

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD "TICOMÁN"



"TELEMETRÍA PARA UNA SONDA METEOROLÓGICA"



Ingeniería en Aeronáutica

TESIS COLECTIVA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN AERONÁUTICA

P R E S E N T A N:

Caldelas Trujillo Héctor Israel
Espinosa Mendoza Ronal Ricardo
Reyes Cárdenas Ricardo

MÉXICO D.F. 1 DE DICIEMBRE DEL 2008



AGRADECIMIENTOS GENERALES

Los autores de este trabajo queremos agradecer a todas y cada una de las instituciones que hicieron posible este proyecto, entre las que cabe destacar la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM). A las empresas DISIME, Freescala y todos a aquellas personas que gracias a su apoyo y orientación colaboraron con el desarrollo de este trabajo.

Al Instituto Politécnico Nacional, por todo el apoyo y los años dedicados en la formación de los autores de este trabajo.



Este trabajo está dedicado especialmente a mis padres:

- A mi madre, quien siempre ha estado ahí para ayudarme, apoyarme y batallar conmigo durante 25 años.
- A mi padre, con quien una plática común se vuelve aburrida y sólo conversaciones extraordinarias se cruzan entre nosotros.

A ambos, **mi eterno agradecimiento.**

A mi familia, por siempre mantenerse cerca y unida.

A mis coautores:

- Ricardo, por todo el trabajo realizado, la paciencia y los regañños.
- Ronal, simplemente por estar feliz todo el tiempo.

Un honor haber trabajado con ustedes.

A mis asesores:

- Jorge Sandoval Lezama y Felipe Gonzáles León

Por todo el apoyo, paciencia y conocimiento.

A mis amigos:

- Víctor y Eduardo Sandoval. Por ustedes llegué temprano a la mitad de la carrera, pero más que nada, por su entrañable amistad.
- Giannina. Por caminar junto a mí todos estos años.
- Johanna. Por mantenerme despierto en las noches de trabajo.

A mis profesores:

- Los buenos: por todo el conocimiento otorgado.
- Los malos: por mostrarme como no debe ser un profesor.

A mis compañeros de carrera:

- Sergio, René, Pavel, Armando y cía.

Ustedes también fueron mis maestros.

Héctor Israel Caldelas Trujillo



A DIOS a quien debo todo, y nunca dejare de agradecer tantas bendiciones.

A mis padres, de quienes he recibido el amor y el apoyo necesario para continuar en este camino y en todo momento tuvieron el consejo preciso y la palabra de aliento para seguir adelante.

A mis hermanas, por creer en mi y día con día darme ese cariño que me motiva e impulsa a realizar mis sueños.

A mis compañeros de Tesis, de quienes he aprendido muchas cosas y agradezco el tiempo invertido en este proyecto, ha sido un honor trabajar con ustedes.

Ronal Ricardo Espinosa Mendoza



A Dios que siempre ha estado conmigo.

Dedico este trabajo a mis padres y mi familia que gracias a su apoyo y su comprensión me han ayudado a estar más cerca de mis metas profesionales.

A mis asesores, que con sus consejos y regaños, me han enseñado lo que es ser un verdadero estudiante.

A mis compañeros de Tesis, gracias por compartir este proyecto con migo.

A todos y cada una de las personas que han estado conmigo compartiendo experiencias.

Ricardo Reyes Cárdenas



	Índice	Página
Agradecimientos generales		I
Dedicatorias		II
Introducción		IX
Objetivo		X
Alcance		XI
Justificación.		XII
CAPÍTULO I. Estado del Arte.		1
1.1. ¿Qué es una sonda meteorológica?		2
1.1.1. El Globo		2
1.1.2. La Sonda		3
1.1.3. El Transmisor		3
1.1.4. El Receptor		5
1.2. Antecedentes históricos en México.		6
1.3. Actualidad de las Sondas		8
1.4. Diseño conceptual.		10
CAPÍTULO II Sistema de Adquisición de datos.		15
2.1. Sensor y Transductor		16
2.1.1. Sensor		16
2.1.2. Transductor		16
2.1.3. Sensor de Temperatura		17
2.1.3.1. Sensor de Temperatura LM35 Vs LM335		18
2.1.4. Sensor de Presión		19
2.1.4.1. Sensor de presión MPX4100A Vs MPXH6115A		20
2.1.5. Sensor de efecto hall		21
2.1.5.1. Sensor de Efecto hall UGN3132LT Vs DN6851		22
2.2. Tipos de Señal		23
2.2.1. Señal Analógica		23
2.2.2. Señal Digital		24
2.3. Acondicionamiento de Señal		26
2.3.1. Amplificación.		26
2.3.1.1. Amplificadores Operacionales.		26



2.3.2.	Filtrado	27
2.3.3.	Multiplexado	27
2.3.4.	Aislamiento	27
2.4.	Convertidor Analógico a Digital (ADC).	28
2.4.1.	Características del ADC.	28
2.4.2.	Etapas de conversión del ADC	30
2.4.3.	Tipos de Conversión	31
2.4.4.	Convertidor Analógico/Digital Paralelo Vs serial	32

CAPÍTULO III Microcontroladores. 34

3.1	¿Qué es un microcontrolador?	35
1.1.1.	Microprocesador	36
1.1.2.	Memoria	36
1.1.3.	Líneas de E/S periféricos	38
1.1.4.	Recursos Auxiliares	38
1.2.	Familia de Microcontroladores	39
1.3.	La gama de Los Pic's	40
1.3.1.	La gama baja PIC12C(F)XXX de 8 pines	41
1.3.2.	Gama baja o básica PIC16C5X con instrucciones de 12 bits	41
1.3.3.	Gama media PIC16CXXX con instrucciones de 14 bits	42
1.3.4.	Gama alta PIC17CXXX con instrucciones de 16 bits	42
1.3.5.	Gama mejorada PIC18C(F) XXX con instrucciones de 16 bits	43
1.4.	Set de instrucciones	44
1.4.1.	CISC (complex instruction set computer) set instrucciones complejas	44
1.4.2.	RISC (Reduced Instruction set computer) set instrucciones reducido	44
1.4.3.	SISC (Specific Instruction set computer) set de instrucciones específicas	44
1.5.	Selección del Microcontrolador	45
1.5.1.	PIC16F84A	45
1.5.2.	Arquitectura de los microcontroladores PIC16F8A	46
1.5.3.	Memoria del PIC16F84	48
1.5.4.	Puertos del PIC	49
1.5.5.	El oscilador externo	49
1.5.6.	Reset	50



1.5.7.	Fuente de Alimentación	51
1.6.	Lenguajes de programación	51
1.6.1.	Programación con MPLAB	53
1.6.1.1.	Como trabaja el lenguaje ensamblador	53
1.6.2.	Programación con PICBASIC	54
1.6.2.1.	Como trabaja el lenguaje Picbasic pro	55
1.6.2.2.	Escritura y compilación del programa	56
CAPÍTULO IV Telemetría.		60
4.1	Telemetría	60
4.1.1.	Elementos que componen la comunicación	60
4.1.1.1	Sensor	61
4.1.1.2	Emisor o Transmisor	62
4.1.1.3	Medio o canal de Transmisión	62
4.1.1.4	Receptor	62
4.1.2.	Bandas de frecuencias	63
4.2.	Modulación	64
4.2.1.	Modulación Analógica	64
4.2.1.1	Modulación en AM	64
4.2.1.2	Modulación en FM	65
4.2.2.	Modulación Digital	65
4.2.2.1.	Modulación ASK	65
4.3	Demodulación	66
4.4	Modos de Transmisión	67
4.4.1.	Simplex (SX)	67
4.4.2.	Semiduplex (HDX, de half dúplex)	67
4.4.3	Duplex Total (FDX, de full dúplex)	67
4.4.4.	Duplex total/general (F/FX, de full/full dúplex)	67
4.5.	Transmisor	68
4.5.1.	Transmisor TL434A	68
4.5.2.	Receptor RLP434	69
4.6.	Comunicación serie	70
4.6.1.	Estandar RS-232	71
4.6.2	Conector DB9 de la la PC	71
4.6.3	MAX 232	73
4.7.	La Hyperterminal	73
4.8	Labview	75
4.8.1	Labview y el puerto serial	76



CAPÍTULO V Integración y Pruebas.	78
5.1. Pruebas con los Sensores	79
5.1.1. Pruebas Con el Sensor de Presión	79
5.1.2. Pruebas con el Sensor de Temperatura	81
5.1.3. Pruebas con el Sensor de Efecto Hall	83
5.2. Pruebas con el PIC16F84	85
5.3. Pruebas con el Multiplexor	86
5.4. Pruebas con el ADC	88
5.5. Pruebas con el Transmisor y Receptor	90
5.6. Diseño de Tarjeta impresa	93
5.7. Ensamble Final	97
CONCLUSIONES	98
ANEXOS	99
GLOSARIO DE TÉRMINOS	119
BIBLIOGRAFÍA	121



INTRODUCCIÓN

La meteorología es la rama de la física que estudia, analiza y predice los fenómenos que ocurren dentro de la atmósfera; estos fenómenos de la atmósfera ocurren en todas las escalas, desde lo más pequeño hasta escalas mundiales, y los impactos son relevantes para muchísimas actividades. Es de gran importancia en lo referido al conocimiento de nuestro entorno y al mismo tiempo una base de cómo utilizar todo esto a nuestro favor, analizando, investigando y haciendo predicciones. El conocimiento de nuestra atmósfera puede ayudarnos desde incrementar la producción agrícola, hasta el predecir huracanes y sus consecuencias, por ejemplo; para el ámbito de la Aeronáutica ayuda al desarrollo de las cartas de navegación, entre otras.

Para el estudio de la meteorología existen diversos instrumentos, cada uno con un fin diferente, existen instrumentos para medir la presión (barómetro, hipsómetro), temperatura (termómetro, sensores de temperatura), humedad atmosférica (psicrómetro, higrómetro), velocidad del viento (anemómetro), dirección del viento (veleta), precipitación (pluviómetro), radiación solar (piroheliómetro, piranómetro, pirorradiómetro), visibilidad (observación, transmisómetro), altura de las nubes (nefobasímetro), equipos de medición del cizallamiento de vientos (wind shear). Al mismo tiempo existe lo que se llama sondeo, lo cual es esencialmente evaluar varios de estos parámetros y medirlos en diferentes condiciones (diferentes alturas), para establecer una media y un comportamiento general de la atmósfera, este tipo de sondeos son realizados por medio de **Radiosondas**. La ventaja del uso de **Radiosondas** para este estudio es el hecho de que no es necesario tener el equipo cerca, que regrese o esté conectado por cable a tierra para obtener la información recopilada.

El ingeniero en aeronáutica necesita tener un conocimiento de las condiciones meteorológicas, objetivamente hablando, de los cambios que se presentan en el espacio aéreo y de los fenómenos que afectan al avión durante sus distintas etapas de vuelo, ello para una adecuada planeación de las operaciones dentro de los aeropuertos y sus alrededores; sin ella sería difícil llevar a cabo una correcta operación de las aeronaves, en cualquiera de sus diferentes etapas de vuelo.

Un ejemplo de ello son los vientos cruzados (Wind shear), Es importante conocer este fenómeno ya que de el desconocimiento de este puede causar un incidente o accidente, (de hecho ha causado esto), vuelo 63 de United Airlines, el 31 de Mayo de 1984 (Boeing 727).

Por ello se realizan una serie de estudios e investigaciones, los cuales ayudan a conocer nuestro entorno e intentar predecir las condiciones que se pueden presentar en un futuro próximo. Este estudio se enfocará a las Radiosondas meteorológicas, específicamente hablando de los dispositivos e interfaces electrónicas necesarias para la telemetría, las cuales han sido desde hace varios años y hasta la actualidad, un método bastante popular para la medición de las variables meteorológicas.



OBJETIVO

En el presente trabajo se realizará un estudio, investigación y desarrollo de los distintos elementos, sistemas y subsistemas que integran el sistema de telemetría asociado a una Radiosonda Meteorológica. De igual forma, se determinaran los parámetros necesarios y la implementación física de los dispositivos e interfaces que nos permitan el monitoreo de tres variables atmosféricas.



ALCANCE

Al final del estudio de los dispositivos y, una vez llevando a cabo el análisis técnico-comparativo, se podrá identificar las etapas que son necesarias para la conformación de un sistema de Telemetría, así como la adquisición de datos correspondiente asociado a una Radiosonda Meteorológica. Se pretende medir los siguientes parámetros:

- Temperatura
- Presión
- Velocidad del Viento

Se realizará una evaluación experimental a los diferentes componentes de la sonda, como lo son: sensores (presión, temperatura, y velocidad del viento), transmisor, receptor, microcontrolador, etc. Una vez realizada la evaluación se llevará a cabo su implementación con circuitos de prueba y al final su integración en circuitos electrónicos, diseñados y desarrollados como parte de la investigación.

Llevaremos este análisis hasta el punto de poder decidir cuáles son los mejores o los más convenientes componentes para la construcción del sistema de Telemetría de una Radiosonda, siempre tomando en cuenta que los factores anteriores son clave para el diseño de la carga útil, la cual es a su vez una variable importante a considerar en el diseño de la sonda. Finalmente, se decidirá sobre su alcance máximo de transmisión y se propondrá con los resultados obtenidos una alternativa de construcción y evaluación contra los equipos comerciales existentes.



JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se desarrolla para cubrir la poca o nula existencia en materia de Meteorología en nuestro país, ya que como en muchos otros casos, dependemos de tecnología importada en esta área. Por tal motivo creemos que es importante generar este tipo de tecnología, la cual esperamos ayude a trazar las bases para trabajos posteriores más profundos, y por qué no, en algún futuro contribuya con el inicio de una industria en materia de Meteorología a nivel Nacional. De esta forma, el proyecto que se describirá a continuación permitirá conocer más a fondo los distintos componentes que integran una **RadioSonda Meteorológica**

El Centro Meteorológico Nacional es la institución la cual se encarga del estudio de fenómenos climáticos en nuestro país; esta institución nos proporcionó un panorama más detallado de cómo realizar un estudio de las condiciones atmosféricas mediante el uso de **RadioSondas**. En base a dicho panorama encontramos que existe la necesidad y el interés de parte de esta y otras instituciones a nivel nacional, de apoyar la investigación y el desarrollo de nuevos proyectos que colaboren con el estudio de dichos fenómenos.



Capítulo I

INTRODUCCIÓN

La propagación de la energía solar se desarrolla a través de los diversos procesos de intercambio de calor entre la Tierra y la atmósfera. Asimismo, las variaciones de la temperatura y el contenido de humedad en la atmósfera producen cambios, los cuales ocasionan la mayoría de los fenómenos atmosféricos. La temperatura de la atmósfera se comporta de diferentes formas conforme se asciende a través de las distintas capas atmosféricas, estos cambios de temperatura se muestran en la figura 1.4. El conocimiento de estas variaciones es de importancia Meteorológica para identificar fenómenos de obstrucción a la visión y nubes de diferentes tipos en altura.

Finalmente, debido a los intercambios de calor que existen entre la superficie de la Tierra y la atmósfera, se genera un desplazamiento de la capa de aire, provocando los vientos, los cuales son de importancia conocer tanto en su desplazamiento como en su intensidad, con el objeto de poder programar diversas actividades que se efectúan en el aire, principalmente la aeronáutica.

Además de estas necesidades, es importante tomar en cuenta todo lo referente a los estudios e investigaciones que en torno a la atmósfera se refieren, tales como los estudios espaciales, la construcción de edificaciones de gran altura, y muchas otras. Es por ello que para poder dar a conocer tanto variables meteorológicas como las condiciones atmosféricas actuales, se debe contar con el equipo necesario para medir dichas variables y a partir de ellas efectuar pronóstico del comportamiento atmosférico para darlo a conocer al público en general y a las autoridades correspondientes. Así, actualmente el estudio y desarrollo de tecnología de RadioSondeo con lo cual se efectúen las mediciones de las variables a lo largo de la atmósfera, como son; humedad, temperatura y vientos, relacionadas con la presión y, a la vez, con la altura sobre el nivel del mar, se convierte en una necesidad primaria.

En este capítulo se aprenderán los conceptos básicos necesarios para comprender lo que es una Radiosonda Meteorológica, se investigará lo que ya existe a nivel mundial y también lo que existe a nivel nacional para poder dar un panorama correcto sobre la dimensión del problema. Se iniciará desde un punto general y se adentrará a cada una de las partes que la integran, sin llegar a datos técnicos, ya que eso se tratará en capítulos posteriores.



1.1. ¿QUÉ ES UNA RADIOSONDA METEOROLÓGICA?

Para comenzar se definirá cada parte de nuestro concepto base: RADIOSONDA METEOROLÓGICA. Una “SONDA” es aquel objeto o sistema que es enviado a explorar ciertos parámetros predeterminados; por “METEOROLOGÍA” se entiende a la ciencia que estudia los fenómenos atmosféricos. Finalmente, el prefijo “RADIO” indica que es un dispositivo que transmite ondas de radio a una frecuencia específica. De estas sencillas definiciones se puede tener una idea general de lo que es una Radiosonda y partiendo de esto, el lector se formará un concepto inicial de lo que es una Radiosonda. Al final de este capítulo se presentará la definición por la cual se registró este trabajo.

Las RadioSondas son ampliamente utilizadas o “lanzadas” en estaciones meteorológicas con el uso de globos. El término tan común de “globo meteorológico” incluye la RadioSonda y el globo que levanta la carga útil. Los globos meteorológicos se encargan de medir parámetros atmosféricos a alturas normalmente inaccesibles, pero que su conocimiento resulta de vital importancia para la predicción y el análisis meteorológico. La información de los parámetros medidos es enviada por medio de un transmisor hacia un receptor fijo en tierra, el cual se encarga de recabar la información para ser enviada a los meteorólogos.

Se comienzan a definir más detalladamente las partes que integran una RadioSonda y teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, podemos identificar al menos 4 partes que integran el dispositivo de estudio: *el globo, los dispositivos que realizan la medición, la parte que transmite, la parte receptora y finalmente el usuario final.*

1.1.1. El “Globo”

Aunque no es una parte de este estudio, es inevitable su entendimiento para crear una imagen total de una RadioSonda. El globo es necesario para elevar la Sonda y que esta recolecte los datos meteorológicos de las diferentes capas de la atmósfera. Este es fabricado de neopreno o de caucho sintético y es inflado con hidrógeno o helio. Llega a medir hasta 150cm de diámetro máximo y es capaz de levantar un peso de hasta 450g. En la figura 1.1 se muestra el globo usado para la Radiosonda.



Figura 1.1. Globo Meteorológico



1.1.2. La “Sonda”

Es una pequeña caja de aproximadamente 300g de peso, tiene integrados los dispositivos de medición, una antena externa que envía los datos a la estación en tierra y también un compartimento donde se resguarda la batería, la cual está encargada de suministrar la alimentación para los dispositivos de la Radiosonda. La imagen de una Radiosonda comercial es mostrada en la figura 1.2.

Dentro de la Radiosonda se tienen una serie de dispositivos que trabajan en forma conjunta para la obtención y el envío de los datos. Primero se tiene la parte que obtiene los datos de la atmosfera, la cual está integrada por *sensores*. ¿Pero qué sensores? Para contestar esta pregunta se necesita saber que parámetros se están midiendo, estudiarlos y seleccionar de los diferentes dispositivos para la medición de ese parámetro el más adecuado. Típicamente en una RadioSonda se miden los parámetros de: presión, temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, pero en el presente trabajo sólo se desarrollará el estudio de tres condiciones: Temperatura, Presión, Velocidad del viento.

La sonda cuenta con otros dispositivos como un microcontrolador (el cual se encarga de administrar la información), pero estos se desarrollarán en los siguientes capítulos dando una explicación técnica de cada uno de ellos, pero por ahora es necesario saber que son parte esencial para su correcto funcionamiento.

1.1.3. El “Transmisor”.

Este dispositivo debe tener características específicas de potencia y alcance, las cuales son necesarias para transmitir la información obtenida desde la altura a la que llega a alcanzar la RadioSonda, es decir, en tierra y hasta la altura tope en donde revienta el globo y comienza el descenso.



Figura 1.2. Radiosonda Meteorológica



Con respecto al techo de las mediciones con radiosonda, los sistemas de RadioSondeo se pueden agrupar en tres categorías distintas:

- a) Sistemas de la capa planetaria para mediciones de rutina dentro del intervalo de altura de 0 a 2,500 metros.
- b) Sistemas de radiosondeo para toma de muestras de la troposfera y baja estratosfera hasta 30 kilómetros.
- c) Sistemas de radiosondeo mesosférico, usando cohetes como vehículo, para tomar muestras de las capas atmosféricas entre 30 y 90 kilómetros.

Los equipos usados actualmente en el Servicio Meteorológico Nacional son de categoría “b”. Estas categorías se muestran en la figura 1.3.

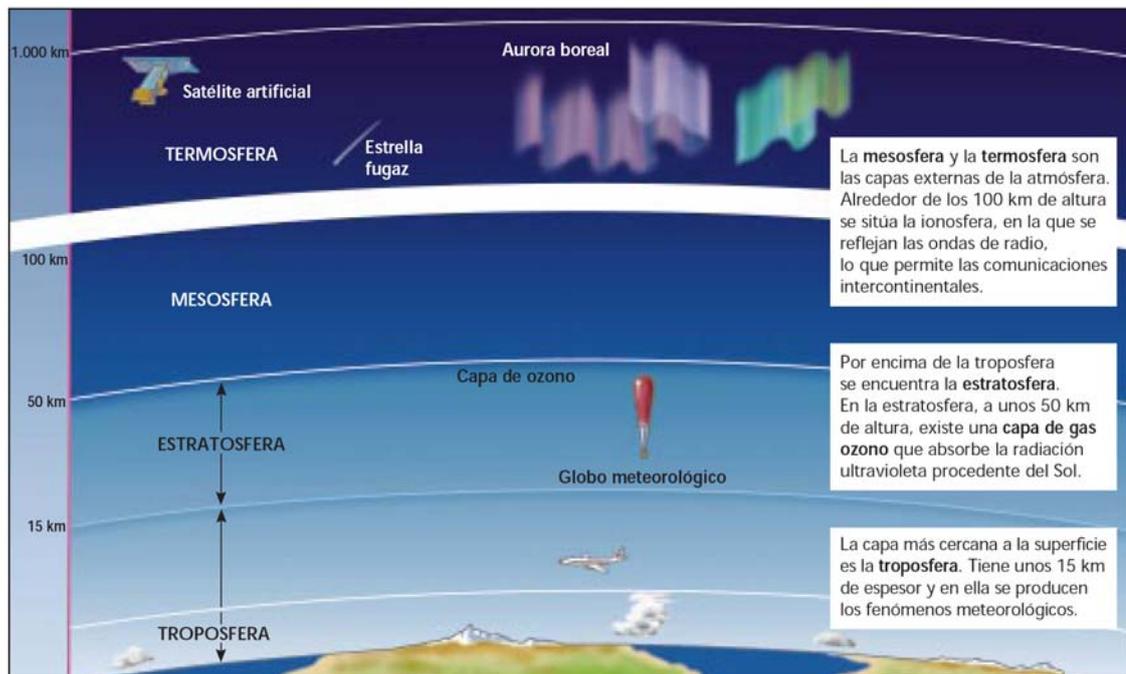


Figura. 1.3. Capas atmosféricas



1.1.4. El “receptor”

En la parte fija en tierra debemos de tener un receptor y una computadora con software especializado para el manejo de la información. El software es comúnmente desarrollado para la interpretación de los datos que entrega la RadioSonda, ya que el fin principal que debe cumplir es convertir estos datos en información meteorológica útil, para su posterior envío a las diferentes estaciones y ser compartida con la OMM (Organización Nacional de Meteorología).

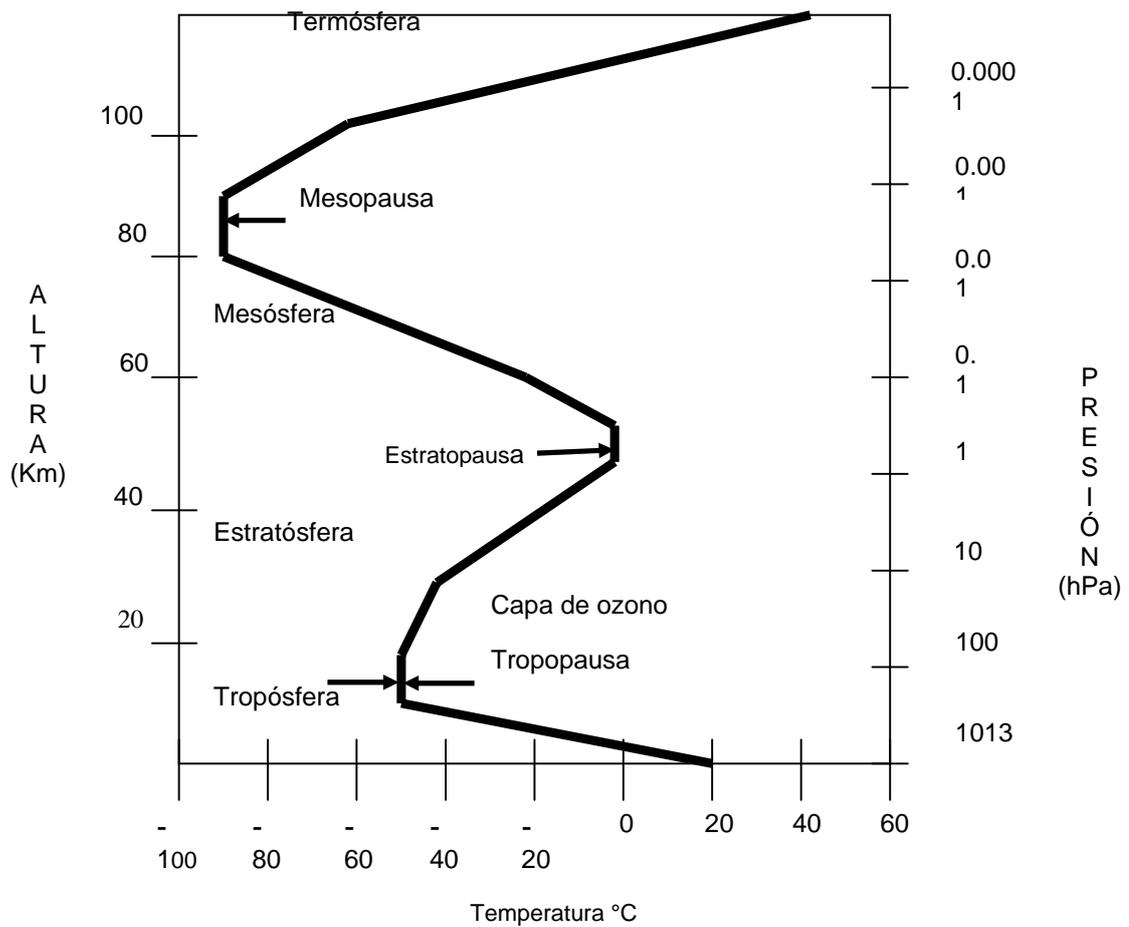


Figura 1.4. Comportamiento de la temperatura y la presión respecto a la altitud



1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS EN MÉXICO

A continuación se hace referencia a lo que está sucediendo actualmente en México en materia de Radiosondeo. Así mismo, es tiempo que se analicé un poco acerca de las bases sobre las cuales se está planteando esta investigación y trabajando para realizar los objetivos propuestos y cumplir el alcance previamente establecido.

En México existen Estaciones de Radiosondeo distribuidas a lo largo y ancho de la República Mexicana, mismas que actualmente pertenecen a la Comisión Nacional del Agua, en las cuales se realizan de una a dos observaciones al día, analizando la atmósfera a lo largo de la vertical, el número de observaciones diarias depende de factores como: el personal, equipo especial y suministro de material con que cuenta cada estación. La importancia de ésta actividad es que una vez terminada la observación se difunde el mensaje y los resultados del sondeo atmosférico, estos se envían al Centro de Pronósticos de la Gerencia del Servicio Meteorológico Nacional, para que éste a su vez los transmita a nivel internacional a los países afiliados a la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

En el Servicio Meteorológico se tiene poca información histórica de los radiosondeos, y en una forma aislada; algunos de los datos que sabemos es que el primer radiosondeo que se envió a la atmósfera fue el 30 de enero de 1930, alcanzó una altura de 9km e incluyo un paquete de instrumentos que se elevaron mediante un globo y un sistema de transmisión de datos. A partir de 1935 la red mundial se extendió y en 1948 se realizarían los primeros radiosondeos simultáneos en México, estos fueron en Mérida y Mazatlán, utilizando equipos de teodolito de rastreo manual.

Esta red de radiosondeos se ha ido extendiendo alrededor del país e igualmente ha actualizado el equipo para esta tarea, llegando a tener las RadioSondas más actuales en el mercado. La siguiente tabla nos muestra la localización de las estaciones, su fecha de establecimiento y las coordenadas a las que se realiza el sondeo.

No.	CÓDIGO	NOMBRE	Año Inicial	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
	INTERNACIONAL					
1	76225	CHIHUAHUA, CHI	1964	28°42'	106°04'	1428.65
2	76256	EMPALME, SON	1964	27°59'	110°46'	12
3	76382	TORREÓN, COAH	1995	25°34'	103°27'	1123.0
4	76393	MONTERREY, NL	1964	25°44'01"	100°18'17"	515
5	76405	LA PAZ, BCS	1991	24°07'	110°19'	18.5
6	76458	MAZATLAN, SIN	1948	23°11'	106°25'	2.83
7	76526	ZACATECAS, ZAC	2000	22°44'	102°30'	2265
8	76595	CANCÚN, Q. ROO	1995	21°03'	86°85'	10.00
9	76612	GUADALAJARA, JAL	1979	20°40'48"	103°21'12"	1551.13
10	76644	MÉRIDA, YUC	1948	20°57'	89°39'	11.0
11	76654	MANZANILLO, COL	1976	19°04'	104°20'	3.41
12	76680	MÉXICO, D.F.	1948	19°24'	99°11'	2302.9
12	76692	VERACRUZ, VER	1952	19°07'40"	96°07'35"	13.0
13	76723	ISLA SOCORRO, COL	1973	18°43'	110°57'	34.0
15	76805	ACAPULCO, GRO	1993	16°45'	99°46'	3

Tabla 1.1 Localización de las Estaciones Meteorológicas alrededor del País



Como se puede observar, las primeras estaciones fueron las de Mazatlán y Mérida, seguidas el mismo año por la de la capital. Los lugares en los cuales se han establecido son lugares de importancia por su por su posicionamiento meteorológicamente estratégico, actualmente las estaciones que lanzan dos equipos al día son las estaciones de México y Guadalajara, las demás actualmente realizan uno solo.

En México actualmente no se fabrica, como producción a gran escala, ningún tipo de RadioSonda, pero esto no fue así todo el tiempo, en el pasado existió una empresa la cual se dedicaba a crear instrumentación meteorológica y dentro de esto las RadioSondas, pero hace algunos años fue comprada por su más grande competidor, Vaisala (Empresa de origen Finlandés, la cual desarrolla instrumentos de medición), por tanto son estas las RadioSondas adquiridas por el SMN (Servicio Meteorológico Nacional).

El análisis de los parámetros atmosféricos nos permite conocer la estabilidad de la atmósfera a nivel local, y en conjunto con todas las estaciones de Radiosondeo que existen en México, Estados Unidos, Canadá, Centroamérica y el Caribe, se pueden configurar mapas meteorológicos de la alta atmósfera y apoyar la modelación del tiempo a corto y mediano plazo.



1.3. ACTUALIDAD DE LAS RADIOSONDAS

La Radiosonda se puede definir como un sistema o dispositivo utilizado en las estaciones meteorológicas, ésta utiliza un globo como medio de transporte y que a través del uso de sensores se encarga de recopilar información sobre diferentes parámetros atmosféricos desde la altura a la que es lanzada hasta una altura tope específica, enviando esta información en tiempo real a un equipo receptor en tierra para su análisis y estudio posterior.

El desarrollo de tecnología en referencia a las RadioSondas con el paso de los años se ha visto en una carrera bastante acelerada a nivel mundial, esto se puede explicar debido a la misma velocidad de desarrollo de otras tecnologías como lo es la electrónica, y también la necesidad en aumento de una industria creciente como lo es la Aeronáutica.

La tecnología actual es utilizada al 100% en el desarrollo de las RadioSondas, cuando se habla de tecnología nos referimos a todos los avances que existen en materia de producción, ya sea de hardware o de software especializado, así como los métodos de manufactura de cada componente que integra una RadioSonda. Los cambios en diseños, sensores, sistemas de transmisión y recepción, han llevado a los equipos actuales a tener características altamente atractivas, en comparación con los equipos utilizados no hace muchos años, como lo es un tamaño bastante compacto, un alcance mayor, un peso muy reducido, niveles de error igualmente reducidos, etc. lo cual a su vez ha hecho que el mercado sea cada vez más pequeño, con cada vez menos fabricantes y a su vez precios cada vez más altos.

A base de ejemplo se puede mencionar la evolución notable del método de seguimiento de la RadioSonda, que en la actualidad se realiza mediante la red de navegación de satélites, GPS; mientras que, hasta no hace muchos años, debía de llevarse a cabo mediante el “teodolito meteorológico”, mostrado en la figura 1.5, instrumento que permitía conocer la posición del globo mediante la medida de ángulos con respecto al horizonte y con respecto a los puntos cardinales.



Figura.1.5. Determinación de la posición del globo sonda mediante el uso de un teodolito meteorológico.



Como se mencionaba anteriormente, para elevar la RadioSonda se utiliza un globo, pero en los inicios de los sondeos aerológicos, a finales del siglo XIX, no se utilizaba un globo, se usaban cometas para realizar esta misma tarea, aunque la medición no era tan completa como lo es en estos días, en la figura 1.6. Mostramos este tipo de sondeo

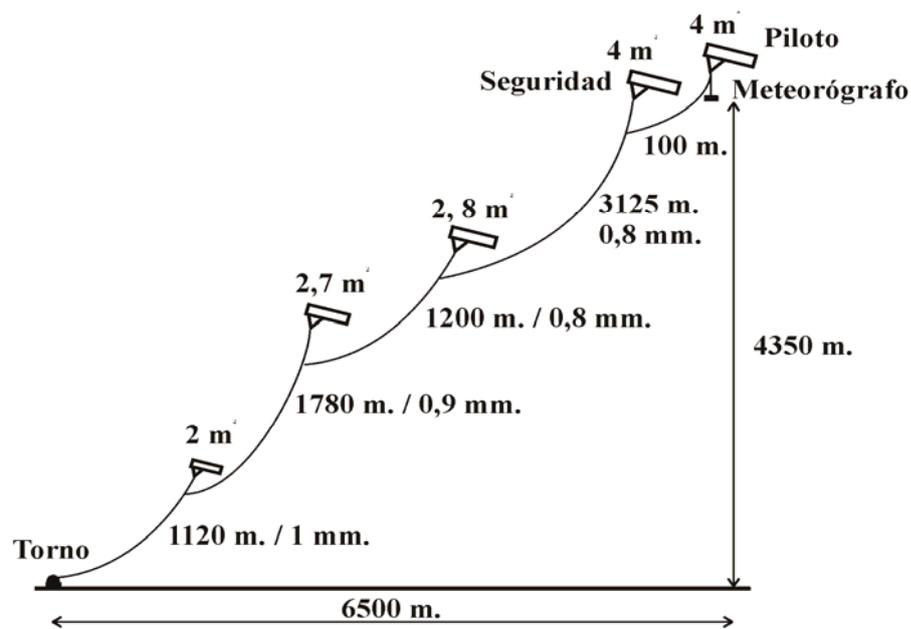


Figura.1.6. Método de las cometas para elevar un meteorógrafo.

El mercado de las RadioSondas actualmente se encuentra liderado por la empresa Vaisala de origen Finandés, la cual no sólo se dedica a la producción de RadioSondas sino de cualquier tipo de instrumentación meteorológica. Es por esto que desde hace algunos años esta empresa ha ido ganando terreno y desplazando a sus competidores más pequeños, así “monopolizado” el mercado, dejando a su criterio los precios de los equipos, así como las características a igualar por los competidores todavía existentes.



1.4. DISEÑO CONCEPTUAL

Para comenzar un diseño conceptual se debe de tener en claro varios factores que son claves para un desarrollo que nos lleve a completar con éxito la creación del producto así como su implementación exitosa en el mercado deseado. En este punto se realizará un desglose de las funcionalidades y requerimientos generales que se necesitan para este producto, la RadioSonda, una vez teniendo esto se puede saber más allá de lo que ya se ha visto previamente en este capítulo, se descubrirá, el como es, cómo queremos que sea, cómo se pide que sea la RadioSonda una vez que concluya este estudio.

