

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica



**Planteamiento de un sistema de pruebas para las “Relay Card” en
Teradyne de Costa Rica.**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el
Título de Ingeniera en Electrónica con el Grado Académico de Licenciatura**

Blanca Rosa Navarro Piedra

Cartago, febrero de 2007



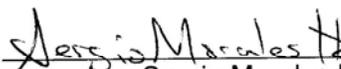
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
TRIBUNAL EVALUADOR

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

Miembros del Tribunal



Ing. Marvin Hernández C.
Profesor lector



Ing. Sergio Morales H.
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, 12 de febrero, 2007

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, 12 de febrero, 2007



Blanca Rosa Navarro Piedra

Céd: 3-0383-0792

Resumen

El presente proyecto dota a la empresa *Teradyne de Costa Rica* de una solución que permite disminuir la alta tasa de devoluciones por concepto de garantía de las tarjetas electrónicas llamadas "Relay Card". Esto debido a que el proceso que realiza diferentes pruebas a dichas tarjetas no es capaz de predecir cuáles relés presentan potenciales fallas en su operación.

Por lo tanto, el desarrollo de este proyecto plantea el diseño de un sistema electrónico que realice otras pruebas, además de las efectuadas actualmente, para ello se realizó un planteamiento de las medidas necesarias mediante una investigación que permita caracterizar y analizar el funcionamiento de los relés, así como obtener un modelo de pruebas para predecir potenciales fallas en la operación.

Palabras claves: Relé; tarjeta de relés; "Hot Switching"; microcontrolador; LabView

Abstract

The present project provides Teradyne *Company in Costa Rica* a solution that allows diminishing the high rate of returns by concept of guarantee of electronic cards called "Relay Card ". Because the process that makes different tests from these cards is not able to predict which relays present potentials faults in their operation.

Therefore, the development of this project focus on designing an electronic system that makes other tests, in addition to the current tests, to do this a research was made that allow to characterize and to analyze the operation of the relays, as well as to obtain a model of tests to predict potentials faults in the operation.

Keywords: Relay; Hot switching; Relay Card; microcontroller; LabView

Dedicatoria

A mis Padres por todo lo que me dan dado.

Agradecimientos

*Al Ing. Rene Cardona y al Ing. Roberto Varela quienes me dieron la oportunidad de realizar mi proyecto de graduación en Teradyne de Costa Rica
A David Vargas y Pablo Chaves por su apoyo.*

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción.....	12
1.1. Problema existente e importancia de su solución	12
1.2 Solución Seleccionada.....	12
1.2.1 Requerimientos	12
Capítulo 2: Meta y Objetivos	15
2.1 Meta:.....	15
2.2 Objetivo General	15
Capítulo 3: Marco teórico	16
3.3 Descripción del sistema por mejorar.....	16
3.1.1 Máquina J750	16
3.2. Antecedentes Bibliográficos.....	22
Capítulo 4: Procedimiento Metodológico.....	29
4.1 Reconocimiento y definición del problema.....	29
4.2 Obtención y análisis de información	35
4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución.....	40
4.4 Implementación de la solución.....	43
Capítulo 5: Descripción detallada de la solución (Explicación del diseño)	45
5.3 Descripción del software.....	54
Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones.....	66
Bibliografía	68
Apéndices.....	70
A.1 Glosario, abreviaturas y simbología	70
A.2 Información sobre la empresa	72
A.2.1 Descripción de la empresa	72
A.2.2 Descripción del Departamento o sección en la que se realiza el proyecto	72
A.3 Diseño del sistema de Pruebas	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Diagrama de bloques de la solución realizada	13
Figura 1.2. Diagrama de flujo de la solución	14
Figura 3.1. Máquina J750.....	17
Figura 3.2. Diagrama de flujo del Proceso de la Máquina J750	19
Figura 3.3. Relay Card	21
Figura 3.4. Símbolo de un Relé.....	22
Figura 4.1. Gráfico de la distribución de fallas en las "Channel Board".....	30
Figura 4.2. Gráfica de la distribución de fallas en las "Relay Cards 239-009-00".	31
Figura 4.3. Gráfica de la distribución de fallas en las Relay Card 239-012-00... ..	32
Figura 4.4. Problemas que presentan los contactos del Relé	34
Figura 4.5. Relay Cards.....	35
Figura 4.6. Conexión de los contactos con el pogo pin	36
Figura 4.7. Conexión de la señal BBPU	37
Figura 4.8. Excepción en los canales.....	38
Figura 4.9. Diagrama de flujo del básico del sistema	42
Figura 4.10. Panel de Control del Usuario.....	43
Figura 5.1. Microcontrolador con decodificadores de canales y relés	46
Figura 5.2. Banco de selección	47
Figura 5.3. Circuito para prueba de Medición de Resistencia Estática del contacto	48
Figura 5.4. Circuito para prueba de medición de resistencia de la bobina	50
Figura 5.5. Circuito de comunicación del puerto	51
Figura 5.6. RS 232	52
Figura 5.7. Circuitos de control de las señales PPMU, BPMU y DUTPIN	53

Figura 5.8. Diagrama de bloques del microcontrolador y los circuitos de medición	54
Figura 5.9. Diagrama de flujo del sincronizador del tiempo de activación del contacto.....	55
Figura 5.10. Diagrama de flujo del cálculo de la resistencia de la bobina	57
Figura 5.11. Diagrama de flujo del cálculo de la resistencia estática del contacto.	58
Figura 5.12. Diagrama de flujo básico del programa receptor de información de microcontrolador.....	60
Figura 5.13. Señales de tensión CD PPMU, DUT y BPMU	61
Figura 5.14. Comunicación Serial de la PC.....	62
Figura 5.15. Interfaz de mediciones e información del sistema (parte a)	63
Figura 5.16. Interfaz de mediciones e información del sistema (parte b)	63
Figura 5.17. Diagrama de flujo del básico del sistema	64
Figura 5.18. Menú de opciones	64
Figura 5.19. Gráfica de Mediciones.....	65
Figura 5.20. Reporte en Excel.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.	Tipos de Tarjetas.....	16
Tabla 3.2.	Clasificación de los contactos en función de la corriente de carga....	26
Tabla 3.3.	Operación de los Relés	28
Tabla 4.1.	Estadística de la distribución de fallas en las "Channel Board".....	29
Tabla 4.2.	Estadística de la distribución de fallas en las Relay Card 239-009-00.	31
Tabla 4.3.	Estadística de la distribución de fallas en las Relay Card 239-012-00	32
Tabla 4.4.	Modos de Fallas	39
Tabla 5.1.	Valores de los componentes del circuito de la figura 5.3.....	48
Tabla 5.2.	Valores de los componentes de la figura 5.7.....	52

Capítulo 1: Introducción

En este capítulo se plantea la solución que permite disminuir la alta tasa de devoluciones por concepto de garantía de las tarjetas electrónicas llamadas “Relay Card”, mediante el diseño de un sistema electrónico que realice otras pruebas adicionales a las existentes.

1.1. Problema existente e importancia de su solución

La empresa *Teradyne de Costa Rica* actualmente presenta una alta tasa de devoluciones por concepto de garantía de las tarjetas electrónicas llamadas “Relay Card”. Esto se debe a que el proceso que realiza diferentes pruebas a dichas tarjetas no es capaz de predecir cuáles relés presentan potenciales fallas en su operación.

El problema es de gran importancia ya que estas tarjetas son devueltas constantemente por los clientes, generando insatisfacción hacia el producto y gastos a la empresa por fallas que no fueron detectadas previamente.

1.2 Solución Seleccionada

1.2.1 Requerimientos

Para el proyecto se realizaron las siguientes tareas:

- Caracterizar el funcionamiento los relés.
- Definición de los límites de operación.
- Obtención de un modelo de prueba que permita predecir fallas en los relés.
- Desarrollar un diseño de un sistema prototipo que permita realizar diferentes pruebas para lograr determinar los relés con problemas de funcionamiento.

A continuación se presenta un diagrama de bloques que resume la solución para este proyecto:

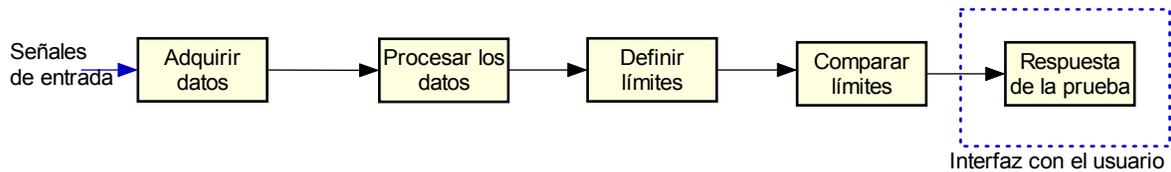


Figura 1.1. Diagrama de bloques de la solución realizada

Lo que se pretende desarrollar según la figura 1.1 es lo siguiente:

- *Adquirir datos:* Este primer bloque es donde se conecta la tarjeta y además recibe las diferentes señales a los relés para obtener información de las diferentes pruebas.
- *Procesar los datos:* Este bloque es el encargado de procesar la información obtenida de la etapa anterior.
- *Definir Límites:* Este bloque se asigna el rango en que los datos pueden oscilar para que pasen las pruebas.
- *Comparar Límites:* Este bloque se realizará por medio de un programa que compara el rango delimitador con el valor obtenido en las pruebas.
- *Respuesta de Prueba:* Este bloque una vez que confronta los valores de los datos va a dar respuesta del resultado de las pruebas que se le aplicaron a la tarjeta de relés.

En el siguiente diagrama de flujo se muestra la secuencia con que se debe desarrollar la solución propuesta:

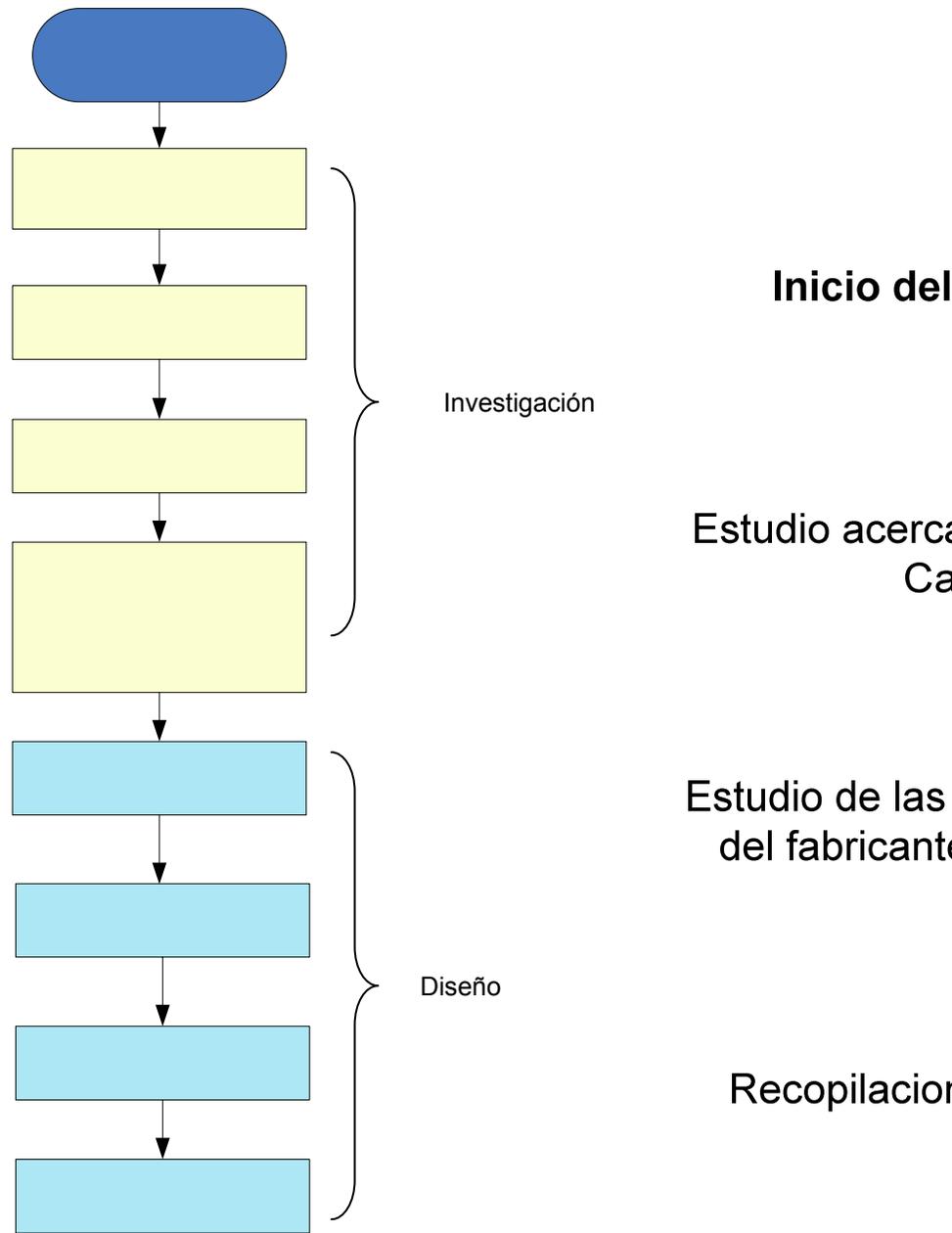


Figura 1.2. Diagrama de flujo de la solución

Para el desarrollo de este proyecto se realizó, inicialmente, un estudio en el cual se determinó tanto el funcionamiento como la caracterización de los dispositivos e información del fabricante en cuanto a pruebas de funcionamiento que se le practican a los relés.

Se solicita in
fabricante co
pruebas que s
los m

Capítulo 2: Meta y Objetivos

2.1 Meta:

- Reducir el porcentaje de rechazo de las "Relay Card" a un valor menor del diez por ciento mediante la solución propuesta en este proyecto.

2.2 Objetivo General

- Plantear el diseño de un sistema que determine cuáles relés de una tarjeta, podrían fallar potencialmente bajo las condiciones nominales de uso.

2.3 Objetivos específicos

- Sintetizar el procedimiento de reparación por medio de una secuencia de pasos.
- Investigar por medio del proveedor, información concerniente a las pruebas en los relés.
- Reconocer las causas que producen el error en el proceso de revisión actual de las tarjetas de relés.
- Diseñar el sistema necesario para incluir en el proceso de pruebas.
- Simular por medio de un lenguaje de programación el diseño del sistema planteado.

Capítulo 3: Marco teórico

3.3 Descripción del sistema por mejorar.

3.1.1 Máquina J750

La máquina denominada J750, que se muestra en la figura 3.1, es un sistema encargado de realizar pruebas funcionales a los diferentes productos de los clientes. Este sistema contiene diferentes tipos de tarjetas a las cuales *Teradyne de Costa Rica* le da mantenimiento. Dentro de los diferentes tipos de tarjeta se encuentran las "Relay Cards", las cuales constituyen el propósito de este proyecto y se hablará de ellas más adelante.

Tabla 3.1. Tipos de Tarjetas

Tipo de Tarjeta	Nombre Corto
4M CHANNEL C.	AG001
PCIT	AG002
512 CAL DIB	AG004
RELAY CARD	AG009
RELAY CARD	AG012
4M CTO	AG013
MTO	AG014
DPS	AG016
CALCUB	AG020
RFID	AG025
16M CHANNEL C.	AG026
16M CTO	AG029
MSO	AG046
DSIO	AG050
1024 CAL. DIB	AG052

La máquina J750 contiene tres partes principales:

- Tester.
- Computadora.
- Unidad de suministro de tensión

Tester.

El Tester contiene el "*BackPlane*", las tarjetas, las fuentes de poder, los ventiladores y la distribución de C.A (corriente Alterna).

Además de su alimentación en C.A, la cual debe producirse a través de la unidad de suministro de tensión, el tester debe ser alimentado con aire comprimido, esto para que produzca el vacío necesario para la succión de la DIB.

El tester se conecta directamente a la computadora por la "*TCIO (Test Computer I/O)*", el cual es el encargado de transportar la información entre el tester y la computadora.



Figura 3.1. Máquina J750

Computadora.

La computadora consiste en un CPU, monitor, teclado y mouse. La tarjeta de "*PCIT(personal computer Interfase Test)*" está colocada dentro del CPU en un *slot* PCI y es la que conecta la computadora con el sistema.

La computadora debe tener Windows NT, 2000 ó XP instalado, además el Microsoft Office (EXCEL) y las utilidades de Visual Basic.

Unidad de suministro de tensión

La unidad de suministro de tensión contiene un transformador múltiple de tres fases. La principal función es la de aislar el tester de la fuente eléctrica principal, esto para proteger el sistema de malos funcionamientos o daños cuando haya picos o cortes bruscos de corriente en las líneas principales.

Está provisto, además, de un botón de apagado de emergencia, así como de disyuntores principales para cada línea de salida.

