



ACTIVO FIJO 155500



**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería
en Electricidad y Computación**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de
INGENIERO EN COMPUTACION

**"Diseño de un Cargador de Baterías para automóviles
controlado por corriente, basado en microcontroladores"**

Presentado por:

Christian W. Bermúdez Gallegos

Año 2001

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios,
a mi familia que siempre me brindó su apoyo,
al Ing. Holger Pico por toda su colaboración,
a la Ing. Rebeca Estrada por su constante ayuda,
y a todos aquellos que hicieron posible
que se lleve a cabo este proyecto.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, hermana, mi tía y abuelita
que estuvieron presentes durante toda mi carrera,
a mi hermano por su gran ayuda para este proyecto,
y a alguien muy especial que me brindó siempre
su apoyo cuyo nombre está en esta tesis.



Ing. Carlos Monsalve
Presidente del tribunal



Ing. Rebeca Estrada
Directora de Tesis



Ing. Hugo Villavicencio
Tribunal Principal



Ing. Alberto Manzur
Tribunal Principal

DECLARATORIA EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

Christian W. Bermúdez Gallegos

RESUMEN

El sistema diseñado se basa en una estructura modular, cuyos componentes se interconectan entre sí formando un modelo de regulación en cascada, siendo el parámetro de corriente la variable de regulación principal y los parámetros de temperatura y voltaje las variables secundarias. Los rangos de operación de estos parámetros son programados por el usuario digitalmente. La energía que se proporciona para cargar la batería se la controla variando el ángulo de disparo de un convertidor de energía alterna a continua monofásico.

Para realizar el diseño del sistema se utiliza una tecnología programable como son los microcontroladores que ofrece muchos beneficios en los diseños electrónicos y digitales y que aún no han sido aprovechados en el Ecuador. Así también se utilizan memorias seriales para respaldar la información de carga, pantalla de cristal líquido para visualizar los valores de los parámetros durante la operación y convertidores analógico a digital de 12 bits seriales para obtener el valor digital del parámetro medido.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación de la propuesta	2
1.2. Objetivos	2
1.3. Propósito	4
1.4. Contribución	5
1.5. Metodología	6
1.6. Perfil de la tesis	8
2. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	10
2.1. Sistemas autómatas	11
2.2. Razones para automatizar	12
2.3. Consideraciones al automatizar	14
2.3.1. Estudio del problema real	15
2.3.2. Proyecto	16
2.3.3. Montaje, puesta a punto y mantenimiento	17
2.4. Tecnología utilizada en la automatización industrial	18
2.5. Resumen	22
3. DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA	23
3.1. Estudio realizado	24
3.2. Descripción del control del sistema	28
3.2.1. Regulación y limitación de los parámetros de carga	29
3.2.2. Valor promedio de una señal AC	31
3.2.3. Calibración de la medición de los parámetros	34
3.2.4. Acumulación de Amperios por hora	36

3.3. Estructura del cargador	37
3.3.1. Módulo Principal	38
3.3.1.1. Programación y Visualización de datos	38
3.3.1.2. Unidad Central de Proceso	41
3.3.2. Módulo de Regulación de Corriente	44
3.3.2.1. Generador del disparo	44
3.3.2.2. Generador de pulsos	46
3.3.3. Módulo de conversión A/D	48
3.3.4. Módulo de fuerza	49
3.4. Comunicación serial de datos	49
3.5. Resumen	52
4. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	53
4.1. Microcontroladores PIC	54
4.1.1. Características de los microcontroladores PIC	58
4.1.2. Comparación del microcontrolador PIC con otros	61
4.2. Otros componentes	66
4.2.1. Memorias	68
4.2.2. Pantalla de cristal líquido	70
4.2.3. Convertidor analógico a digital	73
4.2.4. Convertidor digital a analógico	75
4.3. Resumen	77
5. DISEÑO DETALLADO DEL SISTEMA	78
5.1. Interconexión del hardware	79
5.2. Diseño del firmware	85
5.2.1. Modo de operación del CPU	86
5.2.2. Modo de Programación del CPU	89
5.2.3. Control de los parámetros	92
5.2.4. Valor promedio de una señal analógica	95
5.2.5. Generación de pulsos de disparo	98
5.2.6. Simbología utilizada en los diagramas de flujo	101
5.3. Resumen	102

6. PRODUCTO FINAL	103
6.1. Pruebas de la regulación de corriente	104
6.2. Características del cargador de baterías	112
6.3. Calibración del equipo y programación para una carga	115
6.4. Costos de producción	118
6.5. Resumen	121
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y POSIBLES MEJORAS AL SISTEMA	122
ANEXOS	128
A. Información de los componentes del hardware seleccionado	129
A.1. Microcontroladores PIC16C621 y PIC16F874	130
A.1.1. Arquitectura del integrado	132
A.1.1.1. Bus de datos	135
A.1.1.2. Unidad aritmética lógica (ALU) y registro de trabajo (W)	135
A.1.1.3. Contador de programa	136
A.1.1.4. La pila	136
A.1.1.5. Memoria de programa y memoria de datos	137
A.1.1.6. Puertos de entrada/salida	143
A.1.1.7. Módulo Temporizador	144
A.1.2. Características especiales del CPU	145
A.1.3. Características propias del microcontrolador PIC16C621	146
A.1.4. Características propias del microcontrolador PIC16F874	149
A.1.5. Conjunto de instrucciones	152
A.1.6. Especificaciones eléctricas	155
A.2. Memorias Seriales EEPROM 93LC46A	156
A.2.1. Arquitectura del integrado	156
A.2.2. Conjunto de Instrucciones	159
A.2.3. Especificaciones eléctricas	162
A.3. Módulo con Pantalla de Cristal Líquido LTN211	163
A.3.1. Arquitectura del módulo	163

A.3.2. Conjunto de Instrucciones	165
A.3.3. Especificaciones eléctricas	168
A.4. Convertidor analógico / digital serial MCP3201	169
A.4.1. Arquitectura y operación del convertidor	169
A.4.2. Comunicación serial	171
A.4.3. Especificaciones eléctricas	172
B. Diagramas esquemáticos del diseño del cargador de baterías.	173
C. Diagramas de posiciones y circuitos impresos de los módulos del sistema	187
D. Código fuente para la generación de pulsos	191
GLOSARIO	192
BIBLIOGRAFÍA	198

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁG
Figura 2.1	Componentes de un Sistema Automático.	12
Figura 2.2	Tecnologías empleadas en la automatización industrial	19
Figura 2.3	Elementos que constituyen un controlador programable	21
Figura 3.1	Modelo de regulación para el cargador de baterías	29
Figura 3.2	Control de carga de la batería por medio de la corriente.	30
Figura 3.3	Convertidor de energía alterna a continua	32
Figura 3.4	Determinación de la corriente promedio.	34
Figura 3.5	Módulos que componen el cargador de baterías	37
Figura 3.6	Energía de carga según el ángulo de disparo	45
Figura 3.7	Pulsos de disparo con un ángulo de desfase α	47
Figura 3.8	Transductores para las señales de carga del sistema	48
Figura 3.9	Comunicación serial de datos entre DRV_TECLA y el CPU	51
Figura 3.10	Comunicación serial de datos entre el CPU y el convertidor D/A	51
Figura 4.1	Arquitectura de Von Neumann vs Arquitectura Harvard	58
Figura 4.2	Flujo de una segmentación PIPE-LINE	60
Figura 4.3	Diagrama de bloques simplificado de la arquitectura de los PICs	60
Figura 4.4	Comparación del tamaño de código de los microcontroladores	63
Figura 4.5	Comparación del tiempo de ejecución de los microcontrolador	65
Figura 4.6	Conversión digital/analógica mediante PWM	76
Figura 5.1	Diagrama de bloques del Sistema Completo	79
Figura 5.2	Diagrama de bloques del Módulo Principal	82
Figura 5.3	Diagrama de bloques del Módulo de Regulación de Corriente	83
Figura 5.4	Diagrama de bloques del Módulo de Conversión A/D	84
Figura 5.5	Diagrama de bloques del Módulo de Fuerza	85
Figura 5.6	Diagrama de Flujo del Modo de Operación del CPU	88

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁG
Figura 5.7	Diagrama de Flujo del Modo de Programación del CPU	91
Figura 5.8	Diagrama de Flujo del Control de los Parámetros	94
Figura 5.9	Diagrama de Flujo del Software Valor Promedio de una Señal	96
Figura 5.10	Diagrama de Flujo del Control de Corriente	100
Figura 6.1	Señal del ángulo de disparo.	105
Figura 6.2	Señal de disparo DISP1 con relación al ángulo de disparo.	106
Figura 6.3	Señal de disparo DISP2 con relación al ángulo de disparo.	106
Figura 6.4	Desfase entre la señal DISP1 y la señal DISP2.	107
Figura 6.5	Señal de sincronismo vs señal DISP1.	108
Figura 6.6	Señal de sincronismo vs señal DISP2.	108
Figura 6.7	Aumento del ancho de pulso debido a un aumento en señal Iref.	109
Figura 6.8	Pulso DISP1 con respecto a la señal de sincronismo con Iref máximo.	110
Figura 6.9	Pulso DISP2 con respecto a la señal de sincronismo con Iref máximo.	110
Figura 6.10	Energía entregada a la batería con Iref al 75%.	111
Figura 6.11	Energía entregada a la batería con Iref máximo.	111
Figura 6.12	Menú de programación y Opción de calibración de medición	115
Figura 6.13	Programación de rangos de operación	116
Figura 6.14	Programación de tiempos de carga	117
Figura 6.15	Programación de valores críticos	117
Figura 6.16	Visualización de parámetros de carga	118
Figura A.1	Diagrama de pines PIC16C621 y PIC16F874	131
Figura A.2	Diagrama de bloques de la arquitectura del PIC16C621	133
Figura A.3	Diagrama de bloques de la arquitectura del PIC16F874	134
Figura A.4	Memoria de programa para los PIC16C621 y PIC16F874	138
Figura A.5	Diagrama de la memoria de datos de los PIC16C621	139
Figura A.6	Diagrama de la memoria de datos de los PIC16F874	140
Figura A.7	Registro de estado STATUS	141

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁG
Figura A.8	Registro de opción de configuración OPTION	142
Figura A.9	Registro de interrupción INTCON	143
Figura A.10	Registro de configuración CMCON del módulo comparador	147
Figura A.11	Configuraciones en el módulo de comparación	148
Figura A.12	Formato general para las instrucciones	153
Figura A.13	Diagrama de pines y diagrama de bloques de la arquitectura de la EEPROM 93LC46A	157
Figura A.14	Diagrama de tiempo de la instrucción EWEN	160
Figura A.15	Diagrama de tiempo de la instrucción EWDS	161
Figura A.16	Diagrama de tiempo de la instrucción READ	161
Figura A.17	Diagrama de tiempo de la instrucción WRITE	162
Figura A.18	Diagrama de bloques de la arquitectura del LTN211	164
Figura A.19	Diagramas de tiempo para escritura de una palabra de control y una palabra de datos	167
Figura A.20	Diagrama de pines y diagrama de bloques de la arquitectura del CAD	170
Figura A.21	Comunicación serial del convertidor A/D MCP3201	171
Figura B.1	Diagrama Esquemático del Módulo Principal	174
Figura B.2	Diagrama Esquemático del Módulo Regulación de Corriente	175
Figura B.3	Diagrama Esquemático del Módulo de Conversión A/D	176
Figura B.4	Diagrama Esquemático del Módulo de Fuerza	177
Figura C.1	Diagrama de posición de elementos del Módulo Principal	188
Figura C.2	Diagrama del circuito impreso del Módulo Principal	188
Figura C.3	Diagrama de posición de elementos del Módulo de Regulación de Corriente	189
Figura C.4	Diagrama del Circuito Impreso del Módulo de Regulación de Corriente	189
Figura C.5	Diagrama de posición de elementos del Módulo de Conversión A/D	190
Figura C.6	Diagrama del circuito impreso del Módulo de Conversión A/D	190

INDICE DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁG
Tabla 3.1	Datos guardados en MEMORIA	40
Tabla 4.1	Comparación de la eficiencia en código de los microcontroladores	62
Tabla 4.2	Comparación de la velocidad de ejecución de los microcontroladores	64
Tabla 5.1	Configuración del Generador de Pulsos	97
Tabla 5.2	Símbolos utilizados en los diagramas de flujo	101
Tabla 6.1	Valores de operación del equipo de carga	114
Tabla 6.2	Descripción simplificada de costos para la elaboración del proyecto	119
Tabla A.1	Conjunto de Instrucciones de los PIC16X	154
Tabla A.2	Valores Máximos para los PIC16C621 Y PIC16F874	155
Tabla A.3	Conjunto de instrucciones para el 93LC46A	159
Tabla A.4	Valores eléctricos máximos para las memorias 93LC46A	163
Tabla A.5	Conjunto de instrucciones del módulo LTN211	166
Tabla A.6	Terminales de conexión del módulo LTN211	168
Tabla A.7	Valores eléctricos máximos para el convertidor A/D	172
Tabla B.1	Lista de elementos del Módulo Principal	178
Tabla B.2	Lista de elementos del Módulo de Regulación de Corriente	180
Tabla B.3	Lista de elementos del Módulo de Conversión A/D	183
Tabla B.4	Lista de elementos del Módulo de Fuerza	186
Tabla B.5	Lista de elementos adicionales para la alimentación del sistema	186

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Los sistemas que automatizan los procesos de producción en las industrias han ido ganando más terreno en los últimos años, debido a que se hacen necesarios para no salir de la competencia y a sus diferentes beneficios que ofrece. Pero en nuestro país no todas están al alcance de una automatización debido a que sus costos son altos, tanto en su adquisición como en su mantenimiento, la industria de baterías para automóviles es una de ellas. De aquí la idea de diseñar un sistema para cargar baterías que resulte más económico que uno extranjero, y que tenga la factibilidad de adaptarse a las necesidades particulares de la industria, que en muchos casos es difícil lograr con equipos fabricados en el exterior.

Es común utilizar un PLC (Programmable Logic Controller es decir un Controlador Lógico Programable) para dar una solución de automatización, en nuestro caso utilizamos la tecnología de los microcontroladores la cual no ha sido aprovechada aún en Ecuador y que ofrece grandes beneficios en el diseño de sistemas electrónico – digitales.

1.1.JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

Debido a la realidad económica que acontece en el país y en los países de Latinoamérica, todos los sectores productivos necesitan reducir sus gastos de producción. Un caso particular son las industrias de baterías de automóviles, sería de beneficio encontrar un equipo para cargar baterías, que ofrezca las mismas o mejores ventajas que un equipo extranjero, y con servicio de mantenimiento dentro del país.

En Latinoamérica se ha incrementado la población de automóviles en los últimos años, por lo tanto las industrias necesitan incrementar sus plantas de producción, y realizar la compra de más equipos de carga para sus baterías, los mismos que los podrán adquirir aquí en Latinoamérica y no en el extranjero.

1.2.OBJETIVOS

Diseñar un cargador de baterías para automóviles, utilizando un control permanente de un parámetro importante en la carga que es la corriente, pero cuidando que los otros parámetros como la temperatura y voltaje no salgan de su rango permitido de operación, adicionalmente se

mostrarán los amperios por hora acumulados y el tiempo de carga. Todos los parámetros de carga son programados desde un teclado por el usuario. Tanto los datos programados y los datos durante la carga serán respaldados en una memoria para poder ser recuperados en caso de existir un corte en la energía eléctrica que alimenta al sistema.

Hacer uso para este propósito de la tecnología de los microcontroladores, que en nuestro país no está siendo aprovechada, pero que ofrece una variedad de características muy útiles en los diseños de ingeniería electrónica y digital en lo que respecta a recursos como: precisión en mediciones, confiabilidad, reducción de costos, que a veces en una solución a un sistema de control se vuelve complicado. Además existen grandes ventajas sobre los tradicionales diseños de máquinas secuenciales o combinatoriales con tecnología TTL como en su tamaño, consumo de energía, estabilidad de operación, facilidad de diseño, entre otros.

1.3.PROPÓSITO

Realizar un diseño de un equipo para cargar baterías de automóviles con una tecnología de punta que ofrezca las siguientes características:

- ✓ Programación digital de los parámetros de carga desde un teclado.
- ✓ Respaldo de la información de programación y de los valores durante la carga en memoria.
- ✓ Visualización de los valores actuales de carga en una pantalla de cristal líquido.
- ✓ Precisión en la medición de los parámetros de carga de un decimal, con la utilización de convertidores analógico/digitales seriales de 12 bits.
- ✓ Retroalimentación en el control de los parámetros, para un mejor control en el cargado.
- ✓ Estructura modular del equipo para facilidad de mantenimiento ó reparación de daños.
- ✓ Basado en la tecnología de los microcontroladores para reducir costos y ofrecer un mejor rendimiento del equipo entre otra características que ofrecen estos dispositivos.
- ✓ Fácil manejo en su operación.
- ✓ Más económico que un equipo extranjero.

1.4.CONTRIBUCIÓN

El desarrollo de esta tesis podría contribuir a la elaboración de futuros proyectos en la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, ya que se está incorporando una tecnología muy sencilla para dar soluciones de ingeniería, como son los microcontroladores, los cuales ofrecen gran apoyo en los diseños electrónicos y digitales. Con esto además se puede entrar en competencia con otros países de Latinoamérica como es el caso de Colombia, Chile, México que ya utilizan esta tecnología.

El área de ingeniería eléctrica se beneficiaría en gran parte debido a que en donde se tenga que dar una solución a sistemas de control o automatismo, ya no se tendrá que adquirir equipos sofisticados en el exterior para que cumplan nuestras necesidades en el sistema, que muchas veces se realiza una compra de un equipo pero se utiliza menos del 50% de su funcionalidad, además que primero hay que comprender su operabilidad para poderlo adaptar al sistema que se está diseñando.

Acoplado al sistema un software que recopile los datos durante la operación y que los respalde en una base de datos, podría servir de ayuda procesando estos datos para proporcionar reportes, informes,

gráficos estadísticos de la producción y otra información que ayuden a mejorar la producción y a tomar decisiones a futuro. Este sistema integral no sólo puede ser utilizado en las industrias de baterías, sino también en áreas donde se tengan varios puntos de producción que controlar o monitorear, por ejemplo: en el control de las condiciones ambientales en las piscinas camaroneras, para monitorear la producción de máquinas selladoras de algún producto en las fábricas, para el control y monitoreo del ambiente de los diferentes galpones en una granja avícola.

1.5.METODOLOGÍA

Para el estudio previo al proyecto se utilizará como punto de referencia la industria de Baterías Lux, en donde existen cargadores de baterías modernos y cargadores operados mecánicamente, con lo cual se puede tener una idea más clara de la automatización.

Para obtener información del proceso de formación de una batería y elaborar el diseño del cargador de baterías que automatice dicho proceso se siguió la siguiente metodología:

- ✓ Describir la situación actual de la industria en los requerimientos de automatismo.
- ✓ Investigar como es el proceso de formación de una batería para conocer cuales son los parámetros más importantes que se tienen que controlar.
- ✓ Estudiar como realizan el cargado de las baterías otros cargadores existentes para tener una referencia en el diseño.
- ✓ Investigar que información es importante conocer durante la formación de la batería, para implementarlo en el sistema.
- ✓ Emplear una estrategia de automatización que resulte económica y confiable.
- ✓ Estructurar al proyecto por bloques o fases.
- ✓ Utilizar un enfoque modular en el desarrollo del proyecto.
- ✓ Si es necesario elaborar prototipos en las diferentes fases para garantizar el funcionamiento del diseño.
- ✓ Mantener una adecuada documentación de lo investigado y de los resultados.

1.6.PERFIL DE LA TESIS

El proyecto de tesis se encuentra estructurado en seis capítulos que son:

En el **Capítulo 1** se trata de justificar el desarrollo del proyecto, que objetivos y propósito se quiere lograr y la contribución que aporta en su entorno.

Una noción de lo que son las automatizaciones industriales se explica en el **Capítulo 2**, así como también las razones porque se debe automatizar y la tecnología que se utiliza para este fin.

El **Capítulo 3** presenta el estudio realizado para el desarrollo del proyecto y el diseño del Sistema, en donde se explica como se va a realizar el control de carga, y como se encuentra estructurado el proyecto indicando la funcionalidad de cada una de sus partes.

Los componentes que se han seleccionado para la implementación del diseño del sistema se los explica en el **Capítulo 4**, en la cual se describe ciertas características y ventajas con relación a otros dispositivos similares que existen en el mercado para el mismo propósito.

En el **Capítulo 5**, se presenta el diseño detallado del sistema, con diagramas de bloques que representan la relación entre los componentes de cada módulo y la interacción entre estos, y diagramas de flujo representando los algoritmos implementados en los microcontroladores utilizados.

Las características del producto final y un desglose de los costos para la construcción de un prototipo del cargador de baterías se presentan en el **Capítulo 6**.

CAPÍTULO 2

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Todos aquellos que deseen sobrevivir a la competencia deben lanzarse a la automatización, consiguiendo así mayor productividad, reducción de costos, mejora de la calidad, producir las cantidades necesarias en el momento preciso y adaptarse con facilidad y en breve tiempo a los cambios del mercado (nuevos productos).

Muchas personas piensan que la automatización equivale a la pérdida del puesto de trabajo, cuando realmente sucede lo contrario; además las máquinas asumen la parte más dura del trabajo. La industria automatizada actual necesita de un trabajador adaptado a la tecnología actual para poder supervisar la operación de la máquina, en lugar de realizarlo él mismo.

Esta tendencia actual e irreversible de la automatización no es sólo de la industria, también ocurre esto en los centros de trabajo y en la vida cotidiana, cuando se optimizan tareas mediante la utilización de la informática, así que no se puede dar espaldas a la realidad.

2.1.SISTEMAS AUTÓMATAS

Un sistema automático intenta sustituir las tareas físicas y mentales del operador humano por máquinas ó dispositivos [1]. Pero siempre se necesita un operador humano que supervise el desarrollo del control que intervenga en el sistema automático para:

- ✓ Ordenes de puesta en marcha ó parada.
- ✓ Manejo del sistema en modo manual.
- ✓ Modificación de valores de temporización.
- ✓ Modificación de los valores asignados para el control del proceso para temperaturas, presiones, etc.
- ✓ Reconocimiento de alarmas y rearmes.

Como se observa en la Figura 2.1 un sistema automático se compone de tres partes básicas y una opcional. La información de que se sirve la unidad de control es recogida por un conjunto de elementos externos, denominados sensores. Por otra parte, el control programable o autómatas genera unas órdenes que se transmiten a una máquina ó proceso a través de acopladores. Todo estos componentes forman parte de un sistema cerrado en el que existe un flujo continuo de información. La parte opcional la constituye el equipo programador, ya que una vez

programado el autómeta, se lo puede retirar porque el programa queda residente en la memoria RAM ó EEPROM del autómeta.

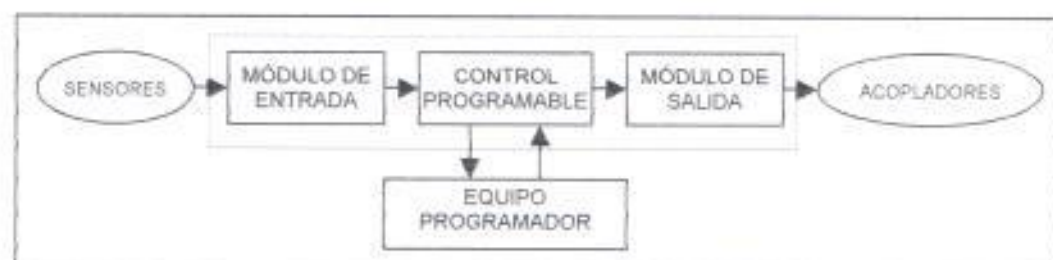


Figura 2.1: Componentes de un Sistema Automático

Un sistema automático de producción industrial tiene por objetivo dar un valor agregado a unos materiales, piezas, etc., aumentando la calidad, reduciendo el costo y logrando por lo tanto, aumentar la competitividad del producto final [1].

2.2.RAZONES PARA AUTOMATIZAR

En un proceso industrial existen numerosas razones para automatizar, pero las podemos resumir en las siguientes:

Reducción de costos

Al reducir los costos, las empresas se hacen competitivas, con lo que aseguran los puestos de trabajo y pueden subsistir. Si la automatización destruye empleos sin cualificar, crea otros cualificados de mantenimiento, ventas, manipulación y técnicos. Un ejemplo de esto es Japón, que siendo el país en el que más automatismo se emplea en las industrias, es uno de los países con la tasa más baja de desempleo laboral.

La cantidad y calidad de las piezas realizadas

En las piezas realizadas en serie, la cantidad de movimientos, así como la rapidez en ejecutarlos, no se puede comparar a lo hecho por el hombre; por otra parte, el hombre está sujeto a la monotonía y a la fatiga y frecuentemente, cuando lleva cierto tiempo en el trabajo, esto puede ser causa y origen a los accidentes.

La seguridad

Existen ambientes nocivos, sucios y contaminantes en los que el trabajo es perjudicial para el hombre y que con un manipulador o robot soluciona

el problema. Por otro lado las condiciones de trabajo (jornadas, descanso, primas, incentivos, etc.) pueden interrumpir el proceso productivo, retrasándolo o peor aún paralizándolo, con lo que la seguridad económica del trabajador y de la empresa se puede ver seriamente comprometida.

2.3. CONSIDERACIONES AL AUTOMATIZAR

Cuando se trata de automatizar un sistema se debe tener una idea global del funcionamiento de la máquina o proceso que se quiera automatizar y, que tipos de sensores se utilizarán para las señales de entrada y acopladores para las señales de salida, también se debe escoger el tipo de autómatas programables y la estrategia de control a seguir.

Antes de elaborar la estrategia a seguir se debe realizar tres pasos fundamentales en un proyecto de automatización que son:

1. Estudio del problema real
2. Proyecto
3. Montaje, puesta a punto y mantenimiento.

2.3.1. Estudio del problema real

Que consta de las siguientes etapas:

- I. **Estudio del proceso productivo.** Debemos estudiar lo que tenemos para saber como funciona y que objetivos se desean, es decir, que es lo que va a realizar la máquina o sistema. Realizando una lista de condiciones, separando la parte operativa de la de mando, para estudiarlas independientemente.
- II. **Analizar si se puede automatizar.** Si la máquina o sistema objeto de la automatización constan de movimientos secuenciales (siguen una secuencia o ciclo), se puede automatizar, caso contrario no.
- III. **Decidir que tecnología utilizar.** Además de las consideraciones del problema, intervienen las variables propias del automatismo, así como las condiciones ambientales, limpieza, peligro de explosiones, temperatura, condiciones mecánicas, vibraciones, fuerzas, presiones, condiciones económicas, velocidades, rendimientos, costes, conocimientos de las tecnologías, etc.

2.3.2. Proyecto

Compuesto de las siguientes etapas:

- I. **Diseño del proyecto.** Aquí se analiza que tecnología emplearemos para realizar el funcionamiento [1]:
 - ✓ Por el método intuitivo.
 - ✓ Por el método secuencial.
 - ✓ Por el método lógico.
 - ✓ Por autómatas.
 - ✓ Por Ordenador.

- II. **Esquemas.** Una vez que decidimos la tecnología a emplear, se debe realizar un esquema funcional del sistema a automatizar.

- III. **Materiales a utilizar.** Sabiendo la tecnología a emplearse, tenemos que elegir por una o varias marcas, proveernos de establecimientos o casas comerciales que nos faciliten los componentes o mecanismos. En este caso hay que hacer un estudio comparativo de lo relativo a precio-calidad para saber cual es el más conveniente.

2.3.3.Montaje, puesta a punto y mantenimiento

Para la instalación del sistema automatizado se debe tener cuidado en el lugar de ubicación y en el montaje, teniendo muy en cuenta la conexión con el resto de la fábrica, manutención de materias primas, normas de seguridad, etc.

Se debe prever las puestas a punto, pudiendo separar o aislar en partes:

- ✓ La máquina o el automatismo.
- ✓ Los reglajes, aún estando en funcionamiento.
- ✓ Facilitar las reparaciones rápidas, las modificaciones y ampliaciones.
- ✓ Actualización de sistemas de mantenimiento predictivo, preventivo y de calidad.

Se deben considerar las exigencias actuales de los usuarios de la máquina y automatismo:

- ✓ **Flexibilidad**, para que puedan adaptarse y programarse para la realización de gamas de productos los más amplia posible, con tiempos de preparación y reparación lo más corto posible.
- ✓ **Fiabiles**, garantizando la máxima disponibilidad en la producción.

- ✓ **Rápidas y precisas**, con ciclos cortos y disponiendo de los medios necesarios para garantizar el producto fabricado.
- ✓ **Fáciles de manejar**, requiriendo un tiempo de aprendizaje lo más corto posible.
- ✓ **Económicas**, para amortizar la intervención lo más pronto posible, con un mantenimiento mínimo y unos costos reducidos.
- ✓ **Integrables**, que permitan integrar la máquina dentro de un conjunto de la planta y que faciliten las tareas de supervisión y control de la producción, seguimiento de las órdenes de fabricación, control de costos, incidencias, mantenimiento, etc.

2.4.TECNOLOGÍA UTILIZADA EN LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Como se ilustra en la Figura 2.2 las tecnologías utilizadas para la automatización se pueden dividir en dos grandes grupos: Tecnología cableada, y Tecnología programable.

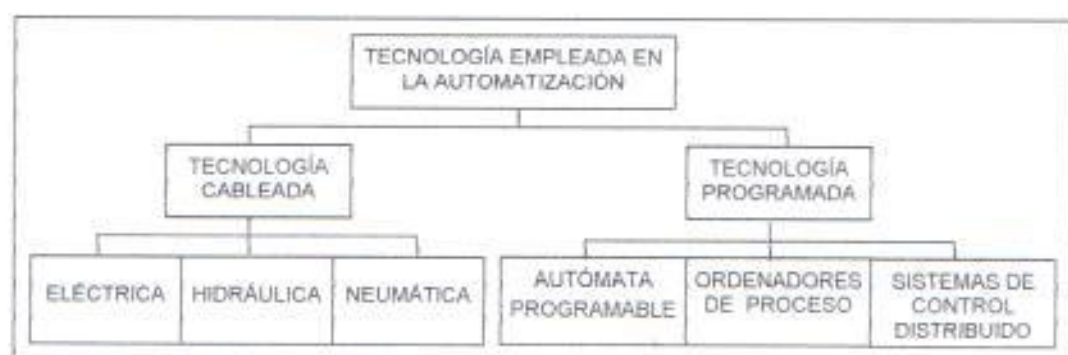


Figura 2.2: Tecnologías empleadas en la automatización industrial

La **tecnología cableada** se realiza en base de uniones físicas de los elementos que componen la parte de control. Estos elementos pueden ser neumáticos, eléctricos o electrónicos. La forma en que se establecen dichas uniones se determina por la experiencia o por un planteo teórico empleando las ecuaciones lógicas de Boole. Esta tecnología ha sido extensamente utilizada, pero presenta los siguientes inconvenientes:

- ✓ Ocupa mucho espacio.
- ✓ Es poco flexible ante modificaciones o ampliaciones.
- ✓ Es difícil de mantener.
- ✓ No es útil en aplicaciones con controles complejos.
- ✓ Caros, debido a costos de sus componentes y a la gran cantidad de horas necesarias para cablear los mismos.

En la **tecnología programable**, la parte de control se realiza mediante la elaboración de un programa residente en la memoria de una unidad de control. Dentro de la tecnología programable, los fabricantes de tecnología de procesos ofrecen múltiples soluciones:

- ✓ **Autómatas programables**, son equipos electrónicos de cableado interno independiente del proceso a controlar (hardware); están diseñados para controlar en tiempo real y un entorno industrial cualquier proceso de la industria en general; se adaptan a la máquina o instalación a controlar mediante un programa (software).
- ✓ **Ordenadores de proceso**, provistos de convertidores analógicos/digital y digital/analógico para cerrar múltiples lazos de regulación y que puedan programarse en lenguaje de alto nivel. Realizan funciones en tiempo real de adquisición de datos, control de proceso y supervisión del mismo.
- ✓ **Sistemas de control distribuido**, basados en una estación central que supervisa todo el proceso, almacena datos, presenta los resultados y en una o varias estaciones remotas situadas en el área del proceso que realizan los algoritmos de control. Las estaciones remotas están constituidas por reguladores autónomos, autómatas programables u ordenadores de proceso que se comunican con la estación central.

Antiguamente los sistemas de control se implementaban con tecnología cableada, dando lugar a armarios llenos de relés y contactores rodeado por grandes rollos de cables. Pero con la aparición de los microprocesadores comenzaron a aparecer equipos capaces de sustituir al control cableado, con la ventaja de ser programable. Se los conoce con el nombre de PLC ó Controladores Lógicos Programables. La estructura de los autómatas programables es modular como se muestra en la Figura 2.3

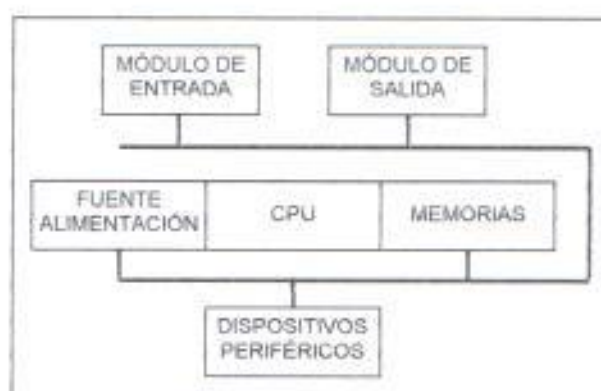


Figura 2.3: Elementos que constituyen un controlador programable

2.5.RESUMEN

Como hemos visto en este capítulo la automatización brinda muchas ventajas en su implementación, su propósito no es el de reemplazar al operador sino el de sustituir sus tareas físicas y mentales. Para elaborar una estrategia de automatización se proponen tres etapas a seguir que ayudarán a construirla, y para su implementación existen dos grandes grupos en tecnología que podemos utilizar que es la cableada y la programable.

CAPÍTULO 3

DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA

El diseño del cargador de baterías para automóviles, se basa en un control de corriente de carga mediante la variación del ángulo de disparo de un convertidor de energía alterna a continua, totalmente programable todos sus parámetros de carga (corriente, voltaje, temperatura, tiempo y amperios por hora), con visualización de los valores de los parámetros durante la operación, y respaldo de la información de carga.

La estructura del sistema consta de cuatro módulos conformando un modelo de regulación en cascada que son: el Módulo Principal, el Módulo de Regulación de Corriente, el Módulo de Fuerza, y el Módulo de Conversión analógica a digital.

3.1.ESTUDIO REALIZADO

En el Ecuador existen pocas industrias de producción de baterías para automóviles, de las cuales las que producen en grandes volúmenes se han visto en la necesidad de automatizar su producción para poder abastecer las necesidades del mercado. Una de ellas es Baterías Lux que hoy en día se encuentra extendiendo sus plantas de producción debido a que exportará baterías a países vecinos.

Análisis

El estudio realizado para obtener una idea de la automatización de producción de baterías se lo realizó en la industria Baterías Lux de esta ciudad ya que es una de las más grandes en el país y con exportación del producto a países vecinos. Aquí se captó la necesidad de adquirir más líneas de carga debido a la expansión en su planta de producción. Así como esta industria otras en Latinoamérica se encuentran en la misma situación, entonces es de gran interés para este sector industrial adquirir cargadores de baterías totalmente automáticos que controlen el proceso de carga, razón por la cual nació la idea de desarrollar el cargador de baterías propuesto.

Los primeros cargadores de baterías existentes en esta industria y que todavía son utilizados como cargadores adicionales, son totalmente controlados por el hombre. Constan de un control de corriente que varía de acuerdo a una resistencia que es cambiada manualmente por un operador cada cierto tiempo en el cargado. Luego debido a la demanda del mercado tuvieron que automatizar el cargado de baterías comprando unos cargadores americanos de *Digatron Firing Circuits*, que son programables y controlados por un computador central. La razón de automatismo es muy clara aquí por la siguiente razón:

Una línea de carga con operación manual produce en 40 horas 20 baterías, en 120 horas se producirá 60 baterías; utilizando el automatismo se producen las mismas 20 baterías pero en 30 horas, entonces en el tiempo de 120 horas se obtienen 80 baterías, es decir en el mismo tiempo se obtiene mayor producción, 20 baterías de más que es exactamente una línea, que viéndolo en costos de producción resulta un ahorro ya que una línea de carga de este tipo cuesta un valor promedio de 5000 dólares americanos [13].

