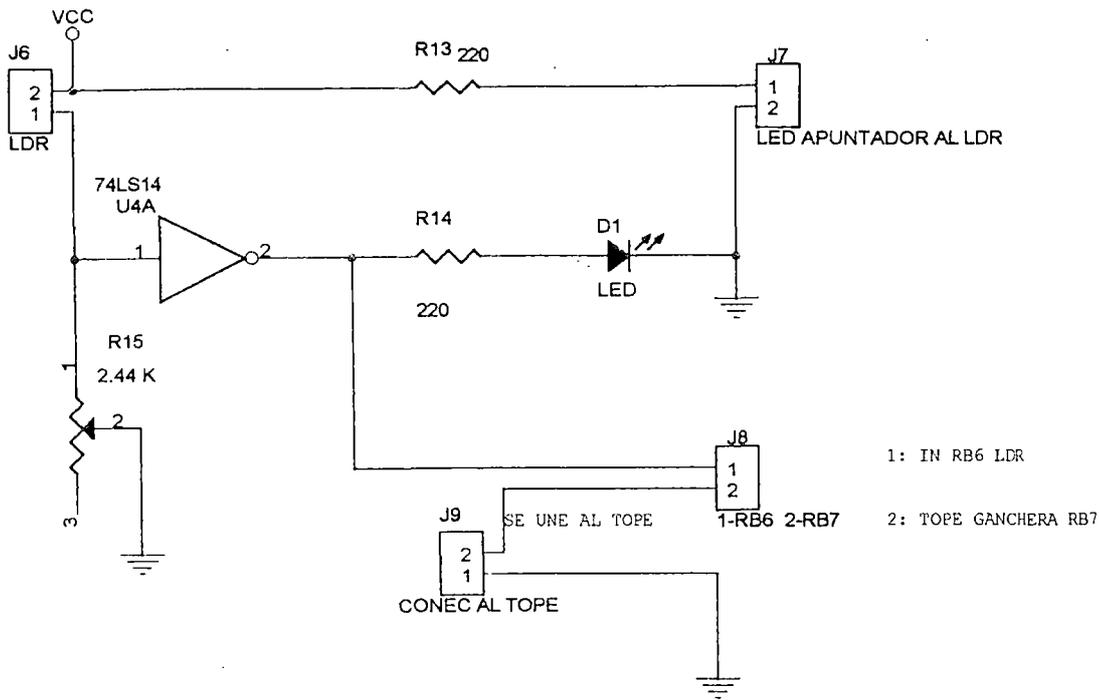
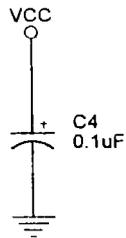
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES		
Title		
CIRCUITO DEL SISTEMA DE MEDICION DE TEMPERATURA		
Size	Document Number	Rev
A	MVZ-004 REALIZADO POR : MARIO VALDERRAMA ZURITA	J.A.V
Date:	NOVIEMBRE., 2005	Sheet 1 of 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES		
Title CIRCUITO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA		
Size A	Document Number MVZ-005 REALIZADO POR : MARIO VALDERRAMA ZURITA	Rev J.A.V
Date: NOVIEMBRE., 2005	Sheet 1 of 1	

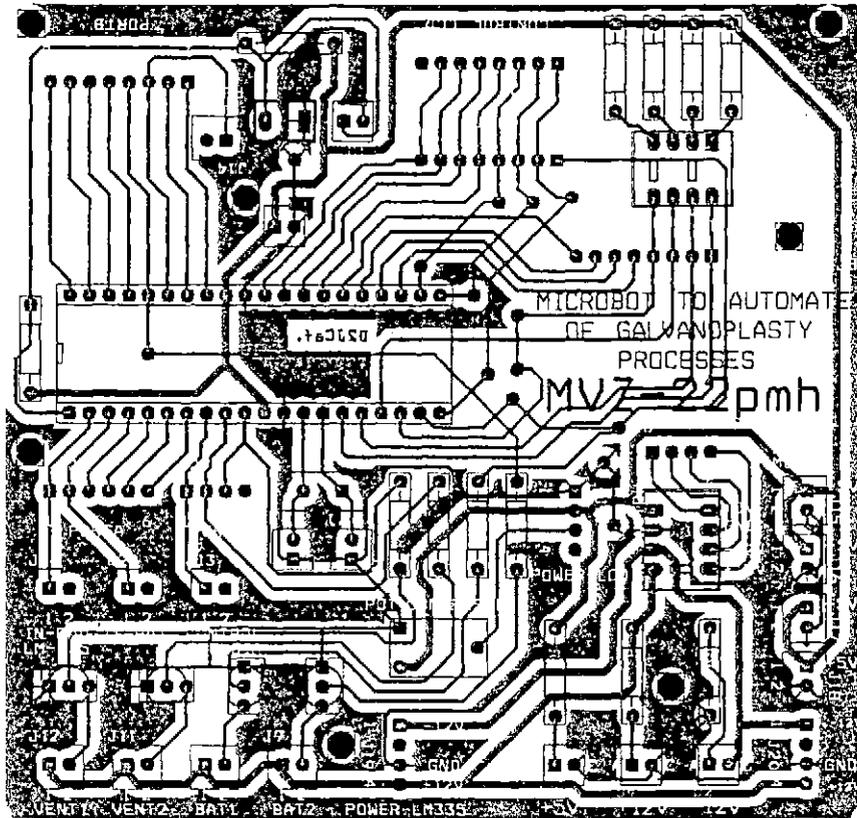


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES		
Title		
CIRCUITO INTERFAZ RS232		
Size	Document Number	Rev
A	MV2-006 REALIZADO POR : MARIO VALDERRAMA ZURITA	J.A.V
Date:	NOVIEMBRE., 2005	Sheet 1 of 1



