

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica



**PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DE DIAGNÓSTICO PARA LA
PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELECTROMAGNÉTICAS DE LAS
TARJETAS IMAP DEL ICE**



Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniera
Electrónica con el grado académico de Licenciatura

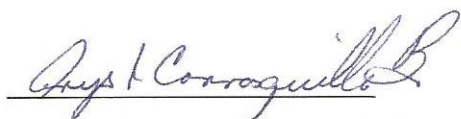
Monserrat Leiva Sánchez

Cartago, noviembre de 2012

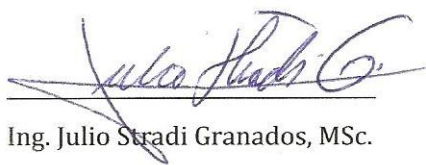
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniera Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

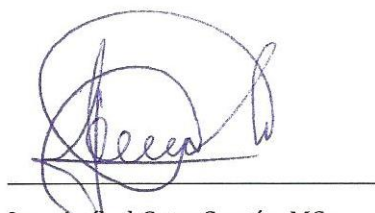
Miembros del Tribunal



Ing. Arys Carrasquilla Batista, M.C.
Profesora lectora



Ing. Julio Stradi Granados, MSc.
Profesor lector



Ing. Anibal Coto Cortés, MSc.
Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica.

Cartago, 27 de noviembre, 2012

Lugar y fecha de la presentación

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante, las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, 27 de noviembre de 2012



Montserrat Leiva Sánchez
Cédula: 3 0424 0565

RESUMEN

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) implementó en el transcurso del 2011 una nueva tecnología para brindar mejoras en sus servicios de telecomunicaciones, las tarjetas IMAP (*Integrated multi-access platform*, por sus siglas en inglés); fueron distribuidas en distintos bastidores de las calles de nuestro país proporcionando así telefonía e internet a los costarricenses.

Con el tiempo se encontraron daños en las tarjetas por la rayería que provoca el clima tropical, especialmente en la época lluviosa, dado que no se contaba con la protección adecuada para este nuevo instrumento.

Así en el laboratorio de sistemas digitales de comunicaciones y reparación del ICE, en San Pedro, San José, se planteó la solución de una tarjeta con varistores personalizados que evitan la entrada de altas corrientes y tensiones en las líneas de comunicación de la IMAP.

Esta tarjeta de protección no cuenta con un sistema de verificación del estado de cada varistor. Entonces se planteó la idea de un prototipo de pruebas de los tres daños experimentados: cortocircuito, circuito abierto y aislamiento. Máquina cuyo diseño se describe en el presente informe y permite al laboratorio continuar con el proyecto a nivel nacional.

Se realizaron pruebas para identificar los errores en cada uno de los 64 varistores de las líneas de entrada a la IMAP. Con un microcontrolador se dirige la máquina y los resultados se comunican mediante una pantalla. Además se plantean medidas de protección para el usuario de la máquina dado que las descargas eléctricas que esta proporciona son de gran magnitud y sumamente dañinos para el ser humano. Aunado a esto, el hecho de ser portátil es una importante característica que agiliza la revisión, dadas las diferentes ubicaciones de los gabinetes.

Palabras claves: descarga electromagnética, ICE, IMAP, máquina, protección, varistor.

SUMMARY

The Costa Rican Institute of Electricity (ICE) implemented in 2011, a new technology to provide improved telecommunications services through IMAP cards (Integrated Multi-access Platform). These were distributed in different street's cabinet of our country providing telephony and internet to Costa Ricans.

Over time the cards were damaged by the common tropic electrostatic discharges happened during the rainy season, because there was not an adequate protection system for this new instrument.

So technicians from the laboratory of digital communications and repairs of the ICE, in San Pedro, San Jose proposed the solution, a card with customized varistors that prevent entry of high currents and voltages in the lines of communication of IMAP.

The protection card has no system to verify the compliance of each varistor. For that reason, they developed a prototype test of three experienced damage: short circuit, open circuit and isolation. The machine's design which allows the laboratory to continue the project nationwide is described in this report.

Tests were performed to identify the errors in each 64 varistors of the IMAP's input lines. With a microcontroller directs the machine and the results are reported through a screen. Furthermore, protective measures are proposed for the user of the machine, because the shocks that this provides are large and extremely harmful to humans. Added to this, the fact of being portable is an important feature which speeds up the revision process, given the locations of the cabinets.

Keywords: electromagnetic discharge, ICE, IMAP, machine protection, varistor.

DEDICATORIA

A Bichi, Macho y Mel... adonde estén.

AGRADECIMIENTO

Gracias infinitas a Dios y a la virgencita.

A mami y tillo, por... todo, simplemente todo.

A Deni y a Mario por estar siempre a mi lado.

Y cada persona que durante mi carrera puso su granito.

Por último, pero no así en importancia, a mis asesores Aníbal, Óscar e Isidro.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problemática existente	1
1.2 Solución seleccionada e importancia.....	2
CAPÍTULO 2: META Y OBJETIVOS	4
2.1 Meta	4
2.2 Objetivo general.....	4
2.3 Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO 3 MARCO CONCEPTUAL	5
3.1 Descarga electromagnética.....	5
3.2 Cortocircuito	5
3.3 Circuito abierto	5
3.4 Aislamiento.....	5
3.5 Portabilidad.....	6
3.6 Peso máximo adoptado por la Conferencia Internacional de Trabajo	6
3.7 Multiplicador de tensión.....	6
3.8 Varistor	7
3.9 Comparador.....	7
CAPÍTULO 4: PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	9
4.1 Reconocimiento y definición del problema.....	9
4.2 Obtención y análisis de información.....	9
4.3 Implementación de la solución	10
CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS	12
5.1 Descripción del hardware.....	12
5.2 Descripción del software	19
5.3 Análisis de la solución final y resultados.....	22
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
6.1 Conclusiones	24
6.2 Recomendaciones	24
BIBLIOGRAFÍA	26
APÉNDICES	28

A.1	Glosario, abreviaturas y simbología	28
A.2	Manual(es) de usuario	29
A.3	Protocolos de medición	30
A.4	Datos referentes al PIC18F4550	32
A.5	Información sobre el ICE	35
A.5.1	Descripción del Laboratorio Digital	36
ANEXOS		37
B.1	Hojas de datos utilizadas.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura3.1.	Circuito multiplicador de tensión de la empresa Spellman.....	6
Figura3.2.	Tarjeta de protección.....	7
Figura3.3.	Comparador LM324 [Anexo 2].	8
Figura5.1.	Diagrama de bloques de las etapas de la máquina.	12
Figura5.2.	Diagrama del circuito de los sumideros de energía.	13
Figura5.3.	Diagrama del circuito multiplicador de tensión.....	15
Figura5.4.	Diagrama del circuito de fijación de valores de prueba.....	16
Figura5.5.	Diagrama del circuito de detección de cortocircuito.	17
Figura5.6.	Diagrama del circuito de detección de aislamiento.....	17
Figura5.7.	Diagrama del circuito de detección de circuito abierto.....	18
Figura5.8.	Diagrama del circuito de selección de varistor.....	19
Figura5.9.	PIC elegido y sus funciones.....	20
Figura5.10.	Diagrama de flujo.	21
Figura 5.11	Dimensiones de la maleta utilizada para el prototipo.....	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1.	Pesos máximos de carga según edad del trabajador	6
Tabla2.	Valores del comparador LM324.....	8
Tabla3.	Precios de reparación y daños de 2011.....	10
Tabla A.1.	Tensiones de la máquina	30
Tabla A.2.	Número de puerto del PIC18F4550 utilizado y su acción	32
Tabla A.3.	Control de selección de varistores	35

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En el presente informe se detalla la puesta en marcha de una máquina para pruebas en varistores, para la protección de las tarjetas IMAP contra descargas electromagnéticas. La utilización del prototipo se desarrolló para el ICE y el proyecto es de gran importancia para la institución. Mediante la implementación de esta máquina se aplicaría el sistema personalizado de protección a nivel nacional.

1.1 Problemática existente

Los proyectos desarrollados en el ICE incrementan con el tiempo, procurando siempre revolucionar tecnológicamente y mejorar así nuestro país. Por políticas de la empresa y para la seguridad económica de esta, se necesitan prototipos para cada solución planteada y cumplir con una serie de experimentos antes de llevar un dispositivo al mercado ^[1].

Un ejemplo claro de desarrollo de nuestra época es la utilización de la telefonía móvil e Internet. El Instituto Nacional de Estadística y Censo consigna que el 33,5% de los hogares costarricenses tiene Internet y que las líneas celulares llegan al 87,2% de las casas ^[2]. Para aumentar la eficiencia de estos avances, el ICE implementó desde el 2011 la tarjeta IMAP, tecnología referente al campo de las comunicaciones de datos y, en particular a las conexiones virtuales para la voz sobre líneas de abonado digital (DSL) ^[3].

Este dispositivo se distribuyó a nivel nacional en múltiples bastidores ubicados en las calles, y a pesar de la protección para descargas eléctricas con las que contaban estos armarios metálicos, como lo son sistemas de cobre para *aterrizamiento* ^[4], las tarjetas se dañaron con los primeros rayos de la época lluviosa. Los equipos nuevos no cuentan con protección dado que son importados de Israel, país con un clima tropical seco sin tormentas eléctricas, por lo que las tarjetas contaban solo con protección contra tormentas de arena o nieve, irrelevantes para la realidad costarricense.

La problemática fue observada por los técnicos Isidro Vargas y Óscar Peña, del laboratorio de Electrónica Digital del ICE, en San Pedro, encargados del mantenimiento de las tarjetas. Ellos recurrieron a una solución preventiva contra las descargas electromagnéticas.

Actualmente existen dos formas de afrontar las averías y ambas implican mucho tiempo y dinero. La primera es enviar recurso humano, en este caso al trabajador encargado, para averiguar qué componentes se dañaron. Como segunda opción está aplicar la garantía proporcionada por Israel, lo que implicaría enviar las tarjetas hasta dicho país.

La idea sugerida por los técnicos, fue implementar una tarjeta de varistores de protección para tecnologías en telecomunicación, previamente utilizada por la empresa Alcatel [5]. El prototipo de la máquina verifica la funcionabilidad de dicha tarjeta, rediseñada para las líneas de entrada de la IMAP, especificando exactamente que se dañó después de ser afectadas por una descarga eléctrica.

1.2 Solución seleccionada e importancia

La solución proporciona la ubicación exacta del daño en el varistor, cuando estos sobrelleven una descarga eléctrica. Al determinar puntualmente el problema y el tipo, se reducen el tiempo de reparación y las pérdidas de dinero en tarjetas IMAP.

El prototipo de máquina aplica pruebas a las tarjetas de protección de varistores, para especificar el estado de estos. Cada varistor utilizado protege una línea de entrada de la IMAP contra descargas electromagnéticas, quedando expuestos a la pérdida de vida útil o su expiración.

Existen tres implicaciones tras un rayo: que exploten y se abra el circuito de la tarjeta, que se induzca un aislamiento en el impreso y/o por último que se cortocircuiten las líneas de la tarjeta o los varistores. La máquina debe comparar el estado de cada varistor con los valores correctos de una tarjeta en óptimas condiciones y alertar al usuario sobre la falla y su ubicación. Además cuenta con un medio de comunicación y un control simples, tanto para la realización de las pruebas como para el usuario.

Dado que las IMAP están distribuidas en las calles de nuestro país se planteó la idea de una máquina portátil. Para hacer esto posible, se consideraron el bajo consumo de energía mediante una etapa de potencia simplificada y la utilización de componentes de montaje superficial para la reducción de espacio físico.

Con esta máquina el Laboratorio de Electrónica Digital tendrá la herramienta necesaria para demostrar que el proyecto de protección de las IMAF es rentable, con lo que el ICE ampliaría la producción, en un futuro cercano, de la máquina de pruebas para zonas lejanas a San José.

CAPÍTULO 2: META Y OBJETIVOS

2.1 Meta

Proporcionar un prototipo de máquina para verificación de las tarjetas de protección de las IMAP, que ayude en la optimización del sistema de comunicaciones del ICE, evitando multas por parte de la SUTEL y clientela.

2.2 Objetivo general

Desarrollar un prototipo de máquina que verifique la funcionalidad del sistema de protección contra descargas eléctricas para las líneas IMAP ubicadas dentro de los gabinetes de telecomunicaciones del ICE.

2.3 Objetivos específicos

- Realizar un circuito que simule la respuesta de las líneas IMAP utilizando el sistema de protección de varistores.
- Realizar un protocolo de pruebas para la protección de las líneas IMAP contra descargas eléctricas, como lo son: circuito abierto, cortocircuito y aislamiento.
- Lograr que el prototipo de máquina esté unificado y sea portátil, facilitando así su transporte.

CAPÍTULO 3 MARCO CONCEPTUAL

Este capítulo tiene como objeto dar a la investigación un sistema coordinado y coherente de conceptos, que permita obtener una visión completa de la teoría que se utilizó para realizar el prototipo.

3.1 Descarga electromagnética

Las tormentas provocan descargas eléctricas. Dichas descargas se producen por una diferencia de potencial de entre distintos puntos de una misma nube y la tierra. El Rayo es una corriente eléctrica originada en nubes, que generalmente superan los 10Km de altura y la energía que produce se aproxima a los cientos o miles de voltios e iguala estos valores en amperaje provocando grandes pérdidas en sistemas electrónicos ^[6].

3.2 Cortocircuito

Un circuito eléctrico es un sistema cerrado que contiene al menos una fuente de energía y una carga. Esta debe consumir toda la energía y transformarla en otro tipo de energía (*Ley de la conservación de la energía*). La inexistencia de una carga implica un cortocircuito ^[7].

3.3 Circuito abierto

Un circuito abierto lo constituyen simplemente dos terminales aisladas no conectadas por ninguna clase de elemento. Dada la inexistencia de una trayectoria para conducción, la corriente asociada debe ser siempre cero, sin embargo la tensión puede tener cualquier valor ^[8].

3.4 Aislamiento

Se cuenta con una tensión máxima a la que puede exponerse un material, en este caso el varistor, sin provocarle perforación alguna. Normalmente el valor de aislado es expresado en voltios o kilovoltios por unidad de grosor. También llamada resistencia dieléctrica ^[9]

3.5 Portabilidad

Las características que permiten a un instrumento, recipiente o maquinaria la propiedad de ser portátil son peso, forma y dimensiones susceptibles de manejarse manualmente ^[10].

