



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO ELECTRÓNICO PARA PREDECIR EL CONSUMO FUTURO
DE UNA CARGA Y CON ELLA CALCULAR EROGACIÓN
ECONÓMICA DADA LA CARGA,**

Ronald Douglas Hernández Salvatierra

Asesorado por el Ing. MsEE. PhD. Enrique Edmundo Ruiz Carballo

Guatemala, febrero de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO ELECTRÓNICO PARA PREDECIR EL CONSUMO FUTURO
DE UNA CARGA Y CON ELLA CALCULAR EROGACIÓN
ECONÓMICA DADA LA CARGA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR:

**RONALD DOUGLAS HERNÁNDEZ SALVATIERRA
ASESORADO POR EL ING. MSEE. PhD. ENRIQUE EDMUNDO
RUÍZ CARBALLO**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Romeo Neftali López Orozco
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Veliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO ELECTRÓNICO PARA PREDECIR EL CONSUMO FUTURO DE UNA CARGA Y CON ELLA CALCULAR EROGACIÓN ECONÓMICA DADA LA CARGA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 11 de abril de 2008.

Ronald Douglas Hernández Salvatierra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 28 de enero de 2009.

Ing. Julio Cesar Solares Peñate
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Coordinador:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación **“Diseño Electrónico para Predecir el Consumo Futuro de una Carga y con ella Calcular Erogación Económica dada la Carga”**, desarrollado por el estudiante **Ronald Douglas Hernández Salvatierra**; con base a la revisión y corrección de dicho trabajo, considero que ha alcanzado los objetivos propuestos por lo cual el estudiante y mi persona nos hacemos responsables del contenido del mismo.

Sin otro particular, me suscribo ante usted.

Atentamente,


Ing. MsEE. PhD(Cand) Enrique Edmundo Ruiz Carballo
Colegiado 2225



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 28 de enero de 2009.

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC

Señor Director:

Me permito dar aprobación del trabajo de Graduación titulado: **Diseño Electrónico para Predecir el Consumo Futuro de una Carga y con ella Calcular Erogación Económica dada la Carga**, desarrollado por el estudiante; Ronald Douglas Hernández Salvatierra, por considerar que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio Cesar Solares Peñate
Coordinador Área de Electrónica

JCSP/sro



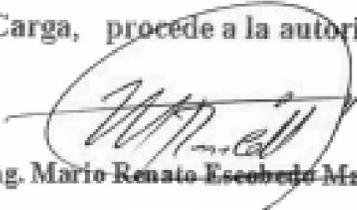
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 06.2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Ronald Douglas Hernández Salvatierra, titulado: Diseño Electrónico para Predecir el Consumo Futuro de una Carga y con ella Calcular Erogación Económica dada la Carga, procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR



GUATEMALA, 05 DE FEBRERO 2,009.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 023.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO ELECTRÓNICO PARA PREDECIR EL CONSUMO FUTURO DE UNA CARGA Y CON ELLA CALCULAR EROGACIÓN ECONÓMICA DADA LA CARGA**, presentado por el estudiante universitario **Ronald Douglas Hernández Salvatierra**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, febrero de 2009



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por haberme permitido culminar este trabajo, dándome la fuerza y el entendimiento necesario.
- Virgen Maria** Por haberme dado fuerzas en los momentos de necesidad, soledad y angustia.
- Mis padres** Francisco Hernández y Candida Salvatierra, quienes me apoyaron, me dieron el aliento a lo largo de mi carrera universitaria y mi vida, siendo un ejemplo
- Mis hermanos** Wellington y Carlos, por su ayuda y ánimos
- Mi tío** Israel Galindo Luch.
- Mis mentores** Ingeniera Ingrid de Loukota, que en su clase de Electrónica cinco aprendí a ver mas allá de los límites, al Ingeniero Enrique Ruiz Carballo, por su tiempo y enseñanzas, Ing. Murphy Paiz, por su amistad.
- Mis amigos** Ing. Juan José Mejía, Ing. Roberto Patzan, Ing. Samuel Ramírez, Ing. Haroldo Tzep Miranda, Ing. Ariel López, Inga. Lili Velásquez, Ing. Donald Velásquez.

ÍNDICE GENERAL.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. ANÁLISIS EURÍSTICO PARA EL RECICLADO DE COMPONENTES	
ELECTRÓNICOS.....	1
1.1 Procedimiento de desmontado de elementos electrónicos.....	3
1.2 Método eurístico para escoger el área de extracción de componentes electrónicos para el diseño.....	6
1.2.1 Principios de la teoría de errores.....	7
1.2.2 Concepto de exactitud.....	9
1.2.3 Error de instrumento.....	11
1.2.4 Error de estadístico.....	12
1.3 Error en la medición de resistencias por medio del multímetro.....	14
1.3.1 Código de colores de las resistencia.....	15
1.4 Resultados a fin de reciclar resistencias, capacitores y diodos.....	17
2. DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO.	21
2.1 Conversor de corriente a tensión.....	22
2.1.1 Principio de funcionamiento de un transformador.....	23
2.1.2 Utilizar un motor de microondas como medidor de corriente...25	

2.1.3 Consideraciones a seguir para evitar interferencia en la medición.....	26
2.1.4 Descripción del circuito medidor de corriente (diagrama esquemático).....	28
2.2.1 Punto de ajuste de entrada.....	31
2.3 Circuito electrónico de entrada.....	33
2.3.1 Descripción detallada del Circuito Electrónico de Entrada.....	34
2.3.2 Área 1.....	36
2.3.3 Área 3 amplificador operacional.....	39
2.3.4 Rectificador.....	43
2.3.5 Fuente de alimentación bipolar.....	45
2.4.1 El microcontrolador.....	48
2.4.2 Razonamiento para un microcontrolador PIC de MICROCHIP.....	52
2.4.3. Utilización de la pantalla LCD.....	54
2.4.4 Conversión analógica digital de corriente y voltaje.....	56
2.4.5 Teclados para el ingreso de información.....	57
2.5 Diseño propuesto final del PIC.....	59

3. PROGRAMA Y MODO DE PROGRAMACIÓN

DEL MICROCONTROLADOR PIC.....	61
3.1 Principios de programación de un microcontrolador PIC.....	62
3.1.1 Microcontroladores PIC16FCXX/FXX de MICROCHIP, cuya familia incluye al 16F877A.....	65
3.1.2 El PIC 16F877.....	68
3.1.3 Principios básicos de configuración del PIC.....	64
3.1.4 Estructura interna del microcontrolador.....	72
3.1.5 Configuración de los puertos del PIC.....	76
3.1.6 Ejemplo de programación de un PIC.....	78

3.1.7 Ejemplo avanzado de programación.....	81
3.2.1 Herramientas para cargar el programa en el PIC.....	87
3.2.2 Cargando el programa en el PIC desde la interfase.....	88
3.3 Código fuente a cargar en el PIC, realizado en MIKROBASIC en su versión libre.....	94
4 CREACIÓN DE LA PLACA DE CIRCUITO IMPRESO.....	103
4.1 Preparación de la placa.....	105
4.1.1 Grabado de la placa.....	107
4.1.2 Retocado del grabado.....	110
4.1.3 Extracción del cobre de la placa.....	111
4.1.4 Perforado de la placa.....	115
4.1.5 Estañado de la placa.....	116
4.1.6 Montaje de componentes.....	113
4.1.7 Placas de doble cara.....	119
4.2 Placa de circuito impreso del diseño.....	122
4.3 Análisis de temperatura y tiempo promedio de vida del diseño.....	129
4.3.1 Resultado de la simulación del circuito.....	131
CONCLUSIONES.....	133
RECOMENDACIONES.....	135
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137
BIBLIOGRAFÍA.....	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Organigrama reciclado de tarjetas electrónicas.....	5
2	Diagrama de bloques de un televisor genérico modelo 2002	6
3	Línea del mejor valor, con sus incertezas.....	8
4	Precisión y exactitud.....	10
5	Código de colores y ejemplo del código de colores.....	16
6	Diagrama de bloques de un televisor genérico modelo 2002.....	17
7	Imágenes (a y b) de un ventilador de microondas, elegido al azar dentro de un lote recién desensamblado para el reciclaje.....	22
8	Diagrama esquemático de un transformador y la relación de tensión y corriente.....	24
9	Diagrama de un transformador con núcleos de hierro.....	24
10	Cable conductor dentro de un núcleo de hierro.....	25
11	Cable enrollado en un núcleo de hierro.....	26
12	Motor de microondas adaptado como amperímetro o medidor de corrientes.....	27
13	Diagrama esquemático de medidor de corriente.....	28
14	Potenciómetro de tres puntos.....	31
15	Divisor de tensión equivalente a un potenciómetro.....	32
16	Circuito esquemático del convertidor amplificador de corriente a tensión.....	33
17	División de bloques del convertidor de corriente a tensión.....	34
18	Diagrama del divisor de tensión del terminal negativo del amplificador operacional.....	36

19	Curva de tensión vrs. Corriente de un diodo.....	38
20	Representación esquemática y terminales de un amplificador operacional.....	40
21	Diagrama de un amplificador operacional inversor.....	41
22	Rectificador de onda completa con carga.....	43
23	Diagrama de la fuente de alimentación.....	45
24	Montaje del microcontrolador a una pantalla LCD.....	52
25	Direcciones internas de la pantalla LCD.....	54
26	Conexión en modo de convertidor análogo a digital de 10 bit.....	56
27	Conexión de teclado con matriz 4X4.....	57
28	Diseño propuesto final del área de microcontrolador.....	59
29	Esquema de procesamiento del microcontrolador.....	62
30	Esquema interno de proceso de un microcontrolador.....	63
31	Imagen de un microcontrolador PIC16F877 de MICROCHIP.....	65
32	Terminales del microcontrolador y sus respectivas funciones.....	66
33	Tipos de carga que soporta un microcontrolador, a) modo sumidero, b) modo fuente.....	68
34.	Tipos de carga que soporta un microcontrolador, a) modo sumidero, b) modo fuente.....	69
35	Conexión del oscilador de cristal en el PIC.....	70
36	Conexión del oscilador RC en el PIC.....	70
37	Sistema de RESET del microcontrolador.....	71
38	Interacción entre memoria y CPU del microcontrolador.....	72
39	Interacción CPU, memoria de instrucciones y memoria RAM.....	72
40	Direccionamiento del microcontrolador.....	74
41	División de memoria del microcontrolador.....	75
42	Programa de configuración de puertos del PIC	78
43	Identificación de tipo de PIC, en la programación.....	79

44	Esquema del mapa de memoria en el PIC.....	79
45	Configuración de puertos.....	80
46	Finalización del programa.....	81
47	Programa avanzado, para ejemplo.....	82
48	Fracción de programación a fin de titilar un diodo LED.....	83
49	Fracción de retardo, equivalente a un WAIT.....	84
50	Forma de carga de registros en el PIC.....	85
51	Pila incremental o decremental en la programación del PIC.....	85
52	Estado de los registros del PIC, luego de un decremento.....	86
53	Finalización del programa.....	86
54	Diagrama para probar el programa de titileo de un diodo LED a velocidad constante.....	87
55	Entorno de DOS de MICROSOFT.....	88
56	Configuración del programa MPASM para programación de microcontroladores de MICROCHIP.....	89
57	Reporte de informe de compilación del programa MPASM.....	90
58	Componentes de una grabadora de PIC.....	91
59	Ventana de carga del programa MPASM.....	91
60	Ventana en modo de carga de programa de PIC.....	92
61	Check Box, que indica que el PIC no se encuentra vacío.....	92
62	Proceso de carga del programa de PC al microcontrolador.....	93
63	Terminación final de una placa impresa.....	103
64	Papel utilizado para la transferencia del toner a la placa de cobre.....	104
65	Secuencia de imágenes para el corte de la placa de cobre.....	105
66	Secuencia de imágenes del proceso de limpieza de la placa de cobre.....	109
67	Secuencia de imágenes del proceso de transferencia de tonner, desde el papel a la placa de cobre.....	105
68	Secuencia de imágenes del proceso de retoque de la placa de cobre..	111

69	Secuencia imágenes de la mezcla de los químicos para la extracción del cobre no deseado, para dejar únicamente las pistas.....	113
70	Secuencia de imágenes de la acción de los químicos para la extracción del cobre no deseado, para dejar únicamente las pistas.....	114
71	Secuencia del perforado de los agujeros en la placa.....	115
72	Estañado de la placa.....	116
73	Placa previa al montaje de los componentes.....	117
74	Secuencia de imágenes del montaje de los componentes.....	118
75	Placa de doble cara o doble impreso.....	120
76	Secuencia de imágenes de la realización de una placa de doble impreso.....	121
77	Diagrama esquemático de la fuente de alimentación.....	122
78	Placa impresa de una sola cara de la fuente de alimentación.....	123
79	Superficie inferior de la placa a doble lado del convertidor de Corriente a tensión.....	124
80	Superficie superior de la placa a doble lado del convertidor de corriente a tensión.....	125
81	Imagen superpuesta de las dos caras del impreso y relación de componentes.....	125
82	Superficie inferior de la placa de microcontrolador.....	126
83	Superficie superior de la placa de microcontrolador.....	127
84	Imagen superpuesta de las dos caras del impreso y relación de componentes.....	128
85	Programa de simulación electrónica WORK BENCH	129
86	Ventana de configuración global del programa WORK BENCH.....	130

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ΔR	Desviación en el valor de la resistencia.
ΔT	Desviación en el valor de la temperatura.
ΔZ	Errores ilegítimos o espurios
AC	Corriente alterna.
AO	Amplificador operacional.
CMRR	Rechazo de modo común
D	Diodo de silicio o de germanio.
dB	Decibeles.
DC	Corriente Directa.
Ep	Fuerza electromotriz inductora
Es	Fuerza electromotriz inducida
F	Faradios
G	Ganancia sin dimensional.
I	Corriente en amperios.
Ip	Corriente en el primario.
Is	Corriente en el secundario.
KV/h	Kilo vatios sobre hora.
LCD	Pantalla de cristal líquido.
mA	milésimas de amperio
MHZ	Mega ciclos por segundo.
mμ	Micrómetro.
N1	Embobinado primario
N2	Embobinado secundario.
nA	Nano amperios.

NEC	Código eléctrico nacional.
Np	Devanados primario
Ns	Devanados secundario
OP	Amplificador Operacional.
P	Potencia
Q	Quetzales, moneda Guatemalteca
R	Resistencia eléctrica.
rdg	Lectura de instrumento
Rf	Resistencia de retroalimentación
Rin	Resistencia de entrada
Sap	Error de apreciación
Sest	Error estadístico
Sexac	Error de exactitud
Sint	Error de interacción
T	Temperatura.
To	Temperatura de referencia
V	Voltaje
Vo	Voltaje de salida
Vout	Voltaje de salida.
μA	Micro amperios.
Ω	Ohmios.

GLOSARIO

- Amplificador operacional** El amplificador operacional es un dispositivo lineal de propósito general el cual tiene capacidad de manejo de señal desde $f=0$ Hz hasta una frecuencia definida por el fabricante; tiene además límites de señal que van desde el orden de los nV , hasta unas docenas de voltio (especificación también definida por el fabricante). Los amplificadores operacionales se caracterizan por su entrada diferencial y una ganancia muy alta, generalmente mayor que 10^5 equivalentes a $100dB$.
- Basura electrónica** La chatarra electrónica o basura tecnológica es un conjunto de residuos provenientes de computadoras, teléfonos celulares, televisores y electrodomésticos en general, que han sido consumidos o descartados. Su tratamiento inadecuado ocasiona graves consecuencias para el medio ambiente y para los que se dedican a ello en condiciones precarias.
- Capacitor** Es un dispositivo que almacena energía eléctrica, es un componente pasivo. Está formado por un par de superficies conductoras en situación de influencia total (esto es, que

todas las líneas de campo eléctrico que parten de una van a parar a la otra), generalmente en forma de tablas, esferas o láminas, separados por un material dieléctrico (siendo este utilizado en un condensador para disminuir el campo eléctrico, ya que actúa como aislante) o por el vacío, que, sometidos a una diferencia de potencial, adquieren una determinada carga eléctrica, positiva en una de las placas y negativa en la otra (siendo nula la carga total almacenada).

Circuito

Los circuitos electrónicos constan de componentes electrónicos interconectados. Estos componentes se clasifican en dos categorías: activos o pasivos. Entre los pasivos se incluyen las resistencias, los condensadores y las bobinas. Los considerados activos incluyen las baterías (o pilas), los generadores, los tubos de vacío y los transistores.

Converso Análogo Digital

Un conversor (o convertidor) analógico-digital (CAD), (ADC) es un dispositivo electrónico capaz de convertir un voltaje determinado en un valor binario, en otras palabras, este se encarga de transformar señales análogas a digitales.

CPU

La unidad central de procesamiento, CPU (por sus siglas del inglés Central Processing Unit), o, simplemente, el procesador, es el componente en una computadora que interpreta las instrucciones y procesa los datos contenidos en los programas de la computadora.

DIP

DIP, o Dual in-line package por sus siglas en inglés, es una forma de encapsulamiento común en la construcción de circuitos integrados. La forma consiste en un bloque con dos hileras paralelas de pines, la cantidad de éstos depende de cada circuito. Por la posición y espaciado entre pines, los circuitos DIP son especialmente prácticos para construir prototipos en tablillas de protoboard. Concretamente, la separación estándar entre dos pines o terminales es de 0.1" (2.54 mm).

Divisor de Tensión

Un divisor de tensión es una configuración de circuito eléctrico que reparte la tensión de una fuente entre una o más impedancias conectadas en serie.

EEPROM

EEPROM son las siglas de Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM programable y borrrable eléctricamente). En español se la suele denominar "E²PROM" y en inglés "E-Squared-PROM". Es un tipo de memoria ROM que puede ser programado,

borrado y reprogramado eléctricamente, a diferencia de la EPROM que ha de borrarse mediante rayos ultravioleta.

FLASH

La memoria flash es una forma desarrollada de la memoria EEPROM que permite que múltiples posiciones de memoria sean escritas o borradas en una misma operación de programación mediante impulsos eléctricos, frente a las anteriores que sólo permite escribir o borrar una única celda cada vez. Por ello, flash permite funcionar a velocidades muy superiores cuando los sistemas emplean lectura y escritura en diferentes puntos de esta memoria al mismo tiempo.

Guajeros

El término “guaje”, de donde deriva “guajero”, tiene diferentes significados. En otros países el término tiene connotaciones negativas, relacionadas con bobería, inutilidad social, hacerse el tonto para engañar a otros y significados semejantes. En Guatemala, guaje equivale a trasto; también se refiere a una cosa de poco valor. En el basurero, las personas que se dedican a la recuperación de desperdicios y clasificación manual de basura se denominan a sí mismos, “guajeros”. La palabra se refiere a una ocupación y no necesariamente implica un juicio de valor negativo. Guajero es entonces

toda aquella persona, niño, niña, adulto y anciano que vive y trabaja en áreas destinadas a la basura, dedicado a la actividad de buscar y clasificar objetos y materiales que puedan ser reciclados; guaje se refiere al objeto o material mismo. El guajero cumple una función social y ambiental de reciclaje. Sin embargo, es visto por gran parte de la población como una de las más lamentables formas de pobreza. Ante la discriminación de que son objeto por trabajar con la basura, los guajeros han optado por hacer del basurero su mundo. En lo posible, evitan contacto con el exterior, de allí que sea inusual ver guajeros por las calles de la ciudad. Sus condiciones de vida han provocado que adultos, jóvenes, niñas y niños tiendan a retraerse y a evitar el contacto. Su mundo es el basurero y las familias guajeras con quienes comparten una existencia por demás miserable. La falta de afecto y la necesidad del mismo los convierte en personas cuya primera manifestación hacia los extraños es de temor y agresividad.

Hardware

Corresponde a todas las partes físicas y tangibles de una computadora, sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos

Lenguaje Basic

Este lenguaje fue creado con el propósito de enseñar a los estudiantes las técnicas de programación. BASIC es el acrónimo de Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code (Código de instrucción simbólica para todo uso para principiantes).

Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

Microondas

Un horno de microondas es un electrodoméstico usado en la cocina para calentar alimentos que funciona mediante la generación de ondas electromagnéticas en la frecuencia de las microondas, en torno a los 2,5 GHz.

NEC

El Código Eléctrico Nacional es una norma que establece las reglas de observancia mínima para la instalación segura de conductores y equipos eléctricos, conductores y equipos de señalización y comunicaciones, cables y canalizaciones de fibra óptica, en edificios, estructuras, vehículos recreativos, viviendas flotantes, patios de uso comercial, lotes de

terrenos, áreas de estacionamiento, de diversiones y otras áreas de usos similares, instalaciones en edificios usados por el servicio público de electricidad, subestaciones industriales, instalaciones de conductores, y equipos que se conectan a fuentes de suministro de la electricidad, de modo tal que la calidad de las instalaciones eléctricas sea mejorada cada día, ya que “su propósito es el de salvaguardar en forma real la integridad de las personas y propiedades de los peligros que implica el uso de la electricidad”. Las disposiciones de este Código aplican en forma obligatoria a las instalaciones eléctricas nuevas y existentes, incluyendo los sistemas de señalización y de comunicaciones.

Pantalla LCD

Una pantalla de cristal líquido o LCD (acrónimo del inglés Liquid crystal display) es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.

PIC

Los 'PIC' son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica

de General Instruments. El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como Peripheral Interface Controller (Controlador de Interfaz Periférico).

Potenciómetro

Un potenciómetro es un resistor al que le puede variar el valor de su resistencia. De esta manera, indirectamente se puede controlar la intensidad de corriente que hay por una línea si se conecta en serie, o la diferencia de potencial de hacerlo en paralelo.

Puente de Diodos

Conocido como rectificador es un elemento o circuito que permite convertir la corriente alterna en corriente continua. Esto se realiza utilizando diodos rectificadores semiconductores.

Ram

La memoria de acceso aleatorio, (en inglés: Random Access Memory, cuyo acrónimo es RAM), o más conocida como memoria RAM, se compone de uno o más chips y se utiliza como memoria de trabajo para programas y datos. Es un tipo de memoria temporal que pierde sus datos cuando se queda sin energía (por ejemplo, al apagar la computadora), por lo cual es una memoria volátil.

Reciclaje

El reciclaje consiste en la transformación de las formas y presentaciones habituales de los

objetos de cartón, papel, latón, vidrio, algunos plásticos, residuos orgánicos y componentes electrónicos, en materias primas que la industria de manufactura puede utilizar de nuevo.

Rom

ROM son las siglas de read-only memory, que significa "memoria de sólo lectura": una memoria de semiconductor destinada a ser leída y no destructible, es decir, que no se puede escribir sobre ella y que conserva intacta la información almacenada, incluso en el caso de que se interrumpa la corriente (memoria no volátil). La ROM suele almacenar la configuración del sistema o el programa de arranque de la computadora.

Software

El término se refiere al equipamiento lógico o soporte lógico de una computadora, comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica

Transformador

Se denomina transformador a una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir el voltaje o tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia.

RESUMEN

Los desechos tecnológicos aumentan su número exponencialmente, un equipo electrónico que deja de funcionar no significa que el total de sus componentes se encuentren en mal estado. Es posible recuperar componentes de la denominada chatarra tecnológica y reutilizarlos, a fin de crear nuevos dispositivos tecnológicos con ellos. El diseño propuesto en el presente trabajo es la unión de componentes electrónicos usados, modificados y complementados con componentes nuevos a fin de crear un dispositivo funcional. Un dispositivo capaz de medir la carga en vatios a través de las componentes de tensión y corriente. El dispositivo es capaz de pronosticar la cantidad los vatios hora que consume la carga en determinado tiempo, introducido por el usuario ya sea en horas o minutos utilizados diariamente, y desplegar en una pantalla la cantidad económica aproximada que la carga demandara por parte del usuario. La estimación económica es una proyección que puede orientar al usuario sobre la conveniencia de la compra o uso de la determinada carga. El nombre de carga, se denomina a todo dispositivo electrónico o eléctrico de uso 120 ó 240 voltios de alimentación. Este trabajo no pretende ser una guía para el fin único de construir el medidor. El fin es mostrar que existen formas de capacitar y aprovechar los recursos humanos y materiales en los vertederos de basura, y que con la capacitación adecuada los llamados guajeros pueden convertirse en productores, vendedores y hasta exportadores de productos tecnológicos.

OBJETIVOS

- **General**

Contribuir con la formación de cualquier estudiante que necesite desarrollar un proyecto electrónico y no posea los recursos necesarios para la adquisición de componentes nuevos. Además puede representar una guía para ONG`S que tengan como objetivo fomentar el desarrollo sostenible de las comunidades de guajeros de los vertederos de basura y los recicladores de los alrededores.

- **Específicos:**

1. Aprovechar los recursos de los desechos tecnológicos tanto de los alrededores como de los vertederos, en especial del basurero general de la Zona 3 de la ciudad de Guatemala.
2. Formar las técnicas de un proyecto autosostenible para las comunidades frágiles de los basureros, mediante la tecnificación y aplicación de los recursos de la basura electrónica
3. Mostrar los modelos estadísticos de selección de materiales de desecho electrónico a fin de aprovecharlos e industrializarlos.
4. Dar una descripción de los equipos necesarios para el desarrollo de cualquier diseño en base o que necesite de material reciclado.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación tiene por objeto dar a conocer a estudiantes, profesionales, personas individuales e instituciones, la técnica de aprovechamiento de basura tecnológica. La cual se encuentra en hogares, depósitos de desechos y vertederos de basura.

El comprender las técnicas de reciclado de equipo electrónico baja significativamente los costos de realización de los proyectos en las carreras de Ingeniería Electrónica y similares. Proveyendo posibilidades a muchos jóvenes de realizar sus proyectos que realizándolos con materiales nuevos serian económicamente inviables para ellos.

El presente trabajo se ilustra con el desarrollo de un equipo de medición de energía, pero no se concentra en el, muestra las técnicas necesarias para el desarrollo de cualquier dispositivo electrónico que se necesite o se quiera desarrollar bajo la técnica de reciclado electrónico.

Es por ello que se hacen descripciones detalladas de los procesos de diseño y manufactura de circuitos electrónicos enfocados a una aplicación en general y luego se aplica al diseño del medidor de energía.

1. ANÁLISIS EURÍSTICO PARA EL RECICLADO DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS.

En los últimos 20 años del siglo veinte, el uso de productos electrónicos domésticos e industriales ha motivado una producción enorme de estos. El advenimiento de la computadora personal o PC, el Internet, las transmisiones de datos y las comunicaciones inalámbricas potencian la industria electrónica, dando un impulso exponencial que trae como consecuencia la aparición de un nuevo tipo de residuo urbano e industrial, llamado "basura electrónica". Según el NRC (National Recycling Coalition, EEUU) "se estima que más de 20 millones de computadoras quedaron obsoletas en los EEUU, en 1998. En el 2007, quedaron obsoletas cerca de 500 millones de de computadoras. Reproductores de mp3 se desecharon 250 millones. Televisores se desecharon y quedaron obsoletos 450 millones. Además se predice que el advenimiento de la televisión de alta definición o HDTV provocará un gran descarte de aparatos de TV convencionales a nivel mundial.

Se debe de incluir como futura chatarra todo tipo de equipo electrónico: Teléfonos celulares, monitores, equipos de comunicaciones, placas de computadoras, controles automáticos, equipos de terapia médica, y todos estos equipos serán alguna vez residuos electrónicos. Todos estos equipos pueden ser reusados o reclutados. El reuso significa que el equipo aún es utilizable, sólo que se lo emplea en otro sitio diferente al original (por ejemplo, al donarlo a alguna organización sin fines de lucro, o al reutilizarlo en mercados diferentes) En cambio, en el reciclado, el producto se le desarma para recuperar materiales primarios y reintroducir éstos en otra cadena productiva. Esto último puede hacerse con cualquier equipo, incluso aquellos que aún son utilizables.

Contrario a lo que hace el vertido en rellenos sanitarios o la pura incineración, el reciclado permite, previo tratamiento, devolver al ciclo económico materias primas (vidrio, plásticos, hierro, cobre, aluminio, zinc, metales preciosos, etc.), contribuyendo a la preservación de los recursos naturales no renovables y reduciendo el consumo de energía necesaria para la extracción de los mismos, mediante la recuperación de materiales contenidos en los equipos obsoletos. La Unión Europea (UE) estima que los 6 millones de toneladas de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos que se producen anualmente contienen más de 3,5 millones de toneladas de metal. Su reciclado contribuiría, según cálculos de la UE, a ahorrar alrededor de 120 millones de GigaJules de energía al año, lo que equivale a 2,8 millones de toneladas de petróleo necesarios para generar dicha energía. El uso de los materiales reciclados permite ahorrar como mínimo el 60% de la energía necesaria para producir los materiales vírgenes, equivalentes a los reciclados.

Esta industria florece y crece a un ritmo constante, las técnicas e industrias de reciclado de componentes electrónicos colabora proveyendo componentes electrónicos, especialmente circuitos integrados, en la manufactura de productos nuevos. Entre las primeras compañías que han seguido esta tendencia se encuentran IBM y Hewlett Packard, las cuales empezaron a manufacturar sus modelos de computadoras y periféricos con 5% de circuitos integrados reciclados. Si tomamos en cuenta el número de circuitos integrados que componen una computadora se observa el gran valor de los componentes reciclados en una computadora. El proyecto de reciclado de Hewlett Packard ha demostrado que se puede tener economías a las industriales y, a la par, mantener una alta calidad en el producto. Se estima que la compañía utilizará en el año 2012 un 10% de componentes electrónicos reciclados, porcentaje que aumentará en la medida que el público se involucre más en el programa. También otras compañías tales como AT&T, Digital, Xerox, y UNISYS crearon sus propios programas de recuperación.

El problema de la mayoría de estos programas es su aplicación a los consumidores, ya que el involucramiento del fabricante termina con la venta del equipo. Melissa Shinn, abogada del Buró Europeo del Ambiente (Bruselas, Bélgica) comenta que los objetivos de reciclado puestos en practica en la UE y Estados Unidos "harán realmente que un fabricante piense qué sucede con sus productos al fin de su vida útil". Por tanto los fabricantes invertirán en diseños más amigables, adquisición de componentes procedentes del reciclaje electrónico, todo ello con el fin de evitar penalidades, bajar los costos de producción y logran afinidad con los consumidores que se interesan por el medio ambiente.

