

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**AUTOMATIZACIÓN DE BANCO DE MEDIDORES
DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:
FERNANDO RODRÍGUEZ CABEZAS**

**PROMOCIÓN
2006-I**

**LIMA-PERÚ
2010**

AUTOMATIZACIÓN DE BANCO DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

**A mis padres
Fernando y Dora
por el apoyo brindado**

SUMARIO

El presente informe describe la construcción de un banco de pruebas de medidores electrónicos que automatiza los procesos involucrados permitiendo aumentar la productividad de las pruebas de estos medidores

La construcción del banco de pruebas era sumamente necesaria debido a la gran deficiencia en la productividad de las pruebas de los medidores electrónicos de energía eléctrica en comparación con las realizadas a medidores electromecánicos. Los medidores electrónicos eran probados uno tras otro, mientras que la de los medidores electromecánicos eran hechos en un banco de pruebas hasta para dieciocho medidores en simultáneo.

El diseño e implementación del banco de pruebas involucra 1) la adecuación eléctrica que permita probar hasta dieciocho medidores, 2) la construcción de una interfaz electrónica que recopile los datos requeridos y los transmita a un computador personal, y 3) el desarrollo de una aplicación en Visual Basic para el computador personal que permita una comunicación vía RS232C con la interfaz, la cual a su vez almacene y visualice los datos recopilados.

El banco fue sometido a múltiples pruebas. Este fue diseñado para que cumpla con la normatividad exigida por INDECOPI. Dado los excelentes resultados de las pruebas realizadas por el personal técnico de INDECOPI el equipo recibió la certificación respectiva.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Objetivos del trabajo.....	3
1.3 Evaluación del problema.....	3
1.3.1 Sustitución de medidores electromecánicos por medidores electrónicos	3
1.3.2 Método de prueba de medidores	4
1.4 Alcance del trabajo.....	6
1.5 Síntesis del trabajo.....	7
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	8
2.1 Medición.....	8
2.1.1 Procedimiento de medición.....	8
2.1.2 Instrumento de medición	8
2.1.3 Componentes de la medición.....	9
2.1.4 Resultado de la medición	9
2.1.5 Error en la medición	9
2.1.6 Incertidumbre de medición	10
2.1.7 Calibración	10
2.1.8 Verificación de un instrumento de medición	10
2.2 Medición de potencia activa.....	10
2.2.1 Conceptos preliminares.....	11
2.2.2 Medición de un sistema monofásico.....	11
2.2.3 Medición de un sistema trifásico.....	12
2.3 Medidores de energía eléctrica (Wattthorímetro).....	14
2.3.1 Clasificación de los medidores.....	14
2.3.2 Medidores de inducción (electromecánicos)	14
2.3.3 Medidores electrónicos (estáticos).....	15
2.4 Equipos para calibración de medidores de energía eléctrica.....	16

2.4.2	Fuente de corriente alterna	16
2.4.3	Pinza amperimétrica.....	17
2.4.4	Voltímetro AC	17
2.4.5	Cofímetro	17
2.5	Banco de medidores de energía eléctrica	17
2.6	Componentes electrónicos usados en la interfaz electrónica	17
2.6.1	Pantalla de cristal líquido (LCD).....	18
2.6.2	Microcontrolador PIC 16F628A.....	18
2.7	Programas usados en el diseño del hardware	21
2.7.1	Programa Proteus	21
2.7.2	Compilador de Microcontroladores PIC Proton Ide	21
2.7.3	Grabador de PIC Win PIC800.....	22
2.8	Programas usados en el diseño de la Interfaz Gráfica de Usuario (IGU).....	22
2.8.1	Visual Basic 6	22
2.8.2	Virtual Serial Port Driver.....	22
2.8.3	Serial Port Monitor.....	22
2.9	Puerto serie RS232	22
2.9.1	La trama serial.....	23
2.9.2	Velocidad de transmisión	24
2.9.3	Control de flujo de información	24
2.9.4	DCE y DTE	25
2.10	Normatividad para metrología eléctrica	25
CAPITULO III		
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA		
3.1	Análisis preliminar	27
3.1.1	Antes de automatizar el banco de medidores	27
3.1.2	Cambios apropiados para prueba de medidores.....	28
3.2	Alternativas de solución	29
3.2.1	Adecuación eléctrica	29
3.2.2	Desarrollo de una interfaz electrónica de adquisición.....	30
3.2.3	Desarrollo de una Interfaz Gráfica de Usuario (IGU)	32
3.3	Adecuación del sistema eléctrico y software.....	32
3.3.1	Diseño de los transformadores de voltaje.....	32
3.3.2	El equipo patrón de medición.....	33
3.4	Diseño de la interfaz electrónica.....	33
3.4.1	Arquitectura de la interfaz electrónica.....	34

3.4.2	Principio de funcionamiento	41
3.4.3	Modos de operación del sistema	42
3.4.4	Algoritmo de adquisición de pulsos	44
3.4.5	Algoritmo de comunicación serial con la PC	46
3.5	Diseño de la Interfaz Gráfica de Usuario FRCLINK01	46
3.5.1	Parámetros	46
3.5.2	Detalles de funcionamiento	47
CAPITULO IV		
PRUEBAS, TIEMPO DE EJECUCION Y PRESUPUESTO		51
4.1	Pruebas.....	51
4.1.1	Prueba de puesta en operación	51
4.1.2	Prueba para certificación por INDECOPI.....	56
4.2	Cronograma.....	57
4.3	Estimación de costos.....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		60
ANEXO A CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN INDECOPI		61
ANEXO B DATASHEET PIC 16F628A		68
ANEXO C DATASHEET LM358		86
ANEXO D DATASHEET 4N35		89
ANEXO E GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		92
BIBLIOGRAFÍA.....		94

INTRODUCCIÓN

La solución desarrollada y descrita en el presente informe es el resultado de la necesidad de aumentar la productividad de las pruebas de medidores electrónicos de energía eléctrica la cual era realizada uno por uno a diferencia de las pruebas realizadas a medidores electromecánicos las cual podían realizar pruebas hasta para dieciocho medidores en simultáneo.

El diseño e implementación del banco de pruebas para los medidores electrónicos era urgente por cuanto eran cada vez mayor el número de medidores de este tipo que debían ser probados (debido a que estaban reemplazando a los medidores electromecánicos). Cumplir con la producción implicaba: 1) con el mismo horario de trabajo tener equipos de pruebas adicionales así cómo más personal para realizar las pruebas en paralelo implicaba, 2) mantener al mismo número de personal y equipos pero aumentar las horas de trabajo, o 3) construir un banco de pruebas que permita las pruebas en paralelo y además de manera automatizada.

Era clara que la solución era la construcción de un banco de pruebas y que además alcanzara la certificación exigida por INDECOPI. El diseño involucra la adecuación eléctrica que permita probar simultáneamente varios medidores electrónicos, el diseño de la interfaz electrónica que traduzca los pulsos provenientes de cada medidor y los datos respectivos sean enviados vía RS232 a un computador personal, el diseño de una aplicación en Visual Basic que permita recopilar los datos enviados por la interfaz electrónica y los almacene y visualice.

El hardware para la adquisición (interfaz electrónica) está dimensionado para cinco medidores, sin embargo eléctricamente está adecuado para dieciocho. Las mejoras para la adquisición de más de cinco medidores son establecidos en el presente informe.

En el diseño presentado se ha aplicado el conocimiento y experiencia adquiridos desde mi estadía cómo practicante en el laboratorio de metrología eléctrica de Tecsur, relacionado con las mediciones eléctricas, análisis de las señales que emiten tanto los medidores como los patrones, las formas de captar señales de los mismos. También se diseñó acondicionadores de señales ópticas, eléctricas, infrarrojas, tanto de los medidores como los patrones. Adicionalmente diseñé divisores de pulsos para patrones y un comparador de energía eléctrica (FEROC-02), todo esto mediante el uso de microcontroladores de la familia MICROCHIP del cual tengo gran experiencia en el

desarrollo de sistemas automatizados. Mi principal fuente bibliográfica fue el libro Handbook for Electricity Metering ninth edition by Edinson Electric Institute.

El informe está dividido en cuatro capítulos. En el primer capítulo se hace el planteamiento de ingeniería del problema. En él se describe el problema, se especifican los objetivos del trabajo, se evalúa el problema, se describen los alcances del diseño y se hace una síntesis del trabajo realizado.

En el segundo capítulo se precisan los conceptos básicos necesarios para la comprensión del diseño realizado. Este contiene aspectos relacionados con la medición en general, con la medición de energía alterna, medidores de energía eléctrica, los equipos para calibración de medidores de energía eléctrica, los bancos de medidores de energía eléctrica, los componentes electrónicos usados en la automatización del banco, el software usado en el diseño del hardware, el puerto serie RS232 y la normatividad para la metrología eléctrica.

En el tercer capítulo se expone la metodología para la solución del problema. En él se hace un análisis preliminar para luego evaluar las alternativas para implementar la solución propuesta, tanto para la adecuación eléctrica cómo para la interfaz electrónica y la aplicación del computador. Luego se describe en detalle la adecuación eléctrica realizada, la interfaz electrónica construida y la aplicación desarrollada para el computador. Finalmente se especifican las pruebas realizadas para la obtención de la correspondiente certificación INDECOPI.

En el capítulo cuatro, se presentan las pruebas del diseño y se hace la estimación de costos y cronograma de los trabajos.

Quisiera agradecer a las siguientes instituciones y profesionales por colaborar y apoyar el desarrollo de la solución descrita en el presente informe: A la Institución Tecsur por la apuesta por la investigación y desarrollo de tecnología nacional, al entonces jefe de metrología Ing. José Carreño por las pautas e ideas para concretar los muchos proyectos desarrollados en Tecsur y los que quedaron pendientes, al técnico Edwin Pérez clave en llenar todo el bagaje de mis conocimientos en lo relacionado a metrología eléctrica, y uno de los más experimentados a nivel nacional en el tema, finalmente a los técnicos Víctor Quispe , Carlos Acosta , Freddy Sánchez , Gilberto Garro ,Oscar Cortez ; sin los cuales no se hubiera podido avanzar con los proyectos y brindaron su apoyo mientras más lo necesitaba.

La solución presentada está sujeta a términos de confidencialidad por parte de la empresa beneficiaria.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se realiza el planteamiento de ingeniería del problema, para ello primeramente se describe el problema y luego se expone el objetivo del trabajo, también se evalúa el problema y se precisan los alcances del informe, para finalmente presentar una síntesis del diseño presentado.

1.1 Descripción del Problema

Gran deficiencia en la productividad de las pruebas de medidores electrónicos de energía eléctrica en comparación con las realizadas a medidores electromecánicos.

Los medidores electrónicos eran probados uno tras otro, mientras que la de los medidores electromecánicos eran hechos en un banco de pruebas hasta para dieciocho medidores en simultáneo.

1.2 Objetivos del trabajo

Aumentar la productividad de las pruebas de medidores electrónicos mediante la construcción de un banco de pruebas que automatice los procesos involucrados.

El proceso de diseño e implementación del banco consiste de: 1) la adecuación eléctrica del banco, 2) el diseño y construcción de una interfaz electrónica que capture los datos de cada medidor colocado en el banco, 3) el diseño de un aplicativo para computador personal.

1.3 Evaluación del problema

Para la comprensión de la importancia de la solución implementada es necesario conocer previamente aspectos importantes involucrados a las pruebas de medidores electromecánicos y electrónicos.

1.3.1 Sustitución de medidores electromecánicos por medidores electrónicos

Las empresas concesionarias de energía eléctrica cambiaron los medidores electromecánicos (o medidores de inducción) por los medidores electrónicos (o estáticos). Esto se detalla a continuación.

a. Medidores electromecánicos

Los medidores electromecánicos requerían que se realice un ajuste a todos ellos pues era grande la cantidad de medidores que venían de fábrica fuera de su clase de precisión (2% de margen de error), por lo que debían ser enviados a un laboratorio de

medidores para que se realice el ajuste correspondiente. Esto representaba un costo elevado por la gran cantidad de medidores que se adquirirían al año, un promedio de doscientosmil, dependiendo de la concesionaria (Luz del Sur, Edelnor, ElectroSur, etc.).

Los costos de estos medidores electromecánicos eran elevados tanto por su constitución (carcasa de aluminio, conductores de cobre de alto calibre); y por costos de exportación (por tener gran tamaño y peso).

b. Medidores electrónicos

Su principal ventaja es su bajo costo, pues al estar diseñados por componentes electrónicos no requerían de bobinas de inducción costosas cómo los medidores electromecánicos. Su precio se reducía a más de la mitad en comparación con un medidor electromecánico.

No requerían un certificado de calibración pues estos eran calibrados en fábrica, y el fabricante entregaba una constancia de ello, por lo cual las empresas concesionarias se libraban de la necesidad de enviar todo el lote comprado a los laboratorios especializados para realizarles el ajuste a su clase de precisión; sólo se le realizaba las pruebas de muestreo de medidores para descartar lotes, esto se aplicaba apoyados en normas internacionales.

Para el caso peruano no se contaba con una normativa nacional, por lo cual se adoptaba la norma española UNE-EN 61358 (Control de aceptación de los contadores estáticos de energía activa para corriente alterna y conexión directa -clases 1 y 2). Los gastos realizados por el laboratorio los pagaba la empresa proveedora de los medidores como requisito impuesto por la concesionaria de energía eléctrica.

La constitución de los medidores electrónicos (carcasa de plástico, máximo dos resistencias internas shunt o un pequeño transformador de corriente, y su respectiva tarjeta electrónica y el visor) disminuía el tamaño y el peso de los mismos, por defecto el costo por transporte disminuía.

Todo esto conllevó que a mediados del 2007 se realicen las respectivas compras de los medidores electrónicos reemplazando a los electromecánicos paulatinamente. A partir del año 2008 sólo se están importando medidores electrónicos lo cual es la tendencia hasta la actualidad.

1.3.2 Método de prueba de medidores

En esta sección se explicará el método de prueba de los medidores electromecánicos y de los electrónicos antes de implantada la solución.

a. Prueba de medidores electromecánicos

Para realizar la prueba a los medidores electromecánicos se disponía de una banco de prueba, el cual consta como partes principales: 1) una fuente inductiva que me permite

generar corrientes de 0 a 60 amperios con bajo consumo de potencia; 2) una fuente de voltaje variable con el cual se puede variar el voltaje de prueba a los medidores electromecánicos y 3) un medidor patrón con el cual se realizaban las comparaciones a los medidores.

Esto permitía usar el banco para realizar pruebas de precisión hasta para dieciocho medidores electromecánicos (prueba entre 10 a 15 minutos).

La Figura 1.1 muestra la manera incorrecta de implementar el banco. Se observa que los shunt de corriente están siendo cortocircuitados por el cable que alimenta el sistema de voltaje del medidor (visualizar los contornos rojos).

Para no realizar las pruebas de un medidor por vez se opta por alimentar al sistema de voltaje de los medidores con la condición de abrir la conexión que mantienen con el shunt de corriente justo donde aparece remarcado con los contornos de color amarillo (acción fácilmente realizable para medidores electromecánicos).

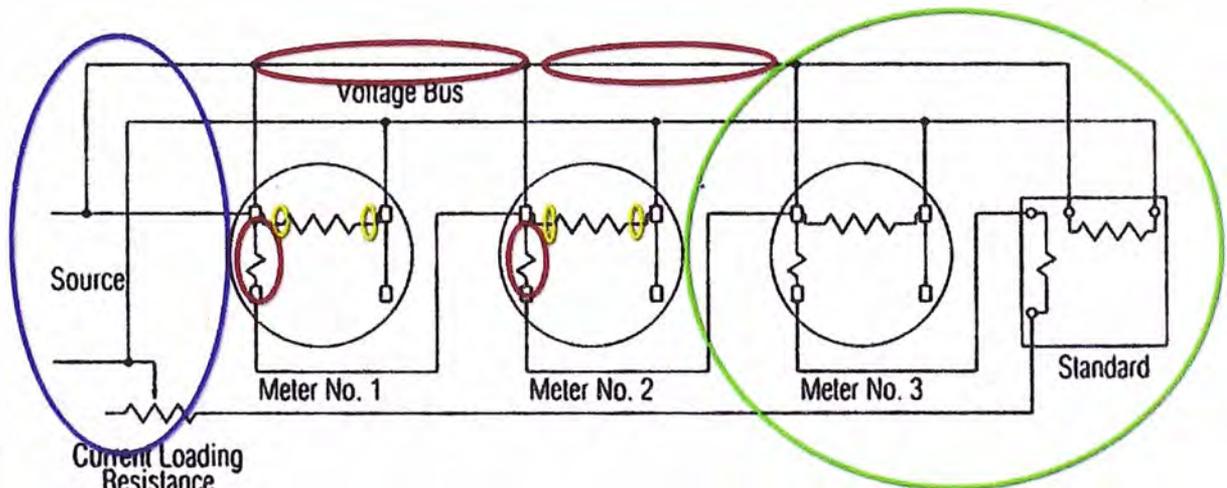


Figura 1.1 Manera incorrecta de realizar las pruebas a medidores

Este artificio se podía aplicar a los medidores electromecánicos pues estos contienen unos puentes entre los sensores de voltaje y corriente que fácilmente pueden desconectarse con solo abrir la tapa del medidor.

Nota: Las pruebas uno por uno implica hacer las conexiones entre el circuito contorneado en color azul y el contorneado con color verde, asegurando que tanto al medidor bajo prueba le llegue el mismo voltaje y corriente que al medidor patrón o de referencia).

b. Prueba de medidores electrónicos

Lo anterior no puede hacerse con un medidor electrónico debido a que: 1) tiene los puentes de voltaje soldados a los de corriente y 2) las tapas vienen selladas lo cual hace imposible aplicar este método de prueba a los medidores electromecánicos. El hecho de que las pruebas sólo se podían hacer a un medidor electrónico a la vez (10 minutos por medidor para pruebas de precisión) y que se debía cumplir con una fecha de entrega, forzaba a una de las siguientes situaciones:

1. Mantener el horario de trabajo pero realizar trabajos en paralelo implicaba tener equipos de pruebas adicionales así como más personal.
2. Mantener al mismo número de personal y equipos implicaba que el personal debía aumentar sus horas de trabajo.

Cualquiera fuera la opción significaba una deficiencia en la productividad ya que en algunos casos se debía invertir en personal y equipo adicional, o por el contrario tener que pagar horas extras y tener el laboratorio fuera de las horas laborales comunes.

1.4 Alcance del trabajo

Se diseñó e implementa un banco prueba de medidores electrónicos de energía eléctrica que automatizadamente recopila los datos necesarios para su evaluación a una computadora personal.

El hardware para la adquisición está dimensionado para cinco medidores pero eléctricamente está adecuado para dieciocho. Dado que el diseño es preliminar, en el presente informe se precisarán las recomendaciones para la ampliación del número de medidores en el banco y para mejorar el control de flujo de información que esta ampliación exija.

El banco de pruebas ha sido diseñado para que cumpla con la normatividad exigida por INDECOPI. El diseño recibió la certificación correspondiente.

El desarrollo del equipo FEROC-02 sirvió como carta de presentación para el proyecto descrito en el presente informe. El FEROC-02 fue diseñado en respuesta a la petición (marzo del 2007) del área de medidores de Luz del Sur para el Laboratorio de Metrología de Tecsur, donde se solicitaba se desarrollara una réplica del equipo comparador de energía eléctrica para patrones Radian RM-110. El FEROC-02 fue desarrollado en ocho meses lográndose los resultados deseados.

Gracias al exitoso proyecto, se llegó a un acuerdo de inicio de un nuevo proyecto para desarrollar de una interfaz electrónica que acondicione las señales para probar cinco medidores electrónicos. El desarrollo del nuevo proyecto tuvo una duración de diez meses en el cual se aprovechó parte de lo desarrollado en FEROC-02 para la captura de pulsos del patrón, y añadiéndole un módulo de transmisión serial RS232 para que los eventos puedan ser controlados mediante una Interfaz Gráfica e Usuario (IGU) diseñada exclusivamente para el banco.

Los costos totales ascendieron a USD \$3250 para la implementación del banco de medidores automatizado para cinco posiciones. Se debe tener en cuenta que un banco de tan sólo 10 posiciones de fabricación China está en US \$40 000.

El diseño inicial tiene algunas deficiencias en lo relacionado al control de flujo de datos en la comunicación serial, en si no se poseía un control de colisión de datos. Para

dar solución a esta limitación se adicionó un botón (Restaurar) en la IGU para rescatar la trama colisionada. Una forma de subsanar esto podría ser aplicando la técnica del (Polling) para transmisión serial, pero esto es parte de un diseño futuro.

El sistema está diseñado para poder hacer conexiones en serie y poder ampliar mediante tarjetas electrónicas, cada una para cinco posiciones para el cual también se adicionaría transformadores de voltaje uno por medidor a ampliar y los cambios pertinentes al software para el aumento de medidores.

1.5 Síntesis del trabajo

Los pasos para el diseño e implementación del banco de pruebas se apoyan en tres aspectos básicos: 1) La adecuación eléctrica para que permita la prueba de varios medidores electrónicos en simultáneo, 2) El diseño de la interfaz electrónica que traduzca los pulsos provenientes de cada medidor y los datos respectivos sean enviados vía RS232 a un computador personal, 3) El diseño de una aplicación que permita recopilar los datos enviados por la interfaz electrónica, los almacene y visualice.

La adecuación eléctrica consiste en el diseño de los transformadores de voltaje así como el patrón de medición.

En el diseño de la interfaz electrónica se determina su arquitectura, además del desarrollo de los algoritmos, tanto para la adquisición de datos así como para la comunicación serial.

El desarrollo de la aplicación para la computadora personal establece el protocolo para la comunicación maestro-esclavo así como el menú de eventos y funciones especiales para el propósito del banco. En el informe también se describirán las pruebas realizadas.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen los conceptos esenciales más importantes que facilitan el entendimiento de la solución descrita en el presente documento.

Los temas a tratar son: 1) Medición, 2) Medición de potencia activa, 3) Medidores de energía eléctrica, 4) Equipos de calibración de medidores de energía eléctrica, 5) Banco de medidores de energía eléctrica, 6) Componentes electrónicos usados en la automatización del banco, 7) Programas usados en el diseño del hardware, 8) Software usado en el diseño de la IGU, 9) Puerto serie RS232 y 10) Normatividad para metrología eléctrica.

2.1 Medición

Es definida como el conjunto de operaciones que tienen por finalidad determinar el valor de una magnitud.

En esta sección se tratarán los siguientes conceptos: 1) Procedimiento de medición, 2) Instrumento de medición, 3) La medida materializada, 4) El transductor de medición, 5) El instrumento indicador, 6) Características de un indicador, 7) Componentes de la medición, 8) Resultado de la medición, 9) Error en la medición, 10) Incertidumbre de medición, 11) Calibración, 12) Verificación de un instrumento de medición, los cuales son descritos a continuación.

2.1.1 Procedimiento de medición

Es el conjunto de operaciones, descritas en forma específica, utilizadas en la ejecución de las mediciones particulares según un método dado.

2.1.2 Instrumento de medición

Es el dispositivo destinado a ser usado para hacer mediciones. Es utilizado solo o en conjunto con uno o varios dispositivos adicionales, los cuales pueden ser: una medida materializada, un transductor de medición, un instrumento indicador.

a. Medida materializada

Es el dispositivo destinado a reproducir o suministrar, de una manera permanente durante su uso, uno o más valores conocidos de una magnitud dada.

b. Transductor de medición

Es el dispositivo que hace corresponder a una magnitud de entrada otra de salida

según una ley determinada.

c. Instrumento indicador

Instrumento de medición que puede ser analógico o digital, de lectura continua o discontinua. Proporciona un registro, totaliza una magnitud, e integra dos o más magnitudes. Las características de un indicador son las siguientes:

1. Alcance de indicación.- Conjunto de valores limitado por las indicaciones extremas.
2. Límites de escala.- Indicaciones extremas de un conjunto de valores.
3. Límites de medición.- Indicaciones extremas en las que se establece un nivel de confianza asociado a la indicación del instrumento de medición.
4. División de escala.- Parte de una escala comprendida entre dos trazos consecutivos cualesquiera.
5. Resolución.- La menor diferencia de indicación de un dispositivo indicador que puede percibirse de forma significativa.
6. Histéresis (zona muerta).- Máximo intervalo en cuyo interior puede hacerse variar la señal de entrada en los dos sentidos sin provocar una variación de la respuesta de un instrumento de medición.
7. Clase de exactitud.- Clasificación de un instrumento de medición que satisface determinadas exigencias metrológicas destinadas a conservar los errores dentro de límites especificados.

2.1.3 Componentes de la medición

Los componentes de la medición son: 1) El patrón, 2) El observador, 3) La muestra, 4) El instrumento, 5) Infraestructura y ambiente, 6) Método y procedimiento de la medición.

2.1.4 Resultado de la medición

Es el valor atribuido a un mensurando obtenido por medición, en el cual una expresión completa del resultado de una medición incluye información sobre la incertidumbre de medición.

2.1.5 Error en la medición

Estos pueden ser clasificados en: a) Error craso, b) Error sistemático, y c) Error aleatorio, los cuales son desarrollados a continuación.

a. Error craso

Se presenta en forma inesperada y no responden a un comportamiento normal. Algunas de sus causas pueden ser: 1) falla de equipos, 2) desconcentración del analista, 3) alteración de las fuentes de energía, 4) metodología mal empleada, es decir razones que obligan a descartar el resultado obtenido.

b. Error sistemático

Media que resulta de un número infinito de mediciones del mismo mensurando

efectuadas bajo condiciones de repetibilidad, menos un valor verdadero del mensurando.

c. Error aleatorio

Resultado de una medición menos la media que resultaría de un número infinito de mediciones del mismo mensurando, efectuadas bajo condiciones de repetibilidad.

Las condiciones de repetibilidad son las siguientes: 1) El mismo procedimiento de medición, 2) El mismo observador, 3) El mismo instrumento de medición utilizado en las mismas condiciones, 4) El mismo lugar, 5) Repeticiones mediante un corto periodo de tiempo.

2.1.6 Incertidumbre de medición

Es el parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que podría razonablemente ser atribuidos al mensurando.

