

48
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN
ROBOT CONTROLADO POR UN MCU

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
MARCO A. ENRIQUEZ RODRIGUEZ
SALVADOR VALDEZ GUTIERREZ
ARTURO E. MARIN HERRERA

DIRECTOR DE TESIS: M.I. JUAN C. ROA B.



MEXICO, D. F.,

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

CAPITULO I ROBOTS

A	Historia de los robots	1
B	¿Qué es un robot?	12
	1 Definición	13
	2 Componentes básicos	14
	a. Manipulador	15
	1) Configuraciones mecánicas	17
	Operación del brazo manipulador	23
	Actuadores terminales	25
	2) Controlador	28
	Programación	31
	Memoria	33
	Interfases	34
	Sensores	35
	Fuentes de potencia	40
	características de funcionamiento de un robot	41
C	Clasificación de los robots	47
	1 Geometría del brazo del robot	47
	2 Análisis de los sistemas coordenados	48
	3 Fuentes de poder	52
	a. Actuadores hidráulicos	52
	b. Actuadores neumáticos	54
	c. Actuadores eléctricos	55
	4 Técnicas de control	57
	a. Sistemas de lazo cerrado	57
	b. Sistemas de lazo abierto	59
	5 Formas de control	60
	a. Paso a paso	60
	b. Punto a punto	61
	c. Desplazamiento controlado	63

d. Desplazamiento continuo	64
6 Inteligencia de los controladores	65
D Diseño mecánico	67
CAPITULO II TRANSDUCTORES Y ACTUADORES	
A Características y selección de los transductores y actuadores a utilizar	88
1 Transductores	88
a. Selección de transductores	94
2 Actuadores	97
a. Selección del tipo de actuador	102
B Localización óptima de los actuadores y sensores	104
1 Localización de actuadores	104
2 Localización de sensores	105
C Diseño de las interfases para sensores y actuadores	108
1 Diseño de interfase para sensores potenciométricos	108
2 Diseño de interfase para switch sensor contador	110
3 Diseño de interfase para switches sensores de límite de área de movimiento	115
4 Diseño de circuito sensor óptico para giro de muñeca	116
5 Diseño de circuito de manejo de motores	118
D Blindaje de las señales hacia sus respectivas interfases	122
1 Ruta típica del ruido	123
2 Uso de la teoría de redes	124
3 Métodos de acoplamiento de ruido	127
a. Ruido acoplado conductivamente	127

b.	Acoplamiento a través de impedancia común	127
4	Campos eléctricos y magnéticos	128
5	Otras fuentes de ruido	129
a.	Acción galvánica	129
b.	Acción electrolítica	129
c.	Efecto triboeléctrico	130
d.	Movimiento del conductor	130
6	Blindaje y aterrizado	132

CAPITULO III M.C.U.

A	Descripción y selección del microcomputador	138
1	Selección del microcomputador	138
2	MC68705R3 Micromputadora de 8 bits con EPROM y Convertidor A/D	148
a.	Características de Hardware	149
b.	Características de software	150
c.	Asignación de terminales	152
d.	Memoria	159
e.	Unidad central de procesamiento	161
f.	Registros	161
g.	Convertidor analógico/digital	164
h.	Modos de direccionamiento	167
B	Selección y características del Teclado	171
1	Pulsadores mecánicos convencionales	171
2	Pulsadores mecánicos de lámina flexible	172
3	Pulsadores mecánicos de bóveda	173
4	Pulsadores Reed	174
5	Pulsadores Capacitivos	175
6	Pulsadores de núcleo magnético	176
7	Pulsadores de efecto Hall	177
8	Teclas	180

9	Codificación	181
10	Funcionamiento del teclado elegido	183
C	Sistemas de visualización y prevención	185
1	Display de LEDs	185
	a. Principio de operación del LED	185
	b. Display de 7 segmentos	185
2	Display de LCD	191
	a. Principio de operación del LCD	192
3	Sistema de visualización del robot	195
D	Diagrama general del software	197
1	Rutinas de autoprueba	197
	a. Rutina de prueba a RAM	198
	b. Rutina de prueba al TIMER	199
	c. Rutina de prueba al convertidor A/D	200
2	Rutinas de manejo de datos	201
	a. Rutina HOME	201
	b. Rutina JOB	202
	c. Subrutina SINSW	204
3	Subrutinas de ejecución	205
	a. Subrutinas SWITCH Y SWLB	205
	b. Subrutina MOTSEN	206
	c. Subrutina TOOTH	208
	d. Subrutina DEDOS	209
	e. Subrutina GIROM	210
	f. Subrutinas de retraso	210
	g. Subrutina CONADR	211
4	Rutinas de Interrupción	211
	a. Rutina de teclado KEYSKAN	211
	b. Rutina ITIM	213
5	Diagramas de flujo	214

CAPITULO IV CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

A	Filosofía del desarrollo del prototipo	228
1	Diagrama general	237
2	Listado de componentes electrónicos	240
B	Evaluación y pruebas	241
C	Sistemas de autoprueba	245
D	Diseño y construcción de circuitos impresos	247
	Proceso de fotograbado	251
	Elaboración de programas de trabajo	252
	Hojas técnicas de circuitos electrónicos utilizados	259
	Conclusiones	281

CAPITULO I

CAPITULO .- I ROBOTS

A HISTORIA DE LOS ROBOTS

La imaginación, como producto de alguna necesidad o inquietud humana, fue la que condujo a las primeras aproximaciones de lo que hoy es conocido genéricamente como robot.

Aunque existieron mucho tiempo antes algunas otras máquinas, parece ser que no fue sino hasta los siglos XVII y XVIII cuando hubieron algunos ingeniosos dispositivos mecánicos que tenían las características de un robot. Por ejemplo, a mediados del siglo XVIII, Jacques Vaucanson construyó varios muñecos de tamaño humano que tocaban música. Esencialmente, eran robots mecánicos diseñados para un uso específico: entrenamiento.

En 1805 Henri Maillardet construyó una muñeca mecánica que era capaz de escribir y de dibujar. En ella, una serie de levas eran utilizados como el "programa" que guiaba un dispositivo en el proceso de escribir y dibujar.

Pero también en el plano literario se comenzó a utilizar el concepto de robot. A pesar de las limitaciones de las máquinas robot de nuestros días, el concepto de un "robot es el de que luce y actúa como un ser humano". Este concepto humanoide inspiró un gran número de historias de ciencia ficción, las cuales a su

vez sirvieron para popularizar el concepto general de robot.

Uno de los primeros trabajos relevantes en esta nueva rama de la literatura fue el de la novela de Mary Shelley, publicada en Inglaterra en 1817 y titulada Frankenstein.

Un siglo después una obra del checoslovaco Karel Capek llamada Rossum's Universal Robots, da fuerza al término robot. La palabra checoslovaca "robot" define la condición de esclavitud o de obediencia forzada.

No cabe duda de que la ciencia ficción ha contribuido al desarrollo de la robótica planteando ideas e inquietudes en la mente de las nuevas generaciones de científicos e ingenieros. Pero todas estas ideas e inquietudes han tenido que limitarse a una realidad. Los robots diseñados hasta nuestros días, no han tenido en su mayoría, sino un uso meramente industrial, pues es la industria la que ha aprovechado e impulsado todas las cualidades y características atribuidas a este tipo de máquina.

Desde un principio, las predicciones para la industria del robot fueron similares a las hechas para la industria de la computadora. Sin embargo el patrón de crecimiento de la industria del robot no ha seguido al de la industria de la computadora por diversas razones. Primero, el entorno económico durante los años 60's en los países industrializados no fue favorable para permitir un crecimiento rápido. El costo promedio de un robot era de cerca

de \$ 25,000 dls; el robot tenía una vida útil estimada de 8 años y su costo de operación era de aproximadamente 4 dls/hr. Los costos laborales típicos de un obrero eran considerablemente menores a los costos de operación del robot en ese tiempo. Como segundo punto tenemos que la tecnología era nueva, no aprobada, riesgosa y además se requería una inversión de capital considerable. Y tercero, el control y la tecnología de realimentación disponible en ese tiempo limitaba a los robots a sólo unas pocas labores simples. Inicialmente eran usados en trabajos que el ser humano no podía realizar. Estos trabajos eran de tipo peligroso, aburrido, en condiciones extremas o de gran esfuerzo durante periodos prolongados de tiempo.

No fue sino hasta los años 70's que la situación cambió. El crecimiento de la productividad de las empresas manufactureras declinó mientras que los costos de producción se incrementaron. Esto pasaba al mismo tiempo en que el control, la flexibilidad y las capacidades de manipulación de los robots estaban siendo mejorados.

A mediados de los 70's el uso de los robots en operaciones de manufactura empezó a crecer significativamente.

A partir de entonces la competencia por el mercado de la robótica es peleado por los países industrializados, principalmente Japón y E.U.

En forma de cuadro cronológico presentamos a continuación los acontecimientos que han contribuido al desarrollo de los robots, así como sus aplicaciones:

- SIGLO XVIII .A mediados de siglo, Vaucanson construye varios muñecos de tamaño humano que tocaban música.
- 1805 .H. Maillardet construye una muñeca mecánica capaz de escribir y dibujar.
- 1922 .La dramatización del autor checoslovaco Karel Capek titulada Ressum's Universal Robot acuñala palabra robot.
- 1939 .Isaac Asimov escribe una serie de historias sobre robots. Las tres leyes de la robótica de Asimov son desarrolladas.
- 1946 .El inventor americano G. C. Devol desarrolla un dispositivo que puede grabar señales eléctricas magnéticamente y luego reproducirlas para operar una máquina mecánica
- 1951 .Desarrollo de los teleoperadores (manipuladores de control remoto) para manejar materiales radioactivos.
- 1952 .Máquina prototipo de control numérico expuesta en el Instituto de Tecnología de Massachusetts después de varios años de desarrollo.
- 1954 .El inventor inglés C.W. Kenward solicita la

- patente por el diseño de un robot.
- G.C. Devol desarrolla los diseños para su "programed article transfer".
- 1956 .Una especificación preliminar es esbozada para el robot de UNIMATE.
- 1958 .AMF inicia un proyecto de investigación y desarrollará un robot VERSATRAN (VERSatile TRANSfer).
- 1959 .El primer robot comercial es introducido por Planet Corporation. Era controlado por switches y levas.
- 1960 .Se introduce el primer robot "Unimate", basado en el "programmed article transfer" de Devol. Usaba el control numérico para el control del manipulador y era un robot de manejo hidráulico.
- 1961 .Un robot Unimate es instalado para Ford Motor Company para atender una máquina de moldeo por inyección.
- 1962 .Pullman Inc. y Condec acuerdan formar una nueva empresa: Unimation Incorporated.
- AMF introduce su modelo 102, un dispositivo de trayectoria continua de transferencia, y su modelo 212, un dispositivo de transferencia de trayectoria punto a punto.

- Unimate prepara el prototipo de su MARK I para pruebas de campo.
- 1965 .AMF da licencia a dos empresas europeas para construir sus robots.
- AMF empieza el desarrollo de un sistema robot Versatran de estado sólido de bajo costo.
- 1966 .Versatran introduce su modelo 301, un robot de estado sólido de punto a punto.
- 1967 .Unimate introduce su MARK II 2000.
- El primer robot es exportado al Japón. Un Versatran AMF es usado en una aplicación de pintado de spray.
- 1968 Un robot móvil llamado Shakey es desarrollado en el Instituto de Investigaciones de Stanford. Estaba equipado con varios sensores, incluyendo una cámara de visión y sensores de tacto.
- AMF Versatran introduce su modelo 302, un robot de punto a punto.
- PRAB entra en el mercado de los robots con uno de tecnología media.
- Japón desarrolla 2 servo robots.
- El primer robot Unimate es importado por Japón para las industrias pesadas Kawasaki.
- 1969 .El primer Unimate es instalado en una fábrica de

automóviles NISSAN en el Japón.

La agencia de proyectos de investigación avanzada de defensa de los E.U. instituye la investigación sobre inteligencia artificial en 5 universidades.

1970 .Unimate introduce el primer robot industrial de 6 grados de libertad.

AMF introduce su modelo 401 con trayectoria continua mejorado.

AMF Japan Ltd. Para entonces 26 Versatran están instalados y funcionando en fábricas japonesas.

1971 .Se forma la asociación japonesa de robótica industrial (JIRA).

1973 .El primer lenguaje de programación para un robot de tipo computadora es desarrollado en el Instituto de investigaciones de Stanford. Es llamado WAVE.

Warnecke y Shrafft de la universidad de Stuttgart son catalogados como los fabricantes de robots en el mundo.

Existen ya en este año 71 firmas fabricantes.

1974 .ASEA desarrolla un robot industrial totalmente eléctrico: el IRb6. Ofrece tres y cinco ejes en unidades antropomorfas.

- 1975 .Finalmente es formada una sociedad de robótica en los E.U. Es llamada RIA (Robot Institute of América) El robot "Sigma" de Olivetti es utilizado en operaciones de ensamble, una de las primeras aplicaciones de los robots en ensambles.
- Muchas de las compañías originales quedan fuera del negocio.
- 1976 Cincinnati Milacron entra al mercado. Ofrece un robot industrial antropomorfo de 6 ejes. VW exhibe un sistema robot en la feria de Hanover en Alemania.
1977. .La asociación inglesa de robótica es formada (BRA).
1978. El robot PUMA (Programable Universal Machine for Assembly) es introducido por Unimation, basado en estudios de General Motors. PUMA es un robot antropomorfo con servo manejo eléctrico de DC con 5 o 6 ejes.
- El robot T3 de Cincinnati Milacron es adaptado y programado para realizar operaciones de taladrado sobre componentes aéreos, bajo el patrocinio de la fuerza aérea.
- 1979 PRAB compra Versatran. Esta compra combina alta y media tecnología en la fabricación de robots.

Desarrollo del robot tipo SCARA (Selective Compilace Arm for Robotic Assembly) en la universidad japonesa de Yamanashi.

1980

.El sistema de levantamiento de contenedores es exhibido en la universidad de Rhode Island. Utilizando una máquina de visión, el sistema era capaz de levantar partes colocadas en orientaciones aleatorias.

La sociedad americana de inteligencia artificial es formada (AAAI). La sociedad publica una revista de inteligencia artificial.

Automatix Inc. es formada. La meta de la compañía es combinar computer aided manufacturer con la robótica.

CYBOTECH, una empresa conjunta entre RANSBURG y RENAULT es formada. Produce toda especie de robots.

1981

.Un robot de manejo directo es desarrollado en la universidad de Carnegie-Mellon. Utilizaba motores eléctricos localizados en las uniones del manipulador sin el usual mecanismo de transmisión utilizado en la mayoría de los robots.

Planet Robot Division cambia su nombre a Armamax

1982

Robotics Inc. Ofrece una línea de robots desde el simple levantamiento y colocación de objetos, hasta los de servo sensado.

General Electric fabrica un manipulador impresionante llamado Man-mate.

GE firma acuerdos con VW y Hitachi para vender sus robots en los E.U.

IBM se adentra en el campo de los robots con robots de ensamble que venía utilizando internamente. Estas unidades usan un lenguaje de computadora especial llamada "AML" (An Assembly Language). IBM ofrece dos robots, uno hidráulico de coordenadas cartesianas, con seis grados de libertad, llamado RSI; y uno horizontal, antropomorfo con cuatro grados de libertad llamado 7535. Ambos eran operados con una computadora personal.

Westinghouse entra en el mercado.

CYBOTECH expande su línea al incluir un robot eléctrico. Cincinnati Milacron produce dos nuevos robots antropomorfos. El nuevo T3 746 y el T3 726.

Los fabricantes japoneses de robots tienen como blanco el mercado de los E.U.

Westinghouse adquiere Unimate en diciembre de 1982. Este movimiento abrirá nuevos mercados para ambas compañías. Da la capacidad hidráulica de Westinghouse y los nuevos robots eléctricos de Unimate.

Un nuevo y vasto grupo de fabricantes aparecen en escena.

1983 .Westinghouse desarrolla un proyecto piloto para una línea de ensamble automatizada.

Se cree que los mecanismos simples de levantar-colocar serán los que tendrán mas uso para los años venideros dentro de la industria.

Para fines del siglo los servo robots, debido a los altos volúmenes de producción, bajarán de costo. Esto los hará más empleados a la vez.

Los pequeños negocios comenzarán a utilizar robots para sus tareas rutinarias, quedando atrás la época en que sólo la industria grande podía utilizarlos.

También, el mercado japonés podría llegar a ser dos veces el de los E.U. Pero la carrera tecnológica es reñida por muchos países que buscan día con día el mejoramiento de lo ya existente con el fin de alcanzar un liderazgo ambicionado por muchos.

México no debe quedar rezagado en esa carrera.

B ¿QUE ES UN ROBOT ?

El instituto de Robótica de América define a un robot como un "manipulador multifuncional reprogramable diseñado para mover material, piezas, herramientas o dispositivos especializados a través de movimientos programados para la ejecución de una variedad de tareas".

UNIMATION, la firma pionera en el campo de la robótica de los Estados Unidos, define a un robot industrial como un "manipulador programable con un número de articulaciones".

La Asociación Japonesa de Robots Industriales ha definido cuatro niveles de robots industriales:

- Manipuladores manuales que ejecutan secuencias de tareas establecidas o propuestas.
- Reproducciones que repiten instrucciones establecidas.
- Robots controlados que llevan a cabo tareas a través de información cargada numéricamente.
- Robots inteligentes que ejecutan movimientos a través de su propia capacidad de reconocimiento.

1 DEFINICION

El Instituto de Robótica de América, presenta en su definición, tres términos esenciales para entender el concepto básico de un robot, siendo estos:

REPROGRAMABLE. Un robot industrial es controlado por un controlador programable con memoria, tal como un microprocesador. El controlador es programado para comandar el brazo del robot y la pinza para repetir una serie específica de movimientos, como mover una pieza de trabajo a través de una operación de perforación.

MULTIFUNCIONAL. Un robot industrial es mucho más flexible que una automatización dura; el robot industrial puede ejecutar una amplia variedad de tareas.

Durante un sólo ciclo de movimiento, por ejemplo, un robot puede cargar una máquina; descargar la pieza de trabajo; transportarla a otra etapa mecanizada; torneear la pieza y colocarla en una banda transportadora. Es por lo tanto un dispositivo de propósito general, más que una máquina dedicada.

MANIPULADOR. Un robot industrial difiere de otras formas de automatización en su habilidad de mover un objeto a través del espacio, mientras que al mismo tiempo reorienta su posición. Es esta habilidad de manipular objetos la que nos guía a las comparaciones inevitables entre los robots, y los brazos y manos humanas. Los robots pueden ser pensados como máquinas que

lleen el espacio entre las capacidades especializadas normalmente asociadas con automatización dura y la flexibilidad extrema de la labor humana.

Básicamente un robot es un dispositivo con un brazo único para manipular herramientas o partes en una secuencia programada de movimientos a través del espacio.

Debido a su capacidad única de ejecutar un gran número de diferentes tareas, los robots son utilizados en una variedad de aplicaciones industriales donde la tarea o labor puede ser realizada por éstos de una manera más efectiva y segura, que por trabajadores humanos.

2 COMPONENTES BASICOS

Aunque los robots industriales están disponibles en una amplia variedad de configuraciones, todos los robots consisten de tres elementos básicos:

1. Un manipulador.
2. Un controlador.
3. Una fuente de poder.

El manipulador (y su soporte o brazo) es el elemento mecánico básico de un robot, siendo el responsable de ejecutar el trabajo.

El controlador es el cerebro del robot, y es responsable de dirigir el movimiento del manipulador.

La fuente de poder es el dispositivo que proporciona la energía necesaria para la realización de las funciones del manipulador.

a. MANIPULADOR

El objetivo fundamental de un robot industrial es mover un objeto a través del espacio tri-dimensional. Este movimiento es llevado a cabo mecánicamente por el manipulador.

El manipulador consiste de un "brazo" mecánico y una "cintura", ambos montados en un soporte. Al final de la cintura existe una base para sujetar la pieza (llamada actuador terminal) con la cual el robot ejecuta su trabajo.

Típicamente, el actuador final tiene la forma de un dispositivo de sujeción para asir, mover y colocar la pieza de trabajo en el sitio y posición adecuadas.

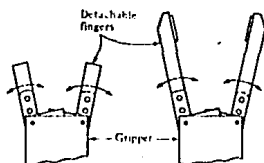
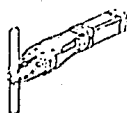
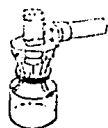


FIG. 1-B-1.a TIPOS DE ACTUADORES TERMINALES



PARA CABLES DE
1/8" DIAMETRO



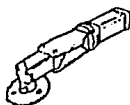
PARA CABLES
INTERNO



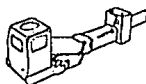
PARA CABLES DE
1/4" DIAMETRO



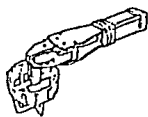
PARA CABLES DE
1/2" DIAMETRO



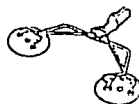
INTERNO



PARA OBJETOS
GRANDES



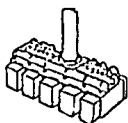
PARA PARTES
MOLDEADAS



DE VACIO
DOBLE



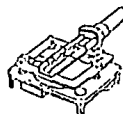
DE VACIO PARA
SUPERFICIES
CURVAS



DE VACIO
VARIAS PIEZAS



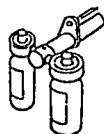
PLATAFORMA DE
VACIO PARA VARIAS
PIEZAS



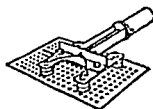
DE VACIO
TOCA DISCOS



DE VACIO PARA
SUPERFICIES
CORRUGADAS



DE GLOBO PARA
BOTELLAS



MAGNETICO



MAGNETICO

FIG. I-B-1.b TIPOS DE ACTUADORES TERMINALES

1) CONFIGURACIONES MECANICAS

Existen varias maneras de construir un manipulador para mover una pieza a través del espacio.

Como en el brazo humano, el movimiento se lleva a cabo a través de una serie de enlaces y articulaciones mecánicas. La configuración básica del brazo mecánico se describe de una mejor manera en términos de su sistema coordinado. Existen actualmente cuatro diferentes sistemas coordinados que se utilizan para mover una pieza de un punto "A" a un punto "B".

El sistema más simple es el rectangular, o sistema de coordenadas cartesianas como se ilustra en la figura I-B-2.

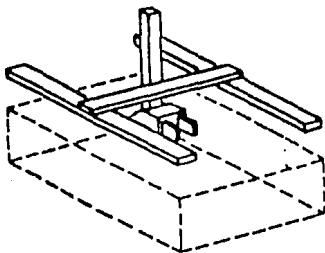


FIG. I-B-2 SISTEMA DE COORDENADAS RECTANGULARES.

Este tipo de movimiento es el más sencillo de controlar, pues sólo tiene traslaciones a lo largo de cualquiera de los 3 ejes perpendiculares, cuya aplicación común es el transporte de piezas de un punto a otro.

Las configuraciones de brazos de robots basadas en movimiento rotacional a través de varios ejes, aún cuando son mas difíciles de controlar se prefieren de la mayoría disponibles actualmente, debido a su rango más amplio con el cual tales robots pueden trabajar.

Actualmente existen tres sistemas rotacionales en uso, estos son: cilíndrico, esférico y brazo articulado esférico, los cuales se presentan en las siguientes figuras.

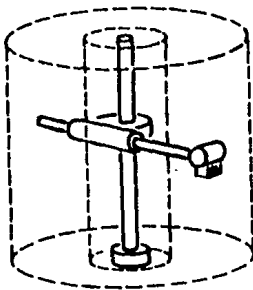


FIG. 1-B-3 SISTEMA ROTACIONAL CILINDRICO

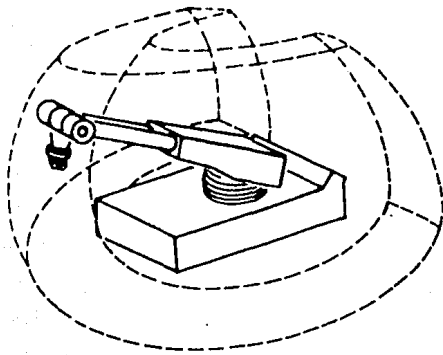


FIG. 1-B-4 SISTEMA ROTACIONAL ESFERICO

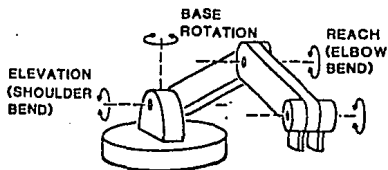


FIG. 1-B-5 SISTEMA ROTACIONAL DE BRAZO ARTICULADO ESFERICO

La importancia de cada uno de estos sistemas para un usuario en potencia se determina por el "entorno de trabajo" con el cual el manipulador del robot es capaz de trabajar.

El entorno de trabajo del robot es análogo al entorno de trabajo humano definido por los ingenieros industriales. Los fabricantes de robots normalmente incluyen dibujos de los entornos de trabajo para cada modelo de robot junto con las dimensiones.

Es importante entender cómo define el fabricante el entorno de trabajo. Típicamente el entorno de trabajo incluye la región de espacio que puede ser alcanzada por un punto particular en la cintura del manipulador, no en la punta del manipulador.

Esto es porque el efecto terminal es generalmente un artículo diseñado a la medida prevista por el usuario, por tanto las dimensiones no pueden ser pronosticadas por el fabricante.

Para planear el lugar exacto donde se colocará el equipo cercano al robot y la seguridad de los trabajadores, el comprador de robots debe tomar en cuenta el alcance adicional que se ha previsto para el manipulador cuando este se acople a la cintura del robot.

Las formas típicas de entorno de trabajo para cada uno de los sistemas coordinados rotacionales se muestran en la figura I-B-6.

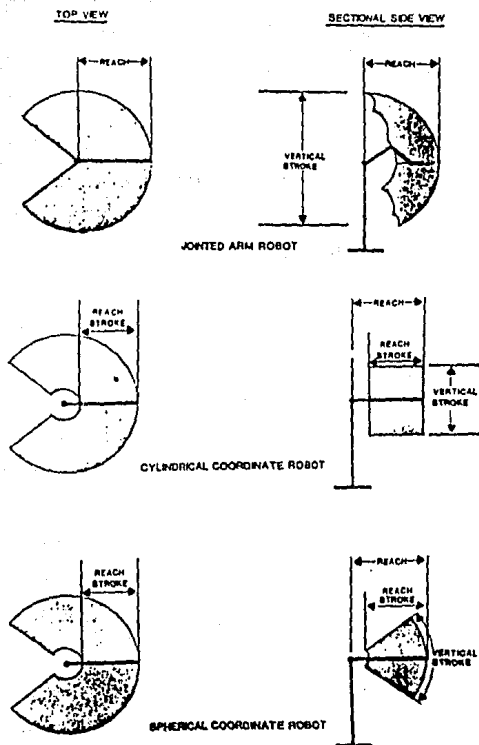


FIG. 1-B-6 FORMAS TIPICAS DE ENTORNO DE TRABAJO

Un robot de coordenadas cilíndricas tiene un entorno de trabajo en forma de una porción de cilindro. Este tipo de robots consiste de un brazo horizontal sujeto a una columna vertical, la cual se encuentra montada en la base rotatoria.

El mecanismo es una combinación de movimientos de traslación y rotación.

El brazo horizontal se mueve radialmente dentro y fuera mientras que se mueve hacia arriba y hacia abajo en la columna. Ambas piezas rotan alrededor de la base.

El robot de coordenadas esféricas es similar a una torreta de tanque. Un brazo se extiende y se encoge, gira sobre su propio eje en un plano vertical y rota en el eje vertical para trazar el perfil de una esfera.

El robot de brazo articulado esférico es un manipulador que se asemeja a un brazo humano. Dos miembros del brazo son conectados uno al otro por medio de un codo, un hombro conecta el brazo a su vez con la cintura, proporcionando tres movimientos rotatorios.

Cuando el actuador terminal se conecta al brazo se obtienen tres grados de libertad adicionales.

Los ejes de la cintura permiten el "roll" (rotación de un plano perpendicular al final del brazo), "pitch" (rotación vertical alrededor del final del brazo), y "yaw" (rotación horizontal alrededor del final del brazo).

El movimiento resultante al final del manipulador traza una forma irregular aproximada a la de una esfera.

El robot de brazo articulado tiene un total de seis grados de libertad disponibles para su movimiento. En general, los robots industriales pueden tener de dos a ocho grados de libertad. Los robots típicos en aplicaciones industriales tienen cinco o seis grados de libertad.

Un séptimo grado de libertad puede alcanzarse montando al robot en una trayectoria móvil (en el piso o arriba), y un octavo grado de libertad puede obtenerse si la trayectoria permite movimiento del robot en dos direcciones.

En resumen, un robot típico con seis grados de libertad tiene tres ejes de movimiento provistos por el brazo manipulador, y tres ejes adicionales provistos por el efecto terminal.

OPERACION DEL BRAZO MANIPULADOR.

El brazo es básicamente una serie de uniones y articulaciones mecánicas que se mueven en una secuencia definida. Su función es mover al efecto terminal a un punto específico en el espacio.

Este mecanismo se cumple por medio de alguno de los tipos de sistemas de transmisión: hidráulicos, neumáticos o motores eléctricos.

Estos actuadores accionan las articulaciones directa o indirectamente a través de engranes, cadenas o tornillos sin-fin.

En el caso de compuertas hidráulicas o neumáticas, las válvulas se montan en el manipulador controlando el flujo de aire o aceite a los actuadores.

Los robots accionados hidráulicamente tienen la ventaja de simplicidad mecánica, fuerza y alta velocidad. Los robots accionados electricamente, la mayoría de ellos manejados por servo motores de D.C.; no son generalmente tan rápidos o tan fuertes como los robots hidráulicos, pero tienden a ser más exactos y pueden repetir secuencias de operaciones con mayor precisión.

Además ya que no se requiera de una unidad de potencia hidráulica, se economiza espacio en el área de trabajo. Los robots que se accionan neumáticamente se utilizan generalmente para operaciones pequeñas del tipo "recoge y coloca".

Los actuadores, para cada articulación del brazo manipulador tienen un dispositivo de realimentación el cual mantiene al controlador informando de su posición.

El tipo de mecanismo de realimentación que se utiliza puede variar de un simple switch accionado por el brazo manipulador a varios dispositivos de medición de posición, tales como decodificadores, potenciómetros o tacómetros. El tipo de mecanismo que se utilice dependerá de diversos factores, desde el tipo de movimiento hasta el tipo de resolución deseados. Estos

dispositivos de realimentación son los sensores internos usados por el controlador del robot para acumular información y así generar señales con el fin de mover el manipulador en el espacio.

ACTUADORES TERMINALES.

Un efecto terminal, se instala en la superficie de soporte del brazo. Este es el mecanismo utilizado para ejecutar las tareas del robot. El término actuador terminal se refiere a una pinza (utilizada para asir una pieza), una herramienta sostenida por una pinza, o bien una herramienta montada directamente para una de las tres operaciones básicas:

- (1) Asir y manipular una pieza de trabajo.
- (2) Ejecutar operaciones de manufactura, tales como perforar, atomizar o soldar.
- (3) Sensar la posición o la forma de un artículo.

La mayoría de los manipuladores se diseñan para una aplicación específica y según los requerimientos de los usuarios.

De cualquier modo, un número elevado de diseños de pinzas estandar se están ofreciendo por los fabricantes.

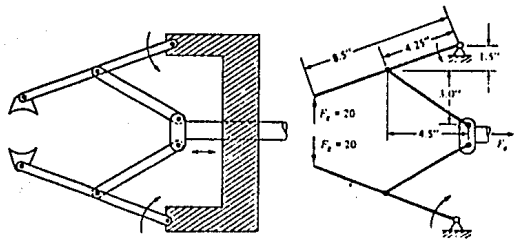
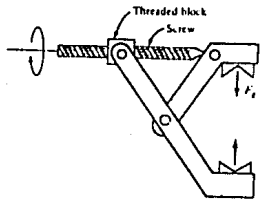
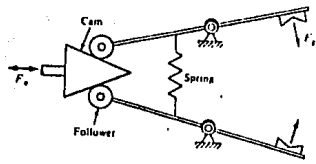


FIG. I-B-7 TIPOS DE ACTUADORES TERMINALES

Una gran variedad de diseños de pinzas y de herramientas pueden ser utilizados en los robots industriales; así como para sostener las herramientas que llevan a cabo operaciones de manufactura.

Muchas pinzas contienen sus propios actuadores para permitir la manipulación y colocación compleja de objetos.

Aunque las pinzas son normalmente diseñadas a la medida, existen tres categorías básicas que actualmente se utilizan: mecánica, magnética ó al vacío (utilizando ventosas de succión).

Las mecánicas sostienen un objeto ejerciendo presión en la pieza (fricción) o colocando gentilmente material sólido alrededor del objeto para reforzarlo físicamente y no moverlo.

Los tipos de pinzas mecánicas utilizadas incluyen pinzas de mandíbula y de dedo.

Las pinzas de tipo mandíbula contactan al objeto acercando dos superficies planas en paralelo, así como en ángulo. Las pinzas mecánicas de tipo dedo incluyen dispositivos de dos, tres o varios dedos.

Las pinzas magnéticas usan un campo magnético para atraer objetos metálicos.

Las pinzas de vacío son especialmente útiles en aplicaciones donde piezas planas de material deben ser movidas; como las láminas.

Para asir objetos de forma irregular, las ventosas de succión o magnéticos se fijan ordenados varios de ellos en soportes especiales.

Un pequeño ejemplo de los diversos tipos de pinzas utilizados hoy en día se ilustran en la figura I-B-7. Además una variedad de herramientas pueden ser colocadas en el manipulador, como pistolas de soldadura por puntos, mezcladoras, fresadoras, calderos de colada, trituradoras, afiladoras, taladros y sopletes.

Al diseñar actuadores terminales es importante tomar en cuenta el peso de la herramienta o de la pinza y su efecto en la capacidad de carga del brazo. También para el tamaño y la forma de éstos debe ser considerada la habilidad del manipulador para poder maniobrar con equipo u otros obstáculos alrededor.

2. CONTROLADOR.

La unidad de control es el "cerebro del robot". La función básica del controlador es dirigir el movimiento del manipulador para que ambos se encuentren colocados y orientados correctamente en el espacio sobre el tiempo. El controlador almacena en una memoria la secuencia de movimientos requerida del brazo manipulador y del actuador terminal.

Cuando se solicita por un operador, el controlador dirige al manipulador a través de una serie de dispositivos de respaldo para

asegurar que los movimientos correctos se estan siguiendo.

Actualmente se encuentran disponibles en el mercado una gran variedad de controladores de robot. Este puede ser ejecutado a través del uso de una secuencia lógica neumática, un tablero de matriz de diodos, una secuencia electrónica, un microprocesador, o una minicomputadora.

El controlador puede estar integrado en el brazo manipulador o en una unidad separada.

El movimiento del manipulador se controla a través de varias válvulas de control y dispositivos de respaldo de control de posición localizadas en las articulaciones de los brazos. El controlador continuamente comprueba la posición, orientación, rapidez y aceleración del manipulador y lo dirige a través de su ciclo operativo.

Uno de los planteamientos para la clasificación de robots es de acuerdo al tipo de controlador que utiliza, este puede ser:

- Robot no-servo.
- Servo-robot punto a punto.
- Servo-robot de sendero continuo.

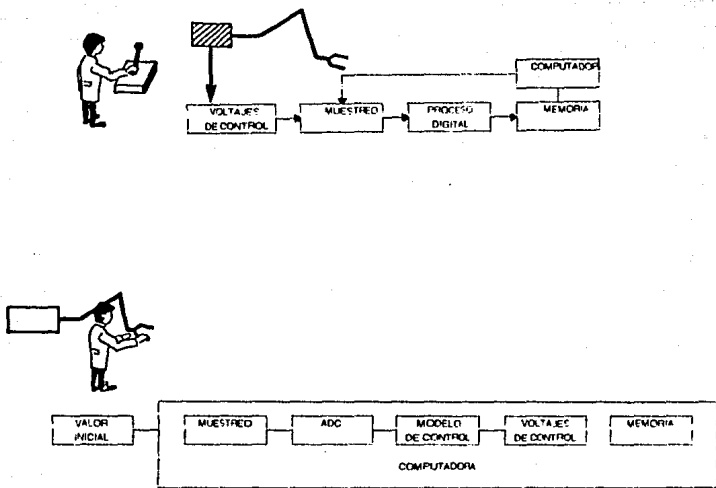


FIG. 1-B-8 EJEMPLOS DE CONTROLADORES DE ROBOTS

PROGRAMACION.

Para que el controlador sea capaz de dirigir los movimientos del manipulador, el operador primero debe decirle al controlador qué hacer. El proceso de programación del controlador se refiere a "enseñar" al robot. Existen tres planteamientos básicos utilizados para programar un robot industrial:

- Manual.- Se utiliza típicamente para programar robots no-servo, la programación manual se asocia generalmente con controladores que tienen memorias mecánicas, neumáticas o eléctricas.

En este planteamiento, el robot se programa preinstalando físicamente las levas en un cilindro o tambor rotatorio, colocando switches límites en los ejes, cables fijos, o poniendo tubos de aire.

Este planteamiento es factible para los robots menos sofisticados que se mueven por medio de pocos pasos en sus ciclos operativos.

- Guiar a través.- En el caso de robots más sofisticados se usan memorias electrónicas en los controladores, el robot puede ser "enseñado" guiándolo a través de una secuencia operativa por medio de una consola de control o de una caja de control manual (teach pendant). El manipulador del robot es guiado a través de cada

paso, y el movimiento se graba en memoria al final de cada uno de estos.

Este planteamiento se utiliza típicamente para programar servo-robots punto a punto.

- Caminar a través. Se utiliza típicamente para programar robots de desplazamiento continuo, este procedimiento requiere que el programador mueva manualmente al manipulador a través de un ciclo completo de operación.

Estos movimientos se graban en memoria exactamente como fueron ejecutados por el operador. Este planteamiento no requiere que el operador tenga un amplio conocimiento de robótica pero si una gran cantidad de destreza para ejecutar la operación que es enseñada al robot.

Pintar con pistola y soldar son dos buenos ejemplos de operación en los que la programación "caminar a través" se utiliza.

- Programación fuera de línea.- Es similar al tipo de programación utilizada en la programación por partes en operaciones de máquinas de control numérico, la programación sin línea involucra el desarrollo de un programa en una computadora utilizando un lenguaje de programación más alto. El programa se accesa en la memoria del controlador del robot. De esta manera la cantidad de "tiempo bajo" del robot se reduce durante el aprendizaje. La desventaja de este procedimiento es la

dificultad de escribir programas que tomen en cuenta la posición relativa en el espacio del manipulador para separar objetos en su entorno. Sin embargo, se espera que la programación fuera de línea, la cual se utiliza en menos del 10 % de las aplicaciones de robots industriales, incremente su uso significativamente en un futuro.

MEMORIA.

La memoria del robot o almacenamiento de datos es una componente integral del controlador. Esta almacena los programas y le da ordenes al robot a través del controlador. El tipo de memoria utilizado es importante, ya que ésta determina la manera en la cual las ordenes son almacenadas. Los dispositivos de memoria pueden ser tan simples como secuencias de pasos mecánicos con tambores rotatorios. También pueden existir dispositivos neumáticos como tableros de parches, matrices de diodos, o memorias electrónicas más sofisticadas, como dispositivos microprocesadores (ROM, RAM, cinta magnética o discos blandos). Generalmente, el grado de sofisticación de la memoria concuerda con el del controlador y con el del robot mismo.

INTERFASE.

La mayoría de los robots necesitan interactuar con otras máquinas, transferir líneas o piezas desde fuera de su ambiente inmediato.

Por ejemplo, un robot no puede transferir una pieza si la señal de entrada no ha sido recibida por el robot, es decir si la pieza no ha llegado a la posición inicial. Una vez que el robot ha transferido satisfactoriamente la pieza a la posición final, el robot debe moverse de la cinta transportadora e indicar a la línea el envío de la siguiente pieza a la posición inicial.

Las señales de entrada y salida pueden ser provistas de varias formas como eléctrica, neumática, o electrónica. Es en el área de interfase que las capacidades de sensado externo pueden jugar un papel. Los sensores táctiles, los detectores de proximidad, los dispositivos de alimentación de fuerza, y los sensores de visión pueden todos ser usados en aplicaciones donde el robot requiera datos de la localización o posición de la pieza, como en la descarga de paletas o espátulas.

