

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**



“Diseño y construcción de equipo de prueba de dispositivos de protección y medición eléctrica”

PRESENTADO POR

**JOSUÉ GUZMÁN GARCÍA
JORGE ALFREDO PÉREZ PÉREZ
JAIME ISMAEL RÍOS SOSA**

**PARA OPTAR AL TITULO DE :
INGENIERO ELECTRICISTA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DEL 2002

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :
Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL :
Licda. Lidia Margarita Muñoz Vela

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :
Ing. Alvaro Antonio Aguilar Orantes

SECRETARIO :
Ing. Saúl Alfonso Granados

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

DIRECTOR :
Ing. Alvaro Antonio Aguilar Orantes
(Director en funciones)

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**

**Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de :
INGENIERO ELECTRICISTA**

Título :

**“Diseño y construcción de equipo de prueba de
dispositivos de protección y medición eléctrica”**

Presentado por :

**Josué Guzmán García
Jorge Alfredo Pérez Pérez
Jaime Ismael Ríos Sosa**

Trabajo de Graduación aprobado por :

Docente Director :

Ing. Marvin Mauricio Flores

Docente Director :

Ing. José Roberto Ramos

San Salvador, Octubre del 2002

Trabajo de Graduación Aprobado por :

Docentes Directores :

Ing. Marvin Mauricio Flores

Ing. José Roberto Ramos

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación consiste en el diseño y construcción de un dispositivo de prueba asistido por computadora para equipo de medición y protección. El dispositivo tiene la capacidad de generar las seis señales de entrada de los equipos de medición y protección, las pruebas que se pueden realizar son de sobrevoltaje, bajo voltaje, sobrecorriente y frecuencia.

El software del equipo es capaz de simular formas de ondas sinusoidales con la opción de cambiar amplitud, fase y frecuencia de cualquiera de las seis señales y reproducirlas por medio del hardware del equipo. Puede importar y reproducir perturbaciones registradas por los equipos de protección en formato COMTRADE.

Este trabajo está dividido en tres capítulos los cuales abarcan la descripción y evolución de los equipos de prueba de relevadores, el diseño del equipo implementado incluyendo hardware y software y los resultados obtenidos con el equipo construido.

El capítulo 1, ***Descripción Y Evolución De Los Equipos De Prueba De Relevadores***, hace una pequeña descripción de las partes que contiene un equipo de prueba de relevadores, comenzando desde la primera tecnología basada en variacs, defasadores y cajas de impedancia, hasta los actuales instrumentos electrónicos de prueba. Se detallan las especificaciones de instrumentos electrónicos de prueba comerciales y las distintas pruebas que estos son capaces de realizar.

El capítulo 2, ***Descripción Del Diseño Del Dispositivo De Prueba***, describe el hardware y software diseñado. Se detallan las partes de que está formado el hardware. Además se realiza una descripción del estándar C37.111 que establece el formato de los archivos COMTRADE utilizado para el almacenamiento de fallas en los sistemas de potencia.

El capítulo 3, ***Resultados obtenidos***, presenta las especificaciones técnicas del equipo de prueba.

DESCRIPCIÓN Y EVOLUCIÓN DE LOS EQUIPOS DE PRUEBA DE RELEVADORES

1.1	GENERALIDADES	1-1
1.2	FUENTES DE PRUEBA ELECTROMECAÁNICA PASIVA	1-3
1.3	INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS DE PRUEBA	1-4
1.3	CONCLUSIONES	1-9

1.1 GENERALIDADES

El equipo usado para las pruebas de relevadores de protección abarca un amplio rango de tecnologías. Los primeros equipos de prueba incluyeron componentes pasivos de propósito general, interconectados para proveer las señales de prueba necesarias.

Elementos variables resistivos, capacitivos e inductivos fueron utilizados para producir las señales de prueba de voltaje y corriente y para crear las relaciones de ángulo de fase entre las señales de prueba. Este método utilizaba la alimentación principal como una fuente de señal.

Posteriormente los fabricantes de equipo de prueba ensamblaron estos componentes pasivos en paquetes, organizados específicamente para prueba de relevadores. Los circuitos de control, cambio de señal y medición fueron incorporados para simplificar la operación.

Más recientemente, los instrumentos de prueba electrónicos sintetizaron las formas de ondas de prueba e incorporaron controles digitales de lectura directa para la amplitud, ángulo de fase y frecuencia. Las salidas de corriente y voltaje fueron reguladas y sin afectación por variaciones del voltaje de alimentación o forma de onda, o cambios en el burden del relevador.

Actualmente los simuladores electrónicos basados en computadoras de varios tipos están disponibles, y son utilizados en forma incremental por las compañías de servicio público y también por fabricantes. Los simuladores de reproducción más básicos utilizan registros de falla reales obtenidas de los FDR (Fault Digital Recorder, Grabador Digital de Fallas) o información de formas de ondas del sistema producida por modelos matemáticos. Los simuladores digitales de tiempo

real proveen la flexibilidad interactiva del modelo análogo de los sistemas de potencia.

Estos computan las condiciones balanceadas iniciales del sistema de potencia y los cambios en las condiciones del sistema debido a los disturbios, todo en tiempo real, ejemplo: la respuesta del sistema de protección modifica los parámetros del sistema y las condiciones son recalculadas en tiempo real.

Se presentaran las características de los equipos de prueba pasivos, y se presentan los criterios para su aplicación.

Actualmente los equipos de prueba electrónicos son utilizados extensivamente. Estos son descritos en mas detalles para proveer una vista general de su amplia aplicabilidad. Los requerimientos de la generación de señal, control de los parámetros y de los amplificadores son discutidos.

Los usuarios deben estar al tanto de las limitaciones en todos lo equipos de prueba y en los diversos métodos. Aun el equipo de prueba mas sofisticado no es capaz de hacer compensación para protocolos de prueba pobremente organizados o señales incorrectamente aplicadas. La planeación y observación inteligente, junto con documentación efectiva e instrumentación apropiada complementan todas las sesiones de prueba.

1.2 FUENTES DE PRUEBA ELECTROMECAÁNICA PASIVA

La forma mas antigua de equipo de prueba de relevadores utilizaba componentes pasivos electromecánicos. Cajas de carga, variacs, defasadores e instrumentos de medición fueron interconectados para proveer el rango de las amplitudes requeridas por un relevador en particular. Las fuentes de alimentación monofásicas o trifásicas suministraban las señales de onda sinusoidal y energía de calidad comercial para manejar el burden de los relevadores.

Señales de Voltaje

Auto transformadores ajustables comúnmente conocidos como "variacs" son utilizados para proveer magnitudes de prueba de voltaje y corriente secundario. Los variacs pueden ser utilizados en configuración monofásica, trifásicas delta abierta o trifásicos en estrella. Estos modifican el potencial principal, produciendo una fuente de voltaje variable. Las salidas no están aisladas de la alimentación principal y son una fuente de peligro de choques eléctricos. Las entradas de los relevadores deben ser conectadas apropiadamente para prevenir trayectorias incorrectas de las señales. Los variacs pueden ser una fuente de armónicos indeseables.

Los variacs también son utilizados como una extensión integral de las cajas de carga o de los defasadores para variar las cantidades de prueba de voltaje o corriente.

Señales de Corriente

Un circuito de prueba de corriente típicamente consiste de un auto transformador variable, un transformador de múltiples relaciones, una caja de impedancias en serie y un amperímetro.

El burden del relevador comúnmente es una inductancia de saturación no lineal. El burden no lineal del relevador causara distorsión de la señal de prueba si el circuito de prueba de corriente presenta una fuente de impedancia baja.

Una impedancia lineal en serie es utilizada para incrementar la impedancia del circuito y así reducir la distorsión de la forma de onda debido a los cambios del burden del relevador. Para ser efectiva, esta impedancia en serie (a menudo una caja de carga) debe ser al menos 6 o 10 veces la impedancia del relevador bajo prueba.

La distorsión en la alimentación principal contribuye a la distorsión en las señales de prueba de voltaje y corriente; puede resultar un comportamiento inesperado del relevador.

1.3 INSTRUMENTOS ELECTRONICOS DE PRUEBA

Las características comunes de los instrumentos electrónicos específicamente diseñados para pruebas de protección incluyen.

- ◀ Referencia de onda sinusoidal internamente generada
- ◀ Operación a frecuencia variable
- ◀ Control digital directo de voltaje, corriente, ángulo de fase y frecuencia
- ◀ Los amplificadores de realimentación acoplados a transformadores proveen voltajes y corrientes reguladas. Las variaciones en las señales de prueba debido a fluctuaciones en la fuente de potencia, o en el burden del relevador son minimizadas.
- ◀ Los sistemas internos de alarma eliminan el uso de medidores externos.

Los instrumentos de prueba de relevadores electrónicos producen formas de onda sinusoidales de voltaje y corriente a niveles apropiados para pruebas de relevadores.

Los voltajes y corrientes típicas máximos son 300 V rms y 35 A rms, a un rango de potencia de hasta 100VA. Fuentes de corriente de mayor potencia para pruebas a altas corrientes en relevadores electromecánicos son en el rango de 150 A y 500 VA.

Las funciones avanzadas provistas por los nuevos diseños digitales incluyen cambio síncrono de los fasores para las pruebas de estado dinámico y reproducción de formas de onda a partir de archivos digitales externos para prueba de simulación de transitorios. El uso de referencias de frecuencia externa de satélite permite la sincronización de instrumentos de prueba localizados remotamente para pruebas de extremo a extremo de los relevadores. Los amplificadores de retroalimentación acoplados a CD ofrecen la reproducción de la componente transitoria de CD de las formas de ondas de las fallas. Los programas basados en PC para métodos de prueba de prueba de estado estable, dinámico, y transitorio son de uso general; las pruebas de integridad automatizadas durante los periodos de prueba de mantenimiento son una aplicación común.

A continuación se presentan algunos instrumentos electrónicos de prueba de relevadores que están en el mercado.

SISTEMA DE PRUEBA DE RELEVADORES FREJA 300



El FREJA 300 es un sistema de simulación y ensayo de relevadores asistido por computadora. El peso del FREJA 300 es de solo 15 Kg. El hardware se ha diseñado para su uso en un lugar de trabajo sometido a un amplio rango de temperaturas con la posibilidad de utilizar software inteligente para realizar un rápido ensayo, simulación y análisis para la protección de sistemas de potencia.

El FREJA 300 puede funcionar sin PC. Al ponerlo en modo local es posible su utilización como producto único sin PC. La utilización en modo local es sencilla. La función de cada tecla se describe en la pantalla de visualización, en la que también se presentan los valores medidos y las configuraciones.

Las entradas analógicas de bajo nivel (normalmente 0.01%) son de gran precisión y se han diseñado para mediciones de transductores. Las entradas de alto nivel pueden utilizarse como un amperímetro y un voltímetro normales. El FREJA 300 puede generar 4 * 150 V, 82 VA y 3 * 15 A, 87 VA o con el amplificador externo opcional CA3, seis intensidades distintas. Cada salida puede modificarse independientemente.

Se pueden realizar ensayos dinámicos y estáticos como, por ejemplo generación de fallas y prefallas, establecimiento de rampas simultaneas y la edición de formas de ondas.

También es posible utilizar el FREJA 300 como un simulador de perturbaciones, crear y generar perturbaciones simuladas o bien, importar perturbaciones registradas como, por ejemplo, archivos EMTP o COMTRADE (y editarlos en forma de ondas) mediante el software para la simulación de perturbaciones FREJA SIM.

La función principal del FREJA 300 es la de realizar ensayos del secundario de equipos de protección de relevadores de protección. Es posible realizar ensayos de cualquier tipo de relevador de protección.

Pruebas con el FREJA 300	IEEE N°
Relevador de protección de distancia	21
Relevador de sincronización o de comprobación de sincronización	25
Relevador de bajo voltaje	27
Relevador de potencia direccional	32
Relevador de baja potencia o de baja corriente	37
Relevador de sobrecorriente de secuencia negativa	46
Relevador de falla a tierra / sobrecorriente	50
Relevador de falla a tierra / sobrecorriente de tiempo inverso	51
Relevador de factor de potencia	55
Relevador de sobrevoltaje	59
Relevador de balance de corriente y voltaje	60
Relevador de sobrecorriente direccional	67
Relevador de sobrecorriente CC	76
Dispositivos de reconexión automática	79
Relevador de frecuencia	81
Relevador de protección diferencial	87
Relevador de direccional voltaje	91
Relevador direccional de potencia y voltaje	92

SISTEMA DE PRUEBA DE RELEVADORES CMC156

CMC 156

3 Phase Voltage /

3 Phase Current Test Set

CMC 156 EP

CMC 156 with Extended Precision



Con un peso de tan solo 22 libras / 9.8 Kg. El hardware contiene los siguientes elementos:

- ◀ Una etapa de generación de señales el cual tiene doce canales independientes.
- ◀ Una etapa de amplificación, la cual amplifica tres voltajes y tres corrientes
- ◀ Una etapa de medición analógica con dos entradas analógicas para las señales de transductores.
- ◀ Cuatro contactos de salida por medio de relevador.
- ◀ Control completo de la circuitería.

La generación de señales es realizada digitalmente (utilizando una DSP). Conversión Digital / Analógica utiliza 16 bits, dando como resultado una señal de pequeña amplitud y de gran calidad .

Además de las seis salidas de los amplificadores, seis canales independientes con señales de bajo nivel están disponibles en la parte de atrás de la unidad. Ellas pueden ser utilizadas para controlar amplificadores externos para aplicaciones que requieran mas que voltajes o corrientes trifásicos. Por ejemplo, prueba de relevadores diferenciales, o aplicaciones que requieran altas corrientes o voltajes. Estos también pueden ser utilizados cuando se necesite una potencia de salida mayor a la que proporciona el CMC 156. las señales de bajas pueden también ser utilizadas para probar fácilmente objetos que tengan un nivel de entrada bajo.

Las especificaciones de las señales de salida del CMC 156 se detallan a continuación.

