

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
MAR DEL PLATA**

Facultad de Ingeniería

Tesis / Proyecto Final

Carrera: Ingeniería Eléctrica

Título:

***“Monitoreo remoto por medio de fibra
óptica de parámetros eléctricos de
motores de corriente alterna”***

Autores:

**Canosa Chistian Horacio
Rondona Diego**

Tutores:

**Ing. Claudio Dimenna
Ing. Gustavo Arenas**

Calificación:

Mar del Plata, mayo de 2006.



RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
MAR DEL PLATA**

Facultad de Ingeniería

Tesis / Proyecto Final

Carrera: Ingeniería Eléctrica

Título:

***“Monitoreo remoto por medio de fibra
óptica de parámetros eléctricos de
motores de corriente alterna”***

Autores:

**Canosa Chistian Horacio
Rondona Diego**

Tutores:

**Ing. Claudio Dimenna
Ing. Gustavo Arenas**

Calificación:

Mar del Plata, mayo de 2006.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Director del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Profesor, nuestro tutor, Ing. Claudio Dimenna, al Ing. Gustavo Arena, por servirnos de guía. Un agradecimiento especial al Ingeniero Electrónico Sergio Luvoni quien nos facilitó ideas y supo estar dispuesto en todo momento sin interés alguno. Y en especial a nuestras familias y amigos, que nos supieron apoyar en todo momento a lo largo de la carrera, para lograr nuestro anhelo de ser Ingenieros.

A TODOS ELLOS NUESTRO SINCERO AGRADECIMIENTO....

Índice

01- Agradecimientos	Pag. 00
02- Resumen	Pag. 04
03- Introducción	Pag. 05
04- Elección de sensores para la adquisición de datos	Pag. 06
Sensor de tensión.....	Pag. 06
Sensor de corriente.....	Pag. 07
Datos del motor y ensayos en el arranque	Pag. 08
Sensor de temperatura.....	Pag. 17
Conclusión.....	Pag. 19
05- Acondicionamiento de la señal para la adquisición	Pag. 20
Fuentes de alimentación.....	Pag. 20
Sensor de Temperatura.....	Pag. 21
Sensores de Tensión y Corriente.....	Pag. 22
MicroControlador PIC16F874a.....	Pag. 25
Conexión del Transmisor – Fibra óptica.....	Pag. 25
Diseño de la Plaqueta.....	Pag. 26
Conclusión.....	Pag. 28
06- Descripción del PIC	Pag. 29
Características.....	Pag. 30
Configuración del MicroCrontrolador.....	Pag. 34
Registros de resultados de la adquisición.....	Pag. 40
Configuración de los registros para la transmisión.....	Pag. 41
La USART del PIC16F874a.....	Pag. 42
Generador de frecuencia de transmisión.....	Pag. 43
Conclusión.....	Pag. 44

07- Diagramas de flujo	Pag. 45
Ciclo Principal.....	Pag. 45
Detalle de los ciclos de interrupción.....	Pag. 46
Rutina de atención de interrupciones.....	Pag. 46
Rutina de Adquisición.....	Pag. 46
Rutina de Transmisión.....	Pag. 47
Rutina de Timer.....	Pag. 47
Conclusión.....	Pag. 47
08- Escritura del programa y verificación del PIC	Pag. 48
Programación del PIC16F874a.....	Pag. 48
Creación del proyecto en el MPLAB.....	Pag. 49
Análisis de los errores de programación.....	Pag. 49
Circuito del programador del Pic.....	Pag. 50
Diseño de la plaqueta del programador.....	Pag. 52
Conclusión.....	Pag. 52
09- Programación en Assembler del PIC	Pag. 53
Desarrollo del programa.....	Pag. 53
Conclusión.....	Pag. 59
10- Fibra Óptica	Pag. 60
Origen y Evolución.....	Pag. 60
Qué es Fibra Óptica.....	Pag. 62
Longitud de onda.....	Pag. 63
Concepto de Fibra Óptica.....	Pag. 64
¿De qué están hechas las Fibras Ópticas?	Pag. 64
¿Cómo funciona la Fibra Óptica?	Pag. 65
¿Cuáles son los dispositivos implícitos en este proceso?	Pag. 66
Componentes de la fibra óptica.....	Pag. 66
Núcleo	
Funda Óptica	
Revestimiento de protección	

La Fibra Óptica y su entorno.....	Pag. 67
Uso Dual (interior y exterior)	
Mayor protección en lugares húmedos	
Protección Anti-inflamable	
Empaquetado de alta densidad	
Características Técnicas	
Características Mecánicas	
Estructura de los cables de fibra óptica	
Tipos de fibras ópticas.....	Pag. 72
Fibras Monomodo	
Fibras Multimodo	
Emisores y receptores ópticos.....	Pag. 76
Características de los emisores de luz LED y LASER	
Comparación de los emisores de luz LED y LASER	
Características de los receptores de luz APD, PIN, PIN-FET	
Comparación entre los receptores de luz	
Ventajas y desventajas de las comunicaciones con fibra óptica.....	Pag. 82
La Fibra Óptica en este proyecto.....	Pag. 85
Conclusiones.....	Pag. 93
11- Max232.....	Pag. 94
Circuito de conexión.....	Pag. 94
Diseño de la plaqueta electrónica.....	Pag. 95
Conclusión.....	Pag. 96
12- Osciloscopio para puerto serie.....	Pag. 97
Programa del osciloscopio en Delphi.....	Pag. 98
13- Impacto Ambiental.....	Pag. 104
14- Evaluación económica.....	Pag. 105
15- Conclusión.....	Pag. 106
Inconvenientes.....	Pag. 107
Posibilidades de ampliación del proyecto.....	Pag. 108



DESARROLLO DEL PROYECTO

PRIMERA ETAPA.- La revisión bibliográfica represento la fase en que se realizo el estudio necesario de los conceptos fundamentales y de las técnicas que fueron utilizadas para el diseño y elaboración de las diferentes partes del proyecto.

SEGUNDA ETAPA.- Con la ayuda de algunos de los ingenieros de los diferentes departamentos de la universidad se plantearon todas las opciones posibles para poder sensar, adquirir, acondicionar, transmitir, comunicar por el puerto serie y visualizar la señal.

TERCERA ETAPA.- Elección del tipo, modelo, ubicación y el montaje de los sensores para la medición de Temperatura, Corriente instantánea y Tensión instantánea de un motor trifásico asincrónico, ubicado en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas.

CUARTA ETAPA.- Se acondiciona la señal para que esta ingrese a un Microcontrolador de la marca MicroChip el cual por medio de una programación, digitaliza la señal y la prepara para ser trasmitida por medio de fibra óptica.

QUINTA ETAPA.- La adquisición de estos datos se transmiten, previa interfase, por intermedio de conductores de Fibra Óptica hacia una PC ubicada en la oficina del GESE, en la cual dispuso de una interfase y Software apropiado para visualizar y procesar estos datos.

SEXTA ETAPA.- Debido a un inconveniente en el visualización de los datos se decidió medir los parámetros de tensión y corriente instantánea de una sola de las fases ya que en esta etapa los datos se superponían dando valores erróneos.

SÉPTIMA ETAPA.- Redacción del Informe Final.

La redacción del informe final representó la elaboración escrita de todo el proyecto de investigación hasta completar los objetivos planteados en el trabajo.

Cabe destacar que en un principio el proyecto fue planteado por la cátedra con una duración estimada de 3 meses, debido a la complejidad electrónica del proyecto, este fue extendido aproximadamente un año y medio.



Introducción

El objetivo del siguiente proyecto, es la aplicación de la fibra óptica para la transmisión de las magnitudes eléctricas instantáneas de funcionamiento de un motor trifásico de corriente alterna, ya que ésta presenta la particularidad de ser inmune al ruido y las interferencias.

Dicha característica es muy importante si se desean obtener datos exactos de las mediciones de un motor, al hallarse éste en una sala de máquinas en la cual se encuentran varios motores.

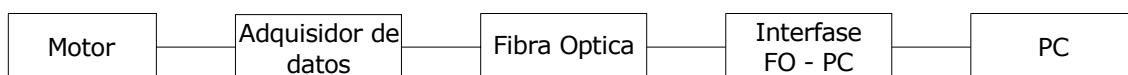
Para realizar el monitoreo, fueron previamente necesarias tanto la selección como la colocación de sensores en la alimentación del motor, ya fuesen éstos para tensión, corriente y/o temperatura.

Las señales analógicas extraídas de los sensores, debieron acondicionarse al formato digital, para ser transmitidas a través de la fibra óptica. Dicho acondicionamiento se realizó por medio de un microcontrolador PIC de MicroChip, el cual fue programado mediante un software para la adquisición y transmisión de los datos en forma serial.

Una vez transmitidos los datos por la fibra óptica, fueron ingresados a la interfase FO-PC. La misma consta de un integrado MAX 232 encargado de ingresar los datos a la PC mediante el conector R9 del puerto serie.

Luego, dentro de la PC a través de un archivo ejecutable, programado en Delphi, se accedió a los datos del motor.

Con los valores tomados y mediante la utilización del mismo software, fueron calculados los parámetros de potencia activa, potencia reactiva, tensión eficaz, tensión pico pico, corriente eficaz, corriente pico pico, los que dan la posibilidad de calcular: potencia aparente, $\cos \varphi$, potencia en el eje y par en funcionamiento.





Diseño y elección de sensores para la adquisición de datos

1- Introducción

Para la elección de los sensores se debieron tener en cuenta las características del motor y las especificaciones del microcontrolador PIC. Este procesador tiene la particularidad de que las señales que ingresan al mismo no deben ser inferiores a 0V y no superar los 5V de corriente continua.

Para lograr mantener la señal de tensión medida dentro del límite establecido de 5V, se tendrá que adaptar la señal de los sensores a una tensión senoidal menor a 1,767 volts eficaces, ya que no debe superar los 5V de tensión pico a pico:

$$V_{\text{pico a pico}} = V_{\text{Eficaz}} \cdot \sqrt{2} \cdot 2$$

$$V_{\text{Eficaz}} = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{V_{\text{pico a pico}}} = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{5 \text{ Volts}} = 1.768 \text{ V}$$

Teniendo en cuenta lo anterior, se procedió a elegir los sensores a utilizar, como se indica a continuación.

2- Sensor de tensión

El sensor de tensión es un simple transformador de 220V / 3V y de unos pocos mili amperes, ya que este tipo de transformador es sólo para captar la señal.

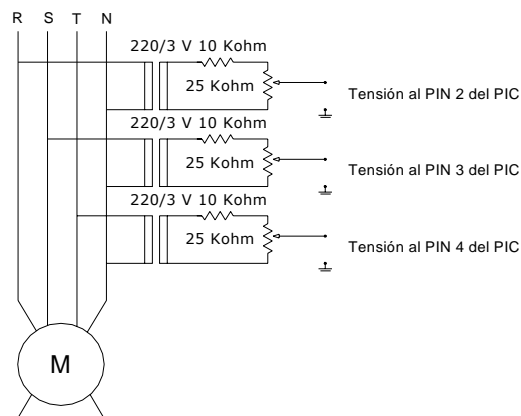


Figura n°1. Conexión de los transformadores para medir tensión instantánea.



Al realizar el ensayo, en el cual fue sensada la tensión, se vio que en el secundario de este transformador, la señal medida fue de 3.352 V eficaces, con lo que se tenía un valor pico a pico de 9.5 V. Como ese valor era superior a lo especificado por el PIC, se debió realizar un divisor de tensión para lograr disminuir el mismo.

El divisor se realizó con dos resistencias, una de 10 k Ω y un preset de 25 k Ω , con el cual se logró reducir la tensión dentro del rango especificado. Se obtuvo así una señal senoidal proporcional a la real dentro del rango especificado por el Microchip.

3- Sensor de corriente

Para la elección de los sensores de corriente se pensó en una resistencia conectada en serie con cada fase en el cual era medida la caída de tensión producida por la corriente consumida por el motor. Debido a la conexión en serie de la resistencia, esta debía ser muy baja para evitar que se produjese una caída de tensión significativa.

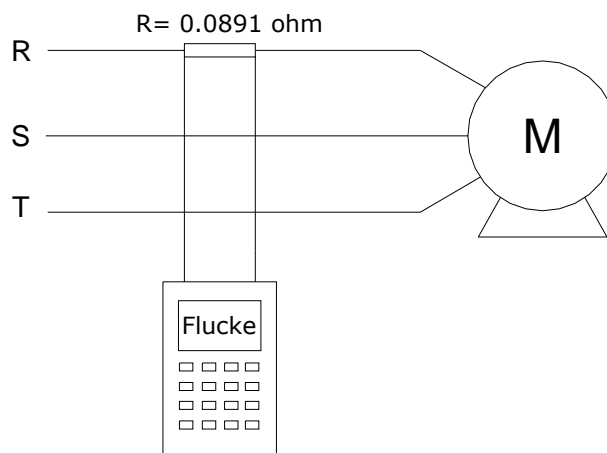


Figura n° 2. Conexión de voltímetro Fluke con el fin de observar la caída e tensión

Al seleccionar la resistencia se debió tener en cuenta la corriente circulante. Esta corriente no siempre es la misma, ya que está sujeta al tipo de arranque del motor y la carga del mismo.



Para poder dimensionar la potencia de la resistencia se contó con los datos de chapa del motor que figuran debajo.

Datos del Motor

- Potencia 5.5 CV
- RPM 1420
- Frecuencia 50HZ
- Tensión 380 Δ / 220 Y [Volts]
- Corriente 8.3 Δ / 4.8 Y [Amp.]
- Aislamiento Clase E
- $\cos \varphi = 0.875$
- $\Phi_{\text{máx}} = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Debido a la potencia que debería soportar la resistencia, serían necesarias tres resistencias (una por cada fase) muy robustas. Para evitarlo, se colocaron por fase, tres resistencias en paralelo, una $R_1 = 0.47 \text{ } \Omega$ y dos $R_2 = 0.22 \text{ } \Omega$.

Dichas resistencias están recubiertas de material cerámico y sus dimensiones son aceptables. Cada una de ellas soporta 15 Watts, con lo que al final se tendría una resistencia total de $0.0891 \text{ } \Omega$ y una potencia de 45 Watts.

Para poder establecer con más exactitud los valores de las resistencias, se midieron éstas con un puente de Thompson, con el que se obtuvieron los siguientes valores:

$$R_{1 \text{ medida}} = 0.517 \text{ } \Omega$$

$$R_{2 \text{ medida}} = 0.216 \text{ } \Omega$$

Si se realizase la conexión en paralelo de las mismas se obtendría:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{0.216} + \frac{1}{0.216} + \frac{1}{0.517}} = 0.0892 \text{ } \Omega$$

Sabiendo:

$$\text{Pot} = I^2 \cdot R \quad \Rightarrow \quad I = \sqrt{\frac{45 \text{ W}}{0.0892 \text{ } \Omega}} = 22.47 \text{ Amp.}$$



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Se puede observar que el conjunto de resistencias puede soportar una circulación de corriente de 22.47 Amp.

Para probar el funcionamiento de estas resistencias se desarrolló una serie de pruebas con el motor mencionado anteriormente. Dichas pruebas consistieron en medir la corriente nominal y la de arranque del motor bajo ensayo, en la sala de máquinas de la Facultad.

Para llevar a cabo esta medición, se acopló un generador de corriente continua al motor, se lo cargó y se conectó en serie el paralelo de resistencias con una de las fases.

A dicha resistencia se le conectó un voltímetro (Fluke) con el que se midió la caída de tensión, tanto en el momento de arranque como en estado de marcha en régimen permanente. Luego sabiendo el valor la R , se calcularon las corrientes.

Cabe mencionar que el conexionado del generador de corriente continua se lo realizó en derivación como indica la *fig n° 3*.

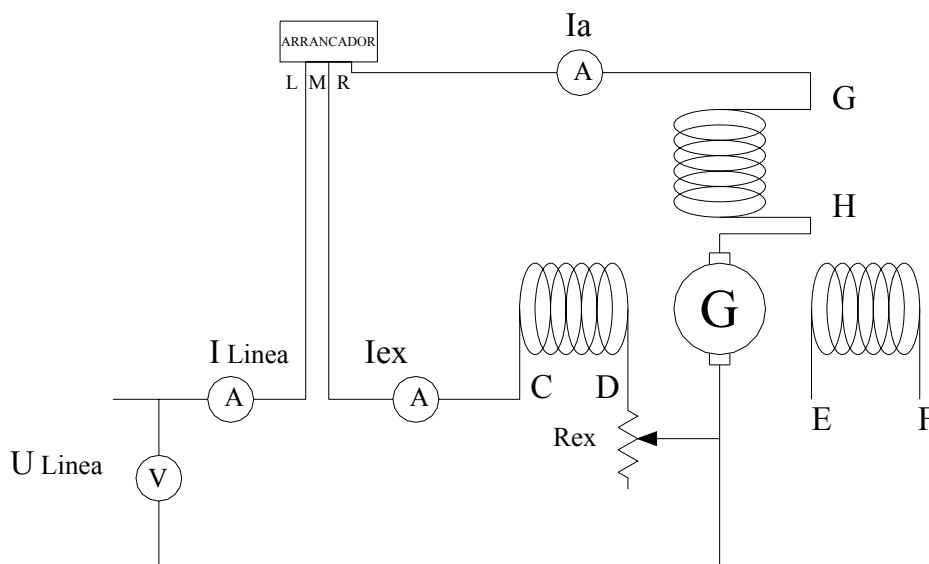


figura n° 3. Conexión del generador en derivación.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

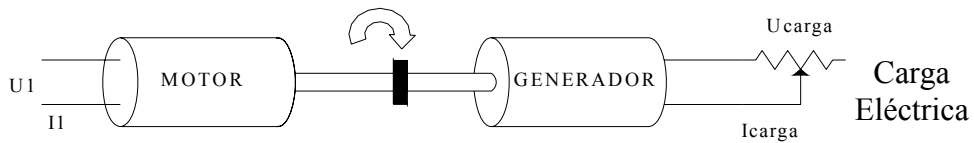
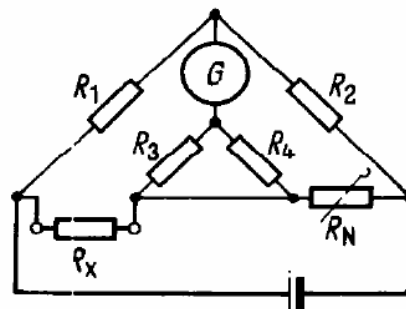


Figura n° 4. Diagrama en bloques motor - generador

Utilizando un amperímetro se logró observar que en estado nominal las corrientes medida y calculada son similares. Teniendo en cuenta que las resistencias fueron medidas con el puente de Thomson, la calidad del fluke y el amperímetro utilizado, se puede afirmar que la corriente calculada es más exacta que la que mide el amperímetro, el cual por ser de tablero es de clase 1,5, suficiente para la exactitud requerida.



Puente de Thomson

$$R_x/R_N = R_3/R_4 = R_1/R_2$$

Una vez realizada la conexión se procedió a dar arranque al motor, haciendo funcionar a éste con carga nominal. El arranque del motor se realizó en triángulo (*tabla n° 1*), en estrella (*tabla n° 2*), y luego en estrella-triángulo (*tabla n° 3*).

Cabe mencionar que para cada conexión se realizó el arranque varias veces (muestras) y no siempre se obtuvieron los mismos resultados.



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**

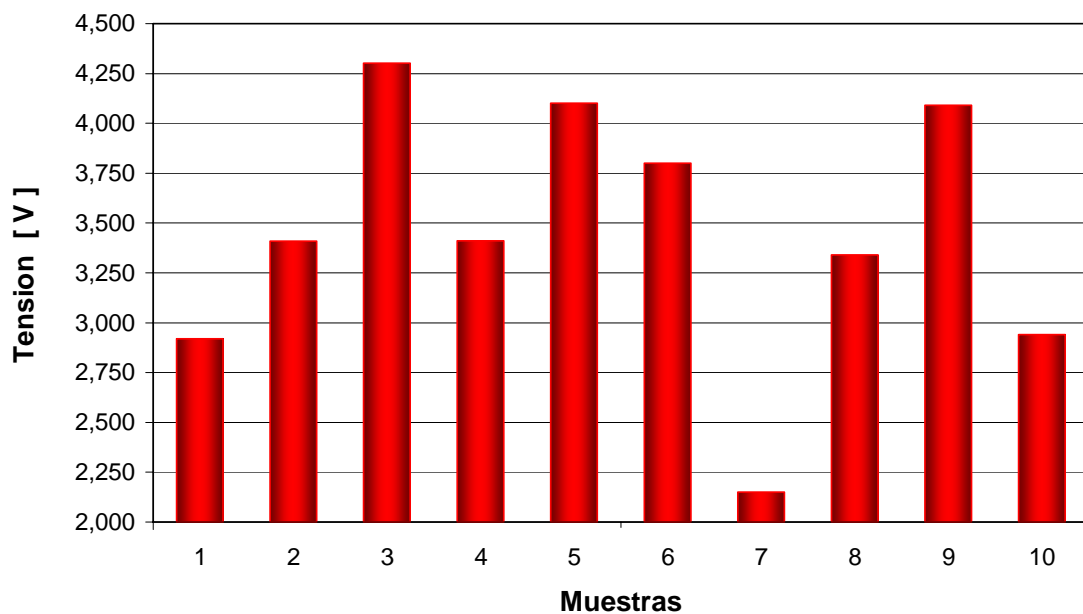


Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Arranque en Triángulo				
Fluke [V]		Amperímetro [A] nominal	Corriente Calculada [A]	
Tensión Nominal	Tensión Arranque		(R = 0,0892 Ω)	
			Nominal	Arranque
0,704	2,920	7,610	7,892	32,735
0,704	3,408	7,600	7,892	38,206
0,701	4,302	7,600	7,859	48,229
0,701	3,410	7,590	7,859	38,229
0,702	4,100	7,580	7,870	45,964
0,700	3,800	7,580	7,848	42,601
0,700	2,150	7,540	7,848	24,103
0,698	3,340	7,500	7,825	37,444
0,700	4,090	7,500	7,848	45,852
0,700	2,940	7,430	7,848	32,960

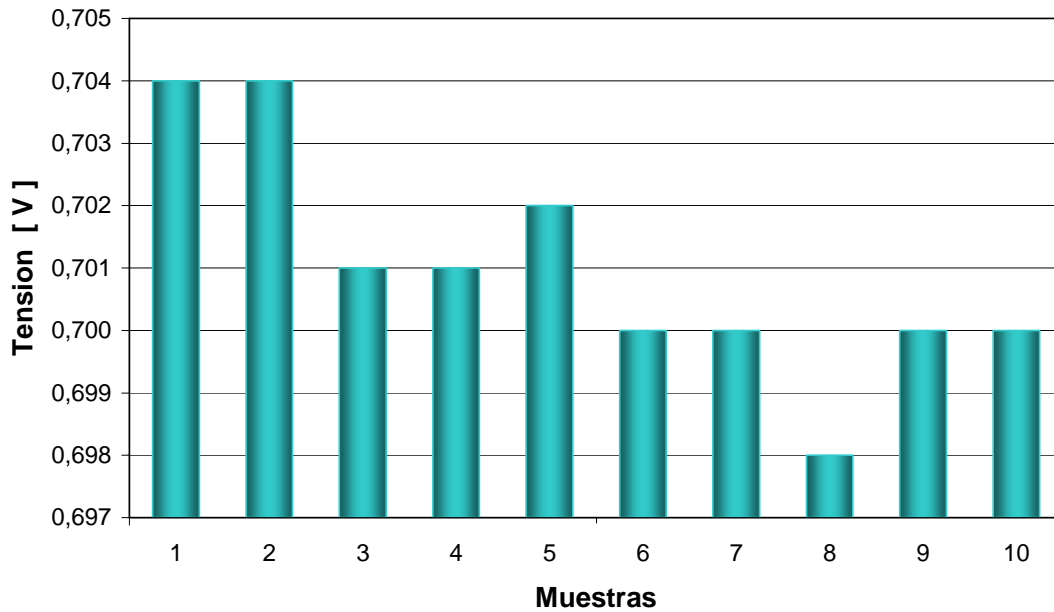
Tabla n° 1. Arranque en triángulo

**Tensión Proporcional a la Corriente de Arranque
Arranque en Triángulo**

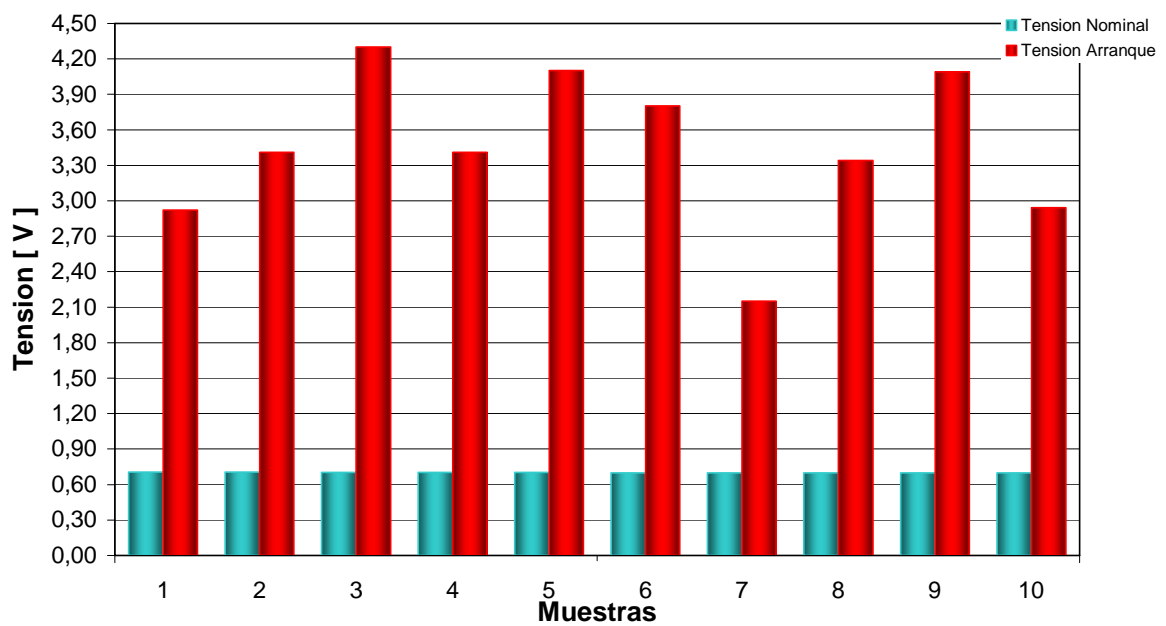




Tensión Proporcional a la Corriente Nominal Arranque en Triangulo



Comparacion Tension Medida Arranque en Triangulo

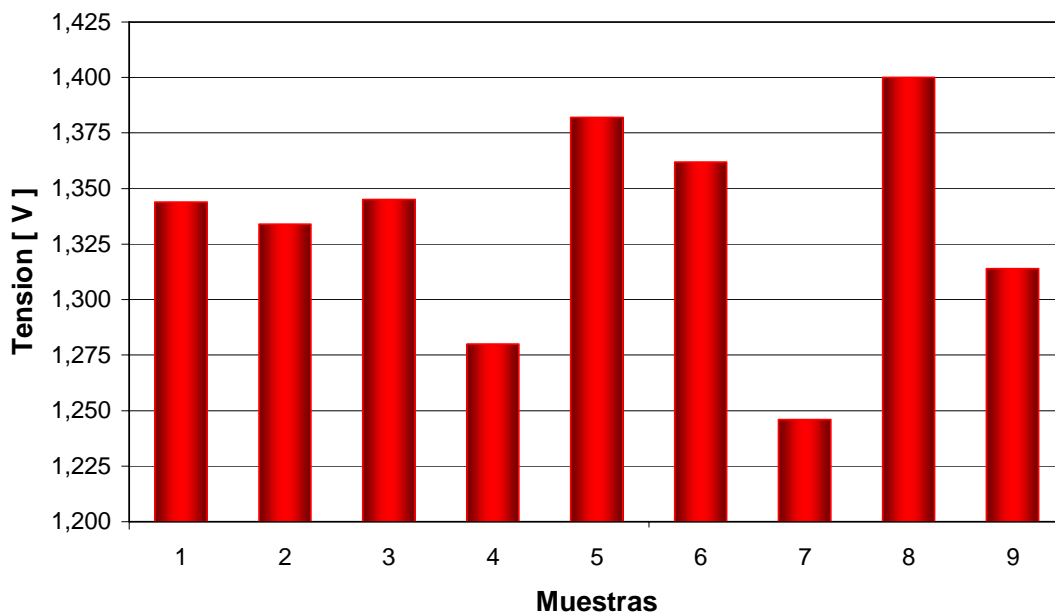




Arranque en Estrella				
Fluke [V]		Amperímetro [A]	Corriente Calculada [A]	
Nominal	Arranque		(R = 0,0892 Ω)	
			Nominal	Arranque
0,444	1,344	4,850	4,978	15,067
0,442	1,334	4,830	4,955	14,955
0,438	1,345	4,810	4,910	15,078
0,442	1,280	4,810	4,955	14,350
0,436	1,382	4,807	4,888	15,493
0,435	1,362	4,808	4,877	15,269
0,434	1,246	4,800	4,865	13,969
0,432	1,400	4,800	4,843	15,695
0,432	1,314	4,790	4,843	14,731