El procedimiento que se realiza en la máquina J750 en las diferentes tarjetas se muestra en el siguiente diagrama de flujo:

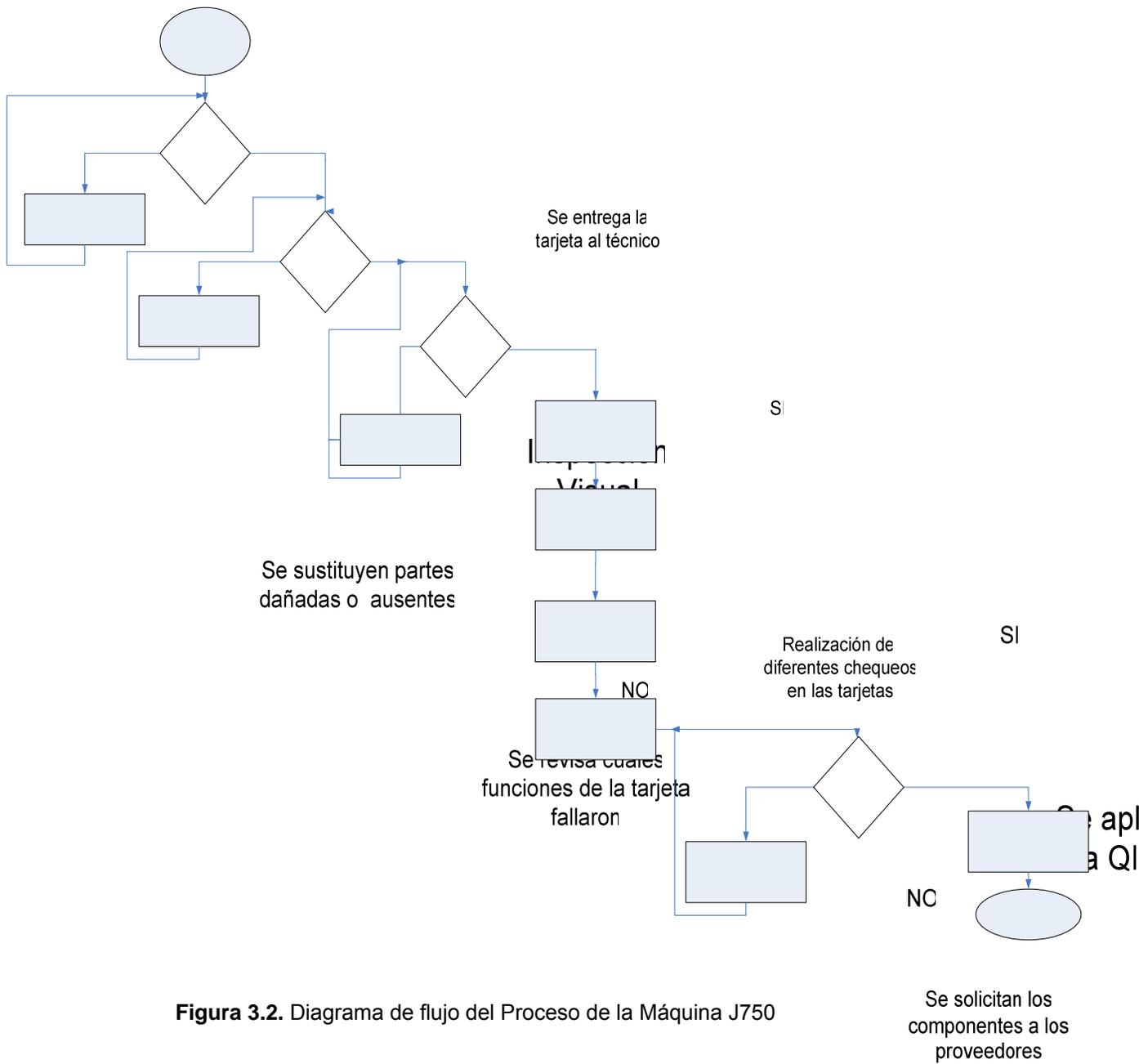


Figura 3.2. Diagrama de flujo del Proceso de la Máquina J750

A continuación se describen las diferentes partes del proceso:

- **Inspección Visual:**

Esta parte del proceso es la encargada de examinar los conectores, buscar los pines doblados, conectores dañados y comprobar si hay algún componente flojo, ausente o dañado.

- **Chequeo rápido, chequeo del módulo y prueba "systemwide".**

Verifica la comunicación con cada tarjeta en el sistema y revisa las funciones básicas de las tarjetas. El chequeo es realizado en un subconjunto del hardware de cada tarjeta para proveer un nivel razonable de confiabilidad de que el sistema trabaja.

- **Aplicación de contingencia.**

Para la tarjeta 239-012-00 de los relés substituya: K39, K97, K99, K100 y K102.

Para la tarjeta 239-009-00 de los relés substituya: K72, K82, K227, K228 y K229.

- **Cincuenta ciclos "systemwide" usando modo tratamiento por lotes.**

Con esta rutina, las faltas intermitentes se pueden encontrar en la tarjeta y determinar posibles problemas del contacto en el futuro.

- **Dos Ciclos para las tarjetas de canales.**

Esta rutina corre todas las pruebas de las "Channel Card", porque las tarjetas de los relés podrían fallar en la verificación del funcionamiento. Las fallas más frecuentes son prueba de salida en impedancia de la fuente.

- **Análisis del PPMU MI SPC.**

Esta rutina se utiliza para encontrar los relés con problemas de la salida.

- **Pos- Inspección Visual:**

Esta parte del proceso es la encargada nuevamente de examinar los conectores, buscar los pines doblados, conectores dañados y comprobar si hay algún componente flojo, ausente o dañado.

Ahora bien, en este proyecto se enfoca un solo tipo de tarjetas que se denomina "*Relay Card*" o tarjetas de relés.



Figura 3.3. Relay Card

Relay Card:

La "*Relay Card*" es una tarjeta que se utiliza como interfaz entre la "*Channel Board*" y el módulo prueba del cliente. Este dispositivo funciona mediante la activación de tres diferentes señales procedentes de la "*Channel Board*", la cual trabaja con 32 canales diferentes para cada señal. Existen dos tipos de tarjetas de relés 239-012-00 y 239-009-00; la primera trabaja del canal cero al treinta y uno y la segunda trabaja del canal treinta y dos al sesenta y tres. En la figura 3.3 se muestra físicamente como es una "*Relay Card*"

3.2. Antecedentes Bibliográficos

3.2.1. Relé:

Fue inventado por Joseph Henry en 1835. Consiste en un interruptor eléctrico que se abre y se cierra bajo control de otro circuito eléctrico. El interruptor es accionado por un electroimán para abrir o para cerrar uno o muchos sistemas de contactos. Un relé puede controlar un circuito de salida de una energía más alta que el circuito de entrada.

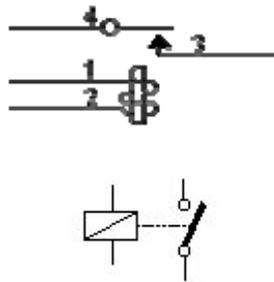


Figura 3.4. Símbolo de un Relé

Los materiales con los que se fabrican los contactos son: plata y aleaciones de plata que pueden ser con cobre, níquel u óxido de cadmio. El uso del material que se elija en su fabricación dependerá de su aplicación y vida útil necesaria de los mismos.

3.2.2. Características generales de los relés

Las características generales de cualquier relé son:

- El aislamiento entre los terminales de entrada y de salida.
- Adaptación sencilla a la fuente de control.
- Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida.
- Las dos posiciones de trabajo en los bornes de salida de un relé se caracterizan por:
 - Alta impedancia, en estado abierto.
 - Baja impedancia, en estado cerrado.

3.2.3. Características Técnicas de los Relés

Parte electromagnética (bobina)

- *Corriente de excitación:* Es la Intensidad que circula por la bobina necesaria para activar el relé.
- *Tensión nominal:* Es la tensión de trabajo para la cual el relé se activa.
- *Tensión de trabajo:* Es el margen entre la tensión mínima y máxima, garantizando el funcionamiento correcto del dispositivo.
- *Consumo nominal de la bobina:* Es la potencia que consume la bobina cuando el relé está excitado con la tensión nominal a 20°C.

Parte mecánica (los contactos)

- *Tensión de conexión:* Es la tensión entre contactos antes de cerrar o después de abrir.
- *Intensidad de conexión:* Es la intensidad máxima a la que un relé puede ser conectado o desconectado.
- *Intensidad máxima de trabajo:* Es la intensidad máxima que puede circular por los contactos cuando se han cerrado.

3.3 Descripción de los principales principios físicos y/o electrónicos relacionados con la solución del problema.

3.3.1 Bobina y alimentación

La fuerza de atracción magnética que impulsa al relé es generada por una fuerza magnetomotriz expresada en el producto de la corriente y del número de vueltas de la bobina; por lo tanto, la corriente de la bobina es la base de la fuerza de atracción.

Desde el punto de vista del uso del relé; sin embargo, el voltaje es conveniente en la mayoría de los casos comparado con la corriente para seleccionar,

generalmente, la clase de bobina con base en el voltaje. En general, la resistencia y el número de vueltas de la bobina del relé, se seleccionan de acuerdo con el voltaje de arranque. Es decir; si, por ejemplo, el voltaje de arranque es diferente entre dos relés, la resistencia y el número de vueltas de la bobina es también diferente entre ellas. Los voltajes nominales de bobinas son tensiones correspondientes a la base de alimentación. Los voltajes nominales estándares son generalmente 1.5 V, 3V, 4.5V, 5V, 6V, 9V, 12V, 18V, 24V, 36V, 48V, 60V, y 100 V en C.D (Corriente Directa). En cuanto al voltaje nominal estándar de los relés de las "Relay Card" según las hojas de datos corresponde a 5V.

Efecto de la temperatura en la bobina

En ocasiones, la bobina activada a temperatura ambiente T ($^{\circ}$ C), aumenta su temperatura hasta $(T+t)$ ($^{\circ}$ C)

El comportamiento de un relé puede variar de acuerdo a la temperatura de la bobina. Dicho comportamiento se puede clasificar como: "hot coil" y "cool coil". El primero se produce cuando la bobina alcanza un valor superior a la temperatura ambiente $(T+t)$ ($^{\circ}$ C) y requiere de una tensión superior a la indicada por el fabricante este debido al aumento de la resistencia de la bobina. Matemáticamente se justifica a partir de la Ley de Ohm:

$$V = I \times R \quad (3.1)$$

V: tensión de la bobina

I: corriente a través de la bobina

R: resistencia estática de la bobina

El producto entre la corriente y la resistencia es equivalente al valor constante en la tensión de la bobina, por lo tanto, el aumento en la resistencia es proporcional a la disminución en la corriente de excitación.

El segundo comportamiento ("*cool coil*") se refiere al rango de temperatura de operación.

Características del ambiente

Las pruebas generales a los relés consisten en conducir bajo las condiciones de prueba en varios ambientes por ejemplo en humedades altas y temperaturas altas y bajas. Estas pruebas se basan en el método de prueba especificado en la publicación 255-7 sobre "*Electrical Relay, parte 7*" de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

1) *Frío*: No se permite ninguna anomalía cuando la resistencia del contacto, tensión de desactivación, tensión de funcionamiento, resistencia del aislamiento u otros, se prueban después de que los relés de la muestra mantengan un comportamiento termostático de $-40 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 1.000 horas consecutivas sin alimentación.

2) *Calefacción*: No se permite ninguna anomalía cuando la resistencia del contacto, tensión de desactivación, tensión de funcionamiento, resistencia del aislamiento u otros, se prueban después de que los relés de la muestra mantengan un comportamiento termostático de $85 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 1.000 horas consecutivas fuera de alimentación.

3) *Choque térmico*: No se permite ninguna anomalía incluyendo daño mecánico cuando la resistencia del aislamiento, fuerza dieléctrica, voltajes de desactivación y funcionamiento, tiempo de desactivación y funcionamiento, resistencia del contacto se dan después de que los relés de la muestra se sujete a 100 ciclos del lazo del choque del calor de $-40^{\circ}\text{C} \times 1\text{h} + 20^{\circ}\text{C} \times 5\text{ minutos máximos}$, $+85^{\circ}\text{C} \times 1\text{h} + 20^{\circ}\text{C} \times 5\text{ minutos máximos}$.

4) *Calor húmedo*: No se permite ninguna anomalía cuando la resistencia del aislamiento, voltajes de desactivación y funcionamiento, tiempo de desactivación y funcionamiento, la resistencia del contacto después de que los relés de la muestra se someten a una temperatura de $40 \pm 2^\circ\text{C}$ y humedad del 90 al 95% durante 1.000 horas.

5) *Temperatura-humedad*: No se permite ninguna anomalía cuando la resistencia del aislamiento, fuerza dieléctrica, voltajes de desactivación y funcionamiento, tiempo de desactivación y funcionamiento, la resistencia del contacto suceden después de que los relés de la muestra se sujeten a diez ciclos de un lazo especificado de la combinación de la temperatura - humedad $65^\circ\text{C} \times 90$ al $98\% + 25^\circ\text{C} \times 80$ al $98\% + - 10^\circ\text{C}$.

Selección de Relés por la carga en el contacto

El rango de las corrientes que se aplica al contacto del relé abarca desde los μA hasta los 30 A. Una gran carga causa un arco de descarga en el contacto en el momento de la conmutación. La Tabla 3.2 resume el criterio de clasificación de los contactos en función de la corriente en la carga.

Tabla 3.2. Clasificación de los contactos en función de la corriente de carga

Clasificación	Corriente Nominal	Corriente Mínima	Nota
De micro a pequeña corriente.	100mA	0.05mA	Este rango no tiene arco de descarga
Pequeña Corriente	Varios amperios	10 mA	Hay presencia de arco de descarga
Mediana Corriente	~15A~	500 mA	El arco de descarga aparece de forma abrupta.

"Hot Switching"

Cada relé tiene un número finito de operaciones antes de que comience a perder los valores de sus especificaciones. La mayoría de los relés tienen un tiempo de vida en el orden de 10 millones a 1 mil millones de operaciones si son utilizados correctamente. Sin embargo, si un relé no es utilizado adecuadamente este número puede ser reducido significativamente y fallará mucho más pronto que su vida útil típica.

El uso erróneo más común de un relé consiste en activar los contactos con las tensiones presentes entre ellos. Esto se conoce como *"Hot Switching"* y es la principal causa de las fallas prematuras en los relés.

El problema más común del *"Hot Switching"* en el relé induce a que el contacto se pegue, pero hay otros efectos que pueden ocurrir, como; por ejemplo, tiempos más lentos o inconsistencias en la activación del contacto y un incremento en la resistencia del contacto.

Definición de "Hot Switching"

El *"Hot Switching"* sucede cuando los contactos del relé se abren o están cerrados con los voltajes presentes a través del contacto. El daño del *"Hot Switching"* al relé es causado por tener diversos voltajes en los dos lados del mismo, creando así arcos en los contactos y luego la corriente disponible proporciona potencia entre el arco. El *"Hot Switching"* es una preocupación siempre que esté abierto o cerrado cualquier relé. Hay dos tipos de *Hot Switching*:

1. Conectando un relé con nodos con tensión
2. Apagar esperando que los contactos del relé estén cerrados antes de aplicar tensión.

Efectos del "Hot Switching"

El principal efecto es la reducción en el número de las operaciones en el tiempo de vida contra lo que se espera o se especifica. Las hojas de datos del relé tendrán el número de las operaciones en función de las tensiones y corrientes del sistema.

Tabla 3.3. Operación de los Relés

Relé	corriente nominal [A]	Corriente de conmutación [A]	Especificación De La Operación Del Interruptor
Sanyu 1D	0.5	0.2	300 Millones @ 1V/10mA
Coto 9800	0.5	0.25	100 Millones to 1 Billion @ 1V/10mA

Capítulo 4: Procedimiento Metodológico

Inicialmente se estudió cómo funcionan los relés que se emplean en las máquinas J750 y se investigó acerca de sus características por medio del proveedor, la empresa y en el Internet.

En cuanto a las tarjetas de relé, se empezó a trabajar en su funcionamiento, para determinar cómo el sistema indica cuándo un relé se encuentra dañado y así determinar qué pruebas podrían ser aplicables para predecir fallas.

4.1 Reconocimiento y definición del problema.

Estos son los datos del porcentaje de fallas obtenidas de la semana uno hasta semana veintiséis del año 2006.

Tabla 4.1. Estadística de la distribución de fallas en las "Channel Board".

COMPONENTE	% DE FALLAS EN LAS TARJETAS
Relé	16.94%
PPMU	15.73%
Pogo Pins	8.87%
TG	7.66%
BPMU	6.85%
PE	6.85%
Diodo	4.84%
DL1	4.84%
NFF	4.03%
U31	3.63%

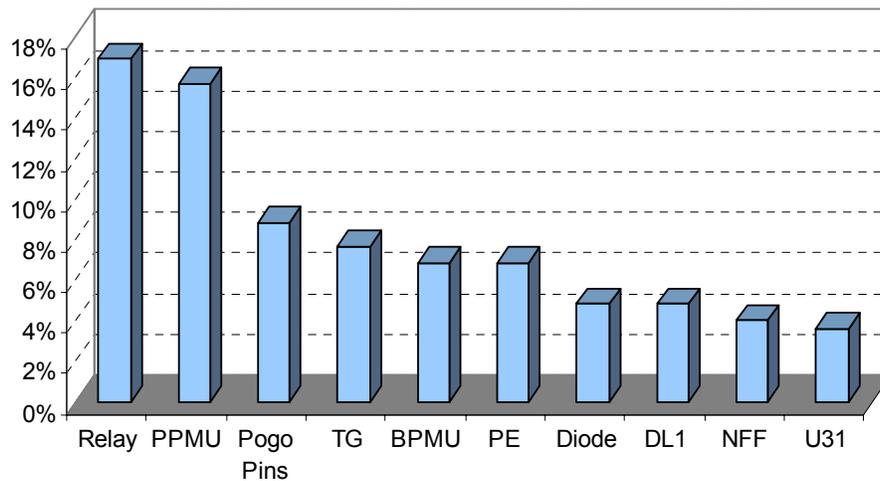


Figura 4.1. Gráfico de la distribución de fallas en las "Channel Board"

Como se muestra en la tabla 4.1 y la figura 4.1 en lo que se refiere a las "Channel Board", las fallas por relés son casi de un 17%, seguida por la señal de PPMU con un 15%. Dicha señal está conectada con los relés, al igual que la señal BPMU con casi 7%.

Tabla 4.2. Estadística de la distribución de fallas en las Relay Card 239-009-00.

