

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**CONSTRUCCIÓN DE UN MULTÍMETRO DIGITAL QUE MIDA  
VOLTAJES DC, RESISTENCIAS, CAPACITORES,  
CONTINUIDAD Y NIVELES LÓGICOS PARA TALLER O  
LABORATORIO.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**RICARDO GERMÁN ANDRADE NARVÁEZ**  
**ricardgermanandrade@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. PABLO LÓPEZ**  
**pwlopezm@hotmail.com**

**Quito, 10 de Marzo del 2010**

## DECLARACIÓN

Yo, Ricardo Germán Andrade Narváez, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional, y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

-----

Ricardo Germán Andrade Narváez

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que este trabajo fue desarrollado por Ricardo Germán Andrade Narváez, bajo mi supervisión.

-----  
Ing. Pablo López  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## **AGRADECIMIENTOS**

Yo, Ricardo Germán Andrade Narváez, agradezco primeramente a Dios, a mi familia, a mis compañeros de trabajo, a la empresa y a mi universidad por brindarme la oportunidad de ser un profesional para servir a mi sociedad.

-----

Ricardo Germán Andrade Narváez

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, a mi hermana y a toda mi familia, que con su amor, empuje, empeño, comprensión y sobre todo una gran paciencia han sabido apoyarme en las buenas y en las malas para que este proyecto sea una realidad y al mismo tiempo una pequeña semilla que luego de frutos a lo largo de mi vida, y que yo pueda realizarme como un profesional de esta prestigiosa universidad.

-----

Ricardo Germán Andrade Narváez

## RESUMEN

**En el Capítulo 1** primeramente se describe la funcionalidad del voltímetro, del óhmetro, del capacitímetro, del medidor de continuidad y de la punta lógica que es la base para realizar el presente proyecto, a continuación se detalla la teoría para realizar la fuente de alimentación para el sistema conjuntamente con los elementos que lo conforman especificando sus características y modificaciones para el proyecto. De la misma manera se describe el funcionamiento del transistor seguido de los microcontroladores incluyendo su arquitectura básica y haciendo referencia al microcontrolador AVR que será utilizado para este propósito. Finalmente se indicara las características del LCD (Display de Cristal Líquido) y del programa utilizado para la programación del software en el microcontrolador AVR.

En este capítulo adicionalmente se describe todo del microcontrolador PIC (16F877A) para comparar con el microcontrolador AVR (ATMEGA 164P).

Antes de realizar el proyecto como tal se indica el microcontrolador más indicado para el tipo de programación y también se define el tipo de display LCD a utilizarse para ver los datos con toda comodidad.

**En el Capítulo 2** se describe el funcionamiento de cada una de las lecturas en forma individual con sus respectivos diagramas circuitales que realizara el multímetro digital. A continuación la explicación de la fuente de alimentación y del cargador de batería de respaldo, seguido del diagrama circuital total del multímetro digital con su respectivo diagrama de flujo con una explicación breve de su funcionamiento. También las pruebas realizadas descritas en cada una de las tablas midiendo voltaje DC (hasta 35V), resistencias (hasta 4M $\Omega$ ), condensadores (hasta 120pF), niveles lógicos (0L o 1L) y el resultado de comprobar la continuidad con algunos materiales por ejemplo con alambres de cualquier grosor, en las mismas pistas hecha en baquelita incluso con el mismo

aparato de medición, finalmente con el manual de usuario para saber la operación del equipo.

*Para medir voltaje DC* en el microcontrolador se utiliza el divisor de voltaje formado por dos resistencias R1 de valor alto en el orden de los Mega-ohmios y R2 de valor bajo en el orden de Kilo-ohmios para obtener un voltaje menor o igual que 5v entre R1 y R2 (figura 2.1), que entra a un pin del conversor A/D del microcontrolador, luego del cual realiza la operación (programación) para determinar el valor de voltaje medido en el LCD (Display de Cristal Liquido).

*Para medir resistencias* en el microcontrolador de igual forma utiliza el divisor de voltaje formado por dos resistencias Rx y R6, Rx y R7 o Rx y R8 (figura 2.2) en donde una de las resistencias (R6, R7 o R8) será activada para determinar la escala de Rx a medirse, es decir el voltaje de 5V es entregado por el microcontrolador a una de las resistencias conformados por Rx y R6, Rx y R7 o Rx y R8 produciendo un divisor de voltaje entre ellas, este voltaje ingresa a un pin del conversor A/D del microcontrolador, luego del cual realiza la operación (programación) para determinar el valor de Rx y visualizar en el LCD (Display de Cristal Liquido).

*Para medir condensadores* en el microcontrolador se utiliza la carga lineal por medio de un transistor externo para medir los condensadores Cx con la finalidad de tener una lectura confiable.

El microcontrolador determina el tiempo en que se demora en cargarse el condensador Cx hasta los 2.1V (1L) que es controlado por el pin36 (ADC4) y por el pin17 (PD3) ya que se carga en forma lineal a través de las resistencias R10, R11 o R12 (RE) (figura 2.3), estas resistencias determinan la escala del condensador (Cx) ya sea en micro-Faradios ( $\mu\text{F}$ ), nano-Faradio (nF) o en pico-Faradio (pF) dependiendo de que salida fue activada por el microcontrolador (solamente una salida es activa), luego del cual realiza la operación (programación) para determinar el valor de Cx y visualizar en el LCD (Display de Cristal Liquido).

*Para medir continuidad* en el microcontrolador de igual forma utiliza el divisor de voltaje formado por dos resistencias Rx y R6 (figura 2.4) en donde solo esta es activada para determinar la continuidad, es decir el voltaje de 5V es

entregado por el microcontrolador a la R6 produciendo un divisor de voltaje entre ellas, este voltaje ingresa a un pin del conversor A/D del microcontrolador, luego del cual realiza la operación (programación) para determinar si la resistencia  $R_x < 1$  para que haya continuidad y visualizar en el LCD (Display de Cristal Liquido), caso contrario presentara el valor de la resistencia medida.

*Para medir niveles lógicos (0L y 1L)* en el microcontrolador detecta los voltajes bajos y altos desde los 0V hasta los 5V. El voltaje ingresa pasando por la resistencia de 100K $\Omega$  a un pin del conversor A/D del microcontrolador (figura 2.5), luego del cual realiza la operación (programación) para determinar si el voltaje que ingreso esta entre 0V y menor que 1V se visualizará LOW (0L o nivel bajo) y si el voltaje que ingreso esta entre mayor o igual que 2V y menor o igual a 5v se visualizará HIGHT (1L o nivel alto), pero si el voltaje a medirse esta entre mayor o igual que 1V y menor que 2V se visualizará una inestabilidad. Todo se visualizará en el LCD (Display de Cristal Liquido) o por leds (verde y rojo respectivamente).

También se indica el análisis de costos y componentes utilizados en el proyecto para tener una visión de la inversión realiza.

**En el Capítulo 3** se menciona las respectivas conclusiones y recomendaciones del proyecto para que en un futuro se lo pueda mejorar y sacarle todo el provecho imaginado.

Se completa con la Bibliografía y referencias consultadas conjuntamente con la información en los anexos en donde se detalla las características de cada elemento utilizado obtenidos de los manuales de datos de los fabricantes.



## PRESENTACIÓN

Este proyecto es aplicable para ser utilizado por cualquier persona en el taller o laboratorio incluso fuera de ella que necesite medir, comprobar y evaluar cualquier elemento o circuito a revisar con toda la confiabilidad, por su fácil y ágil manejo.

En cada etapa de medición del multímetro digital realiza una comparación mediante el software que esta grabado en el microcontrolador AVR para determinar el valor exacto de medición y mostrarlo en el Display de Cristal Líquido (LCD). No olvidar que todas estas mediciones se pueden hacer al mismo tiempo sin tener que elegir uno de las opciones para medir.

Todo este proceso se lo realiza con el microcontrolador ATMEGA 164P el cual es programado por medio del compilador llamado Bascom AVR IDE en lenguaje de alto nivel utilizando el Basic.

El ATMEGA 164P es de fácil manejo ya que se puede programar sus memorias EEPROM y RAM; como sus puertos A, B, C y D que pueden ser usados independientemente como entradas o salidas. Algo muy importante que posee algunos osciladores internos que son de 1MHz, 2MHz, 4MHz y 8MHz sin la necesidad de un oscilador externo. Por otra parte este microcontrolador AVR puede funcionar con un voltaje de 2.7V hasta 5.5V, lo cual es suficiente para que el microcontrolador trabaje normalmente en cualquier función que se le ha programado.

## CONTENIDO

### CAPÍTULO 1

<b>1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>11</b>
1.1.1. VOLTÍMETRO.....	11
1.1.1.1. Voltímetro Analógico.....	11
1.1.1.2. Voltímetro Digital DC.....	14
1.1.2. ÓHMETRO .....	15
1.1.2.1. Óhmetro Analógico.....	15
1.1.2.2. Óhmetro Digital.....	16
1.1.3. CAPACÍMETRO.....	17
1.1.3.1. Capacímetro Digital.....	18
1.1.4. MEDIDOR DE CONTINUIDAD.....	20
1.1.5. PUNTA LÓGICA.....	22
<b>1.2. FUNTE DC .....</b>	<b>23</b>
1.2.1. TRANSFORMADOR DE ENTRADA .....	23
1.2.1.1. Relación de transformación.....	24
1.2.2. RECTIFICACIÓN.....	24
1.2.2.1. Rectificador De Media Onda.....	24
1.2.2.2. Rectificador De Onda Completa.....	25
1.2.2.3. Rectificador De Onda Completa Tipo Puente .....	26
1.2.3. FACTOR DE RIZADO .....	27
1.2.4. FILTRADO .....	28
1.2.4.1. Rectificación De Media Onda Con filtro Capacitivo.....	28
1.2.4.2. Rectificación De Onda Completa Con Filtro Capacitivo .....	30
1.2.5. REGULADORES DE VOLTAJE EN CIRCUITO INTEGRADO.....	30
1.2.5.1. REGULADORES DE VOLTAJE FIJO .....	31
1.2.5.1.1. La Serie LM78XX.....	31
1.2.5.1.2. La Serie LM79XX.....	32
1.2.5.1.3. Regulador De voltaje Fijo LM7805 .....	32
1.2.5.2. REGULADOR DE VOLTAJE AJUSTABLE.....	33
1.2.5.2.1. Regulador De Voltaje Ajustable LM317T .....	33
<b>1.3. TRANSISTORES BJT.....</b>	<b>35</b>
<b>1.4. MICROCONTROLADOR.....</b>	<b>36</b>
1.4.1. ARQUITECTURA BÁSICA DE LOS MICROCONTROLADORES.....	37
1.4.1.1. Arquitectura Von Neumann .....	37
1.4.1.2. Arquitectura Harvard .....	37
1.4.2. NOMENCLATURA DE LOS MICROCONTROLADORES.....	39
1.4.3. ENCAPSULADO DE LOS MICROCONTROLADORES.....	40
1.4.4. PIC (PERIPHERAL INTERFACE CONTROLLER).....	40
1.4.4.1. Tipos De Microcontroladores (PIC).....	40
1.4.4.2. Microcontrolador 16F877A.....	42
1.4.4.2.1. Características Generales .....	42
1.4.4.2.2. Arquitectura Interna .....	43
1.4.5. MICROCONTROLADOR AVR.....	44
1.4.5.1. Tipos De Microcontroladores AVR.....	44
1.4.5.2. Microcontrolador ATMEGA 164P.....	45
1.4.5.2.1. Características Generales .....	46

1.4.5.2.2. Arquitectura Interna .....	47
1.4.6. CONVERSIÓN ANÁLOGA/DIGITAL.....	48
1.4.6.1. ADC De Rampa Digital.....	48
1.4.6.2. ADC De Aproximaciones Sucesiva.....	49
1.4.6.3. ADC Instantáneos (Flash) .....	50
1.4.7. LCD (LIQUID CRYSTAL DISPLAY) .....	50
1.4.7.1. Estructura Interna de los displays LCD .....	51
1.4.7.2. Características Del LCD .....	52
1.4.8. PROGRAMACIÓN PARA MICROCONTROLADORES .....	53
1.4.8.1. Programación En Basic.....	54

## CAPÍTULO 2

<b>2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA .....</b>	<b>55</b>
<b>2.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>55</b>
<b>2.2. VOLTÍMETRO DC .....</b>	<b>58</b>
2.2.1. FUNCIONAMIENTO.....	59
<b>2.3. ÓHMETRO .....</b>	<b>60</b>
2.3.1. FUNCIONAMIENTO.....	61
<b>2.4. CAPACÍMETRO .....</b>	<b>62</b>
2.4.1. FUNCIONAMIENTO.....	63
<b>2.5. MEDIDOR DE CONTINUIDAD .....</b>	<b>64</b>
2.5.1. FUNCIONAMIENTO.....	66
<b>2.6. PUNTA LÓGICA.....</b>	<b>66</b>
2.6.1. FUNCIONAMIENTO.....	67
<b>2.7. CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA .....</b>	<b>68</b>
2.7.1. CARGADOR DE BATERÍA.....	68
<b>2.8. DIAGRAMA CIRCITAL TOTAL .....</b>	<b>69</b>
<b>2.9. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA .....</b>	<b>70</b>
<b>2.10. PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
2.10.1. TABLA DE MEDICIÓN DE VOLTAJES DC .....	71
2.10.2. TABLA DE MEDICIÓN DE RESISTENCIAS .....	71
2.10.3. TABLA DE MEDICIÓN DE CAPACÍMETROS .....	72
2.10.4. RESULTADO DE CONTINUIDAD.....	73
2.10.5. TABLA DE MEDICIÓN DE NIVELES BAJOS Y ALTOS (PUNTA LÓGICA).....	73
2.10.6. MANUAL DE USUARIO .....	74
<b>2.11. ANÁLISIS DE COSTOS .....</b>	<b>75</b>

## CAPÍTULO 3

<b>3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>3.1. CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>3.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>4. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>80</b>

## ANEXOS

# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 1.1.FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 1.1.1. VOLTÍMETRO

Es un aparato o dispositivo que se utiliza para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico. La forma de realizar esta medición es colocando las puntas de prueba en paralelo. Las lecturas pueden ser de forma analógica por medio de una aguja, o digital visualizadas en displays de 7 segmentos o LCD (Display de Cristal Líquido).

Cabe decir que cuando se mide voltaje AC se obtiene el valor RMS (Root Mean Square – Raíz Media Cuadrática) o efectivo de voltaje y cuando se mide voltaje CD se obtiene el voltaje medio El valor RMS es el valor del voltaje en AC que produce el mismo efecto de disipación de calor que su equivalente de voltaje directa (DC).

##### 1.1.1.1. Voltímetro Analógico

Consta de un galvanómetro que tiene una resistencia interna ( $R_i$ ) y una resistencia en serie ( $R_1$ ) para no afectar la diferencia de potencial en el proceso de medición como se indica en la figura 1.3.

En un instrumento de bobina móvil (galvanómetro), no es posible hacer la resistencia de la bobina suficientemente grande para que soporte corrientes altas, es por eso que se conecta en serie con la bobina una resistencia  $R_1$  de valor alto, a esta resistencia se le llama á veces un resistor de multiplicación o multiplicador que limita una corriente constante ( $I_m$ ) hacia la bobina móvil lo cual permite leer en el instrumento un alto voltaje  $V$ , con sólo un bajo voltaje  $V$  y una corriente constante ( $I_m$ ) aplicado en el mecanismo medidor.

En conclusión la finalidad de la resistencia multiplicadora es limitar la corriente que circula por el mecanismo medidor. Por ejemplo, en el voltímetro que se

muestra en la figura 1.3 la corriente constante a través del mecanismo medidor (galvanómetro) es igual a  $50\mu\text{A}$  que será el fondo de escala. La corriente y la resistencia interna dependen de las instrucciones del fabricante.

El voltímetro analógico debe utilizar la menor cantidad de electricidad posible, esto sucede gracias a la resistencia en serie de alto valor ( $R_1$ ) para no tener errores en la medición de la tensión. Para lograr este objetivo, los voltímetros basados en los efectos electromagnéticos, poseen unas bobinas con hilo muy fino y de muchas espiras de la figura 1.1 (galvanómetro), ya que cuando existan corrientes eléctricas de baja intensidad, el aparato cuente con la fuerza necesaria para mover la aguja.

Se puede cambiar de escala solamente variando la resistencia serie ( $R_1$ ).

El diseño de este voltímetro solamente se basa en un divisor de voltaje como se muestra en la figura 1.2. Ahora ese mismo principio aplicamos al galvanómetro con una resistencia  $R_1$  de valor alto utilizando el divisor de voltaje (voltímetro) en figura 1.3.



Figura 1.1 Galvanómetro.

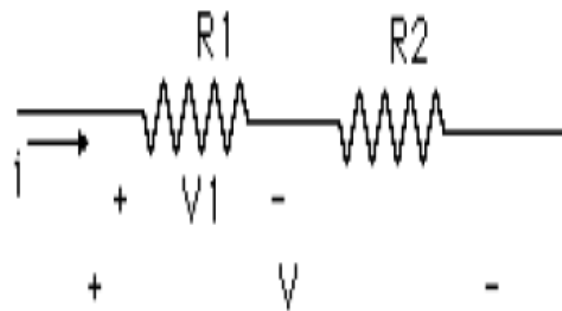


Figura 1.2 Divisor de voltaje.

En el circuito de la figura 1.2 observamos que la corriente que circula es la misma por lo tanto se tiene:

$$V = i R_1 + i R_2 \quad \text{Ec. 1.1}$$

$$V = (R_1 + R_2) i \quad \text{Ec. 1.2}$$

Pero

$$V_1 = i R_1 \Rightarrow i = \frac{V_1}{R_1} \quad \text{Ec. 1.3}$$

$$V = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_1 \quad \text{Ec. 1.4}$$

De donde

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V \quad \text{Ec. 1.5}$$

Si queremos diseñar un voltímetro capaz de detectar entre sus terminales voltajes hasta de E voltios (donde  $E > V_m$ ) debemos conectar en serie con el galvanómetro una resistencia  $R_1$ , como se indica en la figura 1.3.

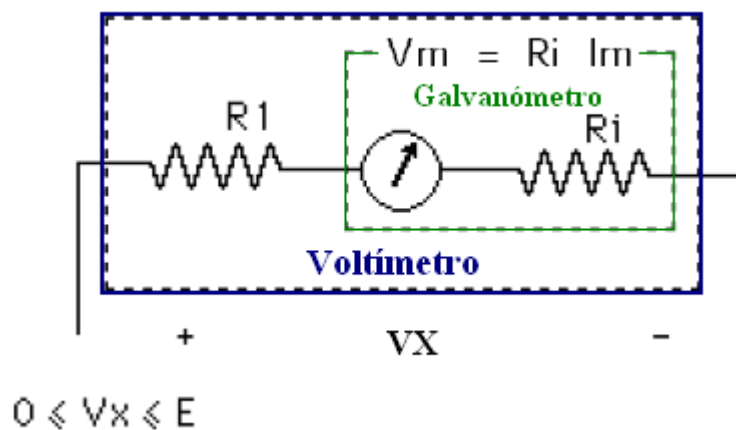


Figura 1.3 Galvanómetro en divisor de voltaje (voltímetro).

Aplicando las formulas anteriores tenemos:

$$V_m = R_i I_m = \frac{R_i}{R_1 + R_i} E \quad \text{Ec. 1.6}$$

Despejando  $R_1$  en Ec. 1.6

$$R_1 = \frac{E - R_i I_m}{I_m} \quad \text{Ec. 1.7}$$

El resultado de esta formula genera un instrumento que marca máxima escala cuando el voltaje entre sus terminales es E.

Si la resistencia ( $R_1$ ) es mayor, la corriente ( $I_m$ ) será constante de  $50\mu\text{A}$  que circulará por el galvanómetro dando lectura a voltajes de mayor valor. Si la resistencia ( $R_1$ ) es menor, circulará la misma corriente constante de  $50\mu\text{A}$  en el galvanómetro pero dando lectura a voltajes de menor valor. Entonces  $R_1$  limitará el voltaje a medirse con la misma corriente constante  $I_m$ .

### 1.1.1.2. Voltímetro Digital DC

Constan de un selector de escalas, un conversor Análogo/Digital (A/D), un decodificador y un visualizador (displays o LCD). El diagrama de Bloques se observa en la figura 1.4.

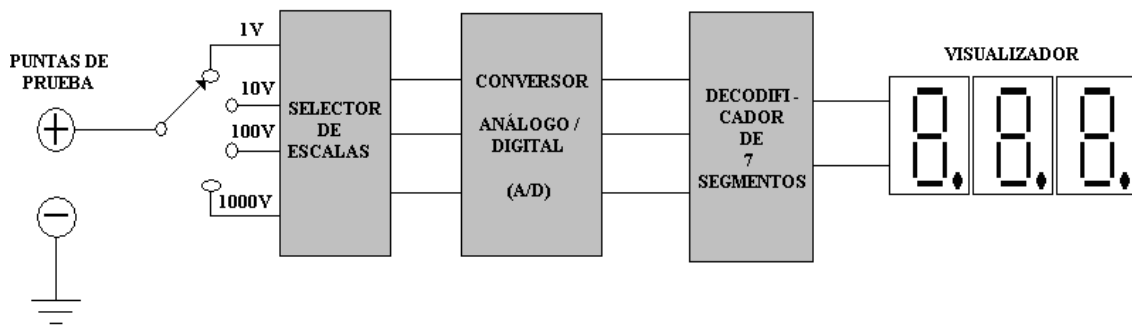


Figura 1.4 Diagrama de bloques del voltímetro.

También podemos encontrar circuitos integrados como por ejemplo el ICL 7107 que está fabricado con tecnología CMOS y contiene en su interior circuitos completos siendo su principal el conversor A/D (Análogo/Digital) y un decodificador para manejar displays o indicadores de 7 segmentos, como se observa en la figura 1.5.

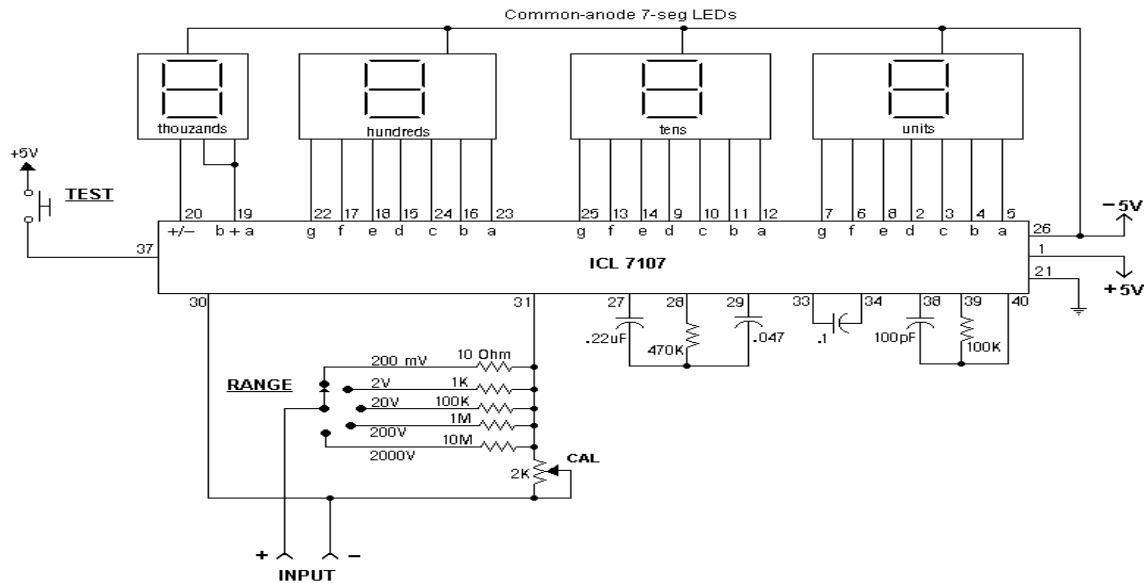


Figura 1.5 Diagrama de bloques con ICL 7107.

En el microcontrolador se utiliza el divisor de voltaje formado por dos resistencias R1 de valor alto en el orden de los Mega-ohmios y R2 de valor bajo en el orden de Kilo-ohmios para obtener un voltaje menor o igual que 5v entre R1 y R2 (figura 2.1), que entra a un pin del conversor A/D del microcontrolador, luego del cual realiza la operación (programación) para determinar el valor de voltaje medido en el LCD (Display de Cristal Liquido).

### 1.1.2. ÓHMETRO

Es un aparato o dispositivo que se utiliza para medir resistencias eléctricas. La forma de realizar esta medición es desconectando cualquier tipo de fuente de tensión o de corriente que actúe sobre la resistencia a medirse, y al mismo tiempo no altere el valor de la lectura, ni se dañe el dispositivo. La forma de realizar esta medición es colocando las puntas de prueba en paralelo.

#### 1.1.2.1. Óhmetro Analógico

En su interior consta de una fuente o batería pequeña que entrega un voltaje a la resistencia a medirse (RX), el galvanómetro ya calibrado en ohmios mide la intensidad de corriente que circula a través de la resistencia bajo medida (RX), como se muestra en la figura 1.6.



Un detalle importante es que la escala del óhmetro tiene el cero marcado a la derecha, es decir, al contrario de los amperímetros y voltímetros normales; por lo que la corriente de escala máxima del amperímetro será el cero del óhmetro. Ahora consideremos lo siguiente: Tenemos un valor de voltaje dado por la fuente (E), debemos determinar el valor de R para fijar las condiciones del circuito, sabiendo que si  $R_x = \infty$  (circuito abierto) no circula corriente por el circuito y si  $R_x$  tiene cualquier otro valor circulará cierta corriente por el circuito que será máxima cuando  $R_x = 0$ .

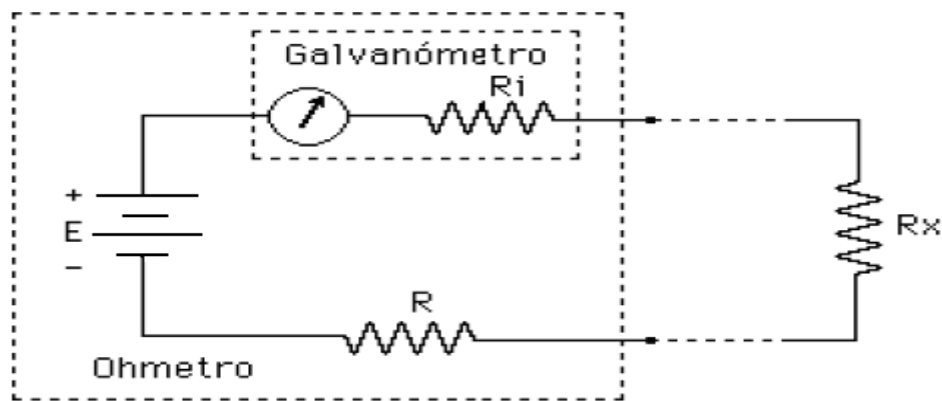


Figura 1.6 Circuito básico del óhmetro.

La corriente máxima en el galvanómetro es  $I_m$  y con una  $R_x = 0$ , se cumple lo siguiente:

$$E = (R_i + R) I_m \quad \text{Ec. 1.8}$$

Despejando R en Ec. 1.8

$$R = \frac{E}{I_m} - R_i \quad \text{Ec. 1.9}$$

Obteniendo el valor de R, el circuito está totalmente especificado para poder calibrar utilizando resistencias patrón de valores distintos.

### 1.1.2.2. Óhmetro Digital

El valor de  $R_x$  se transforma a voltaje por medio de un divisor de tensión lo cual ingresa al convertor A/D. Además consta de un selector de escalas, un decodificador y un visualizador (displays o LCD), como se indica en la figura 1.7. Además utiliza una fuente de tensión constante ( $V_{DC}$ ) para que el convertor detecte la variación de voltaje de la  $R_x$ .

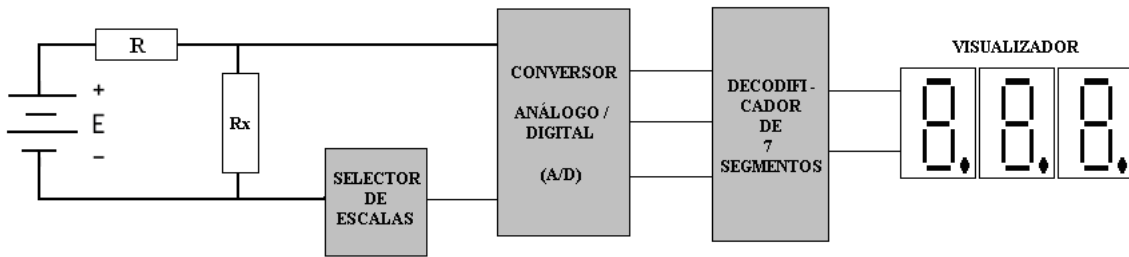


Figura 1.7 Diagrama de bloques del óhmetro.

En el microcontrolador de igual forma utiliza el divisor de voltaje formado por dos resistencias Rx y R6, Rx y R7 o Rx y R8 (figura 2.2) en donde una de las resistencias (R6, R7 o R8) será activada para determinar la escala de Rx a medirse, es decir el voltaje de 5V es entregado por el microcontrolador a una de las resistencias conformados por Rx y R6, Rx y R7 o Rx y R8 produciendo un divisor de voltaje entre ellas, este voltaje ingresa a un pin del convertor A/D del microcontrolador, luego del cual realiza la operación (programación) para determinar el valor de Rx y visualizar en el LCD (Display de Cristal Liquido).

### 1.1.3. CAPACÍMETRO

Es un aparato o dispositivo que se utiliza para medir la capacidad o la capacitancia de los condensadores. La forma en que se realiza la medición es conectando los dos terminales al condensador sin ningún orden cuando se trata de condensadores no electrolíticos, pero si son condensadores electrolíticos se debe tomar en cuenta el terminal positivo y negativo, esto es en el capacímetro digital.

En los multímetro analógicos no existía forma de medir los condensadores por lo que solamente se utilizaba para comprobar el buen estado del condensador de la siguiente manera: Colocamos en la escala de "R =1K" con la llave selectora hasta que muestre cero ohm, luego conectamos la punta negra en uno de los terminales del condensador y con la otra punta roja tocamos el otro terminal del condensador. Con esto logramos que el condensador se cargue con la pila o batería interna del multímetro ya que la aguja se desplaza levemente. Si conectamos la punta roja en vez de la punta negra en uno de los terminales del condensador y tocamos con la punta roja en el otro terminal el resultado es que la aguja vuelve a reflexionar y regresa a su posición original. Estos movimientos indican que el condensador está en buenas condiciones.

### 1.1.3.1. Capacímetro Digital

Se trata de un circuito que carga a un condensador por el tiempo de carga que viene determinado por la capacitancia a medirse ( $C_x$ ). Por ejemplo contar el tren de pulsos de un oscilador a estable por medio del TIMER 555. El generador a estable de onda cuadrada tiene un tiempo de carga directamente proporcional a la capacitancia desconocida ( $C_x$ ), como se indica en la figura 1.8.

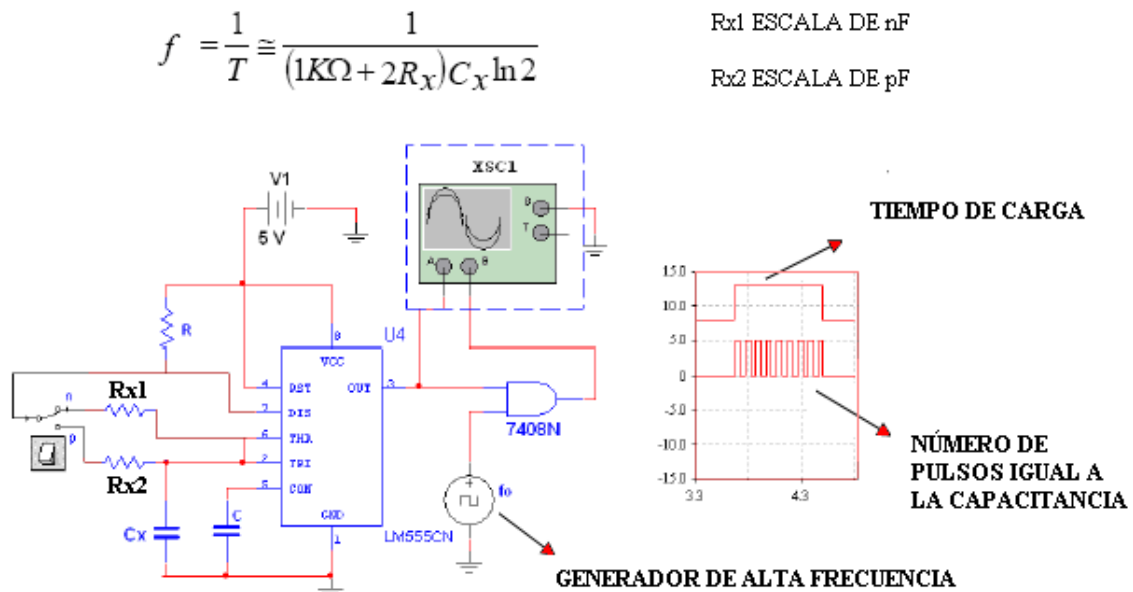


Figura 1.8 Simulación Del Capacímetro en Software MultiSim.

Por ejemplo en la figura 1.9 tenemos un diagrama de bloques utilizando dos generadores de pulso (A y B) para saber el valor del condensador a medirse ( $C_x$ ).