Muchas de las características, requerimientos o necesidades que debe de cumplir este equipo ya se ha mencionando previamente, en este momento se generará una recopilación de todas estos requerimientos ó necesidades, para generar la imagen completa. El desglose de estas características será más sencillo y comprensible si se divide en generalidades, y eso haremos:

Características físicas:

- Carga Útil liviana
- Armado o ensamblado sencillo
- Desechable
-

Características Funcionales:

- Largo alcance
- Trabajar en condiciones atmosféricas “variables” y hasta extremas
- Poco consumo de energía
- Velocidad de medición rápida (ms)
- Velocidad de transmisión rápida
- Compatible con Sistemas Operativos y hardware actuales
-

Características Generales:

- Atractivo a la vista (comparable a lo existente)
- Bajo costo en componentes y mano de obra
- Software amistoso
- Bajo costo general

Una vez que se tiene estas características desglosadas se inicia por darle un enfoque a cada una, más allá de la característica existe una necesidad que esta debe cubrir, así como una relación entre todas las demás necesidades, este análisis se desarrollará por medio del llamado “Diagrama de afinidad”:



Una vez que se logra obtener las necesidades de la voz del cliente, se identifica qué necesidades Nivel 1 (las más generales) tenemos y que necesidades Nivel 2 (son más específicas). En un estudio de este tipo se recomienda tener como máximo 3 niveles de necesidad.

Necesidades Nivel 1:

- Carga Útil Liviana
- Armado o ensamblado sencillo
- Desechable
- Largo alcance
- Velocidad de medición rápida
- Velocidad de transmisión rápida
- Facilidad en cuanto a manejo
- Software amistoso
- Bajo Costo general

Necesidades Nivel 2:

- Trabajar en condiciones atmosféricas “adversas”
- Poco consumo de energía
- Compatible con SO y Hardware actuales
- Bajo costo en componentes y mano de obra

Ahora que ya se identificó cuales son necesidades de Nivel 1 y de Nivel 2 se agruparán y se deducirá si es necesario encontrar más.

Necesidades Nivel 1 y Nivel 2:

- Carga Útil Liviana
 - o Componentes Pequeños
 - o Poco consumo de energía
 - o Armado compacto
- Armado o ensamblado sencillo
 - o Diseño electrónico sencillo
 - o Componentes bien organizados
- Desechable
 - o Bajo costo en componentes y mano de obra
- Largo alcance
 - o Capaz de trabajar en condiciones atmosféricas adversas
 - o Transmisores de buena calidad
 - o Buen sistema de detección y corrección de errores por software
- Velocidad de medición rápida
 - o Sensores bien calibrados
 - o Menor número de componentes posible



- Velocidad de transmisión rápida
 - Transmisores de buena calidad y bien acoplados
- Atractivo a la vista
 - Tamaño compacto
 - Compatible con SO y hardware actuales
- Software amistoso
 - Utilización de software especializado
- Bajo Costo general
 - Bajo costo en componentes
 - Posibilidad de utilizar productos nacionales

Finalmente, lo que se hace es realizar un último análisis para poder deducir las necesidades Nivel 3; las cuales son todavía más específicas, estas ayudarán a aclarar todas estas ideas:

Necesidades Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3:

- Carga Útil Liviana
 - Componentes Pequeños
 - Comparación de diferentes componentes
 - Batería pequeña
 - Poco consumo de energía
 - Relación tamaño-peso/potencia alto
- Armado o ensamblado sencillo
 - Diseño electrónico sencillo
 - Buen estudio de los componentes disponibles
 - Armado compacto
 - Componentes bien organizados en la tabla electrónica
- Desechable
 - Bajo costo en componentes y mano de obra
 - Estudio de mercado
 - Comparación de diferentes productos
- Largo alcance
 - Capaz de trabajar en condiciones atmosféricas adversas
 - Componentes con características de trabajo en exteriores
 - Buen diseño de caja o cubierta protectora
 - Transmisores de buena calidad



- Estudio de mercado
- Buen sistema de detección y corrección de errores por software
- Pruebas y calibración

- Velocidad de medición rápida
 - Sensores bien calibrados
 - Estudio a fondo de los sensores
 - Menor número de componentes posible
 - Estudio de mercado

- Velocidad de transmisión rápida
 - Transmisores de buena calidad y bien acoplados
 - Pruebas

- Atractivo a la vista
 - Tamaño compacto
 - Componentes pequeños
 - Nueva tecnología
 - Compatible con SO y hardware actuales
 - Estudio de las nuevas tecnologías relacionadas

- Software amigoso
 - Utilización de software especializado
 - Utilización de LABView

- Bajo Costo general
 - Bajo Costo en componentes
 - Estudio de Mercado
 - Posibilidad de utilizar productos nacionales
 - Estudio de Mercado



Como resultado de este análisis tenemos una lista de necesidades estratificadas por niveles más fáciles de entender, así lo primero que sigue es empezar a priorizar para enfocar la dirección que le dará a este estudio.

1.4.1. Definición de Prioridades:

Para hacer la definición de las prioridades se debe de tomar en cuenta todo, es decir, se debe de tomar en cuenta desde la facilidad de conseguir los componentes, cómo el tipo de tecnología y conocimiento con el que se cuenta para la instalación de los mismos.

Las necesidades que no se pueden evitar van a ser nuestras prioridades, y sobre esas se basará este estudio:

- Carga Útil Liviana
- Desechable
- Software amistoso
- Bajo Costo general

Ahora se puede dar una descripción de la RadioSonda más detallada y al mismo tiempo obtener una muy buena idea de cuál es el fin que se quiere alcanzar con la realización de este estudio.

La RadioSonda que se desarrollará, será un equipo de medición atmosférica con el cual se medirán parámetros a lo largo de diferentes alturas de la atmósfera. Este equipo está enfocado para su utilización por la dependencia gubernamental a cargo del monitoreo atmosférico, a la cual con esto le daremos un beneficio extra al encontrar un nuevo producto con características bastante atractivas como lo es el ser ligero, el poder ser utilizado por personas de conocimientos variados, un producto desechable pero que más que nada le generará un gasto menor al que se encuentra actualmente en estos productos.



Capítulo II

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos físicos que se encuentran en la naturaleza son extremadamente importantes para el ser humano, es por ello que es necesario conocer como se comportan al paso del tiempo.

¿Cómo saber con que intensidad llueve?, ¿cómo saber con qué intensidad lloverá mañana? o ¿por qué en algunas regiones hace más calor que en otras? son algunas de las interrogantes que el ser humano ha tenido a lo largo de mucho tiempo; las respuestas a estas preguntas ayudan a comprender el mundo en que vivimos. Es importante determinar como estudiar algunas de estas condiciones físicas, por ejemplo: **Presión, Temperatura, Velocidad del Viento, Humedad**, entre otras.

Algunas de los temas que se tratarán en este capítulo son:

- Transductores
- Sensores
- Tipos de Señal (Analógica-Digital)
- Acondicionamiento de Señal
- Conversor Analógico-Digital



2.1 SENSOR Y TRANSDUCTOR

Se emplean a veces como sinónimos, el ampliar la capacidad para adquirir una medida de alguna de las cantidades físicas que están presentes en el entorno en que vivimos, ya que por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos del ser humano.

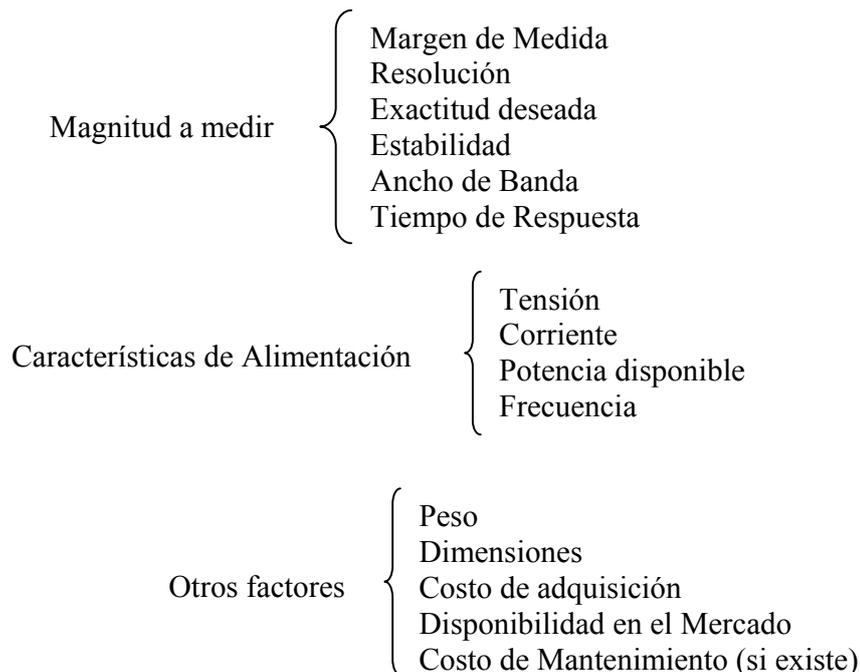
2.1.1 Un **sensor**

Es un dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser por ejemplo temperatura, intensidad luminosa, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc.

2.1.2 Un **transductor**

Es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otro tipo de energía diferente a su salida. El nombre transductor nos indica cual es la transformación que realiza, aunque no necesariamente la dirección de la misma. Es un dispositivo usado principalmente en la industria, en la medicina, en la agricultura, en robótica, en aeronáutica, etc. El cual es usado para obtener la información de entornos físico, químicos.

Cuando se encuentra la necesidad de utilizar un sensor es importante considerar varios aspectos, ya que una buena decisión en cuanto a esta selección puede ayudarnos a simplificar nuestro problema, mostramos enseguida los principales factores que tenemos que considerar en la elección de un Sensor.





2.1.3. SENSOR DE TEMPERATURA

Diferentes técnicas para medir la temperatura son usadas hoy en día, Algunas de las más comunes son; Termistores, Termopar, y sensores de IC. El uso de cada uno de ellos depende del tipo de aplicación para la cual se desee.

Unión P-N. Son dispositivos semiconductores, son usados para formar transistores y diodos. Como esa unión es también sensitiva a la luz y a los cambios de la temperatura. Por ello estos dispositivos son usados para sensar la temperatura. La unión de un semiconductor esta sensando la temperatura y esta propiedad puede ser usada para fabricar un termómetro. Con un circuito adicional incluido en el sensor, la salida puede ser ajustada a medir la temperatura en cualquier escala de Temperatura, ya sea Kelvin o Celsius.

Termistores. Un **Termistor NTC** (Negative Temperature Coefficient) es una resistencia variable cuyo valor va decreciendo a medida que aumenta la temperatura. Son resistencias de coeficiente de temperatura negativo, constituidas por un cuerpo semiconductor cuyo coeficiente de temperatura es elevado, es decir, su conductividad crece muy rápidamente con la temperatura.

Termopar. Un termopar consiste básicamente en la unión de dos metales distintos que producen un voltaje y este voltaje está en 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. En Instrumentación industrial, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado centígrado son difíciles de obtener.

Sensores de IC. Las industrias hoy en día fabrican una gran variedad de este tipo de sensores, los cuales son diseñados para tratar de evitar errores que puedan existir respecto a los grandes cambios de temperatura. Algunos de ellos son circuitos analógicos con cualquier tipo de voltaje o corriente de salida, otros tipos contienen comparadores analógicos y por ultimo existen otros tantos que incorporan circuitos analógicos para el sensado y circuitos I/O digitales.



2.1.3.1. Sensor de temperatura LM35 Vs LM335

El LM35 y LM335 trabajan bajo el uso de una unión P-N (diodo Zener), ya que este es pensado y construido para trabajar con valores de tensión inversa, y de ruptura, de manera que el voltaje es proporcional a la temperatura absoluta obtenida y por ello nos da un termómetro lineal. Ambos Sensores se seleccionaron porque una de sus ventajas, es la que se les puede encontrar en la mayoría de tiendas de electrónica muy fácilmente a un agradable costo, además su conexión y uso son muy fáciles. En la tabla 2.1 se muestran las características principales de ambos sensores.

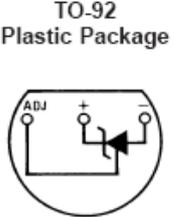
Características del Sensor LM35		Características del Sensor LM335	
			
Factor de Escala	Lineal 10mv/°C	Factor de Escala	Lineal 10 mV/°K.
Precisión	0.5 °C	Precisión	1 °K
Rango	-55 a +150°C	Rango	-55 a +150°C
Voltaje de Operación	4 a 30 volts	Voltaje de Operación	2.95 to 3.04
Impedancia	0.1Ω por 1mA	Impedancia	1Ω
Corriente de entrada	60μA	Corriente de entrada	400 μA to 5 mA
Costo	\$23 MN	Costo	\$55 MN

Tabla.2.1 Principales características del LM35 y LM335

Para este proyecto decimos utilizar el LM35 por varias razones, una de ellas es que el LM335 a su salida muestra un valor el cual se debe interpretar en grados Kelvin (°K), o sea que para saber el valor correcto en ° C se tendría que hacer una conversión de este valor. El cual se puede hacer desarrollando el logaritmo correspondiente, o tal vez hacerlo por Software (con Labview o mediante programación) pero ello no es necesario porque el LM35 da a su salida un valor de voltaje el cual es proporcional en Grados Centígrados (°C), solo es necesario tomar en cuenta que por cada 10 mV que entrega el sensor representa 1 °C.

Tenemos también que los valores que se muestran a la salida del LM35 se aproximan al 90 % en los dos primeros minutos del inicio de su operación, cuando este Sensor tiene 4 minutos de operación está prácticamente en equilibrio, propiamente dicho para el uso en la Radio Sonda meteorológica.



2.1.4. SENSOR DE PRESION (Piezoresistivo)

El efecto piezoresistivo describe el cambio de resistencia eléctrica de un material resistente (silicona) al cual se le aplica una tensión mecánica. El efecto piezoresistivo difiere del efecto piezoeléctrico, ya que el efecto piezoresistivo solo cambia en cuanto a la resistencia, mientras que el efecto piezoeléctrico genera un potencial eléctrico. Tenemos presente como ejemplo del efecto piezoresistivo en los metales, semiconductores y en silicón, Este efecto es el que se usa para los Sensores MPXH6115A y MPX4100A.

El efecto piezoresistivo de semiconductores ha sido usado para trabajar toda especie de materiales semiconductores tales como el germanio, silicón poli-cristalino, silicón amorfo y un cristal simple de silicón. El silicón hoy en día es el material escogido para integrar circuitos digitales y analógicos, el uso de silicón piezoresistivo ha sido de gran interés. La fácil integración de sensores de presión con circuitos bipolares y CMOS (Lógica Metal-Oxido Semiconductor con transistores complementarios).

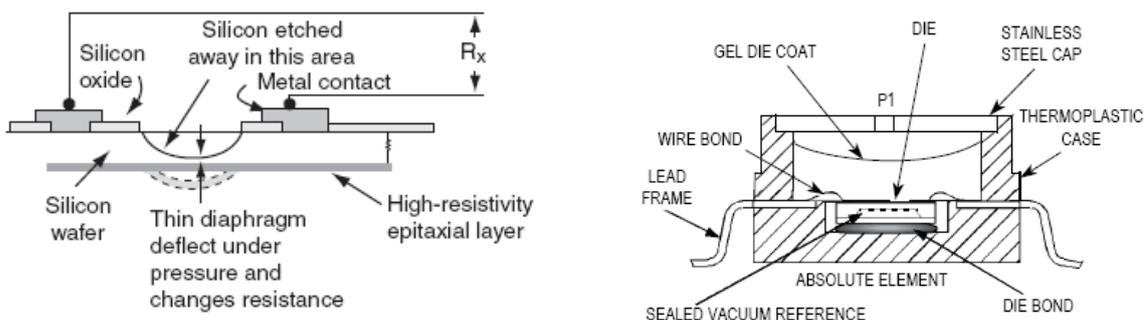


Figura. 2.1 Estructura interna de sensor de Presión

Este sensor de presión se basa en materias semiconductoras. El cambio de resistencia se basa en la movilidad cambiada de los electrones en la estructura cristalina. Con materias semiconductoras (generalmente silicona) el cambio de resistencia es hasta 100 veces más grande que con materias metálicas. Eso hace posible, una fabricación de sensores muy pequeñas y a la vez rangos de medida muy pequeños (mbar). La materia de la membrana (silicona) y los contactos eléctricos al sensor de presión son muy sensitivos e incompatibles con la mayoría de los medios. Por lo tanto, la presión tiene que ser dirigida a la membrana mediante una membrana separadora y un líquido (generalmente aceite silicona) para transferir la presión. Al lado del medio, se utiliza una membrana con ondulaciones concéntricas de acero inoxidable, figura 2.1.



2.1.4.1. Sensor de presión MPX4100A VS MPXH6115A

Estos sensores son del tipo pizoresistivo, ahora conoceremos sus características principales de trabajo, las cuales tomamos de referencia para la selección de alguno de ellos, este sensor será el encargado de medir la presión de la atmósfera a una cierta altitud. Tabla 2.2

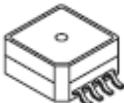
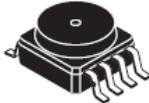
Características del Sensor MPXH6115A		Características del Sensor MPX4100A	
 MPXH6115A6U/6T1 CASE 1317-04		 MPXA4100A6U/T1 CASE 482-01	
Tiempo de respuesta	1.0 ms	Tiempo de Respuesta	1.0 ms
Sensibilidad	45.9 mv/Kpa	Sensibilidad	54 mV/Kpa
Voltaje de Entrada	5 volts	Voltaje de Entrada	5 volts
Rango de Error	1.5%	Rango de Error	1.8%
Rango de Presión	De 15 a 115 Kpa	Rango de Presión	De 20 a 105 Kpa
Corriente	10 mA	Corriente	10 mA max
Peso	1.5 gramos	Peso	3.5 gramos
Costo	\$ 9 US	Costo	25 €

Tabla. 2.2. Comparación entre los sensores de presión

Para este proyecto se utilizará el sensor de presión MPXH6115A6U, ya que este sensor está diseñado específicamente para uso de altímetros, estaciones meteorológicas, barómetros, por otra parte tiene un tamaño accesible y este cuenta con acondicionamiento de señal interno, esto quiere decir que la señal que entrega es la adecuada para trabajar con un microcontrolador.

En contraste el sensor MPX4100A que necesita de un acondicionamiento de señal, en cuanto al costo es un poco mayor que el sensor MPXH6115A6U. Cabe hacer mencionar que uno de los problemas que se encontró con estos sensores es que a nivel nacional solo se les encuentra en muy pocas tiendas de electrónica, por ello no se abunda tanto en la prueba de varios de ellos ya que por lo que se muestra ambos sensores son importados y con ello su costo es mayor.



2.1.5. SENSOR DE EFECTO HALL

Cuando por una placa metálica circula una corriente eléctrica y ésta se halla situada en un campo magnético perpendicular a la dirección de la corriente, se desarrolla en la placa un campo eléctrico transversal, es decir, perpendicular al sentido de la corriente. Este campo, denominado campo de hall, es la resultante de fuerzas ejercidas por el campo magnético sobre las partículas de la corriente eléctrica, sean positivas o negativas

Este fenómeno tiene dos consecuencias principales. La primera es que la acumulación de cargas en un lado de la placa, en el campo así creado, implica que el otro lado tiene una carga opuesta, creándose entonces una diferencia de potencial; la segunda es que la carga positiva posee un potencial superior al de la carga negativa. La medida del potencial permite, por tanto, determinar si se trata de un campo positivo o negativo.

En la mayor parte de los metales, la carga es negativa, pero en algunos metales como el hierro, el zinc, el berilio y el cadmio, la carga es positiva, y en los semiconductores es positiva y negativa al mismo tiempo. Hay una desigualdad entre el intercambio negativo y el positivo de los electrones; también en este caso, la medida del potencial permite saber cuál domina, el positivo o el negativo.

Los sensores basados en efecto Hall suelen constar de un elemento conductor o semiconductor y un imán. Cuando un objeto ferro-magnético se aproxima al sensor, el campo que provoca el imán en el elemento se debilita. Así se puede determinar la proximidad de un objeto, siempre que sea ferro-magnético. En la figura 2.2 se muestra cómo se comporta el sensor de efecto hall.

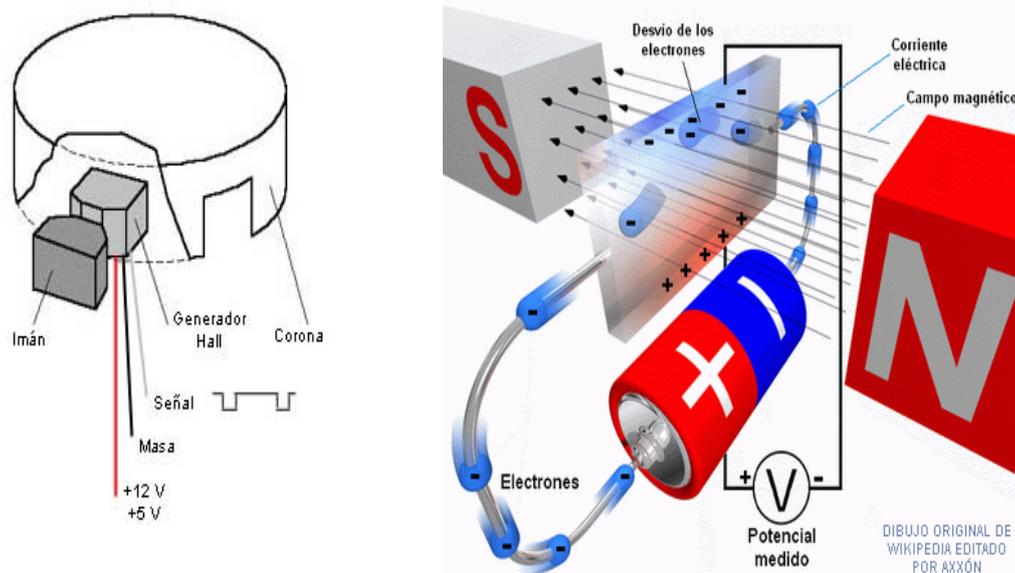


Figura. 2.2 Efecto Hall



2.1.5.1. Sensor de Efecto hall UGN3132LT VS DN6851

Este tipo de sensores se utilizan especialmente para medir la aproximación y la dirección de algún componentes, ya sea engranes, poleas o algunos proyectos dentro de la electrónica. Como se menciono estos sensores basan su funcionamiento en la detección de algún campo magnético que se encuentre a su alrededor. En la tabla 2.3 que se muestra a continuación se muestran las características principales de dos de ellos.

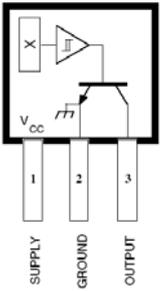
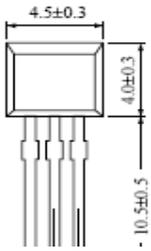
Características del Sensor UGN3132LT	Características del Sensor DN6851
	
<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilidad ilimitada • Voltaje de Operación 4.5 a 24 Volts • Corriente de entrada 4.3 mA • Tiempo de respuesta 4µs • Costo \$46 MN 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilidad ±20 gauss • Voltaje de Operación 3.6 a 16 Volts • Corriente de entrada 8 mA • Tiempo de respuesta 6 µs • Costo \$15 MN

Tabla 2.3. Comparación entre sensores Hall

¿Por que utilizamos este sensor?

Como se comento en el capítulo 1, las Radiosondas utilizan un GPS para medir la dirección del viento, ya que no se cuenta con dicha tecnología y tal tecnología requiere de un estudio más profundo y detallado se ha decidido utilizar un anemómetro de copas para medir la velocidad del viento, este instrumento que actualmente se utiliza en estaciones meteorológicas en tierra es más accesible y su uso es mas practico.

Este instrumento no cuenta con algún sensor que nos indique a qué velocidad está girando, pero tiene incluido un imán. Aquí es donde entra nuestro sensor de efecto hall, el cual enviara información de la velocidad a la que gira el anemómetro de copas. A continuación en la figura 2.3 mostramos un anemómetro de copas.



Figura. 2.3 Anemómetro de Copas



2.2. TIPOS DE SEÑAL

En general una señal es lo que fluye a través de un canal formado por un sistema de medida, entre el sistema de bajo observación y la salida eventual del sistema de medida. Hoy en día generalmente imaginamos una señal como un fenómeno eléctrico, Pero hay que tener en cuenta que, una perturbación con un movimiento mecánico o una vibración, una emisión de luz, sonido u otro tipo de energía también constituyen una señal. Los conductos por la cual la señal será observada y llevada hacia el sistema de medida son hilos, cables, tubos, medios sólidos, líquidos, o gases, etc.

De lo anterior podremos definir que una **señal** es una variable física tal que su magnitud o su variación en el tiempo contiene información. Con el fin de medir estas señales para nuestro estudio propio nosotros usamos transductores o sensores para poder interpretar estos fenómenos. Dado que en algunos circuitos podemos encontrar a su salida información en forma **Analógica** o más recientemente **Digital**, es importante saber cual es funcionamiento básico de ambos, para entender lo mejor estudiaremos a continuación estos tipos de señales.

2.2.1. Señal analógica.

La mayoría de las magnitudes físicas se presentan en la naturaleza de forma Análoga y través de los sensores se presentan como señales eléctricas (voltaje o corriente) que varían suave y continuamente sobre un rango específico, señales que dentro de un margen pueden tomar cualquier valor; entre dos valores cualesquiera siempre puede tomar otro intermedio, un buen ejemplo es el que se presenta en la Figura 2.4.

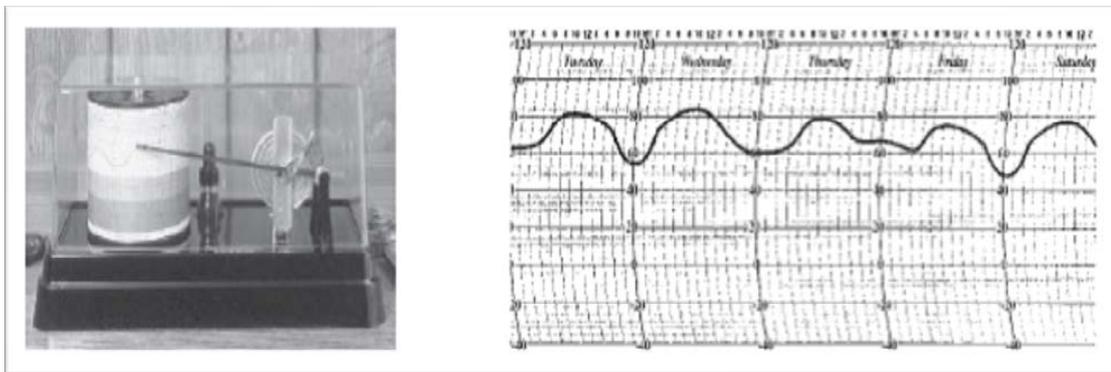


Figura 2.4. Termómetro Analógico

Algunas desventajas que encontramos principalmente en las señales analógicas es que; las señales de cualquier circuito o comunicación electrónica son susceptibles de ser variadas de forma no deseada de diversas maneras mediante el ruido, lo que ocurre siempre en mayor o menor medida. La gran desventaja respecto a las señales digitales, es que en las señales analógicas, cualquier variación en la información es de difícil recuperación, y esta pérdida afecta en gran medida al correcto funcionamiento y rendimiento del dispositivo analógico.



2.2.2. Señal digital

Las cantidades digitales varían en niveles discretos, en la mayoría de los casos, estos niveles son ajustados a dos valores, 1 (uno) y 0 (cero). Los sistemas digitales cargan información usando solo estas dos combinaciones (ON-OFF) de señales eléctricas que son usualmente en forma de código que representan la información. Un buen ejemplo de esto es el que se muestra en la figura 2.5

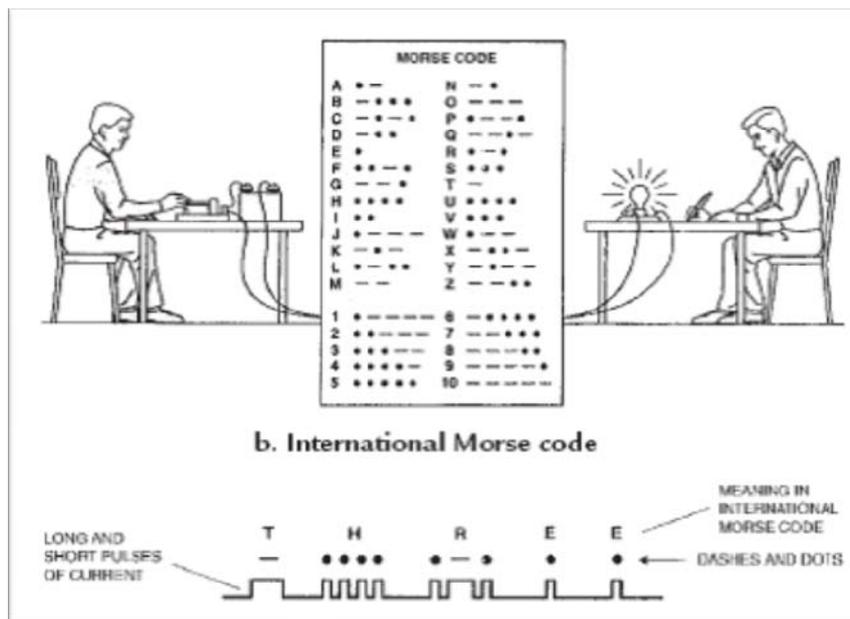


Figura 2.5. Telégrafo (Código Morse)

Los dos niveles ON-OFF mencionados anteriormente son los aquellos a los cuales se les identifica más comúnmente como 1(un) y 0(cero) el cual no es otra cosa que el sistema digital Binario. El 1 (uno) y 0 (cero) son llamados (**B**inary **d**igits) dígitos binarios o bits, el máximo código de combinaciones 2^n depende del número de bits, n , usados para representar la información. Un ejemplo de esto, es cuando usamos un código de 4-bit el cual representara 16 cantidades, y para representar cantidades más largas se deberá usar un código más extenso tal es el caso del de 16-bit con el cual nos podremos dar cuenta de que el número representara 65,536 cantidades.

Los niveles específicos dependen del tipo de dispositivos utilizado. Por ejemplo si se emplean componentes de la familia lógica TTL (transistor-transistor-logic) los niveles son 0 V y 5 V, aunque cualquier valor por debajo de 0,8 V es correctamente interpretado como un 0 y cualquier valor por encima de 2 V es interpretado como un 1 (los niveles de salida están por debajo de 0,4 V y por encima de 2,4 V respectivamente). En el caso de la familia CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor), los valores dependen de la alimentación. Para alimentación de +5 V, los valores ideales son también 0 V y 5 V, pero se reconoce un 0 hasta 2,25 V y un 1 a partir de 2,75 V. Estos ejemplos muestran uno de los principales atractivos de las señales digitales: su gran inmunidad al ruido.



A continuación se muestra la Tabla 2.4 en la cual se podrá ejemplificar mejor lo antes explicado, el primer código de bits a el lado derecho de la figura del código es llamado (LBS- “*the least significant bit*”) el bit menos significativo, se le denomina así porque es el bit que tiene el menor peso. El ultimo código mostrado es llamado (MSB-“*most significant bit*”) el bit más significativo, por lo contrario esto significa que este bit por si solo es el que tiene el mayor peso.

Decimal (XX_{10})	Binary ($XXXX_2$)	
0	0000	← Least significant bit (LSB)
1	0001	
2	0010	
3	0011	
4	0100	
5	0101	
6	0110	
7	0111	
8	1000	
9	1001	
10	1010	
11	1011	
12	1100	
13	1101	
14	1110	
15	1111	

Tabla 2.4 Código de 4-bit que representa 16 cantidades

En el anexo “A” se puede encontrar una descripción detallada de estos sistemas numéricos.



2.3. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

Un problema que se encuentra regularmente en los sensores, es que las señales que generan, no siempre son las adecuadas para que otros dispositivos (microcontroladores, adc, Pc's, etc.), las reciba con precisión y las pueda interpretar adecuadamente, Al proceso por el cual se recibe una señal con mejores características para ser interpretada adecuadamente se le conoce como **acondicionamiento de Señal**.

El acondicionamiento de señal; significa la modificación de señal, cambios de sus características, ajustándolo a las necesidades que se necesitan, en este caso para la **Radio Sonda Meteorológica** se necesita dicho Acondicionamiento, ya que utiliza sensores y estos entregan una señal analógica. Esto puede significar que dentro del acondicionamiento de señal se puede necesitar hacer un incremento o decremento de la magnitud de la señal del voltaje, o en la magnitud de señal de la corriente, entre otros.

Para que se lleve a cabo el acondicionamiento de señal, se puede utilizar alguna de las distintas formas, para que dicha señal sea la más adecuada, hay que tomar en cuenta que no siempre será necesario aplicar todos los tipos de acondicionamiento en un solo sistema. Estos tipos son enumerados abajo.

- Amplificación
- Filtros
- Multiplexado
- Aislamiento eléctrico.

2.3.1. Amplificación

Los amplificadores son uno de los componentes más importantes en los sistemas de instrumentación. Se emplean en cada aplicación que requiera aumentar las pequeñas señales que proporcionan los transductores a un nivel suficientemente elevado para su registro y tratamiento en sistemas de medida de tensión. La relación entre la tensión de salida y la tensión de entrada es el factor de amplificación o ganancia.

2.3.1.1. Amplificadores Operacionales.

Un amplificador operacional es un circuito integrado que consiste en un grupo miniaturizado de transistores, diodos, resistencias y condensadores, que se han fabricado sobre un pequeño chip de silicio para formar el circuito amplificador. Este tipo de amplificadores sirve para varias funciones, a las que debe su nombre, pues se adapta muy fácilmente para realizar operaciones matemáticas de señales como sumar, restar, diferenciar o integrar. Todo esto se realiza añadiendo un pequeño número de componentes pasivos externos como resistencias o condensadores.



2.3.2. Filtros

Los filtros son circuitos capaces de permitir el paso de las señales de entrada con frecuencias seleccionadas a través de la salida, a la vez que rechazan señales con otras frecuencias. A esta propiedad se le denomina selectividad. Los filtros pueden clasificarse por la forma en que el voltaje de la salida varía con la frecuencia del voltaje de entrada. Las categorías de los filtros activos son; paso-bajas, paso-altas y supresor de banda.

2.3.3. Multiplexado

Los multiplexores son circuitos combinatoriales que disponen de entradas de datos, entradas de selección y una sola salida. Permiten enviar por una sola línea (serie) los datos presentes en varias líneas (paralelo). En la línea de salida tendremos la señal aplicada a la entrada de datos elegida mediante las líneas de selección. Si se cambia el estado de las líneas de selección, una nueva entrada de datos quedara unida a la salida del circuito. El multiplexor se comporta, por lo tanto como un conmutador de varias entradas y una salida, donde las líneas de selección gobiernan la posición del mismo.

2.3.4. Aislamiento Eléctrico

Otra aplicación habitual en acondicionamiento de la señal es el aislamiento eléctrico entre el transductor y un dispositivo de adquisición digital o puerto de computadora, para proteger al mismo de transitorios de alta tensión que puedan dañarlo. Un motivo adicional para usar aislamiento es el garantizar que las lecturas del convertidor no son afectadas por diferencias en el potencial de masa o por tensiones en modo común. Cuando el sistema de adquisición y la señal a medir están ambas referidas a masa pueden aparecer problemas si hay una diferencia de potencial entre ambas masas, apareciendo un "bucle de masa", que puede devolver resultados erróneos.



2.4. CONVERTIDOR ANALOGICO A DIGITAL

Como ya se ha explicado anteriormente; La mayor parte de la información generada en el mundo físico tiene un marcado carácter analógico, significando con ello que esta información experimenta variaciones continuas y claro también hay información de carácter digital (Todo o Nada), pero es notablemente inferior a la anterior mencionada. Dado a la gran sencillez con la que podemos manejar la información digital y las ventajas que esta ofrece, además de la tecnología que ha surgido recientemente y que utiliza este tipo de medio para trabajar causa por la cual en muchos casos se requiere convertir las señales Analógicas (señales senoidales) a digitales (pulsos), para ello utilizaremos el llamado ADC Analog-to-Digital Converter (Convertidor Analógico a Digital).

Un ADC recibe a la entrada señales analógicas, tales como voltaje o corriente, y nos entrega a la salida de este un valor digital (Numero binario). Una representación del ADC básico, se muestra en la figura 2.6.

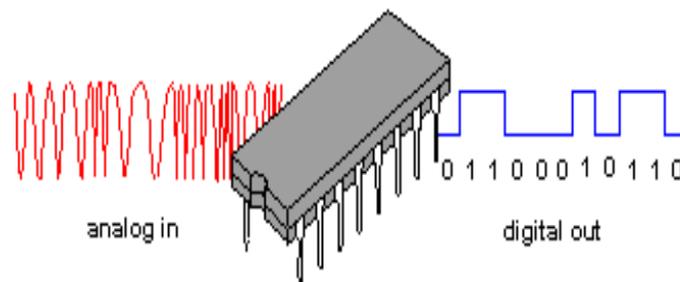


Figura 2.6 Convertidor Analógico/Digital

2.4.1. Características Principales de los ADC

Para una aplicación efectiva de los conversores analógicos-digital es preciso conocer y saber interpretar las especificaciones de los mismos, ya que ponen de manifiesto las limitaciones así como las verdaderas prestaciones, que en muchos casos difieren considerablemente de la idealidad. A continuación se presenta una descripción de las especificaciones más importantes.

- Costo
- Exactitud
- Error de Escala
- Resolución.
- Tiempo de Establecimiento.

Costo: Esto depende principalmente del tipo de ADC, de la forma en la que realice la conversión de los valores y de la resolución del mismo.



Exactitud: es la máxima desviación respecto a la línea recta que une el mínimo y el máximo valor ideales. Se expresa en LSB (least significant bit), lo cual significa que se usa el salto mínimo nominal como unidad. Otra forma de expresarlo es en porcentaje del valor máximo nominal. La exactitud ideal es 0 LSB. Es necesario tener en cuenta que esta especificación incluye todos los errores posibles del convertor.

