



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

**“SISTEMA PARA AMPLIAR LAS CAPACIDADES Y FACILITAR
EL MANEJO DE UN CUADRIPLEXOR CON NÚMERO DE
MODELO HCQ8N”**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

PRESENTA

ISAAC GARCÍA LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS

M.C. FELIPE SANTIAGO ESPINOSA

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAX.; AGOSTO DE 2005

**Tesis presentada el 12 de agosto de 2005
ante los siguientes sinodales:**

M.C. Fermín Hugo Ramírez Leyva

M.C. Enrique Espinosa Justo

Ing. Hugo Suárez Onofre

Director de Tesis:

M.C. Felipe Santiago Espinosa

Dedicatoria

Con mucho cariño a mis padres Josué I. y Gregoria, y a mis hermanas Janet y Ana Isabel.

Isaac.

Agradecimientos

Agradezco al Prof. Felipe Santiago Espinosa, por compartirme sus conocimientos y experiencias, por su motivación, y por brindarme su confianza y amistad.

A mis padres Josué I. y Gregoria, quienes me formaron para la vida, y por todo el esfuerzo y dedicación para brindarme una educación profesional.

A Janet y Ana Isabel, por su hermandad y amistad, así como por todos los momentos compartidos.

A mis tíos y primos por darme buenos consejos y por todo el apoyo moral que me brindaron durante esta etapa de mi vida.

A Pedro Unda por su amistad y por compartir sus conocimientos, por ilustrarme con sus ideas y permitirme hacer uso de sus instalaciones en el desarrollo del presente trabajo.

A los profesores Fermín Hugo Ramírez Leyva, Enrique Espinosa Justo y Hugo Suárez Onofre, cuyas sugerencias y observaciones contribuyeron a mejorar el documento de tesis.

A Vanessa Valdez Pérez por su amistad y por todo el apoyo moral que me brindo durante la realización de la tesis.

A mis amigos: del equipo EDISAL (Edson y José A.), Orlando, Carlos Chamú, Heriberto, Carlos Ulloa, Carlos Cazarin, Sadot, Rodolfo, Mario A., por su amistad y apoyo incondicional en todo momento.

A la Universidad Tecnológica de la Mixteca, por permitirme desarrollar la presente investigación dentro de sus instalaciones.

Isaac.

Índice

Dedicatoria	v
Agradecimientos	vii
Índice	ix
Lista de tablas	xiii
Lista de figuras	xv
Introducción	1
1. Planteamiento del problema	3
1.1. Planteamiento	3
1.1.1. Sistema a desarrollar.....	4
1.1.1.1. Control remoto.....	4
1.1.1.2. Controlador central.....	5
1.1.1.3. Unidades de Pan / Tilt.	5
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo general.	6
1.2.2. Objetivos particulares.....	6
1.3. Justificación.....	6
1.3.1. Elemento central de cada módulo.....	7
2. Marco teórico	9
2.1. Circuito cerrado de televisión (CCTV)	9
2.1.1. Elemento captador de imagen	9
2.1.2. Elemento reproductor de imagen.....	10
2.1.3. Elementos transmisores de la señal de vídeo	10
2.1.4. Periféricos11	
2.1.4.1. Interruptor secuenciador	11
2.1.4.2. Cuadriplexor	11
2.1.4.3. Multiplexor	11
2.1.4.4. Grabadoras de video	11
2.1.4.5. Unidades Pan/Tilt	11
2.1.4.6. Otros periféricos	11
2.2. Cuadriplexor HCQ8N.....	12
2.2.1. Características.....	12

2.2.2. Panel frontal	13
2.2.3. Control remoto	13
2.2.3.1. Conexión RS-232	16
2.2.3.2. Conexión RS-485	16
2.3. Radiación infrarroja	17
2.3.1. Radiación infrarroja en el control remoto	18
2.3.2. Modulación digital	18
2.3.2.1. Modulación digital ASK	18
2.3.2.2. Modulación digital FSK	19
2.3.2.3. Modulación digital PSK	19
2.4. Motores paso a paso	20
2.4.1. Motores paso a paso de imán permanente	20
2.4.1.1. Motor paso a paso de rotor dentado	20
2.4.1.2. Motor paso a paso de rotor de disco	20
2.4.2. Motores paso a paso de reluctancia variable	21
2.5. Estándar de comunicaciones EIA/TIA RS-485	22
2.5.1. Comunicación half-duplex y full-duplex	23
2.5.2. Bus de dos hilos	23
2.5.3. Bus de cuatro hilos	23
2.5.4. Especificaciones de una red RS-485	24
3. Desarrollo del sistema	25
3.1. Descripción del sistema	25
3.2. Diseño del Control remoto	26
3.2.1. Descripción del control remoto	26
3.2.1.1. Administrador del control remoto	26
3.2.1.2. Teclado	26
3.2.1.3. LED IR con su circuito de polarización	27
3.2.1.4. Representación de bits	27
3.2.1.5. Trama de datos	28
3.2.1.6. Disposición de direcciones y comandos en el control remoto	29
3.2.2. Hardware del control remoto	30
3.2.2.1. Teclado matricial	30
3.2.2.2. Circuito que polariza al LED IR	31
3.2.2.3. Implementación del control remoto	32
3.2.3. Software del control remoto	32
3.2.3.1. Configuración del control remoto y transmisión de trama de datos	34
3.2.4. Integración del Hardware y Software del control remoto	35
3.2.5. Pruebas al control remoto	35
3.3. Diseño del controlador central	37
3.3.1. Descripción del controlador central	37
3.3.1.1. Administrador del controlador central	37
3.3.1.2. Módulo detector	37
3.3.1.3. Comunicación RS-485	37
3.3.2. Hardware del controlador central	38
3.3.2.1. Implementación del controlador central	38
3.3.3. Software del controlador central	39
3.3.3.1. Recepción de trama de datos	40

3.3.4. Integración del Hardware y Software del controlador central.....	41
3.3.5. Pruebas al controlador central	41
3.4. Diseño de la unidad de Pan/Tilt.....	41
3.4.1. Descripción de la unidad de Pan/Tilt.....	42
3.4.1.1. Administrador del Pan/Tilt	42
3.4.1.2. Etapa de potencia.....	42
3.4.1.3. Módulos de configuración.....	42
3.4.1.4. Características de movimiento de la unidad de Pan/Tilt	42
3.4.1.5. Disposición de comandos en el Pan/Tilt.	43
3.4.2. Hardware de la unidad de Pan/Tilt	43
3.4.2.1. Engranaje Pan y Tilt	44
3.4.2.2. Implementación del circuito de la unidad de Pan/tilt	46
3.4.3. Software de la unidad de Pan/Tilt	47
3.4.3.1. Inicializar administrador de la unidad Pan/Tilt	48
3.4.3.2. Leer el DIP1 y configurar el número de unidad	49
3.4.3.3. Inicializar Pan/Tilt	49
3.4.3.4. Recepción y ejecución de comandos	49
3.4.4. Integración del Hardware y Software de la unidad de Pan/Tilt.....	50
3.4.5. Pruebas a la unidad de Pan/Tilt	50
3.5. Integración de los módulos del sistema.....	51
3.6. Pruebas al sistema.....	51
4. Resultados	53
4.1. Control remoto.....	53
4.2. Controlador central.....	55
4.3. Unidad Pan/Tilt	56
4.4. Integración del sistema con un CCTV básico	57
5. Conclusiones y trabajos futuros	59
5.1. Conclusiones.....	59
5.2. Trabajos futuros.....	59
Bibliografía.....	61
Anexo A. Manual de usuario del sistema	63
A.1. Control remoto.....	63
A.2. Número de Pan/Tilt	64
A.3. Conexión del sistema	65
A.4. Descripción de las terminales de los conectores.....	66
Anexo B. Diagramas eléctricos de los módulos del sistema	69
B.1. Control remoto	70
B.2. Controlador central	72
B.3. Unidad de Pan/Tilt.....	75

Lista de tablas

Tabla 2.1. Descripción de las teclas del cuadriplexor HCQ8N.....	14
Tabla 2.2. Comandos que recibe el cuadriplexor HCQ8N por el puerto RS-232 y RS 485.	15
Tabla 2.3. Asignación de terminales del conector DB9.	16
Tabla 2.4. Asignación de terminales de los conectores RJ45.....	17
Tabla 2.5. Secuencias de conmutación para un motor paso a paso unipolar.....	21
Tabla 2.6. Secuencias de conmutación para un motor paso a paso bipolar.....	21
Tabla 2.7. Secuencias de conmutación para un motor paso a paso de reluctancia variable.....	22
Tabla 2.8. Descripción de las terminales del bus de dos hilos.	23
Tabla 2.9. Descripción de las terminales del bus de cuatro hilos.	24
Tabla 3.1. Descripción de las teclas del control remoto.....	28
Tabla 3.2. Direcciones y comandos de la trama de datos.....	29
Tabla 3.3. Acciones de las teclas del control remoto.	36
Tabla 3.4. Función del puerto D.....	38
Tabla 3.5. Comandos que recibe el Pan / Tilt.....	43
Tabla 3.6. Asignación de función para cada puerto del microcontrolador.....	44
Tabla 3.7. Características de los sistemas de engranes Pan y Tilt.....	44
Tabla 3.8. Relaciones entre los ejes de entrada y salida del engranaje Pan y Tilt.....	46
Tabla A.1. Función de las teclas del control remoto.	64
Tabla A.2. Descripción de los conectores del controlador central y de la unidad de Pan/Tilt.	66
Tabla A.3. Descripción de los conectores del cuadriplexor HCQ8N.....	67
Tabla A.4. Descripción de las terminales de los conectores RJ45 del cuadriplexor HCQ8N.....	68
Tabla B.1. Lista de componentes del control remoto.	71
Tabla B.2. Lista de componentes del controlador central.	74
Tabla B.3. Lista de componentes de la unidad de Pan/Tilt.	76

Lista de figuras

Figura 1.1. Cuadriplexor HCQ8N.	4
Figura 1.2. Sistema a realizar con sus partes que lo conforman, un control remoto, unidades de Pan / Tilt y un controlador central.	5
Figura 1.3. Cámaras que soportará la unidad PAN/TILT.....	6
Figura 2.1. CCTV HDLCQNS de la firma Syscom con 4 cámaras y un monitor con cuadriplexor integrado.	9
Figura 2.2. Cámaras de CCTV.	10
Figura 2.3. Monitores de CCTVde la firma syscom.....	10
Figura 2.4. Unidades Pan / Tilt.....	12
Figura 2.5. Cuadriplexor HCQ8N en modo PIP.....	13
Figura 2.6. Cuadriplexor HCQ8N en modo QUAD.....	13
Figura 2.7. Panel frontal del cuadriplexor HCQ8N.....	13
Figura 2.8. Formato de la trama de datos que recibe el cuadriplexor HCQ8N.	15
Figura 2.9. Conector DB9 hembra.	16
Figura 2.10. Conectores RJ45 hembra.	16
Figura 2.11. Modulación digital ASK.	18
Figura 2.12. Modulación digital FSK.....	19
Figura 2.13. Modulación digital BPSK.	19
Figura 2.14. Circuito y estructura de operación de un motor paso a paso unipolar.	20
Figura 2.15. Circuito y estructura de operación de un motor paso a paso bipolar.	21
Figura 2.16. Circuito y estructura de operación de un motor paso a paso de reluctancia variable.	22
Figura 2.17. Red RS-485 con bus de dos hilos.....	23
Figura 2.18. Red RS-485 con bus de cuatro hilos.	24
Figura 3.1. Sistema a realizar con sus partes que lo conforman.....	25

Figura 3.2. Diagrama a bloques del control remoto.....	26
Figura 3.3. Teclado del control remoto.....	27
Figura 3.4. Representación de ‘1’ y ‘0’ lógico.	27
Figura 3.5. Trama de datos.....	29
Figura 3.6. Teclado matricial.	31
Figura 3.7. Circuito que polariza al LED IR.....	32
Figura 3.8. Diagrama eléctrico del control remoto.	32
Figura 3.9. Diagrama de flujo del programa principal del control remoto.	33
Figura 3.10. Diagrama de flujo de la rutina configuración del control remoto y transmisión de trama de datos.	35
Figura 3.11. Diagrama a bloques del controlador central.	37
Figura 3.12. Diagrama eléctrico del controlador central.	39
Figura 3.13 . Diagrama de flujo del programa principal del controlador central.	40
Figura 3.14. Diagrama de flujo de la rutina recepción de trama de datos.	41
Figura 3.15. Diagrama a bloques de la unidad de Pan/Tilt.	42
Figura 3.16. Sistema de engranes: a) Engranaje Pan, b) Engranaje Tilt.....	44
Figura 3.17. Acoplamiento mecánico del motor Pan y Tilt con su respectiva caja de engranes. ...	45
Figura 3.18. Diagrama eléctrico de la unidad de Pan/Tilt.	46
Figura 3.19. Diagrama de flujo del programa principal del la unidad de Pan/Tilt.	47
Figura 3.20. Diagrama de flujo de la subrutina inicializar el administrador de la unidad Pant/Tilt.	48
Figura 3.21. Diagrama de flujo de la rutina recepción y ejecución de comandos.	50
Figura 3.22. Integración del sistema con un CCTV básico.	51
Figura 4.1. Prototipo del control remoto.....	53
Figura 4.2. Análisis de una trama de datos.	54
Figura 4.3. Frecuencia central y ciclo útil de la portadora.....	54
Figura 4.4. Prototipo del controlador central.	55
Figura 4.5. Trama de datos modulada y demodulada.	55
Figura 4.6. Análisis de una trama de comandos.	56
Figura 4.7. Prototipo de la unidad Pan/Tilt.....	56
Figura 4.8. Engranaje Pan y Tilt.	57
Figura 4.9. Circuito cerrado de televisión básico.....	57
Figura 4.10. Sistema que amplía y facilita el manejo de un circuito cerrado de televisión básico.	58

Figura A.1. Control remoto.	63
Figura A.2. Diagrama para configuración del número de Pan/Tilt en el DIP1.	65
Figura A.3. Conexión del sistema con el cuadriplexor HCQ8N.	65
Figura A.4. Parte posterior del controlador central.	66
Figura A.5. Conectores de la unidad de Pan/Tilt.	66
Figura A.6. Panel posterior del cuadriplexor HCQ8N.	67
Figura A.7. Conectores RJ45 del cuadriplexor HCQ8N.	68
Figura B.1. Diagrama esquemático del control remoto.	70
Figura B.2. Circuito impreso del control remoto (lado de la soldadura).	70
Figura B.3. Circuito impreso del control remoto(lado de los componentes).	71
Figura B.4. Diagrama de la localización de los componentes del control remoto.	71
Figura B.5. Diagrama esquemático del controlador central.	72
Figura B.6. Circuito impreso del controlador central (lado de la soldadura).	73
Figura B.7. Diagrama de la localización de los componentes del controlado central.	73
Figura B.8. Diagrama esquemático de la unidad de Pan/Tilt.	75
Figura B.9. Circuito impreso de la unidad de Pan/Tilt (lado de la soldadura).	75
Figura B.10. Diagrama de la localización de los componentes de la unidad de Pan/Tilt.	76

Introducción

Hoy en día, la electrónica influye prácticamente en todos los aspectos de nuestra vida. Los aparatos y equipos electrónicos se usan de tantas maneras y por tantas razones, que es casi imposible hacer un resumen adecuado de sus aplicaciones. En algunos campos, la electrónica juega un papel tan importante que sin ésta nunca hubieran llegado a su desarrollo presente. Como ejemplo las comunicaciones, la automatización industrial, procesamiento de datos, las investigaciones científicas, médicas, militares, etc.

Con base en los principios de la electrónica, la tecnología ha desarrollado elementos y dispositivos electrónicos para infinidad de usos prácticos, provocando una verdadera revolución técnica.

Con la aplicación y el avance de la electrónica han surgido dispositivos que nos facilitan la vida y dan comodidad, como ejemplo el control remoto que es utilizado para operar a distancia la mayoría de equipo para uso doméstico. También la seguridad se ha beneficiado con el desarrollo de sensores, alarmas, circuitos cerrados de televisión, etc.

Un circuito cerrado de televisión (CCTV) es una técnica de vigilancia visual diseñada para supervisar una variedad de ambientes y actividades. Los sistemas de CCTV típicamente involucran una comunicación fija entre las cámaras y los monitores [13, URL3].

El uso más conocido de un CCTV es en los sistemas de vigilancia y seguridad, en aplicaciones para bancos, oficinas gubernamentales, aeropuertos, etc. Pero sus aplicaciones son ilimitadas, a continuación se dan ejemplos de otras aplicaciones de un CCTV [8, 22]:

- Sondos médicas con micro cámaras introducidas en el cuerpo humano.
- Monitoreo de tráfico en puentes, autopistas.
- Vigilancia en condiciones de absoluta oscuridad, utilizando luz infrarroja.
- Vigilancia en vehículos de transporte público.
- Vigilancia en espacios públicos para el manejo de riesgos: embotellamiento de tráfico, prevención de accidentes.
- Monitoreo de procesos industriales.
- Vigilancia de niños en el hogar, en la escuela, parques, guarderías.
- Análisis facial para identificación de criminales en áreas públicas.

Para la realización de un CCTV se pueden encontrar infinidad de productos con diferentes características y costos en el mercado, por lo que el diseño de un CCTV se puede adaptar a las necesidades y a la economía del cliente. Para las viviendas o negocios de poca remuneración, un CCTV de bajo costo puede cubrir sus necesidades aunque con limitaciones, como en el caso de algunos cuadriplexores que no cuentan con un control a distancia.

Por esta razón, en el presente trabajo se presenta el diseño y construcción de un sistema que aumenta la funcionalidad y amplía las capacidades del cuadriplexor HCQ8N, manejándolo a distancia a través de un control remoto y aumentando el rango de visualización al incorporar unidades Pan/Tilt, las cuales también se manejarán en forma remota. Se trata de un sistema basado en microcontroladores, el cual da una mayor funcionalidad a un sistema CCTV básico.

Estructura de la tesis

A continuación se describe la estructura del presente trabajo:

En el capítulo 1 se presenta el planteamiento del trabajo, el objetivo general y objetivos particulares. También se presenta la justificación del trabajo.

En el capítulo 2 se describen algunas características de los elementos que integran un CCTV y de los elementos involucrados en el desarrollo del presente trabajo.

En el capítulo 3 se describe el desarrollo del sistema y los módulos que lo conforman.

En el capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos.

En el capítulo 5 se presentan las conclusiones y los trabajos futuros de este trabajo.

Finalmente se presentan las referencias bibliográficas utilizadas en este trabajo y los anexos A y B corresponden al manual de usuario del sistema y diagramas eléctricos e impresos del control remoto, control central y unidad de Pan/Tilt, respectivamente.

1. Planteamiento del problema

En el presente capítulo se describe la motivación que dio origen al desarrollo del presente trabajo. Se menciona el objetivo general y objetivos particulares. Por último, se presenta la justificación del trabajo.

1.1. Planteamiento

La seguridad es hoy en día un tema de preocupación debido al aumento de la delincuencia, es por ello que las empresas, las instituciones gubernamentales y particulares, se han preocupado por mantener seguros sus patrimonios, por lo que algunas de ellas han incorporado los circuitos cerrados de televisión como una opción para reforzar sus sistemas de vigilancia y de seguridad.

Un CCTV es utilizado para proteger bienes y recursos de lugares públicos o particulares de riesgos como: incendios, vandalismo, robos, terrorismo, etc. Para lo cual se pueden encontrar varias opciones en su diseño.

Un sistema simple incluye una cámara conectada a un monitor por un cable coaxial, aunque también hay monitores a los que se les pueden conectar hasta 4 cámaras.

Pero si quiere obtener un sistema con más características, como el poder visualizar cuatro imágenes, mando a distancia, salida de video para la grabación de imágenes, se puede agregar un elemento de control, como el cuadriplexor.

Además, con el aumento de la tecnología hoy en día se pueden conseguir sistemas inteligentes que incluyen cámaras con visión nocturna, acercamientos (Zoom), mecanismos de movimiento horizontal (Pan), vertical (Tilt), elementos que pueden detectar el movimiento con la evaluación electrónica de la señal de video, etc.

Los cuadriplexores son dispositivos que transmiten varios canales de video en un solo medio de transmisión, pueden mostrar hasta cuatro imágenes a la vez en un monitor. Por lo que son utilizados en sistemas de CCTV para controlar las imágenes que se desean mostrar en un monitor o grabar en una videocasetera.

El mecanismo Pan/Tilt permite rotar e inclinar la cámara en una dirección específica. Esta plataforma electromecánica está disponible para cámaras con diferentes pesos, para lugares internos o externos [URL1, URL2].

Sin embargo, para una vivienda o un negocio con poca recuperación económica no es posible invertir en equipos de alto costo, por lo tanto adquieren circuitos cerrados de televisión con capacidades limitadas, solo para cubrir sus necesidades de seguridad.

Las limitantes para estos circuitos cerrados de televisión son:

- Los cuadriplexores comerciales no incluyen un control remoto para manejarlos a distancia, algunos de ellos incluyen un puerto RS-232 por donde pueden recibir comandos a través de una computadora. Lo que significa que deben ubicarse en lugares accesibles para su manejo, quedando expuestos a accidentes.
- El incorporar dispositivos Pan / Tilt eleva demasiado el costo de un sistema de vigilancia, esto porque requieren de un controlador especial para manejarlos. De manera que, al no usarlos, la vigilancia alcanzada por una videocámara se limita a una zona fija y no puede cambiarse, a menos que las cámaras sean movidas manualmente.
- En caso de que se utilicen Pan / Tilt comerciales, sus controladores no pueden ser operados a distancia, por que tampoco incluyen su control remoto.

Por lo tanto, se observa la necesidad de crear un sistema que amplíe las capacidades de un cuadriplexor, permitiéndole: Manipulación a distancia a través de un control remoto y movimiento a las cámaras. La manipulación a distancia además de que comandará al cuadriplexor, también controlará los movimientos de las cámaras incorporando características tanto de funcionalidad como de facilidad de manejo a un circuito cerrado de televisión básico.

1.1.1. Sistema a desarrollar.

Considerando lo anterior, se pretende desarrollar un sistema para ampliar las capacidades y facilitar el manejo del cuadriplexor HCQ8N, el cual se muestra en la figura 1.1. Contando con tres módulos: control remoto, controlador central y unidades de Pan/Tilt como se muestra en la figura 1.2.

Los tres módulos del sistema tendrán las características que se detallan a continuación.

1.1.1.1. Control remoto.

Actualmente la operación de un cuadriplexor como el HCQ8N se hace directamente en el equipo, éste debe estar accesible al usuario, por lo que la incorporación del control remoto facilitará su manejo. Además el control remoto manejará el cuadriplexor HCQ8N y las unidades de Pan/Tilt. En este módulo se pretende utilizar el microcontrolador PIC16F84 de la firma Microchip [2, 11].



Figura 1.1. Cuadriplexor HCQ8N.

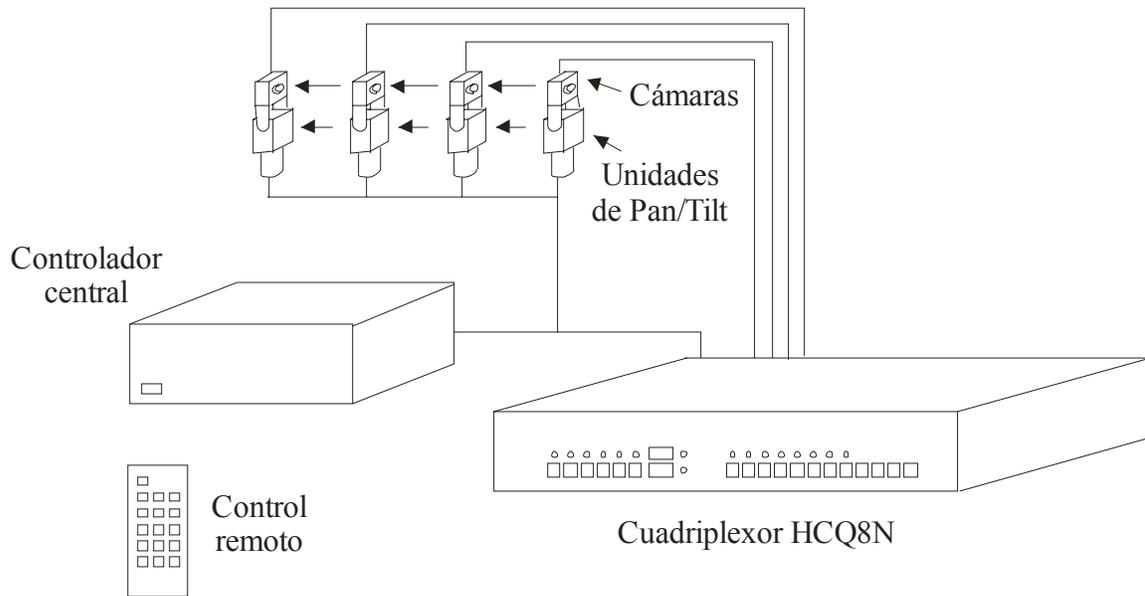


Figura 1.2. Sistema a realizar con sus partes que lo conforman, un control remoto, unidades de Pan / Tilt y un controlador central.

1.1.1.2. Controlador central.

El cuadriplexor HCQ8N permite una configuración por el puerto de comunicación RS-232 y RS-485, por lo que el controlador central interpretará los datos que le envíe el control remoto, si le corresponden al cuadriplexor se los enviará por el puerto de comunicación RS-485 o si no se comunicará con la unidad de Pan/Tilt correspondiente. Para este propósito se pretende utilizar el microcontrolador AT90S2313 de la firma Atmel [4].

1.1.1.3. Unidades de Pan / Tilt.

Se plantea el diseño de módulos Pan/Tilt, para que se obtenga una mayor área de cobertura en el CCTV. Cada módulo estará basado en dos motores de CD paso a paso de baja potencia, controlados a través de un microcontrolador (AT90S2313 de la firma Atmel) y conmutados a través de transistores. Además:

- Permitirán movimiento horizontal (Pan) de 347° en 30s con configuración en modo automático o manual, y movimiento vertical (Tilt) de 45° en 15s en modo manual.
- Se comunicará a través del puerto de comunicación RS-485 con el controlador central.
- Los módulos Pan/Tilt soportarán cámaras para interiores como las de la marca EPCOM con dimensiones $38 \times 38 \times 20\text{mm}$ aproximadamente, como el modelo TSM4501A/B37, VQ253CHB36, TCC4132AFP, etc., que se muestran en la figura 1.3.

1.2. Objetivos

A continuación se describe el objetivo general y los objetivos particulares.



Figura 1.3. Cámaras que soportará la unidad PAN/TILT: a) TSM4501A/B37, b) VQ253CHB36, c) TCC4132AFP.