3.6 Peso máximo adoptado por la Conferencia Internacional de Trabajo

Cómo dicta el decreto N° 11074-TSS, sobre las leyes de seguridad laboral, basado en el Código de Trabajo de Costa Rica, sobre el peso máximo de carga, en el artículo 2: “En el transporte manual de carga, en que se emplean jóvenes mujeres y varones trabajadores, se observarán los límites máximos” ^[11]. Mostrado en la tabla1.

Tabla1. Pesos máximos de carga según edad del trabajador

Trabajador	Peso máximo de carga
Varones de 16 a menos de 18 años	15 Kg
Varones de 18 a 21 años	20 Kg
Mujeres de 16 a menos de 18 años	10 Kg
Mujeres de 18 a 21 años	15 Kg
Mujeres de 21 años o más	20

3.7 Multiplicador de tensión

La realización de pruebas en los varistores necesitó de altos valores de tensión, lo cual dio espacio a un circuito multiplicador de tensión, arreglo de capacitores y diodos rectificadores que se utiliza con frecuencia para generar altos voltajes de corriente directa. Este tipo de circuito utiliza el principio de la carga en paralelo de capacitores, a partir de la entrada de Corriente Alterna y añadiendo voltaje a través de ellos en serie se obtiene voltajes de CD más alto que el voltaje de la fuente, como señala la figura 3.1 ^[12].

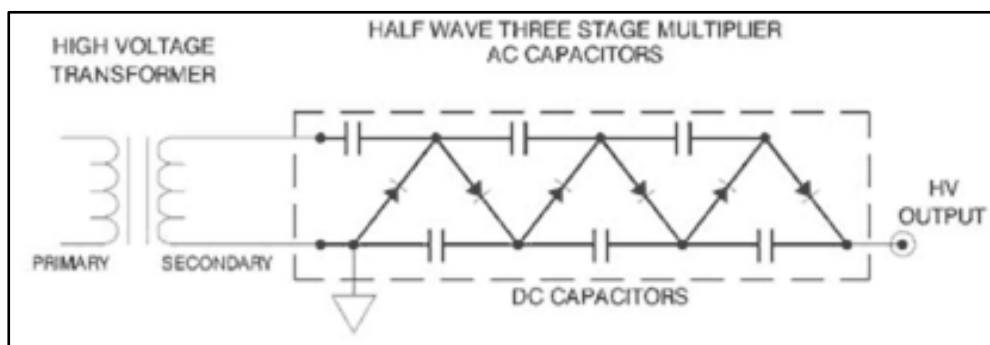


Figura3.1. Circuito multiplicador de tensión de la empresa Spellman.

3.8 Varistor

El proyecto utiliza varistores, semiconductores policristalinos cuyo mecanismo de transporte de carga eléctrica origina propiedades de conducción extremadamente no lineales. Esta no linealidad extrema permite a los varistores ejercer una protección eficaz contra uno de los fenómenos electromagnéticos más habituales y dañinos: la sobretensión transitoria, que consiste en que la tensión aplicada a una parte de un sistema eléctrico excede, durante un cierto periodo de tiempo, la tensión nominal de funcionamiento de dicho sistema, pudiendo producir la rotura del aislamiento eléctrico y la destrucción del sistema [13]. El diagrama de la tarjeta de protección se ilustra en la figura 3.2.

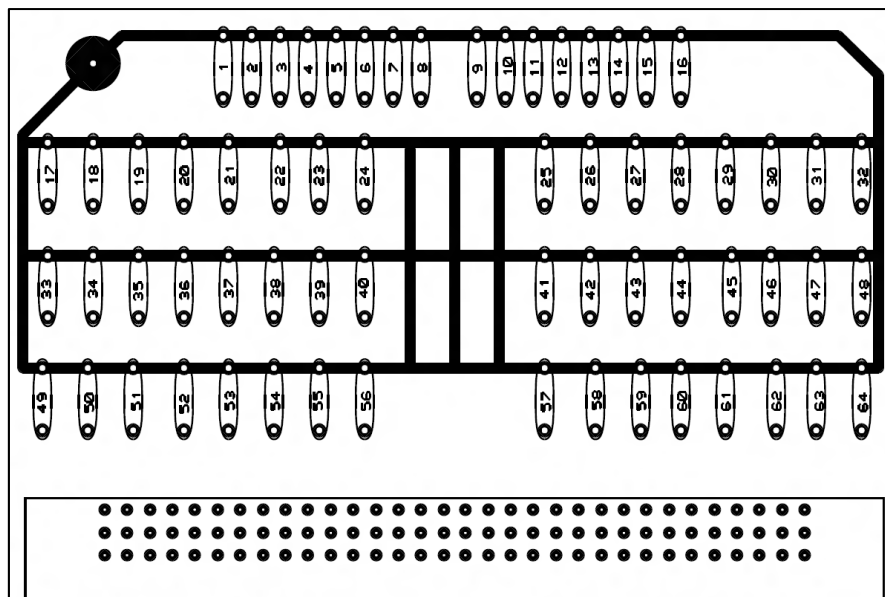


Figura3.2. Tarjeta de protección.

3.9 Comparador

En las pruebas de los varistores se utilizó el circuito integrado LM324, encargado de realizar comparaciones de los valores normalizados de un varistor en buen estado y uno dañado.

Este circuito comparador cuenta con una entrada positiva y una negativa, con un valor de 0V (aterrizado) en su entrada inversora y un divisor de tensión en la entrada no inversora logramos avisar el error en el varistor. La ecuación 1 simplifica un divisor de tensión, que es la base utilizada para las tensiones de error, mas adelante se detalla cada solución para los distintos errores.

$$V_+ = \frac{R_1}{R_1+R_2} * V_{REF} \quad \text{Ecuación (1)}$$

La figura 3.3 muestra el circuito de comparación utilizado y la ubicación de los componentes de la ecuación (1).

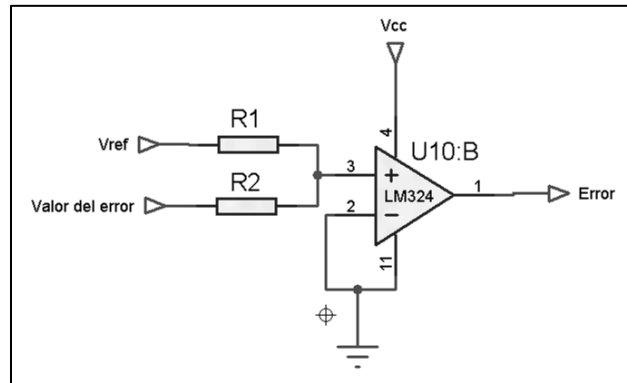


Figura3.3. Comparador LM324 [Anexo 2].

La tabla2 resume los valores de la salida del comparador según la condición de sus entradas.

Tabla2. Valores del comparador LM324.

Entrada no inversora (+)	Entrada inversora (-)	Salida
Valor < 0V	0V	0
Valor > 0V	0V	1

CAPÍTULO 4: PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Este capítulo describe la metodología llevada a cabo conforme a los datos facilitados por Isidro Vargas y Óscar Peña del ICE, encargados del proyecto.

4.1 Reconocimiento y definición del problema

Inicialmente se tiene el inconveniente de las descargas electromagnéticas, que en Costa Rica es sumamente crítico en época lluviosa, dado que se inducen daños en cualquier cable conductor al provocar transitorios que se caracterizan por su corta duración, crecimiento rápido y valores de cresta muy elevados (varios cientos de KV)^[14]. La adición de la tarjeta de protección para las líneas IMAP resuelve esta situación, pero causa la problemática del presente informe: ¿cómo encontrar fallas en las tarjetas de protección? La máquina determina de manera exacta la ubicación del error y especifica si es un cortocircuito, un abierto o aislamiento, mientras que el técnico tendría que verificar manualmente el estado del varistor, deduciendo únicamente el cortocircuito.

Con la actual convergencia de redes, los proveedores de servicios en telecomunicaciones, como el ICE, deben desarrollar una infraestructura adecuada para proporcionar servicios de gran ancho de banda, así como otros servicios de datos y de voz; además garantizar una apropiada protección de dicha tecnología.

La apertura del mercado de telecomunicaciones en nuestro país adonado a las nuevas reglas de la SUTEL, implican para el ICE mayor esfuerzo en la atención a su clientela. La desconexión de los servicios prestados por las IMAP, debido a problemas como la rayería, provocaría detrimento en confiabilidad y credibilidad, lo que implicaría el pago de multas impuestas por la SUTEL y la desconexión de los suscriptores. ^[15].

4.2 Obtención y análisis de información

Luego de que los técnicos encuentran que la solución es una tarjeta de protección para las líneas IMAP, desarrollan un prototipo de esta e inician su implementación en varios

bastidores, tras obtener efectos positivos, coinciden en la necesidad de contar con una máquina de diagnóstico.

Se realizan pruebas a las tarjetas y se determinan los errores que sufren con las descargas electromagnéticas, así se plantea la necesidad de un protocolo de pruebas para verificar la calidad de la protección y un rápido arreglo al daño sufrido.

En caso de no realizar el prototipo, la otra alternativa era continuar con la reparación de las tarjetas, pero no era económicamente viable, como se puede observar en la tabla 2, que resume el precio de la IMAP y algunos de sus componentes. La tabla 3 incluye además precios de las tarjetas de protección y el equipo dañado durante los meses de noviembre y diciembre del 2011.

Tabla 3. Precios de reparación y daños de 2011

Equipo	Precios (\$)	Cantidad de equipo dañado durante noviembre y diciembre de 2011
<i>IMAP (completa, sin reparación)</i>	3000 ⁰⁰	20
<i>ATMX-E</i>	500 ⁰⁰ a 1000 ⁰⁰	24
<i>LI-ADSL16+ (internet)</i>	771 ⁴⁶	200
<i>LI-32 (línea convencional)</i>	1 390 ²³	329
<i>CPTS (de control)</i>	--	80
<i>SMT4-D (de anillo)</i>	2 518 ⁶⁰	100
<i>ISDN12-RU (RDSI)</i>	--	60
<i>Tarjeta de varistores</i>	30 ⁰⁰	-
<i>Varistor</i>	0,01 ⁰⁰	-

Fuente: Tomada de la documentación proporcionada por el ICE.

4.3 Implementación de la solución

Luego de efectuar un análisis de la solución, se inicia el desarrollo del diagrama para la etapa de potencia que se necesita. Se parte de un sistema utilizado por la marca Alcatel para lo que es la alta tensión, y varios drivers y técnicas con transistores de potencia para lograr lo propuesto.

Se utiliza el programa *PROTEUS* y su subconjunto *ISIS* para diseñar la circuitería [16]. Así se plantean tres partes principales: la generación de tensiones para la máquina, el triplicador

de tensión para la alta tensión y la distribución de los valores de prueba y comparación de estos, valores especificados de 600V y 1A. Los componentes de montaje superficial para la etapa de simulación, entre ellos resistencias, relés, inversores y multiplexores, se diseñan con el subprograma *ARES*, con el que además se generan los circuitos impresos, de las dos etapas antes mencionadas, y la del control.

Para toda proposición en el diseño o cambios de la máquina, ya fuera en software o hardware se contó con la participación activa de los señores Isidro Vargas y Óscar Peña, dado a su vasta experiencia, no solo con las tarjetas IMAP sino por llevar años trabajando en el campo de la electrónica para el ICE.

Al finalizar el montaje de la máquina se procedió a la realización de pruebas y con ello a la calibración de la máquina, después se realizó una charla con los usuarios de la máquina, y con los encargados del laboratorio para la explicación de la electrónica y los cambios o mejoras que se le pueden realizar posteriormente a la máquina, además de la forma correcta de su utilización y cuidados.

CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS

Este capítulo desarrolla el diseño de las etapas que necesitó el prototipo. Estas incluyen el desarrollo del hardware y del control, programado mediante la utilización de un microcontrolador, que generó resultados positivos.

5.1 Descripción del hardware

El proyecto cuenta con cuatro etapas principales: la generación de potencia, la detección de errores, la simulación de las líneas IMAP y el control de la máquina, como muestra la figura 5.1.

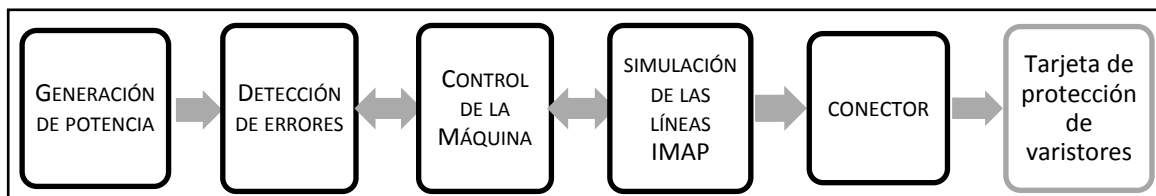


Figura 5.1. Diagrama de bloques de las etapas de la máquina.

La primera parte de la etapa de generación de potencia inicia con dos sumideros de energía. Mediante un transformador de 110V en el devanado primario y dos devanados secundarios independientes de $20V_{AC}/1A$ y $20V_{AC}/3A$, encargado de generar las tensiones de entrada de los reguladores.

Con un interruptor se logra la inicialización de la máquina y se cuenta con un fusible para evitar que la máquina se dañe por picos de corriente.

El transformador principal se presenta en la figura 5.2, y cuenta con dos fusibles de protección (de 1A y 3A, para cada devanado secundario). Mediante la tensión proporcionada por los devanados secundarios y la utilización de dos puentes de diodos se generan $26V_{DC}$. Este valor es utilizado por el multiplicador de tensión y tres reguladores de tensión, que generan el resto de valores de tensión utilizados.

El regulador 317T permite un ajuste de 5.8V para los comparadores utilizados en la detección de errores, el NTE931 facilita el V_{CC} de 5V para lo que es la alimentación del PIC y de los integrados y por último el LM7812CT que suministra 12V para los relés.

