

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA
UNIDAD ENSENADA**



**“Control computarizado de la cúpula del telescopio de 1.5 m
del Observatorio Astronómico Nacional (OAN)”**

**TITULACIÓN POR OPCIÓN DE MEMORIAS DEL SERVICIO SOCIAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

P r e s e n t a :

Raúl Ramírez Ramírez

Ensenada B.C., Junio de 1998

A mis padres: Vidal Ramírez e Hilda M. Ramírez.

y a mis hermanos: Diana y Miguel Angel.

Agradecimientos

A Leonel Gutiérrez

por su confianza y guía en este trabajo.

A Humberto Cervantes

por apoyarme y estar pendiente.

A Fernando Quiroz

por darme la mano como amigo y sus sugerencias relacionadas con este trabajo.

A Betty, Liliana, Lupita y Cristobal

por extender el valor de la amistad más allá de lo imaginable.

A todos los integrantes del IA UNAM-Ensenada, en especial a don Tomás, a Gerardo, a Ma. Elena Cárdenas, a María García, a Davis, al grupo del Laboratorio de Electrónica y Mecánica de Precisión.

Al personal encargado de biblioteca, en especial a Jaime.

A todos mis compañeros de generación, en especial a Marlem y Enrique.

A todos los profesores que imparten clases en la Escuela de Ingeniería, en especial a Juracy Soares.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABLAS	II
INTRODUCCIÓN.....	1
1 ANTECEDENTES	3
1.1 TELESCOPIOS	3
1.2 MONTURAS PARA TELESCOPIOS	4
1.3 SISTEMAS DE COORDENADAS.....	5
1.3.1 Sistema horizontal	5
1.3.2 Sistema ecuatorial	6
1.3.3 Conversión de un sistema a otro	9
1.4 LA CÚPULA DEL TELESCOPIO	9
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 INTRODUCCIÓN	12
2.2 SISTEMA PROPUESTO	13
2.2.1 Centro de Control.....	14
2.2.2 Tarjeta de entrada - salida	15
2.2.3 Tarjeta de comunicación propia	16
2.2.4 Acondicionamiento de la señal.....	17
2.2.5 Sensores y Actuadores.....	18
3 COMUNICACIÓN DIGITAL DEL SISTEMA	20
3.1 INTRODUCCIÓN	20
3.2 CÓDIGO DIGITAL.....	21
3.3 TRANSMISIONES DIGITALES.....	21
3.3.1 Transmisor.....	23
3.3.2 Receptor	25
3.3.3 Mensaje	26
3.3.4 Medio de Transmisión.....	27
4 CODIFICADORES DE POSICIÓN	29
4.1 INTRODUCCIÓN	29
4.2 CODIFICADORES ABSOLUTOS.....	29
4.3 CODIFICADORES INCREMENTALES	30
4.4 CODIFICADOR EN CUADRATURA	31
4.5 DISEÑO DEL CODIFICADOR PARA LA CÚPULA	32
4.5.1 Resolución del codificador	33

4.5.2	<i>Circuito contador.....</i>	34
4.5.3	<i>Circuito para el respaldo de energía.....</i>	35
5	DISEÑO DE SUBSISTEMAS.....	36
5.1	INTRODUCCIÓN.....	36
5.2	CIRCUITERÍA DE PUERTOS DE ENTRADA - SALIDA	36
5.3	CIRCUITERÍA DE COMUNICACIÓN.....	41
5.3.1	<i>Transmisor y receptor instalado en la PC.....</i>	41
5.3.2	<i>Transmisor y receptor instalado en la cúpula</i>	48
5.4	SUBSISTEMA DE INTERFAZ.	51
5.4.1	<i>Consideraciones</i>	51
5.4.2	<i>Interfaz para el sensor 922-AB1-A4N-L.....</i>	54
5.4.3	<i>Interfaz para el sensor FL7M-10J6D-M.....</i>	55
5.4.4	<i>Interfaz para el sensor magnético 507-AMS-21B.....</i>	56
5.4.5	<i>Interfaz para el relevador KUP-14D15-12.....</i>	56
6	PROGRAMACIÓN	58
7	CONCLUSIONES	60
	BIBLIOGRAFÍA	61

APÉNDICES

A	LISTADO DEL PROGRAMA	63
B	LÍNEAS DEL DUCTO	68
C	HOJAS DE ESPECIFICACIONES	73
D	DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS.....	86
E	FOTOS DE LOS SUBSISTEMAS.....	92

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-1 TIPOS DE TELESCOPIOS Y MONTURAS.....	4
FIGURA 1-2 PRINCIPIO DE LA MONTURA ECUATORIAL.....	5
FIGURA 1-3 COORDENADAS DEL SISTEMA HORIZONTAL.....	6
FIGURA 1-4 RELACIÓN QUE GUARDAN EL ECUADOR CELESTE, LA ECLÍPTICA Y LOS EQUINOCCIOS.....	8
FIGURA 1-5 ÁNGULOS DE ASCENSIÓN RECTA Y DECLINACIÓN.....	8
FIGURA 1-6 TIPOS DE SISTEMAS PARA GENERAR LA VENTANA.....	10
FIGURA 1-7 ELEMENTOS QUE GIRAN LA CÚPULA.....	11
FIGURA 2-1 DIAGRAMA A BLOQUES DEL SISTEMA PROPUESTO.....	13
FIGURA 3-1 TIPOS DE TRANSMISIONES DIGITALES.....	22
FIGURA 3-2 DIAGRAMA A BLOQUES DE CODIFICADOR.....	24
FIGURA 3-3 DIAGRAMA DE TIEMPOS DEL CODIFICADOR.....	24
FIGURA 3-4 DIAGRAMA A BLOQUES DEL DECODIFICADOR.....	25
FIGURA 3-5 DIAGRAMA DE TIEMPOS DEL DECODIFICADOR.....	26
FIGURA 3-6 DIAGRAMA DE LAS SEÑALES DE ALGUNOS CÓDIGOS.....	27
FIGURA 3-7 PAR TRENZADO COMO MEDIO DE COMUNICACIÓN.....	28
FIGURA 4-1 PRINCIPIO DE LOS CODIFICADORES ABSOLUTOS.....	30
FIGURA 4-2 PRINCIPIO DE LOS CODIFICADORES INCREMENTALES.....	31
FIGURA 4-3 SEÑALES DEL CODIFICADOR DE CUADRATURA Y SUS SEÑALES ELÉCTRICAS.....	32
FIGURA 4-4 CIRCUITO PARA EL RESPALDO DE ENERGÍA.....	35
FIGURA 5-1 DIAGRAMA A BLOQUES DE LA CIRCUITERÍA DE PUERTOS.....	37
FIGURA 5-2 REFORZADORES DE LAS SEÑALES DEL DUCTO.....	38
FIGURA 5-3 CIRCUITO DECODIFICACIÓN DE DIRECCIÓN.....	39
FIGURA 5-4 SUJETADORES DE ESCRITURA.....	40
FIGURA 5-5 SUJETADORES DE LECTURA.....	40
FIGURA 5-6 DIAGRAMA A BLOQUES DEL TRANSMISOR INSTALADO EN LA PC.....	42
FIGURA 5-7 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL TRANSMISOR.....	42
FIGURA 5-8 DIAGRAMA DE TIEMPOS DEL SINCRONIZADOR.....	44
FIGURA 5-9 MONOESTABLES.....	44
FIGURA 5-10 DIAGRAMA DE TIEMPOS DE LOS MONOESTABLES.....	45
FIGURA 5-11 CIRCUITO MULTIPLEXOR.....	45
FIGURA 5-12 CIRCUITO REFORZADORES Y TRANSMISOR/RECEPTOR DIFERENCIALES.....	46
FIGURA 5-13 DIAGRAMA A BLOQUES DEL RECEPTOR.....	46
FIGURA 5-14 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL RECEPTOR.....	47
FIGURA 5-15 DIAGRAMA A BLOQUES DEL RECEPTOR INSTALADO EN LA CÚPULA.....	48
FIGURA 5-16 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL RECEPTOR INSTALADO EN LA CÚPULA.....	49
FIGURA 5-17 ARREGLO DE COMPUERTAS QUE COMPARAN EL DATO 0x5x.....	50
FIGURA 5-18 CIRCUITO DE RETARDO.....	50
FIGURA 5-19 CIRCUITO DECODIFICADOR.....	51
FIGURA 5-20 RAZÓN DE TRANSFERENCIA.....	52
FIGURA 5-21 INTERFAZ PARA EL SENSOR 922-AB1-A4N-L.....	55
FIGURA 5-22 INTERFAZ PARA EL SENSOR FL7M-10J6D-M.....	56
FIGURA 5-23 INTERFAZ PARA EL RELEVADOR.....	57
FIGURA 6-1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA.....	59
FIGURA B-1 DUCTO IBM - ISA.....	69
FIGURA D-1 TARJETA DE PUERTOS.....	92
FIGURA D-2 TARJETA DE COMUNICACIÓN DE LA PC.....	92
FIGURA D-3 INTERFAZ DE POTENCIA PARA LA TARJETA DE PUERTOS.....	93
FIGURA D-4 TARJETA DE COMUNICACIÓN E INTERFAZ DE POTENCIA.....	93
FIGURA D-5 PALETA DE CODIFICADOR DE POSICIÓN.....	94
FIGURA D-6 PC, TARJETA DE COMUNICACIÓN, INTERFAZ DE POTENCIA Y ALGUNOS SENSORES.....	94

LISTA DE TABLAS

<i>TABLA 3-1 COMBINACIONES POSIBLES DE UN NIBBLE.</i>	<i>21</i>
<i>TABLA 3-2 LISTA DE MANDOS PARA LA TARJETA DE COMUNICACIÓN.</i>	<i>26</i>
<i>TABLA 6-1 LISTA DE MANDOS DEL PROGRAMA.</i>	<i>59</i>

INTRODUCCION

En la actualidad, nuestro país cuenta con una vigorosa comunidad científica dedicada a la investigación en el campo de la astronomía. El trabajo realizado por varias generaciones de investigadores de esta disciplina les ha llevado a gozar de un considerable prestigio académico, tanto en el ámbito local como internacional. Las líneas de investigación que se siguen en el Instituto de Astronomía se concentran en las siguientes áreas.

- Astronomía Estelar. Estudia la estructura, formación, evolución y composición de los diferentes tipos de estrellas.
- Astronomía Galáctica. Estudia la dinámica y cinemática de las distintas poblaciones estelares que componen nuestra galaxia y de ella misma.
- Material Interestelar. Investiga su composición química así como su respuesta a las diferentes fuentes de energía como son la radiación estelar, vientos solares, explosiones de supernovas y las nebulosas planetarias.
- Astronomía Extra Galáctica. Investigación de la formación, distribución espacial, evolución de las galaxias y su función de luminosidad.
- Instrumentación Astronómica. Se diseñan y construyen sistemas y equipo para propósitos astronómicos.

Para cumplir con estos objetivos se necesita tener además de grandes y buenos telescopios, instrumentos de medición y control que permitan hacerlos más eficientes.

La aparición de la computadora ha causado una revolución en todas las áreas y la astronomía no ha sido la excepción. Así se han desarrollado sistemas computarizados que han venido a mejorar el desempeño de los telescopios. Un sistema de control computarizado, por ejemplo, permite apuntar los objetos astronómicos con el telescopio en menos tiempo y de forma más precisa que con sistemas de control tradicional, reduciendo el tiempo muerto del telescopio.

En el OAN (Observatorio Astronómico Nacional), hasta el momento, cuenta con tres telescopios para observaciones astronómicas; estos son: el de 84 cm, 1.50 m y 2.12 m de óptica principal. En ellos se han desarrollado diferentes sistemas computarizados involucrados directamente en la operación del telescopio, como por ejemplo; para apuntar un objeto, enfocar el telescopio, realizar el seguimiento de un objeto por mencionar sólo algunos. Surge, sin embargo, la necesidad de automatizar sistemas que no están involucrados directamente con el telescopio, pero que de alguna manera beneficiarán su desempeño. Tal es el caso del posicionamiento de la cúpula del telescopio de 150 cm, la cual provee al telescopio de una pequeña ventana para que pueda observar el firmamento. El telescopio con su movimiento diurno, obliga al usuario girar la cúpula para que ésta no se interponga entre el telescopio y el objeto a analizar.

Respondiendo a esta necesidad, este trabajo presenta el diseño de un sistema de control de posicionamiento de la cúpula, capaz de hacer que la ventana de la cúpula siga al telescopio, con una mínima intervención del usuario.

CAPÍTULO 1

1 Antecedentes

1.1 Telescopios

Un telescopio es un dispositivo óptico que amplifica la imagen de objetos muy distantes. Ha permitido descubrir, estudiar y fotografiar infinidad de objetos celestes. Actualmente, los telescopios astronómicos, de acuerdo con la disposición y tipos de lentes de los que hacen uso, se clasifican en dos categorías principales: refractores y reflectores.

Refractores.- En este tipo de telescopio, en un extremo del tubo se coloca una lente llamada objetivo, la cual recoge la luz y la proyecta al ocular (una lente más pequeña). La figura 1-1a muestra este principio. El telescopio más grande de este tipo es el Yerkes instalado en Chicago, Illinois, USA. Su lente principal tiene un metro de diámetro.

Reflectores.- En el telescopio reflector se usa como objetivo un espejo parabólico o esférico colocado en el fondo del tubo. Este espejo, llamado primario, recoge la luz y la refleja a otro espejo secundario, el cual los desvía fuera del tubo. La figura 1-1b muestra su esquema. El telescopio reflector más grande tiene un espejo primario de 8.4 m de diámetro y está ubicado en la república de Chile.

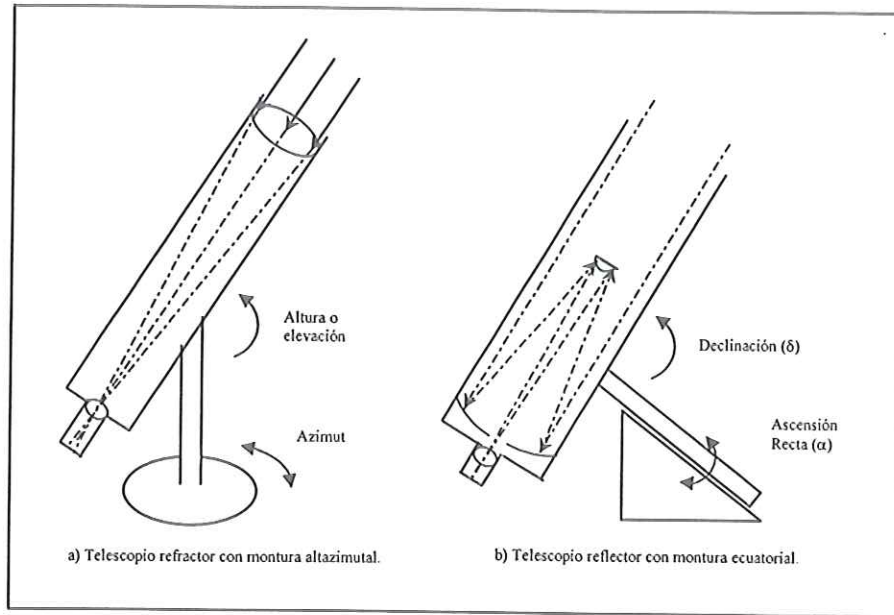


Figura 1-1 Tipos de telescopios y monturas.

1.2 Monturas para Telescopios

Para fijar los telescopios y apuntar los objetos celestes existen dos tipos de monturas: la *altazimut* y la *ecuatorial*.

La *altazimut* es la más sencilla y fue usada en los primeros telescopios, aunque en la actualidad es preferida para los grandes telescopios. Su configuración básica se muestra en la figura 1-1a. Tiene un eje vertical que permite el movimiento sobre un plano horizontal, llamado *azimut*, y un eje horizontal cuya función es cambiar la *altura* de observación que recibe el nombre de eje de *elevación*.

Sin embargo, por su simplicidad se había preferido una montura que, con tan sólo el giro de uno de los ejes, pueda compensar el giro de la Tierra sobre su eje de rotación para, de esta manera, seguir a las estrellas en su “movimiento diurno”. Esta se muestra en la figura 1-1b y es la llamada montura *ecuatorial* que, al igual que la *altazimut*, tiene dos ejes mutuamente perpendiculares, pero con la diferencia de que un eje conserva fija su orientación paralela al eje de la Tierra (ver figura 1-2) y recibe el nombre de *eje polar* o eje de *ascensión recta*.

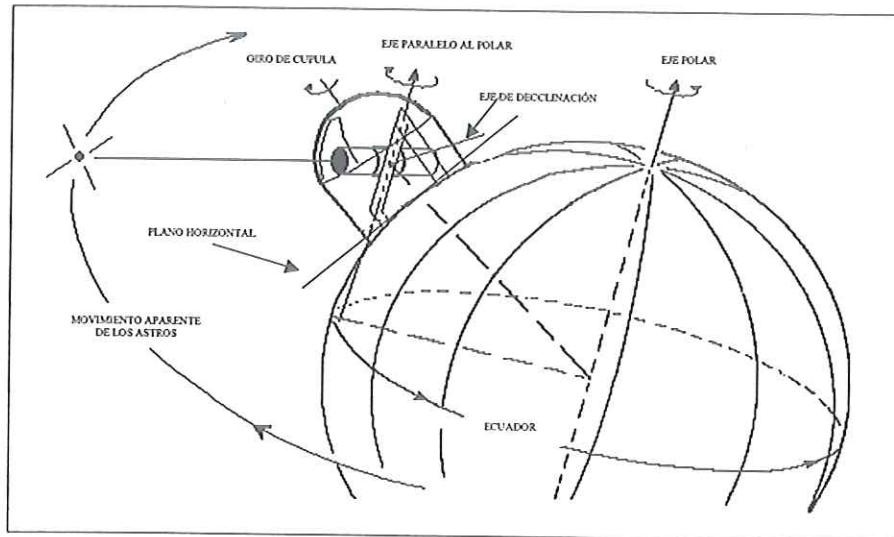


Figura 1-2 Principio de la montura ecuatorial.

1.3 Sistemas de Coordenadas

Para la localización de los objetos celestes se han desarrollado cuatro sistemas de coordenadas: *Horizontal*, *Ecuatorial*, *Eclíptico* y *Galáctico*; el nombre del sistema lo define el plano al que está referido.

Sin embargo, se describirán sólo los dos primeros por ser los de interés en este trabajo.

1.3.1 Sistema horizontal

En este sistema, el objeto celeste es localizado tomando como referencia el horizonte del observador; la figura 1-3 muestra este plano. Los puntos denotados como *N*, *S*, *E* y *O* indican los puntos cardinales Norte, Sur, Este y Oeste, respectivamente. Estos puntos establecen el plano del observador (representado con la letra *P*). Al punto que se encuentra exactamente arriba de la cabeza del observador (indicado con la letra *Z*) se le llama *cenit*. Entonces, para indicar la posición del objeto celeste *X* se requiere:

Conocer la *altitud* o *elevación* *a*, que es el ángulo comprendido entre el punto *B*, el observador *P* y el objeto *X*, con valores que van desde 0 a 90 grados, siendo el *cenit* el punto con el valor más alto.

El otro ángulo requerido es el *azimut* y está determinado por los puntos *N*, el observador *P* y *B*. Sus valores fluctúan entre 0 y 360 grados, incrementándose en el sentido de las manecillas del reloj.

Este sistema permite a un observador dado localizar los objetos celestes con las coordenadas de *azimut* y *altitud*, pero estas coordenadas no servirán a otro observador localizado en un lugar distante. Este observador requerirá de coordenadas diferentes para localizar al mismo objeto; además, la rotación de la tierra obliga a asignar un par de coordenadas diferente en cada instante de tiempo.

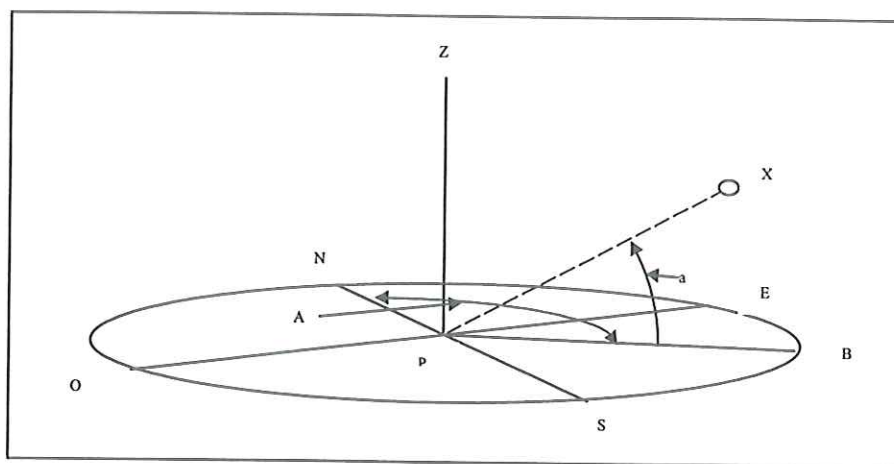


Figura 1-3 Coordenadas del sistema horizontal.

1.3.2 Sistema ecuatorial

Los puntos principales que describen este sistema están determinados por la esfera celeste (extensión imaginaria del planeta Tierra, con radio infinito y el planeta mismo en el centro), como se muestra en la figura 1-4. Así, los polos *norte celeste* y *sur celeste* están localizados en la extensión del eje polar norte y sur, respectivamente. De igual forma, la extensión imaginaria del ecuador de la tierra al infinito se le denomina plano *ecuatorial celeste*, plano al que está referido este sistema; de allí su nombre. Otro punto principal es generado por la intersección del plano ecuatorial celeste con el plano eclíptico (plano en el que se encuentran alineados el sol y todos los planetas). Estos planos tienen dos puntos de intersección, uno llamado equinoccio de primavera y el otro solsticio de verano.

Al igual que el sistema horizontal anterior, éste requiere de un par de coordenadas para localizar un objeto celeste:

Una es la distancia angular desde el ecuador celeste, ya sea al norte o al sur, nombrada declinación (abreviado como Dec o representado con el signo δ). Sus valores son de 0 para el ecuador hasta 90 y -90 para los polos norte y sur celestes, respectivamente. Está expresada en grados, minutos y segundos de arco.

La otra coordenada es la ascensión recta, abreviada como RA (del inglés Right Ascension) o representada con el símbolo α . Este punto tiene su origen en el solsticio de verano y se incrementa en el sentido contrario a las manecillas del reloj. Está expresada en grados, minutos y segundos o en horas, minutos y segundos de tiempo.

La conversión de la medida angular en medida de tiempo es la siguiente: 24 hrs = 360°, 1 hr. = 15°, 1 min. = 15' y 1 seg. = 15". La figura 1-5 señala los ángulos de declinación y ascensión recta.

Debido a que el sistema de coordenadas ecuatorial está basado en el ecuador celeste y el equinoccio de verano los cambios en la latitud y longitud del observador no afectan los valores de ascensión recta y declinación.

El tiempo sideral local del observador, está definido como la cantidad de tiempo transcurrido desde el cruce del equinoccio de verano con el meridiano. El tiempo sideral local también es equivalente al *ángulo horario* H del equinoccio de verano, donde el ángulo horario está definido como el ángulo entre el objeto celeste y el meridiano del observador.

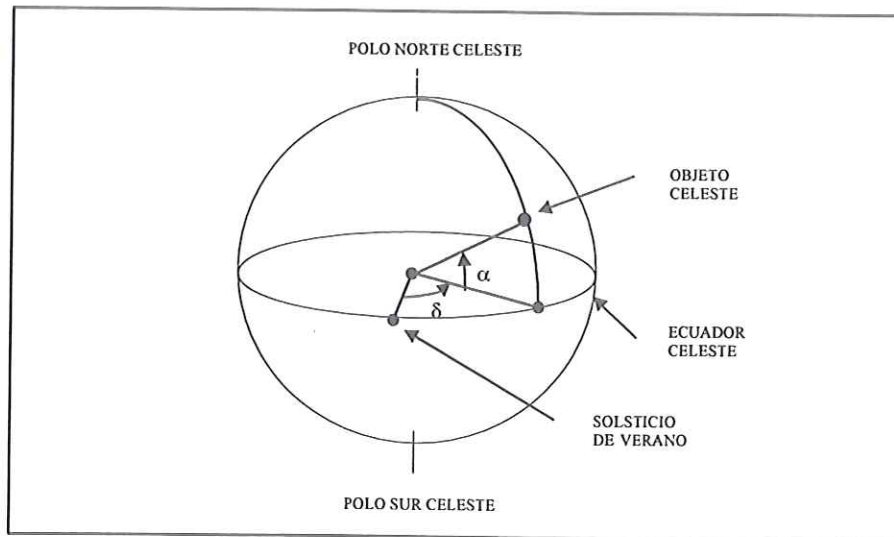


Figura 1-4 Relación que guardan el ecuador celeste, la eclíptica y los equinoccios.

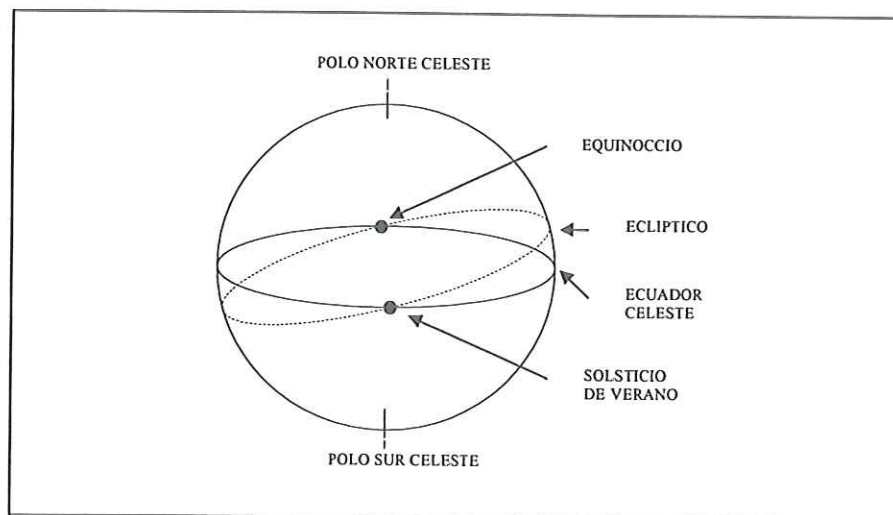


Figura 1-5 Ángulos de ascensión recta y declinación.

1.3.3 Conversión de un sistema a otro

Como se ha visto, la ventaja del sistema ecuatorial es proporcionar un punto de coordenadas único para cualquier objeto. Sin embargo, tanto los observadores como los telescopios localizados sobre la faz de la tierra, requieren de las coordenadas horizontales. Debido a esto es necesario realizar la conversión de un sistema a otro.

El ángulo horario (H) y la declinación (δ), se relacionan en el azimut (A) y la altitud (a) mediante la fórmula:

$$\sin a = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos H$$

$$\tan A = \frac{\sin h}{\cos h \sin \phi - \tan \delta \cos \phi}$$

donde ϕ es la latitud geográfica del observador y H el ángulo horario.

Siendo $H = \text{LST} - \alpha$

y LST el tiempo sideral local.

1.4 La cúpula del Telescopio

Los edificios que albergan a los telescopios con propósitos astronómicos cuentan en su parte superior con una cúpula giratoria, generalmente de metal. La cúpula es una bóveda en forma de media esfera, lo que le permite tener poca resistencia al viento y no permitir la acumulación de agua y nieve, cubriéndose así de las inclemencias del tiempo.