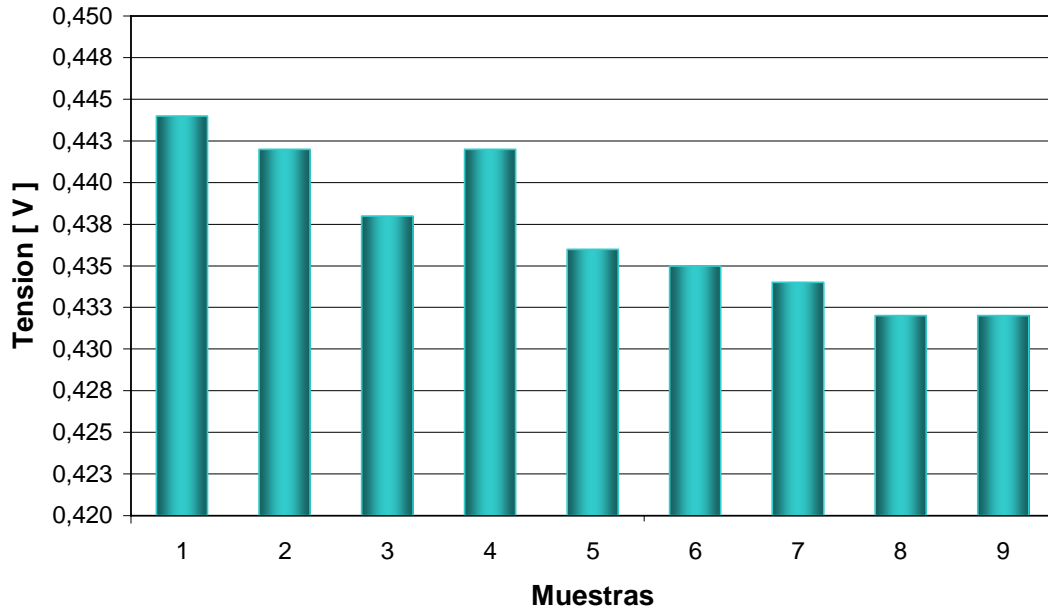
Tabla n° 2. Arranque en estrella

Tensión Proporcional a la Corriente de Arranque Arranque en Estrella

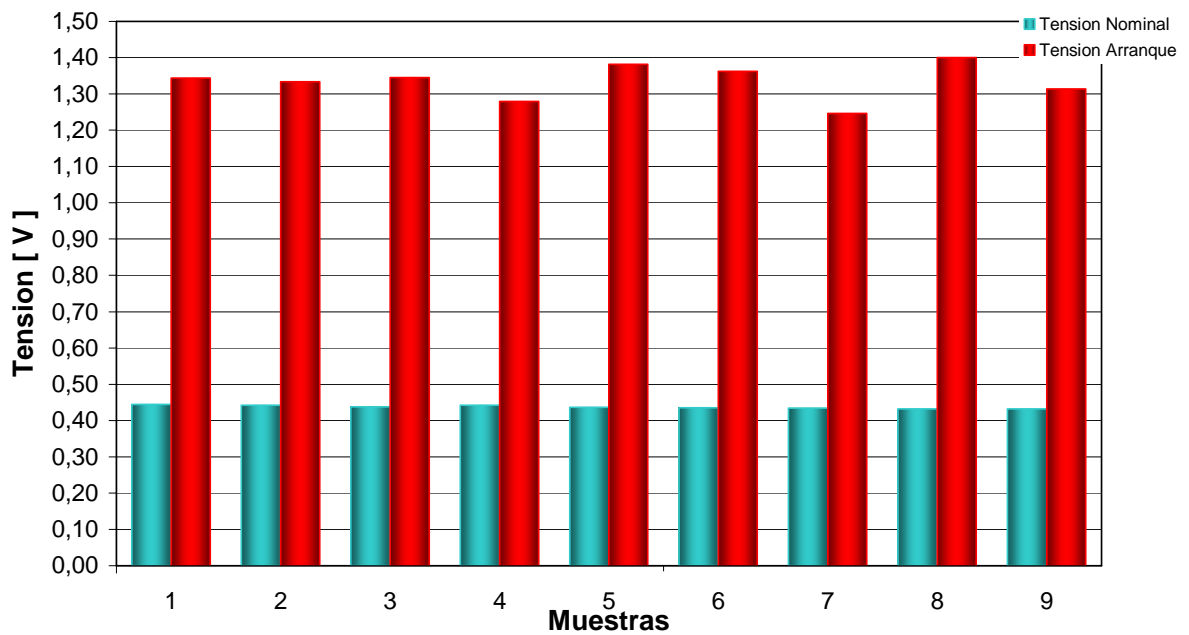




**Tensión Proporcional a la Corriente Nominal
Arranque en Estrella**



**Comparacion de la Tension Medida
Arranque en Estrella**

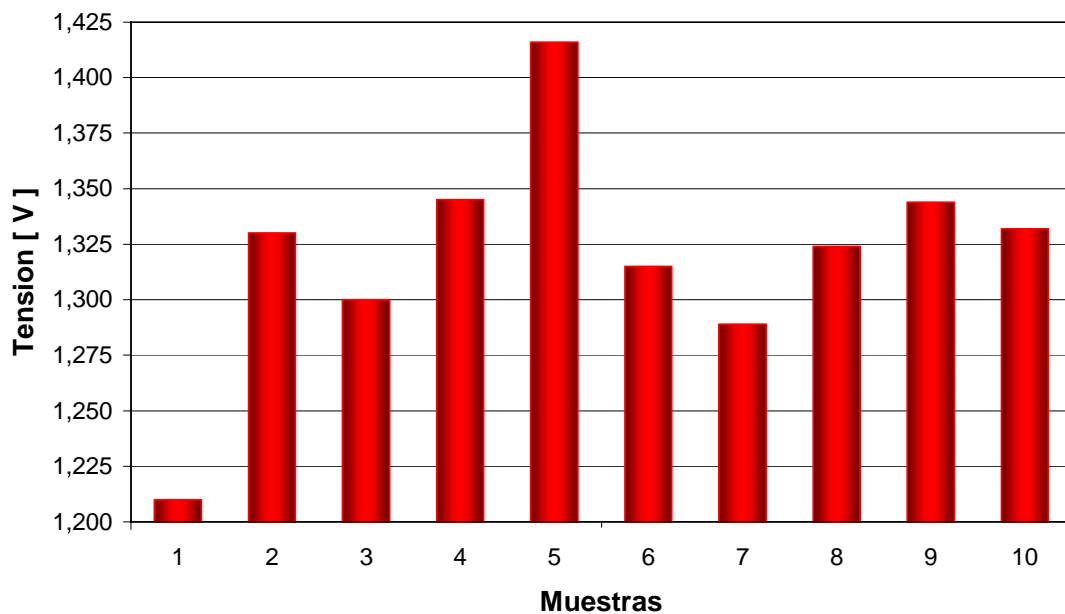




Arranque en Estrella-Triángulo				
Fluke [V]		Amperímetro [A]	Corriente Calculada [A]	
Nominal	Arranque		(R = 0,0892 Ω)	
			Nominal	Arranque
0,752	1,210	8,200	8,430	13,565
0,749	1,330	8,150	8,397	14,910
0,751	1,300	8,150	8,419	14,574
0,753	1,345	8,150	8,442	15,078
0,750	1,416	8,120	8,408	15,874
0,746	1,315	8,120	8,363	14,742
0,748	1,289	8,150	8,386	14,451
0,748	1,324	8,080	8,386	14,843
0,749	1,344	8,050	8,397	15,067
0,745	1,332	8,000	8,352	14,933

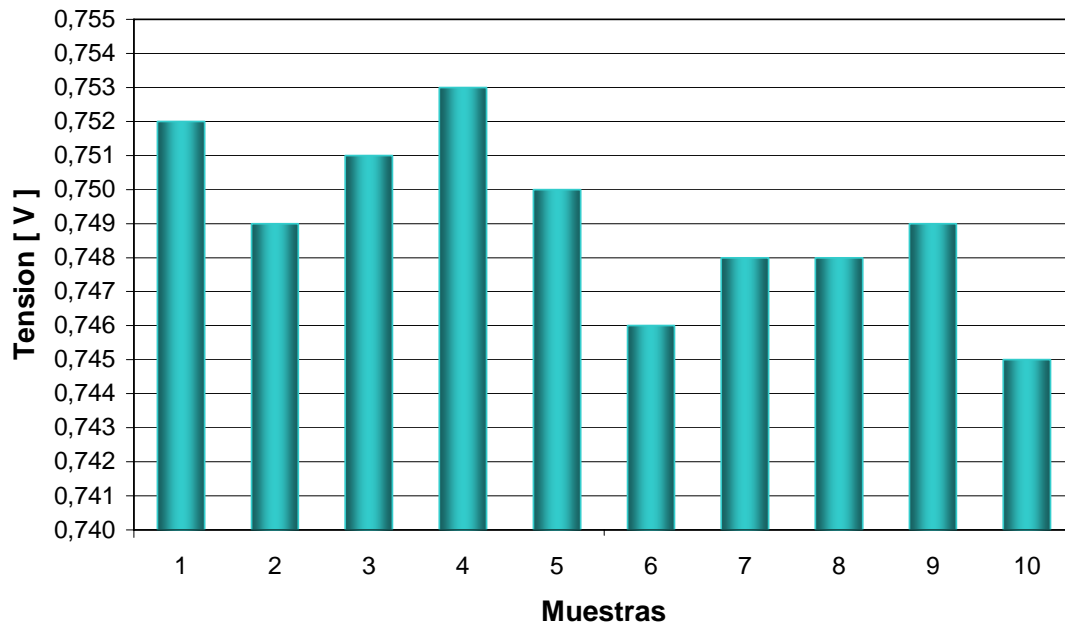
Tabla n° 3. Arranque en estrella-triángulo.

Tensión Proporcional a la Corriente de Arranque Arranque en Estrella-Triángulo

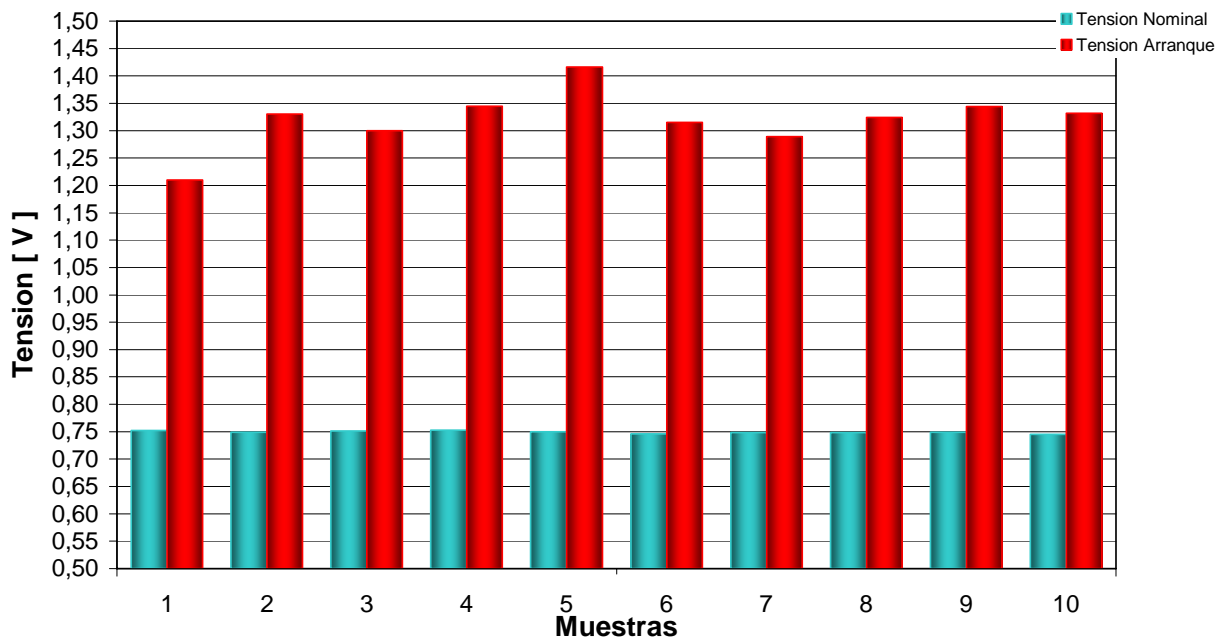




Tensión Proporcional a la Corriente Nominal Arranque en Estrella-Triangulo



Comparacion de la Tension Medida Arranque en Estrella-Triangulo



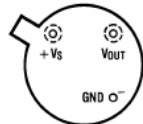


MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Como puede apreciarse en las siguientes figuras, el LM35 tiene diversos encapsulados detallándose en cada caso las tres patas de conexión: V_s (la de alimentación), V_{out} (la central) y masa.

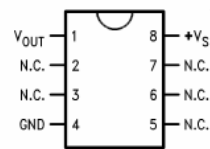
**TO-46
Metal Can Package***



*Case is connected to negative pin (GND)

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

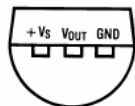
**SO-8
Small Outline Molded Package**



N.C. = No Connection

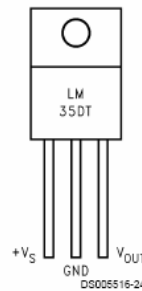
**Top View
Order Number LM35DM**
See NS Package Number M08A

**TO-92
Plastic Package**



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

**TO-220
Plastic Package***



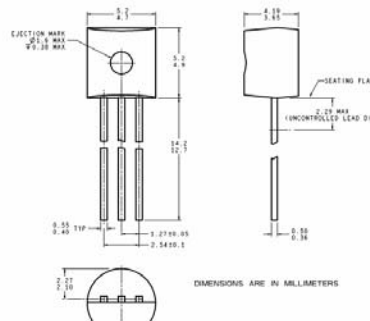
*Tab is connected to the negative pin (GND).

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

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

El sensor de temperatura utilizado, es el circuito integrado LM35DZ de National Semiconductors.

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



TO-92 Plastic Package (Z)
Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
NS Package Number Z03A



Características principales

El circuito integrado LM35DZ es un sensor de temperatura cuya tensión de salida es linealmente proporcional con la temperatura en la escala Celsius (centígrada). Posee una precisión aceptable para la aplicación requerida, no necesita calibración externa, posee sólo tres terminales, permite el sensado remoto y como se dijo es de bajo costo.

- Factor de escala : 10mV / °C (garantizado entre 9,8 y 10,2mV/°C)
- Rango de utilización : $-55^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$
- Precisión de : $\sim 1,5^{\circ}\text{C}$ (peor caso)
- No linealidad : $\sim 0,5^{\circ}\text{C}$ (peor caso)

6- Conclusión

Con los sensores seleccionados para la tensión, corriente y temperatura se logra obtener las señales proporcionales a los parámetros eléctricos de funcionamiento del motor, que luego serán acondicionadas para ser procesadas por el microcontrolador PIC para ser transmitidas por fibra óptica y realizar el monitoreo remoto. Para visualizar los parámetros reales de funcionamiento del motor, se deberán proporcionar las señales transmitidas por la fibra de manera tal que reflejen los valores instantáneos.

NOTA: En razón de que el motor es una carga equilibrada si las tensiones son también equilibradas, bastará con censar una fase para poder determinar las potencias demandadas.

Queda por lo tanto para un futuro proyecto la modificación del programa para poder agregar las señales temperatura, de tensiones y corrientes restantes.



Acondicionamiento de la señal para la adquisición

Consiste en el acondicionamiento del nivel de tensión de la señal proveniente de los sensores. El objetivo es dar a la señal, el formato adecuado para que la siguiente etapa pueda realizar su función. En este caso no todos los sensores tienen una etapa de acondicionamiento de la señal, pues ésta depende de las características eléctricas del mismo.

Una vez acondicionada, la señal entrará en el microprocesador (PIC) y será transmitida en forma digital por fibra óptica hacia la etapa de la interfase con la PC.

La plaqueta incluye:

- *Fuentes de alimentación*
- *Sensor de Temperatura*
- *Sensores de Tensión y Corriente*
- *PIC16F874a*
- *Transmisor – Fibra óptica*

1- Fuentes de alimentación

Se diseñó y construyó una fuente de tensión de 5V para ser utilizada en la alimentación del PIC, en el transmisor de la fibra óptica, y para un divisor de tensión del cual se obtienen los 2,5V necesarios para elevar la tensión en el sumador formado por los amplificadores operacionales.

También fueron necesarias dos fuentes, una de 9 V y otra de -9 V, para la alimentación de los integrados *LM348N*, Qué son amplificadores operacionales.

Para lograr lo valores de tensión requeridos, fueron utilizados tres reguladores de tensión, *LM7805*, *LM7809* y *LM7909*.(ver apéndice en cd).- *Fig 1*.

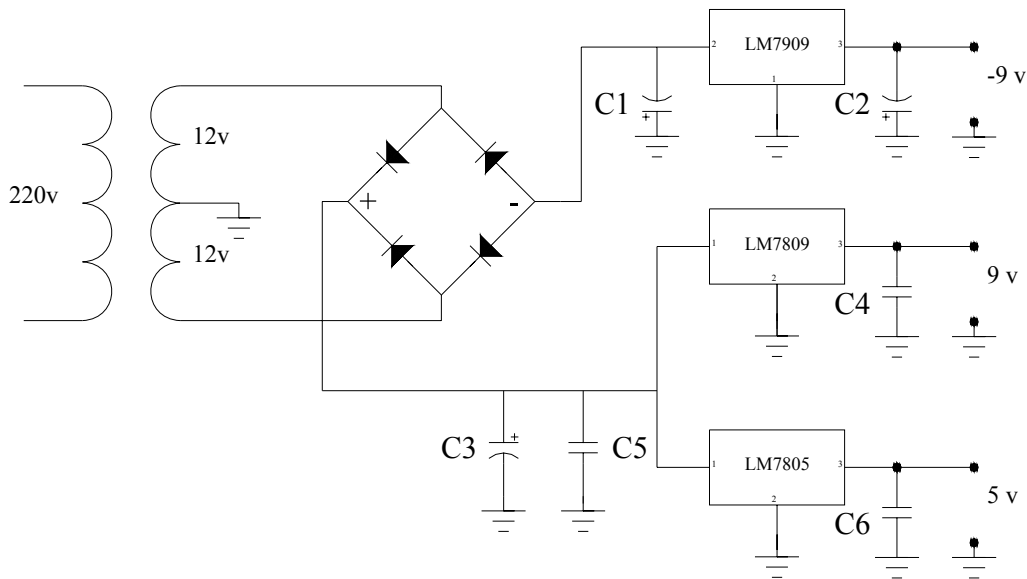


Fig 1.- Fuente de alimentación del adquirente

Los valores de los capacitores son los siguientes:

C1 y C3: 2200 μf

C2: 1 μf

C4 y C6: 0.1 μf

C5: 0.47 μf

2- Sensor de Temperatura

En el caso del monitoreo de temperatura, el voltaje de respuesta del sensor es directamente proporcional a la temperatura que se encuentra sensando, por lo que, sólo se requiere realizar una operación numérica de proporcionalidad ($10 \text{ mV}=1^{\circ}\text{C}$). Esto, se puede lograr fácilmente a través de la utilización de un software.

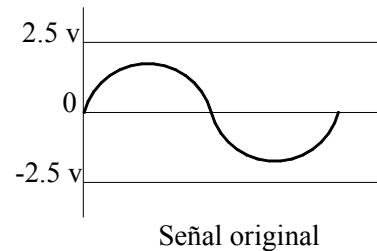
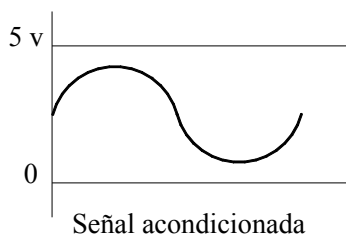
Por esta razón, la señal de salida de este sensor, no requiere de un acondicionamiento previo para poder ingresar en el PIC. El adquirente incluirá la conexión del *LM 35*, sensor de temperatura.



3- Sensores de Tensión y Corriente

Para la elección los sensores se debieron tener en cuenta las características del motor y las especificaciones del microcontrolador PIC.

Este procesador tiene la particularidad de que la tensión de las señales no debe ser inferior a 0 V. y no superar los 5 V.



Debido a que tanto la señal de corriente como la señal de tensión son senoidales, se presenta el inconveniente de que medio ciclo las mismas se encuentran por debajo del 0. Para sortear ese obstáculo se realizó, mediante amplificadores operacionales, un circuito en el cual se le suma a la señal original una tensión continua para poder así elevar la señal y colocarla dentro del rango especificado por el PIC. (Fig. 2a y Fig. 2b).

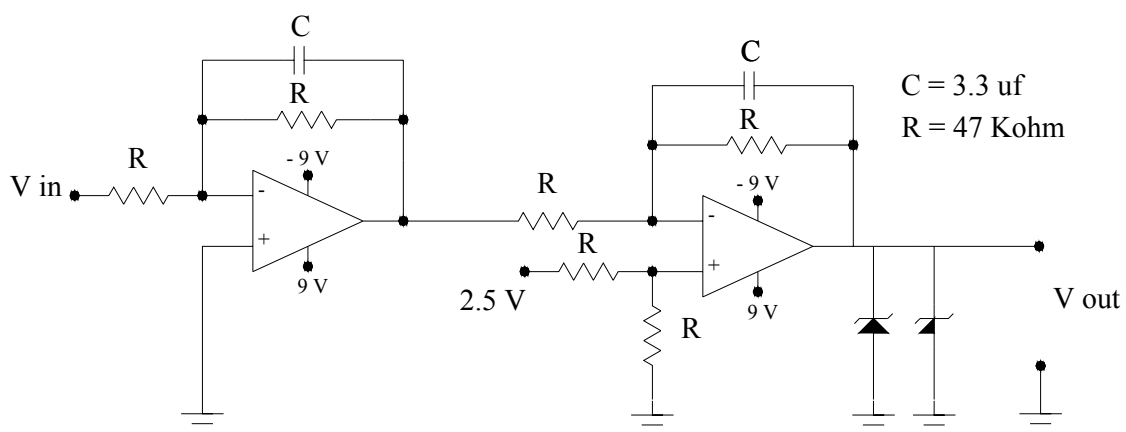


Fig 2b. Circuito elevador de Tensión



La utilización de dos amplificadores operacionales (AO) LM348N se debe al hecho de que al ingresar con la señal por V_{in} y atravesar el primer AO, éste desplaza la señal 180° con lo cual la senoidal se ve invertida. Esto realmente genera un problema ya que una vez adquiridas todas las señales, se pretende utilizarlas para realizar operaciones aritméticas.

Una vez que la señal haya atravesado el primer AO estaría lista para entrar al segundo, el cual funciona como un sumador. En este AO la señal vuelve a atrasar otros 180° (por lo que quedaría como en su forma original) y se le suma una continua de 2,5 volts. De esta forma, se obtiene la señal dentro del rango deseado, lista para entrar al PIC. Los diodos puestos al final del circuito son utilizados para protección del microprocesador.

El zener no permite que la señal sobrepase los 5V y el Schottki lo protege cuando se encuentra por debajo de 0.2 V.

Cabe mencionar que el circuito de la Fig. 2 se repetirá para cada una de las señales senoidales.

Para realizar el acondicionamiento de tensión y de corriente fue utilizado el integrado LM348, (Fig.3, integrados que contienen 4 AO. Ver apéndice). En la Fig. 4 se puede observar el circuito completo para las tres señales de tensión y las tres de corriente.

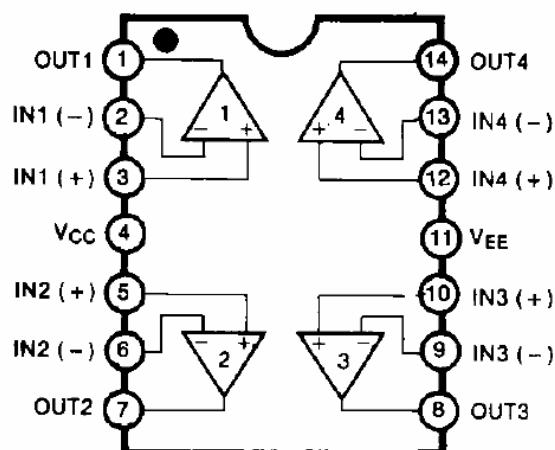


Fig.3.- Integrado LM348.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Circuito acondicionador de señal

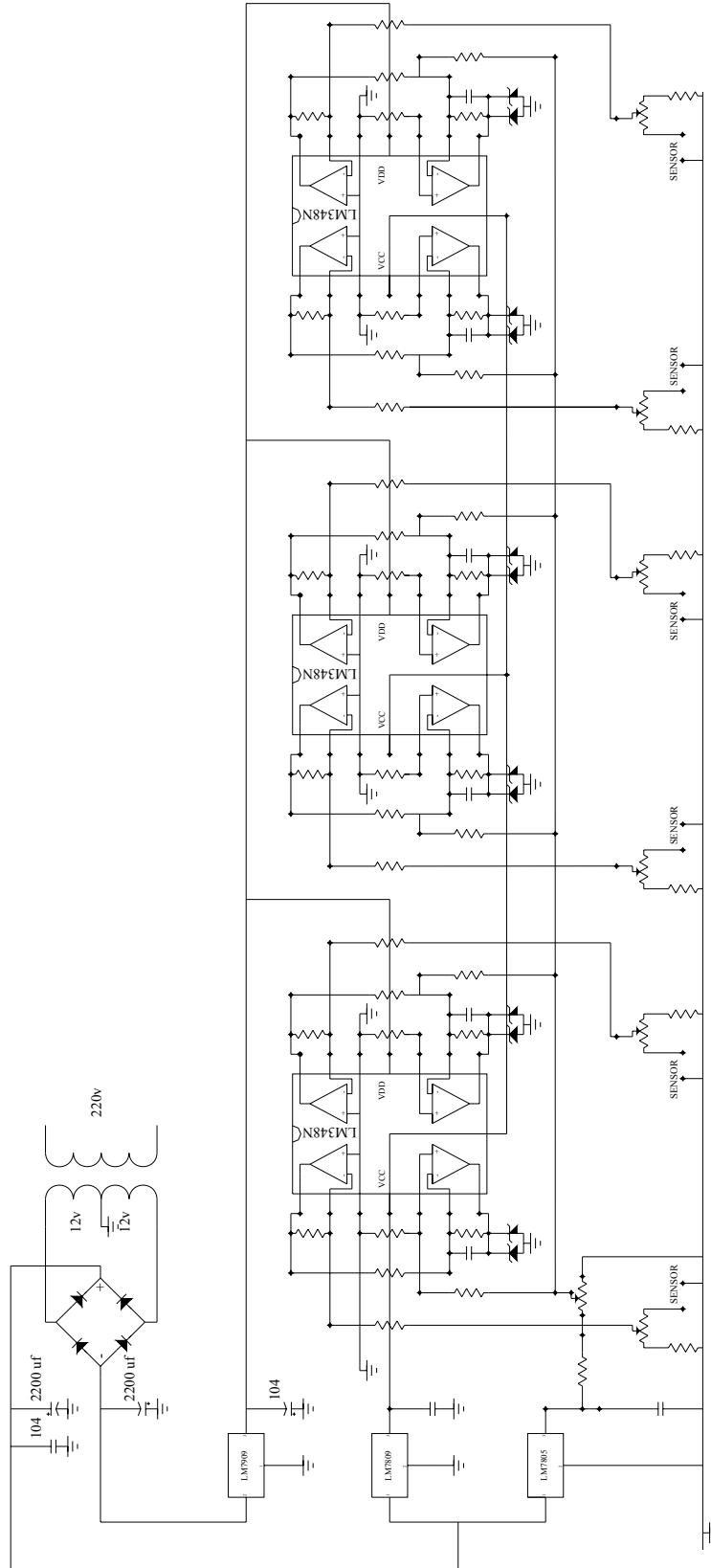
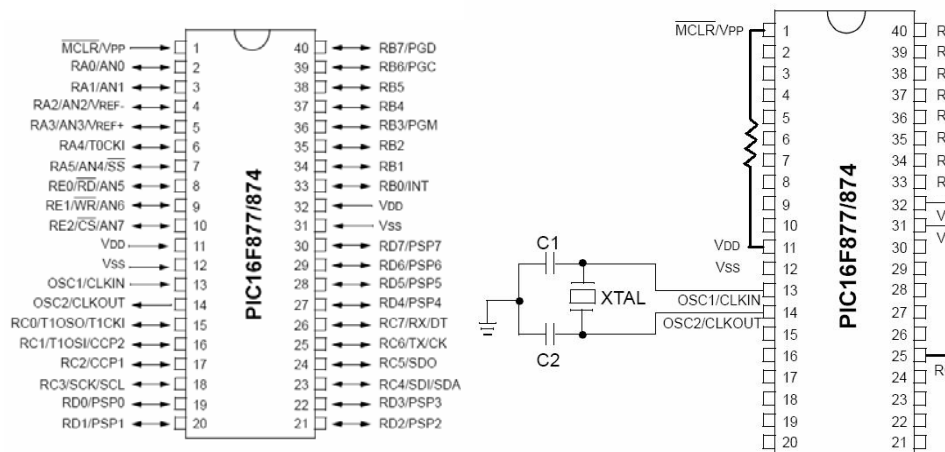


Fig. 4.- Circuito acondicionador de las señales de tensión y de corriente.