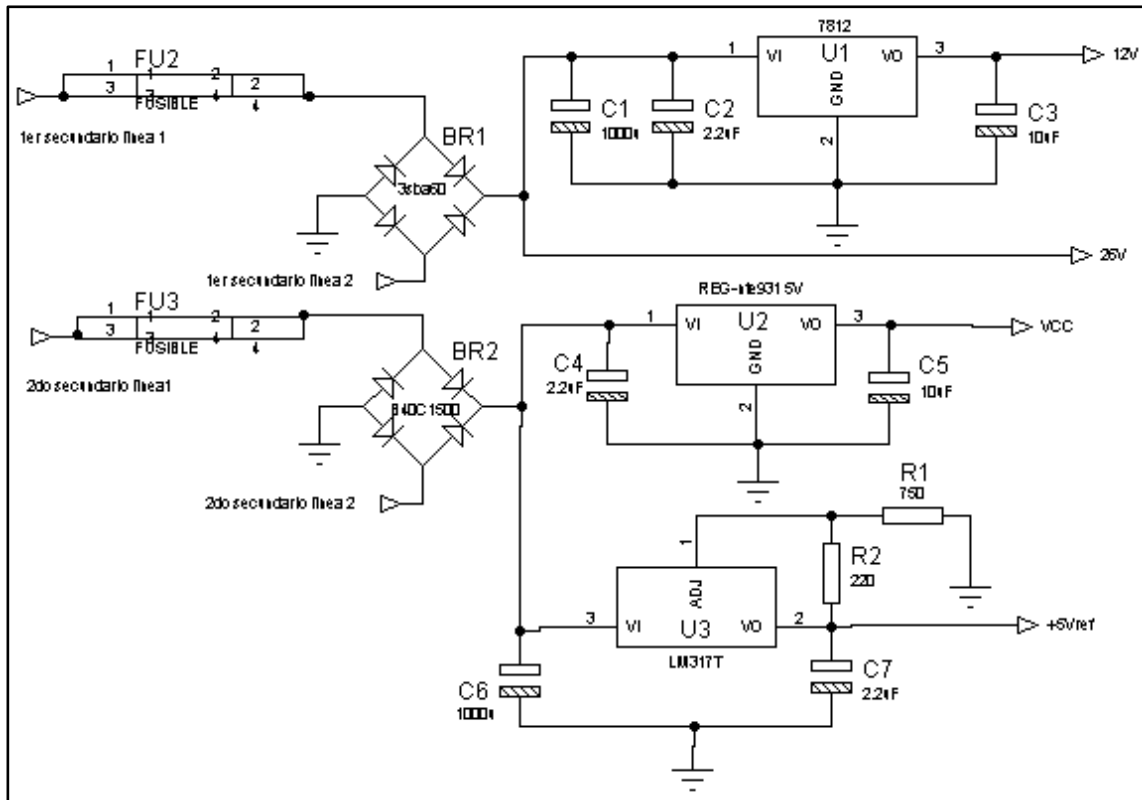


Figura5.2. Diagrama del circuito de los sumideros de energía.

Los valores de los capacitores de drenaje son $1000\mu\text{F}$ para cada sumidero y en las salidas de los reguladores se utilizan $10\mu\text{F}$ y $2,2\mu\text{F}$.

Las dos resistencias utilizadas tienen valores de 220Ω y 750Ω para la respuesta de la tensión de referencia deseada, como muestra la ecuación 2 [Apéndice 11].

$$V_{OUT} = 1.25 * \frac{V_{IN}}{\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)} + I_{ADJ} * R_2 \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$V_{OUT} = 1.25 * \frac{20V}{\left(1 + \frac{750\Omega}{220\Omega}\right)} + 10mA * 750\Omega = 5.67V + 7.5mV = 5.68V$$

La segunda parte de la potencia se centra en el multiplicador de tensión, que utiliza un generador LM555 para la oscilación del sistema, trabajando en modo astable y un control de compuertas INVERSORA-AND para conseguir que el ciclo de trabajo sea menor al 50%, para obtener impulsos de poca duración en el alto voltaje. Únicamente cuando el microcontrolador indique se generan los 1000V, para las pruebas.

La señal del circuito astable se basa en las ecuaciones 3, 4, 5 y 6 [Apéndice 1].

Tiempo de carga, con salida en alto:

$$t_1 = 0.693(R_A + R_B) * C \quad \text{Ecuación (3)}$$

Tiempo de descarga, con salida en bajo:

$$t_2 = 0.693 * C * R_B \quad \text{Ecuación (4)}$$

Periodo total:

$$T = t_1 + t_2 \quad \text{Ecuación (5)}$$

Frecuencia de oscilación:

$$f = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) * C} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde $R_A = 10K\Omega$, $R_B = 2.2K\Omega$ y $C = 4.7nF$. Obteniendo los valores de $39.74\mu s$ de tiempo de carga, $7.17\mu s$ de tiempo de descarga para un total de $46.9\mu s$ de periodo; frecuencia de $21.3KHz$ para el ciclo trabajo de alto voltaje de la máquina. Considerando que el multiplicador de tensión se carga en 6 ciclos de reloj, tras $0.28ms$, se asegura que la alta tensión se restablece después de cada descarga en las pruebas, dado que entre una medición y la siguiente se tarda $10ms$.

La señal creada excita la base del transistor activando el transformador driver de $5V$, este a su vez estimula un transistor de potencia que se encuentra en paralelo con un igual para activar al transformador encargado del triplicador en cuestión, con ambos ciclos del trabajo. El circuito en paralelo permite a los transistores turnarse el trabajo mediante el control del comparador.

Por medio de dichos ciclos de trabajo, el transformador driver de $26V$ al ser estimulado energiza los capacitores del multiplicador mediante los diodos proyectando $1000V$ de la salida negativa a la positiva; los capacitores utilizados tienen un valor de $0.47\mu F$ y los diodos tienen valor de tensión de reversa es de $1000V$ [Apéndice 6], valor que se necesita, como se muestra en la figura 5.3.

La última parte de esta etapa consiste en el control de las tensiones aplicadas en las pruebas. Mediante un circuito de fijación de valores controlado por las salidas negativa y positiva de la potencia y el microcontrolador. Como se muestran en la figura 5.4 los transistores de potencia entran en operación por las señales de control 1, 2 y 3 generadas por el PIC y el común conector de todos los varistores, mediante los comparadores.

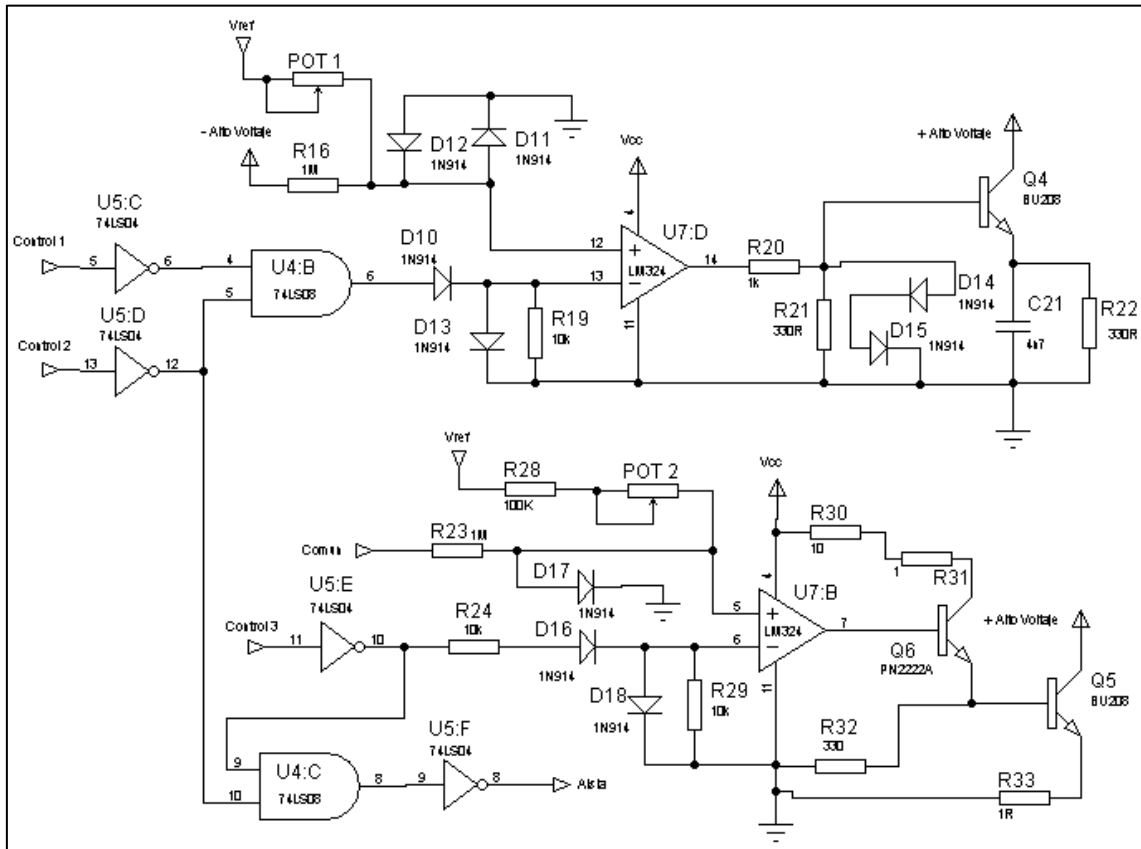


Figura5.4. Diagrama del circuito de fijación de valores de prueba.

La tensión de alto voltaje negativo generada para la prueba es 600V, tensión del varistor cuando es expuesto a un pico de corriente de 10A., parámetro que presenta condiciones límite del varistor 250V EPV 7A. Se corre el riesgo de dañar el varistor si se somete a tal pico de corriente por lo tanto se aplica el valor de 1A

En la detección de errores los comparadores envían una señal de control al PIC, que especifica el error detectado en el varistor en prueba. La figura5.5 resume el error de Cortocircuito. Al comparar la caída de tensión de 320V para un varistor en buen estado, con el valor de 600V totales de prueba en la entrada *Común* del conector de la tarjeta de varistores, se obtiene un cambio a la salida del comparador, lo que indica la falla.

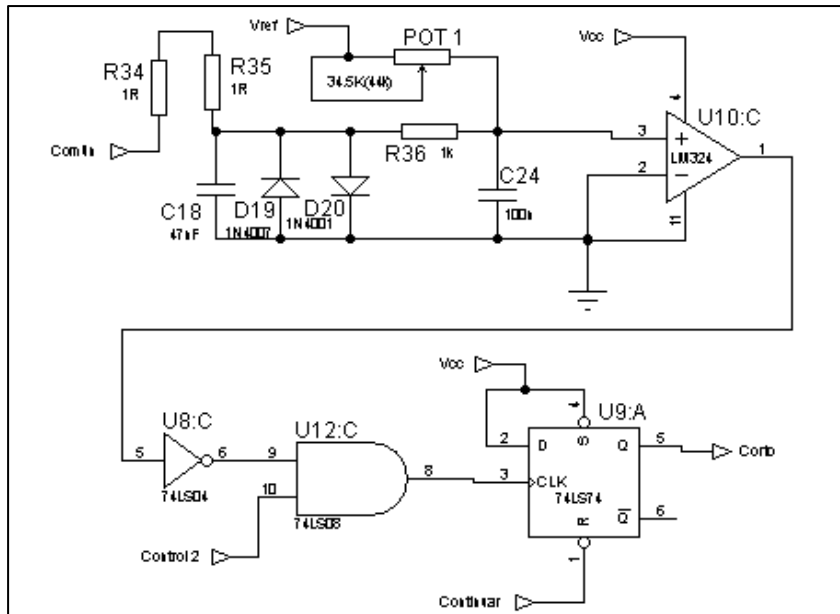


Figura 5.5. Diagrama del circuito de detección de cortocircuito.

La figura 5.6 muestra la falla de Aislamiento. Algunos problemas que provocan dicha falla son: la humedad y la suciedad de las tarjetas. Según las especificaciones planteadas por la experiencia del técnico, entre el varistor bajo prueba y los demás debe existir un aislamiento mayor a los 10KΩ, pero menor a 20KΩ. Esta medición se suma a la señal de Aísla, que se genera al mismo tiempo que las pruebas de corto y abierto.

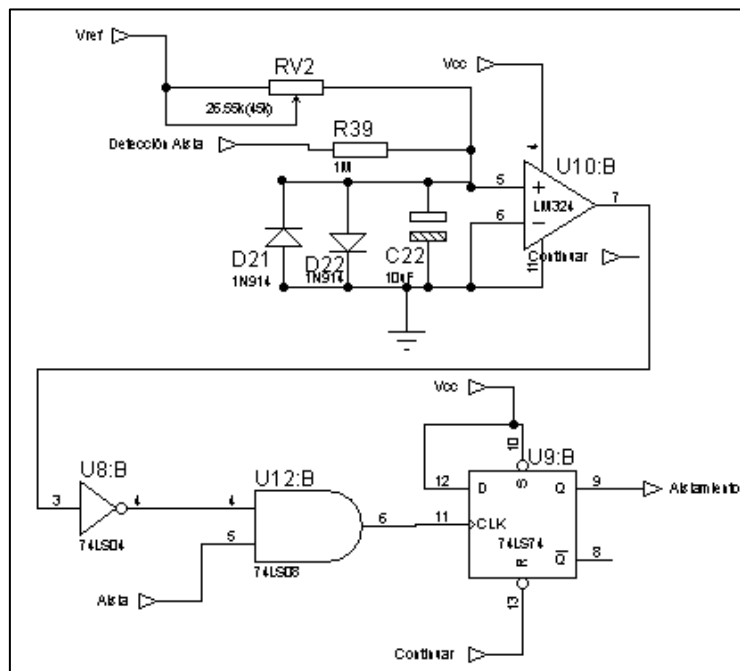


Figura 5.6. Diagrama del circuito de detección de aislamiento.

La figura5.7 ilustra la falla de Circuito abierto. El circuito evalúa si el valor de tensión en el varistor censado es mayor de 650V, al aplicarle una corriente de 1A, existiendo así un abierto.