1.2.1. Objetivo general.

Diseñar y construir un sistema para ampliar las capacidades y facilitar el manejo del cuadriplexor HCQ8N. El sistema constará de tres módulos: control remoto, controlador central y unidades de Pan/Tilt como se muestra en la figura 1.2.

1.2.2. Objetivos particulares.

Para cumplir con el objetivo general será necesario realizar los objetivos particulares siguientes:

- Realizar el diseño de unidades de Pan/Tilt, con las que será posible cubrir una mayor área de vigilancia. Implementar una unidad de Pan/Tilt para mostrar el funcionamiento del diseño.
- Desarrollar un control remoto para facilitar el manejo a distancia del cuadriplexor HCQ8N y las unidades de Pan/Tilt.
- Construir el módulo controlador central, el cual recibirá la señal del control remoto y enviará información al cuadriplexor HCQ8N o a la unidad de Pan/Tilt correspondiente. El controlador central tendrá la capacidad de manejar hasta 4 unidades de Pan/Tilt.
- Hacer la comunicación del control central y el cuadriplexor HCQ8N por el puerto de comunicación RS-485.
- Crear un manual de usuario, que describa las funciones, características y la instalación del sistema.
- Verificar el funcionamiento del sistema.

1.3. Justificación

Parte de la formación de los ingenieros en electrónica, en la Universidad Tecnológica de la Mixteca involucra el estudio y manejo de microcontroladores, utilizándolos como elementos centrales en sistemas que manejan dispositivos como motores de CD, sensores, LED's de infrarrojo, cuya aplicación se puede constatar en las diversas prácticas que se realizan.

El poder utilizarlos para realizar un sistema que amplia y facilita el manejo de un equipo electrónico, como lo es el cuadriplexor HCQ8N, juega un punto importante en el desarrollo de este trabajo, por la experiencia con la que se cuenta.

Además, el sistema a realizar puede adecuarse para desarrollos similares, como el control del zoom(enfoque) de cámaras, automatización de las unidades de Pan/Tilt, control de alarmas, entre otros, que pueden ser útiles para la institución o particulares.

El trabajo propuesto contará con las siguientes características:

- Se cubrirá una mayor área de vigilancia al contar con unidades de Pan/Tilt.
- La posibilidad de manejar el cuadriplexor HCQ8N y unidades de Pan/Tilt, desde un control remoto.
- En el módulo controlador central, se recibirán las señales del control remoto y se decodificará para transmitir la información al cuadriplexor HCQ8N y la unidad de Pan/Tilt correspondiente.

Los módulos a desarrollar pueden ser el punto de partida para aplicaciones diferentes, como: control a distancia de una cama de hospital, manejo de la ubicación de equipo (televisiones, bocinas, etc.) en un salón de medios o auditorio, comando a distancia de un brazo robótico, modernización de sistemas de recepción satelital basados en antenas parabólicas, etc.

El sistema a realizar es una solución que se adapta a los requerimientos, de acuerdo a las características que presentan los elementos de CCTV mencionados en el planteamiento del problema.

1.3.1. Elemento central de cada módulo.

El control remoto estará basado en el microcontrolador PIC16F84 de la firma Microchip, ya que por sus características y recursos, lo hacen ideal para esta aplicación donde se requiere que el control remoto sea pequeño y el consumo de energía sea el mínimo. Para lograr lo último este dispositivo puede trabajar en modo de reposo donde el consumo de corriente es aproximado a 200nA y en este modo normalmente estará el control remoto.

El controlador central y Pan/Tilt estarán basados en el microcontrolador AT90S2313 de la firma Atmel, sus características y recursos lo hacen ideal para esta aplicación donde se requiere utilizar el puerto de comunicación serial con el que cuenta. La elección se hizo tomando en cuenta la comunicación serial, el tamaño de la memoria de programa, y principalmente por la experiencia que se tiene con él y las herramientas con las que se cuenta, como es la tarjeta de programación y el software de aplicación AVR Studio 4 de la firma Atmel.

Los microcontroladores que se van a utilizar en el desarrollo del sistema se seleccionaron porque sus características de costo y desempeño se adaptan a la especificación del sistema.

2. Marco teórico

En este capítulo se describen algunas características de los elementos que integran un CCTV y se dan algunas características del cuadriplexor HCQ8N. También se hace mención de los rayos infrarrojos, del motor paso a paso y del estándar de comunicación RS-485, que son elementos involucrados en el desarrollo del presente trabajo.

2.1. Circuito cerrado de televisión (CCTV)

Un circuito cerrado de televisión (CCTV) es un sistema de televisión que no es abierto, porque el video generado se conserva privado y únicamente son capaces de observarlo las personas asignadas para ello dentro de una organización [6, 22].

Las partes de las cuales se compone un CCTV son [URL1, URL2, 22]: elemento captador de imagen, elemento reproductor de imagen, elementos transmisores de la señal de vídeo y periféricos. En la figura 2.1 se muestra un CCTV.



Figura 2.1. CCTV HDLCQNS de la firma Syscom con 4 cámaras y un monitor con cuadriplexor integrado.

2.1.1. Elemento captador de imagen

El punto de generación de video de cualquier sistema de CCTV es la cámara, que convierte la escena visible capturada por una lente en una señal eléctrica (banda base).

Hay cámaras (figura 2.2) para diferentes aplicaciones, con diferentes especificaciones y características:

- Blanco y negro (B/N), color o duales (para aplicaciones de día y de noche).
- Con alta resolución (para mejor calidad de la imagen).

- Con formato NTSC o PAL.
- Resistentes a la intemperie (a la humedad, salinidad, temperaturas bajas y altas).
- Con distinta sensibilidad a la luz.
- Con diferentes dimensiones.
- Con distintos tipos de lentes.
- Con diferente calidad y tamaño del CCD.



Figura 2.2. Cámaras de CCTV: a) TSM4501A/B37, b) VQ253CHB36 y c) SSCM-183.

En los sistemas de CCTV profesionales las cámaras vienen sin lente, para que se instale el lente que se adapte mejor a los requerimientos, los cuales varían de acuerdo a:

- Distancia del objeto.
- Ángulo mínimo de observación.
- Intensidad de luz, si es variable o fija.
- Si se desea tener ajuste de enfoque.

2.1.2. Elemento reproductor de imagen

El monitor de CCTV (figura 2.3) recibe la señal electrónica de video transmitida de la cámara y la reproduce a un espectador, un monitor de CCTV es similar a un receptor de televisión, excepto que este no tiene circuito de sintonía y su principal diferencia es la durabilidad de la pantalla. Puesto que en el CCTV se requieren 24 horas de trabajo sin que se degrade la calidad de la imagen por varios años continuos, en ambientes difíciles u hostiles.

2.1.3. Elementos transmisores de la señal de vídeo

El propósito del medio de transmisión es llevar la señal de video de la cámara al monitor. Existen muchos medios de transmisión de video: el cable coaxial, la fibra óptica, líneas telefónicas, microondas y radio frecuencia. La elección de un medio de transmisión depende de la distancia y la condición atmosférica donde se va a utilizar.

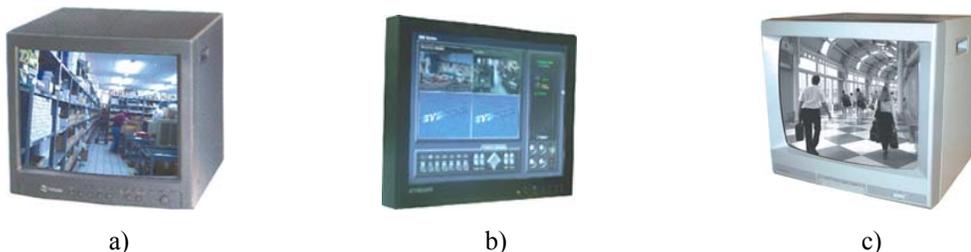


Figura 2.3. Monitores de CCTV de la firma syscom: a) CVM1521, b) HTM190C25SN y c) HM-1712A.

2.1.4. Periféricos

Como el número de cámaras y monitores aumenta con el diseño de sistemas más complejos de CCTV, éstos requieren de diversos periféricos como: interruptor secuenciador, multiplexor, cuadriplexor, grabadora de video, unidades Pan/tilt, etc. Algunos periféricos se describen a continuación.

2.1.4.1. Interruptor secuenciador

Con estos dispositivos una cámara puede ser seleccionada para poder fijar su imagen en la pantalla o para asignarle un lugar en la selección secuencial en turno a través de todas las cámaras. Se pueden cambiar las cámaras que se ven en el monitor manual o automáticamente. Además, se puede configurar la longitud de tiempo que una imagen permanecerá en el monitor antes de cambiar a la próxima cámara.

2.1.4.2. Cuadriplexor

Es un dispositivo que permite a un monitor desplegar hasta cuatro imágenes a la vez, cada imagen ocupa un cuarto de la pantalla.

2.1.4.3. Multiplexor

Es un dispositivo que permite a un monitor desplegar simultáneamente todas las imágenes recibidas de las cámaras.

2.1.4.4. Grabadoras de video

Graban la señal proveniente de una cámara y también reproducen la grabación, las grabaciones hacen posible ver eventos que pueden haber sido inadvertidos en el momento que ocurrieron. Esto se puede realizar por medio de grabadoras de video cassette (VCR, Video Cassette Recorder) de lapso de tiempo o por grabadoras de video digital (DVR, Digital Video Recorder).

2.1.4.5. Unidades Pan/Tilt

El mecanismo Pan/Tilt (figura 2.4) permite rotar e inclinar la cámara en una dirección específica. Esta plataforma electromecánica está disponible para cámaras con diferentes pesos, para lugares internos o externos, también se puede encontrar en domos.

2.1.4.6. Otros periféricos

Los últimos desarrollos incluyen periféricos que dan facilidades para: grabación múltiple de muchas cámaras, imágenes en tiempo real sobre las líneas telefónicas, imágenes a color en tiempo real sobre la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN, Integrate Service Digital Network), la conmutación de cientos de cámaras a control desde diferentes posiciones separadas hacia docenas de monitores, confiable detección de movimientos a través de una evaluación electrónica de la señal de video, inmediata impresión a color en segundos desde una cámara o grabadora, el reemplazo de controles manuales con el simple hecho de tocar la pantalla, etc.



Figura 2.4. Unidades Pan / Tilt: a) VIST25-VP, b) VDI-3009PTU y c) SCC641.

2.2. Cuadriplexor HCQ8N

A continuación se describen las características, las funciones del tablero frontal y el control remoto del cuadriplexor HCQ8N de la firma Syscom.

2.2.1. Características.

El cuadriplexor HCQ8N es un dispositivo a color con 8 entradas de video que ofrece una programación de fácil manejo por medio de un menú. El cual, además tiene las siguientes características [23]:

- Interruptor secuenciador interno para 8 cámaras, con retardo programable de 01-99seg.
- Imagen entre imagen (PIP, Picture in Picture), permite desplegar una imagen intercalada con una o dos imágenes en el monitor, con configuración de tamaño, posición y secuencia (figura 2.5).
- Cuadrante (modo QUAD), se pueden mostrar hasta 4 cámaras a la vez en el monitor (figura 2.6). Cuenta con 2 páginas, grupo A y grupo B.
- Pantalla completa, se muestra una cámara en el monitor.
- Si se reproduce una grabación realizada en modo QUAD, se puede enfocar a pantalla completa.
- Congelamiento de imagen, en modo QUAD, PIP y durante una reproducción.
- Configuración para habilitar y deshabilitar las cámaras.
- 8 entradas de alarma (N.C.¹ o N.O.²), para la detección rápida de eventos.
- 2 entradas y salidas de video para grabación en VCR (conectores BNC o Y/C).
- Selección de alarma en modo QUAD o pantalla completa.
- Registro de historial de alarmas.

¹ N.C (Normally closed) Normalmente cerrada.

² N.O (Normally open) Normalmente abierta.

- Autoterminador de entradas y salidas de cámaras.
- Detección de pérdida de video.
- Salida lógica con nivel bajo en pérdida de video.
- Control remoto por el puerto de comunicación RS-232 o RS-485.
- Títulos de 8 caracteres por cámara.
- Configuración de contraseña.
- Menú configurable en: español, inglés, alemán, francés o italiano.

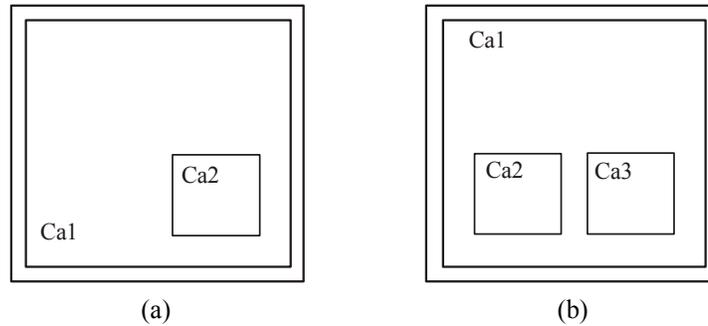


Figura 2.5. Cuadriplexor HCQ8N en modo PIP: a) PIP1 y b) PIP2.

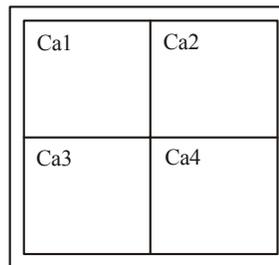


Figura 2.6. Cuadriplexor HCQ8N en modo QUAD.

2.2.2. Panel frontal

En el panel frontal (figura 2.7) se encuentra el teclado con el cual se controla el cuadriplexor HCQ8N. La tabla 2.1 contiene una descripción de cada tecla del teclado que se encuentra en la parte frontal del cuadriplexor HCQ8N.

2.2.3. Control remoto

El cuadriplexor HCQ8N puede ser controlado por el puerto de comunicación RS-232 o RS-485 desde una computadora enviándole caracteres ASCII. La unidad reconoce grupos de tres

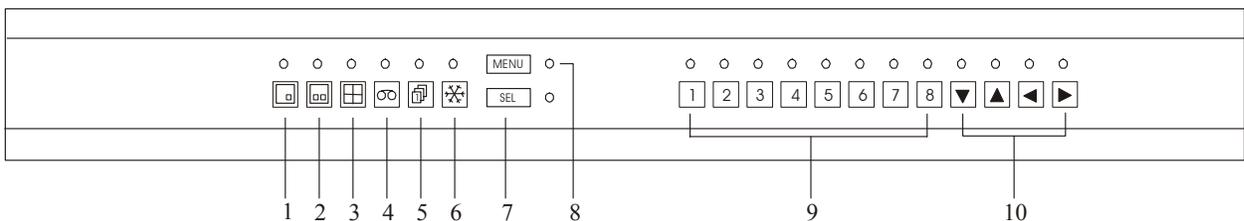


Figura 2.7. Panel frontal del cuadriplexor HCQ8N.

Tabla 2.1. Descripción de las teclas del cuadriplexor HCQ8N.

Parte	Función	Descripción
1	PIP1	Presionando PIP1 se despliega una imagen intercalada con otra imagen de 1/9 del tamaño de la pantalla (figura 2.5 (a)). La posición por defecto es en la esquina inferior derecha de la pantalla. Cuando se encuentra en este modo, se enciende el LED PIP1 y los LEDs de las cámaras que se están desplegando. Cuando ocurren alarmas, presionando PIP1 se detiene su operación y se sigue desplegando la imagen actual. Cuando la unidad está en el modo de reproducción de grabación, el botón PIP1 es deshabilitado.
2	PIP2	Presionando PIP2 se despliega una imagen intercalada con dos imágenes de 1/9 del tamaño de la pantalla (figura 2.5 (b)). La posición por defecto es en la parte inferior de la pantalla. Cuando se encuentra en este modo, se enciende el LED PIP2 y los LEDs de las cámaras que se están desplegando. Cuando ocurren alarmas, presionando PIP2 se detiene su operación y se sigue desplegando la imagen actual. Cuando la unidad está en el modo de reproducción de grabación, el botón PIP2 es deshabilitado.
3	QUAD	Presionando QUAD la unidad trabaja en modo QUAD (figura 2.6), se enciende el LED QUAD y los LEDs de las cámaras que se están desplegando. Esta unidad tiene 2 páginas y presionando otra vez QUAD se muestra la otra página. Cuando ocurren alarmas, presionando QUAD se detiene su operación y se sigue desplegando la imagen actual. Cuando la unidad está en modo zoom de reproducción de grabación, presionando el botón QUAD retorna a modo de reproducción de grabación.
4	VCR	Presionando el botón VCR se pone en modo de revisión de cinta permitiendo reproducir una grabación. Cuando la unidad esta en modo VCR, el LED VCR y el LED QUAD se encienden. Cuando ocurren alarmas, presionando VCR se detiene su operación y se sigue desplegando la imagen actual.
5	SEQ	Presionando SEQ la unidad se pone en modo interruptor secuencial y el LED SEQ se enciende. Presionando otra vez SEQ se sale del modo interruptor secuencial. Cuando se encuentra en este modo el LED de la cámara que se esta desplegando se enciende y se muestra el carácter "s" en la parte inferior derecha de la pantalla. Cuando ocurren alarmas, presionando SEQ se detiene su operación y se sigue desplegando la imagen actual. Cuando la unidad está en el modo de reproducción de grabación, el botón SEQ es deshabilitado.
6	FREEZE	Presionando FREEZE se congela la imagen actual, funciona en modo PIP, QUAD, reproducción de grabación, zoom de reproducción de grabación. Presionando otra vez FREEZE se descongela la imagen. Cuando la unidad está en modo FREEZE el carácter "F" parpadea al lado de los títulos de las cámaras congeladas. Cuando ocurren alarmas, presionando FREEZE se detiene su operación y se sigue desplegando la imagen actual.
7	MENU	Presionando MENU aparece un menú en el monitor. Cuando se está en este modo presionando este botón, se sube de nivel hasta el menú desde un submenú o se sale de este modo. En este modo el LED MENU se enciende y ninguna alarma puede ser detectada. Cuando ocurren alarmas, presionando MENU se detiene su operación y se despliega el menú.
8	SEL	<p>Cuando la unidad está en modo MENU, el botón actúa como un botón de selección. Cuando ocurren alarmas, presionando SEL se detiene su operación y se sigue desplegando la imagen actual. También el botón SEL tiene secundarias funciones con algunos botones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SWAP: En el modo PIP, presionando PIP después de presionar SEL se intercambia la imagen que se encuentra en el fondo con la que tiene un 1/9 del tamaño de la pantalla. • Asignación de cámaras: En modo PIP o QUAD, presionando el botón de una cámara después de presionar SEL, se asignan las cámaras para imágenes PIP o QUAD.
9	Cámaras 1~8	<p>Todos los botones de la cámaras permiten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Desplegar la cámara en el modo de pantalla completa. 2) Descongelar o congelar la imagen en modo FREEZE en el modo QUAD o PIP. <p>Y únicamente los botones de las cámaras 1 a 4 tendrán zoom de la imagen cuadrante a pantalla completa cuando la unidad está en modo de reproducción de grabación. Cuando ocurren alarmas, presionando botón de alguna cámara se detiene su operación y se sigue desplegando la imagen actual.</p>
10	Flechas	Los botones de flecha actúan como botones abajo, arriba, izquierda y derecha en el MENU. Cuando ocurren alarmas, presionando algún botón flecha se detiene su operación y se sigue desplegando la imagen actual.

caracteres como un comando. Tanto RS-232 y RS-485 son utilizados para recibir datos, la unidad no transmite ningún tipo de datos. Únicamente se debe utilizar un método de comunicación entre RS-232 y RS-485.

La configuración de comunicación serial soportada por esta unidad es la siguiente:

- Tasa de transferencia: 1200bps, 2400bps, 4800bps, 9600bps (seleccionable).
- Bits de datos: 8.
- Paridad: ninguno.
- Bits de paro: 1.

El cuádruplexor HCQ8N recibe una trama de datos que se compone de un identificador seguido de un comando. El identificador o número de unidad es el que diferencia a un cuádruplexor HCQ8N de otro y el comando es la acción que tiene que ejecutar el cuádruplexor HCQ8N. En la figura 2.8 se muestra el formato de la trama de datos que recibe el cuádruplexor HCQ8N y en la tabla 2.2 se listan los comandos y el número de unidad.

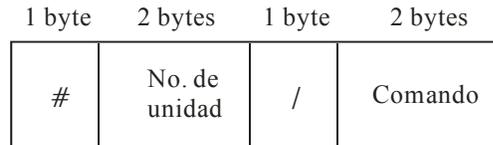


Figura 2.8. Formato de la trama de datos que recibe el cuádruplexor HCQ8N.

Tabla 2.2. Comandos que recibe el cuádruplexor HCQ8N por el puerto RS-232 y RS 485.

Función	Comando
MENU	/MU
SEL	/SL
VCR	/VR
QUAD	/QU
SEQUENCE	/SQ
FREEZE	/FR
PIP1	/P1
PIP2	/P2
CÁMARA 1~8	/01~08
Modo QUAD1	/Q1
Modo QUAD2	/Q2
UP	/UP
DOWN	/DN
LEFT	/LT
RIGHT	/RT
Modo FREEZE	/FM
Modo UNFREEZE	/UM
Número de unidad	#00~#99

2.2.3.1. Conexión RS-232

El cuadriplexor tiene un conector DB9 hembra para el control remoto por el puerto de comunicación RS-232. En la figura 2.9 se muestra al conector y en la tabla 2.3 se describen sus terminales.

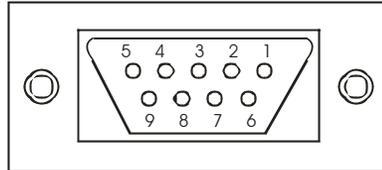


Figura 2.9. Conector DB9 hembra.

Tabla 2.3. Asignación de terminales del conector DB9.

Pin	Señal	Descripción
1	-	-
2	RXD	Línea para recepción de datos
3	TXD	Línea para transmisión de datos
4	-	-
5	-	-
6	-	-
7	-	-
8	-	-
9	GND	Señal de tierra

2.2.3.2. Conexión RS-485

El control remoto por el puerto RS-485 se hace utilizando un conector RJ45, es necesario conectar 3 cables, el de RXA, RXB y señal de tierra. En la figura 2.10 se muestran los conectores de entrada y salida y en la tabla 2.4 se describen sus terminales.

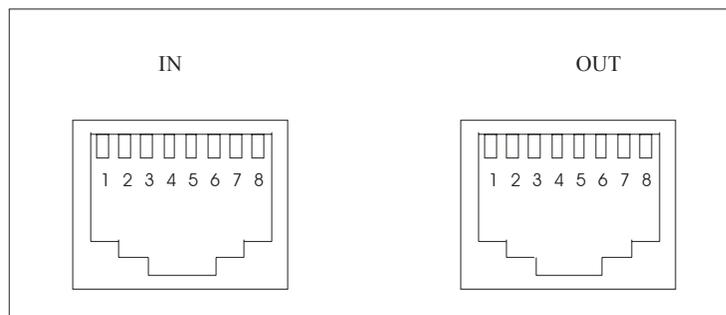


Figura 2.10. Conectores RJ45 hembra.

Tabla 2.4. Asignación de terminales de los conectores RJ45.

Pin	Señal		Descripción
	IN	OUT	
1	VCC	-	Voltaje de corriente directa (5V).
2	-	-	-
3	RXS	RXS	Conectando esta señal externamente con RXB a través de una resistencia se puede cerrar el bus.
4	RXB	RXB	Terminal de voltaje Vb, cuando $(Vb-Va) > 200\text{mV}$ la línea es un 1 binario.
5	-	-	-
6	RXA	RXA	Terminal de voltaje Va, cuando $(Vb-Va) < 200\text{mV}$ la línea es un 0 binario.
7	-	-	-
8	GND	-	Señal de tierra.

2.3. Radiación infrarroja

Cada día es más notorio en los aparatos electrónicos el uso del control remoto inalámbrico, que se basa en la transmisión de señales infrarrojas. Se puede encontrar en televisiones, video caseteras, equipos de sonido, etc. “La radiación infrarroja, que tiene longitudes de ondas mayores que la del visible (desde $0.7 \mu\text{m}$ a 1mm aproximadamente), se emite comúnmente por átomos o moléculas cuando cambian su movimiento vibratorio o rotatorio. Este cambio ocurre a menudo como un cambio en la energía interna del objeto emisor y se observa como un cambio en la energía interna del objeto que detecta la radiación” [7].

Las longitudes de onda usadas para los aparatos electrónicos están usualmente entre los 930nm a 950nm , lejos de la capacidad del ojo humano [21].

Las características de la transmisión infrarroja en aparatos electrónicos son:

- Aplicación en una habitación.
- Una sola dirección de transmisión con algunos sistemas bidireccionales.
- Baja potencia.
- Larga vida de baterías.
- Bajo costo de componentes.
- Sensibilidad a la luz del sol en forma directa.
- Usualmente no es afectada por otras fuentes de señales.

En general el uso de la radiación infrarroja (IR) se ha extendido porque es una solución con bajo costo comparada con alternativas como la radio frecuencia (RF), en aplicaciones donde no se requiere que la señal pase de un cuarto a otro.

2.3.1. Radiación infrarroja en el control remoto

El control remoto basado en la transmisión de señales infrarrojas (IR), es el sistema de comunicación más usado para operar a distancia la mayoría de equipo para uso doméstico, por su bajo costo en este tipo de aplicaciones. A continuación se presentan las características de un control remoto por IR:

- Distancia típica de trabajo de 5m a 8m.
- Tasa de transferencia de datos baja, alrededor de los 1000 bit/s.
- Acciones iniciadas por el usuario.
- Usualmente transmisión unidireccional.
- Códigos y formato de trama de datos de acuerdo al fabricante.
- No estandarizado para el uso en la industria.

Los controles remotos por IR usualmente operan a una frecuencia en la señal portadora entre 30KHz y 58KHz, la cual es utilizada para modular una cadena de datos. Este rango es adecuado para transmitir información a baja velocidad usando pulsaciones infrarrojas [15].

2.3.2. Modulación digital

En las transmisiones por infrarrojo es necesario ocupar la modulación digital para aumentar su alcance, por lo que en este apartado se van a describir algunos tipos de modulación digital, como son ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying) y PSK (Phase Shift Keying) [14, URL4].

2.3.2.1. Modulación digital ASK

ASK describe la modulación como la multiplicación de la señal portadora con la señal digital $f(t)$. Matemáticamente la señal portadora modulada $s(t)$ se expresa:

$$s(t) = f(t) \sin(2\pi f_c t + \phi) \quad \text{Ecuación 2.1.}$$

donde f_c es la frecuencia de la señal portadora, en la figura 2.11 se muestra la señal portadora, la señal digital y la señal como resultado de la modulación digital ASK.