Otra de las funciones que debe cumplir la cúpula es proveer al telescopio de una ventana a la bóveda celeste. Existen diferentes sistemas que cumplen con esta función, mostrados en la figura 1-6, cada uno con sus ventajas y desventajas.

Las cúpulas de los telescopios de San Pedro Mártir son del tipo Hemispheric Slide, con algunas variantes de diseño: el telescopio de 84 cm hace uso solamente de una cortina (sin gajo); el telescopio de 2 m tiene una cortina segmentada, es decir, que puede

tomar toda la cortina o sólo una parte; el telescopio de 1.5 m cuenta con dos partes móviles llamadas *cortina* y *gajo*, mostradas en la figura 1.6b .

Cortina.- Está formada de varias piezas para poder amoldarse a la curvatura de la cúpula. Cuenta con rieles y baleros que le permiten deslizarse de arriba a abajo. Para abrirla y cerrarla cuenta con un motor de AC y un mecanismo de engranes.

Gajo.- Es una pieza curva con uno de sus extremos sujeto en la parte inferior de la cúpula, con baleros que le permiten abatirse. Cuando se desea abrir el gajo, se acciona un motor de AC que mueve a un pistón, el cual está conectado al gajo empujándolo hacia afuera. Para cerrarlo, el motor gira en sentido inverso haciendo que el pistón jale al gajo.

Tanto el gajo como la cortina cuentan con sensores de posición que le indican al sistema de control si está abierto o cerrado, así como interruptores límite que desactivan a los motores al llegar a alguno de sus extremos.

Para girar la cúpula, se cuenta con un motor de AC, una caja de reducción mecánica y un engrane que ensambla en las ranuras de una cremallera que está fija en la cúpula; esto se muestra en la figura 1-6.

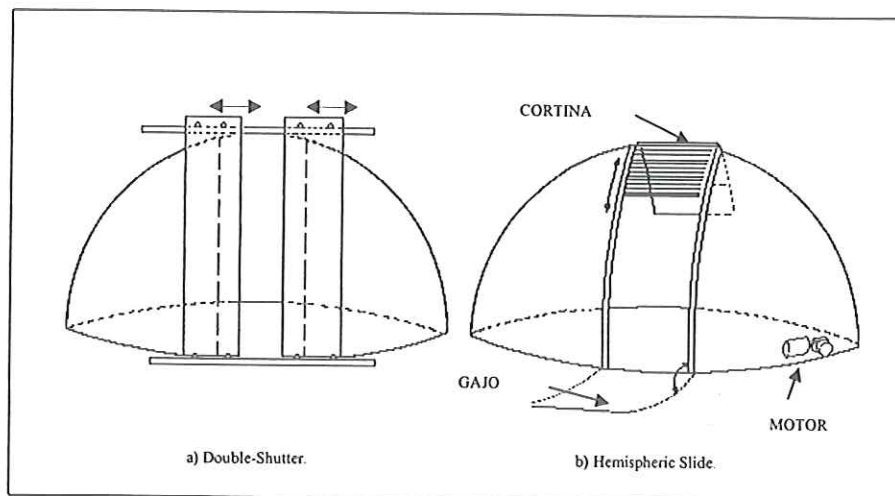


Figura 1-6 Tipos de sistemas para generar la ventana.

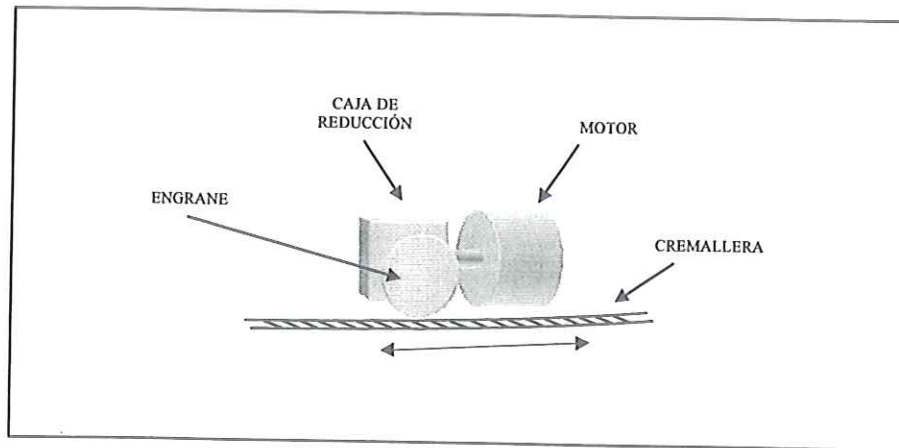


Figura 1-7 Elementos que giran la cúpula.

CAPÍTULO 2

2 Objetivos

2.1 Introducción

Actualmente, en el telescopio de 1.5 m, se requiere de la intervención de un operador que abra la cortina y el gajo para proveer la ventana al cielo, y gire la cúpula para que no obstruya la visibilidad al telescopio, debido a lo que se explicó en la sección 1.2. Por lo tanto el objetivo de este trabajo es prescindir, en la medida de lo posible, de esta intervención y hacer la operación más automática, es decir, que los movimientos de la cúpula se realicen en respuesta a los movimientos del telescopio.

Para cumplir con lo anterior, se propuso que el sistema fuese capaz de realizar las siguientes tareas.

- Girar en ambos sentidos la cúpula.
- Abrir y cerrar tanto la cortina como el gajo.
- Conocer la posición de la apertura y mantenerla aún en ausencia del voltaje de alimentación principal.
- Encender y apagar las luces de la cúpula.
- Monitorear los niveles de voltajes requeridos por el sistema.
- Monitorear la posición de la cortina, el gajo y el telescopio.

- Contar con un panel indicando la situación de los voltajes y sensores.
- Contar con un dispositivo de alarma general que indique las operaciones críticas o fuera de control.
- Debe contar con modo de operación desde una paleta manual y desde el sistema de control del telescopio mediante el puerto de comunicación serie.

2.2 Sistema Propuesto

Una vez planteadas las necesidades se buscan las posibles soluciones. La experiencia del personal del observatorio, ha enseñado que es preferible diseñar los sistemas en módulos para poder cambiarlos cuando se dañen o se encuentre una mejor opción para realizar esa tarea. Siguiendo esta línea, se propone el sistema que se ilustra en la figura 2-1.

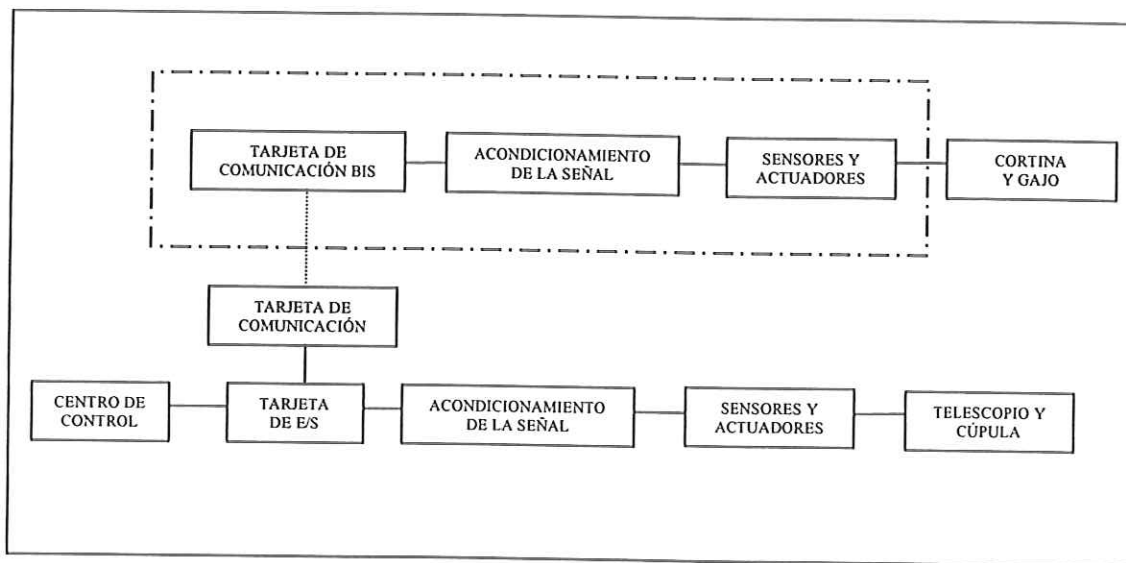


Figura 2-1 Diagrama a bloques del sistema propuesto.

2.2.1 Centro de Control

Es el cerebro del sistema, ejecuta las órdenes dadas por el usuario o por la consola, tomando las decisiones pertinentes. Es una PC embebida (dedicada) equipada con un microprocesador 80486DX-33, un puerto serie RS-232, un puerto RS-232/422/485, un puerto paralelo bidireccional, controlador IDE para el disco duro, controlador para el disco blando y temporizador watchdog. Sus circuitos integrados están contruidos con tecnología CMOS (Complementary Mosfet Oxide Silicon), por lo que consume muy poca potencia. Tiene dos conectores para memoria DRAM (Dinamic Random Access Memory, Memoria Dinámica de Acceso Aleatorio) del tipo SIMM (Single In-line Memory Module, Módulos de Memoria en Línea) y acepta bancos de memoria de 1Mb, 4Mb ó 16 Mb.

ESPECIFICACIONES.

Sistema:

- Microprocesador: 80486DX-33.
- Interfaz con el ducto: ISA (PC/AT).
- Ducto de datos: 32 bits.
- Canales de DMA: 7.
- Número de interrupciones: 15.
- Velocidad del ducto: 8 MHz.
- Reloj de tiempo real: DS-12887 .

Memoria:

- Memoria DRAM: De 1 MB hasta 32 MB.
- Memoria RAM (Shadow): Hasta 256 KB en bloques de 32 KB.

Dispositivos de Entrada – Salida:

- Controlador IDE para el disco duro: Soporta hasta dos controladores IDE con ducto AT.
- Controlador para el disco blando: Soporta hasta dos manejadores de 5.25” para discos con capacidad de 360 KB y 1.2 MB y/o 3.5” para discos con capacidad de 720 KB y 1.44 MB.

- Puerto paralelo bidireccional: Configurable para LPT1, LPT2, LPT3 o deshabilitarlo. Con conector hembra DB-25.
- Puertos serie: Un puerto serie RS-232 y un puerto serie RS-232/422/485. Los puertos pueden ser configurados individualmente como COM1, COM2 o deshabilitarlos si se prefiere.

Características Industriales:

- Temporizador Watchdog: Sistema BIOS (Bus Input Output System) configurable, ya sea para deshabilitarlo o programarlo como si o no. El intervalo de tiempo para su activación es de 0.5 s. hasta 16 m. 48 s. Utiliza las direcciones en hexadecimal 043 y 443.
- Conector PC/104: Con ducto de 16 bits para insertar módulos opcionales tales como discos (Flash/RAM/ROM) y/o Flat-panel/CRT VGA.
- Conector para teclado: Conector mini-DIN de 6 pines. También incluye un adaptador para teclado externo.

Generales:

- Fuente de poder máxima requerida: +5 V @ 2 A.
- Fuente de voltaje: +5 V (4.75 V a 5.25 V).
- Temperatura de operación: 32 a 140° F (0 a 60°C).
- Tamaño: 7.3" x 4.8" (185 mm x 122 mm).
- Peso: 1.1 lbs (0.5 Kg).
- Tiempo de vida promedio: 64,500 hrs @ 25°C; 39,100 hrs @ 60°C.

2.2.2 Tarjeta de entrada - salida

Esta tarjeta es la interfaz entre la PC y los factores externos, compatible con las señales del ducto ISA para que pueda ser insertada en las ranuras de la PC. Está construida con tecnología CMOS para que consuma poca potencia y sea altamente inmune al ruido.

ESPECIFICACIONES.

Sistema:

- Interfaz con la PC: Ducto ISA (PC/AT).
- Ducto de datos: 8 Bits.
- Direcciones de salida: 8 (0x300 a la 0x307).
- Direcciones de entrada: 8 (0x300 a la 0x307).
- Contador de cuadratura: Usa el integrado HCTL – 2016, un oscilador de 2MHz y una batería de respaldo.

Dispositivos de Entrada y Salida:

- Cerrojo unidireccional de 8 bits: Para la lectura del contador de cuadratura.
- Cerrojo bidireccional de 8 bits: Para enlazarse con la tarjeta de comunicación.

Entradas y Salidas Digitales:

- Entradas de propósito general: 16 Bits.
- Salidas de propósito general: 16 Bits.

Generales:

- Tamaño: 6" x 4.2" (150 mm x 105 mm).
- Peso: 0.5 lbs (0.24 Kg).

2.2.3 Tarjeta de comunicación propia

Estas tarjetas transmiten paquetes de 8 bits modulados en PWM (Pulse, Wide Modulation, Modulación por Ancho de Pulso). Al igual que la tarjeta de puertos, está construida con tecnología CMOS. Se diseñaron dos tarjetas de comunicación serie para mandar y recibir datos a la cúpula.

ESPECIFICACIONES.

Sistema:

- Comunicación : Half-duplex en modo diferencial.
- Modulación: Por ancho de pulso (PWM).
- Número de bits transmitidos: 8 Bits.
- Velocidad de transmisión: 2 Kbps.

Generales:

- Fuente de voltaje: +5V.
- Temperatura de operación: -40°C a 85°C.
- Tamaño: 6" x 3.75" (150 mm x 95 mm).
- Peso: 0.22 lbs (0.1 Kg).

2.2.4 Acondicionamiento de la señal

Generalmente, la señal de salida de casi todos los sensores no son las adecuadas para el sistema que los va a usar, por lo que es necesario algún tipo de acondicionamiento, tal como amplificación, filtrado (selección de una determinada frecuencia), cambio de niveles de voltaje o aislamiento eléctrico. Para ello, se diseñaron dos tarjetas de acondicionamiento de señal: una modifica las señales de los sensores que lee la tarjeta insertada en la PC, y la otra las señales de los sensores que lee la tarjeta instalada en la cúpula.

ESPECIFICACIONES.***Para la tarjeta de la PC.*****Entradas:**

- Para el circuito contador HCTL-2016: 3.
- Para los interruptores suaves del telescopio: 4.
- Para los interruptores duros del telescopio: 4.
- Para los comparadores de voltaje: 5.

Salidas:

- Para encender el motor de cúpula: 2.

Características Industriales.

- Para conectarse con la tarjeta de puertos: Conector hembra DB25.
- Para medir los voltajes: Conector de 10 patas(en línea).
- Para los sensores del contador: Conector de 9 patas (en línea).
- Para los interruptores suaves del telescopio: Conector de 8 patas(en línea).
- Para los relevadores: Conector de 5 patas(en línea).

- Para su fuente de alimentación: Conector de 2 patas(en línea).

Generales.

- Fuentes de poder requeridas: +5V @ 2A, +12V @ 3A.
- Tamaño: 7" x 4" (175 mm x 100 mm).
- Peso: 0.264 lbs (0.12 Kg).

Para la tarjeta de la cúpula.

Entradas:

- Para sensor la luz: 1.
- Para sensor los voltajes: 2.
- Para la cortina: 2.
- Para el gajo: 2.

Salidas:

- Para encender y apagar luces: 1.
- Para abrir y cerrar la cortina: 2.
- Para abrir y cerrar el gajo: 2.

Características Industriales.

- Para los sensores de posición de cortina: Conector de 4 patas(en línea).
- Para los sensores de posición de gajo: Conector de 4 patas(en línea).
- Para los sensores de voltaje y luces: Conector de 4 patas(en línea).
- Para los relevadores: Conector de 4 patas(en línea).

Generales.

- Fuentes de poder requeridas: +5V @ 2A, +12V @ 3A.

2.2.5 Sensores y Actuadores

Para hacer la interfaz con la PC se requieren transductores electrónicos, que tienen una entrada o salida eléctrica por naturaleza, tal como voltajes, corriente o resistencia. El transductor es un dispositivo que convierte una forma de energía a otra. Un sensor es un transductor electrónico que convierte una cantidad física en una señal

eléctrica equivalente. Por el contrario, un actuador es un transductor electrónico que convierte energía eléctrica en una cantidad física equivalente.

Para sensor las posiciones de cortina, gajo, telescopio y cúpula se emplearon los siguientes sensores y actuadores:

- Para los interruptores límite de cortina y gajo: Sensor de contacto magnético.
- Para el codificador de la cúpula: Honeywell 922AB1Y-A4N-L.
- Para los sensores del telescopio: Honeywell FL7M-10J6D-M.
- Para los sensores de cortina y gajo: 507-AMS-21B.
- Para la activación de los motores: Relevador KUP-14D15-12.

Las características de estos componentes se encuentran en el apéndice D.

CAPÍTULO 3

3 Comunicación Digital del Sistema

3.1 Introducción

En el sistema de la comunicación intervienen cinco elementos: El emisor, que transmite la información; el receptor o destinatario de esta información; el mensaje que el emisor transmite al receptor; el código o sistema de señales previamente convenido para poder entenderse; el canal o medio a través del cual llega el mensaje del emisor al receptor. Una buena comunicación supone que un emisor (cifrador), valiéndose de las técnicas adecuadas, transmite un mensaje claro y preciso a un receptor (descifrador) que capta el contenido del mensaje (lo descifra) gracias al empleo, en ambos, de un código común y de un canal adecuado.

Generalmente al mencionar la comunicación digital se piensa en los estándares ya establecidos. Un ejemplo en la comunicación serie es la UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, Transmisor/Receptor Asíncrono Universal), aunque no necesariamente es la más conveniente para ciertos propósitos, por lo que se decidió diseñar un sistema y protocolo de comunicación propio.

3.2 Código Digital

La unidad de información usada en los sistemas digitales es el bit (contracción de las palabras del idioma inglés *binary digit*; dígito binario), el cual tiene sólo dos valores posibles 0 (CERO) y 1 (UNO). Estas dos combinaciones son muy limitantes por lo que se agregan más bits. En grupo de cuatro bits forman un nibble y dos nibbles (ocho bits) forman un byte. La tabla 3-1 muestra sus posibles combinaciones y su código en hexadecimal. La fórmula del número de combinaciones posibles es 2^n donde n es el número de bits.

Número de combinaciones	Combinación binaria	Código hexadecimal
1	0000	0
2	0001	1
3	0010	2
4	0011	3
5	0100	4
6	0101	5
7	0110	6
8	0111	7
9	1000	8
10	1001	9
11	1010	A
12	1011	B
13	1100	C
14	1101	D
15	1110	E
16	1111	F

Tabla 3-1 Combinaciones posibles de un nibble.

3.3 Transmisiones Digitales

Los datos digitales son transferidos, a través de un cable o canal, mediante el cambio de corriente o voltaje. Dependiendo del conjunto de los bits, las transmisiones se clasifican en: paralelo o serie.

Paralelo - Serie.- La transferencia de datos es llamada en *paralelo* si un grupo de bits, cada uno con su propia línea, viajan al mismo tiempo; generalmente este grupo de bits es de ocho o múltiplos de ocho. Y se llama *serie* si los bits viajan a través de un solo cable, pasando un bit a la vez. La figura 3-1 ilustra estas transferencias de datos.

La transferencia en paralelo es la más rápida y es usada donde no tiene que recorrer grandes distancia, ya que aumenta considerablemente su costo. Por el contrario, la transferencia en serie es económica y puede cubrir largas distancias. Su desventaja es la velocidad de transmisión y el tiempo requerido para convertir de paralelo a serie y viceversa, lo que la hace considerablemente lenta.

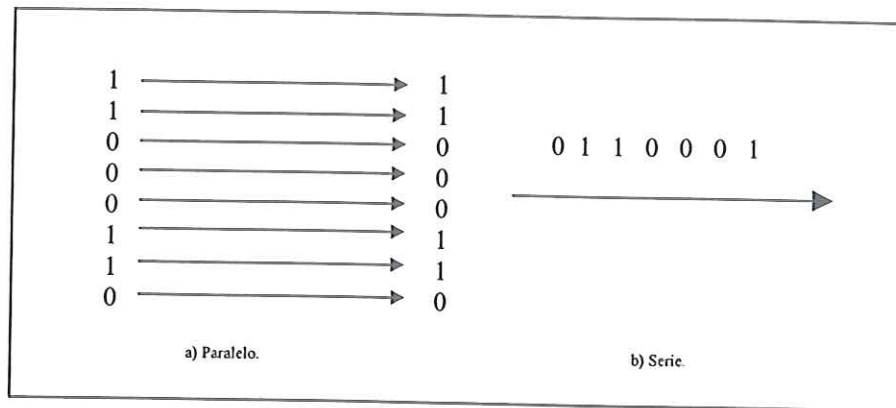


Figura 3-1 Tipos de transmisiones digitales.

Síncrona – Asíncrona.- La temporización es un factor importante en cualquier sistema de comunicación, pero es crucial en la transferencia serie. Debido a que existen sistemas que trabajan a diferentes velocidades, se han desarrollado dos métodos para ajustar las velocidades de transmisión de los datos, estas son: síncrona (en sincronía) y asíncrona (sin sincronía).

Con la transmisión *síncrona*, los bits llegan en intervalos de tiempo regulares, marcados por los pulsos de un oscilador. Estos pulsos sincronizan al receptor con el emisor, por lo que el receptor sabe cuándo captar los bits. La señal del oscilador requiere de su propia línea de transmisión.

En la transmisión *asíncrona* los bits llegan en intervalos de tiempo irregulares. Aunque el término asíncrono es un poco ambiguo, ya que también se requiere sincronizar

los datos. La diferencia es que esta sincronización se lleva a cabo dentro del tren de datos por lo que no requiere del pulso de sincronía, y con ello, la línea de transmisión. En los estándares comerciales, este tipo de sincronización requiere adicionalmente de un bit de inicio, que le indica al receptor que va a iniciar la transferencia de datos y un bit de fin para indicar que ya terminó de transferirlos.

La velocidad con que se transfieren los datos está medida en bauds (en honor al francés Baudot) o en bits por segundo (bps).

3.3.1 Transmisor

Las figuras 3-2 y 3-4 muestran el diseño del modulador y demodulador por ancho de pulso. Este circuito hace uso de pocos componentes y permite recuperar tanto la señal del reloj como los datos.

Para codificar los datos se emplean dos monoestables. El pulso del primer monoestable se ajusta para que tenga un ancho de $\frac{1}{4}$ o 25% con respecto a la señal de reloj. El pulso del segundo monoestable debe tener $\frac{3}{4}$ o 75%. El pulso del primer monoestable representará al CERO digital y el pulso del segundo al UNO.

Cuenta con un circuito que identifica el dato digital y, dependiendo de éste, habilita al monoestable correspondiente. Por último, el circuito mezclador deja pasar los pulsos de ambos monoestables.

La figura 3-3 muestra las señales que se producen para mandar el dato binario 11000110. En la sección 5.2 se da una explicación más detallada.

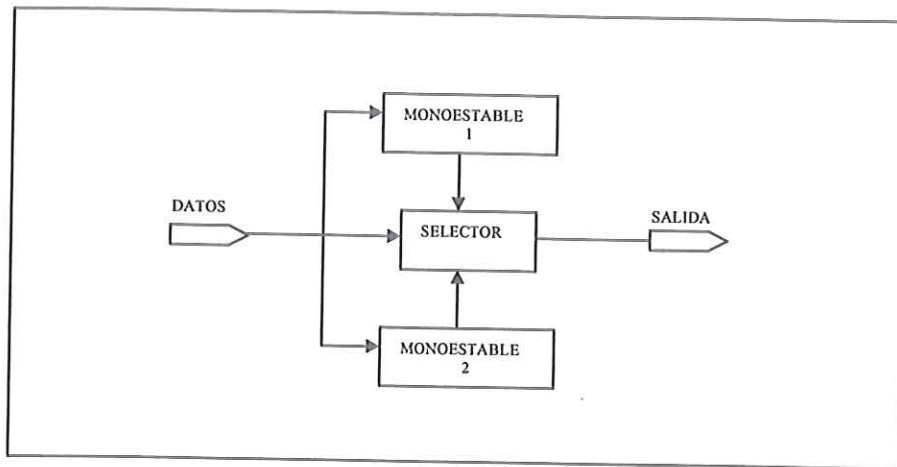


Figura 3-2 Diagrama a bloques de codificador.

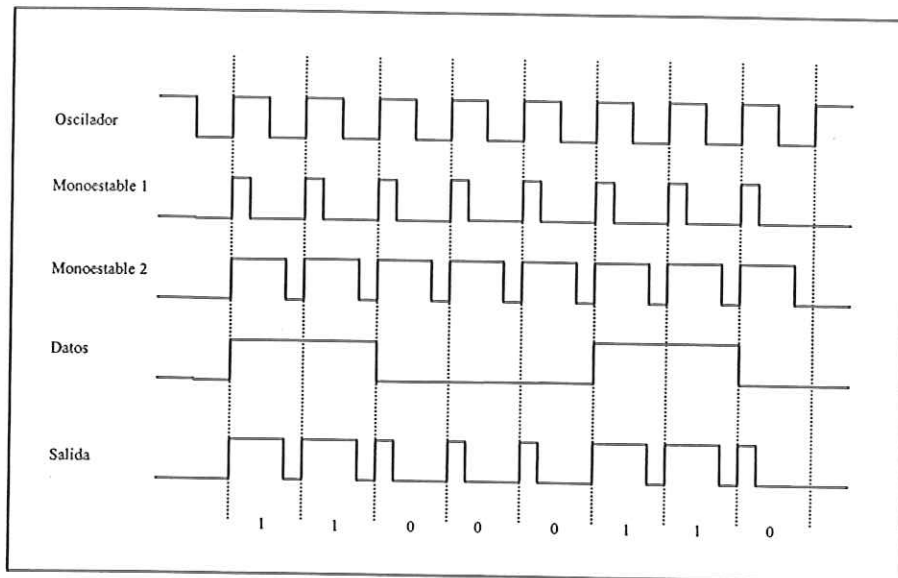


Figura 3-3 Diagrama de tiempos del codificador.

3.3.2 Receptor

El circuito de la figura 3-4 muestra como se decodifica la señal recibida del emisor. Los datos de entrada llegan a un circuito de corrimiento y a dos monoestables. Uno de ellos produce una señal simétrica (que servirá como señal de reloj), y el otro genera un pulso de 9 ciclos de reloj de ancho para indicarle al registro de corrimiento que ya arribaron los ocho bits. La figura 3-5 muestra las señales que produce este circuito.

Al presentarse un flanco de subida de las señales codificadas (indicadas en la figura 3-5 con una punta de flecha hacia arriba), empiezan a funcionar también los monoestables. Con el flanco de bajada (punta de flecha hacia abajo) de la salida del primer monoestable, se le indica al registro de corrimiento que tome el dato presente.

Recordando que el CERO tiene un ancho del 25%, el nivel que verá el registro de corrimiento será un nivel BAJO; en caso de ser un uno, que tiene un ancho del 75%, el nivel que verá será ALTO. De esta manera se reconocen los símbolos enviados por el codificador.

