



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO
PARA REGISTRAR FACTORES CLIMÁTICOS
EN EL INVERNADERO DE LA F.E.S. ARAGÓN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :
JORGE ALBERTO TOLEDANO AYALA

ASESOR:

ING. ARTURO OCAMPO ÁLVAREZ



MÉXICO

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*A mis padres, hermanos, sobrino y familia
por su apoyo
siempre incondicional.*

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a el Ing. Arturo Ocampo Álvarez, Asesor de Tesis, por la orientación y las valiosas sugerencias recibidas para realizar este trabajo.

A mis revisores de tesis, por las aportaciones brindadas para que este trabajo tuviera una buena presentación.

A los Ingenieros de la Facultad, por los conocimientos brindados a lo largo de mis estudios; ya que fueron de gran importancia para la realización de este trabajo, al igual que lo será para mi desempeño como profesionista.

A mis padres que a lo largo de la vida me han enseñado que nunca me debo de dar por vencido, ya que la persona que persevera logra su objetivo. Con este trabajo les quiero demostrar que soy capaz de alcanzar mis metas. Gracias por el apoyo.

A mis hermanos; Miriam y César, por que los quiero y los estimo mucho, que fueron un apoyo emocional muy importante.

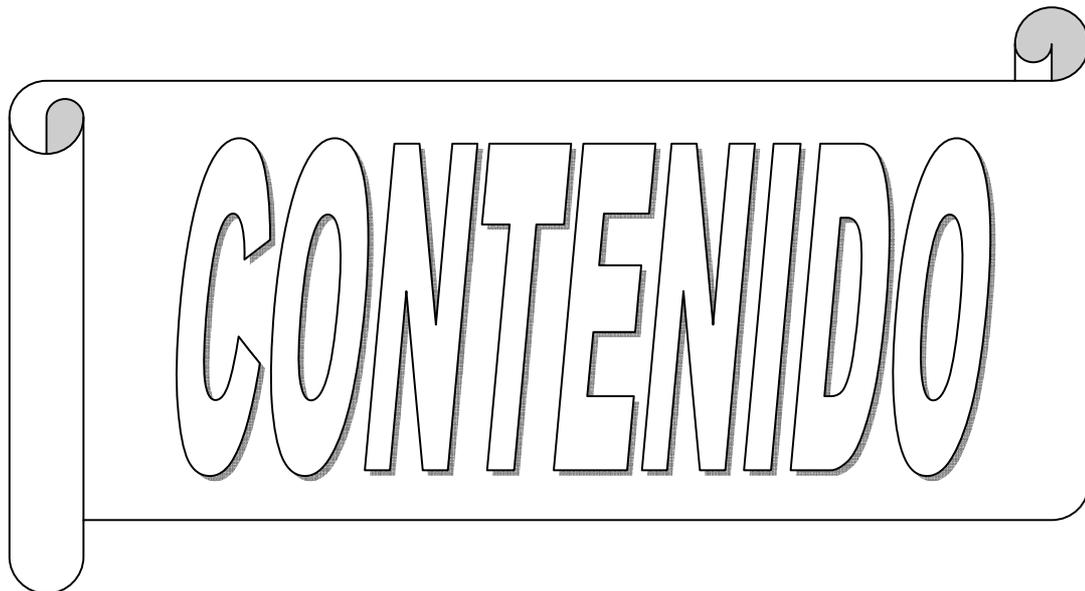
A mi sobrino Emy, que es el más reciente en la familia. Que eres un niño con un gran corazón noble y que por ello vas a lograr lo que te propongas.

A la UNAM, mi alma mater, por todos estos años que me brindo la oportunidad de formar parte de esta gran familia.

A la F.E.S. Aragón, mi facultad, por enseñarme a ver más allá de lo que me pueden mostrar mis ojos.

Y no por ser los últimos mencionados son los menos importantes, al resto de mi familia y amigos, que forman una parte importante también en mi vida.

iii GRACIAS !!!



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MICROCONTROLADORES	4
1.1. ¿QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR?	4
1.2. CONTROLADOR Y MICROCONTROLADOR	5
1.3. MICROPROCESADOR Y MICROCONTROLADOR.....	6
1.4. ARQUITECTURA DE VON NEUMANN	8
1.5. ARQUITECTURA HARVARD	9
1.6. ALIMENTACIÓN DE UN PIC	10
1.7. PUERTOS DE ENTRADA/SALIDA	12
1.8. OSCILADOR	14
1.8.1. OSCILADOR HS Y LP	15
1.8.2. OSCILADOR XT	15
1.8.3. OSCILADOR RC.....	16
1.8.4. SEÑAL DE RELOJ EXTERNA.....	17
1.9. PERIFÉRICOS BÁSICOS.....	17
1.9.1. LED.....	17
1.9.2. INTERRUPTORES Y PULSADORES	19
1.9.3. ENTRADAS DIGITALES CON OPTOACOPLADORES	19

1.10.	ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA	21
1.10.1.	ARQUITECTURA INTERNA DEL PIC16F876A	21
1.10.2.	MEMORIA DE PROGRAMA	22
1.10.3.	CONTADOR DE PROGRAMA (CP).....	22
1.10.4.	MEMORIA DE DATOS	23
1.11.	RECURSOS ESPECIALES	25
1.12.	MÓDULO DEL CONVERTIDOR A/D	27
1.12.1.	CONTROL DEL CONVERTIDOR A/D	28
1.12.2.	TIEMPO DE CONVERSIÓN A/D.....	31
1.12.3.	REGISTROS ASOCIADOS CON EL MÓDULO A/D	32
1.13.	MÓDULO USART.....	33
1.13.1.	REGISTROS DE CONTROL PARA EL MÓDULO USART.....	34
1.13.2.	EL BAUDIO	37
1.13.3.	REGISTROS ASOCIADOS CON EL BAUDAJE	38
1.13.4.	USART EN MODO ASÍNCRONO	39
1.13.5.	USART COMO TRANSMISOR ASÍNCRONO.....	40
1.13.6.	REGISTROS ASOCIADOS CON EL TRANSMISOR.....	41
1.13.7.	USART COMO RECEPTOR ASÍNCRONO.....	42
1.13.8.	REGISTROS ASOCIADOS CON EL RECEPTOR.....	43
1.14.	INTERRUPCIONES	43
1.14.1.	INTERRUPCIONES EN EL PIC16F876A	43
1.14.2.	RSI (RUTINA DE SERVICIO DE INTERRUPCIÓN)	45
1.15.	CONTROL DE UN LCD CON UN MICROCONTROLADOR.....	46
1.15.1.	DIVERSIDAD DE ALGUNOS MÓDULOS LCD.....	47
1.15.2.	ASPECTO FÍSICO	47
1.15.3.	LOS CARACTERES DEL LCD.....	48
1.15.4.	ASIGNACIÓN DE PINES	49
1.15.5.	INTERPRETACIÓN DEL SIGNIFICADO DE LOS PINES DEL LCD	51
1.15.6.	INTERFAZ DEL DISPLAY CON EL MUNDO EXTERIOR.....	52
1.15.7.	CONEXIÓN DEL LCD AL MICROCONTROLADOR PIC16F876A.....	53

CAPÍTULO 2: RADIOFRECUENCIA..... 55

2.1.	¿QUÉ ES LA RADIOFRECUENCIA?	55
2.2.	EMPLEO DE LA RADIOFRECUENCIA	59
2.3.	MODULACIÓN DE PORTADORAS	59
2.4.	SISTEMA DE RADIOFRECUENCIA.....	60
2.5.	ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.....	63
2.6.	TRANSMISORES	63
2.7.	TIPOS DE TRANSMISORES.....	64
2.8.	TRANSMISORES HOMODINOS O DE MODULACIÓN DIRECTA	64

2.9.	TRANSMISORES HETERODINOS	65
2.10.	RECEPTORES.....	66
2.11.	TIPOS DE RECEPTORES	67
2.11.1.	RECEPTOR HOMODINO	67
2.11.2.	RECEPTOR SUPERHETERODINO	68
2.12.	MÓDULO TRANSMISOR.....	69
2.12.1.	ANTENA PARA 433.92 MHZ	71
2.13.	MÓDULO RECEPTOR.....	72

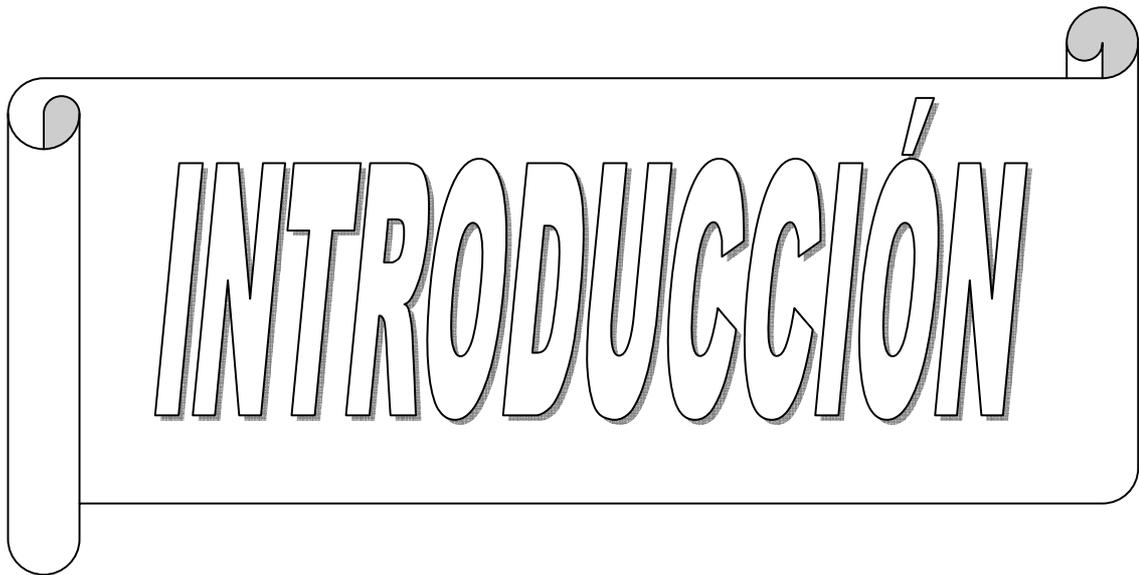
CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL 75

3.1.	SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL BASADOS EN COMPUTADORA	75
3.2.	HISTORIA DE LA INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA.....	79
3.3.	¿QUÉ ES UN INSTRUMENTO?	81
3.4.	INSTRUMENTO VIRTUAL.....	82
3.5.	¿QUÉ ES LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL?	83
3.6.	EL SOFTWARE EN LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL	83
3.7.	LABVIEW COMO HERRAMIENTA PARA CREAR INSTRUMENTOS VIRTUALES	84
3.8.	LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL DENTRO DEL PROCESO DE INGENIERÍA	86
3.9.	LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL MAS ALLÁ DE LA COMPUTADORA PERSONAL	87
3.10.	LABVIEW	88
3.10.1.	PROGRAMACIÓN CON LABVIEW.....	90
3.10.2.	EJECUCIÓN DE UN PROGRAMA EN LABVIEW	91

CAPÍTULO 4: AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADEROS..... 93

4.1.	ANTECEDENTES DE LA ELECTRÓNICA EN LA AGRICULTURA	93
4.2.	EL INVERNADERO	96
4.3.	VENTAJAS DE LOS CULTIVOS BAJO INVERNADEROS.....	96
4.3.1.	CONSIDERACIONES EN UN INVERNADERO.....	97
4.4.	CONTROL DEL AMBIENTE EN UN INVERNADERO.....	97
4.5.	CONTROL COMPUTARIZADO DE CLIMA DE INVERNADEROS.....	98
4.6.	HUMEDAD RELATIVA.....	99
4.6.1.	SENSORES CAPACITIVOS Y RESISTIVOS	100
4.7.	TEMPERATURA.....	100
4.8.	DISEÑO DEL MÓDULO DE MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN.....	101
4.8.1.	SENSORES	101
4.8.2.	PROGRAMANDO EL MICROCONTROLADOR	104

4.8.3.	CODIFICACIÓN DE DATOS.....	113
4.8.4.	TRANSMISIÓN POR RF	116
4.8.5.	ELABORACIÓN DEL MÓDULO DE MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN.....	116
4.9.	DISEÑO DEL MÓDULO DE RECEPCIÓN	119
4.9.1.	RECEPCIÓN POR RF	120
4.9.2.	DECODIFICACIÓN DE DATOS.....	120
4.9.3.	MICROCONTROLADOR EN RECEPCIÓN Y ENVÍO	122
4.9.4.	ELABORACIÓN DEL MÓDULO DE RECEPCIÓN	124
4.9.5.	MONITOREO DE DATOS EN LA PC	126
 CONCLUSIONES		128
 GLOSARIO		133
 BIBLIOGRAFÍA		144
 REFERENCIAS INTERNET.....		145



INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El estudio de la interacción entre el clima, labores agrícolas, gestión de recursos y tecnología utilizada, proporciona indicadores que permiten relacionar la respuesta productiva de los cultivos de acuerdo al comportamiento de las diversas variables climatológicas. Como consecuencia, un registro y análisis adecuados del comportamiento climatológico se constituyen en herramientas fundamentales, a la hora de optimizar la respuesta productiva de un cultivo, y contribuyen en la reducción de daños fisiológicos en las plantas que se traducen en pérdidas de producto, alteraciones del ciclo vegetativo, entre otras, y por consiguiente en reducción de utilidades económicas. Este trabajo presenta el diseño de un sistema de monitoreo para ser aplicado en un invernadero, que es de gran utilidad en la agricultura.

En el sector agrícola han producido gran impacto las soluciones eficientes de comunicación inalámbrica para el registro de datos, en mediciones de variables climatológicas, esto se debe a que reducen los costos de instalación y especialmente de mantenimiento frente a los sistemas cableados tradicionales. Esto ha abierto las puertas al desarrollo de nuevos sistemas de reducción de cableado y mantenimiento, aplicados al control de riego, automatización en el sector agrícola, en residencias; y mejoramiento de los procesos de la industria en general.

La incorporación de tecnología inalámbrica tuvo una gran aceptación a tal grado que no solamente se aplica a el monitoreo de variables físicas, sino también a todas aquellas aplicaciones relacionadas con accionamiento de actuadores.

Una de las cuestiones que llama la atención es que en la actualidad el poder de procesamiento, la variedad, la facilidad de uso y el bajo consumo de energía de los microcontroladores, nos ayuda a diseñar soluciones económicas pero confiables y eficientes. El presente trabajo ha incorporado el uso de microcontroladores en los módulos. En cuanto a la elección de los sensores, se encuentran como ventajas, que estos dispositivos se ubican dentro de la gama de dispositivos de mayor exactitud, bajo consumo y facilidad de acondicionamiento. Los componentes elegidos han hecho de este diseño una solución sencilla pero ajustada a los requerimientos de la aplicación.

Dado que en la Facultad de Estudios Superiores Aragón no existe este tipo sistema de monitoreo de variables climatológicas, y dadas las condiciones de que este invernadero esta en constante contacto con los alumnos de la Licenciatura en Planificación para el Desarrollo Agropecuario (PDA), se hace referencia al diseño de este sistema, ya que en otras partes del mundo ya se cuenta con este tipo de sistemas.

El sistema beneficia tanto a los estudiantes como a los encargados del invernadero, ya que llevan a la práctica todo lo aprendido en las aulas, de acuerdo a estas dos variables físicas (temperatura y humedad) que son las más importantes para una producción agrícola bajo invernadero.

Ya que no solamente basta con estar monitoreando las mediciones inalámbricamente desde la computadora, el módulo de medición se hizo portátil para su fácil manejo, además de que se pueden visualizar las mediciones en tiempo real en un display que viene integrado.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema para monitorear inalámbricamente el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa dentro del invernadero de la F.E.S. Aragón.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Seleccionar los sensores para el sistema.
- Seleccionar el microcontrolador que se adecue a las necesidades.
- Controlar un LCD (*Liquid Cristal Display*).
- Realizar las operaciones matemáticas correspondientes, para que se visualicen en el LCD los datos obtenidos de acuerdo a las mediciones de los sensores.

-
- Hallar el modo para que los datos a transmitir inalámbricamente no sufran interferencias ni pérdidas.
 - Seleccionar los módulos de Tx (transmisión) y Rx (recepción) por radiofrecuencia.
 - Hacer la transmisión de los datos recibidos inalámbricamente hacia la computadora.
 - Realizar un programa con instrumentación virtual, para poder visualizar los datos de las mediciones en el monitor de la computadora.

ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance de este trabajo está de acuerdo con las necesidades planteadas por el invernadero ubicado en la F.E.S. Aragón. Aunque el tema de monitoreo de variables climatológicas es bastante extenso, el agricultor puede requerir de soluciones tecnológicas más complejas para controlar estas variables, este trabajo se ha considerado un punto de partida a nivel tecnológico, metodológico y comercial para comenzar a dar soluciones que satisfagan las necesidades del sector agrícola en este ámbito.

En lo que se refiere a las mediciones físicas, es claro que para aplicaciones tales como el control de heladas, se hace necesario monitorear el comportamiento de variables como la temperatura, humedad relativa, radiación solar, dirección y velocidad del viento. No obstante, únicamente se incorporará la medición de dos de las variables físicas de mayor incidencia en el desarrollo de las plantas en cultivos, como son la temperatura y la humedad relativa.



MICROCONTROLADORES

1.1. ¿QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR?

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes necesarios para controlar el funcionamiento de una tarea determinada como lo son: el control de una lavadora, un teclado de computadora, una impresora, un sistema de alarma, el funcionamiento de los ratones, en los teléfonos, en los hornos de microondas y los televisores de nuestro hogar, etc. Para esto, el microcontrolador utiliza muy pocos componentes asociados. Un sistema con microcontrolador debe disponer de una memoria donde se almacena el programa que gobierna el funcionamiento del mismo que, una vez programado y configurado, sólo sirve para realizar la tarea asignada. La utilización de un microcontrolador en un circuito reduce notablemente el tamaño y el número de componentes y, en consecuencia, disminuye el número de averías, el volumen y el peso de los equipos, entre otras ventajas.

El microcontrolador es uno de los inventos más notables del siglo XX. En el mercado hay gran cantidad de ellos, con multitud de posibilidades y características. Cada tipo de microcontrolador sirve para una serie de casos y es el diseñador del sistema quien debe decidir cual es el microcontrolador más idóneo para cada uso.

Por otra parte, el microcontrolador es un sistema completo (microprocesador + puertos de entrada o salida + memoria + otros periféricos) que está contenido en el chip de un

circuito integrado programable y se destina a gobernar una sola tarea con el programa que reside en su memoria. Sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar.

Si sólo se fabricara un modelo de microcontrolador, éste debería tener muy potenciados todos sus recursos para poderse adaptar a las exigencias de las diferentes aplicaciones. En la práctica, cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, desde los más sencillos hasta los más potentes. Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S (entrada o salida), la cantidad y prestaciones de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy importante del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

1.2. CONTROLADOR Y MICROCONTROLADOR

Recibe el nombre de controlador el dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos. Por ejemplo, el controlador que regula el funcionamiento de un horno dispone de un sensor que mide constantemente su temperatura interna y, cuando traspasa los límites prefijados, genera las señales adecuadas que accionan los efectores que intentan llevar el valor de la temperatura dentro del rango estipulado.

Aunque el concepto de controlador ha permanecido invariable a través del tiempo, su implementación física ha variado frecuentemente. Hace tres décadas, los controladores se construían exclusivamente con componentes de lógica discreta, posteriormente se emplearon los microprocesadores, que se rodeaban con chips de memoria y E/S sobre una tarjeta de circuito impreso. En la actualidad, todos los elementos del controlador se han podido incluir en un chip, el cual recibe el nombre de microcontrolador. Realmente consiste en un sencilla pero completa computadora contenida en el corazón (chip) de un circuito integrado.

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador. Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o CPU (*Central Processing Unit*).
- Memoria RAM (*Random-Access Memory*) para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM (*Read Only Memory*)/PROM (*Programmable Read-Only Memory*)/EPROM (*Erasable Programmable Read-Only Memory*).
- Líneas de entrada o salida para comunicarse con el exterior.

- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD (*Conversor Analógico-Digital*), CDA (*Conversor Digital-Analógico*), etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Los productos que para su regulación incorporan un microcontrolador disponen de las siguientes ventajas:

- Aumento de prestaciones: un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo.
- Aumento de la fiabilidad: al reemplazar un elevado número de elementos por un microcontrolador, disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes.
- Reducción del tamaño en el producto acabado: La integración del microcontrolador en un chip disminuye el volumen y la mano de obra.
- Mayor flexibilidad: las características de control están programadas, por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.

El microcontrolador es en definitiva un circuito integrado que incluye todos los componentes de una computadora. Debido a su reducido tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que gobierna. En este caso el controlador recibe el nombre de controlador empotrado (*embed controller*).

1.3. MICROPROCESADOR Y MICROCONTROLADOR

Un microprocesador es básicamente un chip que contiene la CPU se encarga de controlar todo el sistema. Un sistema digital basado en un microprocesador es un sistema abierto, ya que su configuración defiere según la aplicación a la que se destine. Se pueden acoplar los módulos necesarios para configurarlo con las características que se desee. Para ello saca al exterior las líneas de sus buses de datos, direcciones y control, de modo que permita su conexión con la memoria y los módulos de entrada/salida. Finalmente resulta un sistema implementado por varios circuitos integrados dentro de una misma placa de circuito impreso. Figura 1-1.

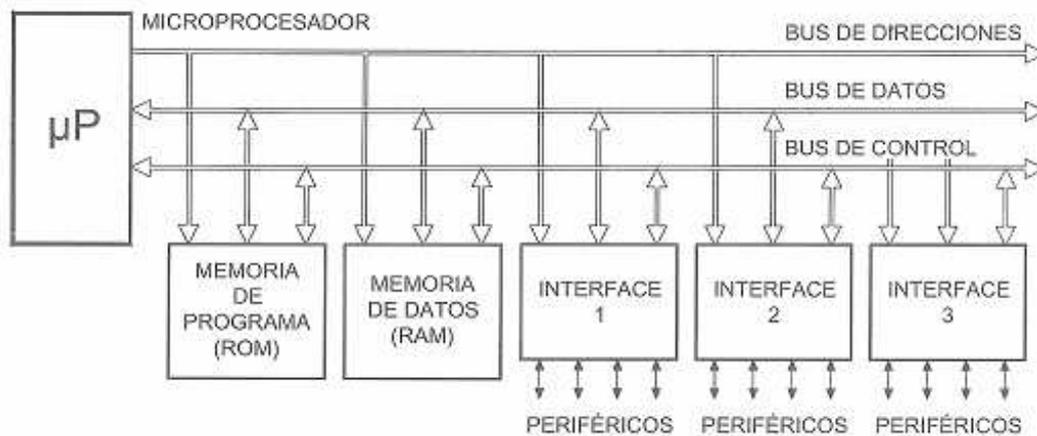


Figura 1-1 Estructura de un sistema digital basado en microprocesador

Un microcontrolador es un sistema cerrado, lo que quiere decir que en un solo circuito integrado se encierra un sistema digital programable completo. Este dispositivo se destina a gobernar una sola tarea que no se puede modificar. Los microcontroladores disponen de los bloques esenciales: CPU, memorias de datos y de programa, reloj, periféricos de entradas/salidas, etc. Figura 1-2.

En las figuras (1-1 y 1-2) se muestran las diferencias entre los sistemas digitales basados en microprocesador respecto de los basados en microcontrolador.

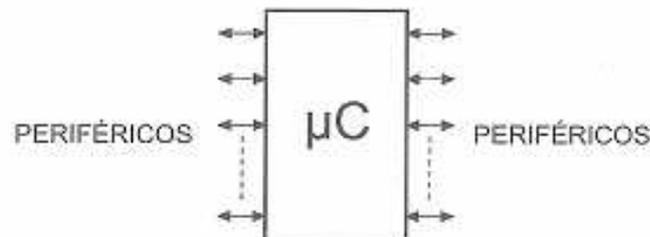


Figura 1-2 Estructura de un sistema digital basado en microcontrolador

La diferencia fundamental entre ambos es que, un sistema digital basado en un microcontrolador está formado por un solo circuito integrado, lo que reduce notablemente el tamaño y el costo, mientras que un sistema basado en un microprocesador, al estar compuesto por varios circuitos integrados para soportar las memorias y los módulos de entrada/salida, tiene mayor tamaño, más costo y menor fiabilidad.

1.4. ARQUITECTURA DE VON NEUMANN

La arquitectura tradicional de sistemas digitales programables se basa en el esquema propuesto por John Von Neumann. En este modelo, la unidad central de proceso o CPU está conectada a una memoria única que contiene las instrucciones del programa y los datos, como se puede observar en la figura 1-3.

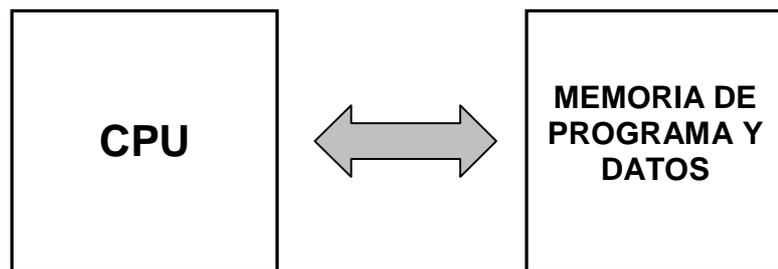


Figura 1-3 Arquitectura de Von Neumann

El tamaño de la unidad de datos o instrucciones está fijado por el ancho del bus de datos de la memoria exterior utilizada, que es de 8 bits. Un microprocesador con un bus de 8 bits que lo conecta con la memoria deberá manejar datos e instrucciones de una o más unidades de 8 bits de longitud. Cuando deba acceder a una instrucción o dato de más de un byte de longitud, deberá realizar más de un acceso a la memoria. Por otro lado, este bus único limita la velocidad de operación del microprocesador, ya que no se puede buscar en la memoria una nueva instrucción antes de que finalicen las transferencias de datos que pudieran resultar de la instrucción anterior.

Ahora, lo que se puede observar dentro de la arquitectura tradicional o de Von Neumann son dos principales limitaciones:

1. La longitud de las Instrucciones está limitada por la unidad de longitud de los datos, por lo tanto el microprocesador debe hacer varios accesos a memoria para buscar instrucciones complejas.
2. La velocidad de operación está limitada por el efecto de cuello de botella que significa un único bus para datos e instrucciones, que impide superponer ambos tiempos de acceso.

Se puede rescatar una ventaja, que consiste en simplificar la lógica del microcontrolador.

1.5. ARQUITECTURA HARVARD

Tradicionalmente, los sistemas digitales programables se basaban en la arquitectura de Von Neumann, esta se caracterizaba por disponer de una única memoria en la que se almacenaba tanto los datos como las instrucciones, a esta memoria se podía acceder únicamente por un bus.

La arquitectura Harvard (figura 1-4) consiste en disponer de dos memorias independientes, a las que se conecta mediante dos grupos de buses separados:

- Memoria de datos.
- Memoria de programa.

Ambos buses son totalmente independientes y pueden ser de distintos anchos, esto permite que la CPU pueda acceder de forma independiente y simultánea a la memoria de datos y a la de instrucciones, consiguiendo que las instrucciones se ejecuten en menos ciclos de reloj.

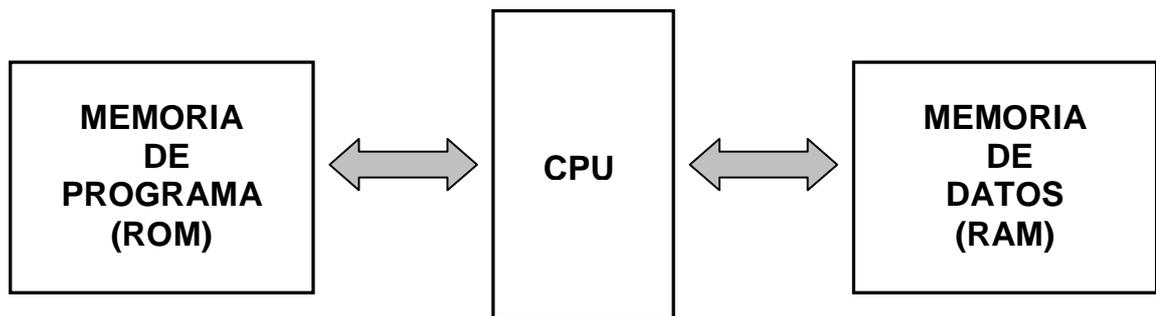


Figura 1-4 Arquitectura Harvard

Esta dualidad, de la memoria de datos por un lado y por otro la memoria de programa, permite la adecuación del tamaño de las palabras y los buses a los requerimientos específicos de las instrucciones y los datos.

Las principales ventajas de la arquitectura Harvard son:

1. El tamaño de las instrucciones no está relacionado con el de los datos, y por esta razón puede ser optimizado para que cualquier instrucción ocupe una sola posición de memoria de programa. Con esto se asegura una mayor velocidad y una menor longitud de programa.
2. El tiempo de acceso a las instrucciones puede superponerse con el de los datos, logrando una mayor velocidad de operación.

Una familia de microcontroladores que se basa en este tipo de arquitectura Harvard son los PIC (*Peripheral Interface Controller*). La memoria del programa es independiente a la memoria de datos, teniendo tamaños y longitudes de palabra diferentes. Este tamaño permite codificar en una palabra el código de operación de la instrucción junto al operando o su dirección. Es por ello que se va a trabajar con el microcontrolador PIC16F876A.

El tamaño de los buses que direcciona la memoria de datos y la de programa son diferentes. Lo mismo pasa con el bus que transfiere las instrucciones y el que lo hace con los datos. La total independencia entre las dos memorias permite realizar accesos simultáneos. Puesto que los datos y operandos que manejan las instrucciones son de 8 bits, la longitud de palabra de la memoria de datos tiene ese tamaño. La capacidad de la SRAM (*Static Random Access Memory*) varía según el modelo. La memoria de programa siempre está direccionada desde el Contador de Programa (CP), mientras que la memoria de datos puede direccionarse directamente desde parte del código de operación de la instrucción o indirectamente.

La memoria de datos se organiza en “bancos”, pudiendo existir varios en los modelos de mayor capacidad. La memoria de datos funciona de forma similar al “banco de registros” de un procesador, por lo cual sus posiciones implementan registros de propósito específico y propósito general. Las primeras posiciones de los bancos contienen registros específicos.

1.6. ALIMENTACIÓN DE UN PIC

Normalmente, el microcontrolador PIC16F876A se alimenta con 5 volts, aplicados entre los pines V_{DD} y V_{SS} que son, respectivamente, la alimentación y la tierra del chip.

Estos 5 volts de alimentación se pueden obtener de un circuito que suministra este voltaje a partir de una tensión continua. Este circuito se basa en el popular regulador de tensión 7805 (figura 1-5).

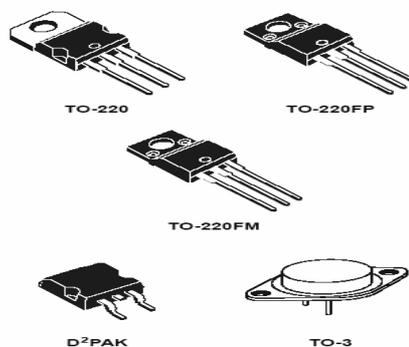


Figura 1-5 Tipos de empaquetados para el regulador de tensión 7805

Este circuito regulador es únicamente para voltajes positivos y dispone de tres terminales (figura 1-6), y su voltaje de salida es fijo, a si que si queremos disponer de 5 volts, este circuito nos los puede proporcionar.

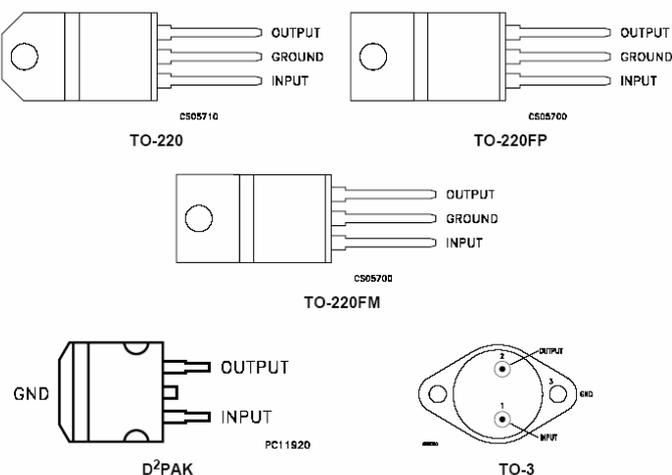


Figura 1-6 Terminales para el regulador de tensión 7805

Este regulador nos puede proporcionar la regulación necesaria para la alimentación de nuestro circuito, eliminando los problemas asociados con la distribución de tensión. Este circuito a la vez nos permite liberar hasta 1 A en la corriente de salida de este dispositivo regulador.

El consumo de corriente para el funcionamiento del microcontrolador depende de la tensión de alimentación, de la frecuencia de trabajo y de las cargas que soporten sus salidas, siendo del orden de unos pocos miliamperes.

Este regulador de voltaje (figura 1-7) será conectado de manera que el capacitor a la entrada reduzca considerablemente el rizado de la tensión de entrada que finalmente, el regulador 7805 se encargará de estabilizar a los 5 volts de alimentación.

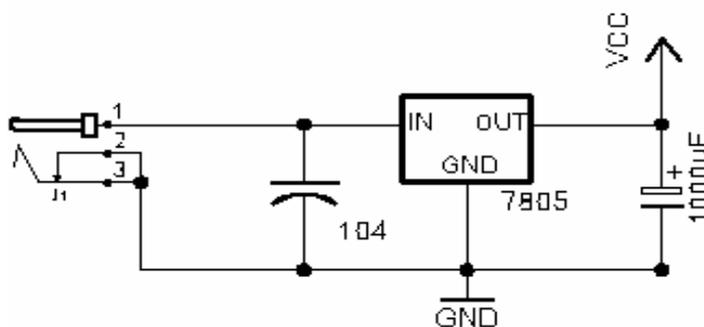


Figura 1-7 Conexión del regulador 7805

El circuito de alimentación del microcontrolador debe tratarse como el de cualquier otro dispositivo digital, debiendo conectarse un capacitor de desacoplo de unos 100nF, lo más cerca posible de los pines de alimentación (figura 1-8).

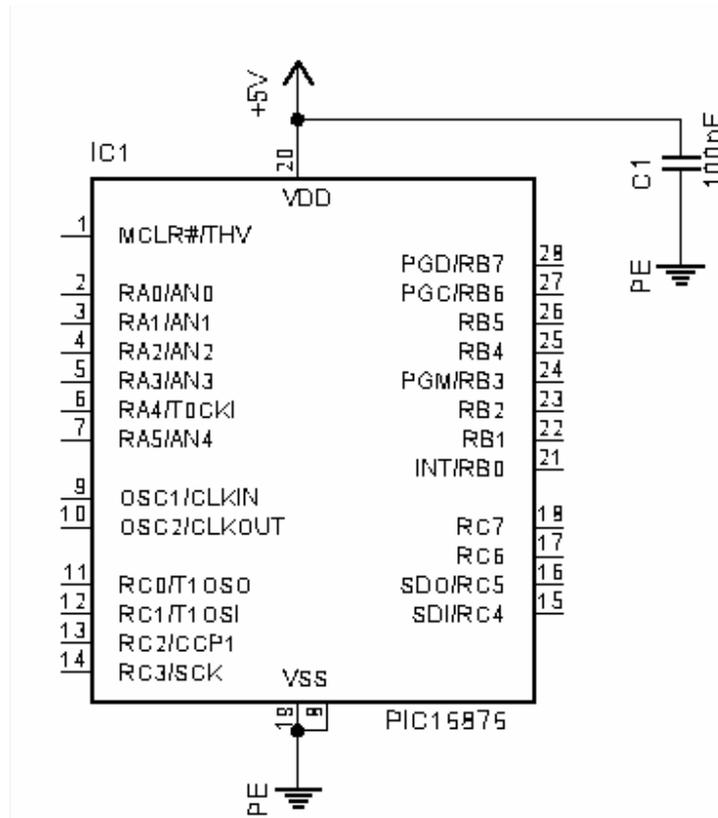


Figura 1-8 PIC16F876A con capacitor de desacoplo

1.7. PUERTOS DE ENTRADA/SALIDA

El microcontrolador se comunica con el mundo exterior a través de los puertos. Estos puertos están constituidos a su vez por líneas digitales de entrada/salida que trabajan entre 0 y 5 Volts. Estos puertos se pueden configurar como entradas, para recibir datos, o como salidas, para gobernar dispositivos externos.

El PIC16F876A tiene tres puertos, tal como se observa en la figura 1-9.

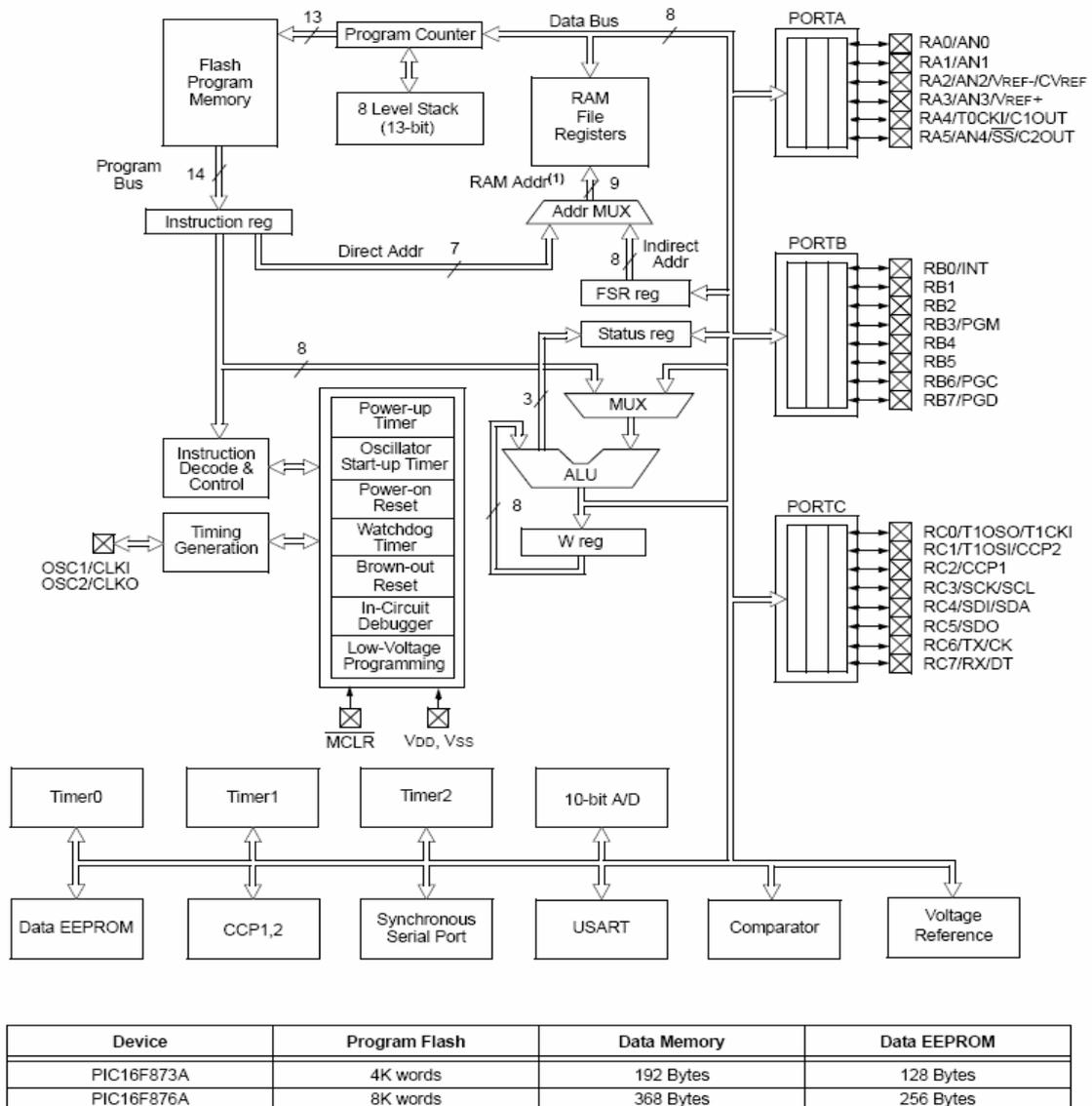


Figura 1-9 Diagrama a Bloques PIC16F876A

Estos puertos son:

- El Puerto A con 6 líneas, pines RA0 a RA5.
- El Puerto B con 8 líneas, pines RB0 a RB7.
- El Puerto C con 8 líneas, pines RC0 a RC7.

Cada línea puede ser configurada como entrada o como salida, independientemente unas de otras, según sea programado este dispositivo.

Las líneas son capaces de entregar niveles TTL cuando la tensión de alimentación aplicada en V_{DD} es de 5 Volts. La máxima capacidad de corriente de cada una de ellas es:

- 25 mA, cuando el pin está a nivel bajo, es decir, cuando consume corriente (modo *sink*). Sin embargo, la suma de las intensidades por las 6 líneas del Puerto A y las 8 líneas del Puerto B no pueden exceder los 200 mA, ni la suma de las 8 líneas del Puerto C pueden exceder de 200 mA.
- 25 mA, cuando el pin está a nivel alto, es decir, cuando proporciona corriente (modo *source*). Sin embargo, la suma de las intensidades por las 6 líneas del Puerto A y las 8 líneas del Puerto B no pueden exceder los 200 mA, ni la suma de las 8 líneas del Puerto C pueden exceder de 200 mA.

1.8. OSCILADOR

Todo microcontrolador requiere de un circuito que le indique la velocidad de trabajo, a este circuito se le llama oscilador o reloj. Este genera una onda cuadrada de alta frecuencia que se utiliza como señal para sincronizar todas las operaciones del sistema. Este circuito es muy simple pero de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema. Generalmente todos los componentes del reloj se encuentran integrados en el propio microcontrolador y tan solo se requieren unos pocos componentes externos, como un cristal de cuarzo o una red RC, para definir la frecuencia de trabajo.

