

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN TECNOLOGÍA

**DESARROLLO DE UN ARREGLO SISMICO EN BASE A
MICROCONTROLADORES RFPIC**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO
ESPECIALIDAD EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

MACIAS BAUTISTA CARLOS ANGEL

DIRECTOR: ING. Pablo López

Quito, a 06 de abril de 2006

DECLARACIÓN

YO, MACIAS BAUTISTA CARLOS ANGEL, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

CARLOS ANGEL MACIAS BAUTISTAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por CARLOS ANGEL MACIAS BAUTISTA, bajo mi supervisión.

Ing. Pablo López
DIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar a este momento de mi vida, a mi madre que con su comprensión y cariño supo apoyarme en los momentos difíciles de mi vida y por haber creer en mi sueño.

RESUMEN	7
PRESENTACIÓN	8
CAPITULO I	9
1.1. INTRODUCCION	9
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.3. OBJETIVOS	11
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.4. HIPOTESIS	11
1.5. JUSTIFICACION	11
1.6. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE MONITOREO SISMICO	12
1.6.1. SISTEMA DE TELEMETRIA SÍSMICA DIGITAL DE BAJA POTENCIA. .	12
1.6.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA.....	12
1.6.2.1 UNIDAD DE TRANSMISIÓN O ESTACIÓN ESCLAVA.....	14
1.6.2.2 UNIDAD DE RECEPCIÓN O ESTACIÓN BASE.	15
1.7. SENSORES SISMICOS.....	15
1.7.1 SISMÓGRAFOS DE CORTO PERIODO	16
1.7.2 SISMÓGRAFOS DE BANDA ANCHA	16
1.7.3. SISMÓGRAFOS ACELERÓGRAFOS	17
1.8. GEÓFONOS.....	17
1.8.1. GEOFONO ELECTROMAGNETICO.....	18
1.8.2. FRECUENCIA NATURAL Y AMORTIGUAMIENTO DE LOS	21
GEÓFONOS.....	21
1.9. MICROCONTROLADOR RFPIC12F675	23
1.9.1 INTRODUCCIÓN.....	23
1.9.2 CARACTERÍSTICAS.....	23
1.9.3. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA	25
1.9.3.1 ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA DE PROGRAMA.....	25
1.9.4. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA DE DATOS	26
1.9.5. TRANSMISOR UHF	26
1.9.5.1 OPERACIÓN DE TRANSMISION	26
1.9.6. MODULACIÓN ASK.....	28
1.9.6.1. DEMODULACIÓN DETECCIÓN ASINCRÓNICA:	29
1.9.7. ANTENA DE LAZO.....	30
1.9.8. APLICACIONES:	31
1.9. MODULO RECEPTOR RFRXD0420.....	31
1.9.1 INTRODUCCIÓN.....	31
1.9.2. CARACTERÍSTICAS.....	31
1.9.3. DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO	33
1.9.4 APLICACIONES:	33
CAPITULO II	35
2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO	35
2.1. DISEÑO DE HARDWARE.....	35
2.1.1. ANTECEDENTES GENERALES	35
2.1.2. DISEÑO	35
2.1.2.1. DIAGRAMA DE BLOQUES	36
2.1.2.2. BLOQUE DE ALIMENTACIÓN	37

2.1.2.3. BLOQUE DE REFERENCIA	37
2. 2 BLOQUE DE CONVERSIÓN ANALÓGICA A DIGITAL.....	38
2.2.1. ERRORES QUE SE ENCUENTRAN EN LOS CONVERTIDORES	
A/D	40
2.2.1.1. ERROR DE OFFSET.....	40
2.2.1.2 ERROR DE CUANTIFICACIÓN.....	40
2.2.2.3 ERROR DE LINEALIDAD (LINEALIDAD INTEGRAL).....	41
2.2.2.4 ERROR DE APERTURA.....	41
2.2.3 SELECCIÓN DEL CONVERSOR	42
2.3 PUERTO DE COMUNICACION SERIAL.....	42
2.3.1 DS275.....	42
2.3.2 DB9M	43
2.4 ENSAMBLAJE DE LA ANTENA SÍSMICA.....	44
2.4.1 MONTAJE	44
CAPÍTULO III	50
3. ELABORACIÓN DE LOS PROGRAMAS.....	51
3.1 DISEÑO DE LOS PROGRAMAS PARA LOS MICROCONTROLADORES	
rfPic12f675 y 12f675.....	51
3.1.1 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR rfPic12f675.....	51
3.1.1.1 MACROS PARA LECTURA Y ESCRITURA	51
3.1.1.2 CRITERIO DE DISEÑO PARA LA TRANSMISIÓN.....	53
3.1.1.3 RECEPCIÓN DE LA SEÑAL CODIFICADA.....	55
3.2. DISEÑO DEL SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	60
3.3 DETALLES DEL SOFTWARE DISEÑADO	61
3.4 FUNCIONABILIDAD DEL SOFTWARE.....	62
3.5 CALIBRACION.....	63
3.6 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	63
3.7 PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO SE DEBERÁN SEGUIR LOS ..	64
SIGUIENTES PASOS.....	64
3. 8 FUNCIONABILIDAD DEL HARDWARE.	64
3.9 CONCLUSIONES.....	64
3.10 RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA.	66
ANEXOS	67

RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado, con el afán de desarrollar un medio eficaz que permita realizar estudios como la localización y dinámica de fuentes relacionadas a fluidización.

En el Capítulo I, hace una explicación introductoria referente a la telemetría y sensor utilizado cuando éstos pueden llegar a ser una fuente constante de datos, así también una descripción elemental de los componentes que se emplean para el diseño de la tarjeta de adquisición de datos.

En el Capítulo II, se realizan los diseños de los circuitos impresos de las tarjetas y el sensor en función de los diagramas circuitales previamente diseñados y expuestos en el mismo capítulo.

En el Capítulo III, Se detalla la elaboración de los programas. El diseño del programa para los microcontroladores en c++ y el software realizado en Borland C++ Builder 6.0. Software que deberá ser instalado en el computador para ejecutar la aplicación del hardware e interactuar con el mismo, se realizan las pruebas de calibración tanto en el conversor A/D 7706 como en la calibración del software de adquisición de datos. Para comprobar el correcto funcionamiento del proyecto.

PRESENTACIÓN

Con la conclusión de este proyecto se obtendrá una interfaz entre el mundo físico que será la naturaleza y la computadora, se puede apreciar las variaciones en el nivel del movimiento para tomar las precauciones necesarias y evitar daños físicos o desgracias.

El interfaz desarrollado mide las variaciones de voltajes en función de las fuentes de movimiento producidas por la naturaleza. Estos equipos son llamados geófonos y pueden ser analógicos.

Nuestro prototipo es completamente digital, toma las medidas en tiempo real y se muestran en la computadora. Los datos se graban en la memoria de la pc para un posterior uso y análisis de los datos. De esta manera se obtiene facilidad en la toma de datos y evitar los cuadernos de apuntes con el doble trabajo de pasar valor por valor para su análisis.

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCION

Ecuador se encuentra ubicado dentro de un área de actividad volcánica, siendo actualmente el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica la encargada del control de la actividad sismotectónica y monitoreo de los volcanes que se encuentran en el Ecuador.

Uno de los problemas que presentan las redes clásicas es debido al uso de antenas de poca apertura para establecer una localización exacta de ciertas señales sísmico-volcánicas.

Para resolver estos problemas se ha creído conveniente diseñar un Arreglo de Antena Sísmica basado en un sistema de telemetría digital que nos permita obtener datos de áreas específicas.

La telemetría es un conjunto de procedimientos para medir magnitudes físicas y químicas desde una posición distante al lugar donde se producen los fenómenos cuando existen limitaciones de acceso.

Los equipos de telemetría obtienen la información mediante transductores (para nuestro caso (sensores-geófonos) que transforman las magnitudes físicas o químicas a medir en señales eléctricas equivalentes, que son enviadas al punto de observación mediante ondas eléctricas para su procesamiento y análisis.

Una de las aplicaciones de la telemetría es la meteorología. Los equipos instalados en sondas y globos meteorológicos permiten obtener medidas de las capas altas de la atmósfera y realizar mapas que ayudan a predecir el clima.

En las ciencias de la salud, y la medicina en particular, la telemetría ha tomado mayor auge porque la medición o registro de procesos y eventos electrocardiográficos es a distancia. Estos registros se recogen en un ordenador central ubicado en el control de enfermería que refleja continuamente el ECG (electrocardiograma) de todos los pacientes conectados a él mediante unos radiotransmisores inalámbricos que funcionan con baterías recargables.

Otras de las aplicaciones están en las industrias del Petróleo y Gas con la supervisión de gaseoductos y oleoductos, monitoreo y control remoto de transmisión de productos por redes de tuberías y también en los sistemas de distribución de agua.

La Telemetría en la Minería y Manufactura es muy importante porque hay casos en los que se debe medir parámetros como nivel en sólidos y líquidos, la temperatura y presión en lugares inaccesibles para el operador.

La telemetría es dividida en cinco clases:

- Telemetría mediante modulación por Ancho de Pulsos
- Telemetría mediante modulación por Frecuencias de Pulso
- Telemetría Multiplexada
- Telemetría de Radio
- Telemetría Digital

El tipo de telemetría que nos servirá para desarrollar nuestro el proyecto es la Telemetría digital.

En la Telemetría Digital se requiere de varios pulsos para transmitir un valor de la variable medida, estos pulsos representan los bits de un número de codificación binaria el cual es aproximadamente al valor analógico medido. La principal ventaja de la codificación digital es la inmunidad al ruido frente a cualquiera de los demás métodos analógicos.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las redes clásicas presentan problemas para establecer la localización exacta de ciertas señales sísmico- volcánicas como tremor o eventos de largo periodo, las cuales son señales relacionadas directamente con el movimiento de fluidos y que presentan características de baja frecuencia (0.2-2)Hz. El uso de antenas sísmicas de poca apertura permite estudios como la localización y dinámica relacionados a fluidización.

Las antenas son herramientas muy útiles sin embargo su desarrollo y funcionamiento se hace complicado por la cantidad de información que esta provee.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de arreglo de antena sísmica modular inalámbrico basado en microcontroladores de radiofrecuencia rfPic Microcontroller

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un módulo de adquisición y transmisión de datos sísmicos basados en microcontroladores RFPIC
- Acoplar un programa de recepción de datos que servirá para almacenar y analizar los datos de la red sísmica.
- Desplegar la antena sísmica con una geometría adecuada a los requerimientos del estudio volcanológico, y las limitaciones de la comunicación de los módulos.

1.4. HIPOTESIS

El diseño de un módulo de adquisición y transmisión de datos sísmicos permitirá a la Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional estudiar la localización y dinámica relacionadas a la fluidización.

1.5. JUSTIFICACION

El avance de la tecnología ha traído consigo grandes cambios en el mundo de los microcontroladores y las comunicaciones inalámbricas, esto hace que el desarrollo de instrumentación en el entorno de redes de sensores este al alcance económico y tecnológico del país.

La red contará como elemento principal, a módulos que presentan un puerto de adquisición analógico-digital y otro de comunicación inalámbrica, estos módulos estarán basados en Microcontroladores rfPic. Además se implementará un protocolo de comunicaciones para interactuar con otros microcontroladores.

Se acoplará a un software de almacenamiento y análisis de los datos de la antena.

1.6. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE MONITOREO SISMICO

A continuación se describirá en que consiste el sistema de monitoreo sísmico, se mostrará de que se compone cada una de las estaciones sísmicas, la telemetría que se utiliza y el sistema de recepción y adquisición de datos.

1.6.1. SISTEMA DE TELEMETRIA SÍSMICA DIGITAL DE BAJA POTENCIA.

La telemetría digital ha sido escogida para la realización de este proyecto debido a su casi inmunidad al ruido frente a cualquiera de los demás métodos analógicos y por su buen rendimiento para cantidades de información pequeños.

Los componentes seleccionados son todos ellos de uso común y bajo costo, ello facilita el mantenimiento por parte de los técnicos del Departamento de Geofísica de la EPN. La utilización de elementos de precio mas elevado mejora apreciablemente sus características.

1.6.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA

La antena sísmica con telemetría digital esta constituida por dos unidades, la primera de ellas son las unidades de transmisión o bases sísmicas (esclavos) y la segunda la unidad de recepción o Base de la información que luego será transmitido por un radiotransmisor al observatorio o centro de registro ubicado en la Escuela Politécnica Nacional.

- Unidad de transmisión
- Unidad de recepción

Para un mejor entendimiento la Fig.1.1 muestra el esquema general de la descripción de cómo funciona el sistema de Monitoreo sísmico del Instituto Geofísico, el nuevo proyecto se centraliza en el arreglo de la antena sísmica para la adquisición de datos en una área especifica (alrededor de un radio de 100 metros) Fig. 1.2.

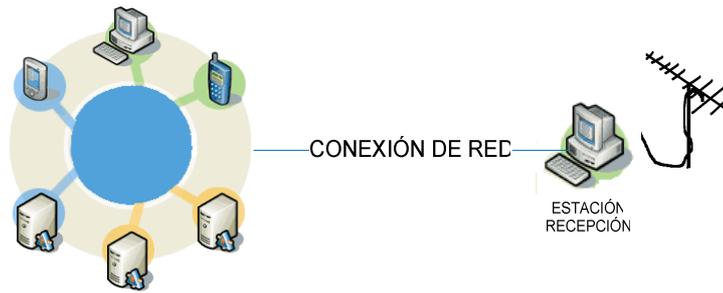
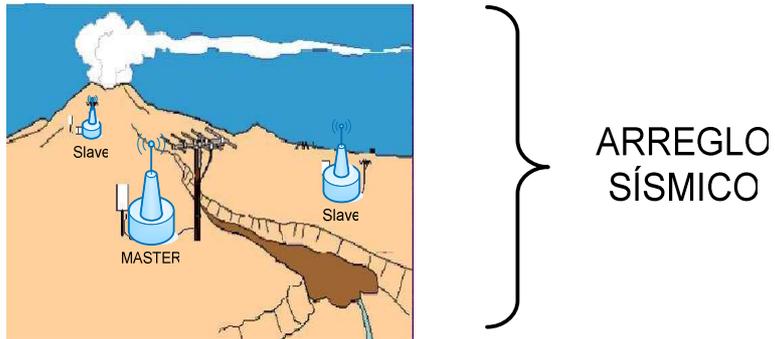


Fig. 1.1 Esquema General

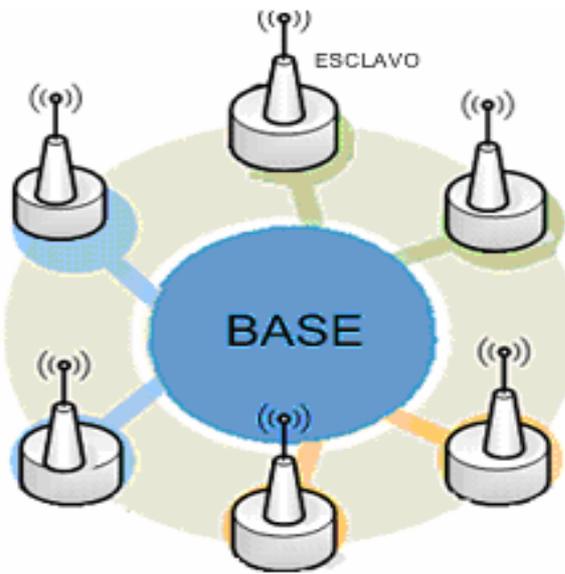


Fig. 1.2 Arreglo de la Antena Sísmica

1.6.2.1 UNIDAD DE TRANSMISIÓN O ESTACIÓN ESCLAVA

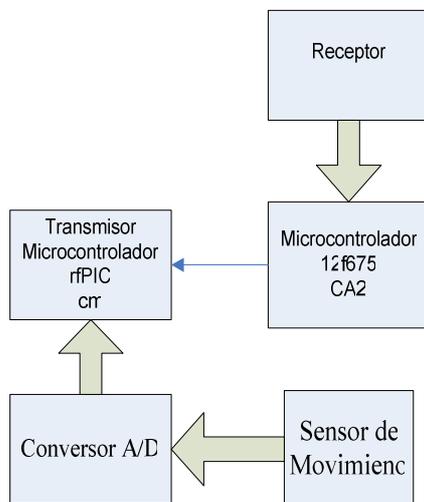


Fig. 1.3 Diagramas de bloques de una de las Unidades de Transmisión o esclavos

La unidad de transmisión a la que también llamaremos estación sísmica (Fig1.3) está conformada por un sensor sísmico que lo conocemos como geófono, Microcontrolador Transmisor rfPic12f675, Microcontrolador Receptor RFRXD0420, Microcontrolador 12f675, conversor analógico/digital AD7706BN.

El geófono, del que hablaremos más adelante con el detalle correspondiente, es el principal dispositivo de la estación sísmica, este será el encargado de detectar las vibraciones del suelo, ondas sísmicas y otros fenómenos que los transformará en señales eléctricas.

La señal analógica proveniente del geófono esta en el orden de los milivoltios, esta señal será amplificada y adaptada por el conversor A/D7706BN para luego poder ser transmitida por el microcontrolador transmisor rfPic12F675 del que también hablaremos mas adelante, consta también de un microcontrolador receptor RFRXD0420 que envía información al microcontrolador 12f675 el cual se encarga de identificar el código de inicialización mediante el cual el se inicializa la transmisión.