2.1.7 Calibración

Es el conjunto de operaciones que establecen bajo condiciones especificadas la relación entre: 1) los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medición o un sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia y 2) los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones

Debe de quedar claro que el resultado de la calibración sólo define el resultado de la desviación y la incertidumbre, no califica necesariamente al instrumento. Es decir un instrumento de medición calibrado no es sinónimo de instrumento de medición e buen estado.

2.1.8 Verificación de un instrumento de medición

Es el procedimiento que incluye el examen y la marca o emisión de un certificado de verificación, que constata y confirma que el instrumento de medición cumple con las exigencias reglamentarias.

La verificación implica, entre otras cosas, tomar decisiones en base a los resultados de la calibración o bien aprobado o desaprobado.

2.2 Medición de potencia activa

La potencia consumida por un elemento cualesquiera de un circuito es la velocidad con la que la energía eléctrica es convertida en cualquier otra forma de energía (calor, mecánica química. etc.). La potencia es la energía eléctrica consumida en la unidad de tiempo.

Los valores con que trabajamos están representados en valores eficaces. El valor eficaz es aquel valor de corriente continua que produce los mismos efectos térmicos sobre una resistencia que la corriente alterna.

En esta sección se definirán: 1) Aspectos preliminares de los tres tipos de potencia, 2)

La medición de un sistema monofásico y 3) La medición de un sistema trifásico.

2.2.1 Conceptos preliminares

Para la medición de la potencia activa se deben tener claros los siguientes conceptos: a) Potencia aparente (S), b) Potencia activa (P), y c) Potencia reactiva (Q). Los tres tipos de potencia se relacionan según la Fórmula 2.1.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.1)$$

Las tres se definen a continuación:

a. Potencia aparente (S)

Se expresa matemáticamente mediante la Fórmula 2.2:

$$S = V \times I \quad (2.2)$$

donde V=voltaje eficaz e I = Corriente eficaz. La unidad de la potencia aparente es el voltiamperio (VA).

b. Potencia activa (P)

Es llamada también potencia útil ya que es la única capaz de realizar trabajo la cual tiene como unidades el vatio (W). Se expresa mediante la Fórmula 2.3.

$$P = S \times \cos \phi = V \times I \times \cos \phi \quad (2.3)$$

Donde " ϕ " es el desfase entre el voltaje y la corriente

c. Potencia reactiva (Q)

Es la llamada potencia reactiva es la producida por las reactancias, es decir bobinas y condensadores, la unidad de la potencia es el voltiamperio reactivo (VAr). Se expresa mediante la Fórmula 2.4.

$$Q = S \times \text{sen} \phi = V \times I \times \text{sen} \phi \quad (2.4)$$

2.2.2 Medición de un sistema monofásico

Aunque hay más aparatos de medida, vamos a realizar las medidas con tan sólo los tres básicos: amperímetro, voltímetro y vatímetro. Los dos primeros sirven para medir intensidad y tensión respectivamente, generalmente tanto en corriente continua como en corriente alterna.

En este último caso el valor que dan es el eficaz. Internamente constan de una bobina que se ha de conectar en serie con la intensidad a medir, en el caso del amperímetro, o en paralelo con la tensión, en el caso del voltímetro.

El vatímetro consta de dos bobinas, una de tensión (que se conecta por tanto en paralelo) y otra de intensidad (que se conecta por tanto en serie), y da como resultado la potencia activa.

La Figura 2.1 muestra la simbología de los instrumentos de medida: Amperímetro,

Voltímetro y Vatímetro. La Figura 2.2 su posición en un circuito monofásico.

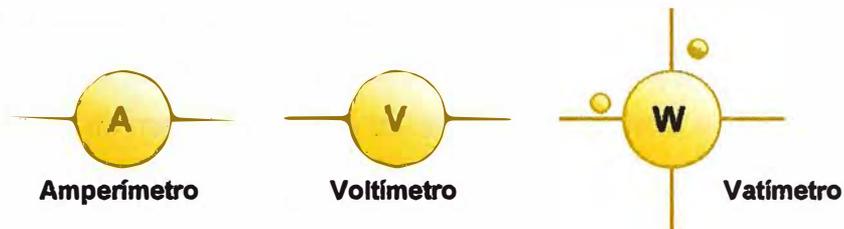


Figura 2.1 Simbología de instrumentos de medida

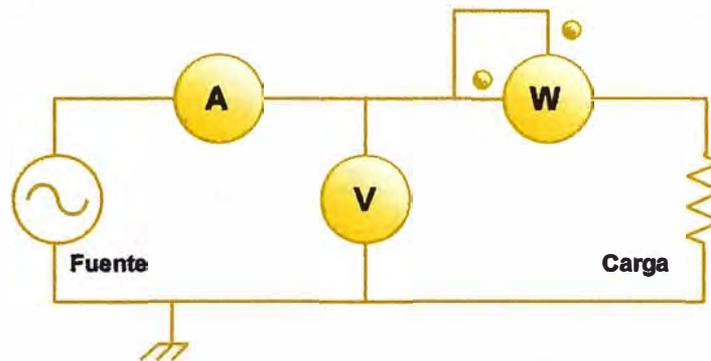


Figura 2.2 Esquema de conexionado para medición de potencia monofásica

2.2.3 Medición de un sistema trifásico

Tanto en el transporte y distribución de la corriente eléctrica, así como en la mayoría de la industria, se utiliza lo que se conoce como sistema trifásico.

Se llama sistema trifásico de tensiones equilibradas, “al conjunto de tres fuentes de tensión monofásicas senoidales, de igual frecuencia y valor máximo, cuyos valores instantáneos están desfasados simétricamente y dados en un cierto orden”.

A cada circuito simple o fuente de tensión monofásica se le llama fase, normalmente las fases se designan con las letras R, S, T, o bien con L1, L2, L3. Para que tres fases estén desfasadas simétricamente, el ángulo de desfase entre las fases ha de ser $360^\circ/3 = 120^\circ$.

Se dice que un sistema trifásico está equilibrado cuando sus cargas son iguales, y sus intensidades por tanto iguales (en módulo), pero desfasadas 120° . Como consecuencia de lo anterior, el factor de potencia de cada una de las fases será el mismo.

Se llama sistema de cargas desequilibradas al conjunto de impedancias desiguales que hacen que por el receptor circulen intensidades de fase distintas, aunque las tensiones de la línea sean equilibradas.

A continuación se explicarán: a) Los generadores trifásicos, b) El método de medida de los tres vatímetros y c) El método de medida de los dos vatímetros (conexión Aron).

a. Generadores trifásicos

Un generador trifásico consiste en tres fuentes de alimentación alternas con la misma amplitud pero con fases distintas. Entre los más usados tenemos los generadores en

conexión estrella y triángulo cuyos esquemas son mostrados en las Figuras 2.3 y 2.4.

b. Método de medida de los tres vatímetros

Para el caso que el sistema de generación sea de tipo estrella (cómo es el caso de provincia) la forma de medir la potencia trifásica es la mostrada en la Figura 2.5.

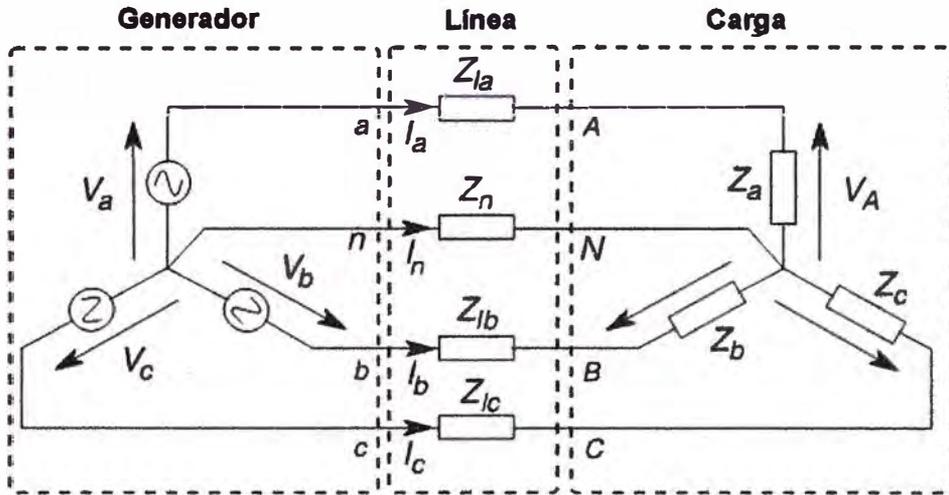


Figura 2.3 Generador en estrella

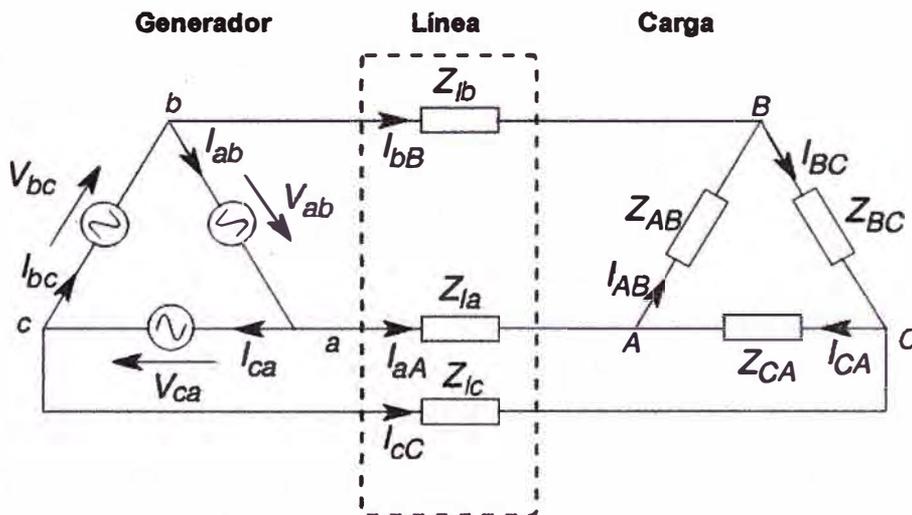


Figura 2.4 Generador en triángulo

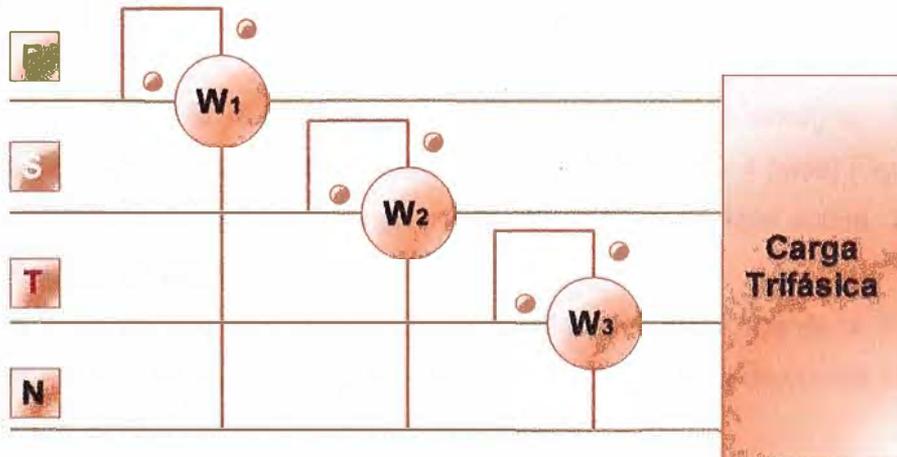


Figura 2.5 Conexión de vatímetros para medir potencia trifásica en un sistema estrella

La potencia trifásica se halla según la Fórmula 2.5.

$$P = W_1 + W_2 + W_3 \quad (2.5)$$

c. Método de medida de los dos vatímetros (conexión Aron)

Para el caso que el sistema de generación sea de tipo triángulo (como es el caso de Lima) la forma de medir potencia trifásica es la siguiente:

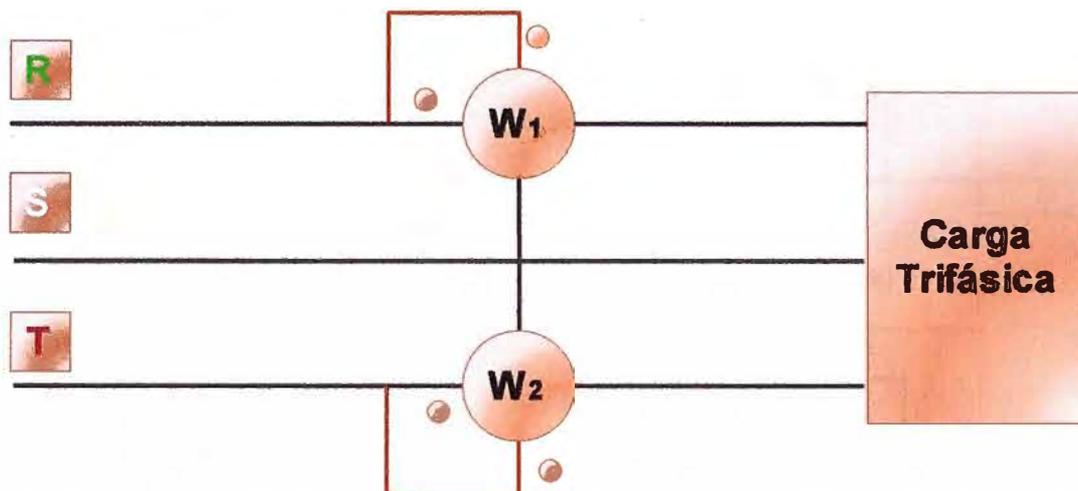


Figura 2.6 Conexión de vatímetros para medir potencia trifásica en sistema triángulo

2.3 Medidores de energía eléctrica (Wattorímetro)

Es un instrumento eléctrico que mide y registra la integral (con respecto al tiempo) de la potencia activa del circuito en que se conecta. Esta integral de potencia es la energía consumida por el circuito durante el intervalo de tiempo en que se realiza. La energía eléctrica es especificada en watts-hora debido a que es de uso común en la industria, aunque en el sistema internacional de unidades la unidad de energía eléctrica es el joule ($1 \text{ wh} = 3600 \text{ j}$).

2.3.1 Clasificación de los medidores

Los medidores se clasifican según:

- El tipo.- 1) Medidores inductivos (electromecánicos) y 2) Medidores electrónicos (estáticos).
- La configuración de la red a través de la cual se utiliza la energía.- 1) Medidores monofásicos (2 y 3 hilos) Figura 2.7, 2) Medidores trifásicos (3 y 4 hilos) Figura 2.8.
- La consideración de tipo de receptor.- 1) Medidores de energía activa, 2) Medidores de energía reactiva, 3) Medidores de energía aparente.
- El horario de utilización y de la máxima demanda.- 1) Medidores de tarifa múltiple, 2) Medidores de máxima demanda simple, 3) Medidores de máxima demanda doble.

2.3.2 Medidores de inducción (electromecánicos)

Es un medidor en el cual las corrientes en las bobinas fijas reaccionan con las inducidas

en un elemento móvil, generalmente un disco, haciéndolo mover. El principio de funcionamiento es muy similar al de los motores de inducción y se basa en la teoría de la relación de corriente eléctrica con los campos magnéticos. Ver Figura 2.9.

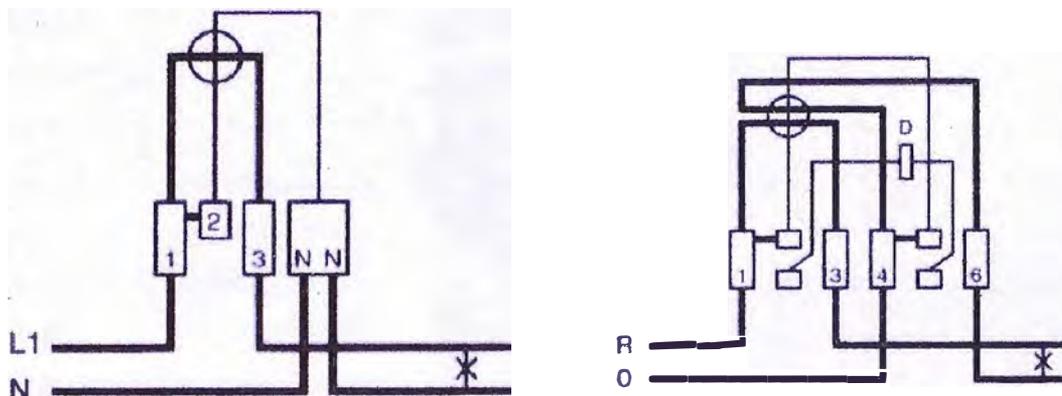


Figura 2.7 Medidores monofásicos (2 y 3 hilos)

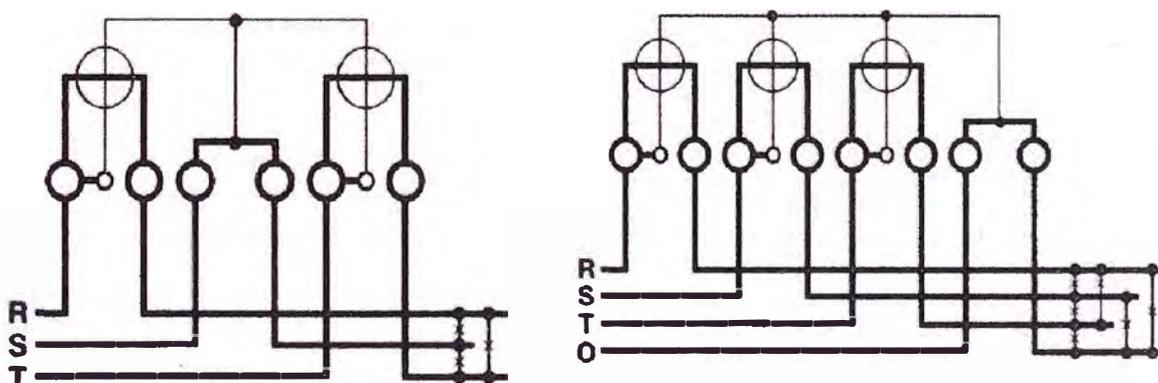


Figura 2.8 Medidores trifásicos (3 y 4 hilos)



Figura 2.9 Medidor de inducción

2.3.3 Medidores electrónicos (estáticos)

Son medidores en los cuales la corriente y la tensión actúan sobre elementos de

estado sólido (electrónicos) para producir pulsos de salida y cuya frecuencia es proporcional a los Vatios-hora o Var-hora. Ver Figura 2.10.

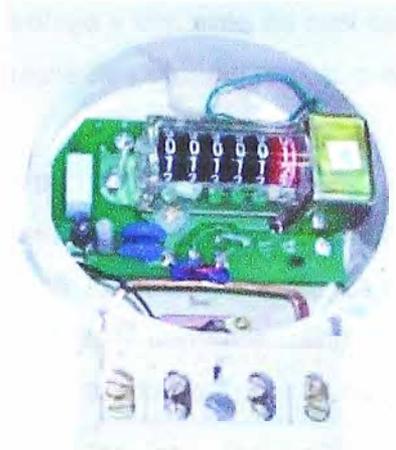


Figura 2.10 Medidor electrónico

2.4 Equipos para calibración de medidores de energía eléctrica

Para la calibración en laboratorio se requiere tres variables importantes: una fuente de corriente variable, una fuente de voltaje variable y un medidor patrón de referencia y los respectivos instrumentos de medida para realizar la medición de las variables involucradas. A continuación se hace una descripción de los mismos.

2.4.1 Medidor patrón de energía eléctrica

Es un equipo con el cual se harán las comparaciones (contrastar) con el medidor a verificar. El medidor patrón es un equipo de mayor precisión que el equipo que se quiere examinar. Se conocen sus curvas características de error en todo el rango de corriente de ensayo. La Figura 2.11 muestra un patrón de energía eléctrica de la empresa Radian.



Figura 2.11 Medidor patrón de energía eléctrica de clase 0,05%

2.4.2 Fuente de corriente alterna

Se tienen dos tipos de fuentes usadas para prueba de medidores: a) Fuente de corriente resistiva y b) Fuente de corriente inductiva.

a. Fuente de corriente resistiva

Produce corriente variando el valor de la resistencia. La ventaja de este tipo de fuente está en que el desfase entre voltaje y corriente es casi cero. Su desventaja es que para producir altas corrientes se requiere de potencia real, lo cual incurre un gasto al aumentar el número de pruebas.

b. Fuente de corriente inductiva

Produce altas corrientes a bajo voltaje de salida usando un transformador reductor. La ventaja de este tipo de fuente es la poca potencia de consumo, la desventaja es el aumento del desfase entre voltaje y corriente, pero esto se soluciona mediante un dispositivo desfasador. En los laboratorios este es el tipo de fuente que se utiliza para realizar las pruebas a los medidores.

2.4.3 Pinza amperimétrica

Instrumento de medida que indica el valor de corriente alterna que circula por un conductor eléctrico, envolviéndolo a través de una tenaza de hierro silicoso. Está diseñada para captar el campo emitido por el conductor y así poder obtener de una manera indirecta el valor de la corriente.

2.4.4 Voltímetro AC

Es un instrumento de medida analógico o digital que mide el valor de voltaje o tensión eléctrica o diferencia de potencial de cargas entre un punto y otro.

2.4.5 Cofímetro

Instrumento de medición que mide el desfase que se produce entre la corriente y la tensión producto de cargas inductivas o capacitivas.

2.5 Banco de medidores de energía eléctrica

El banco de verificación de medidores de energía eléctrica permite realizar medidas de energía eléctrica a través de valores de tensión, intensidad y factor de potencia. Incorpora un medidor patrón de energía eléctrica de referencia y permite realizar verificaciones de hasta veinte contadores de energía eléctrica de manera simultánea. En las versiones actuales el sistema está automatizado por computador. Ver Figura 2.12.

2.6 Componentes electrónicos usados en la interfaz electrónica

Para el diseño de la interfaz electrónica se usaron dispositivos pasivos y activos, esto es: resistencias, condensadores, diodos, rectificadores, transformador, transistores, CI operacionales, pantallas de cristal líquido alfanumérica (LCD), microcontrolador PIC 16f628A, además de cable coaxial, chasis de plástico, cable de red y telefónico.



Figura 2.12 Banco de medidores diseñado por la empresa ZERA

2.6.1 Pantalla de cristal líquido (LCD)

Las moléculas de un cristal líquido tienen una forma alargada y cilíndrica, la posición relativa entre ellas depende de diversos factores como son la temperatura y el campo eléctrico al que están sometidas. En base a esto se diseñan los LCD, que gracias a un microcontrolador integrado puede interactuar con otros dispositivos programables para poder mostrar caracteres alfanuméricos o pixeles en el caso de pantallas LCD gráficas. Ver Figura 2.13.



Figura 2.13 Pantalla LCD comandada por un microcontrolador

2.6.2 Microcontrolador PIC 16F628A

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los

componentes necesarios para controlar el funcionamiento de una tarea determinada, como el control de una lavadora, un teclado de ordenador, etc.

En los últimos años ha tenido gran auge los microcontroladores PIC fabricados por Microchip Technology Inc. Los PIC son una familia que ha tenido gran aceptación y desarrollo en los últimos años. Sus buenas características, bajo precio, reducido consumo, pequeño tamaño, los hacen muy fácil, cómodos y rápidos de usar.

El microcontrolador PIC 16f628A posee las siguientes características importantes:

1. Procesador tipo RISC (Procesador con un Conjunto Reducido de Instrucciones).
2. Procesador segmentado.
3. Arquitectura HARVARD.

Con estos recursos el PIC es capaz de ejecutar instrucciones en solamente un ciclo de instrucción. Con la estructura segmentada se pueden realizar simultáneamente las dos fases en que se descompone cada instrucción, ejecución de la instrucción y búsqueda de la siguiente.

La separación de los dos tipos de memoria son los pilares de la arquitectura Harvard, esto permite acceder en forma simultánea e independiente a la memoria de datos y a la de instrucciones. El tener memorias separadas permite que cada una tenga el ancho y tamaño más adecuado. Así en el PIC 16F628A el ancho de los datos es de un byte, mientras que la de las instrucciones es de 14 bits.

a. Características principales

Son las siguientes:

1. Conjunto reducido de instrucciones (RISC).- Solamente 35 instrucciones que aprender a utilizar
2. Oscilador interno de 4MHz .- Puede trabajar con un oscilador externo de 20MHz).
3. Las instrucciones se ejecutan en un solo ciclo de máquina excepto los saltos (goto y call), que requieren 2 ciclos. Aquí hay que especificar que un ciclo de máquina se lleva 4 ciclos de reloj. Si se utiliza el reloj interno de 4MHz, los ciclos de máquina se realizarán con una frecuencia de 1MHz, es decir que cada instrucción se ejecutará en 1µs (microsegundo).
4. Opera con una frecuencia de reloj de hasta 20 MHz.- Ciclo de máquina de 200 ns.
5. Memoria de programa de 2048 locaciones de 14 bits.
6. Memoria RAM de datos de 224 bytes.- 8 bits por registro.
7. Memoria EEPROM de 128 bytes.- 8 bits por registro.
8. Pila de ocho niveles.
9. Dieciséis terminales de E/S que soportan corrientes de hasta 25 mA.

10. Tres temporizadores.

11. Módulos de comunicación serie, comparadores, PWM

Otra característica de los PICs es el manejo de los bancos de registros. En línea general, los registros se clasifican como de uso general (GPR- General Purpose) y de uso específico o de funciones especiales (SFR- Special Function Registers).

Los registros de uso general pueden ser usados directamente por el usuario, sin existir restricciones. Pueden servir para almacenar resultados que se reciben desde el registro W (acumulador), datos que provienen de las puertas de entradas, etc.

Los registros de uso específicos no pueden ser usados directamente por el usuario. Estos registros controlan prácticamente todo el funcionamiento del microcontrolador, pues toda la configuración necesaria para funcionamiento del microcontrolador es hecho a través de algún tipo de SFR.

b. Terminales de E/S

La Figura 2.14 muestra la disposición de los terminales de E/S.

