

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación

**“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DEL LÍQUIDO EN
LA ELABORACIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS”**

TOPICO DE GRADUACIÓN

Previa a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACION
“ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATIZACION”**

Presentada por:

**JENNY MERINO PEÑA
CESAR MOSCOSO COELLO**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2007

AGRADECIMIENTO

Agradecemos ante todo a Dios a quién le debemos todo lo que somos, por darnos la fuerza y la salud para poder culminar una etapa más en nuestras vidas, a si mismo a nuestros padres quienes con su incondicional apoyo han forjado en nosotros la confianza para poder alcanzar nuestras metas en el desarrollo de nuestra carrera.

Un agradecimiento especial a nuestro director de tópicos el Ing. Alberto Larco, quién siempre estuvo presto a ayudarnos.

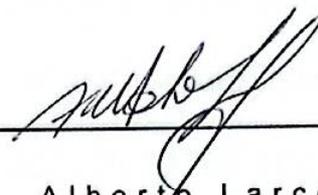
DEDICATORIA

A Dios por permitirme tener a mis padres conmigo. A mi querida madrecita, a quien le debo mi formación; a toda mi familia en general, quiénes siempre creyeron en mí, y a todos aquellos que de una forma contribuyeron en la culminación de la misma.

TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Holger Cevallos
Subdecano de la FIEC



Ing. Alberto Larco G.
Director de TOPICO



Ing. Cesar Martín
Miembro del Tribunal



Ing. Holger Cevallos
Miembro del Tribunal

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
BIBLIOTECA
INV. No. ELET-IN-142-1

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Jenny Elizabeth Merino Peña



Carlos Cesar Moscoso Coello

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo el de dar a conocer acerca de nuevas herramientas que se utilizan en la automatización de cualquier sistema, las se están acoplando al ambiente industrial, donde cada vez se enfocan hacia sistemas automáticos de control manejados a través de circuitos lógicos programables (PLC), y se estima una creciente para años posteriores donde el control será totalmente automático con el desarrollo de sistemas inteligentes que prescindirán del operador humano, razón por la cual a través de este trabajo de investigación y aplicación queremos proporcionarles las herramientas y los conceptos básicos del sistema y como a través de una serie de secuencias podemos obtener tal objetivo.

En esta tesis de grado se ha diseñado un sistema automático controlado por medio de PLC y que podrá ser visualizado por medio de un SCADA (sistema de control y adquisición de datos), que es un simulador grafico por donde se podrá observar, monitorear y controlar el proceso en cuestión.

El desarrollo académico de lo ya planteado en nuestros objetivos se encuentra compartido en cinco capítulos, en donde cada uno trata partes esenciales para su conclusión.

En el capítulo I se estudia el proceso a ser automatizado, analizando sus características de funcionamiento para de esta forma poder plantear mejores soluciones de automatización, se explicara la secuencia de operación de cada etapa, también trataremos los recursos externos que ayudan a la realización de un mejor producto.

En el capítulo II se desarrolla el proceso con la ayuda de los dispositivos físicos así como el software de monitoreo y control que permiten implementar el proyecto, se analizan los requisitos mínimos exigidos por el sistema así como los criterios para la selección del PLC (Circuitos Lógicos Programables), y se considera específicamente a un micro-PLC Versamax series 90 de la familia General electric, donde se ejecuta el control del sistema. El programa de control que se guarda en la memoria del PLC, se desarrolla en el software Cimplicity en lenguaje LD (esquema de contactos); para luego interactuar con el sistema de monitoreo.

También se estudia el SCADA (Lookout), conocer sus herramientas que son material indispensable par realizar este proyecto, Y en base a estas herramientas se implementará el control total del sistema de elaboración de la Gaseosa de la fabrica AJECUADOR, en donde se realizarán todas las pantallas de monitoreo y control utilizando LOOKOUT 5.1 como software de aplicación.

Lookout permite establecer una comunicación entre PC vía Internet, también permite exportar su base de datos histórica (Citadel) hacia otras aplicaciones como EXCEL y SQL Server.

En el capítulo III se desarrolla la instrumentación virtual con el Software LABVIEW 7.0 EXPRESS, donde se estudia su entorno de programación así como los recursos que el software ofrece con el fin de desarrollar aplicaciones de adquisiciones y análisis de datos con interfaz hacia un computador personal.

En el Capítulo IV se desarrolla el diseño e implementación de una tarjeta de adquisición de datos utilizando el microcontrolador 16F877A, el cual constituye el cerebro de la tarjeta de adquisición, el criterio de su elección fue hecho en base a los recursos que ofrece, como la cantidad de pines. Para la comunicación entre el microcontrolador y los dispositivos externos se usa el módulo USART. También se realiza la simulación de la tarjeta con la ayuda del software Proteus.

En el capítulo V, se analizará una fuente de 300 W conmutada en alta frecuencia con una etapa de salida transistorizada con una configuración de medio puente, con voltajes de salida de: +5V/22 A, -5V/0.5 A, 12V/7A, -12V /0.5A con una alimentación seleccionable de 110 o 220 VAC.

Se desarrollará técnicas de ingeniería para lo cual se obtendrá el diagrama completo de la fuente y se desarrollarán los cálculos que corroboren la selección realizada sobre los elementos de la fuente. Adicionalmente se realizarán análisis mediante software de simulación PSPICE PROFESIONAL. Las señales reales de las partes más importantes del circuito serán obtenidas con el Osciloscopio y con el Multímetro. Finalmente se realizará un análisis comparativo entre las señales reales y simuladas.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

ABREVIATURAS

INTRODUCCION

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO. 1

1.1	Ajecuador (Big Cola).....	1
1.2	Materia prima.....	2
1.2.1	Agua del proceso.....	3
1.2.2	Azúcar.....	4
1.2.3	Concentrados y esencias.....	4
1.2.4	Gas carbónico.....	4
1.3	Maquinaria y equipo.....	5
1.3.1	Silos de almacenamiento.....	5
1.3.2	Agitadores.....	5
1.3.3	Pre-Mix	6
1.3.3.1	Tanque pulmón.....	7
1.3.3.2	Tanque de agua y jarabe.....	8
1.3.3.3	Tanque amoniaco.....	9

1.3.4	Panel de control.....	10
1.4	Elementos de medición y control.....	11
1.4.1	Motores.....	12
1.4.2	Controlador de flujo.....	13
1.4.3	Electrodos.....	13
1.4.3.1	Electrodos del tanque de agua y jarabe.....	14
1.4.3.2	Electrodo del tanque carbonatador.....	15
1.4.4	Flotadores de nivel (Bollas)	15
1.4.5	Válvulas	16
1.4.5.1	Válvula de Diafragma.....	17
1.5	Diagrama de Flujo del Proceso.....	18
1.6	Descripción del proceso por Etapas	18
1.6.1	Etapa de Elaboración de Jarabe Simple	19
1.6.1.1	Filtrado del jarabe simple.....	21
1.6.2	Etapa de Elaboración de Jarabe Terminado.....	22
1.6.3	Etapa de Dosificación	23
1.6.4	Etapa de Evaporación	24
1.6.5	Etapa de Condensación	25
1.6.6	Etapa de Carbonatación	26
1.7	Servicios Externos	27
1.7.1	Aire comprimido.....	27

CAPÍTULO II

2 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL.	28
2.1 Introducción.....	28
2.2 Herramientas para su diseño.....	29
2.2.1 Criterios para la selección del PLC.....	30
2.2.1.1 Versamax nano micro PLC series 90.....	31
2.2.2 Lenguaje de Programación.....	32
2.2.2.1 Programa de Control.....	33
2.2.3 Scada Lookout.....	33
2.2.3.1 Requerimientos del sistema.....	34
2.3 Elemento de Mando.....	35
2.3.1 Captadores.....	35
2.3.2 Accionadores.....	36
2.4 Implementación del Sistema SCADA con Lookout 5.1	37
2.4.1 Diseño de la interfase gráfica	37
2.4.1.1 Creación de gráficos	37
2.4.2 Diseño de interfase hombre máquina (HMI)	40
2.4.2.1 Creación de Objetos.....	40
2.4.2.2 Creación de Animadores.....	41
2.4.2.3 Creación de Recetas.....	42
2.4.3 Configuración de la comunicación con el PLC	44
2.4.3.1 Creación del objeto driver	44

2.4.3.2 Edición de conexiones entre objetos.....	45
2.4.4 Comunicación de Kepserver con Lookout.....	47
2.4.5 Creación de pantallas	49
2.4.5.1 Panel de control	51
2.4.5.2 Pantalla de jarabe simple.....	53
2.4.5.3 Pantalla de jarabe terminado	56
2.4.5.4 Pantalla de dosificación	57
2.4.5.5 Pantalla de evaporación.....	58
2.4.5.6 Pantalla de condensación	60
2.4.5.7 Elaboración de gráficos históricos.....	61
2.5 Descripción del funcionamiento	63

CAPÍTULO III

3 CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS POR MEDIO DE LABVIEW 7.1 DE NATIONAL INSTRUMENTS.	71
3.1 Instrumentación con Labview	71
3.1.1 Desarrollo de instrumentos virtuales.....	72
3.2 Creación, edición y programación de instrumentos virtuales (VIs) ..	73
3.2.1 Creación de instrumentos virtuales.....	73
3.2.2 Edición de instrumentos virtuales.....	77
3.2.3 Programación de los instrumentos virtuales.....	81
3.3 Adquisición de datos con Labview... ..	89

3.4 Instrumentación virtual en el proceso de elaboración de bebidas gaseosas	92
--	----

CAPÍTULO IV

4 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS BASADA EN UN MICROCONTROLADOR. 104

4.1 Sistema de adquisición de datos	104
4.1.1 Diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos	106
4.2 Diseño del hardware	107
4.2.1 Bloques de entradas	108
4.2.2 Bloques de salidas	108
4.2.3 Bloque de alimentación	110
4.2.4 Selector de Velocidades	111
4.2.5 Criterios para la selección del microcontrolador	111
4.2.5.1 Modulo de Comunicación Serial	113
4.2.5.2 Convertidor Analógico Digital	118
4.2.6 Diagrama de bloques de la tarjeta de adquisición de datos	123
4.2.7 Diseño de la tarjeta en Protel	124
4.2.8 Circuitos impreso de la tarjeta	125
4.3 Diseño del software para el PIC	127
4.3.1 Programación del PIC	130
4.3.2 Diagrama de flujo de las principales rutinas	131

4.3.3 Diagrama de flujo general.....	132
4.3.4 Diagrama de flujo de la rutina de Interrupción	133
4.3.5 Diagrama de flujo de la rutina de conversión.....	134
4.4 Análisis del sistema con el software de simulación PROTEUS	135
4.5 Fotos de la tarjeta de adquisición.....	141
4.6 Costos del proyecto.....	142

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE UNA FUENTE DE CONMUTACIÓN.	143
5.1 Introducción	143
5.2 Especificaciones de la fuente de conmutación	145
5.3 Diagrama de bloques de la fuente de conmutación.....	146
5.4 Análisis del diseño de la fuente de conmutación.	149
5.4.1 Etapa de rectificación.....	149
5.4.2 Etapa de Potencia.....	153
5.4.3 Etapa de rectificación y filtrado a la salida.	163
5.4.4 Etapa de control.....	172
5.4.4.1 Descripción del DBL494.....	172
5.4.4.2 Regulador de referencia 5V.....	174
5.4.4.3 Comparador de control de tiempo muerto.....	175
5.4.4.4 Modulación de ancho de pulso.....	176
5.4.4.5 Amplificador del error.....	177

5.4.4.6	Control de entradas y salidas.....	177
5.4.4.7	Pulso de disparo en el flip-flop.....	178
5.4.4.8	Salida del transistor.....	179
5.5	Simulación de la fuente de conmutación	180
5.5.1	Simulaciones parciales	180
5.6	Datos reales obtenidos de la fuente de conmutación	194
5.6.1	Fotos de la fuente de conmutación.....	199
	Conclusiones y Recomendaciones.....	200

Bibliografía

Anexos

ABREVIATURAS

BJT	Transistor de Unión Bipolar
CA	Corriente Alterna
ADC	Convertidor Analógico Digital
CD	Corriente Directa
CLKL	Señal de Reloj (Clock)
CPU	Unidad Central de Procesamiento
DAC	Convertidor Digital Analógico
E/S	Entradas y Salidas
DDE	Intercambio Dinámico de Datos
EEPROM	Memoria ROM programable, Regrabable
HMI	Interfase Maquina-Hombre
HZ	Hertz
OLE	Enlace de Objetos Embebidos
PC	Computadora Personal
PLC	Circuito Lógico Programable
PPI	Interfase Punto a Punto
PWM	Modulación por Ancho de Pulso
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio
SCADA	Sistema de Control Y Adquisición de Datos
Pc	Potencia puesta en juego en el condensador

USART	Universal Synchronous Asynchronous receiver Transmitter
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
WMF	Windows Metafile
BMP	Mapa de Bit.
RTU	Unidad de Terminal Remoto
Vpico	Voltaje Pico
Vr(p-p)	Voltaje de Rizado pico-pico
C	Capacitancia
Vce_{max}	Voltaje Colector Emisor
f_r	Frecuencia de Resonancia
f_s	Frecuencia de Conmutación
I_c	Corriente de Operación del Transistor
V_c	Voltaje del Capacitor
I_p	Corriente de trabajo del primario
A_e	Área efectiva del núcleo, cm ²
A_c	Área de devanado de la bobina, cm ²
D	Densidad de corriente expresada en C.M./A
B_{max}	Densidad de Flujo máxima de operación

INDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1.1	Esquemmatización del Pre-Mix	6
Figura 1.2	Tanque de agua, jarabe y mezcla	8
Figura 1.3	Electrodos de nivel	13
Figura 1.4	Esquema de la válvula y el flotador de nivel	16
Figura 1.5	Válvula de diafragma	17
Figura 1.6	Diagrama de flujo del proceso	18

Capítulo 2

Figura 2.1	Simbologías del Cimplicity	33
Figura 2.2	Creando gráficos en Lookout	38
Figura 2.3	Imagen Navigator	39
Figura 2.4	Creando Objetos	41
Figura 2.5	Insertando el objeto Animador Blad3Spn.bmp.	42
Figura 2.6	Configurando la Comunicación con el PLC.	45
Figura 2.7	Ventana de diálogo para editar conexiones	46
Figura 2.8	Creando Objeto OPC Cliente	47
Figura 2.9	Ventana de diálogo del objeto OPC Cliente	48

Figura 2.10	Panel de Control	51
Figura 2.11	Ventana para la ejecución del proceso	52
Figura 2.12	Pantalla del jarabe simple	53
Figura 2.13	Pantalla del jarabe Terminado	56
Figura 2.14	Pantalla de dosificación y Carbonatación	57
Figura 2.15	Pantalla de evaporación	58
Figura 2.16	Pantalla de condensación	60
Figura 2.17	Pantalla de datos históricos	62
Figura 2.18	Parámetros de selección del proceso	64
Figura 2.19	Parámetros de selección de los tiempos	65
Figura 2.20	Ventana de actualización	66
Figura 2.21	Cargando datos	66

Capítulo 3

Figura 3.1	Labview 7.1	74
Figura 3.2	Panel Frontal y Diagrama de bloques	74
Figura 3.3	Barra de Herramientas	75
Figura 3.4	Controles, indicadores y nodos	76
Figura 3.5	Paleta de Herramientas	78
Figura 3.6	Cambiando el texto de un objeto en LabView	79

Figura 3.7	Cambiando el color de un objeto en LabView	80
Figura 3.8	Cambiando la escala de un objeto en LabView	81
Figura 3.9	Convención de colores para cada tipo de dato	82
Figura 3.10	Estructuras en el diagrama de bloques	84
Figura 3.11	Ciclo Para (For Loop)	85
Figura 3.12	Ciclo Mientras (While Loop)	86
Figura 3.13	Estructura de Caso para entrada booleana	87
Figura 3.14	Estructura de Caso para entrada numérica	88
Figura 3.15	Estructura de Caso para entrada tipo string	89
Figura 3.16	Pasos para seleccionar el VISA	90
Figura 3.17	Función VISA que configura el puerto serial	91
Figura 3.18	Funciones VISA para el manejo del puerto serial	92
Figura 3.19	Panel de control de los parámetros de entrada	
Figura 3.20	Panel de control de las señales de la tarjeta	94
Figura 3.21	Ventana donde se pregunta por el estado de la entrada marcha/paro	95
Figura 3.22	Ventana donde se pregunta por la entrada analógica	96
Figura 3.23	Ventana donde se lee el valor de la entrada analógica	97
Figura 3.24	Ventana donde se pregunta por el estado de las	

	Entradas 2 y 3	98
Figura 3.25	Ventana donde se ejecuta el encendido del motor en marcha derecha	99
Figura 3.26	Ventana donde se ejecuta el encendido del motor en marcha izquierda	100
Figura 3.27	Ventana donde se pregunta por el estado de los sensores de nivel	101
Figura 3.28	Ventana donde se ejecuta el encendido de la bomba de salida	102
Figura 3.29	Ventana donde se manipula las salidas analógicas	103
Figura 3.30	Ventana donde se consulta por el valor de la salida analógica 1	103

Capítulo 4

Figura 4.1	Diagrama de bloques del sistema de adquisición	106
Figura 4.2	Diagrama de bloques del integrado ULN2008	109

Figura 4.3	Diagrama de bloques del DAC TLC7528 y el TL084	110
Figura 4.4	Diagrama de bloques de la tarjeta de adquisición	123
Figura 4.5	Diagrama Esquemático de la Fuente	124
Figura 4.6	Diagrama Esquemático de la Tarjeta	124
Figura 4.7	Circuito Impreso de las pistas de la Fuente	125
Figura 4.8	Circuito Impreso de las pistas de la Tarjeta	125
Figura 4.9	Circuito Impreso de los elementos de la Fuente	126
Figura 4.10	Circuito Impreso de los elementos de la Tarjeta	126
Figura 4.11	Diagrama de flujo de la programa principal	132
Figura 4.12	Diagrama de flujo de la rutina de interrupción	133
Figura 4.13	Diagrama de flujo del convertidor CAD	134
Figura 4.14	Simulación en Proteus	135
Figura 4.15	Menús para utilizar la herramienta virtual terminal	136
Figura 4.16	Virtual terminal para lectura de canales analógicos	137
Figura 4.17	Manejo de entradas digitales	138
Figura 4.18	Manejo de salidas digitales	139
Figura 4.19	Visualizadores bus de datos del CDA	140
Figura 4.20	Vista superior de la tarjeta de adquisición de datos	141

Capítulo 5

Figura 5.1	Diagrama de bloques de la fuente de conmutación	146
Figura 5.2	Etapa de Rectificación y Filtrado de Entrada	149
Figura 5.3	Etapa de Potencia	153
Figura 5.4	Rectificador y filtro de la etapa de salida	164
Figura 5.5	Diagrama de bloques del CI. TL494	173
Figura 5.6	Circuito doblador de tensión	181
Figura 5.7	Gráfica del circuito doblador de tensión	181
Figura 5.8	Corriente del capacitor C1 y C2 para el circuito doblador de tensión	182
Figura 5.9	Voltaje ánodo-cátodo del D1 y D2 para dobrador de tensión	182
Figura 5.10	Circuito rectificador de onda completa	183
Figura 5.11	Gráfica de circuito de onda completa	183
Figura 5.12	Corriente del capacitor C1 y C2 para onda completa	184
Figura 5.13	Voltaje ánodo-cátodo de D1 y D2 para onda completa	184
Figura 5.14	Circuito de Conmutación	185
Figura 5.15	Grafica del circuito de conmutación	186
Figura 5.16	Circuito de salida de +5Vdc	187

Figura 5.17	Voltaje en el secundario del transformador para +5Vdc	187
Figura 5.18	Grafica de salida de +5Vdc	188
Figura 5.19	Circuito de salida de -5Vdc	188
Figura 5.20	Voltaje en el secundario del transformador Para -5Vdc	189
Figura 5.21	Grafica de salida de -5Vdc	189
Figura 5.22	Circuito de salida de +12Vdc	190
Figura 5.23	Voltaje en el secundario del transformador Para +12Vdc	190
Figura 5.24	Grafica de salida de +12Vdc	191
Figura 5.25	Circuito de salida de -12Vdc	192
Figura 5.26	Voltaje en el secundario del transformador para -12Vdc	192
Figura 5.27	Grafica de salida de -12Vdc	192
Figura 5.28	Circuito interno del TL494	193
Figura 5.29	Graficas de la circuiteria interna del TL494	194
Figura 5.30	Graficas del rizado de entrada	195
Figura 5.31	Grafica del voltaje en el primario del transformador	195
Figura 5.32	Voltaje en el secundario del transformador	

	entre los pines 3 y 4	196
Figura 5.33	Voltaje en el secundario del transformador	
	entre los pines 5 y 6	197
Figura 5.34	Grafica del voltaje en el pin 5 del DBL494	197
Figura 5.35	Voltaje de +5Vdc	198
Figura 5.36	Voltaje de +12Vdc	198
Figura 5.37	Vista superior de la fuente de conmutación	199
Figura 5.38	Vista inferior de la fuente de conmutación	199

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1	Datos técnicos de la bomba centrífuga	12
TABLA 2.1	Características del MICRO/NANO PLC 23	31
TABLA 2.2	Receta empleada para la elaboración de jarabe simple y terminado	43
TABLA 4.1	Selección de velocidades de Transmisión	111
TABLA 4.2	Baud Rates modo asincrónico (BRGH=0)	116
TABLA 4.3	Registro de estado para la transmisión TXSTA	117
TABLA 4.4	Registro de estado para la transmisión RCSTA	118
TABLA 4.5	Frecuencias de conversión	120
TABLA 4.6	Comandos que recibe el PIC para actuar en las salidas digitales	128
TABLA 4.7	Comandos que recibe el PIC para actuar en las salidas analógicas.	129
TABLA 4.8	Comandos que recibe el PIC para la adquisición de datos digitales y analógicos	130
TABLA 4.9	Lista de precios de los Materiales	142
TABLA 5.1	Datos técnicos de la fuente de conmutación	145
TABLA 5.2	Datos técnicos de voltajes y corriente de salida	145

INTRODUCCIÓN

Los sistemas que se emplean en las diferentes de industrias requieren de gran precisión y ser lo bastante eficientes para desarrollarse con éxitos, también es muy importante la flexibilidad en cuantos a costos ya que este es uno de los principales inconvenientes encontrados al momento de automatizar; pese a esto en la actualidad las industrias alrededor del mundo poseen al menos un pequeño sistema automático de control; resultando más conveniente para la seguridad, protección y la calidad de los productos que se realizan y que a mediano plazo podrán recuperar la inversión realizada y aumentar sus ganancias.

Automatizar hoy en día es una necesidad urgente de buscar nuevas alternativas para el control industrial, por medio de sistemas autónomos, capaces de aumentar la producción en menor tiempo y con mayores índices de confiabilidad.

El proyecto se basa en diseñar un programa que automatice el proceso de elaboración de bebidas gaseosas, con la ayuda de herramientas de control y supervisión SCADA (Sistema de Control y Adquisición de Datos), con las que se obtiene información detallada del proceso, basada en una programación orientada a objetos, eliminando las arquitecturas basadas en texto, y permitiéndonos crear aplicaciones complejas de una manera sencilla.

Para poder supervisar, controlar y monitorear todo el proceso en tiempo real desde una computadora (PC); se utiliza el SCADA LOOKOUT de NATIONAL INSTRUMENTS, se trata de una aplicación que permite al operario interactuar con el programa de usuario, por medio de objetos creados desde esta aplicación; que tienen como principal característica el manejo de gráficos para representar el estado de las variables de un proceso industrial.

Estos sistemas permiten a los usuarios identificar de manera rápida cualquier evento de una manera muy sencilla, así como trasladar la información obtenida en sus pantallas a otras aplicaciones como son: EXCEL, KEPSERVER entre otros, a través del protocolo de Intercambio Dinámico de Datos (Dynamic Data Exchange, DDE).

Labview posee un ambiente de programación gráfico diseñado para desarrollar aplicaciones de adquisiciones y análisis de datos desde y hacia un computador, utiliza una programación gráfica de flujo de datos denominado G. LabView dispone de bibliotecas para adquisición de datos, análisis, presentación y almacenamiento de datos. Además dispone de herramientas convencionales de desarrollo de programas y depuración de errores, tales como puntos de ruptura, ejecución paso a paso y animación del flujo del programa.

CAPITULO I

1. ESTUDIO DEL TRATAMIENTO DEL LIQUIDO EN LA ELABORACION DE BEBIDAS GASEOSAS

1.1 Ajecuator (Big Cola)

A lo largo de nuestra vida universitaria hemos tenido la oportunidad de conocer varios tipos de fabricas de nuestro mercado nacional y en la gran mayoría hemos podido observar que prácticamente las industrias se están acoplando paulatinamente a realizar sistemas automatizados, dejando de esta manera de depender del error humano y de sistemas obsoletos que afectan el la calidad y rendimiento del producto a desarrollarse.

Uno de los principales inconvenientes por parte de las industrias al momento de implementar estos sistemas es la fuerte inversión que conlleva generar un proceso automático.

La fabrica que ha sido escogida como base de nuestro estudio es la AJECUADOR, cuyo producto principal es la producción de gaseosa conocida como “Big Cola”.

En este capitulo se detalla el funcionamiento, las maquinarias y los equipos utilizados en la producción del mismo, así como la secuencia de trabajo para obtener el producto final, para de esta forma poder realizar un análisis completo del mismo y dar mejores soluciones para el diseño de un sistema lo suficientemente eficiente y fácil de entender y aplicar para el personal encargado de monitorear y controlar el proceso en cuestión.

1.2 Materia Prima

La materia prima empleada para la realización del producto se encuentra constituida de:

- Agua
- Azúcar.
- Concentrados y Esencias.
- Gas carbónico (CO₂).

1.2.1 Agua del Proceso

El proceso de elaboración de bebidas gaseosas, implica la utilización de grandes cantidades de agua, en el lavado de los envases, en la realización del producto y en la limpieza de la Planta.

El agua que utiliza la planta cuenta con dos líneas principales de abastecimiento, un ingreso proveniente de las redes de distribución de agua potable, y una alimentación desde un reservorio. El agua del reservorio representa aproximadamente un día de producción, en caso de un corte en el suministro de la red principal.

El agua de la red es colectada en tanques de almacenamiento. Posteriormente pasa a la sala de tratamiento, donde se desinfecta por medio de la suministración de Cloro, luego se pasa por varios filtros de arena y carbón para de esta manera, obtener agua desinfectada y desodorizada.

1.2.2 Azúcar

El azúcar es un ingrediente indispensable en la elaboración de una bebida gaseosa, la cantidad y el clase de azúcar a utilizarse depende mucho del tipo de gaseosa que se desee producir, ya que unas requieren más cantidad que otras; y de la cantidad de jarabe que se valla a realizar.

Entre las más utilizadas en la fábrica encontramos azúcar refinada y la de tipo especial.

1.2.3 Concentrados y Esencias

El ingrediente de mayor proporción es el Saborizante, Las fuentes de Saborizantes mas utilizadas suelen ser frutas y esencias.

El colorante corresponde, en su gran mayoría, a agentes sintéticos. Algunos de los colorantes comúnmente empleados son Tartrazina, Amaran, Verde Ácido Brillante.

1.2.4 Gas Carbónico (CO₂)

El elemento es adquirido de forma liquida al proveedor, el cual es almacenado en un tanque de reserva, obtenerlo en este estado resulta más conveniente en cuanto a espacio y cantidad, pues recordemos que cuando un elemento se

encuentra en forma gaseosa sus moléculas se encuentran esparcidas unas de otras ocupando un mayor volumen, que si están en forma líquida donde se encuentran comprimidas ocupando menor espacio, pero es empleado en forma gaseosa, para su transformación se utiliza un intercambiador de calor, siendo mas eficaz.

1.3 Maquinaria Y Equipo

- ✓ Silos de Almacenamiento
- ✓ Agitadores (Mezcladores)
- ✓ PRE-MIX
- ✓ Panel de Control

1.3.1 Silos de Almacenamiento

Los silos de almacenamiento son tanques con capacidad para almacenar grandes volúmenes de material, son hechos de acero inoxidable. Se utilizan en la elaboración del jarabe simple, jarabe terminado, en la dosificación y carbonatación del producto.

1.3.2 Agitadores

El agitador utilizado esta formado por espátulas (Paletas) de gran tamaño que se encuentran ubicado en el interior (en la

parte inferior) de los silos de almacenamiento de la sala de elaboración de jarabe simple y jarabe terminado, su función es la de disolver las materias primas que ingresen a los tanques.

1.3.3 PRE-MIX

El Pre-Mix es un equipo de construcción simple y robusta, totalmente de acero Inoxidable. Posee diferentes tipos de funciones, pues aquí se encuentran descritas dos etapas de funcionamiento (Dosificación y Carbonatación de la bebida), la Figura 1.1 se muestra el esquema del Pre-Mix.

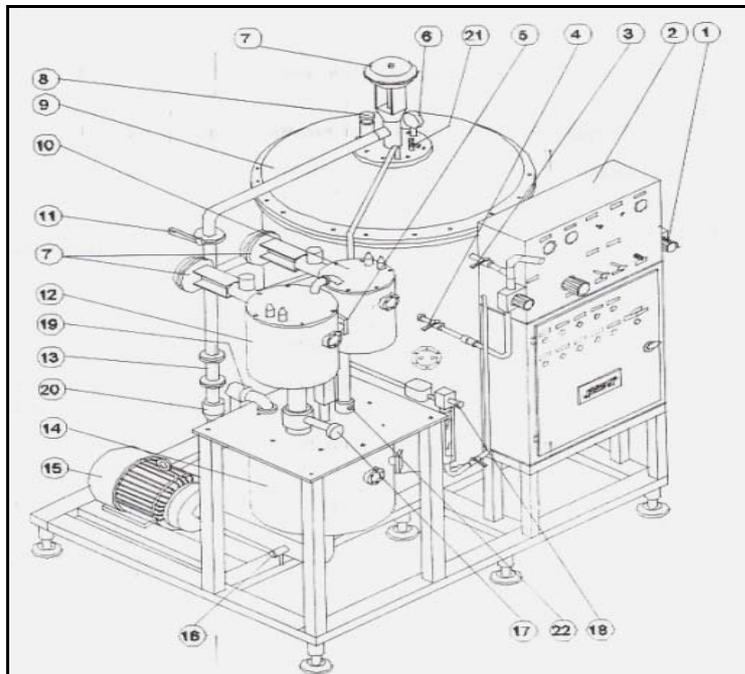


Figura 1.1 Esquematización del Pre-Mix

El Pre-Mix se encuentra formado por:

- Un tanque de almacenamiento de agua pura (Tanque-Pulmón)
- Dos Tanques pequeños (Vasos de agua y jarabe)
- Un Tanque de Mezcla
- Un Tanque Carbonatador
- Bomba Centrifuga
- Electrodo de Nivel
- Medidores de Nivel (Flotador o Bolla)
- Válvulas de Diafragma, Retención, etc.
- Controlador de Flujo
- 1 Dosificador

1.3.3.1 Tanque Pulmón

Se conoce con este nombre el tanque que contiene el agua pura que se utiliza en la preparación de la gaseosa, la misma que ha sido tratada para obtenerla lo mas desodorizada posible. Este tanque se encuentra herméticamente cerrado, y tiene una capacidad de almacenamiento de hasta 1500 litros.

En su interior contiene una bolla de Nivel una válvula de diafragma, utiliza el mismo sistema de llenado que los tanques de agua y jarabe.

1.3.3.2 Tanque de agua y de jarabe

En estos tanques de agua y jarabe es en donde se receptara el ingreso de los líquidos, el agua pura y el jarabe respectivamente. Estos tanques se suele llamar mas comúnmente vasos esto se debe básicamente a su tamaño reducido.

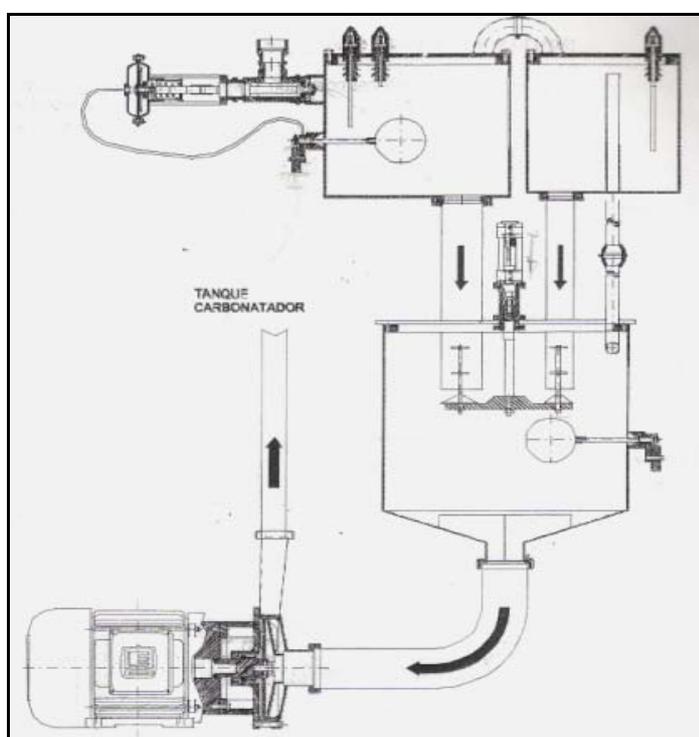


Figura 1.2 Tanque de agua, jarabe y mezcla.

Estos vasos tienen una capacidad de 250 litros. Sus dimensiones son diferentes, el de jarabe representa la $\frac{3}{4}$ partes que el de agua, como se

puede apreciar en la Figura 1.2. En el interior de estos tanques existen elementos eléctricos, electrodos de nivel, una bolla o flotador que controla el nivel del liquido y que trabaja en conjunto con la válvula de diafragma.

1.3.3.3 Tanque Amoniaco

Este tanque tiene forma cilíndrica acostada y en su interior posee un sensor de nivel flotante situado en la mitad, para mantener el nivel del amoniaco liquido siempre en la mitad del tanque, mientras que en la otra mitad reposa el amoniaco gaseoso, los dos correctamente distribuidos. Este Tanque se encuentra cerrado solo existen dos secciones que permiten del ingreso y desalojo del amoniaco liquido y gaseoso respectivamente por incremento de la presión.

1.3.4 Panel de Control

El Panel de Control es el que contiene los controles y comando necesarios para la regulación del equipo. El control del equipo puede realizarse de forma automática o manual, posee estas 2 opciones para el personal encargado de operarlo. Se encuentra constituido por elementos de detención y regulación tales como:

- ✓ Manómetros
- ✓ Reguladores
- ✓ Botoneras
- ✓ Alavancas
- ✓ Luz Piloto

Regulador de aire

Se debe mantener un valor aproximado de $3-4 \text{ Kg} / \text{cm}^2$.

manómetro de la red general de C02

Deberá fijarse en 14 Kgf/cm^3 .

Indicador de agua

Indica la falta de agua en el deposito (tank. Pulmón), por falta de aire comprimido en la red.

Indicador de la bomba centrífuga

Indica que la bomba Centrífuga se encuentra funcionando.

1.4 Elementos de Medición y Control

- ✓ Bombas
- ✓ Controlador de Flujo
- ✓ Electrodo
- ✓ Medidores de Nivel
- ✓ Motores de Inducción Alternos
- ✓ Manómetros
- ✓ Válvulas

1.4.1 Motores

1.4.1.1 Bombas

Su propósito es proporcionar la presión necesaria para mover el líquido de un porcentaje deseado desde un lugar a otro del proceso. A continuación se muestra los datos técnicos de la bomba centrífuga.

VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA KW – HP	VELOCIDAD RPM
220/380/460	29.9/14.8/12.8	7.5	3510
FRECUENCIA Hz	50-60	RENDIMIENTO	87.56
MAX. TEMP. AMBIENTE	40 C	FACTOR DE POTENCIA (fp)	0.88

Tabla 1.1 Datos técnicos de la bomba centrífuga

Para mayor información acerca de los datos técnicos de las principales bombas utilizadas en el proceso, dirigirse al **Anexo A**.

1.4.2 Controlador de Flujo

Consiste de un elemento que permite al operador fijar manualmente el volumen de agua que saldrá del vaso de agua y que pasara para el tanque mezclador.

Este controlador posee un manipulador que tiene en su exterior medidas en milímetros que el operario deberá fijar de acuerdo a una tabla (tipo de gaseosa vs mm de abertura de la válvula). Para aumentar el volumen de salida, se gira el manipulador en sentido anti-horario, y para disminuir el volumen gira en sentido horario.

1.4.3 Electrodo

Son sensores instalados como protección del sistema, al ocurrir un excesivo incremento o decremento del material, son encargados de captar el nivel del líquido en los tanques para mantener los niveles dentro del rango de seteo.

En la Figura 1.3 se muestran estos electrodos de nivel bajo y nivel alto, que se utilizan en el proceso.

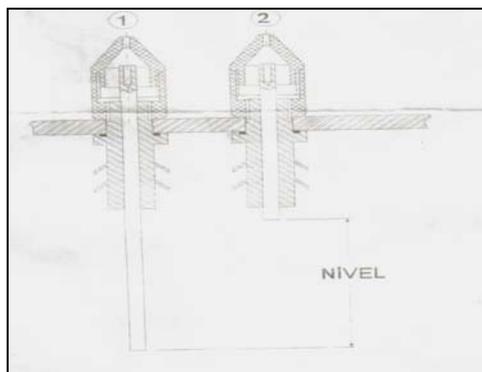


Figura.1.3 Electrodos de Nivel.

1.4.3.1 Electrodos de los vasos de agua y jarabe

Se encargan de controlar el nivel del líquido en estos tanques, son utilizados como protección en caso de que el sistema fallará, pues una considerable diferencia de niveles, podría provocar un cambio en el concentrado del producto.

El electrodo (1) de la figura 1.3, indica “NIVEL BAJO”, en este caso, el electrodo enviara una señal

para el panel eléctrico, que desactivara a la bomba centrífuga.

Lo mismo acontecería con el Electrodo (2), que indica "NIVEL ALTO", en este caso se desactivara la bomba de agua y jarabe.

Con esto, se determina que el nivel del líquido en los tanques se fijara entre las extremidades de los Electroodos (1) y (2).

1.4.3.2 Electrodo del tanque Carbonatador

Estos electrodos son los encargados de controlar el nivel del producto gasificado almacenado internamente en el tanque carbonatador, la medida de este nivel permite que el líquido absorba el CO₂ a través de la caída libre del tanque carbonatado, completando el ciclo de gasificación.

Cuando el electrodo indica nivel alto este envía una señal al panel eléctrico que apagara la bomba centrífuga. De igual manera cuando el electrodo indique nivel bajo, este hecho activara la bomba centrífuga.

1.4.4 Flotadores de Nivel (Bollas)

Nivel es la distancia existente entre una línea de referencia y la superficie del fluido, generalmente dicha línea de referencia se toma como fondo del recipiente.

Son los encargados de controlar y mantener el nivel en los vasos de agua pura, jarabe, Mezcla, a través del accionamiento de válvulas de diafragma.

Cuando el nivel del líquido disminuye, la bolla se inclina para abajo, lo que hará que aire comprimido ingrese a la válvula activándola y de esta manera, permitiendo la entrada del líquido.

Así mismo cuando la medida que en el tanque aumenta su nivel la bolla se inclina para arriba, interrumpiendo el ingreso de agua a medida que aumenta hasta llegar al máximo valor en donde el ingreso es mínimo.

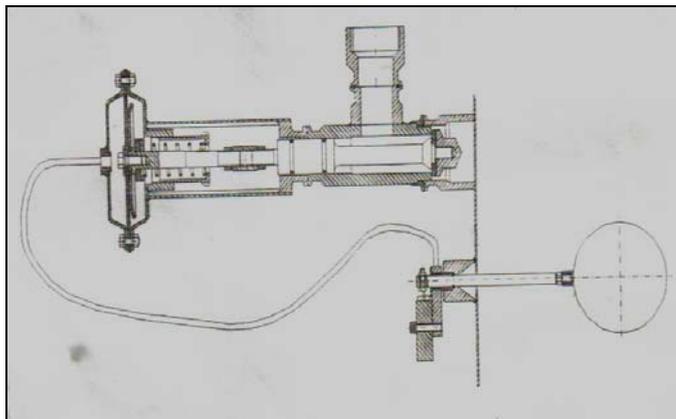


Figura 1.4 Esquema de la Válvula y el flotador de nivel

1.4.5 Válvulas

En el proceso se utilizan diferentes tipos de válvulas.

- ✓ Válvulas de Retención
- ✓ Válvula de Regulación de aire comprimido
- ✓ Válvulas de Diafragma

1.4.5.1 Válvula de Diafragma

Las válvulas de diafragma son de vueltas múltiples y efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible sujeto a un compresor. Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma produce sellamiento y corta la circulación.

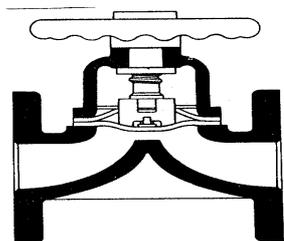


Figura 1.5 Válvula de diafragma

Es la encargada de regular el volumen del líquido que ingresa a los tanques de agua, jarabe y tanque carbonatador. Estas válvulas se activan de forma neumática, actuando por medio del ingreso de aire comprimido, a mayor presión el vástago es movido a una posición que permitirá el ingreso del líquido. La presión de aire comprimido es regulada dependiendo del nivel que el líquido alcance; el cual es mantenido por un flotador que los tanques poseen en su interior (figura 1.6).

1.5 Diagrama de Flujo del Proceso

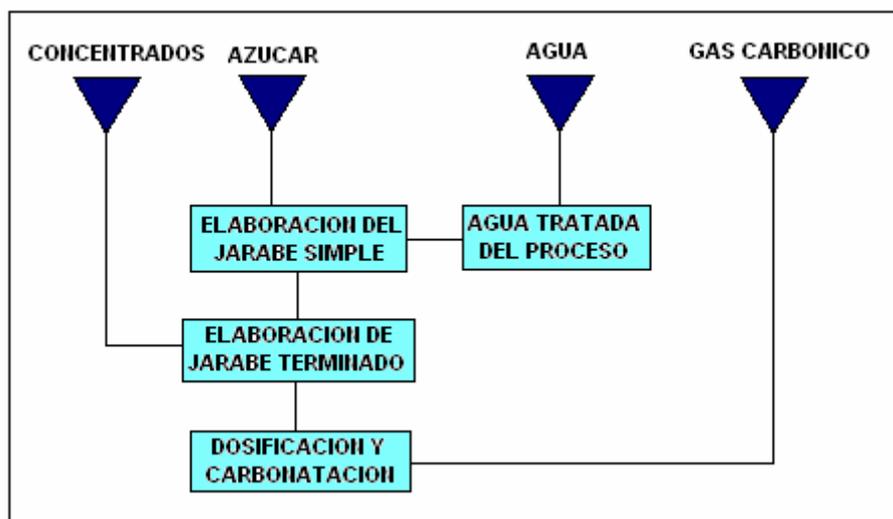


Figura 1.6 Diagrama de flujo del proceso

1.6 Descripción del Proceso por Etapas

Vale la pena recalcar que lo que se va a detallar es el proceso que se rige actualmente en la industria, su funcionamiento, que herramientas se están utilizando para tal efecto, esto es indispensable para poder encontrar razones de automatización que puedan mejorar dicho proceso, ya que el proceso automatizado será detallado al final del segundo capítulo en donde se podrá comparar y ver los cambios que el mismo ha tenido.

La realización del proceso se divide en varias etapas:

- ✓ Etapa de elaboración del jarabe simple
- ✓ Etapa de elaboración del jarabe terminado
- ✓ Etapa de Dosificación
- ✓ Etapa de Condensación
- ✓ Etapa de Evaporación
- ✓ Etapa de Carbonatación

1.6.1 Etapa de Elaboración del Jarabe Simple

La fabrica consta de varias líneas de producción para realizar todo el proceso una de ellas es en donde se elabora el jarabe simple. Esta sala cuenta con tres silos donde se almacena dicho jarabe, el cual consiste en mezclar agua con azúcar.

Los operadores son los encargados de supervisar y manejar todo el proceso. El ingreso de agua a los silos es supervisado constantemente, por medio de un indicador externo de nivel que se encuentra en ellos.

Cuando el nivel de agua llega al valor establecido dependiendo de la producción, la cual varía de acuerdo a la demanda del producto.

Cuando el nivel en el silo llega al porcentaje establecido se procede a cerrar la válvula correspondiente al silo abastecido y simultáneamente abrirá otra válvula para dar ingreso del agua al siguiente tanque y así sucesivamente hasta abastecer los tres silos.

Simultáneamente se enciende el motor del silo abastecido que accionará al agitador preparándolo para el ingreso de la azúcar. Se puede notar que primero se activa el agitador antes del ingreso de azúcar, esto se realiza con la finalidad de no ocasionar problemas de obstrucción que podrían dañar las espátulas ya que lo que está ingresando es un elemento de estado sólido por lo tanto lo preferible encenderlo antes para que de esta manera no tenga problemas el motor en el arranque que es en donde requiere vencer su propia inercia.

El azúcar por su parte es suministrado por los operadores desde la parte superior del silo donde se encuentra una tarima en dirección vertical a ellos, desde allí se ingresará el material paulatinamente.

Estos silos tienen una capacidad máxima de 3600 litros cada uno para la realización del jarabe simple, preparando a menudo el 80% de la capacidad del silo.

Estos dos elementos ingresados se van mezclando y se mantienen así durante un tiempo de aproximadamente una media hora si se ha preparado el 80% de la capacidad del tanque de allí puede ser mas o menos su tiempo de duración, hasta que el azúcar se haya disuelto completamente, este procedimiento se repite tanto para el silo dos y tres, este funcionamiento es únicamente Manual.

1.6.1.1 Filtrado del Jarabe Simple

El tanque filtro es en donde se va a realizar la tarea de filtrar el jarabe simple provenientes de los silos de dicha sala, que actúa reteniendo las impurezas sólidas que se filtraron con el azúcar, este tanque se encuentra conformado en su interior por unos paños que permiten que el agua fluya y cualquier residuo sólido se quede atrapado en ellos.

Al tanque filtro se le da mantenimiento al final de cada día para limpiar dichos paños y retirar todo el residuo acumulado de las diferentes filtraciones.

Cuando se ha terminado de llenar los tres tanques del jarabe simple, entonces se procede a enviar el jarabe a otra parte del proceso.

1.6.2 Elaboración de Jarabe Terminado

El jarabe terminado es formado a través de la mezcla del jarabe simple con las esencias, en esta sala de elaboración se encuentran 5 silos de acero inoxidable de 4600 litros de capacidad cada uno y que se encuentran abiertos al aire libre esto se encuentra dispuesto de esta manera para dar ingreso a las esencias líquidas o en polvo, y que se van a combinar con el Jarabe Simple.

También se encuentran motores de inducción, válvulas manuales, bombas y agitadores como en la elaboración del jarabe simple. Ya que es un proceso muy similar solo que en vez de mezclar agua con azúcar se mezcla el jarabe simple con diferentes clases de esencias, que depende del tipo de gaseosa a prepararse.

1.6.3 Etapa de Dosificación

Concluido el proceso de elaboración del jarabe terminado, se procede a encender las bombas para trasladar el líquido a otra sala de producción, esto es realizado desde la sala de dosificación directamente a través de una botonera del panel de control que forma parte del equipo llamado Pre-mix (referirse a la figura 1.4), también enciende otra bomba que es la encargada de extraer agua pura del tanque pulmón, estos fluidos son ingresados a los vasos de agua y jarabe respectivamente como se aprecia en la figura 1.2.

La cantidad de fluido ingresado será controlado por la válvula de diafragma (figura 1.3), la cual es accionada dependiendo del nivel que tiene el líquido, que es mantenido a través de un flotador (figura 1.5).

El proceso de dosificar significa combinar una exacta cantidad de agua versus una cantidad de jarabe terminado, especificados en una receta en otras palabras que contenga una cantidad adecuada de cada líquido y que se vayan combinando en un tercer vaso llamado Mezcla, manteniendo este efecto en común, para de esta manera obtener el sabor y color característico que tiene cada bebida en particular, esta es una de las razones por la que

la dosificación debe realizarse por medio de vasos de tamaño reducido (figura 1.3).

Vale recalcar que cada gaseosa tiene una dosificación específica, la que se regula de forma manual a través de un controlador de flujo (referirse a elementos de control de este capítulo), mientras que el jarabe consta de un calibrador que define el flujo de jarabe que va a descender al tanque mezclador (mezcla).

La fábrica consta de 2 líneas de producción en donde se realiza la dosificación y carbonatación, esto se hace con el fin de poder realizar 2 tipos de Gaseosas a la vez, ganando tiempo y eficacia.

1.6.4 Etapa de Evaporación

Después de que la bebida obtuvo la concentración adecuada de cada fluido, esta es dirigida a un intercambiador de calor, con la finalidad de bajar la temperatura (enfriarla) de la misma, pues recordemos que la bebida se encuentra a temperaturas superiores a la temperatura ambiente debido al continuo movimiento al que ha sido sometida, de tal forma que cuando sea dirigida al Tanque Carbonatador, el gas penetra mucho mejor.

El elemento utilizado para bajar la temperatura de la bebida por acción del intercambio de calor es el amoníaco en estado líquido que por sus propiedades se encuentra a temperaturas bajas por debajo de los 15° grados C.

A esta etapa se le da el nombre de Evaporación debido al transferencia de Calor que sufren ambos fluidos que circulan en las tuberías del intercambiador, en donde el calor siempre fluye del cuerpo mas caliente al frío; haciendo que estos elementos intercambien sus temperaturas; por lo cual la bebida saldrá de este intercambiador fría, mientras que el amoníaco líquido se transformara en amoníaco Gaseoso.

1.6.5 Etapa de Condensación

Esta etapa no interviene en el proceso de elaboración en si, más bien es realizado con el objetivo de minimizar costos de producción.

El elemento a ser condensado es el amoníaco gaseoso que se extrae a través de un compresor desde el tanque de amoníaco, el cual será reutilizarlo en la etapa de evaporación.

Para la transformación del estado del amoníaco se ha utilizado un segundo intercambiador compuesto de agua

fría, que va hacer el responsable de transferir temperaturas en ambos, cambiando el estado del elemento en cuestión, el cual se receptara en el tanque receptor y de allí se reingresara al tanque de amoniaco cuando el sistema lo amerite, por lo que se pueden dar cuenta este es un ciclo de lazo cerrado en donde el amoniaco se reutiliza sin necesidad de una perdida innecesaria de este elemento que por lo común es caro, y con la instalación de este nuevo intercambiador se minorizan los costos.

El agua que se utiliza para el segundo intercambiador no es desperdiciada si no reutilizada en otra parte del proceso, igual que el amoniaco que siempre esta siendo reutilizado en la evaporación.

1.6.6 Etapa de Carbonatación

En esta etapa es en donde se le colocará a la bebida el gas (CO₂), este procedimiento es realizado en el tanque del mismo nombre, en el cual se encuentra un manómetro el cual esta constantemente dando la lectura de la presión interna que el gas carbónico ejerce sobre este tanque.

El CO₂ se va combinando con la bebida paulatinamente, ingresando ambos a la vez, la bebida tiende a caer en forma de lluvia.

La presión que debe permanecer dentro del tanque es de $3 \text{ Kg} / \text{cm}^2$. Este valor se encuentra siendo supervisado, que de encontrar una baja o subida de la misma se procede girar el manipulador, en sentido horario con lo cual se disminuirá el paso de CO₂, y al girarlo en sentido antihorario aumentara su presión.

1.7 Servicios externos

1.7.1 Aire Comprimido.

El aire comprimido es obtenido de un compresor, que almacenan el aire en tanques pulmones a una presión de trabajo de 75 PSI, la distribución del aire comprimido se realiza mediante tuberías hasta la planta y por mangueras neumáticas a los elementos de control, sean estas válvulas, reguladores neumáticos, etc.

CAPITULO II

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO

2.1 Introducción

La Automatización Industrial es la tecnología o conjunto de procedimientos que se llevan a cabo en una industria determinada sin la intervención humana, únicamente con la acción directa de dispositivos eléctricos, neumáticos, mecánicos e hidráulicos. Estos dispositivos son controlados por el autómata programable, que es el encargado de la realizar las operaciones de control a los elementos que forman el sistema automático, en base a un programa de usuario que ejecuta instrucciones con las que implanta funciones

específicas, (lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas) para controlar diversos tipos de procesos, a través de módulos de entrada/salida análogos o digitales que permanentemente le hace seguimiento a los procesos involucrados.

2.2 Herramientas para su Diseño

Para la automatización de cualquier proceso se hace uso de los componentes del sistema automatizado (Hardware y Software de Control), estos componentes a su vez deben mantener una comunicación directa entre si, los cuales corresponde a:

- Circuito lógico programable (PLC)
- Lenguaje de programación (Cimplicity)
- Sistema de control y adquisición de datos (SCADA-LOOKOUT 5.1).
- Interfases de comunicación entre las aplicaciones.
- Computador (PC).

En el **Anexo B.1** se da una breve explicación de los componentes del sistema.

2.2.1 Criterios para la Selección del PLC.

El PLC es un dispositivo necesario en la automatización de cualquier sistema, nuestro trabajo consiste de escoger uno que se acomode a nuestros requerimientos y exigencias.

La elección de un PLC, tiene mucho que ver con el tipo de producción industrial que se realice, la rapidez de ejecución requerida, pues el PLC debe ser capaz de realizar varias operaciones a la vez, además se debe tomar en consideración la cantidad de elementos de campo utilizados en el proceso, el protocolo de comunicación, entre otros aspectos detallados a continuación:

- La cantidad de instrumentos de medición que se utilizan “Entradas Digitales/Analógicas”.
- La cantidad de elementos de mando o regulación que existe “Salidas Digitales/Analógicas”.
- El tipo de interacción del operario con el sistema “Interfase Humano-Maquina”.
- Tipo de Comunicación.
- Consideraciones de costo.
- Software de programación.

Al analizarse los requerimientos anteriormente descritos para la selección del PLC, se encontró que el PLC Versamax Micro/Nano PLC de la familia de GE es perfecto para la implementación del proceso. Del cual se da una breve explicación de sus funciones.

2.2.1.1 Versamax Nano/Micro PLC

El Versamax micro/nano PLC es un dispositivo muy robusto y confiable para la automatización de sistemas industriales, el modelo que estamos utilizando es el **IC200UAL006**, este posee 13 entradas DC y 2 entradas analógicas, como salida proporciona 1 salida DC y 9 salidas normalmente abierta activadas por rele y 1 salida analógica, descritas en la Tabla 2.1.

IC200UAL006 MICRO PLC, 23	
Entradas Discretas	13 / 24VDC
Entradas Analógicas	2
Salidas Discretas	9 Relay
Salidas Analógicas	1 / 24VDC
Puertos de Comunicación	RS232 y RS485
Fuente de Poder	120/240VAC

Tabla 2-1 Características del MICRO/NANO PLC 23.

Las Entradas y Salidas pueden ser incrementadas mediante el uso de módulos que se adicionan al PLC; de tal forma que el PLC puede expandirse hasta tener 1000 entradas y salidas de proceso. Tiene puertos RS232 y RS485 de comunicación para distancias pequeñas (hasta 35 metros) o grandes (hasta 1200 metros).

2.2.2 Lenguaje de Programación

Cuando hablamos de los lenguajes de programación nos referimos a diferentes formas de poder escribir el programa usuario.

Existe una gran variedad de software que permiten programar un PLC, de ahí que el usuario tiene que escoger el que posea el tipo de programación con que se encuentre familiarizado, para la realización del proceso trabajaremos con el Software Cimplicity.

Cimplicity.- Este software se maneja bajo el esquema de contactos derivado del lenguaje de relés, que mediante símbolos representa contactos, solenoides. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados

según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes, facilitando el trabajo de los usuarios.

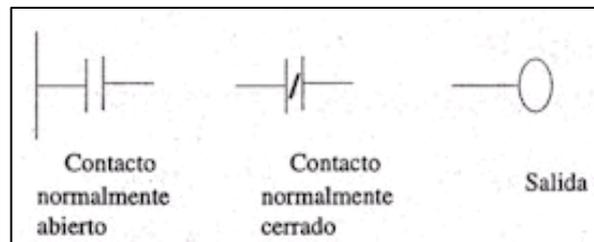


Figura 2.1 Simbologías del Cimplicity

2.2.2.1 Programa de Control

En el **Anexo B.2** se muestra el programa de control diseñado para la ejecución del proceso de elaboración de bebidas gaseosas.

2.2.3 SCADA LOOKOUT

Lookout es un software HMI/SCADA orientado a objetos utilizado para integrar, configurar y controlar objetos, desarrollado para monitorear y controlar procesos en forma remota que son transmitidos por medio del computador, de manera sencilla y rápida.

La arquitectura de Lookout es basada en objetos y conexiones entre ellos, objetos son representaciones de Software tal como botoneras, contadores, etc.

Por medio de este sistema de control y adquisición de datos (SCADA), vamos a poder monitorear todo los parámetros de medición y control que forman parte del sistema, además que podremos supervisar el valor de las variables en caso de que alguna se desviara de su valor pre-establecido.

2.2.3.1 Requerimientos del Sistema.

Sistema operativo. El Windows 2000/NT/XP para tener una óptima estabilidad.

Procesador. Cualquier clase de Pentium de Intel o AMD de Athlon, pero que tengan una velocidad de procesamiento mayor a 2.3GHz.

Memoria RAM. Se requieren mínimo 32 MB de RAM para Lookout, para Windows XP este requiere mínimo 128MB, Quick Time Player necesita 128MB mínimo, lo que da un total de 288MB mínimo sin contar otros subprogramas que podrían ejecutarse al mismo tiempo que los ya mencionados.

Con un tamaño de RAM de 256MB y trabajando con Windows XP sería suficiente.

Disco Duro. Se requiere como mínimo 65MB de espacio libre en el disco, 100MB para la base de datos de los históricos y 240MB del tamaño del proceso y sus animaciones.

2.3 Elementos de Mando

2.3.1 Captadores

Los sensores y transmisores, son elementos que censan una señal física y la convierten en una señal eléctrica (expresadas en niveles de Voltaje o Corriente), son usadas para detectar un suceso que es enviado a la unidad de control, que determinará una acción que depende de un programa de instrucciones. En el proceso se utilizan los sensores de peso conocidos como galgas, los finales de carrera, presostatos, sensores de nivel entre otros.

Los sensores se encuentran conectados en las entradas del PLC, estos a su vez harán activar a los accionadores. El PLC será el encargado de controlar toda la secuencia de elaboración para la obtención del producto final, mientras

que las señales de salida del PLC también me activaran los objetos animados que se encuentran en Lookout.

2.3.2 Accionadores

Los accionadores se colocaran en los periféricos de salida de este dispositivo. Son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje, embalaje. Pueden ser:

- Accionadores eléctricos: Usan la energía eléctrica, son por ejemplo, electroválvulas, motores, resistencias, etc.
- Accionadores neumáticos: Usan la energía del aire comprimido, son por ejemplo, cilindros, válvulas, etc.
- Accionadores hidráulicos: Usan la energía de la presión del agua, se usan para controlar velocidades lentas pero precisas.
- Pre Accionadores : Se usan para comandar y activar los accionadores. Por ejemplo, contactores, switches, variadores de velocidad, distribuidores neumáticos, etc.

2.4 Implementación del Sistema SCADA con Lookout 5.1

2.4.1 Diseño de la Interfase Grafica

El proceso se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación. Para la creación de la interfase grafica. Lookout proporciona una extensa gama de gráficos Meta file con extensión (wmf) y los bitmap con extensión Bmp.

Primeramente se crear un proceso principal dando clic en nuevo del menú archivo, luego se empieza a insertar los gráficos correspondientes al proceso, estos gráficos también pueden ser usados como objetos a desempeñar una función en particular.

2.4.1.1 Creación de gráficos

Los gráficos son creados ingresando al menú y haciendo clic en insertar gráficos en la pantalla de Lookout., inmediatamente aparece una lista de gráficos desde botoneras hasta válvulas. Como se

observa en la figura 2.2. Los gráficos pueden ser de tipo estático o dinámico, el primero nunca cambia de estado si no más bien sirven para dar una visualización al operador, los dinámicos cambian de estados a representar variaciones de los procesos, es decir realizan algún tipo de animación como cambiar de color, tener algún tipo de desplazamiento, que representen a los elementos de campos (elementos de medición y de Control), tales como botoneras, switches, Potenciómetros, Electro-Válvulas, Bombas.

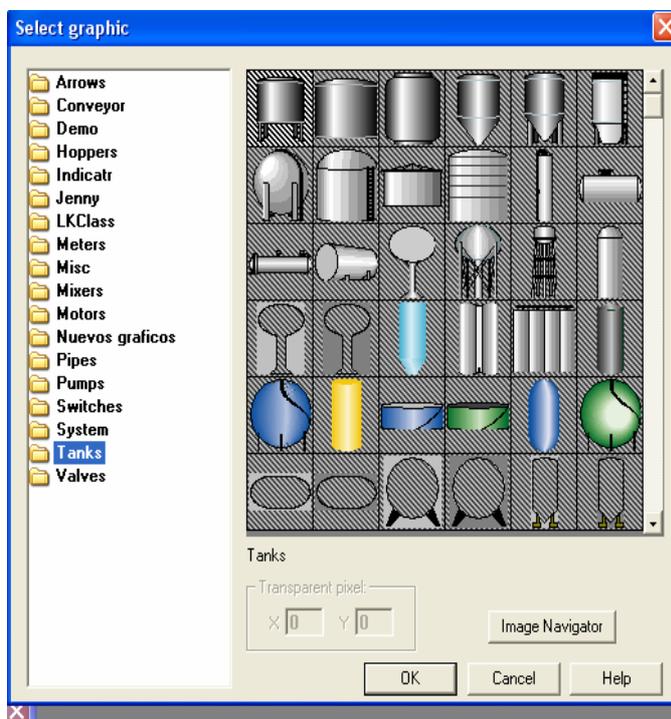


Figura 2.2 Creando gráficos en Lookout

Estos gráficos se encuentran ubicados en la carpeta *Graphics*, dentro de la carpeta *Lookout 5.0*, en donde se instaló el programa. Pero, también se pueden insertar gráficos creados desde otras aplicaciones.

En la figura 2.3 se cuenta con los gráficos del *Image Navigator* al cual se puede acceder haciendo un clic en el botón “Image Navigator” del cuadro de dialogo mencionada anteriormente.

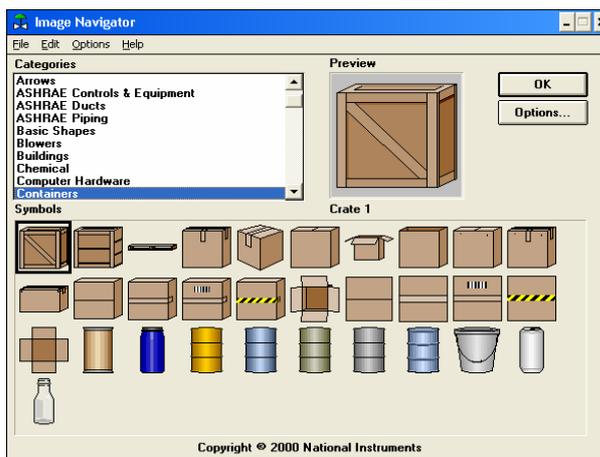


Figura 2.3 Imagen Navigator

2.4.2 Diseño de la Interfase Hombre-Máquina (HMI)

Una Interfase hombre maquina consiste en poder permitir que el usuario mantenga una comunicación directamente con el sistema autómeta, utilizando interfaz gráfica de computadora, pulsadores, teclados, visualizadores, etc.

2.4.2.1 Creación de Objetos

Para la creación de objetos se ingresa al submenú Objeto de Lookout – dar clic en crear objeto, Lookout presenta una ventana como se muestra en la figura 2.4; donde se presenta una variedad de objetos de diversas categorías, como de cálculo, de control, de display, drives entre otros, cada objeto consta de parámetros que tienen que ser configurados por el diseñador (Para mayor información acerca de los parámetros que posee cada objeto dirigirse al capítulo creando objetos de Lookout).

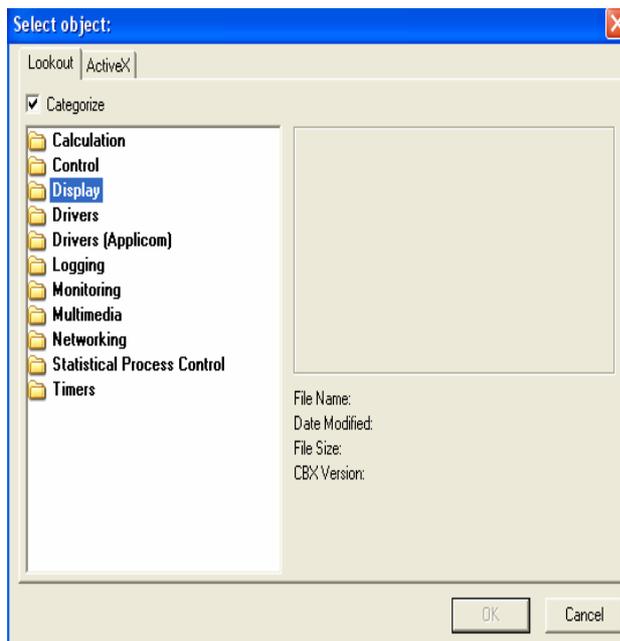


Figura 2.4 Creando Objetos

2.4.2.2 Creación de Animadores

El animador es un objeto de tipo dinámico; que proporciona a los gráficos una animación que incluye el movimiento vertical y horizontal, la visibilidad y cambio de color de los gráficos.

Para crear un animador se ingresa al menú objetos categoría display, y se escoge el animador, que para nuestro caso es el mixer Blad3Spn.con extensión bmp de Lookout; como se muestra en la figura 2.5.

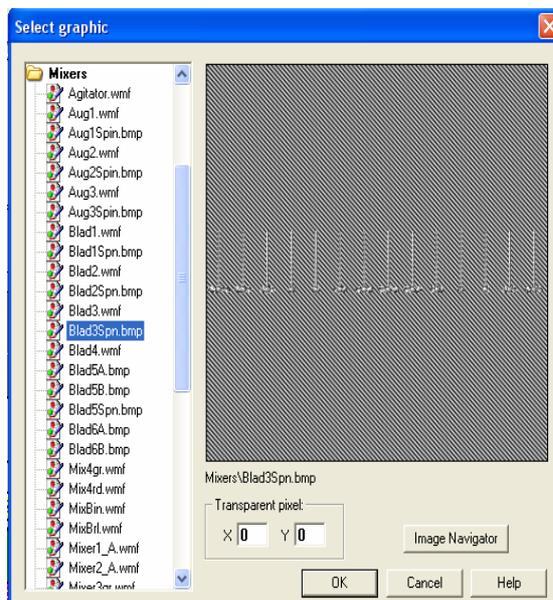


Figura 2.5 Insertando el Objeto Animador Blad3Spn.bmp.

2.4.2.3 Creación de recetas

La receta es un objeto muy eficiente a la hora importar series grandes de datos, Lookout permite esta importación desde la hoja de datos Excel.

Primeramente se crea un archivo en la hoja de datos Excel, en donde en las filas de la hoja se colocan las recetas y en las columnas los ingredientes que se emplean en la elaboración del producto y desde ahí se la exporta hacia Lookout, donde se tuvo que haber creado el objeto receta.

En un mismo archivo de Excel podemos definir hasta 1000 recetas y cada una de las recetas puede contener hasta 255 ingredientes.

Tipo de Gaseosa	Cantidad de Agua	Cantidad de Azúcar	Cantidad de Jarabe	Descarga de la Mezcla
Cola Negra	200	60	80	260
Cola Rosada	120	40	60	160
Cola Blanca	80	25	40	105

Tabla 2-2 Receta empleada para la elaboración de jarabe simple y terminado.

En La tabla 2-2, se muestra la receta creada la cual consta de variables donde las filas de la hoja se colocaron los nombres de las gaseosas a efectuarse y en cada columna la cantidad del ingrediente correspondiente; el agua el azúcar y la esencia. La receta permite al operario escoger la cantidad exacta que se desea colocar de cada ingrediente y además poder seleccionar que tipo de gaseosa se desea efectuar.

2.4.3 Configuración de la comunicación con el PLC.

Para configurar la comunicación con el PLC, Lookout cuenta con drives que es en donde se encuentran diferentes tipos y versiones de PLC, con sus respectivas entradas y salidas, reles internos, entre otros. Con esto se puede interactuar directamente con PLC desde Lookout.

2.4.3.1 Creación de Objeto Driver

El Driver es un objeto, que permite la comunicación de Lookout con el Hardware de control (PLC), En esta categoría se encuentran varios tipos de PLC con los que se puede conectar dicha aplicación, el que utilizamos es el GE_Series90 de Lookout que utiliza el protocolo SNPX, como se muestra en la figura 2.6.

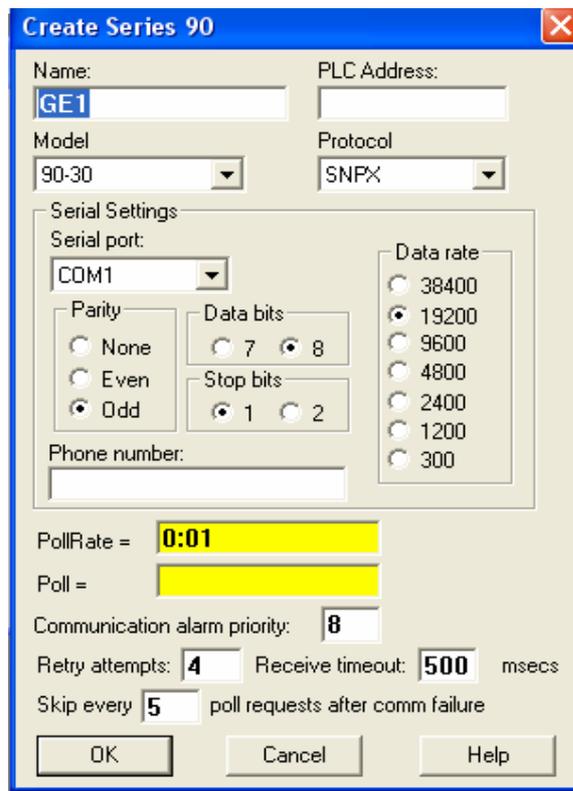


Figura 2.6 Configurando la Comunicación con el PLC.

2.4.3.2 Edición de Conexiones entre Objetos

Lookout permite conectar objetos entre si en donde un objeto ejerce dominio sobre otro. El diseño de un programa en Lookout se basa específicamente en las conexiones y configuraciones de objetos que cumplan con los requerimientos del proceso.

Es decir la activación de un objeto dependerá del estado que se encuentre el objeto que ejerce dominio, en el caso de ser una variable de tipo lógica, para la de tipo numérica depende de los valores que esta posee. Los objetos clientes deben ser conectados al objeto servidor.

Para editar conexiones entre objetos se debe seleccionar Objeto >> Editar conexiones y escogemos el objeto. La figura 2.7 muestra el cuadro de diálogo para editar conexiones:

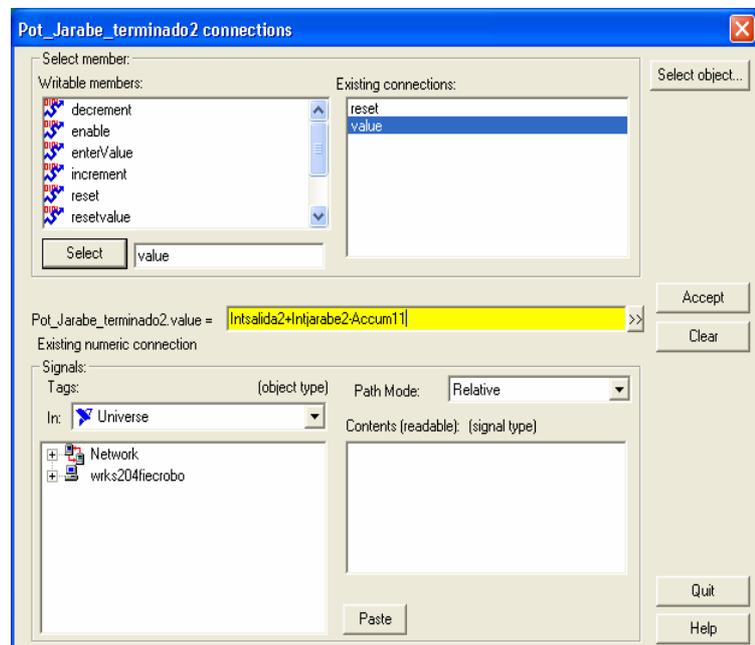


Figura 2.7 ventana de diálogo para editar conexiones.

2.4.4 Comunicación de Kepserver con Lookout

Lookout puede operar como un cliente OPC para comunicarse con kepservr a través del objeto *OPC Client*, para crear este objeto hacemos clic en crear objeto>>drives>>*OPC Client*, como se muestra en la figura 2.8.

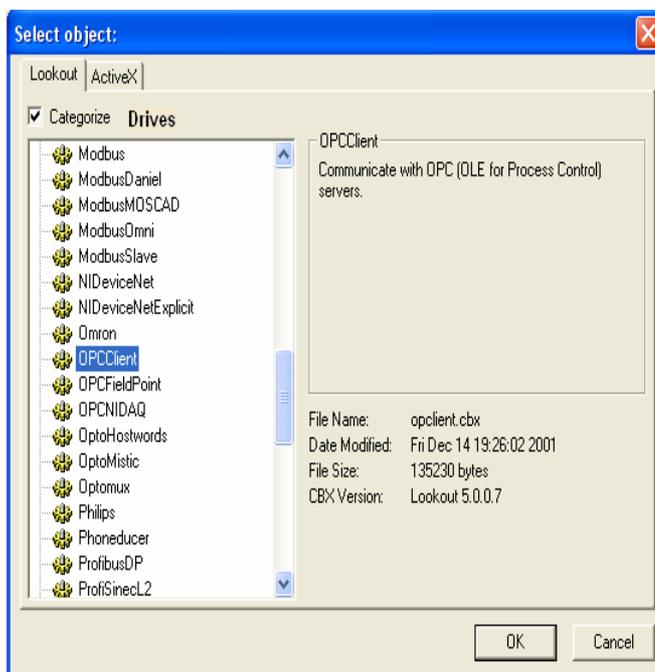


Figura 2.8 Creando Objeto OPC Cliente

En el objeto primero debe ser configurado los parámetros para el Servidor OPC (*OPC Server Settings*) tales como el nombre del Servidor (*KEPware.KEPServerEx.V4*; la

localización, esto es, si se encuentra en la PC de manera local o en un equipo remoto; la forma como aparecerán las variables del servidor en el objeto; y la forma de comunicación con el servidor OPC, que usualmente debe de ser asincrónica.

Luego se escogen los parámetros del grupo OPC (*OPC Group Settings*) tales como el tiempo de actualización del servidor al cliente (*Update Rate*) que esta en milisegundos.

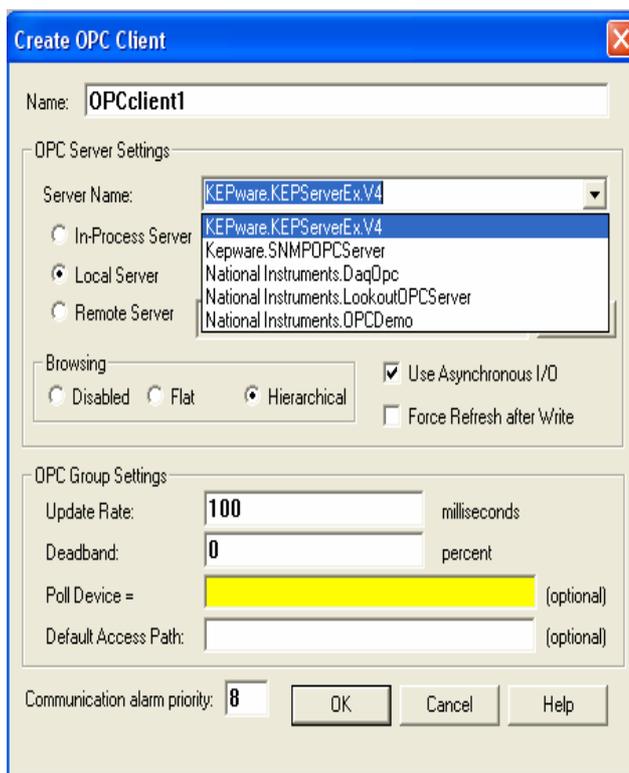


Figura 2.9 Ventana de diálogo del objeto OPC Cliente

2.4.5 Creación de Pantallas

El proyecto puede ser manejado de manera Local y Remota, localmente se trabaja con todas las entradas físicas del PLC, sean digitales o analógicas, como el PLC posee un numero limitado de Entradas/Salidas, y el proyecto se ha desarrollado con un número mayor de estas, se usa el Control Remoto, en donde las entradas son generadas o simuladas desde Lookout, razón por la cual se necesita crear una vía de comunicación esto se realiza gracias a la creación de el Objeto Driver (dentro de Lookout), que permite mantener la comunicación entre el sistema de monitoreo desarrollado en Lookout 5.1, y el hardware de control ambos dispositivos deben ser acoplados entre si.

Entre unas de las funciones mas conocidas por Lookout es que se maneja bajo objetos y eventos, y gracias a esta funcionalidad cuando el PLC actúa activando algún elemento de mando esta función es percibida por Lookout, gracias al proceso servidor creado desde el.

El PLC siempre se encuentra supervisando el programa de usuario desde la primera instrucción y al hasta la última y de percibir algún evento ocurrido desde Lookout reacciona de acuerdo al software de control. El PLC se conecta a la computadora a través de una interfase de comunicación que poseen ambos dispositivos que es el puerto serie RS232.

Con Lookout instalado en el computador, se procede a ingresar a la aplicación y abrir un nuevo proceso, al cual se le establecen las propiedades de pantalla, y se empieza a crear la primera pantalla del proceso lo mas parecido a la realidad, el proceso en general cuenta de cinco etapas de producción, en cada pantalla se crea objetos que simbolizan dispositivos y elementos de campo, También se crean objetos de visualización y de control, para dar animación al proceso.

2.4.5.1 Panel de Control

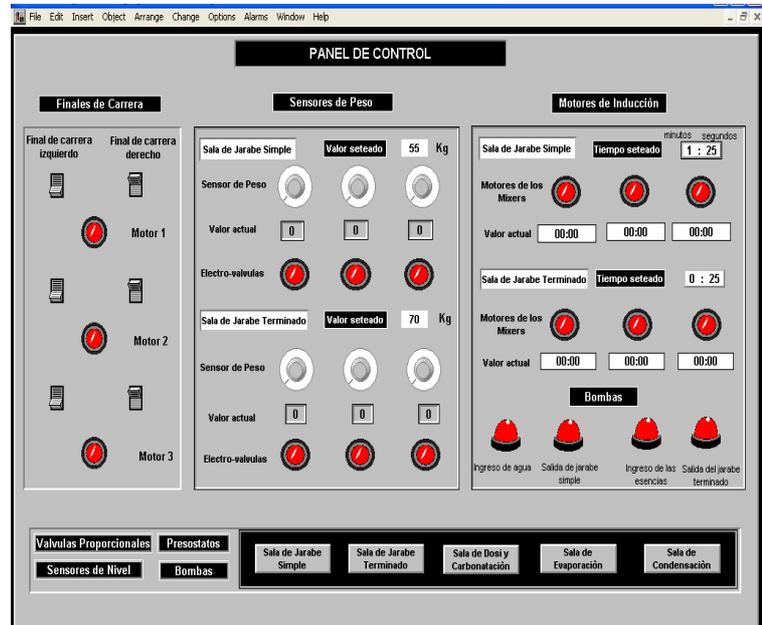


Figura 2.10 Panel de Control

Por medio del panel de control el operador podrá visualizar los estados y valores de las variables de medición y control, que se encuentran involucradas en el proceso, es la interfase donde el operador puede cargar y actualizar valores que estime necesario para un mejor desenvolvimiento del proceso.

En la figura 2.11, se observa la ventana donde se encuentran los comandos para iniciar un nuevo proceso, nos referimos a las variables de carga y de ajuste del sistema, así como las botonerías de ejecución, inicialización y terminación del proceso.



Figura 2.11 Ventana para la ejecución del proceso.

2.4.5.2 Pantalla de Elaboración de Jarabe Simple

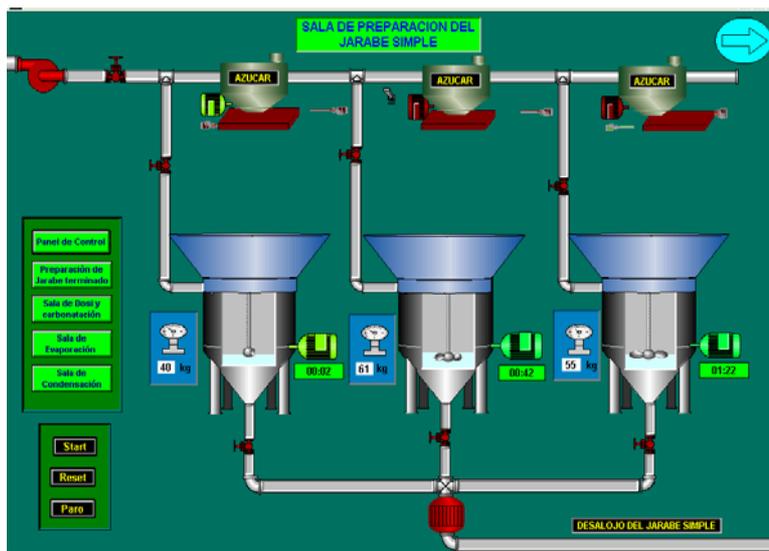


Figura 2.12 Pantalla de elaboración del jarabe simple.

Para la creación de la pantalla se crearon objetos de tipo estático y Dinámico, se incorporaron 3 sensores de peso (galgas) ubicados en cada silo, que son simulados por medio de potenciómetros, estos son los encargados de dar la lectura del peso que los silos poseen, y en base a valores establecidos por el operador desde la receta

permiten la abertura o cierre de las válvulas y bomba de abastecimiento principal.

Se utilizaron finales de carrera, para controlar el estado del motor que da el movimiento a la compuerta que permite la salida del azúcar, se utilizaron electro-válvulas, motores, bombas, que son activados de forma secuencial al presionar la botonera Start en Modo Automático.

También podemos observar que el elemento mezclador, que se pone en funcionamiento cuando se activa el motor de inducción que le da el movimiento mecánico a las paletas, para simular el movimiento de estos mezcladores se hizo uso del objeto animador que esta aplicación posee.

Los parámetros a ser variados se miden en cuanto a peso, el agua, el azúcar se miden en kilogramos (Kg), y el tiempo de mezclado en horas: minutos: segundos.

En la pantalla se crearon dos integrales, para simular el llenado de los tanques: INTagua, INTazucar.

INTagua: Por medio de esta integral se simula el ingreso del agua a los tanques siempre que la bomba de abastecimiento se encuentre activada y el peso del tanque no supere al valor seteado.

INTazucar: Esta integral simula el ingreso de azúcar a los tanques siempre que el tanque haya sido abastecido de agua, el mezclador se encuentre ya encendido, y el peso no supere a la suma de los valores seteados en kilogramos del agua y el azúcar.

Lista de conexiones en Lookout

En el **Anexo B.3** se da una lista de las conexiones realizadas en Lookout, con el objetivo de simular a un elemento de campo.

2.4.5.3 Elaboración de Jarabe Terminado

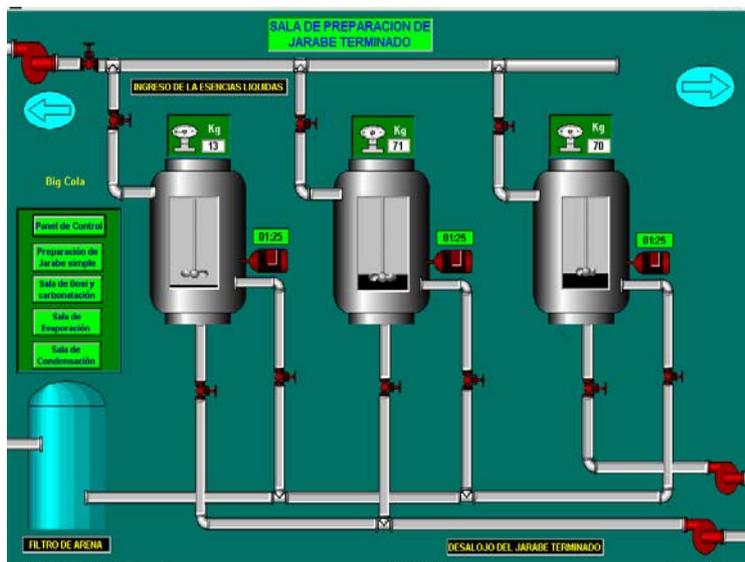


Figura 2.13 Pantalla de elaboración del jarabe Terminado.

La elaboración de esta pantalla fue muy similar a la del jarabe simple, variando los ingredientes y el uso de nuevas herramientas. Por ejemplo para simular el llenado y el vaciado de los tanques de jarabe terminado se utilizaron acumuladores y contadores, el ingrediente nuevo es el jarabe, que es el encargado de darle el sabor y color a la bebida.

INTJarabe: Esta integral simula el ingreso de la esencia a los tanques de jarabe terminado siempre

que el tanque haya sido abastecido con jarabe simple, el mezclador se encuentre ya encendido, y el peso no supere a la suma de los valores seteados en kilogramos del jarabe simple y la esencia.

2.4.5.4 Pantalla de Dosificación y Carbonatación

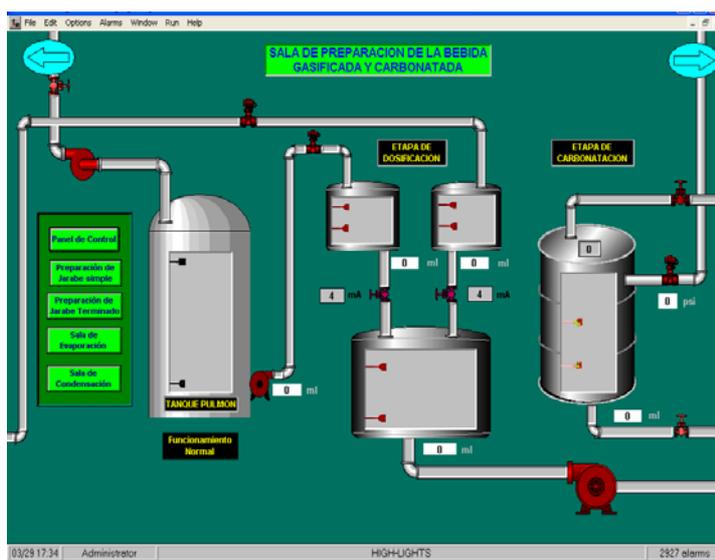


Figura 2.14 Pantalla de dosificación y Carbonatación

Para el diseño de esta pantalla se incorporaron nuevos elementos de campo, como válvulas de tipo proporcional, sensores de nivel, Presostatos,

Bomba Centrífuga, electro- válvulas, a si mismo se hizo uso de un nuevo elemento usado para la gasificación de la bebida, el Gas Carbónico que será combinado con la bebida terminada paulatinamente.

Para determinar los niveles de los tanques Pulmón, agua, jarabe terminado, mezcla y carbonatador se utilizaron sensores de nivel.