1.6.2.2 UNIDAD DE RECEPCIÓN O ESTACIÓN BASE.

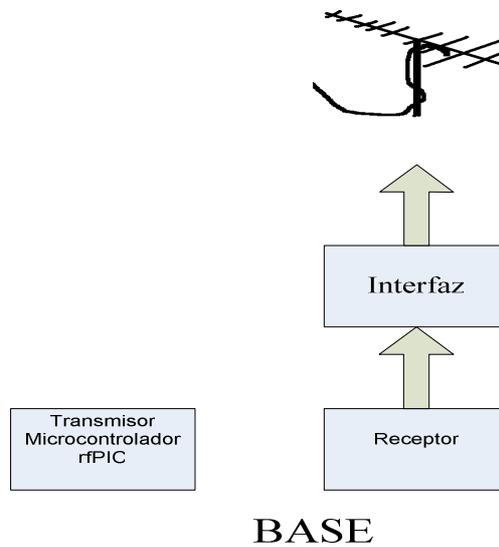


Fig. 1.4 Diagramas de bloques de la recepción de datos y envío de código

La estación base (fig. 1.4): conformado por el Transmisor rPic 12f675 que es el encargado de enviar el código de inicialización para la transmisión de datos de las bases sísmicas o esclavos consta además del receptor RFRXD0420 que cumple la función de recopilar la información que se envíe de las estaciones sísmicas o esclavos y a su vez este se comunica por medio de una interfaz a un radiotransmisor el cual tiene comunicación directa con el Departamento de geofísica de la ESCUELA POLITECNICA NACIONAL el cual está formado por antenas receptoras, radios receptores, discriminadores, registro analógico y un sistema digital de adquisición y tratamiento de datos.

1.7. SENSORES SISMICOS

Un sensor sísmico es capaz de detectar las vibraciones del suelo causadas entre otras cosas por el paso de flujo de lodo y escombros u otros fenómenos y que transforma en señales eléctricas.

Hay tres tipos principales de sensores: Período Corto, Banda Ancha y Acelerómetro. Las estaciones de período corto y banda ancha se conocen también como estaciones de movimiento suave pues detectan los eventos de menor intensidad muy bien, pero cuando son muy fuertes, se pueden saturar. Los

acelerómetros se consideran de movimiento fuerte porque están diseñados para registrar en escala los eventos de mayor intensidad.

1.7.1 SISMÓGRAFOS DE CORTO PERIODO

Los sensores de corto periodo están en el rango de frecuencias de entre (1-50) Hz. lo cual significa que al superar este rango se produce una saturación mecánica del instrumento. Se caracteriza por tener una velocidad normalmente plana en el rango antes mencionado este tipo de sensores se dividen en sismómetros de prospección y los sismómetros estándar de aplicación para el estudio de micro terremotos.

1.7.2 SISMÓGRAFOS DE BANDA ANCHA

La mayoría de los sensores sísmicos actuales utilizan el sistema de fuerza de retroalimentación o sistemas de fuerza balanceada. Este sistema consiste de un circuito de retroalimentación negativo, el cual ejerce una fuerza proporcional al desplazamiento de la masa inercial para cancelar el movimiento relativo. Un transductor eléctrico convierte el movimiento de la masa en una señal eléctrica, la cual es una estimación de la fuerza de retroalimentación que debe ejercerse para anular el movimiento. La cantidad de fuerza que se debe ejercer para anular el movimiento del péndulo corresponde a la aceleración del suelo. Este sistema permite extender el ancho de banda y la linealidad de los sismómetros, porque no permite grandes movimientos de la masa que doblen los resortes o los niveles. La señal de salida de estos sistemas posee un gran rango dinámico debido a que los transductores electromagnéticos tienen un amplio rango dinámico.



Fig. 1.5 Sismógrafo de Banda Ancha

1.7.3. SISMÓGRAFOS ACELERÓGRAFOS

Paralelo a la sismología se desarrolló un campo de la ingeniería que estudia las fuerzas que actúan sobre los edificios durante un sismo. Este campo se denomina Ingeniería Sísmica. Para entender estas fuerzas se desarrollaron los acelerógrafos, que miden la aceleración del suelo o la fuerza que actúa sobre los edificios. Actualmente, con los avances tecnológicos y los sensores de banda ancha, no hay diferencia entre los sismógrafos y los acelerógrafos. Sin embargo, los acelerógrafos no registran en continuo y generalmente se activa al ser excitado por una onda sísmica que se registra a alta velocidad en disco digital. Durante el registro de la aceleración de un sismo, paralelamente se realiza el registro del tiempo. A partir de esta información puede obtenerse mediante integración registros en velocidad y desplazamiento en el campo próximo.



Fig. 1.6 Sismógrafos Acelerógrafos

1.8. GEÓFONOS

Un geófono es un instrumento que nos permite transformar movimientos sísmicos del suelo a una señal eléctrica que tiene por características frecuencia y amplitud analógicas de las ondas sísmicas que se detectan.

Existen diferentes tipos de geófonos en cuanto a su diseño y características de respuesta. Los cuales se detallan en el siguiente cuadro.

Sistema de Generación de la Señal Eléctrica	Tipo de la Salida de la Señal Eléctrica
<ul style="list-style-type: none"> • Electromagnético • Reluctancia Variable • Piezoeléctrico • Capacitivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Salida simple • Preamplificada • Señal regulada

Tabla 1.1 Clasificación de Geófonos

El geófono que se utiliza para este proyecto es el geófono electromagnético debido principalmente a que son los más utilizados en Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional a más de poseer calidad y fiabilidad, otras de las razones es que están diseñados para su fácil manipulación, tiene una frecuencia natural de (0.2-2) Hz. que sirve para detectar frecuencias bajas del movimiento del suelo.



Fig.1.7 Geófono electromagnético GS-11D en su forma comercial

1.8.1. GEOFONO ELECTROMAGNETICO.

El geófono electromagnético esta constituido básicamente por una bobina, un resorte, una masa, y un imán permanente como se muestra en la Fig. 1.8.

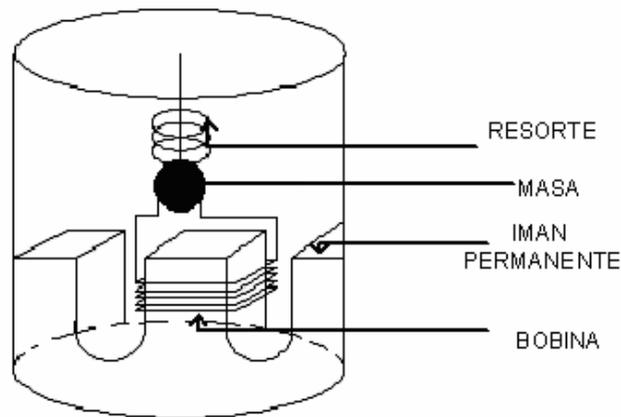


Fig1.8. Estructura del Geófono electromagnético

Como se constituye de un imán y una bobina. Uno de estos dos elementos está fijado rígidamente al suelo de tal manera que se moverá junto con la superficie terrestre en respuesta a los movimientos sísmicos. La masa cuelga del resorte fijo, entonces al producirse un movimiento relativo entre la bobina y el imán se produce una fuerza electromotriz entre los terminales de la bobina. Siendo el voltaje correspondiente a la fuerza electromotriz proporcional a la fuerza de movimiento.

La sensibilidad del geófono depende las siguientes características:

- Fuerza del imán
- Cantidad de espiras de la bobina
- Configuración del sistema

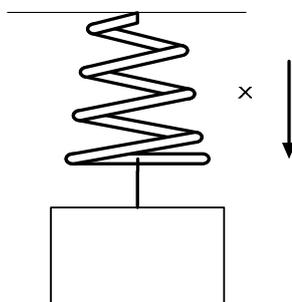


Fig. 1.9 Principio de un Sensor Sísmico Vertical

Un sistema de este tipo responde a la ecuación diferencial:

$$m \frac{d^2}{dt^2} = -kx \quad (1)$$

La frecuencia propia está relacionada con la constante de recuperación de la suspensión k y con la masa móvil del sistema m en la forma:

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2)$$

En realidad debemos utilizar sistemas amortiguados que responden a una ecuación diferencial del tipo:

$$m \frac{d^2}{dt^2} = -kx - \delta \frac{dx}{dt} \quad (3)$$

siendo un factor de amortiguamiento. En este caso la frecuencia propia varía con el amortiguamiento:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{\delta^2}{4m^2}} \quad (4)$$

Para sistemas sobre amortiguados no existe oscilación posible. Es importante destacar que el aumento del amortiguamiento disminuye la frecuencia propia.

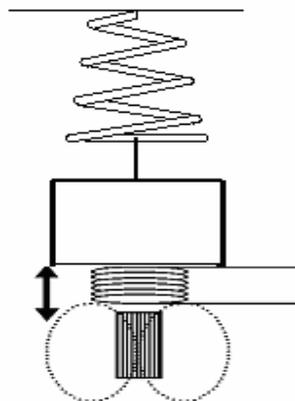


Fig. 1.10 Principio de un Geófono Electromagnético

La transformación del movimiento de la masa en una señal eléctrica puede hacerse de muchas maneras. Tradicionalmente se ha utilizado un transductor inductivo: la masa móvil incorporada por una bobina que se mueve en un campo magnético. A la salida de la bobina tendremos una señal función de la velocidad con la que se mueve el sistema. Si el campo magnético y la geometría de la bobina son adecuados se puede admitir que para valores pequeños del desplazamiento la señal es proporcional a la velocidad de la masa.

La fuerza electromotriz inducida en la bobina de inductancia L es:

$$E = -\frac{Ldh}{dt} \quad (5)$$

si se admite que $H = H_0 x$, donde x es la parte de la bobina que se encuentra dentro del entre hierro.

$$E = -L\frac{H_0 dx}{dt} = -LH_0\frac{dx}{dt} \quad (6)$$

La función de transferencia de un geófono electromagnético es:

$$G(s) = \frac{s^2}{s^2 + 2\delta\omega_0 s + \omega_0^2} \quad (7)$$

1.8.2. FRECUENCIA NATURAL Y AMORTIGUAMIENTO DE LOS

GEÓFONOS

Cada detector sísmico se caracteriza por un período de oscilación natural que depende básicamente de la masa y de la fuerza restauradora de la suspensión elástica del resorte.

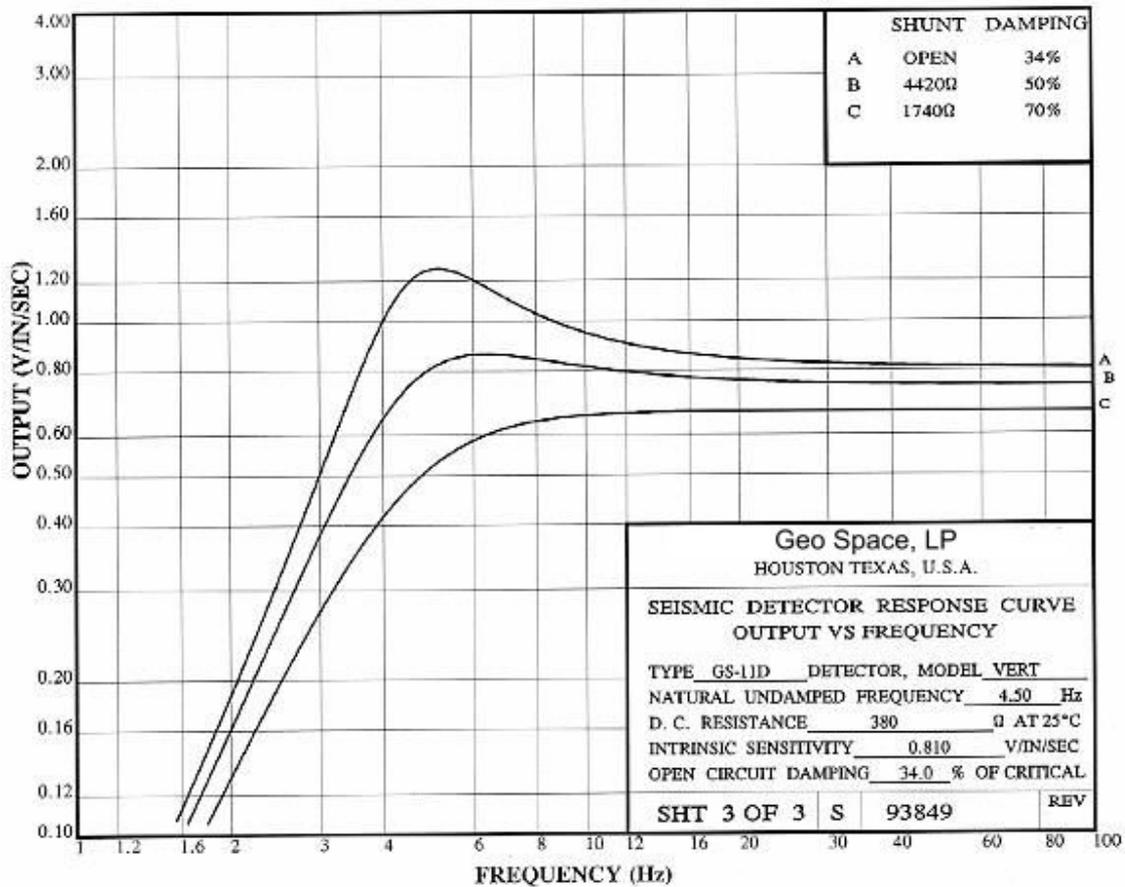


Fig. 1.11 Frecuencia de Oscilación Natural

El período [T] de oscilación natural en un geófono electromagnético depende de la masa inerte del imán y de la flexibilidad del resorte [k]

La flexibilidad del resorte se expresa por medio de una constante de proporcionalidad, que relaciona la fuerza, que actúa en el resorte, con la elongación correspondiente a esta fuerza. La fórmula siguiente expresa la relación arriba explicada:

$$T = 2 \times (\pi) \left(\frac{m}{k} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

donde

T=período de oscilación natural

M= masa del elemento inerte (imán o bobina)

K=flexibilidad del resorte

La frecuencia es el recíproco del período, por consiguiente vale:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \times (\pi) \left(\frac{m}{k}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (9)$$

Con un amortiguamiento pequeño del geófono, cualquier impulso sísmico introducido y causando un movimiento del resorte genera una señal de salida oscilatoria con una frecuencia, que es el recíproco del período de oscilación natural. Pero de este modo no se acentúa la repuesta a una señal introducida en el geófono como es deseable para la detección de ondas sísmicas. Introduciendo un amortiguamiento propio (una fricción interna) se puede aproximar la repuesta del geófono a todas las frecuencias mayores que la frecuencia de resonancia del geófono. En este modo la señal de salida del geófono da una representación de alta fidelidad con respecto al movimiento de la superficie terrestre. En los geófonos dinámicos modernos se emplea un amortiguamiento eléctrico suprimiendo la oscilación mecánica por medio de corrientes parásitas. Generalmente los geófonos empleados en la prospección sísmica son caracterizados por repuestas de forma somera.

1.9. MICROCONTROLADOR RFPIC12F675

1.9.1 INTRODUCCIÓN

El microcontrolador rPIC12F675 es parte de la familia de microcontroladores 12f675 de Microchip, teniendo como característica principal un transmisor UHF. A continuación se mencionan otras de sus características.

1.9.2 CARACTERÍSTICAS

- Arquitectura RISC: tiene solo 35 instrucciones, cada instrucción tarda un ciclo de reloj no así las de salto que tardan dos ciclos de reloj, sus operaciones son rápidas, posee un oscilador interno de 4 MHz. Puede ser direccionado directamente o indirectamente con capacidad de interrupciones.

- Características periféricas: tiene memoria Flash de 1024 x 14 palabras, otra es la memoria EEPROM de 128 x 8 bytes, posee 6 puertos configurables (entrada o salida)
- Características de baja potencia: opera en un rango ancho de voltaje que va desde 2 - 5.5v
- Transmisor UHF: posee un transmisor RF en la banda UHF, la potencia de salida es de 10dBm. su modulación puede ser ASK / FSK.

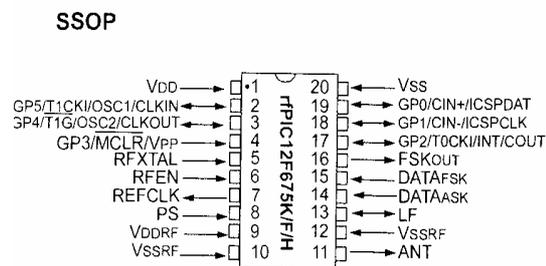


Fig. 1.12. Distribución de pines del rfPIC12F675

El microcontrolador rfPIC12f675 tiene un total de 20 pines Fig.1.12, seis de los cuales pertenecen a un único puerto GP (estos pines son el enlace entre el microcontrolador y el mundo externo).(mas información anexo 4)

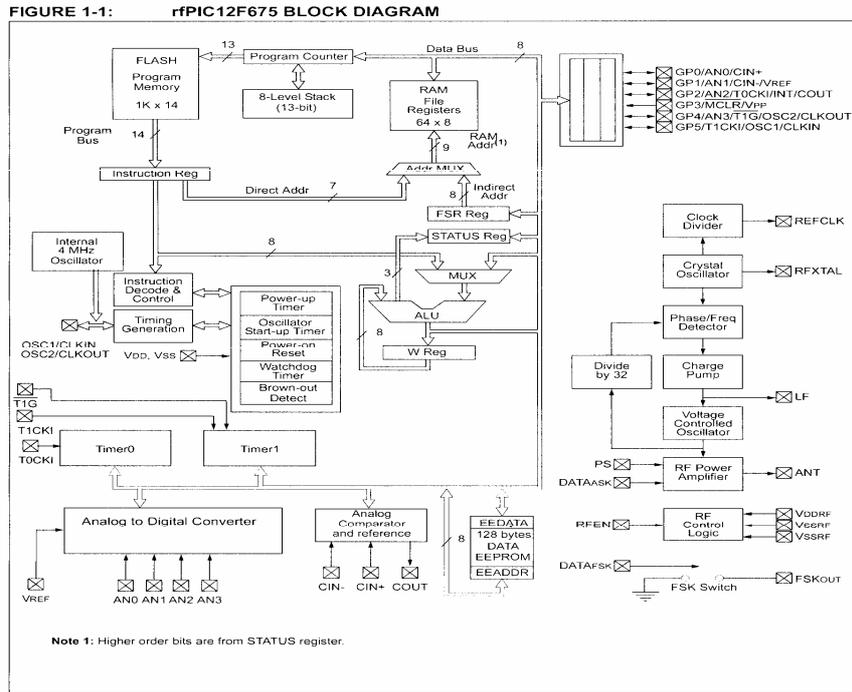


Fig.1.13. Apreciación Global del rPIC12f675

1.9.3. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA

1.9.3.1 ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA DE PROGRAMA

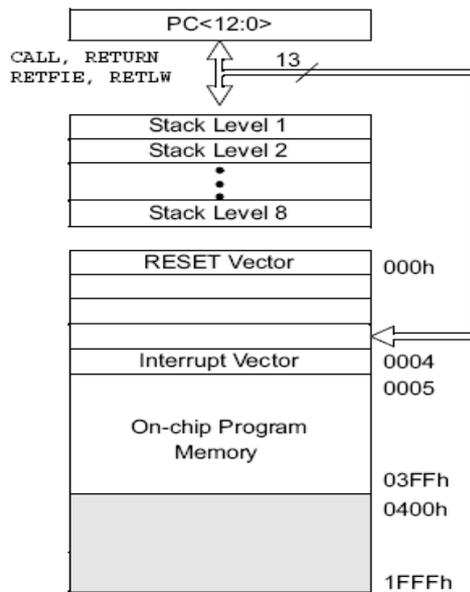


Fig.1.14 Mapeo de la memoria de programa

El microcontrolador rpic 12f675 tiene un contador de programa capas de direccional un espacio de memoria de programa de 8Kx14.Los dispositivos implementados físicamente para el rPIC12f675 van desde la localidad (0000h-03ffh).