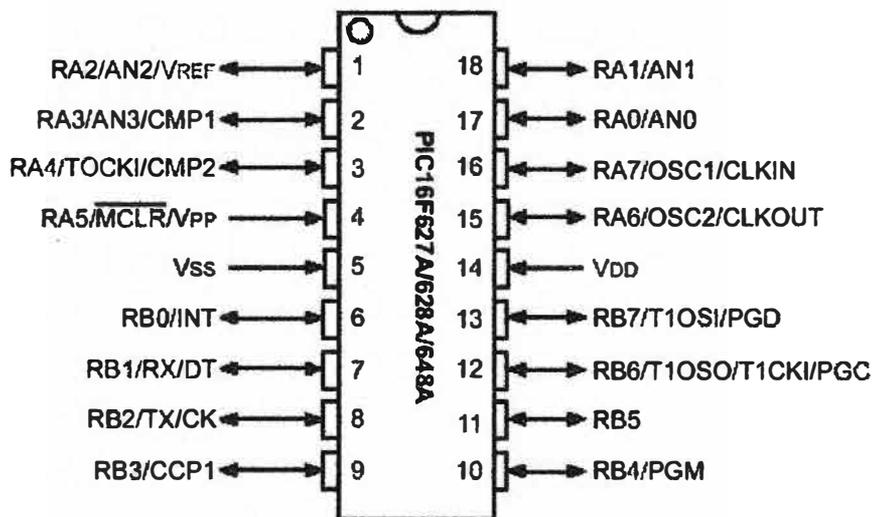


Figura 2.14 Pines de E/S (Entrada/Salida)

b.1 PORTA: RA0-RA7

Los pines RA0-RA4 y RA6-RA7 son bidireccionales y manejan señales TTL.

El pin RA5 es una entrada Schmitt Trigger que sirve también para entrar en el modo de programación cuando se aplica una tensión igual a V_{pp} (13,4V mínimo).

El terminal RA4 puede configurarse como reloj de entrada para el contador TMR0

Los pines RA0-RA3 sirven de entrada para el comparador analógico

b.2 PORTB: RB0-RB7

Los pines RB0-RB7 son bidireccionales y manejan señales TTL. Por software se pueden activar las resistencias de pull-up internas, que evitan el uso de resistencias

externas en caso de que los terminales se utilicen como entrada (permite, en algunos casos, reducir el número de componentes externos).

El pin RB0 se puede utilizar como entrada de pulsos para provocar una interrupción externa. Los pines RB4-RB7 están diseñados para detectar una interrupción por cambio de estado. Esta interrupción puede utilizarse, por ejemplo, para controlar un teclado matricial.

b.3 Otros pines

Se tiene los siguientes:

VDD: Pin de alimentación positiva. De 2 a 5,5 Vdc.

VSS: Pin de alimentación negativa. Se conecta a tierra o a 0 Vdc.

MCLR: Master Clear (Reset). Si el nivel lógico de este terminal es bajo (0 Vdc), el microcontrolador permanece inactivo. Este Reset se controla mediante la palabra de configuración del PIC.

OSC1/CLKIN: Entrada de oscilador externo.

OSC2/CLKOUT: Salida del oscilador. El PIC 16F628A dependiendo de cómo se configure puede proporcionar una salida de reloj por medio de este pin.

2.7 Programas usados en el diseño del hardware

Para el diseño del hardware se necesitó del uso de paquetes de programación para el desarrollo de la tarjeta (PCB); programación y simulación de los PIC así como la grabación de los mismos desde la PC. Los más importantes son: 1) Programa Proteus, 2) Compilador de Microcontroladores PIC Proton Ide, 3) Grabador de PIC Win PIC800, los cuales serán descritos a continuación.

2.7.1 Programa Proteus

Potente programa desarrollado por la empresa Labcenter Electronics. Es usado para realizar la simulación y esquemático mediante el potente simulador ISIS el cual es único en su género al incluir en su librería de componentes una gran cantidad de dispositivos programables como los microcontroladores PIC y otras familias de microcontroladores o memorias seriales, paralelas y demás componentes electrónicos. Además cuenta con su fácil e intuitivo ARES, con el cual se puede diseñar la tarjeta de circuito impreso directamente o importando el esquemático desde ISIS.

2.7.2 Compilador de Microcontroladores PIC Proton Ide

Potente compilador desarrollado por Mecanique UK. Posee una amena interfaz para poder desarrollar programas para microcontroladores de la familia Microchip PIC, los programas se desarrollan usando programación en lenguaje BASIC adaptado para poder ser usado en la programación de los PIC.

2.7.3 Grabador de PIC Win PIC800

Software desarrollado por Sisco benach Font, uno de los mejores grabadores en su género. Contempla grabadores de tipo puerto serie, paralelo y hasta USB. Su utilidad consiste en que una vez realizada la programación con el compilador al PIC, el paso final es transmitir el código generado y convertido a la memoria ROM-FLASH del microcontrolador , lo cual se logra con un programa como Win PIC800 y la interfaz electrónica conectada al puerto serie, paralelo o USB de la PC.

2.8 Programas usados en el diseño de la Interfaz Gráfica de Usuario (IGU)

Para el desarrollo de la IGU, se requirió el uso de un lenguaje de programación (el Visual Basic 6), y realizar las depuraciones y la simulación para la comunicación serial virtual entre el sistema virtual o simulado diseñado en ISIS, y el desarrollado en Visual Basic (El Virtual Serial Port Driver y el Serial Port Monitor).

2.8.1 Visual Basic 6

Desarrollado por Microsoft Corp. Visual Basic (Visual Studio) constituye un IDE (entorno de desarrollo integrado o en inglés Integrated Development Enviroment) que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, consiste en; 1) un editor de código (programa donde se escribe el código fuente), 2) un depurador (programa que corrige errores en el código fuente para que pueda ser bien compilado), 3) un compilador (programa que traduce el código fuente a lenguaje de máquina), y 4) un constructor de interfaz gráfica o GUI (es una forma de programar en la que no es necesario escribir el código para la parte gráfica del programa, sino que se puede hacer de forma visual).

2.8.2 Virtual Serial Port Driver

Desarrollado por Eltima Software. Consta de un paquete de programación que crea puertos seriales virtuales con los cuales se puede interactuar mediante simuladores de circuitos que usen comunicación serial

2.8.3 Serial Port Monitor

Desarrollado por Eltima Software. Consta de una ventana en la que se da seguimiento a los datos que se transmiten en el puerto serie tanto puertos serie físico o virtual. Es una herramienta eficaz a la hora de realizar las depuraciones para afinar el diseño final.

2.9 Puerto serie RS232

La forma mas común y sencilla de comunicar un equipo con un ordenador es a través de su puerto serie, siempre y cuando cuente con un puerto de comunicación bajo el estándar RS232 (o EIA232 Standar)

Los puertos serie son accesibles mediante conectores. La norma RS232 establece dos tipos de conectores llamados DB-25 (de 25 pines) y DB-29 (de 9 pines).

Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII. Para realizar la comunicación se utilizan 3 líneas de datos: (1) tierra (o referencia), (2) de transmisión y (3) de recepción. Debido a que la transmisión es asíncrona, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra. Existen otras líneas que son usadas para realizar el control de flujo o handshaking (intercambio de pulsos de sincronización), cuyo uso depende de los dispositivos.

Las características más importantes de la comunicación serial son la trama y su velocidad de transmisión, esto es porque para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que estas características sean iguales. Es necesario también saber si es necesario algún tipo de control de flujo para que los datos sean transmitidos sin pérdida y si los puertos seriales que se quieren comunicar se comportan cómo equipo de comunicación de datos o equipo terminal de datos (DCE y DTE respectivamente).

Las especificaciones eléctricas son:

1. Un "Espacio" (0 lógico) estará entre +3 y +25 V.
2. Una "Marca" (1 lógico) estará entre -3 y -25 V.
3. La región entre -3 y +3 V no está definida.
4. El voltaje en circuito abierto no debe exceder los 25 V, en referencia a tierra.
5. La corriente en cortocircuito no debe exceder los 500mA.

Las especificaciones mecánicas se relacionan al tipo de conector. Se utiliza un conector tipo D (ver Figura 2.15), ya sea de 25 (DB25) o de 9 pines (DB9), los cuales son macho o hembra dependiendo si el dispositivo se comporta como un DTE o un DCE respectivamente).

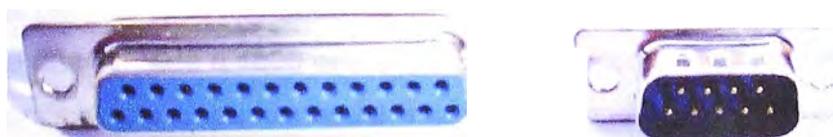


Figura 2.15 Conector DB25 hembra y DB9 macho

2.9.1 La trama serial

La comunicación serial se inicia con el bit de arranque, el cual es seguido por los bits de datos, el bit de paridad y el bit de parada.

El número de bits que se envía depende en el tipo de información que se transfiere. Por ejemplo, el ASCII estándar tiene un rango de 0 a 127, es decir, utiliza 7 bits; para ASCII extendido es de 0 a 255, lo que utiliza 8 bits. Si el tipo de datos que se está transfiriendo es texto simple (ASCII estándar), entonces es suficiente con utilizar 7 bits de datos para la comunicación.

El bit de paridad es una forma sencilla de verificar si hay errores en la transmisión serial. Existen cuatro tipos de paridad: par, impar, marcada y espaciada. La opción de no

usar paridad alguna también está disponible. Para paridad par e impar, el puerto serial fijará el bit de paridad (el último bit después de los bits de datos) a un valor para asegurarse que la transmisión tenga un número par o impar de bits en estado alto lógico. Por ejemplo, si la información a transmitir es 011 y la paridad es par, el bit de paridad sería 0 para mantener el número de bits en estado alto lógico como par. Si la paridad seleccionada fuera impar, entonces el bit de paridad sería 1, para tener 3 bits en estado alto lógico. La paridad marcada y espaciada en realidad no verifican el estado de los bits de datos; simplemente fija el bit de paridad en estado lógico alto para la marcada, y en estado lógico bajo para la espaciada. Esto permite al dispositivo receptor conocer de antemano el estado de un bit, lo que serviría para determinar si hay ruido que esté afectando de manera negativa la transmisión de los datos, o si los relojes de los dispositivos no están sincronizados.

El bit de parada es usado para indicar el fin de la comunicación de una trama de datos. Los valores típicos para el bit de parada son 1, 1.5 o 2 bits. Esto es debido a que como cada dispositivo tiene su propio reloj, es posible que no estén sincronizados. Por lo tanto, los bits de parada no sólo indican el fin de la transmisión sino además dan un margen de tolerancia para esa diferencia de los relojes. Mientras más bits de parada se usen, mayor será la tolerancia a la sincronía de los relojes, sin embargo la transmisión será más lenta.

2.9.2 Velocidad de transmisión

Es el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios (bauds). Por ejemplo, 300 baudios representan 300 bits por segundo. Cuando se hace referencia a los ciclos de reloj se está hablando de la velocidad de transmisión. Por ejemplo, si el protocolo hace una llamada a 4800 ciclos de reloj, entonces el reloj está corriendo a 4800 Hz, lo que significa que el puerto serial está muestreando las líneas de transmisión a 4800 Hz.

Las velocidades de transmisión más comunes para las líneas telefónicas son de 14400, 28800, y 33600. Es posible tener velocidades más altas, pero se reduciría la distancia máxima posible entre los dispositivos. Las altas velocidades se utilizan cuando los dispositivos se encuentran uno junto al otro.

2.9.3 Control de flujo de información

Existen dos métodos para la sincronización de datos: 1) por hardware y 2) por software.

a. Por hardware

Para comprender la manera cómo se sincronizan los datos transmitidos y recibidos utilizando el hardware es necesario conocer la totalidad de líneas disponibles para una

comunicación serial. Ver Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Líneas de comunicación serial

PIN DB9	PIN DB25	EIA	CCITT	E/S	Función DTE-DCE
3	2	TD	BA 103	Salida	Transmit Data
2	3	RD	AA 104	Entrada	Receive Data
7	4	RTS	CA 105	Salida	Request To Send
8	5	CTS	CB 106	Entrada	Clear To Send
6	6	DSR	CC 107	Entrada	Data Set Ready
5	7	SG	AB 102	---	Signal Ground
1	8	DCD	CF 109	Entrada	Data Carrier Detect

Las líneas RTS/CTS y DTR/DSR trabajan de manera conjunta siendo un par la entrada y el otro par la salida. El primer par de líneas es RTS y CTS. Cuando el receptor está listo para recibir datos, cambia la línea RTS a estado alto; este valor será leído por el transmisor en la línea CTS, indicando que está libre para enviar datos.

El siguiente par de líneas es DTR y DSR. Estas líneas se utilizan principalmente para comunicación por modem, permiten al puerto serial y modem indicarse mutuamente su estado. Por ejemplo, cuando el modem se encuentra preparado para que la PC envíe datos, cambia la línea DTR a estado alto indicando que se ha realizado una conexión por la línea de teléfono. Este valor se lee a través de la línea DSR y la PC comienza a enviar datos.

Como regla general, las líneas DTR/DSR se utilizan para indicar que el sistema está listo para la comunicación, mientras que las líneas RTS/CTS se utilizan para paquetes individuales de datos.

b. Por software

Utiliza bytes de datos como caracteres de control. Las líneas necesarias para la comunicación siguen siendo Tx, Rx, y GND, ya que los caracteres de control se envían a través de las líneas de transmisión como si fueran datos. Los caracteres de control son: XON y XOFF. Estos caracteres son enviados por el receptor para pausar al transmisor durante la comunicación.

2.9.4 DCE y DTE

El equipo de datos terminal o de comunicaciones es aquel componente que hace de fuente o destino de la información. Muchas veces está determinado por el tipo de conector, es decir si es macho es DTE y si es hembra DCE.

Sin embargo dos DCEs o dos DTEs pueden comunicarse entre sí mediante los que se conoce cómo Nullmodem (comunicación cruzada). Esto es mostrado en la Figura 2.16

2.10 Normatividad para metrología eléctrica

En el Perú, para los contadores de energía, se usa las siguientes normas: Norma Metrológica Peruana NMP 007 "Inspección de aceptación de medidores de energía activa

para corriente alterna de la clase 2 (Medidores inductivos)", Norma UNE-EN 61358 "Control de aceptación de los contadores estáticos (Medidores electrónicos) de energía activa para corriente alterna y conexión directa (clase 1 y 2)".

No existe una normativa peruana para el caso de los medidores electrónicos, esto es debido a que en nuestro medio recién se los está importando, en su totalidad, desde el 2007 y recién a fines del 2009 se están incluyendo requerimientos para las pruebas de estos medidores pero para el contraste en campo.

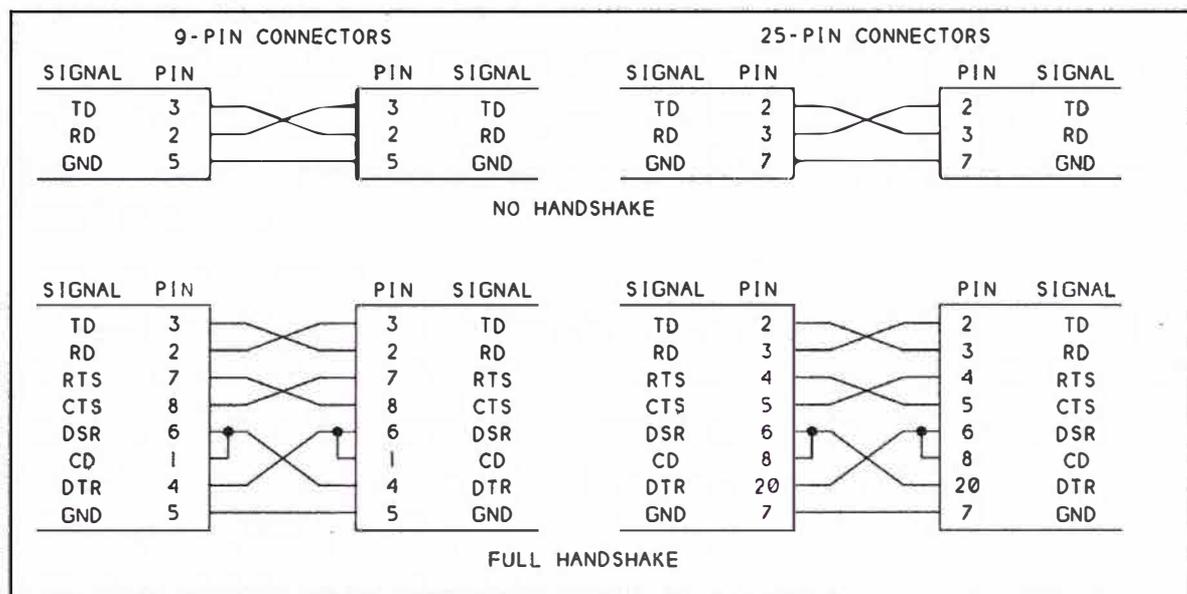


Figura 2.16 Nullmodem para permitir que dos DTE utilicen handshaking

Nota:

En el siguiente capítulo se describirá la metodología de la solución.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se describe la ingeniería del proyecto. Esta consta de seis partes. Primero se explicará el análisis preliminar, luego se evaluarán las alternativas de solución. Seguidamente se describirá la solución la cual consta de: 1) la adecuación eléctrica, 2) el diseño de la interfaz electrónica y 3) el diseño de la aplicación para el computador personal.

3.1 Análisis preliminar

Cuando el banco de medidores sólo era usado para la calibración de medidores inductivos, se realizaba con una fuente de corriente variable y una fuente de voltaje también variable, para someter a los medidores apilados en el banco a las correspondientes pruebas de corriente y voltaje exigido por norma.

3.1.1 Antes de automatizar el banco de medidores

Las pruebas a medidores tipo inductivo (electromecánicos), antes de automatizar el banco de medidores, puede ser explicado en la Figura 3.1.

En esta figura se puede apreciar el esquema de un conexionado de tres medidores monofásicos de 2 hilos en un banco resistivo con su respectivo medidor patrón; en él se puede observar un defecto del mismo, el cableado L1 está cortocircuitando los shunt (sensores de corriente) del medidor 1 y 2 entonces al realizar las pruebas proporcionaría resultados erróneos.

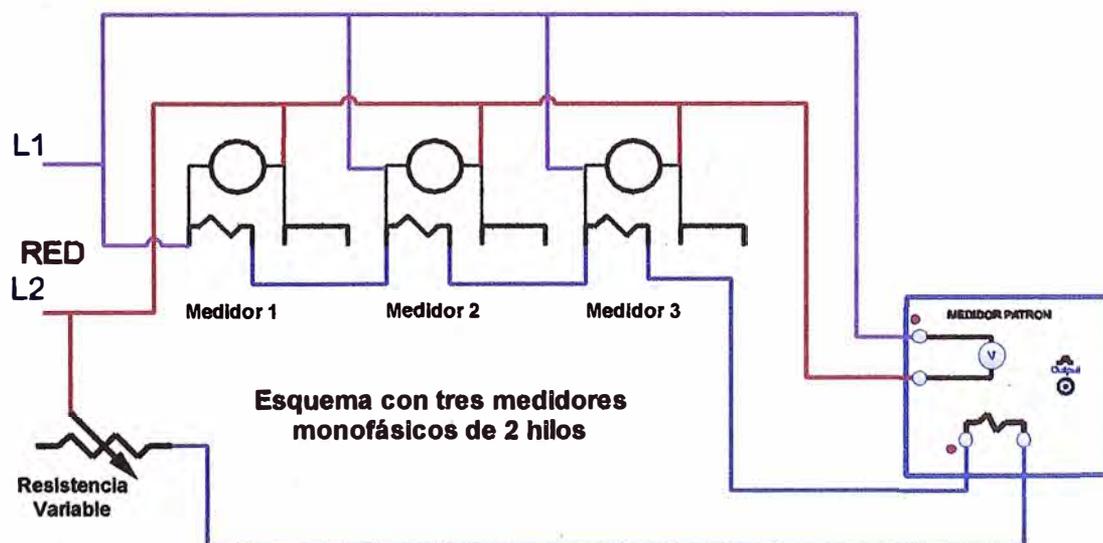


Figura 3.1 Esquema con tres medidores monofásicos de 2 hilos

En la Figura 3.2 se observa un correcto conexionado para las pruebas a los medidores monofásicos, ya que el voltaje de red se administra por igual a los sistemas voltimétricos de igual forma para el sistema amperimétrico de los medidores; pero conlleva a un requisito indispensable, se debe desconectar manualmente los cables que unen el sistema de voltaje del medidor con su sistema de corriente (shunt) para evitar el problema anteriormente producido por una mala conexión; esto requería, en el caso de los medidores inductivos, que se quite la tapa del medidor para proceder a desconectar los puentes entre el sistema de voltaje y el sistema de corriente del medidor. La desventaja de este procedimiento era tener que poner precintos de la empresa cada vez que se volvía a tapar al medidor para evitar fraudes por parte del usuario.

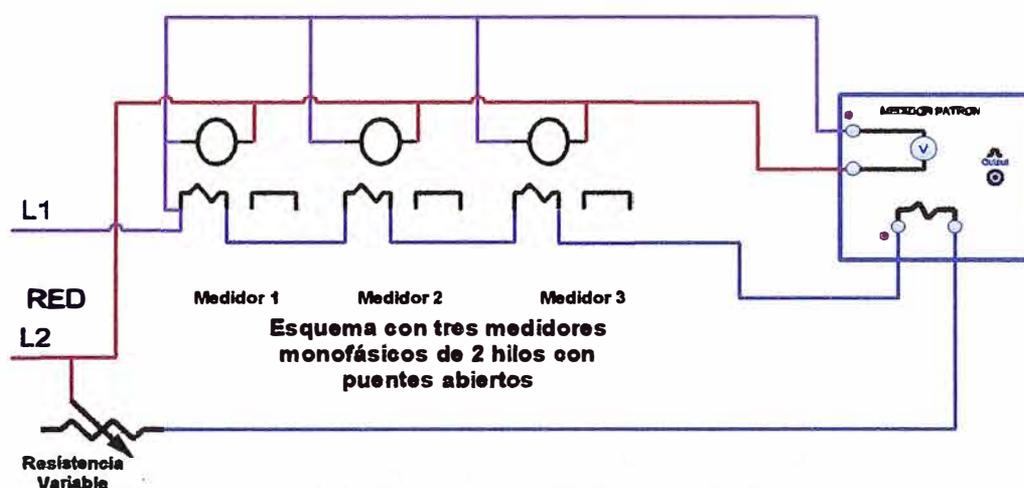


Figura 3.2 Esquema con 3 medidores monofásicos de 2 hilos con puentes abiertos

3.1.2 Cambios apropiados para prueba de medidores

Como se apreció en la Figura 3.1, se visualizó el problema para realizar las pruebas a tres medidores en simultáneo, y en la Figura 3.2 se mostró una solución alternativa para el caso de medidores inductivos lo cual estaba siendo usado hasta hace poco.

La llegada de los medidores electrónicos requería un cambio en la forma de prueba, pues los medidores electrónicos no tienen la facilidad de poder desconectar fácilmente los puentes entre el sistema voltimétrico y el sistema amperimétrico del medidor.

Por lo general estos puentes vienen soldados de fábrica y aún peor, la tapa viene sellada, por lo que el banco de medidores diseñado para medidores inductivos aun teniendo la capacidad para probar una buena cantidad de medidores, no servirá de mucho en el caso de querer realizar las pruebas a medidores electrónicos.

Dada esta nueva situación, a lo sumo se podrá realizar la prueba a un medidor por vez, lo cual causa un gasto adicional tanto de personal, horas de uso del equipo de pruebas, alargamiento del plazo para terminar los trabajos, en conclusión hay una pérdida de muchos recursos pudiéndose evitar con un cambio en el sistema inicialmente diseñado en el banco de medidores.

3.2 Alternativas de solución

Ante los inconvenientes antes mencionados para poder realizar mediciones de una manera eficaz, se optó por los siguientes cambios y adecuaciones

1. Adecuación eléctrica.
2. Desarrollo de una Interfaz electrónica de adquisición.
3. Desarrollo de una Interfaz Gráfica de Usuario (IGU).

Estos ítems serán explicados brevemente en los siguientes párrafos.

3.2.1 Adecuación eléctrica

Esta adecuación se divide en dos partes:

- a) El acondicionamiento de transformadores.
- b) El acondicionamiento de un medidor patrón de alta precisión.

a. Acondicionamiento de transformadores

Para la adecuación y cambios en el sistema de corriente y/o tensión en el banco de medidores existente, se tomó en consideración adicionar cinco transformadores, cada uno independiente para cada medidor. Se evaluó dos tipos de transformadores: 1) De corriente y 2) De tensión.

En las siguientes secciones (a.1 y a.2) se presenta el análisis respectivo de las dos opciones. Luego de realizado el análisis, se optó por la segunda opción, es decir, adicionar 5 transformadores de tensión, cada uno independiente para cada medidor.

a.1 Primera opción, acondicionar transformadores de corriente

En esta primera opción se adiciona un transformador de corriente con relación 1:1, en donde la corriente que circula por el primario del transformador es la corriente suministrada por el sistema generador de corriente del banco; y la corriente inducida en el secundario es usada para que circule en los medidores a prueba y así aprovechar el aislamiento eléctrico para realizar las pruebas como se debe. Ver Figura 3.3.