Error de escala: Es el error que se obtiene a fondo de escala con respecto al valor ideal. Se debe en general a errores de ganancia, en la referencia o en la red resistiva. Se expresa también en LSB a fondo de escala. El error de escala ideal es 0 LSB.

Frecuencia de conversión: Es la cantidad de conversiones por segundo que es capaz de efectuar un convertor A/D. No necesariamente coincide con el recíproco del tiempo de conversión, ya que podría haber algunas operaciones complementarias, que ocupan tiempo después de terminada la conversión propiamente dicha.

Frecuencia de reloj: Frecuencia del oscilador que envía pulsos para la operación del convertor (por ejemplo, para hacer funcionar el contador o el registro de aproximaciones sucesivas).

Resolución: es la cantidad de bits o dígitos binarios que acepta en su entrada. También puede expresarse como el porcentaje del valor nominal máximo (fondo de escala). Ejemplo: un convertor de 10 bits también puede tener su resolución expresada como $1/2^{10} \sim 0,000976$. Observar que la resolución por sí sola no indica nada respecto a la precisión del convertor.

Podemos calcular la Resolución de cualquier ADC con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V_{SU}}{2^n - 1}$$

Donde:

R= Resolución

n= bits

V_{SU} =Voltaje suministrado

Tiempo de conversión: Es el tiempo requerido por un convertor A/D para efectuar una conversión completa.



2.4.2. Etapas de conversión del ADC

Para convertir una señal analógica en digital, se requiere de un proceso basado en cuatro fases; **Muestreo, Retención, Cuantificación, Codificación.**

Muestreo (Sampling). Se trata de una técnica que consiste en tomar una serie de muestras de la amplitud instantánea de la señal a intervalos regulares de tiempo obteniendo de este modo una serie de pulsos modulados en amplitud (PAM) la frecuencia de muestreo (f_c) debe de permitir la reconstrucción completa de la señal original a partir de las muestras tomadas, lo que determina que dicha frecuencia sea al menos el doble de la frecuencia máxima $f_{\max}(x(t))$ de la señal a muestrear $X(t)$, condición impuesta por el teorema de Nyquist y fundamento básico de la teoría de muestreo.

Retención (Hold). La tensión instantánea muestreada debe ser retenida entre dos impulsos consecutivos de muestreo para permitir que el circuito convertidor analógico-digital realice la conversión en el tiempo en que se precisa T_c . Las operaciones de muestreo y retención se obtienen a partir de circuitos específicos denominados de muestreo y retención (sample and hold) gobernados a partir de una terminal conectada a un capacitor. Como el que se muestra en la figura de abajo.

Cuantificación. El proceso de cuantificación consiste en asignar una función que determina que margen de valores de la tensión de entrada deberá proporcionar un único nivel de la función de salida. Si dicha función es lineal, entonces el intervalo de cuantificación es constante.

Codificación. La codificación consiste en traducir los valores obtenidos durante la cuantificación al código binario. Hay que tener presente que el código binario es el más utilizado, pero también existen otros tipos de códigos que también pueden ser utilizados. Durante el muestreo y la retención, la señal aun es analógica puesto que aún puede tomar cualquier valor. No obstante, a partir de la cuantificación, cuando la señal ya toma valores finitos, la señal ya es digital

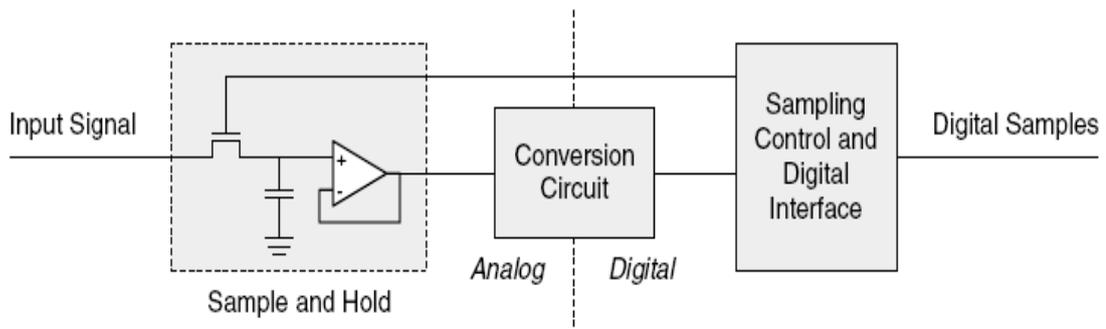


Figura 2.7. Proceso para digitalizar la señal



2.4.3. Tipos de conversión

El proceso de conversión ADC es generalmente más completo y largo que el proceso inverso DAC, se han creado y utilizado diversos métodos de conversión ADC como son:

- Aproximaciones sucesivas
- Distribución de Carga
- Rampa
- Rastreo
- Serie-Paralelo

Aproximaciones sucesivas. En Este tipo de conversor, la conversión se realiza desde el MSB al LSB. El tiempo de conversión es proporcional al número de bits del conversor. Su funcionamiento se basa, en asumir un valor igual a 1 en el bit de mayor peso (MSB) y comparar el resultado de la salida de un convertidor D/A interno con la entrada, si esta última es superior al resultado actual de la conversión, entonces el bit asumido es correcto y debe tener el valor de (1), de lo contrario debe asignársele el valor (0), una vez obtenido el valor de este bit, se repite el proceso con el bit siguiente hasta alcanzar los n bits de la conversión. Estos conversores son más lentos que los conversores Flash, pero se logra alcanzar resoluciones superiores.

Distribución de carga. En este tipo de conversor utiliza un integrador por medio de un condensador que se carga o descarga durante un tiempo proporcional a la tensión de entrada. Al medir este tipo se logra cuantificar la tensión aplicada al condensador. Su funcionamiento es extremadamente simple pero posee las siguientes desventajas; El tiempo de duración de la conversión es proporcional a la magnitud de la entrada analógica, no es constante. Son muy sensibles al ruido, así como a cambios bruscos de temperatura.

Rampa. Este también es fácilmente entendible, pero desafortunadamente sufre de limitaciones severas. La idea básica es la de conectar la salida a un contador binario de libre corrimiento a la entrada de el ADC, después compara la salida analógica del ADC con la señal analógica de entrada para ser digitalizada y usa la salida del comparador para decirle al contador cuando detener la cuenta y cuando reinicie.

Como el contador, cuenta con cada pulso de reloj, la salida del ADC, es un voltaje ligeramente alto. El voltaje es comparado contra el voltaje de entrada para el comparador, Si el voltaje de entrada es mayor que la salida del ADC la salida del comparador estará en alto y continuara con el conteo normal.

Rastreo. En vez de manejar un contador regular en “alto” para el ADC, este circuito usa un contador alto/bajo, El contador tienen un reloj que es continuo y la línea de control es manejada por la salida del comparador. Entonces cuando la señal de entrada analógica supera la salida del ADC el contador entra a un estado modo “alto”. Cuando la salida del ADC excede la entrada analógica el interruptor del contador entra a un estado de modo “bajo”. En cualquiera de las formas, la salida del ADC siempre cuenta de su propia manera para rastrear la señal de entrada



Serie Paralelo (Flash). Brinda una de las más altas velocidades de conversión disponible en el mercado. Basa su funcionamiento en el uso de comparadores, cada uno asociado con un valor de tensión. Las salidas de todos los comparadores se conectan a una lógica de decodificación que determina cuales valores de tensión fueron superados y cuáles no, consumen corriente elevada al requerir $2n$ comparadores, no se encuentran disponible para grandes resoluciones. Desafortunadamente este es el componente más importante para cualquier número dado de salida de bits. Tres bits en paralelo requieren 8 comparadores, y para una versión 4 bits podría requerir 16 comparadores con cada bit adicional de salida.

2.4.4. Convertidor Analógico/Digital Paralelo VS serial

Después de esta descripción, se puede adentrar más en dos tipos de ADC, que de acuerdo a las características físicas de cada uno de ellos, se determinara cual es el mejor o más adecuado para este proyecto. Básicamente aquí no se compara un ADC con otro de su mismo tipo, como se ha hecho anteriormente, en esta parte se ocuparon un ADC paralelo (flash) y un ADC serial, tabla 2.5, ya se ha mencionado algunas desventajas en la descripción anterior, pero ahora se describirá las características de cada uno de ellos.

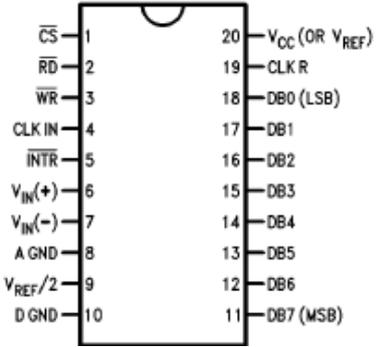
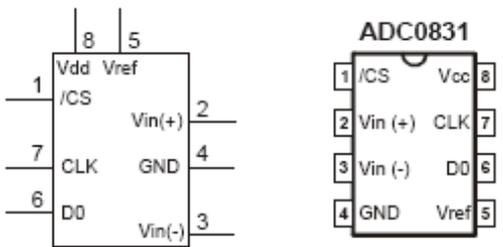
Características del ADC0804		Características del ADC0831	
			
Ajuste por error	$\pm \frac{1}{4} LBS$	Ajuste por error	$\pm 1LBS$
Frecuencia de Reloj (CLK)	640 kHz.	Frecuencia de Reloj (CLK)	250 Khz
Numero de Conversiones	8770 conv/s	Corriente de entrada	2.5 mA
Resolución	8 bits	Resolución	8 bits
Tiempo de Conversión	100 μ s	Tiempo de Conversión	32 μ s
		Tiempo de Adquisición	500ns
Voltaje	5 V	Voltaje	5 V
Costo	\$50MN	Costo	\$40MN

Tabla 2.5. Comparación entre ADC serial y Paralelo



Ya que estos dispositivos no son iguales (Forma de trabajo), se tiene que poner mucha atención en que es lo que se necesita o que es lo que es más práctico para el proyecto a realizar (Radiosonda), por ejemplo;

Una ventaja que ofrece el ADC de tipo serial, es que la información que codifica es entregada por un pin y ocupa un par más para establecer la comunicación, lo opuesto al ADC de tipo flash, el cual entrega la información en forma paralela (por 8 pines). Aunque ya se ha mencionado en contraparte el ADC de tipo paralelo entrega la información de forma más rápida, en proyectos como los son las Radiosonda no es fundamental, ya que la conversión que realiza el ADC de tipo serial es suficiente para este proyecto.

Además se debe de tener presente los conceptos mencionados a continuación, ya que ellos permitirán conocer mejor el funcionamiento de ambos ADC's.

La señal de Reloj comúnmente conocida como *Clock*, es la que se ocupa de todos los procesos y mecanismos de transmisión y recepción de los datos que se realice en forma secuencial y coordinada, dentro de cada equipo de comunicaciones existe un generador de señal de reloj denominado Reloj interno. La señal de reloj puede emplearse para procesos internos o ser derivada mediante diferentes técnicas a otros equipos para trabajar con la misma fuente y de esta manera pueda estar sincronizado

Para ello también es importante otro término “Síncrono-Asíncrono”

Cuando hablamos de Síncrono los datos que se están enviando, son datos con cierta coordinación temporal (sincronía). Técnicamente, significa que el emisor y el receptor de los bits de datos trabajarán con la misma señal de reloj (esta señal de reloj se describió previamente). Esto es muy importante, porque se tiene que tener en cuenta que este ADC trabaja con un ciclo de reloj, la información de dicho ciclo es facilitado por el fabricante, y con ello se tiene que adecuar esta señal de reloj para tener un buen funcionamiento de este ADC.



Capítulo III

INTRODUCCIÓN

Desde la invención del circuito integrado, el desarrollo constante de la electrónica digital ha dado lugar a dispositivos cada vez más complejos, entre ellos los microprocesadores y los microcontroladores, los cuales se usan desde el control de un simple motor hasta la administración de los sistemas más complejos en un Avión. Como es de notarse su uso es cada vez más indispensable.

En el presente capítulo se mostrara las principales características de los microcontroladores, su funcionamiento básico, arquitectura interna, la importancia que tienen hoy en día en el mundo de la electrónica y lo fundamental que es su uso para este proyecto. Esto último es importante resaltarlo ya que de ello depende el control y administración de la Radiosonda, para fines más prácticos, este dispositivo será el encargado de gobernar todo sistema de la Radiosonda.

Durante el desarrollo de este capítulo se pretende explicar conceptos que ya han sido probados y aceptados, considerando que su vigencia se mantendrá por un periodo más o menos largo, lo suficiente para validar este estudio. Es importante también tomar en cuenta que este presente capítulo se enfoca en el estudio de los Pic's (de Microchip), ya que como se mostrara en este capítulo, en el mercado hay muchos fabricantes de microcontroladores y en cada uno de ellos hay diferencias muy particulares lo que lo haría mucho más largo y más complicado, si consideramos que para cada microcontrolador hay que hacer un estudio propio para saber qué características y/o ventajas, desventajas son exactamente las que nos proporciona dicho dispositivo.



3.1. ¿QUE ES UN MICROCONTROLADOR?

Muchos de nosotros sabemos qué apariencia tiene una computadora, usualmente tiene teclado, monitor, CPU (Unidad de Procesamiento Central), impresora y ratón. Este tipo de computadoras, son diseñadas de esta forma ya que su finalidad principal es la de comunicarse con los humanos.

Se sabe también que dentro de esta caja hay muchas cosas como; discos duros, tarjetas, memorias, etc. Si se analiza esto, nos daremos cuenta que el teclado, monitor, puertos y otras muchas cosas se utilizan solo para mantener la comunicación con el mundo exterior.

Una vez comprendido esto, podremos darnos cuenta que las computadoras trabajan por su cuenta silenciosamente, corriendo programas y haciendo cálculos sin interactuar con ningún humano. Y aunque no de la misma forma física a este tipo de dispositivos se les puede encontrar actualmente en todos lados. A estos dispositivos se les llama Microcontroladores, **micro**, porque son pequeños y **controladores** ya que controlan muchas cosas que no imaginamos, desde maquinas hasta incluso hay algunos otros que controlan otros micros. Todos los microcontroladores son diseñados para interactuar con máquinas más que con personas.

El **microcontrolador** es un circuito integrado programable que se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada. Tiene una pequeña memoria que esta destinada a gobernar una serie de aplicaciones, con líneas de entrada/salida que soportan la conexión de distintos dispositivos a controlar. En la figura 3.1 se muestra la estructura interna de un microcontrolador.

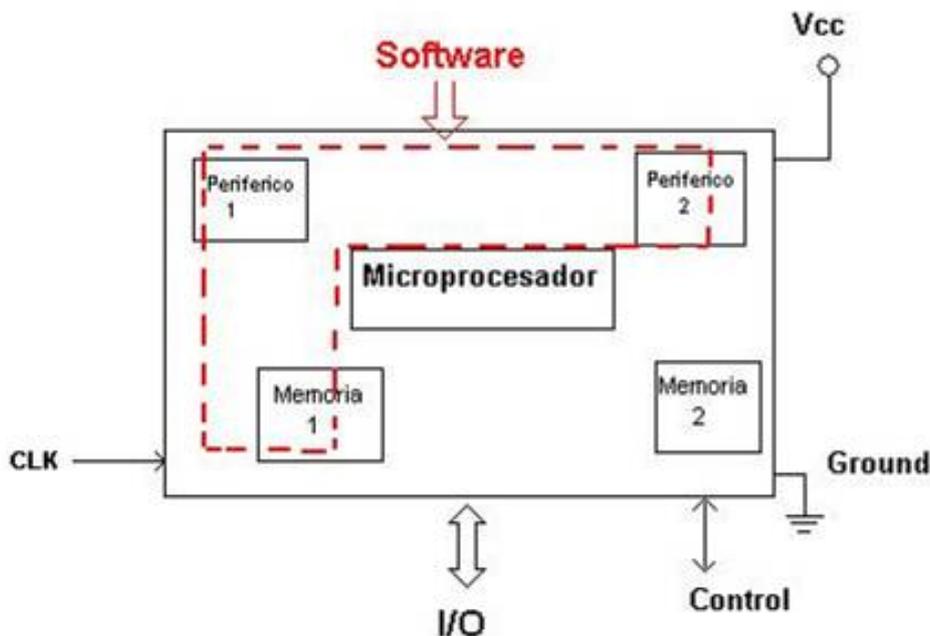


Figura 3.1. Diagrama interno de bloques de un microcontrolador



Un microcontrolador posee todos los componentes de un computador, pero con características fijas que no pueden alterarse.

Las partes principales de un microcontrolador son:

- 1.- Microprocesador
- 2.- Memoria
 - a) Memoria no volátil para contener el programa
 - b) Memoria de lectura y escritura para guardar los datos
- 3.-Lineas de E/S (periféricos):
 - a) Comunicación Paralelo
 - b) Comunicación serie
 - c) Diversas puertas de comunicación (bus, I^2C , USB, etc.)
- 4.-Recursos Auxiliares.
 - a) Circuito Reloj
 - b) Temporizador
 - c) Perro guardian (watchdog)
 - d) Conversores AD/DA
 - e) Comparadores analógicos
 - f) Estado de reposo o de bajo consumo

NOTA; Es importante tener en cuenta que, no todos los microcontroladores cuentan con todas las características mencionadas anteriormente, por ello es importante saber qué recursos se necesitan para la selección adecuada de algún microcontrolador, se hablará de esto más adelante.

3.1.1. **Microprocesador.** El microprocesador ejecuta instrucciones almacenadas como números binarios organizados secuencialmente en la memoria principal. Además es un sistema abierto con el que puede construirse un computador con las características que se desee, acoplándole los módulos necesarios.

3.1.2. **Memoria.** Este concepto es muy común ya que el propio ser humano cuenta con algo llamado así y lo utiliza para retener impresiones. Cuando hablamos microcontroladores, esto mismo ocurre ya que se guarda información un pequeño apartado del microcontrolador. Los microcontroladores cuentan principalmente con dos tipos de memoria, la cuales explicaremos a continuación.

a) **Memoria no volátil para contener el programa.** El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación. Como el programa a ejecutar siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente.



Los tipos de memoria adecuados para soportar esta función admiten cinco versiones diferentes:

- Memoria de Solo lectura ROM
- Memoria programable-Borrable (EPROM)
- Memoria programable una vez (OTP)
- Memoria programable-Eléctricamente Borrable (EEPROM, también conocida como doble EPROM)
- Memoria no volátil FLASH

Cada diferente tipo de memoria ofrece ventajas en diferentes situaciones.

ROM con máscara. En este tipo de memoria el programa se graba en el chip durante el proceso de fabricación mediante el uso de «máscaras». Los altos costos de diseño e instrumental sólo aconsejan usar este tipo de memoria cuando se precisan series de producción muy grandes.

EPROM es el tipo básico de memoria utilizado en los microcontroladores (PICs). En la celda de la memoria EPROM una carga es atrapada para recordar el estado del bit. Esta carga puede ser removida aplicándole a la celda luz ultra-violeta. También es importante hacer notar que los microcontroladores vienen en dos tipos de empaquetamiento:

1. Empaque tipo Cerámico, que puede ser fácilmente borrado.
2. Empaque de plástico que no permite que el dispositivo interno pueda ser borrado.

OTP. Este modelo de memoria sólo se puede grabar una vez por parte del usuario, utilizando el mismo procedimiento que con la memoria EPROM. Posteriormente no se puede borrar. Su bajo precio y la sencillez de la grabación aconsejan este tipo de memoria para prototipos finales y series de producción cortas.

EEPROM la cual se comporta de manera similar a la EPROM, pero la primera (EEPROM) ofrece una gran ventaja, esto es que la carga atrapada puede ser eléctricamente borrada (no necesita Borrarse con luz ultra-violeta), esto es realmente sencillo, utilizando un software. Otra ventaja es el hecho de que la memoria EEPROM puede ser reprogramada cientos de veces, sin esperar que esto afecte al micro; por otra parte hay que notar que la Memoria EEPROM tiende a tener un bajo acceso en cuanto a los tiempos, lo cual es muy importante tenerlo en mente cuando se requiere aplicaciones de alta velocidad.

FLASH (El término fue acuñado por Toshiba, por su capacidad para borrarse "en un flash", "instante"). Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que las EEPROM, pero suelen disponer de mayor capacidad que estas últimas. El borrado sólo es posible con bloques completos



y no se puede realizar sobre posiciones concretas. En las FLASH se garantizan 1.000 ciclos de escritura-borrado, son muy recomendables en aplicaciones en las que sea necesario modificar el programa varias veces a lo largo de la vida del producto, como consecuencia del desgaste o cambios de piezas, como sucede con los vehículos.

b) **Memoria de lectura y escritura para guardar los datos.** Los datos que manejan los programas varían continuamente, y esto exige que la memoria que les contiene debe ser de lectura y escritura por lo que la memoria RAM estática (SRAM) es la más adecuada aunque sea volátil. Hay microcontroladores que disponen como memoria de datos una lectura y escritura no volátil del tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de la información, que está disponible al reiniciarse el programa.

3.1.3. **Líneas de E/S (periféricos).** Cuando se habla de líneas de entrada/salida, nos referimos a los pines de comunicación que tiene el microcontrolador con el exterior, pines en los cuales podemos conectar diversos dispositivos al microcontrolador. En pocas palabras es el enlace con el exterior.

A excepción de dos patitas destinadas a recibir la alimentación, otras dos para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo, y una más para provocar el Reset, las restantes patitas de un microcontrolador sirven para soportar su comunicación con los periféricos externos que lo controlan.

Las líneas de E/S que se adaptan con los periféricos manejan información en paralelo y se agrupan en conjuntos de ocho, que reciben el nombre de Puertas. En el mercado actual podemos encontrar que hay modelos con líneas que soportan la comunicación en serie; otros disponen de conjuntos de líneas que implementan puertas de comunicación para diversos protocolos, como el bus, I^2C , USB, etc, etc.

3.1.4. **Recursos Auxiliares.** Según las aplicaciones a las que orienta el fabricante cada modelo de microcontrolador, este incorpora una diversidad de complementos que refuerzan la potencia y la flexibilidad del dispositivo. Entre los recursos más comunes se citan los siguientes.

Circuito de reloj u oscilador.- Encargado de generar los impulsos que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema. La frecuencia de trabajo del microcontrolador es un parámetro fundamental a la hora de establecer la velocidad en la ejecución de instrucciones y el consumo de energía.

Temporizadores; Que tienen como función el determinan intervalos concretos de tiempo.



Perro Guardián («watchdog»). Se trata de un contador interno de 8 bits destinado a provocar una re-inicialización cuando el programa queda bloqueado. Su actuación es opcional y puede bloquearse para que no funcione, Esto depende de los criterios del diseñador, pero es recomendable su uso.

Conversores AD y DA. Como es muy frecuente el trabajo con señales analógicas, éstas deben ser convertidas a digital y por ello muchos microcontroladores incorporan un conversor A/D, el cual se utiliza para tomar datos de varias entradas diferentes que se seleccionan mediante un multiplexor, las cuales son convertidas a Digital ó ha analógico. Esto solo dependerá de que es realmente lo que se quiere hacer con los datos obtenidos.

Comparadores analógicos; Son circuitos analógicos basados en amplificadores operacionales que tienen la característica de comparar dos señales analógicas y dar como salida los niveles lógicos '0' o '1' dependiendo del resultado de la comparación. Es un periférico muy útil para detectar cambios en señales de entrada de las que solamente nos interesa conocer cuando está en un rango determinado de valores.

Estado de Reposo, está caracterizado por el reducido consumo de energía que requiere y está muy recomendado en aquellas aplicaciones en las que hay largos períodos de espera hasta que se produzca algún suceso asíncrono, como la pulsación de una tecla. En dichos períodos el procesador está inactivo.

3.2. FAMILIAS DE MICROCONTROLADORES

Dentro del mundo de la electrónica encontraremos hoy en día que existen muchos fabricantes de microcontroladores, cada uno de ellos integra en su línea diferentes características ya mencionadas, algunos más completos que otros y esto solo depende de cada fabricante. Entre los fabricantes de microcontroladores que más destacan son:

PRINCIPALES FABRICANTES DE MICROCONTROLADORES	
ATMEL	AVR
INTEL	8 bits (8XC42,MCS51,8XC251) 16 bits (MCS96,MXS296)
NACIONAL SEMICONDUCTOR	COP8
MICROCHIP	Gama baja (12Cxx de 12 bits) Gama Media (12Fxx, 16Cxx y 16Fxx de 14 bits) Gama Alta (18Cxx y 18Fxx de 16 bits) dsPIC
MOTOROLA	8 bits (68HC05, 68HC08,68HC11) 16 bits (683xx)
Texas Instruments	TMS370

Tabla. 3.1 Fabricantes de Microcontroladores

Dentro de este presente estudio solo nos enfocaremos al estudio de los microcontroladores de **MICROCHIP, los famosos Pic's.**



3.3. LA GAMA DE LOS PIC's

Pueden tomarse diversas maneras de clasificar a los PIC's y ninguna se puede considerarse definitiva, debido a la rápida evolución de estos dispositivos.

En la clasificación por familias, las principales diferencias radican en el número de instrucciones y su longitud, el número de puertos y funciones, lo cual se refleja en el encapsulado, la complejidad interna y de programación, y en el número de aplicaciones.

Para resolver aplicaciones sencillas se precisan pocos recursos, en cambio, las aplicaciones grandes requieren numerosos y potentes. Siguiendo esta filosofía Microchip construye diversos modelos de microcontroladores orientados a cubrir, de forma óptima, las necesidades de cada proyecto. Así, hay disponibles microcontroladores sencillos y baratos para atender las aplicaciones simples y otros complejos y más costosos para las de mucha envergadura.

Microchip dispone de cuatro familias de microcontroladores de 8 bits para adaptarse a las necesidades de la mayoría de los clientes potenciales. En la figura.3.2 Se muestra la clasificación de los Pic's de acuerdo a sus características.

dsPic's: Repertorio de 84 instrucciones de 24 y 41 vectores

Gama Mejorada: Repertorio de 77 instrucciones de 16 bits, 32 niveles de pila y 4 vectores de interrupción.

Gama Alta: Repertorio de 58 instrucciones de 16 bits, 16 niveles de pila y 4 vectores de interrupción.

Gama Media: Repertorio de 35 instrucciones de 14 bits, 8 niveles de pila y un vector de Interrunción.

Gama Baja: Repertorio de 33 instrucciones de 12 bits y 2 niveles de pila.

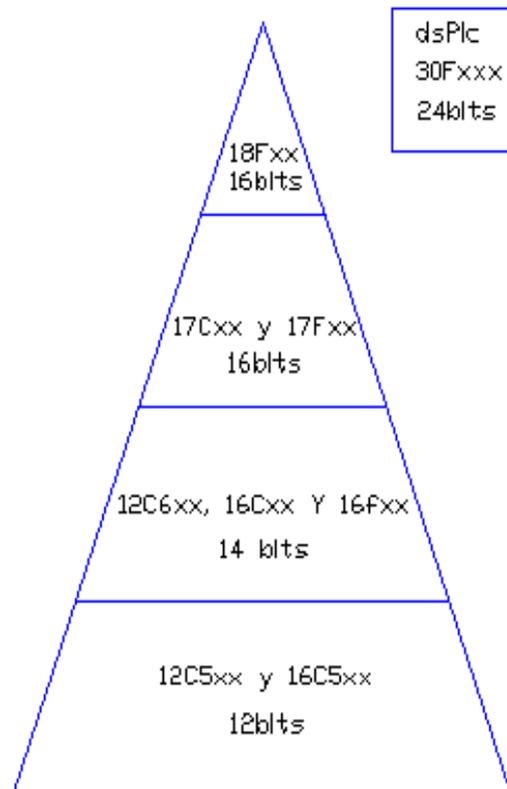


Figura. 3.2 Gama de los Pics



3.3.1. La gama baja: PIC12C(F)xxx de 8 pines.

Se trata de un grupo de PIC de reciente aparición que ha acaparado la atención del mercado. Su principal característica es su reducido tamaño, al disponer todos sus componentes de 8 pines. Se alimentan con un voltaje de corriente continua comprendido entre 2,5 V y 5,5 V, y consumen menos de 2 mA cuando trabajan a 5 V y 4 MHz. El formato de sus instrucciones puede ser de 12 o de 14 bits y su repertorio de 33 o 35 instrucciones, respectivamente. En la Figura 3.3 se muestra el diagrama de conexión de uno de estos Pic's.

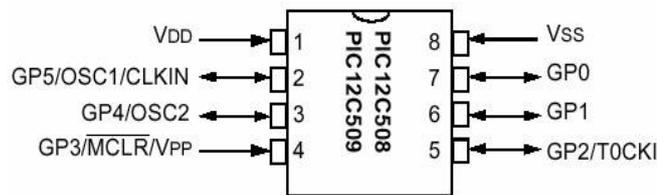


Figura. 3.3 PIC12Cxxx de la gama baja.

Aunque los PIC bajas sólo tienen 8 pines, pueden destinar hasta 6 como líneas de E/S para los periféricos porque disponen de un oscilador interno R-C. En la Tabla 3.2 se presentan las principales características de los modelos de esta subfamilia.

MODELO	MEMORIA PROGRAMA	MEMORIA DATOS	FRECUENCIA MAXIMA	LINEAS E/S	ADC 8BITS	TEMPORIZADORES	PINES
PIC12F508	512x12	25x8	4 MHz	6		TMR0 + WDT	8
PIC12F509	1024x12	41x8	4 MHz	6		TMR0 + WDT	8
PIC12F670	512x14	80x8	4 MHz	6		TMR0 + WDT	8
PIC12F671	1024x14	128x8	4 MHz	6	2	TMR0 + WDT	8
PIC12F672	2048x14	128x8	4 MHz	6	4	TMR0 + WDT	8
PIC12F680	512x12 FLASH	80x8 16x8 EEPROM	4 MHz	6	4	TMR0 + WDT	8
PIC12F681	1024x14 FLASH	80x8 16x8 EEPROM	4 MHz	6		TMR0 + WDT	8

Tabla.3.2 Características de los modelos PIC12C(F)xxx de la gama baja.

3.3.2. Gama baja o básica: PIC16C5X con instrucciones de 12 bits.

Se trata de una serie de PIC de recursos limitados, pero con una de las mejores relaciones costo/beneficio. Sus versiones están encapsuladas con 18 y 28 pines y pueden alimentarse a partir de una tensión de 2,5 V, lo que les hace ideales en las aplicaciones que funcionan con pilas teniendo en cuenta su bajo consumo (menos de 2 mA a 5 V y 4 MHz). Tienen un repertorio de 33 instrucciones cuyo formato consta de 12 bits. No admiten ningún tipo de interrupción y la Pila sólo dispone de dos niveles. En la Figura 3.4 se muestra el diagrama de conexión de uno de estos PIC.

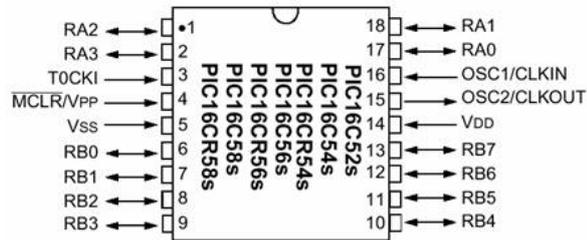


Figura 3.4 Conexión para la gama básica

3.3.3. Gama media: PIC16CXXX con instrucciones de 14 bits.

Es la gama más variada y completa de los PIC. Abarca modelos con encapsulado desde 18 patitas hasta 68, cubriendo varias opciones que integran abundantes periféricos. Dentro de esta gama se halla el « PIC 16F84».

El repertorio de instrucciones es de 35 a 14 bits cada una y compatible con el de la gama baja. Sus distintos modelos contienen todos los recursos que se precisan en las aplicaciones de los microcontroladores de 8 bits. También dispone de interrupciones y una Pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas. En la Tabla 3.3 se presentan las principales características de los modelos de esta subfamilia.

Microcontroller	Program Memory	Data RAM	Max speed(MHz)	I/O Ports	A/D Converter
16C554 512	512X14	80	20	13	----
16C64	2048X14	128	20	33	----
16F84	1024X14	36	10	13	----
16F627	1024 X 14	224	20	16	----
16F628	2048 X 14	224	20	16	----
16F676	1024 X 14	64	20	12	8
16F73	4096 X 14	192	20	22	5
16F876	8192 X 14	368	20	22	5
16F877	8192 X 14	368	20	33	8

Tabla.3.3 Características de los modelos PIC16Cxxx de la gama media.

3.3.4. Gama alta: PIC17Cxxx con instrucciones de 16 bits

Se alcanzan las 58 instrucciones de 16 bits en el repertorio y sus modelos disponen de un sistema de gestión de interrupciones vectorizadas muy potente. También incluyen variados controladores de periféricos, puertas de comunicación serie y paralelo con elementos externos y un multiplicador hardware de gran velocidad. Quizás la característica más destacable de los componentes de esta gama es su *arquitectura abierta*, que consiste en la posibilidad de ampliación del microcontrolador con elementos externos. Para este fin, las patitas sacan al exterior las líneas de los buses de datos, direcciones y control, a las que se conectan memorias o controladores de periféricos. Esta filosofía de construcción del sistema es la que se empleaba en los microprocesadores y no suele ser una práctica habitual cuando se



emplean microcontroladores. En la Tabla 3.4 se presentan las principales características de los modelos de esta subfamilia.

Microcontroller	Program Memory	Data RAM	Max speed(MHz)	I/O Ports	A/D Converter
17C43	4096 X 16	454	33	33	----
17C752	8192 X 16	678	33	50	12
18C242	8192 X 16	512	40	23	5
18C252	16384 X 16	1536	40	23	5
18C452	16384 X 16	1536	40	34	8

Tabla.3.4 Características de los modelos **PIC17Cxxx** de la gama alta.

3.3.5. Gama mejorada: PIC18C(F)xxx con instrucciones de 16 bits

Microchip presentó la gama mejorada de los microcontroladores PIC con la finalidad de soportar las aplicaciones avanzadas en las áreas de automatización, comunicaciones, informática y control industrial. Sus modelos destacaron por su alta velocidad (40 Mhz) y su gran rendimiento (10 MIPS a 10 Mhz). Entre las aportaciones más representativas de esta serie de modelos que crece cada año, destacan. Un espacio de direccionamiento para la memoria de programa que permite alcanzar los 2 MB, y 4 KB para la memoria de datos. Inclusión de la tecnología FLASH para la memoria de código. Potente juego de 77 instrucciones de 16 bits cada una. Permiten realizar una multiplicación 8 x 8 en un ciclo de instrucción, mover información entre las memorias y modificar el valor de un bit en un registro o en una línea de E/S. En la Tabla 3.5 se presentan las principales características de los modelos de esta subfamilia.

MODELO	MEMORIA PROGRAMA (Byte)	MEMORIA DATOS		TEMPORIZADORES	INTERRUPCIONES	E/S	ADC CANALES
		RAM	EEPROM				
PIC18C242	16K EEPROM	512	---	4	16	23	5
PIC18F242	16K FLASH	768	256	4	16	23	5
PIC18F252	32K FLASH	1.536	256	4	16	23	5
PIC18F442	16K FLASH	768	256	4	16	34	8
PIC18F252	32K FLASH	1.536	256	4	16	34	8
PIC18F6620	64K FLASH	3.840	1.024	4	16	52	12
PIC18F8720	128K FLASH	3.840	2.024	4	16	68	16

Tabla.3.5 Características de los modelos **PIC18C(F)xxx** de la gama mejorada.



3.4. SET DE INSTRUCCIONES

Estas definen las operaciones básicas que puede realizar el procesador, que conjugadas y organizadas forman lo que conocemos como software. El conjunto de instrucciones vienen siendo como las letras del alfabeto, el elemento básico del lenguaje, que organizadas adecuadamente permiten escribir palabras, oraciones y cuanto programa se le ocurra al diseñador.

Existen tres tipos de repertorios de instrucciones, que determinan la arquitectura del procesador:

3.4.1. **CISC (*Complex Instruction Set Computer*).**

Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC, disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución. Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros, es decir, que si las tuviésemos que implementar con instrucciones básicas, acabaríamos con dolor de cabeza.

3.4.2. **RISC (*Reduced Instruction Set Computer*).**

Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están inclinándose hacia la filosofía RISC. En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

3.4.3. **SISC (*Specific Instruction Set Computer*)**

En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es específico, o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista.

Para una mejor presentación las instrucciones se pueden clasificar según la función que desempeñan en un programa, por ejemplo para:

- Mover
- Cambiar el contenido de los registros
- Controlar el flujo del programa
- Controlar el microcontrolador
- Realizar operaciones lógicas
- Realizar operaciones aritméticas.

Las instrucciones realizan operaciones y movimientos entre el “acumulador” o “registro de trabajo” y los registros de la memoria RAM del microcontrolador.



3.5. SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR

Es imprescindible en cualquier proyecto o aplicación en el cual sea indispensable el uso de un microcontrolador, ya que es necesario saber qué tipo de microcontrolador es apropiado para tal aplicación o proyecto. Es recomendable que se sepa que dispositivo es el que se va a escoger, con ello hacemos referencia a todos los requerimientos del microcontrolador e incluso su propio costo.