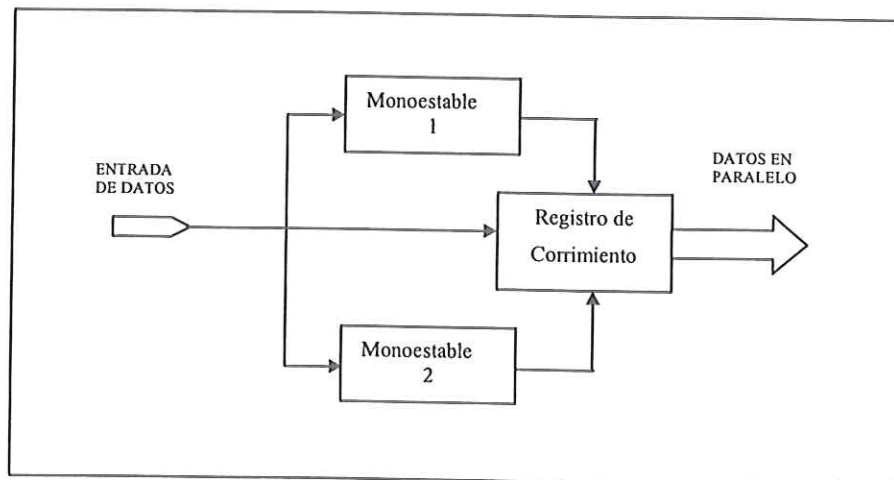


Figura 3-4 Diagrama a bloques del decodificador.

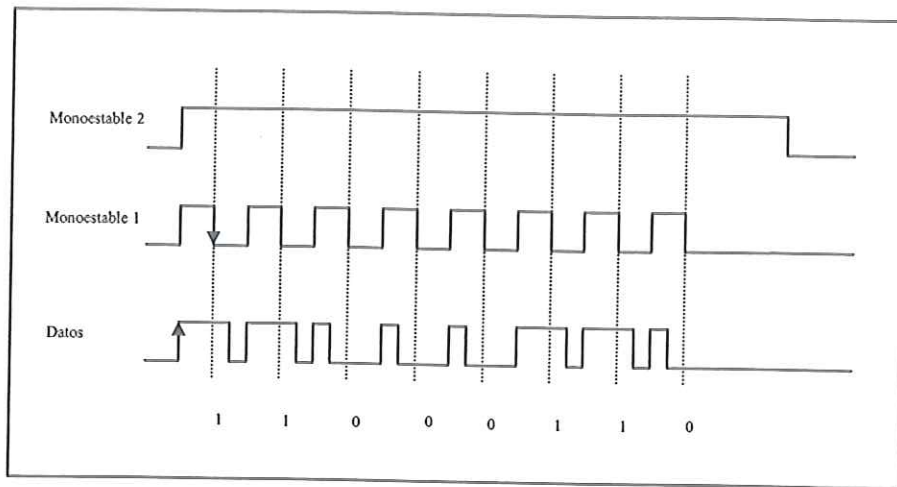


Figura 3-5 Diagrama de tiempos del decodificador.

3.3.3 Mensaje

Además de reconocer los símbolos, el sistema también debe interpretarlos, esto es, debe saber qué se le está pidiendo que haga. Por ello, a algunos bytes se les asignaron acciones específicas, listadas en la tabla 3-2.

Código en hexadecimal.	Acción que realizará.
0x50	Informa.
0x51	Sube Cortina.
0x52	Baja Cortina.
0x53	Sube Gajo.
0x54	Baja Gajo.
0x55	Enciende Luces.
0xAA	Ejecuta la orden.

Tabla 3-2 Lista de mandos para la tarjeta de comunicación.

Para establecer la comunicación, se envía primero alguno de los códigos de la tabla 3-2, seguidos de 0xAA para que ejecute la orden. Se optó por definir algunos códigos concretos (0x5x y 0xAA) para que sirvan también como detección de errores. La figura 3-6 muestra las señales que producen estos códigos.

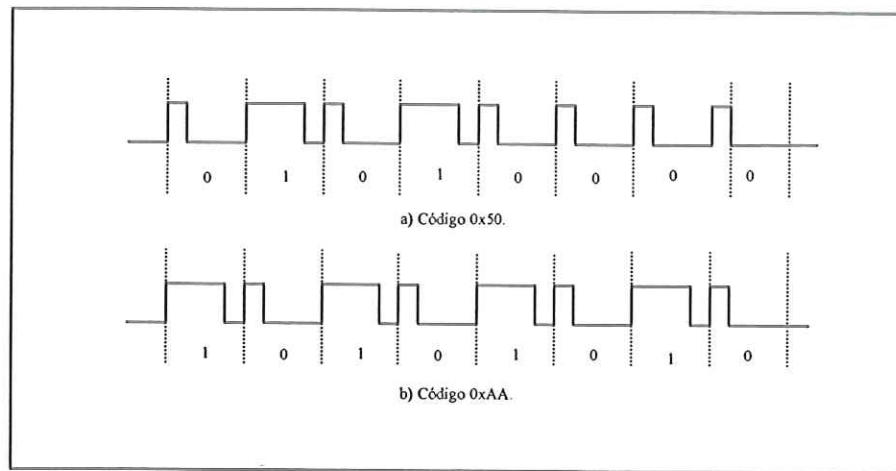


Figura 3-6 Diagrama de las señales de algunos códigos.

3.3.4 Medio de Transmisión.

En las comunicaciones digitales existen tres medios principales de transmisión: par trenzado, cable coaxial y fibra óptica. Por su bajo costo, se decidió usar el par trenzado.

Este canal lo conforman dos conductores trenzados figura 6-7. Con el aumento de la distancia o la velocidad de los datos este medio se vuelve inconveniente debido a la alta capacitancia de los cables y se vuelve susceptible a las interferencias electromagnéticas. Por lo que se recomienda para velocidades de transmisión hasta 5 Mb/s. y una distancia máxima de 1.2 Km.

Actualmente, las transmisiones por radio han tenido una participación muy importante, por lo que se pretende establecer un canal de comunicación inalámbrico entre el centro de control y la cúpula en las modificaciones futuras al sistema.

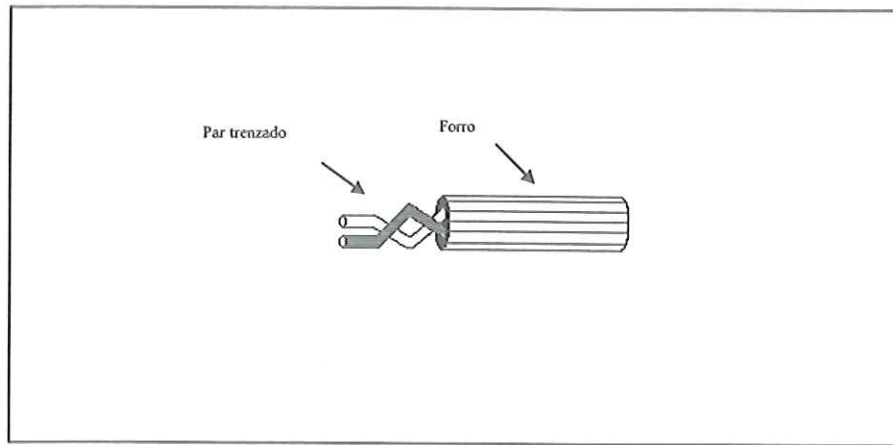


Figura 3-7 Par trenzado como medio de comunicación.

CAPÍTULO 4

4 Codificadores de Posición

4.1 Introducción

Un codificador de posición es un transductor que convierte un desplazamiento en una señal eléctrica *codificada*, la cual es analizada por un circuito electrónico que produce una lectura correspondiente a la medida del desplazamiento. Requiere de una máscara con códigos y sensores eléctricos, ópticos o magnéticos. Los codificadores eléctricos (comúnmente nombrados como codificadores de contacto o fricción) tienen la desventaja del desgaste; los codificadores ópticos, por su parte, tienen que sellarse tanto la máscara como los sensores para evitar que el polvo obstruya el paso de la luz.

En este trabajo se empleo un codificador de diseño propio, descrito adelante, el cual usa sensores de proximidad de tipo inductivo.

4.2 Codificadores Absolutos

Un codificador absoluto genera una señal única que corresponde a la posición del elemento móvil. Emplea una regla para los codificadores lineales y un disco en el caso de los codificadores angulares, con marcas de dos tipos diferentes y equidistantes. Un codificador absoluto con resolución de N bits requiere de N líneas cada una con su propio

detector (ver figura 4-1). Las marcas están dispuestas con códigos ya establecidos: *binario*, *gray* o *BCD* (Binary Code Decimal). Cada uno tiene aplicaciones específicas: *binario* para procesos digitales directos, *gray* para prevenir la generación de pulsos falsos y *BCD* para despliegues.

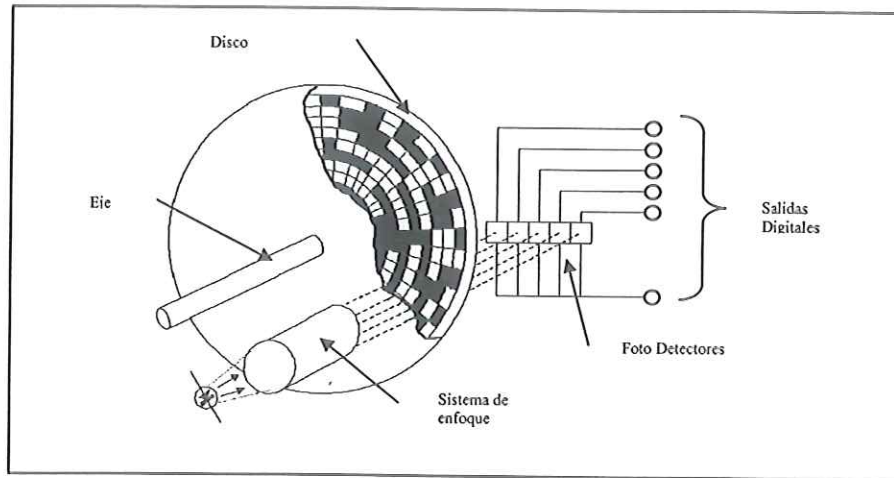


Figura 4-1 Principio de los Codificadores absolutos.

4.3 Codificadores Incrementales

En lugar de las N líneas requeridas por los codificadores absolutos, los codificadores incrementales requieren sólo de una. La figura 4-2 muestra su principio de funcionamiento. Sin embargo, este tipo de codificador presenta algunos inconvenientes: no proporciona de manera directa información acerca de la dirección del movimiento; para tener una salida digital compatible con una computadora, se requiere de un contador digital; y la información de la posición se pierde al presentarse un corte en la fuente de energía. Pero resulta simple y económico.

Afortunadamente, estos inconvenientes del codificador incremental, generalmente son solubles. Por ejemplo, para conocer la dirección de movimiento se emplea la codificación en cuadratura y, para no perder la posición del objeto en movimiento, se emplea un respaldo de energía.

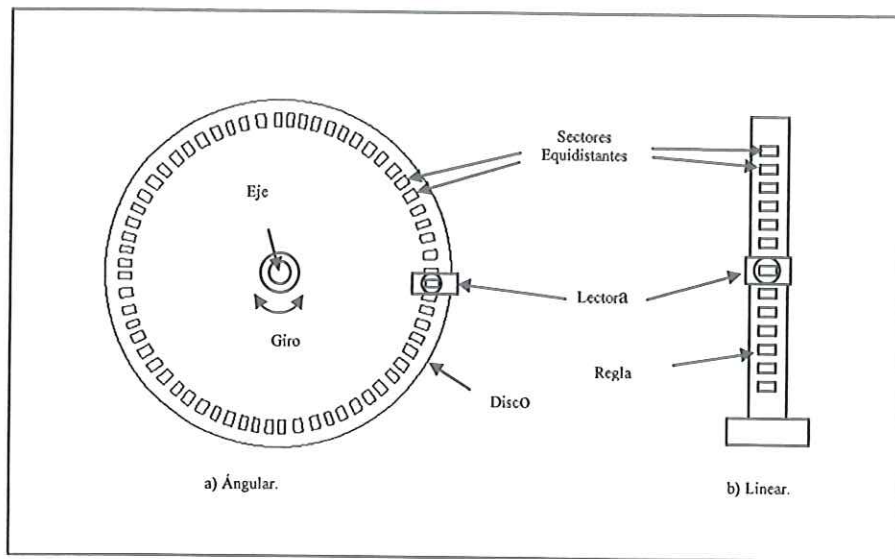


Figura 4-2 Principio de los Codificadores Incrementales.

4.4 Codificador en Cuadratura

Para determinar el sentido se requiere de dos sensores, dispuestos de tal manera que proporcionen una señal eléctrica defasada 90° . Estas señales son comúnmente llamadas canal A y canal B, como se muestra en la figura 4-3a. Con este defasamiento es posible comparar las señales para determinar si "A" está adelantada o atrasada con respecto a "B" y, así, obtener el sentido. También es posible contar cada una de las transiciones, lo que permite multiplicar electrónicamente el número de cuentas generadas en un ciclo del codificador, aumentando la resolución por un factor de 4 (señales eléctricas de la figura 4-3b). Para conocer el origen o posición "cero" del codificador, en ocasiones se agrega un sensor, que se conoce generalmente como índice.

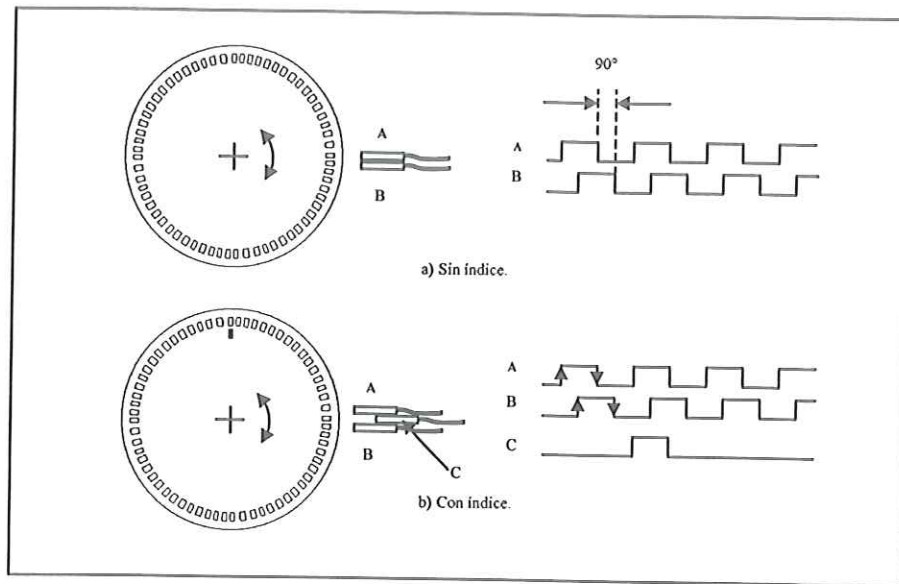


Figura 4-3 Señales del codificador de cuadratura y sus señales eléctricas.

4.5 Diseño del Codificador para la Cúpula

Para determinar la posición de la cúpula se implementó, en la caja de transmisión, un codificador de posición angular incremental con codificación en cuadratura, utilizando para ello sensores de proximidad del tipo inductivo por ser más resistentes a tensiones y vibraciones mecánicas que los ópticos. El sensor empleado para este codificador es modelo 922AB1Y-A4N-L fabricado por la compañía Honeywell, sus hojas de especificaciones se encuentran en el apéndice C.

Debido a que estos sensores sólo detectan metales, se construyó una rueda de aluminio con *paletas*, la cual cumple con una característica fundamental de los codificadores incrementales: tener dos regiones diferentes y equidistantes, en este caso metálica y no metálica.

4.5.1 Resolución del codificador

El número de *paletas* de la rueda determina la resolución del codificador. La resolución es la cantidad mínima medible; la posición angular de la cúpula. Originalmente se propuso una resolución de $1/4^\circ$, por lo que se desarrolló el siguiente cálculo matemático para determinar el número de *paletas* requeridas.

De la fórmula del perímetro,

$$\text{Perímetro} = \pi d \quad (4.5.1)$$

donde d es el diámetro de la circunferencia.

Sustituyendo en 4.5.1 el diámetro de la cúpula, el cual es de 720 cm.

$$\text{Perímetro} = \pi (720) = 720\pi \text{ cm.} \quad (4.5.2)$$

Dividiendo 4.5.2 entre 360 que son los grados de la circunferencia.

$$720\pi/360 = 2\pi \text{ cm.} \quad (4.5.3)$$

Dividiendo 4.5.3 entre 4 que es la resolución que buscamos.

$$2\pi/4 = 0.5\pi \text{ cm.} \approx 1.5 \text{ cm.} \quad (4.5.4)$$

Esta cantidad me indica que un movimiento lineal de 0.5π cm. de la cúpula equivale a una rotación de un cuarto de grado.

Sustituyendo el diámetro de la rueda que hace girar la cúpula (10 cm) en 4.5.1 para conocer el perímetro.

$$\text{Perímetro} = 10 \pi \quad (4.5.5)$$

Dividiendo 4.5.5 entre 4.5.4 para determinar cuantos grados se mueve la cúpula al girar en una vuelta completa la rueda.

$$10\pi/0.5\pi = 20 \quad (4.5.6)$$

lo cual indica que se mueve 20 cuartos de grado, o sea, 5 grados.

De lo establecido en la sección 4.3, el codificador en cuadratura multiplica la resolución por un factor de cuatro, por lo que dividimos 4.5.6 entre 4.

$$20/4 = 5 \quad (4.5.7)$$

Esto indica que se requieren 5 paletas para obtener la resolución de $1/4^\circ$. Sin embargo, por simplicidad en el maquinado, se construyó una rueda con ocho paletas obteniendo 32 pulsos por vuelta, lo que aumenta la resolución del codificador a casi $1/6^\circ$.

4.5.2 Circuito contador

Las señales eléctricas anteriores se dice que están codificadas en cuadratura y para decodificarlas se requiere de un circuito electrónico. El circuito empleado en este trabajo pertenece a la familia HCTL-20XX. Estos circuitos proporcionan la decodificación de la señal de cuadratura en 4x, tienen un contador binario ascendente/descendente y cuentan con una señal que pone en tercer estado los bits de dato, lo que permite conectarlo en paralelo con un ducto de datos. El hecho de ser un dispositivo CMOS con disparador Schmitt y filtros en las entradas permite su uso en ambientes eléctricamente ruidosos. El circuito empleado para la decodificación es el HCTL-2016, que tiene un contador de 16 bits, el cual es posible leer en paquetes de 8 bits. Para más detalles, ver las hojas de especificaciones que se encuentran en el apéndice C.

4.5.3 Circuito para el respaldo de energía

Como se indicó en la sección 4.3 los codificadores incrementales presentan la desventaja de perder la posición al presentarse algún corte de energía. Respondiendo a este requerimiento se diseñó el circuito mostrado en la figura 4-4, el cual permite conmutar a la batería en caso de presentarse un corte de energía.

Este circuito consta de un micro relevador SPDT (Single Pole Double T) con diodo integrado, fabricado por Magnecraft con número de parte W172DIP-5, el cual funciona de la siguiente manera: cuando el relevador es alimentado, patas 2 y 6, el interruptor es atraído (línea punteada) permitiendo que el voltaje general de +5V alimente al decodificador, a través de la pata 1. Al presentarse un corte de energía, desaparece el campo magnético del relevador obligando al interruptor a conmutar a su posición original (línea continua), habilitando de esta manera el voltaje de la batería. Este cambio lo realiza en un tiempo de $0.16 \mu s$, por lo que los circuitos conectados a esta pata no se percatan de si hubo un cambio de fuente de alimentación. De esta manera el circuito HCTL – 2016 no perderá la cuenta de sus registros.

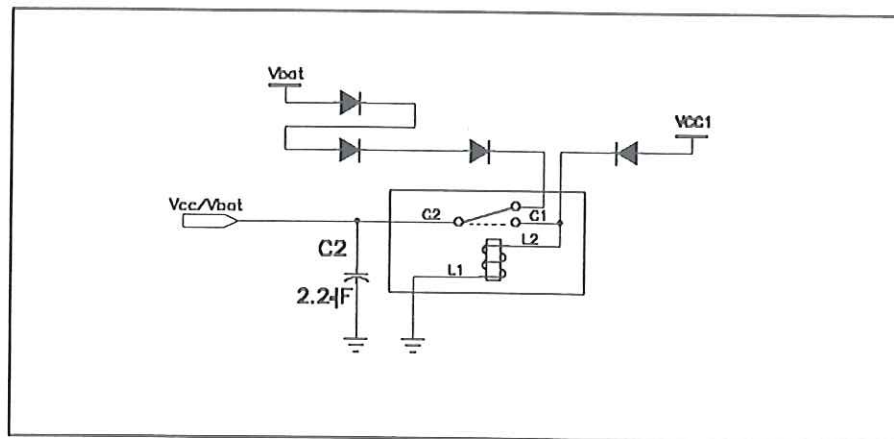


Figura 4-4 Circuito para el respaldo de energía.

CAPÍTULO 5

5 Diseño de Subsistemas

5.1 Introducción

Sin los periféricos que rodean a la PC, ésta no tendría mucha utilidad. Los subsistemas que se describen a continuación permiten a la PC tener comunicación con el mundo exterior y son necesarios para el funcionamiento del sistema.

Estos subsistemas son: circuitería para puertos de entrada-salida, emisor-receptor propio e interfaz de potencia, algunas fotos de estos subsistemas se muestran en apéndice E y sus diagramas esquemáticos en el apéndice D.

5.2 Circuitería de Puertos de Entrada - Salida

EL sistema fue diseñado con el propósito de que pudiera ser accesado directamente por una computadora personal. Para ello se construyó la circuitería de puertos de entrada-salida que se describe a continuación. La figura 5-1 ilustra a bloques este subsistema.

DUCTO.- El ducto de la PC se describe en el apéndice B.

REFORZADORES. Debido al gran número de componentes que con frecuencia se conectan al microprocesador, la mayoría de los sistemas que hacen uso del ducto

0x307, se conectaron los bits de dirección A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9 y la señal AEN (Address Enable, Habilitador de Dirección) al circuito comparador 74HC688 (U15 de la figura 5-3). Este circuito pone un nivel BAJO en su pata 19 cuando sus valores P correspondan a los establecidos en Q. La tabla 5-1 indica estos valores.

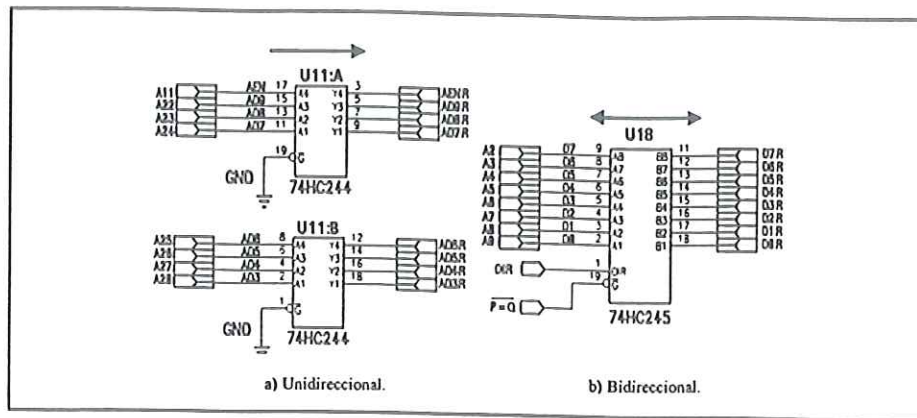


Figura 5-2 Reforzadores de las señales del ducto.

El resto de las señales de dirección (A0, A1 y A2) se conectan a las entradas de selección del circuito decodificador 74HC138 (patas A, B y C) para que habiliten una de sus salidas, dependiendo del número binario en A, B y C. De esta manera, se selecciona únicamente una de las direcciones entre la 0x300 y la 0x307.

En el diseño de esta tarjeta se usaron dos circuitos integrados 74HC138, como lo muestra la figura 5-3. Uno de estos circuitos se habilitará cuando se presente la señal /IOW, lo cual ocurre cuando queremos escribir en un puerto. Para habilitar al otro decodificador se necesita que se presente la señal de /IOR, generada por el sistema de la PC al darle la instrucción de lectura.

ALE	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0	1	1	0	0	0	0	0	X	X	X

Tabla 5-1 Señales conectadas a los circuitos comparador y decodificador.

SUJETADORES. Debido a que los datos del transceptor (transmisor – receptor) están presentes sólo unos microsegundos, se requiere de un circuito que mantenga presentes en todo tiempo estos datos. Este circuito es el 74HC374, el cual es un sujetador de 8 bits con salidas de tres estados. Este circuito puede conectarse para sujetar los datos del ducto (figura 5-4), funcionando como puerto de salida, o para pasarlos al ducto (figura 5-5), funcionando como puerto de entrada.

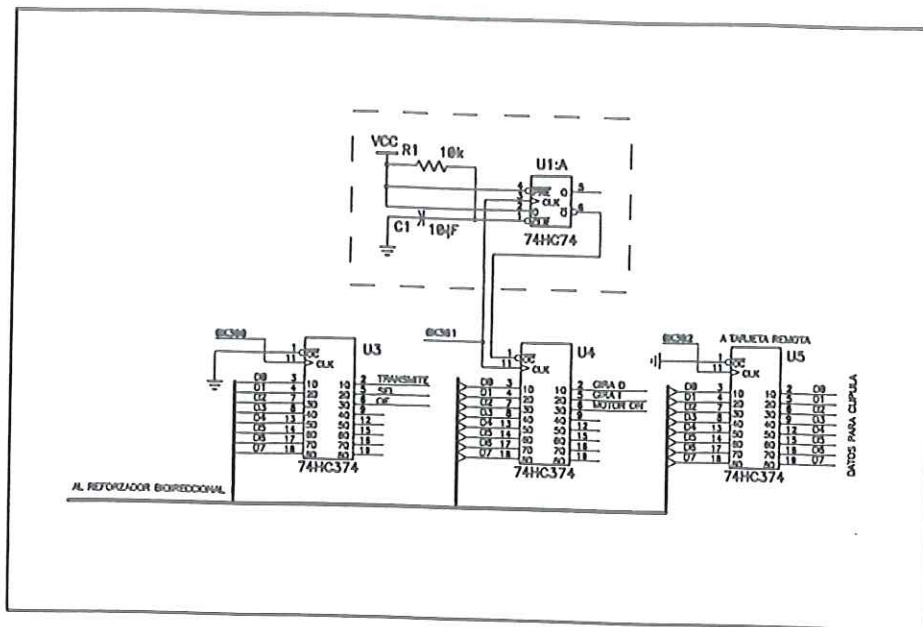


Figura 5-4 Sujetadores de escritura.