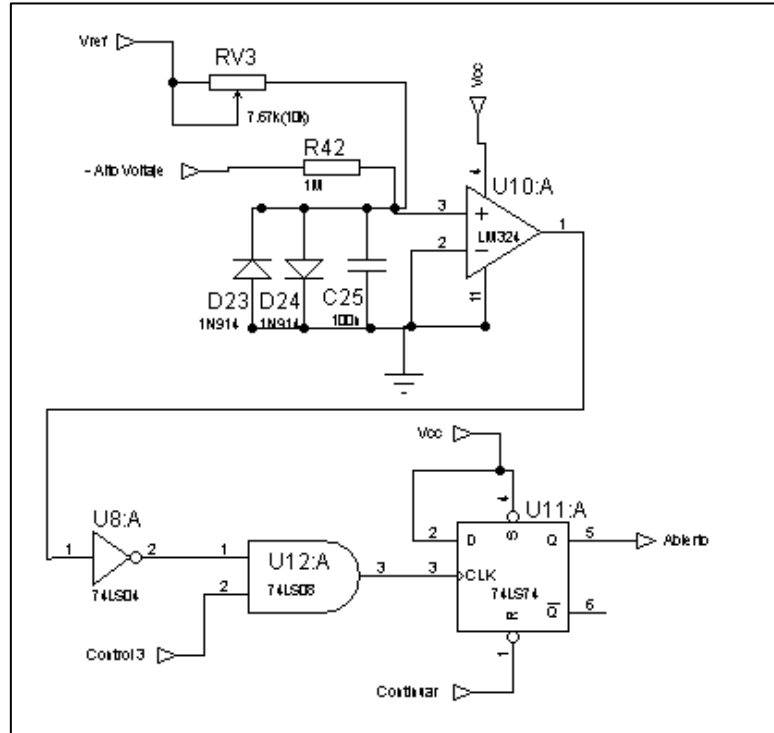


Figura5.7. Diagrama del circuito de detección de circuito abierto.

La sección de simulación de las líneas de la IMAP se encarga de la selección del varistor en prueba. Esta cuenta con dos multiplexores controlados por el PIC e inversores dado que estos trabajan con lógica inversa, así se activan optoacopladores, que cortocircuitan a tierra los relés. Estos permiten realizar las pruebas de alto voltaje a través de cada varistor. En la figura5.8 se resume el diagrama con un inversor y la selección de 3 varistores.

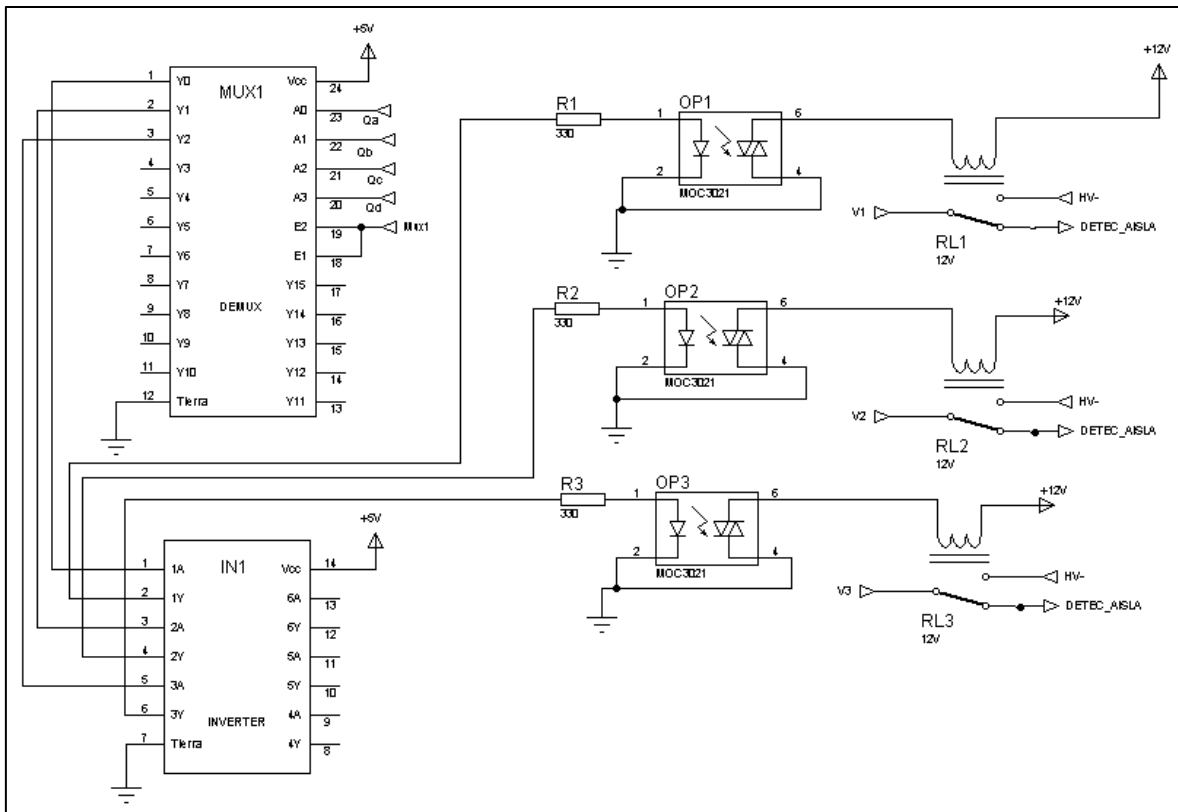


Figura 5.8. Diagrama del circuito de selección de varistor.

5.2 Descripción del software

El control de la máquina está programado en un microcontrolador de la marca Microchip, de la familia *18F* que cuenta con múltiples puertos de entrada/salida y diferentes tipos de estos, oscilador interno y la capacidad de modificar su ciclo de trabajo, con protección del código y muchos privilegios más. La elección de este se basa en su bajo costo y las capacidades del mismo [17].

Se presenta en la figura 5.9 las entradas y salidas de control utilizadas del PIC18F4550. La selección de los varistores y las señales de control para activar los valores de tensión de la máquina son regulados por los puertos: D y E, el control del LCD mediante: A y B, así como las fallas y el resto de control de la máquina se encuentra en la función de borrado o *MasterClear*, V_{DD} y V_{SS} .

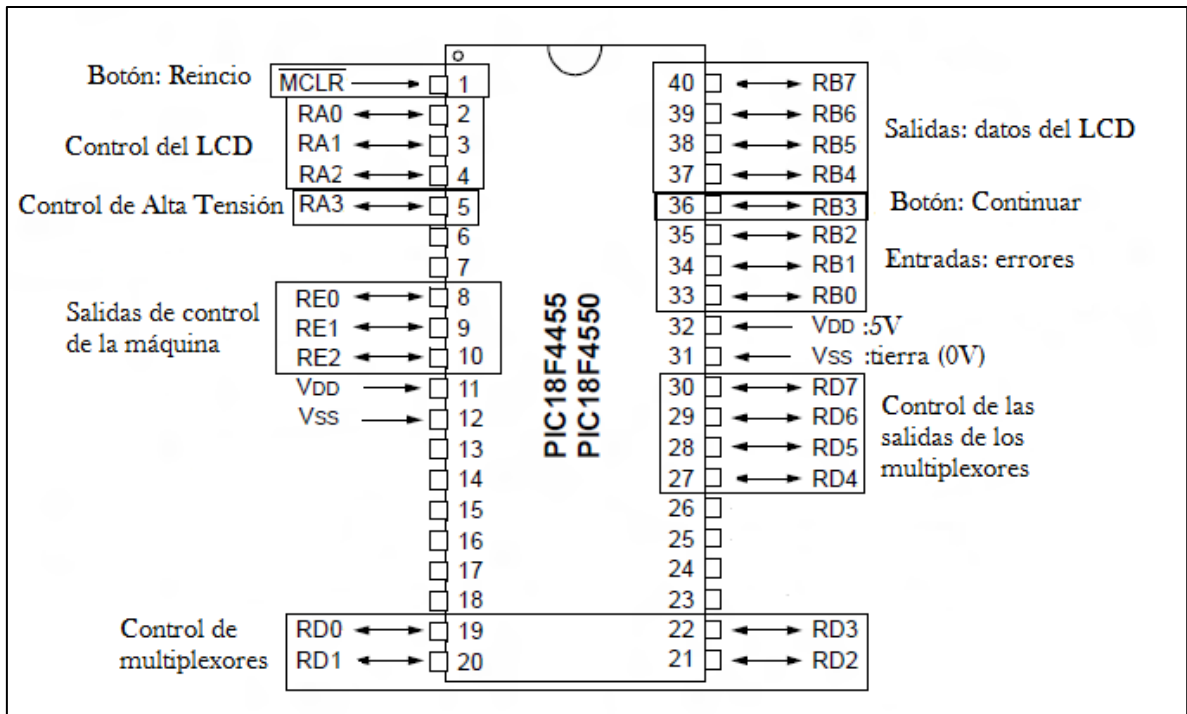


Figura5.9. PIC elegido y sus funciones.

La programación del mismo se realizó mediante el programa *Microchip MPLab*, con código *c-18*. Las instrucciones principales son explicadas en el apéndice A.4.

La figura 5.10 muestra el diagrama de flujo de la programación realizada. Tras encender la máquina el microcontrolador reinicia las variables utilizadas entre ellas: *mux*. Variable que guarda los valores de relés [tabla A.3 del apéndice].

Al seleccionar el varistor en prueba se activa la señal *Control 1* y se pregunta por Aislamiento. En caso de error se desactiva el alto voltaje y se aumenta el valor de *mux*, seleccionando al siguiente varistor. Sino hay error se desactiva *Control 1*, se activa *Control 2* y se pregunta por Cortocircuito. Se procede como en el caso anterior en caso de encontrar la falla de lo contrario se desactiva *Control 2*, se activa *Control 3* y se pregunta por Circuito Abierto. Finalizando entonces el ciclo de prueba, desactivando *Control 3*.

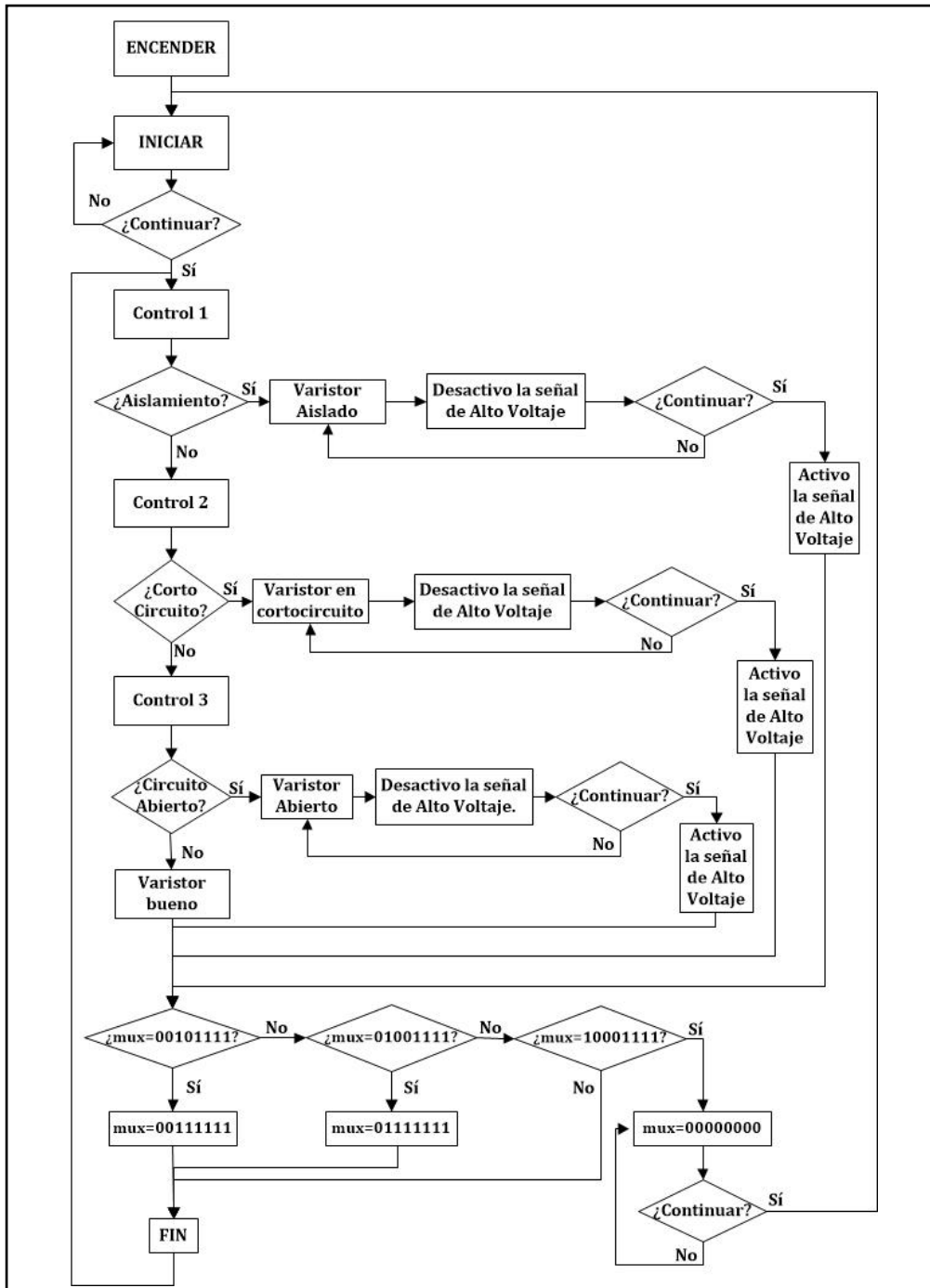


Figura5.10. Diagrama de flujo.

Cuando se pasa al siguiente varistor se realizan tres preguntas del valor de *mux* para el control de los multiplexores [tabla A.1 del apéndice]. Además cuando se presenta un error se pregunta por el botón de “Continuar” para evitar descargas en el usuario durante el tiempo en que este apunta el número de varistor dañado y la falla indicada.

5.3 Análisis de la solución final y resultados

En un principio se propuso un estudio del aterrizamiento de los bastidores, pero no fue posible, debido al tiempo que implica este proyecto; principalmente porque la SUTEL impone una multa de un 1% por cada dos horas de atraso en la entrega y atención de los servicios prestados, sin justa causa, hasta un máximo de 5% [18]. Se propuso la solución preventiva mediante la tarjeta de varistores. Si los varistores fallan, el técnico de campo se dirigiría al bastidor donde ocurrió el error portando la máquina de pruebas y los varistores o tarjetas de repuesto, el cliente no perdería el servicio brindado por la IMAP dado que el conector de protección se encuentra conectado en paralelo a las líneas de entrada procurando su desconexión sin afectar el servicio.