COMPONENTE	% DE FALLAS EN LAS TARJETAS 239-009-00
Relay	66%
Diodo	12%
Pogo Pin	11%
Pogo Block	4%
Berg Connector	4%

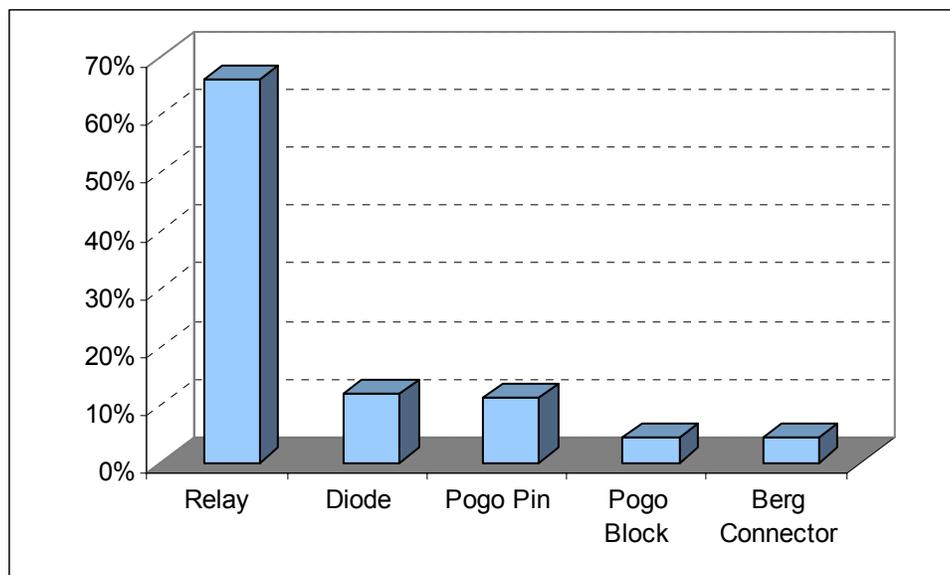


Figura 4.2. Gráfica de la distribución de fallas en las "Relay Cards 239-009-00".

En la tabla 4.2 y figura 4.2 se muestra cómo de los diferentes componentes de las tarjetas, los relés son los que han presentado un porcentaje del 66% de fallas reportadas por los técnicos.

Tabla 4.3. Estadística de la distribución de fallas en las Relay Card 239-012-00.

COMPONENTE	% DE FALLAS EN LAS TARJETAS 239-012-00.
Relay	67%
Diodo	11%
Pogo Pins	10%
Pogo Block	4%
Beg Connector	1%

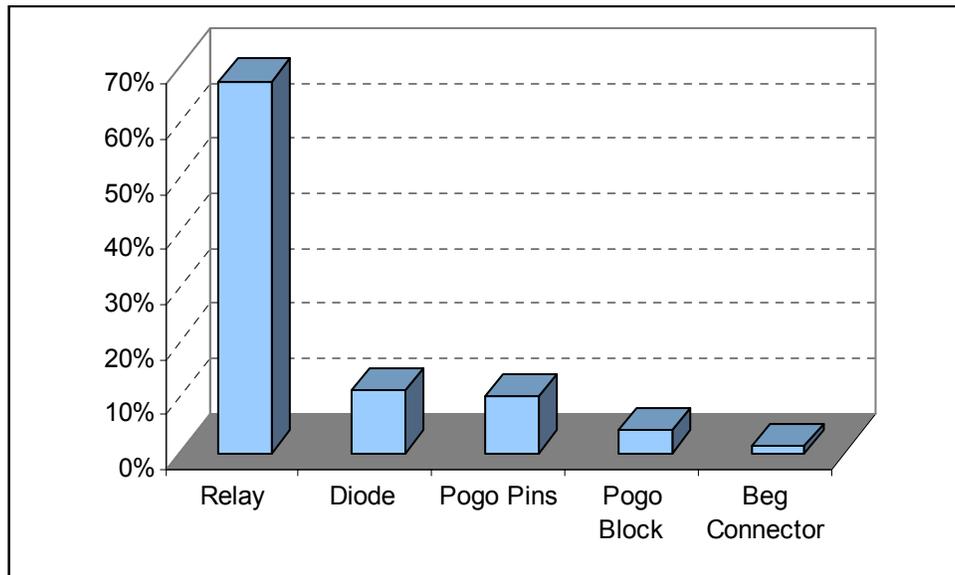


Figura 4.3. Gráfica de la distribución de fallas en las Relay Card 239-012-00.

En la tabla 4.3 y figura 4.3 se muestra cómo de los diferentes componentes, los relés son los que han presentado un porcentaje de 67%. Esta tarjeta (239-012) tiene una mayor cantidad de fallas en los relés que la tarjeta 239-009.

Fallas presentadas por relés

Los relés de lámina magnética fallan eventualmente en una de las siguientes tres opciones:

- No abren cuando deberían ("se quedan pegados"),
- No pueden cerrarse cuando deberían ("se quedan abiertos")
- La resistencia estática del contacto gradualmente va variando hasta un nivel inaceptable.

En las cargas livianas, puede que la falla no suceda hasta que varios billones de ciclos de activaciones hayan ocurrido. Los primeros dos mecanismos enumerados se pueden subdividir en "fallas leves" y "graves".

Se registra una falla leve cuando un interruptor ha tardado en cerrarse o se ha pegado algunos milisegundos después de la activación o de la desactivación de la bobina, pero entonces se trata de corregir el problema chequeándolo a corto tiempo.

Si la corrección de la falla leve inicial no se ha corregido en el momento en que se hace un segundo chequeo, la falla se clasifica como permanente o "grave". Una falla grave puede ser problemática dentro de las aplicaciones críticas como por ejemplo "ATE (*Automated Test Equipment*)".

A continuación se muestran los resultados de un análisis realizado por los proveedores Coto Relay a solicitud de la empresa *Teradyne de Costa Rica*:

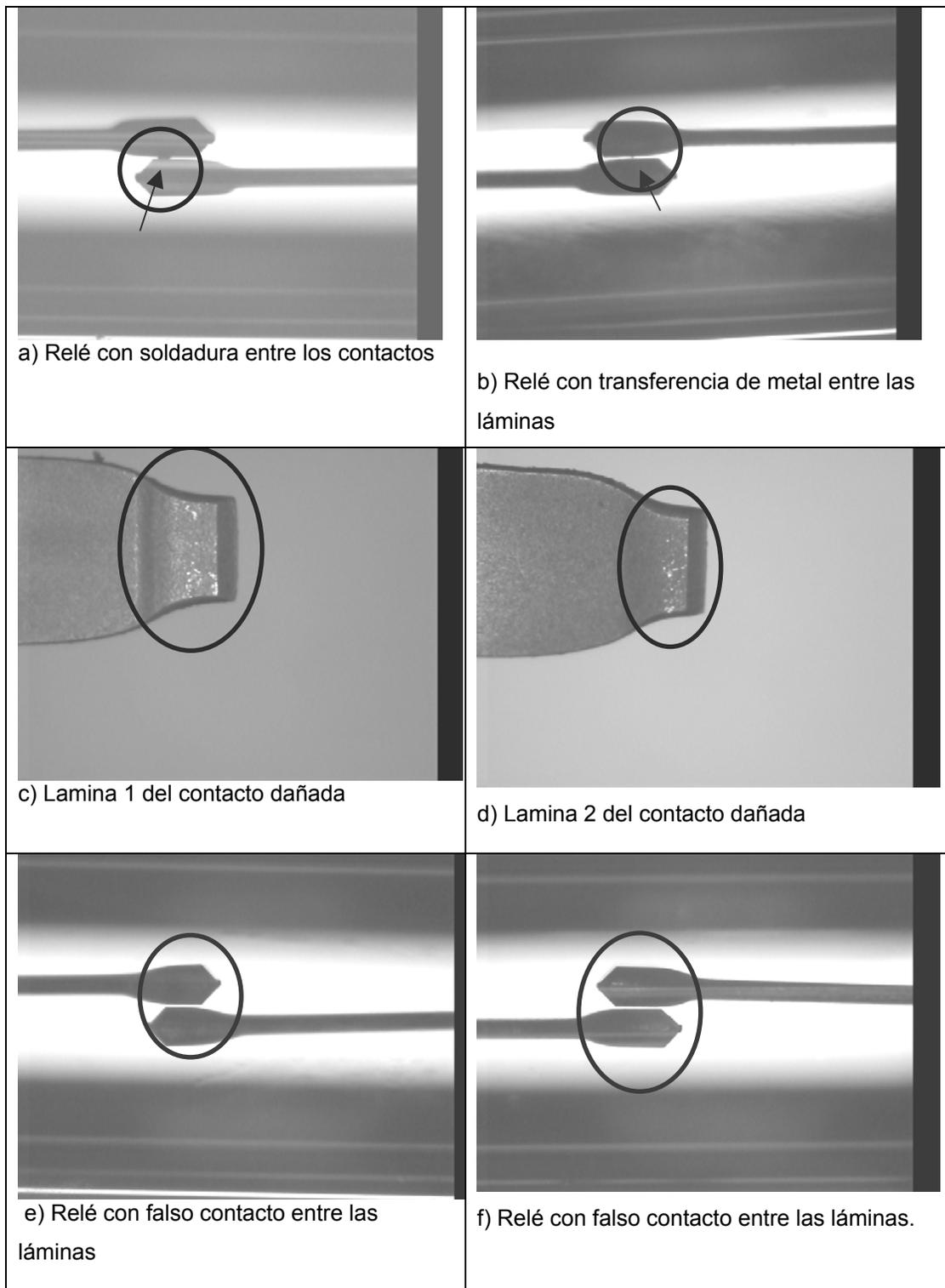


Figura 4.4. Problemas que presentan los contactos del Relé

4.2 Obtención y análisis de información

La figura 4.5, muestra la cantidad de relés a los que se debe aplicar las pruebas, las dos tarjetas cuentan con 32 canales pero con diferente cantidad de relés.

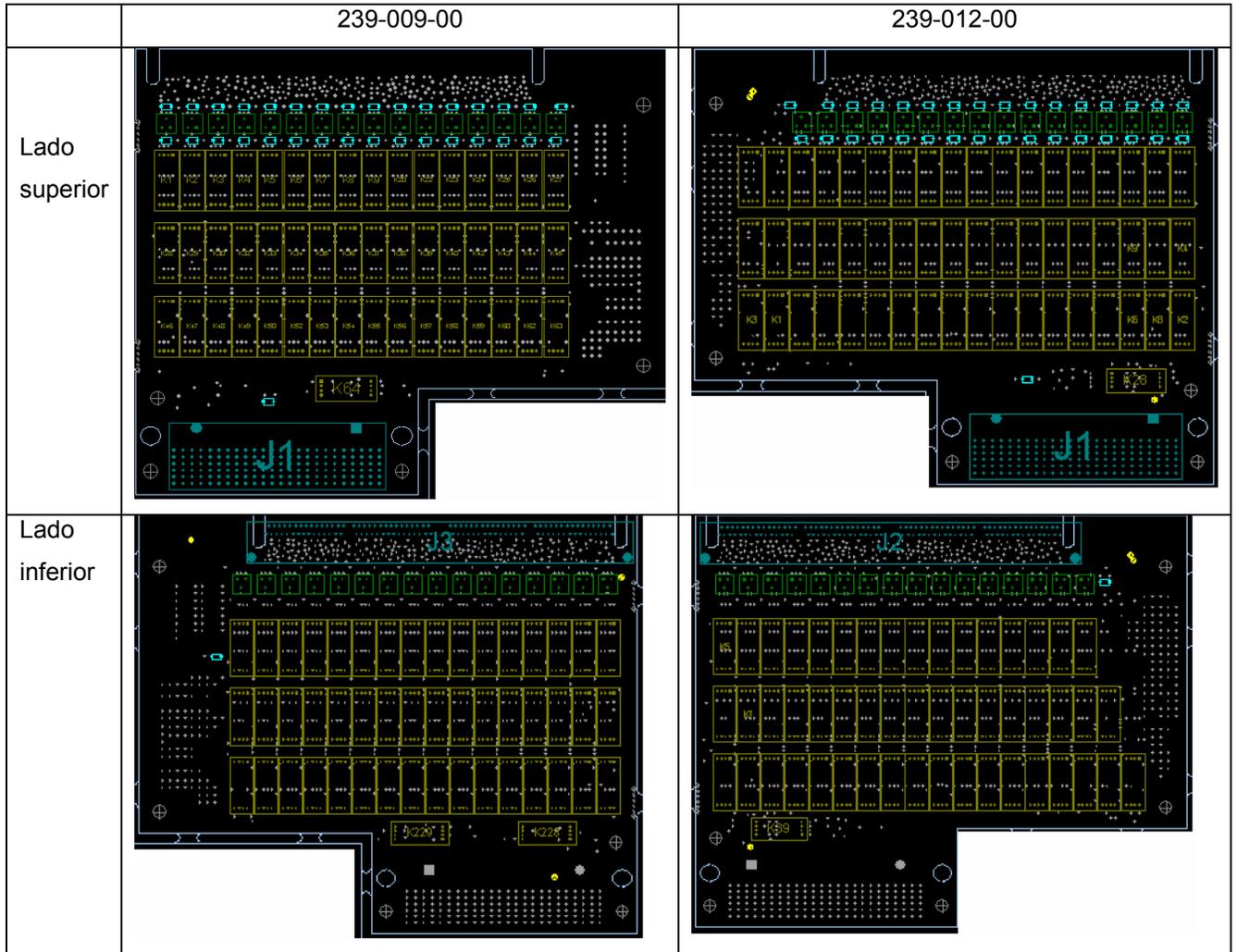


Figura 4.5. Relay Cards

La figura 4.6, muestra como todos los contactos están conectados a una única salida conocida como "pogo pin ". Esta salida es la que se conecta a la carga que los diferentes clientes deseen aplicar en las pruebas que realiza la máquina J750.

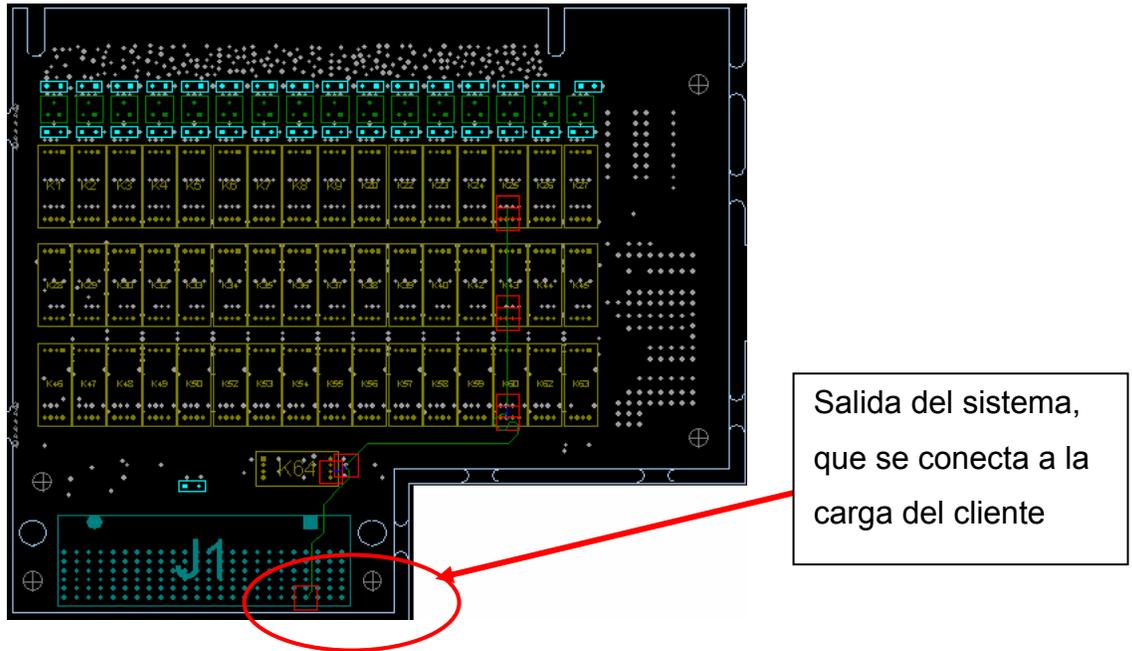
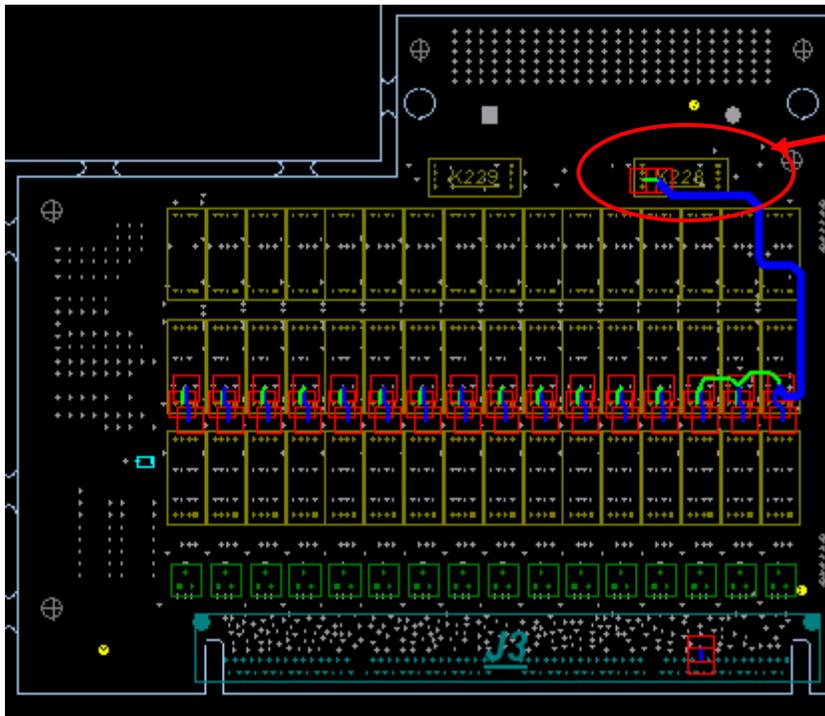


Figura 4.6. Conexión de los contactos con el pogo pin

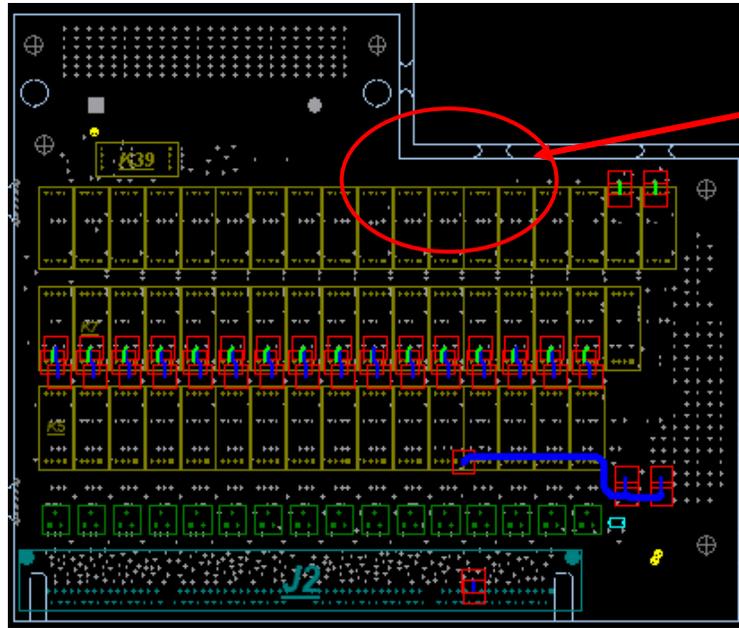
En la figura 4.7, se muestra que a diferencia de las otras señales, esta es una señal única que se encuentra conectada a todos los relés pero para activar determinado relé se hace por medio de la señal de *driver*.