Generador Voltaje / Amplificador

Rango de operación

Trifásico AC (L - N)	3 * 0 ... 125V
Monofásico AC (L - L)	1 * 0 ...250V
DC (L - N)	1 * 0 ...+/- 125V

Potencia

Trifásico AC (L - N)	3 * 50 VA a 125V
Monofásico AC (L - N)	1 * 100 VA a 125V
Monofásico AC (L - L)	1 * 100 VA a 250V
DC (L - N)	1 * 90 W a +/- 125

Resolución

6 mV

Exactitud

error < 0.025 % típico

Generador de Corriente / Amplificador

Rango de operación

Trifásico AC (L - N)	3 * 0 ... 12.5A
Monofásico AC (3L - N)	1 * 0 ...21A
DC (L - N)	1 * 0 ...+/- 30A

Potencia

Trifásico AC (L - N)	3 * 40 VA
Monofásico AC (L - L)	1 * 80 VA
DC (L - N)	1 * 60 W

Resolución

500 μ A

Exactitud

error < 0.02 % típico

1.4 CONCLUSIONES

- Las pruebas realizadas con **Las fuentes de prueba electromecánica pasiva** a los relevadores contenían los siguientes problemas: En **las fuentes de voltaje** las salidas no están aisladas de la alimentación principal y son una fuente de peligro de choques eléctricos. Las entradas de los relevadores deben ser conectadas apropiadamente para prevenir trayectorias incorrectas de las señales. Los variacs pueden ser una fuente de armónicos indeseables. Para **las fuentes de corriente** la distorsión en la alimentación principal contribuye a la distorsión en las señales de prueba de corriente, todo lo anterior puede resultar un comportamiento inesperado del relevador

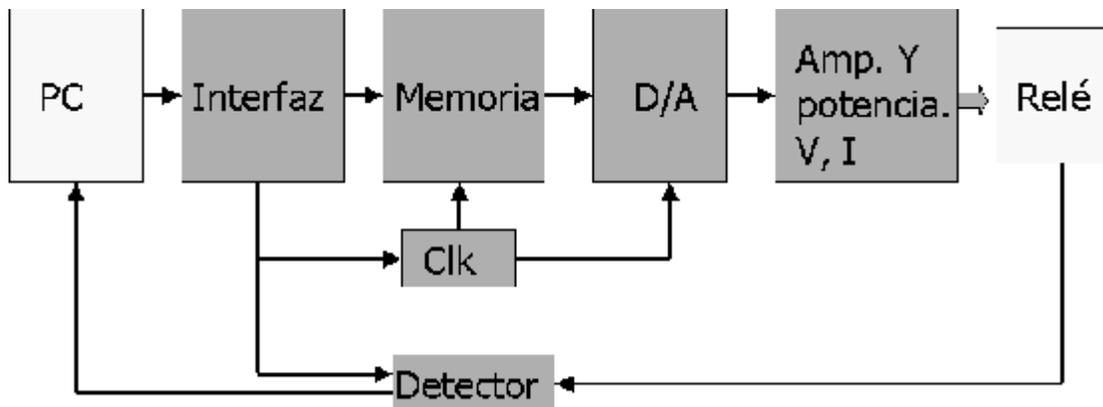
- Las pruebas realizadas con **Los instrumentos electrónicos de prueba** corrigen los problemas que tenían las pruebas realizadas con **las fuentes de prueba electromecánica pasivas** porque ellas contienen una referencia de onda sinusoidal internamente generada esta puede ser de voltaje o corriente. Además se tiene una operación a frecuencia variable, control digital directo de voltaje, corriente, ángulo de fase, frecuencia y las variaciones en las señales de prueba debido a fluctuaciones en la fuente de potencia, o en el burden del relevador son minimizadas.

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE PRUEBA

2.1	DESCRIPCIÓN GENERAL	2-10
2.2	INTERFAZ	2-12
2.3	RELOJ DEL SISTEMA	2-17
2.4	DETECTOR DE DISPARO	2-20
2.5	MEMORIA	2-22
2.6	CONVERSIÓN D/A	2-25
2.7	AMPLIFICACIÓN Y POTENCIA	2-29
2.8	DESCRIPCIÓN ARCHIVOS COMTRADE	2-30
2.9	CURVAS TIEMPO-SOBRECORRIENTE	2-37
2.10	PROCEDIMIENTO DE SOFTWARE Y HARDWARE	2.39
2.11	CONCLUSIONES	2-40

2.1 DESCRIPCION GENERAL

En esta sección se describen cada una de las partes del hardware del equipo de prueba, a continuación se muestra en diagrama de bloque el equipo.



En la figura anterior se muestran de color oscuro los bloques que forman parte del hardware implementado los cuales se describen brevemente a continuación.

2.1.1 INTERFAZ

Esta parte es la encargada de interactuar con la computadora y el hardware del equipo. Su función es generar las señales de control por medio de las cuales se programan y manejan los distintos componentes.

2.1.2 MEMORIA

Esta etapa tiene como función principal, almacenar los datos de las señales a reproducir, sean estas sinusoidales o de falla.

2.1.3 CONVERSIÓN DIGITAL ANALÓGICA

Como su nombre lo indica, esta etapa es la encargada de convertir los datos almacenados en la memoria a su valor analógico correspondiente. Contiene además una etapa de aislamiento.

2.1.4 AMPLIFICACIÓN Y POTENCIA

Esta etapa tiene como función amplificar y suministrar potencia a las señales de voltaje provenientes de la etapa D/A.

2.1.5 RELOJ DEL SISTEMA (CLK)

Esta etapa es la encargada de generar la señal de reloj utilizada en el sistema, cuya función principal es programar la frecuencia de las señales de salida del equipo.

2.1.6 DETECTOR DE DISPARO

Esta etapa es la encargada de detectar la respuesta del relevador en prueba suministrando además el tiempo de respuesta del mismo.

A continuación se realiza una descripción mas detallada sobre cada una de las etapas anteriormente detalladas.

2.2 INTERFAZ

2.2.1 GENERAL

La interfaz es el hardware y el software encargados de suministrar todas las señales de control de la memoria RAM, generador de reloj del sistema, contador y dispositivos de entrada/salida (multiplexor y buffer). Como puerto de comunicación entre la PC y el probador de relés se utiliza el puerto paralelo.

Sin embargo, los tres registros del puerto paralelo por si solos, no son suficiente para el control completo de todas las partes del sistema. Es por ello que se realiza una expansión del registro de datos del puerto paralelo de 8 a 24 bits. La programación del puerto paralelo y de los demás dispositivos del sistema, se realiza por medio del lenguaje de programación C.

2.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ

La interfaz esta formada tanto por la parte física (hardware) como por el código que la controla (programa).

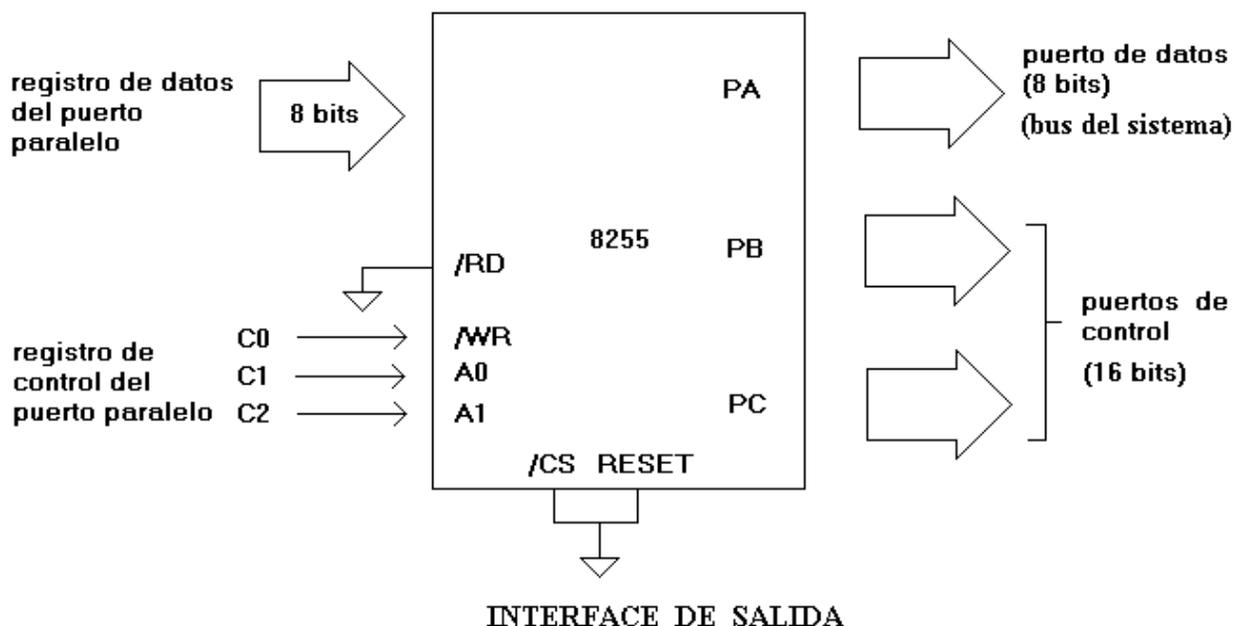
2.2.2.1 HARDWARE

La interfaz (hardware) esta formada por:

- 15 señales de control digitales para las operaciones de escritura de la memoria RAM, activación de buffer y compuertas, y programación del contador y reloj del sistema (Integrados 8254).
- Una entrada de control digital.
- Registro de datos de salida de 8 bits.
- Registro de datos de entrada de 8 bits multiplexados.

LOGICA DE SALIDA

Para obtener las 15 señales de control de salida y los 8 bits de datos se utiliza el integrado 8255 de INTEL para expandir el registro de datos del puerto paralelo de 8 a 24 bits. La figura siguiente muestra la configuración.



El registro de datos del puerto paralelo se conecta directamente al bus de datos del 8255. El integrado 8255 es programado en modo cero, es decir que los 3 puertos PA, PB y PC se utilizan como registros transparentes de salida.

El puerto PA se utiliza como bus de datos del sistema y los puertos PB y PC como señales digitales de control (salidas). En la siguiente tabla se detalla la función de cada señal de control de salida del 8255, según el integrado que maneja.

Nº DE PIN	PIN DEL PUERTO DEL 8255	FUNCION DEL PIN	DISPOSITIVO
1	PB0	/CS	RELOJ DEL SISTEMA
2	PB1	/WR	
3	PB2	A0	
4	PB3	A1	
5	PB4	HABILITA CLK	
6	PB5	/CS	CONTADOR
7	PB6	/WR	
8	PB7	/RD	
9	PC0	A0	
10	PC1	A1	MEMORIA
11	PC2	/CS	
12	PC3	/WR	
13	PC4	CLKPC	
14	PC5	RESET	
15	PC6	HABILITA BUFFER	

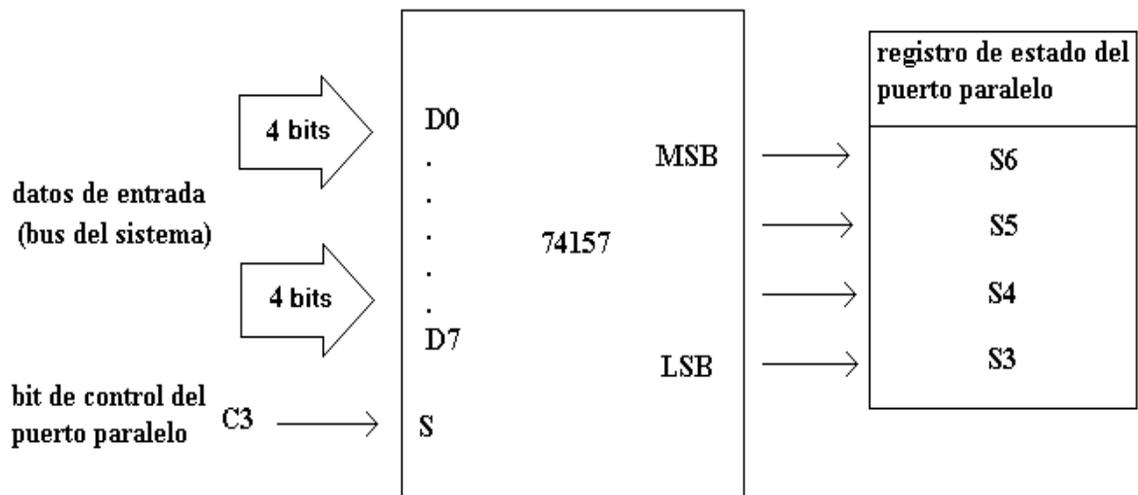
En la primera columna aparece el número de pin, este sirve para identificar cada señal en el momento que se programa cualquiera de los dispositivos. La programación de cada pin es independiente y no cambia su valor con la programación de otro pin.

LOGICA DE ENTRADA

Para la entrada de datos se utiliza el registro de estado del puerto paralelo. En este registro solo es accesible los pines S3, S4, S5, S6 y S7. A continuación se detalla la función de cada bit.

Nº DE BIT DEL REGISTRO DE CONTROL	FUNCIÓN
S7	Control de estado
S6	Dato de entrada MSB
S5	Dato de entrada
S4	Dato de entrada
S3	Dato de entrada LSB

Debido a que solo se tienen 4 bits de datos de entrada, se utiliza un 74157, el cual es un buffer que multiplexa los 8 bits de entrada a dos grupos de 4 bits de salida. La señal que controla que grupo de 4 bits es leído, es el bit C3 del registro de control del puerto paralelo. A continuación se muestra la configuración de la lógica de entrada.



INTERFACE DE ENTRADA

Para leer un byte se lee primero los 4 bits menos significantes y luego los 4 bits mas significantes. De este modo se tiene el byte leído en dos variables que por medio de software se unen para formar un byte. El pin S se utiliza para multiplexar los 8 bits de entrada. La señal que se utiliza es por medio del bit C3 del registro de control del puerto paralelo.

2.2.2.2 PROGRAMACION DE LA INTERFAZ

La programación se realiza en lenguaje C. Para programar la interfaz es necesario programar el integrado 8255 en modo cero, esto hace que se programen los 3 puertos del 8255 como registros transparentes de salida. La programación se realiza utilizando la función **Programar_PPI_Modo_Cero**, y es la primera función que se debe llamar antes de utilizar la interfaz.

