

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO

“Hermanos Saíz Montes de Oca”

Facultad de Informática y telecomunicaciones

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



PROYECTO DE DIPLOMA

*(Proyecto de Diploma presentado en opción al título de
Ingeniero en Electromecánica)*

Título: Control remoto con infrarrojos usando microcontroladores.

Autor: José Miguel Allauca González

Pinar del Río, Septiembre del 2010

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO

“Hermanos Saíz Montes de Oca”

Facultad de Informática y telecomunicaciones

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



PROYECTO DE DIPLOMA

*(Proyecto de Diploma presentado en opción al título de
Ingeniero en Electromecánica)*

Título: Control remoto con infrarrojos usando microcontroladores.

Autor: José Miguel Allauca González

Tutor: MSc. Rolando Rodríguez Henríquez.

Pinar del Río, Septiembre del 2010

Pensamiento

*El Hombre no fue creado por la tecnología,
sino la tecnología por el Hombre.*

*Pues el valor de la tecnología es
el que sea capaz de lograr
el Hombre que la maneje.*

Giovanny Alpi.

NOTA
DE
ACEPTACIÓN

Nota de Aceptación

Cuño

Presidente del Tribunal

Secretario

Fecha:

Ciudad de Pinar del Río

Vocal

Opinión del tutor:

.....

.....

.....

.....

MSc. Rolando Rodríguez Henríquez.

DECLARACION
DE
AUTORIDAD

Declaración de Autoridad

Declaro que soy el único autor de este Proyecto de Tesis y que autorizo a la Universidad de Pinar del Río a hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

José Miguel Allauca G.

DEDICATORIA

A mis padres y a mi novia
por su confianza en mi
y amor infinito.
los quiero mucho.

INDICE

Introducción	1
Capítulo I. Características generales de los infrarrojos	3
1.1. Características de la radiación infrarroja (IR).....	3
1.2. Caracterización de los emisores infrarrojos.....	4
1.3. Tipos de Receptores.....	5
1.4. Características físicas y tecnológicas de los receptores IR.....	6
1.5. Breve caracterización de los receptores de luz infrarroja.....	9
1.6. Aspectos generales para seleccionar dispositivos receptores.....	12
1.7. Conclusiones parciales.....	13
Capítulo II. Sistema de enlace infrarrojo utilizando el MCS PIC18F4620	15
2.1. Descripción del sistema propuesto.....	15
2.1.1. Bloque emisor.....	15
2.1.2. Bloque receptor de luz infrarroja.....	18
2.1.3. Bloque de control y procesamiento.....	19
2.2. Conexión del sistema completo.....	20
2.2.1. El mando a distancia.....	21
2.2.2. El detector o receptor de mando a distancia que se utilizó en el proyecto (HS0038A2) de la compañía Vishay Telefunken.....	22
2.3. Aplicaciones del sistema propuesto.....	24
2.3.1. Control de los LEDs y el LCD.....	25
2.3.2. Control de aplicaciones en la PC.....	25
2.4. Conclusiones parciales.....	26
Capítulo III. Valoración económica	28
3.1. Etapa de revisión bibliográfica y diseño.....	28
3.2. Gastos en la etapa de realización.....	29

3.3. Gastos en la realización del software.....	30
3.4. Gastos de energía eléctrica.....	31
3.5. Costo de Producción.....	32
3.6. Análisis final.....	32

Conclusiones.

Recomendaciones.

Referencias bibliográficas.

Bibliografía.

Anexos.

RESUMEN

En el presente proyecto de diploma, se realizó el diseño y construcción de un control remoto usando infrarrojos y el microcontrolador PIC18F4620. A través de su desarrollo se tratan temas como las características y usos de los infrarrojos, se explica cada uno de los módulos que componen el sistema propuesto: control remoto, la placa para colocar el microcontrolador, puerto serie. El control de la aplicación se realiza con el microcontrolador PIC18F4620, el cual se encarga de procesar la información procedentes del control remoto y enviarla ya sea al LCD o por puerto serie a la PC.

El presente proyecto cumplió los objetivos propuestos, o sea, el diseño y construcción de un sistema que lea los datos enviados por un control remoto comercial usando infrarrojos y el microcontrolador PIC18F4620 según sus especificaciones, la elaboración de un software, la comunicación serie con la computadora a través de la programación efectuada en el MPLAB, hicieron posible la terminación del proyecto.

ABSTRACT

The present diploma project was carried out the design and construction of a remote control, using infrareds and the microcontrolador PIC18F4620. Through their development they will be topics like the characteristics and uses of the infrareds, each one of the modules will be explained that compose the proposed system: the sensors, the badge to place the microcontrolador. The control of the application is carried out with the microcontrolador PIC18F4620 which takes charge of to process the information coming from the sensor ones and to either send them to the LCD or for port series.

The present project completed the proposed objectives. The achievement of the design, and construction of a remote control, using infrareds and the microcontroller PIC18F4620 according to their specifications, the elaboration of a software, the communication series with the computer through the programming made in the MPLAB, they made possible the termination of the project.

INTRODUCCIÓN.

Actualmente, el control remoto de aparatos electrónicos es algo habitual. Es notoria la cantidad de aparatos electrónicos con mando a distancia que hoy en día podemos encontrar en los hogares. Resulta evidente que los mandos a distancia han sido una revolución en todos los ámbitos pues estos dispositivos inalámbricos permiten al usuario ejecutar de manera remota tareas cotidianas como: subir el volumen, comenzar la reproducción de un video, avanzar a la siguiente dispositiva de una presentación, etc.

Los **enlaces infrarrojos** se encuentran limitados por el espacio y los obstáculos. El hecho de que la longitud de onda de los rayos infrarrojos sea tan pequeña (850-900 nm), hace que no pueda propagarse de la misma forma en que lo hacen las señales de radio.

Es por este motivo que las redes infrarrojas suelen estar dirigidas a oficinas o plantas de oficinas de reducido tamaño. Algunas empresas, van un poco más allá, transmitiendo datos de un edificio a otro mediante la colocación de antenas en las ventanas de cada edificio. Por otro lado, las transmisiones infrarrojas presentan la ventaja, frente a las de radio, de no transmitir a frecuencias bajas, donde el espectro está más limitado, no teniendo que restringir, por tanto, su ancho de banda a las frecuencias libres.

Esta investigación está basada en el diseño teórico y práctico de un control remoto usando los dispositivos infrarrojos y los microcontroladores.

Con este trabajo se pretende realizar un pequeño estudio de las aplicaciones de los infrarrojos. Se brinda una información de gran interés sobre este tipo de radiación óptica, sus generalidades, características, así como un breve estudio acerca de los receptores de luz infrarrojos. También se plasman datos de los microcontroladores PIC.

La idea fundamental es el empleo de un microcontrolador PIC18F4620, que será el eje fundamental del sistema.

Basándose en este análisis teórico fue posible el diseño e implementación del sistema de sensado de la señal IR emitida por un control remoto comercial, logrando así llevar a la práctica este bloque.

Problema.

El problema de esta investigación es la necesidad de realizar la conexión entre un control remoto comercial y un microcontrolador a fin de desarrollar aplicaciones que permitan el control de cualquier hardware de manera remota.

Objeto.

El objeto de la investigación es el sistema de conexión mediante infrarrojos y usando el microcontrolador PIC18F4620.

Objetivo general.

El objetivo general de este trabajo es diseñar un sistema de interconexión utilizando un control remoto comercial y el microcontrolador PIC18F4620.

Objetivos.

Con el fin de organizar el trabajo nos hemos trazado los siguientes objetivos específicos:

1. Estudiar los diodos infrarrojos (IRD), su desarrollo, aplicaciones así como las tendencias actuales.
2. Diseño de un enlace infrarrojo utilizando un control remoto comercial y el microcontrolador PIC18F4620.
3. Elaborar programas de trabajo para el funcionamiento de los bloques funcionales que integran el sistema a desarrollar.
4. Elaborar el informe final para la presentación de los resultados del proceso de investigación científica efectuado.

Hipótesis.

Derivado del análisis y la relación entre el problema, el objeto y el objetivo de la investigación se puede plantear la siguiente hipótesis: si se diseña un sistema que permita desarrollar un enlace infrarrojo entre un control remoto comercial y el microcontrolador PIC18F4620 se podrá entonces realizar el control de dispositivos y equipos con solo la opresión de las teclas del control remoto.

CAPÍTULO I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS INFRARROJOS.

Esta investigación está basada en el diseño teórico y práctico de un enlace infrarrojo utilizando un control remoto convencional y un receptor a base de un detector HS0038A2 de de la compañía Vishay Telefunken conectado a un microcontrolador PIC18F4620 y este a una computadora personal a través del puerto serie.