Este tipo de modulación es muy utilizada en los controles remotos por infrarrojo, por el ahorro de energía que se produce al no transmitir una señal en un 0 binario.

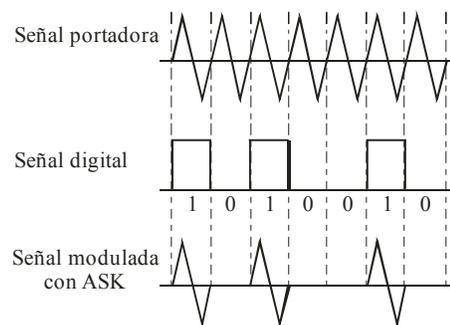


Figura 2.11. Modulación digital ASK.

2.3.2.2. Modulación digital FSK

FSK describe la modulación con dos señales portadoras para usar diferente frecuencia para un 1 o 0. El resultado de la modulación es la suma de dos señales moduladas por amplitud de diferente frecuencia portadora, matemáticamente la señal portadora modulada $s(t)$ se expresa:

$$s(t) = f_1(t) \sin(2\pi f_{c1}t + \phi) + f_2(t) \sin(2\pi f_{c2}t + \phi) \quad \text{Ecuación 2.2.}$$

donde f_{c1} es la frecuencia de la señal portadora para un 1 y f_{c2} es la frecuencia de la señal portadora para un 0, en la figura 2.12 se muestra dos señales portadoras con diferentes frecuencias, la señal digital y la señal como resultado de la modulación digital FSK.

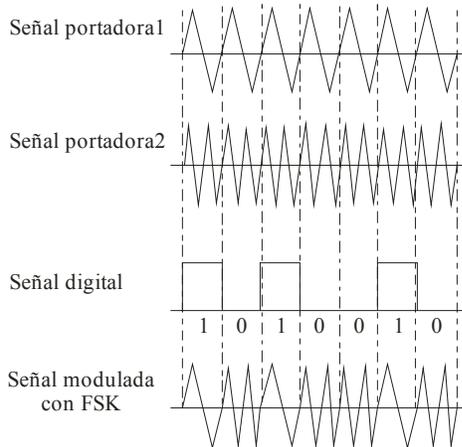


Figura 2.12. Modulación digital FSK.

2.3.2.3. Modulación digital PSK

PSK describe la modulación que alterna la fase de la portadora para un 1 y 0. Matemáticamente la señal portadora modulada $s(t)$ se expresa:

$$s(t) = \sin(2\pi f_c t + \phi(t)) \quad \text{Ecuación 2.3.}$$

donde f_c es la frecuencia de la señal portadora. De acuerdo al número de fases existe BPSK(Binary Phase Shift Keying) que tiene dos fases, QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) que tiene cuatro fases, M-ary PSK que tiene M fases. En la figura 2.13 se muestra la señal portadora, la señal digital y la señal como resultado de la modulación digital BPSK.

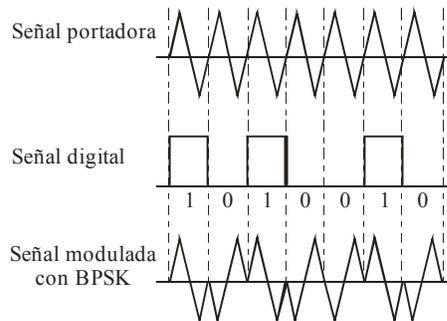


Figura 2.13. Modulación digital BPSK.

2.4. Motores paso a paso

Son motores de CD que permiten el movimiento de su eje en una cantidad de grados exacta en las 2 posibles direcciones de movimiento, izquierda o derecha. No tienen escobillas ni conmutador mecánico (están constituidos en la clase de motores de conmutación electrónica), en su lugar, la acción de conmutación necesaria para la función del motor de CD es lograda por transistores externos [9].

Los motores paso a paso presentan grandes ventajas con respecto a la utilización de servomotores debido a que, se pueden manejar digitalmente sin realimentación, su velocidad se controla fácilmente, tienen larga vida, son pequeños, robustos y poseen un elevado torque en bajas revoluciones, lo que permite un bajo consumo tanto en vacío como en plena carga, su mantenimiento es mínimo.

Según la construcción de su rotor, existen dos tipos de motores paso a paso: de imán permanente (IP) y de reluctancia variable.

2.4.1. Motores paso a paso de imán permanente

El rotor de este tipo de motor es un imán permanente, su posicionamiento es preciso; con ángulos de paso muy pequeños y tiene buena capacidad de retención del eje. Se clasifican en motores paso a paso: de rotor dentado y de rotor de disco.

2.4.1.1. Motor paso a paso de rotor dentado

El rotor no tiene devanado de armadura, simplemente es una colección de imanes permanentes salientes. Por la forma de conexión y excitación de las bobinas del estator, comúnmente se les llama motores paso a paso unipolares. En la figura 2.14 se muestra el circuito de transistores y la estructura de un motor paso a paso unipolar. La tabla 2.5 muestra la secuencia de conmutación de los transistores para tomar pasos completos y medios pasos en la dirección de las manecillas del reloj y en dirección contraria de un motor paso a paso unipolar [9].

2.4.1.2. Motor paso a paso de rotor de disco

Tiene un rotor de disco de imán permanente y el número de segmentos magnéticos (polos) puede ser grande, puesto que no son salientes. Por la forma de conexión y excitación de las bobinas del estator, comúnmente se les llama motores paso a paso bipolares.

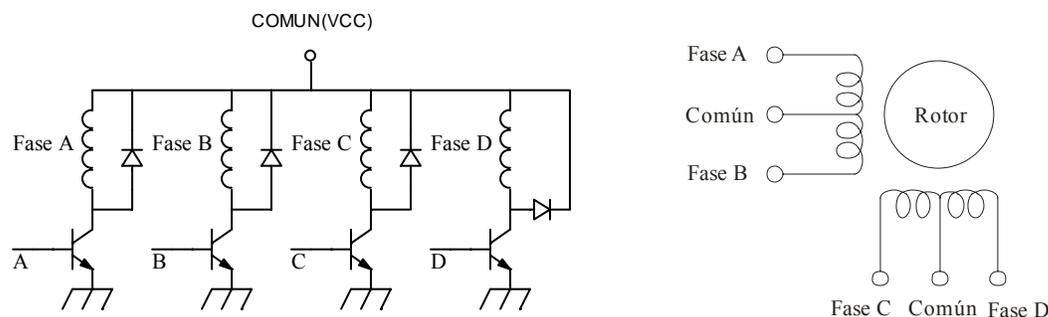


Figura 2.14. Circuito y estructura de operación de un motor paso a paso unipolar.

Tabla 2.5. Secuencias de conmutación para un motor paso a paso unipolar.

Señal de control	CCW ³ ← → CW ⁴															
	Medios pasos								Pasos completos con 2 fases		Pasos completos con 1 fase					
A	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
B	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
C	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0
D	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1
Común	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

En la figura 2.15 se muestra el circuito de transistores y la estructura de un motor paso a paso bipolar. La tabla 2.6 muestra la secuencia de conmutación de los transistores para tomar pasos completos y medios pasos en la dirección de las manecillas del reloj y en dirección contraria de un motor paso a paso bipolar [9].

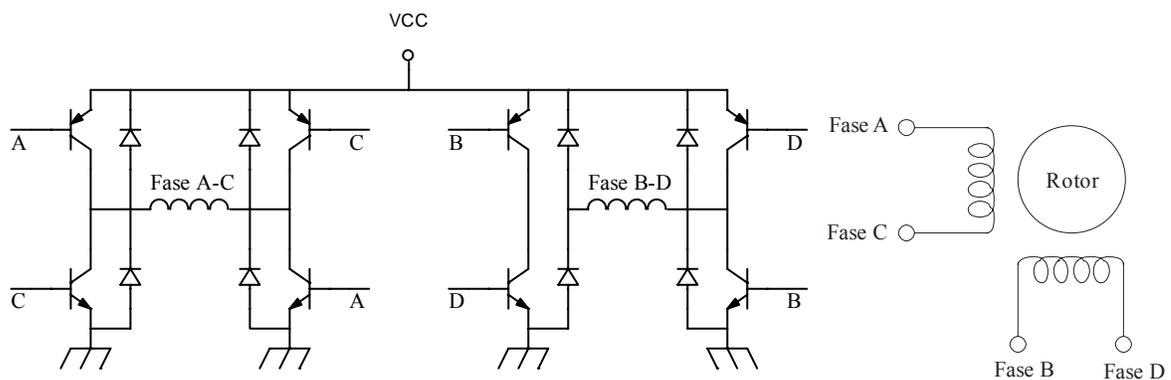


Figura 2.15. Circuito y estructura de operación de un motor paso a paso bipolar.

Tabla 2.6. Secuencias de conmutación para un motor paso a paso bipolar.

Señal de control	CCW ← → CW											
	Medios pasos				Pasos completos							
A	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
B	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
C	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
D	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1

2.4.2. Motores paso a paso de reluctancia variable

Son motores que utilizan un rotor dentado no imantado en vez de un imán permanente, de modo que el rotor siempre se mueve a una posición que minimiza la resistencia magnética de la trayectoria total de flujo. Tiene problemas de sobrepaso con cargas de alta inercia [9].

En estos motores el rotor está fabricado por un cilindro de hierro dentado y el estator está

³ CCW(Rotación en contra de la dirección de las manecillas del reloj).

⁴ CW(Rotación en dirección de las manecillas del reloj)

formado por bobinas que crean los polos magnéticos. Como este tipo de motor no tiene un imán permanente, su rotor gira libremente cuando las bobinas no tienen corriente, lo que puede ser un inconveniente en un momento dado, si hay una carga que presione el eje. Este tipo de motor puede trabajar a mayor velocidad que los otros motores paso a paso.

En la figura 2.16 se muestra el circuito de transistores y la estructura de un motor paso a paso de reluctancia variable. Los capacitores de la figura 2.16 permiten reducir el sobrepaso producido (los motores paso a paso nunca toman pasos perfectamente limpios). La tabla 2.7 muestra la secuencia de conmutación de los transistores para tomar pasos completos en la dirección de las manecillas del reloj y en dirección contraria de un motor paso a paso de reluctancia.

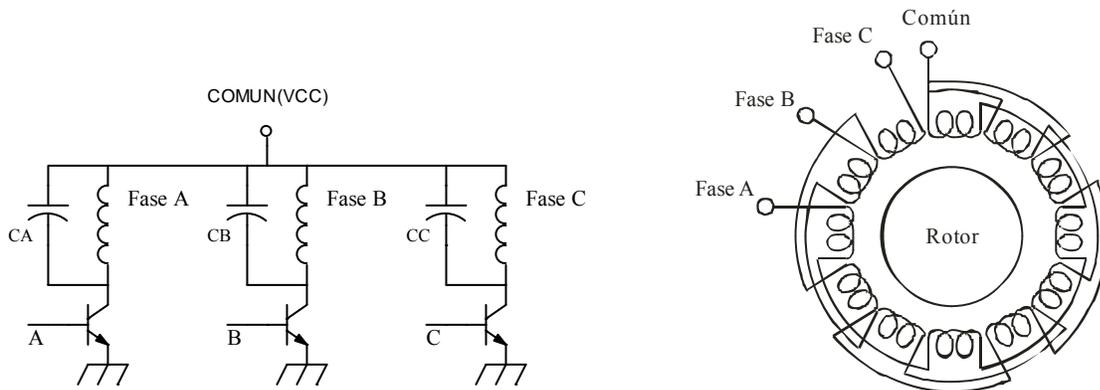


Figura 2.16. Circuito y estructura de operación de un motor paso a paso de reluctancia variable.

Tabla 2.7. Secuencias de conmutación para un motor paso a paso de reluctancia variable.

Señal de control	CCW ←→ CW		
	Pasos completos		
A	1	0	0
B	0	1	0
C	0	0	1
Común	1	1	1

2.5. Estándar de comunicaciones EIA/TIA RS-485

El estándar de comunicaciones EIA/TIA-485, especifica el medio de transmisión eléctrico para la transmisión diferencial de sistemas punto a punto y multipunto [5]. Esta norma fue desarrollada por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA, Electronic Industries Association) y la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA, Telecommunications Industry Association).

Para la conexión de los cables en RS-485 se usan terminales con tornillos o conectores RJ45, DB9 o DB25. La interferencia de radio inducida de forma electromagnética se puede compensar por cables del tipo par trenzado.

Se pueden formar redes de comunicación multipunto utilizando un bus de dos hilos (two wire bus) o un bus de cuatro hilos (four wire bus), las cuales realizan una comunicación half-duplex y full-duplex respectivamente.

2.5.1. Comunicación half-duplex y full-duplex

El intercambio de datos a través de una línea de transmisión se puede clasificar como half-duplex o full-duplex. En la transmisión half-duplex sólo uno de los nodos en una red punto a punto puede transmitir. Mientras que en la transmisión full-duplex las dos estaciones pueden simultáneamente enviar y recibir datos [20].

2.5.2. Bus de dos hilos.

Existen dos o más dispositivos conectados al medio y con capacidad de una transmisión diferencial a través del mismo, donde sólo se puede realizar una comunicación half-duplex, además existe un tercer cable de tierra (común) que sirve de referencia a todos los dispositivos. Las líneas del bus deben contar con un terminador de bus en cada extremo, el cual consiste en resistores de 120Ω (es un valor común) para evitar la reflexión de la señal. En la figura 2.17 se muestra la conexión de nodos en una red RS-485 con un bus de dos hilos. La tabla 2.8 describe las terminales del bus de dos hilos.

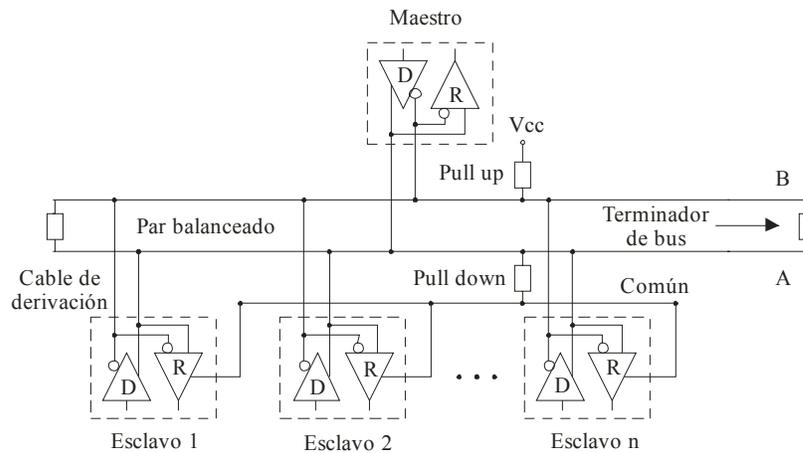


Figura 2.17. Red RS-485 con bus de dos hilos.

Tabla 2.8. Descripción de las terminales del bus de dos hilos.

Línea	Descripción
B	Terminal de voltaje V_b , cuando $(V_b - V_a) > 200\text{mV}$ la línea es un 1 binario.
A	Terminal de voltaje V_a , cuando $(V_b - V_a) < 200\text{mV}$ la línea es un 0 binario.
Común	Señal de tierra común

2.5.3. Bus de cuatro hilos.

Posee un bus de dos pares balanceados, donde se puede realizar una comunicación full-duplex, el esclavo transmite en el primer par balanceado y el maestro en el segundo par balanceado. Los dispositivos sólo pueden transmitir datos en un tiempo. En la figura 2.18 se muestra la conexión de nodos en una red RS-485 con un bus de cuatro hilos. La tabla 2.9 describe las terminales del bus de dos hilos.

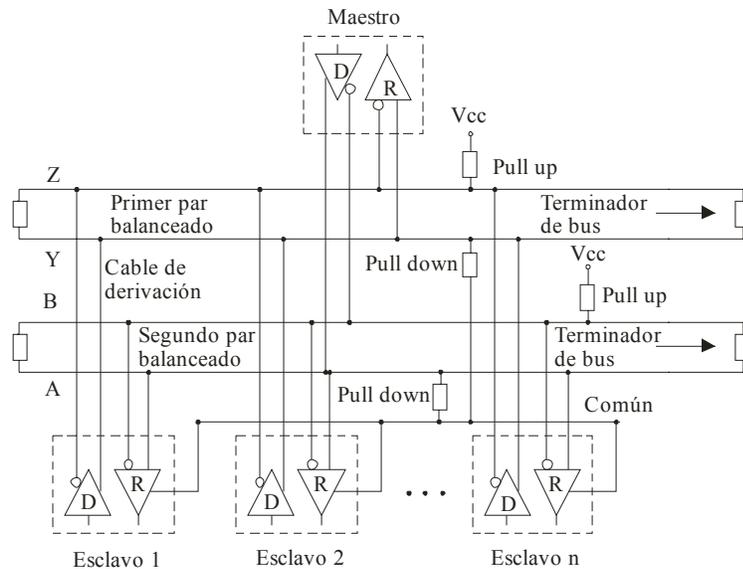


Figura 2.18. Red RS-485 con bus de cuatro hilos.

Tabla 2.9. Descripción de las terminales del bus de cuatro hilos.

Línea	Descripción
Z	Terminal de voltaje V_z (transmisor), cuando $(V_z - V_y) > 200\text{mV}$ la línea es un 1 binario.
Y	Terminal de voltaje V_y (transmisor), cuando $(V_z - V_y) < 200\text{mV}$ la línea es un 0 binario.
B	Terminal de voltaje V_b (receptor), cuando $(V_b - V_a) > 200\text{mV}$ la línea es un 1 binario.
A	Terminal de voltaje V_a (receptor), cuando $(V_b - V_a) < 200\text{mV}$ la línea es un 0 binario.
Común	Señal de tierra común

2.5.4. Especificaciones de una red RS-485.

La norma establece que el número máximo de dispositivos en una red RS-485, es de 32 sin utilizar un repetidor.

Para evitar las reflexiones de señal en el bus se deben colocar resistores de terminación con una impedancia equivalente a la de la línea en ambos extremos del bus, un valor de resistor usado comúnmente es de 120Ω .

La longitud máxima de un cable de derivación es de 20m y la del bus depende de la velocidad de la transmisión, del cable (calibre, capacitancia, impedancia característica), del número de cargas conectadas directamente y de la configuración de la red (two wire bus o four wire bus). Por ejemplo, la máxima longitud del bus es de 1200m, a 9600 bps con un cable de calibre 26 AWG [3].

Para asegurar que los nodos en la red permanezcan en estado de recepción constante cuando no existen señales de datos, se conecta una resistencia pull-up a la línea B/Z y una resistencia pull-down a la línea A/Y (figura 2.15 y figura 2.16), que por lo general se conectan en el Maestro. El valor de estas resistencias depende del valor de la resistencia de terminación y del número de nodos en el sistema. Por ejemplo, para 10 nodos y una resistencia de terminación de 120Ω , tenemos una resistencia pull-up y pull-down de 685Ω [5].

3. Desarrollo del sistema

En el presente capítulo se describe el desarrollo del sistema, así como el diseño de los módulos que lo conforman. También se describe la comunicación del sistema con el cuadriplexor HCQ8N.

3.1. Descripción del sistema

El sistema tiene el objetivo de ampliar las capacidades del cuadriplexor HCQ8N, permitiéndole: manipulación a distancia a través de un control remoto y movimiento de cámaras. Con lo cual se incorporan características tanto de funcionalidad como de facilidad de manejo a un circuito cerrado de televisión básico.

El sistema se compone de tres módulos (figura 3.1): control remoto, controlador central y unidades de Pan/Tilt (apartado 1.1.1). El control remoto se comunica con el controlador central por medio de rayos infrarrojos. El controlador central se comunica con el cuadriplexor HCQ8N y unidades de Pan/Tilt por el puerto de comunicación RS-485.

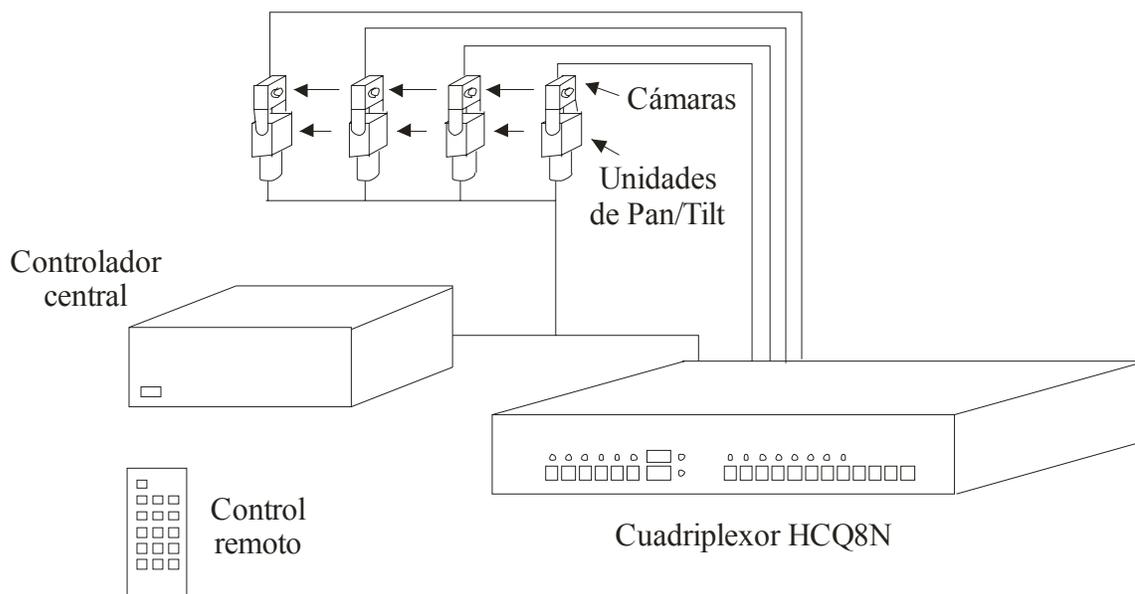


Figura 3.1. Sistema a realizar con sus partes que lo conforman.

3.2. Diseño del Control remoto

En esta sección se describe el diseño del control remoto.

3.2.1. Descripción del control remoto

El control remoto tiene la capacidad de manejar al cuadriplexor HCQ8N y unidades de Pan/Tilt. Este se constituye por 3 bloques: un administrador general, un teclado y un LED IR con su circuito de polarización. En la figura 3.2 se muestra el diagrama a bloques del control remoto.

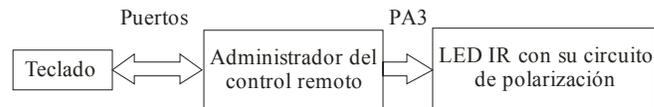


Figura 3.2. Diagrama a bloques del control remoto.

3.2.1.1. Administrador del control remoto

El administrador general del control remoto está basado en el microcontrolador PIC16F84 de la firma Microchip, cuyas principales tareas son:

- Controlar las interrupciones generadas por el control remoto.
- Configurar E/S del teclado y del circuito de polarización.
- Decodificar el teclado.
- Realizar la trama de datos.
- Transmitir la trama de datos.

El microcontrolador configura sus entradas y salidas, así como las interrupciones, luego se introduce a un modo de bajo consumo, para reducir al mínimo el consumo de corriente. Los eventos generados por el teclado activan al microcontrolador, con lo cual debe decodificar la tecla presionada para generar y transmitir la trama de datos.

3.2.1.2. Teclado

El teclado (figura 3.3) es la interfaz de usuario del control remoto y del sistema, éste cuenta con veintisiete teclas, de las cuales tres son teclas de función (EQ, QUAD, P/T). El teclado permite realizar las funciones del teclado del panel frontal del cuadriplexor HCQ8N y controlar cuatro unidades de Pan/Tilt.

Las tres teclas de función del control remoto realizan lo siguiente:

- EQ: permite seleccionar el número que identifica al cuadriplexor HCQ8N, el cual tiene que ser enviado antes de un comando (apartado 2.2.3).
- QUAD: configura al control remoto en modo cuadriplexor, significa que las teclas tienen funciones correspondientes para el control del cuadriplexor HCQ8N.
- P/T: permite configurar el control remoto en modo Pan/Tilt, en este caso las teclas de números, flechas y la tecla SEL tienen funciones para el control de la unidad Pan/tilt y

las otras teclas siguen realizando la misma función como en el modo cuadriplexor. En la tabla 3.1 se describen todas las teclas del control remoto.

EQ		VCR	QU
1	2	3	QUAD
4	5	6	P/T
7	8	^	MENU
SEL	<	v	>
FR	FM	Q1	P1
SQ	UM	Q2	P2

Figura 3.3. Teclado del control remoto.

3.2.1.3. LED IR con su circuito de polarización

El circuito de polarización tiene la función de proporcionar la corriente suficiente para que se polarice el LED IR. Para tal propósito se utiliza un transistor que trabaje a más de 60KHz, que es el valor máximo a que trabajan los controles remotos.

3.2.1.4. Representación de bits

Cada vez que se presiona una tecla se genera una trama serial de bits, en la cual un “1” lógico tiene un ancho de 1.8ms, y se construye con un nivel alto que tarda 600µs, seguido por un nivel bajo que tarda 1200µs. Un “0” lógico tiene un ancho de 1.2ms, el cual se construye con un nivel alto que tarda 600µs, seguido por un nivel bajo que tarda 600µs (figura 3.4). Para modular la información se utiliza ASK (Amplitude Shift Keying) con una frecuencia portadora de 40KHz y 40% de ciclo útil en la portadora.

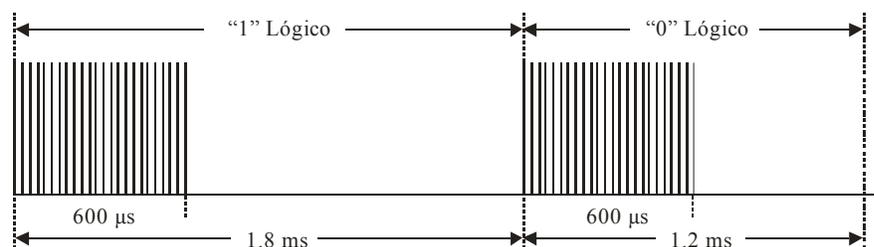


Figura 3.4. Representación de ‘1’ y ‘0’ lógico.

Tabla 3.1. Descripción de las teclas del control remoto.