2.4.5.5 Pantalla de Evaporación

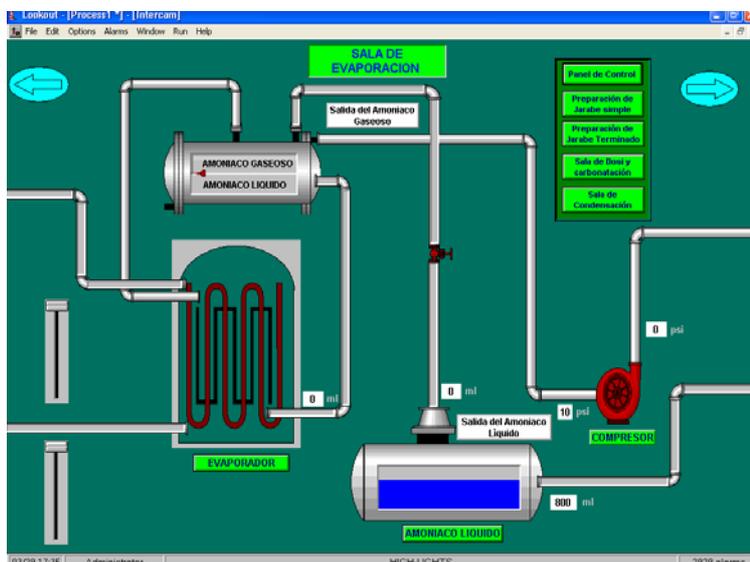


Figura 2.15 Pantalla de evaporación

Esta pantalla se la realiza con el objetivo de cambiar la temperatura de la bebida que ingresara al tanque carbonatador, para tal efecto se hizo uso de un intercambiador de calor, donde en una de las tuberías circula la bebida y en la otra el amoniaco en estado líquido a una temperatura inferior a los 10 C; estos elementos ingresan al intercambiador una vez que se haya encendido la bomba centrífuga encargada de transportar la bebida dosificada para su respectiva carbonatación.

El amoniaco líquido se transforma en amoniaco gaseoso. Este es recolectado en el mismo tanque en el que se encuentra el amoniaco líquido en su parte superior el cual ingresa por acción de la presión ejercida. En el tanque amoniaco se ubicaron 3 sensores, dos de niveles con el objeto de mantener un nivel deseado del amoniaco líquido y un presostato para medir la presión ejercida en el tanque, cuando la presión en el sea superior a los 40 psi este envía una señal a encender el compresor encargado de retirar el gas y comprimirlo hasta los 150 psi; cuando la presión ha disminuido a

su valor normal este compresor se apaga, manteniendo este funcionamiento cada vez que el sistema lo amerité.

2.4.5.6 Pantalla de Condensación

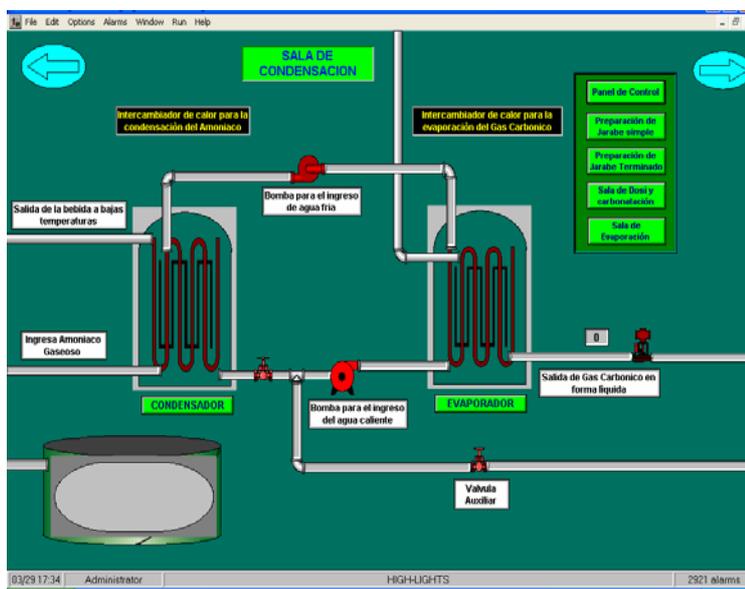


Figura 2.16 Pantalla de condensación

El elemento a ser condensado es el amoníaco, con el objeto de reutilizarlo; pues recordemos que este amoníaco se transformo en estado gaseoso y por acción de la compresión se encuentran a temperaturas elevadas. Para la transformación del estado del amoníaco se ha utilizado un segundo intercambiador compuesto de agua fría, que va

hacer el responsable de transferir temperaturas en ambos, cambiando el estado del elemento en cuestión, el cual se receptara en el tanque receptor y de allí se reingresara al tanque de amoniaco cuando el sistema lo amerite, por lo que se pueden dar cuenta este es un ciclo de lazo cerrado en donde el amoniaco se reutiliza sin necesidad de una perdida innecesaria de este elemento que por lo común es caro, y con la instalación de este nuevo intercambiador se minorizan los costos.

El agua que se utiliza para el segundo intercambiador no es desperdiciada si no reutilizada en otra parte del proceso, igual que el amoniaco que siempre esta siendo reutilizado en la evaporación.

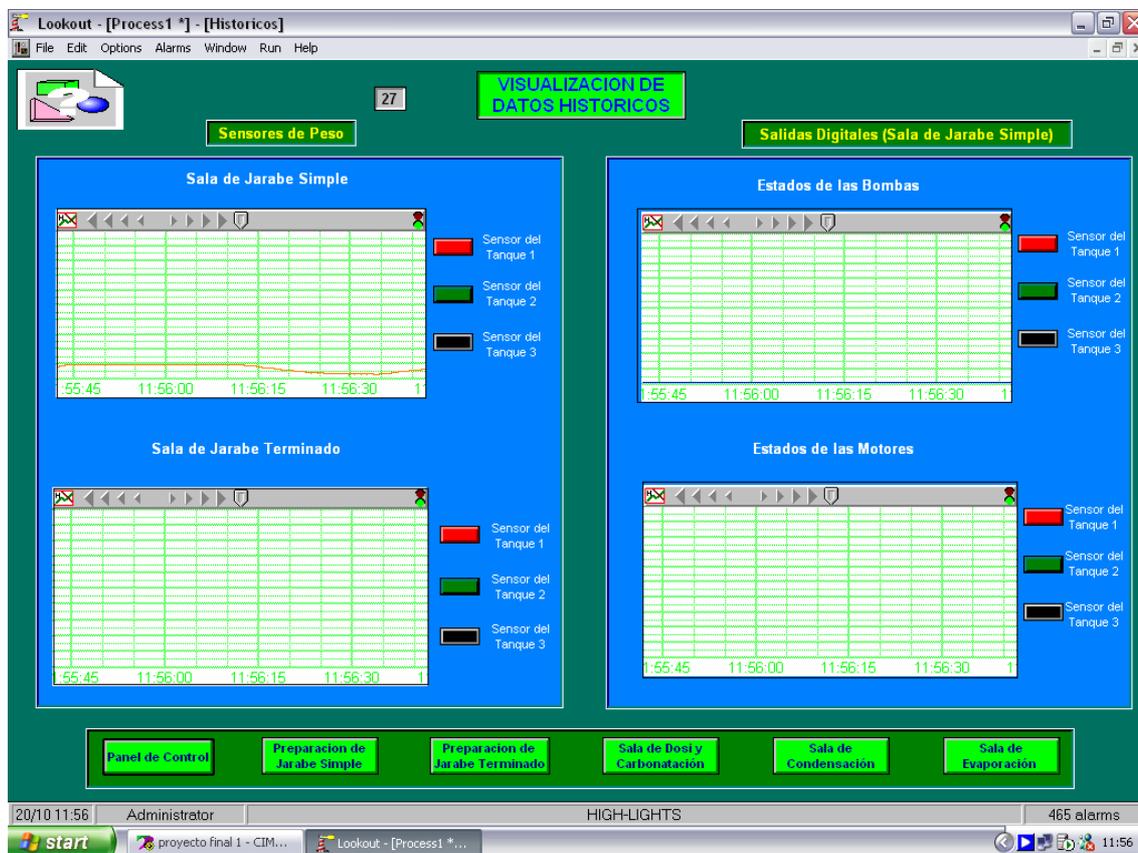


Figura 2.17 Pantalla de datos históricos

La figura muestra los valores históricos de las variables de entrada y salida del proceso en las salas de jarabe simple y terminado, gracias a ello el operador podrá visualizar las variaciones que tienen estas variables así como las veces que un elemento y con ello realizar un plan de mantenimiento para que el proceso funcione en optimas condiciones, en fin es una herramienta que ayuda a tener control acerca de nuestro proceso.

2.5 Descripción del funcionamiento

Antes de iniciar el proceso el operador deberá resetear el sistema, esto se lo realiza presionando una botonera (Reset), si se obvia este paso, el programa no realizara ninguna función hasta recibir este pulso, al contrario el programa mandará un mensaje “Primeramente debe resetear el sistema”.

También se debe fijar otros parámetros, como la cantidad de materia prima (Agua, Azucar, Esencias), el operador deberá elegir tales parámetros en cuanto a unidades de peso. Estos parámetros podrán ser establecidos desde Excel (donde se creó la receta) o desde Lookout directamente, para esto el panel de control consta de una botonera de nombre agua/azúcar/jarabe, que al ser presionada activa una ventana como se muestra en la figura 2.18; que permite ajustar dichos parámetros, A su vez el sistema no permite colocar valores que sobrepasen la capacidad máxima de cada material, establecidos por el operador, de ocurrir esto el programa enviara un mensaje de error diciendo valor fuera del rango de operación.

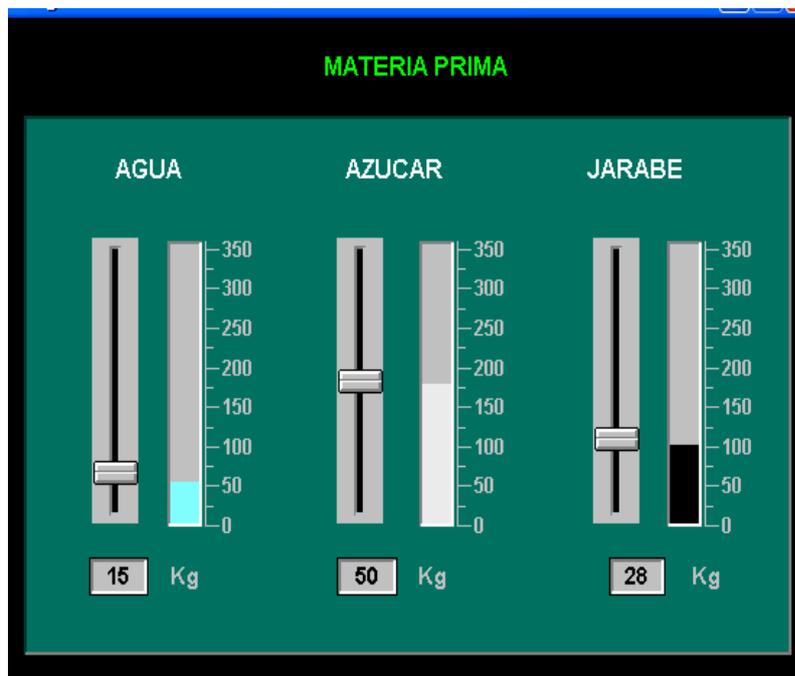


Figura 2.18 Parámetros de selección del proceso

Así mismo se puede fijar el tiempo de mezclado que los elementos de la sala de jarabe simple y jarabe terminado tendrán, en la parte inferior de la ventana se muestran los valores actuales de los tiempos de ambos.

TIEMPOS DE LOS AGITADORES

Sala de Jarabe Simple Sala de Jarabe Terminado

1 : 25 0 : 25

Minutos Segundos Minutos Segundos

Valores Actuales

00:00 00:00

Figura 2.19 Parámetros de selección de los tiempos.

Todo cambio realizado en los parámetros de ajuste deben ser actualizados por el operador, es decir deben ser cargados en la base de datos Citadel, para que sean actualizados por el programa para que sean datos válidos al sistema, Para ello se consta con una botonera de nombre "Actualización", que sirve para cargar los nuevos parámetros fijados. Al ser presionada dicha botonera 1, se activa una pantalla como muestra la figura 2.20, en donde se escoge el tipo de gaseosa y además permite cargar los nuevos valores que tienen los parámetros, esto se lo realiza presionando en dicha ventana la opción cargar (Load).

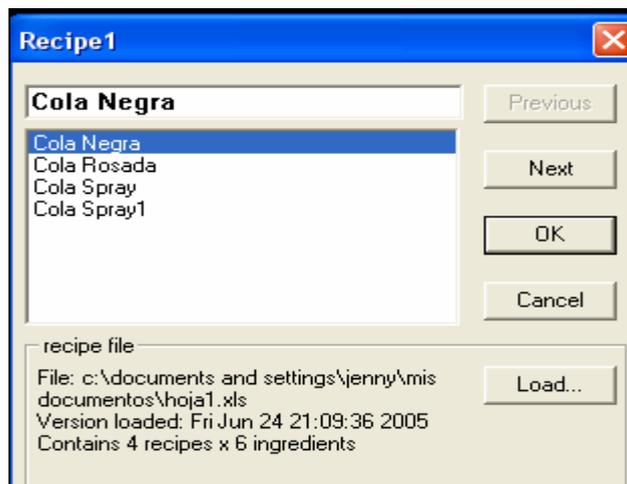


Figura 2.20 Ventana de Actualización

Al presionar el botón Load de la figura 2.20, aparece una ventana que solicita el nombre del archivo creado en Excel, tal como se muestra en la figura 2.21.

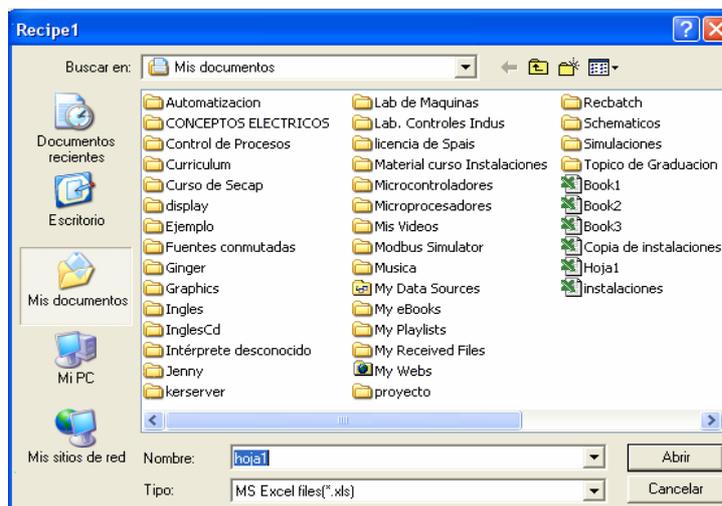


Figura 2.21 Cargando datos

Dando clic en aceptar se actualizan los nuevos parámetros, entonces el operador podrá iniciar un nuevo proceso presionando la botonera de inicio del Proceso (Start). El funcionamiento del proceso depende del modo de trabajo empleado por el operario, Automático o Manual, dependiendo de lo que se desee realizar, generalmente el manejo Manual se lo establece en la limpieza de los equipos y materiales que se usan, o cuando el sistema no puede continuar su normal procedimiento por el mal funcionamiento de algún dispositivo de medición o control, es decir cuando se presenta una falla en el sistema.

Funcionamiento automático

Si se escoge este modo de trabajo, el proceso se ejecutará secuencialmente, dependiendo del estado y de los valores de los elementos de medición, que son simulados desde Lookout, bajo condiciones de eventos.

Al ser establecidos los parámetros de entrada al sistema y al iniciar el proceso a través de la botonera Start, automáticamente se accionará dos 2 electro-válvulas (V1-V2), una Válvula principal que permitirá la circulación del agua en las tuberías y la otra para abastecer el primer tanque de este elemento, posteriormente se

enciende la bomba B1 para permitir el ingreso del líquido al tanque de Jarabe Simple, el nivel del tanque se incrementará hasta el valor establecido desde la receta, luego de lo cual envía una señal a cerrar dicha válvula. Inmediatamente se encenderá el motor de inducción que acciona el funcionamiento del mezclador y la válvula V3 de abastecimiento al segundo tanque, teniendo la misma condición de trabajo que el anterior y la misma secuencia para el llenado del tercer tanque, a través de la válvula V4.

Los motores de Inducción se desactivan cuando el tiempo establecido se haya cumplido, este tiempo es determinado por el operario desde la interfase grafica.

El tiempo de mezcla debe ser consecuente con la cantidad de materia ingresada, es decir mientras mayor sea la cantidad del producto mayor será el tiempo de mezclado de ambos elementos.

El azúcar se encuentra en silos en dirección vertical a cada tanque, esta es desalojada por medio de una compuerta que al ser movida permite la caída de este material.

Cuando se encuentra listo tal jarabe se enviara el producto a la sala donde se combinara con la esencia por medio del encendido de la bomba B2, la esencia a los tanques de jarabe terminado es ingresado por medio del encendido de la bomba B3.

Posteriormente el jarabe terminado es transportado de la sala de Dosificación y Carbonatación, donde se coloca una cantidad exacta de agua purificada contra una cantidad de jarabe terminado, para este efecto se utilizan válvulas proporcionales que dependiendo del tipo de gaseosa se abren o cierran mas, en base a datos de una segunda receta elaborada para determinar el flujo de salida de cada líquido, regulando de esta forma los porcentajes de cada uno.

La carbonatación del producto, se la realiza utilizando el sistema de absorción de gas carbónico y a bajas temperaturas (enfriamiento con amoniaco) para mejorar la absorción del gas. Cuando se inicia el proceso se abre la válvula que permite el ingreso del gas carbónico al tanque carbonatador siempre y cuando la presión sea menor a los 3 kg/cm², una vez establecido este valor se cerrara dicha válvula, hasta que la bomba principal (bomba centrífuga) se haya encendido, con lo cual se empieza el ingreso de la bebida al tanque donde se agrega el gas que es absorbido paulatinamente La presión del tanque carbonatador siempre debe mantenerse de 3-4 kg/cm², y el líquido debe estar a temperaturas inferiores a los 15 C, para garantizar una excelente penetración del gas en la bebida final.

La bomba centrífuga se apaga cuando el sensor de nivel alto se activo y solo se activa cuando el sensor de nivel bajo se desactiva, el proceso se repite continuamente hasta desabastecer por los tanques de jarabe terminado.

Vale aclarar que en el proceso siempre se encuentra preparando jarabe simple, justo después de ser desabastecido el tercer tanque de jarabe simple, el operario puede parar la elaboración de dicho jarabe por medio de una botonera paro. Y así mismo parar el proceso total a través de la botonera Paro total del proceso.

Para la dosificación del producto se utilizaron válvulas proporcionales, que varían su abertura dependiendo del tipo de bebida gaseosa a producirse, pues cada gaseosa posee una determinada proporción de cada fluido (Agua purificada vs Jarabe Terminado), unas reciben mayor cantidad de agua que otras, este desalajo es regulado dependiendo de la proporción de apertura de la válvula proporcional, tanto en el agua como para el jarabe, esto se establece automáticamente cuando se selecciona el tipo de bebida gaseosa a producirse.

CAPÍTULO III

3. CONTROL DE ADQUISICION DE DATOS POR MEDIO DE LABVIEW 7.0 EXPRESS DE NATIONAL INSTRUMENTS

3.1. Instrumentación con Labview.

En los últimas 3 décadas el avance tecnológico ha tenido un incremento en el desarrollo de nuevos software de programación para la simulación, medición, automatización y control de instrumentos de ahí se genero lo que se conoce como la instrumentación Virtual.

La instrumentación Virtual se define como un sistema de precisión, medición, análisis y control de señales físicas, con la ayuda de

instrumentos virtuales desarrollados desde un computador. Actualmente la instrumentación ha ido mas allá, siendo capaz de controlar diversos tipos de hardware así como la implementación de tarjetas de adquisición de datos, entre otras.

3.1.1. Desarrollo de instrumentos virtuales.

Un instrumento Virtual se define como un instrumento que no es real, pero que se encarga de simular instrumentos y sistemas físicos reales, que se ejecuta con la ayuda de un computador (PC) por medio de un potente software de programación (LabVIEW) que es el encargado de darle todos los atributos y funciones a dicho instrumento.

LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Wordbench) es un poderoso software desarrollado para ejecutar instrumentos virtuales en tiempo real, maneja un ambiente de programación grafica conocida como G, a diferencia de los lenguajes de programación comunes que utilizan una programación textual.

En la actualidad Labview es considerado la industria estándar en cuanto a medición, automatización, análisis y control de instrumentos, pues es ideal para construir

sistemas que requieran satisfacer las necesidades de un usuario en particular.

La diferencia entre un instrumento convencional y un instrumento virtual radica en la funcionalidad que el usuario puede dar a dicho instrumento, mientras que en un instrumento convencional el usuario se encuentra limitado por las características definidas por el fabricante, siendo su costo muy elevado y poco viable al agregarle nuevas tecnologías.

3.2. Creación, Edición y Programación de instrumentos virtuales en LabVIEW 7.1.

3.2.1. Creación de Instrumentos Virtuales

Para la crear un instrumento virtual en LabVIEW 7.1 primero se debe abrir el programa, a continuación LabVIEW 7.1 mostrará un menú de opciones, escogiendo Instrumento virtual en blanco dentro de la opción New, como se muestra en la figura 3.1.

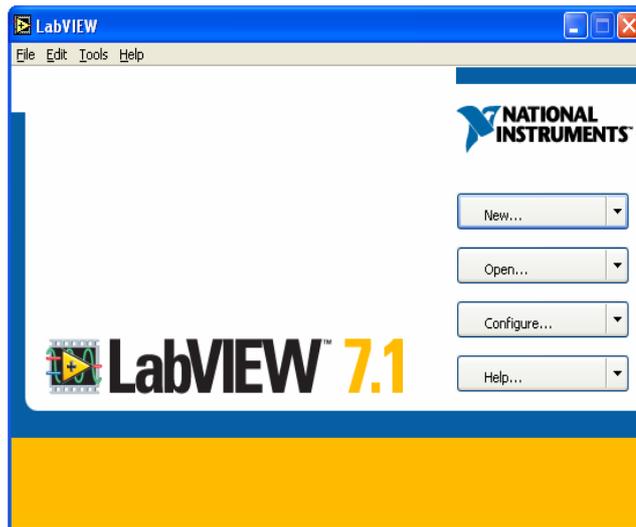


Figura 3.1. Labview 7.1

El LabVIEW 7.1 proporcionará 2 paneles: Panel Frontal y Diagrama de Bloques que se puede ver en la figura 3.2.

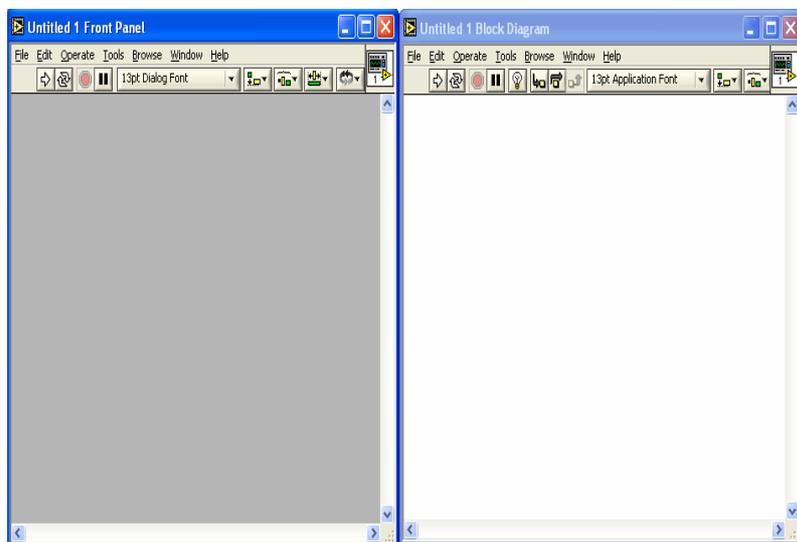


Figura 3.2. Panel Frontal y Diagrama de bloques

Un instrumento Virtual esta compuesto por 3 componentes importantes el panel frontal, el diagrama de bloque y el icono y conector.

El panel frontal es la interfase del usuario con el VI, donde el usuario interactúa con el código, es una combinación de controles e indicadores. Los controles simulan dispositivos de entradas que ingresan datos al diagrama de bloque como son botones, interruptores, marcadores y otros componentes de entradas. Los indicadores simulan dispositivos de salidas a mostrar datos que el diagrama de bloque genera como son las graficas, luces y otros dispositivos de salida.

Para la creación de los controles Labview consta de numerosos objetos virtuales dentro del panel frontal como lo muestra la figura 3.3.

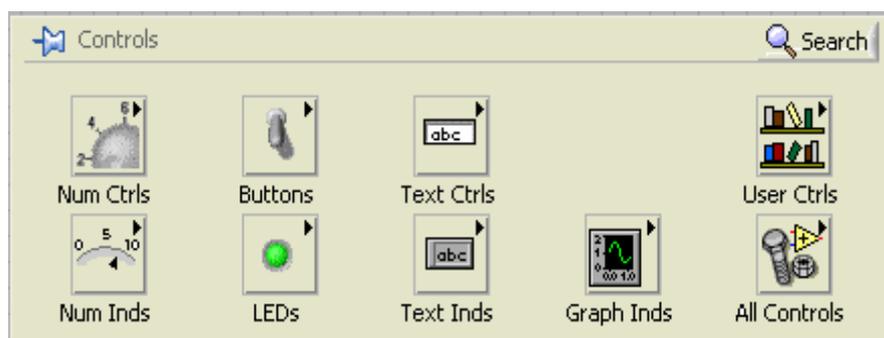


Figura 3.3. Barra de Herramientas

El diagrama de bloque es el código fuente para el VI, el cual está compuesto de iconos ejecutables llamados nodos y conectores que llevan datos entre dichos nodos. Estos nodos son elementos de ejecución los cuales consisten de funciones, estructuras y subVIs.

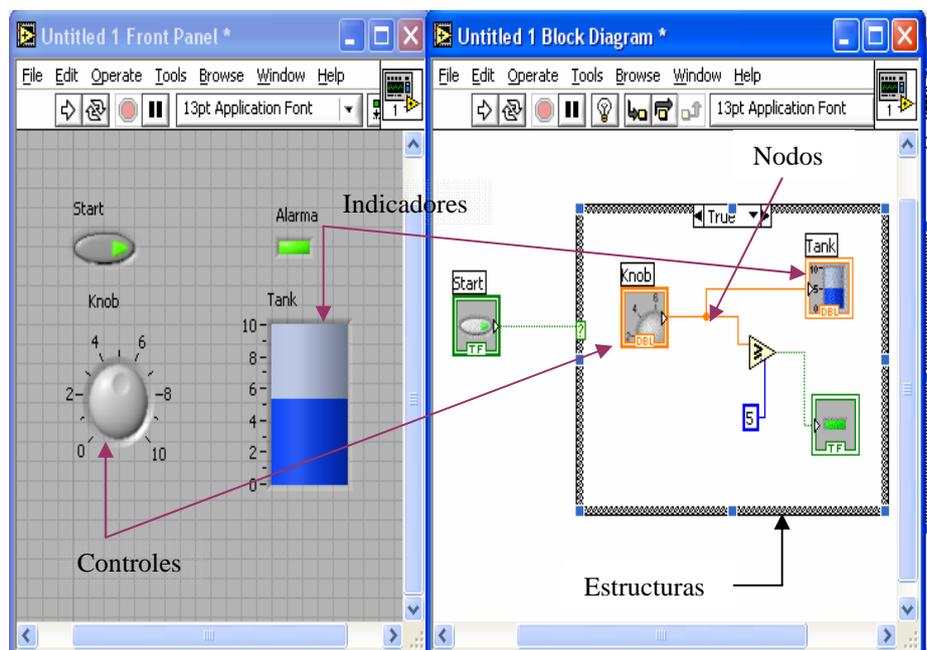


Figura. 3.4. Controles, indicadores y nodos.

Al momento de crear un control o indicador dentro del panel frontal inmediatamente se crea un terminal en el diagrama de bloques que representa a dicho control o indicador, estos terminales se conectan entre sí con los

nodos a través de los conectores dentro del diagrama de bloques como se puede apreciar en la figura 3.4.

El diagrama de bloques posee diversos tipos de colores para los cables que conectan los datos ya sean controles, indicadores o simplemente nodos, estos colores representan el tipo de dato que se esta ingresando o presentando, por ejemplo los conectores de color verde representan datos de tipo booleano, es decir verdadero o falso, y con letras TF, los de color naranja representa datos flotantes o de doble precisión y mostradas con letra DBL.

3.2.2. Edición de Instrumentos Virtuales

Para la edición de instrumentos virtuales Labview consta con una paleta de herramientas, esta permite cambiar y establecer las propiedades de los objetos simples como seleccionar, mover, borrar, duplicar, dimensionar y dar formato a los objetos utilizados en el panel frontal, en la figura 3.5 se puede apreciar la paleta de herramientas, de no ser visible usted dirige al submenú de Windows de la

barra de menús y selecciona la opción mostrar paleta de herramientas (Show Tools Palette).

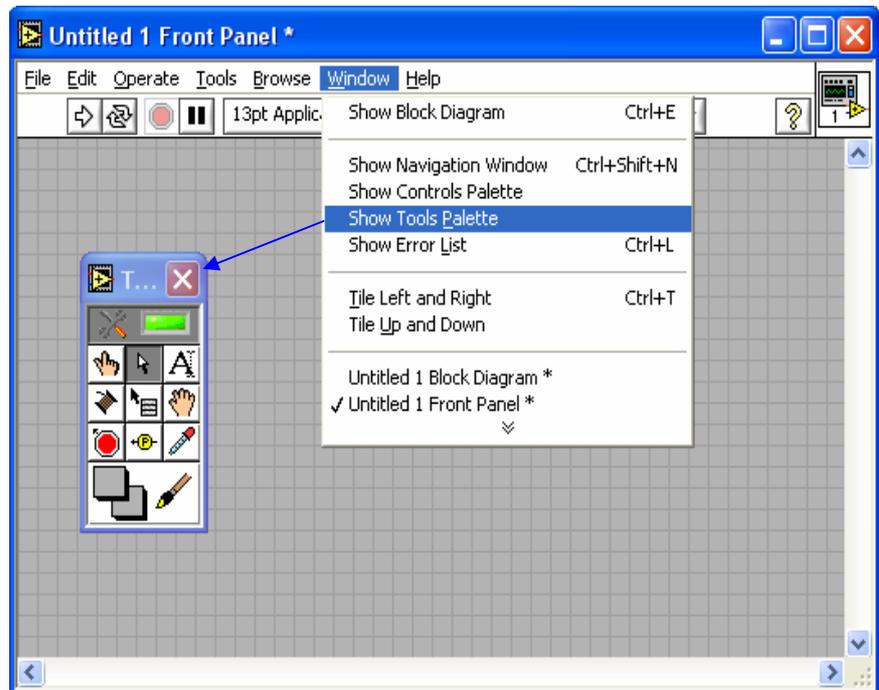


Figura 3.5. Paleta de Herramientas

Como podemos apreciar en la figura 3.5, la paleta de herramientas esta compuesta de varios iconos que se encargan de realizar las tareas antes indicadas, por ejemplo el icono de mayor tamaño es el predeterminado y muestra las opciones que realizan los demás iconos dependiendo de la ubicación del cursor, el icono que se representa con una A es el utilizado para insertar texto de un objeto, como se puede apreciar en la figura 3.6.

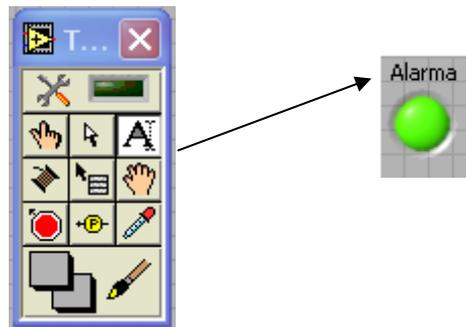


Figura 3.6. Cambiando el texto de un objeto en LabView

Para cambiar el color de un objeto, se selecciona el pincel de la paleta de herramientas, se da clic derecho sobre este y se escoge el color de preferencia, y se posiciona el cursor sobre el objeto que se desea aplicar dicha propiedad, cambiando el color del objeto como se observa en la figura 3.7.

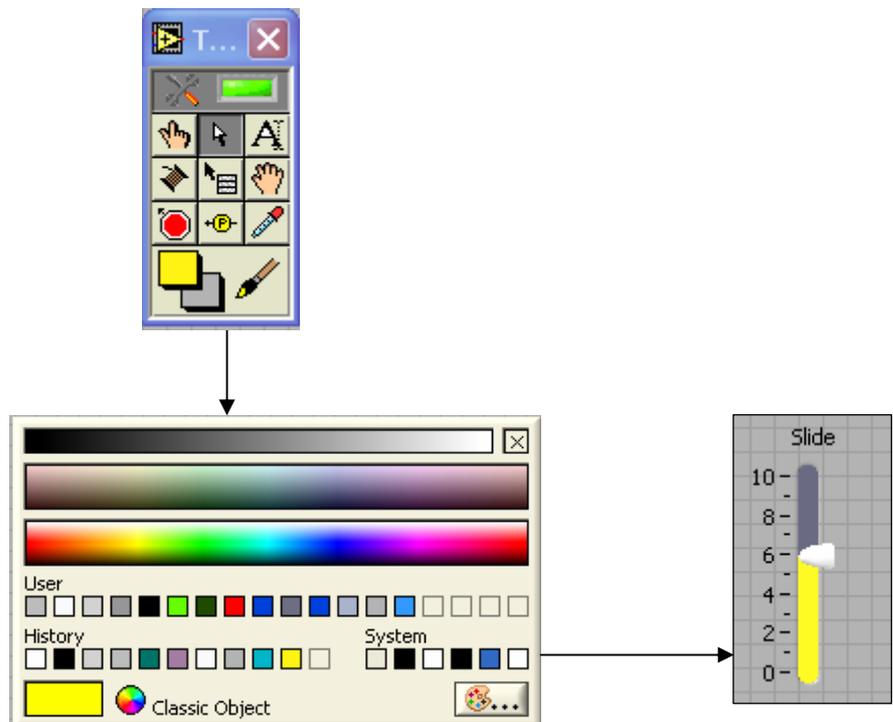


Figura 3.7. Cambiando el color de un objeto en LabView

Si se desea cambiar la escala de un objeto de control, se da clic derecho sobre el objeto con lo cual se mostrara un menú con opciones para cambiar y establecer las propiedades de dicho objeto, se escoge la opción escala y se determina la escala de preferencia, la figura 3.8 muestra el procedimiento para cambiar la escala de cualquier objeto de control.

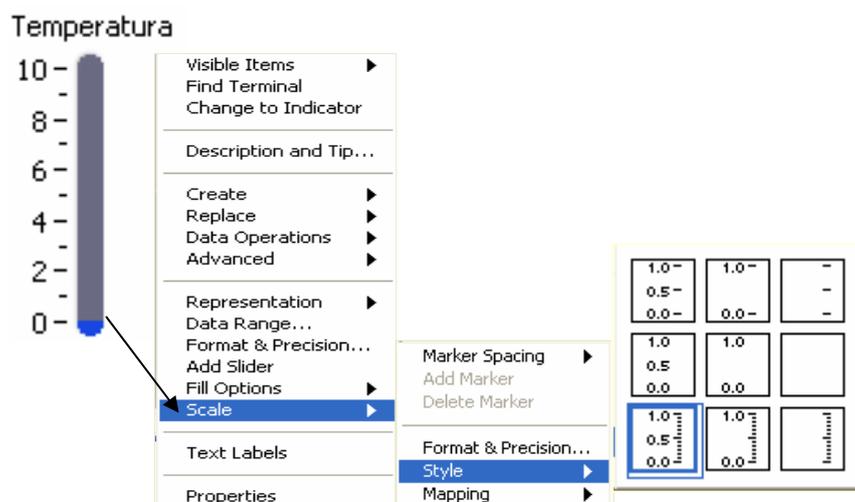


Figura 3.8. Cambiando la escala de un objeto en LabView

Existe muchas más herramientas que sirven para establecer propiedades a cualquier objeto. Para más información refiérase al Capítulo 2 y 3 del manual “Learning with LabVIEW 7 Express”.

3.2.3. Programación de los objetos virtuales.

En la programación de objetos virtuales se introduce un nuevo concepto en contraste con la programación convencional, esto hace la diferencia del software Labview al manejar una programación grafica donde el principio que gobierna la ejecución del VI es conocido como dato flotante, en el cual los elementos ejecutables (nodos) del instrumento virtual ejecuta solo cuando todos ellos han

recibido todas los datos de entrada, de tal forma que cuando se completa la ejecución el nodo envía información (datos) a los terminales de salida, estos a su vez son entradas a otro nodo y así sucesivamente hasta completar la ejecución, es decir que no sigue una secuencia ordenada de instrucciones como en programas convencionales.

Labview utiliza una convención de grafica de colores para expresar el tipo de dato de tal forma de reconocer lo fácilmente, como podemos observar en la figura 3.9, los datos de tipo booleano son representados con un color verde, mientras que los datos numéricos de color naranja, los datos enteros de color azul, entre otros.

	Boolean
	Extended
	Double
	Single
	Integer 32 bit
	Integer 16 bit
	Integer 32 bit (positivo)
	Integer 8 bit
	Numeric 7
	Numeric 8
	Numeric 9

Figura 3.9. Convención de colores para cada tipo de dato.

Labview posee recursos que facilitan al usuario la programación de un instrumento virtual, entre los más comúnmente usados están las variedades de funciones de tipo matemáticas, lógicas, booleanas, entre otras, que se encuentran descritas en el diagrama de bloques.

También posee estructuras que son elementos de control del programa tales como ciclos que se ejecutan bajo una condición o por número de veces establecido por el usuario. Estas son el ciclo Para, el ciclo Mientras, estructura de caso, entre otras. Se puede acceder a dichas estructuras haciendo clic derecho sobre la ventana, en todas las funciones>>estructuras dentro del diagrama de bloques, como se aprecia en la figura 3.10.

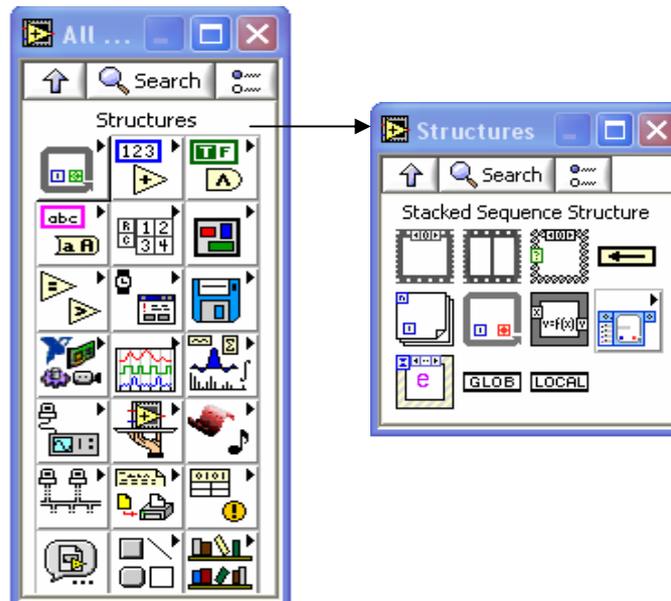


Figura 3.10. Estructuras en el diagrama de bloques

Ciclo Para: es aquella estructura que ejecuta el código un número establecido de veces, esta estructura posee 2 terminales, el Terminal Contador (Terminal de Entrada) que se simboliza con una **N** (ubicado en la parte superior del lazo), y el Terminal de Iteración (Terminal de Salida) que se simboliza con la letra **i** (ubicado en la parte inferior del lazo), como se aprecia en la figura 3.11.

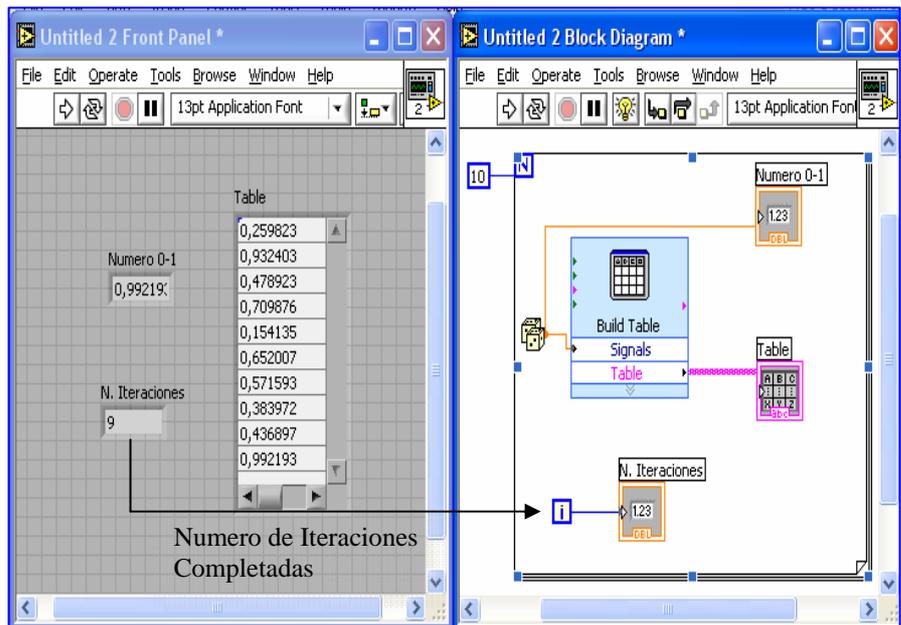


Figura 3.11. Ciclo Para (For Loop).

En el terminal contador se establece el número de veces que el lazo ejecutará, al conectarse al mismo un valor constante fuera del lazo, en la figura es 10 (n-1), el terminal iteración muestra el numero iteraciones completadas.

Ciclo Mientras: Es una estructura que ejecuta un sub diagrama hasta que una condición hacerse verdadera o falsa, este depende del modo de trabajo en que se encuentre el terminal condicional, que se encuentra configurado para realizar dos funciones, una continuar si

una condición hacerse verdadera (Continue if True), y la otra Parar si es Verdadera (Stop if True), el tipo de dato que recibe este terminal es de tipo booleano.

Como se puede apreciar en la figura 3.12, esta estructura posee dos terminales: el terminal condicional y el terminal de iteración, este último se comporta de igual forma que en el Ciclo Para. El conteo de las iteraciones siempre empieza en cero.

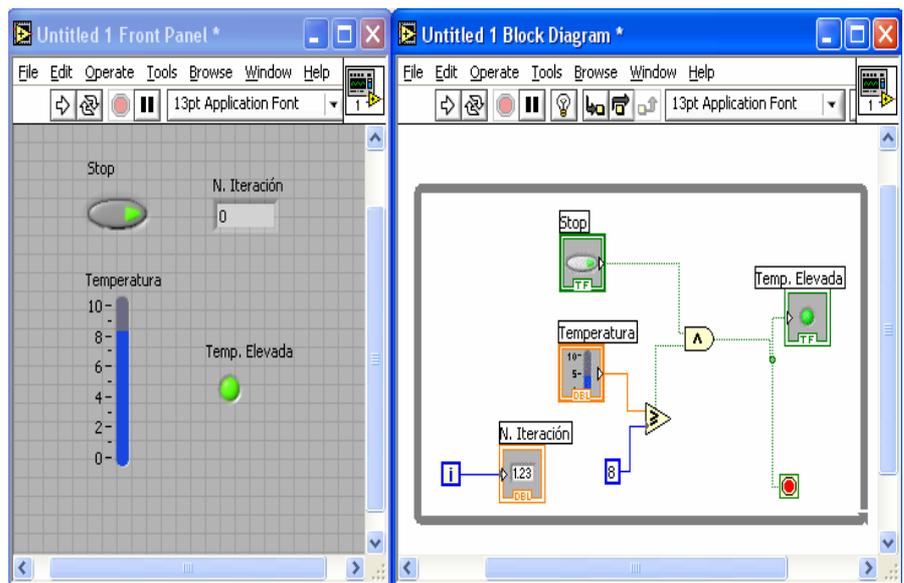


Figura 3.12. Ciclo Mientras (While Loop).

Estructuras de Caso: Es un método de ejecutar un texto condicional, esta estructura es equivalente a si entonces ó

si no (If - Then- else) en programas basados en lenguajes textuales. Una Estructura Case puede tener múltiples sub diagramas, pero a su vez solo uno de ellos ejecuta dependiendo del valor de las entradas.

Para el caso de entradas de tipo Booleana (TRUE, FALSE), solo hay dos posibles sub diagramas, si el valor de entrada es verdadero se ejecuta el caso verdadero, y si no se ejecuta el caso falso. Como se observa en la figura 3.13.

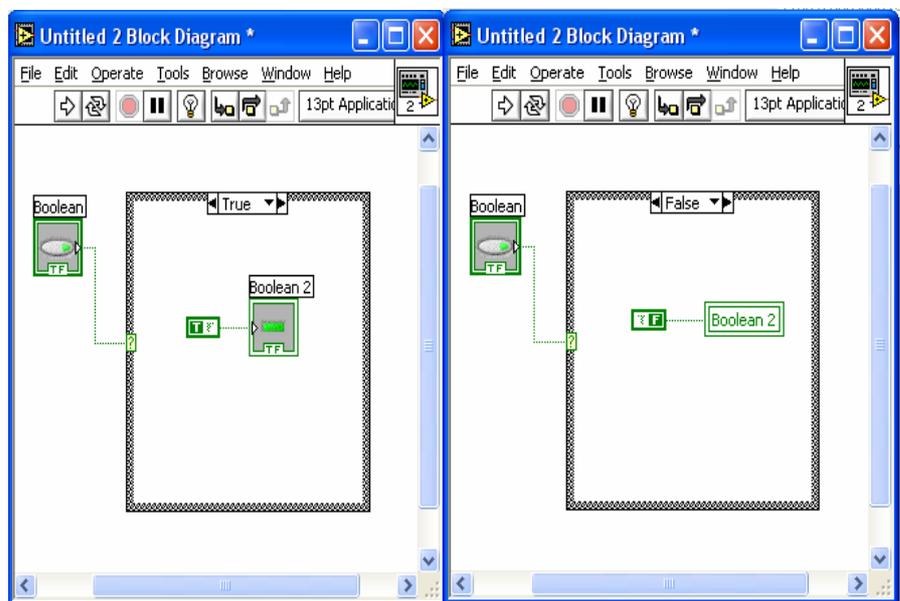


Figura 3.13. Estructura de Caso para entrada booleana

Para el caso de entradas de tipo numérico se ejecutará el sub diagrama equivalente al valor numérico, y si el valor numérico no se encuentra presente, Labview escogerá el valor por omisión como se aprecia en la figura 3.14.

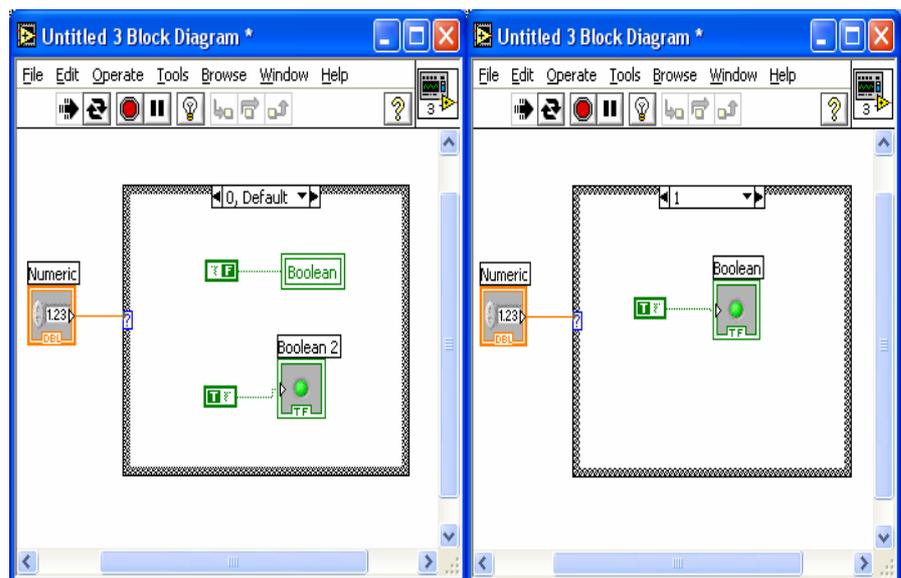


Figura 3.14. Estructura de Caso para entrada numérica.

Para el caso de entradas tipo cadenas de caracteres, Como el caso de los valores numéricos de entrada, el valor de la cadena de caracteres determina cual caso se ejecutara. El valor debe de ajustarse exactamente al de los casos o sino la estructura ejecutara el caso por omisión véase la figura 3.15.

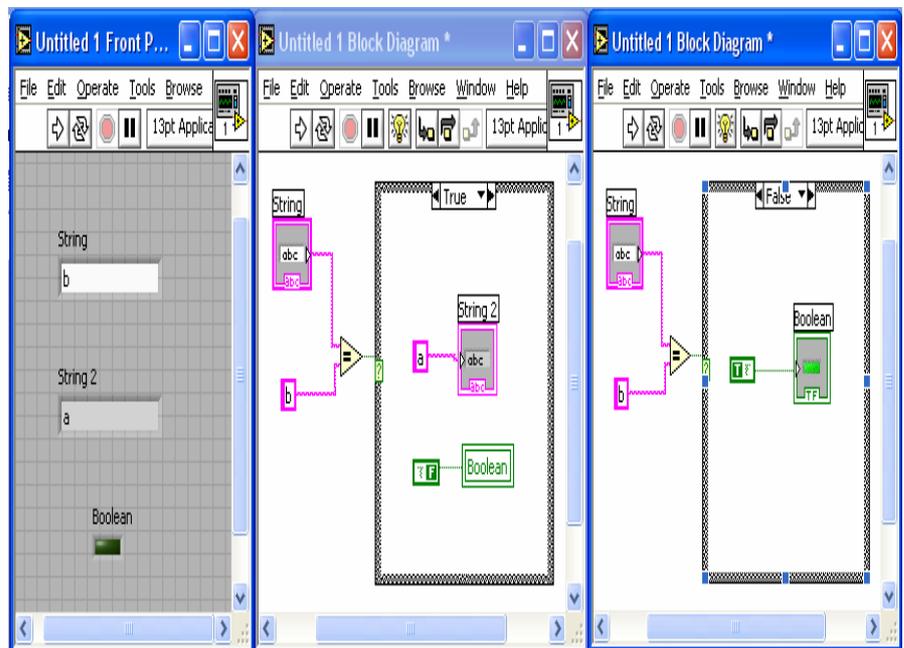


Figura 3.15. Estructura de Caso para entrada tipo string.

3.3. Adquisición de datos con Labview

LabVIEW incluye librerías para adquisición de datos, que permiten el manejo del puerto serial para el control de instrumentos seriales, análisis, presentación y almacenamiento de datos., y otros dispositivos así como GPIB (Bus de Interfase para Propósitos Generales) usado para la comunicación con instrumentos de control, como osciloscopios y multímetros digitales.

Para la adquisición de datos desde la tarjeta de adquisición basada en el Microcontrolador 16F877A detallada en el capítulo cuatro hacia Labview, se hizo uso de la función VISA (Arquitectura software para instrumentos virtuales) de Labview, que permite la configuración del puerto serial para adquirir y enviar datos desde y hacia la tarjeta antes mencionada. En la figura 3.16 se muestran los pasos a seleccionar el VISA.

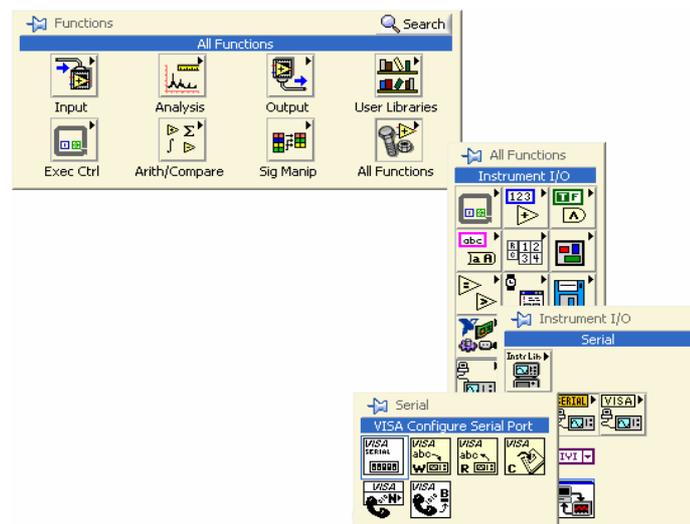


Figura 3.16. Pasos para seleccionar el VISA

La comunicación serial requiere especificar ciertos parámetros que son configurados utilizando el VISA, la velocidad de transmisión de los datos (baud rate), el número de bits de datos, los bits de

paridad, y el o los bits de parada, así como el control de flujo como se puede observar en la figura 3.17.

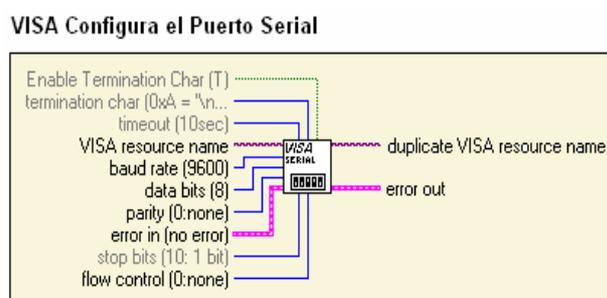


Figura 3.17. Función VISA que configura el puerto serial.

Labview cuenta con funciones usadas para la manipulación del puerto serial, que permiten establecer la comunicación entre la tarjeta y el proceso desarrollado desde el software Labview.

En la figura 3.18 se encuentran los cuatro modelos de VISA, el VISA Serial que se utiliza para la configuración del puerto serial descrito anteriormente, el VISA Read (VISA de lectura), que se utiliza para la lectura del puerto serial, VISA Write (VISA de escritura) para escribir datos en el puerto y finalmente el Visa Close (VISA de Cierre) para cerrar el puerto serial.

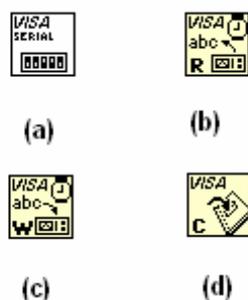


Figura 3.18 Funciones VISA utilizadas para el manejo del puerto serial (a) VISA Serial, (b) VISA Read, (c) VISA Write, y el (d) VISA Close.

3.4. Instrumentación virtual para el proceso de elaboración de bebidas gaseosas.

La instrumentación virtual se la realizó para una parte del proceso de bebidas gaseosas, propiamente para la elaboración de jarabe simple; referirse al capítulo 2 para mayor información. Donde para tal efecto se diseñó un panel de control en el panel frontal de Labview, que permite la configuración de los parámetros de entrada como la velocidad de transmisión de los datos del puerto serial, la cual deberá ser la misma que la establecida en la tarjeta a través de los dip switch. Así como los valores que hacen referencia a la cantidad de materia prima usada en dicho proceso, como se puede observar en la figura 3.19.

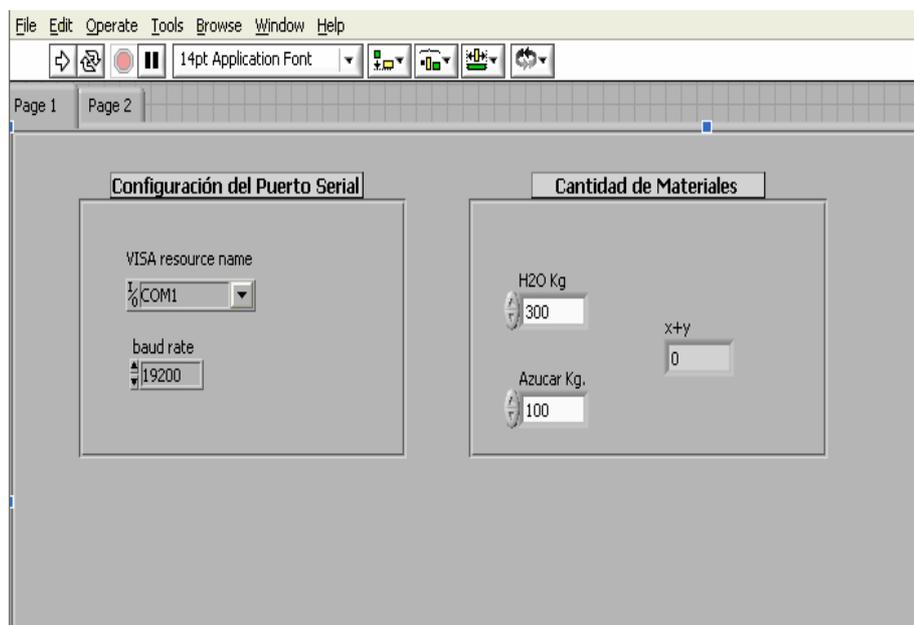


Figura 3.19 Panel de control de los parámetros de entrada.

También se diseñó otro panel como se puede observar en la figura 3.19; que permite la visualización de valores y señales que son obtenidos de la tarjeta de adquisición de datos, referirse al capítulo 4 para mayor información.

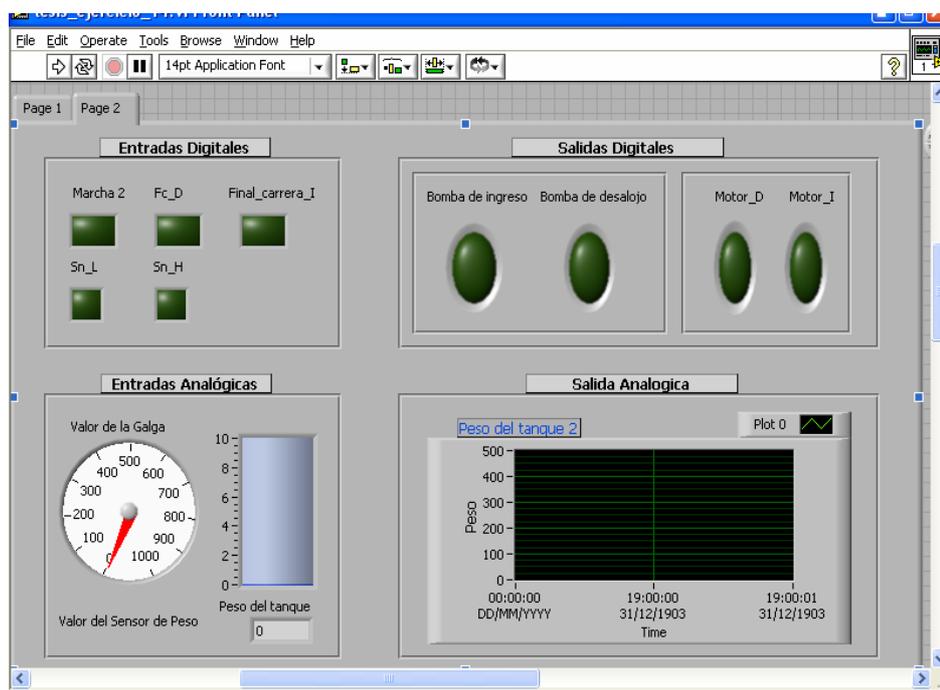


Figura 3.20 Panel de control de las señales de la tarjeta de adquisición.

En la figura 3.21 se muestra una de las ventanas del programa que se diseñó en el diagrama de bloques, que determina la secuencia de encendido y apagado de las señales de salida, donde primeramente se configura al puerto serial, luego se entra a una secuencia llamada stacked que en el estado 0, se escribe la letra 1 que de acuerdo al programa del PIC pregunta por el estado de la entrada digital 1, en nuestro caso esta hace referencia a la entrada marcha/paro como se muestra en la tabla 3.22. Posteriormente el PIC responde enviando un cero o uno al puerto.

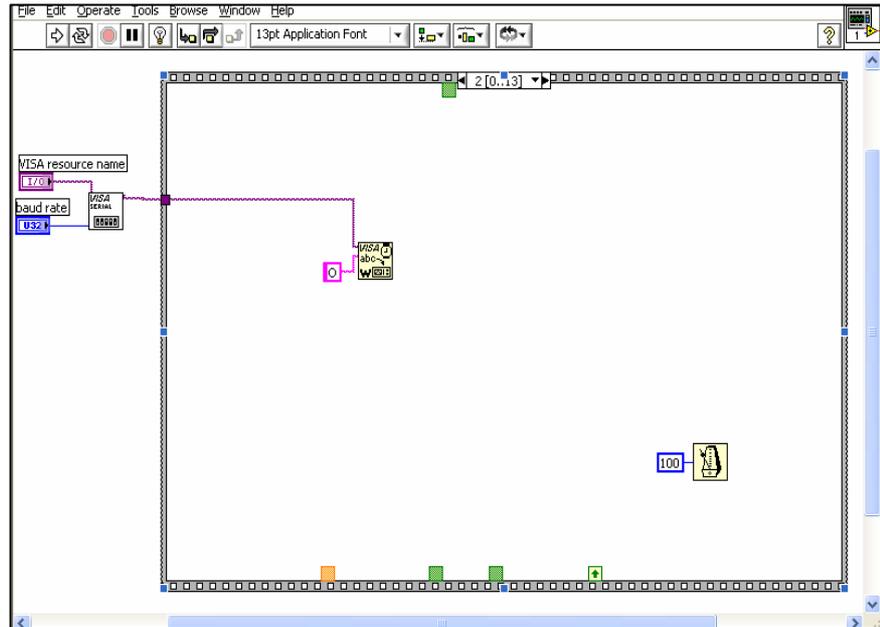


Figura 3.22 Ventana donde se pregunta por el valor de la entrada analógica.

En la figura 3.23 se muestra la ventana donde se lee el valor de la entrada analógica 1, si este valor es menor que el valor establecido en los parámetros de entrada; el cual no puede ser mayor a 400, y la bomba de desalajo no se encuentra encendida, entonces el estado de esta señal es ingresada a una secuencia case que en el caso de ser verdadera se escribe la A en el puerto con lo cual se enciende la salida digital 1, que simula a la bomba de ingreso de agua, y de ser falsa apaga dicha salida, escribiendo la H en el puerto, como se muestra a continuación.

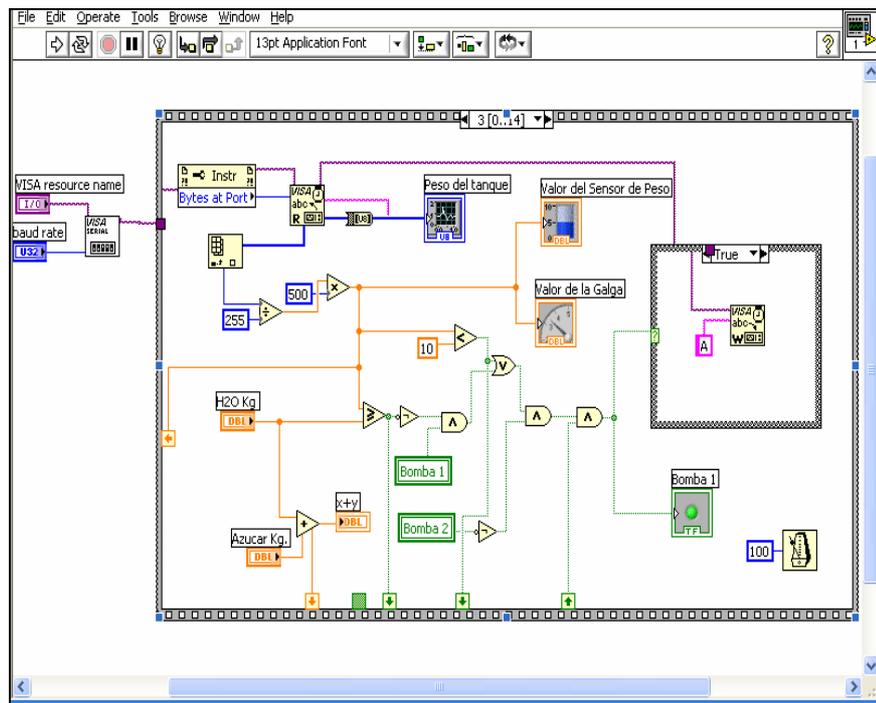


Figura 3.23 Ventana donde se lee el valor de la entrada analógica.

En el siguiente lazo de la secuencia, se pregunta por el estado de las entradas digitales 2 y 3, que simulan a los finales de carrera izquierdo y derecho de la compuerta; para lo cual se escriben los caracteres 2 y 3 correspondientemente; como se observa en la figura 3.24.

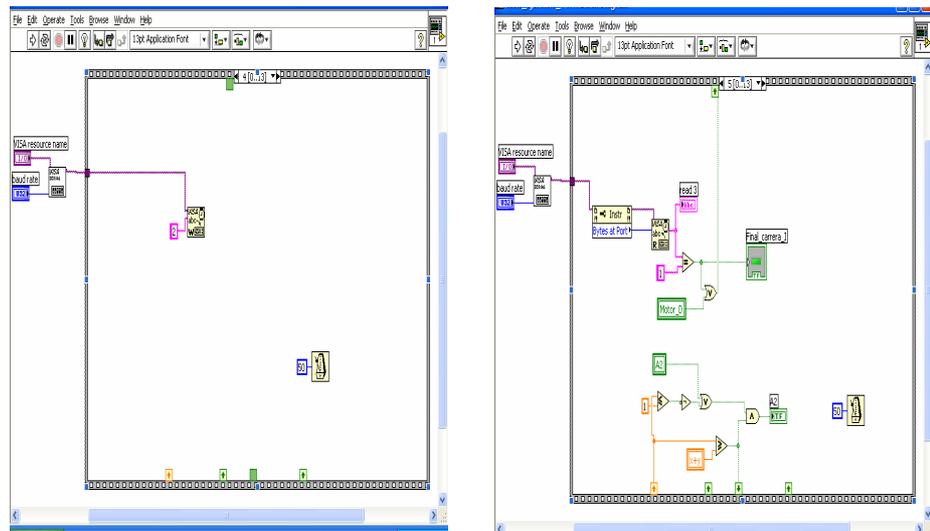


Figura 3.24 Ventana donde se pregunta por el estado de las entradas 2 y 3.

En la figura 3.25; se muestra el lazo 8 de la secuencia, donde se procede a encender la salida digital 2; escribiendo el carácter B en el puerto, siempre y cuando la entrada digital 1 se encuentre activada, el valor de la entrada analógica 1 sea mayor o igual al valor establecido, y que no se encuentre activada la salida digital 2, caso contrario se ingresa a la secuencia case en el estado falso en donde se escribe el carácter J, que manda apagar dicha salida que activa al motor dc en derecha.

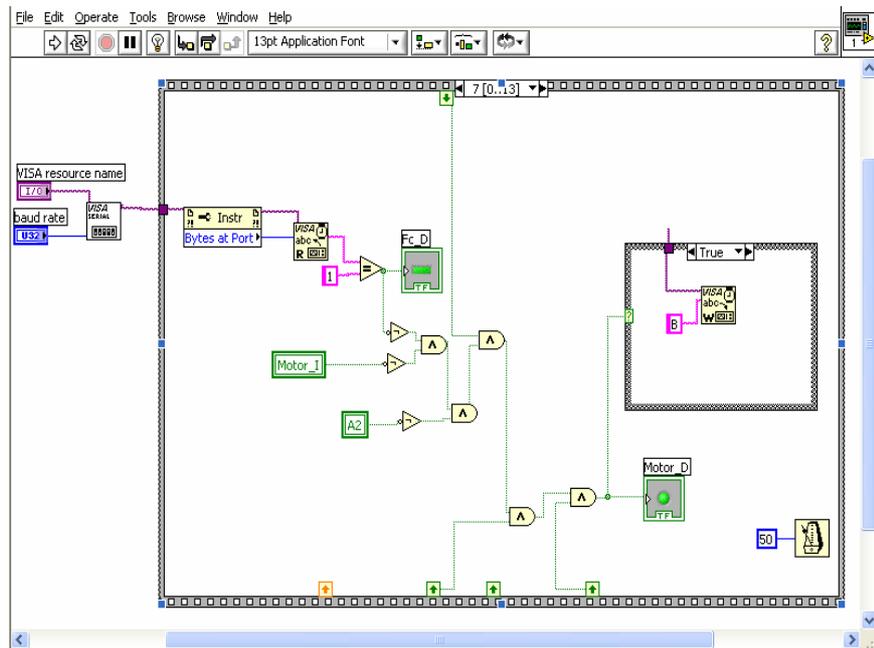


Figura 3.25 Ventana donde se ejecuta el encendido del motor en marcha derecha.

En la figura 3.26, se muestra el lazo 9 de la secuencia, donde se procede a encender la salida digital 3; escribiendo el carácter C en el puerto, siempre y cuando la entrada digital 2 se encuentre activada, el valor de la entrada analógica 1 sea mayor o igual a la suma de los valores establecidos, y que no se encuentre activada la salida digital 1, caso contrario se ingresa a la secuencia case en el estado falso en donde se escribe el carácter K, que manda apagar dicha salida que activa al motor dc en izquierda.

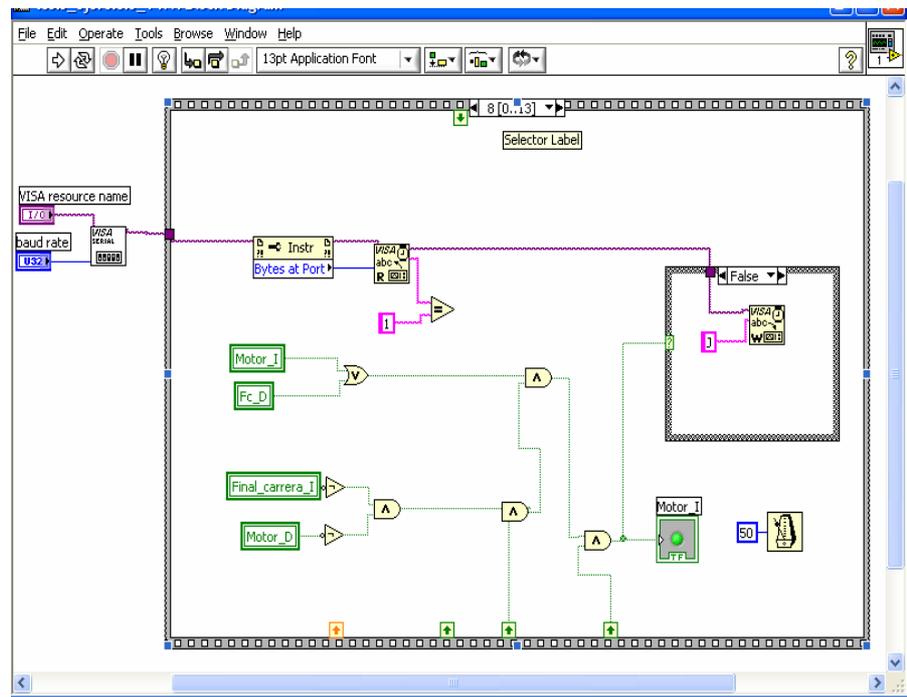


Figura 3.26 Ventana donde se ejecuta el encendido del motor en marcha izquierda.

En los siguientes lazos de la secuencia se pregunta por el estado de las entradas digitales 4 y 5, que simulan a los sensores de nivel; para lo cual se escriben los caracteres 4 y 5 correspondientemente como se muestra en la figura 3.27.

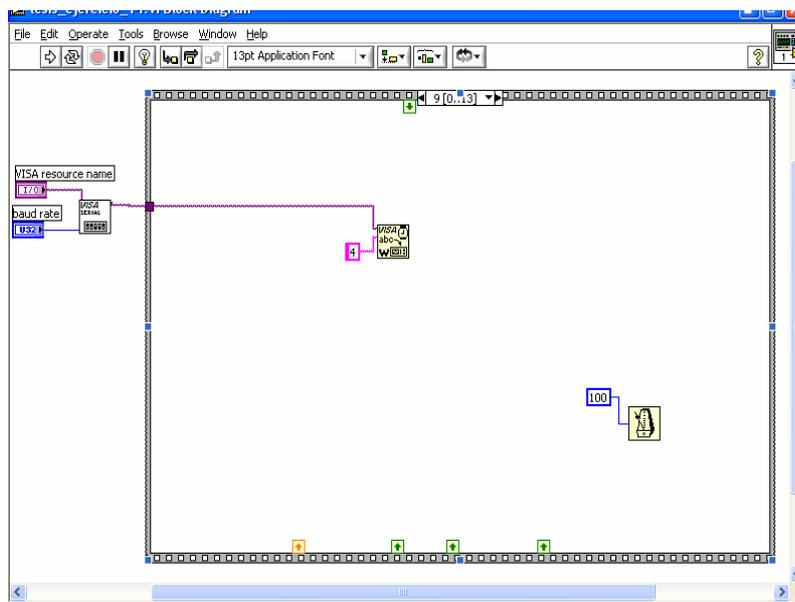


Figura 3.27 Ventana donde se pregunta por el estado de los sensores de nivel.

En la figura 3.28, se muestra el lazo 11 de la secuencia, donde se procede a encender la salida digital 4; escribiendo el carácter D en el puerto, siempre y cuando la entrada digital 4 no se encuentre activada, el valor de la entrada analógica 1 sea mayor que 0, y que no se encuentre activada la salida digital 1, caso contrario se ingresa a la secuencia case en el estado falso en donde se escribe el carácter L, que manda apagar dicha salida que activa a la bomba de desalojo de la mezcla.

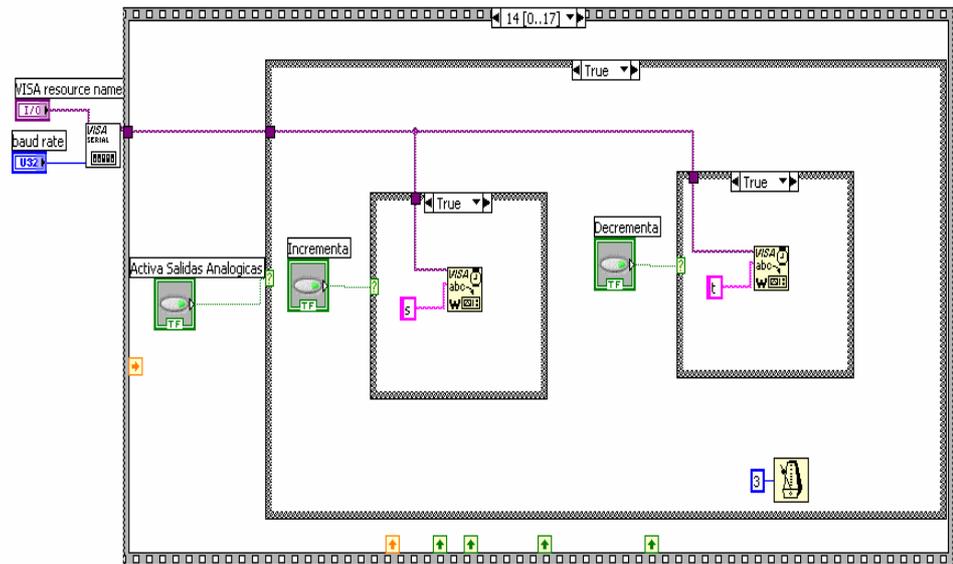


Figura 3.29 Ventana donde se manipula las salidas analógicas.

En la figura 3.29 se muestra la ventana donde se consulta el valor actual de la salida analógica 1, para tal efecto se envía el carácter “U” al puerto.

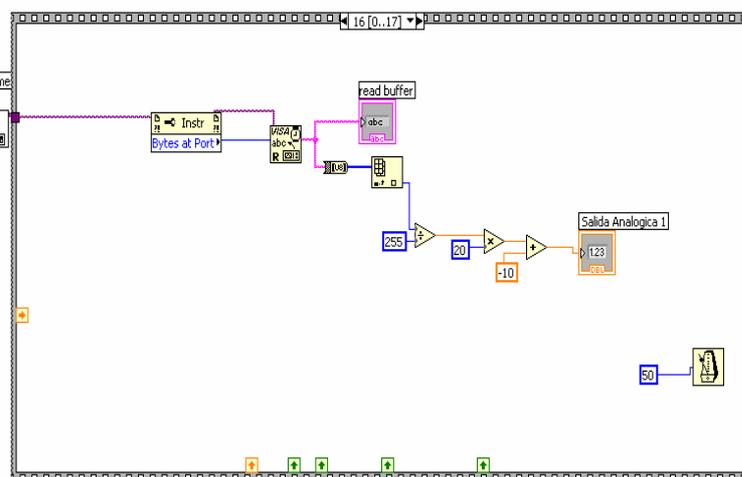


Figura 3.30 Ventana donde se consulta por el valor de la salida analógica 1.

CAPITULO IV

4 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS BASADA EN EL MICROCONTROLADOR 16F877A

4.1 Sistema de Adquisición de Datos

El capítulo se basa en el diseño e implementación de una tarjeta de adquisición de datos que se utilizará en el desarrollo del proceso de elaboración de bebidas gaseosas. En este capítulo se detalla las características técnicas de la tarjeta de adquisición, los bloques constitutivos que la conforman, así como el tipo de protocolo que se

utiliza para la comunicación entre la hardware (Tarjeta) y software (Labview).

Un sistema de adquisición de datos se encuentra compuesto por hardware y software. El hardware es el componente que se utiliza para adquirir los datos (la tarjeta), y el software es el cerebro, que se encarga de ejecutar y controlar las operaciones de la tarjeta de adquisición.

El propósito del proyecto es crear un módulo de adquisición de datos digitales y analógicos, que sean enviados al computador a través del puerto RS232 para ser analizados y visualizados en un computador (PC) desde una aplicación determinada (software de control), con el objetivo de ejecutar algún tipo de control en las salidas físicas de la tarjeta.

4.1.1 Diagrama de Bloques del Sistema de Adquisición de Datos.

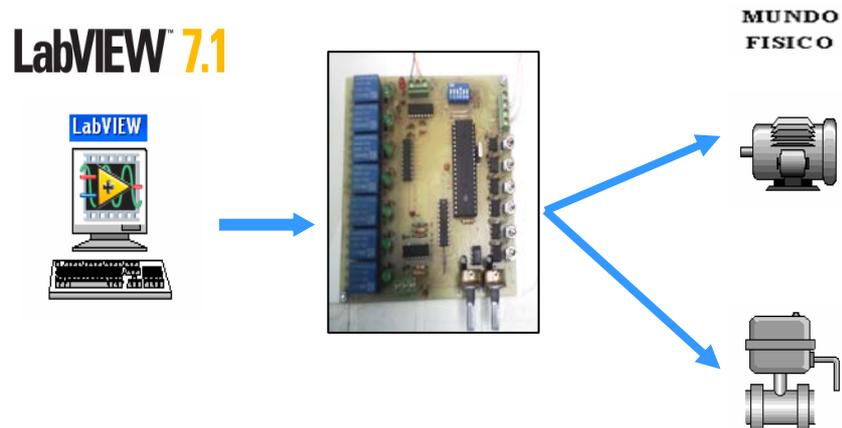


Figura 4.1 Diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos.

En la figura 4.1 se muestra el diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos del proyecto, el cual está formado por tres componentes, los cuales se detallan a continuación:

El primer bloque lo constituye el software, se trata de una aplicación llamada Labview 7.1 referirse al capítulo 3. Este programa debe ser capaz de mantener una comunicación con el hardware (tarjeta DAQ), con la finalidad de adquirir, manipular y mostrar los datos, analizar sensores y transductores.

El Hardware constituye el segundo bloque, se trata de la tarjeta de adquisición, que permiten la entrada y salida de datos del computador a otros aparatos, donde se conectan sensores y actuadores, para interacción del software con el mundo real. Los datos que entran y salen pueden ser señales digitales o análogas.

El tercer bloque es llamado el mundo exterior, el cual esta conformado por dispositivos de salida como motores, electroválvulas, bombas, y otros elementos de control.

4.2 Diseño del Hardware

Básicamente se quiere diseñar una tarjeta de adquisición de datos que maneje un total de seis entradas digitales, dos entradas analógicas, siete salidas digitales y una salida analógica. El hardware de la tarjeta consta de diversos bloques o etapas que son detalladas a continuación:

4.2.1 Bloque de Entradas

El bloque de entradas constan de seis entradas digitales con un voltaje de polarización de 5Vdc y que se encuentran aisladas por opto acopladores (integrado

4N25), refiérase a anexo, que se hallan ubicadas en el puerto A y E del PIC en los pines RA2, RA4, RA5, RE0, RE1, RE2. También posee dos entradas analógicas de 0 a +5 Vdc.

Las entradas analógicas ingresan al PIC a través del integrado OPA2743 refiérase a anexo, que se utiliza con la finalidad de disminuir el tiempo de carga del capacitor, a través de disminuir la impedancia de acople.

4.2.2 Bloque de Salidas

Consta de siete salidas digitales manejadas por rele alimentados a +12Vdc a una corriente nominal de 12A, que se encuentran ubicadas en el puerto C y D en los pines RC3, RC4, RC5, RD1, RD2, RD3, RD4. Para el envío del estado de la variable de salida se utilizó el integrado ULN2008 refiérase a **Anexo C.1**, con la objeto de generar los 0 Vdc, que ubican en el transistor el estado de corte, para permitir que la bobina se energice a +12Vdc. En la figura 4.3 se muestra el diagrama interno del integrado ULN2008.

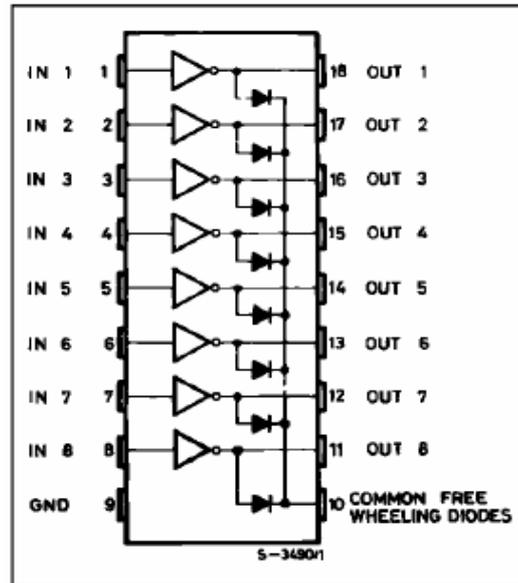


Figura 4.2 Diagrama de bloques del integrado ULN2008

Mientras que la salida analógica se obtiene con la ayuda del convertidor digital/analógico CDA TLC7528 referirse a **Anexo C.1**, que trabaja en conjunto con el opam el TL084, para generar voltajes de -10 a +10Vdc. En la figura 4.3, se muestra el diagrama de bloques de la salida analógica, que se genera por medio de la combinación de los ocho bits del puerto B del PIC, y que ingresan al convertidor Digital/Analógico.

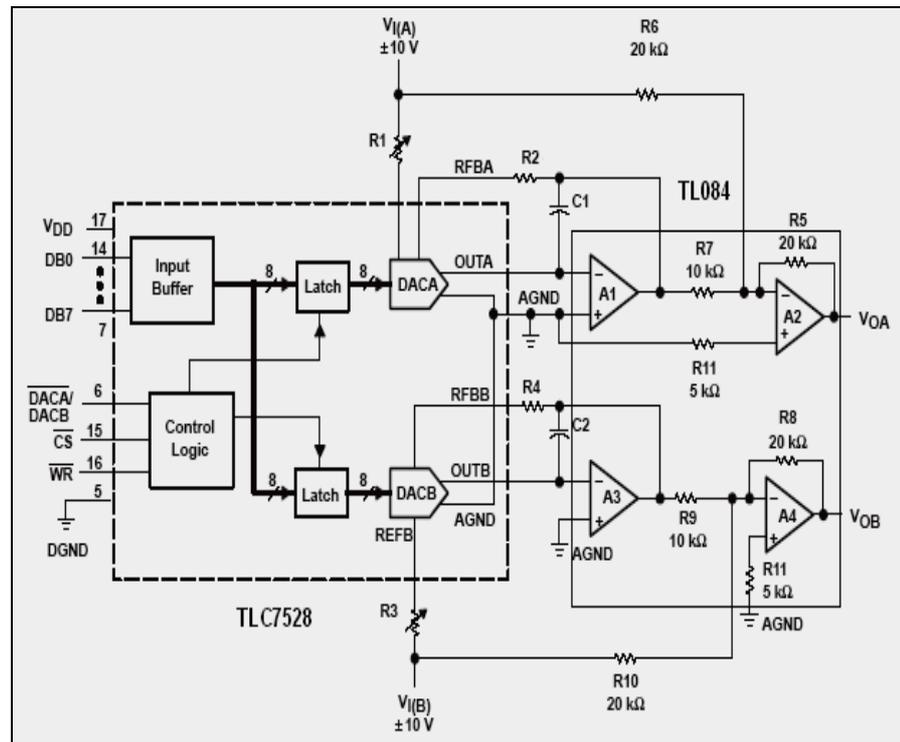


Figura 4.3 Diagrama de bloques del DAC TLC7528 y el TL084

4.2.3 Bloque de Alimentación

La alimentación de la tarjeta es de 120 AC, los requerimientos de la misma exigen niveles de voltajes de +12Vdc, -12Vdc, y 5Vdc. La fuente proporciona 5V para la alimentación del PIC y circuitos digitales TTL, para los relè se necesitan +12 Vdc y finalmente para el circuito de amplificación y acople de la salida analógica se precisan los voltajes de +12Vdc y -12Vdc, para tal efecto se usan los circuitos reguladores LM7812, LM7912 y LM7805.

4.2.4 Selector de Velocidades

El bloque de selector de velocidades se encuentra formado por interruptores que permiten ajustar la velocidad de transmisión que el PIC maneja, se han colocado 2 interruptores, con lo cual se pueden obtener hasta 4 velocidades diferentes. En la tabla 4.5 se muestra las velocidades establecidas.

S1	S2	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (BAUDIOS)
0	0	19200 baudios
0	1	9600 baudios

Tabla 4.1 Selección de velocidades de Transmisión.

4.2.5 Criterios para Selección del Microcontrolador.

Al momento de seleccionar el microcontrolador se tuvieron que tomar en consideración varios aspectos en cuanto a la disponibilidad, costos y recursos del PIC, así como las proyecciones para futuras ampliaciones. Todo se estableció en base a los requerimientos del proyecto.

El proyecto requiere como mínimo manejar un número de 6 entradas, 7 salidas digitales, poseer 2 canales analógicos por lo cual debía tener un modulo de conversión analógico/digital para la adquisición de los datos analógicos, un modulo de comunicación serial. Por lo tanto el número de pines contaba un factor importante al momento de seleccionar el microcontrolador.

En base a los requerimientos anteriormente mencionados se seleccionó el PIC16F877A de 40 pines refiérase a **Anexo C.1** para mayor información, como el ideal para efectuar el proyecto debido a los recursos que este posee y que satisface las exigencias como diseñador.

El PIC16F877A es el elemento de control del circuito, el cual consta de 40 pines, maneja 5 puertos bidireccionales; PA, de 6 pines; Puerto B, Puerto C, y Puerto D de 8 bits, y el Puerto E de 3 bits; que pueden ser configurados como entrada/salida. El microcontrolador utiliza cuatro pines para la alimentación 2 son VDD y 2 Vss, 1 para el master clear MCLR y 2 pines para el cristal de cuarzo que trabaja a una frecuencia de 16MHz.

4.2.5.1 Modulo de Comunicación Serial

Para la comunicación serial el microcontrolador consta de un modulo MSSP, este módulo puede operar en dos modos: interfase periférico serial (SPI) que permite 8 bits de datos hacer transmitidos y recibidos de forma sincrónica simultáneamente, y el modo I2C.

También posee un modulo de transmisor receptor asincrónico serial universal (USART), que también se lo conoce como interfase de comunicación serial (SCI). El cual puede trabajar en modo sincrónico unidireccional (halfduplex) maestro/esclavo, y en modo asincrónico bidireccional (fullduplex); para la implementación del proyecto se utilizó el modo asincrónico bidireccional (full duplex).

El USART recibe y transmite los bits menos significativos primeramente, la recepción es independiente de la transmisión, pero mantienen el mismo formato de datos así como para la velocidad de transmisión (baud rate),

Para realizar una comunicación serial asincrónica, primeramente se debe establecer la velocidad de transmisión a la que se convertirá el dato analógico, luego se configuran los registros del modulo USART utilizados para la transmisión y recepción de datos.

Generador de Baudios

El generador de baudios soporta tanto el modo sincrónico como asincrónico del USART, los baudios se establecen por el valor que se carga en el registro SPBRG, este es un número de (0-255), el cual se obtiene con la siguiente formula:

$$Baudrate = \frac{Fosc}{[n(x+1)]}$$

De donde:

Fosc: Es la frecuencia a la que transmite el PIC, para nuestro caso 16MHz.

Baud rate: Es la velocidad de transmisión del PIC.

x: Es el valor que se carga en el registro SPBRG.

n: es un numero que depende del modo de trabajo del USART, así como del valor del bit BRBH, en donde para:

BRBH=0 Velocidades Bajas, n=64.

BRBH=1 Velocidades Altas, n=4.