La desventaja de estos equipos americanos es que resultan muy caros en traerlos e instalarlos, además que si existe un daño en una línea resulta costoso su reparación, debido a que esa línea de carga paraliza

su producción hasta traer el repuesto. Al fabricarse los cargadores aquí en el Ecuador no surgirían estos problemas porque todo se encuentra en casa, además se podría personalizar el equipo según la necesidad del cliente.

Resultados obtenidos

Después de tener una idea global del proceso de formación de una batería e investigar al personal de operación para saber cuales son sus requerimientos para este proceso, se llegó a la conclusión de que el cargador de baterías ha diseñarse debería tener las siguientes características propuestas:

- ✓ Debe ser diseñado para automatizar una línea de carga cuyo consumo máximo requerido es de 30 A y 350 V.
- ✓ Flexibilidad en la configuración de carga, es decir programable.
- ✓ Finalización de carga por amperios hora acumulados ó tiempo transcurrido.
- ✓ Visualización de los valores de corriente, temperatura, y voltaje como parámetros principales durante la formación de la batería.
- ✓ Si es posible ofrecer fácil calibración de la medición que realiza el equipo.

- ✓ Ofrecer fácil manejo en su operación y mantenimiento.
- ✓ Que resulte económico y confiable en su operación.

Se tiene que tener en cuenta que el ambiente en donde trabajará el equipo es ácido, por lo que los componentes que van estar al ambiente deben de protegerse ó que no sean susceptibles a este tipo ambiente.

El proyecto se lo estructurará en módulos para ofrecer fácil mantenimiento, y adaptación de actualizaciones futuras. El diseño del equipo realizará un control por corriente de carga, pero analizando los valores máximos de la temperatura y del voltaje de carga. Ofrecerá respaldo de la configuración y operación de carga.

Se utilizará una tecnología programable para el propósito, como son los microcontroladores ya que ofrece muchas ventajas (descritas en el Capítulo 4) y existen tipos de estos dispositivos que pueden trabajar bajo un ambiente industrial. Los componentes en su mayoría son de la Corporación Tecnológica Microchip, ya que ofrece productos confiables y de costos considerables en comparación con otros proveedores de circuitos electrónicos.

3.2.DESCRIPCIÓN DEL CONTROL DEL SISTEMA

El diseño del cargador de baterías se basa en un sistema retroalimentado con regulación de la corriente de carga, con esto tenemos una respuesta del control realizado y se aprovechan de las tres características de un sistema retroalimentado que son: fácil relación entre la entrada y salida, permite compensar de forma interna las imprecisiones y las derivas de los componentes del sistema, y minimiza las perturbaciones procedentes del exterior que afectan a la salida del sistema [4].

En la Figura 3.1 se muestra el modelo de regulación en cascada utilizado para controlar la corriente. El bucle interno o de regulación inmediata trata que la diferencia entre el valor medido de corriente (I) y su valor de referencia (I_{ref}) sea mínima; mientras que el bucle externo controla que los valores retroalimentados de corriente, temperatura y voltaje (I, T, V) se aproximen a sus valores deseados (N_0) limitando el valor de la señal I_{ref} , de esta manera se obtiene la característica de regulación deseada. El bucle exterior tiene una respuesta dos veces más lenta que el bucle interno, debido a que el bucle externo regula indirectamente la corriente pasando por dos etapas antes de obtener una respuesta en la salida [4].

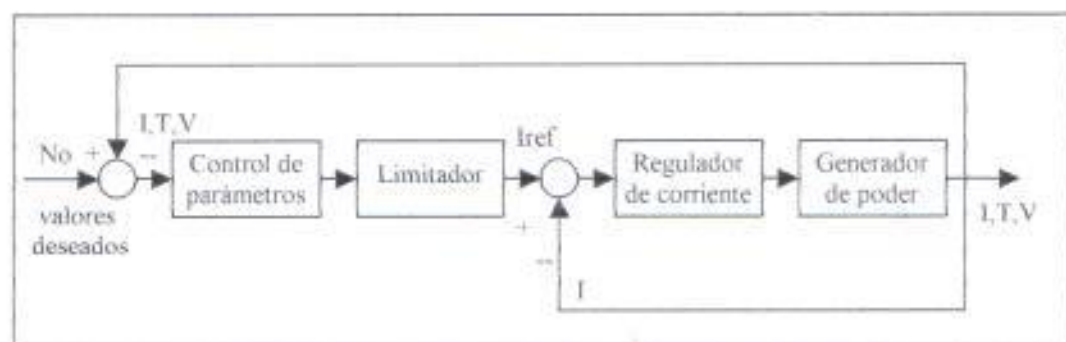


Figura 3.1: Modelo de regulación para el cargador de baterías

La regulación del bucle interno es directa, con el fin de tener una respuesta inmediata de control, es por eso que se la implementará electrónicamente por hardware que es el Módulo de Regulación de Corriente que se explicará en la sección 3.2 de este capítulo; mientras que la manera indirecta del control se la puede realizar vía software que es el algoritmo de control implementado dentro del Módulo Principal el cual sigue el procedimiento explicado a continuación.

3.2.1.Regulación y limitación de los parámetros de carga

El objetivo clave es cargar la batería en el menor tiempo posible por lo que sería ideal mantener la máxima corriente permitida sin que se caliente la batería, pero no es posible debido a que la temperatura de la mezcla interna de la batería aumenta al incrementarse la corriente de

carga y al existir una temperatura demasiado elevada podría causar daños irreversibles en el producto. Por esto es necesario mantener la temperatura de la batería en un rango permitido, el cual es controlado por la corriente de carga que conmutará entre un valor máximo y un valor mínimo, según la temperatura existente, ver Figura 3.2.

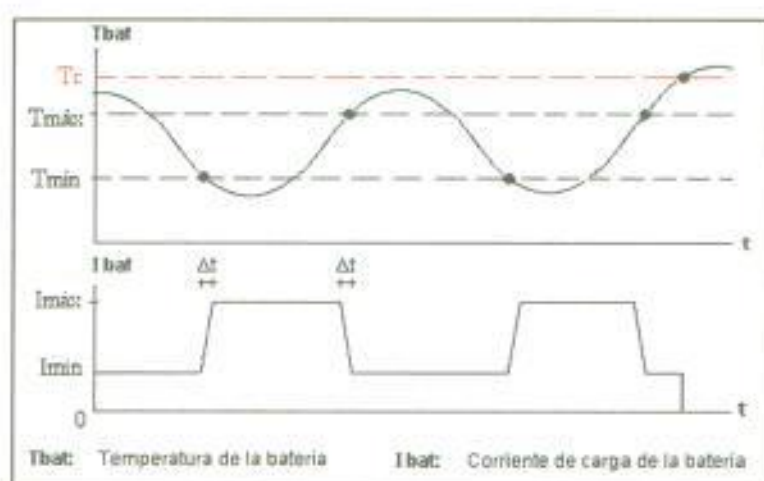


Figura 3.2: Control de carga de la batería por medio de la corriente.

El operador programa los rangos permitidos para la temperatura y los valores en que conmutará la corriente (T_{min} , $T_{máx}$, I_{min} , $I_{máx}$). Si la temperatura de la batería es mayor que $T_{máx}$ la corriente debe bajar a su valor mínimo I_{min} , hasta que disminuya y entre en rango, y si por el contrario el valor de temperatura medido es menor a T_{min} , se aprovecha para enviar la máxima corriente $I_{máx}$ hasta que la temperatura suba. Si en cualquier momento del control la temperatura sube demasiado

pasando su valor crítico T_c , el sistema debe enviar corriente cero, es decir apagar el control; lo mismo sucede con el voltaje medido y con el tiempo de carga si pasan sus valores críticos.

El tiempo de conmutación de la corriente de un valor a otro no es inmediato, existe un gradiente de tiempo Δt (aproximadamente 10s) para no provocar cambios bruscos en la corriente de carga que podría afectar a los tiristores de conmutación en el convertidor de energía alterna a continua

3.2.2. Valor promedio de una señal AC

Para generar la energía de carga se utiliza un convertidor de alterna a continua monofásico formado por un puente rectificador mixto, es decir medio puente de diodos en serie con medio puente de tiristores ver Figura 3.3. A la derecha de la figura tenemos la tensión rectificada como resultado de la conmutación de los tiristores en el puente a un ángulo de disparo α .

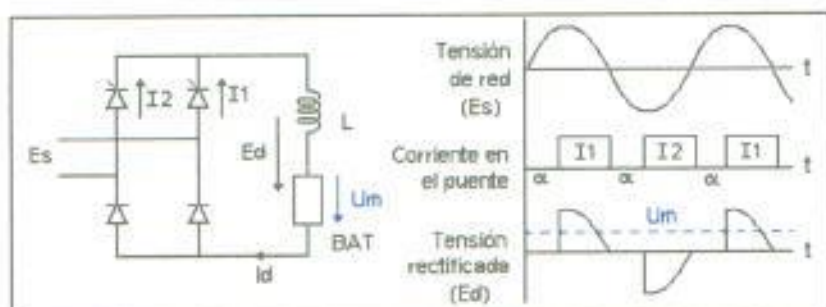


Figura 3.3: Convertidor de energía alterna a continua¹

El valor medio U_m que ve la batería es proporcional al valor medio en la salida del rectificador que se obtiene integrando las áreas de la tensión E_d mediante la expresión 3.1, donde E_m es el valor promedio de la función $E(t)$ que es igual a $E_s \sqrt{2} \text{Sen}(t)$ y T es el periodo de la función, que es 180° , es decir si la frecuencia de la señal E_s es de 60Hz, el periodo T sería la mitad de $1/60\text{Hz}$ que es 8.333ms.

$$E_m = \frac{1}{T} \int_0^T E(t) dt \quad (3.1)$$

Lo que representa la expresión 3.1 es el área promedio bajo la curva de una señal cualquiera $E(t)$, que traduciéndola a una manera discreta para poder utilizarla en un algoritmo se tendría la expresión 3.2. En donde n es el número de muestreos hechos en el periodo T de la señal medida E

¹ Este convertidor de alterna a continua es el Módulo de Fuerza en el cargador de baterías

$$Em = \frac{1}{n} \sum_{m=0}^n E \quad (3.2)$$

Pero, ¿Cuál sería el n óptimo en la expresión 3.2 para obtener un buen promedio?, sabiendo que entre más muestreos se puedan realizar el valor promedio obtenido de la señal es mejor. El número de muestreos que se realicen depende del tiempo que toma cada muestreo, es decir el tiempo que demora la conversión analógica a digital, en nuestro caso el tiempo de conversión A/D es de $200\mu s$ ², entonces en un periodo T de la señal rectificadada E_d tenemos $8.33ms/200\mu s = 41$ muestreos, y para obtener un promedio más confiable tomamos dos periodos de onda, con lo que tenemos 82 muestreos posibles en 16.67ms.

Otro inconveniente en la expresión 3.2 es la división para n ya que el microcontrolador opera en binario, entonces tenemos que escoger un n que sea múltiplo de dos debido que la división para dos en binario es desplazar los bits de un registro hacia la derecha. El múltiplo de dos más cercano al número de muestreos posibles obtenidos es 64, así tenemos que la expresión para obtener el promedio de una señal es:

² $200\mu s$ es el tiempo que el microcontrolador se demora en capturar una conversión A/D con una frecuencia de oscilación de 4MHz

$$E_m = \frac{1}{64} \sum_{i=0}^{64} E_i + error \quad (3.3)$$

Donde *error* es el residuo de la división de la suma para 64.

La Figura 3.4 muestra como se obtiene la corriente promedio que se entrega a la batería, cada barra bajo la curva representan cuatro muestreos realizados. El periodo de la onda es de 8.33ms, entonces tenemos 64 muestreos en dos periodos de onda. La horizontal en rojo es el valor promedio de los 64 muestreos realizados.



Figura 3.4: Determinación de la corriente promedio.

3.2.3. Calibración de la medición de los parámetros

Para calibrar la medición de los parámetros de corriente y voltaje que realiza el equipo con los valores reales se lo hace digitalmente mediante

una opción de programación (ver Sección 3.1.1 de este capítulo) en donde el operador ingresa el valor real del parámetro previamente medido, para que el equipo calcule la constante de calibración según el valor medido mediante la expresión 3.4, constante que es guardada en memoria para ser utilizado cuando se muestren los valores de los parámetros durante la carga.

$$K_{cal} = \text{valor real} / \text{valor medido durante la calibración} \quad (3.4)$$

Entonces los valores de los parámetros de carga durante la operación serían:

$$\begin{array}{l} \text{Corriente de operación} \qquad \qquad \qquad \text{Voltaje de operación} \\ I_{op} = I_{medida} \left(\frac{I_{real}}{I_{calibrac}} \right) \quad V_{op} = V_{medida} \left(\frac{V_{real}}{V_{calibrac}} \right) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Temperatura de operación} \\ T_{op} = V_{medido} \left(\frac{T_{real} \text{ _ en _ } ^{\circ} K}{V_{calibrac}} \right) - 273 \end{array}$$

La temperatura real está en grados kelvin debido a que el transductor utilizado entrega la temperatura en grados kelvin³.

³ El transductor de temperatura utilizado es el LM334

3.2.4. Acumulación de Amperios por hora

El amperio hora es cuanta corriente se ha acumulado en una unidad de tiempo, expresión 3.5.

$$A / h = \sum_{k=0}^n I_k / t \quad (3.5)$$

Se puede ver en la expresión que para contar amperios por hora se tiene que tener una base de tiempo que se la obtiene de la siguiente manera:

$$\frac{1A}{1h} = \frac{1mA}{3.6s} = \frac{0.1mA}{360ms}$$

Es decir, si tenemos una corriente constante de 0.1mA en 10000 veces se obtiene 1 A/h, pero como la corriente no es constante, sólo tenemos que verificar cuando la sumatoria de corriente sea igual a este valor para contar 1 A/h. Se escogió 360ms como base de tiempo porque el CPU que es el que cuenta los amperios por hora trabaja en el orden de los microsegundos y este tiempo es suficiente para que realice el control de los parámetros en el modo de operación.

3.3. ESTRUCTURA DEL CARGADOR

El cargador de baterías se encuentra estructurado por cuatro módulos (Figura 3.5) formando una regulación en cascada, que son: el Módulo Principal que recibe los datos digitales de la corriente, temperatura y voltaje desde el Módulo de Conversión A/D, los controla que operen dentro de los valores ingresados en el programa de carga, y envía la señal de control I_{ref} al Módulo de Regulación de Corriente, que conforma el bucle interno, el cual controla que la corriente medida se aproxime al valor I_{ref} variando el ángulo de desfase para el disparo de los tiristores del Módulo de Fuerza para que este entregue mayor ó menor energía de carga a la batería.

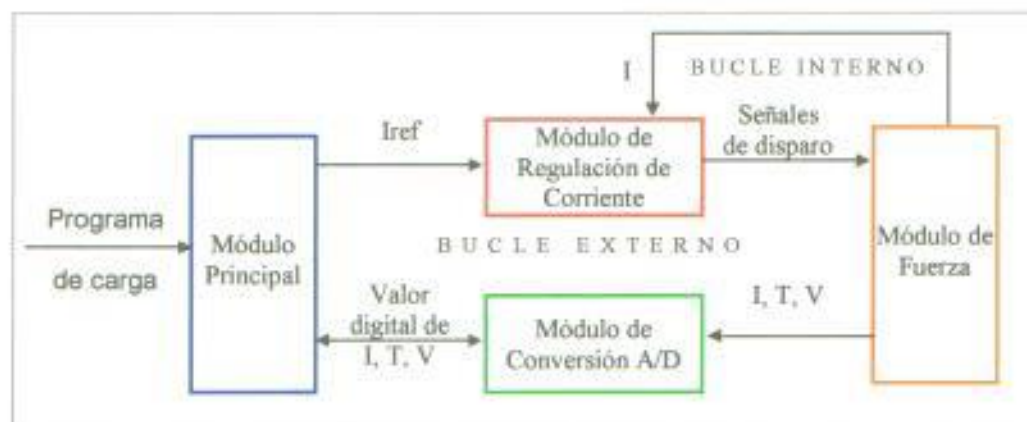


Figura 3.5: Módulos que componen el cargador de baterías.

Los diagramas de bloque que muestran la interconexión del hardware de cada módulo se encuentran en el Capítulo 5 y sus respectivos diagramas esquemáticos en el ANEXO B.

3.3.1.MÓDULO PRINCIPAL

El Módulo Principal⁴ recibe la programación de los parámetros por el usuario y guarda esta información para realizar el control posterior, es el que controla todo el sistema, se encuentra formado por un Módulo de Programación y Visualización de datos, la Unidad Central de Proceso (CPU), y un Convertidor D/A (CDA).

3.3.1.1.Programación y visualización de datos

El Módulo de Programación y Visualización de datos está formado por una PANTALLA en el cual se visualizan los datos, la MEMORIA que guarda la información de control, y el teclado matricial con su controlador (DRV_TECLA) para programar la carga de la batería.

⁴ El diagrama de bloques del Módulo Principal se lo puede ver en la Figura 5.2.

La programación de los parámetros de carga es ingresada por un teclado matricial y enviados al CPU que se encarga de almacenarlos en memoria proporcionándole una dirección a cada parámetro, y de mostrarlos en la PANTALLA. El teclado matricial contiene los números del 0 al 9 y las teclas de programación (PROG), aceptar nuevo valor (ACEPTAR), y paralizar ó continuar el control (INICIO/PARAR) que es la tecla '0' en modo de operación. A través de su controlador DRV_TECLA se comunica serialmente con el CPU, en el momento que se paraliza el control este dispositivo produce una interrupción en el CPU para que este envíe corriente de control cero al sistema.

La PANTALLA es utilizada por el CPU tanto para mostrar los datos de programación como la información durante la carga. La comunicación entre los dos dispositivos es por medio del bus paralelo de 11 bits (BUS_LCD), ocho de datos y tres de control.

La MEMORIA sólo la maneja el CPU mediante el bus serial BUS_MEM, de cuatro líneas (dos de control y dos de datos), sus localidades de memoria son de 8 bits. Cada dato que es guardado en la memoria es de 12 bits, por lo que son necesario dos localidades de 8 bits para almacenar el parámetro. Si durante la operación existe un apagón (ausencia de energía de alimentación) el CPU guarda los amperios hora

acumulados, el tiempo de carga transcurrido y el estado del CPU para ser recuperados cuando vuelva la energía. En la Tabla 3.1 se muestra los valores que se guardan en memoria, su espacio requerido y en que localidad se encuentran ubicados.

Tabla 3.1: Datos guardados en MEMORIA

VALORES	PARAMETROS	ESPACIO	DIR
Rangos de operación de los parámetros.	$I_{m\acute{a}x}$, $I_{m\acute{i}n}$ $T_{m\acute{a}x}$, $T_{m\acute{i}n}$	8 bytes	00-08
Tiempos de operación	A/h y tiempo programado	6 bytes	09-14
Valores críticos de los parámetros	V_c , T_c , t_c	6 bytes	15-20
Valores de calibración para medición de los parámetros	I_{cal} , T_{cal} , V_{cal} I_{real} , T_{real} , V_{real}	12 bytes	21-32
Valores de los parámetros de carga antes de un apagón	ESTADOCPU, A/h y tiempo	6 bytes	33-38

De la tabla se puede obtener que la cantidad de memoria necesaria para almacenar la información del sistema es de 38 bytes. Todos estos valores son cargados en la memoria RAM del CPU en el momento que se enciende el equipo para su operación.

3.3.1.2.Unidad Central de Proceso

La Unidad Central de Procesos o CPU es el cerebro principal del control, contiene el algoritmo de control explicado en la sección 2 para regular y limitar la corriente de carga, captura la programación de carga realizada por el usuario y la respalda en memoria, utiliza una comunicación serial maestro esclavo con los dispositivos DRV_TECLA y CDA a través del BUS_CPU y con el dispositivo PROMEDIO del Módulo de conversión A/D a través del BUS_CAD. Trabaja en dos modos: el modo de programación y el modo de operación.

Modo programación

El CPU entra en este modo sólo cuando el sistema está paralizado y detecta código de programación. En este modo el CPU captura los datos enviados por el dispositivo DRV_TECLA para mostrarlos en la PANTALLA. Cuando se entra al modo de programación se proporciona al usuario un menú de cuatro opciones cada uno identificado con una tecla numérica que son:

1. **Rangos de operación** (tecla #1) con el que se programa el rango en que pueden estar la temperatura y los valores mínimos y máximos en que conmutará la corriente.
2. **Valores de Tiempos** (tecla #2) para programar el tiempo de carga y los amperios por hora.
3. **Valores críticos** (tecla #3) en el que se configuran los valores límites a los que no pueden llegar los parámetros de temperatura, voltaje, y tiempo de carga de carga.
4. **Valores de calibración** (tecla #4), aquí el operador proporciona al sistema los valores medidos manualmente de corriente, temperatura y voltaje para calibrar las mediciones hechas por el equipo utilizando la expresión 3.4.

Al escoger una opción del menú los valores actuales de los parámetros en dicha opción son mostrados en la PANTALLA permitiendo modificarlos rotativamente. Cada vez que se detecta el código de aceptar nuevo valor (ACEPTAR) se graba la información programada en su respectiva dirección de memoria y se procede a la modificación del siguiente parámetro. Se sale de la opción escogida al detectar de nuevo el código de programación, con lo cual se puede escoger otra opción del menú. Una vez programado los valores deseados para la carga, se

puede presionar la tecla INICIO/PARAR para reiniciar el cargado con los nuevos valores.

Modo operación

En este modo el CPU está constantemente capturando del Módulo de Conversión A/D los valores digitales de los parámetros de carga (corriente, temperatura y voltaje) a través del bus serial BUS_CAD, controla que estos estén dentro del rango de operación programados y que no sobrepasen sus valores críticos. A través del convertidor digital analógico CDA envía el valor de referencia para la corriente I_{ref} , según los valores medidos, como el control explicado en la Sección 2 de este capítulo.

En el momento en que se alcance el tiempo programado o los amperios/hora acumulados durante la operación sean igual a su valor programado, ha terminado la formación de la batería, entonces el CPU muestra un mensaje de fin de carga en la PANTALLA y queda en espera de una nueva programación de carga o un reinicio del cargado con los valores de operación actuales.

3.3.2.MÓDULO DE REGULACIÓN DE CORRIENTE

Este módulo⁵ se encarga de controlar la corriente directamente, con el objetivo de tener una respuesta de control más rápida. Recibe del Módulo Principal el valor de referencia I_{ref} y del Módulo de Fuerza obtiene el valor de la corriente de carga, su objetivo es acercar el valor medido al valor de referencia recibido, variando el ángulo de disparo en los tiristores del Módulo de Fuerza. Su funcionamiento puede ser independiente del sistema porque sólo necesita una referencia del valor de corriente deseado que se lo puede ajustar externamente. Se encuentra formado por el Generador del Disparo, y el Generador de Pulsos, además de una etapa de acoplamiento de señales enviadas al Módulo Principal para evitar interferencias externas.

3.3.2.1.Generador del disparo

El Generador del Disparo proporciona el ángulo de desfase para las señales de disparo a través de una fuente de corriente controlada por un circuito de control PI (proporcional, integral), que es el que trata que la

⁵ El diagrama de bloques del Módulo de Regulación de corriente en la Figura 5.3

diferencia entre el valor de corriente medido del Módulo de Fuerza con el valor deseado I_{ref} del Módulo Principal sea mínima. Según la diferencia entre dichos valores este circuito proporciona un nivel de voltaje al Controlador del ángulo de disparo (fuente de corriente) para regular la corriente de carga de un capacitor, el cual se carga hasta alcanzar un voltaje de umbral calibrado (Ref_ANGULO); el tiempo en que demora el capacitor en alcanzar este nivel es el desfase para producir el disparo.

Como la carga del capacitor es lineal con respecto a una corriente constante $V_c = (I_c/C) t$, el ángulo de desfase dependerá de cuanta corriente de carga I_c circule por el capacitor para alcanzar el voltaje de umbral Ref_ANGULO , ver Figura 3.6.

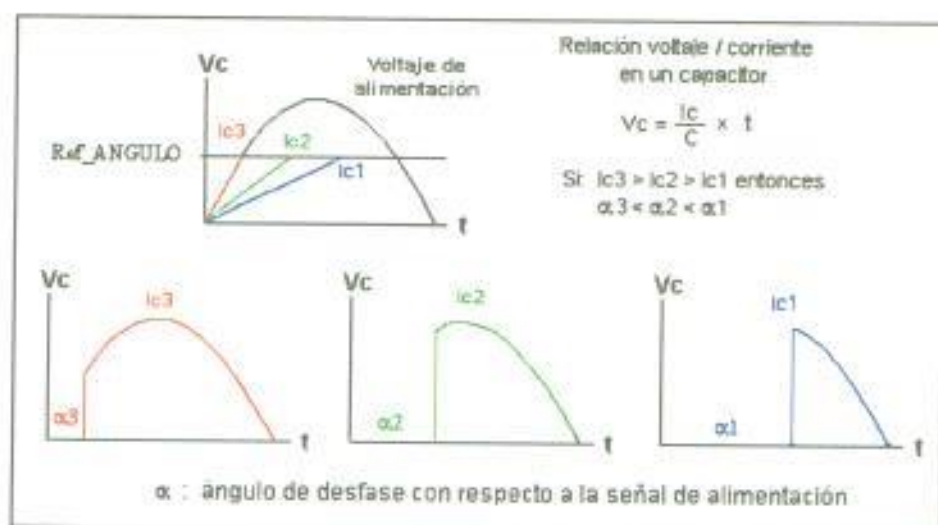


Figura 3.6: Energía de carga según el ángulo de disparo

En la Figura 3.6 se demuestra que a mayor corriente (I_{c3}) en el capacitor tenemos un ángulo de desfase menor (α_3), debido a que alcanza más rápidamente el nivel Ref_ANGULO , esto representa una mayor energía de carga para la batería que con I_{c2} ó I_{c3} . Se puede notar también que un aumento en el voltaje de alimentación, con un determinado α , provocaría un aumento en la energía entregada a la batería, pero esto no sucede ya que el control PI regula la corriente de carga del capacitor para que este se cargue más lento y mantener el valor de consigna I_{ref} .

3.3.2.2. Generador de pulsos

El Generador de Pulsos contiene dos comparadores internos, uno para detectar la señal de disparo y otro que detecta el sincronismo para el disparo con la onda de alimentación del sistema. Produce los dos pulsos de disparo $DISP1$ y $DISP2$ para un control monofásico o tres pulsos $DISP1$, $DISP2$, y $DISP3$ en un control trifásico (para un futuro alcance).

La manera como se producen los pulsos se lo puede ver en la Figura 3.7. El voltaje del capacitor es comparado internamente con su voltaje umbral Ref_ANGULO , cuando se produce su igualdad el generador de pulsos descarga el capacitor, guarda el tiempo de desfase α y produce el

pulso DISP1 con duración de $(8.33 - \alpha)$ ms, en donde 8.33ms es el periodo de media onda de alimentación de 60Hz, luego cuenta el mismo tiempo de desfase α para producir el segundo pulso DISP2 con la misma duración. Sólo se necesitan dos disparos debido a que la onda de alimentación es monofásica.

Para que no exista desfase en los disparos con respecto a la señal de alimentación V_{in} tenemos que detectar el cruce por cero de esta onda, esto se lo logra sensando la señal de entrada (que en el Generador de pulsos es la entrada SINCRONISMO) y el valor Ref_SYNC cercano a cero. Al final de la Figura 3.7 vemos la señal resultante recortada en α ms y sincronizada con la señal V_{in} , el promedio de la onda resultante U_m es la energía que se entrega a la batería durante la carga.

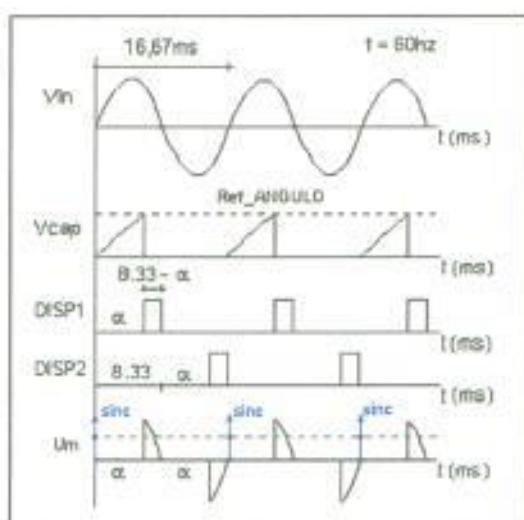


Figura 3.7: Pulsos de disparo con un ángulo de desfase α .

3.3.3.MÓDULO DE CONVERSIÓN A/D

Está compuesto por tres convertidores independiente analógico/digital⁶ de 12 bits de resolución y comunicación serial. Cada uno contiene un transductor a voltaje de la señal del parámetro medido, ver Figura 3.8, y obtienen la conversión a una referencia $V_{cc}=+5V$, en la salida del módulo se proporciona el valor promedio de la señal medida para tener mejor confianza de medición, y para la transmisión digital de la conversión al Módulo Principal se utiliza una etapa de acoplamiento para aislar estos dos módulos y evitar posibles perturbaciones por acoplamientos. Cuando el CPU desea los valores digitales de los parámetros activa la señal de selección de conversión CS del parámetro correspondiente y envía la señal de reloj para recibir el valor promedio de la medición de dicho parámetro.

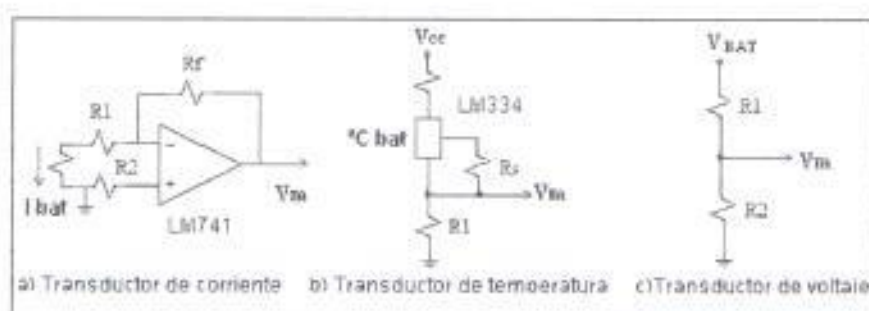


Figura 3.8: Transductores para las señales de carga del sistema

⁶ El diagrama de bloques del Módulo de Conversión A/D se lo puede ver en la Figura 5.4

3.3.4.MÓDULO DE FUERZA

El Módulo de Fuerza está formado por un *Convertidor alterna a continua* que proporciona la energía controlada por el Módulo de Regulación de Corriente a la batería, un *filtro* de alisamiento de señal compuesto por una inductancia, y un diodo de paso libre conectado en antiparalelo con la inductancia para proteger a los elementos del convertidor cuando conmutan a cero, debido a que el filtro de alisamiento descarga su energía almacenada. De este módulo se miden las señales de los parámetros de carga: corriente, temperatura y voltaje que son retroalimentados al sistema⁷.

3.4.COMUNICACIÓN SERIAL DE DATOS

La comunicación serial que se emplea para transmitir datos de un dispositivo a otro es de tipo serial asincrónico. Se la utiliza internamente en el Módulo Principal a través de BUS_CPU y para la transmisión del valor de la conversión A/D por medio de BUS_CAD, constan de tres hilos uno para datos SDA, otro para la señal de reloj SCL, y otro para producir

⁷ El diagrama de bloques del Módulo de Fuerza se lo puede ver en la Figura 5.5

interrupción en el dispositivo que se desea enviar el dato *INT*, todas permanecen normalmente en alta impedancia.

El formato de transmisión es de 12 bits anticipados con una señal de inicio START, no se necesita señal de parada ya que la transmisión termina al transmitirse los 12 bits. Es una comunicación maestro-esclavo, el dispositivo maestro es el que envía la señal de inicio y el reloj para transmitir los bits de dato, y el que envía la información coloca cada bit en la línea de datos en el flanco de bajada del reloj para que el receptor los capture en el flanco de subida del ciclo de reloj.

En la Figura 3.9 tenemos la comunicación de datos entre el controlador del teclado DRV_TECLA y el CPU que es el dispositivo maestro. Cuando el esclavo quiere enviar información coloca la línea de interrupción INT en bajo para que lo atienda el CPU, el mismo que cuando este listo para receptor, envía los pulsos de reloj, y después de capturar los 12 bits el CPU coloca la línea INT en bajo mientras está ocupado procesando la información. Este mismo esquema se sigue para comunicar el valor de la conversión digital de los parámetros de carga, en donde el dispositivo PROMEDIO en el Módulo de conversión A/D pasa a ser el esclavo y el CPU sigue siendo el maestro.

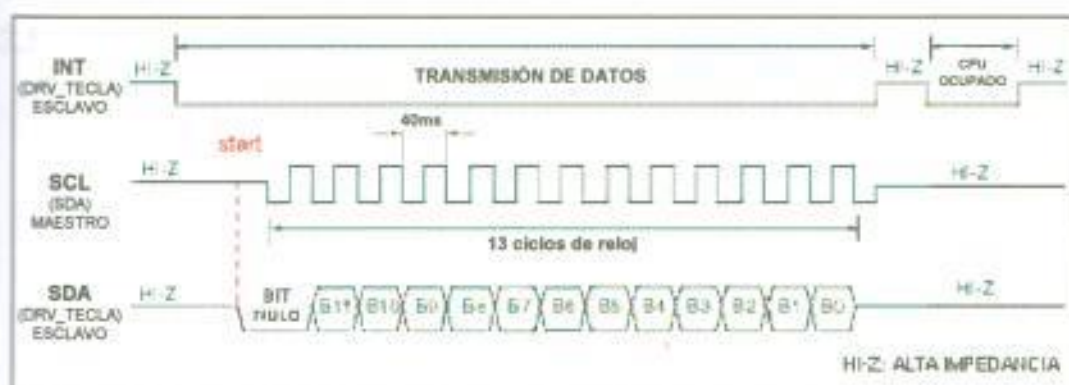


Figura 3.9: Comunicación serial de datos entre DRV_TECLA y el CPU

En la Figura 3.10 en cambio tenemos la transmisión de datos entre el CPU y el convertidor D/A, así mismo para llamar la atención del convertidor D/A el CPU coloca la línea INT en bajo, esperando que este conteste (un pulso bajo en línea SDA) para enviar la señal de inicio y transmitir los 12 bits.

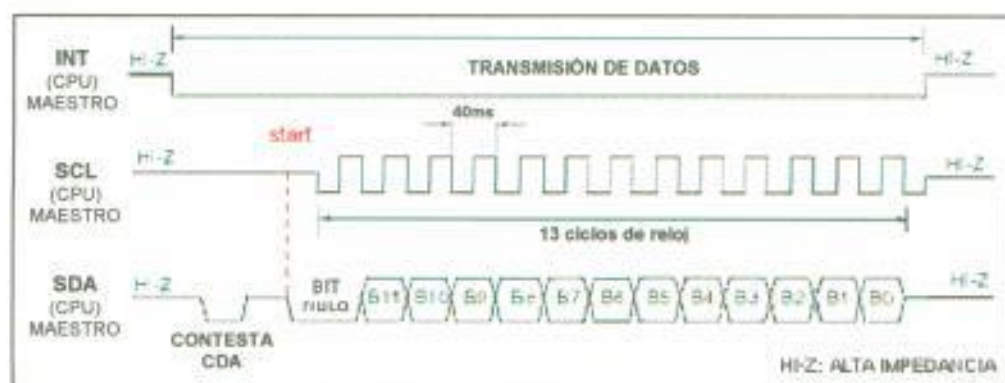


Figura 3.10: Comunicación serial de datos entre CPU y el CDA

3.5.RESUMEN

En este capítulo se explicó como el sistema controla el cargado de una batería utilizando la variación del ángulo de disparo de un convertidor de alterna a continua monofásico, también se especifican las partes que componen su estructura modular y como se encuentran relacionados entre sí para formar un modelo de regulación en cascada. Estas partes son:

- ✓ El *Módulo principal*, que es el centro de control.
- ✓ El *Módulo de Regulación de Corriente* que controla la corriente de carga para la batería.
- ✓ El *Módulo de conversión A/D* formado por tres convertidores A/D independientes con transmisión serial del dato convertido.
- ✓ El *Módulo de Fuerza* que entrega la energía controlada a la batería.

Para transmitir información de un dispositivo a otro en el sistema se utiliza una comunicación serial de datos explicada al final del capítulo.