Se pretende en este capítulo realizar un pequeño estudio de las barreras infrarrojas. Se brinda una información de gran interés sobre este tipo de radiación óptica, sus generalidades, características, así como un breve estudio acerca de los receptores de luz infrarrojos. También se plasman datos de los materiales semiconductores más utilizados con estos fines.

Basándose en este análisis teórico fue posible el diseño e implementación del enlace infrarrojo, logrando así llevar a la práctica el sistema. Al final del capítulo se exponen las características del IRD detector que se seleccionó para la puesta a punto del sistema.

1.1. Características de la radiación Infrarroja (IR).

El diapasón óptico incluye en sí mismo longitudes de onda que oscilan entre los 100nm y 1000 μ m. Presentan una dualidad en su comportamiento, de naturaleza corpuscular y ondulatoria; donde en ocasiones manifiesta reforzadas características de ondas electromagnéticas, y en otras, un flujo de fotones (o cuantos), por lo que se podrán encontrar dispositivos que utilizan la manifestación corpuscular de las emisiones electromagnéticas, y otros la ondulatoria.

Fenómenos como la difracción y la interferencia, caracterizan la manifestación ondulatoria; mientras que el Efecto Fotoeléctrico o Fotoefecto caracteriza la manifestación corpuscular de la radiación portando un carácter cuántico, por lo que se utiliza mucho en los dispositivos modernos, tanto en emisores como en receptores.

Es de vital importancia en este estudio la teoría enunciada por Max Planck, la cual enlaza las características propias de la radiación con la energía de los cuantos:

$$E = hf = h \times \frac{c}{\lambda} ;$$

Donde: $h = 6.6 \times 10^{-34} J \times s$ (Constante de Planck)

$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (Velocidad de la luz)

f – Frecuencia de la radiación.

λ – Longitud de onda de la radiación.

El diapasón óptico, para su mejor estudio, se divide en sub-diapasones:

Ü Luz ultravioleta: (0.1- 0.4) μm .

Ü Luz visible: (0.4 - 0.75) μm .

Ü Luz infrarroja: (0.75 – 1000) μm .

Resultan de gran utilidad los dispositivos que utilizan el diapasón visible del espectro, sin embargo, los dispositivos sensibles a la luz infrarroja son los más explotados.

Por la importancia que presenta el diapasón de luz infrarroja, para su mejor estudio, se ha subdividido en ventanas de propagación atmosférica, las cuales se encuentran en los siguientes rangos.

Ü Infrarrojo inmediato: (0.95 - 1.35) μm .

Ü Infrarrojo cercano 1: (2.1- 2.4) μm .

Ü Infrarrojo cercano 2: (3.3 - 5.1) μm .

Ü Infrarrojo lejano 1: (8 - 13) μm .

Ü Infrarrojo lejano 2: mayores de 13 μm .

La luz infrarroja, en su propagación, es absorbida por las moléculas de H_2O y CO_2 que se encuentran a su paso. Como las emisiones de esta naturaleza son de más alta frecuencia que las de radio, la absorción es aún mayor. Para los cuerpos sólidos a 300 *Kelvin*, la máxima emisión de luz se observa en la ventana del IR lejano o sea, entre 8 μm y 13 μm , teniendo el máximo de emisión en los 9.7 μm ; es por ello que los sistemas modernos de termovisión utilizan dispositivos sensibles a este rango.

1.2. Caracterización de los emisores infrarrojos.

La emisión correspondiente al infrarrojo (IRD) se explota en las comunicaciones ópticas a corta distancia, utilizando la atmósfera.

En esta zona también existe absorción atmosférica al igual que en la zona ultravioleta, pero hay ventanas de propagación que posibilitan exitosamente las emisiones IR con una disminución considerable de la absorción.

Las emisiones en cuestión presentan un bajo consumo energético, y los dispositivos capaces de emitirlos y sensorlos son muy baratos. También los circuitos para su implementación son pequeños y reúnen las cualidades necesarias para establecer el control sin ser notado.

En la literatura especializada se nota una clasificación relacionada con los emisores de luz IR y son los términos:

- Û Infrarrojo activo (**IRA**).

- Û Infrarrojo pasivo (**IRP**).

En el **IRA** se encuentran los emisores de luz IR artificial o sea provocados por láseres, diodos IR, etc.

En el **IRP** se encuentran los emisores de luz IR naturales o la que emiten todos los cuerpos “calientes”, como parte de su propia existencia, como son los seres vivos, los emisores de luz natural: estrellas y cuerpos calientes producto de la combustión, etc., todos ellos emiten luz IR en el IR pasivo.

Las emisiones IR se utilizan mucho en las comunicaciones y específicamente el IRA en láseres de CO_2 , pero que emiten en el infrarrojo lejano ($10.6\mu m$) y los **másers** de antimonio, que emiten en el IR inmediato a $1.06\mu m$ y claro está que estas propagaciones coinciden con las ventanas transparentes o de menor absorción por parte de la atmósfera.

1.3. Tipos de receptores.

Los receptores actuales se diferencian en su principio de funcionamiento y se agrupan en dos conjuntos fundamentales:

- Û Receptores térmicos.

- Û Fotoeléctricos.

Û Fotoquímicos.

Los receptores ópticos absorben la luz (IR), y como consecuencia aumenta su temperatura, lo que cambia las características físicas de sus materiales.

Ellos sólo ofrecen una relación de la potencia luminosa recibida, independientemente de la composición espectral, y se clasifican en cuatro grandes grupos:

Û Termoelementos: Generan una termo FEM con el calentamiento del receptor.

Û Resistivos: Varían su resistencia eléctrica con la variación de su temperatura.

Û Piroeléctricos: Aparecen en la superficie de los dispositivos cargas eléctricas en función del aumento de la temperatura.

Û Cuánticos: Incluyendo a los fotodiodos y fototransistores, ocurren procesos de generación de pares electrón-hueco que hacen variar, debido a la incidencia luminosa, la movilidad corpuscular, justo como ocurre en los semiconductores.

1.4. Características físicas y tecnológicas de los receptores IR.

Sensibilidad de los receptores.

Esta sensibilidad viene manifestada a través de la reacción del receptor ante la influencia de la luz, siendo igual a la relación que existe entre la variación en la señal de la salida y la variación de las características de la emisión:

$$S = \frac{dU}{d\phi} \quad [\text{V/W} \quad \text{ó} \quad \text{V/Luz}]$$

Donde ϕ - Flujo luminoso.

U- Tensión a la salida del receptor.

Determinando la sensibilidad para una λ específica, se accede de la siguiente fórmula:

$$S_{\lambda} = \frac{dI}{d\phi_{\lambda}} \quad ;$$

Donde S_{λ} - Sensibilidad para una emisión caracterizada por su λ .

Los sensores actuales que siguen el principio del Fotoefecto Interno y se implementan como fotoresistencias a base de semiconductores, tienen como principio la variación de

la resistencia eléctrica de los materiales gracias a la absorción de la luz sin la variación de la temperatura.

En los materiales semiconductores, tales como Si, Ge, mezclas semiconductoras de GaAs y CdSe fundamentalmente, aparecen portadores de carga excitados por la acción de la luz. Debido a la acción de los fotones los electrones de valencia adquiere un nivel energético más activo, pudiendo ocurrir también la excitación espontánea, o sea, la liberación de electrones en condiciones de estabilidad termoeléctrica.

Resulta claro que la fotoconducción aparece sólo por la excitación suficiente, es decir cuando la energía de los fotones $h\nu$ sobrepasa el umbral energético de transición de los portadores desde la zona de valencia a la de conducción, o sea, es la excitación necesaria para vencer la zona prohibida.

Tal idea permite concluir lo siguiente: la fotoconducción es proporcional a la intensidad luminosa aunque ocurre un fenómeno realmente interesante, por un lado con la disminución de la energía de los cuantos disminuye la fotoconducción, o sea, esto se expresa a través del aumento de la longitud de onda de la emisión recibida (λ), pero con la misma potencia emitida en la misma área, el número de cuantos en una unidad de tiempo es proporcional a $\frac{1}{\lambda}$, es decir, con la disminución de λ disminuye el número de cuantos, aunque estos sean energéticamente más capaces de excitar que las otras longitudes de onda y este es el problema, pues la red cristalina absorbe toda la energía en fermiones, fonones y otros tipos de ruidos, cuando la λ es pequeña, o sea, los cuantos son energéticamente más capaces de crear procesos de generación y absorción, pero crean un remanente energético que se manifiesta como parte del ruido espectral.

Entonces se define:

$$N_{\phi} = \frac{\phi t}{\lambda \gamma} = \frac{\lambda \phi t}{hc}$$

Donde N_{ϕ} - es el número de cuantos generados.

λ - es la longitud de onda recibida.

t - es la unidad de tiempo.

Se deduce entonces que con el aumento de la longitud de onda (λ) aumenta la sensibilidad (S).