Al principio de este proyecto, se tenían una vaga idea en cuanto a cuáles eran los requerimientos exactos que se necesitaban para la selección del microcontrolador adecuado, por esa razón se decidió basar este estudio en un microcontrolador, el cual es uno de los más sencillos y además de ello se puede encontrar mucha información acerca de él, ya que existen libros exclusivamente diseñados para este microcontrolador, el microcontrolador en el cual nos basaremos para nuestro proyecto es el **PIC16F84A** (de Microchip), el cual analizaremos a continuación para poder comprender su funcionamiento y saber si en realidad este pic cubre nuestras necesidades ó se necesitara de otro con más recursos.

3.5.1. PIC16F84

Diseñado por la empresa Microchip (<http://www.microchip.com>), que se fabrica en varias versiones de las cuales las más simples, pero interesantes, son la 16C84 y la 16F84. De ambas versiones encontramos que el preferido por los diseñadores el 16f84 ya que es un sistema sencillo, barato y potente para muchas aplicaciones electrónicas. Para este microcontrolador podemos encontrar las siguientes características:

- Memoria FLASH de 1k x 14 bits, en la que almacenaremos el programa.
- Memoria RAM de 68 x 8 bits, en la que almacenaremos los datos del programa.
- Memoria EEPROM de 64 x 8 bits.
- 1 Timer TMR0.
- 4 fuentes de interrupción.
- 13 líneas de entrada/ salida divididas en dos puertos RA y RB.
- Una ULA (unidad aritmética lógica) de 8 bits con banderines de Z (cero) C (acarreo) DC (semi-acarreo).
- 1 Watchdog timer.
- Power up reset.

PIC (Peripheral Interface Controller), la letra F hace referencia al tipo de memoria de programa, en este caso FLASH, si fuera PIC16C84, la letra C hace referencia al modelo con memoria de programa de tipo EEPROM. Tal y como se ha comentado, la memoria EEPROM y la Flash son eléctricamente grabables y borrables, lo que permite escribir y borrar el programa bajo prueba manteniendo el microcontrolador en el mismo zócalo y usando el mismo dispositivo para grabar y borrar.



El PIC16F(C)84 está fabricado con tecnología CMOS de altas prestaciones, su consumo de potencia es muy bajo. El encapsulado más común para este Pic es el DIP (Dual In-line Pin) con 18 pines, también lo podemos encontrar en otro tipo de encapsulado tal como lo es el de montaje superficial (surface mount) el cual tiene menor costo y es más reducido, en la figura 3.5 se muestra la distribución de pines para este Pic.

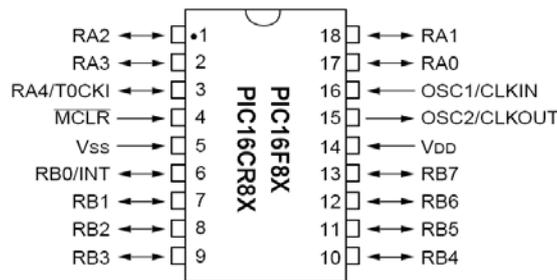


Fig.3.5 PIC16F84A

En la tabla 3.6 se presenta la descripción de cada uno de los pines del PIC16F84A.

Pin	Tipo	Descripción
OSC1/CLKIN	E	Xtal del oscilador o entrada de reloj externa.
OSC2/CLKOUT	S	Xtal del oscilador o salida de reloj externa.
-MCLR	E	Entrada de RESET. Si ponemos un 0 el chip se inicializa.
RA0↔RA4	E/S	Puerto A de entrada/ salida. RA4 está conectada al TMR0
RB0↔RB7	E/S	Puerto B de entrada/ salida. La línea RB0 multiplexa la función de servir como entrada a una petición externa de una interrupción.
Vss	GND	
Vdd	+5v	

Tabla.3.6 Descripción de los pines del PIC16F84

3.5.2. Arquitectura de los microcontroladores PIC16X84.

Para lograr una compactación de código óptima y una velocidad superior a la de sus competidores, los microcontroladores PIC incorporan en su procesador tres de las características más avanzadas en las grandes computadoras:

- Procesador tipo RISC. (comentada anteriormente)
- Ejecución segmentada.
- Arquitectura HARVARD.

Con la estructura segmentada se pueden realizar simultáneamente las dos fases en que se descompone cada instrucción. Con la arquitectura HARVARD se puede acceder de forma simultánea e independiente a la memoria de datos y a la de



3.5.3. Memoria del PIC 16F84A.

Como se ha visto estos dispositivos necesitan de dos tipos de memorias las cuales hacen que el microcontrolador funcione adecuadamente.

Por un lado encontramos la Memoria de programa o de instrucciones que admite un mapa de memoria de programa capaz de contener 8192 instrucciones de 14 bits cada una. Por lo tanto, en esta memoria almacenaremos el programa que ejecutará el microcontrolador.

Por el otro lado contamos con la memoria de Datos, la cual nos sirve para almacenar variables, leer puertos de entrada o escribir en los puertos de salida, podemos también acceder al temporizador o al registro EEPROM

La memoria de **datos** en el PIC 16F84 está formada por dos zonas:

MEMORIA RAM de 68 registros

MEMORIA EEPROM de 68 registros cuya característica principal es que no se perderán los datos cuando se desconecta la alimentación.

En la figura 3.7 se muestra la organización de la memoria de datos.

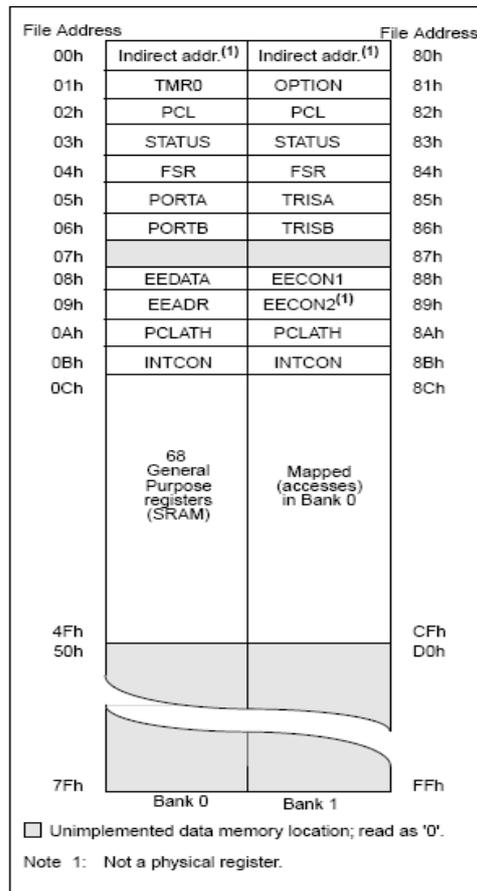


Figura. 3.7 Mapa de datos



3.5.4. PUERTOS DEL PIC.

Los puertos son el enlace de comunicación entre el pic y el mundo exterior, son líneas digitales que trabajan entre 0 y 5 volts, a demás pueden ser programadas como entradas o salidas. El PIC 16F84A tiene dos puertos “A” con 5 líneas y “B” con 8 líneas, cada línea se pueden programar como entrada o salida independientemente del estado de los otras líneas. En la figura 3.8 se muestra ambos puertos.

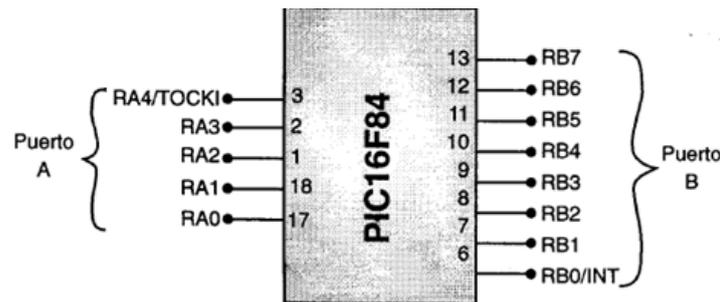


Figura 3.8 Puertos del PIC16F84A

Los PIC16F84 poseen un Temporizador/contador de 8 bits, llamado TMRO, que actúa de dos maneras diferentes:

- Como contador de sucesos, que están representados por los impulsos que se aplican a la patita RA4/TOCKI.
- Como temporizador, cuando se carga en el registro que implementa al recurso un valor inicial se incrementa con cada ciclo de instrucción hasta que se desborda.

3.5.5. EL OSCILADOR EXTERNO.

Es muy simple pero de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema. El PIC16F84A puede utilizar cuatro tipos de osciladores diferentes. Estos tipos son:

- R-C. Oscilador con resistencia y capacitor.
- X-T. Cristal
- H-S. Cristal de alta velocidad.
- L-P cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia.

En el momento de programar o “quemar” el microcontrolador se debe especificar qué tipo de oscilador se está usando. Esto se hace a través la configuración, el tipo de oscilador que nos sugiere el fabricante es el de tipo cristal (X-T) de 4MHz, porque garantiza mayor precisión y un buen arranque del microcontrolador.

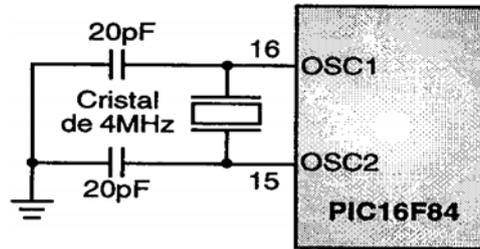


Figura. 3.9 Diagrama de conexión para el Oscilador

3.5.6. RESET.

En los microcontroladores se requiere un pin de reset para reiniciar el funcionamiento del sistema cuando sea necesario, ya sea por una falla que se presente o porque así se halla diseñado el sistema. El pin del reset en los Pic es llamado MCLR (*master clear*). El reset por MCLR se consigue llevando momentáneamente este pin a un estado lógico bajo, mientras que el watchdog WDT produce el reset cuando su temporizador rebasa la cuenta, o sea que pasa de 0FFh a 00h. Cuando se quiere tener el control sobre el reset del sistema se puede conectar un botón como se muestra en la figura 3.10 que a continuación se muestra.

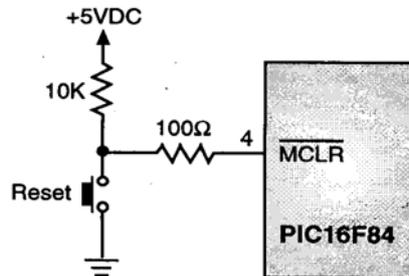


Figura 3.10 Conexión para reset externo

Una vez que se ha explicado algunas características fundamentales del PIC16F84A solo hace falta el armar el circuito que se muestra en la Figura 3.11, el cual muestra la conexión de todos los dispositivos necesarios para su funcionamiento.

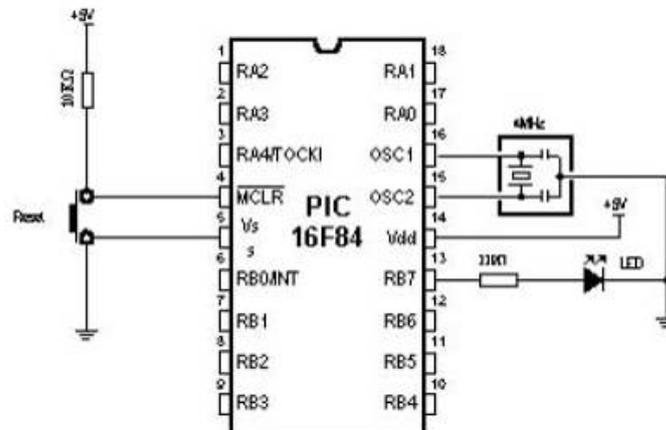


Figura.3.11 Conexión del PIC16X84



3.5.7. Fuente de alimentación.

Algo muy importante en lo que debemos de poner atención es en la alimentación que requiere nuestro PIC, el fabricante nos indica que el micro se alimenta con a 5 V entre los puntos Vdd (+) y Vss (-). El consumo del circuito depende de las cargas en los puertos y de la frecuencia de trabajo. Por ello recomendamos realizar el diagrama de la figura 3.12 el cual se muestran a continuación, con el estaremos seguros de que la alimentación a nuestro Pic es la adecuada.

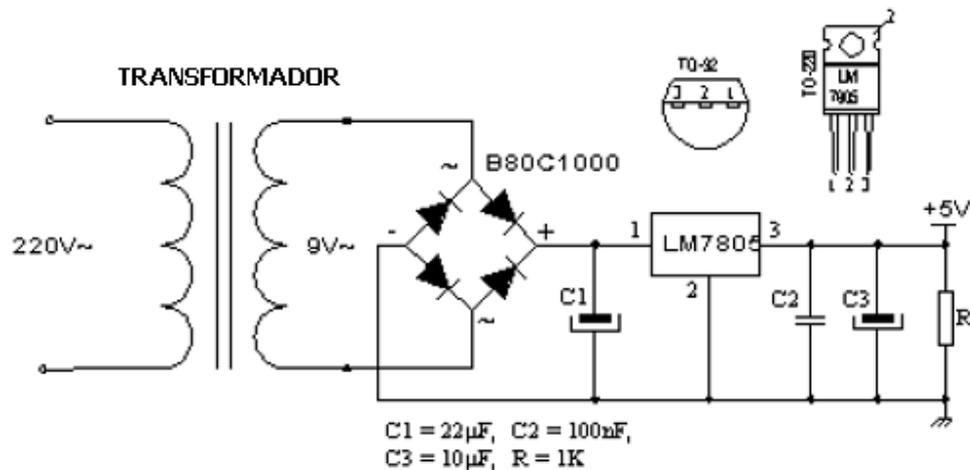


Figura 3.12. Diagrama para Fuente de alimentación

3.6. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

El trabajo con microcontroladores exige un trabajo con hardware, el cual requiere la confección de un programa con las suficientes instrucciones para obtener los resultados a los que se quieren llegar, y por otro lado también se necesitan adaptar las “patas” del microcontrolador a los periféricos externos que hay en un controlador, lo cual nos indicará que nuestro programa funciona como nosotros queremos.

Para la construcción de los programas de los micros, utilizamos 3 lenguajes (principalmente).

- | | |
|-----------------------------|--------------|
| 1.- Lenguaje de ensamblador | (bajo nivel) |
| 2.-Lenguaje C, | (Alto nivel) |
| 3.- Lenguaje Basic | (Alto nivel) |



El lenguaje ensamblador, se dice que es de bajo nivel porque sus instrucciones son exactamente las que el procesador sabe interpretar y ejecutar. Se dice que es un lenguaje de “bajo nivel” porque, lo único que hace es traducir los nemónicos con los que se escriben las instrucciones elementales a código binario para que el procesador sea capaz de interpretarlas y ejecutarlas.

Los lenguajes de alto nivel tienen instrucciones más potentes, pueden realizar funciones y operaciones más complicadas; saben multiplicar, sacar la raíz cuadrada y realizar funciones y operaciones mucho más complicadas que las pueden hacer las instrucciones de la máquina. Pero como la máquina es la misma, la realización de esas instrucciones se tiene que hacer con un programa de instrucciones elementales, cada instrucción se convierte en un programita de bajo nivel, es decir, para que el procesador pueda ejecutar las instrucciones de un lenguaje de alto nivel precisa otro programa que las descomponga en otro de bajo nivel correspondiente. A estos programas se les llama **compiladores**. Los compiladores se encargan de traducir un programa confeccionado con instrucciones de alto nivel a otro equivalente con instrucciones de bajo nivel. También existen variantes de estos programas, que reciben el nombre de intérpretes que realizan dicha traducción pero instrucción por instrucción, traducen una instrucción de alto nivel en las correspondientes de bajo nivel que ejecuta el procesador.

Lenguaje Ensamblador (Mplab).

Exige un conocimiento profundo de la arquitectura interna del procesador, lo que requiere una buena base en electrónica, así como conformación de informática. Este realiza operaciones directamente con los elementos existentes dentro del procesador.

Lenguaje C.

Es de tipo profesional, muy completo y potente, por tal motivo exige una buena formación de informática, es conveniente también conocer la arquitectura interna del procesador y en ocasiones hay que combinarlo con el lenguaje Ensamblador.

Lenguaje Basic.

Tiene potentes instrucciones que se escriben igual que se denominan en inglés y su manejo no requiere de conocimientos extensos de arquitectura de procesadores, de electrónica e informática. Es muy fácil de utilizar.

Aunque sabemos que hay muchos más lenguajes de programación solo decidimos incluir estos tres porque son los que más se utilizan actualmente y por supuesto, utilizaremos uno de ellos para nuestro proyecto. Basaremos la programación del microcontrolador en el lenguaje **Basic**.



3.6.1. PROGRAMACION CON MPLAB

Uno de los más poderosos software para la programación de microcontroladores (PIC's), aunque para este proyecto no lo usamos, para la programación de nuestro microcontrolador es importante mencionarlo ya que muchos de los problemas que se encuentran en la vida real son solucionados con la ayuda de este lenguaje de programación, ya que el nos ofrece un editor de texto, un manejador de proyectos para mantener tu código organizado y un ambiente para depurar el software que desarrollas para tus propios diseños. Este ambiente incluye el simulador MPLAB-SIM, y soporta otras herramientas de Microchip tales como el emulador PICMASTER y el programador de dispositivos PICSTART Plus. Lo mejor de todo esto es que el editor de texto, el manejador de proyectos y el simulador se pueden bajar directamente de la página de internet (<http://www.microchip.com>). Lo único en el cual se tiene que invertir algo de dinero es en el programador PICSTART Plus el cual es muy completo y soporta la mayoría de microcontroladores que se encuentran en el mercado.

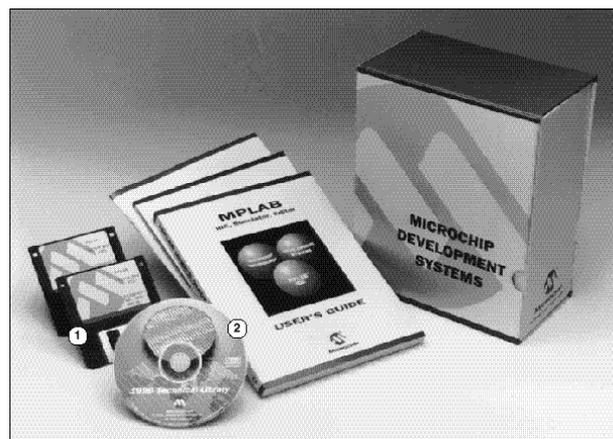


Figura. 3.13 Software de programación de Microchip

Al inicio de este proyecto realizamos algunos programas con este software, ya que es la única manera de poder entenderlo, además de que como ya se menciono anteriormente para poder utilizarlo hace falta conocer en cierta forma la arquitectura interna del procesador, No abundaremos mucho con el uso de este lenguaje de programación, ya que no lo usaremos para la programación del pic.

3.6.1.1. Como trabaja el lenguaje ensamblador

El lenguaje ensamblador es una forma de expresar las instrucciones que entiende el microcontrolador, ya que como se sabe el microcontrolador trabaja en base a una serie de códigos llamados nemónicos, los cuales son a su vez una serie de caracteres alfanuméricos que expresan una tarea o una orden específica. Los nemónicos en el entorno de ensamblador corresponden a las iniciales del nombre de la instrucción en inglés, las cuales los hacen que sean fáciles de recordar, esta serie de nemónicos los encontramos en el anexo "B", al final de este presente trabajo.

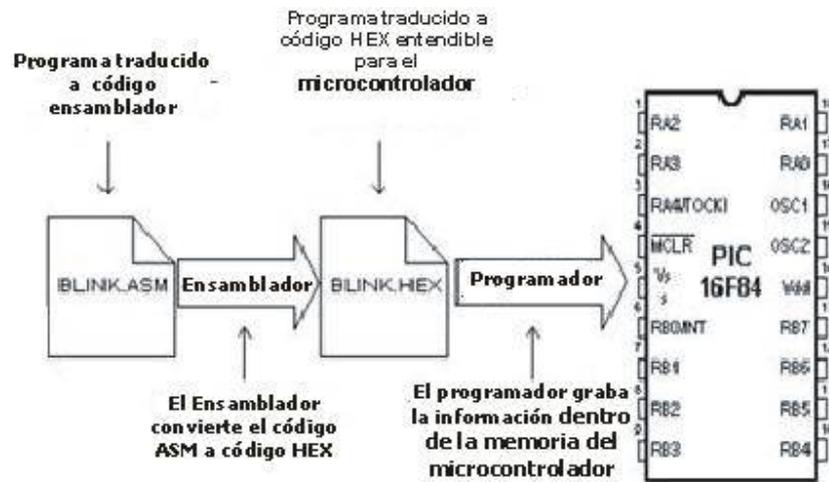


Fig. Etapas de programación con ensamblador

Cuando trabajamos con el lenguaje ensamblador se dice que o que hacemos es entrar en el entorno del procesador, es decir, lo que estamos haciendo es adentrarnos al lenguaje del procesador.

Para este proyecto decidimos utilizar el lenguaje de programación Picbasic pro el cual si no es más completo que Mplab, si es una herramienta muy buena capaz de ayudarnos a resolver problemas muy complejos. El lenguaje Picbasic pro es mucho más fácil de leer y escribir que el lenguaje ensamblador (Mplab) Microchip.

3.6.2. PROGRAMACION CON PICBASIC

El lenguaje BASIC fue desarrollado en 1960 por J. Kemeny y T. Kurtz con la finalidad de simplificar la programación. Se trata de un lenguaje muy sencillo que está orientado a las personas y por eso sus instrucciones recuerdan las palabras inglesas con las que se describe la operación que se quiere realizar. También es muy cómodo en las aplicaciones que manejan mucha información literal, típica en los negocios. Como mayor defecto se dice que es un lenguaje «no estructurado» o «no procedural», de lo cual la mayor culpa tiene la instrucción GOTO, que es capaz de desviar el flujo de la ejecución de instrucciones a cualquier parte del programa, impidiendo la posibilidad de dividir la tarea en trozos pequeños e independientes.

Para conocer el entorno de este lenguaje de programación se estudio el manual del compilador de Picbasic Pro el cual se obtuvo de <http://melabs.com/products/pbp.htm>. En este manual se puede encontrar las instrucciones que se manejan para este compilador y algunas otras recomendaciones. A demás se puede descargar el software de evaluación que nos proporciona *MicroEngineering Labs, Inc.* En el anexo “C” mostramos un listado de las principales instrucciones que maneja este lenguaje de programación.



3.6.2.1. Como trabaja el lenguaje Picbasic pro

El compilador PicBasic Pro es un programa que utiliza a la computadora como plataforma, esta tarea es traducir el código original de Basic a un código máquina (ensamblador) el cual es el que entiende el microcontrolador. El proceso que realiza PicBasic Pro para la traducción de este código Hexadecimal, se muestra en la figura 3.14

El programa en su primera fase, es escrito en Picbasic Pro y es registrado o guardado como un archivo del tipo “.bas”. Después de esta primera fase es convertido a un código ensamblador con una extensión “.asm”. Por último este tipo de archivo se traducirá a un tipo de archivo hexadecimal, el cual es el que entiende el microcontrolador, por ello es el que se escribe dentro de su memoria.

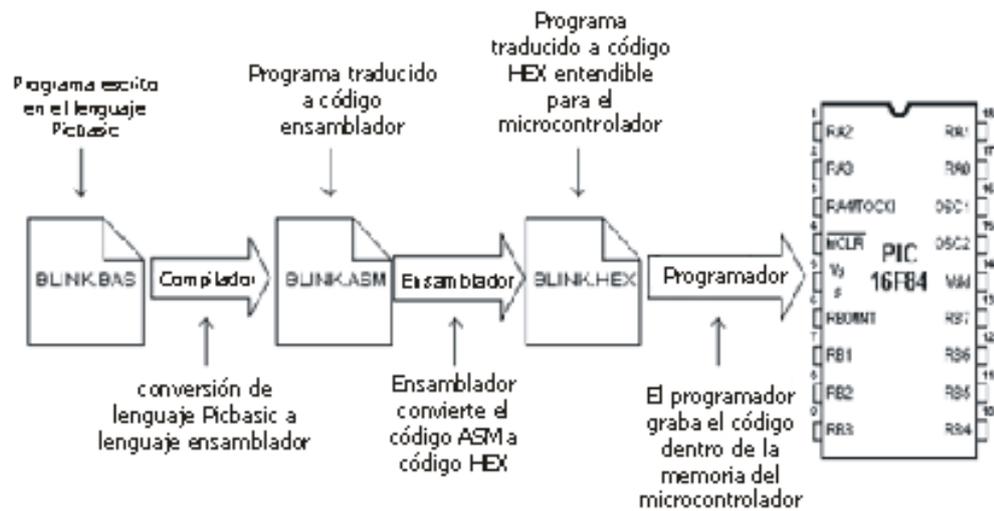


Fig.3.14 Etapas de programación con Picbasic pro

Tal vez la forma de aprender el funcionamiento de los microcontroladores es adentrándonos a su entorno mediante la práctica. Por este motivo mostraremos paso a paso el programa que fue desarrollado para nuestro proyecto se tratara de explicar lo más detallado que sea posible cada una de sus partes. En el diagrama 3.1 se muestra el proceso que se debe de seguir para resolver cualquier tipo de problema en el cual intervenga algún microcontrolador.

Algo muy importante que hay que notar es que debe de tener en cuenta como es el entorno de Picbasic pro para poder comprender mejor estos pasos.

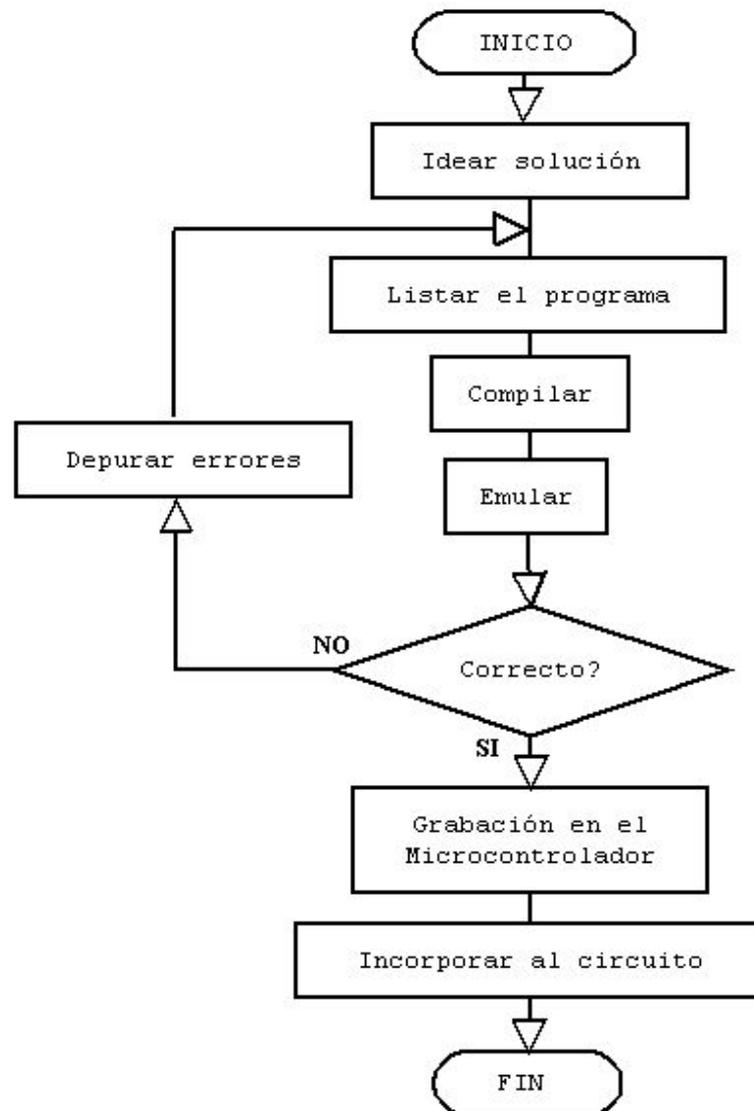


Diagrama 3.1 Etapas del Proceso de programación

Aunque no siempre se tienen cada uno de estos pasos claramente identificados cuando se genera un programa en Picbasic Pro, ya que como se dice “siempre hay varios caminos para llegar a una solución”. Trataremos de apegarnos lo más posible a este proceso para que se pueda entender mejor.

3.6.2.2. Escritura y compilación del programa.

El primer paso es el escribir el código del programa en algún editor de texto, uno de ellos es el que ofrece la plataforma de Windows o si bien se prefiere se puede descargar el software de Microcode estudio, el cual específico para el desarrollo de programación en Basic. En nuestra experiencia personal podremos decir que cualquiera de los dos es bueno, nosotros nos inclinamos por el Editor de texto que



ofrece Windows, ya que este no genera ningún costo extra y es muy práctico en su uso.

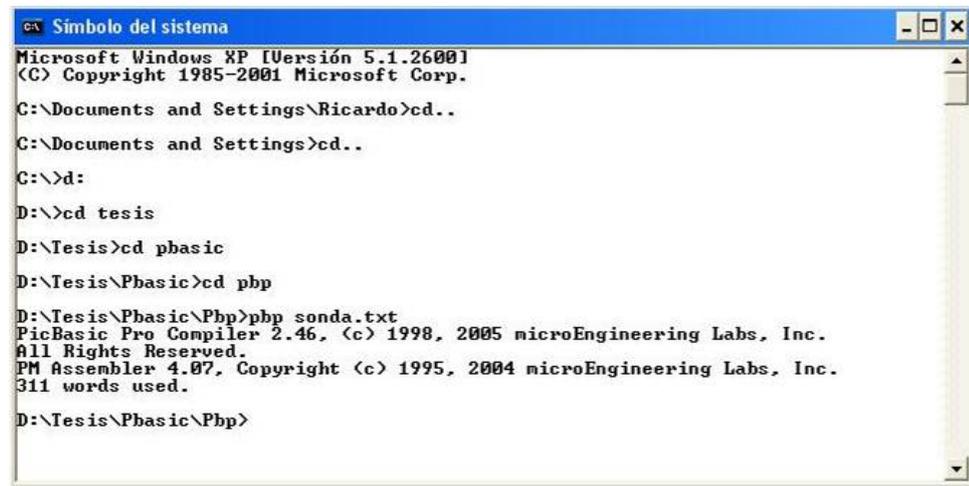
Se mostrara aquí solo un ejemplo de la programación y compilación con Picbasic pro, en el anexo “L” se mostrara el código que se desarrollo para este proyecto”

```
loop: high PORTB.0  ´enciende el LED
pause 500           ´demora de .5 segundos
low PORTB.0        ´apaga el LED
pause 500          ´demora de .5 segundos
goto loop          ´vuelve a loop y hace parpadear el LED para siempre
end
```

Figura. Escritura del primer programa en Picbasic pro

Lo que se hace en este programa es solo poner en estado alto el puerto B.0, por aproximadamente medio segundo y después mandarlo en estado bajo en el mismo tiempo (medio segundo), por último se realiza un LOOP, el cual es un ciclo (hace lo mismo siempre y sin interrupciones).

Después de esta breve explicación continuaremos con la compilación del programa, la cual nos mostrara si existen errores en la programación. Para la compilación del programa utilizaremos la línea de comandos (editor de comandos de MS-DOS).



```
Simbolo del sistema
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.
C:\Documents and Settings\Ricardo>cd..
C:\Documents and Settings>cd..
C:\>d:
D:\>cd tesis
D:\Tesis>cd pbasic
D:\Tesis\Pbasic>cd pbp
D:\Tesis\Pbasic\Pbp>pbp sonda.txt
PicBasic Pro Compiler 2.46, (c) 1998, 2005 microEngineering Labs, Inc.
All Rights Reserved.
PM Assembler 4.07, Copyright (c) 1995, 2004 microEngineering Labs, Inc.
311 words used.
D:\Tesis\Pbasic\Pbp>
```

Figura 3.15 Compilación del primer programa

Una vez que inicie la compilación con la línea de comandos, este mostrara si existe algún error, si existen errores en el programa no se compilara y la línea de comandos mostrara los errores que encontró con un mensaje como este figura 3.16.



```
Simbolo del sistema
D:\Tesis\Pbasic>cd php
D:\Tesis\Pbasic\Php>php sonda.txt
PicBasic Pro Compiler 2.46, (c) 1998, 2005 microEngineering Labs, Inc.
All Rights Reserved.
PM Assembler 4.07, Copyright (c) 1995, 2004 microEngineering Labs, Inc.
311 words used.

D:\Tesis\Pbasic\Php>php sonda.txt
PicBasic Pro Compiler 2.46, (c) 1998, 2005 microEngineering Labs, Inc.
All Rights Reserved.
PM Assembler 4.07, Copyright (c) 1995, 2004 microEngineering Labs, Inc.
311 words used.

D:\Tesis\Pbasic\Php>php sonda.txt
PicBasic Pro Compiler 2.46, (c) 1998, 2005 microEngineering Labs, Inc.
All Rights Reserved.

D:\TESIS\PBASIC\PHP\SONDA.TXT ERROR Line 34: Bad expression.
D:\TESIS\PBASIC\PHP\SONDA.TXT ERROR Line 33: Expected '['.
D:\Tesis\Pbasic\Php>
```

Figura 3.16 Mensaje de error en el compilador

Por otro lado si el programa no encuentra ningún error, este lo compilara y a su vez generara otro archivo en código ensamblador con extensión “asm”. En un segundo paso este creara un archivo de código hexadecimal, listo para leerse dentro de la memoria del microcontrolador.

Ahora lo único que queda por hacer es solo cargar el código maquina en la memoria del microcontrolador. ¿Pero cómo hacemos esto?

Resulta muy sencillo si se cuenta con un programador, en este caso contamos con el programador y el software de este mismo programador, los cuales son mostrados a continuación figuras 3.17 y 3.18. El software se puede conseguir sin ningún costo ya que este es firmado bajo software libre y programador es muy sencillo de conseguir ya que en el mercado hay muchos programadores a un precio accesible

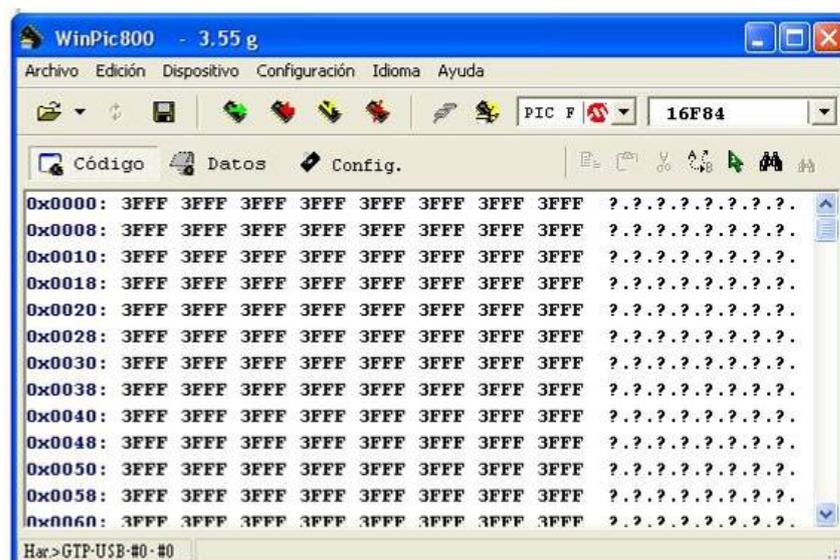


Figura 3.17. Software del programador



Figura 3.18. Programador por USB

Una vez que se ha finalizado la programación del microcontrolador, para nuestro caso el PIC16F84, solo restara por probar el circuito. Estas pruebas se mostraran en el capítulo 5 en donde se muestran todas las pruebas que se realizaron para este proyecto.



Capítulo IV

INTRODUCCION

Desde su aparición en la primera guerra mundial, en la que se utilizaba para medir, a qué distancia se encontraban objetivos de artillería, hasta hoy en día en donde se puede encontrar en cualquier tipo de aplicación, desde la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema, hasta el más sofisticado satélite que utiliza como medio la transmisión de información hacia sus estaciones en la tierra.

El envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios (teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etcétera).

En este capítulo mostraremos las características principales del Transmisor y el Receptor, los cuales serán los encargados de que se establezca la comunicación entre la Radiosonda y el ordenador. Se mostrará también como se lleva a cabo la comunicación serial entre el ordenador y un microcontrolador, los distintos dispositivos que intervienen para que dicha comunicación se efectúe, así como el entorno de programas como la Hiperterminal y Labview que nos permiten administrar esta información.



4.1 TELEMETRÍA

El campo de las comunicaciones puede ser dividido en dos segmentos principales: comunicación de datos y comunicación de voz, en una cierta forma, todas las comunicaciones pueden ser vistas como una forma de transmisión de datos. No obstante siempre hemos encontrado el inconveniente de puntos de vista regulatorios y operacionales, por ello realizaremos la distinción entre estos tipos. Dentro del segmento de la comunicación de datos, tenemos intercambio de archivos, intercambio de mensajes e intercambio de algún tipo de medida. El primer ejemplo corresponde al uso de la transferencia de archivos, usando un tipo de protocolo, para mover un archivo de un servidor a través de internet a un servidor destinado, mientras que el segundo ejemplo corresponde a un correo electrónico. La tercera categoría, es la más extensa ya que utilizan técnicas para medir fenómenos que se presentan en la naturaleza, procesarlos y comunicar los resultados. Mientras que esas técnicas reciben diferentes nombres en diferentes disciplinas, ellas son conocidas como *sistemas de telemetría*.