Para obtener el valor que se debe cargar en el registro SPBRG, se despeja de la formula la variable x, y se rempazan las variables en donde n=64.

$$x = \frac{F_{osc}}{64(\text{baudios})} - 1$$

$$x = \frac{16MHz}{64 * 9600} - 1 = 25.04$$

Del resultado se escoge el entero más próximo en este caso el valor que se carga en el registro del USART es el número 25. Este valor puede ser obtenido directamente a través de una tabla como se aprecia en la tabla 4.3 establecido para bajas velocidades BRGH=0.

BAUD RATE (K)	Fosc = 16 MHz			Fosc = 10 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-
1.2	1.202	0.17	207	1.202	0.17	129
2.4	2.404	0.17	103	2.404	0.17	64
9.6	9.615	0.16	25	9.766	1.73	15
19.2	19.231	0.16	12	19.531	1.72	7
28.8	27.778	3.55	8	31.250	8.51	4
33.6	35.714	6.29	6	31.250	6.99	4
57.6	62.500	8.51	3	52.083	9.58	2
HIGH	0.977	-	255	0.610	-	255
LOW	250.000	-	0	156.250	-	0

Tabla 4.2 Baud Rates modo asincrónico (BRGH=0)

A continuación se configuraran los registros de estado de transmisión y de recepción respectivamente.

Transmisor Asincrónico

El dato a ser transmitido se coloca en el registro de desplazamiento (TSR), el cual se obtiene del registro TXREG este dato es cargado solo cuando el bit STOP ha sido transmitido. A continuación se detalla la configuración de cada bit del registro de estado de transmisión TXSTA, el cual se encuentra en la dirección de memoria 98h.

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R-1	R/W-0	
CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	
bit 7								bit 0

TXSTA: REGISTRO DE ESTADO Y CONTROL PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS		
BIT 7	CSRC=0	Bit de selección del Reloj Modo Asincrónico
BIT 6	TX9=0	Habilita el noveno bit Selecciona el bit 9
BIT 5	TXEN=1	Activa la Transmisión
BIT 4	SYNC=0	Modo de selección del USART Modo Asincrónico
BIT 3	-----	No implementado
BIT 2	BRGH=0	Bit de selección de velocidad Velocidad baja
BIT 1	TRMT=0	Bit del registro de desplazamiento Registro de desplazamiento lleno
BIT 0	TX9D=0	BIT 9 del dato a transmitir Puede ser el bit de paridad

Tabla 4.3 Registro de estado para la transmisión TXSTA.

Receptor Asincrónico

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-x	
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	
bit 7								bit 0

RCSTA: REGISTRO DE ESTADO Y CONTROL PARA LA RECEPCION DE DATOS		
BIT 7	SPEN=1	Bit de habilitación del puerto serial Puerto serial habilitado
BIT 6	RX9=0	Habilita el noveno bit Selecciona el bit 9
BIT 5	SREN=0	Bit para seleccionar solo recepción
BIT 4	CREN=1	Bit de recepción continua Recepción continua habilitada
BIT 3	ADDEN=0	No implementado
BIT 2	FERR=0	Bit de selección de velocidad Velocidad baja
BIT 1	OERR=0	Bit del registro de desplazamiento Registro de desplazamiento lleno
BIT 0	RX9D=0	Bit 9 del dato a transmitir Puede ser el bit de paridad

Tabla 4.4 Registro de estado para la transmisión RCSTA.

4.2.5.2 Convertidor Analógico-Digital:

El modulo del convertidor analógico/digital tiene 8 canales de entrada en los dispositivos de 40/44 pines y una resolución de 10 bits.

El convertidor es capaz de operar mientras el dispositivo se encuentra en estado de reposo. El modulo analógico/digital posee cuatro registros ADRESH, ADRESL, ADCON0, ADCON1.

ADRESH, ADRESL: Son los registros donde se almacenan los datos mas y menos significativos después de la conversión.

ADCON0: Es el registro que se encarga de controlar la operación del modulo analógico/digital.

ADCON1: es el registro que configura los pines del puerto, que pueden ser configurados como entradas analógicas o I/O digitales.

REGISTRO ADCON0

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

ADCS1-ADCS0=10: Estos corresponden al los bits 7-6, sirven para seleccionar la frecuencia de reloj manipulada para la conversión de los datos, estos bits son configurados de acuerdo al valor de la tabla 4.5, donde se estableció la frecuencia $F_{osc}/32$, con un reloj trabajando a 16 MHz, con estos valores se obtuvo que el tiempo de conversión del dato analógico/digital es de

2useg, que es mayor al valor mínimo requerido de 1.6us expuesto en la hoja de especificaciones del microcontrolador.

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC

Tabla 4.5 Frecuencias de conversión

CHS2-CHS0=000: Son los bits 5-3, permiten seleccionar el canal analógico, donde se escogió el canal analógico 0.

GO/DONE=1: Bit 1, al estar encendido indica que el dispositivo CAD, esta en modo de conversión (inicia la conversión).

ADON=1: Bit 0, el convertidor se encuentra habilitado.

REGISTRO ADCON1

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

ADFM=0: Bit 7, determina si el dato es justificado hacia la izquierda o derecha con los valores 0 y 1 respectivamente.

PCFG3-0=0101: Bits <3-0> controlan la configuración de las patitas de los canales de entrada del puerto como entradas analógicas, o como E/S digitales.

Al cargar estos bits con 0101 se establece los 2 bits menos significativos como canales analógicos y los demás como E/S digitales.

Para realizar la conversión analógica/digital primeramente se debe establecer el modulo analógico/digital a través de la configuración de los registros ADCON1 y ADCON0, en este ultimo se selecciona el canal de entrada del modulo, posteriormente se debe esperar el tiempo de retardo de la adquisición de datos, luego de lo cual se procede a Iniciar la

conversión, poniendo a 1 el bit GO/DONE del registro ADCON0, se espera que la conversión sea completada y finalmente se lee el resultado de la conversión en los registros ADRESH, ADRESL respectivamente, como solo se usa los 8 bits y se justifica hacia la izquierda, solo se lee el registro ADRESH, pues valor del otro registro es indiferente.

4.2.6 Diagrama de Bloques de la Tarjeta de Adquisición de Datos.

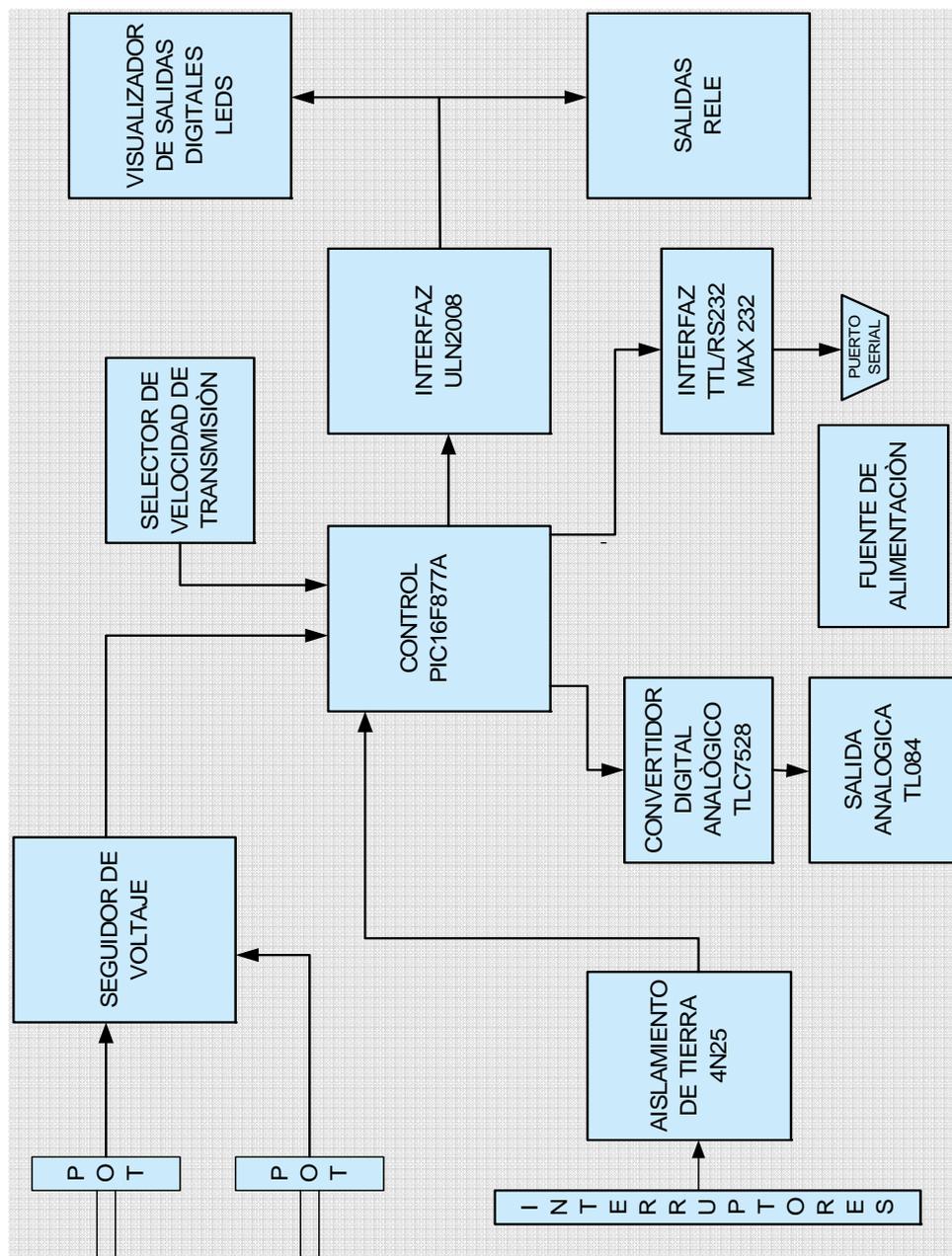


Figura 4.4 Diagrama de bloques de la tarjeta de adquisición de datos.

4.2.7 Diseño de la Tarjeta en PROTEL

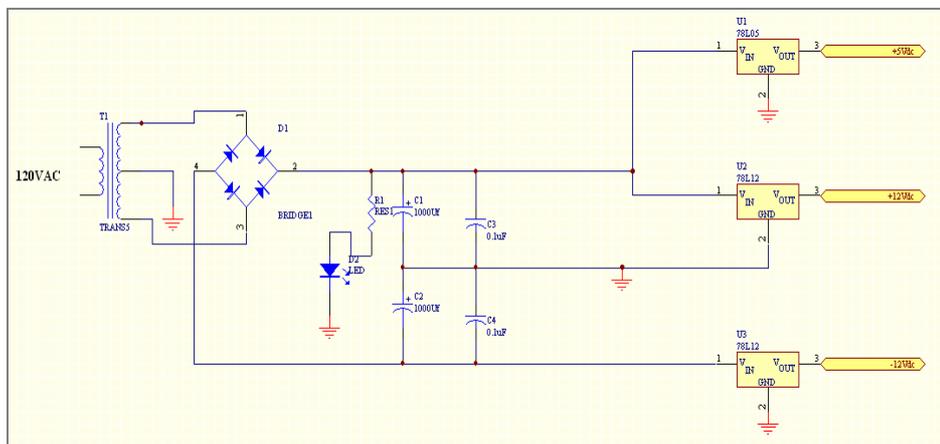


Figura 4.5 Diagrama Esquemático de la Fuente

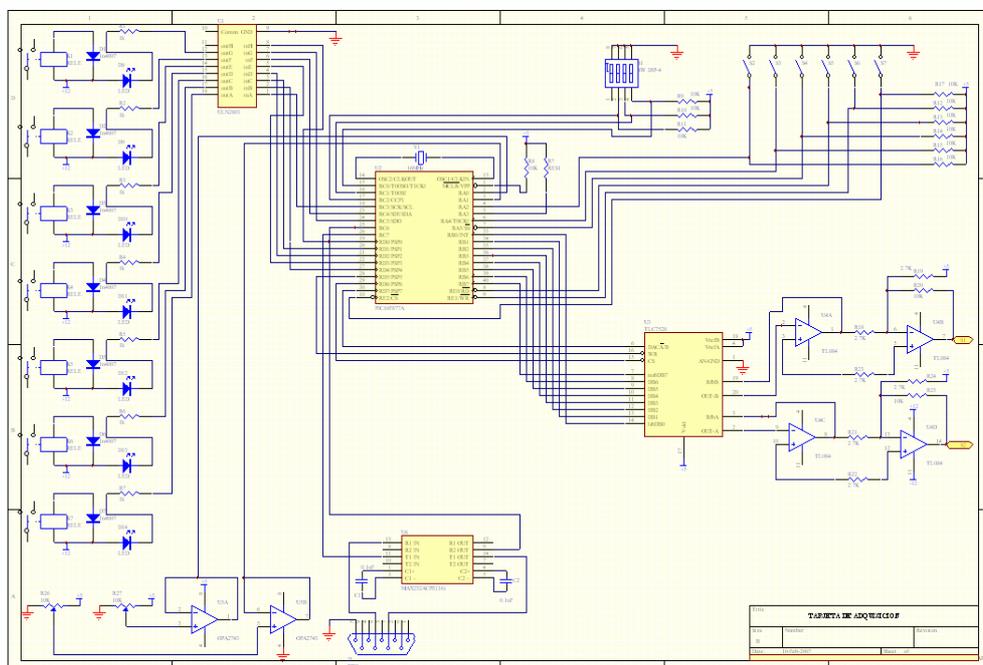


Figura 4.6 Diagrama Esquemático de la Tarjeta.

4.2.8 Circuitos Impresos de la Tarjeta

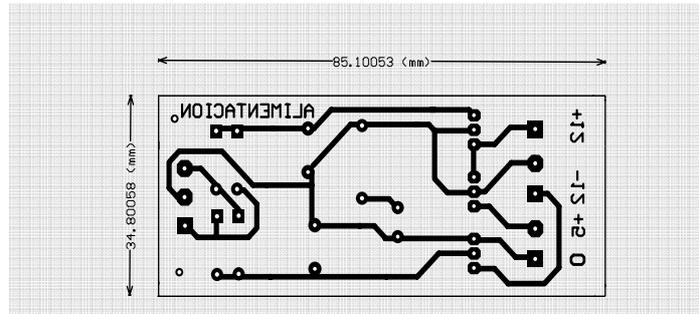


Figura 4.7 Circuito Impreso de las pistas de la Fuente.

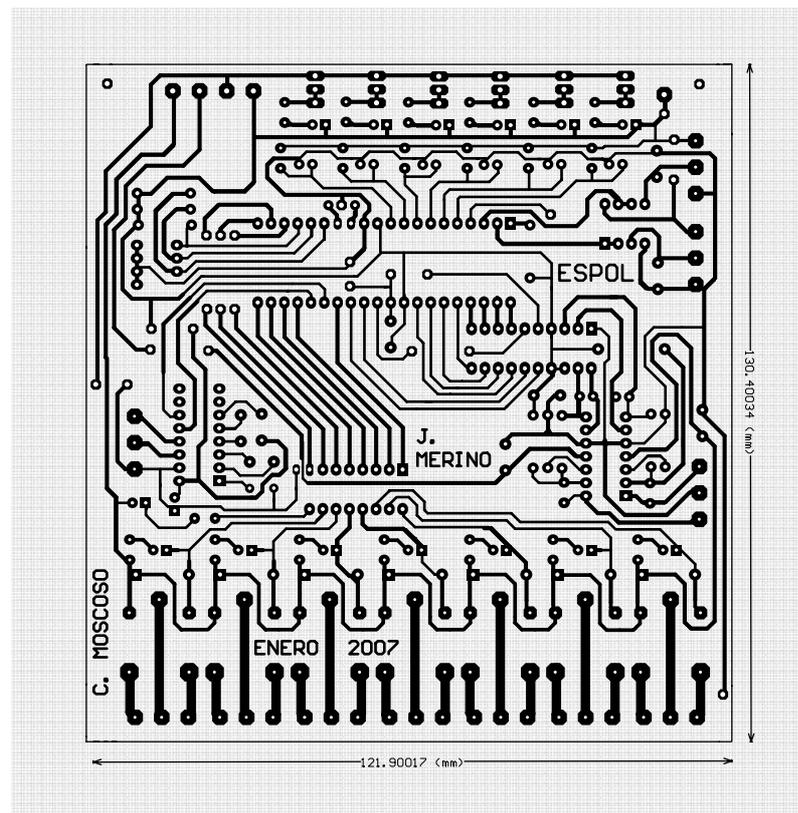


Figura 4.8 Circuito Impreso de las pistas de la Tarjeta.

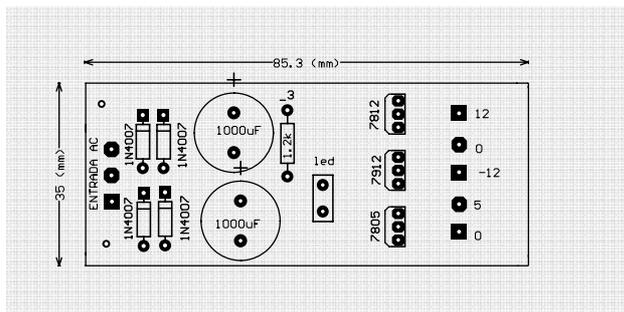


Figura 4.9 Circuito Impreso de los elementos de la Fuente.

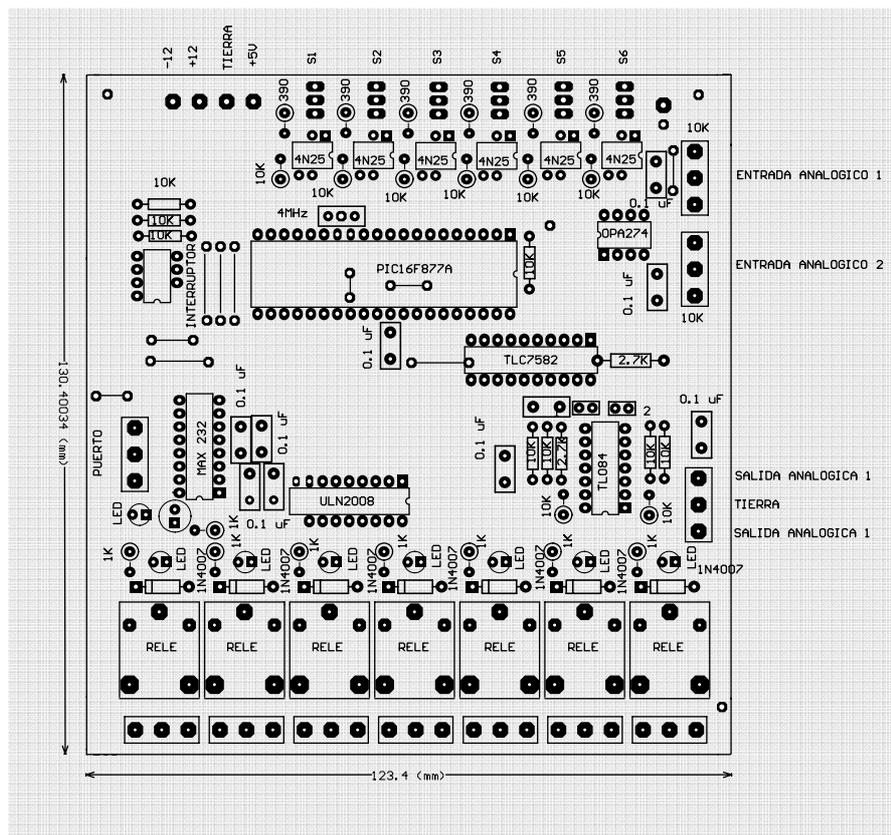


Figura 4.10 Circuito Impreso de los elementos de la Tarjeta.

4.3 Diseño del Software para el PIC

En el diseño del software se utilizaron comandos con el propósito de indicarle al PIC que operación se debe ejecutar, estos comandos son enviados por el computador desde el programa de control (Labview) hacia el puerto serial.

El PIC así mismo envía una señal de respuesta hacia el puerto serial, cuando ha recibido un comando validó, se utilizan comandos para la lectura y escritura de las variables de entrada y salida respectivamente.

En donde para encender cinco de las siete salidas digitales se escriben caracteres de A hasta E respectivamente y para apagar dichas salidas se escriben caracteres de H hasta L respectivamente, es decir que la salida digital uno se enciende enviando el comando A y se apaga cuando se envía el comando H, siguiendo este formato con las demás salidas digitales como se muestra en la tabla 4.6.

COMANDOS QUE ENVÍA EL PC	RESPUESTA DEL MICRO (PIC)
A	Enciende la salida 1
B	Enciende la salida 2
C	Enciende la salida 3
D	Enciende la salida 4
E	Enciende la salida 5
F	Enciende la salida 6
G	Enciende la salida 7
H	Apaga la salida 1
I	Apaga la salida 2
J	Apaga la salida 3
K	Apaga la salida 4
L	Apaga la salida 5
M	Apaga la salida 6
N	Apaga la salida 7

Tabla 4.6 Comandos que recibe el PIC para actuar en las salidas digitales.

En la tabla 4.7 se muestran los comandos que el PIC debe recibir para actuar sobre las salidas analógicas, para tal efecto se crearon comandos para el incremento y decremento de dicha salida, en donde cada vez que se envía tales comandos la variable de salida se incrementa o decrementa en 0.04Vdc.

Si el usuario llega al valor máximo del incremento de la variable analógica, este valor se queda establecido aunque se continúe enviando el comando para el incremento, la única forma que el usuario tiene para cambiar dicho valor es enviando el comando

que permite el decremento de la salida, actuando de igual forma en el caso contrario, dichos comandos se muestran en la tabla 4.7, donde cada letra debe ser ingresada en mayúscula en caso contrario será leído como dato no válido.

También hubo la necesidad de crear otros comandos “u” y “x” que se utilizan para consultar el valor de las salidas analógicas, se lo realizó como una vía para conocer su valor actual.

COMANDOS QUE ENVÍA EL PC	RESPUESTA DEL MICRO (PIC)
s	Incremento de la salida analógica 1
t	Decremento de la salida analógica 1
v	Incremento de la salida analógica 2
w	Decremento de la salida analógica 2
u	Consulta el valor de la salida analógica 1
x	Consulta el valor de la salida analógica 2

Tabla 4.7 Comandos que recibe el PIC para actuar en las salidas analógicas.

En la tabla 4.8 se muestran los comandos que se usan para la lectura de las entradas digitales y analógicas. En donde si el PIC si recibe el comando del 1 este responde enviando el estado de la entrada digital uno y si recibe el carácter “O” el PIC envía el valor del canal analógico 1.

COMANDOS QUE ENVÍA EL PC	RESPUESTA DEL MICRO (PIC)
1	Envía el estado de entrada digital 1
2	Envía el estado de entrada digital 2
3	Envía el estado de entrada digital 3
4	Envía el estado de entrada digital 4
5	Envía el estado de entrada digital 5
6	Envía el estado de entrada digital 6
O	Envía el valor del canal analógico 1
P	Envía el valor del canal analógico 2

Tabla 4.8 Comandos que recibe el PIC para la adquisición de datos digitales y analógicos.

4.3.1 Programación del PIC

El programa de usuario que se utilizó para programar el PIC se lo diseñó desde la aplicación MPLAB, que sirve de interfase entre el usuario y la tarjeta, además que es el estándar recomendado por los fabricantes de PIC.

En el programa elaborado se encuentran expresadas las rutinas que permiten efectuar todas las operaciones que son ejecutadas por la tarjeta, las principales rutinas son:

- ✓ El programa principal.
- ✓ Servicios de Interrupciones.
- ✓ Conversión de los datos analógicos a digital.
- ✓ Identificación de los comandos enviados por el PC.

El programa que se diseño se encuentra dispuesto en el **Anexo C.2**; donde se encuentran detalladas cada una de las rutinas anteriormente descritas y que son expresadas en lenguaje assemble ASM.

4.3.2 Diagrama de Flujo de las Rutinas

La tarjeta de adquisición consta de un interruptor físico que funciona como un habilitador que permite iniciar la comunicación entre el software y el hardware siempre y cuando se encuentre activado, caso contrario no existiría comunicación.

En la figura 4.11 el se muestra el diagrama de bloques del programa principal, en donde primeramente se limpian los puertos en caso de existir un valor antes ejecutado, posteriormente configura los puertos y periféricos, luego inicializa los canales analógicos y finalmente ingresa a un lazo donde pregunta por la variable habilitador, que de encontrarse activada empieza a preguntar por la variable velocidad de transmisión para cargar dicho valor en el registro SPBRG, y se mantiene en este lazo donde se encuentra constantemente supervisando tales datos.

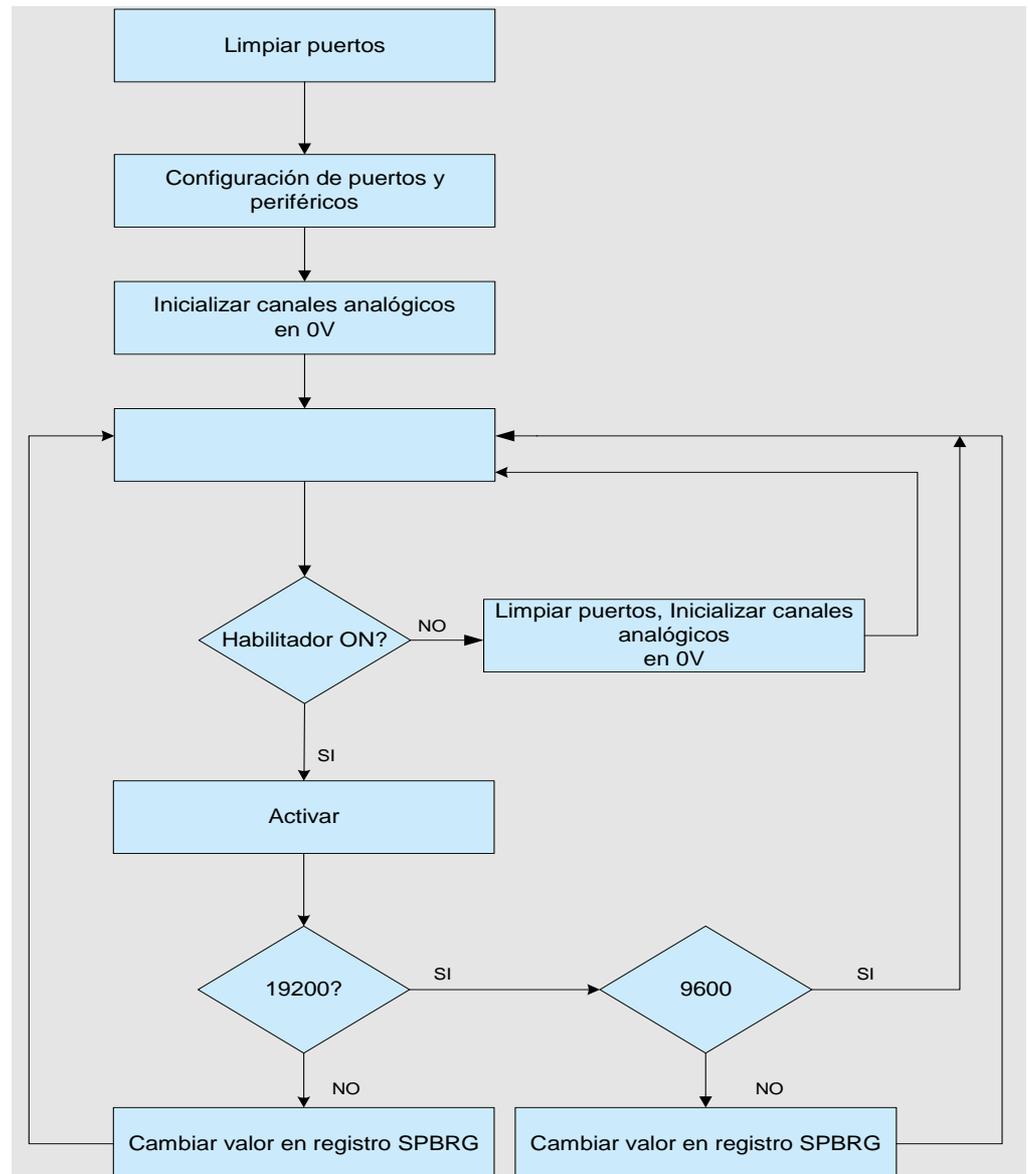


Figura 4.11 Diagrama de flujo del programa principal.

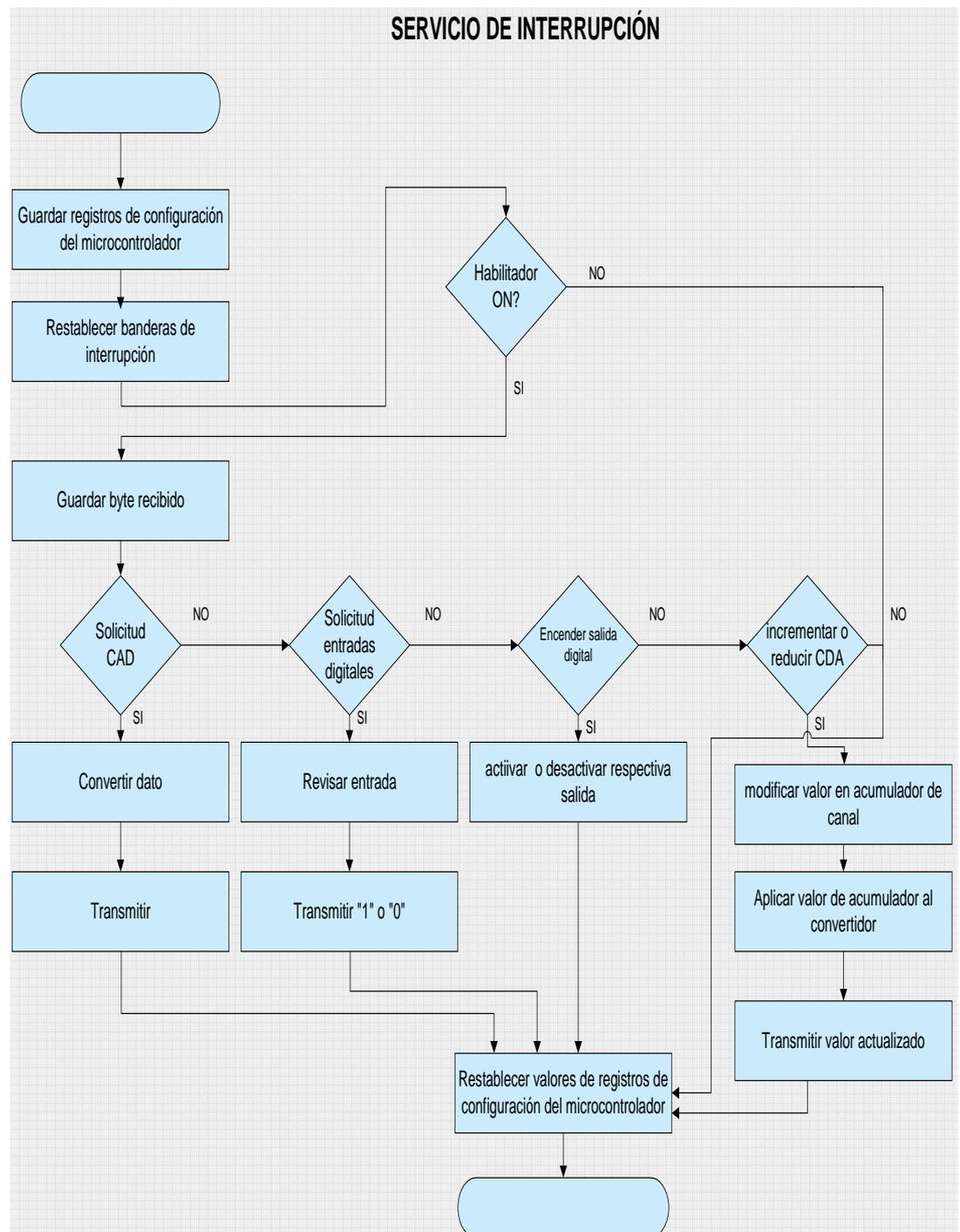


Figura 4.12 Diagrama de flujo de la rutina de interrupción.

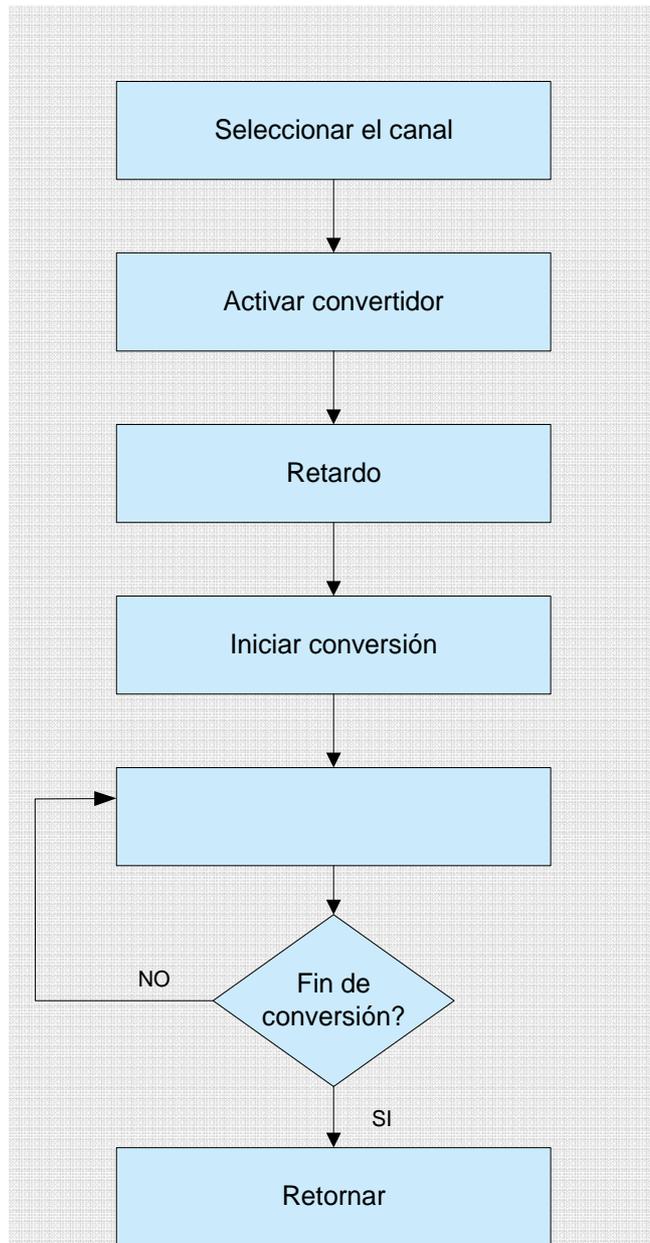


Figura 4.13 Diagrama de flujo del convertidor CAD.

4.4 Análisis del Sistema con el Software de Simulación Proteus.

Para la simulación del proyecto se usó el programa PROTEUS, donde se armó el circuito mostrado en la figura 4.14; en el cual se aprecian los diferentes bloques que lo conforman utilizando un terminal de PC.

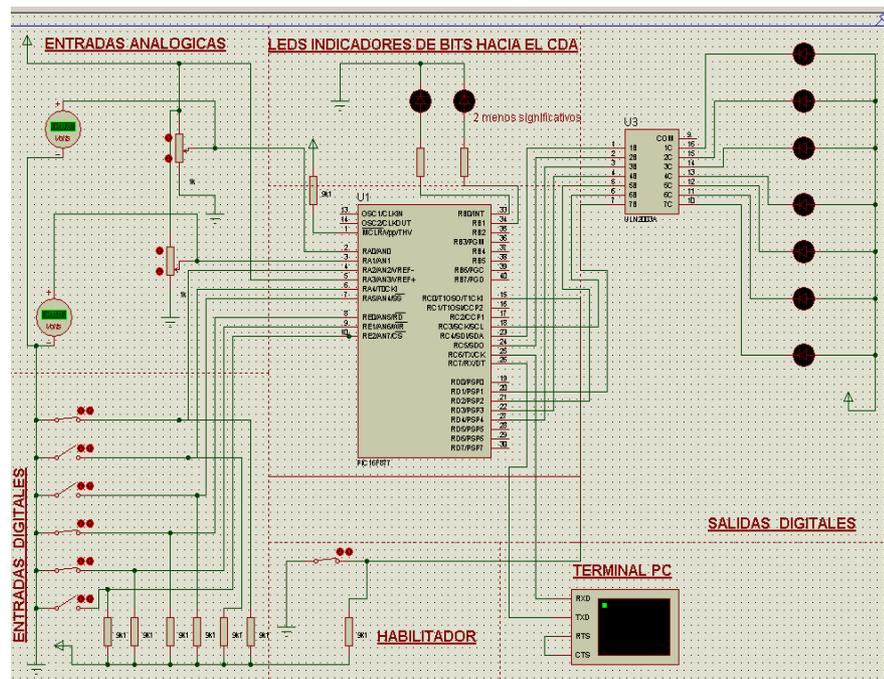


Figura 4.14. Simulación en Proteus.

TERMINAL DE PC:

Es factible la simulación de ingreso desde y hacia una computadora mediante la herramienta que ofrece PROTEUS llamada virtual terminal, que sirve para probar la comunicación serial con el PIC desde la misma máquina.

En la figura 4.15 se observa el menú desplegado cuando se hace clic en la opción *Debug* del menú principal de PROTEUS que permite visualizar el terminal virtual cuando la simulación esta en modo activo, también se señala la opción que permite hacer uso de esta herramienta en el menú de la izquierda.

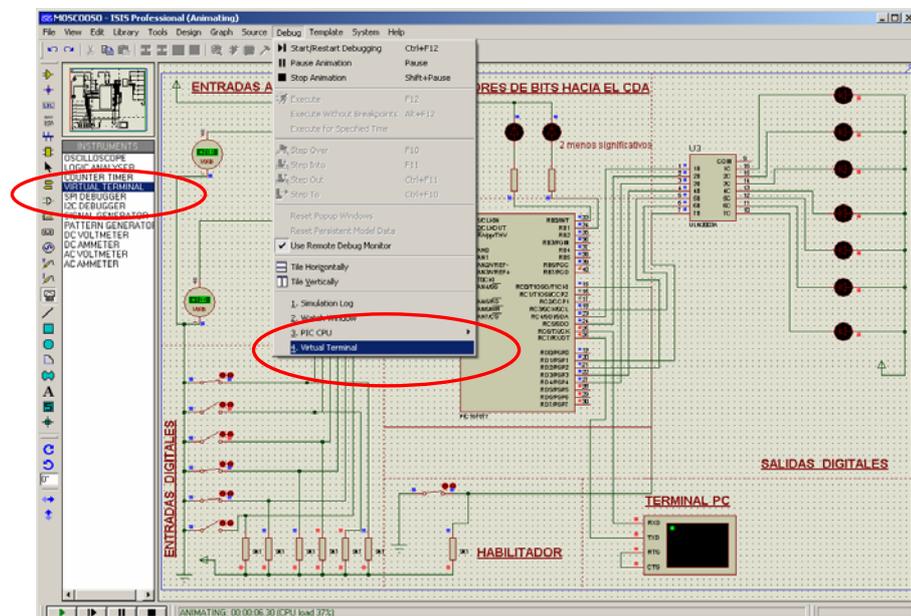


Figura 4.15 Menús para utilizar la herramienta virtual terminal

Entradas analógicas:

Se simulan voltajes variables en el rango de 0 a 5 VDC mediante un potenciómetro cuya salida se conectan hacia las entradas analógicas configuradas del microcontrolador. En la figura 4.16 se resaltan los comandos que se ingresan para la lectura de los canales analógicos y su respectiva respuesta en el virtual terminal de PROTEUS, se señalan también los voltímetros DC que muestran los valores presentes en la entradas analógicas.

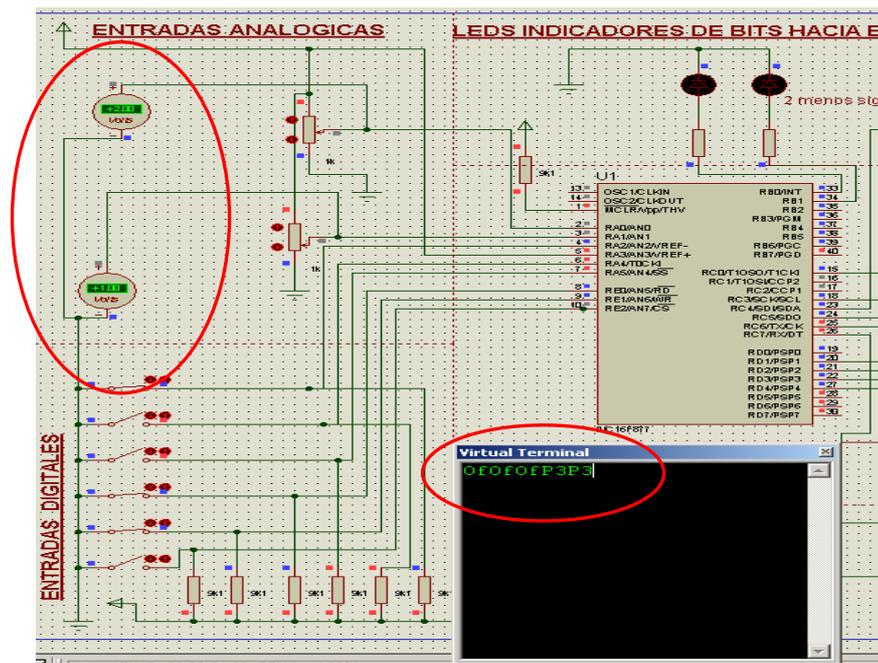


Figura 4.16 Uso del virtual terminal para lectura de canales analógicos

Entradas Digitales:

Se simulan entradas digitales (5 V alto, 0V bajo) mediante interruptores.

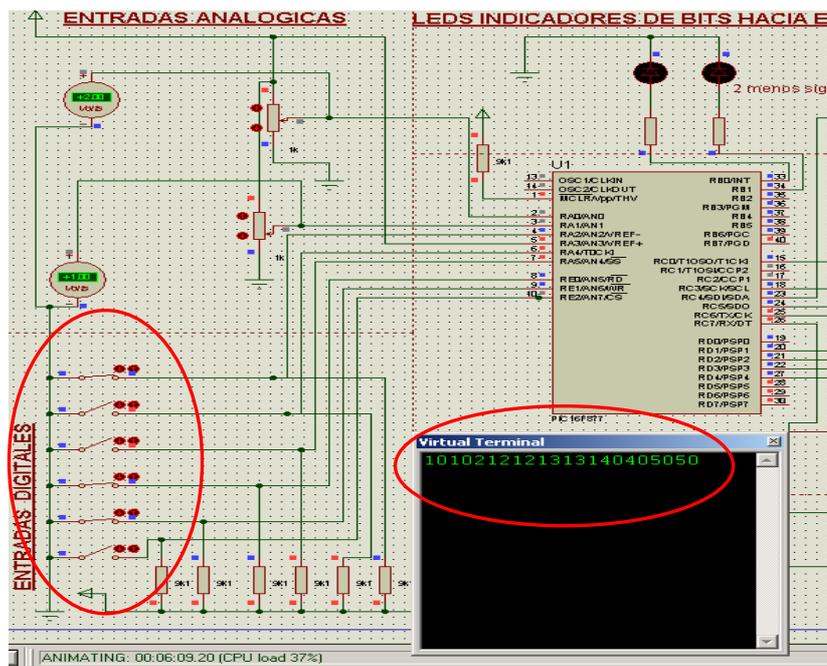


Figura 4.17 Manejo de entradas digitales

En la figura 4.17 se señalan los diferentes interruptores que componen el bloque de entradas digitales y los valores de respuesta a los comandos introducidos en el virtual terminal. Por ejemplo, se observa que la respuesta al comando “2” corresponde un “1” representando de este modo que el valor en la entrada 2 es alto (5V).

Salidas Digitales:

Se puede observar el estado de una salida digital mediante su correspondiente LED. Los LEDs se manejan mediante el CI ULN2003 y se iluminan mientras la salida digital mantenga un nivel alto, caso contrario permanecen en condición de apagado.

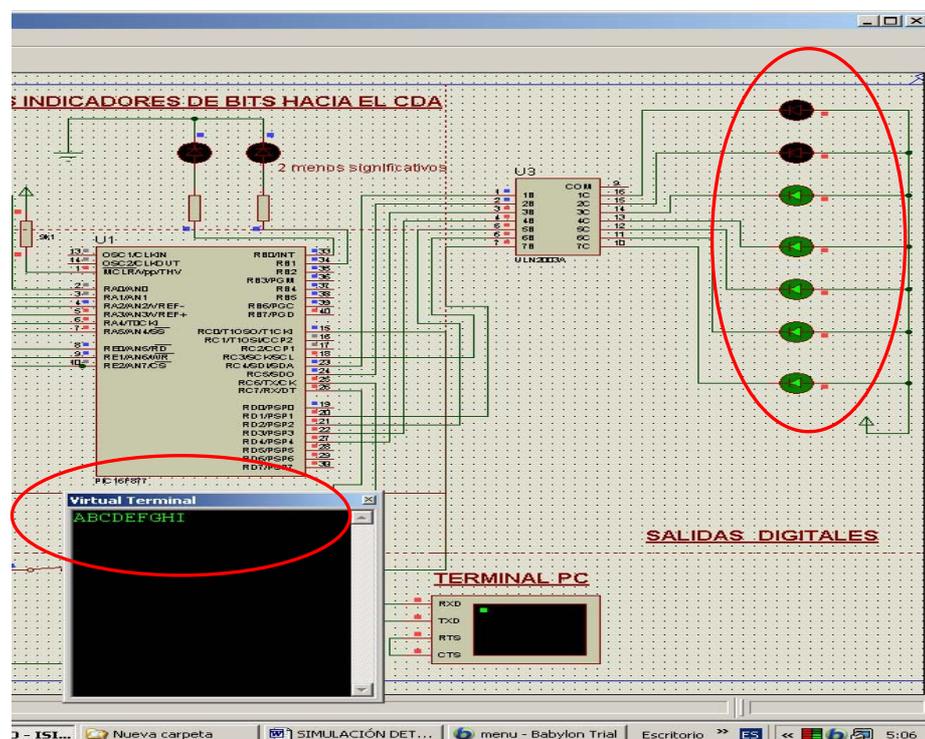


Figura 4.18 Manejo de salidas digitales

En la figura 4.18 se muestra como utilizar el virtual terminal para manipular el estado de las salidas digitales, por ejemplo, si se introduce el comando "A", se observa que el primer led (de arriba hacia abajo en la figura 4.18) se ilumina, cuando se ingresa el comando "H" éste se apaga.

4.5 Vista General de la Tarjeta de Adquisición de datos.

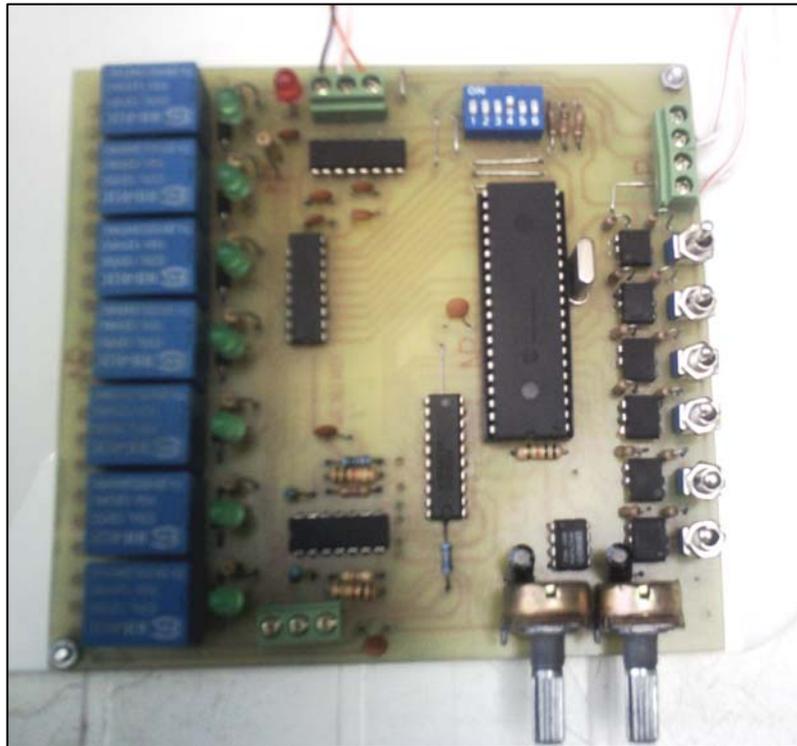


Figura 4.20 Vista superior de la tarjeta de adquisición de datos.

Para mayor información del gráfico, referirse al **Anexo C.3**.

4.6 Costo del Proyecto

A continuación se proporciona la lista de los materiales utilizados en la implementación de la tarjeta de adquisición, la cual tuvo un costo total de \$ 89.49; como se puede apreciar en la tabla 4.9.

N.	COMPONENTE	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
1	Circuito Integrado ULN2008	3.30	3.30
1	Circuito Integrado MAX232	2.90	2.90
1	Circuito Integrado TLC7528A	5.40	5.40
1	Circuito Integrado TL084	1.35	1.35
1	Regulador LM7805	0.75	0.75
1	Regulador LM7812	0.75	0.75
1	Regulador LM7912	0.75	0.75
6	Circuito Integrado 4N25	1.25	7.50
1	Circuito Integrado OPA2743	3.20	3.20
1	PIC16F877A	9.20	9.20
7	Diodos 1N4007	0.10	0.70
9	Diodos LED	0.14	1.26
1	Puente Rectificador	0.35	0.35
8	Capacitores Electrolítico 1uF/50V	0.12	0.96
2	Capacitores Electrolítico 100uF/50V	0.35	0.70
8	Capacitores Cerámico 0.1uF/50V	0.09	0.72
2	Capacitores Cerámico 10pF/50V	0.25	0.50
10	Resistencias 1K Ω -1/2w	0.05	0.50
14	Resistencias 10K Ω -1/4w	0.05	0.70
2	Resistencias 2.7K Ω -1/4w	0.05	0.10
6	Resistencias 340K Ω -1/4w	0.05	0.30
1	Cristal de cuarzo 4MHz	1.25	1.25
7	Relay 12 VDC 12 A	1.50	10.50
6	Interruptores	0.50	3.00
1	Zocalo de 40 pines	0.25	0.25
1	Dip Switch	0.40	0.40
1	Cable de comunicación	1.60	1.60
3	Borneras	0.20	0.60
1	Placa Circuito Impreso 12x13cm	30.00	30.00
		TOTAL	89.49

Tabla 4.9 Lista de precios de los Materiales usados en el proyecto

CAPITULO V

5 ESTUDIO Y ANÁLISIS DE UNA FUENTE DE CONMUTACIÓN

5.1 Introducción

Todo dispositivo electrónico requiere de una fuente de alimentación para su funcionamiento. Si bien bajos consumos pueden ser alimentados desde baterías, la mayoría de los equipos toman su alimentación de la red, convirtiendo la tensión alterna en adecuados valores de continua.

La Fuente de Alimentación, es un montaje eléctrico/electrónico capaz de transformar la corriente de la red eléctrica en una corriente que el PC pueda soportar.

Prácticamente todas las fuentes de alimentación incluidas en equipos actuales, tanto en los de uso industrial o de instrumentación, como en computadoras o en dispositivos de consumo masivo, cuentan con fuentes del tipo conmutado, conocidas también por las iniciales SMPS derivadas de su denominación en inglés, Switched Mode Power Supply.

En este tipo de reguladores, la transferencia de energía desde la entrada a la salida no se realiza en forma continua, sino en forma de paquetes mediante la inclusión de elementos reactivos que actúan como acumuladores de energía. Esto es posible gracias a las tecnologías desarrolladas para la fabricación de los elementos activos y pasivos requeridos en el diseño de fuentes conmutadas. El advenimiento de transistores MOSFET de potencia con altas capacidades de conmutación, junto con la disponibilidad de diodos de alta velocidad y superiores materiales magnéticos han impulsado definitivamente la adopción de este tipo de circuitos convertidores como base de diseño de todo tipo de fuentes de alimentación.

5.2 Especificaciones de la Fuente de Conmutación

MARCA:	SUNSHINE
MODELO:	PS-230NS
VOLTAJE DE ENTRADA:	115/230Vac, 60Hz
POTENCIA DE SALIDA:	300W

Tabla 5.1 Datos técnicos de la fuente de conmutación

VOLTAJE DE SALIDA DC	CORRIENTE (A)
+ 5 Voltios	30 amperios
- 5 Voltios	0.5 amperios
+12 Voltios	12 amperios
- 12 Voltios	0.5 amperios

Tabla 5.2 Datos de voltajes y corriente de salida

5.3 Diagrama de bloques

Las fuentes conmutadas son circuitos relativamente complejos, pero siempre se puede diferenciar cuatro bloques constructivos básicos:

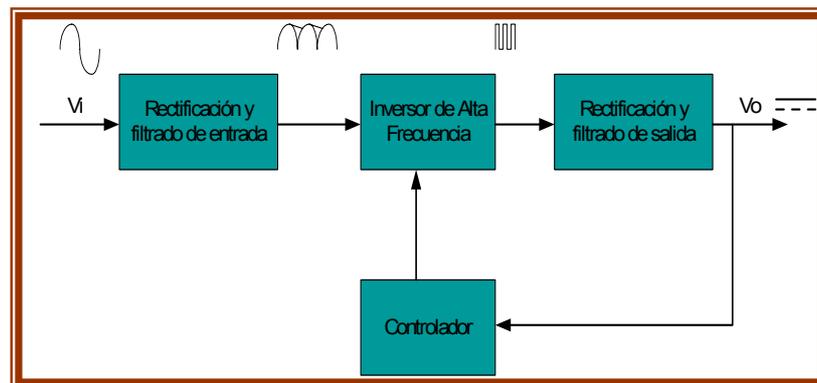


Figura 5.1 Diagrama de bloques de la fuente de conmutación

En el primer bloque rectificamos y filtramos la tensión alterna de entrada convirtiéndola en una continua pulsante.

El segundo bloque se encarga de convertir esa continua en una onda cuadrada de alta frecuencia (10 a 200 kHz.), La cual es aplicada a una bobina o al primario de un transformador.

Luego el tercer bloque rectifica y filtra la salida de alta frecuencia del bloque anterior, entregando así una continua pura.

El cuarto bloque se encarga de comandar la oscilación del segundo bloque. Este bloque consiste de un oscilador de frecuencia fija, una tensión de referencia, un comparador de tensión y un modulador de ancho de pulso (PWM). El modulador recibe el pulso del oscilador y modifica su ciclo de trabajo según la señal del comparador, el cual coteja la tensión continua de salida del tercer bloque con la tensión de referencia.

En la mayoría de los circuitos de fuentes conmutadas encontraremos el primer y el cuarto bloque como elementos invariables, en cambio el cuarto y en segundo tendrán diferentes tipos de configuraciones. A veces el cuarto bloque será hecho con integrados y otras veces nos encontraremos con circuitos totalmente transistorizados ,en nuestro caso el cuarto bloque esta constituido principalmente de un integrado que es el encargado de hacer la modulación de pulsos.

A los elementos funcionales indicados, normalmente se agrega un transformador entre la etapa de conmutación de alta frecuencia y el filtro de salida para aislar galvánicamente la entrada de la salida.

El principio de funcionamiento de las fuentes conmutadas, permite que las mismas presenten las siguientes ventajas:

Tamaño y peso reducido. La operación a frecuencias elevadas permite la reducción del tamaño de los elementos inductivos, transformadores e inductancias.

Mayor frecuencia del rizado de salida, facilitando las tareas de filtrado y reduciendo el tamaño de los elementos requeridos.

Alta eficiencia. El elemento activo de conmutación (transistor o MOSFET), opera entre corte y saturación, reduciendo su disipación de potencia. Rendimientos típicos del 70 al 90% pueden ser fácilmente obtenidos (en oposición del 30 al 40% ofrecido por las fuentes reguladas lineales). Amplio rango de tensión de entrada. Mediante la variación del ciclo de trabajo, estas variaciones pueden ser fácilmente compensadas.

Como desventajas pueden considerarse su mayor complejidad de diseño, emisión de señales de interferencia de radiofrecuencia y menor velocidad de respuesta ante bruscas variaciones de la carga.

5.4 Análisis del diseño de la fuente de conmutación

5.4.1 Etapa de Rectificación

Las fuentes conmutadas son convertidores ac-dc, por lo que la red debe ser previamente rectificada y filtrada con una amplitud de rizado aceptable.

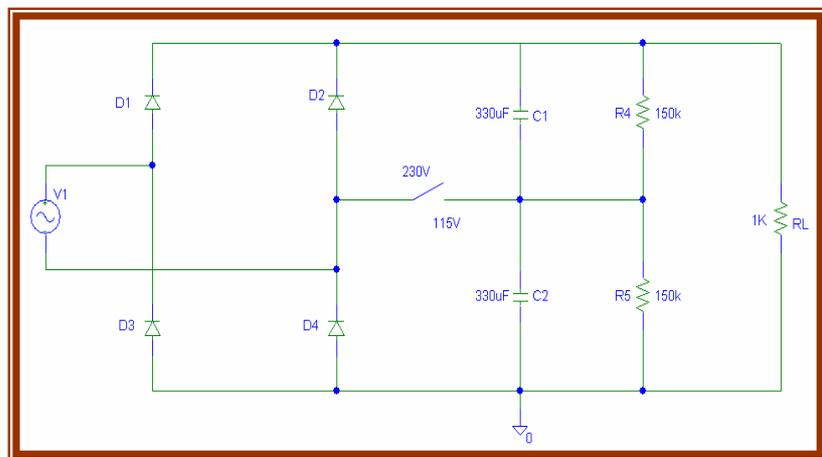


Figura 5.2 Etapa de rectificación y filtrado de entrada

Como se indica en la figura 5.2 el rectificador tipo puente se conecta directamente a la red, evitando la inclusión de un transformador de baja frecuencia, que incrementaría considerablemente el volumen, peso y costo de la fuente

La fuente viene con un conmutador para un uso indistinto en redes de corriente alterna de 220/240 o 110/120 V. Para la operación de 220/240 V el circuito funciona como

rectificador de onda completa con un valor pico de continua dado por:

$$V_{pico} = 2 \times 115 \times \sqrt{2} = 325.27V$$

Las resistencias R4 y R5 mostrados en la figura sirven para descargar los capacitores C1 y C2 cuando la fuente de conmutación ha sido desconectada.

Debido a que el ciclo carga-descarga sucede cada medio ciclo para un rectificador de onda completa, el período de la forma de onda rectificada es $T/2$.

Durante la descarga del condensador el cambio de voltaje a través de C es:

$$V_{r(p-p)} = \frac{I_{dc} \times T_d}{C} \quad (5.1)$$

Donde:

I_{dc} : Corriente dc entregada a la carga

T_d : Tiempo de descarga del condensador.

C: Valor de la capacitancia

Con un valor de rizado de 30V, una corriente de 0.6A y un tiempo de descarga de 8ms obtenidos de mediciones

reales de la fuente a plena carga y reemplazando en la ecuación 5.1 tenemos un valor del condensador de:

$$C = \frac{0.60 \times (8 \times 10^{-3})}{30} = 160 \mu F$$

Siendo C la capacitancia equivalente serie de los condensadores C1 y C2 entonces los valores de los capacitores de entrada son:

$$C = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2}$$

$$C1 = C2$$

$$C = \frac{C1}{2}$$

$$C1 = C2 = 2C = 2(160 \mu F) = 320 \mu F$$

El capacitor debe ser seleccionado de un valor de 320uF a 200 V cada uno, que es el que se encuentra en la fuente.

Para valores mayores de capacitancia se proporciona un menor rizado y mayor voltaje promedio, de manera que se proporcionaría una mejor acción de filtrado, sin embargo, el condensador también afecta el consumo pico de corriente extraída a través de los diodos rectificadores, ya que entre mayor sea el valor del condensador, mayor es el consumo pico de la corriente a través de los diodos rectificadores.

Los diodos rectificadores conducen durante el período T_c (tiempo de carga); durante este período el diodo debe proporcionar la corriente promedio necesaria para cargar el capacitor. Entre más corto sea este intervalo, mayor será la cantidad de la corriente de carga.

La corriente pico establecida para nuestra fuente es de 5A durante un período de 1.9ms.

En consecuencia para el dimensionamiento de los diodos rectificadores se debe escoger el que tenga las siguientes características:

- Voltaje pico inverso: 600V
- Corriente directa continua: 1A
- Pico de corriente: 10A

El diodo encontrado en la fuente de conmutación es el RL205 refiérase al **Anexo D2**; que si cumplen con las características mínimas mencionadas anteriormente.

Con respecto al termistor que esta instalado su temperatura inicial es de 5Ω a 25°C y soporta una corriente máxima de 3A según se muestra en el **Anexo D2**.

5.4.2 Etapa de Potencia

La figura 5.3 muestra la etapa de potencia donde se encuentra los elementos de conmutación, del diagrama esquemático se puede observar que los capacitores C1 y C2 han sido reemplazados por fuentes de voltaje de continua de 150V cada una.

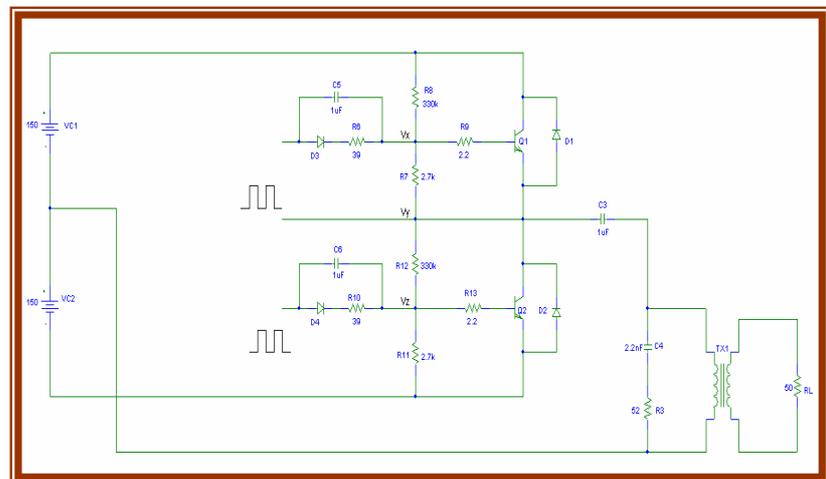


Figura 5.3 Etapa de Potencia

Para este convertidor, el ciclo de trabajo δ de cada transistor no puede superar el 50% para evitar la conducción simultánea de ambos transistores y provocar el cortocircuito de la fuente de alimentación, debe tenerse especial cuidado en asegurar que los dos transistores conduzcan idénticos períodos, caso contrario la circulación de una corriente de continua produce la saturación del

transformador. También puede llegarse a esta situación si el comportamiento de los transistores Q1 y Q2 es asimétrico. Para prevenir esto se coloca un capacitor de acoplamiento C3 que elimina ese valor de continua.

Al conducir de forma alternada los transistores Q1 y Q2 estos conmutan la tensión del primario del transformador entre +150V y -150V.

En consecuencia los transistores deben soportar una tensión máxima igual al voltaje entre C1 y C2.

$$V_{ce_{\max}} = 325.27V$$

Para el dimensionamiento del capacitor de acoplamiento se ha realizado los siguientes cálculos.

$$C = \frac{1}{4 * \pi^2 * f_R^2 * \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 * L} \quad (5.2)$$

$$f_R = \frac{f_s}{4} \quad (5.3)$$

Donde f_R = Frecuencia de resonancia

f_s = Frecuencia de conmutación \approx 60Khz

Reemplazando en la ecuación 5.3

$$F_r = \frac{60}{4} = 15 \text{ Khz}$$

Reemplazando en la ecuación 5-2

$$C = \frac{1}{4 * \pi^2 * (15Khz)^2 * 0.1mH}$$

$$C = 1.1\mu f$$

La corriente de operación del transistor se calcula con el voltaje de entrada al convertidor

Dada la siguiente ecuación:

$$I_c = \frac{3 * P_{out}}{V_{in}} \quad (5-4)$$

Reemplazando, en la ecuación 5-4 con los datos de placa la corriente del colector será:

$$I_c = \frac{(300W * 3)}{325.27V}$$

$$I_c = 2.77 \text{ amperios}$$

El voltaje de carga del capacitor de acoplamiento conectado en serie con el transformador se calcula de la siguiente manera;

$$V_c = \frac{I}{C} dt \quad (5.5)$$

$$dt = \frac{T}{2} \delta_{\max} \quad (5.6)$$

$$T = \frac{1}{f_s} \quad (5.7)$$

$$T = \frac{1}{60\text{Khz}}$$

$$I = I_c + 0.2 I_c$$

$$I = 1.2 * I_c$$

$$I = 1.2 * 2.77$$

$$I = 3.32\text{A}$$

Reemplazando en la ecuación 5.5 y con $\delta_{\max} = 0.8$ obtenemos un voltaje de:

$$V_c = \frac{3.32\text{amp}}{1.1\mu\text{f}} * \left(\frac{16.67\mu\text{s}}{2} \right) * 0.8$$

$$V_c = 20.12\text{voltios.}$$

$$10\% \frac{V_{in}}{2} < V_c < 20\% \frac{V_{in}}{2}$$

$$16.26 < V_c < 32.5$$

En conclusión el capacitor conectado en serie con el transformador deberá de estar dentro del rango con un voltaje de carga máximo de 32.5 voltios, el que esta conectado en la fuente es de 1uF que esta dentro de los parámetros permitido.

Para el diseño del transformador de alta frecuencia siguiendo los datos técnicos de la fuente y una frecuencia de conmutación de 61.1Khz se realiza de la siguiente manera:

El tipo de material con que esta diseñado el núcleo es el 3C8, fabricado por la empresa Ferroxcube.

Según el catálogo del fabricante para 3C8 se tiene un $B_{sat} = 3300G$ a $100^{\circ}C$ con un voltaje alterno de $V_{ac} = 115V$, se tiene un $B_{max} = 1600G$ (gauss) el flujo $B < 3300G$ con lo cual el Transformador no se saturará.

El $I_{p_{max}}$ (Corriente de trabajo del primario del transformador) es:

$$I_p = \frac{3 * P_{out}}{V_{in}} \quad (5.8)$$

Se calcula la máxima corriente que debe generarse en el primario del transformador con el mínimo voltaje aplicado.

El voltaje dc después de la rectificación es:

$$V_{in} = 2(115 \times 1.4)$$

$$V_{in} = 325.27V$$

Reemplazando en la ecuación 5.8

$$I_p = \frac{3 \times 300}{325.27}$$

$$I_p = 2.77A$$

$$T_c = I_p \cdot D \quad (5.9)$$

Tc: Tamaño del Cable

D: Densidad de corriente

Viendo el transformador vemos un cable # 20=1020CM

Después lo reemplazamos en la ecuación 5.9 para hallar D

$$D = \frac{T_c}{I_p} = \frac{1020CM}{2.77A} = 368.23CM/A \approx 400CM/A$$

$$A_e \cdot A_c = \frac{(0.68 \cdot P_{out} \cdot D) 10^3}{f B_{max}} cm^4 \quad (5.10)$$

Ae: Área efectiva del núcleo, cm²

Ac: Área de devanado de la bobina, cm²

Pout: Potencia del trabajo del transformador

D: Densidad de corriente expresada en C.M./A

f: Frecuencia en Hz

Bmax: Densidad de Flujo máxima de operación

$$A_e * A_c = \frac{(0.68 * 300W * 400CM / A) 10^3}{60 * 10^3 Hz * 1600G} = 0.85 cm^4$$

Una elección correcta del transformador es tomar al menos un 50% por sobre el resultado que arrojo la ecuación 5.10 esto quiere decir.

$$0.85 + 0.5 * 0.85 = 1.27 cm^4$$

Según el catalogo del **Anexo D3** Tabla D3.1 se tiene una Área de núcleo $A_e = 1.25 cm^2$ y un área de bobina $A_c = 1.77 cm^2$

Para el cálculo del número de vueltas en el primario se tiene la siguiente ecuación.

$$N_p = \frac{V_p * 10^8}{4 * f * B_{max} * A_e} \quad (5.11)$$

$$V_p = 115 * \sqrt{2} - \Delta V = 115 * \sqrt{2} - 30V = 132.63V$$

$$N_p = \frac{132.63 * 10^8}{4 * 60 * 10^3 Hz * 1600G * 1.25 cm^2} = 27.6 \approx 28 \text{ vueltas}$$

Para el cálculo del número de vueltas en el secundario se tiene la siguiente ecuación.

$$N_s = N_p \frac{2V_s}{V_i} \quad (5.12)$$

Para la bobina que tiene 5V a la salida tenemos

$$N_s = 28 \frac{2 \times 5}{132.63V} = 2.1 \approx 2 \text{ vueltas}$$

Para la bobina que tiene 12V a la salida tenemos

$$N_s = 28 \frac{2 \times 12}{132.63V} = 5.06 \approx 5 \text{ vueltas}$$

Para el cálculo del número de capas para el primario del transformador se realiza el siguiente procedimiento

Como el número de alambre es # 20 AWG revisando en la Tabla D3.2 del **Anexo D3** tenemos que el diámetro máximo es de 0.0351 pulgadas.

El ancho de la ventana de la bobina es de aproximadamente 1.3cm que convertidos a pulgadas equivale a 0.509pulgada, de donde podemos analizar cuantas capas se van a necesitar para el embobinado del primario.

$$\#Vuel\text{tas por capa} = \frac{\text{Ancho de Bobina}}{\text{Diametro del alambre}} \quad (5.13)$$

$$\#Vuel\text{tas por capa} = \frac{0.509}{0.0351} = 14.5 \text{ Vueltas} \approx 14 \text{ vueltas}$$

Entonces el máximo número de vueltas por capa usando el cable no 20 AWG es 14 vueltas. Por lo tanto el primario ocupa dos capas de 14 vueltas por cada una.

Para el cálculo del número de capas para el secundario del transformador se realiza el siguiente procedimiento

Como ya habíamos mencionado el ancho de la ventana de la bobina es de a 0.509 pulgada, de donde podemos analizar para las salidas de voltaje.

La salida de 5 voltios tiene una corriente de 30 amperios, y la densidad de corriente es de 400c.m/A por lo tanto el área del cable que puede soportar dicha densidad usando la ecuación 5.9 con la mitad de su corriente es:

$T_c = 400 \times 15 = 6000 \text{ c.m.}$, que corresponde a no. 12AWG, para minimizar las pérdida de cobre debido al efecto piel es recomendable usar parejas de conductores de valores pequeños por cada media vuelta o cuatro cables por

vuelta entera, se usa el cable no.16AWG cuyo máximo diámetro es de 0.0545 según Tabla D3.2 del **Anexo D3**.

Numero de vueltas por capas = $0.509/4(0.0545) = 2.3$, por lo tanto el secundario de salida de 5 voltios una capa es suficiente para dos vuelta.

La salida de 12 voltios tiene una corriente de 12 amperios, por lo tanto el cable que se ajusta a dicha densidad usando la ecuación 5.9 con la mitad de su corriente es:

$$T_c = 400 \times 6 = 2.400$$

Que corresponde al cable No16, igual que en la salida de 5 voltios para minimizar las perdidas de cobre debido al efecto piel se escoge un calibre de cable mucho menor como el No19 AWG que tiene como máximo diámetro 0.0391.

Numero de vueltas por capas = $0.509/4(0.0391) = 3.25$, por lo tanto el secundario de salida de 12 voltios necesita 2 capas.

5.4.3 Etapa de Rectificación y Filtrado a la Salida.

Debido a la alta frecuencia a que se hace operar al circuito de conmutación para reducir el peso y volumen de los elementos reactivos, los dispositivos rectificadores de salida si presentan requerimientos especiales en el diseño de las fuentes conmutadas. Deben ser diodos de alta velocidad y con tiempos de conmutación cortos para minimizar las pérdidas, es por eso el uso de diodos de recuperación rápida como el FR302 Y FR103 (ver diagrama esquemático de la fuente), (refiérase al **Anexo D2**).

Para la tensión de salida baja como 5Vdc, estos diodos deben presentar una pequeña caída de voltaje como los diodos Schottky S10C40C (Refiérase al **Anexo D2**) usados en la fuente estudiada.

Los condensadores de filtro de este tipo de fuentes son utilizados para mantener constante la tensión de salida del sistema, disminuyendo, a su vez, la señal de rizado.

La figura 5.4 muestra la etapa el circuito para la etapa de rectificado y filtrado de salida.

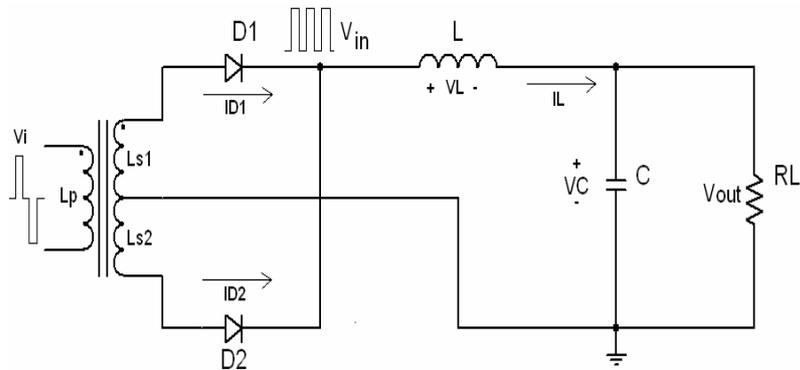


Figura 5.4 Rectificador y filtro de la etapa de salida

De acuerdo a lo obtenido en la sección anterior en el que el voltaje en el primario del transformador se encuentra entre +160 y -160 Vdc aproximadamente.

Durante los períodos en los que ambos conmutadores permanecen bloqueados, el primario del transformador queda totalmente aislado de la tensión de entrada. Bajo estas condiciones, la bobina del convertidor invierte su tensión, de manera que ambos diodos quedan polarizados directamente, dividiéndose por igual la corriente en ambos secundarios.

$$ID1 = ID2 = \frac{IL}{2} \quad (5.14)$$

En estas condiciones $V(Ls1)=0$, por lo que la tensión en la bobina es:

$$VL = -Vout \quad (5.15)$$

Para el cálculo de la corriente mínima que un diodo puede proveer para los 5 voltios de salida con una corriente de 30 amperios se calcula de la siguiente manera.

$$I_{FM} = I_{out} \delta_D \quad (5.16)$$

Donde:

I_{FM} : Mínima corriente pico del diodo de salida

I_{out} : Corriente de salida

δ_D : Ciclo de trabajo

Como se ha mencionado anteriormente el ciclo de trabajo no puede superar el 50%

$$I_{FM} = 0.5(30A) = 15A$$

Por lo tanto se debe usar un rectificador de 15^a.

Como se puede observar el voltaje a través del inductor esta dado por:

$$V_L = L \frac{di}{dt}$$

$$V_L = V_{IN} - V_{OUT}$$

$$L = \frac{(V_{in} - V_{out}) \Delta t}{\Delta I_L} \quad (5.17)$$

Donde:

ΔI_L : No debe ser mayor que 0.25 IL

Δt : Es igual al intervalo de tiempo máximo de no conducción t_{off} , el cual ocurre entre medios ciclos de conmutación y está dado por la ecuación:

$$t_{off} = \frac{1}{2} \left[\frac{1 - (V_{out} / V_{in})}{f} \right] \quad (5.18)$$

Donde:

V_{in} = Voltaje de entrada de transformador secundario

V_{out} = Voltaje de salida de la fuente

f = Frecuencia de conmutación

Por lo general en configuraciones de medio puente

$V_{in} = 2V_{out}$

$$t_{off} = \frac{1}{2} \left[\frac{1 - (5/10)}{61.1 \text{ KHz}} \right] = 4.1 \mu s$$

Para el cálculo del inductor de 5 voltios se utiliza la siguiente ecuación

$$L = \frac{E_{out} * t_{off}}{0.25 * I_{out}} \quad (5.19)$$

$$L = \frac{5V * 4.1\mu S}{0.25 * 30} = 2.73\mu H$$

Para el cálculo del inductor de 12 voltios se utiliza la ecuación 5.19.

$$L = \frac{12V * 4.1\mu S}{0.25 * 12} = 16.4\mu H$$

Para el cálculo del entrehierro para la bobina de 5V se utiliza la siguiente ecuación.

$$A_e * A_c = \frac{(5.067)10^8 (L * I_{out} D^2)}{KB_{max}} \quad (5.20)$$

Donde:

K= 0.4 para toroide y 0.8 para bobina.

D= Diámetro del cable a ser usado

A_e= Área efectiva del núcleo, cm²

A_c= Área de devanado de la bobina, cm²

Como la densidad de corriente para nuestra fuente es de 400c.m/A. Entonces para 30A usando la ecuación 5.9 del tamaño del cable es:

$T_c=400 \times 30=12000 \text{ c.m}$; que corresponde a cable No 9 AWG, con un diámetro máximo de 0.119 pulgadas, y un $B_{\text{max}}=2000$.

$$A_e * A_c = \frac{(5.067) 10^8 (2.73 \mu H * 30 A * 0.119^2)}{0.8 * 2000} = 0.37 \text{ cm}^4$$

$$A_e * A_c = 0.37 + 0.5 * 0.37 = 0.55 \text{ cm}^4$$

$$A_e = 0.78 \text{ cm}^2$$

$$A_c = 0.47 \text{ cm}^2$$

Longitud del espacio en el entrehierro

$$L_g = \frac{(0.4 * \pi * L * I_{\text{out}}^2) * 10^8}{A_e * B_{\text{max}}} \quad (5-21)$$

Reemplazando en la ecuación 5-21 se tiene:

$$L_g = \frac{(0.4 * \pi * 2.73 \mu H * 30^2) * 10^8}{0.78 * 2000^2} = 0.0989 \text{ cm}$$

$$L_g = 0.0989 \text{ cm}$$

Para el cálculo del número de vueltas totales del bobinado para 5 voltios se utiliza la siguiente ecuación

$$N = \frac{B_{\text{MAX}} * L_g}{0.4 * \pi * I_{\text{out}}} \quad (5-22)$$

Reemplazando en la ecuación 5-22 se tiene:

$$N = \frac{2000 * (0.0989cm)}{0.4 * \pi * 30} = 5.3$$

Por consiguiente se necesita 5 vueltas de cable No 9 AWG u 8 cables No 18 en paralelo por cada vuelta teniendo un total de $5 \times 8 = 40$ vueltas de cable No 18 en para la bobina de 5 voltios.

Para el cálculo del toroide se realiza el siguiente procedimiento.

Como ya se ha visto la inductancia para 5 voltios es de 2.73uH, entonces para seleccionar el tamaño del núcleo se empieza por calcular el siguiente valor de la ecuación:

$$LxI_{out}^2 \tag{5-23}$$

Reemplazando en la ecuación 5-23 tenemos:

$$LxI_{out}^2 = (0.00273mH) * (30amp)^2 = 2.46$$

Según la Tabla D3.3 del **Anexo D3** se tiene una permeabilidad el valor cae entre 14 y 26u de la familia 55548, en este caso se usará el que tiene una permeabilidad de 26u que según la tabla d5 del **Anexo D3** tiene una inductancia por cada 1000 vueltas de 28mH,

entonces con este antecedente podemos calcular la inductancia deseada aplicando la siguiente ecuación:

$$N = 1000 \sqrt{\frac{L}{L_{1000}}} \quad (5-24)$$

$$N = 1000 \sqrt{\frac{0.00273mH}{28mH}} = 9.87$$

$$N = 10$$

Se recomienda ajustar en un 20% más del valor resultante, por lo tanto el número de vueltas final es:

$$N = 10 + 0.2 (10)$$

N= 12 vueltas para los 5 voltios.

Se necesita 12 vueltas de cable No 9 AWG o 12x6=72vueltas de cable No 17 AWG, para verificar si el número de vueltas se ajusta a las dimensiones del toroide, se calcula el factor de devanado cuya ecuación es la siguiente:

$$F_w = \frac{A_c}{A_w} \quad (5-25)$$

Donde:

Fw: Factor de devanado

Ac: Área total del cable

Aw: Área de ventana.

El área del cable No 17 =2050 c.m. por lo tanto el área total es 2050x72 =147600 c.m.

De la Tabla D3.4 del **Anexo D3** de la familia 55548 Mpp se tiene que el área de ventana es 57760c.m.

$$F_w = \frac{147600}{577600} = 0.25$$

De la Tabla D3.4 **Anexo D3** que para un cable No17 AWG acepta 239 vueltas, entonces para un factor de devanado del 25 por ciento, el numero de vueltas con que el núcleo se llenará es de 239x0.25= 59 vueltas, por lo tanto como el diseño requiere de 72 vueltas se escoge el de 60u que es el mas próximo al anterior, por consiguiente se vuelve a calcular el numero de vueltas, usando al ecuación 5.25 pero ahora con $L_{1000}=61\text{mH}$.

$$N = 1000 \sqrt{\frac{0.00273}{61}} = 6.69 \text{ vueltas}$$

Incrementando el número de vuelta en un 20 por ciento tenemos $7+0.2(7)=8$ vueltas de cable No 9 ó $8 \times 6=48$ vueltas de cable No 17 que esta dentro del rango antes mencionado.

5.4.4 Etapa de Control

5.4.4.1 Descripción del DBL494

El DBL494 es idéntico al TL494 es un arreglo de frecuencia con una modulación de ancho de pulso (PWM).

El control de la frecuencia de oscilación del (Refiérase al **Anexo D2**) está dado por el capacitor y la resistencia conectados a los pines 5 y 6 respectivamente y esta dada por la ecuación:

$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_T \cdot C_T} \quad (5.26)$$

Remplazando con los valores del esquemático de la fuente tenemos que:

$$f_{osc} = \frac{1.1}{18K\Omega \times 1nf} = 61.1Khz$$

En la figura 5.5 se muestra el diagrama de bloques del integrado DBL494.

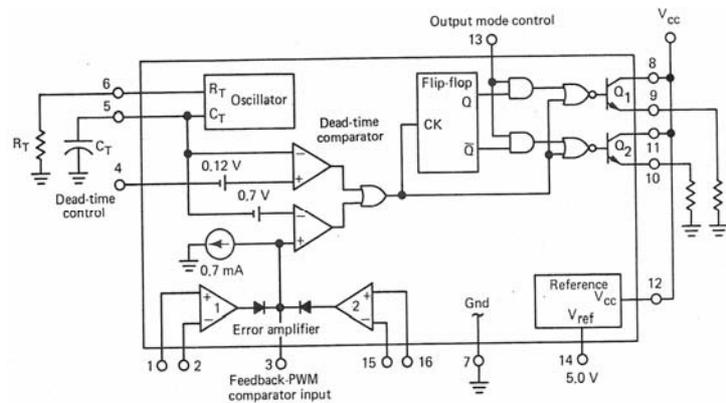


Figura 5.5 Diagrama de bloques del CI. TL494

La modulación de los pulsos de salida es acoplada por comparación de la forma de onda., y esto es creada por la oscilación interna con el tiempo del capacitor (C_T), para 2 señales de control. El estado de salida es habilitado durante la porción del tiempo cuando el voltaje es mayor que las señales de control. Como las señales de control se incrementan, el periodo de tiempo de la onda en la entrada va decreyendo, mientras que el pulso de duración decreyente.

Un pulso alternante de un flip-flop directamente modula el pulso para cada uno de las salidas de los dos transistores.

Las señales de control vienen desde 2 fuentes: el tiempo muerto (dead time), y la amplificación del error.

La entrada de control del tiempo muerto es comparada directamente con el comparador del tiempo muerto. Este comparador tiene un arreglo de 100mv offset. Con el control de la entrada puesta a tierra, la salida es inhabilitada durante el tiempo del descenso de la onda bajo los 110mv, está provisto de un tiempo muerto de 3%.

5.4.4.2 Regulador de referencia 5V

La referencia interna del regulador es de 5 voltios. El regulador emplea un rango del circuito como una referencia primaria para mantener una estabilidad térmica de menos de 100mv estando a la temperatura de rango de 0°C a 70°C. La protección de corto circuito es provista para proteger el circuito interno de una carga excesiva o condiciones de corto circuito.

Como se puede observar en el diagrama anterior este integrado tiene un voltaje de referencia de 5Vdc en el pin 14. Al estar conectado el pin 13 que es la salida de control a la referencia de 5Vdc, este hace que cada salida tienda una frecuencia de $f_{osc}/2$ es decir 30Khz, que es lo que queremos para la configuración de medio puente.

5.4.4.3 Comparador de Control de Tiempo Muerto.

Las funciones del comparador del control de tiempo muerto y el comparador de PWM son incorporados en el circuito simple.

El comparador es desde los 5 voltios de la referencia del regulador; este proviene desde la fuente de entrada para proveer la estabilidad.

La entrada de control de tiempo muerto proviene de un tiempo muerto mínimo (off time).

La salida del comparador inhibe conmutando los transistores Q1 y Q2 como siempre el

voltaje en la entrada es mayor que el voltaje de rampa del oscilador, un desplazamiento interno de 110mv asegura un tiempo mínimo de 3% con el control de entrada de tiempo muerto.

Esto proviene de un control lineal de tiempo muerto en un mínimo de un 3 % al 100% del voltaje de entrada es variado desde 0 a 3.3 voltios, respectivamente. Con un rango de control.

5.4.4.4 Modulación de Ancho de pulso

El comparador también proviene de la modulación de control del ancho de pulso de salida. Por esto el voltaje de rampa cruza el capacitor C_t y es comparada con la señal presente de control de la salida del error amplificador. A la entrada del capacitor se incorpora una serie de diodos que son omitidos desde la señal de entrada de control.

Este requiere una señal de control (error amplificador de salida) debe ser de 0.7 voltios mayor que el voltaje que se cruza el C_t para

inhibir la salida lógica y se asume un máximo ciclo de operación sin requerimiento de un voltaje de control para deshabilitar el potencial de tierra.

5.4.4.5 Amplificador del error

La ganancia del error es alta y se la recibe desde V1. Esto permite un voltaje de entrada común en un rango desde -0.3 voltios a 2 voltios menos que V1.

5.4.4.6 Control de Entradas y Salidas

La entrada del control de salida determina como opera los transistores de salida en paralelo. Esta entrada es la fuente del suministro para el disparo de los pulsos de flip-flop. El control de entradas y salidas es asíncrono y tiene control directo, sobre la salida independiente del oscilador o del manejo del pulso del flip-flop. Se piensa que la condición de la entrada es una condición fija que es definida por la aplicación.

Para el funcionamiento paralelo, entrada de control de entrada y salida debe conectarse a tierra. Esto desactiva el pulso que dirige el flip-flop. En este modo, los pulsos vistos a la salida del tiempo muerto, y el comparador de PWM son transmitidos por ambos transistores en paralelo. Para el funcionamiento, la entrada del control de entrada y salida debe conectarse al regulador de referencia de 5 voltios. Bajo esta condición, cada uno de los transistores de salida se habilita, alternadamente, para el manejo del pulso que dirige el flip-flop

5.4.4.7 Pulso de Disparo en el Flip-Flop

El pulso de manejo del flip-flop es un disparo positivo que cambia el estado del sincronismo. El tiempo muerto provee saltos durante este período para asegurar la posibilidad de tener ambas salidas simultáneamente, durante la transición del pulso que maneja la salida del flip-flop.

Desde que el flip-flop recibe el disparo desde la salida del comparador, no del oscilador, la salida siempre opera de manera push-pull. El flip-flop no debe de cambiar de estado a menos de que el pulso de salida haya ocurrido en el período anterior del oscilador. Esta forma impide el pulso doble, pero restringe la aplicación de la fuente de señal de control dc y señal de realimentación.

5.4.4.8 Salida del Transistor

Hay dos salidas de transistores disponibles en el DBL494. Se configuran ambos transistores el colector abierto y cada uno es capaz de producir 200 ma de corriente. Los transistores tienen un voltaje de saturación de menos de 1.3 v en la configuración del emisor común y menos de 2.5 v en la configuración de seguidor de emisor. Las salidas son protegidos contra la disipación de potencia excesiva para prevenir el daño en ellas pero no emplean corriente

suficiente que limite para permitir ser operado como las salidas de fuentes de corriente.

5.5 Simulaciones de la Fuente de Conmutación

5.5.1 Simulaciones Parciales

En la etapa de rectificación se realiza la simulación para los dos tipos de configuraciones doblador de voltaje y rectificador de onda completa.

Cuando el circuito actúa como doblador de tensión, el capacitor C1 se carga durante el ciclo positivo con el voltaje de entrada de aproximadamente $115 \times \sqrt{2} \approx 162V$ y para el ciclo negativo con un voltaje igual al anterior obteniendo en la salida un voltaje de aproximadamente 320 Vdc. Como se muestra en la figura 5.6.