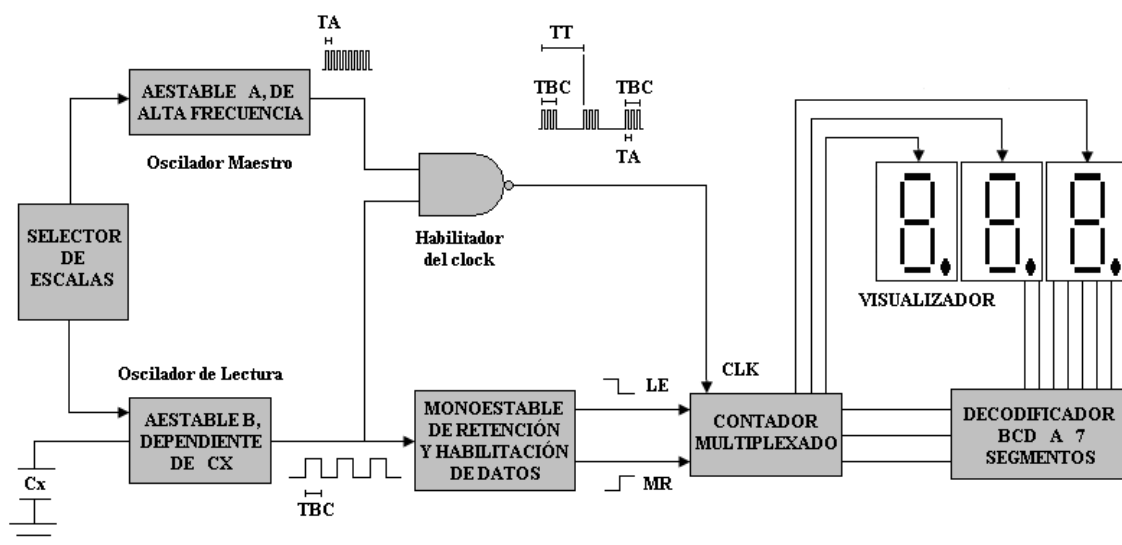


Figura 1.9 Diagrama de bloques (Circuitaria Diferente).

Consta de un selector de escala (S1), dos multivibradores astables, un multivibrador monoestable doble, una compuerta de habilitación y un contador que es el conjunto principal. La otra sección o parte es el circuito de visualización en donde consta el decodificador y los Displays.

Para cada escala seleccionada, el astable A genera un tren de pulsos de frecuencia fija mientras la capacitancia a medir (Cx) controla la frecuencia del astable B. Las señales A y B se combinan en una compuerta NAND para producir los pulsos de reloj del contador. La cantidad de pulsos que pasan mientras la señal B es alta es numéricamente igual a la capacitancia de Cx en picofaradios, nanofaradios y microfaradios.

Como sabemos los condensadores se cargan en forma exponencial. En el presente proyecto haremos que los condensadores a medirse se cargan en forma de rampa lineal de voltaje como un diente de sierra, esto se lo hace con una fuente de corriente de carga constante utilizando un transistor PNP y las resistencias R1, R2 y RE, como se indica en la figura 1.10.

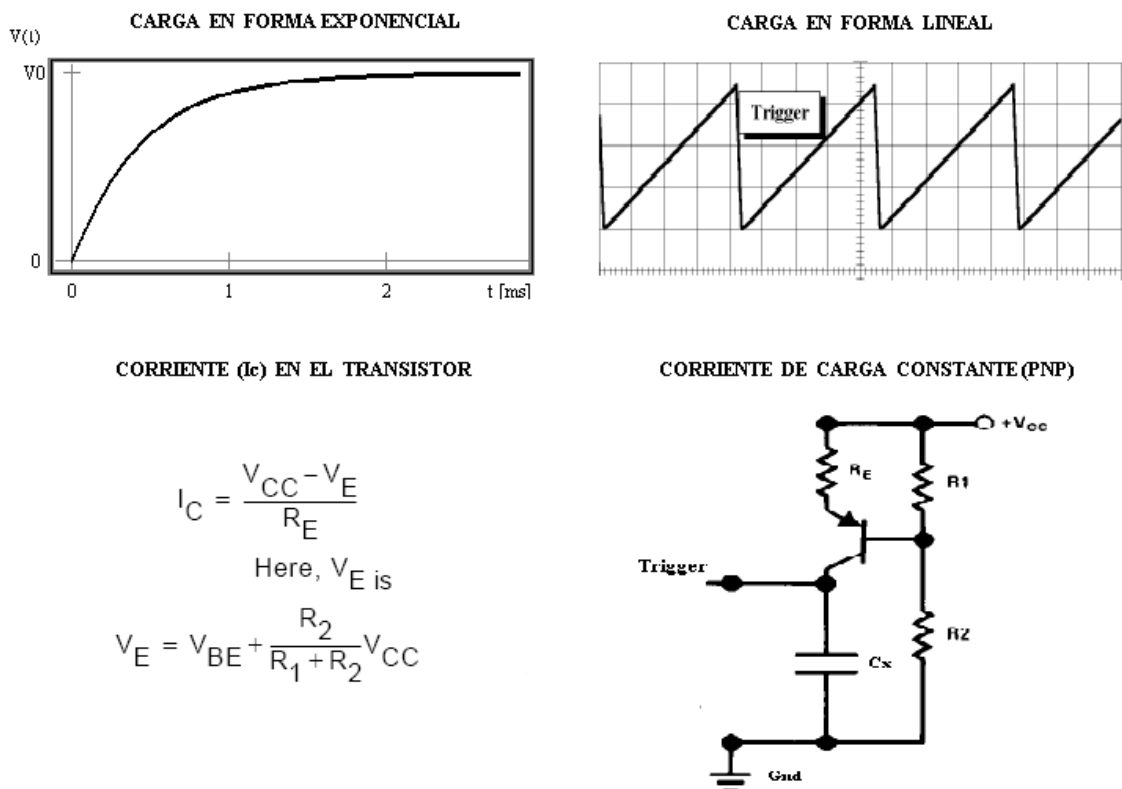


Figura 1.10 Carga Del Condensador y Rampa Lineal De Voltaje.

El transistor produce una corriente constante  $I_C$ , en donde conociendo,  $V_{CC}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $V_{BE}=0.6V$  obtenemos el valor de  $V_E$  y sabiendo el valor de  $R_E$  calculamos la corriente de emisor del transistor que es la corriente de carga del condensador  $C_x$  a medirse.

En el microcontrolador se utiliza la carga lineal por medio de un transistor externo para medir los condensadores  $C_x$  con la finalidad de tener una lectura confiable.

El microcontrolador determina el tiempo en que se demora en cargarse el condensador  $C_x$  hasta los 2.1V (1L) que es controlado por el pin36 (ADC4) y por el pin17 (PD3), su carga es en forma lineal a través de las resistencias  $R_{10}$ ,  $R_{11}$  o  $R_{12}$  ( $R_E$ ) (figura 2.3), estas resistencias determinan la escala del condensador ( $C_x$ ) ya sea en micro-Faradios ( $\mu F$ ), nano-Faradio (nF) o en pico-Faradio (pF) dependiendo de que salida fue activada por el microcontrolador (solamente una salida es activa), luego del cual realiza la operación (programación) para determinar el valor de  $C_x$  y visualizar en el LCD (Display de Cristal Liquido).

#### **1.1.4. MEDIDOR DE CONTINUIDAD**

Es un aparato o dispositivo que se utiliza para comprobar el estado o conducción de un fusible, un conductor o de las mismas pistas de los circuitos electrónicos en las tarjetas electrónicas, etc. La continuidad se refiere a una medida de resistencia muy baja entre en el orden de cero ohmios por lo que existe conducción o unión directa entre elementos.

Si  $R = 0 \Omega$ : presenta un conductor perfecto.

Si  $R = \infty$ : presenta un aislante perfecto (indica que esta abierto).

Si la resistencia de un sistema es menor, mejor será su continuidad eléctrica.

En los multímetros analógicos la forma de realizar la medición de continuidad es utilizando el Óhmetro en donde decimos: Si la aguja llega al limite de su indicador decimos que la resistencia es infinita y no hay continuidad, y si la aguja marca valores cercanos a cero ohmios decimos que la resistencias es cero ohmios y si hay continuidad.

En el multímetro digital existe para medir continuidad directamente ya que están conformados por ciertos circuitos integrados o microcontrolador. También podemos encontrar con la conformación de ciertos circuitos integrados como el

LM 555 o una compuerta Nand Schmitt Trigger que el CI 4093 para medir continuidad.

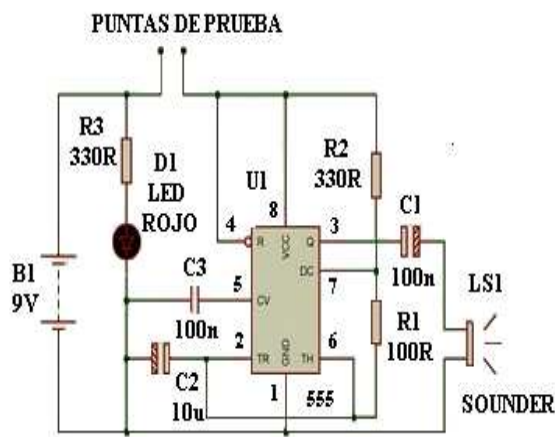


Figura 1.11a Continuidad con LM555

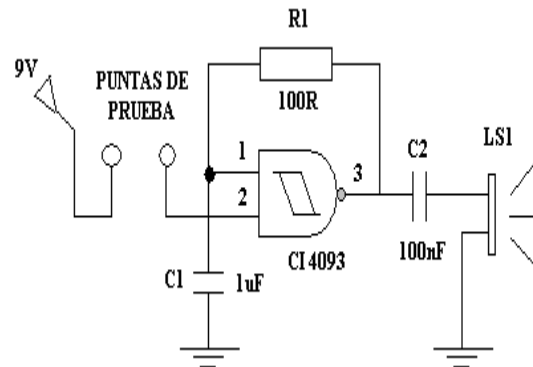


Figura 1.11b Continuidad CI 4093.

Al cerrar el circuito de la figura 1.11a estamos activando al LM 555 formando una oscilación la cual será audible con una bocina y el led nos indica que el circuito esta encendido, si la bocina no emite ningún sonido indicara que el punto esta abierto.

En la figura 1.11b, las puntas de prueba una de ellas estará conectada al lado positivo de la batería y la otra conectada a la entrada de Vcc del 4093 que es el pin o pastilla número 14, estas puntas trabajan como un switch el cual enciende a la bocina que dependerá de la resistencia del medio para determinar el tiempo de sonido.

Lógicamente entre más voltaje más sonido producirá la bocina.

En el microcontrolador de igual forma utiliza el divisor de voltaje formado por dos resistencias  $R_x$  y  $R_6$  (figura 2.4) en donde solo esta es activada para determinar la continuidad, es decir el voltaje de 5V es entregado por el microcontrolador a la  $R_6$  produciendo un divisor de voltaje entre ellas, este voltaje ingresa a un pin del conversor A/D del microcontrolador, luego del cual realiza la operación (programación) para determinar si la resistencia  $R_x < 1$  para que haya continuidad y visualizar en el LCD (Display de Cristal Liquido), caso contrario presentara el valor de la resistencia medida.

### 1.1.5. PUNTA LÓGICA

También llamada sonda digital, que se utiliza para detectar niveles altos (1 lógico) o bajos (0 lógico) que son visualizados en diodos Leds de diferente colores para su identificación. Generalmente cuando esta en nivel alto se enciende el Led rojo y si esta en bajo el Led verde. Existen muchos diseños de Punta Lógica, uno de ellos se compone de compuertas inversoras (74LS04) con un transistor (2N3904) de la figura 1.12 y otros con comparadores (LM 339) de la figura 1.13, y su funcionamiento depende de cada circuito armado.

También puede funcionar con un display de 7 segmentos (Ánodo o Cátodo común) realizando arreglos para visualizar 1L o el número 5 para niveles altos y 0L o el número 0 para niveles bajos.

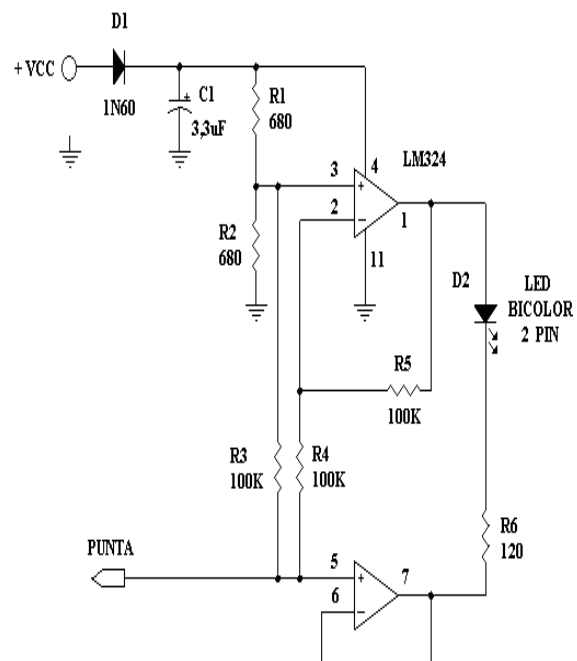
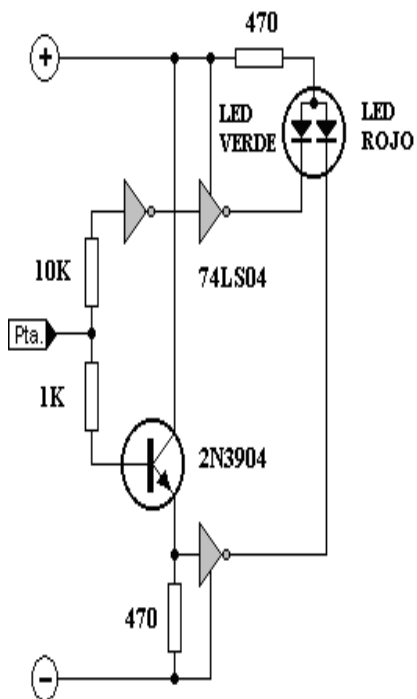


Figura 1.12a Diagrama Punta Lógica.      Figura 1.12b Diagrama Punta Lógica.

En la figura 1.12a la punta lógica se alimenta del circuito bajo prueba conectando el positivo al positivo del circuito y el negativo al negativo del circuito y con la punta saliente entre las resistencias de  $10\text{K}\Omega$  y  $1\text{K}\Omega$  se mide los voltajes altos y bajos. El transistor NPN actúa como conmutador. Existen tres estados: Nivel alto cuando el led-rojo brille, nivel bajo cuando el led-verde brille y de nivel de alta impedancia los dos leds brillan.

En la figura 1.12b se utiliza el LM324 como comparador. Este circuito también se puede utilizar para medir CMOS por lo que puede ser utilizado entre 3V a

18V sin ningún problema. De la misma manera se alimenta del circuito bajo prueba con la diferencia que tiene un led bicolor (rojo y verde) pero también se puede conectar dos leds en paralelo en lugar del led bicolor. Los códigos de colores son los mismos que se especificó anteriormente.

En el microcontrolador detecta los voltajes bajos y altos desde los 0V hasta los 5V. El voltaje ingresa pasando por la resistencia de 100K $\Omega$  a un pin del conversor A/D del microcontrolador (figura 2.5), luego del cual realiza la operación (programación) para determinar si el voltaje que ingreso esta entre 0V y menor que 1V se visualizará LOW (0L o nivel bajo) y si el voltaje que ingreso esta entre mayor o igual que 2V y menor o igual a 5v se visualizará HIGHT (1L o nivel alto), pero si el voltaje a medirse esta entre mayor o igual que 1V y menor que 2V se visualizará una inestabilidad. Todo se visualizará en el LCD (Display de Cristal Liquido) o por leds (verde y rojo respectivamente).

## 1.2.FUNTE DC

### 1.2.1. TRANSFORMADOR DE ENTRADA

Es un dispositivo que se encarga de transformar la tensión de corriente alterna que se coloca en la entrada en otra de diferente magnitud a la salida. El transformador está constituido por un núcleo magnético formado por un grupo de chapas ferromagnéticas y dos circuitos eléctricos o bobinados.

El circuito que recibe la energía eléctrica se llama primario y el que la suministra transformada, se llama secundario. Ambos bobinados están enrollados sobre el núcleo y son eléctricamente independientes, como se observa en la figura 1.13.

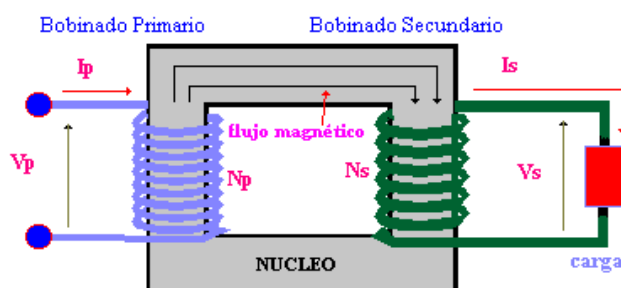


Figura 1.13 Esquema de un transformador simplificado.

Al conectar el bobinado primario a una red de tensión alterna  $V_p$ , circulará una corriente alterna  $I_p$  que inducirá un flujo magnético en el núcleo de hierro, este



flujo alterno inducirá una F.e.m. (fuerza electromotriz o tensión)  $V_s$  en el bobinado secundario que hará circular una corriente alterna  $I_s$ . El transformador necesita pues un flujo variable, no pudiendo funcionar en corriente continua.

### 1.2.1.1. Relación de transformación

Potencia primaria  $V1 \cdot I1$

Potencia secundaria  $V2 \cdot I2$

Igualemos términos  $V1 \cdot I1 = V2 \cdot I2$

$$\frac{V1}{V2} = \frac{I2}{I1} = m \quad \text{Ec. 1.10}$$

Como la fuerza electromotriz inducida en una bobina es proporcional al número de espiras de la misma y la resistencia de una bobina es proporcional a la longitud de su hilo, y por tanto, de su número de espiras, tenemos que la relación de transformación de un transformador es función de estos cuatro parámetros:

$$\frac{V1}{V2} = \frac{I2}{I1} = \frac{N1}{N2} = \sqrt{\frac{Z1}{Z2}} = m \quad \text{Ec. 1.11}$$

Donde:

$Z1$  y  $Z2$  representa respectivamente la impedancia de los bobinados.

## 1.2.2. RECTIFICACIÓN

Es el proceso que convierte una corriente eléctrica alterna, en una corriente eléctrica pulsante, que sólo fluye en un sentido. Para ello se utilizan diodos que permiten el paso de corriente en un sentido y lo bloquea en el otro.

Un diodo conduce cuando la tensión de su ánodo es mayor que la de su cátodo, entonces, se puede reemplazar por un cortocircuito para un diodo ideal. Si la tensión de entrada es negativa, entonces, se puede reemplazar por un circuito abierto siempre que la tensión no sea la suficiente como para romper la unión.

### 1.2.2.1. Rectificador De Media Onda

El circuito rectificador de media onda en serie de la figura 1.14, es uno de los circuitos rectificadores más simples. Se supone que la fuente de voltaje es ideal

o que su resistencia interna es muy baja comparada con  $R_L$ . La ecuación de la malla se puede escribir en términos de valores instantáneos.

$$-V \text{sen } \omega t + V_D + V_o = 0 \quad \text{Ec. 1.12}$$

Donde  $V_D$  es el voltaje en el diodo.

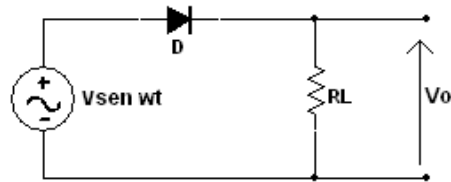


Figura 1.14 Circuito rectificador de media onda.

Puesto que el diodo no es lineal, la ecuación se puede resolver punto por punto. Sin embargo, este circuito se puede aproximar con dos circuitos lineales, lo cual es generalmente una representación adecuada.

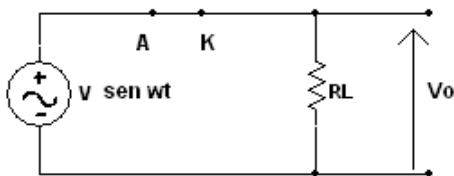


Figura 1.14a Polarización directa.

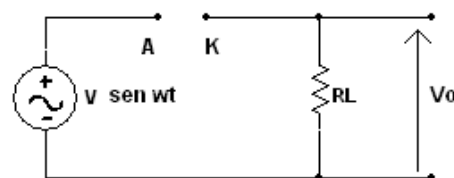


Figura 1.14b Polarización inversa.

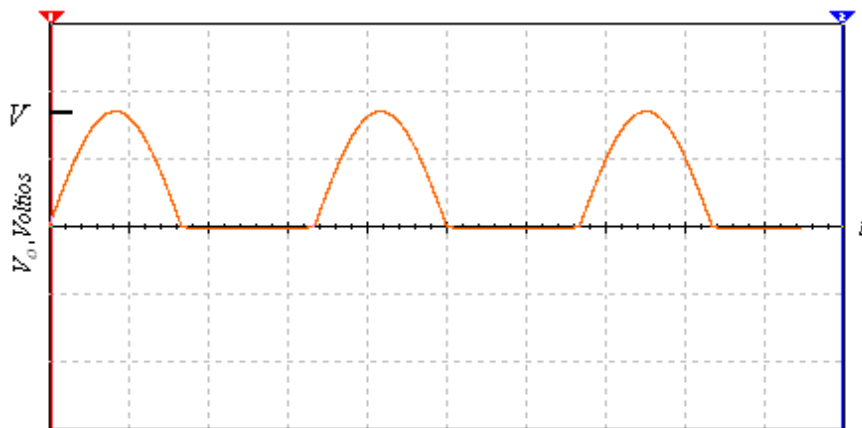


Figura 1. 15 Forma de onda de salida de un rectificador de media onda.

### 1.2.2.2. Rectificador De Onda Completa

En muchas aplicaciones en fuentes de potencia se usa un transformador de potencia con dos diodos (o un doble diodo) en un circuito rectificador de onda completa, como se muestra en la figura 1.16. El enrollamiento del secundario

tiene una toma central de tal manera que  $V_1$  y  $V_2$  tienen igual magnitud pero con desfase de  $180^\circ$  con referencia a la toma central.

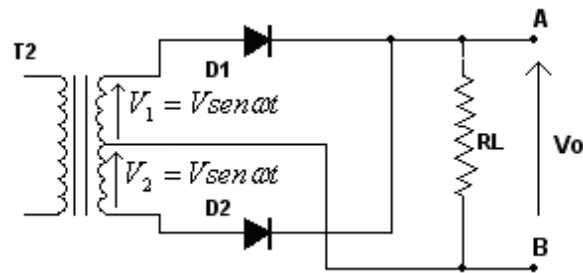


Figura 1.16 Circuito rectificador de onda completa.

Cuando  $V_1$  y  $V_2$  son positivos (usando las polaridades de referencia de la figura 1.16), el diodo D1 está polarizado directamente y está conduciendo; D2 está polarizado inversamente y no está conduciendo.

Cuando  $V_1$  y  $V_2$  son negativos, D2 está polarizado directamente y D1 inversamente. Por tanto, hay corriente en RL por medio de D1 o D2 durante todo el tiempo, excepto cuando  $V_1 = 0 = V_2$ .

El rectificador de onda completa tiene un voltaje promedio más alto que el rectificador de media onda. Además requiere menos filtraje para satisfacer una especificación dada.

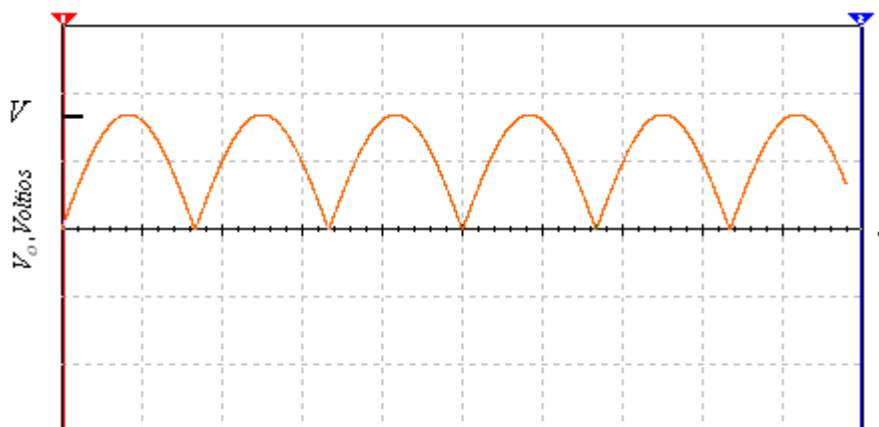


Figura 1. 17 Forma de onda de salida para un rectificador de onda completa.

### 1.2.2.3. Rectificador De Onda Completa Tipo Puente

Dada la figura 1.18. Supongamos que el punto A sea positivo (el punto B será negativo). La corriente eléctrica, al llegar al punto 1, polarizará al diodo D1, directamente y al D4 inversamente, con lo que la corriente circulará a través de D1, siguiendo por el punto 2 hacia la carga, de C a D, (por D2 no puede circular

ya que se encuentra con el cátodo), llegando al punto 4 y siguiendo por D3, hasta el punto B y cerrando el circuito por el bobinado del transformador.

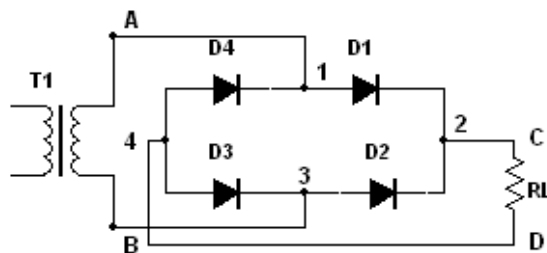


Figura 1.18 Rectificador de onda completa tipo puente.

Al siguiente semiciclo, el punto A es negativo, pero el B positivo. La corriente eléctrica saldrá por el punto B, llegará al punto 3; irá por D2 hasta el punto 2, luego por la carga en sentido C a D; llegará al punto 4, luego por D4, punto 1, punto A y se cerrará el circuito por el secundario del transformador, obteniendo en la carga una tensión unidireccional tal como se observa en la figura 1.19.

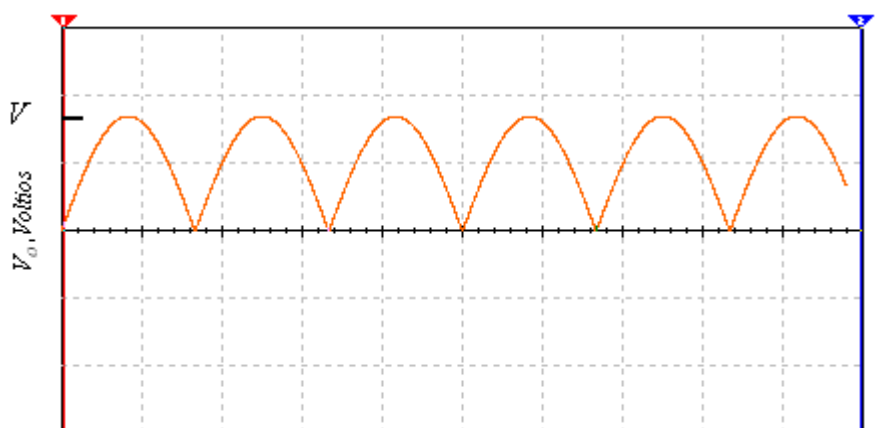


Figura 1. 19 Forma de onda de salida para un rectificador de onda completa tipo puente de diodos.

### 1.2.3. FACTOR DE RIZADO

Si bien el objetivo es obtener una tensión continua, es inevitable que superpuesta a esta aparezcan componentes armónicos. Se define el ripple o rizado como la suma de estos componentes:

$$V(t) = V_{med} + V_{ripple}(t) \quad \text{Ec. 1.13}$$

Para cuantificar el rizado se introduce el factor de rizado, definido como el cociente entre el valor eficaz del rizado y el valor medio de la señal, expresado normalmente en forma porcentual:

$$FR = \frac{V_{ripple,rms}}{V_{med}}$$

Ec. 1.14

Para el caso de la rectificación de media onda se tiene  $FR = 121\%$ , mientras para el caso de un rectificador de onda completa el factor de rizado es  $FR = 48.3\%$ .

#### 1.2.4. FILTRADO

Los filtros de rectificación son circuitos formados por condensadores y bobinas conjuntamente con una resistencia para disminuir el factor de rizado que entrega los circuitos rectificadores

##### 1.2.4.1. Rectificación De Media Onda Con filtro Capacitivo

Con referencia a la figura 1.20. El capacitor y la resistencia configuran un filtro pasabajos, que deja pasar el valor medio de frecuencia cero y rechaza los armónicos de alta frecuencia.

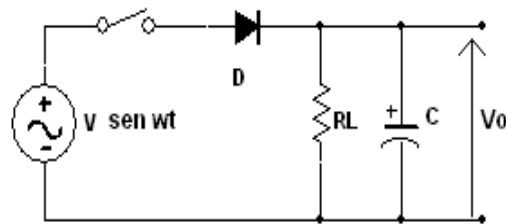


Figura 1.20 Rectificador de media onda con capacitor.

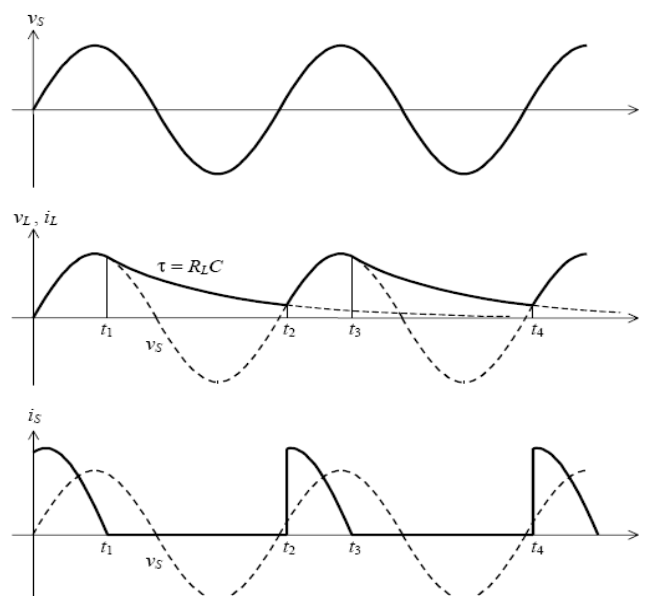


Figura 1.21 Entrada y salida del rectificador de media onda con filtro capacitivo.

Como se puede observar en la figura 1.21. Cuando el diodo está polarizado directamente, el voltaje terminal en el capacitor es prácticamente el mismo que el voltaje del generador. Este proceso continúa hasta el momento  $t_1$  ( $V_S = V_L = V_{m\acute{a}x} \text{Sen} \omega t_1$ ), en que la tensión de entrada disminuye más rápidamente que la descarga de  $C$  a través de  $RL$ , ya que en ese caso el diodo pasará a estar polarizado inversamente y dejará de conducir. A partir de ese momento la tensión de salida se desvincula de la entrada, siguiendo la evolución exponencial ( $V_S = V_L = V_{m\acute{a}x} \text{Sen} \omega t_1 * e^{-\frac{(t_2-t_1)}{RL*C}}$ ) de la descarga del capacitor a través de la resistencia de carga.

Mientras tanto, la entrada continuará con su variación senoidal, se hará negativa y luego volverá a ser positiva. En un instante  $t_2$  la caída exponencial de la salida se cruzará con el ascenso senoidal de la entrada, y a partir de entonces el diodo volverá a conducir, repitiéndose el proceso anterior. Obsérvese también que el diodo conduce sólo durante una fracción del período, por lo cual tanto su corriente máxima  $I_{m\acute{a}x}$ , como su corriente eficaz  $I_{rms}$  pueden llegar a ser varias veces superiores a la corriente media,  $I_{med}$  lo cual en general implica sobredimensionar los diodos.

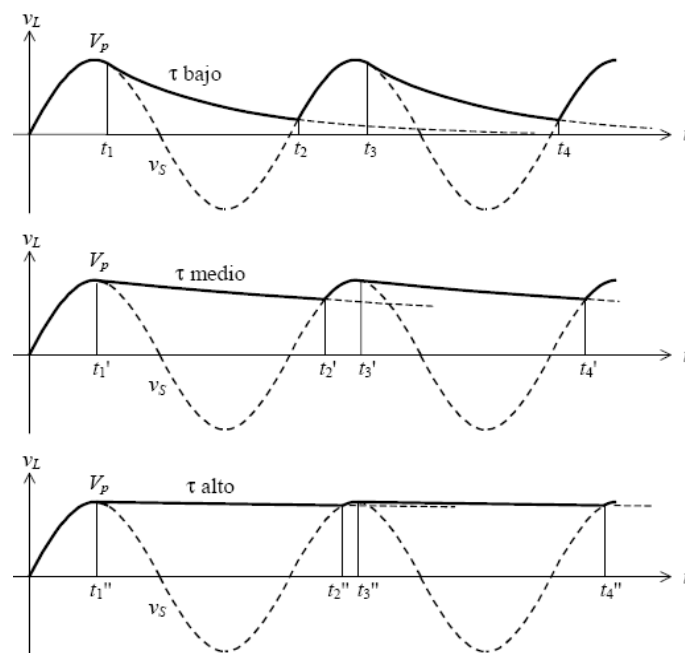


Figura 1.22 Forma de onda en la carga para tres valores de la constante de tiempo  $\tau = R_L C$ .

En la figura 1.22. Se puede observar que cuanto mayor sea  $\tau$ , más lenta será la caída durante el intervalo de corte del diodo, lo cual significa que el valor alcanzado en el instante  $t_2$  será más alto, aproximándose al valor de pico  $V_p$ , para  $\tau \gg T$ . Conforme  $\tau$  va aumentando, la tensión media en la carga se aproxima a  $V_p$  o  $V_{m\acute{a}x}$ , el ripple disminuye y el intervalo de conducción del diodo se reduce. También  $t_1$  y  $t_2$  se aproximan a los instantes donde hay picos, lo cual reduce el tiempo de conducción del diodo, incrementa su corriente eficaz y su corriente de pico, lo cual exige cuidado en el dimensionamiento del diodo para evitar su destrucción térmica.

#### 1.2.4.2. Rectificación De Onda Completa Con Filtro Capacitivo

El funcionamiento de este circuito es ilustrado en la figura 1. 23, es similar al de media onda, con la diferencia de que la caída exponencial se encuentra con el pico negativo rectificado, en lugar de con el siguiente pico positivo, por lo tanto la frecuencia del rizado será el doble.