En el PIC16F876A, los pines **OSC1/CLKI** y **OSC2/CLKO** (figura 1-10) son las líneas utilizadas para este fin. Permite cuatro tipos de osciladores para definir la frecuencia de funcionamiento:

- **LP** Cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia.
- **XT** Cristal de cuarzo.
- **HS** Cristal de alta velocidad.
- **RC** Oscilador con resistencia y capacitor.

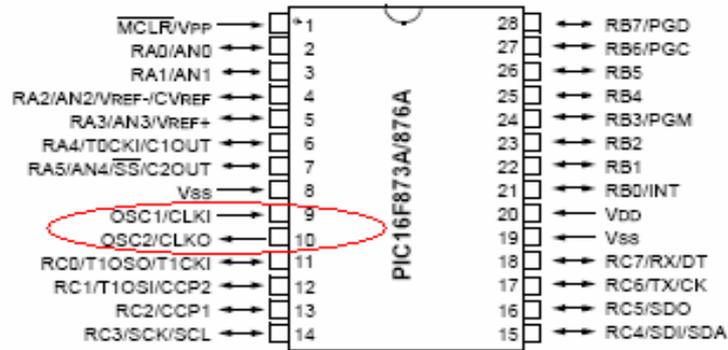


Figura 1-10 Ubicación de pines del oscilador

1.8.1. OSCILADOR HS Y LP

El resonador de cristal, o resonador de alta velocidad **HS** (*High Speed cristal*) trabaja a una frecuencia comprendida entre 4 MHz y 20 MHz para el PIC16F876A.

Por otra parte, el oscilador de cristal de cuarzo, o resonador cerámico de baja potencia **LP** (*Low Power cristal*), es un oscilador de bajo consumo. Su cristal o resonador está diseñado para trabajar con frecuencias comprendidas entre 32 kHz y 200 kHz.

1.8.2. OSCILADOR XT

Es el más utilizado y está basado en el oscilador a cristal de cuarzo o en un resonador cerámico. Es un oscilador estándar que permite una frecuencia de reloj muy estable, comprendida entre 100 KHz y 4 MHz.

En la figura 1-11 se muestra la conexión típica. En muchos proyectos se utiliza un cristal de 4 MHz. El cristal debe de ir acompañado de dos capacitores entre 15 y 33 pF.

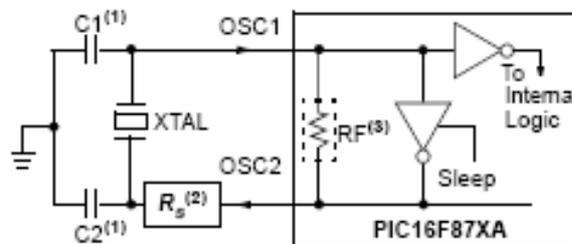


Figura 1-11 Conexión del oscilador

Si se comprueba con un osciloscopio la señal en el pin **OSC2/CLKO**, se debe visualizar una onda senoidal de igual frecuencia que la del cristal utilizado.

1.8.3. OSCILADOR RC

Es un oscilador de bajo costo formado por una red RC (figura 1-12). Su principal inconveniente es la baja precisión, pero como contrapartida está su bajo precio, que lo hace interesante para muchas aplicaciones en las que no importa la exactitud de tiempos.

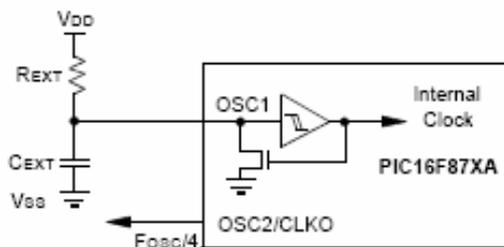


Figura 1-12 Oscilador RC

Los valores recomendados por el fabricante para este tipo de oscilador son:

$$3 \text{ k}\Omega \leq R_{ext} \leq 100 \text{ k}\Omega \text{ y } C_{ext} > 20\text{pF}$$

La frecuencia del oscilador dividida por cuatro está disponible en el pin **OSC2/CLKO**, y puede ser usada para sincronizar otros circuitos.

En los modos de **XT**, **LP** o **HS**, el cristal o resonador cerámico es conectado en los pines **OSC1/CLKI** y **OSC2/CLKO**, para establecer la frecuencia de trabajo. Este oscilador debe de conectarse como se observó anteriormente, de acuerdo a la figura 1-11, para un adecuado funcionamiento.

El oscilador a su vez necesita de un par de capacitores. Para encontrar el valor adecuado se puede ver la tabla 1-1.

Tabla 1-1 Resonadores cerámicos

Ranges Tested:			
Mode	Freq.	OSC1	OSC2
XT	455 kHz	68-100 pF	68-100 pF
	2.0 MHz	15-68 pF	15-68 pF
	4.0 MHz	15-68 pF	15-68 pF
HS	8.0 MHz	10-68 pF	10-68 pF
	16.0 MHz	10-22 pF	10-22 pF

La tabla 1-1, a su vez, nos lleva a la tabla 1-2, para seleccionar los capacitores del oscilador de cristal.

Tabla 1-2 Selección de capacitores para el oscilador de cristal

Osc Type	Crystal Freq.	Cap. Range C1	Cap. Range C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20 MHz	15-33 pF	15-33 pF

1.8.4. SEÑAL DE RELOJ EXTERNA

Esta posibilidad suele ser utilizada para hacer funcionar varios microcontroladores a partir de una única señal de reloj (figura 1-13). Esta configuración se utiliza en pocas ocasiones.

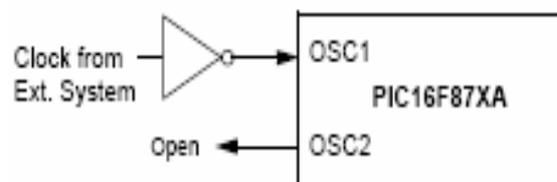


Figura 1-13 Circuito para señal de reloj externa

1.9. PERIFÉRICOS BÁSICOS

1.9.1. LED

El LED (*Light Emissor Diode*) es un dispositivo que permite comprobar el funcionamiento de los circuitos, de forma cómoda, mediante la emisión de luz. Es barato y fácil de conectar a la salida de un microcontrolador. Se polariza en directo con una tensión en extremos ente 1.2 y 2.2 V (volts), según el modelo, y sólo requiere de 5 a 30 mA para su encendido.

En el PIC16F876A es posible manejar directamente los LED de dos formas distintas. Figura 1-14:

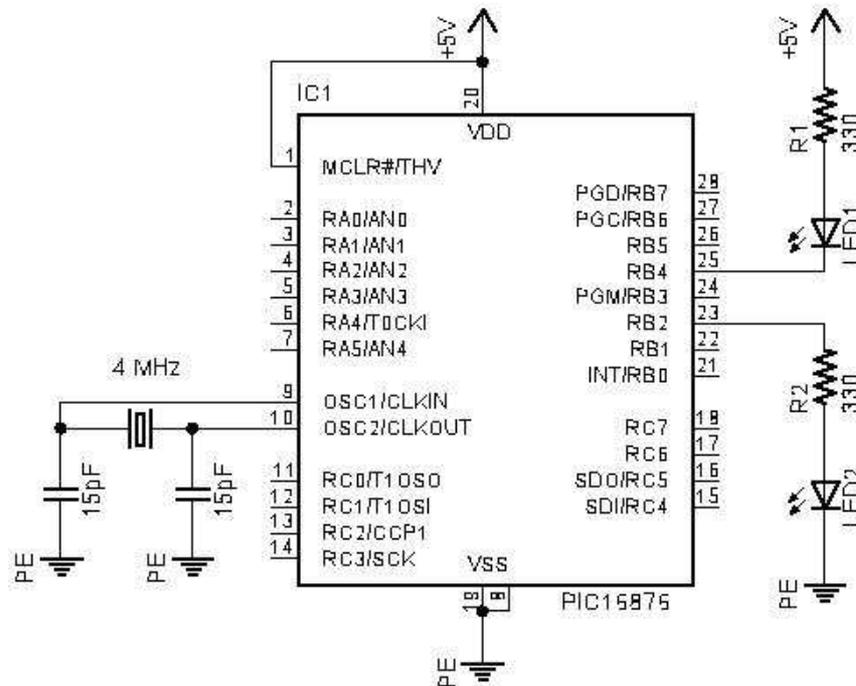


Figura 1-14 Formas de conectar un LED a un microcontrolador

Estas formas son:

- Conectando el cátodo del diodo a la salida del microcontrolador y el ánodo al positivo de la alimentación a través de una resistencia limitadora, como el LED1 de la figura 1-14. En donde, en este caso, el LED1 se iluminará solamente con un nivel bajo de salida (0 Volts).
- Conectando el ánodo del diodo a la salida del microcontrolador, a través de una resistencia limitadora, y el cátodo a tierra, como el del LED2 de la figura 1-14. En donde, en este caso, el LED2 se iluminará con un nivel alto de salida (5 Volts).

En este tipo de casos en donde se tienen que usar indicadores como lo son los LED, tenemos que optar por poner una resistencia, ya que esta hará la función de limitar la corriente a un valor adecuado para hacer que encienda el LED. El valor de la resistencia deberá tener un valor comprendido entre 220Ω y 330Ω. En la figura 1-14 se puede observar que se ha elegido un valor de 330Ω, que limita la corriente a un valor de unos 10 mA, lo cual nos proporcionará una luminosidad suficiente para la mayoría de las aplicaciones. Si se opta por que emita más luz, se puede bajar el valor de la resistencia a 220Ω.

1.9.2. INTERRUPTORES Y PULSADORES

Estos dispositivos nos permiten introducir un nivel lógico “0” ó “1”, según la posición en la que se encuentren, “cerrado” o “abierto”.

Para poder leer el estado de interruptores y pulsadores (figura 1-15 (a)) solamente basta con conectar estos dispositivos entre una entrada y tierra.

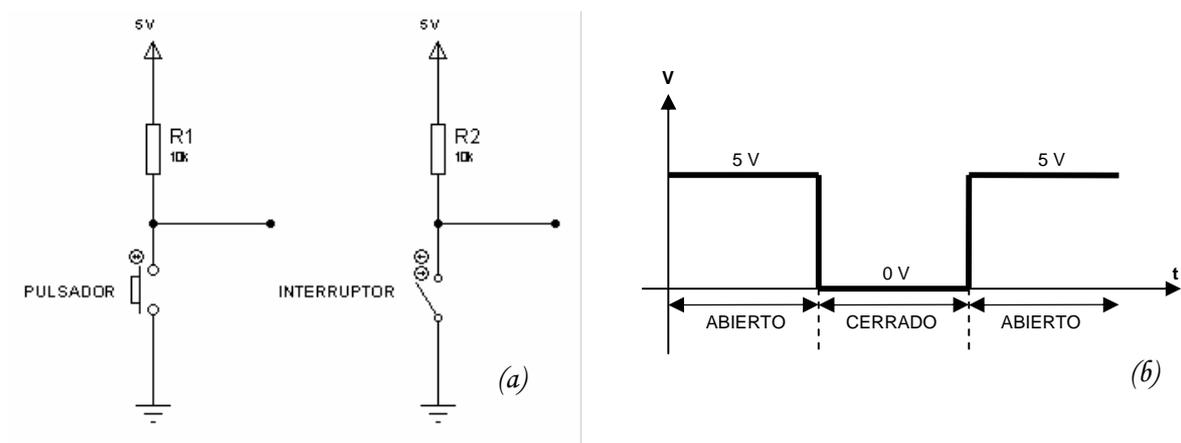


Figura 1-15: (a) pulsador e interruptor; (b) niveles de tensión de pulsador e interruptor

En la gráfica (figura 1-15 (b)) se puede observar que mientras el dispositivo se encuentra abierto, la entrada mantiene una tensión de 5 V que corresponde a un nivel lógico “1”. Ahora que cuando se cierra, la entrada pasa a 0 V, que corresponde a un nivel lógico “0”.

También se pueden encontrar varios tipos de conmutadores, finales de carrera, detectores y sensores digitales con un funcionamiento similar a los pulsadores e interruptores.

1.9.3. ENTRADAS DIGITALES CON OPTOACOPLADORES

Alguna vez, nos vemos en la necesidad de utilizar como entradas señales de alta tensión o señales relacionadas con la tensión de la red eléctrica. Estas tensiones no se pueden aplicar directamente al microcontrolador, y es necesario aislar eléctricamente el circuito mediante un optoacoplador con un montaje como el de la figura 1-16.

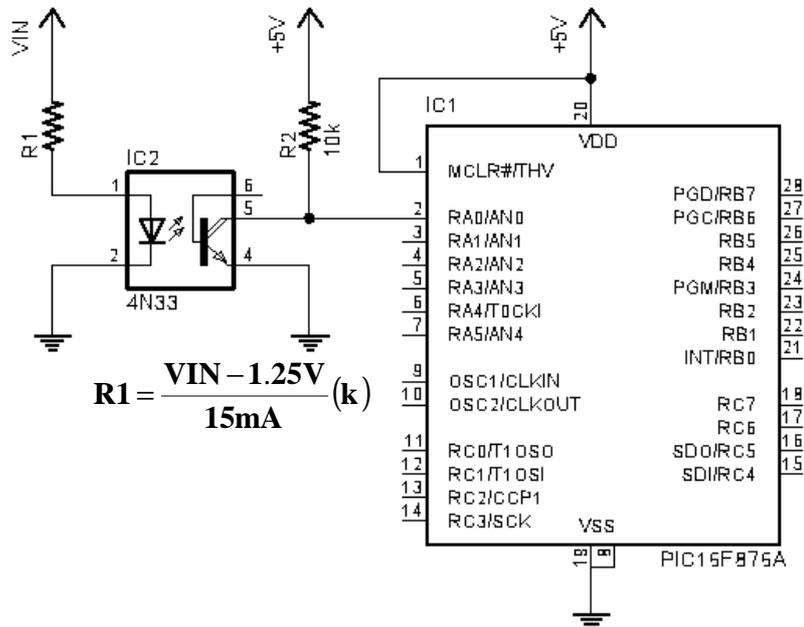


Figura 1-16 Gobierno de una entrada mediante optoacoplador 4N33

En estos casos se puede usar un optoacoplador como lo es el 4N33, el cual viene en un encapsulado DIL06, en donde se encierra un LED y un fototransistor en configuración Darlington. Su funcionamiento se puede describir de esta manera:

- Cuando se aplica una tensión V_{IN} , circula una corriente por el LED del optoacoplador, emitiendo un haz de luz que incide sobre el transistor y lo satura. En este caso, a la entrada del microcontrolador se aplica un nivel bajo, igual que cuando estaba cerrado el interruptor de la figura 1-15.
- Cuando no se aplica alguna tensión al LED, este se encuentra apagado, bloqueando así al transistor. Entonces a la entrada del microcontrolador se está aplicando un nivel alto, igual que cuando está abierto un interruptor (figura 1-15 (b)).

La tensión que necesita un LED en conducción es de 1.25 V, y para que se ilumine, hay que hacer circular una corriente de unos 15 mA. La resistencia en serie con el LED debe permitir que circule esta intensidad.

El LED soporta una tensión máxima inversa de sólo 3 V. Ahora que para aplicaciones de corriente alterna, hay que conectar en paralelo con el LED un diodo de protección en inverso, o de otra forma utilizar un optoacoplador que ya lo lleve integrado como el H11A1.

Con esta forma de conexión de entradas digitales por medio de optoacopladores, se asegura que los dos circuitos se encuentren eléctricamente aislados; en donde la única comunicación entre ambos es la luz que emite el LED.

1.10. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA

1.10.1. ARQUITECTURA INTERNA DEL PIC16F876A

Como se puede observar en la tabla 1-3, se pueden destacar las siguientes características:

- Memoria de programa de tipo ROM Flash de 8 k x 14 bits.
- Memoria de datos de 368 bytes.
- ALU de 8 bits y registro de trabajo W, del que normalmente recibe un operando, que puede ser cualquier registro, memoria, puerto de entrada/salida o el propio código de instrucción.
- Tres puertos para la comunicación con el mundo exterior: PORTA de 6 bits <RA5:RA0>; PORTB de 8 bits <RB7:RB0> y PORTC de 8 bits <RC7:RC0>.
- Contador de programa de 13 bits.

Tabla 1-3 Características de los dispositivos PIC16F87XA

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

Dentro del PIC16F876A se pueden distinguir 3 bloques de memoria:

- **Memoria de programa.** En donde en sus 8191 posiciones, contiene el programa con las instrucciones que gobiernan la aplicación. Es del tipo no volátil, es decir, el programa se mantiene aunque desaparezca la alimentación.
- **Memoria de datos RAM.** Se destina a guardar las variables y datos. Es volátil, es decir, los datos almacenados se borran cuando desaparece la alimentación.
- **Memoria EEPROM de datos.** Es una pequeña área de memoria de datos de lectura y escritura no volátil, gracias a la cual, un corte del suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de la información, que estará disponible al reiniciarse el programa.

1.10.2. MEMORIA DE PROGRAMA

El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. El programa a ejecutar siempre es el mismo, por lo tanto, debe estar grabado de forma permanente. Esta característica de “no volatilidad” garantiza que la memoria mantenga su contenido aún sin alimentación, de forma que el programa no necesite volver a ser cargado en el sistema cada vez que se utilice.

La información contenida en estas memorias debe ser grabada previamente mediante un equipo físico denominado programador o grabador. Este equipo se debe conectar a una computadora que, mediante un software (programa de aplicación), controla la grabación de la memoria de programa del microcontrolador. A este proceso se le llama programar o grabar el microcontrolador.

El PIC16F876A es un microcontrolador con un tipo de programa con características de “no volatilidad”, denominada ROM Flash, que permite una grabación muy sencilla, rápida y cómoda. La memoria de programa del PIC16F876A tiene una capacidad de 8 k (8191 posiciones) y está organizada en palabras de 14 bits. Por esto la memoria de programa comienza en la posición 0000h (posición inicial de reset) y llega hasta la 1FFFh (figura 1-17).

1.10.3. CONTADOR DE PROGRAMA (CP)

Un programa está compuesto por instrucciones que generalmente se ejecutan de forma secuencial. En el PIC16F876A cada una de esas instrucciones ocupa una posición de memoria de programa.

El contador de programa (CP), es un registro interno que se utiliza para direccionar las instrucciones del programa de control que están almacenadas en la memoria de programa (figura 1-17). Este registro contiene la dirección de la próxima instrucción a ejecutar, y se incrementa automáticamente de manera que la secuencia natural de ejecución del programa es lineal, una instrucción después de otra.

Este contador de programa, con el cual cuenta el microcontrolador, le permite direccionar los 8k x 14 bits de memoria de programa implementada, desde la posición 0000h hasta la 1FFFh.

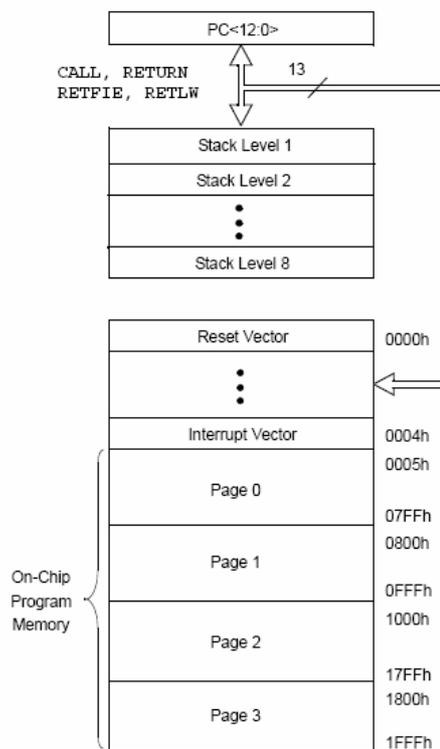


Figura 1-17 Mapa de memoria de programa y pila

Cuando se conecta la alimentación al microcontrolador, o cuando ocurre un reset, el contador de programa se pone a cero, forzando así que la dirección de inicio sea la 0000h; en donde la primera instrucción ejecutada será la que esté grabada en esta posición.

1.10.4. MEMORIA DE DATOS

En esta memoria se almacenan los datos que se manejan en un programa. Estos datos varían continuamente, por lo que esta memoria debe ser de lectura y escritura. Se

La memoria de datos cuenta con cuatro bancos de memoria, como se puede ver en la figura 1-18, Banco 0, Banco 1, Banco 2 y Banco 3.

En estos bancos, los registros del SFR están agrupados entre las direcciones 00h a 1Fh para el Banco 0, de 80h a 9Fh para el Banco 1, de 100h a 10Fh para el Banco 2 y de 180h a 18Fh para el Banco 3. Algunos de los registros del SFR se encuentran en la misma dirección de los cuatro bancos, con el objeto de simplificar su acceso; como por ejemplo, los registros: STATUS e INTCON.

El banco de registros de propósito general (GPR) está formado, en el Banco 0 por 96 posiciones de memoria, (direcciones desde la 20h hasta la 7Fh), en el Banco 1 de igual manera son 96 posiciones de memoria pero con la excepción de que en las posiciones de memoria, (direcciones desde la F0h hasta la FFh), se mapean sobre el Banco 0; en el Banco 2 esta formado por 112 posiciones de memoria pero con la excepción de que en las posiciones de memoria, (direcciones desde la 170h hasta la 17Fh), se mapean sobre el Banco 0, y por último las posiciones de memoria del Banco 3 que son de igual manera 112, pero con la excepción de que en las posiciones de memoria, (direcciones desde la 1F0h hasta la 1FFh), se mapean sobre el banco 0.

Ahora que, para seleccionar el banco a acceder, hay que configurar el bit 6 (RP1) y el bit 5 (RP0) del registro STATUS según se requiera, esto se puede ver en el registro 1-1.

También, cuando se acciona un reset, automáticamente se selecciona el Banco 0 después de este, esto da pie a que desde el principio de nuestro programa estamos colocados en el Banco 0, y que de ahí en adelante tendremos que cambiar de banco según se necesite.

1.11. RECURSOS ESPECIALES

En esta parte es fundamental mencionar que como cada fabricante de microcontroladores ofrece numerosas versiones de una arquitectura; como por ejemplo en algunas versiones se amplía la capacidad de la memoria, en otras incorporan nuevos recursos, como en el PIC16F876A, que cuenta con:

- Puertos de E/S (entrada-salida).
- Temporizadores (Timers).
- Perro guardián (Watchdog).
- Protección ante fallo de alimentación (Brown-out).
- Estado de reposo o de bajo consumo (Sleep).
- Módulo MSSP (Master Synchronous Serial Port).
- Módulo USART (Addressable Universal Synchronous Receiver Transmitter).
- Módulo convertidor A/D (analógico-digital).
- Módulo comparador.

- Módulo comparador de voltaje de referencia.

Registro 1-1 STATUS

STATUS REGISTER (ADDRESS 03h, 83h, 103h, 183h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x	
IRP	RP1	RP0	\overline{TO}	\overline{PD}	Z	DC	C	
bit 7								bit 0

- bit 7 **IRP:** Register Bank Select bit (used for indirect addressing)
1 = Bank 2, 3 (100h-1FFh)
0 = Bank 0, 1 (00h-FFh)
- bit 6-5 **RP1:RP0:** Register Bank Select bits (used for direct addressing)
11 = Bank 3 (180h-1FFh)
10 = Bank 2 (100h-17Fh)
01 = Bank 1 (80h-FFh)
00 = Bank 0 (00h-7Fh)
Each bank is 128 bytes.
- bit 4 **\overline{TO} :** Time-out bit
1 = After power-up, CLRWDT instruction or SLEEP instruction
0 = A WDT time-out occurred
- bit 3 **\overline{PD} :** Power-down bit
1 = After power-up or by the CLRWDT instruction
0 = By execution of the SLEEP instruction
- bit 2 **Z:** Zero bit
1 = The result of an arithmetic or logic operation is zero
0 = The result of an arithmetic or logic operation is not zero
- bit 1 **DC:** Digit carry/borrow bit (ADDWF, ADDLW, SUBLW, SUBWF instructions)
(for borrow, the polarity is reversed)
1 = A carry-out from the 4th low order bit of the result occurred
0 = No carry-out from the 4th low order bit of the result
- bit 0 **C:** Carry/borrow bit (ADDWF, ADDLW, SUBLW, SUBWF instructions)
1 = A carry-out from the Most Significant bit of the result occurred
0 = No carry-out from the Most Significant bit of the result occurred

Note: For borrow, the polarity is reversed. A subtraction is executed by adding the two's complement of the second operand. For rotate (RRF, RLF) instructions, this bit is loaded with either the high, or low order bit of the source register.

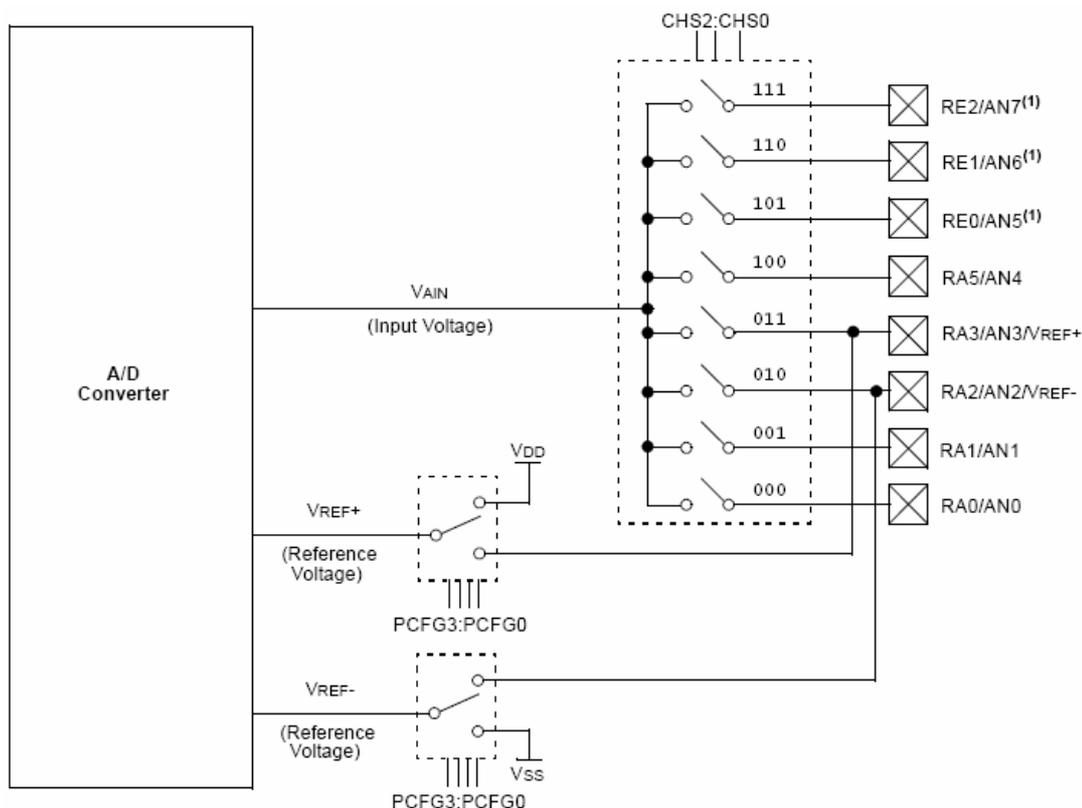
Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

Con estas herramientas se va a poner solución a este trabajo, claro está que, no todos estos recursos se van a ocupar, pero es el microcontrolador que mas se ajusto a los requerimientos.

A continuación, en los siguientes subcapítulos se mencionan las herramientas de este microcontrolador que se ocuparon.

1.12. MÓDULO DEL CONVERTIDOR A/D

Como es muy frecuente el trabajo con señales analógicas, éstas deben ser convertidas a digital, y por ello muchos microcontroladores incorporan un convertor A/D (analógico-digital), el cual se utiliza para tomar datos de varias entradas diferentes que se seleccionan mediante un multiplexor. Figura 1-19.



Note 1: Not available on 28-pin devices.

Figura 1-19 Diagrama a bloques A/D

Las resoluciones más frecuentes son 8 y 10 bits, aunque hay microcontroladores con convertidores de 11 y 12 bits; para resoluciones mayores es preciso utilizar convertidores A/D externos. Los convertidores A/D son uno de los periféricos más codiciados en el mundo de los microcontroladores y es por ello que muchísimos PIC los incorporan, siendo esta una de las características más destacables de los dispositivos que fabrica Microchip. En el PIC16F876A se cuenta con cinco entradas analógicas, en donde al resultado de la entrada de la señal analógica le corresponde un número de 10 bits. Este módulo se puede configurar por medio de programación, por si se desea usar voltajes de referencia.

Esto no quiere decir que cuente con cinco conversores A/D, sino que en realidad se trata de uno solo, que se puede multiplexar en cinco entradas, como se muestra en la figura 1-19. La técnica que utiliza el μC (microcontrolador) para la conversión es la de “incremento y comparación”, la cual consiste en usar un registro auxiliar, compararlo con la entrada analógica y, si es menor, incrementarlo, volver a comparar y así hasta que el valor del registro sea lo más aproximado posible (pero sin pasarse) a la entrada analógica.

El rango de conversión es de 0 a 5 V, pero si hubiera que hacer alguna conversión de más voltaje, bastará con poner a la entrada del conversor un divisor de tensión correctamente calculado, o bien trabajar con alguna tensión de referencia externa al μC .

La resolución que tiene cada bit de la conversión tiene un valor que es función de la tensión de referencia externa (en caso que la hubiere), y viene dada por:

$$R_{\text{es}} = \frac{V_{\text{ref+}} - V_{\text{ref-}}}{1024}$$

Con lo cual, por ejemplo, si la tensión de referencia positiva ($V_{\text{ref+}}$) es de 5 V y la tensión de referencia negativa ($V_{\text{ref-}}$) es tierra, la resolución por cada bit es de 4,8 mV por cada bit. Este caso es cuando no se aplica una referencia externa, ya que el μC pone automáticamente la referencia de voltaje en la tensión de alimentación. Una vez realizada la conversión, obtendremos un valor binario *0000000000* para 0 V y un valor binario *1111111111* para 5 V.

1.12.1. CONTROL DEL CONVERTIDOR A/D

Todos los módulos de un PIC tienen registros asociados para su control. Para controlar el convertidor A/D (analógico-digital), se va a necesitar usar los siguientes registros:

- ADRESH (registro de resultado A/D, parte alta).
- ADRESL (registro de resultado A/D, parte baja).
- ADCON0 (registro “0” de control A/D).
- ADCON1 (Registro “1” de control A/D).

Como la resolución del CAD (convertidor A/D) es de 10 bits y los registros del μC son de 8 bits, se utilizan dos registros; el ADRESL y ADRESH en forma concatenada (que tiene relación). Es decir, en uno de ellos usaremos los 8 bits completos y en el otro solo 2 bits para llegar a los 10.

Los registros ADCON0 y ADCON1 son los que nos permitirán controlar, configurar y poner en marcha al conversor, y se muestran en los registros 1-2 y 1-3.

Registro 1-2 *ADCON0*

ADCON0 REGISTER (ADDRESS 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

bit 7-6 **ADCS1:ADCS0:** A/D Conversion Clock Select bits (ADCON0 bits in **bold**)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

bit 5-3 **CHS2:CHS0:** Analog Channel Select bits

- 000 = Channel 0 (AN0)
- 001 = Channel 1 (AN1)
- 010 = Channel 2 (AN2)
- 011 = Channel 3 (AN3)
- 100 = Channel 4 (AN4)
- 101 = Channel 5 (AN5)
- 110 = Channel 6 (AN6)
- 111 = Channel 7 (AN7)

Note: The PIC16F873A/876A devices only implement A/D channels 0 through 4; the unimplemented selections are reserved. Do not select any unimplemented channels with these devices.

bit 2 **GO/DONE:** A/D Conversion Status bit

When ADON = 1:

- 1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion which is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)
- 0 = A/D conversion not in progress

bit 1 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 0 **ADON:** A/D On bit

- 1 = A/D converter module is powered up
- 0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

Como se ve en el registro ADCON0, los bits 6 y 7 son para ajustar la frecuencia del oscilador del CAD, que está ligada directamente con la frecuencia de oscilación del µC. Los bits 5 al 3 son para elegir el canal de conversión y mediante estos bits se realiza la multiplexación en caso de necesitar más de una entrada analógica para la conversión. El bit 2 es uno de los más importantes, ya que para iniciar la conversión hay que ponerlo en "1", y automáticamente este bit se pone en "0" cuando la conversión termina. El bit 1 no se usa y el bit 0 es para activar el módulo del CAD o como se dice "prender el convertidor". Si este último bit estuviera en "0", por más que se ponga un "1" en el bit 2, el convertidor no iniciará la conversión, ya que el módulo del CAD está "apagado".

Registro 1-3 *ADCON1*

ADCON1 REGISTER (ADDRESS 9Fh)

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

bit 7 **ADFM:** A/D Result Format Select bit

1 = Right justified. Six (6) Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.
0 = Left justified. Six (6) Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.

bit 6 **ADCS2:** A/D Conversion Clock Select bit (ADCON1 bits in shaded area and in **bold**)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

bit 5-4 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

C/R = # of analog input channels/# of A/D voltage references

Legend:

R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

Note: On any device Reset, the port pins that are multiplexed with analog functions (ANx) are forced to be an analog input.

El registro ADCON1 es el encargado de definir que entrada o “terminal” del µC se usará como entrada analógica. Este registro se hace muy útil cuando, por ejemplo, se usa una misma terminal del µC como salida o entrada digital, y en un determinado momento se quiere que esa misma terminal nos lea un voltaje analógico externo.

También es el responsable de la selección de la “justificación” (figura 1-20) del resultado de la conversión, mediante el bit 7, y de configurar cuales serán las terminales donde se aplica la tensión de referencia, en caso de necesitarla.

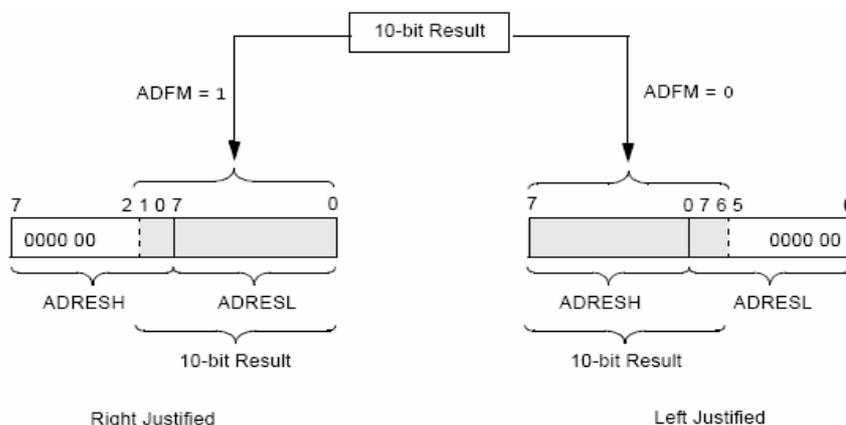


Figura 1-20 Justificación del resultado A/D

1.12.2. TIEMPO DE CONVERSIÓN A/D

El tiempo que le toma al μC realizar la conversión se denomina T_{AD} (tiempo de conversión analógica-digital) y nunca debe ser menor que $1,6 \mu s$. El tiempo T_{AD} es configurado por programación según la relación $T_{AD} = kT_{OSC}$, donde “k” es el divisor de la frecuencia del conversor. Por ejemplo, si se trabaja con $T_{OSC} = 1 \mu s$, y en los bits 7 y 6 del registro ADCON0 se pone 00, quedará: $T_{AD} = 2T_{OSC} = 2 * 1 \mu s = 2 \mu s$ lo cual está dentro del rango permitido; en la tabla 1-4 se pueden observar algunas frecuencias máximas de trabajo, de acuerdo al reloj de conversión del convertidor A/D.

Tabla 1-4 Frecuencias de operación

TAD vs. MAXIMUM DEVICE OPERATING FREQUENCIES (STANDARD DEVICES (F))

AD Clock Source (TAD)		Maximum Device Frequency
Operation	ADCS2:ADCS1:ADCS0	
2 TOSC	000	1.25 MHz
4 TOSC	100	2.5 MHz
8 TOSC	001	5 MHz
16 TOSC	101	10 MHz
32 TOSC	010	20 MHz
64 TOSC	110	20 MHz
RC(1, 2, 3)	x11	(Note 1)

- Note 1:** The RC source has a typical TAD time of $4 \mu s$ but can vary between $2-6 \mu s$.
- 2:** When the device frequencies are greater than 1 MHz, the RC A/D conversion clock source is only recommended for Sleep operation.
- 3:** For extended voltage devices (LF), please refer to **Section 17.0 “Electrical Characteristics”**.

Una vez terminada la conversión, el resultado se almacena en los registros ADRESH y ADRESL, según estén configurados en el bit 7 del registro ADCON1. La "justificación" a la derecha o izquierda es sencilla de comprender; se trata de guardar el resultado de 10 bits en dos registros de 8 bits cada uno, que posteriormente, se elegirá si se quieren los 8 primeros bits en el ADRESL y los dos restantes en el ADRESH, o viceversa.

Generalmente, la elección de la justificación está directamente emparentada con la resolución que queremos leer, es decir, si se quiere conectar un potenciómetro, y según la tensión, aumentar o disminuir el tiempo de parpadeo de un LED, se puede justificar a la izquierda y leer como resultado de la conversión sólo los 8 bits del ADRESH, y descartar o despreciar los dos bits de menor peso significativo que se guardarán en el ADRESL.

1.12.3. REGISTROS ASOCIADOS CON EL MÓDULO A/D

En esta parte se observa cuales son los registros y bits (tabla 1-5) que son necesarios, o mejor dicho que se utilizan para un correcto funcionamiento del módulo A/D.

En estos registros se configura al módulo para que, cada vez que termine una conversión A/D, produzca una interrupción y realice la acción que se programe por medio de software. También se pueden monitorear las banderas; las banderas son bits que nos avisan que ha ocurrido, por ejemplo: una interrupción, el término de un proceso, el término de una operación, etc.

Otra de las cosas que se pueden hacer en estos registros es tomar los datos del resultado de la conversión A/D y utilizarlos según nuestra aplicación.

Tabla 1-5 Registros y bits asociados con el módulo A/D
REGISTERS/BITS ASSOCIATED WITH A/D

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOR	Value on MCLR, WDT
0Bh,8Bh,10Bh,18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
1Eh	ADRESH	A/D Result Register High Byte								xxxx xxxx	uuuu uuuu
9Eh	ADRESL	A/D Result Register Low Byte								xxxx xxxx	uuuu uuuu
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON	0000 00-0	0000 00-0
9Fh	ADCON1	ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	00-- 0000	00-- 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
05h	PORTA	—	—	PORTA Data Latch when written: PORTA pins when read						--0x 0000	--0u 0000
89h ⁽¹⁾	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction bits			0000 -111	0000 -111
09h ⁽¹⁾	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	---- -uuu

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used for A/D conversion.

Note 1: These registers are not available on 28-pin devices.

1.13. MÓDULO USART

Una de las formas más común y sencilla de comunicar cualquier dispositivo con una computadora es a través de su puerto serie, que es compatible con el denominado estándar RS232 (o *EIA232 Standard*). En una computadora puede haber varios puertos seriales, normalmente denominados COM1, COM2, etc.

Los puertos serie son accesibles mediante conectores. La norma RS232 establece dos tipos de conectores, llamados DB-25 (de 25 pines) y DB-9 (de 9 pines), machos y hembras, como se puede ver en la figura 1-21. La norma RS232 se estableció para conectar una computadora con un módem, por lo que aparecen muchas patillas en los conectores DB-25 que en otro tipo de aplicaciones no se utilizan y en las que es más común utilizar el conector tipo DB-9.



Figura 1-21 Conectores DB-25 y DB-9

Cada uno de los pines del conector RS232 tiene una función especificada por la norma. Hay unos pines por los que se transmiten y reciben datos, y otros que controlan el establecimiento, flujo y cierre de la comunicación.

Para comunicarse con un microcontrolador es suficiente con tres líneas:

- Línea de transmisión (TxD), pin 3 (*Transmitted Data*).
- Línea de recepción (RxD), pin 2 (*Received Data*).
- Pin de tierra (SG), pin 5 (*Signal Ground*).

En este microcontrolador, la USART (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*) es uno de los dos módulos seriales de entrada o salida. La USART puede ser configurada de modo que trabaje como un sistema asíncrono full-duplex, para así poder comunicarse con otros dispositivos periféricos, como lo pueden ser las computadoras personales. Otra forma de configurar esta USART es de modo que funcione como un sistema síncrono half-duplex, para poder comunicarse con otros dispositivos periféricos, como lo pueden ser los circuitos integrados que hagan la función de un convertidor A/D o D/A, memorias EEPROM, etc.

La USART puede ser configurada de los siguientes modos:

- Asíncrono (full-duplex).
- Síncrono - Maestro (half-duplex).
- Síncrono - Esclavo (half-duplex).

Para poder ser configurada de acuerdo a los modos de trabajo anteriores, se necesitan ver cuales son los registros asociados a la USART.

1.13.1. REGISTROS DE CONTROL PARA EL MÓDULO USART

El PIC para el módulo USART tienen registros asociados para su control. Principalmente son los siguientes registros:

- TXSTA (Registro de control y estado del transmisor).
- RCSTA (Registro de control y estado del receptor).

Los registros TXSTA y RCSTA son los que permiten controlar, configurar y poner en marcha la USART, y se muestran en los registros 1-4 y 1-5.