Teclas	Función	Descripción
EQ	Botón equipo	Permite escoger el número de cuadriplexor HCQ8N (identificador).
VCR	Botón VCR	Permite entrar al modo de revisión de cinta tal como se describe en la tabla 2.1.
QU	Botón QUAD	Su principal función es la de mostrar un cuadrante de imágenes en el monitor, sus otras funciones se describen en la tabla 2.1.
1~8	Cámaras 1~8	En modo cuadriplexor trabajan como se describió en la tabla 2.1.
	1~4	Activado el botón equipo, se selecciona el número de cuadriplexor. En modo Pan/Tilt, se selecciona el número de Pan/Tilt.
QUAD	Modo cuadriplexor	Configura al control remoto en modo cuadriplexor.
P/T	Modo Pan/Tilt	Configura al control remoto en modo Pan/Tilt.
Flechas	Flechas	En modo QUAD, realizan las funciones correspondientes descritas en la tabla 2.1.
	(UP,DOWN, LEFT,RIGHT)	En modo Pan/Tilt, controlan el movimiento arriba (↑), abajo (↓), izquierda (←), derecha (→) y desactivan el modo automático de la unidad de Pan/Tilt.
MENU	Botón MENU	Desempeña la función de MENU (tabla 2.1). Este botón trabaja en modo cuadriplexor.
SEL	Botón SEL	Tiene la función de botón de selección en el MENU y tiene funciones secundarias con otros botones como se describe en la tabla 2.1. Este botón trabaja de esta manera en modo cuadriplexor.
	Modo automático	En modo Pan/Tilt activa y desactiva el modo automático de la unidad Pan/Tilt correspondiente.
FR	Botón FREEZE	Permite congelar o descongelar la imagen actual (tabla 2.1)
SQ	Botón SEQUENCE	Permite al cuadriplexor HCQ8N funcionar en modo interruptor secuencial.
FM	Modo Freeze	Permite congelar la imagen actual en modo PIP, QUAD, reproducción de grabación, zoom de reproducción de grabación.
UM	Modo Unfreeze	Permite descongelar la imagen actual.
Q1	Modo QUAD1	Permite desplegar la página 1 (cuadrante1) en el monitor.
Q2	Modo QUAD2	Permite desplegar la página 2 (cuadrante2) en el monitor.
P1	Botón PIP1	Permite desplegar la función PIP1 en el monitor (tabla 2.1).
P2	Botón PIP2	Permite desplegar la función PIP2 en el monitor (tabla 2.1).

3.2.1.5. Trama de datos

La trama de datos se compone de cuatro campos (figura 3.5):

- *Bit de inicio*: indica el inicio de una trama de datos, y consiste de un nivel en alto con una duración de 1.8ms y uno en bajo que tarda 600µs.
- *Dirección*: está compuesta de ocho bits lógicos, e indica a que dispositivo le corresponde el comando.
- *Comando*: éste tiene una longitud de ocho bits lógicos, y contiene el comando a transmitir.
- *Bit de paro*: es el bit que indica el fin de la trama, se marca con un nivel alto durante 600µs.

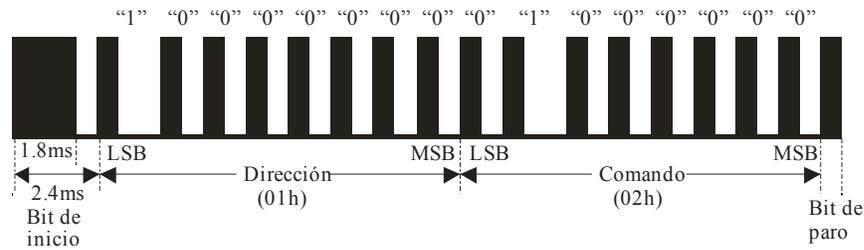


Figura 3.5. Trama de datos.

3.2.1.6. Disposición de direcciones y comandos en el control remoto

El control remoto maneja un total de veinticuatro comandos y ocho direcciones. Cuatro direcciones corresponden al número de unidad (01h~04h) y las otras cuatro direcciones corresponden al número de Pan/Tilt (80h~83h). En la tabla 3.2 se muestran los comandos correspondientes a cada función y las direcciones correspondientes al número de unidad y número de Pan/Tilt.

Tabla 3.2. Direcciones y comandos de la trama de datos.

Función	Dirección		Comando (hex)
	No. de unidad (hex)	No. de Pan/Tilt (hex)	
MENU	01~04	-	0
SEL	01~04	80~83	1
VCR	01~04	-	2
QUAD	01~04	-	3
SEQUENCE	01~04	-	4
FREEZE	01~04	-	5
PIP1	01~04	-	6
PIP2	01~04	-	7
Modo QUAD1	01~04	-	8
Modo QUAD2	01~04	-	9
UP	01~04	80~83	0A
DOWN	01~04	80~83	0B
LEFT	01~04	80~83	0C
RIGHT	01~04	80~83	0D
Modo FREEZE	01~04	-	0E
Modo UNFREEZE	01~04	-	0F
Cámara 1	01~04	-	10
Cámara 2	01~04	-	11
Cámara 3	01~04	-	12
Cámara 4	01~04	-	13
Cámara 5	01~04	-	14
Cámara 6	01~04	-	15
Cámara 7	01~04	-	16
Cámara 8	01~04	-	17

3.2.2. Hardware del control remoto

El control remoto se compone de los siguientes dispositivos:

- Microcontrolador PIC16F84 de la firma Microchip.
- Teclado.
- Transistor BC317-40 de la firma Vishay [24].
- LED IR333C.

El microcontrolador PIC16F84 es el administrador general del control remoto, se eligió por las siguientes razones:

- Herramientas de desarrollo disponibles en forma gratuita como el entorno de desarrollo MPLAB IDE de la firma Microchip.
- Arquitectura Harvard.
- Interrupción por cambio de nivel en cuatro terminales del PUERTO B (PB4~PB7).
- Trece líneas de E/S digitales.
- Modo de bajo consumo.
- Velocidad de operación de hasta 10MHz.
- Bajo voltaje de alimentación (2V~6V).

Se utilizó un oscilador externo con una frecuencia de trabajo de 8MHz.

El transistor BC317 de la firma Vishay es el encargado de suministrar la corriente necesaria para polarizar el LED de infrarrojo, se escogió porque su frecuencia de operación es de 100MHz, podrían usarse otros transistores con características similares.

Una vez que se seleccionaron los dispositivos que se van a utilizar se pasó a realizar lo siguiente:

- Diseñar la matriz del teclado de acuerdo al número de teclas que se necesitan y número de terminales del microcontrolador.
- Asignar funciones a los puertos del Microcontrolador.
- Diseñar el circuito que polariza al LED IR.

3.2.2.1. Teclado matricial

Se construyó un teclado matricial (7x4), con 27 teclas y un espacio para aplicaciones posteriores. Para este teclado se necesitan 11 terminales del microcontrolador para su gestión, de las cuales cuatro van conectadas a interrupciones externas del microcontrolador y a una resistencia R de 100K Ω que está conectada a Vcc (voltaje de corriente continua). En la figura 3.6 se muestra el teclado con las terminales del microcontrolador asignadas.

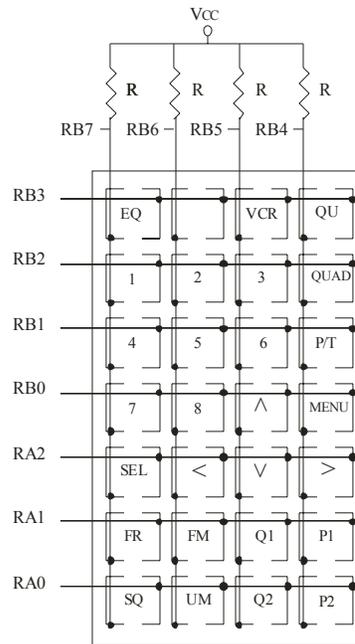


Figura 3.6. Teclado matricial.

3.2.2.2. Circuito que polariza al LED IR

El circuito de polarización tiene la función de proporcionar la corriente suficiente para que se polarice el LED IR. Para tal propósito se utilizó el transistor BC337 en modo de interruptor común, donde la entrada de datos a este circuito proviene de la terminal RA3 del microcontrolador como se muestra en la figura 3.7.

Para lograr un mayor alcance del control remoto se le exige al microcontrolador en la terminal de salida RA3, la corriente máxima que puede suministrar, la cual es de 20mA y que se considera como corriente de base (I_b). Aunque en teoría si se utiliza esa I_b , con la β del transistor (400), la corriente del colector ($I_c = I_b \beta$) sería $I_c = 20\text{mA}(400) = 8\text{A}$. Esto no es posible puesto que las pilas no pueden suministrar esa corriente, a lo más se alcanzará la corriente máxima generada por las pilas.

Para calcular la resistencia de base (R_b) se utiliza la siguiente ecuación:

$$R_b = \frac{V_{RA3} - 0.7V}{I_b} \quad (3.1)$$

Donde el voltaje de la terminal RA3 (V_{RA3}) es de 3V puesto que se utilizan dos pilas de 1.5V en serie. Entonces de la ecuación 3.1 se obtiene el siguiente valor de R_b :

$$R_b = \frac{3V - 0.7V}{20\text{mA}} = 115\Omega \quad (3.2)$$

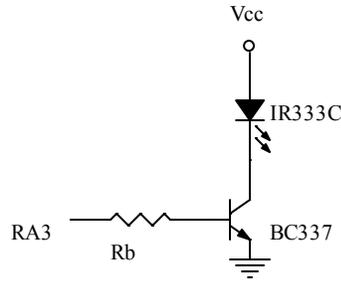


Figura 3.7. Circuito que polariza al LED IR.

3.2.2.3. Implementación del control remoto

En la figura 3.8 se muestra el diagrama eléctrico que corresponde a la implementación del control remoto. En el apéndice B se muestra su circuito impreso y su lista de componentes.

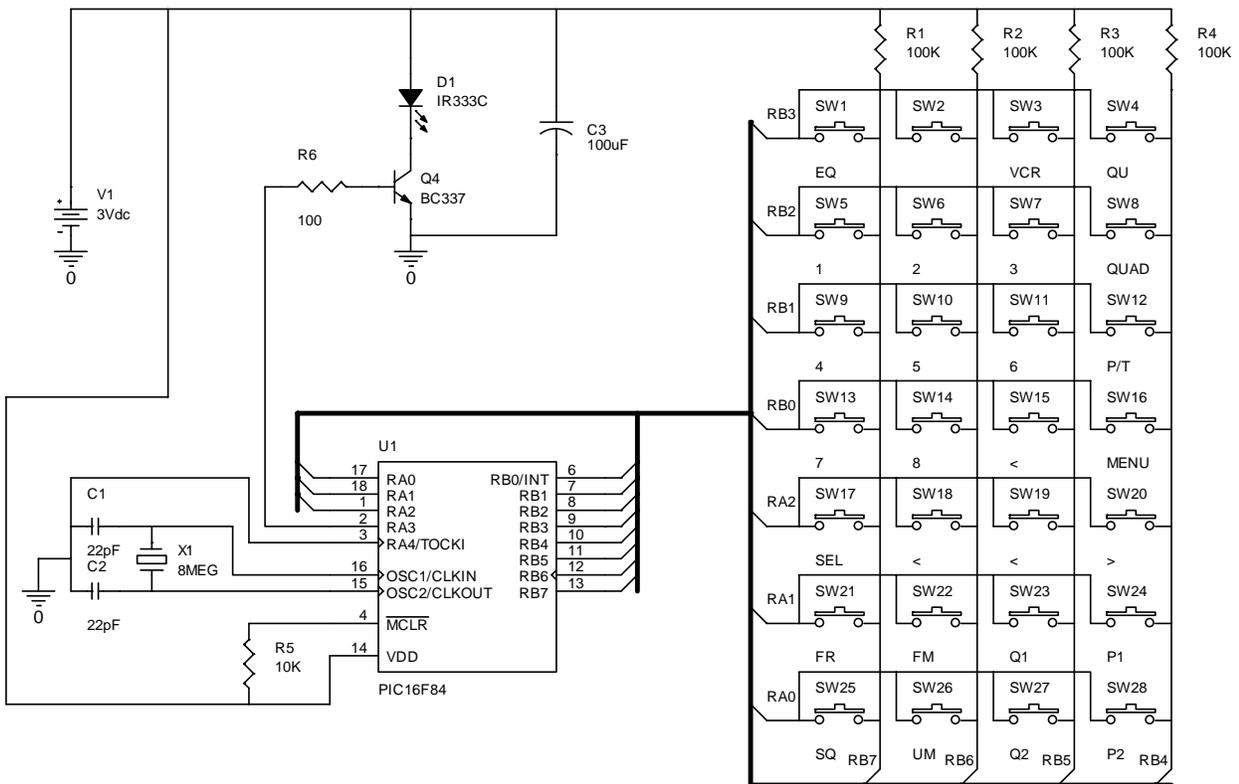


Figura 3.8. Diagrama eléctrico del control remoto.

3.2.3. Software del control remoto

El diseño del Software se basa en la descripción del control remoto tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- La función de los puertos del microcontrolador.
- Características del teclado.

- Características de la trama de datos.
- Asignación del oscilador.

El programa principal es el que se encarga de inicializar y configurar el administrador general del control remoto, configurando los respectivos registros.

En la figura 3.9 se muestra el comportamiento del programa principal y los diferentes aspectos que realiza se detallan a continuación:

- *Declarar vector de interrupciones del microcontrolador*: a cada interrupción se le asigna el correspondiente número de vector y sus etiquetas de identificación.
- *Configurar divisor de frecuencias*: se configura el registro OPTION para asignar la división de frecuencia del TMR0 (Timer0, temporizador principal) del microcontrolador.
- *Configurar E/S*: se configura el puerto A y puerto (B0-B3) como salidas, y puerto (B4-B7) como entradas en el registro TRISA y TRISB respectivamente.
- *Habilitar la interrupción por nivel de las terminales PB4-PB7*: se habilita la interrupción por nivel de las terminales más significativas del puerto B en el registro INTCON.
- *Ajustar la habilitación global de interrupciones*: Las interrupciones quedan habilitadas hasta que el habilitador global se pone en alto.
- *Habilitar modo de reposo*: se habilita el modo de bajo consumo, del cual el microcontrolador saldrá al generarse una interrupción en alguna de las cuatro terminales más significativas del puerto B. Y volverá al modo de reposo después de atender a la interrupción.

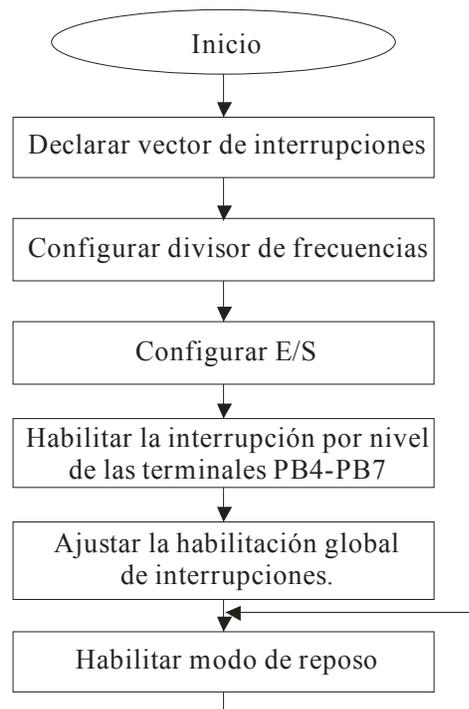


Figura 3.9. Diagrama de flujo del programa principal del control remoto.

3.2.3.1. Configuración del control remoto y transmisión de trama de datos

Cuando se presiona una tecla se genera una interrupción, entonces el microcontrolador se sale del modo de reposo y atiende a la interrupción con una rutina que gestiona la decodificación del teclado y la transmisión de la trama de datos. En la figura 3.10 se muestra el diagrama de flujo de la rutina y a continuación se menciona lo que ésta realiza:

- *Decodificar teclado y transmitir la trama de datos:* esta subrutina realiza lo siguiente:
 - *Se averigua la tecla que ha sido presionada:* se coloca un nivel bajo por una de las 7 líneas de salida (filas), al mismo tiempo que se lee el nivel lógico en las terminales RB4-RB7 (columnas), si ninguna de las teclas de la fila por donde se introduce el nivel bajo está pulsada, se leerá un 1 en las columnas, entonces se pone en un nivel cero la siguiente fila. Si se aplica en una fila un nivel bajo y al leer las columnas alguna de ellas se encuentra a nivel bajo, entonces se deduce la tecla asignada a dicha fila y columna.
 - *Se transmite la trama de datos:* se realiza la trama de datos de acuerdo a la tecla presionada y se transmite la trama de datos. Si el control remoto se encuentra configurado en modo Pan/Tilt y si se está presionando una tecla flecha (arriba, abajo, izquierda, derecha) entonces la bandera B_FLECHA se pone en alto, por lo que se sigue enviando la trama de datos correspondiente, hasta que se deje de presionar dicha tecla.
 - *Se configura el control remoto:* se configura el control remoto en modo cuadriplexor si se ha presionado la tecla QUAD o modo Pan/Til si se presionó la tecla P/T.

En la tabla 3.3 se muestran las acciones que realizan las teclas del control remoto. Algunas teclas toman diferentes acciones de acuerdo al modo establecido o al estado de la bandera B_FLECHA. También se observa que no todas las teclas provocan la transmisión de información.

- *Limpiar puertos:* se ponen a cero las terminales asignadas al teclado que están configuradas como salidas, para que cuando se presione una tecla se genere una interrupción por cambio de nivel, puesto que las terminales donde están habilitadas las interrupciones se encuentran en un nivel alto. También la terminal de salida para la transmisión de la trama de datos se debe poner a cero para que no se quede polarizado el LED IR.
- *Verificar si se tiene que enviar nuevamente una trama:* mediante una comparación del bit 0 de B_FLECHA, se verifica si se tiene el valor correspondiente que indique el envío de una trama de datos nuevamente.
- *Habilitar interrupción por nivel de las terminales PB4-PB7:* se configura el registro INTCON para habilitar esta interrupción.

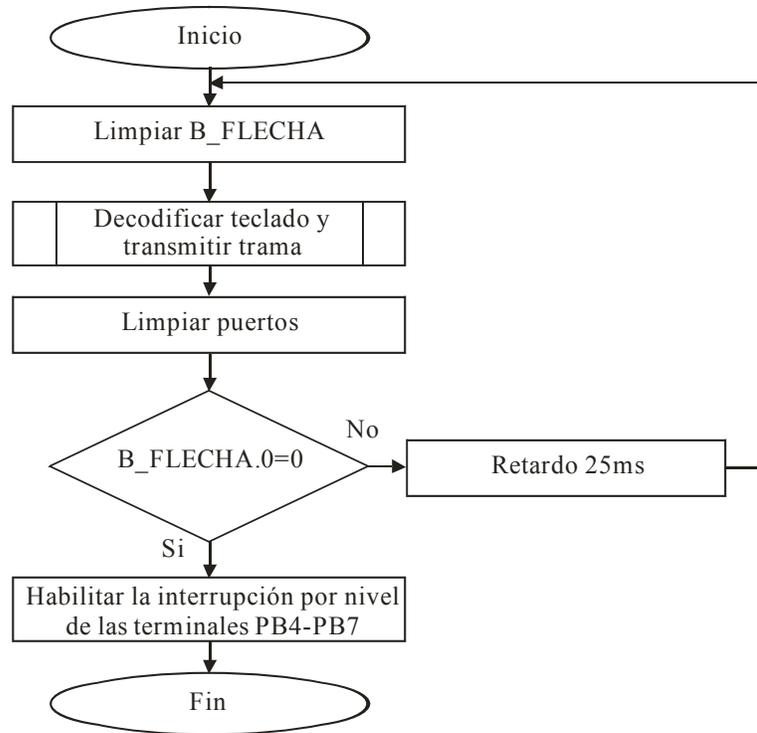


Figura 3.10. Diagrama de flujo de la rutina configuración del control remoto y transmisión de trama de datos.

3.2.4. Integración del Hardware y Software del control remoto

Para la integración del Hardware y Software del control remoto se realizó lo siguiente:

- Se verificó la conexión de los componentes.
- Se descargó el programa al microcontrolador.
- Se ejecutó el programa y validó su funcionamiento.

3.2.5. Pruebas al control remoto

Para verificar el correcto funcionamiento se realizaron las siguientes pruebas al control remoto:

- Transmisión de tramas de datos.
- Visualización de las tramas de datos en el osciloscopio para su análisis.
- Configuración del teclado en modo QUAD y en modo Pan/Tilt.
- Máxima distancia de transmisión.

Tabla 3.3. Acciones de las teclas del control remoto.

Tecla	Acción	Tecla	Acción	Tecla	Acción
EQ	B_EQ=01h	5	Si B_EQ,0=0 COMANDO=14h DIR=DIR_QUAD call transmitir Si no clr B_EQ	Izquierda (←)	COMANDO=0Ch Si B_PAN_TILT,0=0 DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir Si no DIR=DIR_PAN_TILT clr B_EQ B_FLECHA=01h call transmitir
VCR	COMANDO=02h DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir				
QU	COMANDO=03h DIR=DIR_QUAD call transmitir	6	Si B_EQ,0=0 COMANDO=15h DIR=DIR_QUAD call transmitir Si no clr B_EQ	Abajo (↓)	COMANDO=0Bh Si B_PAN_TILT,0=0 DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir Si no DIR=DIR_PAN_TILT clr B_EQ B_FLECHA=01h call transmitir
1	Si B_EQ,0=0 Si B_PAN_TILT,0=0 COMANDO=10h DIR=DIR_QUAD call transmitir Si no DIR_PAN_TILT=80h Si no DIR_QUAD=01h clr B_EQ	P/T	B_PAN_TILT=01h clr B_QUAD clr B_EQ		
2	Si B_EQ,0=0 Si B_PAN_TILT,0=0 COMANDO=11h DIR=DIR_QUAD call transmitir Si no DIR_PAN_TILT=81h Si no DIR_QUAD=02h clr B_EQ	7	Si B_EQ,0=0 COMANDO=16h DIR=DIR_QUAD call transmitir Si no clr B_EQ	Derecha (→)	COMANDO=0Dh Si B_PAN_TILT,0=0 DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir Si no DIR=DIR_PAN_TILT clr B_EQ B_FLECHA=01h call transmitir
3	Si B_EQ,0=0 Si B_PAN_TILT,0=0 COMANDO=12h DIR=DIR_QUAD call transmitir Si no DIR_PAN_TILT=82h Si no DIR_QUAD=03h clr B_EQ	8	Si B_EQ,0=0 COMANDO=17h DIR=DIR_QUAD call transmitir Si no clr B_EQ		
QUAD	B_QUAD=01h clr B_PAN_TILT clr B_EQ	Arriba (↑)	COMANDO=0Ah Si B_PAN_TILT,0=0 DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir Si no DIR=DIR_PAN_TILT clr B_EQ B_FLECHA=01h call transmitir	FR	COMANDO=05h DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir
4	Si B_EQ,0=0 Si B_PAN_TILT,0=0 COMANDO=13h DIR=DIR_QUAD call transmitir Si no DIR_PAN_TILT=83h Si no DIR_QUAD=04h clr B_EQ	MENU	Si B_EQ=0 COMANDO=00h DIR=DIR_QUAD call transmitir Si no Clr B_EQ	FM	COMANDO=0Eh DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir
Q2	COMANDO=09h DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir	SEL	Si B_EQ=0 COMANDO=01h DIR=DIR_QUAD call transmitir Si no Clr B_EQ	Q1	COMANDO=08h DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir
		P2	COMANDO=07h DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir	P1	COMANDO=06h DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir
				SQ	COMANDO=04h DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir
				UM	COMANDO=0Fh DIR=DIR_QUAD clr B_EQ call transmitir

3.3. Diseño del controlador central

En este apartado se describe el diseño del controlador central.

3.3.1. Descripción del controlador central

El controlador central tiene la capacidad de recibir información del control remoto y transmitirla al cuadriplexor HCQ8N y a la unidad de Pan / Tilt correspondiente. Éste tiene un administrador general, un módulo detector y un transceptor que se conecta al bus RS-485, en la figura 3.11 se muestra el diagrama a bloques del controlador central.

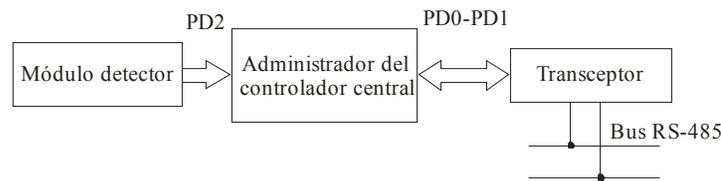


Figura 3.11. Diagrama a bloques del controlador central.

3.3.1.1. Administrador del controlador central

El administrador general del controlador central es el microcontrolador AT90S2313 de la firma Atmel, cuyas principales tareas son:

- Controlar las interrupciones.
- Controlar las E/S del módulo detector y el transceptor.
- Decodificar la trama enviada por el control remoto.
- Controlar y gestionar el transceptor.
- Transmitir información por el bus RS-485.

3.3.1.2. Módulo detector

El módulo detector del control central es el GP1U78QK de la firma Sharp [18], el cual detecta la señal infrarroja enviada por el control remoto y la demodula.

3.3.1.3. Comunicación RS-485

La implementación de los comandos para el cuadriplexor HCQ8N y Pan/Tilt se realiza por medio del administrador del controlador central y el transceptor MAX485 de la firma Maxim [10], con lo que se obtienen las siguientes características:

- Velocidad de transferencia de datos de 9600 bits/s.
- Medio de transmisión diferencial.
- Ocho bits de datos.
- Ningún bit de paridad.

- Un bit de paro.

3.3.2. Hardware del controlador central

El control central se compone de los siguientes dispositivos:

- Microcontrolador AT90S2313 de la firma Atmel.
- El módulo detector GP1U78QK de la firma Sharp.
- El transceptor MAX485 de la firma Maxim.

El microcontrolador AT90S2313 es el administrador general del controlador central, se eligió por las siguientes razones:

- Disponibilidad de herramientas de desarrollo como el programador AVR ISP y el entorno de aplicación AVR Studio ambos de la firma Atmel.
- Arquitectura Harvard.
- Fuentes de interrupciones internas y externas.
- Serial UART.
- Velocidad de operación de hasta 20MHz.

A los puertos del Microcontrolador se les asignaron las funciones descritas en la tabla 3.4. Se utilizó un oscilador externo con una frecuencia de trabajo de 8MHz.

Tabla 3.4. Función del puerto D.

Puerto D	Configuración	Función
PD0	-	Recepción serial para trabajos futuros.
PD1	Salida (TX)	Transmisión serial.
PD2	Entrada (INT0)	Recepción de datos del módulo detector.
PD4	Salida ($\overline{\text{RE/DE}}$)	Control de recepción y transmisión del MAX485.

El módulo detector de infrarrojos GP1U78QK se escogió porque trabaja a una frecuencia central de 40KHz, la cual es la frecuencia central de la señal portadora enviada por el control remoto.

El transceptor MAX485 se seleccionó porque realiza una comunicación half-duplex, que es compatible con el puerto de comunicación RS-485 del cuadriplexor HC8QN.