ESCRITURA DE DATOS

Para escribir un dato al bus del sistema (es decir al puerto PA del 8255), simplemente se escribe al puerto PA del 8255, esto lo realiza la función **escribir_datos(int datos)**, la cual a su vez llama a la función **cargar_puerto(int puerto,int dato)** y esta escribe el byte **dato** a uno de los puertos del 8255. La función **escribir_datos** activa un buffer que se encuentra entre el puerto A del 8255 y el bus del sistema, esto es para proteger el 8255 cuando en el bus del sistema este ocupado con otro dispositivo.

ESCRITURA DE SEÑALES DE CONTROL

Las señales de control se utilizan para realizar los ciclos de lectura / escritura de los distintos dispositivos que están conectados a la interfaz, habilitar el reloj del sistema ó el buffer del bus de datos. Se utilizan 15 señales digitales las cuales son independientes entre si, es decir que la programación de una señal no interfiere con el valor de otras señales.

Para utilizar las señales de control se hace uso de las siguientes funciones:

```
void escribir_uno(int numero_de_pin);  
void escribir_cero(int numero_de_pin);
```

La función **escribir_uno** como su nombre lo indica, escribe un uno lógico al pin con el numero indicado. La función **escribir_cero** como su nombre lo indica, escribe un cero lógico al pin con el numero indicado. Cada numero de pin tiene una función especifica (ver tabla en sección Lógica de Salida).

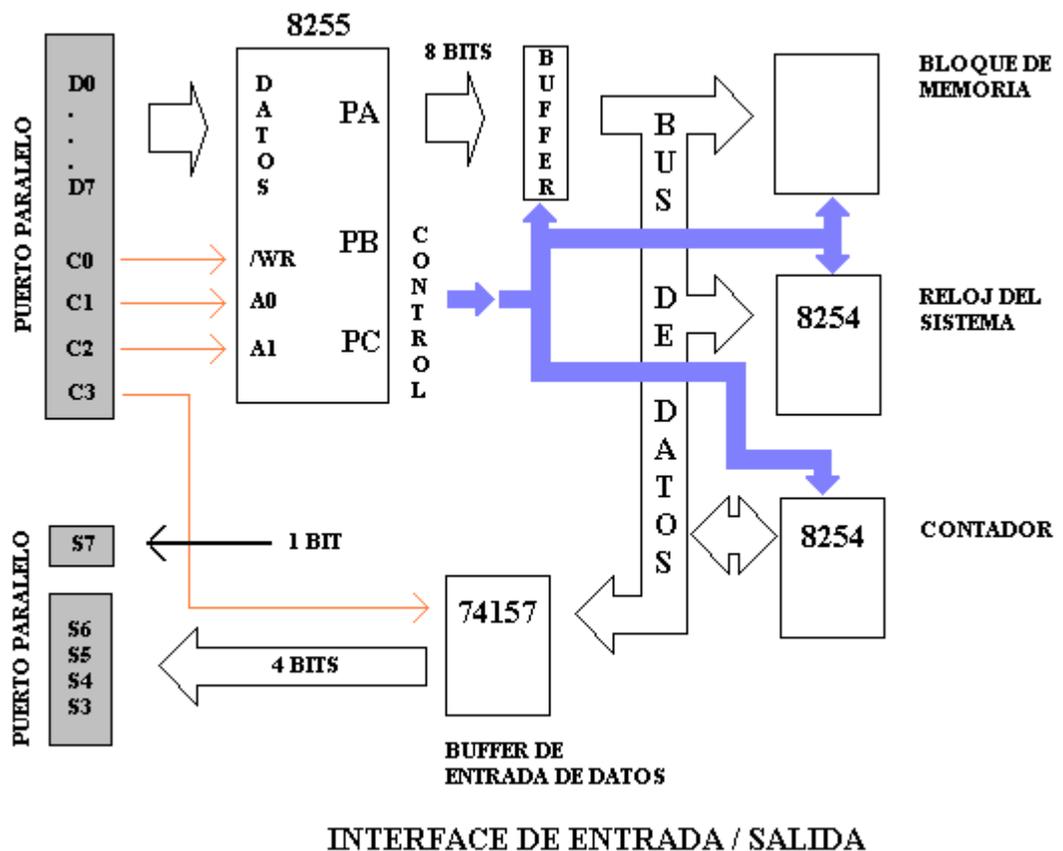
Por ejemplo si se desea un 1 lógico en el /cs del reloj del sistema, la instrucción fuera de la siguiente manera: **escribir_uno (1)**.

LECTURA

Para leer se utiliza la función **inp(int dato)** del lenguaje C. Al ejecutarla se lee directamente el registro de estado del puerto paralelo. Para realizar una operación de lectura de un byte, primero se llama a la función **inp** y se leen los cuatro bits menos significativos que aparecen en el 74157; entonces por medio del bit C3 del registro de control se multiplexan los otros 4 bits del byte a ser leído. Una vez que se tienen las dos partes del byte, se unen por medio de software para formar el byte leído.

Para leer el bit S7 del puerto de estado únicamente se llama a la función **inp()**. Con esto se lee los 5 bit (S3 ... S7) del registro de estado del puerto paralelo. Por medio de software se conoce el estado del bit S7 realizando operaciones binarias.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de la interfaz completa.

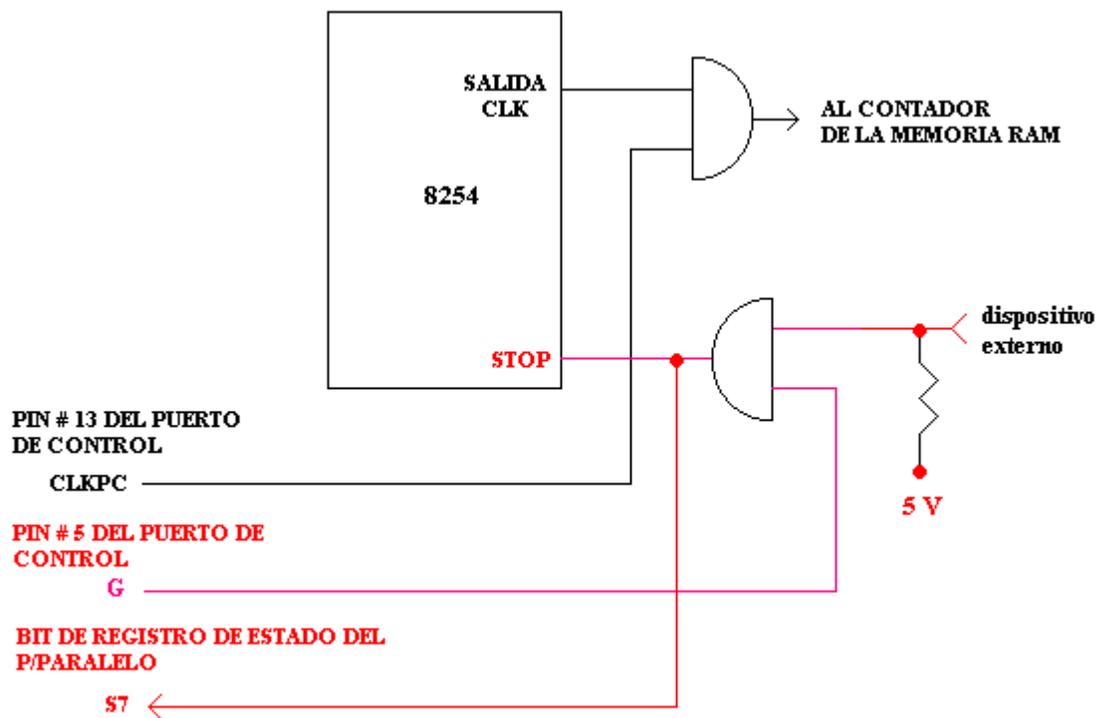


2.3 RELOJ DEL SISTEMA

2.3.1 GENERAL

Para generar el reloj del sistema se utiliza el integrado 8254 de INTEL. La frecuencia de reloj máxima de salida es de 2.5 MHz. Esta frecuencia es programable por el usuario, de tal manera que la frecuencia de las ondas de salida de voltaje y corriente, puedan ser cambiadas fácilmente desde el software. Posee una entrada lógica que se utiliza para detener el reloj, el cual a su vez detiene el contador de la memoria RAM.

El reloj generado por el 8254 se utiliza únicamente en la lectura de la memoria RAM. El reloj llega a un contador, el cual direcciona la memoria para su lectura. En la escritura se utiliza una señal de control (CLKPC) para generar el reloj por medio de software (ver la sección de memoria RAM). En la siguiente figura se muestra el circuito empleado para realizar esta función.



En el diagrama anterior se muestra el circuito empleado para elegir el reloj del sistema. En la operación de lectura de la memoria RAM, la señal CLKPC se coloca en uno lógico por medio de software, así la salida de la compuerta AND sigue el reloj del 8254.

En la escritura de la memoria RAM se utiliza la señal CLKPC para generar el reloj del sistema. La señal G debe desactivar (cero lógico) el integrado 8254, en ese instante la salida CLK del 8254 se coloca en 1 lógico, para permitir que la salida de la compuerta AND siga únicamente la señal CLKPC.

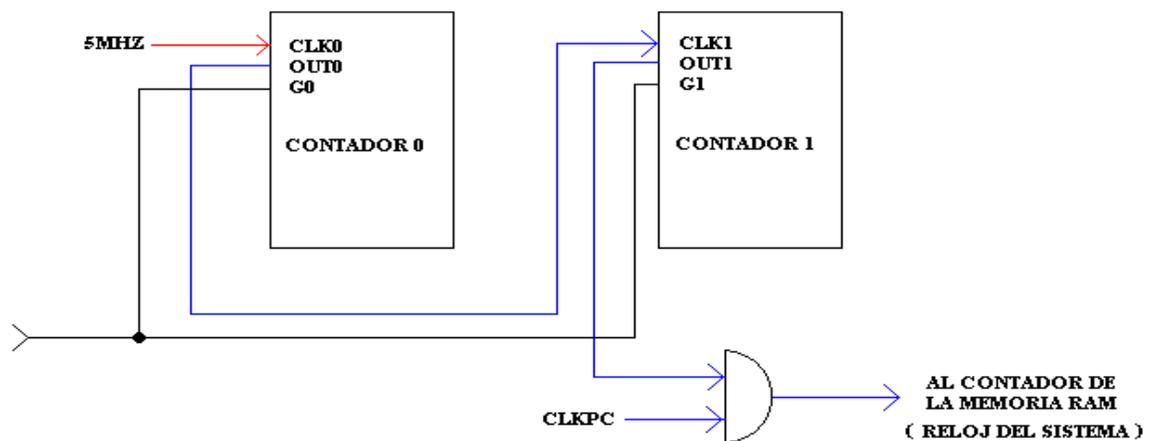
En el diagrama anterior también se muestra el circuito para detener el reloj del 8254. Se puede detener por medio de un dispositivo externo (relé en prueba) ó por medio de programación a través de la señal G (pin 5) del puerto de control. El reloj que genera el 8254 se mantiene en uno lógico cuando hay un cero lógico en la entrada stop. Notese que la salida de la AND esta conectada a un pin de entrada del puerto paralelo S7. Este pin se utiliza para conocer el estado del dispositivo externo siempre y cuando se programe el pin G en uno lógico.

2.3.2 PROGRAMACION DEL 8254

Para el funcionamiento del 8254 se requiere de un oscilador. El oscilador utilizado es el integrado 8284 el cual genera una frecuencia de 5 MHz en su salida. Este reloj es la fuente de temporización para el 8254.

El modo de funcionamiento del integrado 8254, consiste en dividir la frecuencia de la fuente de temporización hasta tres veces a fin de obtener la frecuencia deseada. La forma en que divide la frecuencia de entrada en por medio de conteos programados a cualquiera de los tres contadores que posee. Por ejemplo si se programa el contador 1 con un conteo de 10, la salida del contador generara un nivel alto durante 5 ciclos de la frecuencia de entrada y un nivel bajo durante los otros cinco ciclos siguientes. Se pueden obtener frecuencias bajas colocando en cascada los tres contadores.

En este proyecto solo se ocupan 2 de los tres contadores del 8254. La configuración utilizada es la que se muestra en la siguiente figura.

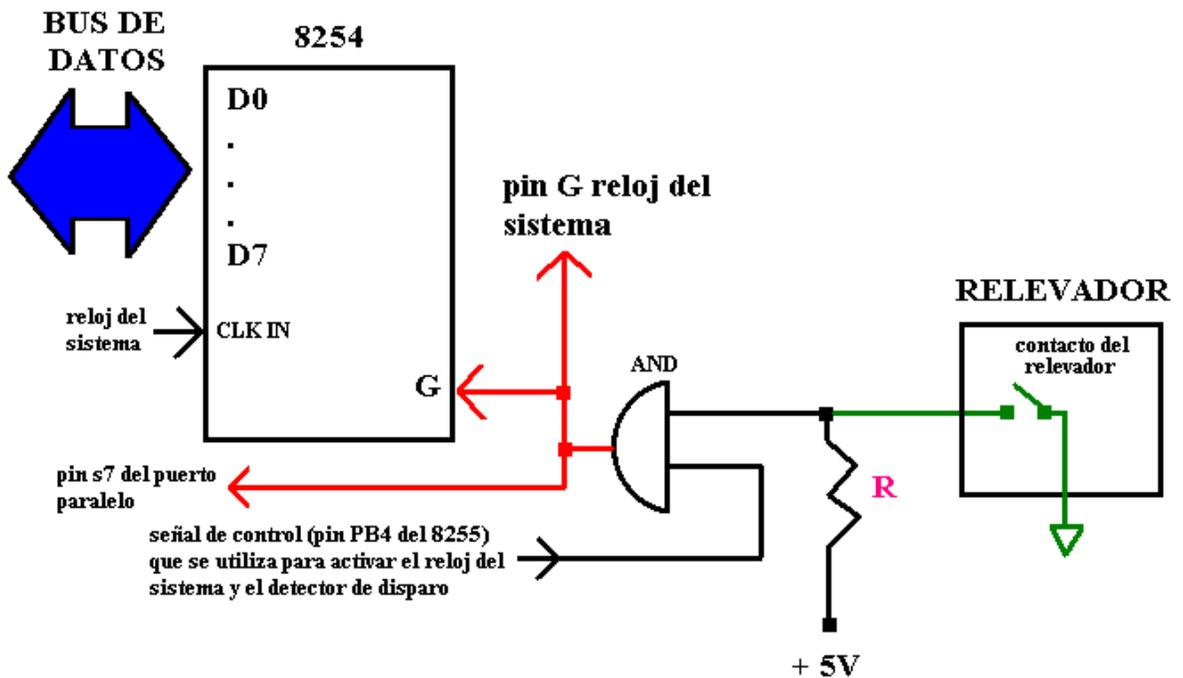


En la figura anterior se muestra la conexión de los 2 contadores del 8254. La fuente de temporización es conectada a la entrada de reloj (CLK0) del contador cero, con una frecuencia de 5 MHz. Esta frecuencia es dividida de acuerdo al conteo programado al contador cero. La frecuencia resultante es la entrada del reloj (CLK1) del contador uno. Este contador divide aun más la frecuencia para obtener la frecuencia programada y obtenerla en el pin OUT1. Para que los dos contadores funcionen, las entradas G de cada uno de ellos, deben tener un uno lógico.