1.9.4. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA DE DATOS

La memoria de datos esta particionada en dos bancos, los cuales contiene el registro de propósito general y el registro de funciones especiales. El registro de funciones especiales esta localizado en las 32 primeras localidades de cada banco. El registro de propósito general que va desde la localidad 20h hasta la localidad 5fh son implementados como ram estática y asignados a ambos bancos. Toda el resto de la memoria RAM esta sin implementar y retorna con 0 cuando lee. RP0 (status <5>) bit de selección del banco

- RP0 = 0 el banco 0 es seleccionado
RP0 = 1 el banco 1 es seleccionado

1.9.5. TRANSMISOR UHF

1.9.5.1 OPERACIÓN DE TRANSMISION

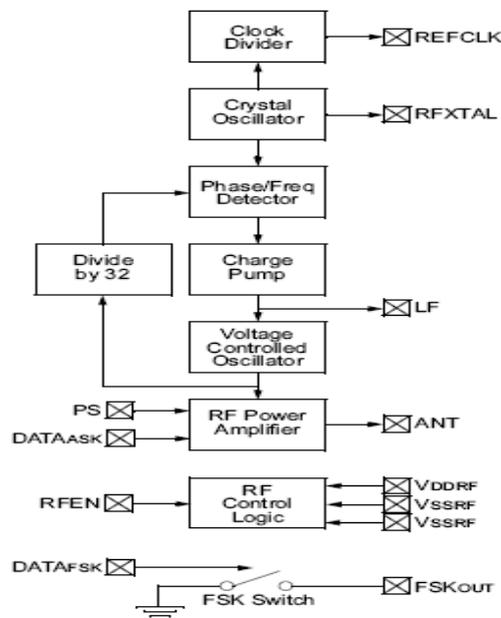


Fig. 1.15 Modulo transmisor

A diferencia de los Microcontroladores tradicionales los rfPIC tienen un módulo transmisor que se lo detalla a continuación.

El transmisor es un integrado completo con UHF ASK/FSK que consiste de un oscilador de cristal, lazo de fijación de fase (PLL), fuente de amplificación de salida (PA) de colector abierto, y un modo de control lógico estas son las tres variaciones de este dispositivo que optimizan el rendimiento, las bandas de frecuencia más frecuentemente usadas son:

Dispositivo	Frecuencia	Modulación
rfPIC12f675K	290-350 MHz.	ASK/FSK
rfPIC12f675F	380-450 MHz	ASK/FSK
rfPIC12f675H	850-930 MHz	ASK/FSK

Tabla 1.2 Bandas de Frecuencias

La estructura interna del transmisor se muestra en la Fig. 1.15. El oscilador Colpitts genera la frecuencia de referencia que es captada por el cristal. El oscilador controlado por voltaje (VCO) convierte el voltaje en el pin LF a frecuencia, esta frecuencia es dividida por 32 y comparada con la referencia del cristal. Si la frecuencia o fase no es igual a la referencia el charge pump corrige el voltaje a través del pin LF.

Los componentes externos requeridos es el cristal que sirve para fijar la frecuencia de transmisión capacitores y un arreglo de impedancias para obtener la máxima potencia de la antena. Las dos señales de control del microcontrolador son conectadas externamente para maximizar la flexibilidad del diseño. El rfPIC12f675 es capaz de transmitir datos de amplitud Shift Keying (ASK) o Frecuency Shift Keying (FSK).

Los pines VDDRF, VSSRF fuente de poder y tierra respectivamente del transmisor.

Estos pines de poder son separados de los pines de fuente de poder VDD y VSS del microcontrolador.

El oscilador de transmisión es un oscilador Colpitts el cual provee de la frecuencia de referencia para el PLL y que además es independiente del oscilador del microcontrolador. Un cristal externo debe ser conectado en el pin XTAL como referencia ya que la frecuencia de transmisión esta dada por:

$$f_{transmit} = f_{RFXAL} \times 32 \quad (10)$$

El microcontrolador tiene un control lógico RFEN para habilitar el funcionamiento del transmisor de tal manera que si RFEN está en un nivel lógico alto 1 se habilitara la transmisión por lo contrario si RFEN está en nivel lógico bajo 0 permanecerá deshabilitado la transmisión

1.9.6. MODULACIÓN ASK

Para la transmisión de datos digitales, existen principalmente tres métodos de modulación que permiten alterar el ancho de banda sobre el cual será enviada la información. Estos tres métodos son muy empleados debido a su relativa sencillez y a que son ideales para la transmisión de datos digitales, ellos son, el ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying) y PSK (Phase Shift Keying).

La modulación ASK es el método que utilizaremos, es una forma de modulación mediante la cual la amplitud de la señal está dada por la ecuación

$$s(t) = \begin{cases} A \sin(\omega_c t) & ; 0 \leq t \leq T \\ 0 & ; \text{en otro caso} \end{cases} \quad (11)$$

Ecuación: Corrimiento en Amplitud

ASK entonces, puede ser descrito como la multiplicación de la señal de entrada $f(t)=A$ (valido en sistemas digitales) por la señal de la portadora. Además, esta técnica es muy similar a la modulación en amplitud AM, con la única diferencia que para este caso $m=0$.

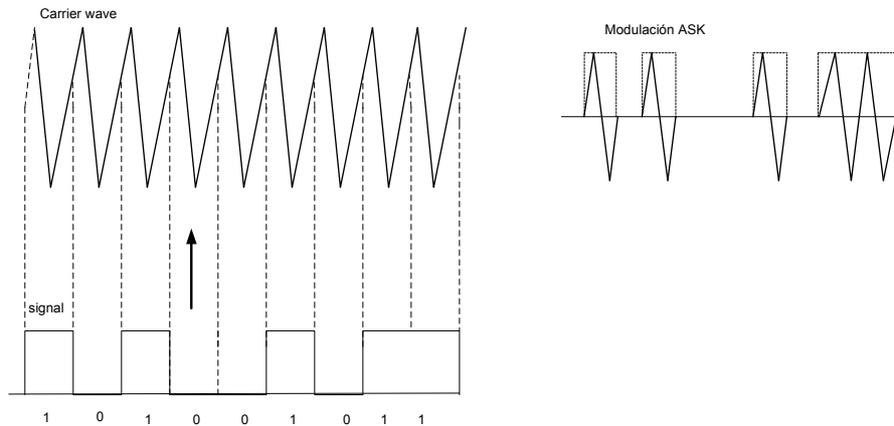


Fig. 1.16. Modulación por corrimiento en la amplitud (Amplitude shift keying)

En el dominio de la frecuencia, tal y como ya lo habíamos mencionado, el efecto de la modulación por ASK permite que cualquier señal digital sea adecuada para ser transmitida en un canal de ancho de banda restringida sin ningún problema, además al estar en función de una sola frecuencia, es posible controlar e incluso evitar los efectos del ruido sobre la señal con tan sólo utilizar un filtro pasabandas, o bien, transmitir más de una señal independientes entre sí sobre un mismo canal, con tan sólo modularlas en frecuencias diferentes. Esto queda demostrado gráficamente si observamos la representación de la figura 1.17.

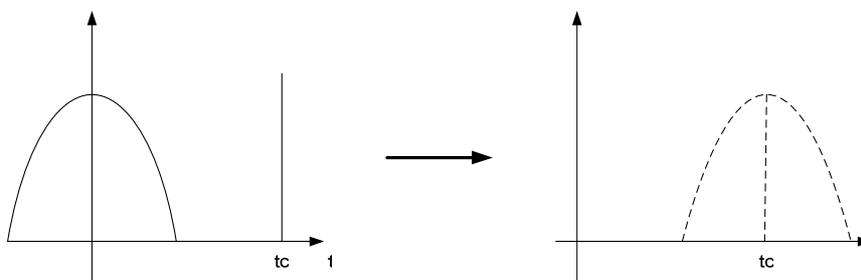


Fig.1.17. Análisis de la modulación por corrimiento en la amplitud

1.9.6.1. DEMODULACIÓN DETECCIÓN ASINCRÓNICA:

Consiste en multiplicar analógicamente la señal que llega al demodulador, por la señal portadora que se genera localmente en el receptor. Esta señal resultante se

hace por un filtro pasa bajo con frecuencia de corte menor que $2\omega_c$ como se muestra en la figura 1.18.

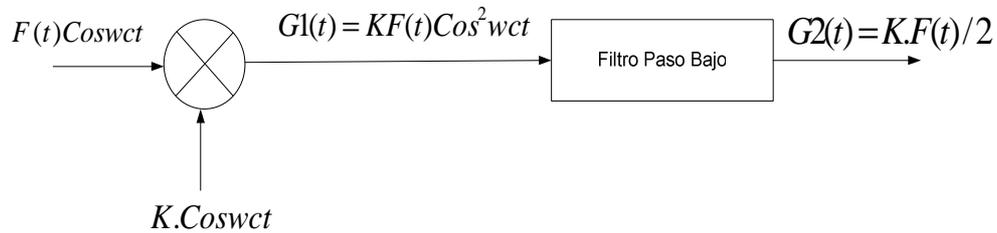


Fig.1.18. Análisis de la Demodulación Detección Asincrónica

1.9.7. ANTENA DE LAZO

Las antenas de lazo son muy populares especialmente para pequeños transmisores y típicamente tienen forma circular y casi siempre están impresas en una placa.

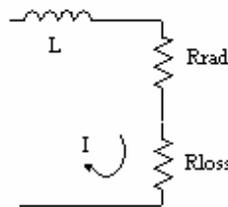


Fig.1.19 Diagrama de una antena de lazo

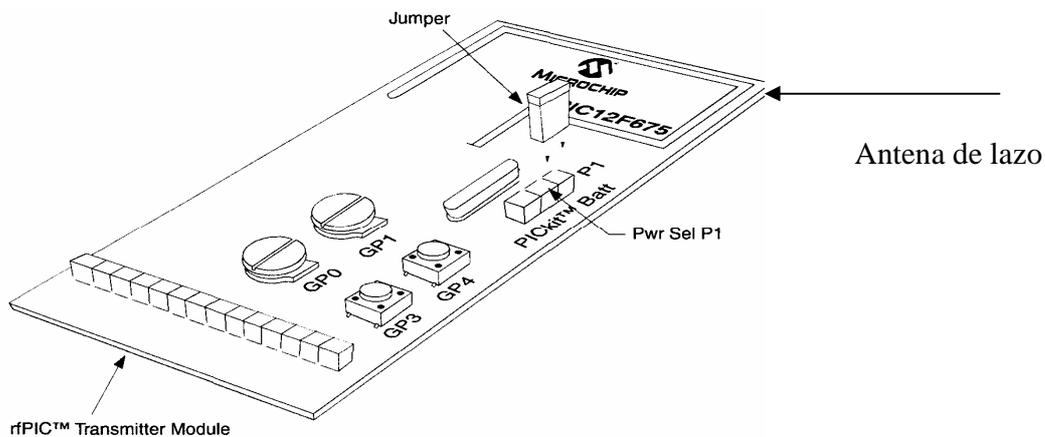


Fig. 1.20 Antena de lazo en el rfPic 12F675

1.9.8. APLICACIONES:

- Sistemas de alarmas automotriz
- Sensores inalámbricos
- Sensores para presión de llantas
- Telemetría de bajo poder
- Sistemas de alarmas contra robo
- Sistemas RKE

1.9. MODULO RECEPTOR RFRXD0420

1.9.1 INTRODUCCIÓN

El modulo receptor es el rRXD0420 son microcontroladores de bajo costo, un mínimo de requerimientos es necesario para obtener una completa recepción. El microcontrolador rRXD0420 cubre un rango de frecuencias desde 300Mhz. a 430Mhz. (más información anexo5).

El rRXD0420 tiene una arquitectura de conversión superheterodino Fig. 1.21.:

1.9.2. CARACTERÍSTICAS.

- Amplificador de bajo ruido(LNA)-selección de ganancia
- Mixer para conversión-baja de la señal de RF de la frecuencia intermedia (IF) seguida por una IF preamplificada.
- Completo integrado con (PLL), sintetizador de frecuencias para la generación de la señal del oscilador local. La frecuencia sintetizadora consiste de :
 - Oscilador de cristal
 - Detector de fase-frecuencia
 - Frecuencia-alta VCO (oscilador controlado por voltaje)
 - Amplificador Limitado(IF) para amplificar y limitar la señal IF y para la indicación de fuerza de la señal recibida
 - Demodulador (DEMODO) esta sección consiste de un detector de fase (Mixer2) y la creación de un amplificador detector de

1.9.3. DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO

- **Circuito Habilitador:** El pin 28 ENRX actúa como habilitador del receptor, la siguiente tabla muestra su descripción.

RX	DESCRIPCION
0	Modo Reposo
1	Receptor Habilitado

- **Sintetizador de frecuencia:** El PLL genera un oscilador local LO que consiste de un oscilador de cristal, un detector de fase- frecuencia, un charge pump, un VCO y un divisor por 16 estable realimentado.
- **Amplificador de Bajo Ruido:** El LNA es un amplificador de alta ganancia cuyo propósito general es el de disminuir el ruido y así mejorar la sensibilidad del receptor. La entrada del LNA es el pin 31 y tiene una impedancia de $26\Omega//2pF$. La ganancia del LNA es seleccionada por un nivel alto o bajo con entrada CMOS a través del pin 2.
- **Mesclador 1 y en preamplificador IF:** El mesclador realiza la conversión de la señal RF a una frecuencia intermedia (IF) y luego lleva la señal a un preamplificador de IF.
- **Amplificador limitante IF con RSSI:** El amplificador limitante IF amplifica y limita la señal IF. esto genera el indicador fuerte de señal recibida.
- **Amplificador Operacional:** El OPAM solo se configura para la salida ASK.

1.9.4 APLICACIONES:

- Estabilidad de frecuencia sobre variaciones de temperatura y fuente
- Baja emisión de señales espurias
- Recepción de datos digital para ASK Y FSK

- Detector de cuadratura usando desmodulación FSK/FM (detector coincidente de fase).
- Rango de voltaje ancho
- Bajo consumo de corriente.

CAPITULO II

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

2.1. DISEÑO DE HARDWARE

2.1.1. ANTECEDENTES GENERALES

De acuerdo a las aplicaciones y usos planificados, se han podido determinar los requerimientos indispensables del sistema que han servido de base para el diseño del prototipo. Los aspectos considerados son los siguientes:

- a. La antena sísmica se encargará de adquirir, amplificar, digitalizar y transmitir las variaciones de movimiento del suelo proporcionados por el geófono, así como de un programa que procese dicha señal y entregue los resultados requeridos tanto en laboratorio como en el sitio mismo de la instalación de la estación sísmica
- b. El prototipo debe realizar una conversión fiable de la señal sísmica analógica a un formato digital.
- c. Cada componente de la antena sísmica (base y esclavos) serán montados en cajas herméticas con las facilidades necesarias para su manipulación y transporte, diseñadas para soportar situaciones climáticas y de transporte adversas.