1.1 Procedimiento de desmontado de elementos electrónicos.

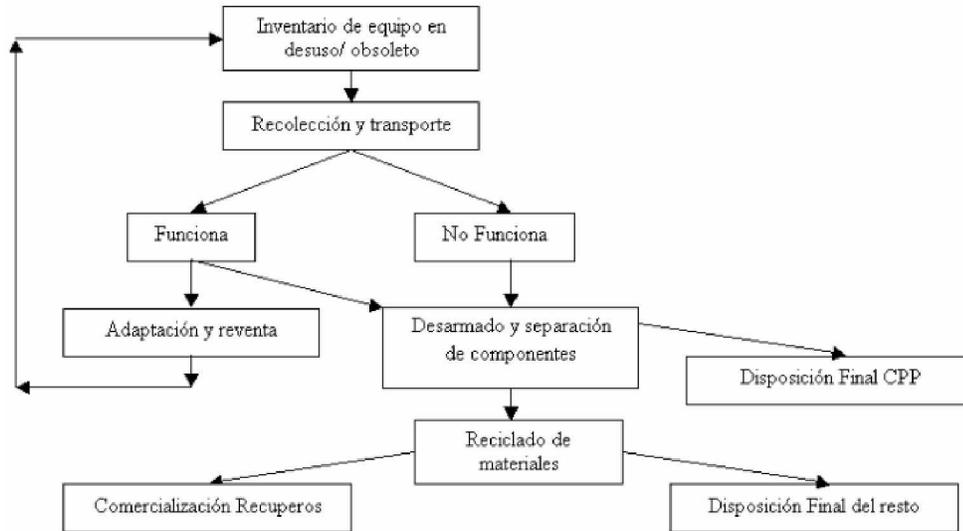
A fin que una industria de reclinado de componentes electrónicos sea funcional debe de seguir los siguientes lineamientos básicos, es de hacer notar que cuando se hace referencia a una industria, no se debe de interpretar como una fabrica a gran escala, puede tratarse de una habitación con equipo básico y a nivel artesanal, pero asociado con un "n" número de individuos tecnificados de tal manera que su producción sea significada y con capacidad de exportación o producción.

- Retirar el equipo descartado. Tarea a cargo de personas en los vertederos de basura, llamados en Guatemala "Guajeros".
- Identificar los equipos susceptibles de una eventual reutilización. Los que funcionen, pueden intentar comercializarse; aunque si la ecuación económica es favorable pueden destinarse al desarmado y reciclado. El presente ítem es actualmente abordado por vendedores de mercados callejeros como: El Guarda, La Florida, El San Martín. Que no intentan reparar los artículos electrónicos, que obtienen los artículos de los

Guajeros del vertedero de basura venden, estos Guajeros únicamente utilizan cierto sentido común a fin de seleccionar que artículos pueden vender a los vendedores de usado de los mercados. Los vendedores de los mercados venden estos artículos a Terceros individuos, quienes se dan a la tarea de repararlos, reacondicionarlos o realizar un reciclado de componentes.

- Desmontaje manual y retirado de los componentes potencialmente peligrosos para evitar que puedan contaminar los productos recuperables y el entorno.
- Revalorizar las fracciones obtenidas, mediante procesos que permitan recuperar hierro, aluminio, cobre, metales preciosos y determinados plásticos, los cuales se devuelven al circuito económico en forma de materias primas secundarias. Este ítem puede ser aprovechado en nuestro medio, pues los terminales o pines de los microprocesadores posee un revestimiento de oro, al igual que otros componentes electrónicos como las memorias, etc.
- Recuperación de los microprocesadores, circuitos integrados, memorias EEPROM, etc. Los cuales deben de ser probados a fin de comprobar su buen funcionamiento, esto puede ser mecanizado con elementos básicos de laboratorio. Luego de esto se inventarean los componentes, se acumulan en bloques y se colocan en venta para producción en el extranjero.

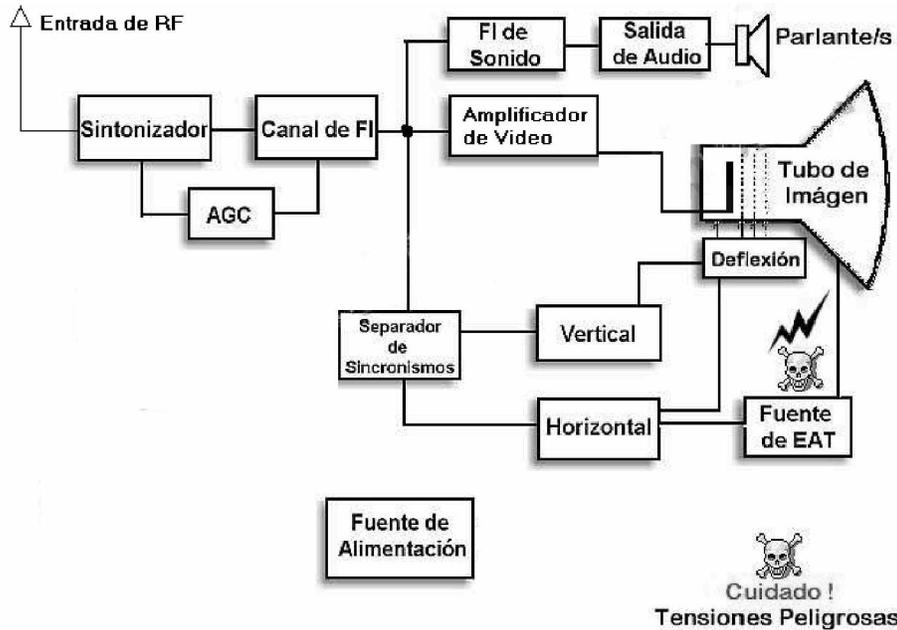
Figura 1. Organigrama reciclado de tarjetas electrónicas.



La anterior figura muestra el proceso de reclinado de productos electrónicos. El esquema es básico y puede ser modificado y adaptado a la industria o individuos que lo utilicen.

El diseño propuesto necesita Diodos para la fuente de poder, resistencias y capacitares provenientes de placas usadas de televisores, se escoge una placa de televisor por el alto numero y variedad de resistores y capacitares. La figura siguiente muestra un diagrama genérico esquemático de un televisor fabricado en 2002.

Figura 2. Diagrama de bloques de un televisor genérico modelo 2002



1.2 Método aurístico para escoger el área de extracción de componentes electrónicos para el diseño.

El hecho de buscar un área de extracción como resistores, diodos y capacitares, no significa que existan áreas óptimas de estricto uso para el reciclaje. Un ejemplo puede ser la necesidad de diodos que soporten alta corrientes, esto nos refiere al área de fuente de alimentación en el televisor o el área de horizontal. De igual manera la necesidad de resistencias de alta capacidad de vatios, obliga a utilizar componentes del área de vertical, horizontal o fuente de alimentación. El diseño propuesto necesita de

resistencias de $\frac{1}{4}$ de vatio, que funcionen adecuadamente con el microcontrolador y pantalla LCD. Las áreas óptimas para encontrar estas resistencias son las que procesan información, como frecuencia intermedia, sonido, y no las que manejan altas corrientes. Pero el hecho de intuir algo, no lo convierte en una verdad, se debe de comprobar para ello se utilizan herramientas estadísticas conocidas como TEORÍA DE ERRORES.

1.2.1 principios de la teoría de errores.

Los errores al seleccionar un componente resistivo, por ejemplo, son las desviaciones entre su valor nominal de componente y su valor real, se clasifican como errores de medición, precisión y exactitud. Cifras significativas. Errores absolutos y relativos. Errores sistemáticos y accidentales. Propagación de errores. Elección de instrumentos de medición. Los conceptos básicos son los siguientes:

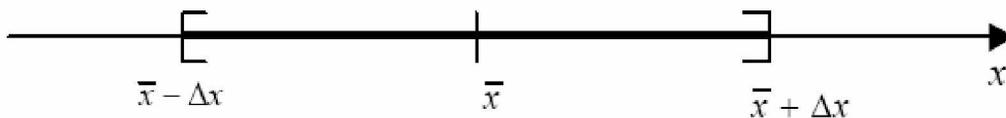
* **Magnitud física** es un atributo de un cuerpo, un fenómeno o una sustancia, que puede determinarse cuantitativamente, es decir, es un atributo susceptible de ser medido.

Ejemplos de magnitudes son la longitud, la masa, la potencia, la velocidad. A la magnitud de un objeto específico que se esta interesado en medir, la llamamos mesurando. Por ejemplo, si estamos interesado en medir la longitud de una barra, esa longitud específica será el mesurando. Para establecer el valor de un mesurando se tienen que usar instrumentos de medición y un método de medición. Asimismo es necesario definir unidades de medición. Por ejemplo, si se desea medir el largo de una mesa, el instrumento de medición será una regla.

***En ciencias e ingeniería**, el concepto de error tiene un significado diferente del uso habitual de este término. Coloquialmente, es usual el empleo del término error como análogo a equivocación. En ciencia e ingeniería, el error, está más bien asociado al concepto de incerteza, que es la determinación del resultado de una medición. Más precisamente, lo que procuramos en toda

medición es conocer las cotas (o límites probabilísticos) de estas incertezas. Gráficamente, buscamos establecer un intervalo $x - Dx \leq x \leq x + Dx$ como el de la Figura siguiente, donde con cierta probabilidad, se puede decir que se encuentra el mejor valor de la magnitud x . Este mejor valor x es el más representativo de nuestra medición y al semiancho Dx se denomina incerteza o error absoluto de la medición.

Figura 3. Línea del mejor valor, con sus incertezas.



La figura anterior muestra el intervalo asociado al resultado de una medición. Se nota que, en lugar de dar un único número. El valor representativo del centro del intervalo (\bar{x}) se interpreta como el mejor valor del intervalo. El semiancho de la longitud del intervalo tanto a la derecha como la izquierda (Dx) se denomina como incertidumbre o error absoluto de la medición.

En todo proceso de medición existen limitaciones dadas por los instrumentos usados, el método de medición, el observador (u observadores) que realizan la medición, por el mismo proceso de medición introduce errores o incertezas. Por ejemplo, cuando se usa un termómetro para medir una temperatura, parte del calor del objeto fluye al termómetro (o viceversa), de modo que el resultado de la medición es un valor modificado del original debido a la inevitable interacción. Es claro que esta interacción podrá o no ser significativa: Si se mide la temperatura de un metro cúbico de agua, la cantidad de calor transferida al termómetro puede no ser significativa, pero si lo será si el volumen en cuestión es de una pequeña fracción del mililitro. Tanto los

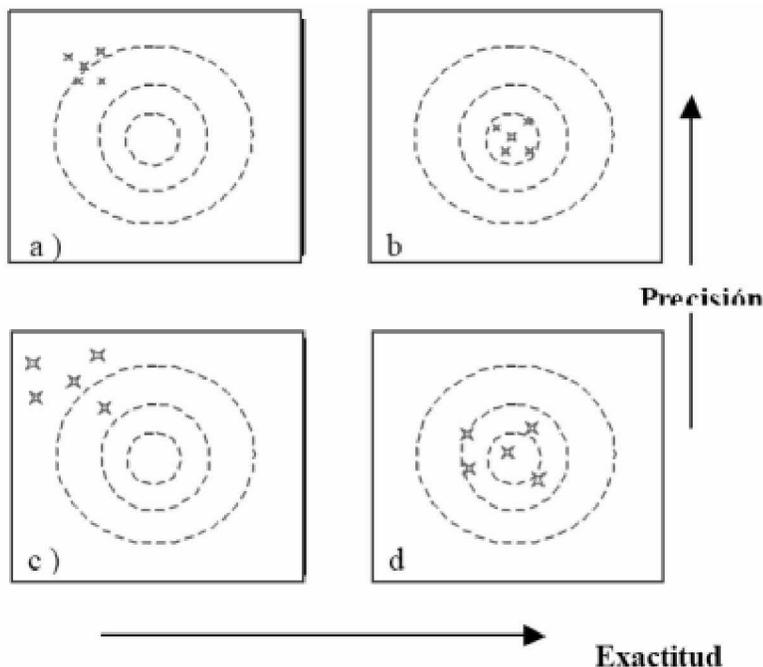
instrumentos que se usan para medir como las magnitudes mismas son fuente de incertezas al momento de medir. Los instrumentos tienen una precisión finita, por lo que, para un dado instrumento, siempre existe una variación mínima de la magnitud que puede detectar. Esta mínima cantidad se denomina la apreciación nominal del instrumento. Por ejemplo, con una regla graduada en milímetros, no se pueden detectar variaciones menores que una fracción del milímetro. A su vez, las magnitudes a medir no están definidas con infinita precisión. Imaginemos que se necesita medir el largo de una mesa. Es posible que al usar instrumentos cada vez más precisos se comiencen a notar las irregularidades típicas del corte de los bordes o, al ir aun más allá, finalmente se detecta la naturaleza atómica o molecular del material que la constituye. Es claro que en ese punto la longitud dejará de estar bien definida. En la práctica, es posible que mucho antes de estos casos límites, la falta de paralelismo en sus bordes haga que el concepto de la “longitud de la mesa” comience a hacerse cada vez menos definido, y a esta limitación intrínseca se denomina incerteza intrínseca o falta de definición de la magnitud en cuestión. Otro ejemplo es el caso en que se cuenta la cantidad de partículas alfa emitidas por una fuente radioactiva en 5 segundos. Sucesivas mediciones arrojarán diversos resultados (similares, pero en general distintos). En este caso, de nuevo, se está frente a una manifestación de una incerteza intrínseca asociada a esta magnitud “número de partículas emitidas en 5 segundos”, más que al error de los instrumentos o del observador.

1.2.2 concepto de exactitud.

Otra fuente de error que se origina en los instrumentos además de la precisión es la exactitud de los mismos. Como se definió con anterioridad, la precisión de un instrumento o un método de medición está asociada a la sensibilidad o menor variación de la magnitud que se pueda detectar con dicho instrumento o método. Así, se dice que un tornillo micrométrico (con una apreciación nominal de 10^{-4} m) es más preciso que una regla graduada en

milímetros; o que un cronómetro es más preciso que un reloj común. La exactitud de un instrumento o método de medición está asociada a la calidad de la calibración del mismo. Al imaginar que el cronómetro que se usa en cierta actividad es capaz de determinar la centésima de segundo pero adelanta dos minutos por hora, mientras que un reloj de pulsera común no lo hace. En este caso se dice que el cronómetro es más preciso que el reloj común, pero menos exacto. La exactitud es una medida de la calidad de la calibración del instrumento respecto de patrones de medida aceptados internacionalmente. En general los instrumentos vienen calibrados, pero dentro de ciertos límites. Es deseable que la calibración de un instrumento sea tan buena como la apreciación del mismo. La siguiente figura ilustra de modo esquemático estos dos conceptos.

Figura 4. Precisión y exactitud.



La figura anterior ilustra de modo esquemático los conceptos de precisión y exactitud. Los centros de los círculos indican la posición del "verdadero valor" del medido y las cruces los valores de varias determinaciones del centro. La

dispersión de los puntos da una idea de la precisión, mientras que su centro efectivo (centroide) está asociado a la exactitud. a) Es una determinación precisa pero inexacta, mientras d) es más exacta pero imprecisa; b) es una determinación más exacta y más precisa; c) es menos precisa que a).

Se dice entonces que se conoce el valor de una magnitud dada, en la medida en que se conocen sus errores. En ciencia consideramos que la medición de una magnitud con un cierto error no significa que se haya cometido una equivocación o que se haya realizado una mala medición. Con la indicación del error de medición se expresa, en forma cuantitativa y lo más precisamente posible, las limitaciones que nuestro proceso de medición introduce en la determinación de la magnitud medida.

1.2.3 Error de instrumento.

Error de apreciación: (**sap**) si el instrumento está correctamente calibrado la incertidumbre que se tiene al realizar una medición estará asociada a la mínima división de su escala o a la mínima división que se puede resolver con algún método de medición. Nótese que no se dice que el error de apreciación es la mínima división del instrumento, sino la mínima división que es discernible por el observador. La mínima cantidad que puede medirse con un dado instrumento se denomina apreciación nominal. El error de apreciación puede ser mayor o menor que la apreciación nominal, dependiendo de la habilidad (o falta de ella) del observador. Así, es posible que un observador entrenado pueda apreciar con una regla común fracciones del milímetro mientras que otro observador, con la misma regla pero con dificultades de visión sólo pueda apreciar 2 mm.

Error de exactitud: (**sexac**) representa el error absoluto con el que el instrumento en cuestión ha sido calibrado.

Error de interacción: **sint:** esta incerteza proviene de la interacción del método de medición con el objeto a medir. Su determinación depende de la medición que se realiza y su valor se estima de un análisis cuidadoso del método usado.

Falta de definición en el objeto sujeto a medición: como se dijo antes, las magnitudes a medir no están definidas con infinita precisión. Con *sdef* designamos la incertidumbre asociada con la falta de definición del objeto a medir y representa su incertidumbre intrínseca.

En general, en un dado experimento, todas estas fuentes de incertidumbres estarán presentes, de modo que resulta útil definir el error nominal de una medición *snom*, como:

$$\sigma_{nom}^2 = \sigma_{ap}^2 + \sigma_{def}^2 + \sigma_{int}^2 + \sigma_{exac}^2$$

Este procedimiento de sumar los cuadrados de los errores es un resultado de la estadística, y proviene de suponer que todas las distintas fuentes de error son independientes una de otras.

1.2.4 Error de estadístico.

Errores sistemáticos: se originan por las imperfecciones de los métodos de medición. Por ejemplo, la pensar en un reloj que atrasa o adelanta, o en una regla dilatada, el error de paralaje. Los errores introducidos por estos instrumentos o métodos imperfectos afectan los resultados siempre en un mismo sentido. El valor de *sexac* es un ejemplo de error sistemático pero no son lo mismo, ni los errores de exactitud son los únicos responsables de los errores sistemáticos. La imaginar por ejemplo el caso de una balanza bien calibrada que se usa para conocer el peso de las personas en los centros comerciales u otros negocios, como es usual que las personas (en público) se

pesen vestidas, los valores registrados con estas balanzas tendrán un error sistemático por el peso de la vestimenta. La única manera de detectarlos y corregirlos es comparar las mediciones con otros métodos alternativos y realizar un análisis crítico y cuidadoso del procedimiento empleado. También es aconsejable intercalar en el proceso de medición patrones confiables que permitan calibrar el instrumento durante la medición.

Errores estadísticos: Son los que se producen al azar. En general son debidos a causas múltiples y fortuitas. Ocurren cuando, por ejemplo, una equivocación en contar el número de divisiones de una regla, o si se está mal ubicado frente al fiel de una balanza. Estos errores pueden cometerse con igual probabilidad por defecto como por exceso. Por tanto, midiendo varias veces y promediando el resultado, es posible reducirlos considerablemente. Es a este tipo de errores a los que comúnmente hace referencia la teoría estadística de errores de medición que la formularse sucintamente a estos errores se designan con *ses*

Errores ilegítimos o espurios: Supongamos que se desea calcular el volumen de un objeto esférico y para ello se determina su diámetro. Si al introducir el valor del diámetro en la fórmula, se comete la equivocación en el número introducido, o se realiza usando unidades incorrectas, o bien usando una expresión equivocada del volumen, claramente se ha un error. Esta vez este error está más asociado al concepto convencional de equivocación. A este tipo de errores se designa como ilegítimos o espurios. A este tipo de errores no se aplica la teoría estadística de errores y el modo de evitarlo consiste en una evaluación cuidadosa de los procedimientos realizados en la medición. Un ejemplo de este tipo de error es el que se cometió en el Mars Climate Explorer a fines de 1999, al pasar de pulgadas a cm. se cometió un error que costó el fracaso de dicha misión a Marte.

Cuando se desea combinar los errores sistemáticos con los estadísticos, la prescripción usual es sumar los cuadrados de los errores absolutos y luego tomar la raíz cuadrada de este resultado, como lo indica la ecuación siguiente. Si se está midiendo una magnitud Z , el *error final o combinado o efectivo* de Z , DZ , vendrá dado por:

$$\Delta Z = \sqrt{\sigma_{est}^2 + \sigma_{nom}^2} = \sqrt{\sigma_{est}^2 + \sigma_{ap}^2 + \sigma_{def}^2 + \sigma_{int}^2 + \sigma_{exac}^2}$$

1.3 Error en la medición de resistencias por medio del multiméetro.

Las mediciones de resistencias con un multiméetro son sencillas y rápidas y, por lo tanto, son las más habituales. Parte de las resistencias que se utilizan en el presente diseño en las experiencias son las denominadas **resistencias de carbón**. Estas son utilizadas en circuitos electrónicos. El valor de las mismas está codificado en bandas de colores. Se fabrican en grandes cantidades y siguiendo un conjunto de valores normalizados. Obviamente es imposible que todas las resistencias de un mismo lote sean fabricadas de exactamente el mismo valor. Por eso son clasificadas según su valor y tolerancia. La tolerancia nos da una idea de la dispersión en la producción y por lo tanto cuanto más baja es la tolerancia, menos dispersión aparece en los valores medidos de los elementos del lote. Al medir una resistencia es importante determinar la incerteza de la medida. La incerteza al medir una vez el valor de una resistencia con un multiméetro se puede estimar a partir de las especificaciones dadas por el fabricante. Para ello se recurre al manual del usuario, donde se describe cómo

estimar la incerteza para cada rango de medición. Para el Modelo TRUPER 102 usado es el presente diseño, se encuentra en el manual:

Tabla I. Datos técnicos del multiméetro TRUPER 102

Rango	Resolución	Precisión	Corriente de prueba
200Ω	0.1Ω	±0.7%rdg±3dgt	<0.7 mA
2000Ω	1Ω	±0.7%rdg±1dgt	<0.1mA
20kΩ	10Ω	±0.7%rdg±1dgt	<30μA
200kΩ	100Ω	±0.7%rdg±1dgt	<4μA
2000kΩ	1kΩ	±1.0%rdg±2dgt	<0.4μA
20MΩ	10kΩ	±2.0%rdg±2dgt	<40nA

rdg: "reading" , lectura del instrumento.

dgt: es la cantidad de dígitos de la última cifra significativa de la medición.

Por ejemplo: se registra un valor de $R=165.2 \Omega$ corresponde al primer rango, luego el valor de la incerteza es

$\Delta R = 0.7\% \cdot 165.2 \Omega + 0.3 \Omega = 1.5 \Omega$ y el resultado se expresará con una sola cifra significativa:

$$R = (165 \pm 2) \Omega$$

Un valor medido de $R=12.45 \text{ k}\Omega$ corresponde a la tercera fila y

$$\Delta R = 0.7\% \cdot 12.45 \text{ k}\Omega + 10 \Omega = 100 \Omega$$

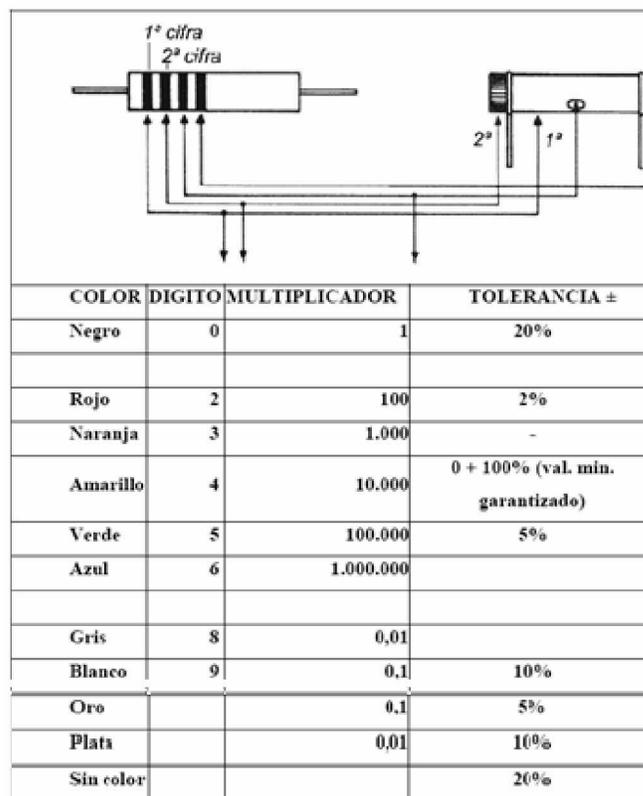
El resultado se expresará: $R = (12.5 \pm 0.1) \text{ k}\Omega$

1.3.1 código de colores de las resistencia.

El valor de las resistencias se representa componiéndolo según la tabla de colores que se muestra a continuación, expresándose el resultado en Ohmios. Habitualmente las resistencias tienen cuatro franjas de colores, la cuarta franja es la tolerancia, que puede ser dorada (5%) o plateada (10%). Las primeras dos son las cifras significativas y la tercera es la cantidad de ceros que

se debe agregar. Si la tercera franja es dorada multiplicar por 0.1 y si es plateada multiplicar por 0.01. Como este párrafo es particularmente difícil de entender, es mejor recurrir a un ejemplo

Figura 5. Código de colores y ejemplo del código de colores.



Ejemplo:

Rojo = 2 - Rojo = 2 · Naranja = *1000 - Dorado = 5%



(El color dorado aparece como amarillo por culpa del editor)

= 22000 Ohmios = 22 KOhmios = 22 KΩ

Naranja-blanco-marrón-dorado: 390 Ω con una tolerancia de 5%

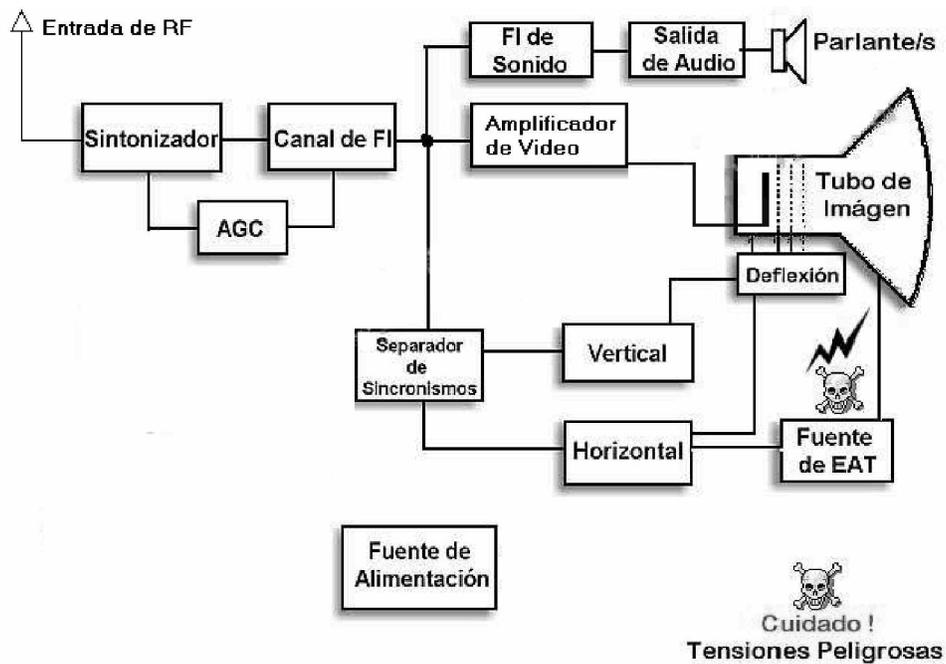
Marrón-verde-amarillo-plateado: 150.000 Ω con una tolerancia de 10%

En la figura anterior se muestra la tabla con la que se describe el valor de una resistencia en función de sus colores, además de la tolerancia.

1.4 Resultados a fin de reciclar resistencias, capacitores y diodos.

A fin de encontrar las regiones óptimas para recolectar resistencias, capacitores y diodos, se recurre a la estadística, las regiones posibles para recolectar los componentes en televisores son las siguientes:

Figura 6. Diagrama de bloques de un televisor genérico modelo 2002.



- 1) Sintonizador, AGC,
- 2) Frecuencia Intermedia (canal de FI)
- 3) FI de sonido
- 4) Salida de audio
- 5) Amplificador de video
- 6) Separador de sincronismo
- 7) Fuente de alimentación
- 8) Vertical, horizontal
- 9) Fuente de EAT conocido como FLY BACK.

La recolección de datos se realizó en el vertedero de la zona 3, donde se permitió al creador del presente trabajo participar en el desmantelamiento de televisores. Encontrándose placas electrónicas. Se tomaron 31 placas electrónicas de las cuales se extrajeron de cada placa 7 resistencias de cada área del televisor, de las 9 descritas, para hacer un total de 63 resistencias por placa de televisor. Para hacer una total de 1953 resistores. .

Tabla II. Resultados eurísticos estadísticos del reciclaje de componentes electrónicos

Área	Número de resistencias con tolerancia del 20%	Número de resistencias con tolerancia del 10%	Número de resistencias con tolerancia del 2%	Desviación estándar aproximada en porcentajes		
1	3	2	2	15	9.3	1.5
2	3	2	2	16	8.6	1.8
3	3	3	1	15	8.0	1.7
4	4	3	No hay	18	9.4	
5	4	3	No hay	22	10.3	
6	3	2	2	16	9	1.7
7	4	3	No hay	21	10.3	
8	4	3	No hay	18	10.5	
9	4	3	No hay	22	10.8	

Al revisar los datos obtenidos es evidente que existen áreas donde se puede optimizar la extracción de componentes electrónicos, en negrilla se marcan las áreas donde no se recomienda las extracciones. Se anota que los

resultados se aplican a capacitores y resistencias, y no circuitos integrados incluyendo los diodos, cuyo funcionamiento se revisó como conducción o no conducción en inversa. (en funcionamiento o no funcionamiento)

2. DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO.

A fin de crear un circuito que pueda proveer información sobre el posible consumo futuro de energía y su respectiva erogación económica por el mismo; debemos de desarrollar un esquema con las componentes de nuestro circuito.

Definimos como se mide el consumo de una carga eléctrica; se mide en kilo Vatio sobre Hora (KV/h). Como ejemplo: si tenemos un foco (bombilla o bombillo) de 100 Vatios y este permanece encendido por una hora tendremos un consumo de 100 Vatios sobre hora (100 V/h), el cobro las empresas distribuidoras lo hacen en kilo Vatios, Kilo es un múltiplo de 1,000 (mil unidades) por tanto la relación en nuestro ejemplo 100Vatios/1KV produce 0.1 (adimensional pues se traga solo de una relación). Si la empresa distribuidora de energía nos cobra Q1.50 (Q es la nomenclatura de quetzales, moneda oficial de la República de Guatemala) el cobro es: $Q1.50 * 0.1KV/h = 0.15$ se interpreta como quince centavos de quetzal que consumirá dicha carga a lo largo de una hora. Si el mismo bombillo lo encendemos una fracción de hora, pagaremos una suma equivalente a esa fracción de kilo Vatio sobre hora consumido. El vatio en una carga eléctrica es el resultado de $P=V$ (voltaje o tensión)* I (corriente), la potencia puede ser obtenida de varias relaciones, para nuestro diseño será de utilidad.