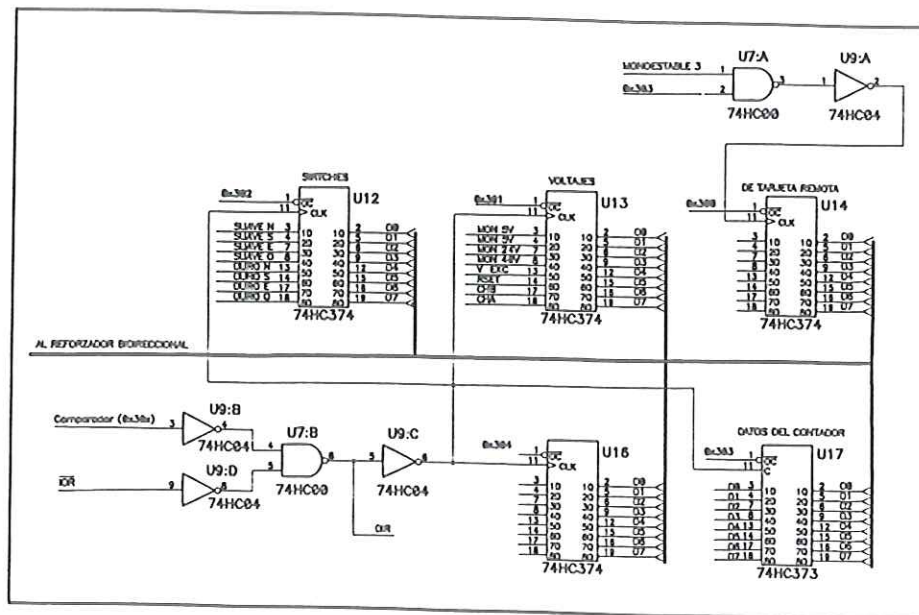


Figura 5-5 Sujetadores de lectura.

INICIALIZADOR. Las salidas de todos los sujetadores de escritura, al prender y apagar el sistema, despiertan aleatoriamente. Entonces, para evitar que la cúpula se activara sin pedírselo, se implementó el circuito encerrado en un cuadro con línea punteada de la figura 5-4, el cual pone en tercer estado las salidas del circuito U4 hasta que se escriba por primera vez en él.

El circuito funciona de la siguiente manera; al encender el sistema, la pata CLR del flip-flop 74HC74 (U1:A) tiene un CERO lógico y la pata PRE tiene un UNO por lo que /Q tendrá un UNO, dejando al sujetador en tercer estado. Un tiempo después, determinado por la resistencia y el capacitor, en la pata CLR habrá un UNO, lo que permitirá que el nivel presente en PRE (en este caso UNO) pase a la salida Q cuando se presente un flanco de subida en la pata CLK. Este es generado por el circuito decodificador al escribir en el puerto 0x301. Así, Q tendrá un UNO y /Q un CERO, deshabilitando el tercer estado en que se encontraba el sujetador, permitiendo que los datos de entrada del sujetador pasen a sus salidas.

5.3 *Circuitería de comunicación*

Con este subsistema, la PC se comunica con los sensores y actuadores de la cortina, gajo y luces. Para ello, se diseñaron dos subsistemas de comunicación: uno instalado en la PC y otro en la cúpula. El principio de funcionamiento de éste subsistema se describe en el capítulo 3; en esta sección se describirán en forma detallada las partes que las componen.

5.3.1 Transmisor y receptor instalado en la PC

TRANSMISOR

La figura 5-6 muestra su diagrama a bloques y la figura 5-7 su diagrama esquemático. Este circuito lo integran los siguientes componentes.

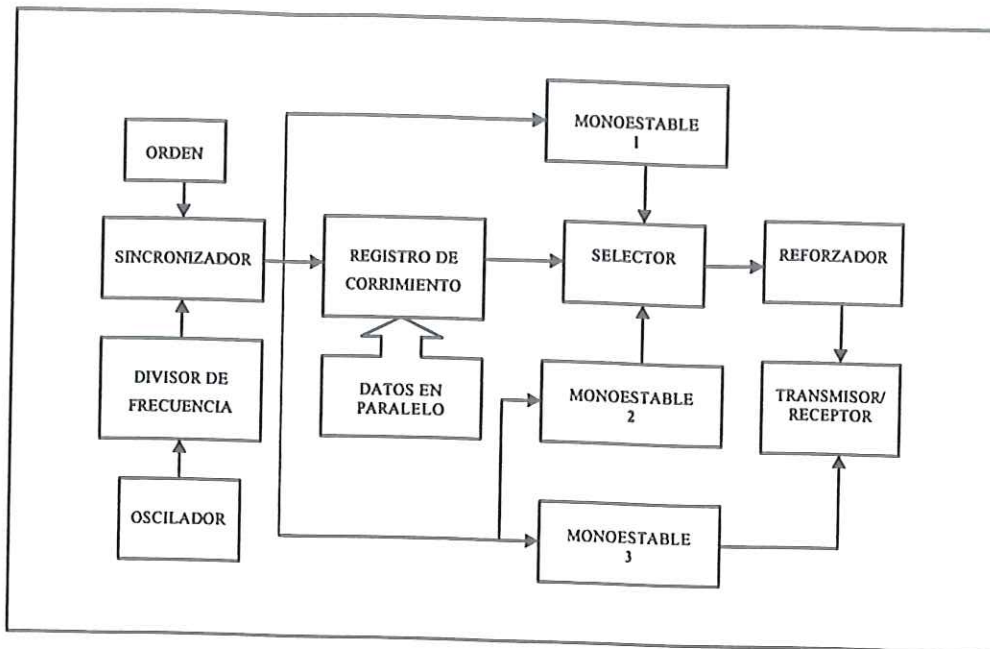


Figura 5-6 Diagrama a bloques del transmisor instalado en la PC.

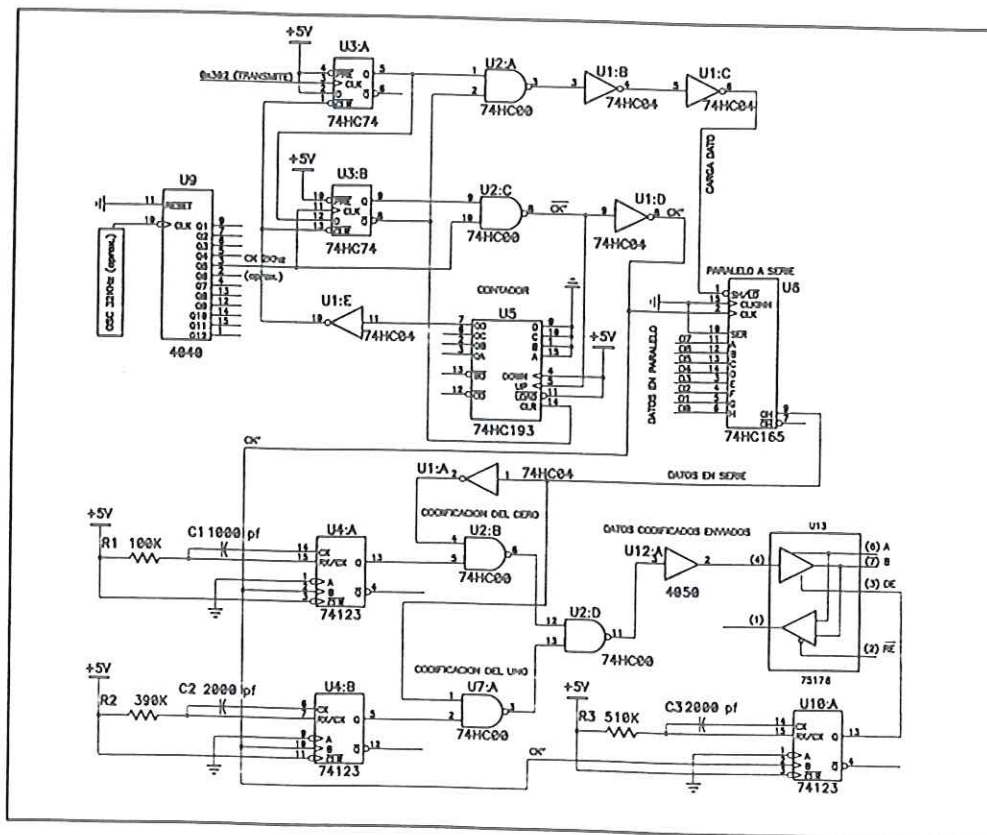


Figura 5-7 Diagrama esquemático del transmisor.

OSCILADOR.- Es un circuito híbrido con encapsulado de metal. Dentro del encapsulado se encuentra toda la circuitería necesaria para producir la frecuencia deseada. El oscilador empleado genera una frecuencia de 32.768 KHz.

DIVISOR DE FRECUENCIA.- Es el circuito contador binario CD4040B (U9), mostrado en la figura 5-7, el cual hace uso de flips-flops maestro-esclavo para cada una de sus salidas Q1 a Q12 conectados en cascada. Esto ocasiona que la frecuencia de la salida Q1 sea la mitad de la frecuencia del oscilador, la de Q2 la mitad de la frecuencia de Q1, o un cuarto de la frecuencia del oscilador. Esta división entre dos continúa para cada salida Q subsecuente del divisor. Se tomó la señal de Q4 para obtener una frecuencia aproximada de 2 KHz.

SINCRONIZADOR.- Para sincronizar la orden de mandar el dato con el flanco de subida de la señal CK generada por el divisor, se emplearon un par de flip-flops y una compuerta NAND, ilustrados en la figura 5-7. Al mandar un UNO en el bit menos significativo del puerto 0x302, se produce una transición positiva en la pata CLK del flip-flop U3:A, el cual deja pasar el nivel lógico de su entrada D a Q (en este caso un UNO). El flip-flop U3:B recibe este dato en su entrada D, el cual lo pone en su salida Q cuando se presenta una transición positiva en CK, lo que ocurre aproximadamente cada 500µs. Este nivel ALTO en Q, habilita a la compuerta NAND (U2:C), la cual tendrá en su salida la señal /CK'. Esta señal activa al circuito 74HC193 (U5), el cual es un contador síncrono binario de cuatro bits. El 74HC193 inicia su conteo a partir de CERO y, al llegar a 7, se levanta el nivel de la salida D, la cual inicializa a los flip-flops que, a su vez, inicializan al circuito contador. De esta manera, el flip-flop U3:B genera una ventana de 8 pulsos de duración. Esta señal se emplea para disparar de manera síncrona el resto de los circuitos. La figura 5-8 muestra las señales generadas en puntos claves del circuito.

REGISTRO DE CORRIMIENTO.- El circuito integrado 74HC165 (U6) es un registro de corrimiento de ocho bits con entrada en paralelo y salida en serie. Con un nivel BAJO en su entrada SH/LD carga los datos de sus entradas (A, B, C, D, E, F, G y H), los cuales se recorren en cada transición positiva ocurrida en la pata CLK, si la pata CLKINH tiene un nivel BAJO. La señal de cargar el dato y de CLK son proporcionadas por el circuito de sincronía.

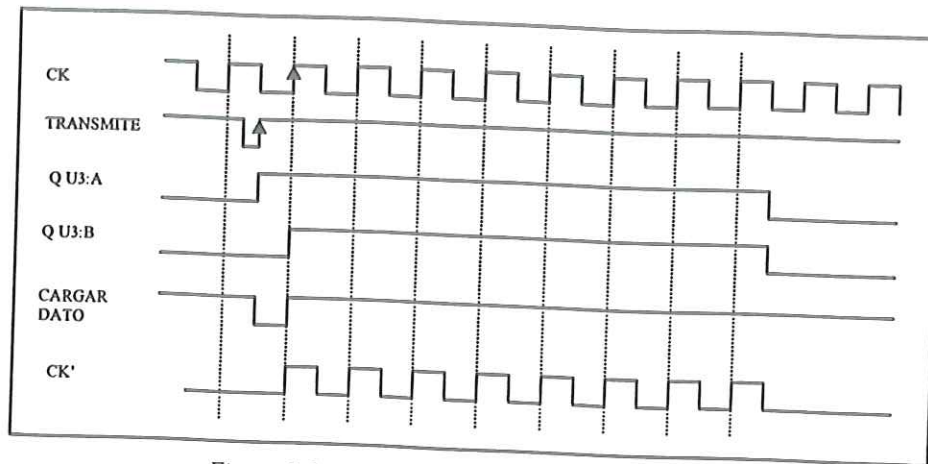


Figura 5-8 Diagrama de tiempos del sincronizador.

MONOESTABLES.- Aquí se usó el circuito 74HC123, el cual es un monoestable doble redisparable. El ancho del pulso en sus salidas Q y /Q puede controlarse mediante una resistencia y un capacitor externo, y puede calcularse con la fórmula $t_w = 0.45 (RC)$. Con los valores de la resistencia y del capacitor instalados en el monoestable 1 (U4:A), se genera un pulso con un ancho de aproximadamente el 25% del período de la señal CK' para codificar un CERO lógico. Con el monoestable 2 (U4:B) se genera un pulso de aproximadamente el 75% del período de la señal CK', el cual codificará el UNO lógico. El monoestable 3 (U10:A) proporciona una señal de aproximadamente 9 ciclos de CK', esto con el fin de poner al circuito 75176 en modo de transmisión, regresando al nivel BAJO para habilitar la recepción de datos.

La figura 5-9 muestra los monoestables empleados para generar los diferentes pulsos y la figura 5-10 su diagrama de tiempos.

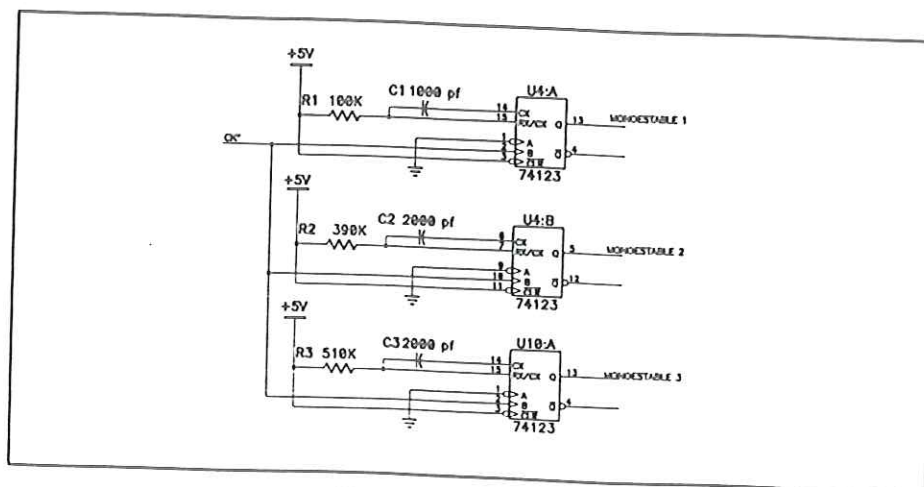


Figura 5-9 Monoestables.

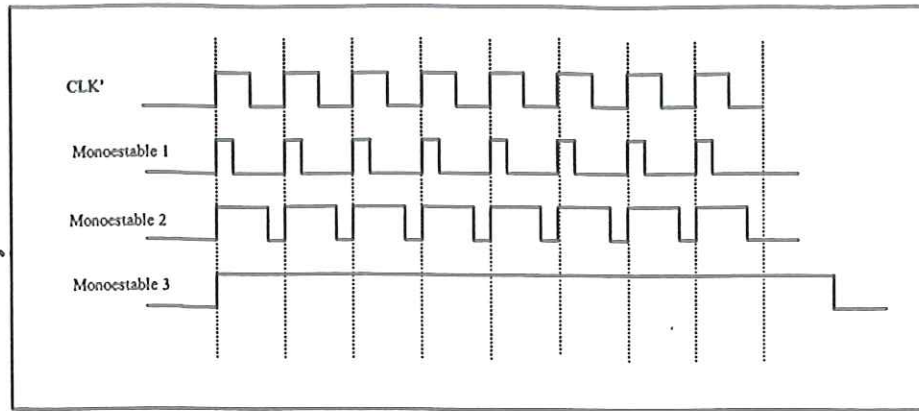


Figura 5-10 Diagrama de tiempos de los monoestables.

CIRCUITO SELECTOR.- Este circuito, ilustrado en la figura 5-11, multiplexa sus dos entradas dependiendo del nivel lógico del dato a transmitir, seleccionando el pulso del monoestable adecuado. En una de las entradas de las compuertas NAND (U2:B y U6:A) se conectan las señales de salida de los monoestables 1 y 2, respectivamente. El circuito *inversor* (U1:A) se encarga de habilitar la compuerta correspondiente, dependiendo del estado lógico en su entrada; un estado BAJO selecciona las salidas del monoestable 1 y un estado ALTO la salida del monoestable 2.

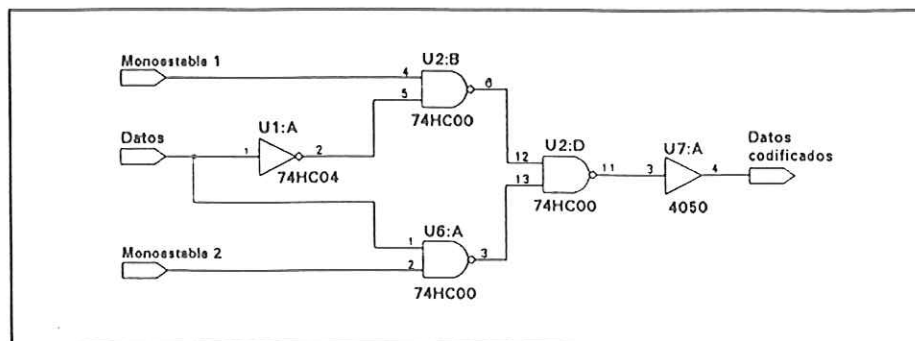


Figura 5-11 Circuito multiplexor

TRANSMISOR/RECEPTOR.- El circuito SN75176, figura 5-12 (U13), está diseñado para la comunicación bidireccional de datos y cumple con el estándar RS-422A de la EIA (Electronics Industrial Association, Asociación de la Industria Electrónica). Es un emisor y receptor diferencial de tres estados y cuenta con una pata de habilitación que funciona como control de dirección: DE para el emisor y /RE para el receptor. Cuando /RE está

en estado bajo se habilita al receptor. Para transmitir, la salida del monoestable 3 pone en estado ALTO a /RE y DE deshabilitando al receptor y habilitando al emisor; en este estado dura el tiempo suficiente para que se transmitan los ocho bits y regresa a su estado BAJO. Tanto la señal de salida como la de entrada son reforzadas por el circuito CD4050 (U7:A y U7:B).

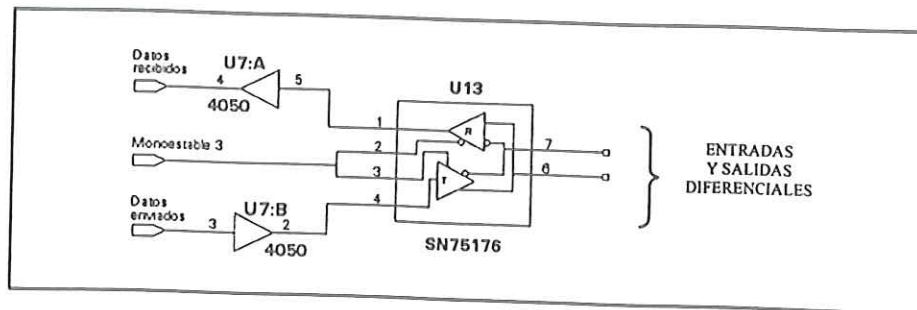


Figura 5-12 Circuito reforzadores y Transmisor/Receptor diferenciales.

RECEPTOR

La figura 5-13 muestra su diagrama a bloques y la figura 5-14 su diagrama esquemático. Este circuito lo integran los siguientes componentes.

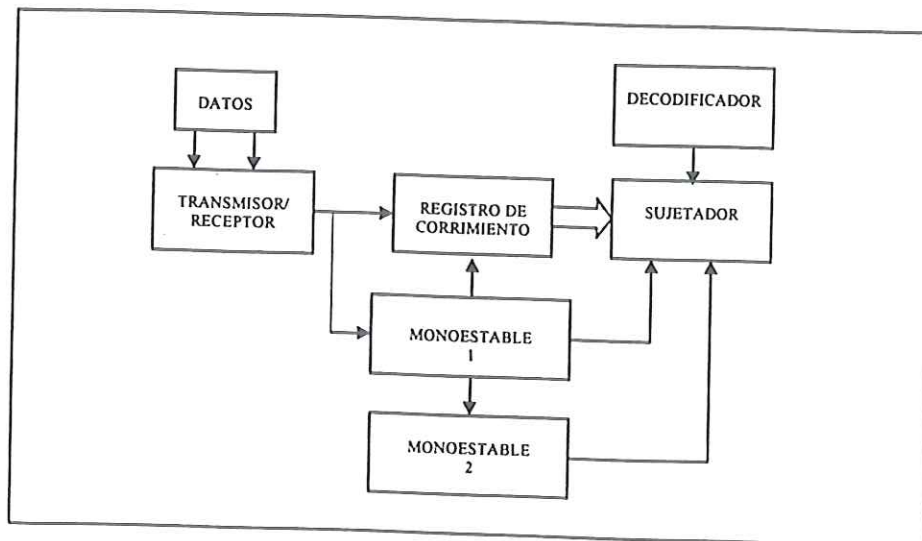


Figura 5-13 Diagrama a bloques del receptor.

TRANSMISOR/RECEPTOR. Es el circuito SN75176 descrito en el apartado anterior.

MONOESTABLES.- La señal de salida del receptor, datos codificados, se conecta a la pata B del monoestable 1 (U12:A) para que en cada transición positiva genere en su salida Q

positiva en su entrada CLK, generada por el circuito decodificador al accesar la dirección 0x300, pondrá los datos en sus salidas Q. Estos datos pasan al ducto a través del reforzador 74HC244.

5.3.2 Transmisor y receptor instalado en la cúpula

TRANSMISOR

La manera de ordenarle a este transmisor que envíe los datos, es por medio del circuito decodificador 74HC154. Por lo demás, es igual al que se explicó en la sección 5.3.1. por lo que ya no se explicará.

RECEPTOR

La figura 5-15 muestra el diagrama a bloques y la figura 5-16 su diagrama esquemático. Hasta la etapa del sujetador 1, este circuito es el mismo que el receptor instalado en la PC, por lo que sólo se explicarán los bloques no descritos.

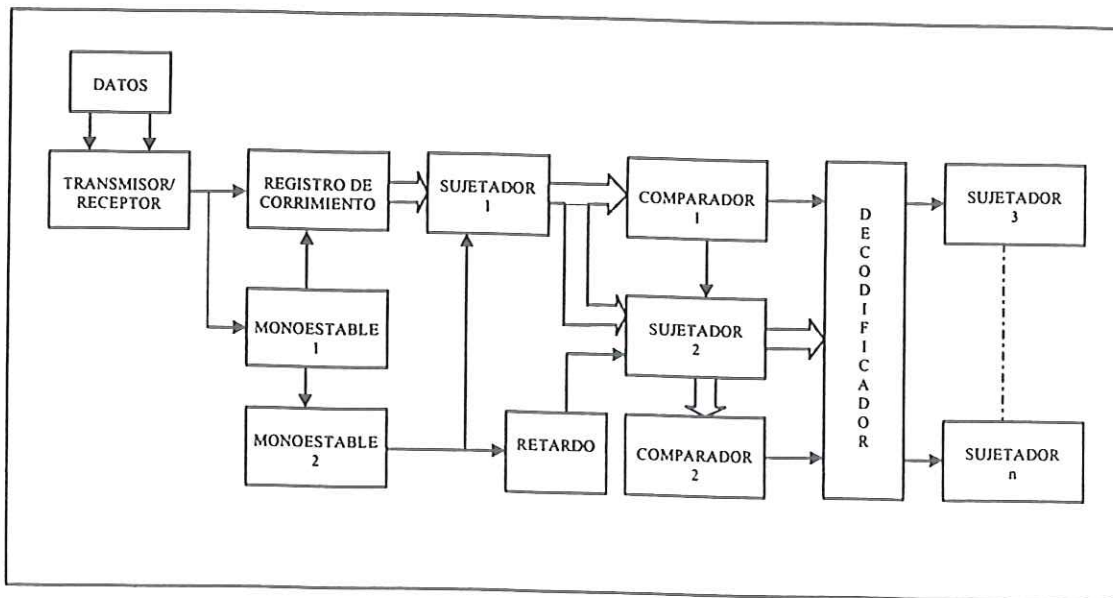


Figura 5-15 Diagrama a bloques del receptor instalado en la cúpula.

SUJETADOR 2.- Las salidas del sujetador 1 pasan al circuito comparador 1 y, un tiempo después (determinado por el circuito de retardo), al sujetador 2.

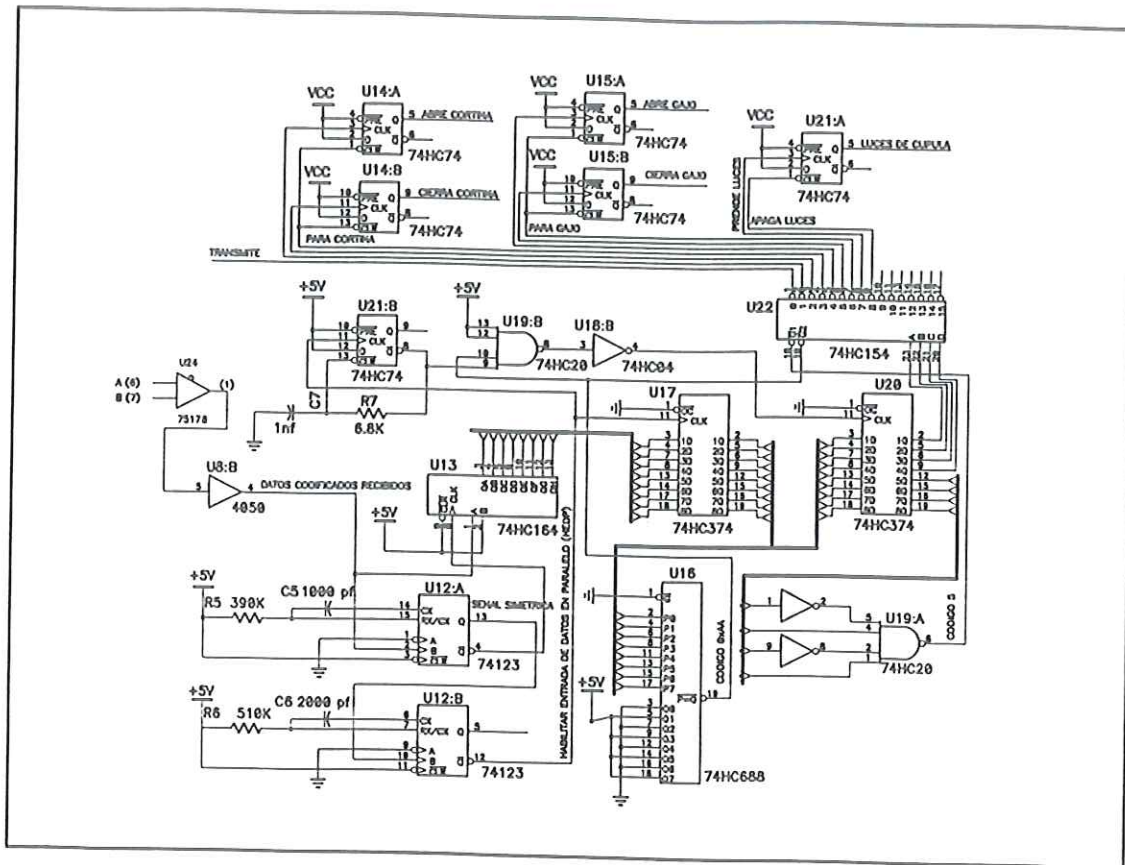


Figura 5-16 Diagrama esquemático del receptor instalado en la cúpula.

COMPARADOR 1.- Esta función la realiza el circuito 74HC688, el cual pone en estado bajo su pata 19 si los datos en P son los mismos que en Q, esto es, si el dato recibido fue igual a 0xAA.