4 – MicroControlador PIC16F874a

Con el objetivo de que el funcionamiento del PIC corresponda a lo programado, fue colocado un cristal de 20 Mhz y los capacitores correspondientes (págs.121-122) del *data sheet* del PIC). La alimentación debe ser de 5 V.



Donde: $C1 = C2 = C3 = 15-33 \text{ pf}$; $Xtal = 20\text{Mhz}$; $R = 100 \Omega$

5- Transmisor – Fibra óptica

El transmisor de la fibra óptica debe ser conectado tal cual se indica en la *Fig. 5*, debido a que la señal que se obtiene en el receptor se vería invertida. Por esta razón se coloca el *CD40107BE*, el cual mediante una compuerta nand invierte la señal, permitiendo ver en el receptor la señal original.

Cabe destacar que tanto el transmisor como la compuerta, se encuentran en la plaqueta de adquisición mientras que el receptor es colocado en la entrada de un circuito integrado (*Max232*, ver sección *Max232*) que permite realizar la etapa fibra óptica PC.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

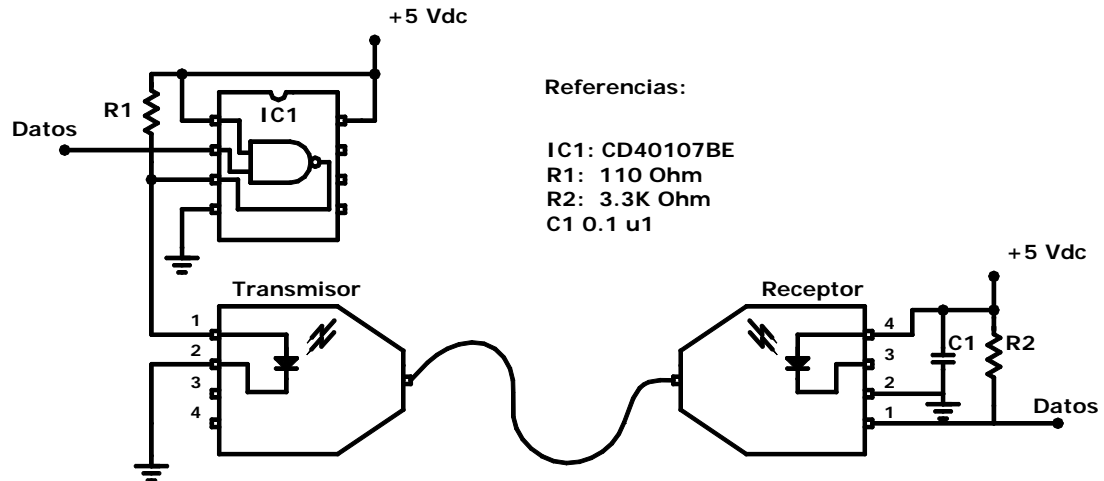


Fig.5.- Diagrama de conexión de la fibra óptica

6- Diseño de la plaqueta

En el diseño se pueden observar todos los circuitos, las fuentes de tensión, el PIC, el trasmisor de la fibra óptica y la conexión para el LM35 (sensor de temperatura). Se encuentran también las conexiones para la alimentación y los sensores de tensión y de corriente.

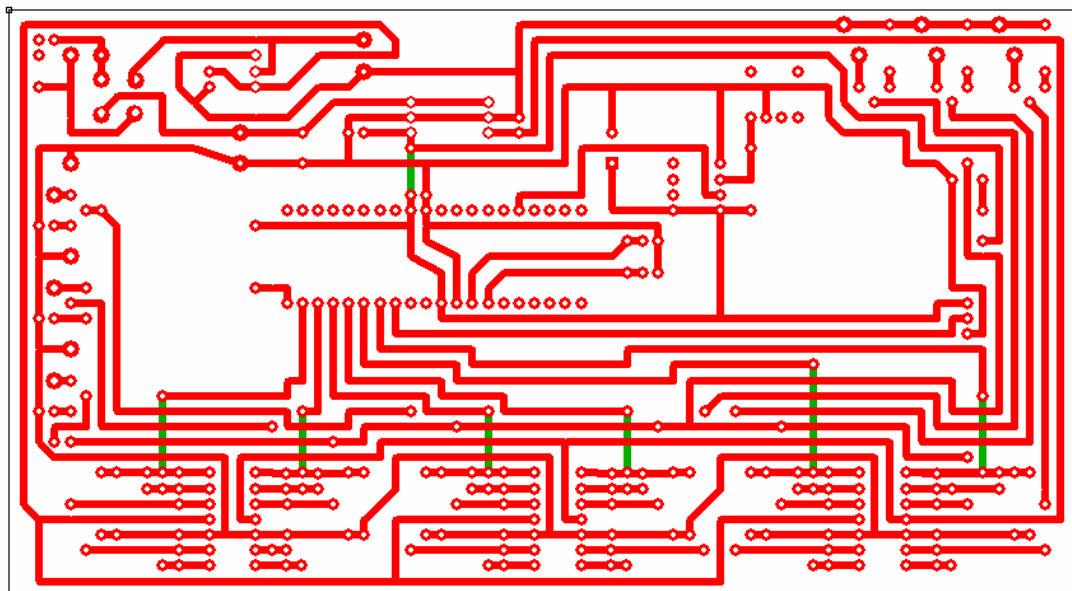
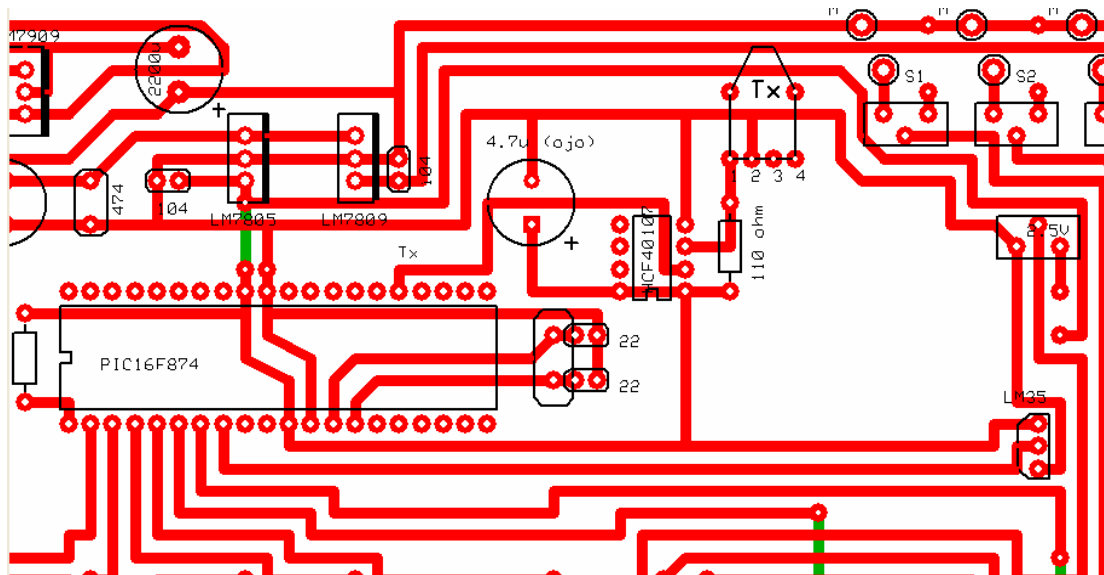


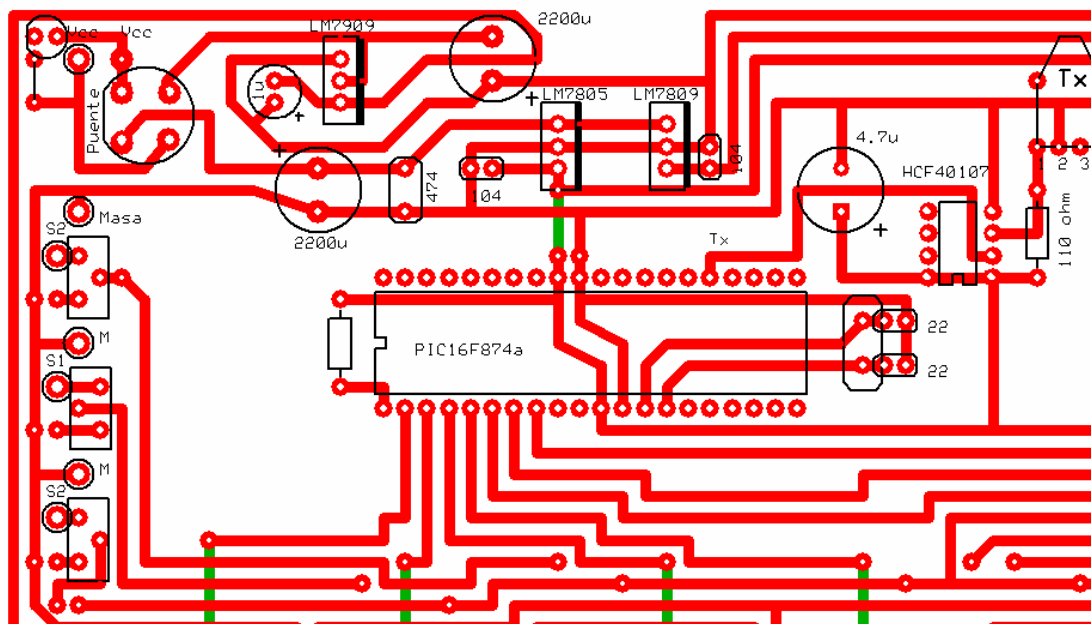
Fig. 6.- Diseño de la plaqueta



Conexión del Microprocesador (PIC), del transmisor de la *fibra óptica* y del LM35



Conexión de la alimentación, fuentes y tres de las seis entradas de los sensores.

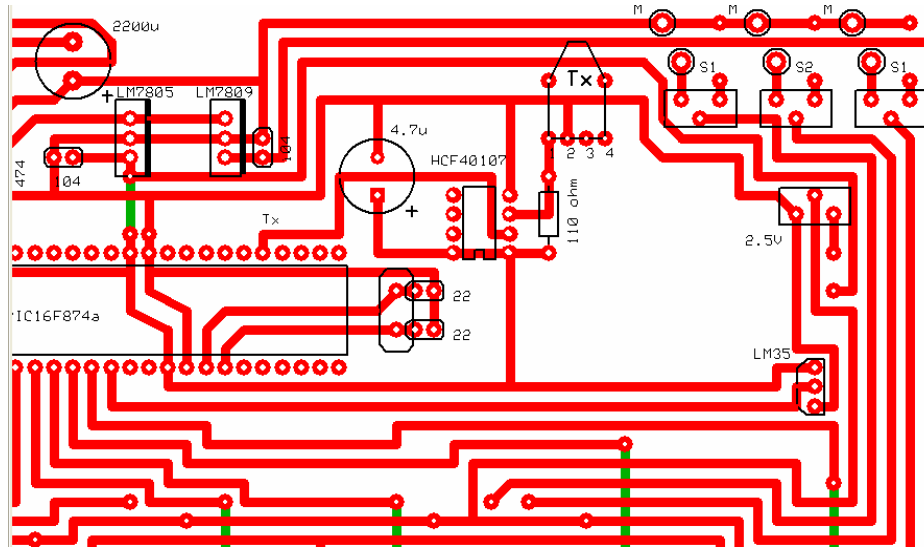




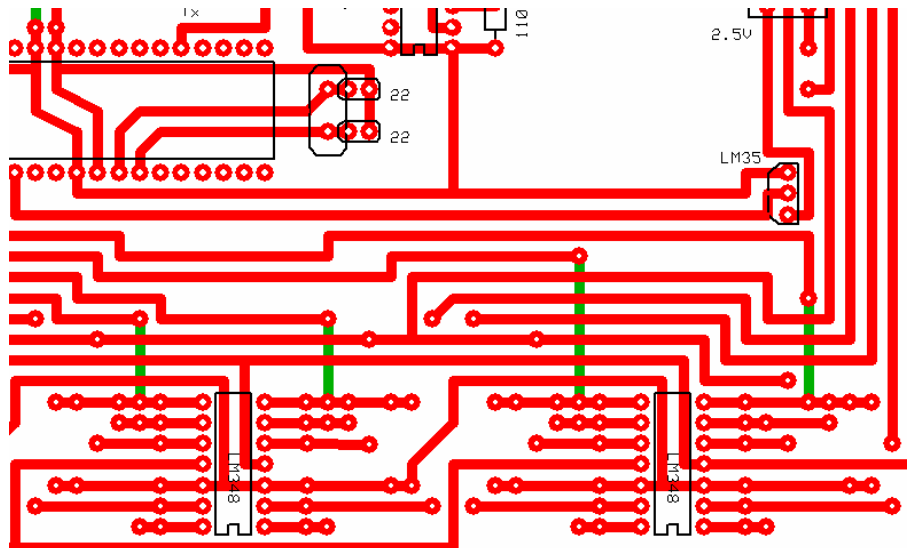
MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Transmisor para la fibra óptica, conexión para las otras tres entradas de los seis sensores, divisor de tensión utilizando un preset para 2,5 V de corriente continua y sensor de temperatura LM35.



Conexión de los AO LM348 utilizados para el acondicionamiento de las señales de tensión y corriente.



7- Conclusión

Con este acondicionamiento se asegura que las señales están aptas para ser ingresadas al microcontrolador y que éste realice correctamente lo programado en el mismo.



Descripción del PIC

1- Introducción

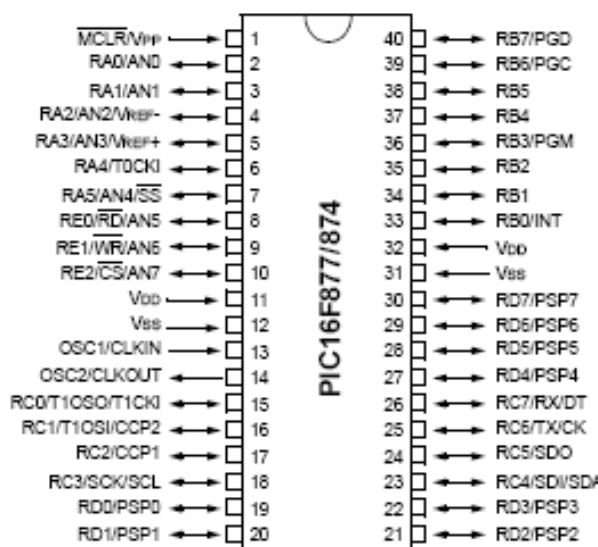
Para la adquisición de las señales sensadas, en primera instancia, se había pensado hacerla a través de un multiplexor, un conversor analógico/digital y luego almacenarlas en una memoria para hacer la transmisión. Uno de los inconvenientes al hacerlo de esta manera era que los tiempos de multiplexación y conversión debían estar bien definidos, y ninguna hoja de dato brinda esa información ya que ese tiempo depende del circuito donde se encuentra ubicado.

Por esta razón se llegó a la elección del microcontrolador PIC de microchip, el cual posee internamente un multiplexor, un conversor analógico/digital, una memoria, una usart de transmisión y temporizadores; lo único que necesita para su funcionamiento es una alimentación de 5V de corriente continua.



2- Características

El microchip elegido fue el *PIC16F874a*.



Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



Características de los pines del microcontrolador

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	2	18	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input0. RA1 can also be analog input1. RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage. RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage. RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type. RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin. RB3 can also be the low voltage programming input. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



Continuación - características de los pines del microcontrolador

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input. RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output. RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output. RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I ² C modes. RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode). RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode). RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock. RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE0/ \overline{RD} /AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTE is a bi-directional I/O port. RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5. RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6. RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
RE1/ \overline{WR} /AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE2/ \overline{CS} /AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
Vss	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
Vdd	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28,40	12,13,33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Mapa de registros. Este mapa permite ver las direcciones (posición) de los archivos de los registros

File Address		File Address		File Address		File Address	
Indirect addr. ^(*)	00h	Indirect addr. ^(*)	80h	Indirect addr. ^(*)	100h	Indirect addr. ^(*)	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTD ^(*)	08h	TRISD ^(*)	88h		108h		188h
PORTE ^(*)	09h	TRISE ^(*)	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved ⁽²⁾	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved ⁽²⁾	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h				
T2CON	12h	PR2	92h				
SSPBUF	13h	SSPADD	93h				
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h				
CCPR1L	15h		95h				
CCPR1H	16h		96h				
CCP1CON	17h		97h				
RCSTA	18h	TXSTA	98h				
TXREG	19h	SPBRG	99h				
RCREG	1Ah		9Ah				
CCPR2L	1Bh		9Bh				
CCPR2H	1Ch		9Ch				
CCP2CON	1Dh		9Dh				
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh				
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh				
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		General Purpose Register 96 Bytes		accesses 20h-7Fh		accesses A0h - FFh	
	7Fh		FFh		16Fh 170h 17Fh		1EFh 1F0h 1FFh
Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	

■ Unimplemented data memory locations, read as '0'.

* Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F873.

2: These registers are reserved, maintain these registers clear.



3- Configuración del PIC para la adquisición de datos

Este PIC consta de un oscilador externo, para el funcionamiento de todos sus componentes internos, el cual puede ser operado en 4 diferentes modos.

- LP Low power Crystal.
- XT Crystal/Resonator.
- HS High Speed Crystal/Resonator.
- RC Resistor/Capacitor.

Se eligió, en este caso, un oscilador de alta velocidad (HS) debido a que cuanto mayor es la velocidad del conversor, se obtiene mayor número de muestras y de esta manera es posible obtener una mejor precisión de la curva de la señal sensada.

Una vez elegido el oscilador, se seleccionaron los capacitores que conforman toda la circuitería del mismo mediante la *tabla n°4*, de la cual se obtuvo un valor del capacitor de 22 pf.

Osc Type	Crystal Freq.	Cap. Range C1	Cap. Range C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20 MHz	15-33 pF	15-33 pF
These values are for design guidance only. See notes following this table.			
Crystals Used			
32 kHz	Epson C-001R32.768K-A	± 20 PPM	
200 kHz	STD XTL 200.000KHz	± 20 PPM	
1 MHz	ECS ECS-10-13-1	± 50 PPM	
4 MHz	ECS ECS-40-20-1	± 50 PPM	
8 MHz	EPSON CA-301 8.000M-C	± 30 PPM	
20 MHz	EPSON CA-301 20.000M-C	± 30 PPM	

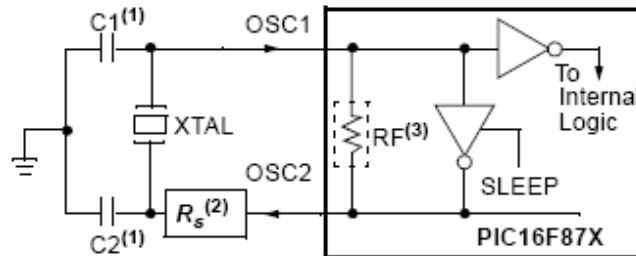
Tabla N° 4. Tipos de osciladores



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



El circuito del oscilador es el siguiente:



Con el oscilador conectado, la alimentación de 5V y las salidas de los sensores conectados a los pines del PIC de las entradas seleccionadas, se prosiguió con la programación del PIC.

Los datos tomados por los sensores entran al microcontrolador PIC y éste es configurado para que realice determinadas tareas.

La programación es realizada mediante un programa llamado MPLAB y el lenguaje de programación es el Assembler.

Debido al elevado costo del dispositivo encargado de grabar la programación en el PIC, se decidió realizar dicho programador. Este programa se carga en el PIC mediante una plaqueta de programación por medio de un programa llamado PONYPROG.

En cuanto a la programación, una de las líneas que no puede faltar es la del encabezado, en ésta se declara el modelo del PIC, para que el programa identifique todas las funciones que tiene este microcontrolador y la línea de configuración.

```
PROCESSOR PIC16F874A
```

```
LIST    p = PIC16F874A, c=255 ; list directive needed for configuration bits  
TITLE  Adquisidor
```

```
RADIX hex ; en Hexadecimal
```

```
INCLUDE p16f874a.inc  
__config H'3F3A'
```



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



Una vez realizada la elección del oscilador, se procedió a declarar las variables internas del PIC que van a ser utilizadas.

Algunas de estas variables, llamadas registros, ya están declaradas por defecto en el mismo procesador, y otras fueron declaradas según se necesitaban para hacer que el procesador realizara lo pretendido.

Se declaran además, las interrupciones. Se le llama interrupción a un salto especial, una subrutina que no está contemplada en un punto específico del programa principal, sino que puede ocurrir en cualquier punto de éste y no es provocado por una instrucción en el programa, sino por un evento interno o externo al sistema del microcontrolador.

El PIC cuenta con registros de 8 bits, donde se van colocando 1 y 0, en cada uno, para ir logrando lo que se quiere hacer. Por ejemplo, el registro de conversión analógico / digital, tiene en cada bit una especificación determinada: la que enciende el conversor, los bits de selección de canal, el estado de conversión, y selección del clock de conversión.

Para que los datos ingresen al microcontrolador, se deben elegir cuáles van a ser los pines de entrada y configurarlos como tales, en el registro correspondiente.

El puerto A posee 6 líneas bidireccionales. Los tres registros asociados a este puerto son los siguientes:

Registro PORTA (05H).- Registro de estado del Puerto A. Cada uno de los 6 bits menos significativos (RA5,...,RA0) de este registro están asociados a la línea física correspondiente del puerto. Al hacer una lectura, este registro lee el estado de todas las patitas del puerto. Todas las escrituras al registro son operaciones del tipo "lee-modifica-escribe", es decir, toda escritura al puerto implica que el estado de las patitas es leído, luego es modificado y posteriormente se escribe al latch de datos del puerto.

Registro TRISA (85H).- Cada bit de este registro configura la dirección en que fluye la información de la patita correspondiente del puerto A, así, para $k=0,1,\dots,5$ }



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



Bit k de TRISA = 1 configura la patita RAK del puerto A como Entrada.

Bit k de TRISA = 0 configura la patita RAK del puerto A como Salida.

Registro ADCON1 (9FH).- Las patitas RA0, RA1, RA2, RA3 y RA5 están multiplexadas con las entradas analógicas AN0,...,AN4, de manera que antes de utilizarlas deben ser configuradas si serán usadas como entradas analógicas o como entradas / salidas digitales. Para seleccionar la segunda opción (entradas / salidas digitales) se debe colocar en la mitad menos significativa de este registro un 0110b (es decir, un 06h).

Los PIC16F874 poseen un módulo ADC interno que les permite manejar 8 entradas.

El multiplexor.- El ADC es un convertidor de aproximaciones sucesivas de 10 bits, el cual puede realizar la conversión de una de las 8 entradas (o canales) analógicas AN0,..., AN7 multiplexados por la lógica interna que utiliza como líneas de selección del canal los bits CHS2:CHS0, en donde se coloca el número en binario del canal a convertir.

Voltajes de Referencia.- Todo convertidor A/D requiere voltajes de referencia que determinan el valor de mínima escala (VREF-) y el de plena escala (VREF+), de manera que la conversión de un valor de voltaje analógico V_{in} en el rango de VREF- a VREF+ producirá un valor equivalente binario D en el rango de 0 a 2^n , Donde n es la resolución del convertidor ($n = 10$).

1) Configurar el módulo A/D:

a. Configurar los pines analógicos y los Voltajes de referencia VREF- y VREF+, mediante el registro ADCON1 (9Fh) (y los correspondientes bits TRIS como entradas).

b. Seleccionar el canal de entrada a convertir mediante los bits CHS2:CHS0 del registro ADCON0 (1Fh).

c. Seleccionar el reloj de conversión mediante los bits ADCS1:ADCS2 (ADCON0<7:6>).

d. Energizar el convertidor mediante el bit ADON (ADCON0<0>).



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



- 2) Esperar mientras transcurre el tiempo de adquisición (aprox. 20 μ seg).
- 3) Iniciar la conversión poniendo el bit GO/DONE (ADCON0<2>).
- 4) Esperar a que termine la conversión:
 - a. Por *polleo* (Polling): Consultando continuamente el bit GO/DONE (el cual es limpiado por el convertidor cuando la conversión está completa).
 - b. Por interrupciones: Cuando la conversión termina, la bandera ADIF se activa y esto genera una solicitud de interrupción, la cual deberá ser atendida por una rutina de atención a la interrupción diseñada para ello.
- 6) Leer el dato convertido D de los registros (ADRESH:ADRESL).
- 7) Para la siguiente conversión, esperar al menos 2TAD (Donde TAD es el tiempo de conversión por bit).

A continuación se presenta un resumen de los registros relacionados con la operación del convertidor:



Bits 7-6 **ADCS1:ADCS0**.- Selección de reloj de acuerdo a la *tabla n° 6*:

ADCS1	ADCS0	Frec. seleccionada
0	0	$F_{osc}/2$
0	1	$F_{osc}/8$
1	0	$F_{osc}/32$
1	1	F_{RC} (oscilador RC interno)*

Tabla n° 6. Selección del reloj de acuerdo al cristal.



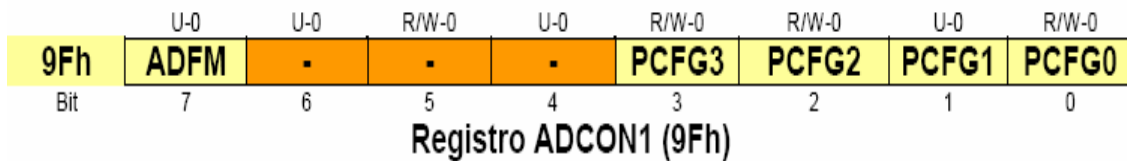
**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



Bits 5-3 **CHS2:CHS0**.- Selección de canal analógico a convertir. Se selecciona uno de los ocho canales AN0,...,AN7 colocando en estos tres bits el número binario correspondiente al canal deseado. (Los canales analógicos a usar deberán tener sus bits TRIS correspondientes seleccionados como entradas).

Bit 2 **GO/DONE**.- Bit de inicio y fin de conversión.- Con el convertidor encendido, poniendo este bit en 1 se inicia la conversión del canal seleccionado. Este bit permanece en 1 durante la conversión y es limpiado automáticamente por el convertidor al terminar la conversión.

Bit 0 **ADON**.-Encendido del convertidor. Al poner este bit en 1 el convertidor se enciende y al ponerlo en 0 se apaga y no consume corriente.



Bit 7 **ADFM**.- Selección de formato del resultado. Al ponerlo en 1 se selecciona un resultado de 10 bits justificado a la derecha. Y con un 0 se selecciona justificación a la izquierda. En la siguiente se explica mas adelante con mayor detalle.

Bits 3-0 **PCFG3:PCFG0**.- Bits de configuración de las entradas del convertidor. Configuran las patitas de entrada del convertidor de acuerdo a la tabla n°7, (donde A = Entrada Analógica D = Entrada /Salida digital).

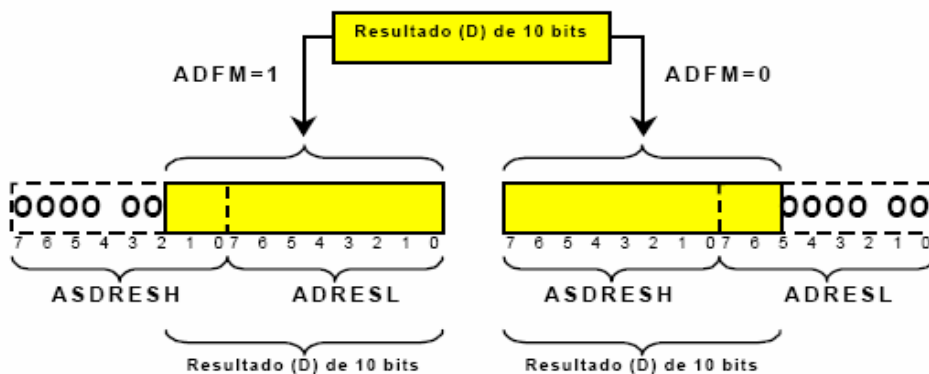


PCFG3: PCFG0	AN7 ⁽¹⁾ /RE2	AN6 ⁽¹⁾ /RE1	AN5 ⁽¹⁾ /RE0	AN4/ RA5	AN3/ RA3	AN2/ RA2	AN1/ RA1	AN0/ RA0	V _{REF+}	V _{REF-}	Can ⁽²⁾ /Refs
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	V _{REF+}	D	A	A	VDD	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	D	A	RA3	RA2	1/2

Tabla n° 7. Configuración de acuerdo a las entradas y salidas.

4- Registros de resultados de la adquisición

El par de registros **ADRESH:ADRESL (1Eh:9Eh)** son cargados con el dato (D) resultante de una conversión analógico / digital al terminar ésta. Cada uno de estos registros es de 8 bits, por lo tanto, juntos pueden guardar hasta 16 bits. Sin embargo, como el resultado D es de 10 bits, el módulo de conversión A/D permite justificarlo (alinearlo) en la parte izquierda o derecha de los 16 bits disponibles, para elegir alguna de las dos opciones se usa el bit ADFM (ADCON1<7>) como se muestra en la siguiente figura:





5- Configuración de los registros para la transmisión

Con los datos ya adquiridos se configura el puerto serie USART del PIC. Este puerto es uno de los periféricos contenido en el PIC que le permite realizar comunicación en serie, también conocida como SCI (Serial Communications Interface). Puede configurarse como una unidad de comunicación en serie para la transmisión de datos asíncrona con dispositivos tales como terminales de computadora.