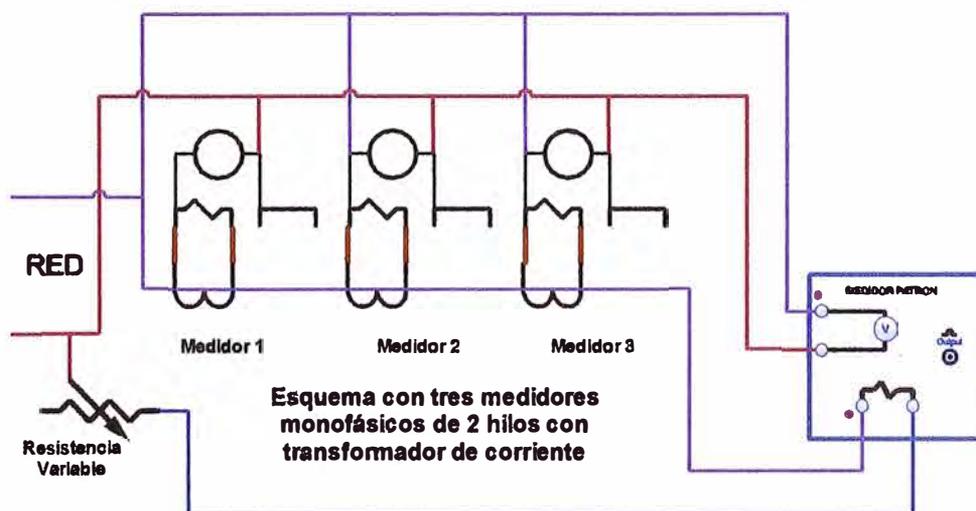


Figura 3.3 Tres medidores monofásicos de 2 hilos con transformador de corriente

a.2 Segunda opción, acondicionar transformadores de voltaje

Consiste en adicionar un transformador de voltaje con relación 1:1, en donde el voltaje inducido en el primario del transformador es suministrado por el sistema de generación de voltaje del banco; y el voltaje inducido en el secundario es usado para tensionar los medidores a prueba y así aprovechar el aislamiento eléctrico para realizar las pruebas como se debe. Ver Figura 3.4.

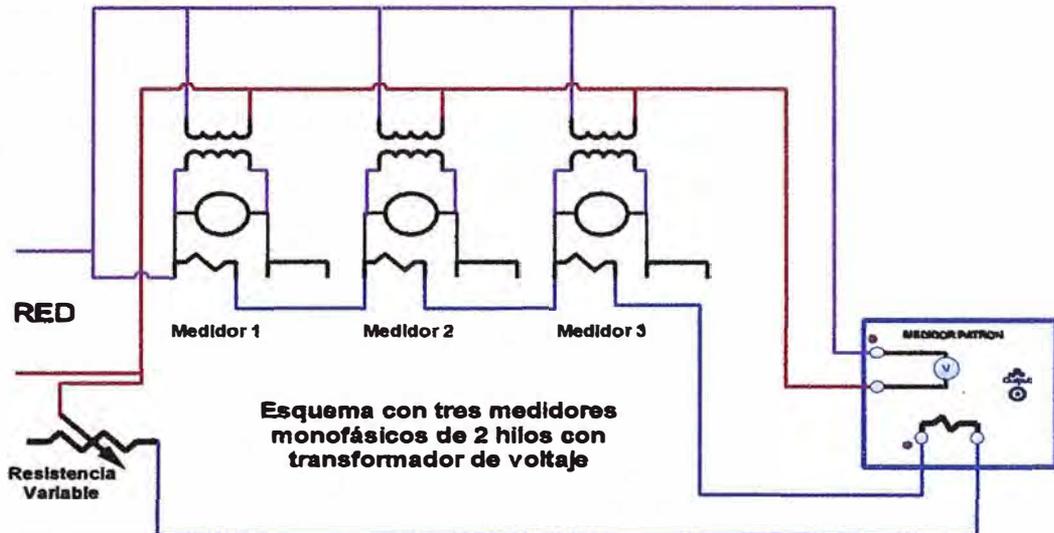


Figura 3.4 Tres medidores monofásicos de 2 hilos con transformadores de voltaje

b. Acondicionamiento de un medidor patrón de alta precisión:

Para mejorar el error del sistema se requiere de un patrón de energía de una buena clase de precisión 0.1% o en el mejor de los casos 0.05% y que sea autorango en corriente.

3.2.2 Desarrollo de una interfaz electrónica de adquisición

Se requiere de desarrollar una interfaz electrónica que cumpla con lo siguiente:

- i. Pueda captar los pulsos del medidor patrón y del medidor a prueba independientemente para cada medidor.
- ii. Pueda usar un solo bus de comunicación para los 5 medidores y poder transmitir serialmente los datos de cada medidor al computador.
- iii. Cuente con una pantalla de tipo LCD para cada medidor a prueba en que muestre el evento actual y el error relativo porcentual.

Para después de la adquisición de los pulsos, tanto del medidor y del patrón, se evaluó dos opciones de diseño:

a) Primera opción.- Que el microcontrolador aplique una ecuación matemática para obtener el error relativo porcentual de cada medidor electrónico y luego pueda: 1) ser mostrado en la pantalla LCD correspondiente a cada uno de ellos, y 2) ser enviado mediante comunicación serial al computador.

b) Segunda opción.- A los pulsos adquiridos, sin procesamiento previo, enviarlos

mediante comunicación serial al computador, para que la aplicación de la PC diseñada para el banco de medidores (mediante la IGU) pueda realizar el proceso matemático para hallar el error relativo porcentual. Luego de hallado este debe ser: 1) mostrado en el monitor y 2) reenviado a la interfaz electrónica para que este dato sea visualizado en la pantalla LCD de cada medidor.

La segunda opción fue la seleccionada para facilitar el procesamiento del microcontrolador. La Figura 3.5 muestra el esquema de la solución. La interfaz electrónica consta de cinco microcontroladores. La comunicación entre la PC y cada microcontrolador es bidireccional. Cada microcontrolador procesa los pulsos recibidos del medidor patrón, y de su correspondiente medidor en prueba. Las pantallas LCD reciben datos a través del microcontrolador asignado.

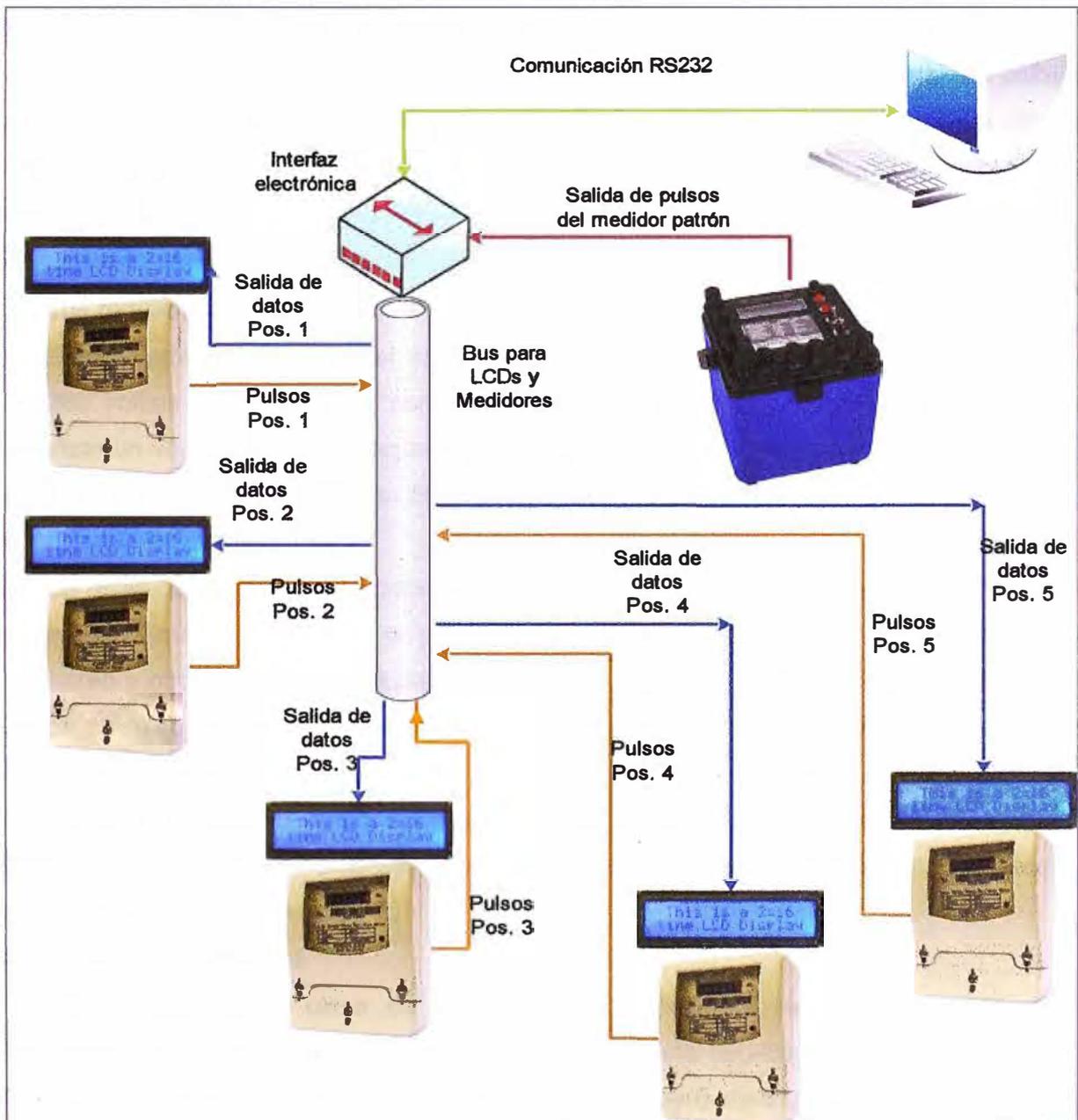


Figura 3.5 Esquema de la solución

3.2.3 Desarrollo de una Interfaz Gráfica de Usuario (IGU)

Se requiere de una aplicación en computador que maneje la comunicación serial usando el protocolo RS232, y de manera bidireccional, pues se requiere que el computador envíe las órdenes de arranque, parada, configuración a cada microcontrolador por separado, puesto que a cada medidor le corresponde uno de ellos.

Cada microcontrolador debe en determinado momento enviar la data obtenida en cada prueba o proceso de medida programado a la PC; con esto se estaría supliendo los requerimientos básicos en lo relacionado a la IGU.

3.3 Adecuación del sistema eléctrico y software

En esta parte se presentará un resumen detallado del desarrollo del proyecto de acuerdo a los requerimientos de diseño presentados en el punto 3.2.

3.3.1 Diseño de los transformadores de voltaje

De acuerdo al estudio previo realizado, se requiere de un transformador de voltaje pensado exclusivamente en la prueba de medidores monofásicos de 2 hilos. Esto estuvo a cargo de la empresa Menautt Electric S.A.C., para el cual el diseño requerido debía de contar con lo siguiente.

a. Requerimientos de diseño

Los requerimientos de diseño son los siguientes:

- i. El transformador debe de ser de relación 1:1 y trabajar perfectamente hasta un voltaje de 260 voltios eficaces (Pues para la prueba en vacío de los medidores se debe de alcanzar un voltaje de 253 V según Norma UNE-EN 61358 "Control de aceptación de los contadores estáticos (Medidores electrónicos) de energía activa para corriente alterna y conexión directa (clase 1 y 2) ").
- ii. La potencia de trabajo del transformador debe de ser de 15VA; este dato se obtuvo experimentalmente al realizar la prueba a dos tipos de medidores, uno de la marca Shentzen y otro de la marca Osaki, los dos en su mayoría obtenían consumos alrededor de los 10VA (coincidente con su hoja técnica) necesarios para su óptimo funcionamiento por lo que en el diseño de los transformadores se dio un margen mayor.
- iii. La clase de precisión del transformador debe de ser 4 veces mejor que la clase del medidor a ensayar. Los medidores monofásicos electrónicos para el cual está pensado el diseño del banco son de clase 1.

b. Pruebas de exactitud

Para comprobar la clase de exactitud del medidor se realizaron pruebas para transformadores de voltaje basados en la norma técnica IEC-60044-2 "Inductive voltaje transformers". Para transformadores de voltaje, se logró diseñar un transformador de clase 0.2; el cual cumple con el requerimiento de diseño anteriormente señalado.

3.3.2 El equipo patrón de medición

El equipo patrón de medición escogido por contar con los requisitos exigidos en el diseño es el patrón de la marca Radian (Figura 3.6), modelo RM-10 el cual cuenta con las siguientes características según manual:

a. Precisión en energía activa

En factor de potencia 1	Típico ± 0.10	Máximo ± 0.05
En factor de potencia 0.5	Típico ± 0.02	Máximo ± 0.05

b. Entrada de voltaje y corriente de medición

Voltaje : 60v a 600v (Autorango) para la frecuencia de 60 Hertz

Corriente : 0.2 a 150A (Autorango) para la frecuencia de 60 Hertz

c. Temperatura de trabajo

20° a 30° C

d. Humedad relativa:

0 a 95%

e. Voltaje de alimentación del equipo:

80v a 600v (Autorango)

f. Frecuencia de funcionamiento:

48 a 62 Hertz

g. Constante de pulsos:

0.00001 Wh/pulso



Figura 3.6 El patrón de la marca Radian, modelo RM-10

3.4 Diseño de la interfaz electrónica

Para el diseño de la interfaz electrónica se usó como dispositivo principal el PIC 16f628A, microcontrolador de 8 bits de la empresa Microchip, por ser eficiente en la captación de pulsos y comunicación serial usando RS232.

El diseño de la interfaz electrónica puede ser explicado en cuatro puntos principales y que son detallados en los párrafos siguientes. Estos son:

1. Arquitectura de la interfaz electrónica.
2. Modos de operación del sistema.
3. Algoritmo para la adquisición de pulsos (medidor a prueba y medidor patrón).
4. Algoritmo para la comunicación serial con la PC.

3.4.1 Arquitectura de la interfaz electrónica

Esta sección consta de los siguientes ítems

- a) Análisis del medidor patrón de medición RM-10.
- b) Esquema de captación de pulsos de patrón con el PIC 16f628A.
- c) Esquema de captación de pulsos del medidor bajo prueba.
- d) Esquema para la comunicación serial con la PC.
- e) Esquema de la visualización de eventos en la pantalla LCD.
- f) Esquema para la alimentación del sistema.
- g) Esquema unitario y total de todo el circuito.

a. Análisis del medidor patrón de medición RM-10

En este punto se detalla la obtención de pulsos del medidor patrón Radian el cual es obtenido de el terminal tipo BNC con el nombre de "Output", el cual viene a ser la salida de pulsos del medidor patrón, esta salida tiene la peculiaridad de que es de tipo "Open Collector" tal como se muestra en la Figura 3.7. Está ubicada en la parte frontal del equipo como se señala en la Figura 3.8.

El fabricante recomienda que la resistencia "R" mostrada en la Figura 3.7 no baje de 100Ω cuando se trabaje con un voltaje "VCC" de 5VDC, por lo cual una resistencia adecuada y corroborada en pruebas es de 1000Ω , la cual es usada para el presente desarrollo.

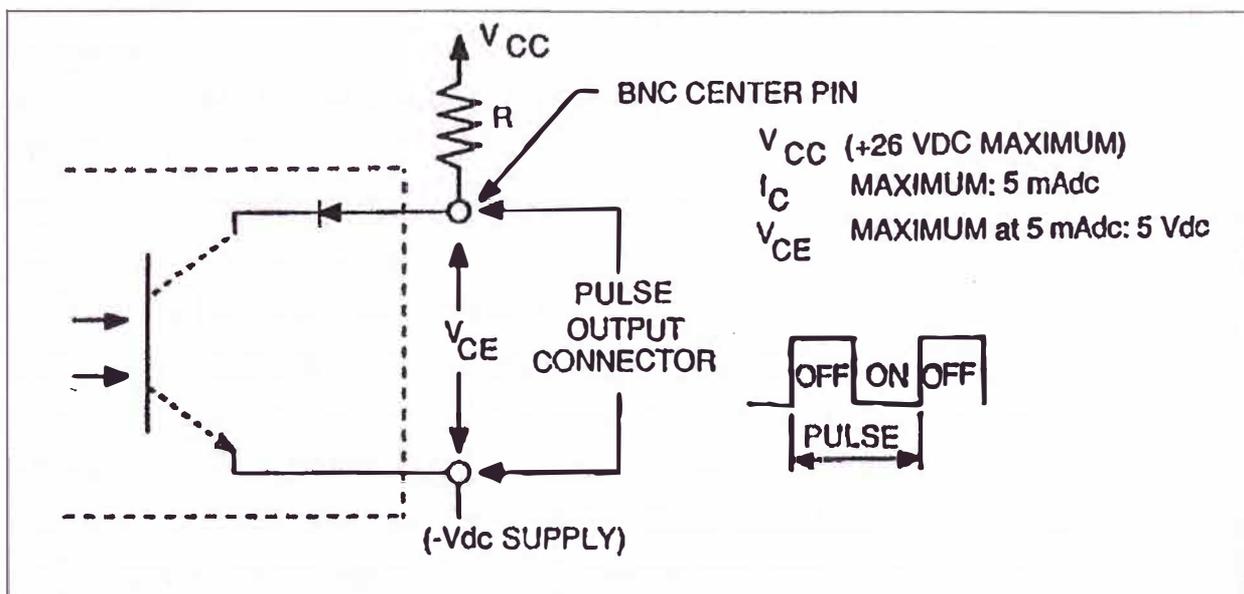


Figura 3.7 Esquema eléctrico del terminal de salida



Figura 3.8 Partes del medidor patrón

b. Esquema de captación de pulsos del patrón con el PIC 16F628A

El patrón Radian como se ve en la Figura 3.7, emite pulsos a una frecuencia muy superior a la frecuencia común de un medidor cualquiera. Según manual de fabricante, la siguiente es la fórmula para el cálculo de la frecuencia de salida de pulsos:

$$\text{Frecuencia de salida} = (\text{EL} \times \text{VOLTS} \times \text{AMPS} \times \text{PF}) / (3600 \times 0.00001) \quad (3.1)$$

En donde :

EL: Número de entradas de corriente usada

VOLTS: Voltaje de medición

AMPS: Corriente de medición

PF: Factor de potencia

Para diseño se reemplaza valores máximos:

EL= 3 (Por tener 3 entradas independientes como máximo).

VOLTS= 220V, (Es el voltaje para una red monofásica en nuestro medio).

AMPS= 50A, (Es la máxima corriente de medición por entrada).

PF= 1, (Es el factor de potencia de trabajo, asumimos lo más óptimo).

Del cálculo con los valores antes propuestos se obtiene una frecuencia de salida de 916 666.667, es decir aproximadamente 1Mhz, que sería la frecuencia de pulsos de salida máxima del medidor patrón Radian.

Por tal motivo se escogió trabajar con la entrada especial RA4 del PIC16f628A, la cual cuenta con la característica especial de ser del tipo “Drenador abierto” y cuando es configurada como entrada es del tipo Smith Trigger, además de poder ser configurada como contador por hardware con una pila de 8 bits, importante para evitar interrupciones por ejecución de otras rutinas programadas.

Según su hoja técnica, esta entrada puede aceptar pulsos cuadrados de hasta un periodo de 20ns como mínimo, lo que equivale a 50Mhz de frecuencia máxima de ingreso de pulsos. Teniendo en cuenta que la frecuencia máxima para diseño es de 1Mhz, esta opción resulta ideal.

En la Figura 3.9 se muestra el acople que se realizará al terminal “Output” del patrón Radian teniendo en cuenta lo siguiente: la línea Vss se conectará con el terminal “Emisor” de la salida de pulsos “Output” y el terminal “radian” con el terminal “Colector” de “Output” (ver también Figura 3.7), este pin va conectado directamente al pin RA4 del Microcontrolador.

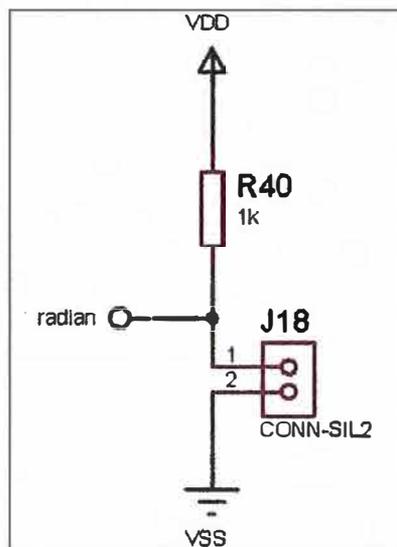


Fig. 3.9 Acople que se realizará al terminal “Output” del patrón Radian

c. Esquema de captación de pulsos del medidor bajo prueba

Para el desarrollo de la captación de pulsos del medidor se debió tener en cuenta el sensor a utilizar. En la mayoría de medidores electrónicos hay tres tipos de salida de pulsos:

- i. Salida eléctrica (Open Collector como la Figura 3.10).
- ii. Salida óptica visible por diodo led de luz visible roja.
- iii. Salida óptica infrarroja por diodo led de luz infrarroja.

La desventaja de este tipo de salidas es la baja potencia en algunos casos, pues no se logra saturar completamente al transistor. Lo que sucede es que cuando el transistor debe de estar completamente saturado (debido a la aparición de pulsos de medidor) el voltaje colector-emisor no llega a un nivel lógico (de acuerdo a las especificaciones de

niveles de voltaje CMOS). Esto debe de tomarse en cuenta cuando se trabaje con microcontroladores.

Se solucionó este inconveniente usando un amplificador operacional configurándose en modo "Comparador de voltaje", tal como se muestra en la Figura 3.11, en donde la entrada positiva se establece mediante el divisor de voltaje a 2.5Vdc considerando $V_{dd}=5V_{dc}$, por lo que cualquier señal en la entrada negativa del operacional por debajo de 2.5Vdc producirá una salida en RB0 asegurándose así el buen funcionamiento ante señales débiles que emita la salida de pulsos del medidor bajo prueba.

Por ejemplo si se interconecta la salida de pulsos eléctricos del medidor electrónico mostrado (Figura 3.10) la conexión del pin 21 sería el "colector" y el pin 22 el "emisor".

El pin RB0 está conectado con el microcontrolador en el pin del mismo nombre, el cual, al ser configurado como entrada, captura los pulsos por flanco de subida y ejecuta una interrupción.

Con una salida digital de impulsos de energía

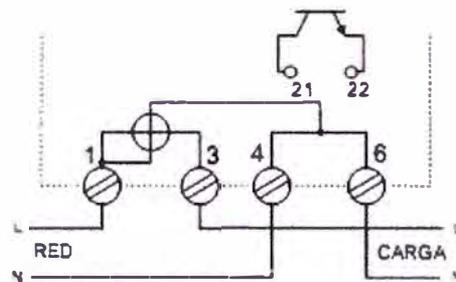


Figura 3.10 Esquema de medidor electrónico con salida de pulsos

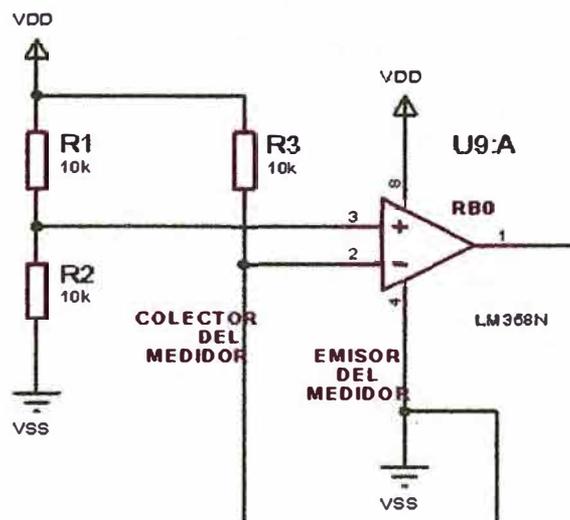


Figura 3.11 Amplificador operacional en modo "Comparador de voltaje"

d. Esquema para la comunicación serial con la PC

Para la comunicación serie se utiliza RS232 el cual está implementado por hardware en el microcontrolador (Figura 2.14 – cap. anterior) mediante su módulo USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter), con el cual se puede

trabajar a través de los pines RB1 (Receptor-RX) y RB2 (Transmisor-TX). Ver Figura 3.12.

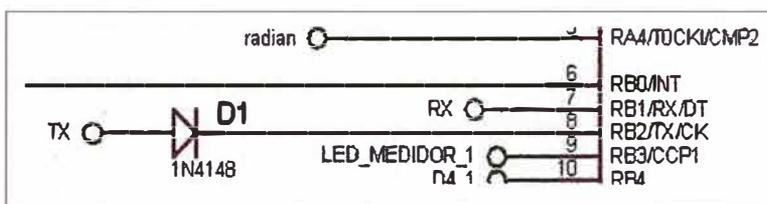


Figura 3.12 Adición de diodo

El pin de transmisión está diseñado para trabajar con sólo un pin receptor. Para el caso de diseño se requiere 5 microcontroladores independientes. Dado que cuando no hay actividad de transmisión, RB2/TX está normalmente en alto, y cuando transmite está en bajo. Para permitir que los cinco microcontroladores, a través de su pin RB2/TX, se comuniquen a un sólo pin de recepción (de la PC), se adiciona un diodo de alta velocidad de conmutación como el 1N4148 a cada uno de ellos. Los ánodos de cada diodo están unidos al punto común denominado TX. Luego mediante un optoacoplador se lleva la señal al pin de recepción de la PC (Figura 3.13).