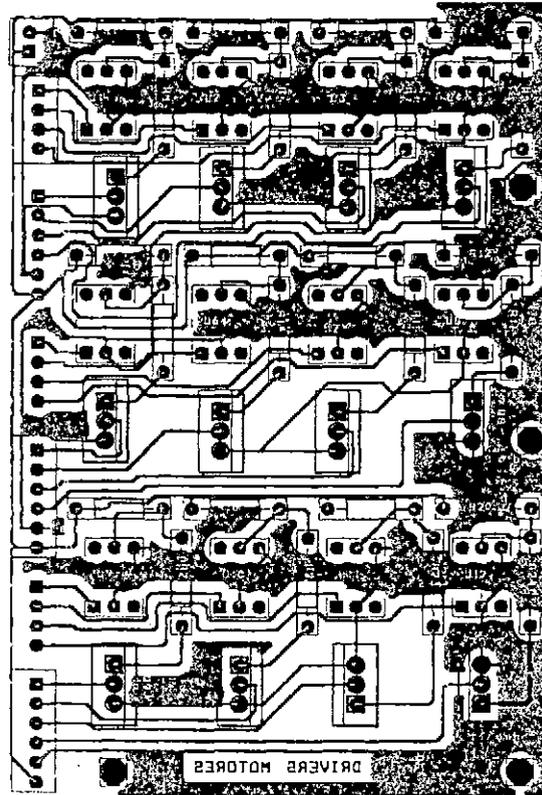
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		
SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES		
Title CIRCUITO DE INICIO DE LOS PROCESOS - LDR - TOPE		
Size A	Document Number MVZ-007 REALIZADO POR : MARIO VALDERRAMA ZURITA	Rev J.A.V
Date: NOVIEMBRE., 2005	Sheet	1 of 1

**APENDICE II**  
(Realizado por el Autor)  
**ESQUEMAS DE CIRCUITOS IMPRESOS - LAYOUT**



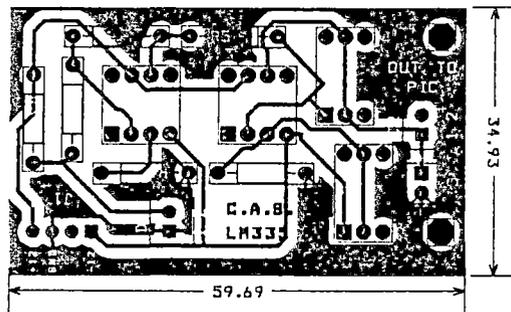
DRILL CHART				
SYM	DIAM	TOL	QTY	NOTE
x	0.068		212	
+	0.110		7	
TOTAL			219	

LAYOUT DEL SISTEMA DE CONTROL



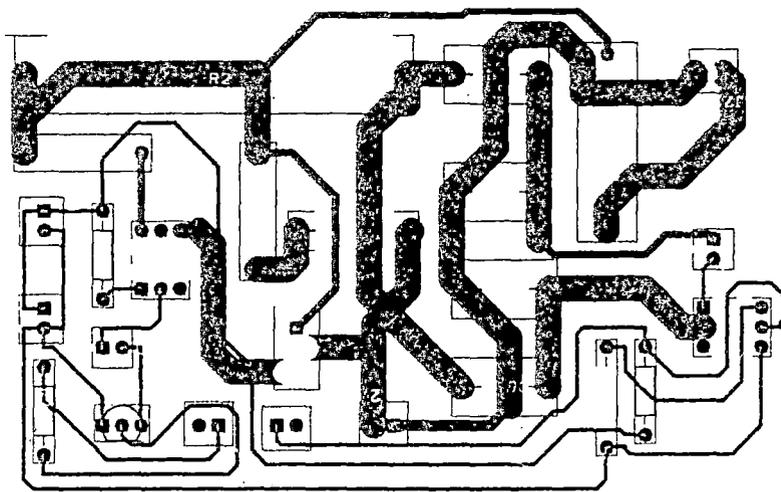
DRILL CHART				
SYM	DIAM	TOL	QTY	NOTE
◊	0.054		36	
x	0.068		152	
⊗	0.110		4	
TOTAL			192	

LAYOUT DE DRIVERS DE MOTORES



DRILL CHART				
SYM	DIAM	TOL	QTY	NOTE
x	0.031		2	
+	0.034		40	
o	0.038		8	
⊠	0.110		2	
TOTAL			52	

LAYOUT SISTEMA DE MEDICION DE TEMPERATURA



DRILL CHART				
SYM	DIAM	TOL	QTY	NOTE
x	1.778 mm		60	
TOTAL			60	

LAYOUT SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