Registro 1-4 TXSTA

TXSTA: TRANSMIT STATUS AND CONTROL REGISTER (ADDRESS 98h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R-1	R/W-0
CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D
bit 7						bit 0	

- bit 7 **CSRC:** Clock Source Select bit
Asynchronous mode:
 Don't care.
Synchronous mode:
 1 = Master mode (clock generated internally from BRG)
 0 = Slave mode (clock from external source)
- bit 6 **TX9:** 9-bit Transmit Enable bit
 1 = Selects 9-bit transmission
 0 = Selects 8-bit transmission
- bit 5 **TXEN:** Transmit Enable bit
 1 = Transmit enabled
 0 = Transmit disabled
 Note: SREN/CREN overrides TXEN in Sync mode.
- bit 4 **SYNC:** USART Mode Select bit
 1 = Synchronous mode
 0 = Asynchronous mode
- bit 3 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 2 **BRGH:** High Baud Rate Select bit
Asynchronous mode:
 1 = High speed
 0 = Low speed
Synchronous mode:
 Unused in this mode.
- bit 1 **TRMT:** Transmit Shift Register Status bit
 1 = TSR empty
 0 = TSR full
- bit 0 **TX9D:** 9th bit of Transmit Data, can be Parity bit

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

Como se puede ver en el registro TXSTA (registro 1-4), el bit 7 sirve solamente para el modo síncrono, y es para configurar en modo maestro o esclavo. El bit 6 es para habilitar la transmisión del 9 bit. El bit 5 sirve para habilitar la transmisión. El bit 4 permite seleccionar el modo de la USART; ya sea utilizarla en modo síncrono o asíncrono. El bit 3 no es utilizado. El bit 2 nos permite seleccionar la velocidad del baudaje alto, esto es solamente en modo asíncrono, y puede ser tanto alta como baja velocidad. El bit 1 se encarga de monitorear el estado del registro de corrimiento del transmisor (TSR). Y por último el bit 0 que es el noveno bit de dato a transmitir (si es que se ocupa).

Registro 1-5 RCSTA

RCSTA: RECEIVE STATUS AND CONTROL REGISTER (ADDRESS 18h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-x
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
bit 7							bit 0

- bit 7 **SPEN:** Serial Port Enable bit
1 = Serial port enabled (configures RC7/RX/DT and RC6/TX/CK pins as serial port pins)
0 = Serial port disabled
- bit 6 **RX9:** 9-bit Receive Enable bit
1 = Selects 9-bit reception
0 = Selects 8-bit reception
- bit 5 **SREN:** Single Receive Enable bit
Asynchronous mode:
Don't care.
Synchronous mode – Master:
1 = Enables single receive
0 = Disables single receive
This bit is cleared after reception is complete.
Synchronous mode – Slave:
Don't care.
- bit 4 **CREN:** Continuous Receive Enable bit
Asynchronous mode:
1 = Enables continuous receive
0 = Disables continuous receive
Synchronous mode:
1 = Enables continuous receive until enable bit CREN is cleared (CREN overrides SREN)
0 = Disables continuous receive
- bit 3 **ADDEN:** Address Detect Enable bit
Asynchronous mode 9-bit (RX9 = 1):
1 = Enables address detection, enables interrupt and load of the receive buffer when RSR<8> is set
0 = Disables address detection, all bytes are received and ninth bit can be used as parity bit
- bit 2 **FERR:** Framing Error bit
1 = Framing error (can be updated by reading RCREG register and receive next valid byte)
0 = No framing error
- bit 1 **OERR:** Overrun Error bit
1 = Overrun error (can be cleared by clearing bit CREN)
0 = No overrun error
- bit 0 **RX9D:** 9th bit of Received Data (can be parity bit but must be calculated by user firmware)

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

Ahora, el registro RCSTA, que es el registro de control y estado del receptor. Empezando por el bit 7 que es encargado de habilitar el puerto serial, esto quiere decir que dos pines en el microcontrolador serán configurados, uno como transmisor y otro como receptor (RC6/TX/CK y RC7/RX/DT respectivamente). El bit 6 permite habilitar la recepción del noveno bit (si es que se esta utilizando). El bit 5 sirve para habilitar la

recepción, pero en modo síncrono – maestro. El bit 4 habilita la recepción continua. El bit 3 permite habilitar la detección de la dirección. El bit 2 para detectar el error en la trama que se recibe. El bit 1 es un bit de error de invasión. El bit 0 es el noveno bit de dato recibido.

1.13.2. EL BAUDIO

Un dato importante a tener en cuenta en cualquier comunicación es la velocidad a la que se transmite, esto es la cantidad de información enviada por la línea de transmisión en una unidad de tiempo. Hay distintas unidades para expresar esta medida, la más utilizada es el baudio, que es proporcional a los bits por segundo (bps), definidos como el número de bits de información enviados por segundo.

La velocidad a la que pueden trabajar los puertos COM de una computadora están normalizados a 75, 150, 300, 600, 1200, 4800, 9600 baudios, etc. Estos valores son demasiado pequeños para los estándares de hoy en día, pero suficientemente rápidos para multitud de aplicaciones.

En la USART se tiene el generador de velocidad de baudaje (BRG). Este aplica tanto para el modo asíncrono como para el síncrono; para el BRG están dedicados 8 bits. También está el registro SPBRG, que controla el periodo de arranque. En el modo asíncrono, el bit BRGH (TXSTA <2>) controla la velocidad del baudaje, mientras que en el modo síncrono es ignorado. Ahora que para hallar la velocidad de baudaje para los diferentes modos de USART se cuenta con la tabla 1-6.

Tabla 1-6 Fórmula para el Baudaje

BAUD RATE FORMULA

SYNC	BRGH = 0 (Low Speed)	BRGH = 1 (High Speed)
0	(Asynchronous) Baud Rate = $F_{osc}/(64 (X + 1))$	Baud Rate = $F_{osc}/(16 (X + 1))$
1	(Synchronous) Baud Rate = $F_{osc}/(4 (X + 1))$	N/A

Legend: X = value in SPBRG (0 to 255)

Al realizar estas fórmulas lo que se encuentra es el valor “x”, que va de 0 a 255; este valor se va a cargar en el registro SPBRG para que así se obtenga el baudaje deseado. Para resolver estas fórmulas lo que se necesita es la velocidad de baudaje con la cual se va a trabajar y la frecuencia del oscilador, estos datos se sustituyen en la fórmula y se encuentra el valor “x”.

En el caso cuando BRGH=1 (High Speed), la ecuación puede reducir el error en encontrar la velocidad del baudaje.

1.13.3. REGISTROS ASOCIADOS CON EL BAUDAJE

Se cuenta con algunos registros relacionados con el control y la generación del baudaje, estos registros son: TXSTA, RCSTA y SPBRG. Pero algunos de estos registros no se utilizan en su totalidad, así que en la tabla 1-7 se muestran que bits y registros se ocupan.

Tabla 1-7 Registros asociados con el Baudaje

REGISTERS ASSOCIATED WITH BAUD RATE GENERATOR

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	0000 000x
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by the BRG.

También se pueden observar un par de tablas (tablas 1-8 y 1-9) relacionadas con el baudaje, en donde se tienen datos ya calculados para cargar en el registro SPBRG; tomando en cuenta el bit BRGH (TXSTA <2>), la frecuencia de nuestro oscilador y el baudaje con el cual se va a trabajar.

Tabla 1-8 Baudaje para modo asíncrono (BRGH=0)

BAUD RATES FOR ASYNCHRONOUS MODE (BRGH = 0)

BAUD RATE (K)	FOSC = 20 MHz			FOSC = 16 MHz			FOSC = 10 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	1.221	1.75	255	1.202	0.17	207	1.202	0.17	129
2.4	2.404	0.17	129	2.404	0.17	103	2.404	0.17	64
9.6	9.766	1.73	31	9.615	0.16	25	9.766	1.73	15
19.2	19.531	1.72	15	19.231	0.16	12	19.531	1.72	7
28.8	31.250	8.51	9	27.778	3.55	8	31.250	8.51	4
33.6	34.722	3.34	8	35.714	6.29	6	31.250	6.99	4
57.6	62.500	8.51	4	62.500	8.51	3	52.083	9.58	2
HIGH	1.221	-	255	0.977	-	255	0.610	-	255
LOW	312.500	-	0	250.000	-	0	156.250	-	0

BAUD RATE (K)	Fosc = 4 MHz			Fosc = 3.6864 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	0.300	0	207	0.3	0	191
1.2	1.202	0.17	51	1.2	0	47
2.4	2.404	0.17	25	2.4	0	23
9.6	8.929	6.99	6	9.6	0	5
19.2	20.833	8.51	2	19.2	0	2
28.8	31.250	8.51	1	28.8	0	1
33.6	-	-	-	-	-	-
57.6	62.500	8.51	0	57.6	0	0
HIGH	0.244	-	255	0.225	-	255
LOW	62.500	-	0	57.6	-	0

Tabla 1-9 Baudaje para modo asíncrono (BRGH=1)

BAUD RATES FOR ASYNCHRONOUS MODE (BRGH = 1)

BAUD RATE (K)	Fosc = 20 MHz			Fosc = 16 MHz			Fosc = 10 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4	-	-	-	-	-	-	2.441	1.71	255
9.6	9.615	0.16	129	9.615	0.16	103	9.615	0.16	64
19.2	19.231	0.16	64	19.231	0.16	51	19.531	1.72	31
28.8	29.070	0.94	42	29.412	2.13	33	28.409	1.36	21
33.6	33.784	0.55	36	33.333	0.79	29	32.895	2.10	18
57.6	59.524	3.34	20	58.824	2.13	16	56.818	1.36	10
HIGH	4.883	-	255	3.906	-	255	2.441	-	255
LOW	1250.000	-	0	1000.000	-	0	625.000	-	0

BAUD RATE (K)	Fosc = 4 MHz			Fosc = 3.6864 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-
1.2	1.202	0.17	207	1.2	0	191
2.4	2.404	0.17	103	2.4	0	95
9.6	9.615	0.16	25	9.6	0	23
19.2	19.231	0.16	12	19.2	0	11
28.8	27.798	3.55	8	28.8	0	7
33.6	35.714	6.29	6	32.9	2.04	6
57.6	62.500	8.51	3	57.6	0	3
HIGH	0.977	-	255	0.9	-	255
LOW	250.000	-	0	230.4	-	0

1.13.4. USART EN MODO ASÍNCRONO

En este modo, la USART usa el standard de no retorno a cero, con el formato de un bit de comienzo, ocho o nueve bits de datos y un bit de paro, en donde el formato mas común es el de ocho bits de datos. En este microcontrolador se dedican 8 bits para BRG, que pueden ser usados para derivar la frecuencia del baudaje desde el oscilador. En el módulo de la USART, el transmisor y el receptor utilizan los primeros bits menos significativos.

El módulo USART en modo asíncrono consiste de los siguientes elementos:

- Generador de velocidad de baudaje (BRG).
- Circuito de muestreo.
- Transmisor asíncrono.
- Receptor asíncrono.

1.13.5. USART COMO TRANSMISOR ASÍNCRONO

El funcionamiento de la USART como transmisor se muestra en la figura 1-22. Se puede observar que el corazón del transmisor es el registro de corrimiento del transmisor (TSR); el TSR obtiene los datos desde la lectura o escritura del buffer del transmisor, que es TXREG.

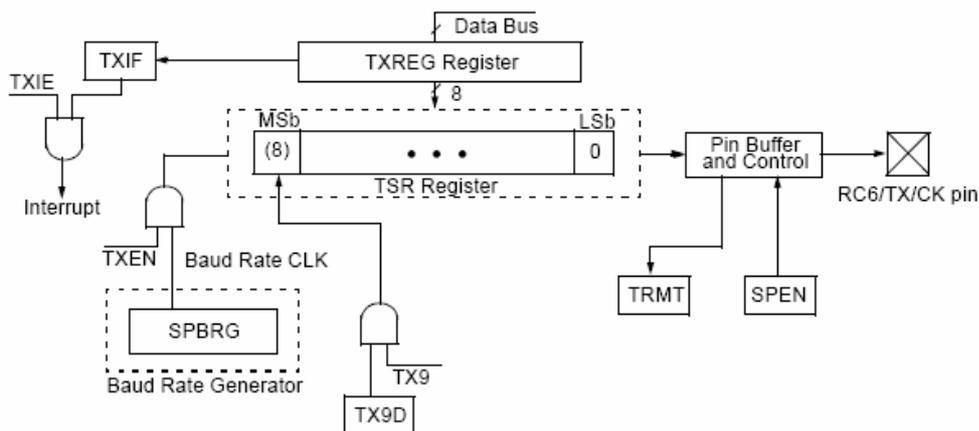


Figura 1-22 Diagrama a bloques del transmisor USART

Como se puede observar en la figura 1-22, en el registro TXREG se carga el dato a transmitir por medio de software; posteriormente este dato es cargado al registro TSR. En este registro TSR es posible cargar el noveno bit a transmitir, se habilita el transmisor de acuerdo al baudaje.

También se puede observar en los diagramas de tiempo de las figuras 1-23 y 1-24 de qué forma es como se da la transmisión de los datos, ya sea de modo de solamente enviar un solo dato, o uno tras de otro.

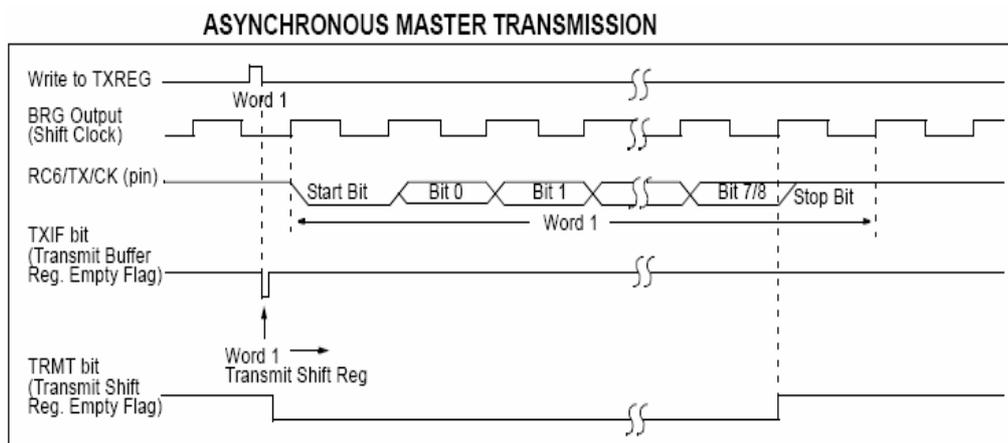


Figura 1-23 Diagrama de tiempo del transmisor

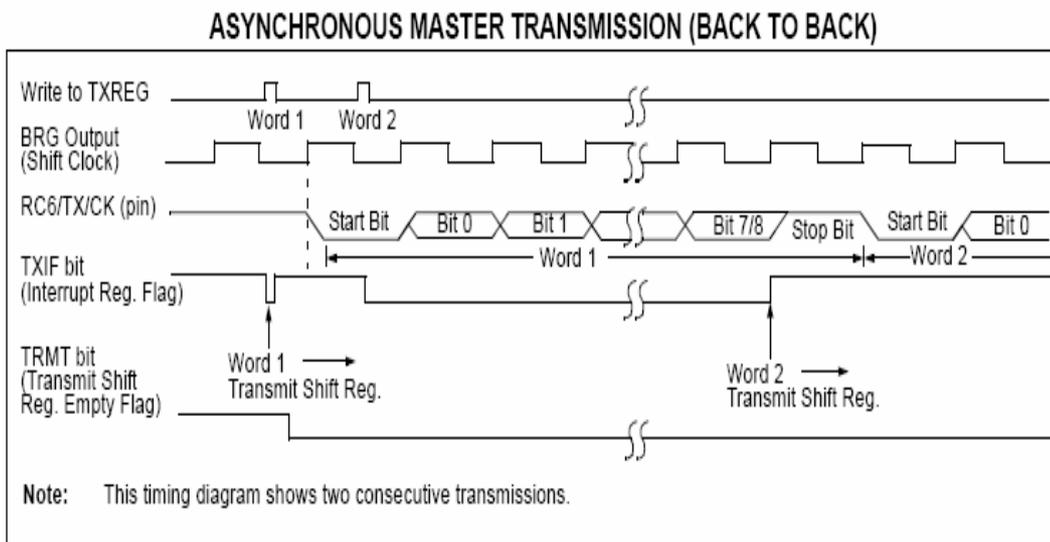


Figura 1-24 Diagrama de tiempo del transmisor (uno tras de otro)

1.13.6. REGISTROS ASOCIADOS CON EL TRANSMISOR

Como todos los módulos que tiene el PIC, contamos con registros completos, o solamente algunos bits en específico, para el control del transmisor. Estos registros y bits se pueden identificar en la tabla 1-10.

Tabla 1-10 Registros asociados con el transmisor *USART*

REGISTERS ASSOCIATED WITH ASYNCHRONOUS TRANSMISSION

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	R0IF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	—	FERR	OERR	RX9D	0000 -00x	0000 -00x
19h	TXREG	USART Transmit Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used for asynchronous transmission.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

1.13.7. USART COMO RECEPTOR ASÍNCRONO

En algunos casos prácticos, como lo es este, se necesita de una recepción de datos. Como este microcontrolador nos da la opción de transmitir, pero también de recibir datos, entonces por medio de programación se puede configurar para que funcione como un receptor asíncrono. En la figura 1-25 se observa el diagrama a bloques de este receptor.

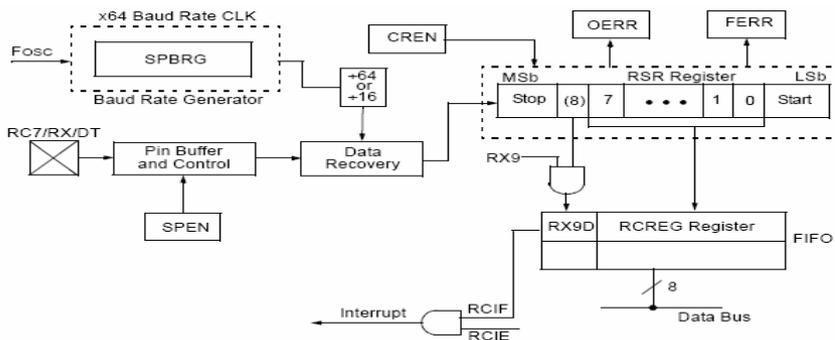


Figura 1-25 Diagrama a bloques del receptor USART

Como se puede observar en el diagrama a bloques, los datos son recibidos por el pin RC7/RX/DT. El corazón del receptor es el *Receive Shift Register (RSR)*; este registro cuando recibe el bit de paro transfiere los datos hacia el registro RCREG, si es que está vacío este. Cuando la transferencia ha sido completada se activa una bandera de aviso (RCIF).

Ahora que, para trabajar con los datos recibidos, se deben tomar del registro RCREG, para manipularlos a nuestra conveniencia.

En la figura 1-26 se observa el diagrama de tiempo correspondiente al receptor, en donde se observa como son recibidos los datos por el pin de Rx.

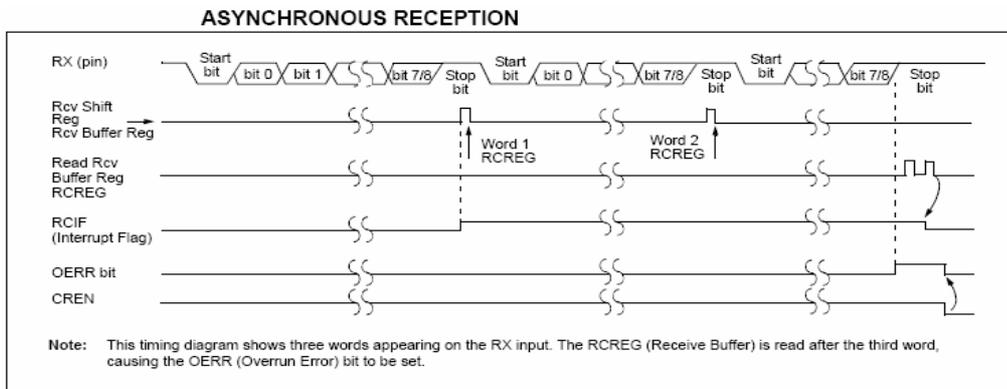


Figura 1-26 Diagrama de tiempo del receptor

1.13.8. REGISTROS ASOCIADOS CON EL RECEPTOR

Para el correcto funcionamiento del receptor en el módulo USART, es necesaria la manipulación de ciertos registros y bits, por eso, en la tabla 1-11 se pueden observar los registros con sus correspondientes bits.

Tabla 1-11 Registros asociados con el receptor USART
REGISTERS ASSOCIATED WITH ASYNCHRONOUS RECEPTION

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	R0IF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	—	FERR	OERR	RX9D	0000 -00x	0000 -00x
1Ah	RCREG	USART Receive Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used for asynchronous reception.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

1.14. INTERRUPCIONES

Una de las características más importantes de los microcontroladores es que tienen la posibilidad de manejar interrupciones; las interrupciones se tratan de acontecimientos que hacen que el microcontrolador deje de lado lo que se encontraba realizando y atienda ese suceso, luego de terminar, regrese y continúe con la tarea que se estaba haciendo antes de este suceso.

Pero también se puede encontrar con que existen dos tipos de interrupciones posibles, en donde una es mediante una acción externa, es decir, por la acción de uno de sus pines, y la otra es interna, por ejemplo, cuando ocurre el desbordamiento de alguno de sus registros.

1.14.1. INTERRUPCIONES EN EL PIC16F876A

En este microcontrolador se pueden encontrar varios modos que pueden ser causa de una interrupción. Como por ejemplo:

- Por el pin RB0/INT, que regresa al PIC del modo SLEEP (interrupción externa).
- Por los pines RB4 a RB7, configurados como entrada, y en caso de que alguno de ellos cambie de estado (interrupción externa).
- Por desbordamiento del registro TMR0, cuando este registro pasa de 255 a 0, en decimal ó 0xFF a 0x00 en hexadecimal (interrupción interna).
- Al completar la escritura de la EEPROM (memoria de datos, de lectura y escritura no volátil) de datos (interrupción interna).
- Al completar una conversión A/D (interrupción interna).
- En el módulo USART, al encontrarse el buffer del transmisor o del receptor vacío o lleno (según sea programado por software).

La manera de saber que tipo de interrupción se ha producido, es por medio del monitoreo de banderas de interrupciones, en donde cada interrupción tiene su propia bandera y es un bit en un determinado registro; en algunos registros en específico vienen indicados cual es el bit correspondiente a la bandera que nos da aviso que a ocurrido un evento de interrupción.

En los registros es muy fácil identificar las banderas, ya que el nombre del bit termina con una **F** de *flag* (bandera), como por ejemplo: **TMR0IF** (bandera que indica que ha ocurrido una interrupción por el desbordamiento del TMR0), **INTF** (bandera que indica la interrupción externa por RB0/INT), **RBIF** (bandera de interrupción por un cambio en el puerto B), etc.

Algunas de las banderas se deben de borrar por medio de programación, ya que el microcontrolador no lo puede hacer por si solo, aunque hay banderas que no necesitan de esto.

Para poder habilitar las interrupciones se necesitan de dos bits (**GIE** y **PEIE**), que se encuentran en el registro **INTCON** (registro 1-6).

*Registro 1-6 INTCON***INTCON REGISTER (ADDRESS 0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh)**

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF
bit 7							bit 0

bit 7	GIE: Global Interrupt Enable bit 1 = Enables all unmasked interrupts 0 = Disables all interrupts
bit 6	PEIE: Peripheral Interrupt Enable bit 1 = Enables all unmasked peripheral interrupts 0 = Disables all peripheral interrupts
bit 5	TMR0IE: TMR0 Overflow Interrupt Enable bit 1 = Enables the TMR0 interrupt 0 = Disables the TMR0 interrupt
bit 4	INTE: RB0/INT External Interrupt Enable bit 1 = Enables the RB0/INT external interrupt 0 = Disables the RB0/INT external interrupt
bit 3	RBIE: RB Port Change Interrupt Enable bit 1 = Enables the RB port change interrupt 0 = Disables the RB port change interrupt
bit 2	TMR0IF: TMR0 Overflow Interrupt Flag bit 1 = TMR0 register has overflowed (must be cleared in software) 0 = TMR0 register did not overflow
bit 1	INTF: RB0/INT External Interrupt Flag bit 1 = The RB0/INT external interrupt occurred (must be cleared in software) 0 = The RB0/INT external interrupt did not occur
bit 0	RBIF: RB Port Change Interrupt Flag bit 1 = At least one of the RB7:RB4 pins changed state; a mismatch condition will continue to set the bit. Reading PORTB will end the mismatch condition and allow the bit to be cleared (must be cleared in software). 0 = None of the RB7:RB4 pins have changed state

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

En este registro se puede notar que el bit **GIE (INTCON <7>)** permite habilitar todas las interrupciones, mientras que el bit **PEIE (INTCON <6>)** habilita las interrupciones por periféricos.

1.14.2. RSI (RUTINA DE SERVICIO DE INTERRUPCIÓN)

Lo primero que se debe de saber es que, cuando una interrupción se produce, sea cual fuere la fuente de interrupción, el microcontrolador deja de lado lo que se encontraba realizando y salta a la dirección 0x04, éste es el vector de interrupción.

En esta dirección es donde se escribe la rutina que da servicio a todas las interrupciones, o bien, se hace un salto a donde se encuentre ese trozo de código, el cual se conoce como **RSI** (Rutina de Servicio de Interrupción).

El tiempo de procesamiento de la RSI debe ser lo más breve posible, para dar lugar a que se ejecuten las otras interrupciones, ya que se puede haber habilitado más de una de ellas.

Lo más crítico de una interrupción es tener que guardar todos los registros importantes con sus respectivos valores, para luego restaurarlos, y así el microcontrolador pueda continuar con la tarea que estaba realizando cuando fue interrumpido, sin embargo, todo tiene solución.

1.15. CONTROL DE UN LCD CON UN MICROCONTROLADOR

Antes de aparecer los módulos LCD (*Liquid Cristal Display*), los diseños electrónicos utilizaban los displays de siete segmentos para poder mostrar la información. Además de su gran limitación de poder mostrar los caracteres alfa numéricos y símbolos especiales, también consumían demasiada corriente y ocupaban demasiado espacio físico. Posteriormente aparecieron otros tipos de displays más complejos, que podían mostrar algunos caracteres y símbolos; pero tenían de igual manera mucho consumo de corriente y espacio físico desperdiciado.

Finalmente aparecieron los módulos LCD, o pantallas de cristal líquido, el cual tiene la capacidad de mostrar cualquier carácter alfa numérico. Estos dispositivos ya vienen con su pantalla y toda la lógica de control pre-programada en la fábrica, y lo mejor de todo es que el consumo de corriente es mínimo y no se tendrán que organizar tablas especiales, como se hacía anteriormente con los displays de siete segmentos.

El LCD es actualmente el circuito más barato y confiable para mostrar datos en un proceso de monitoreo y control. Su interfaz con los controladores se realiza a través de un conector de 14 pines, cuya configuración es respetada por la mayoría de los fabricantes. A diferencia de los teclados, los fabricantes del LCD han estandarizado sus señales en un conector de 14 pines, así como sus comandos de control para el manejo del mismo.

En el LCD se pueden mostrar datos como la hora y la fecha, así como valores de variables tales como nivel, presión, gasto, temperatura, etc. El LCD puede también emplearse para programar parámetros internos del sistema, de acuerdo a su aplicación, o para mostrar al usuario las opciones del sistema mientras lo opera. Las aplicaciones de los módulos LCD son infinitas, ya que podrán ser aplicados en la informática, comunicaciones, telefonía, instrumentación, robótica, automóviles, equipos industriales, etc.

El módulo LCD lleva integrado a sus circuitos una memoria ROM, conocida como “generador de caracteres”, que habrá de generar los patrones de la matriz de puntos (5 x 7 ó 7 x 9) que forman los caracteres en la pantalla. También tiene una RAM interna que almacena los caracteres y los exhibe en el módulo LCD.

1.15.1. DIVERSIDAD DE ALGUNOS MÓDULOS LCD

En la actualidad los módulos LCD tienen una gran variedad de versiones, que se clasifican en dos grupos. El primer grupo esta referido a los módulos LCD de caracteres (solamente se podrán presentar caracteres y símbolos especiales en las líneas predefinidas en el módulo LCD) y el segundo grupo esta referido a los módulos LCD matriciales (se podrán presentar caracteres, símbolos especiales y gráficos). Los módulos LCD varían su tamaño físico dependiendo de la marca, por lo tanto en la actualidad no existe un tamaño estándar para los módulos LCD.

Los primeros módulos LCD tenían los caracteres de color negro y el fondo de la pantalla era de color verdoso claro. Posteriormente se crearon otros colores en donde los caracteres eran de color plata y así sucesivamente fueron variando los colores en el fondo y en los caracteres, incluyendo una luz posterior para los módulos LCD denominada Back Light, diseñada especialmente para mejorar la visualización de la pantalla, sobre todo en lugares muy oscuros.

1.15.2. ASPECTO FÍSICO

El LCD tiene un aspecto físico como el de la figura 1-27, en donde se puede observar que está constituido por un circuito impreso en el que están integrados los controladores del display (figura 1-28) y los pines para la conexión del display. Sobre el circuito impreso se encuentra el LCD en sí, rodeado por una estructura metálica que lo protege. En este LCD se pueden visualizar 4 líneas de 16 caracteres cada una, es decir, 64 caracteres.



Figura 1-27 LCD

A pesar de que el display sólo puede visualizar 16 caracteres por línea, puede almacenar en total 40 por línea.



Figura 1-28 Controladores del LCD

1.15.3. LOS CARACTERES DEL LCD

El LCD dispone de una matriz de 5x8 puntos para representar cada carácter. En total se pueden representar 256 caracteres diferentes. 240 caracteres están grabados en LCD y representan las letras mayúsculas, minúsculas, signos de puntuación, etc. Existen 8 caracteres que pueden ser definidos por el usuario. En la figura 1-29 se observa gráficamente cómo es la matriz de representación de los caracteres, en donde se muestra dibujado el carácter A y un carácter definido por el usuario.

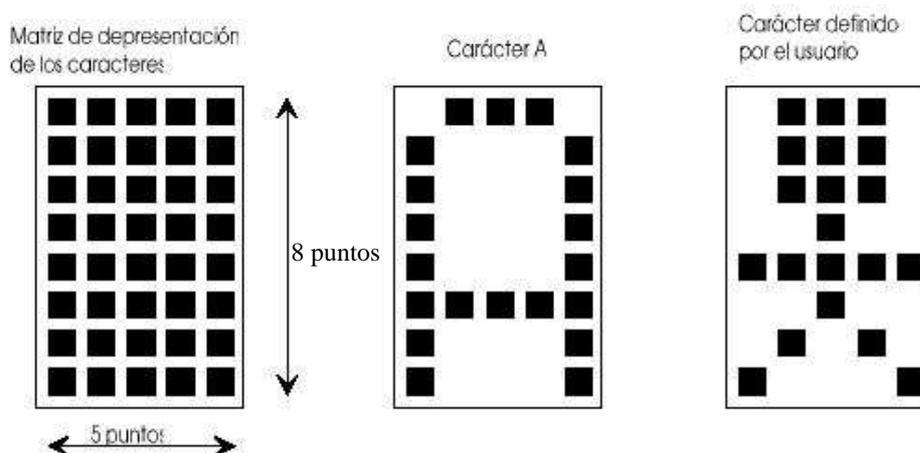


Figura 1-29 Matriz de representación de caracteres, representación del carácter A y de un carácter definido por el usuario

En la tabla 1-12, se pueden apreciar los caracteres más importantes que es capaz de imprimir el display. Todos los códigos están en hexadecimal. No se han representado los caracteres correspondientes a los códigos desde el \$80 hasta el \$FF, que corresponden a símbolos extraños. Los códigos comprendidos entre el 0 y el 7 están reservados para que el usuario los defina.

Tabla 1-12 Código asociado a cada carácter imprimible por el display

Código	Car.	Código	Car.	Código	Car.	Código	Car.	Código	Car.	Código	Car.
\$20	espacio	\$30	0	\$40		\$50	P	\$60	.	\$70	p
\$21	!	\$31	1	\$41	A	\$51	Q	\$61	a	\$71	q
\$22	"	\$32	2	\$42	B	\$52	R	\$62	b	\$72	r
\$23	#	\$33	3	\$43	C	\$53	S	\$63	c	\$73	s
\$24	\$	\$34	4	\$44	D	\$54	T	\$64	d	\$74	t
\$25	%	\$35	5	\$45	E	\$55	U	\$65	e	\$75	u
\$26	&	\$36	6	\$46	F	\$56	V	\$66	f	\$76	v
\$27	'	\$37	7	\$47	G	\$57	W	\$67	g	\$77	w
\$28	(	\$38	8	\$48	H	\$58	X	\$68	h	\$78	x
\$29	)	\$39	9	\$49	I	\$59	Y	\$69	i	\$79	y
\$2A	*	\$3A	:	\$4A	J	\$5A	Z	\$6A	j	\$7A	z
\$2B	+	\$3B	;	\$4B	K	\$5B	[	\$6B	k	\$7B	{
\$2C	,	\$3C	<	\$4C	L	\$5C	]	\$6C	l	\$7C	|
\$2D	-	\$3D	=	\$4D	M	\$5D	^	\$6D	m	\$7D	}
\$2E	.	\$3E	>	\$4E	N	\$5E	_	\$6E	n	\$7E	~
\$2F	/	\$3F	?	\$4F	O	\$5F	`	\$6F	o	\$7F	←

1.15.4. ASIGNACIÓN DE PINES

Los pines de conexión de un módulo LCD han sido estandarizados, por lo cual en la mayoría de ellos son exactamente iguales. Por otro lado, es de suma importancia localizar exactamente cuál es el pin número 1, ya que en algunos módulos se encuentra hacia la izquierda, y en otros módulos se encuentra a la derecha. En este caso se utilizó el modelo de display JHD539 – 164B, con la identificación de pines como lo muestra la figura 1-30, la cual nos indica que el pin número 1 está ubicado en la izquierda.

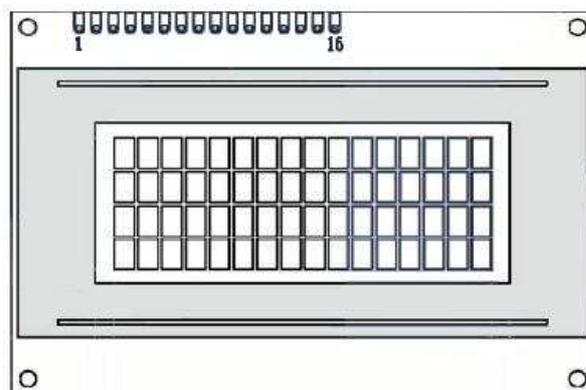


Figura 1-30 Asignación de pines del LCD

Y como todo pin cumple una función en específico; en la tabla 1-13 se puede ver la asignación de los pines.

Tabla 1-13 Asignación de pines del LCD

Pin	Simbología	Nivel	I/O	Función
1	VSS	-	-	0 V Tierra (GND).
2	VCC	-	-	+ 5 V DC.
3	Vee = Vcc	-	-	Ajuste del Contraste.
4	RS	0/1	I	0= Escribir en el módulo LCD. 1= Leer del módulo LCD
5	R/W	0/1	I	0= Entrada de una Instrucción. 1= Entrada de un dato.
6	E	1	I	Habilitación del módulo LCD
7	DB0	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 1 (LSB).
8	DB1	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 2
9	DB2	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 3
10	DB3	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 4
11	DB4	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 5
12	DB5	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 6
13	DB6	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 7
14	DB7	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 8 (MSB).
15	A	-	-	LED (+) Back Light
16	K	-	-	LED (-) Back Light.

1.15.5. INTERPRETACIÓN DEL SIGNIFICADO DE LOS PINES DEL LCD

El pin número 1 y 2: Están destinados para alimentar con los 5 volts que requiere el módulo para su funcionamiento.

El pin número 3: Es utilizado para ajustar el contraste de la pantalla, es decir, colocar los caracteres más oscuros o más claros para poderse observar mejor. La resistencia representada como "R" en la figura 1-31 es un potenciómetro variable que puede oscilar entre 10 k Ω y 20 k Ω indiferentemente.

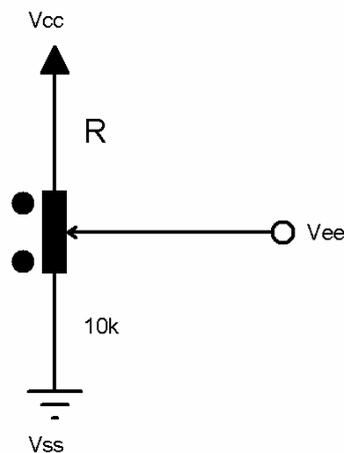


Figura 1-31 Control de contraste

El pin número 4: Es denominado "**RS**" y trabaja paralelamente al Bus de datos del módulo LCD (Bus de datos son los Pines del 7 al 14). Este bus es utilizado de dos maneras, ya que se puede colocar un dato que representa una instrucción, o colocar un dato que tan sólo representa un símbolo o un carácter alfa numérico; pero para que el módulo LCD pueda entender la diferencia entre un dato o una instrucción, se utiliza el pin número 4 para tal fin. Si el pin **RS=0**, le dirá al módulo LCD que esta presente en el bus de datos una instrucción, por el contrario, si el pin **RS=1**, le dirá al módulo LCD que está presente un símbolo o un carácter alfa numérico.

El pin número 5: Es denominado "**R/W**" y trabaja paralelamente al bus de datos del módulo LCD (el bus de datos son los pines del 7 al 14). También es utilizado de dos maneras, ya que se le puede decir al módulo LCD que escriba en pantalla el dato que esta presente en el bus; por otro lado también se puede leer que dato está presente en el bus. Si el pin **R/W=0**, el módulo LCD escribe en pantalla el dato que está presente el bus. Pero si el pin **R/W=1**, significa que necesitamos leer el dato que está presente en el bus del módulo LCD.

El pin número 6: Es denominado "E", que significa habilitación del módulo LCD, tiene una finalidad básica: conectar y desconectar el módulo. Esta desconexión no estará referida al voltaje que le suministra la corriente al módulo; la desconexión significa tan solo que se hará caso omiso a todo lo que esté presente en el bus de datos de dicho módulo LCD. En la mayoría de los circuitos electrónicos modernos que incluyan elementos electrónicos, como microcontroladores, memorias y módulos LCD, utilizan el mismo bus de datos, esto es para no tenerlo independientemente por cada elemento electrónico, esto implicaría que los circuitos electrónicos sean mucho más grandes por la cantidad de conexiones necesaria a cada uno de los elementos. Para los microcontroladores, memorias y módulos LCD, deberá existir en cada uno de ellos un pin de habilitación "E" que permita desconectar y conectar cuando sea necesario. Por ejemplo, si necesitamos trabajar con la memoria RAM para obtener o escribir cierta información, será necesario que deshabilitemos el módulo LCD para que no presente basura en la pantalla, o se ejecuten instrucciones no deseadas.

Los pines desde el número 7 hasta el número 14: Son 8 líneas que se utilizan para colocar el dato que representa una instrucción para el módulo LCD, o un carácter alfa numérico. El bus de datos es de 8 bits de longitud, y el bit menos significativo está representado en el pin número 7 y el pin más significativo está representado en el pin número 14.

Los pines 15 y 16: Están destinados para suministrar la corriente al Back Light. Es importante conocer que no todos los módulos LCD disponen del Back Light, aunque tenga los pines de conexión en el circuito impreso.

1.15.6. INTERFAZ DEL DISPLAY CON EL MUNDO EXTERIOR

En la figura 1-32 aparecen las señales necesarias para el funcionamiento y control del display. Los datos se transmiten por un bus de datos de 8 bits de anchura; también el display ofrece la posibilidad de trabajar con este bus multiplexado en dos grupos de 4 bits. Para el control del display son necesarios 3 bits: una señal de habilitación (E), una para indicar lectura/escritura (R/W) y otra para seleccionar uno de los dos registros internos (RS). Por ello el sistema de control del display necesitará utilizar 11 bits, pero en este caso se va a utilizar el bus multiplexado, esto quiere decir que, nada más se utilizaran 4 bits para el bus de datos y los 3 bits para el control, de modo que solamente habrá 7 bits para el control del display con el microcontrolador.

Utilizar el bus multiplexado de 4 bits es una opción muy útil para ahorrar bits en el sistema de control. De esta forma se ahorran bits en el controlador, pero se gana en complejidad a la hora de hacer el programa, al tener que hacer la multiplexación. Al utilizar un bus de 8 bits hacemos que el controlador sea más sencillo pero se necesitan muchos más bits.

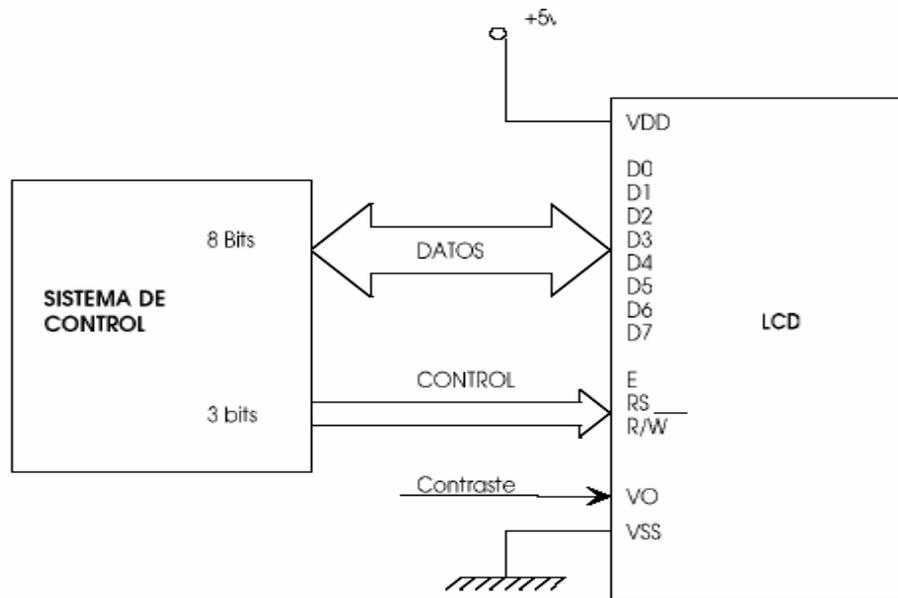


Figura 1-32 Interfaz del LCD con un sistema de control

En la figura 1-33 se observa cuando solamente se utiliza un bus de 4 bits, en donde solamente se utilizan los pines D4-D7 del display. En este tipo de conexión la transferencia de la información se realiza de la siguiente manera: primero los 4 bits más significativos y luego los 4 menos significativos.