Ahora podemos encontrar los módulos que compondrán nuestro circuito:

- Convertor de corriente a tensión.
- Convertor de tensión AC 110-120-220-240 voltios a una tensión medible por nuestro microcontrolador, siendo esta una tensión mínima de 0 voltios (tensión

de referencia) y una máxima de 5 voltios (tensión máxima de alimentación del microcontrolador).

-Unidad de Microcontrolador.

-Unidad de entrada y salida de información de usuario (pantalla y teclado).

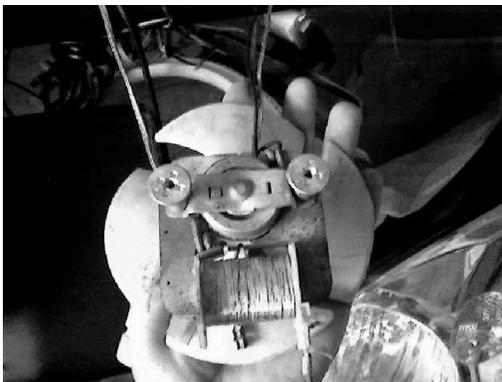
-Fuente de alimentación.

2.1 Conversor de corriente a tensión.

A fin de desarrollar una tecnología local y teniendo en cuenta la premisa “EL PEOR CASO POSIBLE” (que se entiende como la necesidad de emprender una producción con la mayor cantidad de componentes reciclados), reciclando el motor de ventilación de los hornos de microondas y refrigeradores.

En los deshuesaderos de la ciudad de Guatemala, los hornos de microondas son desensamblados y vendidos como chatarra para ser reciclados, uno de estos componentes es el ventilador. En la figura se muestra un motor de microondas.

Figura 7. Imágenes (a y b) de un ventilador de microondas, elegido al azar dentro de un lote recién desensamblado para el reciclaje.



(a)



(b)

Un motor es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica producto de un campo electromagnético, un generador transforma la energía mecánica en energía eléctrica por medio de un campo electromagnético. Por lo tanto el embobinado del motor produce un campo electromagnético variante en el tiempo que a su vez hace girar al eje del motor. De lo descrito anteriormente se deduce que la energía se puede transformar de eléctrica a mecánica o viceversa. Si se elimina el eje del motor, extrayéndolo, tenemos un núcleo de hierro un embobinado de un N número de vueltas.

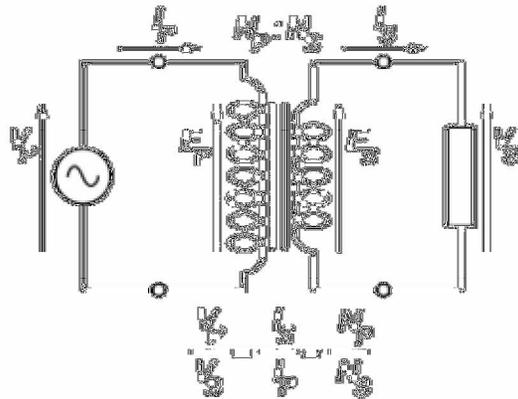
2.1.1 Principio de funcionamiento de un transformador.

Si se aplica una fuerza electromotriz (voltaje) alterna en el devanado primario, las variaciones de intensidad y sentido de la corriente alterna crearán un campo magnético variable dependiendo de la frecuencia de la corriente. Este campo magnético variable originará, por inducción, la aparición de una fuerza electromotriz en los extremos del devanado secundario.

La relación entre la fuerza electromotriz inductora (**E_p**), la aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz inducida (**E_s**), la obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario (**N_p**) y secundario (**N_s**) .

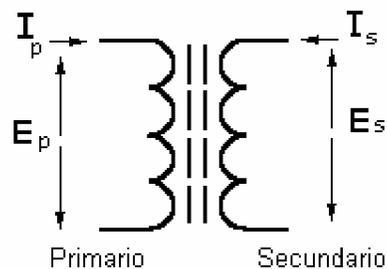
$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Figura 8. Diagrama esquemático de un transformador y la relación de tensión y corriente.



Así, si el número de espiras (vueltas) del secundario es 100 veces mayor que el del primario, si aplicamos una tensión alterna de 230 Voltios en el primario, obtendremos 23000 Voltios en el secundario (una relación 100 veces superior, como lo es la relación de espiras). A la relación entre el número de vueltas o espiras del primario y las del secundario se le llama relación de vueltas del transformador o relación de transformación.

Figura 9. Diagrama de un transformador con núcleos de hierro.



Ahora bien, como la potencia aplicada en el primario, en caso de un transformador ideal, debe ser igual a la obtenida en el secundario, el producto

de la fuerza electromotriz por la intensidad (potencia) debe ser constante, con lo que en el caso del ejemplo, si la intensidad circulante por el primario es de 10 Amperios, la del secundario será de solo 0,1 amperios (una centésima parte).

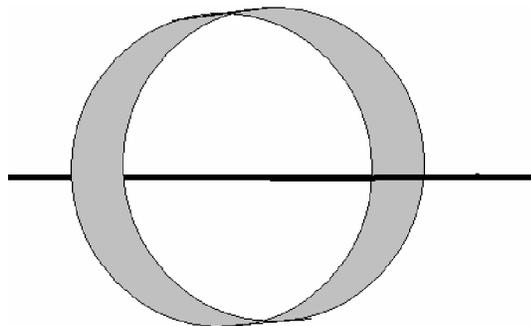
2.1.2 Utilizar un motor de microondas como medidor de corriente

Removido el rotor, tenemos un bobinado y un núcleo. El bobinado que posee el motor, el calibre de este alambre en el bobinado, posee un diámetro muy pequeño además de tener varios cientos de espiras lo que se traduce en una resistencia que ronda el centenar de ohms. Entre la fuente de alimentación (120 o 240 voltios) y la carga debemos de tener la una caída de tensión mínima, además de asegurarnos un amplio rango de cargas a medir. Por tanto, el bobinado del motor por sus cualidades lo definimos como un secundario con una relación $\text{tensión secundario} \ll \text{primario}$.

Debemos de crear un primario, tenemos las siguientes posibilidades:

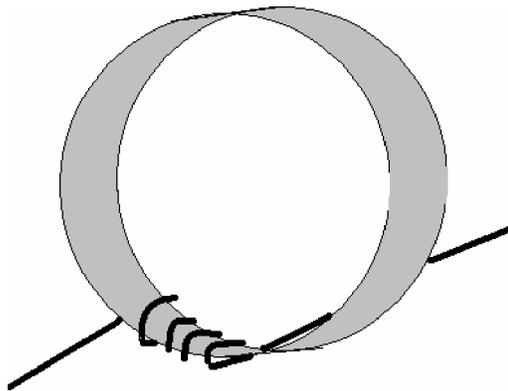
La primera es hacer pasar el conductor por el centro del núcleo, entonces dependiendo de la intensidad de corriente alterna que circule por el cable, de acuerdo a pruebas realizadas con el núcleo del microondas funciona muy bien con cargas igual o mayores a 50 vatios. Así que este modelo lo descartamos.

Figura 10. Cable conductor dentro de un núcleo de hierro.



La segunda opción es crear un bobinado con pocas espiras (a fin de tener la menor caída de tensión posible), este modelo nos permite incrementar sustancialmente la corriente de salida que obtendremos en el secundario (recordando que se trata del primario del motor, que como explicamos anteriormente lo utilizaremos como secundario dadas sus cualidades) la relación será de acorde a la cantidad de espiras que apliquemos con el cable conductor en el núcleo.

Figura 11. Cable enrollado en un núcleo de hierro.



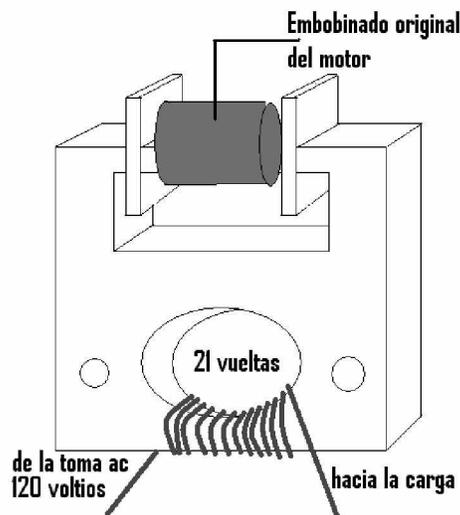
Por lo tanto se toma la segunda opción (figura superior) y define el camino a seguir. A fin de tener una intensidad de corriente en el secundario medible de tal valor que los campos electromagnéticos del núcleo y cualquier otra interferencia nos proporcionen datos erróneos.

2.1.3 Consideraciones a seguir para evitar interferencia en la medición

Cuando un circuito como nuestro diseño se basa en un efecto transformador se producen varios efectos. Observamos un campo electromagnético que puede tomar campos inducidos en las proximidades. Esto genera la siguiente pregunta, el mismo transformador puede inducir un campo

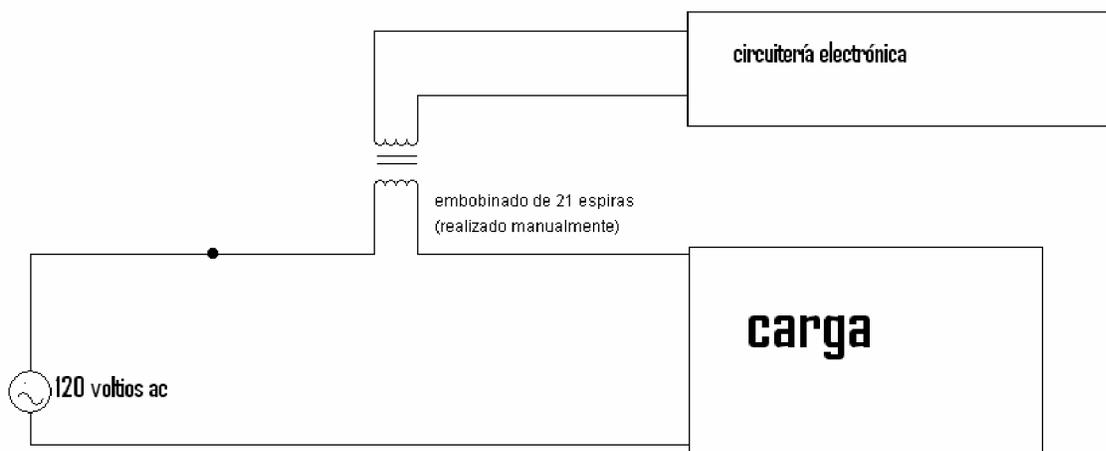
electromagnético en el mismo conductor que lo produce y con ello generar una tensión de error. Postulamos que no; pues la tensión a la entrada de nuestro primario (aproximadamente una veintena de espiras) es de unas centésimas de voltio comparado con nuestro secundario (un millar de espiras) que posee una relación de 1000/20 nos da como resultado que el secundario posee 50 veces la tensión en el primario. Por lo tanto, si el transformador de alguna manera produce un campo magnético inducido este será de una fracción de la cincuentava parte del producto en el secundario, una cantidad despreciable para efectos de cuantización. Lo que no podemos pasar por alto es que la fuente de alimentación es producto de una tensión ya sea 120 o 240 voltios alternos de 60 ciclos por segundo, y será reducida a valores de corriente directa con un máximo de 12 voltios con respecto a la referencia. Es por ello que evitaremos colocar cerca la fuente de alimentación y nuestro transformador que utilizaremos para medir la corriente. Alejarlo es una forma mas barata y practica que aislar ya sea la fuente de alimentación, nuestra circuitería electrónica y el transformador o ambas secciones con cajas metálicas conectadas a la referencia.

Figura 12. Motor de microondas adaptado como amperímetro o medidor de corrientes.



La figura anterior nos muestra el motor de ventilador de microondas luego de ser retirado el núcleo y colocarle un embobinado (manualmente) de 21 espiras, eléctricamente es así como se describe nuestro motor modificado.

Figura 13. Diagrama esquemático de medidor de corriente.



2.1.4 Descripción del circuito medidor de corriente (diagrama esquemático).

La figura anterior muestra como se encuentra conectado nuestro circuito medidor de corriente en serie. Primero tenemos la fuente de 120 voltios alterno, esta fuente posee dos terminales: una llamada viva y otra el neutral o retorno (si se trata de 110 voltios). Dada una carga conectada a la fuente de 120 voltios alterno, fluye una corriente por el conductor en serie en el conductor vivo conectamos nuestro transformador (motor de ventilador adaptado), los terminales que conectamos son los que poseen 21 espiras al que hemos denominado primario. Este primario debe de estar constituido por un calibre de cable capaz de soportar una corriente estimada en la carga máxima a colocar.

En nuestro diseño hemos escogido un calibre estándar en las extensiones eléctricas de tres hilos de fabricación china. El calibre utilizado es el 16 en cada hilo. A fin de conocer cual es la corriente máxima que es capaz de soportar un cable de calibre 16 nos referimos a la tabla de cargas en conductores del NEC (National Electrical Code) código eléctrico nacional edición 2002. Esta tabla nos indica que por el cable calibre 16 podemos circular una corriente máxima ya sea en 120 ó 240 voltios alternos a 60 ciclos de 18 amperios.

Debemos de aclarar: si la fuente de 120 voltios no esta correctamente polarizado y los terminales se conectan inversamente que sucederá. La respuesta es simple, tendremos una corriente que fluye por el bobinado del transformador (motor de ventilador adaptado) y tendremos una corriente por el secundario y como nos interesa el valor absoluta de dicha corriente es indiferente si la espiga esta polarizada o no para los fines de medición de corriente. Hacemos las consideraciones de lo importante que es la polarización de la fuente alterna es sumamente importante, esto lo analizaremos mas adelante. Si se necesita cambiar la carga y por ende el cable, se debe de consultar la tabla siguiente a fin de realizar el cambio.

Tabla III. Tabla de calibre de conductores de NATIONAL ELECTRICAL CODE (NEC)

70-144

ARTICLE 310 — CONDUCTORS FOR GENERAL WIRING

Table 310.16 Allowable Ampacities of Insulated Conductors Rated 0 Through 2000 Volts, 60°C Through 90°C (140°F Through 194°F), Not More Than Three Current-Carrying Conductors in Raceway, Cable, or Earth (Directly Buried), Based on Ambient Temperature of 30°C (86°F)

Size AWG or kcmil	Temperature Rating of Conductor (See Table 310.13)						Size AWG or kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Types TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Types TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUMINUM				
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14*	20	20	25	—	—	—	—
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000

CORRECTION FACTORS							
Ambient Temp. (°C)	For ambient temperatures other than 30°C (86°F), multiply the allowable ampacities shown above by the appropriate factor shown below.						Ambient Temp. (°F)
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70-77
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78-86
31-35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	87-95
36-40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	96-104
41-45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	105-113
46-50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	114-122
51-55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	123-131
56-60	—	0.58	0.71	—	0.58	0.71	132-140
61-70	—	0.33	0.58	—	0.33	0.58	141-158
71-80	—	—	0.41	—	—	0.41	159-176

* See 240.4(D).

2002 Edition

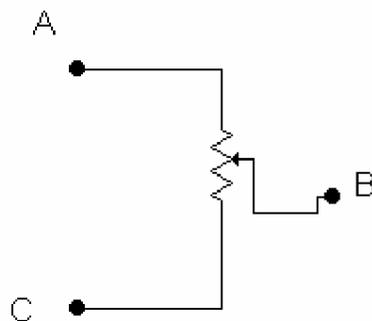
NATIONAL ELECTRICAL CODE

Fuente: Libro manual; NATIONAL ELECTRICAL CODE, edición 2002

2.2.1 Punto de ajuste de entrada.

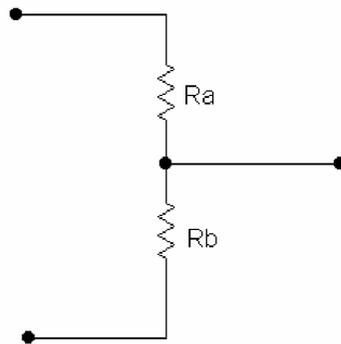
De la figura anterior, a través del cable amarillo circula tensión que proviene del motor de microondas adaptado como medidor de corriente, al utilizar componentes usados como nuevos tenemos una incerteza que dependiendo de la calidad del componente reutilizado (en caso de un reciclaje) o utilizado (en caso de uno nuevo) puede ser de un ± 1 por ciento hasta un ± 20 (los valores anteriormente descritos corresponden a componentes nuevos), los componentes reutilizados poseen valores diferentes de incerteza en relación a los que posee un componente nuevo. La razón por la que se coloca la resistencia variable a la entrada del circuito es que cuando se realiza el embobinado en el motor se modifica mediante los pequeños cambios al realizar el mismo, las diferencias en los lotes de los núcleos de acero enchapado se traducen en variaciones en tensión y corriente de nuestro diseño, y como nuestro diseño tiene como fin un producto en serie, debemos tener un medio por el cual corregir los cambios del medidor de corriente. Una resistencia variable de tres terminales es el componente adecuado. La forma de funcionamiento es el siguiente:

Figura 14. Potenciómetro de tres puntos.



En el punto "A" conectamos la tensión V_a en el punto "C" lo conectamos a referencia o tierra. En la conexión "B" funciona como un divisor de tensión, la tensión de salida se comporta como:

Figura 15. Divisor de tensión equivalente a un potenciómetro.

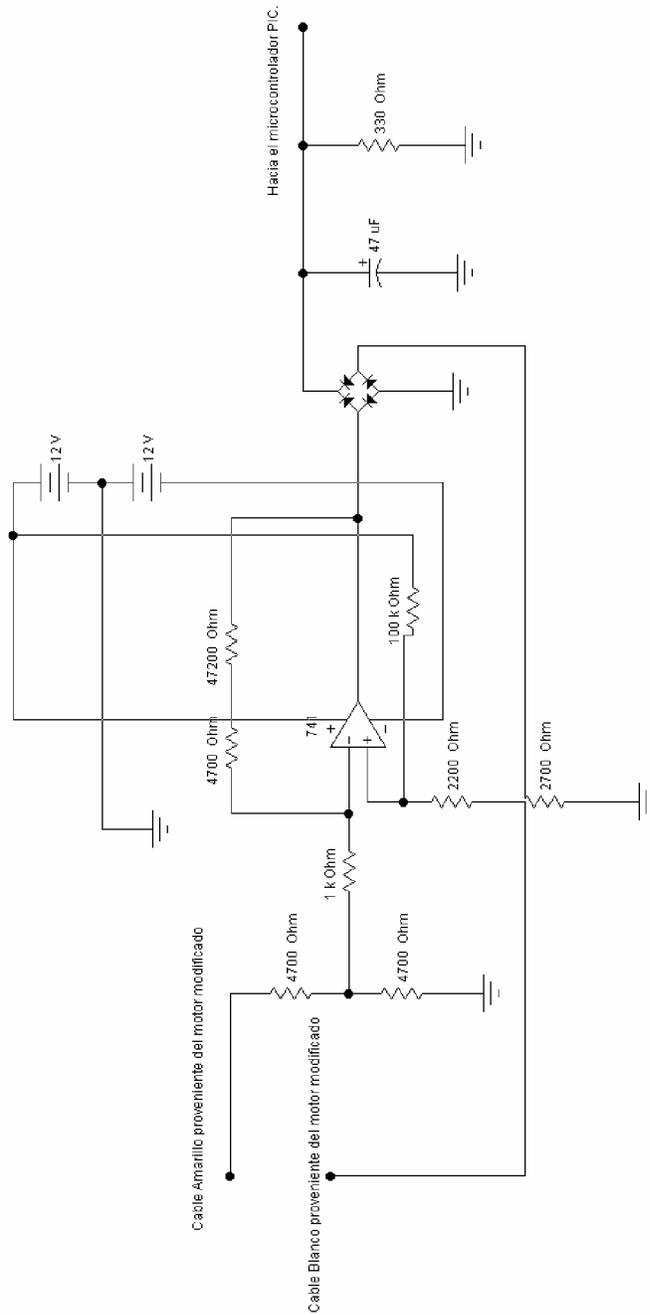


$$I_a = \frac{V_a}{R_1 + R_2}$$

$$V_b = (R_2) \cdot \frac{V_a}{R_1 + R_2}$$

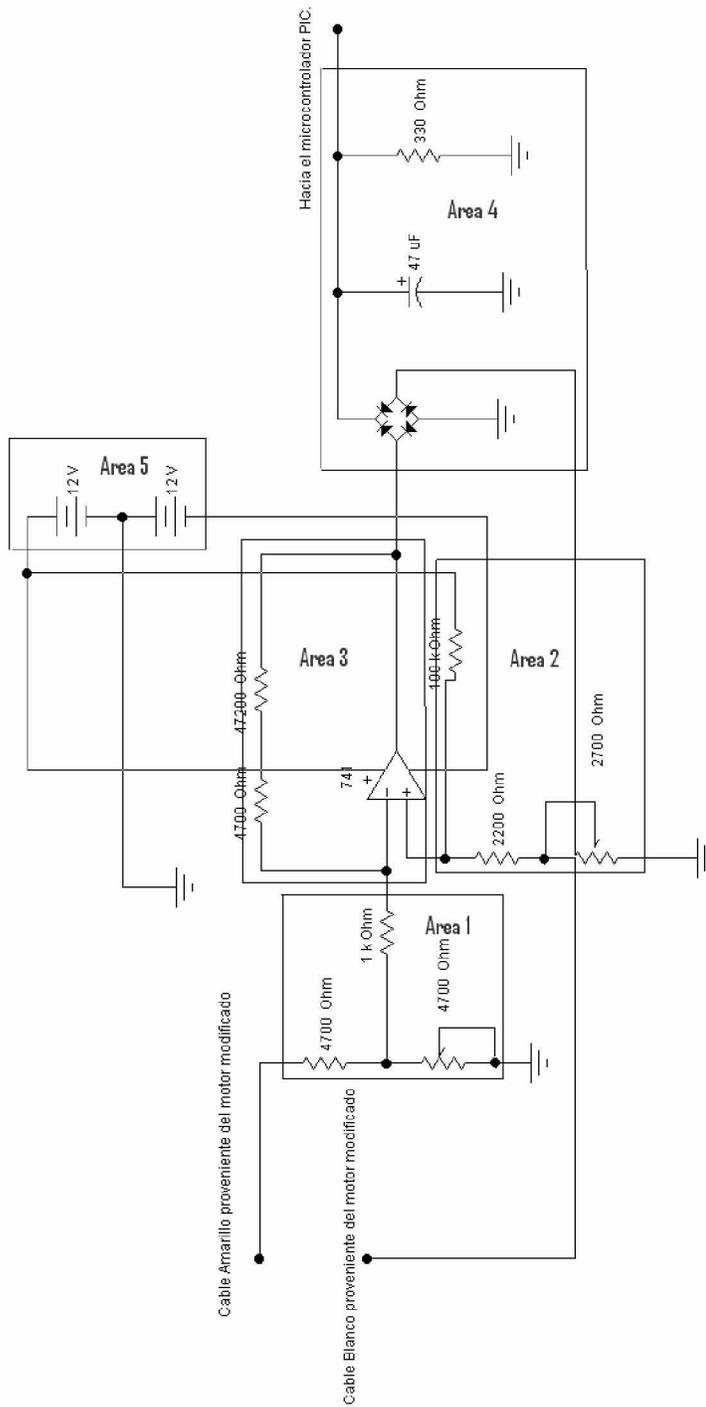
2.3 Circuito electrónico de entrada.

Figura 16. Circuito esquemático del convertidor amplificador de corriente a tensión.



2.3.1 Descripción detallada del circuito electrónico de entrada

Figura 17. División de bloques del convertidor de corriente a tensión.



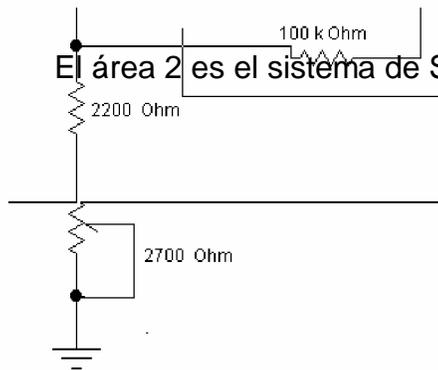
2.3.2 Área 1

El circuito que corresponde al AREA 1 es un divisor de tensión que se explica en el mismo. Es de hacer notar la existencia de un resistor variable, este elemento tiene como fin el ser el punto de ajuste de tensión proveniente del MOTOR MODIFICADO. Únicamente necesitamos un voltímetro en la escala de VOLTIOS AC y una terminal a tierra y el otro al punto de unión seguido de la resistencia de 1K ohmios. La forma realizar la calibración en este terminal es: tenemos una carga muestra constante (definimos una carga muestra constante como una carga que en la mayor medida de lo posible no varíe) una tensión AC de 120 voltios en la mayor medida de lo posible que igual sea constante, podemos utilizar un sistema de UPS para mantener constante la carga pero se debe de tener la precaución que el UPS no deforme la señal de salida.

En el circuito mostrado tenemos la resistencia variable tiene un valor de 4,700 ohmios, es de hacer notar que los valores comerciales que existen son de 5,000 ohmios, superiores como de 10,000. Para el caso de nuestro diseño esa resistencia será de un valor de 5,000 ohmios y el punto de calibración para el circuito es de 4,700. Dado que tratamos con elementos reciclados los valores variaran de circuito a circuito pero dadas las pruebas realizadas una resistencia variable de 5,000 perfectamente responderá a nuestras necesidades de diseño.

2.3.2 Área 2

Figura 18. Diagrama del divisor de tensión del terminal negativo del amplificador operacional.



Según la definición del ECG MASTER: Los pines llamados **OFFSET NULL** son usados para eliminar las tensiones de offset que pueda haber en el circuito. A su vez la tensión de OFFSET la definimos como:

La diferencia de tensión que se obtiene entre los dos pines de entrada cuando la tensión de salida es nula, este voltaje es cero en un amplificador ideal lo cual no se obtiene en un amplificador real. Esta tensión puede ajustarse a cero por medio del uso de las entradas de OFFSER (solo en algunos modelos de operacionales) en caso de querer precisión. El OFFSET puede variar dependiendo de la temperatura (T) del operacional como sigue:

$$V_{OFFSET} = V_{OFFSET}(T_0) + \frac{\Delta V_{OFFSET}}{\Delta T}(T - T_0)$$

Donde T_0 es una temperatura de referencia.

Un parámetro importante, a la hora de calcular las contribuciones a la tensión de OFFSET en la entrada de un operacional es el CMRR (Rechazo al

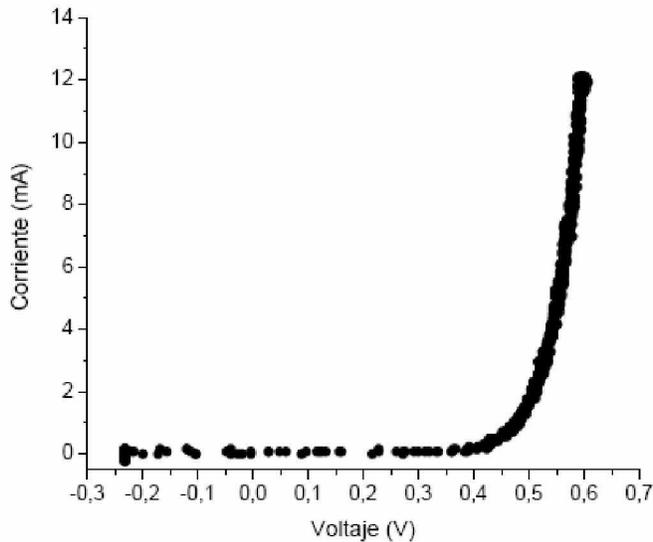
modo común). Ahora también puede variar dependiendo de la alimentación del operacional, a esto se le llama PSRR (power supply rejection ratio, relación de rechazo a la fuente de alimentación). La PSRR es la variación del voltaje de OFFSET respecto a la variación de los voltajes de alimentación, expresada en dB. Se calcula como sigue:

$$PSRR = -20 \log PSR = -20 \log \left(\frac{\Delta V_{OFFSET}}{\Delta V_{CC}} \right)$$

En resumidas cuentas el OFFSET NULL mueve el eje de tensión ya sea por necesidades de corrección o por desviaciones provocadas por la temperatura. La razón para ser utilizado es la siguiente: Los MICRONTROLADORES realizan cuantizaciones de 10 bit sobre 5 voltios. $2^{10}=1,024$ niveles de cuantización si este valor lo dividimos dentro de los 5 voltios tenemos $5/1024=0.0048828125$ voltios por nivel de cuantización.

Al realizar la modificación de MOTOR a medidor de corriente no se obtiene un elemento óptimo. Y más aun cuando medimos elementos cuyos consumos están por el orden de los 5 vatios los valores de tensión que nos proporciona el elemento medidor son tensiones mínimas. Si estos valores los deseamos rectificar por medio de un puente de diodos los bajos valores de tensión no nos permiten obtener una tensión de salida rectificadas esto es por:

Figura 19. Curva de tensión vrs. corriente de un diodo.



En la gráfica anterior se muestra una imagen de la corriente que circula por el diodo en función de la diferencia de potencial aplicada entre sus extremos.

Se observa que, cuando la diferencia de potencial supera los +0.6 V, el diodo se comporta prácticamente como un cable, sin oponerse a la circulación de corriente.

Por el contrario, si se conecta el diodo de manera tal que su diferencia de potencial sea menor a +0.6 V, la corriente que circule por él será casi nula, impidiendo, como es evidente que circule corriente por la resistencia.

Resumimos su comportamiento de la siguiente manera:

- Para valores mayores a +0.6 V el diodo se comporta como una llave cerrada.
- Dentro de todo el rango admisible de conexión en inversa y hasta los +0.4 V en directa, su comportamiento es similar al de una llave abierta.
- Entre los +0.4 V y +0.6 V se produce la transición entre los dos estados anteriores, cambiando su resistencia progresivamente.