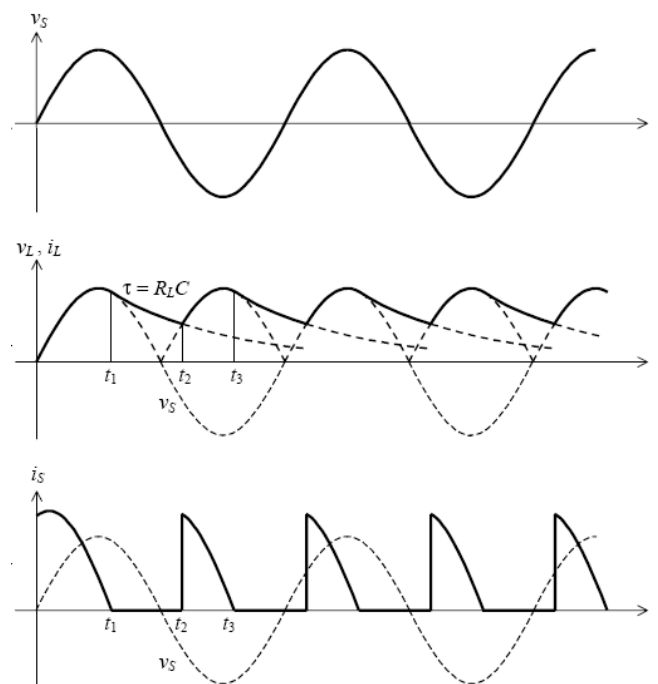


Figura 1.23 Entrada y salida del rectificador de onda completa con filtro capacitivo.

#### 1.2.5. REGULADORES DE VOLTAJE EN CIRCUITO INTEGRADO

Después del filtrado obtenemos la tensión continua que buscábamos. Pero ahora hace falta que ese valor de la tensión se mantenga permanentemente, a

pesar de las fluctuaciones de la tensión de la red. Un regulador de tensión lineal utiliza un dispositivo que opera en la región lineal para mantener constante la corriente.

Todos los CI (Circuitos Integrados) reguladores de voltaje son tipo serie, porque el regulador serie es el más eficiente. En un regulador serie su corriente de entrada es aproximadamente igual a la corriente de carga. Cuando la corriente de carga varía en un regulador serie, la corriente de entrada varía en la misma cantidad.

Existe una amplia variedad de reguladores de voltaje integrados lineales con una serie de pines que van desde 3 hasta 14, los reguladores integrados más ampliamente utilizados son aquellos que solo tiene tres pines: uno para la tensión de entrada no regulada, otro para la tensión de salida regulada y otro para tierra.

La mayoría de los reguladores de voltaje integrados utilizan uno de estos tipos de tensión de salida: positiva fija, negativa fija y ajustable.

Los reguladores integrados con salidas positivas o negativas fijas se ajustan durante el proceso de fabricación, para proporcionar diferentes tensiones fijas con valores desde 5 hasta 24V. Los reguladores integrados con salida ajustable pueden variar el voltaje regulado desde menos de 2V hasta de 37V.

Para que el chip lleve a cabo la regulación de tensión de acuerdo con las especificaciones, deberá mantenerse un voltaje mínimo entre la entrada y la salida de 2 a 3V.

### **1.2.5.1. REGULADORES DE VOLTAJE FIJO**

#### *1.2.5.1.1. La Serie LM78XX*

La serie LM78XX (donde XX = 05, 06, 08, 09, 10, 12, 15, 18 o 24) pertenece al grupo de reguladores de voltaje positivos, es típica de reguladores de voltaje de tres terminales. Una entrada, una salida y un terminal común.

La tensión de referencia  $V_{REF}$  excita la entrada no inversora de un amplificador. Un divisor de voltaje formado por  $R'_2$  y  $R'_1$  muestrea el voltaje de salida y devuelve un voltaje de realimentación a la entrada inversora de un amplificador de alta ganancia.



Las resistencias  $R'_2$  y  $R'_1$ , son resistencias que están dentro del CI. Estas resistencias se ajustan durante el proceso de fabricación para proporcionar las diferentes tensiones de salida de la serie 78XX.

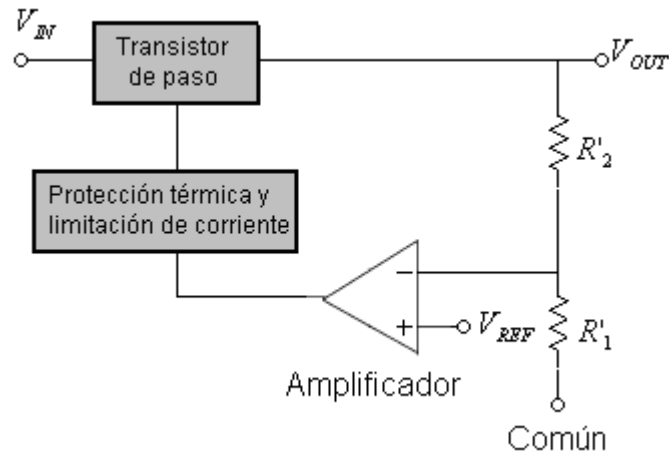


Figura 1.24 Diagrama funcional de bloques de un regulador de tres terminales. El 78XX incluye un transistor de paso que puede manejar corrientes de 1<sup>a</sup>. También integra mecanismos de protección térmica y de limitación de corriente. Protección térmica quiere decir que el chip se desconectará por sí mismo cuando la temperatura interna sea demasiado alta, alrededor de 175°C. Cuando un CI está conectado a unos cuantos centímetros del filtro condensador de la fuente de alimentación no regulada, la inductancia del cable de conexión puede producir oscilaciones dentro del CI. Por esta razón, los fabricantes.

#### 1.2.5.1.2. La Serie LM79XX

La serie LM79XX es un grupo de reguladores de voltaje negativos, con tensiones prefijadas de -5, -6, -8, -12, -15, -18 y -24V. Con la serie LM79XX, la capacidad de corriente por la carga es aproximadamente de 1.5<sup>a</sup>, esta serie es muy similar a la serie 78XX e incluye los mecanismos de limitación de corriente, de protección térmica y un excelente factor del rizado.

#### 1.2.5.1.3. Regulador De voltaje Fijo LM7805

En la siguiente tabla de valores observamos las limitaciones de este integrado referente al voltaje de entrada (Input 32atch32i) mínimo y máximo representado por  $V_I$ , la corriente de salida (Output Current) representada por  $I_O$  y su voltaje de salida (Output 32atch32i) mínimo y máximo representado por  $V_O$ .

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T <sub>JT</sub>	μA7805C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	I <sub>O</sub> = 5 mA to 1 A, P <sub>D</sub> ≤ 15 W	25°C	4.8	5	5.2	V
		0°C to 125°C	4.75		5.25	

Cabe señalar que estos tipos de integrados tienen una letra intermedia la cual nos indica la intensidad máxima de cada uno. Si no existe **ninguna letra** la intensidad es **1A**, si la letra es **L** la intensidad máxima es **100mA**, si la letra es **M** la intensidad máxima es **500mA** y si la letra es **H** la intensidad máxima es **5A**.

A continuación la configuración del LM7805

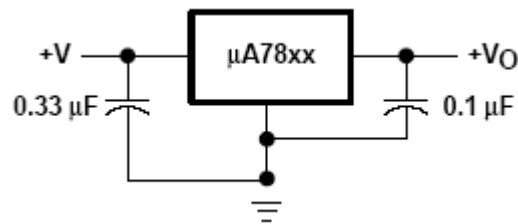


Figura 1.25 Configuración Básica del LM7805.

## 1.2.5.2. REGULADOR DE VOLTAJE AJUSTABLE

### 1.2.5.2.1. Regulador De Voltaje Ajustable LM317T

Es un regulador de tensión positiva de tres terminales que permite ajustar la tensión de salida a partir de resistencias externas conectadas al terminal denominado ADJUSTMENT o ADJ. Tiene una entrada, una salida y un terminal de ajuste que no está conectado a tierra. Puede variar desde 1.2 hasta 37V y es capaz de proporcionar hasta 1.5 amperios de corriente de salida a una carga, ya que con el LM317 solo se obtiene 500mA de salida.

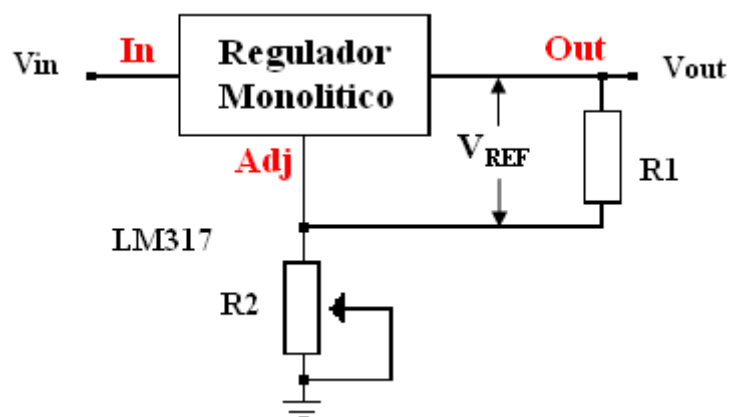


Figura 1.26 Configuración Básica del LM317T.

En operación, el LM317T tiene una referencia de tensión interna de precisión que desarrolla una tensión nominal de 1.25V ( $V_{REF}$ ) entre la salida y el terminal de ajuste. La tensión ( $V_{REF}$ ) que circula por la resistencia R1 es constante, produce una corriente constante  $I_{R1}$  que es:  $I_{R1} = V / R1 = 1.25/R1$  a través del resistor programado. Esta corriente circulará por la resistencia R2 dando lugar a una tensión que es:  $V_{R2} = IR1 \times R2$ . Si se sustituye  $I_{R1}$  en  $V_{R2}$  tenemos la siguiente ecuación:

$$V_{R2} = 1.25 \times R2 / R1.$$

Como la tensión de salida es:

$$V_{out} = V_{R1} + V_{R2}, \text{ entonces:}$$

$$V_{out} = 1.25 V. + (1.25 \times R2 / R1)V.$$

simplificando (factor común)

$$V_{out} = 1.25 V [1+(R2 / R1)] V. \quad \text{Ec. 1.3}$$

Llegando a la conclusión que, modificando R2 (resistencia variable), se modifica la tensión Vout.

La corriente ( $I_{ADJ}$ ) que circula entre el terminal de ajuste (ADJ) y la unión de R1 y R2 tiene un valor máximo de 100 uA y permanece constante con la variación de la carga y/o de la tensión de entrada por lo tanto se ha despreciado este valor en la obtención de la ecuación.

El LM317 también se puede utilizar como una pequeña fuente de alimentación para una batería de Ni-Cd (Níquel-Cadmio) como se indica en la figura 1.27.

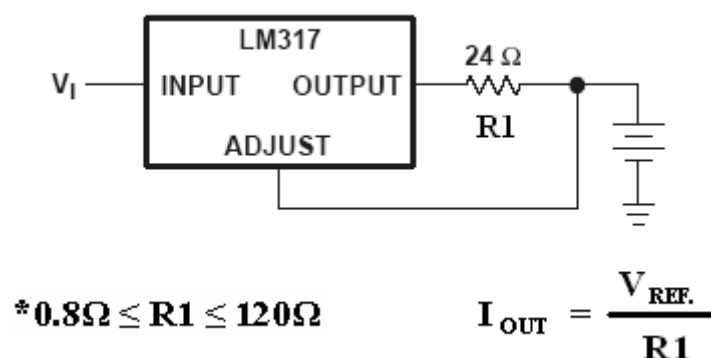


Figura 1.27 Diagrama Del Circuito Cargador De Batería De Corriente Constante

La corriente de salida depende de la resistencia  $R1$  y debe estar entre los valores de  $0.8\Omega$  y  $120\Omega$ . La resistencia  $R1$  vendrá determinado por la capacidad  $C$  de la batería que deseemos cargar. Tomar en cuenta la máxima corriente que nos proporciona cada integrado.

### 1.3. TRANSISTORES BJT

Es un dispositivo electrónico semiconductor de tres terminales. Una que emite [electrones](#) (emisor), otra que los recibe o recolecta (colector) y otra con la que se modula el paso de dichos electrones (base).

Su funcionamiento depende de una pequeña señal eléctrica aplicada entre la base y emisor modula la que circula entre emisor y colector. La señal base emisor puede ser muy pequeña en comparación con la emisor colector. La señal emisor-colector es aproximadamente la misma que la base-emisor pero amplificada.

Los transistores son utilizados para amplificadores, oscilador por medio del amplificador realimentados y como interruptor electrónico incluyendo en el diseño de memorias u otros circuitos.

Existen otros transistores como: transistores de efecto de campo o FET (Field Effect Transistor) incluyendo dentro de esta familia a los JFET, MOSFET, MISFET, etc...

Constan de tres terminales denominados Base, Colector y Emisor. Están formados por tres capas de material semiconductor de tipo P y de Tipo N que son colocadas en forma alternada dando a lugar a transistores bipolares de tipo NPN y PNP de la figura 1.28.

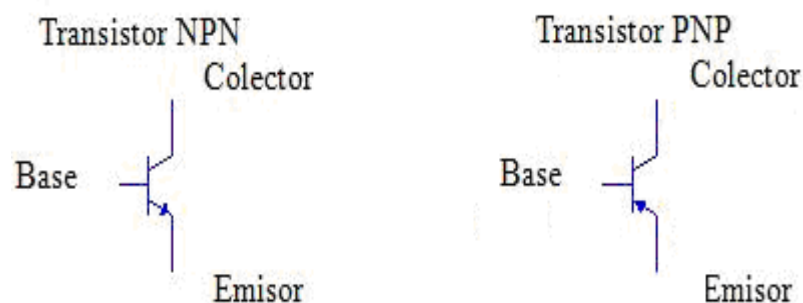


Figura 1.28 Transistores NPN y PNP.

Existe una relación directa entre la corriente de base ( $I_B$ ) y la corriente de colector ( $I_C$ ) que se denomina ganancia de corriente reconocida con la letra  $\beta$ , entonces:  $I_C = \beta I_B$ .

Su funcionamiento depende inicialmente de la corriente de base ( $I_B$ ), por lo tanto existen dos regiones denominadas corte y saturación.

Cuando esta en corte la corriente de base ( $I_B$ ) es igual a cero y la corriente del colector ( $I_C$ ) también es igual a cero, en este caso consideramos como un circuito abierto y el transistor entra en corte que es muy parecido a un interruptor abierto entre el colector y el emisor. Cuando esta en saturación la corriente de base es grande ( $I_B \neq 0$ ) y la corriente de colector también es grande ( $I_C \neq 0$ ), si crece la corriente de base también crece la corriente de colector haciendo más pequeño al voltaje entre colector y emisor, es decir si la corriente de base sigue creciendo también crecerá la corriente de colector por lo tanto disminuirá el voltaje existente entre colector y emisor hasta llegar a cero prácticamente entonces el transistor entra en saturación que es muy parecido a un interruptor cerrado entre el colector y emisor.

#### **1.4.MICROCONTROLADOR**

Microcontrolador es un dispositivo encapsulado que tiene la característica de ser programable, capaz de realizar diferentes tareas mediante el procesamiento digital de instrucciones e interactuar con otros dispositivos electrónicos.

Los microcontroladores poseen una memoria interna, la cual permite grabar el programa que registra y ejecuta diferentes instrucciones planteadas y la respuesta se obtendrá en los respectivos pines del microcontrolador. Los microcontroladores poseen principalmente una ALU (Unidad Lógica Aritmética), memoria del programa, memoria de registros y pines I/O (entrada y/o salida).

La ALU es la encargada de procesar los datos dependiendo de las instrucciones que se ejecuten (ADD, OR, AND), mientras que los pines son los que se encargan de comunicar al microcontrolador con el medio externo.

Las ventajas más sobresalientes que podemos citar de los dispositivos microcontroladores son las siguientes:

- Aumento de la fiabilidad.

- Reducción de tamaño en el producto acabado.
- Mayor flexibilidad.

#### 1.4.1. ARQUITECTURA BÁSICA DE LOS MICROCONTROLADORES

Los microcontroladores disponen de dos tipos de arquitectura considerando como el CPU accede a los datos e interrupciones las cuales son:

##### 1.4.1.1. Arquitectura Von Neumann

Cabe mencionar que los primeros microcontroladores adoptaron esta arquitectura básica. Se caracteriza por disponer 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 únicos.

##### 1.4.1.2. Arquitectura Harvard

En la arquitectura Harvard existen dos tipos de memorias, por tanto, dos buses, de comunicación que suelen ser de anchura diferente. Es posible acceder a ambas memorias al mismo tiempo, con lo cual la velocidad del sistema aumenta.

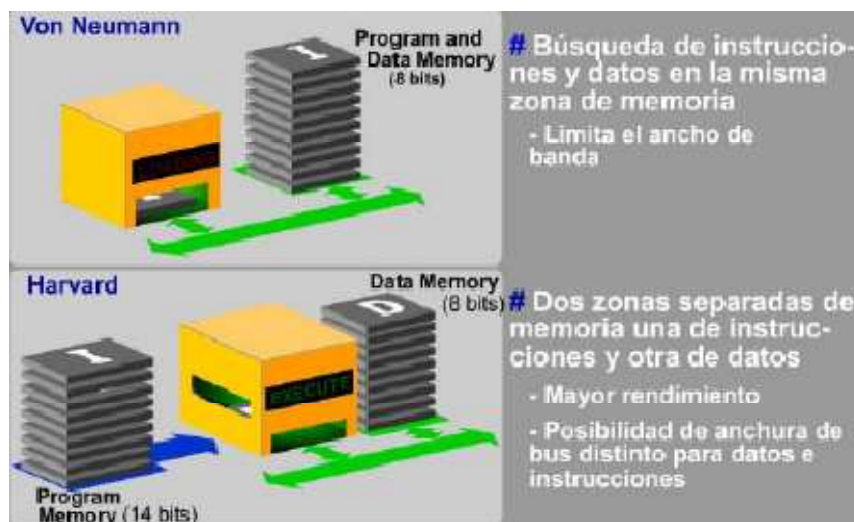


Figura 1.29 Arquitectura de los microcontroladores.

El microcontrolador está conformado generalmente por 6 unidades básicas que son:

- **Procesador (CPU).**

El CPU (Central Processing Unit, unidad central de proceso) es la unidad más importante del microcontrolador ya que está se encarga de 37atch37ional la

memoria de instrucciones, recibir el código de la instrucción, decodificar la instrucción, ejecutarla y almacenar el resultado.

- **Memoria de programa.**

Es una memoria no volátil tipo ROM (Read Only Memory, memoria de sólo lectura), la cual se encarga de almacenar el respectivo código del programa de aplicación.

- **Memoria de datos.**

Es una memoria volátil de poca capacidad tipo RAM (Random Access Memory, memoria de acceso directo), destinada a almacenar las variables del programa. Adicionalmente se puede encontrar memorias de datos tipo EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory, memoria borrable y eléctricamente programable), las cuales son utilizadas para almacenar datos importantes aun cuando exista cortes de energía.

- **Líneas de entrada/salida.**

Permiten la transferencia de información con unidades externas (periféricos). Dentro del campo de los microcontroladores a estas líneas se las denominan buses los cuales se dividen en:

- **Bus de datos:** circulan los datos de las operaciones que se van a efectuar.
- **Bus de direcciones:** circulan las direcciones de memoria donde se encuentra almacenada la información a la que se desea acceder.
- **Bus de control:** circulan las señales de control generadas por el CPU para la ejecución de las instrucciones.

- **Reloj principal.**

Es un circuito oscilador incorporado al microcontrolador, que es usado para sincronizar las operaciones que va a realizar, es decir, determina la velocidad de trabajo.

- **Recursos auxiliares.**

Se refiere a las aplicaciones y funciones generales que cumplen todos los microcontroladores entre las cuales tenemos:

- **Temporizadores.**

Se emplean para controlar periodos de tiempo. De esta manera se puede contar acontecimientos que suceden en el exterior, estos son controlados dependiendo de los cambios en el nivel de voltaje que se produzcan en los pines del microcontrolador.

- **Perro guardián (Watch-dog).**

Consiste en un temporizador, que cuando se desborda y pasa por cero, provoca un reset automáticamente en el sistema.

- **Convertidores A/D.**

Permite procesar señales analógicas y convertirlas o interpretarlas a valores digitales.

- **Comparadores Analógicos.**

El microcontrolador dispone internamente de un amplificador operacional, el cual actúa como comparador entre una señal de referencia y otra variable que se aplica a un pin del microcontrolador.

- **Protección anti fallos de alimentación.**

Se trata de un circuito que resetea al microcontrolador, cuando el voltaje de alimentación ( $V_{cc}$ ) es inferior a un voltaje mínimo (Brown-out), y permanece en ese estado hasta que el voltaje sea normal.

- **Estado de reposo.**

Es la opción que posee el microcontrolador para mantenerse en estado de reposo (sleep), es decir, consumiendo la mínima cantidad de energía hasta que el microcontrolador reanude su trabajo al producirse una interrupción.

#### **1.4.2. NOMENCLATURA DE LOS MICROCONTROLADORES.**

Un microcontrolador es identificado por su nombre, el cual consta principalmente de:

**Marca:** fabricante o tipo de microcontrolador.

**Gama:** escala de microcontroladores.

**Memoria programable:** todo tipo de memoria para el área de programa.

**Modelo:** modelo del microcontrolador.



**Frecuencia:** máxima frecuencia que puede soportar el microcontrolador usando reloj externo.

### 1.4.3. ENCAPSULADO DE LOS MICROCONTROLADORES.

Existen en el mercado diferentes tipos de encapsulados para los microcontroladores los cuales se ajustan a una determinada necesidad y uso, como se muestra en la figura 1.30 algunos tipos de encapsulados entre los principales.

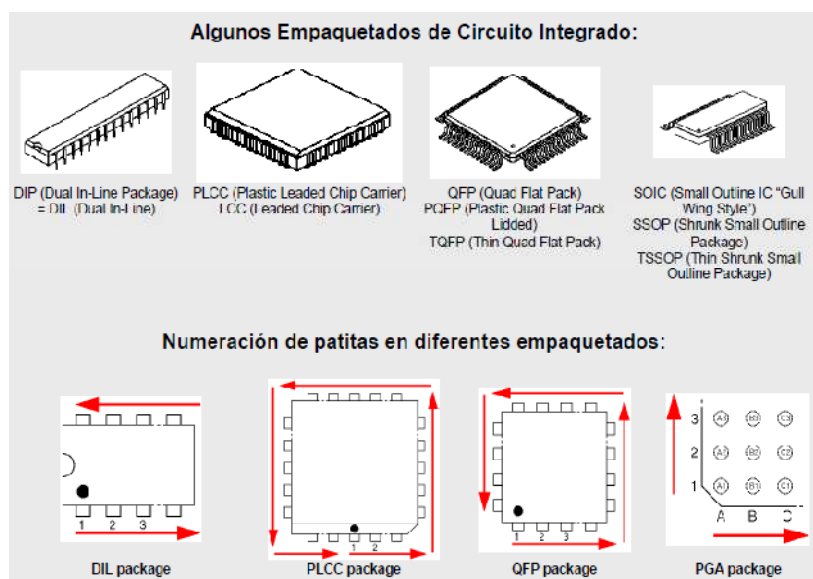


Figura 1.30 Tipos de encapsulados de los microcontroladores.

### 1.4.4. PIC (PERIPHERAL INTERFACE CONTROLLER)

Los PIC son una familia de microcontroladores fabricados por Microchip Technology Inc. en la actualidad son usados en la mayoría de sistemas de control, ya sea desde simples equipos electrónicos (televisores, lavadoras, maquinas eléctricas), hasta complejos sistemas autómatas (alarmas, telecomunicaciones).

Su acelerado uso en la vida cotidiana se debe a la facilidad con la que pueden interactuar con otros periféricos, bajo costo, bajo consumo de potencia y su facilidad para ser programados.

#### 1.4.4.1. Tipos De Microcontroladores (PIC)

Existen diferentes familias que conforman los microcontroladores y se los ha dividido de acuerdo al número de bits por palabra que pueden procesar.

- **Gama Baja (PIC12XXX).**

Son microcontroladores de 8 pines, su memoria de programa puede almacenar hasta 2k palabras de 12 bits, y ser de tipo EEPROM y en algunos casos puede ser del tipo ROM. Disponen de un conjunto de 33 instrucciones de 12 bits, un temporizador (TMR0) y no se presentan interrupciones.

- **Gama Media (PIC16XXX).**

Microcontroladores de 18 pines hasta 40 pines, su memoria de programa puede almacenar hasta 4k palabras de 14 bits y es de tipo EEPROM, es decir, que son borrables eléctricamente lo cual facilita su reprogramación, disponen de 35 instrucciones de 14 bits, admite interrupciones, y tiene comparadores, conversores A/D y puertos seriales.

- **Gama Alta (PIC17XXX y PIC18XXX).**

Son microcontroladores de 40 hasta 44 pines, su memoria de programa puede almacenar hasta 16k palabras de 16 bits y es de tipo EPROM (Electrical Programmable Read Only Memory, memoria de sólo lectura programable).

Se los denomina microcontroladores de arquitectura abierta, disponen de un conjunto de hasta 75 instrucciones de 16 bits, poseen casi todas las funciones presentes en los PIC de la gama media.

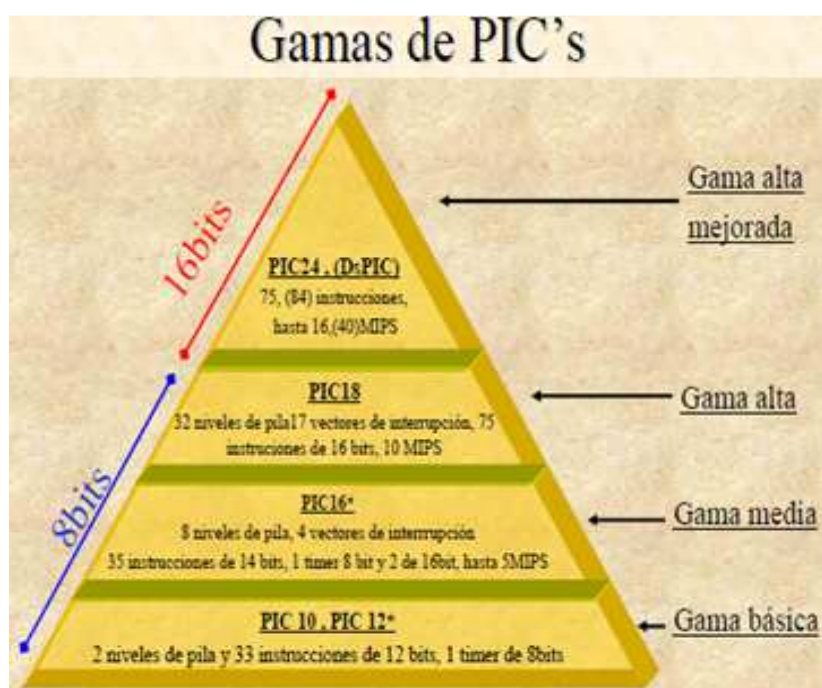


Figura 1. 31 Gama de PIC's

### 1.4.4.2. Microcontrolador 16F877A

Este microcontrolador es fabricado por MICROCHIP pertenece a la familia de microcontroladores de 8 bits (bus de datos), se basa en tecnología CMOS, es un dispositivo muy eficiente y práctico. Este PIC está compuesto por 40 pines que a continuación se muestran en la figura 1.32.

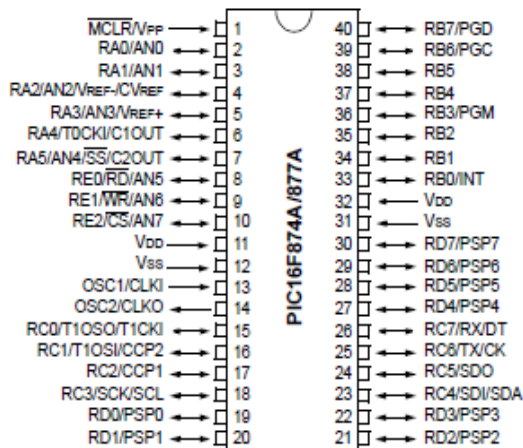


Figura 1.32 Descripción de pines del PIC16F877A.

#### 1.4.4.2.1. Características Generales

A continuación se describen las principales características de este microcontrolador:

Frecuencia máxima	20 MHz
Rango de voltaje	2 - 5.5 V
Corriente máxima entre sus pines	25 mA
Memoria de programa (flash)	8 KB
Posiciones RAM de datos	368 bytes
Posiciones EEPROM de datos	256 bytes
Puertos E/S	5
Timers	3
Comunicación serial	USART
Convertidor A/D	10 bits
Juego de instrucciones (RISC)	35
Arquitectura	Harvard
Canales P.W.M.	2

Tabla 1.0

Características específicas de los periféricos:

Periférico		Característica
5 puertos	A, B, C, D, E	Programables individualmente
3 Timers	Timer 0	Contador / temporizador de 8 bits
	Timer 1	Contador / temporizador de 16 bits
	Timer 2	Contador / temporizador de 8 bits
Convertidor A/D	AN0 – AN7	De 10 bits hasta 8 canales
Puertos serie	SSP	Puerto serie síncrono
	USART	Puerto serie universal
	ICSP	Puerto serie para programación y depuración

Tabla 1.1

1.4.4.2.2. *Arquitectura Interna*

En la siguiente figura 1.33, muestra la organización interna del microcontrolador, expresada mediante diagramas de bloque:

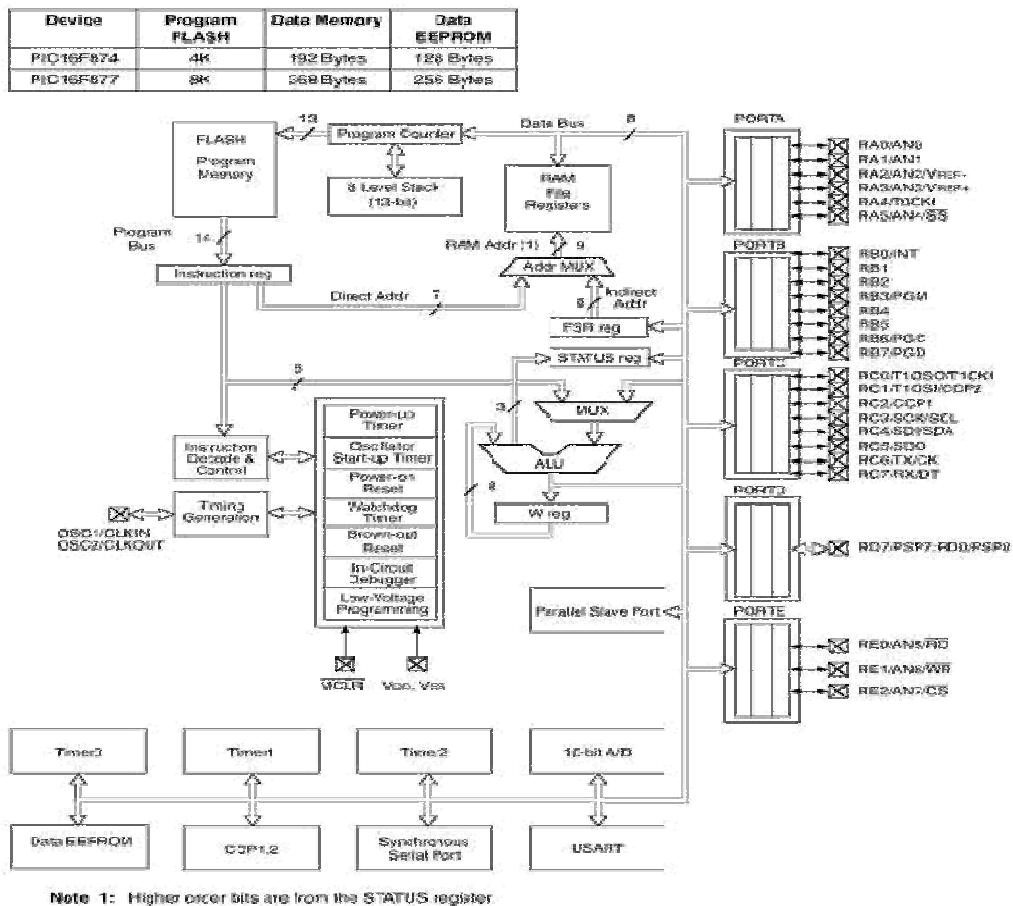


Figura 1.33 Estructura interna del microcontrolador 16F877.

### **1.4.5. MICROCONTROLADOR AVR**

Las siglas AVR corresponden a los nombre de los Ingenieros creadores del microcontrolador que es fabricado por ATMEL, esta nueva tecnología proporciona todos los beneficios habituales de arquitectura HARVARD y RISC (Reduced Instruction Set Computing) o sea presentan instrucciones con complejidad reducida y memoria flash reprogramable eléctricamente a diferencia de otros que tienen tecnología CISC (Complex Instrucción Set Computing),. En la actualidad son usados en la mayoría de sistemas de control, ya sea desde simples equipos electrónicos (televisores, lavadoras, maquinas eléctricas), hasta complejos sistemas autómatas (alarmas, telecomunicaciones).

Su acelerado uso en la vida cotidiana se debe a la facilidad con la que pueden interactuar con otros periféricos, bajo costo, bajo consumo de potencia y su facilidad para ser programados.

#### **1.4.5.1. Tipos De Microcontroladores AVR**

Las familias AVR rápidamente han crecido en el mercado y se dispone de las siguientes categorías:

*TINY AVR (AT)*: son microcontroladores de propósito general con memoria flash hasta 2 Kbytes y 128 bytes de memorias SRAM y EEPROM.

*AVR*: Microcontroladores de propósito general con 8 Kbytes de memoria flash y 512 bytes de memoria SRAM y EEPROM.

*Mega AVR*: Memoria flash hasta 256 Kbytes, 4 Kbytes de memoria EEPROM y SRAM

Existen diferentes familias que conforman los microcontroladores y se los ha dividido de acuerdo al número de Bytes que pueden procesar en la memoria de programación.

#### **ATMEGA 48**

Son microcontroladores de 28 pines con 3 puertos (B, C ,D), su memoria de programa alcanza hasta 4Kbytes (Memoria Flash), memoria no volátil EEPROM de 256 Bytes, memoria interna SRAM de 512 Bytes, 6 canales PWM,

6 canales ADC de 10 bits, oscilador interno RC de 128KHz y 8MHz y comunicación serial USART por los pines RX y TX.

### **ATMEGA 8**

Microcontroladores de 28 pines con 3 puertos (B, C ,D), su memoria de programa alcanza hasta 8Kbytes (Memoria Flash), memoria no volátil EEPROM de 512Bytes, memoria interna SRAM de 1Kbytes, 6 canales PWM, 6 canales ADC de 10bits, oscilador interno RC de 1MHz, 2MHz, 4MHz y 8MHz y comunicación serial USART por los pines RX y TX.