AG009
La salida de K228 está conectada a todas las entradas de BPMU, incluyendo a las de la AG012

Figura 4.7. Conexión de la señal BBPU

También como consideración para la aplicación de pruebas se debe de tomar en cuenta que no todos los canales operan con solo tres relés sino que existen varias excepciones en diferentes con uno o más relés, como lo indica la figura 4.8. La tarjeta 239-012-00 es la que más relés tiene.



AG012
La salida de K97,
K102 esta conectada
a todas las entradas
de BPMU, incluyendo
las de la AG009

Figura 4.8. Excepción en los canales

Modo de Fallas

Tabla 4.4. Modos de Fallas

PARTES	ESTRÉS			SÍNTOMAS DE FALLA	MODO DE FALLA
	Estado	Ambiente	Duración		
Contacto	Tensión, corriente y sobre tensión	Temperatura, humedad, gas, vibración externa, choques externos	Largo tiempo sin descanso, Intermitente	<ul style="list-style-type: none"> • Transferencia y desgaste del metal del contacto debido al arco de descarga. • Corrosión (oxidación, sulfurización, etc.) • El pegarse el contacto. • Puente entre el contacto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento en la resistencia del contacto • Ruido. • Cambios en la entrada/salida de tensión y la operación y descarga del tiempo. • Poca Fuerza dieléctrica.
Bobina	Ídem	Ídem	Ídem	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosión • Tensión fluctuante. • Corrosión galvánica 	<p>Fractura o cortocircuito en la bobina.</p> <p>Quemadura de la bobina.</p> <p>Débil trabajo en la operación de descarga</p>

Piezas estructurales (Resorte, imán, aislantes, etc)	Ídem	Ídem			<ul style="list-style-type: none"> • Degradación en la resistencia de aislamiento. • Baja fuerza dieléctrica • Cambios en la entrada/salida de tensión y la operación y descarga del tiempo.
Encapsulado		Químicos	Ídem.	Dañado por una fuerza externa. Cambios en las propiedades químicas	Dañado

4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución

Existen muchas causas que pueden dañar el funcionamiento del relé; entre ellas, la temperatura, el ambiente, *hot switching*, entre otras pero a pesar de estos eventos, la consecuencia siempre se resume en que se debe detectar el mal funcionamiento de los relés por lo que existen muchas pruebas que son aplicadas por el proveedor para garantizar el buen funcionamiento de los relés.

A continuación se hace un desglose de las operaciones aplicadas a los relés por parte de los fabricantes:

- **Sincronización del tiempo de reacción del contacto del relé:** medición del tiempo de operación del relé incluyendo el rebote que está establecido en 0.2 ms para Coto Relay y 0.3 ms para Sanyu.

- **Corriente en la carga:** consiste en mediciones de la corriente de conmutación (0.25 A) y la corriente nominal (0.5A) que debe manejar un relé para su correcto funcionamiento.
- **Resistencia en la bobina:** medición de la resistencia de la bobina que se especifica en $90\ \Omega$ para los relés de Coto Relay y $150\ \Omega$ para Sanyu, en ambos casos el porcentaje de error es de un 10%.
- **Resistencia dinámica del contacto:** medición de la resistencia dinámica del contacto que según las hojas de datos se especifica en $200\text{m}\Omega$, cuando la bobina tenga +5 V a una frecuencia de 100 Hz y debe ser medida 1.5ms después de la energización de la bobina.
- **Resistencia estática del contacto:** medición de la resistencia estática del contacto que según las hojas de datos se especifica en $150\text{m}\Omega$, cuando la bobina tenga +5 V a una frecuencia de 100 Hz y debe ser medida 50ms después de la energización de la bobina.
- **Voltaje de operación y desactivación:** representa el voltaje mínimo con el cual el interruptor debe cerrar.
- **Voltaje de interrupción:** valor máximo que puede soportar.
- **Verificación de diodo:** comprobación de que el diodo esta en su correcto funcionamiento.

Por tanto, partiendo de que las mayores fallas se presentan en el contacto y basados en los resultados de los análisis de los relés, se considera que las pruebas que pueden determinar errores en estos dispositivos son:

- Tiempo de reacción de contacto
- Resistencia estática del contacto
- Resistencia de la bobina

Esto debido a que son características fundamentales que al variar indican que sí hay un problema en el relé.

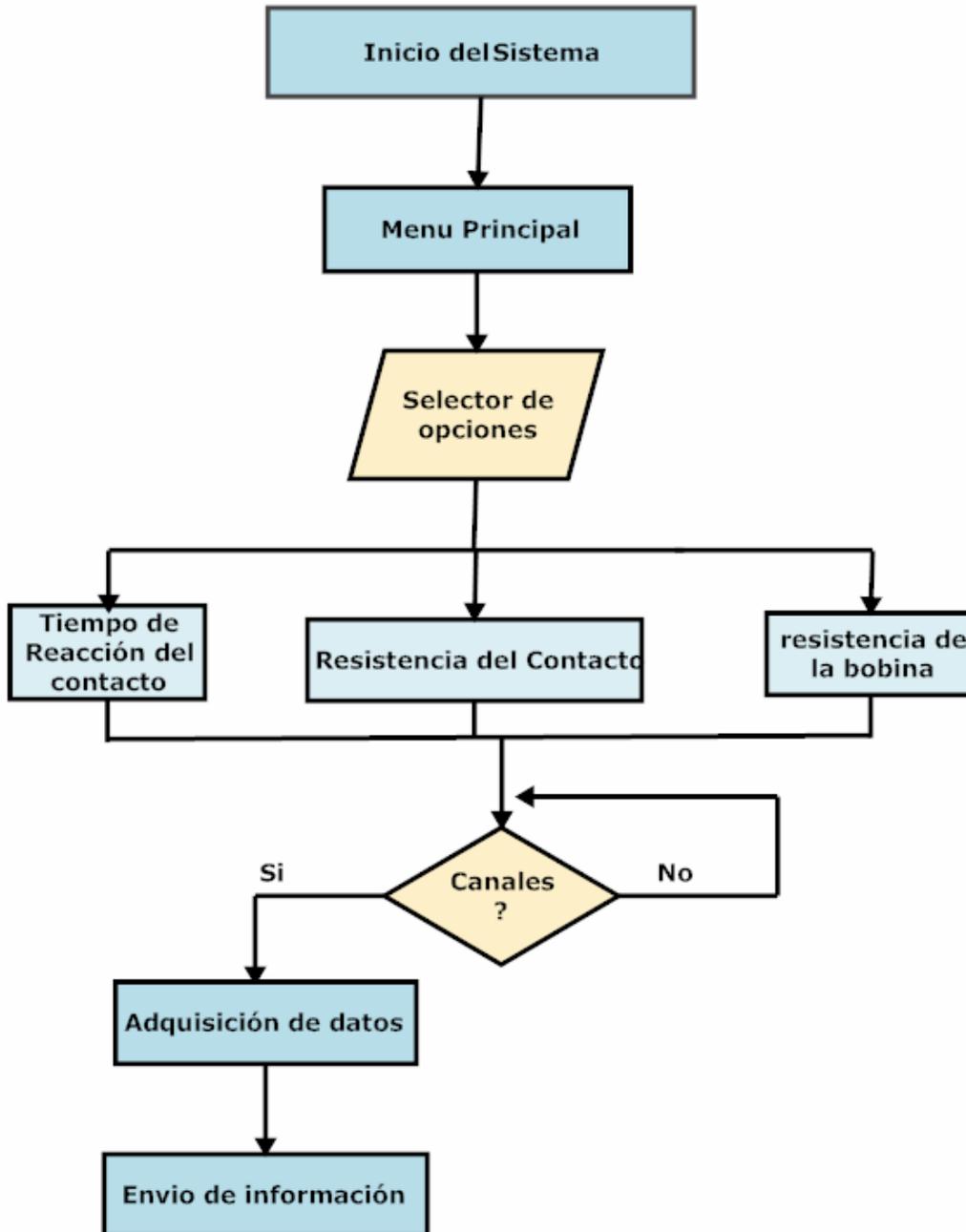


Figura 4.9. Diagrama de flujo del básico del sistema

Por tanto, como lo indica la figura 4.9, el sistema, al realizar las tres pruebas anteriormente mencionadas, indicará los resultados del funcionamiento de los relés.

4.4 Implementación de la solución

Para la propuesta de implementación, se ha propuesto que el interfaz con el usuario se realice con el "LabView" que es una herramienta gráfica de test, control y diseño mediante la programación; esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan. El lenguaje que usa se llama lenguaje G.

El programa se divide en: panel frontal y diagrama de bloques. El panel frontal es el interfaz con el usuario, en él se definen los controles e indicadores que se muestran en pantalla. El diagrama de bloques es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad.

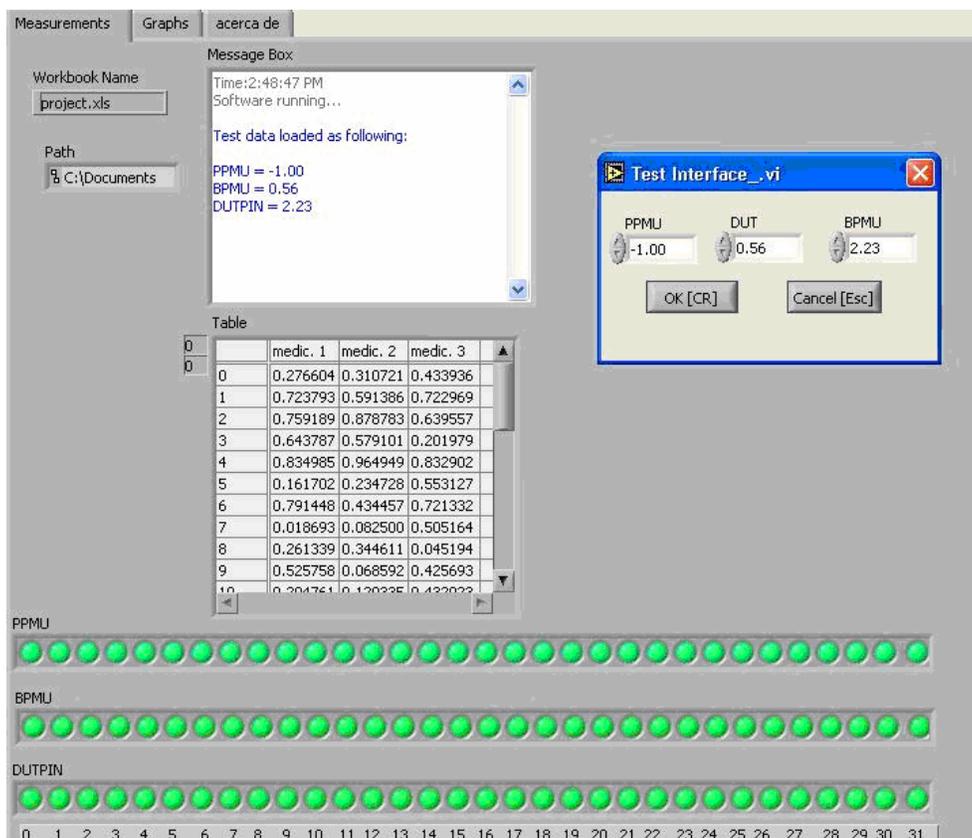


Figura 4.10. Panel de Control del Usuario

Además que el microcontrolador sea programado mediante el lenguaje de programación Basic. El microcontrolador es el encargado de la selección de los canales y de los relés, también de las pruebas que se le apliquen a la tarjeta y del envío de los resultados a la PC mediante comunicación serial

4.5 Reevaluación y rediseño

Todo el trabajo que se ha desarrollado se basa en la comunicación serial mediante el RS-232 pero esto también se puede combinar con una GPIB. GPIB (IEEE 488) lo que consiste en una o más tarjetas de interfaz y uno o más instrumentos. Las tarjetas de interfaz son controladores GPIB que gobiernan el flujo de información en el bus. Esto se logra mandando comandos a los instrumentos para que hablen, escuchen o respondan a pedidos de servicio de los dispositivos. Puede haber más de un controlador GPIB en un bus, pero solo uno puede tener el control a la vez.

Capítulo 5: Descripción detallada de la solución (Explicación del diseño)

5.1 Análisis de soluciones y selección final

Según los resultados obtenidos mediante la información recopilada acerca de las fallas en los relés, se pueden realizar pruebas de:

- Temperatura en el relé y dilatación de las resistencias
- Sincronización del tiempo de reacción del contacto del relé
- Corriente en la carga.
- Resistencia en la bobina.
- Resistencia dinámica del contacto.
- Resistencia estática del contacto.
- Tensión de operación y desactivación
- Tensión de interrupción.
- Verificación de diodo.

Según el diagrama planteado en el capítulo uno, se determina que las pruebas que pueden predecir fallas en los relés son:

- Sincronización del tiempo de reacción del contacto
- Medición de la resistencia estática del contacto
- Valor de la resistencia de la bobina

Se determina que con estas mediciones se puede conocer el estado de los relés porque según la información obtenida, lo que se detecta son fallas en el contacto ya que se queda abierto o se queda pegado, por lo tanto, las pruebas de sincronización del tiempo de reacción del contacto y la medición de la resistencia estática pueden indicar en que estado se encuentra y valorar si debe ser cambiado antes de enviar la tarjeta a un cliente.

En el caso de la primera prueba, esta permite saber el estado de la bobina que a pesar de que los fallos en ella son menores se deben de tomar en cuenta ya que cumple la tarea de energizar el contacto.

5.2 Descripción del hardware

Una vez que se determinó cuales son las pruebas que pueden predecir fallas en los relés. Se realizan pruebas de energización de la bobina y activación del contacto en varios relevadores y se analizaron las excepciones de las tarjetas.

Para el caso de la tarjeta 239-009-00 cuenta con un relé entra en los canales 0, 4, 28 y 31 que son controlados por la señal HIV y la tarjeta 239-012-00 contiene el 32,36, 63 y 102.

5.2.1 Selección de canales y relés

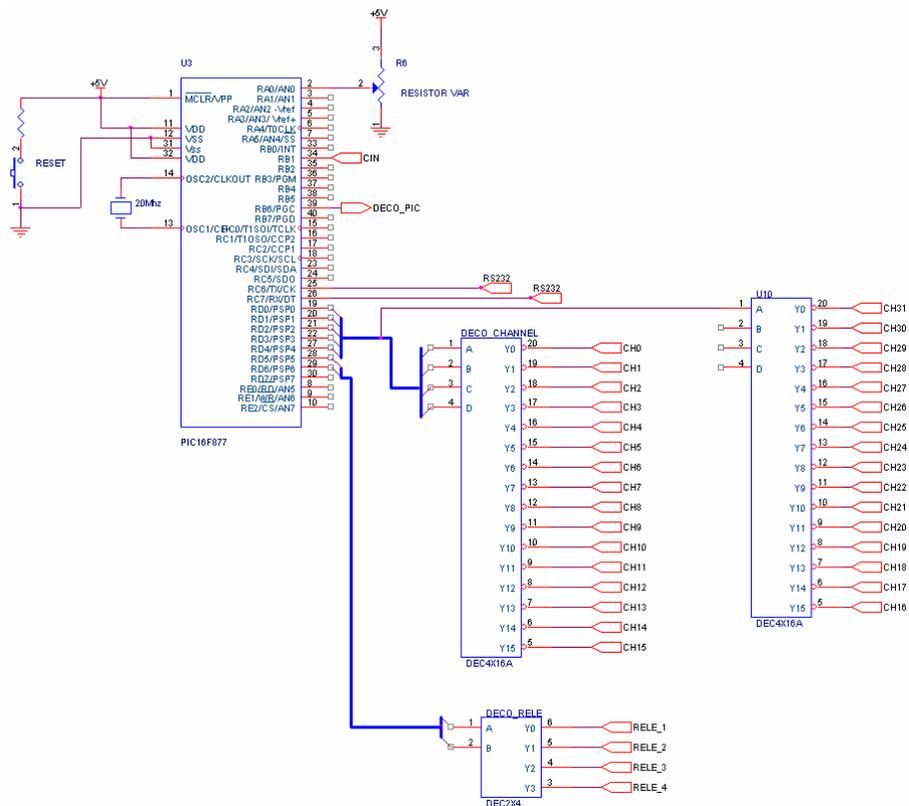


Figura 5.1. Microcontrolador con decodificadores de canales y relés

El microcontrolador cuenta con cinco bits para controlar el decodificador selector de los treinta y dos canales y con dos bits para el decodificar selector de los diferentes relés que contiene cada canal.