La relación con λ varía en proporción con la profundidad de penetración de la emisión en el semiconductor. Por esto los cuantos con mayor estado energético (o sea con disminución de λ) son absorbidos por los portadores que se encuentran en la superficie, estos se excitan pero son rápidamente neutralizados por la recombinación electrón hueco, ya que este proceso ocurre en zonas relativamente alejadas de la frontera física de unión entre los semiconductores, por tal razón, estos emisores no influyen en la fotoconducción del material.

El aumento de la sensibilidad de los receptores, la cual está relacionada con el aumento de la longitud de onda, va a ser posible teóricamente hasta un valor de $\lambda_{\text{máx}}$ y en la práctica será un valor mayor en dependencia del ancho de banda del fotodiodo.

En la Tabla 1.1 se observan los principales parámetros de los semiconductores utilizados para la fabricación de fotorreceptores que manifiesten cambios en la resistencia eléctrica a partir de la absorción de la luz.

Semiconductor	CdS	CdSe	Si	Ge	PbS	InAs	PbSe	InSb
Zona Prohibida Eg (eV)	2.4	1.7	1.1	0.7	0.37	0.35	0.22	0.18
λ máx (μm)	0.5	0.72	0.8	1.6	2.5	3.2	3.5	6.5
Mov – Elec $\mu\text{n } 10^3 \text{ cm}^2/\text{V}^*\text{s}$	0.2	0.5	1.4	3.8	0.6	22	1.0	78

Tabla 1.1. Semiconductores utilizados en la fabricación de fotorreceptores.

Las características de estos materiales es sensiblemente alterados por mezclas que actualmente se experimenta con el objetivo de mejorar el comportamiento de estos dispositivos fuera del diapasón visible de la luz.

De tal manera que los materiales de CdS y CdSe se comportan bien en la zona visible del espectro, mientras que los restantes en el infrarrojo cercano y en las zonas de propagación atmosféricas, sin embargo, en la tabla faltan elementos que trabajan con el principio de fotoconducción remanente ó térmica en la ventana de los 8 a los 13 μm . Para ello bastaría un semiconductor con zona prohibida de 0.1eV cosa esta hasta el momento casi imposible si se ve desde el punto de vista físico ideal, por lo cual, se

puede realizar u obtener materiales con tan estrecha zona prohibida a través de mezclas basadas en dos tipos de semiconductores: HgTe y CdTe. Un componente cerámico de CdTe tiene un ancho de zona prohibida $E_g = 1.5$ eV y HgTe presenta una asombrosa cercanía al 0 eV.

Variando la composición de estas disoluciones endurecidas se obtienen complejas mezclas cerámicas de $Cd_xHg_{(1-x)}Te$, las que presentan E_g que van desde 0 eV hasta 1.5 eV y por tal motivo se obtiene el máximo de sensibilidad desde los $0.9\mu m$ hasta $20\mu m$.

1.5. Breve caracterización de los receptores de luz infrarroja.

También los sensores que utilizan como principio la generación cuántica de electrones y huecos sometidos a la influencia de una barrera potencial son muy utilizados actualmente como fotodiodos y fototransistores.

En estos dispositivos la luz incide en la superficie de la unión p-n y como resultado la absorción de los fotones, la energía de los electrones de valencia aumenta y se hace mayor que la energía que caracteriza la zona prohibida. En la zona de unión se provoca la excitación de electrones y huecos y esto trae consigo una variación de densidad y concentración de portadores. Por tal motivo los dispositivos que utilizan el principio de la zona o barrera potencial actúan como emisores de portadores minoritarios provocando gradientes de concentración en la zona de difusión.

La diferencia de potencial al polarizar la unión (ΔU) capaz de romper la barrera y que aparece como consecuencia de la difusión de las impurezas es proporcional a la intensidad luminosa y se relaciona con la resistencia externa con la que está unida al dispositivo.

La máxima sensibilidad de los dispositivos (sensores), puede obtenerse si todos los fotones absorbidos generan un par electrón-hueco en la barrera potencial de la unión. Desde el punto de vista tecnológico esto significa que la zona de iluminación, o sea, la zona p+ (ver Figura 1.1) debe ser bien delgada (y no mayor que la longitud de difusión electrónica) para que los portadores de carga puedan sobrepasar la barrera de potencial, la zona n debe ser lo más grande posible y por supuesto n la velocidad de recombinación en la superficie debe ser menor para que ocurra el proceso de generación cuántica.

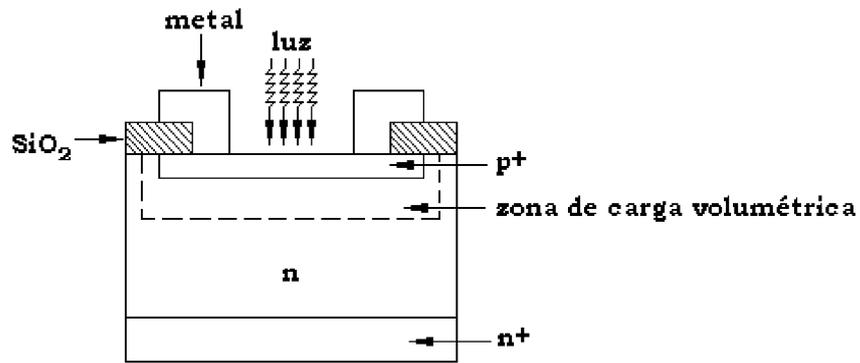


Figura 1.1. Estructura física eléctrica de un fotodiodo.

La capacidad de reacción de los fotodiodos se manifiesta por la influencia de varios factores:

- ü La difusión de los portadores de carga excitados en la zona n y p en dirección de la zona fuertemente dopada o zona de superpoblación.
- ü El tiempo de deriva de los portadores a través de esta zona.

De acuerdo a la tecnología de fabricación de los fotodiodos, estos se clasifican en los siguientes grupos:

- ü Los fotodiodos donde la zona de superpoblación es estrecha.

En ellos la luz es absorbida en el volumen principal, o sea, en la zona de portadores mayoritarios y esto trae como consecuencia que la componente de difusión sea mayor que la componente de deriva, en este caso la constante de tiempo se determina por el tiempo de difusión de los portadores en la unión y este es igual al tiempo de vida o recombinación de los portadores.

- ü Los fotodiodos donde la zona de superpoblación es ancha.

La absorción se produce fundamentalmente en esta zona. Por ello la componente de deriva es mayor que la componente de difusión de la corriente en función de la luz y por tanto la rapidez de reacción es mucho mayor, ya que con el aumento de la tensión en inversa al ancho de la zona de superpoblación aumenta, incrementándose la efectividad y rapidez del fotodiodo. Resulta bueno polarizarlo inversamente en la medida que lo permita la unión para lograr dicho efecto. Esto trae consigo la disminución de la capacidad en la unión lo cual es importante para el aumento de la rapidez, ya que el

tiempo de recombinación está determinado también por la capacidad efectiva del dispositivo y esta influye en la limitación del tiempo de recombinación.

Existe otro tipo de fotodiodos fabricados con una tecnología más sofisticada, y son los denominados:

- Fotodiodos PIN.

En este tipo de fotodiodo, para permitir la operación a altas longitudes de onda y donde la luz penetra más profundamente en el semiconductor, se necesita ensanchar la región de empobrecimiento. Para ello la parte n se dopa tan poco que el material puede considerarse intrínseco y luego para obtener un contacto de baja resistencia se añade una pequeña capa altamente dopada y del mismo tipo (n^+). Esto crea una estructura positivo-intrínseco-negativo (de ahí el nombre de PIN) donde toda la absorción tiene lugar en la región de empobrecimiento.

- Fotodiodo de avalancha (APD).

Este posee una estructura más sofisticada que el PIN con el objetivo de crear una región donde el campo eléctrico sea elevado (del orden de los 300 000 volt/cm). Esto provoca que en la región de empobrecimiento, donde la mayoría de los fotones son absorbidos y se genera los primeros pares de portadores, exista una región de alto potencial en la cual los electrones y los huecos pueden adquirir suficiente energía como para excitar nuevos pares electrón-hueco. Este fenómeno se conoce como ionización por impacto y es el que provoca la "avalancha" o efecto multiplicativo. Para esto se requieren altos voltajes de polarización en inversa para que los nuevos portadores originados por la ionización por impacto puedan por sí solos producir portadores adicionales.

El APD posee como ventaja la ganancia interna que lo hace idóneo para la recepción de radiaciones débiles, pero muestra, ente otras, las siguientes desventajas:

- Compleja fabricación.

- Aleatoriedad del proceso multiplicativo.

- Elevados voltajes de polarización (100 - 400 volts).

- Dependencia del factor de multiplicación con la temperatura.

En este proyecto, el diseño del equipo concibe como receptor óptico un fotodiodo con tecnología PIN, pues teniendo en cuenta las razones esbozadas anteriormente y además la existencia en el mercado de arreglos muy eficientes y a precios muy bajos, se hacen muy factibles y de fácil montaje y adquisición.