Mucha de la gente que escucha por primera vez el término “Telemetría”, piensa que es algo relacionado con el espacio o de uso militar, pero no solamente estos campos de aplicación son exclusivos para el uso de la telemetría, hay muchos casos en los que la telemetría a ayudado, como por ejemplo en la industria médica electrónica, estaciones del clima y además en el campo automotriz.

Un sistema de telemetría, es un medio por el cual los datos son obtenidos en un lugar remoto de difícil acceso, después de obtener esta información, estos son enviados a una estación de trabajo (en tierra firme) para ser analizados y/o guardados.

Al proceso por el cual los datos son obtenidos es llamado *telemetría*.

Recordemos que hay muchos medios por los cuales se pueden obtener datos, para el caso exclusivo de las radiosondas se una la radiofrecuencia, como medio de adquisición de datos.

4.1.1 Elementos que componen la comunicación

Se puede definir la comunicación como el proceso por medio del cual la información se transfiere de un lugar fuente a otro destino. En este proceso básico, intervienen al menos los siguientes elementos:

4.1.1.1 Sensor.

El cual es el encargado de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas, Las cuales serán analizadas para obtener algunos parámetros del medio ambiente, como por ejemplo el modelo atmosférico de la tierra.



4.1.1.2 Emisor o transmisor.

Es el subsistema electrónico que recibe la señal procedente del transductor de entrada y la acondiciona para ser transmitida. Como se verá más adelante, la señal que proviene del transductor no puede ser transmitida directamente, esta requiere de un tratamiento previo (algunos de ellos ya vistos), uno de los procesos más importantes que interviene, es el proceso de modulación. En el emisor se puede realizar también una etapa de acondicionamiento.

4.1.1.3 Medio o canal de transmisión.

Es el medio físico por el cual viaja la señal procedente del emisor con destino al receptor. Es frecuente encontrar que los medios de transmisión están clasificados en guiados y no guiados, los primeros establecen una comunicación punto a punto entre emisor y receptor, mientras que los otros permiten enviar información de modo difundido o broadcast, este el medio por el cual mantendremos nuestra comunicación.

Todo medio de transmisión produce sobre la señal una disminución progresiva de la potencia conforme aumenta la distancia del emisor. Este efecto se conoce como atenuación. Otros fenómenos menos deseables pueden aparecer durante el proceso de transmisión a través del medio. Así los efectos conocidos como distorsión, ruido e interferencia alteran la forma de la señal, por tanto afectan el mensaje.

4.1.1.4 Receptor.

Es un subsistema que recibe una señal procedente del medio de transmisión, esta señal en la mayoría de los casos debe ser acondicionada, para poder ser posteriormente interpretada por el transductor de salida (alta voz, video, etc.). Después de ser acondicionada, la señal es demodulada y con este proceso se obtiene el mensaje en su forma original.

En la figura mostrada a continuación ejemplificamos el proceso ya mencionado

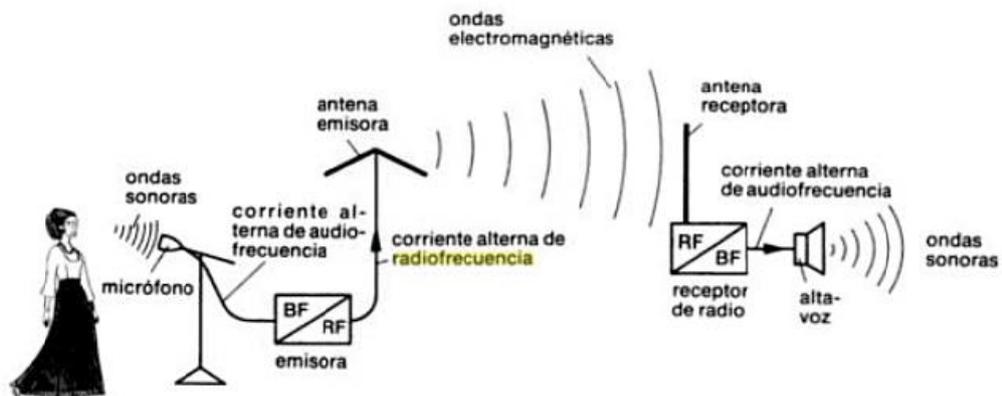


Figura 4.1 Sistema de Telemetría



4.1.2 Banda de frecuencias

Hertz utilizó frecuencias entre 50 a 500 MHz en sus primeros experimentos en el laboratorio. Cuando otros, como Marconi, intentaron aplicar estos resultados a las comunicaciones dándose cuenta que los resultados eran mucho mejores cuando usaban bajas frecuencias. En ese momento poco se conocía de la propagación de las ondas de radio (o sobre el diseño de antenas). Ahora se sabe que todas las frecuencias, desde unos pocos kilo hertz a varios Giga hertz, tienen sus aplicaciones en los sistemas de radiocomunicaciones. Mientras tanto entro en uso su sistema para etiquetar las frecuencias. Las frecuencias que más se utilizaban al principio, las de alrededor de 300Khz a 3Mhz, se llamaron frecuencias medias (MF). Se asignaron nombres a cada orden de magnitudes de frecuencia, tanto arriba como tanto abajo y los nombres se conservan en la actualidad, por consiguiente, Hay frecuencias muy bajas (very low frequencies VLF) hasta frecuencias muy altas (very high frequencies VHF) desde 30 a 300 MHz, etc.

Nombre	Abreviatura	Frecuencias	
Super low frequency	SLF	30-300 Hz	Audio
Ultra low frequency	ULF	300–3000 Hz	
Very low frequency	VLF	3–30 kHz	Comunicaciones submarinas
Low frequency	LF	30–300 kHz	Navegación
Medium frequency	MF	300–3000 kHz	Radio difucion AM
High frequency	HF	3–30 MHz	
Very high frequency	VHF	30–300 MHz	Radiodifusión comercial de onda corta
Ultra high frequency	UHF	300–3000 MHz	Radiodifusión FM y de televisión
Super high frequency	SHF	3-30 GHz	Hornos de microondas, sistemas de comunicación, personales, teléfonos celulares
Extremely high frequency	EHF	30-300 GHz	Ondas milimétricas

Tabla 4.1 Bandas de frecuencia

Cuando se busca información sobre que frecuencias estas establecidas para la meteorología encontramos que ha esta se le ha asignado para trabajar dentro de dos bandas. En las bandas UHF y VHF se les puede encontrar, como ayuda a la Meteorología ó Meteorología por satélite.

Para el uso con radiosondas se manejan dos valores de frecuencia, 403 MHz o 1680 MHz, ambos tipos se pueden ajustar ligeramente arriba o debajo de estos valores, como sea requerido por el usuario final.



4.2 MODULACIÓN

Las señales de transmisión se transportan entre un transmisor y un receptor a través de alguna forma de medio de transmisión. Sin embargo, casi nunca tienen las señales de información una forma adecuada para su transmisión. En consecuencia, se deben transformar a una forma más adecuada. El proceso de colocar la información contenida en una señal, generalmente de baja frecuencia, sobre una señal de alta frecuencia se le conoce como *modulación*.

Debido a este proceso la señal de alta frecuencia denominada portadora, sufrirá la modificación de alguna de sus parámetros, siendo dicha modificación proporcional a la amplitud de la señal de baja frecuencia denominada moduladora. En la Figura 4.2. Se muestra este proceso.

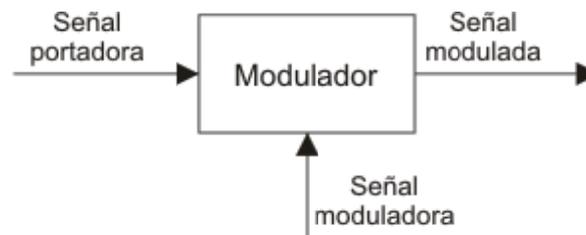


Figura. 4.2 Modulación

4.2.1. Modulación Analógica

La amplia naturaleza de las señales analógicas es evidente, cualquier forma de onda está disponible con toda seguridad en el ámbito analógico, nos encontramos con una onda original y una distorsión de la que tenemos que identificar la onda original de la distorsionada.

4.2.1.1. Modulación en AM

La modulación por amplitud, (AM), es el proceso de cambiar la amplitud de una señal portadora de frecuencias relativamente alta, en proporción con el valor instantáneo de la señal moduladora (información) figura 4.3. La modulación por a amplitud es una forma de modulación relativamente poco costosa y de baja calidad, que se usa para emisiones comerciales de señales de audio y de video, también se usa para radiocomunicaciones móviles en dos sentidos, por ejemplo los radios de banda civil (CB).



Figura 4.3. Modulación en AM



4.2.1.2. Modulación en FM

La **frecuencia modulada (FM)** o la **modulación de frecuencia** es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia (contrastando esta con la amplitud modulada o modulación de amplitud (AM) figura 4.4, en donde la amplitud de la onda es variada mientras que su frecuencia se mantiene constante). En aplicaciones analógicas, la frecuencia instantánea de la señal modulada es proporcional al valor instantáneo de la señal moduladora.

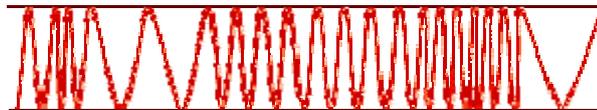


Figura. 4.4 Modulación en FM

4.2.2. Modulación Digital

La transmisión digital se caracteriza por el uso de dispositivos digitales operando sobre las señales digitales para el envío de la información. Recordemos que la señal digital emplea pulsos digitales agrupados con base el sistema binario de codificación y que es el tipo de onda eléctrica que se maneja, en los sistemas de transmisión de datos

En contraste con las redes analógicas, las digitales son ideales para el transporte directo de datos pues, como su nombre lo indica, un medio de transmisión digital porta información en forma de dígitos individuales, en particular dígitos binarios, razón por la cual su proceso se conoce como transmisión digital.

Ventajas de la modulación digital.

- -Inmunidad frente al ruido.
- - Fácil de multiplicar.
- - Codificado, encriptación.
- - Modulación-Demodulación con DSPs.

4.2.2.1. Modulación 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.

La amplitud de una señal portadora análoga varía conforme a la corriente de bit (modulando la señal), manteniendo la frecuencia y la fase constante. El nivel de amplitud puede ser usado para representar los valores binarios 0s y 1s. Los dos valores binarios se representan con dos amplitudes diferentes y es usual que una de las dos amplitudes sea cero; es decir uno de los dígitos binarios se representa mediante la presencia de la portadora a amplitud constante, y el otro dígito se representa mediante la ausencia de la señal portadora



Exige un medio en que la respuesta de amplitud sea estable, ya que este tipo de modulación es bastante sensible a ruidos y distorsiones.

La señal modulada puede representarse gráficamente de la siguiente manera, figura 4.5

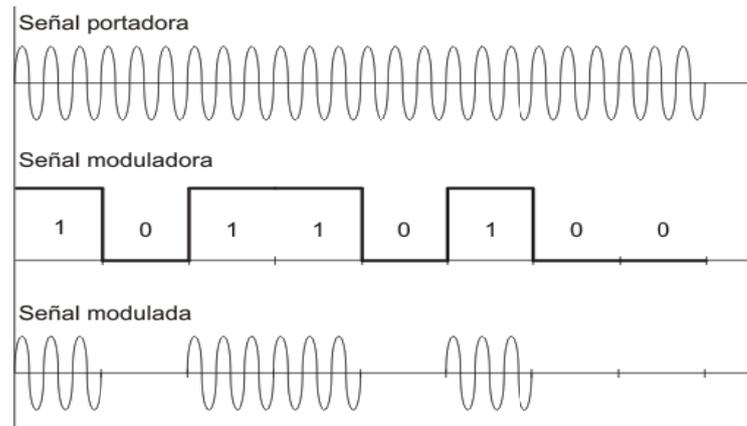


Figura.4.5 Modulación ASK

4.3. DEMODULACIÓN

La demodulación engloba el conjunto de técnicas utilizadas para recuperar la información transportada por una onda portadora, que en el extremo transmisor había sido modulada con dicha información. Este término es el opuesto a modulación, figura 4.6.

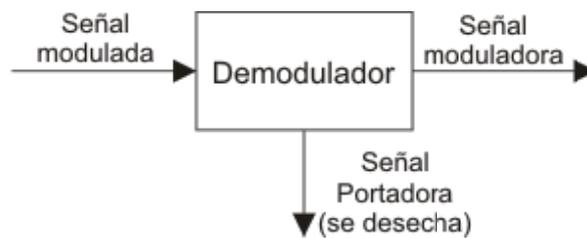


Figura 4.6 Demodulador



4.4. MODOS DE TRANSMISIÓN

Los sistemas de comunicación se pueden diseñar para manejar transmisión solo en una dirección, ambas direcciones, solo una a la vez o en ambas direcciones al mismo tiempo. A esto se les llama modos de transmisión. Existen cuatro modos de transmisión posibles: simplex, semidúplex, dúplex, y dúplex/dúplex.

4.4.1. Simplex (SX)

Con el funcionamiento simplex, la transmisión solo se realiza en una sola dirección. A veces, a los sistemas simplex se les llama *solo en un sentido, solo recibir o solo transmitir*. Una estación puede ser un transmisor o un receptor, pero no ambos a la vez. Como ejemplo de transmisión simplex esta la emisión comercial de radio o la televisión: la estación de radio solo transmite a uno y uno solo transmite.

4.4.2. Semiduplex (HDX, de half dúplex)

En el funcionamiento semiduplex, las transmisiones se pueden hacer en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo. A veces, los sistemas semiduplex se les llama *de alternar en ambos sentidos, en uno de los sentidos, o en cambio y fuera*. Una estación puede ser transmisora y receptora, pero no al mismo tiempo. Los sistemas de radio en dos sentidos que usan botones para hablar (PT, de push-to-talk), para conectar sus transmisores, como son los radios de banda civil y de policía, son ejemplos de transmisión semiduplex.

4.4.3. Duplex total (FDX, de full dúplex)

Con el funcionamiento dúplex total, o simplemente dúplex, puede haber transmisión en ambas direcciones al mismo tiempo. A veces los sistemas dúplex se les llama *simultáneos de dos direcciones, dúplex completos o líneas bilaterales o en ambos sentidos*. Una estación puede transmitir y recibir en forma simultánea; sin embargo, la estación a la que transmite también debe ser de la que se recibe. Un sistema telefónico normal es un ejemplo de funcionamiento dúplex.

4.4.4. Duplex total/general (F/FDX, de full/full dúplex)

Con la operación en dúplex total/general es posible transmitir y recibir en forma simultánea, pero no necesariamente entre las dos mismas estaciones (es decir, una estación puede transmitir a una segunda estación, y recibir al mismo tiempo una tercera estación). Las transmisiones dúplex total/general se usan casi exclusivamente en circuitos de comunicación de datos. El servicio postal en Estados Unidos es un ejemplo de funcionamiento dúplex total/general.



4.5. TRANSMISOR Y RECEPTOR

Seleccionar los dispositivos al momento de transmitir datos por RF, se hacía muy difícil en el pasado, pues empezando por los circuitos, que en muchas ocasiones las inductancias han sido un tema difícil, por otra parte el tamaño del circuito es por lo regular demasiado grande para aplicaciones pequeñas, como por ejemplo, para nuestro caso de la Radiosonda Meteorológica que en ese aspecto es algo fundamental el cual se tiene que cuidar. Como ya se ha explicado se deberá entablar comunicación entre un sistema que, vuela libremente en la atmósfera y el ordenador que se encuentra en la superficie.

Para realizar esta comunicación entre ambos sistemas nos apoyamos en la utilización de un modulo de RF de la compañía LAIPAC, estos módulos son muy interesantes, básicamente por su reducido tamaño y su fácil uso. Tanto el Transmisor y el Receptor se muestran en las tablas 4.2 y 4.3 con sus respectivas características.

4.5.1. Transmisor.- TL434A

Es el módulo transmisor, que consta únicamente 4 pines, y el tamaño de 13.3x10.3mm, la forma de transmitir es por Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK), de esta forma los datos digitales se transmiten con de amplitud, de acuerdo al fabricante su alcance es ideal a 500 metros en zonas despejadas y trabaja en la banda de UHF.

Transmisor	CARACTERISTICAS	
	Frecuencia de operación	433.92 MHz
	Modulación	ASK
	Voltaje de alimentación	2 a 12V
	Corriente	8.4mA
	Frecuencia a la que trabaja MHz	433.92
	Rango de datos de salida	4.8 Kbps
	Potencia	0.5 Watts
	Costo	\$209.00 MN

Tabla. 4.2 Características del transmisor TLP434A(R)



4.5.2. Receptor.- RIP434A

Este modulo receptor, tiene 8 pines, y el tamaño de 11.5x43.42mm, la forma de transmitir es la misma que en el caso del emisor (ASK), es un poco más grande que el transmisor, pero sigue siendo un tamaño muy pequeño para su uso en la Radio sonda meteorológica. Este módulo además Cuenta con dos salidas, digital y analógica, aunque solo se utiliza la analógica para alguna prueba que se desee realizar con este modulo

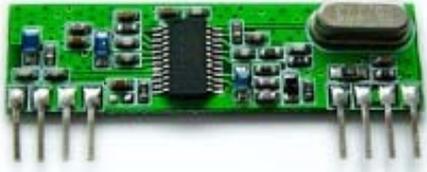
Receptor	CARACTERISTICAS	
	Frecuencia de operación MHz	433.92
	Modulación	ASK
	Voltaje de alimentación	3 a 6V
	Corriente de operación	4.5 mA
	Sensibilidad	-110 Dbm
	Tiempo de Respuesta	5mS
	Costo	\$126.50

Tabla. 4.3 Características del transmisor RLP434A(R)

Sabemos que ambos módulos TX y Rx trabajan a una frecuencia de 433,92 MHz y que esta frecuencia está asignada a otro tipo de comunicación como lo es radio localización y ayuda aeronáutica, por lo cual estas frecuencia está sujeta a permiso por las autoridades correspondientes (SCT), ya que esta frecuencia se encuentra en UHF, pero dado de que estos módulos son muy accesibles en su costo y su tamaño es muy práctico para nuestro proyecto, se tomo la decisión de trabajar con estos módulos para el proyecto de la Radio Sonda.



4.6. COMUNICACIÓN SERIE

Para hacer que dos dispositivos se comuniquen adecuadamente necesitamos un tipo de comunicación y un lenguaje o protocolo común entre ambos dispositivos. La forma más común de establecer dicha comunicación es utilizando la comunicación por un puerto serial, la cual es necesaria para la comunicación entre el Pic y la Pc. La comunicación serie consiste en la transmisión y recepción de pulsos digitales, a una misma velocidad.

El transmisor envía pulsos que representan el dato enviado a una velocidad determinada, y el receptor escucha dichos pulsos a esa misma velocidad. Esta técnica es conocida como comunicación serie asíncrona. Un caso práctico es el de un modem externo conectado a un PC.

Por ejemplo:

Para nuestro caso tenemos que el intercambio de datos se realiza entre el PIC16F84 y la Pc, entre ellos intercambian datos a una velocidad de 2400 bits por segundo (también conocidos como baudios). En este caso lo que se hace es que el receptor capture el voltaje que le envía el transmisor. Cada vez que el transmisor detecta que el voltaje tiene un valor "Alto" el ordenador lo interpreta como un "1" y en caso contrario si detecta un valor bajo, el receptor lo interpreta como "0", de esta forma el receptor interpreta una secuencia de bits de datos y obtiene cualquier mensaje que se le envíe.

Los dispositivos electrónicos usan números para representar en bytes caracteres alfanuméricos (letras y números). Para ello se utiliza el código estándar llamado **ASCII** (Código estándar Americano para el intercambio de la información), el cual asigna a cada número o letra el valor de un byte comprendido entre el rango de 0 a 127 ¿?. El código ASCII es utilizado en la mayoría de los dispositivos como parte de su protocolo de comunicaciones serie.

Así que si queremos enviar el número 90 desde un dispositivo a otro. Primero, se pasa el número desde su formato decimal a su formato binario.

Otro punto importante, es determinar el orden de envío de los bits. Normalmente, el transmisor envía en primer lugar, el bit con más peso (o más significativo), y por último el de menos peso (o menos significativo) del formato en binario.

Entonces y como conclusión, para que sea posible la comunicación serie, ambos dispositivos deben concordar en los niveles de voltaje (**HIGH** y **LOW**), en la velocidad de transmisión, y en la interpretación de los bits transmitidos. Es decir, que deben tener el mismo protocolo de comunicación serie (conjunto de reglas que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre dispositivos). Generalmente se usa el protocolo serie llamado RS-232 y interfaces (conectores vs puertos serie) que utilizan dicha norma.

Hasta no hace mucho, la mayoría de los PCs utilizaban el estándar RS-232 para la comunicación serie, pero actualmente los PCs están migrando hacia otras formas de comunicación serie, tales como USB (Bus Serie Universal), y Firewire, que permiten una configuración más flexible y velocidades de transmisión más altas.



4.6.1. Estándar RS-232

Se ha comentado anteriormente de que el transmisor envía una señal a una cierta velocidad y el receptor la recibe esa misma velocidad, para que se realice esta comunicación solo bastara con un ajuste muy sencillo si se habla de que esta comunicación es entre ordenadores. Pero qué pasa si queremos que exista comunicación entre el ordenador y el Pic?

En este caso es un poco más complejo, tendremos que utilizar algunos dispositivos que nos ayudaran a realizar esta comunicación. Por ello es importante saber exactamente a que nos referimos cuando hablamos de estándar RS-232.

El RS232 es un estándar de comunicaciones propuesto por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) y es la última de varias versiones anteriores. Antiguamente se utilizaba para conectar terminales a un ordenador Host. Se envían datos de 7, 8 o 9 bits (normalmente, 9600 bits por segundo o más). La velocidad se mide en baudios (bits/segundo) y sólo son necesarios dos cables, uno de transmisión y otro de recepción

Después de la transmisión de los datos, le sigue un bit opcional de paridad (indica si el numero de bits transmitidos es par o impar, para detectar fallos), y después 1 o 2 bits de Stop. Normalmente, el protocolo utilizado ser 8N1 (que significa, 8 bits de datos, sin paridad y con 1 bit de Stop). Una vez que ha comenzado la transmisión de un dato, los bits tienen que llegar uno detrás de otro a una velocidad constante y en determinados instantes de tiempo. Por eso se dice que el RS-232 es asíncrono por carácter y síncrono por bit.

Lo más importante del estándar de comunicaciones es la función específica de cada pin de entrada y salida de datos, porque nos encontramos básicamente con dos tipos de conectores los de 25 pines y los de 9 pines, es probable que se encuentre mas la versión de 9 pines aunque la versión de 25 permite muchas más información en la transferencia de datos.

Las señales con la que actúa el puerto son digitales (0 - 1) y la tensión a la que trabaja es de 12 Voltios, resumiendo:

12Vlts. = Lógica "0"

-12Vlts = Lógica "1"

4.6.2. El conector DB9 de la PC

En las PCs hay **conectores DB9 macho**, de 9 pines, por el que se conectan los dispositivos al puerto serie, figura 4.7. Los conectores hembra que se enchufan tienen una colocación de pines diferente, de manera que se conectan el pin 1 del macho con el pin 1 del hembra, el pin2 con el 2, etc.

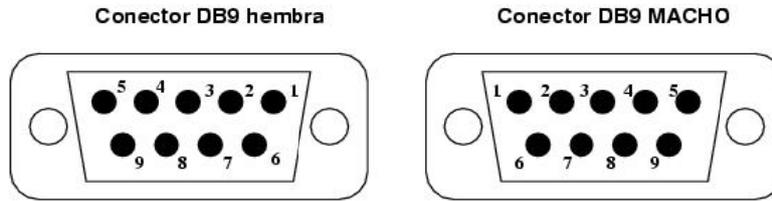


Figura 4.7. Conectores DB9

La tabla 4.4 mostrada a continuación, indica la descripción de cada pin del DB9:

Número de pin	Señal
1	DCD (Data Carrier Detect)
2	RX
3	TX
4	DTR (Data Terminal Ready)
5	GND
6	DSR (Data Sheet Ready)
7	RTS (Request To Send)
8	CTS (Clear To Send)
9	RI (Ring Indicator)

Tabla. 4.4 Pines de conexión para el db9

Para conectar el Ordenador a un microcontrolador por el puerto serie se utilizan las señales **Tx**, **Rx** y **GND**. El ordenador utiliza la norma RS-232, por lo que los niveles de tensión de los pines están comprendidos entre +12 y -12 voltios. Los microcontroladores normalmente trabajan con niveles TTL (0-5v), por lo tanto es necesario intercalar un circuito que adapte ambos niveles, figura 4.5:

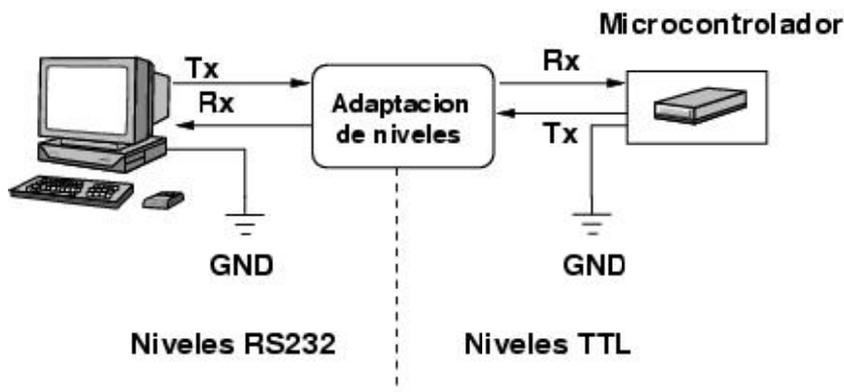


Figura.4.5. Acoplamiento de de niveles de comunicación



4.6.3. Max-232.-

Este chip permite adaptar los niveles RS-232 y TTL, permitiendo conectar un Ordenador con un microcontrolador. Sólo es necesario este chip y 4 condensadores electrolíticos de 22 micro-faradios para que se pueda entablar la comunicación en forma adecuada. El esquema correcto es el que se presenta en la figura 4.6:

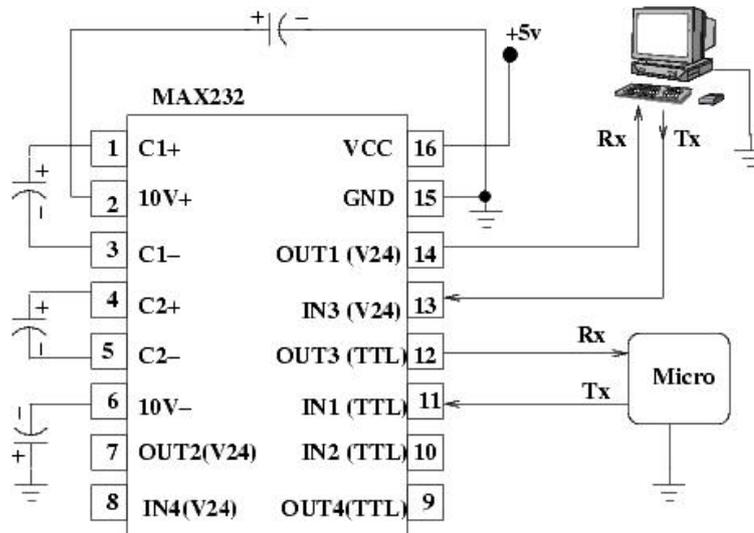


Figura 4.6. Adaptación de niveles con el Max 232

4.7. HYPERTERMINAL

La Hyperterminal. Es una aplicación la cual permite conectar el ordenador con otros sistemas externos, estos sistemas pueden incluir otros ordenadores, algunos microcontroladores sitios Telnet, y los servicios en línea. Sin embargo, lo que necesitamos es un módem, una conexión Ethernet, algún puerto de comunicaciones (serial, paralelo, USB) o un cable nulo módem antes de que pueda utilizar HyperTerminal. Existen muchos programas que pueden ayudar a tener una comunicación con el exterior, pero se decidió utilizar este programa, ya que es muy sencillo y además de que se encuentra integrado dentro del sistema Operativo más comúnmente usado (Windows)

En la HyperTerminal se puede encontrar elementos de control que trabajan juntos con el fin de ofrecer una comunicación, especialmente para acceder a las características necesarias y la realización de diversas tareas. Esta aplicación es un instrumento sencillo, pero útil, especialmente para la realización de pruebas con microcontroladores y para verificar si existe una comunicación estable con otros sitios. En la figura 4.7 Se muestra como es físicamente la Hyperterminal

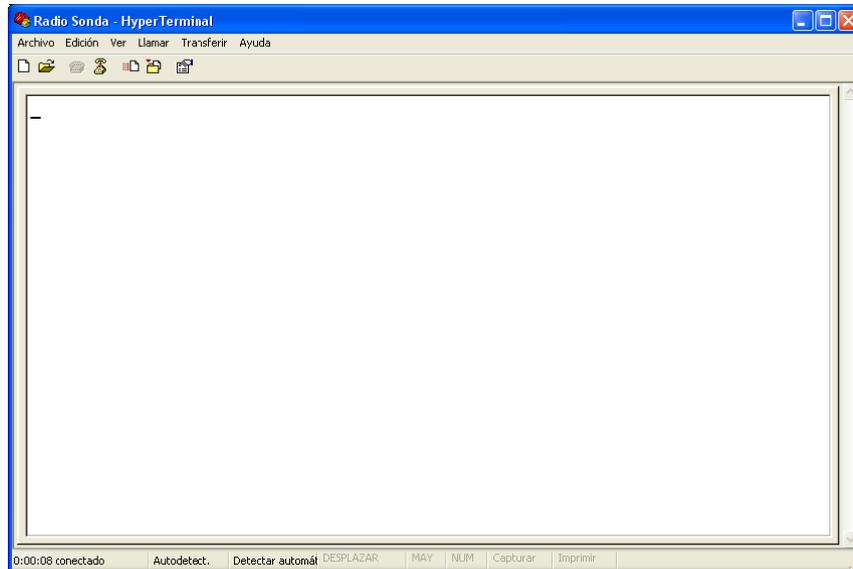


Figura 4.7. La Hiperterminal

En este caso se utilizara la Hyperterminal para tener comunicación entre un microcontrolador y el puerto serie de nuestro ordenador, el cual será el encargado de recibir y almacenar la información del receptor. Para ello solo se tendrá que configurar algunos datos, como los bits de paridad (si se requiere) la velocidad de transmisión, el bit de stop y los el numero de bits de datos que se van a enviar (típicamente 8 bits).

Otro punto que se debe resaltar es que se utilizo un convertidor de USB a serial (RS-232) para la comunicación ya que el ordenador que utilizamos no cuenta con un puerto de comunicación serie, por tal razón la utilización de este convertidor, el cual se muestra en la Figura 4.8.



Figura 4.8 Convertidor de USB a Serial



4.8. LABVIEW

Es una herramienta de programación gráfica, esto quiere decir que utiliza iconos en lugar de líneas de comandos (Texto) para crear aplicaciones, a diferencia de la programación basada en líneas de código para determinar la ejecución de un programa, labview utiliza programación de flujo de datos, donde el flujo de los datos determina la ejecución. Es altamente eficaz para la construcción de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control, además brinda una capacidad de crear una interfaz de interacción con el usuario para las aplicaciones antes mencionada. La palabra Labview viene de las siglas en ingles de: *Laboratory Virtual Instrument Engineering workbench*.

La interfaz del usuario es conocida como panel frontal (Front Panel) figura 4.9, este se constituye con una serie de herramientas y objetos. El código se agrega usando una representación grafica de funciones para controlar los objetos del panel frontal. *El diagrama de bloques* (block diagram) contiene este código figura 4.10. Podemos decir que el *diagrama de bloques* se parece a ún gráfico de flujo de señal.

Los programas de Labview son llamados instrumentos virtuales (VI, por sus siglas n ingles), porque su apariencia y operación imita a un instrumento físico, como osciloscopios y multímetros.

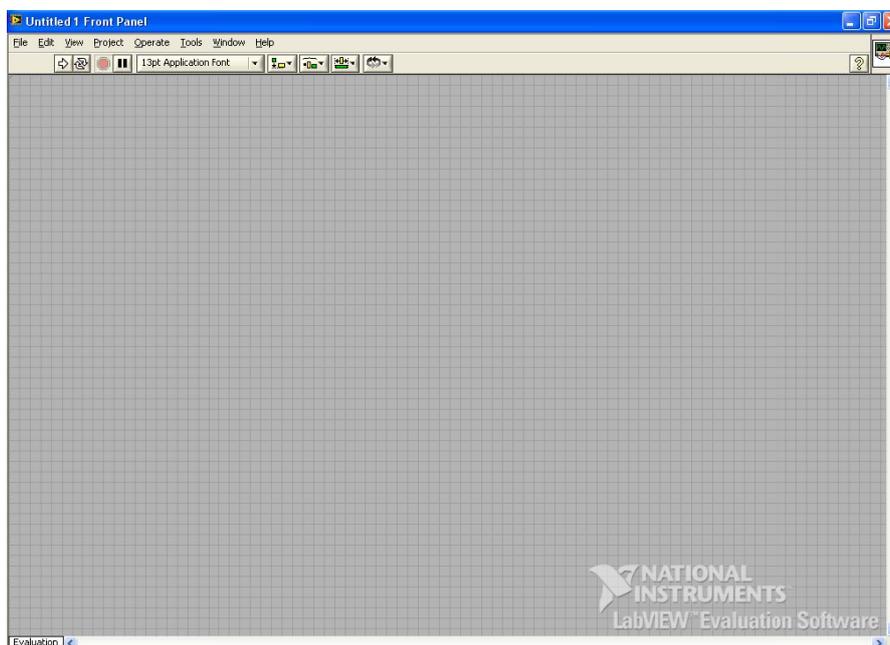


Figura 4.9 Panel Frontal

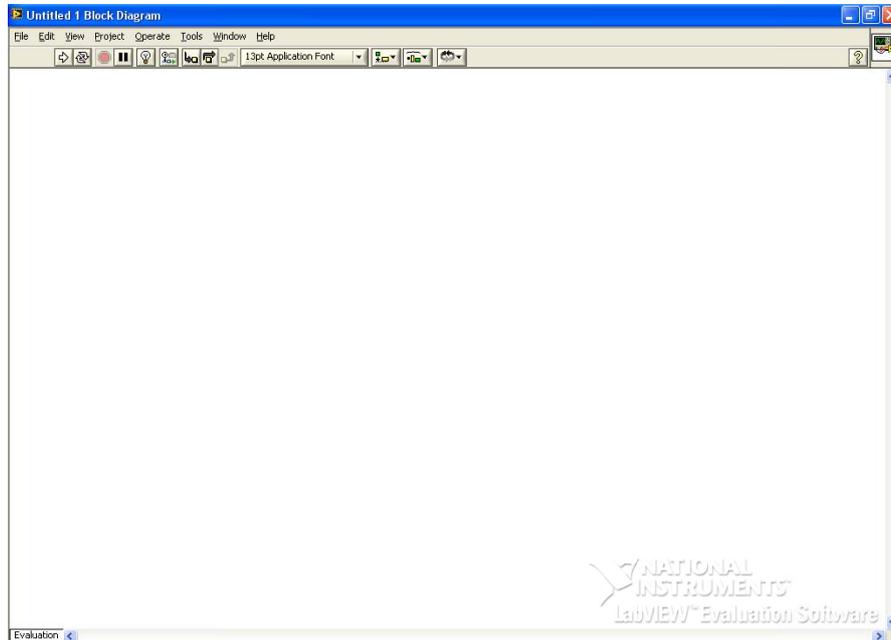


Figura 4.10 Diagrama de Bloques

4.8.1. Labview y el puerto serial

Como se ha comentado labview es un entorno grafico, este nos permite comunicarnos con distintos dispositivos externos, dentro de esos dispositivos externos se encuentra la comunicación serial.

Para tener acceso al puerto serial usando labview se debe iniciar una sesión VISA. La configuración del tipo de comunicación serial se hace con “*VISA configure serial port*”, el cual es el instrumento encargado de la comunicación serial.