2.1.2. DISEÑO

El diseño de este prototipo se lo realizó teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por los fabricantes, en lo referente a componentes utilizados, su teoría de operación y observaciones de personas con experiencia en la electrónica. Un elemento importante para este proyecto es el conversor Analógico/Digital para la selección de dicho conversor se hicieron diferentes tipos de pruebas lo cual se lo hablará más adelante con el detalle correspondiente

2.1.2.1. DIAGRAMA DE BLOQUES

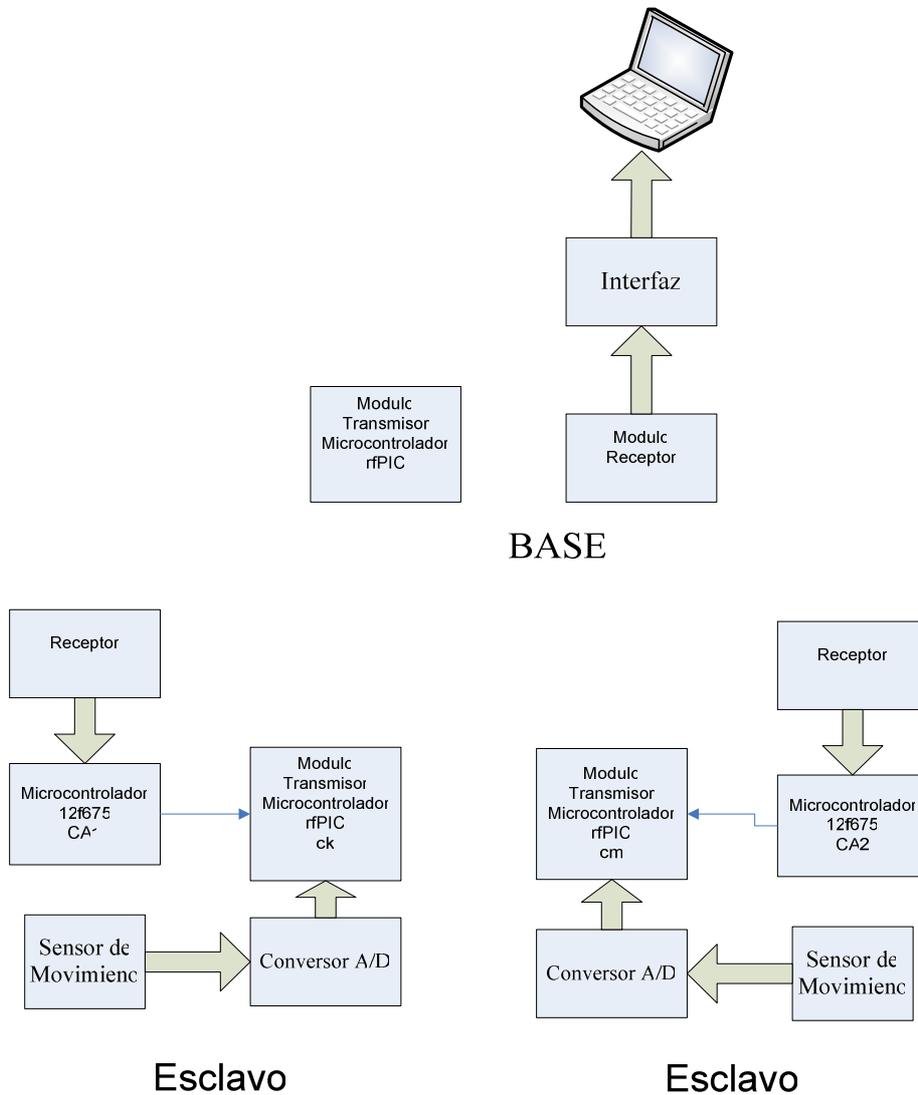


Fig. 2.1 Diagrama de bloques funcional

Este diagrama de bloques muestra los módulos de la antena sísmica, que comprende, la etapa de control de inicialización de transmisión basado en un microcontrolador (pic12f675) y receptores RFRXD0420, etapa de adaptación de la señal para que ingrese al conversor Análogo-Digital, control, análisis y transmisión basado en un microcontrolador (rfPic12f675) y el sistema de presentación de resultados.

2.1.2.2. BLOQUE DE ALIMENTACIÓN

Esta etapa provee de los voltajes necesarios para la polarización de los elementos electrónicos, utilizados en cada modulo de la antena sísmica. De acuerdo al voltaje de polarización de los componentes electrónicos los voltajes son los siguientes:

- $V_{cc} = 12\text{VDC}$. Voltaje de Suministro.
- $V_{dd} = 5\text{VDC}$. Voltaje de polarización.
- $GND = 0\text{V}$. Voltaje de Referencia.

El voltaje V_{cc} se obtendrá de un adaptador a 12Vdc o de de una batería del mismo valor, para la polarización V_{dd} se utiliza un regulador de voltaje de +12 a +5 VDC (LM7805).

A la entrada de alimentación de 12VDC tenemos un circuito de protección, este consta de un diodo 1N4004 que protegerá al equipo de variaciones de voltaje acompañado de un diodo LED en serie con una resistencia como divisor de voltaje que servirá como indicador de encendido de equipo.

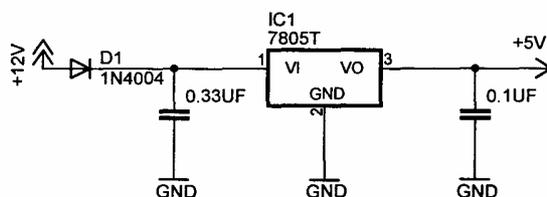


Fig. 2.2 Diagrama de conexión del 7805

2.1.2.3. BLOQUE DE REFERENCIA

Para el voltaje de referencia que necesita el conversor A/D7706BN se utiliza un diodo regulador de voltaje (LM385) de 2.5 voltios . Este diodo trabaja en un rango que va desde los 20uA a 20mA como se muestra en la Fig. 2.3.

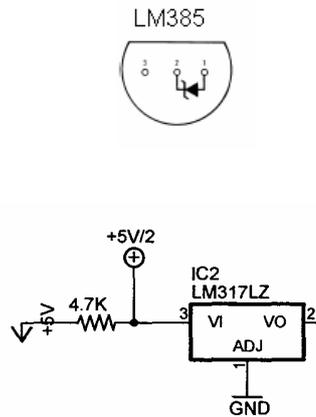


Fig. 2.3 diagrama de conexión del LM385

2. 2 BLOQUE DE CONVERSIÓN ANALÓGICA A DIGITAL

Para la selección del convertidor se consideraron entre otros los siguientes aspectos:

- Número de bits
- Resolución
- Tiempo de conversión

Número de bits: Es el número de bits que tiene la palabra de salida del convertidor, y por tanto es el número de pasos que admite el convertidor. Así un convertidor de 8 bits sólo podrá dar a la salida $2^8=256$ valores posibles

Resolución: Es el mínimo valor que puede distinguir el convertidor en su entrada analógica, o dicho de otro modo, la mínima variación, V_i , en el voltaje de entrada que se necesita para cambiar en un bit la salida digital. En resumen, tenemos que:

$$V_i = \frac{V_{fe}}{2^n - 1} \quad (12)$$

donde n es el número de bits del convertidor, y V_{fe} la tensión de fondo de escala, es decir, aquella para la que la salida digital es máxima. La tensión de fondo de escala depende del tipo de convertidor, pero normalmente se fija a nuestro gusto, en forma de una tensión de referencia externa, (aunque en algunos casos, como el del convertidor otro tipo de conversor la tensión de fondo de escala es el doble

de la tensión de referencia). Por ejemplo, un convertidor de 8 bits con una tensión de fondo de escala de 2V tendrá una resolución de:

$$\frac{2V}{2^8 - 1} = 7.84 \frac{mV}{\text{paso}} \quad (13)$$

En cambio, para el mismo convertidor, si cambiamos la tensión de referencia, y por tanto la de fondo de escala, la resolución será de:

$$\frac{5V}{2^8 - 1} = 19.6 \frac{mV}{\text{paso}} \quad (14)$$

Tiempo de conversión: Es el tiempo que tarda en realizar una medida el convertidor en concreto, y dependerá de la tecnología de medida empleada. Evidentemente nos da una cota máxima de la frecuencia de la señal a medir.

Este tiempo se mide como el transcurrido desde que el convertidor recibe una señal de inicio de conversión (normalmente llamada SOC, Start of Conversión) hasta que en la salida aparece un dato válido. Para que tengamos constancia de un dato válido tenemos dos caminos:

- Esperar el tiempo de conversión máximo que aparece en la hoja de características.
- Esperar a que el convertidor nos envíe una señal de fin de conversión.

Si no respetamos el tiempo de conversión, en la salida tendremos un valor, que dependiendo de la constitución del convertidor será:

- ✓ Un valor aleatorio, como consecuencia de la conversión en curso
- ✓ El resultado de la última conversión
- ✓ Rango de temperatura: Rango en el cual el conversor análogo digital trabaja sin degradar la digitalización de la señal analógica.

2.2.1. ERRORES QUE SE ENCUENTRAN EN LOS CONVERTIDORES A/D

Un conversor no es un circuito perfecto, sino que presenta una serie de errores que debemos tener en cuenta. Algunos de los que más importancia se tiene son los siguientes:

2.2.1.1. ERROR DE OFFSET

El error de offset es la diferencia entre el punto nominal de offset (cero) y el punto real de offset. Concretamente, para un convertidor A/D este punto es el punto central de todos aquellos valores de la entrada que nos proporcionan un cero en la salida digital del convertidor. Este error afecta a todos los códigos de salida por igual, y puede ser compensado por un proceso de ajuste.

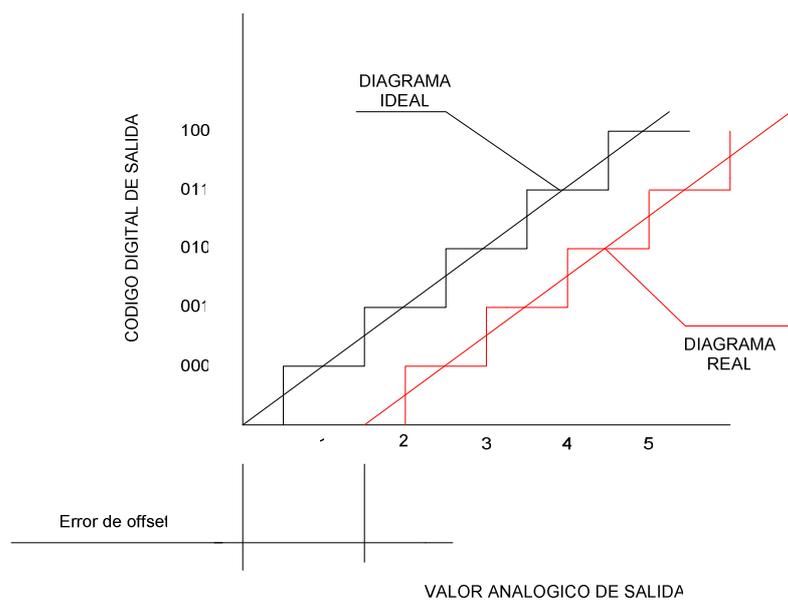


Fig. 2.4. Error de offset

2.2.1.2 ERROR DE CUANTIFICACIÓN

Es el error debido a la división en escalones de la señal de entrada, de modo que para una serie de valores de entrada, la salida digital será siempre la misma. Este

valor se corresponde con el escalonado de la función de transferencia real, frente a la ideal. Podemos verlo en esta figura 2.4. Este valor se corresponde con el escalonado de la función de transferencia real, frente a la ideal. Podemos ver en la Fig. 2.4, como vemos cada valor digital tiene un error de cuantificación de $\pm \frac{1}{2}$ LSB (BIT menos significativo). Por tanto, cada código digital representa un valor que se puede estar dentro del $\frac{1}{2}$ LSB a partir del punto medio entre valores digitales continuos.

2.2.2.3 ERROR DE LINEALIDAD (LINEALIDAD INTEGRAL)

Este error es la manifestación de la desviación entre la curva de salida teórica y la real, de modo que para iguales incrementos en la entrada, la salida indica distintos incrementos.

2.2.2.4 ERROR DE APERTURA

Es el error debido a la variación de la señal de entrada mientras se está realizando la conversión. Este error es uno de los más importantes cuando se están muestreando señales alternas de una frecuencia algo elevada, (como por ejemplo el muestreo de voz) pero tiene poca importancia cuando medimos señales cuasi-continuas, como temperatura, presión, o nivel de líquidos. Para minimizar este tipo de error se usan los circuitos de muestreo y retención.

Este error es importante, ya que si no lo tenemos en cuenta raramente podemos digitalizar adecuadamente señales alternas.

Si consideramos un error que no afecte a la precisión total de la conversión, (por lo que habrá de ser menor que $\frac{1}{2}$ LSB) la frecuencia máxima de muestreo deberá ser:

$$F_{\max} = \frac{1}{T_a \times \pi \times 2^{n+1}}$$

En esta fórmula T_a es el tiempo de apertura del circuito de muestreo y retención, o bien el tiempo total de conversión si el anterior no existe, y n el nº de bits del convertidor.

El circuito de muestreo y retención puede estar a veces integrado dentro de la misma cápsula del convertidor, lo que nos puede simplificar el diseño enormemente.

2.2.3 SELECCIÓN DEL CONVERTOR

Para la selección del convertidor se hicieron muchas pruebas (a más de las características antes mencionadas) con otros convertidores existentes en el mercado uno de ellos fue el convertidor que tiene incorporado en el rPic 12f675 , la resolución (10 bits) fue aceptable pero se quiso mejorar la resolución de tal manera que se probó el convertidor AD7710 su resolución (24 bits) fue muy buena, pero su costo es muy elevado. Entonces se llegó a la conclusión de que el convertidor AD7706BN es la mejor opción al cumplir con las características que el proyecto exigía esto que se puedan aceptar bajos niveles de señal de entrada directamente del sensor además de una muy buena resolución (16 bits), y un costo relativamente bajo

2.3 PUERTO DE COMUNICACION SERIAL

La estación base recopila la información de las de las estaciones sísmicas o esclavos por lo tanto será la encargada de comunicarse con el mundo externo y así interactuar con el usuario para mostrar los datos obtenidos, para esto se necesita un puerto de comunicación serial (DS275) mas un conector DB9 los mismos que se lo detallan a continuación.

2.3.1 DS275

Es un convertidor RS232 a TTL y TTL a RS232, es la manera más directa y fácil de tener comunicación desde un periférico en nuestro caso el microcontrolador receptor **rRXD0420** a un computador, utiliza voltaje de polarización de 5 voltios, y tiene 8 pines.

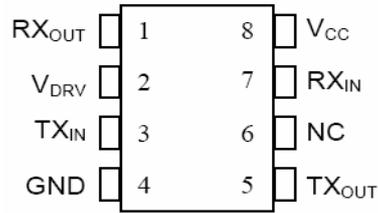


Figura 2.6 Configuración de pines del DS275

2.3.2 DB9M

Es un conector macho que tiene 9 pines, se utiliza para conectar el modulo electrónico en nuestro caso la estación base con la computadora, en conexiones seriales.

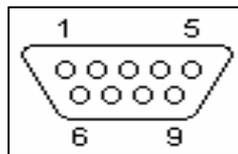


Figura 2.7 Configuración de pines DB9M.

Información RS232 – DB9M

DB9M	FUNCIÓN	ABREVIACIÓN
Pin #1	Data Carrier Detect	CD
Pin #2	Receive Data	RXD
Pin #3	Transmitted Data	TXD
Pin #4	Data Terminal Ready	DTR
Pin #5	Signal Ground	GND
Pin #6	Data Set Ready	DSR
Pin #7	Request To Send	RTS
Pin #8	Clear To Send	CTS
Pin #9	Ring Indicador	RI

2.4 ENSAMBLAJE DE LA ANTENA SÍSMICA.

El diseño de las tarjetas electrónicas se lo realizó con el programa de dibujo electrónico EAGLE 4.14 tanto en el diagrama circuital como en el BOARD de las tarjetas.

Una vez terminado el proceso de dibujo tanto del diagrama circuital como del impreso se procede al quemado de la baquelita y suelda de los dispositivos electrónicos que utilizará la antena sísmica. Todo éste proceso realizado en el laboratorio del Departamento de Geofísica de la EPN.

2.4.1 MONTAJE

La caja hermética en la que se montó el modulo de recepción de datos o base, de la antena sísmica consta de dos entradas, sus conectores son:

- Entrada para la alimentación de 12VDC, conector Bendix para chasis hembra de dos pines.
- Salida, para la comunicación serial con el usuario por medio de un Conector DB9 hembra para chasis.

Para los esclavos o bases sísmicas se utilizaron de igual manera cajas herméticas los cuales constan de una entrada y una salida, sus conectores son:

- Entrada para la alimentación de 12VDC, conector Bendix para chasis hembra de dos pines.
- Entrada del geófono, conector Bendix para chasis hembra de dos pines

Las tarjetas electrónicas estarán ubicadas dentro de estas cajas y ancladas con postes y pernos a la misma. El equipo funciona en base a la alimentación de voltaje continuo de 12VDC, Baterías con las que cuenta en la antena sísmica ha implementarse.