Es sensible la diferencia entre los sensores externos y los internos o dispositivos de respaldo, los últimos guían el controlador del servo-robot a la superficie de contacto con el efecto terminal del robot. Los sensores externos guían al controlador del robot a la superficie de contacto con equipo y

piezas desde afuera, representan el nivel más alto de tecnología robótica actualmente disponible. También representan una de las mayores áreas de actividad futura de desarrollo en el campo de la robótica.

SENSORES

Los sensores no son necesariamente fijos donde cada posición de un objeto debe ser conocida. En los robots, sin embargo, los movimientos son mucho más complejos, y entonces el gasto de rediseñar una herramienta para asegurar una posición precisa sería alto.

La alternativa para precisar la posición correcta de la herramienta es el uso de sensores que detecten ciertas características de objetos a través de alguna forma de interacción entre ellos.

Un sensor es simplemente un dispositivo de respaldo para guiar al robot a hacer cambios en sus movimientos basados en la información acerca de su ambiente externo.

Existen tres tareas generales ejecutadas por sensores:

- Inspección visual.- Una amplia variedad de aplicaciones potenciales ahora realizadas por humanos podrían ser ejecutadas con el uso de sensores inspeccionando piezas o montajes para asegurar si las piezas se encuentran correctamente colocadas

están dañadas. La inspección visual incluye la identificación de piezas, la detección de defectos, la determinación del tamaño y ubicación de agujeros, y otras aplicaciones. Los sensores no se utilizan normalmente para medición.

- Posición de la pieza.- Cuando se utiliza la automatización dura, las piezas deben localizarse y orientarse con precisión esto puede conducir a costos de dispositivos altos. Los sensores pueden localizar piezas y determinar su orientación, lo que reduce mucho su costo. Sin embargo, la capacidad de los sensores para realizar esto es extremadamente limitada. Las piezas escogidas al azar no pueden identificar las piezas individuales y orientar la pinza del robot correctamente para recogerlas de recipientes que contienen escasas piezas almacenadas superpuestas.

- Control de manipulación.- En tales operaciones complejas como ensamblar o maquinar; varias operaciones pueden ser requeridas; como insertar, torcer, alinear, orientar y atornillar. Si cada paso de la operación se controla completamente, puede ser posible ejecutar el trabajo sin sensores. Sin embargo, el costo sería extremadamente alto. Los humanos realizan estas tareas dependiendo casi completamente de los sensores.

Similarmente los robots pueden ejecutarlas si la capacidad de sentido adecuada está disponible para determinar cuando dada tarea ha sido terminada.

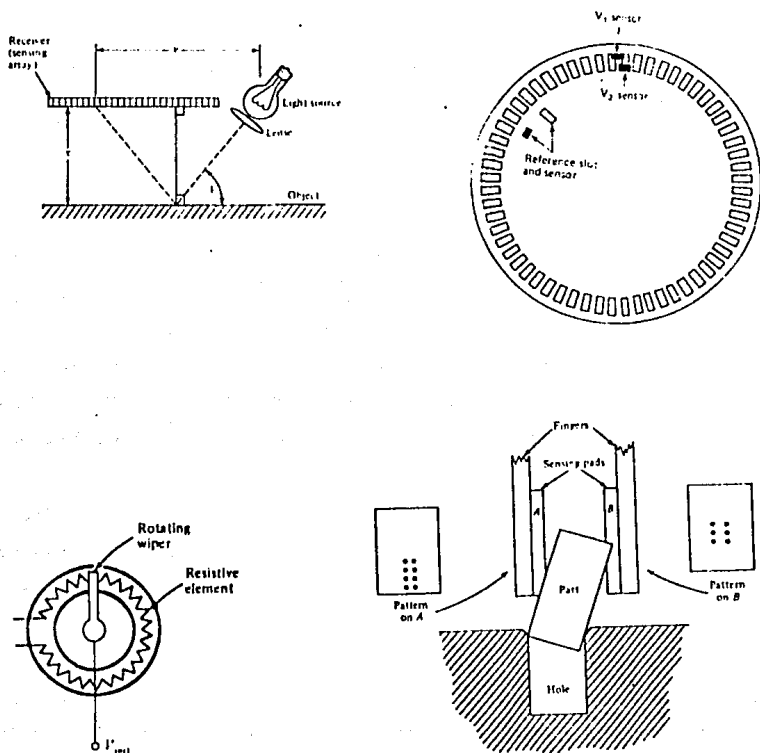


FIG. 1-B-9 SENSORES

Las dos categorías básicas de los sensores actualmente disponibles son contacto y no contacto. Los sensores de contacto o táctiles se utilizan para medir fuerza, momento de torsión, para simplemente detectar la existencia de un objeto a través de contacto. Los sensores de fuerza y momento de torsión producen señales que miden la magnitud de las fuerzas de contacto. los sensores táctiles producen señales que indican la presencia de un objeto pero no la magnitud de una fuerza. Por lo anterior tienden a ser más ligeros y mas sensibles a fuerzas pequeñas que a fuerzas en sensores de torsión. Los sensores de contacto pueden ser utilizados en aplicaciones como inserción de piezas, operaciones de ensamblaje, empaque, evadir coalisiones y operaciones mecanizadas.

Existe una variedad de transductores utilizados para sensar fuerza, como son strein gage, magnéticos o piezo-eléctricos. Idealmente, un sensor debería medir las tres componentes de fuerza así como las tres componentes de torsión.

Hoy en día, la capacidad de los sensores de contacto disponibles comercialmente son limitadas. Se requiere más trabajo desarrollado antes de que los sensores de fuerza y tacto se utilicen ampliamente.

Los sensores de no contacto se utilizan para determinar las

características de un objeto (posición, forma, etc.) sin tener contacto directo con el objeto.

Existen tres tipos básicos de sensores de no contacto disponibles:

- Sensores de proximidad. Este tipo de sensor de no contacto determina cuando un objeto está cerca de otro. "Cerca" se define como un rango de distancia, de varias pulgadas a pocos milímetros. Los sensores de proximidad normalmente no miden la distancia real, sino simplemente detectan la presencia de los objetos. Comercialmente los sensores de proximidad disponibles se basan en detección de luz infraroja, campos magnéticos, ultrasonido o campos electrostáticos.

- Sensores de rango. Un sensor de rango puede ser usado para medir la distancia del sensor a un objeto. Esto puede llevarse a cabo utilizando cámaras de televisión que midan la distancia a través de triangulación. Otro planteamiento es el uso de un calibrador láser interferométrico, el cual es preciso pero caro, difícil de usar y sensible a las condiciones ambientales. Otro planteamiento relativamente nuevo es el uso de un descubridor de rango acústico basado en el principio del sonar. En general existen pocos sensores de rango, disponible comercialmente.

- Sensores de visión. El tipo de sensor más útil es potencialmente el que se basa en el respaldo visual. El uso de sensores visuales puede reducir bastante la necesidad de

plantillas y dispositivos, que pueden facilitar la tolerancia de piezas. Las cámaras de televisión standard estan comunmente conectadas a computadoras para reconocimiento de piezas. La dificultad se encuentra en traducir la información recibida del sensor a una información útil para el robot. Muchas organizaciones de investigación como el Instituto de Investigación de Stanford, llevan a cabo extensas investigaciones del problema de desarrollar a bajo costo un sensor visual efectivo.

Las primeras aplicaciones de los sensores visuales son reconocer e identificar una pieza estudiando su forma, detectar la orientación de una pieza (en una banda transportadora), y para medir la posición específica de un objeto para que el brazo manipulador pueda moverlo.

En los siguientes cinco años, bajo costo y sensores de visión efectivos deberán ser ampliamente disponibles.

FUENTES DE POTENCIA.

El tercer componente básico de un robot industrial (los otros dos son el manipulador y el controlador) es la fuente de energía que manejan los actuadores y el manipulador. El tipo de fuente de poder que se requiere es generalmente una función del tipo de actuadores utilizados en los ejes del brazo manipulador. Los sistemas de encendido de un robot deben ser considerados al

escoger un tipo de robot, desde que la ejecución y capacidades de cada tipo varían de acuerdo a la aplicación.

Los robots encendidos eléctricamente tienden a trabajar más silenciosos que otros, y sus motores pueden ser encerrados y protegidos de ambientes sucios.

Los robots neumáticos son generalmente usados en aplicaciones donde se requieren operaciones rápidas.

Los robots hidráulicos tienden a ser más fuertes que otros, siendo además más exactos ya que el fluido hidráulico no es compresible.

La fuente de poder para los robots manejados en forma eléctrica simplifica funciones para regular la electricidad que entra.

Los robots de tipo neumático usualmente reciben energía desde un compresor remoto, el cual puede abastecer de energía a otras máquinas.

En el caso de los robots hidráulicos, en un sistema de energía hidráulica puede ser una pieza integral del manipulador o una unidad separada.

CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN ROBOT.

Las secciones anteriores describen la estructura física básica de un robot industrial y los tipos de aplicaciones en las

que puede ser usado.

El proposito de estas secciones fue decir qué es un robot y qué hace.

En ésta sección se definen los parámetros con los cuales el funcionamiento de un robot se mide.

Estas características representan algunas de las consideraciones más importantes que un comprador de robots necesita estudiar cuando decide qué tipo de robot seleccionar para una aplicación particular.

En general, un robot industrial debe satisfacer tres requerimientos básicos.

Primero, debe ser flexible. Por definición un robot no es una máquina dedicada, pero muy pocas veces ofrece la ventaja de ser "multifuncional". Por lo tanto un robot debería ser capaz de ser usado en varias operaciones de manufactura.

Segundo, un robot industrial debe ser seguro y confiable. La ventaja de una alta utilización, de un alto grado de flexibilidad se pueden si el robot se encuentra fuera de servicio muy a menudo para mantenimiento y reparaciones.

Seguridad o fiabilidad significa un requerimiento relativamente bajo de mantenimiento, una operación fiable que requiera pocas reparaciones, y la habilidad de funcionar satisfactoriamente en un ambiente hostil (por ejemplo, altas temperaturas o corrosión).

Finalmente, un robot debe ser fácilmente programable. Ya que un robot puede ser usado para muchas diferentes tareas de manufactura, es obvio que se requiere reprogramación constante para cambiar su ciclo de operación. Debido a que la constante programación causa una cierta cantidad de tiempo bajo, es esencial que la cantidad mínima de tiempo sea dedicada a esta actividad.

Esta es una de las razones por las que la programación fuera de línea va a aumentar en el futuro.

Además, de estos requerimientos generales básicos, existen varias características de especificación de funcionamiento que deberían ser entendidas y analizadas cuando se considera la compra de un robot:

- Exactitud de colocación. Esta es una medida de la habilidad de manipulador para colocar el actuador terminal (herramienta o pinza) en el punto específico ordenado por el controlador. La exactitud se especifica en un rango (por ejemplo, + 0.020") alrededor de un punto con el cual el centro del actuador terminal espera colocarse al recibir una orden. La exactitud es una medición significativa sólo en el caso de sistemas controlados por la computadora donde el sistema de control tiene que calcular una posición y después ordenar al manipulador que se mueva ahí..

En el caso de un modo de grabación, en el cual el sistema de control simplemente graba las posiciones mientras le enseñan, y

luego las reproduce durante la operación, la exactitud no se toma en consideración. En el caso de pintar con pistola (sendero continuo), por ejemplo una vez que la secuencia inicial se programa, la consideración importante es si el manipulador puede alcanzar la misma posición otra vez. Esto se conoce como habilidad de repetición.

- Habilidad de repetición. La mayoría de fabricantes y usuarios están más preocupados acerca de esta medición, la cual especifica qué tan bien está capacitado el manipulador para alcanzar una posición específica una y otra vez. Una habilidad de repetición de $+ 0.010$ ", por ejemplo significa que una vez que cierta posición ha sido alcanzada por el actuador terminal, durante el siguiente ciclo el actuador terminal alcanzará una posición que está 0.010 " de la posición original.

- Seguridad o fiabilidad (tiempo alto). La seguridad de un robot se especifica normalmente como un porcentaje de tiempo durante el cual se puede esperar que el robot esté operando normalmente (por ejemplo, no estar fuera de servicio por mantenimiento o reparaciones). En general, la seguridad de los robots industriales es buena, con estimaciones típicas del 96 - 98% de tiempo alto dadas por los fabricantes de robots. En la mayoría de los casos, los usuarios de robots han encontrado que estas estimaciones son correctas.

- Tiempo medio antes de falla. Esta es una medida del número

estimado de horas que se espera que un robot opere hasta que encuentre su primera falla requiriendo tiempo bajo. La mayoría de los fabricantes dan un tiempo entre las 200 y 800 horas para sus robots, con algunos rangos de estimación tan altos como 2000 horas.

- Capacidad de carga útil. La cantidad de peso que un robot industrial puede cargar durante la operación es una importante consideración al determinar el tamaño del robot requerido. La capacidad de carga útil es el peso máximo que puede ser cargado por un robot a baja velocidad (dado como un porcentaje de máxima velocidad), y a velocidad normal de operación. Estos números tienen un rango típico desde sólo una o dos libras hasta 2000 libras.

- Velocidad del fin del brazo. Esta es una medición difícil para definir acertadamente, ya que dependen de las variaciones del movimiento del brazo, colocación, y carga que soporta. Sin embargo, es útil comparar las velocidades con las cuales los robots pueden mover un objeto de un punto a otro y regresar otra vez. Las velocidades típicas de los robots actuales están en el rango de 30 - 60 pulgadas por segundo. Los robots no-servo tienden de alguna manera a ser más rápidos que los robots servo.

- Capacidad de memoria. La capacidad de memoria de de un controlador de un robot servo es una importante característica, ya que determina la longitud y complejidad del ciclo de operación

con el que puede ser ejecutado. Los robots no-servo no poseen un memoria como se define normalmente. La capacidad de memoria se define por el número de pasos o movimientos que pueden ser realizados durante un ciclo de operación. La mayoría de los robots disponibles comercialmente ofrecen varios cientos de pasos (o "puntos") en capacidad de almacenamiento. De esta manera, el movimiento de un robot punto a punto puede ser programado tan precisamente que el movimiento del brazo manipulador se asemeja a un robot continuo.

C CLASIFICACION DE LOS ROBOTS

En nuestro mundo se tiende a poner todas las cosas u objetos dentro de categorías, grupos y clasificaciones. Los robots industriales no son la excepción.

No existe un consenso medio para la manufactura de los robots, por lo que, se utiliza el mejor método que se tiene para clasificarlos de acuerdo a ciertas características específicas que se toman en cuenta.

Una de las técnicas de clasificación es con base en la geometría del brazo, dividiendo a los robots en diferentes categorías basadas en el espacio de trabajo de estos. Conforme a esta técnica, la configuración del robot puede ser rectangular, cilíndrica, o esférica, con subgrupos dentro de la clasificación, algunas de ellas se van a tratar en este capítulo.

1 GEOMETRIA DEL BRAZO DEL ROBOT.

En general, las configuraciones mecánicas del brazo se describen de una manera si se definen en términos de un sistema coordenado. De esta forma existen tres configuraciones básicas: rectangular, cilíndrica y esférica.

Un brazo mecánico con configuración rectangular tiene la habilidad de mover pinzas en cualquier posición dentro de un cubo o rectángulo, definiendo un volumen de trabajo. En la configuración cilíndrica, puede mover las pinzas dentro de un volumen descrito por un cilindro. Y por el último en la esférica, puede mover las pinzas describiendo el perfil de una esfera.

2 ANALISIS DE LOS SISTEMAS COORDENADOS.

El sistema coordenado rectangular, es usado con el trabajo de perfil rectangular.

En este tipo de sistema los tres grados de libertad están indicados por la posición de las flechas, que muestran la dirección del movimiento en X, Y y Z. La orientación de la herramienta es completa con la rotación alrededor de los ejes con la cual proporciona los diferentes movimientos asociados en la muñeca. Ver fig. I-C-1.

Los actuadores lineales o mecanismos de transmisión proporcionan la potencia necesaria para el movimiento en las direcciones X, Y y Z. Sin embargo, los actuadores rotatorios son utilizados para proveer los movimientos de la muñeca; las fuentes de potencia de estos son hidráulicas, neumáticas ó eléctricas.

Los robots con este tipo de configuración mecánica tienen las ventajas:

- Es realmente grande el área o espacio de trabajo que se puede cubrir ya que el movimiento en la dirección "x" se puede incrementar fácilmente.

- El control de los sistemas usados es relativamente simple.

Desventajas:

- En algunos modelos de ubicación de mecanismos de accionamiento y equipo eléctrico de control se observa que su mantenimiento es uno de los más difíciles.

Las aplicaciones primarias de sistemas con coordenadas rectilíneas son el manejo de materiales, manejo de partes, ensamble de pequeños sistemas, etc.

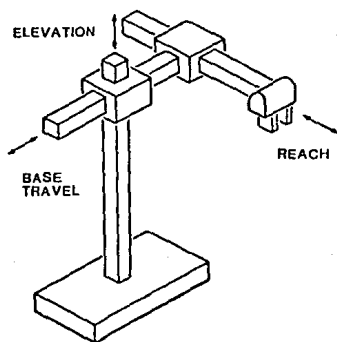


FIG. I-C-1 CONFIGURACION RECTANGULAR DE ROBOTS

Los tres grados de libertad de un robot con coordenadas cilíndricas se muestra en la fig, I-C-2. Un cambio en la posición vertical puede lograrse al cambiar uno de los ejes, resultando un movimiento vertical en el eje de la "Z". Para variar la posición de la pinza con respecto al centro del poste (ó base) igualmente se requiere el movimiento a lo largo de uno de los ejes.

El brazo con geometría esférica, como quiera que sea, requiere de la facultad de movimiento en las direcciones X, Y y Z. En la fig. I-C-3, se muestra un brazo con configuración esférica. En teoría la rotación del brazo es de 180° y de 360° la rotación de la cintura.

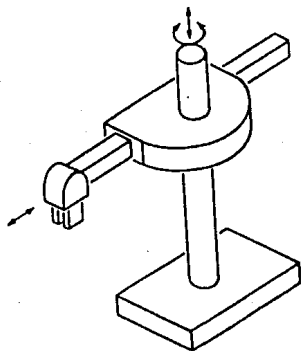


FIG. I-C-2 CONFIGURACION CILINDRICA DE ROBOTS

Las máquinas con geometría esférica utilizan cualquiera de los dos actuadores (hidráulico ó eléctrico) como fuerza motriz sobre los seis ejes, el actuador neumático para abrir y cerrar la pinza.

La configuración brazo articulado-esférico se muestra en la fig. I-C-3. Este diseño aproxima la mayor parte de movimientos a los de un humano: con la cintura, hombro y la rotación del codo.

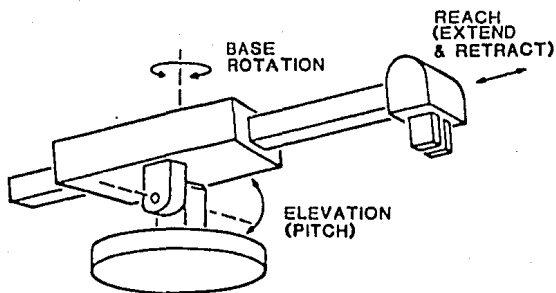


FIG. I-C-3 CONFIGURACION ESFERICA DE ROBOTS

3 FUENTES DE PODER.

Las fuentes de poder primarias utilizadas para los sistemas de manufactura de los actuadores son hidráulicas, neumáticas y fuerza electromotriz.

De acuerdo a la fuente de poder utilizada, los robots se pueden clasificar en: hidráulicos, neumáticos y eléctricos.

a. ACTUADORES HIDRAULICOS.

La principal ventaja de los actuadores hidráulicos es la relación de potencias, es decir, el robot puede tener una gran capacidad de carga y la fuente de alimentación puede ser relativamente pequeña.

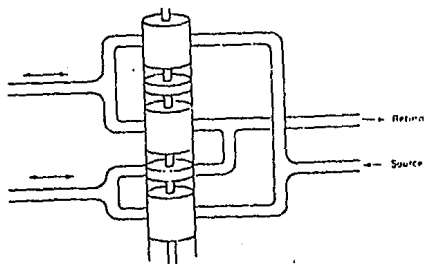


FIG 1-C-4 SERVO-VALVULA HIDRAULICA

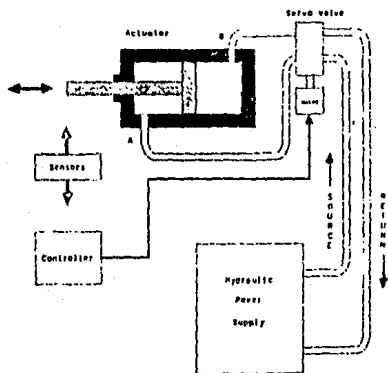
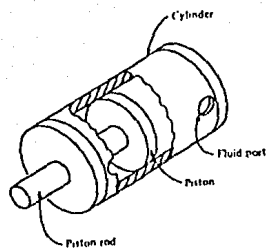


FIG. I-C-5 SISTEMA DE ACTUADORES HIDRAULICOS

Desventajas:

- Aún cuando el sistema hidráulico es uno de los mejores, puede tener alguna falla con el tiempo.
- El combustible utilizado al ser inflamable puede representar un riesgo para algunas aplicaciones, como por ejemplo, soldadura.
- El costo del robot, energía y adicionalmente el mantenimiento del equipo (motor, bomba, tanque, y controles).
- Un alto nivel de ruido es asociado con sistemas hidráulicos.
- Así como el mantenimiento eléctrico y mecánico necesario periódicamente.

b. ACTUADORES NEUMATICOS.

Los componentes básicos de un sistema neumático son los mismos que para un sistema hidráulico. La diferencia primordial es la potencia, se transporta gas a baja presión en lugar de aceite. En la mayor parte de aplicaciones de la robótica, al utilizar este tipo de actuadores los robots operan con sólo dos posiciones: retraer y extender.

Ventajas:

- Util en la manufactura de diversas áreas.
- La tecnología utilizada para este tipo de sistema no es muy cara.

- Si existe alguna fuga en el sistema no producen contaminación en el área de trabajo.

La principal desventaja es la insuficiencia del accionamiento de un sistema neumático para un control realimentado que proporcione una operación adecuada y múltiples interrupciones.

c. ACTUADORES ELECTRICOS.

Un sistema eléctrico comprende una fuente de potencia eléctrica y un motor eléctrico. En la mayor parte de aplicaciones los motores son servomotores. Los servomotores son principalmente de DC, pero también hay de AC siendo los mejores modelos japoneses.

Ventajas:

- No requiere generar potencia hidráulica o neumática.
- No contamina el espacio de trabajo donde se encuentra.
- Mantiene un bajo nivel de ruido durante su operación.

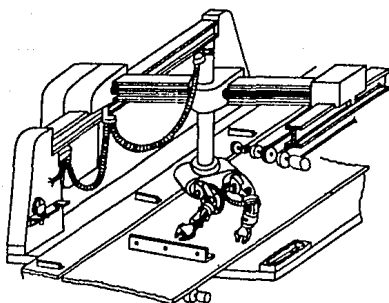


FIG. 1-C-6 SISTEMA DE ACTUADORES ELECTRICOS

La principal desventaja de un sistema eléctrico es la limitada capacidad de carga comparandolo con un hidráulico. Como resultado, este tipo de robots son diseñados basicamente para el ensamblaje, soldadura, y pintura; aplicaciones donde la carga es menor a 200 libras. La configuración mecánica usada típicamente para este tipo de actuadores es la de "brazo articulado-esférico".

4 TECNICAS DE CONTROL.

Dependiendo del tipo de control usado para la posición de la herramienta, los robots se pueden dividir dentro de dos categorías: sistema servo (lazo-cerrado) y sistema no-servo (lazo abierto).

a. SISTEMA DE LAZO-CERRADO.

El sistema servo o de lazo-cerrado es usado en cualquier aplicación donde se requiera este tipo de control, tal como soldadura, pintura y ensamblaje. Los controles más sofisticados incluyen una computadora, display, teclado, puertos de entrada/salida, en suma un sistema de servo control.

Ventajas del servo control:

- Flexible programa de control, permite que los robots sean usados en una extensa variedad de tareas de manufactura y prolonga el tiempo útil de vida de la máquina.
- Los robots pueden ejecutar multiples programas para una variedad de tareas de manufactura.
- Los robots son capaces de realizar tareas más complejas de manufactura.

Las principales desventajas son:

- Este tipo de máquinas requiere de una gran inversión de capital para su investigación.
- Es necesario de un mantenimiento más especializado por el incremento de tecnología.

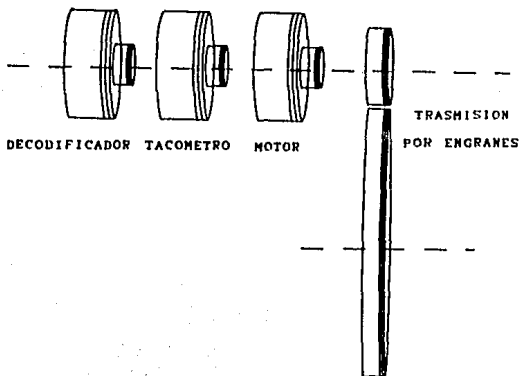


FIG. 1-C-7 SISTEMA DE LAZO CERRADO

b. SISTEMA DE LAZO-ABIERTO.

Los robots clasificados como no-servo no tienen sensores de posición y razón de cambio sobre los ejes, por lo tanto el movimiento del robot es de un punto a otro.

En la industria, un sistema de lazo-abierto es referido con un tipo de robot que: recoge y coloca.

Las ventajas de los robots tipo servo son desventajas para los no-servo. A pesar de reproducir la flexibilidad, las aplicaciones de este tipo de robot abunda en la industria; el bajo costo inicial hace que este tipo de sistema sea atractivo para escogerlo en aplicaciones donde se requiera una máquina de carga y descarga.

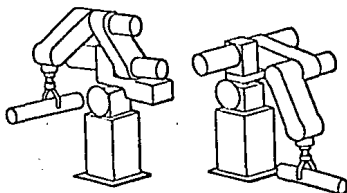


FIG. 1-C-8 SISTEMA DE LAZO ABIERTO

5 FORMAS DE CONTROL.

Tal vez el método menos ambiguo de clasificación de los robots es el que está basado en el tipo de forma de control. La forma de control define el método que se utiliza para dirigir o controlar los movimientos del brazo sobre una trayectoria deseada.

Los tipos de forma de control de la menos a la más compleja son: "paso a paso", "desplazamiento continuo", "punto a punto" y "desplazamiento controlado".

a. "PASO A PASO".

En la forma de control "paso a paso" el sistema es de lazoabierto, lo cual significa que la posición y la velocidad de los ejes no se conoce. Para ejemplificar esta forma de control, el robot de la figura. I-C-9 debe ir del punto A al punto B como parte de un movimiento programado. Puesto que, el movimiento de los actuadores no representa un sistema realimentado, la posición actual de los ejes no es conocida hasta que el accionamiento del actuador es limitado, lo cual es determinado por el cese del movimiento mecánico en el actuador. Como resultado, la información es almacenada en memoria de forma secuencial (encendido/apagado) rigiendo a cualquiera de los actuadores.

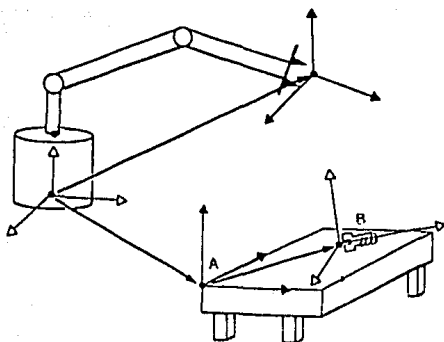


FIG. I-C-9 SISTEMA PASO A PASO

b. "PUNTO-A-PUNTO".

La programación fundamental de un dispositivo "punto a punto" es controlada por un "teclado de gúfa". Por lo regular los "teclados de gúfa" tienen dos switches por cada grado de libertad en el robot.

Al programar estos controles pueden moverse cada uno de los ejes independientemente en cualquier dirección. En suma, el "teclado de guía" proporciona una programación por puntos con el poder de dirigir el registro en memoria de la posición progresiva de todas las articulaciones o ejes sobre el robot. Una tecla también provee en una emergencia una interrupción y la facultad de correr paso a paso un programa.

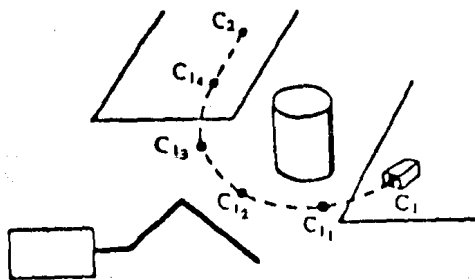


FIG. 1-C-10 SISTEMA PUNTO A PUNTO

En la fig. I-C-10 se ilustra un control punto-a-punto. Para ir de un punto "1" a un punto "4" se requiere de "4" puntos, primero fijar el punto "1", después ir de "1" a "2", transferirse de "2" a "3" y finalmente bajar de "3" a "4" (como en este caso).

Los controles punto-a-punto puede almacenar en su memoria un programa muy grande (con muchos puntos) para una aplicación compleja y también almacenar varios programas pequeños para la misma aplicación, es decir, se puede ajustar el robot a distintas condiciones de trabajo.

La ventaja de un sistema punto-a-punto es su relativo poder de control y su facultad de poder obtener programas complejos con un sistema moderado en costo, además de eso, de una calidad comprobada.

Existe una gran preferencia por robots con sistemas de servo-control punto-a-punto con cualquiera de los dos accionamientos eléctrico o hidráulico y cualquier geometría de brazo (el tipo más popular es articulado-esférico).

c. "DESPLAZAMIENTO CONTROLADO".

El "desplazamiento controlado" es un sistema de control punto-a-punto añadiendo la capacidad de proveer control sobre el manipulador, Y se puede programar de la misma manera que un sistema estandar punto-a-punto.

d. "DESPLAZAMIENTO CONTINUO".

La diferencia principal entre el control punto-a-punto y el "desplazamiento continuo" es el número de puntos programados los cuales son salvados en la memoria del controlador, ver fig. I-C-11. Un robot tipo punto-a-punto requiere justamente de cuatro puntos programados y almacenados en memoria para que efectue el movimiento correspondiente a lo registrado. Sin embargo, el "desplazamiento continuo" necesita centenas de puntos para efectuar el mismo movimiento.

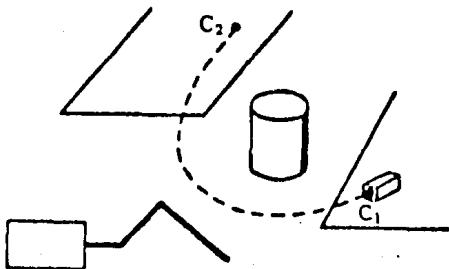


FIG. I-C-11 SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO CONTINUO

6 INTELIGENCIA DE LOS CONTROLADORES.

Por último, otra técnica de clasificación divide a las máquinas (robots) en tres grupos de acuerdo al nivel relativo de inteligencia del controlador; los tres grupos son alta tecnología y baja tecnología.

En el desarrollo de la industria de los robots han existido gran número de máquinas mecánicamente simples que pueden desarrollar tareas relativamente fáciles. Este tipo de robots, es usado frecuentemente por los japoneses, no requiere de un complejo diseño mecánico o un controlador muy sofisticado, por tanto, este tipo de robots están agrupados dentro de la categoría "baja-tecnología". Algunos otros robots, más versátiles que el simple recoge-y-coloca están agrupados dentro de la llamada tecnología-media. Los sistemas más sofisticados se han extendido al mercado, cayendo dentro de lo que se conoce como "alta-tecnología".

NO HAY
PÁGINA.
No. 66.

D DISEÑO MECANICO

El robot esta conformado por tres modulos fundamentales y un manipulador tipo pinza (griper) el cual tiene la capacidad de realizar tres movimientos: Levantamiento de muñeca, giro de muñeca y apertura de la pinza; Los actuadores son eléctricos y la transmisión de potencia mecánica de los actuadores a sus efectos finales se da por medio de flechas, series de engranes y bandas sincronas en algunos puntos.

Las dimensiones de la base (modulo A) son 0.40 [m] x 0.46 [m] x 0.19 [m] las dimensiones del primer cuerpo del brazo (modulo B) son 0.28 [m] x 0.45 [m] x 0.18 [m], así mismo se tiene el segundo cuerpo del brazo (modulo C) y sus dimensiones son 0.18 [m] x 0.18 [m] x 0.17 [m]. Para hacer la conexión del modulo A y el brazo se utilizó una estructura en la que se integra otro actuador y engranes (figura I-D-2) para así tener el movimiento de hombro.

Se diseño además un modelo de contrapeso para compensar el torque de la extensión del brazo.

El cuerpo de la estructura esta formado con acero estructural A-36 en su presentación comercial de angulo de 1/2 x 1/8, como

refuerzo a las placas de resina fenólica (autoextinguible) con trama de asbesto. Estos materiales han sido escogidos por sus características de alta resistencia a las variantes de temperatura, dimensionalmente estables y ligereza comparativa.

El manipulador se fabricó en aluminio con una aleación de manganeso que le da mayor resistencia mecánica.

El proceso de manufactura fue por moldeo previo en plastilina y un posterior vaciado en arena preparada.

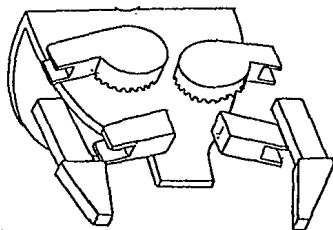


FIG. I-D-1 DIAGRAMA DEL MANIPULADOR

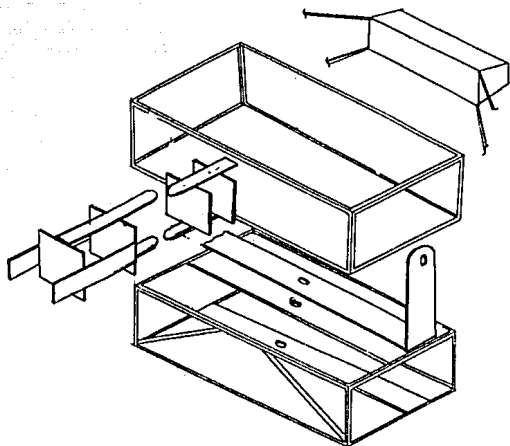


FIG. 1-D-2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL ROBOT

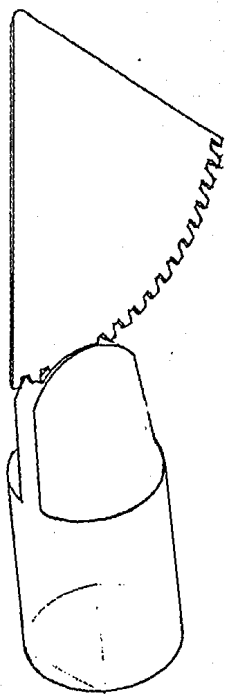


FIG. 1-D-3 DIAGRAMA DE LA TRANSMISION DEL NODULO A Y HOMBRO

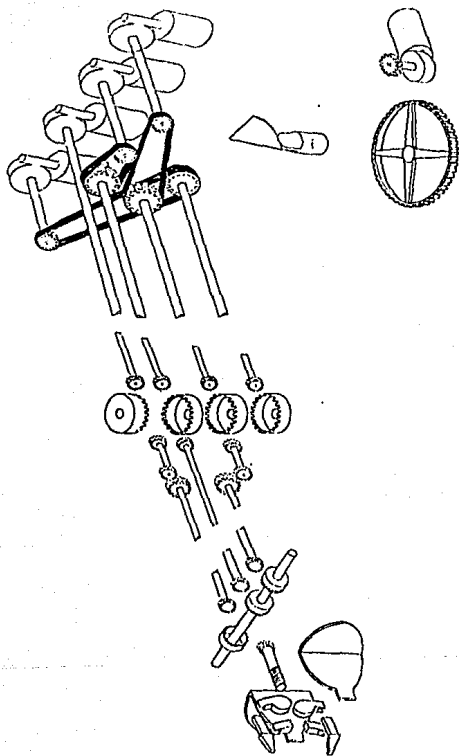


FIG. I-D-4 DIAGRAMA DE TRANSMISION

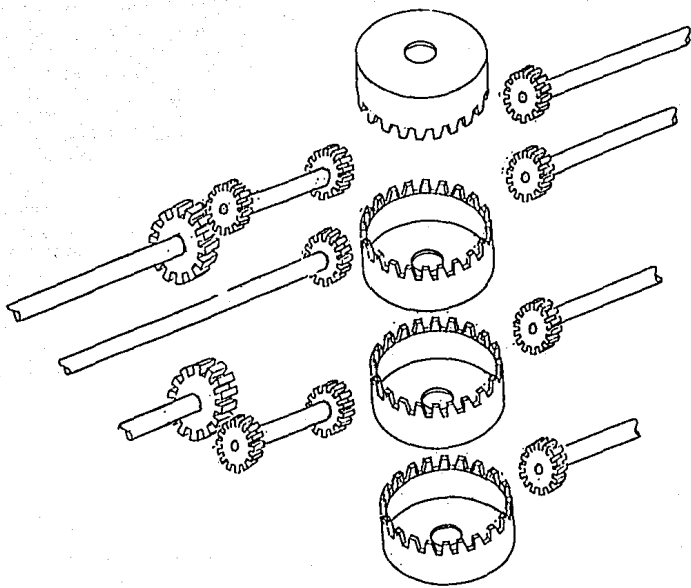


FIG. I-D-5 DIAGRAMA DE TRANSMISION DEL MODULO C

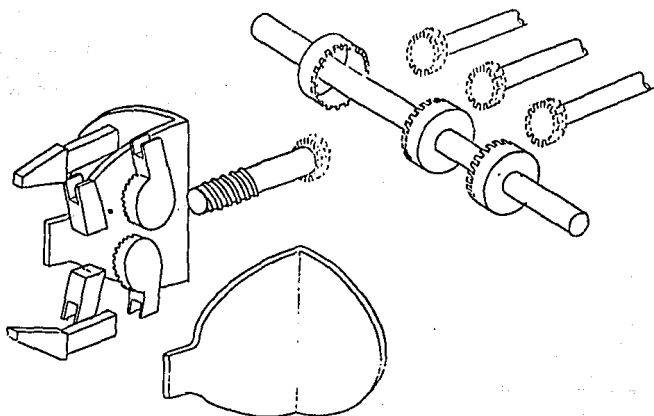


FIG. 1-0-6 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL MANIPULADOR

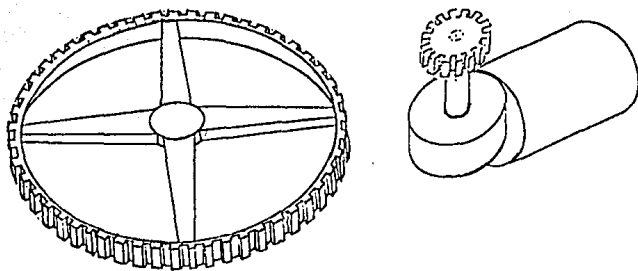


FIG I-D-7 DIAGRAMA DE TRANSMISION DEL MODULO A

Como se puede apreciar en la figura anterior se tiene una relación de engranaje R_0 , despues del usillo sinfín.

Los engranes han sido fabricados con acero cromo, níquel, manganeso tratado antes de la fabricación para evitar deformaciones. Se usaron diversas formas de engranes como son rectos y satélites para transmisión a 90° con diente de tipo envolvente, para evitar brincos y movimientos bruscos, obteniéndose de esta manera una transmisión suave y precisa.

A continuación se presentan los calculos utilizados para determinar el número de dientes y las dimensiones de los engranes.

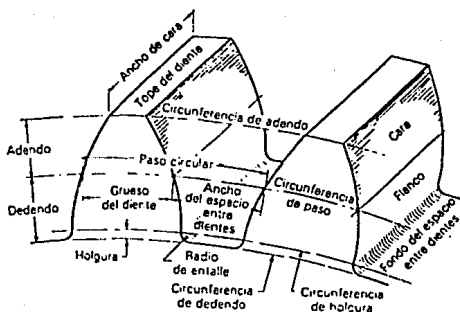


FIG. 1-D-9 NOMENCLATURA DEL DIENTE DE ENGRANAJE

En las fórmulas que a continuación se dan, para facilidad de calculo se usaron las letras representativas de valores.