Se utilizan tres funciones para programar el 8254. La primera *void setfrec(double frec)*, es la que se utiliza para programar la frecuencia por el programador; esta a su vez selecciona los conteos a programar para cada contador de acuerdo a la frecuencia programada y a la fuente de temporización de 5 MHz. Esta función llama a las otras dos funciones: *void prog_cont(unsigned short contador, unsigned short modo, unsigned conteo)* y *int send_byte(unsigned short c, unsigned short b)*. La primera de estas programa a cada contador en el modo de operación, en este proyecto se programan en el modo 3 los dos contadores. La segunda función escribe el byte "b" al contador "c".

2.4 DETECTOR DE DISPARO

El circuito detector de disparo es el encargado de detectar la respuesta del relevador en prueba y almacenar el tiempo en que este tarda en accionar un contacto u otra señal de activación. Para realizar esta tarea se utiliza el integrado 8254 de INTEL (*timer* programable). En la siguiente figura se muestra la configuración empleada en el circuito detector de disparo.



El funcionamiento del circuito detector de disparo se detalla a continuación. El circuito está formado por el *timer* programable 8254 y una compuerta AND (7408). El *timer* recibe la señal del reloj del sistema en el pin CLK IN del contador 1. Este contador es programado en modo 3 con un conteo de 6, de tal forma que la salida del contador 1 tiene una frecuencia igual a la del reloj del sistema dividida entre 6. La salida del contador 1 se conecta a la entrada CLK IN del contador 0 el cual se programa en modo 4. Esto permite que en el contador 0 se almacene el número de muestra instantánea de cualquiera de las 6 señales. La señal PB4 debe ser un uno lógico y el contacto normalmente abierto del relevador debe estar sin activar para que el circuito esté habilitado.

Cuando el relevador activa su contacto (esto es, cierra el contacto normalmente abierto) los contadores del integrado 8254 se desactivan y el contador 0 almacena un conteo que representa el número de la muestra en la cual ocurrió el disparo del relevador.

Por medio de software se lee el pin s7 del puerto paralelo y se verifica su estado, de tal forma que cuando se lee un estado lógico de cero en este pin, el programa lee el registro del contador 0 del 8254, el cual contiene el conteo de las muestras. Con esta información y por medio de software se puede conocer el valor de tiempo, voltaje o corriente, en el cual el relevador se activo.

2.5 MEMORIA

2.5.1 ALMACENAMIENTO DE DATOS

Hardware:

Los datos digitales correspondientes a las 6 señales analógicas (Va, Vb, Vc, Ia, Ib, Ic) son almacenados en 2 memorias RAM del tipo SRM2264LC (8K x 8, 8192 datos de 8 bits).

Se utilizan 2 memorias RAM ya que la resolución de los convertidores digital-analógicos utilizados es de 14 bits.

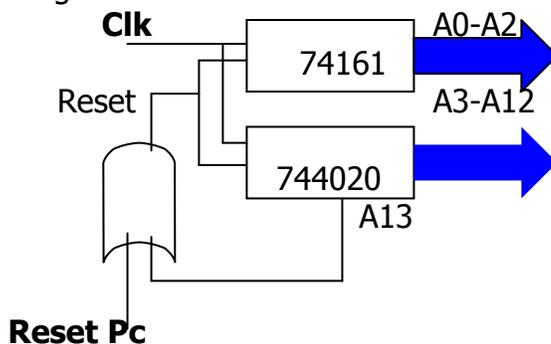
En el proceso de escritura de datos en una memoria RAM se almacenan los 8 bits más significativos de cada dato y en la otra los 6 bits menos significativos.

Direccionamiento de las memorias RAM

Debido a que son necesarias 13 líneas de direccionamiento ($8192 = 2^{13}$) se utilizaron los contadores 74LS161 y 74HCT4020, el primero de 4 bits y el otro de 14 bits, con la limitante de no tener las salidas Q1 y Q2.

Los contadores están conectados en paralelo, el reset es común para los contadores, y éste puede ser activado ya sea por medio de la computadora, ó automáticamente cuando el contador alcanza el conteo de 8192 (13 bits en alto), para lo anterior se utilizó el bit 14 del 74HCT4020 el cual fue conectado a una compuerta OR 74LS32, su otra entrada proviene de la PC, y su salida es conectada al reset del contador de 13 bits el cual es activo en alto.

Diagrama:



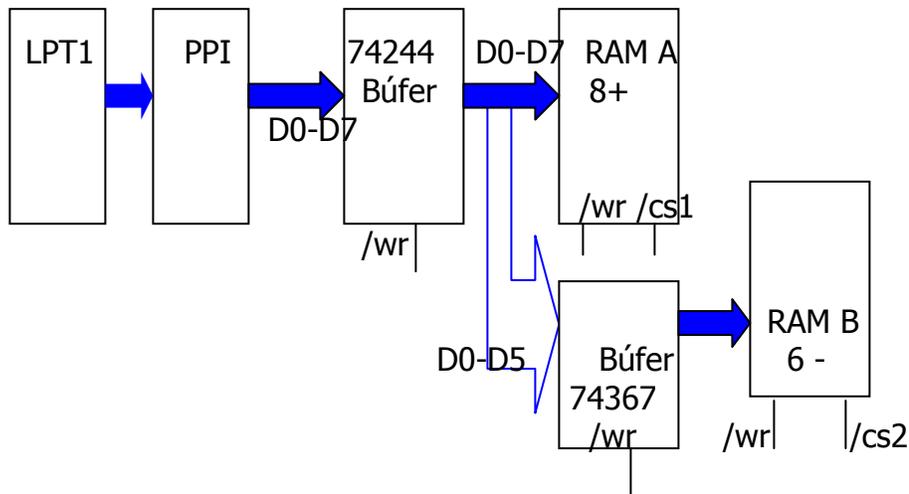
Lógica de escritura:

Del bus de datos del puerto paralelo (D0-D7) son enviados los datos correspondientes a las 6 señales analógicas al circuito que expande los pines del puerto paralelo por medio de una PPI 8255, a su vez los pines de control del LPT1 (p1,p14,p16,p17) son los que sirven para la expansión del puerto.

Los datos al ser enviados del puerto paralelo a la PPI, pasan luego a la etapa de almacenamiento (memorias RAM).

Los datos de entrada (8 bits D0-D7) de las memorias están separados de los datos provenientes de la PPI por medio de un registro transparente 74LS244, el cual es activado únicamente en el proceso de escritura, encontrándose en alta impedancia en el proceso de lectura.

Gráficamente :



La señal /wr corresponde a la señal /WE de las memorias RAM.

La señal /OE (output enabled) es siempre el inverso de la señal /WE, para lo cual fue utilizado un inversor, no mostrado en el diagrama anterior.

Tanto la señal /wr como /oe es común para ambas memorias.

El proceso de escritura consta de 2 partes : Primero se escriben los 8 bits más significativos en la memoria RAM A, y posteriormente se escriben los 6 bits menos significativos en la memoria RAM B.

Debido a que se utiliza un bus de datos de 8 bits, en la segunda etapa de escritura, los 6 bits menos significativos son los bits D0-D5 del bus de datos.

Como podemos observar en el gráfico anterior los 8 bits más significativos pasan directamente a la memoria RAM A luego del búfer 74LS244.

Sin embargo para la escritura de los 6 bits menos significativos (etapa 2 de escritura) se utiliza un búfer 74LS367 el cual es habilitado por la misma señal de escritura $/wr$, y el cual se encuentra en impedancia alta en el proceso de lectura $/wr = 1, /OE = 0$.

En la escritura de los 8 bits más significativos se habilita el búfer 74LS244, junto con la memoria RAM A, para lo cual $/CS1$ se encuentra en bajo y $/CS2$ en alto, es decir deshabilitado.

Para la escritura de los 6 bits menos significativos, el búfer 74LS244 se habilita, $/CS1$ se encuentra en alto (deshabilita RAM A) y $/CS2$ se encuentra en bajo (habilitado).

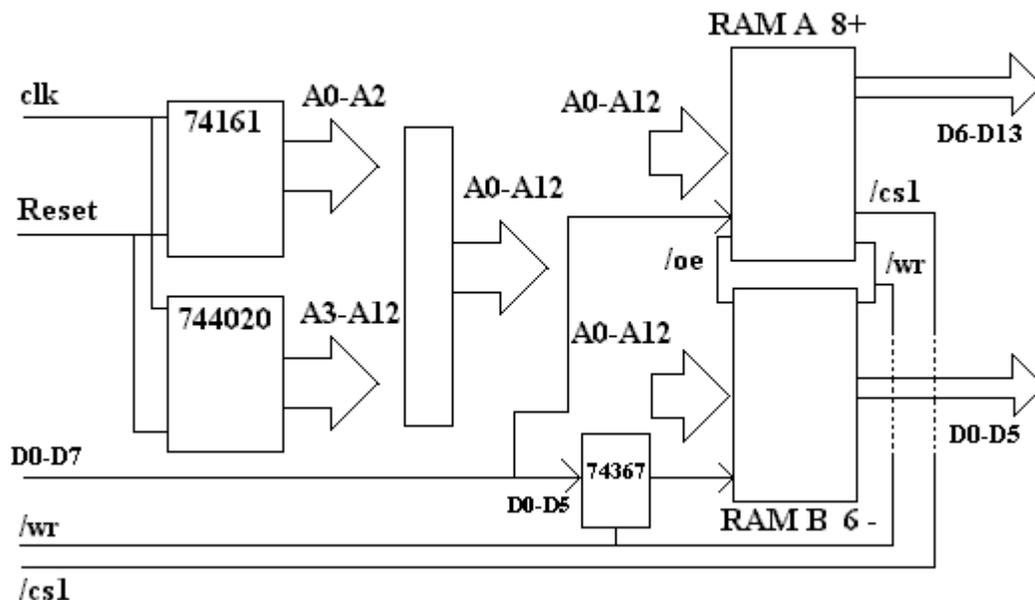
El proceso de escritura de las memorias se resume en la siguiente tabla de verdad:

$/WR$ (señal de control)	$/CS1$ (señal de control) RAM A 8 bits +	$/OE$	$/CS2$ RAM B 6 bits -	Descripción
0	0	1	1	Escritura RAM A
0	1	1	0	Escritura RAM B
1	0	0	0	Lectura RAM A y RAM B
1	1	0	1	No utilizado

Por lo que $\overline{CS2} = (\overline{WR} + CS1)$

DIAGRAMA COMPLETO : ALMACENAMIENTO DE DATOS

ALMACENAMIENTO DE DATOS



2.6 CONVERSION DIGITAL-ANALOGICA

2.6.1 LOGICA DE DECODIFICACION PARA EL CONVERTIDOR

Los datos almacenados en la memoria RAM se encuentran almacenados de la forma V1, V2, V3, I1, I2, I3 como se mostró anteriormente. Por lo tanto cuando estos son leídos de la memoria para ser convertidos se deben decodificar para que los datos correspondientes a V1 sean convertidos por el convertidor utilizado para V1 y así sucesivamente.

Esta etapa utiliza un contador síncrono de 4 bits 74161, un inversor 7404 y una compuerta AND 7408.

El pinado de cada uno de los elementos anteriormente mencionados se muestra en anexos.

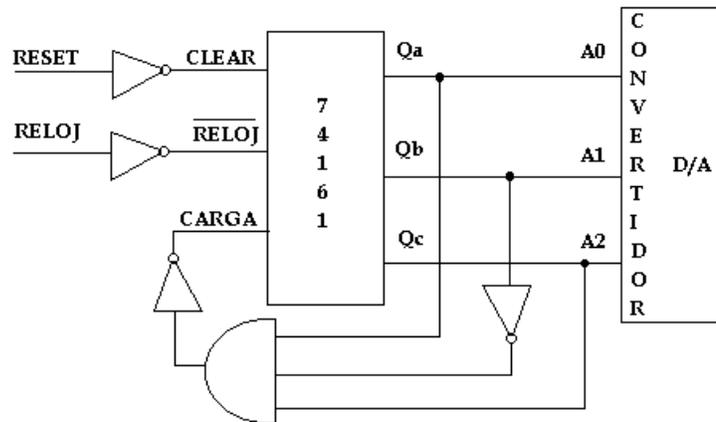
En la entrada de reloj del contador síncrono 74161 se conecta el negado del reloj principal y el contador se encarga de realizar un conteo de 000 a 101. El conteo anterior es utilizado para direccionar los datos que se están sacando de la memoria RAM hacia cada uno de los seis convertidores digital analógico. Cuando el conteo llega a 101 se coloca un cero en la pata 9 del 74161 que se encarga de cargar un nuevo conteo que inicia en el valor colocado en las entradas A, B, C y D que tienen un cero en su entrada. Para poder obtener lo anteriormente mencionado se necesitaría una compuerta NAND de tres entradas, la cual se ha implementado con dos compuertas AND de dos entradas y dos inversores.