Fig. 2.8 Diagrama Circuital de la Base sísmica o esclavo

Fig. 2.9. Diagrama Circuitual de Base o Master

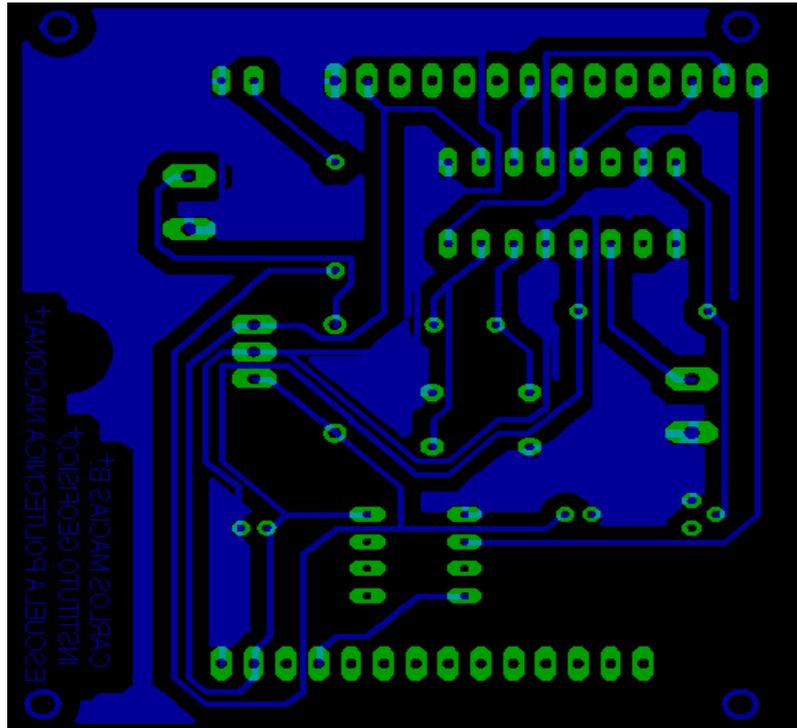


Fig. 2.10 Diagrama Circuito Impreso para bases sísmicas, vista posterior

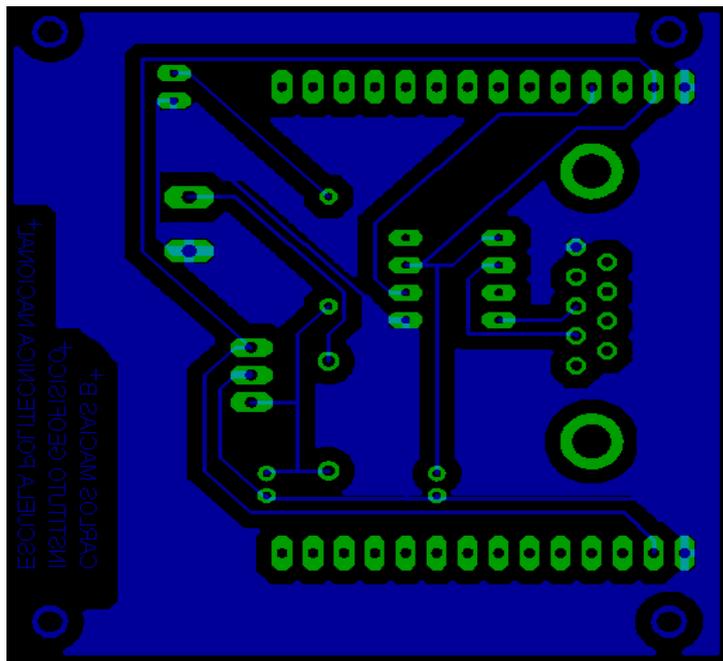


Fig. 2.11 Diagrama Circuito Impreso para Base, vista posterior

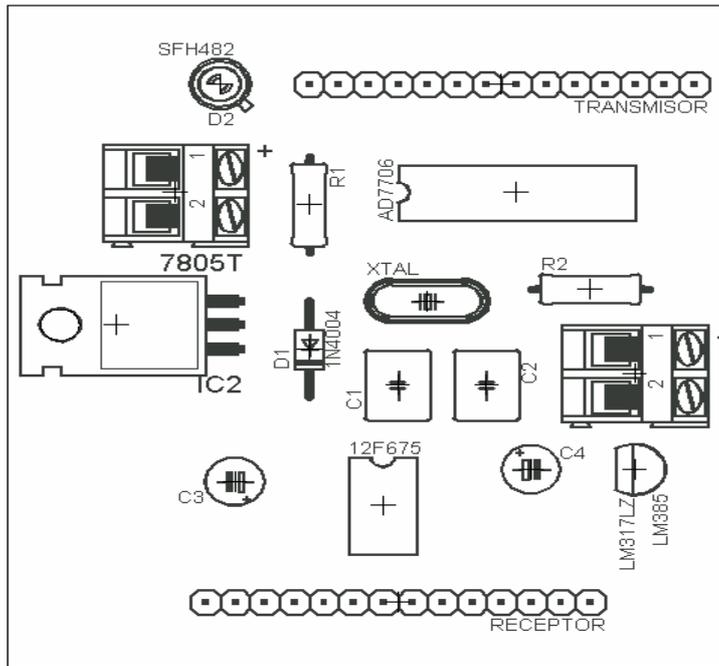


Fig. 2.12 Diagrama Circuito Impreso para Base, vista superior

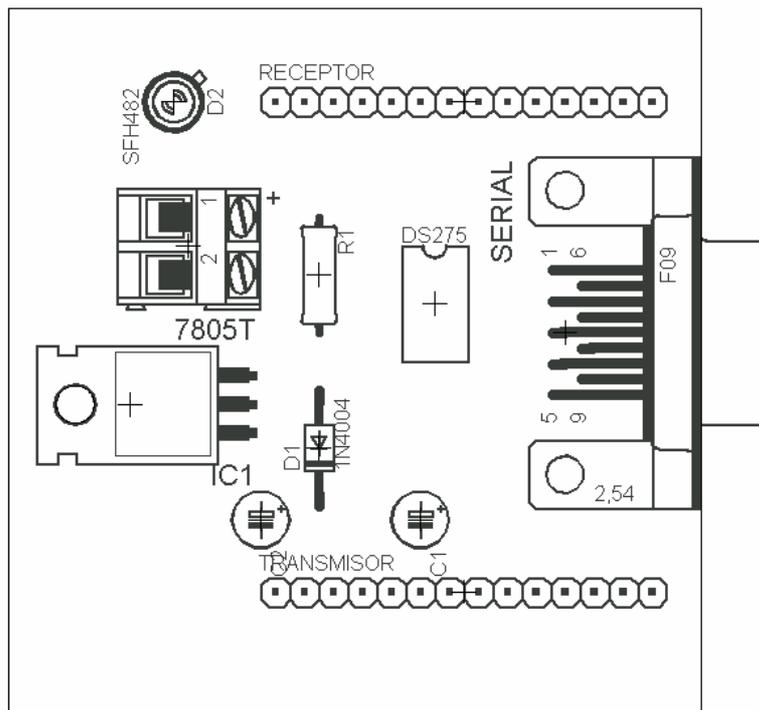


Fig. 2.13 Diagrama Circuito Impreso para Base, vista superior

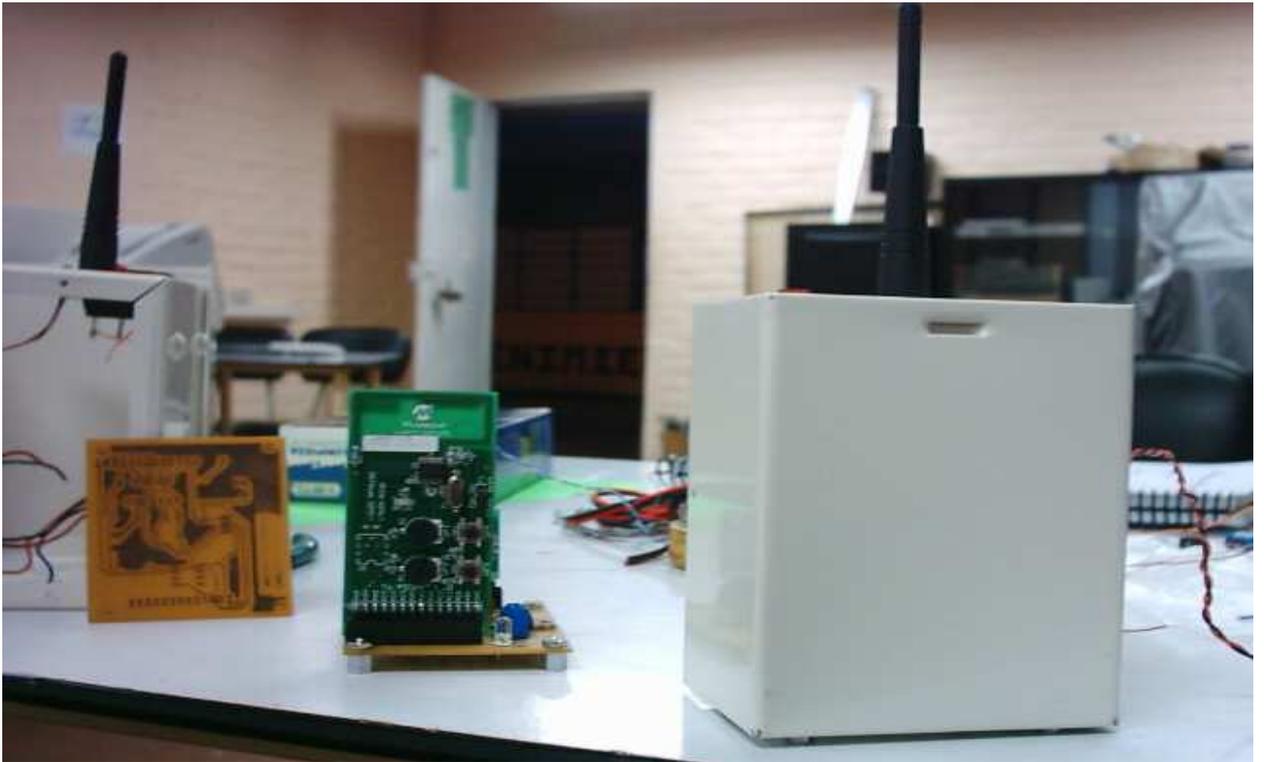


Fig. 2.14 Esclavo o Estación sísmica



Fig. 2.15 Esclavo o Estación sísmica campo



Fig. 2.16 Antena Sísmica

CAPÍTULO III

3. ELABORACIÓN DE LOS PROGRAMAS

3.1 DISEÑO DE LOS PROGRAMAS PARA LOS MICROCONTROLADORES rfPic12f675 y 12f675

El diseño de los programas se lo realizó teniendo en cuenta el esquema previo del hardware.

La programación se lo realizó en lenguaje C++, utilizando para ello el programa denominado MPLAB propiedad de la Microchip y el compilador HT-PIC que genera el archivo hex. este a su vez es grabado a los microcontroladores (con los que se realizó el proyecto) por medio de una tarjeta programadora adquirida de igual manera a Microchip.

3.1.1 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR rfPic12f675.

Para facilitar la programación se realizaron macros tanto para lectura, escritura, configuración de puertos, y transmisión que se los detalla a continuación:

3.1.1.1 MACROS PARA LECTURA Y ESCRITURA

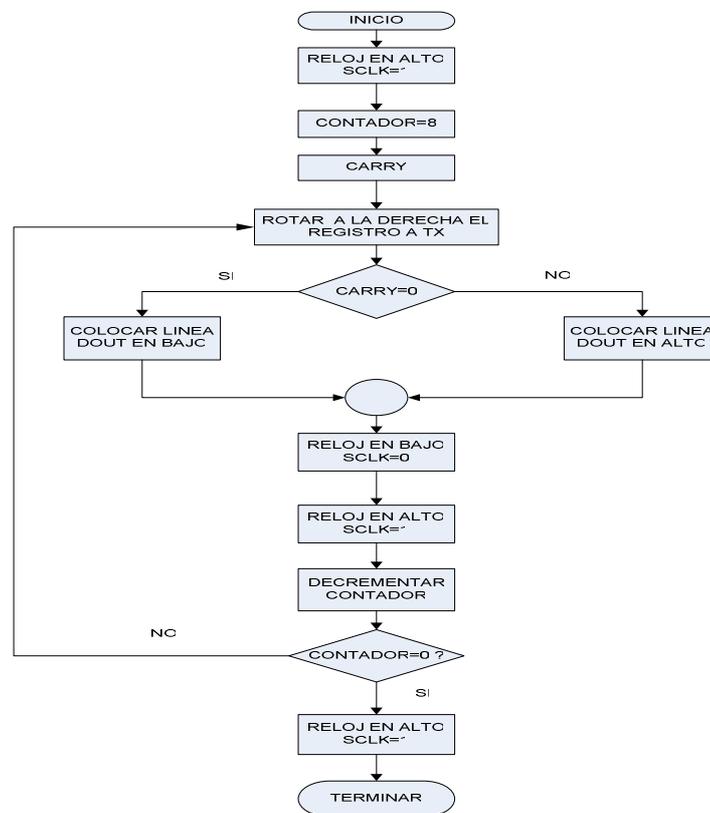


Fig.3.1 Diagrama de flujo para la escritura de datos al AD7706BN

```

void ADW(unsigned char adwx)
{
unsigned char xbit
xbit = 8
dc
    {
        GPIOC=C //SCLK=C
        GPIO1 = (adwx & Cx01)
        adwx = adwx >> 1 //Enviar bit
        GPIOC=1 //SCLK=1
        //GPIOC=C //SCLK=C
    }while(--xbit!=C)
GPIOC=1 //SCLK=1
}

```

Tabla 3.1. Programa para la escritura de datos al AD7706BN

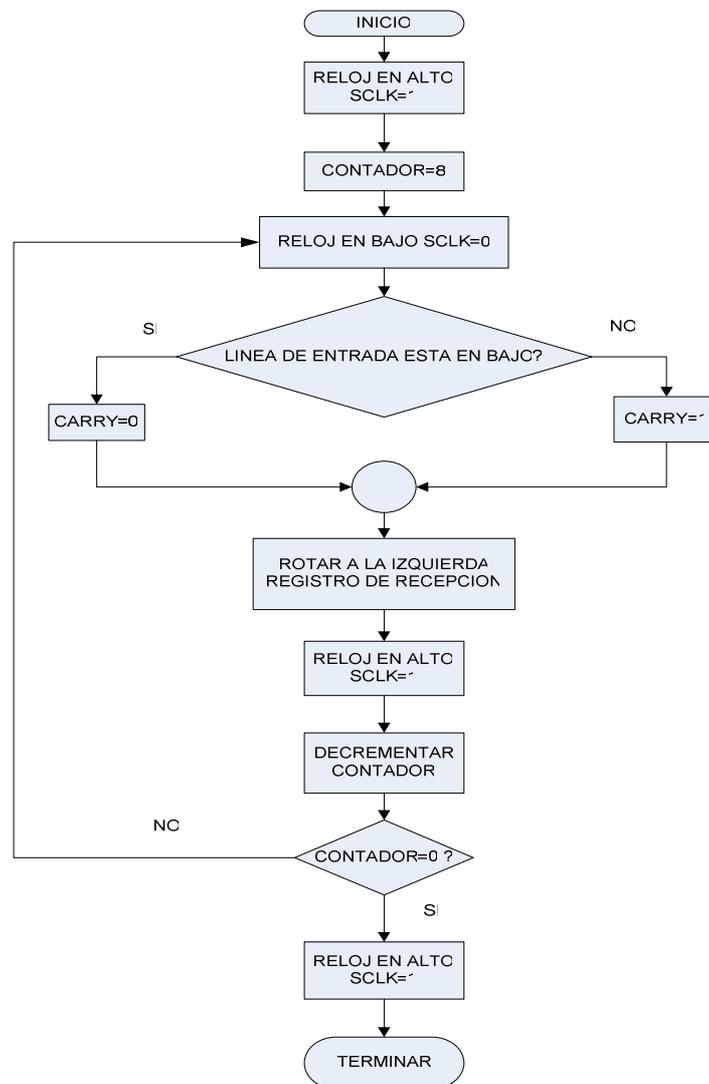


Fig.3.2 Diagrama de flujo para la lectura de datos al AD7706BN

```

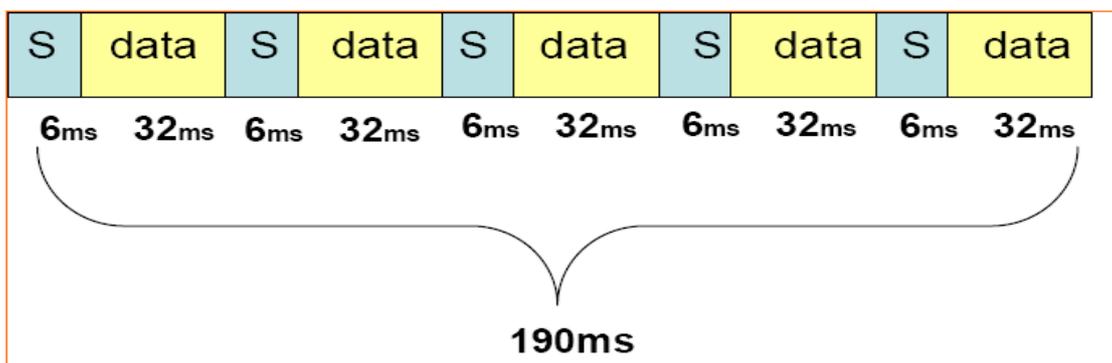
//MACRO PARA LEER
unsigned char ADR(void)
{
unsigned char r
a=C
for( =C <=7 ++)
    {
    r=1
    GPIOC=C //SCLK=C
    GPIOC=1 //SCLK=1
    if(GPIO4==1) a=a+(r<<(7- ))
    }
return a
}

```

Tabla 3.2. Programa para la lectura de datos al AD7706BN

3.1.1.2 CRITERIO DE DISEÑO PARA LA TRANSMISIÓN

Se envía una señal de sincronismo, en otras palabras se enviará 5 veces la señal de sincronismo y el byte de dato. La señal de sincronismo sirve para que el receptor entienda cuando llega un byte de datos. Se envía cinco veces el Byte de datos para disminuir el error en el receptor, ya que el microcontrolador del receptor posee un algoritmo para minimizar los errores. El bit de sincronismo es un nivel alto que dura 6milisegundos y cada bit del byte de datos dura 4milisegundos.



Para realizar un enlace de radiofrecuencia es muy importante conocer la frecuencia de transmisión. La frecuencia de transmisión está ligada a la ecuación

$$F_{tx} = F_{RFXTAL} \times 32$$

Por lo tanto la transmisión se realiza a 433.92 MHz porque se utiliza un cristal de cuarzo de 13.56MHz.

La potencia 10dBm que irradia la antena de lazo circular de este módulo es la adecuada para realizar una transmisión sin necesidad de permisos de I SUPTEL por concepto de uso de espectro.