Una vez configurado todos los parámetros que te pide el instrumento “*VISA configure serial port*”, en el panel de control, solo será necesario conectar el cable serial a tu ordenador y realizar la recepción de datos. Figuras 4.11 y 4.12

Es importante sincronizar la velocidad de transferencia de datos del microcontrolador en la terminal de “Baud rate” del Visa Configure serial port, de tal manera que sea la misma para ambos (en este caso 2400 baudios. La estructura “stacked sequence” con la función wait es tan sólo una espera programada para la lectura. Lo único presente en el Panel de control es el indicador “Lectura” donde se escriben los datos adquiridos. También es importante seleccionar el puerto COM adecuado en este caso para nuestro ordenador es “COM 5

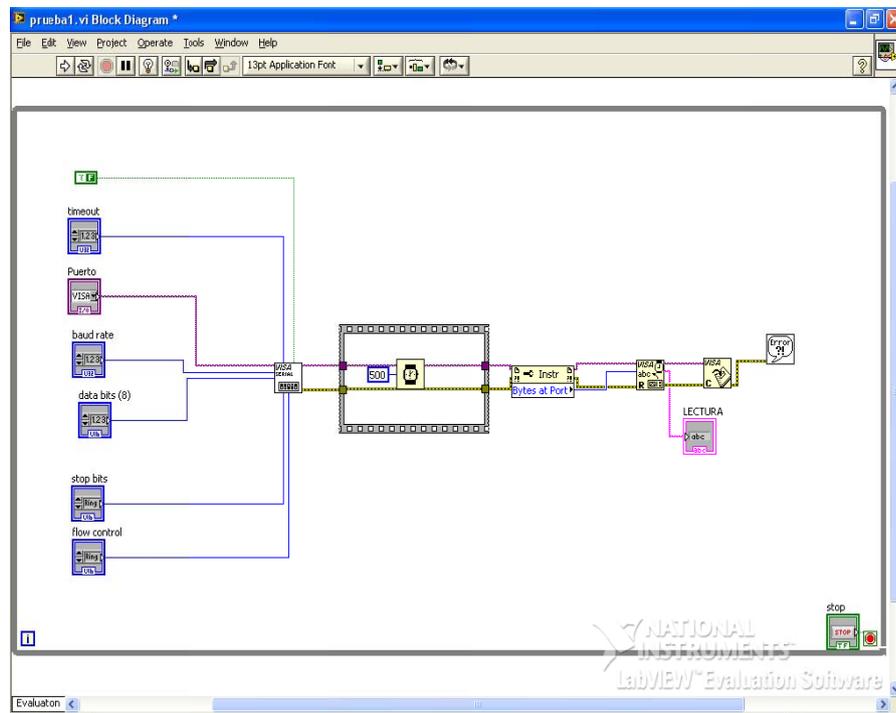


Figura 4.11 Conexión en el diagrama de bloques

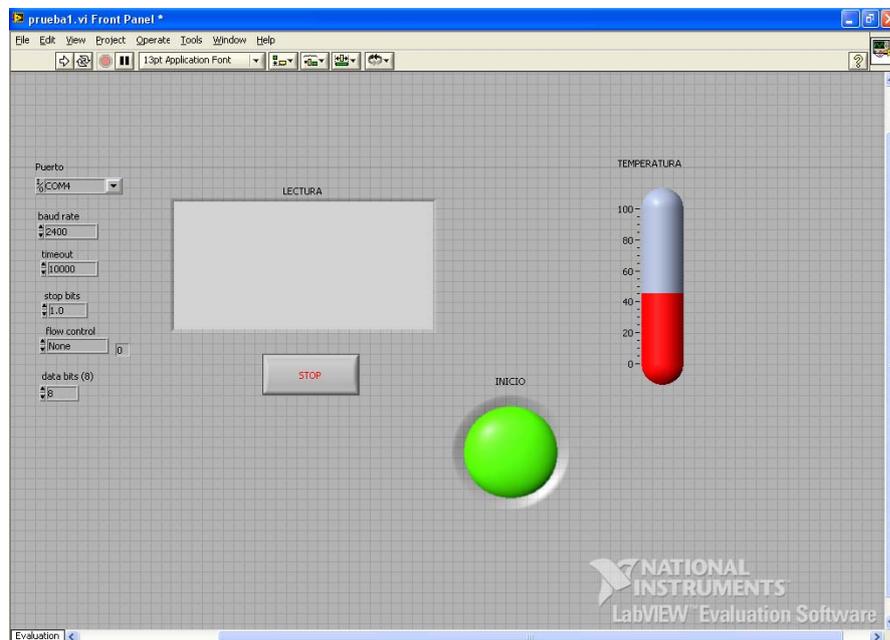


Figura 4.12 vista del panel frontal



Capítulo V

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se dedicó al estudio, manejo, tipos y pruebas de funcionamiento de cada uno de los dispositivos que integran la Radiosonda. Estas pruebas son:

- Pruebas a los Sensores
 - Temperatura
 - Presión
 - Velocidad del viento
- Pruebas con el microcontrolador
- Pruebas con el multiplexor
- Pruebas con el ADC

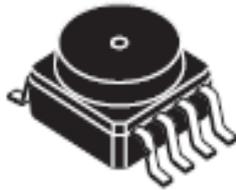
Una vez que se hayan cumplido exitosamente las pruebas, sólo faltará integrar los dispositivos para que se realice la adquisición de datos en conjunto por un microcontrolador. De esta forma, los datos podrán ser enviados a través de radio frecuencia a nuestro ordenador, él cual es el encargado de mostrar las mediciones que se obtienen de la atmósfera.

Por último se presentará una conclusión general de los resultados y experiencias obtenidas durante el presente trabajo.



1.1. PRUEBAS CON EL SENSOR DE PRESIÓN

Para la prueba de este sensor hay que tener en cuenta la información presentada en el Capítulo II, el cual explica el funcionamiento básico de este dispositivo y sus características de funcionamiento, también se debe tomar en cuenta la conexión del mismo, la cual se encuentra en la ficha del fabricante.



SMALL OUTLINE PACKAGE PIN NUMBERS ⁽¹⁾			
1	N/C	5	N/C
2	V _S	6	N/C
3	GND	7	N/C
4	V _{OUT}	8	N/C

1. Pins 1, 5, 6, 7, and 8 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is noted by the notch in the lead.

Figura 5.1. Presentación del sensor y tabla de conexión

Tomando en cuenta la presentación del Sensor (montaje superficial) y la descripción que muestra la figura 5.1, se puede observar que:

- 1.-La presentación del Sensor es de montaje superficial, esto es importante ya que hay que tomarlo en cuenta al momento de hacer la placa donde se montará o en su defecto, hacerle una pequeña placa para el mismo como se decidió hacer para este proyecto.
- 2.-De acuerdo a la ficha técnica del fabricante se puede notar que no todos los pines son de conexión, lo que significa que no es necesario conectar todos ellos para el buen funcionamiento de este sensor. Sólo se conectan los pines dos, tres y cuatro, los sobrantes son de fijación.

Una vez que el sensor es conectado, a su salida entrega un valor de voltaje que es proporcional a la presión atmosférica. Figura 5.3 Una prueba que se realizó para saber que este sensor varía dependiendo la presión que se le aplica, fue el someterle a una presión externa, mayor o menor a la atmosférica. Figura 5.4. Con ello a la salida mostrara un valor mayor o menor de presión, la cual dependerá de la presión externa a la que se somete este sensor.

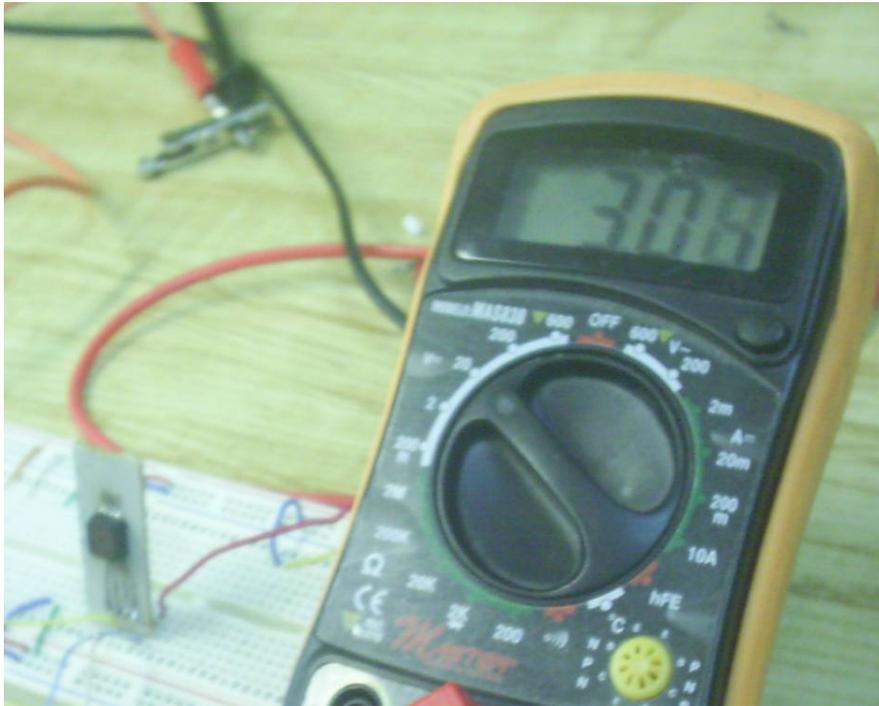


Figura 5.3. Lectura del sensor de presión



Figura 5.4. Prueba al sensor de presión



PRUEBAS CON EL SENSOR DE TEMPERATURA

Retomaremos algunos datos de este sensor para realizar las pruebas respectivas y después integrarlo a nuestro ensamble final. Como sabemos ahora, el LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55° a $+150^{\circ}\text{C}$. La salida es lineal y equivale a $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$.



Precisión de : $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (peor caso)
No linealidad : $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (peor caso)
Voltaje de Operación 5 volts

Figura 5.5 Presentación del sensor de Temperatura

En el mejor de los casos, su tensión de salida es linealmente proporcional con la temperatura en la escala Celsius (centígrada). Posee una precisión aceptable para la aplicación requerida, no requiere calibración externa y es de bajo costo. Sabemos que el rango de alimentación está comprendido entre 4 y 30 volts, pero para fines prácticos se lo alimentó con 5 volts, ya que casi todos nuestros dispositivos se alimentan a este voltaje.

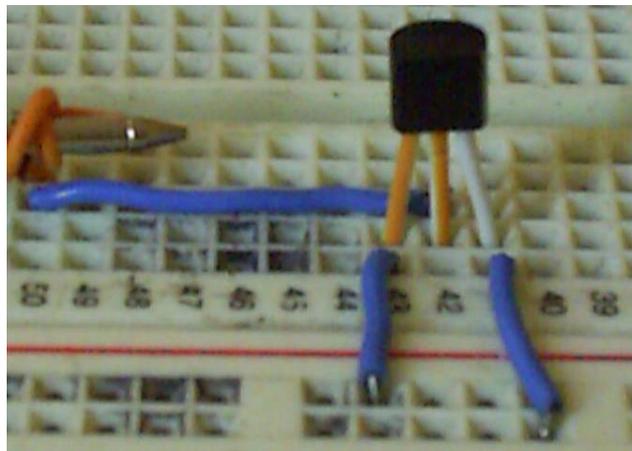


Figura 5.6. Conexión del sensor de Temperatura

El sensor, en respuesta al medio ambiente, entrega un valor de voltaje. Este valor está expresado en milivolts (mV) y como ya se ha mencionado, por cada 10 mV de salida representa 1°C .

En las siguientes figuras 5.7-5.12 se muestra una serie de pruebas realizadas a este sensor. En la primera figura 5.7, se puede observar que al conectar el multímetro a la salida del sensor (+) y a tierra (-), este nos presenta un valor de voltaje, el cual es equivalente a la temperatura: $21\text{ mV} \sim 21^{\circ}\text{C}$.



Figura 5.7 Inicio

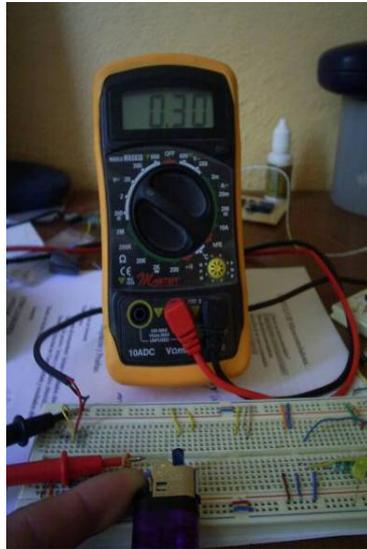


Figura 5.8 Después de 2 segundos



Figura 5.9 Después de 4 segundos



Figura 5.10 Después de retirar la fuente de



Figura 5.11 El sensor después de 7 segundos



Figura 5.12 Fin de prueba

Al acercarle una fuente de calor (encendedor), se puede observar que el valor del voltaje incrementa. Posteriormente se retira la fuente de calor cuando presentó un valor de 42 mV (42°C). De acuerdo al fabricante, este sensor es capaz de medir un valor de 1.5 volts (1500 °C) sin problemas. Para finalizar la prueba, se puede apreciar que después de transcurrido 1 minuto, el sensor de temperatura vuelve a entregar un valor de temperatura igual a la obtenida al inicio de la prueba.



1.2. PRUEBAS CON EL SENSOR DE EFECTO HALL

El sensor de efecto hall es del tipo bi-direccional, esto es que el interruptor del sensor se pone en un estado alto cuando detecta la presencia de un campo magnético. ¿Cómo saber si se trata del polo Norte ó polo Sur?, esto depende en que parte del sensor se encuentre dicho campo, por ejemplo, al acercarle el Polo Norte de un imán la parte frontal, el sensor se pondrá en alto y enviara una señal a su salida. La figura 5.13 indica la polaridad del sensor. Este tipo de sensor puede ser operado de 3.6 a 16 volts, pero al igual que el caso anterior, se opera con 5 volts por conveniencia. Algo muy importante que debe de tomarse en cuenta con este tipo de sensores, es la velocidad de respuesta del sensor. En otras palabras, el tiempo que tarda en mandar el estado bajo-alto y alto-bajo, aunque para nuestro caso este valor no es crítico, para otros proyectos puede ser fundamental.

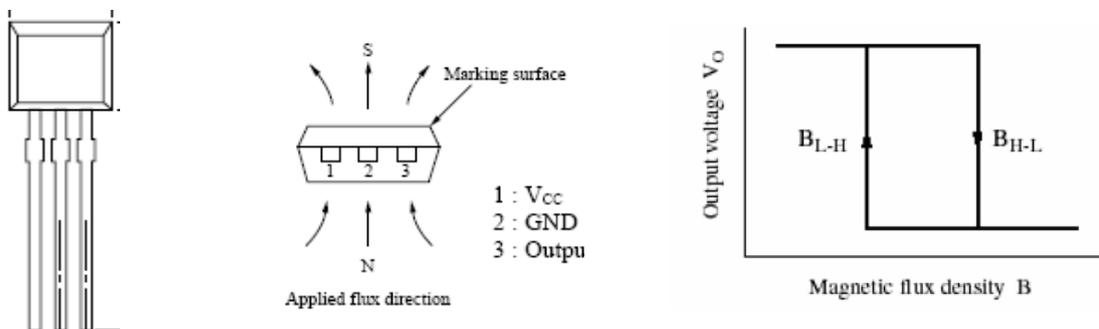


Figura 5.13 Presentación del sensor

Una vez que determinada la conexión y la dirección del sensado (polo sur y norte), se conectó el sensor en la tablilla de pruebas, a la salida del sensor se conectó un led el cual indicó el comportamiento del sensor. Tal efecto lo mostramos a continuación en la figura 5.14

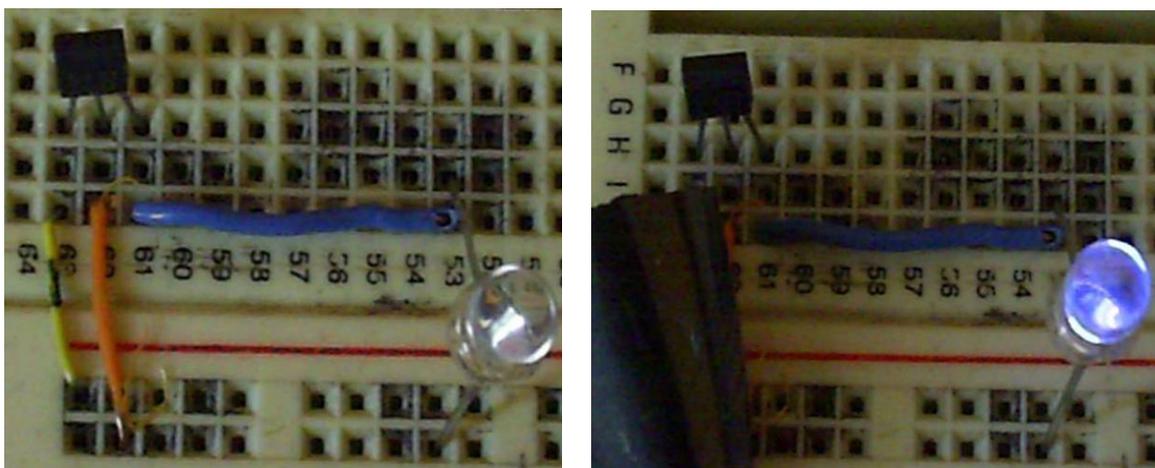


Figura 5.14. Prueba con el sensor hall



Después de realizar varias pruebas con el sensor, se encontró que al pasar el imán por encima del sensor (aproximadamente 5mm), su funcionamiento es bastante bueno, pero si se pasa el imán a aproximadamente 1cm de la parte frontal, es una distancia suficiente para su correcto funcionamiento.

Una vez que se ha determinado la sensibilidad del sensor y la dirección de los polos de nuestro imán, sólo resta montar el imán a nuestro anemómetro de copas para realizar las pruebas correspondientes figura 5.15

Así que conforme gire el anemómetro de copas el imán girara con este (ya que se encuentra integrado), por lo tanto el sensor de efecto hall sensara cada vez que detecte el campo magnetico del iman y enviara este pulso a la entrada del microcontrolador, el cual se encargara de administrar y procesar esta información.



Figura 5.15 Montaje del Anemómetro de copas



2. PRUEBAS CON EL PIC16F84A

Para este microcontrolador se realizó una prueba muy sencilla pero a la vez muy práctica. Este ejemplo se obtuvo de una serie de ejemplos que incluye el compilador Pic Basic Pro.

La prueba que realizada fue la siguiente; se intenta hacer parpadear un led aproximadamente una vez por segundo. En la figura 5.16 se muestra el diagrama de conexión para esta prueba.

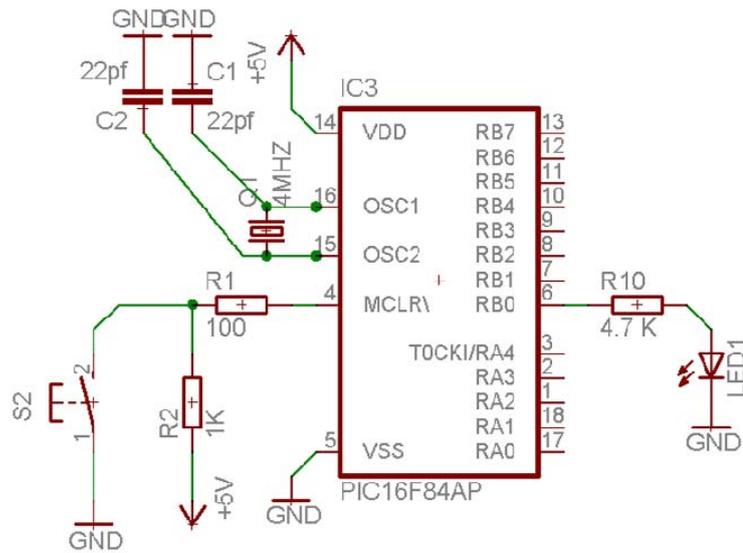


Figura 5.16 Conexión del PIC16F84A

Después de programado el microcontrolador y de realizadas las conexiones en la tablilla de pruebas, se puede apreciar que el microcontrolador funciona correctamente. En la siguiente figura 5.17 se muestra esta prueba.

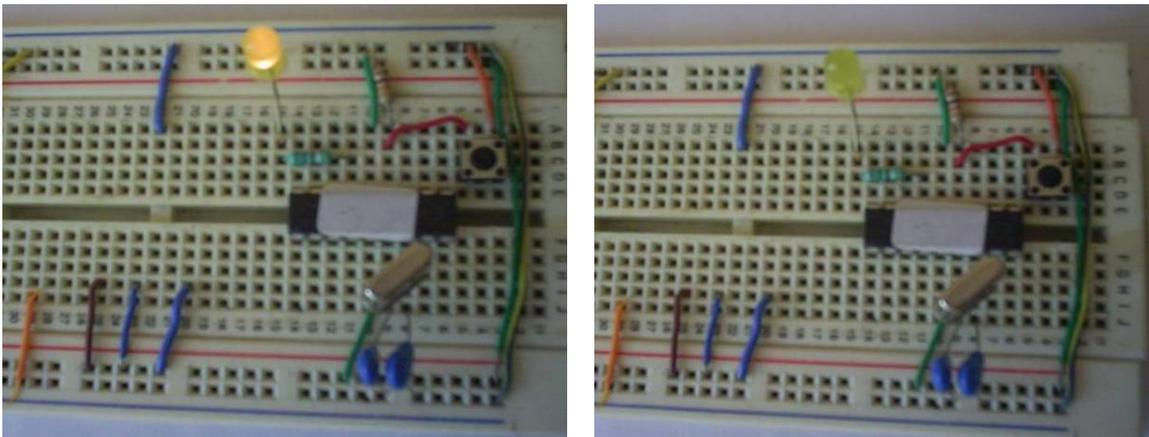


Figura 5.17 Prueba con el Pic 16F84A



Como se mencionó esta prueba es muy sencilla y no se realizó ninguna desarrollo para la programación, sólo se compiló el programa *blink.bas* incluido en los ejemplos del compilador Pic basic pro. En pruebas siguientes se demostrará la capacidad del microcontrolador para administrar el funcionamiento de dispositivos como un Multiplexor, ADC y a los transmisores y por último se mostrara el programa diseñado para la adquisición de datos.

3. PRUEBAS CON EL MULTIPLEXOR

Un Multiplexor -o Mux como comúnmente se lo conoce- es un dispositivo que posee múltiples entradas y que ejecuta la tarea de seleccionar una de las señales de entrada para entregarla a su salida; también se lo puede considerar como una especie de seleccionador. En este caso, el multiplexor cuenta con 8 entradas que pueden ser multiplexadas en dos canales figura 5.20 (configuración de pines). Estas entradas pueden ser activadas solamente siguiendo el patrón de la tabla de verdad que nos muestra el fabricante. Figura 5.19

Control Inputs				ON Switches					
Inhibit	Select			MC14051B		MC14052B		MC14053B	
	C*	B	A						
0	0	0	0	X0	Y0	X0	Z0	Y0	X0
0	0	0	1	X1	Y1	X1	Z0	Y0	X1
0	0	1	0	X2	Y2	X2	Z0	Y1	X0
0	0	1	1	X3	Y3	X3	Z0	Y1	X1
0	1	0	0	X4			Z1	Y0	X0
0	1	0	1	X5			Z1	Y0	X1
0	1	1	0	X6			Z1	Y1	X0
0	1	1	1	X7			Z1	Y1	X1
1	x	x	x	None	None		None		None

*Not applicable for MC14052
x = Don't Care

Figura 5.19 Tabla de verdad

Los datos que se presentan en la tabla de verdad sirven de referencia, para conocer los datos de control que el microcontrol va a suministrar le al multiplexor.

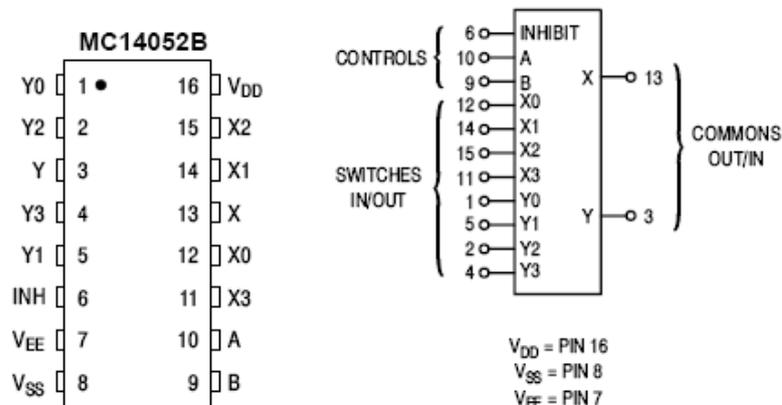


Figura 5.20 Multiplexor



El multiplexor recibe en las entradas A y B (señales de control) que son las que indican al multiplexor que señal es la que va a seleccionar de entrada, este experimento se presenta en las figuras 5.21 y 5.22, en este experimento se muestra una señal que entregan los potenciómetros, dichas señales se son seleccionadas cada un segundo.

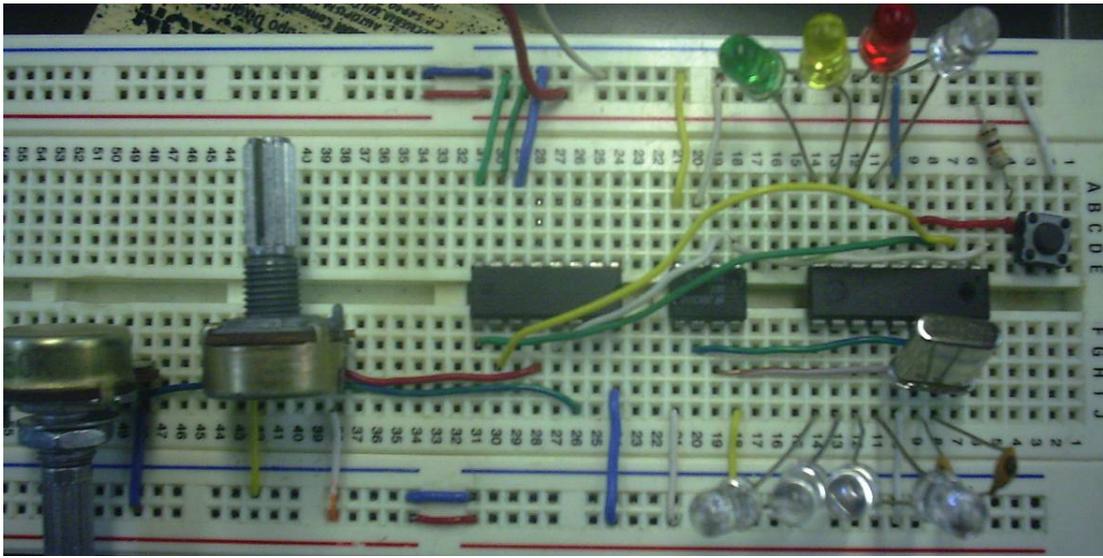


Figura 5.21 Inicio de la prueba

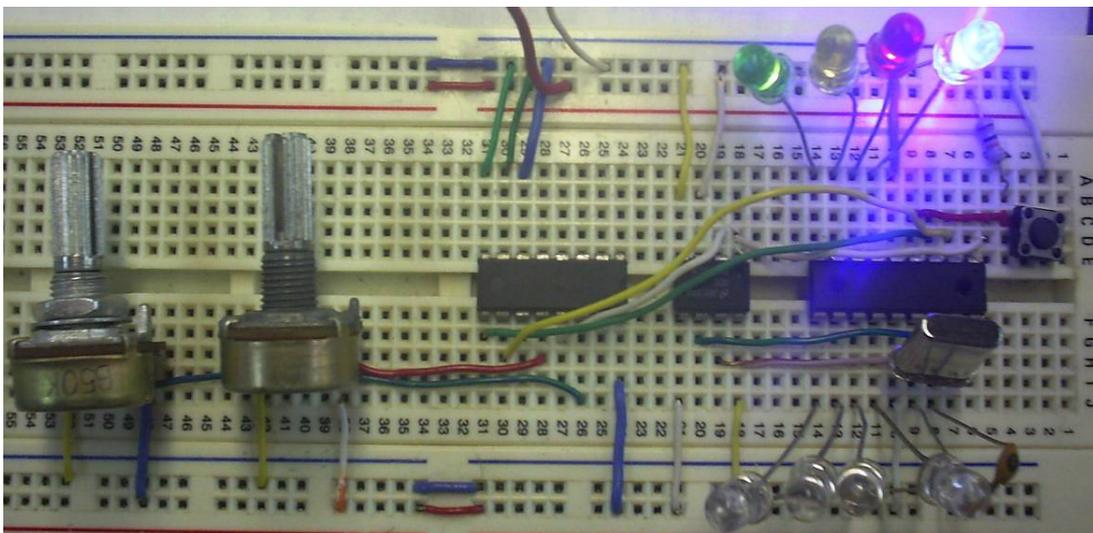


Figura 5.22 Prueba después de 1segundo



4. PRUEBAS CON EL ADC

El ADC0831 es un circuito de 8 bits que entrega a su salida una señal digital sincrónica cuando en su entrada se administra una señal analógica, ¿pero que esperamos de esto? A continuación se muestra para que se utiliza cada uno de los pines de este integrado. Figura 5.23.

Los distintos pines de entrada y de salida del ADC0831, funcionan de la siguiente forma:

\overline{CS} Indica la activación del ADC, debemos de tomar en cuenta que existe una negación, por ello para activarlo lo debemos mantener en un estado bajo.

$V_{in}(+)$ Pin de entrada analógica

D0 Salida digital en forma serial.

GND y VCC Alimentación del CI

$V_{in}(-)$ y V_{ref} Este pin s utiliza para polarizar el CI

CLK Señal de reloj



Figura 5.24 Conexión del ADC0831

Se debe de tener en cuenta que CLK y \overline{CS} son señales de control binarias; esto significa que se necesita de otro dispositivo externo que controle su funcionamiento adecuado (para nuestro caso, lo gobernará un microcontrolador). Presentamos en la figura 5. 25 la conexión realizada en la tablilla de pruebas para este integrado.

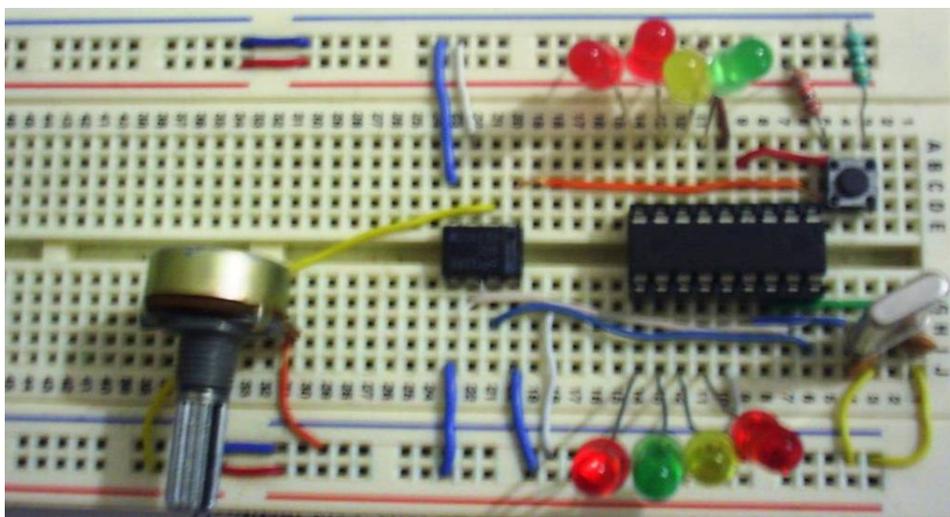


Figura 5.25 Conexión ADC y

El ADC0831 necesita de tres pines que son indispensables para su funcionamiento adecuado, el primero se refiere a la alimentación y los otros dos (CLK y \overline{CS}) son administrados por el microcontrolador. El ADC requiere una señal de reloj (clock), ya que el ADC entrega valores de salida digitales en forma serial (conceptos vistos anteriormente) y una señal de \overline{CS} (clear set), la cual indica el inicio y el final de la conversión. Este parámetro



es muy importante ya que el ADC no cuenta con una memoria interna para almacenar datos, por ello se necesita activar (0) y desactivar (1) cada vez que se quiera tomar un valor analógico. En las siguientes figuras 5.26 y 5.27 tratamos de representar lo antes explicado y se representa con un conteo de bits (0 a 255), cada bit representa el encendido de un led, así, conforme cambia el estado del potenciómetro, automáticamente el ADC toma otro valor y lo envía al microcontrolador.

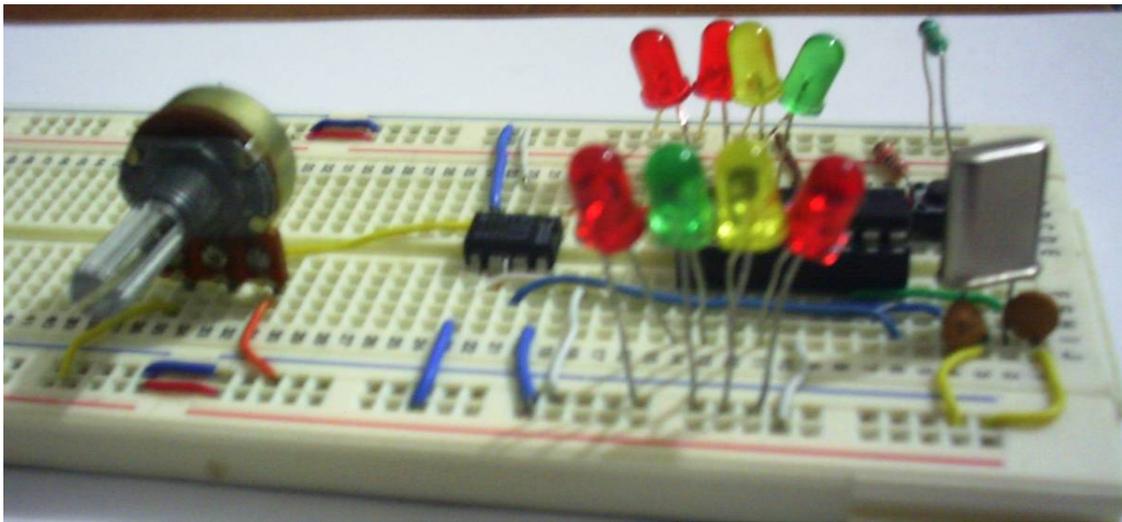


Figura 5.26 Prueba del ADC0831

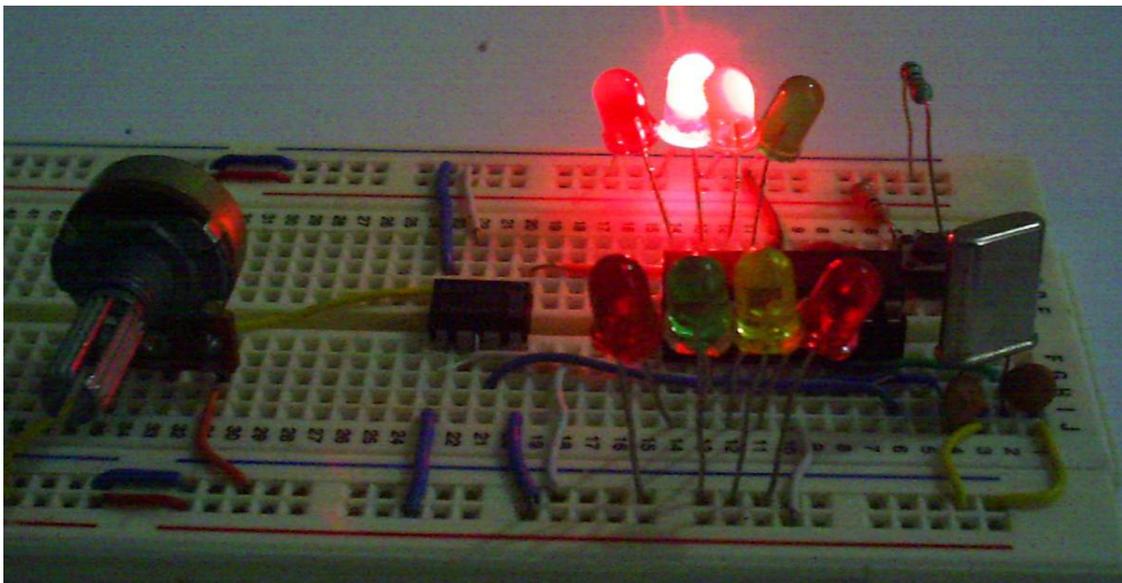


Figura 5.27. Prueba del ADC0831



5. PRUEBAS CON EL TRANSMISOR Y EL RECEPTOR

Los módulos Transmisor (Tx) y Receptor (Rx) de Laipac con cuales realizamos pruebas para comprender su funcionamiento, son mostrados a continuación en las figuras 5.28 y 5.29. Estos diagramas de conexión los proporciona el fabricante para realizar pruebas y comprender su funcionamiento.

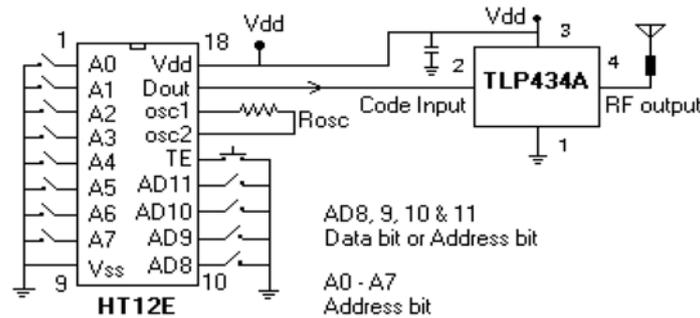


Figura 5.28 Transmisor Tlp434A

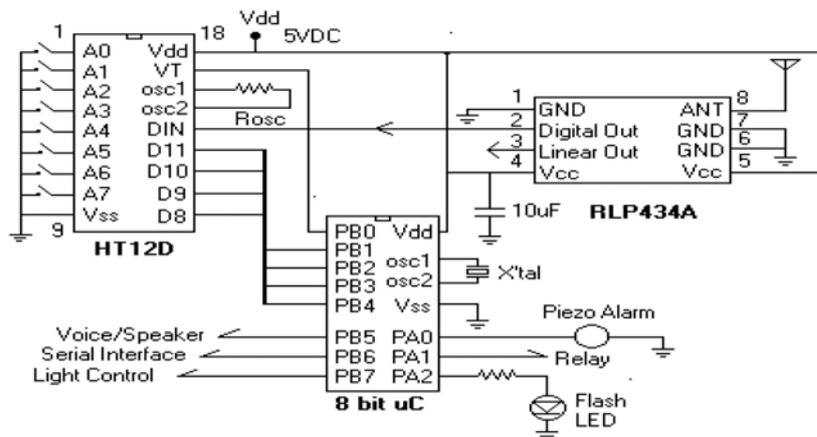


Figura 5.29 Receptor Rlp434A

Para la prueba inicial se tuvo la necesidad de ocupar los módulos Holtek, los cuales dan dirección a la señal enviada. Para el caso del HT12E y el HT12D, las entradas de direccionamiento son A0 á A7. Las entradas de datos para el HT12E son D8 á D11, mientras que en el HT12D, estas cambian su estado para ser salidas. Cabe aclarar que esta configuración de pines es sólo para esta prueba, ya que estos pines se pueden utilizar tanto para direccionamiento como para datos, esto según se requiera.