Las salidas Qa y Qc del contador se conectan directamente a la primera compuerta AND de dos entradas y la salida de esta compuerta AND se conecta a la entrada de la segunda compuerta AND, la salida Qb del contador es pasada por un inversor antes de ser conectada a la entrada de la segunda compuerta AND esto se ha hecho porque en la combinación en que se debe reiniciar el contador el valor de Qb es cero y la salida de la segunda compuerta AND también es pasada por un inversor porque la entrada de carga del contador es activa en bajo.

Los tres bits menos significativos del contador 74161 se conectan directamente a las entradas de dirección del convertidor digital analógico.

El clear del 74161 que es la pata 1, es conectado al reset general por medio de un inversor decido a que esta es activa en bajo.

El diagrama completo de la lógica de descodificación para las etapas de conversión se muestra a continuación.



2.6.2 CONVERTIDOR DIGITAL-ANALOGICO

La etapa de conversión digital analógica se realiza con el **AD7841BS** que tiene ocho convertidores digital analógicos en un solo chip. El voltaje de salida a plena escala es +/- 10 Voltios con un voltaje de referencia de +/- 5 Voltios.

El AD7841 acepta 14 bits en su bus de datos, los cuales son cargados en uno de los registros de entrada bajo las señales de control /WR, /CS y las líneas de dirección de los convertidores A0 – A2.

Las salidas de los convertidores son actualizadas cuando se recibe un nuevo dato en los registros del convertidor. Todas las salidas pueden ser actualizadas simultáneamente si se coloca la entrada /LDAC en cero.

Cada salida del convertidor pasa por un buffer, este tiene un amplificador con ganancia dos, en este se puede colocar una compensación de voltaje externa por medio del pin DUTGNDx.

Las aplicaciones mas comunes del AD7841 son: prueba automática de equipos, control de procesos y aplicaciones generales de instrumentación.

Para este trabajo se a utilizado el AD7841 en la configuración de salida de voltaje bipolar, la salida se a configurado para una plena escala de $\pm 10V$, para obtener lo anterior se a colocado en la entrada de $V_{ref(+)} = + 5V$ y $V_{ref(-)} = -5V$. Con las condiciones anteriores el valor de LSB es de 1.22mV.

El diagrama de bloque y el pin-out del AD7841 se muestra en los anexos.

2.6.3 ARQUITECTURA GENERAL DEL CONVERTIDOR

Cada canal del convertidor consiste de una red escalera R-2R de 14 bits. La plena escala de salida es igual a dos veces la diferencia de $V_{ref(+)} - V_{ref(-)}$. Todos los datos en cero producen una salida de $2 * V_{ref(-)}$ y todos los datos producen una salida de $2 * V_{ref(-)} - 1LSB$.

El voltaje de salida de cada canal del convertidor refleja el contenido de su registro. Los datos son transferidos del bus externo a los registros de entrada del canal del convertidor seleccionado por los pines de direccionamiento del convertidor A0 - A2.

Al colocar el pin de entrada /CLR en cero todas las señales de salida son llevadas al nivel de voltaje del pin DUTGND correspondiente, cuando él /CLR es uno, los voltajes de salida reflejan los datos almacenados en sus registros de entrada.

2.6.4 CONVERSIÓN DE DATOS EN EL AD7841

Los datos son almacenados en los registros de entrada del AD7841 es una palabra de 14 bits.

Los voltajes de salida del convertidor son actualizados cuando sus registros reflejan un nuevo dato.

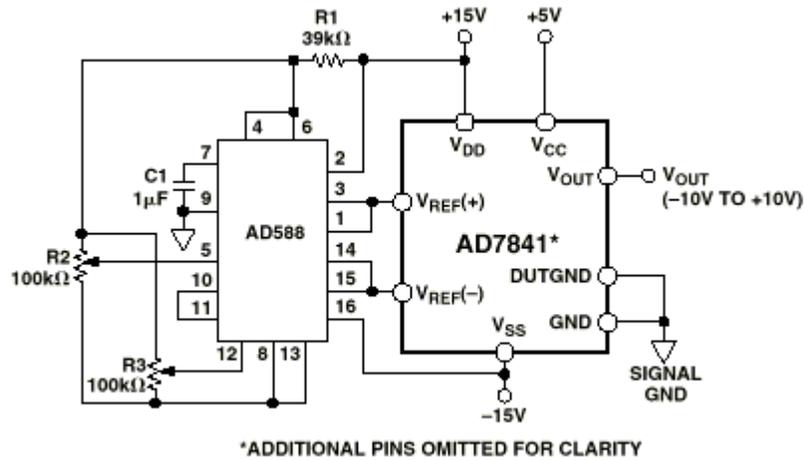
Un registro de entrada puede ser sobre-escrito, si este es seleccionado por las entradas de direccionamiento del convertidor, a se muestra la tabla que muestra la dirección y el registro seleccionado.

A2	A1	A0	DAC Selected
0	0	0	INPUT REG A (DAC A)
0	0	1	INPUT REG B (DAC B)
0	1	0	INPUT REG C (DAC C)
0	1	1	INPUT REG D (DAC D)
1	0	0	INPUT REG E (DAC E)
1	0	1	INPUT REG F (DAC F)
1	1	0	INPUT REG G (DAC G)
1	1	1	INPUT REG H (DAC H)

El circuito implementado para el cambio de las direcciones A0 – A2 se mostrara en el tema **Lógica De Decodificación Del Convertidor..**

Configuración Para Salida Bipolar

La salida de voltaje bipolar del AD7841 es la utilizada en este proyecto por lo tanto es la única que se describirá. La figura que se muestra a continuación muestra la configuración del AD7841 para una salida bipolar de $\pm 10V$.



El AD588 se encarga de proporcionar una salida de precisión de $\pm 5V$ la cual es conectada a las entradas $V_{REF(+)}$ y $V_{REF(-)}$ del AD7841.

En el proyecto las señales de $V_{REF(+)}$ y $V_{REF(-)}$ no son obtenidas de un AD588. Estas son obtenidas de los reguladores de voltaje 7805 y 7905.

La tabla de verdad para una operación bipolar del AD7841 se muestra a continuación:

Binary Number in DAC Register				Analog Output (V_{OUT})
MSB	LSB			
11	1111	1111	1111	$2[V_{REF(-)} + V_{REF} (16383/16384)] V$
10	0000	0000	0001	$2[V_{REF(-)} + V_{REF} (8193/16384)] V$
10	0000	0000	0000	$2[V_{REF(-)} + V_{REF} (8192/16384)] V$
01	1111	1111	1111	$2[V_{REF(-)} + V_{REF} (8191/16384)] V$
00	0000	0000	0001	$2[V_{REF(-)} + V_{REF} (1/16384)] V$
00	0000	0000	0000	$2[V_{REF(-)}] V$

NOTES

$$V_{REF} = (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}).$$

For $V_{REF(+)} = +5 V$, and $V_{REF(-)} = -5 V$, $V_{REF} = 10 V$, $1 \text{ LSB} = 2 V_{REF} V/2^{14} = 20 V/16384 = 1.22 \text{ mV}$.

2.7 AMPLIFICACION Y POTENCIA

La función de esta etapa es la de amplificar la señal de salida de los convertidores digitales-analógicos. Esta etapa esta formada por un amplificador de audio (AM - 4320) de cuatro canales para la amplificación de voltaje; a la vez que amplifica las señales de voltaje les inyecta potencia. Las salidas del amplificador de audio se conectan a un arreglo de transformadores conectados en estrella los cuales se encargan de elevar la salida del amplificador.

Los transformadores utilizados poseen una relación de voltaje nominal de 117/3 V.

La amplificación de corriente se realiza utilizando otro amplificador de audio (220W x 2 canales, FK-3800), cuya salida es conectada a un transformador de corriente (JIS C1731 TYPE 2241 YEW)

Especificaciones del amplificador AM 4320:

- Fuente de voltaje : 13.5 volts DC (mín : 10.8 V, máx : 15.6 V)
- Distorsión armónica : < 0.05 %
- Impedancia de entrada : 10 K ohms.
- Respuesta en frecuencia : 10 Hz – 30 Khz.
- Entrada : 100 mV – 1V.

2.8 DESCRIPCION ARCHIVOS COMTRADE

2.8.1 INTRODUCCION :

Desde la aceptación del estándar COMTRADE en 1991 (C37.111), sólo un pequeño número de usuarios tuvieron éxito al utilizar los datos digitales de una falla para analizar la respuesta de los relés a los disturbios del sistema de potencia. El uso de los archivos COMTRADE para las pruebas de protección está todavía limitado debido a la no familiaridad del usuario con el estándar. Así que una buena comprensión del estándar COMTRADE permite al usuario fácilmente crear un nuevo archivo, ó modificar uno ya existente para las pruebas de los relés.

El usuario instala un grabador digital de fallas (DFR : digital fault recorder) para capturar los eventos que ocurren en el sistema de potencia. Los datos capturados son entonces utilizados para analizar dichos eventos. Como resultado del análisis, el usuario puede hacer algún ajuste necesario a los parámetros del relé, breakers, transformadores, etc.

Los datos capturados también pueden ser utilizados para el análisis de operaciones o no operaciones de los esquemas de protección.

En el pasado no era conveniente ni efectivo en costo la reproducción de los datos almacenados para evaluar el funcionamiento de las protecciones dentro de los esquemas de protección.

El equipo de prueba y la programación necesaria era dominio únicamente del fabricante.

El usuario necesitaba solicitar al fabricante las pruebas, de tal forma que el usuario tenía que viajar al lugar de prueba del fabricante para poder realizar la prueba. Dos factores evitaban que el usuario realizara las pruebas por el mismo. Primero el equipo de simulación disponible era complicado y demasiado costoso para los usuarios. El segundo factor era la falta de conocimiento de un formato para el almacenamiento de datos.

Ahora COMTRADE, un estándar del IEEE existe y los instrumentos de prueba basados en modernos microprocesadores han llegado a ser costeable para los usuarios.

Estos instrumentos de prueba proveen al usuario un medio para reproducir las señales a los relevadores, y proveen suficiente potencia para realizar las pruebas. Con el formato de datos estándar y los instrumentos de prueba modernos el usuario es ahora capaz de probar todo el esquema de protección con la

reproducción de eventos del sistema de potencia en la ubicación que el usuario desee.

Pruebas transitorias:

Las pruebas transitorias proveen una simulación con exactitud de los eventos del sistema de potencia. Es una poderosa herramienta que el usuario tiene para realizar una completa evaluación de la operación del esquema de protección.

Las pruebas transitorias pueden ser realizadas usando datos creados por un programa EMTP o datos grabados por los DFRs.

Los equipos DFR no son usados generalmente para pruebas de calibración. Son normalmente usados para encontrar el error ocurrido en una operación o no operación.

Las pruebas transitorias son utilizadas generalmente para :

- Evaluar el esquema de funcionamiento o como una prueba de aplicación, para verificar el funcionamiento del esquema de protección bajo condiciones esperadas.

- Analizar la operación cuestionable o no operación del esquema de protección durante un disturbio del sistema de potencia.

- Evaluar varias opciones del esquema de protección para seleccionar el esquema apropiado para una determinada aplicación.

Los archivos COMTRADE ayudan al usuario a realizar pruebas transitorias. Los equipos modernos DFR y las protecciones digitales pueden almacenar eventos del sistema de potencia en formato COMTRADE. Además es posible crear archivos COMTRADE utilizando programas de simulación como EMTP y ATP.

Todos los instrumentos digitales de prueba son adecuados para reproducir eventos en el sistema de potencia. El formato COMTRADE es una colección de datos de un evento, almacenados a intervalos regulares de tiempo, para definir las características de voltaje, corriente y el estado de los canales digitales antes, durante y después de un evento.

Estos archivos pueden ser reproducidos a través de instrumentos de prueba digitales, utilizando una computadora para fielmente reproducir los datos almacenados punto a punto.

2.8.2 RESUMEN DEL ESTANDAR COMTRADE

El estándar define un formato de archivo para almacenar las formas de onda, los eventos lógicos y para describir los datos.

Un conjunto de archivos COMTRADE para un evento dado consiste de 3 archivos con las siguientes extensiones:

- Archivo *.DAT ; el archivo de datos
- Archivo *.CFG ; el archivo de configuración
- Archivo *.HDR (opcional); el archivo de cabecera.

El archivo *.DAT es el archivo de datos el cual contiene las muestras de los eventos almacenados o simulados.

Contiene muestras digitales de los valores instantáneos tanto de los canales analógicos como de los digitales. Los canales analógicos son generalmente voltajes y corrientes, mientras que los canales digitales son típicamente estados de los contactos del relevador.

Los canales digitales tienen únicamente 2 estados : Activo ó inactivo, cada uno de los cuales es representado por "1" (activado) ó "0" (desactivado).

La estructura del archivo de datos es una serie de filas y columnas, similar a una hoja de cálculo, cada fila representa una muestra a un tiempo determinado. El número de columnas en el archivo de datos depende de el número de canales analógicos y digitales incluidos en la grabación. El número de filas depende de la frecuencia de muestreo y de la longitud de la grabación.

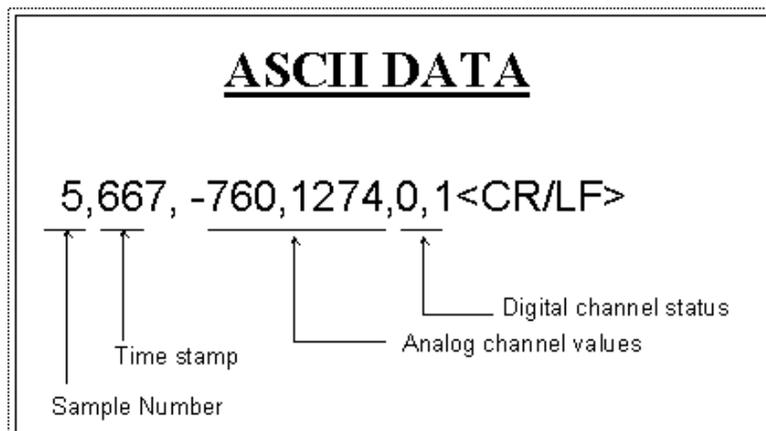
Si todos los valores de los datos no caben en una misma línea, ellos continúan sin retorno de carro, ó sin una línea de alimentación. El último valor almacenado termina con un retorno de carro.