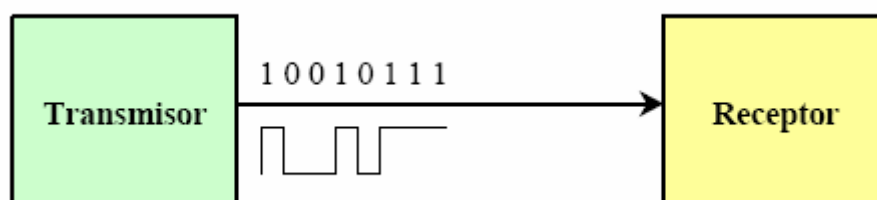
Se usó la comunicación en serie debido a que ofrece grandes ventajas como:

Económica.- Utiliza pocas líneas de transmisión, inclusive puede usar sólo una línea.

Confiable.- Los estándares actuales permiten transmitir datos con bits de paridad y a niveles de voltaje o corriente que los hacen poco sensibles al ruido externo. Además por tratarse de información digital, los cambios en amplitud de las señales (normalmente causadas por ruido) afectan muy poco o nada la información.

Versátil.- No está limitada a usar conductores eléctricos como medio de transmisión, pudiendo usarse también: fibra óptica, aire, vacío, etc. Además el tipo de energía utilizada puede ser diferente: luz visible, infrarroja, ultrasonido, pulsos eléctricos, radio frecuencia, microondas, etc.

Comunicación en Serie: La comunicación en serie sólo utiliza una línea para la transmisión de datos, y opcionalmente alguna línea o líneas para protocolo. Como ejemplo, en la siguiente figura se muestra como se transmitiría en serie el mismo dato.





La desventaja obvia de la comunicación serie es que los bits de un dato se envían de a uno por uno, de manera que mientras que la comunicación en paralelo envía en un ciclo un dato de 8 bits, a la comunicación serie le toma más de 8 ciclos.

6- La USART del PIC16F874a

La USART del PIC puede ser configurada para operar en tres modos:

- Modo Asíncrono (full duplex (transmisión y recepción simultáneas))
- Modo Síncrono – Maestro (half duplex)
- Modo Síncrono – Esclavo (half duplex)

En nuestro caso, la configuración elegida es el modo asíncrono, el cual para la sincronización utiliza: 1 byte de inicio, 1 byte de datos y 1 byte de paro. Mientras no se están transmitiendo datos la USART envía continuamente un byte de marca. El modo asíncrono se selecciona limpiando el bit SYNC del registro **TXSTA (98H)**.

El módulo Asíncrono de la USART consta de 3 módulos fundamentales:

- El circuito de muestreo.
- El generador de frecuencia de transmisión (Baud Rate).
- El transmisor asíncrono.
- El receptor asíncrono.

El circuito de muestreo.- El dato en la patita de recepción (RC7/RX/DT) es muestreado tres veces para poder decidir mediante un circuito de mayoría, si se trata de un nivel alto o un nivel bajo.



7- Generador de frecuencia de transmisión Baud Rate

Este generador consiste de un contador / divisor de frecuencia de 8 bits controlado por el registro **SPBRG (99H)**. De tal manera que la frecuencia de transmisión se calcula de acuerdo a la *tabla n° 8*:

SYNC	BRGH=0 (baja velocidad)	BRGH=1 (Alta velocidad)
0 (modo asíncrono)	Baud rate=Fosc/(64(X+1))	Baud rate=Fosc/(16(X+1))
1 (modo síncrono)	Baud rate=Fosc/(4(X+1))	-

Tabla n° 8. Frecuencia de transmisión.

```
; si BRGH = 0 (Low Speed) -> Baud Rate [bps] = fXtal[Hz]/(64*(X+1))
; si BRGH = 1 (High Speed) -> Baud Rate [bps] = fXtal[Hz]/(16*(X+1))
```

```
; si usamos un xtal de 18.432 mhz.
; uso BRGH = 1 (High Speed)
```

```
;kBaudRateCount_forPC EQU .129 ; esto es para transmitir 9600 bps
;kBaudRateCount_forPC EQU .64 ; esto es para transmitir 19200 bps
;kBaudRateCount_forPC EQU .42 ; esto es para transmitir 28800 bps
;kBaudRateCount_forPC EQU .36 ; esto es para transmitir 33600 bps
;kBaudRateCount_forPC EQU .20 ; esto es para transmitir 57600 bps
;kBaudRateCount_forPC EQU .10 ; esto es para transmitir 115200 bps
```

```
; si usamos un xtal de 20 mhz.
; uso BRGH = 1 (High Speed)
```

```
kBaudRateCount_forPC EQU .10 ; esto es para transmitir 115200 bps
```

En el registro **TXSTA** se coloca un 1 en el bit **BGRH** para configurar la transmisión a alta velocidad.

Sabiendo a que velocidad se quiere transmitir, que es la máxima que puede dar el PIC, se calcula el valor de X que se usa en la programación para transmitir en esa velocidad.

Se comprobó que el microcontrolador puede transmitir a más de lo especificado. Con una velocidad de 57600 bps se tuvieron unas 10 muestras de una señal cualquiera en un ciclo de 20 ms, pero se lo configuró a 115200 bps y se obtuvieron 15 muestras en un ciclo.

Esto se logró mediante la utilización de los temporizadores internos del PIC, siendo éste un componente más del microcontrolador. Con una pequeña rutina con



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



temporizadores se pasó la transmisión de 57600 a 115200. Con esa cantidad de muestras se puede levantar la curva sin ningún inconveniente.

Esta es una de las líneas de programación del PIC donde se muestra la configuración de la velocidad de transmisión:

```
kBaudRateCount_forPC EQU .10; esto es para transmitir 115200 bps
```

8- Conclusión

Debido a las ventajas de programación y a sus características, el PIC16F874a resulto el apropiado para la adquisición y transmisión de datos.

Cabe mencionar que la adquisición de estos datos resultaron ser dos, en lugar de 7 como era en una primera instancia, debido a las razones que se mencionan a continuación.

Al realizar los ensayos con el PIC, haciéndole llegar las 7 señales, utilizando generadores de señales en algunos pines, otros fueron puestos a potencial cero y a los restantes se les coloco el secundario de un transformador. Se pudo ver, mediante la computadora a través de un programa que adquiere datos del puerto serie de la PC llamado Serial Watcher, que se copiaban los datos de dos entradas sucesivas.

Esto llevo a ser modificaciones en el programa del PIC y siempre ocurría lo mismo. Por estas razones se opto por tomar dos señales de una sola fase, ya que al ser la carga un motor, se considera una carga equilibrada.

Con solo dos lecturas se pueden obtener los parámetros requeridos de la maquina sin tener en cuenta los datos de las otras fases.



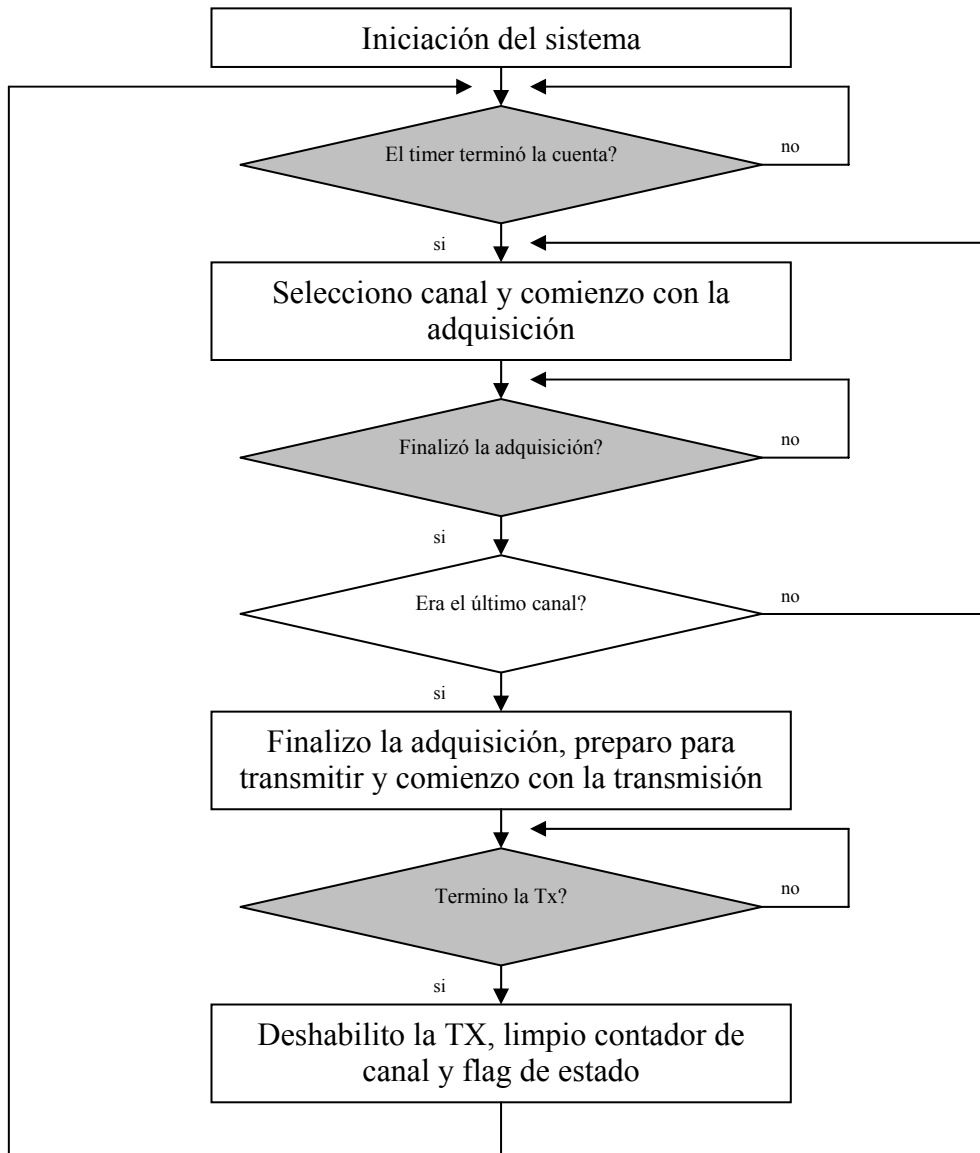
Diagramas de Flujo

Introducción

Para una mejor comprensión de los pasos realizados en la programación del microprocesador (ver sección programación de PIC), se detallan a continuación los diagramas de flujo de las distintas etapas en que subdividió la programación. Estos diagramas se dividieron en: ciclo principal, Rutina de atención de interrupciones, rutina de adquisición y rutina de transmisión.

Ciclo Principal

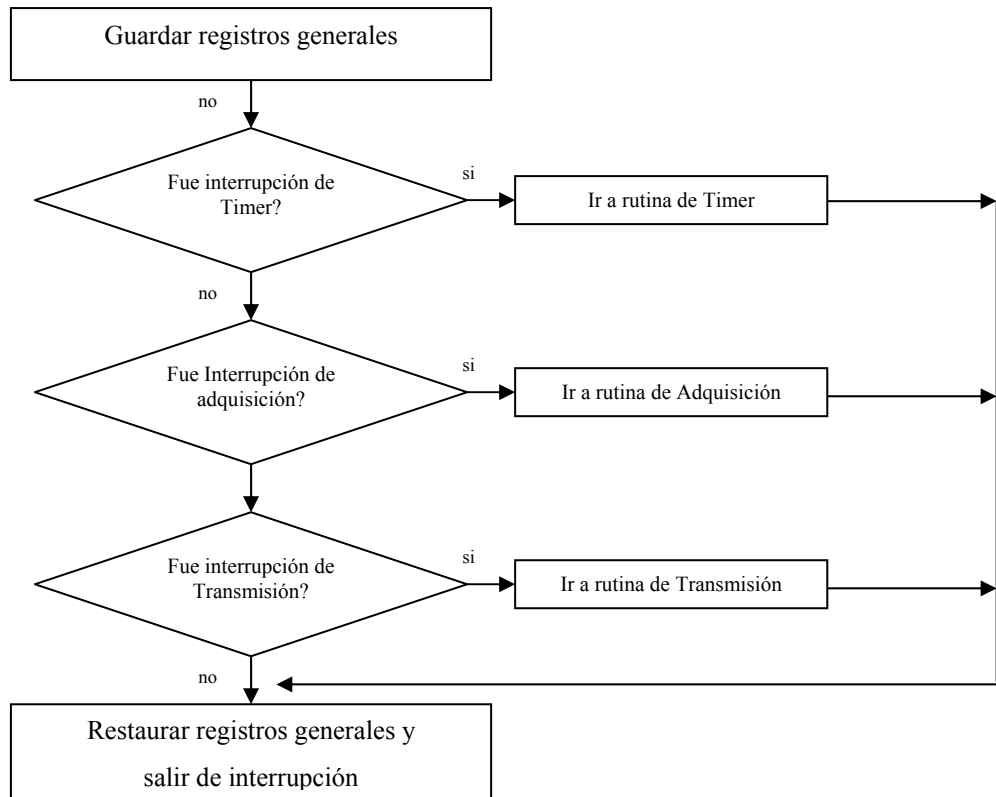
Los ciclos de espera (en gris) son finalizados por eventos de interrupción



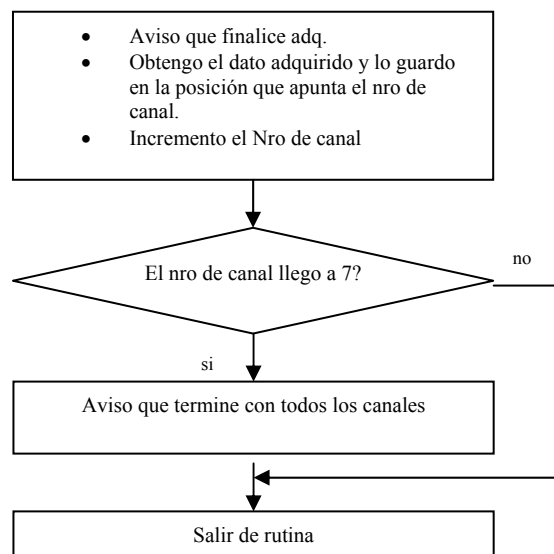


Detalle de los ciclos de interrupción

Rutina de atención de interrupciones

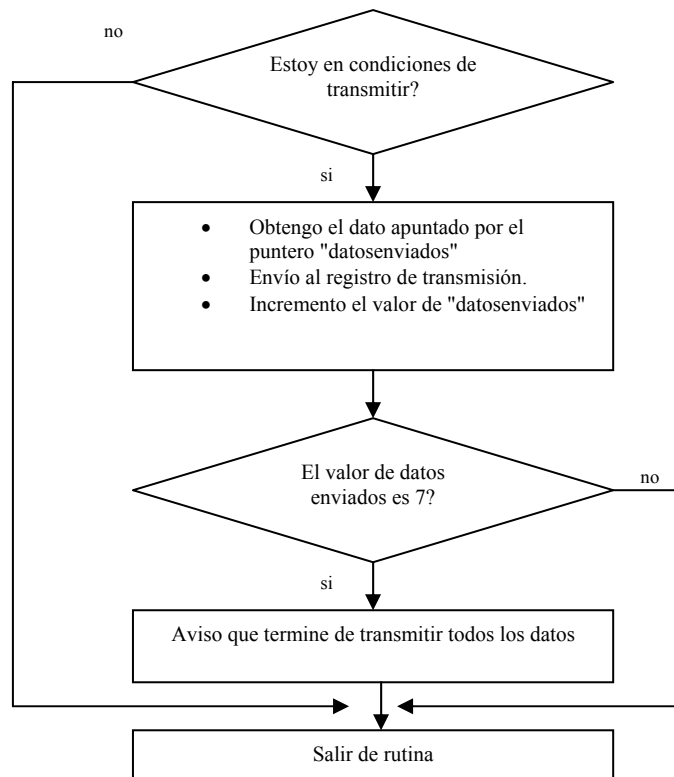


Rutina de Adquisición

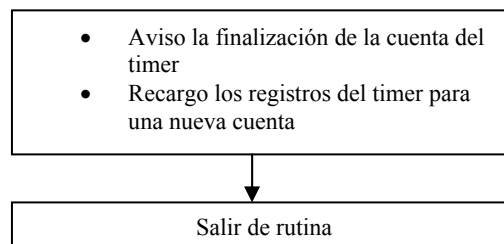




Rutina de Transmisión



Rutina de Timer



Conclusión

Debido a las ventajas de programación y a sus características, el PIC16F874a resulto ser el apropiado para la adquisición y transmisión de datos.



Escritura del programa y verificación del PIC

1- Introducción

El programa MPLAB es un entorno de desarrollo integrado que permite escribir y codificar los microcontroladores PIC de Microchip para ejecutarlos. Incluye un editor de texto, funciones para el manejo de proyectos, un simulador interno y una variedad de herramientas que ayudan a mantener y ejecutar la aplicación. También provee una interfase de usuario para todos los productos con lenguaje Microchip, programadores de dispositivos, sistemas simuladores y herramientas de tercer orden.

El escritorio básico de MPLAB se asemeja a las aplicaciones de Windows. Contiene una barra de menú en el margen superior, una de herramientas y una barra de estado en el margen inferior.

A continuación se enumeran algunas de las tareas que son posibles realizar con dicho programa:

- Manejar el escritorio MPLAB.
- Crear un nuevo archivo de código fuente para el ensamble e ingresarlo a un nuevo proyecto.
- Identificar y corregir errores simples.
- Ejecutar el simulador interno.
- Marcar puntos de interrupción.
- Crear ventanas de observación.
- Manejar ventanas para el seguimiento de errores.

2- Programación del PIC16F874a

La Programación del **PIC16F874a** fue realizada en el Bloc de Notas, grabada con extensión ***.asm** y luego abierta con el programa MPLAB. El lenguaje ensamblador produce, entre otros elementos, un archivo de extensión ***.hex**, para



luego poder grabar dicho programa en el MicroChip. Cabe aclarar que la programación fue grabada en el MicroChip mediante otro programa llamado PonyProg. Con este programa sólo es posible acceder a la información presente en el Microchip o grabarle algún otro programa al mismo.

El MPLAB no solamente permite preparar el archivo para ejecutar la programación sino también correrlo y simularlo. Esta simulación se puede realizar paso a paso pero no es del todo completa ya que para poder simular los saltos y las interrupciones programadas, son necesarias las entradas de las señales analógicas. De todas maneras, es útil para encontrar errores de tipeo del programa, configuración y orden de las sentencias.

3- Creación del proyecto en el programa MPLAB

El primer paso a realizar es la elección del Pic dentro del MPLAB, ya que este programa está creado para ser utilizado por distintos microchips. Para ello, se selecciona la ventana *Configure* y luego, dentro de *Select device*, se selecciona el Pic (en este caso: PIC16F874a). Luego en la barra de herramientas en *debugger/select tool* se selecciona el tipo de simulador, en este caso MPLAB SIM, ya que el dispositivo lo permite.

4- Análisis de los errores de programación

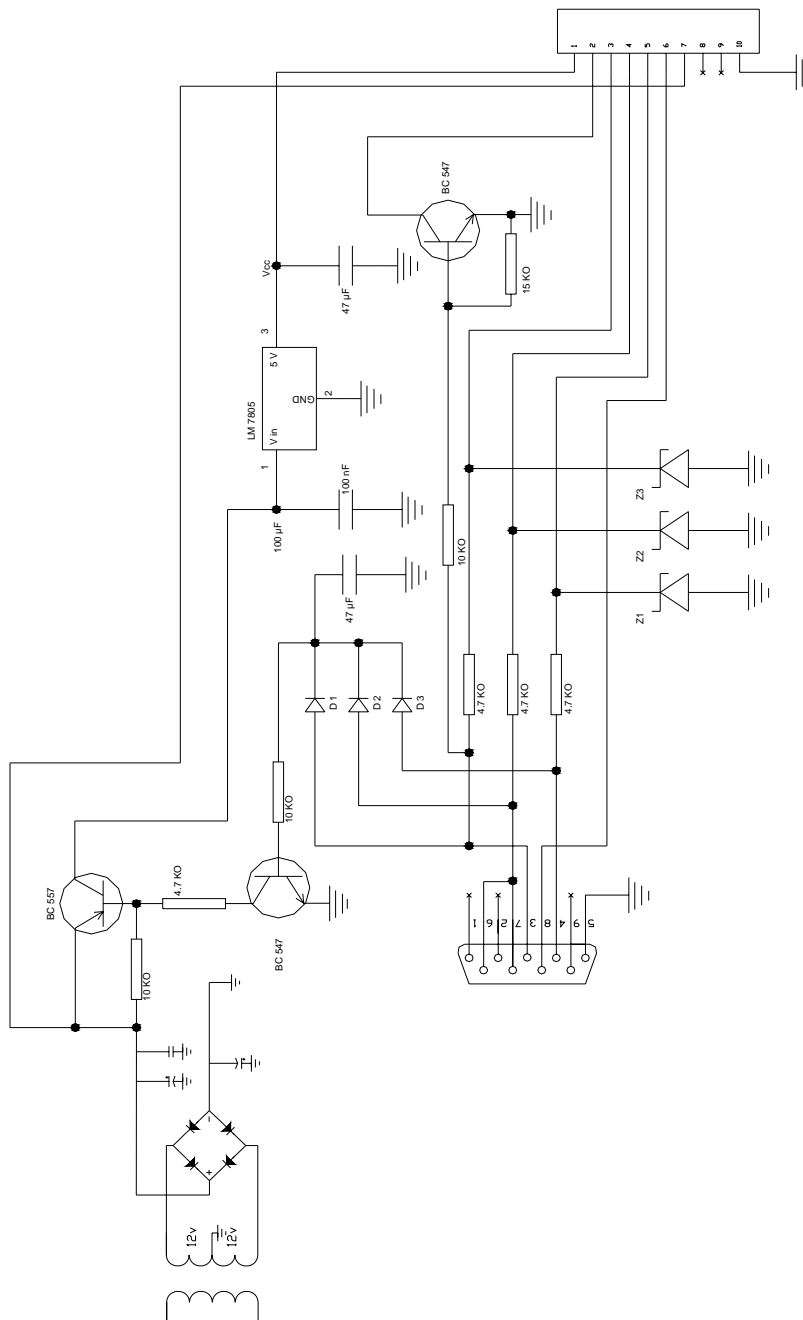
Con el objetivo de reconocer si existe algún error del tipo lenguaje, ya sea de orden sintáctico o semántico, se debe recurrir a *Project/Quickbuild para correr una simulación*. Una vez que el programa corrió, se abre una ventana que marca el error cometido y varios mensajes sobre el programa. Para poder visualizar el error marcado dentro del programa, bastará con hacer doble clic sobre la línea en la cual está marcado dicho error. Una vez eliminados todos los errores, el programa estará listo para ser grabado en el Pic.



5- Circuito del programador del PIC

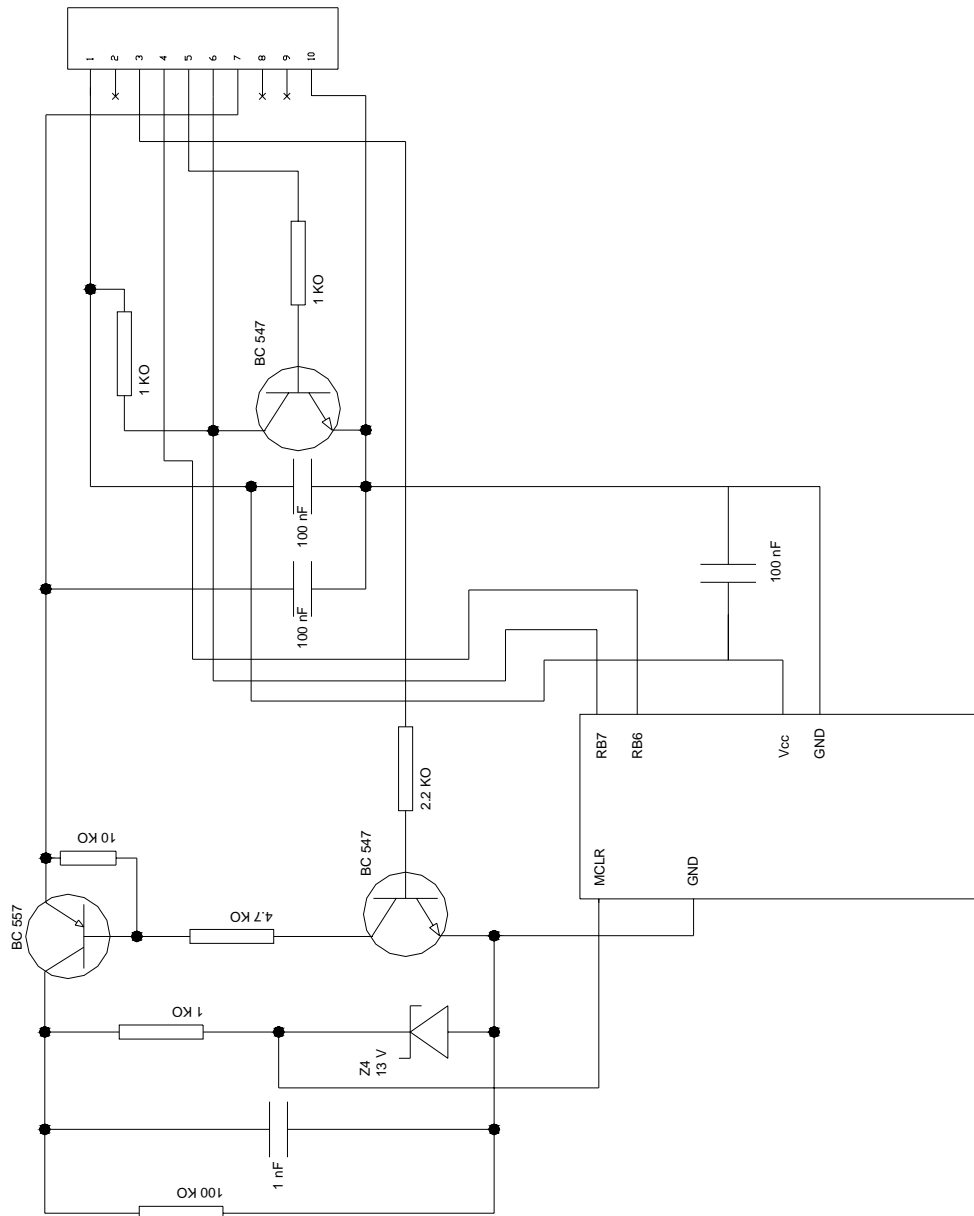
El circuito del programador esta dividido en dos debido a que la primera parte sirve para todos los microcontroladores de la marca MicroChip y la segunda, que va conectada a la bornera de la primera, es especifica del PIC16F87xx.

Primera etapa





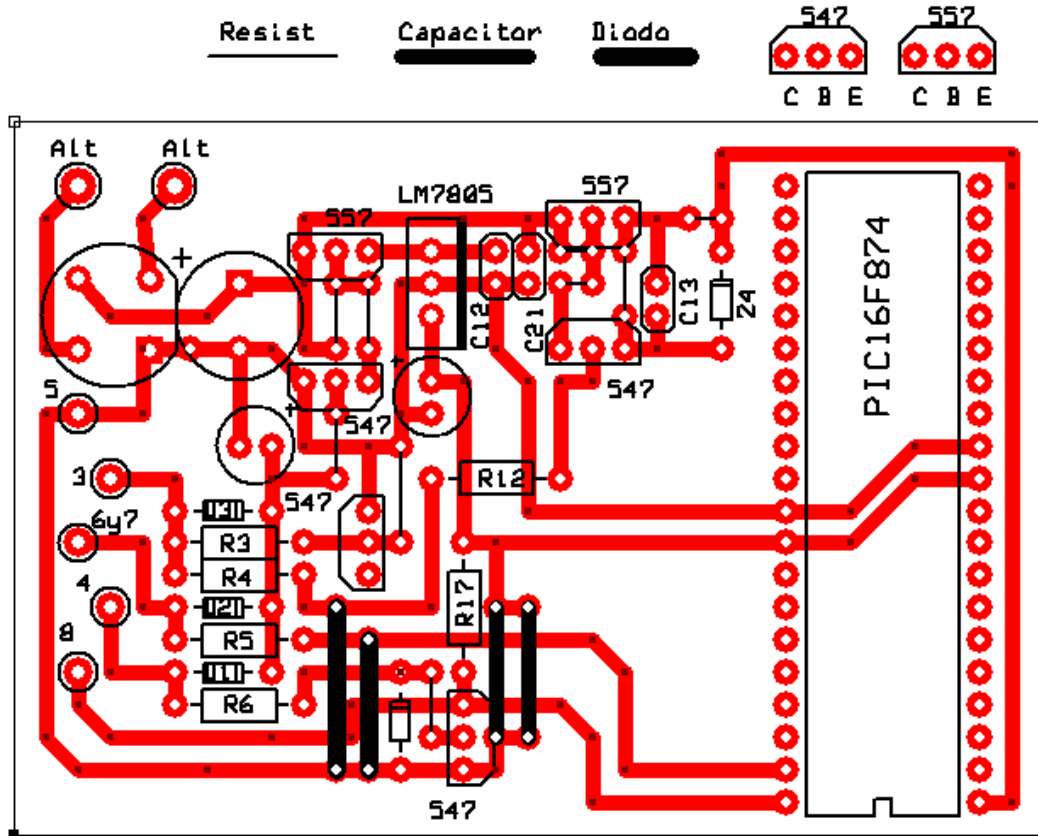
Segunda etapa



Para más detalle, ver circuito del programador en el anexo.