Para determinar cuál relé es el que se debe actuar se propone utilizar un banco de compuertas NAND's.

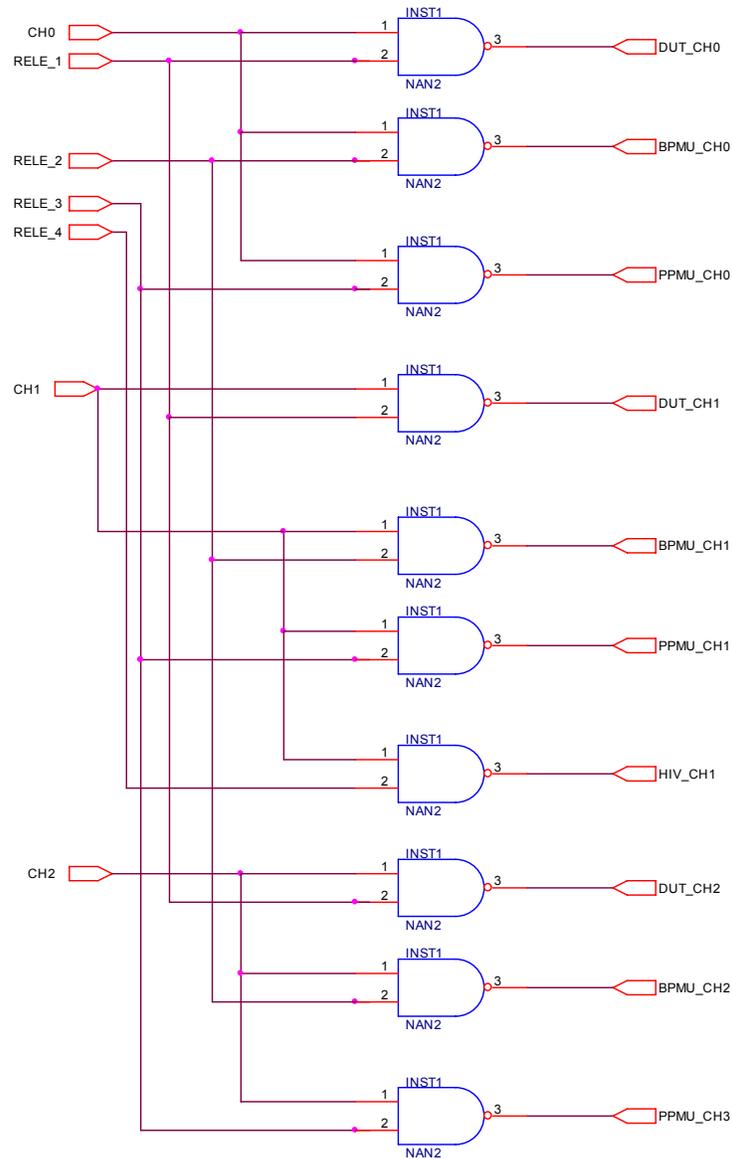


Figura 5.2. Banco de selección

5.2.2 Medición de la resistencia estática del contacto

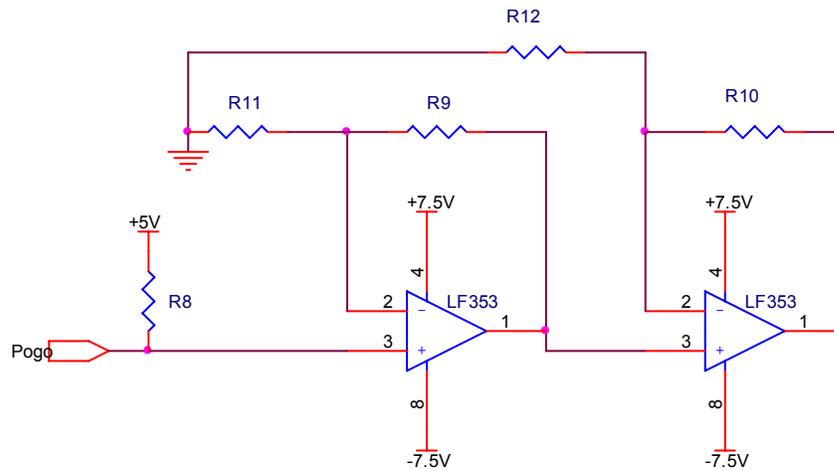


Figura 5.3. Circuito para prueba de Medición de Resistencia Estática del contacto

Tabla 5.1. Valores de los componentes del circuito de la figura 5.3

Número de Resistencia	Valor de la Resistencia
R8	470Ω
R9	33KΩ
R10	33KΩ
R11	10KΩ
R12	10KΩ

El principio de medición de la resistencia estática del contacto se basa en la amplificación del voltaje que cae en el mismo. Para este fin, se utiliza una configuración de divisor de voltaje, donde los elementos resistivos corresponden a R8 (470Ω) y a la propia resistencia del contacto (150mΩ para Coto Relay o 200 mΩ para Sanyu). Esta sección del circuito se alimenta por medio de 5V, por lo tanto la corriente máxima que fluye por ese divisor es 11mA aproximadamente.

El circuito amplificador se divide en dos etapas con una ganancia de aproximadamente 34 cada una, para un total de 1156 de ganancia en la salida del circuito. De manera matemática se expresa como:

$$G_{total} = G_1 * G_2 \quad (5.1)$$

Donde:

G_{total} : Producto de las ganancias de los amplificadores

G_1 : Ganancia del primer amplificador.

G_2 : Ganancia del primer amplificador.

Puesto que la resistencia típica de un contacto posee un valor de aproximadamente 200mΩ, el voltaje que cae en esta carga es amplificado 1156 veces, es decir que en la entrada del circuito se obtiene un valor de 2.13mV el cual es amplificado hasta 2.46V.

El uso de amplificadores operacionales del tipo LF353 se justifica debido a su alta impedancia de entrada (pues están fabricados a partir de tecnología FET), lo que permite asumir que su efecto sobre el divisor de voltaje es prácticamente nulo.

La salida de este circuito es conectada a una entrada analógica del microcontrolador, de forma tal que la lectura de voltaje pueda ser convertida en su equivalente resistivo, es decir, en el valor aproximado de la resistencia estática del contacto.

5.2.3 Medición de la resistencia de la bobina y tiempo de reacción

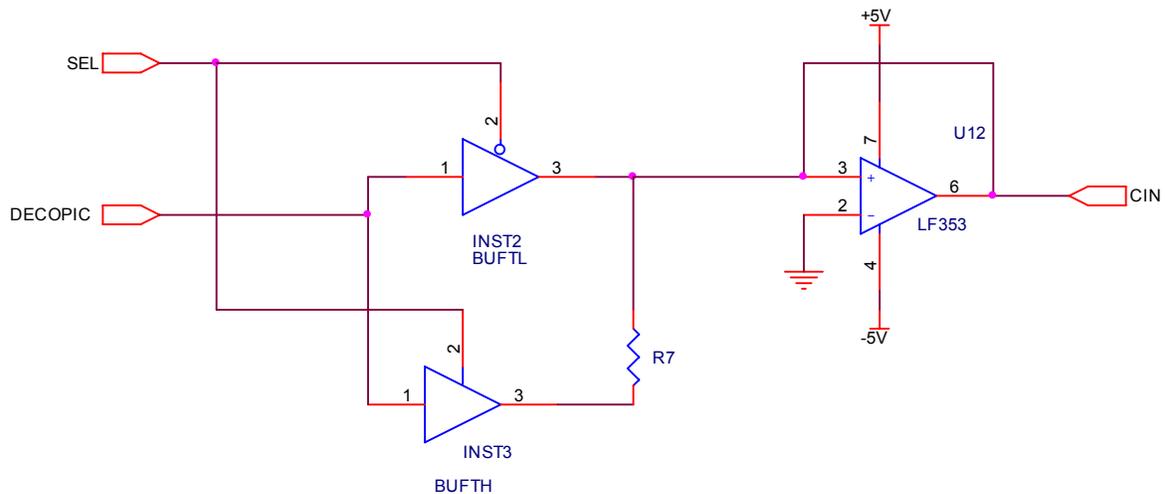


Figura 5.4. Circuito para prueba de medición de resistencia de la bobina y sincronización del tiempo de reacción del contacto

El circuito de la figura 5.4 realiza dos diferentes pruebas:

1. Si el selector esta en uno la medición consiste en calcular el tiempo de reacción del contacto mediante el envío de una señal cuadrada que regula la frecuencia mediante un potenciómetro que esta conectado al pin A_{N0} del microcontrolador que es una señal analógica de +5 a 0 V que en forma digital es de 10 bits . Para este diseño prototipo la frecuencia varía de los 50 Hz a 5KHz. Donde el microcontrolador calcula la diferencia entre la activación del flanco de la señal de entrada y la activación del flanco del contacto del relé para así determinar cuanto tiempo tarda en reaccionar dicho elemento.

2. Si el selector esta en cero la medición consiste en calcular el valor de la resistencia de la bobina, la cual se obtiene mediante un divisor de tensión el cual de manera matemática se expresa como:

$$V_{R_{bobina}} = V_{alimentación} \frac{R_{bobina}}{R_{bobina} + R_{prueba}} \quad (5.2)$$

Donde:

$V_{alimentación}$: tensión de alimentación del circuito (+5V)

$V_{R_{bobina}}$: tensión en la resistencia de la bobina

R_{bobina} : Valor de la resistencia en la bobina.

R_{prueba} : valor de la resistencia de prueba.

Por tanto, mediante la tensión en la resistencia de prueba y la caída de voltaje en la resistencia de bobina, el microcontrolador calcula el equivalente resistivo de la bobina.

5.2.4 Comunicación entre el circuito y la computadora

La comunicación serial es un protocolo muy común para comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora. El puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez. Aún y cuando esto es más lento que la comunicación en paralelo, que permite la transmisión de un byte completo por vez, este método de comunicación es más sencillo y puede alcanzar mayores distancias.

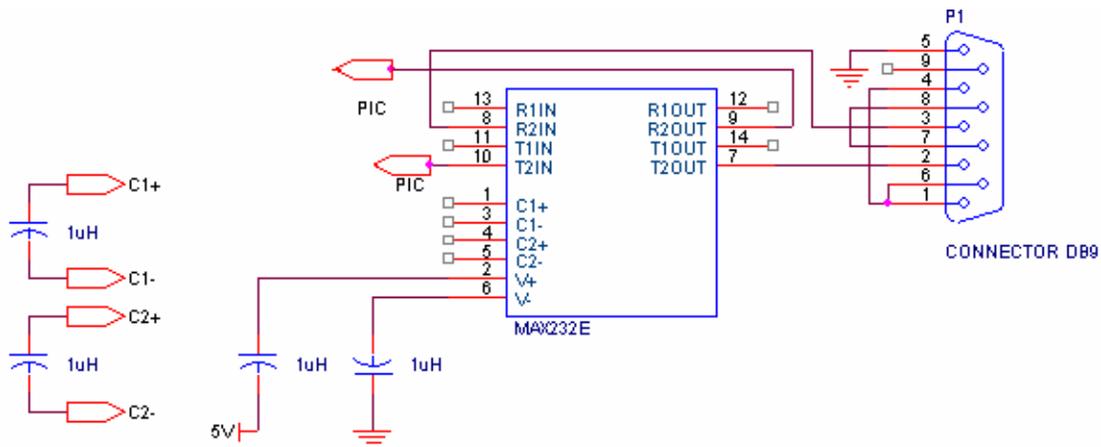


Figura 5.5. Circuito de comunicación del puerto

Las características más importantes de la comunicación serial son: la velocidad de transmisión, los bits de datos, los bits de parada, y la paridad. Tanto en el microcontrolador como en el programa en LabView se debe indicar estos parámetros.

5.2.5 RS-232

RS-232 está limitado a comunicaciones de punto a punto entre los dispositivos y el puerto serial de la computadora. El hardware de RS-232 se puede utilizar para comunicaciones seriales en distancias de hasta 20 metros.

Pines del conector DB-9

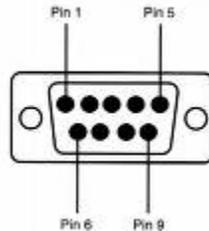


Figura 5.6. RS 232

5.2.6 Señales de conexión del Contacto (PPMU, DUTPIN y BPMU)

Estos tres circuitos son acondicionadores de señal que mediante el potenciómetro R18 pueden variar el valor de la tensión de entrada de -5V a +5 V y obtener un valor a la salida de 0 a + 5 V ya que el microcontrolador no soporta tensiones negativas.

El objetivo del circuito de la figura 5.7 es poder variar la tensión de las diferentes señales de los canales para poder comparar con los valores límites que estos tienen.

Tabla 5.2. Valores de los componentes de la figura 5.7

Número de Resistencia	Valor de la Resistencia
R3	10K Ω
R14	20K Ω
R15	1K Ω
R16	1K Ω
R17	10K Ω
R18	10K Ω

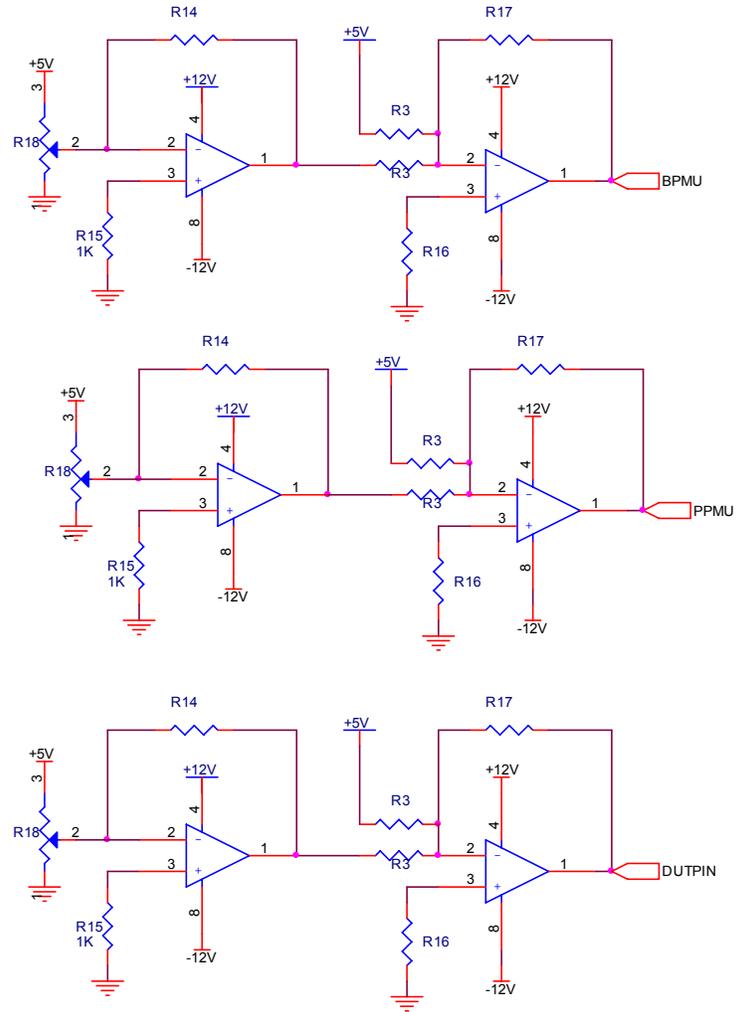


Figura 5.7. Circuitos de control de las señales PPMU, BPMU y DUTPIN

La ecuación que expresa el comportamiento del circuito esta definida por:

$$V_{salida} = 2 \times V_{entrada} - 5V \quad (5.3)$$

Donde:

V_{salida} : valor de tensión en la señal del contacto

$V_{entrada}$: valor de tensión asignado por el potenciómetro R18

Pendiente: corresponde a una ganancia no inversora de magnitud 2.

5.3 Descripción del software

Para la desarrollar el sistema diseñado en el proyecto, se necesita implementar dos programas de software. Un software es desarrollado en el microcontrolador y está programado en su memoria FLASH, donde todas las rutinas que debe seguir lo que requirió el desarrollo del software en lenguaje "Basic". Además, la información que genere el microcontrolador será enviada a un computador, para lo cual también fue necesario el desarrollo de un software de recepción y administración de datos. A continuación se da una descripción de los programas implementados para el adecuado funcionamiento del sistema.