COMPARADOR 2.- Consta de un arreglo de compuertas lógicas (ver figura 5-17), el cual tendrá en su salida un estado BAJO si en sus entradas hay un 5. Esto corresponde a los bits más significativos del dato de entrada. Los bits menos significativos se mandan directamente al decodificador.

CIRCUITO DE RETARDO.- El flip-flop U23:A pone en estado BAJO su salida /Q un tiempo t

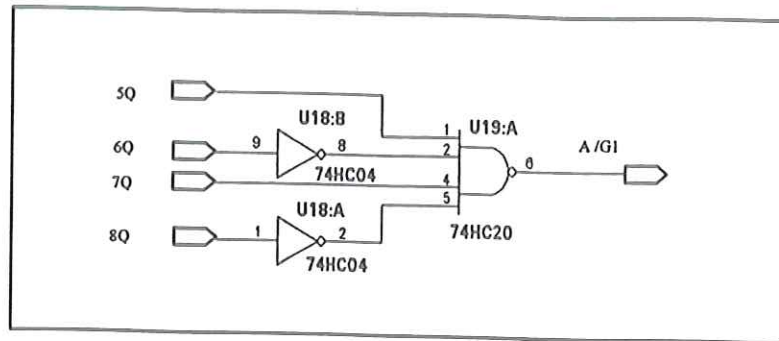


Figura 5.17 Arreglo de compuertas que comparan el dato 0x5x.

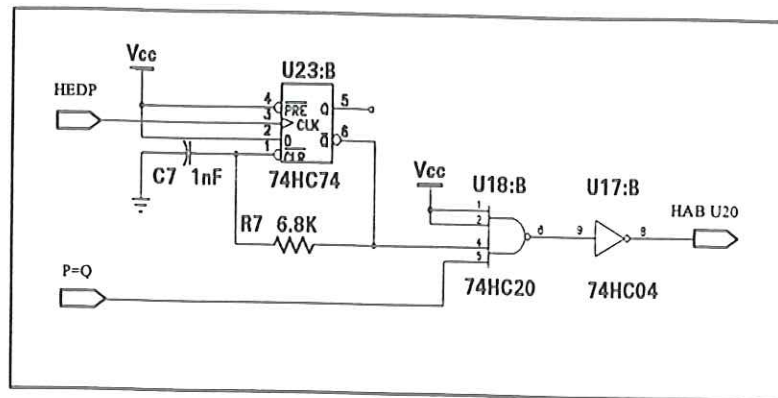


Figura 5-18 Circuito de retardo.

DECODIFICADOR.- El circuito 74HC154 (U22 de la figura 5-19) es un decodificador de cuatro bits con 16 líneas de salida y dos líneas de habilitación. Si sus entradas /G1 y /G2 están en estado BAJO, selecciona una de sus salidas, dependiendo del número binario en sus entradas A, B, C y D. Para sujetar estas salidas de manera individual, se implementó un circuito usando el 74HC74, el cual pone un estado ALTO en su salida Q con una transición positiva, con un CERO en /CLR, generado por otra salida del decodificador, pone un estado BAJO. Así, por ejemplo, el mando "ABRIR_CORTINA" se genera escribiendo un UNO al decodificador y se cancela escribiendo un TRES (ver tabla 3-2).

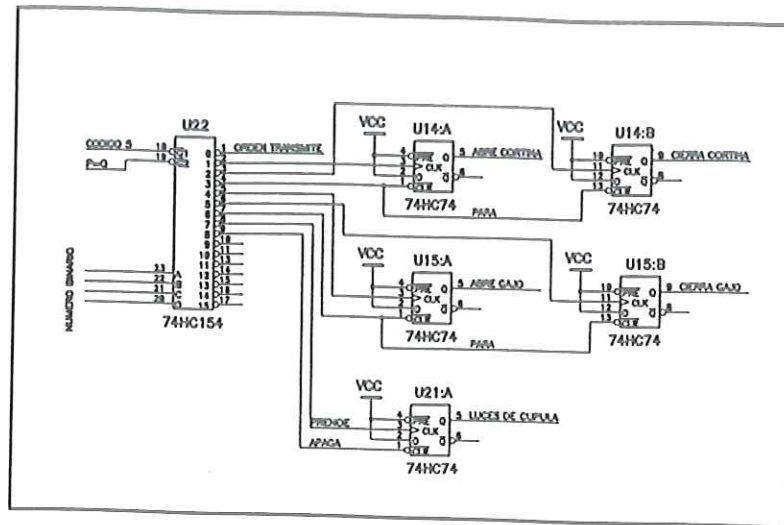


Figura 5-19 Circuito decodificador.

5.4 Subsistema de Interfaz.

Los sensores empleados en este trabajo requieren, para su funcionamiento, al menos de 10V (ver apéndice C). Sin embargo, el subsistema de puertos sólo puede proporcionar 5V, por lo que se requiere de una fuente de voltaje adicional que alimente a los sensores y un circuito de aislamiento que separe las tierras.

El dispositivo empleado para esta interfaz es el *optoacoplador*, un optoacoplador consiste en un diodo infrarrojo de arseniuro de galio como etapa de entrada y un fototransistor npn de silicio como etapa de salida. Para acoplar los dos sistemas se utiliza la transmisión de energía radiante (fotones) emitida por el diodo infrarrojo y detectada por el fototransistor, eliminando de esta manera la necesidad de una tierra común.

5.4.1 Consideraciones

Hay cuatro características principales de los optoacopladores que hay que considerar en su implementación: la razón de transferencia de corriente (CTR Current Transfer Ratio) o ganancia, la respuesta en frecuencia, capacidad de aislamiento eléctrico y la inmunidad a las fuentes de ruido, tanto interno como externo.

RAZON DE TRANSFERENCIA DE CORRIENTE

La transferencia de corriente es el cociente entre la corriente de salida del foto detector y la corriente de entrada del diodo emisor de luz (LED). Esto se muestra en la figura 5-20.

$$\text{Razón de Transferencia de corriente} = I_L / I_f$$

RESPUESTA EN FRECUENCIA

Esta característica a veces se confunde con la respuesta espectral del sistema. La respuesta espectral es el rango de frecuencias de luz capaz de generar una corriente considerable en el detector. La respuesta en frecuencia de un optoacoplador indica que tan rápido el sistema puede responder a una transición, ya sea positiva o negativa, en la señal de entrada y es una medida de la máxima frecuencia de la señal de entrada a la que podría responder el optoacoplador.

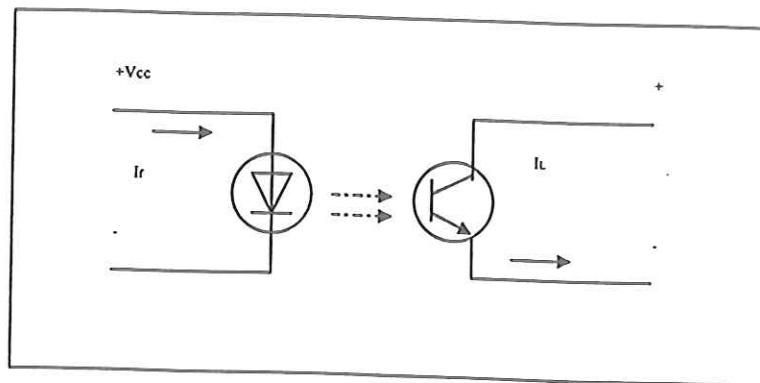


Figura 5-20 Razón de transferencia.

AISLAMIENTO

El término aislamiento en los optoacopladores, incluye entre otras propiedades: prevención de lazos de tierra, aislamiento eléctrico y aislamiento del ruido eléctrico.

Prevención de lazos de tierra.- Otra propiedad de aislamiento, involucra la capacidad de resistir el paso de corriente a través de él. Esto ayuda a evitar el flujo de corriente en lazos de tierra. Un lazo de tierra puede presentarse en un sistema donde se usan diferentes tierras en diferentes lugares del circuito. Idealmente, todos los puntos de tierra deberían tener el mismo potencial, pero si una corriente encuentra un camino por

donde pueda fluir a través de diferentes puntos de tierra, se genera una caída de voltaje entre estos puntos, alterando la operación normal del circuito. Los sistemas optoacoplados, son muy útiles para eliminar estos lazos de tierra debido a que el aislamiento eléctrico es ocasionado por la transmisión de luz. Como resultado, el camino de lazo de tierra se interrumpe evitando que fluya la corriente.

Aislamiento eléctrico.- Es la capacidad que tiene para evitar la ruptura eléctrica cuando se aplica a través del medio de transmisión un voltaje relativamente alto. Esta es la razón por la cual los materiales empleados, entre la fuente y el detector, se escogen por sus características aislantes, así como por su transparencia.

Aislamiento al ruido eléctrico.- Debido a que la fuente (LED) y el detector (foto-transistor) están acoplados por medio de luz, el ruido eléctrico generado en cada circuitos de los extremos del optoacoplador, queda aislado uno del otro.

El optoacoplador empleado en este trabajo es el PS2504-4, el cual es fabricado por la compañía japonesa NEC. El optoacoplador PS2504-4 contiene cuatro optoacopladores individuales encapsulados en DIP (Dual In-line Package), tiene una transferencia de corriente de 300%, tiene una respuesta de 3 μ s para una transición positiva y de 5 μ s para una transición negativa y, su voltaje de aislamiento eléctrico es de 5kV. Para más detalles ver sus hojas de especificaciones en el apéndice C.

INMUNIDAD AL RUIDO

Por último, una característica muy importante a considerar es la inmunidad al ruido. La inmunidad al ruido es la capacidad del sistema optoacoplado de ser activado por fuentes de ruido tanto interno como externo.

Ruido externo.- El ruido externo es señal no deseada. Es luz radiada por otras fuentes que excitan al sistema en lugar de la fuente deseada. En el caso del optoacoplador, este no existe debido a que está encapsulado.

Ruido interno.- El ruido interno en un sistema optoacoplado ocasiona que fluya corriente en el fotodetector sin alguna señal de entrada presente. Existen tres fuentes principales de ruido en el detector: ruido térmico, ruido de disparo y ruido de contacto. El

ruido térmico (también llamado ruido Johnson o ruido Nyquist) es ocasionado por la agitación térmica de los electrones (flujo de corriente causada por el calor) dentro de los elementos resistivos del detector. El ruido de disparo es ocasionado por el flujo de corriente (en el material conductor) a través de la barrera de potencial. El ruido de contacto, también llamado ruido de conmutación o ruido $1/f$ (debido a que depende de la frecuencia f), se debe al contacto imperfecto entre los dos materiales. La corriente que se genera por estas tres fuentes de ruido integran el ruido interno total del detector.

Razón señal a ruido.- Esta es una medida de la inmunidad al ruido interno del sistema optoacoplado. Está definido como el cociente de la corriente de salida cuando se aplica una señal, entre la corriente de salida debida al ruido cuando no se aplica ninguna señal.

5.4.2 Interfaz para el sensor 922-AB1-A4N-L

Para interfacear los tres sensores 922-AB1-A4N-L al circuito decodificador HCTL-2016, se implementó el circuito de la figura 5-21.

La fuente de 12V alimenta al sensor y al LED del optoacoplador, conectándose una resistencia de 470Ω entre la fuente de alimentación y el diodo LED para limitar la corriente aproximadamente a 25 mA.

En la salida del optoacoplador, se conecta el emisor del fototransistor a tierra y el colector a una resistencia *pull-up* de 470Ω ; la salida del colector será la señal que verá el decodificador HCTL-2016. Por las características propias del sensor, cuando se activa, fluye corriente en el LED del optoacoplador, excitando al fototransistor. Esto ocasiona que el decodificador vea un estado BAJO. Cuando se desactiva el sensor, no fluye corriente en el LED, el cual no excita al fototransistor. Debido a la resistencia de *pull-up* el decodificador verá un estado ALTO.

Tanto el sensor que activa la pata de RESET, como el decodificador, se conectan al respaldo de energía para evitar que sea inicializado en un corte eléctrico.

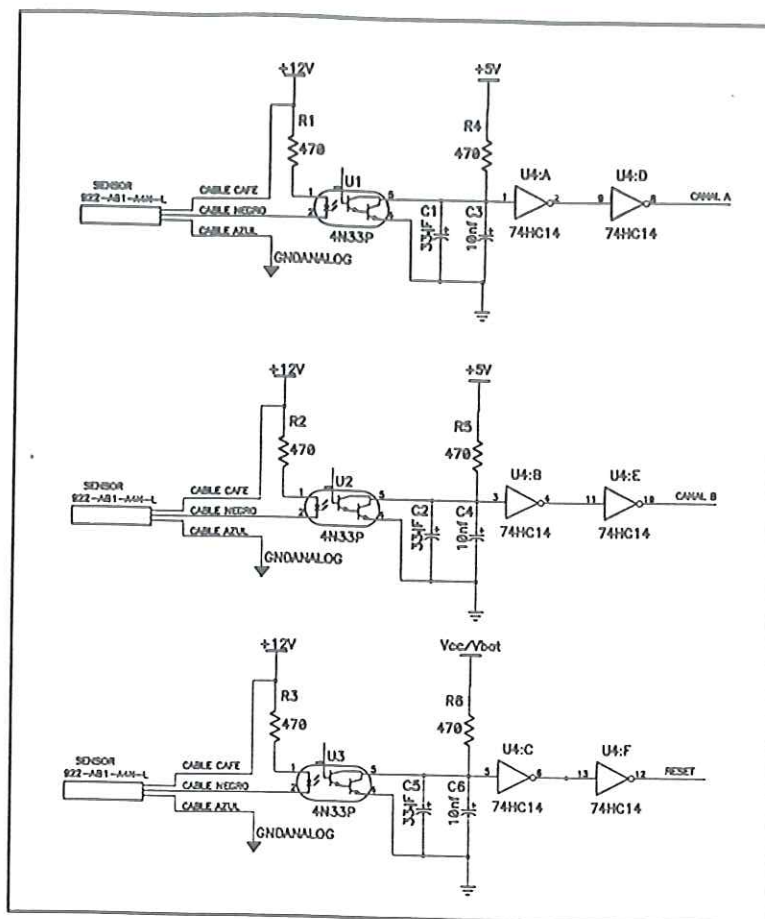


Figura 5-21 Interfaz para el sensor 922-AB1-A4N-L.

El sensor 922-AB1-A4N-L, empleado en el decodificador para generar las señales A, B y RESET, está descrito en sus hojas de datos en el apéndice C. Su salida se comporta como un interruptor normalmente abierto que, al activarse, pone en su salida el voltaje de alimentación.

5.4.3 Interfaz para el sensor FL7M-10J6D-M

El circuito de interfaz de este sensor se muestra en la figura 5-22. Una de las líneas del sensor se conecta a tierra y la otra al cátodo del LED, el cual recibe la corriente de alimentación a través de una resistencia de $1\text{K}\Omega$.

Cuando se activa el sensor se enciende el LED, dado que fluye corriente a través de él, excitando al fototransistor. De esta manera, el colector del fotodetector adquirirá

un estado BAJO. En caso contrario, el fototransistor no es excitado y, debido a la resistencia de *pull-up*, el sujetador verá un nivel ALTO.

Se emplearon cuatro sensores de este tipo para detectar la posición norte, sur, este y oeste del telescopio.

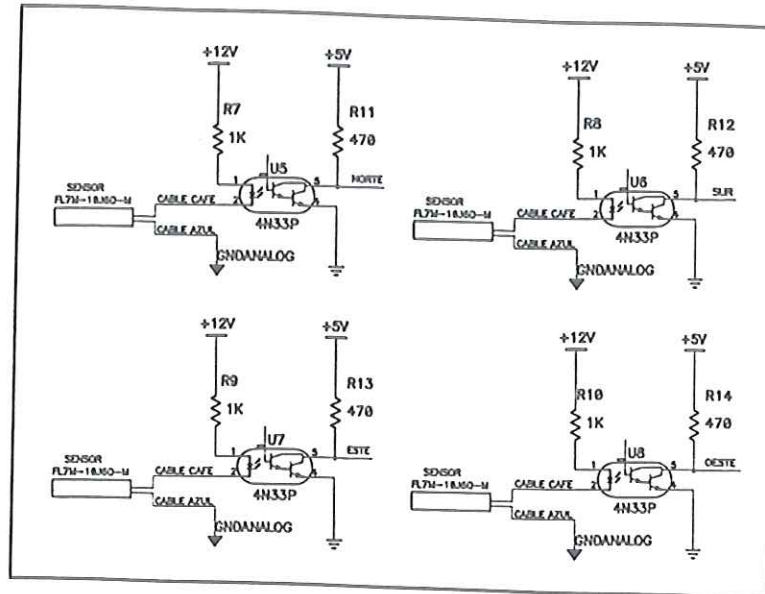


Figura 5-22 Interfaz para el sensor FL7M-10J6D-M.

5.4.4 Interfaz para el sensor magnético 507-AMS-21B

La interfaz para este sensor es la misma que la del sensor anterior, ya que su circuito equivalente es el mismo. Se emplearon dos de estos sensores para detectar los límites de la cortina y otros dos para los límites del gajo.

5.4.5 Interfaz para el relevador KUP-14D15-12

Para activar al relevador se conecta un extremo del LED del optoacoplador al voltaje de alimentación, a través de una resistencia de 220Ω que limita el paso de la corriente a 22mA; el otro extremo se conecta a una de las salidas de los sujetadores de escritura. Así, cuando se desea excitar al foto-transistor, se pone un estado BAJO en la salida del sujetador correspondiente. El foto-transistor, a su vez, habilita al transistor 2N2222A, el cual proporciona la corriente suficiente para activar al relevador. Por su

parte, el relevador hace la interfaz entre la corriente directa y la corriente requerida por el motor, o sea corriente alterna.

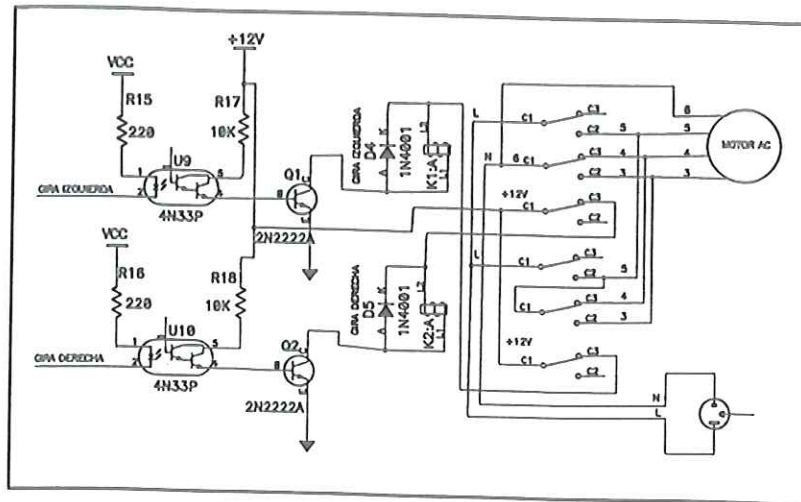


Figura 5-23 Interfaz para el relevador.

El motor cuenta con cuatro cables de conexión correspondientes al capacitor y a sus embobinados internos, los cuales están etiquetados como 3, 4, 5 y 6. Estos cables, conectándose en un determinado arreglo, hacen girar al motor; para que gire en el sentido de las manecillas del reloj, se conecta el cable 4 junto con el 5 y el cable 3 junto con el 6. El primer par se conecta al vivo de la línea de A.C. y el segundo al neutro; esto lo hace el relevador K1:A. Para que gire en sentido contrario, se conectan los cables 3 y 5 al vivo, 4 y 6 al neutro, el relevador K1:A hace esta función; esto se logra con el relevador K2:A. Debido al alambrado de los relevadores K1:A y K2:A sólo se activan uno a la vez, evitando de esta manera posibles averías a los motores; esto se muestra en la figura 5-23.

Se implementó este esquema para el motor de la cúpula, el de la cortina y el del gajo.

CAPÍTULO 6

6 Programación

El programa piloto, desarrollado para controlar los subsistemas descritos en el capítulo 5, se escribió en código C++ y fue compilado en Borland C++ versión 3.1. En la figura 6-1 se muestra el diagrama de flujo del programa, el cual realiza las siguientes funciones:

INICIO.- Establece un enlace de comunicación serie a través del puerto COM1 con la consola de control del telescopio. También verifica que la comunicación con la cúpula se esté llevando a cabo.

PROCESA.- Lee los comandos introducidos ya sea por el teclado o por la consola y los envía a la rutina *subprocesa*. Esta función la forman los bloques de *revisa comandos* y *hay?* de la figura 6-1.

SUBPROCESA.- Recibe el comando enviado por *procesa* y los interpreta, realizando la función correspondiente. En caso de no corresponder a alguna función manda un mensaje de error.

ACCIONES.- Las acciones que realiza son: girar la cúpula a la derecha o a la izquierda, abrir y cerrar la cortina, abrir y cerrar el gajo, y detener cada uno de ellos. Para el caso de los sensores Norte, Sur, Este y Oeste del telescopio, el programa sólo manda un mensaje a consola.

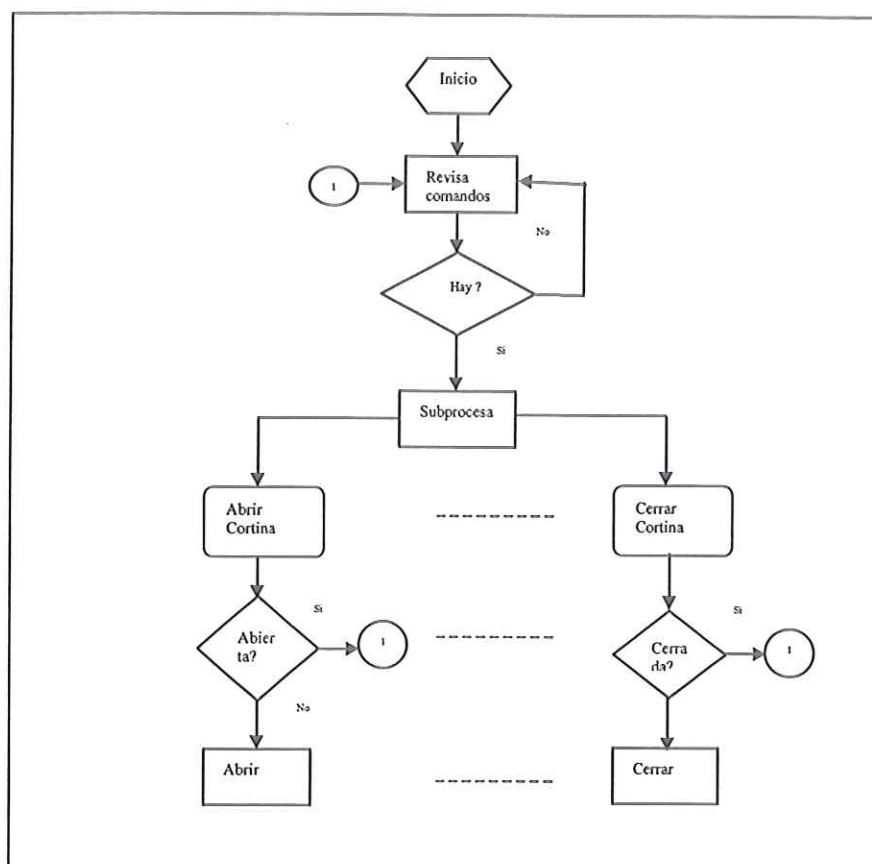


Figura 6-1 Diagrama de flujo del programa.

La tabla 6-1 muestra los diferentes mandos que acepta este programa; el listado del mismo se puede consultar en el apéndice A.

Mandos.	Acción que realizará.
?	Ayuda.
Ini	Inicializa.
Der	Gira cúpula a la derecha.
Izq	Gira cúpula a la izquierda.
Par	Para.
Cod	Lectura del decodificador.
Rem	Leer datos de la tarjeta remota.
Mov	Mueve cúpula x cuentas.
Sal	Salir

Tabla 6-1 Lista de mandos para la tarjeta de comunicación.

CAPÍTULO 7

7 Conclusiones

Este trabajo abarcó el diseño e implementación a nivel prototipo del control computarizado para el posicionamiento de la cúpula del telescopio de 1.5m, así como el sistema encargado de la seguridad del mismo.

Las pruebas realizadas en el laboratorio se hicieron procurando establecer las condiciones reales de su instalación, corrigiendo las anomalías encontradas, lo que garantiza su operación en condiciones normales de trabajo.

El uso de la modularidad dentro del diseño, tanto de circuitería como de programación, hace al sistema versátil y flexible a futuras modificaciones sin tener que cambiar en su totalidad el sistema.

Debido a la limitante temporal, no se cubrieron los siguientes objetivos: el monitoreo de los voltajes del sistema, el panel indicativo, dispositivo de alarma general y paleta manual. De cualquier manera están contemplados tanto en circuitería como programación y se realizarán a corto plazo.

Bibliografía

1. Interfacing to the IBM Personal Computer, Lewis G. Eggebrecht, Howard W. Sams an Company, Second Edition, 1994.
2. Los Microprocesadores Intel Avanzados, Berry B. Brey, Editorial limusa S.A. de C.V., 1994.
3. Control electrónico con la PC, Patrice Oguic, Editorial Paraninfo, 1996.
4. Electrónica Digital, James W. Bignell & Robert L. Donovan, Compañía Editorial Continental S.A. de C.V., 1997.
5. Introducción a las teorías y sistemas de comunicación, B.P. Lathi, Editorial limusa México, 1983.
6. Contemporary Electronic Communication, Jeradd A. Brown, McGraw-Hill Publishing Company, 1990.
7. The Art of Electronics, Paul Horowitz & Winfield Hill, Cambridge University Press, 1989.
8. Sensors and Circuits, Joseph J. Carr, Prentice Hall, 1993.
9. Sensors and Signal Conditioning, Ramón Pallás-Areny y John G. Webster, John Wiley & Sons Inc., 1991.
10. Industrial Control Electronics, John Webb & Kevin Greshock, Macmillan Publishing Company, 1993.

11. Designing with Motion Handbook, Tamera A. Zielinski, Second Edition, 1994.
12. The Interface Circuits Data Book for Desing Engineers, Texas Instruments Incorporated, Second Edition, 1981.
13. High-speed CMOS Logic Data Book, Texas Instruments, 1984.
14. CMOS Integrated Circuits, RCA Corporation, 1983.
15. The TTL Data Book Volume 3, Texas Instruments, 1984.
16. Modern Astrophysics, Barley W. Carrol & Dale A. Ostlie, Addison-Wesley Publishing Company, 1996.
17. Practical Astronomy with your Calculator, Peter Doffet-Smith, Cambridge University Press, Second Edition, 1981.
18. Practical C++ programming, Steve Oualline, O'Reilly & Associates Inc, First Edition, 1995.
19. Learning C++, Tom Swan, SAMS A division of Macmillan Computer Publishing, First Edition, 1991.
20. Aprendiendo Programación Orientada a Objetos con Turbo C++ en 21 Días, Greg Perry, Prentice-Hall Hispanoamericaca S.A, 1995.
21. Tesis: Desarrollo de un Sistema Codificador de Posición basado en un CCD (aplicación en telescopios), Carlos H. Domínguez-Tagle P., 1998.
22. Tesis: Sistema de Control de Enfoque del Telescopio de 2 m del Observatorio Astronómico Nacional (OAN), Fernando Quiros P., 1996.
23. Tesis: Radar Estático de Microondas, Enrique Colorado O., 1996.
24. Manual: Industrial PC products, Advantech Corporation, 1994.
25. Catálogo: Mouser Electronics, 591, August 1997 – October 1997.
26. Catálogo: Newark Electronics, 115, 1997.