6- Diseño de la plaqueta del programador



7- Conclusión

Puesto que no se tenía acceso, por razones económicas, al equipo que provee MicroChip para la programación de todos sus Microcontroladores Pics, cuyo valor es alto, fue necesaria el desarrollo y la fabricación de la plaqueta que se muestra en el dispositivo anterior, para efectuar la carga de lo programado en el MPLAB. El circuito de la plaqueta se consiguió a través de la Cátedra de Adquisición de Señales y Sistemas de la Facultad de Ingeniería. La misma fue realizada solamente para la familia del PIC16F87xx.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Programación en Assembler del PIC16F874A

Introducción

En la siguiente sección se puede observar la programación que fue cargada, con extensión *.asm, dentro del microchip.

Programa

```
PROCESSOR PIC16F874A
LIST    p = PIC16F874A, c=255 ; list directive needed for configuration bits
TITLE   Adquisidor
RADIX   hex ; en Hexadecimal
INCLUDE p16f874a.inc

; Sets the processor's configuration bits
; __CONFIG__BODEN_ON & _CP_ON & _DATA_CP_OFF & _PWRT_ON & _WDT_ON & _LVP_OFF & _MCLR_ON & _HS_OSC
__config H'3F3A' ;equiva a la linea de arriba.

; DECLARACION DE CONSTANTES
; bit de la variable estado
kBitIdle      EQU    0x00
kBitAdq       EQU    0x01
kBitWAITAdq   EQU    0x02
kBitEndAdq    EQU    0x03
kBitSendData  EQU    0x04
kBitEndSendData EQU  0x05
kBitTimer     EQU    0x06

; si BRGH = 0 (Low Speed) -> Baud Rate [bps] = fXtal[Hz]/(64*(X+1))
; si BRGH = 1 (High Speed) -> Baud Rate [bps] = fXtal[Hz]/(16*(X+1))

; si usamos un xtal de 18.432 mhz.
; uso BRGH = 1 (High Speed)
;kBaudRateCount_forPC EQU .129 ; esto es para transmitir 9600 bps
;kBaudRateCount_forPC EQU .64 ; esto es para transmitir 19200 bps
;kBaudRateCount_forPC EQU .42 ; esto es para transmitir 28800 bps
;kBaudRateCount_forPC EQU .36 ; esto es para transmitir 33600 bps
;kBaudRateCount_forPC EQU .20 ; esto es para transmitir 57600 bps
;kBaudRateCount_forPC EQU .10 ; esto es para transmitir 115200 bps

; si usamos un xtal de 20 mhz.
; uso BRGH = 1 (High Speed)
kBaudRateCount_forPC EQU .10 ; esto es para transmitir 115200 bps

; DECLARACION DE VARIABLES
CBlock 0x020
;
; STATUS EQU 03h
; ADCON0 EQU 1Fh ; reg A/D
; ADCON1 EQU 9Fh ; CONFIGURACION DE LAS ENTRADAS
; INTCON EQU 0Bh ; INTCON ,BANK 0
; PIR1 EQU 0Ch ; REGISTRO QUE INDICA INTERRUPCION
; PIE1 EQU 8Ch
; ADRESH EQU 1Eh ; REGISTRO DE RESULTADO DE LA CONVERSION A/D HIGH
; ADRESL EQU 9Eh ; REGISTRO DE RESULTADO DE LA CONVERSION A/D LOW
; TRISA EQU 85h ; REGISTRO DE DIRECCION DE DATOS DEL PUERTO A
; PORTA EQU 05h ; PUERTO A
; TRISE EQU 89h ; BIT DE DIRECCION DE DATOS DEL PUERTO A
; PORTE EQU 09h ; PUERTO E
```



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



```

mTEMPw           ; 0x20
mTEMPs           ; 0x21
mTEMPf           ; 0x22 temporarios
mAux             ; auxiliar           0x23
mAux2            ; auxiliar           0x24
STATUSFLAG       ; BYTE DE ESTADO     0x25
CONTADORCANAL    ; BYTE CONTADOR DE CANAL  0x26 (0-6)
DATOSENVIADOS    ; DATOS ENVIADOS          0x27

```

```

MARCAINIOTX      ; CONSTANTE QUE VALE 0x5A  0x28
CANALVR          ; ADQ DEL CANAL TENSION R   0x29
CANALIR          ; ADQ DEL CANAL CORRIENTE R 0x2A
CANALVS          ; ADQ DEL CANAL TENSION S   0x2B
CANALIS          ; ADQ DEL CANAL CORRIENTE S 0x2C
CANALVT          ; ADQ DEL CANAL TENSION T   0x2D
CANALIT          ; ADQ DEL CANAL CORRIENTE T 0x2E
CANALTEMP        ; ADQ DEL CANAL TEMPERATURA 0x2F
MARCAFINTX      ; CONSTANTE "F"           0x30

```

BUFFER:.63

ENDC ; FIN DE BLOQUE

M_ToggleRB0 MACRO

```

; PARA DEBUG
movlw b'00000001'
xorwf PORTB,f

```

ENDM

M_ToggleRB1 MACRO

```

; PARA DEBUG
movlw b'00000010'
xorwf PORTB,f

```

ENDM

M_ToggleRB2 MACRO

```

; PARA DEBUG
movlw b'00000100'
xorwf PORTB,f

```

ENDM

M_ToggleRB3 MACRO

```

; PARA DEBUG
movlw b'00001000'
xorwf PORTB,f

```

ENDM

M_ToggleRB4 MACRO

```

; PARA DEBUG
movlw b'00010000'
xorwf PORTB,f

```

ENDM

=====

; inicio principal

ORG 0x0000 ; Vector de RESET

goto Inicio

; fuentes de interrupcion

```

; external, RB0/INT ( flag INTF en INTCON ) mask GIE, INTE
; external, RB4 ( flag RBIF en INTCON ) mask GIE, RBIE (interrupt-on-pin-change)
; external, RB5 ( flag RBIF en INTCON ) mask GIE, RBIE (interrupt-on-pin-change)
; external, RB6 ( flag RBIF en INTCON ) mask GIE, RBIE (interrupt-on-pin-change)
; external, RB7 ( flag RBIF en INTCON ) mask GIE, RBIE (interrupt-on-pin-change)
; internal, TMR0 Overflow ( flag TMR0IF en INTCON ) mask GIE, TMR0IE
; internal, TMR1 Overflow ( flag TMR1IF en PIR1 ) mask GIE, PEIE, TMR1IE
; internal, TMR2 to PR2 Match ( flag TMR2IF en PIR1 ) mask GIE, PEIE, TMR2IE
; internal, USART Receive ( flag RCIF en PIR1 ) mask GIE, PEIE, RCIE
; internal, USART Transmit ( flag TXIF en PIR1 ) mask GIE, PEIE, TXIE
; internal, PSP ( flag PSPIF en PIR1 ) mask GIE, PEIE, PSPIE
; internal, SSP ( flag SSPIF en PIR1 ) mask GIE, PEIE, SSPIE
; internal, AD ( flag ADIF en PIR1 ) mask GIE, PEIE, ADIE
; internal, CCP1 ( flag CCP1IF en PIR1 ) mask GIE, PEIE, CCP1IE
; internal, EE ( flag EEIF en PIR2 ) mask GIE, PEIE, EEIE
; internal, CCP2 ( flag CCP2IF en PIR2 ) mask GIE, PEIE, CCP2IE
; internal, CMI ( flag CMIF en PIR2 ) mask GIE, PEIE, CMIE
; internal, BCL ( flag BCLIF en PIR2 ) mask GIE, PEIE, BCLIE

```

;

; vector de interrupcion



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



```
ORG 0x0004

movwf mTEMPw           ; guardo W
swapf STATUS, w
movwf mTEMPs           ; guardo STATUS
movf FSR, w
movwf mTEMPf           ; guardo FSR

; pregunto cual fue la interrupcion que provoco el salto aca

BCF STATUS, RP0
BCF STATUS, RP1           ; BANCO 0

btsc PIR1, TMR1IF ; vino por overflow de TMR1 ?
goto jTMR1overflow

; fue interrupcion por fin de adquisicion?

btsc PIR1, ADIF           ; interrupcion por fin de adq
goto jFinAdq             ; si, salto a la rutina de atencion

; no, entonces fue por fin de transmision?

btsc PIR1, TXIF           ; interrupcion por tx
goto jUSART_Tx           ; si, salto a la rutina de atencion de TX

; no, termine con la atencion de interrupciones

goto jFinInterrupcion

;=====
===

;rutina de atencion de la conversion
jFinAdq

bcf PIR1, ADIF           ; limpio el bit de interrupcion
BSF STATUSFLAG, kBitAdq ; estoy en adquisicion
MOVLW CANALVR           ; cargo en w el address de la variable CANALVR
ADDWF CONTADORCANAL, W ; le sumo el valor del contador de canal
MOVWF FSR               ; cargo el registro FSR con address sumado
MOVF ADRESH, W         ; cargo el dato adquirido en W
MOVWF INDF             ; grabo en dato en la posicion de memoria
(CANALVR)+CONTADORCANAL
INCF CONTADORCANAL, f
MOVF CONTADORCANAL, W
SUBLW .7
;
; BTFSZ STATUS, Z
; BSF STATUSFLAG, kBitEndAdq
;
goto jFinInterrupcion

;=====
===

;rutina de atención de la transmisión
jUSART_Tx

bcf PIR1, TXIF
BTFSZ STATUSFLAG, kBitSendData
GOTO jFinInterrupcion

; si estaba en condiciones de transmitir, lo hago

variable CANALVR
MOVLW CANALVR           ; cargo en w el address de la
ADDWF DATOSENVIADOS, W ; le sumo el valor del contador de canal
MOVWF FSR               ; cargo el registro FSR con address sumado
MOVF INDF, W           ; cargo el dato del buffer en W
MOVWF TXREG            ; trasmito el dato que estaba en (CANALVR)+DATOSENVIADOS
INCF DATOSENVIADOS, f
MOVF DATOSENVIADOS, W
SUBLW .10
BTFSZ STATUS, Z
BSF STATUSFLAG, kBitEndSendData

goto jFinInterrupcion

jTMR1overflow
; RUTINA DE INTERRUPCION POR TIMER 1, QUE SERA EL ENCARGADO DE TRANSMITIR DATOS

bcf PIR1, TMR1IF           ; limpio el flag de interrupcion

M_ToggleRB4

bsf STATUSFLAG, kBitTimer ; aviso al prog. principal

; movlw 0xEA
```



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



```
; movwf TMR1H
; movlw 0x83 ; EA83 = 60035 con lo que el timer contara 5500 pulsos = 1.1 mseg
; movwf TMR1L
;

movlw 0xF2
movwf TMR1H
movlw 0x53 ; EA83 = 62035 con lo que el timer contara 3500
pulsos = 0.7 mseg
movwf TMR1L

goto jFinInterrupcion
; FIN TMR1Overflow

=====
===

jFinInterrupcion

movf mTEMPf, w ; restaura FSR
movwf FSR
swaf mTEMPs, w ; restaura STATUS
movwf STATUS
swaf mTEMPw, f
swaf mTEMPw, w ; restaura W

retfie

=====
===

Inicio
call InicioVariables

jArranque

jEsperoTimer

clrWdt
btfss STATUSFLAG, kBitTimer
goto jEsperoTimer

M_ToggleRB0

jBucle

clrWdt
; M_ToggleRB0

bsf ADCON0, ADON ; enciendo el adquisidor
CALL SeleccionarCanal ; selecciono el canal activo
BSF ADCON0, GO ; comienzo con la adquisición

jEsperoFinAdq

clrWdt
; M_ToggleRB3
BTFSS STATUSFLAG, kBitAdq ; ESPERO A QUE LA INTERRUPCION SE HAGA
GOTO jEsperoFinAdq ; SINO NO OCURRIO SIGO ESPERANDO

; bsf ADCON0, ADON ; enciendo el adquisidor

BCF STATUSFLAG, kBitAdq ; YA ADQUIRIRIO, LIMPIO EL FLAG
BTFSS STATUSFLAG, kBitEndAdq ; ERA EL ULTIMO BYTE ADQUIRIDO?
GOTO jBucle ; NO, FALTAN

; YA VINIERON TODOS

BCF ADCON0, GO
BCF STATUSFLAG, kBitEndAdq ; YA ADQUIRIRIO, LIMPIO EL FLAG
CLRF DATOSENVIADOS

MOVF MARCAINICIOTX, W
MOVWF TXREG

; M_ToggleRB2

bsf STATUS, RP0 ; Bank 1
bsf TXSTA, TXEN ; habilito la TX
bcf STATUS, RP0 ; Bank 0

BSF STATUSFLAG, kBitSendData

jEsperoFinTx

clrWdt

BTFSS STATUSFLAG, kBitEndSendData ; ESPERO A QUE LA INTERRUPCION SE HAGA
GOTO jEsperoFinTx ; SINO NO OCURRIO SIGO ESPERANDO
```



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



```
bsf STATUS, RP0 ; Bank 1
bcf TXSTA, TXEN ; deshabilito la TX
bcf STATUS, RP0 ; Bank 0
```

```
CLRF CONTADORCANAL
CLRF STATUSFLAG
```

```
goto jArranque
```

```
=====
===
```

; aca inicio las variables, configuro puertos, interrupciones, etc.

InicioVariables

; DESHABILITO LAS INTS.

```
clrf INTCON
clrf FSR
clrf STATUS
```

```
BCF STATUS,RP1
BSF STATUS,RP0 ;banco 1
clrf OPTION_REG
```

```
MOVLW B'00101111' ; 5, 3, 2, 1 Y 0 ENTRADAS
MOVWF TRISA
```

```
MOVLW B'0000000' ; TODO SALIDA EN B
MOVWF TRISB
CLRF PORTB
```

```
MOVLW B'0000000' ; TODO SALIDA EN C
MOVWF TRISC
```

```
MOVLW B'0000000' ; TODO SALIDA EN D
MOVWF TRISD
```

```
MOVLW B'00000111' ; 2, 1 Y 0 ENTRADAS
MOVWF TRISE
```

```
CLRF ADCON1 ;configura 8 canales analógicos, VREF+=VDD y VREF-=VSS, JUSTIF. IZQUIERDA
```

```
-----
; habilitacion de interrupciones
```

```
; 0 unimplemented
; 0 Comparator Interrupt Disabled
; 0 unimplemented
; 0 EEPROM write operation Interrupt Disabled
; 0 BUS collision Interrupt Disabled
; 0 unimplemented
; 0 unimplemented
; 0 CCP2 Interrupt Disabled
```

```
clrf PIE2
```

```
-----
; 0 PSPIE PSP Read/Write Interrupt Disabled
; 1 ADIE A/D Converter Interrupt Enabled
; 0 RCIE USART Receiver Interrupt Disabled
; 1 TXIE USART Transmit Interrupt Enabled
; 0 SSPIE SSP Interrupt Disabled
; 0 CCP1IE CCP1 Interrupt Disabled
; 0 TMR2IE TMR2 match PR2 Interrupt Disabled
; 0 TMR1IE TMR1 Overflow Interrupt Disabled
```

```
movLW b'01010001'
movWf PIE1
```

```
BCF STATUS,RP1
BCF STATUS,RP0 ;banco 0
```

```
-----
; 0 PSPIF PSP Read/Write Interrupt FLAG
; 0 ADIF A/D Converter Interrupt FLAG
; 0 RCIF USART Receiver Interrupt FLAG
; 0 TXIF USART Transmit Interrupt FLAG
; 0 SSPIF SSP Interrupt FLAG
; 0 CCP1IF CCP1 Interrupt FLAG
; 0 TMR2IF TMR2 match PR2 Interrupt FLAG
; 0 TMR1IF TMR1 Overflow Interrupt FLAG
```

```
movLW b'00000000'
movWf PIR1
```

```
-----
; 0 GIE GENERAL INTERRUPT DISABLE
; 1 PEIE PHERIPERAL INTERRUPT ENABLE
; 0 TOIE TIMER 0 OVERFLOW DISABLE
; 0 INTE EXTERNAL INTERRUPT DISABLE
; 0 RBIE CHANGE PORT INTERRUPT DISABLE
```



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



```
; 0 TOIF  TIMER 0 OVERFLOW FLAG DISABLE
; 0 INTF  EXTERNAL INTERRUPT DISABLE
; 0 RBIF  RB PORT CHANGE INTERRUPT FLAG DISABLE
```

```
movLW  b'01000000'
movWf  INTCON
```

```
; prepara USART
```

```
BSF RCSTA,SPEN ;pone bit SPEN=1 (habilita puerto serie)
BCF STATUS,RP1
BSF STATUS,RP0 ;banco 1
BSF TXSTA,BRGH ;pone bit BRGH=1 (velocidad alta)
MOVLW kBaudRateCount_forPC ;valor para 115200 Bauds (Fosc=20 Mhz)
MOVWF SPBRG ;configura 115200 Bauds
BCF TXSTA,SYNC ;limpia bit SYNC (modo asíncrono)
BSF TXSTA,TXEN ;pone bit TXEN=1 (habilita transmisión)
BCF STATUS,RP0 ;regresa al banco 0
```

```
CLRF STATUSFLAG
BSF STATUSFLAG, kBitSendData
CLRF CONTADORCANAL
CLRF DATOSENVIADOS
```

```
MOVLW 0x45
MOVWF MARCAINICIOTX
```

```
CLRF CANALVR ; ADQ DEL CANAL TENSION R 0x21
CLRF CANALIR ; ADQ DEL CANAL CORRIENTE R 0x22
CLRF CANALVS ; ADQ DEL CANAL TENSION S 0x23
CLRF CANALIS ; ADQ DEL CANAL CORRIENTE S 0x24
CLRF CANALVT ; ADQ DEL CANAL TENSION T 0x25
CLRF CANALIT ; ADQ DEL CANAL CORRIENTE T 0x26
CLRF CANALTEMP ; ADQ DEL CANAL TEMPERATURA 0x27
```

```
MOVLW .01 ; ADQ DEL CANAL TENSION R 0x21
MOVWF CANALVR
MOVLW .02 ; ADQ DEL CANAL CORRIENTE R 0x22
MOVWF CANALIR
MOVLW .03 ; ADQ DEL CANAL TENSION S 0x23
MOVWF CANALVS
MOVLW .04 ; ADQ DEL CANAL CORRIENTE S 0x24
MOVWF CANALIS
MOVLW .05 ; ADQ DEL CANAL TENSION T 0x25
MOVWF CANALVT
MOVLW .06 ; ADQ DEL CANAL CORRIENTE T 0x26
MOVWF CANALIT
MOVLW .07 ; ADQ DEL CANAL TEMPERATURA 0x27
MOVWF CANALTEMP
```

```
MOVLW 0x46
MOVWF MARCAFINTX
```

```
MOVLW 0x80 ;Selecciona el canal AN0, reloj de conversión Fosc/32
```

```
MOVWF ADCON0 ;SETEAR EL CLOCK DE CONVERSION
```

```
CLRF PIR1
```

```
movlw b'00000001' ; preescaler en cero, un pulso cada fosc/4
movwf T1CON
```

```
BSF INTCON,GIE ; Habilito las INT para que pueda operar la UART Y LA CONVERSION
```

```
Return
```

```
; FIN INICIORVARIABLES
```

```
; selecciona el nro de canal de acuerdo a la variable CONTADORCANAL
; 7-6 ADCS 10 = FOOSC / 32
; 5-3 CHN
; 2 GO
;
```

```
SeleccionarCanal
```

```
MOVF ADCON0, W ; CARGO EL VALOR DE ADCON0 EN W
MOVWF mAux ; COPIO EN mAux
MOVLW b'11000111' ; EN CARGO UNA MASCARA
ANDWF mAux, f ; en mAux quedo limpio la parte del nro de canal
MOVF CONTADORCANAL, W
ANDLW b'00000110'
MOVWF mAux2
RLF mAux2, W
MOVWF mAux2
RLF mAux2, W
MOVWF mAux2
RLF mAux2, W
```



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



```
MOVWF mAux2           ; tengo el nro de canal desplazado 3 lugares
MOVF  mAux, W         ; w &lt;- VALOR ENMASCARADO DE ADCON0
IORWF mAux2, w        ; W &lt;- NRO DE CANAL DESPLAZADO + MASCARA DE ADCON0
IORLW .1              ; ENCIENDO EL ADQ
MOVWF ADCON0         ; DATO COMPLETO EN ADCON0
```

```
return
```

```
;
```

```
END
```

Conclusión

Cabe mencionar que en caso de ocurrir cualquier evento en que se vea afectado el microcontrolador, será esta y no otra, la programación que debe ser cargada.

El programa se deberá cargar con el dispositivo construido en este proyecto (ver sección *escritura del programa y verificación del PIC*) o con el programador que provee MicroChip.



FIBRA ÓPTICA

1- Introducción

Previamente a la descripción del equipo para la transmisión por *fibra óptica*, se ha pensado que sería de interés hacer una pequeña relación de los conceptos que usualmente se manejan en cualquier sistema que utiliza la fibra óptica como medio físico de transmisión.

En absoluto se quiere que este breve capítulo se pueda considerar como una exhaustiva explicación acerca de la utilización de cables de fibra óptica, sino más bien como un primer acercamiento de las comunicaciones ópticas que cada día se encuentran presentes con más frecuencia en múltiples aplicaciones. La idea de esta reseña, es acercar la fibra óptica y los equipos que forman parte de un sistema de comunicaciones por fibra óptica a todos aquellos que deseen diseñar sistemas de comunicaciones y que aún evitan la utilización de la misma como alternativa para los mismos, ya sea por desconocimiento o por la creencia cada vez menos cierta del mayor coste de una instalación con fibra óptica.

2- Origen y evolución

Las ondas de luz son una forma de energía electromagnética y la idea de transmitir información por medio de luz, como portadora, tiene más de un siglo de antigüedad. Hacia 1880, Alexander G. Bell construyó el fotófono que enviaba mensajes vocales a corta distancia por medio de la luz. Sin embargo, resultaba inviable por la falta de fuentes de luz adecuadas.

Con la invención y construcción del láser en la década de los '60, volvió a tomar idea la posibilidad de utilizar la luz como soporte de comunicaciones fiables. Por entonces, empezaron los estudios básicos sobre modulación y detección óptica.

El empleo de fibras de vidrio como medio guía no tardó en resultar atractivo: tamaño, peso, facilidad de manejo, flexibilidad y coste. En concreto, las fibras permitían guiar la luz mediante múltiples reflexiones internas de los rayos luminosos, sin embargo, en un principio presentaban elevadas atenuaciones.



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



En 1966 se produce un gran hito para los que serán las futuras comunicaciones por fibra óptica, y es la publicación de un artículo realizado por Kao y Hockman en el cual se señalaba que la atenuación observada hasta entonces en las fibras de vidrio, no se debía a mecanismos intrínsecos, sino a impurezas originadas en el proceso de fabricación. A partir de esta fecha empiezan a producirse eventos que darán como resultado final la implantación y utilización cada vez mayor de la Fibra Óptica como alternativa a los cables de cobre. Se observa la siguiente sucesión de eventos:

1970 Corning obtiene fibras con atenuación 20 dB/km.

1972 Fibra Óptica con núcleo líquido con atenuación 8 dB/km.

1973 Corning obtiene Fibra Óptica de SiO₂ de alta pureza con atenuación 4 dB/km y deja obsoletas a las de núcleo líquido.

1976 NTT y Fujikura obtienen Fibra Óptica con atenuación 0,47 dB/km en 1300nm, muy próximo al límite debido a factores intrínsecos (Rayleigh).

1979 Se alcanzan atenuaciones 0,12 dB/km con fibras monomodo en 1550 nm. También en 1975 se descubría que las fibras ópticas de SiO₂ presentaban mínima dispersión en torno a 1300nm, lo cual suponía disponer de grandes anchuras de banda para la transmisión, en cuanto la dispersión del material de la fibra constituye un factor intrínseco limitativo. Las nuevas posibilidades que ofrecían las fibras ópticas también estimularon la investigación hacia fuentes y detectores ópticos fiables, de bajo consumo y tamaño reducido.

1970 Primer láser de AlGaAs capaz de operar de forma continua a temperatura ambiente. Sin embargo, el tiempo de vida medio era de unas pocas horas. Desde entonces, los procesos han mejorado y hoy es posible encontrar diodos láser con más de 1.000.000 horas de vida media.

1971 C.A. Burrus desarrolla un nuevo tipo de emisor de luz, el LED, de pequeña superficie radiante, idónea para el acoplamiento en fibras ópticas. En lo que se refiere a los fotodetectores, los diodos PIN y los de avalancha a base de silicio, fueron desarrollados sin dificultades y ofrecían buenas características. Sin embargo, no podían aplicarse en longitud de onda > 1100nm. El germanio era un buen candidato a ser utilizado para trabajar entre 1100nm y 1600nm, y ya en 1966 se disponía de ellos con elevadas prestaciones eléctricas. Sin embargo, la corriente de oscuridad (ruido) del germanio era elevada y daba motivo a ensayos con fotodiodos con materiales como el InGaAsP. El primer PIN de InGaAs se realiza en 1977.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Esta forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de la siguiente manera: se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

El concepto de las comunicaciones por ondas luminosas ha sido conocido por muchos años. Sin embargo, no fue hasta mediados de los años '70, que se publicaron los resultados del trabajo teórico. Estos indicaban que era posible confiar un haz luminoso en una fibra transparente flexible y proveer así un análogo óptico de la señalización por alambres electrónicamente.

3- Qué es fibra óptica

Antes de explicar directamente que es la fibra óptica, es conveniente resaltar ciertos aspectos básicos de óptica. La luz se mueve a la velocidad de la luz en el vacío, sin embargo, cuando se propaga por cualquier otro medio, la velocidad es menor, así su velocidad cambia, sufriendo además efectos de reflexión (la luz cambia su sentido en el cambio de medio, como la luz reflejada en los cristales) y de refracción (la luz, además de cambiar el módulo de su velocidad, cambia de dirección de propagación, por eso vemos una cuchara como doblada cuando está en un vaso de agua).

Dependiendo de la velocidad con que se propague la luz en un medio o material, se le asigna un índice de refracción "n", un número deducido de dividir la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en dicho medio. Los efectos de reflexión y refracción que se dan en la frontera entre dos medios dependen de sus índices de refracción. La ley más importante que vamos a utilizar en este trabajo es la siguiente para la refracción:

$$n \cdot \text{sen}(\alpha) = n' \cdot \text{sen}(\alpha')$$

Esta ecuación indica que el índice de refracción del primer medio, por el seno del ángulo con el que incide la luz en el segundo medio, es igual al índice del segundo medio por el seno del ángulo con el que sale propagada la luz en el segundo medio. ¿Y esto para que nos sirve?, Lo único que nos interesa aquí de esta ley es que dados dos medios con índices n y n', si el haz de luz incide con un ángulo mayor



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



que un cierto ángulo límite, dependiendo de como se toma la normal, (que se determina con la ecuación anterior) el haz siempre se reflejara en la superficie de separación entre ambos medios. De esta forma se puede guiar la luz de forma controlada tal y como se ve en la figura nº 1 (representa de forma esquemática como es la fibra óptica).

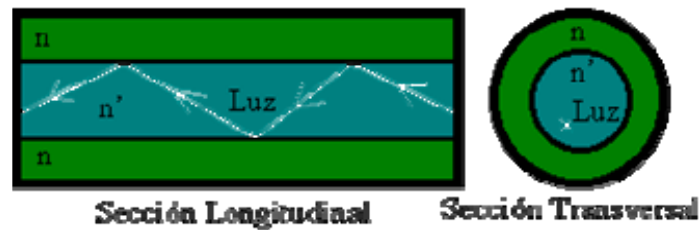


Figura nº 1 – Representación esquemática de la Fibra Óptica

Como se observa en la figura nº 1 se tienen un material envolvente con índice n y un material interior con índice n' , de forma que se consigue guiar la luz por el cable. La fibra óptica consiste por tanto, en un cable de este tipo en el que los materiales son mucho más ligeros y por otra parte, los cables son mucho más finos, de modo que puede ir mayor cantidad de cables en el espacio donde antes sólo iba un cable de cobre.

Por último, hablaremos de la atenuación en las fibras como parámetro importante a destacar. Es producida por tres causas: dispersión debida a defectos microscópicos de la fibra; absorción debida a materiales no deseados de la fibra y flexión debida a las curvaturas.

LONGITUD DE ONDA

El término longitud de onda se refiere a la onda de luz propiamente dicha, todo rayo de luz se halla dentro de un espectro electromagnético. El espectro incluye en la parte más alta, las ondas electromagnéticas de menor longitud de onda, pero que poseen más energía, denominados ultravioletas. En el otro extremo, se halla las ondas electromagnéticas de mayores longitudes de onda, pero que poseen menor energía, a las que se denomina infrarrojas. Un intervalo relativamente pequeño de todo este espectro electromagnético, que se halla entre el color violeta (400 nm) y rojo (700 nm), es el que el ojo humano puede apreciar. Son precisamente las ondas que se hallan dentro del espectro correspondiente a los



infrarrojos los que se emplean para transmitir información por el interior de las fibras ópticas. Se utilizan longitudes de onda del tipo infrarroja debido a que en ese rango la fibra óptica presenta menor atenuación.