- [S].- Suplemento.
- [B].- Base.
- [C].- Distancia entre centros.
- [C'].- Distancia entre centros para transmisión por banda.
- [c].- Claro.
- [D].- Diámetro primitivo o de paso.
- [E].- Espesor del diente. (grueso).
- [L].- Longitud de cremallera.
- [N].- Número de dientes del engrane.
- [n].- Número de dientes del piñón.
- [O].- Diámetro exterior del engrane.
- [o].- Diámetro exterior del piñón.
- [P].- Paso diametral.
- [R].- Relación de engranaje.
- [T].- Espesor del diente sobre la línea primitiva.
- [M].- Modulo.
- [W].- Profundidad total del diente.
- [P'].- Paso circular.
- [C'].- Distancia entre centros en transmisión por banda.
- [Z].- Número de filetes del sinfín.

Cálculo.	Para obtener.	Fórmula
Dividase 3.1416 entre el paso circular.	Paso diametral	$P = \frac{\pi}{P'}$
Dividase el número de dientes más 2 entre el diámetro exterior.	Paso diametral.	$P = \frac{N + 2}{O}$
Dividase el número de dientes entre el diámetro primitivo.	Paso diametral.	$P = \frac{N}{D}$
Dividase 3.1416 entre el paso diametral.	Paso circular.	$P' = \frac{\pi}{P}$
Multiplíquese el diámetro primitivo por 3.1416 y dividase el producto entre el número de dientes.	Paso circular.	$P' = \frac{\pi D}{N}$
Dividase el número de dientes entre el paso diametral.	Diámetro primitivo.	$D = \frac{N}{P}$
Multiplíquese el número de dientes por el paso circular y el producto divídase entre 3.1416.	Diámetro primitivo.	$D = \frac{N P'}{\pi}$
Súrnese el número de dientes de ambos engranes y la suma divídase entre dos veces el paso diametral.	Distancia entre centros.	$C = \frac{N + n}{2P}$
Divídase 1. Entre el paso diametral.	Suplemento (Addendum)	$S = \frac{1}{P}$
Divídase el paso circular entre 3.1416.	Suplemento (addendum)	$S = \frac{P'}{\pi}$
Divídase 1. Entre el paso diametral.	Base,	$B = \frac{1}{P}$

FIG. 1-D-10 TABLA A DE CALCULO DE ENGRANES

Calculo	Para obtener	Fórmula
Divídase 0.157 entre el paso diametral.	Claro.	$c = \frac{0.157}{P}$
Divídase el paso circular entre 20.	Claro.	$c = \frac{P^2}{20}$
Divídase 2.157 entre el paso diametral.	Profundidad total del diente.	$W = \frac{2.157}{P}$
Multiplíquese el paso circular por el factor 0.6866.	Profundidad total del diente.	$W = 0.6866 P'$
Divídase 1.5708 entre el paso diametral.	Espesor del diente en la línea primitiva	$E = \frac{1.5708}{P}$
Divídase el paso circular entre 2.	Espesor del diente en la línea primitiva.	$E = \frac{P^2}{2}$
Súmese 2 al número de dientes y la suma divídase entre el paso diametral.	Diámetro exterior.	$O = \frac{N + 2}{P}$
Multiplíquese el número de dientes más 2 por el paso circular y divídase el producto entre 3.1416.	Diámetro exterior.	$O = \frac{(N + 2) P^2}{\pi}$
Multiplíquese el diámetro primitivo (de paso) por el paso diametral.	Número de dientes.	$N = DP,$
Multiplíquese el diámetro primitivo o (de paso) por 3.1416 y divídase el producto entre el paso circular.	Número de dientes.	$N = \frac{\pi D}{P'}$
Multiplíquese el número de dientes de la cremallera por 3.1416 y divídase el producto entre el paso diametral.	Para obtener, Longitud de la cremallera.	$L = \frac{\pi N}{P}$

FIG. I-D-11 TABLA B DE CALCULO DE ENGRANES

Cálculo	Para obtener,	Fórmula
Divídase el paso circular entre 3.1416.	Módulo	$M = \frac{P'}{\pi}$
Multiplíquese el módulo entre 3.1416.	Paso circular.	$P' = M \pi$
Multiplíquese el número de dientes por el módulo	Diámetro primitivo	$D = N M.$
Súmese 2 al número de dientes y multiplíquese la suma por el módulo	Diámetro exterior.	$O = (N + 2) M.$

FIG. 1-D-12 TABLA C DE CALCULO DE ENGRANES



FIG. 1-D-13 TIPOS DE ENGRANES

De las fórmulas anteriores con un módulo del # 1.4 y conociendo los diferentes diámetros necesarios para una adecuada transmisión dadas las dimensiones y posicionamiento de las flechas se obtiene:

Diámetro del engrane tipo 1	$O_1 = 19.6$ [mm]
Diámetro del engrane tipo 2	$O_2 = 47.6$ [mm]
Diámetro del engrane tipo 3	$O_3 = 324.8$ [mm]

$$P' = M \times \pi = 1.4 \times \pi = 4.398$$

$$P = \pi / P' = \pi / 43.98 = 0.71$$

$$E = P' / 2 = 43.98 / 2 = 2.199 \text{ [mm]}$$

$$c = P' / 20 = 4.398 / 20 = 0.2199 \text{ [mm]}$$

$$W = 2.157 / P = 2.157 / 0.71 = 3.198 \text{ [mm]}$$

$$N_1 = P \times O_1 - 2 = 0.71 \times 19.6 - 2 = 12 \text{ dientes}$$

$$N_2 = P \times O_2 - 2 = 0.71 \times 47.6 - 2 = 32 \text{ dientes}$$

$$N_3 = P \times O_3 - 2 = 0.71 \times 324.8 - 2 = 230 \text{ dientes}$$

$$D_1 = N_1 / P = 12 / 0.71 = 16.8 \text{ [mm]}$$

$$D_2 = N_2 / P = 32 / 0.71 = 44.8 \text{ [mm]}$$

$$D_3 = N_3 / P = 230 / 0.71 = 322 \text{ [mm]}$$

$$L_1 = \pi \times N_1 / P = \pi \times 12 / 0.71 = 52.779 \text{ [mm]}$$

$$L_2 = \pi \times N_2 / P = \pi \times 32 / 0.71 = 140.743 \text{ [mm]}$$

$$L_3 = \pi \times N_3 / P = \pi \times 230 / 0.71 = 1011.6 \text{ [mm]}$$

$$C_A = (N_1 + N_2) / (2 \times P)$$

$$C_A = (12 + 32) / (2 \times 0.71) = 30.8 \text{ [mm]}$$

$$C_B = (N_2 + N_3) / (2 \times P)$$

$$C_B = (32 + 230) / (2 \times 0.71) = 183.4 \text{ [mm]}$$

$$C_C = (N_1 + N_3) / (2 \times P)$$

$$C_C = (12 + 230) / (2 \times 0.71) = 171.42 \text{ [mm]}$$

$$R_A = O_2 / O_1 = 47.6 / 19.6 = 2.43$$

$$R_B = O_3 / O_2 = 324.8 / 47.6 = 6.82$$

$$R_C = O_3 / O_1 = 324.8 / 19.6 = 16.57$$

$$R_D = N_2 / Z = 32 / 3 = 10.67$$

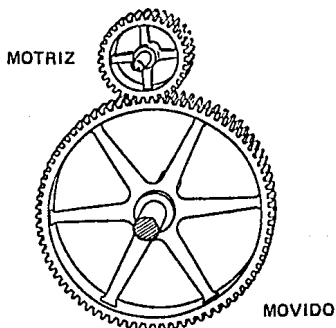
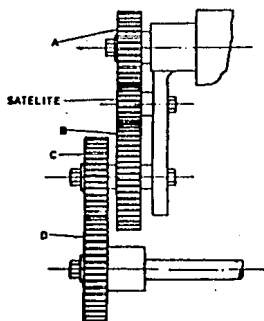


FIG. 1-D-14 DIAGRAMA DE UN TREN DE ENGRANES

Se utilizaron también en algunos puntos bandas síncronas (Synchronus Belt Drives), para evitar deslizamientos, lo cual provocaría la pérdida de la sincronía en los movimientos del robot, se substituyó por transmisión directa de engranes debido al costo y la premura ya que por ser prototipo no se trabajará en altas temperaturas, se pueden substituir por sprockets y cadenas de rodillos o bien serie de engranes de tipo envolvente si fuese necesario.

Para los cálculos que nos llevaron a la selección de las bandas se ocuparon las siguientes tablas:

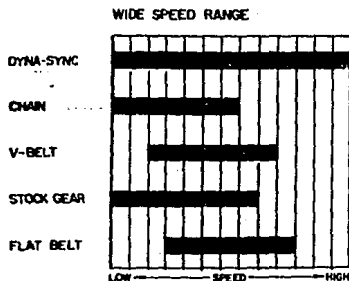
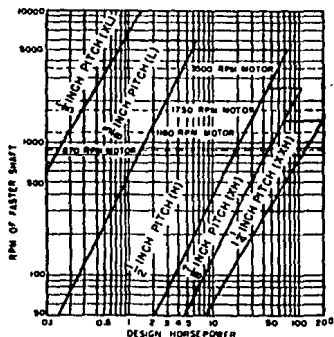


FIG. I-D-15 TABLA D DE SELECCION DE BANDAS SINCRONAS

SYMBOLIC DESIGN	DIAMETER FRONTAL	DIAMETER EXTERNAL	LENGTH OF LATHENMILLING
N	D [mm]	O [mm]	L [mm]
5	70	98	22
6	84	112	493
7	98	126	554
8	112	140	616
9	126	154	677
10	140	168	739
11	154	182	800
12	168	196	862
13	182	210	924
14	196	224	985
15	210	238	1047
16	224	252	1108
17	238	266	1170
18	252	280	1232
19	266	294	1293
20	280	308	1355
21	294	322	1416
22	308	336	1478
23	322	350	1539
24	336	364	1601
25	350	378	1663

Table 2—Class of Driver

Driver	Class I a	Class II a	Class III a
A.C. Electric Motors, Single Phase			All
Squirrel Cage			
NEMA Design A	40 HP up	30 HP or less	3 HP or less
3500 RPM	100 HP up	5 to 75 HP	
1750 RPM	15 HP up	10 HP or less	
1160 RPM	5 HP up	3 HP or less	
870 RPM			
NEMA Design B		5 HP up	3 HP or less
3500 RPM		5 HP up	3 HP or less
1750 RPM		5 HP up	3 HP or less
1160 RPM		5 HP up	3 HP or less
F.O. RPM		2 HP up	3/4 HP or less
NEMA Design C		15 HP up	10 HP or less
1750 RPM		7 1/2 HP up	5 HP or less
1160 RPM		All	
870 RPM			
NEMA Design D			All
NEMA Design F	All		
Wound Rotor		20 HP	15 HP or less
1750 RPM		15 HP	10 HP or less
1160 RPM		7 1/2 HP	5 HP or less
870 RPM			
Synchronous		Norm. Torque	High Torque
D.C. Electric Motors	Shunt	Compound	Series
Engines—Int. Comb.	8 Cyl. up	6 Cyl.	4 Cyl. or less
Hydraulic Motors			All
Line Shafts			All

a Momentary peak load for Class I should not exceed 150% of rated load, for Class II should not exceed 250% of rated load, for Class III should not exceed 400% of rated load.

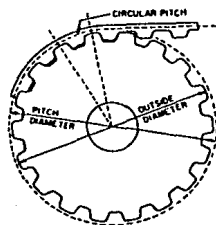


FIG. 1-D 16 TABLA E DE SELECCION DE BANDAS SINCRONAS

CON MODULO 1.4 Y ENGRANES DE TIPO 1 Y 2.

Como se observó en el diagrama de transmisión del módulo B las bandas proporcionaron su versatilidad las dimensiones de los engranes que se ocuparon en estos puntos fueron del tipo 1 y 2 con una relación de engranaje R_A .

Se seleccionaron bandas tipo "L" (light) de 3 / 8 de pulgada con diferentes longitudes para adecuarse a la distribución de las flechas.

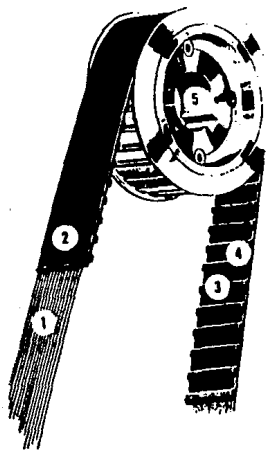


FIG. 1-D-17 ESQUEMA DE UNA BANDA SINCRONA

La fuerza motriz se dió por medio de motores de corriente directa de iman permanente cuya principal ventaja es la de no requerir corriente de campo. Esto se refleja en un considerable ahorro de energía pues con una potencia de 0.08 H.P. se obtuvo un par máximo de 40 [N x m].

Acoplados a los motores se colocaron reductores sinfin-corona para aumentar el par y no tener movimiento cuando exista una fuerza en sentido inverso la relación de transmisión de este sistema es $R_{p..}$

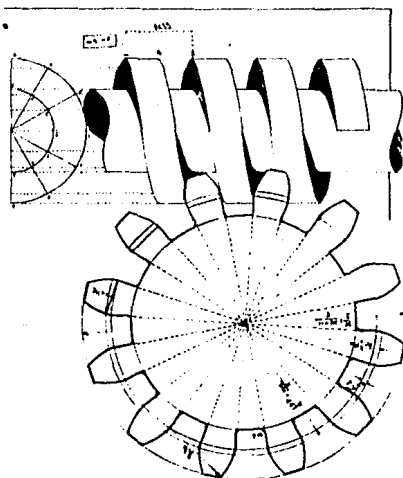


FIG. 1-D-18 DIAGRAMA DE TRANSMISION DE USILLO SINFIN

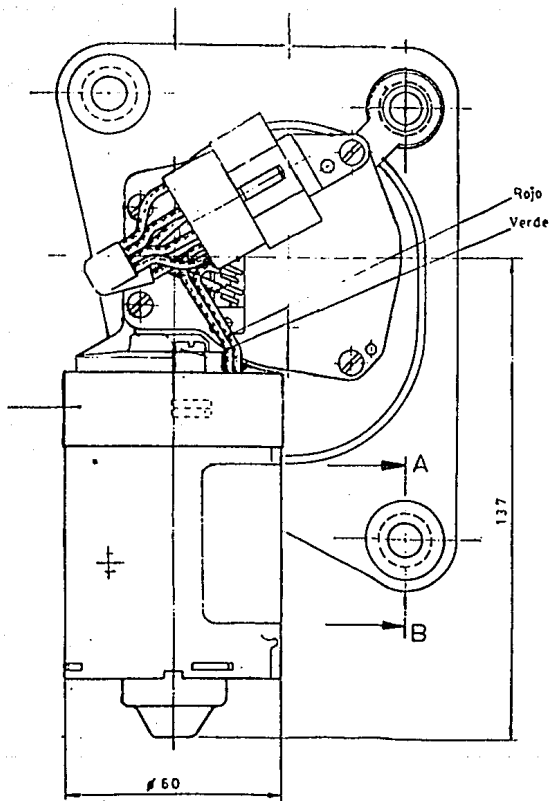


FIG. 1-D-19 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN MOTOR DE C.D.
DE IMAN PEMAENTE

CAPITULO II

CAPITULO.- II TRANSDUCTORES Y ACTUADORES

A CARACTERISTICAS Y SELECCION DE LOS TRANSDUCTORES Y ACTUADORES A UTILIZAR

1 TRANSDUCTORES

Un transductor se define como un dispositivo que recibe energía de un sistema y la retransmite, frecuentemente en forma distinta, hacia otro sistema. Ya en términos de instrumentación electrónica, esto denota la magnitud de un estímulo aplicado convertido en una señal eléctrica proporcional a la cantidad del estímulo.

La naturaleza de la señal eléctrica de salida del transductor depende del principio básico involucrado en el diseño. Dicha salida puede ser analógica, digital o modulada en frecuencia. Además el transductor debe ser compatible con su función, y para ello existen los siguientes parámetros importantes a tomar en consideración:

- Los principios de operación a usar.
- El voltaje y/o corriente aplicada al transductor para hacerlo operar.
- La salida eléctrica del transductor.
- Repetitividad del transductor para reproducir lecturas bajo

toda condición ambiental.

- Estabilidad del transductor para que esté en operación durante su vida activa y almacenamiento.
- Fiabilidad; por ejemplo si el transductor sufre una caída, aún deberá de conservar sus características para seguir operando.
- El rango del transductor deberá ser lo suficientemente capaz para no alterar sus características de operación.

Los factores que influyen en el tipo de transductor a usar y en la calidad de las mediciones que se tomen del mismo, se mencionan a continuación:

- Efectos no lineales.
- Efectos de histéresis.
- Efectos de temperatura.
- Efectos de cargas.
- Calibración.
- Limitaciones de componentes.
- Dimensiones.

Para el objetivo que se persigue, se tratará el transductor de desplazamientos lineales y angulares, el cual puede ser de tres tipos dependiendo de los márgenes de distancia y medida a cubrir, estos son:

- Transductores de medida de grandes distancias (100 [m] en adelante):

- Radar
- Ultrasonidos
- Láser
- Transductores de medida de distancias (hasta 10 m):
 - Potenciómetros
- Transductores de medida de cortas distancias:
 - Bandas extensométricas
 - Reglas ópticas
 - Transformador diferencial
 - Transductores capacitivos

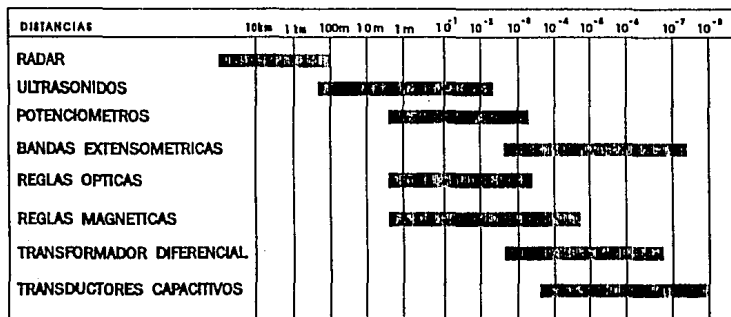


FIG. II-A-1 COMPARACION DE TRANSDUCTORES DE DISTANCIA

La medida de grandes distancias se efectúa midiendo el tiempo empleado por una señal emitida desde un punto, en alcanzar un objeto y llegar la señal, por él reflejada, conociendo la velocidad de propagación de las ondas utilizadas.

Cuando la distancia a medir es a lo sumo de algunos metros, se utiliza en algunos casos el potenciómetro como transductor. Su principal ventaja es la de no precisar de circuitos adicionales.

Para ello, el potenciómetro puede instalarse acoplado sobre un eje roscado, cuyo movimiento de rotación determina la posición del elemento móvil, cuya posición se mide. En otros casos se utiliza un conjunto de piñón y cremallera para el accionamiento del potenciómetro. La precisión en la medida que puede alcanzarse con un potenciómetro viene limitada por las corrientes de fuga y su falta de linealidad. Con todo ello, puede alcanzarse una precisión de 0.1% o incluso mejor.

Para la medida de muy pequeños desplazamientos existen muy diversos procedimientos que se pueden clasificar, según el transductor utilizado en cada caso pueden ser:

- Transductor resistivo
- Transductor inductivo
- Transductor capacitivo

Existen resistencias de hilo metálico o también de material semiconductor, denominadas bandas extensométricas, construidas para variar su resistencia al ser deformadas. Las bandas

extensométricas se adhieren sobre el soporte adecuado para medir su deformación y se conectan a un puente de medida.

El principio de los transductores inductivos es el de la fase que se tenga entre un devanado fijo y otro móvil del mismo transductor. Es decir si el devanado fijo, que cubre todo el campo de medida, es alimentado con una tensión alterna, se inducirá sobre el devanado secundario una señal cuya amplitud dependerá de la fase en que se encuentren ambos devanados.

Los transductores capacitivos se utilizan casi exclusivamente en la medida de muy pequeños desplazamientos, su esquema básico de funcionamiento estriba en la expresión que da la capacidad de un condensador:

$$C = \epsilon \frac{S}{4\pi d}$$

Donde se desprende que puede variar la capacidad de un condensador variando la distancia entre placas o variando la superficie de estas.

La medida de ángulos o desplazamientos angulares tiene los mismos principios que los sistemas de medición de desplazamientos lineales. Industrialmente se utilizan los siguientes transductores:

- Resistivos (potenciómetros)
- Inductivos (resolver y sincro)
- Capacitivos (discos codificados)

En robótica usualmente se utilizan los transductores resistivos o potenciómetros, sobre todo en aplicaciones que no requieren altas precisiones y el espacio a ocupar es pequeño. A continuación se enlistan las ventajas y desventajas que tienen estos transductores:

VENTAJAS

- Permite señales altas de salida
- No son costosos
- Fácil instalación y funcionamiento
- Puede ser alimentado con DC o AC
- No requiere acoplamiento de impedancia

DESVENTAJAS

- Resolución finita
- Alta fricción
- Vida útil limitada
- Sensible a vibraciones
- Se requieren desplazamientos grandes, relativamente, para cambios de nivel significativos.

El principio de operación de estos transductores se basa en la variación del voltaje debido a la variación de la resistencia, es decir un divisor de voltaje, en el que se aplica en los extremos de el transductor el voltaje de excitación y existe un

terminal intermedia que tendrá el valor de voltaje representativo de la posición que el transductor este sensando en ese momento.

a. SELECCION DE TRANSDUCTORES

Los primeros sensores a emplear son del tipo reostático, cuya variación de resistencia depende de la posición de su cursor, se determinó colocarlos en las articulaciones del brazo, muñeca y hombro, ya que sus movimientos son en un plano y concéntricos a un eje, y con la ayuda de una extensión mover el cursor del sensor según la posición de cada una de las partes mencionadas.

Así, la determinación de los puntos de montaje de estos sensores obedeció principalmente a los siguientes factores:

- Articulaciones concéntricas.
- Manejabilidad, para que los sensores operen libremente sin afectar los movimientos del brazo.
- Facilidad para su conexión eléctrica.
- Representar lo más aproximadamente posible la posición de la parte a sensar con respecto a puntos fijos.

Para la instalación de estos sensores sólo se requirió desarrollar soportes especiales para poderlos asir a la posición deseada con ayuda de tornillos, y también desarrollar las extensiones para mover el cursor del sensor en conjunto con la parte a sensar.

El segundo tipo de sensor usado es el de tipo

optoelectrónico, en el que un led emisor infrarrojo y un fototransistor hacen la labor de conmutación para el sensado de la posición final del giro de la muñeca.

El principio con el cual opera este tipo de sensor es mediante la emisión y captación de un rayo de luz. Así, cuando una corriente circula por el led emisor, produce que este emita fotones bajo el espectro infrarrojo (850nm) que en el momento que son captados por el fototransistor, este deja fluir a través de su juntura colector-emisor una corriente.

Debido a la forma del diseño de la muñeca, en la que un interruptor normal no es fácil de instalar, se eligió usar el sensor de tipo optoelectrónico, para el cual sólo se tuvo que hacer un soporte sencillo para instalar el circuito con el emisor y receptor y hacer un barreno a la cubierta de la muñeca cuya posición represente la posición en la que esta parte deberá estar fija, y colocar así en ambos lados de esta cubierta el emisor y el receptor de este sensor.

El último tipo de sensor utilizado es el interruptor de activación mecánica mediante una palanca que mueve un contacto para cerrar un circuito.

En dos aplicaciones se usó este tipo de sensor:

- Para establecer los puntos límite de movimiento para partes cuyo movimiento es crítico, tales como cintura y hombro en los que la fuerza con la cual estas partes se mueven pueden llegar a dañar

el sistema si pasan dichos límites.

- Para sensar la posición en la cual se encuentra la cintura con respecto a su eje de giro.

Dada la simplicidad de estos sensores para la primera aplicación, sólo se tuvieron que encontrar los puntos límite de movimiento, que para el caso de la cintura está a 0° y 190° respecto a su eje de giro y para el hombro a 0° y 90° también respecto a su eje de giro; dados estos límites, se montaron los interruptores en estos puntos y se encontró la manera de activarlos mediante un pisador montado en el engrane de la cintura para este movimiento y el mismo soporte del brazo sirvió como pisador para el movimiento de hombro.

El sensado de la posición de la cintura se realizó aprovechando los dientes del engrane que lo mueve; que hace que la palanca del interruptor, que es lo suficientemente sensible para que a cada paso de los dientes de el engrane, active el interruptor para que éste envíe a un circuito contador una señal eléctrica que acumulará o restará el conteo según la posición a adoptar por ésta parte.

Para lograr lo anterior, la posición del interruptor es crítica, ya que cualquier desajuste en su posición hará que el interruptor no opere adecuadamente y por lo tanto no se tengan las posiciones deseadas para la cintura. Por tal motivo este interruptor fue colocado en una parte fija que es la base de la

cintura y está sujeto con dos tornillos con tuerca de alto torque.

2 ACTUADORES

Los actuadores son dispositivos que hacen que los sistemas mecánicos, hidráulicos, etc., en robótica se muevan o efectúen tareas específicas. Existen varios tipos de actuadores que a continuación se enlistan:

- Motores de DC
- Pistones hidráulicos
- Pistones neumáticos

Se hará énfasis en los motores de DC debido a la prevaencia de este tipo de actuador en la robótica industrial moderna.

Como cualquier dispositivo electromecánico, el motor de DC hace uso del hecho de que un alambre en el cual circula una corriente en un campo magnético, este experimenta una fuerza. En un motor de DC, los embobinados instalados alrededor de una armadura que rota, circula por ellos una corriente. Un arreglo de segmentos en el conmutador y carbones asegura que la corriente de DC esta siempre en la misma dirección relativa al campo magnético, resultando una dirección de fuerza constante (o torque).

La variación principal entre los diferentes tipos de motores

de DC estriba en el mecanismo empleado para desarrollar el campo magnético. En un motor de DC de imán permanente, el campo es desarrollado, como sugiere el nombre, por magnetos permanentes. En este motor, el torque T_m , está relacionado con el flujo magnético y la corriente de armadura I_a por la siguiente expresión:

$$T_m = K_t \cdot \phi \cdot I_a$$

bajo condiciones de estado estable, donde K_t es una constante de proporcionalidad. Ya que ϕ es constante en un motor de magneto permanente, se puede decir que en condiciones de estado estable, el torque es proporcional a la corriente de armadura.

El campo magnético puede ser también generado por un electromagneto. Si la corriente para el electromagneto es provista en un par de alambres, separada de la corriente de armadura, entonces:

$$T_m = K_t \cdot K_r \cdot I_r \cdot I_a$$

donde I_r es la corriente en los embobinados del campo y K_r es una constante que depende del número de vueltas del embobinado y la permeabilidad del material en el cual está el embobinado montado.

Si I_r es provista por una fuente separada, entonces la

relación torque-corriente

$$T_m = K_r \cdot \phi \cdot I_a$$

es aún válida. En muchas aplicaciones, es deseable derivar la corriente del campo de el mismo par de alambres que provee la corriente de armadura. Las dos formas típicas para efectuar lo anterior son en paralelo o "shunt" y en serie. En estos casos el análisis se complica por el hecho de que el motor, cuando gira, actúa como generador produciendo una fuerza contra-electromotriz.

Ahora el análisis depende de la fuente que provee un voltaje de alimentación (V_t). Por ejemplo, en un motor de DC conectado en "shunt", si V_t es constante, entonces el torque varía linealmente con la corriente de armadura.

En el caso de un motor de DC conectado en serie, se tiene que el flujo magnético varía proporcionalmente con la corriente de armadura.

$$\phi = K_f \cdot I_a$$

y el torque por lo tanto variará con el cuadrado de la corriente de armadura:

$$T_m = K_t \cdot K_f \cdot I_a^2$$

Las cargas principales en los motores son la fricción, inercia, y cargas constantes o variables de torque. En un sistema en ausencia de cargas externas se tiene que:

$$T = J\ddot{\theta} + F\dot{\theta}$$

donde T es el torque ejercido, θ es la posición angular medida en radianes, $\dot{\theta}$ es la velocidad angular en radianes por segundo, $\ddot{\theta}$ es la aceleración angular medida en radianes por segundo al cuadrado, F la fricción y J la inercia del sistema. Si no se toma en cuenta la fricción quedaría:

$$T = J\ddot{\theta}$$

que ésta expresión puede ser vista como la forma rotacional de la ley de Newton:

$$F = ma$$

Los motores de DC típicamente son capaces de desarrollar altas velocidades rotacionales y relativamente bajo torque. Por lo que se utilizan sistemas de engranes para tener conversiones de baja velocidad y así incrementar el torque. Si N representa la relación de engranes se tiene:

T (aplicado a las cargas) = $N \cdot T$ (aplicado por motor)

La carga es dividida por el cuadrado de la relación de engranaje, resultando expresiones para la inercia y fricción equivalentes vistas por el motor, J_{EQ} y F_{EQ} respectivamente.

$$J_{EQ} = J_a + \frac{1}{N^2} J_1$$

$$F_{EQ} = F_a + \frac{1}{N^2} F_1$$

donde J_a y F_a son la inercia y la fricción del motor mismo, y J_1 y F_1 son la inercia y la fricción de la carga. Relaciones de engranes de 100: 1 son comerciales, y en este caso, la inercia de la carga es dividida por 10^2 antes de ser percibida por el motor.

En sistemas de robots la mayor parte de la fricción se encuentra en los mismos engranes, aunque la expresión de la fricción equivalente no lo muestra claramente, pero se debe a que la fricción varía considerablemente con la temperatura.

a. SELECCION DEL TIPO DE ACTUADOR

Para la determinación del tipo de motor a utilizar como actuador para cada uno de los movimientos del robot hubo que considerar los siguientes factores:

- Tamaño y peso.
- Operación sencilla.
- Capacidad para tener el suficiente torque para efectuar un predeterminado movimiento.
- Economía.

Dados los factores anteriores se eligió utilizar motores del tipo DC ya que se aprovecha que la alimentación del tipo directo es más fácil de controlar con dispositivos lógicos. Así sólo restó elegir si utilizar motores de DC con imán permanente ó con electroimanes.

Las ventajas de utilizar el segundo tipo de motor es el de que se puede variar fácilmente su velocidad mediante la variación de voltaje en sus electroimanes que constituyen el campo. Además se pueden hacer conexiones en serie, paralelo y "compound" para modificar las características de velocidad y torque según los requerimientos que se tengan. pero dado que este tipo de motor es caro y difícilmente se puede conseguir de tamaño y peso pequeño, se determinó utilizar el de tipo imán permanente, cuyas características dimensionales y de peso son adecuados, además de

no ser muy costosos en comparación con los anteriores.

Las características de este tipo de motor son las mismas que el de tipo de electroimán a excepción de su campo, que es generado por medio de imanes permanentes, actualmente de un material llamado alnico, el cual permite el desarrollo de altos torques pero a una velocidad constante ya que no se puede variar el campo creado por estos imanes. Generalmente las características de carga para estos motores radican principalmente en que son usados para cargas relativamente constantes, y dado que el robot no manejará variaciones considerables en su carga, este tipo de motor de DC con imanes permanentes resultó ser el óptimo para ser empleado como actuador.

B LOCALIZACION OPTIMA DE LOS ACTUADORES Y SENSORES

1 LOCALIZACION DE ACTUADORES

El movimiento dado al robot es provocado por los seis motores de DC de imán permanente instalados en él.

Cuatro de estos motores se encuentran colocados en la parte trasera del brazo mecánico. De ahí el movimiento se transmite a todas las articulaciones mediante un sistema mecánico de flechas, bandas síncronas y engranes.

La elección del lugar de colocación de estos cuatro motores obedeció sobre todo a dos razones: Primero, se consideró que el peso de cada motor no debía ser carga para él mismo, y segundo, los motores no debían constituir carga física para ningún otro motor, es decir, un motor no debía funcionar para mover un miembro que tuviera uno o más motores en él. Todo esto debido a los problemas de peso, potencia e inercia.

Por ello, se optó por colocar los motores de tal forma, en la que el peso de ellos, ayudara a mover el centro de gravedad del brazo.

El quinto motor, el empleado para levantar al brazo, se encuentra colocado en un costado de la "U" que sostiene el brazo. Este motor se colocó en ese lugar por la primera razón mencionada

anteriormente para los primeros cuatro motores. Acoplado a un medio engrane mediante un piñón y un tornillo sin fin. Este motor es el de mayor potencia, debido a que es el que tendrá que levantar al brazo completo, incluido el objeto de trabajo, contra la gravedad.

El sexto y último motor se encuentra instalado en la base del robot, y da movimiento, mediante un arreglo de engranes, a la cintura. Este motor se mueve en contra de la inercia de todo el brazo mecánico. Su colocación obedeció sobre todo a cuestiones de espacio en la base, de disponibilidad y ahorro de material.

2 LOCALIZACION OPTIMA DE SENSORES

El movimiento de una articulación puede ser visto desde un plano perpendicular al su eje de movimiento. Desde este punto de vista, la articulación, al moverse, barre un área determinada, llamada área de acción (AC); con un ángulo determinado, llamado ángulo relativo de acción (ARA). Esta área cuenta con dos límites, llamados límites de área de acción (LAA).

- ① LEVANTAMIENTO DE TENAZA
- ② CODO
- ③ LEVANTAMIENTO DE BRAZO
- ④ CINTURA
- ⑤ GIRO DE TENAZA
- ⑥ CIERRE DE TENAZA

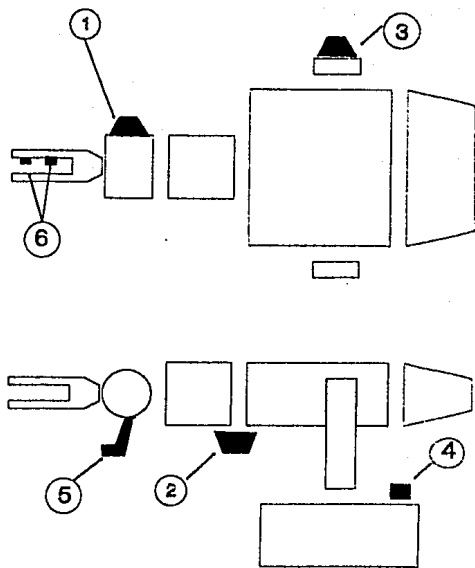


FIG. 11-B-2 LOCALIZACION DE SENSORES

Los sensores empleados en el brazo, están destinados a sensar tan sólo la posición de las articulaciones. Para tal efecto se emplean 2 tipos de sensores de posición.

Los primeros, son potenciómetros y se encargan de obtener una señal eléctrica particular a la posición presente de la articulación. Este tipo de transductor se empleo sólo en tres articulaciones: en la articulación de levantamiento del brazo, en la articulación del codo, y en la articulación de la mano ó gripper.

Estas tres articulaciones facilitaron el empleo de potenciómetros en ellas debido a su arquitectura. Estos estan implementados con una palanca que conecta mecánicamente el cursor de los potenciómetros hacia los respectivos ejes de movimiento. Los potenciómetros se colocaron en forma perpendicular al eje de movimiento de la articulación, y exactamente sobre él. Así, cuando se mueve el miembro dotado de la palanca, ésta ocasiona una movimiento en el potenciómetro, pudiendo obtenerse así, una señal eléctrica proporcional al ángulo relativo que guardan los dos miembros de la articulación entre sí.

El segundo tipo de sensor empleado es el optoelectrónico cuya función es la de establecer una posición de referencia para el giro de la muñeca. Su instalación emplea un soporte que tiene un led emisor por un lado y por el otro un fototransistor como receptor.

C. DISEÑO DE LAS INTERFASES PARA SENSORES Y ACTUADORES

1. DISEÑO DE INTERFASE PARA SENSORES POTENCIOMETRICOS

Los potenciómetros empleados como sensores tienen cada uno una resistencia total de 320Ω . Esta es una resistencia muy pequeña como para usarla como un simple divisor de voltaje. Es por ello que optamos por emplear a los potenciómetros en un puente resistivo.

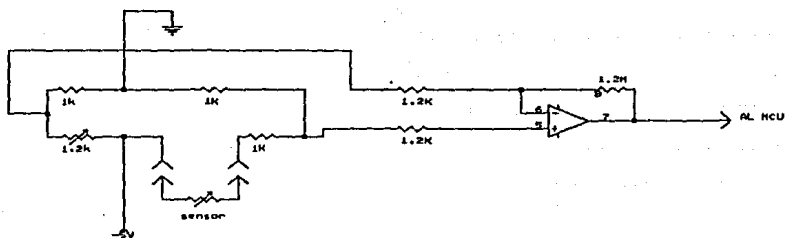
La diferencia de voltaje obtenida del puente es muy pequeña, siendo su variación:

$$-0.345 \leq \Delta E \leq 0 \quad (\text{volts})$$

Esta variación debía ser amplificada para que pudiera ser empleada por el microcontrolador. Para esto se empleó un amplificador en modo restador inversor con una ganancia de 10, teniendo ya a la salida de éste una variación de:

$$0 \leq V_o \leq 3.45 \quad (\text{volts})$$

El circuito completo es el siguiente:



11-C-1 CIRCUITO INTERFASE PARA SENSORES POTENCIOMETRICOS

Siendo la expresión que rige su comportamiento la siguiente:

$$V_o = (25 \Delta) / (2000 + \Delta)$$

En donde Δ es la resistencia registrada en el cursor del potenciómetro.

El puente es calibrado al cortocircuitar los extremos del potenciómetro sensor, variando en la rama opuesta, ligeramente un potenciómetro de calibración.

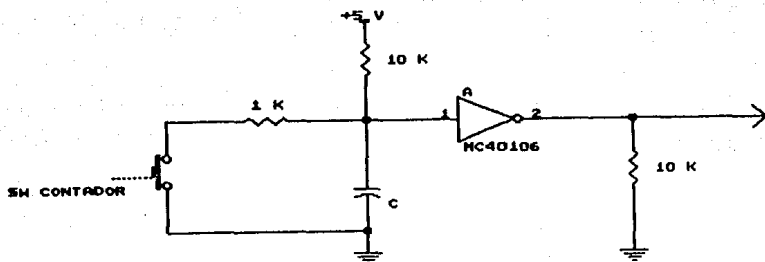
2 DISEÑO DE INTERFASE PARA SWITCH SENSOR CONTADOR

El switch empleado para contar los dientes del engrane de la cintura fue conectado como normalmente abierto. Cada vez que un diente pasa por la extensión del switch, éste se cierra, quedando cortocircuitadas dos de sus terminales. Por el contrario, sus terminales quedan desconectadas cuando un valle pasa por la extensión.

La interfase debía conectarse al pin 7 del puerto D del microcontrolador, la cual puede ser empleada directamente como entrada digital. El circuito debía llevar este pin a cinco volts cuando un diente fuera detectado. Además, debía ser capaz de eliminar los rebotes generados por el switcheo del sensor, para evitar conteos erróneos.

Por todo ello se decidió emplear un circuito basado en un Schmitt Trigger. Además de que así se utilizaría parte del circuito integrado empleado para el teclado, sin tener que agregar otro chip a diseño.

El circuito consta de una red RC, seguida por el Schmitt Trigger.



11-C-2 CIRCUITO INTERFASE PARA SWITCH CONTADOR DE DIENTES

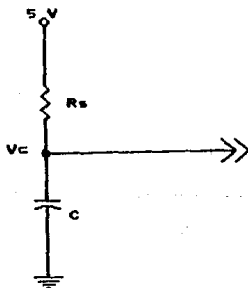
Inicialmente, si el switch está abierto, el capacitor está cargado a 5 volts. Cuando el switch se cierra, el capacitor empieza a descargarse a través de la resistencia r . Cuando el voltaje del capacitor ha bajado hasta el voltaje de umbral V_t del Schmitt Trigger, éste lleva su salida a 5 volts. Es entonces cuando el microcontrolador reconoce que un diente ha sido

detectado, aumentando o disminuyendo su conteo, según el caso.

Cuando el switch se abre (cuando ya no se detecta al diente), el capacitor se carga nuevamente a través de R_s , bajando el Switch Trigger su salida a cero volts, en el momento en el que el voltaje del capacitor alcanza el umbral V_c .

La velocidad del engrane, expresada con el número de dientes, es de 10 dientes/segundo, es decir, cada 100 mseg el switch detectará un diente. El tiempo de recuperación del circuito debía ser mucho más pequeño, para que no se tuvieran problemas por la velocidad del conteo.