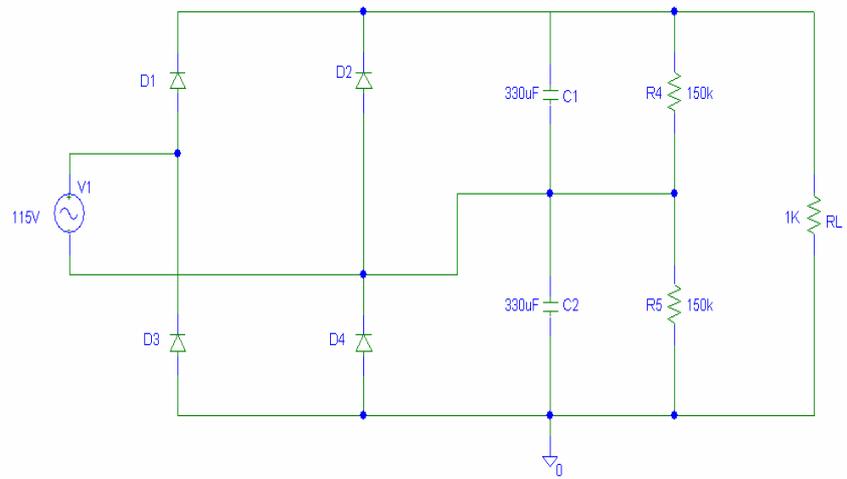


Figura 5.6 Circuito doblador de tensión

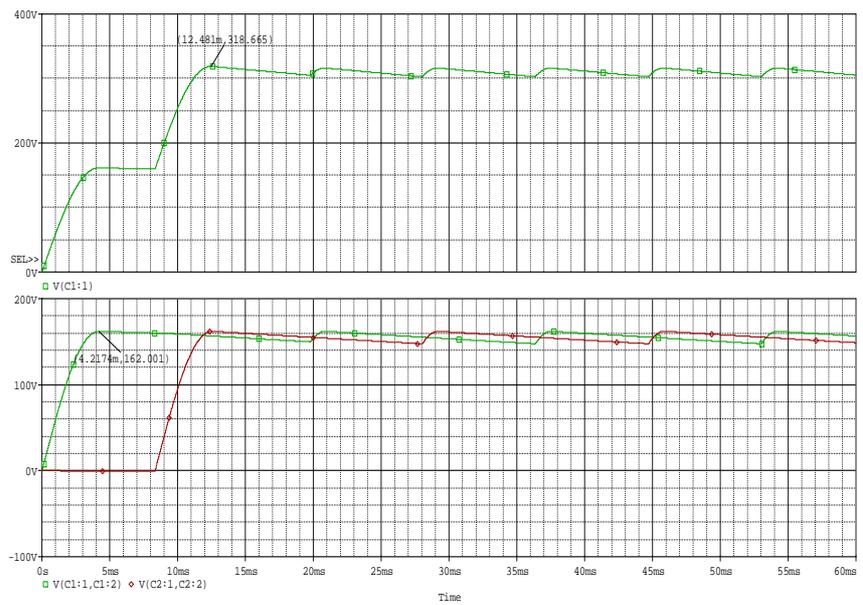


Figura 5.7 Gráfica del circuito doblador de tensión

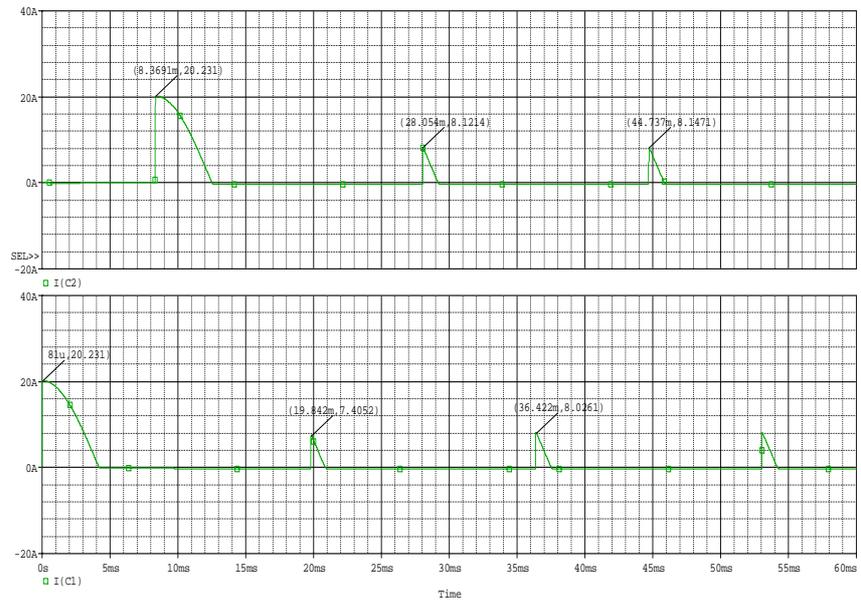


Figura 5.8 Corriente del capacitor C1, C2 para doblador de tensión.

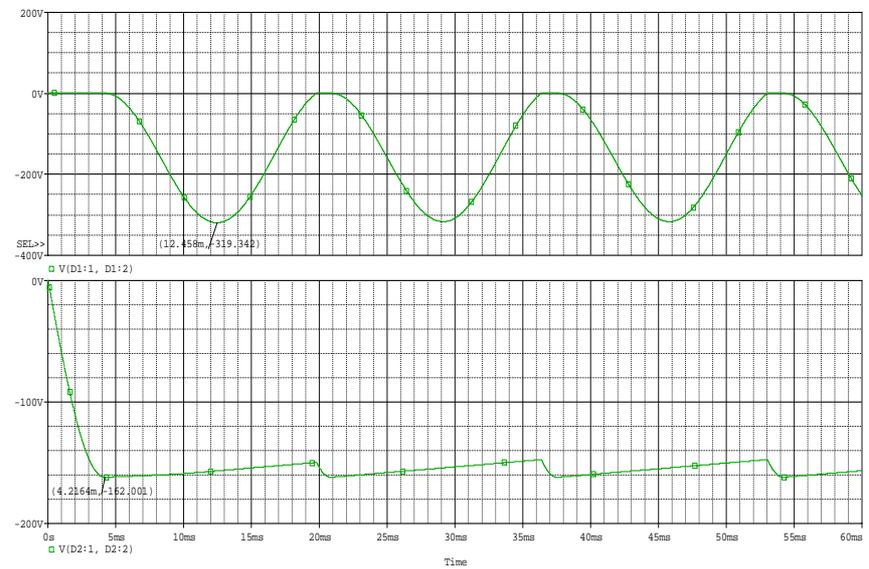


Figura 5.9 Voltaje ánodo-cátodo del D1, D2 para doblador de tensión.

Para un voltaje de 230V el circuito trabaja como un rectificador de onda completa que se muestra a continuación.

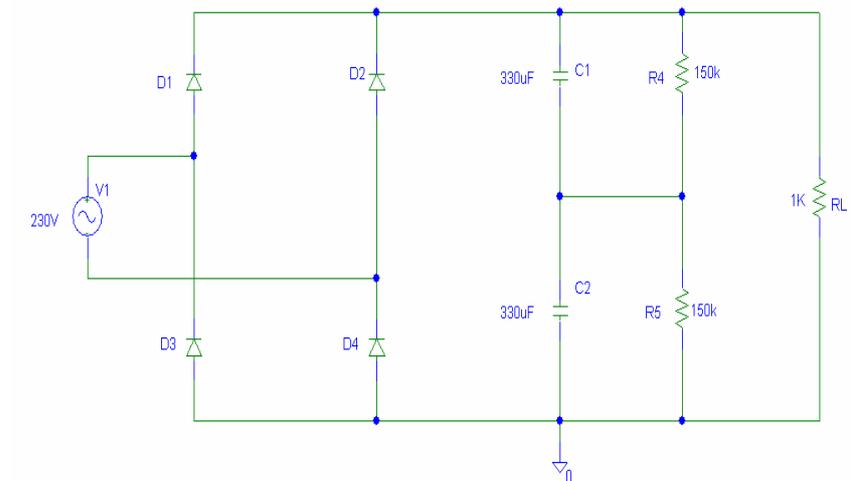


Figura 5.10 Circuito rectificador de onda completa.

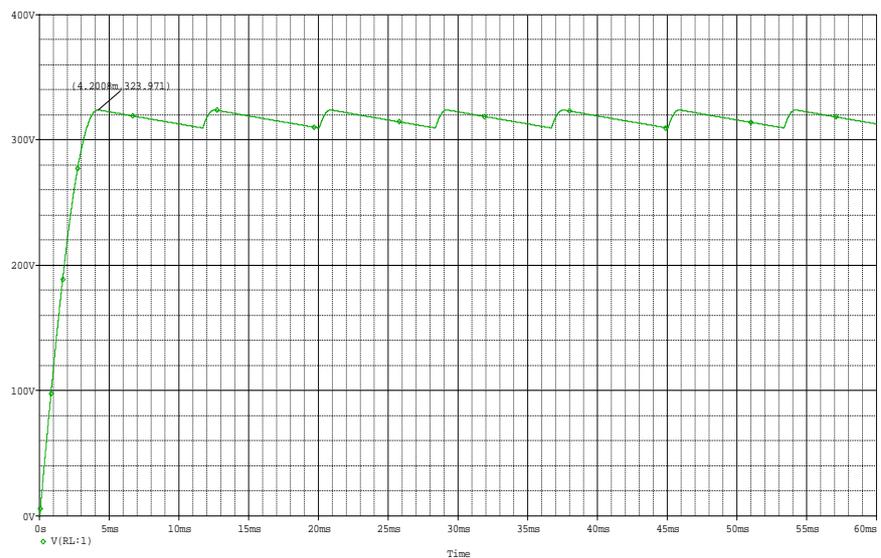


Figura 5.11 Gráfica de circuito de onda completa.

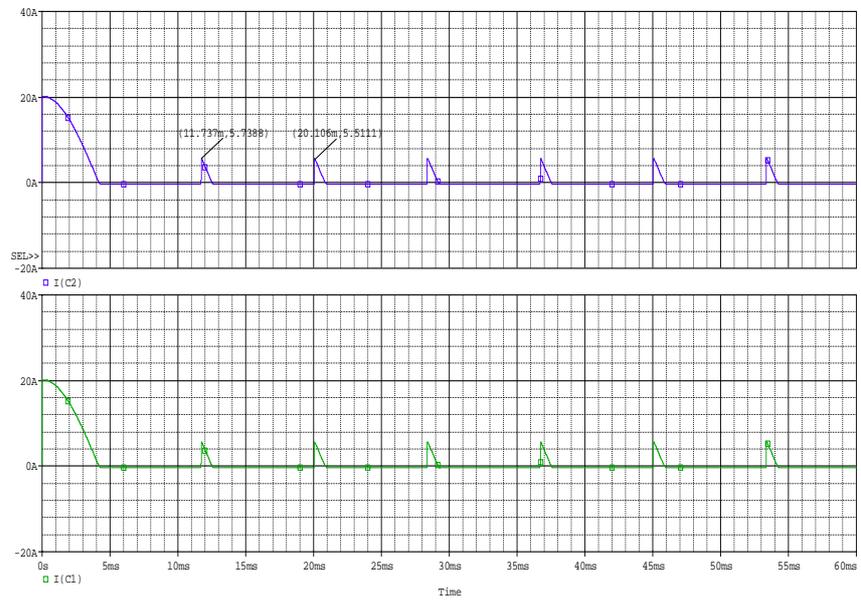


Figura 5.12 Corriente de capacitor C1 y C2 para onda completa.

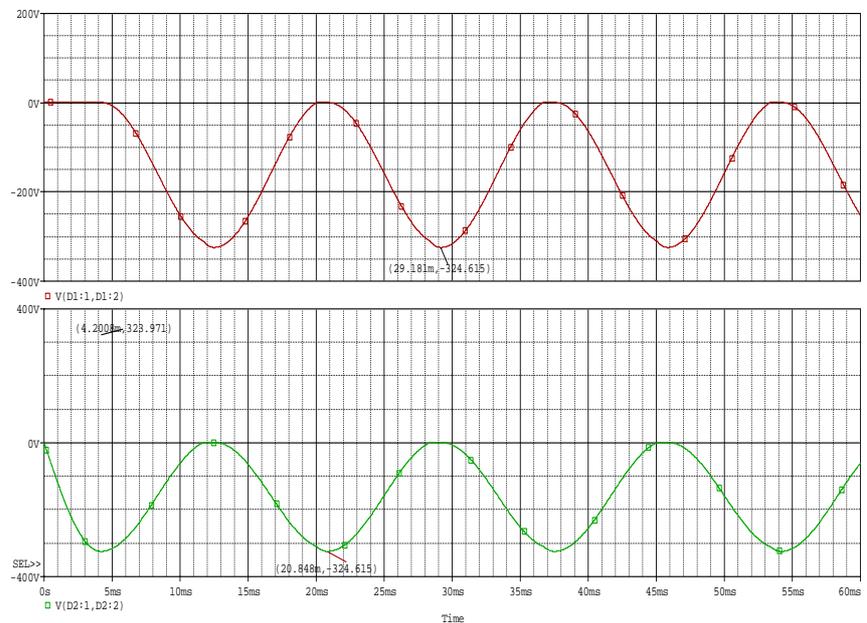


Figura 5.13 Voltaje ánodo-cátodo de D1, D2 para onda completa.

Como se puede observar en los gráficos anteriores el voltaje en la carga es el mismo, indiferente del voltaje que sea suministrado a la entrada, siempre y cuando este ubicado el conmutador en la posición correcta.

Para simular la etapa de conmutación se procede a armar el siguiente circuito.

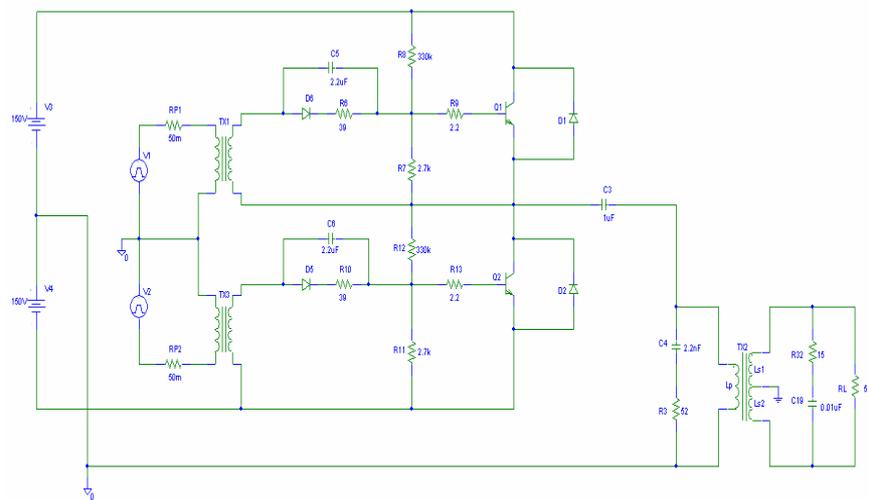


Figura 5.14 Circuito de conmutación

Al simular el circuito de conmutación se obtienen los siguientes gráficos:



Figura 5.15 Gráfica del circuito de conmutación

La siguiente etapa a simular es la etapa de salida para +5Vdc.

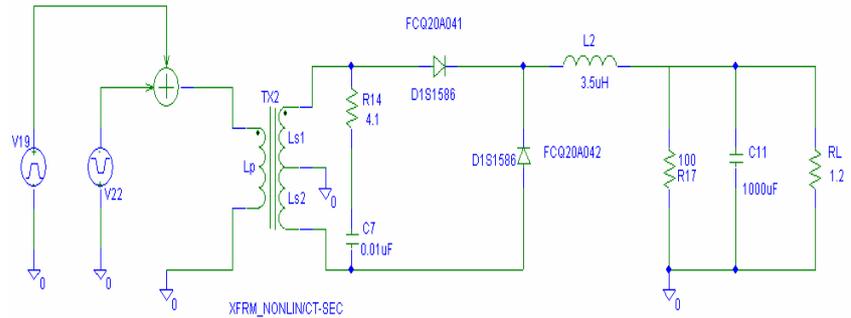


Figura 5.16 Circuito de salida de +5Vdc

Para simular este circuito se toman voltajes en el primario del transformador entre 150Vdc y -150Vdc.

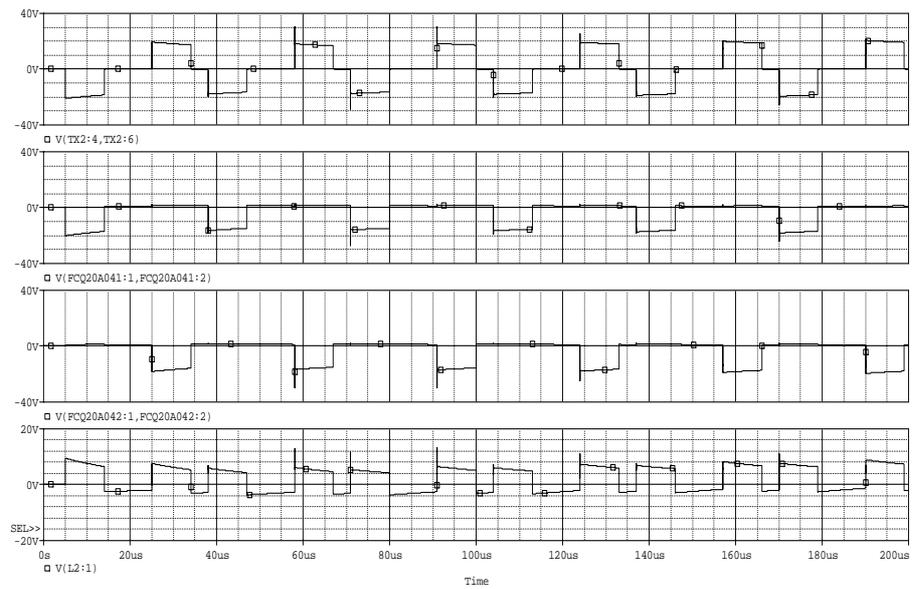


Figura 5.17 Voltaje en el secundario del transformador para 5Vdc.

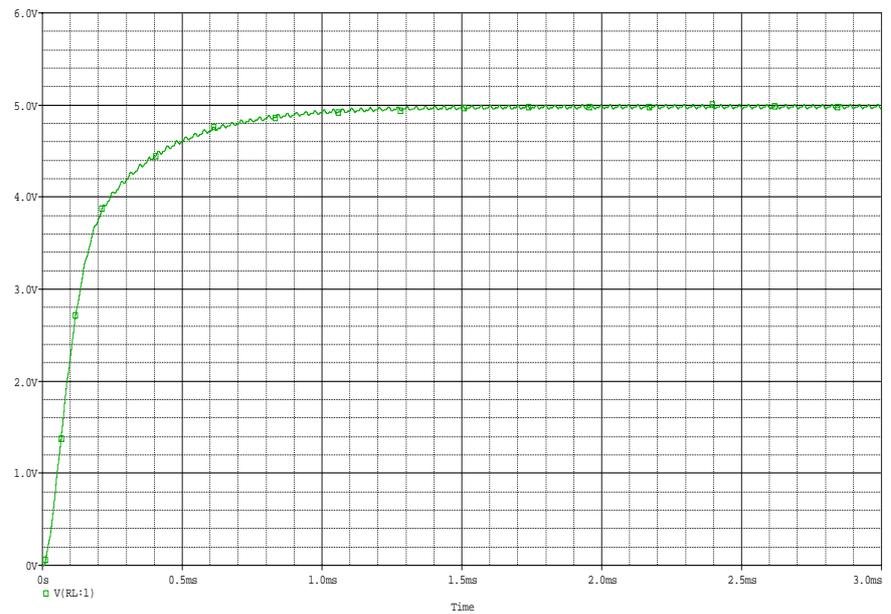


Figura 5.18 Gráfica de salida de +5Vdc

Para la salida de -5vdc se procede a hacer el mismo análisis que se hizo para los 5Vdc.

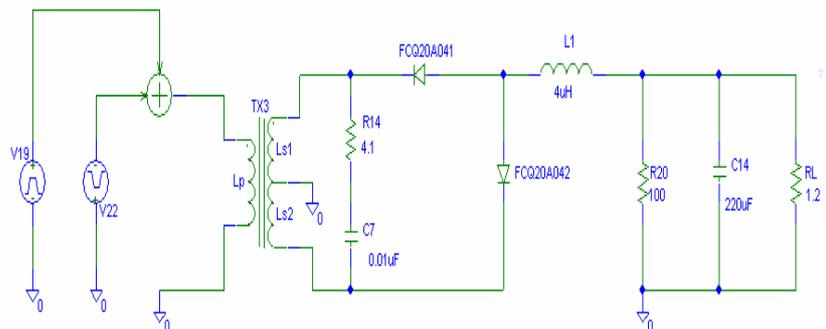


Figura 5.19 Circuito de salida de -5Vdc.



Figura 5.20 voltaje en el secundario del transformador para -5Vdc

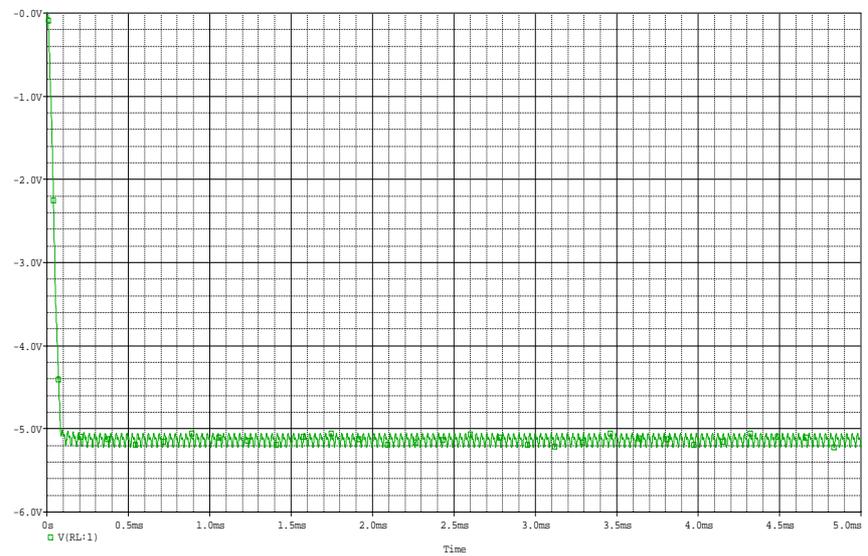


Figura 5.21 Gráfica de salida de -5Vdc

Salida de +12Vdc

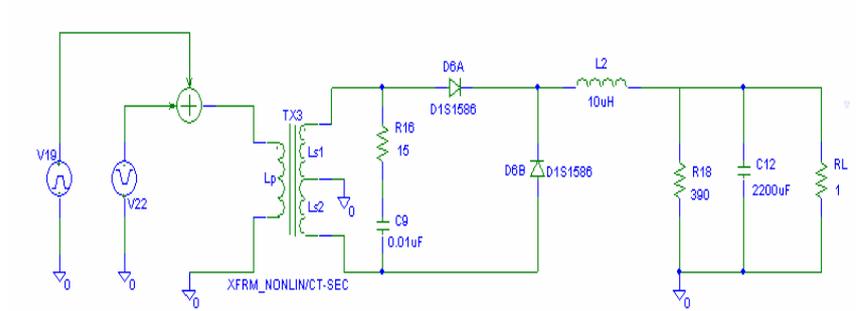


Figura 5.22 Circuito de salida de +12Vdc

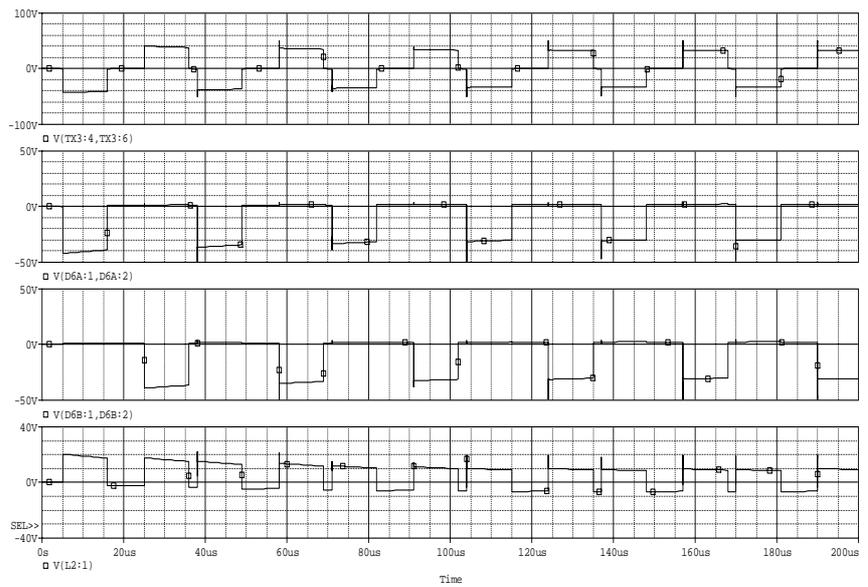


Figura 5.23 voltaje en el secundario del transformador para 12Vdc.

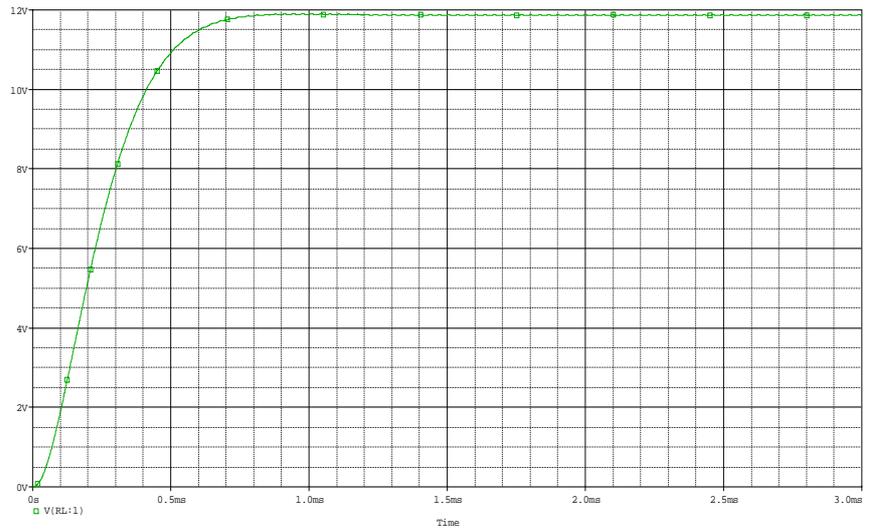


Figura 5.24 Gráfica de salida de +12Vdc.

Salida de -12Vdc

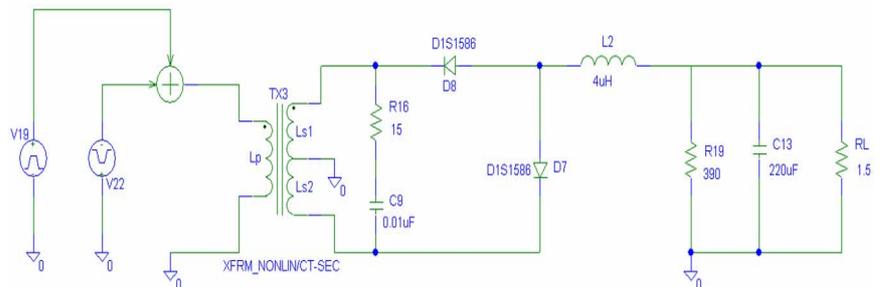


Figura 5.25 Circuito de salida de -12Vdc.

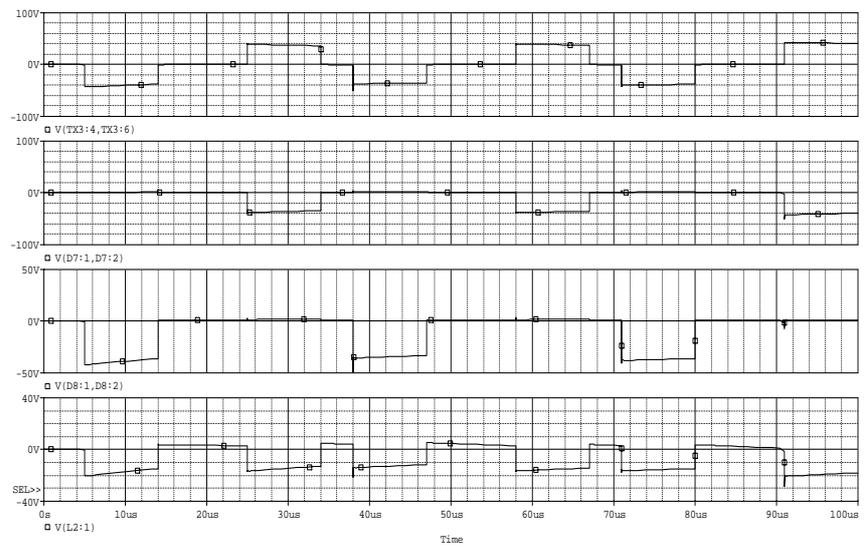


Figura 5.26 Voltaje en el secundario del transformador para -12Vdc.

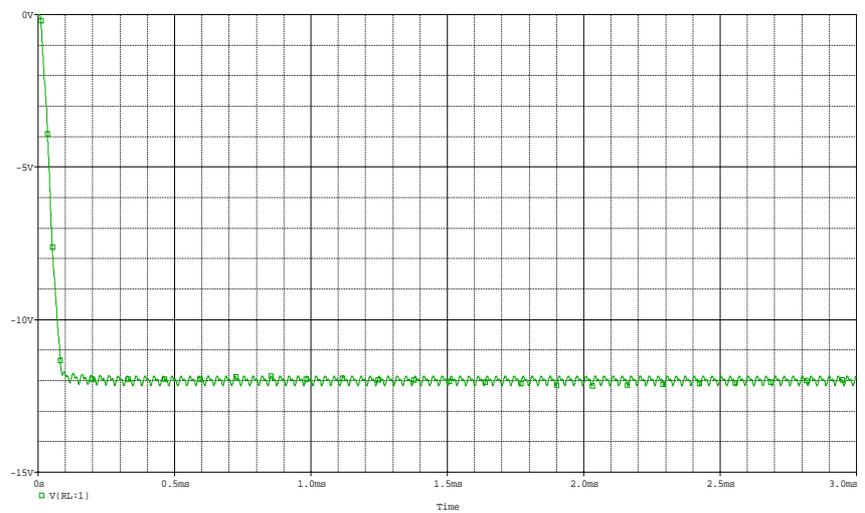


Figura 5.27 Gráfica de salida de -12Vdc.

Simulación del circuito de control

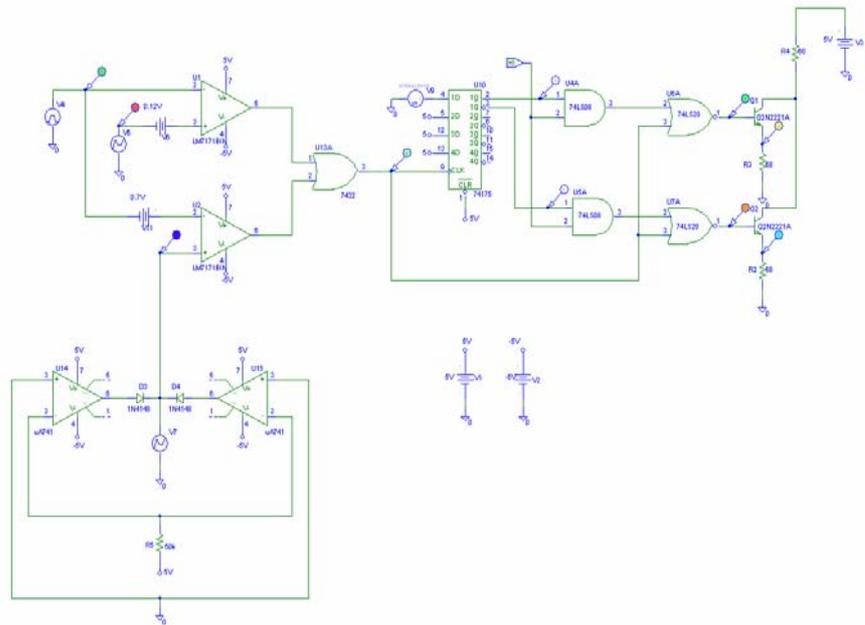


Figura 5.28 Circuito interno del TL494.

En la figura anterior se observa la circuitería interna del integrado TL494 el pin de color verde es la señal de la rampa, que se compara con la señal del tiempo muerto y la señal de retroalimentación. Las respectivas salidas de los comparadores son las señales para la modulación por ancho de pulso. Esta señal es el reloj para el flip flop tipo D. Mediante el flip flop se envía los pulsos desfasados a los transistores que amplifican el pulso a la etapa de fuerza de la fuente de conmutación. Las señales del circuito de control se observan en la siguiente figura:

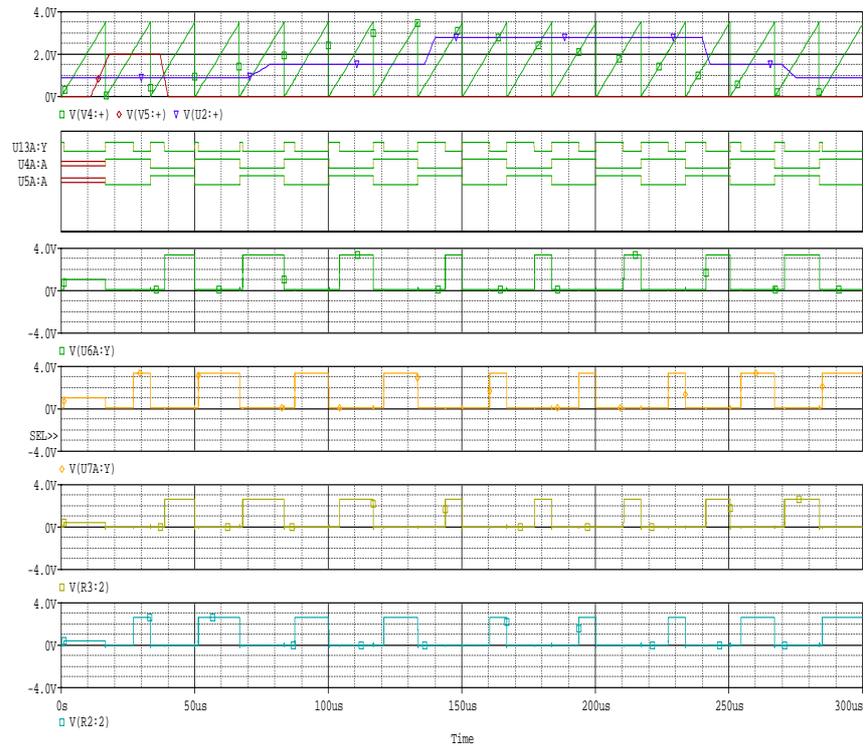


Figura 5.29 Gráficas de la circuitería interna del TL494.

5.6 Datos reales obtenidos de la fuente de conmutación.

Para la obtención de los datos reales se procedió a conectar a plena carga la fuente de conmutación, con una resistencia de 0.3Ω para la salida de +5Vdc y con una resistencia de 4Ω para la salida de +12Vdc, consiguiendo una corriente de carga de aproximadamente 17A, los resultados se muestran a continuación:

Voltaje de rizado entre los capacitores C1 y C2:



Figura 5.30 Gráfica del rizado de entrada

Teniendo el osciloscopio un rango de 50V/división, el rizado de entrada de la fuente es de aproximadamente 35Vpp, tomada en los extremos de los capacitores C1 y C2.

Voltaje en el primario del transformador principal

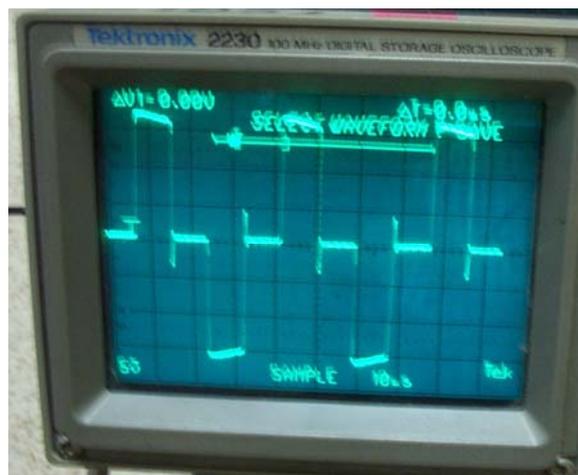


Figura 5.31 Gráfica de voltaje en el primario del transformador

Teniendo el osciloscopio un rango de 50V/división y 10us/división, el voltaje aproximado es de 320Vpp.

En la figura 5.32 se muestra el voltaje en el secundario del transformador principal entre los pines 3 y 4; obtenido del osciloscopio.

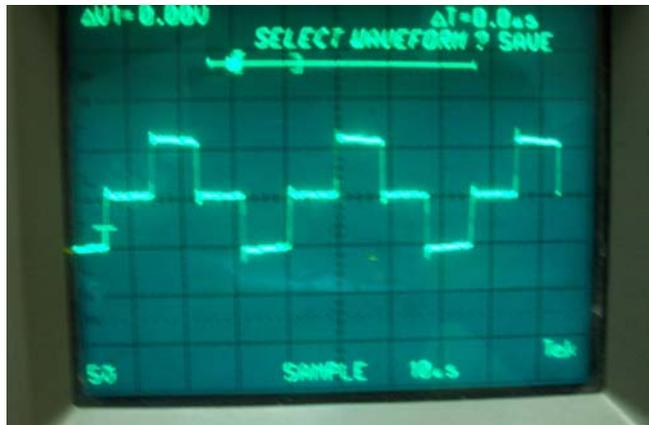


Figura 5.32 Voltaje en el secundario del transformador entre los pines 3 y 4.

Teniendo el osciloscopio un rango de 50V/división y 10us/división, el voltaje entre los pines 3 y 4 del transformador T1 es aproximadamente de 120Vpp.

Voltaje en el secundario del transformador, entre los pines 5 y 6



Figura 5.33 Voltaje en el secundario del transformador entre los pines 5 y 6.

Teniendo el osciloscopio un rango de 20V/división y 10us/división, el voltaje entre los pines 5 y 6 del transformador T1 es aproximadamente de 60Vpp.

Voltaje en el pin5 del DBL494

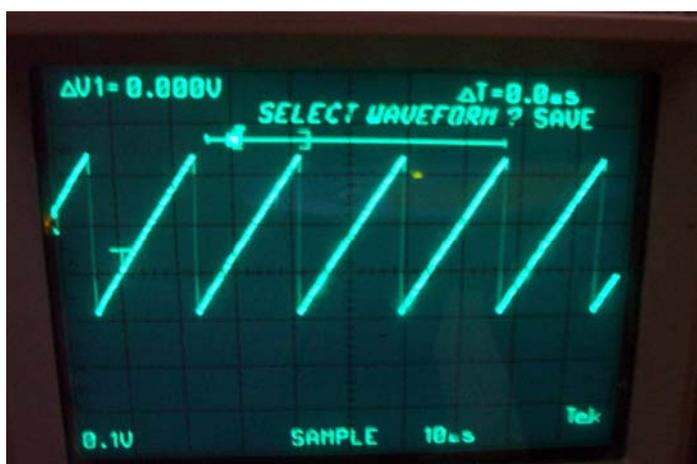


Figura 5.34 Gráfica de voltaje en el pin5 del DBL494.

Teniendo el osciloscopio un rango de 1V/división y 10us/división, el voltaje entre los pines 5 y 6 es aproximadamente de 3.5Vpp.

Salida de +5Vdc:



Figura 5.35 Voltaje de +5Vdc.

Salida +12Vdc

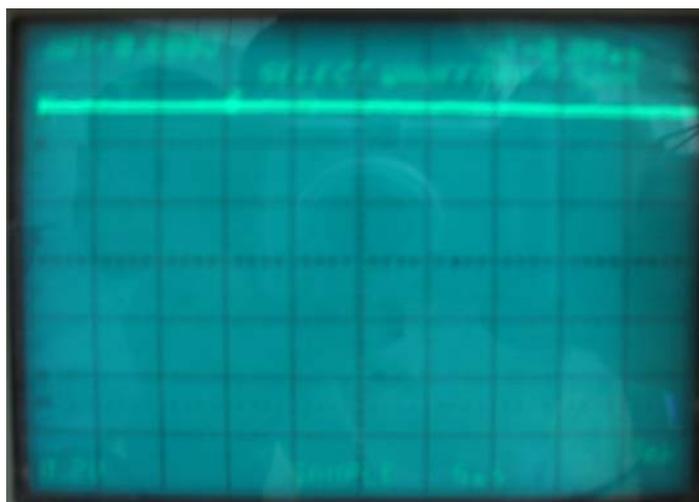


Figura 5.36 Voltaje de +12Vdc.

5.7 Fotos de la Fuente de Conmutación



Figura 5.37 Vista superior de la fuente de conmutación.

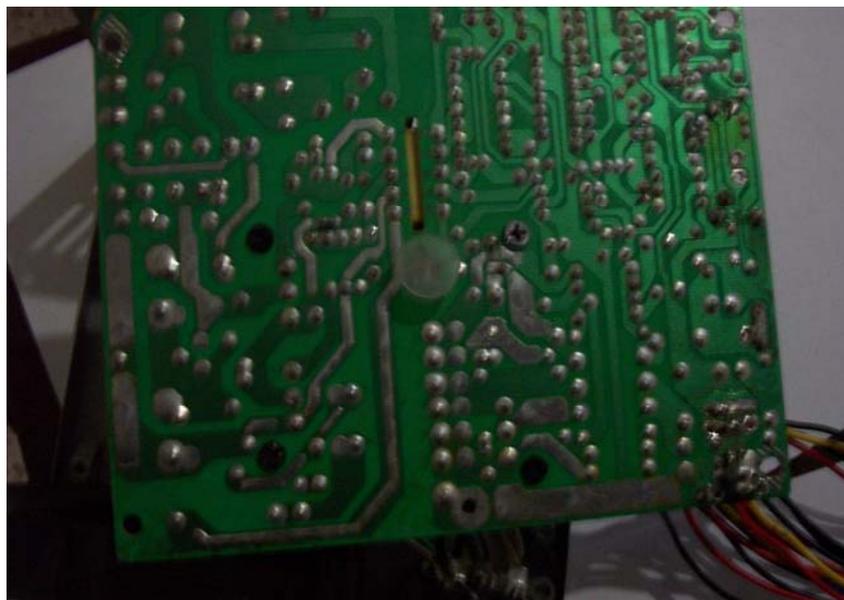


Figura 5.38 Vista inferior de la fuente de conmutación.

CONCLUSIONES

- ✓ Al finalizar el proyecto utilizando la herramienta de Lookout se puede concluir que este Scada resulta muy eficiente y fácil de usar ya que es una herramienta que está orientado a objetos y se activa con eventos haciendo el trabajo del diseñador más sencillo. La aplicación dispone de objetos drives que sirven para la comunicación con dispositivos externos como PLC y unidades de terminal remoto (RTU). Así mismo Lookout puede comunicarse con otros programas en el ambiente múltiple de Microsoft Windows.
- ✓ Lookout puede desarrollar una aplicación totalmente en línea, sin apagar el proceso durante el desarrollo o modificación del mismo, no tiene que compilar o descargar una base de datos cada vez que se realiza una modificación. En vez de eso, usted puede agregar, borrar y modificar paneles de control, lógica, gráficos, PLCs, RTUs, E/S, y otros aparatos del campo sin interrumpir su proceso.
- ✓ LabView es un software de programación grafica, utilizado para el diseño de instrumentos virtuales

- ✓ Para el análisis de la fuente de conmutación se utilizó la herramienta de P-Spice que ayudó a simular señales de la fuente y compararlos con los datos reales para observar el error entre ellos.

- ✓ La fuente de conmutación debido a su reducido volumen y disipación de los elementos activos y pasivos produce un ahorro en el gabinete, montaje y ventilación.

- ✓ La desventaja que tienen estas fuentes de conmutación es la complejidad del diseño debido al control que hay que diseñar para la fuente de conmutación real.

Anexo A

Datos técnicos de los motores

Bombas para el desalojo de Jarabe

Estas bombas son las encargadas de retirar el jarabe terminado de los tanques y conducirlos hacia los vasos dosificadores.

VOLTAJE (V)	230	460	
CORRIENTE (A)	6.2	3.1	
POTENCIA HP	2.0	VELOCIDAD RPM	1725
RENDIMIENTO	87.56	FRECUENCIA HZ.	60
IA/IN	3.0	FACTOR DE POTENCIA (FP)	0.88

Tabla A1 Datos técnicos de la bomba de jarabe

Bomba de agua

Esta bomba es la encargada de retirar el agua del tanque Pulmón y dirigirla hacia el vaso de agua.

VOLTAJE (V)	220	380	440
CORRIENTE (A)	12.9	7.47	6.45
POTENCIA KW – HP	3.7/5.0	VELOCIDAD RPM	3485
RENDIMIENTO	85.6	FRECUENCIA HZ.	60

Tabla A2 Datos técnicos de la bomba de agua

Bomba de vacío

Es la encargada de retirar el exceso de aire del tanque que almacena el agua pura, el cual impide el correcto funcionamiento del llenado y vaciado del líquido, y

mantiene el buen estado el líquido retirando la humedad que se encuentre en su interior.

VOLTAJE (V)	220	380	440
CORRIENTE (A)	11.0	6.37	8.50
POTENCIA KW – HP	3.0/4.0	VELOCIDAD RPM	3450
RENDIMIENTO	83.0	FRECUENCIA HZ.	60
TEMP. AMB. MAX.	40 C	FACTOR DE POTENCIA (FP)	0.85
IP/IN	7.9	ALTURA	1000

Tabla A3 Datos técnicos de la bomba de vacío

Motores de inducción

Estos motores son los encargados de dar movimiento mecánico a los agitadores.

En un día normal de producción son encendidos hasta 8 veces.

VOLTAJE (V)	220	380	440	760
CORRIENTE (A)	14	8.1	7.6	3.2
POTENCIA KW – HP	5.0/3.7	VELOCIDAD RPM	1730	
RENDIMIENTO	87.56	FRECUENCIA Hz.	50-60	
Ia/In	3.0	FACTOR DE POTENCIA (fp)	0.88	

Tabla A4 Datos técnicos de los motores de inducción

Anexo B1

Componentes del Sistema

Circuito Lógico Programable PLC

P.L.C. (Programmable Logic Controller) significa Controlador Lógico Programable. Un PLC es un dispositivo usado para controlar. Este control se realiza sobre la base de una lógica, definida a través de un programa.

Desde el punto de vista de tecnología de hardware, los controladores lógicos programables son similares a las computadoras, donde todo esta desarrollado en base a la función que realiza un microprocesador, memorias y sus periféricos.

Estructura de un Controlador Lógico Programable

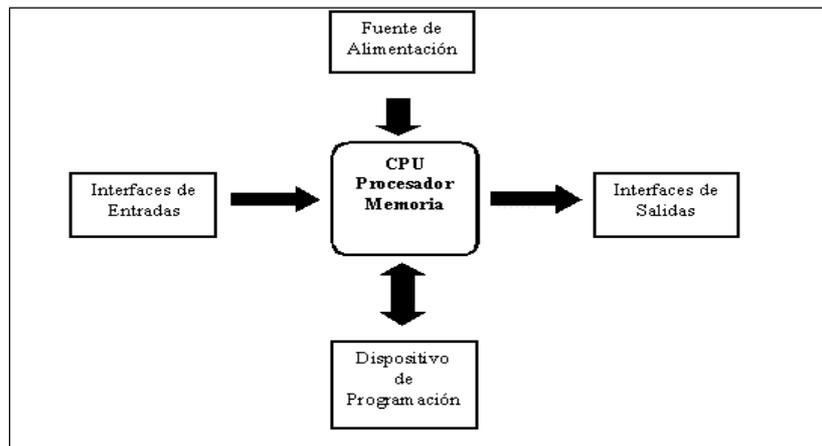


Figura B1.1 Estructura de un controlador lógico programable

Ciclo de la CPU

Específicamente las tareas que se realiza la CPU son las siguientes:

- Lee entradas
- Ejecutar el programa de usuario
- Procesar las peticiones de comunicación
- Ejecutar el autodiagnóstico de la CPU
- Escribir las salidas

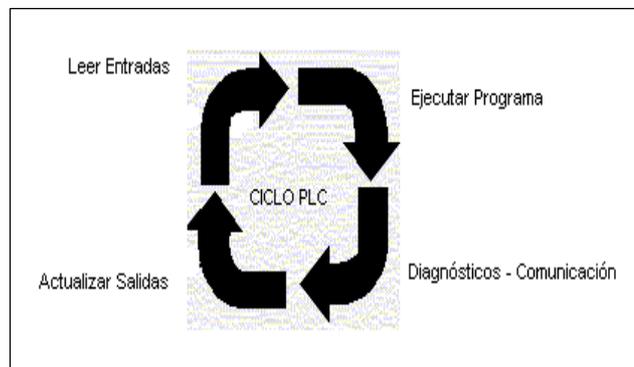


Figura B1.2 Ciclo de la CPU.

Todas estas tareas se llevan a cabo de una manera cíclica, razón por la cual a estas acciones se conoce como “el ciclo de la CPU. En el inicio de cada ciclo la CPU lee los valores actuales de las entradas digitales, escribiéndolas luego en la imagen del proceso de las entradas.

Mientras para las entradas analógicas la CPU no actualiza y no proyecta imagen del proceso para las mismas, motivo por el cual, a las entradas analógicas se debe acceder directamente desde el programa de usuario.

El tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, del número de E/S y de la cantidad de comunicación requerida.

Ventajas

El PLC, es uno de los dispositivos mas utilizadas en el campo de la automatización esto se debe a las ventajas que proporciona su instalación, tales como:

- Flexibilidad: Posibilidad de reemplazar la lógica cableada de un tablero o de un circuito impreso de un sistema electrónico, mediante un programa que corre en un PLC.
- Tiempo: Ahorro de tiempo de trabajo en las conexiones a realizar, en la puesta en marcha y en el ajuste del sistema.
- Cambios: Facilidad para realizar cambios durante la operación del sistema.
- Confiabilidad
- Espacio

Definición de Sistema SCADA

SCADA viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Acquisition", es decir: adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

Lookout es un software HMI/SCADA orientado a objetos y de fácil uso es un contenedor ActiveX para integrar y controlar objetos, y desarrollar las aplicaciones de manera sencilla y rápida. Otra muy importante característica es su integración plena con las funciones de Internet, como es la creación de

reportes HTML, envío de correos electrónicos y exportar algunos procesos a través de la web para no solamente monitorear, sino controlar algunos procesos en forma remota.

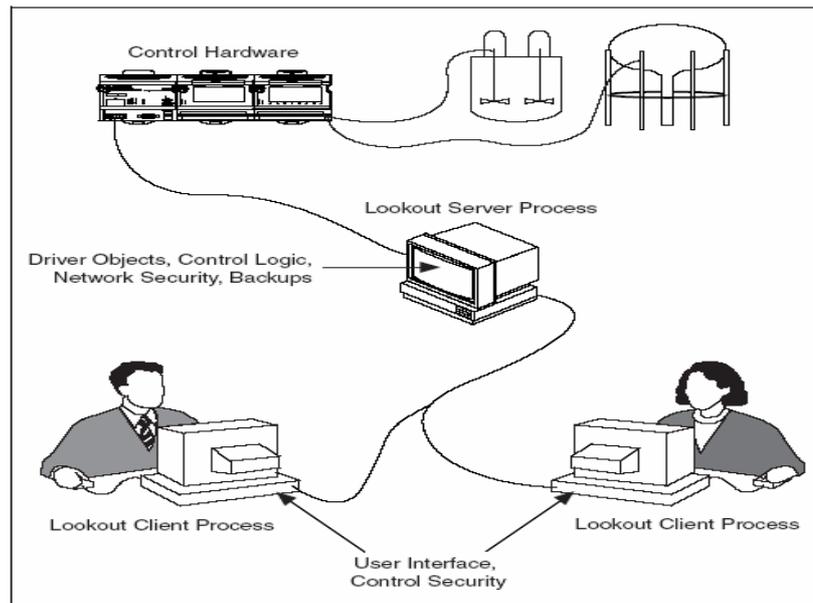
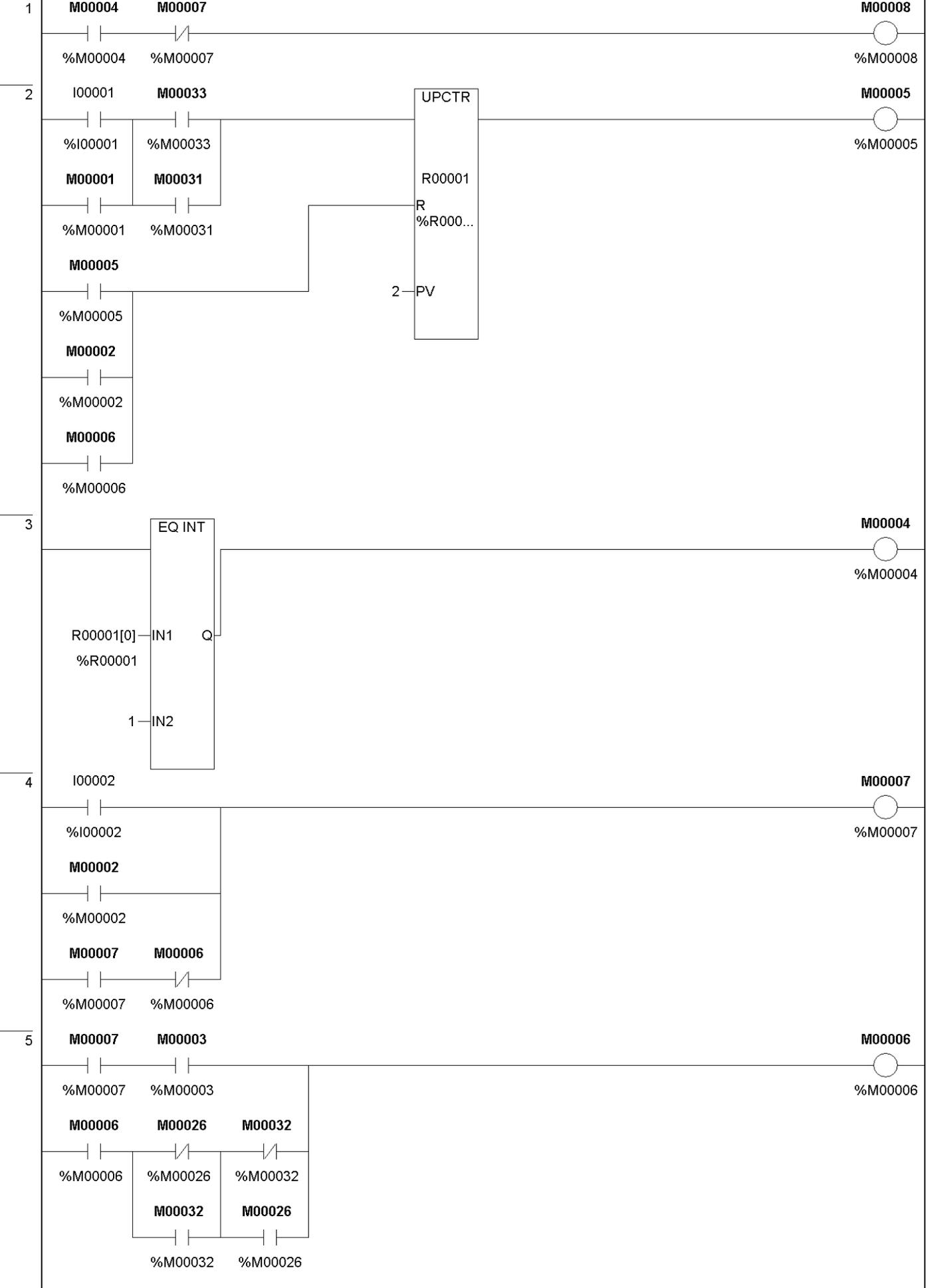


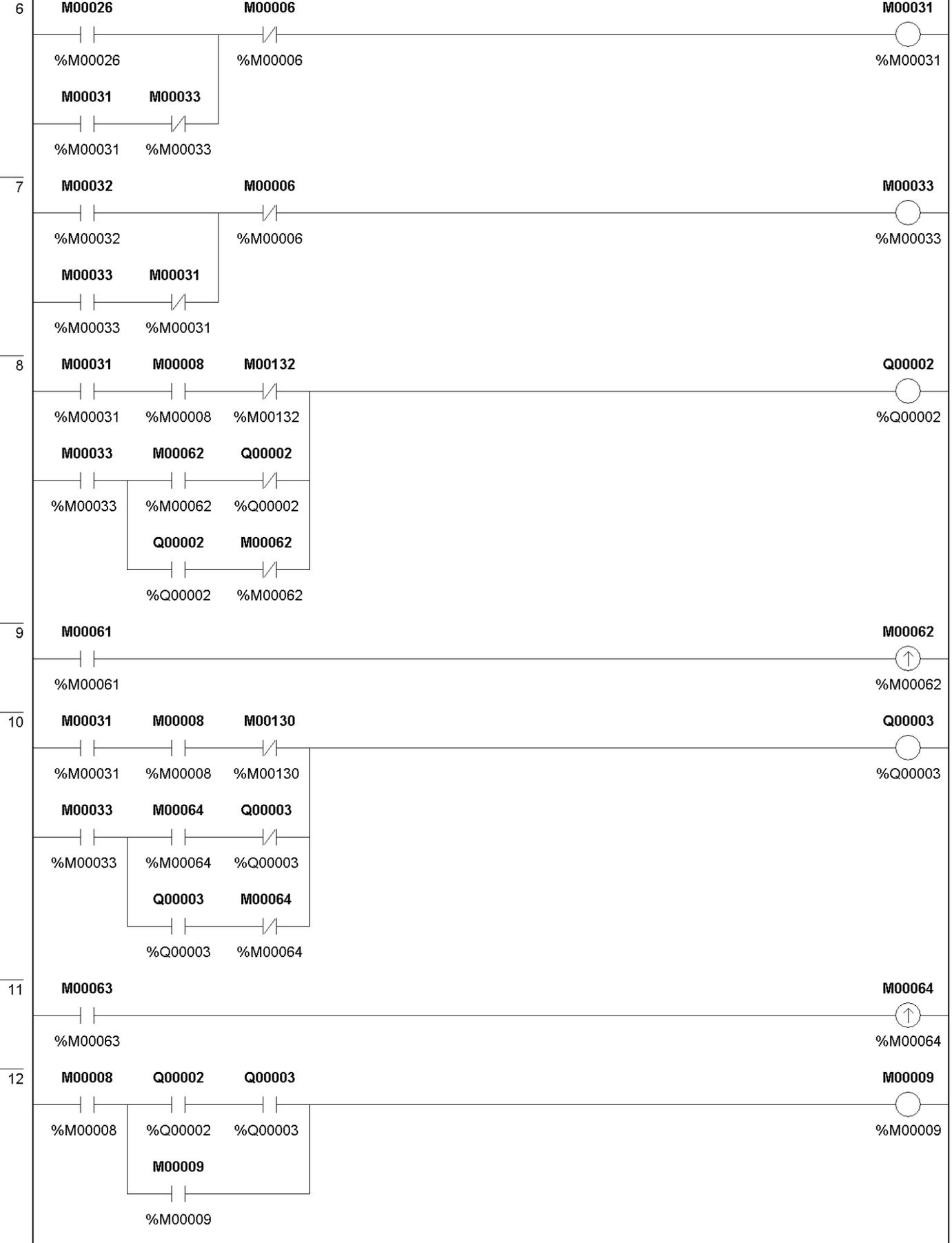
Figura B1.3 Aplicación de un sistema.

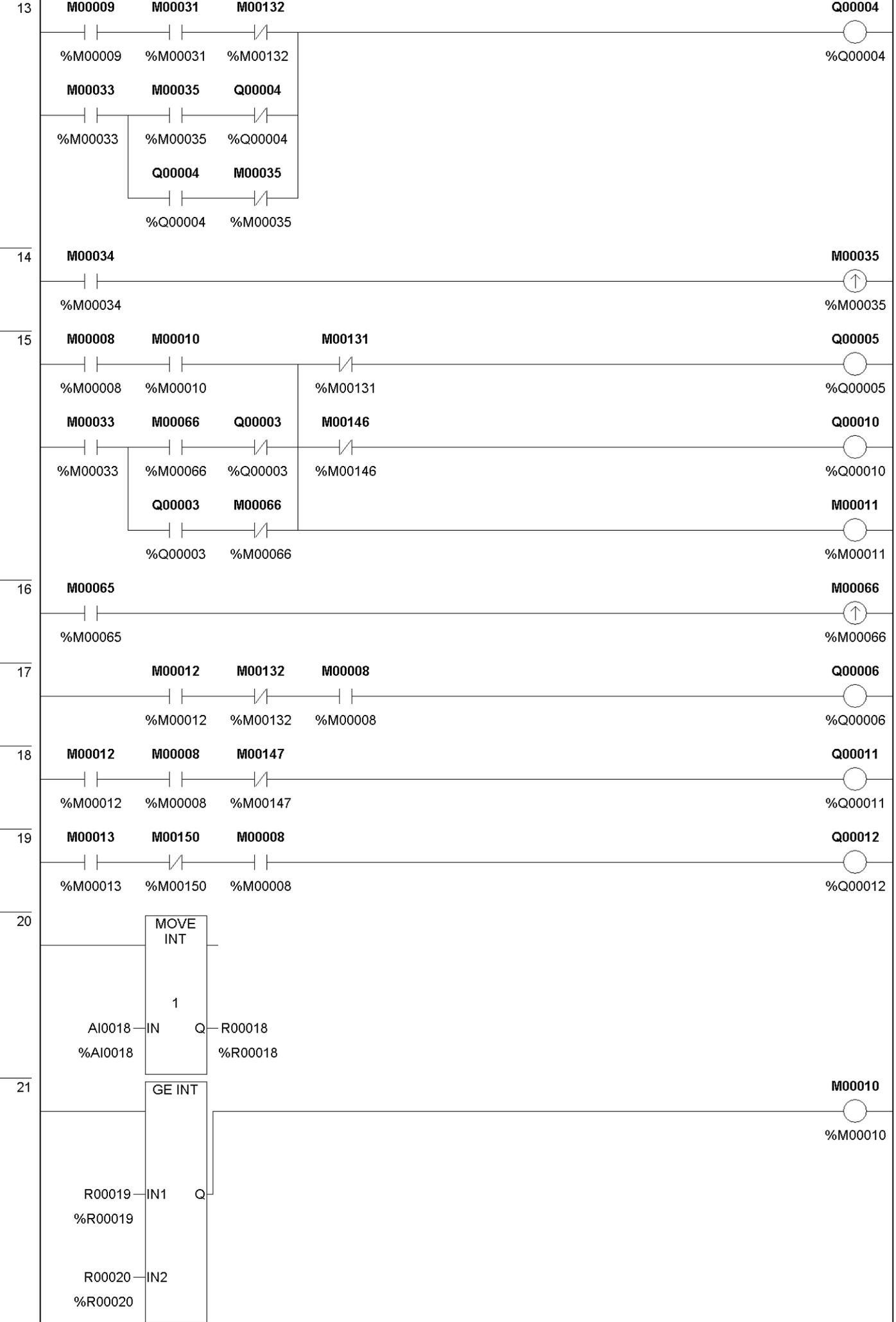
En este tipo de sistemas usualmente existe un ordenador, que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

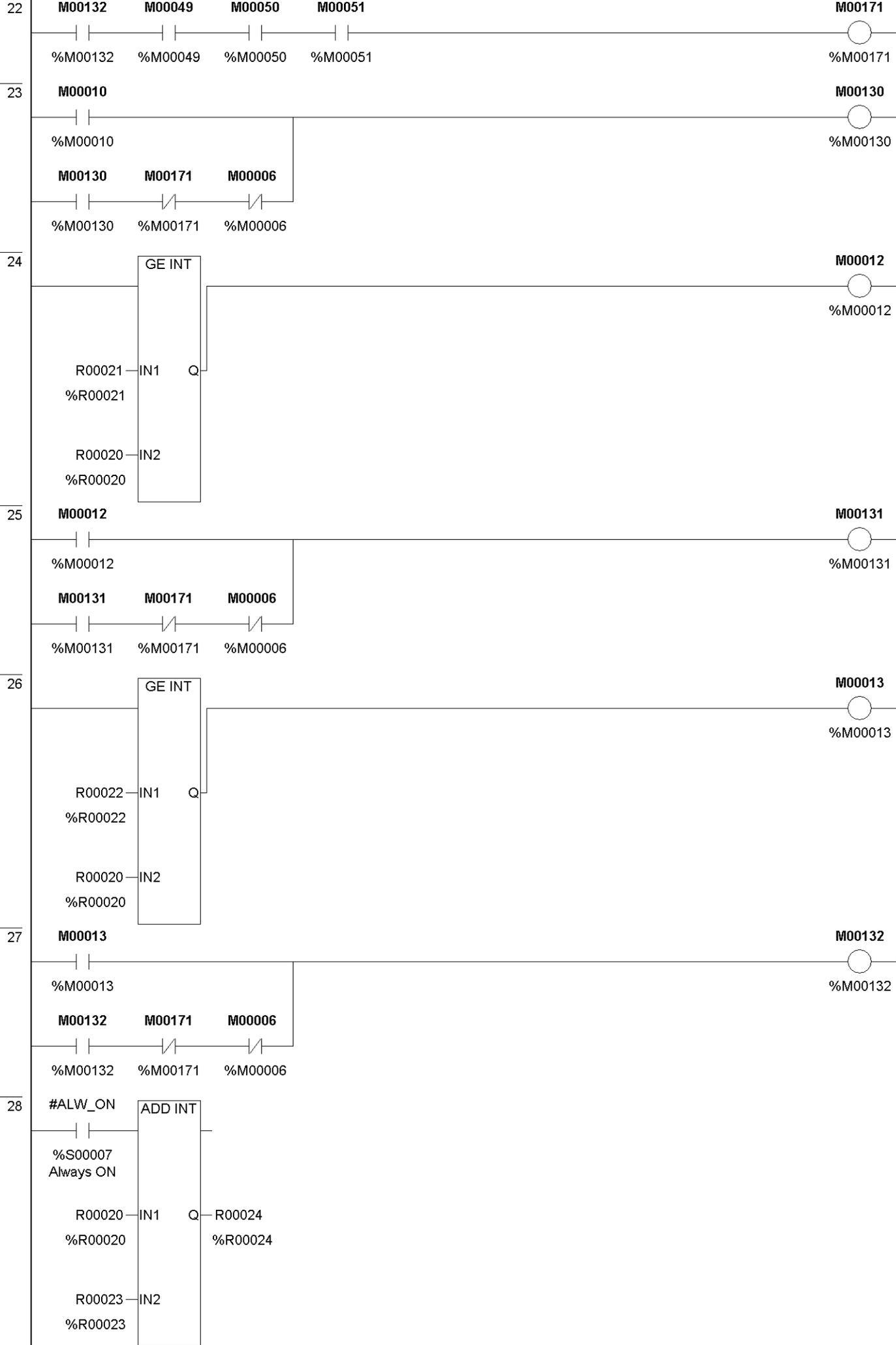
Anexo B2

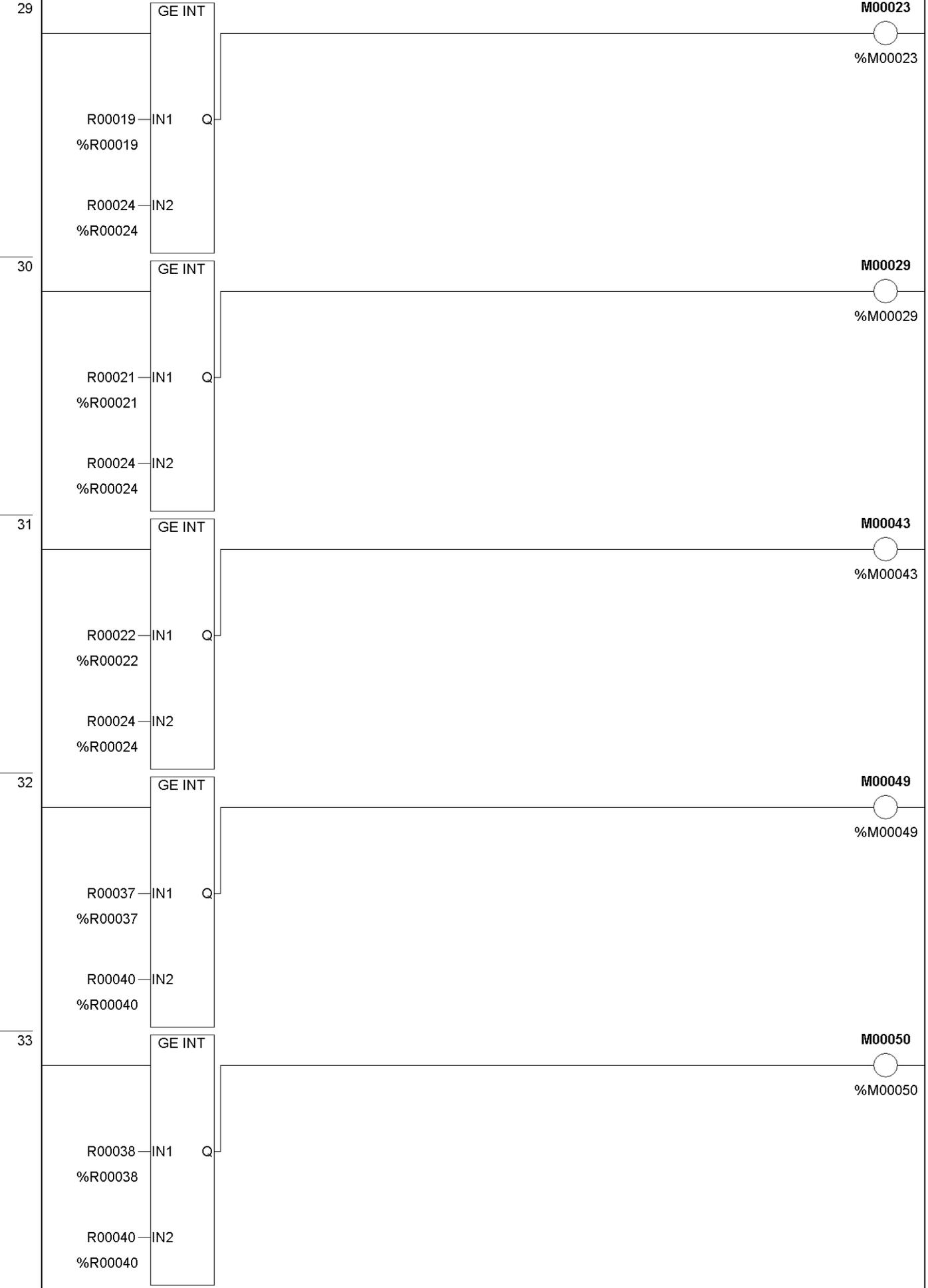
Programación del PLC



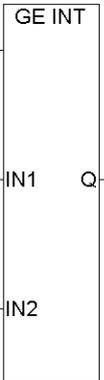








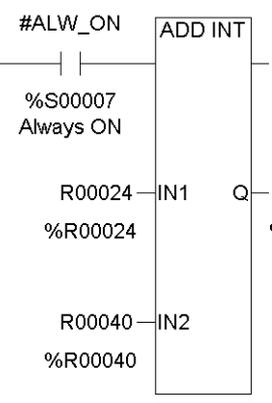
34



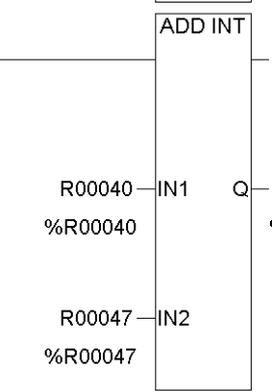
M00051

%M00051

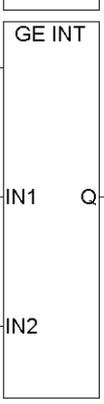
35



36



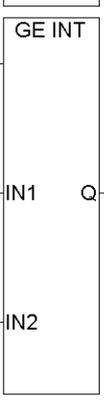
37



M00054

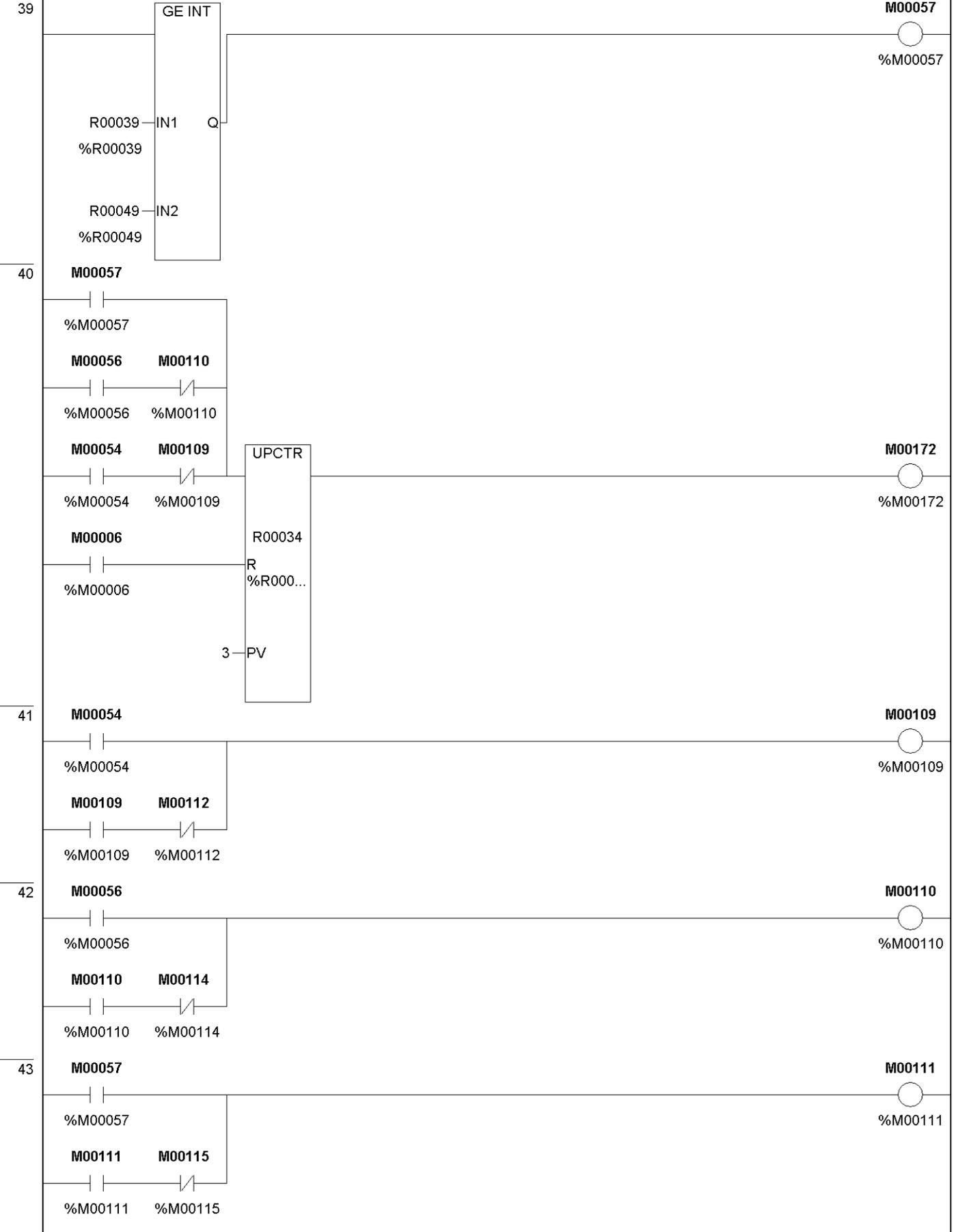
%M00054

38

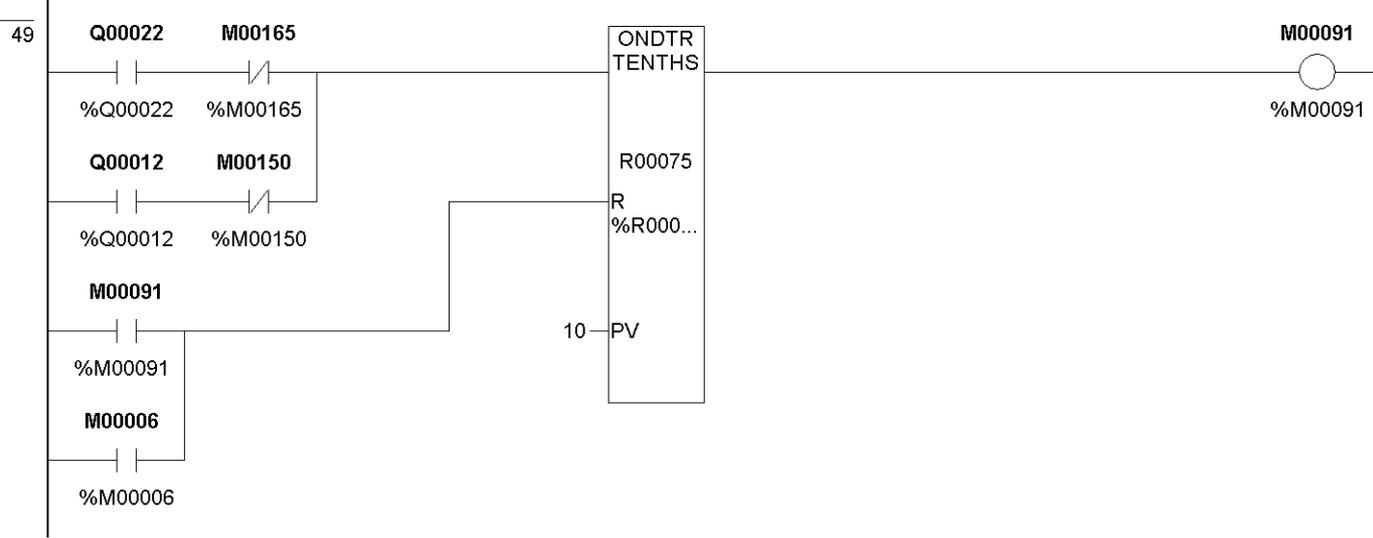
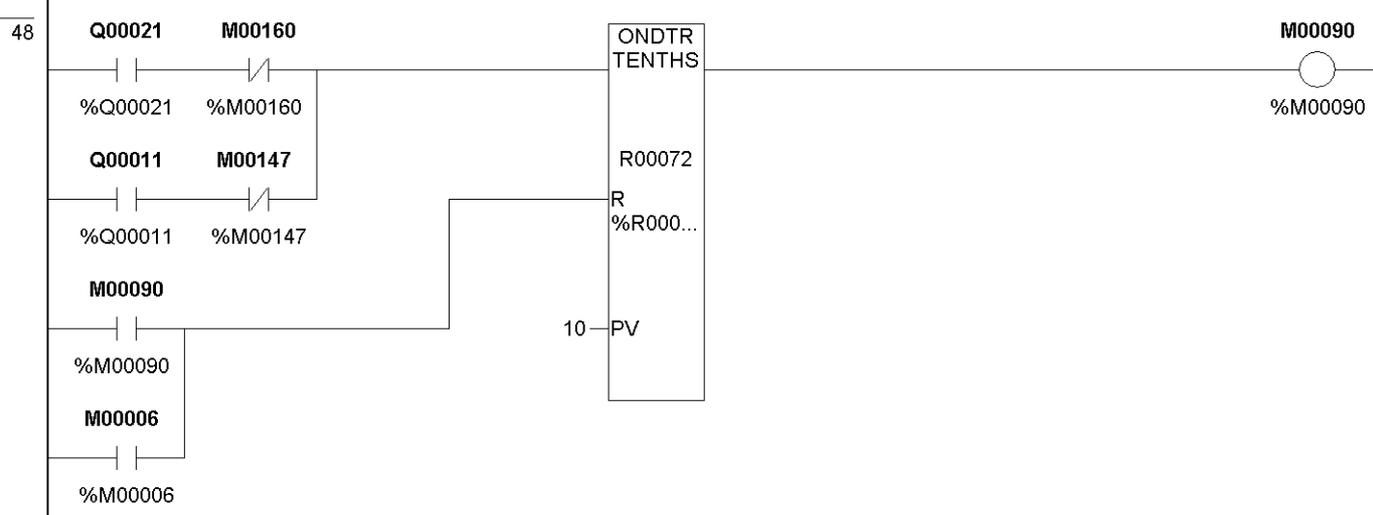
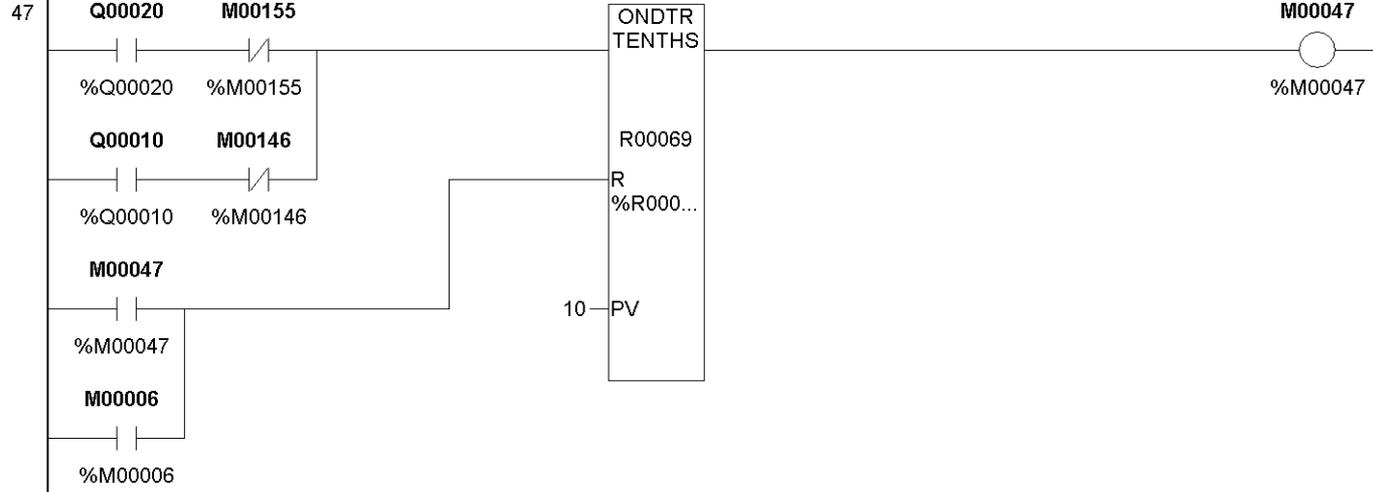


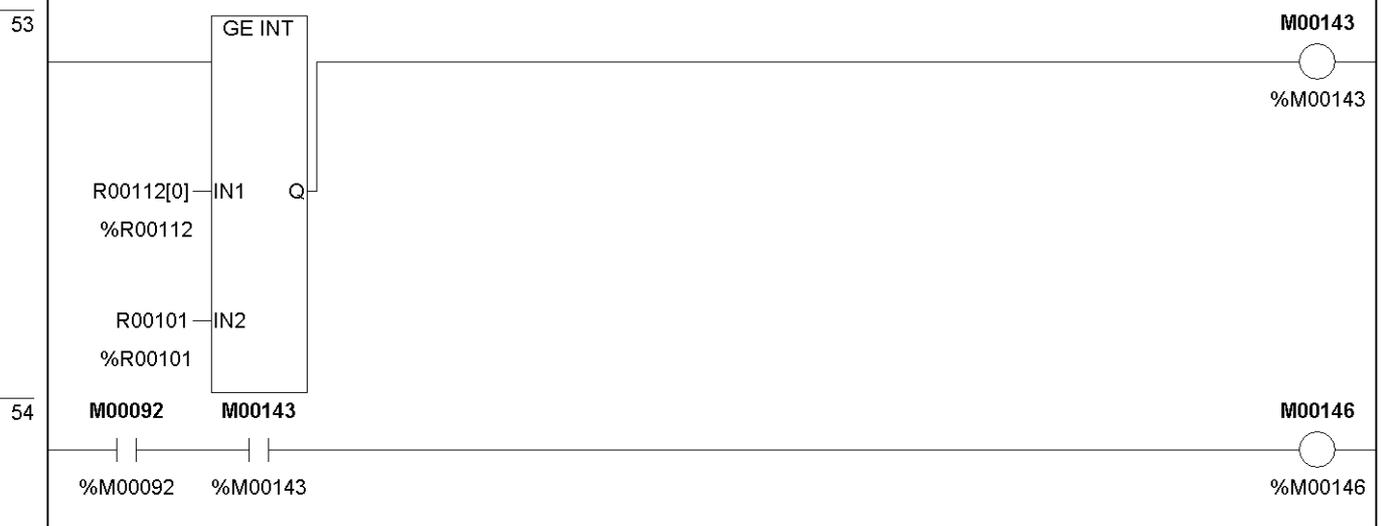
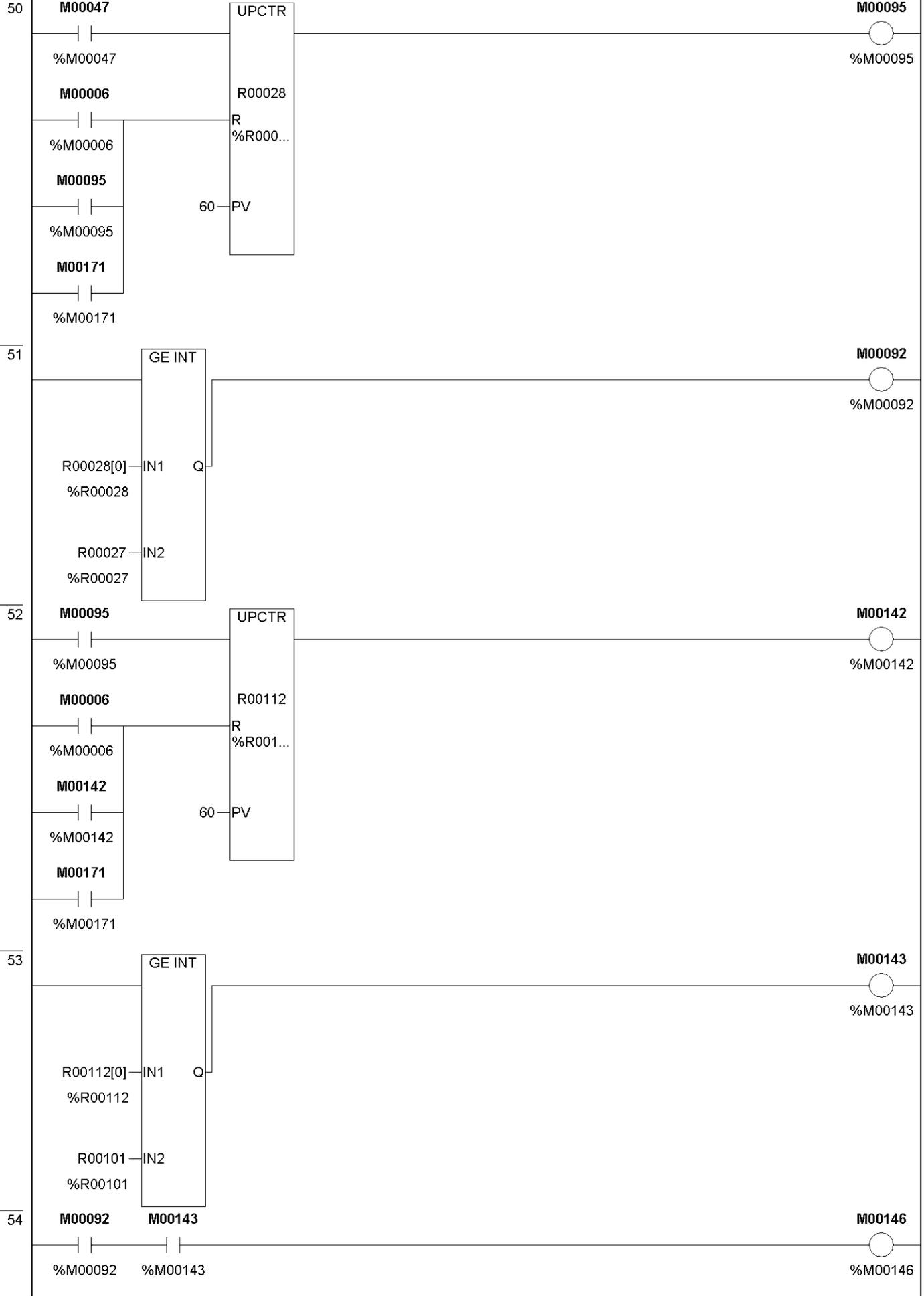
M00056