5.3.1 Software del microcontrolador

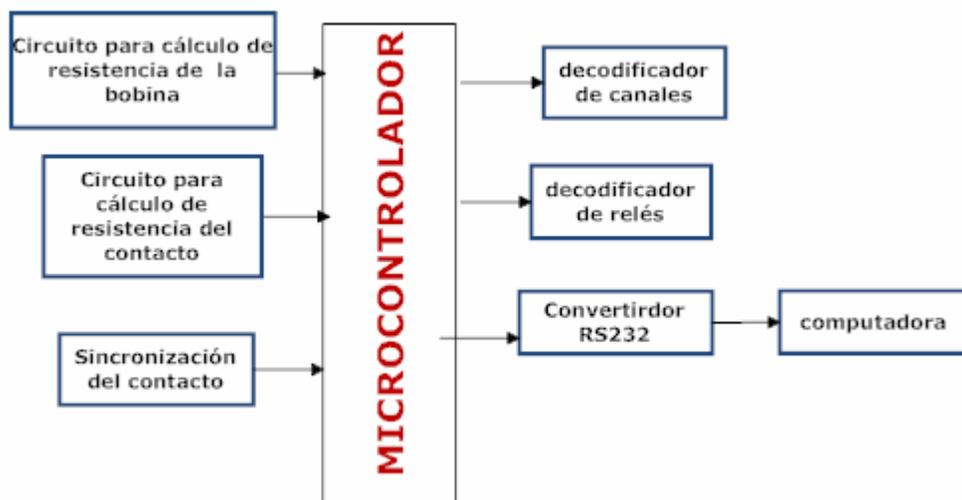


Figura 5.8. Diagrama de bloques del microcontrolador y los circuitos de medición

Todas las funciones que realiza el microcontrolador están programadas en su memoria. La programación se realizó en lenguaje Basic mediante el compilador "PicBasic Pro". El código programado, básicamente se encarga de recolectar lecturas de tensión y tiempo que son utilizados para realizar los cálculos de los valores de resistencias, corrientes y tiempo. El microcontrolador se divide en varios subprogramas de los cuales tres son los encargados de calcular los valores

de tiempo y resistencias de los relés. A continuación se explicará cada uno de ellos:

5.3.1.1 Sincronización del tiempo de activación del contacto

Este subprograma consiste en medir la diferencia de tiempo entre la señal de entrada de la bobina con la señal de activación de contacto.

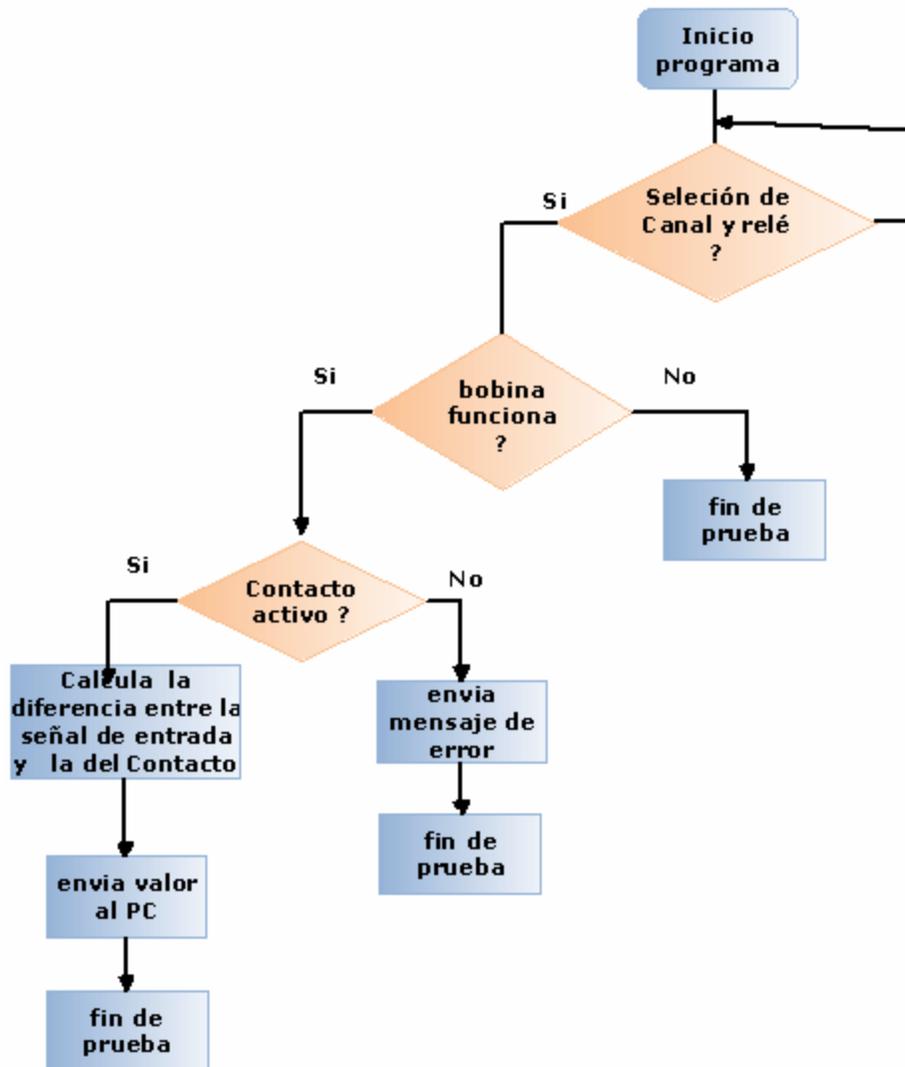


Figura 5.9. Diagrama de flujo del sincronizador del tiempo de activación del contacto

El pseudocódigo es el siguiente:

1. Selecciona el canal y el relé que va a analizar.
2. Activar la bobina en caso de que esta no se active, entonces finaliza la prueba y se determina que la bobina está defectuosa. Inicia el conteo del tiempo de activación de la señal.
3. Activar el contacto, es decir, el contacto se debe cerrar, en caso de que no se cerrará se envía una señal al PC que activa una luz indicativa que muestra que contacto ha fallado.
4. Calcula la diferencia entre el tiempo en que inició la señal de entrada y el tiempo en que se activó el contacto.
5. Realiza la comparación entre el límite superior e inferior con el valor obtenido.
6. Envía el valor obtenido y la señal que activa una luz indicativa de si pasó o no la prueba.

5.3.1.2 Cálculo de la resistencia de la bobina

Este subprograma consiste en medir de manera indirecta el valor de la resistencia de la bobina.

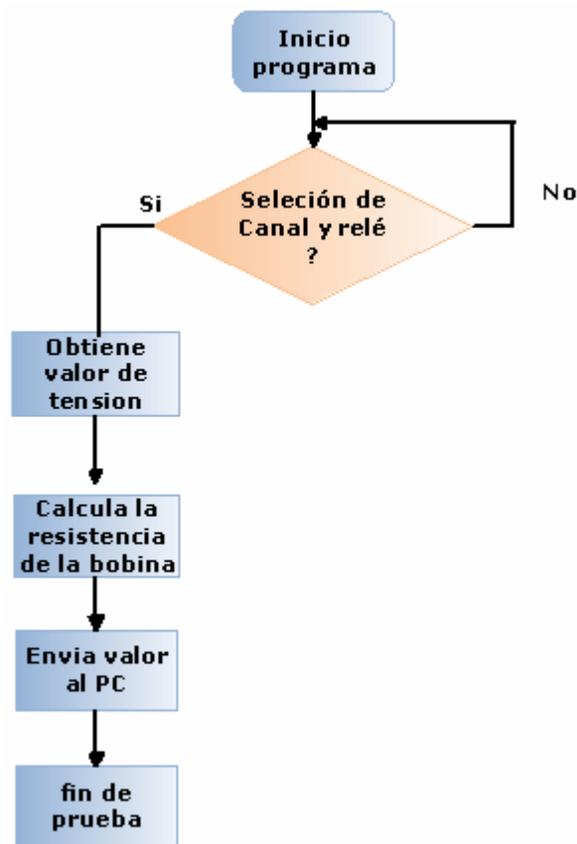


Figura 5.10. Diagrama de flujo del cálculo de la resistencia de la bobina

El pseudocódigo es el siguiente:

1. Selecciona el canal y el relé que va a analizar.
2. Recibe el valor de la tensión obtenida del circuito.
3. Calcula el valor de la resistencia de la bobina.
4. Realiza la comparación entre el límite superior e interior con el valor obtenido.
5. Envía el valor obtenido y la señal que activa una luz indicativa de si pasó o no la prueba.

5.3.1.3 Cálculo de la resistencia estática del contacto.

Este subprograma consiste en medir de manera indirecta el valor de la resistencia estática del contacto.

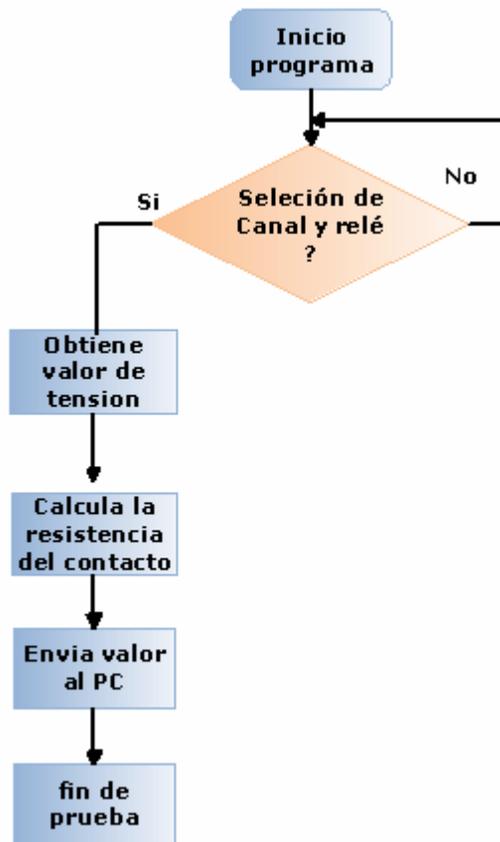


Figura 5.11. Diagrama de flujo del cálculo de la resistencia estática del contacto.

El pseudo código es el siguiente:

1. Selecciona el canal y el relé que va a analizar.
2. Recibe el valor de la tensión obtenida del circuito.
3. Calcula el valor de la resistencia de la bobina.
4. Realiza la comparación entre el límite superior e interior con el valor obtenido.
5. Envía el valor obtenido y la señal que activa una luz indicativa de si paso o no la prueba.

5.3.2 Software receptor de datos provenientes del microcontrolador

Este software tiene como función ser la parte del computador PC, encargada de establecer comunicación con el microcontrolador, recibir datos y administrarlos. Recibe los datos que envía el microcontrolador acerca de los resultados de las pruebas obtenidas de las "Relay Cards" y es capaz de desplegar los datos de manera agradable por medio de visualización gráfica. La petición de despliegue puede ser de datos instantáneos o bien mediante un gráfico. La programación se realizó en "LabView", pero además pueden ser capturados en Microsoft Excel.

En la figura 5.12 se muestra, de manera global, como se realiza el proceso de adquisición de la información que se resume en los siguientes pasos:

1. Inician las variables.
2. Espera la señal de recibir datos.
3. Adquieren los resultados obtenidos del microcontrolador.
4. Muestran los valores y elaboran los gráficos

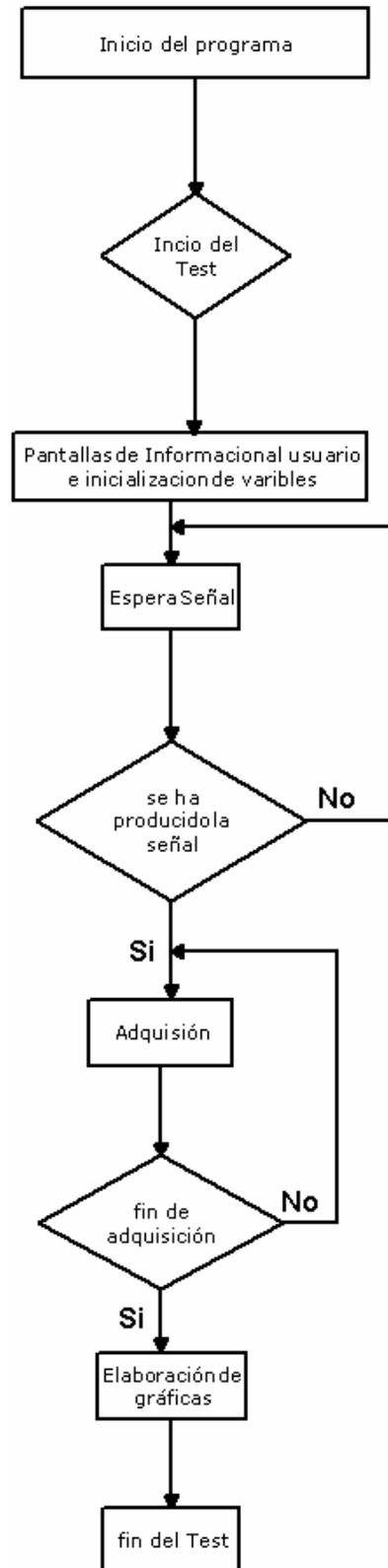


Figura 5.12. Diagrama de flujo básico del programa receptor de información de microcontrolador

5.3.2.1 Recepción de datos

El principal flujo de datos será del microcontrolador hacia el PC. Esta transmisión de datos se puede dar porque el microcontrolador solicita transmitir datos o bien porque desde el software se solicita ver los datos actuales de la tarjeta de relés.

A continuación se detallará el funcionamiento de la administración en la adquisición de datos obtenida del microcontrolador:

1. Inicialmente se debe indicar los valores de tensión CD de las señales PPMU, BPMU y DUT con que se realizarán las pruebas a los canales de relés.

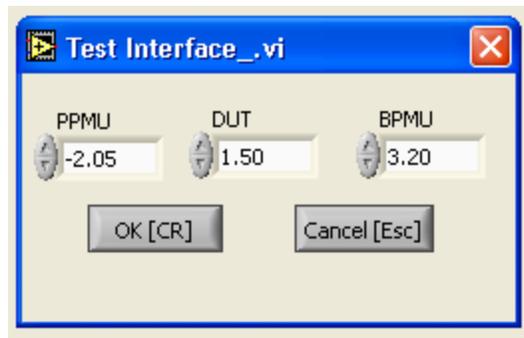


Figura 5.13. Señales de tensión CD PPMU, DUT y BPMU

2. Se debe indicar los valores de velocidad de transmisión, paridad, bits de datos y bits de parada. Además se debe indicar en cuál puerto es por el que va a enviar la información y el tiempo de retardo con que se desea recibir los datos. En la figura 5.14 se muestra el interfaz con que se debe llenar esta información y también se observa que VISA (Arquitectura de Software para Instrumentos Virtuales) es la librería de interfaz con que se controla el RS-232 y es el estándar utilizado por la Alianza de Sistemas de VXI plug & play.

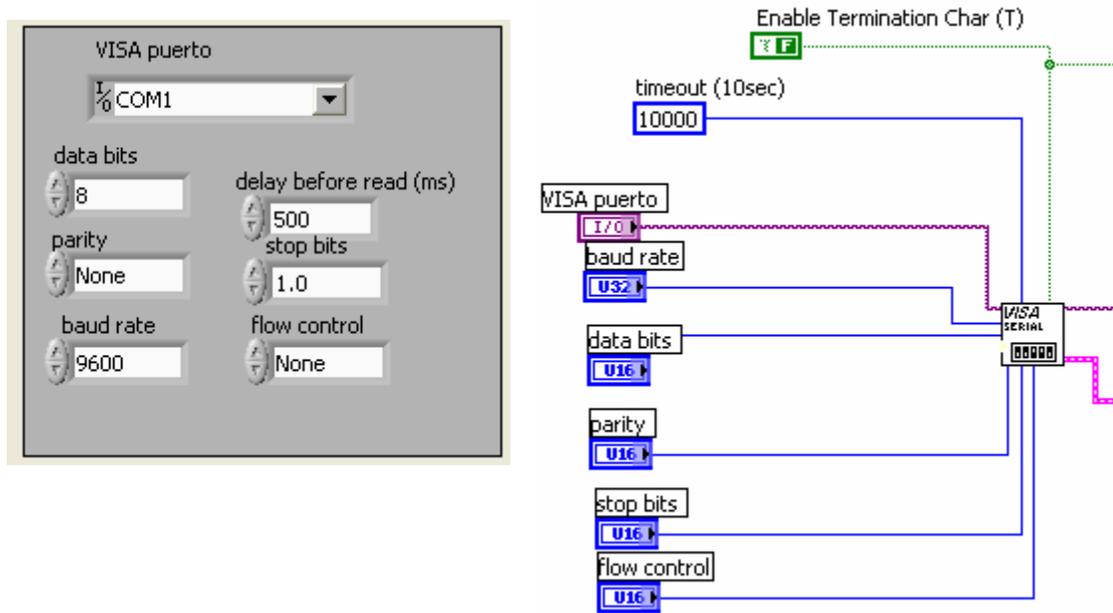


Figura 5.14. Comunicación Serial de la PC

3. El interfaz con el usuario se divide en tres viñetas o "Tabs"; dos son sobre los resultados de las pruebas y otro acerca de la programadora del software elaborado.

En la figura 5.15 se muestra la interacción del programa y el usuario en donde, en la parte de mediciones, se indica la hora en que se inicio el programa, cómo y donde se encuentra el archivo de Excel, los valores de las tensiones que recibe el contacto.

La figura 5.16 muestra una tabla con los resultados, la cantidad de mediciones en donde la primera columna es el número de relé y las demás columnas son la cantidad de mediciones que se realizan, asimismo cuenta con unas luces indicativas que son de color rojo pasa cuando el relé no está dentro de los parámetros establecidos y de color verde cuando ha pasado las pruebas.