CAPÍTULO 4

SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

Los dispositivos para la implementación del diseño del sistema se han seleccionado siguiendo los propósitos del proyecto descritos en el primer capítulo, así tenemos como tecnología programable un microcontrolador debido a que su relación costo / prestaciones mejora de forma imaginable con la de otros sistemas de control, pantalla de cristal líquido para visualización de información, memorias EEPROM y convertidores analógico a digital seriales. Todos los componentes a excepción de la pantalla de cristal líquido son de la Corporación Tecnológica Microchip, debido a que existen proveedores dentro del país y ofrece productos confiables a costos considerables en comparación con otros proveedores de circuitos electrónicos.

4.1.MICROCONTROLADORES PIC

Un microcontrolador es un circuito integrado que posee todas las características de un computador completo. Puede ser programado para que cumpla una tarea determinada. Pertenecen al grupo de tecnología programable que son utilizados en la automatización de sistemas.

Cuando se trata de dar una solución en un proceso de control cualquiera se trata de buscar dispositivos que resulten confiables y versátiles en su operación, que sea sencillo en su manejo, que resulte económico, compacto y que pueda interactuar con otros dispositivos sin dificultad. Los PLCs y los microprocesadores son comúnmente utilizados en estos casos pero presentan ciertos inconvenientes frente a los microcontroladores como:

- ✓ Si se compra un PLC con el software de control ya instalado, en el momento que este se avería, la producción se tiene que paralizar hasta que retorne reprogramado ó adquirir uno nuevo en caso de daño físico, lo que implica pérdida para la industria. Esto es debido a que los proveedores están fuera del país y no entregan el software de reinstalación ya que podría ser duplicado, además no se puede tener un PLC inoperable de repuesto debido a su costo.

- ✓ Cuando se trata de buscar una solución a un problema en un proceso automático, esta tiene que adaptarse a las características de los PLC o sistemas con microprocesador existentes, y muchas veces el proceso de producción de la industria tiene que modificarse en ciertos aspectos, esto hace que una reingeniería en la automatización resulte más caro.

- ✓ En ciertos casos utilizar un PLC o un microprocesador para sistemas de control pequeños resulta un desperdicio de la capacidad del dispositivo ya que no se llega a utilizar ni el 50%, lo que se refleja en una pérdida en su adquisición.

- ✓ Los tamaños y costos de los PLC ó microprocesadores resultan incómodos si se quiere emplearlos en equipos de venta masiva.

- ✓ Los microprocesadores necesitan elementos adicionales para poder funcionar como un generador de reloj externo, una memoria externa y una interface de entrada y salida de información para interactuar con el mundo exterior.

Estas desventajas son superadas por los microcontroladores cuyo principal éxito radica en que la relación costo – prestaciones mejora de forma imaginable la de otros sistemas de control.

Una ventaja sobre los microprocesadores es que posee memoria RAM interna, memoria ROM para programa, temporizadores, puertos independientes y comunicación serial de datos.

Existen en el mercado algunas casas fabricantes de microcontroladores como INTEL, MOTOROLA, NATIONAL SEMICONDUCTORS, ATMEL, HITACHI, TEXAS INSTRUMENTS, y MICROCHIP que posee distribuidores dentro del país para Latinoamérica, lo que es de gran ventaja para uno de los propósitos de nuestro proyecto, la de tener servicio de mantenimiento dentro del país. Otra de las ventajas de los dispositivos que ofrece Microchip Inc. es que son de alto rendimiento, confiables, con tecnología CMOS y de fácil manejo.

En nuestro diseño utilizaremos la familia de los microcontroladores Microchip PIC16X⁸ que tiene rasgos especiales para reducir

⁸ Información acerca de los microcontroladores PIC16X que son utilizados en el proyecto en el ANEXO A.

componentes externos; bajando así los costos, reforzando la fiabilidad del sistema y el consumo de energía puede ser disminuido.

Una variedad de opciones está disponible que dependiendo de la aplicación y requisitos de la producción, puede seleccionarse la más apropiada, así tenemos microcontroladores con convertidores analógico a digital, comparadores, PWM⁹, voltaje de referencia, memoria EEPROM, interface serial y paralela de comunicación, entre otras. Además existen integrados con diferentes número de puertos independientes y capacidad de memoria de programa.

Según el propósito que se requiera tenemos los tipos PROM de un sólo grabado utilizados en el producto final, los tipos rescribibles EPROM y EEPROM útiles en la etapa de experimentación: En aplicaciones remotas donde el código programado necesita ser puesto al día se utiliza los tipos EEPROM, aprovechando la facilidad de programación serial que brindan los PICs. Estos no necesitan un equipo especial y un computador para poder grabar el código del programa en su memoria como los PLC y los microprocesadores.

⁹ PWM (Pulse Width Modulation): Modulación por Ancho de Pulso

4.1.1. Características de los Microcontroladores PIC

El alto desempeño de los PICs puede ser atribuido a las siguientes características:

- I. Comenzando, los PICs utilizan una **Arquitectura Harvard** (Figura 4.1.b), en la cual el programa y los datos se encuentran en memorias separadas y son accedidos por buses independientes [5]. Esto mejora el ancho de banda de la arquitectura tradicional de Von Neumann (Figura 4.1.a), donde el programa y datos eran accedidos de la misma memoria. Separar el programa y la memoria de datos da la ventaja adicional de tener 8 bits en la palabra de datos y 14 bits para la palabra de control.

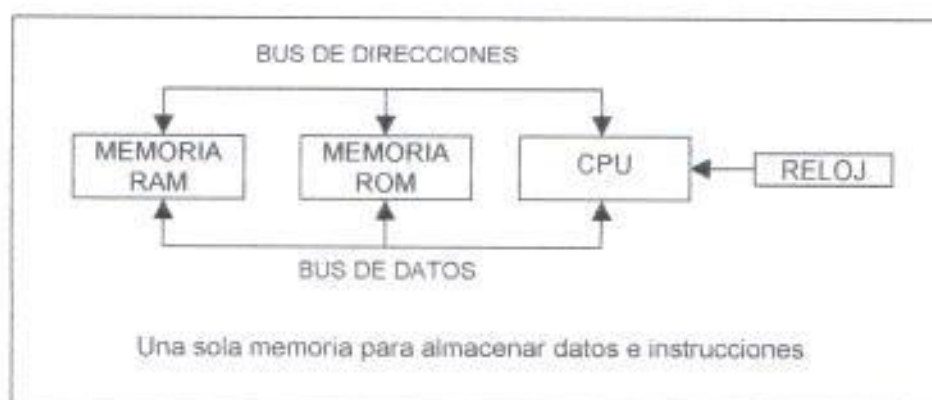


Figura 4.1.a: Arquitectura de Von Neumann

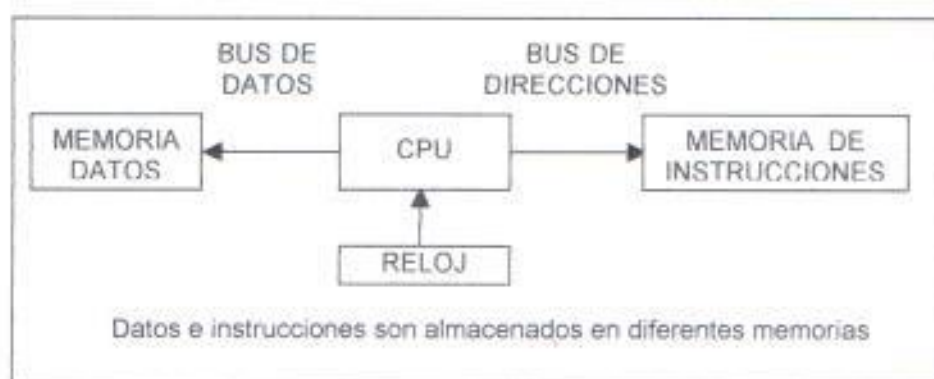


Figura 4.1.b: Arquitectura Harvard

II. **Procesador tipo RISC** (*Reduced Instruction Set Computer*)

Computadores de un grupo reducido de instrucciones (treinta y cinco instrucciones en los PIC16X), las cuales se ejecutan en un solo ciclo de máquina y a la misma velocidad gracias a su segmentación PIPE-LINE

- III. **Segmentación "PIPE-LINE"**, quiere decir que permite al procesador realizar simultáneamente la ejecución de una instrucción y la búsqueda de código de la siguiente [5]. De esta manera, se puede ejecutar una instrucción en un ciclo a excepción de los saltos de programa que duran dos ciclos. (Figura 4.2)

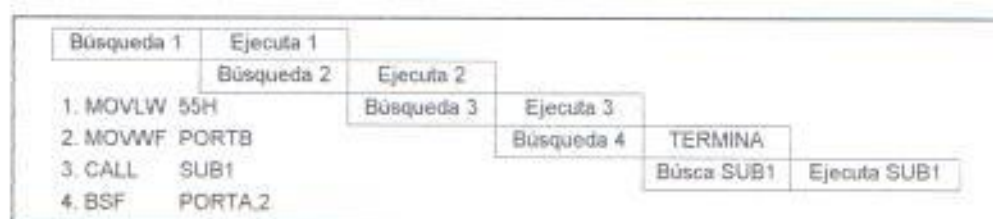


Figura 4.2: Flujo de una segmentación PIPE-LINE: Toda instrucción es de un ciclo de reloj pero la instrucción CALL toma dos ciclos que comienza cuando esta instrucción sale del PIPELINE, al mismo tiempo se procede con la búsqueda de la instrucción 4.

- IV. La arquitectura Harvard se basa en *banco de registros*, es decir que todos los elementos del sistema, como: temporizadores, puertos de entrada/salida, posiciones de memoria, etc., están implementados físicamente como registros [5]. Esto hace que en los PICs cualquier instrucción ó elemento pueda ser tratado como fuente ó destino, esto se conoce como *registros ortogonales*. (Figura 4.3)

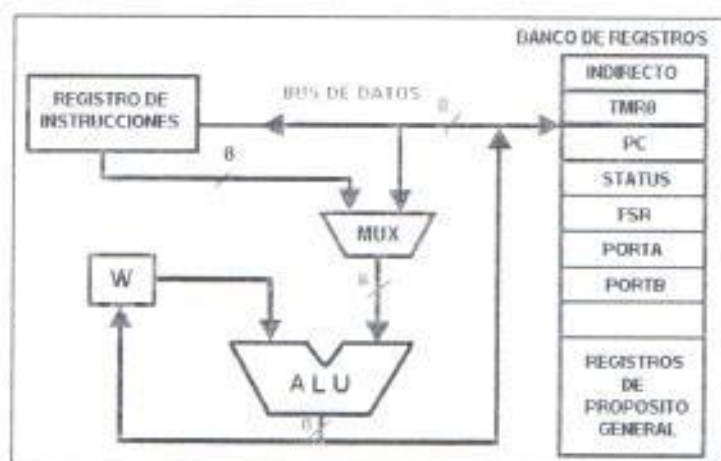


Figura 4.3: Diagrama de bloques simplificado de la arquitectura de los PICs.

4.1.2.Comparación del microcontrolador PIC con otros

Para mostrar las ventajas que poseen de los microcontroladores PIC se lo ha comparado frente a otros cinco microcontroladores diferentes en dos puntos clave que sirven para este propósito que son la eficiencia en código y la velocidad de ejecución.

La tabla 4.1 y tabla 4.2¹⁰ resumen la comparación realizada entre el microcontrolador PIC16C5X a 20MHz (el cual pertenece al grupo de microcontroladores PIC16X que son los que se utilizan en el diseño del proyecto) con:

- ✓ SGS – Thomson ST62 a 8 MHz.
- ✓ Motorola MC68HC05 a 4.2 MHz.
- ✓ Intel 8048/8049 a 11 MHz.
- ✓ Zilog Z86CXX a 12 MHz.
- ✓ National COP800 a 20 MHz.

En la tabla 4.1 tenemos la comparación de la eficiencia en código de los microcontroladores, en donde se ha escogido rutinas de control que son

¹⁰ Los datos de la Tabla 4.1 y Tabla 4.2 han sido tomados de la bibliografía 6

usadas frecuentemente en aplicaciones con microcontroladores. Como son: empaquetamiento en BCD, lazos de control, salto condicional a un bit de un registro, transmisión serial sincrónica de 8 bits, y temporizar por software 10 ms de tiempo.

Tabla 4.1: Comparación de la eficiencia en código de los microcontroladores

Dispositivo	Empaquet BCD	Lazo de Control	Salto condicional	TX sinc 8 bits	Temporiz 10ms	Promedio
COP800	4 2.00	2 1.00	2 1.00	16 1.46	8 1.00	1.29
ST62	10 5.00	2 1.00	3 1.50	19 1.73	10 1.25	2.10
MC68HC05	10 5.00	3 1.50	3 1.50	20 1.82	11 1.38	2.24
Z86CXX	4 2.00	2 1.00	3 1.50	21 1.91	9 1.125	1.51
8048/8049	4 2.00	2 1.00	5 2.51	14 1.28	9 1.13	1.58
PIC16C5X	2	2	2	11	8	1.00

Nota: En cada cuadro el número superior es el número de localidades en la memoria de programas requeridos para el código de la aplicación. El número inferior es el tamaño de código relativo al PIC16C5X.

$$\frac{\# \text{ localidades en la memoria de programa para otro microcontrolador}}{\# \text{ localidades en la memoria de programa para PIC16C5X}}$$

De la tabla 4.1 se puede ver que el número de localidades en memoria de programa que emplean los otros microcontroladores para codificar la aplicación de cada columna no es menor a la empleada por el PIC16C5X, por ejemplo para la transmisión sincrónica de 8 bits el microcontrolador de National COP800 ocupa 16 localidades de memoria

de programa para realizar la aplicación mientras que el PIC16C5X emplea sólo 11, es decir 1.46 veces menor. En promedio (última columna) el PIC16C5X tiene más compactación en código y el Motorola MC68HC05 es el que menos compacta el código de los demás microcontroladores, ver Figura 4.4.

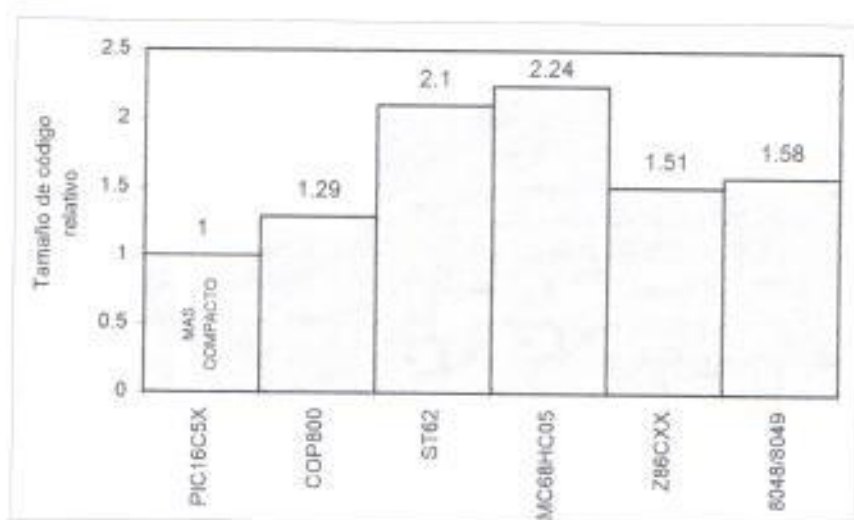


Figura 4.4: Comparación en tamaño de código de los microcontroladores

En la siguiente Tabla 4.2 se compara en cambio la velocidad de ejecución, en otras palabras el tiempo que requiere cada microcontroladores para ejecutar las mismas aplicaciones de la tabla anterior, en todas las casillas el valor está dado en microsegundos, la columna de la aplicación de temporizar 10ms no tiene valores ya que es una rutina de tiempo y todos demoran 10 ms en ejecutarla.

Tabla 4.2: Comparación de la velocidad de ejecución de los microcontroladores

Dispositivo	Empaquet BCD	Lazo de Control	Salto con Dicional	TX sinc 8 bits	Temporiz 10ms	Promedio
COP800 20MHz	5 0.08	6 0.0832	4 0.1252	105 0.1408	-	0.108
ST62 8MHz	45.5 0.0088	9.75 0.0615	8.125 0.0738	390 0.0329	-	0.0455
MC68HC05 4.2MHz	10.05 0.038	2.86 0.1748	2.38 0.21	126.7 0.1168	-	0.136
Z86CXX 12MHz	2.33 0.172	1.835 0.272	2.835 0.176	68.67 0.224	-	0.212
8048/8049 11MHz	5.45 0.0732	2.73 0.1824	6.82 0.0732	124.1 0.1196	-	0.112
PIC16C5X 20MHz	0.4	0.6/0.4	0.6/0.4	14.8	-	1.00

Nota: En cada cuadro el número superior es el tiempo requerido para ejecutar la aplicación, mientras que el número inferior es una medida relativa con el tiempo de ejecución que requiere el PIC16C5X.

$$\frac{\text{Tiempo requerido de ejecución del PIC16C5X}}{\text{Tiempo requerido de ejecución de otro microcontrolador}}$$

En todas las aplicaciones de la Tabla 4.2 se comprueba como el PIC16C5X requiere menos tiempo de ejecución que los otros microcontroladores, en promedio (última columna) el PIC16C5X es más rápido que los demás, continuando en su posición el microcontrolador Zilog Z86CXX a 12 MHz, y el más lento en tiempo de ejecución es SGS Thomson ST62 a 8MHz, ver Figura 4.5.

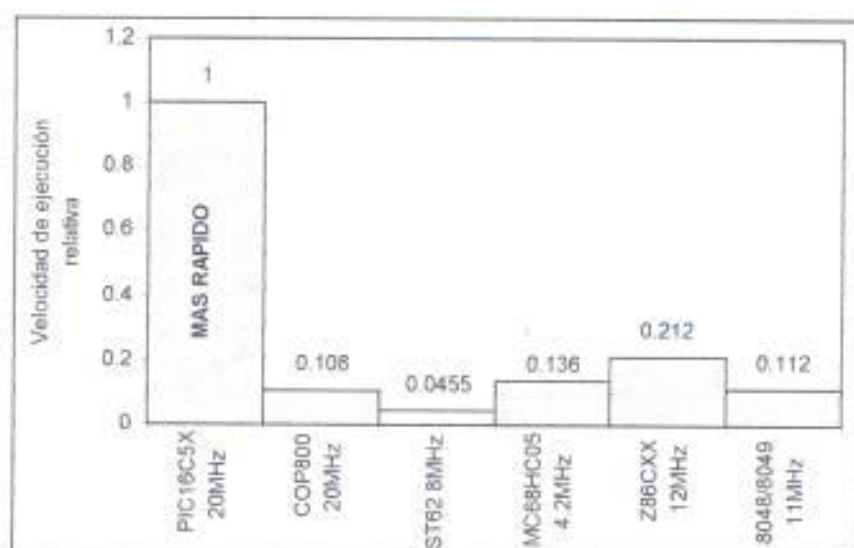


Figura 4.5: Comparación del tiempo de ejecución de los microcontroladores

Por estas razones los microcontroladores PIC16X son muy útiles para el diseño del cargador de baterías, debido a que es un sistema extenso el que se va a implementar y se requiere velocidad en la actualización de los datos de los parámetros medidos en la PANTALLA de visualización.

Pero existen ciertas desventajas de los microcontroladores PIC16X que se presentan al rato de implementar una aplicación como:

- ✓ Sus registros son de 8 bits, y en aplicaciones donde se necesita operar con 12 ó 16 bits hay que utilizar dos registros y las operaciones aritméticas y lógicas que operan sobre estos hay que

rediseñarlas, empleando mayor tiempo y agotando más rápido el recurso de memoria de datos.

- ✓ No se puede manejar cadenas de caracteres.
- ✓ No se puede operar sobre la pila.
- ✓ No existen operaciones de multiplicación y división, estas debe hacérselas mediante sumas y restas sucesivas lo que implica tiempo en cálculo, que en aplicaciones donde el tiempo es dispensable es un inconveniente.

4.2. OTROS COMPONENTES

Debido a que en el cargador de baterías se programan los parámetros de carga digitalmente se necesita a más del microcontrolador otros dispositivos adicionales que ayuden a cumplir con el propósito del diseño, como son: las memorias para respaldar la información de carga programada por el usuario, una pantalla para visualizar los datos tanto de programación como de control, además como se está controlando señales analógicas externas con un equipo digital necesitamos de un elemento que permita la conversión de estas señales analógicas a datos digitales que se puedan manipular dentro del sistema como son los

convertidores analógicos a digital y los convertidores de digital a analógico para su función inversa.

Para seleccionar estos componentes se ha preferido que posean una interface serial de comunicación ya que ofrece ciertas ventajas con respecto a dispositivos con interface paralela de comunicación como [6]:

- ✓ *Requiere pocos puertos de entrada/salida*, para interactuar con ellos, porque sólo se necesitan de dos a cuatro líneas dependiendo del tipo del dispositivo, mientras que la mayoría de los dispositivos paralelos requieren al menos 22 líneas para operarlos.
- ✓ *Espacio físico mínimo*, en el diseño implementado.
- ✓ *Poco consumo de corriente*, siendo la máxima corriente de operación a 5V de menos de 3mA, que en un dispositivo paralelo equivalente es de 30mA o más.
- ✓ *Bajo voltaje de operación*, lo que reduce el consumo de energía del dispositivo. Los dispositivos seriales de Microchip pueden trabajar con un voltaje de operación menor a 3V.
- ✓ *Bajo costo del dispositivo*, lo que reduce el costo total del sistema ha diseñarse.

4.2.1. Memorias

Cuando se maneja información en un sistema, la cual se necesita que no se pierda como: valores de los parámetros actuales, valores a los que se quiere que llegue el sistema, datos de control, ó datos que son recibidos desde dispositivos externos, es necesario utilizar una memoria que no sea volátil para poder respaldarlos y poder recuperarlos cuando se los requiera.

Existen dos grupos básicos de memorias que son:

- ✓ Memorias RAM (Random Access Memory) que son de acceso aleatorio o de acceso directo, este tipo de memoria es volátil.
- ✓ Memorias ROM (Read Only Memory) que son de sólo lectura, de las cuales tenemos 3 tipos diferentes:
 - PROM (Programmable ROM) que son memorias ROM que se las puede programar una sola vez.
 - EPROM (Erasable PROM), memorias ROM programables y borrables mediante luz ultravioleta.
 - EEPROM (Electrically EPROM) que son memorias que se las puede borrar y programar eléctricamente.

En vista de que el proyecto consiste en el diseño de un equipo programable se tiene que leer y modificar constantemente datos en la memoria por lo que es necesario utilizar memorias del tipo EEPROM por su fácil borrado y programación eléctrica.

Características de las memorias empleadas

Las memorias que se escogieron para guardar la información de carga y de programación son las Microchip 93LC46A¹¹ debido a que presenta características que necesitamos en el diseño como:

- ✓ Capacidad de 128x8 bits, 1K de memoria, suficiente para almacenar la información del sistema, ver Tabla 3.1.
- ✓ Interface serial estándar de comunicación de datos.
- ✓ Seguridad de protección de datos, que garantiza la fiabilidad de la información respaldada.
- ✓ Función de lectura secuencial, lo que reduce el tiempo de extracción de datos.
- ✓ Señales de estado durante la escritura y borrado de datos.
- ✓ Garantizados 1000000 ciclos de borrado/escritura.

¹¹ Las memorias EEPROM 93LC46A que son empleadas en el proyecto son descritas en el anexo A.2

- ✓ Retención de datos mayor a 200 años.
- ✓ Autociclos para borrado y escritura.
- ✓ Frecuencia máxima de oscilación de 2MHz.
- ✓ Voltaje de operación bajo los 2.5V.
- ✓ Tecnología CMOS de bajo consumo:
 - 1mA corriente bajo operación (típico).
 - 1 μ A corriente en no-operación (máxima).
- ✓ Rangos de temperatura: Comercial (C) de 0°C a +70° C e Industrial (I) de -40°C a +85°C.

4.2.2.Pantalla de cristal líquido

En este proyecto se requiere mostrar información al operador del sistema como mediciones de parámetros durante el control, tiempos de operación, y además una interfaz con el usuario en el momento de programar el cargado de la batería, de tal manera que permitan la retroalimentación del mismo.

Los displays de siete segmentos y los arreglos de leds son muy utilizados para mostrar información al usuario, pero estos presentan ciertas desventajas como:

- ✓ Requieren de un dispositivo adicional para regular su corriente consumida y los datos que se visualizan.
- ✓ Entre más displays se utilizan, la corriente consumida es mayor.
- ✓ Hay que estar constantemente refrescando el dato mostrado en los displays.
- ✓ Al incrementarse el número de displays empleados el tiempo de conmutación entre displays debe ser más rápido para que no se produzca intermitencia en la visualización. Por esta razón no se pueden emplear muchos displays ya que el tiempo de conmutación tiende a ser muy pequeño que hace que los valores de los displays que se conmutan se monten.
- ✓ Es complicado visualizar un menú de opciones para programar, como también mensajes de error.

Debido a las razones anteriores expuestas, no se podría utilizar un arreglo de displays de siete segmentos en nuestro diseño porque sería complicado mostrar mensajes que permitan interactuar con el usuario durante la programación y operación del equipo, por lo cual se empleará una pantalla de cristal líquido. Estas pantallas disponen de electrónica suficiente para hacer despliegues de datos de una manera muy eficiente y práctica, además de una memoria para mantener el último mensaje mostrado.

El módulo que nosotros utilizaremos es el Phillips LTN211¹² que nos brinda las siguientes características:

Características de la pantalla de cristal liquido empleado

- ✓ Dos líneas de 16 caracteres que pueden ser letras, números y símbolos especiales diseñados por el usuario.
- ✓ Los caracteres son matrices de 5x7 puntos.
- ✓ Generador de 160 caracteres basados en memoria ROM y ocho caracteres en RAM para ser diseñados por el usuario.
- ✓ Bus de datos de cuatro u ocho líneas, y tres señales para su control.
- ✓ Conjunto de instrucciones básicas para operar como: borrar pantalla, encendido y apagado de la pantalla, posicionar el cursor en un lugar del LCD, desplazar el mensaje hacia la derecha ó izquierda, desplazar el cursor hacia la derecha ó izquierda, etc.
- ✓ Consumo de energía promedio de 7.5mW con voltaje operación de 5V.

¹² En el ANEXO A.3 se describe el modo de operación del módulo de pantalla líquida LTN211.

4.2.3. Convertidor analógicos a digital

El cargador de baterías necesita medir los parámetros de corriente, voltaje y temperatura de la batería para poder controlar su carga, señales que son de tipo analógicas, razón por la que se requiere del uso de convertidores de este tipo.

La resolución juega un papel importante al seleccionar el convertidor, ya que si necesitamos tener una buena precisión en las mediciones se debe escoger aquel que ofrezca una mayor cantidad de bits por dato medido, tal que se acople a nuestro requerimiento. Así se seleccionó un convertidor analógico a digital de 12 bits de resolución ya que:

Los 12 bits nos dan un valor máximo de $2^{12} = 4096$, entonces para medir la corriente que es el parámetro de carga principal que se está regulando, cuyo alcance máximo es de 40A con una décima de precisión se tiene que cada unidad binaria representa 10mA ya que las 4096 unidades serían 40.96A, las centésimas es decir 0.06 son el grado de error.

Características del convertidor A/D empleado

Para nuestro propósito empleamos el convertidor A/D Microchip MCP3201¹³ con las siguientes características de operación:

- ✓ Resolución de 12 bits con ± 1 LSB máx DNL (Diferencial no linealizado).
- ✓ Obtención del valor digital por aproximaciones sucesivas.
- ✓ Muestreo y Sostenimiento del valor convertido en el integrado.
- ✓ Frecuencia de reloj máxima 1.6MHz.
- ✓ Tiempo de conversión de 12 ciclos de reloj.
- ✓ Tiempo de muestreo de 1.5 ciclos de reloj
- ✓ Interface serial de comunicación.
- ✓ Fuente de alimentación de 2.7V a 5.5V.
- ✓ Razón de muestreo de 100ksps a 5.5V y 50 kps a 2.7V.
- ✓ Tecnología CMOS:
 - Corriente en no-operación de 500nA típico y máxima de 2uA.
 - Corriente en operación de 400uA máxima.
- ✓ Rango de temperatura industrial: -40°C a+85°C.

¹³ El modo de operación del convertidor A/D MCP3201 se explica en el ANEXO A.4

4.2.4. Convertidor digital a analógico

El convertidor digital a analógico realiza la función inversa de los convertidores antes mencionados, se los utiliza cuando se quiere controlar una señal analógica mediante un control digital.

En el cargador de baterías lo utilizamos para manipular la referencia de regulación de corriente I_{ref} , está implementado a base de un microcontrolador, convierte un dato digital a analógico mediante la regulación por ancho de pulso ó también conocido como PWM, ver Figura 4.6. Su resolución tiene que ser la misma que el del convertidor analógico a digital, de 12 bits, para mantener la misma precisión en el control de los parámetros de carga, además contiene implementado una interface de comunicación serial para recibir el dato a convertir de 3 líneas que son reloj, dato y selección del dispositivo.

Si en la salida del convertidor digital a analógico se conecta un divisor de voltaje a la mitad de la alimentación del dispositivo (+5V), entonces el valor máximo del ancho de pulso que es 2^{12} representa un voltaje de 2.5V y el valor de corriente deseada (I_D) se lo puede calcular por simple regla de tres:

$$V(I_D) = (2.5 / 2^{12}) \times I_D \text{ voltios} \quad (4.1)$$

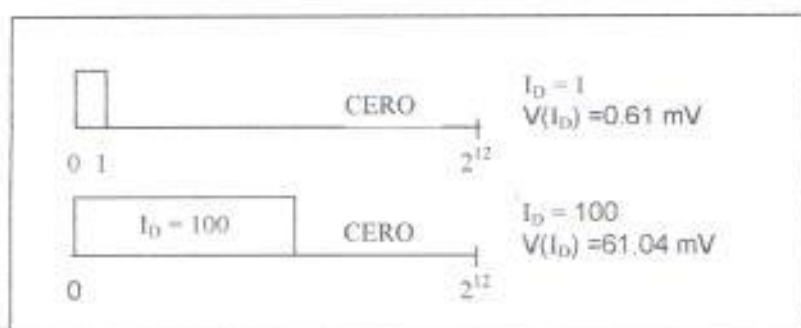


Figura 4.6: Conversión digital/analógica mediante PWM

La frecuencia del PWM es de 250KHz, es decir $4\mu\text{s}$ por pulso, que es suficiente para obtener una buena señal promedio en la salida del convertidor, colocando un filtro de alisamiento para tener una señal continua.

4.3.RESUMEN

Debido a las ventajas que presentan los microcontroladores frente a otros autómatas programables es se ha incrementado su utilización en los diseños de ingeniería rápidamente desde su aparición, y es por esta razón que las industrias fabricantes de microcontroladores diseñan constantemente nuevos tipos para que se puedan adaptar a nuestras necesidades.

Los dispositivos seriales por otra parte reducen costos de producción ya que al necesitar pocas líneas para su manejo, no se tienen que adquirir controladores de un mayor número de pines que resultan más costosos.

CAPÍTULO 5

DISEÑO DETALLADO DEL SISTEMA

Para explicar el diseño detallado de un sistema compuesto por un autómata programable y conocer su funcionamiento general es necesario utilizar tanto los diagramas de bloque para describir la interconexión del hardware como los diagramas de flujo para describir el diseño del firmware implementado en el autómata. En los diagramas de bloque podemos observar como se encuentra formado la parte física del sistema, conocer la relación que existe entre sus diferentes partes y su funcionalidad, así como también nos indica cual es el centro del control y sus periféricos. En cambio los diagramas de flujo sirven para saber la secuencia del control que realiza el programa implementado en el autómata, en nuestro caso el microcontrolador.

En este capítulo se presentarán tanto los diagramas de bloque del hardware de los cuatro módulos como los diagramas de flujo simplificados de los programas que residen en los microcontroladores. Sus respectivos diagramas esquemáticos junto con la lista de los elementos que se utilizan en cada uno de ellos se los puede observar en el ANEXO B.

5.1.INTERCONEXIÓN DEL HARDWARE

En esta sección mostraremos los diagramas de bloque que representan la interconexión que existe entre los elementos dentro de cada módulo y la relación que existe entre los cuatro módulos que componen al sistema.

El **Sistema Completo** consta de cuatro módulos que se encuentran conectados entre sí formando un sistema de regulación en cascada, que son: módulo principal, módulo de regulación de corriente, módulo de conversión A/D, y el módulo de fuerza (Figura 5.1).

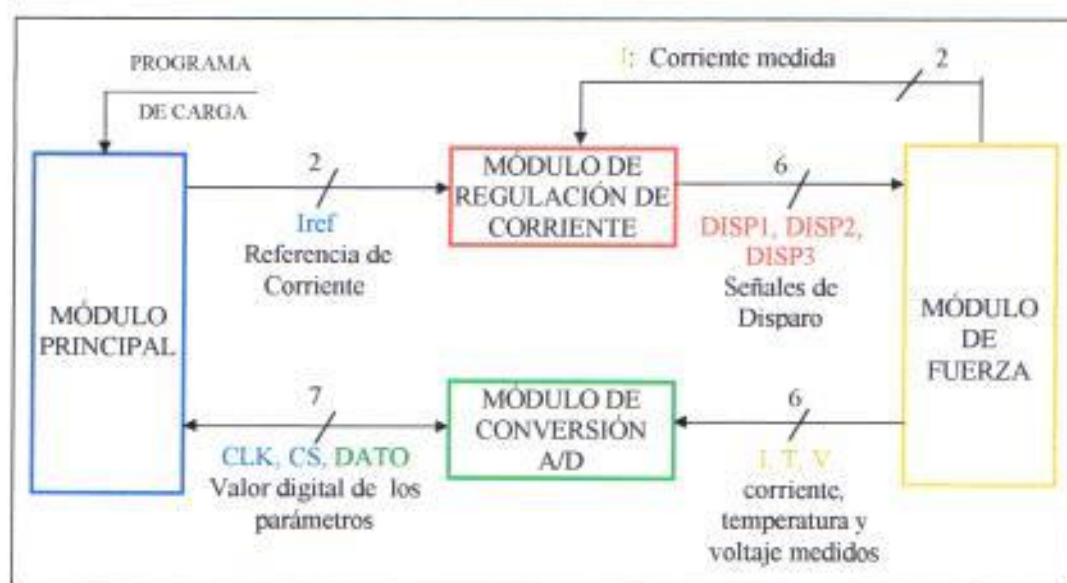


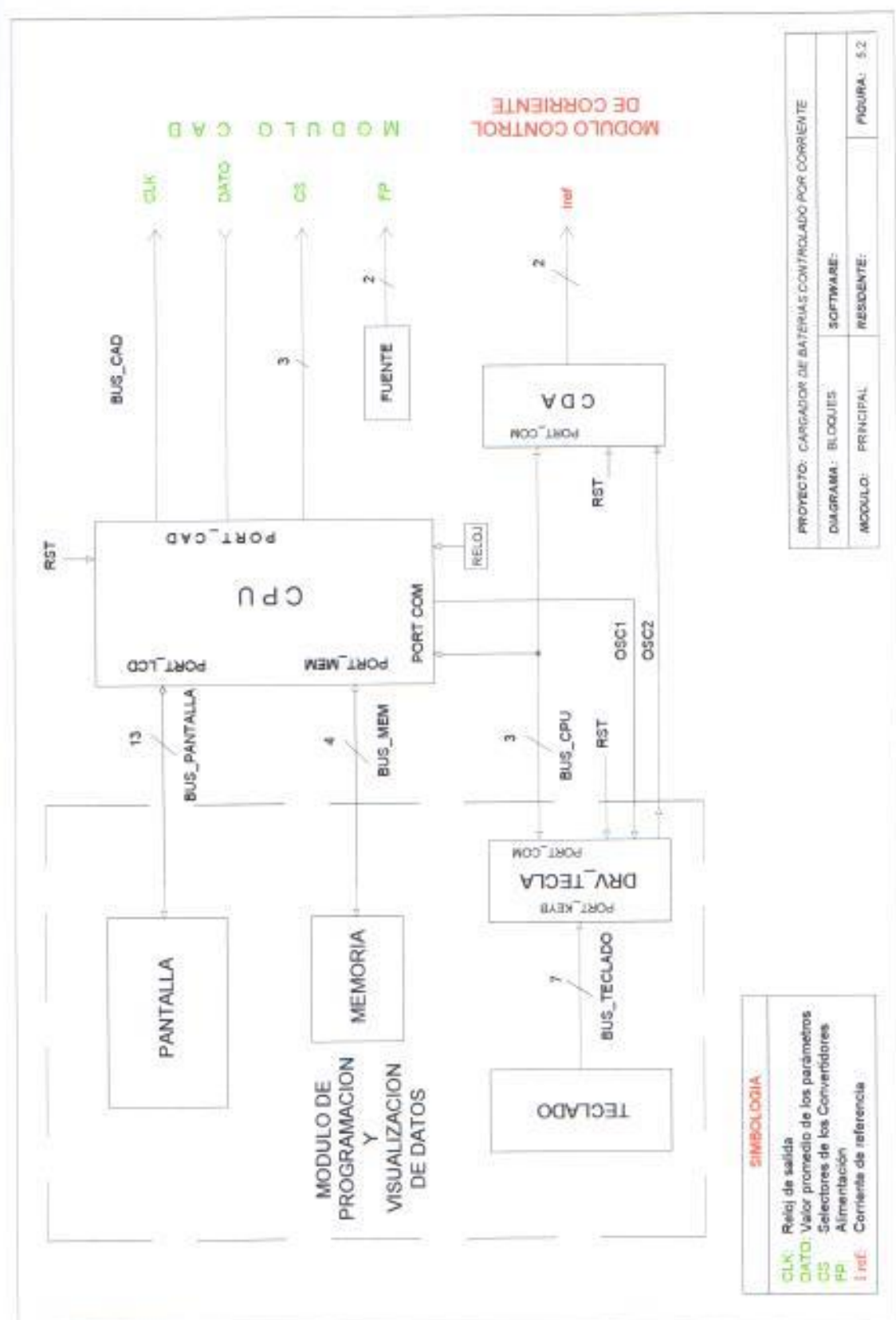
Figura 5.1: Diagrama de bloques del Sistema Completo

El **Módulo Principal** el cual recibe la programación para el cargado de la batería, es el centro de control, proporciona la referencia de corriente I_{ref} al Módulo de Regulación de Corriente según los datos recibidos del Convertidor A/D por el bus serial de datos *BUS_CAD*. La interconexión de sus componentes se lo muestra en la Figura 5.2 y su diagrama esquemático en el ANEXO B.1.