Para iniciar la transmisión de datos es necesario que el pin 14 (\overline{TE}) del HT12E esté conectado a tierra, y para activar la recepción de datos se necesita que el Pin 17 (VT) del HT12D esté en un estado alto.



Por último, con esta breve explicación de los módulos se muestran las pruebas realizadas en la tablilla de pruebas figura 5.30. Como se observa en la figura, el módulo siempre transmite un dato, el receptor detecta ese dato y enciende un led. Cuando se desactiva la transmisión mediante el push botton (se le activa el recet del microcontrolador), el led se apaga y por ende no existe transmisión.

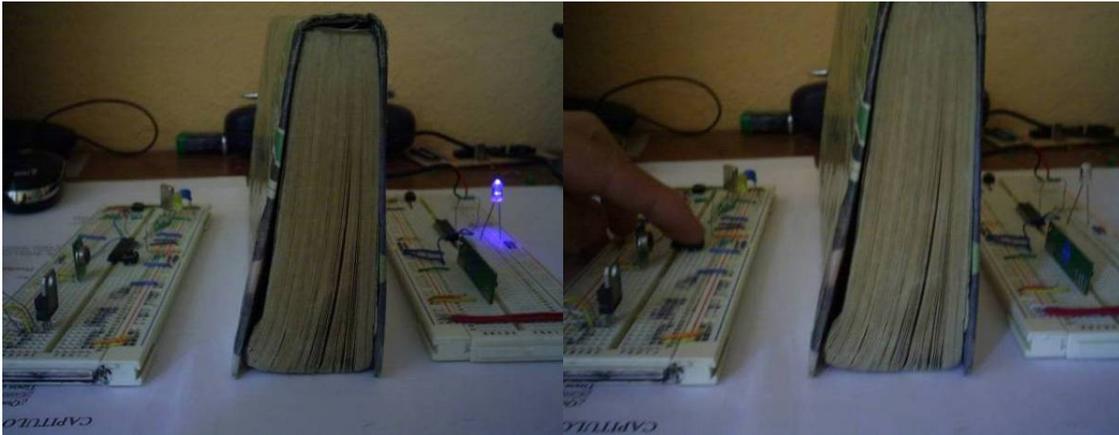


Figura 5.30. Prueba con los módulos Holtek

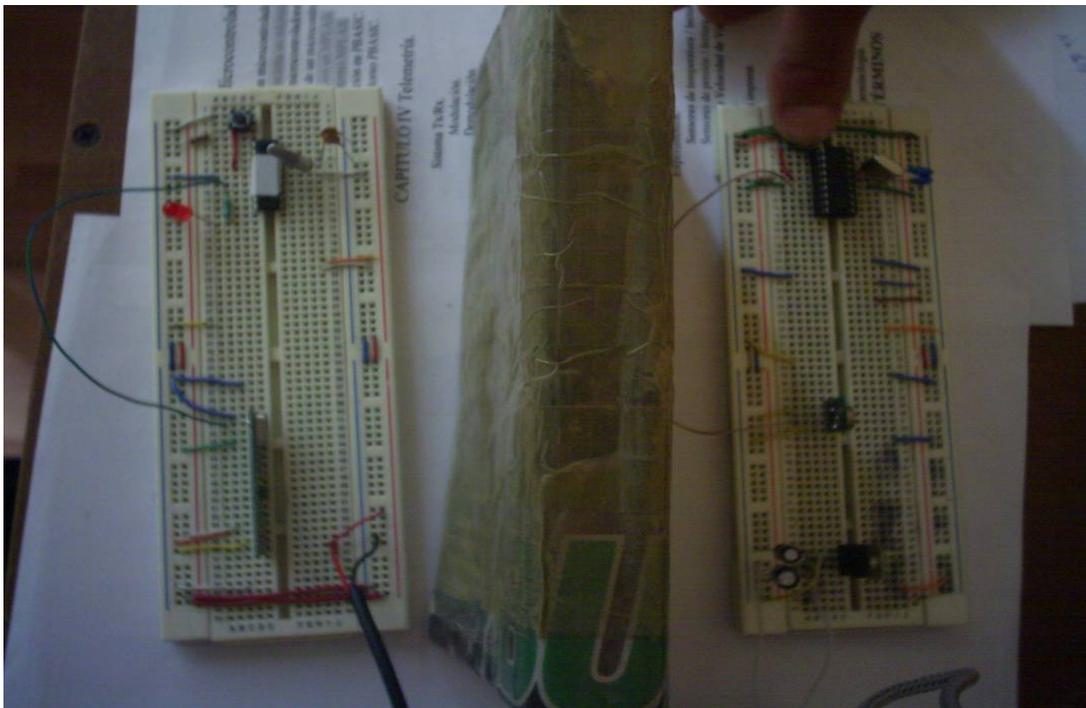
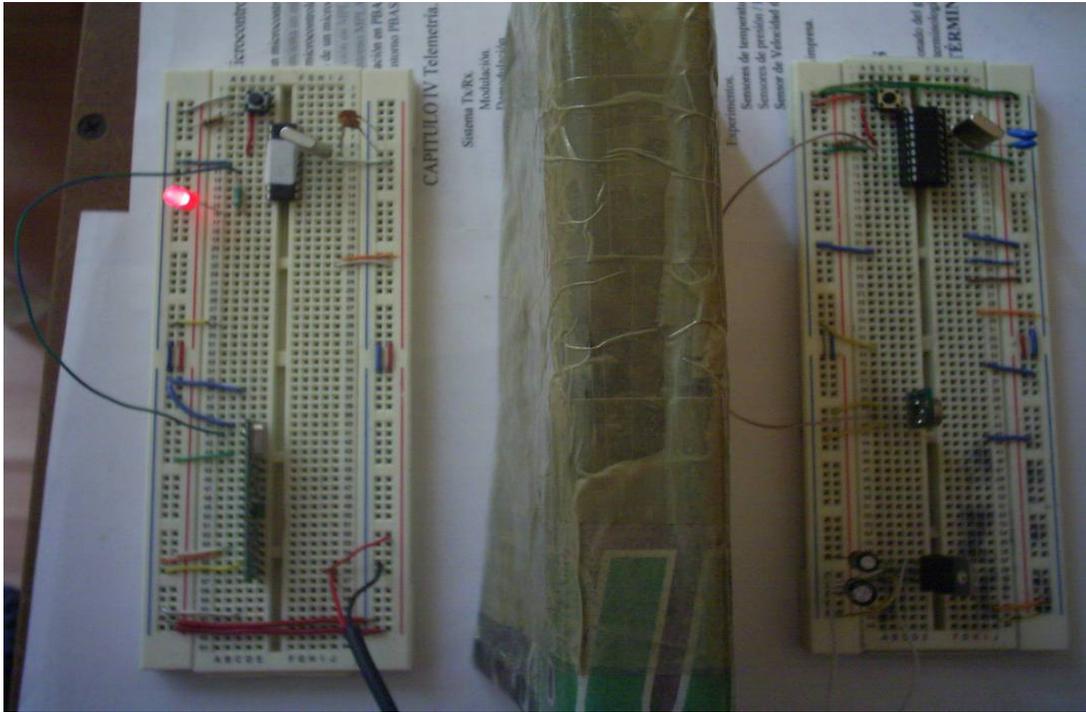
Para el proyecto desarrollado no se utilizarán estos módulos, sólo se realizó esta prueba para comprender su funcionamiento. En el prototipo final sólo se usarán el TLP434A y el RLP434A conectados directamente a nuestro microcontrolador. La razón de esta decisión es porque con los módulos Holtek sólo se puede enviar datos en forma paralela y lo que el proyecto requiere es el envío de datos en forma serial.

Algo que indica el fabricante respecto al módulo TLP434A y al RLP434A, es que se debe ser cuidadoso respecto a la velocidad de transmisión, se recomienda que la velocidad promedio a la que trabajen ambos sea de 4.8Kbps, así que se decidió seguir con la recomendación y trabajar a esa velocidad de transmisión.

En las siguientes figuras 5.31 se mostraran las pruebas que realizaron con el transmisor y el receptor en conjunto con los microcontroladores.

En esta prueba lo que hacemos es manda un par de datos, El transmisor envía información en forma serial específicamente una “AD” en código ASCII, el receptor solamente lo que haces es recibir estos datos y los envía al microcontrolador.

En base a programación el microcontrolador recibe en forma serial los datos “AD”, pero le indicamos que cuando reciba una “A” esta la almacene y reciba el siguiente dato, que en este caso es la “D”. Para finalizar le decimos que cuando reciba una “D” ponga en estado alto (1) al pin 0 del puerto B. Esto es lo que realmente representa las **figuras**



Figuras 5.31 Prueba de los transmisores con el Pic16f84A



6. DISEÑO DE TARJETA IMPRESA

Algo de lo más interesante dentro de la integración de los componentes fue el desarrollo de la tarjeta comúnmente conocida como PCB's, cabe aclarar que en el transcurso de este estudio diseñamos e hicimos algunas de ellas para que las pruebas que fueran realizadas, tuvieran el menor error posible.

Para el diseño de las ya mencionadas PCB's fue necesario el uso de un Software (Eagle), el cual es si no el más complejo, es muy bueno para cualquier persona que desee diseñar alguna tarjeta. Creemos que es importante mencionar los pasos principales en los cuales nos basamos para el diseño y fabricación de dichas tarjetas, aun que tampoco queremos ser tan abundante en este tema, ya que ese no es el propósito de este trabajo.

Una de los primeros diseños que realizamos fue el que a continuación se muestra figura 5.32, se trata del conjunto de componentes como el ADC, el MAX 232, el PIC16f84 y el DV9, el MULTIPLEXOR y las entradas para los distintos SENSORES que se mencionaron anteriormente.

Primero se realiza un esquemático el cual, es la parte principal de nuestro diseño, aunque este paso lo podemos saltar, Esto no es recomendable, ya que en este mismo se representan todas las conexiones que se deben hacer para que los dispositivos que integran el proyecto funcionen de manera correcta.

Un detalle que no debemos de pasar por alto en cuando conectamos algunos pines llamados Vcc y 5volts, estos pueden marcar un error a la hora de la revisión del diagrama, por que menciona que lo estamos sobre escribiendo, ello quiere decir que automáticamente el Software lo toma en cuenta, y lo único que hay que hacer es conectar los pines restantes, que así lo requieran.

Una vez terminado el esquemático con todos los dispositivos adecuados, tocara el turno de generar el diseño de la placa, el cual nos indicara la distribución de los componentes y la ruta de todas las diferentes pistas que conectaran a dichos componentes. Debemos de tener cuidado si se escoge la opción de Auto-ruteo, si bien es muy bueno, no siempre es lo más adecuado ya que este siempre escoge los caminos más fáciles y con ello el mismo software puede generar dos o más capas sin nuestro consentimiento, que a la hora de la fabricación de las placas puede generar bastantes complicaciones, por ello recomendamos que el ruteo de las pistas se genere a mano, aunque puede ser bastante el trabajo, pero creemos que es la forma en la que puedas comprender mas tu diseño.

También hay que tener cuidado con el suministro de la alimentación, ya que según lo consultado y por experiencia propia es un detalle al que no siempre se le toma importancia, ya que como en el esquemático se realiza todas las conexiones, dejamos de poner especial atención en esto cuando estamos trabajando en la tarjeta. Generalmente todos los diseñadores inexpertos, no toman en cuenta que se debe de considerar dos pines por los cuales introduciremos el suministro de energía del exterior.



Después de haber realizado el Esquema anterior pasaremos a desarrollar la placa, la cual es la que se utilizara para la fabricación de nuestra PCB. En este paso solo bastara el cambiar del esquemático a la placa, esto es muy sencillo ya que nuestro software lo hace por sí mismo, solo bastara el acomodar los distintos dispositivos como mejor convenga. A continuación en la figura 5.33 y 5.34 se muestra dicho diagrama.

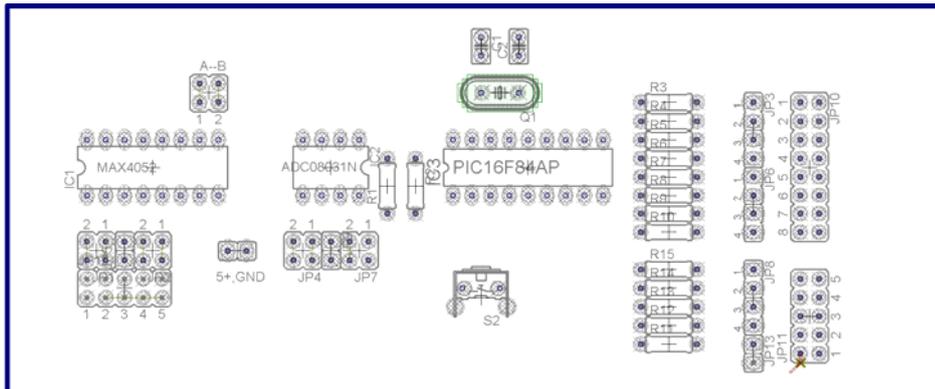


Figura 5.33 Diagrama de placa

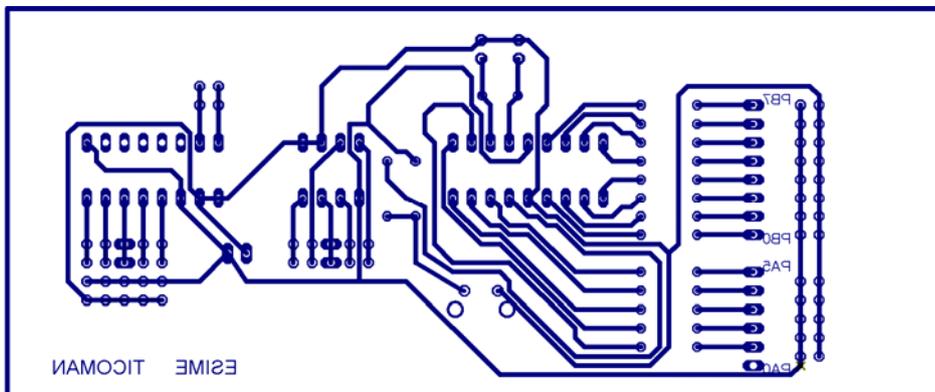


Figura 5.34 Diagrama de placa parte inferior

En los diagramas mostrados arriba se muestra la colocación de los dispositivos y la ruta de las vías que conectan a todos los dispositivos que deberán trabajar en conjunto. Ahora solo lo que nos quedara hacer es imprimir el “**Diagrama de placa parte inferior**” que es el que quedara impreso en nuestra baquelita virgen. Algo muy importante que hay que tomar en cuenta es que al momento de imprimir se debe de imprimir en “espejo”, en pocas palabras, el circuito deberá quedar en nuestra impresión en forma inversa (recuérdese que esta impresión a su vez se volverá a imprimir en la baquelita). Algunas de las técnicas que se utilizaron para la fabricación de las tarjetas impresas que utilizamos fueron la técnica de serigrafía y la de planchado, personalmente preferimos la de serigrafía, ya que es una técnica bastante buena, la cual deja las impresiones de las pistas muy legibles y de muy alta calidad, una de sus desventajas es que hay que tener en cuenta que es un poco mas tardado ya que se tienen que



hacer una serie de pasos para llegar a la impresión final, básicamente hay que tener conocimientos de serigrafía, previamente.

La otra técnica la cual es más rápida, económica y más fácil de aplicar, es la de “planchado”, esta técnica consiste simplemente en la de imprimir el diseño realizado en un acetato, este deberá ser impreso con ayuda de impresora a láser y lo único en lo que hay que tener cuidado es en el aspecto de mantener la copia fija en la placa, para no tener ninguna des variación de las pistas, alguna ocasión ocupamos esta técnica aun que principalmente nos inclinamos por la técnica de serigrafía

Solo mencionaremos estos pasos, los cuales se nos hacen principales para el desarrollo de una PCB, sabemos que los paso que se deben de seguir a continuación son igual de importantes, pero el explicarlos todos nos llevaría una explicación muy extensa, lo cual no es el propósito, por ello solo explicaremos algo de nuestra experiencia de los subsecuentes pasos. Anexamos esta página electrónica en la cual podrán encontrar una explicación más detallada de la técnica de serigrafía y planchado. (www.todopic.com.ar)

Después de la impresión de la placa sobre la baquelita, solo nos quedara por meterla en el acido (cloruro férrico), en este paso solo lo que podemos comentar es que solo se tiene que tener en cuenta el tiempo en el cual se sumerge la placa en el acido para que este mismo no se lleve consigo todo el cobre y con ello nuestras vías de conexión. Por otro lado nuestra experiencia nos enseñó que si ponemos una lámpara para que genere suficiente calor o sele adhiera un poco de agua caliente sobre el acido, esto ayudaría a que el proceso se acelerara.

Para los otros dos pasos faltantes que son; la perforación de los orificios y l soldar los diferentes dispositivos creemos que no tienen mayor problema además de ser bastante sencillos lo único que debemos tener en cuenta es la manera en que se soldán los dispositivos, esto para no dejar una mala soldadura que pueda generar cortos circuitos dentro de los circuitos, pero como ya se comento de ello se mostrara más información en la pagina antes mostrada. Por último solo falta mostrar la placa totalmente terminada.



Figura 5.35 Primer placa de pruebas



Consecutivamente des pues de esta se diseño y realizo las tarjetas de transmisión figura 5.36 y recepción de datos figura 5.37. En donde la primera tarjeta es la integración de la fuente de alimentación (este caso la pila), los sensores, multiplexor, ADC, microcontrolador, y por último el receptor. En cuanto a la segunda es más simple ya que solo en ella se encuentran integrados; la fuente de alimentación, el microcontrolador, el Max 232 con sus componentes necesarios para su funcionamiento y el receptor

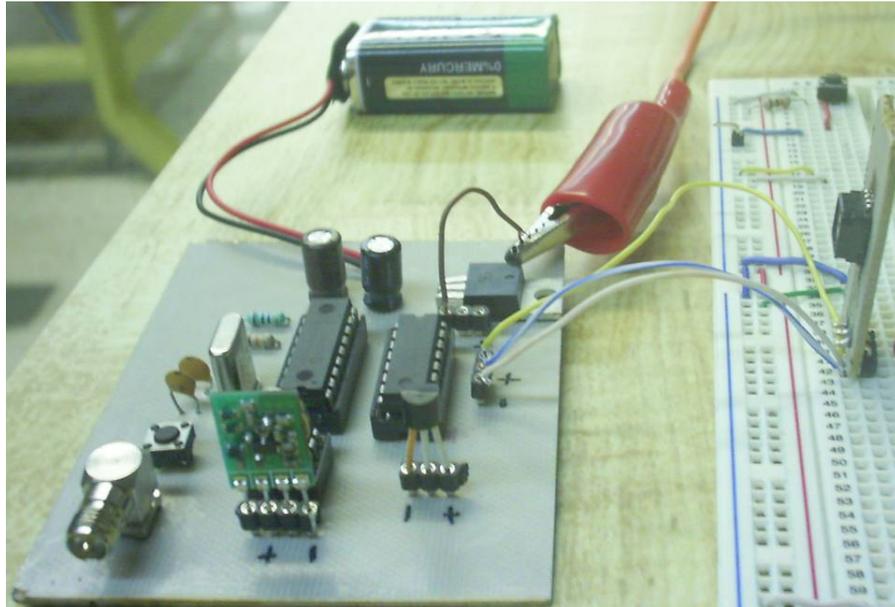


Figura 5.36 Integración final TX

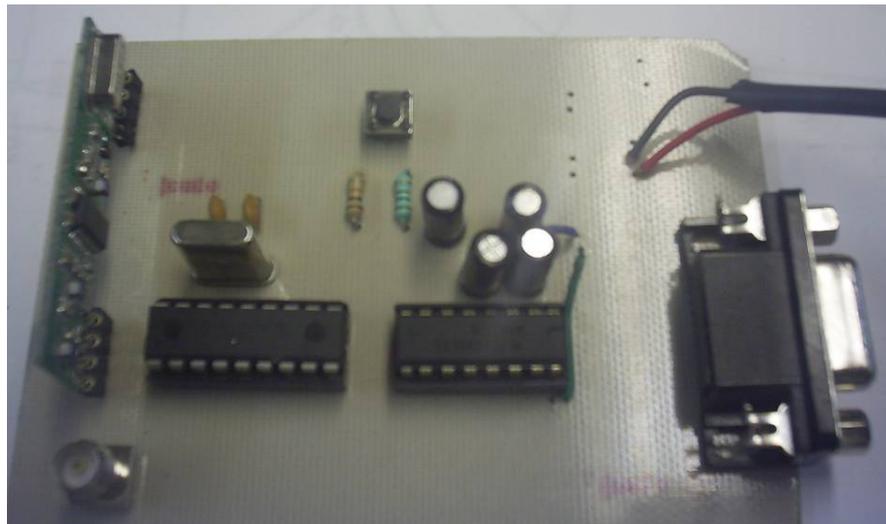


Figura 5.37 Integración final RX



CONCLUSIONES

Este estudio cumple con los alcances establecidos en un principio, ya que con el diseño e integración (ensamble) de este prototipo se ha llegado a medir la Temperatura, Presión y Velocidad del viento. Estos sensores fueron con parados con algunos equipos ya existentes, encontrando que los valores obtenidos son adecuados.

Cabe mencionar que todos, si no es que la mayoría de los conceptos vistos en este proyecto fueron nuevos para estos autores, esto implicó retos a vencer y por supuesto, la base de una continua actualización. Esto se debió a que durante los años cuando cursamos la carrera (2002-2006), no existía en el plan de estudios materias relacionadas a algunos de los temas aplicados en este proyecto. Cabe aclarar que para suplir estas deficiencias, fue necesario el tomar algunos cursos.

En una de las pruebas, se tuvo la oportunidad de presentar este prototipo a un grupo de estudiantes y de ello se tomó buenos comentarios con respecto al trabajo realizado. Además de este grupo de alumnos, también se le mostró este trabajo al jefe de laboratorios de esta unidad, mostrando un gran interés y proponiendo que el prototipo se donara a la escuela.

Durante el desarrollo de este proyecto se encontraron diferentes formas de atacar el problema enfrentado, pero dos de las principales fueron la “solución por software” y/o “solución por hardware”, finalmente se decidió balancear ambas opciones. Como ya se ha mencionado, todos los conceptos comentados tienen validez hasta el día de hoy y esperamos que duren bastante tiempo. En contraparte, se entiende que cada día se genera más tecnología, es por ello que se pretende que este estudio sirva de plataforma para su posterior perfeccionamiento y por ello, a continuación se presentan algunas mejoras que se recomiendan para este proyecto:

Se incluyan más variables físicas (humedad, dirección del viento) y se utilicen módulos de transmisión adecuados, los cuales cumplan los requerimientos establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y cumplan puntualmente con las frecuencias establecidas (403 MHz) para la Meteorología y tengan un alcance adecuado, se realicen más pruebas, incluyendo las pruebas finales con un globo que cargará la sonda.



ANEXO A.-CODIGO BINARIO (BASE 2)

En electrónica digital es uno de los sistemas de numeración más utilizados. Es útil porque solo utiliza dos dígitos, 1 y 0. Los dígitos binarios se utilizan para representar los dos niveles de voltaje usados en electrónica digital ALTO O BAJO. En la mayoría de los sistemas digitales el nivel de voltaje alto está representado por el 1, mientras que el nivel de voltaje bajo o cero voltios lo representa el 0. El 1 representa el estado de encendido de un interruptor, de una luz o de un transistor, mientras que el estado apagado está representado por un 0.

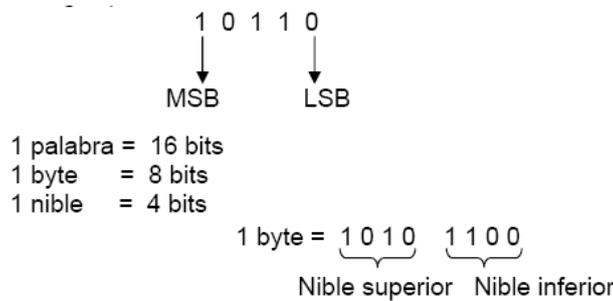
Solo se tiene dos dígitos para representar cualquier número en binario, todos los números binarios solo tienen unos y ceros y su base es dos.

Cuando se cuenta en binario se produce una situación similar al sistema decimal, excepto que ahora solo se tiene dos dígitos, llamados bits. Empecemos a contar: 0, 1. Hasta aquí, ya hemos usado los dos dígitos, por lo que incluimos otra posición de dígito y continuamos 10,11, nuevamente agotadas todas las combinaciones de dos dígitos, por los que se requiere de una tercera posición. Con tres dígitos se puede continuar contando 100, 101, 110 y 111, para continuar, necesitamos una cuarta posición de dígito, y así sucesivamente.

$$\dots\dots 2^3 \ 2^2 \ 2^1 \ 2^0$$

Igual que en el sistema decimal cada dígito tiene un peso.

La palabra bit es una contracción de las palabras en Inglés binary digit (Dígito Binario). Cada posición de un número binario se conoce como bit. El número 10110 es un número de cinco bits. El primer lugar del extremo derecho recibe el nombre de bit menos significativo (o LSB por sus siglas en inglés), mientras que el lugar que está en el extremo izquierdo se conoce como bit más significativo (MSB por sus siglas en inglés).



Conversión de Binario a Decimal

Para convertir un número binario en uno decimal, se hace la lista con los valores de cada posición y luego se suman los que corresponden a las posiciones donde hay un 1.

Ejemplo:

$$\begin{array}{cccccc}
 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & \\
 2^4 & 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 & \\
 16 & + & 0 & + & 4 & + & 0 & + & 1 & = & 21
 \end{array}$$



Conversión de Decimal a Binario

El número decimal se divide repetidamente entre 2, ignorando los residuos, hasta que se tiene un cociente igual a cero. Después se emplean éstas para obtener la respuesta, por ejemplo convertir 101_{10} en su equivalente a binario.

$$\begin{array}{r}
 101 / 2 = 50 \text{ Residuo } 1 \text{ LSB} \\
 50 / 2 = 25 \text{ Residuo } 0 \\
 25 / 2 = 12 \text{ Residuo } 1 \\
 12 / 2 = 6 \text{ Residuo } 0 \\
 6 / 2 = 3 \text{ Residuo } 0 \\
 3 / 2 = 1 \text{ Residuo } 1 \uparrow \\
 1 / 2 = 0 \text{ Residuo } 1 \text{ MSB}
 \end{array}$$

RESPUESTA 1100101_2

Sistema Hexadecimal (Base 16)

Este sistema es en base 16, lo que significa que para cada columna es posible escoger uno de entre 16 dígitos.

Estos son: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E y F.

Donde

A = 10	D = 13
B = 11	E = 14
C = 12	F = 15

Para contar en el sistema hexadecimal se inicia en la primera columna a la izquierda y se cuenta de 0 hasta F, una vez que se llena la primera columna, se pone un 0 en ella y se suma a la segunda columna.

0 F
10
:
:
:
1F
20
21
:
:

..... 16^3 16^2 16^1 16^0

De igual manera que en el sistema decimal y binario cada dígito tiene un peso.

Se suele poner una H al final del número para indicar que está representado en el sistema hexadecimal 17H

**ANEXO B.-INSTRUCCIONES DE MPLAB**

Instrucciones para mover	
MOVLW K	Carga un número en el acumulador W.
MOVWF f.	Mueve una copia del acumulador W al registro f
MOVF f,d	Mueve una copia del registro f al destino d.
Instrucciones para Cambiar el contenido de los registros.	
CLRF f	El contenido del registro f se pone en ceros: 0x00
CLRW	El contenido del acumulador se pone en ceros 0x00
COMF f,d	Complementa el contenido del registro f. Los 1 unos los pone en 0, los 0 los pone en 1.
DECF f,d	Decrementa el registro f
INCF f,d	Incrementa el registro f
BCF f,b	Pone en cero el bit b del archivo f. Los bits del registro f se numeran de 0 a 7.
BSF f,b	Pone en uno el bit b del file f.
RLF f,d"	Rota el contenido del registro f una posición a la izquierda. El bit se rota a través de la bandera "carry
RRF f,	d Rota el contenido del registro f una posición a la derecha
SWAPF f,d	Intercambia el nibble más significativo y el nibble menos significativo.
Instrucciones para controlar el flujo del programa.	
GOTO k	Salta a la etiqueta k
CALL k	Salta a una subrutina en la etiqueta k
RETURN	Regresa de una subrutina
RETLW k	Regresa de una subrutina. Con el numero k en el acumulador.
RETFIE	Regresa de una interrupción.
BTFSC f,b	Prueba el bit b del registro f. Salta la siguiente instrucción si bit b es 0.
BTFSS f,b	Prueba el bit b del registro f. Salta la siguiente instrucción si bit b es 1.
DECFSZ f,d	Decrementa el registro f Salta la siguiente instrucción si el resultado es 0
INCFSZ f,d	Incrementa el registro f Salta la siguiente instrucción si el resultado es 0, El resultado de la operación se coloca en el destino d
NOP	Esta instrucción no hace nada durante un ciclo. Se puede ocupar para realizar retardos.
Instrucciones para controlar el microcontrolador.	
CLRWDT	Pone a 0 el temporizador Watchdog.
OPTION	El contenido del acumulador se envía al registro OPTION
SLEEP	Pone el microcontrolador en SLEEP (dormir) para reducir el consumo
TRIS f	El contenido del acumulador determina las Entradas Salidas el Puerto f.
Instrucciones para realizar operaciones lógicas	
ANDLW k.	AND el acumulador y el numero k. Resultado en el acumulador
ANDWF f,d	AND el contenido del acumulador con el registro f. El resultado de la operación se coloca en el destino d.



IORWF k el	OR el acumulador y el numero k.Resultado en acumulador.
IORWF f,d	OR el contenido del acumulador con el registro f. El resultado de la operación se coloca en el destino d .
XORLW k	XOR el acumulador y el numero k.Resultado en el acumulador.
XORWF f,d	XOR el contenido del acumulador con el registro f. El resultado de la operación se coloca en el destino d .
Instrucciones para realizar operaciones aritméticas	
ADDWF f,d	Suma el contenido de W con el contenido del registro f
ADDLW k	Suma el contenido del acumulador W con el numero k
SUBLW k	Realiza la resta k – W
SUBWF f,d	Ejecuta la resta f – W

ANEXO C.-INSTRUCCIONES DE PBASIC

@	Inserta una linea de codigo ensamblador
ASM...ENDASM	Inserta una seccion de codigo ensamblador
BRANCH GOTO	Computado(equiv. a ON..GOTO)
BRANCHL BRANCH	fuera de pagina(BRANCH largo)
BUTTON	Anti-rebote y auto-repeticion de entrada en el pin especificado
CALL	Llamada a subrutina de ensamblador
CLEAR	Hace cero todas las variables
COUNT	Cuenta el numero de pulsos en un pin
DATA	Define el contenido inicial en un chip EEPROM
DEBUG	Señal asincronica de salida en un pin fijo y baud
DISABLE	Deshabilita el procesamiento de ON INTERRUPT
DTMFOUT	Produce tonos en un pin
EEPROM	Define el contenido inicial en un chip EEPROM
ENABLE	Habilita el procesamiento de ON INTERRUPT
END	Detiene la ejecucion e ingresa en modo de baja potencia
FOR...NEXT	Ejecuta declaraciones en forma repetitiva
FREQOUT	Produce hasta 2 frecuencias en un pin
GOSUB	Llama a una subrutina BASIC en la etiqueta especificada
GOTO	Continua la ejecucion en la etiqueta especificada
HIGH	Hace alto la salida del pin
HSERIN	Entrada serial asincronica(hardware)
HSEROUT	Salida serial asincronica(hardware)
I2CREAD	Lee bytes de dispositivo I2C
I2CWRITE	Graba bytes en dispositivo I2C
IF..THEN..ELSE..ENDIF	Ejecuta declaraciones en forma condicional
INPUT	Convierte un pin en entrada
(LET)	Asigna el resultado de una expresion a una variable
LCDOUT	Muestra caracteres en LCD



ANEXOS

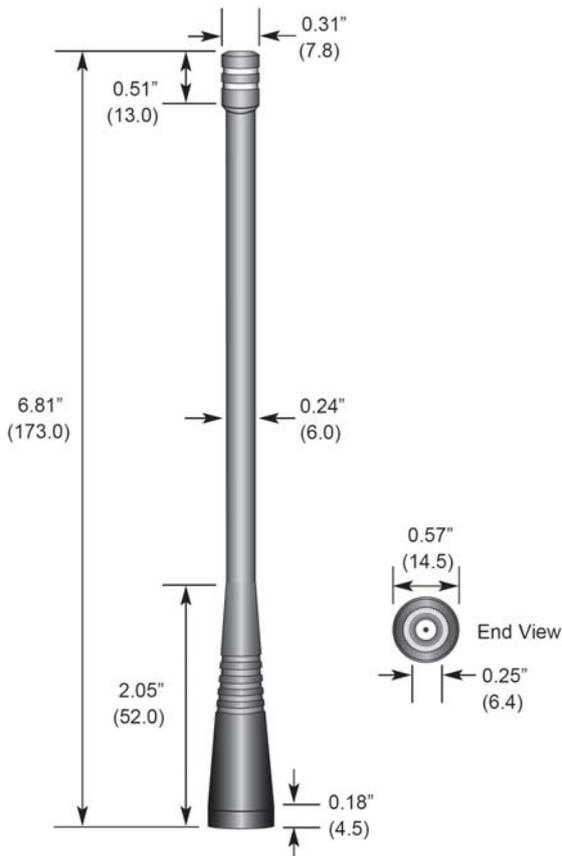


LOOKDOWN	Busca un valor en una tabla de constantes
LOOKDOWN2	Busca un valor en una tabla de constantes o variables
LOOKUP	Obtiene un valor constante de una tabla
LOOKUP2	Obtiene un valor constante o variable de una tabla
LOW	Hace bajo la salida de un pin
NAP	Apaga el procesador por un corto periodo de tiempo
ON INTERRUPT	Ejecuta una subrutina BASIC en un interrupt
OUTPUT	Convierte un pin en salida
PAUSE	Demora (resolucion 1mseg.)
PAUSEUS	Demora (resolucion 1 useg.)
PEEK	Lee un byte del registro
POKE	Graba un byte en el registro
POT	Lee el potenciómetro en el pin especificado
PULSIN	Mide el ancho de pulso en un pin
PULSOUT	Genera pulso hacia un pin
PWM	Salida modulada en ancho de pulso a un pin
RANDOM	Genera numero pseudo-aleatorio
RCTIME	Mide el ancho de pulso en un pin
READ	Lee byte de un chip EEPROM
RESUME	Continúa la ejecución después de una interrupción
RETURN	Continúa en la declaración que sigue al último GOSUB
REVERSE	Convierte un pin de salida en entrada o uno de entrada en uno de salida
SERIN	Entrada serial asincronica (tipo BS!)
SERIN2	Entrada serial asincronica (tipo BS2)
SEROUT	Salida serial asincronica (tipo BS1)
SEROUT2	Salida serial asincronica (tipo BS2)
SHIFTIN	Entrada serial sincronica
SHIFTOUT	Salida serial sincronica
SLEEP	Apaga el procesador por un periodo de tiempo
SOUND	Genera un tono o ruido blanco en un pin
STOP	Detiene la ejecución del programa
SWAP	Intercambia los valores de dos variables
TOGGLE	Hace salida a un pin y cambia su estado
WHILE..WEND	Ejecuta declaraciones mientras la condición sea cierta
WRITE	Graba bytes a un chip EEPROM
XIN	Entrada X - 10
XOUT	Salida X - 10



ANEXO D. CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA

Product Dimensions



Description



CW Series 1/4-wave antennas deliver outstanding performance in a rugged and cosmetically attractive package. These antennas feature an FCC Part 15 compliant RP-SMA connector. This simplifies packaging and shipment, allowing for easy field replacement while complying with FCC requirements. A wide variety of matching connectors allows for numerous mounting options.