El circuito que se tiene cuando el switch se cierra es el siguiente:



II-C-3 CIRCUITO CON SWITCH ABIERTO

Siendo la expresión que describe la carga del capacitor la siguiente:

$$V_c(t) = 5 (1 - \exp (-t/RC))$$

De donde se obtiene la expresión del tiempo de carga:

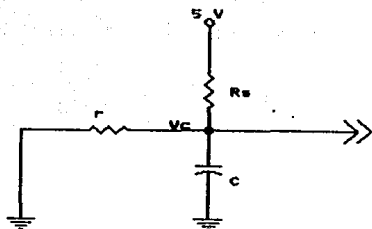
$$t = - RC \ln (1 - (V_c/5))$$

Este tiempo tenía que ser mucho menor a 100 mseg. por lo explicado anteriormente.

Así, si fijamos a $R = 10 \text{ k}\Omega$ y $C = 1 \text{ }\mu\text{f}$, el tiempo que tardará el capacitor en alcanzar el voltaje $V_r = 3.5 \text{ volts}$, es de 12 mseg., con lo que se cumple nuestro requerimiento.

El tiempo de descarga del capacitor (cuando se cierra el switch) debía ser pequeño también, para permitirle al microcontrolador el reconocer lo más pronto posible el que un diente ha sido detectado.

El circuito que se tiene cuando se cierra el switch es el mostrado:



11-C-4 CIRCUITO CON SWITCH CERRADO

La expresión del voltaje del capacitor para este circuito es:

$$V_c(t) = \left(\frac{5}{r+R} \right) \left(r + R \exp \left[- t(r+R)/(rRC) \right] \right)$$

De donde la expresión de tiempo de descarga del capacitor es:

$$t = - \left(\frac{rRC}{r+R} \right) \ln \left[\left(\frac{(r+R) V_c(t)}{5 - r} \right) / R \right]$$

Si fijamos ahora $r = 1 \text{ k}\Omega$, el tiempo en el que el capacitor alcanza el voltaje de umbral para que el Switch Trigger lleve su salida a 5 volts, es de 0.98 mseg.

El circuito descrito funciona de manera satisfactoria ya instalado en el robot, siendo un circuito sencillo y eficaz.

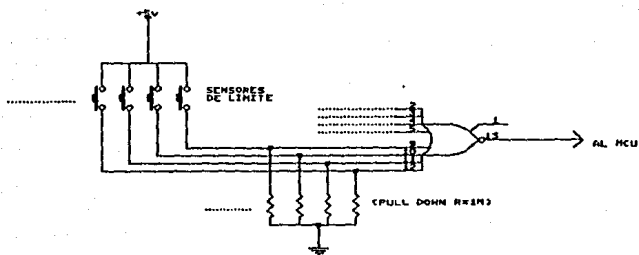
3 DISEÑO DE INTERFASE PARA SWITCHES SENSORES DE LIMITE DE AREA DE MOVIMIENTO

Los switches sensores de limite de área de acción son empleados en los movimientos de levantamiento de brazo y en el de cintura. No importando cual de ellos sea presionado, el microprocesador tomará alguna medida.

Ya que los switches nunca funcionarán al mismo tiempo, éstos se conectaron a una compuerta NOR. Cuando un switch es cerrado, la entrada correspondiente se lleva a 5 volts, teniendo entonces a la salida de la compuerta 0 volts.

Todas las entradas de la compuerta se conectaron a tierra mediante una resistencia de $4.7\text{ k}\Omega$, con el fin de que el voltaje en ellas estuviera fijo cuando no estuviera cerrado el switch correspondiente.

Después de la compuerta NOR, se tiene una red RC que proporciona un retraso de 1.2 mseg. El circuito es conectado después al pin 6 del puerto D, llamado INT2. Este pin, al tener un voltaje bajo, proporciona una interrupción al microcontrolador, el que inmediatamente parará el motor en acción.

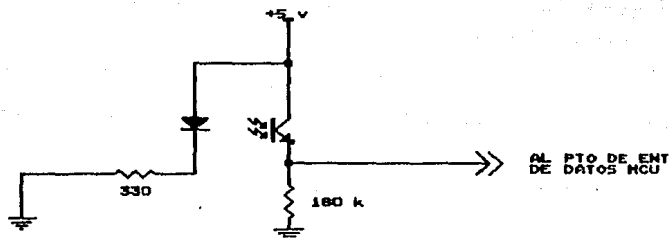


II-C-5 CIRCUITO INTERFASE PARA SWITCHES DE LIMITE
DE AREA DE ACCION

4 DISEÑO DE CIRCUITO SENSOR OPTICO DE GIRO DE MUÑECA

Este circuito detecta cuando la muñeca tiene cierta posición. Consta de un led infrarrojo emisor y de un opto transistor detector. La muñeca está provista de dos ventanas, por las que los dispositivos estarán en contacto óptico. Cuando una ventana permite que el opto transistor sea iluminado con el luz infrarroja del emisor, el microprocesador detiene el movimiento del motor en función y luego toma alguna medida.

El circuito es el siguiente:



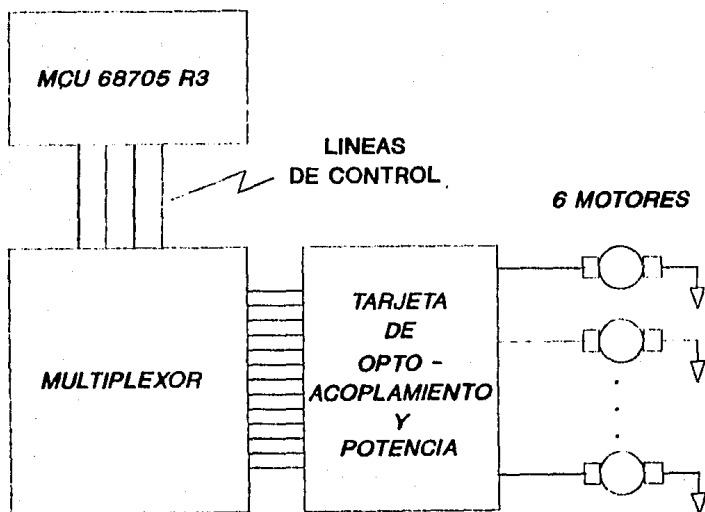
II-C-6 CIRCUITO PARA DETECCION DE POSICION
EN EL GIRO DE MUÑECA

La corriente a través del LED emisor es controlada mediante la resistencia en serie con él. La intensidad de la luz infrarroja en el emisor, depende directamente de la corriente que circula por él. Por ello, se elige una resistencia con el valor adecuado, para que el detector alcance a sensar la señal a la distancia a la que se encuentra del emisor.

Con una resistencia de 330 Ω se logró el que el circuito funcionara perfectamente.

5 DISEÑO DE CIRCUITO DE
MANEJO DE MOTORES

El diagrama de bloques del circuito empleado para el manejo de los motores de DC es el siguiente:



II-C-7 DIAGRAMA A BLOQUES DEL CIRCUITO

MANEJO DE MOTORES

Así, podemos dividir al circuito en dos partes: una digital y una analógica.

La parte digital consta del microcontrolador, de un multiplexor y de la etapa de entrada del circuito de optoacoplamiento.

El microcontrolador se encarga de manejar las líneas de control del multiplexor, el cual responde a su salida con un sólo bit encendido. El multiplexor maneja doce LEDs de optoacoplamiento (dos para cada motor). Por ello se emplean cuatro líneas de control, mismas que pueden formar dieciséis combinaciones diferentes, aunque como ya dijimos, se utilizan sólo doce de ellas.

Cada LED de optoacoplamiento responde a un código originado en el microcontrolador. Para cada motor se tienen dos códigos diferentes. Uno de ellos activa al motor en un sentido, mientras que el otro código lo activa en sentido inverso.

Después de los LEDs se encuentra un optoreceptor. Este constituye la etapa de entrada de la parte analógica.

Los LEDs emisores tienen que ser dosificados con una cierta cantidad de corriente, de tal manera que los optoreceptores puedan manejar la corriente deseada. De otra forma, la corriente en los optoreceptores estaría limitada. Así, se determinó que a través de los LEDs circularía una corriente de 5 mA, para que el optoreceptor fuera capaz de manejar la corriente necesaria para

activar los transistores (6 mA).

Posteriormente encontramos la etapa de potencia, la que se basa en una configuración complementaria.

Cuando uno de los LEDs es activado, el optoreceptor permite el paso de la corriente hacia la base (ó de la base, según el caso) de los transistores de potencia, llevando a estos a un estado de saturación. Esto permitirá a su vez el flujo de corriente por el motor, mismo que permanecerá en movimiento hasta que el LED correspondiente sea apagado.

Los transistores seleccionados son capaces de manejar 10 amperes, por lo que, bajo condiciones normales de trabajo, son suficientes para manejar los requerimientos del motor. Además, los transistores cuentan con un diodo de "by pass" entre el emisor y el colector para su protección.

A continuación se presentan los cálculos de corrientes, voltajes y resistencias para la etapa de potencia.

Se parte del hecho de que la corriente promedio de los motores es de 4.5 amps. Si consideramos una $\beta = 800$, podremos calcular la corriente de base como:

$$I_b = 4.5 / 800 = 5.625 \text{ mA}$$

Para el manejo del transistor se empleó un divisor de voltaje. En éste, I_1 se calcula con el voltaje V_{be} y con una resistencia $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$:

$$I_1 = 1.5 / 10000 = 0.15 \text{ mA}$$

Por lo que:

$$I_2 = I_B + I_1 = 5.625 + 0.15 = 5.775 \text{ mA}$$

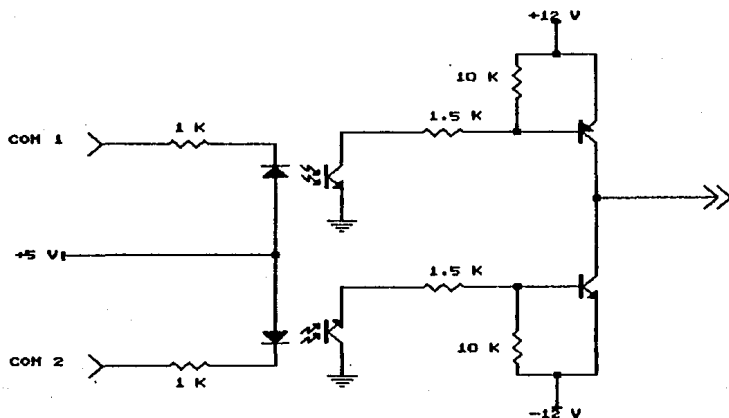
Entonces la resistencia R_2 se puede calcular como:

$$R_2 = (V_{CC} - V_{EB} - V_{OP}) / I_2$$

Y ya que $V_{OP} = 0.8$ (valor obtenido en tablas), entonces:

$$R_2 = (12 - 1.5 - 0.8) / 0.005775 = 1680 \Omega$$

El circuito para los transistores NPN y PNP es el mismo, funcionando en forma satisfactoria ya en el robot.



II-C-8 CIRCUITO DE MANEJO DE TRANSISTORES

DE POTENCIA

D BLINDAJE DE LAS SEÑALES HACIA SUS RESPECTIVAS INTERFASES

El amplio uso de circuitos eléctricos y electrónicos para comunicaciones, distribución eléctrica, automatización, computación y otros propósitos, hace necesario que diversos circuitos operen muy cerca unos de otros. Muchos de esos circuitos se afectan adversamente entre sí. La interferencia electromagnética, o interferencia de radio frecuencia, es el mayor problema en el diseño de circuitos, y probablemente será más severo en el futuro. El gran número de dispositivos electrónicos en uso común son parcialmente responsables de esta tendencia. Además de que, el uso de circuitos integrados reduce el tamaño del equipo electrónico. Como los sistemas son más pequeños y sofisticados, hay más circuitos en menos espacio, así se incrementa la posibilidad de interferencia.

Actualmente, los diseñadores de equipo deben preocuparse no sólo de que sus circuitos operen bajo condiciones ideales en el laboratorio. Además del trabajo obvio, deben asegurar que el equipo trabaje en el "mundo real", con otros equipos cerca. Esto significa que el equipo no debe ser afectado por fuentes externas de ruido y no deben ser en sí mismo una fuente de ruido. La eliminación o prevención real de interferencia electromagnética debe ser un objetivo principal del diseño.

1 RUTA TIPICA DEL RUIDO

Dentro de la ruta típica del ruido hay tres elementos necesarios para producir el problema del ruido (fig. II-D-1). Primero, debe haber una fuente de ruido. Segundo, un circuito receptor que es susceptible al ruido. Y tercero, debe haber un canal de acoplamiento para transmitir el ruido de la fuente al receptor. El primer paso es el análisis del ruido es definir el problema. Esto es, la determinación de la fuente de ruido, del receptor y como la fuente y el receptor están acoplados. En seguida hay tres maneras de romper la ruta del ruido: (1) el ruido puede ser suprimido en la fuente, (2) el receptor puede ser insensible al ruido, o (3) la transmisión a través del canal de acoplamiento puede ser minimizada. En algunos casos, las técnicas de supresión de ruido deben ser aplicadas a dos o tres partes de esa ruta.

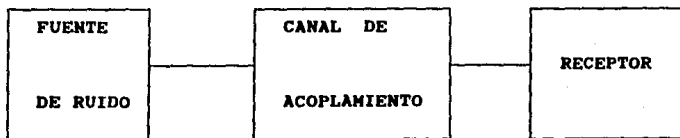


FIG. II-D-1 RUTA TIPICA DEL RUIDO

2 USO DE LA TEORIA DE REDES.

Para la respuesta exacta a la pregunta del cómo un circuito eléctrico se comporta, las ecuaciones de Maxwell deben ser resueltas. Estas ecuaciones son funciones de tres variables (x , y , z) y del tiempo (t). Las soluciones para cualquier problema simple son complejas. Para evitar esta complejidad, se hace uso de una técnica de análisis aproximado llamado "análisis de circuitos eléctricos" que es usada en muchos procedimientos de diseño.

El análisis de circuitos asume lo siguiente:

1. Todos los campos eléctricos están confinados a los interiores de capacitores.
2. Todos los campos magnéticos están confinados a los interiores de inductores.
3. Las dimensiones de los circuitos son pequeñas comparadas con las longitudes de onda bajo consideración.

Siempre que sea posible, los canales de acoplamiento son representados como un conjunto equivalente de componentes de red. Así, un campo eléctrico variable en el tiempo que existe entre dos conductores puede ser representado por un capacitor conectado a los dos (fig. II.d. 2). Un campo magnético variable en el tiempo que acopla dos conductores puede ser representado por una inductancia mutua entre los dos circuitos (fig. II. d. 3).

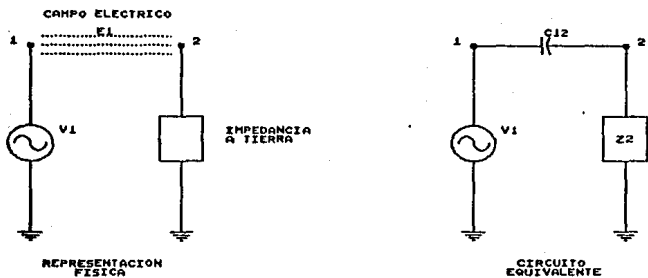


FIG. II.D.2

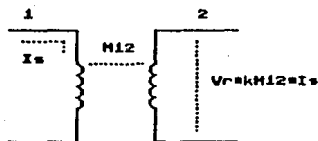


FIG. II.D.3

Para que este enfoque sea válido, las dimensiones físicas de los circuitos deben ser pequeñas comparadas con las longitudes de onda involucradas. Por ejemplo, la longitud de onda de una señal de 1 MHz es aproximadamente 300 m y para una señal 300 MHz es 1 km. Para muchos circuitos electrónicos las dimensiones son menores que estos valores.

Aún cuando las suposiciones anteriores no son verdaderamente válidas la representación a través de este conjunto de elementos es útil por las siguientes razones:

1. La solución de las ecuaciones de Maxwell no es práctica para muchos problemas por las complicadas condiciones de frontera.
2. La representación de componentes, aunque no necesariamente da respuestas numéricas correctas, muestra claramente como el ruido depende de los parámetros del sistema. Por otro lado la solución de las ecuaciones de Maxwell, aún siendo posible, no muestra tales dependencias claramente.

En general los valores numéricos del conjunto de componentes son extremadamente difíciles de calcular con cualquier precisión, excepto para ciertas geometrías especiales. Uno puede concluir, sin embargo, que esos componentes existen, y los resultados pueden ser muy útiles aún cuando los componentes son sólo definidos en un sentido cualitativo.

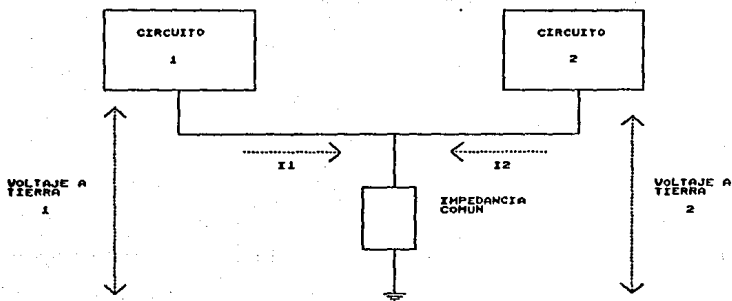
3 METODOS DE ACOPLAMIENTO DE RUIDO

a. RUIDO ACOPLADO CONDUCTIVAMENTE

Una de las más obvias maneras (pero frecuentemente no considerada) de acoplamiento de ruido en un circuito es el conductor. Un alambre que corre a través de un medio con mucho ruido puede tomarlo y, entonces, conducirlo a otro circuito. Esto causa interferencia. La solución es prevenir que el conductor tome ruido o remover el ruido de este, por desacoplamiento antes de que interfiera con el circuito. El ejemplo más claro es el ruido generado por el suministro de energía.

b. ACOPLAMIENTO A TRAVES DE IMPEDANCIA COMUN

Este tipo de acoplamiento ocurre cuando corrientes de dos diferentes circuitos fluyen a través de una impedancia común. La caída de voltaje a través de la impedancia vista por cada uno de los circuitos es afectada por el otro (fig. II.d.4.).



ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS

FIG. II.D.4

4 CAMPOS ELECTRICOS Y MAGNETICOS

La radiación de campos eléctricos y magnéticos son otro medio de acoplamiento de ruido. Todos los elementos del circuito incluyendo conductores radian campos electromagnéticos. Además de las radiaciones no intencionales de fuentes tales como estaciones radiodifusoras y emisoras de radar. Cuando el receptor esta cerca

de la fuente (campo cercano), los campos eléctricos y magnéticos con considerados por separado. Cuando el receptor está lejos de la fuente (campo lejano), la radiación es considerada como una combinación de radiaciones eléctricas, magnéticas o electromagnéticas.

5 OTRAS FUENTES DE RUIDO

a. ACCION GALVANICA

Si son usados metales diferentes en la ruta de una señal en un circuito, un voltaje de ruido puede aparecer debido a la acción galvánica entre dos metales. La presencia de humedad o vapor de agua en conjunción con dos metales produce una pila química húmeda. El voltaje desarrollado depende de los metales usados y esta relacionado por sus posiciones en las series galvánicas. Además del voltaje de ruido producido, el uso de metales diferentes puede producir un problema de corrosión.

b. ACCION ELECTROLITICA

Un segundo tipo de corrosión es debido a la acción electrolítica. Causada por un flujo de corriente directa a través

de dos metales con un electrolito entre ellos. Este tipo de corrosión no depende de los metales usados y ocurre aún si ambos son iguales. La tasa de corrosión depende de la magnitud de la corriente y la conductividad del electrolito.

c. EFECTO TRIBOELECTRICO

Una carga puede ser producida en el material dieléctrico de un cable, si este no mantiene contacto con los conductores del cable, este efecto es llamado el efecto triboeléctrico. Es usualmente causado por torsión mecánica del cable. La carga actúa como una fuente de voltaje de ruido en el conductor. La eliminación de torceduras agudas y movimientos del cable minimizan el efecto.

d. MOVIMIENTO DEL CONDUCTOR

Si un conductor es movido a través de un campo magnético un voltaje es inducido entre las puntas del conductor. Debido a los circuitos de potencia y otros circuitos con alto flujo de corriente, los campos magnéticos existen en muchos ambientes. Si un conductor con bajo nivel de señal es movido dentro de estos campos un voltaje de ruido es inducido en él. Este problema es común en un medio vibracional. La solución es simple: prevenir

No Hay

página

No. 131.

el movimiento del conductor mediante grapas u otro dispositivo sujetador.

6 BLINDAJE Y ATERRIZADO

Las dos principales maneras de minimizar la toma de ruido son el blindaje y el aterrizado, ambas técnicas están íntimamente relacionadas. El blindaje reduce considerablemente la cantidad de ruido acoplado, cuando es usado con propiedad. Los blindajes pueden ser colocados en componentes, circuitos, ensambles completos o cables y líneas de transmisión.

a. INTRODUCCION

Un blindaje es una pared metálica dispuesta entre dos regiones de espacio, que se utiliza para atenuar la propagación de campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos; sirve tanto para no dejar salir el flujo de los campos de la zona que encierra, como para evitar que en una zona protegida entre campo alguno (fig. II-D-5).

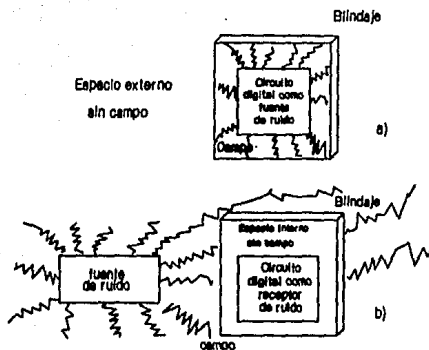


FIG. II-D-5

Las características de un campo están determinadas por su fuente, por el medio de propagación y por la distancia entre la fuente y el punto donde está situado el receptor. En un punto cercano al origen las propiedades del campo están determinadas principalmente por las características de la fuente; lejos de ella, las propiedades están determinadas por el medio de propagación. Así, el espacio puede dividirse en dos regiones, en función de la distancia entre el origen del campo y el punto de observación (fig. II-D-6). Cerca de la fuente está el llamado campo cercano. A una distancia mayor de la longitud de onda

dividida por 2π se situa (aproximadamente en sexto de una longitud de onda) el llamado campo lejano o radiación. Esta zona pertenece a las llamadas ondas planas (campo electromagnético). Así, la transición entre los dos tipos de campo se sitúa en la región cercana a $\lambda/2\pi$, siendo λ la longitud de onda.

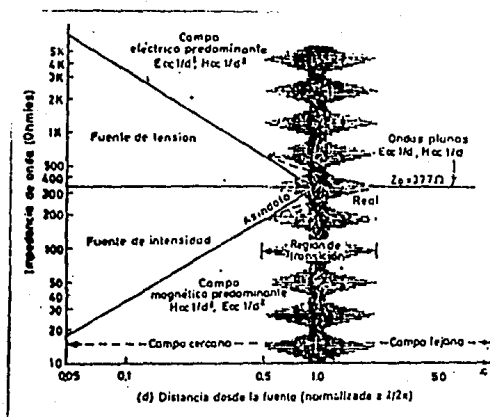


FIG. II.D.6

El cociente entre la intensidad de campo eléctrico E y la intensidad de campo magnético B tiene unidades de impedancia y se llama impedancia de onda. En el campo lejano, E/B es igual a la impedancia característica del medio ($E/B=Z_0=377 \Omega$ en el aire o en el vacío). En el campo cercano, esta impedancia está determinada por las características de la fuente y la distancia de la fuente al punto desde donde se observan los efectos del campo. Si la fuente tiene una alta intensidad y bajo voltaje ($E/B < 377 \Omega$) el campo cercano es predominantemente magnético. Por el contrario, si la fuente tiene alto voltaje y baja intensidad ($E/B > 377 \Omega$), el campo cercano será principalmente eléctrico (fig. II-D-6). La impedancia característica de cualquier conductor es igual a $Z_s = 3.68 \times 10^{-1} (\mu r / \pi r)^{1/2} \times (f)^{1/2}$.

En la zona del campo cercano, si el campo eléctrico es más intenso que el magnético, el primero se atenúa, conforme nos alejamos de la fuente, proporcionalmente a $(1/d)^3$ (d=distancia), mientras que el magnético se atenúa proporcionalmente a $(1/d)^2$. Contrariamente en esta misma zona, si la intensidad magnética es mayor que la del campo eléctrico, el campo magnético se atenúa a $(1/d)^3$, mientras que el eléctrico lo hace proporcionalmente a $(1/d)$ (fig. II-D-6).

A frecuencias menores de 1 MHz, la mayoría de los acoplamientos entre equipos electrónicos son debidos al campo

cercano, ya que a estas frecuencias se extiende a más de 45 metros (a 30 kHz llega a más de 1 km). En el campo cercano se debe considerar los campos eléctricos y magnéticos por separado.

Ya en el empleo de cables para el robot se tomaron en consideración factores inherentes a las características de ellos mismos ya mencionados anteriormente, tales como frecuencia de la señal a pasar a través de él, impedancia, etc. pero además se tuvo que tomar en consideración la flexibilidad del mismo, su manejabilidad para hacerlo pasar por lugares predeterminados y su factibilidad para conseguirse en forma económica.

Así, se optó por utilizar cable de tipo coaxial cuyas características ofrecen un buen rendimiento para los objetivos propuestos.

La colocación de los cables para la transmisión de información de los sensores al sistema digital se hizo tomando en cuenta que no pasaran cerca de posibles fuentes de ruido tales como los motores que funcionan como actuadores y la fuente de alimentación para el sistema. Además no se pasaron estos cables por zonas en las que se puede trozar tales como los engranes y juntas de articulaciones, tratando por supuesto de colocarlos en lugares estratégicos para que en el momento de efectuar cualquier movimiento los cables no interfieran con dicha acción y sea lo suficientemente largo y flexible para seguir las partes que están en movimiento y estar transmitiendo información al mismo tiempo.

La sujeción de este cable se hizo con ayuda de las cavidades que tiene la estructura del sistema para no utilizar otros elementos como lo son clips metálicos y de plástico que afectarían la construcción y colocación de los cables.

CAPITULO III

CAPITULO .- III M.C.U.

A DESCRIPCION Y SELECCION DEL MICROCOMPUTADOR

1 SELECCION DEL MICROCOMPUTADOR

Haciendo una revisión exhaustiva de los productos que ofrecen las diferentes compañías líderes en la fabricación de circuitos integrados se seleccionó a "Motorola Semiconductor Products Inc." como aquella cuyos productos reúnen las características necesarias para el diseño del circuito a utilizar en el instrumento de control.

Motorola ofrece varias familias de microprocesadores y microcomputadores, de las cuales se seleccionó a la familia M6805 HMOS de microcomputadores, cuyas características generales se describen a continuación:

- La arquitectura de la familia M6805 HMOS ha sido optimizada para aplicaciones de control, más que para operaciones de propósito de procesamiento de información.
- El juego de instrucciones se ha diseñado específicamente para que la programación sea eficiente.
- Tomando en cuenta que una de las características más importantes para determinar la eficiencia de la arquitectura de una computadora es la facilidad para acceder información,

se seleccionó esta familia por contar con un mayor número de modos de direccionamiento de memoria, entre los cuales destacan los siguientes:

-Inmediato

-Directo

-Extendido

-Tres variedades del modo Indexado

-Los modos de direccionamiento indexado permiten el fácil manejo de tablas de conversión o datos localizados en cualquier espacio de la memoria, que es una herramienta importante en aplicaciones de control.

-Los miembros de esta familia cuentan con dispositivos de entrada/salida de fácil manejo, alta eficiencia y gran versatilidad.

-Una de las consideraciones primordiales para la selección de esta familia es el bajo costo, resultado de la alta eficiencia en los procesos de fabricación de Motorola.

-El bajo consumo de potencia, característica de esta familia, la hace ideal para el desarrollo de equipos portátiles que utilizan baterías (pilas) como fuente de energía.

-Estos dispositivos son totalmente estáticos, ofreciendo como ventaja que se puedan operar a frecuencias menores que la máxima especificada. Esta característica se utiliza para aumentar la eficiencia en el consumo de potencia, ya que

dicho consumo aumenta a altas frecuencias. La consecuencia directa de esto, es el aumento de la vida útil del instrumento.

-Esta familia presenta un hardware común a todas las versiones.

	MC8805R2	MC8805R3	MC8805J2	MC8805J3	MC880705R3	MC880705J3	MC880705R5	MC880705J5
24 Bidirectional I/O Lines	X	X	X	X	X	X	X	X
8 I/O Lines	X	X	X	X	X	X	X	X
A/D Converter	X	X	-	-	X	-	X	-
User Rom (Bytes)	2048	3776	2048	3776	-	-	-	-
User EPROM (Bytes)	-	-	-	-	3776	3776	3776	3776
RAM (Bytes)	64	112	64	112	112	112	112	112
Batt-Check Mode	X	X	X	X	-	-	-	-
Zero Crossing Detect/Interrupt	X	X	X	X	X	X	X	X
Timer With 7-Bit Prescaler	X	X	X	X	X	X	X	X
Programmable Prescaler	-	-	X	X	X	X	X	X
5 Volt Signal Supply	X	X	X	X	X	X	X	X
Memory Mapped I/O	X	X	X	X	X	X	X	X
One Chip EPROM Programmer	-	-	-	-	X	X	X	X
EPROM Security Feature	-	-	-	-	-	-	X	X

FIG. III-A-1 CARACTERISTICAS DEL HARDWARE

	MC6805R2	MC6805R3	MC6805U2	MC6805U3	MC680705R3	MC680705U3	MC680705R5	MC680705U5
Addressing Modes	10	10	10	10	10	10	10	10
True Bit Manipulation	X	X	X	X	X	X	X	X
Bit Test & Branch Instructions	X	X	X	X	X	X	X	X
Versatile Interrupt Handling	X	X	X	X	X	X	X	X
Versatile Index Register	X	X	X	X	X	X	X	X
Powerful Indexed Addressing for Tables	X	X	X	X	X	X	X	X
Full Set of Conditional Branches	X	X	X	X	X	X	X	X
Memory Usable as Registers Flat	X	X	X	X	X	X	X	X
Single Instruction Memory Examiner Change	X	X	X	X	X	X	X	X
User Callable Self-Check Subroutines	X	X	X	X	-	-	-	-
Complete Development System Support on EXORciser	X	X	X	X	X	X	X	X
Supported by EPROM Version	X	X	X	X	-	-	-	-

FIG. III-A-2 CARATERISTICAS DEL SOFTWARE

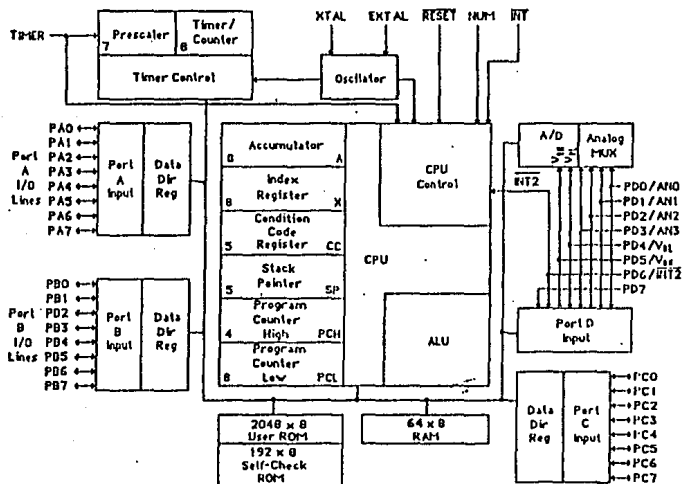


FIG. III-A-3 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MC6805R2

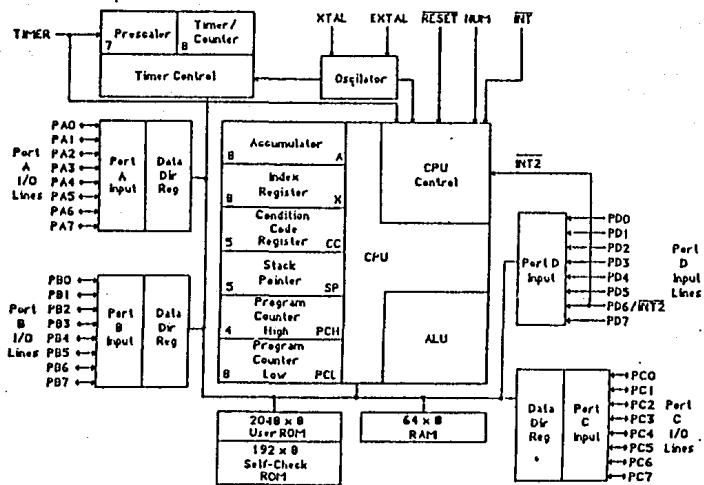


FIG. III-A-4 DIAGRAMA DE BLOQUES DE MC6805U2

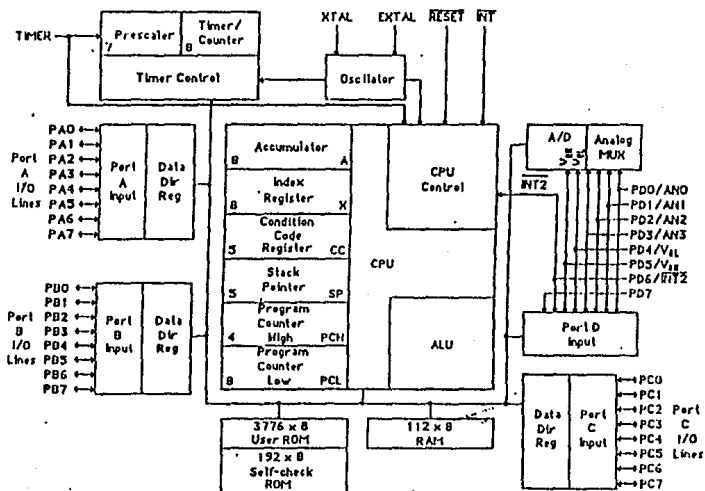


FIG. III-A-5 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MC6805R3

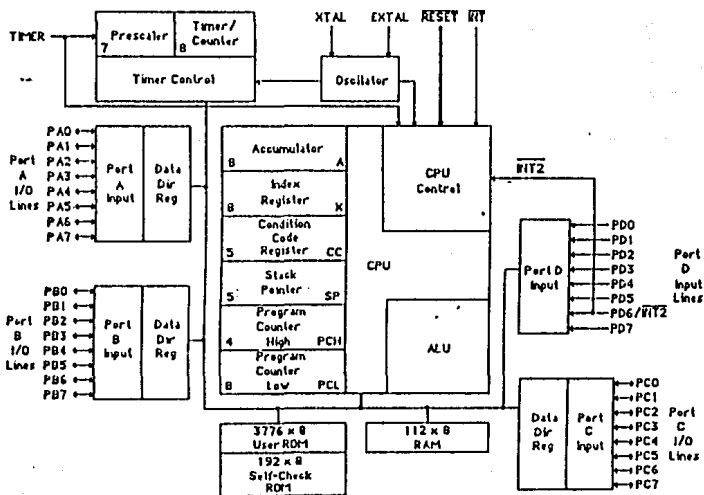


FIG. III-A-6 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL NC6805U3

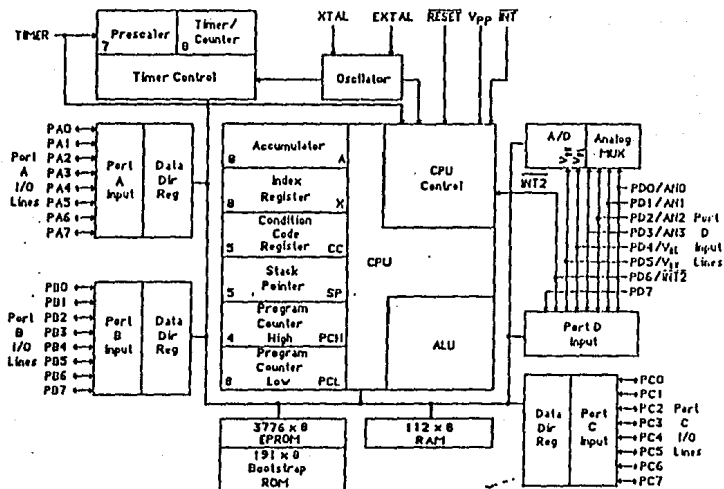


FIG. III-A-7 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL NC68705R3-R5

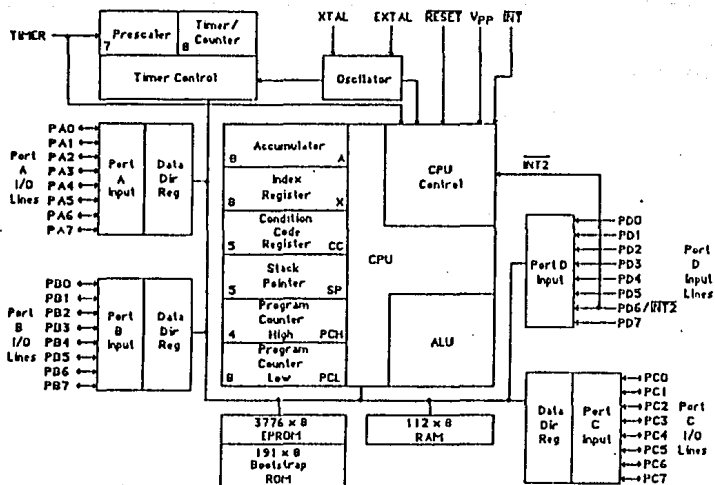


FIG. III-A-8 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MC68705U3-05

Las tablas y diagramas de bloques anteriores resumen las características de hardware y software de los dispositivos de esta familia.

Tomando en cuenta los aspectos funcionales y filosofía estructural de cada uno de estos microcomputadores, se seleccionó al MC68705R3 como el más adecuado para satisfacer las necesidades del diseño propuesto.

2 MC68705R3 MICROCOMPUTADOR DE 8 BITS CON EPROM Y CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL

El microcomputador MC68705R3 es un miembro EPROM de la familia M6805 de microcomputadores de una sola pastilla de bajo precio. La memoria EPROM programable por el usuario permite cambios de programa y aplicaciones de menos volúmen en comparación con las versiones programables enmascaradas de fábrica.

Las versiones EPROM también reducen el costo de desarrollo y el tiempo en torno a la evaluación de prototipos de versiones ROM mascarables.

Estos microcomputadores de 8 bits contienen un CPU, un reloj dentro del encapsulado, EPROM, ROM de inicialización (bootstrap), RAM, puertos de E/S, convertidor A/D y un temporizador (timer).

Por estas características, el MC68705R3 ofrece al usuario medios económicos de diseño.

a. CARACTERISTICAS DE HARDWARE

-Arquitectura de 8 bits.

-Capacidad de memoria de acceso aleatorio (RAM) de 112 bytes.

-Mapeo de memoria de entrada/salida (E/S)

Asignación de localidades de memoria a cada periférico de E/S como si fueran memorias. Así, los datos son pasados a partir de estas localidades a los puertos respectivos y de ahí a los periféricos, al igual que cualquier otra localidad de memoria.

-3776 bytes de EPROM para el usuario.

-Temporizador de 8 bits interno con un divisor de tiempo (prescaler) de 7 bits.

-Divisor de tiempo programable.

-Modos de entrada programables para el temporizador.

-4 vectores de interrupción:

-2 externos

-1 a través del temporizador

-1 por software

-Detección de cruce por cero mediante la entrada de interrupción INT2.

-24 Líneas bidireccionales de E/S compatible con TTL/CMOS (8 líneas compatibles con LED).

-De 2 a 8 líneas de entrada digital.

- Convertidor analógico/digital
 - Conversión de 8 bits.
 - De 1 a 4 entradas analógicas multiplexadas.
 - Cuantificación de error de $\pm 1/2$ LSB.
 - El resto de errores se cuantifican con $\pm 1/2$ LSB.
 - Cuantificación del error total mediante ± 1 LSB.
 - Razón de conversión ajustable.
- Generador de reloj en la misma pastilla.
- Reinicializador (reset) maestro.
- Completo sistema de desarrollo basado en lógica EXOR (exclusiva de Motorola).
- Polarización de +5 [V].
- Emula al MC6805R2.
- El programa Bootstrap en la ROM simplifica la programación de la EPROM.

b. CARACTERISTICAS DE SOFTWARE

- Similar al de la familia M6800.
- Juego de instrucciones para el uso eficiente de memoria.
- Fácil de programar.
- Manipulación real de bits.
- Prueba de bits e instrucciones de ramificación.
- Manejo versátil de interrupciones.
- Versatilidad en el manejo de registros índice.