El **Módulo de Regulación de Corriente** regula directamente la corriente de carga para la batería, según el valor deseado I_{ref} . Su *generador de ángulo de disparo* varía el ángulo de desfase con respecto a la señal de entrada en que se deben producir los pulsos para los tiristores del Módulo de Fuerza (*DISP1*, *DISP2* y *DISP3*), el mismo que se lo calibra a través de la señal *Ref_ANGULO*. La señal *SINCRONISMO* es para que no exista un desfase entre los disparos y la señal de entrada, por lo que es preferible configurar su referencia *Ref_SYNC* cercana a cero. La manera en que el *Generador de pulsos* produce las señales de disparo se la puede configurar de cuatro maneras: por pulso positivo ó negativo, un pulso ó ráfaga de pulsos, por nivel de voltaje ó un pulso, de una onda monofásica ó trifásica. El diagrama que representa la interconexión de las partes de este Módulo se encuentra en la Figura 5.3 y su esquemático en el ANEXO B.2.

El **Módulo de Conversión A/D** cuya función es medir los parámetros de carga de la batería que son: (I) corriente, (T) temperatura y (V) voltaje, y entregar el dato digital al Módulo Principal a través del bus serial de datos *BUS_CAD*. Su diagrama de bloques se lo puede ver en la Figura 5.4 y su diagrama esquemático en el ANEXO B.3.

El **Módulo de Fuerza** es el que proporciona la energía controlada por el sistema a la batería, se encuentra formado por un puente rectificador controlado cuyos tiristores reciben las señales de disparo *DISP1*, *DISP2* y *DISP3* desde el Módulo de Regulación de Corriente, en su salida se encuentra un *FILTRO* de alisamiento para entregar una señal continua de carga y un bloque de *PROTECCIÓN* para proteger a los componentes del *PUENTE RECTIFICADOR* cuando se descarga el *FILTRO* en la parte negativa de la onda de alimentación. El diagrama que representa este módulo se lo muestra en la Figura 5.5 y su diagrama esquemático en el ANEXO B.4.

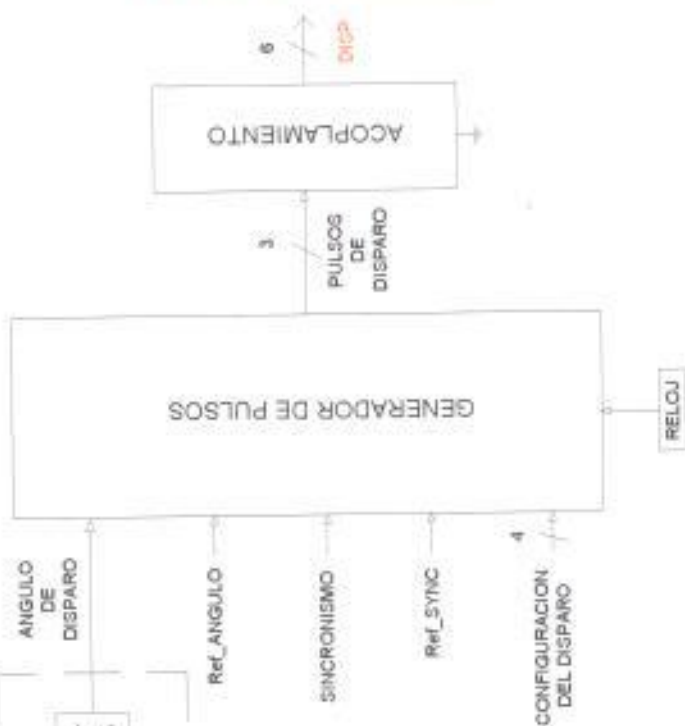


GENERADOR DEL ANGULO DE DISPARO



MODULO PRINCIPAL

GENERADOR DE PULSOS



MODULO DE FUERZA

SIMBOLOGIA

	Corriente medida
I_{ref}	Corriente de referencia
α_{DISP}	Señales de disparo
Ref_SYNC	Referencia del ángulo de disparo
Ref_ANGULO	Referencia del sincronismo

PROYECTO: CARGADOR DE BATERIAS CONTROLADO POR CORRIENTE

DIAGRAMA: BLOCOS

SOFTWARE:

MODULO: REGULACION DE CORRIENTE

RESIDENTE

FIGURA: 0.3

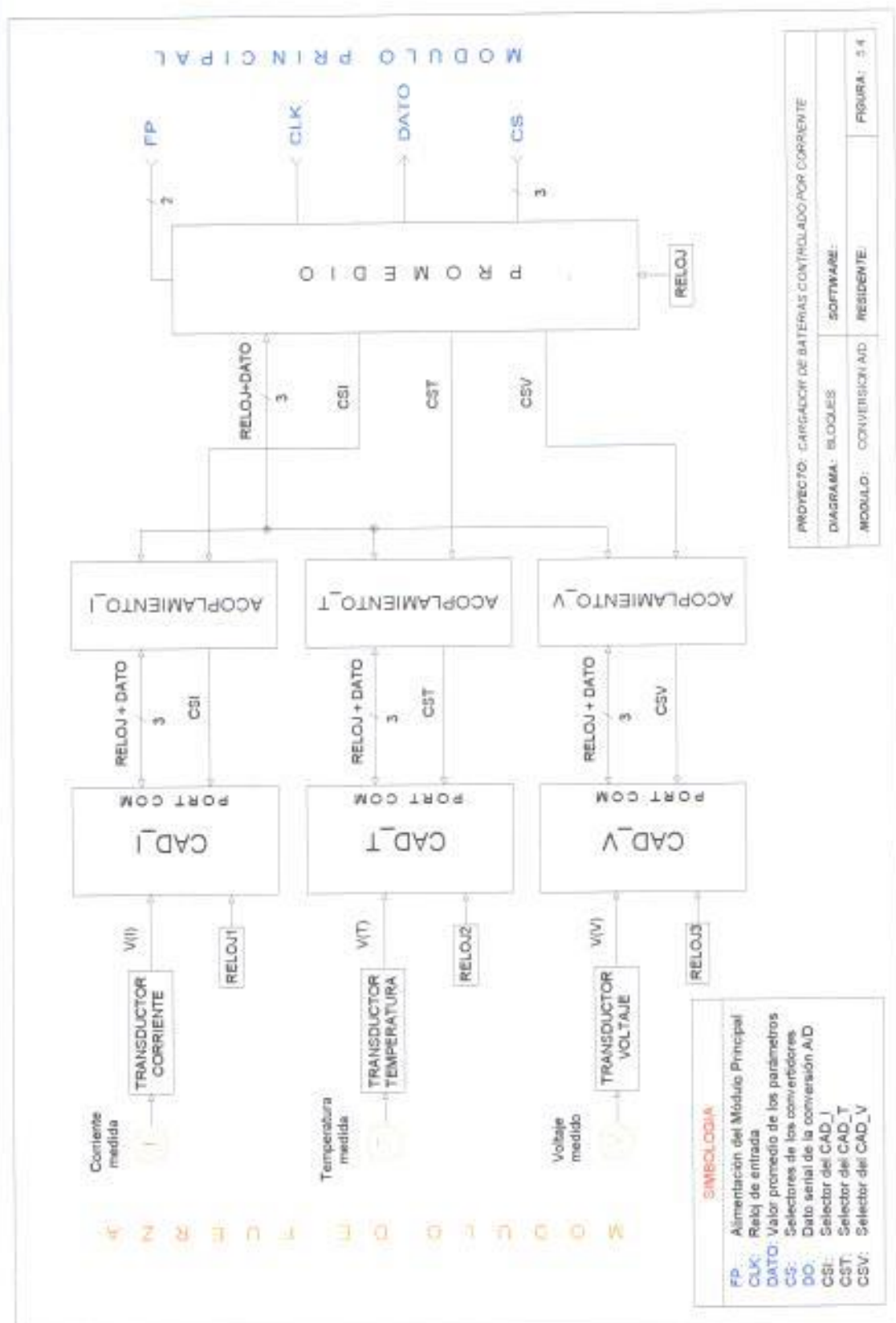




Figura 5.5: Diagrama de bloques del Módulo de Fuerza

5.2.DISEÑO DEL FIRMWARE

Los diagramas de flujo que representan el diseño del firmware residente en los microcontroladores no se los presenta detalladamente debido a que serían demasiado extensos, lo que se trata es de dar una idea general del control que realiza el programa que será implementado en el autómeta.

Con el fin de presentar pruebas del funcionamiento del diseño en la parte de regulación, que es el punto clave en el cargador, se implementó el algoritmo de Generación de pulsos de disparo (Figura 5.10), su código fuente se lo puede ver en el ANEXO D.

5.2.1. Modo de operación del CPU

En la Figura 5.6 consta el Modo de operación del CPU que es el control general del sistema el cual sigue el siguiente algoritmo:

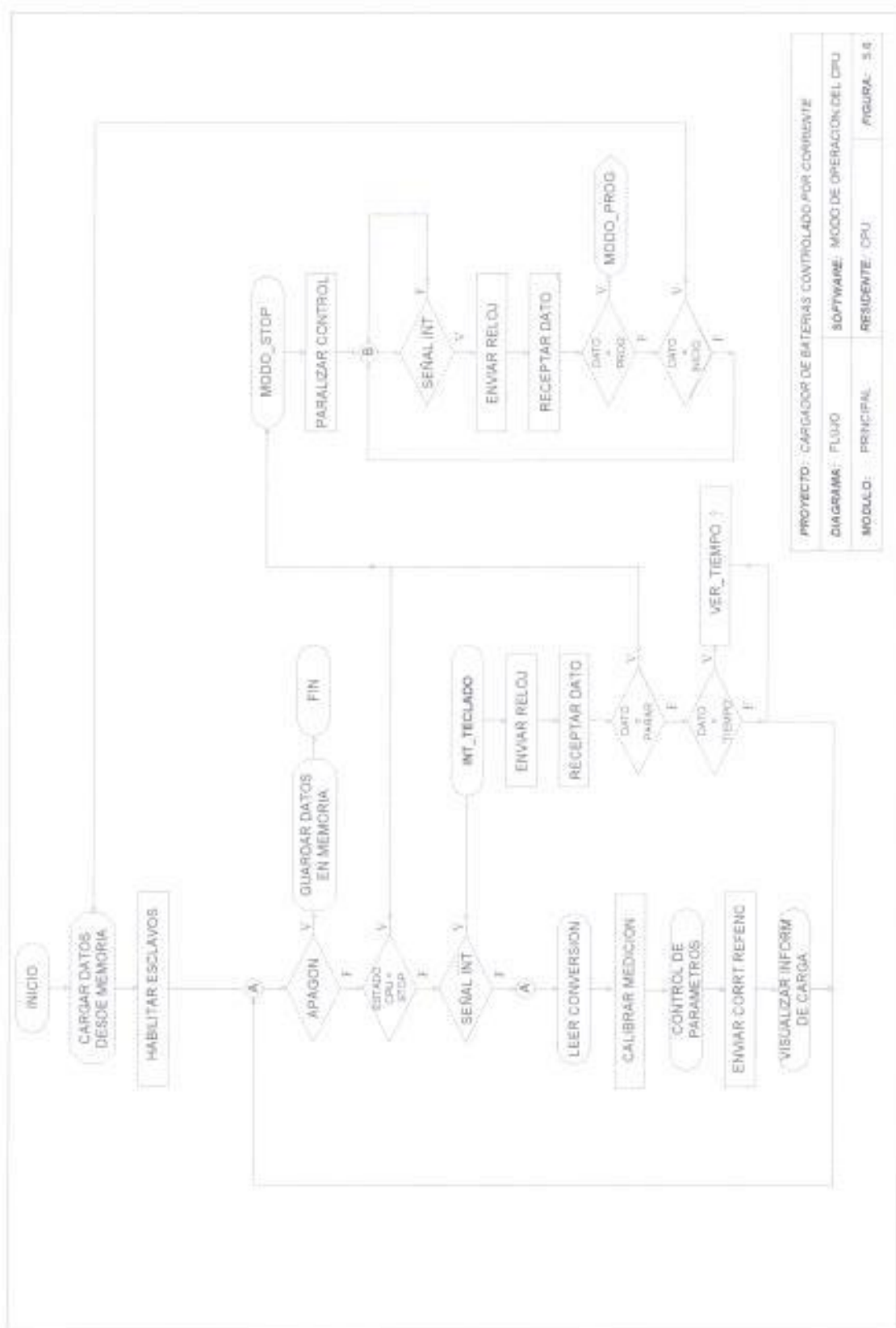
1. Cargar los valores programados de los parámetros de carga
2. Habilitar a los dispositivos esclavos: DRV_TECLA y CDA
3. Sensar señal de APAGON para ir a guardar información actual del sistema. Esta señal se produce por interrupción.
4. Si el estado del CPU estaba en sistema paralizado ir a *Modo STOP*.
5. Chequear si el controlador del teclado está llamando (línea INT en bajo), si es así ir a *Interrupción del teclado*.
6. Pedir los valores digitales de los parámetros al Módulo de Conversión A/D.
7. Calibrar los valores medidos según las constantes de calibración.
8. Realizar el control programado de los parámetros.
9. Enviar el valor de referencia para la corriente al Módulo de Regulación de Corriente.
10. Visualizar en la pantalla los valores medidos.
11. Continuar con el paso 3.

Interrupción del teclado (INT_TECLADO):

12. Enviar señal de reloj para que el DRV_TECLA envíe el dato.
13. Si el dato es el código de la tecla PARAR voy a *Modo STOP*.
14. Si el dato es el código de la tecla TIEMPO entonces activo la bandera VER_TIEMPO para que cuando se visualicen los datos se muestre el tiempo de carga.
15. Ir al paso 3.

Modo STOP

16. Paralizar el sistema y estar pendiente por nueva llamada del controlador del teclado DRV_TECLA.
17. Si existe llamada (INT en bajo) enviar reloj y receptor el dato.
18. Si el dato es el código de la tecla PROG voy al modo de programación, *modo PROG*.
19. Si el dato es el código de la tecla INICIO reactivo el control saltando al paso 1, para empezar la operación con los nuevos valores de carga.
20. Si no es ninguno de los dos casos continuo en modo STOP.



PROYECTO: CARGADOR DE BATERIAS CONTROLADO POR COMPUTRIZ

DIAGRAMA: FLUJO SOFTWARE: MODO DE OPERACION DEL CPU

MODULO: PRINCIPAL RESIDENTE: CPU FIGURA: 5.4

5.2.2. Modo de Programación del CPU

El Modo de Programación del CPU lo tenemos en la Figura 5.7 que sigue el siguiente algoritmo para la configuración de los valores de operación para los parámetros de carga:

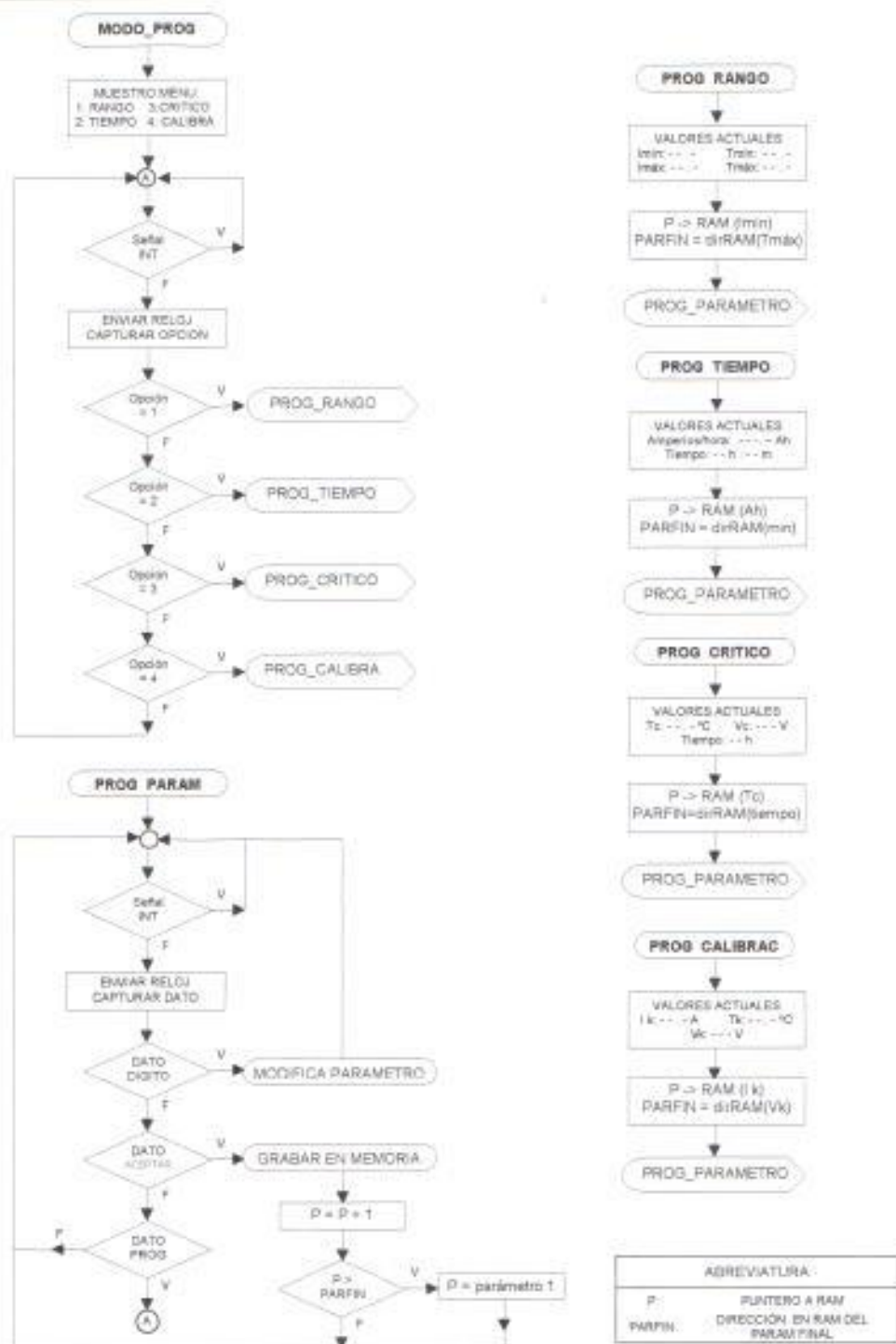
1. Muestro el menú de programación:
 - 1: Rangos de operación
 - 2: Tiempos de carga
 - 3: Valores críticos
 - 4: Calibración
2. Esperar por llamada del dispositivo DRV_TECLA (señal INT en bajo).
3. Si existe llamada enviar señal de reloj y capturar el dato, que es la opción escogida.
4. En cualquiera opción escogida se muestra los valores actuales de los parámetros para ser modificados, y según la opción el puntero de parámetro 'P' en memoria RAM del CPU apunta al primer parámetro y al indicador 'PARFIN' se le asigna la dirección en RAM del último parámetro a modificar. Luego ir a programación de parámetros PROG_PARAMETRO.

PROG_PARAMETRO

5. Esperar por llamada del controlador del teclado DRV_TECLA, línea INT en bajo.
6. Si está llamando envío señal de reloj y capturo el dato enviado.
7. Si el dato es un dígito modifico el parámetro P.
8. Si el dato es el código de la tecla ACEPTAR guardo la programación realizada en MEMORIA, apunto al siguiente parámetro a modificar $P = P + 1$ y voy al paso 5.
9. Si el dato es el código de la tecla PROG voy al paso 1
10. Continuar con el paso 4.

En el diagrama de flujo de la Figura 5.7 se abrevian los parámetros para mostrar sus valores actuales de la siguiente manera:

- ✓ $I_{m\acute{a}x}$, $I_{m\acute{i}n}$: Corriente máxima y mínima.
- ✓ $T_{m\acute{a}x}$, $T_{m\acute{i}n}$: Temperatura máxima y mínima.
- ✓ T_c , V_c : Tiempo y Voltaje crítico.
- ✓ I_k , T_k , V_k : Corriente, Temperatura y Voltaje durante la calibración.



PROYECTO CARGADOR DE BATERIAS CONTROLADO POR CORRIENTE

DIAGRAMA FLUJO **SOFTWARE** MODO DE PROGRAMACION DE L CPU

MODULO PRINCIPAL **RESIDENTE** CPU **FIGURA** 5.7

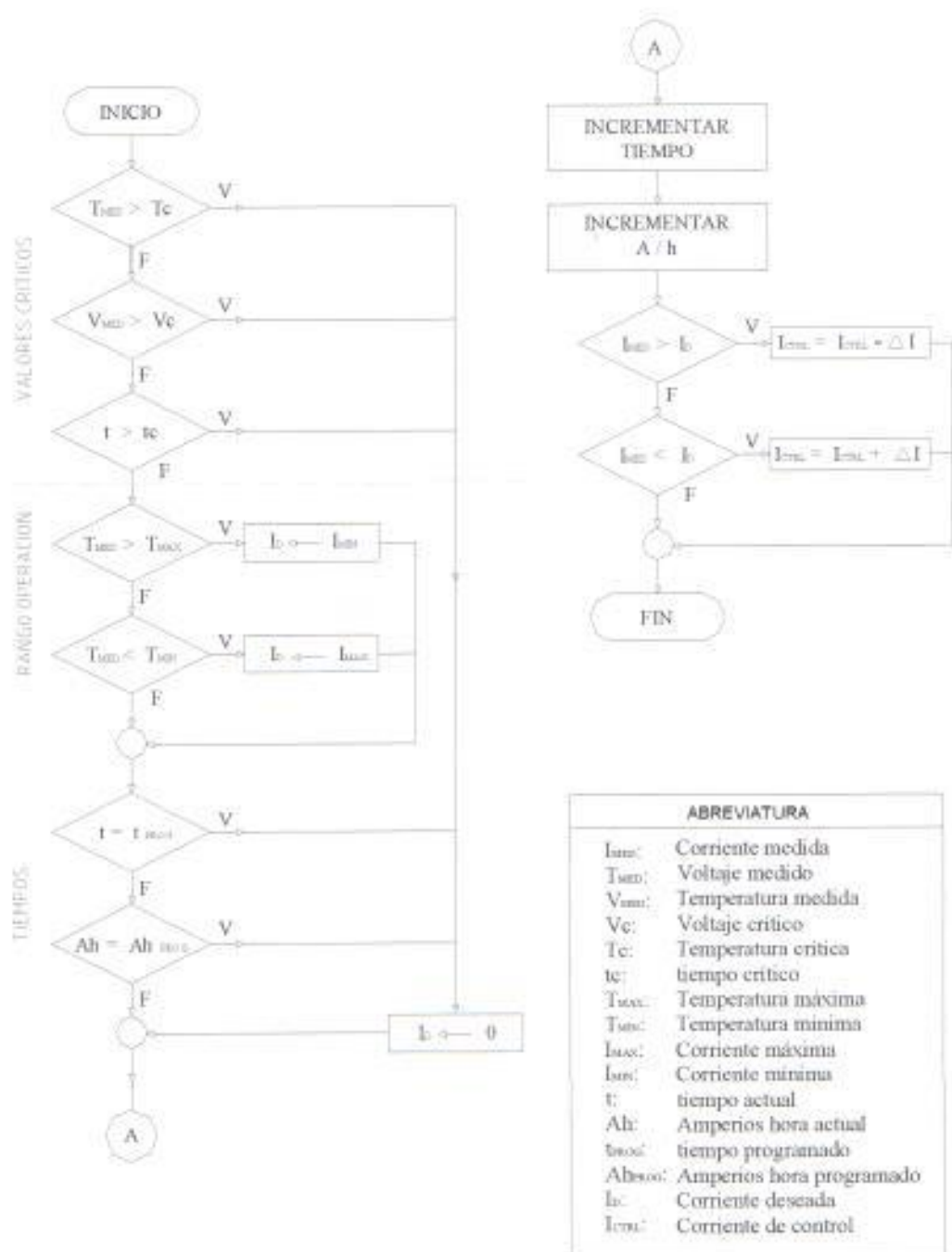
5.2.3. Control de los parámetros

Para el Control de los parámetros, en el CPU está implementado el algoritmo que indica como se regula la corriente según los valores programados para la formación de la batería. El diagrama de flujo representativo para este algoritmo está en la Figura 5.8.

1. Analizar primero los valores críticos: si la temperatura medida, el voltaje medido o el tiempo de carga es mayor a su valor crítico programado la corriente deseada I_D debe ser cero. Cuando se baja a cero la corriente, debe ser con un gradiente de tiempo de 10s para que los elementos de la parte de fuerza no sufran cambios bruscos de corriente.
2. Analizar el rango de operación de la temperatura: si la temperatura medida es mayor a su límite máximo $T_{\text{máx}}$, la corriente deseada debe ser la mínima ($I_D = I_{\text{mín}}$) y si en cambio su valor medido es menor a su límite inferior $T_{\text{mín}}$, la corriente deseada debe ser igual a su valor máximo programado ($I_D = I_{\text{máx}}$).
3. Chequear los tiempos de carga, como los amperios/hora y el tiempo de carga se decrementan desde su valor programado para ver los valores remanentes, lo que se pregunta es que si t_{PROG} ó

$A_{h_{PROG}}$ han llegado a cero, para finalizar el cargado de la batería, es decir la corriente deseada I_D debe ser cero.

4. Si los tiempos no han finalizado se incrementa tanto el tiempo como los amperios hora.
5. Se analiza la corriente medida I_{MED} : si es mayor a la corriente deseada entonces el valor de referencia que se enviará al convertidor D/A debe disminuirse ($I_{ref} = I_{ref} - \Delta I$) y si sucede lo contrario que la corriente medida es menor a su valor deseado se la debe incrementar ($I_{ref} = I_{ref} + \Delta I$).



PROYECTO: CARGADOR DE BATERIAS CONTROLADO POR CORRIENTE

DIAGRAMA: FLUJO

SOFTWARE: CONTROL DE LOS PARAMETROS

MODULO: PRN(PA)

RESIDENTE: (PL)

FIGURA: 5.8

5.2.4. Valor promedio de una señal

Para obtener el Valor promedio de una señal con resolución de 12 bits se sigue el método explicado en el capítulo 3, sección 2 representado en la Figura 5.9, en donde la variable que guarda el promedio PROM en el diagrama de flujo es de 12 bits y la variable SUMA de 24 bits debido a que se realizan 64 sumas con operandos de 12 bits (el valor máximo en cada muestreo es de 2^{12} que multiplicado por 64 nos da un valor de 24 bits). Reside en el dispositivo PROMEDIO del Módulo de Conversión A/D

1. Iniciar los registros de suma en cero, el contador de muestreos CNTMUEST en 64, y el temporizador TMR0 en 260us que es el tiempo de cada muestreo en los 16.67ms.
2. Capturar el valor de la conversión analógica/digital, registro CAD de 16 bits.
3. Sumar este valor al acumulado de los muestreos SUMA.
4. Esperar que el temporizador finalice su tiempo.
5. Decrementar el contador de muestreos CNTMUEST y saltar al paso 1 hasta que este sea cero.
6. Realizar la división para 64 (numero de muestreos) y guardar el valor en la variable PROM (12 bits).



ABREVIATURAS

SUMA:	Acumula el valor de los muestreos
PROM:	Resultado del promedio de la señal
CNTMUEST:	Contador de muestreos
TMRD:	Temporizador de 260us.

PROYECTO: CARGADOR DE BATERIAS CONTROLADO POR CORRIENTE
--

DIAGRAMA: FLUJO	SOFTWARE: VALOR PROMEDIO DE UNA SEÑAL
------------------------	--

MODULO: CONVERSION A/D	RESIDENTE: PROMEDIO	FIGURA: 5.9
-------------------------------	----------------------------	--------------------

5.2.5. Generación de pulsos de disparo

La generación de pulsos de disparo, se lo realiza mediante el algoritmo representado en la Figura 5.10, reside en el Generador de pulsos del Módulo de Regulación de Corriente:

Según la configuración de disparo en el generador de pulsos se procede con la rutina correspondiente. Existen cuatro entradas para configurar el disparo:

Tabla 5.1: Configuración del Generador de Pulsos

ENTRADA	CONFIGURACION
Control	Monofásico ó Trifásico
Tipo de disparo	Un pulso ó una ráfaga de pulsos
Disparo	Por nivel ó por flanco
Pulso	Positivo ó negativo

La entrada *Disparo* es válida si el tipo de disparo es por pulso. A continuación explicaremos la configuración con monofásico en la que se producen dos pulsos de disparos ya que para la configuración trifásica lo que cambia es en que se produce un pulso más.

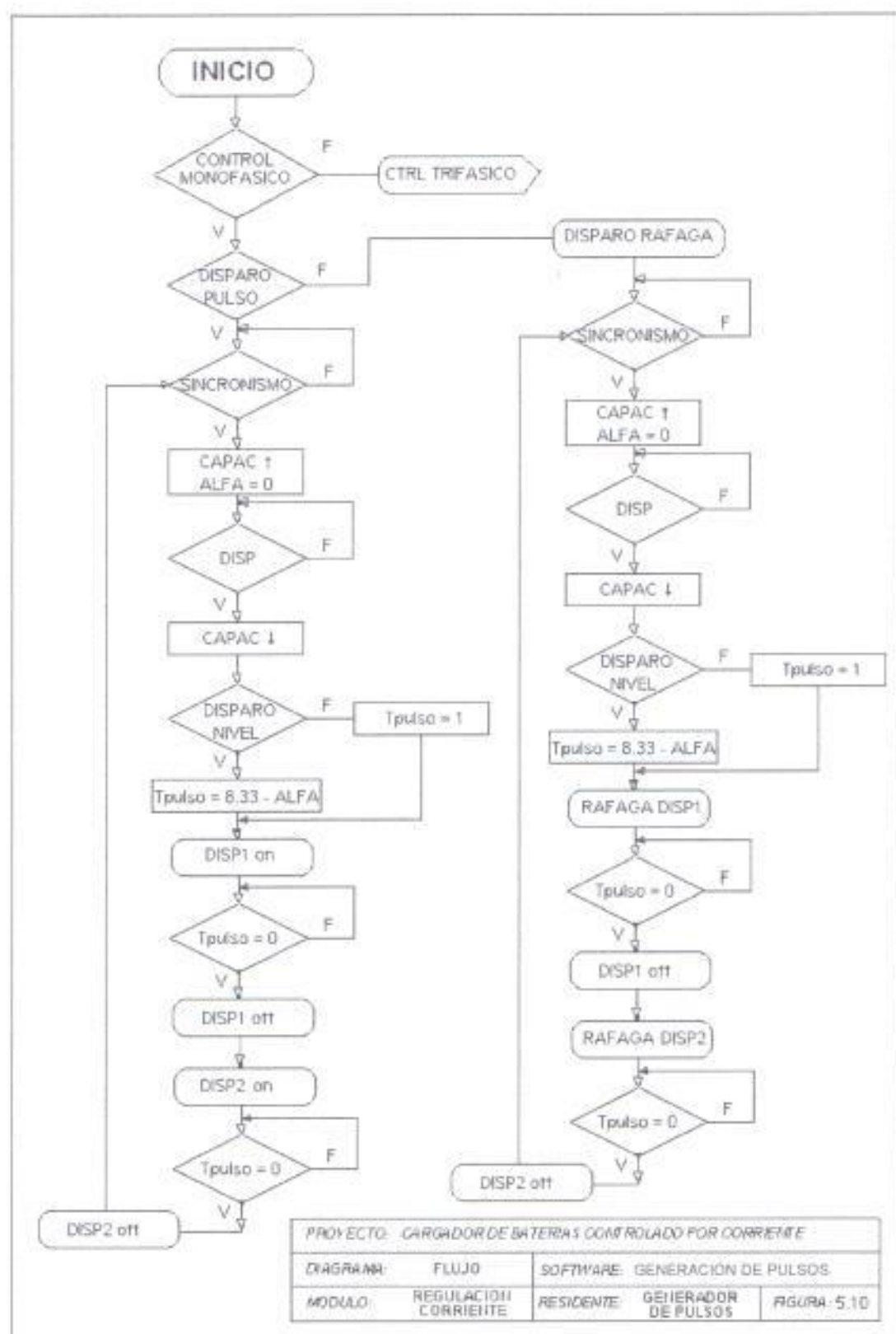
Monofásico con un pulso de disparo

1. Detectar que la señal SINCRONISMO cruce por cero para inicializar el conteo del tiempo de desfase ALFA.
2. Esperar la señal de disparo.
3. Descargar el capacitor del controlador del ángulo de disparo.
4. Si la entrada Disparo está por flanco el tiempo $t_{PULSO} = 1$ y voy al paso 6
5. Calcular el tiempo del pulso $t_{PULSO} = 8.33 - ALFA$.
6. Activar el pulso DISP1 (puede ser un alto ó un bajo dependiendo de la entrada Pulso) durante el tiempo t_{PULSO} .
7. Apagar el pulso DISP1 y contar el tiempo de desfase ALFA.
8. Activar el pulso DISP2 (puede ser un alto ó un bajo dependiendo de la entrada Pulso) durante el tiempo t_{PULSO} .
9. Apagar pulso DISP2.
10. Continuar con paso 1

Monofásico con una ráfaga de pulsos para el disparo

11. Detectar que la señal SINCRONISMO cruce por cero para inicializar el conteo del tiempo de desfase ALFA.
12. Esperar la señal de disparo.

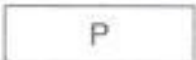
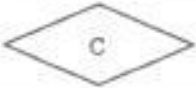




13. Descargar el capacitor del controlador del ángulo de disparo.
14. Calcular el tiempo del pulso $t_{RAFAGA} = 8.33 - ALFA$.
15. Prender y apagar DISP1 durante el tiempo t_{RAFAGA} .
16. Apagar DISP1 y contar el tiempo de desfase ALFA.
17. Prender y apagar DISP2 durante el tiempo t_{RAFAGA} .
18. Apagar DISP2.
19. Continuar con PASO1.



5.2.6. Simbología utilizada en los diagramas de flujo

En los diagramas de flujo se utilizan ciertas simbologías para representar alguna acción, procesos, o decisiones que se realizan en el algoritmo a implementarse, ver Tabla 5.2.

Tabla 5.2: Símbolos utilizados en los diagramas de flujo

SÍMBOLO	REPRESENTA
	Proceso
	Decisión
	Rutina o Subrutina
	Salto de programa
	Nodo
$a \rightarrow X$	Asignación de una valor a una variable
	Dirección del flujo

5.3.RESUMEN

Con los diagramas de bloques y de flujo vistos en este capítulo podemos comprender mejor el funcionamiento del cargador de baterías, ya que sabemos que relación existe entre sus componentes, como se encuentran interconectados sus cuatro módulos y cual es el control que realiza cada uno de ellos con respecto a sus entradas, formando el sistema de regulación de corriente explicado en el capítulo 3.