4- Concepto de fibra óptica

El conductor de fibra óptica está compuesto por dos elementos básicos: el *núcleo* (core) y el *recubrimiento* (cladding), cada uno de ellos formado por material conductor de las ondas luminosas. Así cuando hablamos de fibras de 50/125, 62.5/125 ó 10/125mm, nos estamos refiriendo a la relación entre el diámetro del núcleo y del recubrimiento.

Otro parámetro importante en una fibra es su apertura numérica. En los conductores de fibra óptica se utiliza el efecto de la reflexión total para conducir el rayo luminoso por su interior. El ángulo necesario para acoplar al núcleo un rayo luminoso desde el exterior recibe el nombre de ángulo de aceptación. Pues bien, el seno de este ángulo se denomina apertura numérica.

Un parámetro extrínseco a la fibra óptica es la ventana de trabajo. Cuando hablamos de ventanas de trabajo nos referimos a la longitud de onda central de la fuente luminosa que utilizamos para transmitir la información a lo largo de la fibra. La utilización de una ventana u otra determinará parámetros tan importantes como la atenuación que sufrirá la señal transmitida por kilómetro.

Las ventanas de trabajo más corrientes son: Primera ventana a 850nm, segunda ventana a 1300nm y tercera ventana a 1550nm. La atenuación es mayor si trabajamos en primera ventana y menor si lo hacemos en tercera. El hecho de que se suele utilizar la primera ventana en la transmisión de una señal es debido al menor coste de las fuentes luminosas utilizadas, al ser tecnológicamente más simple su fabricación.

5- ¿De qué están hechas las fibras ópticas?

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. El núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz. Consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



de plástico con diámetro de 50 a 125 micras. El revestimiento es la parte que rodea y protege al núcleo.



Figura n° 2– Fotografía de una Fibra Óptica

El conjunto de núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, los roedores, y otros riesgos del entorno.

6- ¿Cómo funciona la fibra óptica?

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original.

En resumen, se puede decir que este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transporte de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED'S (diodos emisores de luz) y láser.

Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.



7- ¿Cuáles son los dispositivos implícitos en este proceso?

Los bloques principales de un enlace de comunicaciones de fibra óptica son: *transmisor, receptor* (Ver sección *Emisores y receptores ópticos*) y *guía de fibra*. El transmisor consiste de una interfase analógica o digital, un convertor de voltaje a corriente, una fuente de luz y un adaptador de fuente de luz a fibra. La guía de fibra es un vidrio ultra puro o un cable plástico. El receptor incluye un dispositivo conector detector de fibra a luz, un fotodetector, un convertor de corriente a voltaje, un amplificador de voltaje y una interfase analógica o digital. En un transmisor de fibra óptica la fuente de luz se puede modular por una señal análoga o digital. El convertor de voltaje a corriente sirve como interfase eléctrica entre los circuitos de entrada y la fuente de luz.

La fuente de luz puede ser un diodo emisor de luz LED o un ILD (diodo de inyección láser), bajo ciertas condiciones, la cantidad de luz emitida es proporcional a la corriente de excitación, por lo tanto el convertor voltaje a corriente convierte el voltaje de la señal de entrada en una corriente que se usa para dirigir la fuente de luz. La conexión de fuente a fibra es una interfase mecánica cuya función es acoplar la fuente de luz al cable.

El detector de luz generalmente es un diodo PIN o un APD (fotodiodo de avalancha). Ambos convierten la energía de luz en corriente. En consecuencia, se requiere un convertor corriente a voltaje que transforme los cambios en la corriente del detector a cambios de voltaje en la señal de salida.

8- Componentes de la fibra óptica

Núcleo: De sílice, cuarzo fundido o plástico - en el cual se propagan las ondas ópticas. Diámetro: 50 o 62,5 um para la fibra multimodo y 9um para la fibra monomodo.

Funda Óptica: Generalmente de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.

Revestimiento de protección: Por lo general está fabricado en plástico y asegura la protección mecánica de la fibra.

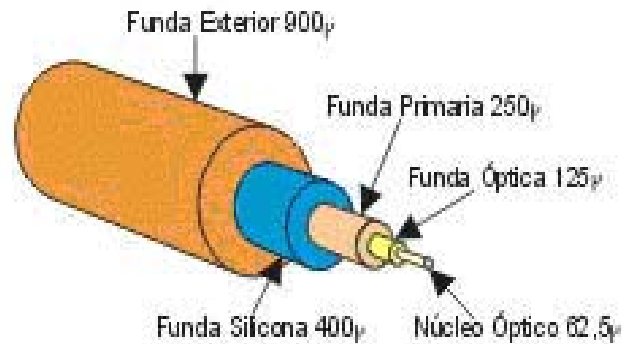


Figura nº 3 – Partes que componen la Fibra Óptica

9- La fibra óptica y su entorno

Uso Dual (interior y exterior): La resistencia a los hongos y emisiones ultravioleta; la cubierta resistente; buffer de 900µm; fibras ópticas probadas bajo 100 kpsi; y funcionamiento ambiental extendido; contribuyen a una mayor confiabilidad durante el tiempo de vida.

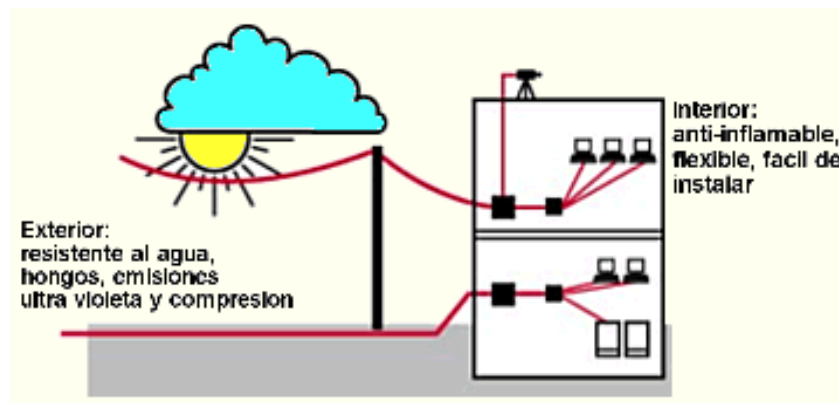


Figura nº 5 – Usos de la Fibra Optica

Mayor protección en lugares húmedos: En cables de tubo holgado rellenos de gel, dicho gel dentro de la cubierta se asienta dejando canales que permiten al agua migrar hacia los puntos de terminación. El agua puede acumularse en pequeñas piscinas en los vacíos, y cuando la delicada fibra óptica es expuesta, la vida útil es recortada por los efectos dañinos del agua en contacto. Combaten la intrusión de humedad con múltiples capas de protección alrededor de la fibra



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



óptica. El resultado es una mayor vida útil, mayor confiabilidad especialmente ambientes húmedos.

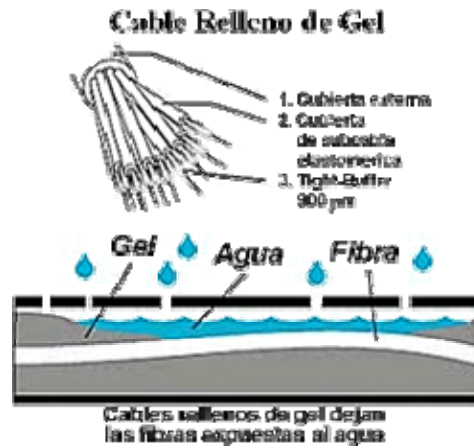


Figura nº 6 – Esquema de la Fibra Óptica rellena de gel

Protección Anti-inflamable: Los nuevos avances en protección anti-inflamable hacen que disminuya el riesgo que suponen las instalaciones antiguas de Fibra Óptica que contenían cubiertas de material inflamable y relleno de gel que también es inflamable.

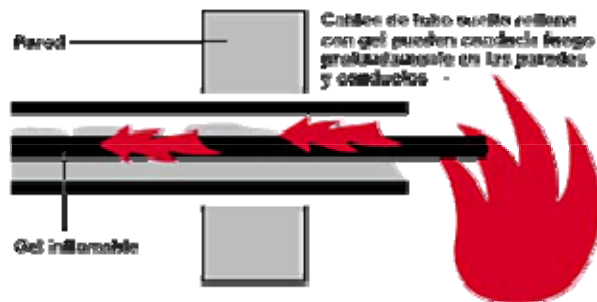


Figura nº 7 – Protección anti-inflamable de la Fibra Óptica

Estos materiales no pueden cumplir con los requerimientos de las normas de instalación, presentan un riesgo adicional, y pueden además crear un reto costoso y difícil en la restauración después de un incendio. Con los nuevos avances en este campo y en el diseño de estos cables se eliminan estos riesgos y se cumple con las normas de instalación.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Empaquetado de alta densidad: Con el máximo número de fibras en el menor diámetro posible se consigue una más rápida y fácil instalación, donde el cable debe enfrentar dobleces agudos y espacios estrechos. Se ha llegado a conseguir un cable con 72 fibras de construcción súper densa cuyo diámetro es un 50% menor al de los cables convencionales.

Características Técnicas

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

- a) Diseño geométrico de la fibra.
- b) Propiedades de los materiales empleados en su elaboración. (Diseño óptico)
- c) Anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra.

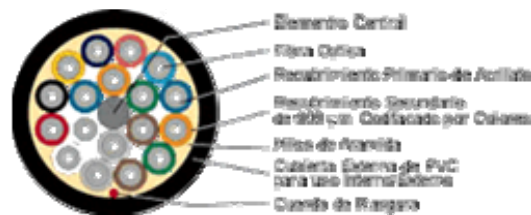


Figura n° 8– Esquema de la composición de la Fibra Óptica

Un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm, y proporciona la misma o más información que un coaxial de 10 tubos.

El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, redundando en su facilidad de instalación.

El sílice tiene un amplio margen de funcionamiento en lo referente a temperatura, pues funde a 600 °C. La fibra óptica presenta un funcionamiento uniforme desde -550 °C a +125 °C sin degradación de sus características.



Características Mecánicas

La fibra óptica como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa. Por lo que existe en el mercado un cable óptico autosoportado con cinta de acero.

Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo.

La investigación sobre componentes opto electrónicos y fibras ópticas han traído consigo un sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. Es necesario disponer de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra. Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta su sensibilidad a la curvatura y micro curvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento.

Las micro curvaturas y tensiones se determinan por medio de los ensayos de:

Tensión: Cuando se estira o contrae el cable se pueden causar fuerzas que rebasen el porcentaje de elasticidad de la fibra óptica y se rompa o formen micro curvaturas.

Compresión: Es el esfuerzo transversal.

Impacto: Se debe principalmente a las protecciones del cable óptico.

Enrollamiento: Existe siempre un límite para el ángulo de curvatura pero, la existencia del forro impide que se sobrepase.

Torsión: Es el esfuerzo lateral y de tracción.

Limitaciones Térmicas: Estas limitaciones difieren en alto grado según se trate de fibras realizadas a partir del vidrio o a partir de materiales sintéticos.

Otro objetivo es minimizar las pérdidas adicionales por cableado y las variaciones de la atenuación con la temperatura. Tales diferencias se deben a diseños calculados a veces para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno (número de fibras por mm²) o el costo de producción.



Estructura de los cables de fibra óptica

Estructura ajustada: Está formada por un pequeño tubo de plástico o vaina en cuyo interior se encuentra alojado, en forma estable, el conductor de fibra óptica. La vaina debe ser fácil de manejar de forma similar a un cuadrete o un par coaxial. Pueden ser cables tanto monofibra, como bifibra. Sus aplicaciones más frecuentes son cortas distancias, instalaciones en interiores, instalaciones bajo tubo, montaje de conectores directos y montaje de latiguillos.

Estructura holgada: En lugar de un solo conductor se introducen de dos a doce conductores de fibras ópticas en una cubierta algo más grande que la vaina del caso anterior; de esta forma los conductores de fibra no se encuentran ajustados a la vaina. Además se suele recubrir todo el conjunto con un gel para que no penetre el agua en caso de rotura del cable. Principalmente se dividen en cables multifibras armados (antihumedad y antiroedores con fleje de acero) y cables multifibra dieléctrico (cable totalmente dieléctrico). Como aplicaciones más importantes se tienen conexiones a largas distancias e instalaciones en exteriores.

Recubrimiento Secundario: La utilización de un recubrimiento secundario suelto (loose) o adherente (tight) conferirá a la fibra las siguientes características:

Características	<i>Protección Suelta</i>	Protección Adherente
Diámetro externo	grande (2mm)	pequeño (0,9 mm)
Resistencia al esfuerzo axial	muy buena	mala
Resistencia al esfuerzo transversal	muy buena	buena
Comportamiento con la temperatura	muy buena	buena
Protección de los extremos	regular	muy buena
Peso	mayor	menor

Tabla n° 1 – Características de los recubrimientos secundarios de la Fibra Óptica



Las fibras con recubrimiento tight deben elegirse para tramos cortos, sin tensión de tracción importante y para cableados internos de los equipos.

Las fibras con recubrimiento loose, deben elegirse para la mayoría de las aplicaciones, de forma de brindar mayor protección a las fibras, aun en caso de cables subterráneos dado que la protección puede ser conferida por la armadura.



Figura n° 4 – Coberturas de Fibra Óptica

10- Tipos de fibras ópticas

Las fibras ópticas se clasifican de acuerdo al modo de propagación que dentro de ellas describen los rayos de luz emitidos. En esta clasificación existen tres tipos. Los tipos de dispersión de cada uno de los modos pueden ser apreciados en la figura inferior (Figura n° 9).

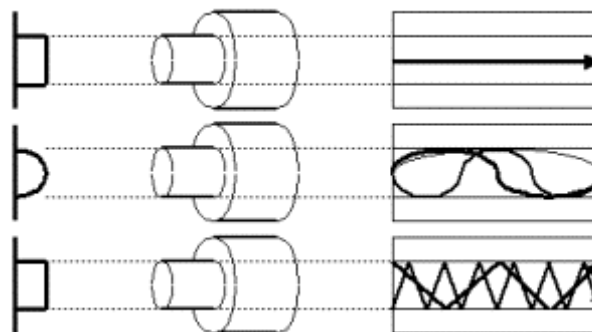


Figura n° 9 – Tipos de dispersión



Fibras Monomodo

El diámetro del núcleo de la fibra es muy pequeño (no más de 9 micrones) y sólo permite la propagación de un único modo o rayo (fundamental), el cual se propaga directamente sin reflexión. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que su utilización se suele reservar a grandes distancias, superiores a 10km, junto con dispositivos de elevado coste (LASER).

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100GHz/ km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. El diagrama inferior (Figura nº 10), muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "*monomodo*" (modo de propagación o camino del haz luminoso único). Son fibras que poseen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 micrones. Si el núcleo está constituido por un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado.

Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún no se dominan en su totalidad.

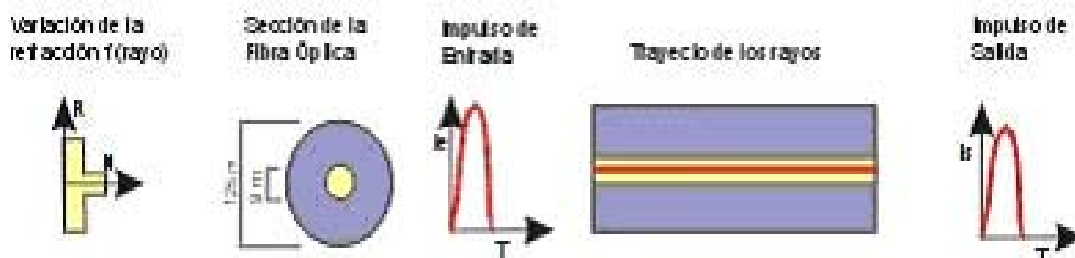


Figura nº 10 – Trayectoria de la Fibra Monomodo



Fibras Multimodo

El término *multimodo* indica que pueden ser guiados muchos modos o rayos luminosos, cada uno de los cuales sigue un camino diferente dentro de la fibra óptica. Este efecto hace que su ancho de banda sea inferior al de las fibras monomodo. Por el contrario los dispositivos utilizados con las fibras multimodo tienen un coste inferior (LED). Este tipo de fibras son las preferidas para comunicaciones en pequeñas distancias, hasta 10km.

Dentro de las fibras multimodo podemos encontrar las fibras multimodo de índice gradiente gradual y fibras multimodo de índice escalonado

Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual: Presentan una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en el esquema (Figura nº 11). Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

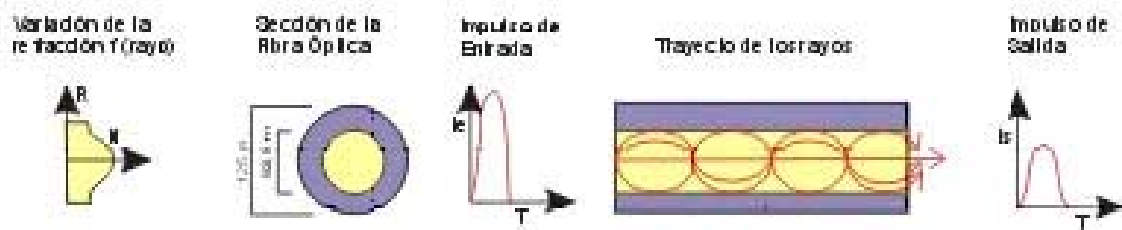


Figura nº 11 – Trayectoria de la Fibra Multimodo de índice de gradiente gradual

La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5/125 m (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

Multimodo de índice escalonado 100/140 mm.

Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 m m.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Fibra Multimodo de índice escalonado: Se encuentran fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km. Presentan una banda de paso que llega hasta los 40MHz por kilómetro. En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.

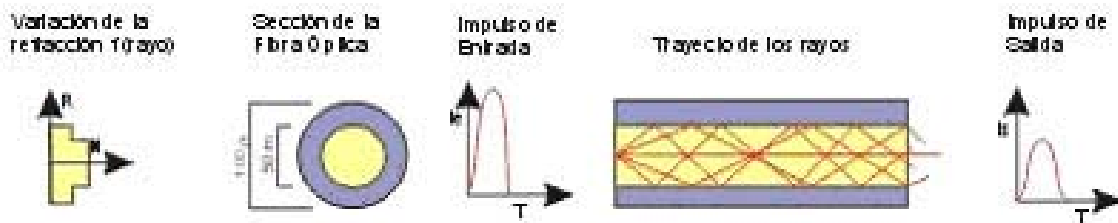


Figura nº 12 – Trayectoria de la Fibra Multimodo de índice escalonado

11- Emisores y receptores ópticos

Características de los emisores de luz LED y LASER.

Convierten la señal eléctrica a una señal correspondiente de luz que puede ser inyectada dentro de la fibra. Deben tener una longitud de onda apropiada (780nm, 850nm, 1310nm, 1550nm o 1625nm para fibras de vidrio).

La salida eléctrica del modulador es usualmente transformada en luz por un dispositivo emisor de luz como puede ser un diodo emisor de luz **LED** (*light emitted diode*), o bien un diodo **LASER** (*light amplification by stimulated emission radiations - amplificación de luz por estimulación de emisión de radiación*).

Ambos son semiconductores en estado sólido y emiten espontáneamente luz cuando se los somete a una corriente eléctrica. Sin embargo, la potencia del LED es inferior a la del LASER. El problema es que el LASER requiere de un conjunto de circuitos de enfriamiento, dado el elevado calor generado a partir de su uso. De ambos, el LASER es el más costoso, aunque evidentemente el mejor. Los anchos espectrales del LED y del LASER varían, el segundo particularmente tiene un ancho espectral menor, lo que significa que tiene mayor potencia, dada su baja disipación, como se ilustra en la figura nº 13.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

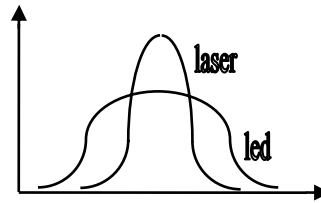


Figura n° 13 – Ancho espectral del led y del laser

Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, luminosidad, longitud de onda y bajo voltaje necesario para manejarlos, son características atractivas. Los emisores ópticos deberán poseer algunas cualidades mínimas:

- Larga vida útil.
- Utilizar la emisión óptica en el área espectral que mejor se adecue a la fibra específica para lograr baja absorción y dispersión.
- Alta potencia de radiación para cuando las distancias de enlace son de gran magnitud.
- Alto rendimiento de acoplamiento "emisor óptico-fibra".

Las principales ventajas de los emisores LED son el bajo costo del elemento en sí y el no-requerimiento de circuitos estabilizantes. Es un elemento robusto y de fácil mantenimiento.

Conviene elegir este tipo de emisores cuando los enlaces son de baja velocidad de transmisión y las distancias a comunicar son cortas. En general, se utiliza en primera ventana (850nm) y segunda ventana (1300 nm) en fibras multimodo.

Sus desventajas son el bajo rendimiento (potencia óptica generada / potencia eléctrica ingresada) y la distribución espectral muy amplia (orden de 50 a 100nm), la cual produce la emisión de diferentes longitudes de onda, aumenta la dispersión cromática y considera la emisión multimodal, disminuyendo el ancho de banda del medio de transmisión.

Debido a que la emisión espacial de luz omnidireccional introduce pérdidas importantes y baja el rendimiento, no suele utilizarse con fibras monomodo ni donde se requiera un ancho de banda extenso.



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



Existe la posibilidad de disponer de LED emisores para trabajar en segunda ventana con anchos espectrales menores (del orden de 70nm) y mayor potencia de inyección (100 uW en fibras multimodo graded index), con lo cual pueden incrementarse las distancias a enlazar y la velocidad. Sin embargo, en estas condiciones resulta más conveniente la utilización de emisores láser.

Los emisores LASER son emisores esencialmente que permiten disponer de una alta potencia luminosa (1-5 mW), con una distribución espectral muy angosta (del orden de 1nm), con lo cual la dispersión cromática en la fibra es baja. La posibilidad de disponer de un haz más angosto para inyectar luz a la fibra lo hace óptimo para su uso con fibras monomodo, aunque también es posible utilizarlo con fibras multimodo. Sus características no lineales obligan a utilizarlo con circuitos de estabilización que compensan las variaciones de temperatura y el envejecimiento.

Para la transmisión en alta velocidad (del orden de 140Mbps) es necesario utilizar el sistema de realimentación incorporado. Esto permite que el láser funcione siempre en la zona de operación estimulada y que se disponga de una salida sin retardos y con una única longitud de onda, lo que implica una baja tasa de error.

La vida útil del láser se encuentra en el orden de 10^5 horas, con la ventaja de que su envejecimiento se produce gradualmente y permite el reemplazo del módulo con suficiente anticipación. Una vida útil elevada requiere que la fuente se utilice con una adecuada relación corriente / temperatura.

Comparación de los emisores de luz LED y LASER.

Orientativamente, se puede realizar la siguiente comparación entre emisores LED y LASER, tomando como base una utilización en segunda ventana. En resumen, las principales ventajas e inconvenientes de ambos emisores son:

	Emisor LED	Emisor Láser
VENTAJAS	Larga vida Bajo consumo Disposición simple Bajo costo	Alta potencia emitida Emisión direccional Tiempo de respuesta bajo (menor que 1 nseg.)
INCONVENIENTES	Baja potencia emitida Tiempo de respuesta lento (orden de 100 nseg.) No apto para fibras SM.	Sensible a Temperatura Alto costo Menor vida útil

Tabla n° 2 – Principales ventajas e inconvenientes de los emisores de luz



Características de los receptores de luz APD, PIN, PIN-FET

Son dispositivos opto electrónicos capaces de convertir las señales ópticas en impulsos eléctricos. Su funcionamiento se basa en que absorben fotones incidentes, producen pares de electrón-hueco y producen una corriente eléctrica impulsada por un campo eléctrico.

En el otro extremo del vínculo, y para poder detectar esa luz, se encuentran los receptores que decodifican la señal de regreso en señales eléctricas. Convierten una señal óptica en una señal eléctrica, para ello se usan foto detectores, que pueden ser: **APD** (*avalanche photo diode - fotodiodo de avalancha*), **PIN** (*photo detector – fotodetector*), o bien **PIN-FET** (*photo detector field effect transistor - foto detector y transistor por efecto de campo*). Típicamente, los detectores son hechos de Silicio (Si), Indio Arseniuro de Galio (InGaAs) o Germanio (Ge).

El receptor PIN se trata de una versión mejorada de una unión PN elemental que trabaja polarizado en inversa. Son utilizados de forma general en 850nm y 1300nm, con independencia del tipo de fibra óptica. Los fotodiodos PIN de silicio se utilizan como receptores ópticos en las longitudes de onda entre 0,8 y 1 um.

Para aumentar la sensibilidad del PIN se utilizan fotodiodos PIN –con preamplificador FET– los cuales poseen un ancho de banda amplio, pudiendo ser utilizados para diferentes longitudes de onda y diferentes tipos de fibras. Su constitución le permite obtener señales ópticas de hasta el nanowatt y asegurar la precisión en la detección.

Los fototipos de InGaAs son más convenientes para combinar con emisores láser y trabajan en segunda y tercera ventana.

El diodo PIN tiene una capacidad lo suficientemente buena para trabajar con transmisiones analógicas. Algunas de las características que presenta son:

- Pequeña área de agotamiento (área de detección activa).
- Cada fotón absorbido crea idealmente un par *hueco - electrón* (*relación uno a uno*) que pone un electrón en el flujo en el circuito externo.
- La región agotada se hará tan larga como sea posible.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



- Una capa intrínseca dopada separa claramente las capas en las más pesadamente dopadas tipos - p y tipos-n.
- En la ausencia de luz, se comportan eléctricamente como un diodo rectificador ordinario.
- No requieren soporte de circuitería adicional, son muy económicos pero requieren de amplificadores de etapas más complejas.

El receptor APD es también conocido con el nombre de fotodiodo de avalancha. Se trata de una unión PN polarizada fuertemente en inversa cerca de la región de ruptura que origina un efecto multiplicativo de la corriente generada. Su utilización es escasa debido a las elevadas tensiones de polarización (centenares de voltios) que lo hacen desaconsejable.

Algunas de las características del APD son las siguientes:

- Se generan pares electrón-hueco igual al PIN, pero no en relación uno-uno.
- Los *transportes primarios*, los electrones libres y los huecos se crean por fotones absorbidos, aceleran la ganancia de varios electrónVolts de energía cinética.
- Una colisión de los transportes rápidos con átomos neutros causará que los transportes se aceleren usando algo de su propia energía para ayudar a las fronteras del electrón a romper su coraza de valencia.
- Los pares de *electrón-hueco* libres, llamados *transportes secundarios*, aparecerán. (*Ionización de Colisiones*).
- Los transportes secundarios mismos aceleran y crean nuevos transportes. Colectivamente, este proceso es conocido como *foto multiplicación*.
- La velocidad del APD lo convierte en el ideal para trabajar con transmisiones digitales. El APD requiere adicionalmente de estabilización de tensión y temperatura.

Otra posibilidad es la de utilizar fotodiodos APD. Éstos son mucho más sensibles y de mayor velocidad de respuesta pero requieren de una tensión de polarización estabilizada térmicamente. Por esta razón son utilizados para sistemas de gran ancho de banda (operación en 140 Mbps).



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Su constitución les permite detectar señales por debajo del nanowatt (décimas) y con anchos de banda hasta Ghz.

Estos fotodiodos APD pueden elegirse entre diferentes modelos y tipos, como:

APD de silicio (longitudes de onda de hasta 1100 nm).

APD de InGaAs/InP (longitudes de onda para 1300 nm).

APD de germanio (para 1300 nm).

APD de InGaAs/InP con GaAs-FET (para 1300 nm).

Comparación entre los receptores de luz

En siguiente cuadro comparativo (Tabla n^o3) pueden apreciarse las principales diferencias entre ellos, para permitir orientar mejor la selección. Como regla general puede decirse que los receptores APD deben ser utilizados para enlaces largos y los PIN-FET para enlaces medios.

RECEPTOR	NIVEL DE SENSIBILIDAD	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	LONGITUD DE ONDA
PIN	-34 dBm	2 a 34 Mbps	1 ^a y 2 ^a ventana
PIN-FET	-53 dBm -47 dBm	2 Mbps 34 Mbps	2 ^a y 3 ^a ventana
APD	-56dBm -50 dBm	2 Mbps 34 Mbps	2 ^a y 3 ^a ventana

Tabla n^o 3 – Principales diferencias entre los receptores de luz

Se puede observar que para una mayor velocidad de transmisión, la sensibilidad será menor.

Un recurso para extender la longitud de enlace consiste en aumentar la sensibilidad del receptor en aras de aceptar una tasa de error menor.

La fibra según las distancias y características del sistema

Las fibras ópticas deberán diferenciarse a lo largo del medio de enlace según sea la característica del sistema de comunicaciones, tal como se indica a continuación:



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



Distancias Largas (red de transporte hasta 100km)

Se utilizará alguna de las fibras monomodo siguientes:

Tipo	Diámetro Campo Modal	Aplicación	Longitud de Onda
SM/step	9-10 um	Uso estándar	1300nm
SM/DC (depressed cladding)	9-10 um	Mejor respuesta al doblado	1300nm
SM/NZD (single mode, non-zero dispersion)	7,5 um	Optimizada para tercera ventana	1550nm

Tabla n° 4 –

La tendencia actual consiste en utilizar fibras SM con dispersión controlada (SM/NZD) de manera de disponer dispersión cromática muy baja (prácticamente cero) y por ende, mayor ancho de banda, pero con valores de atenuación muy bajos (orden de 0,2 dB/Km).