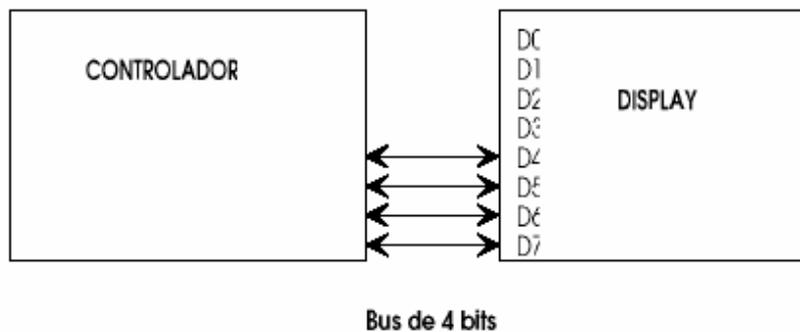


Figura 1-33 Conexión del LCD con un bus de 4 bits

1.15.7. CONEXIÓN DEL LCD AL MICROCONTROLADOR PIC16F876A

En la actualidad los microcontroladores son los elementos electrónicos de mayor utilidad, y en la figura 1-34 se describe de qué manera fue conectado el módulo LCD con el microcontrolador de la empresa Microchip modelo PIC16F876A.

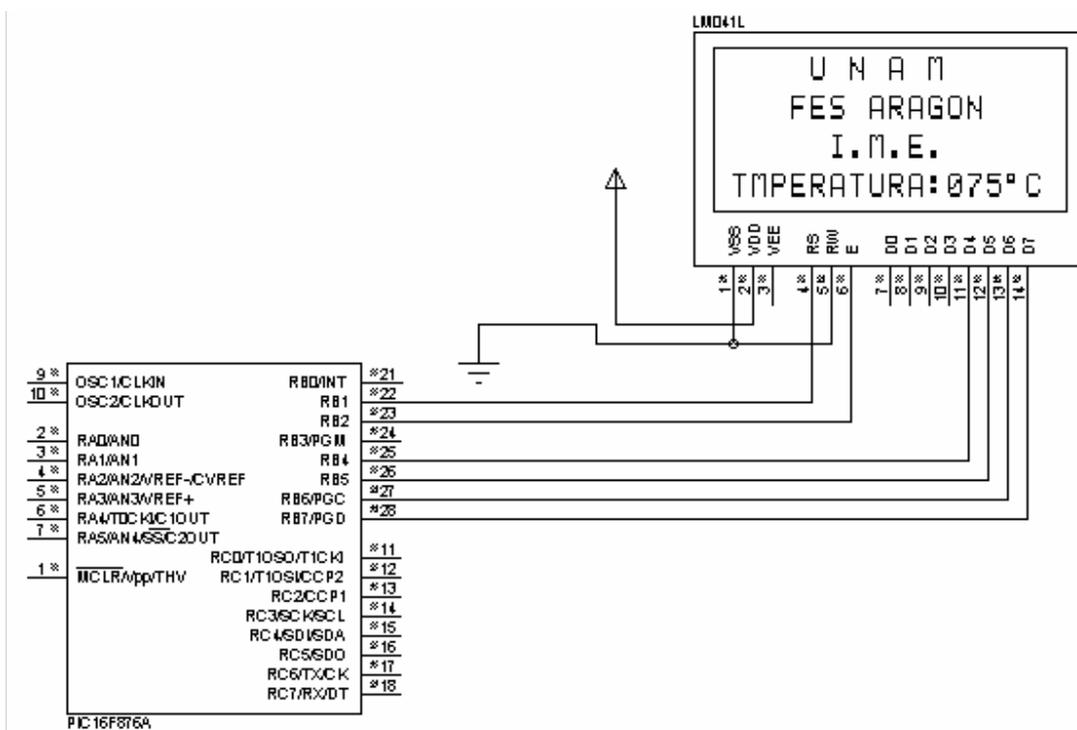
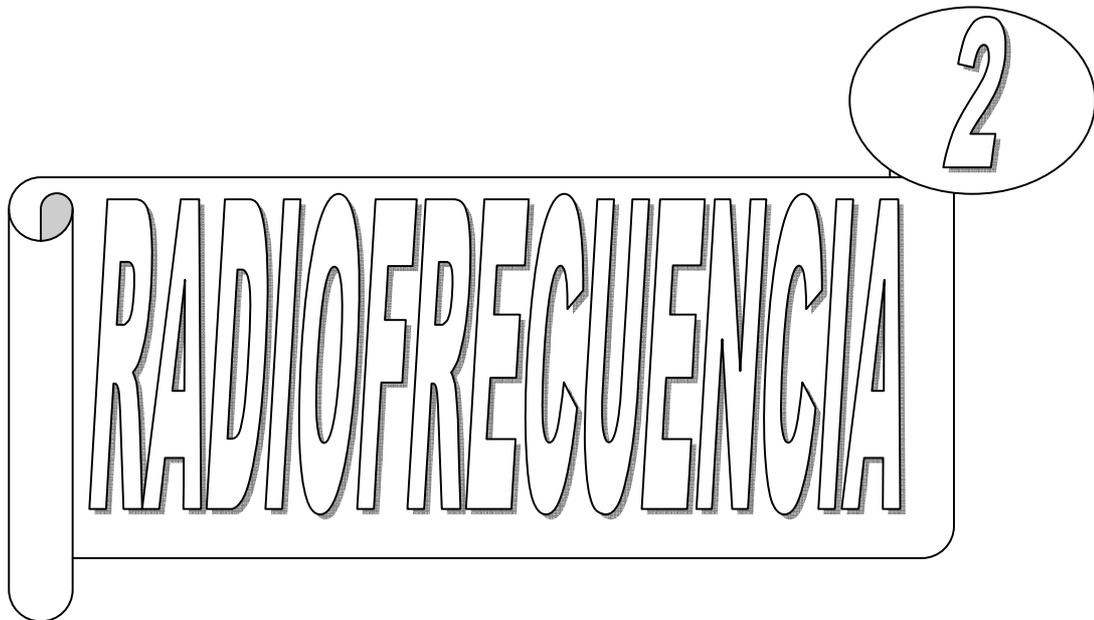


Figura 1-34 Conexión del LCD con el microcontrolador PIC16F876A



RADIOFRECUENCIA

2

CAPÍTULO 2: RADIOFRECUENCIA

2.1. ¿QUÉ ES LA RADIOFRECUENCIA?

El término de radiofrecuencia es también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, este se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, el cual se sitúa entre los 3 Hz y los 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.

La radiofrecuencia se puede dividir en diferentes bandas, como lo muestra la tabla 2-1.

Tabla 2-1 Bandas del espectro de RF

NOMBRE	ABREVIATURA INGLESA	BANDA ITU	FRECUENCIAS	LONGITUD DE ONDA
			Inferior a 3 Hz	> 100,000 km
Extra baja frecuencia (Extremely low frequency)	ELF	1	3 – 30 Hz	100,000 km – 10,000 km
Super baja frecuencia (Super low frequency)	SLF	2	30 – 300 Hz	10,000 km – 1,000 km
Ultra baja frecuencia (Ultra low frequency)	ULF	3	300 – 3,000 Hz	1,000 km – 100 km
Muy baja frecuencia (Very low frequency)	VLF	4	3 – 30 kHz	100 km – 10 km
Baja frecuencia (Low frequency)	LF	5	30 – 300 kHz	10 km – 1 km
Media frecuencia (Medium frequency)	MF	6	300 – 3,000 kHz	1 km – 100 m
Alta frecuencia (High frequency)	HF	7	3 – 30 MHz	100 m – 10 m
Muy alta frecuencia (Very high frequency)	VHF	8	30 – 300 MHz	10 m – 1 m
Ultra alta frecuencia (Ultra high frequency)	UHF	9	300 – 3,000 MHz	1m – 100 mm
Super alta frecuencia (Super high frequency)	SHF	10	3 – 30 GHz	100 mm – 10 mm
Extra alta frecuencia (Extremely high frequency)	EHF	11	30 – 300 GHz	10 mm – 1 mm
			Por encima de los 300 GHz	< 1 mm

En radiocomunicaciones, los rangos se abrevian con sus siglas en inglés, y que a continuación se hace una descripción un poco más detallada de ellas:

- **Frecuencias extremadamente bajas:** Llamadas **ELF** (*Extremely Low Frequencies*, en inglés), son aquellas que se encuentran en el intervalo de 3 a 30 Hz. Este rango es equivalente a aquellas frecuencias del sonido en la parte más baja (grave) del intervalo de percepción del oído humano. Cabe destacar aquí que el oído humano percibe ondas sonoras, no electromagnéticas, sin embargo se establece la analogía para poder hacer una mejor comparación.
- **Frecuencias super bajas:** Llamadas **SLF** (*Super Low Frequencies*, en inglés), son aquellas que se encuentran en el intervalo de 30 a 300 Hz. En este rango se incluyen las ondas electromagnéticas de frecuencia equivalente a los sonidos graves que percibe el oído humano típico.
- **Frecuencias ultra bajas:** Llamadas **ULF** (*Ultra Low Frequencies*, en inglés), son aquellas en el intervalo de 300 a 3000 Hz. Este es el intervalo equivalente a la frecuencia sonora normal para la mayor parte de la voz humana.
- **Frecuencias muy bajas:** Llamadas **VLF** (*Very Low Frequencies*, en inglés), se pueden incluir aquí las frecuencias de 3 a 30 kHz. El intervalo de VLF es usado típicamente en comunicaciones gubernamentales y militares.
- **Frecuencias bajas:** Llamadas **LF** (*Low Frequencies*, en inglés), son aquellas en el intervalo de 30 a 300 kHz. Los principales servicios de comunicaciones que trabajan en este rango están la navegación aeronáutica y marina.
- **Frecuencias medias:** Llamadas **MF** (*Medium Frequencies*, en inglés), están en el intervalo de 300 a 3000 kHz. Las ondas más importantes en este rango son las de radiodifusión de AM (530 a 1605 kHz).
- **Frecuencias altas:** Llamadas **HF** (*High Frequencies*, en inglés), son aquellas contenidas en el rango de 3 a 30 MHz. A estas se les conoce también como "onda corta". Es en este intervalo que se tiene una amplia gama de tipos de radiocomunicaciones como radiodifusión, comunicaciones gubernamentales y militares. Las comunicaciones en banda de radioaficionados y banda civil también ocurren en esta parte del espectro.
- **Frecuencias muy altas:** Llamadas **VHF** (*Very High Frequencies*, en inglés), van de 30 a 300 MHz. Es un rango popular usado para muchos servicios, como la radio móvil, comunicaciones marinas y aeronáuticas, transmisión de radio en FM (88 a 108 MHz) y los canales de televisión del 2 al 12 [según norma CCIR (Estándar B+G Europa)]. También hay varias bandas de radioaficionados en este rango.
- **Frecuencias ultra altas:** Llamadas **UHF** (*Ultra High Frequencies*, en inglés), abarcan de 300 a 3000 MHz, incluye los canales de televisión de UHF, es decir,

del 21 al 69 [según norma CCIR (Estándar B+G Europa)] y se usan también en servicios móviles de comunicación en tierra, en servicios de telefonía celular y en comunicaciones militares.

- **Frecuencias super altas:** Llamadas **SHF** (*Super High Frequencies*, en inglés), son aquellas entre 3 y 30 GHz y son ampliamente utilizadas para comunicaciones vía satélite y radioenlaces terrestres. Además, pretenden utilizarse en comunicaciones de alta tasa de transmisión de datos a muy corto alcance mediante UWB. También son utilizadas con fines militares, por ejemplo en radares basados en UWB.
- **Frecuencias extremadamente altas:** Llamadas **EHF** (*Extrematedly High Frequencies*, en inglés), se extienden de 30 a 300 GHz. Los equipos usados para transmitir y recibir estas señales son más complejos y costosos, por lo que no están muy difundidos aún.

A partir de 1 GHz las bandas entran en el espectro de las microondas. Por encima de 300 GHz la absorción de la radiación electromagnética por la atmósfera terrestre es tan alta que la atmósfera se vuelve opaca a ella.

Las bandas ELF, SLF, ULF y VLF comparten el espectro de la AF (audiofrecuencia), que se encuentra entre 20 y 20,000 Hz aproximadamente. Sin embargo, éstas se tratan de ondas de presión (como lo es el sonido), por lo que se desplazan a la velocidad del sonido sobre un medio material. Mientras que las ondas de radiofrecuencia, al ser ondas electromagnéticas, se desplazan a la velocidad de la luz y sin necesidad de un medio material.

Por otro lado, los conectores eléctricos diseñados para trabajar con frecuencias de radio se conocen como conectores RF; tenemos los conectores estándar de audio/video, aunque son más conocidos estos conectores como BNC (*Bayonet Connector*).

En estos años se ha producido un gran desarrollo en cuanto a las aplicaciones basadas en radiocomunicaciones. Este desarrollo ha estado generado por importantes avances de miniaturización de los circuitos de radiofrecuencia y de los sistemas digitales, aprovechando la unión de ambas tecnologías. La amplia difusión de aplicaciones de gran mercado, sobre toda la telefonía móvil y las comunicaciones por satélite, ha permitido a su vez un desarrollo más rápido y con productos cada vez más baratos.

Por otro lado, la limitación del espectro de radio obliga a emisiones cada vez más controladas, extendiéndose a bandas de frecuencia más altas y con procesos de modulación más eficientes y más protegidos contra distorsiones o interferencias. La inclusión de inteligencia en los sistemas de comunicaciones es cada día más importante, al permitir unir servicios diferentes dentro de varios estándares de

comunicaciones que operan en varias bandas de frecuencia, de forma que el usuario considera el sistema como un elemento único.

2.2. EMPLEO DE LA RADIOFRECUENCIA

Uno de los primeros usos de la radiofrecuencia se llevó a cabo en el ámbito naval para el envío de mensajes en código Morse entre los buques y tierra, o entre buques. En la actualidad la radio toma muchas formas, incluyendo redes inalámbricas, comunicaciones móviles de todo tipo, así como la radiodifusión.

Si vemos algunos de los usos de la radio podríamos encontrar que en su forma más antigua de radiodifusión de audio fue la radiotelegrafía marina, que ya es mínimamente utilizada; en donde una onda continua (CW, de *Continuous Wave*) era conmutada por un manipulador para crear código Morse, que se oía en el receptor como un tono intermitente. En cuanto a la música y voz, la radio se utiliza mediante modulación en amplitud (AM), pero puede encontrar que con mayor fidelidad que la AM se encuentra la modulación en frecuencia (FM), e incluso se encuentran servicios interactivos con el sistema de radio digital DAB empleando multiplexación en frecuencia (OFDM) para la transmisión física de las señales. Se pueden encontrar servicios RDS, en sub – banda de FM, de transmisión de datos que permiten transmitir el nombre de la estación y el título de la canción en curso, además de otras informaciones adicionales. Transmisiones de voz para marina y aviación utilizando modulación de amplitud en la banda de VHF. Servicios de voz utilizando FM de banda estrecha en frecuencias especiales para policía, bomberos y otros organismos estatales. Servicios civiles y militares en alta frecuencia (HF) en la banda de onda corta, para comunicación con barcos en alta mar y con poblaciones o instalaciones aisladas y a muy largas distancias. Sistemas telefónicos celulares digitales para uso cerrado.

Otro de los usos de la radio se encuentra en comunicaciones con la radionavegación, la radiodifusión de AM y FM, la televisión, en la radionavegación aérea y en la banda de radioaficionados.

2.3. MODULACIÓN DE PORTADORAS

Los sistemas de comunicaciones trabajan con información en forma de señales electrónicas que ocupan una banda limitada del espectro, por la naturaleza de la señal y por el filtrado previo a la transmisión. La transmisión de estas señales se puede realizar en banda base o modulando una portadora. La elección entre una u otra forma de transmisión dependerá del canal disponible y la necesidad de compartir dicho canal con otros sistemas de comunicaciones o con otras señales.

La transmisión en banda base se realiza casi siempre sobre canales formados por líneas de transmisión, y sigue ofreciendo una forma adecuada de transmisión en muchos sistemas, tanto analógicos como digitales. Los sistemas más actuales en este tipo de transmisión son las redes de área local.

Cuando se desea conseguir una mayor eficiencia del medio de transmisión y transmitir varias señales de forma simultánea, se puede trabajar con varias portadoras en lo que se denomina acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA); en estos casos se hace necesaria la conversión de las señales de banda base a diferentes bandas de frecuencia más alta.

El objetivo primordial de un sistema de comunicaciones es el de reproducir, en el punto de recepción, la señal original lo más fielmente posible al costo mínimo. En todos aquellos sistemas de comunicaciones, que comparten el medio de transmisión con otras señales o sistemas, es importante minimizar la banda ocupada por cada canal y limitar la potencia transmitida para evitar la interferencia en otros sistemas. El costo en estos sistemas se mide en la forma de banda ocupada, en los equipos e instalaciones. En la actualidad, al verse con mayor demanda el uso de sistemas móviles personales, hace del canal radio un medio especialmente cotizado y escaso en su distribución espectral y espacial. Este tipo de problemas ha llevado a trabajar en sistemas con señales digitales, que permiten un mayor aprovechamiento del espectro. También cabe mencionar que los procesos de modulación y codificación se hacen cada vez más sofisticados para evitar las características variables de un medio de transmisión complejo; la sobreexplotación del espectro lleva a idear procesos de protección contra señales interferentes.

Este aumento en la complejidad de los procesos de modulación va asociado al tratamiento digital de las señales. Un procesador digital de señales (DSP, del inglés: *Digital Signal Processor*) permite trabajar con funciones discretas en el tiempo, realizando operaciones que resultan muy complejas para los circuitos electrónicos convencionales o que se realizan con mayor precisión. En la actualidad muchos de los procesos de modulación y codificación asociados a sistemas de comunicaciones son realizados en procesadores digitales. Las limitaciones más importantes de estos procesos son la velocidad de cálculo asociada a los procesadores, la frecuencia o ancho de banda de las señales que deben procesar, los niveles y por supuesto el precio.

2.4. SISTEMA DE RADIOFRECUENCIA

Si en alguna ocasión se llegan a comparar dos sistemas de radiofrecuencia, como por ejemplo, un sistema para abrir automáticamente una puerta por proximidad, y un teléfono móvil de última generación, vamos a encontrar grandes diferencias, pero ambos realizan una serie de funciones que son constantes en casi todos los sistemas de RF. Ahora, poniendo por ejemplo la figura 2-1, en donde se presenta un esquema

electrónico del sistema Doppler de apertura automática, donde se indican las funciones realizadas por los diferentes componentes, y si además se observa en la figura 2-2, que es un esquema de bloques del subsistemas de RF de un teléfono móvil, donde se indican las funciones realizadas, se puede observar en estas dos figuras, que las funciones de generación de portadora, emisión, filtrado, conversión y detección, son similares, aunque la forma de realizarlas es completamente diferente, como diferente es la complejidad del sistema.

El aumento en la complejidad y la separación de funciones, en diversas etapas, se realiza para conseguir una mayor precisión en la señal emitida y recibida, mayor protección contra interferencias y ruido, mayor alcance y menor interferencia hacia otros sistemas. Todas estas características diferencian un diseño de otro, y el diseño final de un sistema dependerá de la aplicación, el desarrollo de la tecnología y del precio final del producto a diseñar.

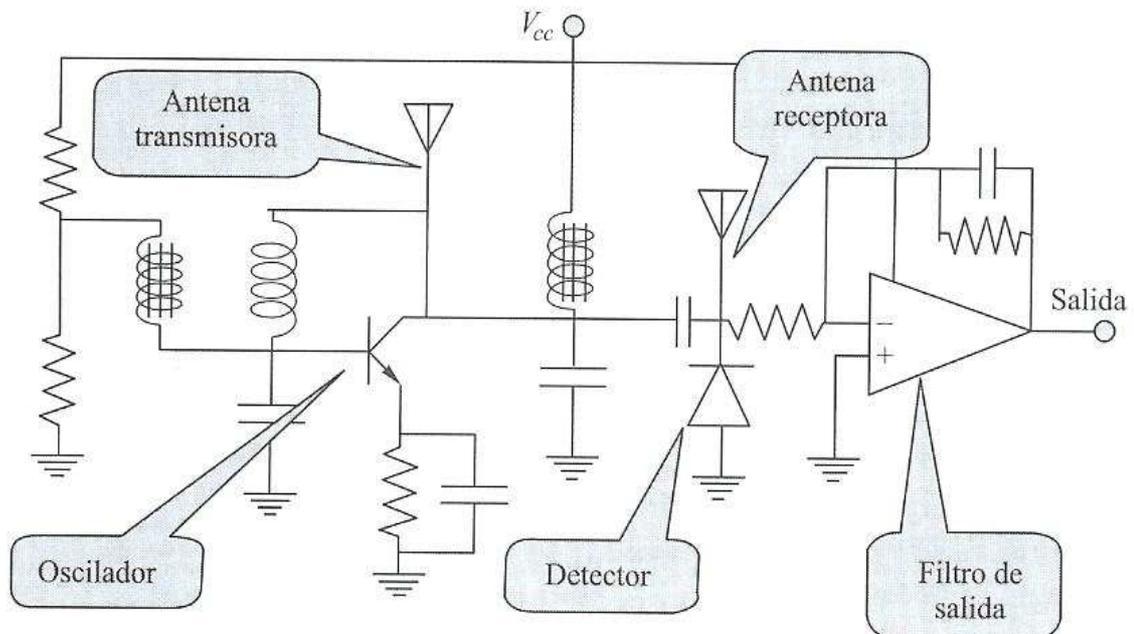


Figura 2-1 Esquema de un circuito Doppler para detección de movimiento

Dentro de un sistema de comunicaciones se pueden distinguir dos subsistemas claramente separados: el transmisor y el receptor. El primero (transmisor) tiene como funciones principales la formación de la señal a transmitir, o señal de banda base, la generación de la portadora, su modulación con la señal de banda base y la amplificación de la señal obtenida hasta el nivel de potencia deseado.

El receptor debe separar la señal deseada del resto de las posibles interferencias y ruido electrónico, amplificarla y demodularla para obtener la señal original de banda base.

En la figura 2-2, se aprecian diversos procesos típicos de transmisión y recepción. En el transmisor se encuentra un bloque generador de la señal de banda base, este elemento puede ser tan sencillo como un micrófono, o tan complejo como un procesador de señales digitales que combina varias entradas de audio, vídeo y control para obtener una señal formada por bloques de bits, que se codifican y conforman para modular una portadora de radiofrecuencia. El proceso de generación de la portadora y modulación es el primero en alta frecuencia, y con él se obtiene la señal a transmitir. A partir de este punto sólo hay que amplificar la señal hasta los niveles necesarios en transmisión. En todos los procesos que siguen en un transmisor, es necesario estar seguro de que no se generan señales indeseadas, y que en cualquier caso se eliminan mediante filtrado.

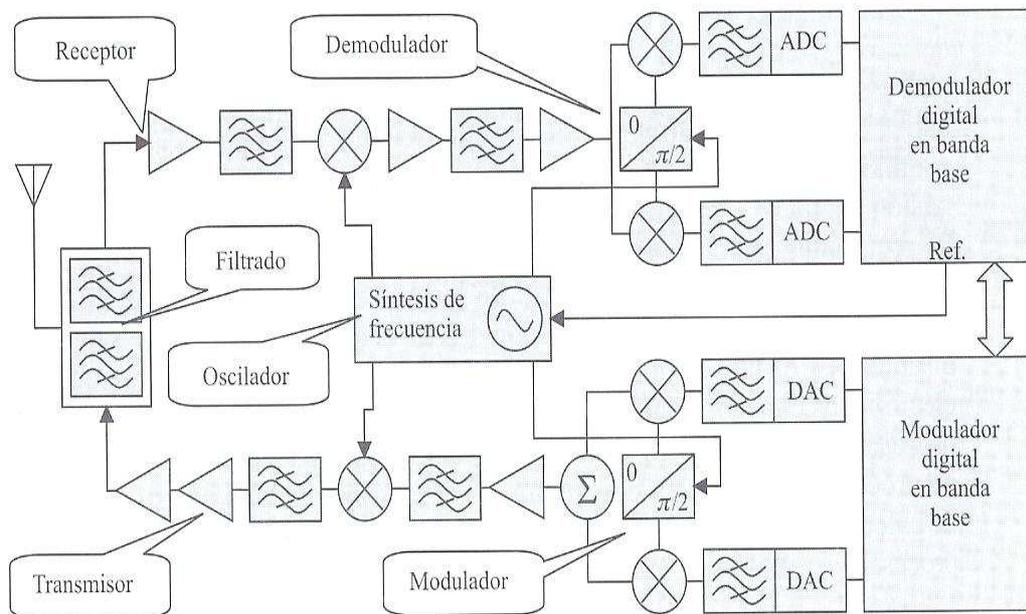


Figura 2-2 Esquema de bloques de las etapas de RF de un teléfono móvil

En el lado del receptor, uno de los aspectos más importantes es la separación de la señal deseada del resto de las señales interferentes y del ruido. En general, este proceso se realiza mediante filtrado. Una vez que se tiene la señal se procede a la recuperación de la señal de banda base mediante demodulación; en sistemas analógicos la señal demodulada puede llevarse directamente al sistema de presentación: auricular, CRT, etc. En señales digitales, a partir de la señal de banda base, se procede a la decodificación o extracción de la información correspondiente.

El diseño del transmisor o receptor depende fundamentalmente del tipo de señal y de la modulación utilizada. Algunos parámetros de esta señal son de especial interés, como lo es su distribución espectral de potencia y ancho de banda, el nivel medio (componente continua), valor cuadrático medio (potencia media) y valor máximo (potencia de pico), y las relaciones entre ellos. Se puede decir que, en general, se trabaja con señales tanto analógicas como digitales, de banda ancha o estrecha, y en sistemas sencillos o de gran número de canales sobre la misma portadora.

2.5. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Desde que existe una gran competencia por el uso de canales de comunicaciones, se han recaudado grandes sumas por la administración y concesión de licencias en el espectro radioeléctrico. En la actualidad, la mayor parte de los sistemas de radiocomunicaciones trabajan en las bandas de frecuencia inferiores a 5 GHz, aunque la división y asignación del espectro, a los diversos sistemas, está establecida hasta las frecuencias de ondas milimétricas.

Las frecuencias de radiocomunicaciones se extienden desde valores tan bajos, como de algunos KHz en VLF, hasta cientos de GHz, en las longitudes de onda milimétricas; si se considera este amplio margen en donde la tecnología utilizada en el diseño y construcción de componentes electrónicos es muy diversa, con al menos dos fronteras que separan la electrónica digital, que es de baja frecuencia, de la llamada electrónica de radiofrecuencia (RF), que es en microondas, evolucionan muy rápido con el tiempo e imponen un cambio importante en la forma de trabajar, en lo que se refiere al análisis, diseño y construcción de los componentes de un sistema.

2.6. TRANSMISORES

La función de un transmisor en un sistema de comunicaciones es la de transformar la señal a transmitir sobre la frecuencia portadora, para ello, un transmisor debe generar la señal portadora, con la estabilidad adecuada, modularla con la señal que contiene la información, amplificarla hasta el nivel deseado para su transmisión y filtrarla, limitando el ancho de banda a la banda necesaria para su transmisión, generando de este modo el mínimo de interferencia con otros sistemas, independientemente del tipo de señales que de desee transmitir. En la figura 2-3 se muestra el esquema general de un transmisor.

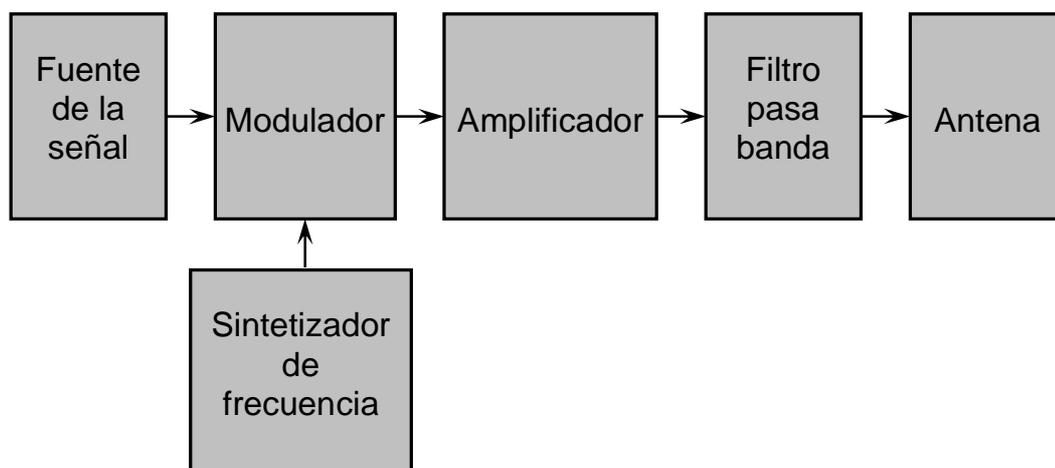


Figura 2-3 Esquema de un transmisor

2.7. TIPOS DE TRANSMISORES

En los transmisores, se pueden distinguir a dos tipos, a los **transmisores homodinos** que realizan la modulación sobre la frecuencia final de emisión, y a los **transmisores heterodinos** que realizan la modulación sobre una frecuencia intermedia.

2.8. TRANSMISORES HOMODINOS O DE MODULACIÓN DIRECTA

En un transmisor homodino la modulación se realiza directamente sobre la portadora, de forma que la señal a la salida se filtre en la banda de transmisión y se envíe a la antena. Muchas de las veces este tipo de transmisor se utiliza para cualquier tipo de modulación, pero en la práctica es más frecuente verlo en modulación por amplitud (AM, del inglés: *Amplitude Modulation*). Esta coincidencia es debida a que la modulación directa de la portadora es más fácil en frecuencias bajas, donde los moduladores son más fáciles de implementar, y las aplicaciones de AM son las que más se utilizan en esas frecuencias.

Uno de los problemas asociados a los transmisores homodinos es el filtrado posterior a la modulación, en donde, si la frecuencia de emisión es variable, este filtro ha de ser también variable, con lo que aumenta su complejidad; es fácil de encontrar este esquema homodino en transmisores con frecuencia fija de transmisión.

Ahora se puede observar en la figura 2-4 el esquema de uno de los primeros moduladores de amplitud, que en este caso se trata del transmisor telegráfico. En este, se observa de cómo el modulador consiste en un simple interruptor. Hoy en día este tipo de transmisor se puede encontrar en la telegrafía marítima, claro que con algunas modificaciones, donde la sencillez del sistema lo hace muy útil en estas aplicaciones.

Otra aplicación típica de modulador homodino es la de transmisores de AM con modulación a nivel alto, en este caso la modulación se produce en la última etapa amplificadora, lo que supone que debe realizarse sobre la portadora final de transmisión. La variación de la frecuencia portadora debe realizarse modificando también el filtro de salida, lo que no suele ser un problema, ya que la frecuencia de transmisión es fija para cada equipo.

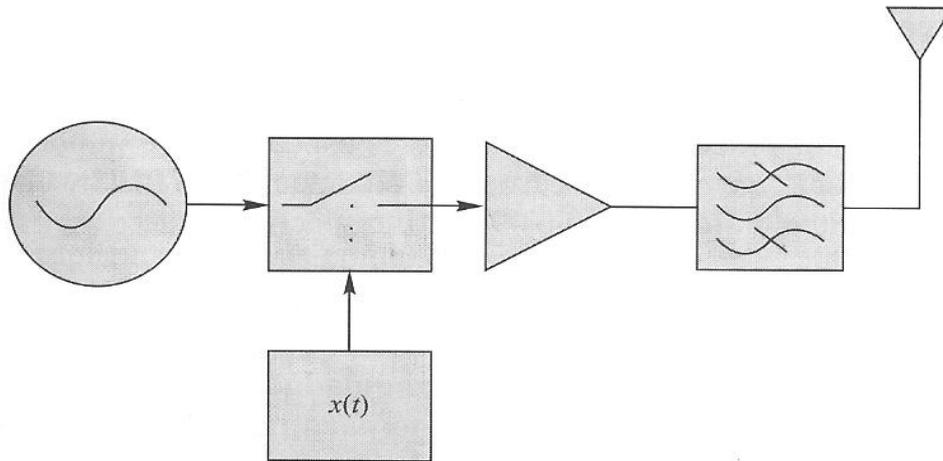


Figura 2-4 Esquema de un transmisor telegráfico

2.9. TRANSMISORES HETERODINOS

En un transmisor heterodino la portadora sobre la que se produce la modulación es de frecuencia diferente a la de emisión, como se puede ver en la figura 2-5. La conversión de una frecuencia en otra se hace a través de un circuito convertidor de frecuencia, que permite trasladar una señal en el espacio de la frecuencia a un valor continuo, sin modificar el tipo y la profundidad de modulación.

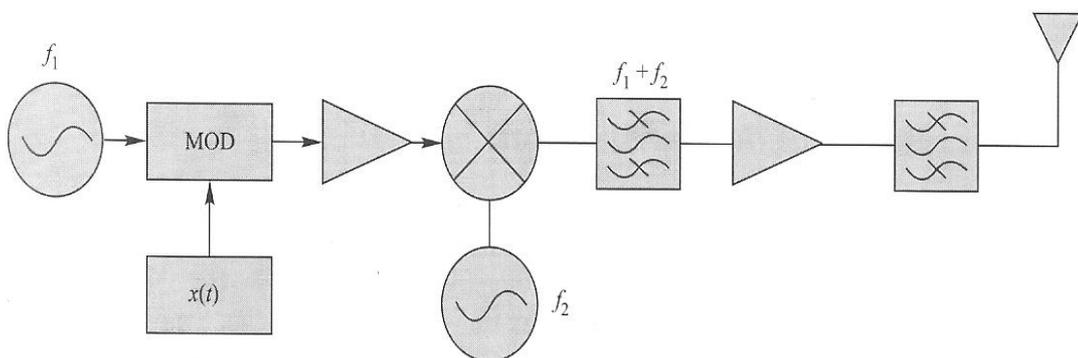


Figura 2-5 Transmisor heterodino

Este tipo de transmisor, comparado con el homodino, posee las siguientes ventajas:

- Puede mantener constante la frecuencia sobre la que se hace la modulación, aunque la frecuencia de emisión cambie.
- La amplificación hasta los valores de emisión se hace sobre dos o más frecuencias diferentes, evitando posibles realimentaciones entre las distintas etapas amplificadoras.
- Se puede conseguir un mejor filtrado de la señal modulada sobre una frecuencia fija y de un valor normalizado.

Actualmente, la mayor parte de los transmisores profesionales poseen una estructura heterodina, por las ventajas que supone la utilización de una frecuencia continua y de un valor normalizado como portadora en el proceso de modulación.

2.10. RECEPTORES

Las funciones del receptor en un sistema de comunicaciones se puede decir que son las de *seleccionar, amplificar y demodular la señal deseada*, separándola en lo posible del resto de las señales y del ruido que la acompañan. Esto se aprecia en un esquema (figura 2-6) de las funciones típicas de un receptor, con independencia del tipo de señal que se desee recibir.

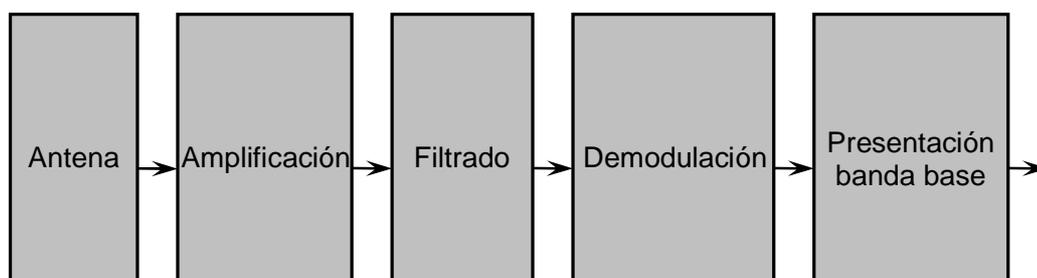


Figura 2-6 Esquema de un receptor

También cabe mencionar algunas **especificaciones del receptor**, como lo son:

- **Sensibilidad.** Que es la capacidad del receptor de recibir señales débiles; esto se mide en términos de diferencia de potencial, o de potencia, que es necesario aplicar a las terminales de entrada para obtener a la salida una potencia determinada, y con la relación señal a ruido necesaria para el servicio de que se trate.

- **Selectividad.** Que es la capacidad del receptor de rechazar las señales radioeléctricas no deseadas, próximas a la señal que se quiere utilizar; se mide en términos de comparación entre las potencias de la señal deseada y de las señales interferentes máximas, que es capaz de soportar el receptor sin degradar sus prestaciones, claro que esto dependerá del tipo y frecuencia de las interferencias.
- **Fidelidad.** De la misma forma que en el transmisor, es la capacidad del receptor de reproducir las características de la modulación de la señal recibida, con un nivel de distorsión no superior al especificado.

2.11. TIPOS DE RECEPTORES

En los receptores hay diferentes criterios para clasificarlos. Los más utilizados en la práctica son los que se refieren al tipo de servicio, a la forma de sintonía, al tipo de señal que reciben, a la forma de modulación y a la forma de separar la señal de las interferencias. A continuación se mencionan algunos ejemplos de clasificación de los receptores:

- **Por el servicio al que se destinan:** estos son los receptores telegráficos, telefónicos, de radiodifusión, de televisión, de comunicaciones móviles, de comunicaciones por satélite, etc.
- **Por la forma de sintonía:** de sintonía fija, si funcionan a una sola frecuencia (radioenlaces del servicio fijo). De sintonía discreta, si pueden recibir en un número discreto de canales (televisión y servicios móviles). De sintonía continua, si la frecuencia puede tomar cualquier valor en la banda de RF (algunos receptores de radiodifusión).
- **Por el tipo de señal que reciben:** digitales y analógicos.
- **Por la forma de modulación:** de amplitud (AM, DBL, BLU, ASK...), de frecuencia (FM, FSK...) y de fase (PM, PSK, QPSK...).
- **Por la forma de amplificar y seleccionar la señal deseada:** receptor homodino, receptor superheterodino y receptores que utilizan más de una conversión de frecuencia.

2.11.1. RECEPTOR HOMODINO

En este tipo de receptor, la señal captada por la antena se selecciona y se amplifica directamente hasta el nivel conveniente para que el demodulador funcione

correctamente y a continuación se amplifica la señal extraída en la banda base original, hasta el nivel exigido por el dispositivo de representación; esto lo se observa en el diagrama a bloques de la figura 2-7 que corresponde al receptor homodino.

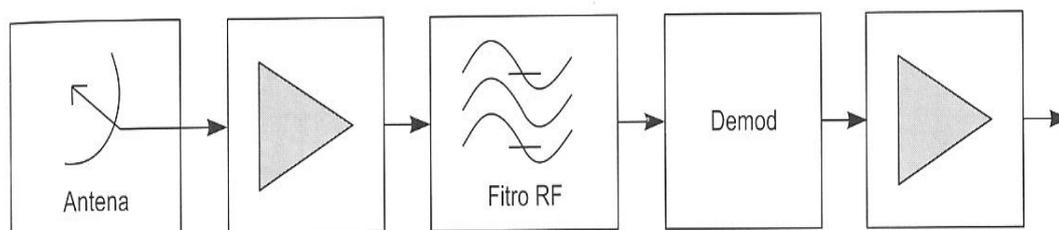


Figura 2-7 Diagrama a bloques de un receptor homodino

En lo que corresponde a la práctica, este tipo de receptor es muy poco utilizado en sistemas de comunicaciones, dados los graves inconvenientes que posee a la hora de conseguir una buena selectividad por filtrado directo de la señal de RF, pues es muy difícil obtener filtros en RF que definan la banda de frecuencia deseada con precisión, sobre todo si el receptor es de sintonía variable. Por lo tanto, las aplicaciones de este tipo de receptor quedan reducidas a receptores con una gran anchura de banda; normalmente para aplicaciones diferentes de la de comunicaciones, como radiometría, radar, etc., y que trabajan en una frecuencia fija.

Las aplicaciones actuales de este tipo de receptores se limitan a equipos militares, tales como alertadores de señales radar de banda ancha para frecuencias superiores a 500 MHz, equipos de laboratorio y en receptores en las bandas de LF (30 a 300 KHz) hasta HF (3 a 30 MHz), que realizan el filtrado y la demodulación con técnicas digitales, limitando las etapas de RF a procesos de amplificación y filtrado previo, de una banda amplia en la que opera el sistema en su conjunto.

2.11.2. RECEPTOR SUPERHETERODINO

En un receptor superheterodino (figura 2-8), la frecuencia de señal en RF se traslada, mediante mezcla con el tono puro y constante de un oscilador, a una frecuencia diferente (normalmente menor que la de RF), llamada frecuencia intermedia. *En la frecuencia intermedia es donde se realiza el filtrado y selección de la banda deseada antes de alcanzar el detector*, de este modo la amplificación puede hacerse en dos etapas a frecuencias diferentes, logrando así una mayor estabilidad en el conjunto.