CAPÍTULO 6

PRODUCTO FINAL

El producto final que se desea obtener es un equipo para cargar baterías de automóviles totalmente programable, que bien puede competir con un equipo extranjero, pero con la ventaja de que existe servicio de mantenimiento dentro del país, son más económicos, y tiene la factibilidad de adaptarlo a las necesidades particulares de la industria que lo requiera. El equipo diseñado para una línea de carga controla los parámetros de formación de la batería (corriente, temperatura y voltaje) utilizando una regulación por corriente de carga. La configuración del cargado es programada por el usuario y durante la operación el equipo muestra los valores de los parámetros medidos.

Se muestra en este capítulo algunas pruebas obtenidas del funcionamiento de la parte de regulación del sistema, características y modo de operación del equipo diseñado, también se describe el costo que representa su construcción.

6.1. PRUEBAS DE LA REGULACIÓN DE CORRIENTE

Debido a que no se logró un financiamiento para la construcción de un prototipo del equipo de carga, se ha implementado sólo el Módulo de Regulación de Corriente, con el fin de confirmar el funcionamiento del diseño del cargador de baterías y porque es el componente principal de regulación de corriente y el Módulo Principal su controlador a través de la señal de referencia I_{ref} (Figura 5.1), que se la puede simular. Además en los únicos módulos de donde se pueden obtener de la operación del sistema son: el de Regulación de Corriente y el de Fuerza, ya que los otros dos módulos existen señales completamente digitales.

Todas las imágenes que se van a ver son capturadas de un osciloscopio, son señales del Módulo de Regulación de Corriente y del Módulo de Fuerza. El Generador de pulsos para las pruebas está configurado para controlar una señal monofásica por nivel de pulso positivo. La referencia de medición en el osciloscopio está en la primera horizontal de abajo hacia arriba para la señal inferior y la cuarta línea para la señal superior.

La primera imagen representa el ángulo de disparo producido por el Generador de ángulo de disparo, que si recordamos del capítulo 4, el disparo se produce cuando el voltaje del capacitor (señal diente de

sierra) en el Controlador de ángulo de disparo alcanza su voltaje umbral ó nivel Ref_ANGULO que es la señal horizontal en la Figura 6.1, es decir en cada flanco de bajada de la señal inferior que es cuando el Generador de pulsos descarga el capacitor.

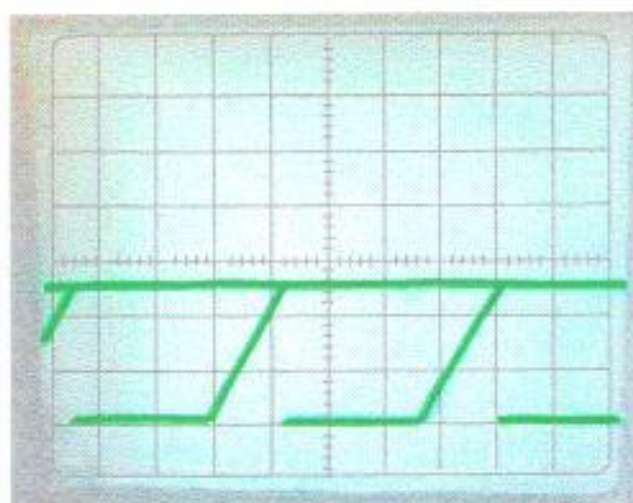


Figura 6.1: Señal del ángulo de disparo. Cada cuadro en la figura es de 1V en la vertical y 4ms de tiempo en la horizontal.

Se puede observar de la Figura 6.1 que la referencia para el disparo Ref_ANGULO se lo ha fijado en 2.5V, y el tiempo de la rampa es de 4.8ms (1.2 cuadros) que es el desfase α para los disparos.

En el momento en que el Generador de pulsos detecte la igualdad de las señales anteriores se debe producir el pulso de disparo para el tiristor Th1 del Módulo de Fuerza, que es lo que se representa en la Figura 6.2. El pulso de disparo DISP1 (señal superior) se inicia justo en el flanco de

bajada de la señal inferior, y dura hasta completar el periodo de la onda rectificada de 8.33ms; en la imagen la duración del pulso DISP1 es de 3.2ms (0.8 cuadros) ya que el desfase α es de 4.8ms. Después del mismo desfase α se debe activar el pulso DISP2 para disparar el tiristor Th2 con el mismo tiempo de duración de 4ms, ver Figura 6.3

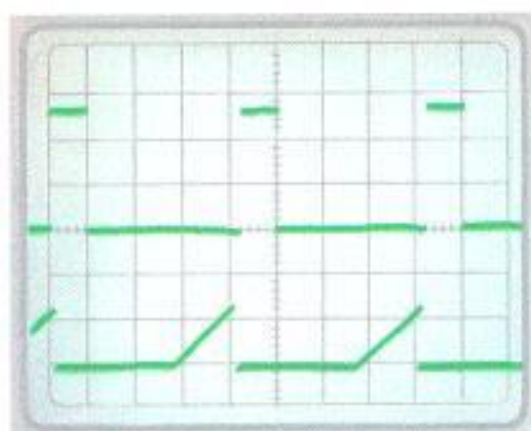


Figura 6.2: Señal de disparo DISP1 con relación al ángulo de disparo. Cada cuadro en la figura es de 2V en la vertical y 4ms de tiempo en la horizontal.

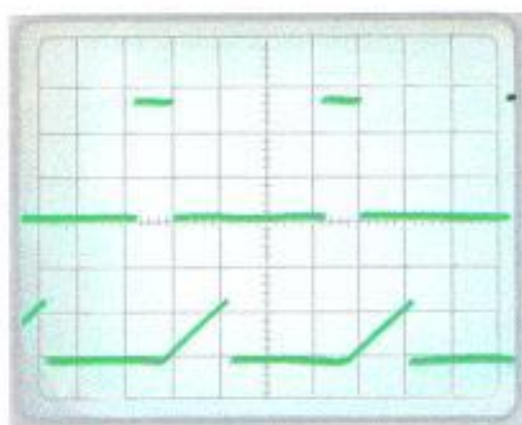


Figura 6.3: Señal de disparo DISP2 con relación al ángulo de disparo. Cada cuadro en la figura es de 2V en la vertical y 4ms de tiempo en la horizontal.

El desfase α entre el pulso de disparo DISP1 y DISP2 de 4.8ms se lo puede apreciar mejor en la Figura 6.4, el periodo de los pulsos debe ser el periodo de la onda de alimentación de 60Hz, es decir 16.67ms (cuatro cuadros en la figura 6.4).

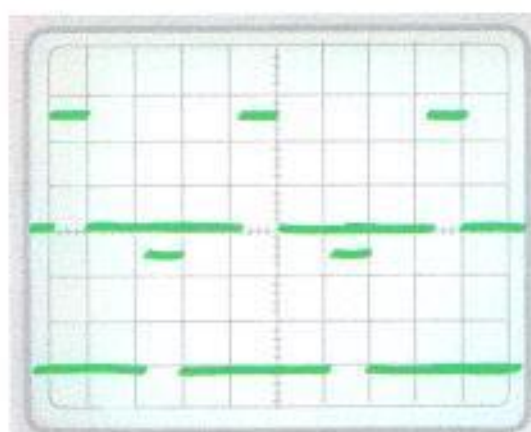


Figura 6.4: Desfase entre la señal DISP1 (arriba) y la señal DISP2 (abajo). Cada cuadro en la figura es de 2V en la vertical y 4ms de tiempo en la horizontal.

Los pulsos producidos por el Generador de pulsos deben estar sincronizados con la señal de alimentación para así aprovechar la máxima energía en cada pulso. En la Figura 6.5 tenemos que los pulsos DISP1 (señal cuadrada) se producen después del desfase de 4ms del cruce por cero de la señal de sincronismo, en su parte positiva, así mismo sucede con los pulsos DISP2 pero en la parte negativa, ver Figura 6.6.

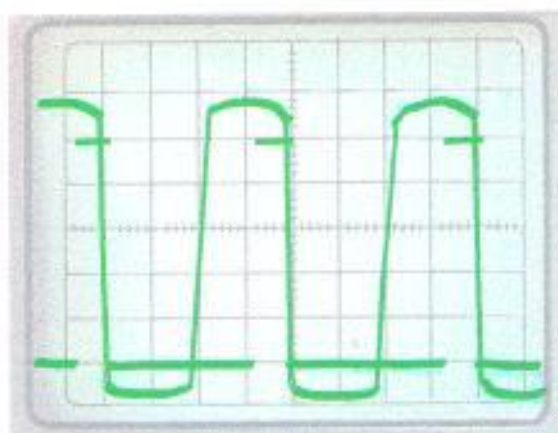


Figura 6.5: Señal de sincronismo vs señal DISP1. Cada cuadro en la figura es de 1V en la vertical y 4ms de tiempo en la horizontal.

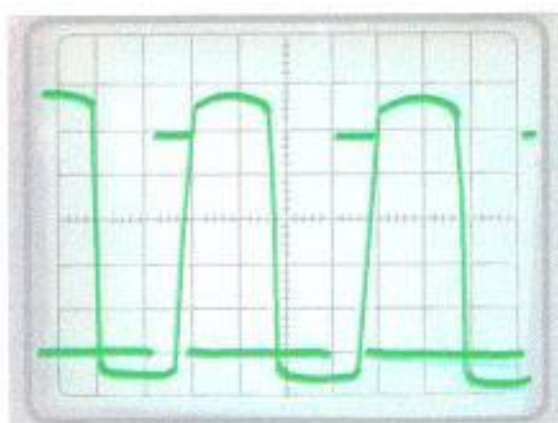


Figura 6.6: Señal de sincronismo vs señal DISP2. Cada cuadro en la figura es de 1V en la vertical y 4ms de tiempo en la horizontal.

Si se aumenta el valor de la corriente de referencia I_{ref} cerca de su valor máximo (2.5V), con el objetivo de proporcionar mayor energía de carga a la batería, el ángulo de desfase debe disminuir produciendo pulsos más anchos y así aumentar la corriente de carga, como en la Figura 6.7.

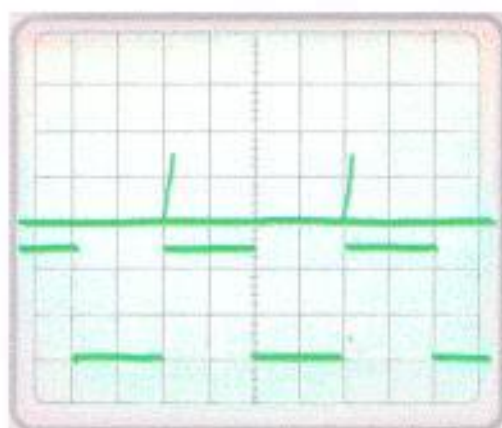


Figura 6.7: Aumento del ancho de pulso debido a un aumento en señal I_{ref} . Cada cuadro en la figura es de 2V en la vertical y 4ms de tiempo en la horizontal.

En la parte superior de la Figura 6.7 se tiene que el capacitor alcanza más rápido el mismo nivel Ref_ANGULO de 2.5V debido al incremento en la señal I_{ref} , esto hace que el ángulo de desfase sea mínimo (una división del cuadro es decir 0.8ms) produciendo pulsos de casi 8ms.

Con este incremento en la señal I_{ref} se tiene los nuevos pulsos de disparo $DISP1$ (Figura 6.8) y $DISP2$ (Figura 6.9) con respecto a la señal de sincronismo. Se puede verificar que los pulsos abarcan casi la totalidad de las semiondas de la señal de sincronismo, debido a que I_{ref} está en su valor máximo. El desfase mínimo α de 0.8ms entre la señal de sincronismo y el pulso de disparo se lo diferencia mejor en la Figura 6.9.

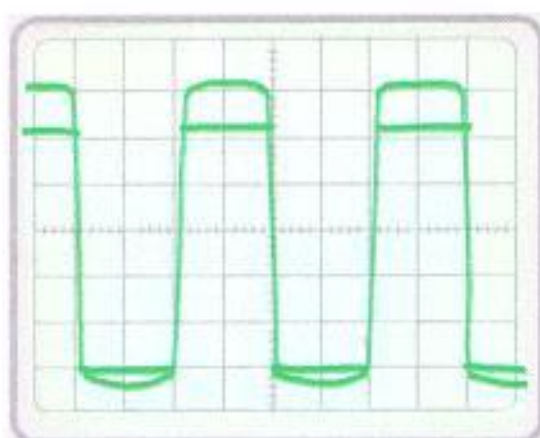


Figura 6.8: Pulso DISP1 con respecto a la señal de sincronismo con I_{ref} máximo. Cada cuadro en la figura es de 1V en la vertical y 4ms de tiempo en la horizontal.

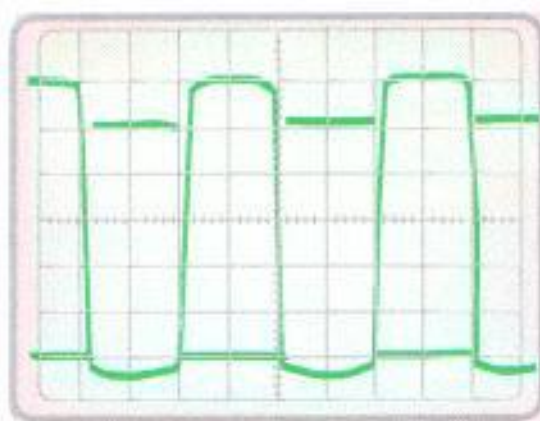


Figura 6.9: Pulso DISP2 con respecto a la señal de sincronismo con I_{ref} máximo. Cada cuadro en la figura es de 1V en la vertical y 4ms de tiempo en la horizontal.

Con una referencia de corriente I_{ref} al 75% se produce la señal de la Figura 6.10 en la salida del puente rectificador del Módulo de Fuerza, es decir es la señal de carga no filtrada. Tenemos un voltaje pico a pico de 12V (2.4 cuadros) que se entrega a la batería a una frecuencia de 16.8ms (4.2 cuadros). Pero si aumentamos la señal I_{ref} al máximo

tenemos la máxima energía de alimentación para la batería, ver Figura 6.11, que las comparamos nos damos cuenta que en la Figura 6.10 se está entregando una energía promedio menor que en la Figura 6.11 debido a que se está recortando la señal de alimentación para la batería.

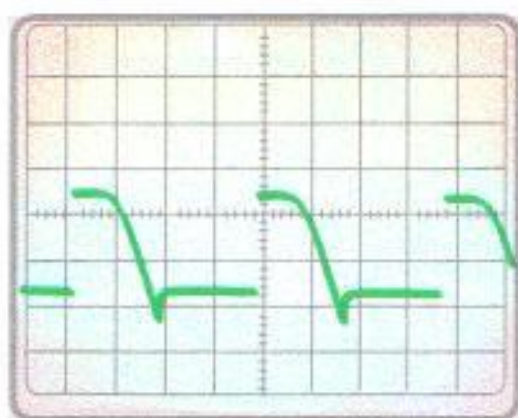


Figura 6.10: Energía entregada a la batería con I_{ref} al 75%. Cada cuadro en la figura es de 5V en la vertical y 4ms de tiempo en la horizontal.

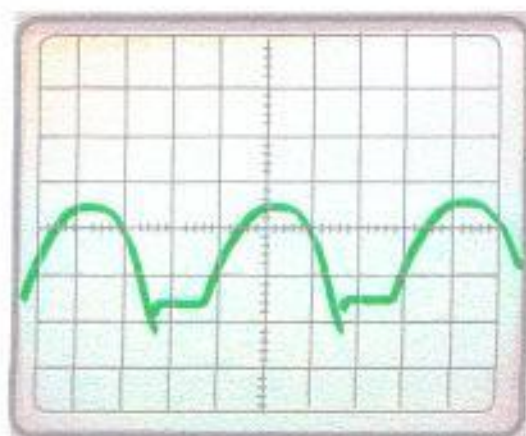


Figura 6.11: Energía entregada a la batería con I_{ref} máximo. Cada cuadro en la figura es de 5V en la vertical y 4ms de tiempo en la horizontal.

6.2.CARACTERÍSTICAS DEL CARGADOR DE BATERÍAS

El cargador de baterías diseñado es un equipo que posee las siguientes características:

- ✓ Parámetros de carga que controla el equipo: Corriente, temperatura, voltaje, amperios hora, y tiempo.
- ✓ Regulación por corriente de carga.
- ✓ Ingreso de información al equipo por medio de un teclado.
- ✓ Visualización de los parámetros de carga durante el cargado en una pantalla de cristal líquido.
- ✓ Programación de los rangos de operación para la corriente y temperatura de carga.- valores dentro de los cuales operará el equipo.
- ✓ Configuración de valores críticos para el voltaje, temperatura y tiempo de carga.- durante el control el sistema cuida que no se sobrepasen estos valores límites de los parámetros, caso contrario activa una señal de alerta y apaga el control.
- ✓ Calibración digital de los parámetros de corriente, temperatura y voltaje con sólo proporcionarle el valor real de la medición en cada parámetro.

- ✓ Control por Amperios hora.- el usuario programa el total de amperios por hora para la formación de la batería y el sistema los decrementa al iniciarse el cargado hasta llegar a cero.
- ✓ Temporizador para el cargado de la batería.- el usuario dispone de este temporizador como otro parámetro de finalización de carga.
- ✓ Respaldo de información de carga en memoria no volátil.- en caso de cortarse la energía de alimentación del equipo durante la formación de la batería, los valores actuales de los amperios hora y el temporizador se guardan para reiniciar con estos valores al momento de regresar la energía.
- ✓ Precisión en la medición de los parámetros de corriente y temperatura de 1 decimal.
- ✓ Arranque y apagado tipo rampa, es decir lentamente entra o sale de operación para no causar daños en los elementos de fuerza.
- ✓ Configuración del disparo para los tiristores del Módulo de Fuerza por pulso positivo ó negativo, por flanco ó nivel de voltaje, y por ráfaga de pulsos.
- ✓ Puede ser personalizado según las características requeridas por el cliente.

Los valores indicados en la Tabla 6.1 son los rangos máximos de operación para los cuales se ha diseñado el cargador, los componentes de la parte de fuerza que se adquieran para su construcción deberían contemplar estos valores para su buen funcionamiento.

Tabla 6.1: Valores de operación del equipo de carga

PARÁMETRO	VALOR MAXIMO
Alimentación monofásica	110 VAC*
Frecuencia de alimentación	60Hz
Voltaje de salida	100 – 300VDC (estándar)
Control máximo de corriente	40 A
Consumo de corriente máxima	2.5 A
Temperatura de control	0 a 80 °C
Amperios hora	0 a 99 Ah
Temporizador de carga	0 a 99h
Temperatura ambiente máxima	50 °C

* En la Tabla 6.1 la alimentación para el equipo puede ser de tipo trifásica ya que se puede configurar el disparo de los tiristores en el Módulo de Regulación de Corriente y el control máximo de corriente para un equipo industrial puede ser de 40 A, lo que se tendría que cambiar son los elementos del Módulo de Fuerza para que maneje esta capacidad de corriente.

6.3.CALIBRACIÓN DEL EQUIPO Y PROGRAMACIÓN PARA UNA CARGA

Cuando el equipo se lo va a utilizar por primera vez se deberá calibrar la medición de los parámetros primero. Se presiona la tecla INICIO/PARAR (tecla '0') y luego la tecla PROG, con lo que se mostrará un menú de 4 opciones (Figura 6.12), escogemos la opción 4:CALIB, con lo que se pedirán los valores de corriente, temperatura y voltaje para calcular la constante de calibración de cada parámetro. El operador deberá medir los valores de los parámetros en ese momento e ingresarlos al equipo aceptando el ingreso con la tecla ACEPTAR. Se sale del modo de programación presionando de nuevo la tecla PROG. Si se desea ver como el equipo está realizando la calibración se puede presionar de nuevo la opción de menú 4.

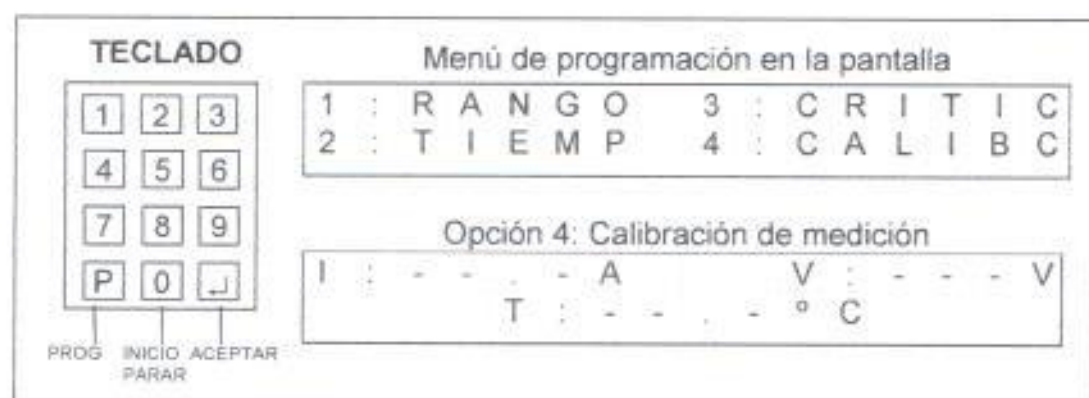


Figura 6.12: Menú de programación y Opción de calibración de medición

Luego para realizar la programación de un cargado, se debe presionar la tecla PROG y escoger la opción que se quiera programar, para aceptar un valor se debe presionar ACEPTAR y para salir de programación la tecla PROG:

1. Si se desea ingresar los rangos mínimos y máximos de operación para la corriente (I-, I+) y la temperatura (T-, T+) se debe escoger 1:RANGO con lo que se mostrará en pantalla la plantilla de ingreso para estos parámetros, ver Figura 6.13 permitiendo modificar secuencialmente los cuatro valores cada vez que se presione ACEPTAR. La temperatura debe ser dada en grados centígrados.

PANTALLA													
I	-	:	-	-	:	-	T	-	:	-	-	:	-
I	+	:	-	-	:	-	T	+	:	-	-	:	-

Figura 6.13. Programación de rangos de operación

2. Para programar los tiempos de carga se debe escoger la opción 2:TIEMP con lo cual aparecerá la plantilla de ingreso de la Figura 6.14 para modificar los amperios/hora y el tiempo de carga dado en horas.

PANTALLA	
A m p / h	: - - - A h
t	: - - h

Figura 6.14: Programación de tiempos de carga

3. Para configurar los valores críticos de los parámetros de temperatura, voltaje, y tiempo (T_c , V_c , t_c) se debe escoger la opción 3:CRITIC con lo que se mostrará la plantilla de ingreso de la Figura 6.15.

PANTALLA	
T_c	: - - ° C
V_c	: - - - V
t_c	: - - h

Figura 6.15: Programación de valores críticos

Una vez programados los valores de carga se puede comenzar y paralizar en cualquier momento el proceso de formación de la batería presionando la tecla INICIO/PARAR. En el modo de operación el equipo muestra al mismo tiempo en PANTALLA los valores de carga de los parámetros de corriente, temperatura, voltaje y amperios/hora remanentes con el formato de la Figura 6.16.

PANTALLA												
I	:	2	1	.	5	A	V	:	3	5	0	V
T	:	5	8	.	3	° C	A h	:	1	2	3	

Figura 6.16: Visualización de parámetros de carga

Durante la operación se puede presionar la tecla '1' para visualizar en PANTALLA el tiempo transcurrido de carga. Tanto los amperios/hora como el tiempo programado son decrementados desde el momento en que se inició el cargado hasta cuando estos sean cero (fin de carga), por esta razón cuando se los visualiza en PANTALLA son los valores remanentes de dichos parámetros. Esto se hace para que el operador no este calculando el tiempo faltante para que finalice la carga, si se mostraran los valores transcurridos de operación comenzando desde cero.

6.4.COSTOS DE PRODUCCIÓN

La descripción de los costos para construir un equipo de carga para baterías de automóviles con las características antes mencionadas en la Tabla 6.1 es la que se muestra en la siguiente lista Tabla 6.2, los valores son dados en dólares americanos.

Tabla 6.2: Descripción simplificada de costos para la elaboración del proyecto

DESCRIPCIÓN	COSTO ELEMENTO	COSTO PARCIAL
Equipo para grabar los microcontroladores		210
Material electrónico		413
1 Tarjeta del Módulo Principal	35	
1 Tarjeta del Módulo de Control de Corriente	45	
1 Tarjeta del Módulo de Conversión A/D	45	
1 Microcontrolador PIC16F874	12	
3 Microcontrolador PIC16F84	36	
1 Microcontrolador PIC16C621 prom	7	
1 Convertidor Analógico/Digital de 12 bits	10	
1 LCD	21	
1 EEPROM 93LC46A	1	
2 Tiristores de potencia 40A	40	
3 Diodos de potencia 40A	30	
1 Teclado matricial	1	
Material Eléctrico		167
1 Transformador de poder 400V a 40 A	100	
1 Transformador para alimentación de la electrónica de 220 VAC a salidas de 2 salidas de +/- 12 VAC 3 salidas de 12 VAC 1salida de 10VAC	30	
1 Inductancia 40A	30	
2 Fusible de protección más portafusible	7	
Material adicional		100
1 Disipador para el puente rectificador	10	
Caja de presentación	40	
Cables de conexión	5	
Material para la potencia de salida del equipo	25	
Material para soldar	5	
6 Borneras de conexión	10	
Etiquetas	5	
Mano de obra		40
Software implementado		150
Costo del proyecto		1080

Un total de 1080 dólares americanos es el gasto para construir el prototipo del cargador industrial de baterías para automóviles, más un valor agregado del 100%, en donde se incluye 20% de gastos en servicios básicos durante el tiempo de construcción (1 mes y 2 semanas) y 80% de ganancia, representa un costo de 2160 dólares americanos que es el precio en que se puede ofrecer a las industrias dedicadas a la producción de baterías que comparado con los 5000 dólares que cuesta aproximadamente un equipo de carga para baterías como el MICROFORM 9000 de Digatron Firing Circuits [13] resulta ventajoso. Hay que considerar que el servicio de mantenimiento se encuentra dentro del país lo que reducen costos futuros del comprador.

Para que la industria adquiera confianza en el producto se puede dejar el equipo instalado por un tiempo de prueba para que comparen resultados con el sistema que ellos posean para cargar baterías. Luego de lo cual se puede realizar la venta del equipo.

6.5.RESUMEN

En este capítulo se demostró por medio de pruebas tomadas de un osciloscopio la funcionalidad de la parte de regulación del diseño del cargador de baterías, como referencia principal para su construcción. También se presentó el modo de operación que tendría el equipo de carga y sus rangos de operación. Además se confirmó que el costo para construirlo es menor que comprar un equipo extranjero.

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El desarrollo de esta tesis ha aportado con una solución de automatismo para los procesos de producción en las industrias de baterías, haciendo conocer que aquí en Ecuador se puede diseñar equipos que cumplan con sus requerimientos y que resultan más económicos que uno extranjero, tanto en su adquisición como en su mantenimiento.

Gracias a la tecnología de los microcontroladores PIC se ha podido diseñar una solución sencilla para el cargador de baterías, ya que ofrece algunas ventajas con respecto a los tradicionales PLCs utilizados para sistemas de automatización, como por ejemplo: tamaño, costo, ambiente de operación, portabilidad, no se necesita aprender el lenguaje específico del PLC a utilizar, y venta del repuesto dentro del país, que muchas veces con los PLCs resulta un inconveniente en el momento que sufre un daño debido a que hay que traer el repuesto del exterior.

La ventaja de estructurar el proyecto por módulos nos permite llegar más fácil con algún daño futuro, debido a que se sabe que función realiza cada módulo sobre sus entradas para entregar una determinada señal de salida. Incluso existen partes del proyecto que se pueden utilizar independientemente como:

- ✓ El Módulo de Regulación de Corriente que puede ser empleado en la regulación de otro parámetro que no sea la corriente como por ejemplo la velocidad y aceleración de un motor.
- ✓ El Convertidor Digital / Analógico con interface serial de comunicación y una resolución de 12 bits.
- ✓ El Módulo de Conversión Analógico / Digital para tres entradas analógicas que entrega serialmente el valor promedio de la señal seleccionada.

Además como el equipo diseñado realiza un control digital sobre los parámetros de entrada según los valores de operación programados por el usuario, puede adaptarse para el control de otros parámetros que afecten a otro ambiente como: electrólisis, grado de acidez, velocidad en los motores, niveles de luminosidad, entre otros, el cambio correspondiente es el tipo de transductor del parámetro a controlar.

RECOMENDACIONES

Al implementar el diseño del cargador de baterías se recomienda no exponerlo a valores fuera de los rangos especificados en la Tabla 6.1, si opera en sus valores límites o superiores por un largo tiempo no se garantiza la correcta funcionalidad del sistema o podría causar daños irreversibles en sus componentes.

Al dar mantenimiento al sistema se debe conectar correctamente las señales que activan los tiristores del Módulo de Fuerza para que este trabaje como rectificador, caso contrario se obtendrá un convertidor de alterna a continua trabajando como ondulator, lo que causaría que el operador crea que el equipo no está funcionando bien debido a que no existe lectura de corriente o esta es mínima.

Motivar el desarrollo de proyectos que integren a diferentes facultades, ya hoy en día se necesita un conocimiento integrado para dar una solución a un problema, como es el caso de este proyecto que involucra el área electrónica, el área de computación, e incluso mediante estadística se puede realizar un sistema que optimice la operación y detectar posibles errores en la línea de carga.

Hacer conocer a las industrias que nosotros podemos dar soluciones económicas a sus problemas. Se puede crear un departamento de desarrollo de proyectos en donde se integre profesores y estudiantes representantes de cada facultad de la Universidad para poder resolver conjuntamente una solución a un problema de alguna industria o empresa que lo requiera. Con el mismo ingreso que produce la venta de la solución, se puede utilizar para la adquisición de equipos modernos y de calidad para el departamento.

POSIBLES MEJORAS AL SISTEMA

El cargador de baterías puede ser mejorado mediante una interface de comunicación con un computador e implementando un sistema que permita capturar la información de carga para visualizar gráficamente la variación de los parámetros durante el cargado, además que se puede almacenar toda esta información en una base de datos, para luego ser procesada y entregar consultas y reportes de operaciones anteriores.

Empleando la misma interface de comunicación se pueden conectar varios módulos de carga para que el sistema abarque un área mayor de automatización en la producción de baterías.

Adicionalmente con un sistema estadístico en el computador principal se puede detectar posibles daños en alguna línea de carga, saber si se puede producir más de lo normal, y realizar proyecciones en producción.

ANEXOS

ANEXO A

INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL HARDWARE SELECCIONADO

En este anexo se presentan información de los componentes utilizados en la implementación del diseño del sistema del cargador de baterías, estos son: los microcontroladores PIC16C621, PIC16F874, el módulo de pantalla de cristal líquido LTN211, memorias EEPROM seriales 93LC46A, y convertidores analógicos a digital de 12 bits seriales MCP3201.

A.1.MICROCONTROLADORES PIC16C621 Y PIC16F874

Estos microcontroladores pertenecen al grupo PIC16X los cuales poseen las siguientes características generales:

- ✓ PILA con ocho niveles de profundidad.
- ✓ Modo de acceso a datos directo e indirecto.
- ✓ Compresión de datos de 2:1 con un mejoramiento de velocidad de operación de 4:1.
- ✓ Capacidad de corriente para manejar LEDs directamente.
- ✓ Modo de bajo consumo de energía SLEEP.
- ✓ Interrupciones interna y externa, incluso en modo SLEEP.
- ✓ Temporizador / contador de 8 bits con preescalador programable.
- ✓ Circuitos y temporizadores especiales al encendido.
- ✓ Código de protección configurable.
- ✓ Opciones de oscilación: RC, LP, XT, y HS.
- ✓ Tecnología CMOS EPROM con bajo consumo de energía, alta velocidad.
- ✓ Diseño completamente estático.
- ✓ Ancho rango de voltaje de operación. (2.5V a 6.0V).
- ✓ Rangos de temperatura: Comercial de 0°C a +70° C e Industrial de -40°C a +85°C.

✓ Bajo consumo de energía (modo SLEEP):

- Menor a 2.0mA a 5.0V y 4.0MHz.
- 15uA a 3.0V y 32KHz.
- Menor a 10uA en no-operación a 3.0V.

Estos integrados pertenecen al grupo de microcontroladores PIC16X, sus diagramas de pines se muestran en la Figura A.1, a la izquierda el PIC16C621 y a la derecha el PIC16F874.

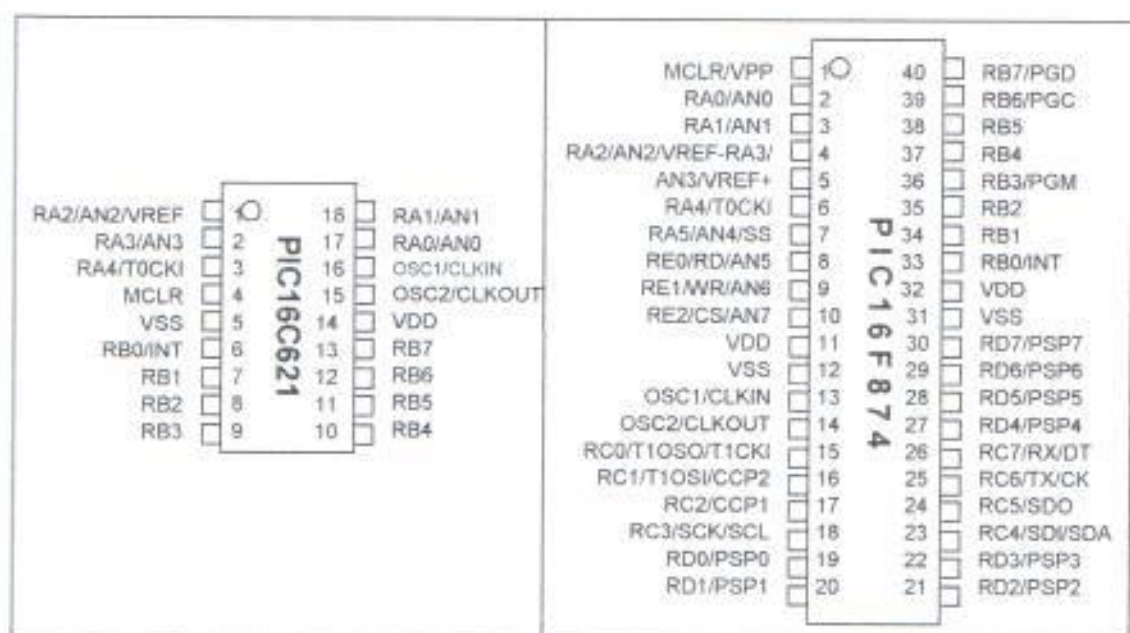


Figura A.1: Diagrama de pines PIC16C621 y PIC16F874

A.1.1. Arquitectura del integrado

Los PICs utilizan la arquitectura Harvard originada en la universidad americana con este nombre, en un proyecto del departamento de defensa, fue adaptada por la Corporación General Instruments para uso de un controlador de interfaces periféricas (PIC: Peripheral Interface Controller) el cual fue diseñado para compensar los pocos puertos de entrada/salida del CPU CP1600.

La arquitectura del PIC16C621 (Figura A.2) es similar a la del PIC16F874 (Figura A.3) con la diferencia que este posee características adicionales como memoria EEPROM interna, convertidores A/D, y dos temporizadores más, pero se componen de los siguiente elementos:

- ✓ Bus de datos.
- ✓ Unidad aritmética – lógica y registro de trabajo.
- ✓ Contador de programa.
- ✓ Pila
- ✓ Memoria de programa y memoria de datos.
- ✓ Puertos de entrada y salida.
- ✓ Temporizador.