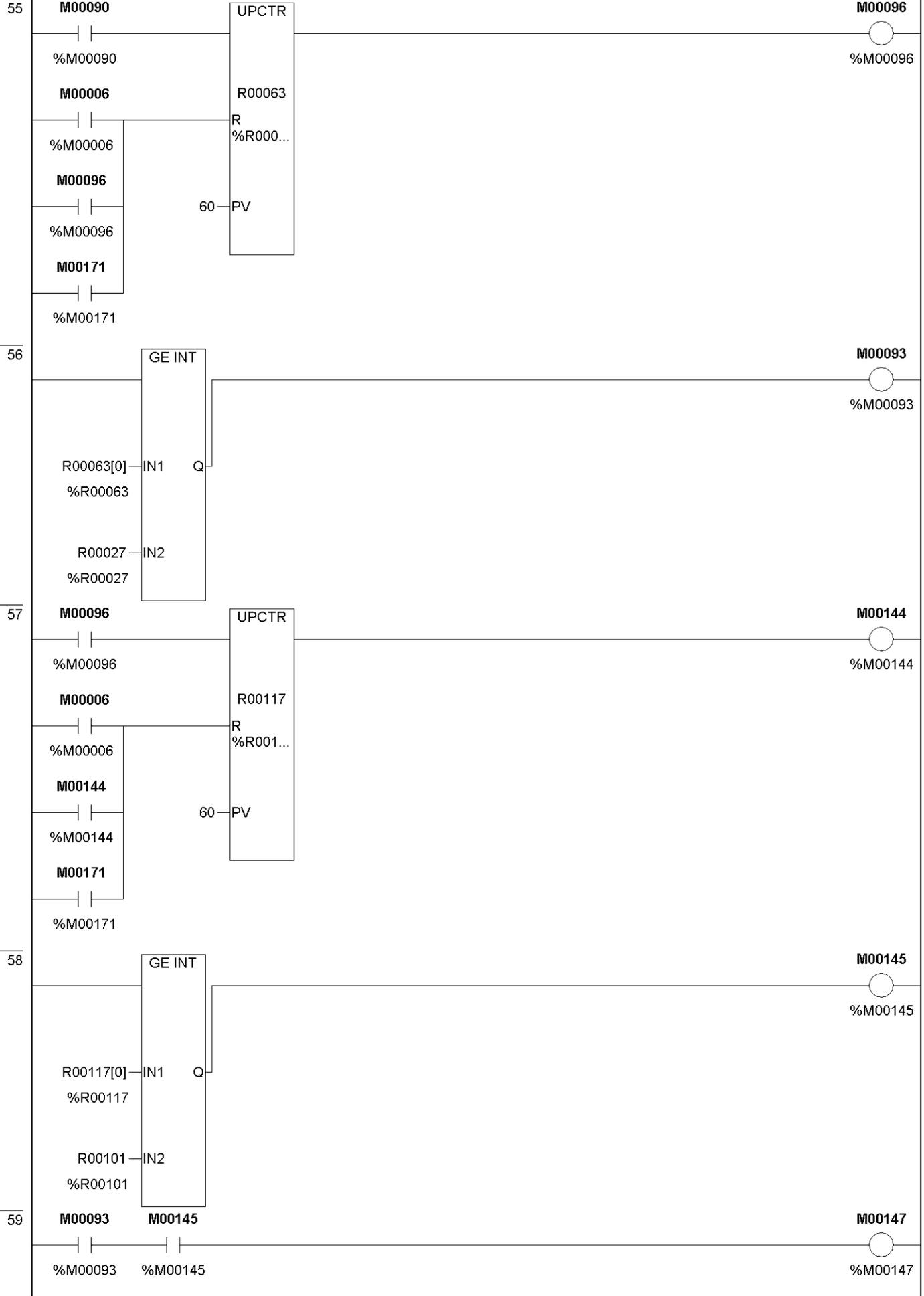
%M00056

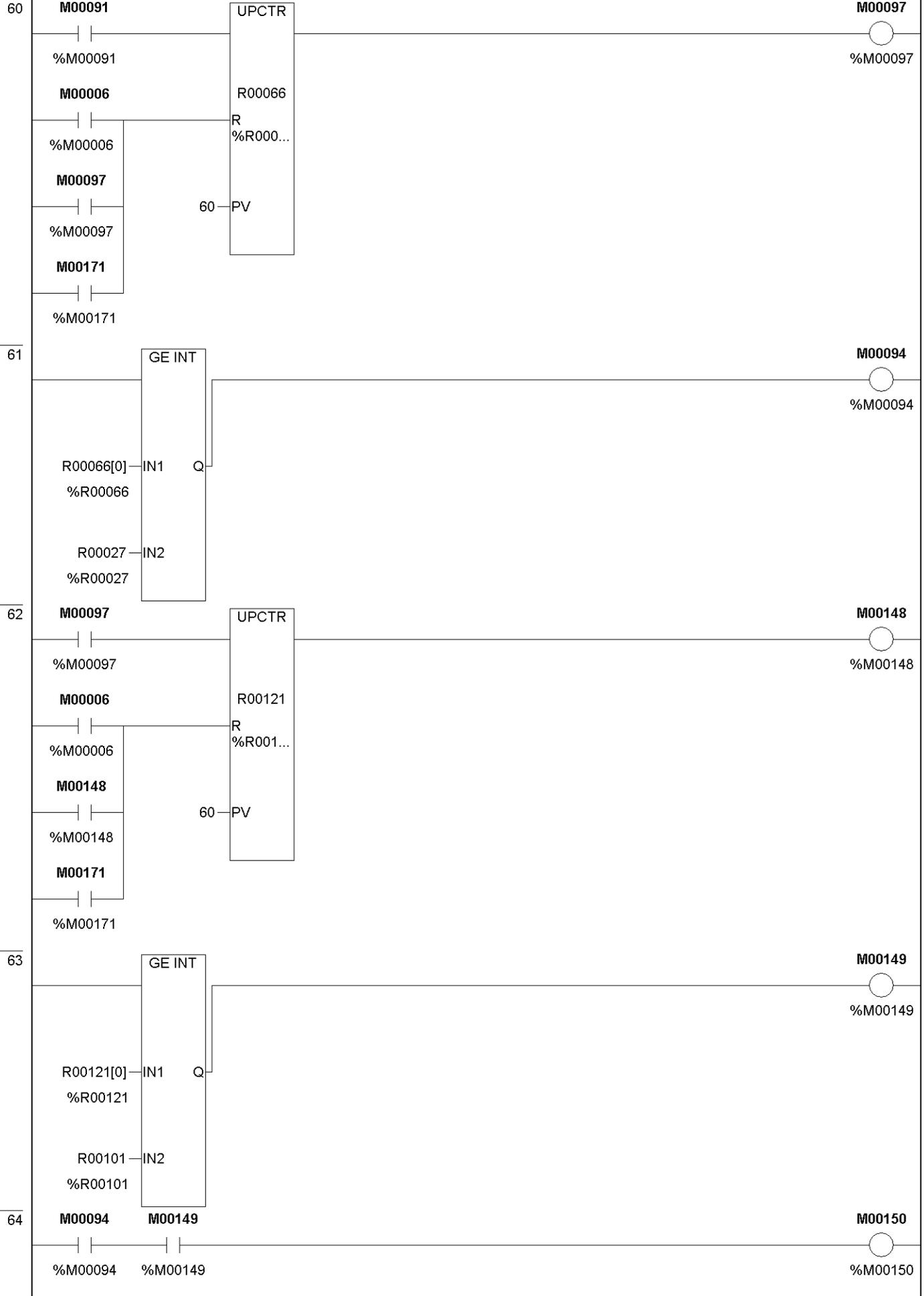


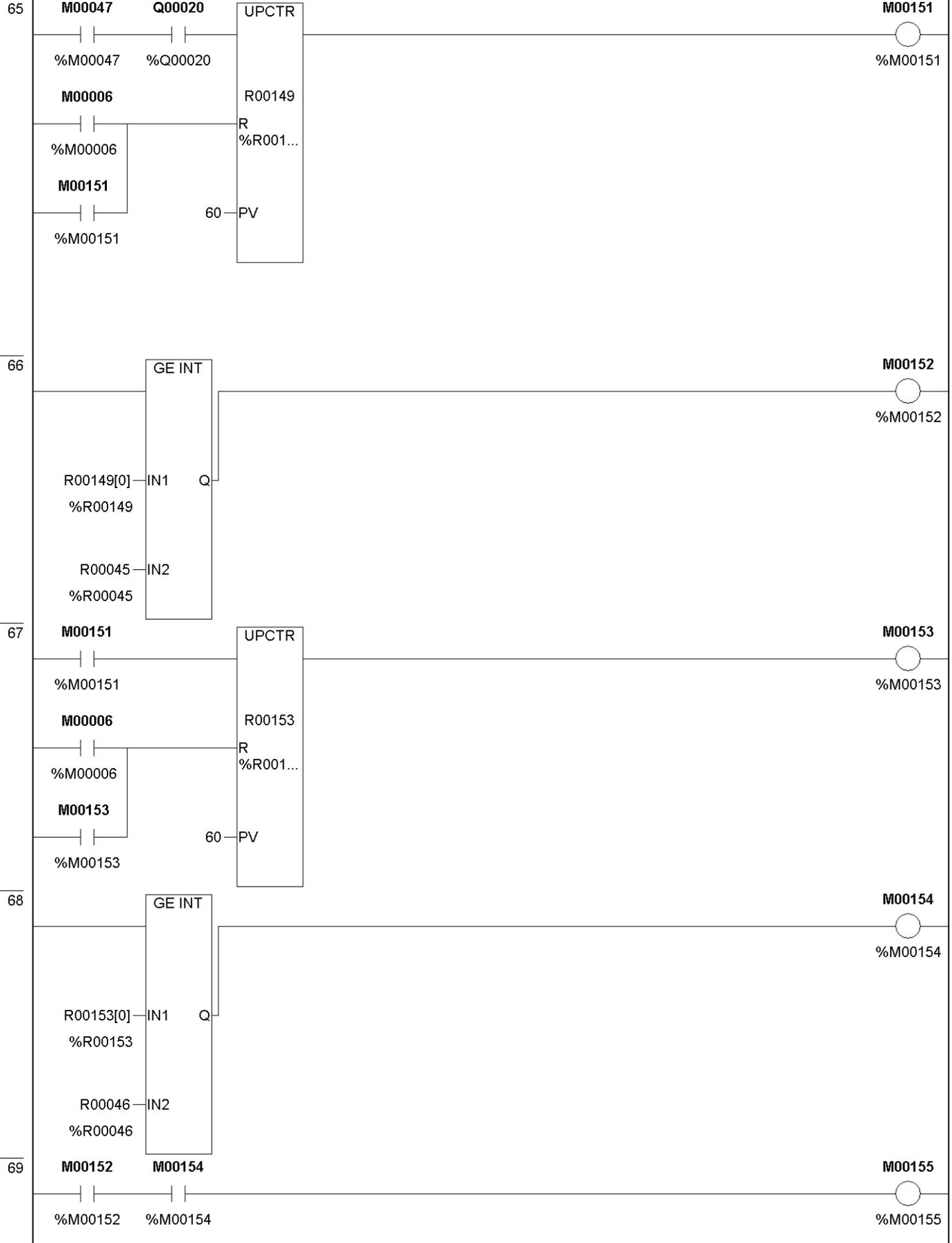


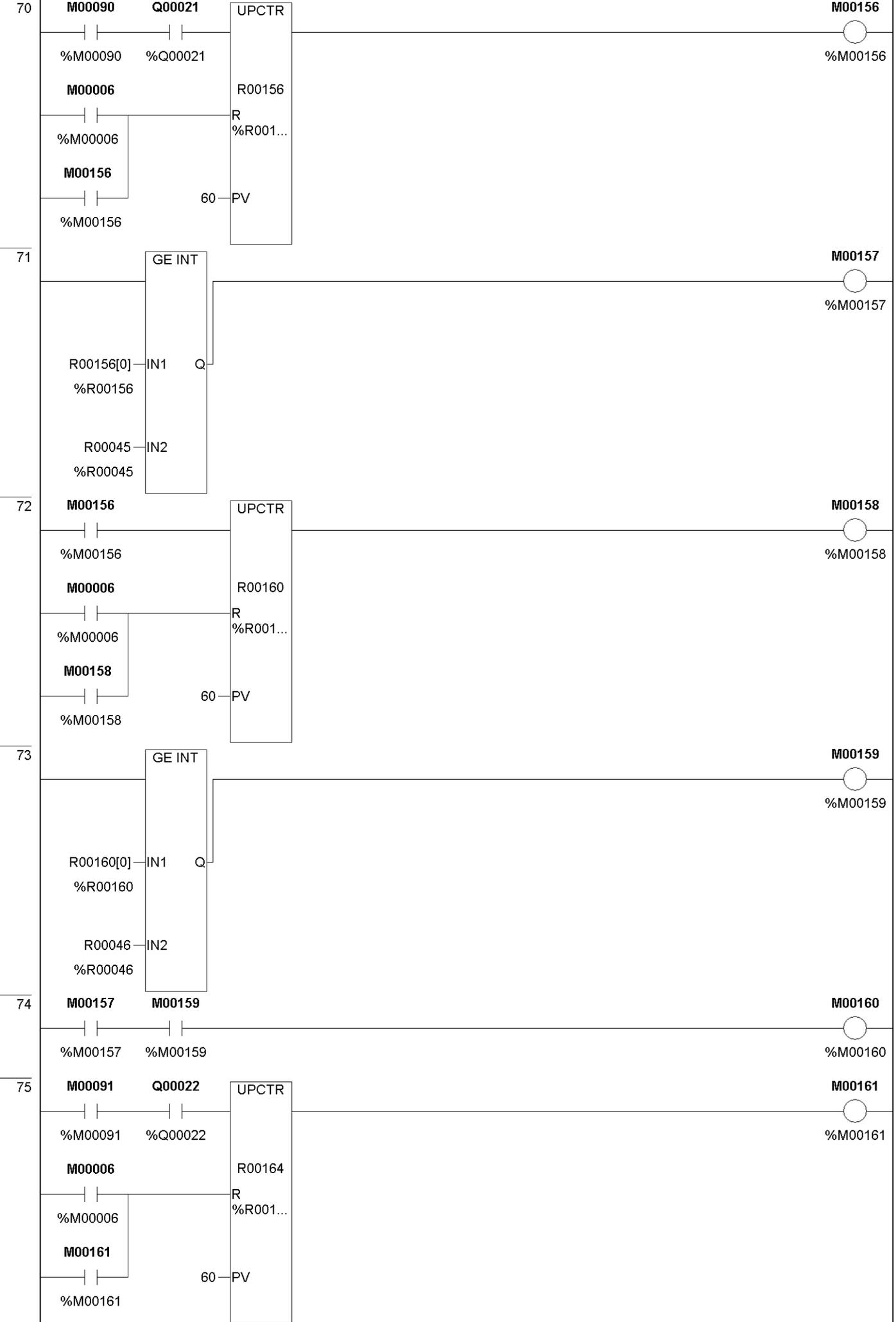


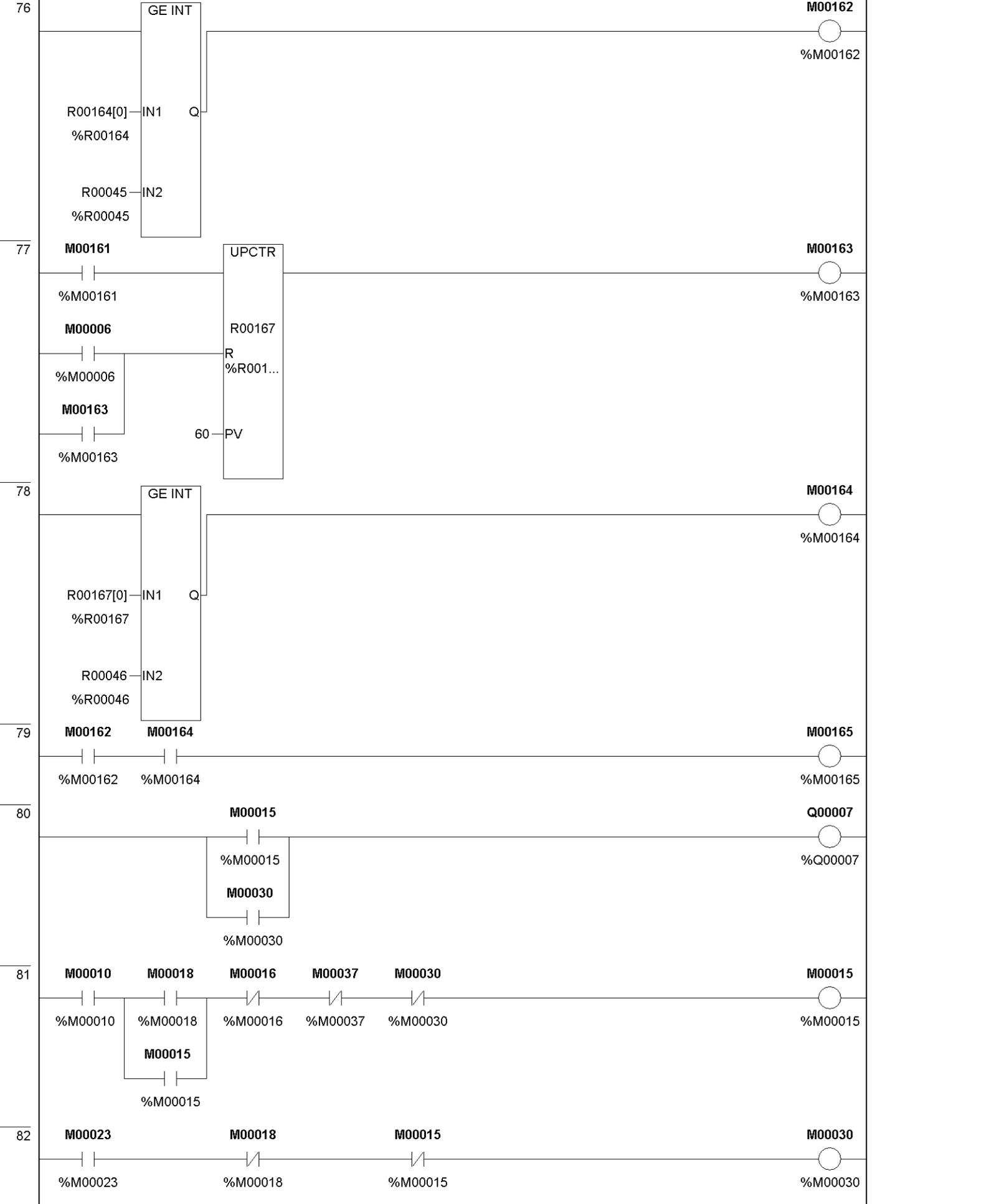


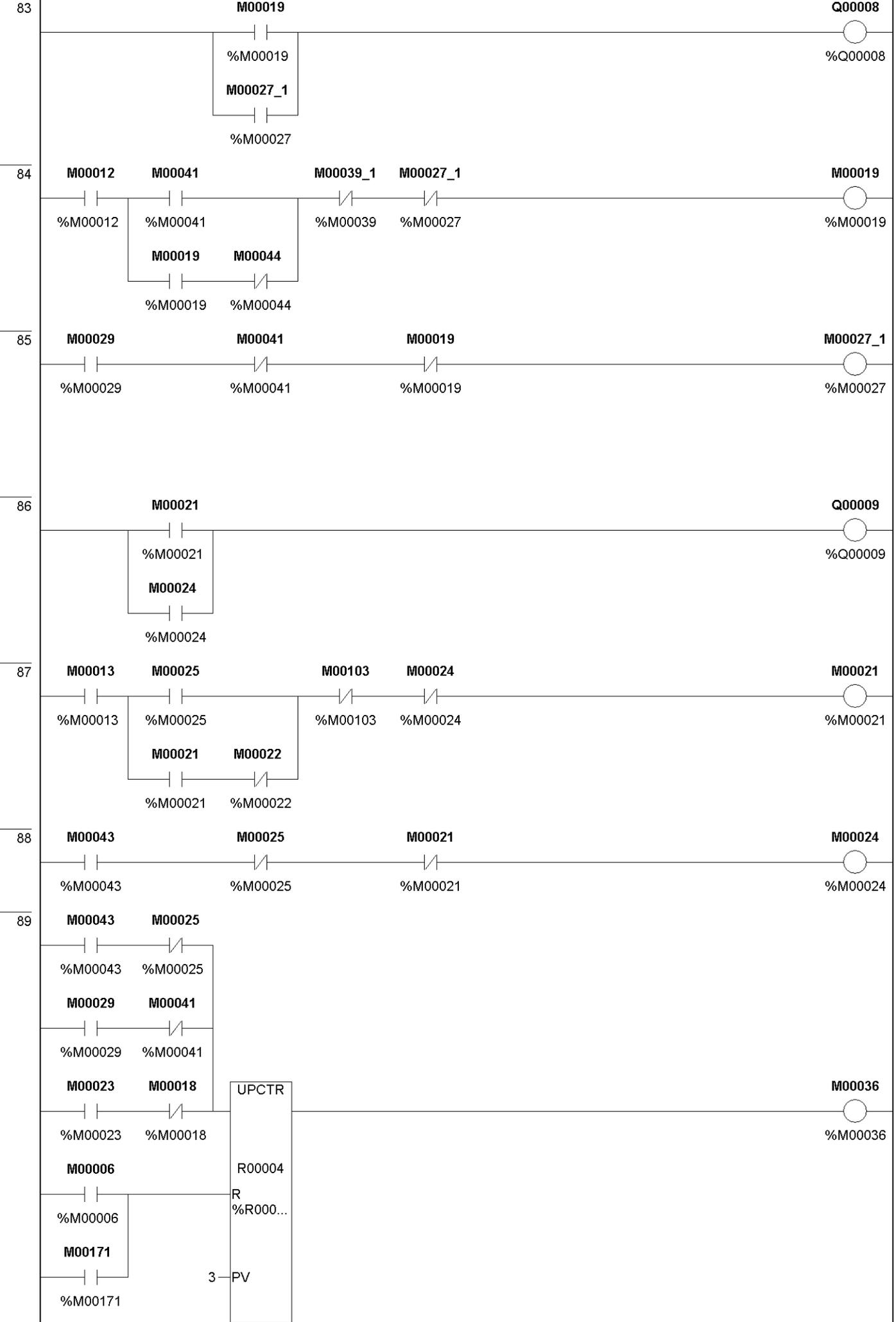


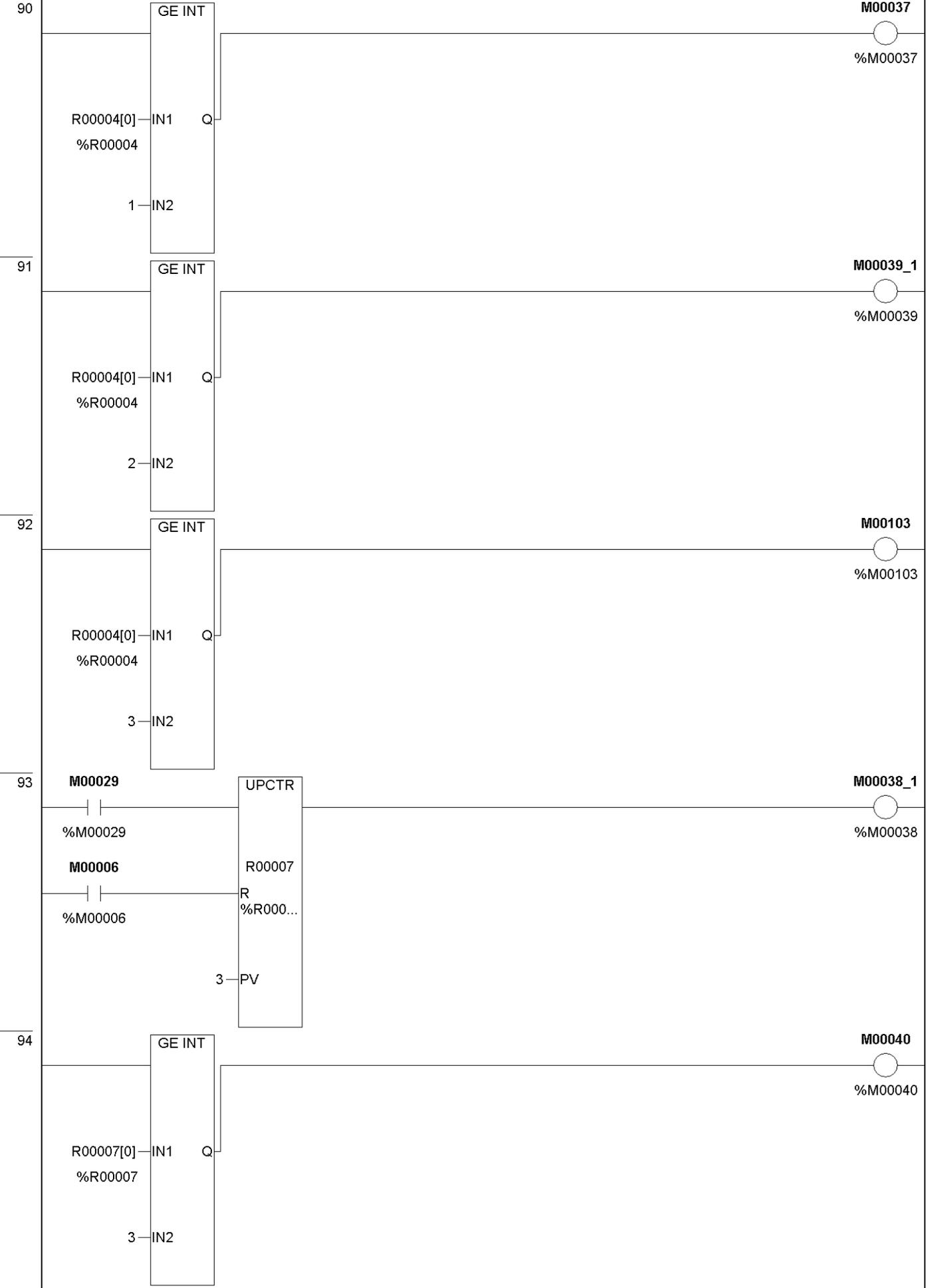


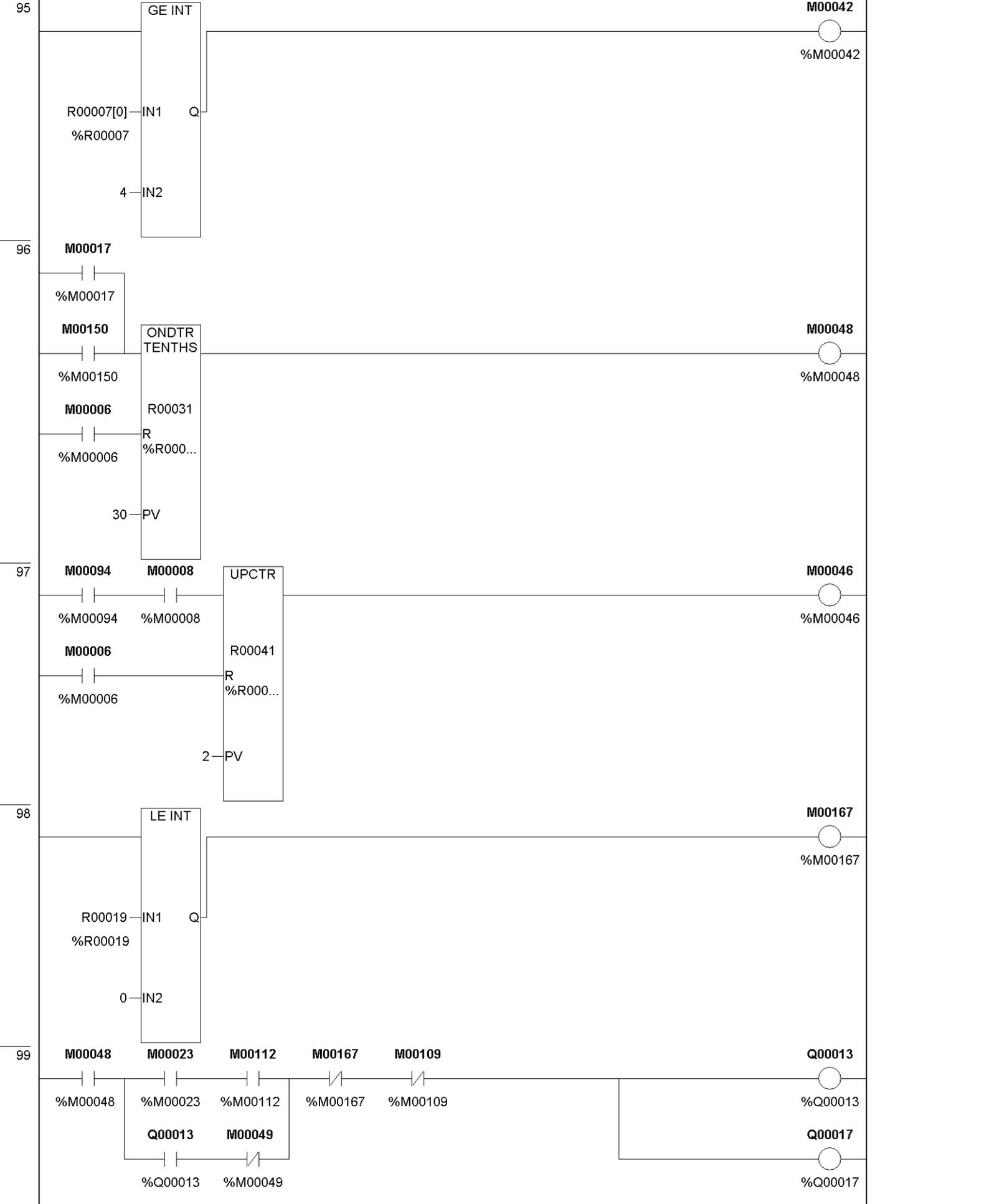


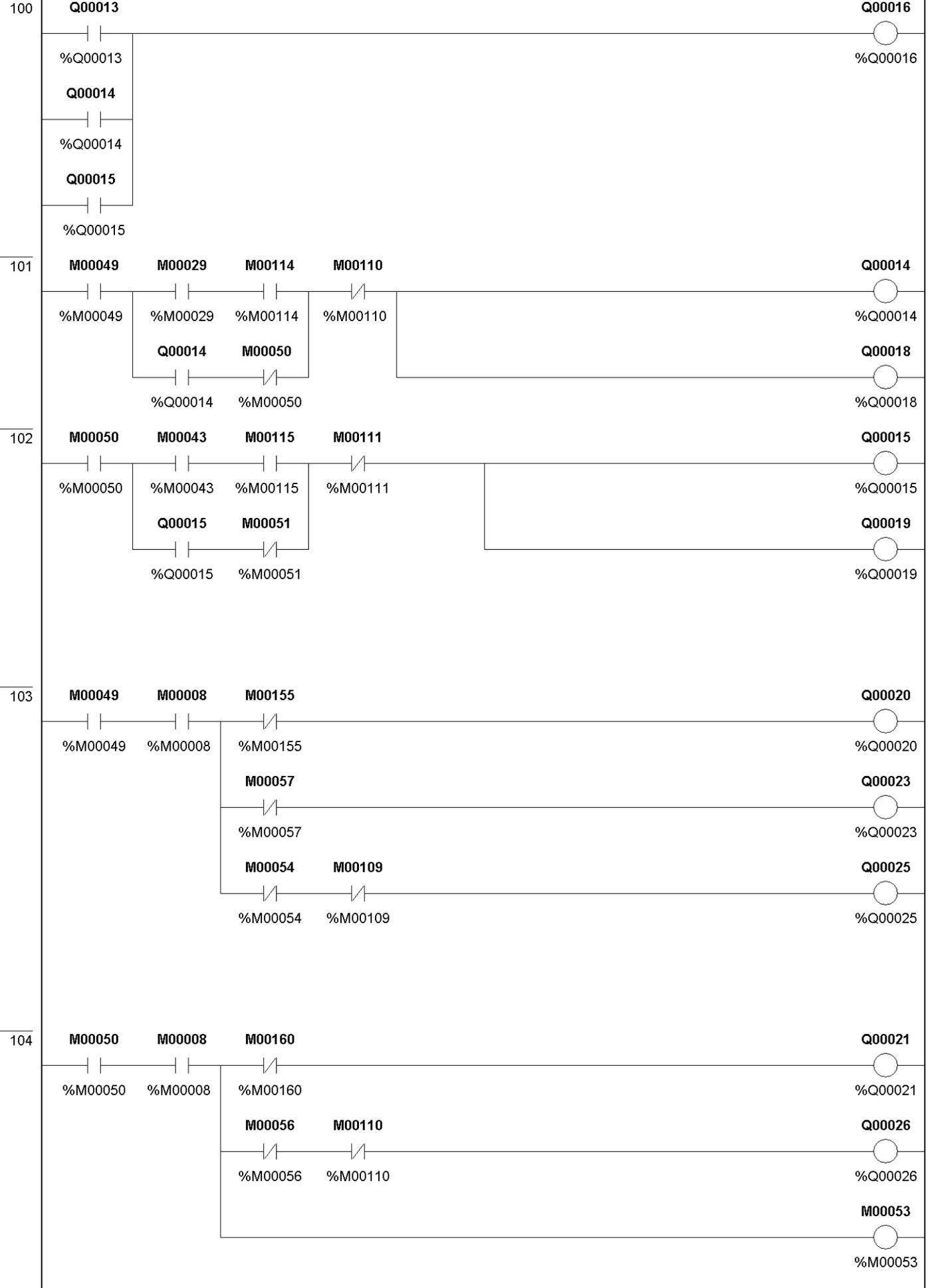


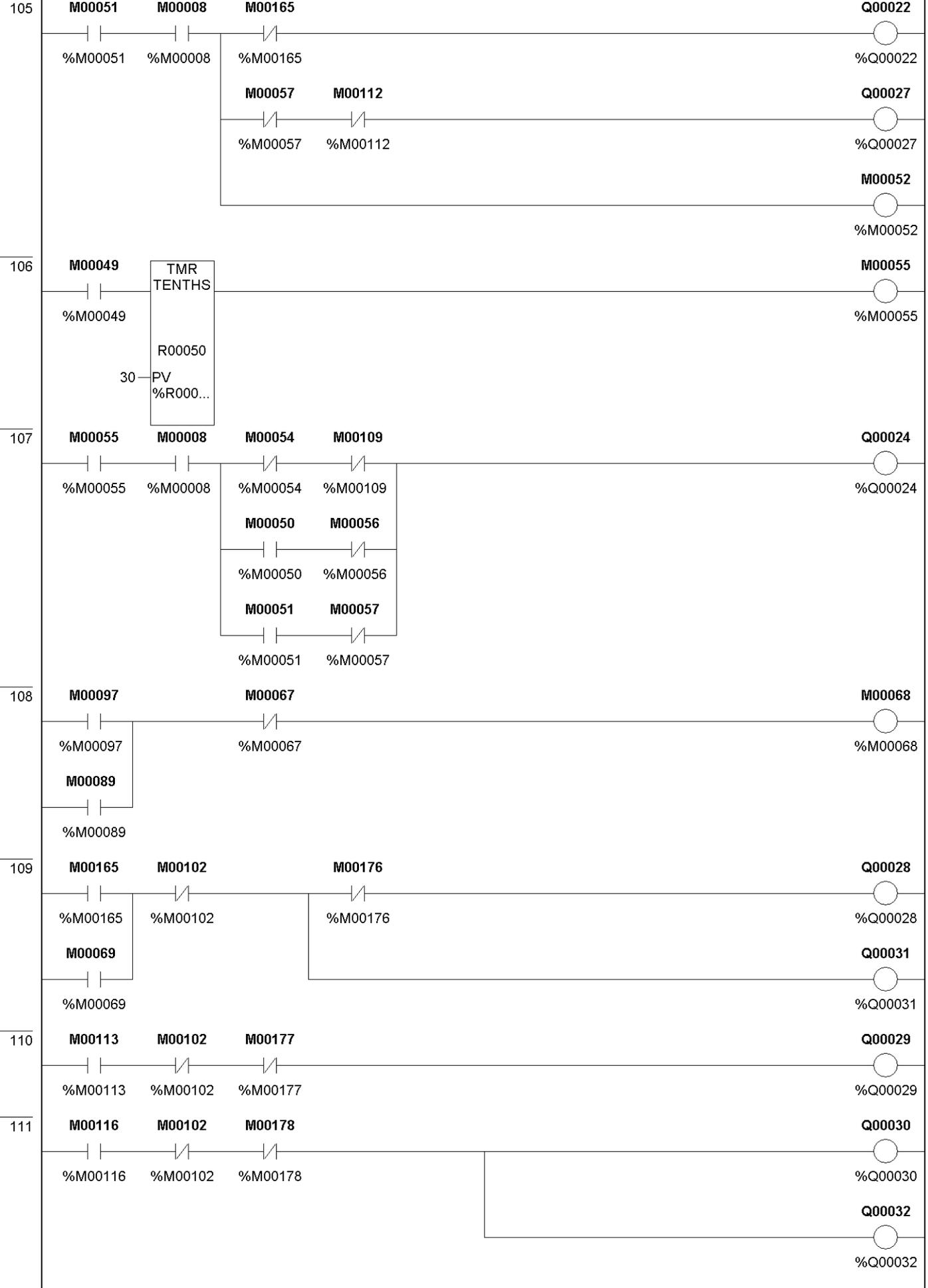


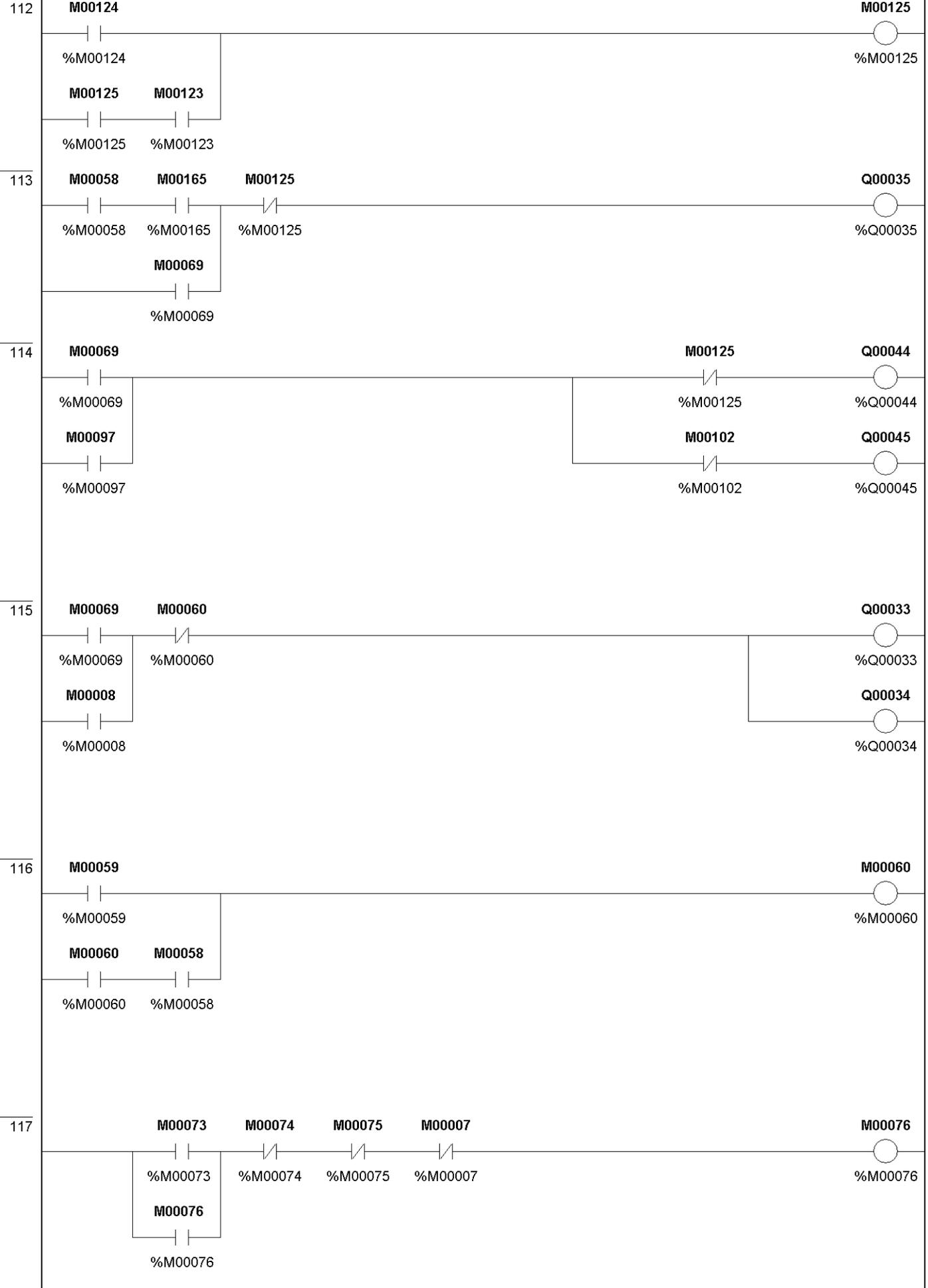


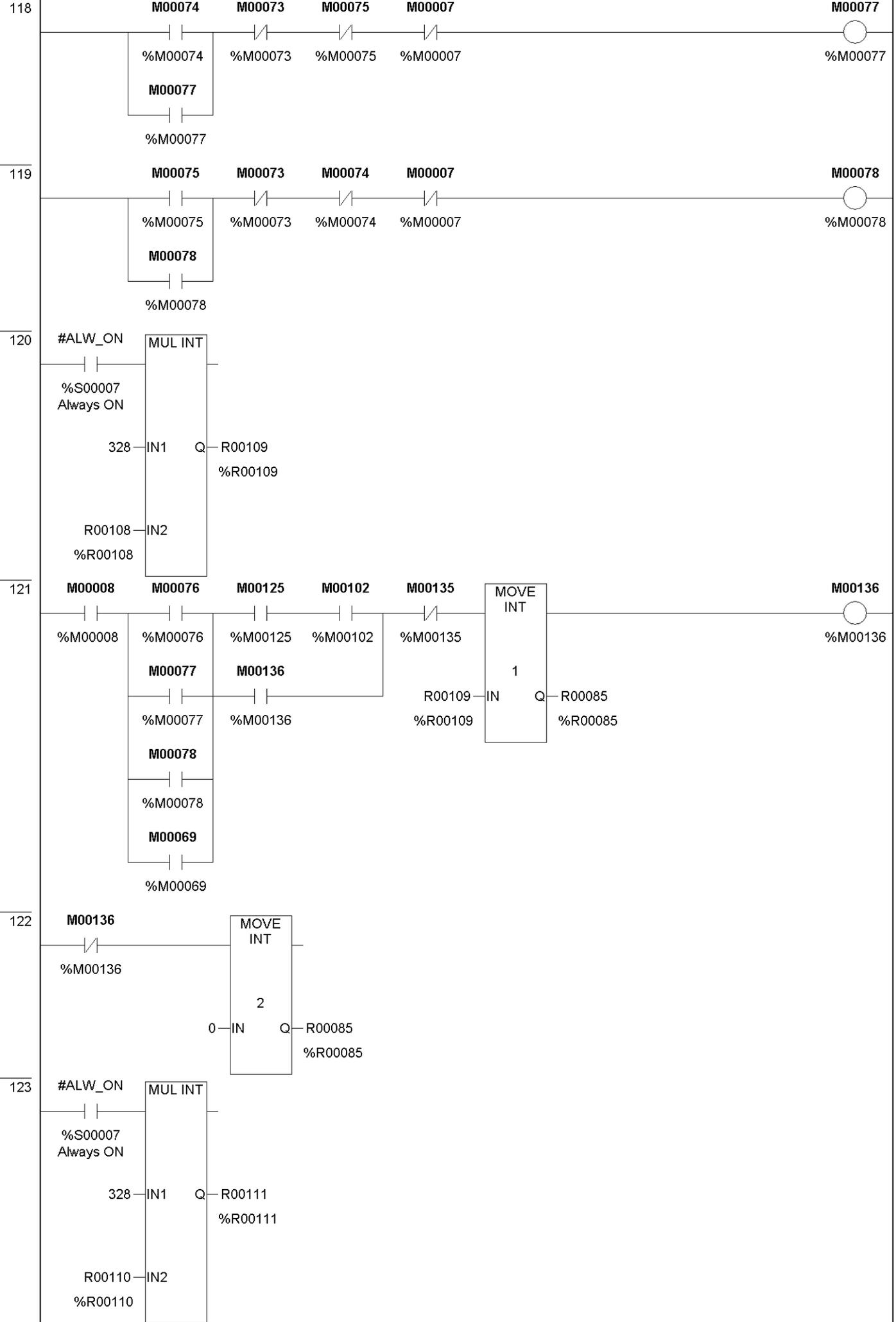


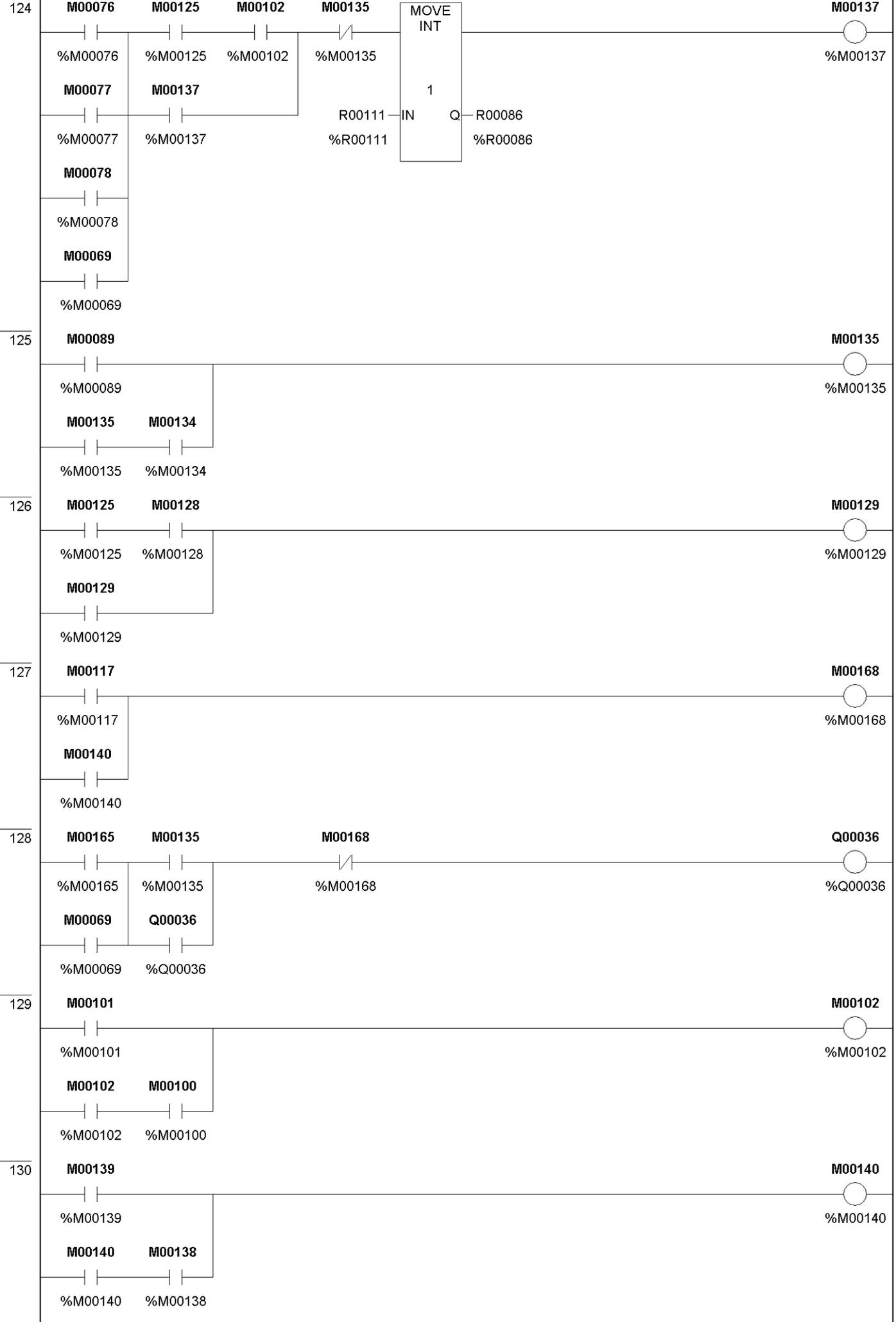


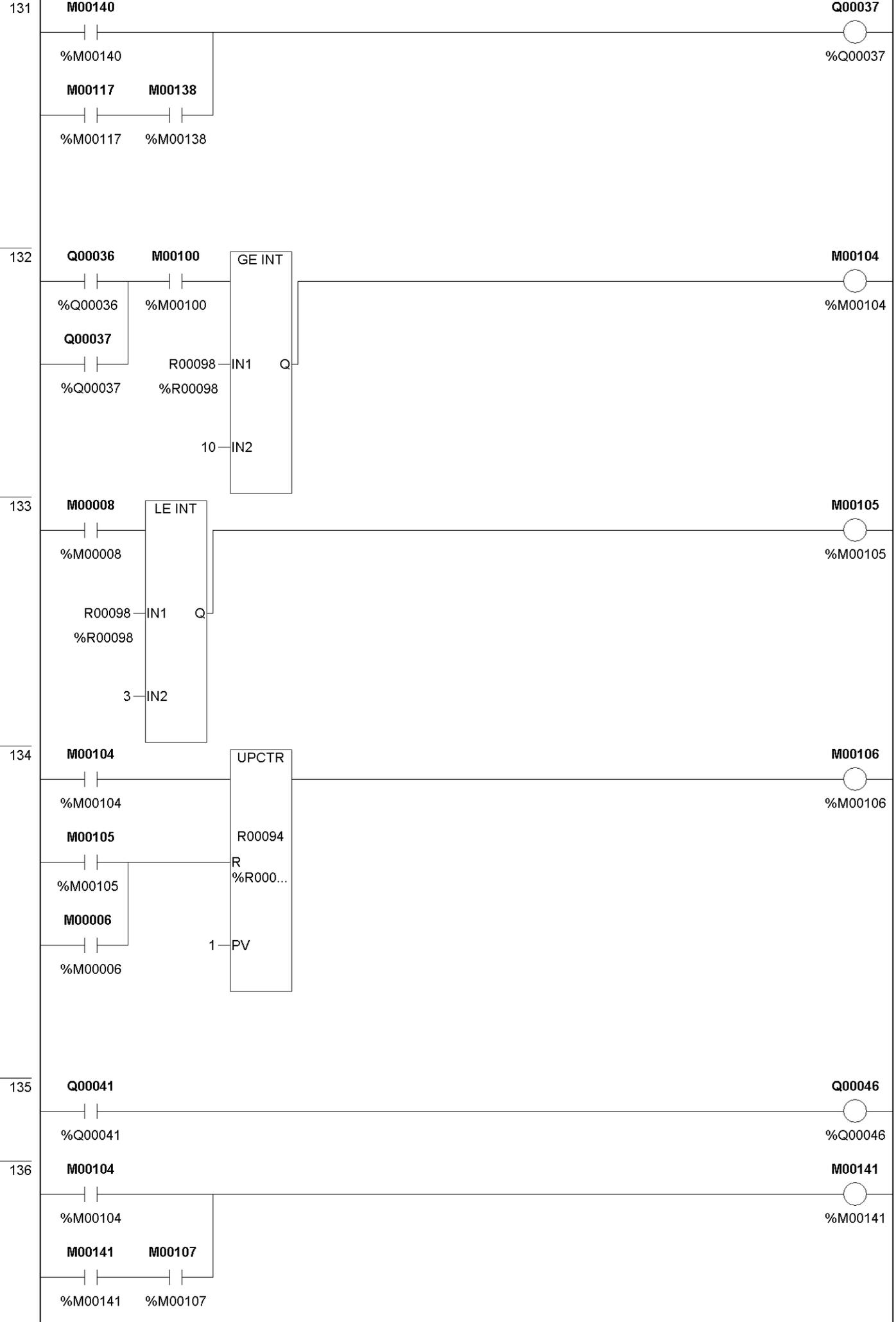


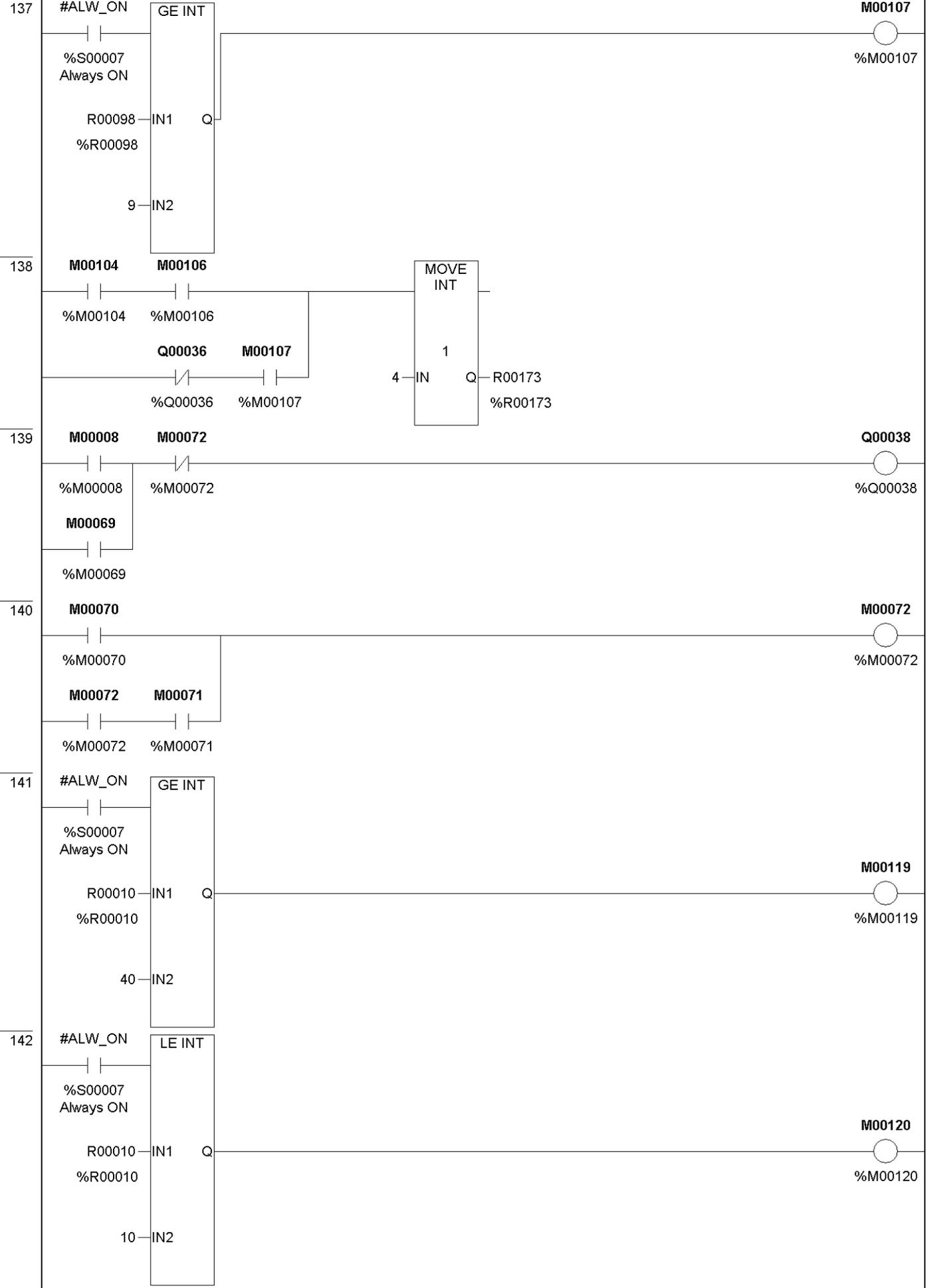


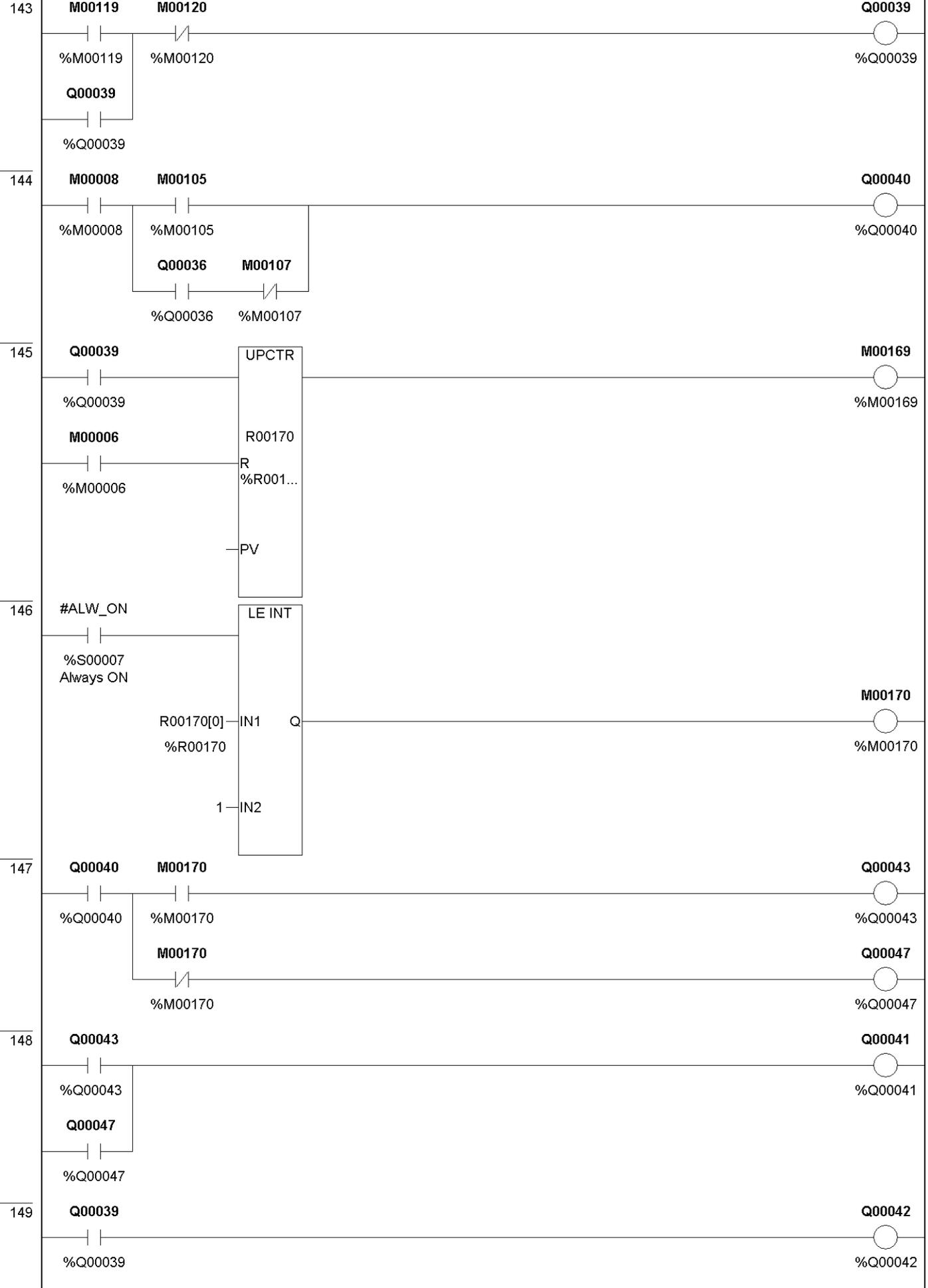


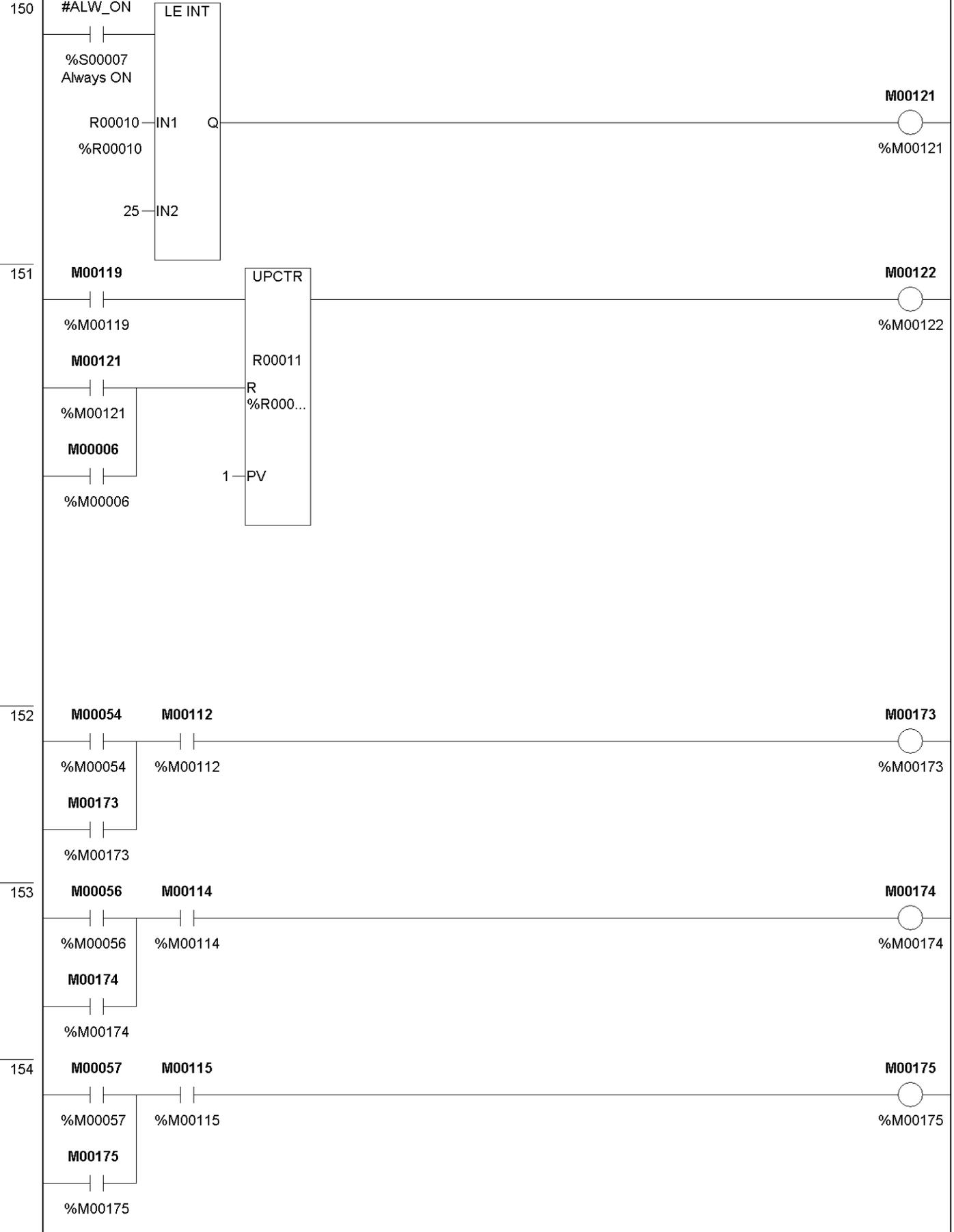


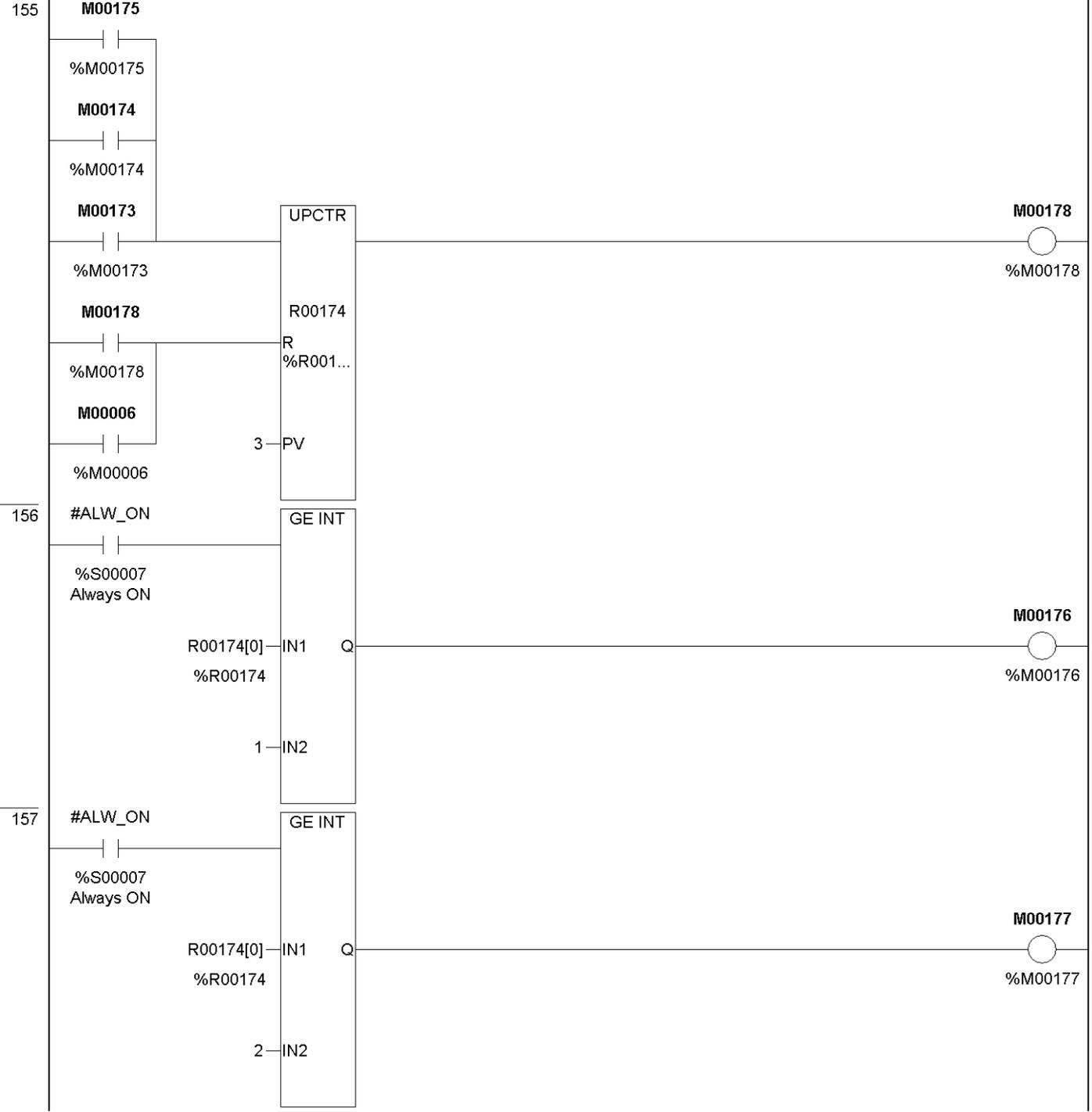












Anexo B3

Diseño de Pantallas

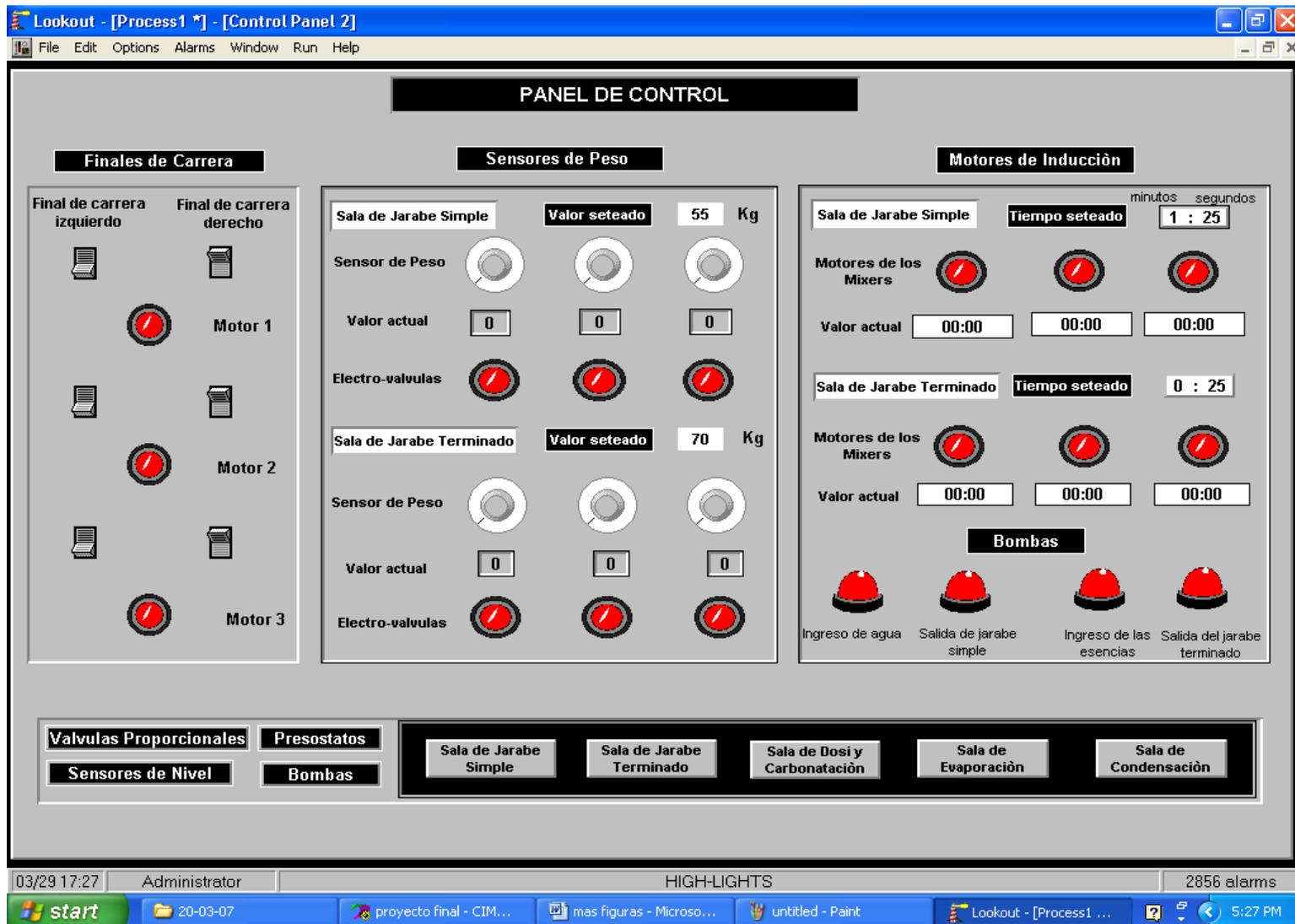


Figura 2.10 Panel de control del proceso

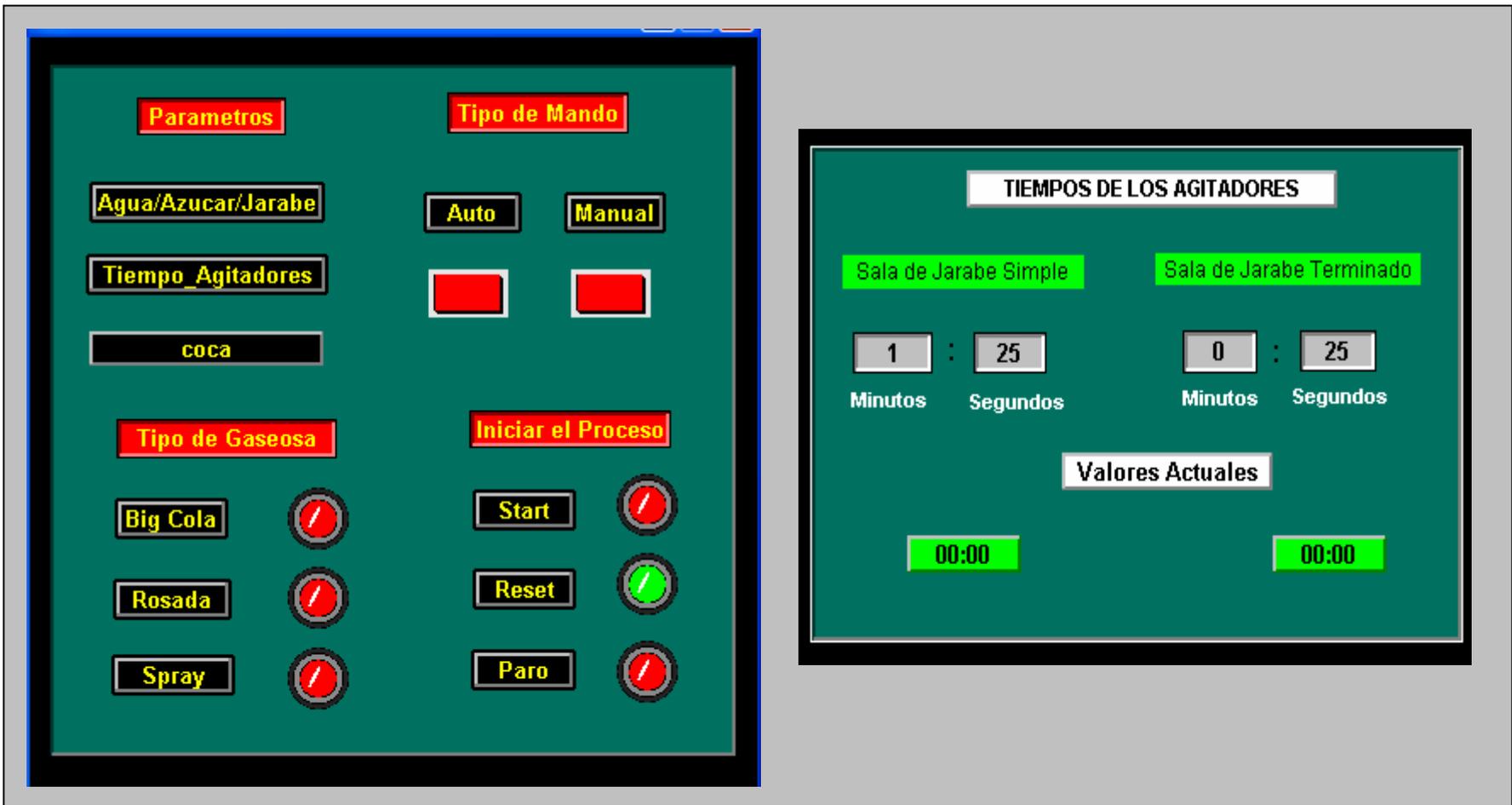


Figura 2.11 Ventana para la ejecución del proceso.

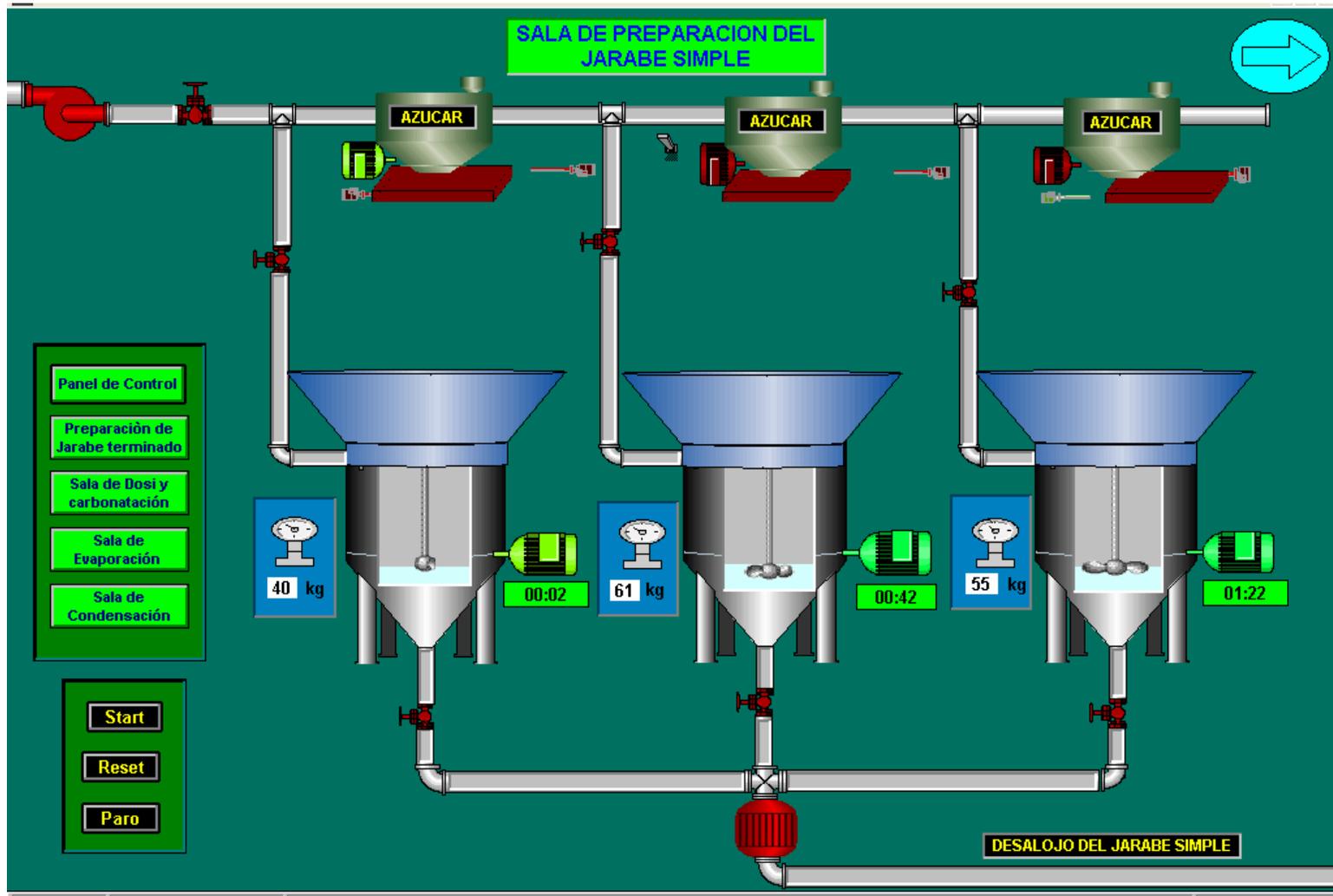


Figura 2.12 Pantalla de elaboraron del jarabe simple.

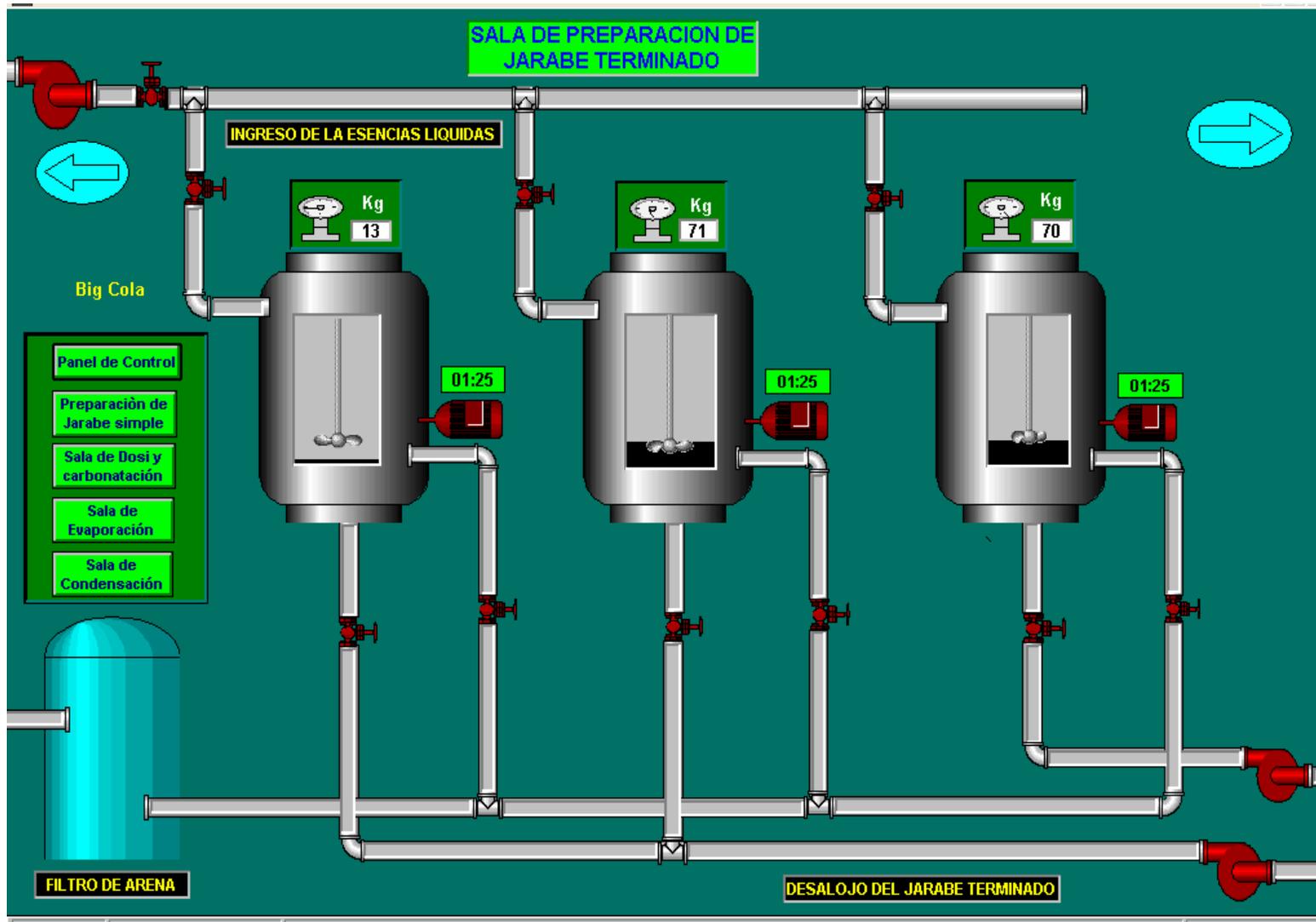


Figura 2.13 Pantalla de elaboración del jarabe Terminado.