Las ventajas son claras, al dañarse con la rayería la tarjeta de protección, la máquina señalará el número de varistor en mal estado, ahorrando dinero en reparaciones dado que como se demostró en la tabla 2, el costo de reparación de una IMAP ronda los \$2000, mientras el precio de un varistor es de \$0.01 se ahorraría en más del 2000%, y si se daña la tarjeta de protección, cuyo precio es de \$15, produciría un ahorro del 134%.

Por lo tanto si cada sector del país contara con una máquina y los varistores para repuestos, se ahorraría la movilización de recursos ya sean humanos como económicos. Además la máquina concluye la prueba en un tiempo de 4 minutos, ya que cada varistor tarda 3,2s en prueba, lo cual es sumamente importante dado que un técnico tarda 10s en comprobar la continuidad de un solo varistor, con la utilización de un multímetro.

La prueba manual genera un resultado poco confiable del estado de los varistores en cuanto a cortocircuito. Las pruebas de aislamiento y varistor en estado de circuito abierto son imposibles de realizar sin la máquina. Esto resalta dos de los resultados más importantes la realización de dos pruebas que no se pueden realizar de manera manual y el ahorro en un 68% del tiempo de prueba.

En cuanto a costo económico, el precio aproximado del prototipo ronda los \$600, este valor disminuiría al desarrollar varias máquinas para zonas distantes del país, al comprar mayores cantidades de componentes.

La máquina indica correctamente las tres fallas en prueba, y la ubicación exacta del varistor. El usuario cuenta con la figura 3.1 de la tarjeta de protección para que marque el varistor dañado, facilitando así la prueba.

La portabilidad de la maleta se justifica mediante su peso aproximado de 1.5Kg, cumpliendo así con los márgenes del Código de Trabajo de Costa Rica descritos en la tabla 2, de la sección 3.9, y las dimensiones mostradas en la figura 5.11.



Figura 5.11 Dimensiones de la maleta utilizada para el prototipo.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de la realización del prototipo de pruebas, se logró cumplir con los objetivos planteados. Por lo tanto se presentan las conclusiones derivadas del proyecto y para estas las recomendaciones resultantes a partir de la experiencia obtenida durante el proceso.

6.1 Conclusiones

- Se desarrolló un prototipo de máquina que verificó correctamente la funcionalidad de 16 sistemas de protección contra descargas eléctricas para las líneas IMAP, que se encontraban dentro de los gabinetes de telecomunicaciones del ICE. Cantidad de tarjetas con la que se contaba para las pruebas.
-
- La etapa de potencia genera las tensiones necesarias para el funcionamiento de la máquina y el protocolo de pruebas de errores específica: cortocircuito, el circuito abierto y el aislamiento entre varistores, correctamente.
- Se logró unificar el prototipo y se utiliza una maleta para embalar la circuitería, facilitando portabilidad, con un peso de 1.5Kg.
- Se ahorra un 68% del tiempo de prueba para cortocircuito del varistor, finalizando con un tiempo total de pruebas de 4 minutos para una tarjeta en buen estado.

6.2 Recomendaciones

- Utilizar una pantalla de dos líneas y no de cuatro como la del presente proyecto, para ahorrar dinero en la producción de las máquinas. Ya que no son necesarias cuatro líneas, en una se numera el varistor y en la otra se indica el estado.

- Cuando se envíen a producir más tarjetas de producción, recomendar los varistores en la tarjeta de protección para facilitar la producción de conectores para las máquinas de pruebas futuras.
- Para el embalaje de la máquina se recomienda la utilización de cajas tipo plexo, son resistentes a golpes y a condiciones climáticas no deseadas, además tienen un bajo costo económico y las venden en distribuidoras de nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Documento proporcionado por el ICE*. Acceso GRM, Leonel Leiva. Cartago, Costa Rica. Página de la empresa: <http://www.grupoice.com/wps/portal/>
2. *INEC*. La Nación, Datos del VI Censo Nacional de Vivienda del 2011. Tomado de: <http://www.nacion.com/2012-08-23/Economia/En-el-pais-hay-mas-casas-con-computadoras--celulares-e-Internet.aspx>
3. *Virtual connections for voice over digital subscriber lines*. USA Patent Application Publication. Diciembre 2003. Página del gobierno estadounidense: <http://patft.uspto.gov/>
4. *IEEE: Aterrizamiento de los equipos de potencia en sistemas industriales*. Inocente Rosales, Edgar Robles, José López y Job García P. (IIE). México, 1998. Página web de la IEEE: <http://www.ieee.org/index.htm>
5. *Alcatel-Lucent*. Tecnología utilizada en años anteriores por el ICE. Página web de la empresa: www.alcatel-lucent.com
6. Enciclopedia Ilustrada Cumbres. *Descargas eléctrica*. Editorial Cumbres S. A. Quinta edición 1965.
7. Universidad Pompeu Fabra. Introducción a la electrónica: interfaces físicas. Barcelona, España. Página de la universidad: www.upf.edu
8. Boylestad, R. *Introducción al análisis de circuitos*. Pearson Educación. 2004.
9. Mataix Lorda, M y Mataix Hidalgo M. *Diccionario de Electrónica, Informática Y Energía Nuclear*. Ediciones Díaz de Santos.
10. Director General de Normas, Ibarra L- *Rúbrica Norma Oficial Mexicana NOM-021/1-SCFI*. Definición de portabilidad. México, 1994.
11. Constitución Política de Costa Rica, conforme al Convenio (Nº 127), sobre el peso máximo, adoptado por la Conferencia Internacional de Trabajo en 1967, ratificado por el Código de Trabajo.

12. SPELLMAN. Corporación de Electrónica de Alta Tensión. *Multiplicador de tensiones*. Tomado de: <http://www.spellmanhv.mx>
13. Dr. Daniel Fernández Hevia-INAEL Electrical Systems. *Introducción a los varistores*. Mayo 2010. Página web de la empresa: <http://www.inael.com>
14. Empresa MONICO. *Protección contra descargas electromagnéticas*. Tomado de: <http://www.monico.com.ar>
15. SUTEL: Superintendencia de telecomunicaciones. Página web: <http://sutel.go.cr/>
16. Programa: PROTEUS, de la empresa Labcenter. Utilización de ISIS para el diseño de diagramas y ARES para el diseño de circuitos impresos. Página web de la empresa: <http://www.labcenter.com>
17. MICROCHIP. *Microcontrolador PIC18F450*. USA. Página web: www.microchip.com
18. SUTEL: "Especificaciones Técnicas, Económicas y Administrativas para la selección de la empresa que se encargará de la provisión del Servicio de Gestión Completa para la Implementación, Operación, Mantenimiento y Administración del Sistema Integral de Portabilidad Numérica en Costa Rica"
19. Alldatasheet. *Hojas de datos de los componentes electrónicos utilizados*. Tomado de: www.Alldatasheet.com

APÉNDICES

A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

Circuito multiplicador de voltaje: arreglo de capacitores y diodos rectificadores que se utiliza con frecuencia para generar altos voltajes de Corriente Directa.

Descarga electromagnética: El rayo es la reacción eléctrica causada por la saturación de cargas electroestáticas que han sido generadas y acumuladas progresivamente en la nube durante la activación del fenómeno eléctrico de una tormenta.

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.

IMAP: Plataforma de múltiple acceso a internet.

ITCR: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Máquina: Aparato o conjunto de aparatos capaces de efectuar un trabajo o de llevar a cabo una función, ya sea dirigida por un operador, ya sea de forma autónoma.

Prototipo: se refiere a cualquier tipo de máquina en pruebas, o un objeto diseñado para una demostración de cualquier tipo.

Relé: es un interruptor operado magnéticamente. Que se activa o desactiva cuando el electroimán es energizado.

Varistor: protección electrónica contra transitorios de alto voltaje.

A.2 Manual(es) de usuario

La máquina se encuentra embalada en una maleta, por lo que es necesario abrirla para iniciar las pruebas. Dentro se encuentran dos paneles uno de lectura con el LCD y manipulación con los dos botones de inicio y continuación, además del interruptor.

El otro panel cuenta con el conector de la tarjeta de varistores y un lagarto para la línea común de pruebas. Tiene un enchufe para la red de 110V. Pasos a seguir:

- Primero conecte la máquina a 110V.
- Segundo conecte la tarjeta de varistores y el lagarto.
- Tercero inicie la prueba con el botón: INICIO.

La prueba tiene un botón de CONTINUAR en caso de que la tarjeta tenga un error, así tras anotar el número de varistor y tipo de error pueda terminar la prueba.

Después se puede realizar otra prueba con más tarjetas o la misma incluso, con solo presionar INICIO.

Recomendaciones para la utilización de la máquina:

- ✓ Utilizar siempre conexión eléctrica de 110V.
- ✓ No permitir que cualquier persona utilice la máquina por cuestiones de seguridad física del usuario, dado que esta provoca descargas eléctricas de alta peligrosidad para los humanos.
- ✓ Colocar la máquina sobre una superficie estable para evitar que esta se dañe o desconecte internamente, ya sea por golpes o esfuerzos al cableado.
- ✓ A pesar de estar protegida con materiales resistentes evitar el contacto con lluvia u otras condiciones externas que provoque daños a los componentes electrónicos utilizados.

A.3 Protocolos de medición

Se realizaron las pruebas de medición y calibración descritas a continuación:

Valores de tensión utilizados en la máquina, múltiples, como se resume en la tabla A.1:

Tabla A.1. Tensiones de la máquina

Componente	Tensiones	Error
Transformador principal	20VAC	-
NTE931	5V	-
LM317T	5.6V	-
LM7812	12V	-
Puente de diodos	26V	-
Triplicador de - a + alto voltaje	1000V	-
Triplicador de - alto voltaje a Común, con varistor en buen estado	600V - 650V	Abierto, Aísle
Triplicador de - alto voltaje a Común, con varistor en mal estado	Valor > 650V	Abierto, Aísle
Triplicador de - alto voltaje a Común, con varistor en buen estado	320V	Corto, Aísle
Triplicador de - alto voltaje a Común, con varistor en mal estado	Valor > 320V	Corto, Aísle

Para la fijación de corrientes y tensiones de prueba proceder como sigue:

- **Detección de Cortocircuito:**

- Realizar un cortocircuito en el primer varistor de la tarjeta de protección y presionar el botón Continuar.
- Sino se detecta la falla, el sistema está dañado y se debe reparar; si la detecta continuar con el siguiente paso.
- Sustituir el corto por una resistencia de $2M\Omega$. Presionar el botón Continuar.
- Sino se detecta corto se debe aumentar el valor del potenciómetro de la figura 5.4.
- Repetir el paso e, hasta detectar la falla y con continuar con el siguiente paso.
- Sustituir la resistencia de $2M\Omega$ por una de $2.2M\Omega$ y presionar el botón Continuar.
- Si se detecta corto se debe disminuir el valor del potenciómetro de la figura 5.4, sino se detecta la falla entonces ya está calibrada la prueba.

- **Detección de Circuito Abierto:**

- a. Desoldar el primer varistor de la tarjeta de protección y presionar el botón Continuar.
- b. Sino se detecta la falla, el sistema está dañado y se debe reparar; si la detecta continuar con el siguiente paso.
- c. Sustituir el varistor con una resistencia de $2.2M\Omega$ y presionar el botón Continuar.
- d. Si se detecta la falla entonces ya está calibrada la prueba, de lo contrario realizar el siguiente paso.
- e. Aumentar el valor del potenciómetro de la figura 5.5 y presionar el botón Continuar.
- f. Sustituir la resistencia de $2.2M\Omega$ con un varistor en buen estado y presionar el botón Continuar.
- g. Sino se detecta la falla, entonces ya está calibrada la prueba, de lo contrario pasar al siguiente paso.
- h. Disminuir el valor del potenciómetro de la figura 5.5, presionar el botón Continuar y repetir desde el paso e hasta que no se detecte el abierto.

- **Detección de Aislamiento:**

- a. Colocar una resistencia de $10K\Omega$ entre los varistores 1 y 2, una de $20K\Omega$ entre los varistores 4 y 5, retirar el potenciómetro de la figura 5.6 y presionar el botón Continuar.
- b. Sino se detecta la falla, el sistema está dañado y se debe reparar; si la detecta continuar con el siguiente paso.
- c. Colocar el potenciómetro y presionar el botón Continuar.
- d. Si se detecta la falla en los varistores 4 y 5 se debe disminuir el valor del potenciómetro y presionar Continuar, de lo contrario pasar al siguiente paso.
- e. Reiniciar la prueba, si se detecta aislamiento entre varistores 1 y 2, entonces ya está calibrada la prueba, de lo contrario se debe aumentar el valor del potenciómetro y regresar al paso d.

A.4 Datos referentes al PIC18F4550

La tabla A.2 ilustra los números de puerto y la acción que realiza del PIC.