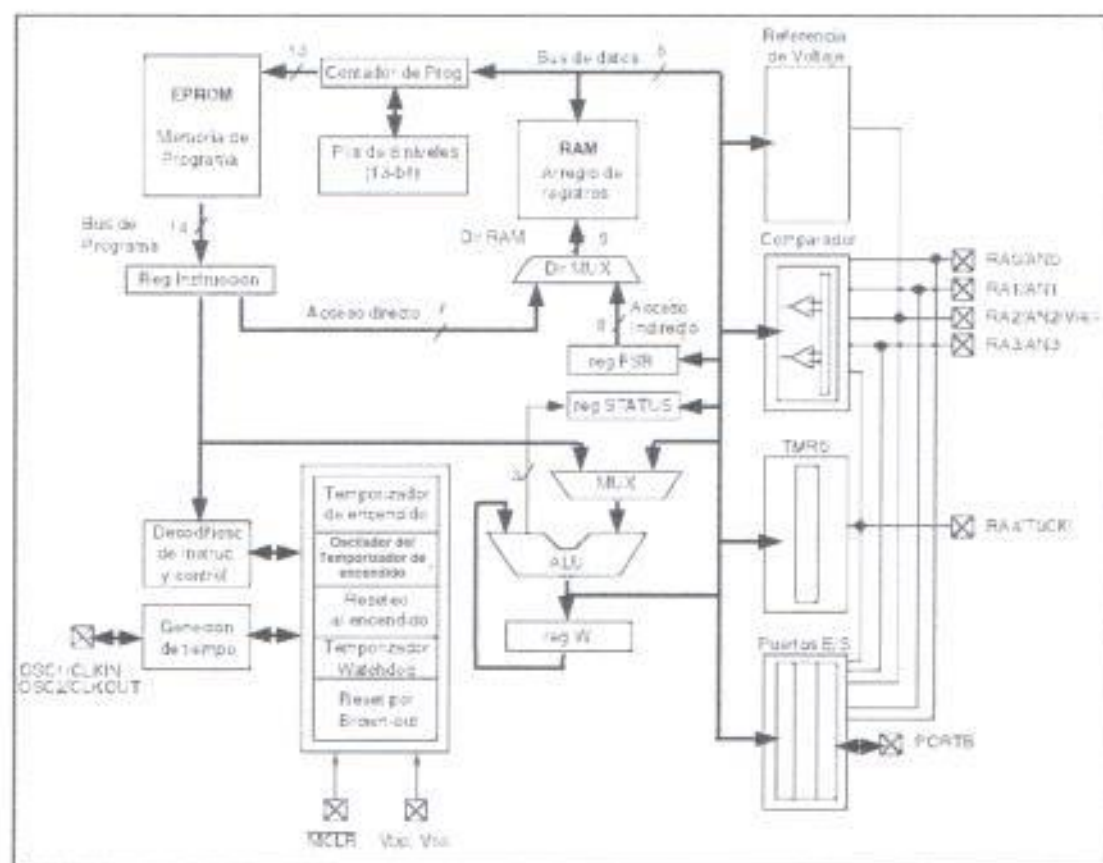


Figura A.2: Diagrama de bloques de la arquitectura del PIC16C621

La característica especial de este dispositivo son los comparadores internos y el módulo de voltaje de referencia que contiene en el puerto A (derecha de la figura A.2). En la parte superior se diferencia el modelo de arquitectura Harvard, memoria de programa EPROM separada de la memoria de datos RAM, en la parte inferior constan los temporizadores que se pueden activar al encendido y la unidad aritmética lógica ALU con su registro de trabajo 'regW'. La misma arquitectura está en la Figura A.3 con la diferencia que la memoria de programa es de tipo FLASH (memoria EEPROM de rápida

actualización), contiene tres puertos adicionales de entrada / salida (PORTC, PORTD, y PORTE) y en la parte inferior constan las ocho características especiales del PIC16F874 que serán descritas en la sección 1.4

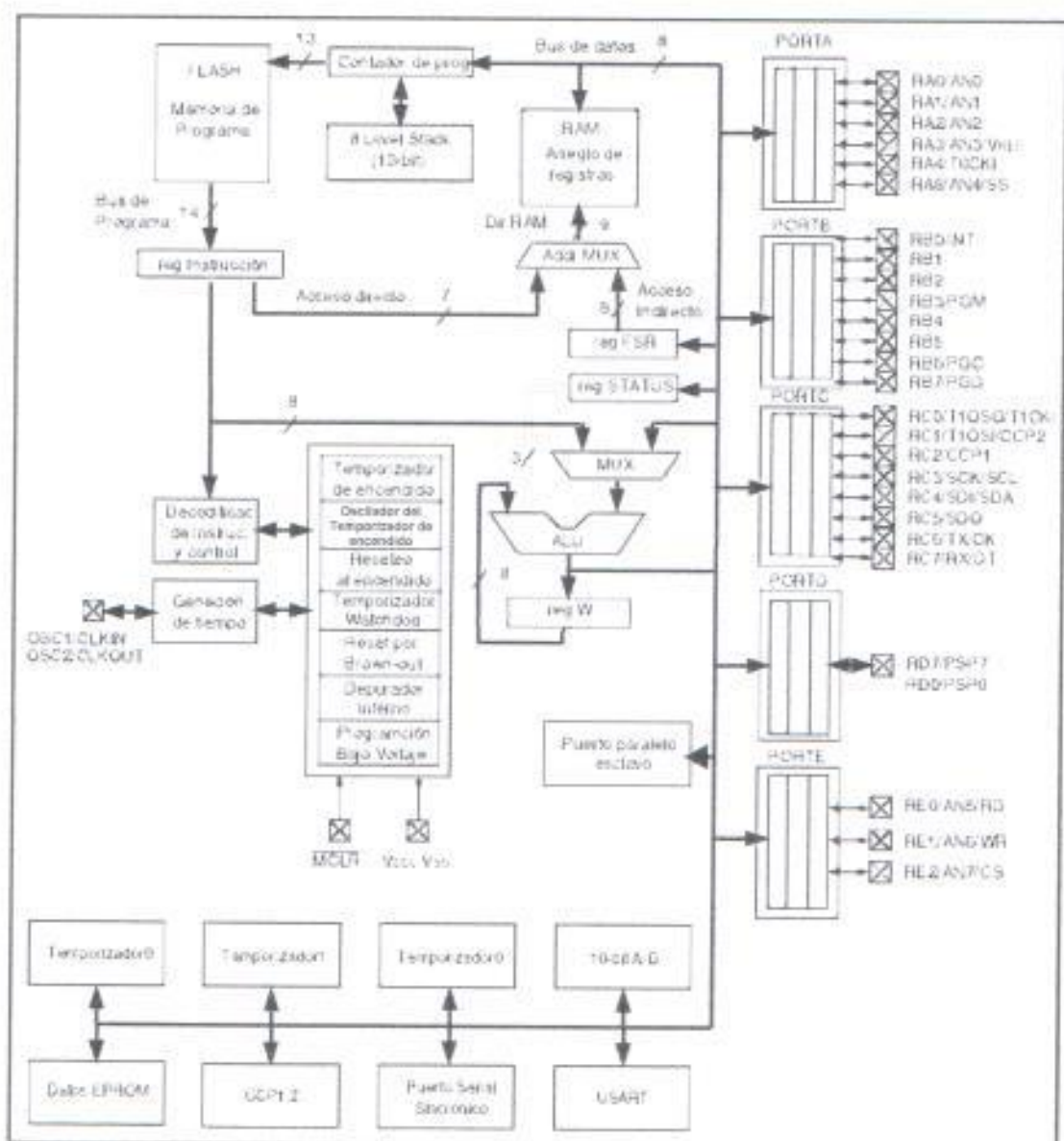


Figura A.3: Diagrama de bloques de la arquitectura del PIC16F874

A.1.1.1. Bus de datos

El bus de acceso a la memoria de programa es de 14 bits y direcciona 14 bits de instrucción en un sólo ciclo de reloj. El acceso a los registros ó memoria de datos puede ser de manera directa ó indirecta. Todas las funciones sobre los registros modifican el contador de programa PC, y tienen su dirección en la memoria de datos. Estos integrados al tener un conjunto de instrucciones ortogonal que hace posible ejecutar cualquier operación sobre cualquier registro usando cualquier modo de direccionamiento, lo que hace que la programación sea más eficiente y sencilla.

A.1.1.2. Unidad aritmética lógica (ALU) y registro de trabajo (W)

La ALU es una unidad de propósito general de 8 bits la cual desarrolla operaciones lógicas y aritméticas entre el registro de trabajo y cualquier otro registro como: suma, resta, desplazamiento, AND, OR, complemento y otras. Todas estas operaciones son basadas en "complemento 2". Las instrucciones pueden ser de uno ó dos operandos. En instrucciones de un operando, este puede ser el registro W ó

cualquier registro, en instrucciones de dos operandos, un operando es el registro de trabajo "W" y el otro es cualquier registro. El registro de trabajo no es accesible.

A.1.1.3. Contador de programa

El contador de programa se utiliza para direccionar las palabras de 14 bits del programa del usuario que se encuentra almacenado en la memoria ROM; este contador de programa es de 13 bits de ancho. Ante una condición de Reset se inicia el contador en 'cero'. Durante la ejecución normal de un programa el PC se incrementa en uno con cada instrucción, a menos que se trate de un salto de programa en la cual se incrementará en dos.

A.1.1.4. La pila

La Pila de ocho niveles de profundidad x 13 bits cada nivel. El espacio para la pila no forma parte ni del espacio para el programa ni del espacio para datos y su puntero no se lo puede leer ni escribir. Su estructura es de tipo LIFO (Last In First Out) es decir el último valor que se guarde es el primero en salir. Cuando sucede una interrupción ó se ejecuta un

llamado a una subrutina el contador de programa es puesto en la pila para ser recuperado cuando se retorne de estas.

A.1.1.5. Memoria de programa y memoria de datos

La *memoria de programa* de 8Kx14 es direccionada por el contador de programa (PC). Físicamente sólo están implementados 1Kx14 (0000h – 03FFh) para el PIC16C621, y 4Kx14 (0000h – 07FFh) para el PIC16F874. Accesos a posibles direcciones superiores a 3FFFh ó 07FFh causarían un desbordamiento con el espacio del primer 1Kx14 ó 4Kx14. El *Vector Reset* está en la dirección 0000h mientras que el *Vector de Interrupción* en la dirección 0004h, tanto en los PIC16C621 (izquierda de la Figura A.4) como en los PIC16F874 (derecha de la Figura A.4).

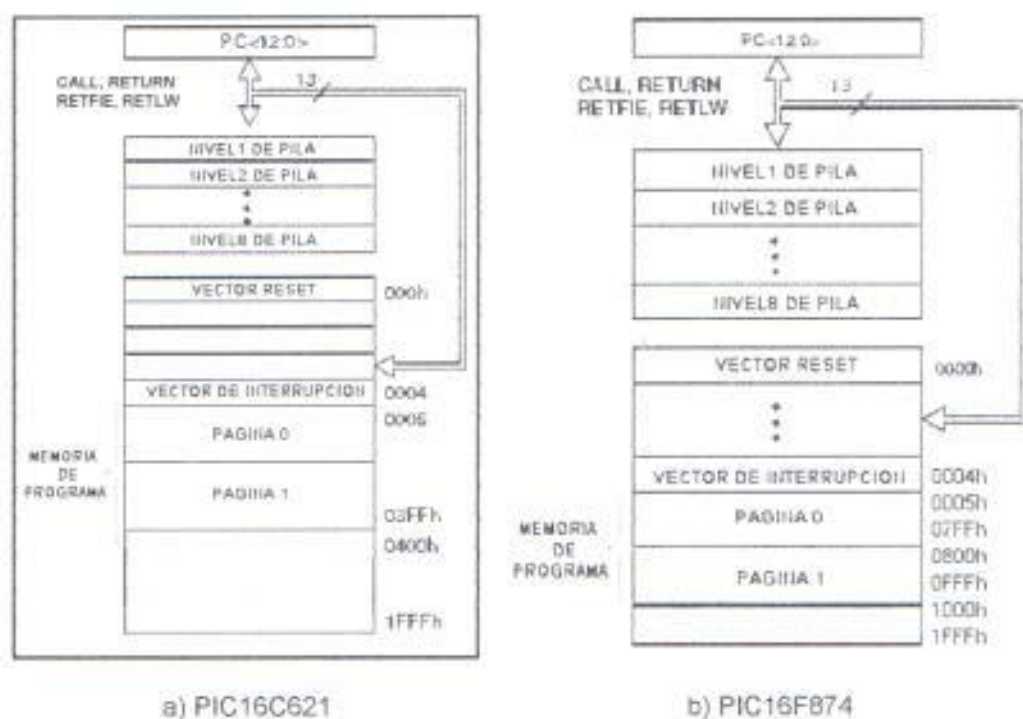


Figura A.4: Memoria de programa para los PIC16C621 y PIC16F874

La *memoria de datos* está particionada en dos páginas ó bancos (Banco0 y Banco1) de 128 posiciones de 8 bits cada uno, todas las direcciones ser pueden acceder directa ó indirectamente. Los bits para paginar son RP0 y RP1 dentro del registro STATUS, cada banco contiene *registros de propósito general* y *registros de funciones especiales*. Los registros de funciones especiales están ubicados en las primeras 32 localidades de cada banco y los registros de propósito general están implementados como RAM estática localizados al final de la memoria. Los registros de funciones especiales no son recomendables utilizarlos como destino para alguna operación.

En la Figura A.5 consta la memoria de datos para el PIC16C621 y en la Figura A.6 la memoria de datos para el PIC16F874.

Dirección registro		Dirección registro
00h	Acceso Indir ⁽¹⁾	Acceso Indir ⁽¹⁾
01h	TMRO	OPTION
02h	PCL	PCL
03h	STATUS	STATUS
04h	FSR	FSR
05h	PORTA	TRISA
06h	PORTB	TRISB
07h		
08h		
09h		
0Ah	PCLATH	PCLATH
0Bh	INTCON	INTCON
0Ch	PIR1	PIE1
0Dh		
0Eh		PCON
0Fh		
10h		
11h		
12h		
13h		
14h		
15h		
16h		
17h		
18h		
19h		
1Ah		
1Bh		
1Ch		
1Dh		
1Eh		
1Fh	CMCON	VRCON
20h	Registro de Propósito General	A0h
6Fh		
70h		
7Fh		
	Banco 0	Banco 1

Localidades de memoria no implementada
Nota 1: No es un registro fijo.

Figura A.5: Diagrama de la memoria de datos de los PIC16C621

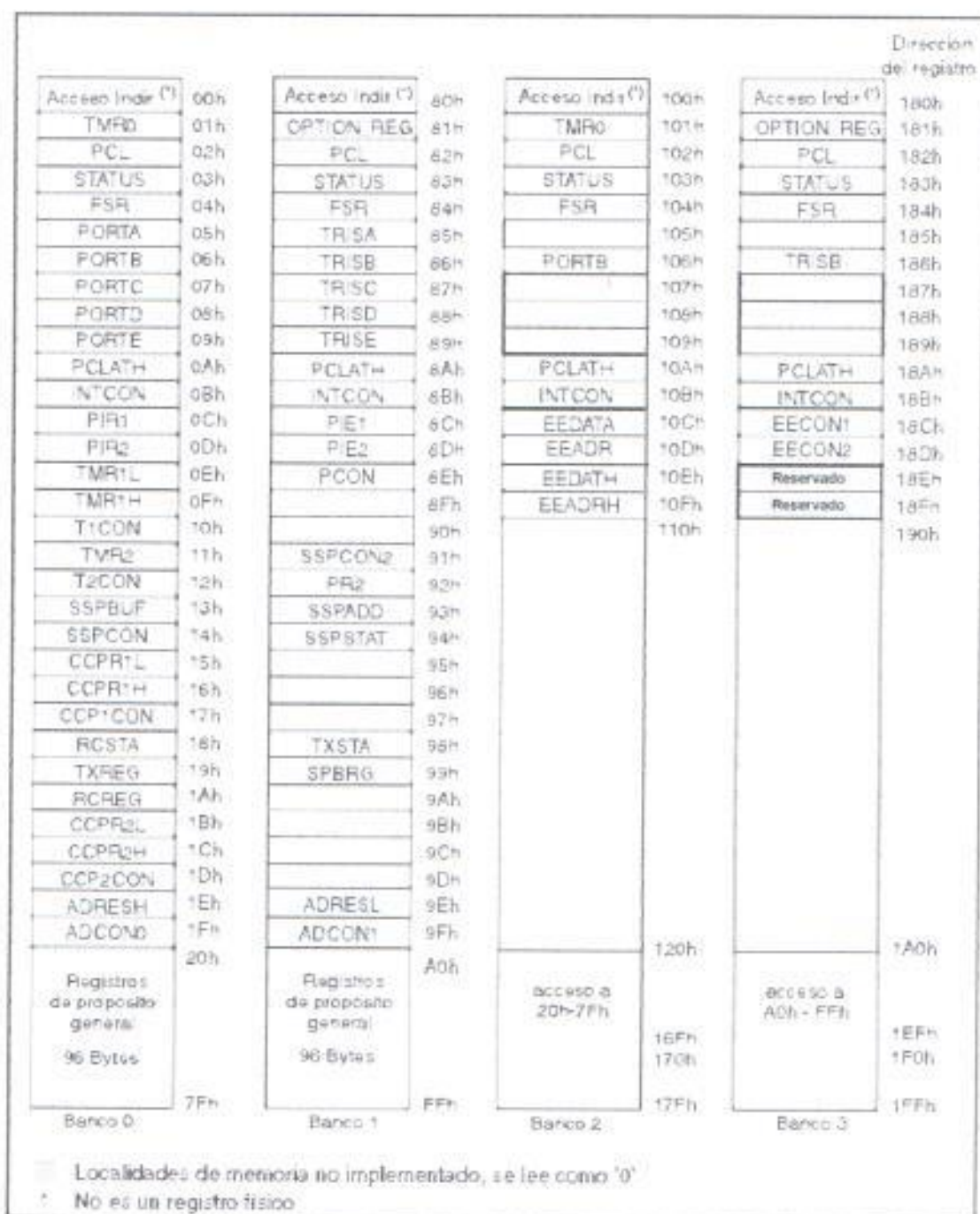


Figura A.6: Diagrama de la memoria de datos de los PIC16F874

Registros de funciones especiales (*STATUS*, *OPTION*, *INTCON*)

Sólo los registros *STATUS*, *OPTION*, e *INTCON* que siempre son utilizados para configurar las diferentes funciones de los PIC16X explicaremos su configuración, el resto de estos registro se los puede ver en la bibliografía 5

El registro *STATUS* contiene el estado aritmético de la ALU, la causa del Reset y los bits de selección de página o banco (Figura A.7).

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x	
IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C	
bit7								bit0
bit 7:	IRP: Bit selector de banco para direccionamiento indirecto 1 = Banco 2, 3 (100h - 1FFh) 0 = Banco 0, 1 (00h - FFh) El bit IRP en el PIC16C62X se mantiene siempre en 0						R = Bit de lectura W = Bit de escritura U = Bit no implementado se lee como '0' - n = Valor en POR reset	
bit 6-5:	RP1:RP0: Bit selector de banco para direccionamiento directo 11 = Banco 3 (180h - 1FFh) 10 = Banco 2 (100h - 17Fh) 01 = Banco 1 (80h - FFh) 00 = Banco 0 (00h - 7Fh) Cada banco es de 128 bytes. El bit RP1 en el PIC16C62X siempre se mantiene en 0							
bit 4:	TO: Bit Time-out (finalización del temporizador) 1 = Después de el encendido, o la ejecución de CLRWDT ó SLEEP 0 = Cuando el Temporizador Watchdog finaliza la temporización							
bit 3:	PD: Bit de Power-down (bajo consumo de energía) 1 = Después de el encendido o la ejecución de CLRWDT 0 = Por la ejecución de SLEEP							
bit 2:	Z: Bit Zero, Indica si el resultado de una operación aritmética ó lógica es cero							
bit 1:	DC: Digit carry ó dígito de acarreo (en instrucciones ADDWF, ADDLW, SUBWF, SUBLW)							
bit 0:	C: Carry ó bandera de acarreo (en instrucciones ADDWF, ADDLW, SUBWF, SUBLW)							
Nota:	La resta es ejecutada con la suma del complemento 2 del segundo operando. Para las instrucciones de rotación (RLF, RRF) este bit es cargado con el bit más ó menos							

Figura A.7: Registro de estado *STATUS* (dirección 03h ó 83h)

El registro **OPTION** es de lectura/escritura contiene los bits de configuración para el preescalador TMR0/WDT, interrupción externa RB0/INT y pull-ups¹⁴ para el puerto PORTB. Si se quisiera un preescalador de 1:1 para el TMR0, se debe asignar el preescalador al WDT es decir PSA=1, (Figura A.8).

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
bit7				bit0			
bit 7:	RBPU Bit habilitador de Pull-ups para PORTB (1: habilita)						
bit 6:	INTEDG Bit selector del flanco de interrupción en RB0 (1: flanco de subida)						
bit 5:	T0CS : Bit selector de la fuente del reloj TMR0 (1: Transición en RA4, 0: Reloj interno)						
bit 4:	T0SE : Bit selector para el flanco de TMR0 (1: Se incrementa en el flanco de bajada del pin RA4)						
bit 3:	PSA : Bit para la asignación del preescalador (1: WDT, 0: módulo Timer0)						
bit 2-0:	PS2:PS0 : Bits para configurar la razón del preescalador						
	VALOR	RAZÓN TMR0	RAZÓN WDT				
	000	1:2	1:1				
	001	1:4	1:2				
	010	1:8	1:4				
	011	1:16	1:8				
	100	1:32	1:16				
	101	1:64	1:32				
	110	1:128	1:64				
	111	1:256	1:128				

R = Bit de lectura
 W = Bit de escritura
 U = Bit no implementado se lee como '0'
 - n = Valor en POR reset

Figura A.8: Registro de configuración OPTION (dirección 81h)

El registro **INTCON** es de lectura/escritura y contiene los bits de configuración y banderas de todas las fuentes de interrupción (Figura A.9), excepto interrupciones periféricas. Cuando una interrupción sucede

¹⁴ Pull up es una mínima resistencia que se puede activar en las entradas de los PICs

la bandera respectiva se activa, independientemente de la habilitación de la interrupción. Es recomendable aclarar la bandera de interrupción antes de habilitar cualquier interrupción.

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-1
GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
							bit0
bit 7: GIE: Bit habilitador de interrupción global bit 6: PEIE: Bit habilitador de interrupción periférica bit 5: TOIE: Bit habilitador de interrupción por desbordamiento de TMR0 bit 4: INTE: Bit habilitador de la interrupción externa por RB0/INT bit 3: RBIE: Bit habilitador de la interrupción por cambio en PORTB, sólo los puertos RB7, RB4 bit 2: TOIF: Bandera de interrupción de desbordamiento de TMR0 bit 1: INTF: Bandera de interrupción externa por RB0/INT bit 0: RBIF: Bandera de interrupción por cambio en PORTB.							
R = Bit de lectura W = Bit de escritura U = Bit no implementado se lee como '0' -n = Valor en POR reset							

Figura A.9: Registro de interrupción INTCON (dirección 0Bh 08Bh)

A.1.1.6. Puertos de entrada/salida

Dependiendo del tipo de PIC se dispone de dos o más puertos de entrada/salida, cada uno puede funcionar como entrada ó salida. Algunos pines pueden ser conmutados con una función alternativa del integrado como: comparadores, voltaje de referencia en los PIC16C621, ó captura, convertidores A/D, PWM, en los PIC16F874, Los PIC16C621 poseen dos puertos de entrada / salida: PORTA y PORTB mientras que

los PIC16F874 poseen cinco: PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, y PORTE. Todos los puertos se pueden leer y escribir como si fuera un registro más, y se puede configurar la dirección de los datos con su respectivo TRISA, TRISB, TRISC, TRISD Y TRISE. Un '1' configura al pin como entrada y un '0' como salida.

A.1.1.7. Módulo Temporizador

Todos los PICs contienen un módulo temporizador/contador **Timer0**, con las siguientes características:

- ✓ Temporizador/contador de 8 bits
- ✓ Es de escritura/lectura
- ✓ Preescalador programable de 8 bits
- ✓ Selección de reloj interna ó externa
- ✓ Interrupción en desbordamiento de conteo FFh a 00h
- ✓ Selección del flanco para reloj externo

Cuando el registro TMR0 va del valor FFh a 00h se genera una interrupción, siempre en cuando el bit T0IE (OPTION<5>) este en '1'. Este desbordamiento coloca en '1' la bandera de interrupción T0IF

(INTCON<2>), que necesita ser aclarado antes de salir del servicio de interrupción. Esta interrupción no despierta al procesador del modo SLEEP, debido a que la señal de reloj es desactivada por lo tanto el temporizador también.

A.1.2. Características especiales del CPU

Los PIC16X tienen características especiales¹⁵ que intentan maximizar la confianza del sistema, minimizando costos a través de la eliminación de circuitos externos adicionales, ofreciendo un modo de bajo consumo de energía, código de protección y otras como:

- ✓ Opciones de oscilación RC, XT, LP, HS.
- ✓ Condiciones de Reset.
- ✓ Circuitos y Temporizadores al encendido.
- ✓ POR: (Power-on Reset): Reseteo en el encendido.
- ✓ PWRT: (Power-up Timer): temporizador de encendido.
- ✓ OST: (Oscillator Start-up Timer): Oscilador para el temporizador de arranque.

¹⁵ La descripción detallada de cada una de las características especiales del CPU se las encuentra en la bibliografía 5 ó la bibliografía 8, sección Características especiales del CPU.

- ✓ BOR: (Brown-out Reset): Circuito de detección de fallo en la fuente.
- ✓ Interrupciones.
- ✓ WDT: (Watchdog Timer): Circuito de vigilancia.
- ✓ Modo SLEEP.
- ✓ Localidades de identificación del integrado.
- ✓ Programación serial del integrado.

A.1.3. Características propias del microcontrolador PIC16C621

La serie de los PIC16C621 posee un módulo Comparador y un módulo de Voltaje de Referencia que pueden ser muy útiles en aplicaciones como: cargador de baterías, sensores remotos de poco poder, también se pueden realizar aplicaciones personalizadas para detectar niveles de voltaje, generación de pulso, entre otros. A continuación se describen las características del módulo de comparación que es el que se utiliza en el proyecto, información del otro módulo se la puede encontrar en la bibliografía 5.

- ✓ Dos comparadores analógicos independientes.

- ✓ Voltaje de referencia (V_{ref}) programable del módulo.
- ✓ Entradas configurables digitales ó analógicas.
- ✓ Las salidas de los comparadores pueden ser señales de salida del integrado.
- ✓ Interrupción por cambio en la salida de los comparadores aún en el modo SLEEP.

El registro CMCON (dirección 01Fh) controla las entradas y salidas de los comparadores y en que operará el módulo, ver Figura A.10. Existen ocho maneras de configurar el módulo de comparación (Figura A.11) a través del registro CMCON, si el modo del comparador es cambiado, el valor en la salida puede ser incorrecto durante $10\mu s$ después del cambio. Es conveniente de deshabilitar la interrupción por comparación, ya que se podría presentar una falsa interrupción.

R-0	R-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
C2OUT	C1OUT	-	-	CIS	CM2	CM1	CM0
b:17				b:0			
Bit 7: C2OUT: Salida 2 del Comparador 1 = $C2 V_{IN+} > C2 V_{IN-}$ 0 = $C2 V_{IN+} < C2 V_{IN-}$				Bit 3: CIS: Conmutador de la Entrada del Comparador Cuando CM <2:0> = 001: 1 = $C1 V_{IN-}$ conectado a RA3 0 = $C1 V_{IN-}$ conectado a RA0			
Bit 6: C1OUT: Salida 1 del Comparador 1 = $C1 V_{IN+} > C1 V_{IN-}$ 0 = $C1 V_{IN+} < C1 V_{IN-}$				Cuando CM <2:0> = 010: 1 = $C1 V_{IN-}$ conectado a RA3, $C2 V_{IN-}$ conectado a RA2 0 = $C1 V_{IN-}$ conectado a RA0, $C2 V_{IN-}$ conectado a RA1			
Bit 5-4: No implementado: Se lee como '0'				Bit 2-0: CM<2:0>: Modo Comparador			

R = Bit de lectura
 W = Bit de escritura
 U = Bit no implementado
 Se lee como '0'
 -n = Valor en POR

Figura A.10: Registro de configuración CMCON del módulo comparador

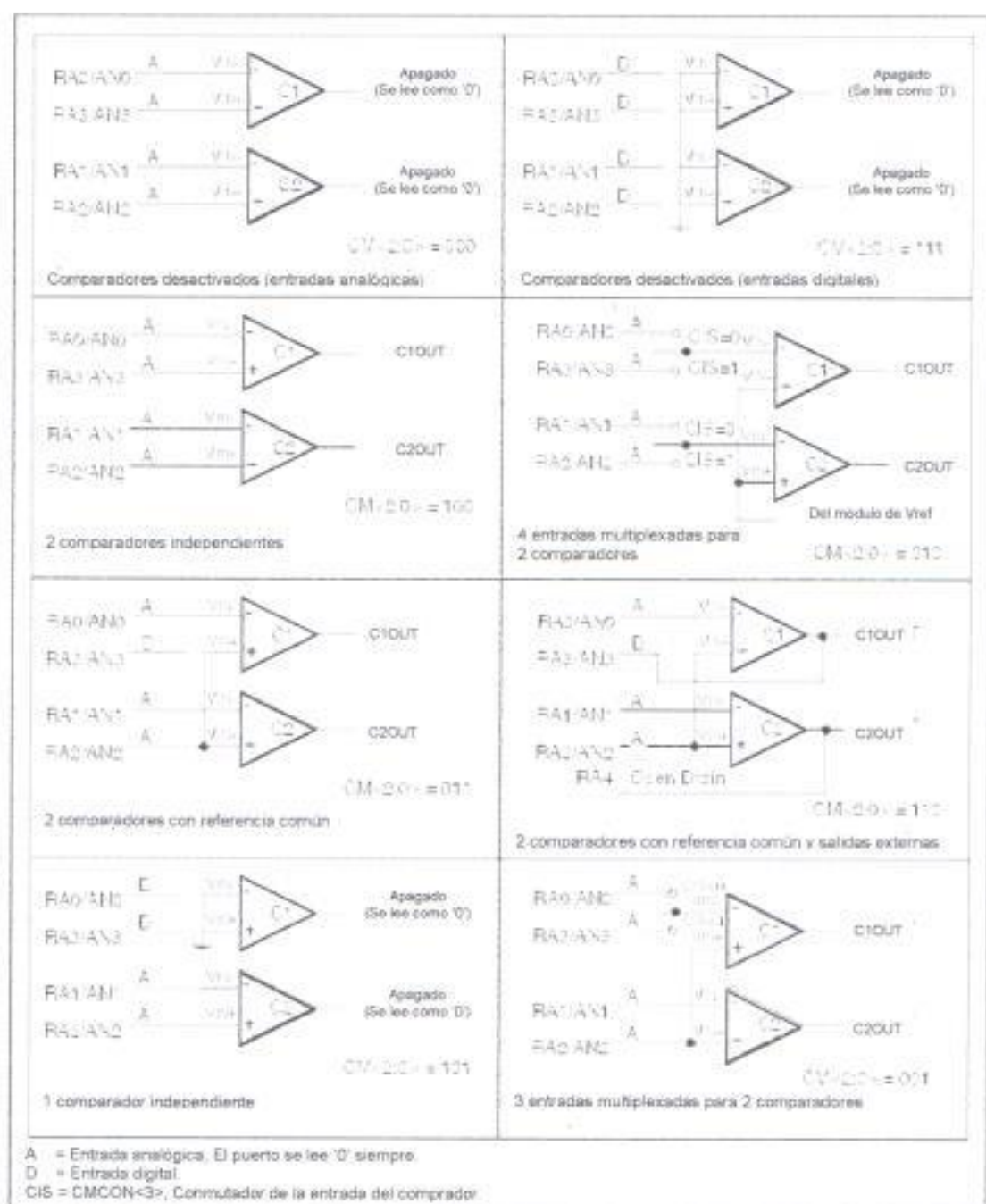


Figura A.11: Configuraciones en el módulo de comparación

Si se requiere utilizar PORTA como entradas digitales, se puede deshabilitar las entradas de los comparadores con $CM\langle 2:0 \rangle = 111$.

A.1.4. Características propias del microcontrolador PIC16F874

Aquí explicaremos ciertas propiedades básicas de los PIC16F874, si se desea más información se la puede encontrar en la bibliografía 9.

La serie PIC16F8X pueden ser muy útiles en aplicaciones en donde se requiera usar convertidores analógicos digital, memoria para almacenar información. Además que poseen las siguientes características:

- ✓ Memoria Flash de programa de 8x14 palabras.
- ✓ Memoria de datos de 368x8 bytes.
- ✓ Memoria de datos EEPROM de 256x8 bytes.
- ✓ 14 fuentes de interrupción internas/externas.
- ✓ Temporizador/Contador Timer1 de 16 bits con preescalador, puede ser incrementado en modo SLEEP por un reloj externo.
- ✓ Temporizador/Contador Timer2 de 8 bits con preescalador y postescalador.
- ✓ Módulos de Comparación, Captura, y PWM.
- ✓ Comparador de 16 bits y resolución máxima de 200ns
- ✓ Capturador de 16 bits y resolución máxima de 12.5ns
- ✓ PWM con resolución máxima de 16 bits

- ✓ Convertidor analógico/digital de 10 bits multicanal.
- ✓ Puerto Serial Sincrónico (SSP) con modo maestro (SPI) y modo maestro/esclavo (I2C).
- ✓ Transmisor/Receptor Universal Sincrónico/Asincrónico (USART) con 9 bits de dirección.
- ✓ Puerto paralelo esclavo de 8 bits de ancho y control de escritura, lectura y habilitación externas.

Memoria de datos EEPROM interna

La memoria de datos es de lectura/escritura pero no es directamente direccionable, se la accesa indirectamente con los registros de funciones especiales: EECON1: registro de control, EECON2: registro de control, EEDATA: registro de datos, EEADR: registro de dirección.

Temporizadores adicionales (TMR1, TMR2)

El temporizador/contador **Timer1** es de 16 bits, tiene selección de fuente de reloj interno ó externo, en desbordamiento de FFFFh a 0000h produce una interrupción y se puede aclarar desde el módulo CCP (Comparación/Captura/PWM). Puede funcionar como temporizador, contador sincrónico, y contador asincrónico. En cambio que

temporizador/contador **Timer2** es de 8 bits y produce una interrupción cuando su valor es igual al de su registro de periodo PR2. Tiene preescalador y postescalador programable (1:1, 1:4, 1:16). El módulo SSP (Puerto Serial Sincrónico) puede utilizar Timer2 para generar el reloj para desplazamiento de los bits.

Módulos de Comparación, Captura, y PWM

El módulo CCP (Comparación/Captura /PWM) posee las siguientes características:

- ✓ Comparador de 16 bits y resolución máxima de 200ns
- ✓ Capturador de 16 bits y resolución máxima de 12.5ns
- ✓ PWM con resolución máxima de 16 bits
- ✓ Interrupción por captura ó comparación.

Módulo Convertidor analógico/digital de 10 bits

El módulo de conversión posee ocho entradas analógicas conmutados a un sólo circuito de muestreo y sostenimiento de un convertidor. Posee una resolución de 10 bits y cuatro registros para su operación, que son:

- ✓ Registro del resultado A/D, parte alta (ADRESH)

- ✓ Registro del resultado A/D, parte baja (ADRESL)
- ✓ Registro0 de control A/D de la operación del convertidor (ADCON0)
- ✓ Registro1 de control A/D para configurar el convertidor (ADCON1)

El registro ADCON0 contiene los bits para configurar el modo de oscilación, el canal de conversión, el habilitador del módulo y un bit de estado de conversión. En cambio que el registro ADCON1 contiene el bit para configurar el formato del resultado y los bits para configurar el puerto de conversión A/D. EL convertidor A/D provoca una interrupción al finalizar la conversión.

A.1.5. Conjunto de instrucciones

Los PICs poseen tres categorías de instrucciones: orientadas a registros, orientadas a bit, y orientadas a literal y control (Figura A.12). Cada instrucción es una palabra de 14 bits, dividida en un OPCODE¹⁶, que especifica la orden a ejecutarse y uno o más operandos sobre los cuales opera. Son un total de 35 instrucciones las cuales tardan un ciclo de reloj, con excepción de los saltos de programa que toman dos ciclos.