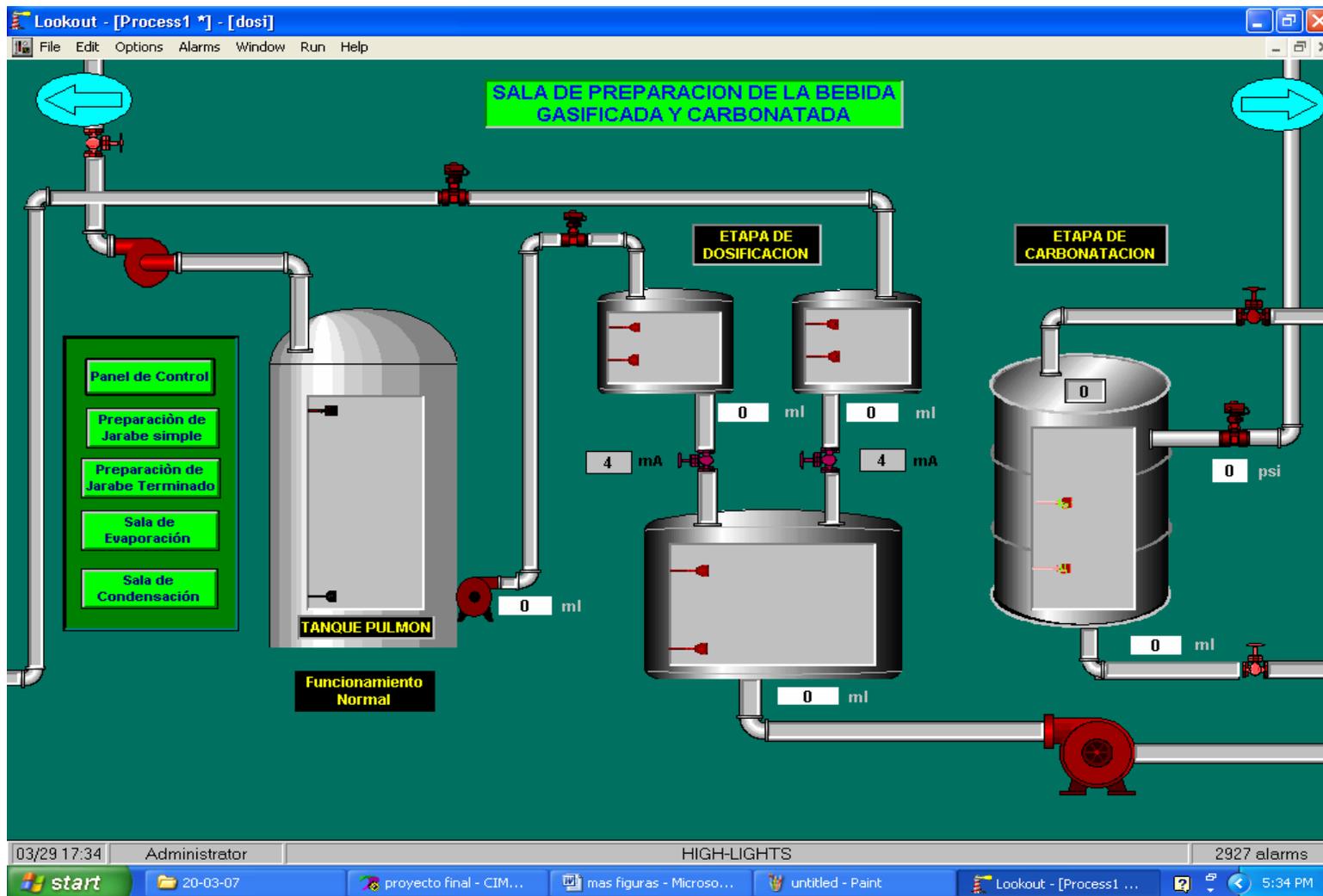


Figura 2.14 Pantalla de Dosificación y Carbonatación

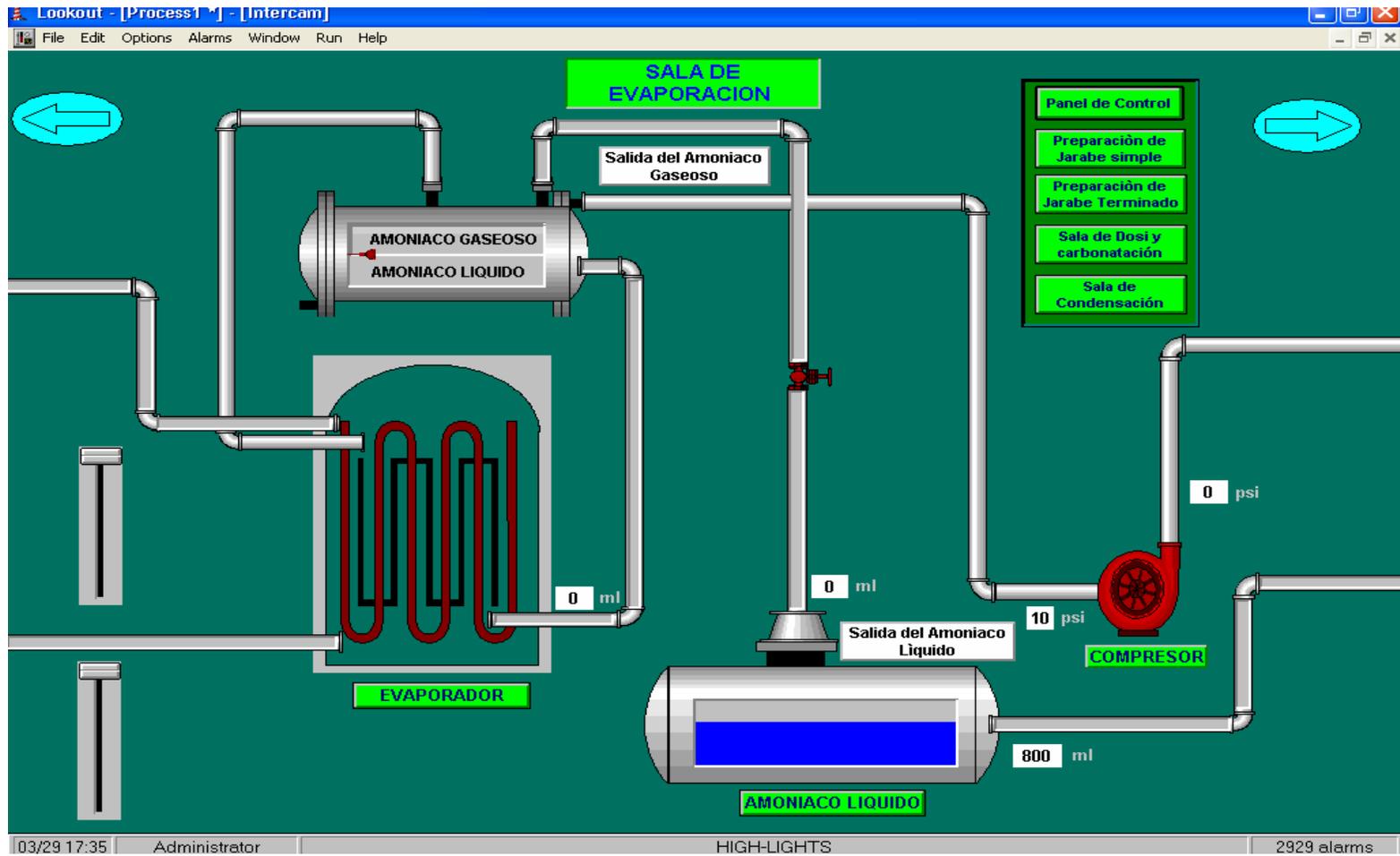


Figura 2.15 Pantalla de Evaporación

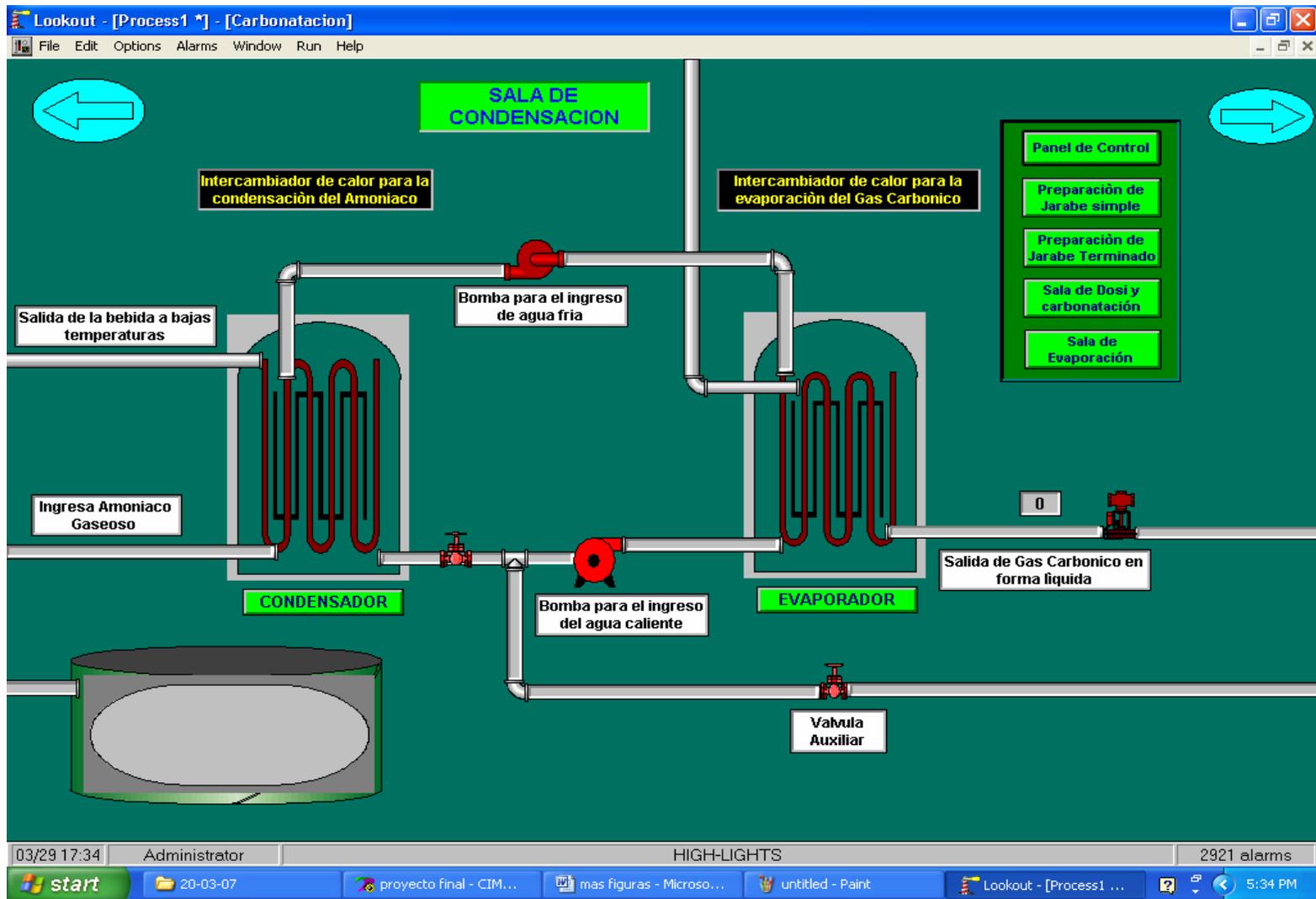


Figura 2.16 Pantalla de condensación.

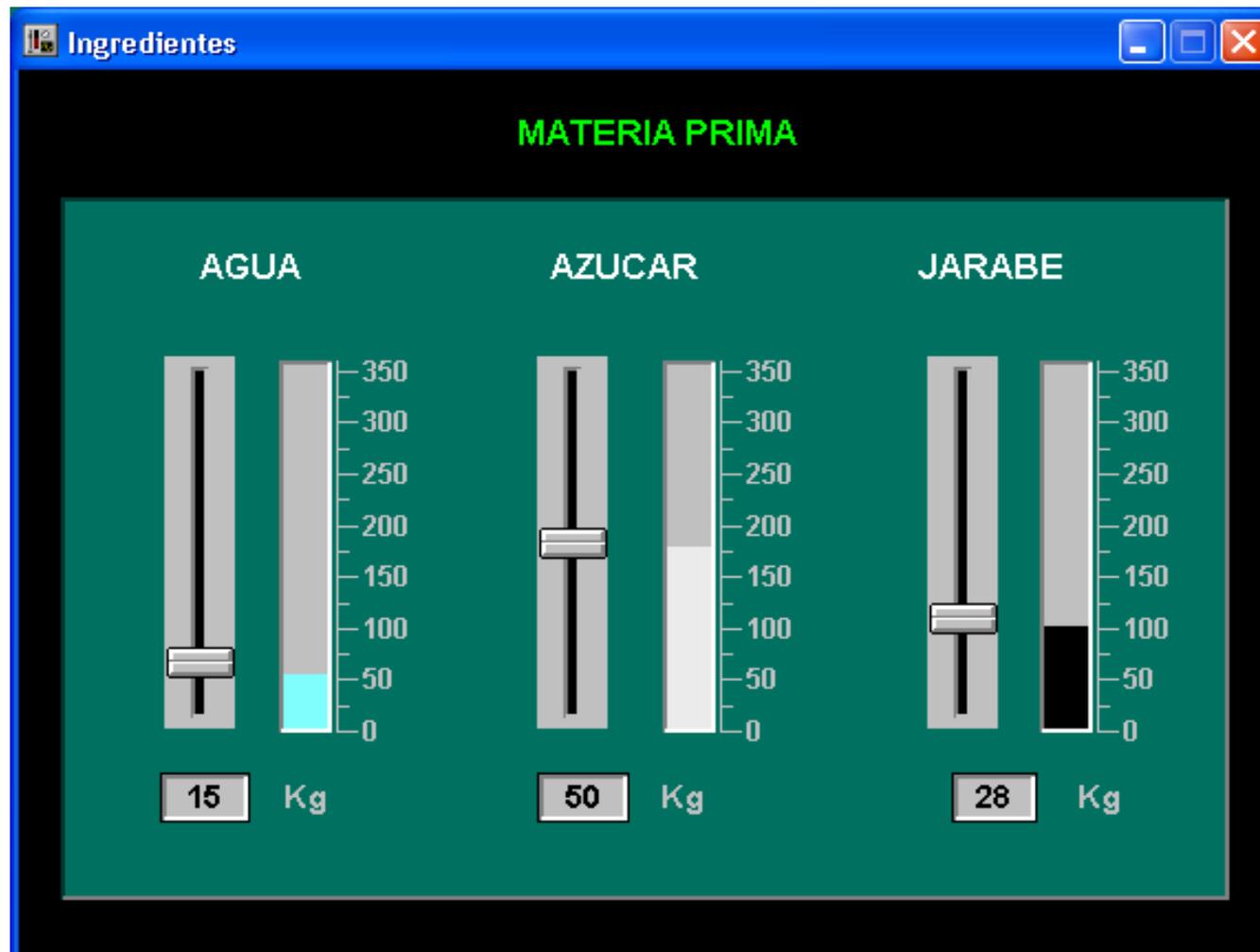


Figura 2.17 Parámetros de selección del proceso.

Anexo C1

**Datasheets de los principales
integrados utilizados en el diseño de la
Tarjeta de Adquisición de Datos.**

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

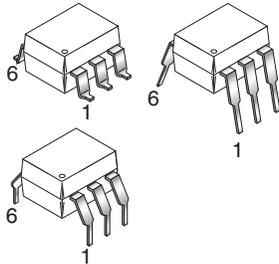
**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

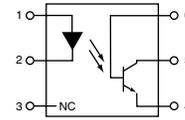
**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

WHITE PACKAGE (-M SUFFIX)

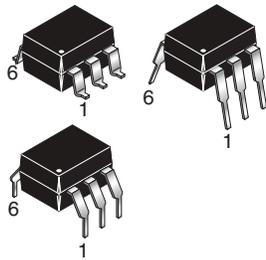


SCHEMATIC



PIN 1. ANODE
2. CATHODE
3. NO CONNECTION
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

BLACK PACKAGE (NO -M SUFFIX)



DESCRIPTION

The general purpose optocouplers consist of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a silicon phototransistor in a 6-pin dual in-line package.

FEATURES

- Also available in white package by specifying -M suffix, eg. 4N25-M
- UL recognized (File # E90700)
- VDE recognized (File # 94766)
 - Add option V for white package (e.g., 4N25V-M)
 - Add option 300 for black package (e.g., 4N25.300)

APPLICATIONS

- Power supply regulators
- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Value	Units
TOTAL DEVICE			
Storage Temperature	T_{STG}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{OPR}	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Wave solder temperature (see page 14 for reflow solder profiles)	T_{SOL}	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250 3.3 (non-M), 2.94 (-M)	mW
EMITTER			
DC/Average Forward Input Current	I_F	100 (non-M), 60 (-M)	mA
Reverse Input Voltage	V_R	6	V
Forward Current - Peak (300 μs , 2% Duty Cycle)	$I_{F(pk)}$	3	A
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	150 (non-M), 120 (-M) 2.0 (non-M), 1.41 (-M)	mW mW/ $^\circ\text{C}$
DETECTOR			
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	V
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	70	V
Emitter-Collector Voltage	V_{ECO}	7	V
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	150 2.0 (non-M), 1.76 (-M)	mW mW/ $^\circ\text{C}$

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Unit
EMITTER						
Input Forward Voltage	($I_F = 10 \text{ mA}$)	V_F		1.18	1.50	V
Reverse Leakage Current	($V_R = 6.0 \text{ V}$)	I_R		0.001	10	μA
DETECTOR						
Collector-Emitter Breakdown Voltage	($I_C = 1.0 \text{ mA}, I_F = 0$)	BV_{CEO}	30	100		V
Collector-Base Breakdown Voltage	($I_C = 100 \mu\text{A}, I_F = 0$)	BV_{CBO}	70	120		V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	($I_E = 100 \mu\text{A}, I_F = 0$)	BV_{ECO}	7	10		V
Collector-Emitter Dark Current	($V_{CE} = 10 \text{ V}, I_F = 0$)	I_{CEO}		1	50	nA
Collector-Base Dark Current	($V_{CB} = 10 \text{ V}$)	I_{CBO}			20	nA
Capacitance	($V_{CE} = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$)	C_{CE}		8		pF

ISOLATION CHARACTERISTICS

Characteristic	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Units
Input-Output Isolation Voltage	(Non '-M', Black Package) ($f = 60 \text{ Hz}, t = 1 \text{ min}$)	V_{ISO}	5300			Vac(rms)
	('M', White Package) ($f = 60 \text{ Hz}, t = 1 \text{ sec}$)		7500			Vac(pk)
Isolation Resistance	($V_{I-O} = 500 \text{ VDC}$)	R_{ISO}	10^{11}			Ω
Isolation Capacitance	($V_{I-O} = \&, f = 1 \text{ MHz}$)	C_{ISO}		0.5		pF
	('M' White Package)			0.2	2	pF

Note

* Typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

SLLS047G – FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

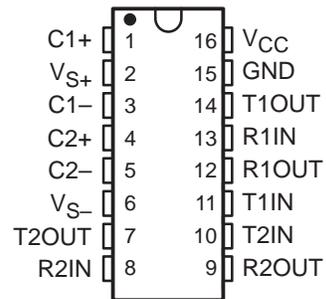
- Operates With Single 5-V Power Supply
- LinBiCMOS™ Process Technology
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers
- ESD Protection Exceeds 2000 V Per MIL-STD-883, Method 3015
- Package Options Include Plastic Small-Outline (D, DW) Packages and Standard Plastic (N) DIPs

description

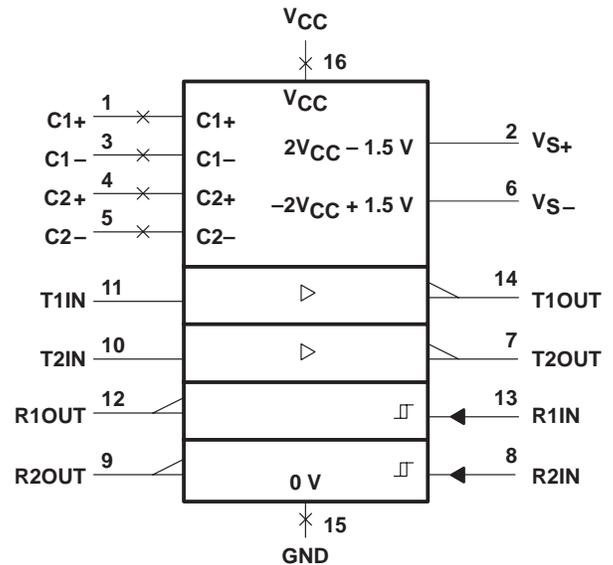
The MAX232 device is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

The MAX232 is characterized for operation from 0°C to 70°C. The MAX232I is characterized for operation from -40°C to 85°C.

D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

AVAILABLE OPTIONS

T _A	PACKAGED DEVICES		
	SMALL OUTLINE (D)	SMALL OUTLINE (DW)	PLASTIC DIP (N)
0°C to 70°C	MAX232D‡	MAX232DW‡	MAX232N
-40°C to 85°C	MAX232ID‡	MAX232IDW‡	MAX232IN

‡ This device is available taped and reeled by adding an R to the part number (i.e., MAX232DR).



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

LinASIC and LinBiCMOS are trademarks of Texas Instruments Incorporated.

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



Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

SLLS047G – FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	.....	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}$	.....	V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	.....	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_I : Driver	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	.....	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	.....	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	.....	113°C/W
DW package	.....	105°C/W
N package	.....	78°C/W
Storage temperature range, T_{stg}	.....	-65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	.....	260°C

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

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}		4.5	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH} (T1IN, T2IN)		2			V
Low-level input voltage, V_{IL} (T1IN, T2IN)				0.8	V
Receiver input voltage, R1IN, R2IN				± 30	V
Operating free-air temperature, T_A	MAX232	0		70	°C
	MAX232I	-40		85	



electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP [†]	MAX	UNIT		
V _{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	R _L = 3 kΩ to GND		5	7	V	
		R1OUT, R2OUT	I _{OH} = -1 mA		3.5			
V _{OL}	Low-level output voltage [‡]	T1OUT, T2OUT	R _L = 3 kΩ to GND		-7	-5	V	
		R1OUT, R2OUT	I _{OL} = 3.2 mA		0.4			
V _{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5 V,	T _A = 25°C	1.7	2.4	V	
V _{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5 V,	T _A = 25°C	0.8	1.2	V	
V _{hys}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5 V		0.2	0.5	1	V
r _i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5,	T _A = 25°C	3	5	7	kΩ
r _o	Output resistance	T1OUT, T2OUT	V _{S+} = V _{S-} = 0, V _O = ± 2 V		300			Ω
I _{OS} [§]	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	V _{CC} = 5.5 V, V _O = 0		±10			mA
I _{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN	V _I = 0				200	μA
I _{CC}	Supply current		V _{CC} = 5.5 V, T _A = 25°C	All outputs open,	8	10		mA

[†] All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

[‡] The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

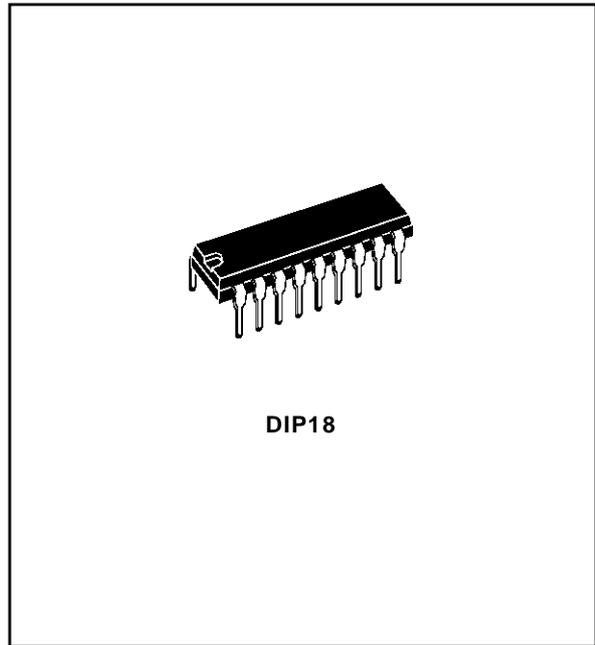
[§] Not more than one output should be shorted at a time.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t _{PLH(R)}	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	See Figure 1		500		ns
t _{PHL(R)}	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	See Figure 1		500		ns
SR	Driver slew rate	R _L = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/μs
SR(tr)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/μs

EIGHT DARLINGTON ARRAYS

- EIGHT DARLINGTONS WITH COMMON EMITTERS
- OUTPUT CURRENT TO 500 mA
- OUTPUT VOLTAGE TO 50 V
- INTEGRAL SUPPRESSION DIODES
- VERSIONS FOR ALL POPULAR LOGIC FAMILIES
- OUTPUT CAN BE PARALLELED
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY BOARD LAYOUT



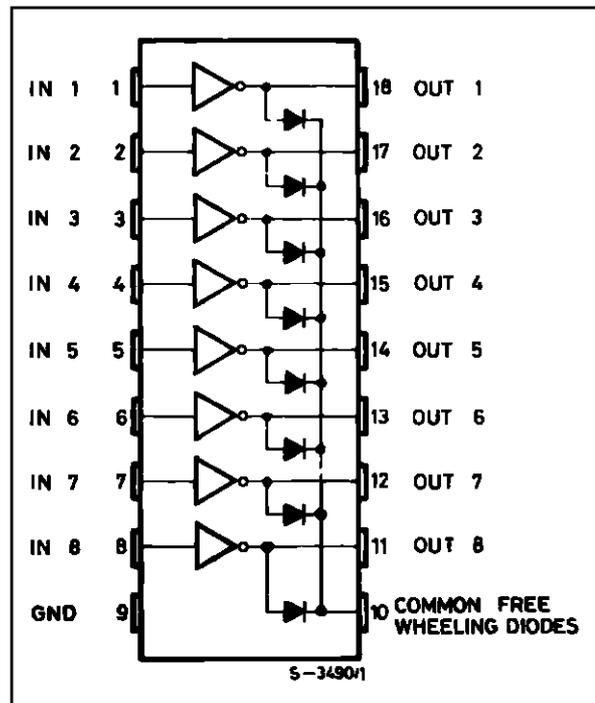
DESCRIPTION

The ULN2801A-ULN2805A each contain eight darlington transistors with common emitters and integral suppression diodes for inductive loads. Each darlington features a peak load current rating of 600mA (500mA continuous) and can withstand at least 50V in the off state. Outputs may be paralleled for higher current capability.

Five versions are available to simplify interfacing to standard logic families: the ULN2801A is designed for general purpose applications with a current limit resistor; the ULN2802A has a 10.5kΩ input resistor and zener for 14-25V PMOS; the ULN2803A has a 2.7kΩ input resistor for 5V TTL and CMOS; the ULN2804A has a 10.5kΩ input resistor for 6-15V CMOS and the ULN2805A is designed to sink a minimum of 350mA for standard and Schottky TTL where higher output current is required.

All types are supplied in a 18-lead plastic DIP with a copper lead from and feature the convenient input-opposite-output pinout to simplify board layout.

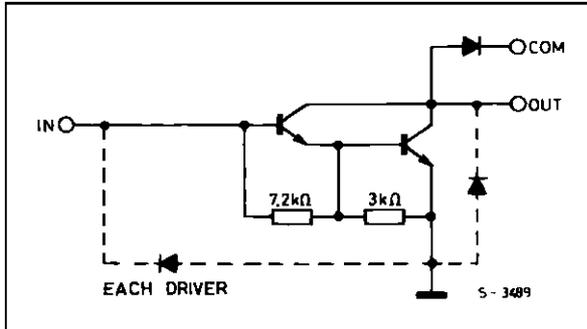
PIN CONNECTION (top view)



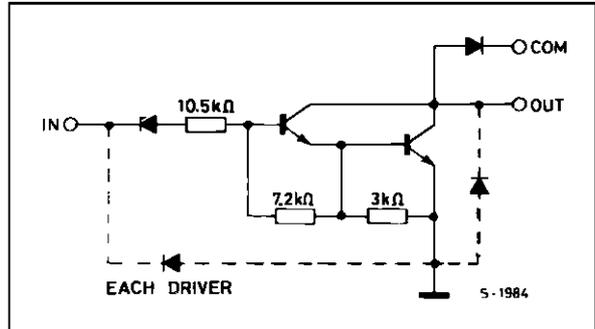
ULN2801A - ULN2802A - ULN2803A - ULN2804A - ULN2805A

SCHEMATIC DIAGRAM AND ORDER CODES

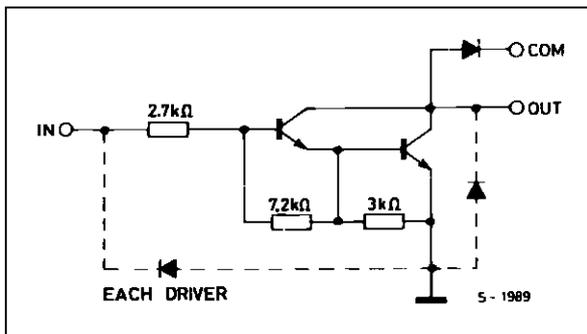
For ULN2801A (each driver for PMOS-CMOS)



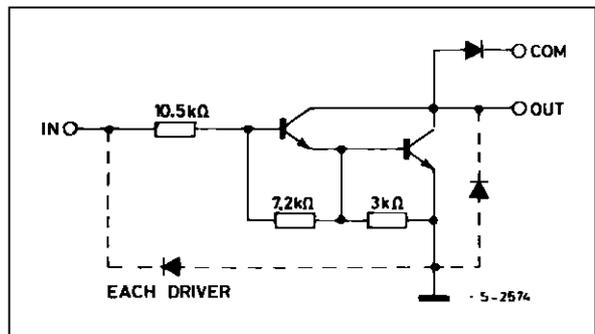
For ULN2802A (each driver for 14-15 V PMOS)



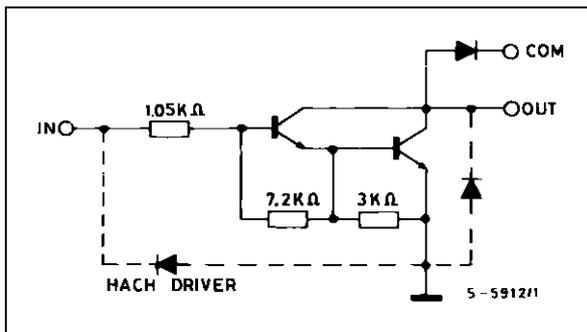
For ULN2803A (each driver for 5 V, TTL/CMOS)



For ULN2804A (each driver for 6-15 V CMOS/PMOS)



For ULN2805A (each driver for high out TTL)



ULN2801A - ULN2802A - ULN2803A - ULN2804A - ULN2805A

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_i	Input Voltage for ULN2802A, UL2803A, ULN2804A for ULN2805A	30 15	V
I_C	Continuous Collector Current	500	mA
I_B	Continuous Base Current	25	mA
P_{tot}	Power Dissipation (one Darlington pair) (total package)	1.0 2.25	W
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	- 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	- 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature Range	- 20 to 150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	Value	Unit
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 55	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	$V_{CE} = 50\text{V}$ $T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$, $V_{CE} = 50\text{V}$ $T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$ for ULN2802A $V_{CE} = 50\text{V}$, $V_i = 6\text{V}$ for ULN2804A $V_{CE} = 50\text{V}$, $V_i = 1\text{V}$			50 100 500 500	μA μA μA μA	1a 1a 1b 1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 100\text{mA}$, $I_B = 250\mu\text{A}$ $I_C = 200\text{mA}$, $I_B = 350\mu\text{A}$ $I_C = 350\text{mA}$, $I_B = 500\mu\text{A}$		0.9 1.1 1.3	1.1 1.3 1.6	V V V	2
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2802A $V_i = 17\text{V}$ for ULN2803A $V_i = 3.85\text{V}$ for ULN2804A $V_i = 5\text{V}$ for ULN2805A $V_i = 12\text{V}$ $V_i = 3\text{V}$		0.82 0.93 0.35 1 1.5	1.25 1.35 0.5 1.45 2.4	mA mA mA mA mA	3
$I_{i(off)}$	Input Current	$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$, $I_C = 500\mu\text{A}$	50	65		μA	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}$ for ULN2802A $I_C = 300\text{mA}$ for ULN2803A $I_C = 200\text{mA}$ $I_C = 250\text{mA}$ $I_C = 300\text{mA}$ for ULN2804A $I_C = 125\text{mA}$ $I_C = 200\text{mA}$ $I_C = 275\text{mA}$ $I_C = 350\text{mA}$ for ULN2805A $I_C = 350\text{mA}$			13 2.4 2.7 3 5 6 7 8 2.4	V V V V V V V V V	5
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2801A $V_{CE} = 2\text{V}$, $I_C = 350\text{mA}$	1000			-	2
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	-
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	-
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	-
I_R	Clamp Diode Leakage Current	$V_R = 50\text{V}$ $T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$, $V_R = 50\text{V}$			50 100	μA μA	6 6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	$I_F = 350\text{mA}$		1.7	2	V	7

TLC7528C, TLC7528E, TLC7528I DUAL 8-BIT MULTIPLYING DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTERS

SLAS062C – JANUARY 1987 – REVISED SEPTEMBER 2000

- Easily Interfaced to Microprocessors
- On-Chip Data Latches
- Monotonic Over the Entire A/D Conversion Range
- Interchangeable With Analog Devices AD7528 and PMI PM-7528
- Fast Control Signaling for Digital Signal Processor (DSP) Applications Including Interface With TMS320
- Voltage-Mode Operation
- CMOS Technology

KEY PERFORMANCE SPECIFICATIONS	
Resolution	8 bits
Linearity Error	1/2 LSB
Power Dissipation at $V_{DD} = 5\text{ V}$	20 mW
Settling Time at $V_{DD} = 5\text{ V}$	100 ns
Propagation Delay Time at $V_{DD} = 5\text{ V}$	80 ns

description

The TLC7528C, TLC7528E, and TLC7528I are dual, 8-bit, digital-to-analog converters designed with separate on-chip data latches and feature exceptionally close DAC-to-DAC matching. Data is transferred to either of the two DAC data latches through a common, 8-bit, input port. Control input $\overline{\text{DACA/DACB}}$ determines which DAC is to be loaded. The load cycle of these devices is similar to the write cycle of a random-access memory, allowing easy interface to most popular microprocessor buses and output ports. Segmenting the high-order bits minimizes glitches during changes in the most significant bits, where glitch impulse is typically the strongest.

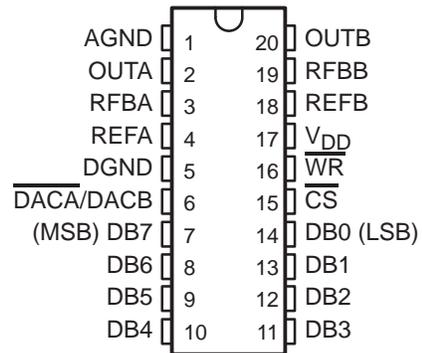
These devices operate from a 5-V to 15-V power supply and dissipates less than 15 mW (typical). The 2- or 4-quadrant multiplying makes these devices a sound choice for many microprocessor-controlled gain-setting and signal-control applications. It can be operated in voltage mode, which produces a voltage output rather than a current output. Refer to the typical application information in this data sheet.

The TLC7528C is characterized for operation from 0°C to 70°C. The TLC7528I is characterized for operation from -25°C to 85°C. The TLC7528E is characterized for operation from -40°C to 85°C.

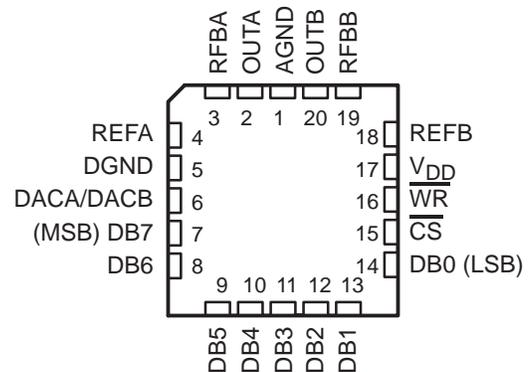
AVAILABLE OPTIONS

T_A	PACKAGE			
	SMALL OUTLINE (DW)	CHIP CARRIER (FN)	PLASTIC DIP (N)	SMALL OUTLINE (PW)
0°C to 70°C	TLC7528CDW	TLC7528CFN	TLC7528CN	TLC7528CPW
-25°C to 85°C	TLC7528IDW	TLC7528IFN	TLC7528IN	TLC7528IPW
-40°C to 85°C	TLC7528EDW	TLC7528EFN	TLC7528EN	TLC7528EPW

DW, N OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



FN PACKAGE
(TOP VIEW)



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

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

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

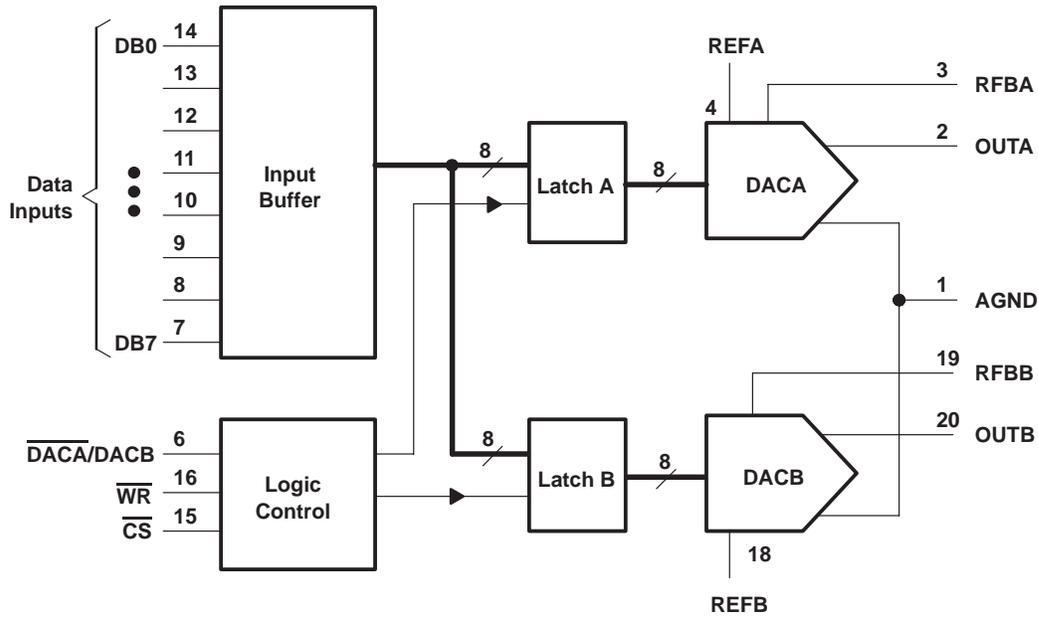
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2000, Texas Instruments Incorporated

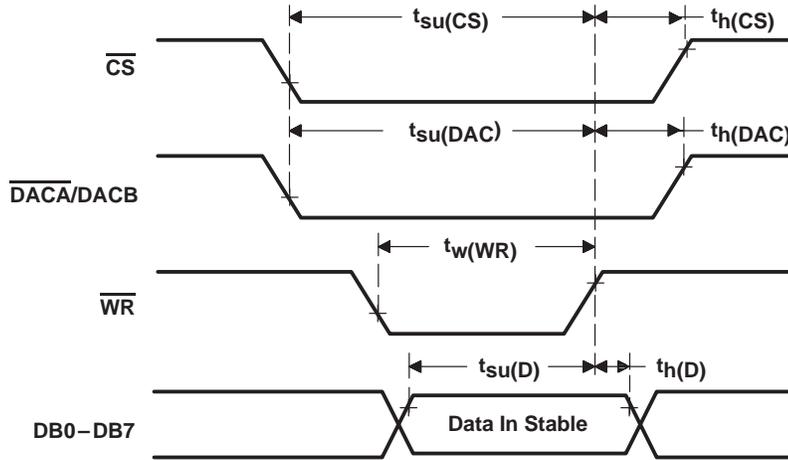
TLC7528C, TLC7528E, TLC7528I
DUAL 8-BIT MULTIPLYING
DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTERS

SLAS062C – JANUARY 1987 – REVISED SEPTEMBER 2000

functional block diagram



operating sequence



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage range, V_{DD} (to AGND or DGND)	-0.3 V to 16.5 V
Voltage between AGND and DGND	$\pm V_{DD}$
Input voltage range, V_I (to DGND)	-0.3 V to $V_{DD} + 0.3$
Reference voltage, V_{refA} or V_{refB} (to AGND)	± 25 V
Feedback voltage V_{RFBA} or V_{RFBB} (to AGND)	± 25 V
Input voltage (voltage mode out A, out B to AGND)	-0.3 V to $V_{DD} + 0.3$
Output voltage, V_{OA} or V_{OB} (to AGND)	± 25 V
Peak input current	10 μ A
Operating free-air temperature range, T_A : TLC7528C	0°C to 70°C
TLC7528I	-25°C to 85°C
TLC7528E	-40°C to 85°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C
Case temperature for 10 seconds, T_C : FN package	260°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: DW or N package	260°C

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

recommended operating conditions

	$V_{DD} = 4.75$ V to 5.25 V			$V_{DD} = 14.5$ V to 15.5 V			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Reference voltage, V_{refA} or V_{refB}	±10			±10			V
High-level input voltage, V_{IH}	2.4			13.5			V
Low-level input voltage, V_{IL}	0.8			1.5			V
\overline{CS} setup time, $t_{su}(CS)$	50			50			ns
\overline{CS} hold time, $t_h(CS)$	0			0			ns
DAC select setup time, $t_{su}(DAC)$	50			50			ns
DAC select hold time, $t_h(DAC)$	10			10			ns
Data bus input setup time $t_{su}(D)$	25			25			ns
Data bus input hold time $t_h(D)$	10			10			ns
Pulse duration, \overline{WR} low, $t_w(WR)$	50			50			ns
Operating free-air temperature, T_A	TLC7628C	0		70		70	°C
	TLC7628I	-25		85		85	
	TLC7628E	-40		85		85	

TLC7528C, TLC7528E, TLC7528I
DUAL 8-BIT MULTIPLYING
DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTERS

SLAS062C – JANUARY 1987 – REVISED SEPTEMBER 2000

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range,
 $V_{refA} = V_{refB} = 10\text{ V}$, V_{OA} and V_{OB} at 0 V (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	$V_{DD} = 5\text{ V}$			$V_{DD} = 15\text{ V}$			UNIT
			MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	
I_{IH}	High-level input current	$V_I = V_{DD}$			10			10	μA
I_{IL}	Low-level input current	$V_I = 0$	5	12	-10	5	12	-10	μA
Reference input impedance REFA or REFB to AGND					20			20	$\text{k}\Omega$
I_{Ikg}	Output leakage current	OUTA DAC data latch loaded with 00000000, $V_{refA} = \pm 10\text{ V}$			± 400			± 200	nA
		OUTB DAC data latch loaded with 00000000, $V_{refB} = \pm 10\text{ V}$			± 400			± 200	
Input resistance match (REFA to REFB)					$\pm 1\%$			$\pm 1\%$	
DC supply sensitivity, $\Delta\text{gain}/\Delta V_{DD}$		$\Delta V_{DD} = \pm 10\%$			0.04			0.02	%/%
I_{DD}	Supply current (quiescent)	All digital inputs at V_{IHmin} or V_{ILmax}			2			2	mA
I_{DD}	Supply current (standby)	All digital inputs at 0 V or V_{DD}			0.5			0.5	mA
C_i	Input capacitance	DB0–DB7			10			10	pF
		\overline{WR} , \overline{CS} , DACA/DACB			15			15	pF
C_o	Output capacitance (OUTA, OUTB)	DAC data latches loaded with 00000000			50			50	pF
		DAC data latches loaded with 11111111			120			120	

† All typical values are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.



**operating characteristics over recommended operating free-air temperature range,
 $V_{refA} = V_{refB} = 10\text{ V}$, V_{OA} and V_{OB} at 0 V (unless otherwise noted)**

PARAMETER		TEST CONDITIONS	$V_{DD} = 5\text{ V}$			$V_{DD} = 15\text{ V}$			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Linearity error					±1/2			±1/2	LSB
Settling time (to 1/2 LSB)		See Note 1			100			100	ns
Gain error		See Note 2			2.5			2.5	LSB
AC feedthrough	REFA to OUTA	See Note 3			-65			-65	dB
	REFB to OUTB				-65			-65	
Temperature coefficient of gain		See Note 4			0.007			0.0035	%FSR/°C
Propagation delay (from digital input to 90% of final analog output current)		See Note 5			80			80	ns
Channel-to-channel isolation	REFA to OUTB	See Note 6			77			77	dB
	REFB to OUTA	See Note 7			77			77	
Digital-to-analog glitch impulse area		Measured for code transition from 00000000 to 11111111, $T_A = 25^\circ\text{C}$			160			440	nV•s
Digital crosstalk		Measured for code transition from 00000000 to 11111111, $T_A = 25^\circ\text{C}$			30			60	nV•s
Harmonic distortion		$V_i = 6\text{ V}$, $f = 1\text{ kHz}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$			-85			-85	dB

- NOTES: 1. OUTA, OUTB load = 100 Ω , $C_{ext} = 13\text{ pF}$; \overline{WR} and \overline{CS} at 0 V; DB0–DB7 at 0 V to V_{DD} or V_{DD} to 0 V.
2. Gain error is measured using an internal feedback resistor. Nominal full scale range (FSR) = $V_{ref} - 1\text{ LSB}$.
3. $V_{ref} = 20\text{ V}$ peak-to-peak, 100-kHz sine wave; DAC data latches loaded with 00000000.
4. Temperature coefficient of gain measured from 0°C to 25°C or from 25°C to 70°C.
5. $V_{refA} = V_{refB} = 10\text{ V}$; OUTA/OUTB load = 100 Ω , $C_{ext} = 13\text{ pF}$; \overline{WR} and \overline{CS} at 0 V; DB0–DB7 at 0 V to V_{DD} or V_{DD} to 0 V.
6. Both DAC latches loaded with 11111111; $V_{refA} = 20\text{ V}$ peak-to-peak, 100-kHz sine wave; $V_{refB} = 0$; $T_A = 25^\circ\text{C}$.
7. Both DAC latches loaded with 11111111; $V_{refB} = 20\text{ V}$ peak-to-peak, 100-kHz sine wave; $V_{refA} = 0$; $T_A = 25^\circ\text{C}$.

PRINCIPLES OF OPERATION

These devices contain two identical, 8-bit-multiplying D/A converters, DACA and DACB. Each DAC consists of an inverted R-2R ladder, analog switches, and input data latches. Binary-weighted currents are switched between DAC output and AGND, thus maintaining a constant current in each ladder leg independent of the switch state. Most applications require only the addition of an external operational amplifier and voltage reference. A simplified D/A circuit for DACA with all digital inputs low is shown in Figure 1.

Figure 2 shows the DACA equivalent circuit. A similar equivalent circuit can be drawn for DACB. Both DACs share the analog ground terminal 1 (AGND). With all digital inputs high, the entire reference current flows to OUTA. A small leakage current (I_{lkg}) flows across internal junctions, and as with most semiconductor devices, doubles every 10°C. C_O is due to the parallel combination of the NMOS switches and has a value that depends on the number of switches connected to the output. The range of C_O is 50 pF to 120 pF maximum. The equivalent output resistance (r_O) varies with the input code from 0.8R to 3R where R is the nominal value of the ladder resistor in the R-2R network.

These devices interface to a microprocessor through the data bus, \overline{CS} , \overline{WR} , and $\overline{DACA}/\overline{DACB}$ control signals. When \overline{CS} and \overline{WR} are both low, the TLC7528 analog output, specified by the $\overline{DACA}/\overline{DACB}$ control line, responds to the activity on the DB0–DB7 data bus inputs. In this mode, the input latches are transparent and input data directly affects the analog output. When either the \overline{CS} signal or \overline{WR} signal goes high, the data on the DB0–DB7 inputs is latched until the \overline{CS} and \overline{WR} signals go low again. When \overline{CS} is high, the data inputs are disabled regardless of the state of the \overline{WR} signal.

TLC7528C, TLC7528E, TLC7528I
DUAL 8-BIT MULTIPLYING
DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTERS

SLAS062C – JANUARY 1987 – REVISED SEPTEMBER 2000

PRINCIPLES OF OPERATION

The digital inputs of these devices provide TTL compatibility when operated from a supply voltage of 5 V. These devices can operate with any supply voltage in the range from 5 V to 15 V; however, input logic levels are not TTL compatible above 5 V.

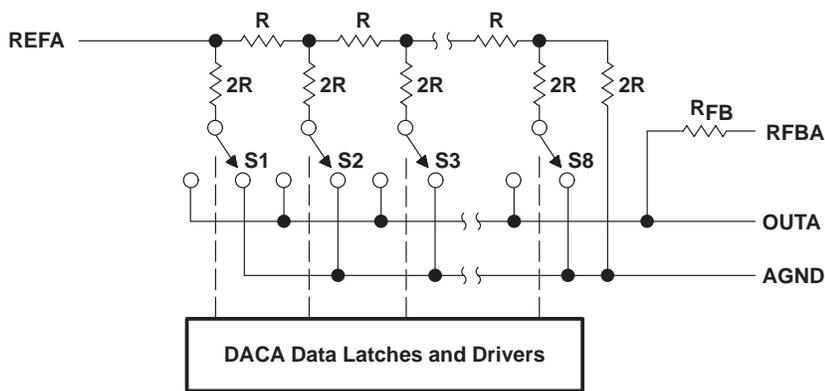


Figure 1. Simplified Functional Circuit for DACA

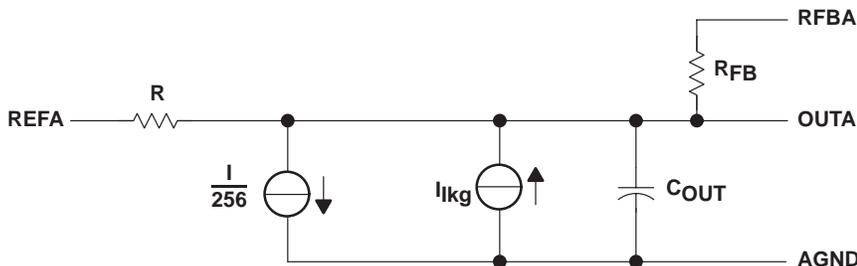


Figure 2. TLC7528 Equivalent Circuit, DACA Latch Loaded With 11111111

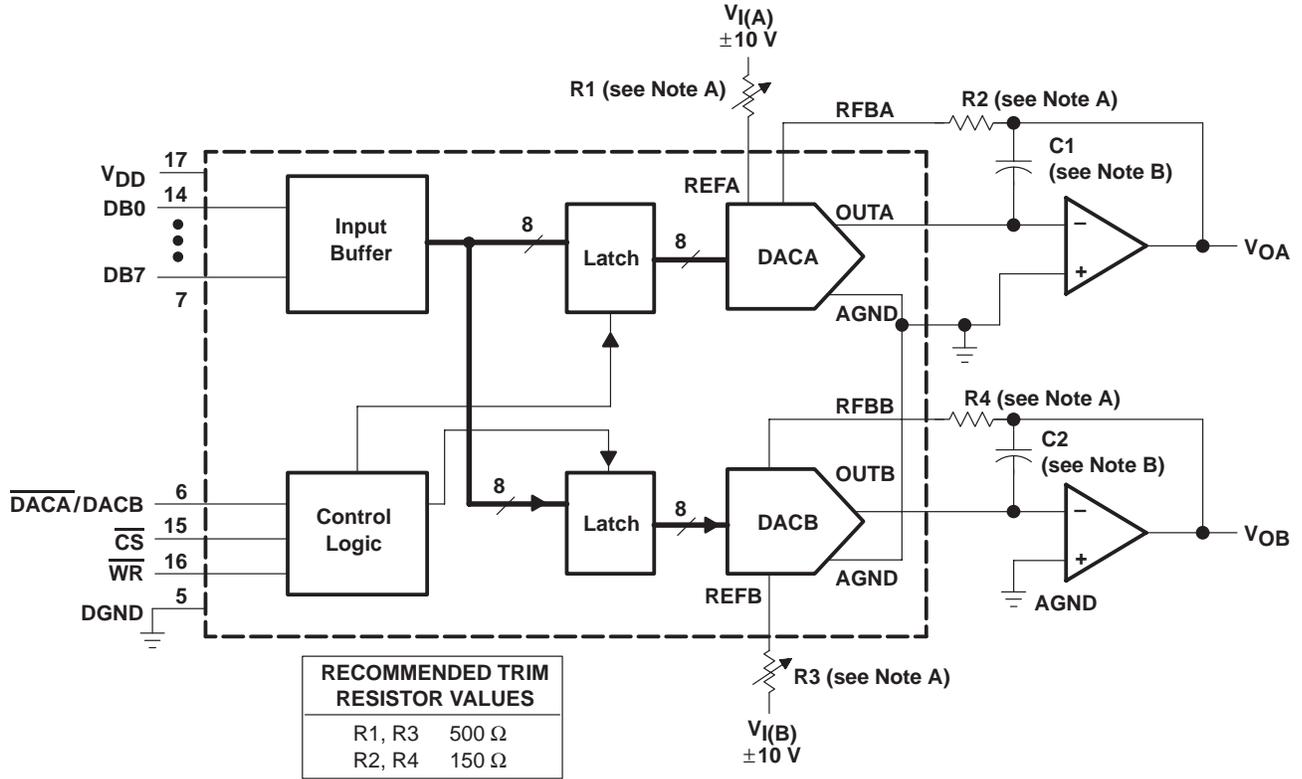
MODE SELECTION TABLE

DACA/DACB	\overline{CS}	\overline{WR}	DACA	DACB
L	L	L	Write	Hold
H	L	L	Hold	Write
X	H	X	Hold	Hold
X	X	H	Hold	Hold

L = low level, H = high level, X = don't care

APPLICATION INFORMATION

These devices are capable of performing 2-quadrant or full 4-quadrant multiplication. Circuit configurations for 2-quadrant and 4-quadrant multiplication are shown in Figures 3 and 4. Tables 1 and 2 summarize input coding for unipolar and bipolar operation.



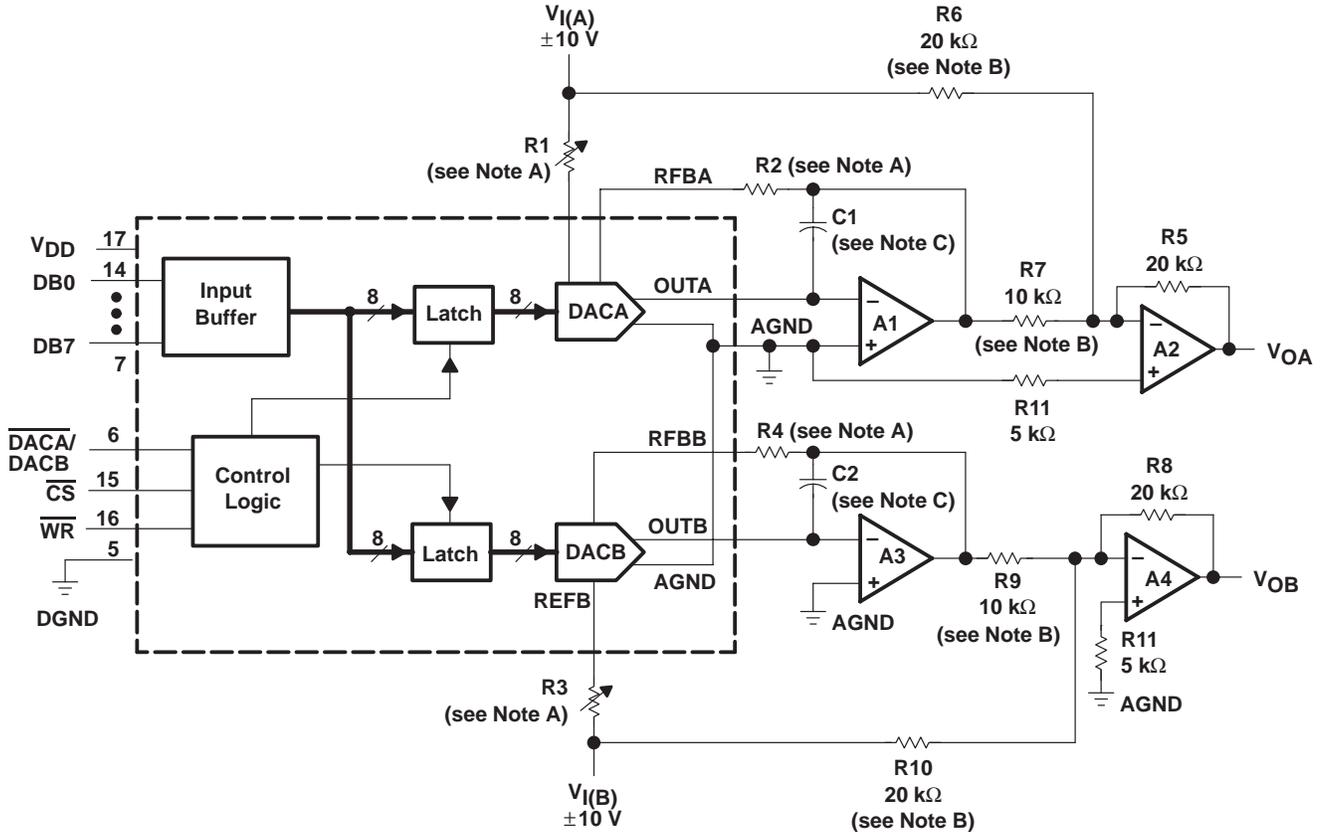
- NOTES: A. R1, R2, R3, and R4 are used only if gain adjustment is required. See table for recommended values. Make gain adjustment with digital input of 255.
 B. C1 and C2 phase compensation capacitors (10 pF to 15 pF) are required when using high-speed amplifiers to prevent ringing or oscillation.

Figure 3. Unipolar Operation (2-Quadrant Multiplication)

TLC7528C, TLC7528E, TLC7528I
DUAL 8-BIT MULTIPLYING
DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTERS

SLAS062C – JANUARY 1987 – REVISED SEPTEMBER 2000

APPLICATION INFORMATION



- NOTES: A. R1, R2, R3, and R4 are used only if gain adjustment is required. See table in Figure 3 for recommended values. Adjust R1 for $V_{OA} = 0\text{ V}$ with code 10000000 in DACA latch. Adjust R3 for $V_{OB} = 0\text{ V}$ with 10000000 in DACB latch.
 B. Matching and tracking are essential for resistor pairs R6, R7, R9, and R10.
 C. C1 and C2 phase compensation capacitors (10 pF to 15 pF) may be required if A1 and A3 are high-speed amplifiers.

Figure 4. Bipolar Operation (4-Quadrant Operation)

Table 1. Unipolar Binary Code

DAC LATCH CONTENTS		ANALOG OUTPUT
MSB	LSB†	
1	1111111	$-V_I (255/256)$
1	0000001	$-V_I (129/256)$
1	0000000	$-V_I (128/256) = -V_I/2$
0	1111111	$-V_I (127/256)$
0	0000001	$-V_I (1/256)$
0	0000000	$-V_I (0/256) = 0$

†1 LSB = $(2^{-8})V_I$

Table 2. Bipolar (Offset Binary) Code

DAC LATCH CONTENTS		ANALOG OUTPUT
MSB	LSB‡	
1	1111111	$V_I (127/128)$
1	0000001	$V_I (1/128)$
1	0000000	0 V
0	1111111	$-V_I (1/128)$
0	0000001	$-V_I (127/128)$
0	0000000	$-V_I (128/128)$

‡1 LSB = $(2^{-7})V_I$

Anexo C2

Programación del PIC 16F877A

```
=====
;
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
```

```
;TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS
=====
;;
=
```

```
LIST P=16F877
```

```
RADIX      HEX          ; Encabezado
```

```
INCLUDE    <P16F877.inc>
```

```
ACUMULADOR_A    EQU  0X26
ACUMULADOR_B    EQU  0X27
W_TEMP          EQU  0X20
PCLATH_TEMP     EQU  0X21
STATUS_TEMP     EQU  0X22
AUXIL           EQU  0X2D
DATO_PC         EQU  0X2F
ACUMULADOR_F    EQU  0X30
ACUMULADOR_G    EQU  0X31
ACUMULADOR_H    EQU  0X36
ACUMULADOR_I    EQU  0x37
CANAL_B         EQU  0X38
CANAL_A         EQU  0X39
BANDERIN        EQU  0X3A
```

```
#define      SAL_DIG_5  PORTC,3
#define      SAL_DIG_6  PORTD,1
#define      SAL_DIG_4  PORTD,2      ;Definición de salidas digitales
#define      SAL_DIG_3  PORTD,3
#define      SAL_DIG_0  PORTC,4
#define      SAL_DIG_1  PORTC,5
#define      SAL_DIG_2  PORTD,4
```

```
#define      BANCO_0   BANKSEL  PORTB ;Seleccionar banco 0
#define      BANCO_1   BANKSEL  TRISB ;Seleccionar banco 1
```

```
#define      ENTRADA_0   PORTA,2
#define      ENTRADA_1   PORTA,4
#define      ENTRADA_2   PORTA,5
#define      ENTRADA_3   PORTE,0      ;Definición entradas digitales
#define      ENTRADA_4   PORTE,1
#define      ENTRADA_5   PORTE,2
#define      ENABLE_1   PORTC,0      ;Definición de habilitador
```

```
#define VEL_2PORTC,1 ;Definición de selector de
#define VEL_1PORTC,2 ;velocidades
```

```
#define LED_TRANS PORTD,0 ;Definición de led de función
;de transmisión
```

```
#define ACTIVA_A bcf PORTD,7
#define AC_W bcf PORTD,5
#define DESACTIVA_W bsf PORTD,5
```

;Definición de convertidor digital/analógico

```
#define ACTIVA_CS bcf PORTD,6
#define DESACTIVA_CS bsf PORTD,6
#define ACTIVA_B bsf PORTD,7
```

```
ORG 0
goto INICIO
```

```
ORG 0X04
GOTO SERV_INTER
```

```
ORG 0X05
```

```
*****
;SERV_INTER: RUTINA DE INTERRUPCION
*****
```

```
SERV_INTER movwf W_TEMP
swapf STATUS,W
clrf STATUS
movwf STATUS_TEMP
movf PCLATH,W
```

; Rescate de parámetros de funcionamiento del microcontrolador

```
movwf PCLATH_TEMP
clrf PCLATH
bcf PIR1,RCIF
bsf LED_TRANS
movf RCREG,W ;Revisión de dato
movwf DATO_PC
```

```

        btfss    BANDERIN,0
        call     RESOLUCION
        goto     VOLVER

```

```

VOLVER  bcf      LED_TRANS
        MOVF    PCLATH_TEMP,W
        Movwf   PCLATH
        SWAPF   STATUS_TEMP,W
        MOVWF   STATUS
        SWAPF   W_TEMP,F
        SWAPF   W_TEMP,W

```

```

; Rescate de parámetros de
;funcionamiento del
microcontrolador
;Retornar de interrupción

```

```
Retfie
```

```

;*****
;RESOLUCION: Rutina la tarea dependiendo del byte recibido

```

```

;*****

```

```

RESOLUCION  movlw    "A"
            xorwf   DATO_PC,0
            btfss  STATUS,Z
            goto   CICLO10

```

```
;Prender salida digital
```

```

        bsf    SAL_DIG_0
        return

```

```

CICLO10     movlw    "B"
            xorwf   DATO_PC,0
            btfss  STATUS,Z
            goto   CICLO11

```

```
;Prender salida digital
```

```

        bsf    SAL_DIG_1
        return

```

```

CICLO11     movlw    "C"
            xorwf   DATO_PC,0
            btfss  STATUS,Z
            goto   CICLO12

```

```
;Prender salida digital
```

```

        bsf    SAL_DIG_2
        return

```

```

CICLO12     movlw    "D"
            xorwf   DATO_PC,0
            btfss  STATUS,Z

```

```
                goto  CICLO13
                bsf   SAL_DIG_3
;Prender salida digital
                return
```

```
CICLO13        movlw   "E"
                xorwf  DATO_PC,0
                btfss STATUS,Z
                goto  CICLO14
                bsf   SAL_DIG_4
;Prender salida digital
                return
```

```
CICLO14        movlw   "F"
                xorwf  DATO_PC,0
                btfss STATUS,Z
                goto  CICLO15
                bsf   SAL_DIG_5
;Prender salida digital
                return
```

```
CICLO15        movlw   "G"
                xorwf  DATO_PC,0
                btfss STATUS,Z
                goto  CICLO16
                bsf   SAL_DIG_6
;Prender salida digital
                return
```

```
CICLO16        movlw   "H"
                xorwf  DATO_PC,0
                btfss STATUS,Z
                goto  CICLO17
                bcf   SAL_DIG_0
;Apagar salida digital
                return
```

```
CICLO17        movlw   "I"
                xorwf  DATO_PC,0
                btfss STATUS,Z
                goto  CICLO18
                bcf   SAL_DIG_1
;Apagar salida digital
                return
```

```
CICLO18      movlw      "J"
              xorwf    DATO_PC,0
              btfss   STATUS,Z
              goto    CICLO19
              bcf     SAL_DIG_2
```

;Apagar salida digital

```
return
```

```
CICLO19      movlw      "K"
              xorwf    DATO_PC,0
              btfss   STATUS,Z
              goto    CICLO20
              bcf     SAL_DIG_3
```

;Apagar salida digital

```
return
```

```
CICLO20      movlw      "L"
              xorwf    DATO_PC,0
              btfss   STATUS,Z
              goto    CICLO21
              bcf     SAL_DIG_4
```

;Apagar salida digital

```
return
```

```
CICLO21      movlw      "M"
              xorwf    DATO_PC,0
              btfss   STATUS,Z
              goto    CICLO22
              bcf     SAL_DIG_5
```

;Apagar salida digital

```
return
```

```
CICLO22      movlw      "N"
              xorwf    DATO_PC,0
              btfss   STATUS,Z
              goto    CICLO23
              bcf     SAL_DIG_6
```

;Apagar salida digital

```
return
```

```
CICLO23      movlw      "O"
              xorwf    DATO_PC,0
              btfss   STATUS,Z
              goto    CICLO14
              call    CONVERTIR_AN0 ; Convertir dato analógico
```

```

        BANCO_1
        bsf          TXSTA, TXEN
        BANCO_0
        movf        ADRESH, 0
        movwf      TXREG
        BANCO_1
VER_TMT0 btfss        TXSTA, TRMT      ; Transmitir dato convertido
        goto       VER_TMT0
        BANCO_0
        return

```

```

CICLO14 movlw        "P"
        xorwf      DATO_PC, 0
        btfss     STATUS, Z
        goto      CICLO19
        call      CONVERTIR_AN1 ; Convertir dato analógico
        BANCO_1
        bsf          TXSTA, TXEN
        BANCO_0
        movf        ADRESH, 0
        movwf      TXREG
        BANCO_1

```

```

VER_TMT1 btfss        TXSTA, TRMT      ; Transmitir dato convertido
        goto       VER_TMT1
        BANCO_0
        return

```

```

CICLO19 movlw        "s"
        xorwf      DATO_PC, 0
        btfss     STATUS, Z
        goto      CICLO20
        incfsz    CANAL_B, 1

```

;Incrementar Acumulador de salida analógica

```

        goto      CICLO102
        movlw     d'255'
        movwf    CANAL_B

```

```

CICLO102 call      TRASLADA_B      ; Trasladar el dato al convertidor
        BANCO_1
        bsf          TXSTA, TXEN
        BANCO_0
        movf        CANAL_B, 0
        movwf      TXREG
        BANCO_1

```

```

VER_TMT6  btfss      TXSTA,TRMT      ;Enviar dato del acumulador a PC
          Goto      VER_TMT6
          BANCO_0
          return

```

```

CICLO20   movlw      "t"
          xorwf     DATO_PC,0
          btfss    STATUS,Z
          goto     CICLO21
          decf     CANAL_B,1

```

;Reducir Acumulador de salida analógica

```

          movlw     d'255'
          xorwf     CANAL_B,0
          btfss    STATUS,Z
          goto     CICLO103
          movlw     d'0'
          movwf     CANAL_B

```

```

CICLO103  call     TRASLADA_B      ;Trasladar el dato al convertidor

```

```

          BANCO_1
          bsf      TXSTA,TXEN      BANCO_0
          movf     CANAL_B,0
          movwf    TXREG
          BANCO_1

```

```

VER_TMT7  btfss      TXSTA,TRMT      ;Enviar dato del acumulador a PC
          Goto      VER_TMT7
          BANCO_0
          return

```

```

CICLO21   movlw      "u"
          xorwf     DATO_PC,0
          btfss    STATUS,Z
          goto     CICLO30

```

;Verificar dato del acumulador

```

          BANCO_1
          bsf      TXSTA,TXEN
          BANCO_0
          movf     CANAL_B,0
          movwf    TXREG
          BANCO_1

```

```
VER_TMT8  btfss      TXSTA,TRMT      ;Enviar dato del acumulador a PC
          goto      VER_TMT8
          BANCO_0
          return
```

```
CICLO30   movlw     "v"
          xorwf     DATO_PC,0
          btfss    STATUS,Z
          goto     CICLO31
          incfsz   CANAL_A,1
```

;Incrementar Acumulador de salida analogica

```
          goto     CICLO104
          movlw    d'255'
          movwf    CANAL_A
```

```
CICLO104  call      TRASLADA_A      ;Trasladar el dato al convertidor
          BANCO_1
          bsf      TXSTA,TXEN
          BANCO_0
          movf     CANAL_A,0
          movwf    TXREG
          BANCO_1
```

```
VER_TMT10 btfss      TXSTA,TRMT      ;Enviar dato del acumulador a PC
          goto      VER_TMT10
          BANCO_0
          return
```

```
CICLO31   movlw     "w"
          xorwf     DATO_PC,0
          btfss    STATUS,Z
          goto     CICLO32
          decf     CANAL_A,1
```

;Reducir Acumulador de salida analógica

```
          movlw    d'255'
          xorwf    CANAL_A,0
          btfss   STATUS,Z
          goto    CICLO105
          movlw   d'0'
          movwf   CANAL_A
```

```

CICLO105  call    TRASLADA_A                ;Trasladar el dato al convertidor

          BANCO_1
          bsf     TXSTA, TXEN
          BANCO_0
          movf    CANAL_A, 0
          movwf   TXREG
          BANCO_1
VER_TMT11 btfss   TXSTA, TRMT                ;Enviar dato del acumulador a PC
          goto    VER_TMT11
          BANCO_0
          return

CICLO32   movlw   "x"
          xorwf   DATO_PC, 0
          btfss   STATUS, Z
          goto    CICLO33

;Verificar dato del acumulador

          BANCO_1
          bsf     TXSTA, TXEN
          BANCO_0
          movf    CANAL_A, 0
          movwf   TXREG
          BANCO_1
VER_TMT12 btfss   TXSTA, TRMT                ;Enviar dato del acumulador a PC
          goto    VER_TMT12
          BANCO_0
          return

CICLO33   movlw   "1"
          xorwf   DATO_PC, 0
          btfss   STATUS, Z
          goto    CICLO23

;Verificar entrada digital

          BANCO_1
          bsf     TXSTA, TXEN
          BANCO_0
          btfsc   ENTRADA_0
          goto    UNO
          goto    CERO

CERO      MOVLW   "0"
          movwf   TXREG

```

```

UNO      goto      TRANSMIT
         MOVLW    "1"
         movwf   TXREG
TRANSMIT NOP      ;1 del codigo ascii
         BANCO_1
VER_TMT9 btfss   TXSTA,TRMT ;Enviar dato del acumulador a PC
         goto    VER_TMT9
         BANCO_0
         return

```

```

CICLO23  movlw    "2"
         xorwf   DATO_PC,0
         btfss  STATUS,Z
         goto    CICLO24

```

;Verificar entrada digital

```

         BANCO_1
         bsf    TXSTA,TXEN
         BANCO_0
         btfsc  ENTRADA_1
         goto   UNO
         goto   CERO

```

```

CICLO24  movlw    "3"
         xorwf   DATO_PC,0
         btfss  STATUS,Z
         goto    CICLO25

```

;Verificar entrada digital

```

         BANCO_1
         bsf    TXSTA,TXEN
         BANCO_0
         btfsc  ENTRADA_2
         goto   UNO
         goto   CERO

```

```

CICLO25  movlw    "4"
         xorwf   DATO_PC,0
         btfss  STATUS,Z
         goto    CICLO26

```

;Verificar entrada digital

```

         BANCO_1
         bsf    TXSTA,TXEN
         BANCO_0

```

```
    btfsc ENTRADA_3
    goto UNO
    goto CERO
```

```
CICLO26    movlw    "5"
           xorwf   DATO_PC,0
           btfss  STATUS,Z
           goto   CICLO27
```

;Verificar entrada digital

```
    BANCO_1
    bsf   TXSTA,TXEN
    BANCO_0
    btfsc ENTRADA_4
    goto UNO
    goto CERO
    return
```

```
CICLO27    movlw    "6"
           xorwf   DATO_PC,0
           btfss  STATUS,Z
           goto   CICLO28
```

;Verificar entrada digital

```
    BANCO_1
    bsf   TXSTA,TXEN
    BANCO_0
    btfsc ENTRADA_5
    goto UNO
    goto CERO
    return
```

```
CICLO28    return
```

```
*****
;
```

```
;TRASLADA_B: traslada el valor del acumulador al convertidor analógico a digital
```

```
*****
;
```

```
TRASLADA_B    nop
              ACTIVA_CS
              ACTIVA_B
              movf   CANAL_B,0
              movwf  PORTB
              AC_W
              DESACTIVA_W
```

DEACTIVA_CS
Return

;TRASLADA_A: traslada el valor del acumulador al convertidor analógico a digital

```
TRASLADA_A    nop
              ACTIVA_CS
              ACTIVA_A
              movf      CANAL_A,0
              movwf     PORTB
              AC_W
              DEACTIVA_W
              DEACTIVA_CS
              Return
```

;DELAY_INI: Retardo inicial de 500 mili segundos

```
DELAY_INI    movlw d'28'
              movwf     ACUMULADOR_F
CICLO_0      movlw     d'72'
              movwf     ACUMULADOR_G
CICLO_1      movlw     d'247'
              movwf     ACUMULADOR_I
CICLO_2      NOP
              decfsz    ACUMULADOR_I, 1
              goto      CICLO_2
              decfsz    ACUMULADOR_G, 1
              goto      CICLO_1
              decfsz    ACUMULADOR_F, 1
              goto      CICLO_0
PDeL1        goto      PDeL2
PDeL2        NOP
              return
```

```

;*****
;DELAY: Retardo de 5 mili segundos según cristal de 16 MHz
;*****

```

```

DELAY    movlw    .105
          movwf   ACUMULADOR_A
PCICLO11 movlw    .23
          movwf   ACUMULADOR_B
PCICLO21 NOP
          NOP
          Decfsz  ACUMULADOR_B,1
          goto    PCICLO21
          decfsz  ACUMULADOR_A, 1
          goto    PCICLO11
          return

```

```

;*****
;DELAY: Retardo que espera que el capacitor Sampler and hola se cargue

```

```

;*****

```

```

DILAT_ADC    movlw    .10 ; 1 set number of repetitions
              movwf   ACUMULADOR_H ; 1 |
CICLO984     NOP
              decfsz  ACUMULADOR_H, 1 ; 1 + (1) is the time over?
              goto    CICLO984 ; 2 no, CICLO
              return

```

```

;*****
;CONVERTIR_AN0: Convierte canal 0
;*****

```

```

CONVERTIR_AN0 nop
              movlw  b'10000001' ;Configuración del CA/D: -
              TAD=64Tosc(para 4MHz)
              movwf  ADCON0 ;- Canal AN0, - Activación de CA/D
              call   DILAT_ADC
              bcf    PIR1,ADIF ;Restaurar la bandera del conversor
              bsf    ADCON0,GO ;Iniciar conversión
              btfsc  ADCON0,GO
              goto   $-1 ;Esperar a terminar conversión según flag ADIF
              return

```

```

;*****
;CONVERTIR_AN1: Convierte canal 1
;*****

```

```

CONVERTIR_AN1 nop
    movlw b'10001001'      ;Configuración del CA/D: -
TAD=64Tosc(para 4MHz)
    movwf ADCON0
    call  DILAT_ADC
    bcf  PIR1,ADIF        ;Restaurar la bandera del conversor
    bsf  ADCON0,GO        ;Iniciar conversión
    btfsc ADCON0,GO
    goto $ -1             ;Esperar a terminar conversión
    return

```

```

;*****
; PROGRAMA PRINCIPAL
;*****

```

INICIO

```

    bsf  RCSTA,SPEN      ;se activa el USART
    clrf PORTB
    clrf PORTA
    clrf PORTD
    clrf PORTC
    BANCO_1
    Movlw b'01000101'
    movwf ADCON1
    movlw b'11111111'
    movwf TRISA          ;Puerto A como ENTRADA ANALOGICA
    movlw b'00000111'
    movwf TRISE          ;Puerto E como Entrada Digital
    movlw b'00000000'
    movwf TRISD          ;Puerto D como Salida Digital
    movlw b'00000000'
    movwf TRISB
;Puerta B como salida para los rele en el nible inferior

    movlw b'10000111'    ;RC7/Rx entrada,
    movwf TRISC          ;RC6/Tx salida y RC5
Salida.RC0,RC1,RC2 como
    ;control para el DAC
    movlw b'00000000'    ;Configuracion USART
    movwf TXSTA          ;y activacion de transmision
    movlw .25            ;9600 baudios
    movwf SPBRG
    bsf  PIE1,RCIE       ;Habilitacion interrupcion RX

```

```

BANCO_0
call      DELAY_INI

bsf      RCSTA,SPEN      ;se activa la USART
movlw   b'10010000'     ;Configuracion de la usart
movwf   RCSTA           ;para recepcion continua
clrf    AUXIL
movlw   d'128'
movwf   CANAL_B
movwf   CANAL_A
CALL    TRASLADA_A
CALL    TRASLADA_B
movlw   b'11000000'     ;Habilitacion para las
movwf   INTCON          ;interrupciones generales
BSF     PORTD,3
BSF     PORTD,1
BSF     PORTD,2
BSF     PORTD,4
BANCO_1
movlw   b'00000000'
movwf   TRISD
BANCO_0
CICLO4   movf   PORTC,0
movwf   BANDERIN
movlw   b'00000111'
andwf   BANDERIN,1

btfss   BANDERIN,0
goto    CICLO4
clrf    PORTC
clrf    PORTD
movlw   d'128'
movwf   CANAL_B
movwf   CANAL_A
CALL    TRASLADA_A

CALL    TRASLADA_B
goto    CICLO4

;CICLO56      ;movlw      b'00000110'
;andwf   BANDERIN,1
;movlw   b'00000000'
;xorwf   BANDERIN,0
;btfss   STATUS,Z
;goto    CICLO57
;BANCO_1
;movlw   .25      ;9600 baudios

```

```
;movwf    SPBRG
;BANCO_0
;goto    CICLO4
```

```
CICLO57      ;movlw    b'00000110'
;xorwf BANDERIN,0
;btfss STATUS,Z
goto    CICLO4
BANCO_1
movlw .12      ;19200 baudios
movwf SPBRG
BANCO_0
goto    CICLO4
```

```
END
```

Anexo C3

**Fotos de la Tarjeta de Adquisición de
Datos**

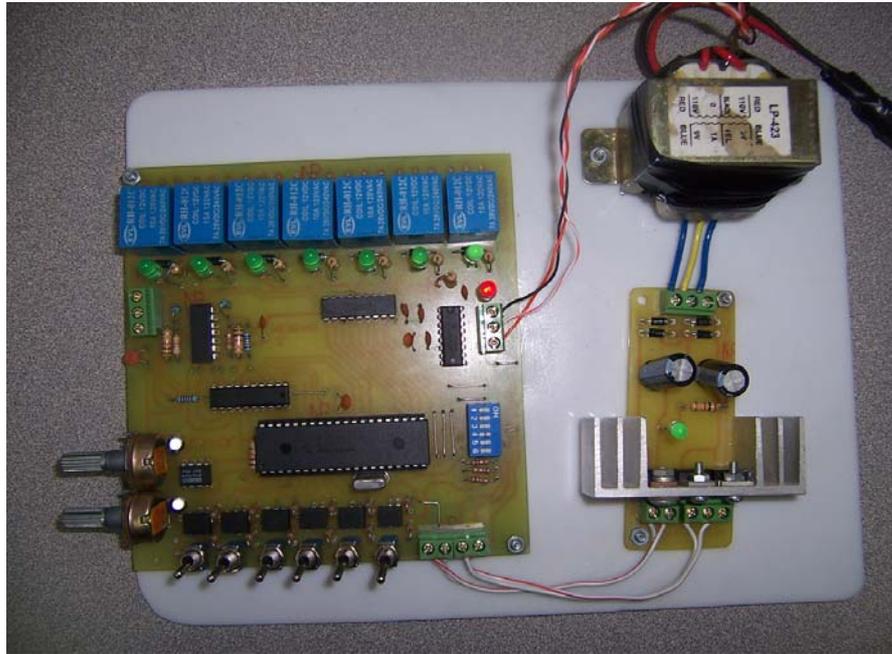


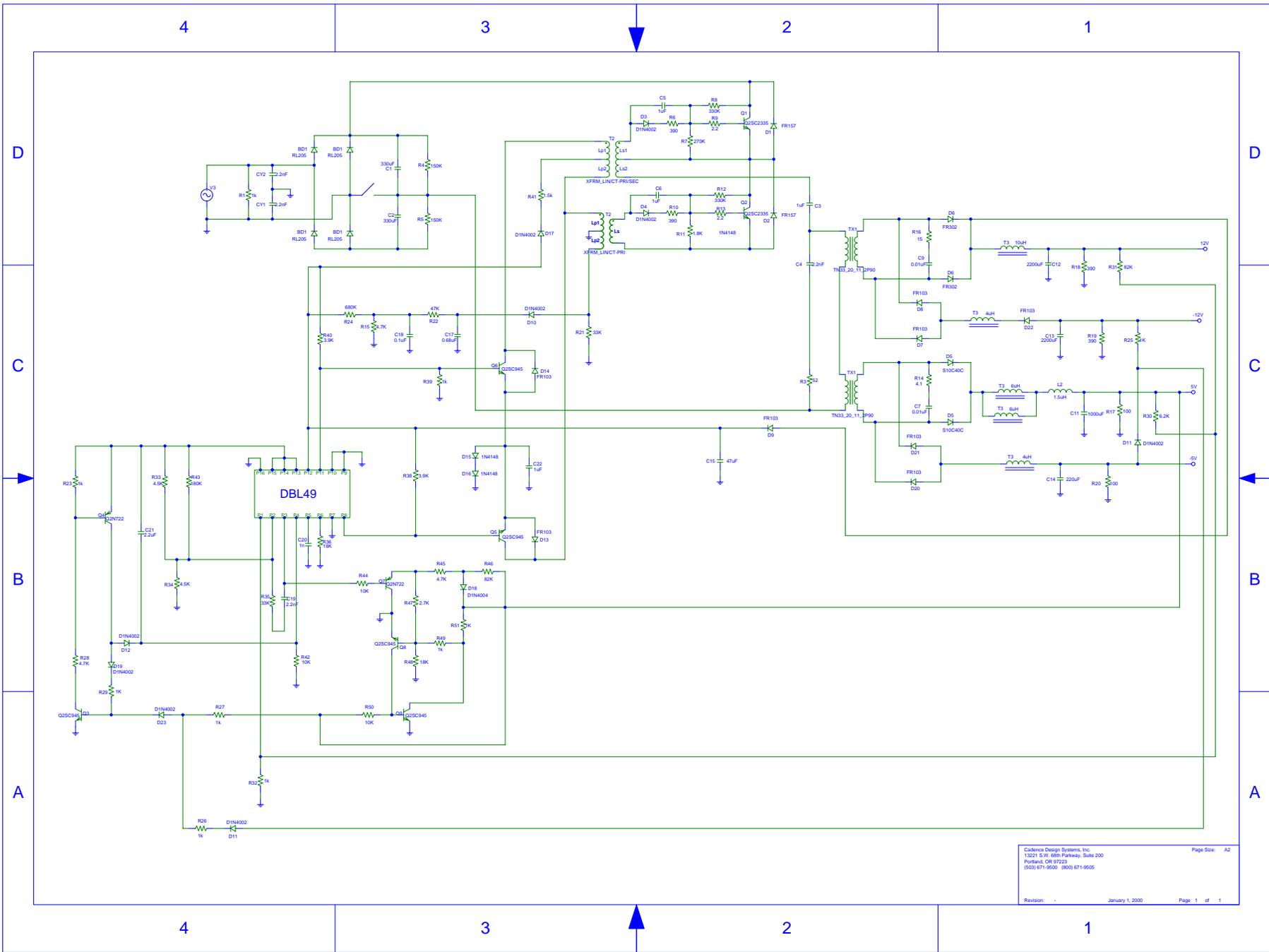
Figura C3.1 Vista superior de la tarjeta



Figura C3.2 Vista lateral de la tarjeta

Anexo D1

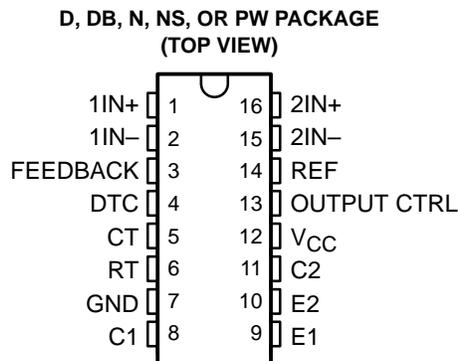
**Esquemático de la Fuente de
Conmutación**



Anexo D2

**Datasheets de los principales
integrados utilizados en el análisis de la
Fuente de Conmutación.**

- Complete PWM Power-Control Circuitry
- Uncommitted Outputs for 200-mA Sink or Source Current
- Output Control Selects Single-Ended or Push-Pull Operation
- Internal Circuitry Prohibits Double Pulse at Either Output
- Variable Dead Time Provides Control Over Total Range
- Internal Regulator Provides a Stable 5-V Reference Supply With 5% Tolerance
- Circuit Architecture Allows Easy Synchronization



description

The TL494 incorporates all the functions required in the construction of a pulse-width-modulation (PWM) control circuit on a single chip. Designed primarily for power-supply control, this device offers the flexibility to tailor the power-supply control circuitry to a specific application.

The TL494 contains two error amplifiers, an on-chip adjustable oscillator, a dead-time control (DTC) comparator, a pulse-steering control flip-flop, a 5-V, 5%-precision regulator, and output-control circuits.

The error amplifiers exhibit a common-mode voltage range from -0.3 V to $V_{CC} - 2\text{ V}$. The dead-time control comparator has a fixed offset that provides approximately 5% dead time. The on-chip oscillator can be bypassed by terminating RT to the reference output and providing a sawtooth input to CT, or it can drive the common circuits in synchronous multiple-rail power supplies.

The uncommitted output transistors provide either common-emitter or emitter-follower output capability. The TL494 provides for push-pull or single-ended output operation, which can be selected through the output-control function. The architecture of this device prohibits the possibility of either output being pulsed twice during push-pull operation.

The TL494C is characterized for operation from 0°C to 70°C . The TL494I is characterized for operation from -40°C to 85°C .

AVAILABLE OPTIONS

T _A	PACKAGED DEVICES				
	SMALL OUTLINE (D)	PLASTIC DIP (N)	SMALL OUTLINE (NS)	SHRINK SMALL OUTLINE (DB)	THIN SHRINK SMALL OUTLINE (PW)
0°C to 70°C	TL494CD	TL494CN	TL494CNS	TL494CDB	TL494CPW
-40°C to 85°C	TL494ID	TL494IN	—	—	—

The D, DB, NS, and PW packages are available taped and reeled. Add the suffix R to device type (e.g., TL494CDR).