3.3.2.1. Implementación del controlador central

En la figura 3.12 se muestra el diagrama eléctrico que corresponde a la implementación del controlador central, el conector J1 corresponde al puerto RS-485. En el apéndice B se muestra su circuito impreso y su lista de componentes.

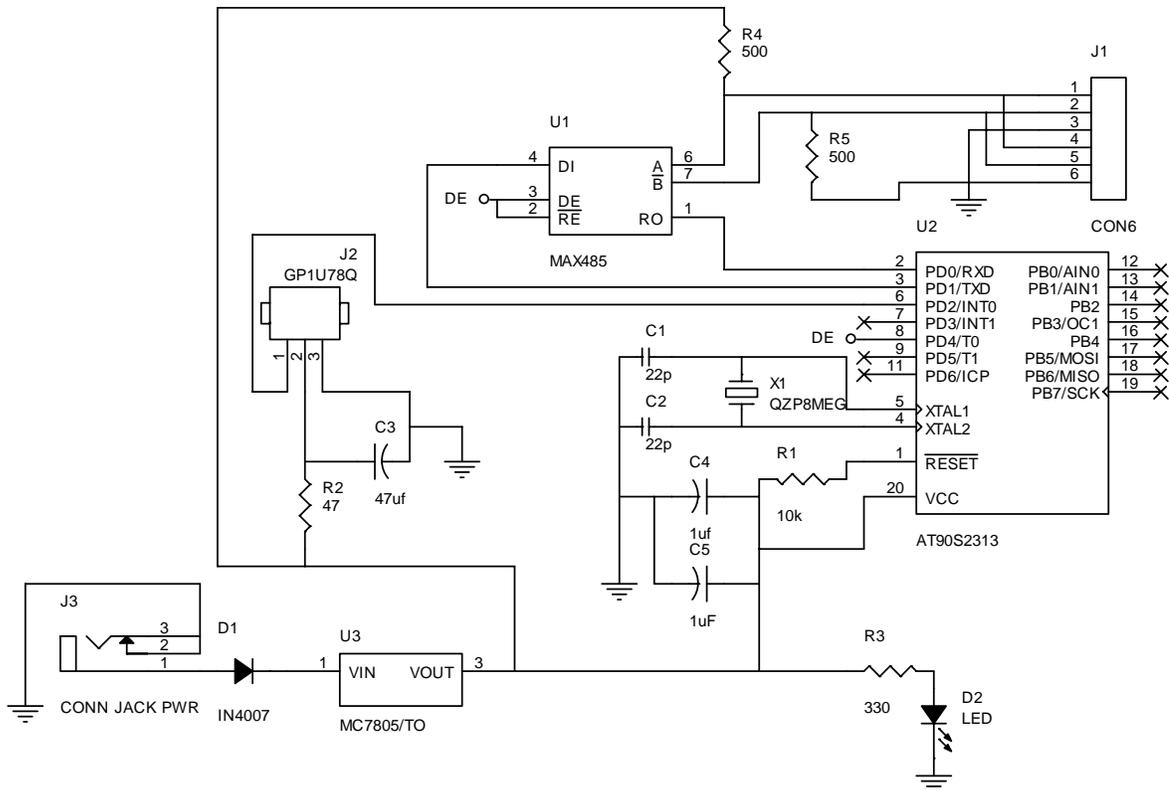


Figura 3.12. Diagrama eléctrico del controlador central.

3.3.3. Software del controlador central

El diseño del Software se basa en la descripción del controlador central tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- La función de los puertos del microcontrolador.
- Asignación del oscilador.

El programa principal es el que se encarga de inicializar y configurar el administrador general del controlador central, configurando los respectivos registros se queda en espera de una interrupción.

El programa principal sigue el diagrama de flujo mostrado en la figura 3.13 y a continuación se detalla cada uno de sus pasos:

- *Declarar vector de interrupciones del microcontrolador:* a cada interrupción se le asigna el correspondiente número de vector y sus etiquetas de identificación.
- *Inicializar la pila del microcontrolador:* se configura el registro SPL para asignar la dirección de memoria que debe tener el apuntador de la pila.
- *Habilitar y configurar interrupción INT0:* la interrupción INT0 se habilita en el registro GIMSK y se configura en el registro MCUCR del microcontrolador.
- *Habilitar la transmisión serial:* se habilita la transmisión serial en el registro UCR del microcontrolador.

- *Configurar la velocidad de transferencia de datos*: se configura la velocidad de transferencia de datos a 9600 bps, en el registro UBRR del microcontrolador.
- *Configurar E/S*: se configuran las terminales del puerto D en entradas o salidas en el registro DDRD del microcontrolador de acuerdo a la tabla 3.4.
- *Ajustar la habilitación global de interrupciones*: Las interrupciones quedan habilitadas hasta que el habilitador global se pone en alto.
- *Espera de interrupción*: el administrador general del control central se queda en espera de gestionar una interrupción.

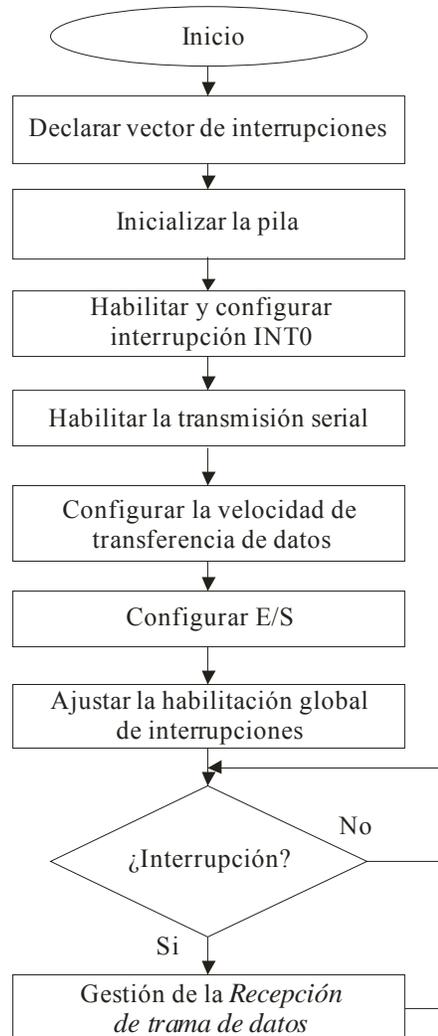


Figura 3.13 . Diagrama de flujo del programa principal del controlador central.

3.3.3.1. Recepción de trama de datos

El administrador general del controlador central recibe la trama de datos demodulada por el módulo detector, al recibirse el primer flanco de bajada de la trama de datos se genera una interrupción y el microcontrolador gestiona a la rutina llamada recepción de trama de datos. Esta rutina se compone de tres subrutinas: leer trama, decodificar trama y transmitir comandos. El diagrama de flujo de recepción de trama de datos se muestra en la figura 3.14 y realiza lo

siguiente:

- *Leer trama*: se encarga de leer la trama de datos, representar los bits en unos o ceros lógicos y de almacenar la trama de datos.
- *Decodificar trama*: se decodifica la trama de datos para saber cual es la información que se ha recibido.
- *Transmitir comandos*: se transmiten los comandos de acuerdo a la decodificación de la trama de datos.

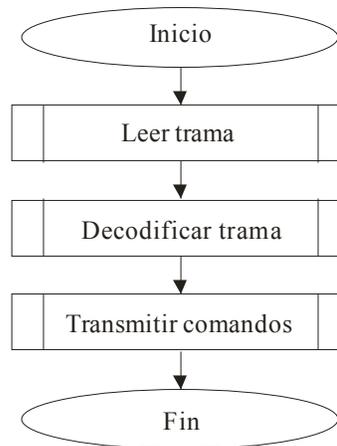


Figura 3.14. Diagrama de flujo de la rutina recepción de trama de datos.

3.3.4. Integración del Hardware y Software del controlador central

Para la integración del Hardware y Software del controlador central se realizó lo siguiente:

- Se verificó la conexión de los componentes.
- Se descargó el programa al microcontrolador.
- Se ejecutó el programa y validó su funcionamiento.

3.3.5. Pruebas al controlador central

Para verificar el correcto funcionamiento se realizaron las siguientes pruebas al controlador central:

- Recepción de la trama de datos.
- Transmisión de comandos por el puerto de comunicación RS-485.
- Visualización de comandos en el osciloscopio para su análisis.

3.4. Diseño de la unidad de Pan/Tilt

En este apartado se describe el diseño de la unidad de Pan/Tilt.

3.4.1. Descripción de la unidad de Pan/Tilt

El Pan/Tilt tiene la capacidad de proporcionar movimiento horizontal y vertical a una cámara de CCTV. El movimiento horizontal (Pan) puede ser manual o automático, mientras que el movimiento vertical (Tilt) sólo puede hacerse de manera manual. La unidad de Pan/Tilt tiene un administrador general, una etapa de potencia, dos módulos para configuración (DIP1 y botón1), dos motores paso a paso y un transceptor que se conecta al bus RS-485 (figura 3.15).

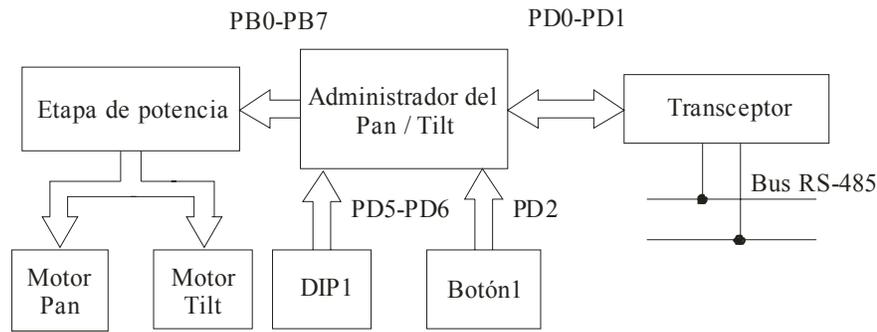


Figura 3.15. Diagrama a bloques de la unidad de Pan/Tilt.

3.4.1.1. Administrador del Pan/Tilt

El administrador general del Pan/Tilt es el AT90S2313 de la firma Atmel, cuyas principales tareas son:

- Decodificar los comandos enviados por el controlador central.
- Atender las interrupciones.
- Leer el DIP1 para configurar el número de Pan/Tilt.
- Responder a la señal del botón1.
- Controlar y gestionar el transceptor, el motor Pan y el motor Tilt.

3.4.1.2. Etapa de potencia

La principal tarea de esta etapa es la de suministrar la suficiente corriente a los motores paso a paso para su correcto funcionamiento.

3.4.1.3. Módulos de configuración

Está conformado por un conjunto de interruptores (DIP1), cuyo objetivo es el de configurar el número de unidad de Pan/Tilt (0~3) y un botón que permite al motor Pan alcanzar su posición inicial (botón1).

3.4.1.4. Características de movimiento de la unidad de Pan/Tilt

Para realizar el movimiento horizontal y vertical del Pan/Tilt se utilizan dos motores paso a paso de imán permanente, unipolares, acoplados a un sistema de engranes y con el respectivo control del administrador del Pan/Tilt, con lo que se obtienen las siguientes características:

- Movimiento horizontal (Pan) manual y automático de 347° a una velocidad de

11.56°/s.

- Movimiento vertical (Tilt) de 45° a una velocidad de 3°/s.
- Se conserva la última posición del movimiento vertical (Tilt).
- Inicialización de la unidad Pan/Tilt, para encontrar la posición inicial del movimiento horizontal (Pan).

3.4.1.5. Disposición de comandos en el Pan/Tilt.

Los comandos inician con el carácter (&), los dos caracteres siguientes identifican al comando. El número de unidad de Pan/Tilt inicia con el carácter (N) seguido de dos números que representan el número de unidad (tabla 3.5). Primero se debe enviar el número de unidad de Pan/Tilt y después el comando.

Tabla 3.5. Comandos que recibe el Pan/Tilt.

Función	Comando
UP	&AR
DOWN	&AB
LEFT	&IZ
RIGHT	&DE
SEL	&AT
No. de Pan/Tilt	N01~N04

3.4.2. Hardware de la unidad de Pan/Tilt

La unidad Pan/Tilt está formada de los siguientes dispositivos:

- Microcontrolador AT90S2313 de la firma Atmel.
- Motor paso a paso T42HSY-64 de la firma Sanyo [17], en el movimiento Pan.
- Motor paso a paso T35LNV-13 de la firma Sanyo [16], en el movimiento Tilt.
- Dos circuitos integrados ULN2003A de la firma Allegro [1], de siete transistores darlington.
- Transceptor MAX485 de la firma Maxim.

El microcontrolador AT90S2313 es el administrador general de la unidad de Pan/Tilt, se seleccionó por las siguientes razones:

- Disponibilidad de herramientas de desarrollo como el programador AVR ISP y el entorno de aplicación AVR Studio ambos de la firma Atmel.
- Arquitectura Harvard.
- Fuentes de interrupción internas y externas
- EEPROM de datos de 128 bytes.
- Serial UART.
- Velocidad de operación de hasta 20MHz.

Se utilizó un oscilador externo con una frecuencia de trabajo de 11.0592MHz. Las

funciones asignadas para cada uno de los puertos del microcontrolador se muestran en la tabla 3.6.

Tabla 3.6. Asignación de función para cada puerto del microcontrolador.

Puerto	Configuración	Función
B	PB0-PB3	Salida
	PB4-PB7	Salida
D	PD0	Entrada(RX)
	PD1	-
	PD2	Entrada(INT0)
	PD4	Salida($\overline{RE/DE}$)
	PD5-PD6	Entrada
		Recepción serial.
		Transmisión serial para trabajos futuros.
		Botón1.
		Control de recepción y transmisión del MAX485.
		DIP1.

3.4.2.1. Engranaje Pan y Tilt

Se requirió el uso de una caja de engranes para cada motor de la unidad de Pan/Tilt (figura 3.16 y tabla 3.7). Con lo que se reduce la velocidad y se aumenta la fuerza del par de salida. En la figura 3.17 se muestra el lugar que ocupan los sistemas de engranes en la unidad Pan/Tilt.

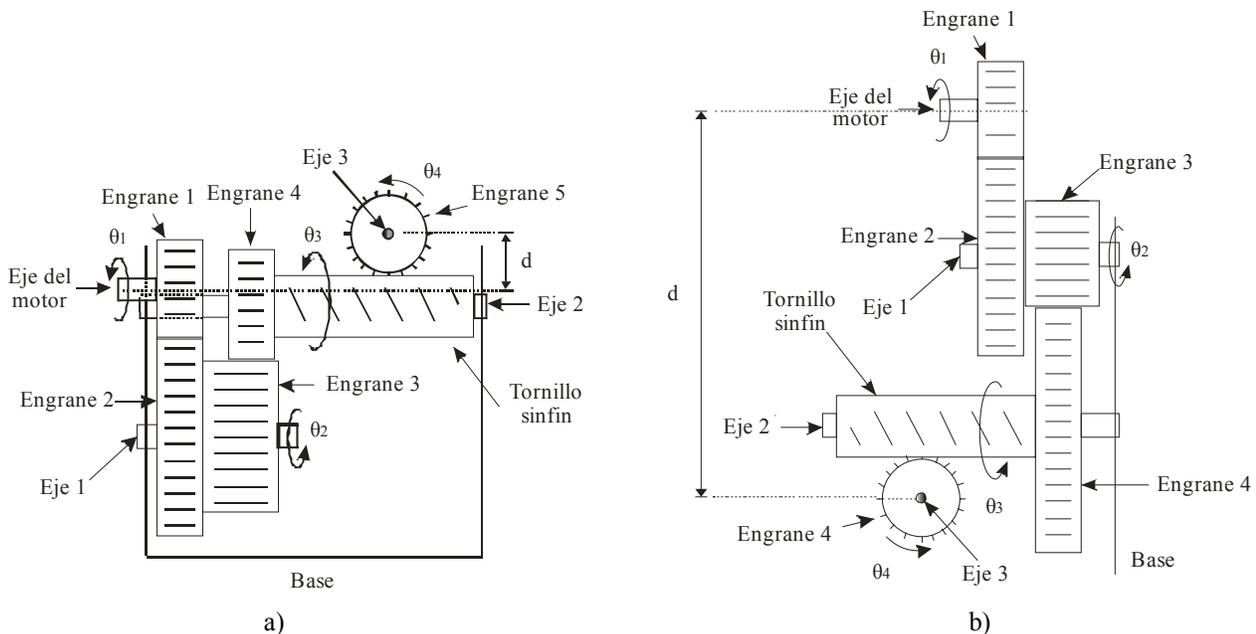


Figura 3.16. Sistema de engranes: a) Engranaje Pan, b) Engranaje Tilt.

Tabla 3.7. Características de los sistemas de engranes Pan y Tilt.

	Engranaje Pan		Engranaje Tilt	
	Eje al que pertenece	Número de dientes (N)	Eje al que pertenece	Número de dientes (N)
Engrane 1	Eje del motor Pan	14	Eje del motor Tilt	12
Engrane 2	Eje 1	35	Eje 1	34
Engrane 3	Eje 1	23	Eje 1	11
Engrane 4	Eje 2	32	Eje 2	38
Engrane 5	Eje 3	32	Eje 3	15

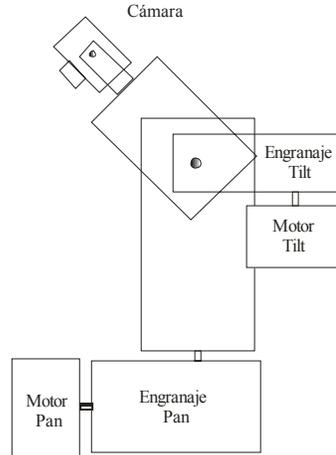


Figura 3.17. Acoplamiento mecánico del motor Pan y Tilt con su respectiva caja de engranes.

De la figura 3.16 se observa que los dos sistemas de engranes tienen una configuración parecida por lo que generalizando, el número de dientes de los engranes 1, 2, 3, 4 y 5 de ambas cajas de engranes son N_1 , N_2 , N_3 , N_4 y N_5 respectivamente. Los desplazamientos angulares de los ejes son θ_1 , θ_2 , θ_3 y θ_4 como se muestra en la figura 3.16. Por tanto se tienen las siguientes equivalencias $\theta_2/\theta_1=N_1/N_2$, $\theta_3/\theta_2=N_3/N_4$ y $\theta_4/\theta_3=N_5$. De lo que se obtiene que los desplazamientos angulares de entrada y salida están relacionados por:

$$\frac{\theta_4}{\theta_1} = \frac{N_1 N_3}{N_2 N_4 N_5} \quad (3.3)$$

sustituyendo los valores mostrados en la tabla 3.7 se obtiene el número de vueltas que debe de dar el motor para que el engrane final de una vuelta (360°), los resultados se muestran en la tabla 3.8.

El torque(T) de un motor esta dado por [12, 19]:

$$T = F \cdot d \quad (3.4)$$

donde, F es la fuerza expresada en N y d la distancia del eje del motor al eje de la carga expresada en m , como se muestra en las figura 3.16(a) y (b). El torque está relacionado con la potencia y la velocidad angular de acuerdo a la siguiente expresión:

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (3.5)$$

El motor Pan tiene que mover una masa $m=0.365Kg$ que se encuentra a una distancia de $0.012m$, si $F=mg$ donde $g=9.81m/s^2$, al sustituir estos valores en la ecuación 3.4 se obtiene un torque sin carga en el motor Pan $T_{P1}=0.03111N \cdot m$.

El motor Tilt tiene que mover una masa $m=0.095Kg$ que se encuentra a una distancia de $0.035m$, si $F=mg$ donde $g=9.81m/s^2$, al sustituir estos valores en la ecuación 3.4 se obtiene un torque sin carga en el motor Tilt $T_{T1}=0.03261N \cdot m$.

La velocidad angular de los ejes de ambas cajas de engranes son ω_1 , ω_2 , ω_3 y ω_4 respectivamente. Se tienen las siguientes equivalencias $\omega_2/\omega_1=N_1/N_2$, $\omega_3/\omega_2=N_3/N_4$ y $\omega_4/\omega_3=N_5$, ω_4 es la velocidad angular, en radianes, del eje 3 (donde está la carga). De lo que se obtiene que las velocidades angulares de entrada y salida están relacionados por:

$$\frac{\omega_4}{\omega_1} = \frac{N_1 N_3}{N_2 N_4 N_5} \tag{3.6}$$

despejando ω_1 y sustituyendo los valores mostrados en la tabla 3.7 para el eje del motor Pan se tiene una velocidad angular $\omega_{P1}=22.4697$ rad/s y para el eje del motor Tilt se tiene una velocidad angular $\omega_{T1}=7.68738$ rad/s.

Los motores Pan y Tilt son alimentados con un voltaje de 12V, el motor Pan al mover su carga consume una corriente $I_P=125$ mA, por lo que tiene una potencia ($P=V \cdot I$) $P_P=1.5$ W y el motor Tilt al mover su carga consume una corriente $I_T=75$ mA, por lo que tiene una de potencia $P_T=0.8$ W. Sustituyendo la velocidad angular y la potencia correspondiente en la ecuación 3.5, se obtiene un torque con carga para el motor Pan $T_{P2}=0.0667$ N·m y para el motor Tilt $T_{T2}=0.1092$ N·m. En la tabla 3.8 se muestra la relación torque sin carga y con carga de los motores.

Tabla 3.8. Relaciones entre los ejes de entrada y salida del engranaje Pan y Tilt.

Parámetros	Descripción	Motor Pan	Motor Tilt
T_2/ T_1	Factor: torque con carga/torque sin carga.	2.14	3.348
N_m	Numero de vueltas del motor para girar la carga 360°.	111.3	146.818

3.4.2.2. Implementación del circuito de la unidad de Pan/tilt

En la figura 3.18 se muestra el diagrama eléctrico que corresponde a la implementación de la unidad de Pan/Tilt, el conector J1 corresponde al puerto RS-485, J3 es para el manejo del motor Pan y J4 para el manejo del motor Tilt. En el apéndice B se muestra su circuito impreso y su lista de componentes.

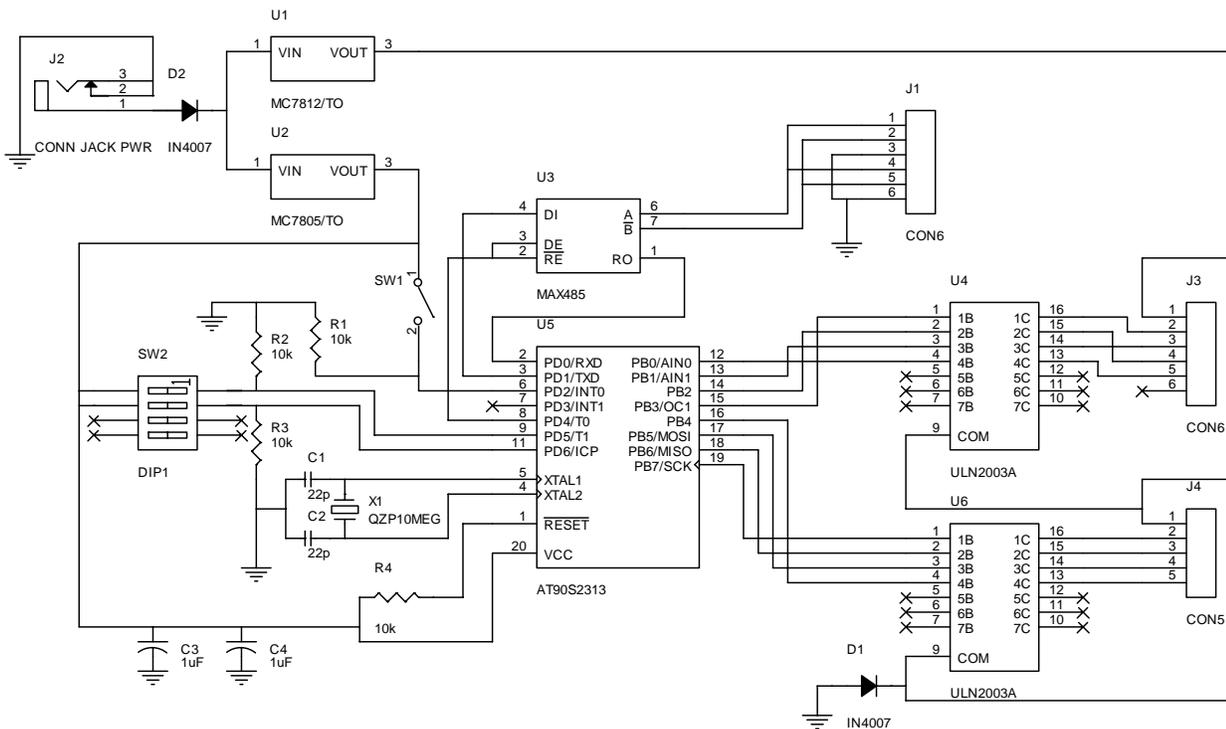


Figura 3.18. Diagrama eléctrico de la unidad de Pan/Tilt.

3.4.3. Software de la unidad de Pan/Tilt

El diseño del Software se basa en la descripción de la unidad de Pan/Tilt tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- La función de los puertos del microcontrolador.
- Asignación del oscilador.
- Interfaz del microcontrolador con otros dispositivos.
- Número de vueltas de los motores para girar la carga 360°.

El programa principal está compuesto de subrutinas y de varias rutinas de servicio a interrupción. En la figura 3.19 se presenta el diagrama de flujo del programa principal.

Las subrutinas son: inicializar administrador de la unidad Pan/Tilt, leer el DIP1 y configurar el número de unidad, inicializar Pan/Tilt, derecha e izquierda. El propósito de cada subrutina se muestra en los apartados siguientes.

El Pan/Tilt ocupa las interrupciones INT0 y RXCI, para gestionar las siguientes rutinas:

- *Posición inicial del movimiento Pan:* esta rutina da servicio a la interrupción INT0, y tiene como objetivo mover la unidad de Pan/Tilt 2° a la izquierda en el movimiento horizontal, por que ésta es la posición inicial del movimiento horizontal.