Por los ítems mencionados anteriormente al medir cargas pequeñas obtenemos como resultado tensiones pequeñas y si estas tienen un valor menor a los 0.6 voltios estas no serán medidas. Y dado que utilizaremos un amplificador operacional básico, como lo es el 741 o NTE 941, el sistema de OFFSET NULL no es de gran calidad y varía según la temperatura ambiente y la temperatura. Por ello usaremos algo más práctico variaremos el eje de referencia el cual está conectado al terminal positivo del amplificador operacional. Esto lo logramos con un simple divisor de tensión.

$$\frac{(2700+2200)}{2,700+2,200+100,000} * 12 = 0.56 \text{ Voltios}$$

Aplicando una incerteza de 20% dadas las resistencias recicladas utilizadas (recordemos que toda resistencia que carece de una cuarta banda de color le corresponde una incerteza del 20%)

Los nuevos valores que obtenemos son, valor superior de 6.72 Voltios y un valor inferior de 0.44 voltios. Experimentalmente obtenemos en nuestro circuito de 6.3 voltios. Es por ello la necesidad de utilizar una resistencia variable, que para nuestro caso fue una de 2700 ohmios pero debemos de utilizar una de 3,000 ohmios y de esta manera poder ajustarla.

2.3.3 Área 3 Amplificador operacional.

Un amplificador operacional (A.O., habitualmente llamado op-amp) es un circuito electrónico (normalmente se presenta como circuito integrado) que tiene dos entradas y una salida. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia):

$$V_{out} = G \cdot (V_{+} - V_{-})$$

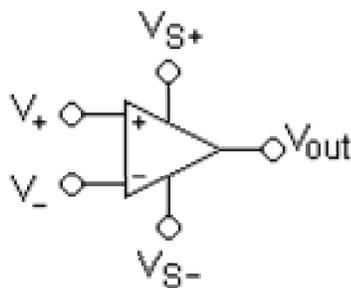
El primer amplificador operacional monolítico data de los años 1960, era el Fairchild μ A702 (1964), diseñado por Bob Widlar. Le siguió el Fairchild μ A709 (1965), también de Widlar, y que constituyó un gran éxito comercial. Más tarde sería sustituido por el popular Fairchild μ A741(1968), de David Fullagar, y fabricado por numerosas empresas, basado en tecnología bipolar.

Originalmente los A.O. se empleaban para operaciones matemáticas (suma, resta, multiplicación, división, integración, derivación, etc) en calculadoras analógicas. De ahí su nombre.

El A.O. ideal tiene una ganancia infinita, una impedancia de entrada infinita, un ancho de banda también infinito, una impedancia de salida nula, un tiempo de respuesta nulo y ningún ruido. Como la impedancia de entrada es infinita también se dice que las corrientes de entrada son cero.

El símbolo de un MONOLITICO es el mostrado en la siguiente figura:

Figura 20. Representación esquemática y terminales de un amplificador operacional.



Símbolo del A.O.

Los terminales son:

V+: entrada no inversora

V-: entrada inversora

VOOUT: salida

VS+: alimentación positiva

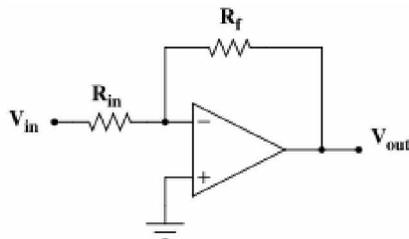
VS-: alimentación negativa

Las terminales de alimentación pueden recibir diferentes nombres, por ejemplo en los A.O. basados en FET VDD y VSS respectivamente. Para los basados en BJT son VCC y VEE.

Normalmente los pines de alimentación son omitidos en los diagramas eléctricos por claridad.

La configuración utilizada en nuestro diseño se llama no inversora, y es tal cual se muestra en la figura siguiente:

Figura 21. Diagrama de un amplificador operacional inversor.



Las ecuaciones básicas que describen su comportamiento son las siguientes:

Se denomina inversor, ya que la señal de salida es igual a la señal de entrada (en forma) pero con la fase invertida 180 grados.

El análisis de este circuito es el siguiente:

$$V_+ = V_- = 0$$

Definiendo corrientes: $\frac{V_{in} - 0}{R_{in}} = -\frac{V_{out} - 0}{R_f}$ y de aquí se despeja

$$V_{OUT} = -V_{in} \frac{R_f}{R_{in}}$$

Para el resto de circuitos el análisis es similar.

$$Z_{in} = R_{in}$$

Por lo cual se puede controlar la impedancia de entrada mediante la elección de R_1

$$V_o = -\frac{R_2}{R_1} * V_{in}$$

De las ecuaciones anteriormente descritas, las aplicamos a nuestro circuito a fin de encontrar el valor de amplificación de nuestro circuito:

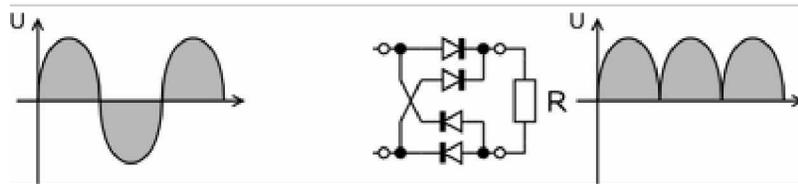
$$V_o = \frac{-(4,700+47,200)}{1,000} = 51.9$$

Es muy necesario saber que acá igualmente aplicamos una incerteza, pero el valor obtenido puede ser perfectamente ajustado con las dos resistencias variables anteriores. De igual manera podemos sustituir las dos resistencias de 4,700 y la de 47,200 por una de 52,000 pero en las placas electrónicas que reciclaremos son más comunes los valores de 4,700 y la de 47,200 que las de 52,000. Razón para la cual usamos dos resistencias.

2.3.4 rectificador

Se trata de un rectificador de onda completa

Figura 22. Rectificador de onda completa con carga.



A fin de facilitar la explicación del funcionamiento de este circuito vamos a denominar D-1 al diodo situado más arriba y D-2, D-3 y D-4 a los siguientes en orden descendente.

* Durante el medio ciclo en que el punto superior proveniente de la salida del amplificador operacional es positivo con respecto al inferior de dicho elemento, la corriente circula a través del camino siguiente:

Punto superior proveniente del OP --> Diodo D-1 --> (+) Resistencia de carga R(-) --> Diodo D-4 --> punto inferior o referencia a tierra.

* En el semiciclo siguiente, cuando la salida del OP es negativa y la inferior positiva lo hará por:

Punto inferior --> Diodo D-2 --> (+) Resistencia de carga R (-) --> Diodo D-3 --> punto superior.

En este caso, vemos como circula corriente por la carga, en el mismo sentido, en los dos medios ciclos, con lo que se aprovechan ambos y se obtiene una corriente rectificadora más uniforme que en el caso del rectificador de media

onda, donde durante un semiciclo se interrumpe la circulación de corriente por la carga.

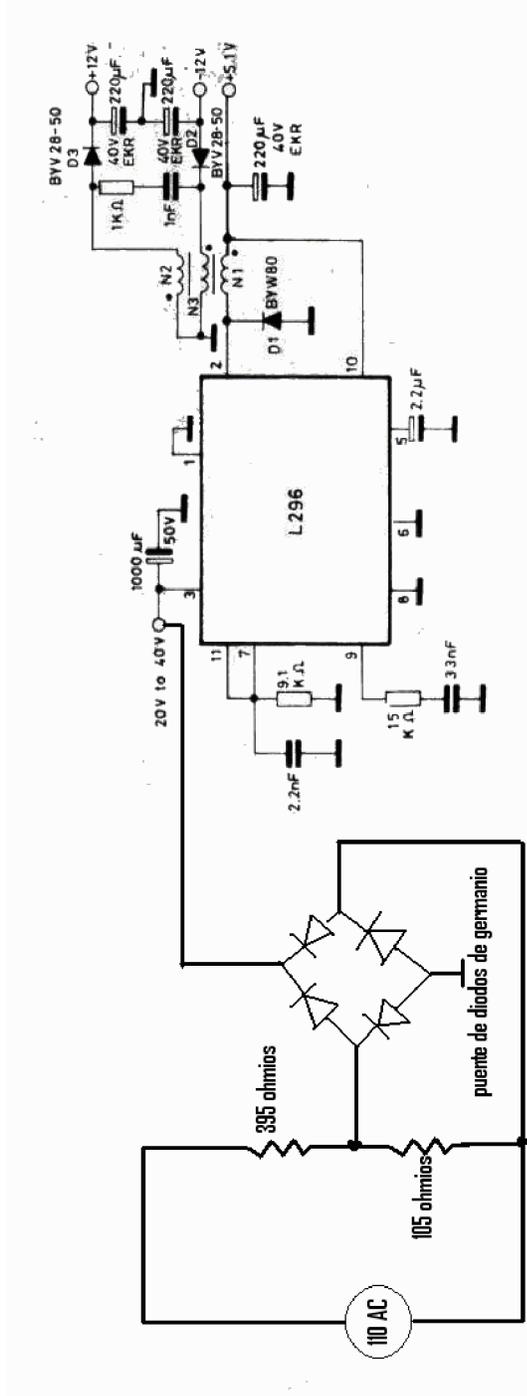
En este tipo de rectificador de onda completa, la forma de onda de la corriente rectificada de salida, será la de una corriente continua pulsante, pero con una frecuencia de pulso doble de la corriente alterna de alimentación.

El capacitor electrolítico se coloca a modo de filtrado a fin de quitar lo pulsante de la señal de salida. A fin de evitar este inconveniente se procede a un filtrado para eliminar el rizado de la señal pulsante rectificada. Esto se realiza mediante filtros RC (resistencia - capacitancia) o LC (inductancia- capacitancia), obteniéndose finalmente a la salida una corriente continua con un rizado que depende del filtro y la carga, de modo que sin carga alguna, no existe rizado. Debe notarse que este filtro no es lineal, por la existencia de los diodos, que cargan rápidamente los condensadores, los cuales a su vez, se descargan lentamente a través de la carga.

La tensión de rizado (V_r) será menor que V si la constante de tiempo del condensador $R \cdot C$ es mucho mayor que el período de la señal. Entonces consideraremos la pendiente de descarga lineal y, por tanto, $V_r = V_{pico} \cdot T / (R \cdot C)$ Siendo $R \cdot C$ la constante de tiempo del condensador, T el período de la señal y V_{pico} la tensión de pico de la señal.

2.3.5 fuente de alimentación bipolar

Figura 23. Diagrama de la fuente de alimentación.



Se describe la fuente de alimentación del circuito, en la entrada de la fuente se tiene la tensión 110 voltios alternos. Esta tensión alterna es aplicada a un divisor de tensión compuesto por dos resistencias el cálculo básico se realiza por la relación $I=V/R = 120/500= 0.240$ amperios, calculo realizado en vacío, luego de la resistencia de 105 ohmios se divide en ramales; un ramal hacia el circuito, en un circuito práctico los valores difieren del calculo teórico, aun así da una idea de los parámetros básicos de la fuente. Las dos resistencias están configuradas como un divisor de tensión, al usar la relación de ohmios, obtenemos $105/500=.21\%$ por lo que la tensión hacia el circuito se obtiene: $120 \text{ voltios} \cdot .21\%=25.2$ voltios. Al revisar el diagrama se observa que el circuito está diseñado para una tensión mínima de entrada de 20 voltios y un voltaje máximo de 40, se debe tener claro que existen variaciones en la tensión 110 VAC, por lo tanto el diseño de la fuente debe estar en 25 voltios, esto da un rango de variación de tensión aceptable. Seguido se aplica la tensión a un puente de diodos en configuración de onda completa, no se utiliza un capacitor pues según los datos técnicos de la fuente de alimentación no es necesario.

El eje del diseño es el circuito regulador L296 el cual es utilizado en televisores y equipos de sonido. Según la descripción del manual POWER SUPPLY APPLICATION MANUAL de la SGS:

Descripción (traducción libre) La mayoría de las fuentes troceadas tienen múltiples tensiones de salida, las tensiones regularmente más utilizadas (como es en el presente diseño) +5, -5, +12 y -12, es aplicada a cargas de un máximo de 50 vatios, la tensión de 5 voltios es la el ramal de carga más grande. La mayoría de circuitos digitales necesitan ser muy precisas, la presente fuente de alimentación es sumamente precisa, las tensiones de salida poseen un rizo máximo o incerteza de salida de $\pm 5 \%$.

Tabla IV. Parámetros de salida de la fuente de alimentación.

Parameter	V_{o1}	V_{o2}	V_{o3}	Unit
Output Voltage $I_{o1} = 3A$ $V_i = 30V$ $I_{o2} = I_{o3} = 100mA$	5.057	12.300	-12.300	[V]
Output ripple	80	30	30	[mV]
Line regulation $I_{o1} = 700mA$ $20 \leq V_i \leq 40V$ $I_{o2} = I_{o3} = 100mA$	15	60	60	[mV]
Line regulation $I_{o1} = 3A$ $20 \leq V_i \leq 40V$ $I_{o2} = I_{o3} = 100mA$	18	100	100	[mV]
Load regulation $I_{o1} = 0.7 \rightarrow 3A$ $V_i = 30V$ $I_{o2} = I_{o3} = 100mA$	4	150	150	[mV]
Load regulation $I_{o1} = 3A$ $V_i = 30V$ $I_{o2} = 100mA$ $I_{o3} = 50 \rightarrow 100mA$	0	125	52	[mV]
Load regulation $I_{o1} = 3A$ $I_{o2} = 50 \rightarrow 100mA$ $V_i = 30V$ $I_{o3} = 100mA$	0	50	120	[mV]
Efficiency	76			%

Fuente: POWER SUPPLY APPLICATION MANUAL, TECHNOLOGY AND SERVICE.

V_{o1} se refiere a la tensión de salida de +5 voltios directos.

V_{o2} se refiere a la tensión de salida de +12 voltios directos.

V_{o3} se refiere a la tensión de salida de -12 voltios directos.

Si bien la tabla muestra 5.057 voltios y no los 5 requeridos, se interpreta:

Este valor se representa con su respectiva incerteza, esto se indica en la línea OUTPUT VOLTAGE $I_{o1}=3A$ seguido de $V_i=30$ voltios, $I_{o2}=I_{o3}=100mA$. Los parámetros de la tabla anterior se interpretan como Tensión de salida aplicada a una carga, con una tensión de alimentación entrada de 30 voltios (la interpretación de la tensión de salida varia con la tensión de entrada) I_{o1} se refiere con una carga de 3 amperes en la salida de 5 voltios, y las dos restantes salidas están conectadas a una carga de 100 mili amperes. A los 20 voltios de

alimentación de la fuente posee un valor cercano a los 5 voltios en V_{o1} , mas a los 30 voltios de alimentación de la fuente, obteniéndose un valor de 5.057 una variación despreciable dada la incerteza del sistema.

El parámetro de OUTPUT RIPPLE se refiere al rizado que experimenta la tensión continua de salida en sus terminales. Los Valores están expresados en milésimas de voltio y haciéndose notar que no son valores estándar, se trata de valores extremos en concisiones límite.

Los siguientes parámetros indican los valores de regulación de línea con diferentes valores de alimentación tanto fijos como variables. Un valor importante a considerar es el de Eficiencia del circuito, el cual la tabla lo muestra en 76%. Un valor aceptable para este tipo de fuente de alimentación.

2.4.1 El microcontrolador

Un **microcontrolador** es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S (entrada salida), en resumen, se trata de una computadora completa en un circuito integrado o chip.

Son diseñados para disminuir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño del CPU, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. El control de un electrodoméstico sencillo como una batidora, utilizará un procesador muy pequeño (4 u 8 bit), esto se debe a que substituirá o se aplicara en pocas funciones o funciones finitas. En cambio un reproductor de música y/o vídeo digital (mp3 o mp4) requerirá de un procesador de 32 bit o de 64 bit y de uno o mas Códec (programas de interfase) de señal digital (audio y/o vídeo). El control de un sistema de frenos ABS (Antilock Brake System) se basa normalmente en un microcontrolador de 16 bit, al igual que el sistema de control electrónico del motor en un automóvil.

Los microcontroladores representan la inmensa mayoría de los chips de computadoras vendidos, sobre un 50% son controladores "simples" y el restante corresponde a microprocesadores en aplicaciones más especializadas. Mientras se pueden tener uno o dos microprocesadores de propósito general en una casa, se tienen distribuidos entre los electrodomésticos de un hogar una o dos docenas de microcontroladores. Pueden encontrarse en casi cualquier dispositivo electrónico como automóviles, lavadoras, hornos microondas, teléfonos, etc.

Un microcontrolador difiere de un CPU normal, debido a que es más fácil convertir un microcontrolador en una computadora funcional con un mínimo de chips externos de apoyo. La idea es colocar el microcontrolador en el dispositivo, agregando la fuente de energía y elementos que necesite. Un microprocesador tradicional no le permitirá hacer esto, ya que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros chips. Hay que agregarle los módulos de entrada/salida (puertos) y la memoria para almacenamiento de información.

Por ejemplo, un microcontrolador típico tendrá un generador de reloj integrado y una pequeña cantidad de memoria RAM y una ROM/EPROM/EEPROM/FLASH, significando que para hacerlo funcionar, todo lo que se necesita son unos pocos programas de control y un cristal de sincronización. Los microcontroladores disponen generalmente también de una gran variedad de dispositivos de entrada/salida, como convertidores de analógico a digital, temporizadores, UARTs y buses de interfaz serie especializado. Frecuentemente, estos dispositivos integrados pueden ser controlados por instrucciones de procesadores especializados. Los modernos microcontroladores frecuentemente incluyen un lenguaje de programación integrado, como el BASIC que se utiliza generalmente con este propósito.

Los microcontroladores negocian la velocidad y la flexibilidad para facilitar su uso. Debido a su alta integración el microcontrolador es más funcional que un microprocesador en muchas aplicaciones, pues se prescinde de cualquier otra circuitería.

En la siguiente tabla se muestra a los más importantes fabricantes de microcontroladores y algunos de sus modelos.

Tabla V: Familia de microcontroladores PIC de MICROCHIP.

Empresa	8 bits	12 bits	14 bits	16 bits	32 bits	64 bits	Observaciones
Atmel AVR	ATmega8						
Freescale (antes Motorola)	68HC05, 68HC08, 68HC11, HCS08	#	#	68HC12, 68HC12, 68HC16	683xx, PowerPC Architecture	#	#
Hitachi, Ltd	H8	#	#	#	#	#	#
Holtek	HTB						
Intel	MCS-46 (familia 8048) MCS51 (familia 8051) 8xC251	#	#	MCS96, MCS296	#	#	#
National Semiconductor	µOP8	#	#	#	#	#	#
Microchip	Familia 10I2xx Familia 12Cxx Familia 12Fxx, 16Cxx y 16Fxx 18Cxx y 18Fxx			dsPIC30Fxx y dsPIC33F de 16 bits	PIC32	#	#
NEC	78K						
Parallax							
ST	ST 62, ST 7						
Texas Instruments	TM6370, MSP430						
Zilog	Z8, Z86E02						
Silabs	C8051						

Fuente: Página oficial de MICROCHIP.

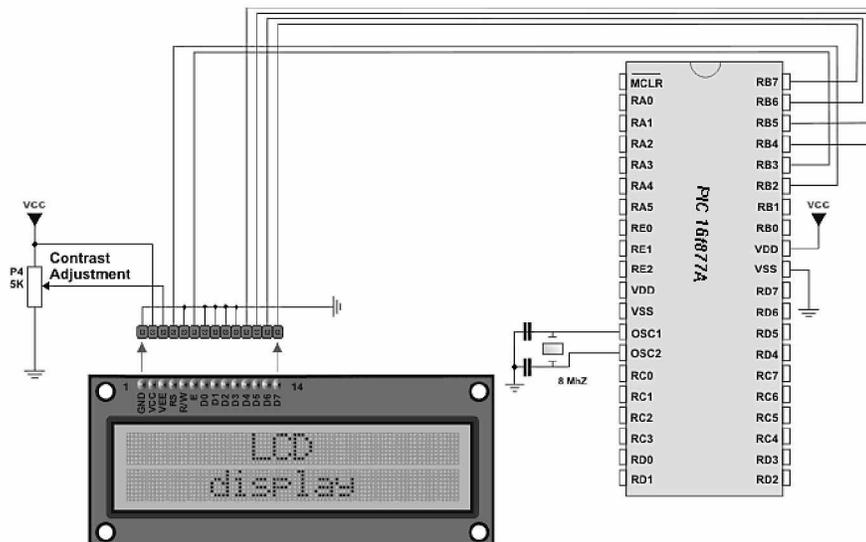
2.4.2 Razonamiento para un microcontrolador PIC de MICROCHIP.

Los microcontroladores PIC están muy extendidos en Guatemala, y son fáciles de adquirir en el mercado local a precios razonables. Microchip es la empresa fabricante, ofrece herramientas gratuitas de desarrollo para plataformas Windows, lo cual es una ventaja pues otro tipo de Plataformas libres como LINUX no son tan conocidas en Guatemala. En el presente diseño se utilizan algunas de las herramientas libres que nos permiten trabajar con ellos desde la plataforma WINDOWS.

Precio del PIC 16f877 en quetzales a un cambio de 7.55 quetzales por un dólar es: Q 85.00 por un PIC 16f877A

2.4.2 Arquitectura básica del PIC con una pantalla LCD de 16X2 caracteres

Figura 24. Montaje del microcontrolador a una pantalla LCD.



Una parte fundamental de la configuración del PIC es el oscilador, en la figura anterior se muestra un oscilador de 8MHZ con dos capacitores cerámicos de 16 ó 22 pico faradios, el cristal oscilador se utiliza cuando es importante la exactitud y estabilidad de la frecuencia de oscilación. En el presente diseño, la señal de realimentación se toma de uno de los capacitores. El cristal (abreviado XTAL) actúa como una bobina grande en serie con un pequeño condensador. Por tal motivo, la frecuencia de resonancia casi no es afectada por el circuito al que se le aplica la frecuencia estable y tampoco se ve afectado por las frecuencias parásitas.

Algunos cristales encontrados en la naturaleza presentan el efecto piezoeléctrico. Cuando se aplica una tensión alterna a través de ellos, vibran a la frecuencia de la tensión aplicada. De manera inversa, si mecánicamente se les obliga a que vibren, generan una tensión alterna definida por su frecuencia fundamental. Las principales sustancias que producen el efecto piezoeléctrico son el cuarzo, las sales de Rochelle y la turmalina.

Las sales de Rochelle tienen la mayor actividad piezoeléctrica. Con una tensión alterna este entra en armonía, vibran más que el cuarzo o la turmalina. Lastimosamente mecánicamente son las más débiles porque se fracturan muy fácilmente. Estas sales se han empleado para fabricar micrófonos, agujas fonocaptoras, audífonos y altavoces. La turmalina muestra actividad piezoeléctrica mínima, pero es la más resistente de las tres. Es también la más cara. Ocasionalmente se usa en frecuencias muy altas. El cuarzo ocupa un lugar intermedio entre la actividad piezoeléctrica de las sales de Rochelle y la dureza de la turmalina. Debido a su coste y su disponibilidad en la naturaleza, se utiliza ampliamente para hacer osciladores de RF y filtros.

2.4.3 Utilización de la pantalla LCD.

Las pantallas a utilizar son pantallas de cristal líquido con dos líneas de caracteres alfanuméricos, cada línea cuenta con 16 caracteres, se pueden utilizar pantallas de una línea pero su precio es similar que las de dos líneas. Al utilizar una de mayor cantidad de líneas o grafica representara un desembolso para algo que no se utilizara al máximo. Este tipo de pantallas tiene dos configuraciones las de 8 y 4 bits, el presente diseño utiliza la configuración de 4 bits pues no se necesita una velocidad de transferencia y exposición de información de gran rapidez, además el utilizar los 8 bits requiere de dos puertos del PIC y con la configuración 4 bits solo necesitamos un puerto.

Una Pantalla LCD diseñada para recibir bloques de información es perfecta para usarse como pantalla flexible para el desarrollo de prototipos. La pantalla a utilizar como ya dijimos es un dispositivo LCD de 16 caracteres alfanumérico de 2 líneas que se conecta a uno de los puertos del PIC de manera ascendente. La Pantalla de LCD requiere datos en un formato serie de 5 entradas de datos.

El LCD es un módulo que internamente se compone de 16 caracteres x 2 líneas. La línea 1 va del H'00' al H'27' y la línea 2 va desde H'40' al H'67'.

Figura 25: Direcciones internas de la pantalla LCD.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	60	61	62	63	64	65	66	67

Display Window [16x2]
Internal [40x2]

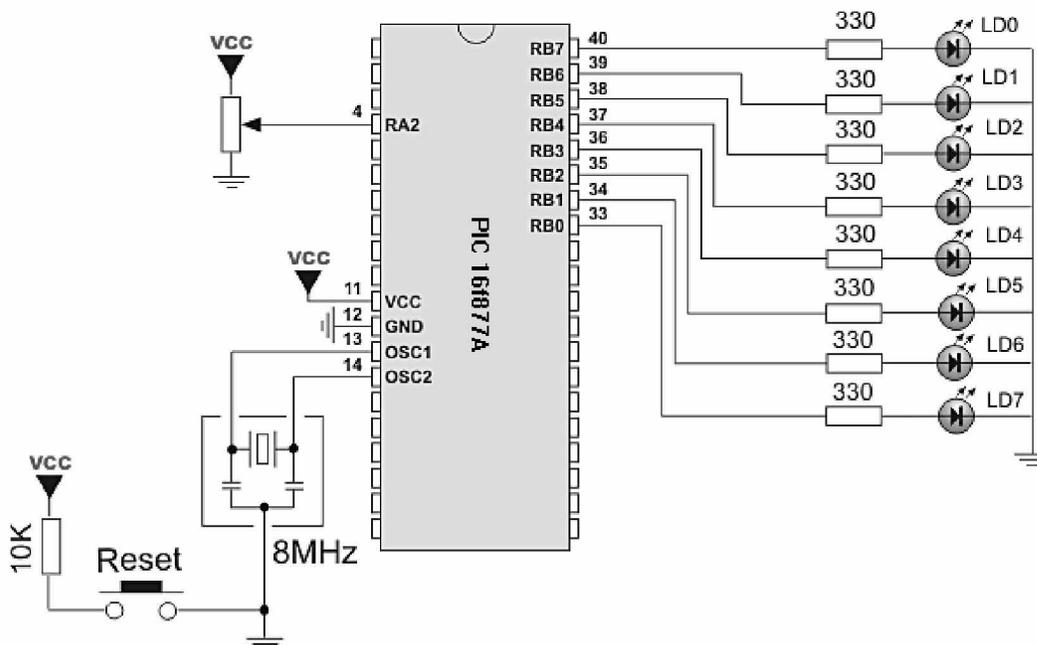
Fuente: Manual de pantallas LCD HITACHI

El módulo de LCD utiliza un controlador Samsung KS0066U que es similar los controladores genéricos los cuales poseen un CHIP controlador Hitachi HD44780. El panel ascendente utiliza pines de 1 a 6. Para programar la

LCD, se debe estar seguro que la placa del LCD está encendida, solo es posible enviar los datos a éste después de 300 mili segundos luego de haber sido encendida, este es el tiempo que necesita el LCD para inicializarse (ya que limpia toda la RAM e instala el Modo de Entrada). Para enviar una orden al LCD, se envían los datos en dos pasos, los MSB seguidos de los LSB (el byte es un dato en los pines de 1 y 4). Una vez que se ha enviado cada byte al LCD, el B5 debe ir primero alto y luego bajo, para que el LCD reconozca el byte. Una vez que el segundo byte ha sido reconocido, el LCD ejecuta la orden. La plaqueta ascendente debe esperar durante el tiempo de ejecución para dicha instrucción, antes de poder enviar la siguiente instrucción. La primera orden que se debe enviar al LCD debe ser "Set de función" (para instalar el LCD) y va generalmente seguida de "Control de Pantalla" y luego de "Limpiar Pantalla". De acuerdo con el "Set de Modo de Entrada", después de enviar cada carácter al LCD, cambia la posición del cursor (por defecto, se incrementa).

2.4.4 Conversión análoga digital de corriente y voltaje.

Figura 26: Conexión en modo de convertidor análogo a digital de 10 bit.

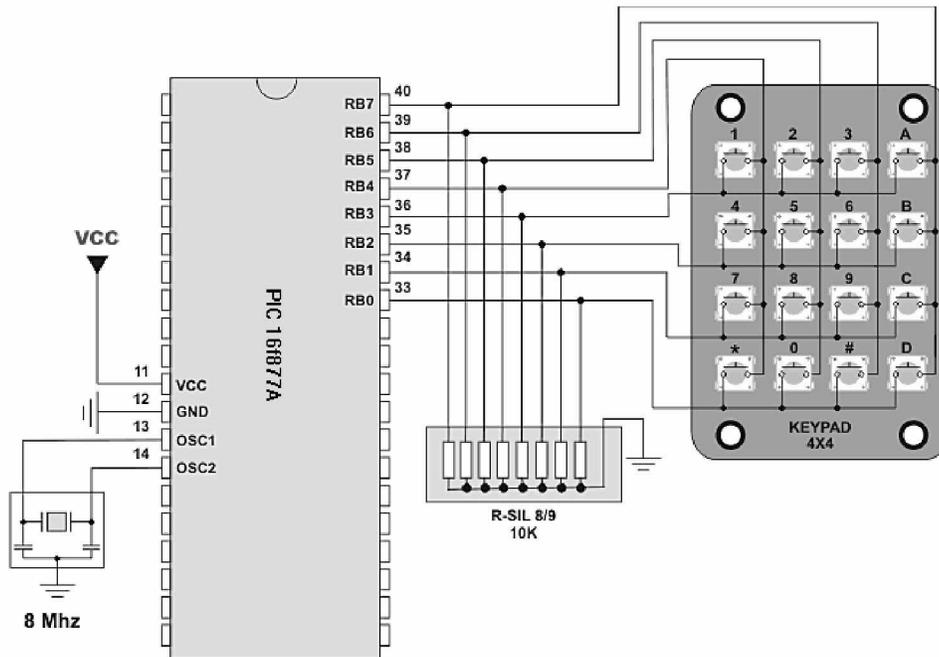


El PIC posee tres puertos capaces de realizar una conversión análoga digital, cada uno de los puertos posee 8 terminales, se utilizarán únicamente 2 terminales del PIC para realizar la medida de la tensión y corriente. El PIC puede realizar una cuantización de hasta 1024 niveles, pues cuenta con un convertidor interno análogo digital de 10 bits, además de ello puedo tomar hasta mil muestras por segundo. Se toma en cuenta que para hacer un muestreo hay que utilizar un filtro, en nuestro únicamente se cuantizan dos muestras por segundo, esto no necesita utilizar un filtro a la entrada de los terminales CONVERSORES ANÁLOGO DIGITAL. A través de programación se convierten los datos obtenidos por medio de los terminales que medirán el voltaje y la corriente (convertida en voltaje) en un dato que muestra la potencia en vatios

que consume instantáneamente la carga y por medio de software genera la proyección estimada de su consumo en periodos mensuales y anuales.