Aunque no es objetivo del proyecto seguir profundizando teórica y tecnológicamente en el diseño de los fotodiodos ni de los IRD, se abordará brevemente algunos aspectos generales a tener en cuenta cuando se seleccionan dispositivos de este tipo.

1.6. Aspectos generales para seleccionar dispositivos receptores.

Para una selección especial de los receptores es preciso tener en cuenta el tipo de tecnología y materiales utilizados en la construcción del dispositivo, así como algunos parámetros cuánticos necesarios para precisar aspectos y detalles del montaje y explotación del mismo en una aplicación dada, aunque para aplicaciones sencillas el fabricante brinda la información elemental y necesaria para obtener buenos prototipos.

Es muy necesario conocer aspectos de la calidad cuántica de los dispositivos y para ello en nuestro caso se analizan algunos elementos a tener en cuenta en los fotodiodos PIN y en la relación señal ruido RSR.

Se puede definir entonces la RSR como:

$$RSR = \frac{I_p^2}{2eB(I_p + I_d) + \frac{4KTB}{RL}} ;$$

Donde I_p^2 - se define como la fotocorriente producida por el detector.

Las dos fuentes principales de ruido en los fotodiodos sin ganancia interna (PIN) son la corriente de oscuridad y el ruido cuántico. La contribución de estas fuentes de ruido forma el producto ruido de disparo total.

$$i_{ts}^2 = 2e B (I_p + I_d)$$

Donde I_p - Fotocorriente producida por el detector .

I_d - Corriente de oscuridad.

B - Ancho de banda de la señal recibida.

e - Carga del electrón.

La corriente de oscuridad es una pequeña corriente de fuga que aparece en los terminales del dispositivo cuando sobre este no está incidiendo potencia óptica alguna. A pesar de ser pequeña, contribuye al ruido del sistema provocando fluctuaciones aleatorias del flujo de fotocorriente y aunque en esta aplicación influye aún menos es necesario tenerla en cuenta a la hora de modelar sistemas de comunicaciones.

También juega un papel importante a la hora de seleccionar el dispositivo de mejor eficiencia cuántica conocer la generación de ruido térmico que no es más que el ruido que ocurre entre los electrones libres y los iones vibrantes del medio intrínseco y es predominante en los resistores internos del arreglo y ésta representa un valor considerable en el cociente de RSR y está definida en el denominador como:

$$\overline{I_t^2} = \frac{4KTB}{R}$$

En esta expresión se nota como la resistividad juega un papel importante en el denominador y ésta no es más que la relación entre la eficiencia cuántica o sea electrones colectados por fotones incidentes sobre la constante de *Planck* y la frecuencia de los fotones incidentes como muestra la siguiente expresión.

$$R = \frac{\eta e}{hf} ;$$

Es factible en todos los casos asumir a R como la resistencia de carga del circuito equivalente de ahí, que resulta muy lógico aumentar la impedancia del amplificador de la señal para obtener una disminución considerable del ruido térmico y por tanto, un mejoramiento de la RSR, aunque este aumento de R deberá ser limitado por el ancho de banda (B) de la señal recibida para evitar sobresaturaciones resonantes que pueden originar a su vez otra fuente de ruido.

1.7. Conclusiones parciales.

Con el análisis de los parámetros fundamentales de los receptores ópticos, así como los materiales más utilizados en el infrarrojo y su comportamiento teórico, se definen, aspectos técnicos necesarios para especialistas a la hora de implementar sistemas más cuidadosos y específicamente para la transmisión de datos, la construcción de alarmas ópticas, radares, etc. Con la definición de la RSR se definen además, la eficiencia cuántica, el ruido térmico y el ruido de disparo total y todos estos aspectos junto con el

rango de sensibilidad a frecuencias del material, son de vital importancia a la hora de diseñar un equipo con requerimientos respetables y que lleguen a la valoración de aspectos que influyen seriamente en la eficiencia de las detecciones sin que hayan falsas recepciones de fotones. En este caso se encuentra este proyecto donde es preciso censar la longitud de onda emitida, la cual será una señal portadora de información, teniendo así, la certeza de que el efecto rebote se originó con la señal que emiten los IRD para la longitud de onda que machea con el fotodiodo y no posibles fuentes de ruidos que pueden acarrear problemas al sistema.

El módulo de recepción para rayos IR escogido posee muy buenas características para el proyecto, como son:

- Û Fotodetector y preamplificador en un mismo encapsulado.
- Û Filtro interno.
- Û Apantallamiento mejorado contra distorsión de campo eléctrico.
- Û Compatibilidad con tecnologías TTL y CMOS.
- Û Salida activa en nivel bajo.
- Û Bajo consumo de potencia.
- Û Alta inmunidad contra la luz ambiente.
- Û Posibilidad de transmisión de datos continua (800bits/s).

El presente sistema se basa en el sensado mediante IR, el cual será complementado con otros bloques que hacen al sistema una unidad funcional. Para llevar a cabo el diseño del sistema se requiere de un estudio del resto de los bloques funcionales de los cuales se proporcionarán los requerimientos de los mismos en el próximo capítulo.

CAPÍTULO II. SISTEMA DE ENLACE INFRARROJO UTILIZANDO EL MCS PIC18F4620.

En este capítulo se exponen las características del sistema diseñado, así como los detalles electrónicos a tener en cuenta en el momento de la implementación del mismo así como algunas aplicaciones soportadas en el mismo.

2.1. Descripción del sistema propuesto.

Para un mejor entendimiento, se ha subdividido el sistema en bloques funcionales donde cada uno de ellos presenta determinados requerimientos que posibilitan la funcionalidad del sistema.

A continuación se propone un esquema del sistema subdividido en los siguientes bloques funcionales:

- ü Bloque emisor.
- ü Bloque detector (IR Decoder).
- ü Bloque de control y procesamiento (Microcontrolador).

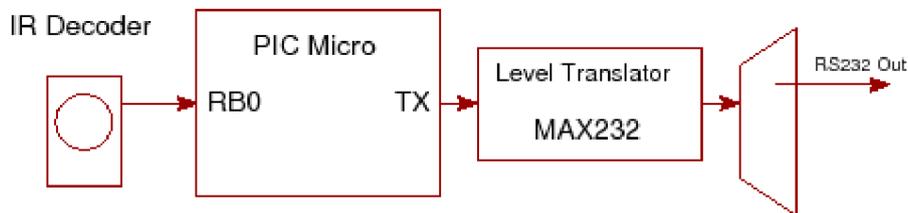


Figura 2.1. Diagrama de bloques del sistema propuesto.

A continuación se realiza una descripción más detallada de cada uno de los bloques funcionales del sistema propuesto.

2.1.1. Bloque emisor.

Como se mencionó anteriormente, el sistema posee varios bloques de funcionamiento, entre los cuales se encuentra el bloque emisor. Estructuralmente el emisor óptico está compuesto por el convertor eléctrico - óptico, el modulador eléctrico, la lente y la fuente de alimentación (Figura 2.2). Los convertidores eléctrico – óptico pueden ser diodos Láser (LD) o IRD. Los primeros son caros, pero ofrecen una excelente

alternativa para las barreras ópticas por las potencias que son capaces de emitir, por su coherencia espacial y por sus patrones de radiación, especialmente en largas distancias y exteriores. Los segundos son baratos, ofrecen medias potencias y con velocidades de modulación moderadas, aunque son en la práctica, la alternativa mas viable.

Los emisores pueden o no utilizar modulación eléctrica sobre la portadora óptica emitida. La modulación permite en le receptor una decisión más fiable y menos engañosa, por la poca posibilidad de que la señal del emisor pueda ser repetida por una fuente natural o artificial dada una casualidad o intencionalidad. Sin embargo, los diseños sin modulación, por su sencillez y bajo costo, son alternativas válidas en muchas aplicaciones.

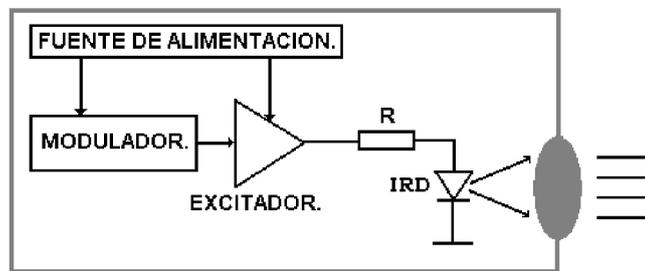


Figura 2.2. Esquema genérico del emisor óptico.