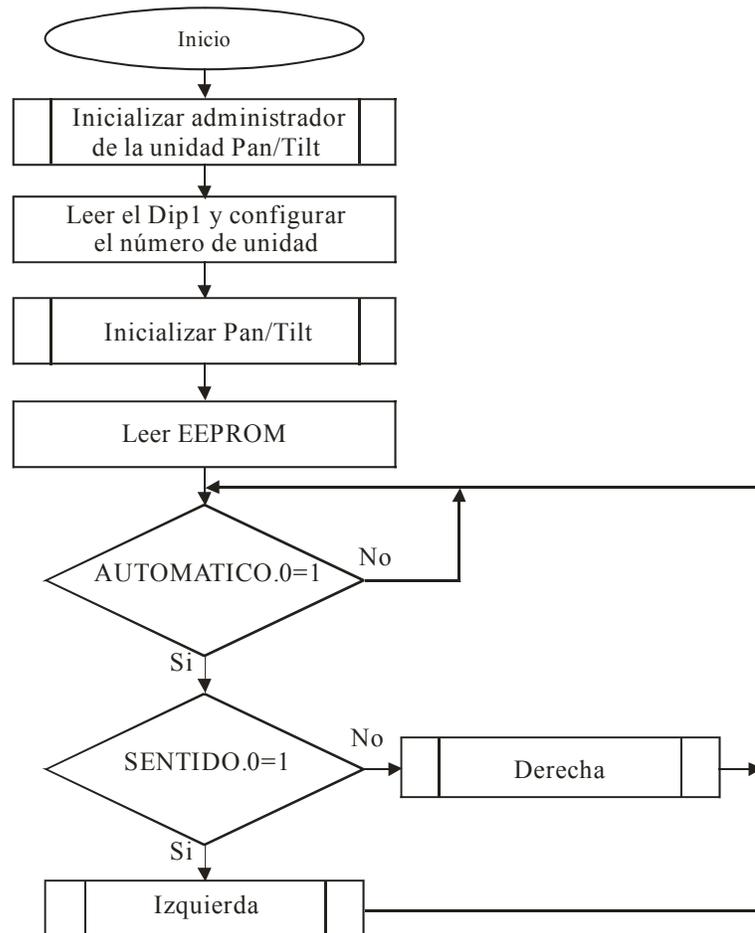


Figura 3.19. Diagrama de flujo del programa principal de la unidad de Pan/Tilt.

- *Recepción y ejecución de comandos*: esta rutina responde a la interrupción RXCI y almacena los comandos, los decodifica y los ejecuta. Información más detallada sobre como trabaja esta rutina se muestra en el apartado 3.4.3.4.

En el programa principal se lee la memoria EEPROM en el modo de inicialización, para conocer la posición en la que se encuentra el movimiento Tilt. Esto por que si por alguna situación ajena al sistema, el programa se reinicializa, debe evitarse que se mueva mas allá de la capacidad físicamente permitida.

Además, el programa principal gestiona el modo automático en el movimiento Pan, en el sentido izquierda y derecha.

3.4.3.1. Inicializar administrador de la unidad Pan/Tilt

Esta subrutina se encarga de inicializar y configurar el administrador general de la unidad de Pan/tilt, configurando los respectivos registros. La subrutina sigue el diagrama de flujo de la figura 3.20 y sus pasos se describen a continuación:

- *Declarar vector de interrupciones del microcontrolador*: a cada interrupción se le asigna el correspondiente número de vector y sus etiquetas de identificación.
- *Inicializar la pila del microcontrolador*: se configura el registro SPL para asignar la dirección de memoria que debe tener el apuntador de la pila.
- *Habilitar y configurar interrupción INT0*: la interrupción INT0 se habilita en el registro GIMSK y se configura en el registro MCUCR del microcontrolador.

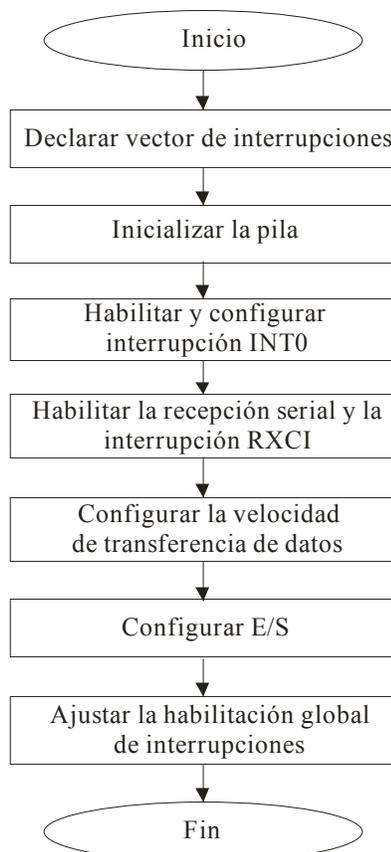


Figura 3.20. Diagrama de flujo de la subrutina inicializar el administrador de la unidad Pant/Tilt.

- *Habilitar la recepción serial y la interrupción RXCI*: se habilita la transmisión serial y la interrupción RXCI en el registro UCR del microcontrolador.
- *Configurar E/S*: se configura los bits del puerto D y puerto B en entradas o salidas en los registros DDRD y DDRB del microcontrolador respectivamente de acuerdo a la tabla 3.6.
- *Ajustar la habilitación global de interrupciones*: Las interrupciones quedan habilitadas hasta que el habilitador global se pone en alto.

3.4.3.2. Leer el DIP1 y configurar el número de unidad

Para configurar el número de unidad, el microcontrolador lee el DIP1 el cual determina el número de unidad de Pan/Tilt correspondiente y se configura el registro UNIDAD de acuerdo al valor obtenido en el DIP1.

3.4.3.3. Inicializar Pan/Tilt

Cuando la unidad de Pan/Tilt ha sido reiniciada esta subrutina mueve la unidad de Pan/Tilt hacia la izquierda en el movimiento horizontal, hasta que llega la unidad de Pan/Tilt al botón1 y se ejecuta la interrupción INT0, entonces el microcontrolador le da servicio a la rutina *posición inicial del movimiento Pan*.

3.4.3.4. Recepción y ejecución de comandos

El administrador general del Pan/Tilt recibe comandos por el puerto de comunicación RS-485, los cuales provocan que ocurra la interrupción de recepción completa (RXCI). La rutina *Recepción y ejecución de comandos* da servicio a esta interrupción siguiendo el flujo mostrado en la figura 3.21. A continuación se detalla cada uno de sus pasos:

- *Recepción y almacenamiento de datos*: se encarga de leer el registro UDR del microcontrolador para obtener y almacenar los comandos recibidos.
- *Decodificar comandos*: el administrador general del Pan/Tilt compara el número de unidad y se cerciora que la información le corresponda, de ser así, determina el comando y ejecuta la función correspondiente.
- *Arriba*: esta rutina hace que la unidad de Pan/Tilt realice un movimiento vertical hacia arriba conmutando electrónicamente al motor correspondiente.
- *Abajo*: esta rutina hace que la unidad de Pan/Tilt realice un movimiento vertical hacia abajo conmutando electrónicamente al motor Tilt.
- *Derecha*: esta rutina hace que la unidad de Pan/Tilt realice un movimiento horizontal hacia la derecha conmutando electrónicamente al motor Pan.
- *Izquierda*: esta rutina hace que la unidad de Pan/Tilt realice un movimiento horizontal hacia la izquierda conmutando electrónicamente al motor correspondiente. Las rutinas Arriba, Abajo, Derecha e Izquierda desactivan el modo automático del movimiento horizontal.
- *Activación y desactivación del modo automático*: se configura el movimiento horizontal de la unidad de Pan/Tilt en modo manual o automático.

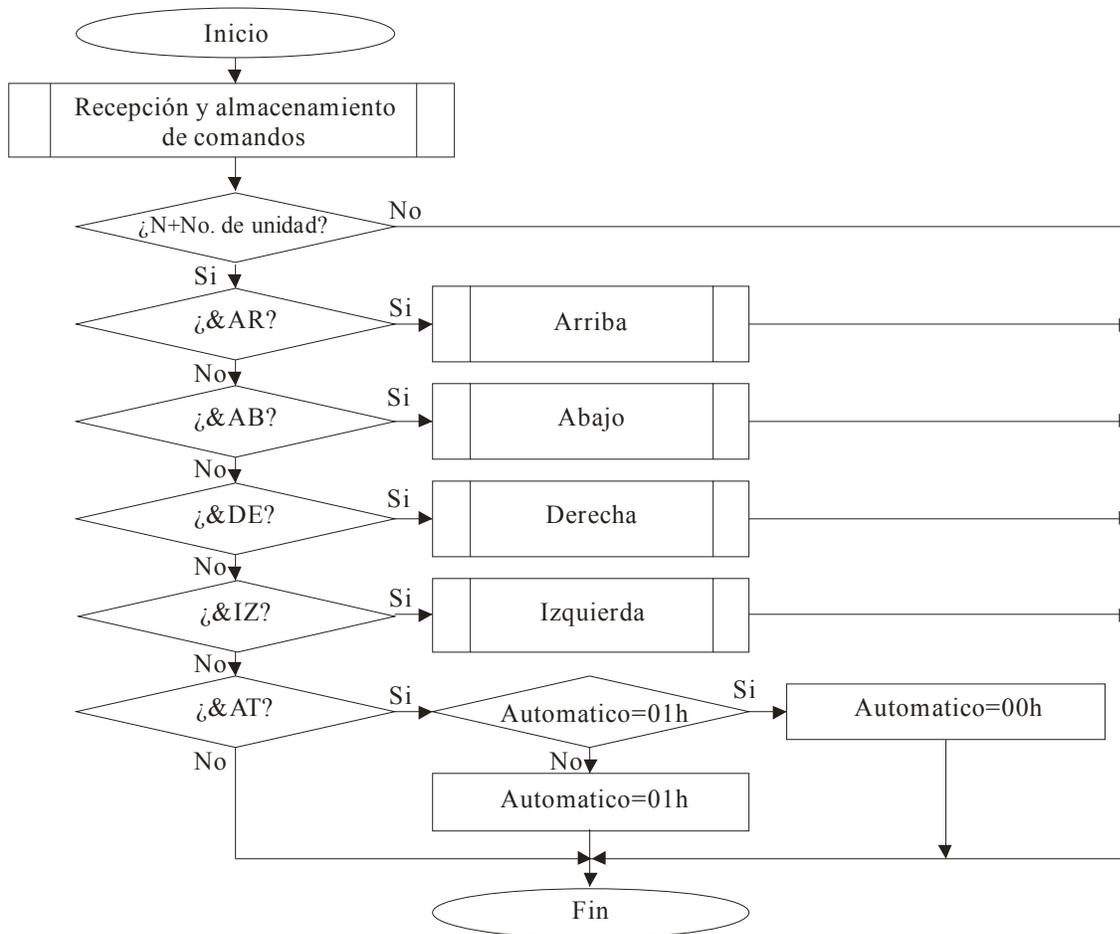


Figura 3.21. Diagrama de flujo de la rutina recepción y ejecución de comandos.

3.4.4. Integración del Hardware y Software de la unidad de Pan/Tilt

Para la integración del Hardware y Software de la unidad de Pan/Tilt se realizó lo siguiente:

- Se revisó el acoplamiento de los engranes con los motores.
- Se verificó la conexión de los componentes.
- Se descargó el programa al microcontrolador.
- Se ejecutó el programa y validó su funcionamiento.
- Se verificó la inicialización del movimiento horizontal.
- Se verificó que se almacenara en la memoria EEPROM la última posición en el movimiento vertical.

3.4.5. Pruebas a la unidad de Pan/Tilt

Para verificar el correcto funcionamiento se realizaron las siguientes pruebas a la unidad de Pan/tilt:

- Recepción de comandos por el puerto de comunicación RS-485.

- Movimiento manual y automático del motor Pan.
- Movimiento manual del motor Tilt.
- Medición de la velocidad en Pan y Tilt.

3.5. Integración de los módulos del sistema

Los módulos se integraron al CCTV básico de acuerdo al diagrama a bloques de la figura 3.22, para ello se realizó lo siguiente:

- Se realizó la conexión del controlador central con la unidad Pan/Tilt a través de un canal de comunicación RS-485, mismo por el cual se conectó al cuadriplexor HCQ8N.
- Se conectó al cuadriplexor HCQ8N con las cámaras y el monitor.
- Se acopló una cámara a la unidad Pan/Tilt desarrollada.
- Se configuró el puerto de comunicación RS-485 y el número de equipo del cuadriplexor HCQ8N, desde su teclado frontal.

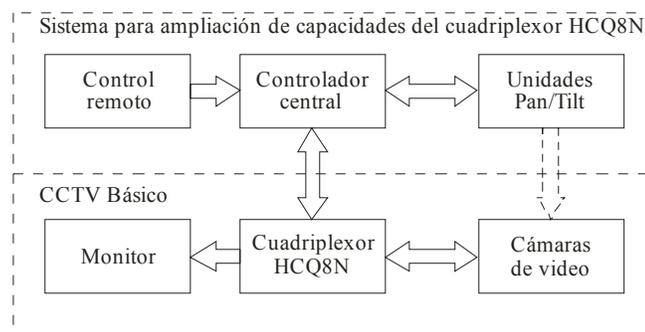


Figura 3.22. Integración del sistema con un CCTV básico.

3.6. Pruebas al sistema

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema se realizaron las siguientes pruebas:

- Transmisión de tramas de datos del control remoto.
- Configuración del control remoto en modo Pan/Tilt y modo QUAD.
- Verificación de la distancia máxima de transmisión del control remoto.
- Configuración del cuadriplexor HCQ8N desde el control remoto.
- Visualización de la pantalla del monitor para observar que se ejecutara correctamente la información enviada desde el control remoto al cuadriplexor HCQ8N.
- Control del movimiento horizontal y vertical de la unidad de Pan/Tilt.
- Configuración en modo automático del movimiento horizontal de la unidad de Pan/Tilt.

- Visualización de la pantalla del monitor para observar la imagen de la cámara de la unidad Pan/Tilt cuando ésta se encuentra en movimiento horizontal o vertical.

4. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en este trabajo. Empezando por el control remoto, controlador central, unidad de Pan/Tilt y finalmente el sistema completo.

4.1. Control remoto

Como una parte de este trabajo se obtuvo un control remoto (figura 4.1) con la capacidad de manejar al cuadriplexor HCQ8N y 4 unidades de Pan/Tilt, de acuerdo a lo descrito en el apartado 3.2.1. En la figura 4.1 se identifica cada parte que define el diagrama a bloques de la figura 3.2 que son: administrador del control remoto (inciso 3.2.1.1), teclado (inciso 3.2.1.2) y LED IR con su circuito de polarización (inciso 3.2.1.3).

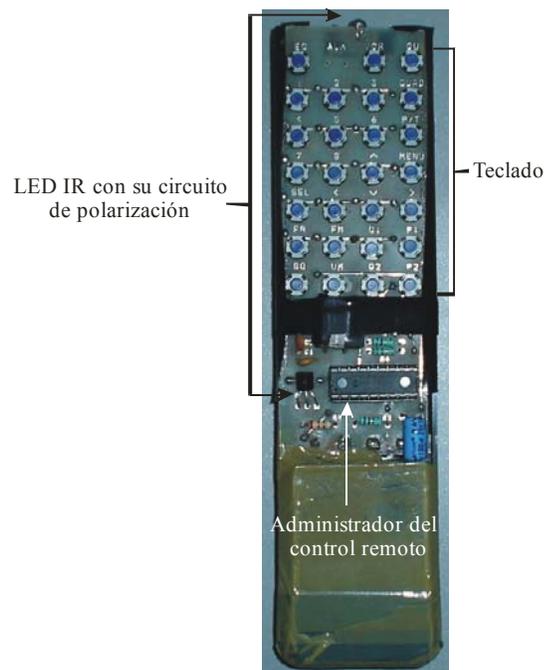


Figura 4.1. Prototipo del control remoto.

Las pruebas del control remoto se llevaron a cabo de acuerdo a lo dicho en el apartado 3.2.5. En la figura 4.2 se muestra una trama de datos modulada con ASK (Amplitude Shift Keying), la cual tiene un bit de inicio, un octeto de dirección con el valor de 01h, un octeto de comando con valor de 06h y un bit de paro.

El control remoto tiene una distancia de operación que alcanza hasta 6 metros (apartado 2.3.1). En la figura 4.3 se muestra que la frecuencia central de la señal de portadora es de 40KHz con un ciclo útil de 40% respectivamente (inciso 3.2.1.4).

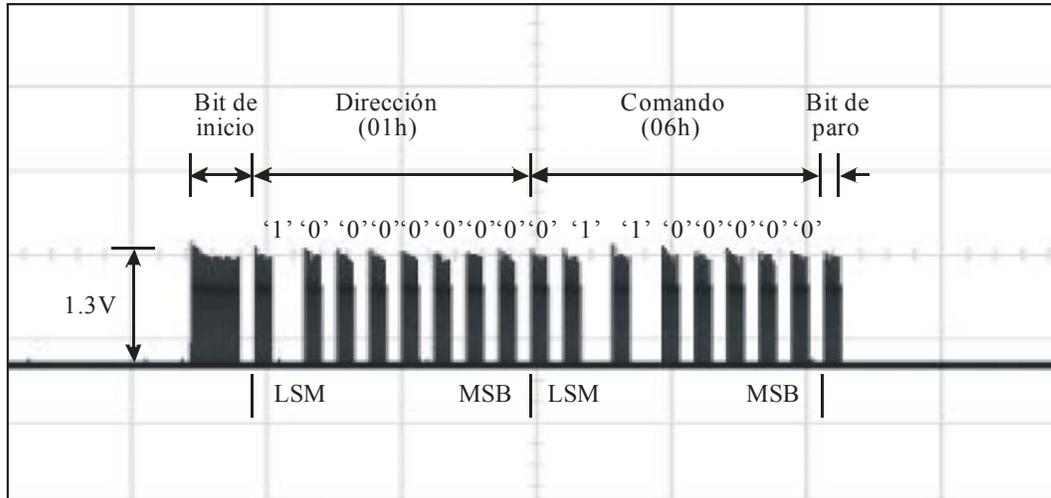


Figura 4.2. Análisis de una trama de datos.

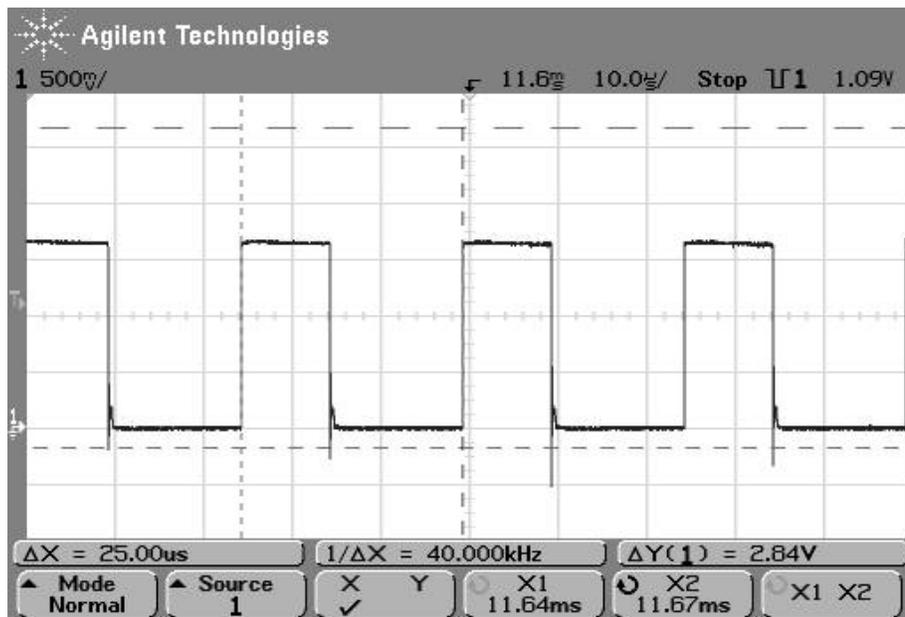


Figura 4.3. Frecuencia central y ciclo útil de la portadora.

4.2. Controlador central

Como parte del sistema desarrollado en esta tesis se obtuvo el controlador central (figura 4.4) con la capacidad de recibir información del control remoto y transmitirla al cuadriplexor HCQ8N y a la unidad de Pan/Tilt correspondiente, como se describió en el apartado 3.3.1. En la figura 4.4 se identifican los 3 bloques de la figura 3.2 que son: administrador del controlador central (inciso 3.3.1.1), módulo detector (inciso 3.3.1.2) y tranceptor (inciso 3.2.1.3).

Las pruebas del controlador central se llevaron a cabo de acuerdo a lo dicho en el apartado 3.3.5. En la figura 4.5 se muestra una trama de datos modulada por el controlador central y demodulada por el detector de IR del control central. Y en la figura 4.6 se muestra una trama de comandos enviada por el control central, la cual tiene tres octetos que identifican el número de unidad con el valor de 4Eh, 30h y 31h, tres octetos del campo de comandos con el valor de 26h, 49h y 5Ah.



Figura 4.4. Prototipo del controlador central.

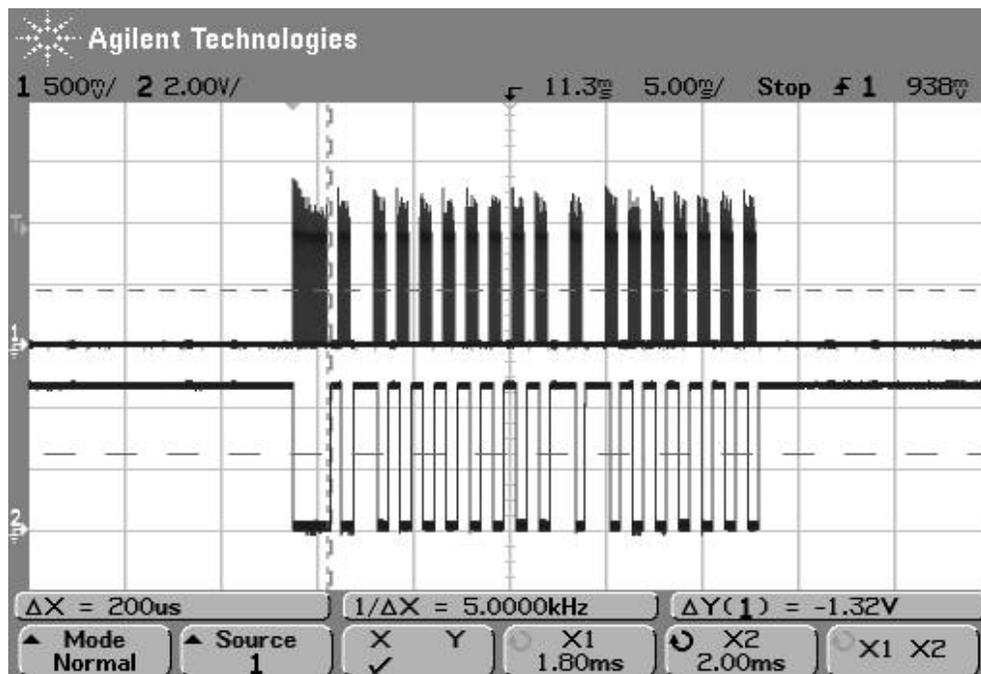


Figura 4.5. Trama de datos modulada y demodulada.

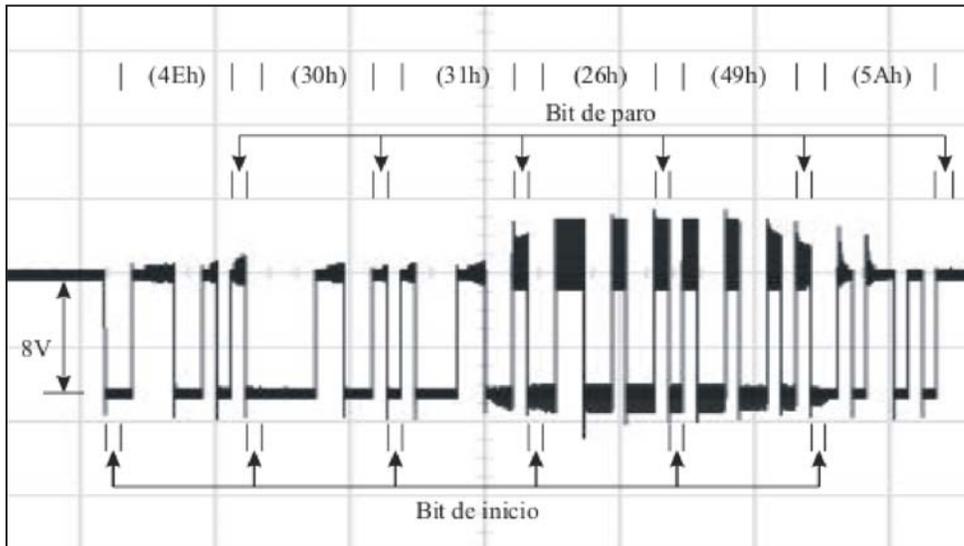


Figura 4.6. Análisis de una trama de comandos.

4.3. Unidad Pan/Tilt

Como parte del sistema se obtuvo la unidad de Pan/Tilt (figura 4.7), como se describió en el apartado 3.4.1. En la figura 4.7 se identifica cada parte que define el diagrama a bloques de la figura 3.2 que son: administrador del Pan/Tilt (inciso 3.4.1.1), etapa de potencia (inciso 3.4.1.2), módulos de configuración (inciso 3.4.1.3), tranceptor, motor Pan y motor Tilt.

Las pruebas a la unidad de Pan/Tilt se llevaron de acuerdo a lo dicho en el apartado 3.4.5. El movimiento de giro horizontal tiene una velocidad de $11.566^{\circ}/s$ (347° en 30 s) y el movimiento de giro vertical tiene una velocidad de $3^{\circ}/s$ (45° en 15 segundos). En la figura 4.8 se muestra como quedó ensamblado el engranaje Pan y el engranaje Tilt respectivamente.

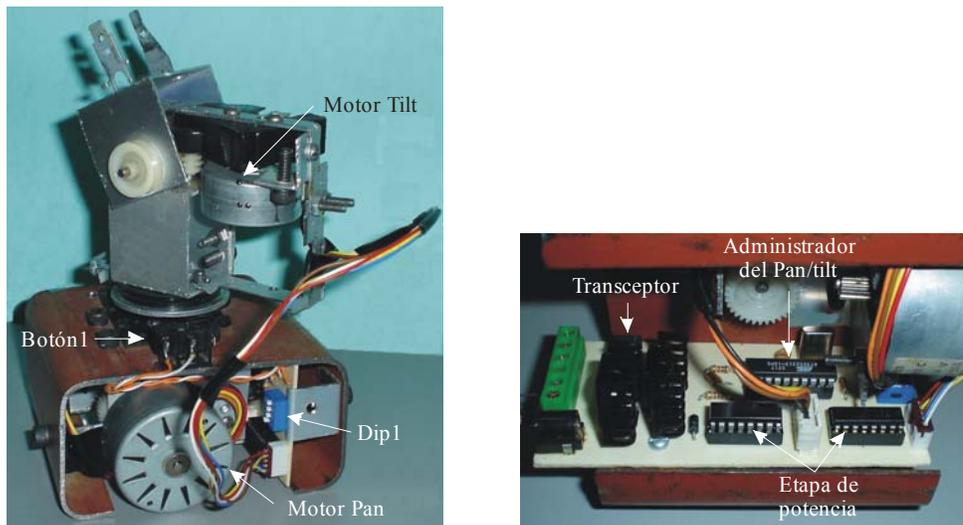


Figura 4.7. Prototipo de la unidad Pan/Tilt.