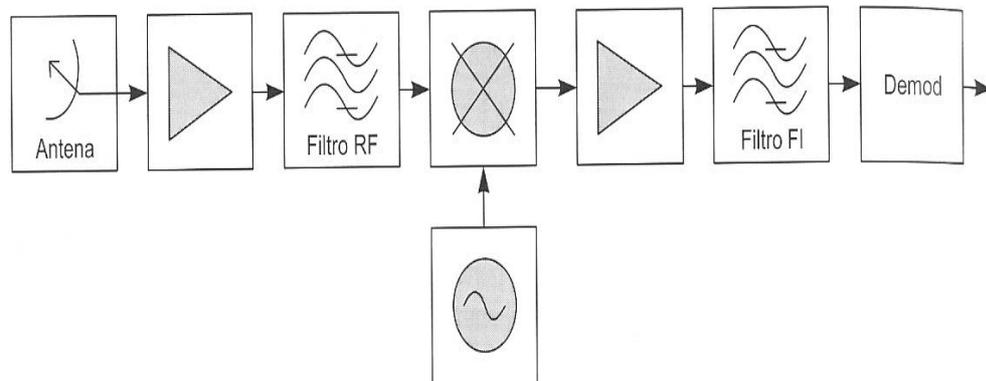


Figura 2-8 Diagrama a bloques de un receptor superheterodino

En el caso de receptores sintonizables, como los receptores de radiodifusión FM comercial o los de TV (televisión), la frecuencia del oscilador se puede variar para seleccionar el valor deseado de la frecuencia de señal, manteniendo una frecuencia intermedia constante. El filtrado en frecuencia intermedia se puede realizar con circuitos fijos, que ofrecen mayor sencillez y mejores prestaciones que los filtros sintonizables.

Las ventajas de los receptores superheterodinos en cuanto a mejora de la selectividad y la sensibilidad son tan sustanciales que han desplazado prácticamente a los receptores homodinos.

2.12. MÓDULO TRANSMISOR

Para este trabajo se ha utilizado el modelo de transmisor TWS-BS-3. Algunas de sus características son:

- Frecuencia: 433.92 MHz.
- Modo de modulación: ASK.
- Velocidad de dato: 8 kbps.
- Fuente de voltaje: 3~12V.

También se tienen los rangos máximos absolutos, que se observan en la tabla 2-2.

Tabla 2-2 Rangos máximos

Rating	Value	Unit
Power Supply and All Input/Output Pins	-0.3 to +12.0	V
Non-Operating Case Temperature	-20 to +85	• •
Soldering Temperature(10 seconds)	230	• •

Se tiene también a las características eléctricas que son muy importantes a la hora del diseño. Estas características se observan en la tabla 2-3.

Tabla 2-3 Características eléctricas del transmisor

Characteristic	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Unit
Operating Frequency (200KHz)	VCC		433.92		MHz
Data Rate	ASK			8K	Kbps
Transmitter Performance(OOK@2.4kbps)					
Peak Input Current,12 Vdc Supply	ITP			45	mA
Peak Output Power	PO		10		mW
Tum On/ Tum Off Time	T ON/T OFF			1	US
Power Supply Voltage Range	VCC	3		12	VDC
Operating Ambient Temperature	TA	-20		+85	• •
Tx Antenna Out (3V) +2.4dB	VCC				mA

Por otra parte, lo que corresponde a la asignación de pines, se observan en la figura 2-9, mientras que las dimensiones del tamaño se aprecian en la figura 2-10.



Figura 2-9 Asignación de pines

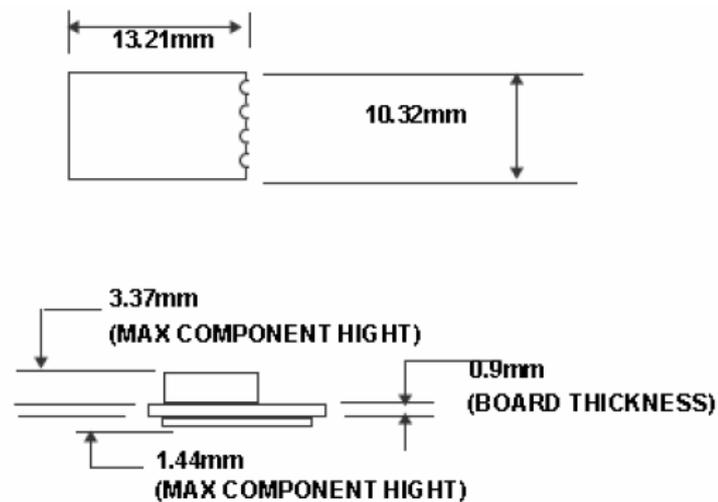


Figura 2-10 Dimensiones del transmisor

2.12.1. ANTENA PARA 433.92 MHZ

En lo que concierne a la antena para este transmisor, se va utilizar una especial para esta frecuencia (433.92 MHz), a la cual es que trabaja este módulo. Este tipo de antena se puede identificar en la figura 2-11.



Figura 2-11 Antena para 433.92 MHz

Otra parte importante es el conector para la antena; en el mercado se encuentra este conector para PCB (*Printed Circuit Board*), con RP (*Reverse Polarity*), 50 ohm, con terminado en el centro para el contacto de chapa de oro, con cuerpo de chapa de níquel y aislamiento de teflón. La figura 2-12 nos muestra este conector.



Figura 2-12 Conector antena para PCB

2.13. MÓDULO RECEPTOR

En lo que corresponde al módulo de recepción, también trabaja a una frecuencia de 433.92 MHz, y algunas de sus características son:

- Frecuencia: 433.92 MHz.
- Modo de modulación: ASK.

- Velocidad de datos: 4800 bps.
- Selectividad: -108 dB.
- Espaciamiento entre canales: 500 KHz.
- Fuente de voltaje: 5V.
- Diseño pasivo con alta sensibilidad.

Sus características en corriente directa, se encuentran en la tabla 2-4.

Tabla 2-4 Características en DC del módulo receptor

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Vcc	Operating Supply Voltage		4.9	5	5.1	
I Tot	Operating Supply Voltage			4.5		
V Data	Data Out	1 Data = -10 uA (Low)	Vcc-0.5	Vcc		v
		1 Data = -10 uA (Low)			0.3	v

También tenemos las características eléctricas, que se muestran en la tabla 2-5.

Tabla 2-5 Características eléctricas del módulo receptor

Characteristics	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Unit
Operating Radio Frequency	FC	433.42	433.92	434.42	MHz
Sensitivity	Pref.	-106	-108	-110	dBm
Channel Width		-500		+ 500	KHz
Noise Equivalent BW	NEB		5	4	
Baseboard Data Rate				3	KB/S
Receiver Turn On Time				3	ms

A continuación en la figura 2-13, se observa lo que corresponde a su configuración de pines.



Figura 2-13 Configuración de pines del receptor

Un aspecto muy importante también es el tamaño de este módulo, el cual se puede observar en la figura 2-14.

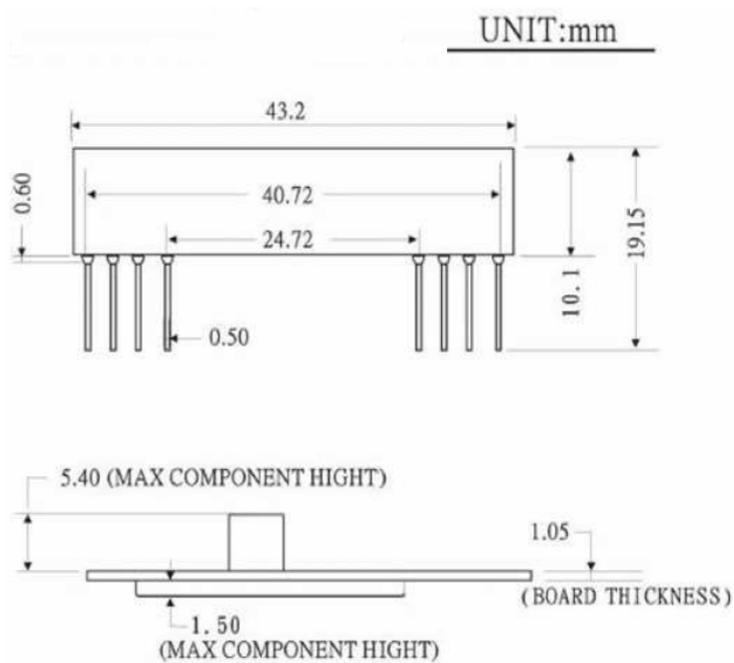


Figura 2-14 Dimensiones del módulo receptor



The graphic features the word "INSTRUMENTACION" in a large, bold, outlined font at the top. Below it, the word "VIRTUAL" is written in a similar but smaller font. To the right of the main text, the number "3" is enclosed in a circle. The entire graphic is framed by a stylized border that resembles a scroll or a banner.

CAPÍTULO 3: INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

3.1. SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL BASADOS EN COMPUTADORA

La utilización de las computadoras, se ha hecho fundamental dentro de la infraestructura de cualquier disciplina tecnológica. Algunas ramas de la industria dependen de la ayuda de las computadoras, como las cadenas de producción, las comunicaciones, el transporte, los laboratorios de investigación y los sistemas de prueba y medida.

El punto de inicio es el sistema físico que es de donde se recogen los datos, que también es el punto final, ya que sobre él es donde se actúa a partir de las órdenes de control. Dentro de este sistema se produce un proceso físico, el cual se puede definir como una combinación de operaciones que se ejecutan con el fin de efectuar alguna actuación o cambio sobre el sistema. El proceso físico se puede caracterizar por una serie de elementos de entrada y salida de materiales, energía e información. Los materiales y la energía son componentes básicos en todo proceso, mientras que la información es una parte indispensable que nos ayuda a controlar y desarrollar en las mejores condiciones las pautas de este proceso.

Un ejemplo de ello lo se puede dar con una aeronave como un sistema, como el de la figura 3-1, aquí el proceso puede ser el control de la posición en el espacio, la energía de entrada, el combustible que se suministra en la planta motriz, y la energía de salida puede ser el movimiento que hace el avión; la información que entra al sistema podría ser el control de la planta motriz y la posición de las superficies de control aerodinámicas. La información de salida sería la posición respecto de los tres ejes del espacio, la velocidad y la altitud.

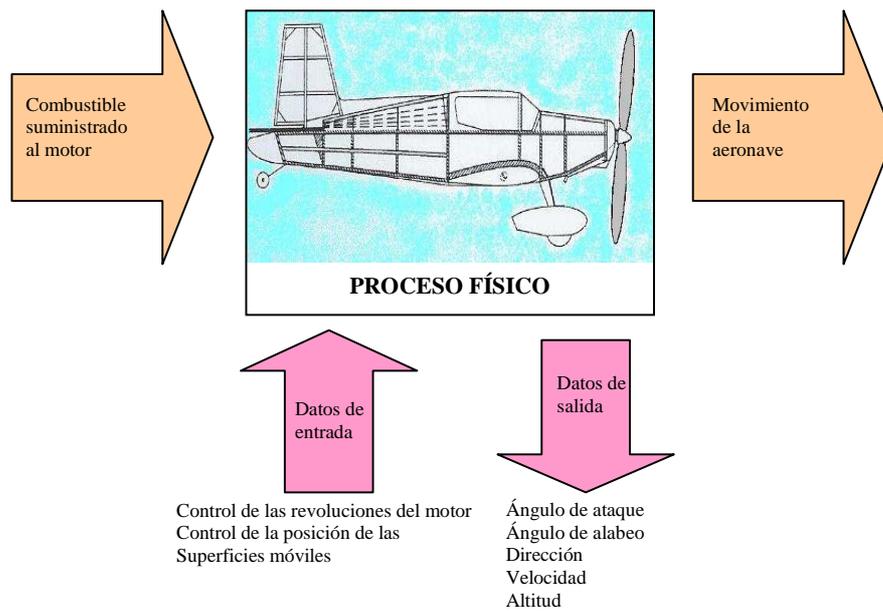


Figura 3-1 Proceso físico del control de posición de una aeronave

Ahora que se tiene en cuenta que las computadoras son dispositivos excelentes para procesar información capturada del proceso físico, lo que se puede hacer es utilizar la computadora para controlar la adquisición, el procesado y el control de la actuación final sobre el proceso. En la figura 3-2 se observa el modelo de la función que desarrolla la computadora.



Figura 3-2 Función de la computadora

Entonces, a partir de la información de entrada y de salida de la computadora, puede hacerse un intercambio de información hacia el proceso físico, como nos lo representa la figura 3-3.

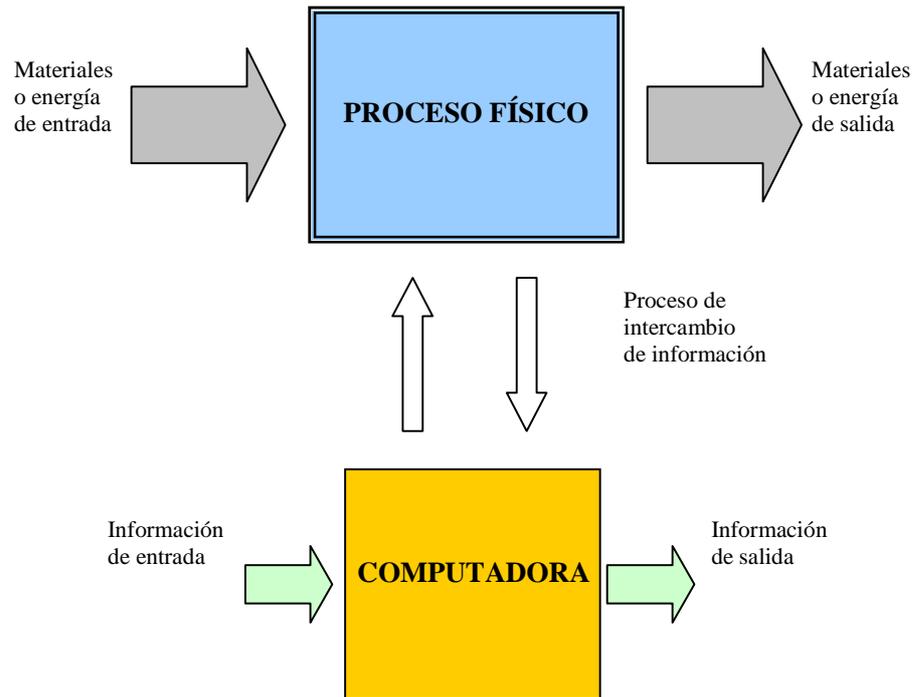


Figura 3-3 Utilización de la computadora en el control de un proceso

La obtención de resultados óptimos a partir de un sistema de adquisición de datos basado en computadora, depende de cada uno de los elementos que se utilicen en el sistema. Estos elementos pueden ser: la computadora, los transductores, los actuadores, el acondicionamiento de la señal, la circuitería de adquisición de datos, la circuitería de análisis de los datos, el control y el software. Esto se visualiza en la figura 3-4, que es un sistema genérico en el cual se consideran una serie de elementos esenciales.

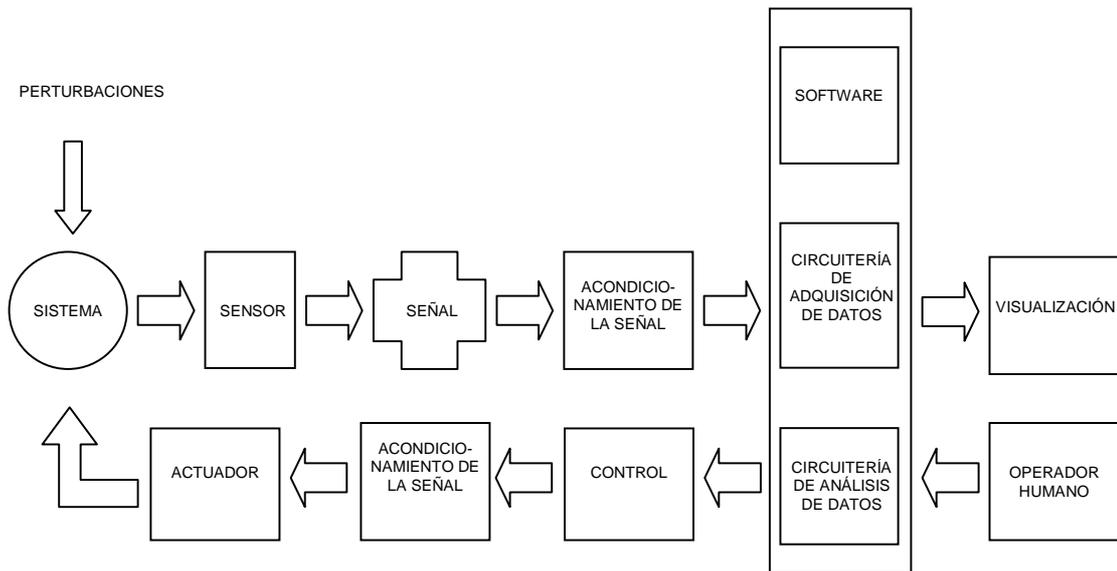


Figura 3-4 Sistema de adquisición de datos y control

Describiendo estos elementos, se puede decir que la computadora va a determinar la velocidad de proceso del sistema; tomando en cuenta que, en aplicaciones que requieran de un proceso en tiempo real de señales de alta frecuencia, se necesitará de una computadora potente, y para procesos más simples se pueden utilizar procesadores más lentos.

El transductor es capaz de sensar el fenómeno físico y suministrar una señal eléctrica que puede ser aceptada por el sistema de adquisición. Un ejemplo de ello, un sensor de temperatura que transforma una temperatura en una señal eléctrica analógica que, convertida en digital mediante un convertidor analógico – digital (CAD), puede ser tratada por la computadora.

El acondicionamiento de la señal que surge del transductor, que en este caso es una señal eléctrica, tiene que ser tratada, convertida o escalada de forma que puede ser aceptada por el sistema de adquisición. Estas formas de acondicionamiento de la señal pueden ser la amplificación, la linealización y el aislamiento, que son las más comunes. En la circuitería de adquisición de datos se puede o no incorporar una tarjeta que se ocupe de adquirir la señal analógica y que realice la conversión digital.

Lo que refiere a la circuitería de análisis, se puede mencionar que la capacidad de proceso de las computadoras personales actuales se ha incrementado hasta el punto de tener potencia de cómputo suficiente para muchas aplicaciones de adquisición de datos y de análisis de resultados.

Por medio de los programas de aplicación (software) se logra un sistema completo de adquisición, análisis y presentación de resultados. De hecho, la circuitería de adquisición sin el software adecuado es inoperante, y lo mismo se podría decir de los programas sin la circuitería adecuada.

3.2. HISTORIA DE LA INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

Desde que Volta construyó la célula electroquímica, a partir de papeles húmedos con agua salada situados consecutivamente entre placas de plata y cinc, se produjo un gran avance, ya que este dispositivo era fácil de construir, con materiales comunes y razonablemente baratos, y producía una corriente eléctrica de una duración de algunos minutos.

Mucha gente pudo experimentar con el nuevo tipo de energía, y aplicarla en la investigación de circuitería muy básica formada por hilos y bobinas. En 1830, la necesidad de tener mejores comunicaciones y más rápidas, acelera la invención del telégrafo, mediante el cual podía transmitirse información a distancias considerables, conmutando una corriente que circulaba por una malla formada por un par de hilos. Éste fue uno de los primeros ejemplos de proceso digital que utilizaba información binaria y que requería la definición de códigos, el más famoso de los cuales fue el que inventó Samuel Morse. Mucho tiempo después, para ser exactos cincuenta años más tarde, aparece el teléfono, capaz de convertir las ondas sonoras en señales eléctricas analógicas.

Paralelamente a este desarrollo, los instrumentos eléctricos de medida progresan desde los electroscopios de láminas de oro hasta sofisticados galvanómetros, voltímetros electrostáticos, vatímetros y los modernos galvanómetros de bobina móvil.

En el siglo XIX, fue cuando se observaron y estudiaron una serie de fenómenos físicos que tuvieron un significado importante en el desarrollo de sensores y de la instrumentación. A finales de este siglo ya se utilizaban muchos transductores que eran capaces de medir variables que no podían detectar los seres humanos, como por ejemplo, diversas partes no visibles del espectro electromagnético y la radiación infrarroja.

En el siglo XX se ha continuado de una manera acelerada el desarrollo de la instrumentación; pero ha habido dos importantes influencias en este desarrollo, como lo es la aparición y le emergencia de la ingeniería electrónica y el rápido desarrollo de la tecnología de la información.

La ingeniería electrónica tiene sus orígenes en los sistemas de comunicaciones por radio marítimos. La necesidad de establecer buenas comunicaciones entre barcos hizo que se desarrollaran mejores detectores, amplificadores y generadores de señales de radiofrecuencia. Así aparecen el diodo termoiónico (1904) y el tríodo (1907). A partir de

este momento, el desarrollo de radiocomunicaciones fue rápido y espectacular y, por otra parte, la instrumentación empezó a ser tal como la vemos ahora. El uso de los tubos de vacío (válvulas) para la instrumentación se extendió a la telemetría de trenes de carga, la instrumentación naval y aeronáutica, los rayos X médicos e industriales, los electrocardiógrafos, entre otros. La conveniencia y después el bajo costo de los sistemas electrónicos desplazaron rápidamente a los sistemas de instrumentación mecánicos.

Los conflictos militares han contribuido al incentivo y al esfuerzo para encontrar nuevas ideas y nuevas tecnologías. La Primera Guerra Mundial (1914-1918) precipitó el desarrollo de las radiocomunicaciones, y durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) se desarrollaron los sistemas de radar, los controladores de vuelo de aeronaves y otros dispositivos, en los cuales la instrumentación era muy importante.

A medida que la ingeniería electrónica fue progresando, se pudieron detectar y amplificar señales de nivel más bajo. Se desarrollaron técnicas sofisticadas de medida en presencia de altos niveles de ruido.

El desarrollo de técnicas de construcción de circuitos integrados ha permitido disponer de un rango importante de sensores de silicio. La tecnología láser y la fibra óptica, desarrolladas en el campo de la comunicación, se utilizan para la construcción de giroscopios y otros sensores, capaces de operar en lugares hostiles con alta radiación o altos voltajes.

Evidentemente, una de las aplicaciones más espectaculares de la electrónica ha sido la construcción de máquinas de cálculo. No fue hasta los años setenta que las computadoras soportaron, almacenaron y procesaron información. Los humanos pudieron comunicarse con las computadoras inicialmente con tarjetas perforadas, después con teclados alfanuméricos, y recientemente con unidades de video VDU (*Video Display Units*). Los sensores se han podido conectar a las computadoras utilizando los convertidores analógicos-digitales (CAD), y así es como nace la instrumentación moderna.

La utilización de la electrónica digital para los instrumentos de medida se restringió inicialmente a tareas inherentes digitales, como los circuitos de cálculo para medidas de frecuencia y de partículas nucleares. Durante los años sesenta, la aparición de diodos emisores de luz (LED) y de los visualizadores de cristal líquido (LCD) permitió el abaratamiento de los voltímetros digitales, fueron utilizados rápidamente como paneles digitales de medida, que desplazaron los tradicionales galvanómetros de bobina móvil.

Un paso más se produjo cuando, a partir de los años setenta, aparecieron los microprocesadores; tanto los microprocesadores como las microcomputadoras se incorporaron rápidamente a los instrumentos, de manera que con programas adecuados facilitaban la realización de sofisticadas funciones al usuario, como el autorango, la autocalibración, la medida, la detección de picos, etc.

A partir de los años ochenta, las computadoras personales incrementan sus prestaciones en velocidad y potencia de cálculo, rápidamente se hacen indispensables en diferentes procesos industriales de todos los ámbitos. El control de instrumentos por computadora se generaliza y se desarrollan sistemas cada vez más complejos y potentes. De hecho, el control de instrumentación por computadora no es una novedad, durante los años setenta ya se utilizaban las computadoras en los sistemas de medida mediante el uso de la interfaz IEEE-488.

Durante los años noventa, los procesadores de 16 y 32 bits se incorporaron en equipos accesibles que, de esta manera, han podido obtener altas velocidades y grandes capacidades de memoria. Otro desarrollo importante para la instrumentación en esta misma década, es la aparición de nuevos estándares y la revitalización de algunos ya existentes.

3.3. ¿QUÉ ES UN INSTRUMENTO?

Un instrumento es un objeto fabricado (una herramienta, un aparato, etc.) que se encarga de recoger una señal de determinada naturaleza y procesarla, para mostrar o registrar su valor haciendo uso de un sistema de representación electromagnético (instrumentos de aguja) electrónico (display), registro gráfico sobre el papel, señal acústica, óptica, etc. Pero se podría decir que es una herramienta que si, se observa y se controla, se puede utilizar para aprender y conocer mejor el universo que nos rodea. Incluso, esta definición puede ya pertenecer al pasado, dado que la incorporación de la computadora en los procesos de medida significa que los instrumentos clásicos que se utilizaban, hasta hace unos años, se ven sustituidos por el monitor de una computadora o por una unidad de almacenamiento de datos, un módem, etc.

La posibilidad de interaccionar con una computadora, en el proceso de medida, ha permitido la creación de verdaderos equipos de instrumentación, basados en una arquitectura computacional auxiliar de un hardware adecuado.

El desarrollo tecnológico en todos los niveles que se ha producido en los últimos años, especialmente en el campo de la electrónica, hace que las empresas y los centros de investigación dispongan de instrumentos cada vez más competitivos. Esto se mantendrá en tanto que el instrumento sea fácil de utilizar, se integre sin complicaciones en un sistema de medida basado en computadora, y sea flexible, es decir, que se adapte fácilmente a las necesidades de cambios en la metodología de medida. De esta manera dispondremos de instrumentos y de sistemas de instrumentación especializados para cada campo, abiertos a diferentes configuraciones de medida.

3.4. INSTRUMENTO VIRTUAL

Un instrumento virtual es un módulo de software que intenta simular cada uno de los aspectos funcionales del instrumento real, basándose en todos los dispositivos físicos que pueden ser accesibles para la computadora (tarjetas de adquisición, tarjetas DSP, instrumentos accesibles vía GPIB, VXI, RS-232, etc.). Cuando se ejecuta un programa que representa un instrumento virtual, el usuario ve en la pantalla el panel que correspondería al instrumento físico, y que permite su visualización y control.

Hasta hace poco tiempo, la construcción de un instrumento virtual podía realizarse con paquetes de programas que nos ofrecían un conjunto de facilidades, como por ejemplo, funciones de alto nivel y la incorporación de elementos gráficos, que simplifican la tarea de programación y de elaboración del panel frontal. De todos modos, el cuerpo del programa continuaba basándose en el texto, lo que significaba invertir mucho tiempo en detalles de programación que no revertían en la finalidad real del instrumento. Con la aparición de los paquetes de programación gráfica, como el LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) de *National Instruments*, entre otros, el proceso de creación del instrumento virtual se simplifica, y se minimiza el tiempo de desarrollo de las aplicaciones.

Cuando se diseña un instrumento con LabVIEW, se dispone de dos ventanas, una donde se implementa el panel frontal y otra que soporta el nivel de programación.

Para la construcción del panel frontal se disponen de una biblioteca de controles, indicadores, gráficos, etc., y la posibilidad de que el propio usuario genere más. Cuando un control se inserta desde la biblioteca en el panel frontal, se genera una variable tal que sus valores son determinados por el ajuste que el usuario haga desde el panel y se representan en la pantalla según el modelo escogido. El nivel de programación permite relacionar muchos bloques funcionales con las variables del panel frontal, lo que nos permite diseñar la aplicación y obtener y visualizar los resultados que nos interesen. Los bloques funcionales del nivel de programación se representan en forma de iconos, que se interconectan entre si mediante cables ficticios por donde fluyen los datos.

Los datos que se procesan en una aplicación de VI (*Virtual Instrument*, en inglés) son recogidos del mundo físico mediante un hardware de adquisición, que se encarga de conducir las señales desde el sensor y su acondicionador hasta la computadora, a través de puertos de comunicación convencionales del tipo RS-232, Centronics, u otros de propósito específico, directamente unidos al bus interno de la computadora. Con esto se puede mencionar que en el proceso completo de la medida a través de la computadora intervienen los siguientes elementos básicos:

- Sensor-Acondicionador.
- Hardware de adquisición de datos: Buses, puertos, etc.

- Computadora.
- Software: Gestión de comunicación (drivers), lenguaje de programación gráfico o entorno de presentación y tratamiento de los datos.

3.5. ¿QUÉ ES LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL?

Un instrumento virtual consiste de una computadora, o una estación de trabajo, equipada con poderosos programas (software), hardware económico, como lo son las placas para insertar, y manejadores (drivers), que cumplen en conjunto las funciones de instrumentos tradicionales. Los instrumentos virtuales representan a sistemas de instrumentación, basados en el hardware, en sistemas centrados en el software, que aprovechan la potencia del cálculo, productividad, exhibición y capacidad de conexión de las populares computadoras de escritorio y estaciones de trabajo. Aunque la computadora personal y la tecnología han experimentado avances significativos, es el software el que realmente provee la ventaja para construir los instrumentos virtuales, proveyendo mejores maneras de innovar y de reducir los costos significativamente. Con los instrumentos virtuales, los ingenieros y científicos construyen sistemas de medición y automatización que se ajustan exactamente a sus necesidades, en lugar de estar limitados por los instrumentos tradicionales de funciones fijas (definidos por el fabricante).

Si nos basamos en los instrumentos tradicionales, como lo son el osciloscopio y el generador de ondas, se puede decir que son de gran ayuda por su potencia, pero son muy costosos y diseñados solamente para llevar a cabo una o más tareas específicas, y que están definidas por el fabricante. Por otra parte, los instrumentos virtuales, los cuales están basados en la computadora, aprovechan los beneficios de la tecnología de estas, que incluyen poderosos procesadores y sistemas operativos, y tecnologías tales como el Microsoft Windows XP, .NET y el Apple Mac OS; además, esas plataformas también ofrecen un acceso sencillo a herramientas, como lo es Internet. Otra cuestión de los instrumentos tradicionales es que adolecen frecuentemente de falta de portabilidad, mientras que los instrumentos virtuales que corren en las computadoras personales automáticamente incorporan esta naturaleza portátil.

3.6. EL SOFTWARE EN LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

En un instrumento virtual, el software es el componente más importante, ya que el ingeniero puede crear eficientemente sus propias aplicaciones con él, diseñando e integrando las rutinas que requiere un proceso en particular; también puede crear la interfaz de usuario que mejor satisfaga el objetivo de la aplicación. También puede

definir cómo y cuándo la aplicación adquiere datos desde el dispositivo, cómo los procesa, manipula y almacena, y cómo se presentan los resultados al usuario.

Si se cuenta con un software poderoso, a los instrumentos virtuales se les puede dotar con capacidades de inteligencia y de toma de decisiones, de manera tal que se adapten cuando las señales medidas varíen inadvertidamente, o cuando se requiera mayor o menor potencia de procesamiento.

Una importante ventaja que provee el software es que se puede dividir en varios módulos. Esto se puede dar cuando, en un gran proyecto, los miembros del equipo de trabajo pueden abordar una tarea dividiéndola en unidades funcionales manejables, así, diseñando un instrumento virtual para solucionar cada una de estas tareas, y posteriormente reunir las en un sistema completo, quedaría terminado el proyecto.

3.7. LABVIEW COMO HERRAMIENTA PARA CREAR INSTRUMENTOS VIRTUALES

LabVIEW es una parte integral de la instrumentación virtual, dado que provee un medio ambiente de desarrollo de aplicaciones que es fácil de utilizar y está diseñado específicamente para las necesidades de ingenieros y científicos. Por otra parte, LabVIEW ofrece poderosas características que facilitan la conexión a una gran variedad de hardware y otros software's.

Una de las características más poderosas que LabVIEW ofrece a los ingenieros y científicos es un medio ambiente de programación, que es gráfico. Se pueden crear instrumentos virtuales y de igual manera crear las interfaces gráficas de usuario en la pantalla de la computadora con la cual se puede:

- Operar el programa de instrumentación.
- Controlar el hardware seleccionado.
- Analizar datos adquiridos.
- Visualizar los resultados.

Se puede personalizar a los instrumentos virtuales con perillas, botones, diales y gráficos, a fin de emular paneles de control de instrumentos tradicionales, crear paneles de ensayo personalizados, o representar visualmente el control y operación de procesos. La similitud existente entre los diagramas de flujo y los programas gráficos acorta la curva de aprendizaje, asociada con lenguajes tradicionales basados en texto.

Se puede determinar el comportamiento de los instrumentos virtuales conectando íconos entre si para crear diagramas de bloques, que son notaciones de diseño naturales para ingenieros y científicos. Con el lenguaje gráfico, se desarrollan sistemas

más rápidamente que con lenguajes de programación convencionales, mientras que se conserva la potencia y flexibilidad necesarias para crear una variedad de aplicaciones.

LabVIEW posee bibliotecas listas para ser utilizadas con el objeto de integrar instrumentos autónomos, equipos de adquisición de datos, productos para el control de movimiento y de visión, instrumentos GPIB/IEEE 488 y serie RS-232, y PLC, entre otros, lo cual permite construir una solución completa de medición y automatización.

LabVIEW también tiene incorporadas las más importantes normas de instrumentación, tal como VISA, que es una norma que permite la operación de instrumentos GPIB, serie y VXI; PXI y software y hardware basados en la norma *PXI Systems Alliance Compact PCI*; manejadores de instrumentos virtuales intercambiables IVI y VXI plug & play, que es un manejador para la norma que rige la instrumentación VXI.

Un gran número de fabricantes de hardware y software desarrollan y mantienen centenares de bibliotecas de LabVIEW y manejadores de instrumentos, que nos ayudan a utilizar fácilmente sus productos con LabVIEW. Este software ofrece maneras simples de incorporar programas en ActiveX, bibliotecas dinámicas (DLL) y bibliotecas compartidas de otras herramientas. Además se puede compartir código hecho en LabVIEW como una DLL, construir un programa ejecutable, o utilizar ActiveX.

LabVIEW es un producto versátil, dado que se utiliza con una sola computadora equipada con este software para innumerables aplicaciones y propósitos. No sólo es versátil sino también extremadamente efectivo, desde el punto de vista del costo. La instrumentación virtual con LabVIEW demuestra ser económica, no sólo por los reducidos costos de desarrollo, sino también porque preserva la inversión del capital a lo largo de un extenso periodo. A medida que cambian sus necesidades, se pueden fácilmente modificar los sistemas, sin necesidad de adquirir nuevo equipamiento, y crear bibliotecas enteras de instrumentación a menor costo que el correspondiente a un solo instrumento comercial tradicional.

La mayoría de los sistemas computacionales utilizan alguna variante del sistema operativo Microsoft Windows. No obstante a ello, existen otras opciones que ofrecen claras ventajas para ciertos tipos de aplicaciones. El desarrollo de sistemas operativos de tiempo real y embebido continúa creciendo rápidamente en la mayoría de las industrias, a medida que la capacidad de cálculo es incorporada en paquetes más especializados y pequeños. Por ello, es importante minimizar las pérdidas resultantes del cambio hacia nuevas plataformas, y la elección del software correcto para dicho objetivo es un factor clave.

Estas preocupaciones las minimiza LabVIEW, ya que corre en versiones de Windows 95 y superiores, así como también sobre Mac OS, Sun Solares y Linux. Con LabVIEW también se puede compilar código que corra en sistemas operativos de tiempo real. Dada la importancia de los sistemas, National Instruments continúa poniendo a disposición versiones más antiguas de LabVIEW para los sistemas operativos Windows,

Mac OS y Sun. Con esto se dice que LabVIEW es independiente de la plataforma seleccionada, ya que los instrumentos virtuales que se crean en una plataforma, se pueden transportar de manera transparente a cualquier otra plataforma LabVIEW, simplemente abriendo el instrumento virtual.

LabVIEW incluye un amplio conjunto de herramientas de visualización para presentar datos en la interfaz del usuario de la instrumentación virtual, tanto para gráficos continuos como también para visualización de gráficos 2D y 3D, en donde se puede reconfigurar de manera instantánea los atributos de la presentación de datos, tales como los colores, tamaño de fuentes, tipos de gráficos y más, así como también efectuar rotación, enfoque y desplazamiento dinámico en estos gráficos con el ratón.

3.8. LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL DENTRO DEL PROCESO DE INGENIERÍA

Los instrumentos virtuales brindan significativas ventajas en cada etapa del proceso de ingeniería, desde la investigación y el diseño hasta el ensayo de manufactura.

En la investigación y el diseño, un ingeniero demanda capacidades de rápido desarrollo y realización de prototipos; esto se puede desarrollar con los instrumentos virtuales rápidamente en un programa, en donde se pueden tomar mediciones desde un instrumento para ensayar un prototipo y analizar resultados, y todo esto se puede desarrollar en un tiempo requerido para ejecutar ensayos con instrumentos tradicionales. Pero cuando se requiere flexibilidad es esencial tener una plataforma ajustable y abierta, desde la computadora de mesa a los sistemas embebidos y redes distribuidas.

Con los exigentes requerimientos de las aplicaciones de investigación y desarrollo, se requiere de una integración ininterrumpida de software y hardware. Esto se facilita con LabVIEW, ya que nos facilita la integración, si se necesita comunicación, con instrumentos autónomos, utilizando GPIB, o adquirir de manera directa señales a la computadora con una placa de adquisición de datos y hardware de acondicionamiento de señales. Con estos instrumentos virtuales también se puede automatizar un procedimiento de ensayo, eliminando la posibilidad de error humano y asegurando la consistencia de resultados, al evitar introducir variables desconocidas o inesperadas.

Dada la flexibilidad y poder de los instrumentos virtuales, se pueden elaborar fácilmente complejos procedimientos de ensayo, en donde, en el campo de los ensayos automáticos de verificación, se pueden crear rutinas en LabVIEW e integrarlas con programas, tales como el *National Instruments TestStand*, que ofrece capacidades de manejo de ensayos muy poderosas. Se puede desarrollar un código dentro del proceso de diseño y luego insertar esos mismos programas dentro de herramientas funcionales, para la validación, ensayo o la manufactura.

La obtención de menores tiempos y la simplificación del desarrollo de procedimiento, son objetivos primarios en los ensayos de manufactura. Los instrumentos virtuales, combinados con programas tales como el TestStand, proveen alto rendimiento para colmar esas necesidades. Estas herramientas cumplen con requerimientos rigurosos de producción, con una alta velocidad y un motor multitarea para correr múltiples secuencias de ensayo en paralelo. TestStand maneja fácilmente la secuencia de ensayo, ejecución y preparación de informes en base a rutinas escritas en LabVIEW.

3.9. LA INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL MAS ALLÁ DE LA COMPUTADORA PERSONAL

Últimamente, las tecnologías de las computadoras personales comerciales han comenzado a migrar hacia los sistemas embebidos. Ejemplos de ellos incluyen Windows CE, procesadores Intel basados en X86, buses PCI y CompactPCI y Ethernet para el desarrollo embebido. Debido a que la instrumentación virtual se basa tan fuertemente en tecnologías comerciales para generar ventajas de costo y rendimiento, también se ha expandido para acompañar mayores capacidades embebidas y de tiempo real. La opción para utilizar la instrumentación virtual como un sistema de regencia ajustable, que se extienda desde la computadora de escritorio hasta los equipos embebidos, debería considerarse una herramienta dentro de la caja de herramientas completa de un desarrollo de sistemas embebidos.

Un ejemplo dramático de cambio tecnológico que afecta el desarrollo de sistemas embebidos son las redes y la Web; pero con la ubicuidad de las computadoras personales, Ethernet domina ahora como la infraestructura normal de redes de las empresas en todo el mundo. Además, la popularidad de la interfaz Web en el mundo de las computadoras personales se ha derramado sobre el desarrollo de teléfonos celulares, DSP y actualmente en sistemas de adquisición de datos y control industrial.

Los sistemas embebidos alguna vez significaron operación autónoma o, como máximo, se comunicaron con componentes periféricos a bajo nivel a través de un bus de tiempo real. Ahora, la mayor demanda de información a todos los niveles empresarios requieren que se ponga en red los sistemas embebidos, mientras continúa garantizando operación confiable y a menudo en tiempo real.

Debido a que el software de instrumentación virtual puede combinar un medio ambiente de desarrollo, tanto para computadoras de mesa como para sistemas de tiempo real utilizando tecnología combinada inter-plataforma, se pueden capitalizar los servidores Web existentes y la facilidad de conexionado a redes del software de las computadoras y orientarlo hacia los sistemas de tiempo real y embebidos. Un ejemplo de esto sería utilizar LabVIEW para configurar un servidor Web existente y exportar una interfaz de aplicación hacia máquinas seguras definidas sobre la red bajo Windows, y luego descargar esa aplicación para ejecutarla sobre un sistema independiente embebido,

que puede entrar en la palma de la mano del usuario, este procedimiento sucede sin necesidad de programación adicional en el sistema embebido, posteriormente se puede distribuir este sistema, darle energía, conectarlo a la aplicación de una máquina remota segura vía Ethernet y luego hacer la interfaz hacia él utilizando un servidor Web común. Ahora que, para aplicaciones de redes más elaboradas, se programa gráficamente en TCP/IP, u otros métodos con los cuales ya se ha familiarizado LabVIEW, y luego correrlos dentro del sistema embebido.

El desarrollo de sistemas embebidos es uno de los segmentos de la ingeniería de mayor crecimiento, y continuará siéndolo en un futuro cercano a medida que los consumidores demanden automóviles, artefactos de hogar, casas y demás productos con mayor inteligencia. La evolución de estas tecnologías comerciales impulsará la instrumentación virtual y la hará más utilizable en un creciente número de aplicaciones.

3.10. LABVIEW

La palabra LabVIEW esta formada por las iniciales de *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*, el cual es un entorno gráfico para el desarrollo de aplicaciones en el campo de la instrumentación, desde la adquisición de datos hasta el control remoto de instrumentos. El entorno dispone de librerías matemáticas para el análisis de datos y de los *drivers* de control de varios instrumentos.

Los programas de LabVIEW se denominan instrumentos virtuales (VI, *Virtual Instrument*, en ingles), porque la apariencia de su interfaz con el usuario es la de un instrumento de laboratorio. Estos VI son equivalentes a las funciones de C o a los procedimientos de Pascal.