Tabla A.2. Número de puerto del PIC18F4550 utilizado y su acción

Puerto	#	Tarea	Especificación
A	0	RS LCD	Control del LCD
	1	EN LCD	
	2	RW LCD	
	3	Señal de activación del Alto Voltaje	
B	0	Falla de Cortocircuito	0 = no hay errores, 1 = error
	1	Falla de Aislamiento	
	2	Falla de Circuito abierto	
	3	Botón de continuar	
D	4 - 7	D4, 5, 6, 7	Datos del LCD
	0 - 3	QA, B, C, D	Salidas del multiplexor
	4 - 5	M1.1, 2	Selección del primer multiplexor
	6 - 7	M2.1, 2	Selección del segundo multiplexor
MASTER CLEAR	-	Botón inicio	Entrada de control

Las instrucciones principales, programadas en código *c-18* son:

1. Configuración básica:

```
#include <p18F4550.h> //Elección del PIC
#include "hardware.h" //Configuración del PIC
#include "xlcd.h" //Configuración del LCD
#include <delays.h> //Librería de Pausa en ms para un reloj de 4MHZ
#include <stdlib.h> //Librería de Conversiones
```

2. Subrutina de inicialización del PIC:

```
void inicio(void){

// Configuración de reloj 4MHz interno
OSCCON = 0b11100011;

// Configuración de puerto y limpieza de puerto (ceros)
    TRISA = 0x00; // Configuro puerto A de salidas
    TRISB = 0x0F; // Configuro puerto B de salidas y entradas
    TRISC = 0x00; // Configuro puerto C de salidas
    TRISD = 0x00; // Configuro puerto D para control del multiplexor
    LATA = 0x00; // Escribo puerto A
    LATB = 0x00; // Escribo puerto B
    LATC = 0x00; // Escribo puerto C
    LATD = 0x00; // Escribo puerto D

// Configuración de señales de control
    Control1Tris = 0; // Configuro puerto E.0 como control 1
```

```

Control1Pin = 0;           // Apago control 1
Control2Tris = 0 ;       // Configuro puerto E.1 como control 2
Control2Pin = 0;         // Apago control 2
Control3Tris = 0;       // Configuro puerto E.2 como control 3
Control3Pin = 0;         // Apago control 3
AltoTris = 0;           // Configuro puerto A.3 como alto
AltoPin = 1;            // Activo señal de alto para la potencia de la máquina
i = 1;                   // Inicio contador en 1
mux = 0b00000000;       // Reseteo los multiplexores
LATD = mux;             // Pongo el valor de mux en el puerto D
delay_ms(20);           // Espero 20ms para medir con el osciloscopio

// Inicialización de LCD
OpenXLCD(FOUR_BIT & LINES_5X7);
comandXLCD(0x06);        // Incremento de dirección con display fijo
comandXLCD(0x0C);        // Enciendo LCD
comandXLCD(0x01);        // Borro pantalla y vuelvo al origen (0,0)
putsXLCD(" I C E ");    // Pregunto por la tarjeta
gotoxyXLCD(1,2);         // Paso a la línea 2
putsXLCD("Máquina de pruebas"); // Continúo el saludo
gotoxyXLCD(1,3);
putsXLCD("para tarjetas de ");
gotoxyXLCD(1,4);
putsXLCD("protección de IMAP");
Delay10KTCYx(200);
}

```

3. Subrutina del botón Continuar:

```

unsigned char BOTONContinuar(void){
  if(PORTBbits.RB3==0){
    delay_ms(10);
    return 1;
  }
  else { return 0; }
}

```

4. Programa principal:

```

void main(void){
  inicio();               // Inicialización
  while(1){              // Ciclo infinito
    mux = 0b00010000;    // Inicio variable mux con valor 16, relé #1
  do}while(BOTONContinuar()==0); // Espero al botón
    for(i=1;i<=64;++i){ // Ciclo para 64 varistores
      LATD = mux;        // Envío valor del relé a los muxes
      AltoPin = 0;       // Activa el alto voltaje
      // Imprimo "Varistor: #" y el "Estado:"
      Control1Pin = 1;   // Envío señal de Control #1
      delay_ms(20);      // Espero 20ms
      Control1Pin = 0;   // Apago señal de Control #1
      Control2Pin = 1;   // Envío señal de Control #2
      delay_ms(20);      // Espero 20ms
    }
  }
}

```

```

if (PORTBbits.RB0 == 1){          //Pregunto: corto
    AltoPin = 1;                 //Desactivo el alto voltaje
    Control2Pin = 0;             // Apago señal de Control #2
// Imprimo "Cortocircuito"
do{}while(BOTONContinuar()==0);
}
else{
    Control2Pin = 0;             // Apago señal de Control #2
    Control3Pin = 1; // Envío señal de Control #3
    delay_ms(20);                // Espero 20ms
    if (PORTBbits.RB1 == 1){      //Pregunto: abierto
        AltoPin = 1;
        Control3Pin = 0;         // Apago señal de Control #3
        // Imprimo "Circuito Abierto"
        do{}while(BOTONContinuar()==0);
    }
    else{
        Control3Pin = 0;         //Apago señal de Control #3
        if (PORTBbits.RB2 == 1){ //Pregunto: aislamiento
            AltoPin = 1;
            // Imprimo "Circuito Aislado"
            do{}while(BOTONContinuar()==0);
        }
        else{
            AltoPin = 1;         // Desactiva el alto voltaje
            // Imprimo "Bueno"
        }
    }
}

}

}

if(mux == 0b00101111){
    mux=0b00111111;
}
if(mux == 0b01001111){
    mux=0b01111111;
}
if(mux == 0b10001111){
    AltoPin = 1;
    mux=0b00000000;
    LATD = mux;
    delay_ms(2000);
    comandXLCD(0x01);
    putsXLCD("Fin de prueba");
    gotoxyXLCD(1,2);
    putsXLCD("Para realizar una");
    gotoxyXLCD(1,3);
    putsXLCD("prueba nueva oprima");
    gotoxyXLCD(1,4);
    putsXLCD("el boton: Reinicio");
}
mux = mux + 1;
}
}
}

```

La tabla A.3 muestra el control del PIC, donde las salidas 1, 2, 3 y 4 controlan los multiplexores y A, B, C y D las salidas de selección de los varistores. Los datos se muestran en números binarios.

Tabla A.3. Control de selección de varistores

Varistor	1	2	3	4	A	B	C	D	Varistor	1	2	3	4	A	B	C	D
1	0	0	0	1	0	0	0	0	33	0	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	1	34	0	1	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	1	0	0	1	0	35	0	1	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	1	0	0	1	1	36	0	1	0	0	0	0	1	1
5	0	0	0	1	0	1	0	0	37	0	1	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	1	0	1	0	1	38	0	1	0	0	0	1	0	1
7	0	0	0	1	0	1	1	0	39	0	1	0	0	0	1	1	0
8	0	0	0	1	0	1	1	1	40	0	1	0	0	0	1	1	1
9	0	0	0	1	1	0	0	0	41	0	1	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	1	1	0	0	1	42	0	1	0	0	1	0	0	1
11	0	0	0	1	1	0	1	0	43	0	1	0	0	1	0	1	0
12	0	0	0	1	1	0	1	1	44	0	1	0	0	1	0	1	1
13	0	0	0	1	1	1	0	0	45	0	1	0	0	1	1	0	0
14	0	0	0	1	1	1	0	1	46	0	1	0	0	1	1	0	1
15	0	0	0	1	1	1	1	0	47	0	1	0	0	1	1	1	0
16	0	0	0	1	1	1	1	1	48	0	1	0	0	1	1	1	1
17	0	0	1	0	0	0	0	0	49	1	0	0	1	0	0	0	0
18	0	0	1	0	0	0	0	1	50	1	0	0	1	0	0	0	1
19	0	0	1	0	0	0	1	0	51	1	0	0	1	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0	0	1	1	52	1	0	0	1	0	0	1	1
21	0	0	1	0	0	1	0	0	53	1	0	0	1	0	1	0	0
22	0	0	1	0	0	1	0	1	54	1	0	0	1	0	1	0	1
23	0	0	1	0	0	1	1	0	55	1	0	0	1	0	1	1	0
24	0	0	1	0	0	1	1	1	56	1	0	0	1	0	1	1	1
25	0	0	1	0	1	0	0	0	57	1	0	0	1	1	0	0	0
26	0	0	1	0	1	0	0	1	58	1	0	0	1	1	0	0	1
27	0	0	1	0	1	0	1	0	59	1	0	0	1	1	0	1	0
28	0	0	1	0	1	0	1	1	60	1	0	0	1	1	0	1	1
29	0	0	1	0	1	1	0	0	61	1	0	0	1	1	1	0	0
30	0	0	1	0	1	1	0	1	62	1	0	0	1	1	1	0	1
31	0	0	1	0	1	1	1	0	63	1	0	0	1	1	1	1	0
32	0	0	1	0	1	1	1	1	64	1	0	0	1	1	1	1	1

A.5 Información sobre el ICE

Nombre de la empresa: Instituto Costarricense de Electricidad.

Ubicación: San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Actividad(es) principal(es): generación de electricidad y comunicaciones eléctricas del país.

Número aproximado de empleados: 12.

Departamento: Laboratorio de comunicaciones digitales.

A.5.1 Descripción del Laboratorio Digital

El crecimiento industrial y tecnológico que experimentó el país a partir de 1985, puso en evidencia la necesidad de modificar el sistema de telecomunicaciones por uno que permitiera mayor dinamismo y la integración de nuevos servicios. Fue así como en ese año la Institución sustituyó el sistema analógico de la central ubicada en San Pedro por uno digital.

Esta modernización de los sistemas permitió brindar mayor rapidez en las comunicaciones, así como la incorporación de nuevos servicios como correo de voz, llamada en espera, desviación de llamadas y teléfono despertador; de esa manera la población dispuso de una mayor efectividad en las telecomunicaciones.

El servicio de telefonía celular comenzó con tecnología analógica en el año 1994. Sin embargo, debido a sus limitaciones, ICE modernizó el sistema con uno de la tecnología digital conocida como *TDMA* y, posteriormente, incorporó la tecnología *GSM*.

Con la llegada de estas dos tecnologías se pudo ofrecer servicios de valor agregado como mensajes de voz, transferencia de llamadas, llamada en espera, identificación de llamada, mensajes de texto. Adicionalmente, el sistema *GSM* facilitó el “*roaming*” internacional y el acceso a Internet, entre otros.

Por otra parte, una robusta red *IP* de última tecnología e interconexión internacional, tanto por el océano Pacífico como por el Atlántico con tres cables submarinos, garantizan una redundancia en las comunicaciones internacionales.

Además, redes adicionales de acceso le permiten al ICE ofrecer conectividad para servicios con velocidades desde los 6Mbps hasta 1Gbps, lo que garantiza que cualquier servicio desarrollado en la red *IP* pueda tener el ancho de banda y la calidad requeridos para su funcionamiento, y a la vez permite a los clientes disfrutar de diferentes servicios en una misma infraestructura de acceso.

A partir del año 2009, el ICE dispuso ampliar su cartera de servicios; con la introducción en el país de la tecnología móvil *3G (UMTS)*, de plataformas para IPTV y para *VoIP* (televisión y voz sobre el protocolo de Internet), que le permiten incursionar como un operador *Triple Play*, es decir, envío instantáneo de voz, datos y video.

ANEXOS

B.1 Hojas de datos utilizadas

1. Capacitor del triplicador de tensión:

MKP 10 10% 630V 0,47uF WIMA
Foil Capacitor PP 11x21x31,5 RM27,5

Detail	Specifications
Tolerance	10 %
Voltage DC	630 VDC
Dimensions	11x21x31,5mm
Capacitance	0.47 uF
Temperature Min	-55 °C
Temperature Max	100 °C
Pitch	27.5 mm
Terminal	Radial
Dielectric	PP

2. Comparador LM324:

LM124/LM224/LM324/LM2902

Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four 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 LM124 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.

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

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

Features

- 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 (700 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to $V^+ - 1.5V$

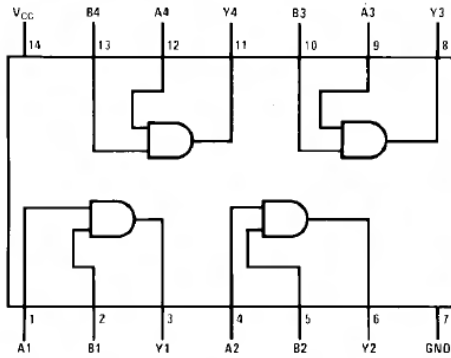
3. Compuerta AND:

DM74LS08 Quad 2-Input AND Gates

General Description

This device contains four independent gates each of which performs the logic AND function.

Connection Diagram



Function Table

$Y = AB$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

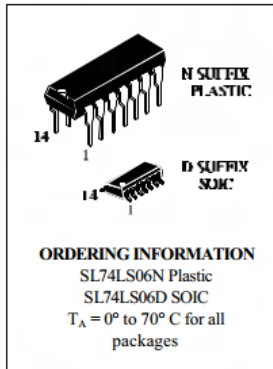
H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level

4. Compuerta INVERSOR:

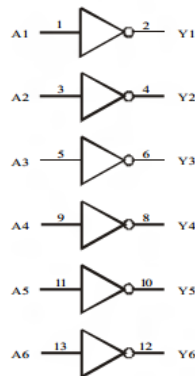
Hex Inverted Buffers with Open-Collector Outputs

This device contains hex inverted buffers with open-collector. It performs the Boolean function $Y=A$ in positive Logic.

- High Output Voltage (30 V)
- High Speed ($t_{PD} = 8.5$ ns typical)
- Low Power Dissipation ($P_D = 18$ mW per Gate)



LOGIC DIAGRAM



PIN 14 = V_{CC}
PIN 7 = GND

PIN ASSIGNMENT



FUNCTION TABLE

Inputs	Output
A	Y
H	L
L	H

5. Compuerta FLIP-FLOP:

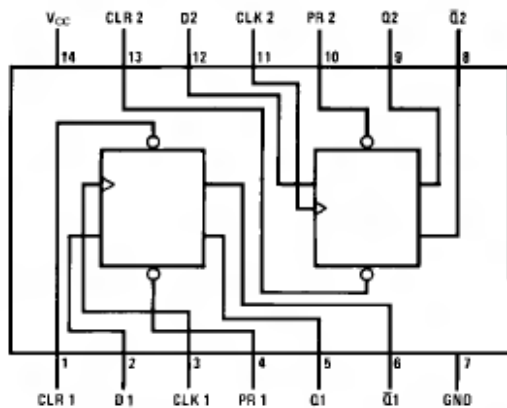
DM74LS74A

Dual Positive-Edge-Triggered D Flip-Flops with Preset, Clear and Complementary Outputs

General Description

This device contains two independent positive-edge-triggered D flip-flops with complementary outputs. The information on the D input is accepted by the flip-flops on the positive going edge of the clock pulse. The triggering occurs at a voltage level and is not directly related to the transition time of the rising edge of the clock. The data on the D input may be changed while the clock is LOW or HIGH without affecting the outputs as long as the data setup and hold times are not violated. A low logic level on the preset or clear inputs will set or reset the outputs regardless of the logic levels of the other inputs.

Connection Diagram



Function Table

Inputs				Outputs	
PR	CLR	CLK	D	Q	\bar{Q}
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H (Note 1)	H (Note 1)
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	Q ₀	\bar{Q}_0

H – HIGH Logic Level
 X – Either LOW or HIGH Logic Level
 L – LOW Logic Level
 ↑ – Positive-going Transition
 Q₀ – The output logic level of Q before the indicated input conditions were established.