La figura 3.3 muestra el diagrama esquemático del RFPIC. Como se mencionó antes la señal del transmisor del conversor entra por el puerto GPIO3 y GPIO4 (pines 3 y 4), los puertos GPIO1 y GPIO0 son de control de escritura y lectura del conversor. Luego de la codificación los bits de datos son sacados por el puerto GPIO2 (pin 17), este a su vez está conectado con DATAASK (pin 14). DATAASK es la entrada del transmisor y es habilitado cuando RFEN esta en un nivel alto. Pero como RFEN es controlado por el pic 12f675 el transmisor siempre estará encendido si solo si el puerto del pic12f675 está en uno lógico (habiendo detectado el código). X1 es el cristal de cuarzo de 13.56MHz y fija la frecuencia de transmisión 433.92MHz. PS (pin 8) esta al aire para que el transmisor entregue la máxima potencia de 10dBm. L1, R2, C5, C6 y C7 sirven para eliminar los armónicos y adaptar la impedancia. Con todos estos detalles la señal codificada viaja por el espacio radioeléctrico, esperando que un receptor capture dicha señal.

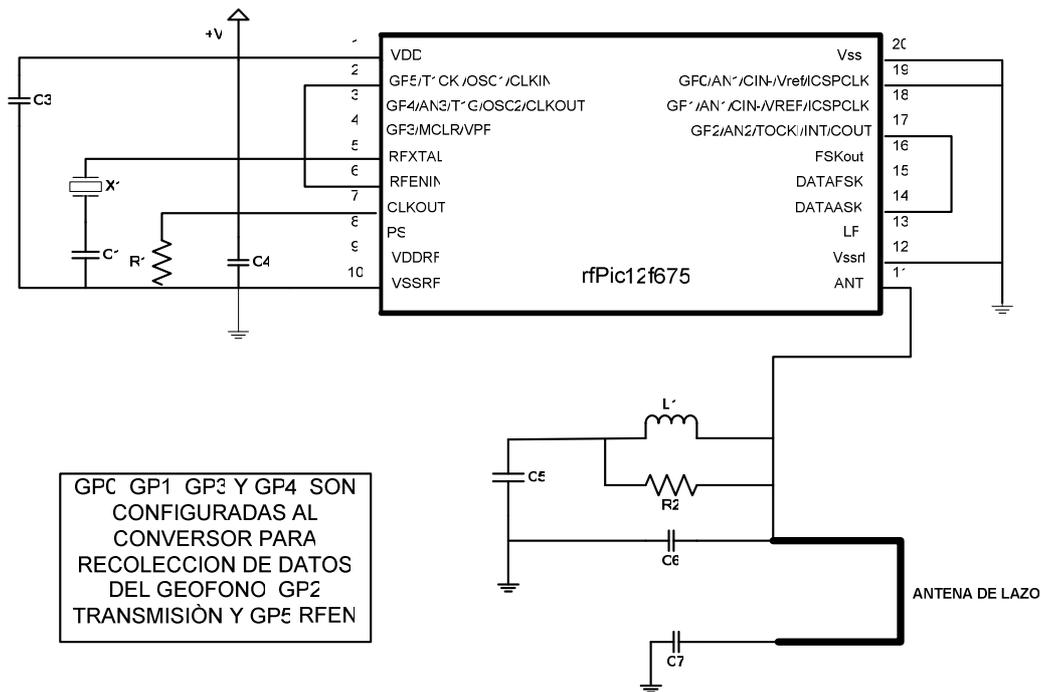


Fig.3.3 Esquema del módulo Transmisión rfPic

3.1.1.3 RECEPCIÓN DE LA SEÑAL CODIFICADA

La recepción de la señal codificada se hace a través del receptor heterodino RFRXD0420 luego esta señal pasa al microcontrolador 12F675 (este microcontrolador tiene las mismas características que el RFPIC12F675 menos el transmisor UHF) y se encargará de minimizar los errores.

La frecuencia de recepción es fijada por un cristal de cuarzo (Fxtal) y una frecuencia intermedia IF.

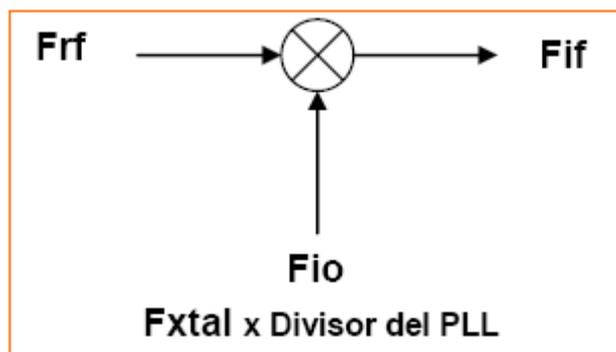


Fig.3.4 Relación de la frecuencia de transmisión y la Frecuencia Intermedia

El calculo del valor de Fxtal esta dado por:

$$F_{xtal} = \frac{433.92MHz - 10.7MHz}{16} = 26.45MHz$$

El cálculo del oscilador local (F_{io}) usando F_{xtal} está dado por:

$$F_{io} = 26.45MHz \times 16 = 423.22MHz$$

El cálculo de la frecuencia imagen está dada por:

$$FrR_imagen = 433.92MHz - (2 \times 10.7MHz) = 412.52$$

Esta frecuencia imagen debe ser filtrada por un preselector. El preselector tiene la función de dar un mejor rendimiento al receptor porque filtra las señales indeseadas y el ruido que entra al receptor. La señal más importante que debe ser filtrada es la frecuencia imagen. El preselector está constituido por un Surface Acoustic Wave conocido como SAW FILTER que agrega una ventaja en el filtrado del ruido y mejora la relación señal a ruido del receptor. La segunda finalidad del SAW FILTER es mejorar el arreglo de impedancias entre la antena y LNA_{in}. La antena del receptor es un simple alambre de longitud L que es un cuarto de la longitud de onda. El cálculo de L se hace a través de la fórmula:

$$\lambda = \frac{c}{FrR} = \frac{3 \times 10^8}{433.92 \times 10^6} = 0.69m$$

sin embargo $L = 0.25\lambda = 17.3cm$

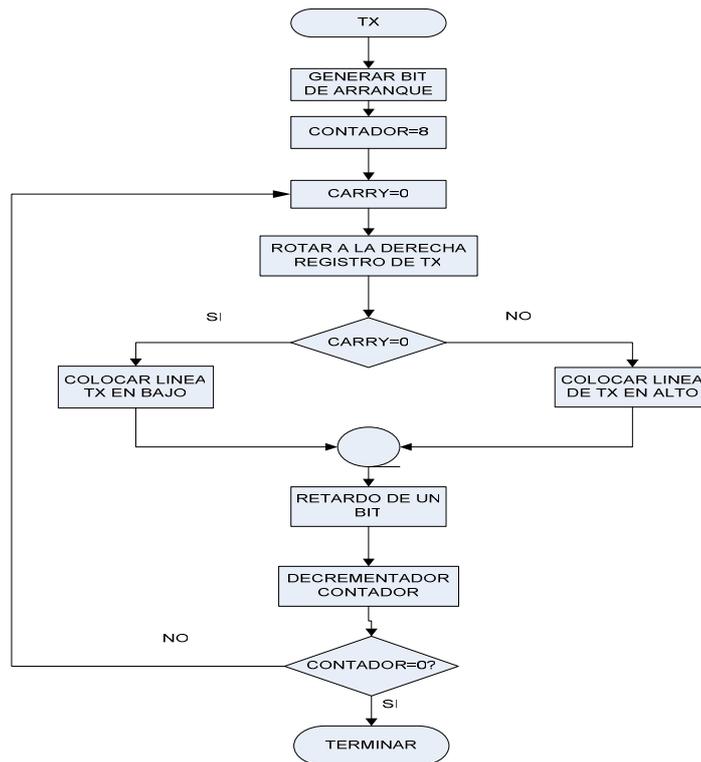


Fig.3.5 Diagrama de flujo para la Transmisión de datos

```

//para enviar datos a 2400 asc
void Enviar(unsigned char tx)
{
  unsigned char bitno;
  unsigned char i1;
  GPIO2=0;
  i1=137;
  while(--i1!=0) continue;
  bitno = 8;
  do
  {
    GPIO2 = (tx & 0x01);
    tx = tx >> 1;
    i1=137;
    while(--i1!=0) continue;
  }while(--bitno);
  GPIO2=1;
  i1=137;
  while(--i1!=0) continue;
}
  
```

Tabla 3.3. Programa para la Transmisión de datos al AD7706BN

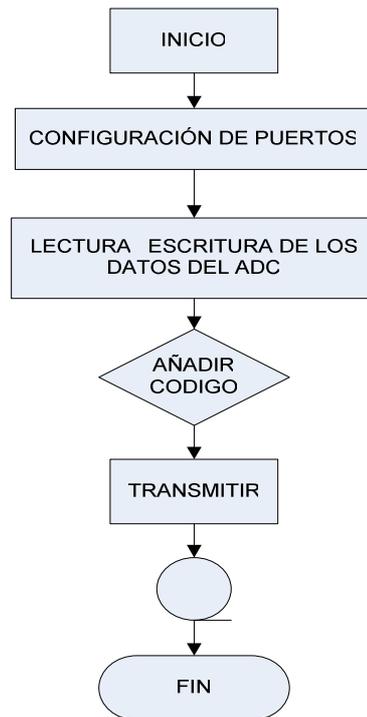


Figura 3.4. Diagrama de flujo del programa principal del microcontrolador rfPic.

El programa en su totalidad se lo muestra en el anexo 2

El programa de envío de código sigue el mismo procedimiento y que se lo ve mas detalladamente en el anexo 3 .

3.1.1 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR 12f675.

Debido a que el receptor rfRXD0420 no puede ser programado por el usuario se ha implementado el microcontrolador de la misma familia del rfPic 12F675, para que nos ayude en la detección de los códigos.

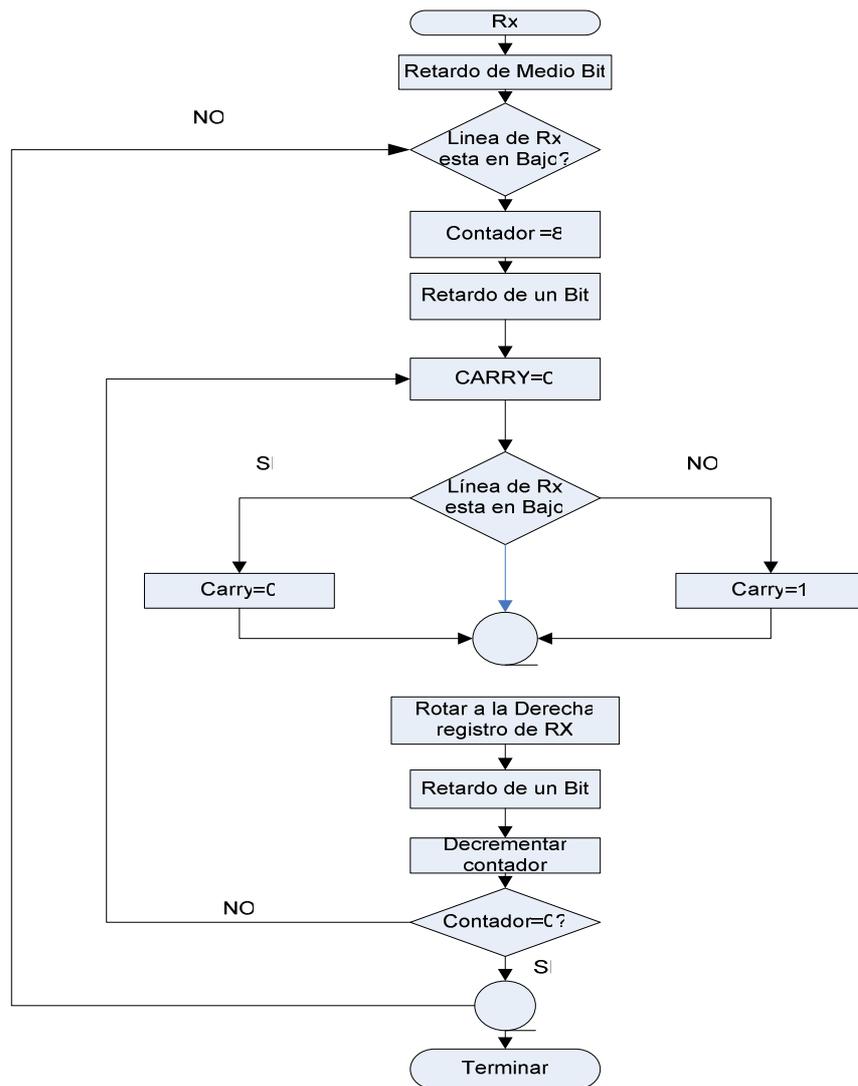


Figura 3.6. Diagrama de flujo del programa de recepción de datos.

```

unsigned char Recibir(void)
{
unsigned char rx=0;
unsigned char bitno=0;

reti=97;      //retardo de medio bit para 2400
while(--reti!=0) continue;

while(GPIC2)
                continue;

    bitnc = 8;
    rx = 0;
    TMR0=0;
    do
        {
            reti=194;      //retardo de un bit para 2400
            while(--reti!=0) continue;
            rx = (rx>> 1) (GPIC2 << 7);
        }while(--bitnc);
    return rx;
}

```

Tabla 3.4. Programa para la Recepción de datos

Como los dos microcontroladores son de la misma familia (rfPic 12f675 y rfPic 12f675), por lo tanto la transmisión es igual para los dos, por tal motivo se obviará explicar la transmisión por lo que ya se explicó anteriormente.

Los programas en su totalidad se los observa en el Axexo4

3.2. DISEÑO DEL SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Los datos enviados por el microcontrolador PIC12F675 son tomados del puerto Serial de la PC gracias a la aplicación desarrollada en C++ Builder. El programa toma el dato de las estaciones esclavas, grafica la variación del suelo y almacena este valor en una base de datos.

El programa de adquisición de datos, fue desarrollado con la ayuda de personas del Instituto Geofísico que tiene experiencia en el tema.

El diagrama de flujo de la fig.3.6 muestra la secuencia básica para la adquisición de datos.

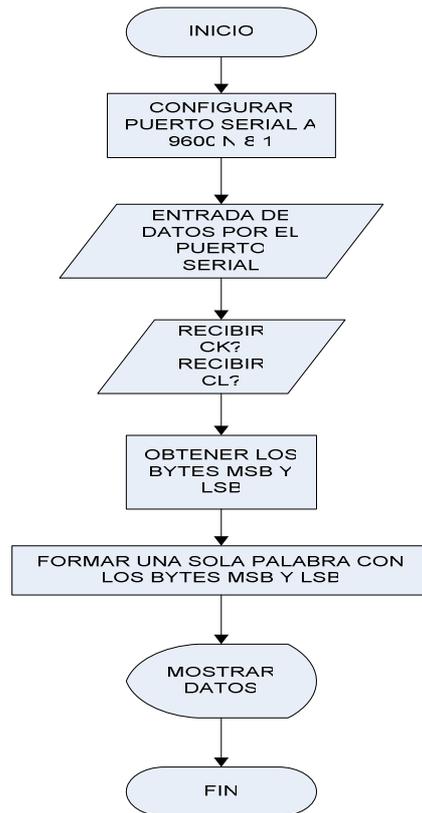


Figura 3.7. Diagrama del software de adquisición de datos

3.3 DETALLES DEL SOFTWARE DISEÑADO



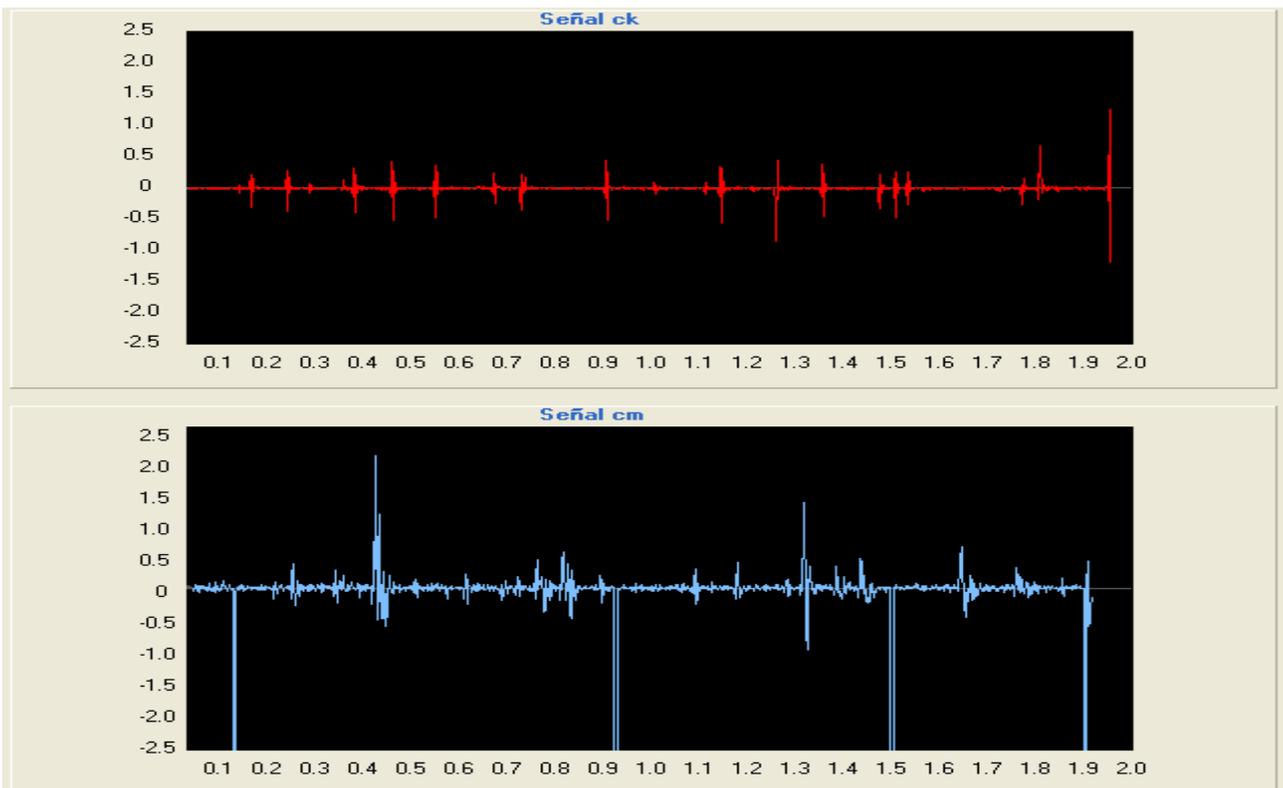
Las señales que llegan pueden variar de +2.5 a -2.5 voltios como previamente se lo diseñó en el hardware.