Apéndice A

Listado del Programa

```

/*****
Archivo:  Main.cpp
Autor:    Raúl Ramírez.
Descripción: Programa que recibe instrucciones del teclado y puerto serie.
Hacer un proyecto que incluya: Main.cpp, Funmain.cpp, Cupula.cpp, arbitro.cpp, serie.cpp y coman.cpp
*****/

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <conio.h>
#include <dos.h>

#include "funmain.h"
#include "coman.h"
#include "arbitro.h"
#include "serie.h"

#define CAR_FIN ';'

char *strtres(char * string_ptr);
main()
{
    char line[100];                //línea de entrada
    char line_kb[100];
    char *first_ptr, ch;          //apuntador a la primera palabra
    int done = FALSE;
    int cuantos = 0;
    inicializar();
    COM2 = new comm(R_COM2, B9600, 1, NO_PARIDAD, 8, NOIRQ, NORCR,
                   CON, '\0', '\r'); // 1200 baud, no paridad, 1 de stop, 8 de dato
    printf("\n%s", PROMPT);
    while(!done) {
        if(COM2->hay_comandos()) {
            COM2->trae_comando(line);
            first_ptr = (line);      //el primer nombre es el principio de line
            printf("Recibi de COM2 -->%s\n", first_ptr);
            comandos_int(done, first_ptr);
            COM2->limpia_buffer();
            printf("\n%s", PROMPT);
        }
        if(kbhit()) {
            ch = getch();
            printf("%c", ch);
            line_kb[cuantos++] = ch;

            if(ch == '\b') {          //detecta el '\b' y regresa dos caracteres
                line_kb[cuantos--]; line_kb[cuantos--]; //el de '\b' y otro mas para borrar el caracter no deseado
            }
        }
    }
}

```

```

        if(ch == '\r') {
            line_kb[cuantos] = '\0';
            printf("\n");
            first_ptr = (line_kb);    //el primer nombre es el principio de line
            comandos_kbint(done, first_ptr);
            cuantos = 0;              //inicializamos cuantos
            printf("\n%s", PROMPT);
        }
    }
}
inicializar();
delete COM2;
return (0);
}

/*****
Archivo: Funmain.cpp
Autor: Raúl Ramírez.
Descripción: Ejecuta el mando introducido en Main.cpp
Hacer un proyecto que incluya: Main.cpp, Funmain.cpp, Cupula.cpp, arbitro.cpp, serie.cpp y coman.cpp
*****/
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <iostream.h>
#include <dos.h>
#include <iomanip.h>
#include <string.h>
#include <conio.h>

#include "funmain.h"

cupula dondeEstoy, dondeVoy;    //Variables de tipo cupula.

int comandos_int(int &fin, char * opciones)
{
    if(strstr(strupr(opciones), "?:?")) menu();
    else if(strstr(strupr(opciones), ":INI")) inicializar();
    else if(strstr(strupr(opciones), "DER")) dondeEstoy.giraDerecha();
    else if(strstr(strupr(opciones), "IZQ")) dondeEstoy.giraIzquierda();
    else if(strstr(strupr(opciones), "PAR")) dondeEstoy.parar();
    else if(strstr(strupr(opciones), ":COD")) leerCodificador();
    else if(strstr(strupr(opciones), ":REM")) leer_remota();
    else if(strstr(strupr(opciones), ":MOV")) accion_cupulas(opciones);
    else if(strstr(strupr(opciones), ":SAL")) fin = TRUE;
    else
        printf("Error: Comando no valido --->%s\n", opciones);

    return (0);
}

int comandos_kbint(int &fin, char * opciones)
{
    if(strstr(strupr(opciones), "?:?")) menu();
    else if(strstr(strupr(opciones), "INI")) inicializar();
    else if(strstr(strupr(opciones), "DER")) dondeEstoy.giraDerecha();
    else if(strstr(strupr(opciones), "IZQ")) dondeEstoy.giraIzquierda();
    else if(strstr(strupr(opciones), "PAR")) dondeEstoy.parar();
    else if(strstr(strupr(opciones), "COD")) leerCodificador();
    else if(strstr(strupr(opciones), "REM")) leer_remota();
    else if(strstr(strupr(opciones), "MOV")) accion_cupulas(opciones);
    else if(strstr(strupr(opciones), "SAL")) fin = TRUE;
    else
        printf("Error: Comando no valido --->%s\n", opciones);

    return (0);
}

```

```

void menu(void)
{
    printf(" Ini - Inicializar\n");
    printf(" Der - Gira a la Derecha\n");
    printf(" Izq - Gira a la izquierda\n");
    printf(" Par - Parar\n");
    printf(" Cod - Leer codificacion\n");
    printf(" Rem - Leer remota\n");
    printf(" Mov (grados) - Accion cupulas\n");
    printf(" Sal - Salir\n");
}

void inicializar(void)
{
    outportb(PTO1, CERO); //Poner en cero el puerto 0x301
}

void leerCodificador(void)
{
    dondeEstoy.leeContador();
    printf("Estoy en: %05u\n", dondeEstoy.damePosicion());
}

void leer_remota(void)
{
    unsigned lectura;

    lectura = inportb(PTO1);
    printf("Byte leído %02x \n", lectura);
}

int accion_cupulas(char * grados)
{
    char *last_ptr;
    int g;

    last_ptr = strchr(grados, ' '); //encontrar ' '
    *last_ptr = '\0';               //cero fuera de la diagonal
    ++last_ptr;                     //nos movemos al primer caracter del nombre

    if(*last_ptr == NULL) {
        cerr << "Faltan los parametros\n";
        printf("mov (0-360)\n");
        return (1);
    }
    g = atoi(last_ptr);

    dondeVoy.mueve(g);

    if(dondeEstoy.damePosicion() > dondeVoy.damePosicion()) {
        while(dondeEstoy.leeContador() != dondeVoy.leeContador()) {
            dondeVoy.giraDerecha();
        }
        dondeVoy.parar();
    }
    else {
        while(dondeEstoy.leeContador() != dondeVoy.leeContador()) {
            dondeVoy.giralzquierda();
        }
        dondeVoy.parar();
    }
    printf("Ya llegue a: %05u\n", dondeVoy.leeContador());

    return (0);
}

```

```

/*****
Archivo: Cupula.cpp
Autor: Raúl Ramírez.
Descripción: Clase de la variable tipo cupula.
Hacer un proyecto que incluya: Main.cpp, Funmain.cpp, Cupula.cpp, arbitro.cpp, serie.cpp y coman.cpp
*****/

#include <dos.h>
#include <conio.h>
#include <stdio.h>

#include "funmain1.h"

cupula::cupula()
{
    posicion = 0;
    byte_bajo = 0;
    byte_alto = 0;
    outportb(PTO1, CERO);
    ya_pase_parar = 0;           //Para activar la opción parar
    ya_pase_izquierda = 0;      //Para activar la opción izquierda
    ya_pase_derecha = 0;
}

void cupula::mueve(int nuevaPosicion)
{
    posicion = nuevaPosicion;
}

void cupula::leeContador(void)
{
    outportb(PTO2, 0xff);       //Tanto SEL como OE en ALTO
    outportb(PTO2, CERO);       //SEL y OE en BAJO para leer el byte alto
    byte_alto = inportb(PTO3);   //Leemos el BYTE alto
    outportb(PTO2, 0x02);       //Para leer el byte bajo
    byte_bajo = inportb(PTO3);   //Leemos el BYTE bajo
    outportb(PTO2, 0xff);       //asegurarse que OE y SEL queden en alto
    posicion = ((byte_alto << 8) + byte_bajo);
}

unsigned cupula::damePosicion()
{
    return posicion;
}

void cupula::giraDerecha()
{
    if(!ya_pase_derecha) {
        if(dato_out==REL2) {
            parar();
        }
        outportb(PTO1, REL1);    //Se conectan los cables para el giro a la izq.
        dato_out = REL1;
        sleep(2);
        outportb(PTO1, (REL1 | REL3)); //Conectamos a 120 VAC
    }
    ya_pase_parar = 0;           //Para activar la opción parar
    ya_pase_izquierda = 0;       //Para activar la opción izquierda
    ya_pase_derecha = 1;
}

```

```

/*****
Archivo: funmain.h
Autor: Raúl Ramírez
Descripción: Contiene todos los #define's, la definición de la variable cupula y declara las
funciones requeridas por el proyecto.
*****/

#define PTO0 0x300
#define PTO1 0x301
#define PTO2 0x302
#define PTO3 0x303

#define CERO 0x00
#define REL1 0x01
#define REL2 0x02
#define REL3 0x04

#define PROMPT "Raul >"
#define FALSE 0
#define TRUE 1
class cupula {
private:
    unsigned posicion;
    unsigned char byte_bajo;
    unsigned char byte_alto;
    unsigned char ya_pase_parar; //Para activar la opción parar
    unsigned char ya_pase_izquierda; //Para activar la opción izquierda
    unsigned char ya_pase_derecha; //Para parar
    unsigned char dato_out;
public:
    cupula();
    void mueve(int nuevaPosicion);
    void leeContador(void);
    unsigned damePosicion();
    void giraDerecha();
    void giraIzquierda();
    void parar();
};

void mueveCosa(void);
void menu(void);
int comandos_int(int &fin, char *opciones);
int comandos_kbint(int &fin, char *opciones);
int accion_cupulas(char * grados);
void inicializar(void);
void leer_remota(void);
void leerCodificador(void);

```

Apéndice B

Líneas del Ducto

En la figura B-1 se muestra un esquema del ducto IBM-ISA XT, AT de 8 bits de una computadora personal

A continuación se describe cada una de 62 las líneas del ducto, las cuales todas son niveles lógicos TTL excepto las señales de alimentación ($\pm 5\text{v}$, $\pm 12\text{v}$) y tierra.

RESET DRV (*reset driver, reinicialización del manejador*). Es una señal de salida que se mantiene alta durante la secuencia de encendido del sistema. Se mantiene activa hasta que todos los niveles hayan alcanzado sus intervalos de operación específicos; luego se desactiva. Se activa o se desactiva en el flanco de bajada de OSC.

I/O CH CK (*I/O channel check, verificación de los canales de entrada / salida*). Es una señal activa baja y de entrada, usada para reportar condiciones de errores en las tarjetas de interfaz conectadas al ducto. Cuando la señal es baja, se genera una interrupción no enmascarable (NMI); con esto se detecta la presencia de algún error. Esta línea es usada para reportar errores de paridad en las tarjetas de interfaz conectadas al ducto.

I/O CH RDY (*I/O channel ready, canal de entrada / salida listo*). Es señal de entrada (con colector abierto); es utilizada para extender la duración de los ciclos del ducto, para que la memoria o los puertos de entrada/salida que no respondan lo suficientemente rápido (4 ciclos de reloj), puedan ser utilizados en el ducto del sistema.

Ground	B1	A1	-I/O CH CHK (NMI)
+Reset DRV	B2	A2	+Data 7
+5V	B3	A3	+Data 6
+IRQ2	B4	A4	+Data 5
-5V	B5	A5	+Data 4
+DRQ2	B6	A6	+Data 3
-12V	B7	A7	+Data 2
RESERVED	B8	A8	+Data 1
+12V	B9	A9	+Data 0
Ground	B10	A10	+I/O CH RDY
-MEMW	B11	A11	+AEN
-MEMR	B12	A12	+Address 19
-IOW	B13	A13	+Address 18
-IOR	B14	A14	+Address 17
-DACK3	B15	A15	+Address 16
+DRQ3	B16	A16	+Address 15
-DACK1	B17	A17	+Address 14
+DRQ1	B18	A18	+Address 13
-DACK0 (MREF)	B19	A19	+Address 12
CLK	B20	A20	+Address 11
+IRQ7	B21	A21	+Address 10
+IRQ6	B22	A22	+Address 9
+IRQ5	B23	A23	+Address 8
+IRQ4	B24	A24	+Address 7
+IRQ3	B25	A25	+Address 6
-DACK2	B26	A26	+Address 5
+TC	B27	A27	+Address 4
+ALE	B28	A28	+Address 3
+5V	B29	A29	+Address 2
+OSC	B30	A30	+Address 1
Ground	B31	A31	+Address 0

Figura B-1 Ducto IBM - ISA.

IRQ2 .. IRQ7.(*interrupt requests, petición de interrupción*). Estas IRQ's son de entrada; se utilizan por el ducto del sistema para generar peticiones de interrupción al microprocesador. Estas señales van directamente al controlador de interrupciones 8259A. Las rutinas del BIOS de la ROM inicializan el controlador 8259A, quedando la IRQ2 como la de más alta prioridad y la IRQ7 como la de más baja prioridad. Si las interrupciones no están enmascaradas, una señal con flanco de subida genera una petición de interrupción al microprocesador. Después de que ocurre el flanco de subida, la señal se

debe mantener arriba hasta que el microprocesador genere una señal de reconocimiento de interrupción (*INTA- interrupt acknowledge, reconocimiento de interrupción*).

DRQ1 .. DRQ3 (*direct memory access request, petición de acceso directo a memoria*). Las líneas DRQ1 hasta la DRQ3 son activas altas y de entrada, usadas por la interfaz para solicitar la transferencia de bloques de datos. Si un dispositivo o lógica de interfaz quiere transferir datos el este mismo y la memoria sin la intervención del microprocesador, la petición es inicializada por un flanco de subida de la línea DRQ.

DACK0 .. DACK3 (*direct memory access acknowledge, reconocimiento de acceso directo a memoria*). La señales DACK0 hasta DACK3 son activas bajas y de salida. Estas indican que el DRQ correspondiente ha sido aceptado y que el controlador del DMA tomará el ducto y procederá con el ciclo DMA solicitado.

MEMW (*memory write, escritura a memoria*). La señal MEMW es activa baja y se utiliza para escribir datos desde el ducto del sistema hacia la memoria. Esta señal, cuando está activa, indica que la dirección que aparece en ducto corresponde a la dirección de una localidad de memoria en la que serán escritos los datos.

MEMR (*memory read, lectura a memoria*). La señal MEMR es activa baja y de salida, utilizada para la petición de lectura de datos de la memoria. Indica que la dirección que aparece en el ducto corresponde a una dirección de memoria de la que se desea leer el contenido.

IOR (*I/O read, lectura de entrada / salida*). La señal IOR es activa baja y de salida. Se utiliza para indicar que se desea leer uno de los puertos de entrada/salida y que la y que la dirección que aparece en el ducto es la dirección de un puerto.

IOW (*I/O write, escritura de entrada / salida*). La señal IOW es activa baja y de salida. Indica que la dirección que aparece en el ducto es la dirección de un puerto de entrada/salida y el ducto de datos contiene los datos que van a ser escritos en el.

T/C (*terminal count, cuenta terminal*). La señal TC es de salida y es manejada por el controlador de DMA. Indica que uno de los canales del DMA ha llegado al fin de la transferencia de bloques preprogramados.

AEN (*address enable, direcciones habilitadas*). La señal AEN es activa alta y es de salida, manejada por la lógica de control del DMA. Sirve para indicar que un ciclo de DMA esté en proceso. Habilita el ducto de control y de direcciones desde el controlador de DMA. AEN deshabilita la decodificación de direcciones de puertos de entrada/salida.

ALE (*address latch enable, cerrojo de direcciones habilitado*). La señal ALE es de salida y es manejada por el controlador de ducto 8288 (en XT). Es utilizada para indicar que las direcciones del ducto son válidas. ALE no se activa durante los ciclos de DMA.

OSC (*oscillator, oscilador*). La señal OSC es una señal de salida con una frecuencia de 14.31818 Mhz y un período de aproximadamente 70ns, en una computadora XT. Tiene un ciclo de trabajo del 50%. La frecuencia de OSC es la más alta en el ducto.

CLK (*clock, reloj*). La señal CLK se deriva de la señal OSC. Es una señal de salida. La señal CLK es obtenida dividiendo la señal OSC por 3. Esta señal está bien sincronizada con respecto a los ciclos de control de escritura y lectura de memoria; puede usarse para generar estados de espera.

D0 .. D7. Las líneas D0 hasta D7 son líneas de datos bidireccionales, usadas para transmitir datos entre el microprocesador, la memoria y los puertos de entrada/salida.

A0 .. A19. Son señales de salida y corresponden a los bits de dirección de A0 hasta A19 y se usan para direccionar a los sistemas de memoria y dispositivos de entrada/salida (I/O). Estas 20 señales son manejadas por el microprocesador durante los ciclos de lectura de memoria, escritura de memoria, lectura de puertos de entrada/salida y

escritura de puertos de entrada/salida. También son manejadas por el controlador de acceso directo a memoria en los ciclos correspondientes.

Con estas 20 líneas de dirección es posible direccionar hasta 1 Megabyte de memoria del sistema, pero no todo el espacio direccionable está disponible para el ducto del sistema. El procesador, a través de instrucciones IN y OUT, puede direccionar dispositivos de entrada/salida usando las líneas A0 hasta A15; las demás no se utilizan y se mantienen inactivas durante los ciclos de entrada/salida. Sin embargo, en el ducto de la PC sólo se dispone de las líneas A0 hasta A9 para direccionar dispositivos de entrada/salida, solamente las direcciones 0200h hasta 03FFh (existen algunas excepciones).

GND. Esta es la tierra común del ducto, utilizada para establecer la diferencia de voltaje ($\pm 5V, \pm 12V$).

+5V. Línea de +5 volts de corriente directa. Esta regulada a un 5% (+4.75 a +5.25 volts cd).

-5V. Línea de -5 volts de corriente directa. Regulada a un 10% (-4.5 a -5.5 volts cd).

+12V. Línea de +12 volts de corriente directa. Regulada a un 5% (+11.4 a +12.6 volts cd).

-12V. Línea de -12 volts de corriente directa. Regulada a un 10% (-10.8 a -13.2 volts cd).

Apéndice C

Hojas de Especificaciones

Quadrature Decoder/Counter Interface ICs

Technical Data

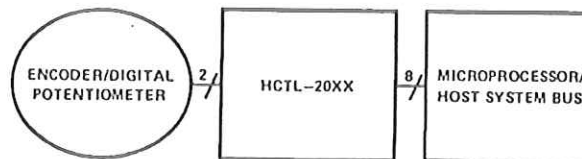
HCTL-2000

HCTL-2016

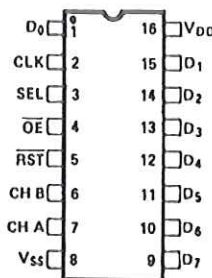
HCTL-2020

Features

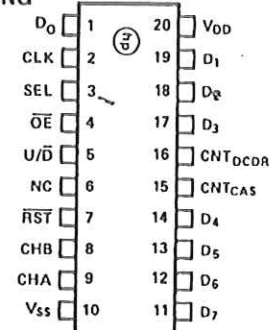
- Interfaces Encoder to Microprocessor
- 14 MHz Clock Operation
- Full 4X Decode
- High Noise Immunity: Schmitt Trigger Inputs Digital Noise Filter
- 12 or 16-Bit Binary Up/Down Counter
- Latched Outputs
- 8-Bit Tristate Interface
- 8, 12, or 16-Bit Operating Modes
- Quadrature Decoder Output Signals, Up/Down and Count
- Cascade Output Signals, Up/Down and Count
- Substantially Reduced System Software



DIGITAL MOTION ENCODING



PINOUT A



PINOUT B

Applications

- Interface Quadrature Incremental Encoders to Microprocessors
- Interface Digital Potentiometers to Digital Data Input Buses

Description

The HCTL-2000, 2016, 2020 are CMOS ICs that perform the quadrature decoder, counter, and bus interface function. The HCTL-20XX family is designed to improve system performance

Devices

Part Number	Description	Package Drawing
HCTL-2000	12-bit counter. 14 MHz clock operation.	A
HCTL-2016	All features of the HCTL-2000. 16-bit counter.	A
HCTL-2020	All features of the HCTL-2016. Quadrature decoder output signals. Cascade output signals.	B

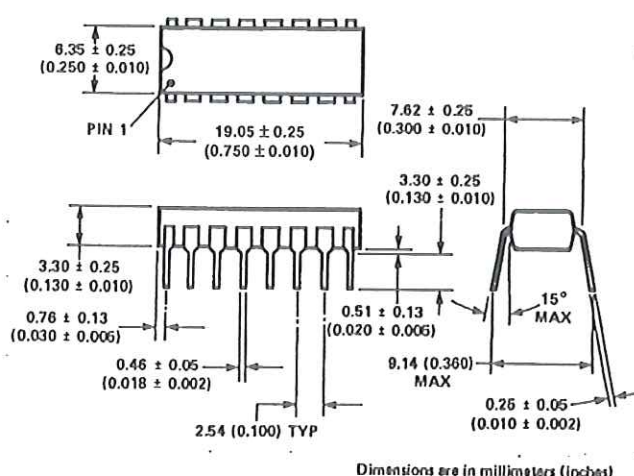
ESD WARNING: Standard CMOS handling precautions should be observed with the HCTL-20XX family ICs.

in digital closed loop motion control systems and digital data input systems. It does this by shifting time intensive quadrature decoder functions to a cost effective hardware solution. The entire HCTL-20XX family consists of a 4x quadrature decoder, a binary up/down state counter,

and an 8-bit bus interface. The use of Schmitt-triggered CMOS inputs and input noise filters allows reliable operation in noisy environments. The HCTL-2000 contains a 12-bit counter. The HCTL-2016 and 2020 contain a 16-bit counter. The HCTL-2020 also contains quadrature decoder

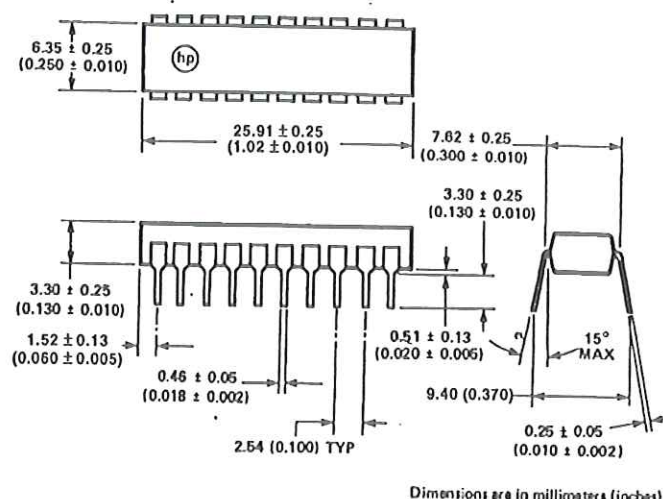
output signals and cascade signals for use with many standard counter ICs. The HCTL-20XX family provides LSTTL compatible tri-state output buffers. Operation is specified for a temperature range from -40 to +85°C at clock frequencies up to 14 MHz.

Package Dimensions



PACKAGE A LEAD FINISH: SOLDER DIPPED

PACKAGE A



PACKAGE B LEAD FINISH: SOLDER DIPPED

PACKAGE B

Operating Characteristics

Table 1. Absolute Maximum Ratings

(All voltages below are referenced to V_{SS})

Parameter	Symbol	Limits	Units
DC Supply Voltage	V_{DD}	-0.3 to +5.5	V
Input Voltage	V_{IN}	-0.3 to $V_{DD} + 0.3$	V
Storage Temperature	T_S	-40 to +125	°C
Operating Temperature	$T_A^{(1)}$	-40 to +85	°C

Table 2. Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Limits	Units
DC Supply Voltage	V_{DD}	+4.5 to +5.5	V
Ambient Temperature	$T_A^{(1)}$	-40 to +85	°C

Table 3. DC Characteristics $V_{DD} = 5\text{ V} \pm 5\%$; $T_A = -40\text{ to }85^\circ\text{C}$

Symbol	Parameter	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{IL}^{[2]}$	Low-Level Input Voltage				1.5	V
$V_{IH}^{[2]}$	High-Level Input Voltage		3.5			V
V_{T+}	Schmitt-Trigger Positive-Going Threshold			3.5	4.0	V
V_{T-}	Schmitt-Trigger Negative-Going Threshold		1.0	1.5		V
V_H	Schmitt-Trigger Hysteresis		1.0	2.0		V
I_{IN}	Input Current	$V_{IN} = V_{SS}\text{ or }V_{DD}$	-10	1	+10	μA
$V_{OH}^{[2]}$	High-Level Output Voltage	$I_{OH} = -1.6\text{ mA}$	2.4	4.5		V
$V_{OL}^{[2]}$	Low-Level Output Voltage	$I_{OL} = +4.8\text{ mA}$		0.2	0.4	V
I_{OZ}	High-Z Output Leakage Current	$V_O = V_{SS}\text{ or }V_{DD}$	-10	1	+10	μA
I_{DD}	Quiescent Supply Current	$V_{IN} = V_{SS}\text{ or }V_{DD}, V_O = \text{HiZ}$		1	5	μA
C_{IN}	Input Capacitance	Any Input ^[3]		5		pF
C_{OUT}	Output Capacitance	Any Output ^[3]		6		pF

Notes:

1. Free air.
2. In general, for any V_{DD} between the allowable limits (+4.5 V to +5.5 V), $V_{IL} = 0.3 V_{DD}$ and $V_{IH} = 0.7 V_{DD}$; typical values are $V_{OH} = V_{DD} - 0.5\text{ V}$ @ $I_{OH} = -40\text{ }\mu\text{A}$ and $V_{OL} = V_{SS} + 0.2\text{ V}$ @ $I_{OL} = 1.6\text{ mA}$.
3. Including package capacitance.

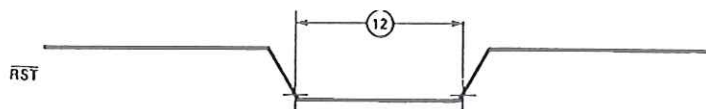


Figure 1. Reset Waveform.

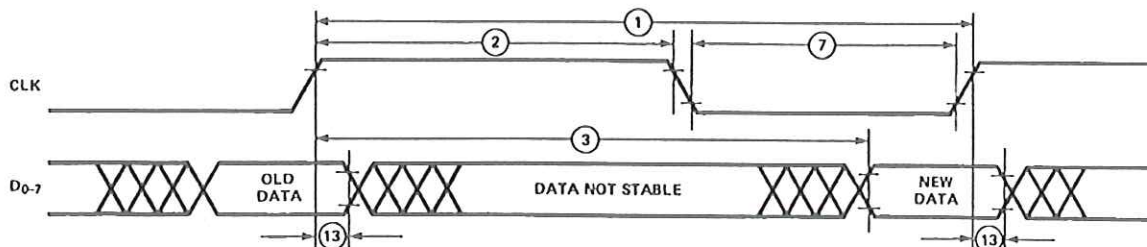


Figure 2. Waveform for Positive Clock Related Delays.

DATA SHEET

NEC

PHOTO COUPLER

PS2501-1, -2, -4, PS2501L-1, -2, -4

**HIGH ISOLATION VOLTAGE
SINGLE TRANSISTOR TYPE
MULTI PHOTO COUPLER SERIES**

— NEPOC SERIES —

DESCRIPTION

PS2501-1, -2, -4 and PS2501L-1, -2, -4 are optically coupled isolators containing a GaAs light emitting diode and an NPN silicon photo transistor.

PS2501-1, -2, -4 are in a plastic DIP (Dual In-line Package) and PS2501L-1, -2, -4 are lead bending type (Gull-wing) for surface mount.