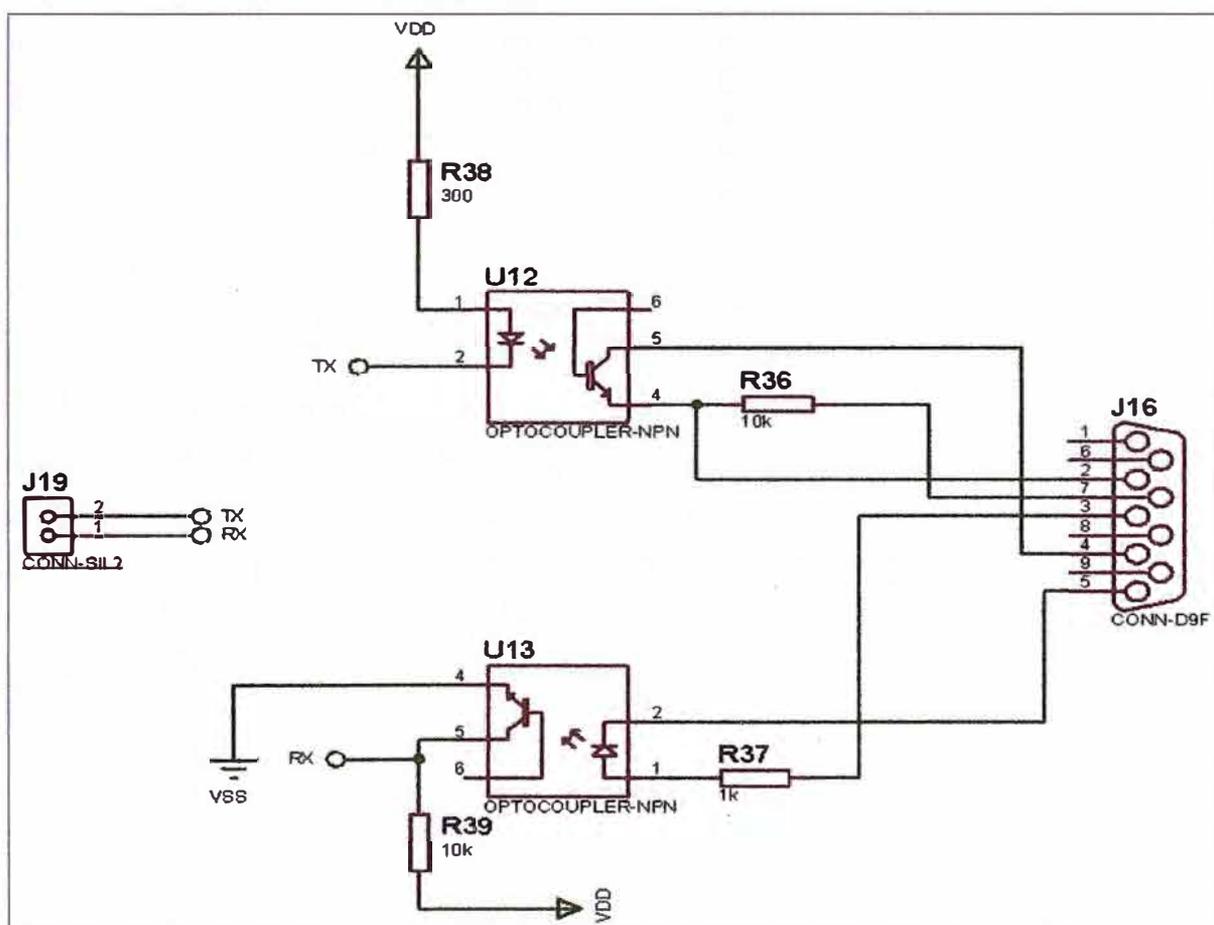


Figura 3.13 Interconexión de las señales de transmisión/recepción

En la etapa de recepción (RB1/RX) de cada microcontrolador no existe el problema de la transmisión. Todos los pines RB1/RX están unidos a un punto común denominado RX, que trae la señal del pin de transmisión de la PC a través de un optoacoplador (Figura 3.13). Se trabaja con optoacopladores para evitar al mínimo los acoples por ruido

que se puedan inducir y evitar daños al computador.

e. Esquema de la visualización de eventos en la pantalla LCD

Para la visualización de eventos se realizó las conexiones a una pantalla LCD de 2x16 (Figura 3.14), realizando las conexiones al microcontrolador como sigue:

RS_1 con el pin RA1

E_1 con el pin RA0

D4_1 con el pin RB4

D5_1 con el pin RB5

D6_1 con el pin RB6

D7_1 con el pin RB7

Los pines del PIC destinados para el LCD son configurados como salidas digitales.

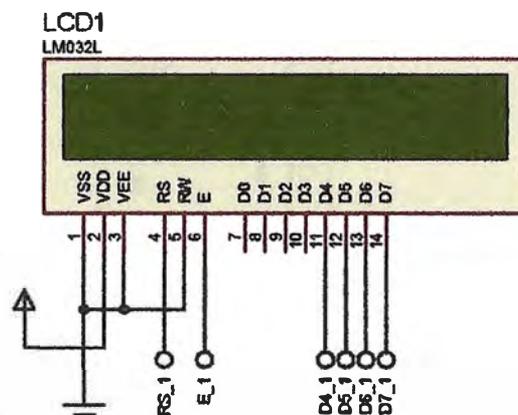


Figura 3.14 Conexión con la pantalla LCD

f. Esquema para la alimentación del sistema

Para alimentar con tensión continua de 5VDC se diseñó una configuración común usando el regulador de tensión LM7805, además se utilizó la entrada rectificadora al regulador (aproximadamente de 15VDC) llamado V12 (Figura 3.15) para alimentar la entrada de luz de la pantalla LCD mediante una resistencia de $1000\ \Omega$, esto con el fin de no sobrecalentar el regulador LM7805 si se hubiera puesto a la salida, pues son 5 pantallas LCD por iluminar.

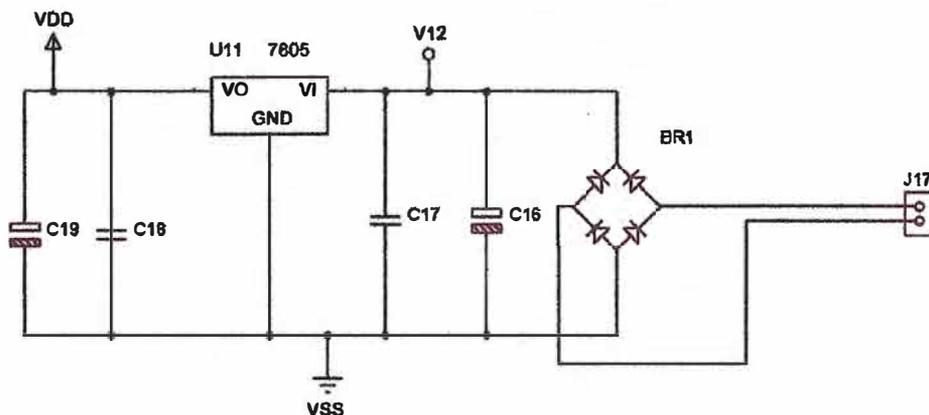


Figura 3.15 Circuito de alimentación

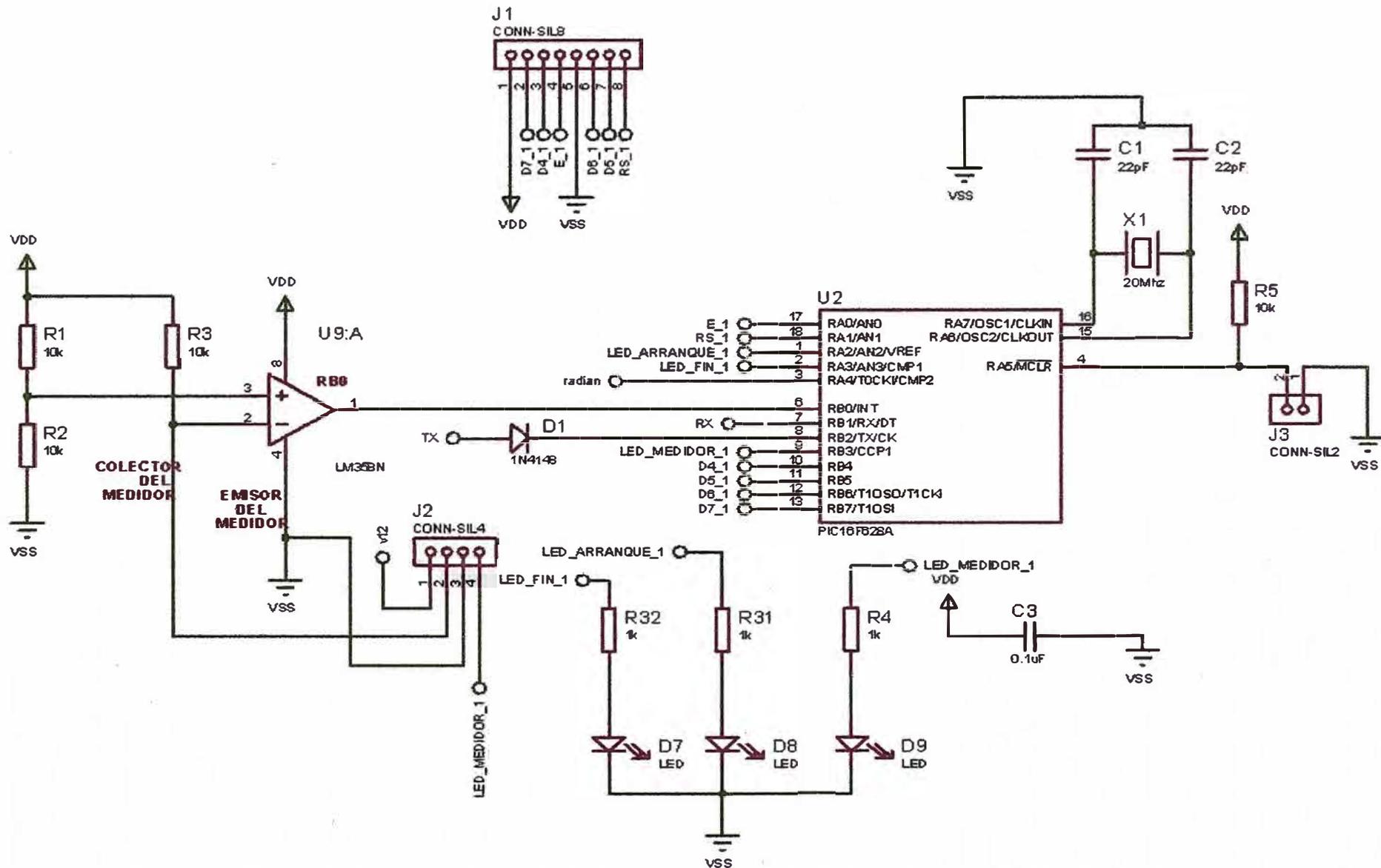


Figura 3.16 Esquema de conexiones para cualquiera de los microcontroladores utilizados

g. Esquema unitario de la solución

En la Figura 3.16 muestra el esquema de conexiones para cualquiera de los microcontroladores utilizados.

3.4.2 Principio de funcionamiento

El sistema fue diseñado con el fin de satisfacer los requerimientos básicos exigidos en la norma UNE-EN 61358:1996 "Control de aceptación de los contadores estáticos de energía activa para corriente alterna y conexión directa (clases 1 y 2)".

Teniendo como referente la norma antes mencionada el sistema desarrollado será útil para realizar las pruebas más importantes:

- a) Prueba de vacío.
- b) Prueba de la constante del medidor.
- c) Prueba de precisión del medidor.

a. Prueba de vacío

Una vez realizado el conexionado correspondiente a los medidores, los circuitos de intensidad deberán de estar abiertos y los circuitos de tensión deberán de estar alimentados con una tensión de 115% de la tensión de referencia. La duración Δt mínima del ensayo será:

$$\Delta t \geq (600 \times 10^6) / (K \times m \times U \times I_{\max}) \quad (3.3)$$

(Δt en minutos para medidores de clase 1)

Donde:

- K Constante del medidor en imp/kWh (Aparece en la placa frontal del medidor)
- m Es el numero de elementos de medida(para medidores monofásicos m=1)
- U Es la tensión de referencia en voltios (para Perú 220Vac)
- I_{\max} Es la intensidad máxima e amperios (Aparece en la placa frontal del medidor)

Mediante esta fórmula y tomando como ejemplo un medidor de constante K=1600 se obtiene un $\Delta t = 24,5$ minutos.

Durante este ensayo el medidor electrónico no deberá de emitir más de un impulso. Por lo cual el sistema electrónico diseñado se configura en modo "Conteo", con el fin de estar atento a cualquier pulsación del medidor bajo prueba.

b. Prueba de la constante del medidor

Cuando se mide cierta cantidad de energía, el incremento en el visualizador y la energía calculada a partir del número de impulsos emitidos durante este ensayo desde la salida de control, no deben diferir de los valores admisibles. Por lo cual el sistema electrónico diseñado se configura en modo "Conteo".

c. Prueba de precisión del medidor

Los ensayos de precisión para medidores monofásicos de clase 1 deben efectuarse de

acuerdo con los valores de la intensidad y el factor de potencia de la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Valores de la intensidad y del factor de potencia

Número del ensayo	Valor de la intensidad	Factor de potencia	Límite de error (%)
1	0.05In	1	±2.5
2	In	1	±1.5
3	In	0.5 inductivo	±2.0
4	I _{max}	1	±1.5

Donde:

In Intensidad nominal (Aparece en la placa frontal del medidor)

I_{max} Intensidad máxima (Aparece en la placa frontal del medidor)

El ensayo de precisión es el que usa el máximo de las potencialidades del sistema, para lo cual el sistema se configura en modo "Error".

3.4.3 Modos de operación del sistema

La lógica funcional está sostenida en los cinco microcontroladores correspondiente a las cinco posiciones en donde se conectan los medidores a prueba. El algoritmo funcional del sistema electrónico para cualquier posición ("Programa principal") es el siguiente:

1. Se enciende la interfaz electrónica.
2. Espero en la posición "X" una trama de datos seriales proveniente del computador, esta trama debe de tener su correspondiente dirección y destino : [X][Trama] en donde "X" es la dirección a quien va dirigido el mensaje de la PC pues cada microcontrolador tiene grabado en la memoria no volátil una dirección de identificación (microcontrolador1,...,microcontrolador5), y "Trama" es el contenido del mensaje .
3. En caso el microcontrolador "X" recibe correctamente la trama correspondiente, se procede a identificar el mensaje y ejecutar la orden o "Modo" que allí indique.

El sistema trabaja de tres modos programados: 1) Modo error, 2) Modo conteo y 3) Modo Test. Los cuales son explicados a continuación.

a. Modo Test

Tiene la función de comprobar el correcto funcionamiento de la salida de pulsos del medidor, cada posición de la interfaz emite un destello luminoso (Diodo Led) en sincronía con la salida de pulsos del medidor. Con esta prueba se puede descartar fallas en la salida de pulsos del medidor. El algoritmo del modo "Test" es el siguiente:

1. Se configura sólo recepción de pulsos del medidor.
2. Se reproduce los pulsos captados del medidor y se refleja en el diodo led de cada posición correspondiente a cada medidor, como también se indica en la pantalla LCD que se está ejecutando el modo "Test".
3. Mientras se sigue ejecutando espera la trama de datos seriales para abortar la operación y regresar al inicio del "Programa principal".

b. Modo Conteo

Tiene la función de realizar un conteo de los pulsos emitidos por el medidor con un máximo de 65500 pulsos, mas que suficientes según las exigencias de norma. Su algoritmo es el siguiente:

1. Se configura sólo recepción de pulsos del medidor.
2. Se acumula los pulsos captados y se muestra automáticamente y en simultáneo en la pantalla LCD además de enviar serialmente a la PC el valor de la cantidad de pulsos captados, por lo que es posible visualizarlo también en el computador.
3. Mientras se sigue ejecutando espera la trama de datos seriales para abortar la operación y regresar al inicio del "Programa principal" o opcionalmente al volver a ejecutar el comando "Conteo" desde la PC se pondrá la cuenta acumulada a cero y esto se podrá visualizar en la pantalla LCD como en el computador.

Los datos son enviados de la siguiente forma:

[X] [Pulsos transcurridos desde que se activó el modo conteo]

c. Modo error

Tiene la función de realizar un conteo de los pulsos emitidos por el medidor y aparte un conteo de los pulsos emitidos por el patrón, con la condición de empezar la recolección de pulsos del patrón sincronizando el primer pulso del medidor (Pulso de arranque).

Se detendrá la captación de pulsos del patrón, sincronizando con el último pulso del medidor configurado antes de arrancar la prueba. Estos pulsos obtenidos son enviados a la PC donde luego se aplica la fórmula matemática para la obtención del error aplicando la siguiente "Ecuación de error":

$$\text{Error(\%)} = \frac{100 \times (\text{Energía Medidor} - \text{Energía Patrón})}{\text{Energía Patrón}} \quad (3.4)$$

Donde:

Energía Medidor: Es la energía que resulta de multiplicar el número de pulsos de medidor configurados para la prueba, con la constante del medidor expresado en unidades de Wh/Pulso.

Energía Patrón: Es la energía que resulta de multiplicar el número de pulsos de patrón captados en el lapso determinado por el pulso de arranque del medidor y el último pulso del medidor, con la constante del patrón expresado en Wh/Pulso.

Su algoritmo es el siguiente:

1. Se configura recepción de pulsos del medidor y también recepción de pulsos del patrón. Desde el instante que se configuró el modo "Error" la PC también envía la cantidad de pulsos configurados para la prueba.

2. Permanece en modo de espera, permanece bloqueada la captación de pulsos del patrón hasta captar el primer pulso del medidor (Pulso de arranque).

Apenas se capta el "Pulso de arranque" del medidor en prueba se habilita la captación de pulsos del patrón y se acumularan hasta que se capte el último pulso del medidor.

Culminado este paso se envía serialmente a la PC el valor del acumulado de pulsos del patrón en el lapso de prueba, luego del cual el computador procesará los pulsos del medidor y los pulsos del patrón obteniendo el error del medidor el cual será visualizado en la IGU del sistema, como ultimo paso la PC automáticamente estará enviando serialmente a la interfaz electrónica el error del medidor para su visualización en la pantalla LCD correspondiente.

3. Mientras se sigue ejecutando espera la trama de datos seriales para abortar la operación y regresar al inicio del "Programa principal". Si se vuelve ejecutar el comando "Error", pondrá la cuenta a cero desde el inicio, también existe la opción de restaurar, que consiste en recuperar el valor del error del medidor obtenido que no se visualizó por mala recepción o colisión de datos en el bus serial.

En resumen se hace el cálculo del error relativo porcentual. Es decir, compara la energía del medidor con la del patrón. La Figura 3.17 muestra un ejemplo para explicar el método utilizado.

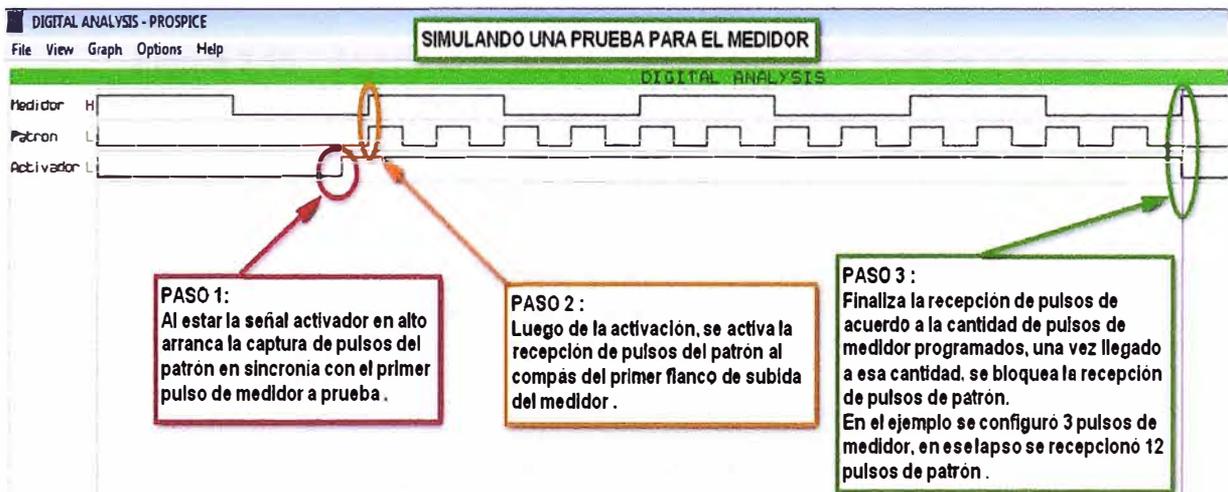


Figura 3.17 Simulación de prueba de medidor

Finalmente el microcontrolador envía a la PC (serialmente) en código ASCII, la cantidad de pulsos recibidos en el "Buffer de recepción" de la siguiente manera:

[X] [Buffer de recepción de X]

En donde "X" es microcontrolador que se encarga de las pruebas del medidor X, donde al estar trabajando con 5 posiciones de prueba "X" puede tomar el valor de 1, 2, 3, 4 o 5.

3.4.4 Algoritmo para la adquisición de pulsos

Los algoritmos son: 1) Para el medidor a prueba (Ver Figura 3.18), y 2) Para el

medidor patrón (Ver Figura 3.19).

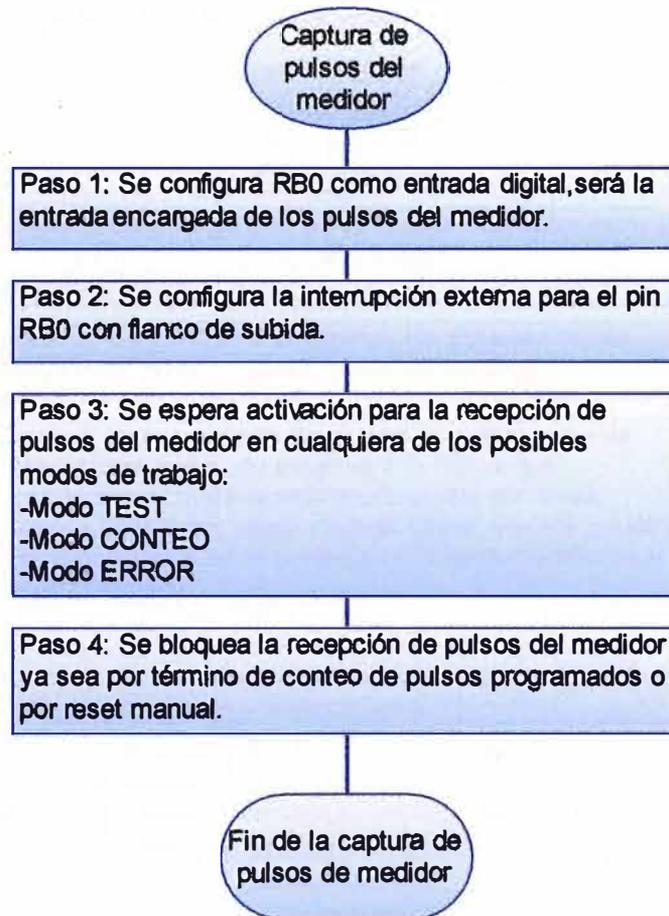


Figura 3.18 Algoritmo de adquisición de pulsos del medidor a prueba

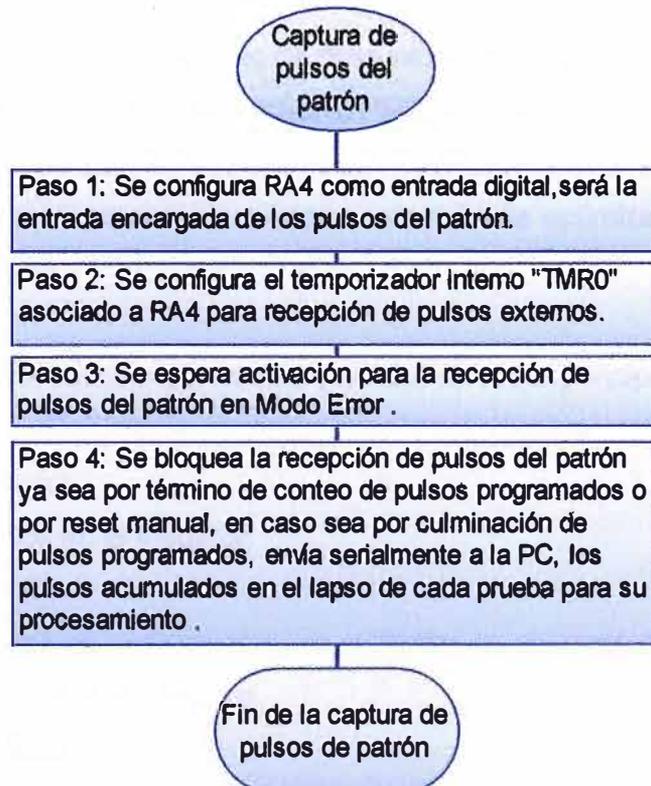


Figura 3.19 Algoritmo de adquisición de pulsos del medidor patrón

3.4.5 Algoritmo de comunicación serial con la PC

La Figura 3.20 muestra el algoritmo utilizado.

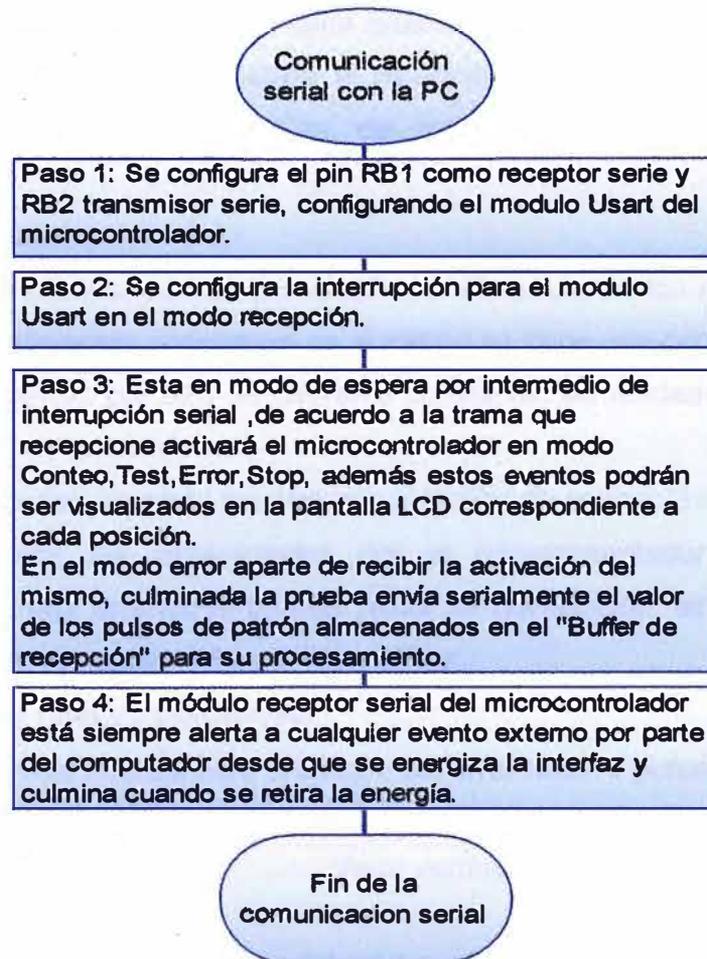


Figura 3.20 Algoritmo de comunicación serial con la PC

3.5 Diseño de la Interfaz Gráfica de Usuario FRCLINK01

El desarrollo de la IGU, FRCLINK01 fue diseñado con el fin de suplir cálculos matemáticos que se realizaban manualmente con el fin de optimizar los procesos en las pruebas a los medidores.