### **ATMEGA 16**

Son microcontroladores de 40 pines con 4 puertos (A, B, C, D) en donde el puerto A posee los canales de conversión Analógica a Digital, su memoria de programa alcanza hasta 16Kbytes (Memoria Flash), memoria no volátil EEPROM de 512Bytes, memoria interna SRAM de 1Kbytes, 6 canales PWM, 8 canales ADC de 10 bits, oscilador interno RC de 1MHz, 2MHz, 4MHz y 8MHz y comunicación serial USART por los pines RX y TX.

Entre los principales. También existen los ATMEGA32, ATMEGA 64, ATMEGA 128 y ATMEGA 256. Actualmente el ATMEGA 16 está siendo reemplazo por el ATMEGA 164P con diferencias mínimas e internas porque tiene registros de control mucho más avanzados.

#### **1.4.5.2. Microcontrolador ATMEGA 164P**

Este microcontrolador es fabricado por ATMEL pertenece a la familia de microcontroladores Atmega, con tecnología CMOS de bajo poder de microcontrolador de 8-bits basado en el AVR, es un dispositivo muy eficiente y práctico. Este AVR está compuesto por 40 pines que a continuación se muestran en la figura 1.34.

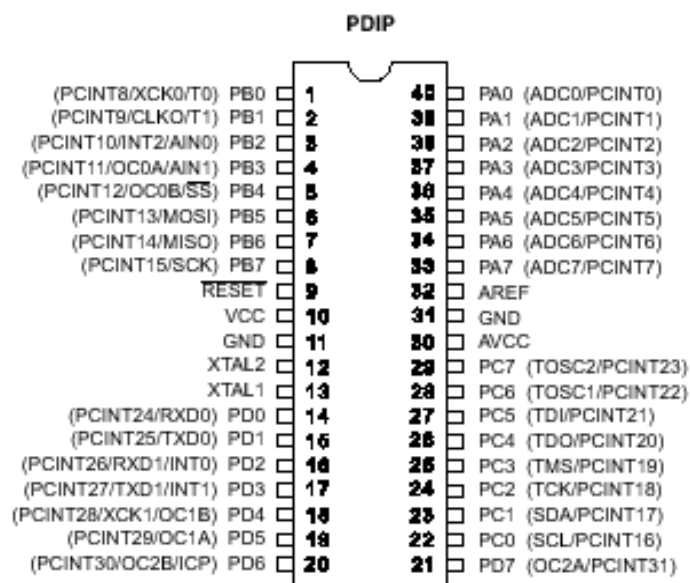


Figura 1.34 Descripción de pines del ATMEGA 164P encapsulado PDIP.

#### 1.4.5.2.1. Características Generales

A continuación se describen las principales características de este microcontrolador:

Frecuencia máxima	20 MHz
Rango de voltaje	2.7 - 5.5 V
Corriente máxima entre sus pines	40 mA
Memoria de programa (flash)	16 KB
Posiciones RAM de datos	1 Kbytes
Posiciones EEPROM de datos	512 bytes
Puertos E/S	4
Timers	3
Comunicación serial	2 USART
Convertidor A/D	10 bits
Arquitectura	Harvard
Instrucciones de tipo RISC	131
Canales P.W.M.	6

Tabla 1.2

Los microcontroladores utilizan la arquitectura tipo Harvard, pero con instrucciones RISC (Reduced Instruction Set Computing).

Características específicas de los periféricos:

Periférico		Característica
4 puertos	A, B, C, D	Programables individualmente
3 Timers	Timer 0	Contador / temporizador de 8 bits
	Timer 1	Contador / temporizador de 16 bits
	Timer 2	Contador / temporizador de 8 bits
Convertidor A/D	AN0 – AN7	De 10 bits hasta 8 canales
Puertos serie	SPI	Interface a periféricos seriales
	USART	Universales asincrónico y sincrónico
	TWI	Interface serial con dos líneas

Tabla 1.3

#### 1.4.5.2.2. Arquitectura Interna

En la siguiente figura 1.35, muestra la organización interna del microcontrolador, expresada mediante diagramas de bloque:

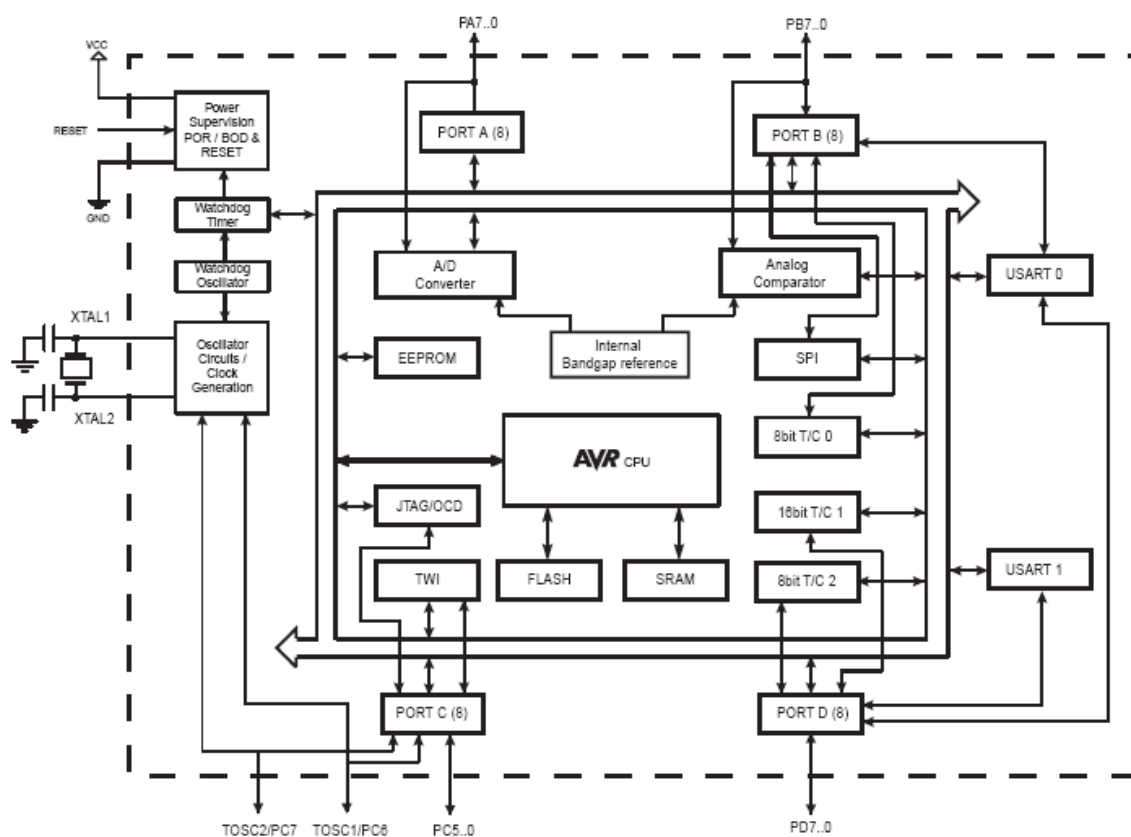


Figura 1.35 Estructura interna del microcontrolador ATMEGA164P.

También se muestra la parte central del CPU de los AVR detalla en la figura 1.36:



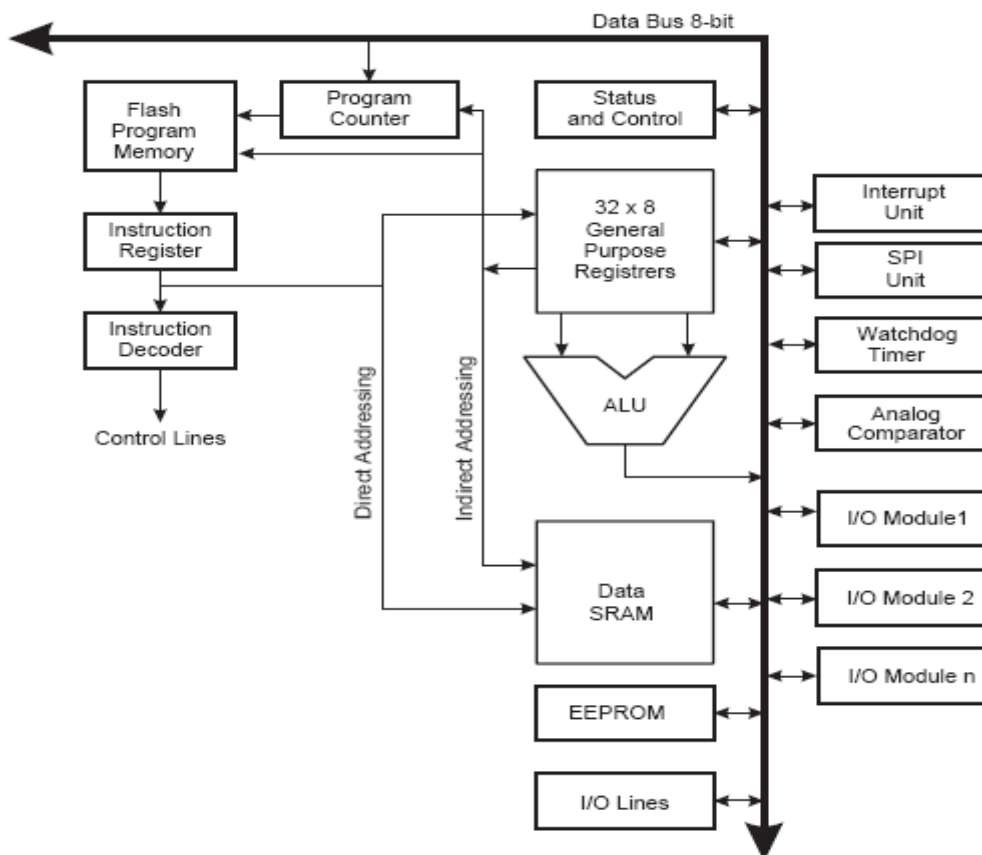


Figura 1.36 Arquitectura del CPU de los AVR.

#### 1.4.6. CONVERSIÓN ANÁLOGA/DIGITAL

Actualmente a pesar de vivir en un mundo netamente digital, es necesario traducir ciertos fenómenos como son la temperatura, presión, intensidad luminosa, etc. Estas variables físicas pueden ser interpretadas de manera digital mediante la ayuda de un transductor, el cual convierte la variable física en una variable eléctrica proporcional.

Para llevar a cabo esta conversión se requiere de un ADC (analogic digital converter), como su nombre lo indica permite convertir una señal analógica en digital; básicamente es un circuito electrónico que muestrea la señal que se obtiene a la salida del transductor.

Existen varios tipos de ADC entre los que mencionamos.

##### 1.4.6.1. ADC De Rampa Digital

Se lo denomina de rampa digital debido a la forma de onda que se asemeja a una escalera.

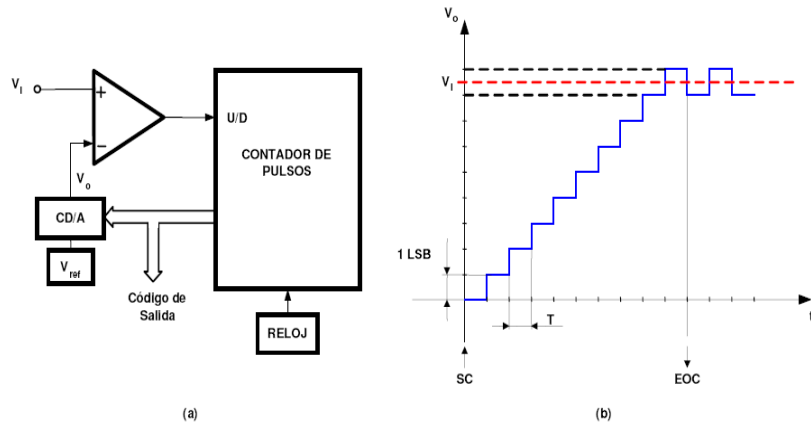


Figura 1.37 ADC de rampa digital

Se usa un contador binario como reloj, el cual permite que por cada pulso se cree un escalón.

$$T_{conversion} = (2^n - 1)(1\_ciclo\_de\_reloj)$$

Donde

n: número de bits.

**1.4.6.2. ADC De Aproximaciones Sucesiva**

Es uno de los convertidores más utilizados debido a su muy reducido tiempo de conversión.

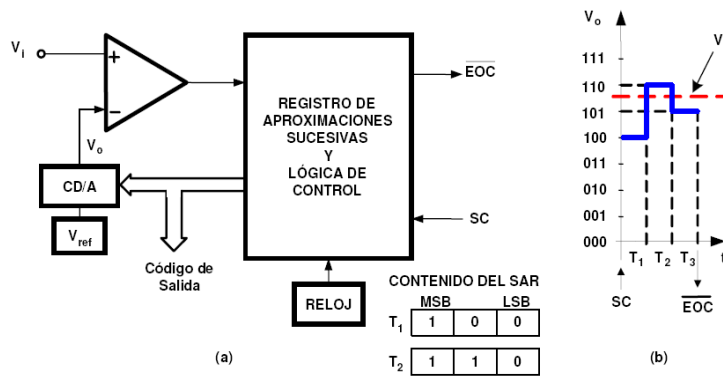


Figura 1.38 ADC de aproximaciones sucesivas.

La lógica de control modifica el contenido del registro bit por bit, hasta que los datos del registro son el equivalente digital de la entrada analógica.

$$T_{conversion} = (n)(1\_ciclo\_de\_reloj)$$

donde

n: número de bits

### 1.4.6.3. ADC Instantáneos (Flash)

Es uno de los convertidores más utilizados debido a su alta velocidad de procesamiento, en su estructura interna se utilizan comparadores, el número de bits que pueden manejar es limitado (2 a 10 bits).

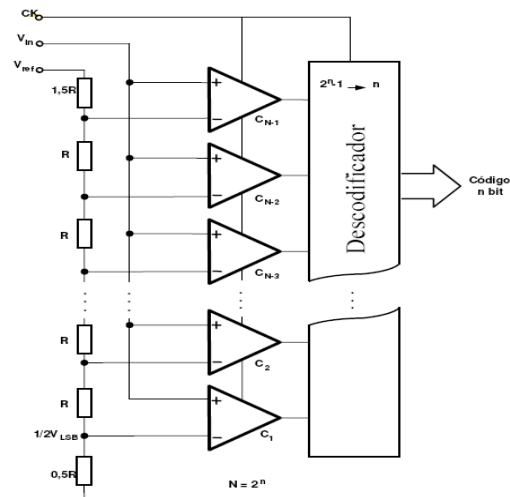


Figura 1.39 ADC instantáneo (flash).

En este tipo de conversor no se utiliza señal de reloj porque no necesita sincronización. Cuando el valor de una entrada analógica cambia, las salidas del comparador también cambian.

### 1.4.7. LCD (LIQUID CRYSTAL DISPLAY)

Es un dispositivo electrónico controlado que permite visualizar diferentes tipos de caracteres y símbolos. La principal ventaja de este tipo de dispositivos es su bajo consumo de potencia.

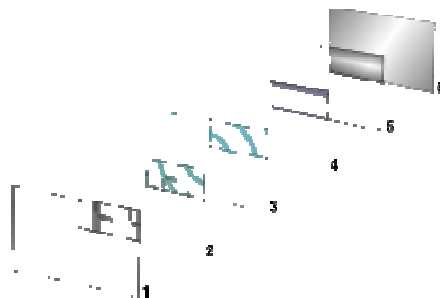


Figura 1.40 Estructura de un LCD.

1. Cubierta de filtro vertical para polarizar la luz que entra.

2. Substrato de vidrio con electrodos de Oxido de Indio. Las formas de los electrodos determinan las formas negras que aparecen cuando la pantalla se enciende y apaga.
3. Cristales líquidos “Twisted Nematic” (TN).
4. Substrato de vidrio con film electrodo común (ITO) con los cantos horizontales para alinearse con el filtro horizontal.
5. Cubierta de filtro horizontal para bloquear o permitir el paso de luz.
6. Superficie reflectante para enviar devolver la luz al espectador. (En un LCD retroiluminado, está capa es reemplazada por una fuente luminosa).

#### **1.4.7.1. Estructura Interna de los displays LCD**

El LCD dispone de una matriz de 5x8 puntos para representar cada carácter. En total se pueden representar 256 caracteres diferentes. 240 caracteres están grabados dentro del LCD y representan las letras mayúsculas, minúsculas, signos de puntuación, números, etc. Existen 8 caracteres que pueden ser definidos por el usuario.

Los displays LCD existen una gran variedad de versiones clasificados en dos [grupos](#):

- El primer [grupo](#) esta referido a los displays LCD de caracteres (solamente se podrán presentar caracteres y símbolos especiales en las líneas predefinidas en el modulo LCD).
- El segundo grupo esta referido a los displays LCD matriciales (Se podrán presentar caracteres, símbolos especiales y [gráficos](#)).

Los módulos LCD varían su tamaño físico dependiendo de la [marca](#); por lo tanto en la actualidad no existe un tamaño estándar para los módulos LCD.

Estos displays están conformados por dos tipos de memorias independientes que son las siguientes:

La DD RAM (Display Data RAM) que es la encargada de almacenar los caracteres en la pantalla que se estén visualizando en ese momento, o bien, que estén en una posición no visible. El display tiene una capacidad de 2 líneas horizontales por 40 caracteres cada una, de los cuales solo serán visibles 2 líneas de 16 caracteres cada una. La DDRAM tiene un tamaño de  $2 \times 40 = 80$

bytes. A pesar de que el display (2x16) sólo puede visualizar 16 caracteres por línea, puede almacenar en total 40 por línea en donde el usuario especifica qué 16 caracteres son los que se van a visualizar. El mapa de memoria de la DD RAM esta constituido por dos bloques de 40 bytes cada uno. El primer bloque corresponde con los 40 caracteres de la línea 1 y el segundo bloque con los de la línea 2.

La CG RAM (Carácter Generador RAM) contiene los caracteres que pueden ser definidos por el usuario, es decir que pueden ser personalizados. Está formada por 64 posiciones, con direcciones \$00-\$3F. Cada posición es de 5 bits. La memoria esta dividida en 8 bloques que corresponden a los posibles caracteres creados por el usuario que van del 0 al 7. Cada carácter esta constituido por una matriz de 5 columnas por 8 filas. De este modo un **1** indica un punto de la matriz encendido, y un **0** apagado.

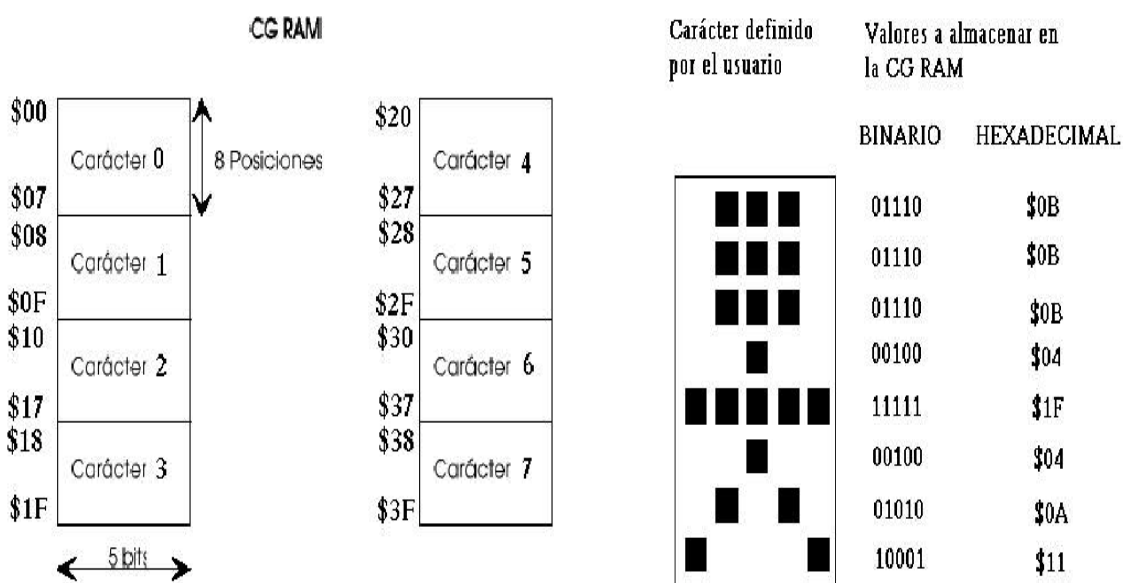


Figura 1.41 Bloques y caracteres en la memoria CG RAM.

#### 1.4.7.2. Características Del LCD

- Dispone de 4 filas de 20 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x8 puntos (píxeles).
- Encendido a 5V solamente.
- Cada píxel de un LCD consta de una capa de moléculas alineadas entre dos electrodos transparentes, y dos filtros de polarización.
- Presenta una pantalla de caracteres ASCII.

- Permite desplazar los caracteres hacia la izquierda o hacia la derecha.
- Permite proporcionar independientemente la posición del carácter.
- Permite cambiar el aspecto y movimiento del cursor.
- Permite una interfaces de 4 u 8 bits.

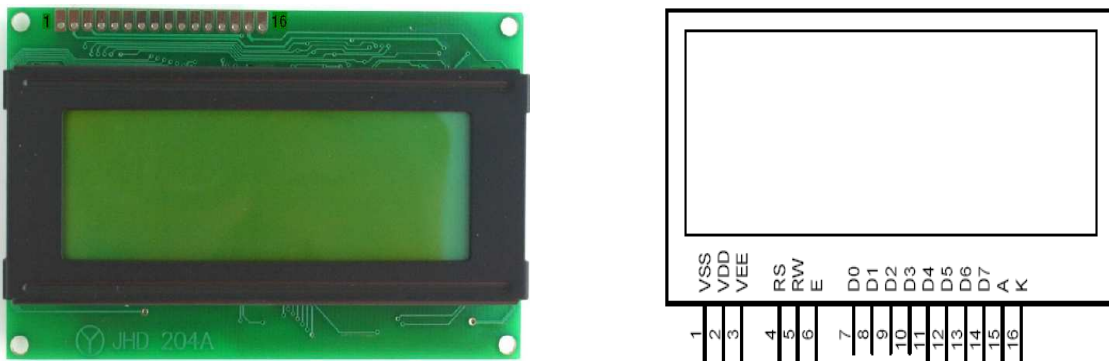


Figura 1.42 Distribución de pines del LCD 4X20

Pin	Símbolo	Descripción
1	Vss/Gnd	Pin de cero lógico (0V).
2	Vdd/Vcc	Pin de uno lógico (5V).
3	Vee	Pin del contraste del LCD.
4	RS	Selección del registro de control y dato.
5	R/W	Enviar datos al LCD (R/W=0). Leer lo que tiene el LCD en su memoria (R/W=1).
6	E	Habilita o deshabilita el LCD.
7-14	D0-D7	Sirven como bus de datos.
15	Ánodo (A)	Pin de uno lógico (5V) para el Back Light.
16	Cátodo (K)	Pin de cero lógico (0V), se conecta mediante una resistencia seguido del transistor (E=Gnd) que es activado por uno de los puertos del microcontrolador que va en la base del transistor.

Tabla 1.4

#### 1.4.8. PROGRAMACIÓN PARA MICROCONTROLADORES

Consiste en un conjunto de reglas sintácticas y semánticas, que definen su estructura y el significado de sus elementos, respectivamente. Puede ser utilizado para controlar el comportamiento de una máquina.

Existen varios lenguajes de programación aplicados a los microcontroladores, en este proyecto se utiliza el Basic, este es un lenguaje de alto nivel y ofrece un gran repertorio de comandos, estructuras de control e instrucciones.

#### 1.4.8.1. Programación En Basic

La potencialidad de este lenguaje es la de permitir combinar comandos para aplicarlos en funciones de alto nivel, cabe recordar que todos los sistemas operativos utilizan este lenguaje, por lo que éste es denominado lenguaje universal de programación.

Con este tipo de lenguaje es posible decidir que tipo de variable vamos a utilizar de igual forma se puede proceder a realizar estructuras de control, interrupciones y todo un sinfín conjunto de instrucciones.

El compilador a usar en este proyecto es **Bascom AVR IDE**, principalmente está dirigido a las aplicaciones con los microcontroladores AVR entre ellos el ATMEGA 164P.

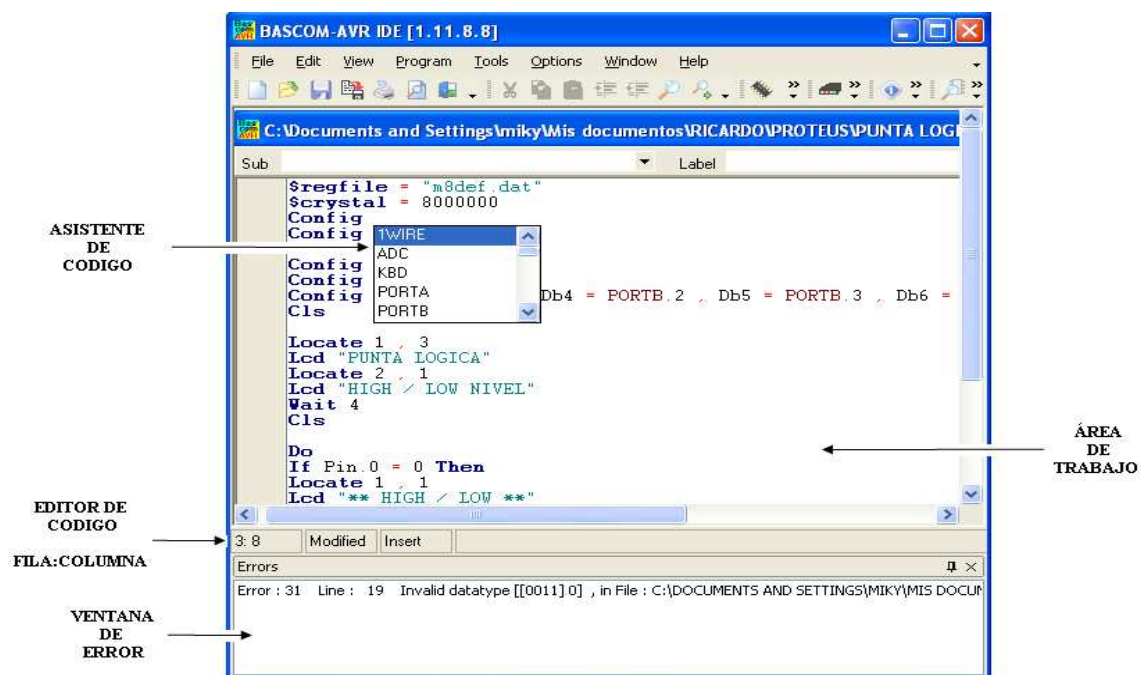


Figura 1.43 Compilador Bascom AVR IDE.

Este compilador cuenta con una amplia gama de librerías, cada una de las cuales posee un ejemplo de aplicación, de igual forma posee un editor de código y a la par muestra reportes de todo el programa que está siendo creado.

## CAPÍTULO 2

# IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

### 1.5.INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen muchos microcontroladores fabricados por empresas como Atmel, Motorota, Microchip, Philips, etc. Todos estos microcontroladores contienen las partes funcionales de un computador como son:

- CPU (**C**entral **P**rocessor **U**nit o Unidad de Procesamiento Central)
- Memorias volátiles (RAM), para datos
- Memorias no volátiles( ROM, PROM, EPROM) para escribir el programa
- Líneas de entrada y salida para comunicarse con el mundo exterior.
- Algunos periféricos (comunicación serial, temporizador, convertidor A/D, etc).

Para el presente proyecto se estudiara la o las diferencias entre el Microcontrolador AVR y el Microcontrolador PIC (Peripheral Interface Contoller) entre los más conocidos.

Sin duda la arquitectura que utilizan ambos microcontroladores son las mismas, esta es la arquitectura Harvard y la arquitectura RISC que es aplicada en el CPU, en donde el CPU del microcontrolador AVR emplea una avanzada arquitectura RISC con un gran orden de su estructura como se indica:

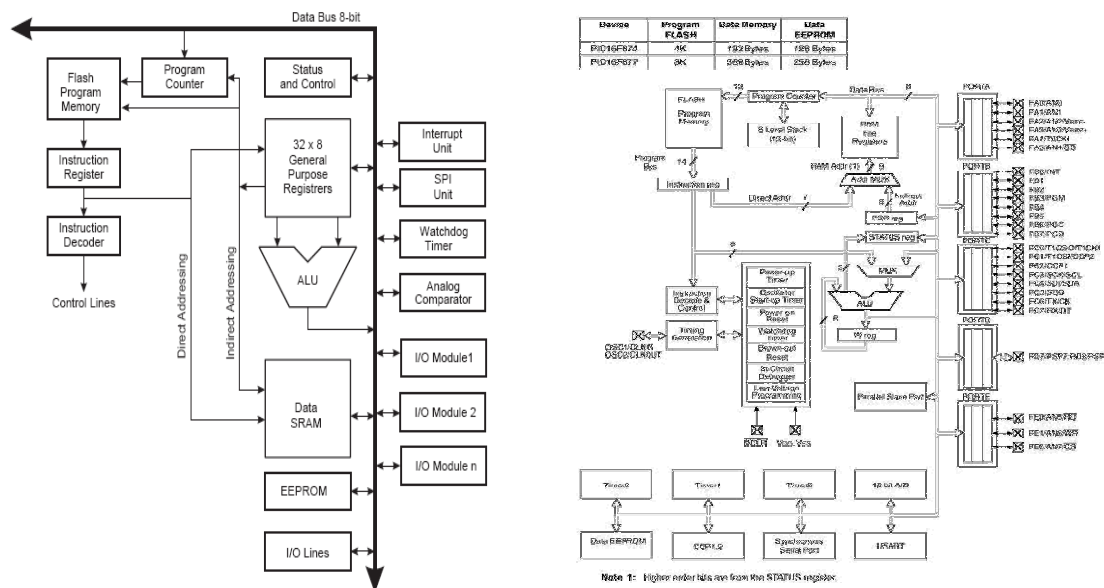


Figura 2.1 Arquitectura del CPU del microcontrolador AVR y del PIC.



El diseño AVR de ATMEL difiere de los demás microcontroladores de 8 bits por tener mayor cantidad de registros (32) y un conjunto ortogonal de instrucciones. El AVR es mucho más moderno que su competencia. *La característica que los identifica a estos microcontroladores de ATMEL es la memoria flash y Eeprom que incorpora.*

Esto hace que la arquitectura AVR sea más fácil de programar a nivel de lenguaje ensamblador y que sea fácil de optimizar con un compilador. El gran conjunto de registros disminuye la dependencia respecto a la memoria, lo cual mejora la velocidad y disminuye las necesidades de almacenamiento de datos. Además casi todas las instrucciones se ejecutan en 1 ó 2 ciclos de reloj versus 5-10 ciclos de reloj para los chips 8051, 6805, 68HC11 y PIC.

Los 32 registros de 8 bits de propósito general están conectados a la unidad aritmética lógica (ALU) para un rápido acceso, una instrucción es ejecutada con uno solo ciclo de reloj.

Las instrucciones de tipo RISC (Reduced Instrucción Set Computer), permite que el set de instrucciones y el bus de la memoria de programa pueden diseñarse de manera tal que todas las instrucciones tengan una sola posición de memoria de programa de la misma longitud. Además, como los buses son independientes, *el CPU del microcontrolador puede estar accediendo a los datos para completar la ejecución de una instrucción, y al mismo tiempo estar leyendo la próxima instrucción a ejecutar.*

Ahora bien si comparamos con un microcontrolador AVR de 40 pines con un microcontrolador PIC de 40 pines tenemos las siguientes características:

DESCRIPCIÓN	ATMEGA 164P	PIC 16F877A
<b>FRECUENCIA MÁXIMA</b>	20 MHz	20 MHz
<b>RANGO DE VOLTAJE</b>	2.7V - 5.5V	2 - 5.5V
<b>CORRIENTE MÁXIMA ENTRE PINES</b>	40mA	25mA
<b>CORRIENTE MÁXIMA</b>	200mA	200mA
<b>MEMORIA DE PROGRAMA (FLASH)</b>	16KBYTES	8 KBYTES
<b>POSICIONES RAM DE DATOS</b>	1KBYTES	368 BYTES
<b>POSICIONES EEPROM DE DATOS</b>	512 BYTES	256 BYTES
<b>PUERTOS (E/S)</b>	4	5
<b>TIMERS</b>	3	3
<b>COMUNICACIÓN SERIAL</b>	USART (2)	USART

<b>CONVERTIDOR A/D</b>	10 BITS	10 BITS
<b>OSCILADOR INTERNO (RC)</b>	SI	NO
<b>ARQUITECTURA</b>	HARVARD	HARVARD
<b>REGISTROS</b>	32	10
<b>PERRO GUARDIAN (WD)</b>	SI	SI
<b>INSTRUCCIONES DE TIPO</b>	RISC (131)	RISC (32)
<b>CANALES P.W.M.</b>	6	2
<b>RETENIÓN DE DATOS</b>	100 AÑOS	100 AÑOS
<b>TIPO DE EMPAQUE</b>	DIP	DIP

Tabla 2.0

El programa que se utilizará para grabar al microcontrolador es muy amigable con el programador lo cual le hace más sencillo de elegir para este tipo de proyecto.

Para el presente año la empresa ATMEL ha diseñado un nuevo microcontrolador llamado **XMEGA** ya que puede trabajar a 1.6V con una frecuencia de 12MHz. Este microcontrolador es único en el mercado ya que conserva las mismas estructuras internas de los ATMEGA (misma arquitectura Harvard y RISC en el CPU con sus 32 registros).

Luego del análisis se determina que el microcontrolador ATMEGA 164P es el indicado para mi proyecto ya que se utilizará un programa con comandos sencillos de entender el microcontrolador y el programador.

No olvidar que la elección del microcontrolador dependerá de la tarea o proyecto que se tiene en mente pues los fabricantes como se mencionó anteriormente son varios, estos tienen muchos modelos enfocados a tareas específicas. Esta selección deberá ir de la mano con factores económicos óptimos así como: El procesamiento de datos, Entrada/Salida, Consumo de energía, Memoria y para el diseño de la placa.

Ahora bien, los displays LCD varían su tamaño físico dependiendo de la [marca](#); por lo tanto en la actualidad no existe un tamaño estándar para los displays LCD.