Dadas estas especificaciones en el bloque del emisor óptico, este debe ser capaz de proporcionarle al sistema:

- Û Una fuente de alimentación capaz de excitar al IRD emisor, garantizándole un consumo que priorice una intensidad luminosa continua y eficiente.
- Û El sistema emisor puede ser modulado o no, por consiguiente requiere de una recepción específica en cada caso.
- Û Debe garantizar una forma de onda adecuada y evitar posibles emisiones que simule la del IRD emisor.
- Û Lograr un ancho de banda espectral reducido y un ángulo de salida controlado, evitando así captar señales que oscilen alrededor del diapasón de ondas permitido.

Como bloque emisor IR en este proyecto se utiliza un control remoto comercial de cualquier equipo electrodoméstico, dígame DVD, TV, VCR, reproductor de audio, etc.

El transmisor normalmente es un equipo pequeño a base de una batería y un diodo emisor. Debe consumir poca potencia, y la señal IR ser tan fuerte como sea posible para lograr una distancia del mando aceptable.

Se diseñan muchos dispositivos para ser usados como los transmisores de IR. Hoy día se usan los microcontroladores de bajo consumo en los transmisores de IR por la simple razón de que son muy fáciles de usar. Cuando no se oprime ningún botón, el emisor se encuentra en modo bajo consumo en el que apenas se consume corriente. El procesador se despierta para transmitir el haz IR solo cuando se oprime una tecla.

Raramente se usan cristales de cuarzo en estos sistemas. Ellos son muy frágiles y tienden a romperse fácilmente cuando el mando se deja caer. Los resonadores cerámicos son mucho más convenientes, porque son más resistentes. El hecho de que ellos son un poco menos exactos no es importante.

La corriente a través de los LEDs puede variar de 100mA a valores por encima de 1^a. Para conseguir una distancia del mando aceptable las corrientes tienen que ser tan alto como sean posibles. Se debe lograr un balance entre los parámetros de los LEDs, la vida útil de la batería y distancia máxima del mando.

Se puede utilizar un circuito bien simple para manejar el LED a base de un transistor, como se muestra en la figura 2.3. Solo debe tomarse en cuenta que el transistor que se use posea una buena velocidad de conmutación y una H_{FE} aceptable.

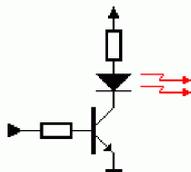


Figura 2.3. Circuito emisor genérico.

La modulación.

La modulación es la solución para que nuestra señal de sobreponga a los niveles de ruido que pudieran afectar el sistema. Con la modulación, se puede lograr que la señal IR parpadee a una frecuencia particular. El receptor entonces se sintoniza a dicha frecuencia y desecha cualquier otra señal. En la figura 2.4 se muestra la señal modulada por el LED en el lado izquierdo mientras que la señal detectada está saliendo en el receptor en el lado derecho.

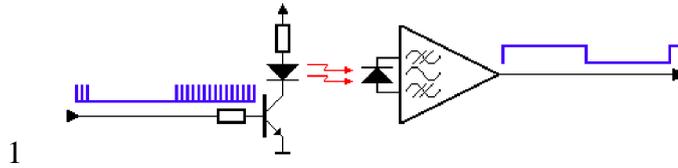


Figura 2.4. Modulación-demodulación de la señal IR.

2.1.2. Bloque receptor de luz infrarroja.

El receptor óptico está estructuralmente compuesto por la lente concentradora, el fotodiodo receptor, el amplificador y el demodulador en caso requerido. La figura 2.5 muestra un esquema genérico de un receptor IR.

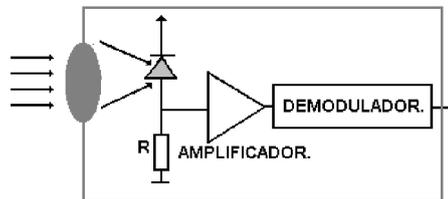


Figura 2.5. Esquema genérico del receptor óptico.

Para sensores en que la radiación óptica es modulada esta va a ser a baja velocidad (decenas de kHz) de forma general, con lo cual un preamplificador de alta impedancia, con FET, operacionales, etc., es perfectamente adecuado. El diseño con bipolares puede también resultar adecuado.

Cuando la radiación óptica es modulada en intensidad por la señal eléctrica que excita el diodo, la demodulación de la misma sigue las técnicas convencionales para los demoduladores. Una modulación de amplitud de un tono puede ser suficiente para un alto grado de seguridad, aunque es posible utilizar secuencias de códigos pseudoaleatorios para casos de extrema protección.

El receptor óptico, debe cumplir ciertas características para su buen funcionamiento:

- Û El detector de rayos debe ser sensible a la longitud de onda del emisor de luz infrarroja.
- Û No debe reaccionar a la influencia de la luz blanca (solar).
- Û Obtenerse un nivel TTL o CMOS para el procesamiento adecuado de la señal.

La siguiente figura muestra un diagrama más detallado de los elementos que debe incorporar un receptor óptico.

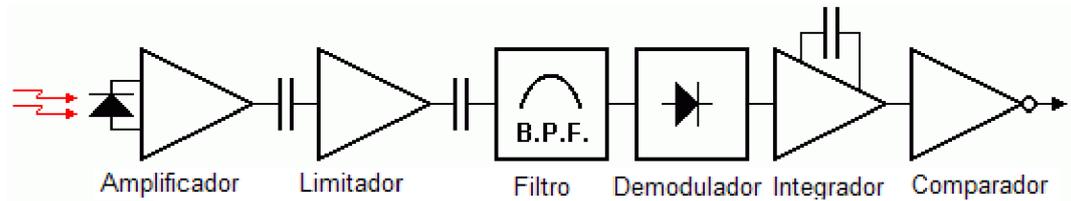


Figura 2.6. Diagrama del receptor óptico.

Como se muestra en la figura, el receptor óptico posee una cantidad de elementos que lo hacen complejo, no obstante, no nos debemos alarmar con dicha complejidad pues existen en el mercado, como se mencionó en las conclusiones parciales del capítulo 1, dispositivos integrados que poseen en un solo chip todos los elementos mostrados en el esquema de la figura 2.6. Tal es el caso del circuito HS0038A2 de la compañía Vishay Telefunken y que se muestra en la figura 2.7. Más adelante en este documento se hace referencia con más detalles a este detector y su conexión al sistema desarrollado.

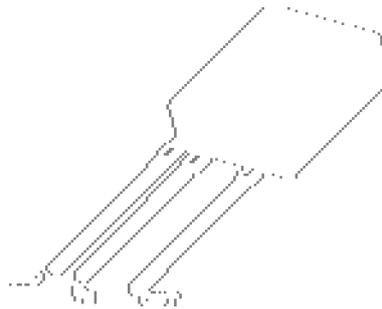


Figura 2.7. Detector IR HS0038A2.

2.1.3. Bloque de control y procesamiento.

El bloque de control y procesamiento está constituido por el microcontrolador PIC18F4620 de la compañía Microchip, el cual se ha colocado en una placa de forma tal que se pueda acceder a sus 5 puertos. Para transferir el código del ordenador al PIC se utiliza un dispositivo llamado programador, como este PIC trae incorporado ICSP (In Circuit Serial Programming, programación serie incorporada), se puede programar el microcontrolador en el circuito destino. Por esta razón se le agrega a la placa un puerto de 5 pines para la programación. El código se envía al programador a través del puerto serie de la PC y posteriormente al microcontrolador mediante los pines RB6 y RB7,

Vcc, Gnd y MCLR. Además se agrega un botón para resetear el sistema. La siguiente figura muestra la placa del sistema propuesto.

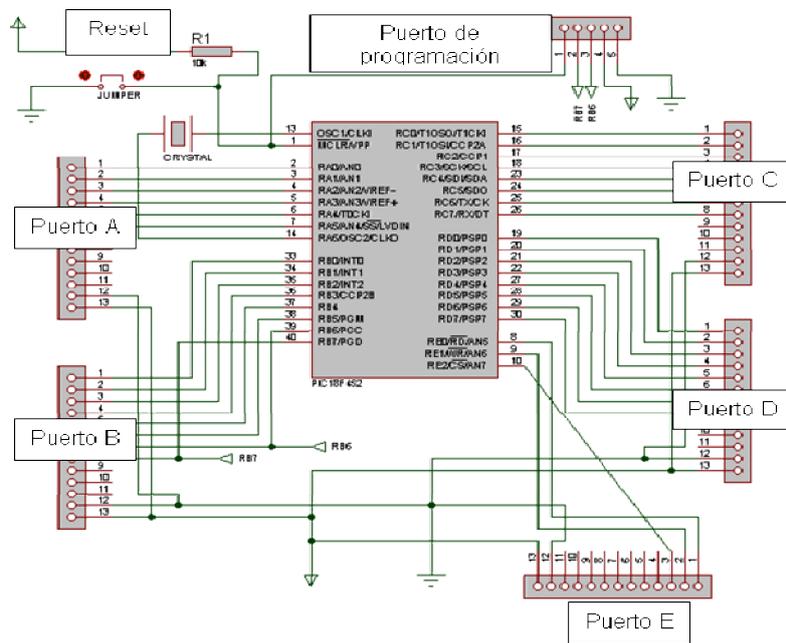


Figura 2.8. Circuito eléctrico de la placa con el microcontrolador PIC18F4620.