3.5.1 Parámetros

Para hallar el "Error relativo porcentual", el cual es meta principal en metrología para medidores de energía eléctrica, se necesita tener los siguientes parámetros:

- a) Constante de medidor.
- b) Pulsos programados en el medidor.
- c) Constante del Patrón.
- d) Pulsos almacenados en cada prueba por el "Buffer de recepción".
- e) Cálculo del error relativo porcentual.

a. Constante de medidor

Es el valor que viene en la placa característica de cualquier medidor electrónico los

cuales pueden estar expresados en unidades de Wh/pulso o pulso/kWh.

b. Pulsos programados en el medidor

Son los pulsos de referencia para cada prueba del medidor, en donde en sincronía con esta cantidad de pulsos se iniciara la recepción y almacenaje de los pulsos del patrón, hasta culminada la recepción de los pulsos de medidor previamente programados.

c. Constante del Patrón

Este valor está predeterminado por diseño, a diferencia de los medidores a probar que pueden tener diferentes constantes en el patrón se tiene una constante fija a menos que se cambie el patrón por otro de diferente constante, las unidades del patrón están dadas en Wh/pulso o pulso/kWh.

d. Pulsos almacenados en cada prueba por el Buffer de recepción

Estos pulsos son los almacenados por el microcontrolador en cada prueba programada desde que arranca la prueba hasta su culminación, sirven como base de comparación para la obtención del error del medidor.

e. Cálculo del error relativo porcentual

Se tiene la siguiente fórmula para el cálculo del error relativo porcentual:

$$\text{Error relativo(\%)} = \frac{100 \times (\text{Valor medido} - \text{Valor verdadero})}{\text{Valor verdadero}} \quad (3.2)$$

Donde:

Valor verdadero = Constante del patrón x Buffer de recepción.

Valor medido = Constante del medidor x Pulsos programados en el medidor.

3.5.2 Detalles de funcionamiento

La IGU (interfaz gráfica de usuario) encargada de enviar las tramas seriales mediante el protocolo RS232 hacia la interfaz electrónica está compuesta por los siguientes comandos e indicadores visuales que a continuación se describen. La Figura 3.21 muestra la pantalla de la IGU y la Figura 3.22 el algoritmo.

a, Comando Start

Envía a la interfaz electrónica una trama en código ASCII indicando lo siguiente:

[Dirección][Trama de activación de modo Error][Nº de pulsos de prueba]

Dirección.- Indica a cual de los 5 microcontroladores va dirigida la orden de activación en modo Error.

Trama de activación de modo Error.- Lleva la trama encargada de la activación del microcontrolador en modo error.

Nº de pulsos de prueba.- Trama encargada de enviar junto con la trama de error, el número de pulsos de prueba para el medidor.

b. Comando Restaurar

Envía a la interfaz electrónica una trama en código ASCII indicando lo siguiente:

[Dirección][Trama de solicitud de reenvío de data de patrón]

Este comando esta diseñado para solicitud de reenvío de la data que contiene la cantidad de pulsos emitidos por el medidor patrón en el lapso de prueba, se adicono para recuperar perdida de datos por motivos de colisión en la transmisión serial.

c. Comando Conteo

Envía a la interfaz electrónica una trama en código ASCII indicando lo siguiente:

[Dirección][Trama de activación de modo Conteo]

d. Comando Test

Envía a la interfaz electrónica una trama en código ASCII indicando lo siguiente:

[Dirección][Trama de activación de modo Test]

e. Comando Stop

Envía a la interfaz electrónica una trama en código ASCII indicando lo siguiente:

[Dirección][Trama de parada]

Envía una señal de reset al microcontrolador direccionado.

f. Ventana de texto Constante(T1)

En esta ventana se ingresa los datos del medidor a probar , mediante dos check list se puede ingresar la constante en unidades de Wh/Pulso o Pulso/kWh

g. Ventana de texto N° de pulsos (T2)

En esta ventana tenemos dos recuadros, el recuadro superior es donde se ingresa el número de pulsos para cada prueba del medidor; en la ventana inferior se muestra la variación de los pulsos programados en tiempo real, la actualización la realiza la interfaz electrónica que es la encargada de enviar la data correspondiente.

h. Ventana de texto Error % (T3)

En esta ventana se visualiza el error obtenido luego del procesamiento de los valores enviados por la interfaz electrónica una vez finalizada la prueba.

i. Ventana de texto Estado actual (T4)

En esta ventana se muestra el evento actual en que se encuentra trabajando determinado microcontrolador, "Parado", "Esperando", "Contando", etc.

j. Comandos grupales (B1)

Al ser activado cualquiera de estos comandos llamado grupales, por ejemplo "Start" lo que se hace es activar todos los 5 microcontroladores a la vez, lo mismo sucede con los demás comandos antes mencionados.

Nota: Figuras 3.21 y 3.22 en siguientes páginas.

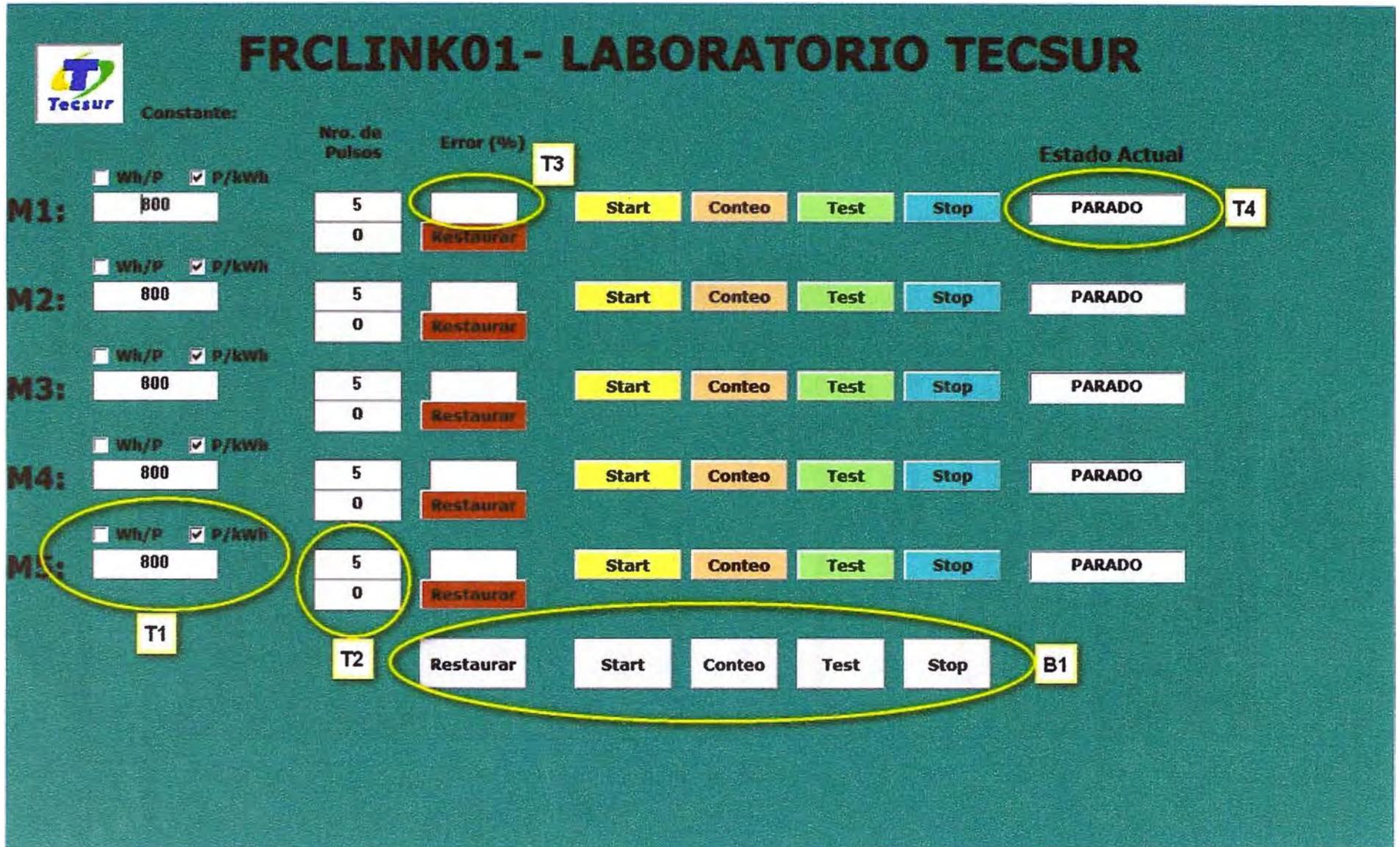


Figura 3.21 Pantalla de la IGU.

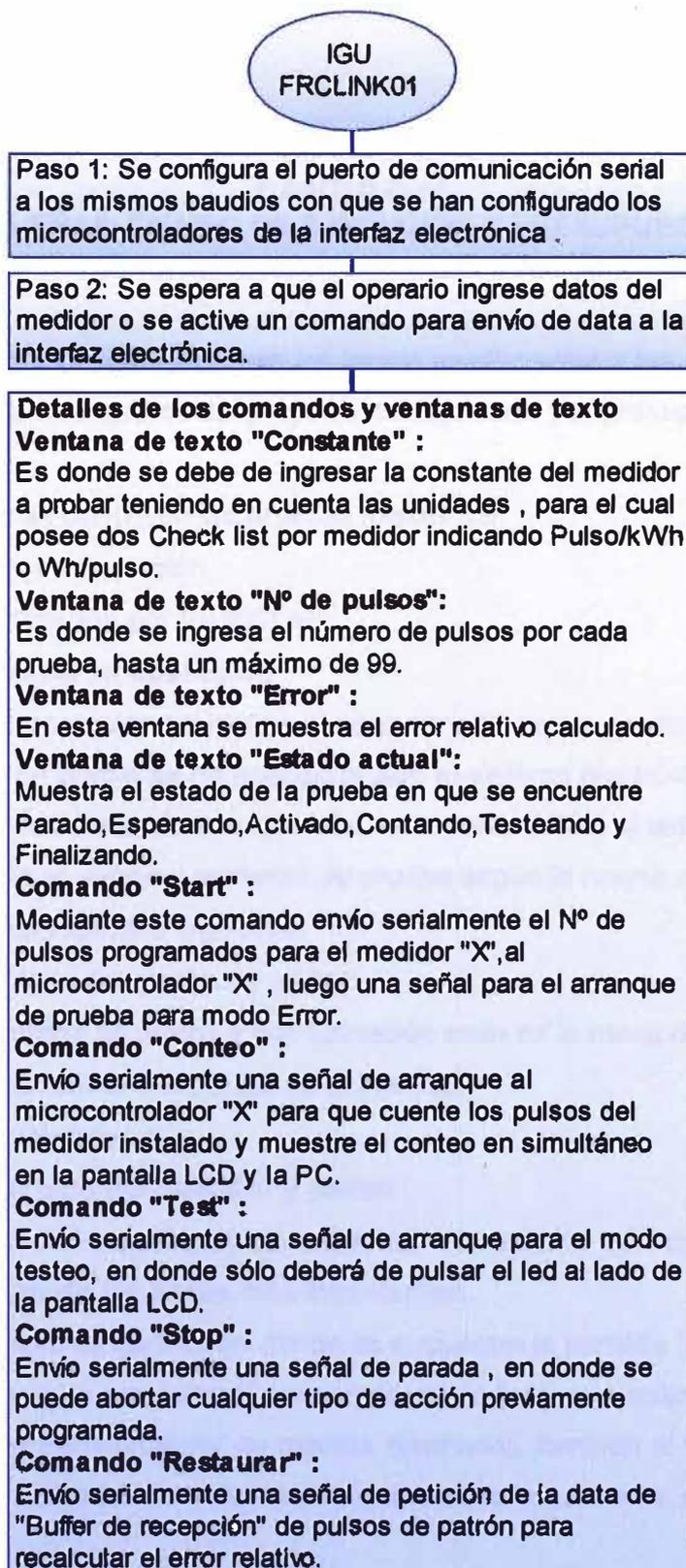


Figura 3.22 Algoritmo para del funcionamiento de la IGU diseñada

Nota:

En el siguiente capítulo se describirán los aspectos correspondientes al cronograma de los trabajos y la estimación de costos.

CAPÍTULO IV PRUEBAS, TIEMPO DE EJECUCIÓN Y PRESUPUESTO

En el presente capítulo se tocan los temas involucrados a las pruebas realizadas, así como también al cronograma del proyecto de ingeniería y al presupuesto.

4.1 Pruebas

En esta sección se describen las pruebas realizadas:

- 1) Prueba de puesta en operación.
- 2) Prueba para certificación por INDECOPI.

4.1.1 Prueba de puesta en operación

En la puesta en operación se realiza el conexionado de los medidores a probar en la repisa de pruebas, en donde se ha acondicionado el sistema electrónico que consiste en la tarjeta principal y los cinco visores que van en la parte frontal al lado del medidor, y en donde se les aplicara el voltaje y corriente de prueba según la norma establecida.

A continuación se explica lo siguiente:

- a. Conexionado del lado del medidor y partes.
- b. Terminales de entrada de pulsos y comunicación serie en la mesa de prueba.
- c. Conexionado de la tarjeta electrónica de la interfaz.
- d. Funcionamiento del sistema.

a. Conexionado del lado del medidor y partes

En la Figura 4.1 se muestra el conexionado del sistema con cinco medidores, en donde se indican también las partes más importantes.

Visor.- Es la estructura de acrílico en donde se encuentra la pantalla LCD, diseñado para cada posición de prueba, también encontramos allí el foco rojo indicador de voltaje del transformador (Es el transformador de medida diseñado), también el foco de color verde que viene a ser el indicador de pulsaciones del medidor cuando se encuentra en modo "Test".

Cable de Voltaje de prueba.- Es un par de cables, señalizado de rojo y negro con el cual se alimenta mediante conectores a la entrada del medidor con el voltaje que provee el transformador de medida diseñado.

Cable de sensor de pulsos.- Mediante este par de cables se conecta a la salida de pulsos eléctricos del medidor.

Base de baquelita con conductores de corriente.- Sirve de soporte al medidor mediante dos terminales que conectan la entrada y salida del sistema de corriente (shunt de medida) del medidor. Para el sistema diseñado se requieren de cinco bases de baquelita conectadas en serie mediante cables de 4 Awg en donde la entrada de corriente de prueba se conecta al terminal de la base 1 y la salida a la base 5 y con los medidores instalados se cierra circuito.

El conexionado de los cables de corriente y voltaje se realizó en la parte posterior de la mesa de pruebas como se aprecia en la Figura 4.2 y los cables de entrada de corriente de prueba en la Figura 4.3.

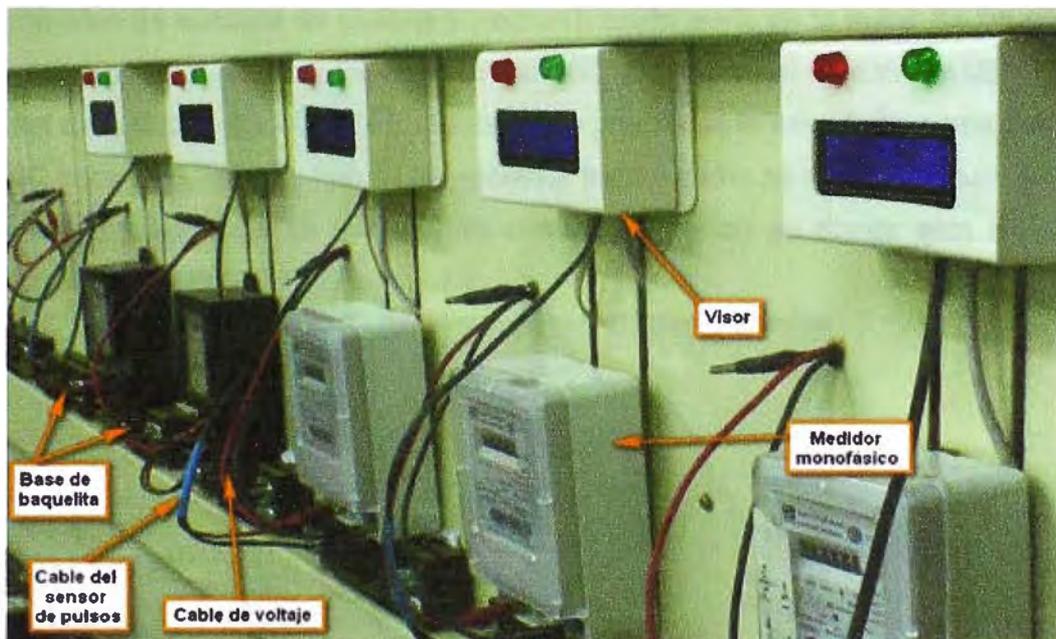


Figura 4.1 Instalación de los medidores en la mesa de pruebas

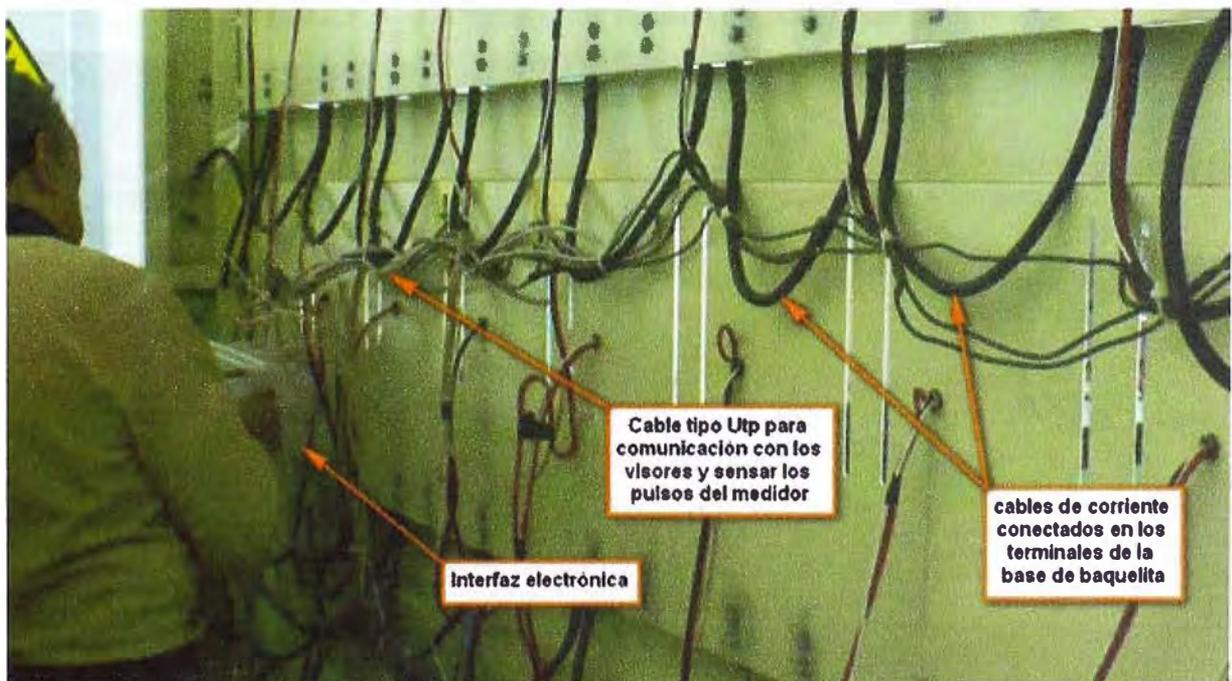


Figura 4.2 Cableado en la parte posterior de la mesa de pruebas



Figura 4.3 Entrada de corriente de a la mesa de prueba

b. Terminales de entrada de pulsos y comunicación serie en la mesa de prueba

Se describe a 1) Terminal de entrada tipo BNC y 2) Terminal de entrada DB9.

Terminal de entrada tipo BNC.- En la mesa de prueba se le acondiciono una entrada de tipo BNC para el ingreso de pulsos del medidor patrón como se ve en la Figura 4.4, estos pulsos son enviados desde el panel de control del banco en donde esta instalado el patrón como se muestra en la Figura 4.5



Figura 4.4 Terminal para ingreso de pulsos del patrón

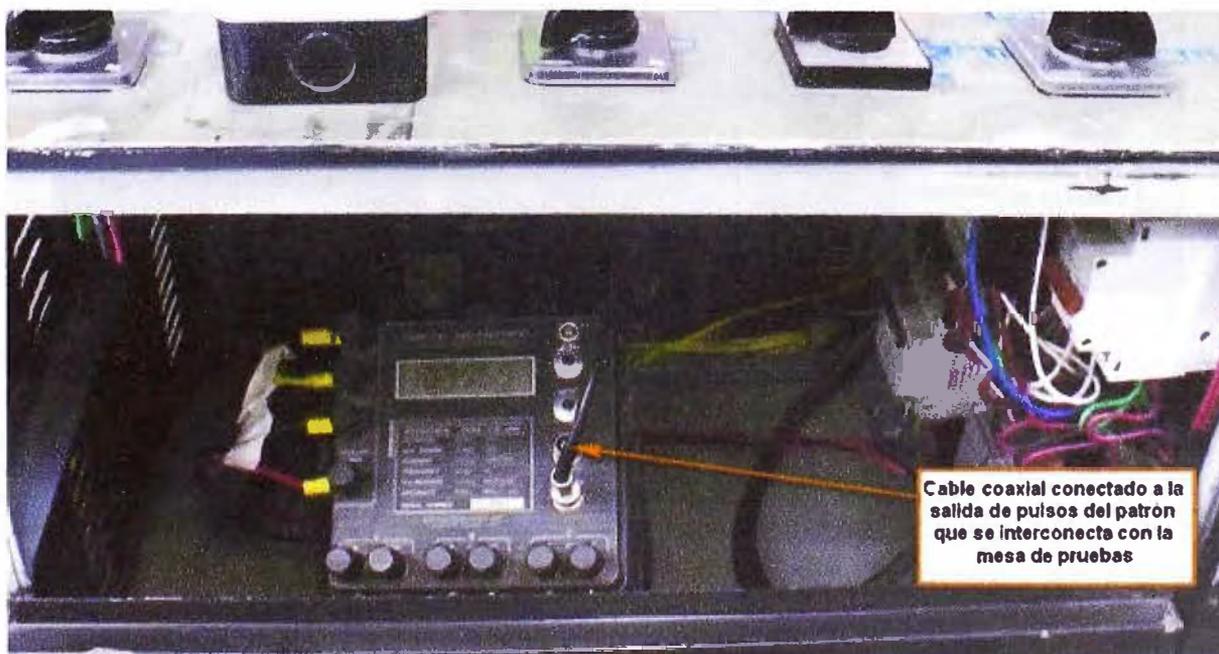


Figura 4.5 Patrón interconectado en el panel de control

Terminal de entrada DB9.- Terminal acondicionado en la mesa, por medio del cual los pines de transmisión y recepción de la interfaz electrónica se interconectan con el puerto serie de la PC como se muestra en la Figura 4.6.



Figura 4.6 Terminal de comunicación serial

c. Conexión de la tarjeta electrónica de la interfaz:

Como se detalla en la Figura 4.7 se hace una breve descripción de los puntos remarcados.

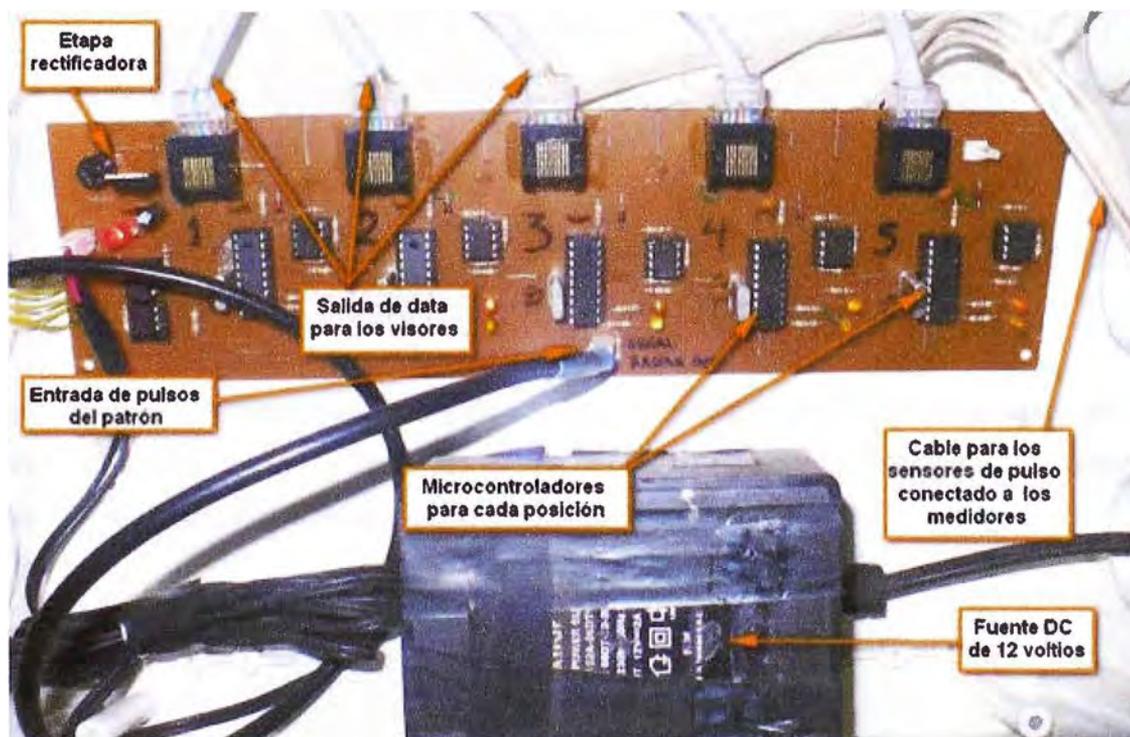


Figura 4.7 Tarjeta de la interfaz electrónica

Alimentación de la tarjeta.- Consta de una fuente de 12 voltios y una segunda etapa de rectificación del voltaje y regulación a 5 voltios que es el voltaje de trabajo de los dispositivos electrónicos en la tarjeta.