Un VI consta de dos partes bien diferenciadas, el Panel Frontal (*Front Panel*) y el Diagrama de Bloques (*Block Diagram*). El panel frontal es la interfaz del programa con el usuario. En él están representadas todas las entradas y salidas del programa. Por analogía a un instrumento real, las entradas del panel frontal se llaman controles y las salidas, indicadores. El diagrama de bloques es el código de programación escrito en lenguaje gráfico. Los distintos componentes del diagrama de bloques son los nodos del programa. Los componentes están conectados unos con otros. Estas interconexiones definen el flujo de datos en el diagrama de bloques. En la figura 3-5 se observa el panel frontal del sistema de monitoreo inalámbrico para registrar factores climáticos en el invernadero de la F.E.S. Aragón.



Figura 3-5 Panel frontal del sistema de monitoreo inalámbrico

En la figura 3-6 se puede ver el diagrama a bloques del sistema de monitoreo inalámbrico.

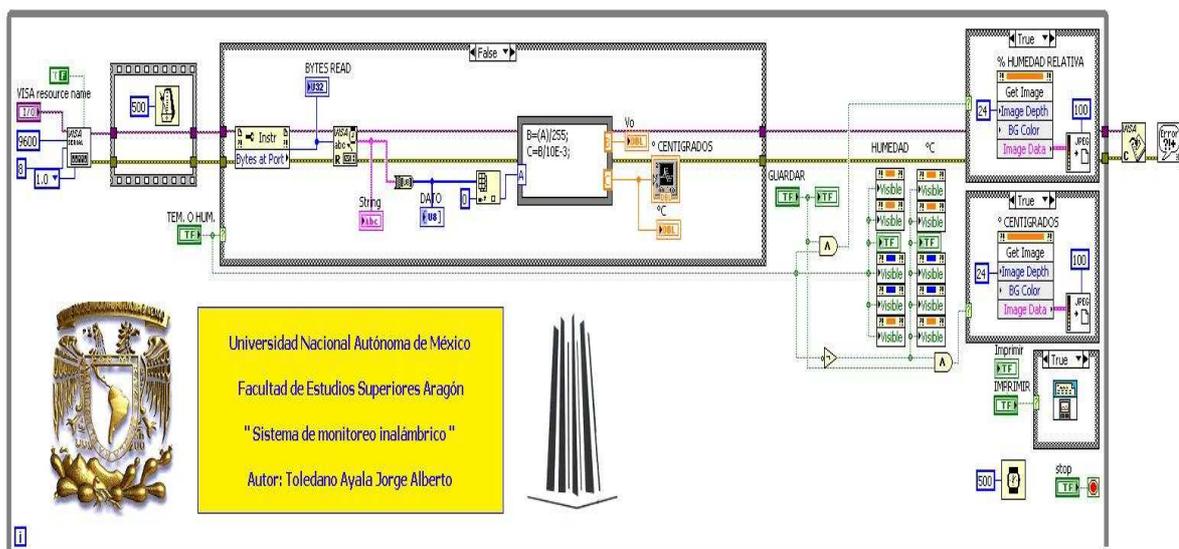


Figura 3-6 Diagrama a bloques del sistema de monitoreo inalámbrico

3.10.1. PROGRAMACIÓN CON LABVIEW

Para empezar un programa en LabVIEW se debe seleccionar la opción **New VI** en la ventana que aparece cuando se abre el programa. Posterior a esta selección se crearán dos ventanas vacías, en donde una corresponde al panel frontal y la otra al diagrama a bloques.

El diseño del programa se suele empezar en el panel frontal, porque es donde se debe decidir cómo será la interfaz de usuario, es decir, qué entradas y salidas tendrá el programa.

Dentro del panel frontal se va a encontrar una paleta de herramientas (figura 3-7), que sirve para editar, modificar y depurar VI's.



Figura 3-7 Paleta de herramientas

La paleta de controles (figura 3-8), que sirve para crear el panel frontal.

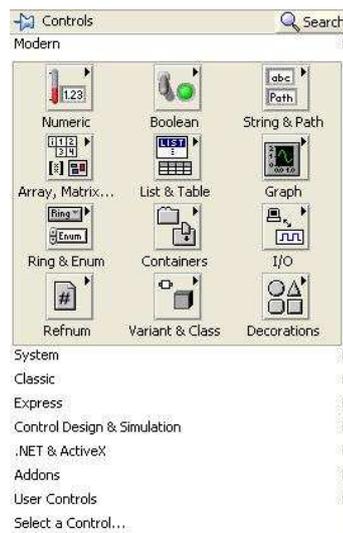


Figura 3-8 Paleta de controles

Ahora, pasando a lo que es la ventana del diagrama a bloques, se encuentra una paleta de funciones (figura 3-9), la cual permite hacer la programación correspondiente al programa a realizar. Otra de las cosas que se observan en el diagrama a bloques son las referencias de lo que se haya puesto en el panel frontal, ya sea indicadores o controles.

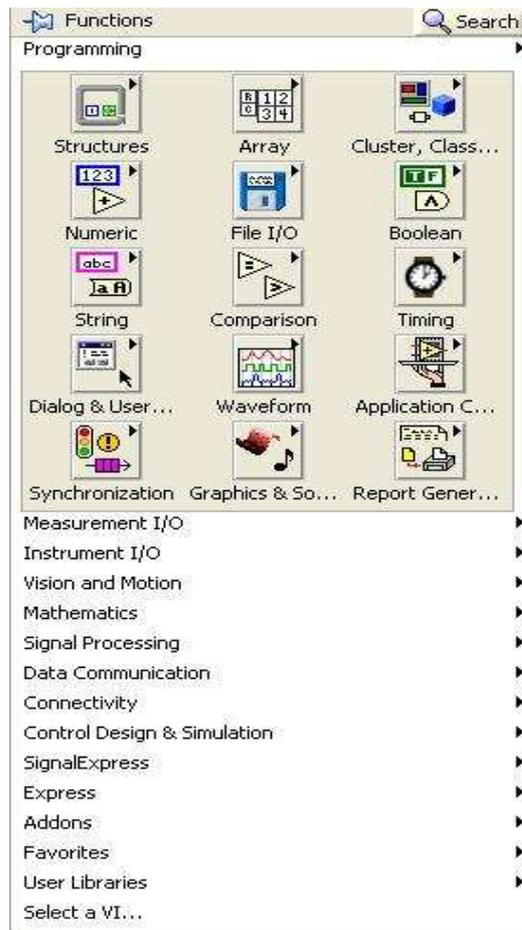


Figura 3-9 Paleta de funciones

En el mismo diagrama de bloques se deben realizar las conexiones de los distintos elementos, que indiquen el flujo con que se van a realizar las distintas operaciones.

3.10.2. EJECUCIÓN DE UN PROGRAMA EN LABVIEW

Ya que se encuentra listo el programa, el siguiente paso es ejecutarlo (correr el programa); en LabVIEW hay varias formas de hacerlo, estas distintas opciones pueden encontrarse en la barra de tareas (figura 3-10) del diagrama a bloques.



1

9

Figura 3-10 Barra de tareas

A continuación, se describen las formas de correr un programa, de acuerdo a las opciones que se encuentran en la barra de tareas:

1. Esta opción hace que se ejecute el programa, a la vez LabVIEW compilará el programa, si es necesario.
2. Se hará la ejecución continua hasta que se apriete el botón de pausa o se finalice la ejecución.
3. Finaliza la ejecución.
4. Botón de pausa.
5. Este modo permite ver una animación de cómo se ejecuta el VI.
6. Permite colocar puntos de prueba para ver el flujo de los datos.
7. Ejecuta el primer paso de una estructura, o un subVI, y se para antes de ejecutar el siguiente paso.
8. Hace el inicio de ejecución paso a paso. Ejecuta una estructura, o un subVI, y se para en el siguiente nodo.
9. Finaliza la ejecución de una estructura, diagrama de bloques o VI, y se para.

Ahora, ya que se ha ejecutado un VI y existe algún error en él, aparecerá una ventana con una lista de los errores que se han encontrado. Si se quiere saber en donde se ha generado este error, se debe situar con el cursor sobre uno de los errores, apretando el botón **find**, con esto se indicará dónde está el error en el diagrama a bloques.

4

AUTOMATIZACION DE INVERNADEROS

CAPÍTULO 4: AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADEROS

4.1. ANTECEDENTES DE LA ELECTRÓNICA EN LA AGRICULTURA

El acelerado desarrollo que la ciencia y la tecnología en los últimos años, ha tenido un crecimiento espectacular en la microelectrónica y en la biotecnología.

La tecnología, que busca la aplicación industrial con sus aportes principalmente en la electrónica, está demostrando su capacidad, no sólo de sustituir la fuerza y habilidad física del hombre con la robótica, sino también su capacidad de trabajo intelectual con las nuevas generaciones de computadoras que han dado lugar a hablar de la "inteligencia artificial". Mientras que, la informática permite estar al tanto de lo que ocurre en cualquier lugar del mundo de manera casi simultánea a los hechos y participar en tomas de decisiones a distancia.

La agricultura es considerada por algunos como una ciencia, por otros como un arte, y por otros más como una tecnología para producir seres vivos de importancia económica, pero también hasta es considerada como un estilo natural, armonioso, y un tanto bucólico y arcaico. Se ha concebido como la más conservadora de las actividades productivas, siempre ligadas a ciclos biológicos que, hasta hace pocos años, parecían inamovibles.

Nace un concepto, “agrónica”, que en el lenguaje científico no es tan nuevo, y que es la aplicación de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones en la agricultura y la ganadería, a fin de mejorar en cantidad y calidad la producción del llamado sector primario. Esta disciplina hace necesario el uso de las nuevas tecnologías para resolver problemas inminentes, que es capaz de solucionarlos.

La electrónica, en su reciente historia, ha encontrado diversas formas de aplicación en distintos procesos de la producción, como lo son:

1. Los medios para el control de una plantación.
2. Los medios para protección y las condiciones de desarrollo de la producción.
3. Los medios para el control de la producción y su almacenamiento.
4. La infraestructura del medio agropecuario.
5. Diversos medios de ayuda para la gestión agropecuaria.

Cada una de estas formas de apoyo a la producción tiene diversos usos, uno de ellos, por ejemplo, en el control de la plantación puede contemplar el uso de la electrónica en actividades tan elementales como la preparación misma del terreno a cultivar, evaluando el tipo de suelos, en general parámetros físico-químicos, fertilizante adecuado, humedad del suelo, etc., hasta la misma selección de los productos para empaque, almacenamiento y comercialización. Pero también intervienen mecanismos de control, de los cuales pueden ser muy sencillos o hasta sofisticados. Como ejemplo, para medir la humedad del suelo se suelen utilizar conductímetros, de los cuales existen dos tipos de métodos: uno es tomando la tierra en pequeña porción e introducirla dentro de un pozo al cual se le introducen unos electrodos, a través de estos pasa una corriente eléctrica de algunos kilohercios; el otro método consiste en clavar en el suelo un electrodo conformado por dos cilindros metálicos coaxiales que no tienen contacto entre sí, posteriormente a estos se les hace pasar una corriente eléctrica y así se prueba el grado de humedad del suelo.

Dentro de esta panorámica general de los aportes de la electrónica en la agricultura se encuentran también los satélites, utilizados en regiones agrícolas muy comunicadas y sobre todo apoyadas en muchos aspectos; las que se localizan en los países desarrollados pueden hacer uso de los satélites para la observación del clima en las zonas agrícolas de interés, con lo cual hacen un seguimiento, o hasta un mapeo, del comportamiento del mismo y proporcionan la información a tiempo para tomar medidas en caso de desastres climáticos, todo esto es útil sobre todo para explotaciones agropecuarias.

Mediante la información que proporcionan los satélites se planea cualquier actividad a desarrollar, que dependa de la lluvia natural, así, si se trata de sembrar sin riego, de

aplicación de fertilizante, cosecha, recolección, etc., puede planearse y medir los tiempos con que se cuenta para cada actividad. Por el mismo camino, la ayuda que constituyen los vehículos programados con sistemas electrónicos para desarrollar determinadas tareas, pueden ejecutar las acciones en las condiciones previstas y con un rendimiento óptimo. La posibilidad de prescindir de operadores es otra característica de estos aportes, porque el equipo totalmente automatizado es capaz de desarrollar las tareas con tan solo conectarlo a un procesador que tome decisiones, desde luego mediante parámetros que señalen la próxima medida a tomar, por control inteligente.

Se pueden mencionar que son muchas las ventajas que proporciona la electrónica en la agricultura, y algunas de ellas son:

- La obtención de un ahorro de energía y mejora en el rendimiento del trabajo.
- Mayor seguridad mediante el paro automático ante fallos, y con control remoto (sin operador), en zonas de trabajo peligrosas.
- Una mayor confiabilidad mediante los equipos electrónicos para el diagnóstico, sobre el funcionamiento, y avisos automáticos para el mal funcionamiento de las máquinas.
- Mediante el empleo de controles inteligentes programables, crece la posibilidad de crear nuevas funciones de la maquinaria.

Se pueden encontrar que para el control de la producción también se ofrecen algunas ventajas, por ejemplo, caducan los espantapájaros y ahora se sustituyen con sonidos que reproducen los ruidos de pájaros atrapados, generados por sistemas electrónicos, que son simplemente cintas magnetofónicas conectadas a megáfonos. Entre este tipo de apoyo también hay espanta - ratones (esto se realiza por medio de ultrasonido), protección contra animales de gran tamaño (vacas, jabalíes, etc., mediante alambradas electrificadas), protección contra heladas (sensores y transductores de temperatura), contra granizo (satélite y radar e igual que con heladas), y contra microorganismos (radiación electromagnética).

Otra de las cosas que se encuentran, es la automatización del riego, este mecanismo es utilizado con frecuencia en invernaderos, en producción de forrajes y en campos frutícolas y hortícolas principalmente.

En el aspecto de control y almacenamiento de la producción, existen en Europa y Estados Unidos mecanismos de selección que tienen su fundamento en sensores y ojos electrónicos, que detectan ciertas características en el producto, eliminando a los que no las cubren. Dentro de ese mismo apartado se considera la conservación de la cosecha, que también hace uso de estos avances; conservación de granos mediante controles muy estrictos de temperatura y humedad, ventilación, etc.

4.2. EL INVERNADERO

Los invernaderos son sistemas muy útiles en el manejo óptimo de la producción de hortalizas y flores. Se constituyen en herramienta para producir fuera de temporada, conseguir mayor precocidad, aumentar los rendimientos, acortar los ciclos vegetativos de las plantas, mejorar la calidad de los cultivos mediante una atmósfera interior artificial y controlada. Sus beneficios van más allá, permitiendo obtener una producción limpia, trabajar en su interior durante los días lluviosos, desarrollar cultivos que necesiten otras condiciones climáticas y evitar los daños de roedores, pájaros, lluvia o el viento. También produce una economía en el riego por la menor evapotranspiración, que es la pérdida de agua por la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas, al estar protegidas del viento.

De forma básica, un invernadero consiste en una estructura de madera o de metal, acompañada de una cubierta plástica que por lo general es de polietileno transparente, policarbonato o vidrio. Esta cubierta se dispone tanto a los lados como el techo, y su función es la de retener en su interior el calor producido durante el día por el sol, o sistemas de calefacción artificiales. En ausencia de la fuente de calor, el invernadero actúa como un sistema que no permite la transferencia de calor hacia el exterior, manteniendo la temperatura en los niveles apropiados para el desarrollo de las plantas. Los invernaderos requieren un sistema para regular la ventilación, la humedad y la temperatura interior.

4.3. VENTAJAS DE LOS CULTIVOS BAJO INVERNADEROS

El invernadero es un espacio con el microclima apropiado para el óptimo desarrollo de una plantación específica. Por lo tanto, partiendo del estudio técnico de ambientación climática, deben obtenerse en él la temperatura, humedad relativa y ventilación apropiada que permitan alcanzar alta productividad a bajo costo, en menos tiempo, sin daño ambiental, protegiéndose de las lluvias, el granizo, las heladas, los insectos o los excesos de viento, que pudieran perjudicar un cultivo.

En la actualidad es muy común el uso de invernaderos en un sinnúmero de cultivos, razón por la cual existe una composición muy heterogénea de productividad por la planta o por metro cuadrado, y de utilización de agroquímicos.

Cuando una planta no es productiva es porque ha tenido problemas de exceso o falta de: humedad, temperatura, ventilación y luminosidad.

4.3.1. CONSIDERACIONES EN UN INVERNADERO

Si se tiene en cuenta que las plantas son seres vivos, mal pudiera dejarse a la improvisación un aspecto tan clave como su microclima. Si en el espacio cerrado no se crea un microclima favorable al desarrollo de las plantas, por supuesto que la productividad se reduce.

Las plantas tienen unos rangos de temperaturas y humedad relativa, dentro de los cuales producen eficientemente. Por debajo o por encima del rango establecido, ellas se estresan y su productividad declina. Existen también los niveles de tolerancia, a partir de los cuales se detiene el proceso fotosintético.

Estos factores tan claves no son a menudo tomados en cuenta por quienes construyen sus invernaderos de manera artesanal (maderas y mixtos), y se encuentran algunos que, por errores de diseño, tienen niveles de humedad relativa excesivamente altos que contribuyen al desarrollo de plagas y enfermedades, lo cual induce a aplicar agroquímicos, elevando los costos de operación y reduciendo la calidad de los frutos. Adicionalmente, el exceso de humedad bloquea la polinización, y estos productores pierden gran parte de la cosecha debido a que, por esa razón, las flores no se transforman en frutos o se producen malformaciones en los mismos, que los convierten en rechazo.

Otros aspectos de gran importancia en un invernadero, que son frecuentemente ignorados debido a la improvisación, están relacionados con el viento. En un invernadero de ambientación climática natural, el único motor que cumple la función de regulador de temperaturas y humedad relativa es el viento. Este, a la vez que cumple una función vital en la polinización, expulsa los excedentes de humedad y reduce los excesos de temperatura. Eso explica que en el diseño tienen que considerarse la altura del invernadero y las dimensiones de las aperturas cenitales para que exista, en ese espacio, el volumen de aire requerido y se produzca la renovación necesaria.

4.4. CONTROL DEL AMBIENTE EN UN INVERNADERO

Durante muchos años el aparato más sofisticado para controlar un ambiente para animales o plantas fue un apagador-encendedor, o quizás un termostato proporcional con un bulbo húmedo. También se llegó a usar el pelo de caballo, o cabello humano, con una interfaz a los controles mecánico-electrónicos para el control de humedad.

Hasta hace poco tiempo, las aplicaciones de la electrónica para control ambiental estuvieron limitadas a los usos de investigación. Aunque los circuitos integrados han estado a disposición desde principios de los años 60', solamente en años recientes han sido usados estos poderosos bloques de construcción en el diseño de dispositivos análogos, tales como amplificadores y filtros, y los circuitos lógicos digitales para

sistemas de control ambiental. El desarrollo del microprocesador en 1971, y el subsecuente salto en el precio de la instrumentación y componentes de control basados en éste, ha dado a los ingenieros una herramienta versátil para el diseño de sistemas de control ambiental. Ahora que, mediante el uso de una microcomputadora como parte central del sistema, se puede simplificar el trabajo en dos partes. Primero, hacer la interfaz de todas las entradas y salidas, tanto digitales como análogas a la microcomputadora. Una vez hecho esto, se pueden leer las entradas y controlar las salidas de cualquier manera que se desee, mediante el cambio del software (programas).

4.5. CONTROL COMPUTARIZADO DE CLIMA DE INVERNADEROS

Dentro de las investigaciones realizadas por varios países, el control del clima es de gran importancia, ya que tiene un doble objetivo: el primero es el ahorro de energía, debido al mejor y eficiente uso de ésta para obtener un clima deseado, pero así mismo puede promover un más beneficioso uso de los nutrientes y del agua. El segundo objetivo es mejorar el conocimiento de los requerimientos de los cultivos, conforme al clima óptimo de los invernaderos, en donde es de esperar rendimientos superiores con más sofisticados regímenes, especialmente en relación al más eficiente uso de la radiación solar diaria.

La ayuda de la computadora es indispensable para resolver los problemas matemáticos y para llevar a cabo los modelos de cálculo, también para la realización y registro de las condiciones climatológicas en los experimentos ejecutados, y formular las condiciones óptimas de crecimiento.

En los países bajos se han vendido varias computadoras para el control del clima en invernaderos de cristal, que tienen un costo menor que los reguladores análogos, donde un regulador puede ser instalado para cada compartimiento controlado independientemente.

Desde el punto de vista técnico, se puede establecer que en la actualidad las computadoras están disponibles como equipamientos sofisticados de control convencional. Esto significa que el potencial de la tecnología puede ser aplicado para llevar a cabo objetivos como el buen control y el ahorro de combustible.

Básicamente la operación de una computadora es fácil, de tal manera que no hay razón para no beneficiarse de su potencial. Para un buen control es necesario un entendimiento detallado de los procesos. No sólo el ambiente estadístico es de importancia aquí, sino también la dinámica. En un principio pueden ser adaptados los equipamientos digitales y análogos, pero no se puede eliminar la participación del productor en la operación del equipamiento. El productor se decide por un sistema computarizado cuando es beneficioso, de fácil operación y a la vez confiable, y si lo hace, deberá obtener todas las posibilidades de su uso óptimo. Hasta ahora el sistema

computarizado es solamente beneficioso para grandes explotaciones. Cuando las capacidades se mejoran y, lo que es más importante, el precio desciende, se puede justificar también para pequeñas explotaciones. Nuevos desarrollos son el bajo costo de los sistemas computarizados pero con limitadas capacidades. Las oportunidades técnicas están ahí, pero el conocimiento biológico, fisiológico y hortícola son pasados por alto, especialmente, las relaciones de tiempo de muchos procesos son desconocidas.

Algunos de los conocimientos que necesita la ciencia de control y computación de los biólogos, horticultores, fisiólogos, productores y economistas, es la obtención del mayor rendimiento a los menores costos, mediante el control del crecimiento. Esto no es posible obtenerlo midiendo solamente una variable. Para esto, un modelo de crecimiento y desarrollo es necesario, en el cual la relación entre las variables controladas y el crecimiento mismo sea descrito. Actualmente, un primer desarrollo puede ser el conocimiento de la situación de estrés, lo cual puede ocurrir en el crecimiento y en relación a condiciones climáticas. La medida de la respuesta de la planta es un gran punto de investigación, y después de ello se hace necesario su traslado a los sistemas comerciales.

4.6. HUMEDAD RELATIVA

La humedad es un término general relacionado con la cantidad de agua en el aire. Las principales variables de humedad son presión de vapor, temperatura del punto de rocío, humedad específica, humedad absoluta y humedad relativa. A excepción de humedad relativa, todas las variables antes dichas proporcionan una especificación completa de la cantidad de vapor de agua en el aire. Aunque estas variables son indicadores útiles de la humedad, en la práctica, lo más importante es conocer a qué distancia se encuentra una masa de aire de la saturación.

Los tipos de instrumentos normalmente utilizados en la medición de la humedad relativa en el campo meteorológico son los psicrómetros y los higrómetros. El psicrómetro consiste en dos termómetros, uno de los cuales se cubre con un fieltro mojado (el bulbo húmedo) y un mecanismo para ventilar. La evaporación baja la temperatura del bulbo húmedo; la diferencia en temperatura del bulbo seco (depresión del bulbo húmedo) es una medida de la cantidad de humedad en el aire. Los psicrómetros aún están en uso en muchas estaciones de observación, pero por lo general no son convenientes para los programas rutinarios de monitoreo.

El higrómetro es un instrumento que mide el efecto físico que la humedad tiene en las sustancias, tales como el cabello humano, los tejidos de algunos animales, o materiales sintéticos. Estos presentan diferente elasticidad con la humedad. Al respecto, el higrómetro no es tan fiable como el psicrómetro, pero es muy conocido y utilizado.

4.6.1. SENSORES CAPACITIVOS Y RESISTIVOS

Los sensores capacitivos están formados por un capacitor de dos láminas de oro como placas, y como dieléctrico una lámina no conductora, que varía su constante dieléctrica en función de la humedad relativa de la atmósfera ambiente. El principal inconveniente que presentan es que a humedades altas (100% de humedad relativa) el dieléctrico se satura y tarda bastante tiempo en volver a medir correctamente.

En el caso de los sensores de humedad resistivos, un electrodo polímero montado en tandem sensa la humedad en el material. Además, un circuito acondicionador y linealizador dan una salida estándar.

4.7. TEMPERATURA

Dentro del campo de la medición de variables meteorológicas, los instrumentos clásicos utilizados pueden clasificarse en tres clases principales, basados en: la expansión térmica, el cambio de resistencia y las propiedades termoeléctricas de diversas sustancias, como una función de la temperatura. Los termómetros de mercurio y alcohol son ejemplos comunes de sensores de expansión térmica. Sin embargo, su valor es limitado en redes de monitoreo o remotas, debido a que no tienen la capacidad de registrar datos automatizados. Las estaciones meteorológicas tradicionales contienen termómetros de máxima, de mínima, termógrafos y psicrómetros.

Con lo anterior se encuentran algunas alternativas para sensores. Uno de ellos son los termopares, los cuales utilizan la tensión generada en la unión de dos metales en contacto térmico, debido a sus distintos comportamientos eléctricos. Los resistivos, que lo constituyen las RTD (*Resistance Temperature Detector*) o PT100, basadas en la dependencia de la resistividad de un conductor con la temperatura, están caracterizadas por un coeficiente de resistividad positivo PTC (*Positive Thermal Coefficient*), las NTC (*Negative Thermal Coefficient*), que se llaman termistores y están caracterizadas por un coeficiente de temperatura negativo. También se encuentran los semiconductores, que se basan en la variación de la conducción de una unión p-n polarizada directamente.

Un tipo común en los programas de medición meteorológica es el Detector de Temperatura por Resistencia (DTR). El DTR opera sobre la base de los cambios de resistencia de ciertos metales, principalmente el platino o el cobre, como una función de la temperatura. Estos dos metales son los más usados porque su resistencia muestra un aumento rigurosamente lineal con el incremento de la temperatura. Otro tipo de termómetro de cambio de resistencia es el termistor, hecho a partir de una mezcla de óxidos metálicos fusionados entre sí. Por lo general, el termistor arroja un cambio de resistencia con la temperatura mayor que el DTR. Como la relación entre la resistencia y la temperatura para un termistor no es lineal, estos sistemas generalmente están

diseñados para usar una combinación de dos o más termistores y resistores fijos, que permitan obtener una respuesta casi lineal sobre un rango específico de temperatura.

La utilización de termopares exige requerimientos especiales para evitar corrientes de inducción, de fuentes cercanas de corriente alterna, que podrían ocasionar errores en la medición. Los termopares también son susceptibles al voltaje espurio causado por la humedad. Por estas razones, su uso es limitado en las mediciones rutinarias de campo.

4.8. DISEÑO DEL MÓDULO DE MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN

Este módulo está encargado de hacer las mediciones del ambiente, al mismo tiempo que se despliegan en un LCD. Una vez que han sido visualizadas en el LCD, son transmitidas inalámbricamente para que un módulo receptor, que está encargado de la recepción de dichos datos, los visualice en un programa diseñado con instrumentación virtual. En la figura 4-1 se muestra la estructura general de la construcción del instrumento de medición portátil, el cual tiene como centro de proceso un microcontrolador.

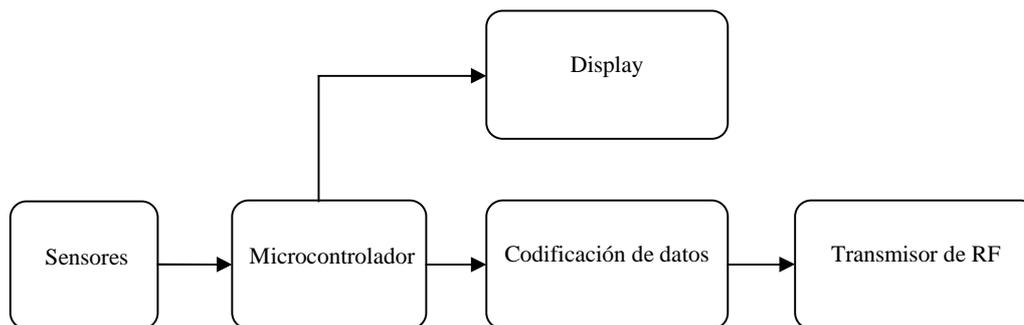


Figura 4-1 Instrumento portátil

4.8.1. SENSORES

Para empezar, se seleccionó a los sensores que se utilizarán para las mediciones de temperatura y de humedad. Estos son el LM35DZ de *National Semiconductor*, para la temperatura; el LM35DZ (figura 4-2) pertenece a una serie de sensores de temperatura, y que son circuitos integrados de precisión, en donde el voltaje de salida es proporcional a la temperatura en grados Celsius (centígrados). Algunas de sus características son:

- Nos proporciona la temperatura del sistema que se está midiendo en forma lineal, con una precisión de 10 mV / °C.

- Opera en un rango de 0°C a 100°C.
- Es conveniente para aplicaciones a distancia.
- Puede operar con una alimentación que va desde 4 a 30 volts.



Figura 4-2 LM35DZ.

Ahora, en lo que corresponde al sensor de humedad, se seleccionó al HIH-3610-001 (figura 4-3) de la compañía Honeywell, ya que dentro de sus características se encuentra que:

- Tiene un molde de plástico térmico.
- La salida de su voltaje es lineal con respecto al %RH.
- Tiene alta exactitud en sus mediciones.
- Tiempo de respuesta rápido.
- Resistencia a sustancias químicas.

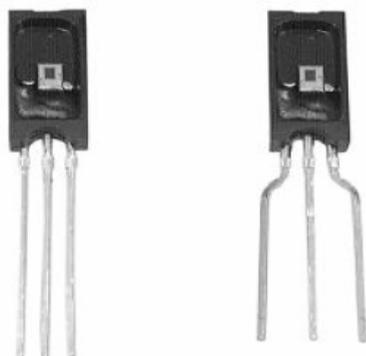


Figura 4-3 Sensor de humedad HIH-3610-001

Y dentro de sus aplicaciones se tiene que:

- Se utiliza para sistemas de refrigeración.
- Para meteorología.
- Para sistemas de potencia de baterías.

Sus especificaciones de operación, se observan en la tabla 4-1.

Tabla 4-1 Especificaciones de operación del HIH-3610-001

Parameter	Condition
RH Accuracy ⁽¹⁾	±2% RH, 0-100% RH non-condensing, 25 °C, V _{supply} = 5 Vdc
RH Interchangeability	±5% RH, 0-80% RH; ±8% @ 90% RH typical
RH Linearity	±0.5% RH typical
RH Hysteresis	±1.2% RH span maximum
RH Repeatability	±0.5% RH
RH Response Time, 1/e	15 sec in slowly moving air at 25 °C
RH Stability	±1% RH typical at 50% RH in 5 years
Power Requirements	
Voltage Supply	4 Vdc to 5.8 Vdc, sensor calibrated at 5 Vdc
Current Supply	200 µA at 5 Vdc
Voltage Output	V _{out} = V _{supply} (0.0062(Sensor RH) + 0.16), typical @ 25 °C (Data printout option provides a similar, but sensor specific, equation at 25 °C.)
V _{supply} = 5 Vdc	0.8 Vdc to 3.9 Vdc output @ 25 °C typical
Drive Limits	Push/pull symmetric; 50 µA typical, 20 µA minimum, 100 µA maximum Turn-on ≤ 0.1 sec
Temperature Compensation	True RH = (Sensor RH)/(1.093-0.0021T), T in °F True RH = (Sensor RH)/(1.0546-0.00216T), T in °C
Effect @ 0% RH	±0.007 %RH/°C (negligible)
Effect @ 100% RH	-0.22% RH/°C (<1% RH effect typical in occupied space systems above 15 °C (59 °F))
Humidity Range	
Operating	0 to 100% RH, non-condensing ⁽¹⁾
Storage	0 to 90% RH, non-condensing
Temperature Range	
Operating	-40 °C to 85 °C (-40 °F to 185 °F)
Storage	-51 °C to 125 °C (-60 °F to 257 °F)
Package ⁽²⁾	Three pin, solderable SIP in molded thermoset plastic housing with thermoplastic cover
Handling	Static sensitive diode protected to 15 kV maximum

Notes:

1. Extended exposure to ≥90% RH causes a reversible shift of 3% RH.
2. This sensor is light sensitive. For best results, shield the sensor from bright light.

En cuanto a la construcción de este sensor, se puede apreciar en la figura 4-4.

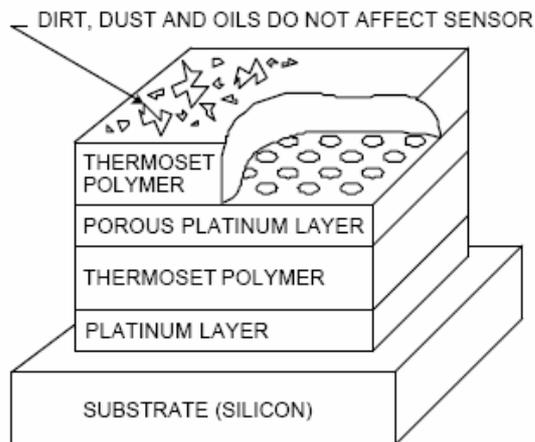


Figura 4-4 Construcción del sensor de RH

4.8.2. PROGRAMANDO EL MICROCONTROLADOR

Habiendo escogido ya los sensores a utilizar, se procede a programar al microcontrolador, que en este caso es el PIC16F876A de *Microchip Technology Inc.* En este programa lo que se busca es hacer una conversión A/D para posteriormente hacer los cálculos correspondientes, dependiendo del sensor que se este utilizando (el de temperatura o el de humedad) en ese momento, para así desplegar el dato en el LCD, a la vez colocar ese dato en el puerto "C" del microcontrolador. La selección del sensor se hace por medio de un *push botton*. En la figura 4-5 se observa lo que corresponde al diagrama de flujo del programa principal.

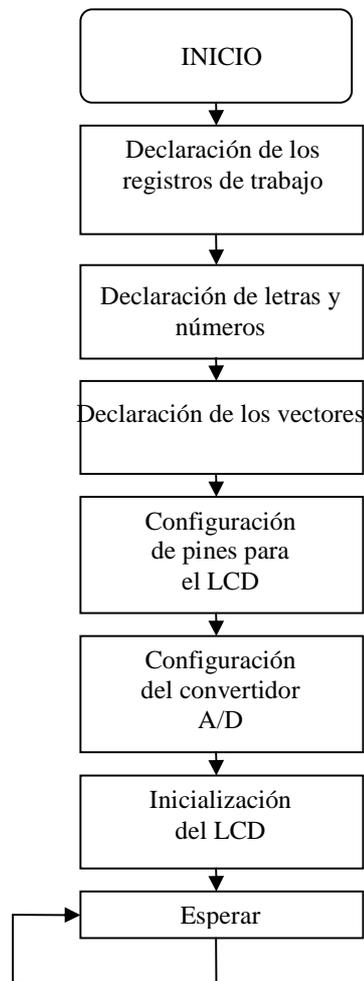


Figura 4-5 Programa principal

En el programa principal se hace la declaración de los registros de trabajo, estos son por ejemplo, donde se guarda el dato de la conversión A/D, registros donde se van guardando los cálculos correspondientes para poder desplegar el dato en el LCD, etc. También se hacen la declaración de las letras y los números que se van a desplegar en el LCD, para que sea mas fácil esta parte. Se hace la declaración de los vectores; estos vectores son el de reset y el de interrupciones. Se hace la configuración de los pines para poder controlar el LCD, a la vez que se configura el puerto "C" como salida de datos de la correspondiente conversión A/D. Además, de que se hace la configuración del módulo convertidor A/D del microcontrolador para poder procesar la información.

En la figura 4-6 se observa lo que corresponde al vector de interrupciones, el cual esta monitoreando si hubo alguna interrupción, por el fin de una conversión en el módulo A/D o por el push botton para así cambiar el dato a desplegar en el LCD.

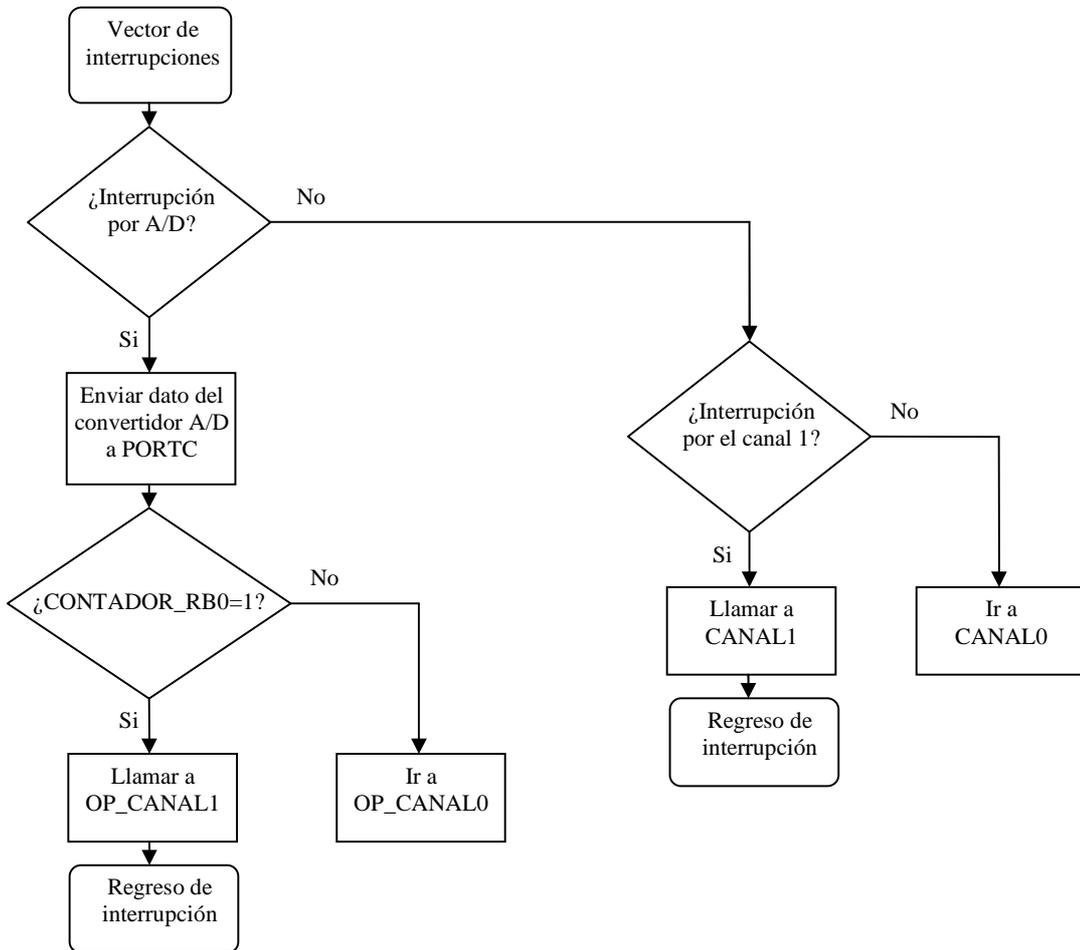


Figura 4-6 Interrupciones

También se hacen los llamados a subrutinas, correspondientes a las operaciones necesarias para cada canal, y al cambio de canal A/D para la lectura del sensor seleccionado, además de que se manda a desplegar en el LCD el nombre de la medición que se está llevando a cabo en ese momento.

A continuación en las figuras 4-7 y 4-8 se muestran los diagramas de flujo de las subrutinas.