2.4.5 Teclados para el ingreso de información.

Figura 27: Conexión de teclado con matriz 4X4.



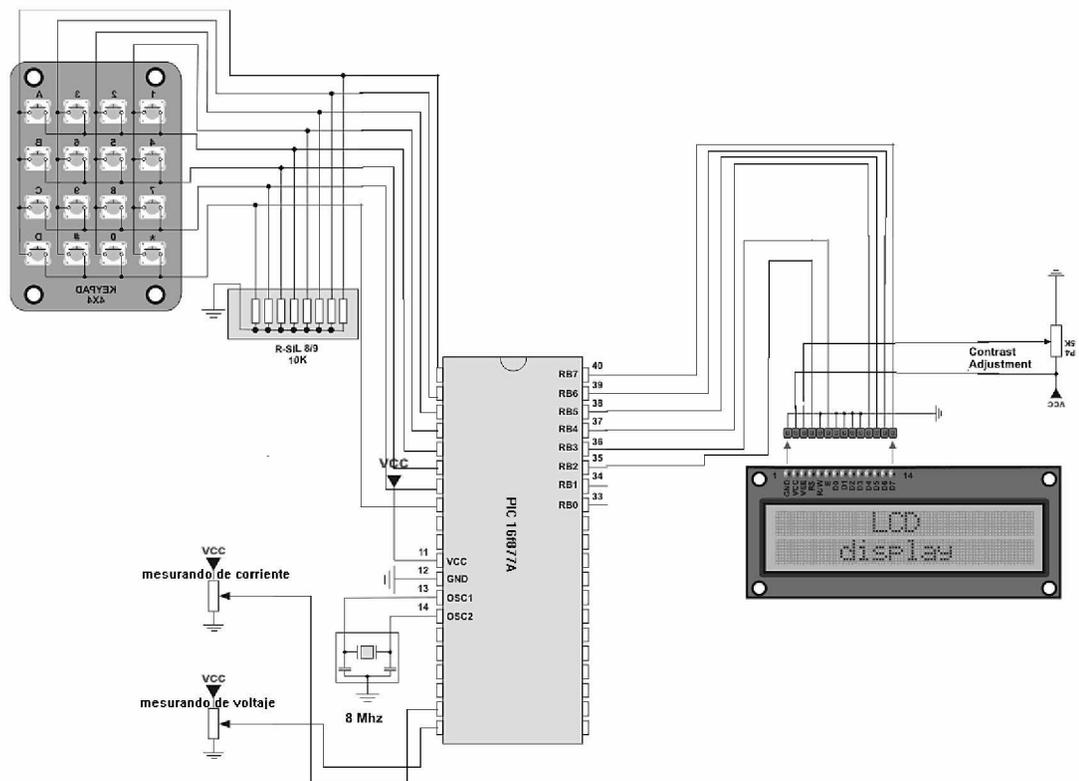
El diseño requiere que el usuario ingrese información luego que el circuito mida la carga, la información a ingresar por el usuario es: cuantas horas utiliza al día aproximadamente el equipo (carga a medir), para ello se debe de tener un dispositivo de ingreso de información, este dispositivo de ingreso es el

teclado de matriz 4X4, de 16 botones. Las teclas se hallan ligadas a una matriz de circuitos (o matriz de teclas) de dos dimensiones. Cada tecla, en su estado normal (no presionada) mantiene abierto un determinado circuito. Al presionar una tecla, el terminal de PIC asociada se cierra, y por tanto circula una pequeña cantidad de corriente a través de dicho circuito. El PIC detecta los circuitos que han sido cerrados, e identifica en qué parte de la matriz se presionó el botón o tecla, mediante la asignación de un par de coordenadas (x,y).

Como interruptores, las teclas poseen el "efecto rebote". Cuando una tecla se presiona, produce una vibración o eco eléctrico, que equivale a presionar y soltar la tecla en repetidas ocasiones muy rápidamente. Una de las misiones del programa en el PIC, es eliminar dicho fenómeno por medio de SOFTWARE y no de HARDWARE. Cuando el PIC detecta que una tecla es presionada crea un LOOP de espera que bloquea los rebotes (el loop de espera debe ser mayor que la velocidad máxima que un humano puede generar al usar normalmente el teclado), interpreta el conjunto de rebotes como una única pulsación. Sin embargo, si mantenemos pulsada la tecla más tiempo, el procesador detecta que los rebotes desaparecen, e interpreta que queremos enviar el mismo carácter al microcontrolador en repetidas ocasiones. La frecuencia con la cual se envía el carácter repetido al microcontrolador se puede establecer por software, concretamente desde el sistema operativo.

2.4.5 Diseño propuesto final del PIC.

Figura 28: Diseño propuesto final del área de microcontrolador.



3. PROGRAMA Y MODO DE PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC.

El microcontrolador está diseñado para que en la memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. Como éste programa siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente.

El sistema de memoria de almacenamiento que utiliza el MICROCONTROLADOR PIC 16f877 es el siguiente:

- EEPROM: también se graba eléctricamente, pero su borrado es mucho más sencillo, ya que también es eléctrico. No se pueden conseguir grandes capacidades y su tiempo de escritura y su consumo eléctrico es elevado.

- FLASH: se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que las EEPROM, pero que suelen disponer de mayor capacidad que estas últimas. Son recomendables aplicaciones en las que es necesario modificar el programa a lo largo de la vida del producto. Por sus mejores prestaciones, está sustituyendo a la memoria EEPROM para contener instrucciones.

De esta forma Microchip comercializa dos microcontroladores prácticamente iguales que sólo se diferencian en que la memoria de programa de uno de ellos es tipo EEPROM y la del otro tipo Flash. Se trata del PIC16C877 y el PIC16F877, respectivamente.

Memoria de datos: Los datos que manejan los programas varían continuamente, y esto exige que la memoria que los contiene debe ser de lectura y escritura, por lo que la memoria RAM estática (SRAM) es la más adecuada, aunque sea volátil.

Hay microcontroladores que disponen como memoria de datos una de lectura y escritura no volátil, del tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de la información, que está

disponible al reiniciarse el programa. El PIC16F877 dispone de 64 bytes de memoria EEPROM para contener datos.

3.1 Principios de programación de un microcontrolador PIC.

A fin de comprender el entorno de programación de un microcontrolador, en la figura siguiente se muestra el modo de procesamiento de un programa y como se relaciona con su entorno.

Figura 29: Esquema de procesamiento del microcontrolador.

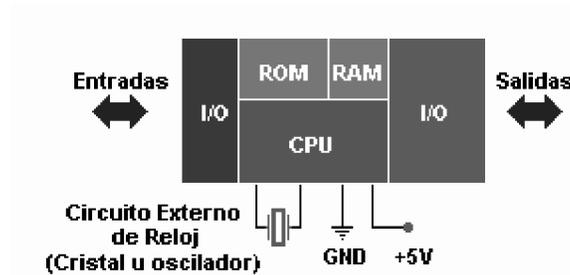


Los dispositivos de entrada pueden ser un teclado, un interruptor, un sensor.

Los dispositivos de salida pueden ser LED's, pequeñas bocinas, zumbadores, interruptores de potencia (tiristores, optó acopladores), u otros dispositivos como relés para utilizar: luces, un secador de pelo.

En la figura siguiente se muestra una representación en bloques del microcontrolador, para dar una idea general, y se pueda ver que un MICROCONTROLADOR posee todos los elementos de una computadora personal, con su fuente de alimentación, un circuito de reloj y el chip microcontrolador, el cual dispone de su CPU, sus memorias, y por supuesto, sus puertos de comunicación listos para conectarse al mundo exterior.

Figura 30: Esquema interno de proceso de un microcontrolador.



Definiendo generalmente al microcontrolador; Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Los siguientes son los bloques fundamentales de un Microcontrolador:

- Memoria ROM (Memoria de sólo lectura)
- Memoria RAM (Memoria de acceso aleatorio)
- Líneas de entrada/salida (I/O) También llamados puertos
- Lógica de control Coordina la interacción entre los demás bloques

3.1.1 Microcontroladores PIC16FCXX/FXX de MICROCHIP, cuya familia incluye al 16F877A.

Estos MICROCONTROLADORES pertenecen a la gama media y disponen de un set de 35 instrucciones, por eso lo llaman de tipo RISC (Reduced Instruction Set Computer) la traducción libre es "Computador con Set de Instrucciones Reducido" pocas instrucciones pero muy poderosas, otros MICROCONTROLADORES de gama alta pertenecen al tipo CISC (Complex Instruction Set Computer - Computadora con Set de Instrucciones Complejo), demasiadas instrucciones, y lo peor, difíciles de recordar.

Esta familia de microcontroladores se divide en tres rangos según la capacidad de los microcontroladores. El más bajo lo compone la familia 16C5X. El rango medio lo componen las familias 16FXX/ 7X/ 8X, algunos con conversores A/D, comparadores, interrupciones, etc. La familia de rango superior lo componen los 17FXX.

Estas son las funciones especiales de las cuales disponen el microcontrolador 16F877

- Conversores análogo a digital (A/D) en caso de que se requiera medir señales analógicas, por ejemplo temperatura, voltaje, luminosidad, etc.
- Temporizadores programables (Timer's) Si se requiere medir períodos de tiempo entre eventos, generar temporizaciones o salidas con frecuencia específica, etc.
- Interfaz serial RS-232. Cuando se necesita establecer comunicación con otro microcontrolador o con un computador.
- Memoria EEPROM para desarrollar una aplicación donde los datos no se alteren a pesar de quitar la alimentación, que es un tipo de memoria FLASH que se puede programar o borrar eléctricamente sin necesidad de circuitos especiales.
- salidas PWM (modulación por ancho de pulso) Para quienes requieren el control de motores DC o cargas resistivas, existen microcontroladores que pueden ofrecer varias de ellas.
- Técnica llamada de "Interrupciones", cuando una señal externa activa una línea de interrupción, el microcontrolador deja de lado la tarea que está ejecutando, atiende dicha interrupción, y luego continúa con lo que estaba haciendo.

3.1.2 El PIC 16F877

El PIC16F877 está fabricado en tecnología CMOS, consume baja potencia, y es completamente estático (si el reloj se detiene, los datos de la memoria no se pierden). El 16F877A tiene las mismas características pero posee memoria FLASH, esto hace que tenga menor consumo de energía.

Figura 31: Imagen de un microcontrolador PIC16F877 de MICROCHIP.



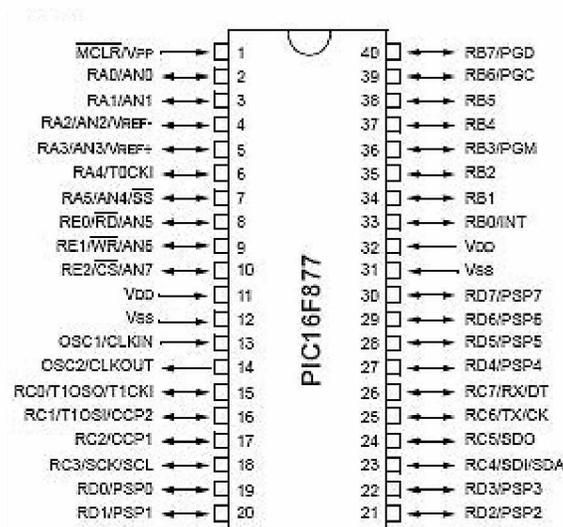
El encapsulado más común para estos microcontrolador es el DIP (Dual In line Pin) de 40 pines y utiliza un reloj de con una frecuencia minima de 4 MHz (cristal de cuarzo) hasta los 20 MHz Sin embargo, hay otros tipos de encapsulado, por ejemplo, el encapsulado tipo surface mount (montaje superficial) es mucho más pequeño.

Figura 32: Terminales del microcontrolador y sus respectivas funciones:

Features Include :

	PIC16F877A
Program Memory	8192x14
RAM (Bytes)	368
EEPROM Data (Bytes)	256
Max Speed (MHz)	20
I/O	33
Package	40-pin DIP*
A/D Channels	8 (10 Bit)
PWM Channels	2
Brown Out Reset	Yes
Serial I/O	AUSART/I ² C/SPI

Pin Outs :



Fuente: Manual MICROCHIP para microcontroladores serie 16F

Puertos A, B, C, D y E. Corresponden a 8 líneas bidireccionales de E/S (definidas por programación). Es capaz de entregar niveles TTL cuando la alimentación aplicada en VDD es de $5V \pm 5\%$. El pin **RA4/T0CKI** como entrada puede programarse en funcionamiento normal o como entrada del

contador/temporizador TMR0. Cuando este PIN se programa como entrada digital, funciona como un disparador de gatillo (Schmitt trigger), puede reconocer señales un tanto distorsionadas y llevarlas a niveles lógicos (cero y cinco voltios). Cuando se usa como salida digital se comporta como colector abierto; por lo tanto se debe poner una resistencia de pull-Up (resistencia externa conectada a un nivel de cinco voltios. Como salida, la lógica es inversa: un "0" escrito al PIN del puerto entrega a la salida un "1" lógico. Este PIN como salida no puede manejar cargas como fuente, sólo en el modo sumidero.

MCLR / Vpp: Es una pata de múltiples aplicaciones, es la entrada de Reset (master clear) si está a nivel bajo y también es la habilitación de la tensión de programación cuando se está programando el dispositivo. Cuando su tensión es la de VDD el PIC funciona normalmente.

VSS y VDD: Son respectivamente las patas de masa y alimentación. La tensión de alimentación de un PIC está comprendida entre 2V y 6V aunque se recomienda no sobrepasar los 5.5V.

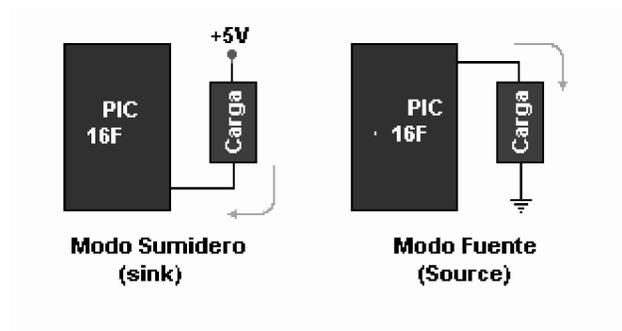
RB0-RB7: Es el PORT B. Corresponden a ocho líneas bidireccionales de E/S (definidas por programación). Pueden manejar niveles TTL cuando la tensión de alimentación aplicada en VDD es de $5V \pm 5\%$. RB0 puede programarse además como entrada de interrupciones externas INT. Los pines RB4 a RB7 pueden programarse para responder a interrupciones por cambio de estado.

OSC1/CLKIN y OSC2/CLKOUT: Corresponden a los pines de la entrada externa de reloj y salida de oscilador a cristal respectivamente.

3.1.3 Principios básicos de configuración del PIC.

Como estos dispositivos son de tecnología CMOS, todos los pines deben estar conectados a alguna parte, nunca se deben de dejar al aire porque se daña el integrado. Los pines que no se estén usando se deben conectar a la fuente de alimentación de +5V, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 33: Tipos de carga que soporta un microcontrolador, a) modo sumidero, b) modo fuente.



(a)

(b)

Capacidad de corriente en los puertos: La máxima capacidad de corriente de cada uno de los pines de los puertos en modo sumidero es de 25 mA y en modo fuente (source) es de 20 mA. La máxima capacidad de corriente total de los puertos es:

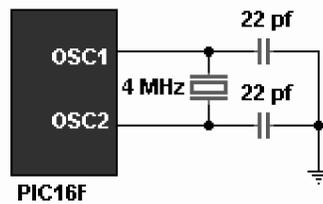
Tabla VI: Capacidades de corriente de los terminales de PIC serie 16F

	PUERTO A	PUERTO B
Modo Sumidero	80 mA	150 mA
Modo Fuente	50 mA	100 mA

parámetros de configuración, dado que en los manuales se describen como FUSES si se traduce sería “fusibles”, pero sabemos que son interruptores por medio de programación.

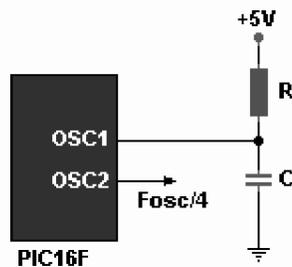
Nosotros utilizaremos el cristal de 8 MHz, porque garantiza mayor precisión y un buen arranque del microcontrolador. Internamente esta frecuencia es dividida por cuatro, lo que hace que la frecuencia efectiva de trabajo sea de 2 MHz, por lo que cada instrucción se ejecuta en un microsegundo. El cristal debe ir acompañado de dos capacitores de 16 ó 22 pico faradios y el modo de conexión es el siguiente.

Figura 35: Conexión del oscilador de cristal en el PIC.



Si no se requiere mucha precisión en el oscilador, se puede utilizar una resistencia y un capacitor, como se muestra en la figura siguiente. Donde OSC2 queda libre entregando una señal cuya frecuencia es la del OSC/4.

Figura 36: Conexión del oscilador RC en el PIC.

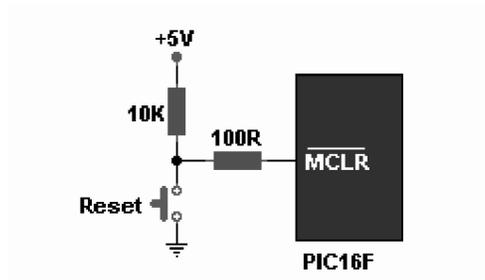


Según las recomendaciones de Microchip R puede tomar valores entre 5k y 100k, y C superior a 20pf.

Terminal de Reset: El PIC 16F877 posee internamente un circuito temporizador conectado al pin de reset que funciona cuando se da alimentación al micro, se puede entonces conectar el pin de MCLR a la fuente de alimentación. Esto hace que al encender el sistema el microcontrolador quede en estado de reset por un tiempo mientras se estabilizan todas las señales del circuito (lo es recomendable por el fabricante).

El siguiente circuito, se muestra en caso que se requiera tener control sobre el reset del sistema, sólo le conectas un botón.

Figura 37: Sistema de RESET del microcontrolador.



3.1.4 Estructura interna del microcontrolador

A fin de guardar nuestro programa se debe de conocer donde de guardara la información.

Arquitectura interna del PIC:

Hay dos arquitecturas conocidas; la clásica de Von Neumann, y la arquitectura Harvard, veamos como son.

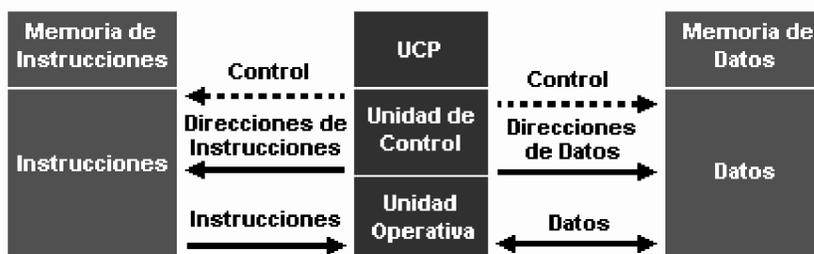
Arquitectura Von Neumann: Dispone de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).

Figura 38: Interacción entre memoria y CPU del microcontrolador.



Arquitectura Harvard: Dispone de dos memorias independientes, una que contiene sólo instrucciones, y otra que contiene sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias, ésta es la estructura para los PIC.

Figura 39: Interacción CPU, memoria de instrucciones y memoria RAM.



La unidad central de procesamiento o CPU:

Es el elemento más importante del microcontrolador. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código OP de la instrucción en curso, decodificarlo y ejecutarlo, también realiza la búsqueda de los operandos y almacena el resultado.

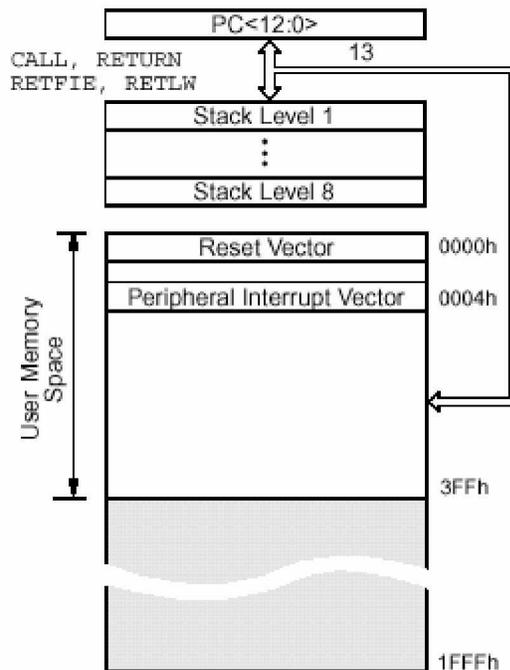
Memoria de programa:

Es el equivalente a las memorias de instrucciones, acá es donde se almacena el programa o código que el microcontrolador debe ejecutar. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación. Son 5 los tipos de memoria únicamente describiremos las dos más importantes:

- **Memorias EEPROM.** (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory - Memoria de sólo lectura Programable y borrable eléctricamente) Común en el PIC 16F877 (no en el 16F877). Ésta tarea se hace a través de un circuito grabador y bajo el control de un PC. El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es finito aproximadamente 1,000. Este tipo de memoria es relativamente lenta.
- **Memorias FLASH.** Disponible en el PIC16F877A. Posee las mismas características que la EEPROM, pero ésta tiene menor consumo de energía y mayor capacidad de almacenamiento, por ello está sustituyendo a la memoria EEPROM.

La memoria de programa se divide en páginas de 2,048 posiciones. El PIC16F877A sólo tiene implementadas 1K posiciones es decir de 0000h a 03FFh y el resto no está implementado. (Área en gris)

Figura 40: Direccionamiento del microcontrolador.



Fuente: Manual de microcontrolador PIC de MICROCHIP.

Cuando ocurre un Reset, el contador de programa apunta a la dirección 0000h, y el microcontrolador se inicia nuevamente. Por esta razón, en la primera dirección del programa debe ser escrito todo lo relacionado con la iniciación del mismo (por ejemplo, la configuración de los puertos...).

Si ocurre una interrupción el contador de programa el microcontrolador apunta a la dirección 0004h, entonces ahí escribiremos la programación necesaria para atender dicha interrupción.

Algo que se debe tener en cuenta es la pila o Stack, que consta de 8 posiciones (o niveles), esto es como una pila de 8 platos el último en poner es el primero en sacar, si seguimos con este ejemplo, cada plato contiene la dirección y los datos de la instrucción que se está ejecutando, así cuando se

efectúa una llamada (CALL) o una interrupción, el microcontrolador sabe donde debe regresar (mediante la instrucción RETURN, RETLW o RETFIE, según el caso) para continuar con la ejecución del programa.

Memoria de datos:

Tiene dos zonas diferentes:

1. RAM estática SRAM: donde residen los Registros Específicos (SFR) con 24 posiciones de tamaño byte, aunque dos de ellas no son operativas y los Registros de Propósito General (GPR) con 68 posiciones. La RAM del PIC16F877A esta dividido en dos bancos (banco 0 y banco 1) de 128 bytes cada uno (7Fh)

2. EEPROM: de 64 bytes donde, opcionalmente, se pueden almacenar datos que no se pierden al desconectar la alimentación.

Figura 41 División de memoria del microcontrolador.

File Address	Indirect addr. ⁽¹⁾	Indirect addr. ⁽¹⁾	File Address
00h			80h
01h	TMR0	OPTION	81h
02h	PCL	PCL	82h
03h	STATUS	STATUS	83h
04h	FSR	FSR	84h
05h	PORTA	TRISA	85h
06h	PORTB	TRISB	86h
07h			87h
08h	EEDATA	EECON1	88h
09h	EEADR	EECON2 ⁽¹⁾	89h
0Ah	PCLATH	PCLATH	8Ah
0Bh	INTCON	INTCON	8Bh
0Ch			8Ch
	68 General Purpose registers (SRAM)	Mapped (accesses) in Bank 0	
4Fh			CFh
50h			D0h
7Fh			FFh
	Bank 0	Bank 1	

Fuente: Manual de microcontrolador PIC de MICROCHIP.

3.1.5 Configuración del los puertos del pic.

Para configurar los puertos del PIC. Para poder hacerlo es necesario conocer la tabla de registros de la memoria de datos, la cual como dijimos, está dividida en el BANCO 0 y BANCO 1. Esto es balido para cualquier PIC.

Los registros más importantes en la configuración de los puertos son:

STATUS	dirección	0x3
PORTA	dirección	0x5
PORTB	dirección	0x6
TRISA	dirección	0x5
TRISB	dirección	0x6

Por defecto el PIC tendrá todos los I/O port's (es decir los puertos RA y RB), colocados como entrada de datos, y si queremos cambiarlos habrá que configurarlos.

Al configurar los puertos deberás tener en cuenta que:

Si se asigna un CERO (0) a un pin, éste quedará como **salida** y si se asigna un UNO (1), quedará como entrada

Esta asignación se hace en:

TRISA para los pines del PUERTO A (8 bits)
TRISB para los pines del PUERTO B (8 bits)

Ejemplo:

Si TRISA es igual a 11111111 todos sus pines serán entradas salvo RA0 que esta como salida

Si TRISB es igual a 00000000 todos sus pines serán salidas salvo RB0 que esta como entrada

Cuando el PIC arranca se encuentra en el BANCO 0, como TRISA y TRISB, y resto de puertos, están en el BANCO 1 no queda otra, deberemos cambiar de banco. Esto se logra a través del Registro STATUS

STATUS es un Registro de 8 bits u 8 casillas, en el cual la N° 5 (RP0) define la posición del banco en donde se encuentra la instrucción del PIC actualmente.

Si se pone un CERO (0) a RP0 el PIC esta en el BANCO 0

Si se pone un UNO (1) observamos, el PIC esta en el BANCO 1

Tabla VII: Estatus de registro del PIC 16F877.

REGISTRO STATUS							
7	6	5	4	3	2	1	0
IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C

Fuente: Manual de microcontrolador PIC de MICROCHIP.

3.1.6 Ejemplo de programación de un PIC

A continuación se escribe un código que configura todos los pines del puerto A como entrada y todos los del puerto B como salida.

Figura 42. Programa de configuración de puertos del PIC

```
;-----Encabezado-----  
list p=16f84 ; usaremos el PIC 16f84  
radix hex ; y la numeración hexadecimal  
  
;-----mapa de memoria-----  
estado equ 0x03 ; Aquí le asignamos nombres a los  
trisa equ 0x05 ; registros indicando la posición  
trisb equ 0x06 ; en la que se encuentran  
  
;-----Configuración de puertos-----  
reset org 0x00 ; origen del programa, aquí comenzaré  
 ; siempre que ocurra un reset  
 goto inicio ; salto a "inicio"  
 org 0x05 ; origen del código de programa  
inicio bsf estado,5 ; pongo rp0 a 1 y paso al banco1  
 movlw b'11111' ; cargo W con 11111  
 movwf trisa ; y paso el valor a trisa  
 movlw b'00000000' ; cargo W con 00000000  
 movwf trisb ; y paso el valor a trisb  
 bcf estado,5 ; pongo rp0 a 0 y regreso al banco0  
  
;-----  
 end ; se acabó  
;-----
```

Descripción del código:

Todo lo que se escribe luego de un ";" (punto y coma) será ignorado por el ensamblador, estos son los famosos comentarios, y sirve para saber que hace cada línea de código.

Continuamos con la descripción:

Figura 43. Identificación de tipo de PIC, en la programación

```
;-----Encabezado-----  
  
list    p=16f84      ; usaremos el PIC 16f84  
radix hex      ; y la numeración hexadecimal
```

Aquí se le indica al ensamblador que el microcontrolador estas codificando (PIC16F877) y cual será el sistema de numeración que utilizarás (hexadecimal).

Es de hacer notar que hay tres columnas, en este caso la primera está vacía. Respeta las tabulaciones para no confundir al ensamblador.

Figura 44. Esquema del mapa de memoria en el PIC

```
;-----mapa de memoria-----  
  
estado   equ  0x03    ; Aquí le asignamos nombres a los  
trisa    equ  0x05    ; registros indicando la posición  
trisb    equ  0x06    ; en la que se encuentran
```

Hay que recordar que la memoria de datos, al registro STATUS, que está en la posición 0x03 de la memoria de datos se le puso la etiqueta "estado". equ es similar a IGUAL. (Es decir, se le asigna el nombre de estado al registro que está en la posición 0x03 de la memoria de datos).

Luego se hace lo mismo con TRISA y TRISB.

Figura 45. Configuración de puertos

```
;-----Configuración de puertos-----
reset org 0x00          ; origen del programa, aquí comenzaré
                    ; siempre que ocurra un reset
    goto inicio        ; salto a "inicio"
    org 0x05           ; origen del código de programa
inicio bsf estado,5    ; pongo rp0 a 1 y paso al banco1
    movlw b'11111'     ; cargo W con 11111
    movwf trisa        ; y paso el valor a trisa
    movlw b'00000000'  ; cargo W con 00000000
    movwf trisb        ; y paso el valor a trisb
    bcf estado,5      ; pongo rp0 a 0 y regreso al banco0
```

El comando **org** indica el sitio de la memoria en donde se escribe una parte del programa. En este caso el contador de programa apuntará a la dirección 0x00 (reset) entonces ejecutará la instrucción que sigue a continuación, (saltar a la etiqueta inicio) y nuestro código de programa comienza en la dirección de memoria 0x05 (aquí salto por encima de la interrupción 0x04)

BSF (SET FILE REGISTER), es la instrucción que pone un UNO en el bit del registro especificado, en este caso pone a uno el bit 5 del registro STATUS (el rp0), para pasar al banco 1

movlw mueve el literal al siguiente al Registro W.

W es el Registro de Trabajo, y lo usamos para almacenar momentáneamente los datos que queremos mover. Una vez hecho esto se pasa el dato a trisa, o a trisb, según el caso.

movwf mueve el contenido del registro W al registro f, en este caso f sería trisa o trisb.

BCF (BIT CLEAR FILE REGISTER), ésta instrucción limpia el bit del registro especificado, o lo pone a cero, en este caso pone a cero el bit 5 del registro STATUS para regresar al banco 0.