Distancias Medias (redes LAN, hasta 10 km)

Se utilizará alguna de las siguientes fibras multimodo:

Tipo	Diámetro Campo Modal	Aplicación
Índice gradual	50-125um	Redes LAN
Fibras para datos	62,5-125um	Redes LAN más económicas

Tabla n° 5 –

Distancias Cortas (redes de edificios)

Es posible utilizar fibras de uso industrial en plástico transparente para uso en longitudes de algunos cientos de metros y atenuaciones del orden de hasta 30 dB/Km.

La fibra deberá absorber la máxima cantidad de luz posible, por lo que el diámetro del núcleo y la apertura numérica deberán ser grandes (orden de 0,47) y



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



ángulos de aceptación de $\pm 28^\circ$. Las dimensiones de la fibra son del orden de 1000 μm .

Asimismo, se fabrican fibras de vidrio de cuarzo con diámetro de 140 micrones, combinadas con emisores ópticos de gran superficie para facilitar el acoplamiento, aunque aquí la apertura numérica es menor.

Tipo de Fibra	AN	θ_a (°)
FO Industrial (cuarzo)	0,29	$\pm 17,5$
MM Step	0,2	± 12
Plástico	0,47	± 28

Tabla n° 6 –

12- Ventajas y desventajas de las comunicaciones por fibra óptica

Ventajas

Existen principalmente tres implementaciones diferentes del canal físico. Estas son el par trenzado, el coaxial y la fibra óptica. Será importante, por lo tanto, justificar la utilización de la fibra óptica, ya que de su elección vendrán determinadas las especificaciones del sistema final.

La capacidad potencial de transportar información crece con el ancho de banda del medio de transmisión y con la frecuencia de portadora. Las fibras ópticas tienen un ancho de banda de alrededor de 1 THz, aunque este rango está lejos de poder ser explotado hoy día. De todas formas el ancho de banda de las fibras excede ampliamente al de los cables de cobre.

Las pérdidas indican la distancia a la cual la información puede ser enviada. En un cable de cobre, la atenuación crece con la frecuencia de modulación. En una fibra óptica, las pérdidas que presentan además de ser bajas, son las mismas para cualquier frecuencia de la señal hasta muy altas frecuencias.



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



La fibra no irradia ni es sensible a las radiaciones electromagnéticas, ello las hace un medio de transmisión ideal cuando el problema a considerar son las EMI.

Es extremadamente difícil intervenir una fibra, y virtualmente imposible hacer la intervención indetectable, por ello es altamente utilizada en aplicaciones militares.

Es inmune al ruido y las interferencias, como ocurre cuando un alambre telefónico pierde parte de su señal a otra.

Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.

Existe carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar sock eléctrico ni otros peligros. Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos.

Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes.

El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, capaz de llevar un gran número de señales.

La materia prima para fabricarla es abundante en la naturaleza.

Presenta alta compatibilidad con la tecnología digital.

En el caso de la telefonía, la capacidad de la fibra óptica multiplica la del cable de cobre, pues para una llamada telefónica se necesitan dos cables de cobre, pero un par de fibras ópticas pueden realizar casi 2.000 llamadas simultáneamente.

Su alta capacidad de conducción no se pierde por curvas o torsiones, por lo que se utiliza para tender desde redes interurbanas hasta transoceánicas. Mientras que las redes de cobre toleran un máximo de 10.000 circuitos por cable, los de fibra óptica pueden tolerar hasta 100.000. Los costos de obtener el cobre son infinitamente mayores que la obtención de la fibra óptica, cuya materia prima es muy abundante, pues el silicio se obtiene de la arena y su peso es de apenas 30 gramos por kilómetro.

Inicialmente las fibras ópticas se usaron solamente para conectar centrales telefónicas en áreas de mucho tráfico de las grandes ciudades. A medida que la



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



tecnología de las comunicaciones avanzó, las fibras empezaron a penetrar en las redes de larga distancia. En la actualidad, se tienden en áreas locales entre las centrales telefónicas y el equipo de los clientes. Gran parte de los nuevos edificios comerciales son cableados con fibra óptica para apuntalar las redes telefónicas y las redes de cómputo de alta velocidad. También ya se encuentran en las centrales telefónicas y los tableros de circuitos de conexión.

En lo que respecta a las comunicaciones satelitales, la fibra óptica ofrece una serie de ventajas. Una conversación por cable entre Europa y América del Norte tiene un retraso aproximado de 65 milésimas de segundo, que no se llega a apreciar por las personas, pero si esa conversación se realiza por satélite, el retraso se multiplica por 10, convirtiéndose en más de medio segundo. Este retardo es visible cuando se realiza una entrevista de televisión por satélite.

Desventajas

- Costo elevado.
- Fragilidad de sus fibras.
- Dificultad en la reparación de cables de fibras rotos en el campo y la realización de empalmes debido a que es necesario un equipamiento especial.
- Solamente accesible para las ciudades cuyas zonas posean tal instalación

La Dispersión de la Luz y la Distancia Umbral, un Problema en las Fibras Ópticas. Este es uno de los fenómenos típicos perjudiciales que se producen dentro de la transmisión por fibra óptica. Por el efecto de la dispersión, todo rayo que viaja por una fibra se va "ensanchando" a medida que avanza por la misma. Los cálculos para la introducción de repetidores regenerativos deben contemplar este fenómeno. Es cierto que la fibra más que ningún otro medio de transmisión es ideal para transmitir a largas distancias, sin embargo el fenómeno de dispersión de la luz se produce y debe ser tenido muy en cuenta.

Conforme la señal avanza por el medio, va perdiendo fuerza hasta llegar al punto en que si desea transmitirse a mayor distancia debe colocarse un repetidor,



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



es decir, un dispositivo que le vuelva a dar potencia para seguir avanzando. Un repetidor de fibra es aquel que toma una señal de luz, la convierte a señal eléctrica, la regenera y la coloca en un dispositivo de emisión de luz para que se siga propagando.

13- La fibra óptica en este proyecto

En este proyecto se utilizó una *fibra óptica* de plástico marca HP de 1mm de diámetro. La misma fue adquirida en el mercado conjuntamente con un kit, el cual contiene: el emisor, el receptor, la fibra y algunos elementos necesarios para cortar y conectar la fibra.

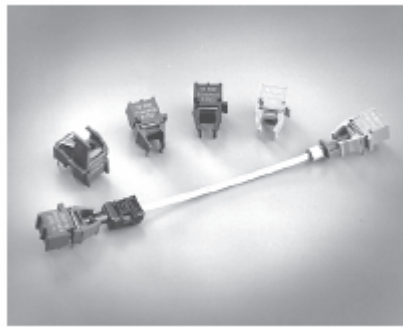


Fig n° 14

Características:

- Bajo costo de los componentes de la Fibra Óptica.
- Enlaces Digitales extendidos de 5 MBd-DC.
- Distancia Extendida de los enlaces hasta 120m a 40 kBd.
- Enlace bajo actual: 6 mA Suministro máximo actual.
- Montaje horizontal y vertical.
- Alta inmunidad al ruido.
- Transmisores incorporados a 660nm con LED rojo para fácil visibilidad.
- Compatible con el Standard TTL.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Aplicaciones:

- Comunicaciones de datos y redes del área locales.
- Aislamiento en prueba e instrumentos de medición.
- Señalamiento libre de error para equipamiento industrial.
- Comunicación inmune al ruido en equipos de Audio y Video.

Descripción:

La serie de enlaces versátiles es una familia completa de componentes de enlaces de fibra óptica para aplicaciones que requieren soluciones de bajo costo. La serie de HFBR-0501 incluye transmisores, receptores, conectores y cables específicos para un diseño sencillo.

Esta serie de componentes es ideal para resolver problemas con aislamiento de voltaje, EMI/RFI inmunidad o seguridad de los datos. El diseño del enlace óptico se simplifica con los receptores compatibles lógicos y las especificaciones completas para cada componente. Los parámetros ópticos y eléctricos de enlaces configurados con la familia HFBR-0501 están totalmente garantizados para un rango de temperaturas de 0° a 70 °C.

Una amplia variedad de configuraciones del package y conectores proporcionan al diseñador numerosas soluciones mecánicas para suplir los requerimientos de la aplicación. Los componentes del transmisor y del receptor han sido diseñados para el uso en procesos de ensamble a volumen alto/ bajo costo como por ejemplo la auto inserción y soldadura de la onda.

Los transmisores incorporan un LED de 660nm. Los receptores incluyen un par receptor IC digital, monolítico DC, con un transistor de salida tipo colector Schottky abierto. Una resistencia de pullup interior está disponible para el uso en el HFBR-25X1/2 / 4 receptores. Un escudo (blindaje a interferencia electro-magnético) ha sido integrado en el receptor IC para proveer inmunidad adicional del ruido localizado.

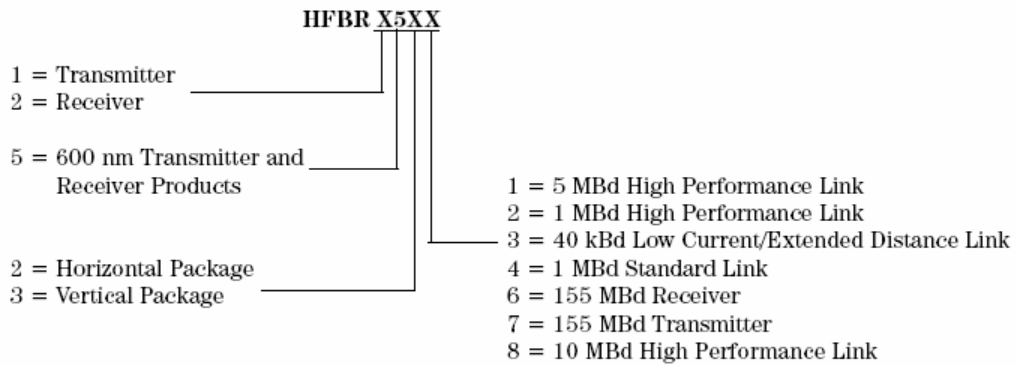
Se han optimizado las ópticas interiores para el uso de fibra óptica plástica con un diámetro del 1mm. En las especificaciones de los enlaces versátiles se incorporaron las pérdidas de interfaz de todos los conectores. Por consiguiente, los cálculos ópticos para las aplicaciones de enlaces comunes resultan más sencillos.



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



Guía de las Partes Numéricas de las Series HFBR-0501



Guía de selección del enlace

(Enlaces específicos de 0a70°C para fibras ópticas plásticas, excepto especificación)

Signal Rate	Distance (m) 25°C	Distance (m)	Transmitter	Receiver
40 kBd	120	110	HFBR-1523	HFBR-2523
1 MBd	20	10	HFBR-1524	HFBR-2524
1 MBd	55	45	HFBR-1522	HFBR-2522
5 Mbd	30	20	HFBR-1521	HFBR-2521

Kit de Evaluación

Enlace versátil HFBR-0501 1 MBd:

Este kit contiene: Un transmisor HFBR-1524 Tx, un receptor HFBR-2524 Rx, kit de pulido, 3 tipos de conectores plásticos, 5 metros de cable de plástico de 1mm de diámetro, film envolvente y papel grit, y la hoja de datos HFBR-0501.

Información sobre Package y Manipulación

El package del enlace compacto versátil está confeccionado de un material retardante de flama VALOX® UL 94 V-0 (UL file # E121562) y utiliza el mismo layout que el Standard, un package de ocho pines en línea. Están disponibles partes para montajes vertical y horizontal. Estos packages de enlaces versátiles de perfiles poco pronunciados, son apilables y están envueltos para proveer un sello



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



resistente al polvo. Los conectores de acción simple, simple tipo latching, doble y doble tipo latching, son ofrecidos con cables simples o dobles.

Orientación del Package

La performance y pinouts para los packages vertical y horizontal son idénticos. Para proveer soporte de enlace adicional para el encaje del enlace versátil vertical, el diseñador posee la opción de utilizar una rosca de self-tapping a través de un tablero de circuito impreso dentro de un agujero en el fondo del package. Para la mayoría de las aplicaciones esto no es necesario.

Encaje con colores del Package

Los componentes de enlace versátil y conectores simples son de color codificado para eliminar confusiones al efectuar las conexiones.

Los receptores son azules y los transmisores son grises, excepto el transmisor HFBR-15X3, que es color negro.

Manipulación

Flujo de agua soluble no halogenada (0% chloride), flujos que no sean a base de resinas, son recomendados para el uso con los componentes de enlace versátil.

Los componentes de enlace versátil son piezas sensibles a la humedad y están envueltas en bolsas selladas. Si los componentes son expuestos al aire por un periodo de tiempo extenso, pueden requerir un paso de cocción antes del proceso de soldadura. Remítase a la etiqueta especial en el tubo para detalles.

Químicos recomendados para limpieza y Degreasing

Alcoholes: metílico, isopropílico, isobutílico.

Alifáticos: hexano, heptano.

Otros: solución jabonosa, nafta.

No utilice hidrocarburos parcialmente halogenados como 1,1,1 tricloroetano, cetonas como MEK, acetona, cloroformo, etil acetato, fenol, methylene dichloride, methylene chloride, or Nmethylpyrrolidone.



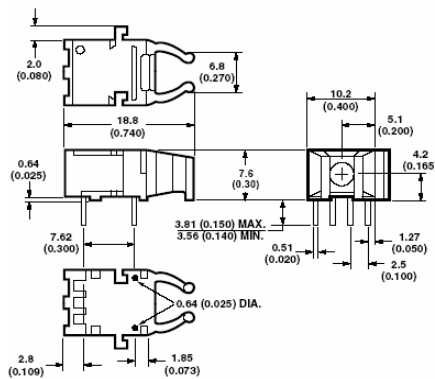
MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



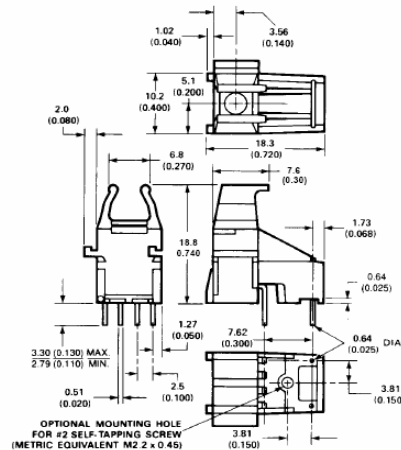
Además, no se recomienda el uso de limpiadores que usan hidrocarburos halogenados por su daño potencial al medioambiente.

Dimensiones Mecánicas

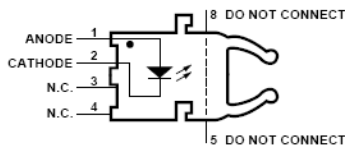
Módulos Horizontales



Módulos Verticales



HFBR-15X2/15X4 Transmitters



Pin #	Function
1	Anode
2	Cathode
3	Open
4	Open
5	Do not connect
8	Do not connect

Note: Pins 5 and 8 are for mounting and retaining purposes only. Do not electrically connect these pins.

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Min.	Max.	Units	Reference
Storage Temperature	T_S	-40	+85	°C	
Operating Temperature	T_A	-40	+85	°C	
Lead Soldering Cycle	Temp.		260	°C	Note 1
	Time		10	sec	
Forward Input Current	I_{FPK}		1000	mA	Note 2, 3
	I_{Fdc}		80		
Reverse Input Voltage	V_{BR}		5	V	

Notes:

1. 1.6 mm below seating plane.
2. Recommended operating range between 10 and 750 mA.
3. 1 μ s pulse, 20 μ s period.



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



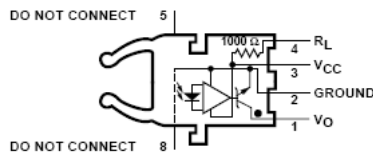
Transmitter Electrical/Optical Characteristics 0°C to 70°C unless otherwise specified.
For forward voltage and output power vs. drive current graphs.

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions	Ref.	
Transmitter Output Optical Power	HFBR-15X2	P_T	-13.6 -11.2		-4.5 -5.1	dBm	$I_{Fdc} = 60$ mA $I_{Fdc} = 60$ mA, 25°C	
	HFBR-15X4	P_T	-17.8 -15.5		-4.5 -5.1	dBm	$I_{Fdc} = 60$ mA $I_{Fdc} = 60$ mA, 25°C	
Output Optical Power Temperature Coefficient	$\Delta P_T/\Delta T$		-0.85			%/°C		
Peak Emission Wavelength	λ_{PK}		660			nm		
Forward Voltage	V_F	1.45	1.67	2.02		V	$I_{Fdc} = 60$ mA	
Forward Voltage Temperature Coefficient	$\Delta V_F/\Delta T$		-1.37			mV/°C	Fig. 11	
Effective Diameter	D_T		1			mm		
Numerical Aperture	NA		0.5					
Reverse Input Breakdown Voltage	V_{BR}	5.0	11.0			V	$I_{Fdc} = 10$ μ A, $T_A = 25$ °C	
Diode Capacitance	C_O		86			pF	$V_F = 0$, $f = 1$ MHz	
Rise Time	t_r		80			ns	10% to 90%, $I_F = 60$ mA	
Fall Time	t_f		40			ns		

Note:

- Rise and fall times are measured with a voltage pulse driving the transmitter and a series connected 50 Ω load. A wide bandwidth optical to electrical waveform analyzer, terminated to a 50 Ω input of a wide bandwidth oscilloscope, is used for this response time measurement.

HFBR-25X2/25X4 Receivers



Pin #	Function
1	V_O
2	Ground
3	V_{CC}
4	R_L
5	Do not connect
8	Do not connect

Note: Pins 5 and 8 are for mounting and retaining purposes only. Do not electrically connect these pins.

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Min.	Max.	Units	Reference
Storage Temperature	T_S	-40	+85	°C	
Operating Temperature	T_A	-40	+85	°C	
Lead Soldering Cycle	Temp.		260	°C	Note 1
	Time		10	sec	
Supply Voltage	V_{CC}	-0.5	7	V	Note 2
Output Collector Current	I_{OAV}		25	mA	
Output Collector Power Dissipation	P_{OD}		40	mW	
Output Voltage	V_O	-0.5	18	V	
Pull-up Voltage	V_P	-5	V_{CC}	V	
Fan Out (TTL)	N		5		

Notes:

- 1.6 mm below seating plane.
- It is essential that a bypass capacitor 0.01 μ F be connected from pin 2 to pin 3 of the receiver. Total lead length between both ends of the capacitor and the pins should not exceed 20 mm.



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



Receiver Electrical/Optical Characteristics 0°C to 70°C, 4.75 V ≤ V_{CC} ≤ 5.25 V unless otherwise specified.

Parameter		Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions	Ref.
Receiver Optical Input Power Level Logic 0	HFBR-2522	P _{R(L)}	-24			dBm	V _{OL} = 0 V I _{OL} = 8 mA	Notes 1, 2, 3
	HFBR-2524		-20					Note 4
Optical Input Power Level Logic 1		P _{R(H)}			-43	dBm	V _{OH} = 5.25 V I _{OH} = ≤ 250 μA	
High Level Output Current		I _{OH}		5	250	μA	V _O = 18 V, P _R = 0	Note 5
Low Level Output Voltage		V _{OL}		0.4	0.5	V	I _{OL} = 8 mA P _R = P _{R(L)MIN}	Note 5
High Level Supply Current		I _{CCH}		3.5	6.3	mA	V _{CC} = 5.25 V, P _R = 0	Note 5
Low Level Supply Current		I _{CCL}		6.2	10	mA	V _{CC} = 5.25 V, P _R = -12.5 dBm	Note 5
Effective Diameter		D		1		mm		
Numerical Aperture		NA		0.5				
Internal Pull-up Resistor		R _L	680	1000	1700	Ω		

Notes:

1. Measured at the end of the fiber optic cable with large area detector.
2. Pulsed LED operation at I_F > 80 mA will cause increased link t_{PLH} propagation delay time. This extended t_{PLH} time contributes to increased pulse width distortion of the receiver output signal.
3. The LED drive circuit of Figure 11 is required for 1 MBd operation of the HFBR-25X2/25X4.
4. Optical flux, P (dBm) = 10 Log [P(μW)/1000 μW].
5. R_L is open.

40 kBd Link

System Performance Under recommended operating conditions unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions	Ref.
Data Rate		dc		40	kBd	BER ≤ 10 ⁻⁹ , PRBS: 2 ⁷ - 1	
Link Distance (Standard Cable)	ℓ	13	41		m	I _{Fde} = 2 mA	Fig. 21
		94	138		m	I _{Fde} = 60 mA	Note 1
Link Distance (Improved Cable)	ℓ	15	45		m	I _{Fde} = 2 mA	Fig. 22
		111	154		m	I _{Fde} = 60 mA	Note 1
Propagation Delay	t _{PLH}		4		μs	R _L = 3.3 kΩ, C _L = 30 pF	Fig. 22, 25
	t _{PHL}		2.5		μs	P _R = -25 dBm, 1 m fiber	Note 2
Pulse Width Distortion t _{PLH} -t _{PHL}	t _D			7	μs	-39 ≤ P _R ≤ -14 dBm R _L = 3.3 kΩ, C _L = 30 pF	Fig. 23, 24

Notes:

1. Estimated typical link life expectancy at 40°C exceeds 10 years at 60 mA.
2. The propagation delay for one metre of cable is typically 5 ns.



Conexión de la fibra óptica

La conexión de la fibra óptica aconsejada por el fabricante. *Fig n° 15*

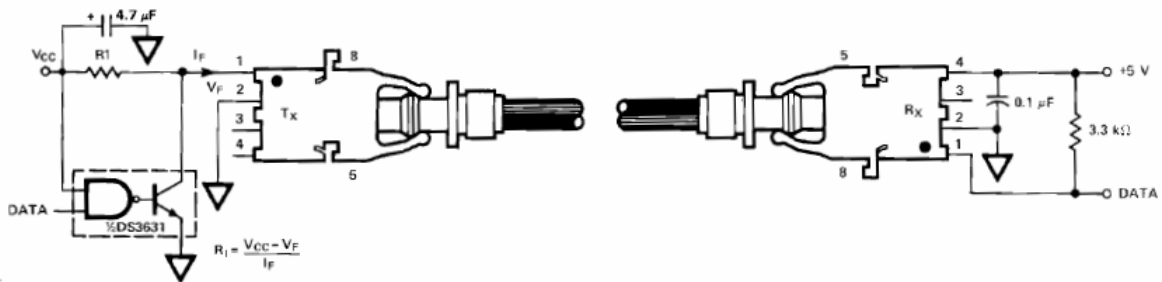


Fig n° 15. Conexión del kit aconsejada por el fabricante

Para el empleo del kit de la fibra óptica se modifico el circuito de conexión recomendado por el fabricante, materiales utilizados, debido a los componentes del mercado local. Cabe destacar que no fue modificado el comportamiento, ni alterado el funcionamiento.

La conexión de la fibra óptica en este proyecto. *Fig n°16*

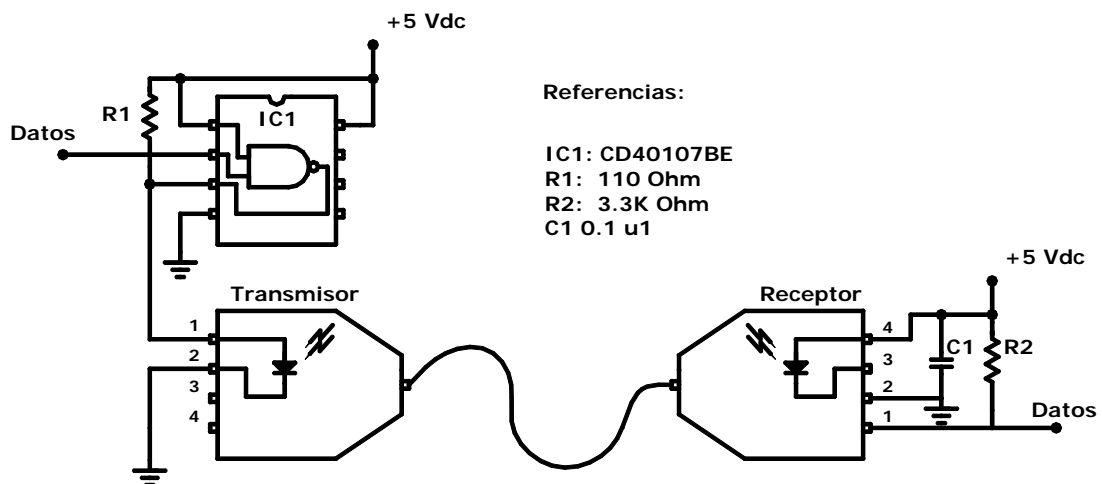


Fig n° 16. Conexión del kit en este proyecto.



14- Conclusiones

Después de efectuada la presente investigación, se obtienen como resultado las siguientes conclusiones:

La historia de la comunicación a través de la Fibra Óptica revolucionó el mundo de la información, con aplicaciones, en todos los órdenes de la vida moderna, lo que constituyó un adelanto tecnológico altamente efectivo.

- El funcionamiento de la fibra óptica es un complejo proceso conformado por diversas operaciones interconectadas que logran que la fibra óptica funcione como medio de transportación de la señal luminosa, generado todo ello por los transmisores LED'S y LASER.
- Los dispositivos implícitos en dicho proceso son los siguientes: transmisor, receptor y guía de fibra, los cuales realizan una importante función técnica, integrados como un todo a la eficaz realización del proceso.
- La fibra óptica tiene ventajas indiscutibles sobre el medio de cobre porque puede manejar señales de alta velocidad sobre distancias extensas, presenta inmunidad al ruido e interferencia, posee reducidas dimensiones y peso, permite alta velocidad al navegar por Internet y la presencia de total compatibilidad con la tecnología digital.

Por otra parte, se pueden observar como desventajas: el hecho de ser solamente accesible para las ciudades cuyas zonas posean tal instalación, así como su elevado costo, la fragilidad de sus fibras y la dificultad para reparar cables de fibras rotos en el campo.

Actualmente, se han modernizado mucho las características de la fibra óptica, en cuanto a coberturas más resistentes, mayor protección contra la humedad y un empaquetado de alta densidad, lo que constituye un adelanto significativo en el uso de la fibra óptica, al servicio del progreso tecnológico en el mundo.

En nuestra opinión, los pequeños consumidores deberemos de esperar a que la ciencia avance un poco más en este campo y sea accesible para todos, sólo entonces podremos beneficiarnos de las ventajas que nos ofrecen.



Max232

1- Introducción

El dispositivo *Max232* es un integrado que se utiliza para la comunicación con el puerto serie de la PC, actuando de interfase entre la fibra óptica y la computadora.

Las señales sensadas, es decir los valores de tensión y corriente; son enviados a través de la fibra óptica hacia la computadora pasando a través del Max232. Este circuito integrado soluciona los problemas de niveles de voltaje cuando se requiere enviar señales digitales sobre una línea RS-232, cuyo esquema es:

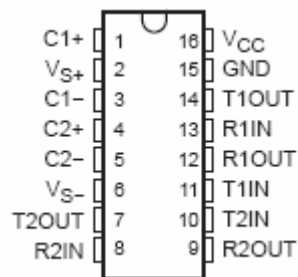


Fig n° 1. Circuito integrado.

2- Circuito de conexión

El Max232 necesita solamente una fuente de +5V para su operación; un elevador de voltaje interno convierte el voltaje de +5V al doble de polaridad de +-12V.

El circuito integrado Max232 cambia los niveles TTL a los del estándar RS-232 cuando se efectúa una transmisión, y cambia los niveles RS-232 a TTL cuando se tiene una recepción.

Con el objetivo de que el Max232 funcione correctamente se deben colocar capacitores externos, con su fuente de alimentación y el circuito que necesita el receptor de la fibra óptica. Todo esto se podrá ver en la siguiente figura en la que sólo se ha cableado la línea TX:

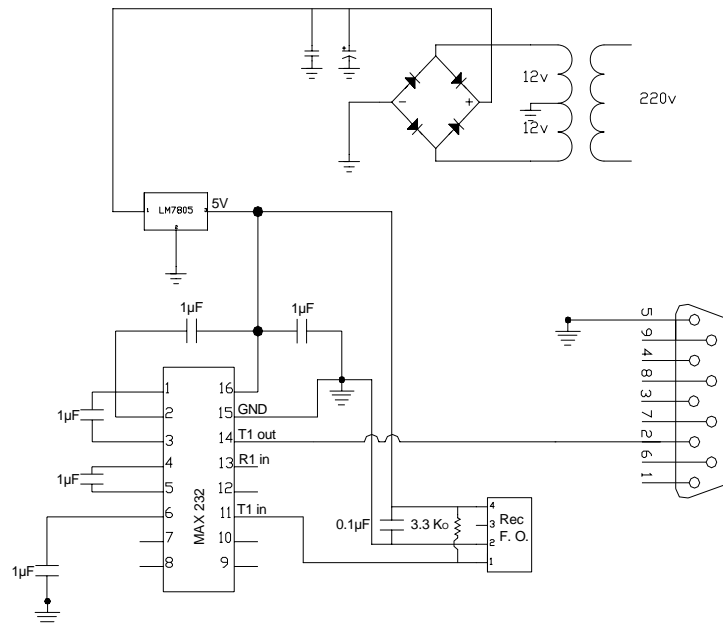
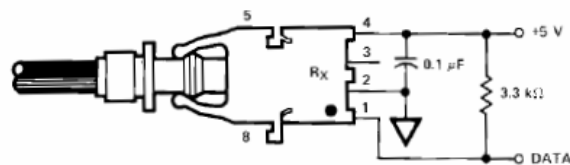


Fig n° 2. Diagrama de conexión.