El microcontrolador tiene la función de detectar los pulsos eléctricos entregados por el detector y procesarlos de manera que se pueda identificar la opresión de una tecla en el control remoto. El detector entrega al microcontrolador por el terminal de interrupción externa 0, el tren de pulsos que es resultado de haber convertido el haz IR enviado por el control remoto. El microcontrolador muestrea la entrada de datos comenzando lo mismo por cada flanco de caída o subida donde se hace uso de un contador de período. Para cada punto de muestreo (en este caso alrededor de $50\mu\text{s}$) se incrementa el contador de período, lo cual da como resultado un número que representa el período de cada parte alta o baja de la señal.

El período de muestreo de $50\mu\text{s}$ es aproximadamente 10 veces menor que el período de la señal esperada (generalmente el período de una señal IR es de $500\mu\text{s}$ como mínimo) el cual es un buen período de muestreo.

2.2. Conexión del sistema completo.

El sistema que se propone está constituido por el mando a distancia (control remoto), el receptor o detector IR y la placa con el microcontrolador y sus periféricos.

2.2.1. El mando a distancia.

La comunicación entre un mando a distancia y su receptor se produce mediante un haz de luz infrarroja (IR). La luz IR es una onda electromagnética cuya frecuencia está en el intervalo de $0.3\text{THz} < f < 428.5\text{THz}$.

En el espectro se encuentra justo por debajo de la luz roja por lo que nuestros ojos no pueden verla pero sí que puede por ejemplo el CCD de una cámara digital (Figura 2.9). La naturaleza de la luz IR y de la luz visible es exactamente la misma, sólo cambia su frecuencia.



Figura 2.9. Luz IR vista con el CCD de una cámara digital.

Cuando pulsamos una tecla, el mando envía una secuencia de pulsos de luz IR que transportan un código de N bits que identifica la tecla pulsada. La secuencia de pulsos de luz se obtiene como se muestra a continuación. La señal $x(t)$ que aparece en la figura es la que genera en concreto el mando a distancia de la Xbox (kit DVD), en otros mandos a distancia, dicha señal puede ser diferente.

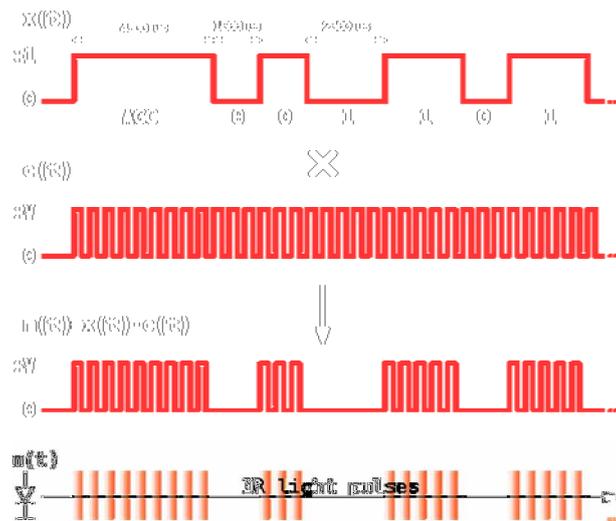


Figura 2.10. Señal que genera el mando a distancia de un reproductor de DVD.

La figura anterior muestra las señales necesarias para construir la señal final $m(t)$ que es la que apaga/enciende el led IR.

Descripción de las señales de la figura anterior:

x(t): Señal (eléctrica) moduladora. Es una señal eléctrica digital en banda base. Los bits van codificados en la señal de acuerdo con un determinado tipo de modulación digital (también llamado código de línea) como por ejemplo: PWM, Manchester, Manchester Diferencial, etc.

c(t): Portadora eléctrica, que en este caso es cuadrada en lugar de sinusoidal (que sería lo habitual), de frecuencia típicamente $f_0 = 38\text{kHz}$ (otros valores pueden ser 30kHz, 36kHz, 40kHz, 56kHz e incluso 455kHz).

m(t): Señal (eléctrica) modulada, el producto de las dos anteriores que es la que excita a un diodo luminiscente (LED) de infrarrojos (IR).

luz IR: Portadora óptica generada por un diodo luminiscente de infrarrojos (LED IR), se trata de una onda electromagnética modulada en amplitud o todo o nada, lo que da lugar a una secuencia de pulsos/destellos de luz cuyo espectro está centrado en 319.15THz ($\lambda = 940\text{nm}$) como muestra la figura 2.11.

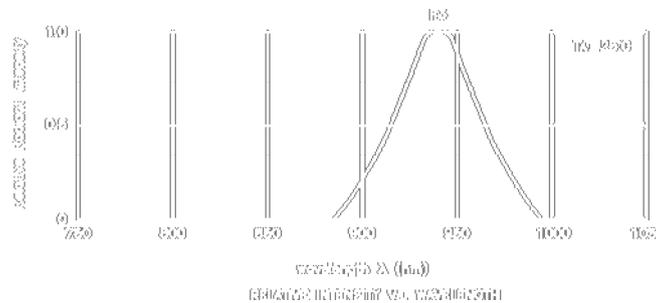


Figura 2.11. Intensidad relativa de un haz IR con relación a su longitud de onda.

2.2.2. El detector o receptor de mando a distancia que se utilizó en el proyecto (HS0038A2) de la compañía Vishay Telefunken.

El receptor de la señal infrarroja debe deshacer todas las operaciones que ha hecho el transmisor para poder recuperar los bits transmitidos, lo cual se realiza en 3 fases:

1. Un fotodiodo PIN convierte la señal luminosa incidente en la señal eléctrica modulada $m(t)$. Esto representa la primera bajada en frecuencia, desde las frecuencias ópticas ($\sim\text{THz}$) a las frecuencias eléctricas ($\sim\text{kHz}$).

2. Mediante un amplificador, integrador y un filtro paso banda, se elimina la portadora eléctrica $c(t)$ y se recupera la señal en banda base $x(t)$ original. Esto representa la segunda bajada en frecuencia, desde "RF" hasta banda base. Ahora que ya tenemos la señal en banda base podemos proceder a demodularla (recuperar los bits enviados).

3. Teniendo en cuenta la modulación digital que el emisor emplea, demodular la señal en banda base $x(t)$ para recuperar los bits enviados. A partir de la secuencia de bits enviados sabremos qué tecla del mando ha sido pulsada.

Afortunadamente, existen en el mercado receptores de IR integrados que ya se encargan de las 2 primeras tareas, tienen 3 pines (+Vcc, GND y Vout) y son baratos (alrededor de 2€), como por ejemplo el seleccionado en este proyecto, HS0038A2 de Vishay Telefunken.

El integrado entrega en su terminal Vout la señal $x(t)$ original. Queda para nosotros la tercera tarea: demodular $x(t)$ y recuperar los bits enviados. Esto se puede lograr mediante un circuito hardware o bien mediante software corriendo en un microcontrolador (lo más habitual). También podemos muestrear la señal de Vout con la tarjeta de sonido del PC y demodular por software en el PC (mira el proyecto LIRC).

La siguiente figura muestra el diagrama de bloques del chip HS0038A2 (Vishay Telefunken) receptor de mando a distancia, existen diferentes versiones según la frecuencia f_0 de portadora del mando.

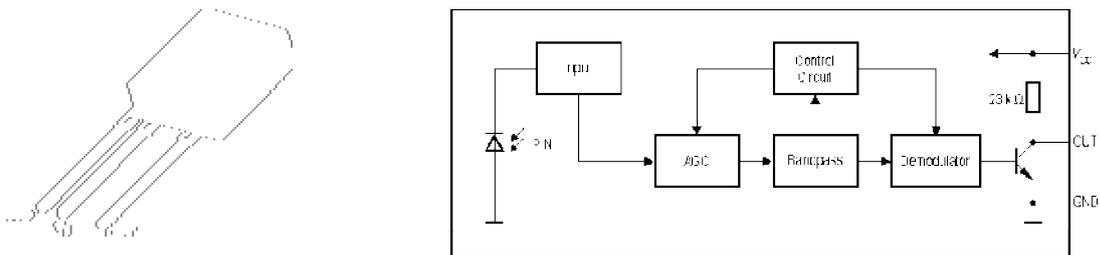


Figura 1.2. Receptor utilizado en el proyecto (HS0038A2).

El control automático de ganancia (AGC, Automatic Gain Control) ajusta el nivel de señal entregado al demodulador. Esto explica por qué casi todos los mandos envían al

principio un pulso de larga duración (pulso AGC). Lo hacen para estabilizar el circuito AGC antes de la recepción de la secuencia de bits.