- Poderoso direccionamiento indexado en el manejo de tablas.
- Juego completo de ramificaciones condicionadas.
- Memoria utilizable como registros y/o banderas.
- 10 poderosos modos de direccionamiento.
- Todos los modos de direccionamiento son aplicables para la EPROM, RAM y puertos de E/S.

A continuación, se presenta el diagrama de bloques de este microcomputador:

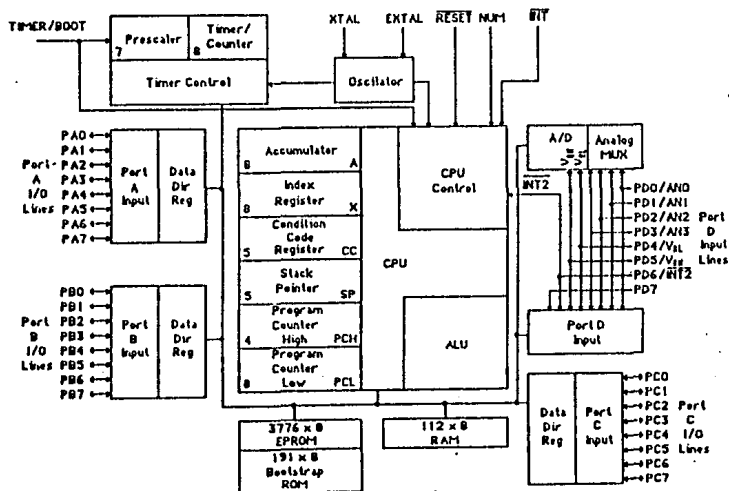


FIG. III-A-9 DIAGRAMA DE BLOQUES DE NC68705R3

c. ASIGNACION DE TERMINALES

El microcomputador MC68705R3 es un circuito integrado de 40 terminales, cuya asignación se muestra en la siguiente figura:

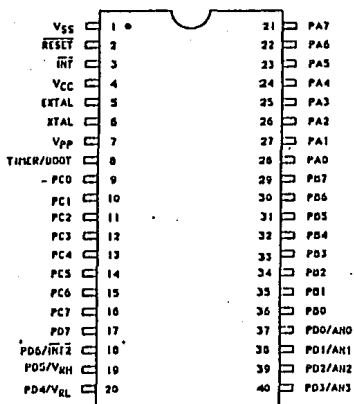


FIG. III-A-10 TERMINALES DEL MC68705R3

DESCRIPCION

Vcc y Vss

Son las terminales de polarización del MCU, donde $V_{cc}=+5[V]$ y $V_{ss}=[0]$ (GND).

INT

Permite un evento externo para interrumpir asincrónicamente al procesador. El MCU puede ser interrumpido de 4 diferentes modos:

- 1) A través de la terminal INT.
- 2) Programando el bit 6 del circuito temporizador interno.
- 3) Programando el bit 6 del puerto C a través de la terminal de entrada INT2.
- 4) Por software, utilizando la instrucción SWI.

Cuando una interrupción ocurre la instrucción presente se termina de ejecutar (incluyendo SWI), el proceso se suspende y el estado presente del CPU se guarda en el stack. Se lee el bit (I) en el registro de código de condición y la dirección de la rutina de interrupción se obtiene del vector de interrupción apropiado, ejecutándose dicha rutina.

La interrupción INT2 siempre se lee como una entrada digital sobre el puerto D. Posee dos bits de control: el bit 7 y el bit 6 del registro misceláneo. Cuando el bit 6 se enciende, la interrupción se inhibe.

Una entrada senoidal puede generar una interrupción externa utilizándose como detector de cruce por cero.

Existen prioridades en las interrupciones, mismas que a continuación se muestran:

INTERRUPCION	PRIORIDAD	DIRECCION DEL VECTOR
RESET	1	\$FFE y FFF
SW1	2	\$FFC y \$FFD
INT	3	\$FFA y \$FFB
TIMER / INT2	4	\$FFB y FF9

FIG. III-A-11 TABLA PRIORIDAD DE LAS INTERRUPCIONES

XTAL y EXTAL

Un cristal, una resistencia o una señal externa dependiendo de la programación del bit CLK (b7) del temporizador, se conecta a estas terminales para generar la señal de reloj que regirá la

secuencia de operación del MCU.

El circuito generador de reloj interno está diseñado para utilizar un mínimo de componentes externos; existiendo 4 opciones para generar esta señal:

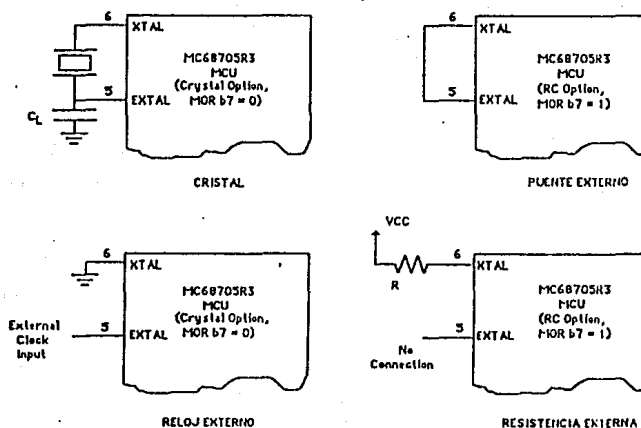


FIG. III-A-12 OPCIONES PARA GENERAR EL RELOJ

El registro de Opción Mascarable (MOR) se programa para la operación del MCU por medio de un cristal o de una resistencia. Este registro, a su vez, utiliza 6 de sus 8 bits para seleccionar la opción del uso del temporizador, la fuente del reloj del temporizador/preescalador y la opción del uso del preescalador.

TIMER / BOOT

Esta terminal tiene dos usos:

- 1) Como entrada externa de una señal para controlar el . circuito temporizador interno.
- 2) Detecta un nivel alto de voltaje utilizado para la programación de la EPROM del MPU.

-Timer: Es un contador de 8 bits que puede ser controlado por programa y decrementado a cero mediante el uso de la entrada fcw del mismo.

Cuando el contador llega a cero, el bit 7 del registro de control del temporizador (TCR), se enciende y permite una interrupción.

El contador puede ser leído por el procesador en cualquier momento sin que la cuenta se vea afectada.

El preescalador que contiene el TIMER es un divisor de 7 bits utilizado para aprovechar la máxima respuesta en frecuencia del mismo.

-Bootstrap ROM: Contiene (de fábrica) un programa que permite al MCU a través de un ciclo de FETCH, recibir información de

RESET

El MCU puede inicializarse de dos maneras:

- 1) Al encender el sistema.
- 2) Aplicando un nivel bajo de voltaje a esta terminal.

Al encender el sistema, un retraso en el tiempo es necesario para permitir que la entrada de RESET regrese a un nivel de voltaje alto. Este tiempo permite al generador de la señal de reloj interno que se establezca. Basta conectar un capacitor de 1 μ F a esta terminal para que se genere este retraso.

V_{PP}

Esta terminal se alimenta con el voltaje de programación para la EPROM interna del MPU. En otras condiciones debe conectarse a V_{cc}.

LINEAS DE ENTRADA/SALIDA (PA0-PA7, PB0-PB7, PC0-PC7, PD0-PD7).

Estas 32 líneas forman 4 puertos de 8 bits cada uno; (A-B-C-D). Dichos puertos pueden ser programados como entradas o salidas a través de la programación de sus respectivos Registros de Dirección de Datos (DDR).

La programación se realiza escribiendo en el DDR correspondiente al puerto en cuestión un 1 lógico para su

configuración como salida y un 0 lógico para configurarlos como entrada, en el bit adecuado.

Durante una reinicialización, si los puertos están programados como entradas, todos los registros DDR se cargan con ceros lógicos; los registros de salida no se ven afectados, éstos deben ser reinicializados por programación.

Por su parte, el puerto D tiene cuatro entradas analógicas; 2 terminales para fijar el voltaje de referencia que se ha de utilizar con el convertidor A/D (V_{RH} , V_{RL}); una terminal INT2 para interrupción y desde 1 hasta 8 entradas digitales. Todas la líneas del puerto D se pueden leer directamente y ser usadas como entradas binarias.

Si se utiliza una entrada analógica, entonces las terminales de voltaje de referencia (V_{RH} Y V_{RL}) deberán ser utilizados en modo analógico, con ésto se puede determinar la resolución del convertidor A/D.

d. MEMORIA

Este microcomputador puede direccionar 4096 bytes de memoria y registros de E/S con su respectivo contador de programa.

El mapa de memoria tiene implementados 4092 bytes como sigue:

- 3776 bytes de EPROM para el usuario.
- 191 bytes de Bootstrap ROM.
- 112 bytes de RAM para el usuario.

- Un registro de control de programa (PCR).
- 7 bytes de E/S.
- 2 registros para el temporizador.
- 1 registro misceláneo.
- 2 registros para el convertidor A/D.

La siguiente figura muestra la implementación antes descrita:

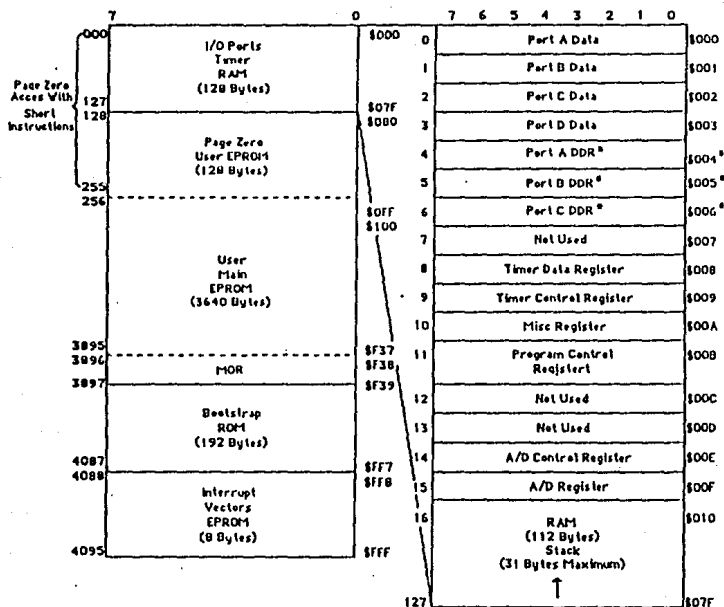


FIG. III-A-14 MAPA DE MEMORIA DEL MC68705R3

e. UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO (CPU)

Está implementada de manera independiente a las líneas de E/S o a la configuración de la memoria. Así pues, se puede manejar como un procesador central independiente, comunicado con unidades de E/S y memoria a través de canales (bus) internos de control, direcciones y datos.

f. REGISTROS

El CPU tiene 5 registros utilizables por el programador:

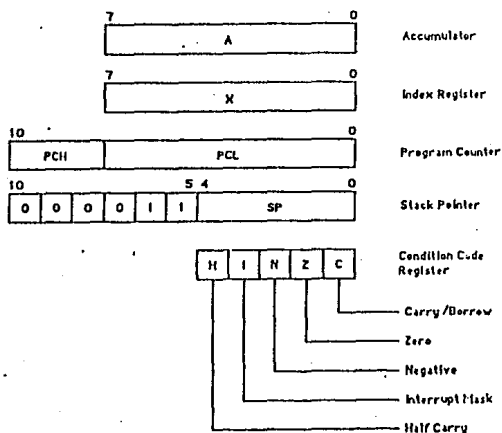


FIG. III-A-15 REGISTROS UTILIZABLES DEL NC68705R3

A - ACUMULADOR:

Es un registro de 8 bits de propósito general utilizado para guardar los resultados de cálculo aritméticos, o bien para el manejo de datos.

X - REGISTRO INDICE:

Es un registro de 8 bits utilizado con el modo de direccionamiento INDEXADO. A su vez, se puede utilizar como memoria temporal.

PC - CONTADOR DE PROGRAMA:

Es un registro de 12 bits que contiene la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar.

SP - APUNTADOR DE LA PILA:

Es un registro de 12 bits que contiene la dirección de la siguiente localidad libre en el "stack".

CC - REGISTRO DE CODIGO DE CONDICION:

Es un registro de 5 bits, de los cuales 4 se utilizan para indicar el resultado de una instrucción recién ejecutada. Estos bits pueden ser evaluados por programación y así, tomar acciones determinadas según el resultado de dicha evaluación.

Los bits del registro de código de condición se explican a continuación:

(H) - HALF CARRY (ACARREO INTERMEDIO):

Enciende cuando, como resultado de una operación, existe un acarreo entre los bits 3 y 4.

(I) - INTERRUPCION:

Cuando este bit está encendido, el temporizador y la interrupción externa (INT) están deshabilitados; si una interrupción ocurre cuando el bit (I) está encendido, ésta será rastreada y procesada tan pronto este bit se apague.

(N) - NEGATIVO:

Cuando se enciende indica que el resultado de la última operación aritmética, lógica ó de manejo de datos realizada, fué negativo.

(Z) - CERO:

Cuando se enciende indica que el resultado de la última operación aritmética, lógica o de manejo de datos fué cero.

(C) - CARRY/BORROW:

Cuando se enciende indica que ocurrió un acarreo ó corrimiento fuera de la Unidad Aritmética Lógica (ALU) durante la

última operación aritmética. Este bit también se ve afectado cuando existen operaciones de corrimiento.

g. CONVERTIDOR ANALÓGICO/DIGITAL

El MCU tiene implementado, en la misma pastilla, un convertidor A/D de 8 bits que utiliza la técnica de aproximaciones sucesivas.

Cuatro líneas de entrada del puerto D son utilizables también como entradas de señales analógicas al convertidor A/D a través de un multiplexor. A su vez, internamente se pueden seleccionar cuatro señales analógicas para fines de calibración (V_{RH} , $V_{RH/2}$, $V_{RH/4}$ y V_{RL})

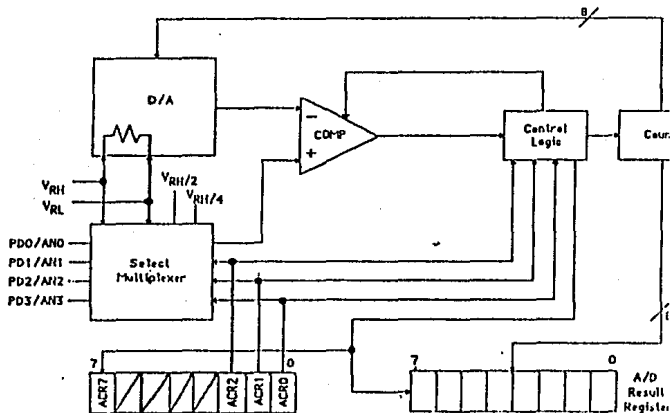


FIG. III-A-16 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONVERTIDOR A/D

La selección del multiplexor se controla a través de los bits 0, 1 y 2 del Registro de Control del A/D (ACR) como se muestra a continuación:

REGISTRO DE CONTROL A / D			ENTRADA SELECCIONADA
ACR2	ACR1	ACR0	
0	0	0	AN0
0	0	1	AN1
0	1	0	AN2
0	1	1	AN3
1	0	0	VRH*
1	0	1	VRL*
1	1	0	VRH/4*
1	1	1	VRH/2*

FIG. III-A-17 REGISTROS DE CONTROL DEL CONVERTIDOR A/D

El convertidor opera continuamente utilizando 30 ciclos de máquina para hacer una conversión completa de la entrada analógica muestreada. Cuando la conversión se termina, la muestra digitalizada o el valor digital, se coloca en el registro de resultados del A/D (ARR). La bandera de conversión completa se enciende, la entrada seleccionada se muestrea nuevamente y se inicia una nueva conversión.

Dos voltajes de referencia (V_{RH} y V_{RL}) se aplican al convertidor a través de las terminales del puerto D. Una entrada de voltaje igual a V_{RH} convierte a $\$FF$ (escala total) y una entrada de voltaje igual a V_{RL} convierte a $\$00$.

Con $V_{RH} = +5$ V se tiene la máxima resolución del MPU, es decir 256 bits. Si se selecciona $V_{RH}/4$, se tendrán 64 bits de resolución y si se selecciona $V_{RH}/2$, se tendrán 128 bits de resolución.

El principio que utiliza este tipo de convertidor A/D, consiste en hacer en primera instancia una aproximación colocando el bit más significativo en estado lógico "1" y el resto en "0"; se compara este valor con el valor real que se quiere representar y dependiendo si se tiene que el valor real es mayor a dicha aproximación, el convertidor colocará el siguiente bit más significativo en "1" lógico, conservando el valor del primer bit afectado; y así sucesivamente, hasta que llega el momento en que el valor de la aproximación es mayor que el valor real a

representar, y en este momento se empezarán a modificar los bits menos significativos ya sea como "1's" ó "0's" lógicos hasta que la aproximación llega a ser de tal modo que el paso de "1" a "0" ó viceversa del bit menos significativo enmarca el paso de valor real mayor al valor aproximado ó al revés.

Este tipo de convertidores poseen la ventaja de ser sencillos, y rápidos, ya que llegan a ocupar hasta 30 ciclos de reloj para hacer su conversión. Su resolución depende de la polarización y la cantidad disponible de bits.

h. MODOS DE DIRECCIONAMIENTO

Como ya se mencionó, el MCU cuenta con 10 modos de direccionamiento que se explican brevemente a continuación:

INMEDIATO:

En este modo el operando está contenido en el byte que sigue al que contiene al código de operación (OpCode). Se utiliza para "accesos" constantes que no generan cambios durante la ejecución del programa.

DIRECTO:

La dirección efectiva, definida como aquella en la que se almacena el argumento de una instrucción, está contenida en un solo byte, mismo que sigue al OpCode. Este modo permite al usuario

accesar directamente los 256 bytes de la parte baja de la memoria con una sola instrucción de 2 bytes.

EXTENDIDO:

La dirección efectiva está contenida en los 2 bytes siguientes al OpCode. Las instrucciones usadas con este modo, son aptas para localizar argumentos en cualquier parte de la memoria utilizando una sola instrucción de 3 bytes.

RELATIVO:

Solamente es utilizado con instrucciones de ramificación. El contenido del byte siguiente al OpCode, se suma al PC (Contador del Programa) sí, y sólo sí, la condición de ramificación es verdadera; si no, el control procede a ejecutar la siguiente instrucción.

INDEXADO SIN OFFSET:

La dirección efectiva del argumento está contenida en el registro índice. Así, este modo de direccionamiento puede acceder las primeras 256 localidades de la memoria.

Se utiliza para mover el apuntador en una tabla o retener una dirección de frecuente referencia en localidades de RAM o dispositivos E/S.

INDEXADO CON OFFSET DE 8 BITS:

La dirección efectiva es la suma del contenido de los 8 bits no signados del registro índice y el byte no signado siguiente al OpCode.

Es útil para localizar el k-ésimo elemento de la tabla "n" en las primeras 256 localidades direccionables de la memoria.

INDEXADO CON OFFSET DE 16 BITS:

La dirección efectiva es la suma del contenido de los 8 bits no signados del registro índice y los 2 bytes no signados siguientes al OpCode. A diferencia del anterior, permite el mismo acceso a tablas pero en cualquier localidad de la memoria.

"BIT SET/CLEAR":

El bit a encender o limpiar, es parte del OpCode y el byte que le sigue especifica la dirección directa del byte en el que se encuentra dicho bit. Así, se puede seleccionar, para leer o escribir, cualquier bit localizado en las primeras 256 localidades de la memoria, utilizando una sola instrucción de 2 bytes.

PRUEBA DE BIT Y RAMIFICACION:

Es una combinación de los modos Relativo y Directo. El bit a probar y la condición de encender o limpiar, están contenidos en

el OpCode; la dirección del byte a probar se encuentra en el byte siguiente a éste. El resultado de la prueba del bit en cuestión se transfiere al bit de acarreo del registro de código de condición.

INHERENTE:

Toda la información necesaria para ejecutar una instrucción, está contenida en el OpCode. Todas las instrucciones que maneja este modo son de 1 byte.

B SELECCION Y CARACTERISTICAS DEL TECLADO

Se denomina teclado al género de periféricos de entrada constituidos por un conjunto de botones pulsadores, de tal modo que cada botón corresponde a un caracter determinado, función, instrucción o idea.

El componente básico de un teclado es el pulsador individual. Generalmente, cada tecla controla a un simple interruptor que permanece abierto mientras el pulsador está en descanso y se cierra cuando el pulsador es oprimido.

1 PULSADORES MECANICOS CONVENCIONALES

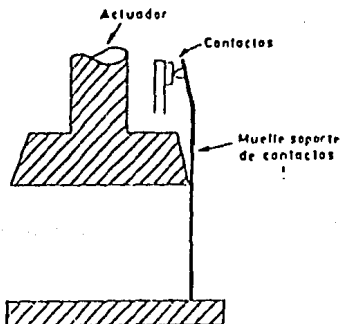


FIG. III-B-1 PULSADOR MECANICO CONVENCIONAL

Los interruptores mecánicos son utilizados básicamente por su economía, como el mostrado en la figura III-B-1. El movimiento mecánico actúa directamente sobre los contactos, permitiendo sin grandes complicaciones, configuraciones de contactos múltiples.

2 PULSADORES MECANICOS DE LAMINA FLEXIBLE

Este tipo de interruptor, formado por una serie de láminas sobrepuestas, se basa en la deflexión de un diafragma flexible y conductor en su cara inferior, que permite establecer contacto a través de aberturas practicadas a un separador dieléctrico.

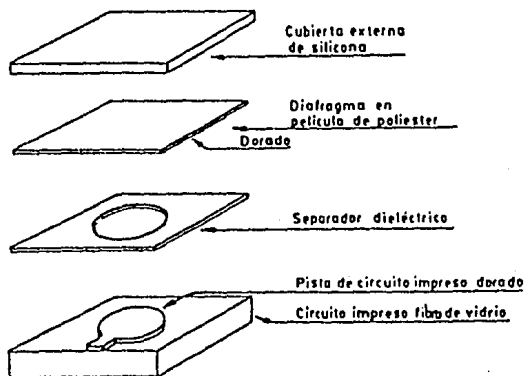


FIG. III-B-2 PULSADOR MEC. DE LAMINA FLEXIBLE

Una cubierta de silicón permite proteger los contactos contra contaminantes del medio. Algunas versiones más económicas emplean láminas flexibles de silicón conductor, que sustituyen la cubierta protectora y el diafragma con cara inferior conductora. En algunos casos se emplea una base serigrafiada de tinta conductora como sustrato.

3 PULSADORES MECANICOS DE BOVEDA

Estos pulsadores, emplean unos discos metálicos embutidos en forma de casquete esférico, que cuando son oprimidos pasan a una condición invertida, estableciendo el contacto requerido. Emiten un chasquido audible, que indica su operación correcta.

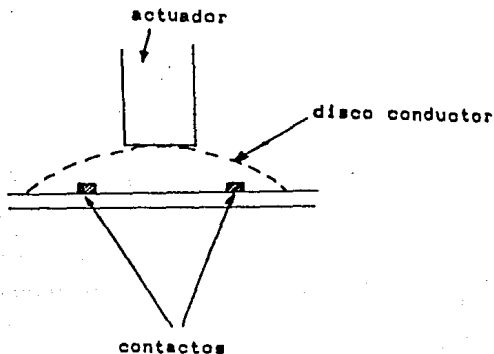


FIG. III-B-3 PULSADOR MEC. DE BOVEDA

4 PULSADORES REED

Están formados por contactos inmersos en una atmósfera inerte, sellados por una cápsula de vidrio hermética.

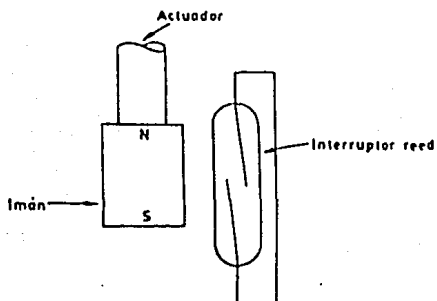


FIG. III-B-4 PULSADOR REED

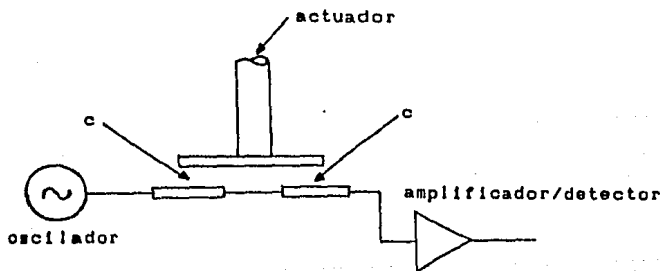
El movimiento de la tecla desplaza un pequeño imán permanente que provoca el cierre de los contactos; dada la acción indirecta sobre estos últimos no se transmiten sobrecargas mecánicas que provoquen fatiga y desgastes prematuros. Por lo anterior y por la hermeticidad del encapsulado que impide la contaminación de los contactos, este tipo de pulsadores ofrecen una vida útil unas cinco veces superior al clásico pulsador mecánico.

5 PULSADORES CAPACITIVOS

Este tipo de pulsadores aprovecha un cambio en la capacitancia de un condensador, para entregar una salida.

Emplean dos superficies vecinas sobre un mismo circuito impreso, estando una de ellas excitada por la señal alterna de un oscilador, si se aproxima paralelamente una placa conductora sobre ambas superficies, se provoca un acoplamiento entre ellas, con lo que aparece una fracción de la señal alterna en la salida.

La señal de salida del pulsador debe ser convenientemente amplificada y convertida a niveles lógicos.



c = capacitancia entre placas

FIG. III-B-5 PULSADOR CAPACITIVO

Existen múltiples variantes como los que utilizan contactos sensitivos, sin ningún elemento móvil. Otros diseños emplean bovedillas metálicas cóncavas como elementos de acoplamiento.

Los pulsadores capacitivos ofrecen la elevada fiabilidad de los interruptores sin contactos móviles.

Dados los bajos niveles de la señal entregados por estos pulsadores, se presenta una acusada sensibilidad a interferencias y serios condicionamientos en: la estructura metálica del soporte; el trazado de pistas en el circuito impreso y la electrónica de amplificación, detección y conversión. Por todo ello solo aparecen disponibles formando parte de teclados completos producidos por fabricantes especializados.

6 PULSADORES DE NUCLEOS MAGNETICOS

El elemento conmutador en este tipo de dispositivos, es un núcleo toroidal de ferrita, empleado como transformador.

El núcleo es atravesado normalmente por dos hilos: uno energizado a alta frecuencia que se emplea como primario; el segundo como secundario. El acoplamiento es muy bajo en la posición normal del pulsador, donde el núcleo está saturado por el campo del imán permanente. La depresión de la tecla desplaza el imán, eliminando la saturación del núcleo y generando una salida. Esta última es amplificada, rectificadora y transferida a niveles

lógicos.

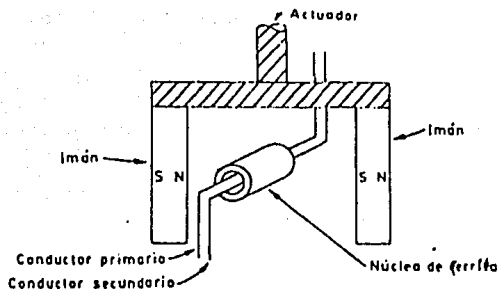


FIG. III-B-6 PULSADOR DE NUCLEO MAGNETICO

Su fiabilidad es comparable a la de los pulsadores capacitivos, presentando igual que ellos una elevada criticidad en el trazado de las pistas del circuito impreso, por lo que generalmente se ofrece como parte integrante de un conjunto completo.

7 PULSADORES DE EFECTO HALL

Estos pulsadores están formados por una pastilla semiconductor recorrida por una corriente continua y un campo magnético perpendicular a ella, que provoca una deformación de las

líneas equipotenciales sobre la superficie del semiconductor, apareciendo una tensión de salida proporcional al producto de la corriente de polarización por la intensidad del campo magnético aplicado.

La conmutación se obtiene al aproximar un imán permanente al sensor, que desarrolla una tensión de salida que es amplificada y convertida en digital.

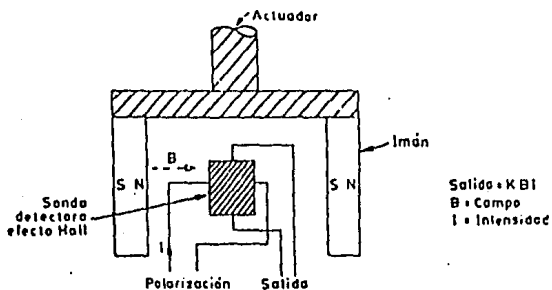


FIG. III-B-7 PULSADOR DE EFECTO HALL

Generalmente el conjunto formado por: el sensor, amplificador, disparo Schmitt, monoestable opcional y paso de salida, forma una circuito integrado monolítico, asociado a cada pulsador.

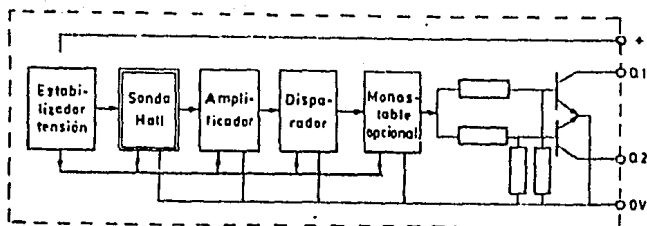


FIG. III-B-7 CIRCUITO INTEGRADO DE UN PULSADOR
DE EFECTO HALL

Dada la ausencia de contactos, la baja impedancia de todas las señales de interconexión y la insensibilidad a polvo, suciedad y contaminantes, este tipo de pulsadores ofrece la mayor fiabilidad (esencialmente duración infinita), solo limitada por el desgaste del elemento móvil y resorte de retorno. Este último en algunos casos, es sustituido por un sistema magnético de retorno, que proporciona simultáneamente una realimentación al tacto.

8 TECLAS

El elemento unitario componente de un teclado es el formado por el subconjunto: pulsador más tecla, que a menudo es denominado simplemente tecla.

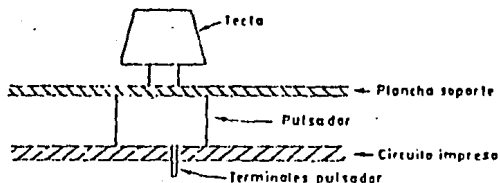


FIG. III-B-9 CONJUNTO TECLA - PULSADOR

La tecla o capuchón, aún cuando no cumple ninguna función eléctrica, es absolutamente indispensable, con el fin de identificar claramente cada pulsador, así como para ofrecer una adecuada superficie de actuación para las características fisiológicas de manos y dedos del operador.

Con el fin de obtener una correcta identificación de cada uno de los distintos pulsadores que componen un teclado, es preciso rotular con los grafismos apropiados cada una de las teclas.

Para ligar a una tecla su correspondiente grafismo se utilizan distintas técnicas, siendo las más usuales: serigrafía, pantografiado, doble inyección y empleo de teclas transparentes rotulables.

9 CODIFICACION

Como señales de salida de un teclado, pueden utilizarse las conexiones correspondientes a todos y cada uno de los distintos conjuntos tecla-pulsador que lo constituyen. Esto puede ser válido para teclados simples formados por un reducido número de teclas; pero la dificultad va en aumento si el número total de teclas supera ciertos umbrales.

Evidentemente se han buscado soluciones mucho más efectivas que han sido centradas en la codificación de los datos de salida. Esta codificación consiste en numerar de forma binaria cada uno de los distintos códigos emitidos por el teclado, de tal modo que el número total de bits precisos para expresar cualquier código no supera los umbrales de maniobrabilidad.

La codificación más usual para teclados numéricos reducidos es la hexadecimal (o subconjunto BCD si nos limitamos a dígitos decimales); en el caso de los teclados alfanuméricos se amplía la

codificación, siendo el código ASCII de 6 ó 7 bits según sea reducido o completo, o bien el EBCDIC de 8 bits.

Una técnica que está expandiéndose fuertemente consiste en la utilización de microprocesadores como elementos de lógica activa en la codificación de teclados. Esta técnica permite, con un mínimo de componentes, realizar funciones que hasta el presente raramente eran llevadas a cabo directamente por el teclado periférico. Entre estas funciones cabe mencionar: exploración secuencial; protección contra pulsaciones simultáneas; transcodificación; modos múltiples; selecciones de modo complejo; salidas en paralelo o serie; memoria FIFO en caso de pulsación más rápida que el posible acceso por parte de la CPU; autorepetición en teclas seleccionadas (se denomina autorepetición al hecho de que si se mantiene oprimida una tecla pasado un tiempo prudencial, entre 0.5 a 1 seg, se repiten las validaciones del código asociado a un ritmo aproximado de 10 Hz); repetición por tecla REPITE independientemente de ciertas teclas o funciones; autorización o inhibición total o parcial del teclado; generación de señal audible para realimentación acústica; paridad; detección de errores de operación etc.

10 FUNCIONAMIENTO DE TECLADO ELEGIDO

Para la selección del tipo de pulsador a emplear en el teclado, decidimos apegarnos a tres premisas:

- 1) Bajo costo
- 2) Existencia en el mercado
- 3) Durabilidad

Además se consideró el hecho de que el microcontrolador podría llevar a cabo las tareas de detección y de decodificación de la tecla oprimida.

Nos enfrentamos al hecho de que sólo los pulsadores de tipo mecánico se podían encontrar a bajo costo en el mercado, por lo que descartamos los demás.

Así, se hicieron pruebas con pulsadores mecánicos convencionales y con pulsadores mecánicos de boveda.

Desgraciadamente, los pulsadores de bóveda encontrados no eran de mucha calidad, por lo que su desgaste fué prematuro.

Debido a ello, se optó emplear los pulsadores mecánicos convencionales para implementar el teclado.

El teclado consta de sólo cuatro teclas:

- 1) Rutina HOME
- 2) Rutina JOB
- 3) PAUSA
- 4) RESET

El que el microcontrolador pudiera encargarse de detectar y de decodificar simplificó mucho el circuito final.

El diseño del teclado se aborda en el capítulo II.

C SISTEMAS DE VISUALIZACION Y PREVENCION

Un visualizador es un dispositivo que le indica al usuario el comportamiento del estado interno de un proceso por medio de un LED o LCD

1 DIPLAY DE LED

Las siglas LED tienen el significado en el idioma inglés "Light Emisor Diode" que en español es "Diodo Emisor de Luz". Existen los siguientes tipos de arreglos LED:

- Siete segmentos
- Dieciseis segmentos
- Matricial de 5 x 7
- Matricial de 7 X 9

El primer tipo es usado para desplegar sólo números, mientras que los demás despliegan alfanúmericos.

a. PRINCIPIO DE OPERACION DEL LED

El LED esta fabricado en materiales semiconductores. En general, todos los materiales pueden clasificarse como conductores, semiconductores o aisladores, dependiendo de la habilidad que presentan para conducir la corriente eléctrica. Como lo implica su nombre un material

semiconductor tiene menor conductividad (mayor resistencia a la circulación de corriente) que un conductor, pero mejor conductividad (menor resistencia a la circulación de corriente) que un aislador.

Los materiales más frecuentemente empleados en dispositivos semiconductores son el germanio y el silicio. El germanio es más adecuado para dispositivos de alta potencia porque, entre otras cosas, puede utilizarse a temperaturas más elevadas.

La conductividad de un material semiconductor puede incrementarse y controlarse agregando pequeñas cantidades de elementos denominados "dopantes" o "estimulantes". Por ejemplo puede usarse el boro para dopar el silicio.

El empleo de diferentes clases de dopantes produce un material tipo n, que tiene un exceso de electrones, o un material tipo p, que tiene una escasez de electrones en su estructura cristalina. El lugar dentro de la estructura cristalina donde falta un electrón se denomina "hueco".

Cuando se forma una juntura con materiales tipo n y tipo p, tiene lugar una interacción en la cual algunos de los electrones en exceso provenientes del material tipo n cruzan la juntura por difusión y se combinan con los huecos del material tipo p. Esta interacción origina una pequeña región de carga espacial (llamada región de transición) en la inmediata vecindad de la juntura. El material tipo p en esta región adquiere una leve carga negativa

como resultado del incremento de electrones; recíprocamente, el material tipo n adquiere una leve carga positiva como resultado de la pérdida de electrones que tenía en exceso.

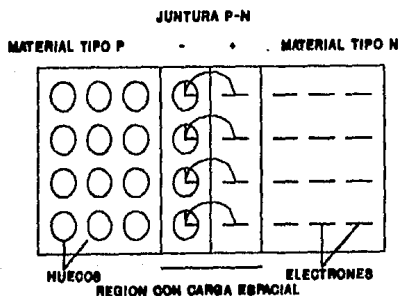


FIG. III-C-1 INTERACCION DE HUECOS Y ELECTRONES

El efecto global es similar a lo que ocurriría si se conecta una batería imaginaria a través de la juntura, con la polaridad que se muestra en la figura III-C-1. En la ausencia de circuitos y tensiones externos, la diferencia de tensión o gradiente de potencial a través de la región de carga espacial se opone a que continúe la difusión a través de la juntura p-n, preservando la diferencia de características entre los dos tipos de materiales.

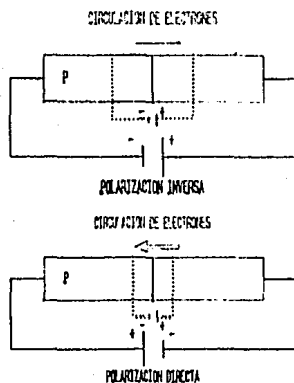


FIG. III-C-2 CIRCULACION DE LA CORRIENTE DE ELECTRONES EN LA JUNTURA P-N

Cuando se conecta una batería externa a través de la juntura p-n, la intensidad de la corriente que fluye depende de la polaridad de la tensión aplicada y su efecto sobre la región de carga espacial. La primera figura III-C-2 muestra una batería conectada para producir polarización inversa. Esta conexión incrementa en forma efectiva el ancho de la región de carga espacial, aumentando el gradiente de potencial hasta que se aproxima al potencial de la batería externa; la corriente es entonces sumamente reducida.

En la condición de polarización directa, segunda figura III-C-2, la región efectiva de carga espacial se vuelve más angosta, y el gradiente de potencial decrece a un valor muy reducido; entonces los electrones continúan circulando mientras queda aplicada la tensión en sentido directo.

El sentido de circulación de la corriente, definido como convencional (de positivo a negativo), es satisfactorio para el análisis de circuitos. Sin embargo, en el estudio de los semiconductores es útil pensar que la circulación de corriente es una circulación de electrones, o una circulación de "huecos". La corriente de electrones circula de negativo a positivo; la corriente de "huecos" circula de positivo a negativo.

Como puede verse el funcionamiento del LED tiene sus bases en la recombinación de portadores de carga que toma lugar en la

union p-n. Del lado n como concentración de electrones y del lado p de "huecos". Los electrones se encuentran situados en la banda de energía, mientras los "huecos" están en la banda de valencia.

Por lo tanto decimos que los electrones se encuentran un nivel mayor de energía que los "huecos", obteniéndose la transformación de energía a la luz y el calor, cuando se realiza la recombinación de estos.

Ahora, si consideramos el material del semiconductor transparente, tendremos la emisión de la luz por la recombinación mencionada. Una aplicación esto es el "Diodo Emisor de Luz"; una muestra del elemento se observa en la figura III-C-3.

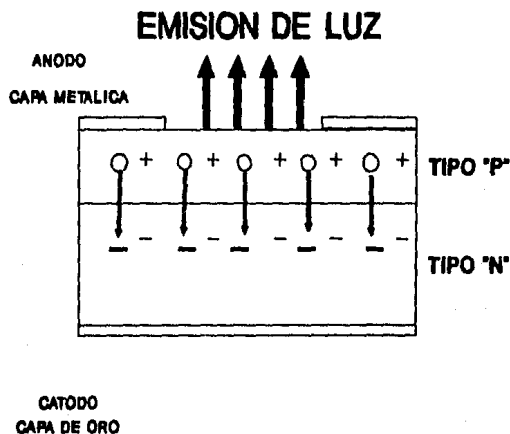


FIG. III-C-3 DIODO EMISOR DE LUZ

b. DISPLAY DE SIETE SEGMENTOS

Una aplicación de los LEDs la encontramos en los displays de siete segmentos. Estos son arreglos de LEDs acomodados de tal forma en que el encendido de ciertos LEDs desplegará un número arábigo o algún símbolo especial.