Con respecto a los displays LCD de caracteres existentes en el mercado se diferencian en sus presentaciones de líneas por carácter (2x16, 2x20, 4x20, 4x40, etc), en el precio de unos con otros, en el color de sus caracteres conjuntamente con el color de fondo de pantalla, por su retroiluminador incorporado o no, por su matriz de puntos (5 columnas por 7 filas y de 5

columnas por 8 filas), o por su controlador que utiliza y en su diseño que irán acorde con el gusto o con las necesidades de cada persona. La mayoría de los displays LCD tienen 16 pines de los cuales los dos últimos es para el backlight (iluminado de pantalla) en donde la descripción de los pines restantes son iguales a de cualquier marca de displays LCD.

Para el proyecto se ha seleccionado al display de 4x20 con caracteres de color negro y fondo de pantalla verde para visualizar mejor los cinco parámetros a medirse en comparación de otros displays de colores y además que es compatible con el microcontrolador ATMEGA 164P o con cualquier otro tipo de microcontrolador previamente establecido.

## 1.6. VOLTÍMETRO DC

El circuito esta formado por un microcontrolador, un circuito Reset y un LCD. Internamente en el microcontrolador ATMEGA 164P consta de un conversor Analógico/Digital (ADC), la señal analógica en este caso el voltaje a medir podrá ser visualizado en el LCD como lectura digital. Para activar el funcionamiento del ADC en el microcontrolador procedemos a poner el pin30 (AVCC) y el pin32 (AREF) a 5V.

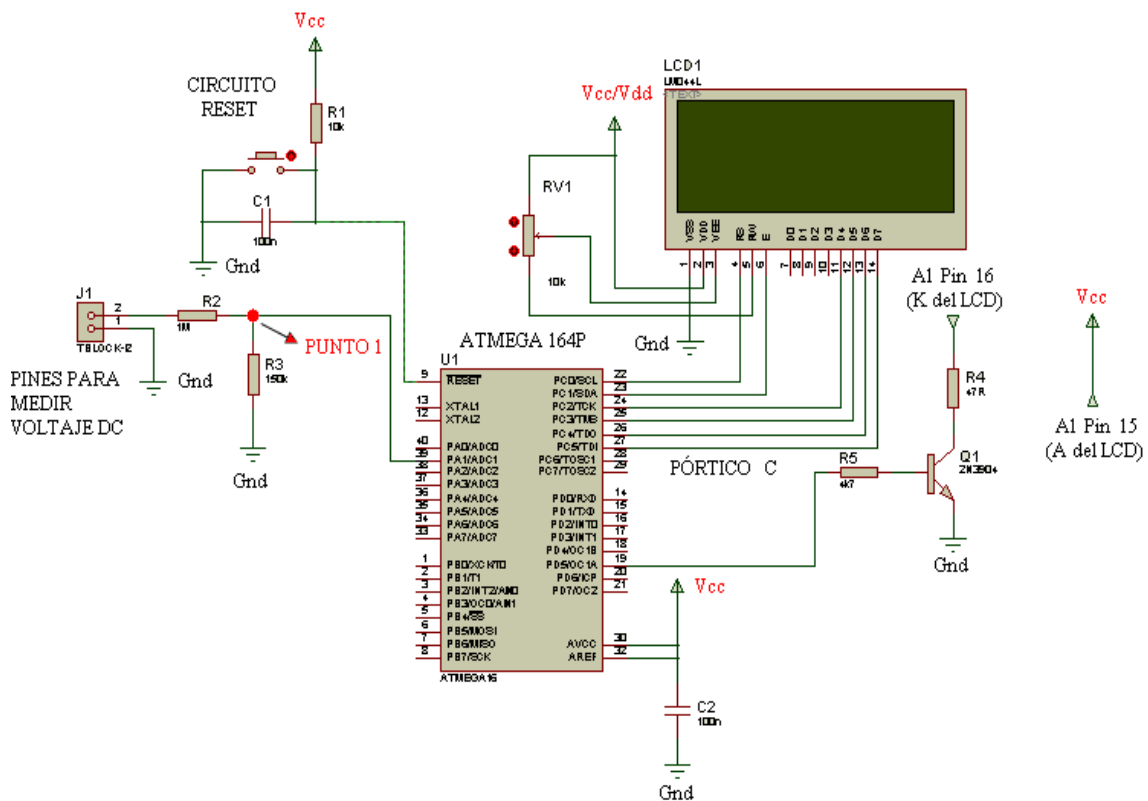


Figura 2.2 Diagrama Circuitual Voltímetro DC.

Su funcionamiento se base en un divisor de voltaje con la R2 y R3, a más del conversor A/D. El microcontrolador maneja voltajes de entrada hasta 5V entre sus pines o pórnicos sino se quemarían. Es por eso que se utiliza el divisor de voltaje para medir valores mayores a 5V en la conversión de analógico a digital. Este voltímetro será capaz de medir el valor máximo hasta 35V en voltaje continuo (VDC).

Con el divisor de voltaje obtenemos un valor menor o igual a 5v en el **Punto 1** ya que este punto va al pin39 (ADC1) del ATMEGA 164P para la conversión A/D.

En este caso el valor máximo de medición es 38.33V con una resistencia R2 de 1MΩ y una resistencia R3 de 150KΩ con un voltaje de 5V en el **Punto 1**. Para llegar obtener el valor de 38.33V procedemos de la siguiente manera:

Si  $R2 = 1M\Omega$ ,  $V_{max} = 40v$  y  $V_{P1} = 5V$ . Calculamos R3, despejando de la formula del Divisor de Voltaje:

#### DIVISOR DE VOLTAJE

$$V_{P1} = \frac{V_{max} (R3)}{R2 + R3} \qquad R3 = \frac{V_{P1} (R2)}{V_{max} - V_{P1}}$$

Se obtiene  $R3 = 142,857\Omega$ . Este valor lo redondeamos a 150KΩ por lo tanto si  $R2 = 1M\Omega$ ,  $R3 = 150K\Omega$  y  $V_{P1} = 5V$ , el valor de  $V_{max}$  es 38.33V.

El valor de  $V_{max}$  también lo redondeamos a 38.4V, esto nos sirve para calibrar el voltaje de salida para observar en el LCD en el momento de programar al microcontrolador con una constante  $K = 38.4/1023$ , en donde  $2^n - 1$  ( $n = 10bits$ ) nos da 1023.

Si no se tiene ningún voltaje DC para medir, en el LCD aparecerá en cero "00,00".

#### 1.6.1. Funcionamiento

El voltaje a medirse entra por la  $R2 = 1M\Omega$  obteniendo una caída de voltaje en el **Punto 1** menor a 5v, este voltaje entra al microcontrolador en donde se

transforma en un valor digital de  $A$  entre 0 a 1023 para lo cual este valor se multiplica por una constante  $K$  dando como resultado la visualización del valor de voltaje en el LCD en forma digital.

Por ejemplo si el valor digital de  $A$  esta entre 0 a 1023 es 150 y multiplicado por la constante  $K$ , da como resultado 5.64V.

Cabe decir que el voltímetro mide desde 0V hasta 35V en DC ya que son límites fijados.

## 1.7. ÓHMETRO

El circuito esta formado por un microcontrolador, un circuito Reset y un LCD. Internamente con el conversor Analógico/Digital (ADC) del microcontrolador ATMEGA 164P. Un detalle importante es la activación de la función del ADC en el microcontrolador para lo cual procedemos a conectar el pin30 (AVCC) y el pin32 (AREF) a 5V.

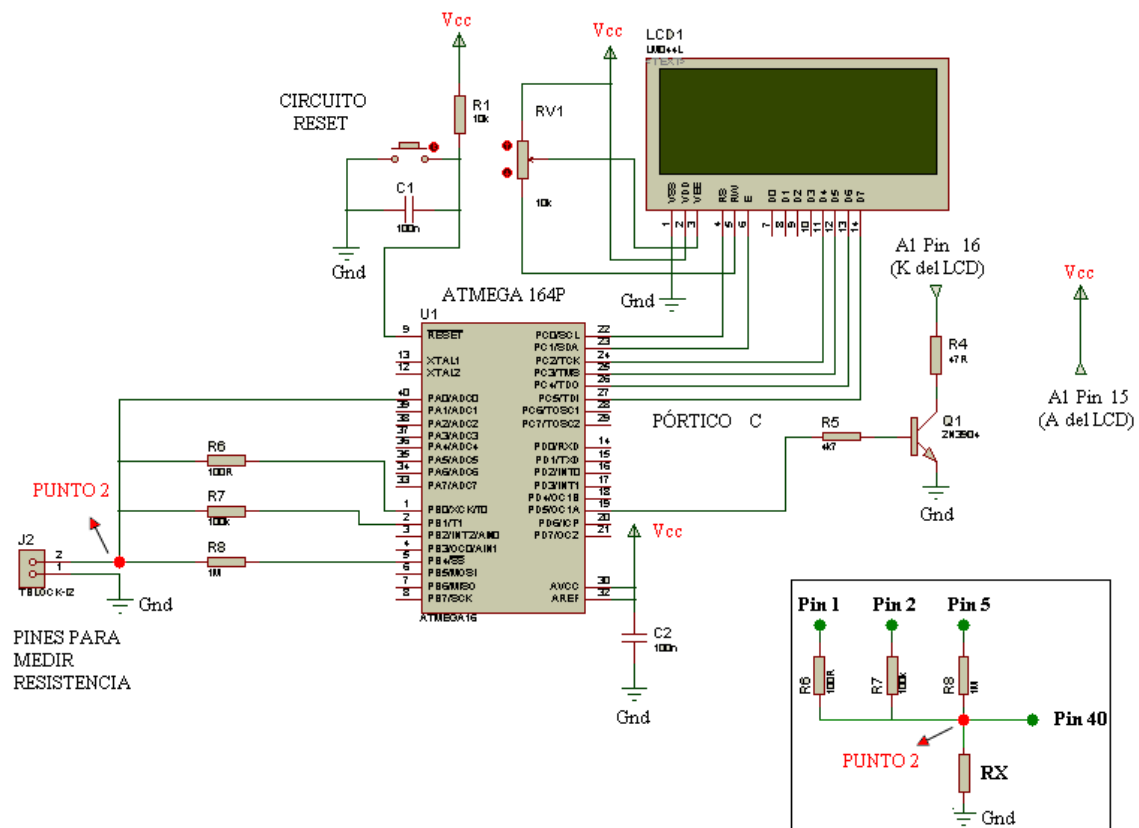


Figura 2.3 Diagrama Circuital del Óhmetro.

Su funcionamiento se base así mismo en un divisor de voltaje con la  $R6=100\Omega$ ,  $R7=100K\Omega$  y  $R8=1M\Omega$ , a más del conversor A/D. Como mencionamos anteriormente el microcontrolador maneja voltajes hasta 5V entre sus pines o pódicos sino se quemarían. En esta ocasión utilizaremos los 5V de las salidas envidas por los pines 1(PB0), 2(PB1) y 5(PB4) para medir resistencias (**RX**) en donde solamente un pin será activo por el microcontrolador para la medición de la resistencia. Este óhmetro será capaz de medir valores de  $1.1\Omega$  hasta  $4M\Omega$ . Con el divisor de voltaje obtenemos un valor menor o igual a 5v en el **Punto 2** ya que este punto va al pin40 (ADC0) del ATMEGA 164P para la conversión A/D siempre y cuando tengamos una resistencia **RX** conecta a tierra (Gnd) caso contrario no habrá voltaje en el **Punto 2** ni el valor de la resistencia RX. Para tener el valor de **RX** despejamos de la formula del Divisor de Voltaje:

#### DIVISOR DE VOLTAJE

$$V_{P2} = \frac{V (RX)}{RT + RX} \qquad RX = \frac{RT (V_{P2})}{V - V_{P2}}$$

En donde:

$V = 5V$ : Este voltaje es el mismo para las tres salidas (pin1, pin2 o el pin5) pero depende de que salida fue activada por el microcontrolador.

$RT$ : Hace referencia a la resistencia del pin activo por el microcontrolador. Esta resistencia puede ser la  $R6$ ,  $R7$  o la  $R8$ , solamente una de ellas. Y va a depender de la  $RX$  inicial calculada.

La constante  $K = 5/1023$  multiplicado por  $A$  (valores entre 0 a 1023) es igual al voltaje en  $VP2$ .

#### 1.7.1. Funcionamiento

Inicialmente la resistencia a medirse ( $RX$ ) es detectada por el microcontrolador con el pin1 ( $R6$  con salida a 5V) para calcular con los valores  $RT = 100\Omega$ ,  $V = 5V$  y el  $VP2$  que depende de la multiplicación entre la constante  $K$  y el valor digital de  $A$  entre 0 a 1023.

Luego de calcular RX se compara en el programa si está dentro de los valores de: *Menor que 1000, Mayor o igual que 1000 y menor que 1000000, y mayor o igual que 1000000.*

Una vez comparada RX la RT toma otro valor de **122** (semejante al valor de R6) si  $RX < 1000$  para calcular resistencias en ohmios, **100000** (igual a R7) si  $RX \geq 1000$  y  $Rx < 1000000$  para calcular resistencias en Kilo-ohmios ó **1000000** (igual a R8) si  $RX \geq 1000000$  para calcular resistencias en Mega-ohmios y se procede a calcular de nuevo RX con el nuevo valor de RT sin olvidar que si RT es 122 se activa el pin1, si RT es 100000 se activa el pin2 ó si RT es 1000000 se activa el pin5 por lo tanto el VP2 toma otro valor diferente al inicial.

Si RT es 100000 o 1000000 el resultado de RX que se obtenga al final se dividirá para 1000 y 1000000 respectivamente para obtener la resistencia en kilo-ohmios o en Mega-ohmios.

Finalmente se obtiene la resistencia RX definitiva en ohmios, Kilo-ohmios o Mega-ohmios visualidad en el LCD en forma digital.

Por ejemplo si el valor de RX inicialmente es de 5000 se compara con los valores ya antes mencionados y esta entre  $\geq 1000$  y  $< 1000000$  luego se realiza nuevamente el calculo de RX con el valor de RT = **100000** conjuntamente con el nuevo valor de VP2 que en este caso asumo de 3.5V resultando que  $RX = 233.33K\Omega$ .

Si no se tiene ninguna resistencia conectada para medir, en el LCD aparecerá la frase infinito "∞".

Cabe decir que el óhmetro mide desde  $1\Omega$  en adelante hasta los  $3.9M\Omega$  ya que son límites fijados.

## 1.8.CAPACÍMETRO

El circuito esta formado por un microcontrolador, un circuito Reset, un generador de diente de sierra con el transistor 2N2907 y un LCD. Para realizar la medición del condensador CX es necesario activar la función del ADC en el pin36 (ADC4) que será conectado a la entrada del pin17 (PD3) para controlar que el voltaje llegue a 2.1V y pueda contar.

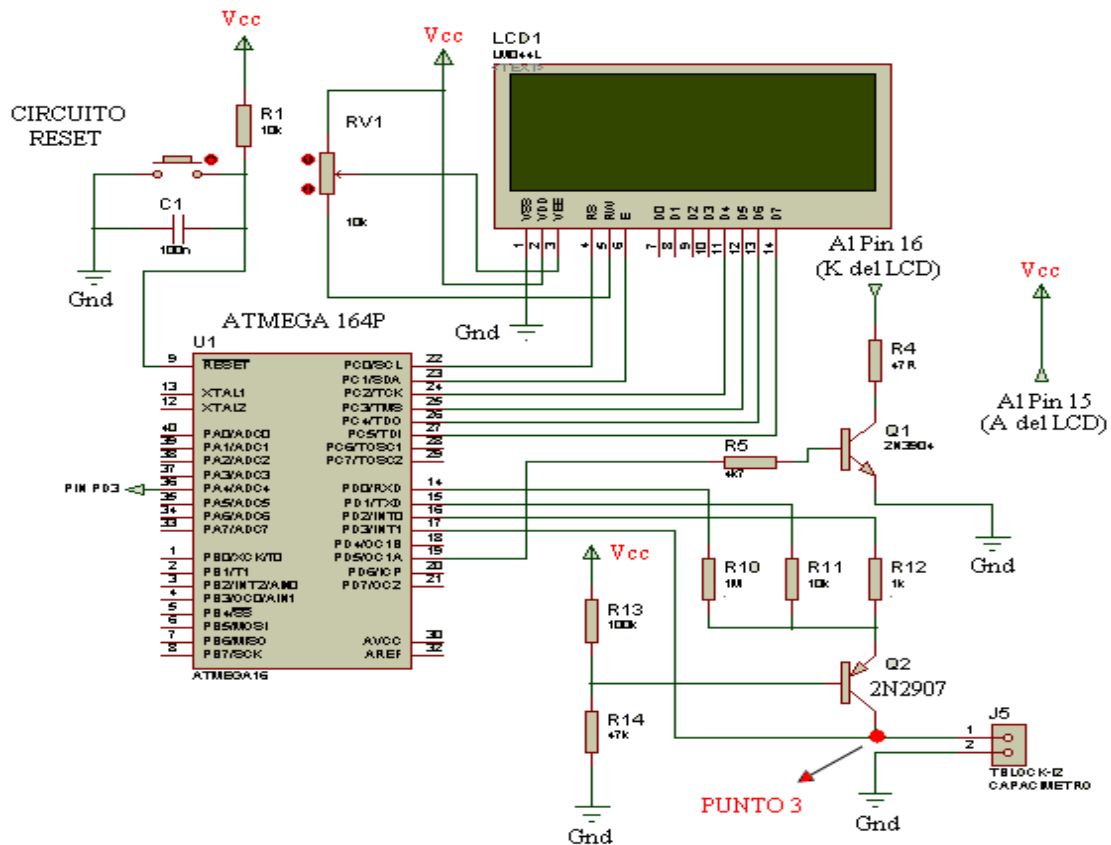


Figura 2.4 Diagrama Circuítal Del Capacímetro.

Su funcionamiento se base en cargar al condensador linealmente utilizando un transistor 2N2907 que se le conoce como fuente de corriente de carga constante, de esta forma se obtiene una mejor lectura del condensador  $C_x$ , para ello el condensador debe llegar al voltaje de 2.1V (1L) para poder identificar el valor del condensador medido y mostrarlo en el LCD.

El voltaje originado inicialmente entre la resistencia de  $1\text{M}\Omega$ , el transistor y el condensador  $C_x$  es detectado por el pin36 (ADC4) ya que esta conectado al pin17 (PD3), entonces por medio del programa identifica que el condensador  $C_x$  alcanzo el voltaje deseado de 2.1V y procede a medir que luego será mostrado en el LCD.

### 1.8.1. Funcionamiento

Inicialmente el condensador a medirse ( $C_x$ ) es detectado por el microcontrolador con el pin14 (R10 con salida a 5V y transistor) luego del cual el voltaje en el **Punto 3** es detectado por el pin36 (ADC4) en donde se



transforma en un valor digital de  $A$  constante de 430 ya que multiplicado por la constante  $K$  ( $5/1023$ ) obtenemos el valor de 2.1V, luego del cual automáticamente por medio del programa el microcontrolador detecta a la variable  $J_j$  (T) si esta dentro de las condiciones siguientes: Si  $J_j > 4000$  entonces ir a Escala \_ micros, Si  $J_j < 4000$  y  $J_j > 200$  entonces ir a Escala \_ nanos, Si  $J_j < 200$  y  $J_j > 2$  entonces ir a Escala \_ picos y Si  $J_j < 3$  entonces ir a Escala \_ nada (Sin Capacitancia).

Una vez elegida una de las condiciones se dirige a una de las subrutinas para procesar la información y posteriormente el valor se observara en el LCD.

Por ejemplo si el condensador es de 220uF el microcontrolador inicialmente lo detecta con el pin14, revisa que condición se esta cumpliendo, en este caso la condición es  $J_j > 4000$  que se dirigirá a la escala de microfaradios, en donde realiza la operación indica y finalmente el valor calculado se observara en el LCD.

Cabe decir que el capacímetro será capaz de medir desde 1000uF hasta los 120pF ya que son límites fijados.

Si no se tiene ningún condensador conectado para medir, en el LCD aparecerá la frase "Sin Capacitancia".

## **1.9.MEDIDOR DE CONTINUIDAD**

El circuito esta formado por un microcontrolador, un circuito Reset, un Led Amarillo, un buzzer (chicharra) y un LCD. Internamente con el conversor Analógico/Digital (ADC) del microcontrolador ATMEGA 164P. No olvidarse en activar el funcionamiento del ADC en el microcontrolador para lo cual colocamos el pin30 (AVCC) y el pin32 (AREF) a 5V.

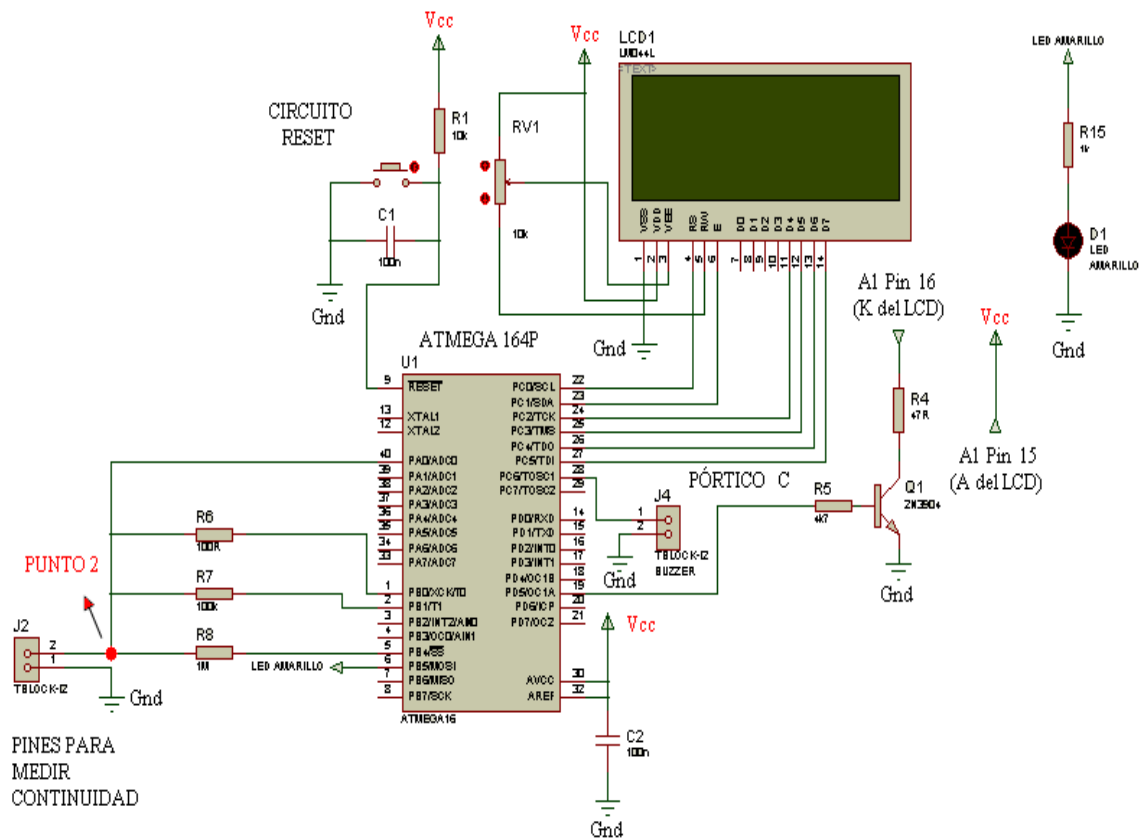


Figura 2.5 Diagrama Circuítal Del Medidor D e Continuidad.

Es el mismo funcionamiento del óhmetro con el divisor de voltaje con la diferencia que la continuidad es detectada solamente por el pin1 a 5V de salida con la resistencia  $R6 = 100\Omega$ .

En el **Punto 2** obtenemos un valor menor o igual a 5v aplicando el divisor de voltaje ya que este punto va al pin40 (ADC0) del ATMEGA 164P para la conversión A/D.

#### DIVISOR DE VOLTAJE

$$V_{P2} = \frac{V (RX)}{RT + RX}$$

$$RX = \frac{RT (V_{P2})}{V - V_{P2}}$$

En donde:

$V = 5V$ : Este voltaje es el mismo para las tres salidas (pin1, pin2 o el pin5) pero depende de que salida fue activada por el microcontrolador.

RT: Hace referencia a la resistencia del pin1 activo por el microcontrolador.

La constante  $K = 5/1023$  multiplicado por  $A$  (valores entre 0 a 1023) es igual al voltaje en VP2.

### 1.9.1. Funcionamiento

Inicialmente calcula la resistencia RX detectada por el microcontrolador con el pin1 (R6 con salida a 5V) con los valores de  $RT = 100\Omega$ ,  $V = 5V$  y el VP2 que depende de la multiplicación entre la constante  $K$  y el valor de  $A$  entre 0 a 1023. Luego de calcular RX se compara en el programa si es *menor que 1*. Si  $RX < 1$  visualizamos en el LCD “continuidad” además de un Led Amarillo conjuntamente con el sonido del buzzer (chicharra). Si Rx no es menor que 1 entonces detecta una resistencia que se observa en el LCD.

Por ejemplo si  $RT = 100$ ,  $V = 5V$  y  $VP2 = 4.88758E-2$  da como resultado  $RX = 0.9871\Omega$  indicando que hay continuidad en forma sonora y visual ya sea en el LCD o por el Led Amarillo.

Si no se tiene ningún elemento conectado para medir continuidad por ejemplo un cable, en el LCD aparecerá esta en blanco la palabra “continuidad”.

## 1.10. PUNTA LÓGICA

El circuito esta formado por un microcontrolador, un circuito Reset, dos Leds (rojo y verde) y un LCD. Internamente en el microcontrolador ATMEGA 164P consta de un conversor Analógico/Digital (ADC) con el cual detectamos los voltajes a medirse equivalentes a los niveles lógicos bajos y altos. Para activar el funcionamiento del ADC en el microcontrolador procedemos a poner el pin30 (AVCC) y el pin32 (AREF) a 5V.

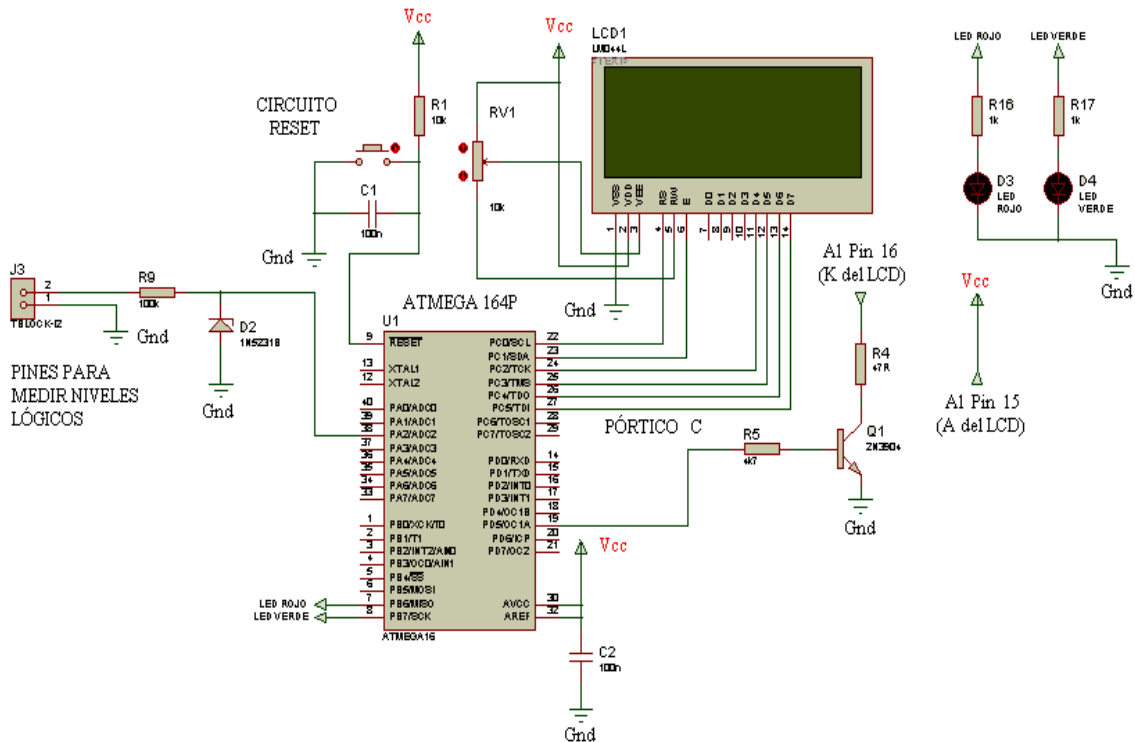


Figura 2.6 Diagrama Circuitual De Punta Lógica.

Su funcionamiento se basa en detectar los voltajes de entrada entre 0V a 5V en el pin38 (ADC2).

Si el voltaje es menor que 1V se presenta como Nivel Bajo (0L) y si el voltaje es mayor o igual que 2V hasta 5V se presenta como Nivel Alto (1L), pero si el voltaje es mayor o igual que 1V y menor que 2V significa que son valores indeterminados por lo tanto se presentan como Inestables o fallas.

### 1.10.1. Funcionamiento

El voltaje a medirse pasa por la resistencia R9 e ingresa al microcontrolador en donde se transformada en un valor de A entre 0 a 1023 para lo cual este valor se multiplica por la constante K (5/1023) dando como resultado un voltaje entre 0V y 5V que luego será comparado y visualizado en el LCD y en Leds.

Por ejemplo si  $A = 500$  por la constante K obtenemos 2.44V y comparamos con los valores antes mencionados entonces se tiene un nivel lógico alto (1L).

Si no se tiene ningún nivel lógico para medir en un circuito, en el LCD aparecerá la letra "low" con el led verde encendido.

## 1.11. CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA

La alimentación para el microcontrolador y el LCD se fija con el integrado LM7805, cuya entrada de voltaje se toma de los dos extremos del transformador ya que este no cuenta con TAP central. El consumo de corriente del ATMEGA 164P es máximo de 200mA, mientras el LCD consume 40mA. Por lo tanto, la corriente máxima de salida será alrededor de 250mA.

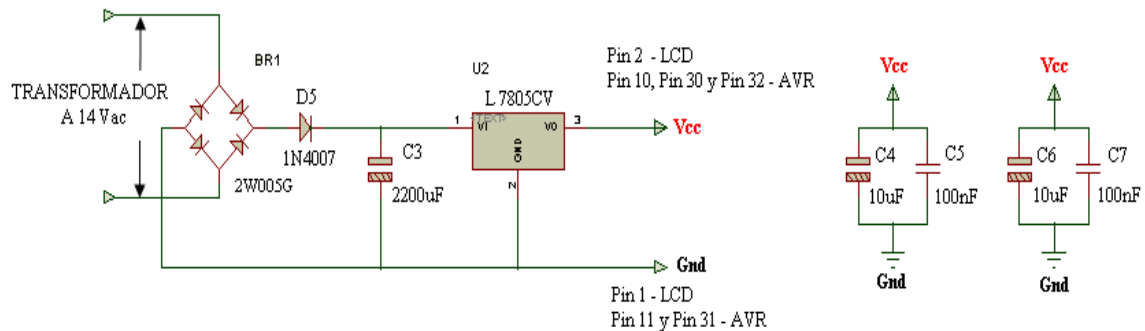


Figura 2.7 Circuito De Alimentación del Sistema.

D5, es el diodo protección.

C3, es el capacitor de filtrado.

Cuando el 7805 alimenta a un circuito lógico es recomendable utilizar dos capacitores C4 y C6 de 10µF y otros dos C5 y C7 de 100nF a la salida para remover cualquier ruido de alta frecuencia de circuitos vecinos.

### 1.11.1. Cargador De Batería

La alimentación también se obtiene de una batería recargable de 9V, cuyo voltaje es suficiente para la activación del microcontrolador y el LCD.

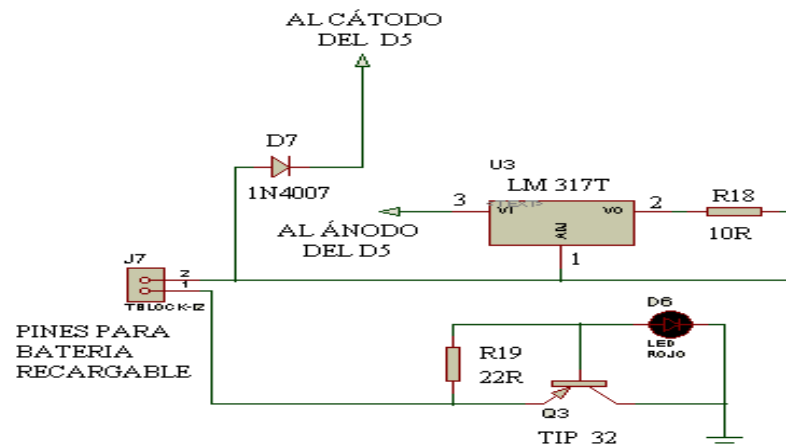


Figura 2.8 Circuito Recargable De Batería.

Para establecer la corriente para recargar la batería es:

$$I_{OUT} = \frac{V_{REF}}{R1} \quad \text{SIEMPRE Y CUANDO} \quad 0.8\Omega \leq R1 \leq 120\Omega$$

Entonces,  $V_{ref} = 1.2V$  y  $R1 = 10\Omega$  la  $I_{out} = 120mA$ .

Esta batería es recargada cuando el equipo funciona con la alimentación de 110V el cual podemos controlar la carga de la batería por medio de un interruptor. Cuando la batería se recarga un led-rojo permanece encendido indicando que la batería esta siendo recargada por el circuito de la figura 2.7.