¹⁶ OPCODE: código de operación en una instrucción

Tabla A.1: Conjunto de Instrucciones de los PIC16X¹⁷

INSTRUCCIÓN		OPERACIÓN	ESTADO AFECTADO
Instrucciones orientadas a byte			
ADDWF	f,d	Sumar W y f	C, DC, Z
ANDWF	f,d	AND entre W y f	Z
CLRF	f	Aclarar f	Z
CLRW	-	Aclarar W	Z
COMF	f,d	Complementar f	Z
DECf	f,d	Decrementar f	Z
DECFSZ	f,d	Decrementar f saltar si es '0'	
INCF	f,d	Incrementar f	Z
INCFSZ	f,d	Incrementar f y saltar si es '0'	
IORWF	f,d	OR entre W y f	Z
MOVF	f,d	Mover f	Z
MOVWF	f	Mover W a f	
NOP	-		
RLF	f,d	Rotar a la izquierda a través del carry	C
RRF	f,d	Rotar a la derecha a través del carry	C
SUBWF	f,d	Restar W de f	C, DC, Z
SWAPF	f,d	Intercambiar nibbles de f	Z
XORWF	f,d	OR exclusiva entre W y f	
Instrucciones orientadas a bit			
BCF	f,b	Aclarar el bit b de f	
BSF	f,b	Activar el bit b de f	
BTFSC	f,b	Probar bit b de f y saltar si es '0'	
BTFSS	f,b	Probar bit b de f y saltar si es '1'	
Instrucciones orientadas a literal ó control			
ADDLW	k	Sumar literal k a W	C, DC, Z
ANDLW	k	AND entre k y W	Z
CALL	k	Llamar la rutina k	
CLRWDI	-	Aclarar WDI	TO, PD
GOTO	k	Saltar a la dirección k	
IORLW	k	OR entre k y W	Z
MOVLW	k	Cargar a W el literal de k	
RETFIE	-	Retornar de la interrupción	
RETLW	k	Retornar y cargar a W con k	
RETURN	-	Retornar de una subrutina	
SLEEP	-	Ir al modo de bajo consumo	TO, PD
SUBLW	k	Restarle k a W	C, DC, Z
XORLW	k	OR exclusiva entre k y W	Z

¹⁷ La descripción de cada instrucción se la encuentra en la bibliografía 5 ó bibliografía 8

A.1.6. Especificaciones eléctricas

En la Tabla A.2 se indican las situaciones máximas que puede llegar el integrado a ciertos parámetros externos. Más información sobre las especificaciones eléctricas se encuentra en la Bibliografía 5 para los PIC16C621 y en la Bibliografía 9 para los PIC16F874.

Tabla A.2: Valores Máximos para los PIC16C621 Y PIC16F874

PARÁMETRO	PIC16C621	PIC16F874
Temperatura Ambiente	-40° a +125°C	-55° a +125°C
Temperatura de almacenamiento	-65° a +150°C	-65° a +150°C
Voltaje el cualquier pin con respecto a V_{SS} (excepto V_{DD} y MCLR)	-0.6 a V_{DD} +0.6V	-0.3 a V_{DD} +0.3V
Voltaje en V_{DD} con respecto a V_{SS}	0 a +7.5V	-0.3 a +7.5V
Voltaje en MCLR con respecto a V_{SS}	0 a +14V	0 a +14V
Disipación de energía total	1.0W	1.0W
Máxima corriente de salida del pin V_{SS}	300mA	300mA
Máxima corriente de entrada en V_{DD}	250mA	250mA
Máxima corriente de salida de fuga por cualquier pin E/S	25 mA	25 mA
Máxima corriente de salida como fuente por cualquier pin E/S	25 mA	25 mA
Máxima corriente de fuga por cualquier pin E/S	200 mA	200 mA
Máxima corriente de como fuente por cualquier pin E/S	200 mA	200 mA

A.2.MEMORIAS SERIALES EEPROM 93LC46A/B

Las memorias seriales EEPROM que se utilizan en el proyecto son del modelo Microchip 93LC46A [10] con comunicación serial de datos, 1K de capacidad con 8 bits cada dirección, protección de datos, y siete instrucciones para su operación.

A.2.1. Arquitectura del integrado

La arquitectura de las memorias 93LC46A contiene los elementos que se muestran en la Figura A.13. La palabra de entrada en *DI* es dividida en dirección y dato. La dirección es enviada al bloque *Contador de Dirección* y el dato al *Registro de Datos*, la dirección procesada por el contador es decodificada por el bloque *Decode Dirección*, el mismo que entrega la localidad de memoria en el *Arreglo de Memoria* para ubicar ó extraer el dato. Si es una operación de lectura que se está realizando, la palabra es transmitida por *DO*.

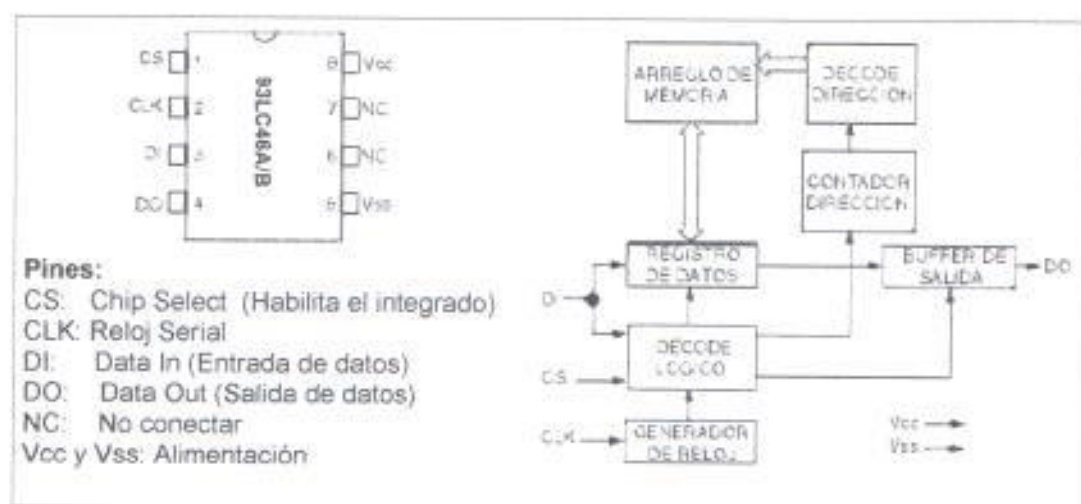


Figura A.13: Diagrama de pines y diagrama de bloques de la arquitectura de la EEPROM 93LC46A

Descripción de los pines:

Habilitador del Chip (CS): un nivel alto selecciona el integrado. Un ciclo de programación que ya está en progreso debe ser terminado, sin importar la señal CS. La señal CS debe ser puesta en bajo por lo menos 250ns entre instrucciones consecutivas.

Reloj serial (CLK): es usada para sincronizar el dispositivo que controla la memoria. Puede ser interrumpida en cualquier momento de la secuencia de transmisión. Los bits de comandos, direcciones, y datos deben activarse en el flanco positivo de CLK.

Entrada de dato (DI): es usado para recibir el bit de START, el opcode, dirección, y los bits de datos sincrónicamente con el reloj de entrada (CLK).

Salida de dato (DO): es utilizada en el modo READ, para enviar datos sincrónicamente con la señal de entrada CLK, además provee el estado $\overline{\text{RDY/BSY}}$ durante las operaciones WRITE y ERASE. Para leer este estado en DO, la señal CS tiene que ponerse en alto después de estar en bajo por lo menos $T_{\text{CSL}} = 250\text{ns}$ (tiempo en bajo mínimo de selección del chip). Si $\text{DO}=0$ indica que la programación esta todavía en progreso ($\overline{\text{BSY}}$), y si $\text{DO}=1$ indica que el dispositivo está listo (RDY).

Descripción funcional

Toda instrucción se inicia con un *bit de START* que es detectado por el dispositivo si CS y DI están en alto en el flanco positivo del reloj del primer pulso. Si la señal de START no es detectada, pueden existir cambios en CS, CLK y DI que no realizará operación alguna.

Durante el encendido, todos los modos de programación son inhibidos hasta que V_{CC} alcance un nivel superior a 2.2V. Durante el apagado, el circuito de *protección de datos* inhibe todo modo de programación

cuando V_{CC} decae bajo los 2.2V y condiciones nominales. Además el comando de habilitación EWEN y deshabilitación EWDS para las operaciones ERASE/WRITE dan una protección adicional contra programaciones accidentales durante una operación normal.

A.2.2. Conjunto de Instrucciones

Las memorias 93LC46A poseen un conjunto de siete instrucciones para su manejo (Tabla A.3), cada una formada con un opcode más la dirección de la memoria en donde se opera.

Tabla A.3: Conjunto de instrucciones para el 93LC46A

Instruc	Start	Opcode	Dirección							Dato de entrada	Dato de salida	Ciclos de reloj
ERASE	1	11	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	----	RDY/ \overline{BSY}	10
ERAL	1	00	1	0	X	X	X	X	X	----	RDY/ \overline{BSY}	10
EWDS	1	00	0	0	X	X	X	X	X	----	HIGH-Z	10
EWEN	1	00	1	1	X	X	X	X	X	----	HIGH-Z	10
READ	1	10	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	----	D7..D0	18
WRITE	1	01	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	D7..D0	RDY/ \overline{BSY}	18
WRAL	1	00	0	1	X	X	X	X	X	D7..D0	RDY/ \overline{BSY}	18

Se describirán las instrucciones EWDS, EWEN, READ, WRITE que son las que se utilizan en el proyecto para el manejo de la memoria, el resto de instrucciones se las puede ver en la bibliografía 10.

Habilitación y deshabilitación para escritura y borrado

En el encendido, la memoria inicia en el estado EWDS (escritura y borrado deshabilitados). Todos los modos de programación necesitan ser precedidos por una instrucción EWEN (Habilitación de escritura y borrado). Una vez que la instrucción EWEN (Figura A.14) es ejecutada, la programación queda habilitada hasta que se ejecute un EWDS (Figura A.15) ó no exista voltaje de alimentación. Para proteger la memoria de escrituras accidentales, la instrucción EWDS debe ser ejecutada. La ejecución de la instrucción READ es independiente de EWEN ó de EWDS.

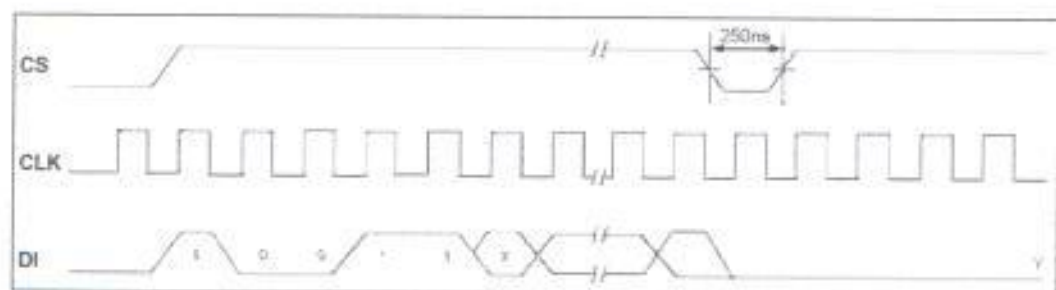


Figura A.14: Diagrama de tiempo de la instrucción EWEN

Escritura de un dato (WRITE)

La instrucción WRITE (Figura A.17) es seguida de 8 bits de datos, los cuales serán escritos en una dirección de memoria específica. Después de que el último bit de dato es puesto en el pin DI, el flanco de bajada de CS inicia el auto-borrado y la programación de la instrucción.

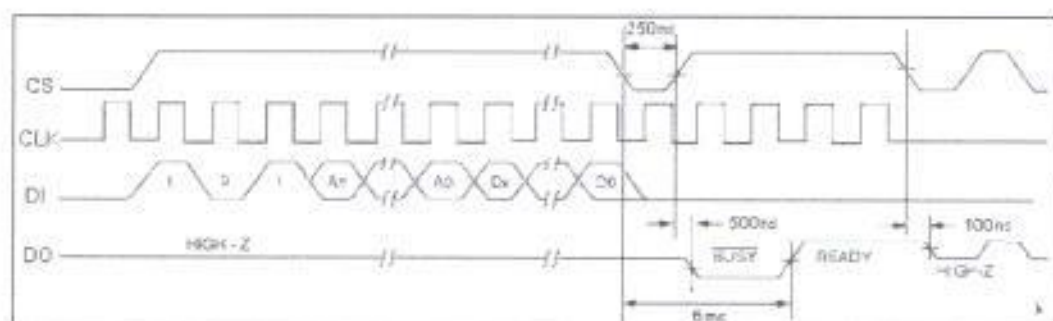


Figura A.17: Diagrama de tiempo de la instrucción WRITE

A.2.3. Especificaciones eléctricas

La Tabla A.4 muestra los valores eléctricos máximos que no deberán sobrepasarse, ya que podría causar daños permanentes en el integrado, así como exponer el integrado a estos valores máximos por largos periodos de tiempo podría afectar la confiabilidad del integrado [10].

Tabla A.4: Valores eléctricos máximos para las memorias 93LC46A

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO
Vcc	7.0V
Todas las entradas y salidas	-0.6V a Vcc + 1.0V
Temperatura de almacenamiento	-65°C a +150°C
Temperatura ambiente con el chip alimentado	-65°C a +125°C
Temperatura de soldado (10 segundos)	+300°C
Protección en todos los pines	4kV

A.3.MÓDULO CON PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO LTN211

Para visualizar los datos en el cargador de baterías se utilizará el dispositivo LTN211 de la PHILLIPS [7], que es un módulo con electrónica suficiente para hacer despliegues de datos de una manera muy eficiente y práctica en una pantalla de cristal líquido.

A.3.1. Arquitectura del módulo

La arquitectura general de este módulo consta básicamente de una pantalla de cristal líquido, un generador de caracteres, un reloj, un driver para el manejo de la pantalla, y un generador de voltaje (Figura A. 18).

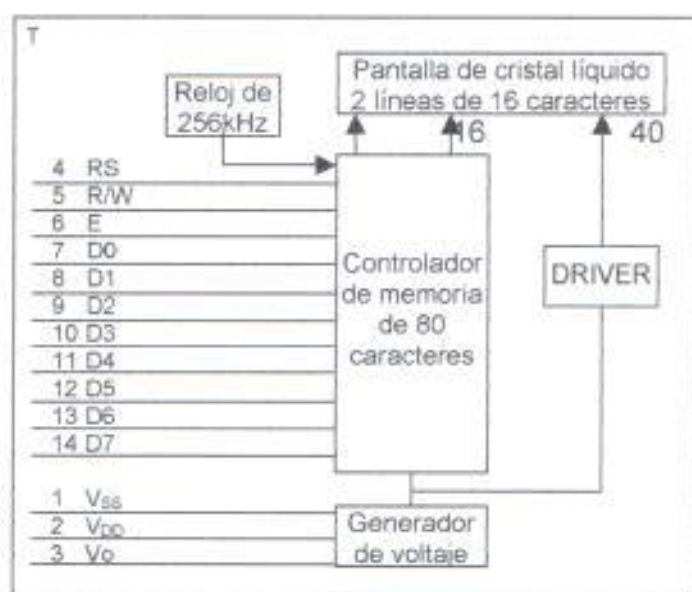


Figura A.18: Diagrama de bloques de la arquitectura del LTN211

La **pantalla de cristal líquido** contiene 1280 celdas elementales de cristal líquido, distribuidas en 32 caracteres que forman dos líneas de 16 caracteres cada una. Cada carácter es una matriz de 5x7 puntos, además del cursor de cinco puntos.

El bloque de **memoria RAM** está destinado a almacenar información de los mensajes, estos pueden estar en: la *área visible* si están desde la posición 00H hasta la posición 0FH para la primera línea ó desde la 40H hasta la 4FH para la segunda línea; ó en el *área invisible* si están en la posición 10H hasta la 1FH en la primera línea ó desde la 50H hasta la 5FH en la segunda línea.

El bloque de **memoria ROM** está grabado con datos correspondientes a los puntos necesarios que se deben encender para formar los caracteres alfanuméricos y símbolos (código ASCII). Esta memoria cumple el papel de generador de caracteres.

El **driver** maneja las celdas de cristal líquido y **el controlador** está encargado de sincronizar las operaciones de lectura de las señales del dispositivo externo que controla la pantalla, además se encarga de la administración de las memorias. Una **señal reloj** de 256kHz genera los pulsos de sincronismo del sistema.

A.3.2. Conjunto de Instrucciones

El manejo del módulo se lo realiza a través de un puerto paralelo que puede ser de 4 bits ó de 8 bits y con 3 bits de control (E, WR, y RS). Para programar al módulo para que ejecute cierta instrucción se debe *programar el número de bits para el bus de datos (8 bits es por defecto)*, y luego *programar el modo de operación de la pantalla* que se indica en la Tabla A.5.

Tabla A.5: Conjunto de instrucciones del módulo LTN211.

Dato Instrucciones	Control		Señal de Control		DATO / DIRECCION					
	RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Borrar pantalla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cursor a casa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*
Seleccionar modo	0	0	0	0	0	0	0	1	ID	S
Encender/Apagar pantalla	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
Desplazar Cursor/Pantalla	0	0	0	0	0	1	SC	RL	*	*
Activar función	0	0	0	0	1	DL	1	0	*	*
CG RAM	0	0	0	1	Dirección generador RAM					
DD RAM	0	0	1	Direcciones de datos RAM						
Bandera de ocupado	0	1	BF	AC						
Escribir CG RAM/DD RAM	1	0	Escritura de Dato							
Lectura CG RAM/DD RAM	1	1	Lectura de Dato							
Abreviaturas:										
ID =	1: Incrementa				0: Decrementa					
S =	1: Desplaza el mensaje en la pantalla				0: Mensaje fijo en la pantalla					
D =	1: Encender la pantalla				0: Apagar la pantalla					
C =	1: Activar cursor				0: Desactivar cursor					
B =	1: Parpadea carácter señalado por cursor				0: No parpadea carácter señalado por cursor					
SC =	1: Desplaza pantalla				0: Mueve cursor					
RL =	1: Desplaza a la izquierda				0: Desplaza a la derecha					
DL =	1: Dato de 8 bits				0: Dato de 4 bits					
BF =	1: Durante operación interna del módulo				0: Finalizada la operación interna					

En la Figura A.19 se muestra los diagramas de tiempo para escribir una palabra de control (izquierda) y de una de datos (derecha) en el módulo LTN211. En el eje Y están localizadas las señales del control y bus de datos, (todas en el mismo eje) y en el eje X se encuentra el tiempo.

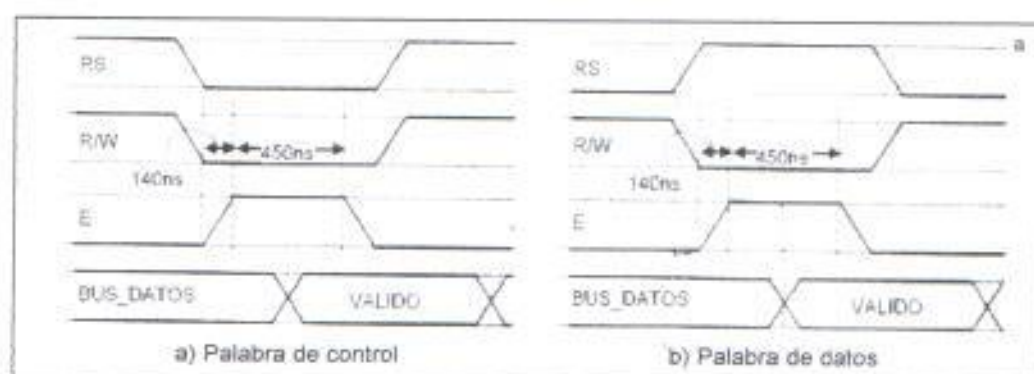


Figura A.19: Diagramas de tiempo para escritura de una palabra de control y una palabra de datos

El procedimiento a continuación para borrar pantalla es necesario seguirlo ó un equivalente para escribir cualquier palabra de control, pero empleando el código de la instrucción requerida (Tabla A.5) y después de haber programado el número de bits del bus de datos.

- I. Colocar RS en bajo porque se trata de una palabra de control
- II. Colocar R/W en bajo porque se trata de un ciclo de escritura
- III. Colocar E en alto para preparar la habilitación de escritura.
- IV. Colocar el dato binario de borrar pantalla (00000001) en el bus y mantenerlo hasta cuando se habilite para escribir.
- V. Colocar E en bajo. Este paso es el que finalmente borra la pantalla.

Es necesario que en cada instrucción se incluya un retardo de tiempo apropiado, para que el módulo procese el mandato.

A.3.3. Especificaciones eléctricas

La alimentación de $+5V \pm 0.25V$ es altamente importante para el buen funcionamiento del módulo. Un valor de la fuente de alimentación fuera del indicado ó una conexión incorrecta puede causar daños irreparables en el módulo. El consumo promedio es de 7.5mW equivalente a 1.5mA, y el tiempo de encendido y de apagado típico a 25°C de 110ms

Los terminales de conexiones pueden tener diferentes presentaciones en los diferentes módulos, en el LTN211 y en algunos otros son una línea de 14 pines cada uno con una función que se indican en la Tabla A.6.

Tabla A.6: Terminales de conexión del módulo LTN211

TERMINAL	SÍMBOLO	NOMBRE Y FUNCIÓN
1	V _{SS}	Tierra, 0V
2	V _{CC}	Alimentación +5V
3	V ₀	Ajuste de voltaje (contraste)
4	RS	Selección de Control/Dato
5	R/W	Lectura/Escritura en LCD
6	E	Habilitador
7	D0	Dato 2 ⁰
8	D1	Dato 2 ¹
9	D2	Dato 2 ²
10	D3	Dato 2 ³
11	D4	Dato 2 ⁴
12	D5	Dato 2 ⁵
13	D6	Dato 2 ⁶
14	D7	Dato 2 ⁷

A.4.CONVERTIDOR ANALÓGICO/DIGITAL SERIAL MCP3201

El MCP3201 es un convertidor de analógico a digital con 12 bits de resolución y transmisión serial del valor digital, sus aplicaciones son muy variadas, desde simples medidores de parámetros analógicos hasta sistemas de adquisición de datos o en procesos de control.

A.4.1. Arquitectura y Operación del convertidor

Este convertidor emplea la arquitectura convencional SAR en donde un muestreo es adquirido con un capacitor de muestreo y sostenimiento para 1.5 ciclos de reloj, comenzados en el primer flanco de subida del reloj serial después que CS fue puesto en bajo. Seguido del tiempo de muestreo el switch de entrada del convertidor se abre y el dispositivo usa la carga colectada en el capacitor de muestreo y sostenimiento para producir el código de salida digital de 12 bits.

Físicamente posee ocho pines (izquierda de la Figura A.20) cada uno de ellos con una función diferente. La obtención del valor digital es por medio de aproximaciones sucesivas con un circuito de muestreo y sostenimiento (derecha de la Figura A.20) de las entradas IN-, IN+. El

dispositivo provee una simple entrada pseudo – diferencial, es capaz de realizar los muestreos a 100ksps con un reloj de 1.6MHz, y utiliza comunicación serial de datos a través de la salida *Dout*.

La entrada $\overline{CS}/SHDN$ es utilizada para iniciar la conversión con un bajo, cuando esta termina deberá retornar a un alto. Si no se va a utilizar la entrada negativa *IN-* se la debe conectar a *Vss* ya que la entrada al convertidor es diferencial.

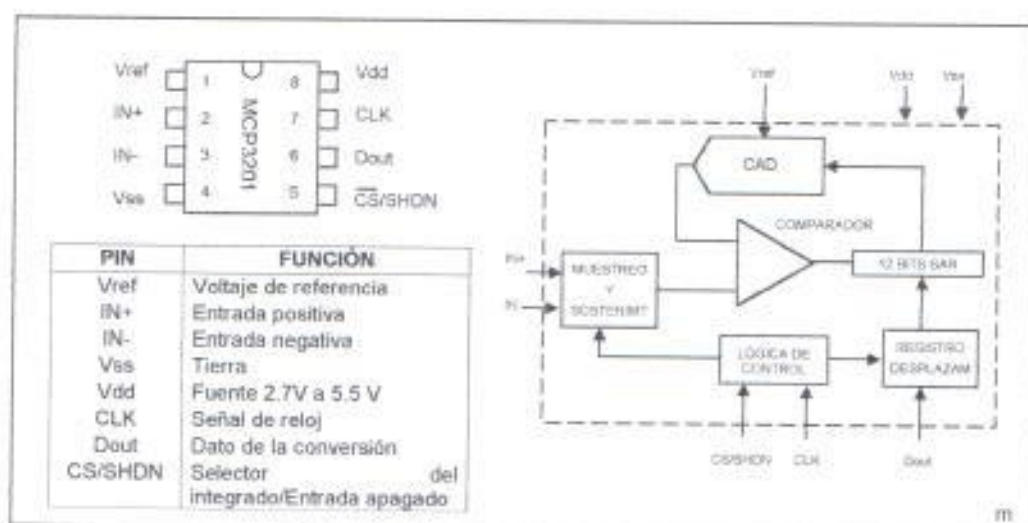


Figura A.20: Diagrama de pines y diagrama de bloques de la arquitectura del CAD

Este dispositivo posee un canal de conversión A/D, si se requiere un mayor número de canales existen los MCP3202, MCP3204, y MCP3208 con 2, 4, y 8 canales de conversión A/D.

A.4.2. Comunicación serial

El convertidor utiliza una interface serial de tres hilos (CLK, D_{OUT}, referencia ó tierra). La comunicación se inicia colocando CS en bajo, si el dispositivo se inició con este pin en bajo deberá producirse un pulso alto para iniciar la comunicación. Después de esto el dispositivo comienza a hacer un muestreo la entrada analógica en el primer flanco de subida del reloj CLK y termina en el flanco de bajada del segundo pulso de reloj, en este instante genera un *bit nulo*. Los siguientes 12 pulsos de reloj son para transmitir el resultado de la conversión comenzando por el bit más significativo (Figura A.21). El dato es puesto en el flanco de bajada del reloj, si CS sigue en bajo el dispositivo transmitirá el resultado de la conversión comenzando desde el bit menos significativo, después de lo cual se debe poner CS en alto para deshabilitar el convertidor.

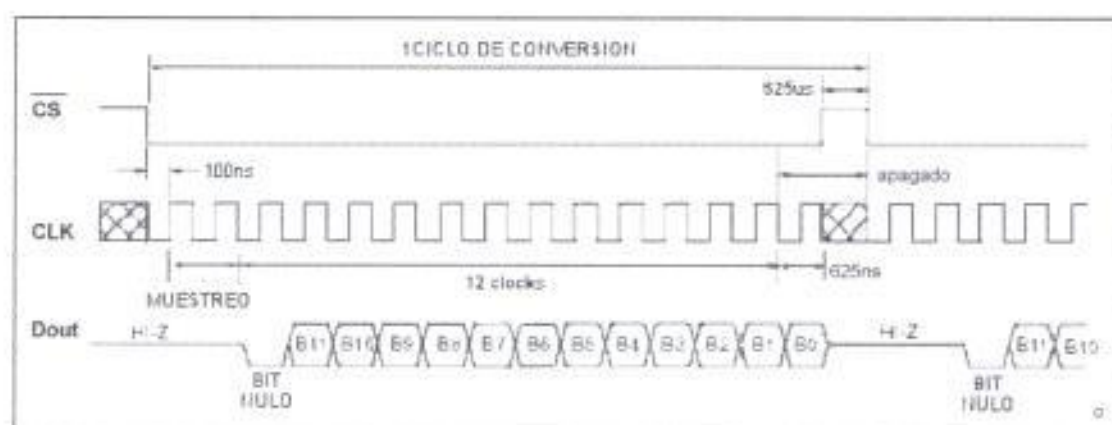


Figura A.21: Comunicación serial del convertidor A/D MCP3201

A.4.3. Especificaciones eléctricas

El convertidor MCP3201 puede operar en los rangos máximos que se muestran en la Tabla A.7, si se sobrepasan estos valores podría causarse daños irreparables en el dispositivo. Otras características eléctricas de este dispositivo se las puede encontrar en la bibliografía 8

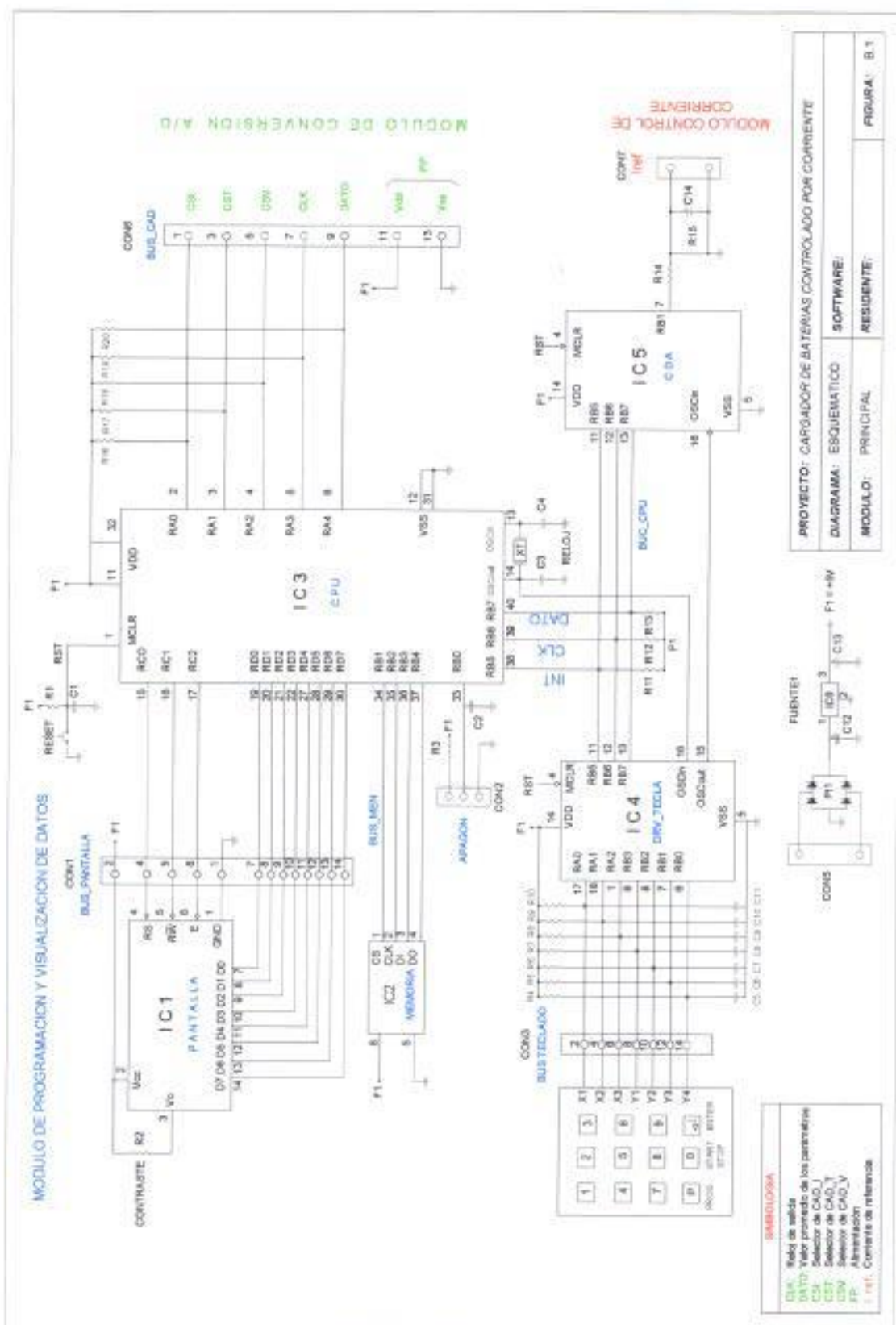
Tabla A.7: Valores eléctricos máximos para el convertidor A/D

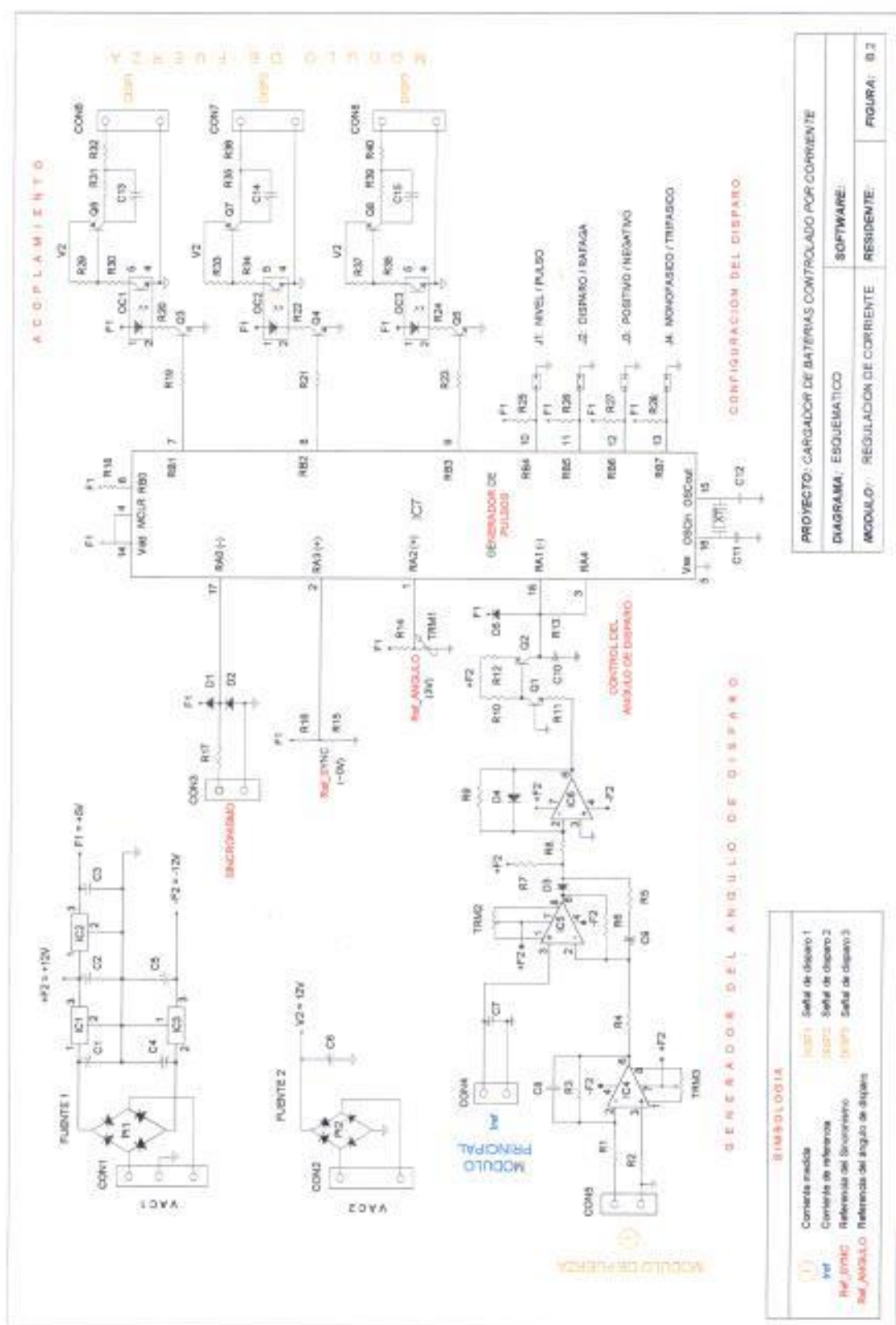
PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO
V_{DD}	7.0V
Todas las entradas y salidas	-0.6V a $V_{DD} + 0.6V$
Temperatura de almacenamiento	-65°C a +150°C
Temperatura ambiente con el chip alimentado	-65°C a +125°C
Temperatura de soldado (10 segundos)	+300°C
Protección en todos los pines	>4kV

ANEXO B

DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DEL DISEÑO DEL CARGADOR DE BATERÍAS

Los diagramas esquemáticos de los cuatro módulos del diseño del cargador de baterías se los muestra en las siguientes figuras, y la lista de elementos con sus respectivos valores utilizados en cada módulo para su posible implementación se encuentran en las tablas adjuntas.