Figura 46. Finalización del programa

```
;------  
end           ; se acabó  
;------
```

3.1.8 Ejemplo avanzado de programación.

A pesar que el programa anterior era sumamente básico, lo seguiremos utilizando, pues plantea las bases de la programación de microcontroladores, en el presente ejemplo únicamente variaremos los puertos y pines a utilizar.

En el ejemplo anterior únicamente configuramos los puertos no generamos ninguna señal de salida.

En el presente programa se encenderá un diodo LED, se mantendrá encendido por un tiempo, luego será apagado y el programa hará que se repita el ciclo. Se debe de recordar siempre nombrar los programas, este ejemplo será llamado LED1.asm (no se debe de olvidar la extensión **.asm**)

Figura 47. Programa avanzado, para ejemplo

```
;-----Encabezado-----
LIST p=16f84
radix hex

;-----mapa de memoria-----
estado equ 0x03 ; Haciendo asignaciones
TRISB equ 0x06
ptob equ 0x06

reg1 equ 0x0C ; Estos 3 registros los utilizaré
reg2 equ 0x0D ; para hacer el retardo
reg3 equ 0x0E

;-----Configuración de puertos-----
reset org 0x00 ; origen del programa, aquí comenzará
; siempre que ocurra un reset
goto inicio ; salta a "inicio"
inicio bsf estado,5 ; pone rp0 a 1 y pasa al banco1
movlw b'00000000' ; carga W con 00000000
movwf TRISB ; y pasa el valor a trisb
bcf estado,5 ; pone rp0 a 0 y regresa al banco0

;----Aquí enciende y apaga el LED----
ahora bsf ptob,0 ; pone un 1 en RB0 (enciende el LED)
call retardo ; llama al retardo

bcf ptob,0 ; pone a 0 RB0 (apaga el LED)
call retardo ; llama al retardo
goto ahora ; repite todo de nuevo

;-----Rutina de Retardo-----
retardo movlw 10 ; Aquí se cargan los registros
movwf reg1 ; reg1, reg2 y reg3
; con los valores 10, 20 y 30
tres movlw 20 ; respectivamente
movwf reg2

dos movlw 30
movwf reg3

uno decfsz reg3,1 ; Aquí se comienza a decrementar
goto uno ; Cuando reg3 llegue a 0
decfsz reg2,1 ; le quitare 1 a reg2
goto dos ; cuando reg2 llegue a 0
decfsz reg1,1 ; le quitare 1 a reg1
goto tres ; cuando reg1 llegue a 0
retlw 00 ; regresare al lugar
; de donde se hizo la llamada

;-----
end ; se acabó
;-----
```

La descripción del código fuente es la siguiente:

Aunque el tamaño del código fuente anterior podría parecer enorme, no hay de que asustarse, aunque parezca extraño es exactamente igual que el código fuente del primer ejemplo. A continuación se describen los cambios.

Se agregaron 3 registros más; (reg1, reg2 y reg3), éstos vendrían a ser como variables ubicadas en sus respectivas posiciones (0x0C, 0x0D, 0x0E,) y son registros de propósito general (recordando que para el PIC16F877 son 68, se puede elegir cualquiera).

De igual manera se agregó **ptob**, etiqueta que corresponde a la dirección del puerto B

Analizando lo que sigue, el programa queda como se muestra:

Figura 48. Fracción de programación a fin de titilar un diodo LED.

```
;----Aquí enciende y apaga el LED-----  
ahora    bsf    ptob,0      ; pone un 1 en RB0 (enciende el LED)  
         call   retardo     ; llama al retardo  
  
         bcf    ptob,0      ; pone a 0 RB0 (apaga el LED)  
         call   retardo     ; llama al retardo  
         goto  ahora       ; repite todo de nuevo
```

La etiqueta "**ahora**" es el nombre de todo este procedimiento o **rutina**, de tal modo que cuando se quiera repetir el procedimiento solo se debe de saltar a "**ahora**". Es lo que en los lenguajes como VISUAL BASIC "LAS SUBRUTINAS".

bsf es poner a uno un bit, en este caso al primer bit (el bit **0**) del puerto B (**ptob**).

call es una llamada, en este caso llama a la rutina de **retardo**, cuando regrese, continuará con el código.

bcf es poner a cero un bit, en este caso al primer bit (bit **0**) del puerto B (**ptob**). Para luego llama al retardo, cuando regrese se encontrará con la instrucción **goto** obligándolo a saltar a la etiqueta **ahora** para que se repita todo de nuevo.

Rutina de retardo:

A fin de mostrar lo que es una rutina de retardo, **primero veremos como se cargan los registros para el retardo**. Veamos el código a continuación.

Figura 49. Fracción de retardo, equivalente a un WAIT.

```
;-----Rutina de Retardo-----
retardo  movlw   10      ; Aquí se cargan los registros
         movwf  reg1    ; reg1, reg2 y reg3
         ; con los valores 10, 20 y 30
tres     movlw   20      ; respectivamente
         movwf  reg2
dos      movlw   30
         movwf  reg3
```

Recordemos que en el mapa de memoria los registros **0x0C**, **0x0D** y **0x0E** fueron nombrados como **reg1**, **reg2** y **reg3** respectivamente. Ahora simularemos los tres registros para ver como se cargan mediante el registro de trabajo W, (utilizando W por para los valores **10**, **20** y **30** que son valores constantes). Repitiendo, esto es una simulación a groso modo, así que suponemos que en lugar de 10 se carga **1**, en lugar de 20 se carga **2** y en lugar de 30 se carga **3**, lo anterior se hace únicamente con fines didácticos.

Figura 50. Forma de carga de registros en el PIC.

Registros Cargados			
Registros	reg1	reg2	reg3
	0C	0D	0E
	01	02	03

Actualiza la página para verlo de nuevo

Lo anteriormente mostrado fue la carga de los registros reg1, reg2 y reg3. Ahora se muestra como se da inicio a un decremento de cada uno de esos registros, primero reg3, luego reg2 y finalmente reg1.

Figura 51. Pila incremental o decremental en la programación del PIC.

```
tres movlw 20 ; respectivamente
     movwf reg2

dos  movlw 30
     movwf reg3

uno  decfsz reg3,1 ; Aquí se comienza a decrementar
     goto uno ; Cuando reg3 llegue a 0
     decfsz reg2,1 ; le quitare 1 a reg2
     goto dos ; cuando reg2 llegue a 0
     decfsz reg1,1 ; le quitare 1 a reg1
     goto tres ; cuando reg1 llegue a 0
     retlw 00 ; regresare al lugar
           ; de donde se hizo la llamada
```

Se observa, **decfsz reg3,1** esto es un decremento en reg3, si al decrementar da cero se produce un salto de línea. El 1 que sigue a reg3, indica que se guardó el valor de reg3 decrementado en el mismo reg3, esto es: contador=contador-1

goto, es un salto y **goto uno** es saltar a la etiqueta **uno**. En esta pequeño giro hay un decremento el reg3 hasta hacerlo cero.

Cuando reg3 llega a 0 se produce ahora un decremento en reg2 en una unidad, volviendo a reg3 y lo se produce de nuevo un decremento de 1 unidad a reg2, de esta manera que reg2 se hace cero. Cuando esto ocurre hay un decremento en reg1 en una unidad, se carga nuevamente reg2 y reg3, para luego decrementarlos de nuevo, todo esto ocurrirá hasta que reg1 se haga igual a cero.

Figura 52. Estado de los registros del PIC, luego de un decremento.



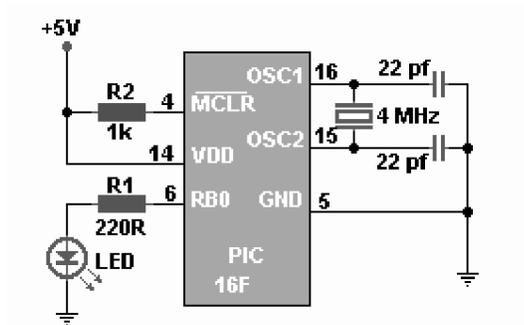
Esta rutina de retardo, aunque parece absurda y larga nos permite ver como se enciende y se apaga el LED, de lo contrario no se podría notar la diferencia, o se observaría ya sea apagado o encendido permanentemente encendido el diodo, ya que la velocidad es demasiado alta si estamos trabajando con un XT de 8 MHz. Finalmente nos queda la última instrucción:

Figura 53. Finalización del programa.

```
-----  
; end ; se acabó  
-----
```

Una vez cargado el programa en el PIC, es necesario ver el programa en funcionamiento, por lo que se arma el siguiente circuito.

Figura 54. Diagrama para probar el programa de titileo de un diodo LED a velocidad constante.



El pin (MCLR) debe ser conectado por medio de Reset, para que se establezcan los niveles de tensión.

3.2.1 Herramientas para cargar el programa en el PIC.

Para cargar el programa dentro del PIC necesitamos de un programa interfase para realizar la carga. Los requisitos mínimos son los siguientes:

- Una computadora 386 mínimo con sistema operativo Windows 98.
- El programa para editar tu código, que bien podría ser el **Edit** del DOS y así generar tu archivo .asm en el presente diseño se ha utilizado el programa de MELABS, DE DESCARGA GRATUITA EN LA RED.
- Como ensamblador, yo utilizo es **Mpasm 2.15** y puedes bajarlo de www.microchip.com y con éste me basta para generar los archivos .hex este tipo de programa es gratuito, para el presente desarrollo se utilizó el MIKRO BASIC de MIKROELECTRONICA, EN SU VERSIÓN DEMO GRATUITA.

- El diseño de la grabadora de PIC es un diseño artesanal gratuito en su versión **Prog V.1.41** este diseño no presento ningún problema y perfecto para el desarrollo del presente circuito, como ya dijimos circuito grabador, puede ser descargado desde www.webelectronica.com.ar

3.2.2 Cargando el programa en el PIC desde la interfase.

Se abre una ventana del DOS y apunta al directorio donde se tiene cargadas las herramientas, en el presente ejemplo están cargadas en **tutor**.

C:\tutor>edit

Luego de ingresar se escribe el código, luego de terminarlo se guarda seleccionando el menú **Archivo --> Guardar como --> led1.asm** no debemos de olvidar la extensión **.asm**

Figura 55. Entorno de DOS de MICROSOFT.

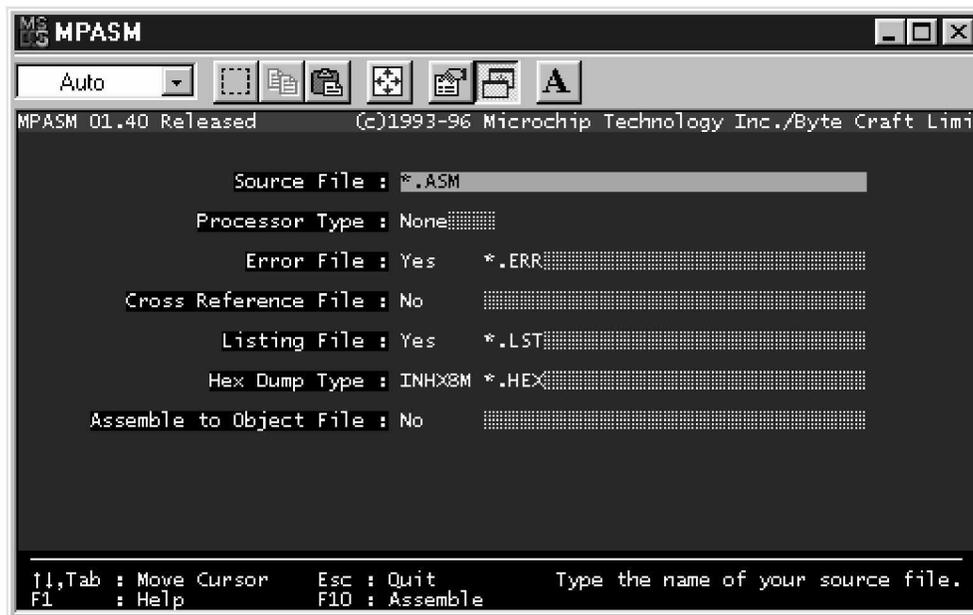
```

MS-DOS - EDIT
Auto
Archivo Edición Buscar Ver Opciones Ayuda
C:\tutor\led1.asm
;-----Encabezado-----
LIST P=16f84
;-----mapa de memoria-----
estado equ 0x03 ; Haciendo asignaciones
TRISB equ 0x06
ptob equ 0x06
reg1 equ 0x0C ; Estos 3 registros los utilizaré
reg2 equ 0x0D ; para hacer el retardo
reg3 equ 0x0E
;-----Configuración de puertos-----
reset org 0x00 ; origen del programa, aquí comenzaré
; siempre que ocurra un reset
; salta a "inicio"
inicio bsf estado,5 ; pone rp0 a 1 y pasa al banco1
movlw b'00000000' ; carga W con 00000000
movwf TRISB ; y pasa el valor a trisb
F1=Ayuda | Línea:2 Col:1

```

Luego de guarda se tiene **led1.asm**, luego resta ensamblarlo. Utilizamos Mpasm, se abre, se muestra la pantalla como la siguiente figura.

Figura 56. Configuración del programa MPASM para programación de microcontroladores de MICROCHIP.



En **Source File** se presiona Enter para seleccionar el archivo a ensamblar

Se puede hacer lo mismo en **Processor Type** y busca el PIC16F877 o 16F877A, que es el usado en el presente diseño.

Lo anterior, genera el archivo **LED1.ERR**, **LED1.LST**, y **LED1.HEX**, este último es el que se busca, los anteriores muestran únicamente si se cometió algún tipo de error y ensamblar nuevamente.

Para ensamblar sólo únicamente se debe de presionar **F10** y se muestra la ventana de resultados.

Figura 57. Reporte de informe de compilación del programa MPASM



```
MPASM 01.40 Released (c)1993-96 Microchip Technology Inc./Byte
Checking C:\TUTOR\LED1.ASM for symbols...
Assembling...
LED1.ASM 49
Building files...

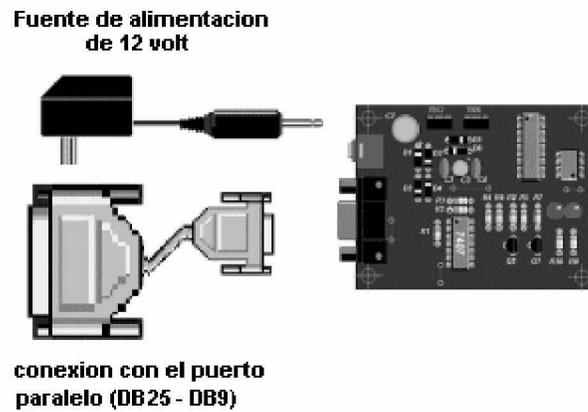
Errors      : 0
Warnings   : 1 reported, 0 suppressed
Messages   : 0 reported, 0 suppressed
Lines Assembled : 48

Press any key to continue.
```

Al compilar aparece una advertencia, un Warning, que en realidad no es causa de falla en el código, solo nos recuerda que debemos de estar seguros del PIC a utilizar.

Luego de tener compilado el **LED1.HEX**, es este archivo el extensión .HEX y no el -ASM el que se carga en el PIC. La figura siguiente es una imagen representativa del grabador de pic, con el cable que se conecta al puerto paralelo, y la fuente de alimentación externa. No debe de ser colocado el PIC sin haber hecho las conexiones anteriores.

Figura 58. Componentes de una grabadora de PIC.



Luego de colocar el PIC en el grabador de microcontroladores ya es posible ejecutar el software de programación, se abre **Prog.exe** y seguramente se apagarán los LED's rojo y verde (lo anterior solo si estaban encendidos). Aparece la siguiente ventana

Figura 59. Ventana de carga del programa MPASM



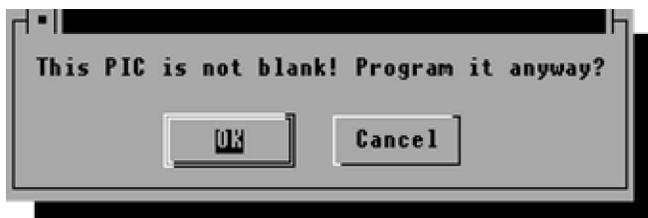
Luego de presionar o de hacer click en **Open File** se selecciona **LED1.HEX** y se muestra una ventana como la figura siguiente.

Figura 60. Ventana en modo de carga de programa de PIC.



Ya colocado debidamente el PIC en el grabador, se selecciona la opción **Program** y se espera a que te aparezca el mensaje **Programming Complete**

Figura 61. Check Box, que indica que el PIC no se encuentra vacío.



El mensaje anterior únicamente es desplegado solo si el pic ya tenía un programa grabado, bueno, no importa, como es regrabable, para corregir este inconveniente se presiona OK. Esto borrara la programación que posea el PIC., el nuevo programa borrará al anterior.

Figura 62. Proceso de carga del programa de PC al microcontrolador.



Luego de cargar el programa en el PIC se retira del la programadora.

3.3 Código fuente a cargar en el PIC, realizado en MIKROBASIC en su versión libre.

```
program Tesis
dim temp_res as word
dim data as byte[8]
dim id as longint
main:
  ADCON1 = $80          ' Configuarando puerto de entrada
  TRISA = $FF          ' PORTA es entrada
  TRISB = $3F          ' configura pines de puerto "b" como salida
  TRISD = $0           ' PORTD is output
  TRISB.0 = 1         ' RB0 es salida
  PORTC = 0
  TRISC = 0
  PORTD = 0
  TRISD = 0
  aa2 = 0
  cnt = 0
  Keypad_Init(PORTC)
  Lcd_Init(PORTB)      ' Inicilaiza la LCD en puerto C
  Lcd_Cmd(LCD_CLEAR)   ' Limpia la pantalla
  Lcd_Cmd(LCD_CURSOR_OFF) ' Eliminar cursor
  Lcd_Out(1, 1, "Key :")
  Lcd_Out(2, 1, "Times:")
  while TRUE
    temp_res = Adc_Read(2)
    PORTD = temp_res    ' Envia al puerto B una prueba
    PORTB = word(temp_res >> 2) ' Segunda prueba de respuesta.
```

```

wend
while TRUE
  kp = 0
  '--- Espera por que alguna tecla sea presionada
  while kp = 0
    '--- comentario previo a la inicializacion.
    'kp = lectura del teclado.
  wend
  Inc(cnt)
  '--- preparando el valor de salida
  if kp > 10 then
    kp = kp + 54
  else
    kp = kp + 47
  end if
  '--- Imprime informacion en la LCD
  Lcd_Chr(1, 10, kp)
  WordToStr(cnt, txt)
  Lcd_Out(2, 10, txt)
wend
sub function TestButton as byte
  result = true
  if Button(PORTB, 0, 1, 0) then
    oldstate = 255
  end if
  if oldstate and Button(PORTB, 0, 1, 1) then
    result = false
  end if
end sub

```

```

' forma de salida del mensaje en la LCD:
aa1 = CAN_TX_PRIORITY_0 and
      CAN_TX_XTD_FRAME and
      CAN_TX_NO_RTR_FRAME
' Salida de la informacion en la LCD:
aa = CAN_CONFIG_SAMPLE_THRICE and
      CAN_CONFIG_LINE_FILTER_OFF
cont = true
while cont
  cont = TestButton
wend
data[0] = 0
Soft_I2C_Start()      ' Inicializa la lectura del tipo de cambio
Soft_I2C_Write($A2)   ' lee el tipo de cambio de la eeprom
ee_adr = 2
Soft_I2C_Write(ee_adr) ' en caso de cambiar el tipo de cambio.
ee_data = $AA
Soft_I2C_Write(ee_data) ' escribe el tipo de cambio en la EEPROM
Soft_I2C_Stop()       ' Issue I2C signal: stop
for jj = 0 to 65500   ' pausa mientras se escribe en la EEPROM
  nop
next jj
Soft_I2C_Start()      ' Inicia con el tipo de cambio almacenado.
Soft_I2C_Write($A2)   ' Se prepara.
ee_adr = 2
ee_data = Soft_I2C_Read(0) ' confirma la escritura.
Soft_I2C_Stop()       ' detiene info desde la eeprom
PORTC = ee_data       ' muestra en la LCD.
noend: goto noend

```

```

' inicia programa de lectura de datos desde eeprom.
CANInitialize( 1,1,3,3,1,aa)
' modo de configuracion.
CANSetOperationMode(CAN_MODE_CONFIG,TRUE)
ID = -1
' modo de impresion.
' mantener el modo normal.
CANSetOperationMode(CAN_MODE_NORMAL,TRUE)
PORTD = $FF
id = 12111
CANWrite(id, data, 1, aa1)      ' envia mensaje via lcd.
while true
  oldstate = 0
  zr = CANRead(id, Data, lenn, aa2)
  if (id = 3) and zr then
    PORTD = $AA
    PORTC = data[0]              ' imprime por el puerto C.
    data[0] = data[0]+1
    id = 12111
    CANWrite(id, data, 1, aa1)  ' de la lectura multiplica.
    if lenn = 2 then             ' pide info si es semanal o mensual.
      PORTD = data[1]           ' imprime si es semanal o mensual.
    end if
  end
wend
delay2S
Spi_Init ' multiplica ya sea semanal o mensual.
while TRUE
  Spi_Glcd_Fill(0x00)
  Spi_Glcd_Image(truck_bmp)

```

```

delay2S
Spi_Glcd_Fill(0x00)
for ii = 1 to 40
  Spi_Glcd_Dot(ii, ii, 1)
next ii
delay2S
for ii = 1 to 10
  Spi_Glcd_Circle(63, 32, 3*ii, 1)
next ii
delay2S
Spi_Glcd_Box(12, 20, 70, 57, 2)
Spi_Glcd_Fill(0x00)
someText = "Large Font 5x8"
Spi_Glcd_Write_Text(someText, 3, 4, 1)
delay2S
wend

module eth_enc28j60_utils
' * constantes a fin procesar la informacion.
' *
' *****

include "eth_enc28j60_api"
const httpMimeTypeScript as string[14] = "text/plain"+chr(10)+chr(10)
const httpMethod as string[5] = "GET /"
' * envia info se pal proyeccion
const indexPage as string[763] =
  "<meta http-equiv=" + Chr(34) + "refresh" + Chr(34) + " content="
+ Chr(34) + ";url=http://192.168.1.60" + Chr(34) + ">" +
size:20px ;font-family: terminal ;"+chr(34)+"> "+
;"+chr(34)+"> "+

```

```

dim  getRequest as byte[15] ' guarda la informacion.
    dyna      as byte[30]
    httpCounter as word
    txt       as string[11]
sub function isdigit(dim character as byte) as byte
    result = (character <= "9") and (character >= "0")
end sub
' *} dada la proyeccion realizada, verifica si hay un componente
sub function Spi_Ethernet_UserTCP(dim byref remoteHost as byte[4],
    bitMask as byte          ' por medio de una subrutina.
result = 0
if(localPort <> 80) then
    result = 0
    exit
end if
for i = 0 to 10
    getRequest[i] = Spi_Ethernet_getByte()
next i
getRequest[i] = 0
i = 0
while (httpMethod[i] <> 0)
    i = i + 1
wend
if(memcmp(@getRequest, @txt, 5)<>0) then
    result = 0
end if
httpCounter = httpCounter + 1
if(getRequest[5] = "s") then
    ' mode cargas pequeñas.

```

```

result = Spi_Ethernet_putConstString(@httpHeader)
' modo de cargas medianas-
WordToStr(ADC_Read(2), dyna)
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)
txt = ";"
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)
' modo de cargas grandes.
WordToStr(ADC_Read(3), dyna)
txt = "var AN3="
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)
result = result + Spi_Ethernet_putString(@dyna)
txt = ";"
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)
' informa que si es carga grande, precaucion con quemaduras.
txt = "var PORTB="
    WordToStr(PORTB, dyna)
result = result + Spi_Ethernet_putString(@dyna)
txt = ";"
' imprime y guarda la proyeccion.
WordToStr(PORTD, dyna)
result = result + Spi_Ethernet_putString(@dyna)
txt = ";"
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)
WordToStr(httpCounter, dyna)
txt = "var REQ="
result = result + Spi_Ethernet_putString(@txt)
result = result + Spi_Ethernet_putString(@dyna)
txt = ";"
else

```

```

if(getRequest[5] = "t") then
  if(isdigit(getRequest[6]) <> 0) then
    bitMask = getRequest[6] - "0"
    bitMask = 1 << bitMask
  end if
end if
end if
if(result = 0) then
  result = Spi_Ethernet_putConstString(@httpHeader)
end if
' return to the library with the number of bytes to transmit
end sub
'{*
' *
sub function Spi_Ethernet_UserUDP(dim byref remoteHost as byte[4],
                                dim remotePort, destPort, reqLength as word) as word
  result = 0
  ' guardar las constantes de proceso y las lineas de cargas.
  byteToStr(remoteHost[0], dyna)
  dyna[3] = "."
  byteToStr(remoteHost[1], txt)
  dyna[7] = "."
  byteToStr(remoteHost[2], txt)

  dyna[11] = "."
  byteToStr(remoteHost[3], txt)
  dyna[12] = txt[0]
  dyna[13] = txt[1]
  dyna[14] = txt[2]

```

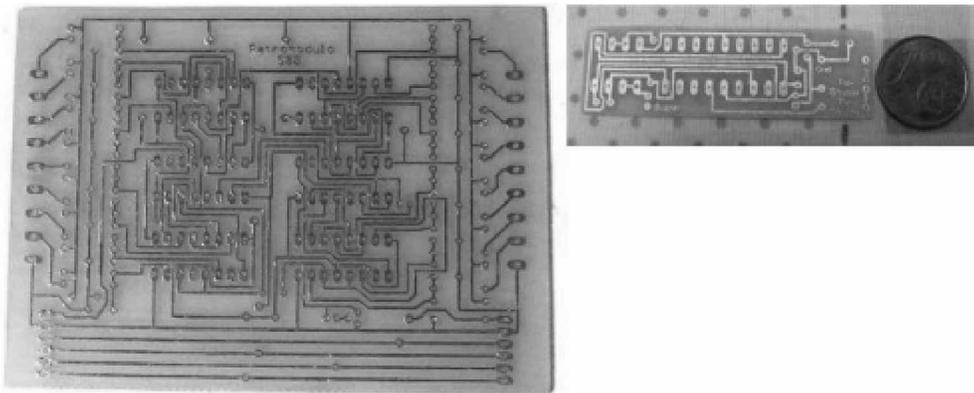
```
dyna[15] = ":"
WordToStr(remotePort, txt)
WordToStr(destPort, txt)
dyna[22] = txt[0]
    dyna[27] = "]"
result = 28 + reqLength
Spi_Ethernet_putBytes(@dyna, 28)
while(reqLength <> 0)
    Spi_Ethernet_putByte(Spi_Ethernet_getByte())
    reqLength = reqLength - 1
' fin de subrutinas y fin del programa.
end sub
```

```
end.
```

4. CREACIÓN DE LA PLACA DE CIRCUITO IMPRESO.

Desarrollar una placa de circuito impreso es una tarea que requiere dedicación. A priori parece muy difícil, sobre todo si se desea un resultado profesional, para lo cual se necesita pistola de calor y placa fotosensible. Lo anterior está bien si se requiere hacer muchas placas, un prototipo no necesita de ello. El procedimiento de “transferencia de tonner”, método que utilizaremos para nuestro desarrollo es le mas adecuado, por lo que se cambiar la pistola de calor por la plancha y la solución de sosa cáustica por agua. En las figuras siguientes se muestra la calida de la placa con el método de transferencia de tonner.

Figura 63. Terminación final de una placa impresa.



Los materiales necesarios para el proceso de transferencia de toner se encuentran en cualquier hogar, y los que no se tienen, se consiguen en cualquier farmacia. Lo más importante es el papel fotográfico, de venta por ejemplo en QUICK PHOTO o KODAK. De papel hay muchos tipos y precios. El que papel a utilizar es del tipo “Carrefour” y el costo del sobre con 20 hojas Q 25.00. Veinte hojas son suficientes para muchas placas.

Los materiales necesarios son los siguientes:

- Papel fotográfico glossy marca EPSON, ref. SO41126
- Placa de circuito impreso (sierra y lija de grano medio)
- Un plancha
- Un par de recipientes plásticos de fondo plano y con tapa.
- Lija de metal fina
- Papel de cocina o un paño limpio
- Agua oxigenada
- Aguafuerte, de venta en farmacias.
- Tijera, alcohol, pinzas y un punzón de fina.
- Un cepillo de dientes viejo
- Un marcador permanente

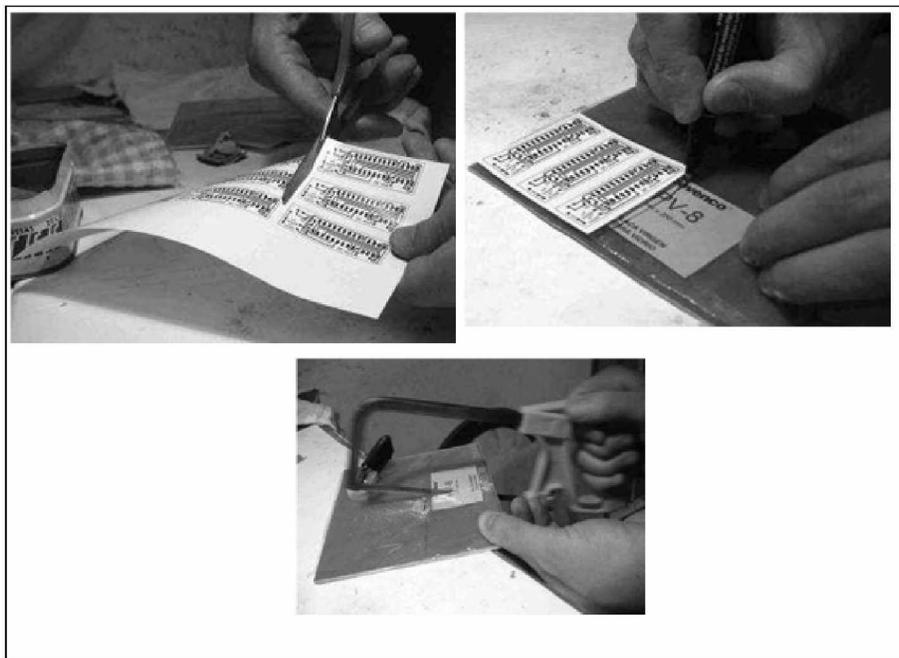
Figura 64. Papel utilizado para la transferencia del toner a la placa de cobre.