## 1.12. DIAGRAMA CIRCUITAL TOTAL

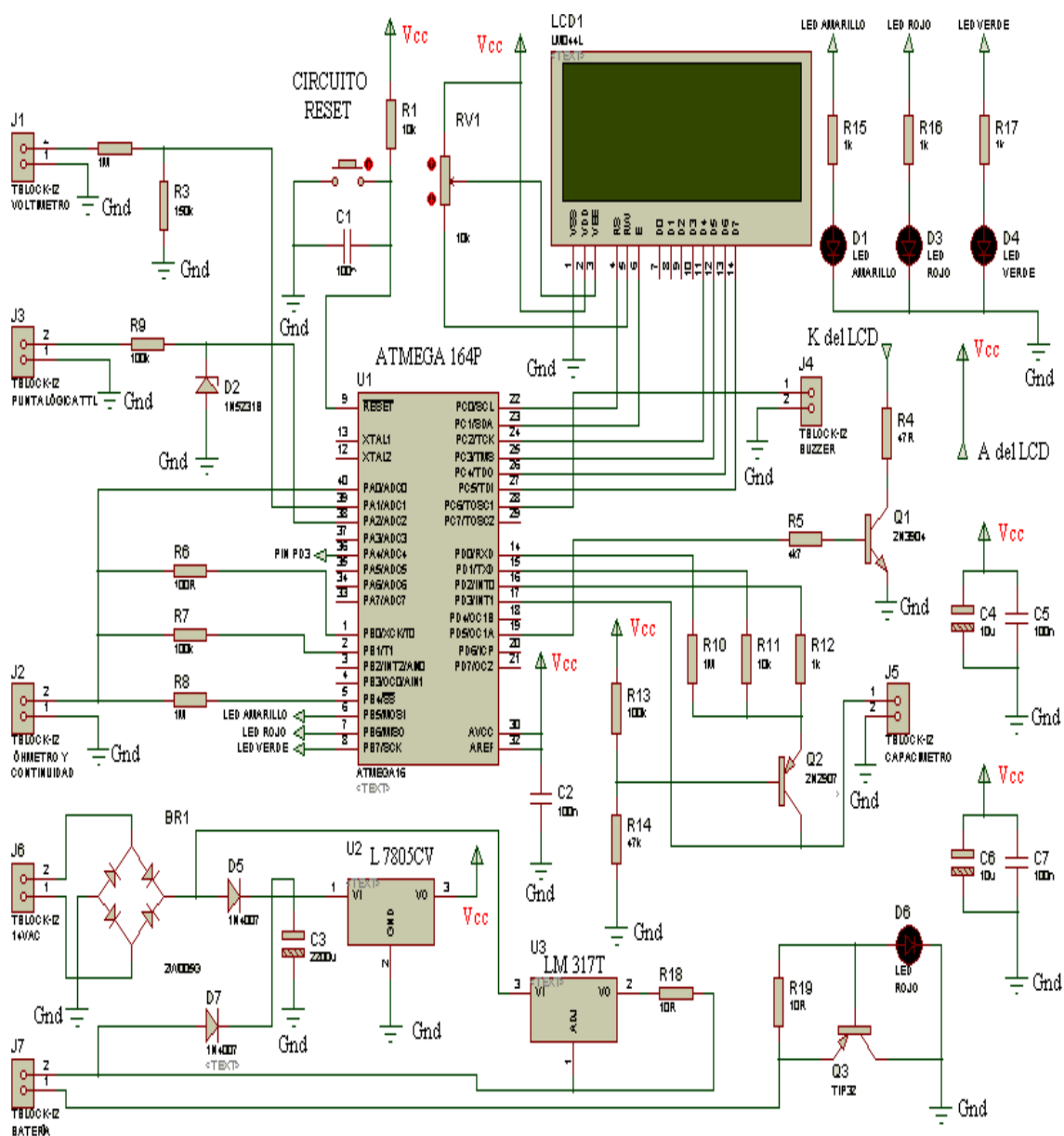


Figura 2.9 Diagrama Esquemático Del Circuito Total.

### 1.13. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA

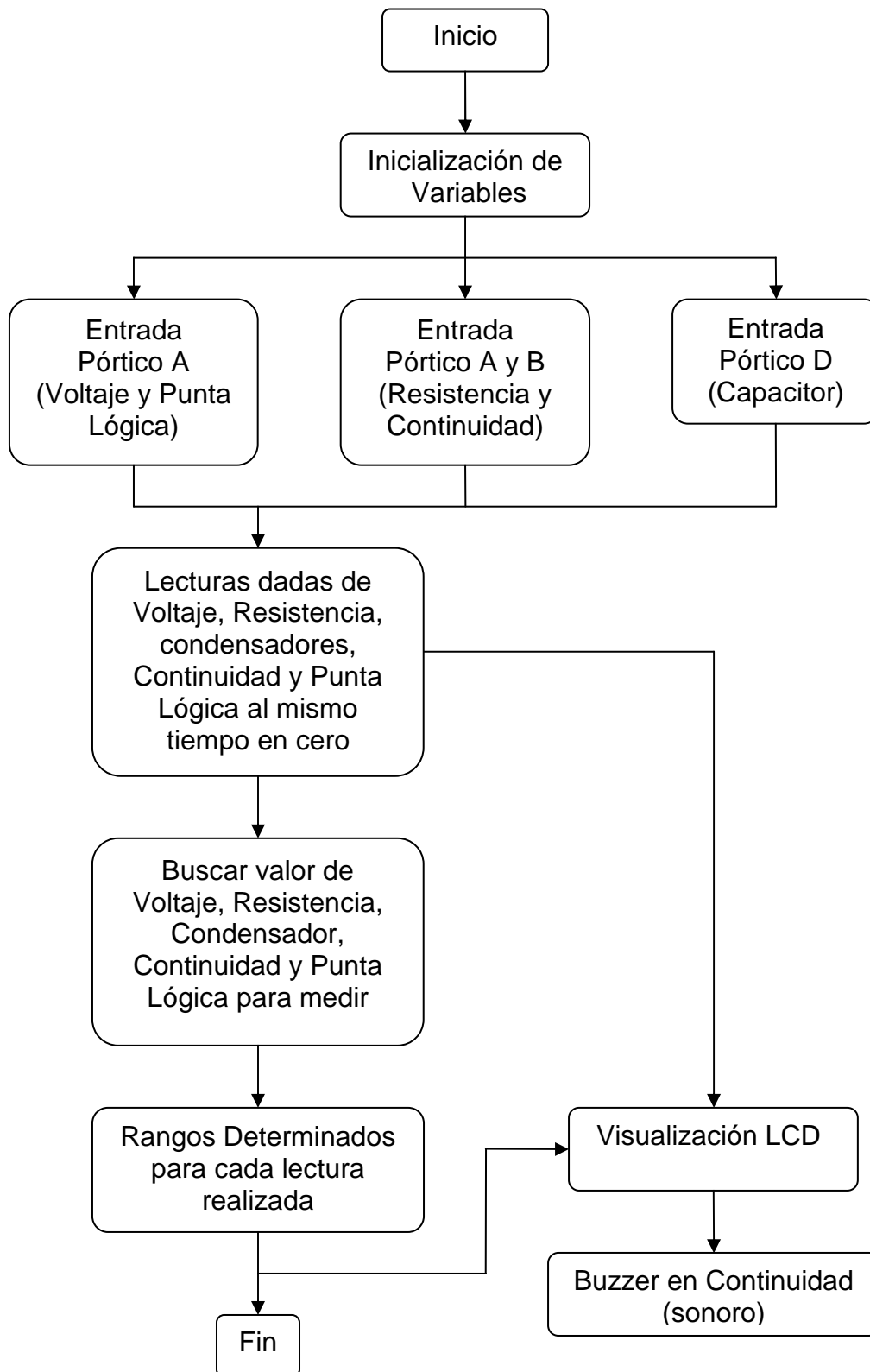


Figura 2.10 Diagrama de Flujo.

En el diagrama de flujo tenemos los pines designados para medir las cinco lecturas que están conectadas a las distintas entradas que tiene el microcontrolador AVR en donde todas las instrucciones programadas son ejecutadas al mismo tiempo por condiciones de cada lectura que se realice.

Todas las lecturas se ejecutan simultáneamente, excepto una que es la continuidad ya que esta relacionada al momento de medir resistencias. La continuidad va a depender de la resistencia que se mida, si es menor que  $1\Omega$  sonará el buzzer (chicharra) caso contrario no sonará, luego del cual las lecturas restantes se observarán en el display LCD con valores de cero o *Sin Capacitancia* en el caso de medir condensadores.

Para medir colocamos el elemento necesitado o designado. En el Display aparecerá el valor leído del elemento escogido sin la necesidad de retirar el otro elemento que se estaba midiendo anteriormente.

## 1.14. PRUEBAS Y RESULTADOS

### 1.14.1. Tabla de medición de voltajes DC

VOLTIMETRO DC			
Nº	V. Teórico (V)	V. Medido (V)	Error (%)
1	1,5	1,53	-1,96
2	3	2,96	1,35
3	4,5	4,46	0,90
4	5	4,99	0,20
5	9	9	0,00
6	12	12,04	-0,33
7	15	15,05	-0,33
8	20	20,08	-0,40
9	24	24,09	-0,37
10	28	27,96	0,14
11	30	29,91	0,30
12	35	34,89	0,32

Tabla 2.1

En la Tabla 2.1 observamos que el error está dentro de lo permitido para trabajar en el taller o laboratorio, lo cual se debe conectar una resistencia de  $10\Omega$  en el óhmetro para no alterar las lecturas obtenidas por el multímetro.

### 1.14.2. Tabla de medición de resistencias



<b>OHMETRO</b>				
<b>Nº</b>	<b>V. Teórico (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Tolerancia (%)</b>	<b>V. Medido (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Error (%)</b>
1	10	+ / - 5	9,87	1,32
2	22	+ / - 5	21,63	1,71
3	47	+ / - 5	46,8	0,43
4	100	+ / - 5	100,89	-0,88
5	330	+ / - 5	329,62	0,12
6	1000	+ / - 5	990,53	0,96
7	3900	+ / - 5	3850	1,30
8	10000	+ / - 5	9880	1,21
9	18000	+ / - 5	18120	-0,66
10	47000	+ / - 5	47400	-0,84
11	100000	+ / - 5	100580	-0,58
12	150000	+ / - 5	153210	-2,10
13	1000000	+ / - 5	1010000	-0,99
14	3920000	+ / - 1	3960000	-1,01

Tabla 2.2

En la Tabla 2.2 observamos que el Error están dentro de la tolerancia de cada resistencia medida por el óhmetro digital, excepto una de ellas que nos indica una tolerancia + / - 1 (%) pero esta dentro de un error menor del 2%, por lo que el error obtenido esta dentro de lo permitido para trabajar en el taller o laboratorio.

#### 1.14.3. Tabla de medición de capacitómetros

<b>CAPACIMETRO</b>			
<b>Nº</b>	<b>V. Teórico</b>	<b>V. Medido</b>	<b>Error (%)</b>
1	1000 $\mu$ F	1003,23	-0,32
2	470 $\mu$ F	469,83	0,04
3	220 $\mu$ F	222,73	-1,23
4	100 $\mu$ F	107,51	-6,99
5	47 $\mu$ F	47,03	-0,06
6	22 $\mu$ F	23,51	-6,42
7	4,7 $\mu$ F	4,79	-1,88
8	1 $\mu$ F	1,1	-9,09
9	330 nF	334,53	-1,35
10	100nF	102,34	-2,29
11	120 pF	120,43	-0,36

Tabla 2.3

En la tabla 2.3 se observa que los errores están dentro de los parámetros permitidos menor al 10% para poder medir en el momento que necesitamos.

#### 1.14.4. Resultado de continuidad

En esta medida hemos comprobado que si existe continuidad cuando la resistencia es menor a  $1\Omega$ , es por eso que cualquier tipo de alambre conectado en el medidor de continuidad es menor a  $1\Omega$  de resistencia. Una forma de probar si la continuidad funciona correctamente es solo unir los dos terminales con los mismos alambres de prueba.

#### 1.14.5. Tabla de medición de niveles bajos y altos (Punta Lógica)

PUNTA LÓGICA					
Nº	V. Teórico	V. Indicado	V. Medido	V. Indicado	Error(%)
1	0	LOW	0	LOW	0
2	0,2	LOW	0,19	LOW	5,26
3	0,4	LOW	0,38	LOW	5,26
4	0,6	LOW	0,56	LOW	7,14
5	0,8	LOW	0,78	LOW	2,56
6	1	FAIL	0,97	FAIL	3,09
7	1,2	FAIL	1,16	FAIL	3,45
8	1,4	FAIL	1,38	FAIL	1,45
9	1,6	FAIL	1,57	FAIL	1,91
10	1,8	FAIL	1,76	FAIL	2,27
11	2	HIGHT	1,95	HIGHT	2,56
12	2,2	HIGHT	2,17	HIGHT	1,38
13	2,4	HIGHT	2,36	HIGHT	1,69
14	2,6	HIGHT	2,59	HIGHT	0,39
15	2,8	HIGHT	2,77	HIGHT	1,08
16	3	HIGHT	2,96	HIGHT	1,35
17	3,2	HIGHT	3,15	HIGHT	1,59
18	3,4	HIGHT	3,37	HIGHT	0,89
19	3,6	HIGHT	3,56	HIGHT	1,12
20	3,8	HIGHT	3,75	HIGHT	1,33
21	4	HIGHT	3,97	HIGHT	0,76
22	4,2	HIGHT	4,16	HIGHT	0,96
23	4,4	HIGHT	4,39	HIGHT	0,23
24	4,6	HIGHT	4,57	HIGHT	0,66
25	4,8	HIGHT	4,76	HIGHT	0,84
26	5	HIGHT	4,99	HIGHT	0,20

Tabla 2.4

En la Tabla 2.4 observamos que el error es menor al 4% con la excepción de tres (0.2V, 0,4 y 0,6V) que es menor al 7%, por lo que el error obtenido en la medición esta dentro de lo permitido para trabajar en el taller o laboratorio. Se

ha comprobado que cualquier voltaje entre 0V y menor a 5V nos dará la lectura deseada para utilizar en el taller o laboratorio.

#### 1.14.6. Manual de usuario



Figura 2.11 Descripción del Panel Frontal

- 1.- Cable de alimentación
- 2.- Botón de encendido/apagado del Multímetro Digital.
- 3.- Botón de encendido/apagado del Multímetro Digital con batería de respaldo.
- 4.- LCD para visualización de las lecturas del Multímetro Digital.
- 5.- LED VERDE de aviso en nivel lógico bajo (Low o 0L).
- 6.- LED ROJO de aviso en nivel lógico alto (High o 1L).
- 7.- LED AMARILLO de aviso en continuidad (activando simultáneamente con un buzzer o chicharra).
- 8.- LED ROJO de aviso de batería cargando.
- 9.- Tomas de entrada para medir condensadores desde 1000uF hasta 120pF.
- 10.- Tomas de entrada para medir resistencias y continuidad.
- 11.- Tomas de entrada para medir voltaje DC hasta 35V.
- 12.- Tomas de entrada para medir niveles lógicos (Punta Lógica).

## **MODO DE USO**

1. Se conecta el cable de poder a la toma corriente de la red eléctrica pública o se enciende con la batería de respaldo.
2. Se selecciona que parámetro desea medir ya sea voltaje DC, resistencias, condensadores, continuidad o niveles lógicos en tomas de entradas diferentes.
3. Se mide el elemento o parámetro deseado y observar en el LCD.

Para cambiar la batería de respaldo se debe sacar la tapa principal desatornillando los dos tornillos que se encuentran a los dos lados. Una vez abierto destapar la caja blanca presionando a los lados en la parte central con mucho cuidado y proceder al cambio de la batería.

**NOTA:** No olvidar que para medir continuidad se debe colocar en donde se mide resistencias. Si se mide a una resistencia (elemento) y al mismo tiempo desea medir continuidad el equipo automáticamente lee la continuidad desactivando el valor de la resistencia a medirse.

### **1.15. ANÁLISIS DE COSTOS**

El análisis de costos es el proceso de identificación de los recursos necesarios para llevar a cabo la labor o proyecto del egresado, en donde se determina la calidad y cantidad de recursos necesarios. Entre otros factores, analiza el costo del proyecto en términos de dinero.

También se debe decir que los egresados suponen que cuentan con los recursos necesarios y que el costo es tan bajo que no es necesario realizar el análisis. En otras palabras pueden ocurrir dos cosas: La primera, una vez que el proyecto esté terminado teóricamente, los materiales o los dispositivos electrónicos no estén disponibles a nivel nacional, y la segunda es cuando se ha completado el proyecto sin tomar en cuenta que los dispositivos son escasos o difícil de conseguir a nivel nacional, por lo tanto es necesario realizar una importación de aquellos dispositivos no encontrados.

En este capítulo se detallarán los costos de los materiales y dispositivos utilizados en la implementación del proyecto, tomando en cuenta la

disponibilidad de los materiales y dispositivos existentes en el mercado de cualquier fabricante.

En la presente tabla se encuentran los materiales, los dispositivos y otros elementos varios que se utilizaron para la construcción del presente proyecto. Cabe señalar que todos los materiales y dispositivos se encontraron a nivel local con la excepción de la tarjeta electrónica del circuito impreso que se envió a una fábrica especializada en crear tarjeta electrónicas con calidad internacional para mejor presentación y sobre todo en sus componentes que la integran.

ITEM	CANTIDAD	ELEMENTO	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	1	ATMEGA 164P	6,00	6,00
2	1	Batería recargable de 9V	10,00	10,00
3	1	Condensadores 2200uF	0,25	0,25
4	2	Condensadores 10uF	0,10	0,20
5	4	Condensadores 100nF	0,10	0,40
6	1	Chicharra	0,35	0,35
7	1	Display 4X20	24,70	24,70
8	1	Diodo Zener 1N4733A	0,10	0,10
9	1	Diodo Rectificador	0,05	0,05
10	2	Diodo 1N4007	0,10	0,20
11	4	Diodo Led	0,10	0,40
12	1	Potenciómetro de 10KΩ	1,50	1,50
13	1	Pulsador	0,12	0,12
14	1	Regulador de voltaje L7805CV	0,40	0,40
15	1	Regulador de voltaje LM317T	0,40	0,40
16	2	Resistencias 10Ω/0.25W	0,01	0,02
17	1	Resistencia 47Ω/0.25W	0,01	0,01
18	1	Resistencia 100Ω/0.25W	0,01	0,01
19	4	Resistencias 1KΩ/0.25W	0,01	0,04
20	1	Resistencia 4.7KΩ/0.25W	0,01	0,01
21	2	Resistencias 10KΩ/0.25W	0,01	0,02
22	1	Resistencia 47KΩ/0.25W	0,01	0,01
23	3	Resistencias 100KΩ/0.25W	0,01	0,03
24	1	Resistencia 150KΩ/0.25W	0,01	0,01
25	3	Resistencias 1MΩ/0.25W	0,01	0,03
26	1	Circuito Impreso	15,00	15,00
27	7	Tblock (1-2)	0,20	1,40
28	1	Transistor 2N2907	0,07	0,07
29	1	Transistor 2N3904	0,07	0,07

<b>30</b>	1	Transistor TIP 32	0,5	0,50
<b>31</b>	1	Zócalo de 40 pines	0,15	0,15
<b>32</b>	1	Caja metálica	10,00	10,00
<b>33</b>		Varios	25,00	25,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>97,45</b>
			<b>IVA 12%</b>	<b>11,69</b>
			<b>TOTAL USD</b>	<b>109,14</b>

Tabla 2.5

En cuanto a costos un microcontrolador ATMEGA 164P es generalmente entre un 6 y un 7 % menos costoso que un microcontrolador PIC, debido a que utiliza una arquitectura RISC avanzada en donde el precio y desempeño han mejorado considerablemente. En cuanto a la tarjeta electrónica del circuito impreso puede ser menos costosa producida en gran cantidad; por lo tanto disminuirá su valor. Realizando estos cambios y otros podemos disminuir el costo en un 20%, es decir menos de 15 dólares al subtotal de la tabla 2.5 logrando así abaratar costos.

## CAPÍTULO 3

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 1.16. CONCLUSIONES

- Los elementos utilizados en la construcción del multímetro digital como resistencias, diodos, transistores, condensadores, leds, rectificadores y reguladores de voltaje se acoplan perfectamente para el funcionamiento del multímetro digital, pero eso si no olvidar las características de los mismos para utilizarlos dependiendo del voltaje o corriente deseados para su funcionamiento.
- Todos los microcontroladores tienen la misma arquitectura harvard pero su programación se basa en diferentes programas existentes en el mercado, es por eso que se eligió el microcontrolador AVR (ATMEGA 164P) programado en Bascom-AVR ya que brinda una mejor programación con librerías para su rápido entendimiento.
- Referente a costos está dentro de un valor accesible para la construcción del sistema de medición. Los costos muy bien puede asumir la persona, empresa o institución que desee implementar la fabricación de este producto ya que son elementos y materiales que se lo puede encontrar localmente.
- Para medir voltajes, resistencias y continuidad se basa simplemente en un divisor de voltaje en donde el microcontrolador detecta las variaciones de voltaje para convertir o establecer por medio de la programación el valor de voltaje, resistencia y continuidad. En cambio para medir condensadores se base en que tiempo se demora en cargarse el condensador hasta los 2V en forma lineal, luego del cual esa información es procesada en el microcontrolador para obtener el valor del condensador. Finalmente para medir niveles lógicos (altos y bajos) solo es la detección de voltajes que están dentro de los niveles bajos de 0V a menor que 1V (0L) y los niveles altos de mayor que 2V y menores que 5V (1L), si están entre mayor o igual que 1V y menor que 2v son considerados como valores indeterminados.

- Para la visualización de las lecturas medidas se optó por un Display de Cristal Líquido (LCD) de 20x4 (columna - fila) debido a su gran espacio para indicar específicamente las cinco lecturas, además facilita la conectividad con cualquier microcontrolador existente en el mercado, ya que su manejo es más sencillo en comparación con los displays de 7 segmentos. Este LCD cumple con todas las características necesarias para este proyecto y con el programa.
- Las pruebas obtenidas por el multímetro digital dan constancia que es un equipo de confianza ya que está dentro de los rangos permitidos en las cinco lecturas medidas como se puede observar en las tablas de valores.
- Para cada medición tiene una limitación por lo tanto los microcontroladores tienen sus limitantes en este tipo de proyecto u otros proyectos, especialmente cuando se trata de medir condensadores menores en el orden de los picofaradios.

### **1.17. RECOMENDACIONES**

- Para tener una lectura o valor de los condensadores más precisa debemos solo enfocarnos en este tipo de medición y evaluar cómo afecta una resistencia de mayor valor en vez de  $1\text{M}\Omega$  colocando una resistencia de  $10\text{M}\Omega$  o con circuitos adicionales para que interactúe con el microcontrolador mediante software programarlo y calibrarlo.
- Es interesante también añadir al sistema de medición el voltaje AC lo cual se logra tener un multímetro más completo en el taller o laboratorio de cualquier institución.
- Realizar un estudio de producción y de costos para saber si el multímetro digital se lo puede comercializar o no, con el fin de hacer llegar aparatos de este tipo a lugares que lo puedan adquirir a un costo más cómodo en el caso de las escuelas o colegios lejanos.
- Para tener una lectura sin errores al momento de medir voltaje DC se recomienda colocar en el óhmetro una resistencia de  $10\Omega$  para evitar el voltaje que interfiere en la medición al momento de encender el multímetro digital.



## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA

Lowenberg, E. (1967), Teoría y problemas de circuitos electrónicos, (McGRAW-HILL, México).

Malvino, A. Bates, D. (2007), Principios de Electrónica (McGRAW-HILL, España).

Zbar.Malvino.Miller (7 Edición), Practicas de Electrónica.

Ramiro Valencia B. (Lenguaje Basic), Aplicaciones Electrónicas con Microcontroladores AVR, Bascom AVR.

### REFERENCIA

<http://www.misrespuestas.com/que-es-un-voltmetro.html>

<http://www.monografias.com/trabajos60/instrumentos-electricos-medicion/instrumentos-electricos-medicion2.shtml>

<http://www.angelfire.com/al2/Comunicaciones/Laboratorio/medidor.html>

[http://diec.unizar.es/~barragan/libroABEL\\_archivos/p6\\_7.pdf](http://diec.unizar.es/~barragan/libroABEL_archivos/p6_7.pdf)

[http://html.rincondelvago.com/multimetros\\_voltmetro-amperimetro-galvanometro.html](http://html.rincondelvago.com/multimetros_voltmetro-amperimetro-galvanometro.html)

[http://www.nosso.com.ar/spanish/tech\\_topics/testers.php](http://www.nosso.com.ar/spanish/tech_topics/testers.php)

<http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93hmetro>

<http://www.heurema.com/PDF23.htm>

<http://www.scribd.com/doc/5870085/cap6-AMPERIMETRO-VOLTIMETRO-OHMETRO-y-MULTIMETRO>

<http://www.webelectronica.com.ar/news27/nota07.htm>

[http://fisica.udea.edu.co/~lab-gicm/2009\\_electronica/2009\\_Capacimetro\\_dise%F1o.pdf](http://fisica.udea.edu.co/~lab-gicm/2009_electronica/2009_Capacimetro_dise%F1o.pdf)

<http://www.cablofil.es/content.aspx?page=119&section=12&language=14>

<http://www.sertec.com.py/telergia/telergia/informaciones/ohmetro2.html>

<http://www.pablin.com.ar/electron/circuito/instlab/ptalogic/index.htm>

<http://www.electronicafacil.net/circuitos/Punta-logica-TTL.html>

<http://www.icabots.com/foro/index.php?topic=59.0>

<http://www.alu.us.es/a/amaluqsen/Transformadores.doc>

<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesbahiadecadiz/pdf/electr/cesarsanchez/modulo8/tema8.pdf>

[http://html.rincondelvago.com/reguladores-de-tension\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/reguladores-de-tension_1.html)

[http://www.unicrom.com/Tut\\_LM317.asp](http://www.unicrom.com/Tut_LM317.asp)

<http://enciclopedia.us.es/index.php/Transistor>

[http://creaweb.ei.uvigo.es/creaweb/Asignaturas/STR/apuntes/tema\\_8\\_microcontroladores.pdf](http://creaweb.ei.uvigo.es/creaweb/Asignaturas/STR/apuntes/tema_8_microcontroladores.pdf)

<http://www.monografias.com/trabajos12/microco/microco.shtml>

[http://www.lulu.com/items/volume\\_38/588000/588200/1/print/SESION\\_1\\_ATMEGA8.pdf](http://www.lulu.com/items/volume_38/588000/588200/1/print/SESION_1_ATMEGA8.pdf)

<http://www.mouser.com/catalog/catalogUSD/640/193.pdf>

<http://www.terra.es/personal/lrmon/cat/articles/evin0121.htm>

<http://es.wikipedia.org/wiki/LCD>

<http://www.e-merchan.com/pub/disssc4a20dlgy.pdf>

## **ANEXOS**

Este anexo contiene copias de hojas de datos representativos para diodos, transistores, reguladores de voltaje y del microcontrolador AVR. La información es tomada de los manuales de datos de los fabricantes y presenta información seleccionada con el fin de dar una muestra de los datos disponibles.

### **CONTENIDO**

#### **ANEXO 1**

DIODO 1N4007

#### **ANEXO 2**

DIODO ZENER 1N4733A

#### **ANEXO 3**

REGULADOR DE VOLTAJE POSITIVO FIJO L7805CV

#### **ANEXO 4**

REGULADOR DE VOLTAJE AJUSTABLE LM317T

#### **ANEXO 5**

TRANSISTOR 2N2907

#### **ANEXO 6**

TRANSISTOR 2N3904

#### **ANEXO 7**

TRANSISTOR TIP32

#### **ANEXO 8**

MICROCONTROLADOR ATMEGA 164P

#### **ANEXO 9**

SOFTWARE DE CONTROL

## ANEXO 1

## A1-1

## DIODO 1N4007

## Mechanical Characteristics

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 0.4 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 220°C Max. for 10 Seconds, 1/16" from case
- Shipped in plastic bags, 1000 per bag.
- Available Tape and Reeled, 5000 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band
- Marking: 1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

## MAXIMUM RATINGS

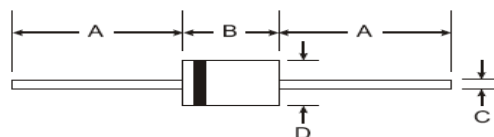
Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
*Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	$V_{RRM}$ $V_{RWM}$ $V_R$	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
*Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (halfwave, single phase, 60 Hz)	$V_{RSM}$	60	120	240	480	720	1000	1200	Volts
*RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	Volts
*Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, see Figure 8, $T_A = 75^\circ\text{C}$ )	$I_O$	1.0							Amp
*Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions, see Figure 2)	$I_{FSM}$	30 (for 1 cycle)							Amp
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J$ $T_{stg}$	- 65 to +175							$^\circ\text{C}$

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS\*

Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop ( $i_F = 1.0$ Amp, $T_J = 25^\circ\text{C}$ ) Figure 1	$v_F$	0.93	1.1	Volts
Maximum Full-Cycle Average Forward Voltage Drop ( $I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$ , 1 inch leads)	$V_{F(AV)}$	—	0.8	Volts
Maximum Reverse Current (rated dc voltage) ( $T_J = 25^\circ\text{C}$ ) ( $T_J = 100^\circ\text{C}$ )	$I_R$	0.05 1.0	10 50	$\mu\text{A}$
Maximum Full-Cycle Average Reverse Current ( $I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$ , 1 inch leads)	$I_{R(AV)}$	—	30	$\mu\text{A}$

## Features

- Diffused Junction
- High Current Capability and Low Forward Voltage Drop
- Surge Overload Rating to 30A Peak
- Low Reverse Leakage Current
- Plastic Material: UL Flammability Classification Rating 94V-0



## Mechanical Data

- Case: Molded Plastic
- Terminals: Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Weight: DO-41 0.30 grams (approx)  
A-405 0.20 grams (approx)
- Mounting Position: Any
- Marking: Type Number

Dim	DO-41 Plastic		A-405	
	Min	Max	Min	Max
A	25.40	—	25.40	—
B	4.06	5.21	4.10	5.20
C	0.71	0.864	0.53	0.64
D	2.00	2.72	2.00	2.70

All Dimensions in mm

"L" Suffix Designates A-405 Package  
No Suffix Designates DO-41 Package

## ANEXO 2

## A2-1

## DIODO ZENER 1N4733A

## Absolute Maximum Rating\*

TA = 25°C unless otherwise noted

Parameter	Value	Units
Storage Temperature Range	-65 to +200	°C
Maximum Junction Operating Temperature	+ 200	°C
Lead Temperature (1/16" from case for 10 seconds)	+ 230	°C
Total Device Dissipation	1.0	W
Derate above 25°C	6.67	mW/°C
Surge Power**	10	W

\*These ratings are limiting values above which the serviceability of the diode may be impaired.

\*\*Non-recurrent square wave PW= 8.3 ms, TA= 55 degrees C.

## NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 200 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

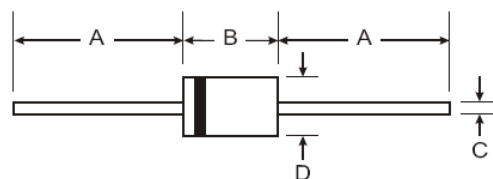
## Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Device	V <sub>Z</sub> (V)	Z <sub>Z</sub> (Ω) @	I <sub>ZT</sub> (mA)	Z <sub>ZK</sub> (Ω) @	I <sub>ZK</sub> (mA)	V <sub>R</sub> (V) @	I <sub>R</sub> (μA)	I <sub>SURGE</sub> (mA)	I <sub>ZM</sub> (mA)
1N4733A	5.1	7.0	49	550	1.0	1.0	10	890	178
V <sub>F</sub> Forward Voltage = 1.2 V Maximum @ I <sub>F</sub> = 200 mA for all 1N4700 series									

## Features

- 1.0 Watt Power Dissipation
- 3.3V - 100V Nominal Zener Voltage
- Standard V<sub>Z</sub> Tolerance is 5%



## Mechanical Data

- Case: DO-41, Glass
- Terminals: Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Marking: Type Number
- Approx. Weight: 0.35 grams

DO-41 Glass		
Dim	Min	Max
A	25.40	—
B	—	4.70
C	—	0.863
D	—	2.71
All Dimensions in mm		

## ANEXO 3

## A3-1

## REGULADOR DE VOLTAJE POSITIVO FIJO L7805CV

## description/ordering information

This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of applications. These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. Each of these regulators can deliver up to 1.5 A of output current. The internal current-limiting and thermal-shutdown features of these regulators essentially make them immune to overload. In addition to use as fixed-voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents, and also can be used as the power-pass element in precision regulators.

absolute maximum ratings over virtual junction temperature range (unless otherwise noted)<sup>†</sup>

Input voltage, $V_I$ : $\mu$ A7824C .....	40 V
All others .....	35 V
Operating virtual junction temperature, $T_J$ .....	150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds .....	260°C
Storage temperature range, $T_{stg}$ .....	-65°C to 150°C

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

## recommended operating conditions

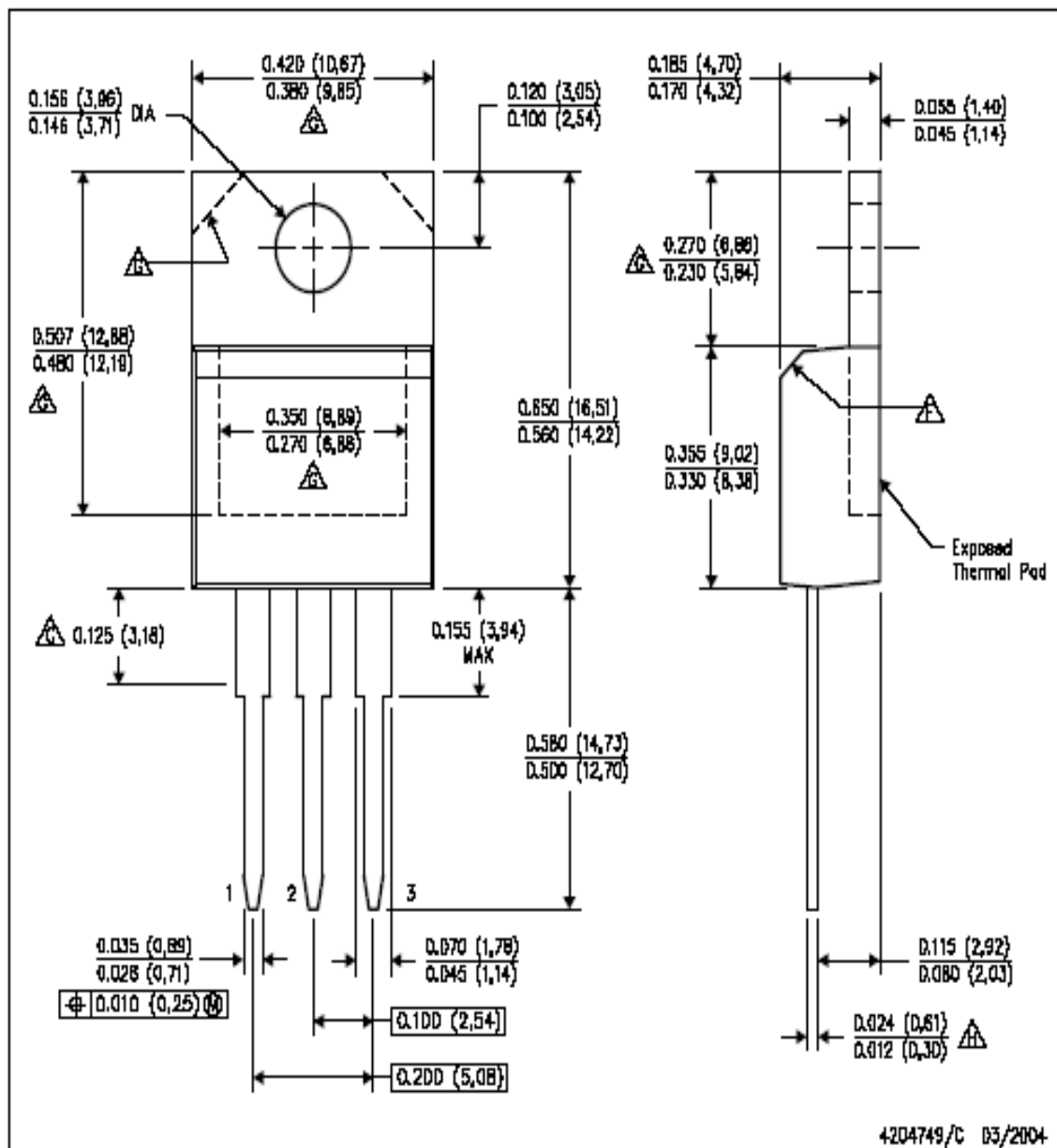
		MIN	MAX	UNIT
$V_I$ Input voltage	$\mu$ A7805C	7	25	V
	$\mu$ A7808C	10.5	25	
	$\mu$ A7810C	12.5	28	
	$\mu$ A7812C	14.5	30	
	$\mu$ A7815C	17.5	30	
	$\mu$ A7824C	27	38	
$I_O$ Output current		1.5	A	
$T_J$ Operating virtual junction temperature	$\mu$ A7800C series	0	125	°C

electrical characteristics at specified virtual junction temperature,  $V_I = 10$  V,  $I_O = 500$  mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_J$ <sup>†</sup>	$\mu$ A7805C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$I_O = 5$ mA to 1 A, $V_I = 7$ V to 20 V, $P_D \leq 15$ W	25°C	4.8	5	5.2	V
		0°C to 125°C	4.75		5.25	
Input voltage regulation	$V_I = 7$ V to 25 V	25°C		3	100	mV
	$V_I = 8$ V to 12 V			1	50	
Ripple rejection	$V_I = 8$ V to 18 V, $f = 120$ Hz	0°C to 125°C	62	78		dB
Output voltage regulation	$I_O = 5$ mA to 1.5 A	25°C		15	100	mV
	$I_O = 250$ mA to 750 mA			5	50	
Output resistance	$f = 1$ kHz	0°C to 125°C	0.017			$\Omega$
Temperature coefficient of output voltage	$I_O = 5$ mA	0°C to 125°C	-1.1			mV/°C
Output noise voltage	$f = 10$ Hz to 100 kHz	25°C		40		$\mu$ V
Dropout voltage	$I_O = 1$ A	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.2	8	mA
Bias current change	$V_I = 7$ V to 25 V	0°C to 125°C			1.3	mA
	$I_O = 5$ mA to 1 A				0.5	
Short-circuit output current		25°C		750		mA
Peak output current		25°C		2.2		A

<sup>†</sup> Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33- $\mu$ F capacitor across the input and a 0.1- $\mu$ F capacitor across the output.