Resumiendo, para acoplar un mando a distancia a nuestro proyecto basado en microcontrolador tan solo se necesita el chip receptor de IR correspondiente a la frecuencia de nuestro mando y conocer además:

- La modulación digital (código de línea) que usa nuestro mando para poder demodular $x(t)$ y recuperar los bits enviados.
- El código binario de cada tecla del mando, para poder saber qué tecla ha sido pulsada.

Para demodular, lo normal es usar la interrupción de temporizador o la interrupción externa, en este proyecto se hace uso de a interrupción externa 0 del microcontrolador PIC utilizado. La siguiente figura muestra cómo conectar el chip al microcontrolador, los resistores y condensadores que aparecen son opcionales.

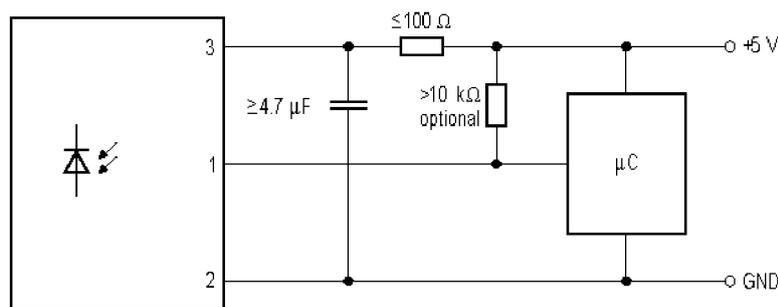


Figura 2.12. Conexión del detector de IR al microcontrolador.

2.3. Aplicaciones del sistema propuesto.

El sistema ha sido probado con dos aplicaciones básicamente, en una de ellas se controla el encendido de 8 LEDs conectados al microcontrolador utilizando un mando comercial, además de mostrar en un LCD la cantidad de veces que se ha oprimido una tecla de dicho mando a distancia. El valor de la cantidad de opresiones es mostrado en binario en los LEDs y en decimal, en el LCD; y en la otra aplicación se controlan, a través del puerto serie, aplicaciones en la computadora personal. Estas aplicaciones constituyen un primer acercamiento al uso del enlace infrarrojo entre un control remoto comercial y un microcontrolador, en el futuro se pretende desarrollar aplicaciones de mayor complejidad.

2.3.1. Control de los LEDs y el LCD.

Para controlar el encendido de los LEDs conectados al microcontrolador se desarrolló una aplicación software de manera que cada vez que se oprima una tecla del mando a distancia, se incremente en binario el valor que se muestra en los LEDs y al mismo tiempo se muestra en el LCD la cantidad de veces que se oprima la tecla. El software para dicha aplicación se muestra en los anexos de este proyecto.

En esta aplicación, el programa que se aloja en el microcontrolador consta de una función principal (**main**) en la cual se inicializan los puertos, las interrupciones y el programa queda en un lazo infinito a la espera de la ocurrencia de una interrupción.

La rutina de atención a la interrupción externa muestrea el terminal RBO y detecta los cambios producidos en dicha entrada por la opresión de una tecla en el control remoto. Las veces que se oprime la tecla es almacenada en una variable y este valor es enviado a un puerto del microcontrolador donde se encuentran conectados los LEDs y al mismo tiempo es convertido a ASCII y enviado al LCD.

2.3.2. Control de aplicaciones en la PC.

Para el desarrollo de esta aplicación se hace uso del control remoto, el microcontrolador en la placa antes mencionada, una placa con un adaptador de nivel (max232) y un cable serie conectado al puerto serie de la PC. Con estos elementos el microcontrolador detecta la señal IR demodulada por el detector HS0038A2 y se transmiten los datos por puerto serie a la PC.

En la PC debe estar ejecutándose un software que reconozca la cadena de valores que llegan al puerto serie (de hecho, este software debe aprender a reconocer la cadena de datos que identifica da tecla oprimida en el control remoto) y activa el programa (o evento) que se especifique. El hecho de que el software aprenda la tecla que se ha oprimido, puede utilizarse entonces cualquier control remoto, ya sea de TV, video, DVD, etc.

Para leer la cadena de datos que llega al puerto serie de la PC se hace uso de un software obtenido gratuitamente en internet (PC Remote Control) cuya interfaz de usuario se muestra a continuación.

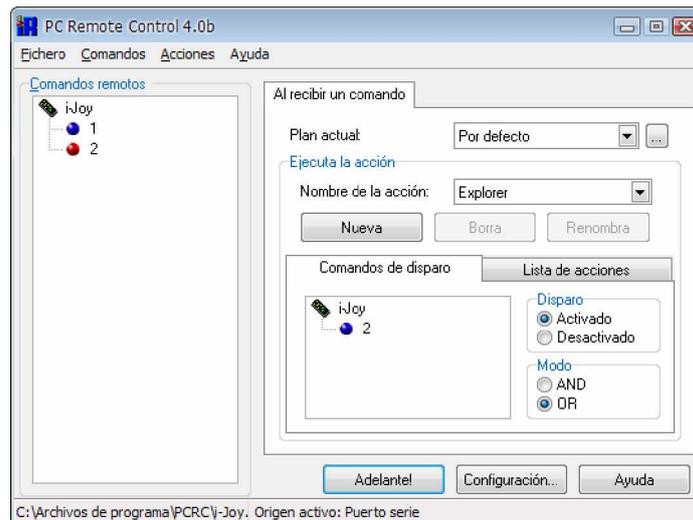


Figura 2.13. Interfaz de usuario de PC Remote Control.

El software que se ha diseñado para ejecutarse en el microcontrolador consta de una función principal (**main**) en la cual se inicializan los puertos, las interrupciones y el programa queda en un lazo infinito a la espera de la ocurrencia de una interrupción.

La entrada RB0 es utilizada como entrada de interrupción externa y de hecho, es muestreada. La interrupción se dispara una vez que ha ocurrido un pulso de subida (aunque también puede funcionar con pulsos de caída).

Cuando ocurre la interrupción, la función **simple_bits ()** es llamada y es la encargada de medir a señal entregada por el detector al microcontrolador. Una vez que se ha medido la señal entregada por el control remoto al oprimir una tecla, se retorna al programa principal hasta que se oprima nuevamente una tecla.

2.4 Conclusiones parciales.

En este capítulo se muestran las características de cada uno de los bloques del sistema, así como los circuitos utilizados para las aplicaciones desarrolladas. Los requerimientos de cada uno de los bloques fueron concebidos para la funcionalidad del sistema como un todo.

Se hace una explicación de los programas que se ejecutarán en el microcontrolador así como el programa que se ejecutará en la PC para el reconocimiento de las teclas oprimidas en el control remoto que se utilice.

En los anexos del proyecto aparecen íntegramente los programas que se cargan en el microcontrolador para las aplicaciones desarrolladas.

CAPITULO III. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.

En todo trabajo que se realiza, es importante un análisis económico, tratando de buscar una solución que resuelva convenientemente la alternativa tomada. Para eso es importante tomar en cuenta una serie de aspectos tales como: los costos de cada componente, los gastos de producción, y la mano de obra empleada en el diseño del circuito.

Para ello se han considerado dos etapas fundamentales en la realización del trabajo, de modo que en un primer análisis se hará referencia a la etapa de revisión bibliográfica y diseño del sistema propuesto y posteriormente a la implementación y puesta a punto de dicho sistema.

Fortalezas:

1. Gran utilidad y bajo nivel de complejidad del producto.
2. Alta calidad del producto.
3. Durabilidad y confiabilidad.
4. Bajo costo de fabricación.
5. Alta calidad de los componentes que forman el sistema.
6. Multiplicidad de uso.

3.1. Etapa de revisión bibliográfica y diseño.

En la siguiente tabla se muestran los gastos de mano de obra que incurrieron durante esta primera etapa.

Actividad	Horas	Importe por horas (MN)	Importe por actividad (MN)
Revisión bibliográfica	10	0.40	4.00
Estudio de la información	8	0.40	3.20
Elaboración de cronograma de tareas a realizar	8	0.40	3.20

Diseño del sistema eléctrico	12	0.40	4.80
Simulación del sistema utilizando PROTEUS y MPLAB	10	0.40	4.00
Elaboración del circuito impreso	8	0.40	3.20
TOTAL			22.40

Tabla 3.1. Gastos de mano de obra durante la etapa de revisión bibliográfica y diseño.

3.2. Gastos en la etapa de realización.

A continuación se muestran los gastos de mano de obra y de materiales durante la segunda etapa:

Actividad	Horas	Importe por horas (MN)	Importe por actividad (MN)
Dibujo del circuito impreso en la placa.	1	0.40	4.00
Revelación y perforación de la placa	1	0.40	4.00
Montaje de los componentes	1	0.40	4.00
TOTAL			16.00

Tabla 3.2 Gastos de mano de mano de obra en la etapa de implementación y puesta a punto.