Figura 4.8. Engranaje Pan y Tilt.

4.4. Integración del sistema con un CCTV básico

Como resultado final de este trabajo se obtuvo un sistema que amplía las capacidades y facilita el manejo del cuadriplexor HCQ8N, el cual se compone de tres módulos: control remoto, control central y unidad de Pan/Tilt. En la figura 4.9 se muestra un CCTV básico y en la figura 4.10 se muestra el CCTV básico con la incorporación del sistema realizado.

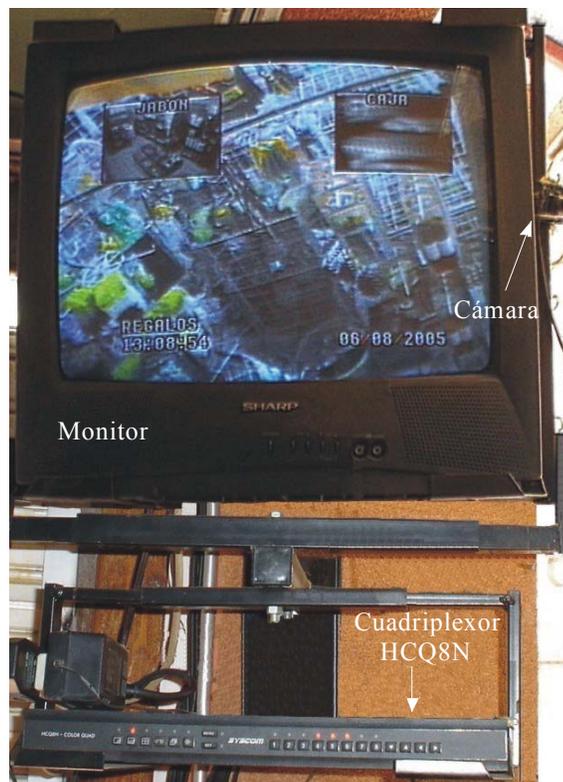


Figura 4.9. Circuito cerrado de televisión básico.

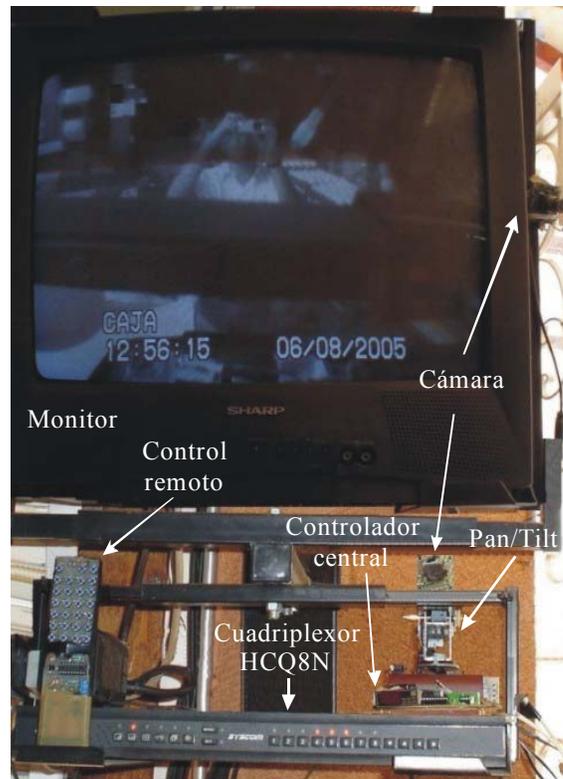


Figura 4.10. Sistema que amplia y facilita el manejo de un circuito cerrado de televisión básico.

El sistema integra el planteamiento inicial mencionado en el subcapítulo 3.1 y las pruebas se aplicaron conforme a lo descrito en el subcapítulo 3.6, a continuación se mencionan las características de las pruebas:

- El controlador central se colocó sobre el cuadriplexor HCQ8N.
- La unidad de Pan/Tilt se ubicó a una distancia de 10 m del controlador central.
- El control remoto se probó a diferentes distancias, alcanzando 6 m.
- Las pruebas se hicieron por 3 horas.
- En el bus RS-485 se conectó el cuadriplexor HCQ8N, el controlador central y la unidad de Pan/Tilt.

5. Conclusiones y trabajos futuros

5.1. Conclusiones

El sistema realizado cumple satisfactoriamente con los objetivos inicialmente planteados. Se han ampliado las capacidades del cuadriplexor HCQ8N y se ha facilitado su manejo. Con el sistema desarrollado se agrega mayor funcionalidad a un circuito cerrado de televisión básico puesto que:

- Con la unidad de unidad de Pan / Tilt desarrollada se cubre una mayor área de vigilancia que con las cámaras instaladas en un lugar fijo.
- El control remoto permite el manejo a distancia del cuadriplexor HCQ8N y de las unidades de Pan / Tilt.
- El controlador central recibe la señal del control remoto y envía información al cuadriplexor HCQ8N o a la unidad de Pan /Tilt correspondiente.

En el control remoto se usó un microcontrolador en modo de bajo consumo, esto permite minimizar el gasto de corriente y ampliar el ciclo de vida de las baterías utilizadas. En este modo el microcontrolador consume 200nA de corriente.

Con el estudio de la teoría de circuitos cerrados de televisión se ha comprendido el uso y los beneficios que se obtienen al utilizarlos como parte de un sistema de vigilancia.

5.2. Trabajos futuros

Los resultados obtenidos en este trabajo pueden ser la base para trabajos relacionados tales como:

- Implementación de un protocolo de comunicación que utilice como capa física el estándar RS-485.
- Control del zoom (enfoque) de una cámara.
- Colocación de sensores de calor en la unidad de Pan/Tilt, con el objetivo de que ésta pueda seguir a los individuos automáticamente en su área de vigilancia.

- Digitalización de video para poder mostrarlo en una computadora y tener la posibilidad de hacer el control del sistema desde Internet.

Además, este trabajo puede ser el punto de partida para aplicaciones diferentes como:

- Control a distancia de una cama de hospital: le facilitaría el manejo de una cama de hospital a las personas que hacen uso de ella. .
- Manejo de la ubicación de equipo (televisiones, bocinas, etc.) en un salón de medios o auditorio: facilitaría el manejo del equipo al ubicarlo a la posición deseada, desde un lugar remoto.
- Comando a distancia de un brazo robótico: facilitaría el manejo de un brazo robótico en lugares que serían de peligro para el humano.

Bibliografía

- [1] Allegro microsystems: HIGH-VOLTAJE, HIGH-CURRENT, DARLINGTON ARRAY ULN2003A. Data sheet 29304F, USA, 1997.
- [2] Angulo, J., Angulo, I.: "MICROCONTROLADORES <<PIC>>. DISEÑO PRÁCTICO DE APLICACIONES". McGraw-Hill, España, 1997.
- [3] Aparicio, H: "Codificador de Pulsos KYZ bajo el protocolo de Comunicaciones MODBUS para medidores Electrónicos de Energía Eléctrica". Tesis, Universidad Tecnológica de la Mixteca, México, pp. 31-35, 2004.
- [4] Atmel: AT90S2313 AVR Microcontroller, Data Sheet Rev. 08391-AVR-06/02, USA, 2002.
- [5] B&B Electronics: "RS-422 and RS-485 Application Note". B&B Electronics Mfg. Co. Inc., USA, 1997.
- [6] Diezman,W: "CCTV: Literatura Review and Bibliography". University of Ottawa, Canada, 2003.
- [7] Halliday, D., Resnick, R., Krane, K.: "FÍSICA. Vol. 2". CECSA, cuarta edición, México, p. 312, 1999.
- [8] Hempel, L. & Töpfer,E.: "On the Threshold to Urban Panopticon? Analysing the Employment of CCTV in European cities and Assessing its Social and Political Impacts". Centre for Technology and Society Technical, University Berlin, No.1, Germany, p. 2, 2002.
- [9] Maloney, T.: "ELECTRÓNICA INDUSTRIAL MODERNA". Prentice Hall, tercera edición, México, pp. 527-542, 1997.
- [10] Maxim/Dallas: Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceiver MAX485. Maxim Integrated Products, Data sheet 19-0122 Rev. 8 10/03, USA, 2003.
- [11] Microchip: PIC16F84 8-bit Microcontrollers,Data Sheet, Microchip Technology Inc., USA, 1998.
- [12] Norton, R. L.: "Diseño de máquinas". Prentice Hall, México, pp. 730-748, 1999.
- [13] Rachel, A: "TO CCTV or not to CCTV? A review of current research into the effectiveness of CCTV systems in reducing crime". Nacro organization, Crime and Social Policy Section, England, 2002.

- [14] Roden, M., S.: "ANALOG AND DIGITAL COMMUNICATION SYSTEMS", Prentice Hall, USA, pp. 470-514, 1996.
- [15] Romero, A: "Diseño e implementación de un Circuito Decodificador de Señales Infrarrojas de control Remoto, para el Manejo de Presentaciones en Power Point". Departamento de Ingeniería Eléctrica, Instituto Tecnológico de Sonora, México, 2003.
- [16] Sanyo: Stepping Motor T35LNV-13. Data sheet, Japan, 2003.
- [17] Sanyo: Stepping Motor T42HSY-64. Data sheet, Japan, 2001.
- [18] Sharp: Infrared Detecting Unit for Remote control GPIUM28QK series. Data sheet, Spag. No. ED-00198, USA, 2000.
- [19] Shigley, J, E. & Larry, D. M.: "DISEÑO EN INGENIERIA MECÁNICA", McGraw Hill/ Interamericana, cuarta edición, México, pp. 602-630, 1989.
- [20] Stallings, W: "COMUNICACIONES Y REDES DE COMPUTADORAS". Prentice Hall, sexta edición, España, p. 168, 2000.
- [21] Stuart, R: "Selecting an Infrared Solution". Sharp corporation, Application Note, Reference Code SMA03007, USA, 2003.
- [22] Syscom: CCTV CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN. Boletín editado por Syscom, primera edición, Mexico, 2004.
- [23] Syscom: 8 CHANNEL, 2 PAGE COLOR, QUAD PROCESSOR Model No. HCQ8N. Instruction Manual. México, 2002.
- [24] Vishay semiconductors: BC337/BC338 Small Signal Transistors (NPN). Data sheet 85112 Rev. 1.2, Germany, 2004.

Sitios de internet

[URL1] <http://www.cctv-information.co.uk/>

"Sitio dedicado a diseminar información general acerca de CCTV y a vincular a los consumidores con compañías que instalan CCTV", septiembre, 2004.

[URL2] <http://www.sneakybastards.com/>

"Sitio dedicado a la información y venta de equipo de seguridad", septiembre, 2004.

[URL3] <http://www.privacyinternational.org/>

"Sitio del grupo de derechos humanos Privacy International (PI) dedicado a dar información, dirigir campañas e investigar sobre video vigilancia, seguridad nacional, privacidad médica, etc", septiembre, 2004.

[URL4] <http://www.cs.ucl.ac.uk/>

"Sitio de la UCL (University College London)", octubre, 2004

Anexo A. Manual de usuario del sistema

A.1. Control remoto

Con el control remoto se puede manejar el cuadriplexor HCQ8N y 4 unidades de Pan/Tilt, en la figura A.1 se muestra la parte frontal del teclado y en la tabla A.1 se describe la función del teclado.

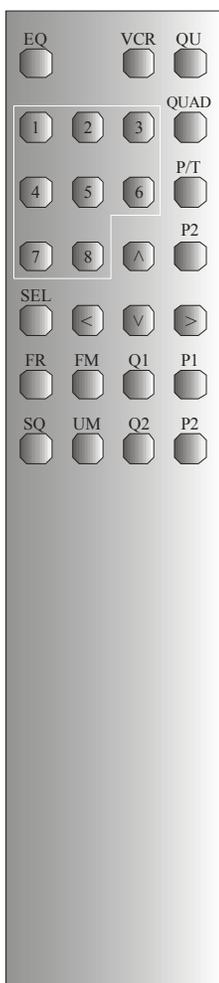


Figura A.1. Control remoto.

Tabla A.1. Función de las teclas del control remoto.

Teclas	Función	Descripción
EQ	Botón equipo	Presione este botón para escoger un número de unidad (cuádruplexor).
VCR	Botón VCR	Presione este botón para reproducir una grabación o para detener la operación de todas las alarmas.
QU	Botón QUAD	Presione este botón para trabajar en modo QUAD o para detener la operación de todas las alarmas.
1~8	Cámaras 1~8	Estos botones trabajan de esta manera en modo cuádruplexor.
	1~4	Activado el botón equipo, se selecciona el número de unidad (cuádruplexor). En modo Pan/Tilt, se selecciona el número de Pan/Tilt.
QUAD	Modo cuádruplexor	Presione para configurar el control remoto en modo cuádruplexor.
P/T	Modo Pan/Tilt	Presione para configurar el control remoto en modo Pan/Tilt.
Flechas	Flechas (UP,DOWN, LEFT,RIGHT)	En modo cuádruplexor, realizan las funciones de flechas arriba (↑), abajo (↓), izquierda (←), derecha (→) en el MENU del cuádruplexor o pueden detener la operación de todas las alarmas. En modo Pan/Tilt, controlan el movimiento arriba (↑), abajo (↓), izquierda (←), derecha (→) y desactivan el modo automático de la unidad Pan/Tilt.
MENU	Botón MENU	Despliega el MENU en el monitor o puede detener la operación de todas las alarmas.
SEL	Botón SEL	En el MENU actúa como un botón de selección. Puede detener la operación de todas las alarmas. También tiene funciones secundarias para: <ul style="list-style-type: none"> ▪ La selección de cámaras para imágenes en el modo PIP y QUAD. ▪ El intercambio de la imagen que se encuentra en el fondo con la que tiene un 1/9 del tamaño de la pantalla en modo PIP.
	Modo automático	En modo Pan/Tilt activa o desactiva el modo automático de la unidad Pan/Tilt correspondiente.
FR	Botón FREEZE	Presione este botón para congelar la imagen actual, para descongelar la imagen o para detener la operación de todas las alarmas.
SQ	Botón SEQUENCE	Presione este botón para que el cuádruplexor funcione en modo interruptor secuencial.
FM	Modo Freeze	Presione este botón para congelar la imagen actual..
UM	Modo Unfreeze	Presione este botón para descongelar la imagen actual.
Q1	Modo QUAD1	Presione este botón para desplegar el cuadrante 1.
Q2	Modo QUAD2	Presione este botón para desplegar el cuadrante 2.
P1	Botón PIP1	Presione este botón para que se despliegue la función PIP1 o para detener la operación de todas las alarmas.
P2	Botón PIP2	Presione este botón para que se despliegue la función PIP2 o para detener la operación de todas las alarmas.

A.2. Número de Pan/Tilt

La configuración del número de Pan/Tilt debe realizarse antes de suministrar energía a la unidad de Pan/Tilt, para esto se utilizan los interruptores 1 y 2 del DIP1 como se describe en la figura A.2 donde ON es un 1 binario.

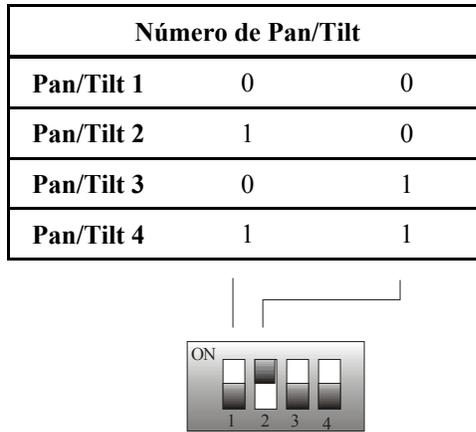


Figura A.2. Diagrama para configuración del número de Pan/Tilt en el DIP1.

A.3. Conexión del sistema

El control central tiene comunicación con el cuadriplexor HCQ8N y la unidad de Pan/Tilt por medio del puerto de comunicación RS-485. En la figura A.3 se muestra la conexión del cuadriplexor HCQ8N con el controlador central y la unidad de Pan/Tilt.

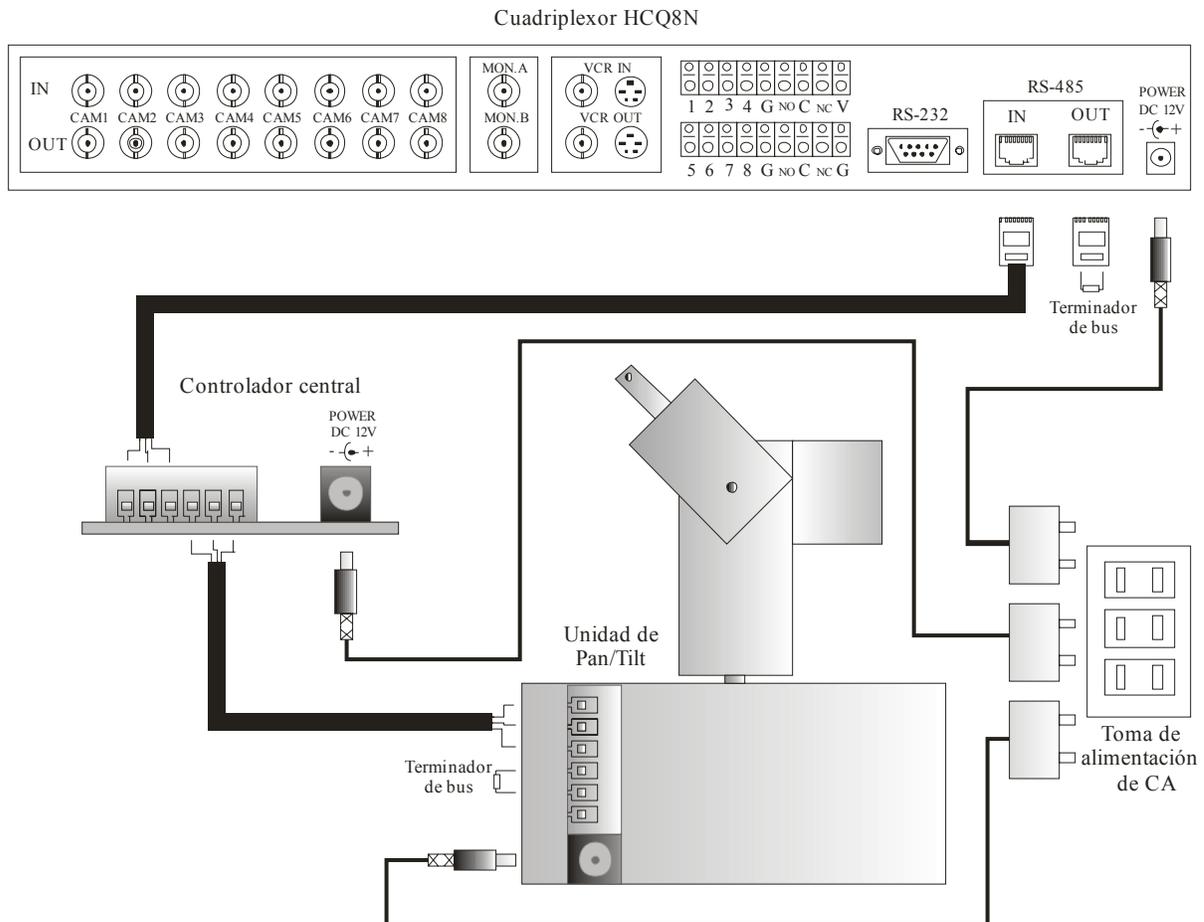


Figura A.3. Conexión del sistema con el cuadriplexor HCQ8N.

A.4. Descripción de las terminales de los conectores

En la figura A.4 se muestra la parte posterior del controlador central y la figura A.5 muestran los conectores de la unidad de Pan/Tilt. En la tabla A.2 se describen las terminales de los conectores de ambos módulos.

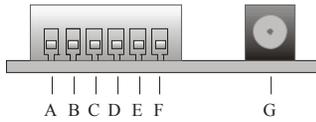


Figura A.4. Parte posterior del controlador central.

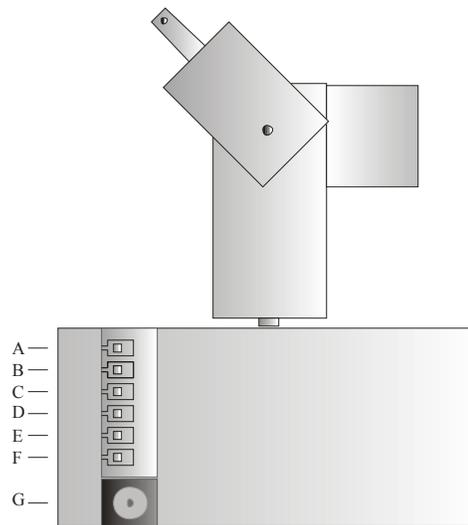


Figura A.5. Conectores de la unidad de Pan/Tilt.

Tabla A.2. Descripción de los conectores del control central y de la unidad de Pan/Tilt.

Parte		Señal	Descripción
Control central	Unidad de Pan/Tilt		
A	A	RXA	Terminal de voltaje Va.
B	B	RXB	Terminal de voltaje Vb
C	C	GND	Señal de tierra.
D	D	RXA	Terminal de voltaje Va.
E	E	RXB	Terminal de voltaje Vb.
F	F	GND	Señal de tierra.
G	G	Voltaje CD	Jack de alimentación acepta 12Vcd a 1.5A. El conector en el centro debe recibir voltaje positivo.

En la figura A.6 se muestra el panel posterior del cuadriplexor HCQ8N y en la tabla A.3 la función de los conectores. En la figura A.7 se muestran los conectores RJ45 del cuadriplexor HCQ8N y en la tabla A.4 la descripción de las terminales de los conectores RJ45.

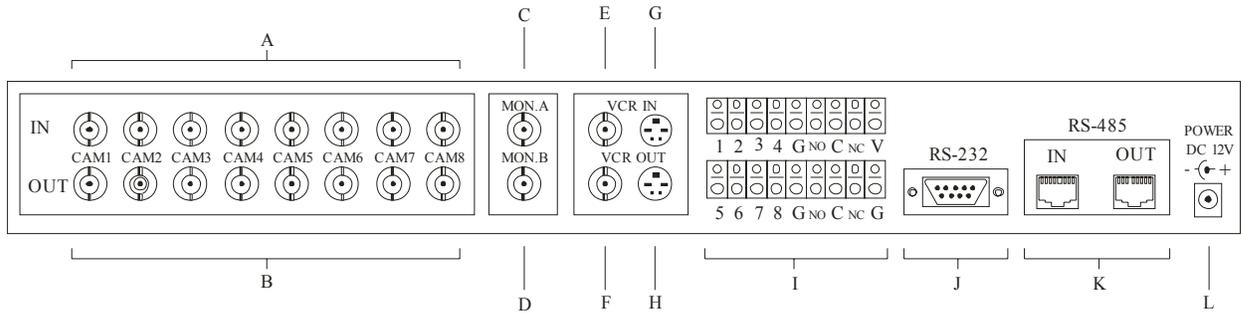


Figura A.6. Panel posterior del cuadriplexor HCQ8N.

Tabla A.3. Descripción de los conectores del cuadriplexor HCQ8N.

Parte	Etiqueta	Función
A	Camera IN	Entradas de la señal de video de las cámaras
B	Camera OUT	Salidas de video de las cámaras para usar con equipo auxiliar.
C	MON.A	Salida de video, despliegue de imágenes en el modo pantalla completa, QUAD o PIP.
D	MON.B	Salida de video, despliegue de imágenes del modo QUAD o PIP. Y despliegue de imágenes en modo pantalla completa con activación de alarmas.
E	VCR IN BNC	Entrada de video de una videocasetera.
F	VCR OUT BNC	Características iguales a MON.B, para usar con una videocasetera.
G	VCR IN Y/C	Características iguales que la parte E, pero ahora con conectores Y/C.
H	VCR OUT Y/C	Características iguales que la parte F, pero ahora con conectores Y/C.
I	Alarm in	Entrada de alarmas.
	Alarm Out	Salidas tipo relevador.
J	RS-232	Control remoto por RS-232. Conector DB9 (hembra).
K	RS-485	Control remoto por RS-485. Conector RJ-45 (hembra).
L	POWER	Jack de alimentación acepta 12Vcd a 1.5A. El conector en el centro debe recibir voltaje positivo.

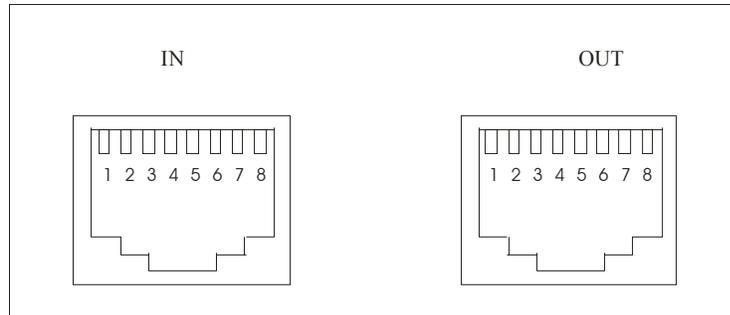


Figura A.7. Conectores RJ45 del cuadriplexor HCQ8N.

Tabla A.4 Descripción de las terminales de los conectores RJ45 del cuadriplexor HCQ8N.

Pin	Señal		Descripción
	IN	OUT	
1	VCC	-	Voltaje de corriente directa (5V).
2	-	-	-
3	RXS	RXS	Conectando esta señal externamente con RXB a través de una resistencia se puede cerrar el bus.
4	RXB	RXB	Terminal de voltaje Vb.
5	-	-	-
6	RXA	RXA	Terminal de voltaje Va.
7	-	-	-
8	GND	-	Señal de tierra.