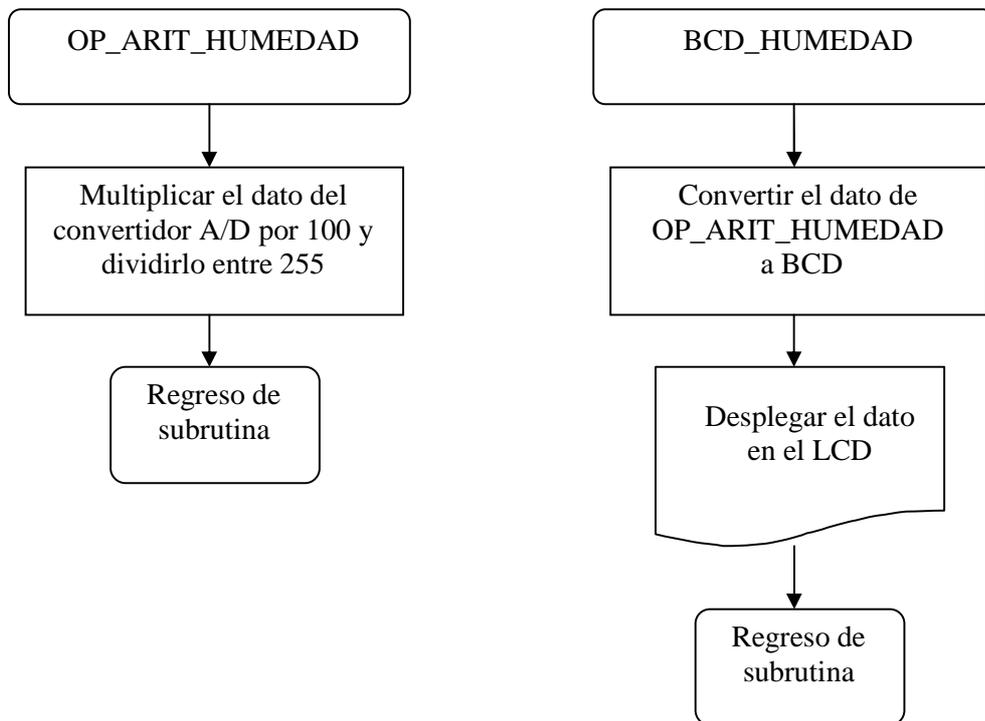


Figura 4-7 Subrutinas

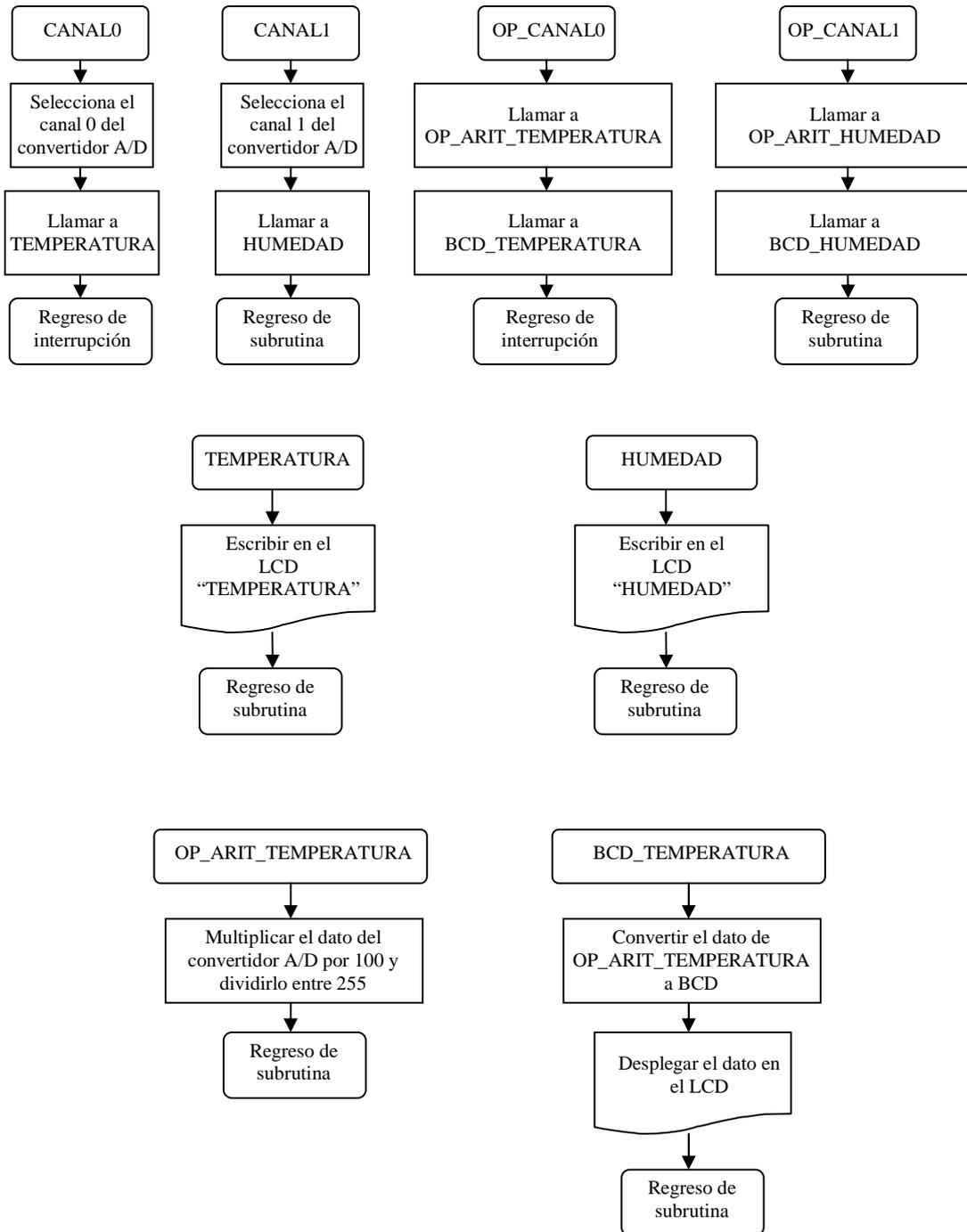


Figura 4-8 Subrutinas

Todo este programa para el microcontrolador fue ensamblado con PIC Simulator IDE (figura 4-9), y grabado en el microcontrolador con WinPICPgm, dado que estas herramientas son de fácil utilización.

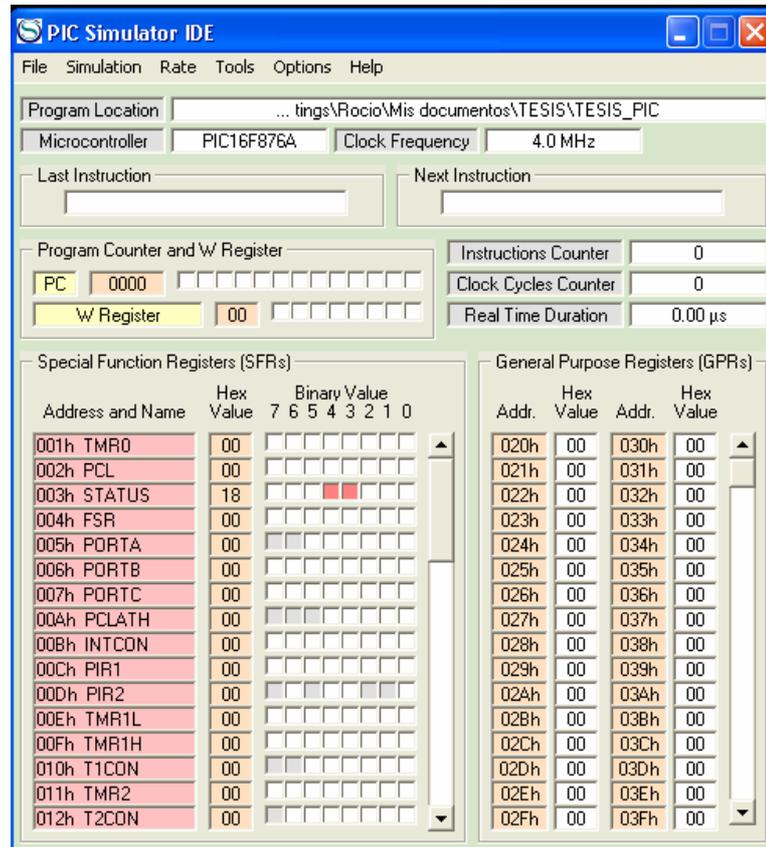


Figura 4-9 PIC Simulator IDE

PIC Simulator IDE nos permite ensamblar, y aparte, cargar el programa en un simulador que trae incluido, para así poder comprobar el correcto funcionamiento de nuestro programa. Esta herramienta cuenta con teclado matricial, tableta de 8 LEDs, módulo LCD, módulo LCD para gráficos, simulador de motores paso a paso, osciloscopio, generador de señales, panel de display de 7 segmentos, entre otros. Otra de las cosas es que se puede visualizar el microcontrolador (figura 4-10) con su configuración de pines, con esto se visualiza el proceso del programa.

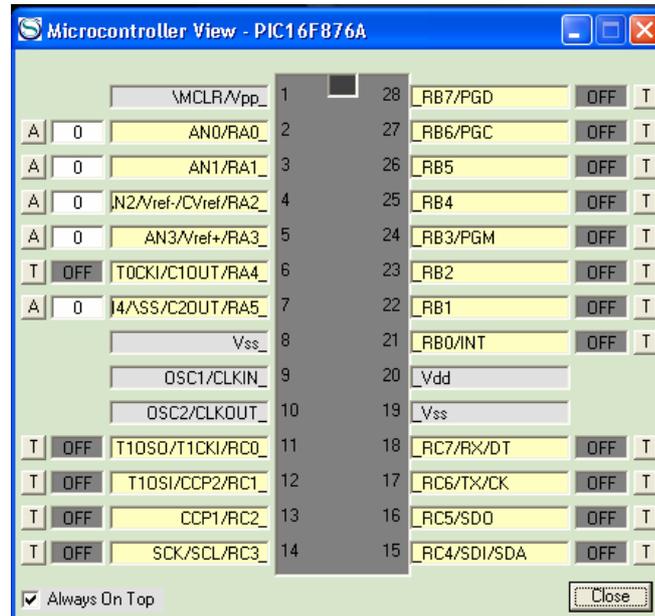


Figura 4-10 Visualización de microcontrolador

Para poder utilizar WinPICPgm (figura 4-11) es necesario el programador de PIC, ya que este es solamente el software. Este programador de PIC fue hecho en una tableta de circuitos impresos, en donde el diagrama esquemático del programador a seguir fue el de la figura 4-12.

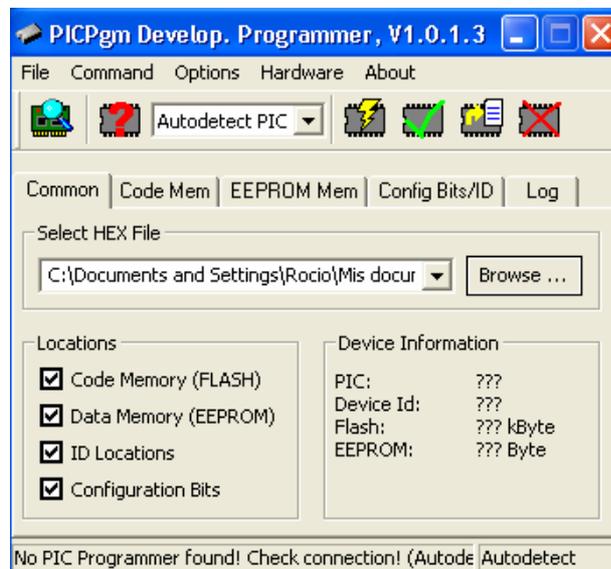


Figura 4-11 WinPICPgm

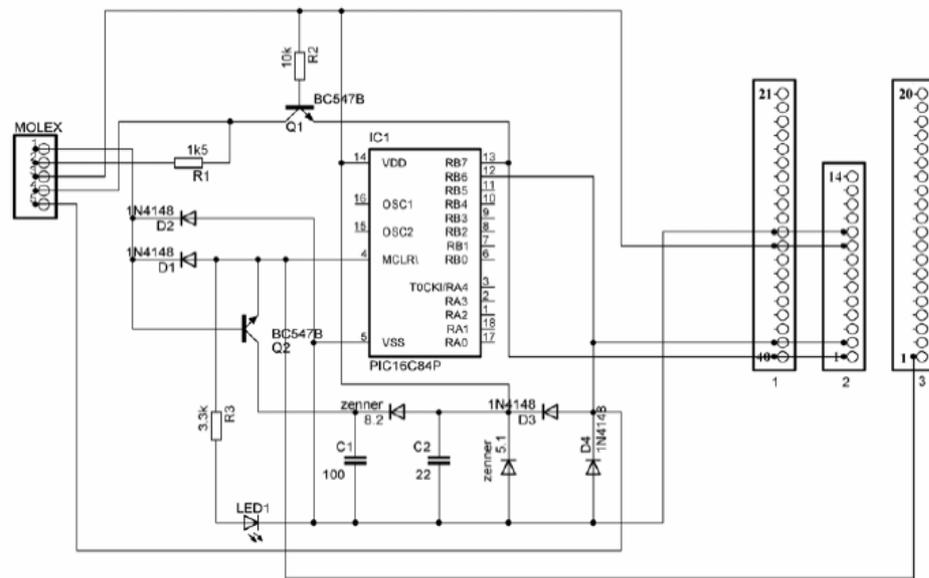


Figura 4-12 Diagrama esquemático del programador de PIC

Este diagrama esquemático fue llevado a otro programa para el diseño de las pistas, para la elaboración del circuito impreso, el cual es *Eagle* (figura 4-13).

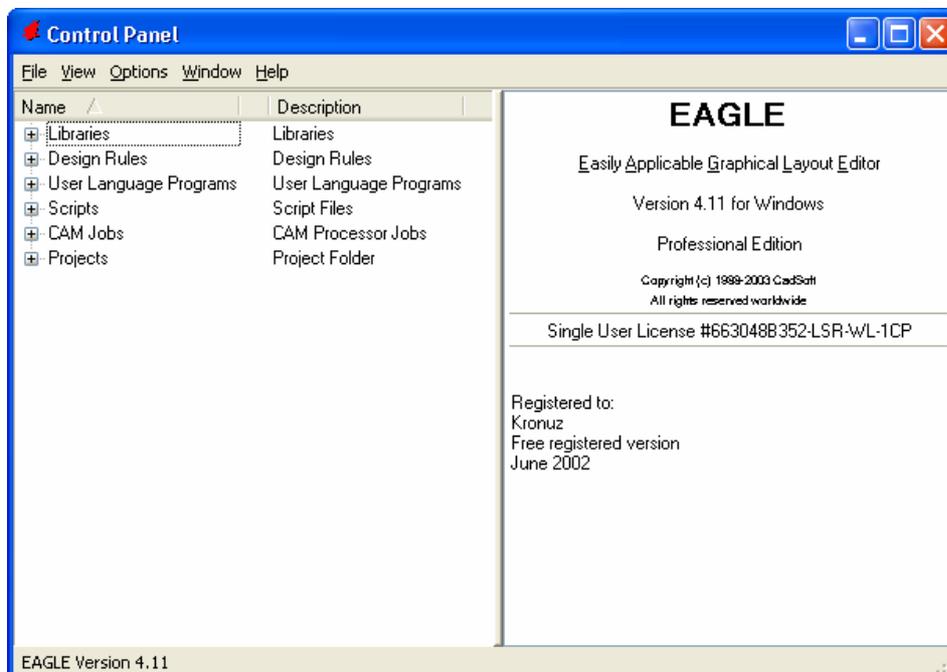


Figura 4-13 Panel de Control de Eagle

Y como finalización, de la placa de circuito impreso, de un grabador de PIC, se puede observar en la figura 4-16.

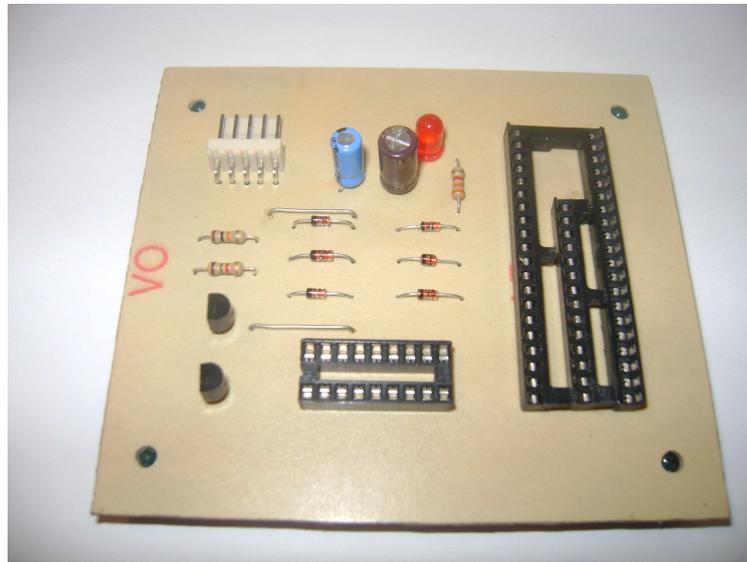


Figura 4-16 Programador de PIC

4.8.3. CODIFICACIÓN DE DATOS

Ya obtenidos los datos de la conversión A/D, por el puerto "C" del microcontrolador, se procedió a la codificación de estos usando un codificador de la marca Holtek, este es el HT640. Algunas de sus aplicaciones son:

- Sistema de alarma antirrobo.
- Sistema de alarma para humo y fuego.
- Control para puertas de garaje.
- Control para puertas de autos.
- Sistema de alarma para carro.
- Sistema de seguridad.
- Baterías de teléfonos.
- Otros sistemas de control remoto.

Este circuito integrado pertenece a la serie de codificadores 3^{18} , para aplicaciones de sistemas de control remoto. Es capaz de codificar 18 bits de información, que consisten en 10 bits de direcciones y 8 bits de datos. Estos encapsulados codificadores, ofrecen combinaciones flexibles para programar las direcciones o los datos según la necesidad de aplicación. La asignación de pines se puede ver en la figura 4-17.

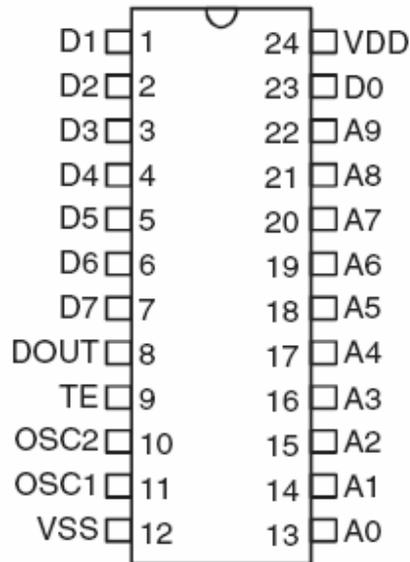


Figura 4-17 Asignación de pines del HT640

La descripción de pines del HT640, se visualiza en la tabla 4-2.

Tabla 4-2 Descripción de pines del HT640

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0-A11	I	TRANSMISSION GATE	Input pins for address A0-A9 setting They can be externally set to VDD, VSS, or left open.
D0-D7	I	TRANSMISSION GATE	Input pins for data (D0-D7) setting They can be externally set to VDD, VSS, or left open.
DOUT	O	CMOS OUT	Encoder data serial transmission output
TE	I	CMOS In Pull-low	Transmission enable, active high
OSC1	I	OSCILLATOR	Oscillator input pin
OSC2	O	OSCILLATOR	Oscillator output pin
VSS	I		Negative power supply (GND)
VDD	I		Positive power supply

Sus características eléctricas se muestran en la tabla 4-3.

Tabla 4-3 Características eléctricas del HT640

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V _{DD}	Conditions				
V _{DD}	Operating Voltage			2.4		12	V
I _{STB}	Standby Current	3V	Oscillator stops		0.1	1	μA
		12V			2	4	μA
I _{DD}	Operating Current	5V	No load f _{OSC} =100kHz		250	500	μA
		12V			1200	2400	μA
I _{DOUT}	Output Drive Current	5V	V _{OH} =0.9V _{DD} (Source)	0.6	1.2		mA
		5V	V _{OL} =0.1V _{DD} (Sink)	0.6	1.2		mA
V _{IH}	H Input Voltage			0.8V _{DD}		V _{DD}	V
V _{IL}	L Input Voltage			0		0.2V _{DD}	V
f _{OSC}	Oscillator Frequency	10V	R _{OSC} =330k		100		kHz
R _{TE}	TE Pull-low Resistance	5V	V _{TE} =5V		1.5	3	MΩ

El modo en el cual codifica y envía los datos se puede observar en la figura 4-18. En la figura 4-18 (a) se puede observar como es que el HT640 codifica los datos, mientras que en la figura 4-18 (b) es mostrada la información en un modo más perceptible. Se observa que empieza por un periodo de sincronía, después envía los bits correspondientes a la dirección, enviándolos del bit menos significativo al mas significativo, posteriormente comienza con los bits de datos, de igual manera enviando del bit menos significativo al mas significativo.

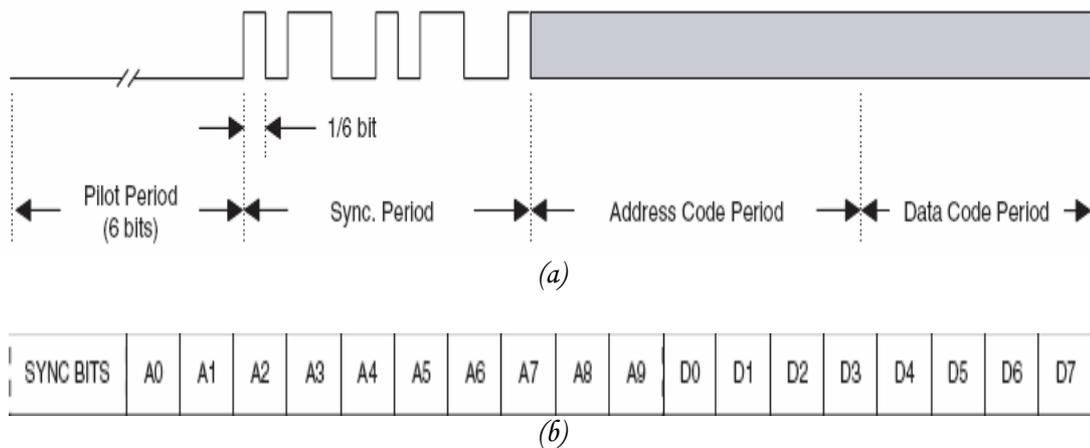


Figura 4-18 Estructura: (a) de los datos, (b) codificada de los datos

El motivo por el cual se usa este codificador es para evitar que se introduzca otra señal no deseada e intervenga con nuestra trama de datos. Esto se logra gracias a la selección de la dirección con este codificador, en los bits de direcciones. Solamente el decodificador que tenga la misma dirección que este codificador podrá recibir los datos; evitando así la adicción de ruido en nuestro receptor, y obteniendo los datos correctos sin intervención de otra señal.

4.8.4. TRANSMISIÓN POR RF

En lo que corresponde a la transmisión por RF, se utilizará el transmisor, ya antes descrito en el **subcapítulo 2.12**. Este transmisor será acoplado con el codificador HT640, para que los datos ya codificados sean modulados en ASK y posteriormente enviados.

4.8.5. ELABORACIÓN DEL MÓDULO DE MEDICIÓN Y TRANSMISIÓN

Habiendo ya seleccionado los sensores a utilizar, grabado el microcontrolador con el correspondiente programa, y seleccionado el transmisor de radiofrecuencia, se procede a hacer el diagrama esquemático en Eagle, como lo muestra la figura 4-19.

Posterior a esto, se diseñaron las pistas para realizar el circuito impreso (figura 4-20), con el mismo software.

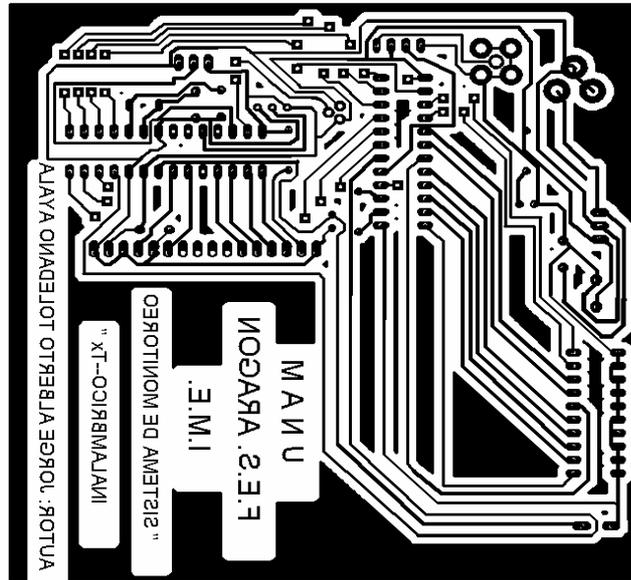


Figura 4-20 Diseño de circuito impreso

En donde en otra vista (figura 4-21), se puede admirar como es que serán soldados los componentes.

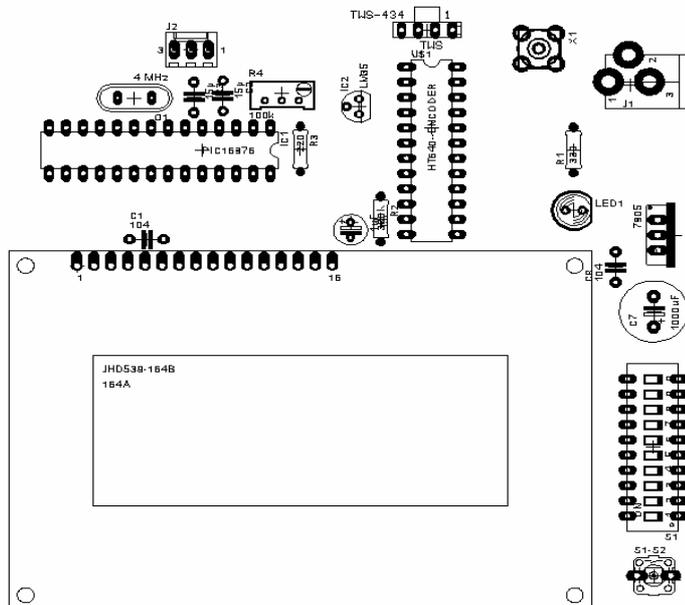


Figura 4-21 Vista de los componentes del circuito impreso

Y por último, se puede apreciar la placa de circuito impreso, correspondiente al módulo de medición y transmisión ya terminada en la figura 4-22.

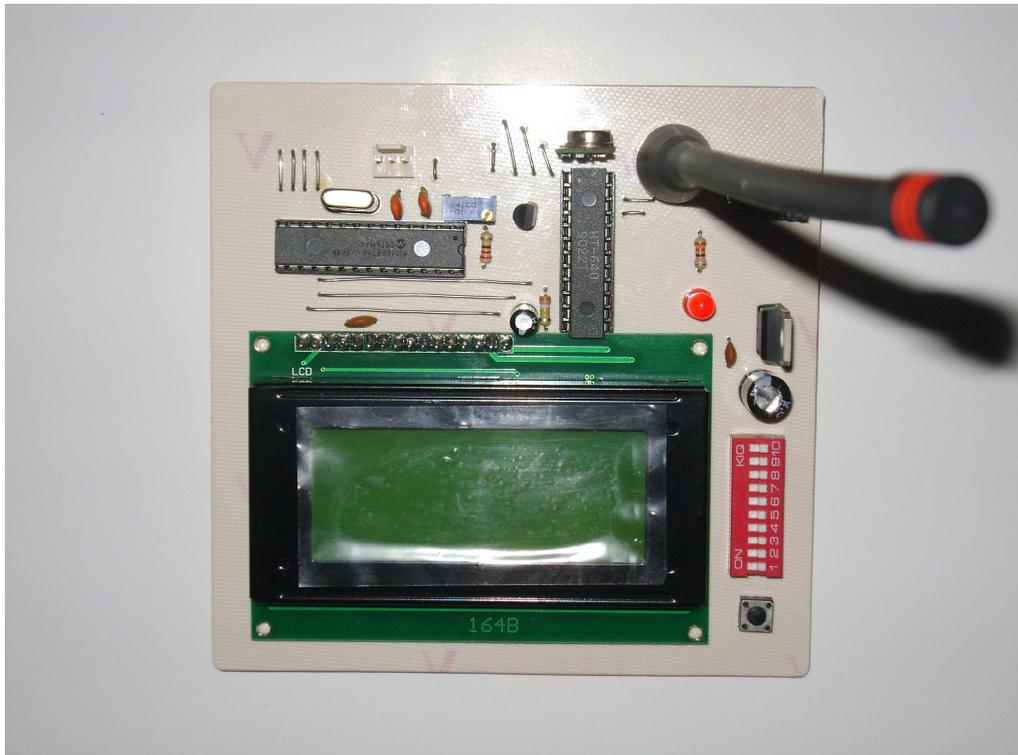


Figura 4-22 Módulo de medición y transmisión

4.9. DISEÑO DEL MÓDULO DE RECEPCIÓN

Este módulo de recepción está encargado de recibir los datos provenientes del módulo de medición y transmisión. En el diagrama a bloques de la figura 4-23 se observa como es que va a funcionar este módulo: en primera instancia la señal proveniente del módulo de medición y transmisión va a ser interceptada por el receptor de RF, el cual enviará los datos al decodificador. Este decodificador estará encargado de entregarnos los datos deseados, gracias a las propiedades que más adelante serán descritas. Posteriormente, los datos obtenidos de la decodificación serán manipulados por el microcontrolador para poder ser enviados a la computadora personal de forma serial, en donde estos datos podrán ser visualizados de manera gráfica en un programa elaborado con instrumentación virtual.

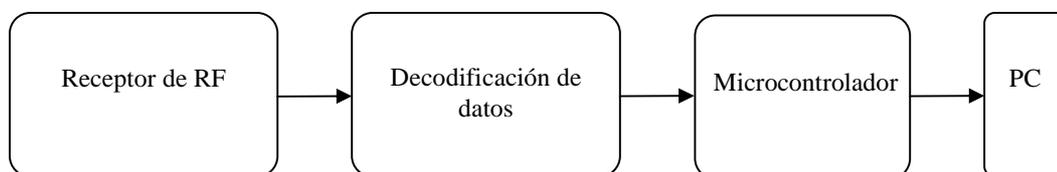


Figura 4-23 Diagrama a bloques del módulo receptor

4.9.1. RECEPCIÓN POR RF

La recepción por RF estará a cargo del receptor que se describió en el **subcapítulo 2.13**. Este receptor estará encargado de percibir los datos del transmisor; esto se llevará a cabo gracias a que los dos trabajan a una misma frecuencia.

4.9.2. DECODIFICACIÓN DE DATOS

Los datos provenientes del receptor de RF serán decodificados; de esto estará a cargo el decodificador HT658 de la marca Holtek, el cual se puede aparear con el codificador HT640. Algunas de las aplicaciones de este decodificador son:

- Sistema de alarma antirrobo.
- Sistema de alarma para humo y fuego.
- Control para puertas de garaje.
- Control para puertas de autos.
- Sistema de alarma para carro.
- Sistema de seguridad.
- Baterías de teléfonos.
- Otros sistemas de control remoto.

El decodificador HT658 es utilizado para aplicaciones de sistemas de control remoto. Recibe de manera serial la dirección y los datos provenientes del codificador a través del transmisor de RF. Se encarga de comparar la entrada serial continuamente, para que la dirección proveniente del codificador sea idéntica a la dirección local, para así mostrar los datos. El pin correspondiente a la valoración de la transmisión (VT) indica con un nivel alto la validación de la transmisión. Es capaz de decodificar 18 bits de información, que consisten en 10 bits de dirección y 8 bits de datos. Su asignación de pines la se observa en la figura 4-24.

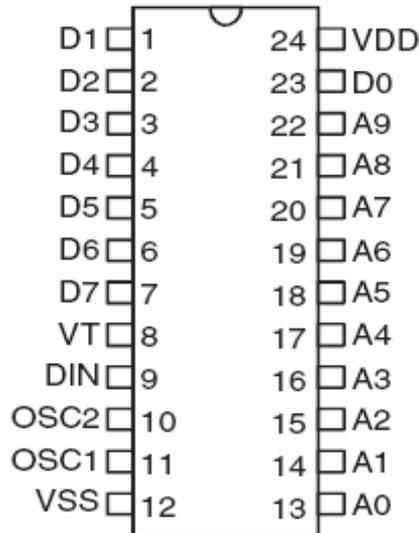


Figura 4-24 Asignación de pines del HT658

Mientras que su descripción de pines se muestra en la tabla 4-4.

Tabla 4-4 Descripción de pines del HT658

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0-A17	I	TRANSMISSION GATE	Input pins for address A0-A17 setting. They can be externally set to VDD, VSS or left open.
D10-D17	O	CMOS OUT	Output data pins
DIN	I	CMOS IN	Serial data input pin
VT	O	CMOS OUT	Valid transmission, active high
OSC1	I	OSCILLATOR	Oscillator input pin
OSC2	O	OSCILLATOR	Oscillator output pin
VSS	I	—	Negative power supply (GND)
VDD	I	—	Positive power supply

Sus características eléctricas, se aprecian en la tabla 4-5.

Tabla 4-5 Características eléctricas del HT658

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V _{DD}	Conditions				
V _{DD}	Operating Voltage	—	—	3	—	12	V
I _{STB}	Standby Current	5V	Oscillator Stops	—	0.1	1	μA
		12V		—	2	4	μA
I _{DD}	Operating Current	5V	No Load F _{OSC} = 100kHz	—	0.2	1	mA
I _O	Data Output Source Current (D10-D17)	5V	V _{OH} = 4.5V	-0.5	-1	—	mA
	Data Output Sink Current (D10-D17)		V _{OL} = 0.5V	0.5	1	—	mA
I _{VT}	VT Output Source Current	5V	V _{OH} = 4.5V	-2	-4	—	mA
	VT Output Sink Current		V _{OL} = 0.5V	1	2	—	mA
V _{IH}	"H" Input Voltage	5V	—	3.5	—	5	V
V _{IL}	"L" Input Voltage	5V	—	0	—	1	V
F _{OSC}	Oscillator Frequency	10V	R _{OSC} = 330kΩ	—	100	—	kHz

4.9.3. MICROCONTROLADOR EN RECEPCIÓN Y ENVÍO

Este microcontrolador (PIC16F876A) tiene como objetivo recolectar los datos provenientes del decodificador HT658, para posteriormente enviar estos mismos datos de forma serial hacia la computadora. Claro que la información de salida del microcontrolador será transformada al estándar RS232, para que la PC pueda interpretar de manera correcta la información.

En la figura 4-25 se muestra el correspondiente diagrama de flujo del programa principal para que este microcontrolador realice lo antes mencionado.

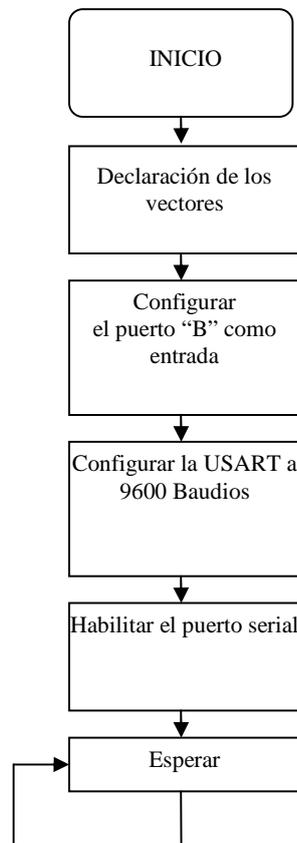


Figura 4-25 Diagrama de flujo del microcontrolador

Como este programa esta funcionando por medio de interrupciones, en la figura 4-26 se muestra el correspondiente diagrama de flujo del vector de interrupciones.

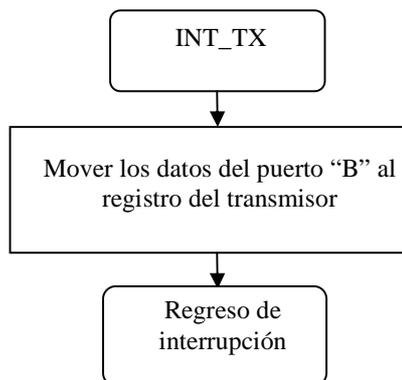


Figura 4-26 Diagrama de flujo con interrupción del Tx

Posterior a este proceso, se realizaron las pistas para poder obtener así el circuito impreso de la figura 4-28.

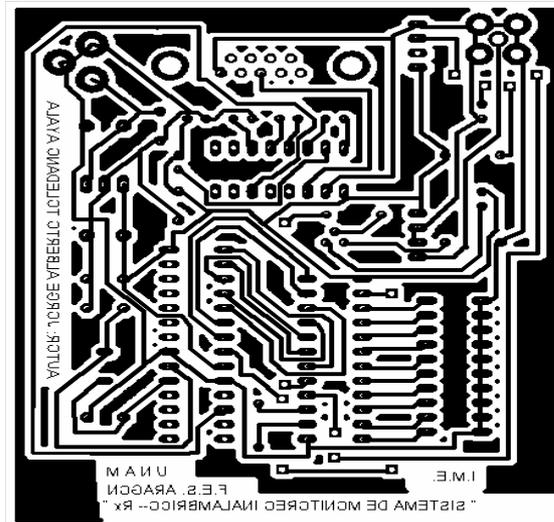


Figura 4-28 Circuito impreso del módulo receptor

Otra forma de ver como es que van a ser colocados los componentes, se aprecia en la figura 4-29.

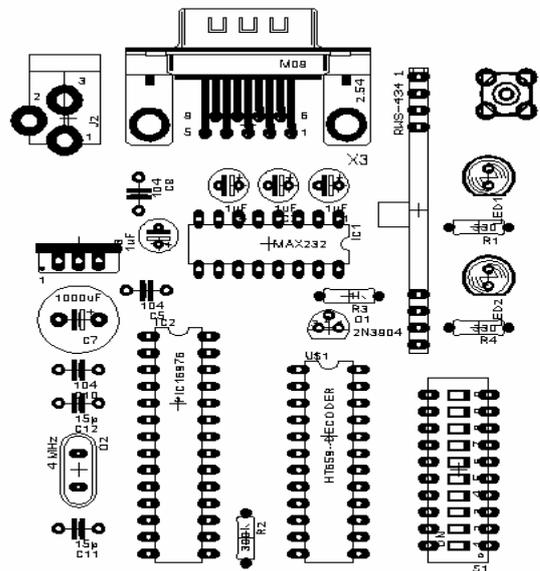


Figura 4-29 Componentes de la placa de circuito impreso del receptor

Y por último, se observa la placa de circuito impreso, correspondiente al módulo de recepción, ya terminada en la figura 4-30.

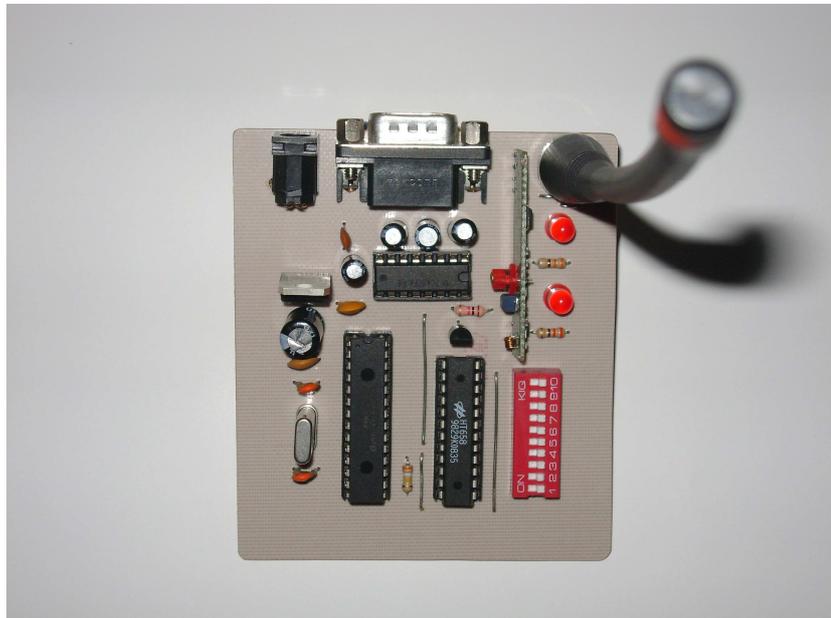


Figura 4-30 Módulo de recepción

4.9.5. MONITOREO DE DATOS EN LA PC

El monitoreo en la computadora se dará por medio de los datos provenientes del módulo receptor, y gracias al programa ensamblado en LabVIEW. Este programa se presenta en la figura 4-31.

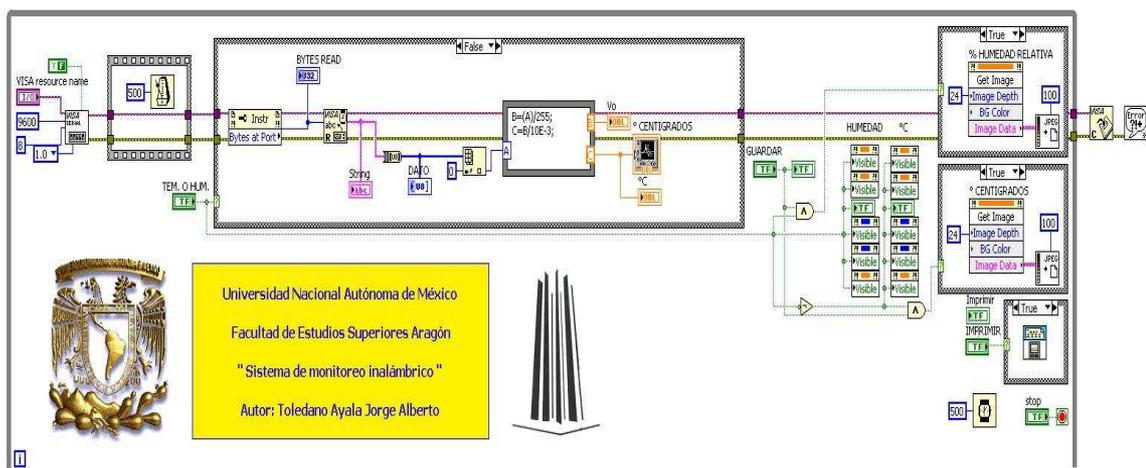


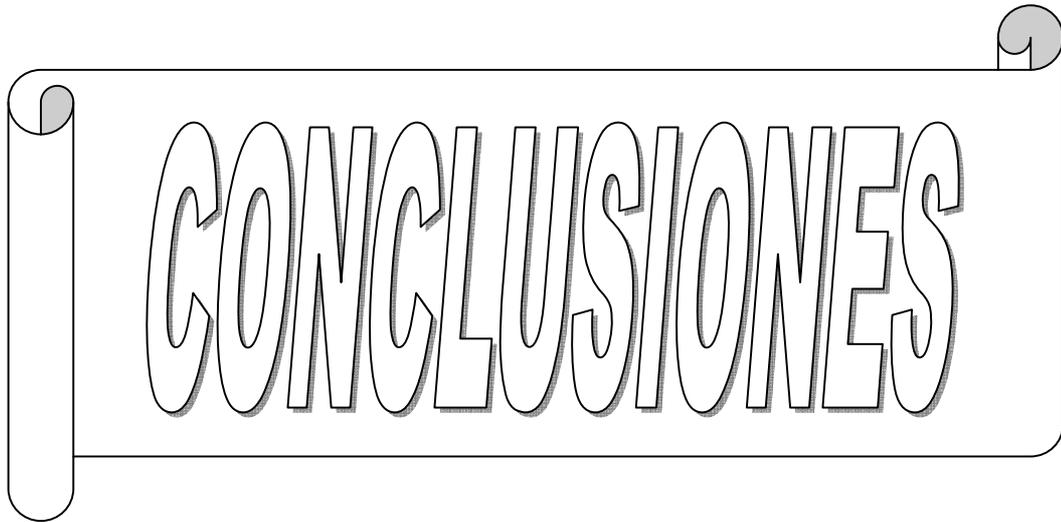
Figura 4-31 Programa del sistema de monitoreo inalámbrico

La forma en la cual se va a visualizar este programa en la PC, se observa en la figura 4-32.



Figura 4-32 Panel frontal del sistema de monitoreo inalámbrico

De este modo se estarán monitoreando, en tiempo real, las mediciones obtenidas por el microcontrolador, ubicado en el módulo de medición y transmisión.