Cada fila contiene una columna separada para el número de muestra, el tiempo de inicio de la grabación en milisegundos y una columna para cada canal digital y análogo.

Por ejemplo una fila con seis canales análogos y un canal digital tendrá nueve columnas.

Las filas de muestras secuenciales están separadas por retorno de carro.

Un ejemplo de los datos ASCII se muestra en la siguiente figura:



Los datos pueden ser almacenados ya sea en formato ASCII o binario. Los datos almacenados en formato ASCII le permiten al usuario ver y analizar los datos en un programa de cálculo de su elección. La hoja de cálculo puede también ser usado para crear archivos de datos COMTRADE. Los archivos de datos binarios usan la misma estructura que los archivos ASCII. Cada muestra de datos almacenados en forma binaria es de la manera siguiente:

- Número de la muestra: 4 bytes
- Tiempo de la muestra : 4 bytes
- Canal de datos: 2 bytes (análogo)
- Canal de datos : 2 bytes (valores de los estados de 16 entradas digitales en cada palabra de 16 bits)

Sin embargo no es fácil trabajar con los datos binarios. Si los datos binarios son utilizados, un programa adecuado debe ser utilizado para convertir los datos binarios a formato ASCII.

Los datos ASCII son leíbles y el usuario puede fácilmente visualizarlo utilizando un editor de texto cualquiera, tal como Notepad de Windows ó un programa de cálculo como EXCEL.

El archivo .CFG actúa como la guía de traducción del archivo de datos. Contiene la información necesaria para representar el evento del sistema de potencia. Contiene la siguiente información :

- ❑ Nombre de la estación e identificación
- ❑ Número total de canales analógicos
- ❑ Número total de canales digitales
- ❑ Datos para cada canal análogo en líneas separadas.

- ❑ Datos para cada canal digital en líneas separadas.
- ❑ Línea de frecuencia
- ❑ Frecuencia de muestreo y número de muestras.
- ❑ Fecha y tiempo del primer punto de datos.
- ❑ Fecha y tiempo del punto de disparo.
- ❑ Tipo del archivo de datos (ASCII or binario)

Un archivo típico de configuración es como se muestra en la siguiente figura:

Configuration file

```

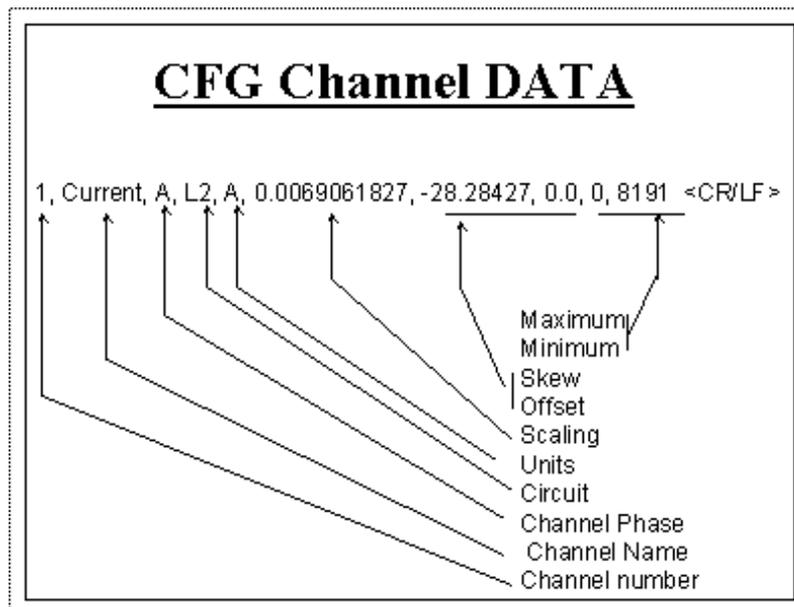
Sample data, 1
2, 1A, 1D
1, Current, IA, L2, A, 0.0069061827, -28.28427, 0.0, 0, 8191
1, Cycle Signal, 0
60
1
2.160000E+05, 7200
02/24/98,08:15:22.000000
02/24/98,08:15:22.100000
ASCII

```

Los canales análogos contiene información tomando en cuenta la escala de los datos análogos. Para cada canal analógico se presenta la información siguiente:

- ❑ Número de canal
- ❑ Nombre del canal
- ❑ Fase
- ❑ Circuito
- ❑ Unidades
- ❑ Escala (Factor "a")
- ❑ Offset (Factor "b")
- ❑ Asimetría
- ❑ Valor mínimo de los datos del canal
- ❑ Valor máximo de los datos del canal
- ❑ <CR/LF>

A continuación se muestra un dato típico para un canal análogo:



Los archivos de datos y los archivos de configuración son los archivos obligatorios. El archivo .HDR es opcional. El archivo de cabecera es un archivo de texto conteniendo información del evento que es almacenado en el archivo .DAT

Puede contener información tal como las condiciones del sistema de potencia antes del disturbio, la estación, la línea, la fuente de los datos, detalles del transformador, número de disquetes requeridos para la grabación, etc.

2.8.3 DATOS COMTRADE PARA PRUEBAS DE RELEVADORES

Los DFR, relevadores modernos digitales, software de simulación como EMTP y ATP pueden proveer datos de simulación de eventos del sistema de potencia en formato COMTRADE. Estos datos pueden ser usados para reproducir eventos en el esquema de protección utilizando instrumentos de prueba digitales.

2.8.4 ARCHIVOS COMTRADE UTILIZADOS PARA LA GENERACION DE FALLAS

Los archivos de falla comtrade utilizados contienen 320 muestras, 16 ciclos, por señal, teniendo así 20 muestras/ciclo (60 hz).

Los 2 primeros ciclos corresponden a señales trifásicas antes de la falla.

Por medio de software se interpolan las 320 muestras por señal para obtener 1365 muestras/señal, con el objetivo de mejorar la resolución de 20 muestras/ciclo a 85 muestras/ciclo. El algoritmo* utilizado corresponde a la "interpolación cúbica"; dicho algoritmo originalmente escrito en Visual Basic, fue re-escrito en lenguaje C, y añadido en el software desarrollado en LabWindows CVI.

* <http://www.srs1software.com>

2.9 GRAFICAS DE SOBRECORRIENTE CON RETARDO DE TIEMPO INVERSO

El equipo de prueba será capaz de realizar pruebas de sobrecorriente al relé de protección (Tipo 51).

A continuación se describen las características de sobrecorriente con retardo de tiempo

Las ecuaciones características para operar la sobrecorriente con retardo de tiempo y las características de reajuste (reset) basadas en la Norma IEEE PC37.112 son:

$$\begin{array}{lll} t(I) = [A/(M^p - 1) + B]td/5 & M > 1 & \text{(opera)} \\ t = [tr/(M^2 - 1)]td/5 & 0 < M < 1 & \text{(reset)} \end{array}$$

donde:

$t(I)$ = tiempo de operación para la corriente de entrada I

A = constante

I = corriente de entrada

$M = I/I_{pu}$

p = constante

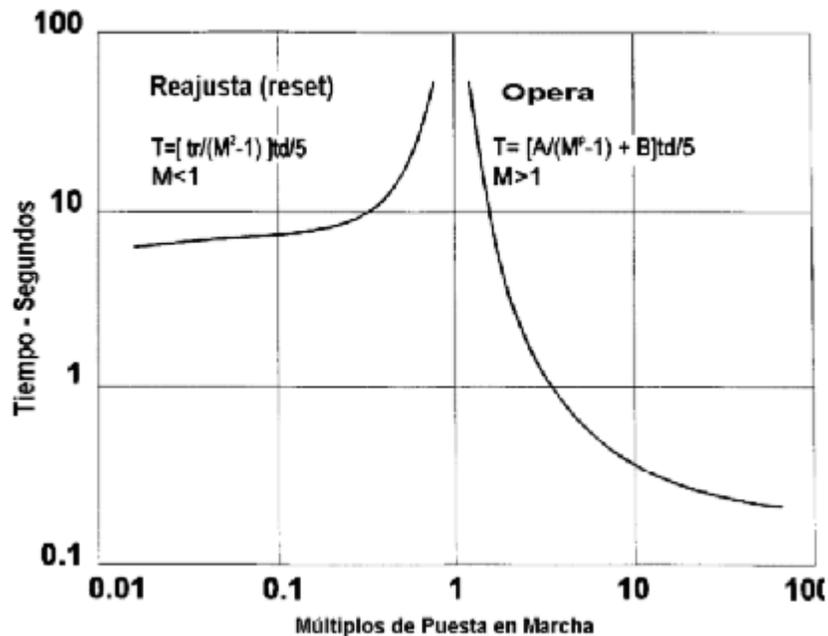
B = constante

td = dial de tiempo

tr = tiempo de reajuste

La expresión, $td/5$, es una modificación a las ecuaciones IEEE para tomar en cuenta diferentes ajustes del dial de tiempo.

Características de Corriente con Retardo de Tiempo Inverso



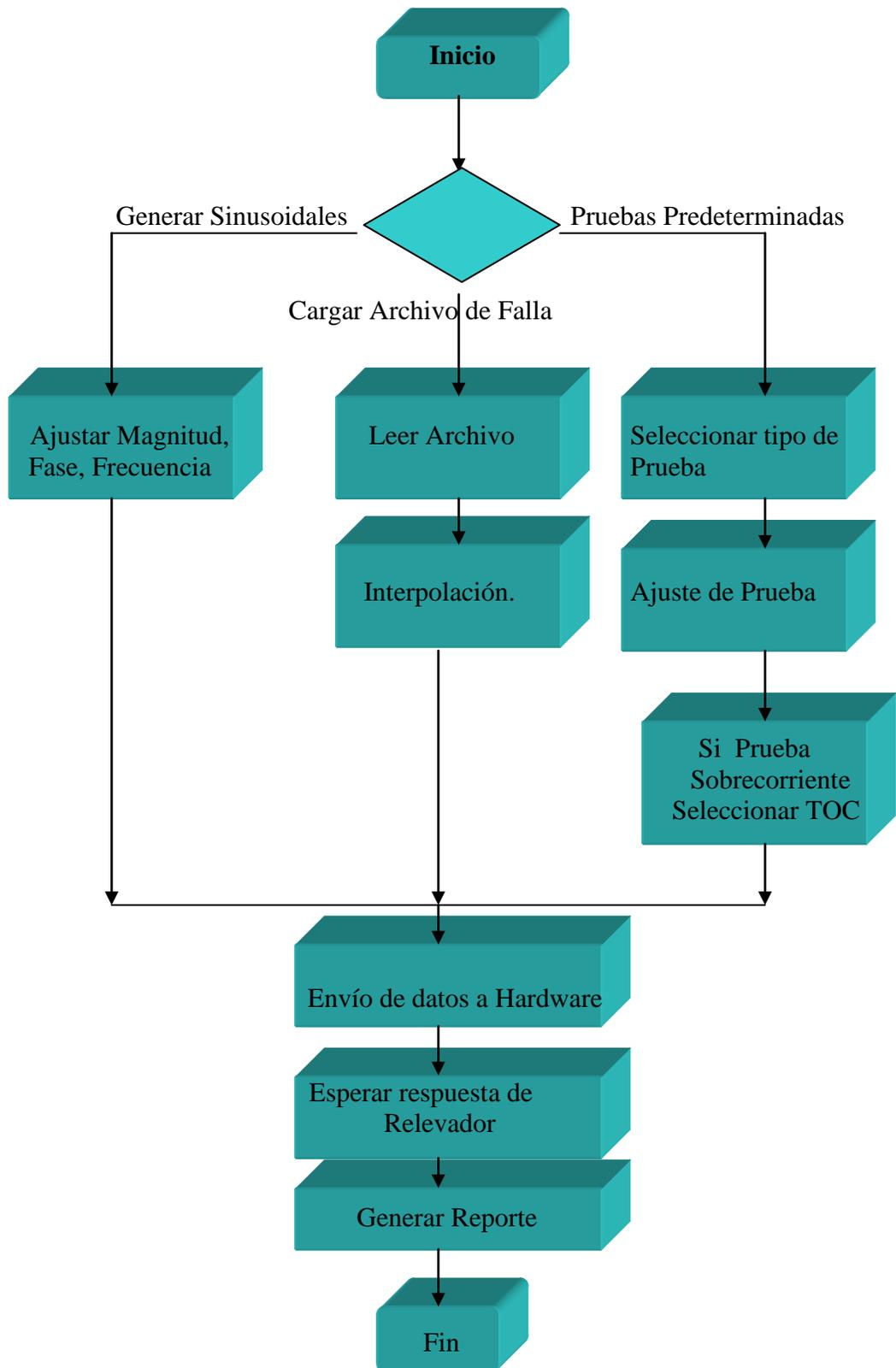
A continuación están las constantes apropiadas, las mismas que proporcionan una emulación muy cercana de las características de la familia CO.

Modelos de la Familia de Relés de Inducción Tipo CO

Tipo de Curva	CO	A	B	p	tr (seg.)
Tiempo Corto	CO-2	0.256	0.131	0.8	1.9
Tiempo Largo	CO-5	24.21	9.833	1.1	39.0
Tiempo Definido	CO-6	1.582	0.967	1.4	3.1
Moderadamente Inversa	CO-7	0.047	0.183	0.02	5.4
Inversa	CO-8	29.239	0.827	2.0	30.0
Muy Inversa	CO-9	20.602	0.479	2.0	21.0
Extremadamente Inversa	CO-11	27.95	0.14	2.0	26.5

Los parámetros anteriores están contenidos en el software desarrollado en LabWindows/CVI.

2.10 PROCEDIMIENTOS DE SOFTWARE Y HARDWARE



2.11 CONCLUSIONES

- Todos los instrumentos digitales de prueba son adecuados para reproducir eventos en el sistema de potencia. El formato COMTRADE es una colección de datos de un evento, almacenados a intervalos regulares de tiempo, para definir las características de voltaje, corriente y el estado de los canales digitales antes, durante y después de un evento.