Anexo B. Diagramas eléctricos de los módulos del sistema

B.1. Control remoto

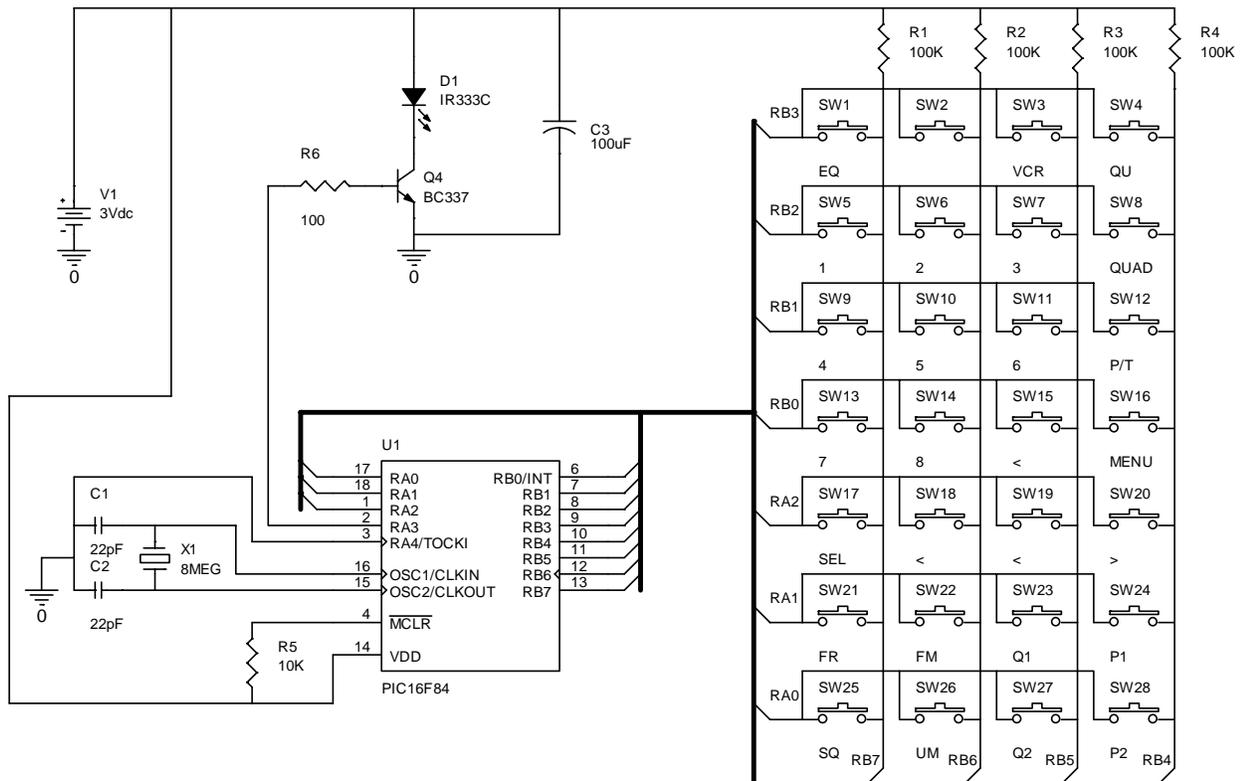


Figura B. 1. Diagrama esquemático del control remoto.

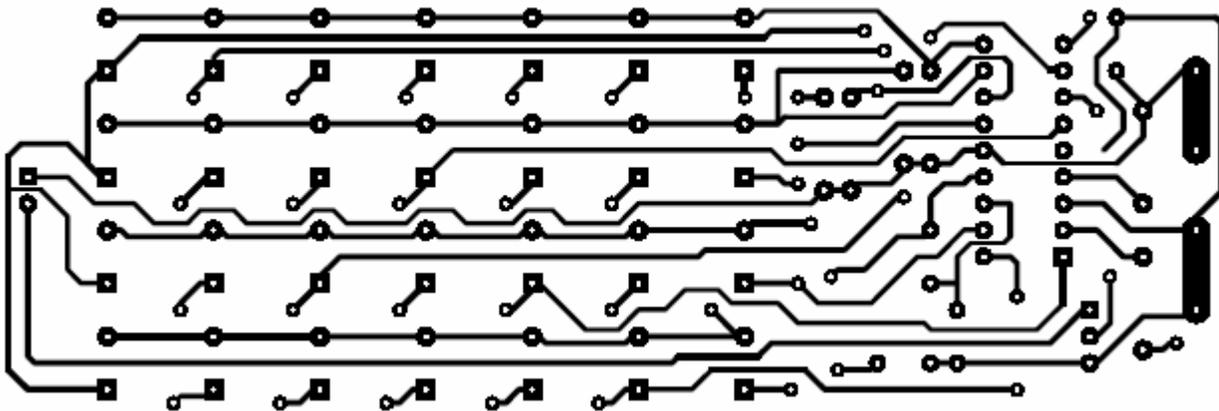


Figura B.2. Circuito impreso del control remoto (lado de la soldadura).

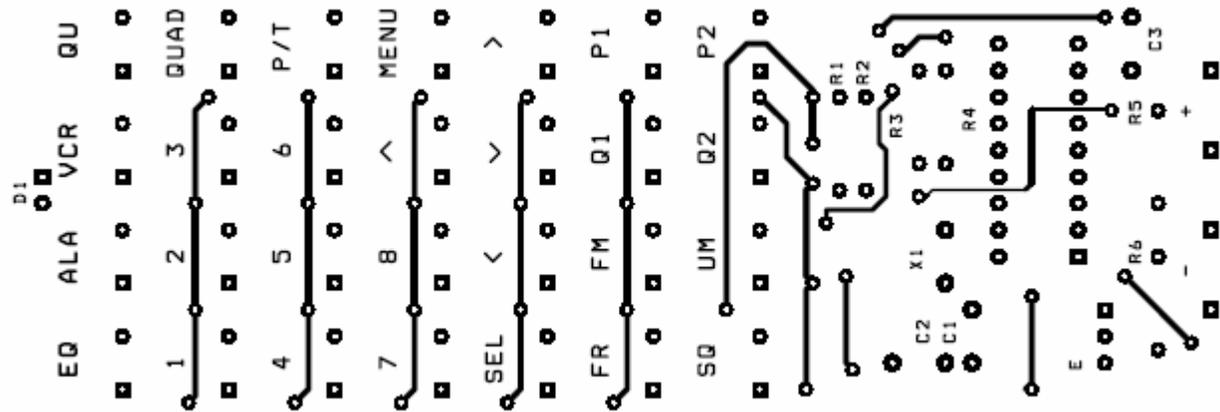


Figura B.3. Circuito impreso del control remoto (lado de los componentes).

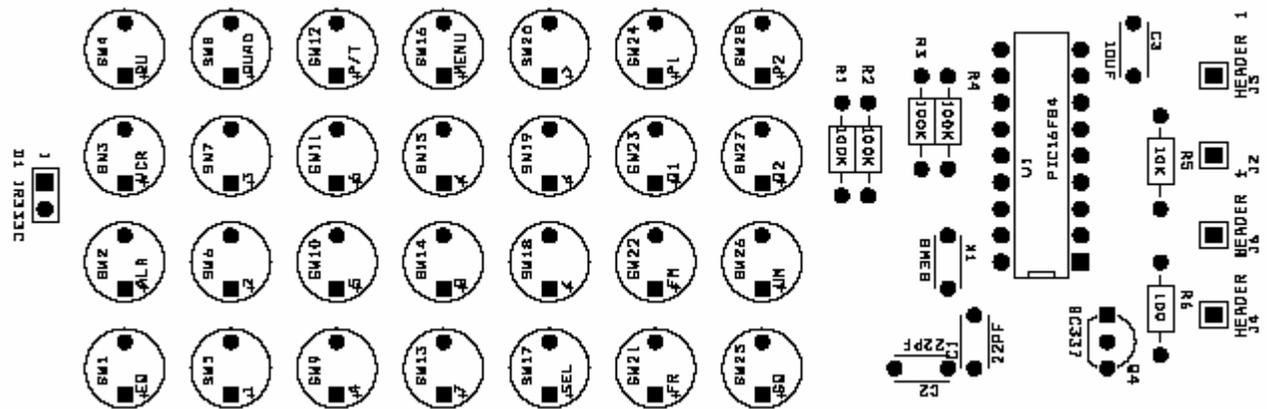


Figura B.4. Diagrama de la localización de los componentes del control remoto.

Tabla B.1. Lista de componentes del control remoto.

No. de parte	Cantidad	Referencia	Descripción	No. de parte	Cantidad	Referencia	Descripción
1	2	C1, C2	Capacitor cerámico de 22Pf.	6	1	X1	Cristal de 8MEG.
2	1	C3	Capacitor electrolítico de 100uF a 25V.	7	1	U1	Microcontrolador PIC16F8.
3	4	R1, R2, R3, R4	Resistencia de 100KΩ a 0.25W.	8	1	Q4	Transistor BC337.
4	1	R5	Resistencia de 10KΩ a 0.25W.	9	1	D1	LED IR33C.
5	1	R6	Resistencia de 100Ω a 0.25W.	10	28	SW1~SW28	PUSH BUTTON.

B.2. Controlador central

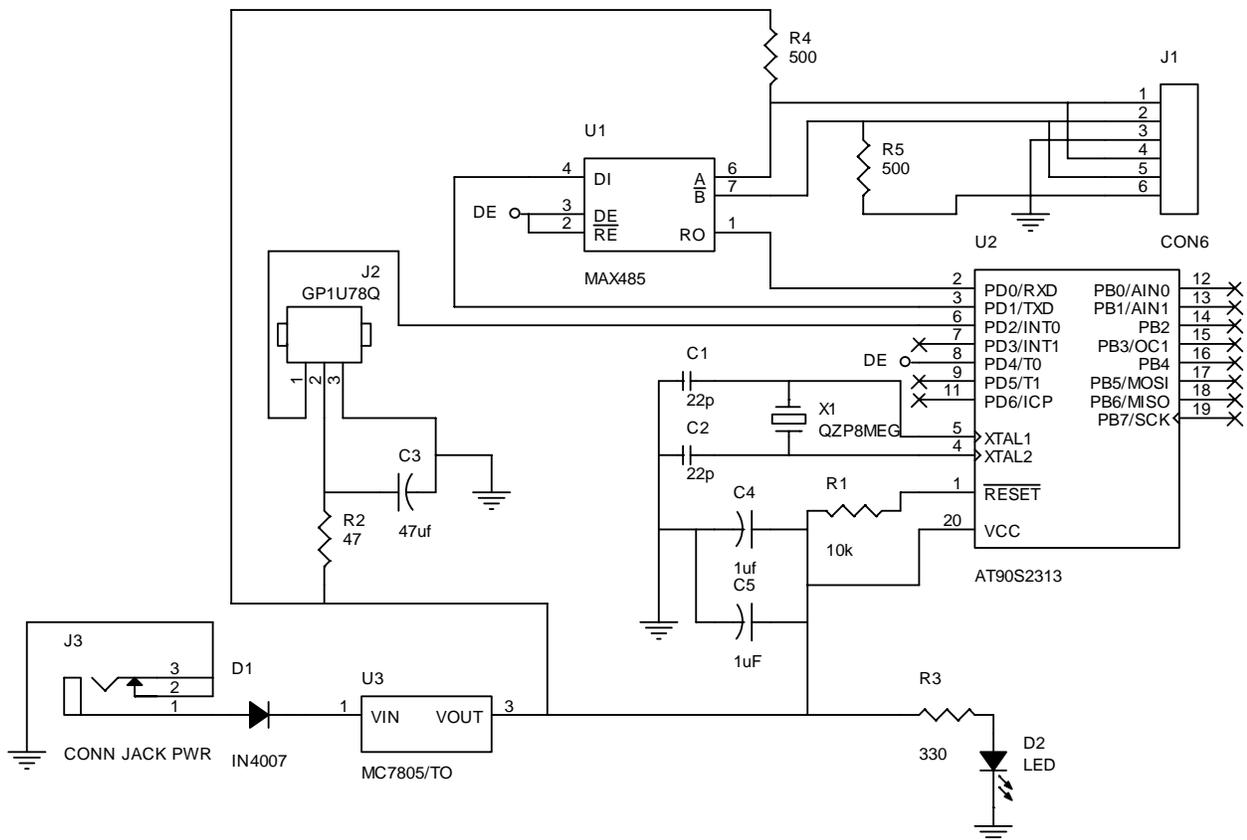


Figura B.5. Diagrama esquemático del controlador central.

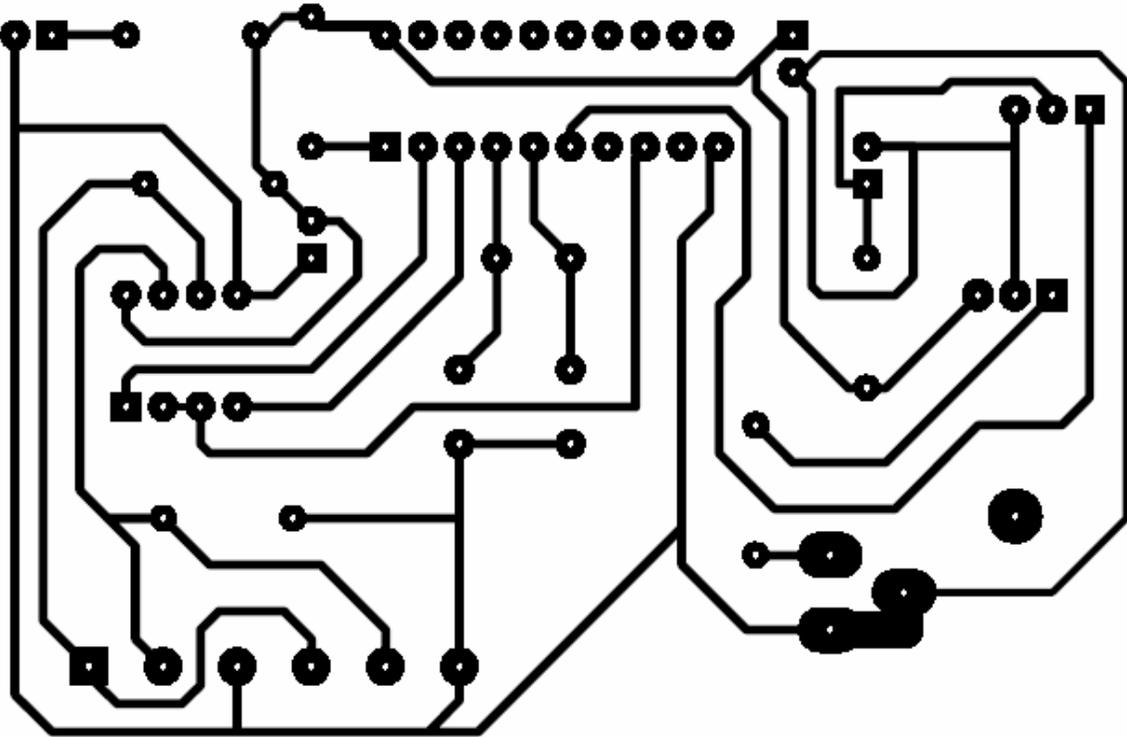


Figura B.6. Circuito impreso del controlador central (lado de la soldadura).

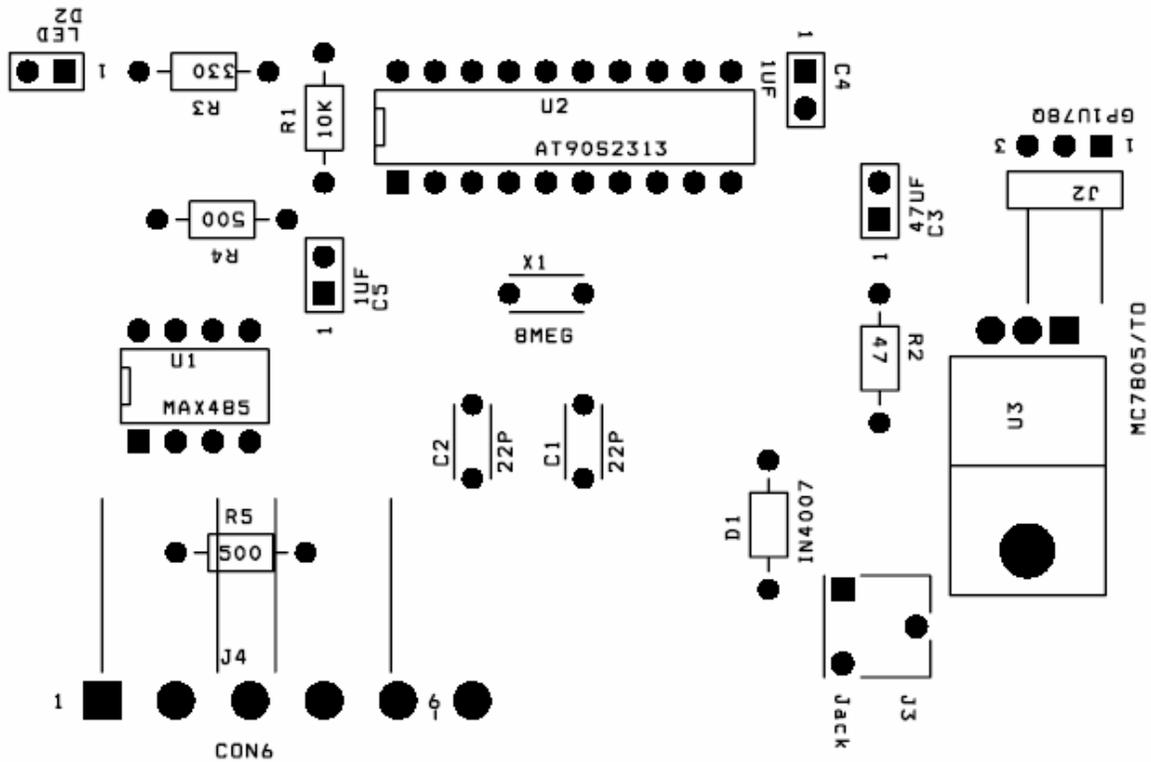


Figura B.7. Diagrama de la localización de los componentes del controlador central.

Tabla B. 2. Lista de componentes del controlador central.

No. de parte	Cantidad	Referencia	Descripción
1	2	C1,C2	Capacitor cerámico de 22uF.
2	1	C3	Capacitor electrolítico de 47uF a 25V.
3	2	C4,C5	Capacitor de tantalio de 1uF.
4	1	R1	Resistencia de 10K Ω a 0.25W.
5	1	R2	Resistencia de 47 Ω a 0.25W
6	1	R3	Resistencia de 330 Ω a 0.25W.
7	2	R4,R5	Resistencia de 530 Ω a 0.25W.
8	1	D1	Diodo IN4007
9	1	D2	LED
10	1	X1	Cristal de 8MEG.
11	1	U1	Transreceptor MAX485.
12	1	U2	Microcontrolador AT90S2313.
13	1	U3	Regulador de voltaje MC7805.
14	2	J1	Terminal triple con tornillos.
15	1	J2	Módulo detector de IF GP1U78Q
16	1	J3	Jack para plug invertido.

B.3. Unidad de Pan/Tilt

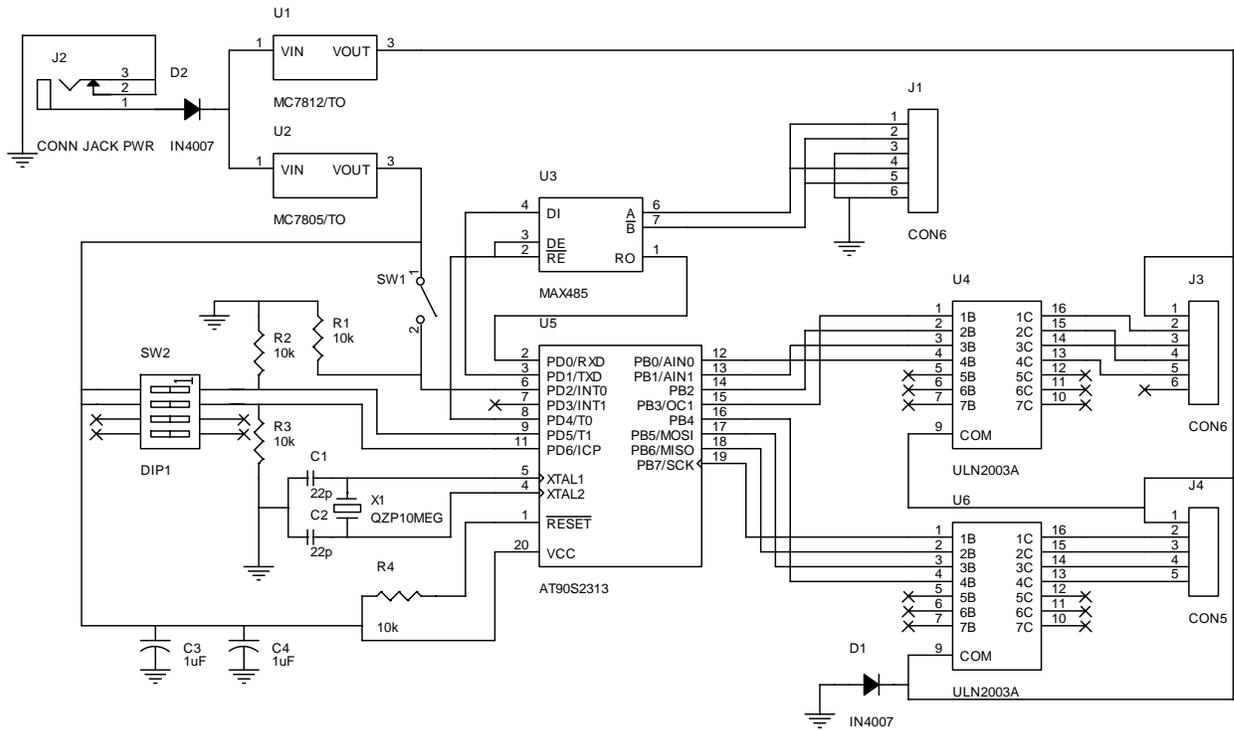


Figura B.8. Diagrama esquemático de la unidad de Pan/Tilt.

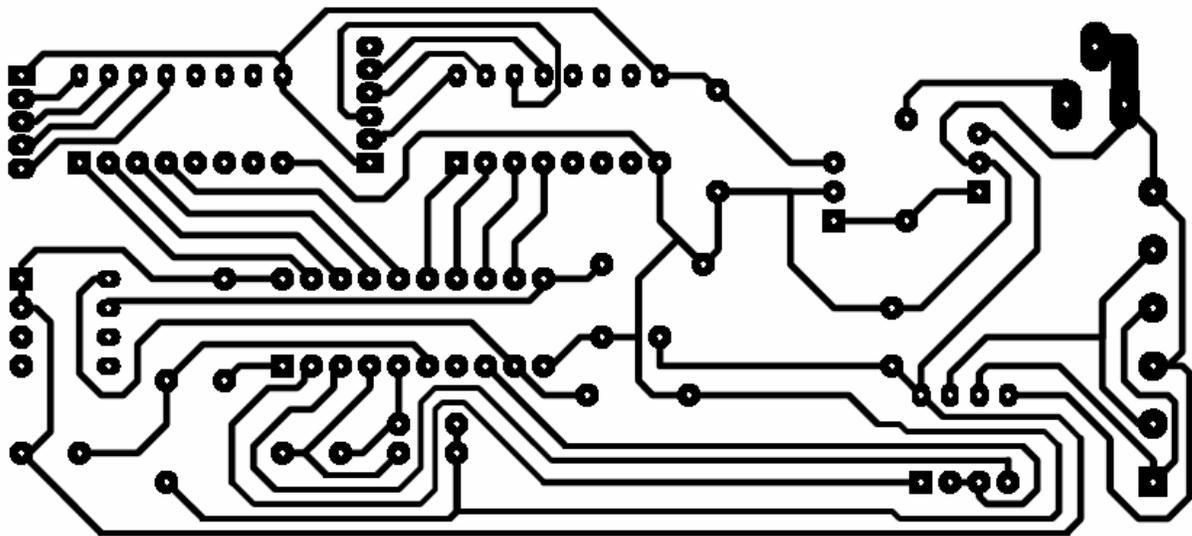


Figura B.9. Circuito impreso de la unidad de Pan/Tilt (lado de la soldadura).

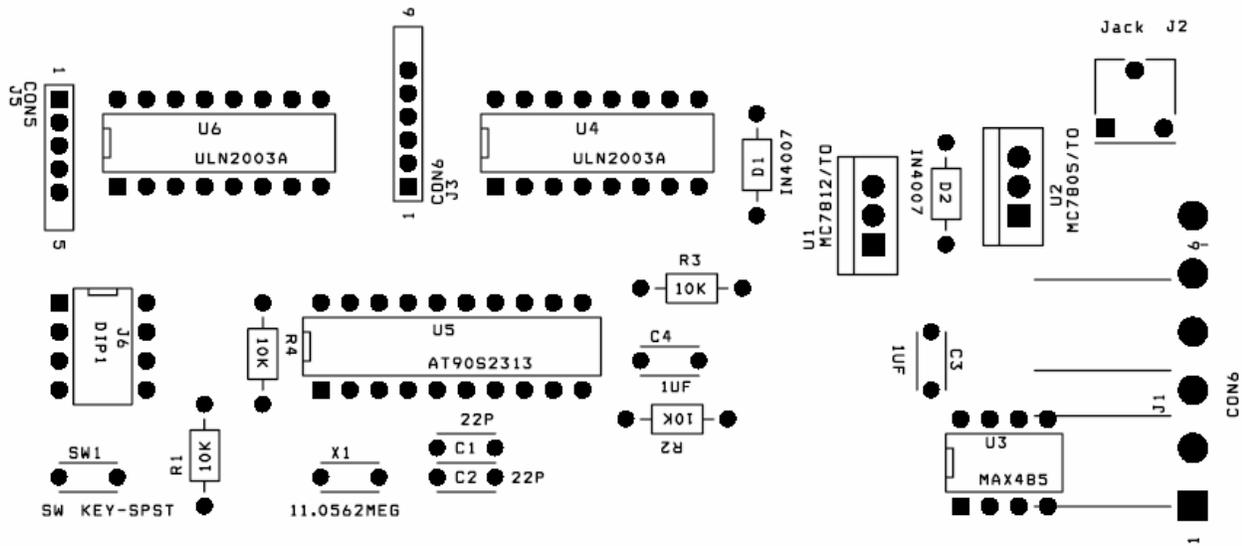


Figura B.10. Diagrama de la localización de los componentes de la unidad de Pan/Tilt.

Tabla B.3. Lista de componentes de la unidad de Pan/Tilt.

No. de parte	Cantidad	Referencia	Descripción
1	2	C1,C2	Capacitor cerámico de 22uF.
2	2	C3, C4	Capacitor de tantalio de 1uF.
3	4	R1, R2, R3, R4	Resistencia de 10KΩ a 0.25W.
4	2	D1, D2	Diodo IN4007.
5	1	X1	Cristal de 11.0562MEG.
6	1	U1	.Regulador de voltaje MC7812.
7	1	U2	Regulador de voltaje MC7805.
8	1	U3	Transreceptor MAX485.
9	2	U4, U6	Integrado con array de 7 transistores darlington ULN2003A.
10	1	U5	Microcontrolador AT90S2313.
11	1	SW1	Botón.
12	1	SW2	DIP de 4 vías.
13	2	J1	Terminal triple con tornillos.
14	1	J2	Jack para plug invertido.