Microcontroladores para cada posición.- Cada medidor tiene asignado un microcontrolador dedicado exclusivamente a una posición de prueba tal como está remarcado en la tarjeta.

Entrada de pulsos del patrón.- La entrada de pulsos esta interconectada en paralelo a

el pin RA4 de todos los microcontroladores. Las pulsaciones del patrón se interconectan con la tarjeta mediante un cable coaxial.

Salida de data para los visores y sensor de pulsos de medidor.- Mediante cables tipo UTP se envía la data a los visores y mediante cable de tipo telefónico se capturan los pulsos provenientes del medidor en prueba.

Comunicación serial.- Al lado de la etapa de rectificación están los dos optoacopladores encargados de hacer la conversión de voltajes TTL a niveles RS232 de la PC.

d. Funcionamiento del sistema

Para poner en marcha el sistema se debe encender el banco por medio del panel de control del banco de medidores (Figura 4.8) y continuar con los siguientes pasos:



Figura 4.8 Panel de control del banco de medidores

Encendido del sistema de generación.- Primero se enciende el sistema de generación de voltaje y de corriente mediante los switch del tablero de control, se regula la corriente y voltaje de acuerdo a la prueba que se realizará.



Figura 4.9 Visor recién encendido

Luego se encenderá la interfaz electrónica donde el visor indicará la posición y estado de trabajo actual, debe de encender el foco rojo indicador de voltaje tal como se muestra en la Figura 4.9 y debe de aparecer en la línea superior de la pantalla la posición del medidor y el estado en que se encuentra la prueba , "Parado" , "Esperando"(Espera el

pulso de arranque del medidor), “Activado” (Ya empezó la prueba de “Error”), “Contando” (Se está realizando la prueba de “Conteo”), “Testeando” (Se esta realizando el Test) .



Figura 4.10 Visor en modo activado



Figura 4.11 Error obtenido en el visor



Figura 4.12 Error obtenido en la PC

En caso que mediante la IGU se accione el comando “Start” (activación del modo “Error”), mostrará en la línea superior del LCD el mensaje “Esperando” y en la línea inferior la cantidad de pulsos que se han programado para el medidor.

Una vez detectado el primer pulso el sistema empieza a recolectar los pulsos del medidor patrón que desde ya que tenga una corriente y voltaje esta pulsando y pasará al modo “Activado” como se muestra en la Figura 4.10.

En este ejemplo se ha configurado 10 pulsos de prueba en la Posición 3, cada vez que la interfaz capta un pulso, la cuenta se muestra en el visor en forma decreciente hasta llegar a cero. Una vez culminada la prueba se muestra el error obtenido tanto en el visor y en la PC como se aprecia en la Figura 4.11 y la Figura 4.12.

4.1.2 Prueba para certificación por INDECOPI

Para que un banco de medidores en laboratorio pueda servir como instrumento de calibración de medidores y garantice que los resultados que se obtengan están dentro de los márgenes de precisión admitidos por la norma para medidores electrónicos

monofásicos, debe ser calibrado por un laboratorio de calibración con trazabilidad internacional.

En este caso es el laboratorio de metrología de INDECOPÍ y las pruebas que se realicen deben de estar acorde con la norma internacional UNE 21-378-86 "Equipo de ensayo de contadores de energía eléctrica", en el cual están basados los certificados del INDECOPÍ que expiden cada vez que un equipo cumple satisfactoriamente con los requisitos de esta norma en caso contrario sólo emiten un informe.

Los certificados, aparte de servir como referente del estado en que se encuentran la precisión de los equipos, son requisito exigido por las concesionarias propietarias de los medidores a aferir y es exigencia por norma que cada calibración se realice con intervalos de un año como mínimo. En la Figura 4.13 se muestra la placa de características del banco de medidores.

Los certificados de calibración del banco de medidores, después de habersele realizado las pruebas de conformidad, se pueden ver en el Anexo A.

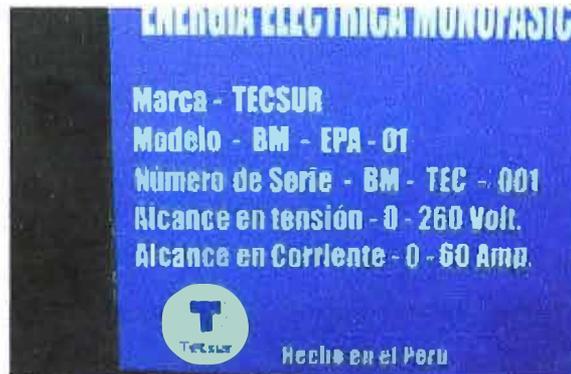


Figura 4.13 Placa de características del banco de medidores monofásico

4.2 Cronograma

Las tareas realizadas son las siguientes:

1. Análisis y discusión de las diferentes posibles soluciones con el personal técnico de laboratorio Teccsur.

Se estuvo analizando los posibles cambios a implementar en al banco de medidores ya existente, cual era la solución más recomendable tanto en operatividad y costos de implementación

2. Pedido de fabricación de los transformadores a la empresa Menautt.

Se solicitaron cotizaciones a tres empresas para el diseño de los transformadores de las cuales sólo una desarrolló el prototipo con las especificaciones requeridas, la empresa Menautt desarrolló el prototipo que cumplía con los requerimientos técnicos para la implementación.

3. Inicio del diseño del prototipo electrónico.

Se realizó el diseño y análisis de la etapa de salida de pulsos del patrón Radian y la

4.3 Estimación de costos

Los costos para el proyecto son mostrados en la Tabla 4.2 (en USD)

Tabla 4.2 Estimación de costos

Descripción	Costo unitario	Cantidad	Total (\$)
Transformador de precisión de voltaje	450	5	2250
Acondicionamiento de la mesa de pruebas	100	1	100
Compra de insumos electrónicos	500	1	500
Trabajos de armado de tarjetas electrónicas y chasis del sistema	200	1	200
Costos operativos	200	1	200
Gastos totales			3250

Dando un total de USD 3,250.00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Este desarrollo es el primero en su tipo a nivel nacional.
2. Se aplican los conceptos básicos de redes eléctricas y técnicas de medición y la aplicación de los microcontroladores para la solución automatizada acorde con las normas internacionales en lo concerniente a medición de medidores electrónicos.
3. Al diseño se le proporcionó la suficiente flexibilidad para cambios a futuro acorde con nuevas necesidades que aparezcan.
4. La principal ventaja con que cuenta es la utilización de microcontroladores como base principal del funcionamiento de la interfaz, acorde con la tendencia actual en todos los equipos (actualización mediante software), pues al ser los microcontroladores dispositivos programables, es permisible el cambio de versiones sin alterar el hardware diseñado.
5. La aplicación desarrollada para el computador, en un principio esta diseñada con los requerimientos básicos por parte del operario pero con una alta potencialidad de cambio, cómo almacenar los archivos de prueba en una base de datos, mejorar el modo de comunicación serial, entre otras.
6. Existe hasta la posibilidad de realizar una ampliación al sistema a más medidores.
7. Este sistema también sirve como base para un nuevo sistema de pruebas para transformadores de corriente pues trabaja con 4 patrones y más aplicaciones en este rubro de mediciones para la tendencia de utilización de medidores electrónicos en recambio de los medidores inductivos.
8. En lo concerniente a la comunicación serial se usa en el sistema desarrollado un método de recuperación de colisiones de datos, se puede mejorar usando el método de Polling (Consulta constante a todos los medidores) en intervalos de tiempo acorde con la cantidad de medidores para el cual está diseñado el banco. El método de Polling es ideal en el caso que se aumente la cantidad de módulos para prueba de medidores .
9. Cambiar el puerto serial por el puerto USB, por ser el puerto de comunicaciones con más aceptación por los fabricantes de computadoras.

ANEXO A
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE INDECOPI



"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Unión Nacional Frente a la Crisis Externa"

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual



Certificado de Calibración

LE - 409 - 2009

Página 1 de 6

Laboratorio de Electricidad

Expediente	39973	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
Solicitante	TECSUR S.A.	
Dirección	Paje, Calango 158 Cdra. 3 y 4 Av. Pedro Motta - San Juan de Miraflores	El SNM custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la Metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de medida del Perú (SLUMP).
Instrumento de Medición	EQUIPO DE ENSAYO DE MEDIDORES DE ENERGIA ELECTRICA	
Marca	TECSUR	El SNM es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las intercomparaciones que éste realiza en la región.
Modelo	BM - EPA - 01	
Procedencia	PERÚ	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Nº de Fases	MONOFÁSICO	
Tensión	0 V a 280 V	
Corriente	0 A a 60 A	
Clase	NO INDICA	
Número de Series	BM - TEC - 001	
Fecha de Calibración	2009-05-12	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del Servicio Nacional de Metrología. Certificados sin firma y sellos carecen de validez.

Sello	Fecha	Nombre del Servicio de Instrumentos de Medición	Responsable del laboratorio
	2009-05-14		

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPRO
Servicio Nacional de Metrología

Figura A.1 Página 1



Certificado de Calibración

LE - 409 - 2009

Laboratorio de Electricidad

Página 2 de 6

Método de Calibración

Se utilizó el método de comparación con instrumentos patrones tomando como referencia la norma UNE 21-378-06: Equipo de ensayo de contadores de energía eléctrica

Lugar de Calibración

Laboratorio de Metrología, TECSUR
Psje Calango 158, San Juan de Miraflores, Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	25 °C
Humedad Relativa	50 %

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrón de Referencia SNM Certificado 17737	Radian RM-10-06	Indecopi / SNM LE-284-2008
Patrón de Referencia SNM Certificado NVLAP F3653009	Multímetro Fluke 189	Indecopi / SNM LE-278-2008
Patrón de Referencia SNM Certificado 17737	Transformador de Corriente HB Ti53	Indecopi / SNM LE-614-2007
Patrón de Referencia SNM Certificado NVLAP F3653009	Vatímetro analógico HB	Indecopi / SNM LE-362-2008
Patrón de Referencia SNM Certificado 17737	Cosfímetro YEW 2039	Indecopi / SNM LE-239-2008

Observaciones

Con fines de identificación se le ha colocado una etiqueta de color verde Indecopi-SNM
Los errores presentados corresponden al promedio de cinco mediciones para cada punto de medida considerado



Certificado de Calibración

LE - 409 - 2009

Laboratorio de Electricidad

Página 3 de 6

Resultados de Medición

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

MEDIDOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Marca	Radian	Tensión	60 V a 600 V
Modelo	RM-10-00	Corriente	0,2 A a 50 A (por canal)
Nº de fases	Monofásico	Constante	0,00001 Wh/pulso
Exactitud	0,05 % (0,1 % en varh)	Procedencia	USA
Nº del medidor	7964	Frecuencia	48 Hz a 62 Hz

VOLTIMETRO

Marca	MECO-G	Resolución	1 V
Alcance	260 V	Exactitud	1 %

AMPERÍMETRO

Marca	MECO-G	Resolución	0,1 %
Alcance	0 % a 150 % (0,1 A, 1 A, 10 A, 40 A)	Exactitud	1

COSEFIMETRO

Marca	Lobato	Resolución	0,01°
Modelo	DMK2	Exactitud	± 2°
Alcance	1 - 0,5 Ind.		

VATÍMETRO

Siemens	Menor división	5 %
Ferrodinámico	Posición de uso	vertical
0 a 150 % (220 V, 5 A)	Índice de clase	1,5

VOLTIMETRO

VOLTIMETRO (V)	ERROR (%)
110	-0,3
170	0,3
220	-0,5
260	0,4

Figura A.3 Página 3



SNM

Laboratorio de Electricidad

Certificado de Calibración

LE - 409 - 2009

Página 4 de 6

AMPÉRIMETRO

AMPÉRIMETRO			ERROR
Selector (A)	(%)	Corriente (A)	(%)
0.1	20.0	0.02	-1.0
	50.0	0.05	-0.8
	100.0	0.10	-0.7
	150.0	0.15	-0.6
1	25.0	0.25	-1.0
	50.0	0.5	-0.8
	100.0	1.0	-0.7
	150.0	1.5	-0.7
10	50.0	5	-0.8
	100.0	10	-0.7
	150.0	15	-0.7
40	37.5	15	-0.9
	50.0	20	-0.9
	100.0	40	-0.7
	150.0	60	-0.6

Incertidumbre de medición: 0.3 %

VATÍMETRO

DESVIACIÓN DE CERO

Límite superior de la escala	150 %
Longitud de la escala (Bs)	9,11 mm
Desviación del índice respecto a cero (Bx)	0 mm
Requisito	< 0,75 %
Desviación de cero (Bx/Bs) * 100	0.0 %

DETERMINACIÓN DEL ERROR

RATÍMETRO		ERROR (%)	
(%)	watt (W)	ASCENSO	DESCENSO
0	0	0.0	0.0
50	110	0.4	0.0
75	165	0.1	0.7
100	220	0.1	1.0
150	330	0.7	0.3

COSEFIMETRO

CONDICIONES				ERROR
Alcance	(A)	Cos ϕ	(°)	(%)
10	10	1.00	0,00	2,8
		0,50 Ind	-80,00	-1,0
	5	1.00	0,00	-2,8
		0,50 Ind	-60,00	-1,7

Incertidumbre de medición: 0,8%

DETERMINACIÓN DEL ERROR DEL SISTEMA

N°	CONDICIONES				ERROR
	Tensión (V)	Corriente (A)	Cos ϕ	Carga	(%)
1	220	10	1	Mínima	-0,04
			0,5 Ind		0,23
2	110	10	1	mínima	-0,03
	242				0,05
3	220	0,25	1	mínima	0,05
		0,5			-0,05
		1	-0,04		
		5	-0,04		
			0,5		-0,23
			1		0,04
			15		-0,04
			40		-0,04
4	220	10	1	Máxima (°)	0,05
			0,5 Ind		0,02

(*) Con 8 medidores estáticos monofásicos.

 Incertidumbres máximas de medición: 0,02 % a Cos ϕ = 1
 0,03 % a Cos ϕ = 0,5

(s) Desviación estándar máxima: 0,01 %

Nota: Los errores encontrados en las indicaciones del voltímetro, amperímetro, cosímetro y vatímetro incluyen los errores de las resistencias en serie y en paralelo y de los transformadores de cada instrumento.

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

SERVICIO NACIONAL DE METROLOGÍA - SNM

El Servicio Nacional de Metrología (SNM) fue creado el 6 de Enero de 1983 mediante la Ley N° 23560 y ha sido encomendado al INDECOPi - mediante el Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El SNM cuenta con Laboratorios Metroológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con los requisitos de las Normas ISO 9001 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metroológico para la industria, la ciencia y el comercio.

El SNM cuenta con la cooperación técnica de organismos metroológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil, entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA - SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA) cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. El Servicio Nacional de Metrología - Indecopi es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Inter-comparaciones realizadas por el SIM.

ANEXO B
DATASHEET PIC 16F628A



PIC16F627A/628A/648A
Data Sheet

Flash-Based, 8-Bit CMOS
Microcontrollers with nanoWatt Technology

Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of Intellectual Property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break Microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is provided only for your convenience and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. MICROCHIP MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES OF ANY KIND WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, WRITTEN OR ORAL, STATUTORY OR OTHERWISE, RELATED TO THE INFORMATION, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ITS CONDITION, QUALITY, PERFORMANCE, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR PURPOSE. Microchip disclaims all liability arising from this information and its use. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any Microchip intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KEELCO, microID, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE, PowerSmart, rPIC, and SmartShunt are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

Amplab, FilterLab, Migratable Memory, MXDEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL, SmartSensor and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, Linear Active Thermistor, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICKIT, PICDEM, PICDEM.net, PICLAB, PICtail, PowerCat, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, rLAB, rPICDEM, Select Mode, Smart Serial, SmartTel, Total Endurance and WiperLock are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2005, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.

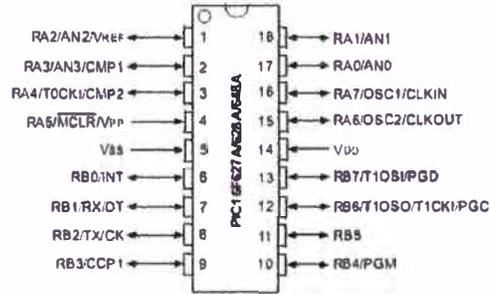
**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==**

Microchip received ISO/TS-16949:2002 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona and Mountain View, California in October 2003. The Company's quality system processes and procedures are for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELCO® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, nonvolatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001:2000 certified.

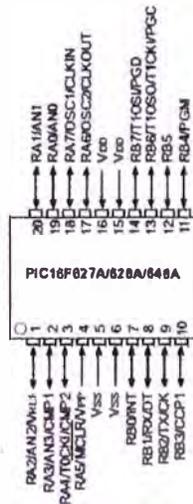
PIC16F627A/628A/648A

Pin Diagrams

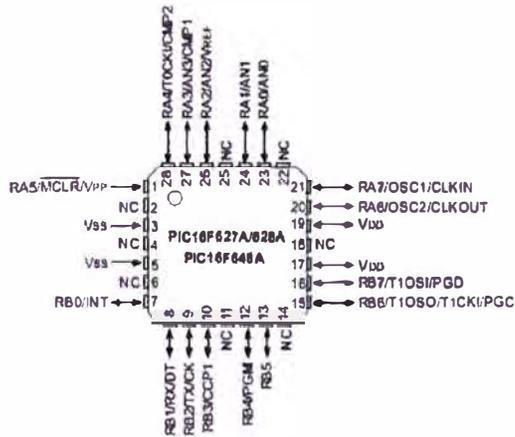
PDIP, SOIC



SSOP

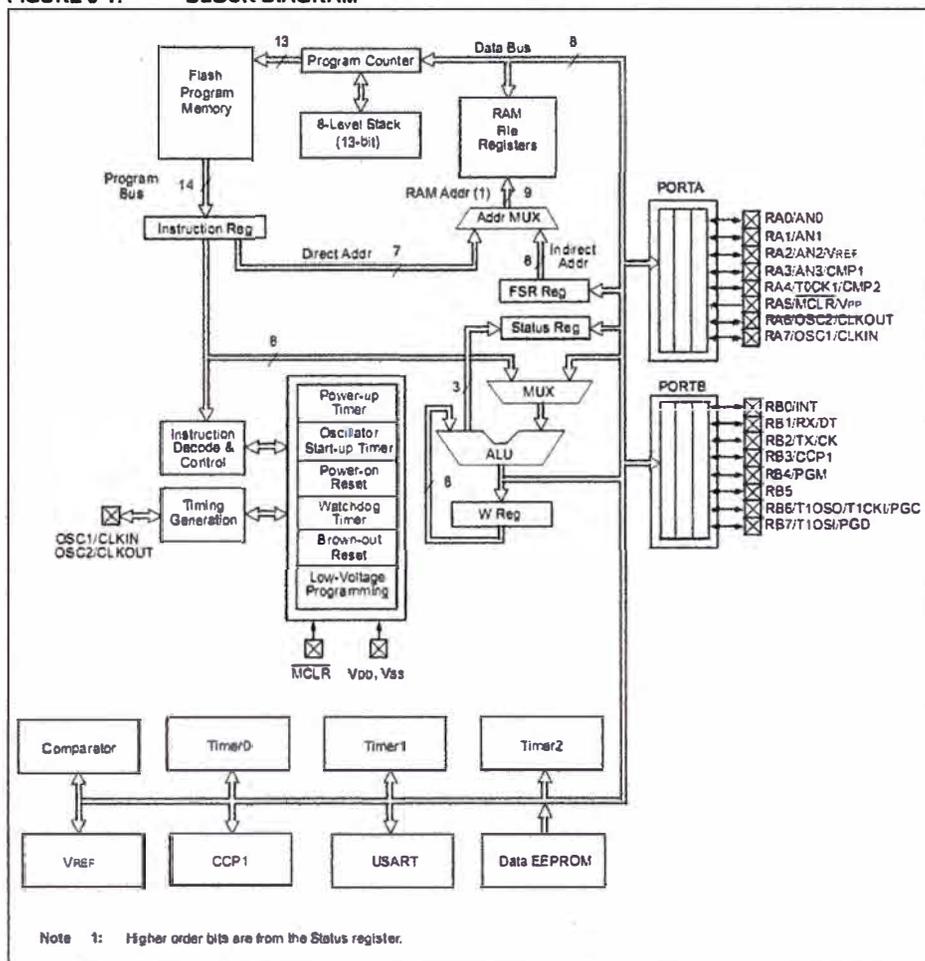


28-Pin QFN



PIC16F627A/628A/648A

FIGURE 3-1: BLOCK DIAGRAM



PIC16F627A/628A/648A

TABLE 3-2: PIC16F627A/628A/648A PINOUT DESCRIPTION

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RA0/AN0	RA0	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	AN0	AN	—	Analog comparator input
RA1/AN1	RA1	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	AN1	AN	—	Analog comparator input
RA2/AN2/VREF	RA2	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	AN2	AN	—	Analog comparator input
	VREF	—	AN	VREF output
RA3/AN3/CMP1	RA3	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	AN3	AN	—	Analog comparator input
	CMP1	—	CMOS	Comparator 1 output
RA4/T0CKI/CMP2	RA4	ST	OD	Bidirectional I/O port
	T0CKI	ST	—	Timer0 clock input
	CMP2	—	OD	Comparator 2 output
RA5/MCLR/VPP	RA5	ST	—	Input port
	MCLR	ST	—	Master clear. When configured as MCLR, this pin is an active low Reset to the device. Voltage on MCLR/VPP must not exceed V _{DD} during normal device operation.
	VPP	—	—	Programming voltage input
RA6/OSC2/CLKOUT	RA6	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	OSC2	—	XTAL	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode.
	CLKOUT	—	CMOS	In RC/INTOSC mode, OSC2 pin can output CLKOUT, which has 1/4 the frequency of OSC1.
RA7/OSC1/CLKIN	RA7	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	OSC1	XTAL	—	Oscillator crystal input
	CLKIN	ST	—	External clock source input. RC biasing pin.
RB0/INT	RB0	TTL	CMOS	Bidirectional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	INT	ST	—	External interrupt
RB1/RX/DT	RB1	TTL	CMOS	Bidirectional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	RX	ST	—	USART receive pin
	DT	ST	CMOS	Synchronous data I/O
RB2/TX/CK	RB2	TTL	CMOS	Bidirectional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	TX	—	CMOS	USART transmit pin
	CK	ST	CMOS	Synchronous clock I/O
RB3/CCP1	RB3	TTL	CMOS	Bidirectional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	CCP1	ST	CMOS	Capture/Compare/PWM I/O

Legend: O = Output
 — = Not used
 TTL = TTL Input

CMOS = CMOS Output
 I = Input
 OD = Open Drain Output

P = Power
 ST = Schmitt Trigger Input
 AN = Analog

PIC16F627A/628A/648A

TABLE 3-2: PIC16F627A/628A/648A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RB4/PGM	RB4	TTL	CMOS	Bidirectional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	PGM	ST	—	Low-voltage programming input pin. When low-voltage programming is enabled, the interrupt-on-pin change and weak pull-up resistor are disabled.
RB5	RB5	TTL	CMOS	Bidirectional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB6/T1OSO/T1CKI/PGC	RB6	TTL	CMOS	Bidirectional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	T1OSO	—	XTAL	Timer1 oscillator output
	T1CKI	ST	—	Timer1 clock input
RB7/T1OSI/PGD	PGC	ST	—	ICSP™ programming clock
	RB7	TTL	CMOS	Bidirectional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	T1OSI	XTAL	—	Timer1 oscillator input
PGD	ST	CMOS	ICSP data I/O	
VSS	VSS	Power	—	Ground reference for logic and I/O pins
VDD	VDD	Power	—	Positive supply for logic and I/O pins

Legend: O = Output
 — = Not used
 TTL = TTL Input

CMOS = CMOS Output
 I = Input
 OD = Open Drain Output

P = Power
 ST = Schmitt Trigger Input
 AN = Analog

PIC16F627A/628A/648A

FIGURE 5-2: BLOCK DIAGRAM OF RA2/AN2/VREF PIN

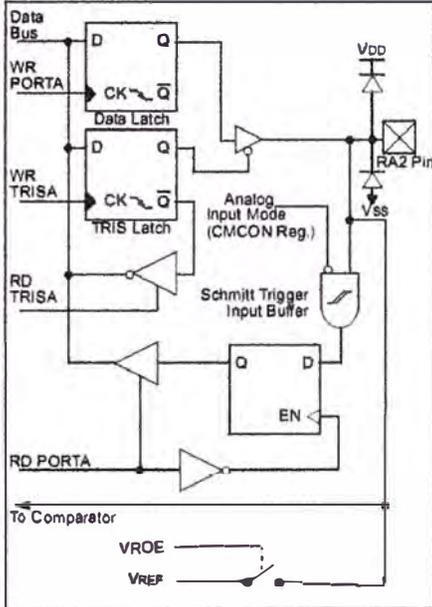
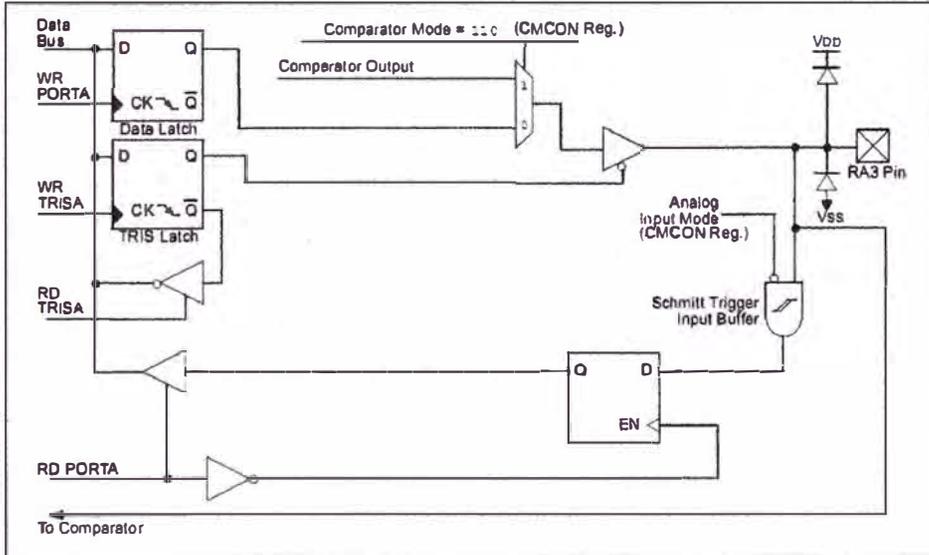


FIGURE 5-3: BLOCK DIAGRAM OF THE RA3/AN3/CMP1 PIN



PIC16F627A/628A/648A

TABLE 5-1: PORTA FUNCTIONS

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RA0/AN0	RA0	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	AN0	AN	—	Analog comparator input
RA1/AN1	RA1	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	AN1	AN	—	Analog comparator input
RA2/AN2/VREF	RA2	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	AN2	AN	—	Analog comparator input
	VREF	—	AN	VREF output
RA3/AN3/CMP1	RA3	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	AN3	AN	—	Analog comparator input
	CMP1	—	CMOS	Comparator 1 output
RA4/T0CKI/CMP2	RA4	ST	OD	Bidirectional I/O port. Output is open drain type.
	T0CKI	ST	—	External clock input for TMR0 or comparator output
	CMP2	—	OD	Comparator 2 output
RA5/MCLR/VPP	RA5	ST	—	Input port
	MCLR	ST	—	Master clear. When configured as MCLR, this pin is an active low Reset to the device. Voltage on MCLR/VPP must not exceed VDD during normal device operation.
	VPP	HV	—	Programming voltage input
RA6/OSC2/CLKOUT	RA6	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	OSC2	—	XTAL	Oscillator crystal output. Connects to crystal resonator in Crystal Oscillator mode.
	CLKOUT	—	CMOS	In RC or INTOSC mode. OSC2 pin can output CLKOUT, which has 1/4 the frequency of OSC1.
RA7/OSC1/CLKIN	RA7	ST	CMOS	Bidirectional I/O port
	OSC1	XTAL	—	Oscillator crystal input. Connects to crystal resonator in Crystal Oscillator mode.
	CLKIN	ST	—	External clock source input. RC biasing pin.