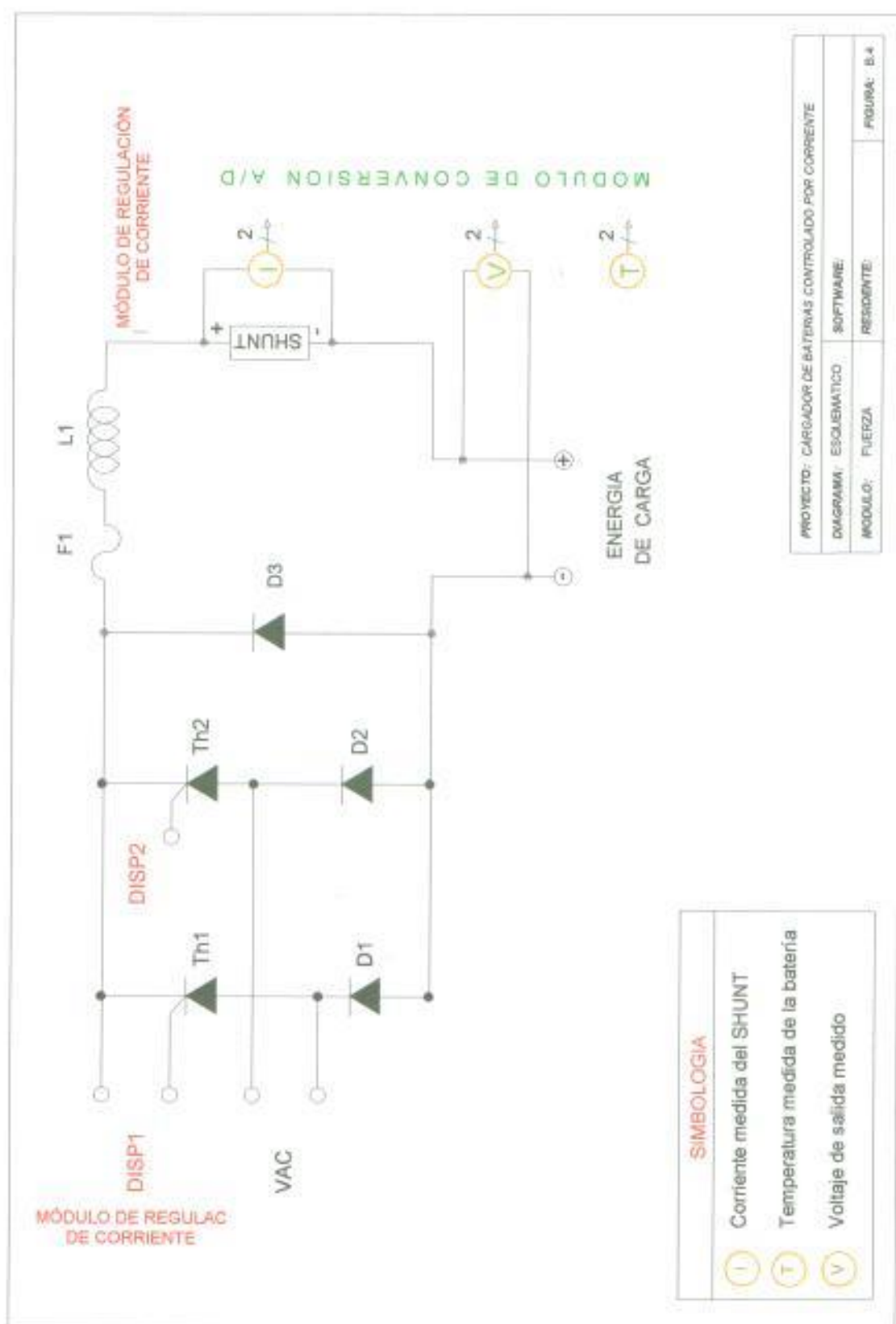


TABLA B.1: LISTA DE ELEMENTOS DEL MÓDULO PRINCIPAL

ELEMENTO	DESCRIPCION	VALOR
IC1	LCD	CRSTAL LIQUIDO LTN211
IC2	MEMORIA	EEPROM SERIAL 93LC46
IC3	CPU	PIC16F874
IC4	DRV_TECLA	PIC16C621
IC5	CDA	PIC16C621
IC6	REGULADOR +5V	7805
CON1	BUS PANTALLA	14 PINES
CON2	APAGON	2 CONTACTOS
CON3	BUS TECLADO	14 PINES
CON5	ALIMENTACION 12VAC	2 CONTACTOS
CON6	BUS CAD	14 PINES
CON7	SEÑAL Iref	2 CONTACTOS
R1	RESISTENCIA	1k, 1/4W
R2	RESISTENCIA	1k, 1/4W
R3	RESISTENCIA	1k, 1/4W
R4	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R5	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R6	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R7	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R8	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R9	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R10	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R11	RESISTENCIA	1k Ω , 1/4W
R12	RESISTENCIA	1k, 1/4W
R13	RESISTENCIA	1K, 1/4W
R14	RESISTENCIA	15k, 1/4W
R15	RESISTENCIA	15k, 1/4W
R16	RESISTENCIA	1k, 1/4W
R17	RESISTENCIA	1k, 1/4W
R18	RESISTENCIA	1k, 1/4W
R19	RESISTENCIA	1k, 1/4W
R20	RESISTENCIA	1k, 1/4W
C1	CAPACITOR NO POLARIZADO	0,1 μ F/16V
C2	CAPACITOR NO POLARIZADO	0,1 μ F/16V
C3	CAPACITOR NO POLARIZADO	22pF/16V
C4	CAPACITOR NO POLARIZADO	22pF/16V
C5	CAPACITOR NO POLARIZADO	0,1 μ F/16V
C6	CAPACITOR NO POLARIZADO	0,1 μ F/16V

TABLA B.1: LISTA DE ELEMENTOS DEL MÓDULO PRINCIPAL

ELEMENTO	DESCRIPCION	VALOR
<i>Continua...</i>		
C7	CAPACITOR NO POLARIZADO	0,1 μ F/16V
C8	CAPACITOR NO POLARIZADO	0,1 μ F/16V
C9	CAPACITOR NO POLARIZADO	0,1 μ F/16V
C10	CAPACITOR NO POLARIZADO	0,1 μ F/16V
C11	CAPACITOR NO POLARIZADO	0,1 μ F/16V
C12	CAPACITOR POLARIZADO	1000 μ F/35V
C13	CAPACITOR POLARIZADO	470 μ F/25V
C14	CAPACITOR POLARIZADO	220 μ F/16V
XT	CRISTAL OSCILADOR	4 Mhz
Pt1	PUENTE RECTIFICADOR	1A
SOC1	SOCALO MEMORIA	8 PINES
SOC2	SOCALO CPU	40 PINES
SOC3	SOCALO DRV_TECLA	18 PINES
SOC4	SOCALO CDA	18 PINES

**TABLA B.2: LISTA DE ELEMENTOS DEL MÓDULO DE REGULACIÓN DE
CORRIENTE**

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	VALOR
IC1	REGULADOR	7812
IC2	REGULADOR	7805
IC3	REGULADOR	7912
IC4	OPAMP AMPLIFICADOR	OP07
IC5	OPAMP INTEGRADOR	OP07
IC6	OPAMP INVERSOR	OP07
IC7	MICROCONTROLADOR	PIC16C621
CON1	ALIMENTACION	3 CONTACTOS
CON2	ALIMENTACION	2 CONTACTOS
CON3	SEÑAL SINCRONISMO	2 CONTACTOS
CON4	SEÑAL I _{ref}	2 CONTACTOS
CON5	SEÑAL CORRIENTE	2 CONTACTOS
CON6	SALIDA DISP1	2 CONTACTOS
CON7	SALIDA DISP2	2 CONTACTOS
CON8	SALIDA DISP3	2 CONTACTOS
R1	RESISTENCIA	100 ohm, 1/4W
R2	RESISTENCIA	470 ohm, 1/4W
R3	RESISTENCIA	4.7k, 1/4W
R4	RESISTENCIA	47k, 1/4W
R5	RESISTENCIA	1M, 1/4W
R6	RESISTENCIA	22k, 1/4W
R7	RESISTENCIA	10k, 1/4W
R8	RESISTENCIA	22k, 1/4W
R9	RESISTENCIA	22k, 1/4W
R10	RESISTENCIA	4.7k, 1/4W
R11	RESISTENCIA	5.6k, 1/4W
R12	RESISTENCIA	4.7k, 1/4W
R13	RESISTENCIA	100 ohm, 1/4W
R14	RESISTENCIA	1.8k, 1/4W
R15	RESISTENCIA	100 ohm, 1/4W
R16	RESISTENCIA	10k, 1/4W
R17	RESISTENCIA	10 ohm, 1/4W
R18	RESISTENCIA	1k, 1/4W
R19	RESISTENCIA	4.7k, 1/4W
R20	RESISTENCIA	330 ohm, 1/4W
R21	RESISTENCIA	4.7k, 1/4W

**TABLA B.2: LISTA DE ELEMENTOS DEL MÓDULO DE REGULACIÓN DE
CORRIENTE**

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	VALOR
<i>Continua...</i>		
R22	RESISTENCIA	330 ohm, 1/4W
R23	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R24	RESISTENCIA	330ohm, 1/4W
R25	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R26	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R27	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R28	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R29	RESISTENCIA	10k, 1/4W
R30	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R31	RESISTENCIA	50 ohm, 1/2W
R32	RESISTENCIA	10 ohm, 1/2W
R33	RESISTENCIA	10k, 1/4W
R34	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R35	RESISTENCIA	50 ohm, 1/2W
R36	RESISTENCIA	10 ohm, 1/2W
R37	RESISTENCIA	10k, 1/4W
R38	RESISTENCIA	4,7k, 1/4W
R39	RESISTENCIA	50 ohm, 1/2W
R40	RESISTENCIA	10 ohm, 1/2W
C1	CAPACITOR POLARIZADO	1000 μ f / 35V
C2	CAPACITOR POLARIZADO	470 μ f / 25V
C3	CAPACITOR POLARIZADO	100 μ f / 16V
C4	CAPACITOR POLARIZADO	1000 μ f / 35V
C5	CAPACITOR POLARIZADO	470 μ f / 25V
C6	CAPACITOR NO POLARIZADO	1000 μ f / 35V
C7	CAPACITOR POLARIZADO	10 μ f / 25V
C8	CAPACITOR NO POLARIZADO	22pf / 16 V
C9	CAPACITOR NO POLARIZADO	47 μ f / 16V
C10	CAPACITOR NO POLARIZADO	10 μ f / 16V
C11	CAPACITOR NO POLARIZADO	22pf / 16 V
C12	CAPACITOR POLARIZADO	22pf / 16 V
C13	CAPACITOR POLARIZADO	2,2 μ f / 200V
C14	CAPACITOR POLARIZADO	2,2 μ f / 200V
C15	CAPACITOR POLARIZADO	2,2 μ f / 200V

**TABLA B.2: LISTA DE ELEMENTOS DEL MÓDULO DE REGULACIÓN DE
CORRIENTE**

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	VALOR
<i>Continua...</i>		
D1	DIODO	4148
D2	DIODO	4148
D3	DIODO	4148
D4	DIODO	4148
D5	DIODO	4148
Q1	TRANSISTOR NPN	3904
Q2	TRANSISTOR NPN	3906
Q3	TRANSISTOR PNP	3904
Q4	TRANSISTOR NPN	3904
Q5	TRANSISTOR PNP	3904
Q6	TRANSISTOR NPN	3906
Q7	TRANSISTOR PNP	3906
Q8	TRANSISTOR NPN	3906
OC1	OPTOCUPLA	4N25
OC2	OPTOCUPLA	4N25
OC3	OPTOCUPLA	4N25
XT	CRISTAL OSCILADOR	4 Mhz
Pl1	PUENTE RECTIFICADOR	1.5A/200V
Pl2	PUENTE RECTIFICADOR	1.5A/200V
TRM1	REOSTATO DE PRESICION	10K
TRM2	REOSTATO DE PRESICION	20K
TRM3	REOSTATO DE PRESICION	20K
SOC1	SÓCALO IC4	8 PINES
SOC2	SÓCALO IC5	8 PINES
SOC3	SÓCALO IC6	8 PINES
SOC4	SÓCALO IC7	18 PINES
SOC5	SÓCALO OC1	6 PINES
SOC6	SÓCALO OC2	6 PINES
SOC7	SÓCALO OC3	6 PINES

**TABLA B.3: LISTA DE ELEMENTOS DEL MÓDULO DE CONVERSIÓN
ANALÓGICO/DIGITAL**

ELEMENTO	DESCRIPCION	VALOR
IC1	REGULADOR +12V	7812
IC2	REGULADOR +5V	7805
IC3	REGULADOR -12V	7912
IC4	REGULADOR +5V	7805
IC5	REGULADOR +5V	7805
IC6	OPAMP	OP07
IC7	CONVERTIDOR A/D	MCP3201
IC8	CONVERTIDOR A/D	MCP3201
IC9	CONVERTIDOR A/D	MCP3201
IC10	PROMEDIO	PIC16C621
CON1	ALIMENTACION VAC1	2 CONTACTOS
CON2	ALIMENTACION VAC2	3 CONTACTOS
CON3	ALIMENTACION VAC3	2 CONTACTOS
CON4	SEÑAL DE CORRIENTE	2 CONTACTOS
CON5	SEÑAL DE TEMPERATURA	2 CONTACTOS
CON6	SEÑAL DE VOLTAJE	2 CONTACTOS
CON7	BUS CAD	2 CONTACTOS
R1	RESISTENCIA	4,7k Ω , 1/4W
R2	RESISTENCIA	100 Ω , 1/4W
R3	RESISTENCIA	470 Ω , 1/4w
R4	RESISTENCIA	100 Ω , 1/4w
R5	RESISTENCIA	4,7k Ω , 1/4w
R6	RESISTENCIA	4,7k Ω , 1/4w
R7	RESISTENCIA	560 Ω , 1/4W
R8	RESISTENCIA	560 Ω , 1/4W
R9	RESISTENCIA	120 Ω , 1/4W
R10	RESISTENCIA	4,7k Ω , 1/4W
R11	RESISTENCIA	4,7k Ω , 1/4w
R12	RESISTENCIA	560 Ω , 1/4w
R13	RESISTENCIA	4,7k Ω , 1/4w
R14	RESISTENCIA	4,7k Ω , 1/4w
R15	RESISTENCIA	560 Ω , 1/4W
R16	RESISTENCIA	560 Ω , 1/4W
R17	RESISTENCIA	120 Ω , 1/4W
R18	RESISTENCIA	4,7k Ω , 1/4W

**TABLA B.3: LISTA DE ELEMENTOS DEL MÓDULO DE CONVERSION
ANALÓGICO/DIGITAL**

ELEMENTO	DESCRIPCION	VALOR
<i>Continua...</i>		
R19	RESISTENCIA	4.7k Ω , 1/4w
R20	RESISTENCIA	10k Ω , 1/4w
R21	RESISTENCIA	4.7k Ω , 1/4w
R22	RESISTENCIA	4.7k Ω , 1/4W
R23	RESISTENCIA	560 Ω , 1/4W
R24	RESISTENCIA	560 Ω , 1/4W
R25	RESISTENCIA	120 Ω , 1/4W
R26	RESISTENCIA	4.7k Ω , 1/4W
R27	RESISTENCIA	120 Ω , 1/4W
R28	RESISTENCIA	4.7k Ω , 1/4W
R29	RESISTENCIA	120 Ω , 1/4W
R30	RESISTENCIA	4.7k Ω , 1/4W
R31	RESISTENCIA	120 Ω , 1/4W
R32	RESISTENCIA	4.7k Ω , 1/4W
R33	RESISTENCIA	120 Ω , 1/4W
R34	RESISTENCIA	4.7k Ω , 1/4W
R35	RESISTENCIA	560 Ω , 1/4W
TRM1	REOSTATO DE PRECISIÓN	20K Ω
TRM2	REOSTATO DE PRECISIÓN	10K Ω
TRM3	REOSTATO DE PRECISIÓN	10K Ω
TRM4	REOSTATO DE PRECISIÓN	10K Ω
C1	CAPACITOR NO POLARIZADO	1000 μ F/25V
C2	CAPACITOR NO POLARIZADO	470 μ F/16V
C3	CAPACITOR NO POLARIZADO	100 μ F/16V
C4	CAPACITOR NO POLARIZADO	470 μ F/16V
C5	CAPACITOR POLARIZADO	100 μ F/16V
C6	CAPACITOR POLARIZADO	470 μ F/16V
C7	CAPACITOR POLARIZADO	100 μ F/16V
C8	CAPACITOR POLARIZADO	470 μ F/16V
C9	CAPACITOR POLARIZADO	100 μ F/16V
C10	CAPACITOR NO POLARIZADO	22pF/16V
C11	CAPACITOR NO POLARIZADO	22pF/16V
C12	CAPACITOR POLARIZADO	22pF/16V
C13	CAPACITOR POLARIZADO	22pF/16V

**TABLA B.3: LISTA DE ELEMENTOS DEL MÓDULO DE CONVERSION
ANALÓGICO/DIGITAL**

ELEMENTO	DESCRIPCION	VALOR
<i>Continua...</i>		
D1	DIODO	4148
D2	DIODO	4148
OC4	OPTOCUPLA	4N25
OC5	OPTOCUPLA	4N25
OC6	OPTOCUPLA	4N25
OC7	OPTOCUPLA	4N25
OC8	OPTOCUPLA	4N25
OC9	OPTOCUPLA	4N25
Q1	TRANSISTOR NPN	3904
Q2	TRANSISTOR NPN	3904
Q3	TRANSISTOR NPN	3904
Q4	TRANSISTOR NPN	3904
Q5	TRANSISTOR NPN	3904
Q5	TRANSISTOR NPN	3904
Q6	TRANSISTOR NPN	3904
Q7	TRANSISTOR NPN	3904
Pt1	PUENTE RECTIFICADOR	1AMP
Pt2	PUENTE RECTIFICADOR	1AMP
Pt3	PUENTE RECTIFICADOR	1AMP
SOC1	SÓCALO IC6	8 PINES
SOC2	SÓCALO IC7	8 PINES
SOC3	SÓCALO IC8	8 PINES
SOC4	SÓCALO IC9	8 PINES
SOC5	SÓCALO OC1	6 PINES
SOC6	SÓCALO OC2	6 PINES
SOC7	SÓCALO OC3	6 PINES
SOC8	SÓCALO OC4	6 PINES
SOC9	SÓCALO OC5	6 PINES
SOC10	SÓCALO OC6	6 PINES
SOC11	SÓCALO OC7	6 PINES
SOC12	SÓCALO OC8	6 PINES
SOC13	SÓCALO OC9	6 PINES
SOC14	SÓCALO IC10	18 PINES

TABLA B.4: LISTA DE ELEMENTOS DEL MÓDULO DE FUERZA

ELEMENTO	DESCRIPCION	VALOR
Th1	TIRISTOR DE POTENCIA (PUENTE RECTIFICADOR)	40 A
Th2	TIRISTOR DE POTENCIA (PUENTE RECTIFICADOR)	40 A
D1	DIODO DE POTENCIA (PUENTE RECTIFICADOR)	40 A
D2	DIODO DE POTENCIA (PUENTE RECTIFICADOR)	40 A
D3	DIODO DE POTENCIA (PROTECCION)	40 A
L1 SHUNT	INDUCTANCIA DE ALISAMIENTO PARA MEDIR CORRIENTE	40 A 40 A a 100 mV

TABLA B.5: LISTA DE ELEMENTOS PARA LA ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA

ELEMENTO	DESCRIPCION	VALOR
T1	TRANSFORMADOR DE PODER (PUENTE RECTIFICADOR)	220VAC a 400VAC, 40 A
T2	TRASFORMADOR PARA ELECTRÓNICA	220VAC a 3 salidas de 10VAC y 2 salidas de 12VAC con tap central, 500mA
T3	TRANSFORMADOR PARA SEÑAL DE SINCRONISMO	220VAC a 10VAC, 500mA
F1	FUSIBLE DE PODER PARA SALIDA DEL EQUIPO	40 A
F2	FUSIBLE DE PROTECCIÓN PARA LA ELECTRÓNICA	40 A
DISIPADOR	DISIPADOR PARA EL PUENTE RECTIFICADOR DE PODER	

ANEXO C

DIAGRAMAS DE POSICIONES Y CIRCUITOS IMPRESOS

En este anexo se ofrecen los circuitos impresos de los cuatro módulos del cargador de baterías y los diagramas de posiciones de cada uno de ellos para la implementación del diseño del cargador de baterías.

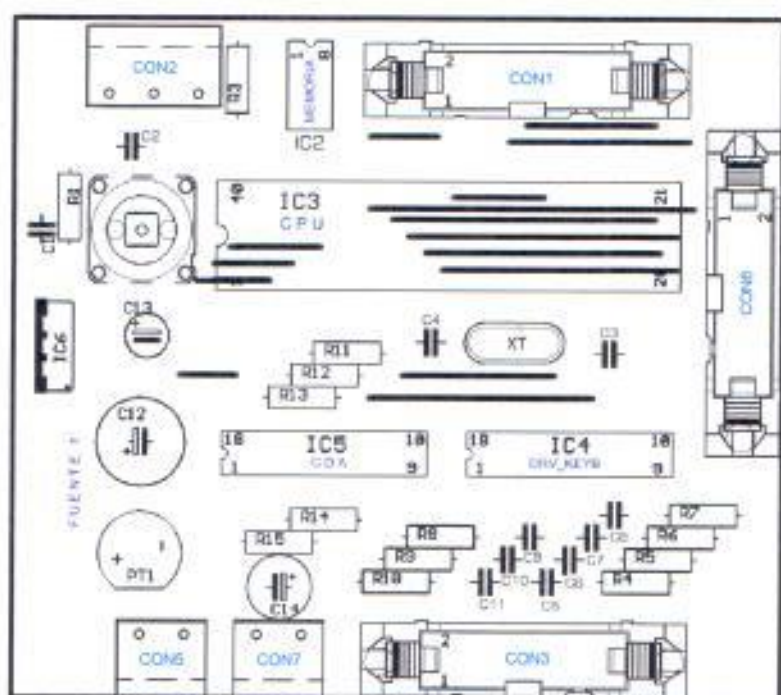


Figura C.1: Diagrama de posición de elementos del Módulo Principal

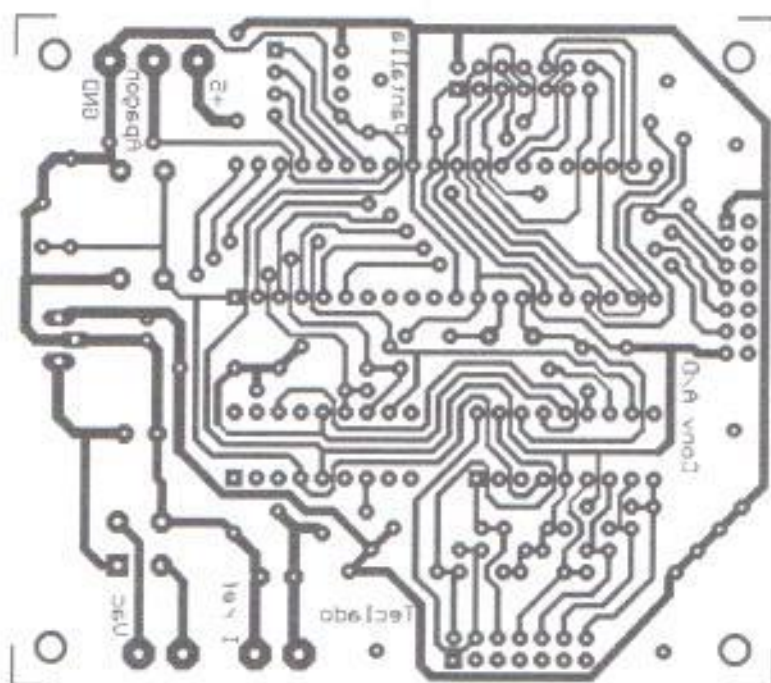


Figura C.2: Diagrama del circuito impreso del Módulo Principal

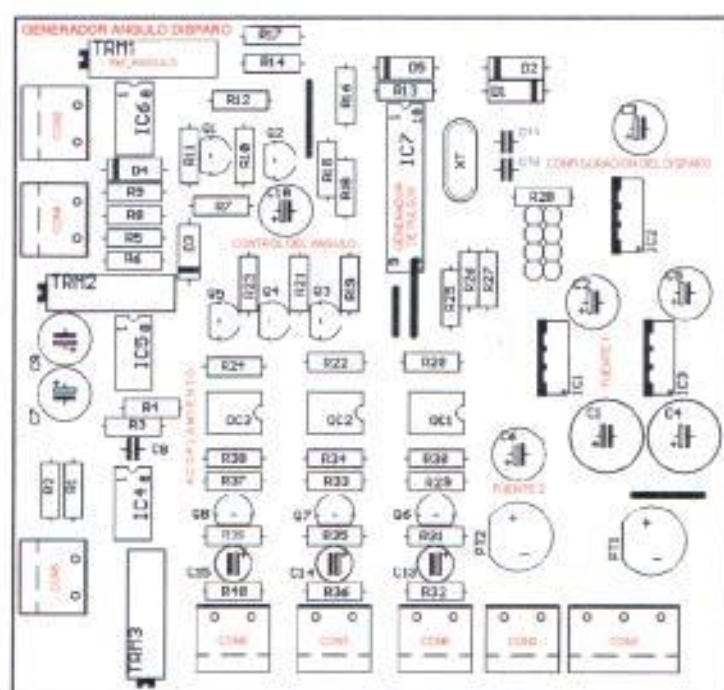


Figura C.3: Diagrama de posición de elementos del Módulo de Regulación de Corriente

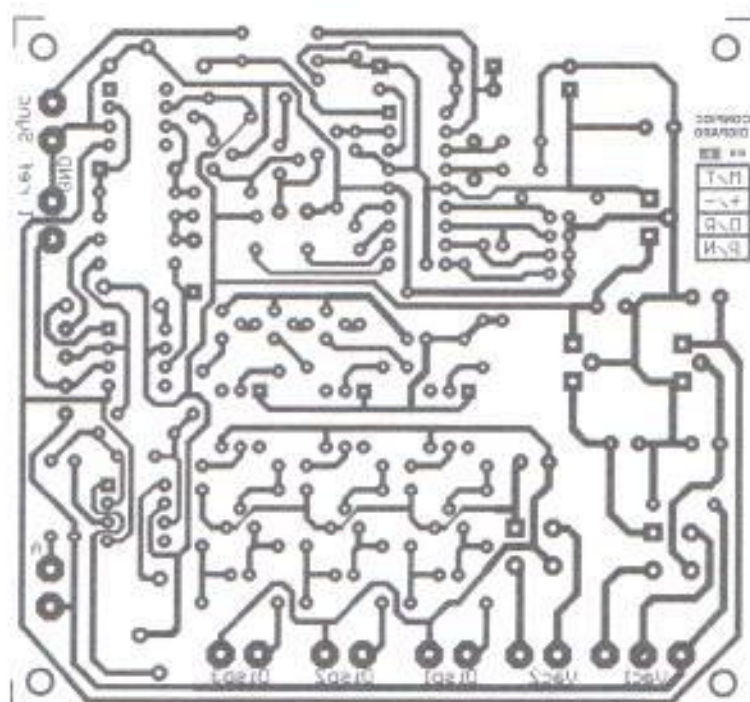


Figura C.4: Diagrama del circuito impreso del Módulo de Regulación de Corriente

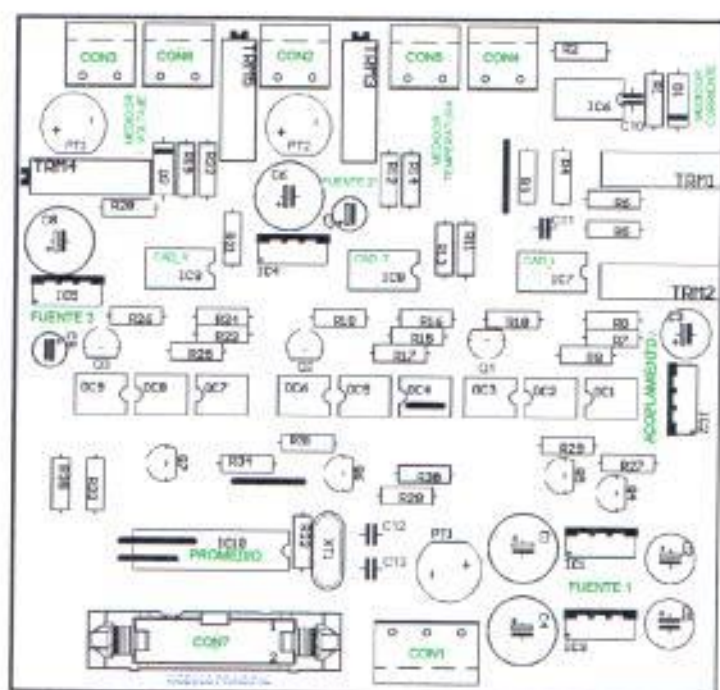


Figura C.5: Diagrama de posición de elementos del Módulo de Conversión A/D

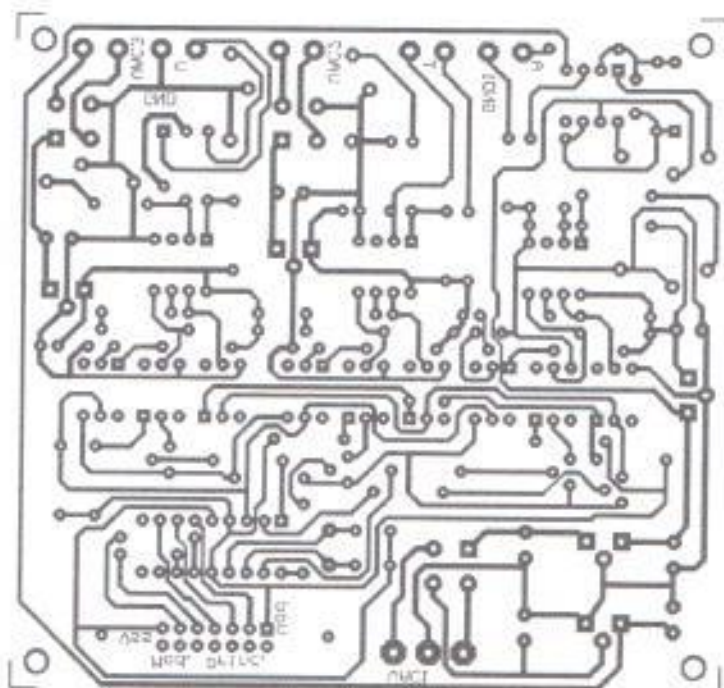


Figura C.6: Diagrama del circuito impreso del Módulo de Conversión A/D

ANEXO D

CÓDIGO FUENTE PARA LA GENERACIÓN DE PULSOS

El código fuente del programa para generar los pulsos de disparo, en el Módulo de Regulación de Corriente que se lo implementó para realizar las pruebas de regulación del capítulo 6, se los proporciona en un diskette adjunto a este documento de tesis.

El microcontrolador del Generador de Pulsos es el PIC16C621, para su programación se utilizó el compilador MPLAB 5.3.1 para Windows de la Corporación Microchip, el mismo que se lo puede obtener gratis en el sitio de Internet de esta corporación [17]

GLOSARIO

TÉRMINO	SIGNIFICADO
ACLARAR	Desactivar o poner en un nivel lógico bajo un bit de un registro.
A/D	Analógico a Digital.
ALGORITMO	Conjunto de pasos secuenciales para controlar un proceso.
ALU	(Arithmetic Logic Unit): Unidad Aritmética Lógica, unidad que se encarga de realizar las operaciones matemáticas en un sistema.
BANDERA	Señal (bit de un registro) que indica el estado de un sistema ó elemento.
BIT	Parte mínima de Información (1 ó 0 lógicos).
BCD	(Binary Code Dígiti), es un dígito codificado en binario.
CAD	Convertidor analógico /digital.
CDA	Convertidor digital / analógico.
CMOS	(Circuit Metal Oxide Semiconductor): Circuito semiconductor de óxido de metal.
CPU	(Central Process Unit): Unidad Central de Proceso, es el cerebro en un sistema de control.

TÉRMINO	SIGNIFICADO
D/A	Digital a Analógico.
DISPLAY	Dispositivo para visualizar datos.
DRIVER	Dispositivo controlador de un elemento externo a un sistema.
EPROM	(Erasable Programmable ROM): Memorias ROM programables y borrables.
EEPROM	(Electrically Erasable Programmable ROM): Memorias ROM programables y borrables eléctricamente.
FIRMWARE	Sistemas que integran hardware y software.
HIGH-Z	Alta impedancia, colocar un pin de un circuito integrado como entrada.
INSTRUCCIONES ORTOGONALES	Propiedad de la arquitectura de los PICs: cualquier instrucción ó elemento de la arquitectura puede utilizarse como fuente o destino. lo que hace posible ejecutar cualquier operación sobre cualquier registro usando cualquier modo de direccionamiento, teniendo así una programación más eficiente y sencilla.
LSB	(Least Significant Bit): Bit Menos Significativo.

TÉRMINO	SIGNIFICADO
LCD	(Liquid Crystal Display): Pantalla de Cristal Líquido.
MICROCONTROLADOR	Computador programable para cumplir una función determinada, similar a un microprocesador con la ventaja que posee RAM interna, temporizadores, comunicación serial, entre otros..
MICROPROCESADOR	Conjunto de circuitos lógicos interconectados, capaces de realizar una secuencia de operaciones aritméticas y lógicas controladas
MSB	(Most Significant Bit): Bit Más Significativo.
OPCODE	Código de operación de una instrucción.
PIC	(Peripheral Interface Controller): Controlador de Interface para periféricos.
PIN	Físicamente, una pata de un integrado.
POWER ON RESET	Propiedad del microcontrolador, Reset al encendido.
POP	Operación para colocar un elemento en una estructura de datos tipo pila.
PLC:	(Programmable Logic Circuit): Circuito Lógico Programable

TÉRMINO	SIGNIFICADO
PROM	(Programmable ROM): Memorias ROM programables.
PULL-UP	Resistencia mínima que se puede activar en la entrada de los PICs.
PUSH	Operación para sacar un elemento en una estructura de datos tipo pila.
PWM	(Pulse Width Modulation): Modulación por Ancho de Pulso.
RAM	(Random Access Memory): Memoria de Acceso Aleatorio.
REOSTATO	Resistencia variable de precisión.
RESET	Señal que reinicia un sistema.
RESETEAR	Reiniciar un sistema o para los registros o bits es aclarar su estado lógico (ubicarlos en cero).
RISC	(Reduced Instruction Set Computer): Computadores con un repertorio de instrucciones muy reducido, las instrucciones son muy simples y suelen ejecutarse en un ciclo máquina.
ROM	(Read Only Memory): Memoria de Sólo Lectura.

TÉRMINO

SIGNIFICADO

SCHMITT TRIGGER	Nivel de voltaje en las entradas de un dispositivo TTL.
SETEAR	Activar o poner en un nivel lógico alto un bit de un registro.
SEGMENTACION "PIPE-LINE"	Técnica de segmentación que permite al procesador realizar simultáneamente la ejecución de una instrucción y la búsqueda de código de la siguiente instrucción en un solo ciclo de reloj.
SLEEP	Modo de bajo consumo de energía los microcontroladores PIC.
TRANSDUCTOR	Convertidor de un tipo de señal eléctrica a otro Ej: el circuito LM337 es un transductor de temperatura a voltaje.
TTL	(Transistor Transistor Logic): Lógica Transistor Transistor, tecnología basada en multi transistores.
TIRISTOR:	Diodo con conducción controlada.
V_{SS} Y V_{DD}	Alimentación de 0VDC y +5VDC respectivamente en un integrado CMOS.
WATCHDOG TIMER	WDT: Temporizador del Circuito de Vigilancia.

BIBLIOGRAFIA

1. Manual de mecánica industrial, parte III: Autómatas y Robótica
Editorial: CULTURAL, S.A. (Madrid - España)
2. Sistemas automáticos de control
Richard C. Dorf – Editorial: Fondo Educativo Interamericano
3. Electrónica de regulación y control
Hansruedi Buhler – Colección Ciencia Electrónica
4. Control electrónico de los motores de corriente continua
R. Chauprade – Colección Ciencia Electrónica
5. PIC 16/17 Microcontroller Data Book 1995 – 1996
Microchip Technology Incorporated
6. Embedded Control Handbook, 1994 – 1995
Microchip Technology Incorporated
Pantalla de cristal líquido:
7. Electrónica & Computadores, AÑO II N° 5
Publicaciones CEKIT
Convertidor A/D de 12 bits MCP3201:
8. microchip.com/Download/lit/pline/analog/anicateg/adc/devices/mcp3201/21290b.pdf
Microcontrolador PIC16F874:
9. <http://www.microchip.com/Download/appnote/category/16f87x/10073b.pdf>.

Memorias EEPROM 93LC46A:

10. <http://www.microchip.com/Download/lit/pline/memory/memdevice/micro/devices/93lc46a/21173e.pdf>

Microcontroladores PIC:

11. <http://www.terra.es/personal/fremiro/arquitectura.htm>
12. <http://www.superpic.com/Microcontroladores.asp>

Referencias de Cargadores de Baterías:

13. <http://www.firing-circuits.com/e/9000.htm>
14. http://www.dynapower.com/Products/Power_Systems/BFM_Multi_Circuit.htm
15. <http://www.primax.ca/English/P40format.html>
16. http://www.optys.com/op_ibc1500.htm
17. <http://www.microchip.com>