FEATURES

- High isolation voltage (BV: 5 kV_{r.m.s.} MIN.)
- High collector to emitter voltage (V_{CEO}: 80 V MIN.)
- High current transfer ratio (CTR: 300 % TYP.)
- High speed switching ($t_r = 3 \mu s$, $t_f = 5 \mu s$ TYP.)
- Each isolated channels per package
- Taping product number (PS2501L-1-E3, E4, F3, F4)
(PS2501L-2-E3, E4)
- UL recognized [File No. E72422(s)]

APPLICATIONS

Interface circuit for various instrumentations, control equipments.

- AC Line/Digital Logic Isolate high voltage transients
- Digital Logic/Digital Logic Eliminate spurious ground loops
- Twisted pair line receiver Eliminate ground loop pick-up
- Telephone/Telegraph line receiver Isolate high voltage transients
- High Frequency Power Supply Feedback Control Maintain floating ground
- Relay Contact Monitor Isolate floating grounds and transients
- Power Supply Monitor Isolate transients and ground systems

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

		(PS2501-1)	(PS2501-2, 4)	
		(PS2501L-1)	(PS2501L-2, 4)	
Diode				
Reverse Voltage	V_R	6	6	V
Forward Current (DC)	I_F	80	80	mA
Power Dissipation Derating	$\Delta P_D/^{\circ}\text{C}$	1.5	1.2	mW/ $^{\circ}\text{C}$
Power Dissipation	P_D	150	120	mW/Channel
Peak Forward Current (PW = 100 μs , Duty cycle 1 %)	$I_F(\text{Peak})$	1	1	A
Transistor				
Collector to Emitter Voltage	V_{CE0}	80	80	V
Emitter to Collector Voltage	V_{ECO}	7	7	V
Collector Current	I_C	50	50	mA
Power Dissipation Derating	$\Delta P_C/^{\circ}\text{C}$	1.5	1.2	mW/ $^{\circ}\text{C}$
Power Dissipation	P_C	150	120	mW/Channel
Coupled				
Isolation Voltage ^{Note 1}	BV	5 000	5 000	$V_{r.m.s.}$
Storage Temperature	T_{stg}	-55 to +150	-55 to +150	$^{\circ}\text{C}$
Operating Temperature	T_{opt}	-55 to +100	-55 to +100	$^{\circ}\text{C}$
Lead Temperature (Soldering 10 s)	T_{sol}	260	260	$^{\circ}\text{C}$
Total Power Dissipation	P_T	250	200	mW/Channel

Note 1 AC voltage for 1 minute at $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, RH = 60 % between input and output.

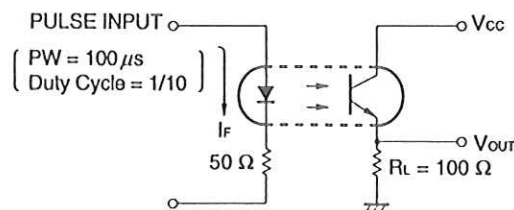
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

	CHARACTERISTIC	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	TEST CONDITIONS
Diode	Forward Voltage	V_F		1.17	1.4	V	$I_F = 10\text{ mA}$
	Reverse Current	I_R			5	μA	$V_R = 5\text{ V}$
	Junction Capacitance	C_i		50		pF	$V = 0$, $f = 1.0\text{ MHz}$
Transistor	Collector to Emitter Dark Current	I_{CE0}			100	nA	$V_{CE} = 80\text{ V}$, $I_F = 0$
Coupled	Current Transfer Ratio ^{Note 2}	CTR	80	300	600	%	$I_F = 5\text{ mA}$, $V_{CE} = 5\text{ V}$
	Collector Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$			0.3	V	$I_F = 10\text{ mA}$, $I_C = 2\text{ mA}$
	Isolation Resistance	R_{1-2}	10^{11}			Ω	$V_{in-out} = 1.0\text{ kV}$
	Isolation Capacitance	C_{1-2}		0.5		pF	$V = 0$, $f = 1.0\text{ MHz}$
	Rise Time ^{Note 3}	t_r		3		μs	$V_{CC} = 10\text{ V}$, $I_C = 2\text{ mA}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$
	Fall Time ^{Note 3}	t_f		5		μs	$V_{CC} = 10\text{ V}$, $I_C = 2\text{ mA}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$

Note 2 CTR rank (only PS2501-1, PS2501L-1)

K : 300 to 600 (%)
 L : 200 to 400 (%)
 M : 80 to 240 (%)
 D : 100 to 300 (%)
 H : 80 to 160 (%)
 W : 130 to 260 (%)
 Q : 100 to 200 (%)
 N : 80 to 600 (%)

Note 3 Test Circuit for Switching Time



Proximity Sensors

8 mm Diameter Metal Pre-Leaded Cylindrical Sensors 3-Wire DC Type

922/982 Series

FEATURES

- Sealed to IP67
- Short circuit, overload, reverse polarity protection
- Conform to CENELEC and IEC standards
- -25 to +70° C (-13 to 158° F) temperature range
- Extended sensing range

ORDER GUIDE

Sensor Package Style	Sensing Range mm (in.)	Sensor Type	Sw. Freq.	Standard Target* mm (in.)	Output Type	Catalog Listing
 8 mm (.31 in.) 45,3g (1.6 oz)	1,4 (.05) Shielded	3-wire DC	600 Hz	8 (.31)	NPN, N.O.	982AA1Y-A3N-L
					PNP, N.O.	982AA1Y-A3P-L
 8 mm (.31 in.) 45,3g (1.6 oz)	1,4 (.05) Shielded	3-wire DC	2 kHz	8 (.31)	NPN, N.O.	922AA1Y-A4N-L
					PNP, N.O.	922AA1Y-A4P-L
	2,5 (.10) Unshielded	3-wire DC	2 kHz	8 (.31)	NPN, N.O.	922AB1Y-A4N-L
					PNP, N.O.	922AB1Y-A4P-L
 8 mm (.31 in.) 45,3g (1.6 oz)	2,2 (.087) Shielded Extended Range	3-wire DC	1 kHz	8 (.31)	NPN, N.O.	922AC1YI-A3N-L
					PNP, N.O.	922AC1YI-A3P-L

* Square of mild steel, 1 mm (.04 in.) thick.

Proximity

SPECIFICATIONS

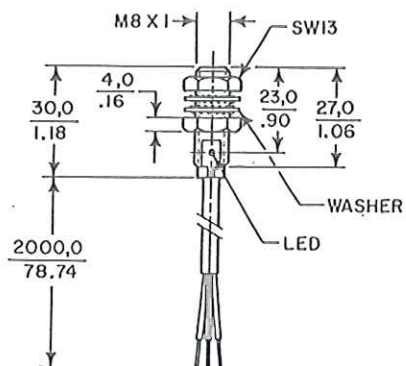
	982 Series	922AA/AB Series	922AC Series
Sensor Type	3-wire DC	3-wire DC	3-wire DC
Supply Voltage	10-30 VDC	5-30 VDC	8-32 VDC
Load Current, min./max.	0-100 mA	0-100 mA	0-160 mA
Leakage Current, max.	10 µA	10 µA	10 µA
Voltage Drop, max.	1 V	1 V	1 V
Current Consumption, max.	25 mA	10 mA	10 mA
Inrush Current	—	—	—
Repeatability, Shielded	± 1%	± 1%	± 2%
Repeatability, Unshielded	± 3%	± 3%	—
Hysteresis	15%	3-15%	4-20%
Sensing Face Material	Thermoplastic Polyester (PBTP)	Polyamide	Polyamide
Housing Material	Nickel-plated brass	Nickel-plated brass	Stainless steel
Cable Type	Vinyl jacket	PVC jacket	PVC jacket
Cable Wire Gage	26 gage	26 gage	26 gage

Proximity Sensors

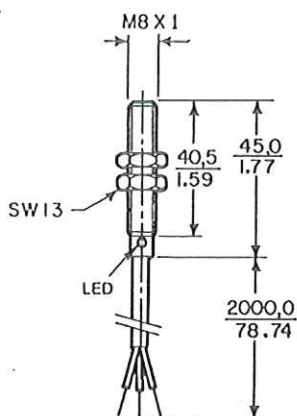
8 mm Diameter Metal Pre-Leaded Cylindrical Sensors 3-wire DC type

MOUNTING DIMENSIONS mm
(For reference only) in.

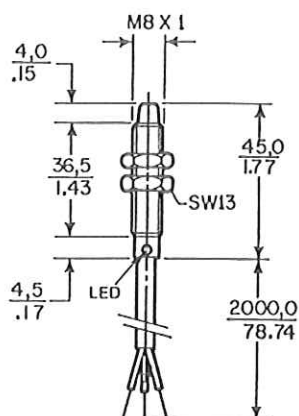
982 Series 8 mm



922AA/922AC Series 8 mm



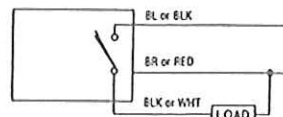
922AB Series 8 mm



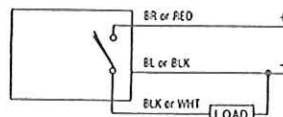
922/982 Series

WIRING DIAGRAMS

NPN (Sinking) N.O.



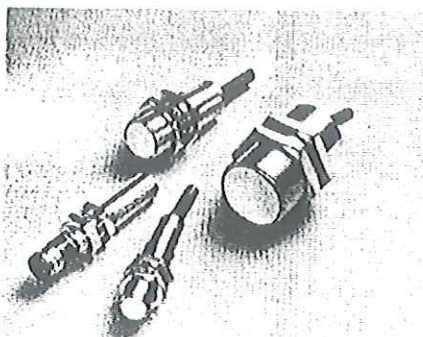
PNP (Sourcing) N.O.



Proximity Sensors

12 to 30 mm Diameter Cylindrical Universal Voltage Sensors 2-Wire AC/DC Type

FL7M Series



FEATURES

- 20-250 VAC/VDC supply voltage
- Sealed to IP67
- Short housings
- N.O. output
- Short circuit protection (DC only)
- Oil resistant vinyl cable
- "Exclusive" LED set indicator
- -25 to +70°C (-13 to +160°F) temperature range

"EXCLUSIVE" LED Set Indicator aids in positioning the sensor for optimum operate point. These sensors have a two-color LED indicator. When the LED is Red, the target is within the outer portion of the sensing zone. When the LED turns Green, the target is at the optimum sensing distance (80% of nominal sensing range). This feature aids in sensor installation and maintenance, and assures maximum operate reliability over the full temperature range.

ORDER GUIDE

Sensor Package Style	Sensing Range mm (in.)	Wiring	LED Indicator	Sw. Freq.	Standard Target*	Output Type	Catalog Listing
12 mm (.47 in.)	3 (0.12)	Preleaded	SET	25/500 Hz	12 (.47)	N.O.	FL7M-3T7HD-M
	Shielded	Connector	SET	25/500 Hz	12 (.47)	N.O.	FL7M-3T7HD-CMG
18 mm (.71 in.)	7 (0.27)	Preleaded	SET	25/300 Hz	18 (.71)	N.O.	FL7M-7T7HD-M
	Shielded	Connector	SET	25/300 Hz	18 (.71)	N.O.	FL7M-7T7HD-CMG
30 mm (1.18 in.)	10 (0.39)	Preleaded	SET	25/500 Hz	30 (1.18)	N.O.	FL7M-10T7D-M
	Shielded	Connector	SET	25/500 Hz	30 (1.18)	N.O.	FL7M-10T7D-CMG

* Square of mild steel, 1 mm (.04 in.) thick.

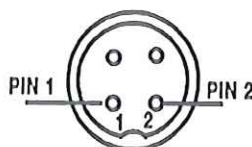
SPECIFICATIONS

Sensor Type	2-wire DC	2-wire AC
Supply Voltage	20-250 VDC	40-250 VAC
Load Current	5-150 mA (10-30 VDC)	5-100 mA (40-250 VAC)
Min.-Max.	5-20 mA (30-250 VDC)	
Leakage Current, max.	1.1 mA @ 24 VDC	2 mA @ 100-200 VAC
Voltage Drop, max.	6 V	10 V
Repeatability	+ 1%	+ 3%
Hysteresis	3-15%	3-15%
Sealing	IP67	
Temperature Range	-25 to +70°C (-13 to +160°F)	
Sensing Face Material	Polyamide	
Housing Material	Nickel-plated brass	
Cable Type	Vinyl, 20 gage	

MATING QUICK-CONNECT CABLES

Style	Length	Output	Catalog Listing
Straight	2 m	N.O.	B03000A11M020
Straight	5 m	N.O.	B03000A11M050
Right Angle	2 m	N.O.	B03001A11M020
Right Angle	5 m	N.O.	B03001A11M050

SENSOR PINOUT



DC Wiring

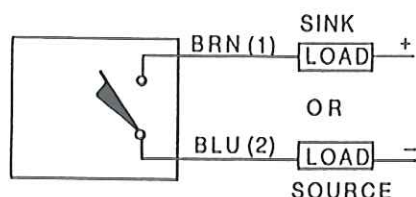
Do not place leadwires of DC sensors in conduit with AC control wiring. Place in separate conduit or with wiring to other low voltage DC devices.

AC Wiring

NOTICE

A load must be used when power is applied to AC sensors. Wiring without load will cause permanent damage.

WIRING DIAGRAM

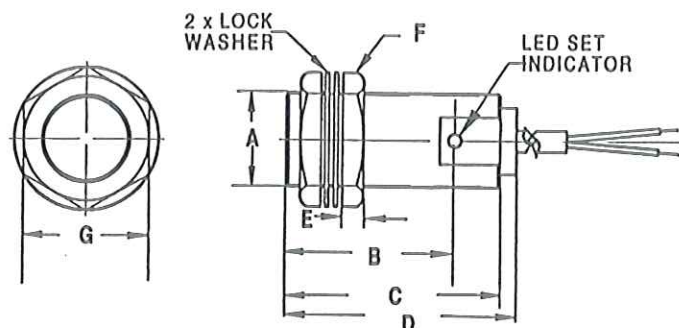


Proximity Sensors

12 to 30 mm Diameter Cylindrical Universal Voltage Sensors 2-Wire AC/DC Type

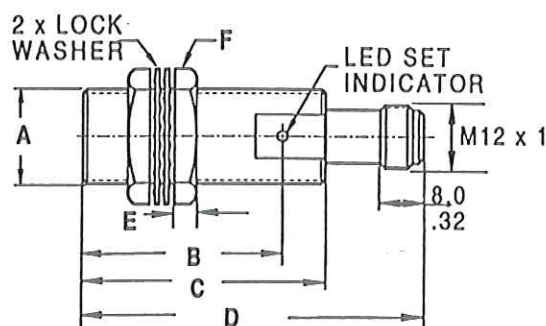
FL7M Series

MOUNTING DIMENSIONS (for reference only)
Pre-leaded



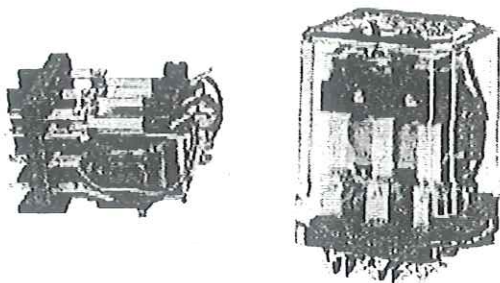
Catalog Listing	A	B	C	D	E	F	G
FL7M-3T7HD-M	M12	40,5 (1.59)	47,5 (1.87)	55,0 (2.16)	4,0 (0.16)	SW17	17,0 (0.57)
FL7M-7T7HD-M	M18	37,0 (1.45)	40,0 (1.57)	48,0 (1.89)	4,0 (0.16)	SW24	24,0 (0.94)
FL7M-10T7D-M	M30	39,0 (1.54)	42,0 (1.65)	50,0 (1.97)	5,0 (.20)	SW36	35,0 (1.52)

With Micro Connector



Catalog Listing	A	B	C	D	E	F	G
FL7M-3T7HD-CMG	M12	40,5 (1.59)	50,5 (1.99)	69,0 (2.72)	4,0 (0.16)	SW17	17,0 (0.57)
FL7M-7T7HD-CMG	M18	37,0 (1.46)	45,0 (1.77)	63,0 (2.48)	4,0 (0.16)	SW24	24,0 (0.94)
FL7M-10T7D-CMG	M30	39,0 (1.54)	47,0 (1.85)	65,0 (2.56)	5,0 (.20)	SW36	35,0 (1.52)

Proximity



KU series

KUP Enclosed Relay
 KUIP VDE 8mm Coil to Contacts
 KUGP VDE 8mm 3mm Gap Coil to Contacts
 KUEP 10 Amp 150VDC Load Switching
 KUMP 15 Amp 277VAC

File E22575

File LR15734

0435 Registration 1792 (KUIP)

0435 Registration 1792 (KUGP)

License 81.12102.01

Features

- AC coils: 6-240VAC, 50/60 Hz. DC: 6-110VDC.
- Contact arrangement up to 4PDT.
- Wide selection of termination and mounting styles.
- PC terminals available.
- Push to test button and indicator lamps.
- KUEP incorporates a blow out magnet for high voltage DC switching.
- KUIP/KUGP are VDE approved.
- Complete line of sockets and DIN rail.
- Class B coil insulation.

Contact Data @ 25°C

Arrangements: See respective ordering information table.

Materials: Fine silver (5 amp) silver-cadmium oxide (10 amp).

Gold flash available as standard.

Gold diffused and gold alloy on special order.

Expected Mechanical Life:

Contact Ratings

Material	Arrangement	UL/CSA Ratings	Expected Life
Fine Silver	All	5 amps @ 28VDC or 240VAC 80% PF, 2.5 amp tungsten @ 120VAC, 1/2 amp @ 120VDC.	100,000
		1/6 HP @ 120VAC, 1/3 HP @ 240VAC, 5 FLA, 15 LRA @ 250VAC (FLA covered by 30,000 operations).	
Silver-Cadmium Oxide	1-2 Pole KUP KUIP KUGP KUEP All KUMP	10 amps @ 28VDC or 240VAC, 80% PF, 5 amp tungsten @ 120VAC, 3A 600VAC, 1/2 amp @ 120VDC.	100,000
		1/3 HP @ 120VAC, 1/2 HP @ 240, 480, and 600VAC, 10 FLA 30 LRA @ 120VAC, 5 FLA, 15 LRA @ 250VAC (FLA ratings covered by 30,000 operations)	
	KUMP	15 amp @ 277VAC, 80% PF KUM KUMP	100,000
	3 Pole KUP KUIP	10 amp @ 28VDC or 120VAC, 80% PF, 6 2/3 amp @ 240VAC, 80% PF	100,000
	4 Pole	10 amp per pole not to exceed 30 amp total @ 28VDC, 120VAC, 80% PF, 6 2/3 amp @ 240VAC, 80% PF	100,000
	KUEP SPST-NO KUEP 2PST-NO KUEP 2PDT	10 amp @ 150VDC 5 amp @ 150VDC 3 amp @ 150VDC	100,000

(All other AC ratings apply KUEP)

Initial Dielectric Strength

Between Open Contacts: 1,200V rms; KUGP, 3,500V rms.

Between Adjacent Contacts: 2,200V rms.

Between Contacts and Coil: 2,200V rms; KUGP, KUIP, 3,750V rms.

Coil Data @ 25°C

Voltage: 6 to 110VDC and 6 to 240VAC.

Nominal Coil Power:

DC Coils: 1.2 Watts - KUP, KUIP, KUMP, 1 - 3 pole; KUEP, 1 pole.

DC Coils: 1.8 Watts - KUP, 4 pole; KUEP, 2 pole; KUGP.

AC Coils: 2.0VA - KUP, KUIP, 1 - 2 pole; KUEP, 1 pole.

AC Coils: 2.7VA - KUP, KUIP, 3 pole; KUEP, 2 pole; KUGP, KUMP.

Coil Data

DC Volts Nominal	1.2 Watt		1.8 Watt	
	DC Ohms $\pm 10\%$	Nom. I ma	DC Ohms $\pm 10\%$	Nom. I ma
5	21	238	14	360
6	32.1	187	20	300
12	120	100	80	150
24	472	51	320	75
48	1,800	26.7	1,260	38
110	10,000	11	6,720	16
AC Volts Nominal	2VA		2.7VA	
	DC Ohms $\pm 15\%$	Nom. I ma	DC Ohms $\pm 15\%$	Nom. I ma
6	6	335	4.2	460
12	24	168	18	230
24	85	84	72	115
120	2,250	17.5	1,700	24
240	9,110	8.75	7,200	12

Operate Data @ 25°C

Must Operate Voltage:

DC Coils: 75% of nominal voltage or less.

AC Coils: 85% of nominal voltage or less.

Operating Time (Excluding Bounce):

15 milliseconds, typical, at nominal voltage.

Release Time (Excluding Bounce):

10 milliseconds, typical, at nominal voltage.

Environmental Data

Temperature Range:

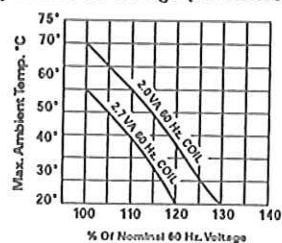
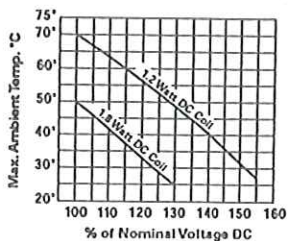
Operating: Enclosed Relays: -45°C to maximum listed in table below.

Open Relays: Add 15°C to maximum listed.

Max C°	+45°C	+50°C	+55°C	+70°C	+75°C	+80°C	+95°C
KUP	AC 3-4 pole	DC 4 pole	AC 1-2 pole	DC 1-3 pole			
KUIP			AC 3 pole	DC 2 pole		AC 1-2 pole	DC 1-3 pole
KUGP			AC 2 pole	DC 1 pole			
KUEP	AC 2 pole	DC 2 pole	AC 1 pole	DC 1 pole			
KUMP	AC 3 pole		AC 1-2 pole	DC 1-3 pole			

Environmental Data (Continued)

Maximum Allowable Ambient Temperature vs. Voltage (KU enclosed)



Mechanical Data

Termination: Quick connect, solder and PC board.

Enclosure: Clear polycarbonate dust cover.

Weight: 3.0 oz. (85g) approximately.

Ordering Information

Typical Part No. ►

KU
KUP

-14

A

1

5

F

-120

1. Basic Series & Type:

KU = Basic open relay.

KUP = Basic enclosed relay.

2. Contact Arrangement:

1 = 1A (SPST-NO)

6 = 1Z (SPDT-NC-NO [DB-DM])

13 = 3B (3PST-NC)

2 = 1B (SPST-NC)

7 = 2A (DPST-NO)

14 = 3C (3PDT)

3 = 1X (SPST-NO-DM)

8 = 2B (DPST-NC)

15 = 4A (4PST-NO)

4 = 1Y (SPST-NC-DB)

11 = 2C (DPDT)

16 = 4B (4PST-NC)

5 = 1C (SPDT)

12 = 3A (3PST-NO)

17 = 4C (4PDT)

3. Coil Input:

A = AC 50/60 Hz.

DS = Diode Suppression (DC coil only)

D = DC

4. Mountings:

Type	KU	KUP (through 3 poles)	KUP (4 pole models)
Codes Available	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5,6,7,8,9 A,B,C,D,E,F,G,H,T	1,3,5,7,9,A,C,E,G
OPEN STYLE			
1 = #6-32 stud, .218" (5.54mm) locating tab.		1 = PLAIN CASE;	A = PLAIN CASE, #6-32 STUD LOCATING TAB;
2 = 2-hole bracket, #6-32 tapped.		2 = with test button.	B = with test button.
3 = #6-32 tapped core, .125" (3.18mm) locating tab.		3 = with indicator lamp.*	C = with indicator lamp.*
4 = #6-32 tapped core, .218" (5.54mm) locating tab.		4 = with test button & indicator lamp.*	D = with test button & indicator lamp.*
5 = #6-32 tapped core, no locating tab.		5 = BRACKET MOUNT CASE;	E = PLAIN CASE, TAPPED CORE, LOCATING TAB;
		6 = with test button.	F = with test button.
		7 = with indicator lamp.*	G = with indicator lamp.*
		8 = with test button & indicator lamp.*	H = with test button & indicator lamp.*
		9 = STUD ON END OF PLAIN CASE.	T = TOP FLANGE CASE.

* Indicator lamps are available on models with the following coils:
6-24VAC and DC, 110VDC and 120-240VAC. Only models with 120-240VAC coils are UL recognized.

5. Terminal & Contact Material:

Type	1 & 2 Pole Models	3 Pole Models	4 Pole Models
Codes Available	1,2,3,5, 6,7,J,K	1,2,3, 5,6,7	1**,3,4, 5**,7,9

- 1 = .187" (4.75mm) quick-connect/solder; silver, 5 amps.
2 = .205" (5.21mm) quick connect/solder; silver, 5 amps.
3 = .047" (1.19mm) printed circuit; silver, 5 amps.
4 = .110" (2.79mm) quick connect/solder; silver, 5 amps.
5 = .187" (4.75mm) quick connect/solder; silver-cadmium oxide, 10 amps.
6 = .205" (5.21mm) quick connect/solder; silver-cadmium oxide, 10 amps.

- 7 = .047" (1.19mm) printed circuit; silver-cadmium oxide, 10 amps.
9 = 4 pole KU, KUP; .110" (2.79mm) quick connect/solder; silver-cadmium oxide, 10 amps.
J = .250" (6.35mm) quick connect; silver, 5 amps.
K = .250" (6.35mm) quick connect; silver-cadmium oxide, 10 amps.

**4 pole KUP with .187" (4.75mm) quick connect/solder terminals will not plug into sockets. Must use .110" (2.79mm) quick connect solder terminals for socket mounting.

5A. Gold Flashed Contact Option:

F = Optional gold flashing for silver and silver-cadmium oxide contacts.

6. Coil Voltage:

To 240VAC, 50/60 Hz. or 110VDC. (For 277VAC, consult factory.)

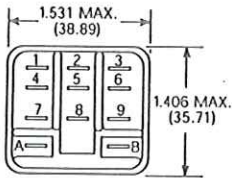
Stock Items - The following items are normally maintained in stock for immediate delivery.