## A3-2



- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
  - This drawing is subject to change without notice.
  - Lead dimensions are not controlled within this area.
  - All lead dimensions apply before solder dip.
  - The center lead is in electrical contact with the mounting tab.
  - The chamfer is optional.
  - Thermal pad contour optional within these dimensions.
  - Falls within JEDEC TU-220 variation AB, except minimum lead thickness.

## ANEXO 4

## A4-1

## REGULADOR DE VOLTAJE AJUSTABLE LM317T

## DESCRIPTION/ORDERING INFORMATION

The LM317 is an adjustable three-terminal positive-voltage regulator capable of supplying more than 1.5 A over an output-voltage range of 1.25 V to 37 V. It is exceptionally easy to use and requires only two external resistors to set the output voltage. Furthermore, both line and load regulation are better than standard fixed regulators.

In addition to having higher performance than fixed regulators, this device includes on-chip current limiting, thermal overload protection, and safe operating-area protection. All overload protection remains fully functional, even if the ADJUST terminal is disconnected.

The LM317 is versatile in its applications, including uses in programmable output regulation and local on-card regulation. Or, by connecting a fixed resistor between the ADJUST and OUTPUT terminals, the LM317 can function as a precision current regulator. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The ADJUST terminal can be bypassed to achieve very high ripple-rejection ratios, which are difficult to achieve with standard three-terminal regulators.

Absolute Maximum Ratings<sup>(1)</sup>

over virtual junction temperature range (unless otherwise noted)

	MIN	MAX	UNIT
$V_I - V_O$ Input-to-output differential voltage		40	V
$T_J$ Operating virtual junction temperature		150	°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 in) from case for 10 s		260	°C
$T_{stg}$ Storage temperature range	-65	150	°C

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

## Electrical Characteristics

over recommended ranges of operating virtual junction temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>(1)</sup>		MIN	TYP	MAX	UNIT	
Line regulation <sup>(2)</sup>	$V_I - V_O = 3\text{ V to }40\text{ V}$		$T_J = 25^\circ\text{C}$		0.01	0.04	%/V
			$T_J = 0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$		0.02	0.07	
Load regulation	$I_O = 10\text{ mA to }1500\text{ mA}$	$C_{ADJ} = 10\ \mu\text{F}$ , <sup>(3)</sup> $T_J = 25^\circ\text{C}$	$V_O \leq 5\text{ V}$		25	mV	
			$V_O \geq 5\text{ V}$		0.1	0.5	% $V_O$
		$T_J = 0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	$V_O \leq 5\text{ V}$		20	70	mV
			$V_O \geq 5\text{ V}$		0.3	1.5	% $V_O$
Thermal regulation	20-ms pulse, $T_J = 25^\circ\text{C}$			0.03	0.07	% $V_O$ /W	
ADJUST terminal current				50	100	$\mu\text{A}$	
Change in ADJUST terminal current	$V_I - V_O = 2.5\text{ V to }40\text{ V}$ , $P_D \leq 20\text{ W}$ , $I_O = 10\text{ mA to }1500\text{ mA}$			0.2	5	$\mu\text{A}$	
Reference voltage	$V_I - V_O = 3\text{ V to }40\text{ V}$ , $P_D \leq 20\text{ W}$ , $I_O = 10\text{ mA to }1500\text{ mA}$		1.2	1.25	1.3	V	
Output-voltage temperature stability	$T_J = 0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$			0.7		% $V_O$	
Minimum load current to maintain regulation	$V_I - V_O = 40\text{ V}$			3.5	10	mA	
Maximum output current	$V_I - V_O \leq 15\text{ V}$ ,	$P_D < P_{MAX}$ <sup>(4)</sup>	1.5	2.2		A	
	$V_I - V_O \leq 40\text{ V}$ ,	$P_D < P_{MAX}$ <sup>(4)</sup> , $T_J = 25^\circ\text{C}$	0.15	0.4			
RMS output noise voltage (% of $V_O$ )	$f = 10\text{ Hz to }10\text{ kHz}$ , $T_J = 25^\circ\text{C}$			0.003		% $V_O$	
Ripple rejection	$V_O = 10\text{ V}$ ,	$f = 120\text{ Hz}$	$C_{ADJ} = 0\ \mu\text{F}$ <sup>(3)</sup>		57	dB	
			$C_{ADJ} = 10\ \mu\text{F}$ <sup>(3)</sup>	62	64		
Long-term stability	$T_J = 25^\circ\text{C}$			0.3	1	%/1k hr	

(1) Unless otherwise noted, the following test conditions apply:  $|V_I - V_O| = 5\text{ V}$  and  $I_{O\text{MAX}} = 1.5\text{ A}$ ,  $T_J = 0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$ . Pulse testing techniques are used to maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible.

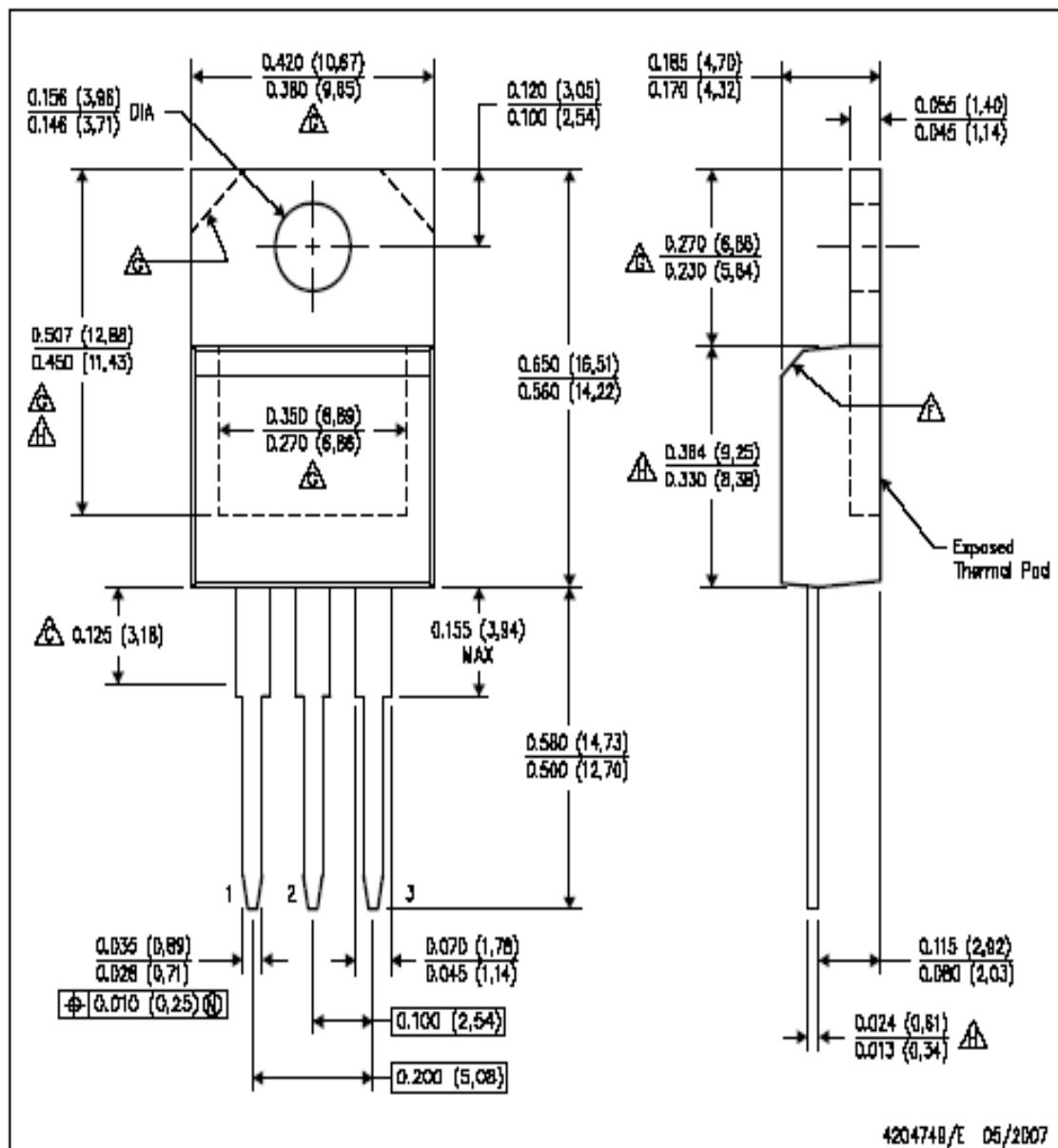
(2) Line regulation is expressed here as the percentage change in output voltage per 1-V change at the input.

(3)  $C_{ADJ}$  is connected between the ADJUST terminal and GND.

(4) Maximum power dissipation is a function of  $T_J(\text{max})$ ,  $\theta_{JA}$ , and  $T_A$ . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is  $P_D = (T_J(\text{max}) - T_A)/\theta_{JA}$ . Operating at the absolute maximum  $T_J$  of  $150^\circ\text{C}$  can affect reliability.



## A4-2



- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
  - This drawing is subject to change without notice.
  - Lead dimensions are not controlled within this area.
  - All lead dimensions apply before solder dip.
  - The center lead is in electrical contact with the mounting tab.
  - The chamfer is optional.
  - Thermal pad contour optional within these dimensions.
  - Falls within JEDEC TO-220 variation AB, except minimum lead thickness, minimum exposed pad length, and maximum body length.

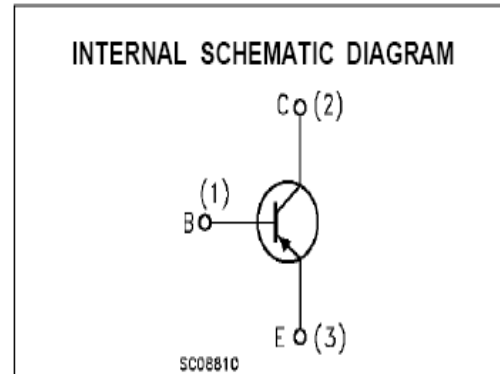
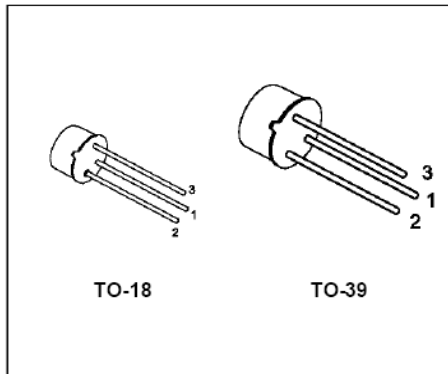
## ANEXO 5

## A5-1

## TRANSISTOR 2N2907

## Description

The 2N2905 and 2N2907 are silicon planar epitaxial PNP transistors in Jedec TO-39 (for 2N2905) and in Jedec TO-18 (for 2N2907) metal case. They are designed for high speed saturated switching and general purpose application.



## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{CB0}$	Collector-Base Voltage ( $I_E = 0$ )	-60	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage ( $I_B = 0$ )	-40	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage ( $I_C = 0$ )	-5	V
$I_C$	Collector Current	-0.6	A
$P_{tot}$	Total Dissipation at $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$ for <b>2N2905</b> for <b>2N2907</b> at $T_{case} \leq 25^\circ\text{C}$ for <b>2N2905</b> for <b>2N2907</b>	0.6	W
		0.4	W
		3	W
		1.8	W
$T_{stg}$	Storage Temperature	-65 to 200	$^\circ\text{C}$
$T_j$	Max. Operating Junction Temperature	200	$^\circ\text{C}$

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

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current ( $I_E = 0$ )	$V_{CB} = -50\text{ V}$			-20	nA
		$V_{CB} = -50\text{ V}$ $T_{case} = 150^\circ\text{C}$			-20	$\mu\text{A}$
$I_{CEX}$	Collector Cut-off Current ( $V_{BE} = -0.5\text{V}$ )	$V_{CE} = -30\text{ V}$			-50	nA
$I_{BEX}$	Base Cut-off Current ( $V_{BE} = -0.5\text{V}$ )	$V_{CE} = -30\text{ V}$			-50	nA
$V_{(BR)CBO}^*$	Collector-Base Breakdown Voltage ( $I_E = 0$ )	$I_C = -10\ \mu\text{A}$	-60			V
$V_{(BR)CEO}^*$	Collector-Emitter Breakdown Voltage ( $I_B = 0$ )	$I_C = -10\ \text{mA}$	-40			V
$V_{(BR)EBO}^*$	Emitter-Base Breakdown Voltage ( $I_C = 0$ )	$I_E = -10\ \mu\text{A}$	-5			V

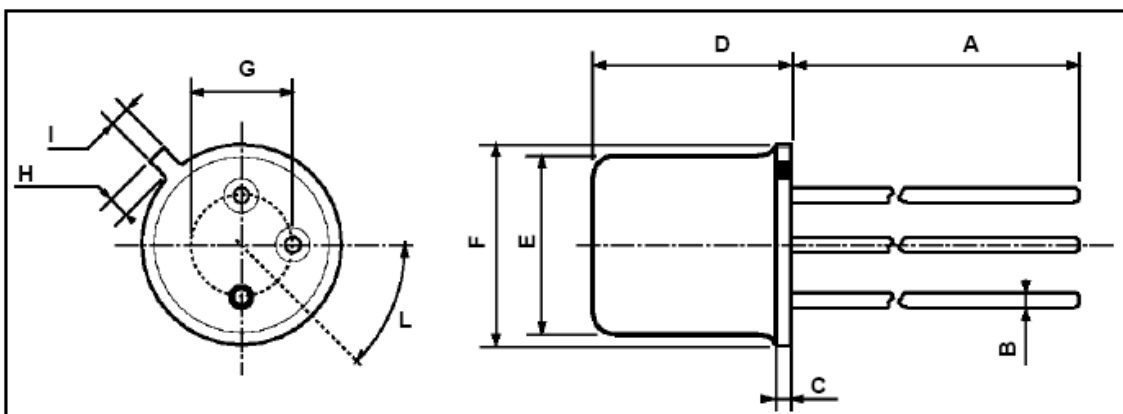
## A5-2

$V_{CE(sat)}^*$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = -150 \text{ mA}$ $I_C = -500 \text{ mA}$	$I_B = -15 \text{ mA}$ $I_B = -50 \text{ mA}$			-0.4 -1.6	V V
$V_{BE(sat)}^*$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = -150 \text{ mA}$ $I_C = -500 \text{ mA}$	$I_B = -15 \text{ mA}$ $I_B = -50 \text{ mA}$			-1.3 -2.6	V V
$h_{FE}^*$	DC Current Gain	$I_C = -0.1 \text{ mA}$ $I_C = -1 \text{ mA}$ $I_C = -10 \text{ mA}$ $I_C = -150 \text{ mA}$ $I_C = -500 \text{ mA}$	$V_{CE} = -10 \text{ V}$ $V_{CE} = -10 \text{ V}$ $V_{CE} = -10 \text{ V}$ $V_{CE} = -10 \text{ V}$ $V_{CE} = -10 \text{ V}$	35 50 75 100 30		300	
$f_T$	Transition Frequency	$V_{CE} = -20 \text{ V}$ $I_C = -50 \text{ mA}$	$f = 100 \text{ MHz}$	200			MHz
$C_{EBO}$	Emitter Base Capacitance	$I_C = 0$	$V_{EB} = -2 \text{ V}$	$f = 1 \text{ MHz}$		30	pF
$C_{CBO}$	Collector Base Capacitance	$I_E = 0$	$V_{CB} = -10 \text{ V}$	$f = 1 \text{ MHz}$		8	pF
$t_d$	Delay Time	$V_{CC} = -30 \text{ V}$ $I_{B1} = -15 \text{ mA}$	$I_C = -150 \text{ mA}$			10	ns
$t_r$	Rise Time	$V_{CC} = -30 \text{ V}$ $I_{B1} = -15 \text{ mA}$	$I_C = -150 \text{ mA}$			40	ns
$t_s$	Storage Time	$V_{CC} = -6 \text{ V}$ $I_{B1} = -I_{B2} = -15 \text{ mA}$	$I_C = -150 \text{ mA}$			80	ns
$t_f$	Fall Time	$V_{CC} = -6 \text{ V}$ $I_{B1} = -I_{B2} = -15 \text{ mA}$	$I_C = -150 \text{ mA}$			30	ns

\* Pulsed: Pulse duration = 300  $\mu\text{s}$ , duty cycle  $\leq 1\%$

## TO-18 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A		12.7			0.500	
B			0.49			0.019
D			5.3			0.208
E			4.9			0.193
F			5.8			0.228
G	2.54			0.100		
H			1.2			0.047
I			1.16			0.045
L	45°			45°		



## ANEXO 6

## A6-1

## TRANSISTOR 2N3904

## NPN General Purpose Amplifier

This device is designed as a general purpose amplifier and switch. The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.

## Absolute Maximum Ratings\*

 $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage	40	V
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage	60	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	6.0	V
$I_C$	Collector Current - Continuous	200	mA
$T_J, T_{stg}$	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

\* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

## NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

## Electrical Characteristics

 $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>					
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1.0 \text{ mA}, I_B = 0$	40		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \mu\text{A}, I_E = 0$	60		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10 \mu\text{A}, I_C = 0$	6.0		V
$I_{BL}$	Base Cutoff Current	$V_{CE} = 30 \text{ V}, V_{EB} = 3 \text{ V}$		50	nA
$I_{CEX}$	Collector Cutoff Current	$V_{CE} = 30 \text{ V}, V_{EB} = 3 \text{ V}$		50	nA
<b>ON CHARACTERISTICS*</b>					
$h_{FE}$	DC Current Gain	$I_C = 0.1 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 50 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 100 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$	40 70 100 60 30	300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$		0.2 0.3	V V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$	0.65	0.85 0.95	V V
<b>SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS</b>					
$f_T$	Current Gain - Bandwidth Product	$I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 20 \text{ V},$ $f = 100 \text{ MHz}$	300		MHz
$C_{obo}$	Output Capacitance	$V_{CB} = 5.0 \text{ V}, I_E = 0,$ $f = 1.0 \text{ MHz}$		4.0	pF
$C_{ibo}$	Input Capacitance	$V_{EB} = 0.5 \text{ V}, I_C = 0,$ $f = 1.0 \text{ MHz}$		8.0	pF
NF	Noise Figure	$I_C = 100 \mu\text{A}, V_{CE} = 5.0 \text{ V},$ $R_g = 1.0 \text{ k}\Omega, f = 10 \text{ Hz to } 15.7 \text{ kHz}$		5.0	dB
<b>SWITCHING CHARACTERISTICS</b>					
$t_d$	Delay Time	$V_{CC} = 3.0 \text{ V}, V_{BE} = 0.5 \text{ V},$		35	ns
$t_r$	Rise Time	$I_C = 10 \text{ mA}, I_{B1} = 1.0 \text{ mA}$		35	ns
$t_s$	Storage Time	$V_{CC} = 3.0 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}$		200	ns
$t_f$	Fall Time	$I_{B1} = I_{B2} = 1.0 \text{ mA}$		50	ns

\* Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300 \mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$

A6-2

TO-92 (FS PKG Code 92, 94, 96)



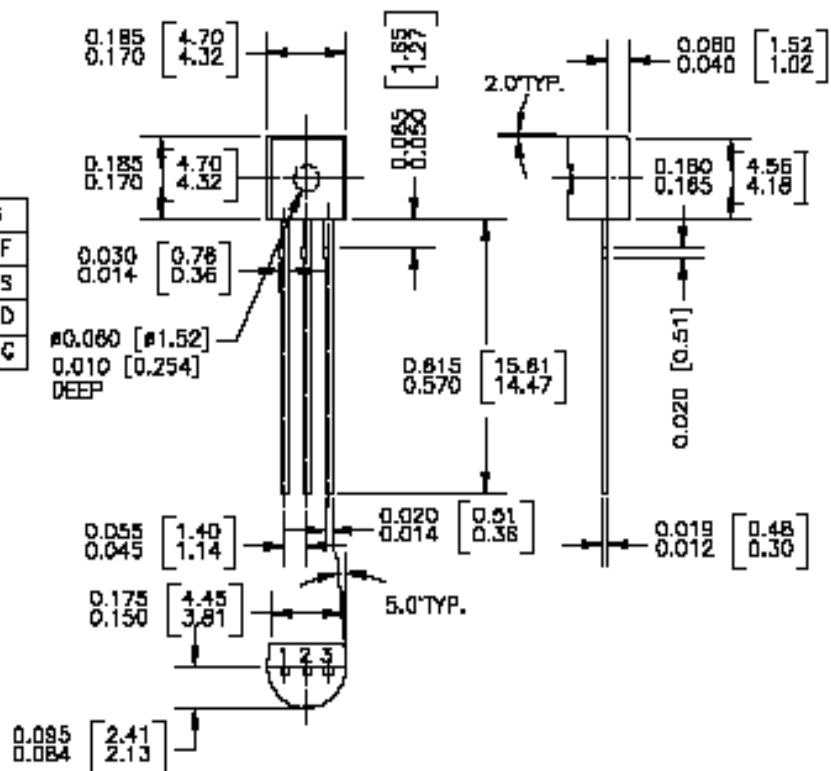
Scale 1:1 on letter size paper

Dimensions shown below are in:  
Inches [millimeters]

Part Weight per unit (gram): 0.1977

TO-92 (92,94,96)

PIN	92		94		96	
	B	F	B	F	B	F
1	E	D	E	D	B	S
2	B	S	C	G	E	D
3	C	G	B	S	C	G



## ANEXO 7

## A7-1

## TRANSISTOR TIP32

TIP31 series (NPN) & TIP32 series (PNP) are complementary silicon power transistor designed for power amplifiers and switching applications.

## absolute maximum ratings at 25°C case temperature (unless otherwise noted)

RATING		SYMBOL	VALUE	UNIT
Collector-base voltage ( $I_E = 0$ )	TIP32	$V_{CBO}$	-80	V
	TIP32A		-100	
	TIP32B		-120	
	TIP32C		-140	
Collector-emitter voltage ( $I_B = 0$ )	TIP32	$V_{CEO}$	-40	V
	TIP32A		-60	
	TIP32B		-80	
	TIP32C		-100	
Emitter-base voltage		$V_{EBO}$	-5	V
Continuous collector current		$I_C$	-3	A
Peak collector current (see Note 1)		$I_{CM}$	-5	A
Continuous base current		$I_B$	-1	A
Continuous device dissipation at (or below) 25°C case temperature (see Note 2)		$P_{tot}$	40	W
Continuous device dissipation at (or below) 25°C free air temperature (see Note 3)		$P_{tot}$	2	W
Unclamped inductive load energy (see Note 4)		$\frac{1}{2}LI_C^2$	32	mJ
Operating junction temperature range		$T_j$	-65 to +150	°C
Storage temperature range		$T_{stg}$	-65 to +150	°C
Lead temperature 3.2 mm from case for 10 seconds		$T_L$	250	°C

- NOTES: 1. This value applies for  $t_p \leq 0.3$  ms, duty cycle  $\leq 10\%$ .  
 2. Derate linearly to 150°C case temperature at the rate of 0.32 W/°C.  
 3. Derate linearly to 150°C free air temperature at the rate of 16 mW/°C.  
 4. This rating is based on the capability of the transistor to operate safely in a circuit of:  $L = 20$  mH,  $I_{B(on)} = -0.4$  A,  $R_{BE} = 100$   $\Omega$ ,  $V_{BE(off)} = 0$ ,  $R_S = 0.1$   $\Omega$ ,  $V_{CC} = -20$  V.

## electrical characteristics at 25°C case temperature

PARAMETER	TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{(BR)CEO}$ Collector-emitter breakdown voltage	$I_C = -30$ mA (see Note 5)	$I_B = 0$	TIP32 TIP32A TIP32B TIP32C	-40 -60 -80 -100		V
$I_{CES}$ Collector-emitter cut-off current	$V_{CE} = -80$ V $V_{CE} = -100$ V $V_{CE} = -120$ V $V_{CE} = -140$ V	$V_{BE} = 0$ $V_{BE} = 0$ $V_{BE} = 0$ $V_{BE} = 0$	TIP32 TIP32A TIP32B TIP32C		-0.2 -0.2 -0.2 -0.2	mA
$I_{CEO}$ Collector cut-off current	$V_{CE} = -30$ V $V_{CE} = -60$ V	$I_B = 0$ $I_B = 0$	TIP32/32A TIP32B/32C		-0.3 -0.3	mA
$I_{EBO}$ Emitter cut-off current	$V_{EB} = -5$ V	$I_C = 0$			-1	mA
$h_{FE}$ Forward current transfer ratio	$V_{CE} = -4$ V $V_{CE} = -4$ V	$I_C = -1$ A $I_C = -3$ A	(see Notes 5 and 6)	25 10	50	
$V_{CE(sat)}$ Collector-emitter saturation voltage	$I_B = -375$ mA	$I_C = -3$ A	(see Notes 5 and 6)		-1.2	V
$V_{BE}$ Base-emitter voltage	$V_{CE} = -4$ V	$I_C = -3$ A	(see Notes 5 and 6)		-1.8	V
$h_{fe}$ Small signal forward current transfer ratio	$V_{CE} = -10$ V	$I_C = -0.5$ A	$f = 1$ kHz	20		
$ h_{fe} $ Small signal forward current transfer ratio	$V_{CE} = -10$ V	$I_C = -0.5$ A	$f = 1$ MHz	3		

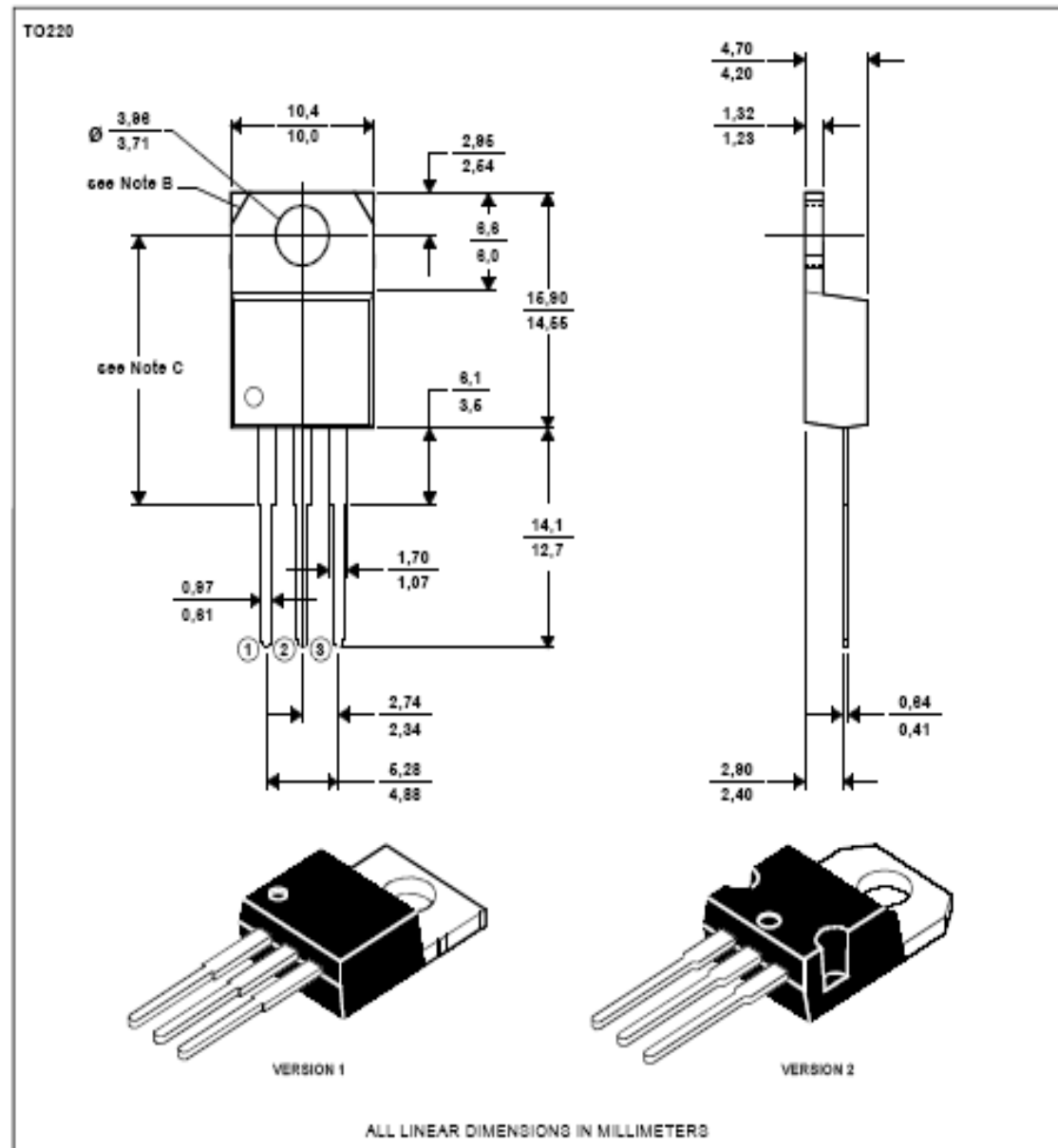
- NOTES: 5. These parameters must be measured using pulse techniques,  $t_p = 300$   $\mu$ s, duty cycle  $\leq 2\%$ .  
 6. These parameters must be measured using voltage-sensing contacts, separate from the current carrying contacts.

## A7-2

## TO-220

## 3-pin plastic flange-mount package

This single-in-line package consists of a circuit mounted on a lead frame and encapsulated within a plastic compound. The compound will withstand soldering temperature with no deformation, and circuit performance characteristics will remain stable when operated in high humidity conditions. Leads require no additional cleaning or processing when used in soldered assembly.



- NOTES: A. The centre pin is in electrical contact with the mounting tab.  
 B. Mounting tab corner profile according to package version.  
 C. Typical fixing hole centre stand off height according to package version.  
 Version 1, 18.0 mm. Version 2, 17.6 mm.