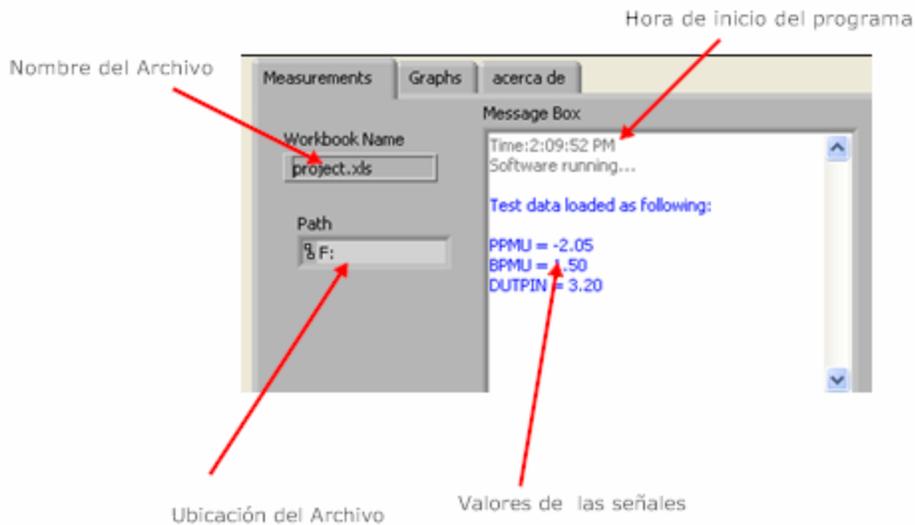


Figura 5.15. Interfaz de mediciones e información del sistema (parte a)

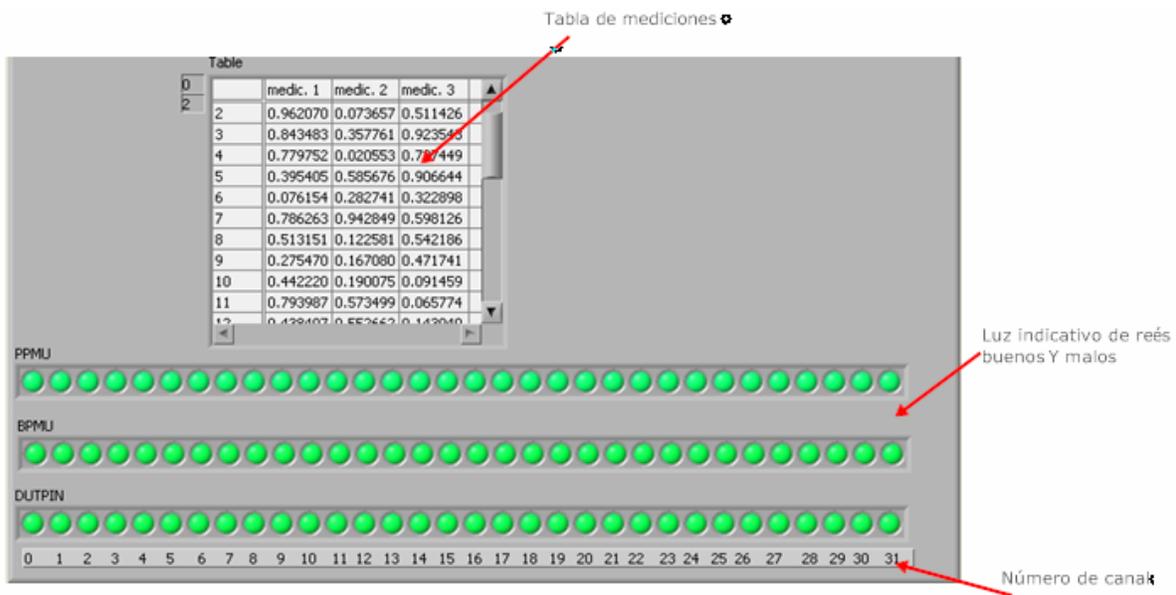


Figura 5.16. Interfaz de mediciones e información del sistema (parte b)

- La segunda viñeta contiene un gráfico con los resultados de los valores mostrados en la tabla. Este gráfico cuenta con una barra que permite moverse en el eje x, también tiene una mano que funciona para moverse tanto en el eje x como el y tiene la opción de ampliar alguna parte del gráfico y puede escoger la referencia en el gráfico.

6. Contiene un menú que le permite seleccionar entre tres diferentes pruebas

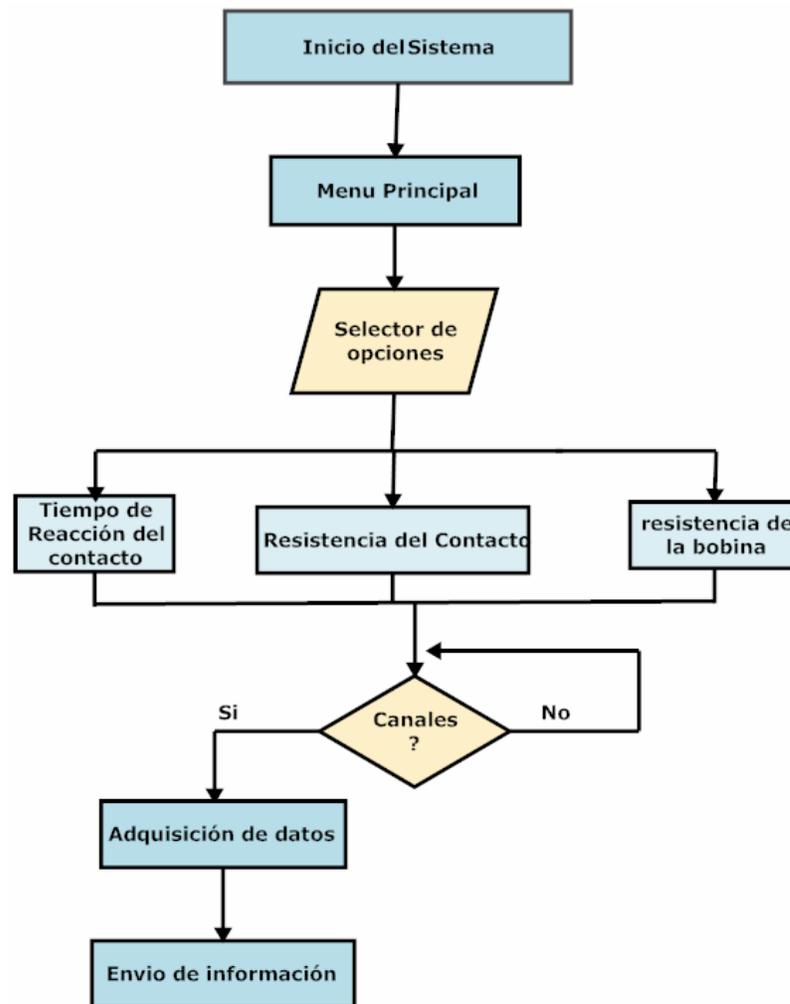


Figura 5.17. Diagrama de flujo del básico del sistema

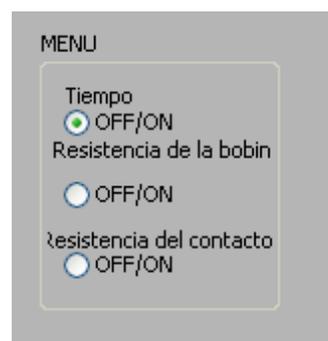


Figura 5.18. Menú de opciones

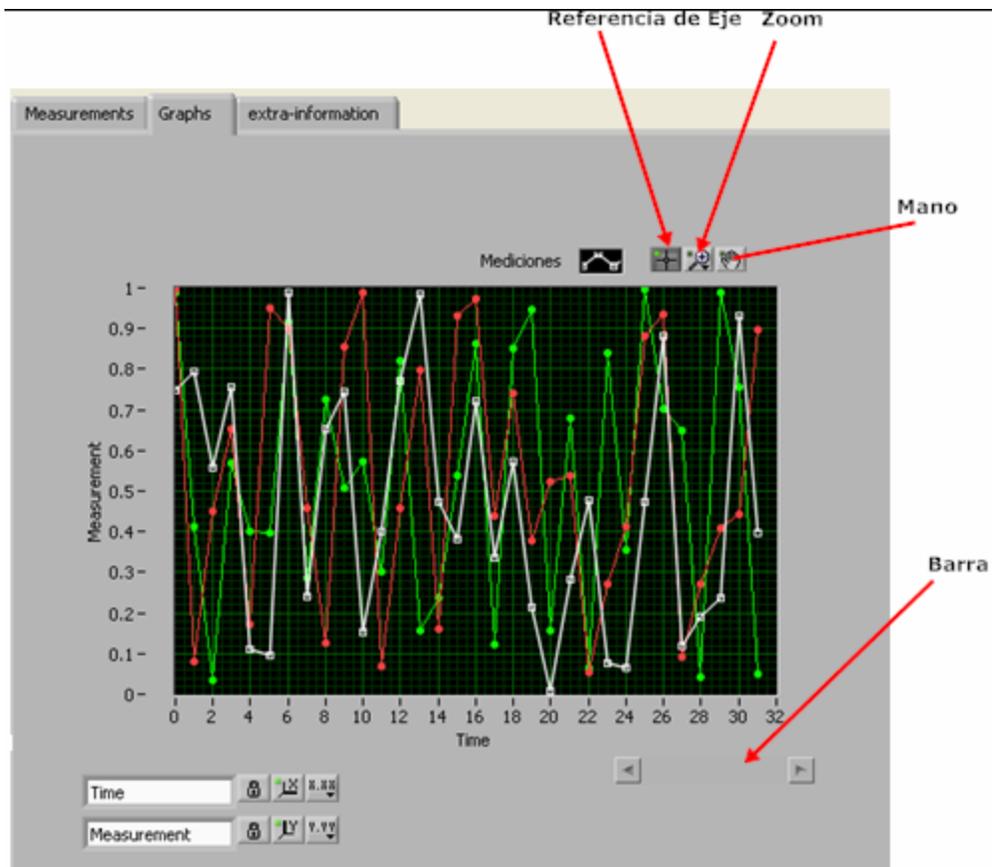


Figura 5.19. Gráfica de Mediciones

5. Además del interfaz realizado en "LabView", este programa se comunica con Excel que también despliega la información obtenida el microcontrolador.

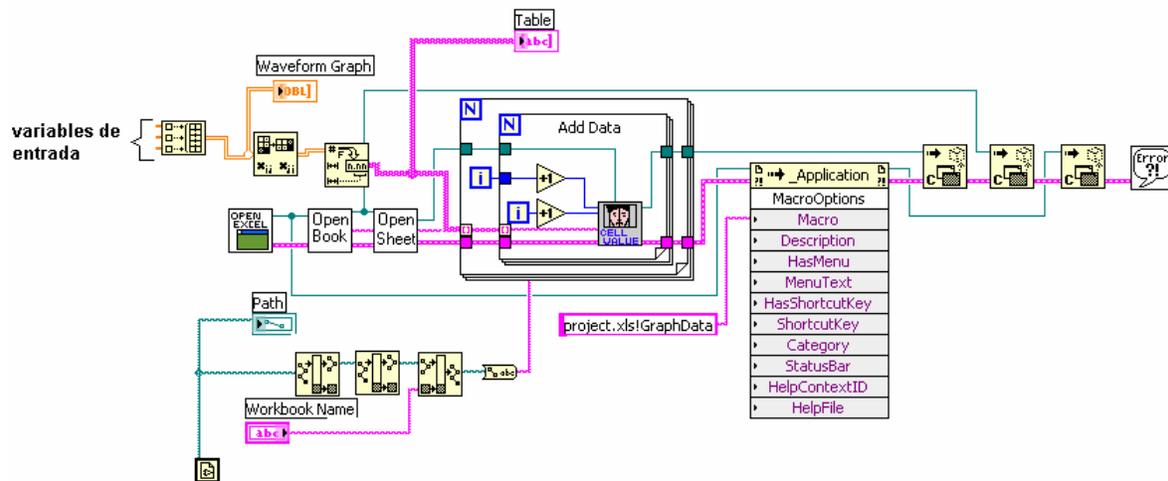


Figura 5.20. Reporte en Excel

Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones.

- Se determinó una secuencia de pasos para el sistema de pruebas.
- Las pruebas que predicen fallas son la medición de resistencia en la bobina, la resistencia estática y el tiempo de reacción del contacto comparando la información del proveedor con la información de la empresa.
- La principal causa en el proceso actual es que este no detecta problemas de retardos de conmutación del contacto.
- El sistema de pruebas se logró realizar hasta nivel prototipo.
- El lenguaje de programación fue LabView debido a que facilita el control y la adquisición de datos.
- Se logró determinar que los síntomas de fallas por deterioro de los relés están relacionados con el voltajes de desactivación y funcionamiento, tiempo de desactivación y funcionamiento.

6.2 Recomendaciones

- Utilizar un único computador para establecer la comunicación entre los dispositivos. Para hacer más eficiente el sistema, utilizar una máquina rápida, que permita su uso en otras tareas mientras corren los programas de monitoreo. Además debe tener gran capacidad de almacenamiento en disco. Las pruebas realizadas se hicieron en un computador con procesador Intel Pentium IV de 1.8GHz, 256MB de RAM y 20GB de disco duro. Se recomienda mantener la configuración actual del sistema o bien aumentarla a futuro.
- Utilizar una tarjeta GPIB que agilice el envío de información y aumentaría el tiempo de respuesta con el PC.
- Utilizar la biblioteca "Application Building" del programa LabView para crear un programa ejecutable que no depende la instalación del programa con que fue creado.
- Utilizar capacitancias en las conexiones con las alimentaciones de tensión para eliminar ruido.

Bibliografía

1. Harvey Pollack, *Relays: principios básicos y sus aplicaciones*, 1 edición, Buenos Aires, Arg.editorial GLEM, 1964.
2. Martínez Brian, Interruptor accionado por ruido. (Uso de Transistores, SCR y Reaí), en el sitio Web www.monografias.com , visitado el 28 de agosto de 2006.
3. Relays, sitio Web: www.Wikipedia.com visitado el 3 de setiembre de 2006
4. Manuales técnicos, hojas de datos, circuitos esquemáticos, en el sitio Web: http://www.icd.teradyne.com/CMS/ICD/Operations/Test/Work_Instructions/J750/ visitado el 31 de agosto de 2006.
5. Manuales técnicos, hojas de datos, circuitos esquemáticos, en el sitio Web http://blazermx.std.teradyne.com/marcom/collateral/j750/EDCB_Datasheet.pdf
6. Hojas de datos sobre relés, en el sitio Web <http://www.asiarelay.com/default.asp>, visitado el 31 de agosto de 2006.
7. Hojas de datos sobre relés, en el sitio Web <http://www.cotorelays.com/>, visitado el 4 de setiembre de 2006.
8. Relés, sitio Web: <http://www.redeya.com/electronica/tutoriales/elembas/reles.htm>, visitado el 31 de agosto de 2006.
9. Relés, Tutoriales Electrónica Fácil, sitio Web: <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/tutorial147.htm> , visitado el 31 de agosto del 2006.
10. Relay, sitio web: <http://www.kpsec.freeuk.com/components/relay.htm>, visitado el 31 de agosto de 2006.
11. Relays, sitio web: <http://www.kpsec.freeuk.com/components/relay.htm#compared>, visitado el 31 de agosto de 2006.

12. Relay Glossary, sitio web: <http://www.relaycenter.com/cgi-bin/glossary.pl?sesid=E2045447428X258>, visitado el 31 de agosto de 2006.
13. Tipos de relés y estructura, sitio web: <http://www.dea.icaei.upco.es/jarm/Asignaturas/PLC/2boole/sld026.htm>, visitado el 31 de agosto de 2006.
14. El relé, sitio web: <http://electronred.iespana.es/elrele.htm>, visitado el.
15. IEEE Standard for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus, sitioweb: http://shop.ieee.org/ieeestore/Product.aspx?product_no=SH95381, visitado el 1 de setiembre del 2006.
16. Software model for inverse time overcurrent relays incorporating IEC And IEEE standard curves, sitio web: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?isnumber=21847&arnumber=1015171&count=109&index=9, visitado el 1 de setiembre de 2006.
17. Temperature Considerations for DC Relays, sitio web: http://relays.tycoelectronics.com/appnotes/app_pdfs/13c3226.pdf#search=%22%22Temperature%20Considerations%20for%20DC%20Relays%22%22, visitado el visitado el 1 de setiembre de 2006.
18. Sistema Dinámico de Pruebas de Relays, sitio web: <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/BEFBBBE24F78970E86256B5F0080474D>, visitado el visitado el 4 de setiembre del 2006

Apéndices

A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

- ABTS, Aurora Board Test Station = Estación de pruebas Aurora
- ATB, Assembly Test Boston = Ensamble de prueba Boston
- BackPlane = Parte de los conectores donde van conectadas las tarjetas al sistema
- BPMU, Single Board Parametric Measurement Unit = Unidad de medición paramétrica de tarjeta individual.
- BTE, Board Test Engineering (Foundry) = Ingeniería de prueba de tarjetas
- BW, Board Watch = Reporte general de tarjetas.
- CALCUB, Calibration – Clock Utility Board = Tarjeta de utilidades de tiempos y calibración.
- CALDIB, Calibration – Device Interface Board = Tarjeta de dispositivo de interfaz y calibración
- CB, Channel Board = Tarjeta de canales
- CC, Channel card = Tarjetas de canales
- CTO, Converter Test Option = Opción de prueba para convertidor.
- DIB, Device Interface Board = Tarjeta de dispositivo de interfase.
- DPS, Device Power Supply = Dispositivo de fuente de poder.
- DUT, Device Under Test = Dispositivo bajo prueba.
- ESD, Electrostatic Discharge = Descarga electroestática
- MTO, Memory Test Option = Prueba de opción en memoria
- PCB, Printed Circuit Board = Tarjeta de circuito impreso.
- *PCIT*, personal computer Interfase Test = Prueba de interfase con la computadora.