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

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

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

TL494

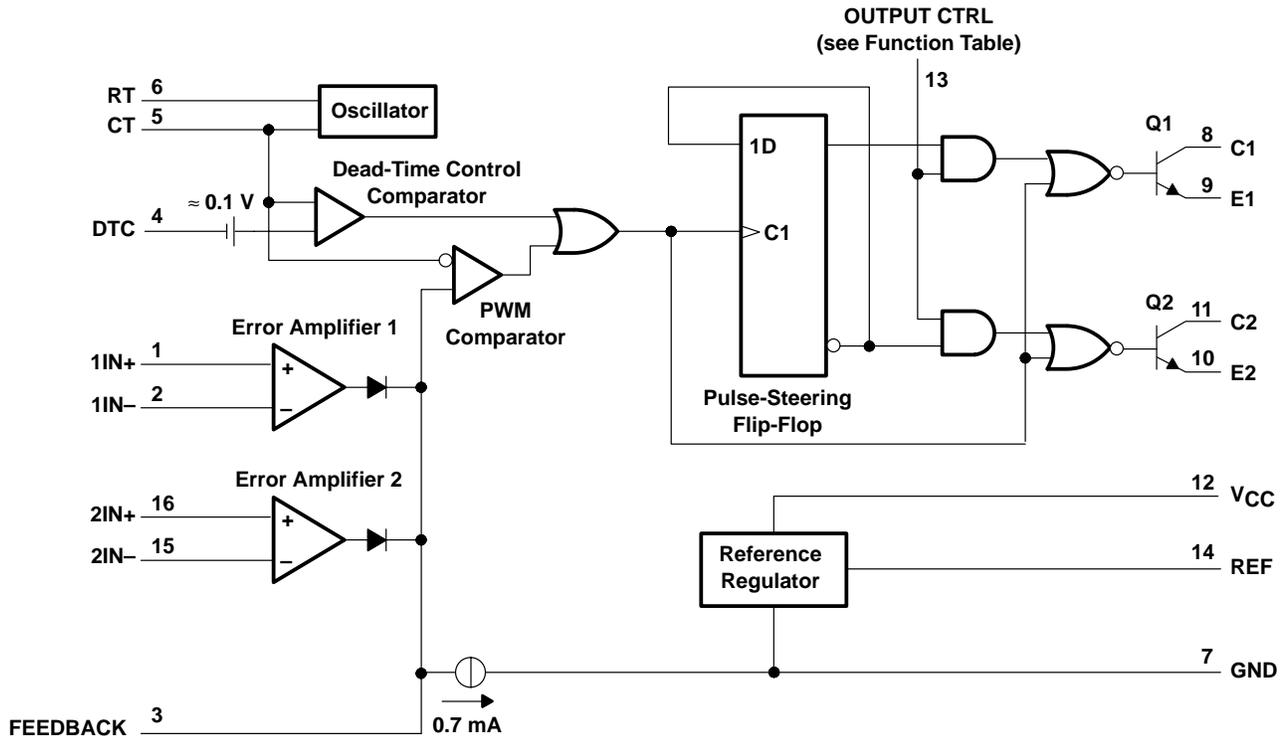
PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074D – JANUARY 1983 – REVISED MAY 2002

FUNCTION TABLE

INPUT TO OUTPUT CTRL	OUTPUT FUNCTION
$V_I = \text{GND}$	Single-ended or parallel output
$V_I = V_{\text{ref}}$	Normal push-pull operation

functional block diagram



TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074D – JANUARY 1983 – REVISED MAY 2002

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	41 V	
Amplifier input voltage, V_I	$V_{CC} + 0.3$ V	
Collector output voltage, V_O	41 V	
Collector output current, I_O	250 mA	
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2 and 3):	D package	73°C/W
	DB package	82°C/W
	N package	67°C/W
	NS package	64°C/W
	PW package	108°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C	
Storage temperature range, T_{stg}	–65°C to 150°C	

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

- NOTES:
1. All voltage values are with respect to the network ground terminal.
 2. Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
 3. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT	
V_{CC}	Supply voltage	7	40	V	
V_I	Amplifier input voltage	–0.3	$V_{CC} - 2$	V	
V_O	Collector output voltage		40	V	
	Collector output current (each transistor)		200	mA	
	Current into feedback terminal		0.3	mA	
f_{osc}	Oscillator frequency	1	300	kHz	
C_T	Timing capacitor	0.47	10000	nF	
R_T	Timing resistor	1.8	500	k Ω	
T_A	Operating free-air temperature	TL494C	0	70	°C
		TL494I	–40	85	



TL494

PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074D – JANUARY 1983 – REVISED MAY 2002

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $f = 10\text{ kHz}$ (unless otherwise noted)

reference section

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	TL494C, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Output voltage (REF)	$I_O = 1\text{ mA}$	4.75	5	5.25	V
Input regulation	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$		2	25	mV
Output regulation	$I_O = 1\text{ mA to }10\text{ mA}$		1	15	mV
Output voltage change with temperature	$\Delta T_A = \text{MIN to MAX}$		2	10	mV/V
Short-circuit output current§	REF = 0 V		25		mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

§ Duration of the short circuit should not exceed one second.

oscillator section, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$ (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	TL494, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Frequency			10		kHz
Standard deviation of frequency¶	All values of V_{CC} , C_T , R_T , and T_A constant		100		Hz/kHz
Frequency change with voltage	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		1		Hz/kHz
Frequency change with temperature#	$\Delta T_A = \text{MIN to MAX}$			10	Hz/kHz

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

¶ Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Temperature coefficient of timing capacitor and timing resistor are not taken into account.

error-amplifier section (see Figure 2)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Input offset voltage	$V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$		2	10	mV
Input offset current	$V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$		25	250	nA
Input bias current	$V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$		0.2	1	μA
Common-mode input voltage range	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$	-0.3 to $V_{CC}-2$			V
Open-loop voltage amplification	$\Delta V_O = 3\text{ V}$, $R_L = 2\ \text{k}\Omega$, $V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$	70	95		dB
Unity-gain bandwidth	$V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$, $R_L = 2\ \text{k}\Omega$		800		kHz
Common-mode rejection ratio	$\Delta V_O = 40\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	65	80		dB
Output sink current (FEEDBACK)	$V_{ID} = -15\text{ mV to }-5\text{ V}$, $V (\text{FEEDBACK}) = 0.7\text{ V}$	0.3	0.7		mA
Output source current (FEEDBACK)	$V_{ID} = 15\text{ mV to }5\text{ V}$, $V (\text{FEEDBACK}) = 3.5\text{ V}$	-2			mA

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.



electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $f = 10\text{ kHz}$ (unless otherwise noted)

output section

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
Collector off-state current	$V_{CE} = 40\text{ V}$, $V_{CC} = 40\text{ V}$		2	100	μA
Emitter off-state current	$V_{CC} = V_C = 40\text{ V}$, $V_E = 0$			-100	μA
Collector-emitter saturation voltage	Common emitter $V_E = 0$, $I_C = 200\text{ mA}$		1.1	1.3	V
	Emitter follower $V_{O(C1\text{ or }C2)} = 15\text{ V}$, $I_E = -200\text{ mA}$		1.5	2.5	
Output control input current	$V_I = V_{ref}$			3.5	mA

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

dead-time control section (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
Input bias current (DEAD-TIME CTRL)	$V_I = 0$ to 5.25 V		-2	-10	μA
Maximum duty cycle, each output	V_I (DEAD-TIME CTRL) = 0, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\text{ k}\Omega$		45%		
Input threshold voltage (DEAD-TIME CTRL)	Zero duty cycle		3	3.3	V
	Maximum duty cycle		0		

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

PWM comparator section (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
Input threshold voltage (FEEDBACK)	Zero duty cycle		4	4.5	V
Input sink current (FEEDBACK)	V (FEEDBACK) = 0.7 V	0.3	0.7		mA

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

total device

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
Standby supply current	$R_T = V_{ref}$, All other inputs and outputs open	$V_{CC} = 15\text{ V}$	6	10	mA
		$V_{CC} = 40\text{ V}$	9	15	
Average supply current	V_I (DEAD-TIME CTRL) = 2 V , See Figure 1		7.5		mA

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

switching characteristics, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
Rise time	Common-emitter configuration, See Figure 3		100	200	ns
Fall time			25	100	
Rise time	Emitter-follower configuration, See Figure 4		100	200	ns
Fall time			40	100	

† All typical values except for temperature coefficient are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074D – JANUARY 1983 – REVISED MAY 2002

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

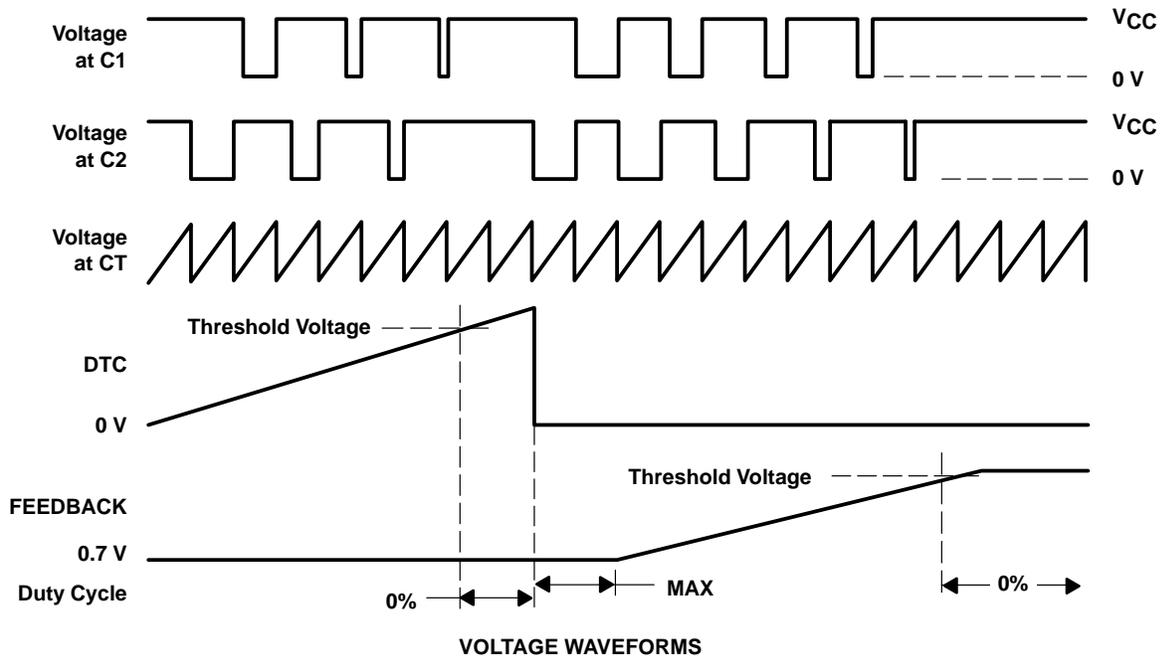
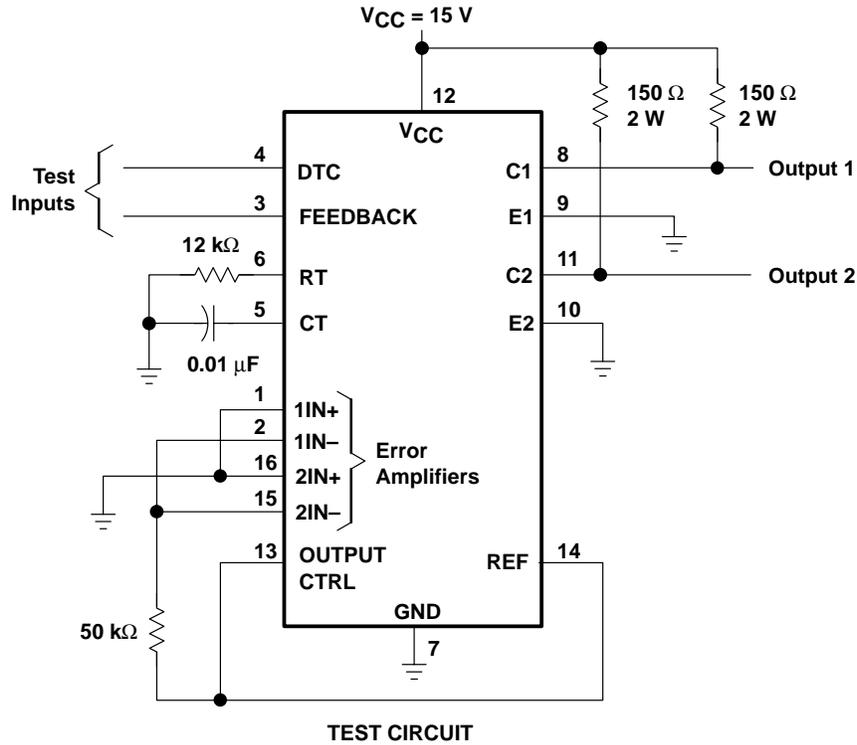


Figure 1. Operational Test Circuit and Waveforms

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

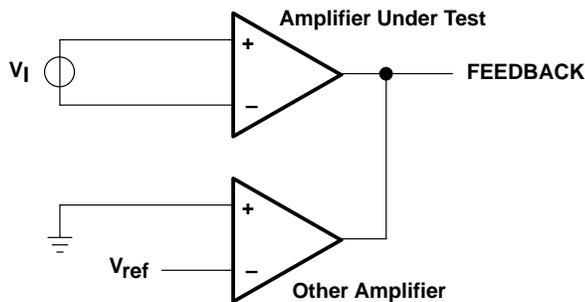
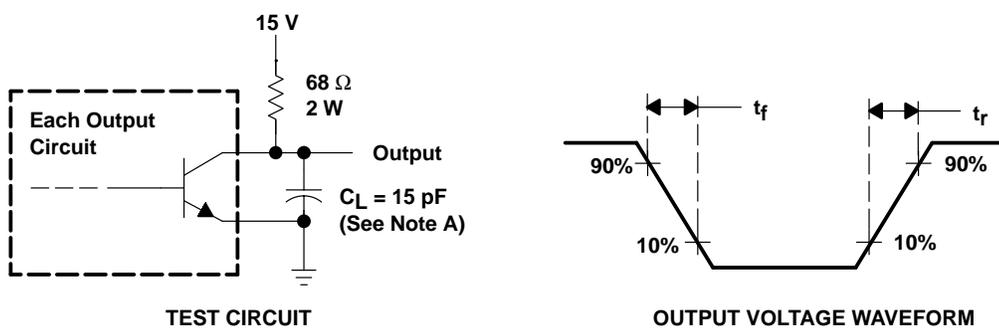
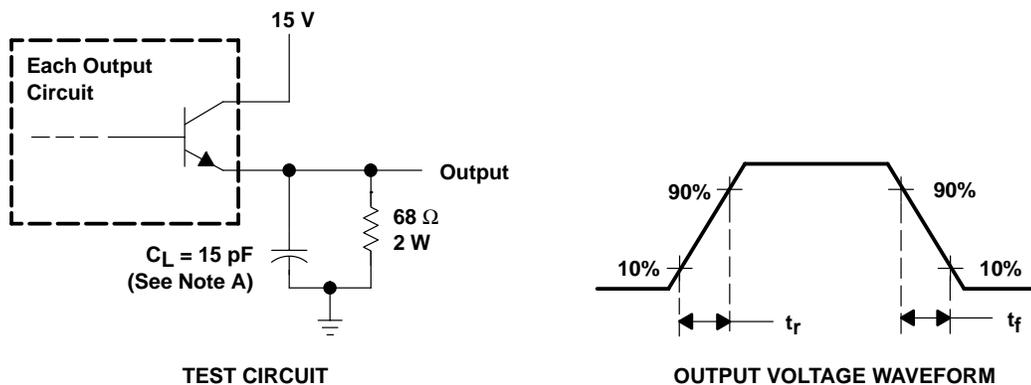


Figure 2. Amplifier Characteristics



NOTE A: C_L includes probe and jig capacitance.

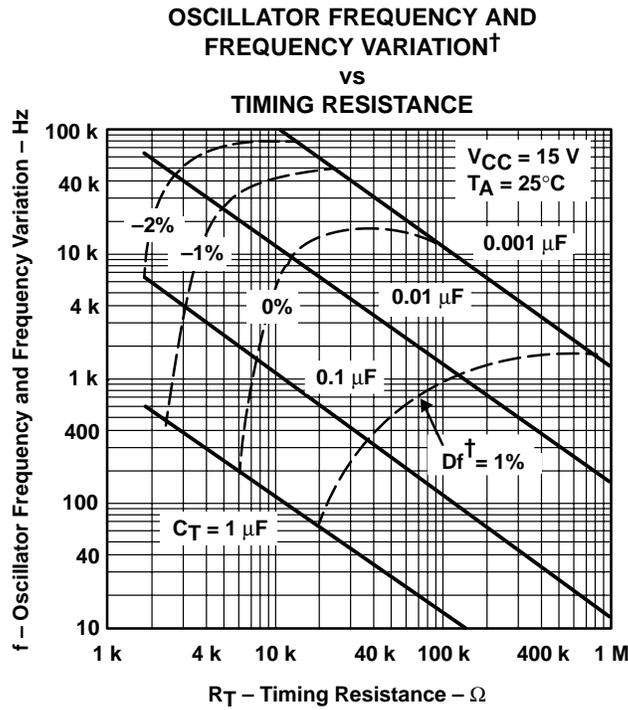
Figure 3. Common-Emitter Configuration



NOTE A: C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 4. Emitter-Follower Configuration

TYPICAL CHARACTERISTICS



† Frequency variation (Δf) is the change in oscillator frequency that occurs over the full temperature range.

Figure 5

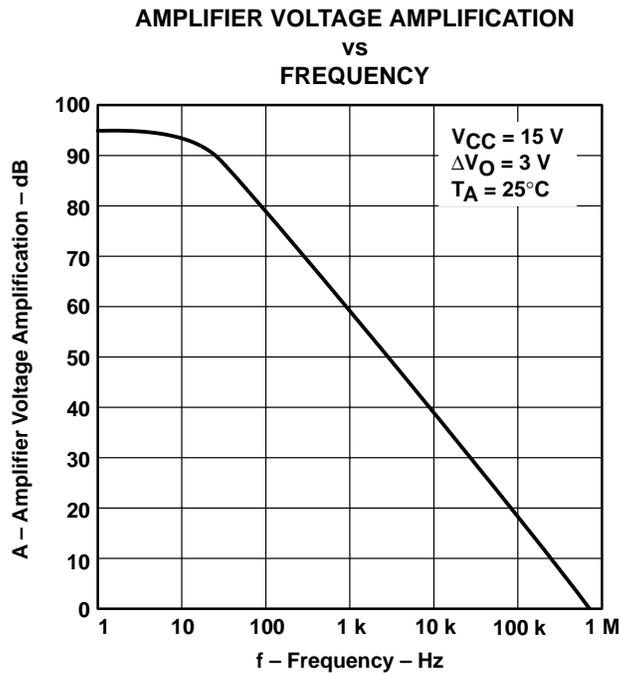


Figure 6

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Mailing Address:

Texas Instruments
Post Office Box 655303
Dallas, Texas 75265

C945 TRANSISTOR(NPN)

FEATURES

Power dissipation

P_{CM} : 0.4W ($T_{amb}=25^{\circ}C$)

Collector current

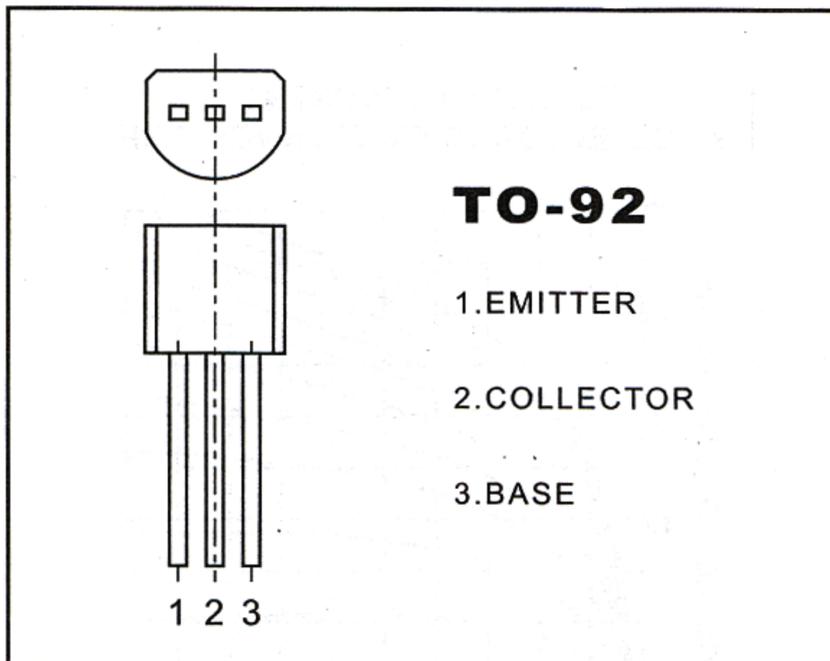
I_{CM} : 0.15 A

Collector-base voltage

$V_{(BR)CBO}$: 60 V

Operating and storage junction temperature range

T_J, T_{stg} : $-55^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

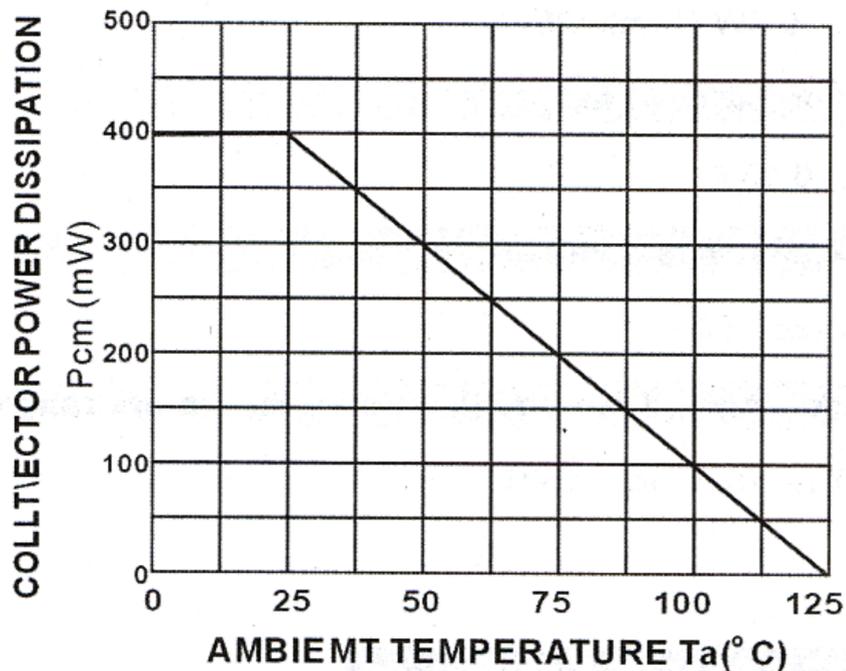
($T_{amb}=25^{\circ}C$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test conditions	MIN	MAX	UNIT
Collector-base breakdown voltage	$V_{(BR)CBO}$	$I_C = 1000 \mu A, I_E = 0$	60		V
Collector-emitter breakdown voltage	$V_{(BR)CEO}$	$I_C = 0.1 mA, I_B = 0$	50		V
Emitter-base breakdown voltage	$V_{(BR)EBO}$	$I_E = 100 \mu A, I_C = 0$	5		V
Collector cut-off current	I_{CBO}	$V_{CB} = 60 V, I_E = 0$		0.1	μA
Collector cut-off current	I_{CER}	$V_{CE} = 55 V, R = 10 M\Omega$		0.1	μA
Emitter cut-off current	I_{EBO}	$V_{EB} = 5 V, I_C = 0$		0.1	μA
DC current gain	$h_{FE(1)}$	$V_{CE} = 6 V, I_C = 1 mA$	70	700	
	$h_{FE(2)}$	$V_{CE} = 6 V, I_C = 0.1 mA$	40		
Collector-emitter saturation voltage	V_{CEsat}	$I_C = 100 mA, I_B = 10 mA$		0.3	V
Base-emitter saturation voltage	V_{BEsat}	$I_C = 100 mA, I_B = 10 mA$		1	V
Base-emitter voltage	V_{BE}	$I_E = 310 mA$		1.4	V
Transition frequency	f_T	$V_{CE} = 6 V, I_C = 10 mA$ $f = 30 MHz$	150		MHz

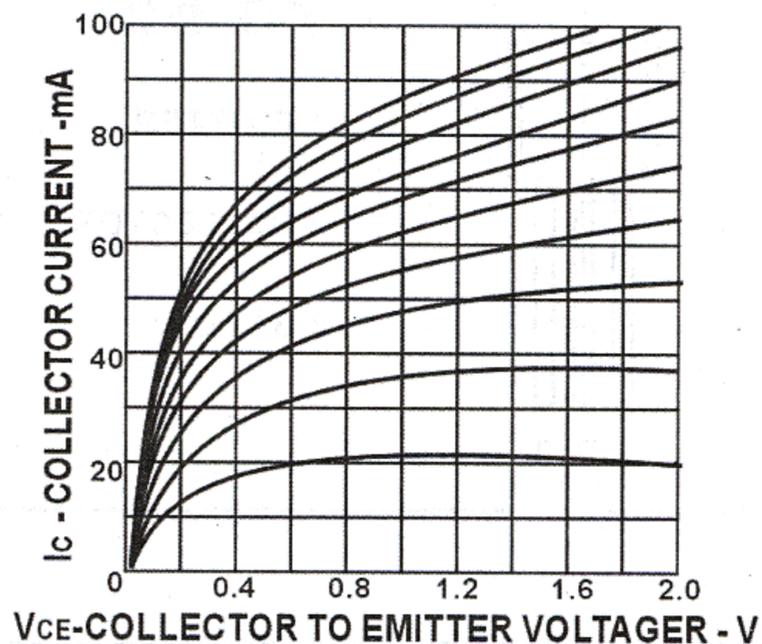
CLASSIFICATION OF $h_{FE(1)}$

Rank	O	Y	GR	BL
Range	70-140	120-240	200-400	350-700

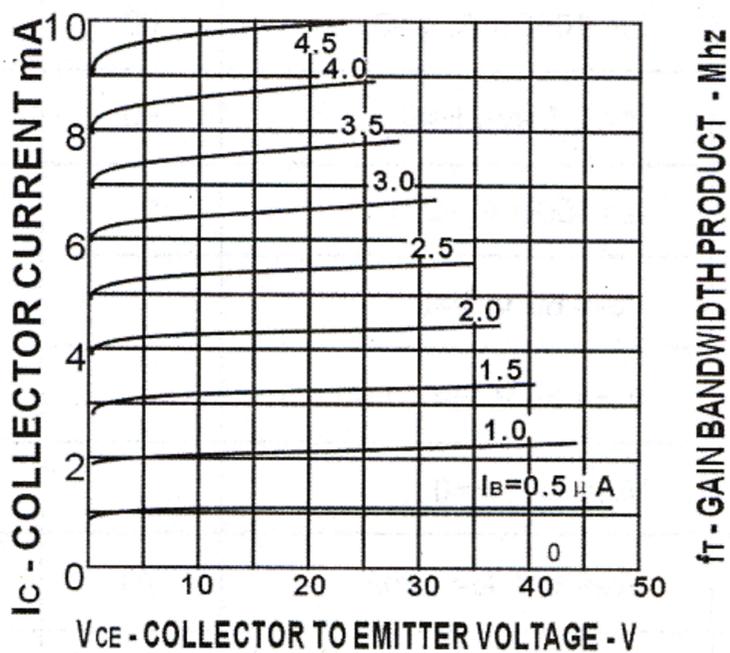
TOTAL Power Dissipation vs AMBIENT Temperature



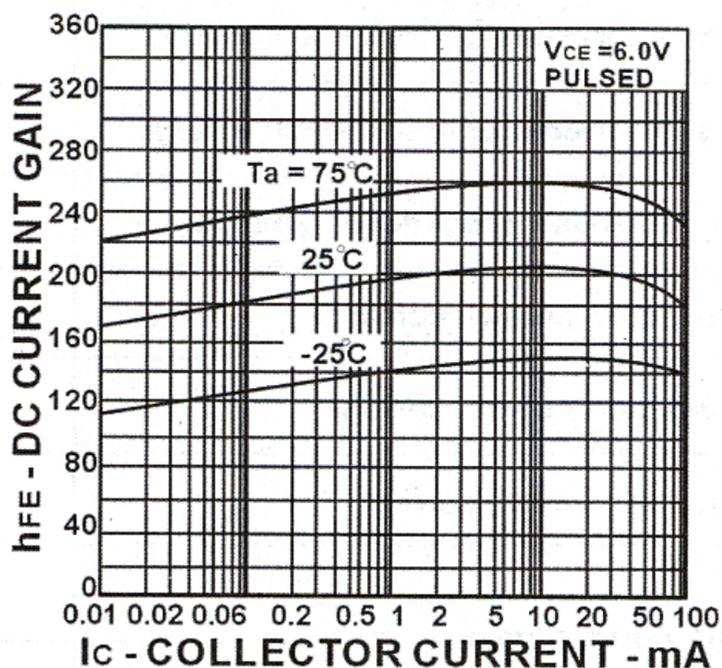
COLLECTOR CURRENT vs COLLECTOR TO EMITTER VOLTAGE



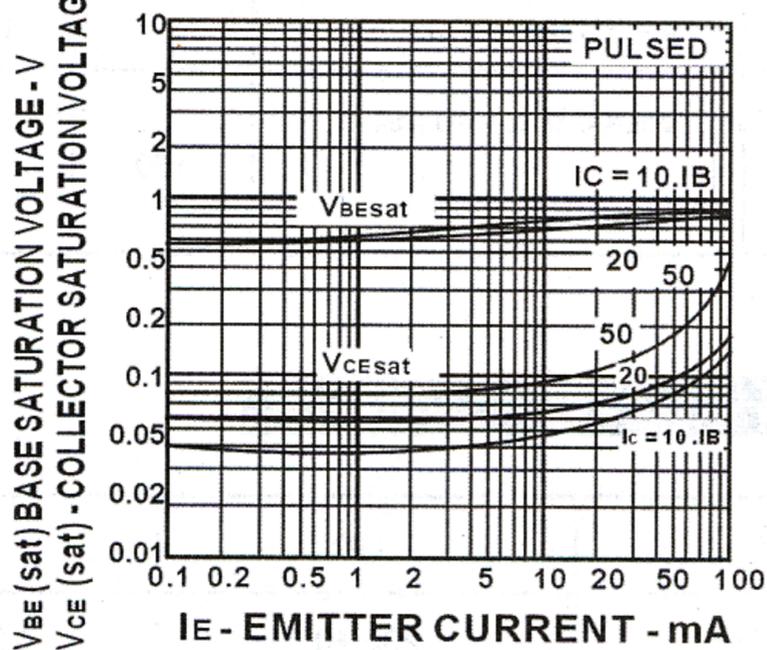
COLLECTOR CURRENT vs. COLLECTOR TO EMITTER VOLTAGE



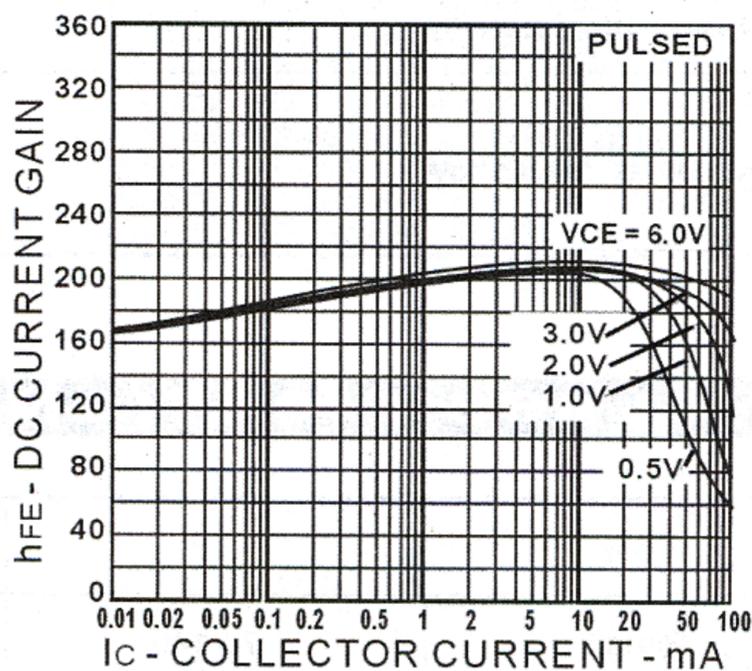
DC CURRENT GAIN vs. COLLECTOR CURRENT



COLLECTOR AND BASE SATURATION VOLTAGE vs. COLLECTOR CURRENT



DC CURRENT GAIN vs. COLLECTOR CURRENT



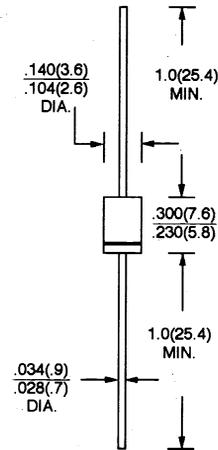


RL201 THRU RL207

2.0 AMPS. SILICON RECTIFIERS

VOLTAGE RANGE
50 to 1000 Volts
CURRENT
2.0 Amperes

DO-15



Dimensions in inches and (millimeters)

FEATURES

- * Low forward voltage drop
- * High current capability
- * High reliability
- * High surge current capability

MECHANICAL DATA

- * Case: Molded plastic
- * Epoxy: UL 94V-0 rate flame retardant
- * Lead: Axial leads, solderable per MIL-STD-202, method 208 guaranteed
- * Polarity: Color band denotes cathode end
- * Mounting Position: Any
- * Weight: 0.40 grams

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Rating at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%

TYPE NUMBER	SYMBOLS	RL201	RL202	RL203	RL204	RL205	RL206	RL207	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum D. C Blocking Voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current .375" (9.5mm) lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	$I_{F(AV)}$	2.0							A
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	I_{FSM}	60							A
Maximum Instantaneous Forward Voltage at 2.0A	V_F	1.0							V
Maximum D. C Reverse Current @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ at Rated D. C Blocking Voltage @ $T_A = 100^\circ\text{C}$	I_R	5.0 50.0							μA μA
Typical Junction Capacitance (Note 1)	C_J	35							pF
Typical Thermal Resistance (Note 2)	$R_{\theta JA}$	50							$^\circ\text{C}/\text{W}$
Operating Temperature Range	T_J	-65 to +125							$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 to +150							$^\circ\text{C}$

NOTES: 1. Measured at 1 MHz and applied reverse voltage of 4.0V D. C.
2. Thermal Resistance from Junction to Ambient 0.375" (9.5mm) Lead Length.

RATINGS AND CHARACTERISTIC CURVES (RL201 THRU RL207)

FIG. 1 - TYPICAL FORWARD CURRENT DERATING CURVE

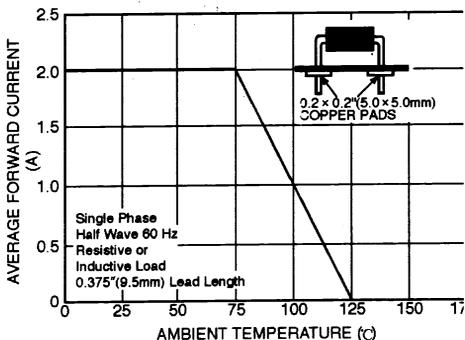


FIG. 2 - MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT

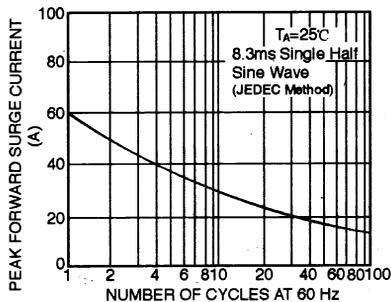


FIG. 3 - TYPICAL FORWARD CHARACTERISTICS

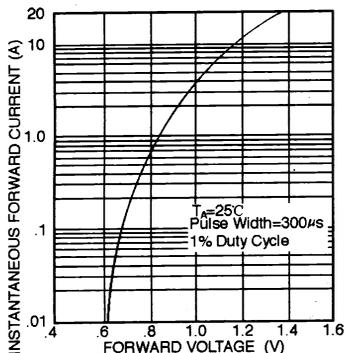


FIG. 4 - TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

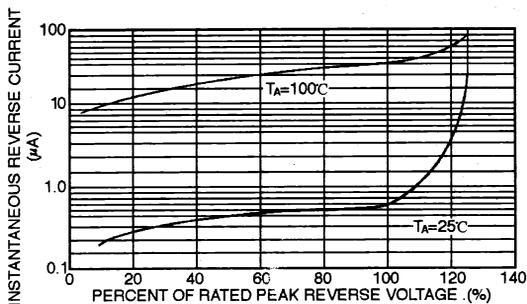
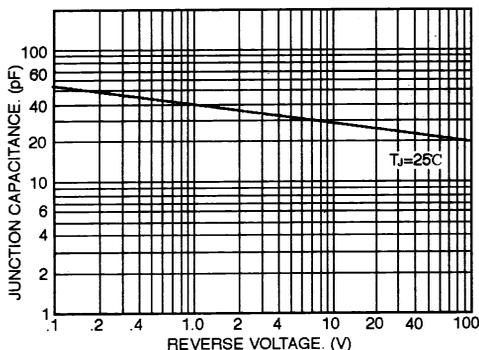


FIG. 5 - TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE

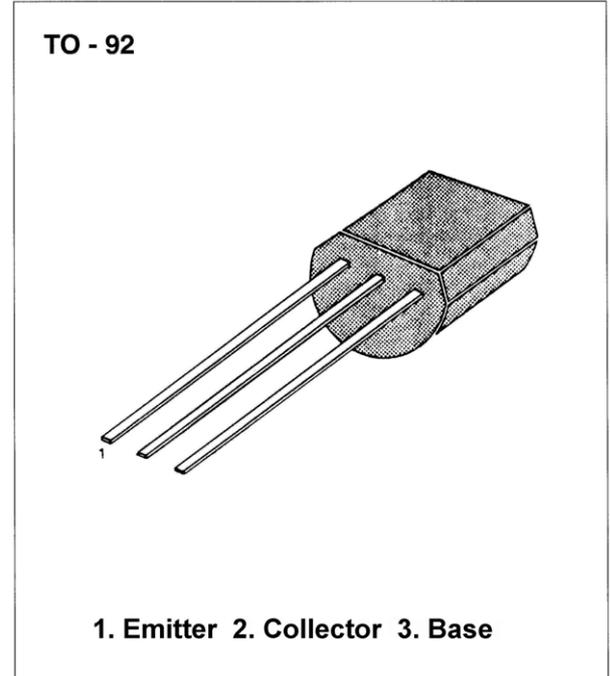


LOW FREQUENCY AMPLIFIER

- Collector-Emitter Voltage: $V_{CE0} = -50V$
- Collector Dissipation: $P_C(\max) = 250mW$

Absolute Maximum Ratings (TA=25°C)

Characteristic	Symbol	Rating	Unit
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	-60	V
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	-50	V
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	-5	V
Collector Current	I_C	-150	mA
Collector Dissipation	P_C	250	mW
Junction Temperature	T_J	150	°C
Storage Temperature	T_{STG}	-55~+150	°C



Electrical Characteristics (TA=25°C)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Collector-Base Breakdown Voltage	BV_{CBO}	$I_C = -5\mu A, I_E = 0$	-60			V
Collector-Emitter Breakdown Voltage	BV_{CEO}	$I_C = -1mA, I_B = 0$	-50			V
Emitter-Base Breakdown Voltage	BV_{EBO}	$I_E = -50\mu A, I_C = 0$	-5			V
Collector Cut-off Current	I_{CBO}	$V_{CB} = -60V, I_E = 0$			0.1	μA
Emitter Cut-off Current	I_{EBO}	$V_{EB} = -5V, I_C = 0$			01	μA
DC Current Gain	h_{FE}	$V_{CE} = -6V, I_C = -1mA$	90	200	600	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C = -100mA, I_B = -10mA$		-0.18	-0.3	V
Transition Frequency	f_T	$V_{CE} = -6V, I_C = -10mA$ $f = 30MHz$	50	180		MHz

h_{FE} CLASSIFICATION

Classification	R	Q	P	K
h_{FE}	90-180	135-270	200-400	300-600

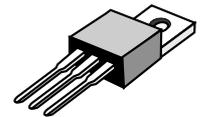
Schottky Barrier Rectifiers

Using the Schottky Barrier principle with a Molybdenum barrier metal. These state-of-the-art geometry features epitaxial construction with oxide passivation and metal overlay contact. Ideally suited for low voltage, high frequency rectification, or as free wheeling and polarity protection diodes.

- * Low Forward Voltage.
- * Low Switching noise.
- * High Current Capacity
- * Guarantee Reverse Avalanche.
- * Guard-Ring for Stress Protection.
- * Low Power Loss & High efficiency.
- * 125°C Operating Junction Temperature
- * Low Stored Charge Majority Carrier Conduction.
- * Plastic Material used Carries Underwriters Laboratory Flammability Classification 94V-O

SCHOTTKY BARRIER RECTIFIERS

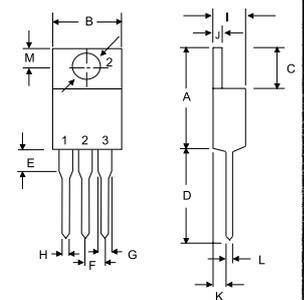
**10 AMPERES
30 – 60 VOLTS**



TO-220AB

MAXIMUM RATINGS

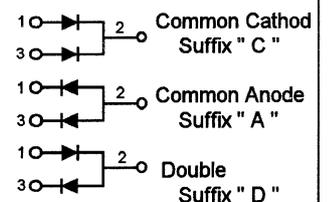
Characteristic	Symbol	S10C						Unit
		30	35	40	45	50	60	
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	30	35	40	45	50	60	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	21	25	28	32	35	42	V
Average Rectifier Forward Current Total Device (Rated V_R), $T_C=100^\circ\text{C}$	$I_{F(AV)}$	5 10						A
Peak Repetitive Forward Current (Rate V_R , Square Wave, 20kHz)	I_{FM}	10						A
Non-Repetitive Peak Surge Current (Surge applied at rate load conditions halfwave, single phase, 60Hz)	I_{FSM}	125						A
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	- 65 to + 125						°C



DIM	MILLMETERS	
	MIN	MAX
A	14.68	15.32
B	9.78	10.42
C	6.01	6.52
D	13.06	14.62
E	3.57	4.07
F	2.42	2.66
G	1.12	1.36
H	0.72	0.96
I	4.22	4.98
J	1.14	1.36
K	2.20	2.97
L	0.33	0.55
M	2.48	2.98
O	3.70	3.90

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	S10C						Unit	
		30	35	40	45	50	60		
Maximum Instantaneous Forward Voltage ($I_F=5.0$ Amp, $T_C = 25^\circ\text{C}$) ($I_F=5.0$ Amp, $T_C = 100^\circ\text{C}$)	V_F	0.55 0.47						0.65 0.55	V
Maximum Instantaneous Reverse Current (Rated DC Voltage, $T_C = 25^\circ\text{C}$) (Rated DC Voltage, $T_C = 100^\circ\text{C}$)	I_R	5.0 50							mA



S10C30 thru S10C45

FIG-1 FORWARD CURRENT DERATING CURVE

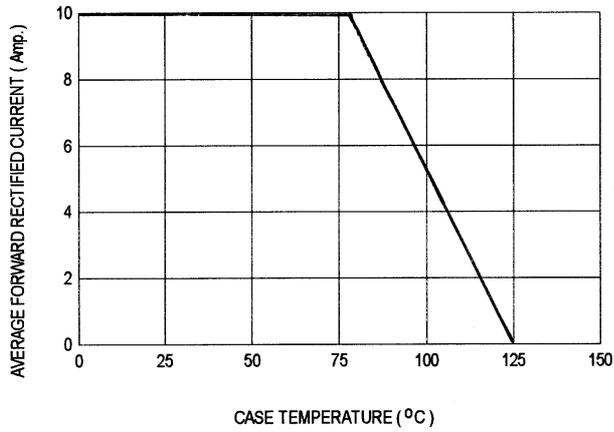


FIG-2 TYPICAL FORWARD CHARACTERISTICS

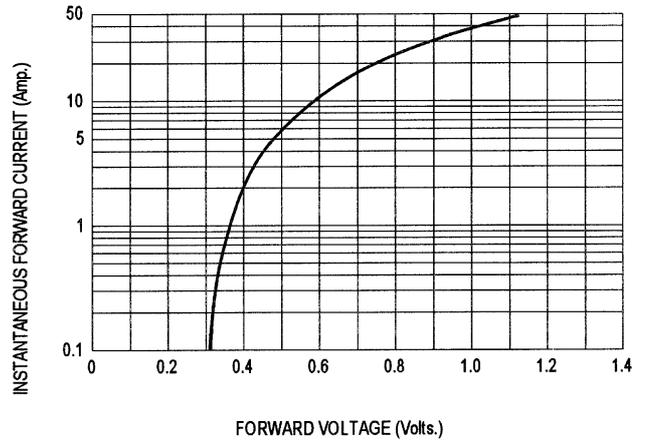


FIG-3 TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

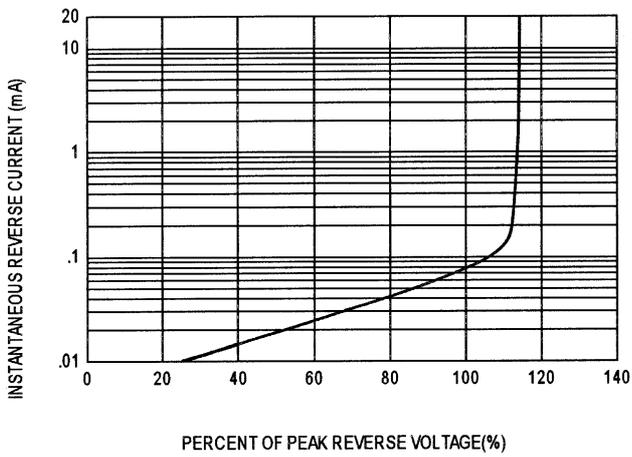


FIG-4 TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE

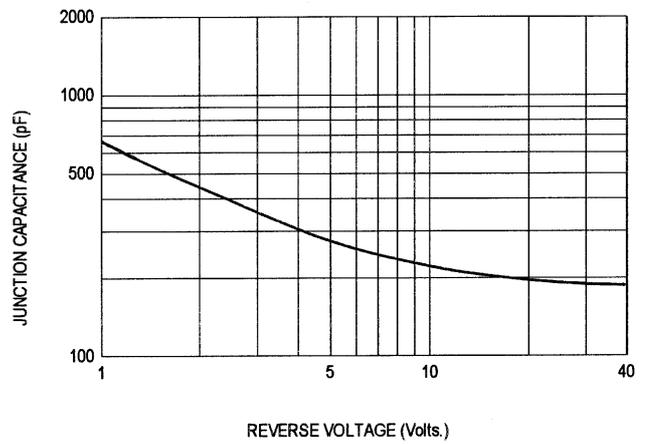
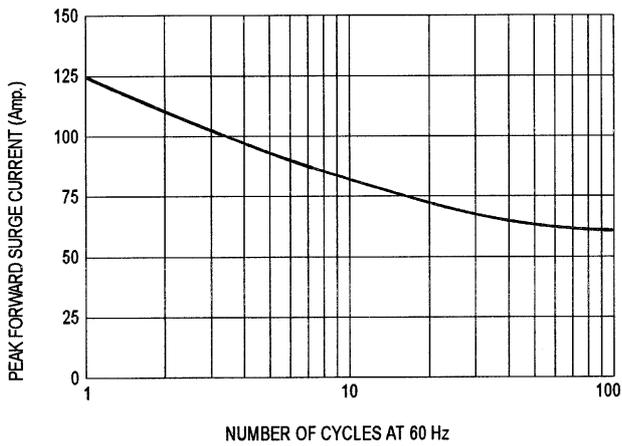


FIG-5 PEAK FORWARD SURGE CURRENT



S10C50 , S10C60

FIG-1 FORWARD CURRENT DERATING CURVE

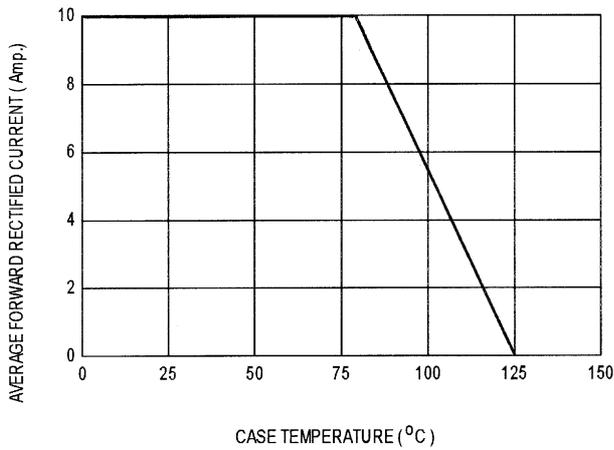


FIG-2 TYPICAL FORWARD CHARACTERISTICS

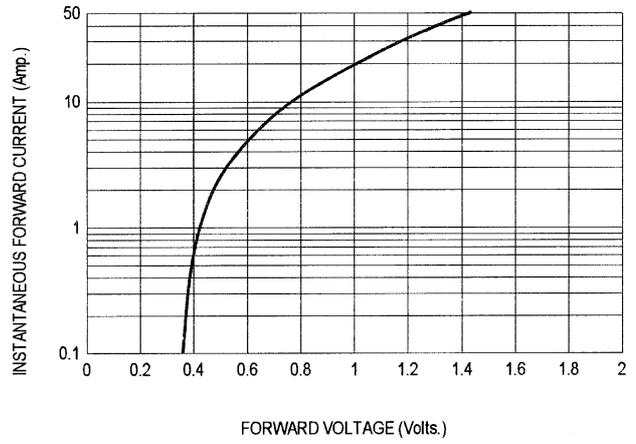


FIG-3 TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

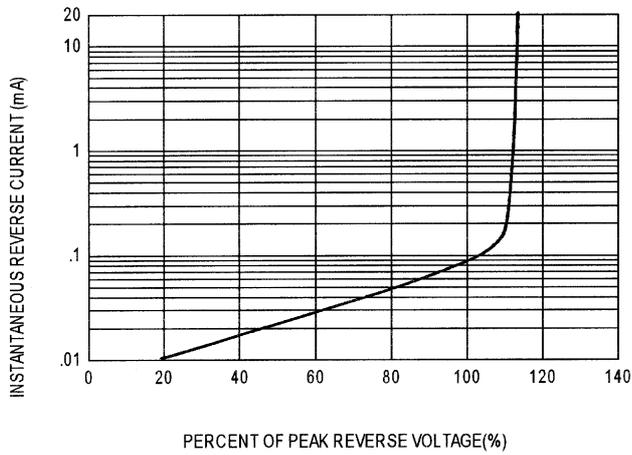


FIG-4 TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE

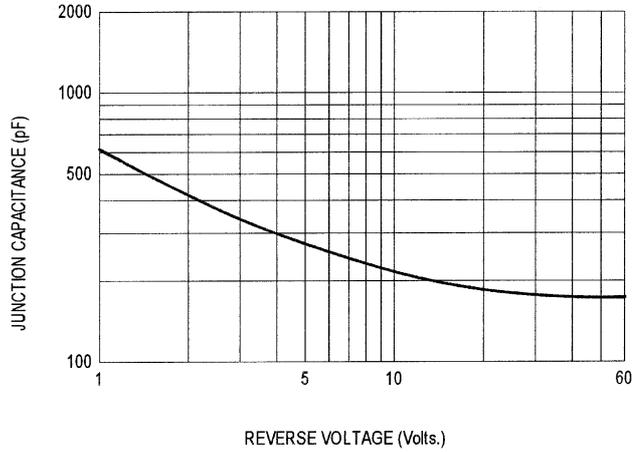
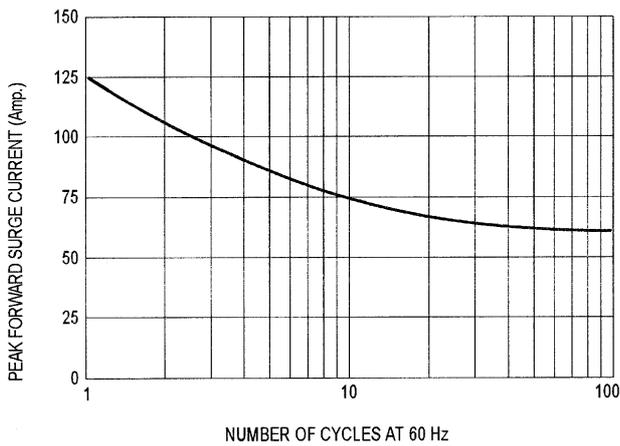
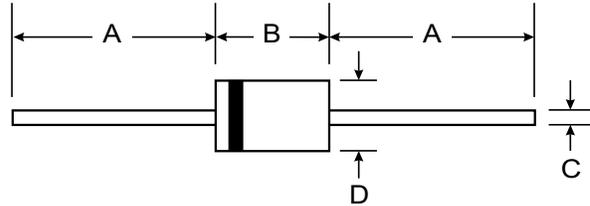


FIG-5 PEAK FORWARD SURGE CURRENT



Features

- Low Reverse Recovery Time (T_{rr})
- Low Reverse Current
- Low Forward Voltage Drop
- High Current Capability
- Plastic Material - UL Recognition 94V-0



Mechanical Data

- Case: DO-201AD, Molded Plastic
- Terminals: Axial Leads, Solderable per MIL-STD-202 Method 208
- Polarity: Color Band Denotes Cathode
- Approx. Weight: 1.1 grams
- Mounting Position: Any

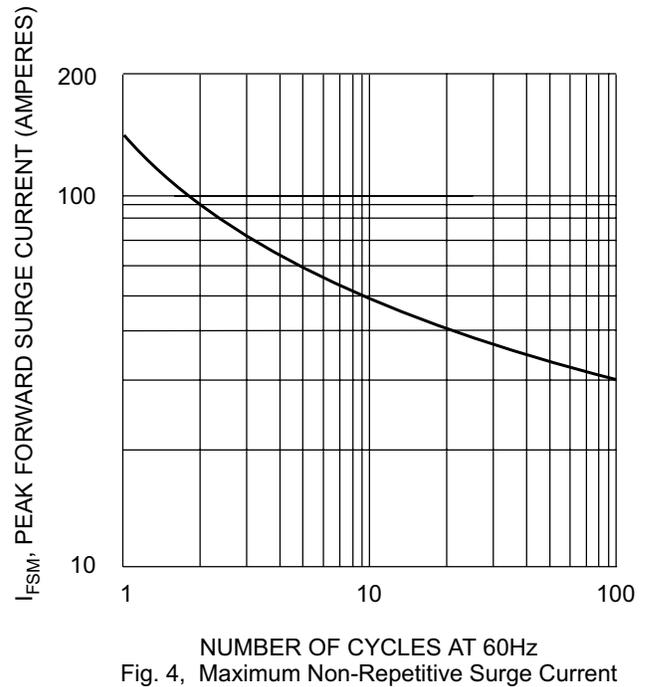
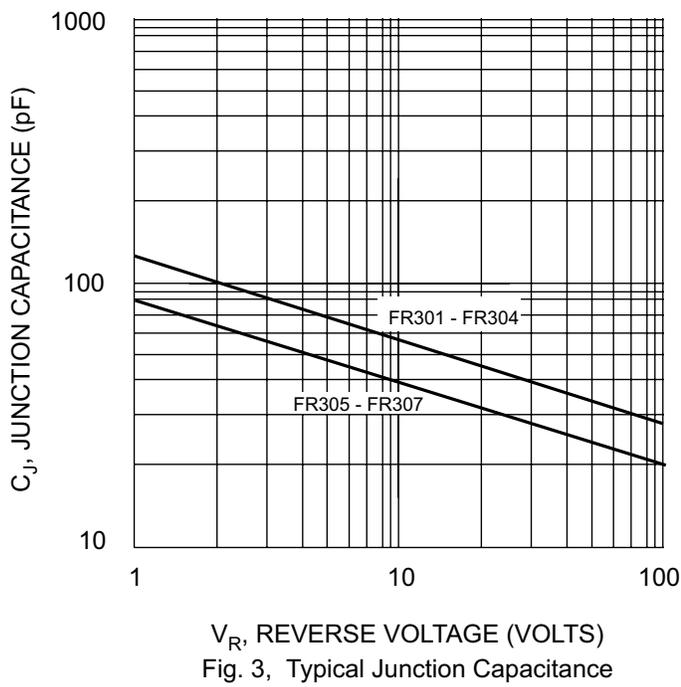
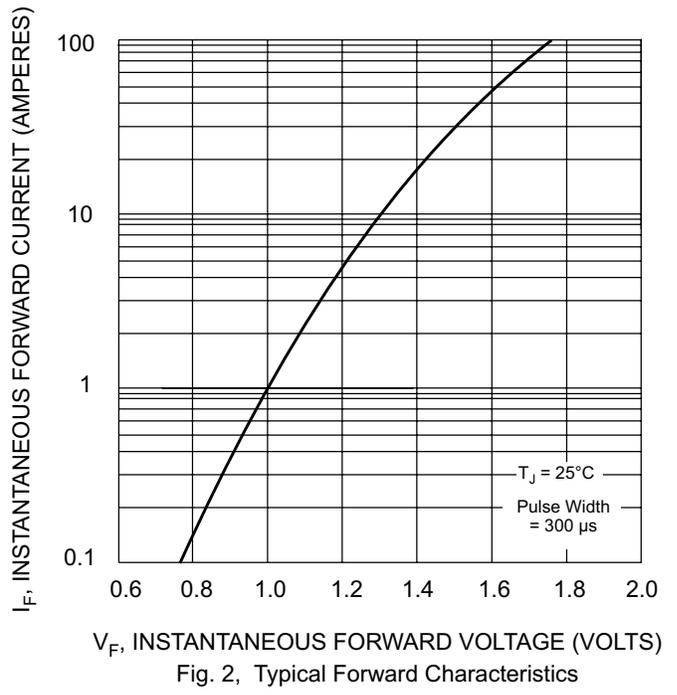
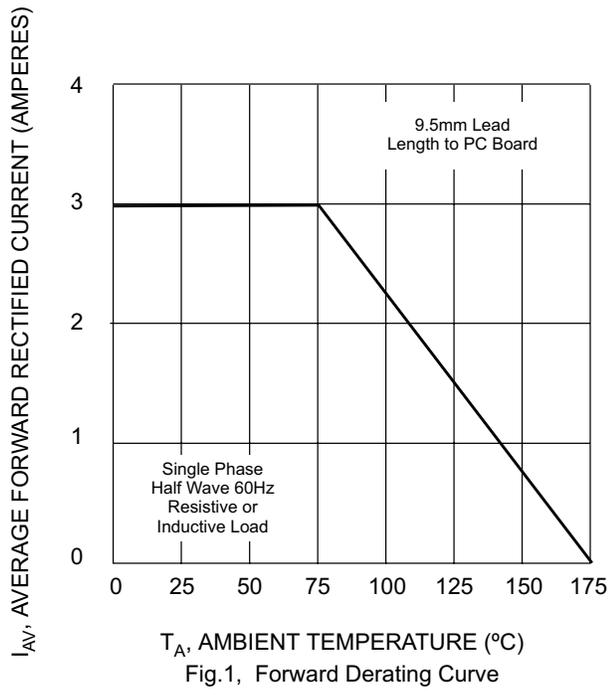
DO-201AD		
Dim	Min	Max
A	25.4	—
B	7.2	9.5
C	1.2	1.3
D	4.8	5.3
All Dimensions in mm		

Maximum Ratings and Electrical Characteristics

Ratings at 25° C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.

Characteristic	Symbol	FR 301	FR 302	FR 303	FR 304	FR 305	FR 306	FR 307	Unit
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current (9.5mm) Lead Length @ $T_A=75^\circ\text{C}$	$I_{(AV)}$	3.0							A
Peak Forward Surge Current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	I_{FSM}	150							A
Maximum Instantaneous Forward Voltage at 3.0A DC	V_F	1.3							V
Maximum DC Reverse Current	I_R	10							μA
Maximum Reverse Recovery Time (Note 1)	T_{rr}	150				250	500		ns
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C_J	70				50			pF
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to +175							$^\circ\text{C}$

Notes: 1. Reverse Recovery Test Conditions: $I_F = 0.5\text{ A}$, $I_R = 1.0\text{ A}$, $I_{RR} = 0.25\text{ A}$
2. Measured at 1 MHz and applied reverse voltage of 4.0 volts.



FAST RECOVERY RECTIFIER

VOLTAGE RANGE 50 to 1000 Volts CURRENT 1.0 Ampere

FEATURES

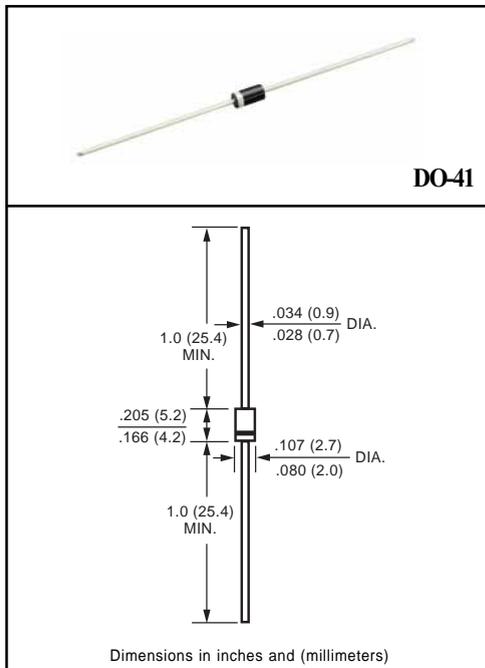
- * Fast switching
- * Low leakage
- * Low forward voltage drop
- * High current capability
- * High surge capability
- * High reliability

MECHANICAL DATA

- * Case: Molded plastic
- * Epoxy: Device has UL flammability classification 94V-0
- * Lead: MIL-STD-202E method 208C guaranteed
- * Mounting position: Any
- * Weight: 0.33 gram

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.
 Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
 For capacitive load, derate current by 20%.



MAXIMUM RATINGS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

RATINGS	SYMBOL	FR101	FR102	FR103	FR104	FR105	FR105P	FR106	FR107	FR107P	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	VRRM	50	100	200	400	600	600	800	1000	1000	Volts
Maximum RMS Voltage	VRMS	35	70	140	280	420	400	560	700	700	Volts
Maximum DC Blocking Voltage	VDC	50	100	200	400	600	600	800	1000	1000	Volts
Maximum Average Forward Rectified Current at TA = 75°C	IO	1.0									Amps
Peak Forward Surge Current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	IFSM	30									Amps
Typical Junction Capacitance (Note 2)	CJ	15									pF
Operating and Storage Temperature Range	TJ, TSTG	-65 to +150									°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

CHARACTERISTICS	SYMBOL	FR101	FR102	FR103	FR104	FR105	FR105P	FR106	FR107	FR107P	UNITS
Maximum Instantaneous Forward Voltage at 1.0A DC	VF	1.3									Volts
Maximum DC Reverse Current at Rated DC Blocking Voltage TA = 25°C	IR	5.0									uAmps
Maximum Full Load Reverse Current Full Cycle Average, .375" (9.5mm) lead length at TL = 55°C		100									uAmps
Maximum Reverse Recovery Time (Note 1)	trr	150			250	150	500	250			nSec

NOTES : 1. Test Conditions: IF = 0.5A, IR = -1.0A, IRR = -0.25A

2. Measured at 1 MHz and applied reverse voltage of 4.0 volts

RATING AND CHARACTERISTIC CURVES (FR101 THRU FR107)

FIG. 1 - TYPICAL FORWARD CURRENT DERATING CURVE

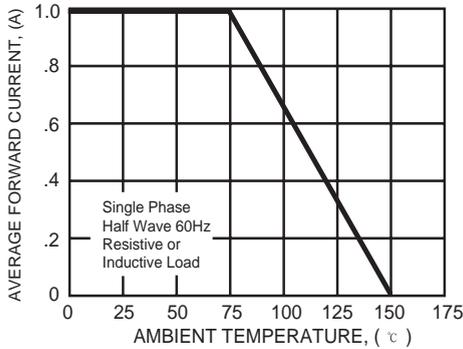


FIG. 2 - MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT

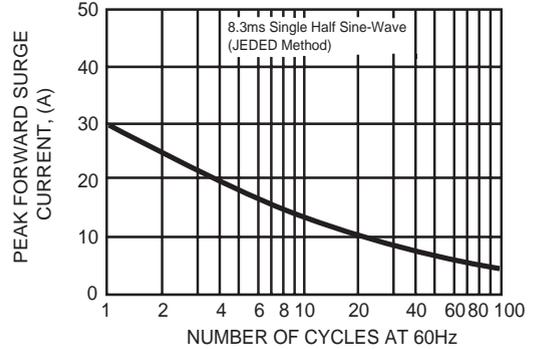


FIG. 3 - TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS

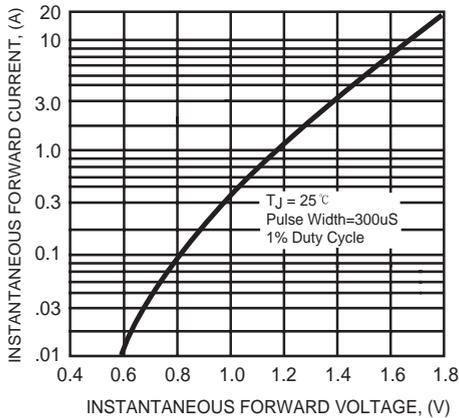


FIG. 4 - TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

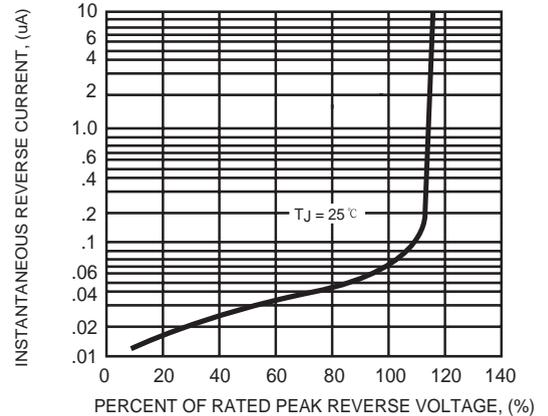


FIG. 5 - TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE

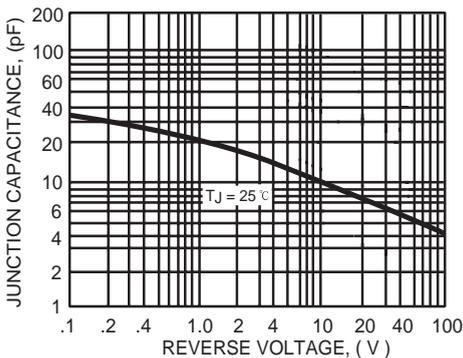
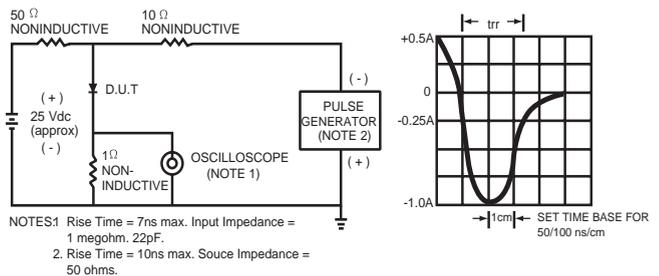


FIG. 6 - TEST CIRCUIT DIAGRAM AND REVERSE RECOVERY TIME CHARACTERISTIC



SILICON RECTIFIER

VOLTAGE RANGE 50 to 1000 Volts CURRENT 1.0 Ampere

FEATURES

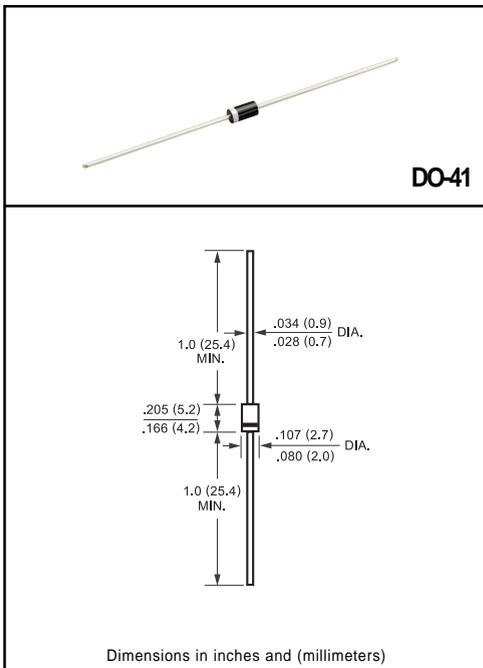
- * Low cost
- * Low leakage
- * Low forward voltage drop
- * High current capability

MECHANICAL DATA

- * Case: Molded plastic
- * Epoxy: UL 94V-O rate flame retardant
- * Lead: MIL-STD-202E method 208C guaranteed
- * Mounting position: Any
- * Weight: 0.33 gram

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.



MAXIMUM RATINGS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

RATINGS	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	VRRM	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum RMS Voltage	VRMS	35	70	140	280	420	560	700	Volts
Maximum DC Blocking Voltage	Vdc	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum Average Forward Rectified Current at TA = 75°C	Io	1.0							Amps
Peak Forward Surge Current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	IFSM	30							Amps
Typical Junction Capacitance (Note)	CJ	15							pF
Typical Thermal Resistance	R θJA	50							°C/W
Operating and Storage Temperature Range	TJ, TSTG	-65 to + 175							°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

CHARACTERISTICS	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS
Maximum Instantaneous Forward Voltage at 1.0A DC	VF	1.1							Volts
Maximum DC Reverse Current at Rated DC Blocking Voltage	@ TA = 25°C	5.0							uAmps
	@ TA = 100°C	50							
Maximum Full Load Reverse Current Average, Full Cycle .375" (9.5mm) lead length at TL = 75°C	IR	30							uAmps

NOTES : Measured at 1 MHz and applied reverse voltage of 4.0 volts

RATING AND CHARACTERISTIC CURVES (1N4001 THRU 1N4007)

FIG. 1 - TYPICAL FORWARD CURRENT DERATING CURVE

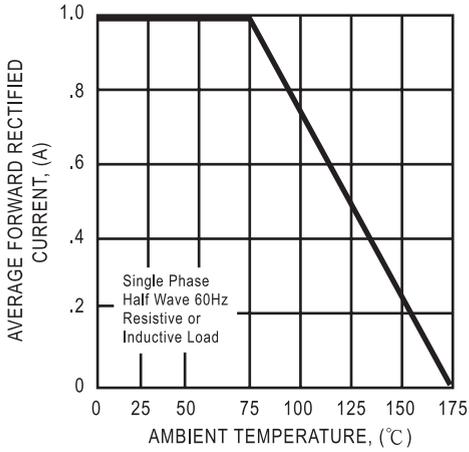


FIG. 2 - TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS

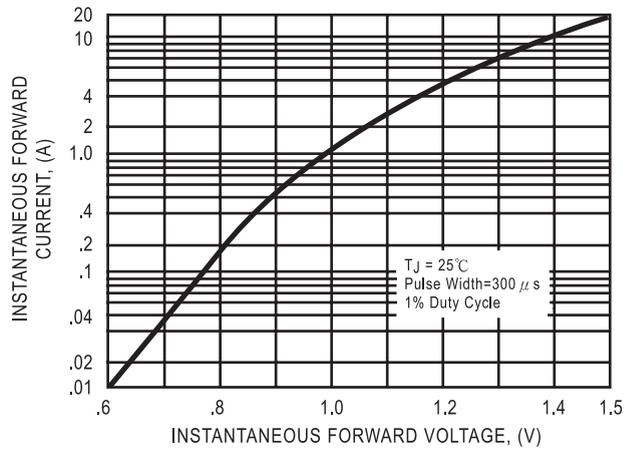


FIG. 3 - MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT

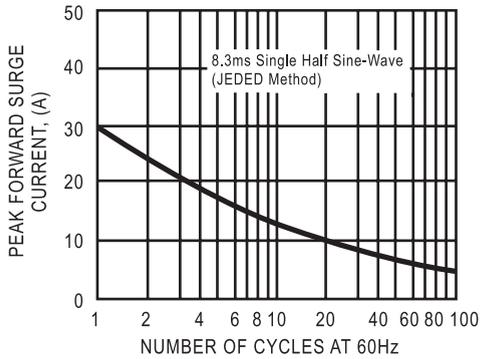


FIG. 4 - TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

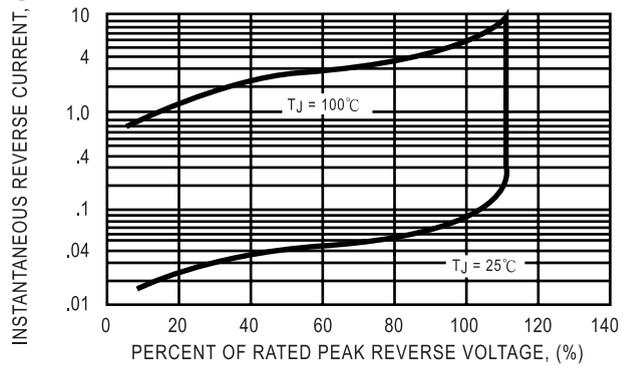
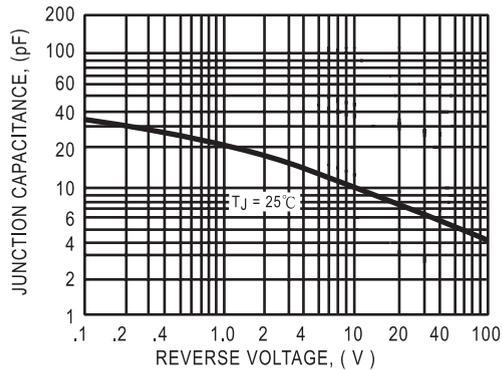


FIG. 5 - TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE



This datasheet has been download from:

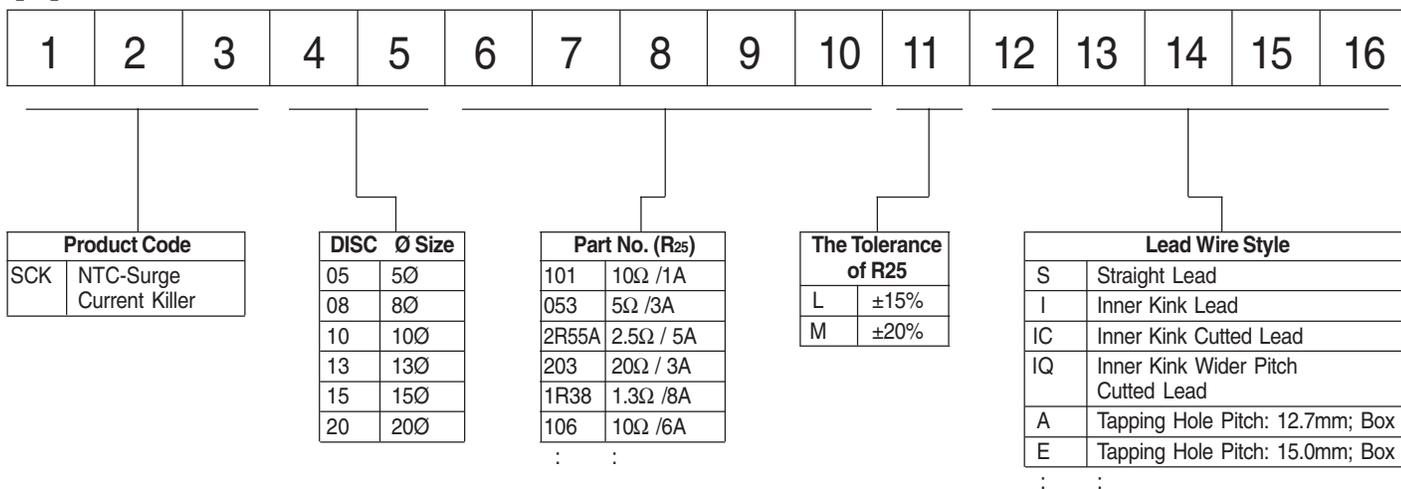
www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.

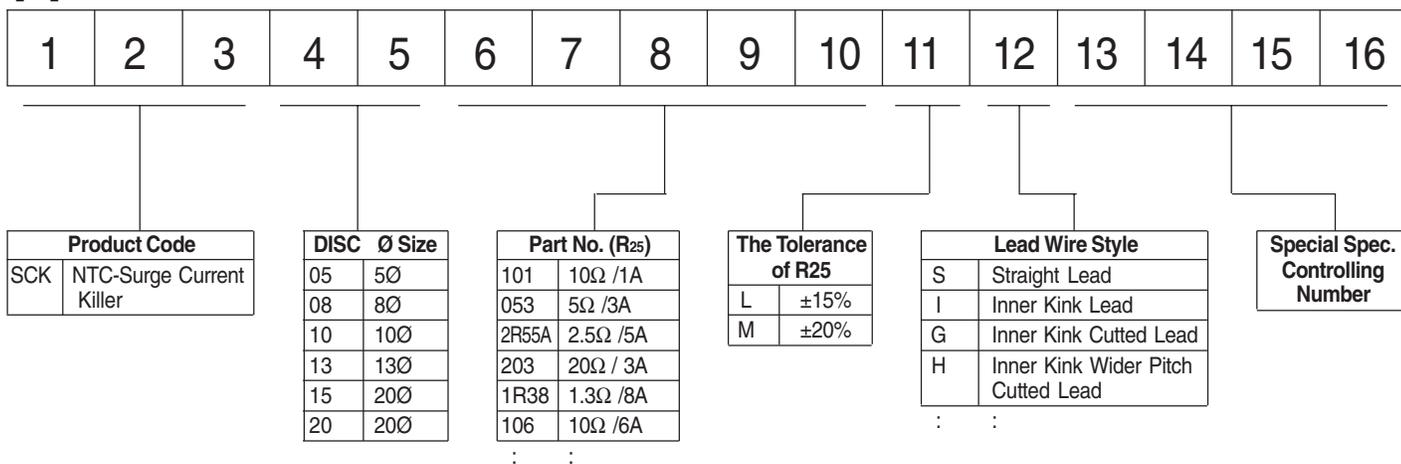


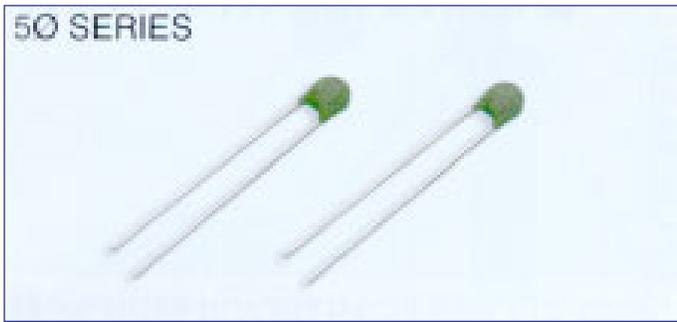
SCK-SERIES Part Number Code

[A]

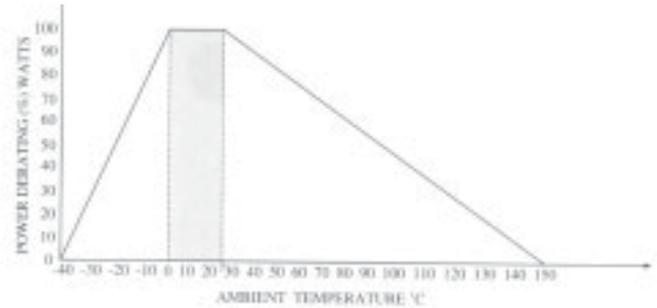


[B]





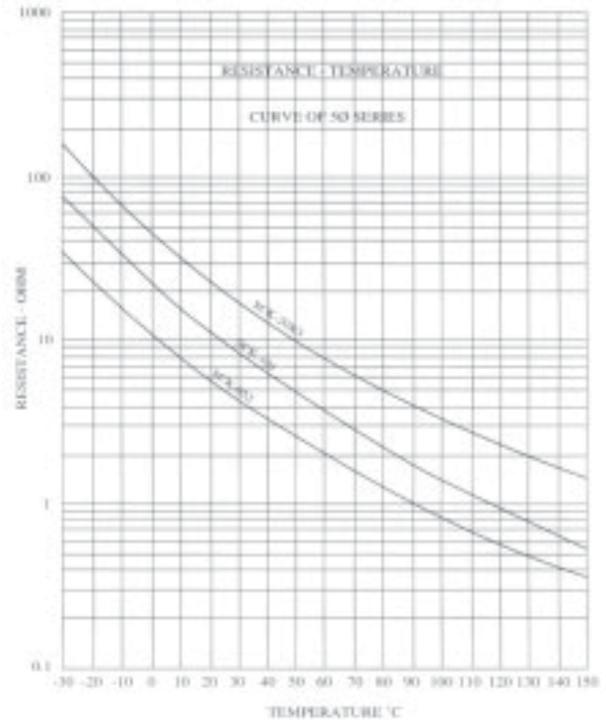
POWER DERATING CURVE



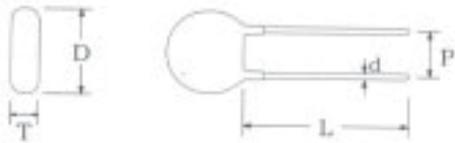
SPECIFICATION

Part No	Zero Power Resistance at 25°C (Ω)	Max. Steady State Current at 25°C (A)	Approx. Resistance at Max. Current at 25°C (mΩ)	Thermal Dissipation Constant (mW/°C)	Thermal Time Constant (Sec.)	Operating Temperature (°C)
SCK-052	5	2	429	14	17	-40~+150
SCK-101	10	1	1126	15	17	-40~+150
SCK-20X3	20	0.3	5560	14	22	-40~+150

R-T CHARACTERISTIC CURVE



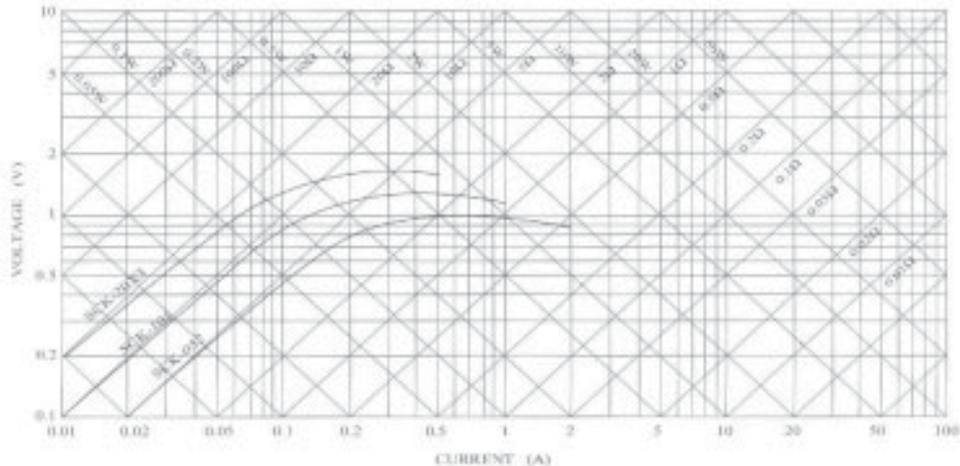
DIMENSION

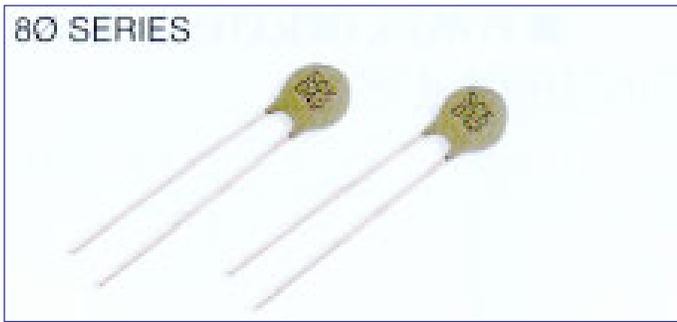


Disc Ø	D max.	L. min.	d. nor.	P. nor.	T. max.
5	6.5	31	0.8±0.02	4±0.6	5

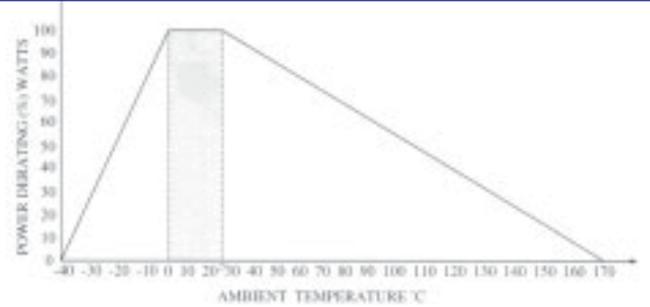
Unit. mm

V-I CHARACTERISTIC CURVE





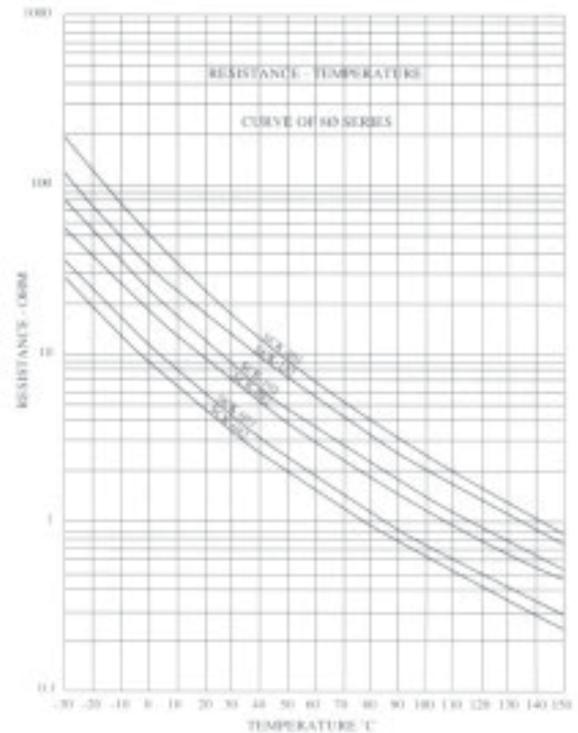
POWER DERATING CURVE



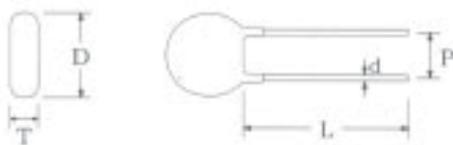
SPECIFICATION

Part No	Zero Power Resistance at 25°C (Ω)	Max. Steady State Current at 25°C (A)	Approx. Resistance at Max. Current at 25°C (mΩ)	Thermal Dissipation Constant (mW/°C)	Thermal Time Constant (Sec.)	Operating Temperature (°C)
SCK-042	4	2	441	17	31	-40~+170
SCK-053	5	3	261	17	36	-40~+170
SCK-063	6	3	283	17	38	-40~+170
SCK-082	8	2	520	16	36	-40~+170
SCK-102	10	2	542	17	38	-40~+170
SCK-152	15	2	548	15	38	-40~+170
SCK-201	20	1	1544	17	41	-40~+170

R-T CHARACTERISTIC CURVE



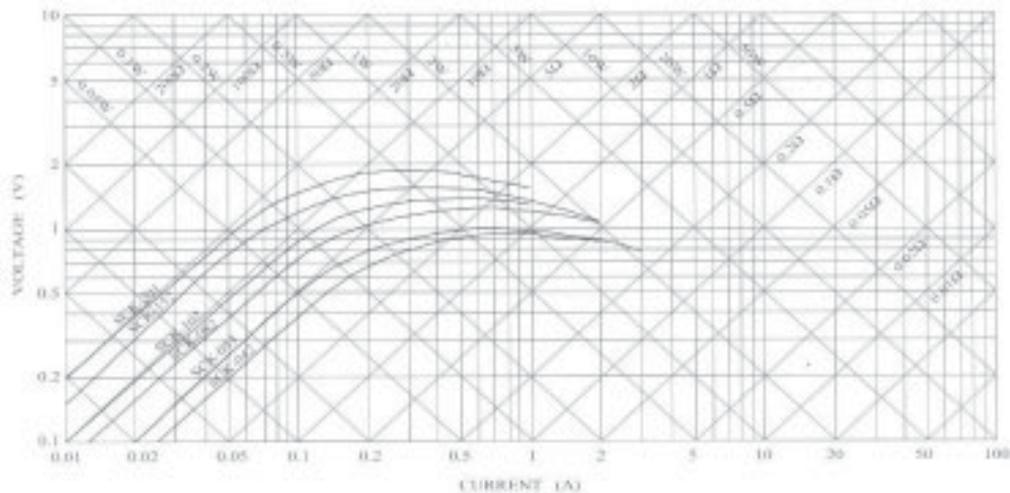
DIMENSION



Disc Ø	D max.	L. min.	d. nor.	P. nor.	T. max.
8	9.5	31	0.8±0.02	5±0.8	5

Unit. mm

V-I CHARACTERISTIC CURVE

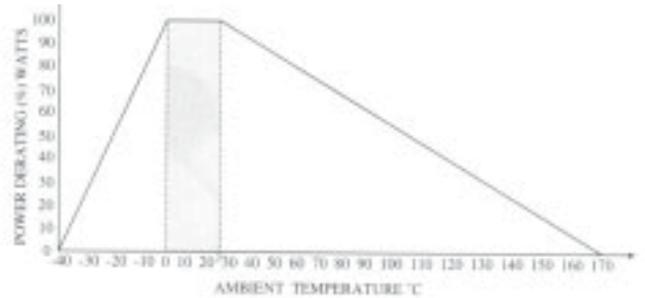




NTC POWER THERMISTOR 100 SERIES



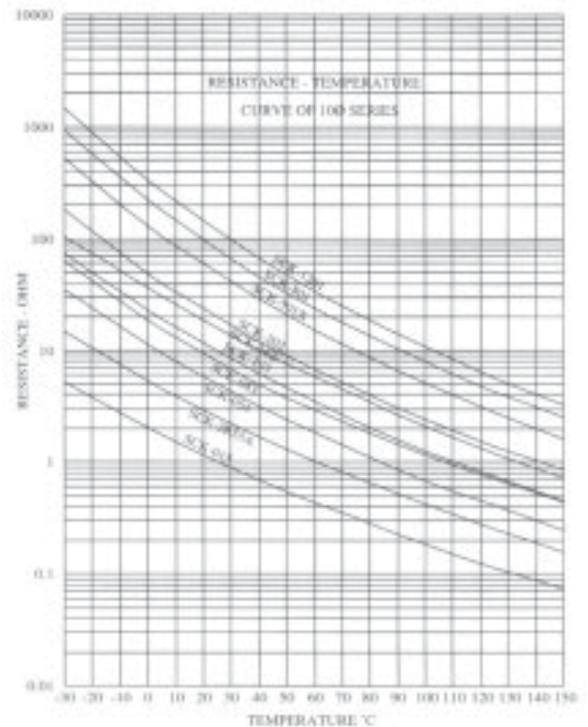
POWER DERATING CURVE



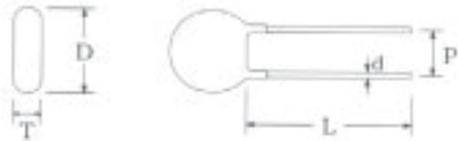
SPECIFICATION

Part No	Zero Power Resistance at 25°C (Ω)	Max. Steady State Current at 25°C (A)	Approx. Resistance at Max. Current at 25°C (mΩ)	Thermal Dissipation Constant (mW/°C)	Thermal Time Constant (Sec.)	Operating Temperature (°C)
SCK-015	1	5	91	17	33	-40~+170
SCK-1R55	1.5	5	101	17	34	-40~+170
SCK-2R55A	2.5	5	120	18	46	-40~+170
SCK-034	3	4	156	18	45	-40~+170
SCK-035	3	5	119	18	45	-40~+170
SCK-044	4	4	161	16	40	-40~+170
SCK-054	5	4	180	17	33	-40~+170
SCK-083	8	3	278	17	43	-40~+170
SCK-103	10	3	297	17	46	-40~+170
SCK-122	12	2	512	18	50	-40~+170
SCK-123	12	3	301	18	50	-40~+170
SCK-133	13	3	356	18	49	-40~+170
SCK-152X	15	2.5	442	17	51	-40~+170
SCK-162	16	2	604	18	55	-40~+170
SCK-162X	16	2.5	442	16	45	-40~+170
SCK-202	20	2	646	17	54	-40~+170
SCK-252	25	2	674	17	52	-40~+170
SCK-302	30	2	700	17	50	-40~+170
SCK-472	47	2	720	18	49	-40~+170
SCK-501X	50	1.5	1170	18	48	-40~+170
SCK-502	50	2	813	18	48	-40~+170
SCK-801	80	1	2236	17	53	-40~+170
SCK-1201	120	1	2406	19	54	-40~+170

R-T CHARACTERISTIC CURVE

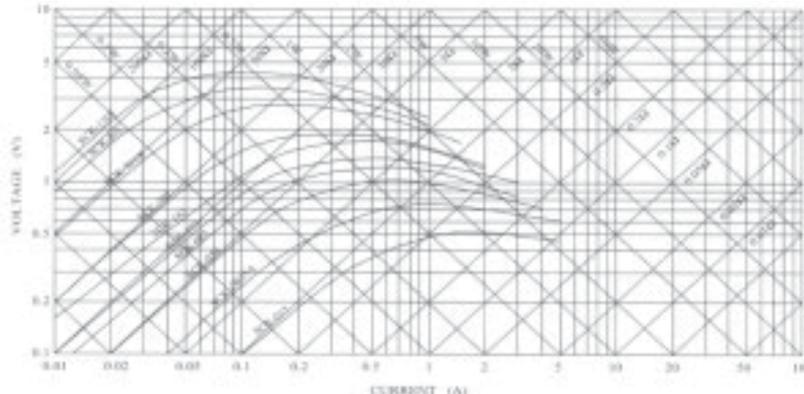


DIMENSION



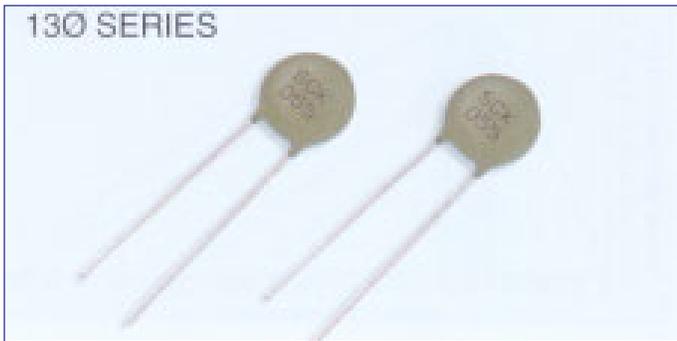
Disc Ø	D max.	L min.	d. nor.	P. nor.	T. max.
10	11.5	31	0.8±0.02	5±0.8	5