MDXXBE

## MICROCONTROLADOR ATMEGA 164P

### Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 16/32/64K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 512B/1K/2K Bytes EEPROM
  - 1/2/4K Bytes Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/ 100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - Differential mode with selectable gain at 1x, 10x or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Two Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 1.8 - 5.5V for ATmega164P/324P/644PV
  - 2.7 - 5.5V for ATmega164P/324P/644P
- Speed Grades
  - ATmega164P/324P/644PV: 0 - 4MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10MHz @ 2.7 - 5.5V
  - ATmega164P/324P/644P: 0 - 10MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega164P/324P/644P
  - Active: 0.4 mA
  - Power-down Mode: 0.1µA
  - Power-save Mode: 0.6µA (Including 32 kHz RTC)



## 22. ADC - Analog-to-digital Converter

### 22.1 Features

- 10-bit Resolution
- 0.5 LSB Integral Non-linearity
- $\pm 2$  LSB Absolute Accuracy
- 13 - 260  $\mu$ s Conversion Time
- Up to 15 kSPS at Maximum Resolution
- 8 Multiplexed Single Ended Input Channels
- Differential mode with selectable gain at 1x, 10x or 200x
- Optional Left adjustment for ADC Result Readout
- 0 -  $V_{CC}$  ADC Input Voltage Range
- 2.7 -  $V_{CC}$  Differential ADC Voltage Range
- Selectable 2.56V or 1.1V ADC Reference Voltage
- Free Running or Single Conversion Mode
- ADC Start Conversion by Auto Triggering on Interrupt Sources
- Interrupt on ADC Conversion Complete
- Sleep Mode Noise Canceler

Note: 1. The differential input channels are not tested for devices in PDIP Package. This feature is only guaranteed to work for devices in TQFP and QFN/MLF Packages.

### 22.2 Overview

The ATmega164P/324P/644P features a 10-bit successive approximation ADC. The ADC is connected to an 8-channel Analog Multiplexer which allows 8 single-ended voltage inputs constructed from the pins of Port A. The single-ended voltage inputs refer to 0V (GND).

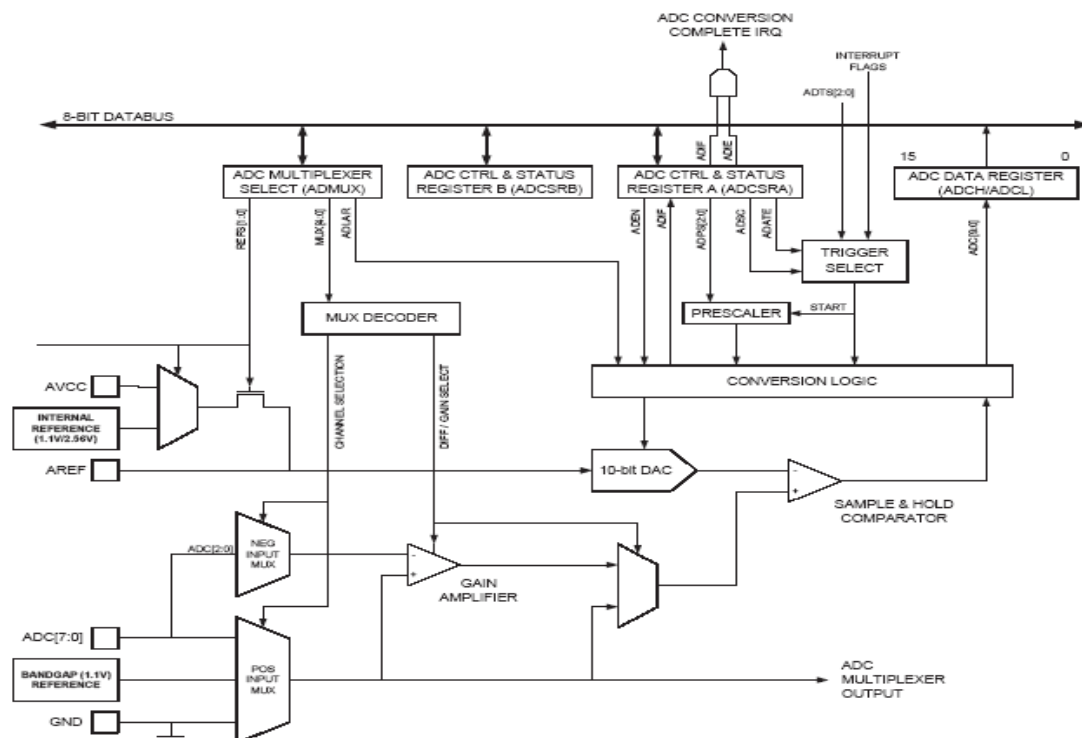
The device also supports 16 differential voltage input combinations. Two of the differential inputs (ADC1, ADC0 and ADC3, ADC2) are equipped with a programmable gain stage. This provides amplification steps of 0 dB (1x), 20 dB (10x), or 46 dB (200x) on the differential input voltage before the A/D conversion. Seven differential analog input channels share a common negative terminal (ADC1), while any other ADC input can be selected as the positive input terminal. If 1x or 10x gain is used, 8-bit resolution can be expected. If 200x gain is used, 6-bit resolution can be expected. Note that internal references of 1.1V should not be used on 10x and 200x gain.

The ADC contains a Sample and Hold circuit which ensures that the input voltage to the ADC is held at a constant level during conversion. A block diagram of the ADC is shown in [Figure 22-1 on page 241](#).

The ADC has a separate analog supply voltage pin, AVCC. AVCC must not differ more than  $\pm 0.3$  V from  $V_{CC}$ . See the paragraph "[ADC Noise Canceler](#)" on [page 248](#) on how to connect this pin.

Internal reference voltages of nominally 1.1V, 2.56V or AVCC are provided On-chip. The voltage reference may be externally decoupled at the AREF pin by a capacitor for better noise performance. If  $V_{CC}$  is below 2.1V, internal voltage reference of 1.1V should not be used on single ended channels.

Figure 22-1. Analog-to-digital Converter Block Schematic



## 22.3 Operation

The ADC converts an analog input voltage to a 10-bit digital value through successive approximation. The minimum value represents GND and the maximum value represents the voltage on the AREF pin minus 1 LSB. Optionally, AVCC or an internal 2.56V reference voltage may be connected to the AREF pin by writing to the REFSn bits in the ADMUX Register. The internal voltage reference may thus be decoupled by an external capacitor at the AREF pin to improve noise immunity.

The analog input channel and differential gain are selected by writing to the MUX bits in ADMUX. Any of the ADC input pins, as well as GND and a fixed bandgap voltage reference, can be selected as single ended inputs to the ADC. A selection of ADC input pins can be selected as positive and negative inputs to the differential gain amplifier.

If differential channels are selected, the differential gain stage amplifies the voltage difference between the selected input channel pair by the selected gain factor. This amplified value then becomes the analog input to the ADC. If single ended channels are used, the gain amplifier is bypassed altogether.

The ADC is enabled by setting the ADC Enable bit, ADEN in ADCSRA. Voltage reference and input channel selections will not go into effect until ADEN is set. The ADC does not consume power when ADEN is cleared, so it is recommended to switch off the ADC before entering power saving sleep modes.

The ADC generates a 10-bit result which is presented in the ADC Data Registers, ADCH and ADCL. By default, the result is presented right adjusted, but can optionally be presented left adjusted by setting the ADLAR bit in ADMUX.

If the result is left adjusted and no more than 8-bit precision is required, it is sufficient to read ADCH. Otherwise, ADCL must be read first, then ADCH, to ensure that the content of the Data Registers belongs to the same conversion. Once ADCL is read, ADC access to Data Registers is blocked. This means that if ADCL has been read, and a conversion completes before ADCH is read, neither register is updated and the result from the conversion is lost. When ADCH is read, ADC access to the ADCH and ADCL Registers is re-enabled.

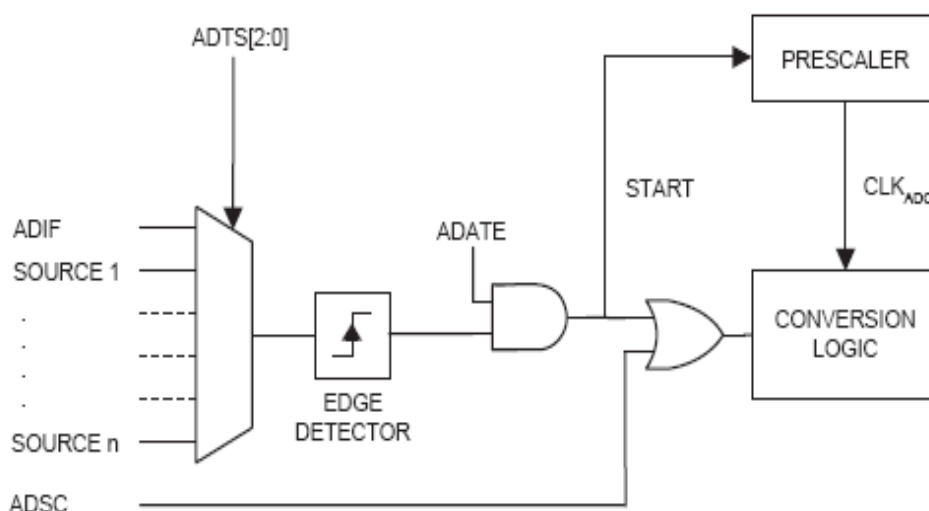
The ADC has its own interrupt which can be triggered when a conversion completes. When ADC access to the Data Registers is prohibited between reading of ADCH and ADCL, the interrupt will trigger even if the result is lost.

## 22.4 Starting a Conversion

A single conversion is started by writing a logical one to the ADC Start Conversion bit, ADSC. This bit stays high as long as the conversion is in progress and will be cleared by hardware when the conversion is completed. If a different data channel is selected while a conversion is in progress, the ADC will finish the current conversion before performing the channel change.

Alternatively, a conversion can be triggered automatically by various sources. Auto Triggering is enabled by setting the ADC Auto Trigger Enable bit, ADATE in ADCSRA. The trigger source is selected by setting the ADC Trigger Select bits, ADTS in ADCSRB (see description of the ADTS bits for a list of the trigger sources). When a positive edge occurs on the selected trigger signal, the ADC prescaler is reset and a conversion is started. This provides a method of starting conversions at fixed intervals. If the trigger signal still is set when the conversion completes, a new conversion will not be started. If another positive edge occurs on the trigger signal during conversion, the edge will be ignored. Note that an Interrupt Flag will be set even if the specific interrupt is disabled or the global interrupt enable bit in SREG is cleared. A conversion can thus be triggered without causing an interrupt. However, the Interrupt Flag must be cleared in order to trigger a new conversion at the next interrupt event.

Figure 22-2. ADC Auto Trigger Logic



Using the ADC Interrupt Flag as a trigger source makes the ADC start a new conversion as soon as the ongoing conversion has finished. The ADC then operates in Free Running mode, constantly sampling and updating the ADC Data Register. The first conversion must be started by writing a logical one to the ADSC bit in ADCSRA. In this mode the ADC will perform successive conversions independently of whether the ADC Interrupt Flag, ADIF is cleared or not.

If Auto Triggering is enabled, single conversions can be started by writing ADSC in ADCSRA to one. ADSC can also be used to determine if a conversion is in progress. The ADSC bit will be read as one during a conversion, independently of how the conversion was started.

## 22.7 ADC Noise Canceler

The ADC features a noise canceler that enables conversion during sleep mode to reduce noise induced from the CPU core and other I/O peripherals. The noise canceler can be used with ADC Noise Reduction and Idle mode. To make use of this feature, the following procedure should be used:

- Make sure that the ADC is enabled and is not busy converting. Single Conversion Mode must be selected and the ADC conversion complete interrupt must be enabled.
- Enter ADC Noise Reduction mode (or Idle mode). The ADC will start a conversion once the CPU has been halted.
- If no other interrupts occur before the ADC conversion completes, the ADC interrupt will wake up the CPU and execute the ADC Conversion Complete interrupt routine. If another interrupt wakes up the CPU before the ADC conversion is complete, that interrupt will be executed, and an ADC Conversion Complete interrupt request will be generated when the ADC conversion completes. The CPU will remain in active mode until a new sleep command is executed.

Note that the ADC will not be automatically turned off when entering other sleep modes than Idle mode and ADC Noise Reduction mode. The user is advised to write zero to ADEN before entering such sleep modes to avoid excessive power consumption. If the ADC is enabled in such sleep modes and the user wants to perform differential conversions, the user is advised to switch the ADC off and on after waking up from sleep to prompt an extended conversion to get a valid result.

## 22.8 ADC Conversion Result

After the conversion is complete (ADIF is high), the conversion result can be found in the ADC Result Registers (ADCL, ADCH).

For single ended conversion, the result is

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}}$$

where  $V_{IN}$  is the voltage on the selected input pin and  $V_{REF}$  the selected voltage reference (see [Table 22-3 on page 255](#) and [Table 22-4 on page 256](#)). 0x000 represents analog ground, and 0x3FF represents the selected reference voltage minus one LSB.

If differential channels are used, the result is

$$ADC = \frac{(V_{POS} - V_{NEG}) \cdot GAIN \cdot 512}{V_{REF}}$$

where  $V_{POS}$  is the voltage on the positive input pin,  $V_{NEG}$  the voltage on the negative input pin, GAIN the selected gain factor, and  $V_{REF}$  the selected voltage reference. The result is presented in two's complement form, from 0x200 (-512d) through 0x1FF (+511d). Note that if the user wants to perform a quick polarity check of the results, it is sufficient to read the MSB of the result (ADC9 in ADCH). If this bit is one, the result is negative, and if this bit is zero, the result is positive. [Figure 22-14 on page 254](#) shows the decoding of the differential input range.

[Table 22-2 on page 254](#) shows the resulting output codes if the differential input channel pair (ADCn - ADCm) is selected with a gain of GAIN and a reference voltage of  $V_{REF}$ .

## A8-6

Figure 22-14. Differential Measurement Range

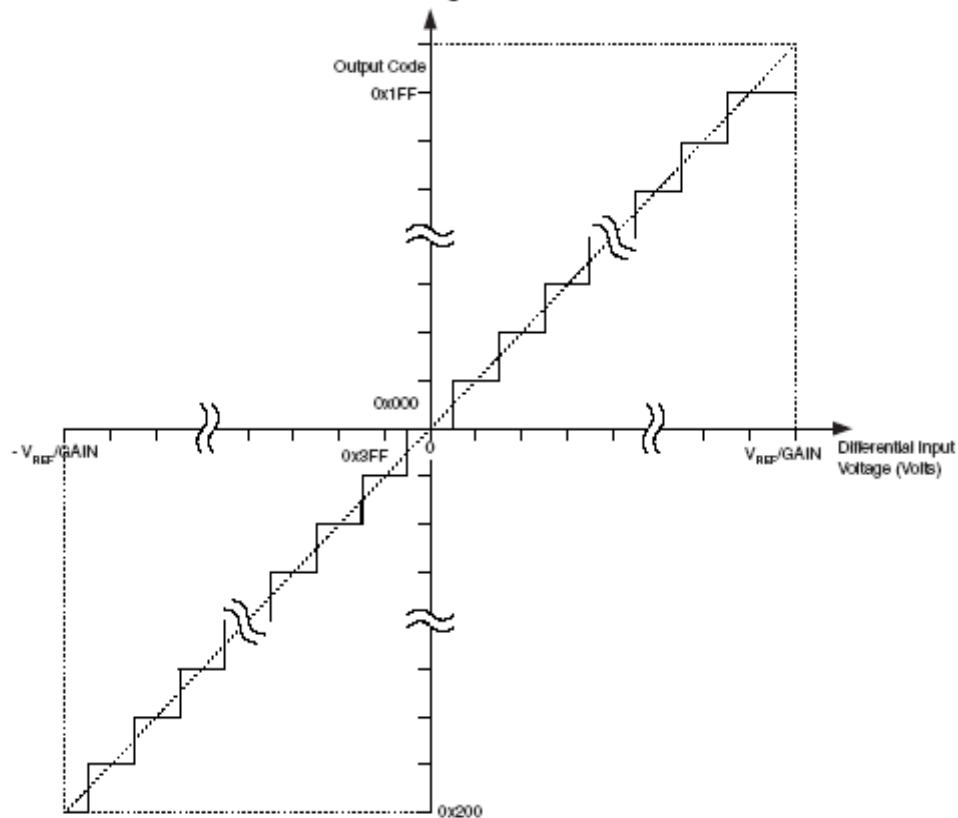


Table 22-2. Correlation between Input Voltage and Output Codes

$V_{ADCn}$	Read code	Corresponding Decimal Value
$V_{ADCm} + V_{REF}/GAIN$	0x1FF	511
$V_{ADCm} + 0.999 V_{REF}/GAIN$	0x1FF	511
$V_{ADCm} + 0.998 V_{REF}/GAIN$	0x1FE	510
...	...	...
$V_{ADCm} + 0.001 V_{REF}/GAIN$	0x001	1
$V_{ADCm}$	0x000	0
$V_{ADCm} - 0.001 V_{REF}/GAIN$	0x3FF	-1
...	...	...
$V_{ADCm} - 0.999 V_{REF}/GAIN$	0x201	-511
$V_{ADCm} - V_{REF}/GAIN$	0x200	-512

Table 22-3. Voltage Reference Selections for ADC

REFS1	REFS0	Voltage Reference Selection
0	0	AREF, Internal Vref turned off
0	1	AVCC with external capacitor at AREF pin
1	0	Internal 1.1V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin
1	1	Internal 2.56V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin

Note: If 10x og 200x gain is selected, only 2.56V should be used as Internal Voltage Reference.

## A8-7

Table 22-4. Input Channel and Gain Selections

MUX4..0	Single Ended Input	Positive Differential Input	Negative Differential Input	Gain
00000	ADC0	N/A		
00001	ADC1			
00010	ADC2			
00011	ADC3			
00100	ADC4			
00101	ADC5			
00110	ADC6			
00111	ADC7			
01000	N/A	ADC0	ADC0	10x
01001		ADC1	ADC0	10x
01010 <sup>(1)</sup>		ADC0	ADC0	200x
01011 <sup>(1)</sup>		ADC1	ADC0	200x
01100		ADC2	ADC2	10x
01101		ADC3	ADC2	10x
01110 <sup>(1)</sup>		ADC2	ADC2	200x
01111 <sup>(1)</sup>		ADC3	ADC2	200x
10000		ADC0	ADC1	1x
10001		ADC1	ADC1	1x
10010		ADC2	ADC1	1x
10011		ADC3	ADC1	1x
10100		ADC4	ADC1	1x
10101		ADC5	ADC1	1x
10110		ADC6	ADC1	1x
10111		ADC7	ADC1	1x
11000		ADC0	ADC2	1x
11001		ADC1	ADC2	1x
11010		ADC2	ADC2	1x
11011		ADC3	ADC2	1x
11100	ADC4	ADC2	1x	
11101	ADC5	ADC2	1x	
11110	1.1V ( $V_{DD}$ )	N/A		
11111	0 V (GND)			

Note: 1. The differential input channels are not tested for devices in PDIP Package. This feature is only guaranteed to work for devices in TQFP and QFN/MLF Packages

## 27. Electrical Characteristics

### Absolute Maximum Ratings\*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on any Pin except $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground.....	-0.5V to $V_{CC}+0.5V$
Voltage on $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground.....	-0.5V to +13.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.0V
DC Current per I/O Pin.....	40.0 mA
DC Current $V_{CC}$ and GND Pins.....	200.0 mA

\*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### 27.1 DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 1.8\text{V}$  to  $5.5\text{V}$  (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min. <sup>(5)</sup>	Typ.	Max. <sup>(5)</sup>	Units
$V_{IL}$	Input Low Voltage, Except XTAL1 and Reset pin	$V_{CC} = 1.8\text{V} - 2.4\text{V}$ $V_{CC} = 2.4\text{V} - 5.5\text{V}$	-0.5 -0.5		$0.2V_{CC}^{(1)}$ $0.3V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IL1}$	Input Low Voltage, XTAL1 pin	$V_{CC} = 1.8\text{V} - 5.5\text{V}$	-0.5		$0.1V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IL2}$	Input Low Voltage, RESET pin	$V_{CC} = 1.8\text{V} - 5.5\text{V}$	-0.5		$0.1V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IL3}$	Input Low Voltage, RESET pin as I/O	$V_{CC} = 1.8\text{V} - 5.5\text{V}$	NA	NA	NA	V
$V_{IH}$	Input High Voltage, Except XTAL1 and RESET pins	$V_{CC} = 1.8\text{V} - 2.4\text{V}$ $V_{CC} = 2.4\text{V} - 5.5\text{V}$	$0.7V_{CC}^{(2)}$ $0.6V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$ $V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH1}$	Input High Voltage, XTAL1 pin	$V_{CC} = 1.8\text{V} - 2.4\text{V}$ $V_{CC} = 2.4\text{V} - 5.5\text{V}$	$0.8V_{CC}^{(2)}$ $0.7V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$ $V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH2}$	Input High Voltage, RESET pin	$V_{CC} = 1.8\text{V} - 5.5\text{V}$	$0.9V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH3}$	Input High Voltage, RESET pin as I/O	$V_{CC} = 1.8\text{V} - 2.4\text{V}$ $V_{CC} = 2.4\text{V} - 5.5\text{V}$	NA		NA	V
$V_{OL}$	Output Low Voltage <sup>(3)</sup> ,	$I_{OL} = 5\text{ mA}, V_{CC} = 3\text{V}$ $I_{OL} = 10\text{ mA}, V_{CC} = 5\text{V}$			0.9 0.6	V
$V_{OH}$	Output High Voltage <sup>(4)</sup> ,	$I_{OH} = -20\text{ mA}, V_{CC} = 5\text{V}$ $I_{OH} = -10\text{ mA}, V_{CC} = 3\text{V}$	4.2 2.3			V
$V_{OL3}$	Output Low Voltage Reset pin as I/O	NA	NA		NA	V
$V_{OH3}$	Output High Voltage RESET pin as I/O	NA	NA		NA	V
$I_{IL}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 5.5\text{V}$ , pin low (absolute value)			1	$\mu\text{A}$

## A8-9

$T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 1.8\text{V}$  to  $5.5\text{V}$  (unless otherwise noted) (Continued)

Symbol	Parameter	Condition	Min. <sup>(5)</sup>	Typ.	Max. <sup>(5)</sup>	Units
$I_{IH}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 5.5\text{V}$ , pin high (absolute value)			1	$\mu\text{A}$
$R_{RST}$	Reset Pull-up Resistor		30		60	$\text{k}\Omega$
$R_{PU}$	I/O Pin Pull-up Resistor		20		50	$\text{k}\Omega$
$V_{ACIO}$	Analog Comparator Input Offset Voltage	$V_{CC} = 5\text{V}$ $V_{in} = V_{CC}/2$		<10	40	mV
$I_{ACLK}$	Analog Comparator Input Leakage Current	$V_{CC} = 5\text{V}$ $V_{in} = V_{CC}/2$	-50		50	nA
$t_{ACID}$	Analog Comparator Propagation Delay	$V_{CC} = 2.7\text{V}$ $V_{CC} = 4.0\text{V}$		750 500		ns

- Notes:
1. "Max" means the highest value where the pin is guaranteed to be read as low
  2. "Min" means the lowest value where the pin is guaranteed to be read as high
  3. Although each I/O port can sink more than the test conditions (20mA at  $V_{CC} = 5\text{V}$ , 10mA at  $V_{CC} = 3\text{V}$ ) under steady state conditions (non-transient), the following must be observed:
    - 1.)The sum of all IOL, for ports PB0-PB7, XTAL2, PD0-PD7 should not exceed 100 mA.
    - 2.)The sum of all IOL, for ports PA0-PA3, PC0-PC7 should not exceed 100 mA.
 If IOL exceeds the test condition, VOL may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test condition.
  4. Although each I/O port can source more than the test conditions (20mA at  $V_{CC} = 5\text{V}$ , 10mA at  $V_{CC} = 3\text{V}$ ) under steady state conditions (non-transient), the following must be observed:
    - 1.)The sum of all IOH, for ports PB0-PB7, XTAL2, PD0-PD7 should not exceed 100 mA.
    - 2.)The sum of all IOH, for ports PA0-PA3, PC0-PC7 should not exceed 100 mA.
 If IOH exceeds the test condition, VOH may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to source current greater than the listed test condition.
  5. These numbers are valid for ATmega164P and ATmega324P. They are preliminary values for ATmega644P representing design target.

### 27.1.1 ATmega164P DC Characteristics

Table 27-1.  $T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 1.8\text{V}$  to  $5.5\text{V}$  (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min.	Typ. <sup>(2)</sup>	Max.	Units	
$I_{CC}$	Power Supply Current <sup>(1)</sup>	Active 1 MHz, $V_{CC} = 2\text{V}$		0.4	0.5	mA	
		Active 4 MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		2.1	2.7	mA	
		Active 8 MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		7.4	9	mA	
		Idle 1 MHz, $V_{CC} = 2\text{V}$		0.1	0.15	mA	
		Idle 4 MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		0.5	0.7	mA	
		Idle 8 MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		1.9	5	mA	
	Power-save mode <sup>(3)</sup>	32 kHz TOSC enabled, $V_{CC} = 1.8\text{V}$			0.5		$\mu\text{A}$
		32 kHz TOSC enabled, $V_{CC} = 3\text{V}$			0.6		$\mu\text{A}$
	Power-down mode <sup>(3)</sup>	WDT enabled, $V_{CC} = 3\text{V}$			4.3	8	$\mu\text{A}$
		WDT disabled, $V_{CC} = 3\text{V}$			0.2	2	$\mu\text{A}$

- Notes:
1. All bits set in the "PRR – Power Reduction Register" on page 48.
  2. Typical values at  $25^{\circ}\text{C}$ . Maximum values are test limits in production.
  3. The current consumption values include input leakage current.



**ANEXO 9****A9-1****SOFTWARE DE CONTROL**

Las primeras líneas de programa son destinadas a crear e inicializar las variables que han de utilizarse dependiendo del tamaño requerido para las mismas; de igual forma se procede a la respectiva configuración de los pódicos del microcontrolador. Adicionalmente se procede a utilizar los componentes internos con los que cuenta el AVR en su interior, en este caso el conversor analógico/digital (A/D). La conversión analógica-digital se realiza entre 0-5Vdc, por lo que es necesario reducir el voltaje a través de un divisor de voltaje especialmente en la medición de voltaje DC para ello se debe activar el funcionamiento del ADC, esto es conectando los pines AVCC y AREF a 5V.

```
$regfile = "m164pdef.dat"
```

```
$crystal = 8000000
```

```
Deflcdchar 0 , 14 , 17 , 17 , 17 , 17 , 10 , 10 , 17
```

```
Deflcdchar 1 , 32 , 11 , 24 , 24 , 27 , 24 , 24 , 11
```

```
Deflcdchar 2 , 32 , 32 , 13 , 18 , 13 , 32 , 32 , 32
```

```
Deflcdchar 3 , 32 , 32 , 22 , 9 , 22 , 32 , 32 , 32
```

```
Config Adc = Single , Prescaler = Auto
```

```
Start Adc
```

```
Dim T As Long , C As Single , Cc As Single , Jj As Long
```

```
Dim Tt As Word
```

```
Dim A As Word
```

```
Dim Aaa As Word
```

```
Dim Vr As Single
```

```
Dim R As Single
```

```
Dim R1 As Single
```

```
Dim Rr As Single
```

```
Dim R12 As Single
```

```
Dim Cap As String * 10
```

```
Dim Res As String * 10
```

**A9-2**

Dim Vol As String \* 10

Dim S As String \* 10

Const Kr = 5 / 1023

Const Kv = 38.4 / 1023

Ddrb.5 = 1

Portb.5 = 0

Ddrb.6 = 1

Portb.6 = 0

Ddrb.7 = 1

Portb.7 = 0

Ddrc.6 = 1

Portc.6 = 0

Ddrd.5 = 1

Portd.5 = 1

Buzer Alias Portc.6

Focoa Alias Portb.5

Led\_h Alias Portb.6

Led\_l Alias Portb.7

Tt = 5

Cls

Cursor Off

Locate 1 , 1

Lcd " \*\*\* E. P. N. \*\*\* "

Locate 2 , 1

Lcd " E. S. F. O. T. "

Locate 3 , 1

**A9-3**

Lcd "PROYECTO MULTIMETRO"

Locate 4 , 1

Lcd " BIENVENIDOS "

Wait 2

Cls

Cursor Off

Tt = 100

Desde aquí se utilizan funciones o fórmulas para determinar los diferentes procesos de medición conjuntamente con los valores. Todos estos datos y valores serán mostrados a través del LCD y en Leds referente a la punta lógica y continuidad con su respectivo sonido.

***“Capacímetro”***

Do

Ddrd.0 = 0

Portd.0 = 0

Ddrd.1 = 0

Portd.1 = 0

Ddrd.2 = 0

Portd.2 = 0

Ddrd.3 = 1

Portd.3 = 0

Waitms 50

Ddrd.3 = 0

Portd.3 = 0

Ddrd.0 = 1

Portd.0 = 1

Ddrd.1 = 0

Portd.1 = 0

Ddrd.2 = 0

**A9-4**

Portd.2 = 0

T = 0

Do

Aaa = Getadc(4)

T = T + 1

Loop Until T > 4000 Or Aaa > 430

Jj = T

If Jj > 4000 Then Gosub Escala\_micros

If Jj < 4000 And Jj > 200 Then Gosub Escala\_nanos

If Jj < 200 And Jj > 2 Then Gosub Escala\_picos

If Jj < 3 Then Gosub Escala\_nada

***“Óhmetro”***

R1 = 100

Ddrb.0 = 1

Portb.0 = 1

Ddrb.1 = 0

Portb.1 = 0

Ddrb.4 = 0

Portb.4 = 0

Waitms 1

Gosub Ohm

R = R12

***“Continuidad”***

If R < 1 Then

Set Buzer

Set Focoa

Locate 4 , 8

Lcd "CONTINUIDAD " ; Chr(1)

**A9-5**

Sound Portb.5 , 55 , 500

Sound Portc.6 , 55 , 500

Waitms 10

Else

Reset Buzer

Locate 4 , 8

Lcd "            "

End If

If R < 1000 Then

R1 = 123

Ddrb.0 = 1

Portb.0 = 1

Ddrb.1 = 0

Portb.1 = 0

Ddrb.4 = 0

Portb.4 = 0

Waitms 1

Gosub Ohm

Gosub Resistencia

S = Format(res , "000000")

Locate 2 , 1

Lcd "RESIST. = " ; S ; " " ; Chr(0)

Elseif R >= 1000 And R < 1000000 Then

R1 = 100000

Ddrb.0 = 0

Portb.0 = 0

Ddrb.1 = 1

Portb.1 = 1

**A9-6**

```
Ddrb.4 = 0
Portb.4 = 0
Waitms 1
Gosub Ohm
R12 = R12 / 1000
Gosub Resistencia
S = Format(res , "000000")
Locate 2 , 1
Lcd "RESIST. = " ; S ; " K" ; Chr(0)
Elseif R >= 1000000 Then
R1 = 1000000
  Ddrb.0 = 0
  Portb.0 = 0
  Ddrb.1 = 0
  Portb.1 = 0
  Ddrb.4 = 1
  Portb.4 = 1
  Waitms 1
  Gosub Ohm
  R12 = R12 / 1000000
  If R12 > 5 Then
    Locate 2 , 1
    Lcd "RESIST. = " ; Chr(2) ; Chr(3) ; " M" ; Chr(0) ; " "
  Else
    Gosub Resistencia
    S = Format(res , "000000")
    Locate 2 , 1
    Lcd "RESIST. = " ; S ; " M" ; Chr(0) ; " "
```

**A9-7**

```

    End If
End If
"Voltímetro"
A = Getadc(1)
Vr = A * Kv
Vol = Fusing(vr , "&.&&")
S = Format(vol , "00000")
Locate 3 , 1
Lcd "VOLTAJE = " ; S ; " V "
"Punta Lógica"
A = Getadc(2)
Vr = A * Kr
If Vr < 1 Then
    Locate 4 , 1
    Lcd "LOW  "
    Set Led_l
    Reset Led_h
End If
If Vr > 2 Then
    Locate 4 , 1
    Lcd "HIGH  "
    Reset Led_l
    Set Led_h
End If
If Vr > 1 And Vr < 2 Then
    Locate 4 , 1
    Lcd "I  "
    Set Led_l

```

**A9-8**

Set Led\_h

End If

Loop

Desde aquí en adelante se utilizan funciones de Subrutina para comparar esquilas de acuerdo con la función relacionada o para establecer un valor determinado como ocurre al medir resistencias RX.

Resistencia:

Res = Fusing(r12 , "&.&&")

Return

Ohm:

A = Getadc(0)

Vr = A \* Kr

R12 = R1 \* Vr

Rr = 5 - Vr

R12 = R12 / Rr

Return

Escala\_picos:

Ddrd.0 = 0

Portd.0 = 0

Ddrd.1 = 0

Portd.1 = 0

Ddrd.2 = 0

Portd.2 = 0

Ddrd.3 = 1

Portd.3 = 0

Waitms 50

Ddrd.3 = 0

Portd.3 = 0

Ddrd.0 = 1



**A9-9**

```
Portd.0 = 1
T = 0
Do
  Aaa = Getadc(4)
  T = T + 40
Loop Until T > 1000 Or Aaa > 420
C = T * 1
Cap = Fusing(c , "&.&&")
S = Format(cap , "000000")
Locate 1 , 1
Lcd "CAPACIM. = " ; S ; "pF "
```

Return

Escala\_nanos:

```
Ddrd.0 = 0
Portd.0 = 0
Ddrd.1 = 0
Portd.1 = 0
Ddrd.2 = 0
Portd.2 = 0
Ddrd.3 = 1
Portd.3 = 0
Waitms 50
Ddrd.3 = 0
Portd.3 = 0
Ddrd.0 = 1
Portd.0 = 1
T = 0
Do
```

**A9-10**

```
Aaa = Getadc(4)
T = T + 1
Loop Until Aaa > 420
C = T / 4.3
If C > 200 Then C = C * 0.75
Cap = Fusing(c , "&.&&")
S = Format(cap , "000000")
Locate 1 , 1
Lcd "CAPACIM. = " ; S ; "nF "
Return
Escala_micros:
Ddrd.0 = 0
Portd.0 = 0
Ddrd.1 = 0
Portd.1 = 0
Ddrd.2 = 0
Portd.2 = 0
Ddrd.3 = 1
Portd.3 = 0
Waitms 50
Ddrd.3 = 0
Portd.3 = 0
Ddrd.2 = 1
Portd.2 = 1
T = 0
Do
Aaa = Getadc(4)
T = T + 1
```

**A9-11**

Loop Until Aaa > 420

C = T / 7.5

If C > 10 Then C = C \* 1.05

Cap = Fusing(c , "&.&&")

S = Format(cap , "000000")

Locate 1 , 1

Lcd "CAPACIM. = " ; S ; "uF "

Return

Escala\_nada:

Locate 1 , 1

Lcd "SIN CAPACITANCIA "

Return

***“FIN DEL PROGRAMA”***