- PPMU, Pin Parametric Measurement Unit = Unidad de mediciones paramétrica por pin.
- Relay Card = Tarjetas de Relés.
- SPC Statistical Process Control = Control de proceso estadístico.
- *TCIO*, Test Computer I/O = Prueba de entrada/salida de la computadora.

A.2 Información sobre la empresa

A.2.1 Descripción de la empresa

Teradyne de Costa Rica es parte de la red global de los servicios de cliente (GCS). La planta está situada en la zona franca de América en Heredia y tiene 100 personas

Su principal actividad es la prueba y la reparación de tarjetas de *Teradyne* para las divisiones del STD (división de prueba de semiconductor) y del ATD (división de prueba de ensamblaje).

La operación de esta empresa comenzó en diciembre del 2000 con cinco personas reparando "MT board".

Costa Rica da soporte a un total de 1279 tipos de tarjeta entre el STD y el ATD; dichas tarjetas son enviadas a los EE.UU., Europa y Asia

A.2.2 Descripción del Departamento o sección en la que se realiza el proyecto

La empresa *Teradyne de Costa Rica*, el departamento de Ingeniería se divide de acuerdo al tipo de máquina. Este proyecto se realizó en la máquina J750, la cual es la encargada de realizar pruebas en las "Relay Cards", esta máquina se encuentra a cargo de un técnico por turno y un ingeniero.

A.3 Diseño del sistema de Pruebas

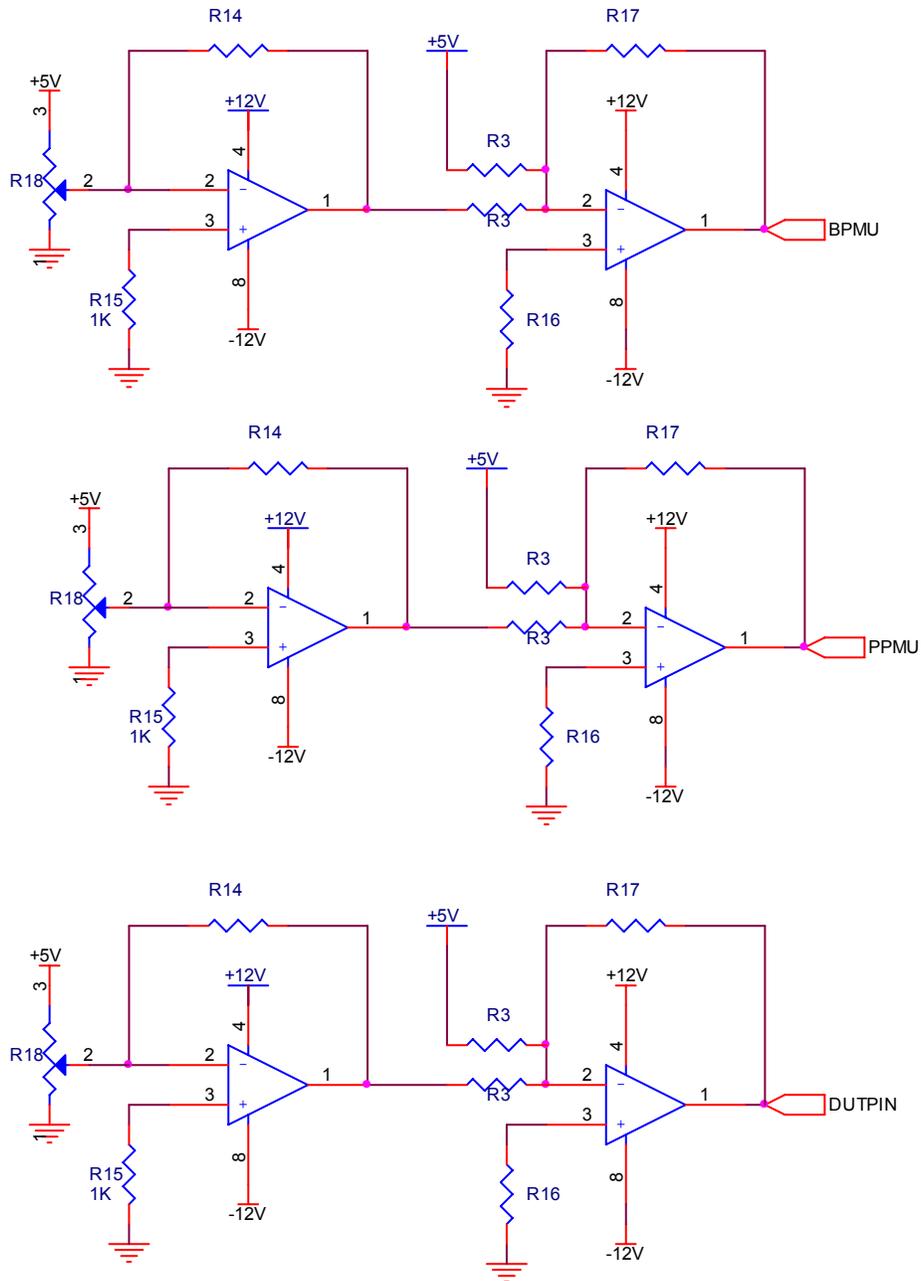


Figura A3.1. Señales PPMU, DUTPIN y BPMU

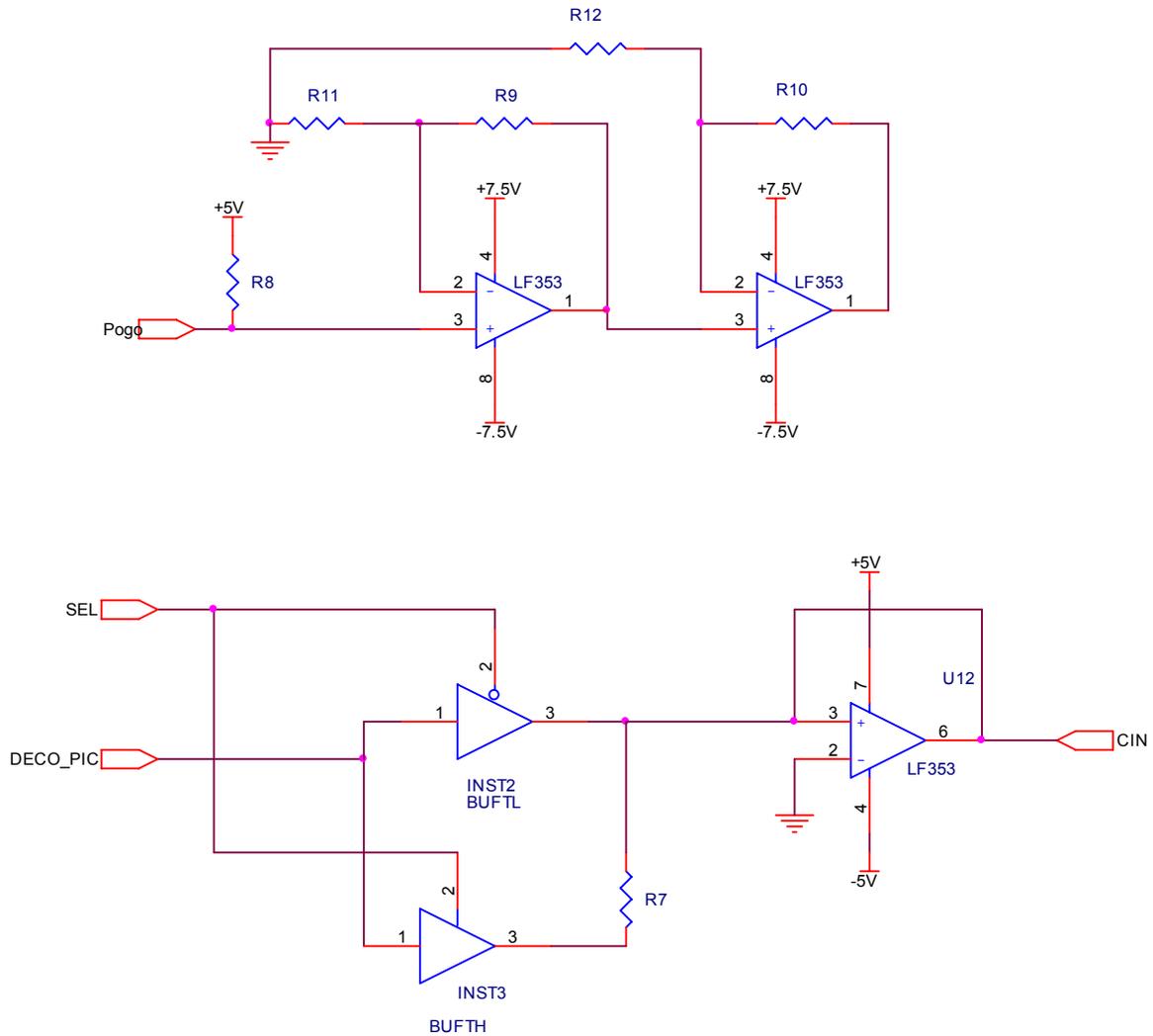


Figura A.3.2. Pruebas para las tarjetas de relés

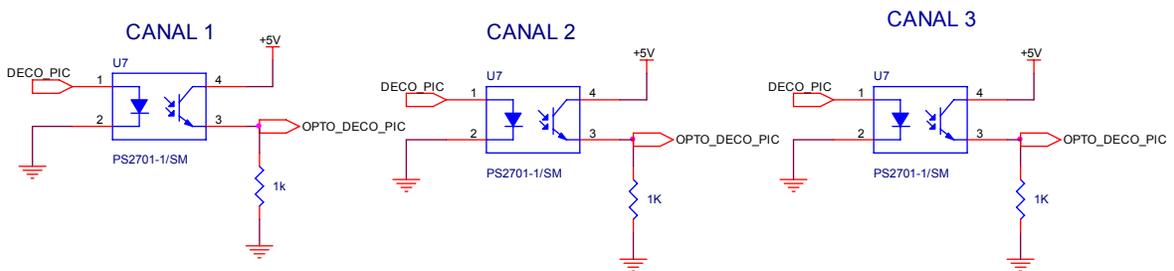


Figura A.3.3. Acople óptico del sistema

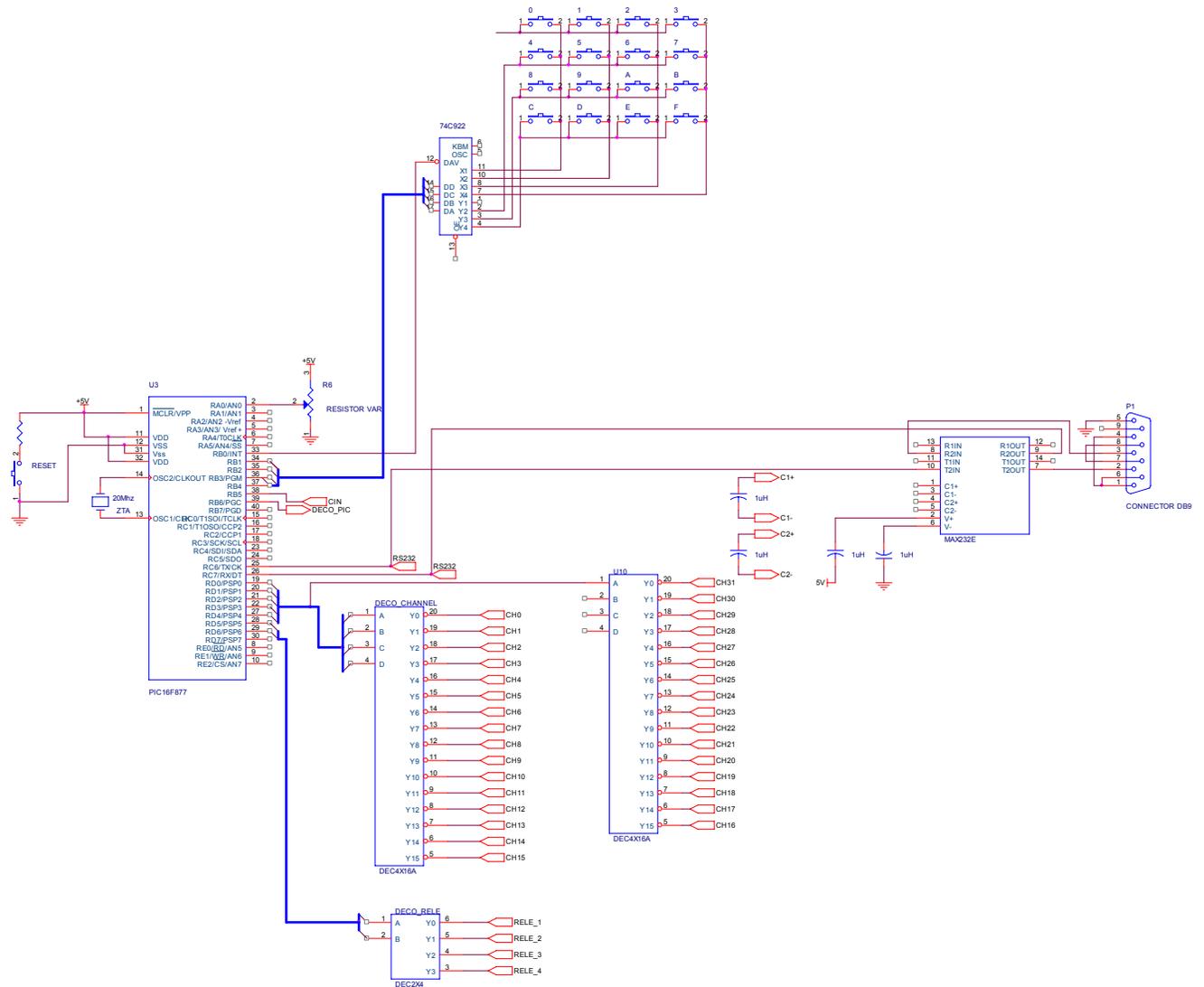


Figura A.3.4. Microcontrolador, decodificador y teclado del sistema

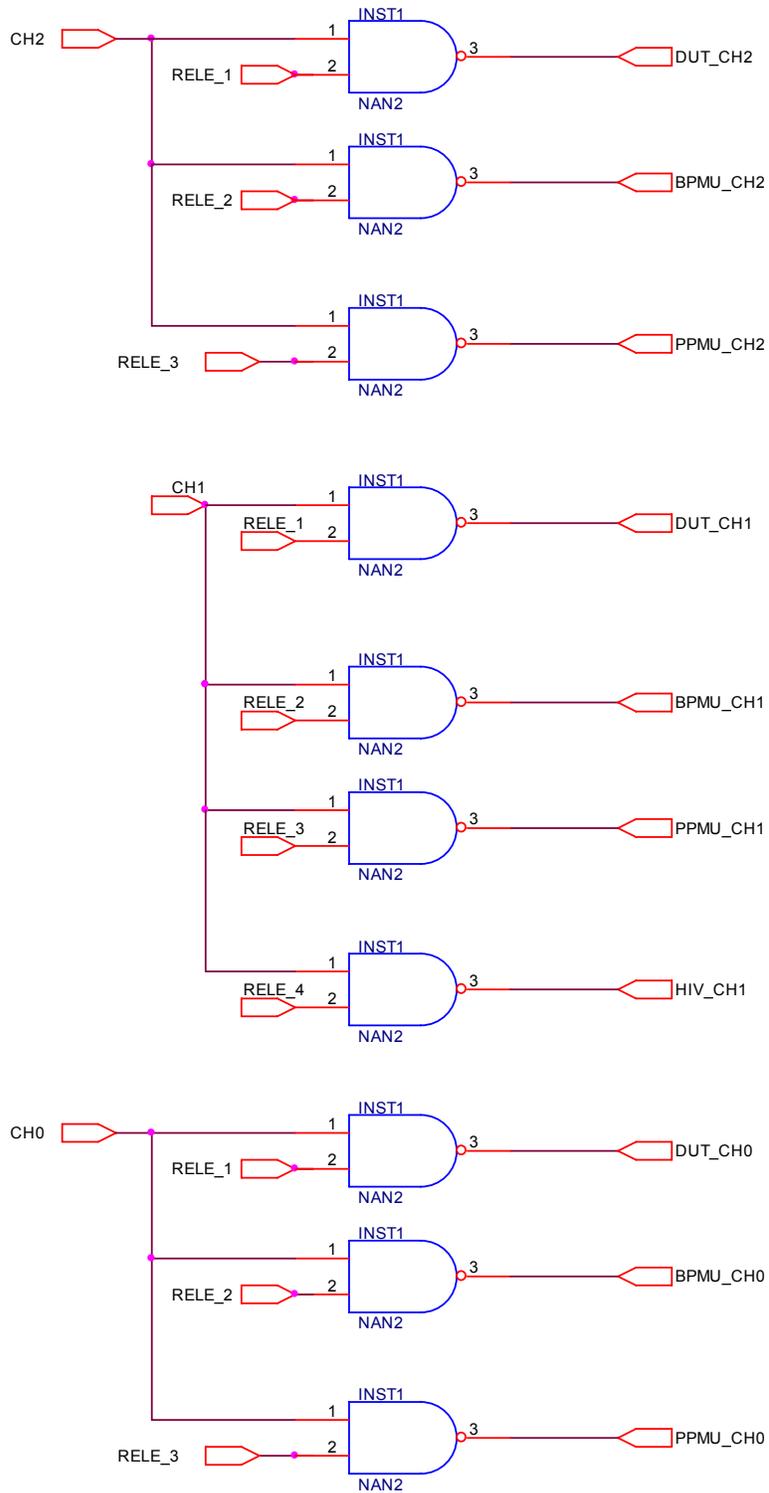


Figura A.3.5. Banco de compuertas NAND's