Algunas características de los displays de siete segmentos son las siguientes:

- a) Diferencia de voltaje : 8.4 Volts
- b) Flujo de corriente : 20 miliamperes
- c) Consumo de potencia : 400 miliwatts
- d) Ventajas : es visible en la oscuridad
- e) Desventajas : consumo alto de potencia

2 DISPLAY DE LCD

Las siglas LCD tienen el significado de " Pantalla de Cristal Líquido ". Existen dos tipos basicos de LCD que son:

- De siete segmentos
- De dieciseis segmentos

el primero sirve para visualizar números y el segundo para alfanúmericos.

a. PRINCIPIO DE OPERACION DEL LCD

Las pantallas de cristal líquido LCD tiene la gran ventaja de poseer una demanda más baja de potencia que las de LEDs. El consumo es típicamente del orden de los microwatts comparado con el mismo valor de miliwatts de los LEDs. Requiere sin embargo una fuente de iluminación interna o externa. Estan limitadas a un rango de temperatura de alrededor de 0 °C a 60 °C y su tiempo de vida es un aspecto que preocupa, debido a que los LCDs pueden degradarse químicamente. Los tipos de LCDs que han recibido mayor interés hoy en día son las unidades de efecto de campo y las de dispersión dinámica.

Un cristal líquido es normalmente un material orgánico, que fluye como un líquido, pero cuya estructura molecular tiene algunas propiedades normalmente asociadas con los sólidos. Para las unidades de dispersión luminosa, el mayor interés está en el cristal líquido nemático. Las moléculas individuales semejan barras. La superficie conductora de óxido de indio, que es un material de este tipo, es transparente y bajo ciertas condiciones, la luz incidente pasará y la estructura del cristal líquido aparecerá clara. Si se aplica un voltaje (para unidades comerciales el nivel está usualmente entre 1 y 6 volts) a través de las superficies conductoras, se perturba el arreglo molecular, con el resultado de que las regiones se establecerán en índices

diferentes de refracción. La luz incidente, es por tanto, reflejada en dirección diferente (fenómeno conocido como dispersión dinámica) con el resultado de que la luz dispersa se parece a un vidrio opaco. La apariencia de opacidad ocurre solamente en donde las superficies conductoras se oponen la una con la otra y las áreas restantes aparecen translúcidas.

Un dígito en una pantalla de LCD puede tener el aspecto segmentado que se muestra en la figura III-C-4. El área oscura es en realidad una superficie conductora clara, conectada a las terminales de abajo para control externo. Dos marcas similares se colocan en lados opuestos de la película gruesa sellada del material de cristal líquido. Si necesitáramos el número "3", energizaríamos las terminales 8, 7, 3, 6 y 5 entonces solamente estas regiones aparecerían opacas mientras que las otras áreas permanecerían claras.

El LCD de efecto de campo, tiene la misma presentación de segmento y la misma capa delgada de cristal líquido encapsulado, pero su modo de operación es muy diferente. En forma similar al LCD de dispersión dinámica, el de efecto de campo puede operarse en el modo reflectivo o transmisivo con una fuente interna. Difiere del nemático simple en que además hay un polarizador de luz. Solamente la componente vertical que entra puede atravesar el polarizador de luz vertical.

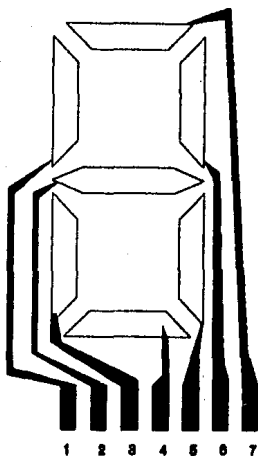


FIG. III-C-4 PANTALLA LCD DE DIGITO DE 7 SEGMENTOS

Los LCDs, se usan cuando la fuente de energía es un factor primordial pues absorben considerablemente menor potencia que los displays de LED. El costo es típicamente más alto.

Una consideración adicional en estos dispositivos es el tiempo de encendido y apagado. Los LCDs son característicamente más lentos que los LED. Los LCDs tienen tiempos de respuestas típicos en el rango de 100 a 300 ms, mientras para los LEDs esta cifra está por debajo de los 100 ns.

3 SISTEMA DE VISUALIZACION DEL ROBOT

Debido a los requerimientos esenciales de nuestro sistema (economía y funcionalidad), se decidió utilizar un desplegado implementado con LEDs.

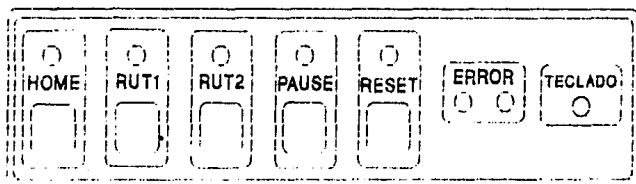
Consideramos que realmente no era necesario el desplegar números ó alfanuméricos para poder conocer el modo en el que se desarrolla todo el funcionamiento interno del robot.

Tan sólo se debía conocer si existía algún error a la hora de probar cualquier parte interna del microcontrolador. También se consideró pertinente el que el microcontrolador nos indicara que rutina va a ejecutar.

Es así que, cuando existe un error en cualquiera de las rutinas de autoprueba del microcontrolador, se encenderá un LED en la zona de desplegado de error. De igual manera el microcontrolador nos indicará que rutina se va a ejecutar encendiendo los LEDs de HOME ó de JOB en su caso. Y si se oprimió la tecla de PAUSA, se encenderá un LED indicándolo.

La zona de desplegado se encuentra combinada con la del teclado, con el fin de tener todos los avisos y controles se encuentren en una sólo área del gabinete.

El panel de control del robot tiene el siguiente aspecto:



III-C-5 PANEL DE CONTROL

D DIAGRAMA GENERAL DEL SOFTWARE

INTRODUCCION

El desarrollo del software tuvo que obedecer, lógicamente, a los requerimientos impuestos por todo lo existente fuera del microcontrolador.

Los programas fueron creados pensando en la modularidad de los mismos. Se pensó en ello para que su manejo fuera lo más sencillo posible, sin alterar, además, a otras partes del software cuando tuviera que modificarse algo.

Todo el software puede ser dividido en cuatro partes:

1) Rutinas de autoprueba:

- Rutina de prueba a RAM
- Rutina de prueba al TIMER
- Rutina de prueba al
convertidor A/D

2) Rutinas de manejo de datos:

- Rutina HOME
- Rutina JOB
- Subrutina SINSW

3) Subrutinas de ejecución:

- SWITCH
- SWLB
- MOTSEN
- TOOTH
- DEDOS
- GIROM
- RETRASOS
- CONADR

4) Rutinas de interrupción:

- Rutina KEYSCN
- Rutina ITIM

A continuación se explican brevemente cada una de estas subrutinas.

1 SUBRUTINAS DE AUTOPRUEBA

Las subrutinas de autoprueba verifican que los sistemas de microcontalador esten funcionando correctamente. En caso contrario, cada rutina generará un código de error para ser desplegado en el puerto C.

a. RUTINA DE PRUEBA A RAM

Esta subrutina verifica que los procesos de escritura y de lectura sobre la memoria RAM (del registro \$10 al \$7F del mapa de memoria) sean realizados en forma correcta.

Los procesos de escritura y lectura en los registros de RAM se efectúan mediante un índice que es incrementado después de cada operación de escritura o de lectura.

Primeramente se escribe en cada registro RAM el número hexadecimal AA. Después se lee cada registro y se compara su contenido el valor escrito anteriormente. Si no existe ningún error hasta aquí, se procede a hacer lo mismo con el número 55.

Si existiera alguna diferencia en la comparación, se activaría la rutina de error, desplegando ésta un uno binario en el área designada para tal efecto.

b. RUTINA DE PRUEBA AL TIMER

Esta rutina verifica que el conteo del TIMER, en 128 ciclos del microprocesador, sea una potencia de 2. Esto explicable si se recuerda que los taps del PRESCALER dividen al reloj en potencias de 2.

En caso de existir algún error, la rutina de error desplegaría un dos binario en la zona destinada para ello.

c. RUTINA DE PRUEBA AL CONVERTIDOR A/D

La subrutina efectua la lectura de voltaje sobre el pin de referencia V_{RH} , en el que se aplican 5 volts. Después, el resultado de la conversión a valores digitales del voltaje leído, es comparado con el valor hexadecimal FF (que es el código digital para escala completa de 5 volts). Si no hay diferencia en la comparación, se dá por hecho el buen funcionamiento del convertidor A/D. En caso contrario, se compara nuevamente contra el código FE, que es el código con mayor margen de error admisible para el convertidor. Si la diferencia en la comparación es nula, se dá por terminada la prueba satisfactoriamente. En caso contrario, la rutina de error, desplegará un tres binario en la zona de despliegue de error para las rutinas de prueba.

2 RUTINAS DE MANEJO DE DATOS

Las rutinas de manejo de datos se encarga de la preparación y dosificación de informaci3n, así como de la sincronización de las rutinas de ejecución.

a. RUTINA HOME

Esta rutina lleva a cabo los movimientos físicos iniciales del robot. Mueve todos los motores para que el robot alcance una posición llamada HOME. Esta es una posición inicial a partir de la cual el robot iniciará su rutina de trabajo. El movimiento de cada motor lo realiza mediante la lectura de una tabla llamada también HOME.

La tabla consta de un total de 21 registros, estando acomodados en ella, los números de motor y las posiciones de HOME para cada articulación.

La secuencia de movimiento del robot en esta rutina, es establecida con el siguiente criterio: ya que los movimientos de la parte superior del brazo no son independientes, es decir, el movimiento de articulación afecta la posición de las otras, se optó por mover primeramente las articulaciones que afectan en mayor medida a las demás. Así, la secuencia de movimientos para la rutina HOME es:

- Cerrado y apertura de tenaza
- Levantamiento de brazo
- Cintura
- Codo

- Levantamiento de muñeca
- Giro de muñeca
- Cerrado y apertura de tenaza

Después de que se completan todos los movimientos, la rutina nos lleva al sensado del teclado.

*** REGISTROS EMPLEADOS**

COD: Código de movimiento de motores

POSFIN: Posición a la que debe llegar la articulación movida (posición final)

OFSET: Ultima posición del apuntador de la tabla HOME

TABLA HOME: Tabla en que se guardan el número de motores (en el orden deseado de movimiento), los códigos de movimiento y los puntos de posición final

*** SUBROUTINAS EMPLEADAS :** SWITCH,MOTSEN,TOOTH,SINSW,DEDOS,ABRE,
GIROM

b. RUTINA JOB

Esta rutina es la encargada de realizar las lecturas sobre la tabla de la secuencia de trabajo. Esta tabla, llamada RUT, contiene

los números de motor a mover, el código de movimiento y la posición final a la que tiene que llegar la articulación movida. Después de que la rutina ha leído estos datos, determina, con ayuda del número de motor, que subrutinas empleará para poder llevar la articulación deseada a la posición deseada.

Después de que un movimiento ha sido realizado, la rutina JOB hace otra lectura de número de motor, de código de movimiento y de posición final.

El proceso es repetido hasta que se le indica a la rutina que la secuencia de trabajo ha terminado. En este momento, la rutina nos regresa al teclado.

*** REGISTROS EMPLEADOS**

REC: Apuntador en tabla RUT

NM: Número de motor a mover

POSFIN: Posición final de articulación movida

COD: Código de movimiento

TABLA RUT: Secuencia de trabajo del robot

*** SUBROUTINAS EMPLEADAS: MOTSEN, TOOTH, DEDOS, ABRE, GIROM**

c. SUBROUTINA SINSW

Esta subrutina se emplea en la rutina de HOME para supervisar el movimiento de las articulaciones del codo y de levantamiento de muñeca.

La subrutina se encarga de preparar algunos datos para la lectura de la tabla SSW, en la que se encuentran como datos los códigos de los límites del área de acción de estas articulaciones, así como su posición de HOME correspondiente.

Después de que los datos están listos, se llama a la subrutina MOTSEN para que coordine el movimiento de motores con el sensado de posición hasta que la articulación haya alcanzado la posición deseada.

* REGISTROS EMPLEADOS

POSFIN: guarda la posición final a la que debe llegar la articulación en movimiento

TAN: se emplea como memoria de apuntador en la tabla SSW

COMO: guarda valor máximo de TAN en la tabla SSW

TABLA SSW: guarda datos de extremos de las áreas de acción de las articulaciones de codo y de levantamiento de muñeca

3 SUBROUTINAS DE EJECUCION

Las subrutinas de ejecución se encargan de los movimientos mecánicos del robot, estando entre ellas, las que tienen a cargo las señales de sensado, así como aquellas que se encargan de manejar la energía de suministro de los motores.

a. SUBROUTINAS SWITCH Y SWLB

Estas subrutinas se emplean en la rutina de HOME para supervisar el movimiento de las articulaciones de cintura y de levantamiento de brazo correspondientemente.

Las rutinas mueven estas articulaciones hasta que llegan a una posición en la que activan unos switches de seguridad. Estos switches están dispuestos en los extremos de sus áreas de acción.

En el momento en que cualquiera de esos cuatro switches es activado, una rutina de interrupción llamada ITIM cambia el código de movimiento del motor en función, para que se mueva en sentido contrario. Cuando un segundo switch es activado, la subrutinas terminan, dando paso a otra subrutina.

La única diferencia entre estas dos rutinas son los tiempos

de retraso que utilizan para mover a su correspondiente articulación.

* REGISTROS EMPLEADOS

COD: guarda el código de movimiento

SW: se emplea como bandera y es activada por la subrutina de interrupción de switches.

* SUBROUTINAS EMPLEADAS: RETR

b. SUBROUTINA MOTSEM

Esta subrutina se encarga de dar movimiento a los motores, así como de hacer lecturas a través de los sensores dispuestos en cada articulación.

A la subrutina se le dan como datos el número de motor y la posición final a la que debe llegar la articulación movida por ese motor. La subrutina lee mediante un sensor la posición actual de esa articulación. El movimiento lo efectúa por medio de un pulso de una duración determinada a la entrada del control de potencia del motor. Después de cada pulso se verifica la posición. Este proceso se repite hasta que la articulación alcanza la posición deseada.

La elección del sentido de giro del motor la lleva a cabo mediante un par de tablas llamadas MPOS y MNEG. El acceso a una u otra tabla depende del signo de la diferencia entre la posición final y la posición actual de la articulación movida.

El dato de número de motor se utiliza como apuntador índice en estas dos tablas para tener acceso al código necesario.

* REGISTROS EMPLEADOS

POSFIN: Posición final a la que debe llegar la articulación movida

TABLA MPOS: Contiene los códigos de movimiento positivo de los motores

TABLA MNEG: Contiene los códigos de movimiento negativo de los motores

* SUBROUTINAS EMPLEADAS : RETR,BAJO,CONADR

c. SUBROUTINA TOOTH

Esta subrutina maneja el movimiento de la cintura. Se encarga de decidir primeramente el sentido de giro de ésta y después de activar el motor. El control de posición de esta articulación se lleva a cabo mediante el conteo de los dientes del engrane que le imprime movimiento. Si la articulación se mueve en su sentido negativo, el número de dientes será decrementado, mientras que si se mueve en su dirección positiva, el conteo de dientes aumentará. La variación del número de dientes, así como el movimiento de la articulación, cesarán hasta que se llegue a la posición deseada, es decir, al número de dientes deseado.

*** REGISTROS EMPLEADOS**

COD: guarda el código de movimiento

CONT: guarda el número de dientes contados

POSFIN: guarda la posición final a la que debe llegar la articulación en movimiento

*** SUBROUTINAS EMPLEADAS: RETR**

d. SUBROUTINA DEDOS

Esta subrutina se encarga de manejar el movimiento de la tenaza. Primeramente, lee el código de movimiento. Después, en su caso hace cerrar la tenaza hasta que unos switches dispuestos en los dedos son activados. Esto se dá cuando algún objeto ha sido prensado por los dedos de la tenaza. En ese momento separa el motor que cierra la tenaza. La señal de estos switches es introducida a la parte baja del puerto A.

Pero si el código es positivo, la subrutina se encarga de abrir la tenaza. El tiempo de movimiento de ésta depende del código puesto en POSFIN, no existiendo algún dispositivo externo para parar el movimiento.

*** REGISTROS EMPLEADOS**

OPEN: se utiliza como contador

POSFIN: en esta subrutina se emplea como dato del tiempo de movimiento de abertura de la tenaza

COD: guarda el código de movimiento

*** SUBROUTINAS EMPLEADAS: RETR**

e. SUBROUTINA GIROM

Esta subrutina se encarga de suministrar movimiento y sensado al giro de muñeca. Primeramente verifica si el sensor óptico dispuesto en la muñeca está activado. Si no es así, gira la muñeca hasta que el sensor es activado. En ese momento invierte el giro hasta que el sensor es nuevamente activado, parando entonces el movimiento.

* REGISTROS EMPLEADOS

COD: guarda el código de movimiento

* SUBROUTINAS EMPLEADAS: DBOUNC

f. SUBROUTINAS DE RETRASO

Estas subrutinas generan retrasos de tiempo. Todas se basan en el método de ir decrementando una variable o dos hasta cero. Las subrutinas de retraso de tiempo empleadas son:

DBOUNC: genera un retraso de 2.5 milisegundos

BAJO: genera un retraso de 25 milisegundos

RETR: genera un retraso de 50 milisegundos

g. SUBRUTINA CONADR

Esta subrutina es la encargada de obtener las lecturas analógicas de los sensores, así como de su conversión a valores digitales.

4 RUTINAS DE INTERRUPCION

Las rutinas de interrupción son las que tiene que realizar alguna tarea específica cuando alguno de los pines de interrupción (patas 3 y 18) llega a tener cero volts.

a. RUTINA DE TECLADO KEYSCHN

Después de las rutinas de autoprueba, el microprocesador entra en un estado de espera a interrupción. La interrupción será provocada cuando una de las teclas sea presionada. En ese momento la rutina de interrupción llamada KEYSCHN lee lo que el puerto A tiene en su parte alta. Después de una rutina de espera llamada de DBOUNC la rutina espera hasta que la tecla es soltada. Si el código leído no corresponde al de la tecla de PAUSA o PARO se dá por

terminada la interrupción y se regresa a la siguiente instrucción después de la de espera. En ese momento, con el código leído, se decide cual es la siguiente rutina a realizar.

Pero, si el código corresponde al de PAUSA, entonces el microcontralador entra en otro estado de espera, del que no saldrá sino hasta que se presione otra tecla.

Los códigos para cada una de las teclas son:

Tecla	Código
Rutina de posición de HOME	70 HEX
Rutina de trabajo JOB	80 HEX
PAUSA	D0 HEX
PARO	E0 HEX

*** REGISTROS EMPLEADOS**

RF : guarda el código leído en la rutina de interrupción de teclado.

*** SUBRUTINAS**

DBOUNC : esta rutina provoca un retardo de 2.5 milisegundos

b. RUTINA DE INTERRUPCION DE SWITCHES ITIM

Esta rutina es la encargada de sensar si alguno de los switches de límite de área de acción es activado. Sólo los movimientos de cintura y de levantamiento de brazo cuentan con estos switches.

Cuando algún switch es activado, la subrutina pára inmediatamente el motor en función. Después lee el código de movimiento y lo modifica, modificádo así también el sentido de movimiento de la articulación. En ese momento acciona el motor correspondiente, esperando a que el switch deje de ser pisado. Cuando ésto sucede, la subrutina de interrupción termina.

*** REGISTROS EMPLEADOS**

COD: guarda el código de movimiento

SW: se emplea como bandera

*** SUBRUTINAS EMPLEADAS: RETR**

5 DIAGRAMAS DE FLUJO

A continuación se presentan los diagramas de flujo de los programas elaborados.

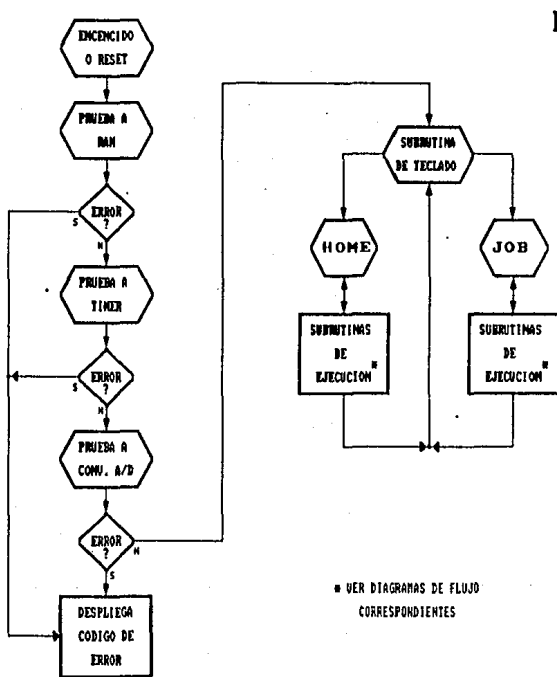
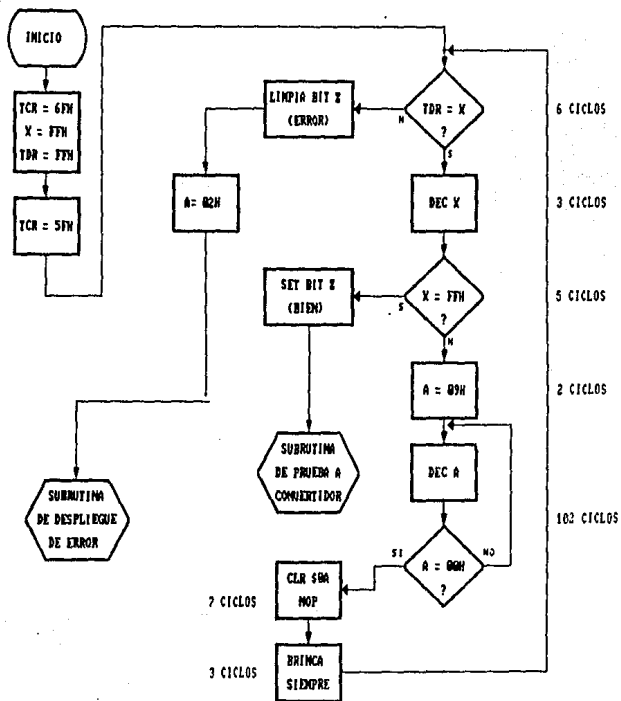


FIG. III-D-1

ROUTINA DE PRUEBA A TIMER



TOTAL = 128 CICLOS

FIG. III-D-2

RUTINA DE PRUEBA A RAM

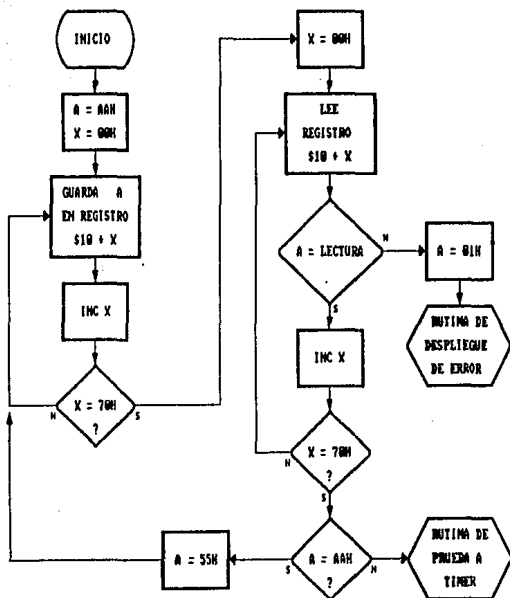
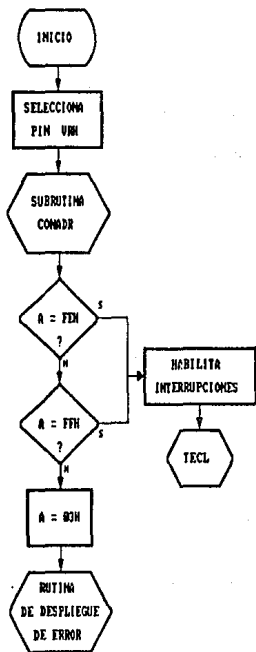


FIG. III-D-3

RUTINA DE PRUEBA A CONVERTIDOR A/D



RUTINA DE DESPLIEGADO DE ERROR

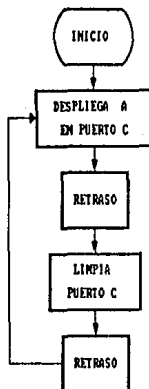


FIG. III-D-4

SUBROUTINA SINSH

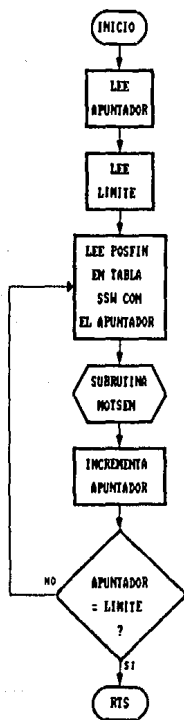


FIG. III-D-5

RUTINA JOB

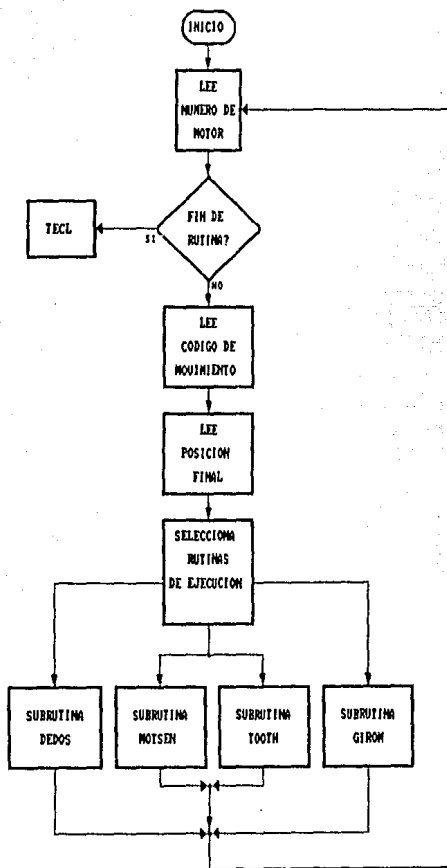


FIG. III-D-6

RUTINA HOME

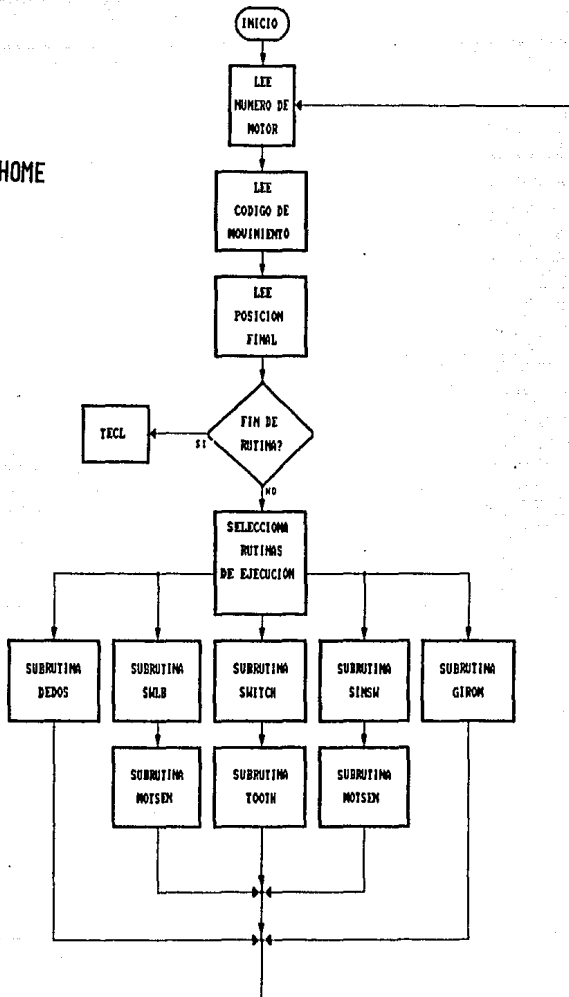


FIG. III-D-7

RUTINA DE TECLADO

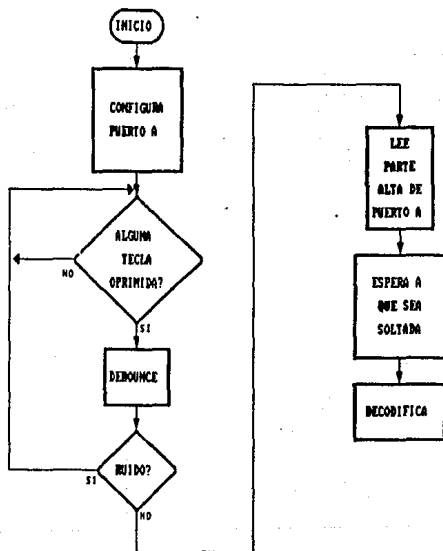
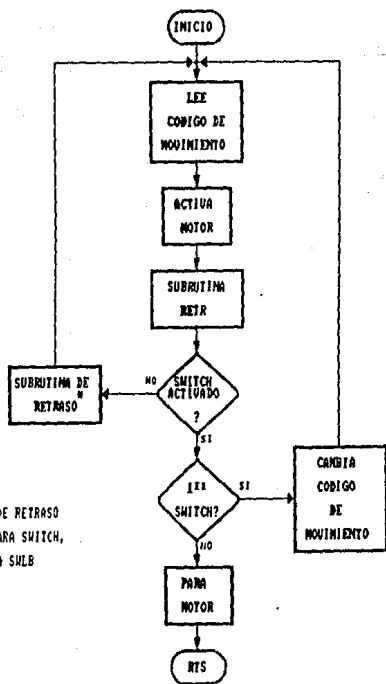


FIG. 111-D-8

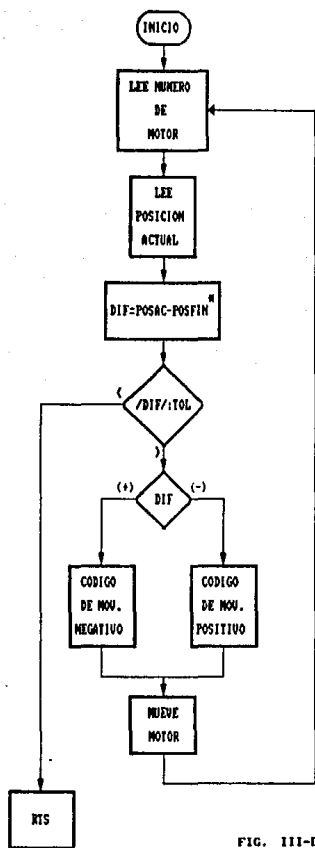
SUBROUTINAS SWITCH Y SWLB



* LA SUBROUTINA DE RETRASO
ES (RETR) PARA SWITCH,
Y (BAJO) PARA SWLB

FIG. III-D-9

SUBROUTINA MOTSEN



* POSAC = POSICION ACTUAL DE ARTICULACION
 POSFIN= POSICION FINAL A LA QUE DEBE LLEGAR LA ARTICULACION

FIG. III-D-10

SUBROUTINA DEDOS

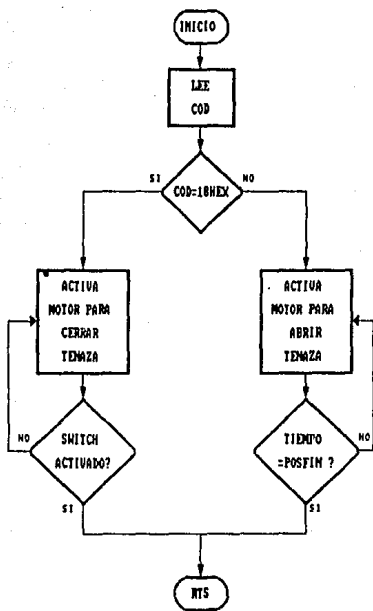


FIG. III-D-11

SUBROUTINA TOOTH

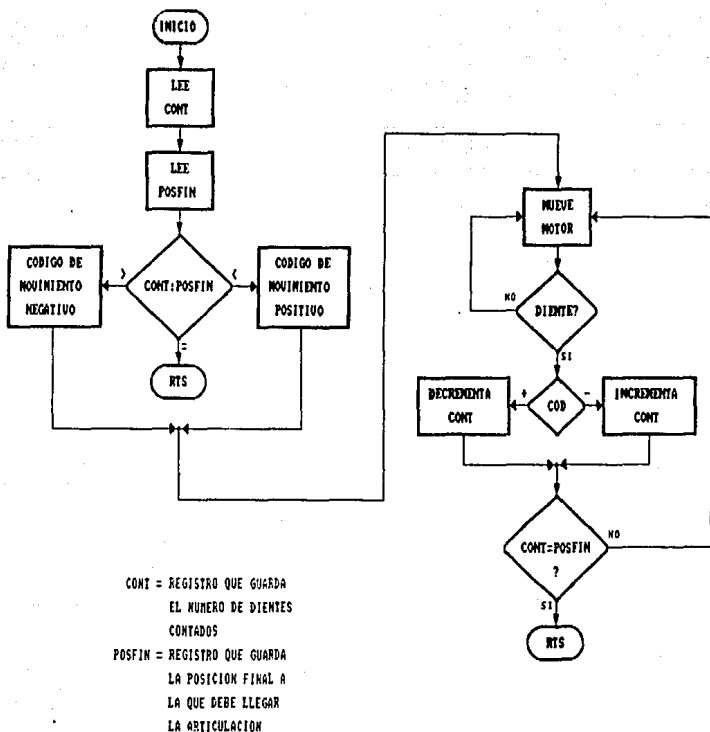


FIG. 111-D-12

SUBROUTINA GIROM

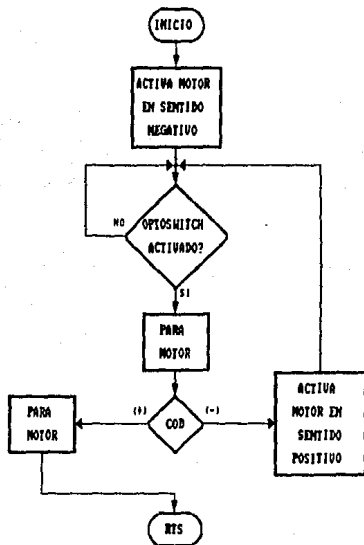
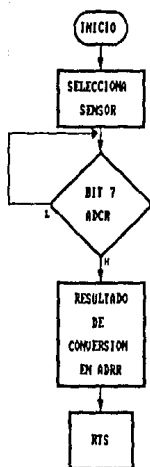


FIG. III-D-13

SUBROUTINA CONADR

SUBROUTINA RETR



AOCR = REGISTRO DE CONTROL
DEL CONVERTIDOR A/D

ADDR = REGISTRO DE RESULTADO
DEL CONVERSION A/D

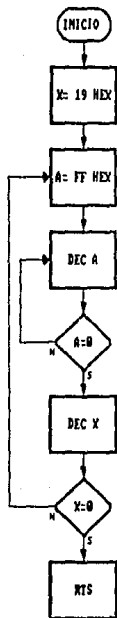


FIG. III-D-14

CAPITULO IV

CAPITULO .- IV CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

A FILOSOFIA DEL DESARROLLO DEL PROTOTIPO

En México, por su peculiar avance tecnológico, donde la electrónica moderna aplicada en los antiguos procesos se integra a la producción de hoy, palpa la necesidad de un cambio hacia los procesos automatizados.

Un aspecto importante en la automatización es la robótica, por ser un campo que abre grandes expectativas a la calidad, velocidad y precisión en el maquinado de piezas.

La industria que cuenta entre sus miembros activos de trabajo con un robot obtiene productos de mayor calidad, por la exactitud que tiene al elaborar una pieza y la versatilidad que presenta al cambio en el diseño; por sus características de respuesta rápida, repetitividad, mayor tiempo de trabajo, capacidad de realimentación y optimización de tiempo de proceso, es un rápido y preciso obrero.

De las tres configuraciones de robot presentadas, la de mayor versatilidad de movimientos es la del brazo articulado-esférico. Considerando este aspecto como fundamental para nuestro diseño se tomó en cuenta un prototipo con seis grados de libertad pues es el

que aproxima la mayor parte de los movimientos realizados por un humano (hombro, cintura, codo y manipulador) para un adecuado manejo de piezas.

Actualmente se cuenta en el mercado con una gran variedad de dispositivos electrónicos para el control de sistemas entre los que se encuentran los microcontroladores componentes en los que se tiene una serie de elementos en un solo integrado (CPU, memoria ROM, memoria EPROM, memoria RAM, reloj, convertidor analógico/digital, PLL y puertos de entrada y salida de datos), lo que reduce el riesgo de la incompatibilidad de señales, fallas en las conexiones, sensibilidad al ruido, así como el manejo de una gran circuitería eléctrica y errores en el manejo de datos, conceptos frecuentes en los sistemas de lógica discreta.

El uso de un microcontrolador facilita el control de un sistema y los problemas de mantenimiento especializado e inversión para la investigación se ven suavizados por la simpleza de manejo de estos sistemas comparados con la lógica discreta. El problema de el costo inicial de los sistemas de lazo cerrado también se ve beneficiado con los microcontroladores pues un diseño de controlador con estos es muchas veces más económico que el de un sistema donde se utiliza una computadora.

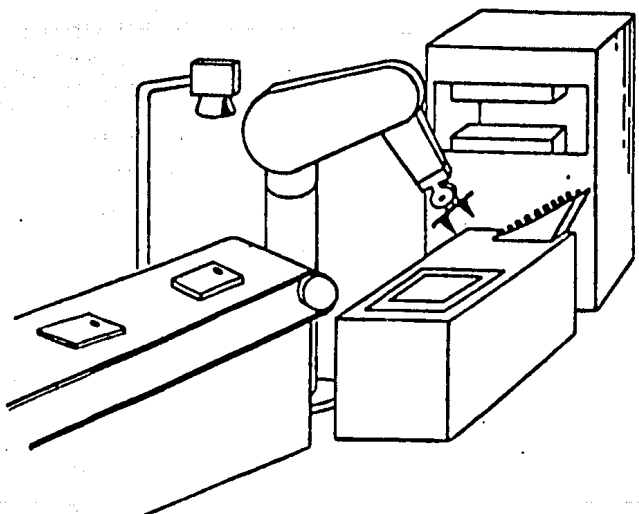


FIG. IV-A-1 PROCESO DE PRODUCCION AUTOMATIZADO CON UN ROBOT

En seguida se presentan dos tablas en las cuales se comparan diversos factores de los sistemas eléctrico, hidráulico y neumático, y de esta forma tener más elementos para una evaluación objetiva del sistema que nos convenia utilizar.

Factor	Eléctrico	Hidráulico	Neumático
Sistema Básico	Motora de Estado sólido, Amplificadores de Potencia, Motores de CD o CA, Cajas de engranes, Articulaciones, Disipadores	Bombas, Depósitos de Fluido, Reguladores (Presión, temperatura, flujo), Filtros, Intercambiadores de calor, Servo-válvulas, Motores, Actuadores y Acumuladores.	Compresor, Enfriadores de agua, Controladores de presión, Filtros Secadores, Válvulas Actuadores, Silenciadores.
Fluido de trabajo	Electricidad	Base aceite de alta calidad con aditivos. Soluciones base agua, líquidos sintéticos.	Aire, Nitrógeno, Productos de combustión.
Eficiencia	Arriba de 90% para sistemas grandes.	Algunas veces 60%.	Algunas veces arriba de 10%.
Susceptibilidad a la contaminación.	Bajo: (Ruido en la línea \pm 10dB) Fácilmente manejable, Ruido de RF fácilmente manejable con blindaje y filtrado.	Alto: Los filtros requieren manejo especial durante el mantenimiento, los procedimientos de limpieza son importantes, las servo-válvulas pueden dañarse fácilmente.	Intermedio: Con menos problemas que el aceite. Las partículas entran fuera antes de llegar a las válvulas, agua y corrosión son un problema.
Relación peso/ fuerza	Bajo. Los motores y transmisión deben ser cuidados por cada sistema.	Ejecelente relación peso/ fuerza	Relativa ligereza, pero bajas presiones reducen intermedia relación peso/ fuerza.
Seguridad de operación.	Esto es el sistema más seguro. Se debe tener cuidado con los choques eléctricos.	La fuga de líquidos inflamables y riesgo de incendio. Chorros de fluido pueden irritar la piel, envenenar la sangre o inflamar los ojos.	Las partículas volátiles de las roturas pueden ser peligrosas. Las explosiones son posibles cuando se encuentra aceite presente (El nitrógeno no es explosivo).