- La etapa de conversión digital analógica se simplificó, al utilizar el convertidor digital-analógico **AD7841BS** de Analog Devices, el cual tiene ocho convertidores digital analógicos integrados.

- Para obtener las señales de control y de datos, se utilizó el integrado 8255 de INTEL para expandir el puerto paralelo, con lo cual se facilitó el manejo del hardware del equipo (memorias, timers, convertidor D/A).

- La utilización de las memorias RAM estáticas de 8 Kbytes de capacidad permitió la generación de señales de onda de 1365 muestras / señal, pudiendo grabar seis señales en las memorias, ya sea 6 ciclos / señal (227 muestras/ciclo), ó 16 ciclos / señal (85 muestras / ciclo).

3

RESULTADOS OBTENIDOS

3.1	DESCRIPCIÓN GENERAL	3-41
3.2	INTERFACE DE USUARIO	3-41
3.3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	3-50
3.4	DIAGRAMA DE CONEXIONES	3-51
3.5	CONCLUSIONES	3-52

3.1 DESCRIPCION GENERAL

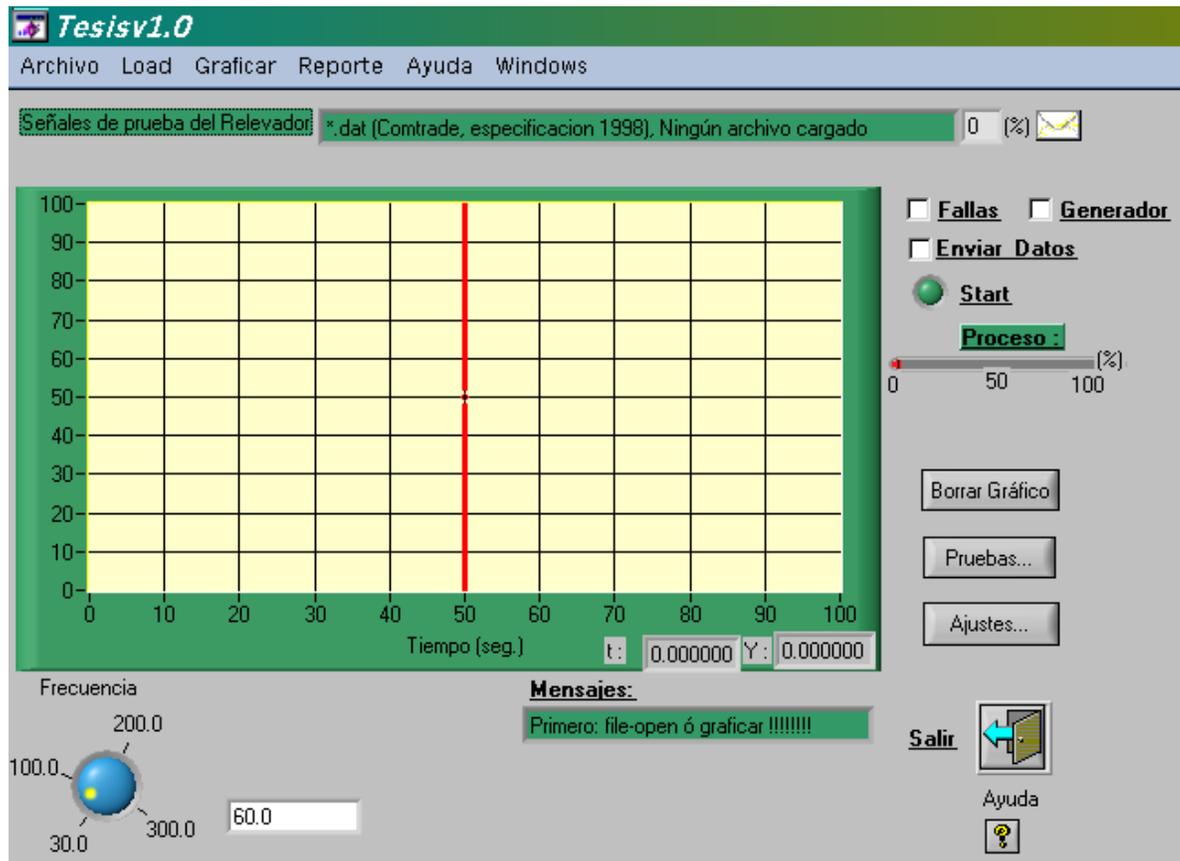
En este capítulo se presenta y describe la interfase de usuario utilizada para programar y controlar el hardware del equipo, las especificaciones técnicas del equipo, diagrama de conexión del equipo y los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a un dispositivo de medición.

3.2 INTERFAZ DE USUARIO

Tanto la programación como la interfase de usuario fue desarrollada bajo LabWindows CVI (National Instruments) versión 6.0. El lenguaje de programación utilizado en esta herramienta es el lenguaje " C ".

A continuación se describirán las pantallas con las que el usuario interactúa tanto como para controlar el hardware asociado como para visualizar los resultados de las pruebas que éste realice.

Pantalla Principal:



Menú : Archivo: El usuario puede cargar un archivo de falla en formato comtrade, de tal forma que el software interprete los datos almacenados en el archivo, para luego ya sea graficar las señales trifásicas, o bien reproducirlas por medio del hardware.

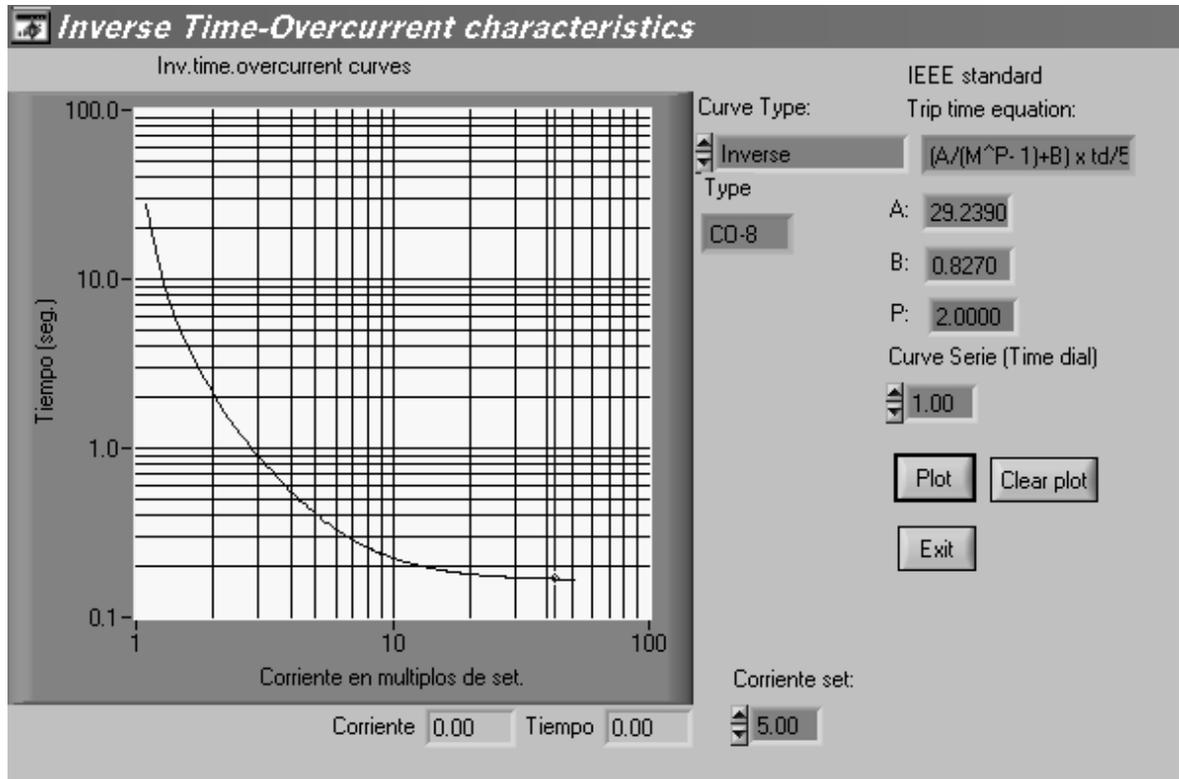
Menú : Salir: Sale del programa

Menú : Imprimir: Imprime la pantalla principal.

Menú : Graficar: Voltajes: Por medio de esta opción, el usuario determina qué señales de voltaje se graficarán en el panel de gráficos.

Menú : Graficar : Corrientes : Por medio de esta opción, el usuario determina qué señales de corriente se graficarán en el panel de gráficos.

Menú : Graficar : Tiempo-Sobrecorriente : Con esta opción se abre la pantalla de las gráficas de Tiempo-Sobrecorriente con retardo de tiempo.



Tipo de curva : Establece el tipo de curva con el cual se espera trabaje el relevador en prueba.

Parámetros : A, B, P, Time dial : Son los parámetros que según el estándar IEEE definen las curvas de operación de tiempo-sobrecorriente (TOC). Estos parámetros están definidos internamente en el programa, de tal forma que el usuario únicamente debe seleccionar el tipo de curva y/o seleccionar el tiempo del dial con el cual funcionará el relevador.

Plot : Este botón grafica la ecuación IEEE con los parámetros anteriores.

Clear Plot : Borra toda gráfica de TOC.

Corriente Set: Establece la corriente nominal

Exit : Sale de la pantalla de Curvas TOC.

Menú : Ayuda : Contenido : Presenta una ayuda de cómo utilizar el software, es presentada en formato HTML utilizando Internet Explorer.

Menú : Windows : Minimizar : Minimiza la pantalla principal.

Mensaje :

``*.dat (Comtrade, especificación 1998) ningún archivo cargado `` % xx :

Este mensaje aparece cuando el usuario no ha cargado ningún archivo en formato Comtrade, el mensaje cambia cuando el software lee e interpreta un archivo en éste formato, mostrándole al usuario qué porcentaje del archivo de falla se ha leído cuando se carga un Comtrade en formato ASCII.

Presenta además la ubicación del archivo leído.

Mensaje :

``Primero file-open ó graficar `` : Este mensaje le indica al usuario los pasos que en un momento determinado realiza el programa, ó sugiere qué pasos debe de tomar el usuario para controlar el programa ó el hardware. Muestra además errores ó acciones no válidas que podría realizar el usuario.

Opción Fallas :

Si el usuario selecciona esta opción, tanto las señales de voltaje y de corriente que el hardware reproducirá y el software graficará serán las señales trifásicas de falla contenidas en el archivo Comtrade que el usuario cargó por última vez en el programa.

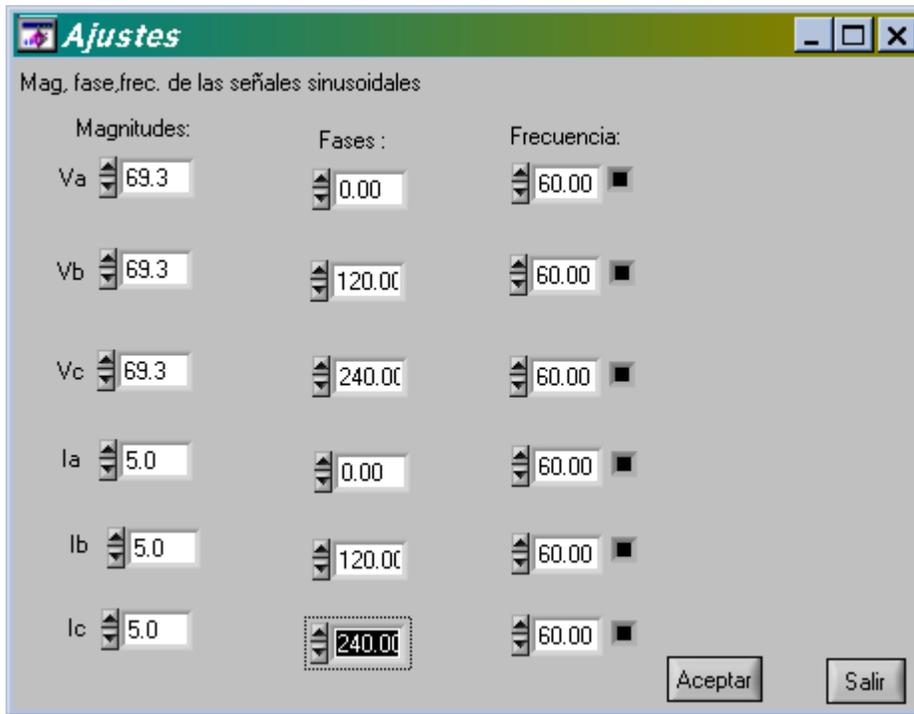
Selección enviar Datos :

Esta opción es complementada con el botón de inicio ó start, de tal manera que el software comenzará a enviar los datos de las señales trifásicas al hardware del equipo si primero la selección enviar Datos es activada, y posteriormente se acciona el botón Start.

Es de hacer notar que Al momento de que el software envía los datos al hardware se presenta en la barra de progreso el porcentaje de datos escritos en el hardware para luego generar las señales trifásicas, al mismo tiempo `` El usuario no puede realizar ninguna otra acción`` hasta que la barra de progreso halla alcanzado el 100 %. Esto aplica únicamente a señales de fallas y sinusoidales trifásicas.

Ajustes:

Por medio de este botón se le presenta al usuario la pantalla de Ajustes para sinusoidales trifasicas:



El usuario por medio de esta pantalla será capaz de programar tanto la magnitud , frecuencia, fase de las señales trifásicas de voltaje y corriente, siempre y cuando éstas estén en el rango que el equipo pueda generar.

El cambio que el usuario realice a estos parámetros se verá reflejado tanto en las gráficas del panel de gráficos como en las señales análogas que el hardware reproducirá.