4.1 Preparación de la placa.

El primer paso es recortar el circuito que previamente impreso en una impresora láser. Tomando en cuenta la importancia que tiene usar el papel indicado. Se debe de procurar no tocar la zona del impreso con los dedos; se debe de tomar por los bordes. Cualquier grasa trasferida por los dedos pasará al papel y las pistas, contrarrestando la acción del acido. Cuanto mejor sea la impresión, mejor serán los resultados. A continuación se marca sobre la placa de circuito impreso la zona que posteriormente será recortada con la sierra. Dadas experiencias anteriores se recomienda placa impresa del tipo de fibra de vidrio en lugar de la placa de baquelita, y aunque es más dura (la del tipo de fibra de vidrio) y por lo tanto más difícil de cortar y taladrar, es más duradera, resistente y soporta mucho mejor el calentamiento. Se debe dejar un margen al marcar, esto facilitará las tareas de planchado. Medio centímetro de más en cada lado basta.

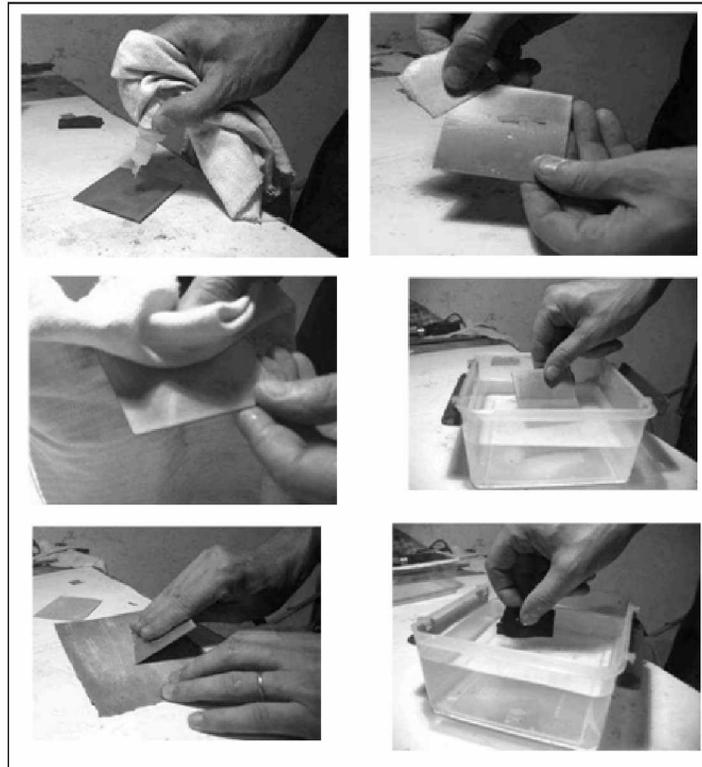
Figura 65. Secuencia de imágenes para el corte de la placa de cobre.



Luego se retiran todas las rebabas que han quedado del corte; para eso se frota la placa por las dos caras por cada uno de los bordes. La siguiente tarea es pulir ligeramente la superficie de la placa para que el tonner se adhiera mejor. Para ello, se humedece un trozo de lija fina para metal en agua, también se moja la placa y se lija suavemente por toda la superficie. Se nota que el cobre pierde su aspecto brillante y queda ligeramente rallado. Se debe procurar pulir bien toda la superficie, especialmente las laterales. Al terminar de pulir, se moja la placa de nuevo y se seca con un paño limpio o un papel de cocina. Para eliminar toda impureza que pudiera quedar sobre la placa, se apoya esta sobre la mesa se aplican unas gotas de alcohol isopropílico, y se limpia cuidadosamente. Se puede utilizar alcohol normal, es menos efectivo pero sirve. Se limpia un par de veces hasta que al pasar el trapo, éste salga completamente limpio.

A partir de ahora, no se debe de tocar el cobre de la placa con los dedos.

Figura 66. Secuencia de imágenes del proceso de limpieza de la placa de cobre.

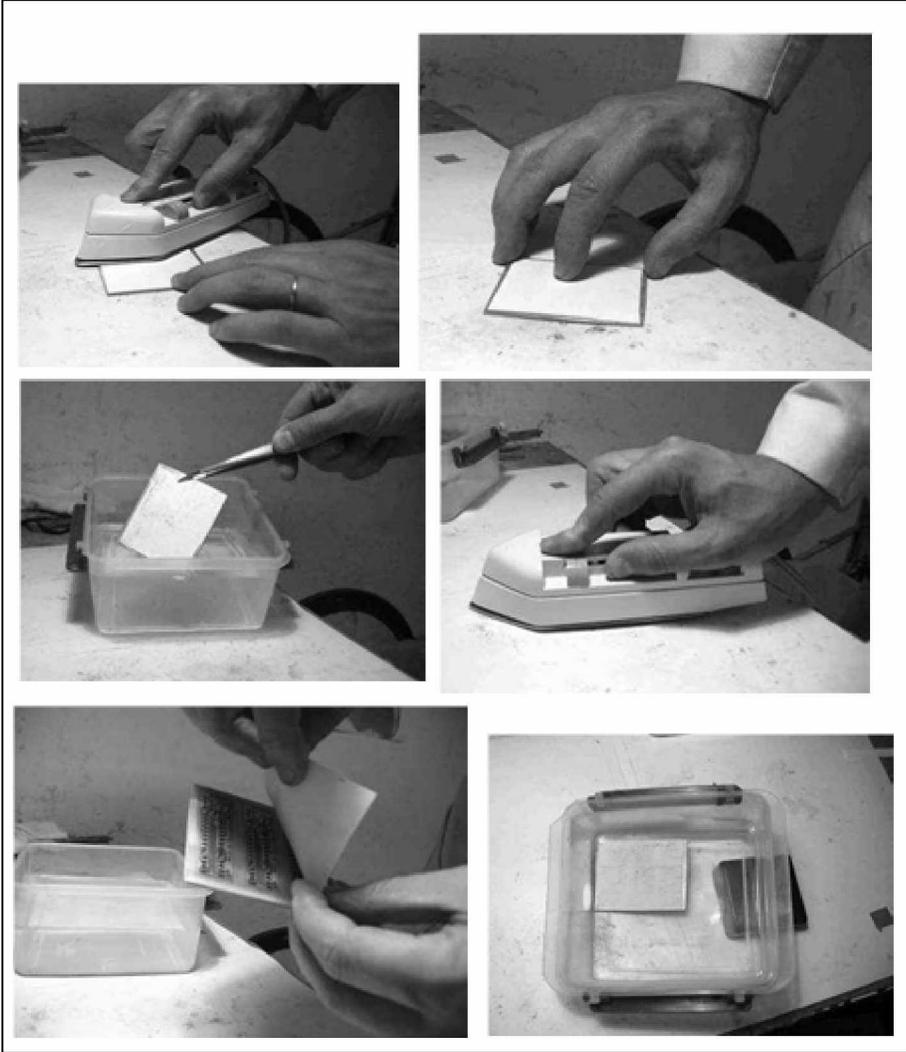


4.1.1 Grabado de la placa.

Terminada la fase de pulido y limpieza del cobre, se pasa a la etapa de planchado, que fijará el tonner sobre la superficie de la placa. Primero se coloca la hoja recortada al principio del proceso boca abajo sobre el cobre, centrada cuidadosamente. Se utiliza una tabla vieja debajo de la placa ya que al calentarse la placa podría decolorarse o levantarse el barniz de la mesa que se

utiliza. A continuación y con la plancha a temperatura de algodón y sin vapor; se da inicio al planchado. Al principio se debe de hacer con cuidado, como se muestra en las imágenes siguientes, sujetando el papel por un extremo y pasando la plancha por el otro. Enseguida el tonner empezará a desprenderse y pegará la hoja al cobre. Es el momento de calentar bien la placa. Se deja la plancha un rato sobre la placa, y después se plancha con fuerza por toda la superficie. Esto se hace sin ningún temor. Para los proyectos realizados en la universidad se ha usado una vieja plancha de viaje, que es más manejable, pero la de casa sirve perfectamente. Si se quiere evitar que la plancha se manche, se coloca un papel de cocina entre la base de la plancha y la placa. Terminado el planchado, con unas pinzas se coloca la placa en agua, al contacto con ésta realizara sonidos similares a la evaporación. Es buena señal. Se deja en el agua durante un rato. El papel se desprende sin problemas en pocos minutos. Se acelera el proceso de desprendimiento con un moviendo en el recipiente, haciendo olas, igual que durante el lavado. El Papel debe despegarse sin ayuda. No debe ser forzado. Luego de sacarlo del agua puede que se observe que tiene pegado trocitos de papel, no es motivo de preocupación, estos residuos si pueden ser retirados con ayuda de algún instrumento fino. Si el resultado es muy malo, no es necesario desechar la placa. Puede ser lijada, ya sea para retirar todo el tonner y repetir el proceso. Si es necesario corregir la placa, se limpia cuidadosamente la placa con alcohol isopropílico y se vuelve a grabar.

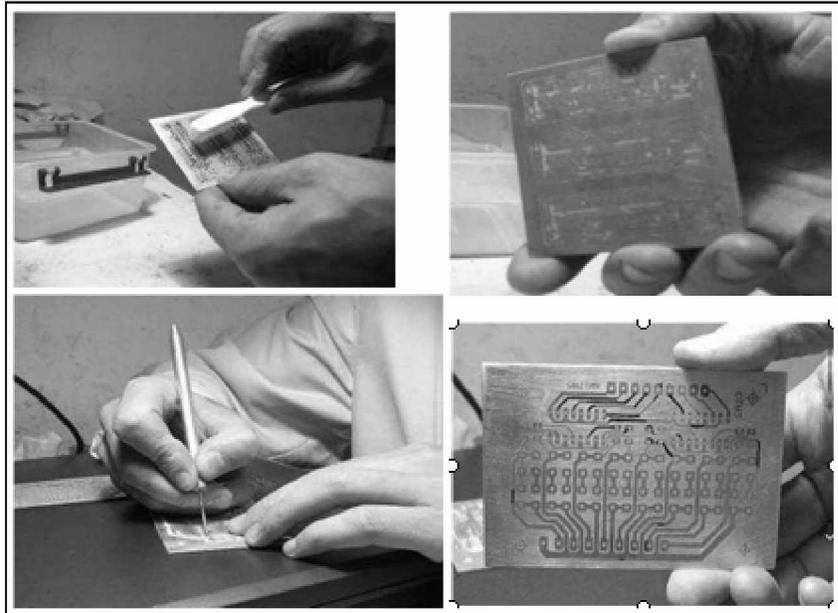
Figura 67. Secuencia de imágenes del proceso de transferencia de tonner, desde el papel a la placa de cobre.



4.1.2 Retocado del grabado.

El papel que se encuentra sobre de las pistas no debe de molestar, pero el que se encuentra uniendo pistas distintas hay que eliminarlo. Para ello se moja de nuevo la placa y con un cepillo de dientes húmedo se frota la superficie. Si el tonner está demasiado fijado no se desprenderá. Moviendo el cepillo en la dirección de las pistas y luego secando la placa se observan los resultados del cepillado. Generalmente el proceso de cepillado se realiza dos o más veces. En este proceso no se deben de correr prisas, de realizarse con cuidado, sobre todo cuanto más delgadas sean las pistas. Se debe de verificar que no quede nada de papel entre las pistas, pues hecha a perder la placa. Si queda algún trozo rebelde debe de ser eliminado con un punzón muy fino. Se realiza esta operación con sumo cuidado para no dañar pistas colindantes. No siempre el proceso sale a la perfección. En ocasiones quedan algunos cortes entre pistas, como se muestra en luna de las figuras siguientes, esto se corrige con el marcador permanente.

Figura 68. Secuencia de imágenes del proceso de retoque de la placa de cobre.



4.1.3 Extracción del cobre de la placa.

Se pasa a la fase de lavado. En ella se extrae el cobre de la placa excepto el de las zonas grabadas. Para ello se emplean productos químicos: ácido clorhídrico y agua oxigenada. El primero de ellos es tóxico por inhalación o contacto y se emplea a nivel doméstico para limpieza. Se compra diluido y también se conoce como aguafuerte, comercialmente se encuentra en las farmacias como Salfumant. También se puede buscar en cualquier súper mercado y es muy barato. El agua oxigenada del súper es la misma que la de la farmacia y más barata. Se deben de tomar ciertas precauciones; hay que realizar las operaciones en un lugar ventilado, usar mascarilla de fieltro, guantes, una bata o ropa vieja y unas gafas plásticas. Cualquier descuido puede causar un accidente. El ácido clorhídrico se come el metal, así que es sumamente peligroso. Resumiendo, lo que se necesita; aguafuerte, agua oxigenada y un recipiente plástico en el que quepa la placa. Se debe de tener todo preparado, además otro recipiente con agua corriente. También se usará

un vaso plástico para medir las cantidades de los líquidos. Para ello hacemos marcas en el vaso con el marcador, ya que ambos se emplean a partes iguales. Se miden cantidades iguales de ambos líquidos y se mezclan con cuidado en el recipiente plástico. Seguido se coloca la placa y se observa como el conjunto toma una tonalidad verde, por efecto de la reacción química. No hace falta llenar el recipiente, basta que la placa nade en un par de dedos de líquido. Para acelerar el proceso, y acabar antes se ajita con cuidado la solución con la placa adentro. La operación debe ser realizada despacio para que no desborde y no mojar la mesa. Esta operación dura un poco más de cinco minutos, aunque dependerá de la temperatura de los líquidos, la cantidad que se agrego, la calidad de los productos, la velocidad de agitación. Luego de comprobar visualmente que el cobre de exceso desapareció, se retira la placa y se coloca en el recipiente preparado con agua limpia. Los productos químicos usados no deben de ser tirados de golpe por el desagüe. Con la misma lija empleada para pulir el cobre, se lija la placa. Se nota como se van descubriendo las pistas. Se lija y lava varias veces la placa hasta que no quede resto de tonner. Los guantes no deben de ser dejados de utilizar pues el tonner es muy sucio. De a poco van apareciendo las pistas. La placa debe de ser observada a contraluz y se comprueba que todas las pistas estén bien. Si se tiene alguna duda sobre la continuidad de alguna, se utiliza el multiméetro para asegurarnos.

Figura 69. Secuencia imágenes de la mezcla de los químicos para la extracción del cobre no deseado, para dejar únicamente las pistas.

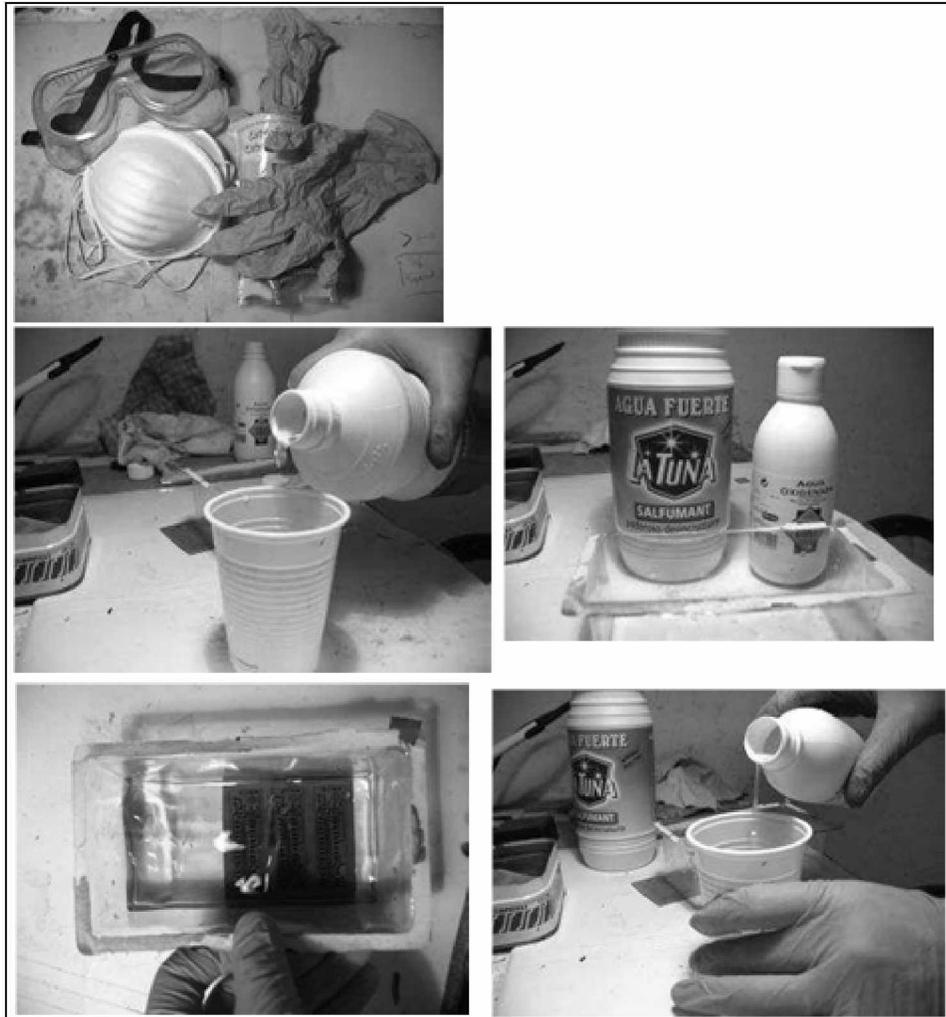
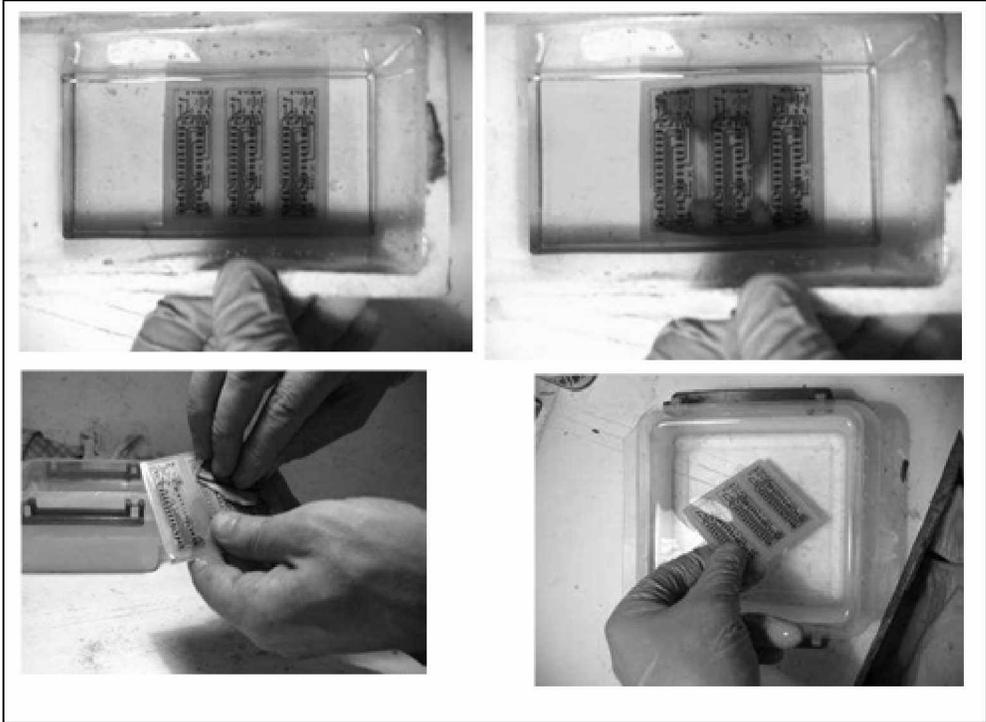


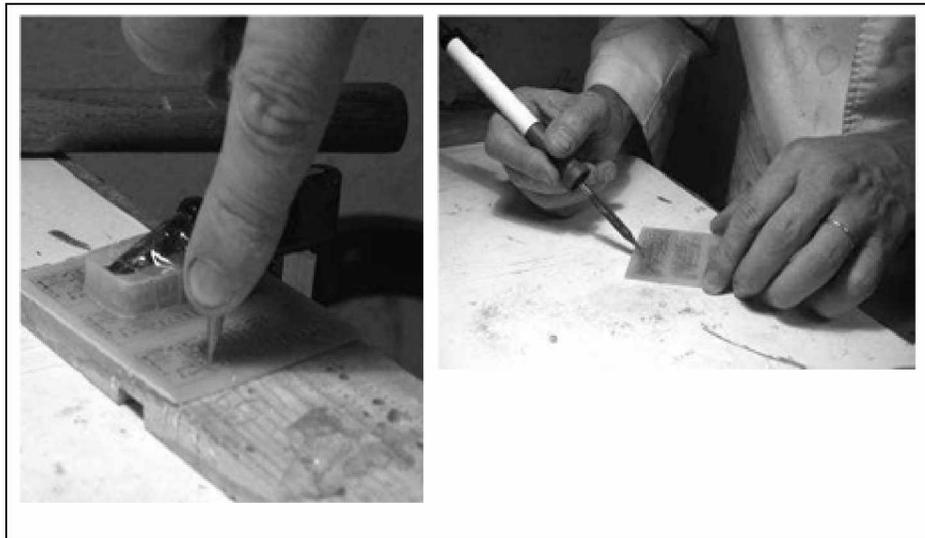
Figura 70. Secuencia de imágenes de la acción de los químicos para la extracción del cobre no deseado, para dejar únicamente las pistas.



4.1.4 Perforado de la placa.

En este punto la placa está prácticamente lista; falta taladrarla, para lo que previamente se realizan guías con un punzón donde se realizarán los agujeros, para que al taladrar la broca no resbale. Esta es la tarea más tediosa, pero extremadamente importante. Los agujeros se realizan con una broca de 0.7mm (la mayoría de los componentes usan este diámetro) y luego se agrandan a 1mm (conectores, puente, etc) o 1,5mm (bornas) los que lo necesitan.

Figura 71. Secuencia del perforado de los agujeros en la placa.



4.1.5 Estañado de la placa.

La siguiente operación es el estañado. Aunque no es imprescindible, facilitará enormemente la soldadura y además protegerá el cobre de la oxidación. Previamente se barniza el cobre con Flux (una resina que se vende en tiendas de electrónica, es barata), se puede esparcir con pincel, también puede ser utilizado el dedo.. Luego se pasa el soldador con la punta ligeramente estañada por todas las pistas y quedarán marcadas con una capa plateada. Al acabar se limpia el líquido que desprende la operación con un trapo.

Figura 72. Estañado de la placa.



4.1.6 Montaje de componentes.

De ser necesario se rebaja un poco el ancho de la placa, se recorta con la sierra, se lijan los bordes, se preparan los componentes, se sueldan los componentes con cuidado, y se comprueba el montaje.

Figura 73. Placa previa al montaje de los componentes.

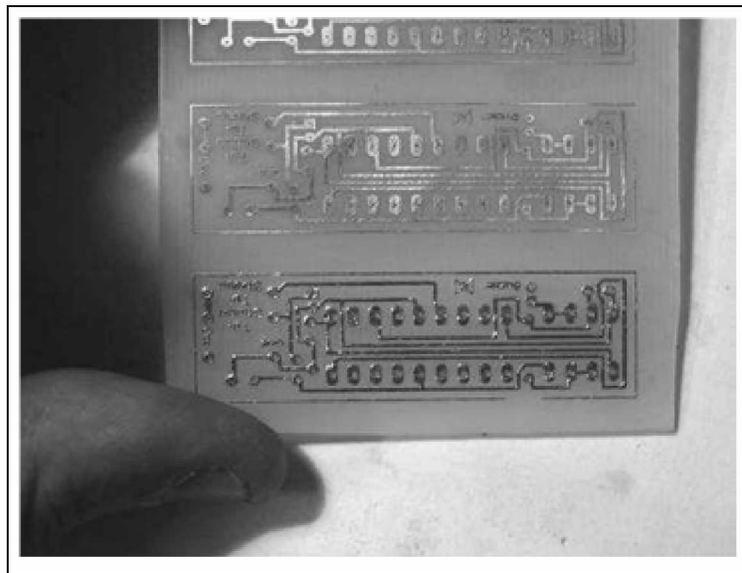
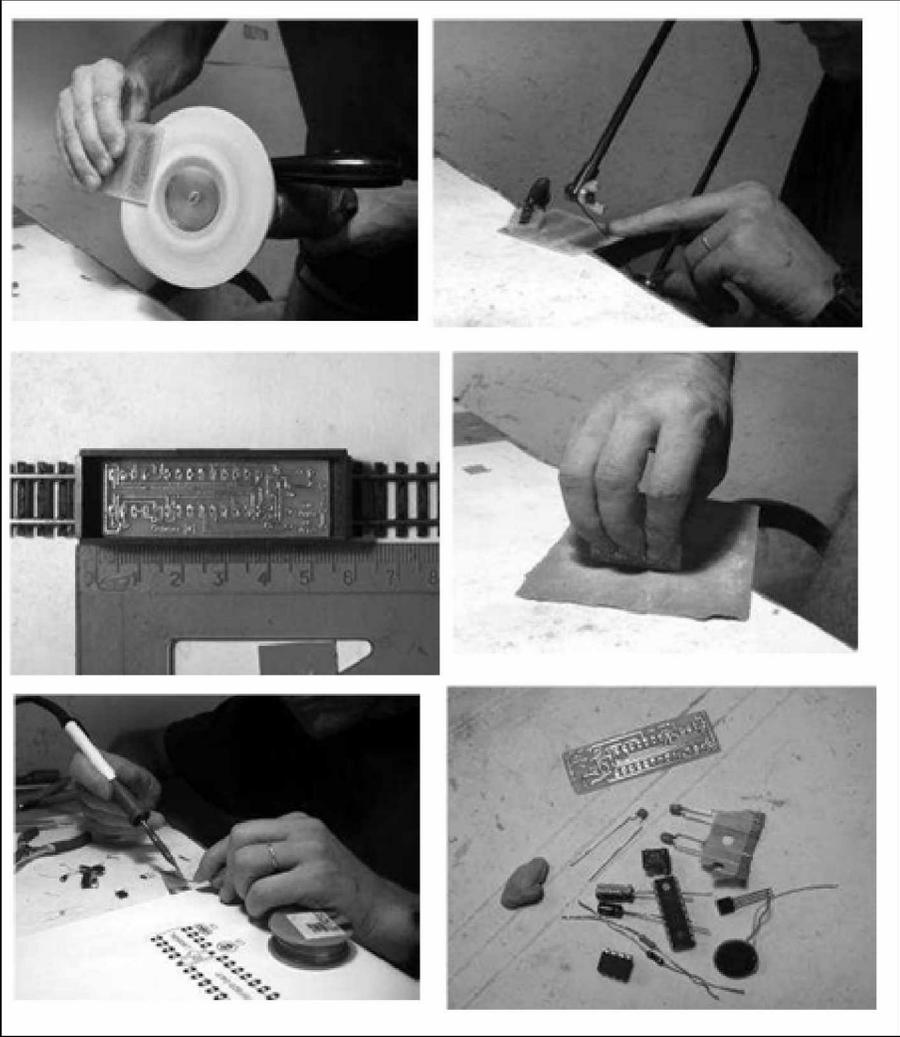


Figura 74. Secuencia de imágenes del montaje de los componentes.



4.1.7 Placas de doble cara.

Este procedimiento también se utiliza para realizar placas a doble cara. Es más laborioso y requiere mayor cuidado, pero también se encuentra al alcance, con una técnica adecuada. En primer lugar, sobre la hoja impresa con el circuito se marcan cuatro agujeros que servirán de guía, esto tanto en la cara de arriba como en la de abajo. Se toman los cuatro agujeros y con un punzón muy fino y se alinean los agujeros y por lo tanto las dos caras que formaran la placa. Se debe de recordar lo más importante que es no tocar el papel con las manos. Colocando boca abajo sobre la placa (ya pulida y limpia por las dos caras como se indica para placas sencillas) una de las caras impresas, se sujeta con unos trozos de duroport para que no se mueva y se marca con un punzón sobre la placa los agujeritos que se marcaron entre los papeles de las caras ya alineados antes. Ahora se retiran con cuidado los duroports y las hojas impresas. Se taladra sin inclinar la broca con cuidado la placa por los puntos marcados. Utilizándolas como guía para colocar la hoja impresa, sirven de ayuda usar unos alfileres, se da vuelta a la placa y se repite el proceso por la otra cara (alinearse con los alfileres y sujetar con el duroport). Si se realiza el proceso con cuidado, las dos hojas impresas irán perfectamente enfrentadas. Luego se plancha cuidadosamente por los dos lados como ya se indicó, poniendo entre la plancha y la placa un papel de cocina o un trapo limpio, se remoja la placa un rato y se retira el papel con cuidado. Luego de realizar el proceso de eliminar el cobre por medio del ácido, y solo quedan las áreas con tonner. Se extraen y se lava la placa como ya se indicó. Se agrega algo más de líquido, ya que hay más cobre que retirar. También tardará más tiempo la solución.

Figura 75. Placa de doble cara o doble impreso.