FIG. IV-A-2 TABLA A DE SERVO-SISTEMAS

Factor	Eléctrico	Hidráulico	Neumático
Sensibilidad a la temperatura y disipación de calor.	Baja sensibilidad a la temperatura en el rango de operación pero sobre disipación de calor comparado con el hidráulico.	Alta sensibilidad a la temperatura debido a la viscosidad. Cambios: la expansión térmica diferencial puede causar mal funcionamiento importante. Excelente remoción de calor con intercambiadores de calor remotos.	Baja sensibilidad a la temperatura debido a la viscosidad. La expansión térmica diferencial puede causar mal funcionamiento importante. La remoción de calor normalmente no es un problema desde que los sistemas se ventilan a la atmósfera.
Operación cerca del punto muerto.	Baja potencia de mantenimiento.	Fuera Intermedia con las válvulas cerradas (menos del 10%) Alta con las válvulas centrales abiertas (80%).	Alta potencia de fuera cerca del punto muerto (26%). Alta con las válvulas centrales abiertas (más del 100%).
Potencia de entrada	24 Volts a 460 Volts	50-50000 PSI	5-500 PSI
Susceptibilidad a la variación de carga	La fricción puede causar pequeños a intermedios errores de mantenimiento de estado.	La fricción puede causar pequeños a intermedios errores de mantenimiento de estado.	La fricción puede causar grandes errores de mantenimiento de estado.
Disponibilidad de componentes	Prevalente e incrementándose	Excelente e incrementándose	Pobre
Flexibilidad al sistema	Patenteable flexibilidad del sistema depende de los conceptos de reducción de velocidad.	El sistema más ágil, sistema de mayor respuesta para grandes cargas.	Sistema muy suave

FIG. IV-A-3 TABLA B DE SERVO-SISTEMAS

Como se vió en las tablas anteriores el sistema eléctrico es uno de los mejores. La desventaja de una menor relación peso/fuerza comparada con la del sistema hidráulico se ve compensada por su alta eficiencia y seguridad de operación, además de ser más flexible al manejo de piezas en los procesos de maquinado y este es uno de los objetivos del desarrollo de este prototipo.

Existen en el mercado una amplia variedad de configuraciones de robots. Tomando en cuenta como características fundamentales para nuestro diseño la versatilidad, la capacidad de realimentación y el control total de los movimientos, se desarrollo un prototipo de robot con configuración brazo mecánico esférico, de seis grados de libertad. Por otro lado, dado el desarrollo de los componentes electrónicos actuales, se implementó un sistema electrónico-mecánico, con objeto de aprovechar las ventajas de un microcontrolador como el MCU 68705R3.

- Bajo costo
- Alta precisión
- Facilidad de manejo de la información
- Control sencillo
- Buena velocidad
- Posibilidad de expansión
- Integración en un sólo componente de elemetos tales como un convertidor A/D, multiplexor, etc. Facilitan el manejo de la información de sensado.

Otro factor importante en este diseño es el de los elementos encargados de transformar la lógica establecida en los dispositivos electrónicos, a los movimientos a efectuar requeridos por un usuario, siendo estos los actuadores.

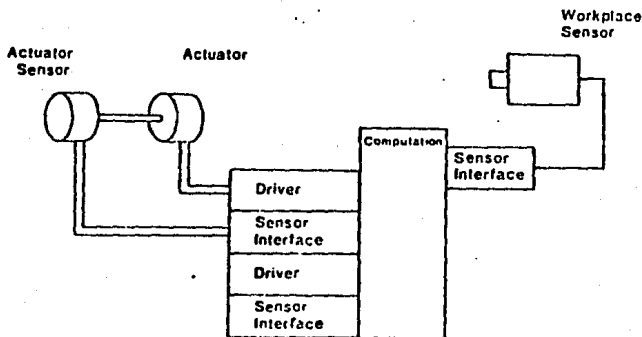


FIG. IV-A-4 ESQUEMA DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ROBOT

Debido a su costo relativamente bajo y a sus características dimensionales y funcionales, se escogió el tipo de motor de corriente directa. Se tendría un sistema transmisión y de control más confiable utilizando motores de pasos, pero el costo de estos elevaría el costo total del prototipo, por lo que se determinó el uso de un motor de C.D. para cada movimiento.

Los elementos que efectúan la interpretación de parámetros de posición con objeto de tomar acciones de control, son los transductores de posición del tipo reostático, microswitches y dispositivos electro-ópticos. En el sensado de hombro, codo y levantamiento de muñeca, se utilizarán transductores reostáticos ya que su interpretación de la posición de estas partes es lo suficientemente precisa y continua para ser leída por el sistema digital, además de ser baratos y adecuarse a las características de forma y dimensiones de estas partes.

Los microswitches utilizados en este diseño cumplieron dos objetivos, por un lado se utilizaron como sensores del movimiento cuerpo-base y detectando la forma del diente, se pudieron contar pulsos que con un manejo de software se identifica la posición plenamente, Además con estos se pudo determinar un sistema de establecimiento de límites de trayectoria, siendo esto importante para las rutinas de autoprueba y control del robot.

Con la ayuda de elementos opto-electrónicos se controló la posición del giro del manipulador, pues de las opciones disponibles para acoplar el transductor a la geometría y dimensiones de este elemento, fue el mejor adaptado a nuestros requerimientos.

Ya establecido el panorama de los componentes básicos, es lógico deducir que se trata de un sistema de lazo cerrado, además de ser un sistema de control punto a punto donde se utiliza un programa de desplazamiento ideal donde se acciona cada actuador de forma lógica y secuencial, realimentando en forma continua para así obtener:

- Alta capacidad de control
- Facilidad para cambiar el programa de movimientos
- Confiabilidad en el posicionamiento
- Bajo costo de mantenimiento

Un aspecto importante a tratar del diseño de este prototipo la versatilidad de la fuente de alimentación pues por su bajo consumo de potencia y valores nominales de 5 [Volts] para el sistema digital y de 12 [Volts] para los actuadores, se puede manejar un diseño de fuente con transformador de 5 [Volts] a 1 [Ampere] para la electrónica digital y un transformador de 12 [Volts] a 6 [Amperes] para los motores, o bien utilizar baterías

lo que añadiría portabilidad a sus características.

Como se mencionó la estructura está fabricada con materiales resistentes, ligeros, disponibles y económicos; Los motores son de baja potencia y el tipo de sistema de control confiable y versátil crean un prototipo ideal para el manejo de piezas.

De los diversos tipos de manipuladores comerciales el que más se adecúa al manejo de piezas para su maquinado es el manipulador tipo griper o pinza, y las dimensiones de este se determinaron con base en el concepto de maquinado de piezas de diámetro no mayor de 3 pulgadas.

1. DIAGRAMA GENERAL

En la siguiente figura, se presenta el diagrama de bloques general del robot, además en la figura IV-A-6 el diagrama electrónico general, y posteriormente el listado de los componentes utilizados en el circuito electrónico.

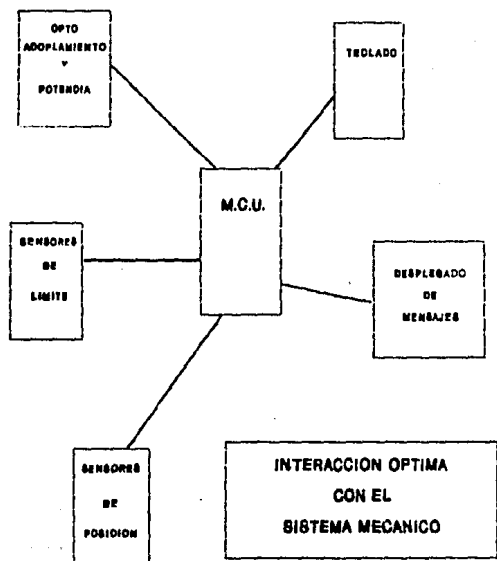


FIG. IV-A-5 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONTROLADOR DEL ROBOT

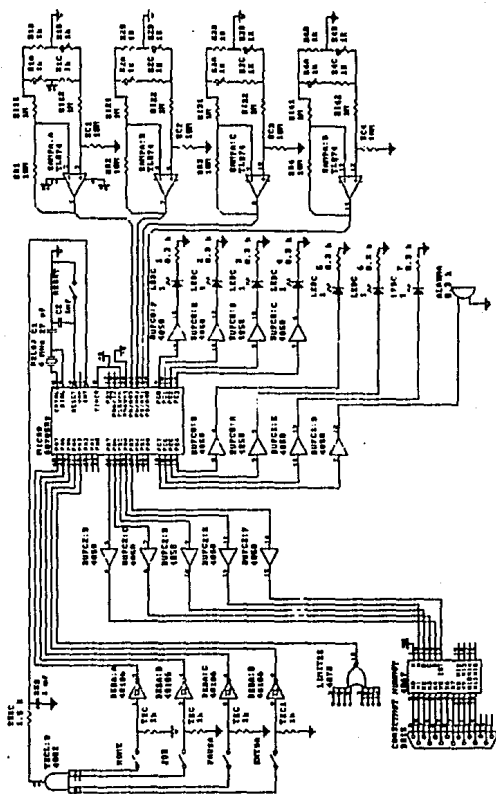


FIG. IV-A-6 DIAGRAMA ELECTRONICO GENERAL DEL ROBOT

2 LISTADO DE COMPONENTES

1	MCU 68705R3S		
2	MUX 4067		
3	TC 4050 BP		
1	MM 7414		
1	CD 4042		
1	MC 14078		
1	TL 074		
2	TC 4049 BP		
12	4N35		
6	TIP 145		
6	TIP 140		
1	CRISTAL DE CUARZO 4 MHz		
9	LÉDS		
1	LED INFRARROJO		
1	OPTOSENSOR		
12	MICRO SWITCHES		
3	POTENCIOMETROS	330	ohms
4	TRIMPOTS		
8	RESISTENCIAS	330	ohms
37	RESISTENCIAS	1 K	ohms
2	RESISTENCIAS	1.2 K	ohms
12	RESISTENCIAS	1.5 K	ohms
18	RESISTENCIAS	10 K	ohms
4	RESISTENCIAS	120 K	ohms
4	RESISTENCIAS	1.2 M	ohms
8	RESISTENCIAS	1 M	ohms
4	CAPACITORES	1.	μ F
1	CAPACITOR	1	pF
1	CAPACITOR	27	pF

B EVALUACION Y PRUEBAS

Este sistema fue propuesto para que fuera capaz de ubicar, sujetar y transportar de manera precisa piezas mecánicas en un ámbito industrial, por lo que debe tener ciertos parámetros que aseguren el logro del objetivo propuesto. Estos parámetros deben adecuarse a las características de la tarea para la cual va a ser utilizado. para lo cual su evaluación se divide en dos tipos de pruebas:

- Pruebas internas
- Pruebas externas

El primer tipo de pruebas se refieren a la evaluación que realiza el mismo sistema con objeto de captar, ubicar e identificar cada uno de los componentes de este sistema. Con esto se logra que en el momento de que alguno de dichos componentes falle, sea detectado por la parte inteligente del sistema y el usuario pueda ser informado de ella. Estas pruebas se realizan por medio de algoritmos previamente establecidos en la memoria de la parte inteligente del sistema con los parámetros requeridos para efectuar esta tarea.

Por lo que toca al segundo tipo de pruebas, se refieren al la evaluación del comportamiento del sistema bajo esquemas y parámetros externos previamente establecidos tales como:

- Movimiento
- Condiciones ambientales
 - .Ruido
 - .Humedad
 - .Temperatura
- Repetitividad
- Manejabilidad
- Capacidad

Estos parámetros darán la pauta para poder establecer y especificar las características que rigen a este sistema y así poder garantizar el correcto funcionamiento de éste.

Así, las pruebas efectuadas y los resultados obtenidos se muestran a continuación:

	ESPERADO	OBTENIDO
- Movimiento		
.Cintura	180°	228°
.Hombro	130°	140°
.Codo	180°	110°
.Lev. muñeca	180°	165°
.Giro muñeca	360°	360°
.Pinza	14cm	13.5cm
-Repetitividad		
.Cadera	100%	90%
.Hombro	100%	89%
.Codo	100%	88%
.Lev. muñeca	100%	90%
.Giro muñeca	100%	83%
.Pinza	100%	91%

- Condiciones ambientales

.Temperatura 10 a 40°C OK

- Capacidad

5 Kg 7 Kg

Por los resultados obtenidos, se puede observar que de una forma muy aproximada a lo que inicialmente se estimó, el comportamiento del sistema es bueno. Las desviaciones que se obtuvieron de los resultados esperados se deben a factores que conciernen a la fabricación y construcción de las partes que componen al sistema, sobre todo en la parte mecánica, en donde la fricción juega un papel muy importante que influye en gran medida a obtener las desviaciones mencionadas.

Lo anterior no quiere decir que el sistema no trabaje adecuadamente, sino que puede ser optimizado mediante el empleo de partes correctamente maquinadas y quizá cambiando los tipos de actuadores en cuanto a su configuración se refiere.

Como concepto, se tiene que el sistema desempeña en forma correcta las labores para lo cual fué diseñado.

C SISTEMAS DE AUTOPRUEBA

Los sistemas de autoprueba se implementaron para que cualquier problema existente en el microcontrolador fuera detectado por él mismo antes de cualquier intento de mover al robot.

Las rutinas de autoprueba son hechas en tres zonas del microcontrolador:

- 1) Zona de memoria RAM
- 2) TIMER
- 3) Convertidor A/D

Si algún problema es detectado en cualquiera de estas tres zonas, el programa nos mandará directamente a una rutina de desplegado de error y no permitirá que ninguna otra función sea realizada.

La rutina de desplegado tiene como misión encender LEDs en forma intermitente en el panel de control, parpadeando el o los LEDs correspondientes a la zona con error.

Si ningún error es detectado, se encenderá el LED de teclado, indicando esto que el microcontrolador espera a que se le diga cuando debe comenzar la rutina siguiente.

La siguiente rutina que debe ser ejecutada es la de HOME. Esta rutina se encarga de mover cada una de las articulaciones, con el fin de que el operario se dé cuenta la condición mecánica

de cada una de ellas. En esta rutina el microcontrolador no tiene capacidad de reconocer fallas, por lo que el operario deberá vigilar el funcionamiento del robot durante su ejecución. En caso de algún problema mecánico, el operador deberá accionar inmediatamente el botón de reset, apagar al robot y corregir la falla inmediatamente.

En caso de que la rutina de HOME termine sin contratiempos, en el tablero se encenderá el LED de teclado, indicando esto que el micropocesor espera órdenes.

D DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CIRCUITOS IMPRESOS

Una vez hecho el diseño electrónico de cada una de la interfases y la tarjeta principal, se maneja esta información en un paquete de diseño electrónico por computadora llamado Tango y de esta manera crear sus respectivos diagramas de conexiones. (figura IV-D-1, IV-D-2, IV-D-3 y IV-D-4). Con estos diagramas se fabricaron los negativos (figuras IV-D-5, IV-D-6 y IV-D-7) utilizados en el proceso de fotograbado con el cual se obtuvieron los circuitos impresos.



FIG. IV-D-1 DIAGRAMA DE CIRCUITO IMPRESO DE LA TARJETA DE
INTERFASE DE POTENCIA

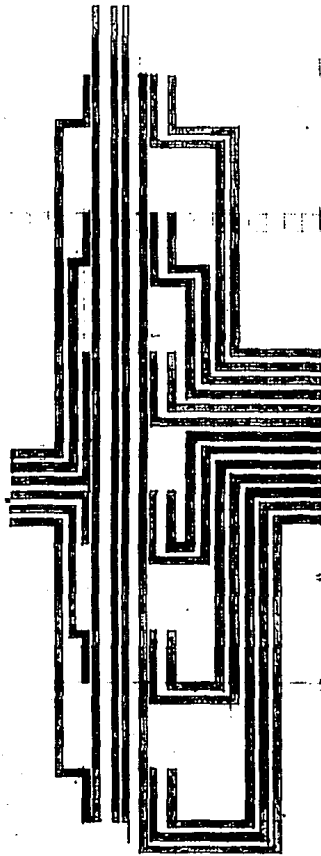


FIG. IV-D-2. DIAGRAMA DE CIRCUITO IMPRESO DE LA TARJETA
DE POTENCIA

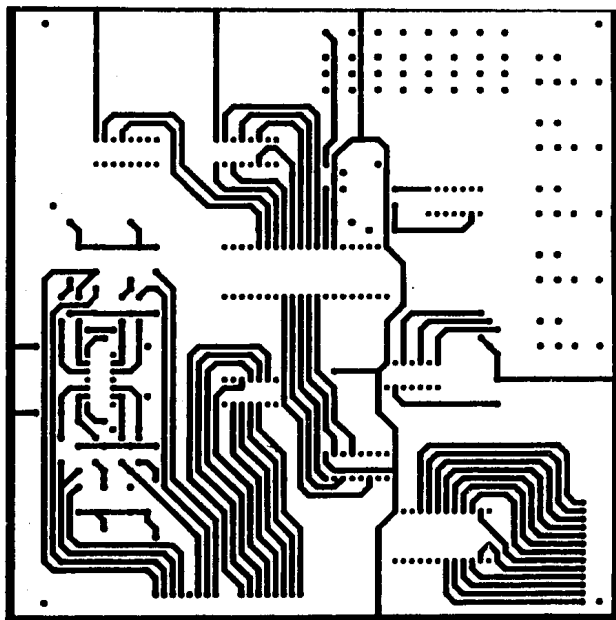


FIG. IV-D-3 DIAGRAMA DEL LADO DE LOS COMPONENTES
DE LA TARJETA PRINCIPAL

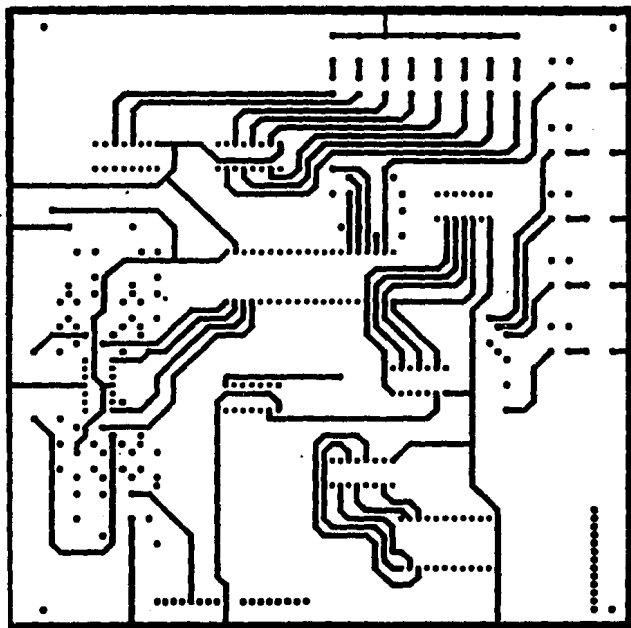


FIG. IV-D-4 DIAGRAMA DEL LADO DE SOLDADO DE SOLDADO
DE LA TARJETA PRINCIPAL

1 PROCESO DE FOTOGABADO

Este proceso es uno de los más demandados en la fabricación de circuitos impresos y consiste básicamente en la sensibilización de la superficie de cobre limpia de la placa. Esta bien puede ser de material fenólico o fibra de vidrio. Primeramente se sensibiliza la placa con una substancia química, que en su presentación comercial tiene el nombre de "fotoresist". Posteriormente se coloca el negativo sobre la placa sensibilizada para someterse a una luz infra-roja durante 10 minutos, tiempo durante el cual se graba el diseño del negativo. Una vez pasado este tiempo se revela la placa en la substancia reveladora del "fotoresist" y posteriormente se sumerge en cloruro férrico al 30% hasta que se observe solo el diseño original.

ELABORACION DE PROGRAMAS DE TRABAJO

Para la elaboración de un programa de trabajo debe contarse previamente con la secuencia de movimientos que el robot debe ejecutar. Esta secuencia de movimientos llevará al robot de una posición inicial a una posición final a través de modificar el estado presente de cada una de las articulaciones del brazo en forma pertinente. El programador debe intuir exáctamente como debe moverse cada articulación para lograr llevar al robot hasta la posición deseada. Debe además recordar que los movimientos de la muñeca no son independientes unos de otros. Por ello debe tomar en cuenta que debe mover estas articulaciones en la siguiente secuencia: levantamiento de muñeca, giro de muñeca y apertura o cerrado de tenaza.

Después de que se tiene la secuencia de movimientos, el programador debe referirse a la tabla siguiente para poder obtener los códigos necesarios relativos a cada movimiento. Deben considerarse cuidadosamente los límites de área de acción para no rebasarlos y evitar problemas mecánicos y eléctricos.

ARTICULACION	# DE MOTOR	MOVIMIENTO	CODIGO	L.A.A. *	POSICION MEDIA
GIRO DE MUÑECA	00	IZQUIERDA	08 HEX		
		DERECHA	10 HEX		
TENAZA	1	CIERRE	18 HEX		
		APERTURA	20 HEX		
LEVANTAMIENTO DE MUÑECA	02	BAJAR	28 HEX	25 HEX	6C HEX
		SUBIR	30 HEX	95 HEX	
CODO	03	IZQUIERDA	38 HEX	43 HEX	84 HEX
		DERECHA	40 HEX	83 HEX	
HOMBRO	04	BAJAR	48 HEX	73 HEX	81 HEX
		SUBIR	50 HEX	95 HEX	
CINTURA	05	IZQUIERDA	58 HEX	00 HEX	48 HEX
		DERECHA	60 HEX	86 HEX	

* LIMITE DE AREA DE ACCION

IV. TABLA DE FUNCIONES Y CODIGOS

Los códigos del programa tienen que ser introducidos en el mapa de memoria del microprocesador, empezando en la localidad \$E40.

Para las articulaciones de levantamiento de muñeca, codo, hombro y cintura, son necesarios tres datos de esta tabla. La secuencia en que deben ser acomodados estos datos es la siguiente:

- 1) Número de motor
- 2) Código de movimiento
- 3) Posición final de la articulación

Con el número de motor le indicamos al micropocesor que articulación queremos mover; con el código de movimiento le indicamos que movimiento específico debe realizar esa articulación; con la posición final le indicamos a dónde queremos que llegue la articulación dentro de su área de acción. El valor de la posición final en función del ángulo de la articulación con respecto a una articulación anterior, puede ser obtenido de la siguiente manera:

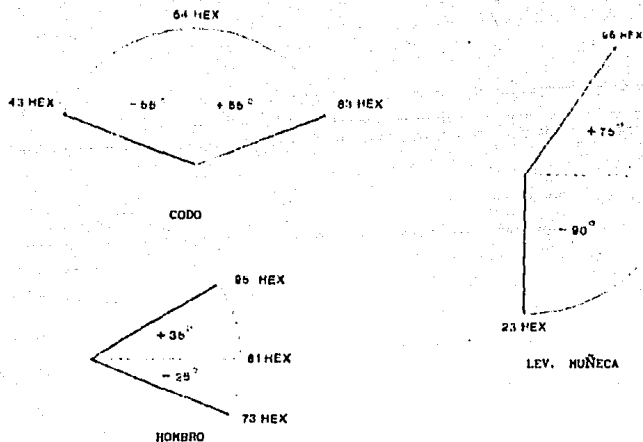
- Se obtiene un dato previo con el ángulo deseado de la articulación empleando la siguiente fórmula:

$$\text{dato previo} = 0.5637 * \text{ángulo} + B$$

El ángulo, indicado en grados, puede ser positivo o negativo, dependiendo del sentido de movimiento elegido (ver diagramas de límite de área). B es una constante que depende del movimiento a ejecutar. En la siguiente tabla se muestra el valor de B para cada movimiento.

ARTICULACION	B (GRADOS)
HOMBRO	130
CODO	101
LEV. MUÑECA	109

TABLA DE VALORES DE B PARA CADA ARTICULACION



LIMITES DE AREA DE ACCION PARA ARTICULACIONES DE
HOMBRO, CODO, Y LEVANTAMIENTO DE MUÑECA

Este dato previo obtenido debe ser convertido a hexadecimal para poder ser incluido en el programa como posición final.

Para la articulación de apertura o cerrado de tenaza, el dato de posición final debe ser sustituido por un tiempo de apertura expresado en hexadecimal. Este tiempo de apertura se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{DATO DE APERTURA} = \text{TIEMPO DE APERTURA} / 34 \text{ msec}$$

Este dato tiene que ser convertido a hexadecimal para poder ser incluido en el programa.

El movimiento de cerrado es interrumpido por sensores colocados en la tenaza.

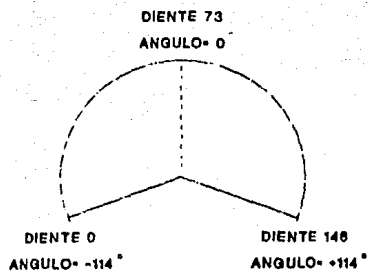
Para el movimiento de giro de muñeca se tiene control solamente en dos posiciones del giro, por lo que también para este movimiento, el dato de posición final debe ser un tiempo de movimiento, el que se calcula de la misma manera en que se calculó el de apertura de tenaza.

Para el movimiento de cintura, el dato de posición final corresponde al número de dientes (convertido a hexadecimal) que el sensor tiene que contar para que el brazo alcance la posición deseada. El número de dientes se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{No. de dientes} = 0.6388 (\text{ángulo}) + 73$$

El ángulo debe ser indicado en grados, pudiendo ser positivo o negativo, dependiendo de la posición a la que se quiera llegar. Debe tenerse cuidado de no pasar los límites de acción de área del engrane de la cintura, de lo contrario se tendrán problemas con el sensado de los dientes.

A continuación se presenta un diagrama del límite de área para el movimiento de cintura.



LIMITES DE AREA DE ACCION PARA MOVIMIENTO DE CINTURA

Así, a manera de ejemplo presentamos a continuación una tabla con los datos necesarios para crear una secuencia de trabajo:

SECUENCIA	CODIGOS
CINTURA	05
IZQUIERDA	58
DIENTE 30	1E
HOMBRO	02
ARRIBA	30
90°	6C
TENAZA	01
CERRAR	18
DON'T CARE	00
CINTURA	05
DERECHA	60
DIENTE 130	81
HOMBRO	04
ABAJO	48
LIMITE INFERIOR	75
LEV. MUÑECA	02
ABAJO	28
35°	30
TENAZA	01
ABRIR	20
TIEMPO=1.5 SEG.	2A
HOMBRO	04
ARRIBA	50
90°	81
FIN	FF

HOJAS TECNICAS DE CIRCUITOS ELECTRONICOS UTILIZADOS



B SUFFIX SERIES CMOS GATES

The B Suffix Series gates are constructed with P-channel enhancement type MOSFETs and are available in both the standard Complementary MOS (CMOS) configuration and a low power output or push-pull configuration (B suffix).

- Available in 14-pin, 16-pin and 20-pin packages
- Available in 5V and 3V versions
- Capable of Driving Two Low power TTL Loads or One Low power Schottky TTL Load Over the Full Temperature Range
- Available in both 100ns and 20ns propagation delay versions
- All gates are guaranteed to meet the following L14000 Series B Specifications



14 PIN
CMOS GATE



16 PIN
CMOS GATE

ORDERING INFORMATION

MAXIMUM RATINGS*

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	Supply Voltage	0 to 5.0	V
V_{OL}	Output Voltage	0 to 0.5	V
V_{OH}	Output Voltage	4.5 to 5.0	V
V_{IN}	Input Voltage	0 to 5.0	V
V_{OUT}	Output Voltage	0 to 5.0	V
I_{DD}	Supply Current	0 to 10	mA
I_{OL}	Output Current	0 to 10	mA
I_{OH}	Output Current	0 to 10	mA
T_{STG}	Storage Temperature	-55 to 125	°C
T_{OP}	Operating Temperature	-55 to 125	°C
T_{J}	Junction Temperature	-55 to 125	°C

*Maximum ratings are absolute maximum values. Recommended operating conditions should be followed. Exceeding these ratings may cause permanent damage to the device. Stresses above these ratings may shorten device life expectancy. Recommended operating conditions are those which ensure reliable operation of the device.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static charges or electric fields. However, precautions must be taken in your application of any voltage higher than maximum rated voltage to this high impedance input. For proper operation, V_{DD} and V_{OUT} should be constrained to the range $V_{SS} + V_{IN}$ or $V_{OUT} + V_{DD}$. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

MC14001B
Quad 2-Input NOR Gate

MC14002B
Dual 4-Input NOR Gate

MC14011B
Quad 2-Input NAND Gate

MC14012B
Dual 4-Input NAND Gate

MC14023B
Triple 3-Input NAND Gate

MC14025B
Triple 3-Input NOR Gate

MC14068B
8-Input NAND Gate

MC14071B
Quad 2-Input OR Gate

MC14072B
Dual 4-Input OR Gate

MC14073B
Triple 3-Input AND Gate

MC14075B
Triple 3-Input OR Gate

MC14078B
8-Input NOR Gate

MC14081B
Quad 2-Input AND Gate

MC14082B
Dual 4-Input AND Gate

CMOS SSI

(LOW POWER COMPLEMENTARY MOS)

B SERIES GATES

CMOS B-SERIES GATES

B SERIES GATE SWITCHING TIMES

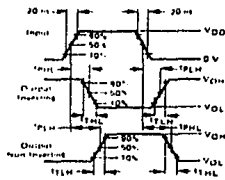
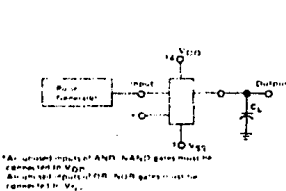
SWITCHING CHARACTERISTICS* $C_L = 50$ pF, $I_A = 25$ μ A

Characteristic	Symbol	VDD Volts	Min	Typ #	Max	Unit
Output Rise Time: All B-Series Gates	t_{rHL}	5.0	—	100	200	ns
$t_{rHL} = 0.35$ ns/pF $C_L = 50$ ns		10	—	50	100	
$t_{rHL} = 0.60$ ns/pF $C_L = 20$ ns		15	—	40	80	
Output Fall Time: All B-Series Gates	t_{fHL}	5.0	—	100	200	ns
$t_{fHL} = 0.35$ ns/pF $C_L = 20$ ns		10	—	50	100	
$t_{fHL} = 0.60$ ns/pF $C_L = 20$ ns		15	—	40	80	
Propagation Delay: 1 ms	t_{PLH} , t_{PHL}					ns
MC14018 only						
t_{PLH} , $t_{PHL} = 0.90$ ns/pF $C_L = 80$ ns		5.0	—	124	250	
t_{PLH} , $t_{PHL} = 0.35$ ns/pF $C_L = 32$ ns		10	—	50	100	
t_{PLH} , $t_{PHL} = 0.75$ ns/pF $C_L = 22$ ns		15	—	40	80	
All 73mm 2-1 and 6 Input Gates						
t_{PLH} , $t_{PHL} = 0.90$ ns/pF $C_L = 115$ ns		5.0	—	160	300	
t_{PLH} , $t_{PHL} = 0.35$ ns/pF $C_L = 47$ ns		10	—	65	130	
t_{PLH} , $t_{PHL} = 0.75$ ns/pF $C_L = 32$ ns		15	—	50	100	
B Input Gates: MC14058B, MC14078B						
t_{PLH} , $t_{PHL} = 0.90$ ns/pF $C_L = 155$ ns		5.0	—	200	350	
t_{PLH} , $t_{PHL} = 0.35$ ns/pF $C_L = 62$ ns		10	—	80	150	
t_{PLH} , $t_{PHL} = 0.75$ ns/pF $C_L = 47$ ns		15	—	60	110	

*Fig. 1 shows waveforms for the typical characteristics only at 25°C.

Digital loaded. Typ. # not to be used for design purposes but is included as an indication of the IC's performance.

FIGURE 1 - SWITCHING TIME TEST CIRCUIT AND WAVEFORMS



MC14049UB
MC14050B



HEX BUFFERS

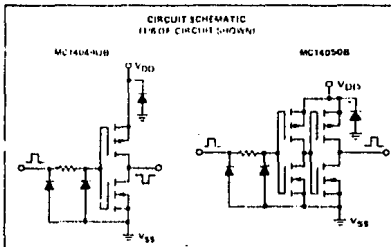
The MC14049UB hex inverter buffer and MC14050B non-inverting hex buffer are constructed with MOS P channel and N channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. These complementary MOS devices find primary use where low power dissipation and/or high noise immunity is desired. These devices provide logic level conversion using only one supply voltage V_{DD} . The input signal high level (V_{IH}) can exceed the V_{DD} supply voltage for logic level conversions. Two TTL-DTL loads can be driven when the devices are used as CMOS to TTL converters. $I_{VDD} = 5.0$ V, $V_{OL} < 0.4$ V, $I_{OL} > 3.2$ mA. Note that pins 13 and 16 are not connected internally on these devices, consequently connections to these terminals will not affect circuit operation.

- High Source and Sink Currents
- High to Low Level Converter
- Supply Voltage Range = 3.0 V to 18 V
- Meets JEDEC UB Specifications - MC14049UB
- Meets JEDEC B Specifications - MC14050B
- V_{IH} can exceed V_{DD}

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})		
Symbol	Parameter	Value
V_{DD}	DC Supply Voltage	0 to +18.0 V
V_{in}	Input Voltage (DC or Transient)	-0.5 to +18.0 V
V_{out}	Output Voltage (DC or Transient)	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$ V
I_{in}	Input Current (DC or Transient) per Pin	110 mA
I_{out}	Output Current (DC or Transient) per Pin	48 mA
T_{stg}	Storage Temperature	-55 to +150 °C
T_L	Lead Temperature (8 Second Soldering)	260 °C

*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

CIRCUIT SCHEMATIC (TYPICAL CIRCUIT CONNECTION)



MC14049UB
MC14050B

CMOS SSI

(LOW POWER COMPLEMENTARY MOS)

HEX BUFFERS

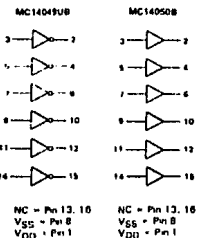
Inverting - MC14049UB
Noninverting - MC14050B



ORDERING INFORMATION

- A Series - 55°C to +125°C
MC14049UB or L16AL (Ceramic Package Only)
- C Series - 40°C to +85°C
MC14049CUP or L16J (Plastic Package)
MC14049C1 or L16L (Ceramic Package)

LOGIC DIAGRAMS



MC14049UB•MC14050B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Typ ^a		25°C			Temp ^a		Unit		
		VDD Vdc	Min	Max	Min	Typ ^b	Max	Min		Max	
Output Voltage V _{in} = VDD or 0	V _{OL}	5.0	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	Vdc	
		10	-	0.06	-	0	0.05	-	0.05	Vdc	
		15	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	Vdc	
V _{in} = 0 or V _{OH}	V _{OHI}	5.0	4.95	-	4.95	5.0	-	4.95	-	Vdc	
		10	9.95	-	9.95	10	-	9.95	-	Vdc	
		15	14.95	-	14.95	15	-	14.95	-	Vdc	
Input Voltage MC14049UB (V _G = 4.5 Vdc) (V _G = 9.0 Vdc) (V _G = 13.5 Vdc)	0 Level	V _{IL}	5.0	-	1.0	-	2.25	1.0	-	1.0	Vdc
			10	-	2.0	-	4.50	2.0	-	2.0	Vdc
			15	-	3.6	-	6.75	3.6	-	3.6	Vdc
	1 Level	V _{IH}	5.0	4.0	-	4.0	2.75	-	4.0	-	Vdc
			10	8.0	-	8.0	5.50	-	8.0	-	Vdc
			15	12.5	-	12.5	8.25	-	12.5	-	Vdc
Input Voltage MC14050B (V _G = 0.5 Vdc) (V _G = 1.0 Vdc) (V _G = 1.5 Vdc)	0 Level	V _{IL}	5.0	-	1.5	-	2.75	1.5	-	1.5	Vdc
			10	-	3.0	-	5.50	3.0	-	3.0	Vdc
			15	-	4.5	-	8.25	4.5	-	4.5	Vdc
	1 Level	V _{IH}	5.0	3.5	-	3.5	2.75	-	3.5	-	Vdc
			10	7.0	-	7.0	5.50	-	7.0	-	Vdc
			15	11	-	11	8.25	-	11	-	Vdc
Output Drive Current (AL Device)	Source	I _{OH}	5.0	-1.6	-	-1.25	-2.5	-	-0.9	-	mAdc
			10	-1.8	-	-1.3	-2.5	-	-0.9	-	mAdc
			15	-1.7	-	-1.35	-1.0	-	-0.9	-	mAdc
	Sink	I _{OL}	5.0	3.75	-	3.2	4.0	-	2.2	-	mAdc
			10	10	-	8.0	16	-	6.6	-	mAdc
			15	15	-	11	24	-	10	-	mAdc
Output Drive Current (CL/CP Device)	Source	I _{OH}	5.0	-1.5	-	-1.25	2.5	-	-1.0	-	mAdc
			10	-1.5	-	-1.3	2.6	-	-1.0	-	mAdc
			15	-1.5	-	-1.35	2.6	-	-1.0	-	mAdc
	Sink	I _{OL}	5.0	3.6	-	3.2	4.0	-	2.6	-	mAdc
			10	9.6	-	8.0	16	-	6.6	-	mAdc
			15	14.6	-	11	24	-	10	-	mAdc
Input Current (AL Device)	I _{in}	16	-	10.1	-	-0.00001	10.1	-	11.0	μA	
Input Current (CL/CP Device)	I _{in}	16	-	10.3	-	-0.00001	10.3	-	11.0	μA	
Input Capacitance V _{in} = 0	C _{in}	-	-	-	-	10	20	-	-	pF	
Quiescent Current (AL Device) (Per Package)	I _{DD}	5.0	-	1.0	-	0.002	1.0	-	30	μA	
		10	-	2.0	-	0.004	2.0	-	60	μA	
		15	-	3.0	-	0.006	3.0	-	90	μA	
Quiescent Current (CL/CP Device) (Per Package)	I _{DD}	5.0	-	4.0	-	0.002	4.0	-	30	μA	
		10	-	8.0	-	0.004	8.0	-	60	μA	
		15	-	16	-	0.008	16	-	120	μA	
Total Supply Current*** (Dynamic plus Quiescent, Per Package) IC _L 50 pf on all outputs, all buffers switched	I _T	5.0	-	-	I _T = 11.8 μA (H _{OH}) + I _{DD}	-	-	-	-	μA	
		10	-	-	I _T = 13.5 μA (H _{OH}) + I _{DD}	-	-	-	-	μA	
		15	-	-	I _T = 15.3 μA (H _{OH}) + I _{DD}	-	-	-	-	μA	

^aTemp = 55°C for AL Device, 40°C for CL/CP Device
Temp = 125°C for AL Device, 85°C for CL/CP Device

^bData tabulated. Typ. is not to be used for design purposes
but is intended as an indication of the IC's potential performance

**The formulae given are for the typical characteristics only at 25°C

To calculate total supply current at loads other than 50 pf

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pf}) + I_C(L - 50) V_L$$

where I_T = μA (per package), C_L in pF, V_L = (VDD - V_{OL}) in volts,
f in kHz is input frequency and α = 0.002

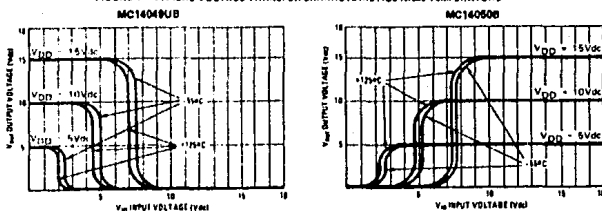
MC14049UB•MC14050B

SWITCHING CHARACTERISTICS* $C_L = 50 \text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	Min	Typ †	Max	Unit
MC14049UB						
Output Rise Time $t_{rLH} = 10.8 \text{ ns/pF } C_L = 60 \text{ ns}$ $t_{rLH} = 10.2 \text{ ns/pF } C_L = 35 \text{ ns}$ $t_{rLH} = 10.27 \text{ ns/pF } C_L = 28.5 \text{ ns}$	t_{rLH}	5.0 10 15	-	100 80 60	180 100 80	ns
Output Fall Time $t_{fHL} = 10.3 \text{ ns/pF } C_L = 28 \text{ ns}$ $t_{fHL} = 10.12 \text{ ns/pF } C_L = 14 \text{ ns}$ $t_{fHL} = 10.1 \text{ ns/pF } C_L = 10 \text{ ns}$	t_{fHL}	5.0 10 15	-	40 20 18	60 40 30	ns
Propagation Delay Time $t_{pLH} = 10.38 \text{ ns/pF } C_L = 61 \text{ ns}$ $t_{pLH} = 10.20 \text{ ns/pF } C_L = 30 \text{ ns}$ $t_{pLH} = 10.11 \text{ ns/pF } C_L = 24.5 \text{ ns}$	t_{pLH}	5.0 10 15	-	80 40 30	120 80 50	ns
Propagation Delay Time $t_{pHL} = 10.38 \text{ ns/pF } C_L = 11 \text{ ns}$ $t_{pHL} = 10.12 \text{ ns/pF } C_L = 8 \text{ ns}$ $t_{pHL} = 10.11 \text{ ns/pF } C_L = 4.8 \text{ ns}$	t_{pHL}	5.0 10 15	-	30 18 10	80 30 20	ns
MC14050B						
Output Rise Time $t_{rLH} = 10.7 \text{ ns/pF } C_L = 65 \text{ ns}$ $t_{rLH} = 10.25 \text{ ns/pF } C_L = 37.8 \text{ ns}$ $t_{rLH} = 10.2 \text{ ns/pF } C_L = 30 \text{ ns}$	t_{rLH}	5.0 10 15	-	100 80 60	180 100 80	ns
Output Fall Time $t_{fHL} = 10.2 \text{ ns/pF } C_L = 30 \text{ ns}$ $t_{fHL} = 10.08 \text{ ns/pF } C_L = 17 \text{ ns}$ $t_{fHL} = 10.04 \text{ ns/pF } C_L = 13 \text{ ns}$	t_{fHL}	5.0 10 15	-	40 20 18	60 40 30	ns
Propagation Delay Time $t_{pLH} = 10.33 \text{ ns/pF } C_L = 62.8 \text{ ns}$ $t_{pLH} = 10.18 \text{ ns/pF } C_L = 30.6 \text{ ns}$ $t_{pLH} = 10.08 \text{ ns/pF } C_L = 27 \text{ ns}$	t_{pLH}	5.0 10 15	-	80 40 30	140 80 60	ns
Propagation Delay Time $t_{pHL} = 10.2 \text{ ns/pF } C_L = 30 \text{ ns}$ $t_{pHL} = 10.1 \text{ ns/pF } C_L = 18 \text{ ns}$ $t_{pHL} = 10.05 \text{ ns/pF } C_L = 12 \text{ ns}$	t_{pHL}	5.0 10 15	-	40 20 18	80 40 30	ns

*The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C
 †Data labeled "Typ" is not to be used for design purposes but is
 intended to an indication of the IC's potential performance

FIGURE 1 - TYPICAL VOLTAGE TRANSFER CHARACTERISTICS versus TEMPERATURE



MC14049UB•MC14050B

FIGURE 2 - TYPICAL OUTPUT SOURCE CHARACTERISTICS

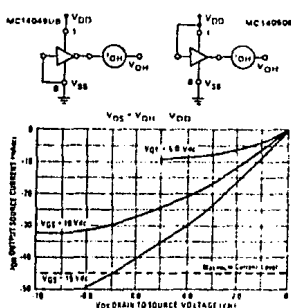
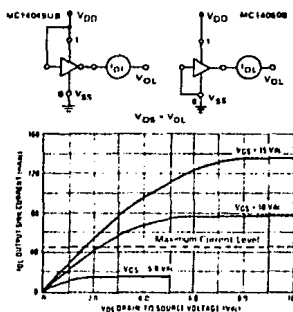
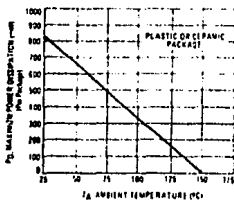
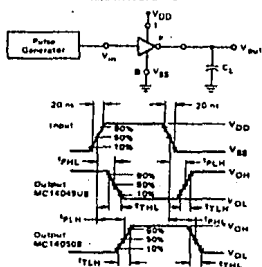


FIGURE 3 - TYPICAL OUTPUT SINK CHARACTERISTICS

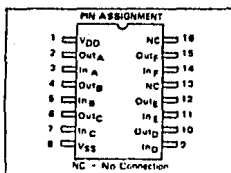
FIGURE 4 - AMBIENT TEMPERATURE
POWER DERATING

This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields referenced to the V_{SS} pin, only. Extra precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than the maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, the ranges $V_{SS} \leq V_{in} \leq 18$ V and $V_{SS} \leq V_{out} \leq V_{DD}$ are recommended.