KUP-5A15-24	KUP-11A15-12	KUP-11D15-5	KUP-11D55-110	KUP-14A55-24	KUP-14D25-24
KUP-5A15-120	KUP-11A15-24	KUP-11D15-12	KUP-14A11-120	KUP-14A55-120	KUP-14D35-24
KUP-5A15-240	KUP-11A15-120	KUP-11D15-24	KUP-14A15-12	KUP-14A55-240	KUP-14D55-12
KUP-5A55-120	KUP-11A15-240	KUP-11D15-110	KUP-14A15-24	KUP-14D11-24	KUP-14D55-24
KUP-5D15-12	KUP-11A35-120	KUP-11D35-24	KUP-14A15-120	KUP-14D15-6	KUP-17A19-120
KUP-5D15-24	KUP-11A55-24	KUP-11D55-6	KUP-14A15-240	KUP-14D15-12	KUP-17A55-24
KUP-5D55-12	KUP-11A55-120	KUP-11D55-12	KUP-14A25-120	KUP-14D15-24	KUP-17D19-24
KUP-5D55-24	KUP-11A75-120	KUP-11D55-24	KUP-14A35-120	KUP-14D15-48	KUP-17D55-24
KUP-11A11-120	KUP-11D11-24	KUP-11D55-48	KUP-14A45-120	KUP-14D15-110	

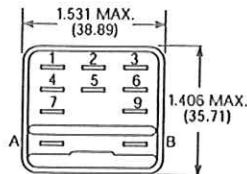
Outline Dimensions (Continued)

Relay Front Diagrams

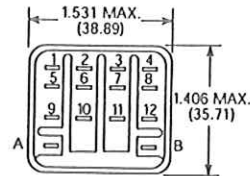
1-3 Pole Relays



Relays With .250" (6.35mm) Terminals



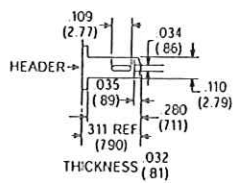
4 Pole Relays



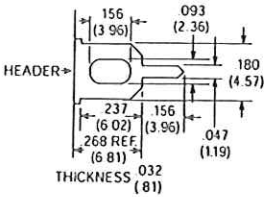
Terminal Dimensions

.110" (2.79mm)

Quick Connect Quick Connect

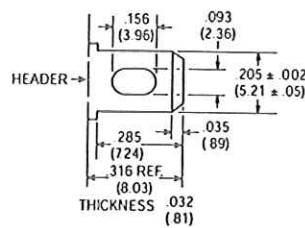


Printed Circuit



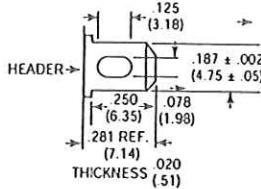
.205" (5.21mm)

Quick Connect

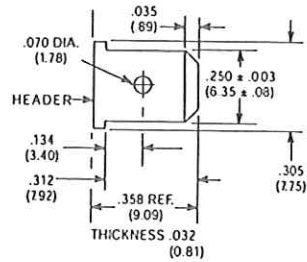


.187" (4.75mm)

Quick Connect



.250" (6.35mm)



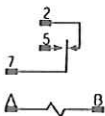
Note: All drawings shown oversize.

Wiring Diagrams

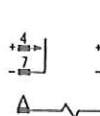
*1 Form X



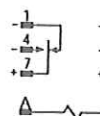
1 Form C



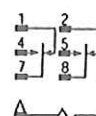
*2 Form A



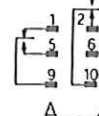
*2 Form C



3 Form C



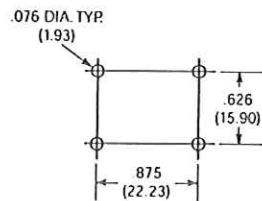
4 Form C



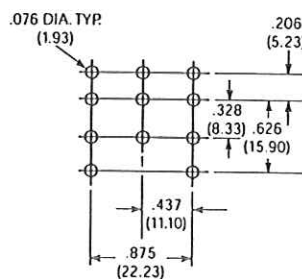
*Recommended Load Polarity for Optimum Arc Suppression.

PC Board Layouts (Bottom Views)

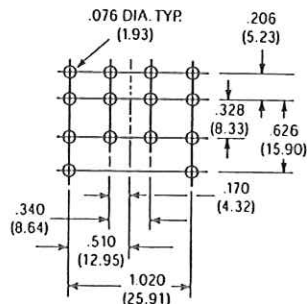
1 Form X



3 Pole Models

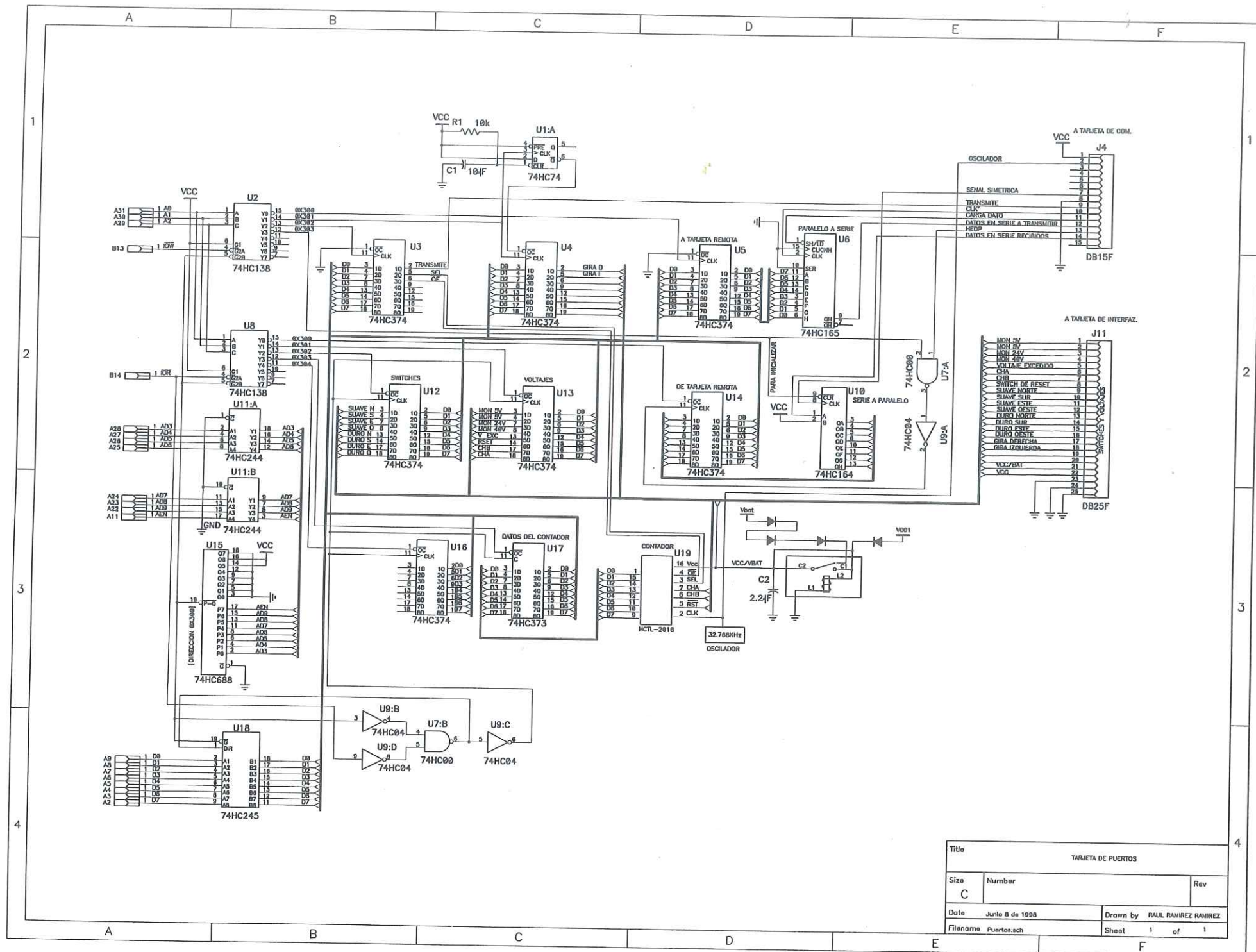


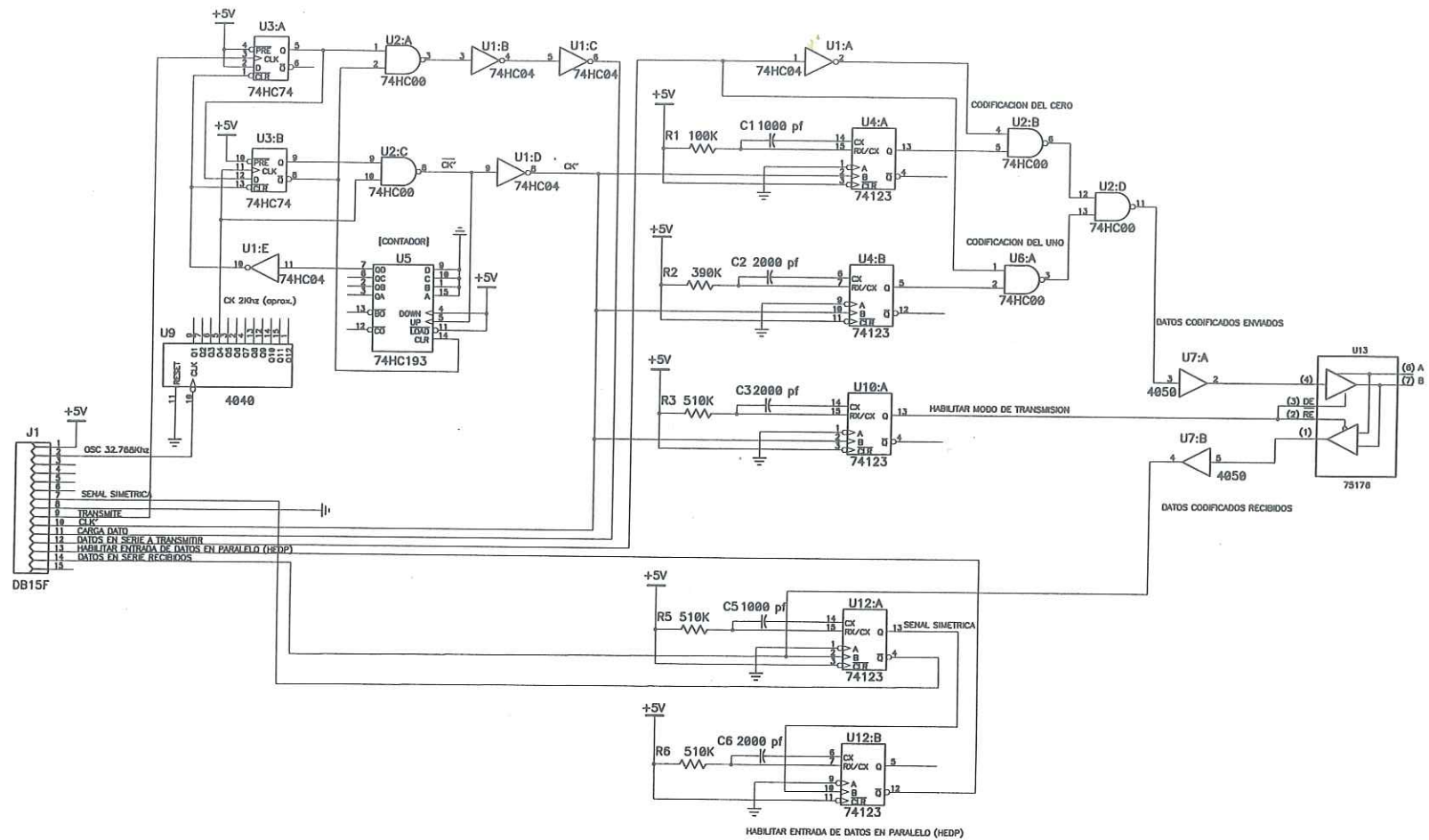
4 Pole Models



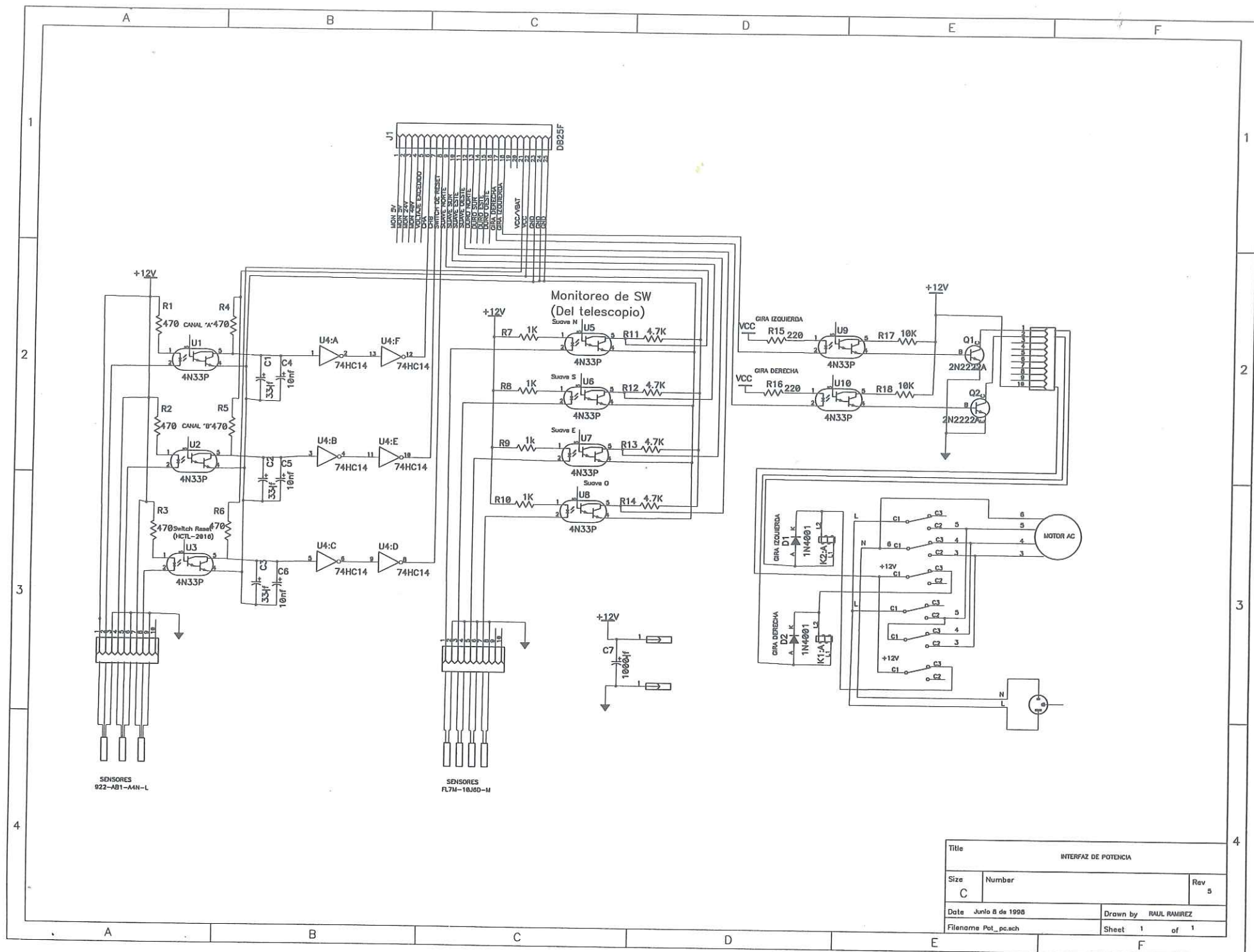
Apéndice D

Diagramas Esquemáticos

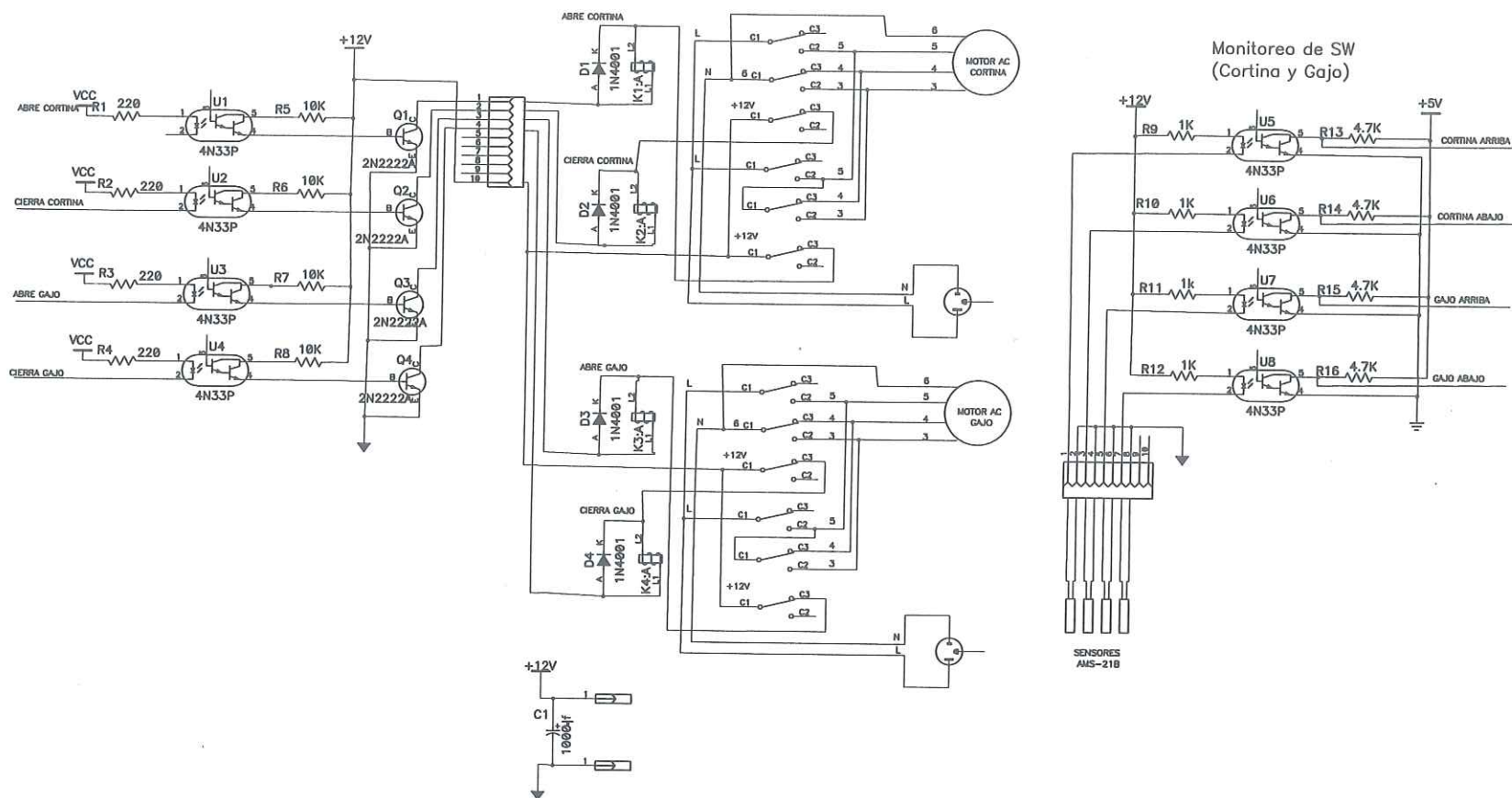




Título		
TARJETA DE COMUNICACION INTERNA		
Size	Number	Rev
C		
Date	Junio 8 de 1988	Drawn by Rosal Ramirez Ramirez
Filename	TrRx_PC.shc	Sheet 1 of 1



Title		
INTERFAZ DE POTENCIA		
Size	Number	Rev
C		5
Date		Junio 8 de 1998
Drawn by		RAUL RAMIREZ
Filename		Pot_pc.sch
Sheet		1 of 1



Title		
INTERFAZ DE POTENCIA		
Size	Number	Rev
C		5
Date	Junio 8 de 1998	Drawn by RAUL RAMIREZ
Filename	Pot_cup.sch	Sheet 1 of 1

Apéndice D

Fotos de los Subsistemas

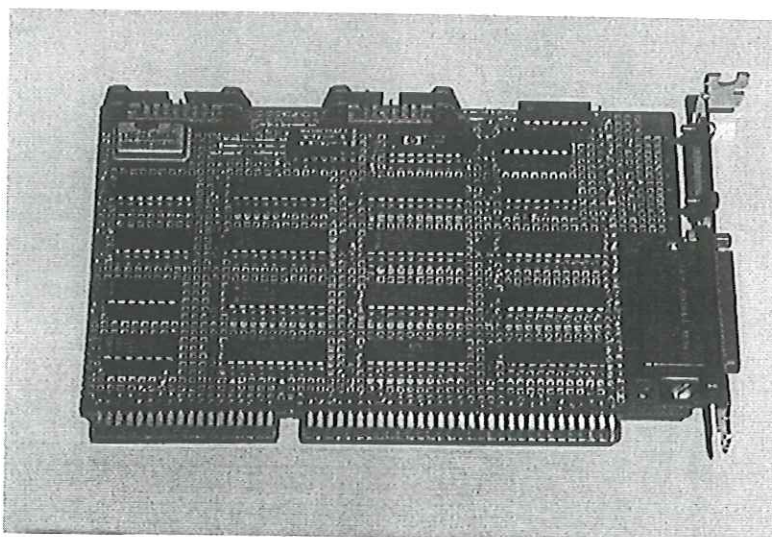


Figura D-1 Tarjeta de puertos.

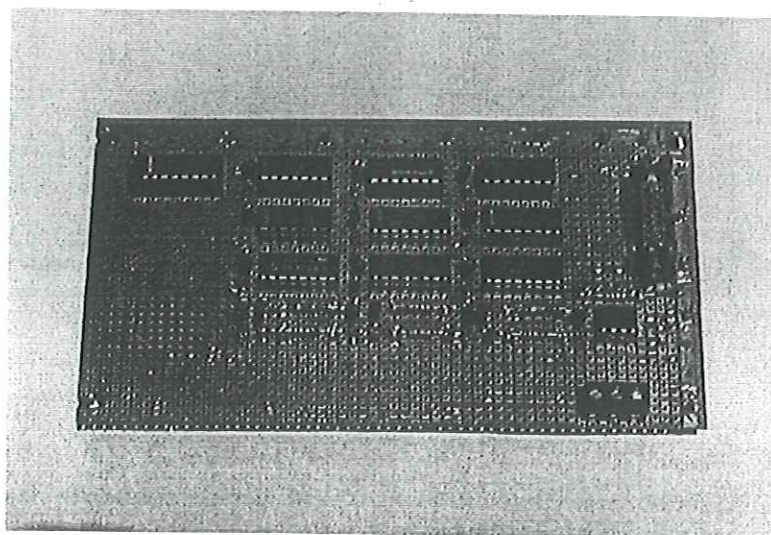


Figura D-2 Tarjeta de comunicación de la PC.

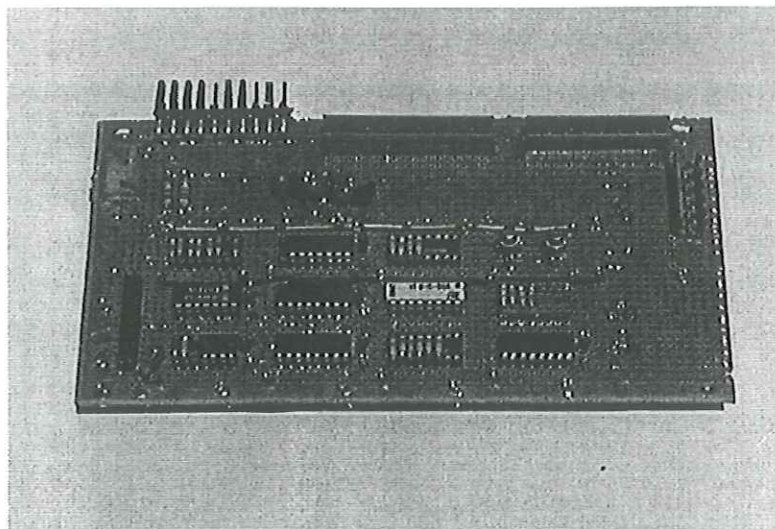


Figura D-3 Interfaz de potencia de la tarjeta de puertos.

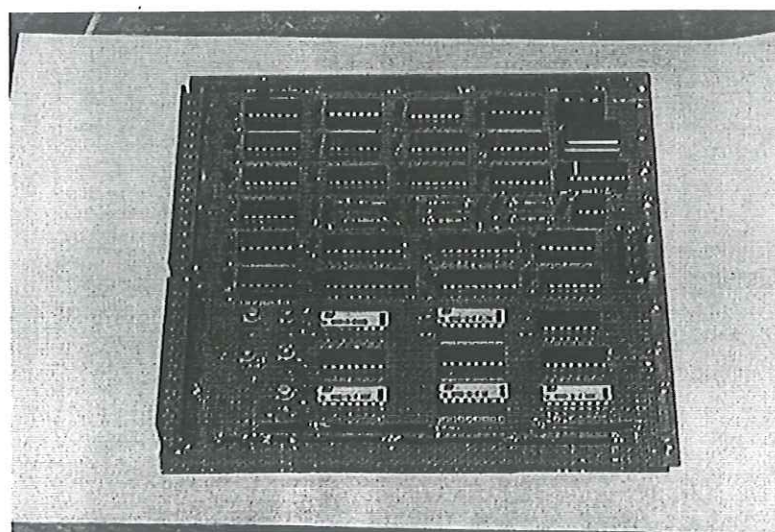


Figura D-4 Tarjeta de comunicacion e interfaz de potencia

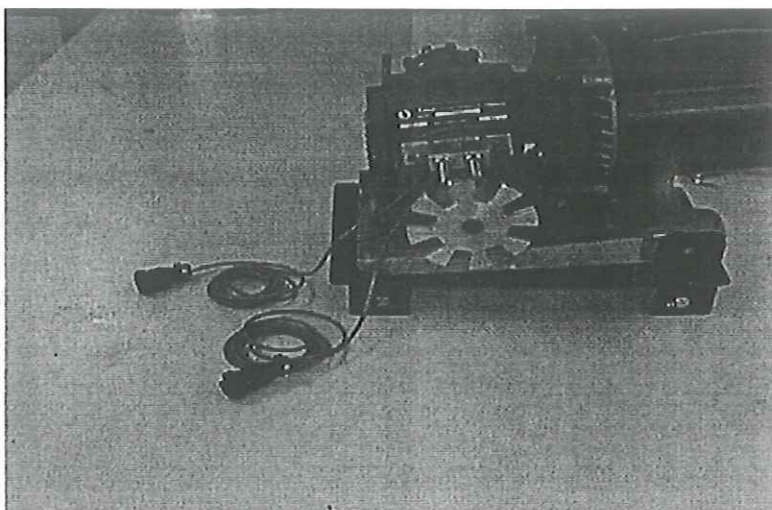


Figura D-5 Paleta del codificador de posición.

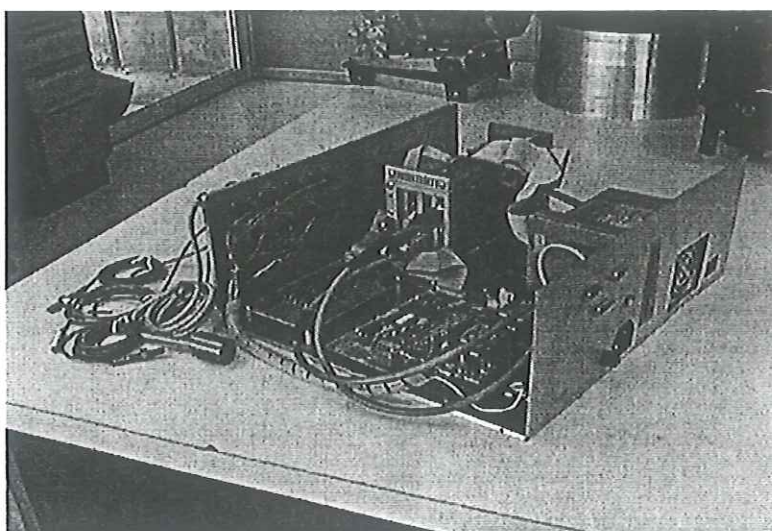


Figura D-6 PC, tarjeta de comunicación, interfaz de potencia y algunos sensores.