Features

- Low cost
 - Excellent performance
 - Omni-directional pattern
 - Wide bandwidth
 - Very low VSWR
 - Fully weatherized
 - Flexible main shaft
 - Rugged & damage-resistant
 - Part 15 compliant RP-SMA connector
 - Use with plastic* or metal enclosures
- * Requires proximity ground plane

Electrical Specifications

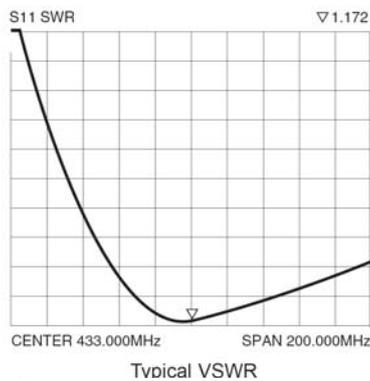
- Center Freq. 433MHz
- Bandwidth 80MHz
- Wavelength 1/4-wave
- VSWR <1.9 typ. at center
- Impedance 50 ohms
- Connector RP-SMA

Electrical specifications and plots measured on 4.00" x 4.00" reference ground plane

Ordering Information

- ANT-433-CW-QW

VSWR Graph



Polar Plot & Gain Information

Monopole antenna gain and radiation patterns are dependant on the ground plane and layout of the end product. Since antenna manufacturers do not measure on standardized ground references, comparison of published specifications is an unreliable indication of actual antenna performance in an end product. Optimum full-wave ground planes are impractical for the majority of products on which these antennas are used (the ground plane for 916MHz would be 26.5" in diameter, 418MHz would be 56.5" in diameter). For this reason, Antenna Factor tests and tunes antennas on reduced-size, compromised ground planes. To avoid mis-comparison or inappropriate application, gain and polar plots do not appear on this data sheet, but are available upon request for most products.

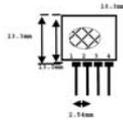


ANEXO E.- DATOS TÉCNICOS DE LOS TRANSMISORES

TLP434A & RLP434A RF ASK Hybrid Modules for Radio Control (New Version)

TLP434A Ultra Small Transmitter

**Easy-Link
Wireless**

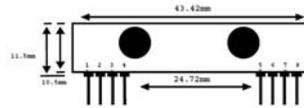


pin 1 : GND
pin 2 : Data In
pin 3 : Vcc
pin 4 : Antenna (RF output)

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

Modulation : ASK
Operation Voltage : 2 - 12 VDC

RLP434A SAW Based Receiver



pin 1 : Gnd
pin 2 : Digital Data Output
pin 3 : Linear Output /Test
pin 4 : Vcc
pin 5 : Vcc
pin 6 : Gnd
pin 7 : Gnd
pin 8 : Antenna

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

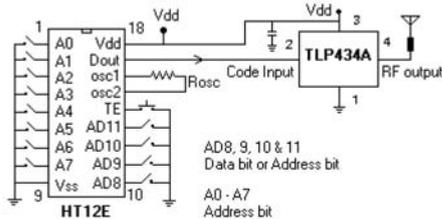
Modulation : ASK
Supply Voltage : 3.3 - 6.0 VDC
Output : Digital & Linear

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc 1	Peak Current (2V)		-	-	1.64	mA
Icc 2	Peak Current (12V)		-	-	19.4	mA
Vh	Input High Voltage	Idata= 100uA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
VI	Input Low Voltage	Idata= 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
FO	Absolute Frequency	315Mhz module	314.8	315	315.2	MHz
PO	RF Output Power- 50ohm	Vcc = 9V-12V	-	16	-	dBm
		Vcc = 5V-6V	-	14	-	dBm
DR	Data Rate	External Encoding	512	4.8K	200K	bps

Notes : (Case Temperature = 25°C +/- 2°C, Test Load Impedance = 50 ohm)

Application Circuit :

Typical Key-chain Transmitter using HT12E-18DIP, a Binary 12 bit Encoder from Holtek Semiconductor Inc.



Laipac Technology, Inc.

105 West Beaver Creek Rd. Unit 207 Richmond Hill Ontario L4B 1C6 Canada
Tel: (905)762-1228 Fax: (905)763-1737 e-mail: info@laipac.com



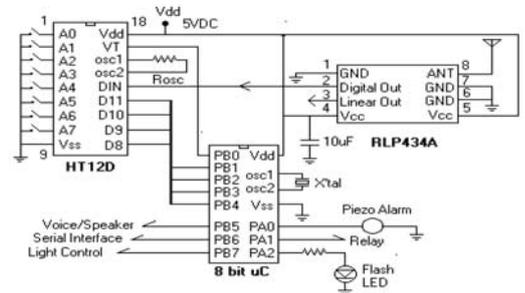
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		3.3	5.0V	6.0	V
I _{tot}	Operating Current		-	4.5	-	mA
Vdata	Data Out	Idata = +200 uA (High)	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		Idata = -10 uA (Low)	-	-	0.3	V

Electrical Characteristics

Characteristics	SYM	Min	Typ	Max	Unit
Operation Radio Frequency	FC		315, 418 and 433.92		MHz
Sensitivity	Pref		-110		dBm
Channel Width			+500		Khz
Noise Equivalent BW			4		Khz
Receiver Turn On Time			5		ms
Operation Temperature	Top	-20		80	C
Baseboard Data Rate			4.8		KHz

Application Circuit :

Typical RF Receiver using HT12D-18DIP, a Binary 12 bit Decoder with 8 bit uC HT48RXX from Holtek Semiconductor Inc.

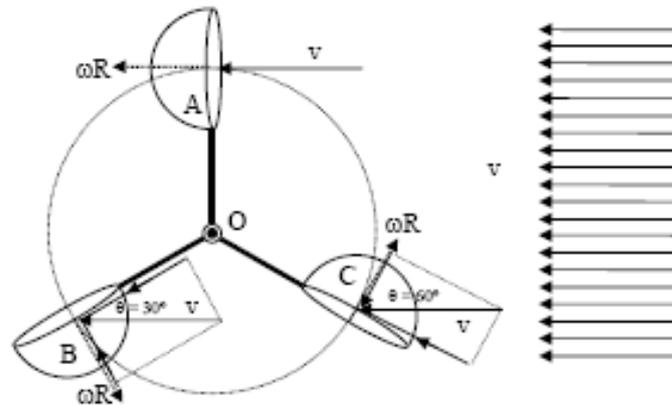




ANEXO F.- CÁLCULO PARA ANEMOMETRO DE COPAS

Vamos a presentar los cálculos para el caso de 3 cazoletas:

Nomenclatura: v = velocidad de viento
 ρ = densidad del aire ($= 1,2 \text{ kg/m}^3$)
 R = radio del centro de la cazoleta.
 ω = velocidad de giro del anemómetro
 A = área recta de la cazoleta (proyección plano perpendicular a la varilla)
 C_{Da} = coeficiente de arrastre de la cazoleta en la parte cóncava
 C_{Db} = coeficiente de arrastre de la cazoleta en la parte convexa
 M_R = par resistente del eje de giro.



$$\sum M_O = M_A - M_B - M_C - M_R$$

$$\sum M_O = C_{Da} \frac{1}{2} \rho (v - \omega R)^2 A R - C_{Db} \frac{1}{2} \rho (v \sin 30^\circ + \omega R)^2 A R - C_{Db} \frac{1}{2} \rho (v \cos 60^\circ + \omega R)^2 A R - M_R$$

$$\dots \quad \sum M_O = \frac{1}{2} \rho A R \left[v^2 (C_{Da} - \frac{1}{2} C_{Db}) - v (2\omega R (C_{Da} + C_{Db})) + \omega^2 R^2 (C_{Da} - 2C_{Db}) \right] - M_R$$

A velocidad de giro constante, hay equilibrio de momentos, y la suma es nula; obteniéndose el polinomio de 2º grado, que da la velocidad del viento en función de la velocidad de giro:

$$v^2 (C_{Da} - \frac{1}{2} C_{Db}) - v [2\omega R (C_{Da} + C_{Db})] + \left[\omega^2 R^2 (C_{Da} - 2C_{Db}) - \frac{2M_R}{\rho A R} \right] = 0 \quad [1]$$

Considerando que el momento de rozamiento es despreciable, se tiene que la relación v vs ω es:

$$v = \omega R \frac{2(C_{Da} + C_{Db}) \pm 3\sqrt{2}\sqrt{C_{Da} C_{Db}}}{2C_{Da} - C_{Db}} \quad [2]$$

Con lo que finalmente:

$$v = k\omega \quad [3]$$

Considere, como valores de los coeficientes de arrastre para las cazoletas:

$$C_{Da} = 1,4$$

$$C_{Db} = 0,4$$



ANEXO F.- CÁLCULO PARA ANEMÓMETRO DE COPAS

4. CONSTRUCCIÓN.

1. Diámetro de las cazoletas ≤ 50 mm
2. Número de cazoletas: 2, 3 ó 4; tipo semiesfera: a partir de una pelota de ping-pong, una bola de adorno de Navidad, un huevo Kinder,...
3. Medidor de velocidad de giro: pulsos magnéticos o dinamo.

3.1. **Pulsos magnéticos:** Como instrumento de medida se utiliza un cuenta-kilómetros digital de bicicleta, que convenientemente programado (valor del desarrollo o la longitud recorrida en una vuelta de la rueda), da la velocidad del viento en km/h.

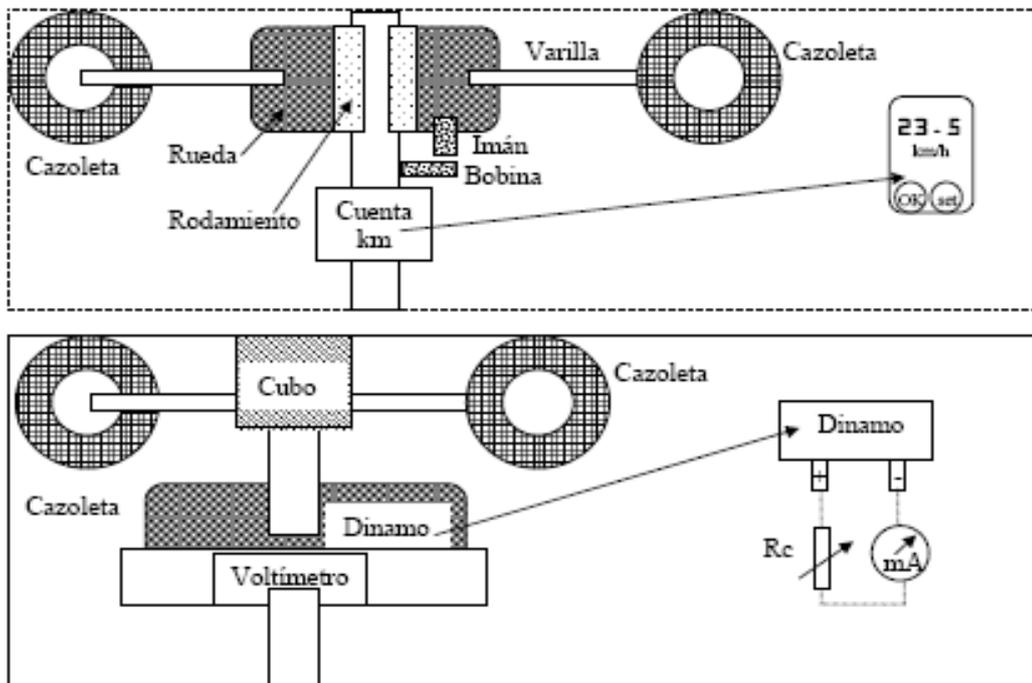
Para la construcción del rotor, se puede utilizar una rueda con rodamientos (tipo patines en línea), sobre el material de rodadura se sujetan las varillas (sobre las que a su vez se han unido las cazoletas). Se posiciona el imán en una de las varillas y en el eje vertical se localiza el sensor de paso del imán y el propio cuenta-kilómetros. En función de la longitud de la circunferencia descrita por el imán, se programa el cuenta-km con el desarrollo (ver instrucciones de cada cuenta-km) adecuado para que la velocidad marcada sea la del viento. Finalmente, se puede calibrar modificando el desarrollo programado, para que la indicación coincida con la de un anemómetro de calibración.

3.2. **Dinamo:** Como instrumento de medida se utiliza un voltímetro digital de bricolaje, que midiendo la intensidad a través de un potenciómetro, da la velocidad del viento en km/h.

Para la construcción se puede utilizar cualquier motor eléctrico de corriente continua de algún juguete, que se sujeta sobre una base y se le une un vástago inferior para su sujeción. Sobre el eje, se sitúa un cubo que alojara las varillas de las cazoletas. Los terminales del motor eléctrico se pasan por un potenciómetro y se cierra el circuito por el propio polímetro en posición de medida de intensidad. Se ajusta el potenciómetro (resistencia de calibración) para que la indicación de amperímetro (mA) sea directamente la correspondiente velocidad del viento en km/h, marcada por un anemómetro de calibración.

En función de las características del motor eléctrico: tensión nominal (V_N) y potencia nominal (W_N), el potenciómetro debe tener una resistencia algo mayor de V_N^2/W_N y soportar una potencia mayor que W_N .

BOCETOS BÁSICOS:



NOTA: Extraído del seminario “Mecánica de fluidos” de la Universidad de Obiedo



ANEXO G.- DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE EFECTO HALL

DN6851

Switch type, Wide operating supply voltage range ($V_{CC} = 3.6\text{ V to }16\text{ V}$)
Alternating magnetic field operation

■ Overview

DN6851 is a semiconductor integrated circuit utilizing the Hall effect. It has been so designed as to operate in the alternating magnetic field especially at low supply voltage. This Hall IC is suitable for application to various kinds of sensors, contactless switches, and the like.

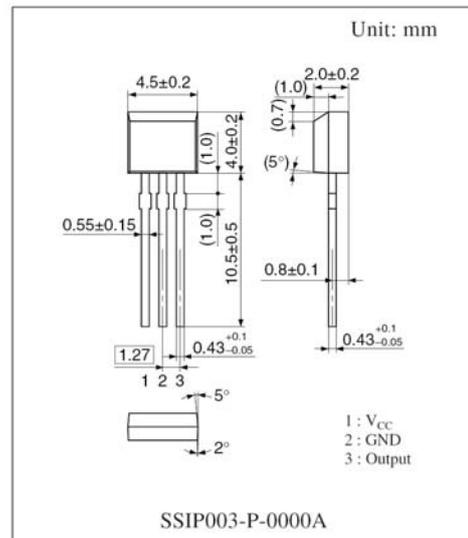
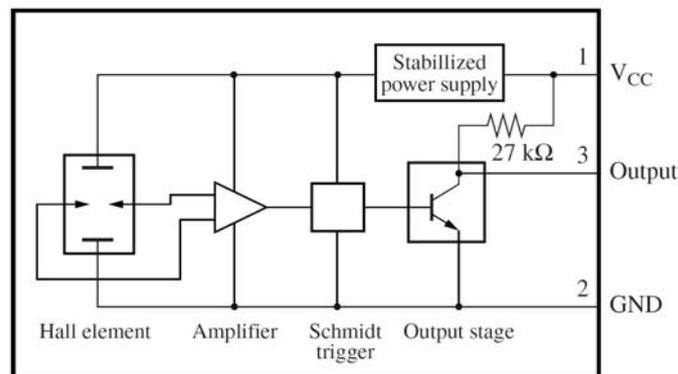
■ Features

- Wide supply voltage range of 3.6 V to 16 V
- Alternating magnetic field operation
- TTL and MOS IC are directly drivable by the output.
- The life is semipermanent because it employs contactless parts.
- SSIP003-P-0000A package
- Equipped with an output pull-up resistor (typical 27 kΩ)

■ Applications

- Speed sensor, position sensor, rotation sensor, keyboard switch, micro switch and the like

■ Block Diagram



Note) The package of this product will be changed to lead-free type (SSIP003-P-0000H). See the new package dimensions section later of this datasheet.



ANEXO G.- DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE EFECTO HALL

■ Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V_{CC}	18	V
Supply current	I_{CC}	8	mA
Circuit current	I_O	20	mA
Power dissipation	P_D	100	mW
Operating ambient temperature	T_{opr}	-40 to +85	°C
Storage temperature	T_{stg}	-55 to +125	°C

Note) This IC is not suitable for car electrical equipment.

■ Recommended Operating Range

Parameter	Symbol	Range	Unit
Supply voltage	V_{CC}	3.6 to 16	V

■ Electrical Characteristics at $T_a = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Operating magnetic flux density	$B_{1(L-H)}$	$V_{CC} = 12\text{ V}$	-30	—	—	mT
	$B_{2(H-L)}$	$V_{CC} = 12\text{ V}$	—	—	30	mT
Low-level output voltage	V_{OL}	$V_{CC} = 16\text{ V}, I_O = 12\text{ mA}, B = 30\text{ mT}$	—	—	0.4	V
		$V_{CC} = 3.6\text{ V}, I_O = 12\text{ mA}, B = 30\text{ mT}$	—	—	0.4	V
High-level output voltage	V_{OH}	$V_{CC} = 16\text{ V}, I_O = -30\text{ }\mu\text{A}, B = -30\text{ mT}$	14.6	—	—	V
		$V_{CC} = 3.6\text{ V}, I_O = -30\text{ }\mu\text{A}, B = -30\text{ mT}$	2.2	—	—	V
Output short circuit current	$-I_{OS}$	$V_{CC} = 16\text{ V}, V_O = 0\text{ V}, B = -30\text{ mT}$	0.4	—	0.9	mA
Supply current	I_{CC}	$V_{CC} = 16\text{ V}$	—	—	6	mA
		$V_{CC} = 3.6\text{ V}$	—	—	5.5	mA

Note) 1. An 'A' rank type which operating magnetic flux density is $\pm 20\text{ mT}$ is also available.

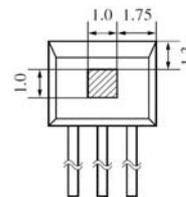
2. The variation of operating magnetic flux density does not depend on supply voltage due to its built-in stabilized power source. (V_{CC} should be confined to the range of 3.6 V to 16 V.)

3. A supply current increases by approximately 1 mA when its output level varies from high to low.

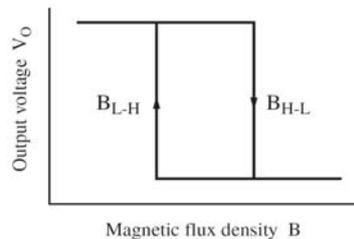
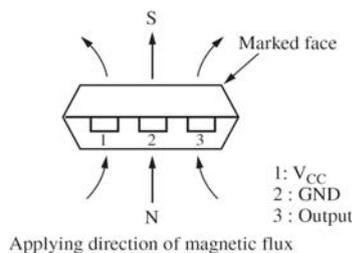
■ Technical Data

• Position of Hall element (unit: mm)

Distance from package surface to sensor part: 0.7 mm
A Hall element is placed on the shaded part in the figure.



• Magneto-electro conversion characteristics





ANEXO H.- DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE PRESION

Freescale Semiconductor
Technical Data

MPXA6115A
Rev 3, 01/2007

High Temperature Accuracy Integrated Silicon Pressure Sensor for Measuring Absolute Pressure, On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPXA6115A/MPXH6115A series sensor integrates on-chip, bipolar op amp circuitry and thin film resistor networks to provide a high output signal and temperature compensation. The small form factor and high reliability of on-chip integration make the pressure sensor a logical and economical choice for the system designer.

The MPXA6115A/MPXH6115A series piezoresistive transducer is a state-of-the-art, monolithic, signal conditioned, silicon pressure sensor. This sensor combines advanced micromachining techniques, thin film metallization, and bipolar semiconductor processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to applied pressure.

Figure 1 shows a block diagram of the internal circuitry integrated on a pressure sensor chip.

Features

- Improved Accuracy at High Temperature
- Available in Small and Super Small Outline Packages
- 1.5% Maximum Error over 0° to 85°C
- Ideally suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Temperature Compensated from -40° to +125°C
- Durable Thermoplastic (PPS) Surface Mount Package

Typical Applications

- Aviation Altimeters
- Industrial Controls
- Engine Control/Manifold Absolute Pressure (MAP)
- Weather Station and Weather Reporting Device Barometers

ORDERING INFORMATION					
Device Type	Options	Case No.	MPX Series Order No.	Packing Options	Device Marking
SMALL OUTLINE PACKAGE					
Basic Element	Absolute, Element Only	482	MPXA6115A6U	Rails	MPXA6115A
	Absolute, Element Only	482	MPXA6115A6T1	Tape & Reel	MPXA6115A
Ported Element	Absolute, Axial Port	482A	MPXA6115AC6U	Rails	MPXA6115A
	Absolute, Axial Port	482A	MPXA6115AC6T1	Tape & Reel	MPXA6115A
SUPER SMALL OUTLINE PACKAGE					
Basic Element	Absolute, Element Only	1317	MPXH6115A6U	Rails	MPXH6115A
	Absolute, Element Only	1317	MPXH6115A6T1	Tape & Reel	MPXH6115A
Ported Element	Absolute, Axial Port	1317A	MPXH6115AC6U	Rails	MPXH6115A
	Absolute, Axial Port	1317A	MPXH6115AC6T1	Tape & Reel	MPXH6115A

MPXA6115A MPXH6115A SERIES

INTEGRATED PRESSURE SENSOR
15 TO 115 kPa (2.2 TO 16.7 psi)
0.2 TO 4.8 V OUTPUT

SMALL OUTLINE PACKAGE



MPXA6115A6U/6T1 MPXA6115C6U/C6T1
CASE 482-01 CASE 482A-01

SMALL OUTLINE PACKAGE PIN NUMBERS⁽¹⁾

1	N/C	5	N/C
2	V _S	6	N/C
3	GND	7	N/C
4	V _{OUT}	8	N/C

1. Pins 1, 5, 6, 7, and 8 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is denoted by the notch in the lead.

SUPER SMALL OUTLINE PACKAGE



MPXH6115A6U/6T1 MPXH6115AC6U/C6T1
CASE 1317-04 CASE 1317A-03

SUPER SMALL OUTLINE PACKAGE PIN NUMBERS⁽¹⁾

1	N/C	5	N/C
2	V _S	6	N/C
3	GND	7	N/C
4	V _{OUT}	8	N/C

1. Pins 1, 5, 6, 7, and 8 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is denoted by the notch in the lead.



ANEXO H.- DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE PRESIÓN

Table 1. Maximum Ratings⁽¹⁾

Rating	Symbol	Value	Units
Maximum Pressure (P1 > P2)	P_{max}	400	kPa
Storage Temperature	T_{stg}	-40° to +125°	°C
Operating Temperature	T_A	-40° to +125°	°C
Output Source Current @ Full Scale Output ⁽²⁾	I_{o+}	0.5	mAdc
Output Sink Current @ Minimum Pressure Offset ⁽²⁾	I_{o-}	-0.5	mAdc

1. Exposure beyond the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.
2. Maximum Output Current is controlled by effective impedance from V_{out} to Gnd or V_{out} to V_S in the application circuit.

Table 2. Operating Characteristics ($V_S = 5.0$ Vdc, $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted, P1 > P2)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range	P_{OP}	15	—	115	kPa
Supply Voltage ⁽¹⁾	V_S	4.75	5.0	5.25	Vdc
Supply Current	I_o	-	6.0	10	mAdc
Minimum Pressure Offset ⁽²⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts	V_{off}	0.133	0.200	0.268	Vdc
Full Scale Output ⁽³⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts	V_{FSO}	4.633	4.700	4.768	Vdc
Full Scale Span ⁽⁴⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts	V_{FSS}	4.433	4.500	4.568	Vdc
Accuracy ⁽⁵⁾	—	—	—	±1.5	% V_{FSS}
Sensitivity	V/P	—	45.9	—	mV/kPa
Response Time ⁽⁶⁾	t_R	—	1.0	—	ms
Warm-Up Time ⁽⁷⁾	—	—	20	—	ms
Offset Stability ⁽⁸⁾	—	—	±0.25	—	% V_{FSS}

1. Device is ratiometric within this specified excitation range.
2. Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
3. Full Scale Output (V_{FSO}) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.
4. Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
5. Accuracy is the deviation in actual output from nominal output over the entire pressure range and temperature range as a percent of span at 25°C due to all sources of error including the following:
 - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.
 - Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
 - Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from minimum or maximum rated pressure at 25°C.
 - TcSpan: Output deviation over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
 - TcOffset: Output deviation with minimum pressure applied, over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
6. Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
7. Warm-up Time is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the pressure has been stabilized.
8. Offset Stability is the product's output deviation when subjected to 1000 cycles of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.



ANEXO I.- DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE TEMPERATURA

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

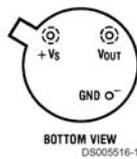
aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Connection Diagrams

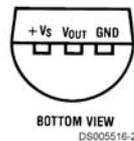
**TO-46
Metal Can Package***



*Case is connected to negative pin (GND)

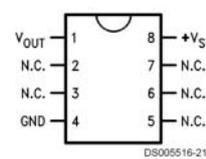
Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

**TO-92
Plastic Package**



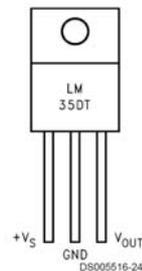
Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

**SO-8
Small Outline Molded Package**



N.C. = No Connection

**TO-220
Plastic Package***



*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F



ANEXO I.- DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Electrical Characteristics (Notes 1, 6)								
Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5	± 1.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3			$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$



ANEXO J.- DATOS TÉCNICOS DEL PIC16F84A



PIC16F8X

18-pin Flash/EEPROM 8-Bit Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F83
- PIC16F84
- PIC16CR83
- PIC16CR84
- Extended voltage range devices available (PIC16LF8X, PIC16LCR8X)

High Performance RISC CPU Features:

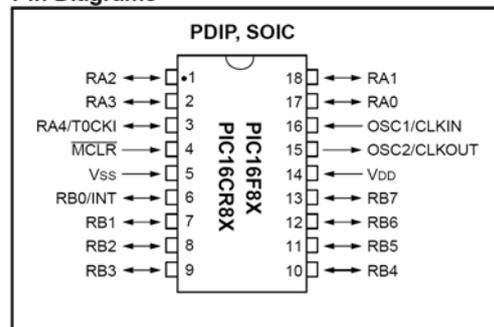
- Only 35 single word instructions to learn
- All instructions single cycle except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 10 MHz clock input
DC - 400 ns instruction cycle

Device	Program Memory (words)	Data RAM (bytes)	Data EEPROM (bytes)	Max. Freq (MHz)
PIC16F83	512 Flash	36	64	10
PIC16F84	1 K Flash	68	64	10
PIC16CR83	512 ROM	36	64	10
PIC16CR84	1 K ROM	68	64	10

- 14-bit wide instructions
- 8-bit wide data path
- 15 special function hardware registers
- Eight-level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Four interrupt sources:
 - External RB0/INT pin
 - TMR0 timer overflow
 - PORTB<7:4> interrupt on change
 - Data EEPROM write complete
- 1000 erase/write cycles Flash program memory
- 10,000,000 erase/write cycles EEPROM data memory
- EEPROM Data Retention > 40 years

Peripheral Features:

- 13 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
 - 25 mA sink max. per pin
 - 20 mA source max. per pin
- TMR0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler

Pin Diagrams**Special Microcontroller Features:**

- In-Circuit Serial Programming (ICSP™) - via two pins (ROM devices support only Data EEPROM programming)
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT)
- Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Code-protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options

CMOS Flash/EEPROM Technology:

- Low-power, high-speed technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range:
 - Commercial: 2.0V to 6.0V
 - Industrial: 2.0V to 6.0V
- Low power consumption:
 - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 15 µA typical @ 2V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current @ 2V



ANEXO K.- DATOS TÉCNICOS DEL ADC0831CCN

ADC0831A, ADC0832A, ADC0831B, ADC0832B
A/D PERIPHERALS WITH SERIAL CONTROL

SLAS006 – AUGUST 1985 – REVISED JUNE 1986

- 8-Bit Resolution
- Easy Microprocessor interface or Stand-Alone Operation
- Operates Ratiometrically or With 5-V Reference
- Single Channel or Multiplexed Twin Channels With Single-Ended or Differential Input Options
- Input Range 0 to 5 V With Single 5-V Supply
- Inputs and Outputs Are Compatible With TTL and MOS
- Conversion Time of 32 μ s at CLK = 250 kHz
- Designed to Be interchangeable With National Semiconductor ADC0831 and ADC0832

DEVICE	TOTAL UNADJUSTED ERROR	
	A-SUFFIX	B-SUFFIX
ADC0831	± 1 LSB	$\pm 1/2$ LSB
ADC0832	± 1 LSB	$\pm 1/2$ LSB

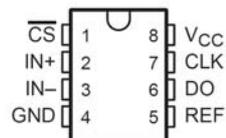
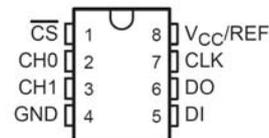
description

These devices are 8-bit successive-approximation analog-to-digital converters. The ADC0831A and ADC0831B have single input channels; the ADC0832A and ADC0832B have multiplexed twin input channels. The serial output is configured to interface with standard shift registers or microprocessors. Detailed information on interfacing to most popular microprocessors is readily available from the factory.

The ADC0832 multiplexer is software configured for single-ended or differential inputs. The differential analog voltage input allows for common-mode rejection or offset of the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

The operation of the ADC0831 and ADC0832 devices is very similar to the more complex ADC0834 and ADC0838 devices. Ratiometric conversion can be attained by setting the REF input equal to the maximum analog input signal value, which gives the highest possible conversion resolution. Typically, REF is set equal to V_{CC} (done internally on the ADC0832). For more detail on the operation of the ADC0831 and ADC0832 devices, refer to the ADC0834/A DC0838 data sheet.

The ADC0831AC, ADC0831BC, ADC0832AC, and ADC0832BC are characterized for operation from 0°C to 70°C. The ADC0831AI, ADC0831BI, ADC0832AI, and ADC0832BI are characterized for operation from -40°C to 85°C.

ADC0831 . . . P PACKAGE
(TOP VIEW)ADC0832 . . . P PACKAGE
(TOP VIEW)



ANEXO K.- DATOS TÉCNICOS DEL ADC0831CCN

**MC14051B, MC14052B,
MC14053B****Analog
Multiplexers/Demultiplexers**

The MC14051B, MC14052B, and MC14053B analog multiplexers are digitally-controlled analog switches. The MC14051B effectively implements an SP8T solid state switch, the MC14052B a DP4T, and the MC14053B a Triple SPDT. All three devices feature low ON impedance and very low OFF leakage current. Control of analog signals up to the complete supply voltage range can be achieved.

Features

- Triple Diode Protection on Control Inputs
- Switch Function is Break Before Make
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Analog Voltage Range ($V_{DD} - V_{EE}$) = 3.0 to 18 V
Note: V_{EE} must be $\leq V_{SS}$
- Linearized Transfer Characteristics
- Low-noise – $12 \text{ nV}/\sqrt{\text{Cycle}}$, $f \geq 1.0 \text{ kHz}$ Typical
- Pin-for-Pin Replacement for CD4051, CD4052, and CD4053
- For 4PDT Switch, See MC14551B
- For Lower R_{ON} , Use the HC4051, HC4052, or HC4053 High-Speed CMOS Devices
- Pb-Free Packages are Available*

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage Range (Referenced to V_{EE} , $V_{SS} \geq V_{EE}$)	-0.5 to +18.0	V
V_{in} , V_{out}	Input or Output Voltage Range (DC or Transient) (Referenced to V_{SS} for Control Inputs and V_{EE} for Switch I/O)	-0.5 to V_{DD} + 0.5	V
I_{in}	Input Current (DC or Transient) per Control Pin	+10	mA
I_{SW}	Switch Through Current	± 25	mA
P_D	Power Dissipation per Package (Note 1)	500	mW
T_A	Ambient Temperature Range	-55 to +125	$^{\circ}\text{C}$
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$
T_L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	$^{\circ}\text{C}$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

1. Temperature Derating: Plastic "P and D/DW" Packages: - 7.0 mW/ $^{\circ}\text{C}$ From 65 $^{\circ}\text{C}$ To 125 $^{\circ}\text{C}$

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \leq (V_{in} \text{ or } V_{out}) \leq V_{DD}$.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} , V_{EE} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

**ON Semiconductor**[®]<http://onsemi.com>**MARKING
DIAGRAMS**

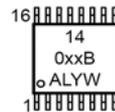
PDIP-16
P SUFFIX
CASE 648



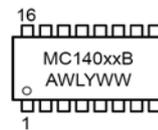
SOIC-16
D SUFFIX
CASE 751B



TSSOP-16
DT SUFFIX
CASE 948F



SOEIAJ-16
F SUFFIX
CASE 966



xx = Specific Device Code
A = Assembly Location
WL, L = Wafer Lot
YY, Y = Year
WW, W = Work Week

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 9 of this data sheet.

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.



ANEXO L. PROGRAMAS DESARROLLADO PARA LA RADIO SONDA

```
'TRANSMISOR.  
  INCLUDE "MODEDEFS.BAS"  
TrisA= %00000001  
TrisB= %00000100  
portA=0  
PortB=0  
  ADC VAR BYTE  
  Tx VAR PortA.3  
  CS VAR PortA.2  
  CLK VAR PortA.1  
  Do VAR PortA.0  
  A VAR portB.0  
  B VAR portB.1  
  pul Var      PortB.3  
  
Start:  gosub Temp  
        gosub Press  
        gosub Hall  
        goto start  
Temp:  low A  
       low B  
       ADC=0  
       HIGH CS  
       pause 20  
       LOW CS  
       low clk  
       pulsout clk,210  
       shiftin Do,clk,2,[ADC\8]  
       serout Tx,n2400,[2,2,"ab",ADC]  
       return  
Press: high A  
       low B  
       ADC=0  
       HIGH CS  
       pause 20  
       low CS  
       low clk  
       pulsout clk,210  
       shiftin Do,clk,2,[ADC\8]  
       serout Tx,n2400,[4,4,"cd",ADC]  
       return  
end
```



ANEXO L. PROGRAMAS DESARROLLADO PARA LA RADIO SONDA

TRANSMISOR CONT.

```
Hall:  ADC=0  
       count pul,1000,ADC  
       serout Tx,n2400,[8,8,"ef",ADC]
```

'RECEPTOR:

```
INCLUDE "MODEDEFS.BAS"
```

```
trisa=00000001
```

```
trisb=00000001
```

```
porta=0
```

```
portb=0
```

```
Temp var byte
```

```
Press var byte
```

```
Hall var byte
```

```
inicio:
```

```
  serin portA.0,n2400,["ab"],Temp  
  serout portB.1,T2400,["Temperatura:",#Temp,13,10]  
  serin portA.0,n2400,["cd"],Press  
  serout portB.1,T2400,["Presion:",#Press,13,10]  
  serin portA.0,n2400,["ef"],Hall  
  serout portB.1,T2400,["Hall:",#Hall,13,10]  
  goto inicio  
end
```



8-bits	Es la cantidad de dígitos binarios que el ADC0831 usa para describir la tensión analógica que muestrea. 8-bits, también es la resolución del conversor A/D. El cual puede contar de 0 a 255 (decimal) usando un número binario de 8-bits.
Asincrónico	Significa no sincronizado, por que puede tomar valores en cualquier forma sin esperar una señal de que el dato está disponible para ser leído
ASCII	Código Estadounidense Estándar para el Intercambio de Información
Baudio	El baudio es la unidad informática que se utiliza para cuantificar el número de cambios de estado o eventos de señalización, que se producen cada segundo durante la transferencia de datos.
Circuito Integrado	Es un circuito con componentes microscópicos implantados sobre la superficie de una pastilla de silicio. Usaremos tres chips en este libro. Cada chip está encapsulado en plástico negro y tiene 8 pines. El encapsulado es para proteger el circuito integrado
CMOS	Lógica Metal-Oxido Semiconductor con transistores complementarios
Convertidor A/D	Mide una muestra de tensión analógica y entrega un número binario que describe esta tensión analógica
Filtros	Es un elemento que discrimina una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él, pudiendo modificar tanto su amplitud como su fase.
Host	<i>Equipo anfitrión</i> en informática o computación puede referirse a; Aquel dispositivo de la red que ofrece servicios a otros ordenadores conectados a dicha red
Impedancia	Es una magnitud que establece la relación (cociente) entre la tensión y la intensidad de corriente
Moduladora	Conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora.
Multiplexor	Es un dispositivo que puede recibir varias entradas y transmitir las por un medio de transmisión compartido.
Nemónico	Es un dato simbólico que identifica a un comando generalmente numérico de una forma más sencilla que su numeración original



Paralelo	Significa que los bits de datos se envían por más de una línea al mismo tiempo.
Portadora	Onda sinusoidal la cual es la que tiene la información que se transmite.
Resistencia	Conocido en el mundo de la electrónica cómo un dispositivo que se opone a el flujo de electrones
Serie	
TTL	<i>Transistor-Transistor Logic</i> ó "Lógica Transistor a Transistor"
Transistor	Es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador
Sensor	Se le conoce así a la señal que tiene la información deseada
Sincrónica	Resistencia es una propiedad del material que se opone en el camino de los electrones
Presión absoluta.	En lugar de enviar los datos en paralelo por varias líneas de datos, puede usarse una sola línea de datos por la que se envían los bits uno después de otro
Presión atmosférica	Es la que ejerce la atmósfera sobre la superficie terrestre y varía dependiendo del lugar, a nivel del mar la presión atmosférica es de 760 <i>mmHg</i> o 1 atmósfera.
Presión diferencial.	Es la diferencia entre dos presiones existentes, medidas con transductores o medidores que tienen dos entradas de presión independientes.
Presión relativa o manométrica	Es un caso especial de la presión diferencial, sola que una de las fuentes de presión es el medio ambiente, midiéndose así la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica propia del lugar donde se efectúa la medición. Esta presión corresponde a una medición que toma como referencia la presión atmosférica.
Vacío.	Se le llama vacío a todas las presiones por debajo de la presión atmosférica