El software de adquisición de datos tiene dos maneras de calibración de amplitud y tiempo ya sean estas para ser amplificadas su valor de manera entera o de manera decimal (más exacta).

Consta también de un botón “conectar” que al ser activado da comienzo a la adquisición de datos, el botón “Grabar” como su nombre mismo lo dice nos permite grabar (desde cuando se ha iniciado la adquisición de datos) nos da también la opción de elegir en que carpeta deseamos grabar el archivo. Este mismo botón nos permite desconectar la adquisición de datos

La programación del software de adquisición de datos se lo detalla en el anexo 5

3.4 FUNCIONABILIDAD DEL SOFTWARE.



Al revisar que la funcionalidad del hardware sea correcta se procede a correr el programa, inmediatamente deberá aparecer las variaciones de movimiento de las bases sísmicas. Cada base sísmica envía un código de identificación cm y ck código que servirá de identificación para cada señal diseñada en el

software para como se muestra en la Fig. El software fue diseñado para poder variar tanto en su amplitud como en el tiempo.

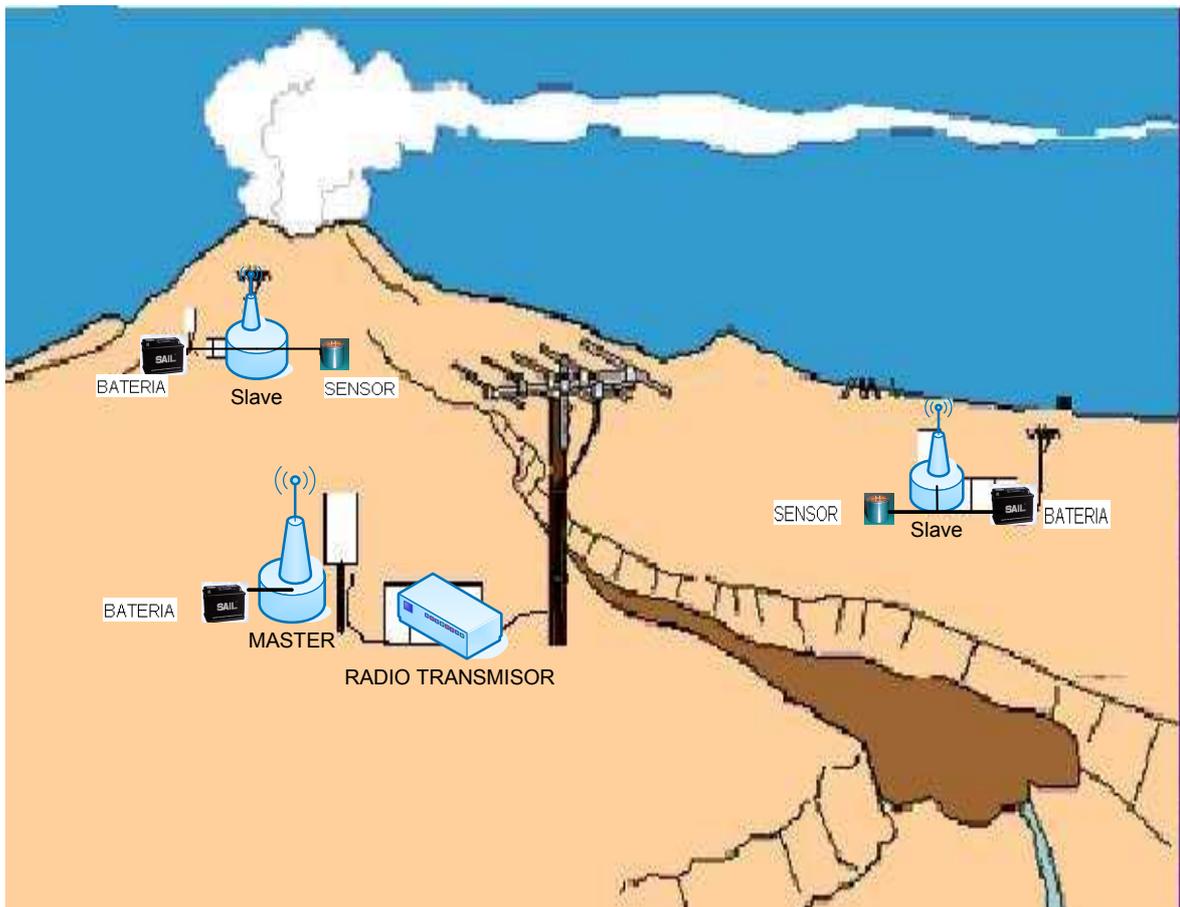
3.5 CALIBRACION

La calibración se da en las bases sísmicas o esclavos (siendo la calibración por software aplicable al AD7706BN). y también en el software diseñado para la adquisición de datos como se mencionó anteriormente.

El convertor A/D 7706BN tiene su propio registro de calibración que se lo realiza por medio del microcontrolador rPic12f675, al escribir el registro de configuración los bits MD1=0 y MD0=1 se auto-calibra el AD7706BN. Este tipo de calibración permite eliminar los errores de offset y ganancia (que se hablo en el capitulo anterior) del AD7706BN. Ver Anexo 4

3.6 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez concluido el ensamblaje, los cables de conexión y la programación del software, se debe proceder a buscar un lugar ideal para cada base sísmica.



3.7 PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO SE DEBERÁN SEGUIR LOS SIGUIENTES PASOS.

- Conectar las baterías desde 7,5 hasta 12 Voltios tanto a las bases sísmicas como en la estación base o master
- Conectar los sensores a las estaciones sísmicas.
- Conectar el cable de comunicación serial al radio transmisor o al puerto serial del computador
- Configurar el puerto serial a 2400 baudios, 8 bits de datos y un bit de parada.
- Correr el software de recepción de datos.

3. 8 FUNCIONABILIDAD DEL HARDWARE.

La base envía un código (CA1 y CA2) para identificar cual esclavo que esta habilitado para transmitir y estos a su vez otro código (ck o cm) para ser identificados por el software de adquisición y graficar su correspondientes datos. Como se menciona anteriormente tanto los esclavos como la base trabajan a la misma frecuencia razón por la cual no es conveniente que todos trabajen al mismo tiempo para que no se interfieran las señales, es por eso que cada esclavo al recibir la señal de inicialización de transmisión tiene 3 segundos para enviar información, mientras los otros están en modo de reposo, al culminar estos tres segundos la base envía otro código para el siguiente esclavo haga exactamente lo mismo que el esclavo anteriormente mencionado.

Para verificar la alimentación del sistema, el hardware tiene un led que se enciende cada vez que existe alimentación.

Para saber si la transmisión se está ejecutando cada microcontrolador rfPic 12f675 tiene un led denominado RFEN el cual debe estar habilitado en la programación de dicho microcontrolador y deberá titilar en cada transmisión al identificar el código.

3.9 CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones sobre la antena sísmica en base a microcontroladores rFPic, éstas son descritas de acuerdo al funcionamiento del equipo.

- Se estudió y aplicó microcontroladores de 8 bits de bajo costo y consumo para la adquisición y transmisión de las mediciones variaciones del suelo. La programación de estos microcontroladores se hizo en lenguaje C++, llegándose a utilizar los siguientes recursos: temporizadores, puertos, osciladores internos y el transmisor UHF
- Se estudió y experimentó un transductor “geófono” el cual nos permitió la recopilación de datos debido a las vibraciones del suelo, ondas sísmicas y otros fenómenos
- Se llegó a implementar y probar el sistema de telemetría digital el cual nos permitió medir las vibraciones del suelo. los resultados de estas mediciones fueron satisfactorios debiendo ser probados finalmente en el campo.
- El equipo funciona satisfactoriamente al objetivo planteado esto es el Desarrollo de un prototipo de arreglo de antena sísmica modular inalámbrico basado en microcontroladores de radiofrecuencia RFPic Microcontroller cumpliendo además con los requerimientos del Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional.
- Se desarrollo un módulo de adquisición y transmisión de datos sísmicos basados en microcontroladores RFPIC.
- Se Acoplo un programa de recepción de datos que servirá para almacenar y analizar los datos de la red sísmica.
- Además se logró desplegar la antena sísmica con una geometría adecuada a los requerimientos del estudio volcanológico, y las limitaciones de la comunicación de los módulos.
- El equipo desarrollado en esta tesis presenta las facilidades necesarias al usuario por su rendimiento y bajo consumo, ya que éste va acorde al desarrollo tecnológico del Departamento de Geofísica de la EPN y de nuestro país.
- La Antena Sísmica resulta ser eficiente y eficaz por su rapidez, rendimiento, precisión y bajo consumo cualidades necesarias para

utilizarlo en la medición de variaciones de voltaje (movimiento) tanto en el campo como en el laboratorio.

3.10 RECOMENDACIONES

- Se debe verificar que el voltaje de alimentación este entre 9 y 12 voltios de corriente continua para el funcionamiento de las tarjetas electrónicas
- Para que su rendimiento sea el adecuado, se recomienda dar mantenimiento, porque como se mencionó anteriormente el equipo trabajará en condiciones adversas (lluvia, humedad) que pueden ser causas de un mal rendimiento.
- Al instalar los geófonos en las tarjetas se debe tener precaución ya que se trata de elementos sensibles.
- Al configurar el arreglo sísmico se tiene que tener en cuenta que no se debe sobrepasar los 100 metros desde la base a los esclavos

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] CHRISTIAN CISNEROS TESIS “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN CALIBRADOR DIGITAL DE GEFONOS”
- [2] SANDRO JUA; TESIS “TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS APLICADO A LA MEDICIÓN DE TEMPERATURAS”
- [3] INSTRUMENTACIÓN EN VOLCANOLOGÍA, RAMÓN ORTIZ, ALICIA GARCÍA

REFERENCIAS

- [1] RFPIC12F675 DATASHEET, WWW.MICROCHIP.COM, OCTUBRE 2003
- [2] RXD0420 DATASHEET. WWW.MICROCHIP.COM, OCTUBRE 2003
- [3] AD7706 DATASHEET WWW. ANALOG.COM, NOVIEMBRE 1998
- [4] NATIONAL SEMICONDUCTOR, LM385, DATASHEET ,INTEGRATED CIRCUIT PRECISION WWW.NATIONAL.COM
- [5] <http://www.rentron.com>
- [6] <http://www.ic-prog.com>
- [7] <http://www.geospacelp.com>
- [8] <http://www.esimez.ipn.mx>
- [9] <http://www.redeya.com/>

ANEXOS

- [1] ANALISIS TECNICO ECONÓMICO.
- [2] PROGRAMACIÓN DE MEDICION DE VARIACION DE MOVIMIENTO rfPic
12f675
- [3] PROGRAMA GENERACION DE CODIGOS
- [4] PROGRAMA DE RECEPCION DE CODIGO PIC (12f675)
- [5] PROGRAMA PARA LA RECEPCION DE DATOS
- [6] ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL RFPIC12F675
- [7] ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL RXD0420
- [8] ESPECIFICACIONES TECNICAS DE AD7706BN

ANEXO 1

ANALISIS TECNICO ECONOMICO

Estaciones

RESISTENCIAS

CANT	ELEMENTO	DESCRIPCION	V.U.	V.TOTAL
2	R1	Resistencia de 1 k	0.03	0.06
2	R2	Resistencia de 4.7 k	0.03	0.06

CONDENSADORES

CANT	ELEMENTO	DESCRIPCION	V.U.	V.TOTAL
4	C1,C2	Capacitor cerámico de 22 pF	0.12	0.48
2	C3	Capacitor electrolítico de 0.47 uF	0.10	0.20
2	C4	Capacitor cerámico de 0.1 uF	0.12	0.24

CIRCUITOS INTEGRADOS

CANT	ELEMENTO	DESCRIPCION	V.U.	V.TOTAL
2	U1	Pic 12f675	5.00	10
2	U2	rfPic 12f675	30	60
2	U3	rfRXD0420	25	50
2	U4	AD7706BN	7	14

DIODOS

CANT	ELEMENTO	DESCRIPCION	V.U.	V.TOTAL
2	D1	1N4004	0.10	0.20
2	D2	LM7805	0.7	1.4
2	D3	LM385	1.5	3

LEDs

CANT	ELEMENTO	DESCRIPCION	V.U.	V.TOTAL
4	D4	LED	0.15	0.60

BASE

RESISTENCIAS

CANT	ELEMENTO	DESCRIPCION	V.U.	V.TOTAL
1	R1	Resistencia de 0.27k	0.03	0.03

CONDENSADORES

CANT	ELEMENTO	DESCRIPCION	V.U.	V.TOTAL
1	C3	Capacitor electrolítico de 0.47 uF	0.10	0.10
1	C4	Capacitor cerámico de 0.1 uF	0.12	0.12

CIRCUITOS INTEGRADOS

CANT	ELEMENTO	DESCRIPCION	V.U.	V.TOTAL
1	U1	rfPic 12f675	30	30
1	U2	Comunicación serial DS275	5	5
1	U3	rfRXD0420	25	25

DIODOS

CANT	ELEMENTO	DESCRIPCION	V.U.	V.TOTAL
1	D1	1N4004	0.10	0.10
1	D2	LM7805	0.7	0.7

LEDs

CANT	ELEMENTO	DESCRIPCION	V.U.	V.TOTAL
2	D3	LED	0.15	0.30

VARIOS

CANT	ELEMENTO	DESCRIPCION	V.U.	V.TOTAL
1	Baquelita	Placa circuito impreso	1.5	1.5
1	DB9	Conector DB9 Macho	1.0	1.0
6	JP1	Conectores de 14 pines	0.7	4.2
3	Cajas	Cajas Proyectos	7	21
2	Sensores	Geófono	25	50
2	Q1	Cristal	1.5	3.0
5	J1,j2,j3,j4,j5	Borneras	0.4	2.0

Total: 344.51

ANEXO 2

PROGRAMA DE MEDICIÓN DE VARIACIÓN DE MOVIMIENTO rfPic 12f675

```

#include "pic.h"
#include "pic12f6x.h"
__CONFIG (UNPROTECT & UNPROTECT & BORDIS & MCLRDIS & PWRTDIS & WDTDIS &
INTIO);
unsigned char hData;
unsigned char lData;
unsigned char a;
unsigned char i;
#define DIN    GPIO4 //entrada de datos conectado al DOUT del adc
#define DRDY   GPIO3 //entrada
#define DOUT   GPIO1 //salida conectado a DIN del adc
#define TXD    GPIO2 //
#define SCLK   GPIO0 //salida de pulso
#define RFEN   GPIO5
//escribir
void ADW(unsigned char adwx)
{
unsigned char xbit;
xbit = 8;
do
    {
        GPIO0=0;                //SCLK=0;
        GPIO1 = (adwx & 0x01);
        adwx = adwx >> 1;      //Enviar bit
        GPIO0=1;                //SCLK=1;
        //GPIO0=0;              //SCLK=0;
    }while(--xbit!=0);
GPIO0=1;                        //SCLK=1;
}
//LEER BYTE
unsigned char ADR(void)
{
unsigned char r;
a=0;
for(i=0;i<=7;i++)
    {
        r=1;
        GPIO0=0;                //SCLK=0;
        GPIO0=1;                //SCLK=1;
        if(GPIO4==1) a=a+(r<<(7-i));
    }
}

```

```

    }
return a;
}

//para enviar datos a 2400 asc
void Enviar(unsigned char tx)
{
unsigned char bitno;
unsigned char i1;

GPIO2=0;
i1=137;
while(--i1!=0) continue;
bitno = 8;
do
{
    GPIO2 = (tx & 0x01);
    tx = tx >> 1;
    i1=137;
    while(--i1!=0) continue;
}while(--bitno);
GPIO2=1;
i1=137;
while(--i1!=0) continue;
}
void DelayMs(unsigned int ret)
{
unsigned int x;
x=330*ret;
while(--x!=0) continue;
}
void conpin(void)
{
//Initializing GPIO
GPIO=0x00; //Inicializar GPIO

CMCON=0x07; //Apagar el comparador, configurar GP<2:0> como digital
ANSEL=0x00; //Configurar el puerto como digital
TRISIO=0x38; //Configurar puerto las entradas y salidas
VREN=0; //Circuito CVref apagado

```

```

}
void main (void)
{
OSCCAL=0xFF;
conpin(); //configuración de pines
DelayMs(1000);
SCLK=1;
//calibración
ADW(0xFF);
ADW(0xFF);
ADW(0xFF);
ADW(0xFF);
ADW(0xFF);
//datos invertidos
ADW(0x04); //((0x20));selecciona ch1 y el Clock Register
DelayMs(10);
ADW(0x30); //((0x12));50 Hz de actualización de datos
DelayMs(10);
ADW(0x08); //((0x10));escribir al Setup Register
DelayMs(10);
ADW(0x16); //((0x68); G=12dB ... (0x68);ganancia=30dB, auto calibración, canal
1, bipolar
DelayMs(10);

TXD=1; //txd
//RFEN=1; //Habilitar tx
while(1)
{
if(DRDY==0)
{
ADW(0x1C); //0x38);
hData=ADR();
IData=ADR();
Enviar(0xFF);
Enviar(0xFF);
Enviar('A');
Enviar('C');
Enviar(hData);
Enviar(IData);
}
}