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Cuando se empezó hacer el diseño de este sistema se tuvo que tomar en cuenta la selección de los componentes a utilizar, y que se adecuaran a él. En primera instancia tenemos a la selección de los sensores; en donde para sensar a la temperatura se selecciono al LM35DZ, ya que es muy económico y pertenece a una serie de sensores de temperatura, que son circuitos integrados de precisión, por lo tanto nos proporciona la temperatura de forma lineal, además de que se comporta de forma muy normal. Ahora, con el sensor de humedad, se selecciono el de la compañía Honeywell, ya que tiene exactitud en sus mediciones y tiene un tiempo de respuesta rápido, además de que se utiliza para meteorología.

Al seleccionar el microcontrolador, se tomo en cuenta la cantidad de entradas y salidas que iba a tener el sistema (hablando del módulo de medición y transmisión), por ello se escogió el microcontrolador PIC16F876A de la compañía de Microchip; debido a que pertenece a la familia de PIC, y por ello se pudo encontrar varias herramientas de desarrollo para hacer la programación de este microcontrolador.

Para controlar el LCD se tuvo que hacer en un principio con un bus de datos de 8 bits, debido ha esto, se estaban utilizando 10 bits del microcontrolador para este objetivo, en realidad eran muchos, así que se enviaron los datos al LCD multiplexados, con esto se disminuyeron los bits para controlar el LCD con el microcontrolador a solamente 6.

Uno de los problemas que tomo algo de tiempo solucionar, fueron las operaciones internas que tenía que realizar el PIC para poder desplegar en el LCD el dato de las mediciones en forma decimal. A esto, se le dio solución con unas subrutinas para hacer operaciones de 8 bits, y para poder visualizarse en el LCD de forma decimal, estos

datos se tuvieron que convertir a BCD (Decimal Codificado en Binario, en español) para posteriormente ser desplegados en el LCD.

En una primera instancia se tenía la idea de mandar los datos al transmisor de RF por medio del módulo USART para ser transmitidos, había un inconveniente, se introducía ruido a través de la banda base del transmisor y se recibían datos indeseados. Por ello se usaron los codificadores y decodificadores de la empresa Holtek, para asegurar el envío y recepción de los datos, además de que se pueden usar diferentes direcciones para los módulos transmisor y receptor.

Debido a que hay diferentes plataformas de programación, se optó por LabVIEW, ya que maneja un ambiente gráfico tanto para programar como para la visualización del programa en ejecución.

Una de las ventajas importantes también es que el módulo de medición y transmisión cuenta con una pantalla de LCD, la cual permite visualizar en tiempo real las mediciones en donde quiera que se coloque el módulo.

En lo que corresponde a la elaboración de las placas de circuito impreso, donde se montaron los componentes para el transmisor y el receptor, se hicieron de manera manual utilizando: placa de cobre, lija, plancha y cloruro férrico; estos solamente son algunos de los materiales más importantes.

Los resultados obtenidos con el sistema de monitoreo inalámbrico son los siguientes: cuando se tienen encendidos los dos módulos (transmisor y receptor), y se encuentran acoplados con la misma dirección en el micro-switch, se tiene un LED que indica que se están recibiendo datos provenientes del transmisor. Imagen C-1.

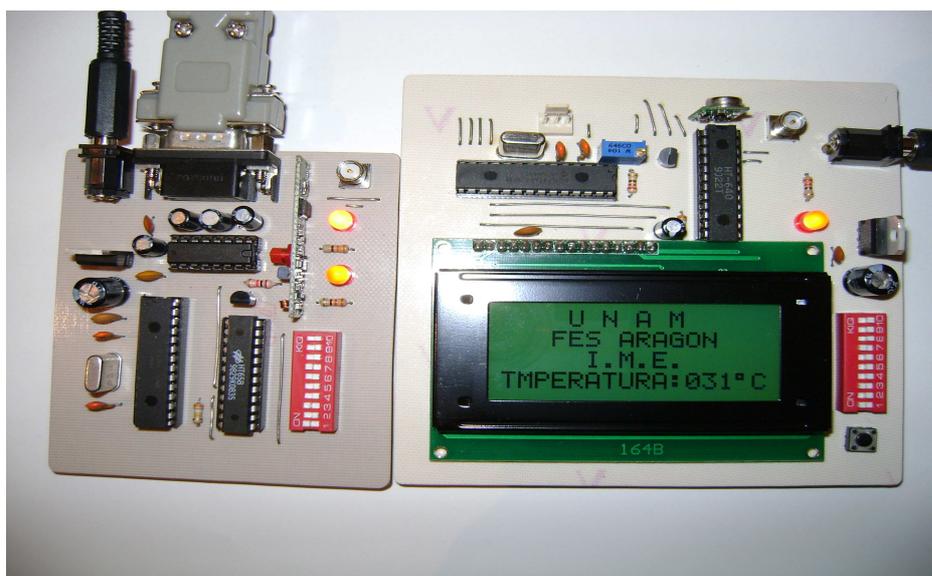


Imagen C-1 Módulos del receptor y transmisor encendidos, respectivamente

Para distancias cortas no es necesaria la utilización de las antenas; a distancias mayores a 10 metros se deben conectar a los módulos para poder tener una buena recepción.

En la imagen C-2, se puede observar la ejecución del programa en LabVIEW del monitoreo inalámbrico.

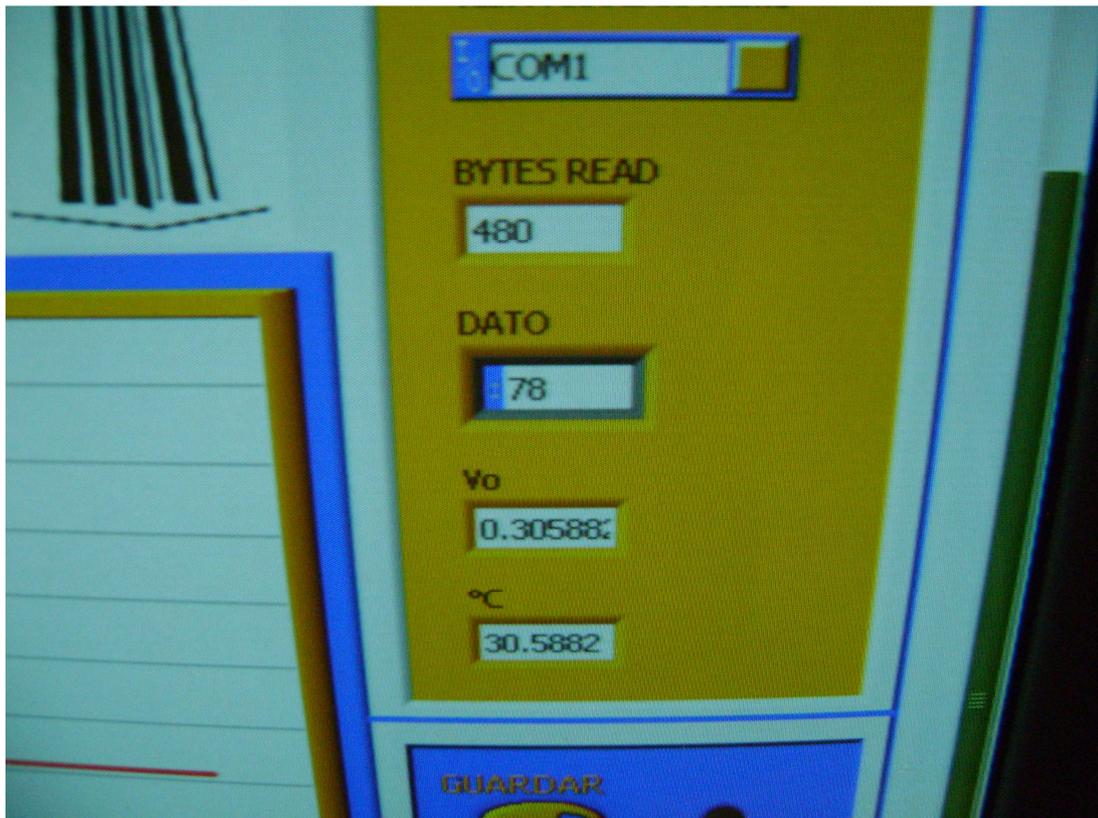


Imagen C-2 Programa de monitoreo inalámbrico en ejecución

En la imagen C-2, se muestra como se realiza la visualización en la computadora. Se observa como el programa permite seleccionar entre los puertos COM, según el que se este utilizando en ese momento. Se visualiza el dato recibido en forma decimal, para tener una referencia de que se esta teniendo una entrada de información.

Los datos recolectados por el módulo de recepción se visualizan de forma gráfica y numérica en la pantalla de la computadora, para poder tomar lectura de ellos de la forma más cómoda posible.

También se observó la medición en el transmisor comparándolo en el lado de recepción con el programa hecho con LabVIEW. Imagen C-3.

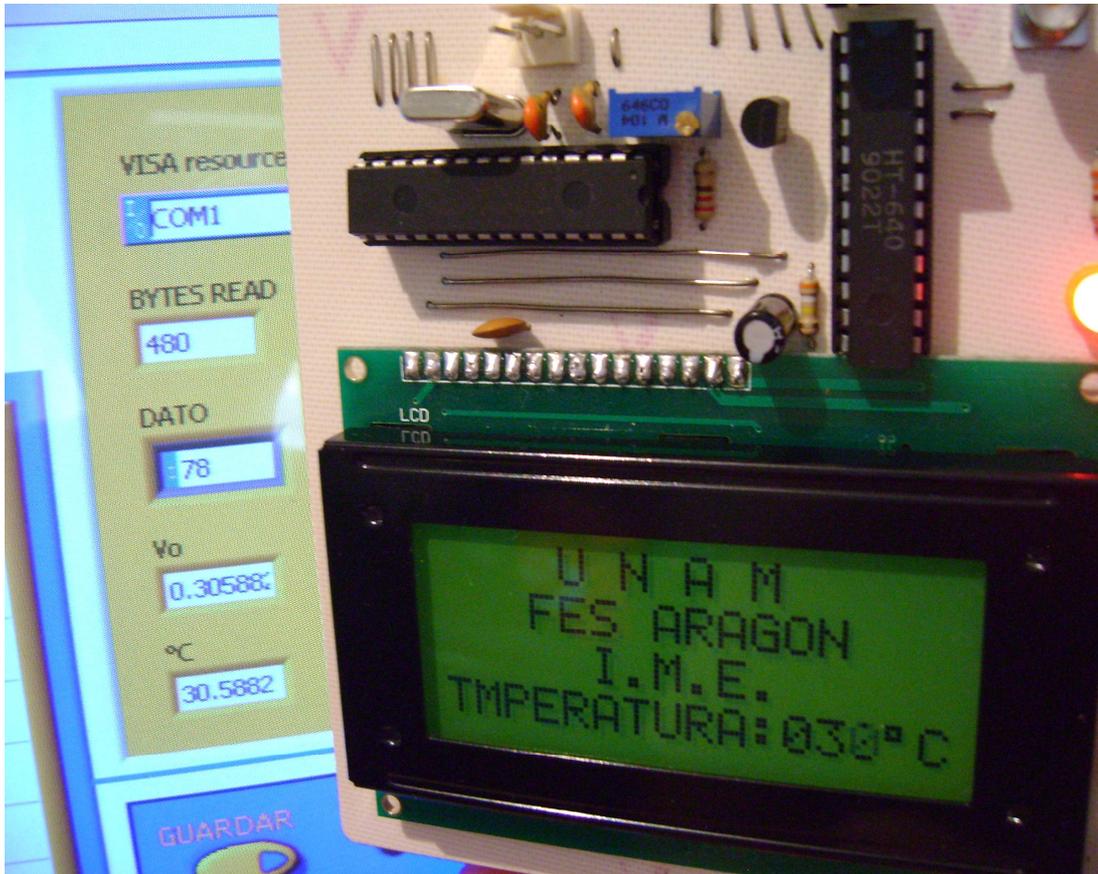
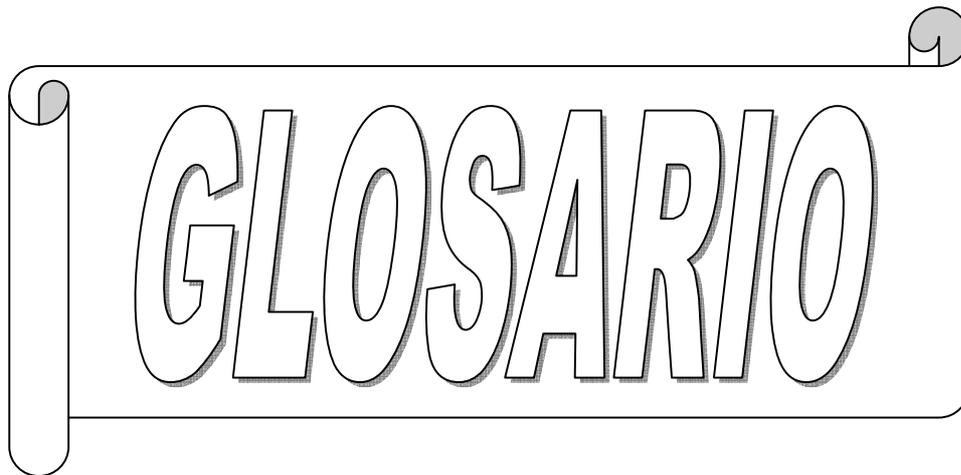


Imagen C-3 Comparación del módulo transmisor con el programa en LabVIEW

Otro tema que merece mención es el de suministro de energía. Este diseño se presentó como alternativa de reducción de cableado para la parte de monitoreo. La alimentación de estos módulos se lleva a cabo por medio de la conexión de un eliminador o, de otra forma más cómoda, con batería de 9 volts. Sería muy beneficioso estudiar la posibilidad de incorporar un sistema de alimentación mediante paneles solares, con respaldo de batería recargable, como alternativa a la alimentación con baterías, aumentando la autonomía del sistema, dado que en algunos lugares puede presentar un problema debido a que no se dispone de redes eléctricas.

Como consecuencia, este trabajo debe servir como modelo de aplicación de la tecnología inalámbrica en sistemas de redes de sensores y medición en tiempo real, pero con un amplio abanico de posibilidades en el ámbito de la automatización y control

de procesos del sector agrícola e industrial. El presente diseño puede quedar evidentemente limitado en el sentido de que los módulos fueron estrictamente diseñados para la medición de temperatura y humedad relativa.



GLOSARIO

GLOSARIO

%RH. La humedad relativa, es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Se expresa en tanto por ciento.

Active X. Es un conjunto de tecnologías de Microsoft que permiten incluir contenido interactivo en la World Wide Web. Tiempo atrás, el contenido de la Web era estático, es decir texto e imágenes en 2 dimensiones. Con ActiveX, los sitios cobran vida utilizando efectos multimedia, objetos interactivos, y aplicaciones sofisticadas que crean un entorno similar al de un CD-ROM de buena calidad. ActiveX provee el nexo que une una variedad de tecnologías que logran darle movimiento a los sitios Web.

ADC. La conversión analógica-digital (en español CAD) consiste en la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento (codificación, compresión, etc.) y hacer la señal resultante (la digital) más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas.

Agrónica. Informática en la empresa agropecuaria.

Agroquímico. Se denominan agroquímicos las sustancias químicas utilizadas en la agricultura como insecticidas, herbicidas y fertilizantes. Tienden a permanecer en el agua, contaminando las capas subterráneas, los ríos y lagos, así como los propios alimentos producidos. Por eso su uso se reduce al mínimo indispensable en las producciones racionalmente organizadas.

ALU. En computación, la Unidad Lógica Aritmética (ULA), o Arithmetic Logic Unit (ALU), es un circuito digital que calcula operaciones aritméticas (como suma, resta, multiplicación, etc.) y operaciones lógicas (como igual a, menor que, mayor que, etc.), entre dos números.

Muchos tipos de circuitos electrónicos necesitan realizar algún tipo de operación aritmética, así que incluso el circuito dentro de un reloj digital tendrá una ALU minúscula que se mantiene sumando 1 al tiempo actual, y se mantiene comprobando si debe activar el pitido del temporizador, etc.

AM. Es el acrónimo de Amplitude Modulation (en español: Modulación de Amplitud) la cual consiste en modificar la amplitud de una señal de alta frecuencia, denominada portadora, en función de una señal de baja frecuencia, denominada moduladora, la cual es la señal que contiene la información que se desea transmitir.

Ampere. El amperio o ampere (símbolo A), es la unidad de intensidad de corriente eléctrica. Forma parte de las unidades básicas en el Sistema Internacional de Unidades y fue nombrado en honor de André-Marie Ampère. El amperio es la intensidad de una corriente constante que manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de un metro uno de otro en el vacío, produciría una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud.

Análogo. Es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura, mecánicas, etc. La magnitud también puede ser cualquier objeto medible como los beneficios o pérdidas de un negocio.

Asíncrono. Hace referencia al suceso que no tiene lugar en total correspondencia temporal con otro suceso. Por ejemplo, un motor asíncrono, que es a aquel cuya velocidad de rotación no corresponde con la frecuencia de corriente alterna que lo hace funcionar.

ASK. La modulación por desplazamiento de amplitud, en inglés Amplitude-shift keying (ASK), es una forma de modulación en la cual se representan los datos digitales como variaciones de amplitud de la onda portadora.

Baudio. En inglés *baud* es una unidad de medida, usada en telecomunicaciones, que representa el número de símbolos transmitidos por segundo en una red análoga.

Bit. Es el acrónimo de *Binary digit*. (dígito binario). Un bit es un dígito del sistema de numeración binario. Mientras que en el sistema de numeración decimal se usan diez dígitos, en el binario se usan sólo dos dígitos, el 0 y el 1. Un bit o dígito binario puede representar uno de esos dos valores, 0 ó 1.

BLU. La modulación en banda lateral única (BLU) o (SSB) (del inglés *Single Side Band*) es una evolución de la AM. La banda lateral única es muy importante para la rama de la electrónica básica ya que permite transmitir señales de radio frecuencia que otras modulaciones no pueden transmitir.

BNC. El conector BNC (del inglés Bayonet Neill-Concelman) es un tipo de conector para uso con cable coaxial. Inicialmente diseñado como una versión en miniatura del Conector Tipo C. BNC es un tipo de conector usado con cables coaxiales como RG-58 y RG-59 en aplicaciones de RF que precisaban de un conector rápido, apto para UHF y de impedancia constante a lo largo de un amplio espectro. Muy utilizado en equipos de radio de baja potencia, instrumentos de medición como osciloscopios, generadores, puentes, etc., por su versatilidad. Se hizo muy popular debido a su uso en las primeras redes ethernet, durante los años 1980. Básicamente, consiste en un conector tipo macho instalado en cada extremo del cable. Este conector tiene un centro circular conectado al conductor del cable central y un tubo metálico conectado en el parte exterior del cable. Un anillo que rota en la parte exterior del conector asegura el cable mediante un mecanismo de bayoneta y permite la conexión a cualquier conector BNC tipo hembra.

Bobina. Es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

Bulbo. En botánica, el bulbo es una estructura vegetal engrosada, con sustancias de reserva, que suele situarse en la parte subterránea de la planta; en electrónica, el bulbo es un dispositivo de control de flujo de corriente eléctrica, también conocido como *tubo de vacío*.

CAD. Un conversor (o convertidor) analógico-digital (CAD), (ADC) es un dispositivo electrónico capaz de convertir una entrada analógica de voltaje en un valor binario, Se utiliza en equipos electrónicos como computadoras, grabadores de sonido y de vídeo, y equipos de telecomunicaciones. La señal analógica, que varía de forma continua en el tiempo, se conecta a la entrada del dispositivo y se somete a un muestreo a una velocidad fija, obteniéndose así una señal digital a la salida del mismo.

CPU. La unidad central de procesamiento o CPU (por el acrónimo en inglés de *central processing unit*), o simplemente el procesador o microprocesador, es el componente en una computadora, que interpreta las instrucciones y procesa los datos contenidos en los programas de la computadora.

DAB. Digital Audio Broadcasting (DAB, en español Radiodifusión de audio digital) es un estándar de emisión de radio digital desarrollado por EUREKA como un proyecto de investigación para la Unión Europea (Eureka 147). El DAB está diseñado para receptores tanto de uso doméstico como portátiles para la difusión de audio terrestre y mediante satélites, la cual también permite introducir datos.

dB. El decibelio, cuyo símbolo es *dB*, es una unidad logarítmica. El decibelio es la unidad relativa empleada en acústica y telecomunicaciones para expresar la relación entre dos

magnitudes, acústicas o eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

DB – 25. El conector DB25 (originalmente *DE-25*) es un conector analógico de 25 clavijas de la familia de conectores D-Subminiature (D-Sub o Sub-D).

DB – 9. El conector DB9 (originalmente *DE-9*) es un conector analógico de 9 clavijas de la familia de conectores D-Subminiature (D-Sub o Sub-D). El conector DB9 se utiliza principalmente para conexiones en serie, ya que permite una transmisión asíncrona de datos según lo establecido en la norma RS-232 (RS-232C).

DBL. La modulación en doble banda lateral (DBL), en inglés *Double Side Band (DSB)*, es una modulación lineal que consiste en modificar la amplitud de la señal portadora en función de las variaciones de la señal de información o moduladora. La modulación en doble banda lateral equivale a una modulación AM, pero sin reinscripción de la portadora.

DLL. Una biblioteca de enlace dinámico o más comúnmente llamada DLL (sigla en inglés de *dynamic-link library*) es el término con el que se refiere a los archivos con código ejecutable que se cargan bajo demanda de un programa por parte del sistema operativo. Esta denominación es exclusiva a los sistemas operativos Windows siendo ".dll" la extensión con la que se identifican estos ficheros, aunque el concepto existe en prácticamente todos los sistemas operativos modernos.

Driver. Es un controlador de dispositivo, llamado normalmente controlador (en inglés, *device driver*) es un programa informático que permite al sistema operativo interactuar con un periférico, haciendo una abstracción del hardware y proporcionando una interfaz -posiblemente estandarizada- para usarlo. Se puede esquematizar como un manual de instrucciones que le indica al sistema operativo, cómo debe controlar y comunicarse con un dispositivo en particular. Por tanto, es una pieza esencial, sin la cual no se podría usar el hardware.

DSP. Un procesador digital de señales o DSP (sigla en inglés de *digital signal processor*) es un sistema basado en un procesador o microprocesador que posee un juego de instrucciones, un hardware y un software optimizados para aplicaciones que requieran operaciones numéricas a muy alta velocidad.

EEPROM. También conocida como E²PROM, que son las siglas de *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory* (ROM programable y borrable eléctricamente). Es un tipo de memoria ROM que puede ser programado, borrado y reprogramado eléctricamente, a diferencia de la EPROM que ha de borrarse mediante un aparato que emite rayos ultravioletas. Son memorias no volátiles.

Electrodo. Es una placa de membrana rugosa de metal un conductor utilizado para hacer contacto con una parte *no metálica* de un circuito, por ejemplo un semiconductor, un electrolito, el vacío (en una válvula termoiónica), un gas (en una lámpara de neón), etc. La palabra fue

acuñada por el científico Michael Faraday y procede de las voces griegas *elektron*, que significa *ámbar* y de la que proviene la palabra *electricidad*; y *hodos*, que significa *camino*

Electroscopio. El electroscopio es un instrumento que permite determinar la presencia de cargas eléctricas y su signo.

EPROM. Son las siglas de *Erasable Programmable Read-Only Memory* (ROM programable borrable). Es un tipo de chip de memoria ROM no volátil inventado por el ingeniero Dov Frohman. Está formada por celdas de FAMOS (Floating Gate Avalanche-Injection Metal-Oxide Semiconductor) o "transistores de puerta flotante", cada uno de los cuales viene de fábrica sin carga, por lo que son leídos como 0 (por eso, una EPROM sin grabar se lee como 00 en todas sus celdas). Se programan mediante un dispositivo electrónico que proporciona voltajes superiores a los normalmente utilizados en los circuitos electrónicos. Las celdas que reciben carga se leen entonces como un 1.

Ethernet. Es un estándar de redes de computadoras de área local.

Evapotranspiración. Es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.

FDM. La multiplexación por división en frecuencia (FDM), es una técnica que requiere el uso de circuitos que tengan un ancho de banda relativamente grande. Este ancho de banda se divide luego en subcanales de frecuencia.

FDMA. El Acceso múltiple por división de frecuencia (Frequency Division Multiple Access o FDMA, del inglés) es una técnica de multiplexación usada en múltiples protocolos de comunicaciones, tanto digitales como analógicos, principalmente de radiofrecuencia, y entre ellos en los teléfonos móviles de redes GSM.

Fisiólogo. La fisiología (del griego *physis*, naturaleza, y *logos*, conocimiento, estudio) es la ciencia biológica que estudia las funciones de los seres orgánicos; por lo tanto un fisiólogo es la persona que estudia fisiología.

FM. En telecomunicaciones, la frecuencia modulada (FM) o modulación de frecuencia es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia.

FSK. El FSK (Frequency-shift keying) es un tipo de modulación de frecuencia cuya señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía entre valores predeterminados.

Galvanómetro. Es un instrumento que se usa para detectar y medir la corriente eléctrica.

GPIB. El Hewlett-Packard Instrument Bus (HP-IB) es un estándar bus de datos digital de corto rango desarrollado por Hewlett-Packard en los años 1970 para conectar dispositivos de prueba y medida (por ejemplo multímetros, osciloscopios, etc.) con dispositivos que los controlen como una computadora. Otros fabricantes copiaron el HP-IB, llamando a su implementación General-Purpose Instrumentation Bus (GP-IB).

GPR. General Packet Radio Service (GPRS) o servicio general de paquetes vía radio es una extensión del Sistema Global para Comunicaciones Móviles (Global System for Mobile Communications o GSM) para la transmisión de datos no conmutada (o por paquetes).

Hardware. Corresponde a todas las partes físicas y tangibles de una computadora: sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos; sus cables, gabinetes o cajas, periféricos de todo tipo y cualquier otro elemento físico involucrado; contrariamente al soporte lógico e intangible que es llamado *software*.

Heterogénea. Un sistema heterogéneo en química es aquel que está formado por dos o más fases.

HF. Del inglés High Frequency (o altas frecuencias), son las siglas utilizadas para referirse a la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 3 MHz a 30 MHz.

Higrómetro. Es un instrumento que se usa para medir el grado de humedad del aire, del suelo, de las plantas o humedad, dando una indicación cualitativa de la humedad ambiental.

Hortalizas. Son un conjunto de plantas cultivadas generalmente en huertas o regadíos, que se consumen como alimento, ya sea de forma cruda o preparada culinariamente.

Horticultor. La horticultura proviene etimológicamente de las palabras latinas *hortus* (jardín, huerta, planta) y *cultura* ("cultivo") clásicamente significaba «cultivo en huertas»; el término se aplica también a la producción de hortalizas e incluso a la producción comercial moderna.

Hz. El hertzio, hercio o hertz (Símbolo Hz), es la unidad de frecuencia del Sistema Internacional de Unidades.

IEEE – 488. El IEEE-488 permite que hasta 15 dispositivos inteligentes compartan un simple bus paralelo de 8 bits, mediante conexión en cadena, con el dispositivo más lento determinando la velocidad de transferencia. La máxima velocidad de transmisión está sobre 1 Mbps en el estándar original y en 8 Mbps con IEEE-488.1-2003 (HS-488).

Inteligencia artificial. Se denomina inteligencia artificial (IA) a la rama de las ciencias de la computación dedicada al desarrollo de agentes racionales no vivos.

Kbps. Un kilobit por segundo es una unidad de medida que se usa en telecomunicaciones e informática para calcular la velocidad de transferencia de información a través de una red. Su abreviatura y forma más corriente es kbps.

LabVIEW. Es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

LCD. Una pantalla de cristal líquido o LCD (acrónimo del inglés *Liquid Crystal Display*) es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.

Meteorología. Del griego *μετέωρον* (*meteoron*): ‘alto en el cielo’, meteorito; y *λόγος* (*logos*): ‘conocimiento, tratado’) es la ciencia interdisciplinaria, fundamentalmente de una rama de la Física de la atmósfera, que estudia el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos allí producidos y las leyes que lo rigen.

Microclima. Es un clima local de características distintas a las de la zona en que se encuentra; por ello es un conjunto de afecciones atmosféricas que caracterizan un contorno o ámbito reducido.

Modulación. Engloba el conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea, protegiéndola de posibles interferencias y ruidos.

NRZ. En telecomunicaciones, se denomina NRZ (No Retorno a Cero) a el voltaje que no vuelve a cero entre bits consecutivos de valor uno.

NTC. (Negative Thermal Coefficient), son resistencias de coeficiente de temperatura negativo, constituidas por un cuerpo semiconductor cuyo coeficiente de temperatura sea elevado, es decir, su conductividad crece muy rápidamente con la temperatura.

OFDM. La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, en inglés *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (*OFDM*), es una multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK.

Optoacoplador. También llamado *optoaislador* o aislador acoplado ópticamente, es un dispositivo de emisión y recepción de luz que funciona como un interruptor excitado mediante la luz.

PCB. En electrónica, un circuito impreso o PCB (del inglés *printed circuit board*), es un medio para sostener mecánicamente y conectar eléctricamente componentes electrónicos, a través de *rutras* o *pistas* de material conductor, grabados en hojas de cobre laminadas sobre un sustrato no conductor.

PCI. Un Peripheral Component Interconnect (PCI, "Interconexión de Componentes Periféricos") consiste en un bus de computadora estándar para conectar dispositivos periféricos directamente a su placa base. Estos dispositivos pueden ser circuitos integrados ajustados en ésta (los llamados "dispositivos planares" en la especificación PCI) o tarjetas de expansión que se ajustan en conectores.

PIC. No es un acrónimo, en realidad el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como *Peripheral Interface Controller* (controlador de interfaz periférico).

PLC. El *Programmable Logic Controller* o Controlador lógico programable. Se trata de un equipo electrónico, que, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Plug & play. Conocida también por su abreviatura PnP, es la tecnología que permite a un dispositivo informático ser conectado a una computadora sin tener que configurar (mediante jumpers o software específico (no controladores) proporcionado por el fabricante) ni proporcionar parámetros a sus controladores. Para que sea posible, el sistema operativo con el que funciona la computadora debe tener soporte para dicho dispositivo.

PM. Tipo de modulación que se caracteriza porque la fase de la onda portadora varía directamente de acuerdo con la señal modulante, resultando una señal de modulación en fase.

Policarbonato. Es un grupo de termoplásticos fácil de trabajar, moldear y termoformar, y son utilizados ampliamente en la manufactura moderna.

Polietileno. El polietileno (PE) es químicamente el polímero más simple.

Polímero. Los polímeros son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.

Polinización. Es el proceso de transferencia del polen desde estambres hasta el estigma o parte receptiva de las flores en las angiospermas, donde germina y fecunda los óvulos de la flor, haciendo posible la producción de semillas y frutos.

PROM. Es el acrónimo de *Programmable Read-Only Memory* (ROM programable). Es una memoria digital donde el valor de cada bit depende del estado de un fusible (o antifusible), que puede ser quemado una sola vez. Por esto la memoria puede ser programada (pueden ser escritos los datos) una sola vez a través de un dispositivo especial, un programador PROM. Estas memorias son utilizadas para grabar datos permanentes en cantidades menores a las ROMs, o cuando los datos deben cambiar en muchos o todos los casos.

Psicrómetro. Es un aparato utilizado en meteorología para medir la humedad o contenido de vapor de agua en el aire, distinto a los higrómetros corrientes.

PSK. La modulación por desplazamiento de fase o PSK (en inglés: Phase Shift Keying) es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos. La diferencia con la modulación de fase convencional (PM) es que mientras en ésta la variación de fase es continua, en función de la señal moduladora, en la PSK la señal moduladora es una señal digital y, por tanto, con un número de estados limitado.

PXI. El bus PXI es un bus industrial de comunicaciones estándar para instrumentación y control. Las siglas significan una extensión del bus PCI pensada para aplicaciones de instrumentación (en inglés: PCI eXtensions for Instrumentation).

QPSK. Dependiendo del número de posibles fases a tomar, recibe diferentes denominaciones. Dado que lo más común es codificar un número entero de bits por cada símbolo, el número de fases a tomar es una potencia de dos. Así tendremos BPSK con 2 fases (equivalente a PAM), QPSK con 4 fases (equivalente a QAM), 8-PSK con 8 fases y así sucesivamente. A mayor número de posibles fases, mayor es la cantidad de información que se puede transmitir utilizando el mismo ancho de banda, pero mayor es también su sensibilidad frente a ruidos e interferencias.

RAM. La memoria de acceso aleatorio (en inglés: *random-access memory* cuyo acrónimo es RAM) es la memoria desde donde el procesador recibe las instrucciones y guarda los resultados. Es el área de trabajo para la mayor parte del software de una computadora.

RDS. Radio Data System -RDS, acrónimo en inglés de sistema de radiodifusión de datos- es un protocolo de comunicaciones que permite enviar pequeñas cantidades de datos digitales, inaudibles para el radioyente, con la señal de una emisora de radio FM; parte de dichos datos se ven presentados en una pantalla -display- del aparato receptor. Se utiliza en Europa y América Latina, aunque en Norteamérica usan una versión, el RBDS (Radio Broadcast Data System).

Regulador. Es un dispositivo electrónico creado para obtener un valor de salida deseado en base al nivel de entrada, ya sea mecánico o eléctrico.

RF. El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz.

ROM. La memoria de sólo lectura (normalmente conocida por su acrónimo, Read Only Memory) es una clase de medio de almacenamiento utilizado en las computadoras y otros dispositivos electrónicos.

RS – 232. Es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios

RTD. Son sensores de temperatura resistivos. En ellos se aprovecha el efecto que tiene la temperatura en la conducción de los electrones para que, ante un aumento de temperatura, haya un aumento de la resistencia eléctrica que presentan.

Sensor. Es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

Software. Se refiere al equipamiento lógico o soporte lógico de una computadora digital, y comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios para hacer posible la realización de tareas específicas; en contraposición a los componentes físicos del sistema, llamados hardware.

SRAM. Static Random Access Memory (SRAM), o Memoria Estática de Acceso Aleatorio es un tipo de memoria basada en semiconductores que, a diferencia de la memoria DRAM, es capaz de mantener los datos (mientras esté alimentada) sin necesidad de circuito de *refresco* (no se descargan). Sin embargo, sí son memorias volátiles, es decir que pierden la información si se les interrumpe la alimentación eléctrica.

TCP/IP. La familia de protocolos de Internet es un conjunto de protocolos de red en los que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre redes de computadoras. En ocasiones se le denomina *conjunto de protocolos TCP/IP*, en referencia a los dos protocolos más importantes que la componen: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP), que fueron los dos primeros en definirse, y que son los más utilizados de la familia.

Temporizador. Un temporizador o minuterero es un dispositivo, con frecuencia programable, que permite medir el tiempo. La primera generación fueron los relojes de arena, que fueron sustituidos por relojes convencionales y más tarde por un dispositivo íntegramente electrónico. Cuando transcurre el tiempo configurado se hace saltar una alarma o alguna otra función a modo de advertencia.

Termistor. Es un semiconductor que varía el valor de su resistencia eléctrica en función de la temperatura, su nombre proviene de Thermally sensitive resistor (Resistor sensible a la temperatura). Existen dos clases de termistores: NTC y PTC.

Termoeléctrica. Una central termoeléctrica o central térmica es una instalación empleada para la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón.

Termopar. Es un dispositivo formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck), que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

Termostato. Es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura.

Transductor. La transducción de señal es el conjunto de procesos o etapas que ocurren de forma concatenada por el que una célula convierte una determinada señal o estímulo exterior, en otra señal o respuesta específica.

TTL. Son las siglas en inglés de *transistor-transistor logic*, es decir, "lógica transistor a transistor". Es una familia lógica o lo que es lo mismo, una tecnología de construcción de

circuitos electrónicos digitales. En los componentes fabricados con tecnología TTL los elementos de entrada y salida del dispositivo son transistores bipolares.

Unión p – n. Se denomina unión P-N a la estructura fundamental de los componentes electrónicos comúnmente denominados semiconductores, principalmente diodos y transistores BJT.

USART. Son las siglas de "Universal Synchronous Asynchronous Receiver-Transmitter" (en español, "Transmisor-Receptor Síncrono Asíncrono Universal"). Este controla los puertos y dispositivos serie. Existe un dispositivo electrónico encargado de generar la USART en cada puerto serie.

Válvula. Es un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

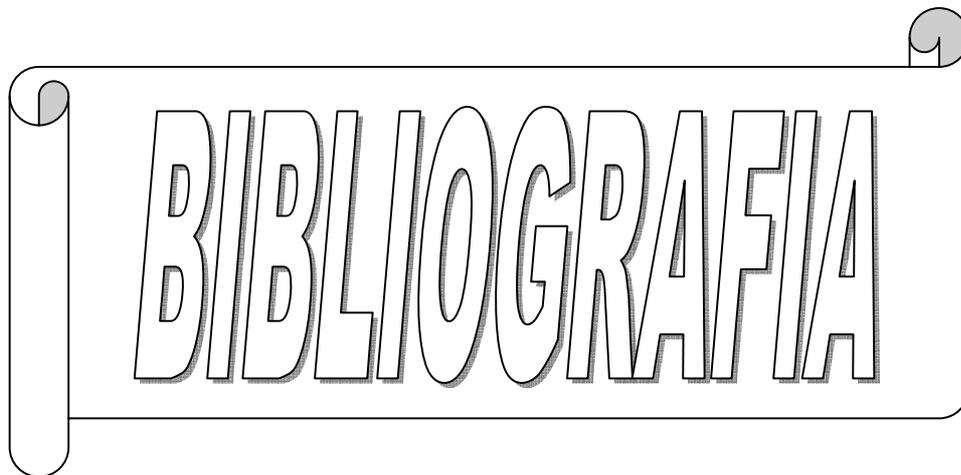
Vatímetro. Es un instrumento electrodinámico para medir la potencia eléctrica o la tasa de suministro de energía eléctrica de un circuito eléctrico dado. El dispositivo consiste en un par de bobinas fijas, llamadas bobinas de corriente, y una bobina móvil llamada bobina de potencial.

VHF. *Very High Frequency* (muy alta frecuencia, en español) es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.

VISA. Es una norma de instrumentación.

Volt. El voltio o volt (símbolo V), es la unidad derivada del SI para el potencial eléctrico, fuerza electromotriz y el voltaje. Recibe su nombre en honor de Alessandro Volta, quien en 1800 inventó la pila voltaica, la primera batería química.

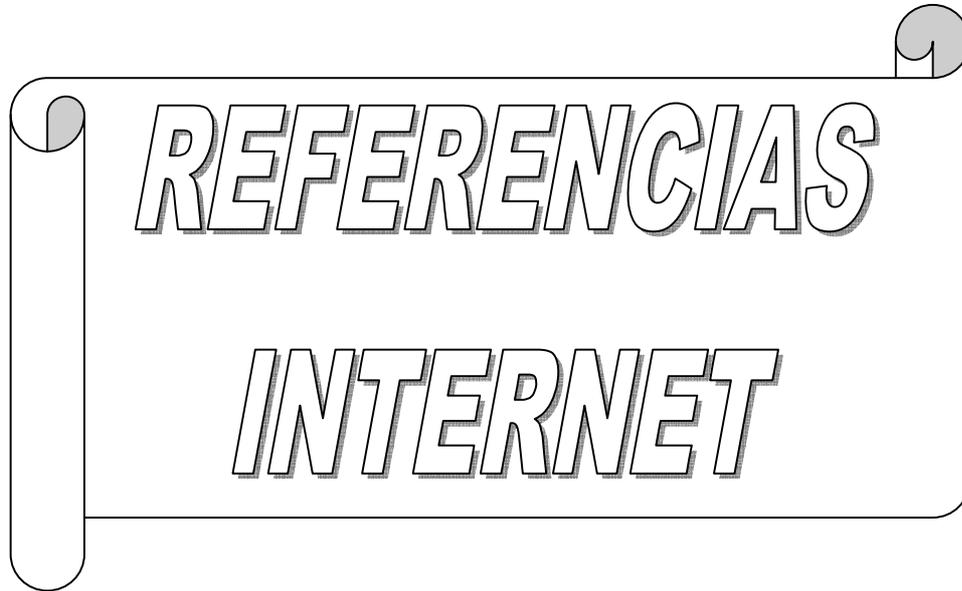
Web. En informática, la World Wide Web, cuya traducción podría ser *Red Global Mundial* o "Red de Amplitud Mundial", es un sistema de documentos de hipertexto y/o hipermedios enlazados y accesibles a través de Internet. Con un navegador Web, un usuario visualiza sitios Web compuestos de páginas Web que pueden contener texto, imágenes, videos u otros contenidos multimedia, y navega a través de ellas usando hiperenlaces.



BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- **Microcontrolador PIC16F84: desarrollo de proyectos**
Enrique Palacios Municio, Fernando Remiro Domínguez, Lucas J. López Pérez
Madrid: Ra-Ma, 2004
- **PDF PIC16F87xA**
- **Electrónica de comunicaciones**
Manual Sierra Perez
México: Pearson Education, c2003
- **Instrumentación virtual: adquisición, procesado y análisis de señales**
Antoni Manuel
México, D. F.: Alfaomega, c2002
- **PDF National Instruments: La instrumentación virtual**
- **La electrónica en la agricultura**
Almanza Sánchez, María; García Muñoz, Pablo
Universidad Autónoma Chapingo



REFERENCIAS INTERNET

REFERENCIAS INTERNET

- <http://www.microchip.com> Página oficial de la empresa Microchip.
- <http://www.nationalinstruments.com> Página oficial de la empresa National Instruments.
- <http://www.puntoflotante.com> Página principal de punto flotante.
- <http://www.wenshing.com> Página principal de la empresa Wenshing Electronics Co.
- <http://www.unicrom.com> Página principal de la empresa Unicrom.
- <http://www.holtek.com> Página principal de la empresa Holtek

-
- <http://www.todopic.com>
 - <http://www.wikipedia.com>
 - <http://www.monografias.com>