Frecuencia :

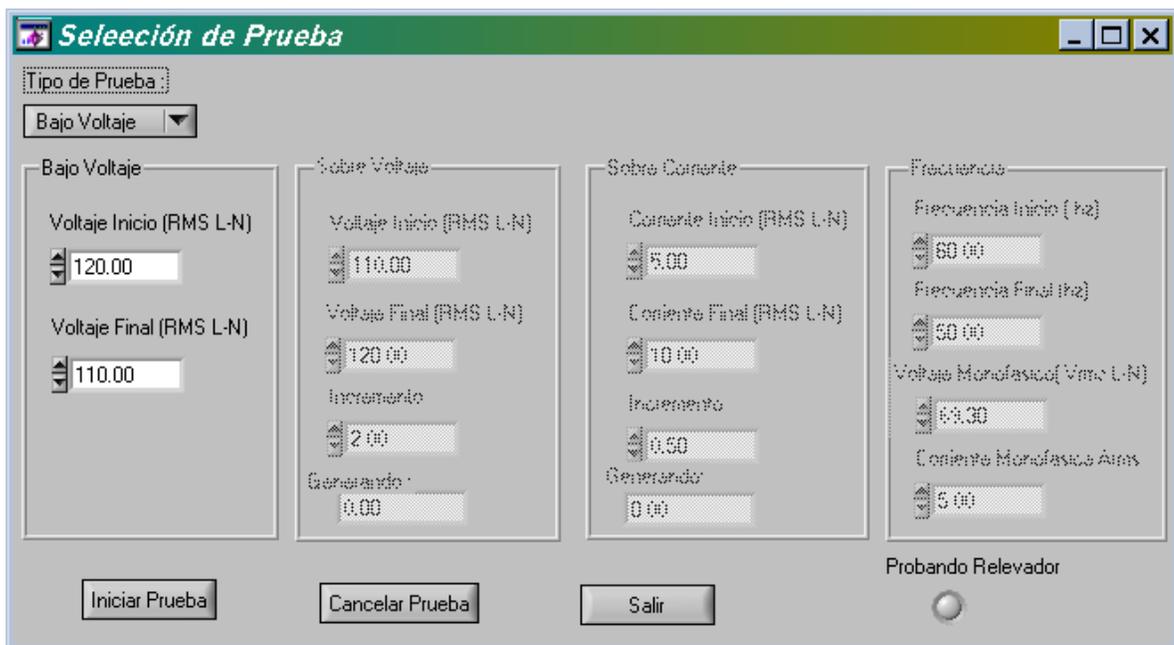


Esta perilla es la que controla la frecuencia de las señales analógicas que ya se estén generando, puede ser activada o modificada luego de que se hayan enviado los datos del software al hardware.

Es de tener en cuenta además que el cambio de frecuencia en tiempo real que realiza este control está basado en una frecuencia nominal de las señales trifásicas de 60 Hz.

Es decir que siempre y cuando el usuario no haya modificado por medio del software la frecuencia de las señales en la pantalla de ajustes, este control podrá ser utilizado, obteniéndose los valores de frecuencia que el control indique.

Pruebas: Este botón se encarga de abrir el panel de pruebas. El panel de prueba se presenta a continuación.



Las pruebas predefinidas para relevadores son de bajo voltaje, sobre voltaje, sobre corriente y frecuencia, dichas pruebas son habilitadas dependiendo de la selección de prueba que el usuario realice.

Iniciar Prueba: Por medio de este botón se generan las señales analógicas de prueba para el relevador. El software espera el disparo del relevador para generar un reporte de la falla seleccionada. Si el disparo no ocurre durante un tiempo de 30 segundos (Sobre Voltaje y Sobre Corriente) o 1 segundo (Bajo Voltaje y Frecuencia) se mostrara el mensaje:



Luego de haberse realizado la prueba a un relevador se presentara un reporte sobre el resultado de prueba. Los reportes de las fallas predefinidas se presentan a continuación:

A screenshot of a report window titled "REPORTE PRUEBA RELEVADOR BAJOVOLTAJE". The window contains several input fields and buttons. At the top, there are fields for "Dia", "Mes", "Año", "Hora", "Min.", and "Seg.", each with a numeric input box containing "0". Below these is a "Voltaje (V rms)" field with a value of "0.00". To the right, under the heading "Ajustes", there are two fields: "Voltaje Inicio (RMS L-N)" with a value of "120.00" and "Voltaje Final (RMS L-N)" with a value of "110.00". At the bottom left, there are two buttons: "Imprimir Reporte" and "Salir".

El reporte de la prueba de bajo voltaje contiene la fecha, la hora y los ajustes que contienen el valor máximo de voltaje y el voltaje mínimo.

La respuesta de la prueba será el valor de voltaje rms a que disparo el relevador.

El botón Imprimir Reporte se encarga de imprimir el panel del reporte.

REPORTE PRUEBA DE RELEVADOR, SOBREVOLTAJE

Día Mes Año Hora Min. Seg.

0 0 0 0 0 0

Tiempo de Disparo (seg):
0.0000

Voltaje (V rms)
0.00

Imprimir Reporte

Salir

Ajustes:

Voltaje Inicio (RMS L-N)
110.00

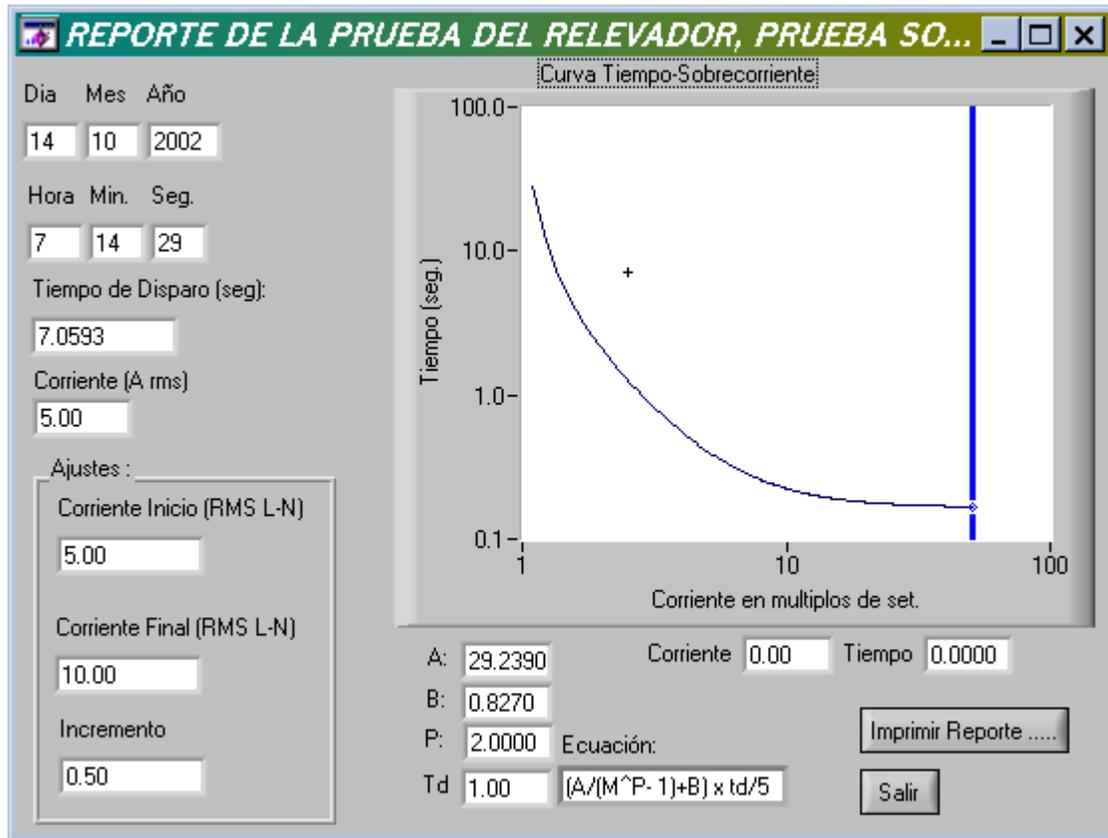
Voltaje Final (RMS L-N)
120.00

Incremento
2.00

El reporte de la prueba de Sobre Voltaje contiene la fecha, la hora y los ajustes que contienen el valor mínimo, máximo de voltaje y el incremento de voltaje.

La respuesta de la prueba será el valor de voltaje rms a que disparo el relevador y el tiempo que tardo el relevador en disparar a este valor de voltaje.

El botón Imprimir Reporte se encarga de imprimir el panel del reporte.



El reporte de la prueba de Sobre Corriente contiene la fecha, la hora y los ajustes que contienen el valor mínimo, máximo de Corriente y el incremento de corriente.

La respuesta de la prueba será el valor de corriente rms a que disparo el relevador y el tiempo que tardó el relevador en disparar a este valor de corriente. Además muestra la curva tiempo sobre corriente con que se ha ajustado el relevador y el sobre la curva se mostrara el punto a que opero el relevador.

El botón Imprimir Reporte se encarga de imprimir el panel del reporte.

REPORTE DE RELEVADOR FRECUENCIA

Dia Mes Año Hora Min. Seg.

0 0 0 0 0 0

Frecuencia (hz)

0.00

Imprimir Reporte

Salir

Ajustes :

Frecuencia Inicio (hz)

60.00

Frecuencia Final (hz)

50.00

Voltaje Monofásico(Vrms L-N)

69.30

Corriente Monofásica Arms

5.00

El reporte de la prueba de frecuencia contiene la fecha, la hora y los ajustes que contienen el valor mínimo, máximo de frecuencia, la magnitud de voltaje y corriente rms.

La respuesta de la prueba será el valor de frecuencia a que disparo el relevador.

El botón Imprimir Reporte se encarga de imprimir el panel del reporte.

El LED: Este permanece encendido mientras se está realizando la prueba al relevador.

Salir : Sale del programa.

Ayuda: Se presenta la ayuda del software en formato HTML, utilizando Internet Explorer.

3.3 ESPECIFICACIONES TECNICAS

<i>Especificaciones De Voltaje</i>	
Trifásico AC (L – N)	0 – 135 V
Monofásico AC (L – L)	0 – 270 V
Resolución	19.53 mV
THD	Típico : 1.7 % , máximo : 2.2 %

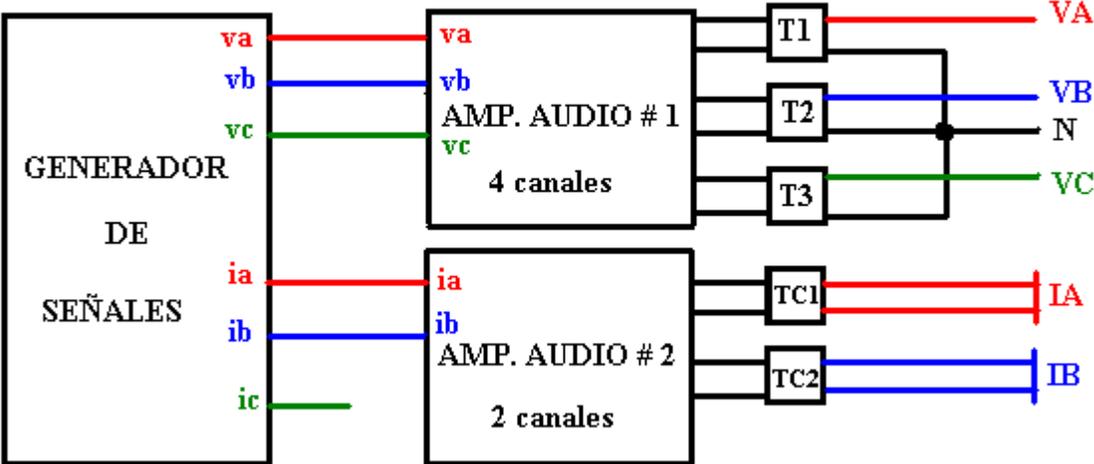
<i>Especificaciones De Corriente</i>	
CA trifásica	3 x 15 A
Resolución	1.83 mA
THD	Típico : 0.8 % , máximo : 1.2 %

Generador:

<i>Especificaciones De Frecuencia</i>
Mínima : 0 Hz. Máxima : 900 Hz.

<i>Escala del ángulo de fase</i>
Mínima : 0 ° . Máxima : 360 °

3.4 ESQUEMA DE CONEXIONES



3.5 CONCLUSIONES

- El dispositivo diseñado y construido tiene la capacidad de generar voltajes trifásicos regulables desde 0 hasta 135 Volt. RMS, corrientes trifásicas desde 0 hasta 15 Amps. Los valores de magnitud anteriores son programables por medio del ordenador, pudiéndose ajustar además los parámetros de frecuencia, fase.

- El equipo construido está diseñado exclusivamente para dispositivos de protección y medición microprocesados (Bajo Burden).

- El equipo es capaz de reproducir eventos de falla previamente almacenados en archivos con formato COMTRADE.

- Las pruebas que el equipo puede realizar automáticamente son las siguientes :
 - Prueba de Bajo Voltaje
 - Prueba de Sobre Voltaje
 - Prueba de Sobre Corriente
 - Prueba de Baja o Sobre Frecuencia.

- El programa tiene la capacidad de generar reportes automáticamente, presentando la respuesta del relevador en prueba.

- El valor de THD (distorsión armónica total) en las señales de voltaje es debido a la no linealidad de los transformadores de voltaje utilizados en el equipo.

BIBLIOGRAFIA

- "ANÁLISIS Y DISEÑO DE CIRCUITOS LÓGICOS DIGITALES"
VICTOR P. NELSON, PRIMERA EDICION, PRENTICE-HALL, 1996.
- "LOS MICROPROCESADORES INTEL 8086/8088, 80186, 80286/80386 Y 80486
ARQUITECTURA, PROGRAMACION E INTERFACE".
BARRY B. BREY, TERCERA EDICION, PRENTICE-HALL, 1995.
- MANUAL DE OPERACIÓN DEL RELEVADOR REL-512.
ABB POWER T&D INC.
- <http://www.programma.se/fr300.html>
- <http://www.doble.com/PRESSHTML/Comtrade.htm>
- <http://www.omicron.at/products/secondary/hw/fraCMC156.html>
- HOJAS DE DATOS DE LOS SIGUIENTES INTEGRADOS: 7474,7404,7408,7432,
74161, 8255, 8254, 74373, AD7841BS, SRM2264, 74HCT4020, 74157, 74367,
LM324.

ANEXOS