Note 1: This configuration is nonstable; that is, it will not persist when either the preset and/or clear inputs return to their inactive (HIGH) level.

6. Diodo 1N4007 del triplicador de tensión:

1N4001 - 1N4007 General Purpose Rectifiers

Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.



Absolute Maximum Ratings * T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V _{RRM}	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
I _{F(AV)}	Average Rectified Forward Current .375" lead length @ T _A = 75°C	1.0							A
I _{FSM}	Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms Single Half-Sine-Wave	30							A
I ² t	Rating for Fusing (t < 8.3ms)	3.7							A ² sec
T _{STG}	Storage Temperature Range	-55 to +175							°C
T _J	Operating Junction Temperature	-55 to +175							°C

7. Generador de onda LM555 y operación utilizada, astable:

LM555/LM555C Timer

General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output

Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in *Figure 4* (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a multivibrator. The external capacitor charges through $R_A + R_B$ and discharges through R_B . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

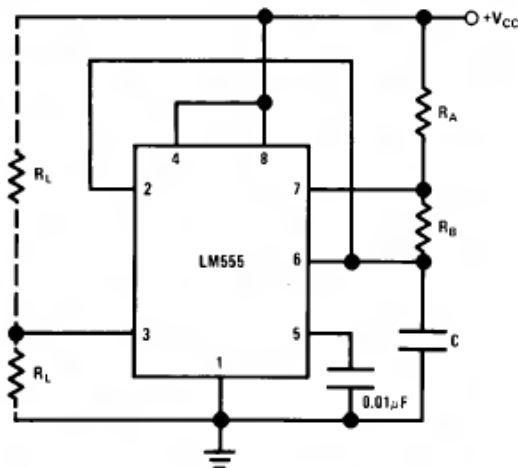


FIGURE 4. Astable

TL/H/7851-8

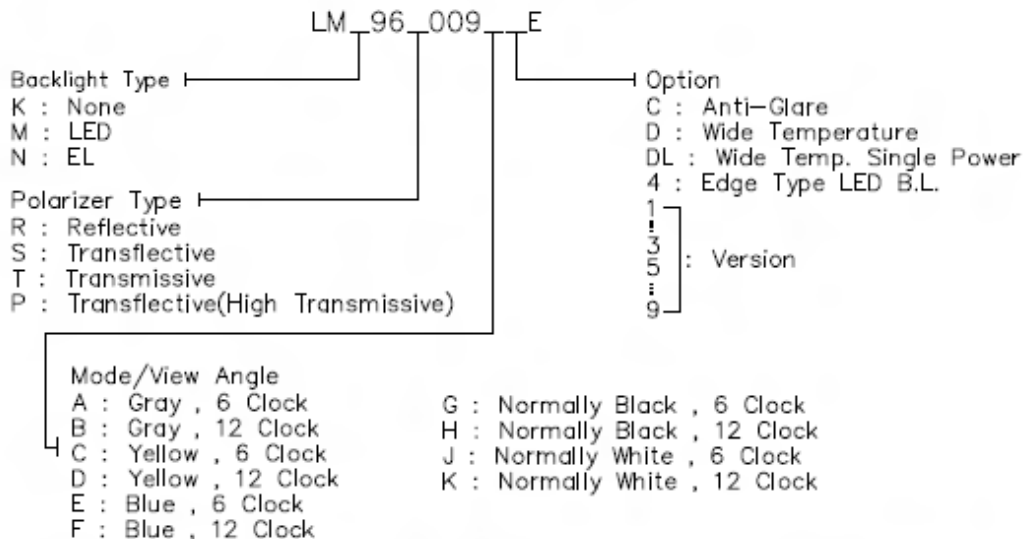
8. LCD LMM96R009C4E:

NAN YA PLASTICS CORP. ELEC. MATERIALS DIV. LCD DEPARTMENT	SPECIFICATION	SPEC. NO. : LM009-0 DATE : Sep. 12, 1997 SHEET NO. : 2/20
---	---------------	---

1. MECHANICAL DATA

(1) Product No.	LM_96_009_E
(2) Module Size	98.0 (W)mm x 60.0 (H)mm x MAX14.5 (D)mm (ARRAY TYPE LED B.L.) 98.0 (W)mm x 60.0 (H)mm x MAX12.5 (D)mm (EDGE TYPE LED B.L.) 98.0 (W)mm x 60.0 (H)mm x MAX9.5 (D)mm (W/O,EL B.L.)
(3) Dot Size	0.55 (W)mm x 0.55 (H)mm
(4) Dot Pitch	0.6 (W)mm x 0.6 (H)mm
(5) Number of Characters	20 (W) x 4 (H)Characters
(6) Character Format	5 (W) x 8 (H)Dots
(7) Duty	1/16
(8) LCD Display Mode	STN: <input type="checkbox"/> Gray Mode <input type="checkbox"/> Yellow Mode <input type="checkbox"/> Blue Mode FSTN: <input type="checkbox"/> Black and White(Normal White/Positive Image) <input type="checkbox"/> Black and White(Normal Black/Negative Image)
(9) Viewing Direction	Rear Polarizer: <input type="checkbox"/> Reflective <input type="checkbox"/> Transflective <input type="checkbox"/> Transmissive <input type="checkbox"/> 6 O'clock <input type="checkbox"/> 12 O'clock <input type="checkbox"/> ___O'clock
(10) Backlight	<input type="checkbox"/> W/O <input type="checkbox"/> LED <input type="checkbox"/> EL <input type="checkbox"/> EDGE TYPE LED
(11) Weight	W/O B/L: 53.5 g EL B/L: 56.0 g ARRAY TYPE LED B/L: 72.5 g EDGE TYPE LED B/L: 64.5 g

Note :



9. Microcontrolador PIC18F4550:



MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1 Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, Peripherals on
- Idle: CPU off, Peripherals on
- Sleep: CPU off, Peripherals off
- Idle mode Currents Down to 5.8 μ A Typical
- Sleep mode Currents Down to 0.1 μ A Typical
- Timer1 Oscillator: 1.1 μ A Typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A Typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, Up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
 - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator Options allow Microcontroller and USB module to Run at Different Clock Speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns ($T_{cy}/16$)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (T_{cy})
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module Supporting 3-Wire SPI (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-Bit, Up to 13-Channel Analog-to-Digital Converter (A/D) module with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

Special Microcontroller Features:

- C Compiler Optimized Architecture with Optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory Typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory Typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 Years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) via Two Pins
- Optional Dedicated ICD/ICSP Port (44-pin, TQFP package only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EUSART	Comparators	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

10. Optoacoplador FODM124:

FODM121 Series, FODM124, FODM2701 Series, FODM2705 4-Pin Full Pitch Mini-Flat Package Transistor Output Optocouplers

Features

- >5mm creepage/clearance
 - Compact 4-pin surface mount package (2.4mm maximum standoff height)
 - Current Transfer Ratio in selected groups
- DC Input:
- | | |
|--------------------|---------------------|
| FODM121: 50–600% | FODM2701: 50–300% |
| FODM121A: 100–300% | FODM2701A: 150–300% |
| FODM121B: 50–150% | FODM2701B: 80–160% |
| FODM121C: 100–200% | FODM124: 100% MIN |
| FODM121D: 50–100% | |
| FODM121E: 150–300% | |
| FODM121F: 100–600% | |
| FODM121G: 200–400% | |
- AC Input:
- FODM2705: 50–300%
- Available in tape and reel quantities of 500 and 2500
 - Applicable to Infrared Ray reflow (260°C max, 10 seconds)
 - C-UL, UL and VDE* certifications

*option 'V' required

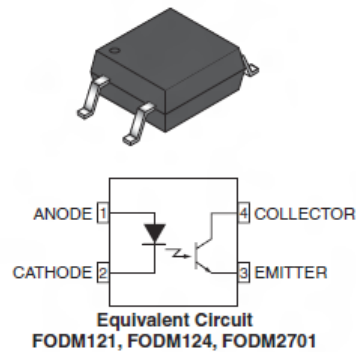
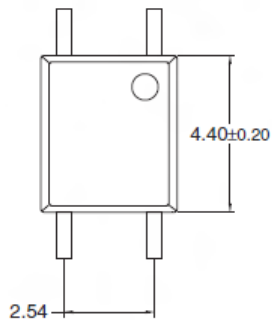
Applications

- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs
- Power supply monitor
- Twisted pair line receiver
- Telephone line receiver

Description

The FODM124, FODM121, and FODM2701 series consists of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a phototransistor in a compact 4-pin mini-flat package. The lead pitch is 2.54 mm. The FODM2705 series consists of two gallium arsenide infrared emitting diodes connected in inverse parallel for AC operation.

Package Dimensions



Electrical Characteristics (T_A = 25°C)

Individual Component Characteristics

Symbol	Parameter	Test Conditions	Device	Min.	Typ.*	Max.	Unit
EMITTER							
V _F	Forward Voltage	I _F = 10mA	FODM121 Series FODM124	1.0		1.3	V
		I _F = 5mA	FODM2701 Series			1.4	
		I _F = ±5mA	FODM2705				
I _R	Reverse Current	V _R = 5V	FODM2701 Series			5	μA
			FODM121 Series				
			FODM124				
DETECTOR							
BV _{CEO}	Breakdown Voltage Collector to Emitter	I _C = 1mA, I _F = 0	FODM121 Series FODM124	80			V
			FODM2701 Series FODM2705	40			
BV _{Eco}	Emitter to Collector	I _E = 100μA, I _F = 0	All	7		–	V
I _{CEO}	Collector Dark Current	V _{CE} = 40V, I _F = 0	All			100	nA
C _{CE}	Capacitance	V _{CE} = 0V, f = 1MHz	All		10		pF

11. Reguladores:

LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator

General Description

The LM117 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 1.5A over a 1.2V to 37V output range. They are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, both line and load regulation are better than standard fixed regulators. Also, the LM117 is packaged in standard transistor packages which are easily mounted and handled.

In addition to higher performance than fixed regulators, the LM117 series offers full overload protection available only in IC's. Included on the chip are current limit, thermal overload protection and safe area protection. All overload protection circuitry remains fully functional even if the adjustment terminal is disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The adjustment terminal can be bypassed to achieve very high ripple rejection ratios which are difficult to achieve with standard 3-terminal regulators.

Besides replacing fixed regulators, the LM117 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential volt-

age, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., avoid short-circuiting the output.

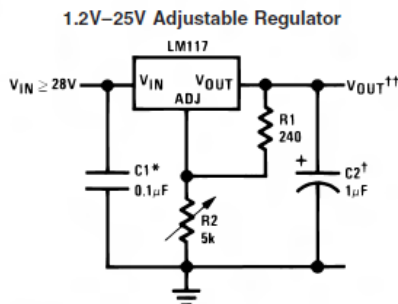
Also, it makes an especially simple adjustable switching regulator, a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment pin and output, the LM117 can be used as a precision current regulator. Supplies with electronic shutdown can be achieved by clamping the adjustment terminal to ground which programs the output to 1.2V where most loads draw little current.

For applications requiring greater output current, see LM150 series (3A) and LM138 series (5A) data sheets. For the negative complement, see LM137 series data sheet.

Features

- Guaranteed 1% output voltage tolerance (LM317A)
- Guaranteed max. 0.01%/V line regulation (LM317A)
- Guaranteed max. 0.3% load regulation (LM117)
- Guaranteed 1.5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Current limit constant with temperature
- P+ Product Enhancement tested
- 80 dB ripple rejection
- Output is short-circuit protected

Typical Applications



LM117 Series Packages

Part Number Suffix	Package	Design Load Current
K	TO-3	1.5A
H	TO-39	0.5A
T	TO-220	1.5A
E	LCC	0.5A
S	TO-263	1.5A
EMP	SOT-223	1A
MDT	TO-252	0.5A

Electrical Characteristics (Note 3)

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with **boldface type** apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} - V_{OUT} = 5\text{V}$, and $I_{OUT} = 10\text{mA}$.

Parameter	Conditions	LM117 (Note 2)			Units	
		Min	Typ	Max		
Reference Voltage					V	
	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$, $10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$, $P \leq P_{MAX}$	1.20	1.25	1.30	V	
Line Regulation	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$ (Note 4)		0.01	0.02	%/V	
			0.02	0.05	%/V	
Load Regulation	$10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$ (Note 4)		0.1	0.3	%	
			0.3	1	%	
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.03	0.07	%/W	
Adjustment Pin Current			50	100	μA	
Adjustment Pin Current Change	$10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$ $3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$		0.2	5	μA	
Temperature Stability	$T_{MIN} \leq T_J \leq T_{MAX}$		1		%	
Minimum Load Current	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 40\text{V}$		3.5	5	mA	
Current Limit	$(V_{IN} - V_{OUT}) \leq 15\text{V}$	K Package	1.5	2.2	3.4	A
		H Package	0.5	0.8	1.8	A
	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 40\text{V}$	K Package	0.3	0.4		A
		H Package	0.15	0.2		A

LM140A/LM140/LM340A/LM340/LM7800C Series 3-Terminal Positive Regulators

General Description

The LM140A/LM140/LM340A/LM340/LM7800C monolithic 3-terminal positive voltage regulators employ internal current-limiting, thermal shutdown and safe-area compensation, making them essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1.0A output current. They are intended as fixed voltage regulators in a wide range of applications including local (on-card) regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. In addition to use as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents.

Considerable effort was expended to make the entire series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

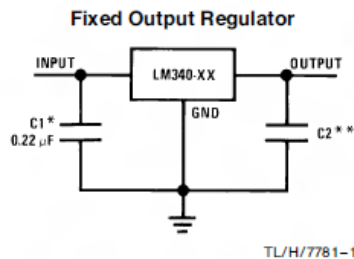
The 5V, 12V, and 15V regulator options are available in the steel TO-3 power package. The LM340A/LM340/LM7800C series is available in the TO-220 plastic power package, and the LM7805 and LM7812 are also available in the surface-mount TO-263 package.