Componente	Cantidad	Precio unitario (CUC)	Precio total (CUC)
Resistores	20	0.03	0.6
Capacitores	8	0.40	3.20
Reloj 20 MHz	1	0.18	0.18
CI MAX232	1	2.50	2.50
PIC18F4620	1	4.62	4.62
Cable de conexión RS232	1	2.00	2.00
Detector IR HS0038A2	1	2.00	2.00
TOTAL			15.51

Tabla 3.3. Gastos en componentes durante la etapa de implementación.

3.3. Gastos en la realización del software.

Actividad	Horas de trabajo	Salario de una hora de trabajo(\$)	Gasto por actividad (\$)
Análisis de los algoritmos a utilizar	15	1.50	22.5
Programación y puesta a punto	30	1.40	42.0
Costo Total			64.5

Tabla 3.4. Gastos en la realización del software.

3.4. Gastos de energía eléctrica.

Equipo	Consumo (KW/h)	Horas de trabajo	Cantidad de KW consumidos	Precio KW (MN)	Gastos por equipo (MN)
Computadora	0.3	900	270	0-100 0.09 101-150 0.30 151-200 0.40 201-250 0.60 251-300 0.80	90.00
Lámparas	0.04	900	36	0.09	3.24
Cautín	0.8	2	1.6	0.09	0.14
Taladro	0.2	1	0.2	0.09	0.018
TOTAL					93.40

Tabla 3.5. Gastos de energía eléctrica del proyecto.

3.5. Costo de producción.

Para determinar el costo de producción del sistema seleccionado se tuvieron en cuenta todos los gastos anteriormente expuestos:

Gastos para la etapa de revisión bibliográfica y diseño.....	22.40
Gastos en la etapa de realización.....	16.00
Gastos en la Realización del Software.....	64.50
Gastos de energía eléctrica.....	93.40

3.6. Análisis final.

Tipo de gasto	Valor del gasto (MN)	Valor del gasto (CUC)
Etapas de revisión bibliográfica y diseño	560	22.40
Etapas de realización	400	16.00
Componentes	633.50	15.51
Gastos en la Realización del Software	1612.50	64.50
Energía eléctrica	2335	93.40
TOTALES	5541	211.81

Tabla 3.6. Gastos totales.

Una vez realizado este análisis podemos llegar a la conclusión de que aún con los gastos incurridos en este proyecto se puede poner en práctica debido a la importancia que tiene el proyecto desarrollado.

CONCLUSIONES

Una vez concluida esta investigación se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Û Se ha podido constatar el nivel de aplicabilidad alcanzado en los momentos actuales por los infrarrojos en las más diversas aplicaciones de la vida cotidiana.
- Û Los infrarrojos constituyen dispositivos electrónicos que permiten realizar enlaces basándose en la emisión de luz y con un adecuado acondicionamiento se pueden lograr aplicaciones para el control de periféricos.
- Û Se realizó el diseño e implementación de un enlace infrarrojo basado en un control remoto comercial y un microcontrolador PIC18F4620 para el control de aplicaciones.
- Û Como resultado del proyecto se presentan dos aplicaciones que muestran las potencialidades de los enlaces infrarrojos.

RECOMENDACIONES

- Û **Continuar el estudio del enlace IR entre el control remoto comercial y el microcontrolador de manera que se puedan desarrollar nuevas aplicaciones.**
- Û **Continuar profundizando en la implementación de los programas que soportan las aplicaciones que se implementen.**

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

1. Catálogo Componentes Electrónicos, Cómputos, Equipos y servicios, México, 1994, P.1-8; 20-21; 26-30; 43-44.
2. Condal, L. y Beck, W. Adquisición y procesado de datos: Interface para computadora personal y programa para la enseñanza, Madrid, Mundo Electrónico, No.120, 1982.
3. García, Antonio y Golderos, Antonio. Circuitos Electrónicos Digitales II, Guantánamo, Combinado Poligráfico Juan Marinello, 1990, P.443-491.
4. Haas, Mark. 80286/80386 Assembly language programming, N.Y., Osborne/Mc Graw Hill, 1991.
5. Holland, R. Microcomputers for process control, N.Y., Pergamon Press, 1983, P1-36.
6. Integrated Circuits Data Book, Arizona, Editorial Burr Brown, 1989, Vol. 33.
7. Lage, Jorge A. y Miriam M. Pascual. Sistema de Control con Microprocesadores, Ciudad de la Habana, Editorial Científico Técnica, 1989, P.1-72.
8. Leonard, R. Data Converters: Getting to know dynamic specs, Ohio, Electronic Design, Pentom Publication, Vol.38, No.2, P.89-104, Noviembre 8, 1990.
9. Millman, Jacob. Microelectronic, Digital and Analog Circuits and Systems, Cap. 16, Epig. 6, Ciudad de la Habana, Editorial Pueblo y Educación, 1982, P. 582-587.
10. Rodríguez, R. "Introducción al Microcontrolador 8051". Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca, Pinar del Río, 2000
11. Silva, L. y Morejón, K. "Diseño de un Sistema de Control de Acceso a Locales". Proyecto de Diploma, Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca, Pinar del Río, 2000, Pág. 3-16.
12. Valdés, Dania; Uguet, María E. y Quezada, I. Diseño de Equipos Electrónicos, Ciudad de la Habana, Editorial Empres, ISPJAE, 1986, P.254-256; 277-282.
13. Vinogradov, Yu. V..Fundamentos de la Electrónica y Técnica de Semiconductores. Moscu: Editorial MIR, 1974. p 65-159.
14. Vento, J.R. "Alarmas y Barreras Infrarrojas" Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica, (Documentación Técnica de la UPR), 98

15. Vento, J.R. Entrevista. Comunicaciones Ópticas. Universidad Hermanos Saiz
Montes de Oca, Pinar del Río,

ANEXO 1. Programa para la aplicación de los LEDs y el LCD.

```
#include <18F4620.h>
#device adc=8
#FUSES NOWDT, HS, NOPROTECT
#use delay(clock=20000000)
#use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_D1,rcv=PIN_D0,bits=8)
#define LCD_ENABLE_PIN PIN_C4
#define LCD_RS_PIN PIN_C5
#define LCD_RW_PIN PIN_C6
#define LCD_DATA4 PIN_C0
#define LCD_DATA5 PIN_C1
#define LCD_DATA6 PIN_C2
#define LCD_DATA7 PIN_C3
#include <lcd.c>
#include <stdlib.h>
unsigned char k;
char str [3];

#int_EXT
void EXT_isr (void)
{
    output_a (k);
    lcd_gotoxy (1,1);
    itoa (k, 10, str);
    printf (lcd_putc, "No. Opciones: %s", str);
    k++;
    delay_ms (500);
}

void main (void)
{
    k = 0;
    output_a (k);
    lcd_init ();
    setup_adc_ports (NO_ANALOGS);
    enable_interrupts (INT_EXT);
    ext_int_edge (H_TO_L);
    enable_interrupts(GLOBAL);

    for (;;)
}
```

ANEXO 2. Programa para la aplicación de control de programas en la PC.

```
#include <18F4620.h>
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock=20000000)
#use rs232(baud=57600,parity=N,xmit=PIN_D1,rcv=PIN_D0,bits=8)
#define testBit(var, bitnum) ((var)&(1<<(bitnum)))

void sample_bits (void)
{
    unsigned char val, valo=1;
    unsigned int c=0;
    // Mide el período de cada flanco
    valo = !testBit(input_b(),0); //Inicializa el valor anterior - ignora el primer período
    while (1)
    {
        delay_us(100);
        val = !testBit(input_b(),0); //Se lee valor actual
        //Detecta el cambio a la entrada y se almacena
        if (val!=valo)
        { //Se encontró un cambio a la entrada
            printf ("%d", c);
            output_a (c);
            //delay_ms (200);
            c = 0; //Resetea el contador de período
            valo = val; //Se almacena el último valor leído a la entrada
        }
        else c++; //No se reportan cambios
        //Sale si la entrada está inactiva por más de 10ms
        if (val==0 && c++>=500) break; //200 x 50us = 10ms
    }
    delay_ms(500);
    return;
}

#int_EXT
void ext0_interrupt (void)
{
    if (interrupt_active (INT_EXT)) //Si la bandera de interrupción externa está activa
        clear_interrupt (INT_EXT); //Entonces se limpia dicha bandera
    sample_bits();
}

void main (void)
{
    setup_adc_ports (NO_ANALOGS);
    enable_interrupts(INT_EXT);
    ext_int_edge (L_TO_H);
```

```
delay_ms(300);  
enable_interrupts(GLOBAL);  
  
for (;;) //Espera por la interrupción externa - la interrupción llama a la función "sample_bits"  
{
```