3- Diseño de la plaqueta electrónica

La totalidad del circuito externo al MAX232 fue armado sobre una plaqueta electrónica diseñada a través del programa Express PCB. El mismo consta de capacitores, un puente rectificador con su correspondiente filtro y con un regulador LM7805 para mantener la tensión fija a 5V.

En la misma plaqueta donde se encuentra el MAX232 se halla también el circuito necesario para el receptor de la fibra óptica. El mismo se puede visualizar en la siguiente figura:





De la salida del MAX232, del pin 14 T1 out y del pin 15 GND, se conecta al conector R9 que va en el puerto serie de la PC y así se transmiten los datos sensados a la misma para realizar el monitoreo del motor.

El diseño de la plaqueta queda de la siguiente manera:

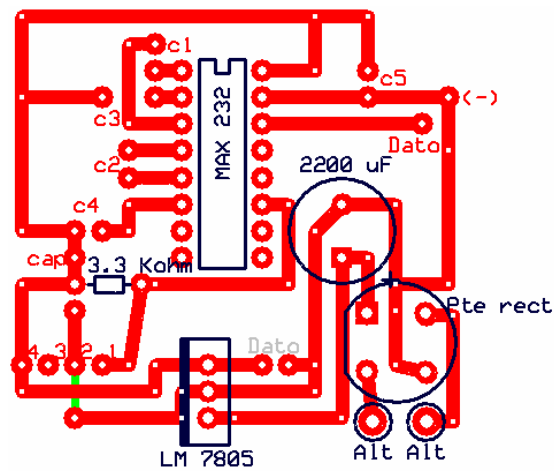


Fig n° 3. Diseño de la plaqueta.

Referencia:

C1... C5: 1 μ F

Cap: 0.1 μ F

Esta plaqueta es la que fue utilizada para convertir, los datos provenientes del microcontrolador (previo pasaje por la fibra óptica), en el protocolo correspondiente de la computadora.

4- Conclusión

Desde la PC es posible levantar los datos sensados y mediante una programa específico se podrá visualizar y calcular los parámetros necesarios del motor.



Osciloscopio para puerto serie

Programa de Recepción de Datos en Delphi

Este programa es capaz de recibir la trama de datos provenientes del sistema de adquisición y transmisión, por medio del puerto serie, procesar estos datos y trabajar con los nueve byte correspondientes a la conversión A/D de cada sensor y el voltaje correspondiente en el rango de 0 a 5 volts.

El microcontrolador envía primero un byte que corresponde al inicio de la transmisión (en decimal 165), posteriormente envía siete bytes que corresponden cada uno a las señales sensadas, de los cuales toma los canales 1 y 5, que corresponden a la corriente y tensión instantánea de una de las fases y por ultimo un byte que corresponde al final de la transmisión (en decimal 70).

Contando con los datos correspondientes a tensión y corriente, canal 1 y 5, el programa se encarga de procesar estos datos y graficarlos.

Una vez que se tienen las dos señales se procede a calcular el defasaje que existe entre tensión y corriente, lo que posibilita el calculo de la potencia activa y reactiva. Además se puede observar la tensión y corriente eficaz y pico a pico.

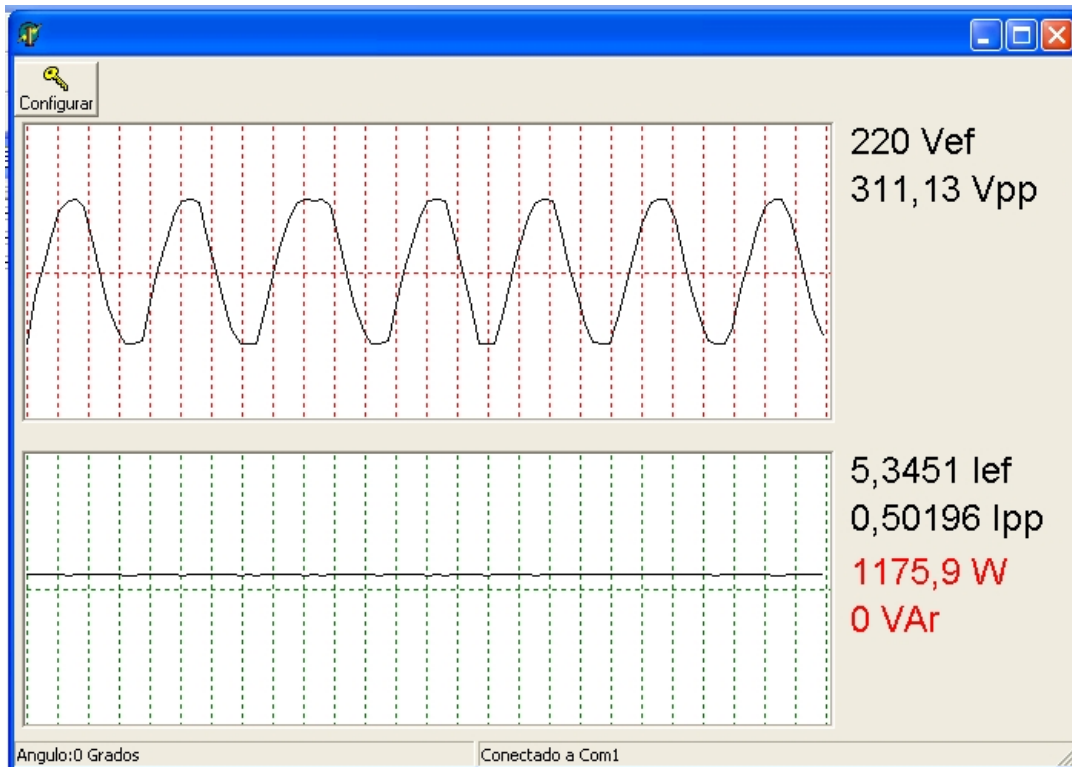
Cabe mencionar que con los datos de las potencias calculadas es posible saber los valores de varios parámetros, tales como potencia aparente y $\cos \phi$.

Entre las funciones especiales del programa, se puede elegir el puerto *com* por el cual van a ingresar los datos a la PC. Lo que permite conectar el cable de transmisión serie a la entrada *com* disponible. Cuando se desee, es posible presionar un botón para realizar dicho cambio en la entrada de datos.

A continuación se observa una imagen de la pantalla en la que serán volcados los parámetros sensados



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



Programa del osciloscopio en Delphi

```
unit grx;  
  
interface  
  
uses  
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,  
  ExtCtrls, ComDrv32, ToolWin, ComCtrls, StdCtrls, ImgList;  
  
type  
  TForm1 = class(TForm)  
    CommPortDriver1: TCommPortDriver;  
    Timer1: TTimer;  
    Panel1: TPanel;  
    Panel2: TPanel;  
    PaintBox1: TPaintBox;  
    PaintBox2: TPaintBox;  
    ToolBar1: TToolBar;  
    StatusBar1: TStatusBar;  
    ToolButton1: TToolButton;  
    ImageList1: TImageList;  
    Eficaz1: TLabel;  
    Pico1: TLabel;  
    Eficaz2: TLabel;  
    Pico2: TLabel;  
    PotActiva: TLabel;  
    PotReactiva: TLabel;  
    procedure CommPortDriver1ReceiveData(Sender: TObject; DataPtr: Pointer;  
      DataSize: Cardinal);  
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);  
    procedure FormActivate(Sender: TObject);  
    procedure FormCanResize(Sender: TObject; var NewWidth,  
      NewHeight: Integer; var Resize: Boolean);  
    procedure FormResize(Sender: TObject);  
    procedure ToolButton1Click(Sender: TObject);  
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);  
  private  
    { Private declarations }  
  public  
    { Public declarations }  
  end;  
end;
```



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



```
var
  Form1: TForm1;
  buffer:array[1..7,0..1024] Of Byte;
  canal, indice:integer;
  sincronizado:boolean;
  Ini:TextFile;

Const Puntos=98;

implementation
uses Config;
{$R *.DFM}

procedure TForm1.CommPortDriver1ReceiveData(Sender: TObject; DataPtr: Pointer;
  DataSize: Cardinal);
var p: pchar;
    s: string;
    aux1,aux2:byte;
begin
  p := DataPtr;

  while (DataSize > 0) do begin
    s := "";
    While (LENGTH(s) < 255) AND (DataSize > 0) DO BEGIN
      { s := s + ByteToHex(byte(p^)) + ' ' };
      if not sincronizado then begin
        aux2:=aux1;
        aux1:=byte(p^);
        if (aux1=165) and (aux2=70) then sincronizado:=true;
      //   indice:=0;
      end
      else
        begin
          buffer[canal,indice]:=byte(p^);
          inc(canal);
          if canal>7 then begin canal:=1; sincronizado:=false; inc(indice); if Indice>Puntos then indice:=0; end;
        end;
      dec( DataSize );
      inc( p );
    END;
  end;
End;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
var ch, ind:integer;
    NewRect: TRect;
    Ancho, Alto, offset, offset2:Integer;
    escala,escalax :real;
    cruces:array[1..7,1..10] of integer;
    Min,Max:Array[1..7] of byte;
    contador1, contador2:integer;
    saux:String;
    dif, auxr:real;
    promedio5:longint;

begin
  offset:=random(50);
  offset2:=random(40);
  contador1:=0;
  contador2:=0;
  Min[1]:=buffer[1,0];
  Max[1]:=buffer[1,0];
  Min[5]:=buffer[5,0];
  Max[5]:=buffer[5,0];
  promedio5:=0;
  for ind:=0 to Puntos-1 do
  Begin
    inc(promedio5,Buffer[5,Ind]);
  end;

  promedio5:=round(promedio5/Puntos);

  for ind:=0 to Puntos-1 do
  Begin
    if Min[1]>Buffer[1,Ind] then Min[1]:=Buffer[1,Ind];
    if Min[5]>Buffer[5,Ind] then Min[5]:=Buffer[5,Ind];
    if Max[1]<Buffer[1,Ind] then Max[1]:=Buffer[1,Ind];
    if Max[5]<Buffer[5,Ind] then Max[5]:=Buffer[5,Ind];

  //  buffer[1,ind]:=127+round(127*sin((ind+offset)/15.91));
  //  buffer[5,ind]:=127+round(127*sin((ind+offset-offset2)/15.91));

  if ind>0 then
  Begin
    if (((buffer[1,ind]>=127) and (buffer[1,ind-1]<127)) or
      ((buffer[1,ind]<127) and (buffer[1,ind-1]>=127))) then
      begin
        inc(contador1);
        cruces[1,contador1]:=ind;
      end;
  end;
end;
```



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



```
end;
if (((buffer[2,ind]>=127) and (buffer[2,ind-1]<127)) or
((buffer[5,ind]<Promedio5) and (buffer[5,ind-1]>=Promedio5)) then
begin
inc(contador2);
if contador2=1 then contador1:=0;
cruces[5,contador2]:=ind;
end;
End;
End;

saux:="";
// for ind:=1 to contador1 do
// saux:=saux+intToStr(cruces[1,ind])+' ';

// saux:=saux+'---- ';
// for ind:=1 to contador2 do
// saux:=saux+intToStr(cruces[5,ind])+' ';

// saux:=saux+'---- ';
// for ind:=1 to contador1 do
// saux:=saux+intToStr(cruces[1,ind]-cruces[5,ind])+' ';

// suponemos que se muestrea cada 1.42857 ms.
// cantidad de muestras por ciclo es de 20 ms /1.3 ms = 15.384 muestras.
// dif tiempo = 20/1.3*dif muestra

if contador1>contador2 then contador1:=contador2;

dif:=0;
// dif:=((cruces[1,5]-cruces[5,5])/14*360);
for ind:=1 to contador1 do
dif := dif + ((cruces[1,ind]-cruces[5,ind])/14*360);

if contador1<>0 then
dif:=dif / contador1
else
dif:=0;

StatusBar1.Panels[0].Text:=saux+'Angulo:'+FloatToStrF(Dif,ffgeneral,5,7)+ ' Grados';

//TFormatSettings

With PaintBox1 Do
Begin
Canvas.Brush.Color := clWhite;
Canvas.FillRect(ClientRect);
Alto:=ClientRect.Bottom-ClientRect.Top;
Ancho:=ClientRect.Right-ClientRect.Left;

Canvas.Pen.Color:=clRed;
Canvas.Pen.Style:=psDot;
escala:=alto*0.90;
escalax:=ancho/Puntos;

For ind:=0 to Ancho Div 20 do
Begin
canvas.moveto(ind*20,0);
canvas.lineto(ind*20,alto);
end;
canvas.moveto(0,alto div 2);
canvas.lineto(round(escalax*puntos),alto div 2);

Canvas.Pen.Color:=clBlack;
Canvas.Pen.Style:=psSolid;

canvas.moveto(0,alto div 2 + Round((buffer[1,0]-127)*escala/255) );
for ind:=1 to Puntos-1 do
Begin
canvas.lineto(round(ind*escalax),alto div 2 + Round((buffer[1,ind]-127)*escala/255));
(* if ind=cruces[1,1] Then
Begin
canvas.moveto(round(ind*escalax),0);
canvas.lineto(round(ind*escalax),alto);
end; *)
end;
end;

With PaintBox2 Do
Begin
Canvas.Brush.Color := clWhite;
Canvas.FillRect(ClientRect);

Alto:=ClientRect.Bottom-ClientRect.Top;
Ancho:=ClientRect.Right-ClientRect.Left;

Canvas.Pen.Color:=clGreen;
Canvas.Pen.Style:=psDot;
For ind:=0 to Ancho Div 20 do
Begin
canvas.moveto(ind*20,0);
canvas.lineto(ind*20,alto);
end;
```




MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



```
canvas.moveto(0,alto div 2);
canvas.lineto(round(escalax*puntos),alto div 2);

Canvas.Pen.Color:=clBlack;
Canvas.Pen.Style:=psSolid;
escala:=alto*0.90;
escalax:=ancho/Puntos;

canvas.moveto(0,alto div 2 + Round((buffer[5,0]-127)*escala/255) );
for ind:=1 to Puntos-1 do
Begin
  canvas.lineto(round(ind*escalax),alto div 2 + Round((buffer[5,ind]-127)*escala/255));
  (* if ind=cruces[5,1] Then
  Begin
    canvas.moveto(round(ind*escalax),0);
    canvas.lineto(round(ind*escalax),alto);
    end; *)
end;
end;

Auxr:=(311.13/2)*abs(Max[1]-127)/69*(2/Sqrt(2));
Eficaz1.Caption:=FloatToStrF(Auxr,ffGeneral,5,2)+' Vef';
Auxr:=(311.13)*(Max[1]-Min[1])/140;
Pico1.Caption:=FloatToStrF(Auxr,ffGeneral,5,2)+' Vpp';
Auxr:=8*(4)*abs(Max[5]-127)/127*(2/Sqrt(2));
Eficaz2.Caption:=FloatToStrF(Auxr,ffGeneral,5,2)+' Ief';
Auxr:=16*(8)*(Max[5]-Min[5])/255;
Pico2.Caption:=FloatToStrF(Auxr,ffGeneral,5,2)+' Ipp';
Auxr:=(((311.13/2)*abs(Max[1]-127)/69*2) * (8*4*abs(Max[5]-127)/127*2))/2*cos(dif*2*pi/360) ;
PotActiva.Caption:=FloatToStrF(Auxr,ffGeneral,5,2)+' W';
Auxr:=(((311.13/2)*abs(Max[1]-127)/69*2) * (4*abs(Max[5]-127)/127*2))/2*sin(dif*2*pi/360) ;
PotReactiva.Caption:=FloatToStrF(Auxr,ffGeneral,5,2)+' VAR';

end;

procedure TForm1.FormActivate(Sender: TObject);
Var S:String;
begin
  sincronizado:=false;
  canal:=1;
  indice:=0;
  assignfile(INI,'ADQ.INI');
  FileMode:=2;
  {$I-}
  Reset(INI);
  {$I+}
  If IOResult<>0 Then
  Begin
    Rewrite(INI);
    ConfigForm.ComboPuerto.Text:='Com1';
  End
  Else
  Begin
    Readln(INI,S);
    If Pos('Com',S)<>0 Then
      ConfigForm.ComboPuerto.Text:=S
    else
      ConfigForm.ComboPuerto.Text:='Com1';
  End;
  CloseFile(INI);

  CommPortDriver1.Disconnect;
  If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com1' Then
    CommPortDriver1.ComPort:=pnCom1;
  If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com2' Then
    CommPortDriver1.ComPort:=pnCom2;
  If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com3' Then
    CommPortDriver1.ComPort:=pnCom3;
  If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com4' Then
    CommPortDriver1.ComPort:=pnCom4;
  If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com5' Then
    CommPortDriver1.ComPort:=pnCom5;
  If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com6' Then
    CommPortDriver1.ComPort:=pnCom6;
  If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com7' Then
    CommPortDriver1.ComPort:=pnCom7;
  If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com8' Then
    CommPortDriver1.ComPort:=pnCom8;

  If Not CommPortDriver1.Connect Then
  Begin
    Application.MessageBox('Imposible establecer la comunicación'#10#13+
      'Verifique el número de puerto','Error',MB_ok);
    StatusBar1.Panels[1].Text:='No conectado';
    exit;
  End
  Else
    StatusBar1.Panels[1].Text:='Conectado a '+ConfigForm.ComboPuerto.Text;
end;

procedure TForm1.FormCanResize(Sender: TObject; var NewWidth,
  NewHeight: Integer; var Resize: Boolean);
var
  alto: integer;
```



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



```
begin
alto:=form1.Height-ToolBar1.Height-20;
Panel1.top:=ToolBar1.Height+2;
Panel1.height:=Round(0.90*(alto div 2));
panel1.Left:=5;
panel1.Width:=Form1.Width-155;
Panel2.top:=ToolBar1.Height+Panel1.Height+20;
Panel2.height:=Round(0.90*(alto div 2))-15;
panel2.Left:=5;
panel2.Width:=Form1.Width-155;
Eficaz1.Top:=Panel1.top;
Eficaz1.Left:=Panel1.Left+Panel1.Width+10;
Pico1.Top:=Panel1.top+Eficaz1.Height+4;

Pico1.Left:=Panel1.Left+Panel1.Width+10;

Eficaz2.Top:=Panel2.top;
Eficaz2.Left:=Panel2.Left+Panel2.Width+10;

Pico2.Top:=Panel2.top+Eficaz2.Height+4;
Pico2.Left:=Panel2.Left+Panel2.Width+10;

PotActiva.Top:=Pico2.top+Pico2.Height+8;
PotActiva.Left:=Panel2.Left+Panel2.Width+10;

PotReactiva.Top:=PotActiva.top+PotActiva.Height+4;
PotReactiva.Left:=Panel2.Left+Panel2.Width+10;

end;

procedure TForm1.FormResize(Sender: TObject);
var
alto:integer;
begin
alto:=form1.Height-ToolBar1.Height-20;
Panel1.top:=ToolBar1.Height+2;
Panel1.height:=Round(0.90*(alto div 2));
panel1.Left:=5;
panel1.Width:=Form1.Width-170;
Panel2.top:=ToolBar1.Height+Panel1.Height+20;
Panel2.height:=Round(0.90*(alto div 2))-15;
panel2.Left:=5;
panel2.Width:=Form1.Width-170;
Eficaz1.Top:=Panel1.top;
Eficaz1.Left:=Panel1.Left+Panel1.Width+10;
Pico1.Top:=Panel1.top+Eficaz1.Height+4;
Pico1.Left:=Panel1.Left+Panel1.Width+10;
Eficaz2.Top:=Panel2.top;
Eficaz2.Left:=Panel2.Left+Panel2.Width+10;
Pico2.Top:=Panel2.top+Eficaz2.Height+4;
Pico2.Left:=Panel2.Left+Panel2.Width+10;

PotActiva.Top:=Pico2.top+Pico2.Height+8;
PotActiva.Left:=Panel2.Left+Panel2.Width+10;
PotReactiva.Top:=PotActiva.top+PotActiva.Height+4;
PotReactiva.Left:=Panel2.Left+Panel2.Width+10;

end;

procedure TForm1.ToolButton1Click(Sender: TObject);
begin
If ConfigForm.ShowModal=mrOK Then
Begin
CommPortDriver1.Disconnect;
If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com1' Then
CommPortDriver1.ComPort:=pnCom1;
If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com2' Then
CommPortDriver1.ComPort:=pnCom2;
If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com3' Then
CommPortDriver1.ComPort:=pnCom3;
If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com4' Then
CommPortDriver1.ComPort:=pnCom4;
If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com5' Then
CommPortDriver1.ComPort:=pnCom5;
If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com6' Then
CommPortDriver1.ComPort:=pnCom6;
If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com7' Then
CommPortDriver1.ComPort:=pnCom7;
If ConfigForm.ComboPuerto.Text='Com8' Then
CommPortDriver1.ComPort:=pnCom8;

If Not CommPortDriver1.Connect Then
Begin
Application.MessageBox('Imposible establecer la comunicación'#10#13+
'Verifique el número de puerto','Error',MB_ok);
StatusBar1.Panels[1].Text:='No conectado';
exit;
End
Else
StatusBar1.Panels[1].Text:='Conectado a '+ConfigForm.ComboPuerto.Text;
End;
end;

procedure TForm1.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
```



MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



```
Var S:String;  
begin  
  CommPortDriver1.Disconnect;  
  S:=ConfigForm.ComboPuerto.Text;  
  assignfile(INI,'ADQ.INI');  
  Rewrite(INI);  
  WriteIn(INI,S);  
  CloseFile(INI);  
end;  
  
end.
```

Conclusiones

En este capítulo se ve reflejado el trabajo hecho durante todo el proyecto. Se ven claramente los avances que se hicieron para el desarrollo del sistema completo.

Se presentan los resultados que engloban a todas las secciones por separado para darle una solución satisfactoria al problema inicialmente planteado, que es la medición de tensión y corriente instantánea del motor.

El proyecto concluye con la finalización y correcto funcionamiento del programa de control para el PIC16F874a, el programa de recepción de datos en Delphi y el diseño y construcción de los circuitos impresos donde fue montado todo el sistema.



Impacto Ambiental

Desde el inicio de la era industrial hasta hace pocos años, las sociedades creían a ciegas en la doctrina del crecimiento económico exponencial, que se basaba en las posibilidades ilimitadas de la Tierra para sustentar el crecimiento económico.

Pero hoy sabemos que nuestro planeta no es capaz de soportar indefinidamente el actual orden económico internacional, que los recursos naturales no son bienes ilimitados y que los residuos sólidos, líquidos o gaseosos de nuestro sistema de vida conllevan a graves riesgos para la salud del planeta, incluido lógicamente el hombre.

La actuación negativa sobre el medio ambiente que ha caracterizado a los sistemas productivos, se ha ejercido desde diferentes niveles, por ejemplo:

- Sobre utilización de recursos naturales no renovables.
- Emisión de residuos no degradables al ambiente.
- Destrucción de espacios naturales
- Destrucción acelerada de especies animales y vegetales.

Desde la década de 1970 se aceleró la conciencia ecológica y la sociedad comenzó a entender que el origen de los problemas ambientales se encontraba en las estructuras económicas y productivas de la economía y dado que los principales problemas que aquejan al medio ambiente tienen su origen en los procesos productivos mal planificados y gestionados, es precisamente mediante la transformación de tales sistemas como se podía acceder a una mejora integral del medio ambiente.

Teniendo en cuenta lo mencionado antes, la fibra óptica no produce ningún desequilibrio ecológico. En cuanto a la transmisión de datos, el uso de la misma reemplazaría los cables multifilares de cobre que están actualmente en uso. Esto se debe ya que con un hilo de fibra óptica se trasmite mucha mayor información que con los cables multifilares de cobre, reduciendo también el espacio aéreo.



Evaluación económica

Comparación de costos en distancias largas

En nuestro caso, dado que se trata de una transmisión de prueba de información por medio de fibra óptica, es imposible realizar una evaluación económica entre transmitir la información por medio de Fibra o cable, debido a las siguientes razones:

No se utiliza toda la capacidad de la fibra óptica.

La longitud de transmisión es de pocos metros.

La fibra óptica utilizada no es la mas apta para transmisión de datos.

El costo de la fibra óptica utilizada oscila entre los 3 a 4 pesos el metro, siendo esta una fibra de plástico de 1 mm² de sección y con una vaina de protección, teniendo en cuenta que esta fibra dispone de un diodo emisor y otro receptor cuyo costo es de los mismos es de 25 dólares cada diodo, emisor y receptor.

Si la transmisión hubiera implicado largas longitudes y gran volumen de datos, deberíamos tener en cuenta para la evaluación económica que un par de fibras ópticas para transmisión de información, equivale aproximadamente a 2200 pares telefónicos.

Otra forma de comparación es por medio de la velocidad de transmisión entre el cable coaxial (25 Mbits/seg.) y la fibra óptica (100 Tbits/seg).

En este supuesto caso, para igual volumen de información transmitida, es muy superior la ventaja económica de la fibra sumada a sus propiedades de:

- No degradable en el tiempo (sin mantenimiento)
- Bajo peso
- Elevada resistencia mecánica
- Insensible a interferencias electromagnéticas



Conclusión

Desarrollándose los distintos puntos de este proyecto se obtuvieron resultados tales como:

Se quería monitorear los parámetros eléctricos, tensión y corriente, de las tres fases. Al ir investigando esta posibilidad nos encontramos con la problemática que presenta el PIC, la cual no nos permite reconocer las señales de cada pin, es decir que; la señal del pin 1, por Ej., Se copia en la entrada 2, y así con las demás. Por lo tanto se opto por tomar las señales de tensión y corriente de una sola fase, ya que este proyecto esta diseñado para motores monofásicos y trifásicos los que constituyen una carga equilibrada.

La idea de trabajar con fibra óptica, para la comunicación, se debió a las ventajas que ofrece:

- No se pierde información de datos
- No irradia ni es sensible a las radiaciones electromagnéticas
- Es inmune al ruido y las interferencias
- Alta frecuencia de transmisión
- Presenta un bajo peso comparado con otros tipos de cables.

En términos generales, este proyecto fue una gran oportunidad para poner en práctica los conocimientos adquiridos durante nuestra carrera profesional, además de adquirir otros nuevos.

Nos enfrentamos a problemas reales de diseño, cuyas soluciones dependieron en gran medida de nuestra creatividad, además de la solidez de los conceptos involucrados en cada área de diseño (electrónica digital, analógica, etc.).

Utilizamos instrumentos y dispositivos con tecnología de punta. Un claro ejemplo de esto son la fibra óptica y el microcontrolador.



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



El proyecto ha sido muy enriquecedor en nuestra formación profesional, no sólo por la satisfacción personal que nos deja su conclusión, sino por el hecho de que participamos en un proyecto que puede traer grandes beneficios al desarrollo tecnológico dentro de la Universidad.

Estamos muy satisfechos con la conclusión de nuestro proyecto de ingeniería ya que se pudo llevar a cabo gracias a una ardua tarea de investigación.

Inconvenientes

Podemos afirmar que todo el equipo utilizado resultó una novedad para nosotros. No obstante tuvimos que elegir un microcontrolador que además de ajustarse a nuestras necesidades de diseño, fuera barato y fácil de conseguir.

Tuvimos que aprender la arquitectura del micro, su conjunto de instrucciones y la forma en la que se operan sus módulos especiales. Esto se aprendió con el uso de la hoja de especificaciones, pero principalmente mediante el asesoramiento del ingeniero Sergio Luvoni.

La teoría de las transmisiones seriales y del estándar RS-232 era desconocida por nosotros, por lo que tuvimos que investigar acerca de los aspectos involucrados en la transmisión.

Para realizar el diseño las plaquetas optamos por el uso de soft llamado Express PCB. Nuevamente, tuvimos que aprender por nuestra cuenta el funcionamiento de dicho paquete computacional. Una vez pasados al programa los diseños esquemáticos previamente probados, se procedió a imprimir los circuitos PCB en tabletas de cobre.

Si bien se proyectó como una medición adicional, la toma de temperatura y se seleccionó el integrado a utilizar como sensor, tal cual se describe en el informe, en su aplicación práctica nos encontramos con el inconveniente de que los datos del mismo nos interfería con las datos medidos de tensión y corriente a pesar de respetar las especificaciones técnicas del microcontrolador.



**MONITOREO REMOTO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA
DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS
DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**



Todos los problemas a los que nos enfrentamos fueron satisfactoriamente solucionados. Además de estos problemas técnicos, nos enfrentamos a problemas reales de diseño, como por ejemplo el del sistema de multiplexaje, el de offset y de diferencias de voltaje, así como el diseño mismo del programa de control para el micro.

Gran parte de estas soluciones las propusimos con base en nuestros conocimientos teóricos, además de que también nos fue de mucha colaboración los conocimientos aportados por departamento de electrónica.

Posibilidades de ampliación del proyecto

Esperamos que este documento sirva a nuestros compañeros que continúan con el proyecto para que encuentren posibles soluciones de diseño y características de los dispositivos utilizados, con el fin de facilitar su trabajo y de que no comiencen desde cero, sino que tomen como base lo ya hecho.

Como se mencionó en el párrafo anterior, se puede implementar la medición de la temperatura.

Se debe investigar la posibilidad de transmitir información de las otras dos fases. Analizar la posibilidad de realizar el proceso inverso, en el sentido de que por medio computacional comandar el motor, a través de una interfase como puede ser un variador de velocidad.