Features

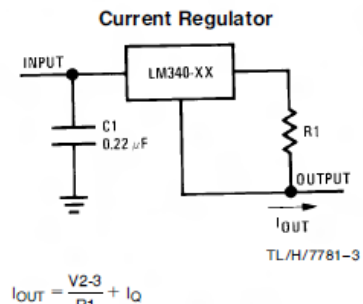
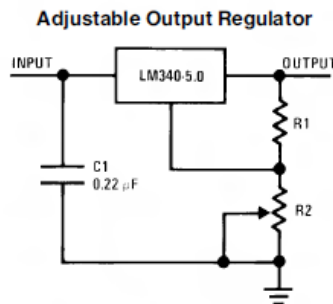
- Complete specifications at 1A load
- Output voltage tolerances of $\pm 2\%$ at $T_J = 25^\circ\text{C}$ and $\pm 4\%$ over the temperature range (LM140A/LM340A)
- Line regulation of 0.01% of V_{OUT}/V of ΔV_{IN} at 1A load (LM140A/LM340A)
- Load regulation of 0.3% of V_{OUT}/A (LM140A/LM340A)
- Internal thermal overload protection
- Internal short-circuit current limit
- Output transistor safe area protection
- P+ Product Enhancement tested

Device	Output Voltages	Packages
LM140A/LM140	5, 12, 15	TO-3 (K)
LM340A/LM340	5, 12, 15	TO-3 (K), TO-220 (T)
LM7800C	5, 6, 8, 12, 15, 18, 24	TO-220 (T), TO-263 (S) (5V and 12V only)

Typical Applications



*Required if the regulator is located far from the power supply filter.



Electrical Characteristics

$I_{OUT} = 1A$, $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ (LM140A), or $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$ (LM340A) unless otherwise specified (Note 4)

Symbol	Output Voltage		5V			12V			15V			Units
	Input Voltage (unless otherwise noted)		10V			19V			23V			
	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$	4.9	5	5.1	11.75	12	12.25	14.7	15	15.3	V
		$P_D \leq 15W$, $5\text{ mA} \leq I_O \leq 1A$	4.8		5.2	11.5		12.5	14.4		15.6	V
		$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$	(7.5 $\leq V_{IN} \leq 20$)				(14.8 $\leq V_{IN} \leq 27$)			(17.9 $\leq V_{IN} \leq 30$)		
ΔV_O	Line Regulation	$I_O = 500\text{ mA}$ ΔV_{IN}	10			18			22			mV
			(7.5 $\leq V_{IN} \leq 20$)			(14.8 $\leq V_{IN} \leq 27$)			(17.9 $\leq V_{IN} \leq 30$)			V
		$T_J = 25^\circ\text{C}$ ΔV_{IN}	3 10			4 18			4 22			mV
			(7.5 $\leq V_{IN} \leq 20$)			(14.5 $\leq V_{IN} \leq 27$)			(17.5 $\leq V_{IN} \leq 30$)			V
ΔV_O	Load Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $5\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5A$ $250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$	10 25			12 32			12 35			mV
			15			19			21			mV
		Over Temperature, $5\text{ mA} \leq I_O \leq 1A$	25			60			75			mV
I_Q	Quiescent Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$	6			6			6			mA
		Over Temperature	6.5			6.5			6.5			mA

NTE931

Integrated Circuit

3-Terminal Positive Voltage Regulator

5V, 3A

Description:

The NTE931 is a 3-terminal fixed positive voltage regulator in a TO3 type package capable of driving loads up to 3A. New circuit design and processing techniques are used to provide the high output current without sacrificing the regulation characteristics of lower current devices.

This device is virtually blowout proof. Current limiting and thermal shutdown provide a high level of reliability. No external components are required for operation of the NTE931, however, if the device is more than 4 inches from the filter capacitor a 1 μ F solid tantalum capacitor should be used on the input. A 0.1 μ F or larger capacitor may be used on the output to reduce load transient spikes created by fast switching digital logic, or to swamp out stray load capacitance.

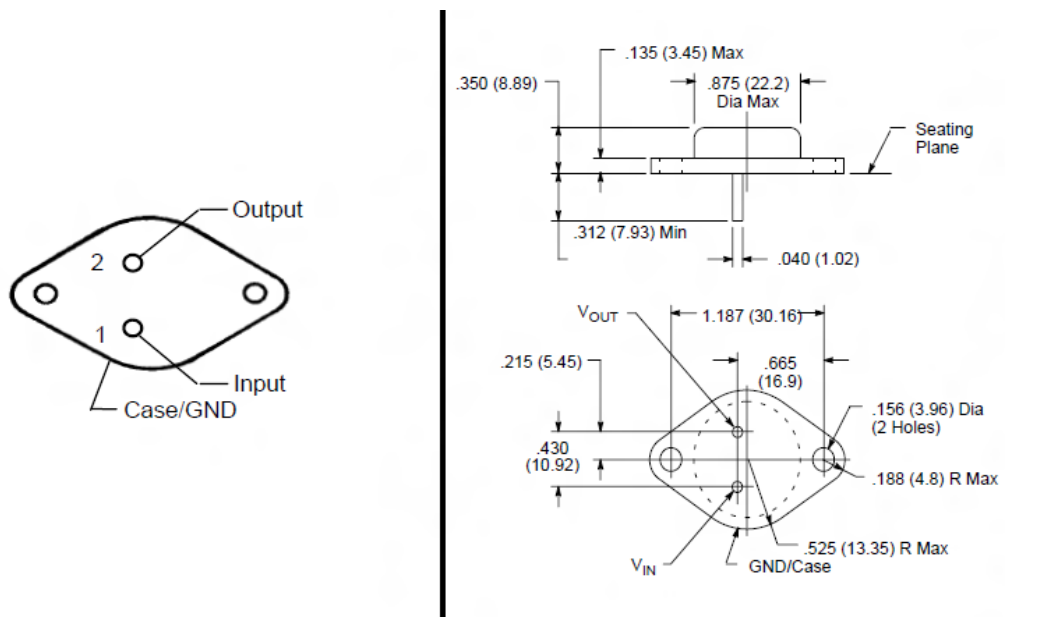
An overall worst case specification for the combined effects of input voltage, load current, ambient temperature, and power dissipation ensures that the NTE931 will perform satisfactory as a system element.

Features:

- Output Current in Excess of 3A
- Internal Current and Thermal Limiting
- 0.01 Ω Typical Output Impedance
- 7.5 Minimum Input Voltage
- 30W Power Dissipation
- 100% Electrical Burn-In

Absolute Maximum Ratings:

Input Voltage, V_{IN}	20V
Power Dissipation, P_D	Internally Limited
Operating Junction Temperature Range, T_J	0° to +125°C
Storage Temperature Range, T_{stg}	-65° to +150°C
Typical Thermal Resistance, Junction-to-Case (Note 1), R_{thJC}	2°C/W
Lead Temperature (Soldering, 10 sec), T_L	+300°C
Burn-In In Thermal Limit	100%



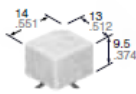
12. Relé Panasonic de 12V:

Panasonic
ideas for life

**MINIATURE,
LOW PROFILE
AUTOMOTIVE RELAY**

CP RELAYS

FEATURES



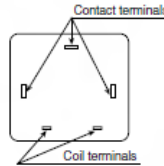
mm inch

- **Low profile**
<Height>
PC board terminal type:
9.5 mm .374 inch
Surface-mount terminal type:
10.5mm .413inch
- **High capacity**
CP Relay provides low profile spacesaving advantages while offering high continuous current of 25 A(1 hour).
- **Sealed construction suitable for harsh environments**
- **Simple footprint pattern enables ease of PC board layout**

- **“PC board terminal” and “Surface mount terminal” types available**
SMD automatic mounting is possible for surface mount terminal types because tube packaging is used.

TYPICAL APPLICATIONS

- Power windows
- Auto door lock
- Power sunroof
- Memory sheet
- Wiper
- Defogger
- Blower fan
- EPS
- ABS etc.



SPECIFICATIONS

Contact

Arrangement	1 Form A	1 Form C	
Contact material	Silver alloy		
Initial contact resistance (By voltage drop 6V DC 1A)	Max. 100 mΩ		
Rating	Nominal switching capacity	20 A 14 V DC	
	Max. switching voltage	16 V DC	
	Max. carrying current	40 A for 2 minutes 30 A for 1 hour (12 V at 20°C 68°F) 35 A for 2 minutes 25 A for 1 hour (12 V at 85°C 185°F)	
	Min. switching capacity*1	1 A 12 V DC	
Expected life (min. operations)	Mechanical (at 120cpm)	10 ⁷	
	Electrical (at 6cpm)	Resistive load	Min. 10 ⁶ *1
		Motor load	Min. 2×10 ⁵ *2
		Lamp load	Min. 10 ⁵ *4

Coil

Nominal operating power	640 mW
-------------------------	--------

#1 This value can change due to the switching frequency, environmental conditions, and desired reliability level, therefore it is recommended to check this with the actual load.

Characteristics

Max. operating speed (at rated load)	6cpm	
Initial insulation resistance*5	Min. 100MΩ (at 500 V DC)	
Initial breakdown voltage*6	Between open contacts	500 Vrms for 1min.
	Between contact and coil	500 Vrms for 1min.
Operate time*7	Max. 10ms (at 20°C 68°F)	
Release time (without diode)*7 (at nominal voltage)	Max. 10ms (at 20°C 68°F)	
Shock resistance	Functional*8	Min. 100 m/s ² {10 G}
	Destructive*9	Min. 1,000 m/s ² {100 G}
Vibration resistance	Functional*10	10 Hz to 100 Hz, Min.44.1 m/s ² {4.5 G}
	Destructive	10 Hz to 500 Hz, Min.44.1 m/s ² {4.5 G}
Conditions in case of operation, transport and storage*11 (Not freezing and condensing at low temperature)	Ambient temp	-40°C to +85°C -40°F to +185°F
	Humidity	5% R.H. to 85% R.H.
Mass	Approx. 4g .14 oz	

Remarks

- *1 At nominal switching capacity, operating frequency: 1s ON, 9s OFF
- *2 N.O.: at 5A (steady), 25A (inrush)/N.C.: at 20A (brake) 14V DC, operating frequency: 0.5s ON, 9.5s OFF
- *3 At 20A 14V DC (Motor lock), operating frequency: 0.5s ON, 9.5s OFF
- *4 N.O.: at 5A (steady), 40A (inrush)14V DC, operating frequency: 1s ON, 14s OFF
- *5 Measurement at same location as "initial breakdown voltage" section
- *6 Detection current: 10mA
- *7 Excluding contact bounce time
- *8 Half-wave pulse of sine wave: 11ms; detection time: 10μs
- *9 Half-wave pulse of sine wave: 6ms
- *10 Detection time: 10μs
- *11 Refer to 6. Conditions for operation, transport and storage mentioned in AMBIENT ENVIRONMENT

13. Transistores: PH2222A y 2SC1172

NPN switching transistor

PH2222A

FEATURES

- High current (max. 600 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

APPLICATIONS

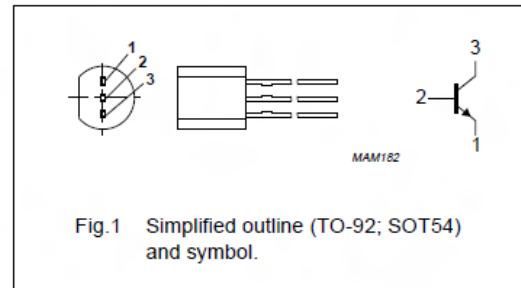
- Switching and linear amplification.

DESCRIPTION

NPN switching transistor in a TO-92; SOT54 plastic package. PNP complement: PH2907A.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector



LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CB0}	collector-base voltage	open emitter	-	75	V
V_{CE0}	collector-emitter voltage	open base	-	40	V
V_{EB0}	emitter-base voltage	open collector	-	6	V
I_C	collector current (DC)		-	600	mA
I_{CM}	peak collector current		-	800	mA
I_{BM}	peak base current		-	200	mA

2SC1172

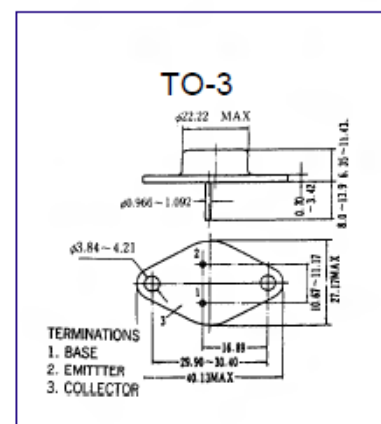
NPN TRIPLE DIFFUSED PLANAR SILICON TRANSISTOR

COLOR TV HORIZONTAL OUTPUT APPLICATIONS (No Damper Diode)

- High Collector-Base Voltage($V_{CB0}=1500V$)
- High Speed Switching

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A=25^{\circ}C$)

Characteristic	Symbol	Rating	Unit
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	1500	V
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	800	V
Emitter-Base voltage	V_{EB0}	6	V
Collector Current (DC)	I_C	5	A
Collector Dissipation ($T_c=25^{\circ}C$)	P_c	50	W
Junction Temperature	T_j	150	$^{\circ}C$
Storage Temperature	T_{stg}	-50~150	$^{\circ}C$



14. Varistor:

Zinc Oxide Varistors



Quality

QUALITY SYSTEM

A high level of performance, quality and service has been achieved in setting up a quality system based on the ISO 9000 standard.

The system includes:

- A quality manual ensuring the proper organization
- Incoming inspection
- Manufacturing process control and final inspection as described on page 35
- Reliability tests according to IEC 68 and CECC 42000 standards as described on page 36
- Continuous improvement programs

APPROVALS

The quality of our products and organization has been recognized by the following approvals:

ISO 9002

Certificate of approval n° 928373

CECC, EN100114-1

Certificate of approval of manufacturer n° 004-96

CECC 42201-005

Qualification approval certificate N° 96-024

All VE/VF types

VDE

Certificate of approval n° 94763E

All VE/VF types with V_{RMS} from 25V to 575V

Underwriters Laboratories, Inc./Canadian Standards Association

• UL 1449 Transient Voltage Surge Suppressors
File E 84108 (S)

• UL 1414 - Across the line components

File 184 051

All types VE/VF with V_{RMS} from 130V to 275V

List GAM T1

Types VB1 (VE09) to VB4 (VE24)

List LNZ 44004

Types EPV-7A (VE09) to EPV-20A (VE24)