Unused inputs must always be held to an appropriate logic voltage level (e.g. either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

FIGURE 5 - SWITCHING TIME TEST CIRCUIT
AND WAVEFORMS

① APPLICABLE TO MC14049UB ONLY





MC14067B
MC14097B

ANALOG MULTIPLEXERS/DEMULTIPLEXERS

The MC14067 and MC14097 multiplexers/demultiplexers are digitally controlled analog switches featuring low ON resistance and very low leakage current. These devices can be used in either digital or analog applications.

The MC14067 is a 16-channel multiplexer/demultiplexer with an inhibit and four binary control inputs A, B, C, and D. These control inputs select 1-of-16 channels by turning ON the appropriate analog switch (see MC14067 truth table).

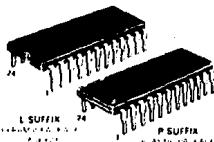
The MC14097 is a differential 8-channel multiplexer/demultiplexer with an inhibit and three binary control inputs A, B, and C. These control inputs select 1 of 8 pairs of channels by turning ON the appropriate analog switches (see MC14097 truth table).

- Low OFF Leakage Current
- Matched Channel Resistance
- Low Quiescent Power Consumption
- Low Crosstalk Between Channels
- Wide Operating Voltage Range: 3 to 18 V
- Low Noise
- Pin for Pin Replacement for CD4067B and CD4097B

CMOS

LOW POWER COMPLEMENTARY MOS

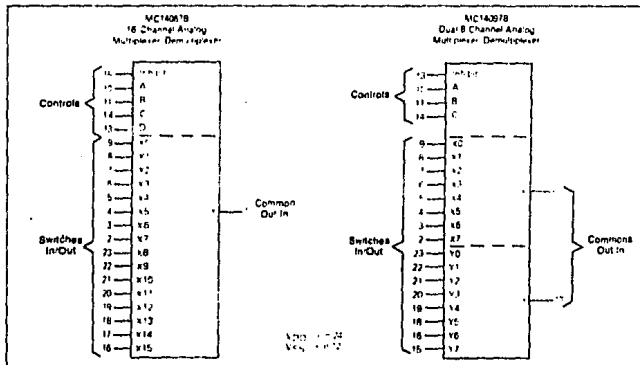
ANALOG MULTIPLEXERS/ DEMULTIPLEXERS



ORDERING INFORMATION

A Series: 55 C to +125 C
MC14067BA (Ceramic Package Only)

C Series: 40 C to +85 C
MC14067BCP (Plastic Package)
MC14067BCL (Ceramic Package)



MC14067B·MC14097B

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage	0 to 18	V
V _{in} , V _{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	0.5 to V _{DD} + 0.5	V
I _{in}	Input Current (DC or Transient) per Control Pin	-10	mA
I _{out}	Source/Sink Current	-25	mA
P _D	Power Dissipation per Parasite	500	mW
T _{stg}	Storage Temperature	85 to -150	°C
T _j	Lead Temperature (10 Second Soldering)	260	°C

*Maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
 †Temperature Derating Plastic P Package - 12mW/°C from 85°C to 85°C
 Ceramic L Package - 12mW/°C from 100°C to 125°C

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to the high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} + (V_{in} or V_{out}) - V_{DD}. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

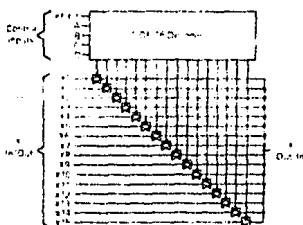
MC14067 TRUTH TABLE

Control Inputs				Selected Channel
A	B	C	INH	
0	0	0	0	X1
0	0	0	1	X2
0	0	1	0	X3
0	0	1	1	X4
0	1	0	0	X5
0	1	0	1	X6
0	1	1	0	X7
0	1	1	1	X8
1	0	0	0	X9
1	0	0	1	X10
1	0	1	0	X11
1	0	1	1	X12
1	1	0	0	X13
1	1	0	1	X14
1	1	1	0	X15
1	1	1	1	X16

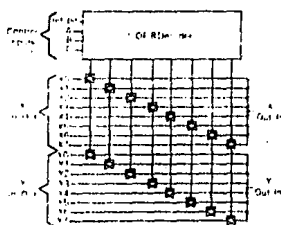
MC14067 TRUTH TABLE

Control Inputs				Selected Channel
A	B	C	INH	
0	0	0	0	X1
0	0	0	1	X2
0	0	1	0	X3
0	0	1	1	X4
0	1	0	0	X5
0	1	0	1	X6
0	1	1	0	X7
0	1	1	1	X8
1	0	0	0	X9
1	0	0	1	X10
1	0	1	0	X11
1	0	1	1	X12
1	1	0	0	X13
1	1	0	1	X14
1	1	1	0	X15
1	1	1	1	X16

MC14067 FUNCTIONAL DIAGRAM



MC14067 FUNCTIONAL DIAGRAM



MC14067B·MC14097B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, I_A = 28 mA)

Characteristic	Symbol	V _{DD} , V _{SS} V _{GS}	Typ *	Max	Unit
Propagation Delay Times Channel Input to Channel Output (t _{PLH} - 50% to 50%) MC14067B	t _{PLH} - t _{PHL} (Figure 3)	5.0	25	80	ns
		10	15	40	
		15	12	30	
MC14097B		5.0	25	85	ns
		10	10	25	
		15	7	15	
Control Input to Channel Output* Channel Turn-On Time (t _{PL1} - 10%) MC14067B 75% [†]	t _{PL1} - t _{PH1} (Figure 4)	5.0	240	600	ns
		10	115	290	
		15	75	190	
Channel Turn-Off Time (t _{PL2} - 100%) MC14067B 95% [†]	t _{PH2} - t _{PL2} (Figure 4)	5.0	250	625	ns
		10	120	300	
		15	75	190	
Any Pair of Address Inputs to Channel* MC14067B	t _{PLH} - t _{PHL}	5.0	280	700	ns
		10	115	290	
		15	85	215	
MC14097B		5.0	250	625	ns
		10	120	290	
		15	75	190	
Second Harmonic Distortion (f _L = 10 kHz, V _{GS} = 1 V _{pp} , V _{GS})	—	10	0.3	—	%
ON Channel Bandwidth (f _L = 1 kHz, V _{GS} = 1.2 (V _{DD} - V _{SS}), V _{GS} p ₁ (f _{max} = 40 kHz)) 20 Log ₁₀ (V _{out} / V _{in}) - 3 dB MC14067B MC14097B	BW	10	15	—	MHz
		10	25	—	
Off Channel Feedthrough Attenuation (f _L = 1 kHz, V _{GS} = 1.2 (V _{DD} - V _{SS}), p ₁ (f _{max} = 40 kHz)) f _{in} = 20 MHz - MC14067B f _{in} = 12 MHz - MC14097B	—	10	-40	—	dB
Channel Rejection (f _L = 1 kHz, V _{GS} = 1.2 (V _{DD} - V _{SS}), p ₁ (f _{max} = 40 kHz)) f _{in} = 20 MHz	—	10	-40	—	dB
Disturbance Control Inputs to Common O ₁ * (f _L = 1 kHz, R _L = 10 kΩ) Control ₁ - t ₁ = 20 ps (10% to 90%) - V _{GS1}	—	10	30	—	mV

*Data tabulated. Typ is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.


MOTOROLA
MC14106B
HEX SCHMITT TRIGGER

The MC14106B hex Schmitt Trigger is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. These devices find primary use where low power dissipation and/or high noise immunity is desired. The MC14106B may be used in place of the MC1406UB hex inverter for enhanced noise immunity or to square up slowly changing waveforms.

- Increased Hysteresis Voltage Over The MC14584B
- Supply Voltage Range - 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Pin-for-Pin Replacement for CD40106B and MM74C14
- Can Be Used to Replace the MC14584B or MC1406UB

CMOS SSI

(LOW-POWER COMPLEMENTARY MOS)

**HEX
SCHMITT TRIGGER**

 L SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 637

 P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 84C

ORDERING INFORMATION

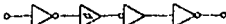
 A Series 55°C to -125°C
 MC14584B (Ceramic Package Only)

 C Series -40°C to -85°C
 MC14584BCP (Plastic Package)
 MC14584BCL (Ceramic Package)

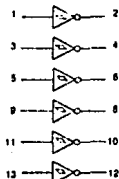
MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage	0 to +18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	0 to $V_{DD} + 0.5$	V
I_{in}, I_{out}	Input or Output Current (DC or Transient) per Pin	+10	mA
P_D	Power Dissipation per Package†	500	mW
T_{stg}	Storage Temperature	-55 to +150	°C
T_L	Lead Temperature (8 Second Soldering)	260	°C

*Maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
 †Temperature Derating: Plastic P Package -12mW/°C from 85°C to 85°C
 Ceramic L Package -12mW/°C from 100°C to 125°C

**EQUIVALENT CIRCUIT SCHEMATIC
(18 OF CIRCUIT SHOWN)**


This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to the high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} - 1V_{in}$ or $V_{out} + V_{DD}$. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

LOGIC DIAGRAM

 $V_{DD} = \text{Pin 14}$
 $V_{SS} = \text{Pin 7}$

MC14106B

SWITCHING CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

Characteristic	Symbol	V _{DD} V _{GS}	Min	Typ #	Max	Unit
Output Rise Time	t _{PLH}	5.0	—	100	300	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	
Output Fall Time	t _{PHL}	5.0	—	100	300	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	
Propagation Delay Time	t _{PLH} , t _{PHL}	5.0	—	125	250	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	

Data listed. Typ. is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

FIGURE 1 — SWITCHING TIME TEST CIRCUIT AND WAVEFORMS

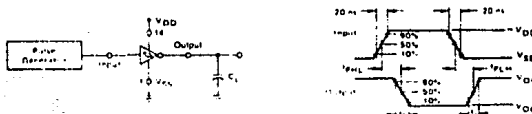
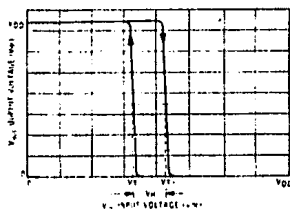
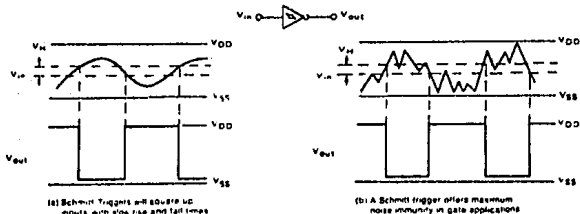


FIGURE 2 — TYPICAL TRANSFER CHARACTERISTICS



APPLICATIONS



MC14106B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 5.0V, V_{SS} = 0V, unless otherwise specified)

Characteristic	Symbol	V _{DD}		25°C			T _{high}			Unit	
		V _{DC}	Min	Max	Typ #	Max	Min	Max			
Output Voltage V _{OL} (YDD)	V _{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	V _{DC}	
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05		
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05		
Output Voltage V _{OH} (YDD)	V _{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	V _{DC}	
		10	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—		
		15	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—		
Hysteresis Voltage	V _{HY}	5.0	0.2	2.0	0.2	1.1	2.0	0.2	2.0	V _{DC}	
		10	1.2	3.4	1.2	1.7	3.4	1.2	3.4		
		15	1.6	5.0	1.6	2.1	5.0	1.6	5.0		
Threshold Voltage Positive Going	V _{T+}	5.0	2.7	3.9	2.7	3.9	3.6	2.7	3.6	V _{DC}	
		10	4.6	7.1	4.6	6.9	7.1	4.6	7.1		
		15	6.6	10.6	6.6	9.8	10.6	6.6	10.6		
Threshold Voltage Negative Going	V _{T-}	5.0	0.9	2.8	0.9	1.9	2.8	0.9	2.8	V _{DC}	
		10	2.5	5.2	2.5	1.9	5.2	2.5	5.2		
		15	4.0	7.4	4.0	5.8	7.4	4.0	7.4		
Output Drive Current (AL Device)	I _{OH}	V _{OH} = 2.5 V _{OL} Source	5.0	3.0	—	2.4	4.2	—	1.7	—	mA _{DC}
		V _{OH} = 4.5 V _{OL}	5.0	0.64	—	0.81	0.88	—	0.38	—	
		V _{OH} = 0.5 V _{OL}	10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
	I _{OL}	V _{OH} = 13.5 V _{OL}	15	4.2	—	3.4	6.9	—	2.4	—	
		V _{OH} = 0.4 V _{OL} Sink	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.39	—	mA _{DC}
		V _{OH} = 0.5 V _{OL}	10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
Output Drive Current (CL CP Device)	I _{OH}	V _{OH} = 2.5 V _{OL} Source	5.0	2.5	—	2.1	4.2	—	1.7	—	mA _{DC}
		V _{OH} = 4.5 V _{OL}	5.0	0.52	—	0.44	0.88	—	0.36	—	
		V _{OH} = 0.5 V _{OL}	10	1.3	—	1.1	2.25	—	0.9	—	
	I _{OL}	V _{OH} = 13.5 V _{OL}	15	3.8	—	3.0	6.9	—	2.4	—	
		V _{OH} = 0.4 V _{OL} Sink	5.0	0.52	—	0.44	0.88	—	0.36	—	mA _{DC}
		V _{OH} = 0.5 V _{OL}	10	1.3	—	1.1	2.25	—	0.9	—	
Input Current (AL Device)	I _{IN}	15	—	0.1	—	0.00001	0.1	—	1.0	μA _{DC}	
		15	—	0.1	—	0.00001	0.1	—	1.0	μA _{DC}	
Input Capacitance (V _{IN} = 0)	C _{IN}	—	—	—	—	50	7.5	—	—	pF	
		—	—	—	—	50	7.5	—	—	pF	
Quiescent Current (AL Device) (Per Package)	I _{DD}	5.0	—	0.28	—	0.005	0.25	—	7.5	μA _{DC}	
		10	—	0.30	—	0.010	0.50	—	15		
		15	—	1.00	—	0.015	1.00	—	30		
Quiescent Current (CL CP Device) (Per Package)	I _{DD}	5.0	—	1.0	—	0.005	1.0	—	7.5	μA _{DC}	
		10	—	3.0	—	0.010	3.0	—	15		
		15	—	4.0	—	0.015	4.0	—	34		
Total Supply Current** (Dynamic Plus Quiescent, Per Package) (C _L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	I	5.0	—	—	—	11.8 μA (typ)†	† I _{DD}	—	—	μA _{DC}	
		10	—	—	—	13.8 μA (typ)†	† I _{DD}	—	—		
		15	—	—	—	15.4 μA (typ)†	† I _{DD}	—	—		

*I_{OH} = 55°C for AL Device, -40°C for CL CP Device
 †I_{OL} = 125°C for AL Device, -55°C for CL CP Device

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF

$$I = I_{DD} + I_{OL} + I_{CL} + I_{IN}$$

#Data taken at T_{OP} is not to be used for design purposes but is presented as an indication of the IC's potential performance.


where I_{OL} is mA (per package), C_L is pF, V = (V_{DD} - V_{OL}) in volts, f is kHz, input frequency, and b = 0.001

**The test is given as for the typical characteristic only at 25°C

†V_{OL} = V_{T-}, V_{T+} (But maximum variation of V_{OL} is specified as less than V_{T-} - max - V_{T+} - min)

**MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA**
**6-Pin DIP Optoisolators
Transistor Output**

These devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Convenient Plastic Dual In-Line Package
- High Current Transfer Ratio — 100%, Minimum at Spec Conditions
- Guaranteed Switching Speeds
- High Input-Output Isolation Guaranteed — 7500 Volts Peak
- UL Recognized, File Number E54915 (A)
- VDE approved per standard 0883/6.80 (Certificate number 41863), with additional approval to DIN IEC380 VDE0806, IEC435 VDE0805, IEC65 VDE0860, VDE0110b, covering all other standards with equal or less stringent requirements, including IEC204 VDE0113, VDE0160, VDE0832, VDE0833, etc.
- Meets or Exceeds All JEDEC Registered Specifications 
- Special lead form available (add suffix "T" to part number) which satisfies VDE0883' 6.80 requirement for 8 mm minimum creepage distance between input and output solder pads.
- Various lead form options available. Consult "Optoisolator Lead Form Options" data sheet for details.

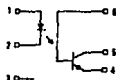
**4N35
4N36
4N37**
**6-PIN DIP
OPTOISOLATOR
TRANSISTOR
OUTPUT**

**CASE 750A-GZ
PLASTIC**

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	6	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	80	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector	P_D	120	mW
Derate above 25°C		1.41	mW/°C
OUTPUT TRANSISTOR			
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	30	Volts
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}	7	Volts
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED	P_D	150	mW
Derate above 25°C		1.76	mW/°C
TOTAL DEVICE			
Isolation Source Voltage (1) (Peak ac Voltage, 50 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	Vac
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	260 2.94	mW mW/°C
Ambient Operating Temperature Range	T_A	-55 to +100	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 seconds, 1/16" from case)	—	260	°C

(1) Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

SCHEMATIC


1 LED ANODE
2 LED CATHODE
3 C
4 EMITTER
5 COLLECTOR
6 BASE

4N35, 4N36, 4N37

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
INPUT LED					
Forward Voltage ($I_f = 10\text{ mA}$)	V_f	0.8 0.9 0.7	1.15 1.3 1.05	1.5 1.7 1.4	V
Reverse Leakage Current ($V_R = 6\text{ V}$)	I_R	—	—	10	μA
Capacitance ($V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$)	C_J	—	18	—	pF
OUTPUT TRANSISTOR					
Collector-Emitter Dark Current ($V_{CE} = 10\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$) ($V_{CE} = 30\text{ V}, T_A = 100^\circ\text{C}$)	I_{CEO}	—	1 —	50 900	nA μA
Collector-Base Dark Current ($V_{CB} = 10\text{ V}$)	I_{CBO}	—	0.2 100	20 —	nA
Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1\text{ mA}$)	$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	V
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$)	$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	V
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$)	$V_{(BR)EBO}$	7	7.8	—	V
DC Current Gain ($I_C = 2\text{ mA}, V_{CE} = 5\text{ V}$)	h_{FE}	—	400	—	—
Collector-Emitter Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{CE} = 0$)	C_{CE}	—	7	—	pF
Collector-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{CB} = 0$)	C_{CB}	—	19	—	pF
Emitter-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{EB} = 0$)	C_{EB}	—	9	—	pF
COUPLED					
Output Collector Current ($I_f = 10\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$)	I_C	10 4 4	30 — —	— — —	mA
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 0.5\text{ mA}, I_f = 10\text{ mA}$)	$V_{CE(sat)}$	—	0.14	0.3	V
Turn-On Time	t_{on}	—	7.5	10	μs
Turn-Off Time	t_{off}	—	5.7	10	
Rise Time	t_r	—	3.2	—	
Fall Time	t_f	—	4.7	—	
Isolation Voltage ($f = 60\text{ Hz}, t = 1\text{ sec}$)	V_{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)
Isolation Current ($V_{I/O} = 3550\text{ Vpk}$)	I_{ISO}	—	—	100	μA
($V_{I/O} = 2500\text{ Vpk}$)	4N36	—	—	100	
($V_{I/O} = 1500\text{ Vpk}$)	4N37	—	—	8	
Isolation Resistance ($V = 500\text{ V}$)	R_{ISO}	10^{11}	—	—	Ω
Isolation Capacitance ($V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$)	C_{ISO}	—	0.2	2	pF

TYPICAL CHARACTERISTICS

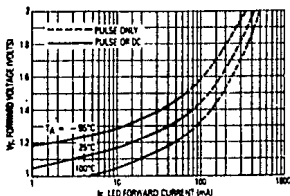


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

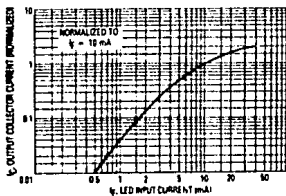


Figure 2. Output Current versus Input Current

4N35, 4N36, 4N37

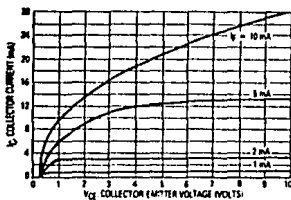


Figure 3. Collector Current versus Collector-Emitter Voltage

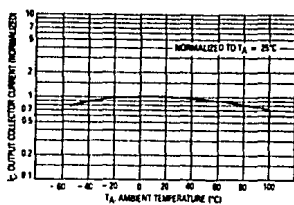


Figure 4. Output Current versus Ambient Temperature

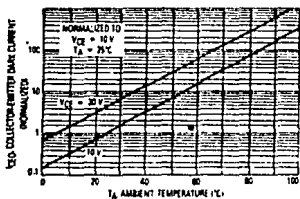


Figure 5. Dark Current versus Ambient Temperature

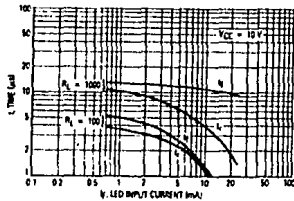


Figure 6. Rise and Fall Times

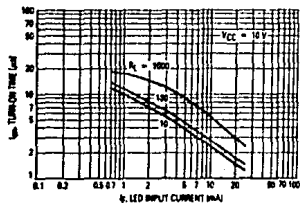


Figure 7. Turn-On Switching Times

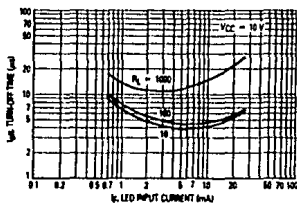


Figure 8. Turn-Off Switching Times

4N35, 4N36, 4N37

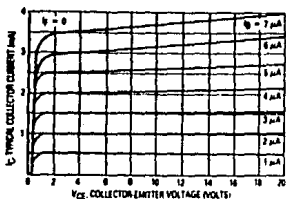


Figure 9. DC Current Gain (Detector Only)

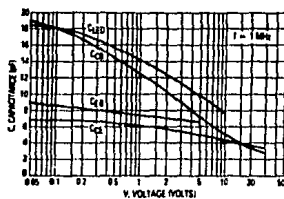


Figure 10. Capacitance versus Voltage

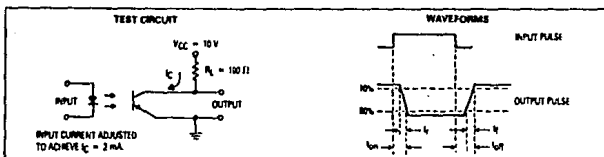
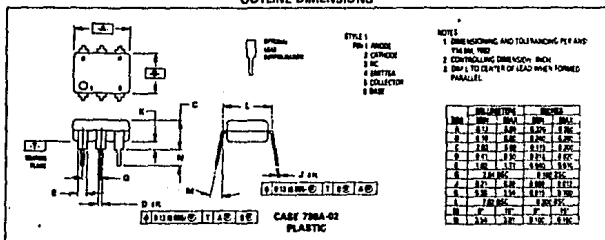


Figure 11. Switching Times



MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

NPN
TIP140
TIP141
TIP142

PNP
TIP145
TIP146
TIP147

DARLINGTON COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

... designed for general-purpose amplifier and low frequency switching applications.

- High DC Current Gain — Min $h_{FE} = 1000 @ I_C = 5 A, V_{CE} = 5 V$
- Collector-Emitter Sustaining Voltage — $\geq 30 mA$
 $V_{CE(sus)} = 60 Vdc (Min) — TIP140, TIP145$
 $80 Vdc (Min) — TIP141, TIP146$
 $100 Vdc (Min) — TIP142, TIP147$
- Monolithic Construction with Built-In Base-Emitter Shunt Resistor

10 AMPERE DARLINGTON COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

60-100 VOLTS
125 WATTS



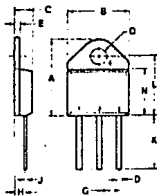
MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	TIP140 TIP145	TIP141 TIP146	TIP142 TIP147	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE}	60	80	100	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB}	60	80	100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	5.0			Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	10			A ^a
Peak (1)		18			"
Base Current — Continuous	I_B	0.5			A ^a
Total Device Dissipation @ $T_c = 25^\circ C$	P_D	125			Watts
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_j, T_{stg}	-65 to +150			$^\circ C$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.0	$^\circ C/W$
Thermal Resistance Case to Ambient	$R_{\theta JA}$	35.7	$^\circ C/W$

(1) 5 ms, 50% Duty Cycle

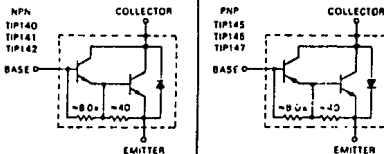


STYLE 1
1 BASE
2 COLLECTOR
3 EMITTER
4 COLLECTOR

MILLIMETERS		INCHES	
MIN	MAX	MIN	MAX
A	20.37	21.09	0.829
B	15.48	15.88	0.613
C	6.18	6.30	0.241
D	10.2	10.1	0.398
E	1.35	1.43	0.053
F	0.79	0.72	0.279
G	2.67	2.70	0.105
H	0.28	0.31	0.011
I	1.27	1.41	0.050
J	1.91	1.91	0.075
K	1.27	1.27	0.050
L	1.27	1.27	0.050
M	1.27	1.27	0.050
N	1.27	1.27	0.050
O	3.34	4.19	0.131

CASE 340-02
TO-218AC

DARLINGTON SCHEMATIC



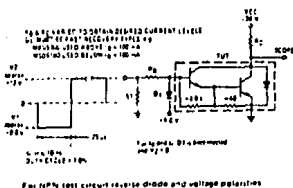
TIP140, TIP141, TIP142 NPN, TIP145, TIP146, TIP147 PNP

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Collector-Emitter Sustaining Voltage (1) $I_C = 30\text{ mA}$, $I_B = 0$	$V_{CE(sus)}$	80 80 100	— — —	— — —	Vdc
Collector Cutoff Current $V_{CE} = 30\text{ Vdc}$, $I_B = 0$	$I_{C(cutoff)}$	—	—	2.0	mA
$V_{CE} = 40\text{ Vdc}$, $I_B = 0$		—	—	2.0	
$V_{CE} = 50\text{ Vdc}$, $I_B = 0$		—	—	2.0	
Collector Cutoff Current $V_{CE} = 60\text{ V}$, $I_C = 0$	I_{CBO}	—	—	1.0	mA
$V_{CE} = 80\text{ V}$, $I_C = 0$		—	—	1.0	
$V_{CE} = 100\text{ V}$, $I_C = 0$		—	—	1.0	
Emitter Cutoff Current $V_{BE} = 5.0\text{ V}$	I_{EBO}	—	—	2.0	mA
ON CHARACTERISTICS (1)					
DC Current Gain $I_C = 5.0\text{ A}$, $V_{CE} = 4.0\text{ V}$ $I_C = 10\text{ A}$, $V_{CE} = 4.0\text{ V}$	h_{FE}	1000 500	—	—	—
Collector-Emitter Saturation Voltage $I_C = 5.0\text{ A}$, $I_B = 10\text{ mA}$ $I_C = 10\text{ A}$, $I_B = 40\text{ mA}$	$V_{CE(sat)}$	—	—	2.0 3.0	Vdc
Base-Emitter Saturation Voltage $I_C = 10\text{ A}$, $I_B = 40\text{ mA}$	$V_{BE(sat)}$	—	—	3.5	Vdc
Base-Emitter On Voltage $I_C = 10\text{ A}$, $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$	$V_{BE(on)}$	—	—	3.0	Vdc
SWITCHING CHARACTERISTICS					
Resistor Load (See Figure 1)					
Delay Time $V_{CC} = 30\text{ V}$, $I_C = 5.0\text{ A}$	t_D	—	0.15	—	μs
Rise Time $I_B = 20\text{ mA}$, Duty Cycle $\leq 3.0\%$	t_r	—	0.55	—	μs
Storage Time $I_B = I_{B2}$, R_C & R_B Varied, $T_J = 25^\circ\text{C}$	t_s	—	2.5	—	μs
Fall Time I_1	t_f	—	2.5	—	μs

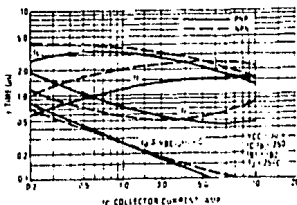
(1) Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\ \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 3.0\%$

FIGURE 1 — SWITCHING TIMES TEST CIRCUIT



For PNP test circuit, reverse diode and voltage polarities

FIGURE 2 — SWITCHING TIMES



TIP140, TIP141, TIP142 NPN, TIP145, TIP146, TIP147 PNP

TYPICAL CHARACTERISTICS.

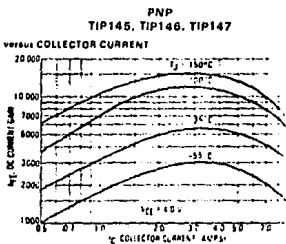
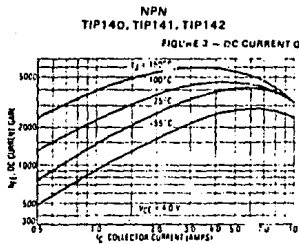


FIGURE 4 - COLLECTOR-EMITTER SATURATION VOLTAGE

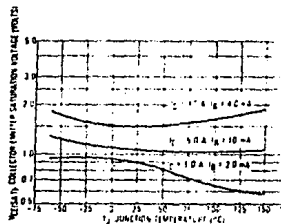
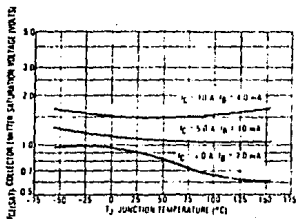
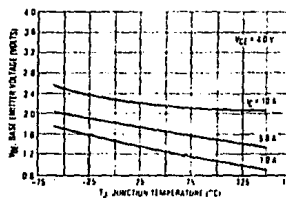
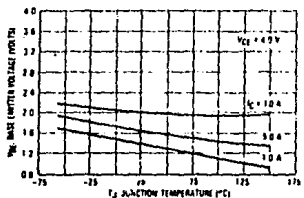


FIGURE 6 - BASE-EMITTER VOLTAGE



TIP140, TIP141, TIP142 NPN, TIP145, TIP146, TIP147 PNP

ACTIVE-REGION SAFE OPERATING AREA

There are two limitations on the power handling ability of a transistor: average junction temperature and second breakdown. Safe operating area curves indicate I_C - V_{CE} limits of the transistor that must be observed for reliable operation, i.e., the transistor must not be subjected to greater dissipation than the

curves indicate. The data of Figure 8 is based on $T_{amb} = 150^\circ\text{C}$. T_C is variable depending on conditions. At high case temperatures, thermal limitations will reduce the power that can be handled to values less than the limitations imposed by second breakdown.

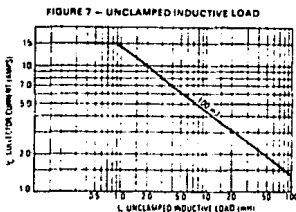
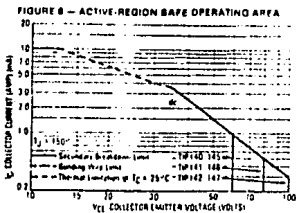
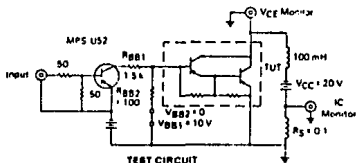
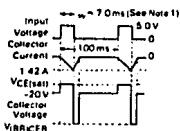


FIGURE 8 - INDUCTIVE LOAD



NOTE 1: Input pulse width is increased until $I_{C(pk)} = 1.42\text{ A}$.
NOTE 2: For NPN test circuit reverse polarities.



VOLTAGE AND CURRENT WAVEFORMS

FIGURE 9 - MAGNITUDE OF COMMON EMITTER SMALL-SIGNAL SHORT-CIRCUIT FORWARD CURRENT TRANSFER RATIO

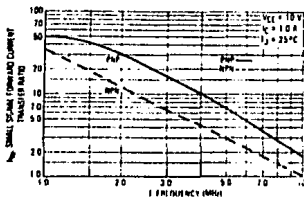
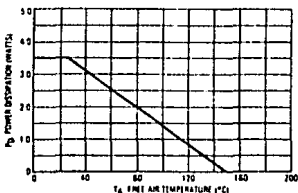


FIGURE 10 - FREE-AIR TEMPERATURE POWER DERATING



CONCLUSIONES

El sistema propuesto, alcanza los objetivos dados para que en un ambiente industrial se pueda obtener un instrumento preciso que colaborará a obtener un mejor proceso en la labor que se le encomiende. Cabe mencionar que el nivel de optimización de este prototipo requiere ser incrementado en lo que se refiere a las partes mecánicas empleadas ya que existe un nivel considerable de pérdidas por fricción.

Por lo que toca al manejo del software y los dispositivos electrónicos que se encargan de sensar, enviar, manejar y decidir las opciones que se tienen, estos se utilizaron de la manera más eficiente, estando su correlación bien establecida, de tal modo que permite que el sistema completo sea versátil según los requerimientos de movimiento que se tengan mediante el intercambio de un simple programa almacenado en un dispositivo electrónico. Aún con las pérdidas que se tienen por el lado mecánico del sistema, la parte electrónica logra compensar este fenómeno para alcanzar las posiciones deseadas.

Por último, el sistema demuestra que el nivel de tecnología requerido para tener la gama de movimientos, la capacidad para manejar cualquier objeto, y el tan deseado punto de ocupar un relativo pequeño espacio, se puede tener con los conocimientos y tecnología nacionales.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Korem Yoram, ROBOTICS FOR ENGINEERS, Ed. Mc Graw Hill, E.U.A., 1985.
2. Coiffet, Philippe, MODELLING AND CONTROL, Ed. Prentice Hall, E.U.A., 1983.
3. Snyder, Wesley E., INDUSTRIAL ROBOTS, Ed. Prentice Hall, E.U.A., 1985.
4. Craig, John J., INTRODUCTION TO ROBOTICS, Addison-Wesley Publishing Company, E.U.A., 1986.
5. Groover, Mikell P., INDUSTRIAL ROBOTICS, Ed. Mc Graw Hill, E.U.A., 1986.
6. Zeldman, Maurice I., WHAT EVERY ENGINEER SHOULD KNOW ABOUT ROBOTS, Marcel Dekker, Inc., E.U.A.
7. Harunur Rashid, Muhammad, POWER ELECTRONICS, Ed. Prentice Hall, E.U.A., 1988.
8. Morrison, Ralph, GROUNDING AND SHIELDING TECHNIQUES IN INSTRUMENTATION, Ed. John Wiley & Sons, E.U.A.
9. Schilling, Donald L., CIRCUITOS ELECTRONICOS, Publicaciones Marcombo, México.
10. Coughlin, Robert F., CIRCUITOS INTEGRADOS LINEALES Y AMPLIFICADORES OPERACIONALES, Ed. Prentice Hall, 2a. Edición, México.

11. Manuales técnicos:

- LINEAR CIRCUITS, National Semiconductor Corporation, Tomos 1,2,3
- POWER TRANSISTORS, National Semiconductor Corporation
- OPTOELECTRONICS, Motorola Semiconductors Inc.
- CMOS CIRCUITS, Motorola Semiconductors Inc.
- MCU68705 USER MANUAL, Motorola Semiconductors Inc.
- MCU68705R3 EMULATOR MANUAL, Motorola Semiconductors Inc.



LIBROS, FOLLETOS Y MECANÓGRAFIA EN IBM
MAQUILA EN OFFSET, MASTERS
CALIDAD, CUMPLIMIENTO Y PRECIO

Agustín Quijano Pérez

Cuba 99 Desp. 22
México, D. F. 05010

Tel. 518-40-38