```

}
}

ANEXO 3

PROGRAMAMA DE GENERACION DE CODIGOS

```
#include <pic.h>
#include <pic12f6x.h>
__CONFIG (UNPROTECT & UNPROTECT & BORDIS & MCLRDIS & PWRTDIS & WDTDIS &
INTIO);
unsigned int cont;
unsigned int rata;
unsigned char k;
#define RFEN GPIO5
void conpin(void)
{
//Initializing GPIO
GPIO=0x00;           //Inicialaizar GPIO
CMCON=0x07;         //Apagar el comparador, configurar GP<2:0> como digital
ANSEL=0x00;         //Configurar el puerto como digital
TRIS2=0;
TRIS5=0;
VREN=0;              //Circuito CVref apagado
}
//para enviar datos a 2400 asc
void Enviar(unsigned char tx)
{
unsigned char bitno;
unsigned char i1;
GPIO2=0;
i1=138;
while(--i1!=0) continue;
bitno = 8;
do
{
GPIO2 = (tx & 0x01);
tx = tx >> 1;
i1=138;
while(--i1!=0) continue;
}while(--bitno);
GPIO2=1;
i1=138;
```

```

while(--i!=0)  continue;
}
void DelayMs(unsigned int ret)
{
unsigned int x;
x=330*ret;
while(--x!=0)  continue;
}

void config_tmr0()
{
TOIE=1;          //Habilitar int del tmr0 8 bits
TOCS=0;          /Usar el reloj interno
PSA=0;          //Asignar el prescaler al tmr0
PS2=0;          //con PSA=1; Para hacer el prescaler del tmr0 a 1:1
PS1=1;
PS0=0;          //Prescaler del tmr0 = 1:8
TOIF=0;         //Limpiar bandera de overflow del tmr0
PEIE=1;         //Habilitar las int periféricas
GIE=1;          //Habilitar todas las int
}
void main (void)
{
OSCCAL=0xFF;
conpin();          //configuracuion de pines
config_tmr0();
GPIO2=1;          //txd
RFEN=1;           //Habilitar tx
cont=0;           //contador
rata=1952;        //488 da 1 s
k=0;
while(1)
    {

    }

}
static void interrupt isr(void)
{
GIE=0;

```

```

if(TOIF)
{
cont++;
if(cont>=rata)
{
//Datos
RFEN=1;
k++;
Enviar(0xFF);
Enviar(0x00);
Enviar(0x00);
Enviar('C');
Enviar('A');
Enviar(0x31+k);
if(k>=2) k=0;
RFEN=0;
cont=0;
}
TOIF=0;
}

GIE=1;
}

```

ANEXO 4

PROGRAMA DE RECEPCION DE CODIGO PIC (12f675)

```
#include "pic.h"
#include "pic12f6x.h"
//recibe datos por el GPIO2
//Tx por el GPIO1
__CONFIG (UNPROTECT & UNPROTECT & BORDIS & MCLRDIS & PWRTDIS & WDTDIS &
INTIO);
unsigned int x;
unsigned char rxd;
unsigned char r;
unsigned char sw;
unsigned char sim;
unsigned char reti;
//para enviar datos a 2400 asc
void Enviar(unsigned char tx)
{
    unsigned char bitno;
    GPIO1=0;
    reti=194; //158 para el pic12f675 2400
    while(--reti!=0) continue;
    bitno = 8;
    do
    {
        GPIO1 = (tx & 0x01);
        tx = tx >> 1;
        reti=194;
        while(--reti!=0) continue;
    }while(--bitno);
    GPIO1=1;
    reti=194;
    while(--reti!=0) continue;
}
void DelayMs(unsigned int ret)
{
    unsigned int x;
    x=330*ret;
    while(--x!=0) continue;
}
```

```

unsigned char Recibir(void)
{
unsigned char rx=0;
unsigned char bitno=0;
reti=97;          //retardo de medio bit para 2400
while(--reti!=0) continue;
while(GPIO2)
                continue;

        bitno = 8;
        rx = 0;
        TMR0=0;
        do
                {
                reti=194;          //retardo de un bit para 2400
                while(--reti!=0) continue;
                rx = (rx >> 1) | (GPIO2 << 7);
                }while(--bitno);
        return rx;
}

void intext(void)
{
INTEDG=0;          //Interrupt on falling edge of GP2/INT pin
INTE=1;           //Enables the GP2/INT external interrupt
INTF=0;           //The GP2/INT external interrupt did not occur
PEIE=1;           //Habilitar las int periféricas
GIE=1;            //Habilitar todas las int
}
void config_port(void)
{
//Initializing GPIO
GPIO=0x00;        //Inicializar GPIO
CMCON=0x07;      //Apagar el comparador, configurar GP<2:0> como digital
ANSEL=0x00;      //Configurar el puerto como digital
VREN=0;          //Circuito CVref apagado
TRIS2=1;         //configurar como entrada
TRIS1=0;         //configurar como salida
TRIS0=0;

```

```

}
void main(void)
{
  OSCCAL=0xFF; //frecuencia max

  config_port();
  intext();
  r=0;
  sw=0;
  GPIO1=1;      //Bit de parada
  while(1)
  {
  }
}
//Interrupciones
static void interrupt isr(void)
{
  GIE=0;
  if(INTF)
  {
    sim=Recibir();
    switch(sw)
    {
      case 0:
        if(sim=='C')  sw++;
        else           sw=0;
        break;
      case 1:
        if(sim=='A')  sw++;
        else           sw=0;
        break;
      case 2:
        if(sim=='2')  sw++;
        else           sw=0;
        break;
      case 3:
        GPIO0=1;
        DelayMs(100);
        GPIO0=0;
        sw=0;
    }
  }
}

```

```
        break;
    }
    INTF=0;
}
GIE=1;
}
```

ANEXO 5

PROGRAMA PARA LA RECEPCION DE DATOS

```
#include <vcl.h>
#include <dos.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#pragma hdrstop
#include "cklm.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma link "VaClasses"
#pragma link "VaComm"
#pragma link "VaModem"
#pragma link "VaModem"
#pragma link "VaTerminal"
#pragma link "VaTerminal"
#pragma resource "*.dfm"
#pragma resource "*.dfm"
//TfrmMain *frmMain;
//info da1;
struct time t;
struct date d;
int CountPack=0;
char aux[30];
char hms[30];
TForm1 *Form1;
//Señal ck
float width1;
float height1;
float coefy1;
float coefx1;
unsigned int x1;
long int vamax1=2000;
long int vamay1=0xffff;
//Señal cm
float width3;
float height3;
float coefy3;
```

```

float coefx3;
unsigned int x3;
long int vamax3=2000;
long int vamay3=0xffff;
//Archivo a guardar
int alma;
char Fecha[21];
char Hora[21];
char DatHora[21];
char Archivo[210];
int xDato;
bool grb=0;
//líneas para la señal
unsigned int xSEN=30000;
unsigned int xSENeS=1000;
//double SignalColor=0x0000FF00; //verde
//Para almacenar las señales
unsigned short data1[500];
unsigned short data2[500];
//Variables para manejo de datos del Puerto
int ADRATE=50; // puntos que se grafica = fm del ADC (20Hz)
//Para ver mejor el gráfico
//Eje tiempo
unsigned int EjeT=5;
//Eje amplitud
unsigned int EjeA=10;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
}
//-----

void __fastcall TForm1::FormCreate(TObject *Sender)
{
//Señal ck
width1=Image1->Width ;
height1=Image1->Height ;
coefy1=height1/vamay1;
coefx1=width1/vamax1;

```

```

//
Image1->Canvas->Brush->Color =0x00000000;
Image1->Canvas->FillRect(Rect(0,0,width1 ,height1 ));
Image1->Canvas->Pen->Color =0x00555555;
Image1->Canvas->MoveTo(0*coefx1,vamay1*coefy1/2);
Image1->Canvas->LineTo(vamax1*coefx1,vamay1*coefy1/2);
for(int i=0;i<xSEN;i+=xSENEs)
    {
        Image1->Canvas->MoveTo( i*coefx1 , vamay1*coefy1);
        Image1->Canvas->LineTo( i*coefx1 , 0 );
    }
//Image1->Canvas->Pen->Color =0x00555555; //color de línea medi
//Image1->Canvas->MoveTo(0*coefx1,vamay1*coefy1/2);
//Image1->Canvas->LineTo(vamax1*coefx1,vamay1*coefy1/2);
//Image1->Canvas->MoveTo(0,vamay1*coefy1/2);
//Image1->Canvas->Pen->Color=SignalColor; //color del trazo de audio
x1=0; Image1->Canvas->MoveTo(0,vamay1*coefy1/2);
//Señal cm
width3=Image3->Width ;
height3=Image3->Height ;
coefy3=height3/vamay3;
coefx3=width3/vamax3;
//
Image3->Canvas->Brush->Color =0x00000000;
Image3->Canvas->FillRect(Rect(0,0,width3 ,height3 ));
Image3->Canvas->Pen->Color =0x00555555;
Image3->Canvas->MoveTo(0*coefx3,vamay3*coefy3/2);
Image3->Canvas->LineTo(vamax3*coefx3,vamay3*coefy3/2);
x3=0; Image3->Canvas->MoveTo(0,vamay3*coefy3/2);
//Valores Iniciales de La Amp y Tiemp
Label4->Caption=EjeT;
Label5->Caption=EjeA;
ComboBox1->AddItem(1,ComboBox1);
ComboBox1->AddItem(10,ComboBox1);
ComboBox1->AddItem(20,ComboBox1);
ComboBox1->AddItem(30,ComboBox1);
ComboBox1->AddItem(40,ComboBox1);
ComboBox1->AddItem(50,ComboBox1);
ComboBox1->AddItem(100,ComboBox1);
ComboBox1->AddItem(200,ComboBox1);

```

```

ComboBox1->AddItem(300,ComboBox1);
ComboBox1->AddItem(400,ComboBox1);
ComboBox1->AddItem(500,ComboBox1);
ComboBox2->AddItem(1,ComboBox2);
ComboBox2->AddItem(2,ComboBox2);
ComboBox2->AddItem(4,ComboBox2);
ComboBox2->AddItem(8,ComboBox2);
ComboBox2->AddItem(16,ComboBox2);
ComboBox2->AddItem(32,ComboBox2);
ComboBox2->AddItem(64,ComboBox2);
ComboBox2->AddItem(128,ComboBox2);
ComboBox2->AddItem(256,ComboBox2);
//Abrir Puerto 1
VaComm1->Open();
}
//-----

void __fastcall TForm1::receiver(TObject *Sender, int Count)
{
if(Count>=ADRATE)
{
int bandera=0;
int databan=0;
int i=0;
int j1=0;
int j3=0;
unsigned char aux[500]; //número máx de datos que puede leer en una rx
VaComm1->ReadBuf(aux,Count);
for(int id=0;id<(ADRATE);++id)
{
switch(bandera)
{
case 0x00:
if(aux[i]=='C')
{
bandera=0x01;
i++;
}
else {bandera=0x00; i++;}
}
}
}
}

```

```

break;
case 0x01:
if((aux[i]=='K')||(aux[i]=='M'))
    {switch(aux[i])
        {
            case 'K':
                databan=1; //K
                break;
            case 'M':
                databan=2; //M
                break;
        }
        bandera=0x02;
        i++;}
else {bandera=0x00; i++;}

//if(aux[i]=='M') databan=1;
//else bandera=0x00;

break;
case 0x02:
    switch(databan)
    {
        case 1:
            data1[j1]=aux[i]<<8;
            bandera=0x03;
            i++;
            break;
        case 2:
            data2[j3]=aux[i]<<8;
            bandera=0x03;
            i++;
            break;
    }
break;
case 0x03:
    switch(databan)
    {
        case 1:
            data1[j1]+=aux[i];

```

```

        i++;
        j1++;
        break;
    case 2:
        data2[j3]+=aux[i];
        i++;
        j3++;
        break;
    }
    bandera=0x00;
    break;
}
}

//Grafica de la señal CK
Image1->Canvas->Pen->Color=0x000000ff; //rojo
for(long int i1=0;i1<=(j1-1);i1++)
{
    if( x1>vamax1)
    {
        Image1->Canvas->FillRect(Rect(0,0,width1 ,height1 ));
        x1=0;
        Image1->Canvas->Pen->Color =0x00555555;
        Image1->Canvas->MoveTo(0*coefx1,vamay1*coefy1/2);
        Image1->Canvas->LineTo(vamax1*coefx1,vamay1*coefy1/2);
        Image1->Canvas->MoveTo(0,vamay1*coefy1/2);
    }
    Image1->Canvas->LineTo( x1*coefx1 ,(EjeA*(data1[i1]-0xffff/2)+0xffff/2)*coefy1);
    x1+=EjeT;
}

//Grafica de la señal CM
Image3->Canvas->Pen->Color=0x00ffbe7d; //celeste
for(long int i1=0;i1<=(j3-1);i1++)
{
    if( x3>vamax3)
    {
        Image3->Canvas->FillRect(Rect(0,0,width3 ,height3 ));
        x3=0;
        Image3->Canvas->Pen->Color =0x00555555;
        Image3->Canvas->MoveTo(0*coefx3,vamay3*coefy3/2);
        Image3->Canvas->LineTo(vamax3*coefx3,vamay3*coefy3/2);
    }
}

```

```

        Image3->Canvas->MoveTo(0,vamay3*coefy3/2);
    }
    Image3->Canvas->LineTo( x3*coefx3 ,(EjeA*(data2[i1]-0xffff/2)+0xffff/2)*coefy3);
    x3+=EjeT;
}
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender)
{
    EjeT++;
    Label4->Caption=EjeT;
}
//-----

void __fastcall TForm1::Button2Click(TObject *Sender)
{
    if(EjeT>1) {EjeT--; Label4->Caption=EjeT;}
    else      {EjeT=1; Label4->Caption=EjeT;}

}
//-----

void __fastcall TForm1::Button3Click(TObject *Sender)
{
    EjeA++;
    Label5->Caption=EjeA;
}
//-----

void __fastcall TForm1::Button4Click(TObject *Sender)
{
    if(EjeA>1) {EjeA--; Label5->Caption=EjeA;}
    else      {EjeA=1; Label5->Caption=EjeA;}

}
//-----

void __fastcall TForm1::Button5Click(TObject *Sender)
{
    if (VaComm1->Active()==True )

```

```

    {
    VaComm1->WriteChar('0');
    VaComm1->Close();
    Button2->Caption="&Grabar";
    grb=0;
    Button5->Caption="&Conectar";
    Button6->Enabled=False;    //deshabilitar "Almacenar"
    Button7->Enabled=True;    //habilitar "Abrir"
    //ComboBox4->Enabled=False;    //Habilitar escala en frecuencia de la fft
    }
else
    {
    Button5->Caption="Des&conectar";
    VaComm1->Open();
    VaComm1->WriteChar('@');
    //CountPack=0;
    Button6->Enabled=True;    //habilitar "Almacenar"
    Button7->Enabled=False;    //deshabilitar "Abrir"
    //ComboBox4->Enabled=false;    //deshabilitar escala en frecuencia de la fft

    }
}
//-----
void __fastcall TForm1::Button6Click(TObject *Sender)
{
//Archivo a guardar
grb=1;
getdate(&d);
gettime(&t);
SaveDialog1->Execute();
alma=FileCreate(SaveDialog1->FileName);
sprintf(Fecha,"Fecha:%2d/%2d/%4d ",d.da_day,d.da_mon,d.da_year);
FileWrite(alma,Fecha,StrLen(Fecha));
sprintf(Hora,"Hora:%2d:%2d:%2d\n",t.ti_hour,t.ti_min,d.da_day,t.ti_sec);
FileWrite(alma,Hora,StrLen(Hora));
FileWrite(alma,"Datos  Hora\n",13);
Button6->Caption="Grabando";
//Edit4->Text = alma; //Archivo;
}

```

```
//-----  
void __fastcall TForm1::ComboBox1Change(TObject *Sender)  
{  
    switch(ComboBox1->ItemIndex)  
    {  
        case 0 :  
            EjeA=1;  
            break;  
        case 1 :  
            EjeA=10;  
            break;  
        case 2 :  
            EjeA=20;  
            break;  
        case 3 :  
            EjeA=30;  
            break;  
        case 4 :  
            EjeA=40;  
            break;  
        case 5 :  
            EjeA=50;  
            break;  
        case 6 :  
            EjeA=100;  
            break;  
        case 7 :  
            EjeA=200;  
            break;  
        case 8 :  
            EjeA=300;  
            break;  
        case 9 :  
            EjeA=400;  
            break;  
        case 10 :  
            EjeA=500;  
            break;  
  
        default :
```

```

        break;
    }
}
//-----

void __fastcall TForm1::ComboBox2Change(TObject *Sender)
{
    switch(ComboBox2->ItemIndex)
    {
        case 0 :
            EjeT=1;
            break;
        case 1 :
            EjeT=2;
            break;
        case 2 :
            EjeT=4;
            break;
        case 3 :
            EjeT=8;
            break;
        case 4 :
            EjeT=16;
            break;
        case 5 :
            EjeT=32;
            break;
        case 6 :
            EjeT=64;
            break;
        case 7 :
            EjeT=128;
            break;
        case 8 :
            EjeT=256;
            break;

        default :

            break;
    }
}

```

```
    }  
  
}  
//-----  
  
void __fastcall TForm1::GroupBox1Click(TObject *Sender)  
{  
}  
//-----
```

ANEXO 6
ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL RFPIC12F675

ANEXO 7

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL RXD0420

ANEXO 8

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL AD7706BN