Legend: O = Output CMOS = CMOS Output P = Power
 — = Not used I = Input ST = Schmitt Trigger Input
 TTL = TTL Input OD = Open Drain Output AN = Analog

TABLE 5-2: SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTA

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR	Value on All Other Resets
05h	PORTA	RA7	RA6	RA5 ⁽¹⁾	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	xxxx 0000	qqqu 0000
85h	TRISA	TRISA7	TRISA6	TRISA5	TRISA4	TRISA3	TRISA2	TRISA1	TRISA0	1111 1111	1111 1111
1Fh	CMCON	C2OUT	C1OUT	C2INV	C1INV	CIS	CM2	CM1	CM0	0000 0000	0000 0000
9Fh	VRCON	VREN	VROE	VRR	—	VR3	VR2	VR1	VR0	000- 0000	000- 0000

Legend: - = Unimplemented locations read as '0', u = unchanged, x = unknown, q = value depends on condition. Shaded cells are not used for PORTA.

Note 1: MCLR configuration bit sets RA5 functionality.

PIC16F627A/628A/648A

5.2 PORTB and TRISB Registers

PORTB is an 8-bit wide bidirectional port. The corresponding data direction register is TRISB. A '1' in the TRISB register puts the corresponding output driver in a High-Impedance mode. A '0' in the TRISB register puts the contents of the output latch on the selected pin(s).

PORTB is multiplexed with the external interrupt, USART, CCP module and the TMR1 clock input/output. The standard port functions and the alternate port functions are shown in Table 5-3. Alternate port functions may override the TRIS setting when enabled.

Reading PORTB register reads the status of the pins, whereas writing to it will write to the port latch. All write operations are read-modify-write operations. So a write to a port implies that the port pins are first read, then this value is modified and written to the port data latch.

Each of the PORTB pins has a weak internal pull-up ($\approx 200 \mu\text{A}$ typical). A single control bit can turn on all the pull-ups. This is done by clearing the RBPU (OPTION<7>) bit. The weak pull-up is automatically turned off when the port pin is configured as an output. The pull-ups are disabled on Power-on Reset.

Four of PORTB's pins, RB<7:4>, have an interrupt-on-change feature. Only pins configured as inputs can cause this interrupt to occur (i.e., any RB<7:4> pin configured as an output is excluded from the Interrupt-on-change comparison). The input pins (of RB<7:4>) are compared with the old value latched on the last read of PORTB. The "mismatch" outputs of RB<7:4> are OR'ed together to generate the RBIF interrupt (flag latched in INTCON<0>).

This interrupt can wake the device from Sleep. The user, in the Interrupt service routine, can clear the interrupt in the following manner:

- Any read or write of PORTB. This will end the mismatch condition.
- Clear flag bit RBIF.

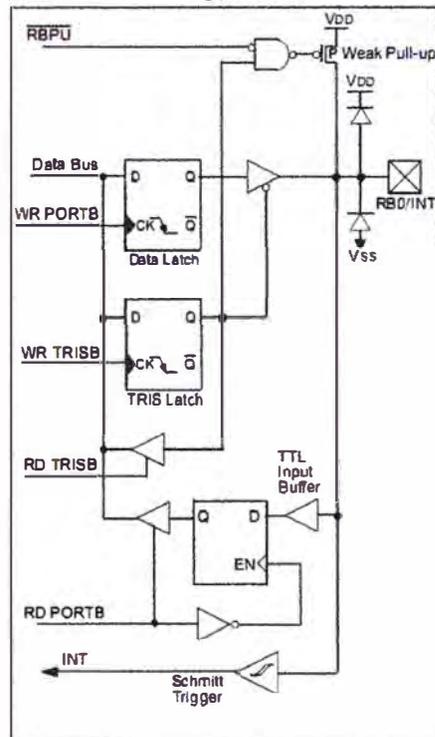
A mismatch condition will continue to set flag bit RBIF. Reading PORTB will end the mismatch condition and allow flag bit RBIF to be cleared.

This interrupt on mismatch feature, together with software configurable pull-ups on these four pins allow easy interface to a key pad and make it possible for wake-up on key-depression (See Application Note AN552 "Implementing Wake-up on Key Strokes" (DS00652).

Note: If a change on the I/O pin should occur when a read operation is being executed (start of the Q2 cycle), then the RBIF interrupt flag may not get set.

The interrupt-on-change feature is recommended for wake-up on key depression operation and operations where PORTB is only used for the interrupt-on-change feature. Polling of PORTB is not recommended while using the interrupt-on-change feature.

FIGURE 5-8: BLOCK DIAGRAM OF RB0/INT PIN



PIC16F627A/628A/648A

FIGURE 5-9: BLOCK DIAGRAM OF RB1/RX/DT PIN

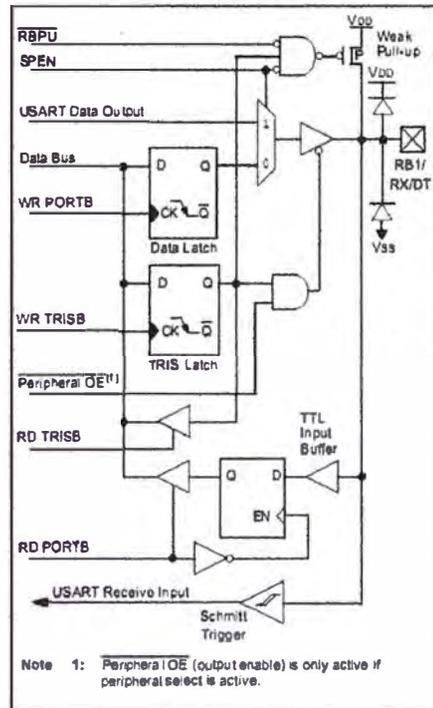
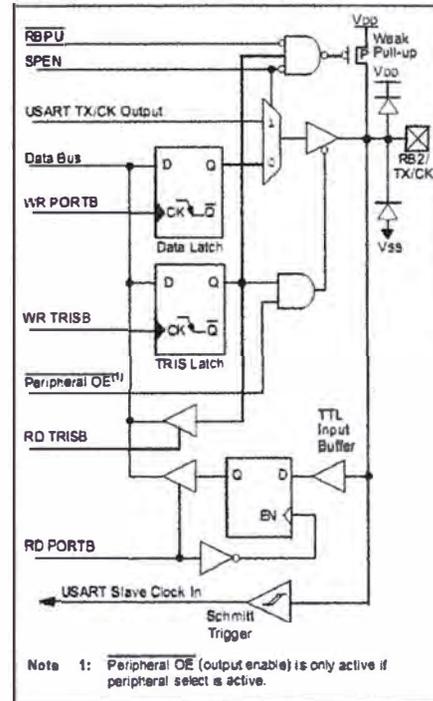
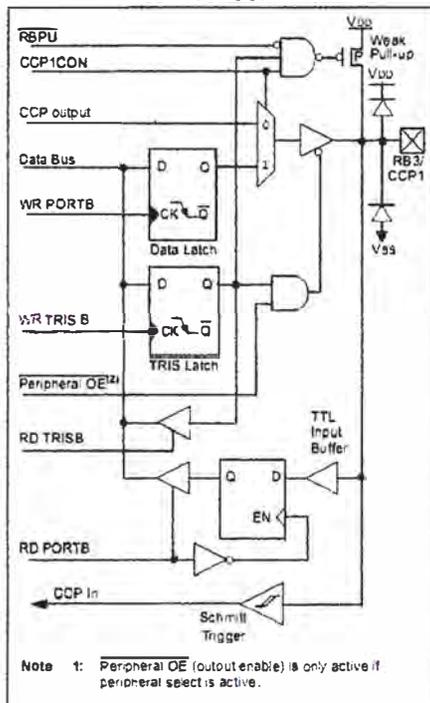


FIGURE 5-10: BLOCK DIAGRAM OF RB2/TX/CK PIN



PIC16F627A/628A/648A

FIGURE 5-11: BLOCK DIAGRAM OF RB3/CCP1 PIN



PIC16F627A/628A/648A

FIGURE 17-7: BROWN-OUT RESET TIMING

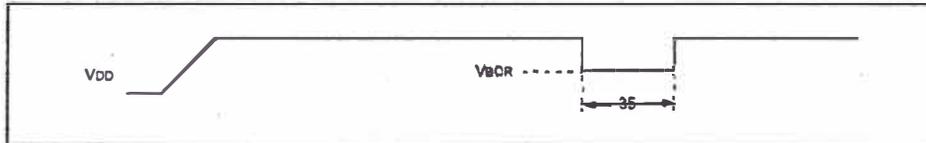


TABLE 17-7: RESET, WATCHDOG TIMER, OSCILLATOR START-UP TIMER AND POWER-UP TIMER REQUIREMENTS

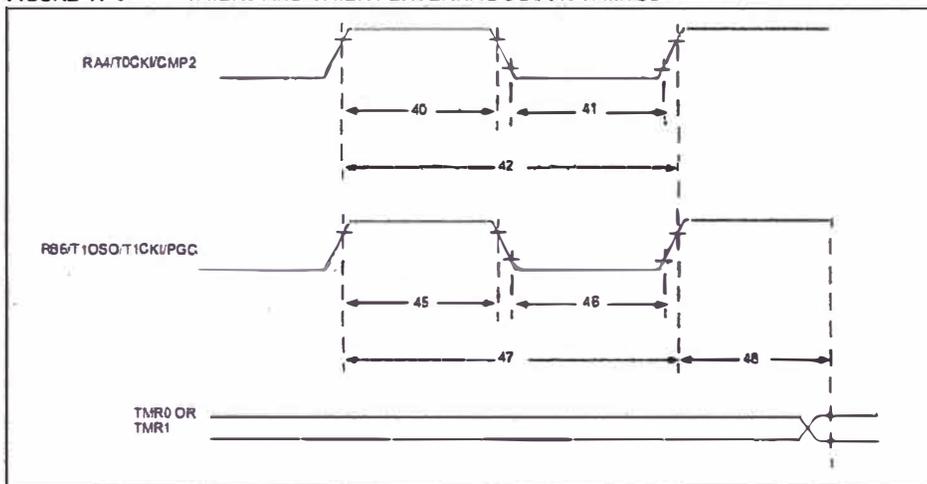
Parameter No.	Sym	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
30	TMCL	MCLR Pulse Width (low)	2000	—	—	ns	VDD = 5V, -40°C to +85°C
31	TWDT	Watchdog Timer Time out Period (No Prescaler)	7*	18	33*	ms	VDD = 5V, -40°C to +85°C
32	TOST	Oscillation Start-up Timer Period	—	1024 TOSC	—	—	TOSC = OSC1 period
33	TPWRT	Power-up Timer Period	28*	72	132*	ms	VDD = 5V, -40°C to +85°C
34	TIOZ	I/O High-impedance from MCLR Low or Watchdog Timer Reset	—	—	2.0*	μs	
35	TBOR	Brown-out Reset pulse width	100*	—	—	μs	VDD ≤ VBOR (D005)

Legend: TBD = To Be Determined.

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5.0V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

FIGURE 17-8: TIMER0 AND TIMER1 EXTERNAL CLOCK TIMINGS



PIC16F627A/628A/648A

TABLE 17-8: TIMER0 AND TIMER1 EXTERNAL CLOCK REQUIREMENTS

Param No.	Sym	Characteristic		Min	Typ†	Max	Units	Conditions	
40	T ₀ H	T ₀ CKI High Pulse Width	No Prescaler	$0.5T_{CY} + 20^*$	—	—	ns		
			With Prescaler	10^*	—	—	ns		
41	T ₀ L	T ₀ CKI Low Pulse Width	No Prescaler	$0.5T_{CY} + 20^*$	—	—	ns		
			With Prescaler	10^*	—	—	ns		
42	T ₀ P	T ₀ CKI Period		20 or Greater of: $T_{CY} + 40^*$ N	—	—	ns	N = prescale value (2, 4, ..., 256)	
45	T ₁ H	T ₁ CKI High Time	Synchronous, No Prescaler	$0.5T_{CY} + 20^*$	—	—	ns		
			Synchronous, with Prescaler	PIC16F62XA	15^*	—	—	ns	
			Asynchronous	PIC16F62XA	30^*	—	—	ns	
				PIC16LF62XA	50^*	—	—	ns	
46	T ₁ L	T ₁ CKI Low Time	Synchronous, No Prescaler	$0.5T_{CY} + 20^*$	—	—	ns		
			Synchronous, with Prescaler	PIC16F62XA	15^*	—	—	ns	
			Asynchronous	PIC16F62XA	30^*	—	—	ns	
				PIC16LF62XA	50^*	—	—	ns	
47	T ₁ P	T ₁ CKI input period	Synchronous	PIC16F62XA	20 or Greater of: $T_{CY} + 40^*$ N	—	—	ns	N = prescale value (1, 2, 4, 8)
				PIC16LF62XA	20 or Greater of: $T_{CY} + 40^*$ N	—	—	—	
			Asynchronous	PIC16F62XA	60^*	—	—	ns	
				PIC16LF62XA	100^*	—	—	ns	
	F _{T1}	Timer1 oscillator input frequency range (oscillator enabled by setting bit T1OSCEN)		—	32.7 ^(†)	—	kHz		
48	T _{CKE2} T _{MR1}	Delay from external clock edge to timer increment		2T _{osc}	—	7T _{osc}	—		

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

Note 1: This oscillator is intended to work only with 32.768 kHz watch crystals and their manufactured tolerances. Higher value crystal frequencies may not be compatible with this crystal driver.

ANEXO C
DATASHEET LM358



October 2005

LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

General Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

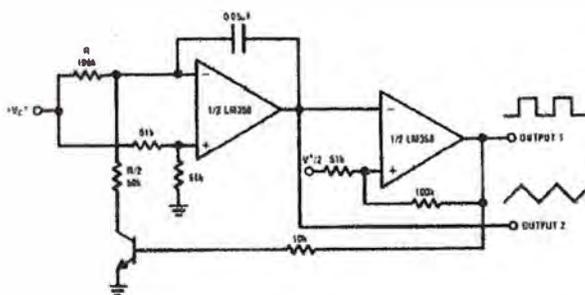
Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package, (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply: 3V to 32V
 - or dual supplies: $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (500 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing

Voltage Controlled Oscillator (VCO)



00718723

Absolute Maximum Ratings (Note 8)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/

Distributors for availability and specifications.

	LM158/LM258/LM358	LM2904
	LM158A/LM258A/LM358A	
Supply Voltage, V^*	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 1)		
Molded DIP	830 mW	830 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (M)	530 mW	530 mW
micro SMD	435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2)		
$V^* \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 3)	50 mA	50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, DIP (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Lead Temperature, Metal Can (Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 10)	250V	250V

Electrical Characteristics

$V^* = +5.0V$, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), $T_A = 25^\circ C$	1	2		2	3		2	5		mV
Input Bias Current	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = 0V$, (Note 6)	20	50		45	100		45	150		nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$	2	10		5	30		3	30		nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^* = 30V$, (Note 7) (LM2904, $V^* = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0	$V^* - 1.5$		0	$V^* - 1.5$		0	$V^* - 1.5$		V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All Op Amps $V^* = 30V$ (LM2904 $V^* = 26V$) $V^* = 5V$	1	2		1	2		1	2		mA
		0.5	1.2		0.5	1.2		0.5	1.2		mA

ANEXO D
DATASHEET 4N35

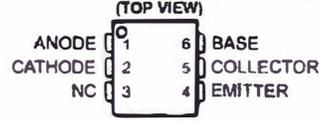
**4N35, 4N36, 4N37
OPTOCOUPLEDERS**

SOES021C - NOVEMBER 1981 - REVISED APRIL 1998

COMPATIBLE WITH STANDARD TTL INTEGRATED CIRCUITS

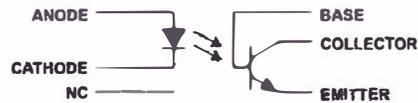
- Gallium-Arsenide-Diode Infrared Source
Optically Coupled to a Silicon npn
Phototransistor
- High Direct-Current Transfer Ratio
- High-Voltage Electrical Isolation
1.5-kV, 2.5-kV, or 3.55-kV Rating
- High-Speed Switching
 $t_r = 7 \mu s$, $t_f = 7 \mu s$ Typical
- Typical Applications Include Remote
Terminal Isolation, SCR and Triac Triggers,
Mechanical Relays and Pulse Transformers
- Safety Regulatory Approval
UL/CUL, File No. E65085

DCJT OR 6-TERMINAL DUAL-IN-LINE PACKAGE



†4N35 only
NC - No internal connection

schematic



absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)†

Input-to-output peak voltage (8-ms half sine wave):	4N35	3.55 kV
	4N36	2.5 kV
	4N37	1.5 kV
Input-to-output root-mean-square voltage (8-ms half sine wave):	4N35	2.5 kV
	4N36	1.75 kV
	4N37	1.05 kV
Collector-base voltage		70 V
Collector-emitter voltage (see Note 1)		30 V
Emitter-base voltage		7 V
Input-diode reverse voltage		6 V
Input-diode forward current: Continuous		60 mA
Peak (1 μs , 300 pps)		3 A
Phototransistor continuous collector current		100 mA
Continuous total power dissipation at (or below) 25°C free-air temperature:		
Infrared-emitting diode (see Note 2)		100 mW
Phototransistor (see Note 3)		300 mW
Continuous power dissipation at (or below) 25°C lead temperature:		
Infrared-emitting diode (see Note 4)		100 mW
Phototransistor (see Note 5)		500 mW
Operating temperature range, T_A		-55°C to 100°C
Storage temperature range, T_{stg}		-55°C to 150°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds		260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these conditions is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
1. This value applies when the base-emitter diode is open-circuited.
 2. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 1.33 mW/°C.
 3. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 4 mW/°C.
 4. Derate linearly to 100°C lead temperature at the rate of 1.33 mW/°C. Lead temperature is measured on the collector lead 0.8 mm (1/32 inch) from the case.
 5. Derate linearly to 100°C lead temperature at the rate of 6.7 mW/°C.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

**4N35, 4N36, 4N37
OPTOCOUPERS**

SOES021C—NOVEMBER 1981—REVISED APRIL 1998

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
$V_{(BR)CBO}$	Collector-base breakdown voltage	$I_C = 100 \mu A$, $I_E = 0$, $I_F = 0$	70†		V	
$V_{(BR)CEO}$	Collector-emitter breakdown voltage	$I_C = 10 \text{ mA}$, $I_B = 0$, $I_F = 0$	30†		V	
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-base breakdown voltage	$I_E = 100 \mu A$, $I_C = 0$, $I_F = 0$	7†		V	
I_R	Input diode static reverse current	$V_R = 6 \text{ V}$		10†	μA	
I_{IO}	Input-to-output current	$V_{IO} = \text{rated peak value}$, $t = 8 \text{ ms}$		100	mA	
$I_{C(on)}$	On-state collector current	$V_{CE} = 10 \text{ V}$, $I_F = 10 \text{ mA}$, $I_B = 0$	10†		mA	
		$V_{CE} = 10 \text{ V}$, $I_F = 10 \text{ mA}$, $I_B = 0$, $T_A = -55 \text{ C}$	4†			
		$V_{CE} = 10 \text{ V}$, $I_F = 10 \text{ mA}$, $I_B = 0$, $T_A = 100 \text{ C}$	4†			
$I_{C(off)}$	Off-state collector current	$V_{CE} = 10 \text{ V}$, $I_F = 0$, $I_B = 0$		1	50	nA
		$V_{CE} = 30 \text{ V}$, $I_F = 0$, $I_B = 0$, $T_A = 100 \text{ C}$			500†	μA
h_{FE}	Transistor static forward current transfer ratio	$V_{CE} = 5 \text{ V}$, $I_C = 10 \text{ mA}$, $I_F = 0$		500		
V_F	Input diode static forward voltage	$I_F = 10 \text{ mA}$	0.8†		1.5†	V
		$I_F = 10 \text{ mA}$, $T_A = -55 \text{ C}$	0.9†		1.7†	
		$I_F = 10 \text{ mA}$, $T_A = 100 \text{ C}$	0.7†		1.4†	
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter saturation voltage	$I_C = 0.5 \text{ mA}$, $I_F = 10 \text{ mA}$, $I_B = 0 \text{ mA}$			0.3†	V
r_{IO}	Input-to-output internal resistance	$V_{IO} = 500 \text{ V}$, See Note 6	10††		Ω	
C_{IO}	Input-to-output capacitance	$V_{IO} = 0$, $f = 1 \text{ MHz}$, See Note 6		1	2.5†	pF

† JEDEC registered data

NOTE 6. These parameters are measured between both input-diode leads shorted together and all the phototransistor leads shorted together.

switching characteristics at 25°C free-air temperature†

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
t_{on}	Time-on time	$V_{CC} = 10 \text{ V}$, $I_{C(on)} = 2 \text{ mA}$,		7	10	μs
t_{off}	Turn-off time	$R_L = 100 \Omega$, See Figure 1		7	10	

† JEDEC registered data



POST OFFICE BOX 655393 • DALLAS, TEXAS 75265

ANEXO E
GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aferir	Realizar pruebas de contraste a medidores recién traídos de fábrica.
GPR	General Purpose.
IDE	Integrated Development Enviroment.
IGU	Interfaz Gráfica de Usuario.
LCD	Pantalla de cristal líquido.
MCLR	Master Clear (Reset).
P	Potencia activa.
Q	Potencia reactiva.
RISC	Procesador con un Conjunto Reducido de Instrucciones.
S	La potencia aparente.
SFR	Special Function Registers.
Trazabilidad	Propiedad del resultado de una medida o del valor de un estándar.
VA	Volt amperio.
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter.

BIBLIOGRAFÍA

1. Edison Electric Institute, "Handbook for Electricity Metering", Editorial Edison Electric Institute-USA, 2002.
2. Enrique Palacios, Fernando Remiro, Lucas Lopez, "Microcontrolador PIC 16F84 desarrollo de proyectos", Editorial Alfaomega-México, 2004.
3. Jan Axelson, "Serial Port Complete, Programming and circuits for RS-232 and RS-485 Link and Networks", Editorial Lakeview Research-USA, 2000.
4. Carlos A. Reyes, "Microcontroladores PIC 16F62X Programación en BASIC ", Carlos A. Reyes-Ecuador, 2006.
5. Juan Manuel Jacinto Sandoval, "Visual Basic para Ingenieros", Juan Manuel Jacinto Sandoval-Perú, 2005.
6. José Angulo, Susana Romero, Ignacio Angulo, "Microcontroladores PIC Diseño Practico de Aplicaciones Segunda Parte PIC 16F87X", Editorial Mc Graw Hill-México, 2000.
7. Andrés M. Karcz, "Fundamentos de Metrología Eléctrica Tomo I Unidades, Patrones, Instrumentos", Editorial Marcombo-España, 1982.
8. Andrés M. Karcz, "Fundamentos de Metrología Eléctrica Tomo II Parámetros Básicos", Editorial Marcombo-España, 1976.
9. Guillermo Zevallos Dávila, "Aseguramiento Metrológico", Jornada de Capacitación en Sistemas de Gestión a personal de Tecsur S.A., Tecsur-Perú, setiembre del 2008.
10. David Sornosa, "Potencia de Corriente Alterna Monofásica y Trifásica, Corrección del Factor de Potencia", Instituto EL CABANYAL-España, en http://www.ielcabanyal.org/instituto/dpto_electronica/web/docs/dpe1/ea/Potencia%20en%20CA-monof%c3%A1sica-tric3%A1sica.pdf
11. Alexandre Wagemakers, "Corriente alterna trifásica", Universidad Rey Juan Carlos-España, en <http://www.escet.urjc.es/~fisica/Docencia/IQ/cap3.pdf>
12. National Instruments, "Comunicación serial conceptos generales", National Instruments-USA, en <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>