V-I CHARACTERISTIC CURVE

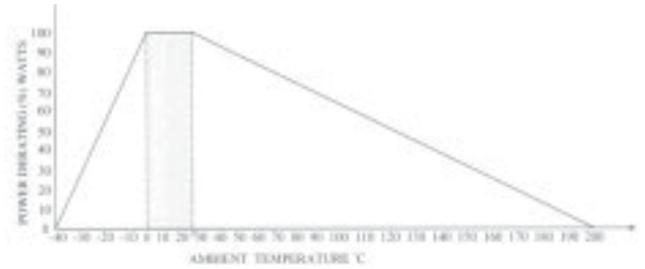




NTC POWER THERMISTOR 200 SERIES



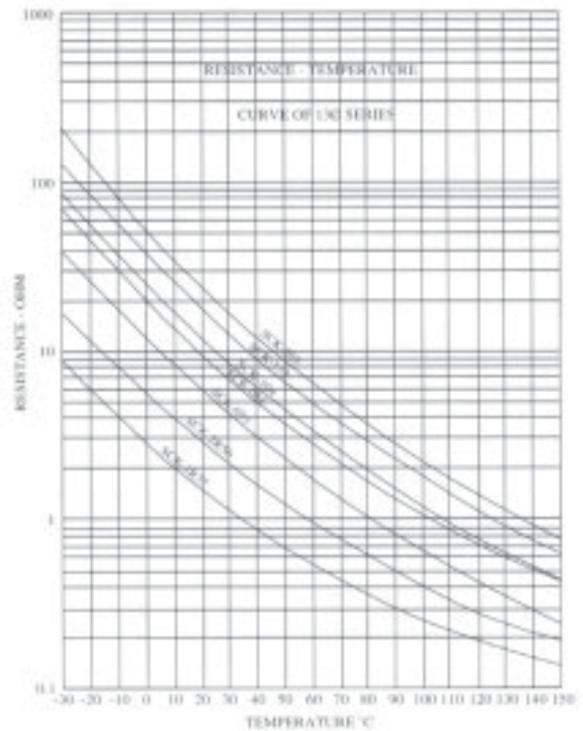
POWER DERATING CURVE



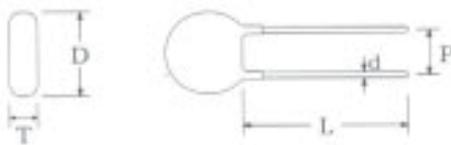
SPECIFICATION

Part No	Zero Power Resistance at 25°C (Ω)	Max. Steady State Current at 25°C (A)	Approx. Resistance at Max. Current at 25°C (mΩ)	Thermal Dissipation Constant (mW/°C)	Thermal Time Constant (Sec.)	Operating Temperature (°C)
SCK-1R37	1.3	7	70	17	49	-40~+200
SCK-2R55	2.5	5	117	17	61	-40~+200
SCK-2R56	2.5	6	94	17	48	-40~+200
SCK-055	5	5	166	18	75	-40~+200
SCK-084	8	4	206	17	65	-40~+200
SCK-104	10	4	217	17	66	-40~+200
SCK-124	12	4	217	17	66	-40~+200
SCK-153	15	3	343	18	66	-40~+200
SCK-203	20	3	410	20	76	-40~+200

R-T CHARACTERISTIC CURVE



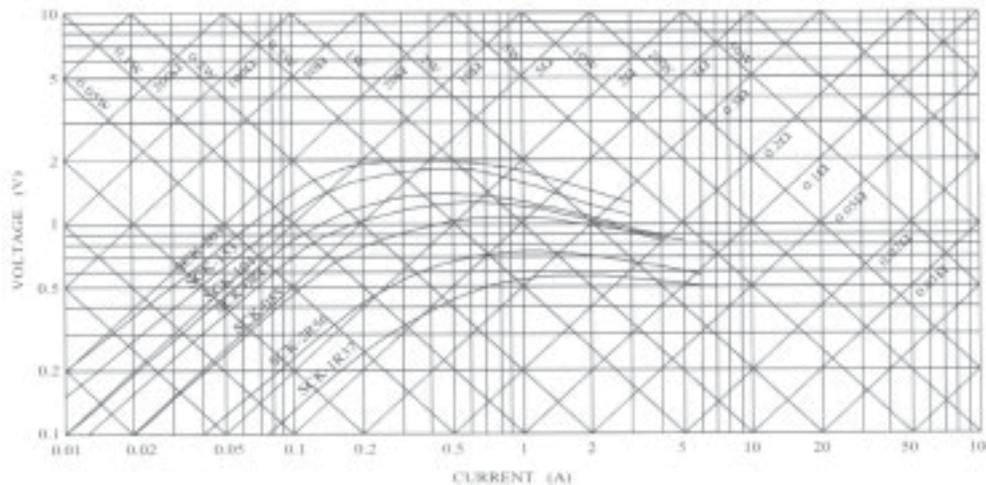
DIMENSION



Disc Ø	D max.	L. min.	d. nor.	P. nor.	T. max.
13	14.5	30	0.8±0.02	7.5±1.1	6

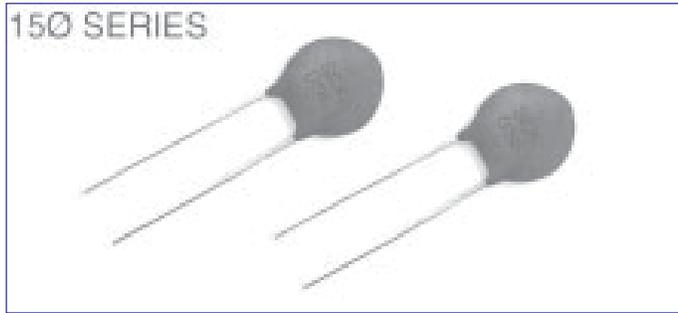
Unit. mm

V-I CHARACTERISTIC CURVE

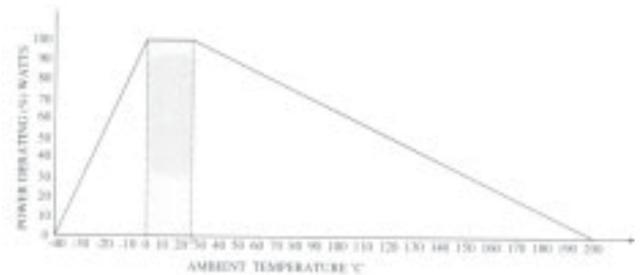




NTC POWER THERMISTOR 150 SERIES



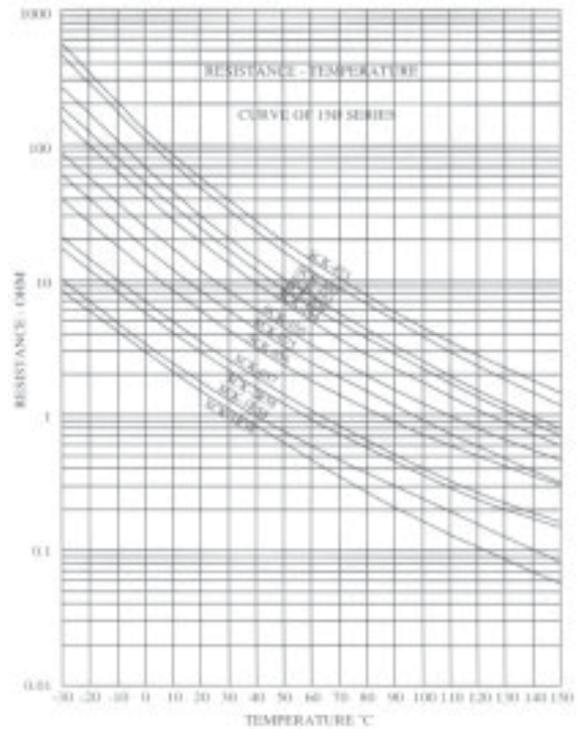
POWER DERATING CURVE



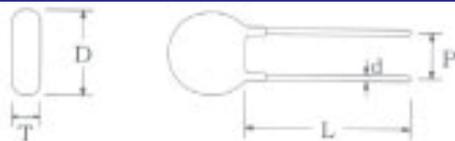
SPECIFICATION

Part No	Zero Power Resistance at 25°C (Ω)	Max. Steady State Current at 25°C (A)	Approx. Resistance at Max. Current at 25°C (mΩ)	Thermal Dissipation Constant (mW/°C)	Thermal Time Constant (Sec.)	Operating Temperature (°C)
SCK-1R38	1.3	8	64	21	59	-40~+200
SCK-1R58	1.5	8	62	21	66	-40~+200
SCK-2R58	2.5	8	75	20	63	-40~+200
SCK-037	3	7	91	21	73	-40~+200
SCK-046	4	6	117	20	62	-40~+200
SCK-048	4	8	87	27	76	-40~+200
SCK-056	5	6	121	20	66	-40~+200
SCK-057	5	7	98	20	65	-40~+200
SCK-065	6	5	159	20	74	-40~+200
SCK-075	7	5	161	20	79	-40~+200
SCK-078	7	8	108	28	57	-40~+200
SCK-086	8	6	130	20	68	-40~+200
SCK-105	10	5	178	20	79	-40~+200
SCK-125	12	5	185	19	59	-40~+200
SCK-152	15	2	704	21	77	-40~+200
SCK-154	15	4	261	19	79	-40~+200
SCK-164	16	4	261	19	79	-40~+200
SCK-204	20	4	283	18	90	-40~+200
SCK-224	22	4	308	20	80	-40~+200
SCK-253	25	3	425	21	76	-40~+200
SCK-403	40	3	511	22	83	-40~+200
SCK-404	40	4	360	22	86	-40~+200
SCK-473	47	3	501	20	77	-40~+200
SCK-802X	80	2.5	693	19	71	-40~+200
SCK-1202	120	2	1010	19	65	-40~+200

R-T CHARACTERISTIC CURVE

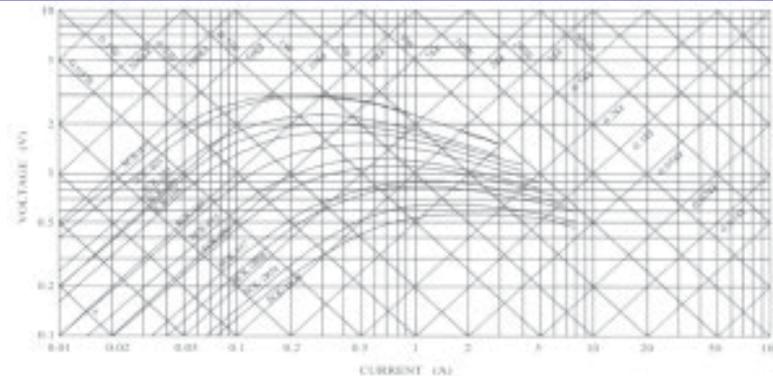


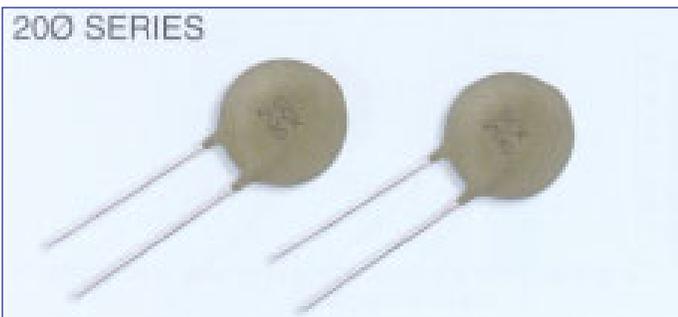
DIMENSION



Disc Ø	D max.	L. min.	d. nor.	P. nor.	T. max.
15	16.5	29	1.0±0.02	8±1.2	6

V-I CHARACTERISTIC CURVE

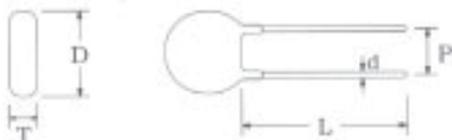




SPECIFICATION

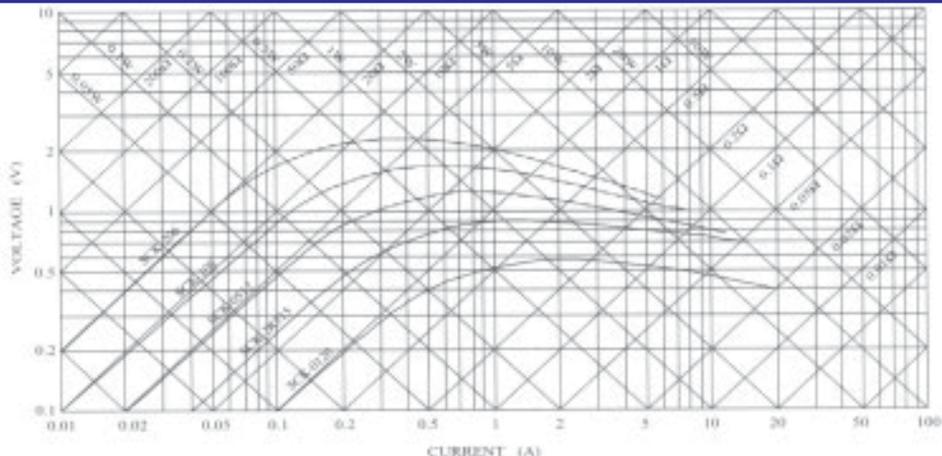
Part No	Zero Power Resistance at 25°C (Ω)	Max. Steady State Current at 25°C (A)	Approx. Resistance at Max. Current at 25°C (mΩ)	Thermal Dissipation Constant (mW/°C)	Thermal Time Constant (Sec.)	Operating Temperature (°C)
SCK-0R78	0.7	8	59	28	96	-40~+200
SCK-0R715	0.7	15	35	29	122	-40~+200
SCK-0120	1	20	20	25	73	-40~+200
SCK-0212	2	12	49	29	101	-40~+200
SCK-2R512	2.5	12	60	29	104	-40~+200
SCK-2R515	2.5	15	46	29	103	-40~+200
SCK-0310	3	10	63	28	100	-40~+200
SCK-058	5	8	93	28	101	-40~+200
SCK-0510	5	10	82	29	123	-40~+200
SCK-0512	5	12	66	29	124	-40~+200
SCK-106	10	6	173	32	100	-40~+200
SCK-108	10	8	122	29	119	-40~+200
SCK-128	12	8	106	24	130	-40~+200
SCK-138	13	8	106	24	130	-40~+200
SCK-206	20	6	190	28	107	-40~+200

DIMENSION

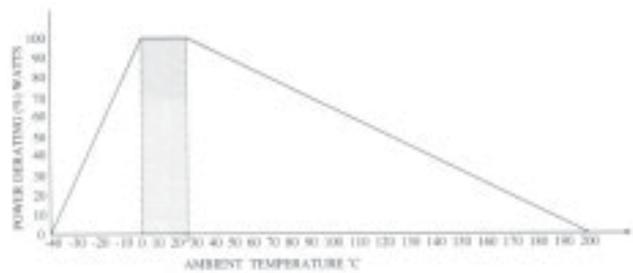


Disc Ø	D max.	L min.	d. nor.	P. nor.	T. max.
20	21.5	26	1.0±0.02	8±1.2	6

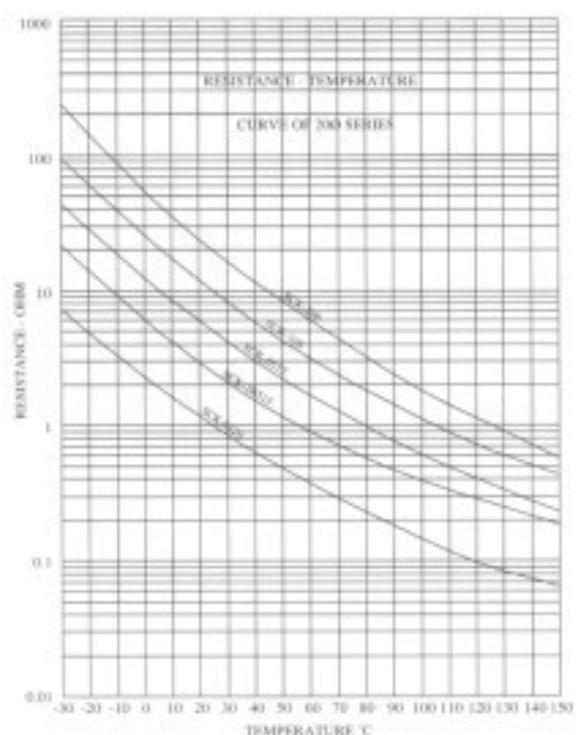
V-I CHARACTERISTIC CURVE



POWER DERATING CURVE



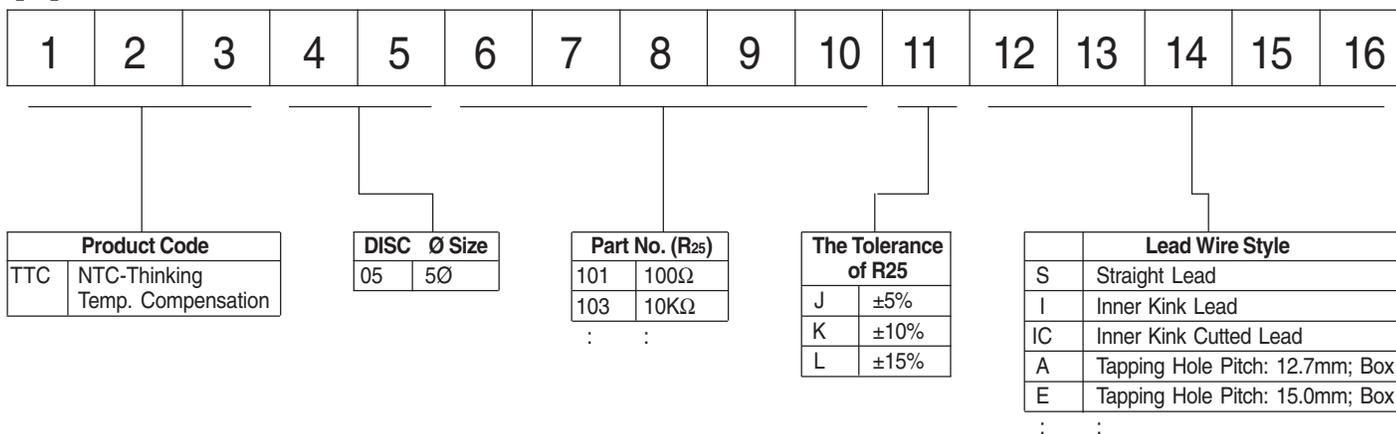
R-T CHARACTERISTIC CURVE



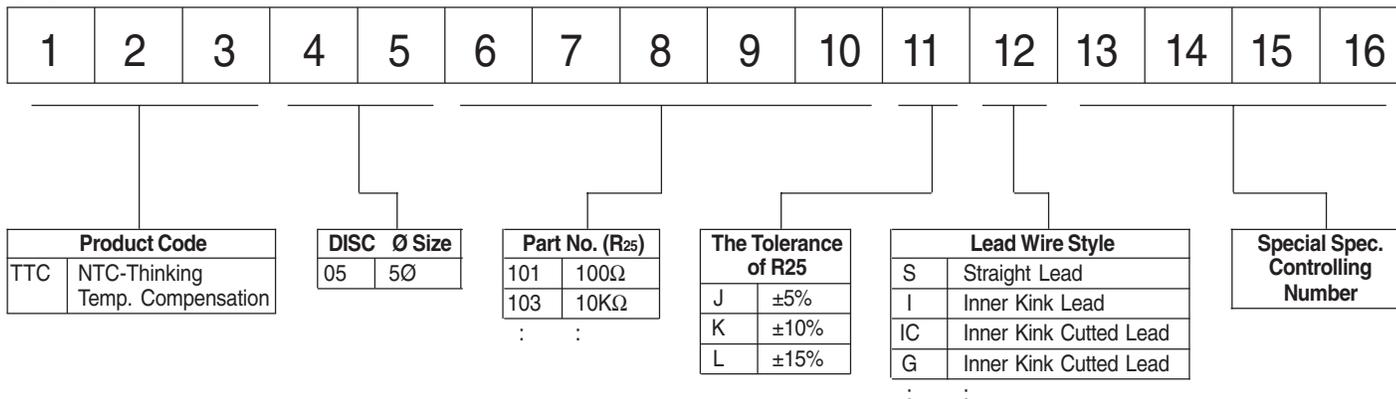


TTC-SERIES Part Number Code

[A]

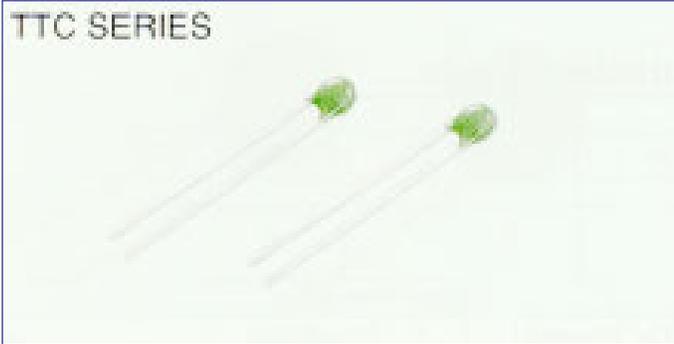


[B]





NTC THERMISTOR TEMPERATURE COMPENSATION



DIMENSION



Unit. mm

Disc Ø	D max.	L. min.	d. nor.	P. nor.	T. max.
5	6.5	31	0.5±0.02	3.5±0.5	5



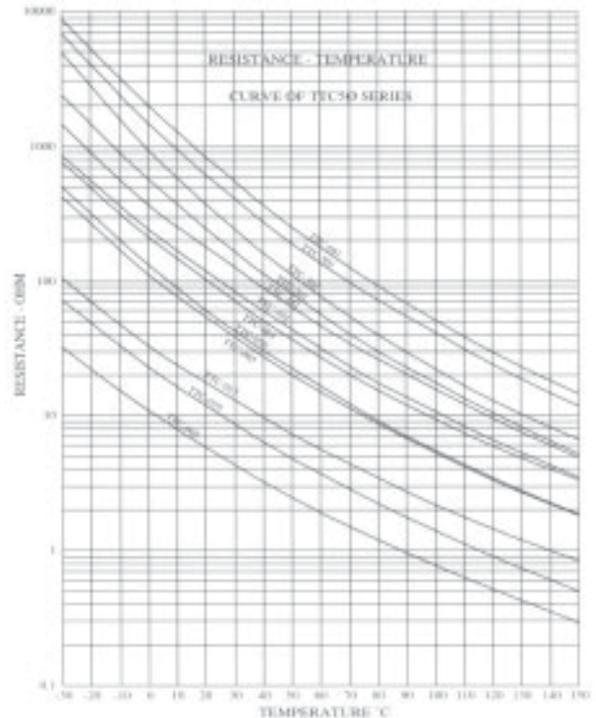
Unit. mm

Disc Ø	D max.	L. min.	d. nor.	P. nor.	T. max.
5	6.5	31	0.5±0.02	5.0±0.8	5

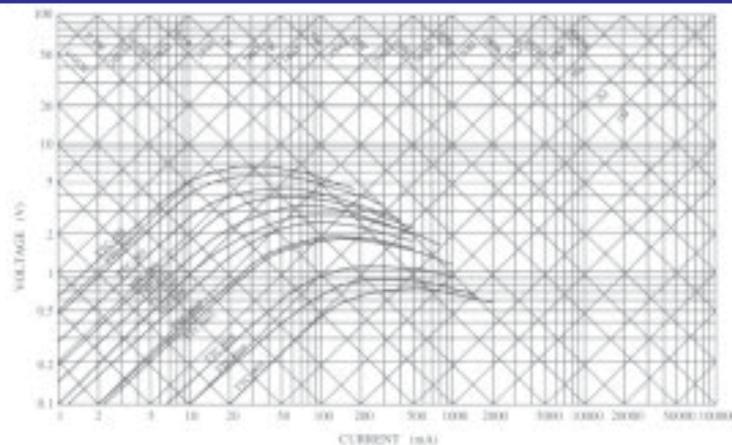
SPECIFICATION

Part No	Zero Power Resistance at 25°C (Ω)	B-Value R25/R50 (K)	Max. Permissible Current at 25°C (mA)	Thermal Dissipation Constant (mW/°C)	Thermal Time Constant (Sec.)	Operating Temperature (°C)
TTC-005	5	2400	610	9	16	-30~+125
TTC-010	10	2800	500	9	22	-30~+125
TTC-015	15	2800	390	8	19	-30~+125
TTC-020	20	2800	350	9	25	-30~+125
TTC-025	25	2900	300	8	19	-30~+125
TTC-045	45	3100	270	9	23	-30~+125
TTC-050	50	3100	250	9	19	-30~+125
TTC-060	60	3100	220	9	21	-30~+125
TTC-085	85	3200	180	9	22	-30~+125
TTC-090	90	3200	180	9	18	-30~+125
TTC-101	100	3200	170	9	19	-30~+125
TTC-121	120	3300	145	8	20	-30~+125
TTC-151	150	3300	140	9	19	-30~+125
TTC-201	200	3500	130	9	17	-30~+125
TTC-221	220	3500	125	9	20	-30~+125
TTC-251	250	3500	120	9	21	-30~+125
TTC-301	300	3800	115	9	22	-30~+125
TTC-471	470	3500	95	9	28	-30~+125
TTC-501	500	3700	95	9	22	-30~+125
TTC-681	680	3800	75	8	18	-30~+125
TTC-701	700	3800	75	9	17	-30~+125

R-T CHARACTERISTIC CURVE



V-I CHARACTERISTIC CURVE



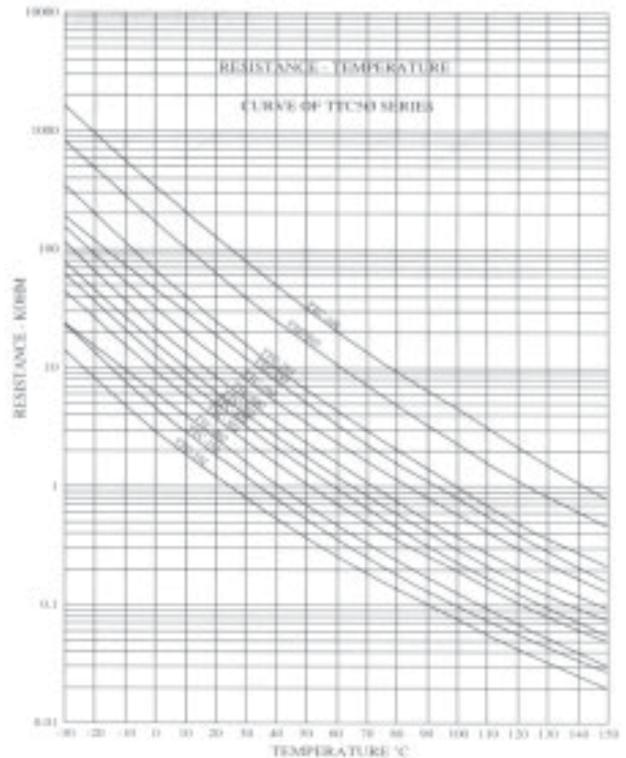


NTC THERMISTOR TEMPERATURE COMPENSATION

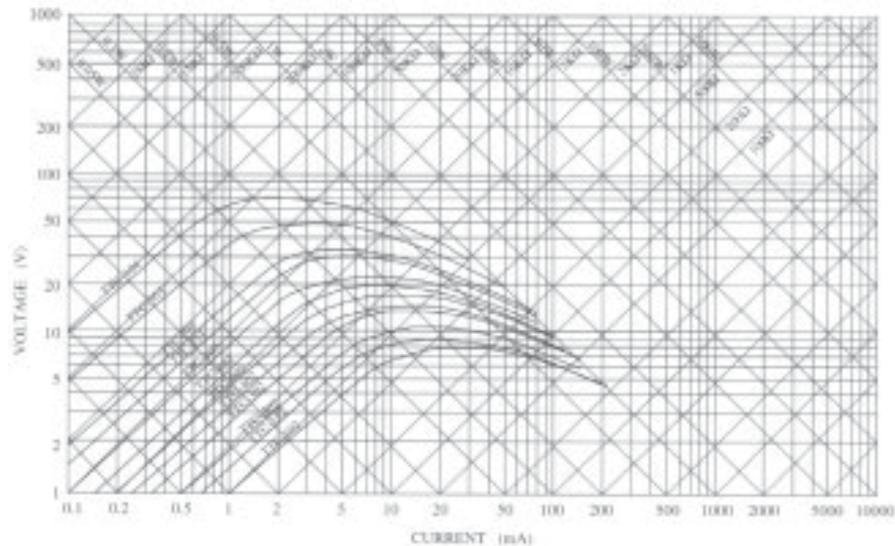
SPECIFICATION

Part No	Zero Power Resistance at 25°C (Ω)	B-Value R25/R50 (K)	Max. Permissible Current at 25°C (mA)	Thermal Dissipation Constant (mW/°C)	Thermal Time Constant (Sec.)	Operating Temperature (°C)
TTC-102	1	3800	70	9	22	-30~+125
TTC-152	1.5	3950	55	8	22	-30~+125
TTC-202	2	4000	50	9	21	-30~+125
TTC-222	2.2	4000	50	9	21	-30~+125
TTC-252	2.5	4000	50	9	21	-30~+125
TTC-302	3	4000	40	9	20	-30~+125
TTC-332	3.3	4000	35	9	19	-30~+125
TTC-402	4	4000	35	8	20	-30~+125
TTC-472	4.7	4050	30	8	21	-30~+125
TTC-502	5	3950	30	9	21	-30~+125
TTC-602	6	4050	30	8	22	-30~+125
TTC-682	6.8	4050	25	9	20	-30~+125
TTC-802	8	4050	25	8	23	-30~+125
TTC-103	10	4050	20	8	21	-30~+125
TTC-123	12	4050	20	8	18	-30~+125
TTC-153	15	4150	20	9	22	-30~+125
TTC-203	20	4250	20	9	23	-30~+125
TTC-303	30	4250	15	8	26	-30~+125
TTC-473	47	4300	10	9	20	-30~+125
TTC-503	50	4300	10	9	17	-30~+125
TTC-104	100	4400	10	8	24	-30~+125
TTC-154	150	4500	5	8	17	-30~+125
TTC-204	200	4600	5	9	15	-30~+125
TTC-224	220	4600	5	9	17	-30~+125

R-T CHARACTERISTIC CURVE



V-I CHARACTERISTIC CURVE

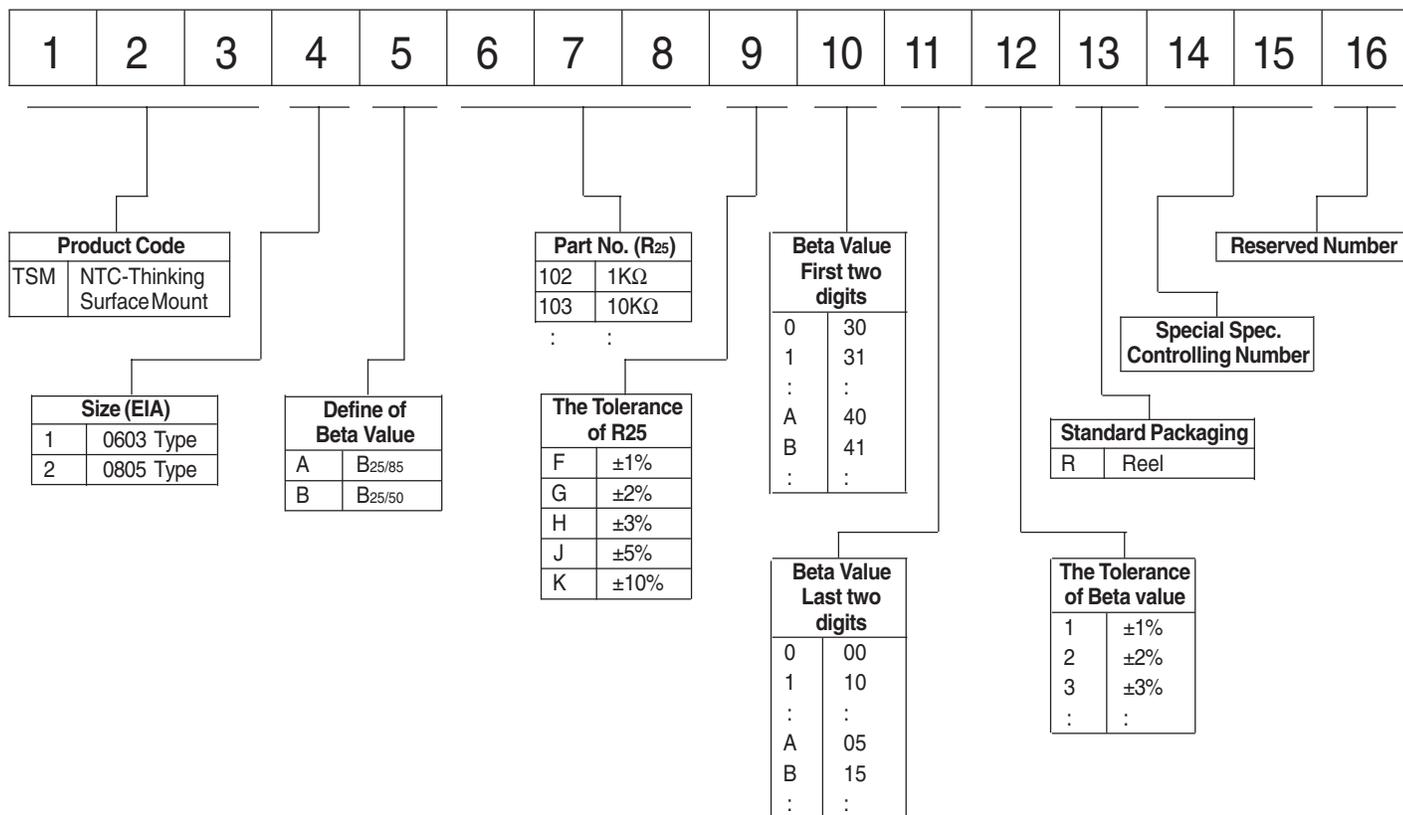


*REMARK: Tolerance of resistance: ±5%, ±10%, ±15%



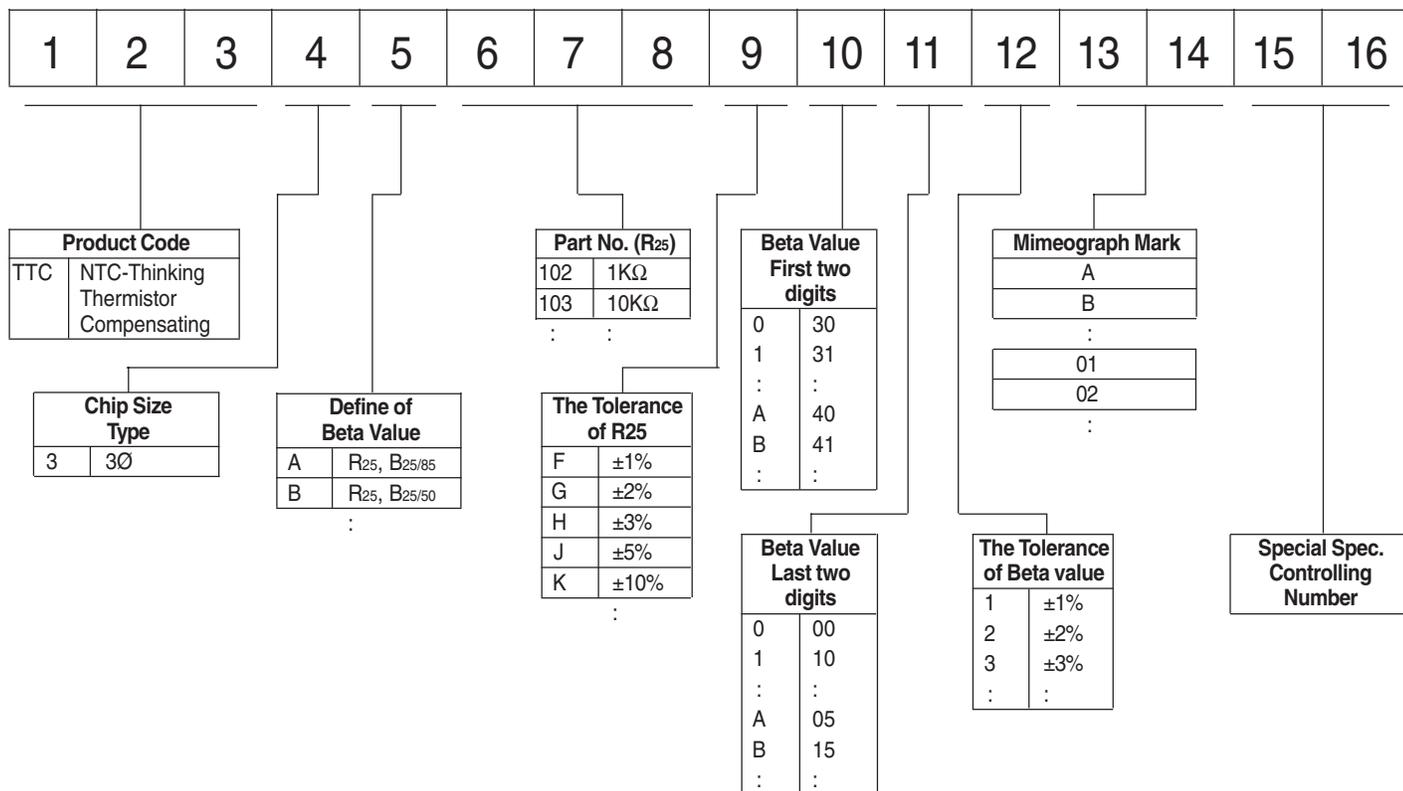


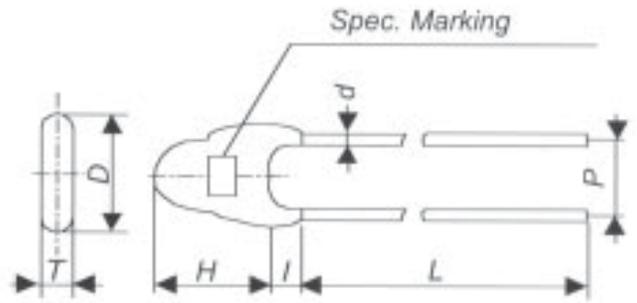
TSM-SERIES Part Number Code





TTC03-SERIES Part Number Code





SPECIFICATION

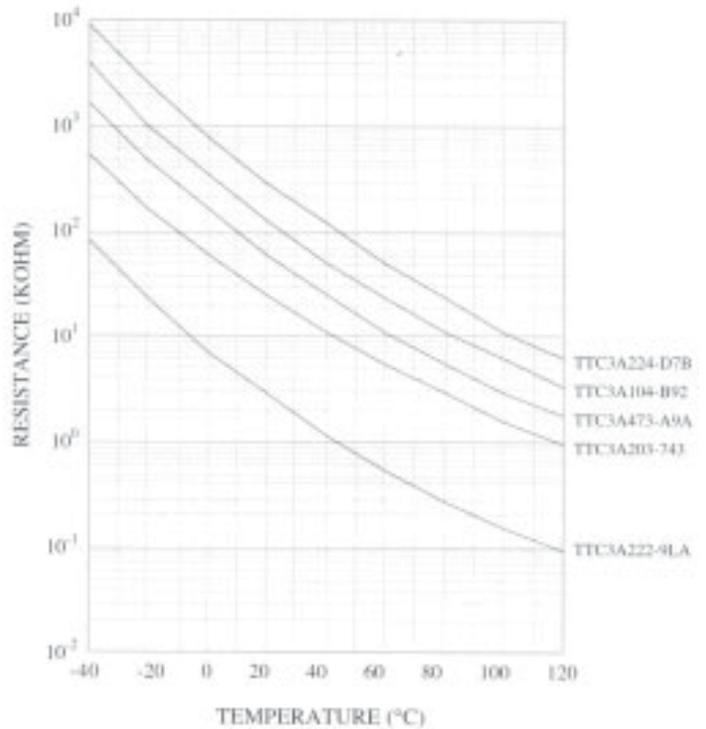
Part No	Zero Power Resistance at 25°C (KΩ)	Tolerance of Resistance (±%)	B Value (K)	Tolerance of B Value (±%)	
TTC3A901-9D2	0.9	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3935	2.0
TTC3A102-9D2	1	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3935	2.0
TTC3A202-9LA	2	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	1.5
TTC3A222-9LA	2.2	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	1.5
TTC3A272-9LA	2.7	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	1.5
TTC3A302-9LA	3	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	1.5
TTC3A332-9LA	3.3	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	1.5
TTC3A472-9LA	4.7	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	1.5
TTC3A502-9LA	5	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	1.5
TTC3A682-9LA	6.8	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	1.5
TTC3A103-4D2	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3435	2.0
TTC3A103-743	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3740	3.0
TTC3A103-9LA	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	1.5
TTC3B103-B02	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	4100	2.0
TTC3A123-743	12	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3740	3.0
TTC3A153-743	15	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3740	3.0
TTC3A203-743	20	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3740	3.0
TTC3A223-743	22	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3740	3.0
TTC3A333-A9A	33	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4090	1.5
TTC3A473-A9A	47	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4090	1.5
TTC3A683-B92	68	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4190	2.0
TTC3A104-B92	100	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4190	2.0
TTC3A154-D7B	150	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4370	2.5
TTC3A224-D7B	220	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4370	2.5
TTC3A334-F73	330	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4570	3.0
TTC3A474-F73	470	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4570	3.0
TTC3B474-J05	470	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	5200	5.0

DIMENSION

Unit.: mm

Dmax	Tmax	Hmax	lmax	Lmin	Pnol.	dnol
4	3	5	3	30	2.54±1.0	0.5±0.02

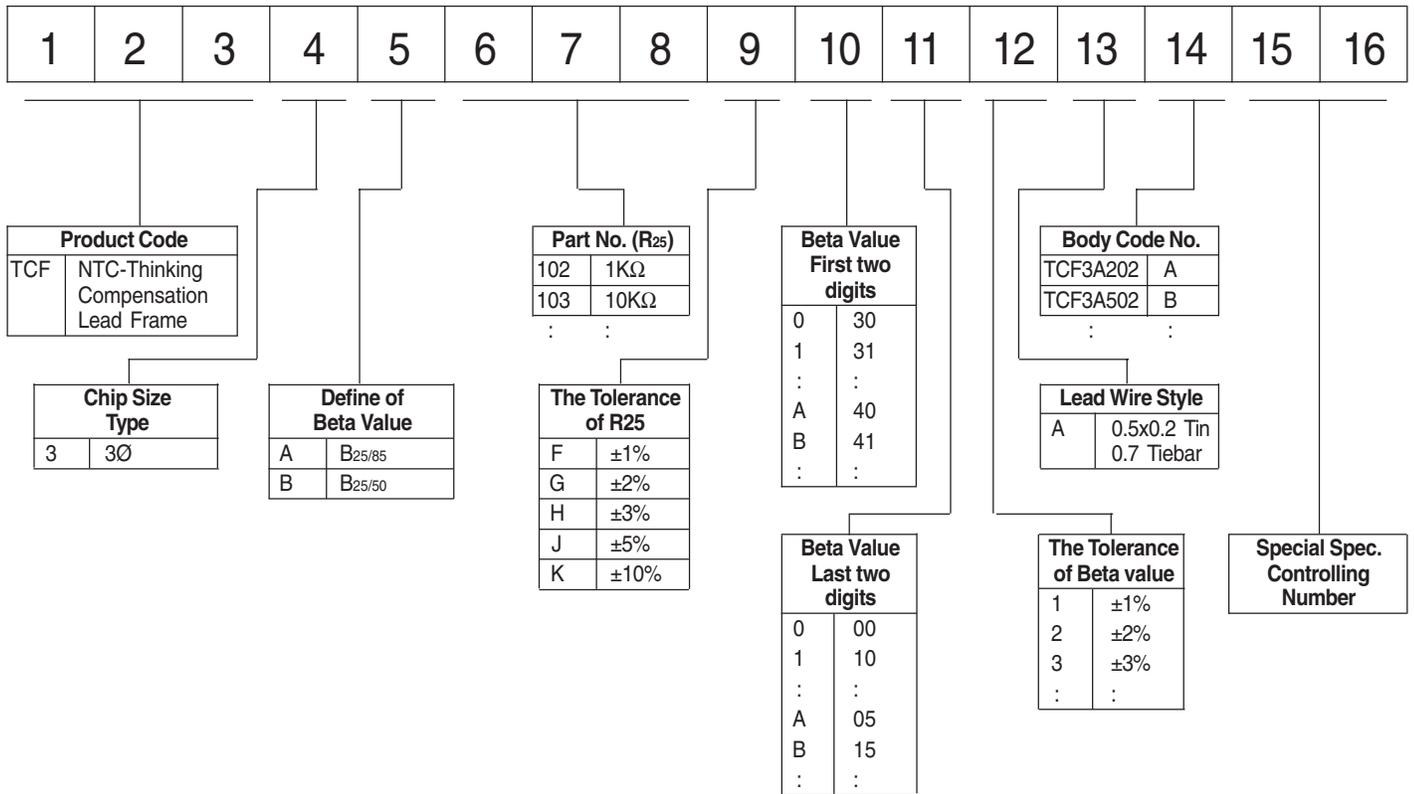
R-T CHARACTERISTIC CURVE



Thermal Dissipation Constant	≥ 5mW/°C
Thermal Time Constant	≤ 11 Sec
Maximum Dissipation	250mW
Operating Temperature Range at Zero Power	-40 to 125°C
at Maximum Power	0 to 55°C



TCF-SERIES Part Number Code

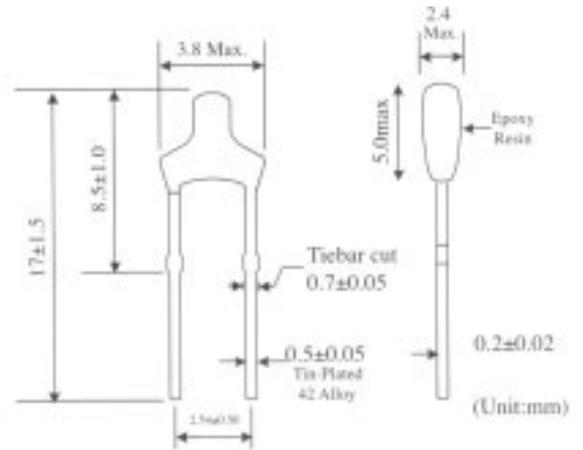




TCF SERIES



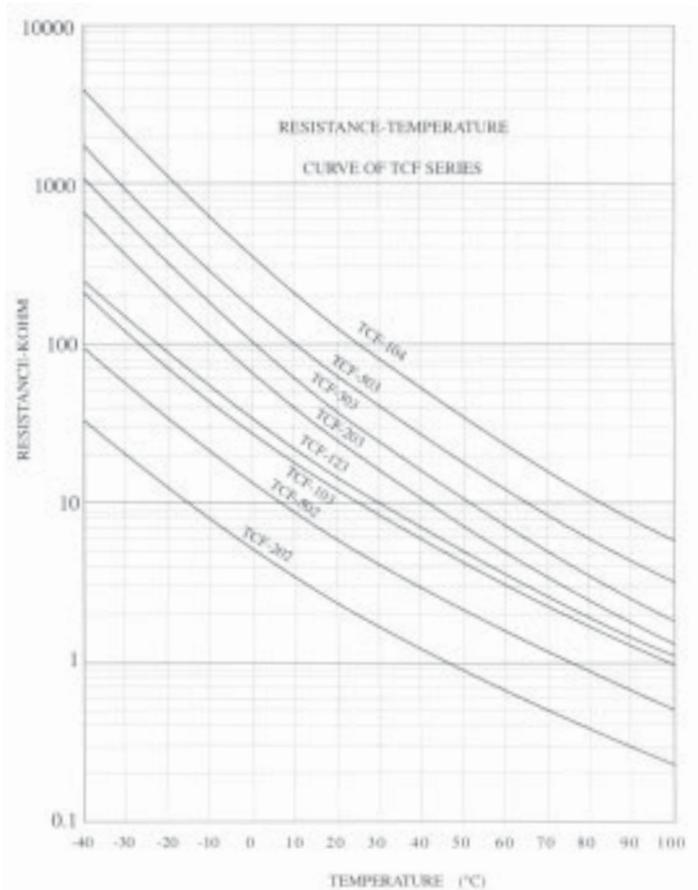
DIMENSION



SPECIFICATION

Part No	Zero Power Resistance at 25°C (KΩ)	Tolerance of at 25°C (±%)	B Value (K)	Tolerance of B Value (±%)	Code of Part No
TCF-202	2	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3182	1 - 2 - 3 - 5 A
TCF-502	5	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3324	1 - 2 - 3 - 5 B
TCF-103	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3435	1 - 2 - 3 - 5
TCF-123	12	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3470	1 - 2 - 3 - 5 E
TCF-203	20	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4013	1 - 2 - 3 - 5 F
TCF-303	30	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4090	1 - 2 - 3 - 5 G
TCF-333	33	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4090	1 - 2 - 3 - 5 H
TCF-473	47	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4090	1 - 2 - 3 - 5 I
TCF-503	50	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4060	1 - 2 - 3 - 5 J
TCF-104	100	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4190	1 - 2 - 3 - 5 K

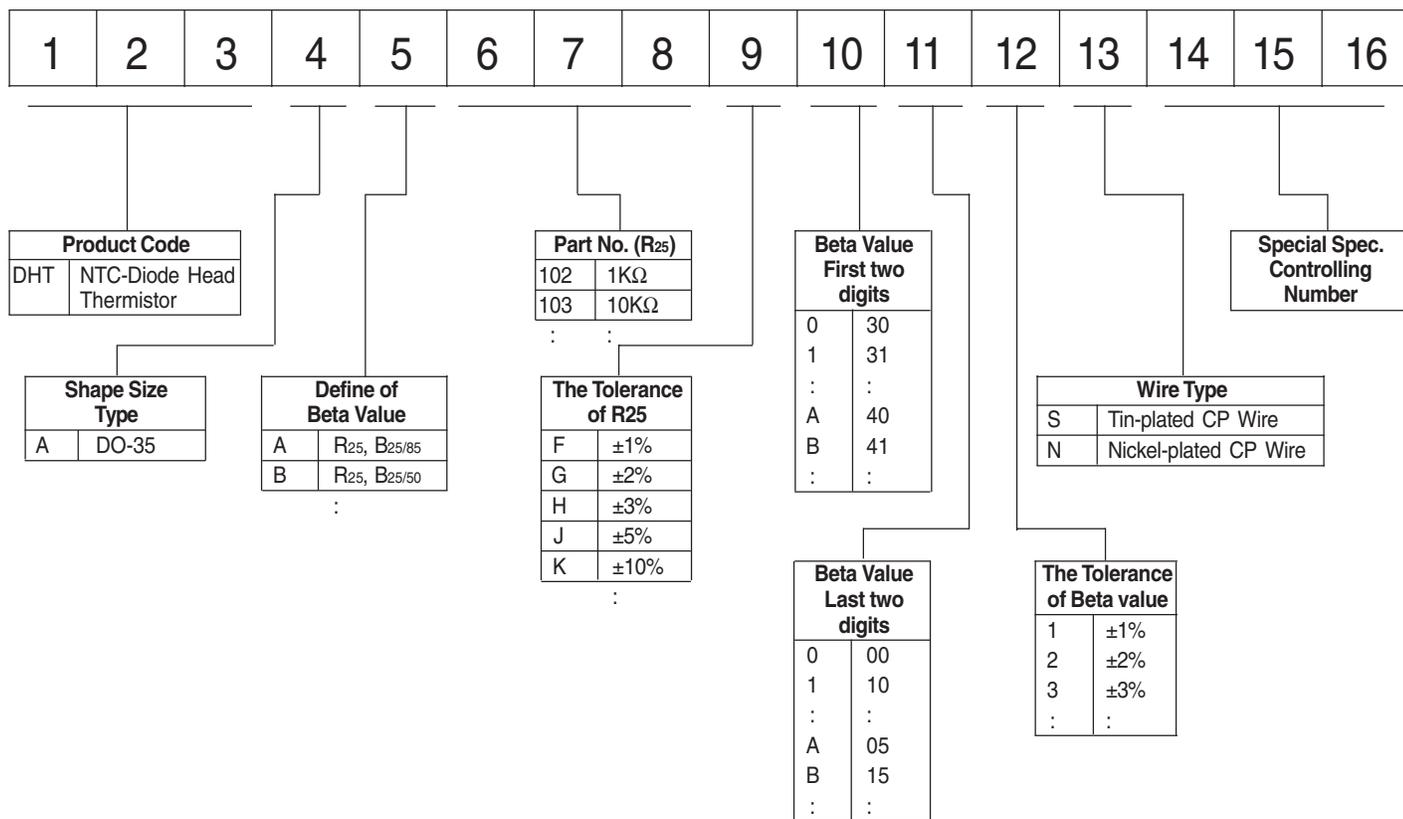
R-T CHARACTERISTIC CURVE



Thermal Dissipation Constant	2 mW/°C
Thermal Time Constant	12 Sec
Operating Temperature Range at Zero Power	-40 ~ +100°C

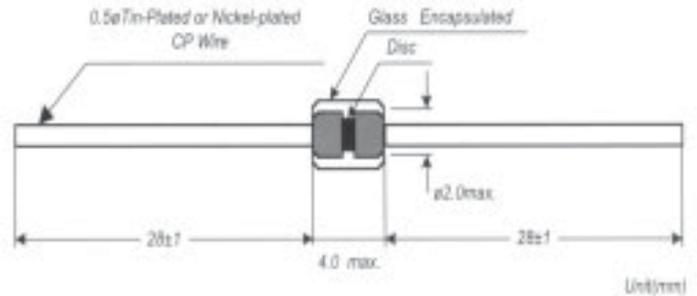


DHT-SERIES Part Number Code





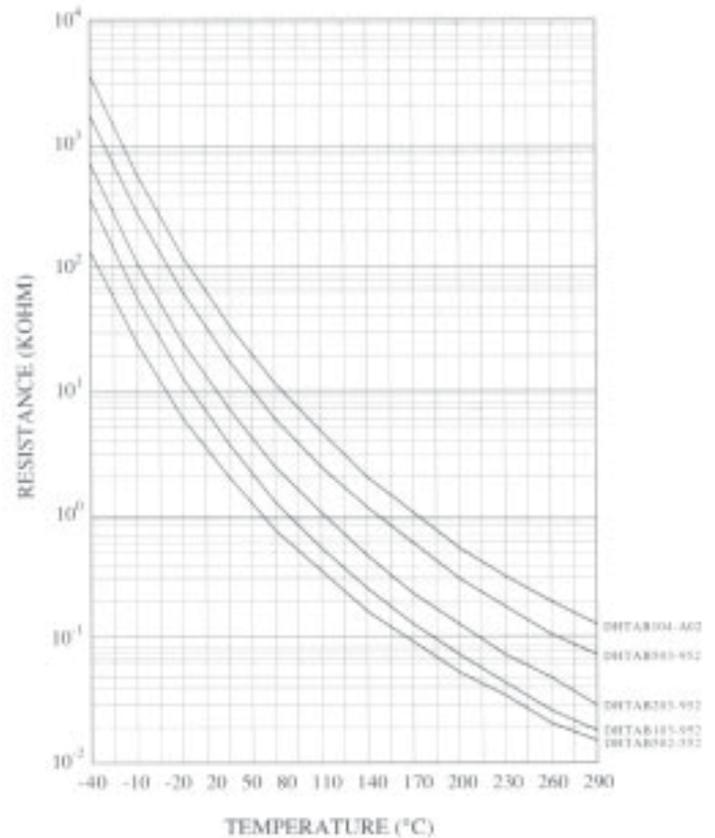
DIMENSION



SPECIFICATION

Part No	Zero Power Resistance at 25°C (KΩ)	Tolerance of Resistance (±%)	B Value (K)	Tolerance of B Value (±%)	
DHTAB502-552	5	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3550	2.0
DHTAB103-552	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3550	2.0
DHTAB103-952	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3950	2.0
DHTAA103-4D2	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3435	2.0
DHTAA103-272	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3270	2.0
DHTAA103-702	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3700	2.0
DHTAB103-472	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3470	2.0
DHTAA103-9L2	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	2.0
DHTAB203-952	20	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3950	2.0
DHTAB473-952	47	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3950	2.0
DHTAB503-952	50	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3950	2.0
DHTAB104-952	100	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3950	2.0
DHTAB104-A02	100	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	4000	2.0
DHTAA104-9L2	100	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	2.0
DHTAA104-D02	100	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4300	2.0
DHTAB303-952	30	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3950	2.0

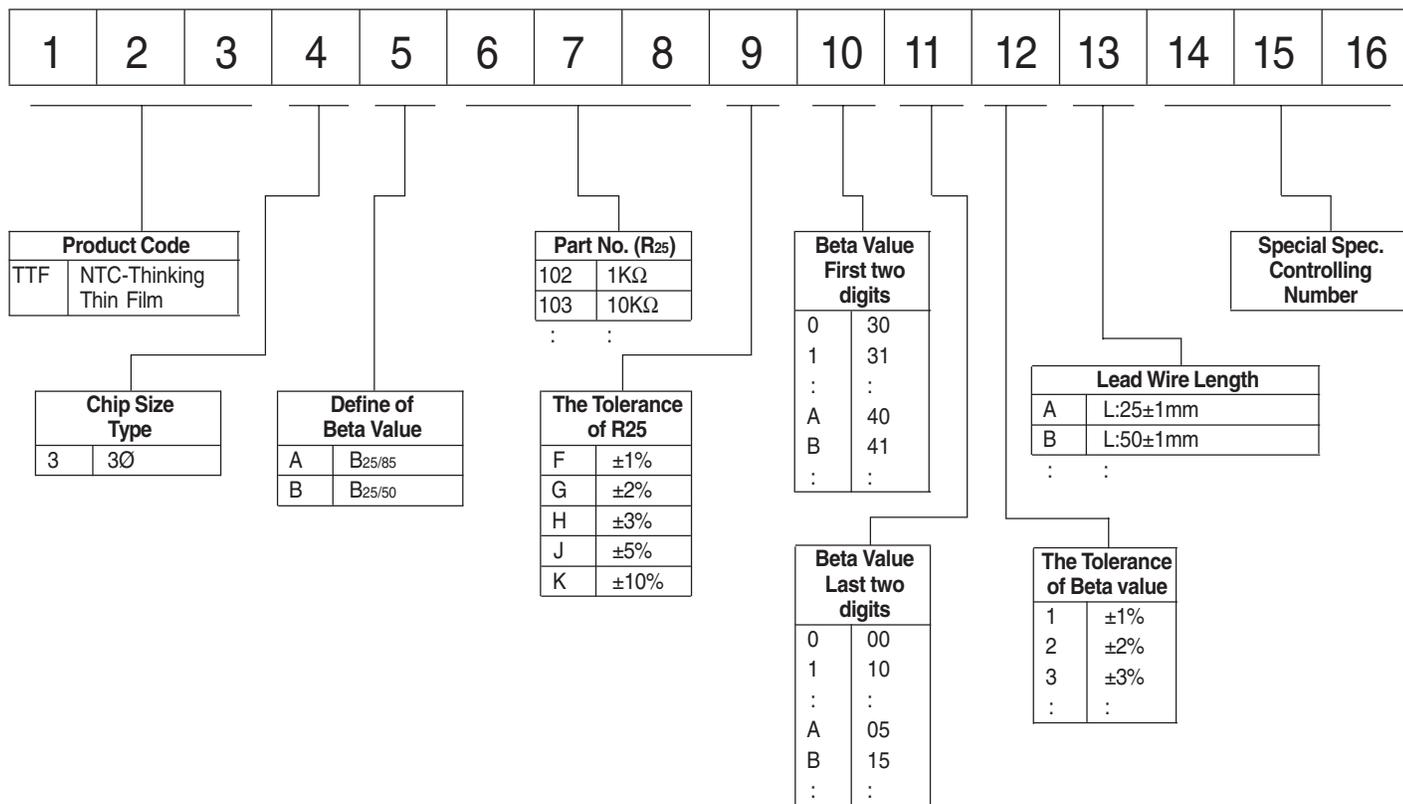
R-T CHARACTERISTIC CURVE



Thermal Dissipation Constant		> 2mW/°C
Thermal Time Constant		< 10sec
Operating Temperature Range at Zero Power	0.5Ø Tin-plated CP wire	-40 to +200°C
Operating Temperature Range at Zero Power	0.5Ø Nickel-plated CP wire	-40 to +300°C

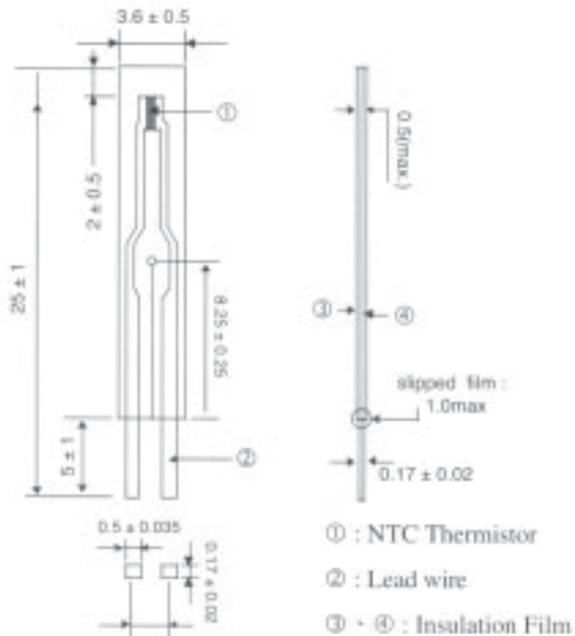


TTF-SERIES Part Number Code





DIMENSION

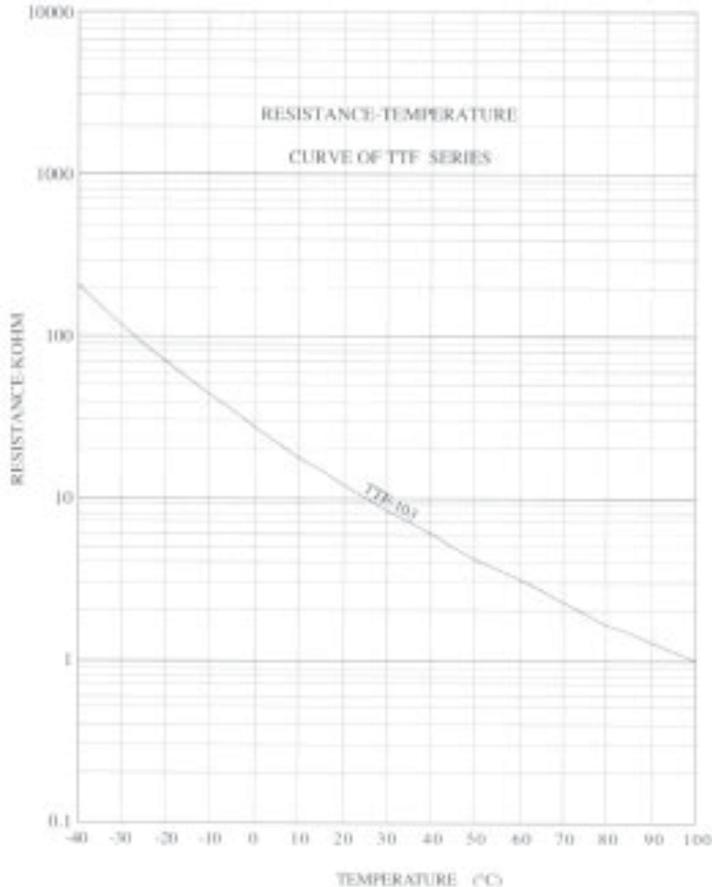


SPECIFICATION

Part No	Zero Power Resistance at 25°C (KΩ)	Tolerance of Resistance (±%)	B Value (K)	Tolerance of B Value (±%)
TTF-103	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85 3435	1 - 2 - 3

Thermal Dissipation Constant (nor.)	0.7 mW/°C
Thermal Time Constant (nor.)	5 Sec
Operating Temperature Range at Zero Power	-40 ~ +100°C

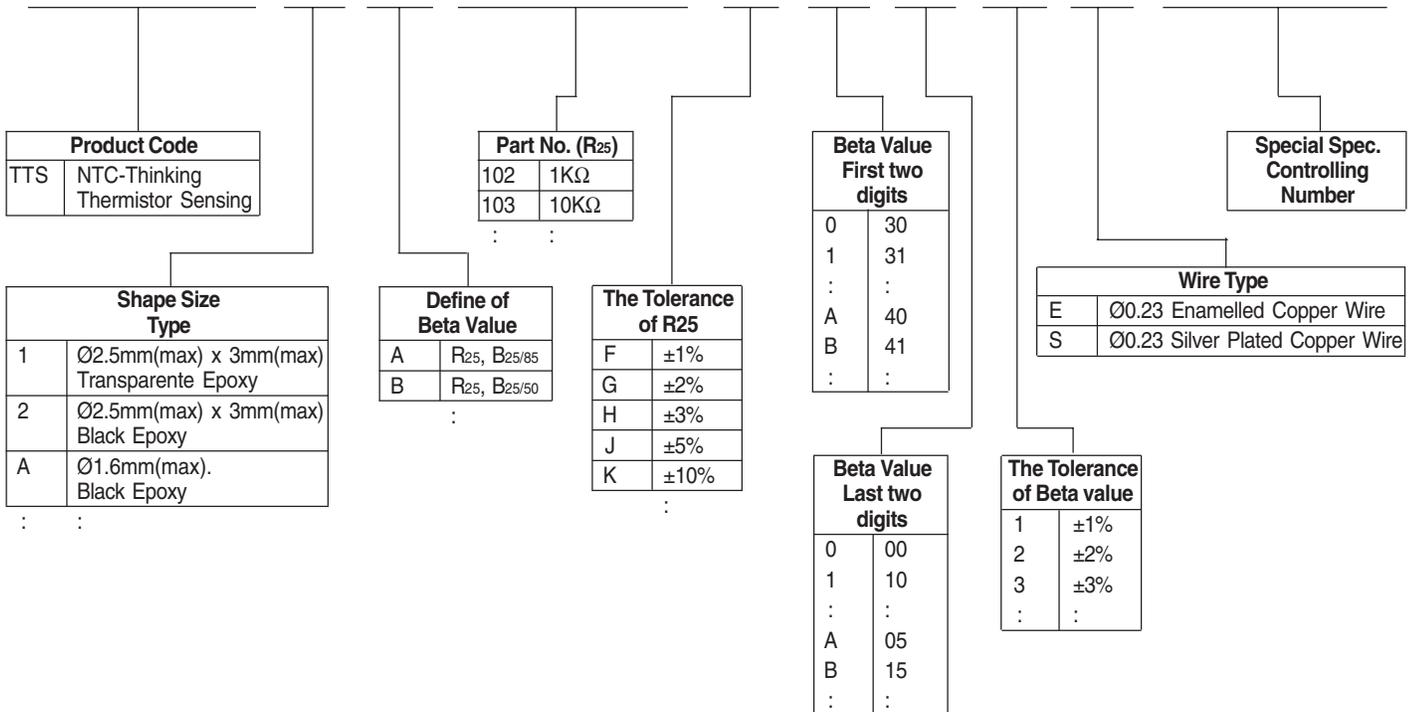
R-T CHARACTERISTIC CURVE





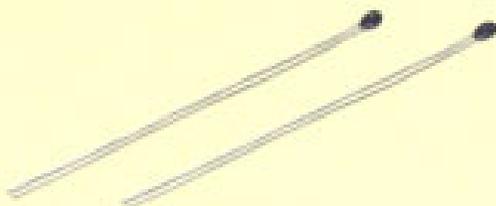
TTS-SERIES Part Number Code

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

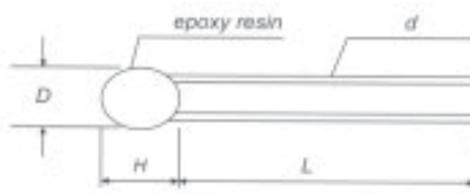




TTS SERIES



DIMENSION



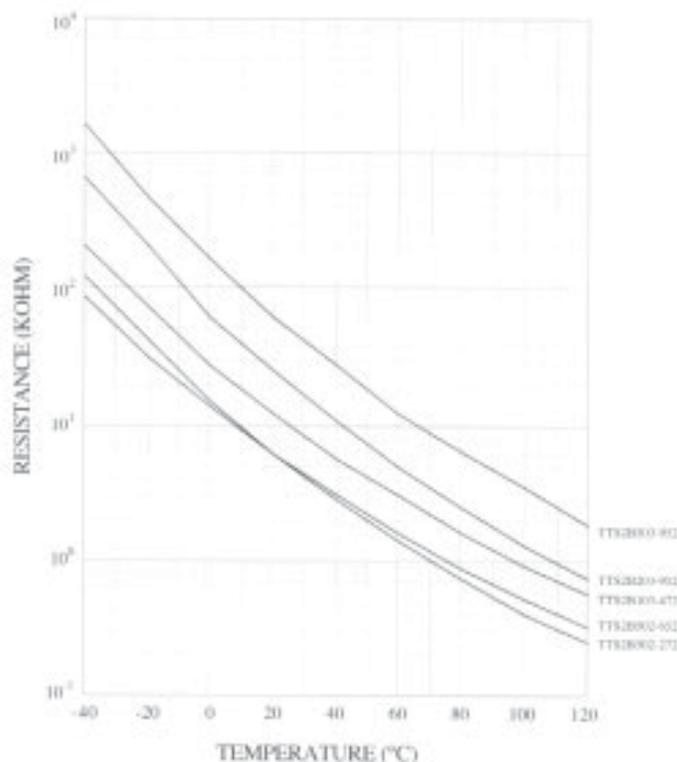
Unit.: mm

Wire	Dmax	Nmax	Lmin	dnoI
Ag plated	2.5	3	40	0.25
Enamelled	2.5	3	80	0.25
Manganese	1.6	3	80	0.23

SPECIFICATION

Part No	Zero Power Resistance at 25°C (KW)	Tolerance of Resistance (±%)	B Value (K)	Tolerance of B Value (±%)	
TTS2B502-272	5	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3270	2.0
TTS2B502-472	5	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3470	2.0
TTS2B502-652	5	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3650	2.0
TTS2B502-952	5	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3950	2.0
TTS2B103-382	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3380	2.0
TTS2B103-472	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3470	2.0
TTS2B103-952	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3950	2.0
TTS2A103-4D2	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3435	2.0
TTS2A103-9L2	10	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3977	2.0
TTS2B203-952	20	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3950	2.0
TTS2A203-4D2	20	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3435	2.0
TTS2B303-852	30	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3850	2.0
TTS2A303-952	30	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3950	2.0
TTS2B503-952	50	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	3950	2.0
TTS2A833-AB2	83	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	4015	2.0
TTS2B104-D02	100	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/50	4100	2.0
TTS2A503-4D2	50	1 - 2 - 3 - 5 - 10	25/85	3435	2.0
TTS2A504-C72	500	2 - 3 - 5 - 10	25/85	4270	2.0

R-T CHARACTERISTIC CURVE



Thermal Dissipation Constant > 1.0mW/°C

Thermal Time Constant < 10 Sec

Operating Temperature Range at Zero Power -40 ~ +125°C

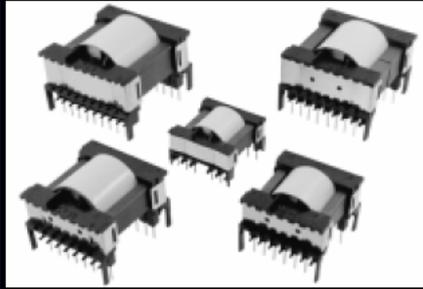


Anexo D3

**Especificaciones eléctricas y
magnéticas de los componentes de la
Fuente de Conmutación.**

SWITCH MODE TRANSFORMERS

WCM 404 Series



PRODUCT DESCRIPTION

West Coast Magnetics' 404 series is ideal for use in switch mode power supply applications. These transformers extend the output power range available beyond the West Coast Magnetics' 401 and 402 series transformers up to 500 watts. The geometry of the 404 series core and bobbin provides a uniform winding area around the magnetic circuit which provides greater efficiency than other E-core designs. The material has also been designed to maximize inter-winding isolation, making the 404 series a good choice when safety agency compliance is important.

FEATURES - BENEFITS

Output power to 500 watts • More efficient than other E core designs • Adaptable to UL, CSA, VDE safety agency requirements • Standard gapped cores available from stock • Design assistance from West Coast Magnetics

DESIGN CONSTANTS

Size Code	A_l (ungapped, min.)	A_l single gap	A_e core area [mm ²]	l_e magnetic path length (mm)	V_e core volume [mm ³]	W_b bobbin winding area [mm ²]	$W_b A_c$ core area x winding area [mm ⁴]	Bobbin window width (mm)	Bobbin window height (mm)	Mean length per turn (mm)
ETD 29	1600	160	76	72	5500	95	7220	19.4	4.9	53
ETD 34	1900	160	97	79	7600	123	11930	21.0	5.9	60
ETD 39	2100	250	125	92	11500	177	22125	25.9	6.8	69
ETD 44	2600	250	173	104	17800	214	37022	29.7	7.2	77
ETD 49	3000	400	211	114	24000	273	57603	32.7	8.3	85

OUTPUT POWER VS FREQUENCY OF OPERATION (WATTS)

Size Code	25 KHz	50 KHz	100 KHz	250 KHz	500 KHz
ETD 29	73	98	131	185	221
ETD 34	115	153	204	287	344
ETD 39	198	264	352	495	593
ETD 44	311	415	554	778	932
ETD 49	460	612	817	1146	1374

Power Curve Assumptions:

1. Push/Pull circuit topology
2. Bobbin Window area utilization = 40%
3. Flux density (B) chosen so that core losses at all Frequencies are 70mW/cm³.

Notes:

1. Reduce power rating in Table above by 50% for forward and flyback converter topologies.
2. Final sizing of the transformer will depend on a number of interrelated variables. The data in the above table should be considered a starting point only.
3. If safety agency is required, the final size may be significantly larger than the data in the table would indicate.

Tabla D3.1 Tabla de transformador

TABLE 5-2 HEAVY FILM-INSULATED MAGNET WIRE SPECIFICATIONS

AWG	Diameter over insulation (inches)		Nominal circular mil area	Resistance per 1000 ft	Current capacity in milliamperes based on 1000 c.m./A	AWG
	Min.	Max.				
8	0.130	0.133	16510	0.6281	16510	8
9	0.116	0.119	13090	0.7925	13090	9
10	0.104	0.106	10380	0.9985	10380	10
11	0.0928	0.0948	8230	1.261	8226	11
12	0.0829	0.0847	6530	1.588	6529	12
13	0.0741	0.0757	5180	2.001	5184	13
14	0.0667	0.0682	4110	2.524	4109	14
15	0.0595	0.0609	3260	3.181	3260	15
16	0.0532	0.0545	2580	4.020	2581	16
17	0.0476	0.0488	2050	5.054	2052	17
18	0.0425	0.0437	1620	6.386	1624	18
19	0.0380	0.0391	1290	8.046	1289	19
20	0.0340	0.0351	1020	10.13	1024	20
21	0.0302	0.0314	812	12.77	812.3	21
22	0.0271	0.0281	640	16.20	640.1	22
23	0.0244	0.0253	511	20.30	510.8	23
24	0.0218	0.0227	404	25.67	404	24
25	0.0195	0.0203	320	32.37	320.4	25
26	0.0174	0.0182	253	41.02	252.8	26
27	0.0157	0.0164	202	51.44	201.6	27
28	0.0141	0.0147	159	65.31	158.8	28
29	0.0127	0.0133	128	81.21	127.7	29
30	0.0113	0.0119	100	103.7	100	30
31	0.0101	0.0108	79.2	130.9	79.21	31
32	0.0091	0.0098	64	162	64	32
33	0.0081	0.0088	50.4	205.7	50.41	33
34	0.0072	0.0078	39.7	261.3	39.69	34
35	0.0064	0.0070	31.4	330.7	31.36	35

Tabla D3.2 Especificaciones del aislamiento magnético del cable

124 HIGH-FREQUENCY SWITCHING POWER SUPPLIES

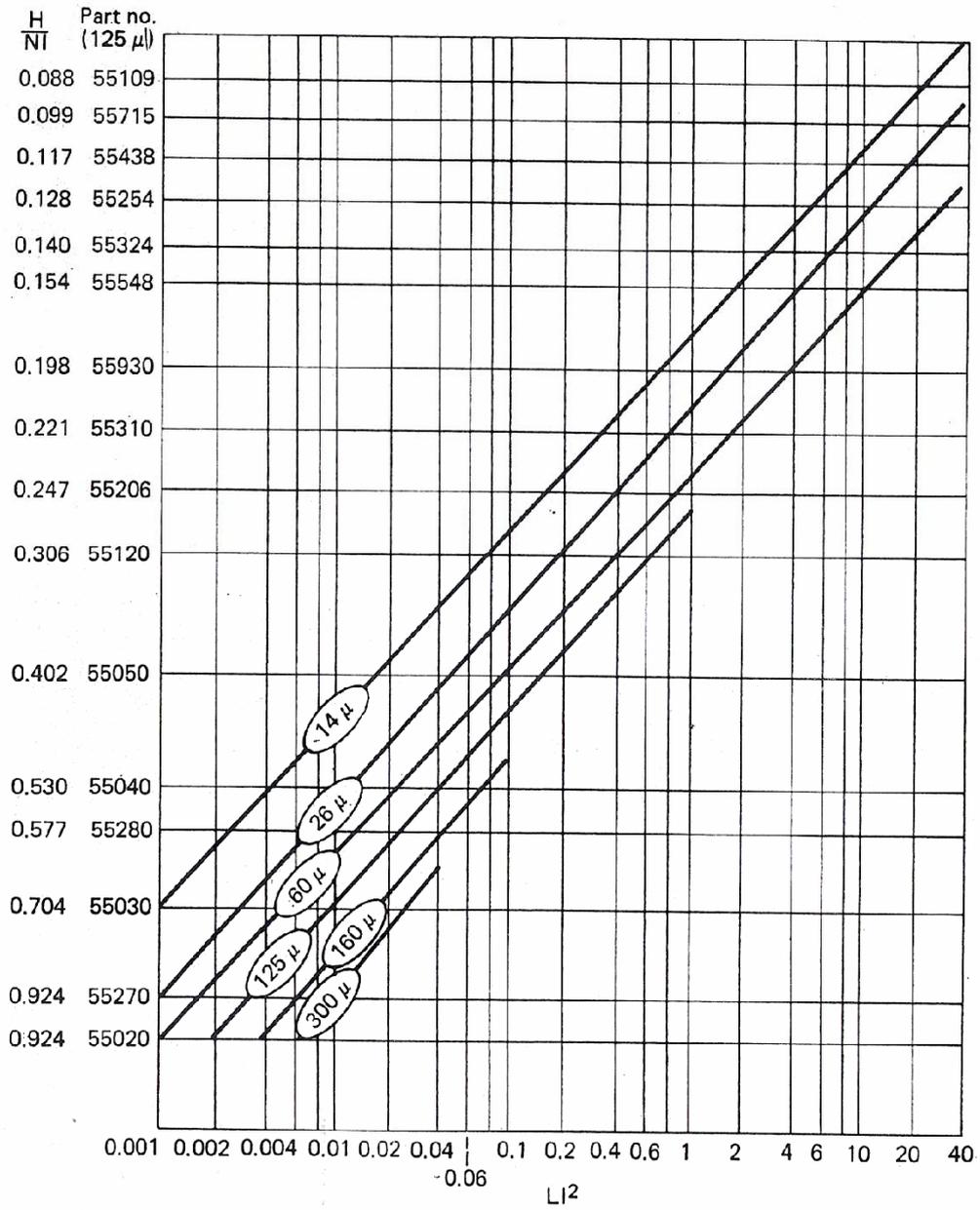


Tabla D3.3 Relación del núcleo, permeabilidad, H/NI y LI^2

TABLE 6-1 ELECTRICAL, MECHANICAL, AND WINDING INFORMATION DATA ON MAGNETICS, INC., 55548 MPP FAMILY CORES

CORE DIMENSIONS AFTER FINISH						
DD (Max.)	1.332 in.	33.80 mm				
ID (Min.)	0.760 in.	19.30 mm				
HT (Max.)	0.457 in.	11.61 mm				
WINDING TURN LENGTH						
Winding factor	Length/turn					
100% (Unity)	0.1943 ft	5.93 cm				
60%	0.1668 ft	5.09 cm				
40%	0.1400 ft	4.27 cm				
20%	0.1282 ft	3.91 cm				
• 0%	0.1238 ft	3.78 cm				
WOUND COIL DIMENSIONS						
Unity winding factor						
DD (Max.)	1.840 in.	46.7 mm				
HT (Max.)	1.103 in.	28.0 mm				
MAGNETIC INFORMATION						
Part no.	Perm., μ	Inductance @ 1000 turns, MH $\pm 8\%$	Nominal dc resistance, Ω /MH	Finishes and stabilizations	Grading status, 2% bands	B/NI Gauss per amp. turn
55551-	14	14	0.335	A2	*	2.16 (<1500 G)
55550-	28	28	0.167	A2	*	4.00 (<1500 G)
55071-	60	61	0.0768	ALL	Yes	9.24 (<1500 G)
55548-	125	127	0.0369	ALL	Yes	19.3 (<1500 G)
55547-	147	150	0.0312	ALL	Yes	22.6 (<1500 G)
55546-	160	163	0.0287	ALL	Yes	24.6 (<1500 G)
55542-	173	176	0.0266	ALL	Yes	26.6 (<1500 G)
55545-	200	203	0.0230	ALL	Yes	30.8 (<600 G)
55543-	300	305	0.0153	A2 and L8	Yes	46.2 (<3500 G)
55544-	550	559	0.0083	A2	Yes	84.7 (<50 G)
WINDING INFORMATION for unity winding factor						
AWG wire size	Turns	Rdc Ω	AWG wire size	Turns	Rdc Ω	
8	32	0.00393	23	889	3.50	
9	40	0.00618	24	1100	5.49	
10	50	0.00976	25	1359	8.56	
11	63	0.01544	26	1699	13.53	
12	79	0.0244	27	2139	21.4	
13	99	0.0384	28	2625	33.3	
14	123	0.0604	29	3209	51.3	
15	154	0.0949	30	4011	81.1	
16	193	0.1504	31	4937	125.7	
17	239	0.234	32	6017	189.4	
18	298	0.370	33	7463	299	
19	370	0.579	34	9500	482	
20	462	0.909	35	11,788	758	
21	578	1.437	36	14,549	1173	
22	713	2.24				

Tabla D3.4 Información mecánica eléctrica y de cableado

TABLE 6-2 INDUCTANCE TABLE

Part no.,	Inductance per 1000 turns, mH										
	125 μ	14 μ	26 μ	60 μ	125 μ	147 μ	160 μ	173 μ	200 μ	300 μ	550 μ
55140	NA	NA	NA	26	31	33	36	42	62	NA	
55150	4	7	17	35	41	45	48	56	84	NA	
55180	5	9	20	42	49	53	57	67	99	NA	
55020	6	10	24	50	59	64	69	80	120	220	
55240	6	11	26	54	64	69	75	86	130	242	
55270	12	21	50	103	122	132	144	165	247	466	
55030	6	11	25	52	62	66	73	83	124	229	
55280	6	11	25	53	63	68	74	84	128	232	
55290	7	14	32	66	78	84	92	105	159	290	
55040	7	14	32	66	78	84	92	105	159	290	
55130	6	11	26	53	63	68	74	85	127	NA	
55050	6.4	12	27	56	67	72	79	90	134	255	
55120	8	15	35	72	88	92	104	115	173	317	
55206	7.8	14	32	68	81	87	96	109	163	320	
55310	9.9	19	43	90	106	115	124	144	216	396	
55350	12	22	51	105	124	135	146	169	253	NA	
55930	18	32	75	157	185	201	217	251	377	740	
55548	14	28	61	127	150	163	176	203	305	559	
55585	9	16	38	79	93	101	109	126	190	348	
55324	13	24	56	117	138	150	162	187	281	515	
55254	19	35	81	168	198	215	233	269	403	740	
55438	32	59	135	281	330	360	390	450	674	NA	
55089	20	37	86	178	210	228	246	285	427	NA	
55715	17	32	73	152	179	195	210	243	365	NA	
55109	18	33	75	156	185	200	218	250	374	NA	
55866	16	30	68	142	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Tabla D3.5 Tabla de Inductancia

Bibliografía

1. National Instrument.

Lookout Developers Manual, United Status, November 2001.

2. Chryssis, George.

High-frequency switching power supplies, United States, 1976.

3. Robert H. Bishop, the University of Texas at Austin.

Learning with LABVIEW 7 Express, United States, 2004.

4. Jose M. Angulo Usategui E. Ignacio Angulo Martinez -
Universidad De Deusto(Campus Victoria).

Microcontroladores PIC Diseño Práctico de aplicaciones Primera parte PIC 16F84 PBasic y ensamblador, España, 2003.

5. Jose M. Angulo Usategui, Susana Romero Yesa E Ignacio Angulo Martinez - Universidad De Deusto (Campus Victo0ria).

Microcontroladores PIC Diseño Práctico de aplicaciones Segunda parte PIC 16F84 PBasic y ensamblador, España, 2003.

6. J. Michael Jacob _ Purdue University.

Analog Integrated circuit Applications, United States, 2000.

ANEXO F

Millones de dólares al final del periodo

AÑO	SALDO INICIAL	DESEMBOLOS				AMORTIZACIONES				INTERESES			DEUDA	
		Efectivos	Refinancios	Capitalización Intereses	TOTAL	Efectivos	Refinancios	Capitalización Intereses	TOTAL	Efectivos	Refinancios	TOTAL	TOTAL	NO COLATERALIZADA
1993	9623.9	482.0	26.2	10.3	518.5	558.2	26.2	594.4	297.0	10.3	307.3	96.50		
1994	9800.3	698.1	6.3	207.3	901.7	504.6	49.4	554.0	429.4	218.5	647.9	74.10		
1995	10440.4	1064.4	3614.5	2589.5	7298.4	695.6	4786.7	5463.3	575.6	3467.7	4043.3	61.30	44.7	
1996	12351.1	1012.9		83.7	1096.6	566.4	7.3	573.7	560.7	92.4	653.1	59.40	43.6	
1997	12593.8	1262.7		88.1	1350.8	975.3	138.0	1113.3	870.4	90.3	760.7	53.20	39.1	
1998	12435.1	980.7	109.2	89.9	1179.7	615.9	123.8	739.6	617.4	94.4	711.7	56.90	42.5	
1999	13031.9	768.5		75.7	844.2	523.6	16.2	539.9	529.8	73.7	603.5	82.50	62.4	
2000	13272.4	898.3	3596.2	266.2	4760.7	1418.4	5572.8	6981.1	687.6	1238.1	955.7	71.10	71.1	
2001	10987.2	841.5	514.2	415.6	1371.3	867.2	514.2	1381.4	755.7	355.2	1110.9	54.10	54.1	
2002	11337.8	506.5	62.9		569.4	778.3	4.4	782.8	628.7	6.6	635.4	46.60	46.6	
2002 Enero	11337.8	103.9			103.9	79.6		79.6	29.4	0.9	30.3	46.60	46.6	
2003 Enero	11336.9	87.2			87.2	51.9	6.4	58.3	14.7	0.7	15.4	42.10	42.1	
Febrero	11336.9	87.9			87.9	174.3	6.4	180.7	154.5	10.3	165.3	41.80	41.8	
Marzo	11336.9	173.5			173.5	277.2	29.3	306.6	202.3	5.5	207.8	41.50	41.5	

(1) Los valores de amortizaciones e intereses difieren de los registrados en la balanza de pagos, en ésta no se incluye pagos o refinanciamientos anteriores.