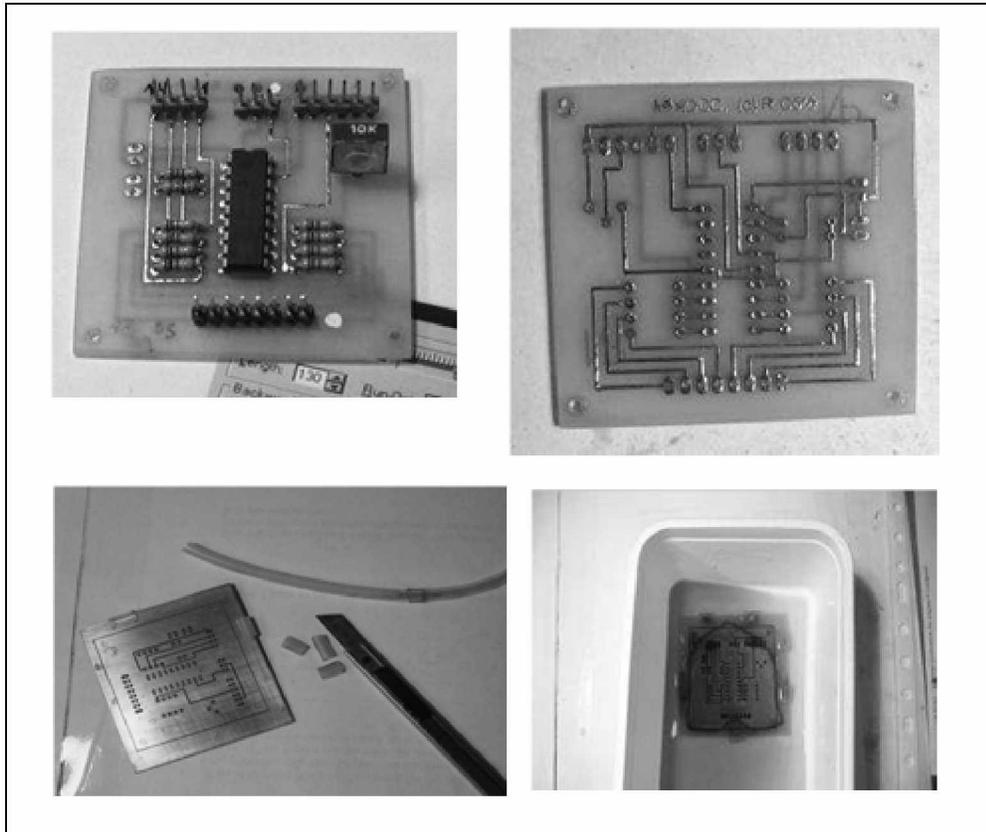
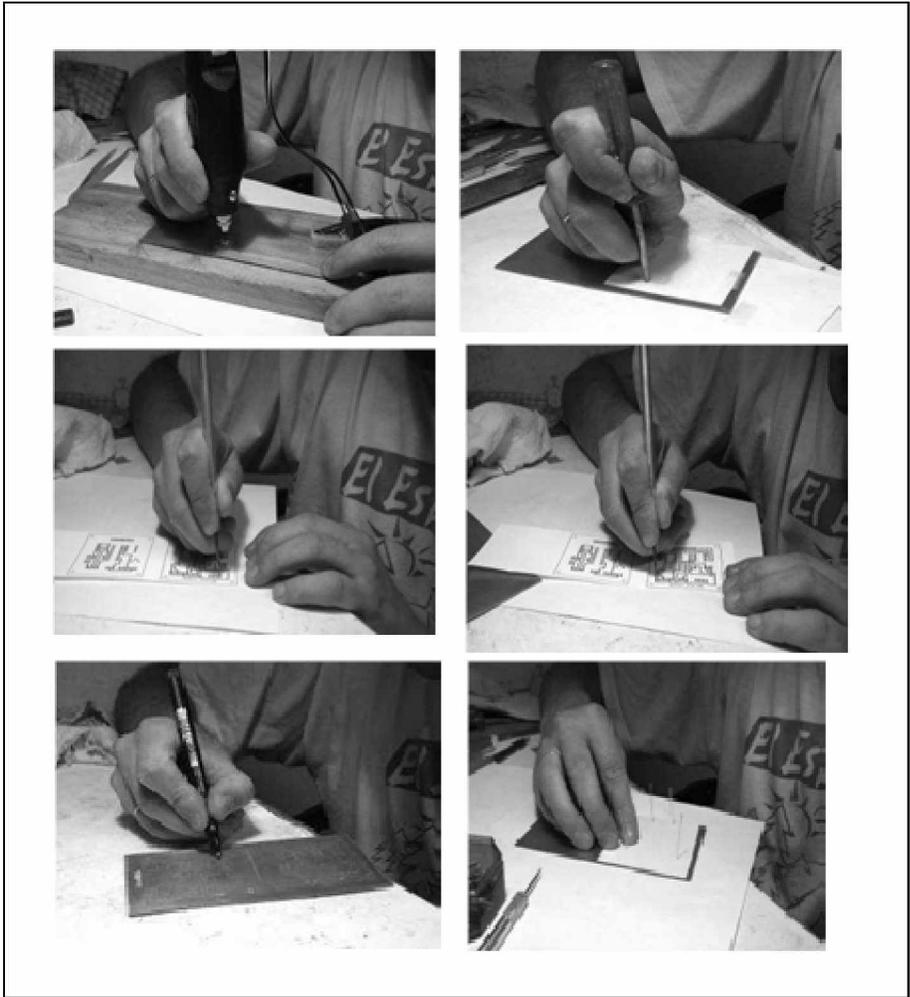


Figura 76. Secuencia de imágenes de la realización de una placa de doble impreso.

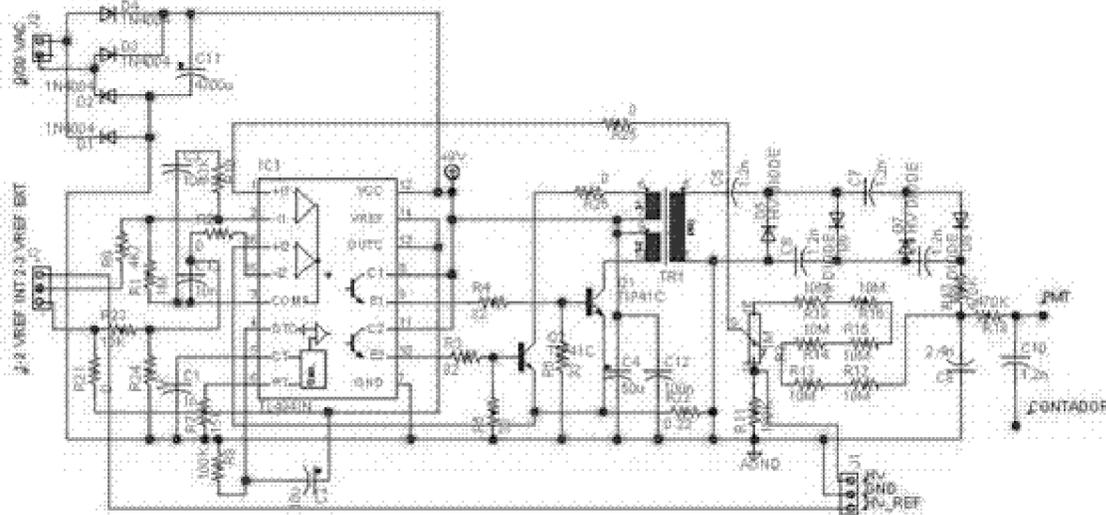


4.2 Placa de circuito impreso del diseño.

En las secciones anteriores del presente capítulo fue mostrada la técnica a fin de realizar las placas de circuitos impresos, tanto de una sola cara, como la de doble cara. La placa impresa del presente diseño necesita doble cara o lado, también llamado circuito a doble impreso. En las siguientes figuras muestran los circuitos impresos, estos no se encuentran a escala pues esto no permite visualizar los detalles. Es necesario que el desarrollador de las placas las lleve a escala esto se logra por medio del programa GRAFICS GALES, el cual es de acceso libre y puede escalar al nivel deseado la placa.

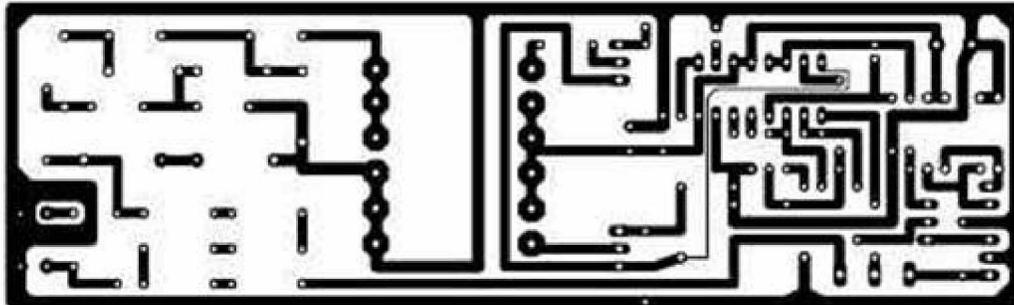
El diseño está dividido en tres placas, una para la fuente de alimentación, una segunda para el circuito de entrada y la tercera que abarca el área del microcontrolador. La razón para dividirlo de esta manera es poder realizar una reparación de manera fácil o realizar modificaciones sin tener que el diseño total. La siguiente figura muestra el diseño esquemático de la fuente de alimentación.

Figura 77. Diagrama esquemático de la fuente de alimentación.



En la figura anterior se observa el diseño esquemático de la fuente, a continuación se muestra la placa impresa. Se nota que la tierra circula la placa, y no se debe de cortar de manera ajustada la placa, pues esto reduce el ancho del conductor de tierra y es necesario que tenga un grosor suficiente a fin de soportar la carga de corriente total del circuito.

Figura 78. Placa impresa de una sola cara de la fuente de alimentación.



Las siguientes figuras muestran las placas correspondientes al área de circuito de entrada o convertidor de corriente a tensión, provenientes del motor modificado. Podemos observar que se trata de dos placas, una para cada una de las dos caras del impreso.

Figura 79. Superficie inferior de la placa a doble lado del convertidor de corriente a tensión.

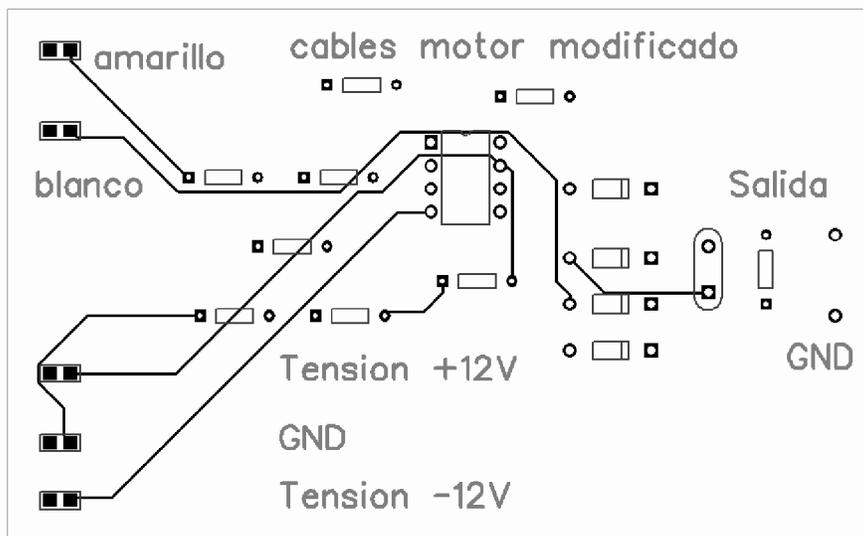
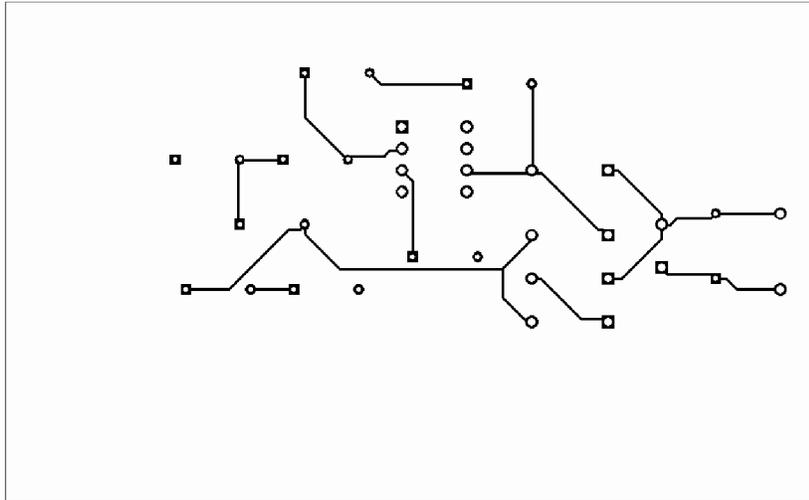
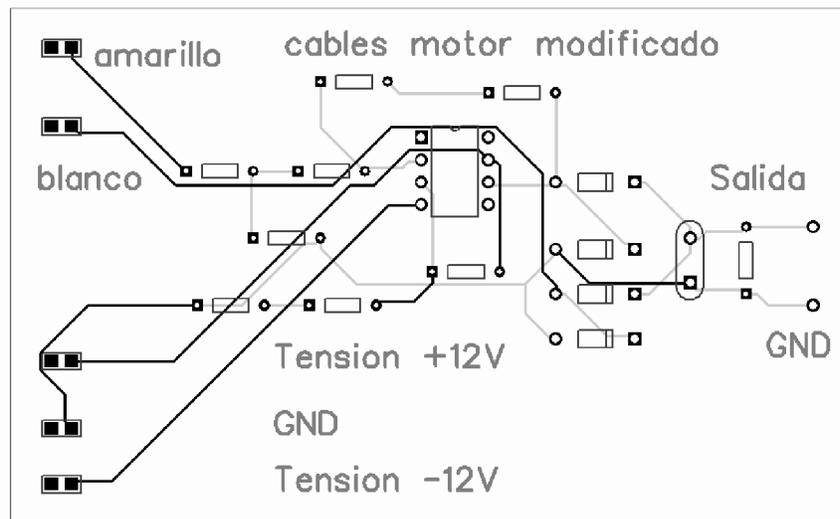


Figura 80. Superficie superior de la placa a doble lado del convertidor de corriente a tensión.



La siguiente figura muestra, las dos placas, una en vista frontal y la otra cara en transparencia, de igual manera en forma de transparencia se muestra la disposición de los componentes sobre la placa.

Figura 81. Imagen superpuesta de las dos caras del impreso y relación de componentes.



Las siguientes dos figuras se muestran las placas correspondientes al área de microcontrolador. Podemos observar que se trata de caras de la placa, una para cada una de las dos caras del impreso.

Figura 82. Superficie inferior de la placa de microcontrolador.

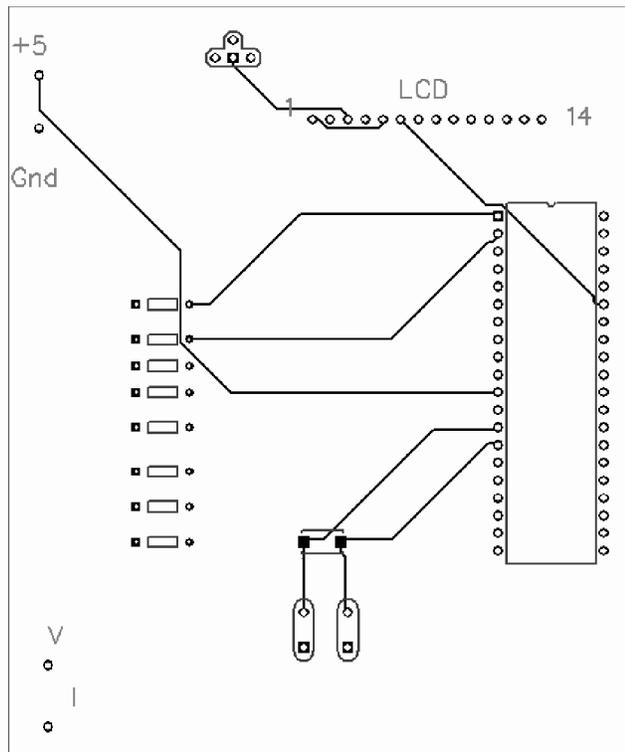
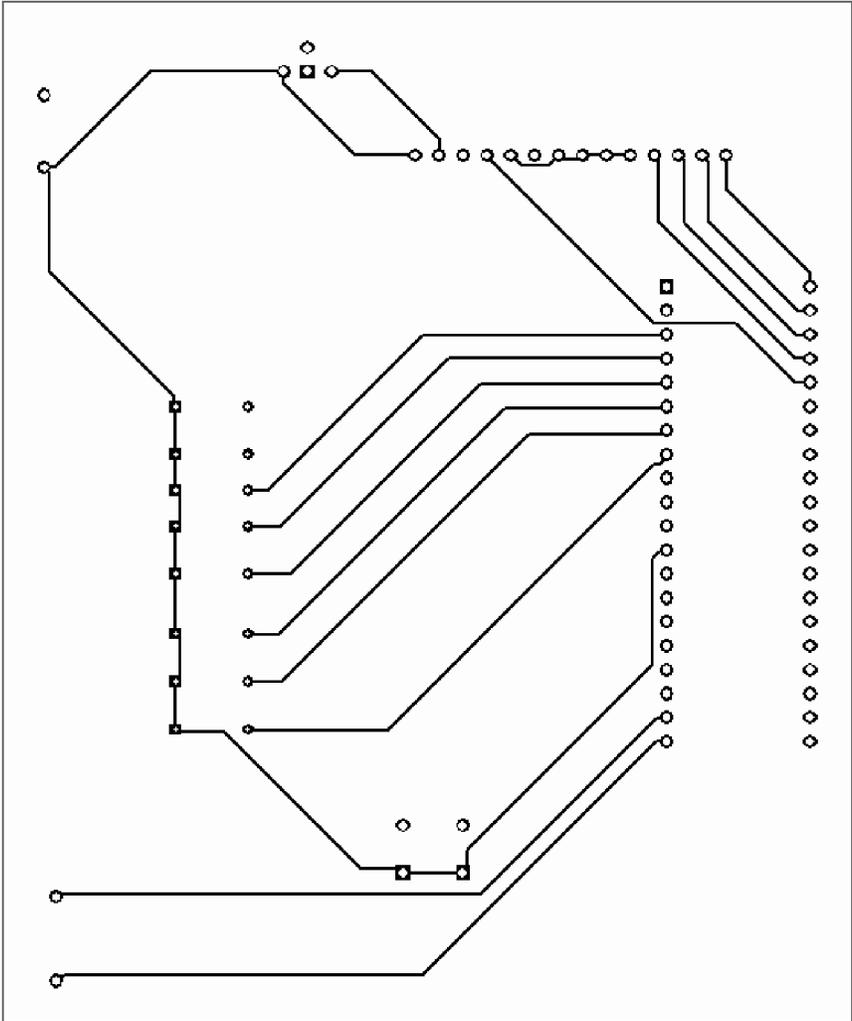
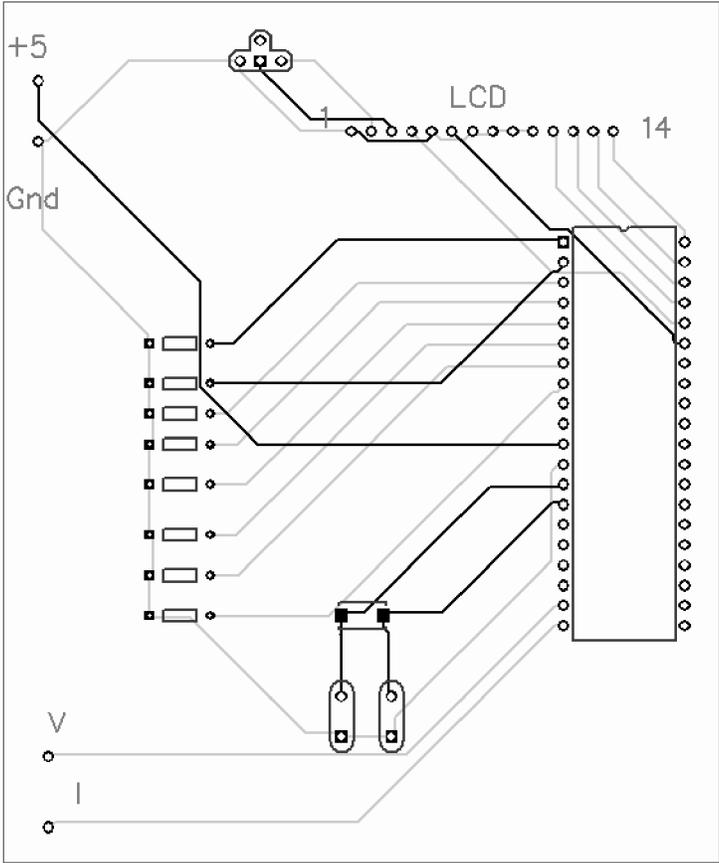


Figura 83. Superficie superior de la placa de microcontrolador.



La siguiente figura muestra, las dos placas, una sobrepuesta sobre la otra, la primera placa en negrilla y la otra en transparencia, de igual manera en forma de transparencia se muestra la disposición de los componentes sobre la placa.

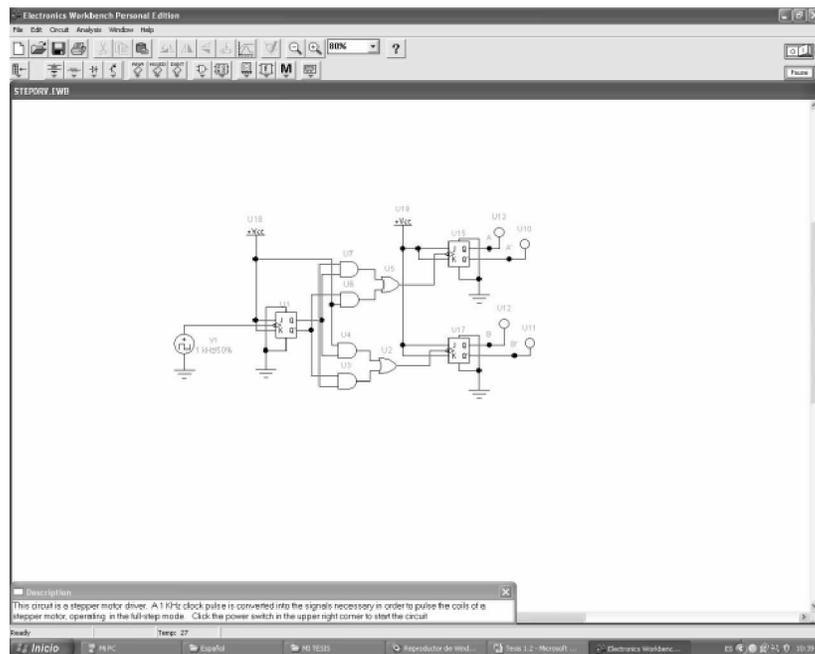
Figura 84. Imagen superpuesta de las dos caras del impreso y relación de componentes.



4.3 Análisis de temperatura y tiempo promedio de vida del diseño.

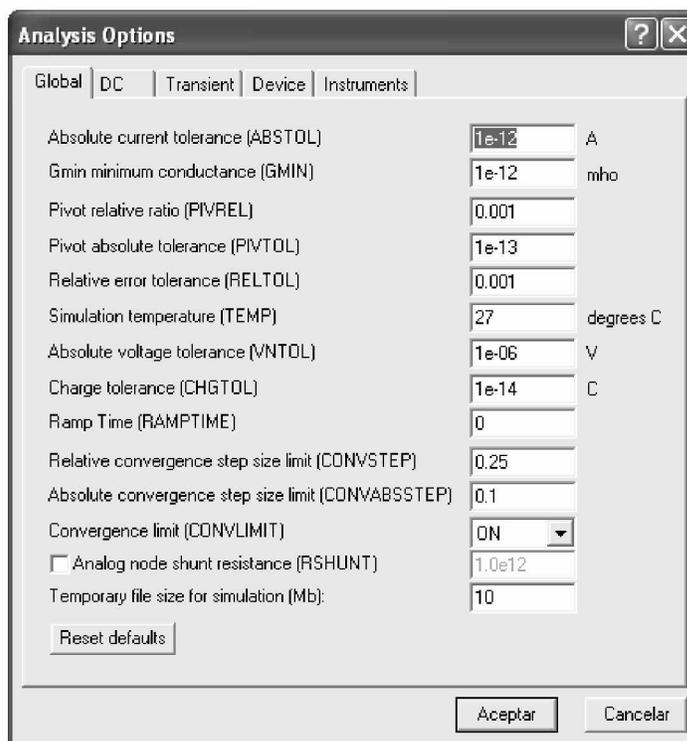
A fin de conocer como reacciona el circuito a diferentes temperaturas, y el tiempo de vida promedio del diseño, se utiliza el programa de simulación de circuitos electrónicos WORK BENCH, la ventana principal se muestra en la figura siguiente. Este programa permite simular cambios de temperatura tanto de forma instantánea, como en una línea de tiempo. Otra de sus funciones es la de simular un uso continuo por determinado tiempo. Existen dos tipos de temperatura de análisis, la temperatura ambiente promedio de entorno que es de 20 grados centígrados. Además de ello existen dos temperaturas de envasado o encapsulado del circuito, uno para caja metálica de 27 grados centígrados y otro de 29 grados centígrados para caja plástica. Para nuestro diseño utilizaremos el envasado en caja metálica.

Figura 85. Programa de simulación electrónica WORK BENCH



En la barra de herramientas seleccionamos la ventana de ANALYSIS, luego pinchamos en submenú ANALYSIS OPTION esta acción despliega la ventana que se muestra en la figura siguiente. Acá es donde se seccionan los parámetros de simulación del circuito. Los mas importantes son los siguientes, SUMULATION TEMPERATURE que es la temperatura de simulación dado que lo hacemos para una caja metálica, ingresamos 27 grados centígrados. En CHARE TOLERANCE ingresamos los grados centígrados que cambiara el circuito por unidad de tiempo. En RAMP TIME ingresamos los tiempos de cambio de temperatura del circuito por unidad de tiempo. En CONVSTEP ingresamos cada tanto cambiara el tiempo en pantalla, para lo mostrado en la imagen, cada .25 segundos ser realizará un cambio visible. pinchamos aceptaremos a fin de introducir los cambios.

Figura 86. Ventana de configuración global del programa WORK BENCH.



4.3.1 resultado de la simulación del circuito.

El circuito tiene un tiempo de vida estimado cuando es envasado, con uso continuo diario de 6,000 horas de vida. Con una temperatura ambiente externa máxima de 35 centígrados, el resumen de resultados es el siguiente:

*Horas de funcionamiento 6,000 horas.

*Temperatura en funcionamiento: 10° a 35°C (50° a 95°F)

*Humedad relativa en funcionamiento: del 20% al 80% (sin condensación) con una gradación de humedad máxima del 10% por hora

*Altitud en funcionamiento: de 0 a 3048 m (de 0 a 10.000 pies)

*Temperatura de almacenamiento: de -40° a 65°C (de -40° a 149°F)

*Humedad relativa de almacenamiento: del 5% al 95% (sin condensación)

*Altitud de almacenamiento: de -15,2 a 10.600 m (de -50 a 35.000 pies)

Se hace notar, que los datos provienen de simulación. Y con estos datos se puede dar una garantía del equipo de 1 mes de garantía, este calculo es el resultado de, 6,000 horas es el equivalente a 250 días de uso continuo. Lo que nos da 8 meses de uso, pero como contamos con material reciclado, solo tomamos la octava parte de ello a fin de tener una garantía de fabricación o manufacturación.

CONCLUSIONES

1. El reciclado de elementos electrónicos es capaz de proveer elementos para el desarrollo de proyectos para estudiantes, reduciendo los costos de elementos hasta en un 95%. Estos datos son eurísticos, y han sido comprobados por el autor del presente trabajo de graduación a lo largo de la carrera de Ingeniería Electrónica.
2. Los vertederos de las ciudades como Guatemala, en especial el de la zona 3, está poblado por los denominados guajeros. Personas que reciclan aluminio, papel y otras materias. Los Guajeros pueden perfectamente ser tecnificados a fin de desarrollar y producir productos electrónicos con los elementos electrónicos que en los vertederos se desechan. El proyecto se plantea como autosuficiente, el tecnificar a estas personas en el ámbito electrónico, les abrirá nuevas oportunidades fuera de su medio ambiente actual. Y si se toma en cuenta que se desarrollan en núcleos familiares, se darán oportunidades no solo a individuos, sino a familias.
3. La educación primaria en Guatemala adolece de insuficiencia de elementos pedagógicos tecnológicos, un equipo que muestre los fenómenos magnéticos en clase tiene un coste de varias decenas de dólares. El mismo diseño realizado por medio de elementos como transformadores provenientes del reciclaje electrónico tendría un costo mínimo no mayor a un centenar de quetzales, si consideramos que en la actualidad el dólar se cotiza a 1\$=Q7.65 el ahorro y la oportunidad de

formar a la niñez con este tipo de elementos es necesaria fundamental para el país.

RECOMENDACIONES

1. Dar inicio a una campaña en el estudiantado de la carrera de Ingeniería Electrónica, a fin de incentivar la elaboración de proyectos electrónicos con base a elementos reciclados, de esta manera los futuros egresados poseerán una base sólida que dictara los resultados de acuerdo a los elementos que rodean su ambiente, aprovechando los recursos e improvisando de ser necesario.
2. Complementar el presente trabajo con un estudio económico, a fin de comprobar si es factible y autosostenible la capacitación de los guajeros en la teoría de fabricación y comercialización de productos electrónicos a en base a elementos procedentes del reciclaje electrónico.
3. Incentivar la creación de un trabajo de graduación que se enfoque en la extracción del oro utilizado en los terminales de los microprocesadores, circuitos integrados y placas electrónicas desechadas. Pues en las bodegas del vertedero de basura las pilas de microprocesadores solamente se usan como relleno, llevándose consigo el oro que recubre sus terminales.
4. El presente trabajo puede ser utilizado como un manual de elaboración de circuitos electrónicos, placas impresas de pequeña y mediana capacidad. Todo ello con recursos mínimos que se encuentran en el hogar o una farmacia local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.

Ingeniero Enrique Edmundo Ruiz Carballo. **Catedrático Universidad de San Carlos de Guatemala**, julio 2008.

2.

Ingeniera Ingrid Salome Rodríguez de Loukota, **Catedrática Robótica, Electrónica 4 y 5. Universidad de San Carlos de Guatemala**. Junio 2008.

BIBLIOGRAFÍA

1. MICROCHIP (sin autor), microchip PIC 16F87X DATA SHEET 28/40/44 PIN ENHANCED FLASH MICROCONTROLLERS, Julio 2008
2. TECHNOLOGY AND SERVICE. Power Supply Application Manual. The SGS group, Julio de 1985
3. Terry Godfrey. Lenguaje ensamblador para microcomputadoras. Prentice Hill, Mexico 2003. ISBN 0-13-449505-5
4. José María Angulo Usategui. Microprocesadores. Paraninfo, España 2000. ISBN 84-283-1237-0 página 205
5. ANALOG DEVICES (sin autor), DATA-ACQUISITION DATABOOK, volumen 1, Integrated Circuits, 1984
6. Robert Coughlin. Amplificadores Operacionales, Prentice Hill, México 1998 ISBN 970-17-0267-0
7. Robert Middleton. 101 Ways to use your oscilloscope, SAMS PUBLICATIONS, EEUUAA 1966.
8. Texas Instruments (sin autor). The TTL Data Book for Desing Engineers, The Engineering Staff of Texasd Instruments Incorporated.
9. Martin Vivaldi. Curso de Redacción, Paraninfo, España 1999. ISBN 84-283-0382-7