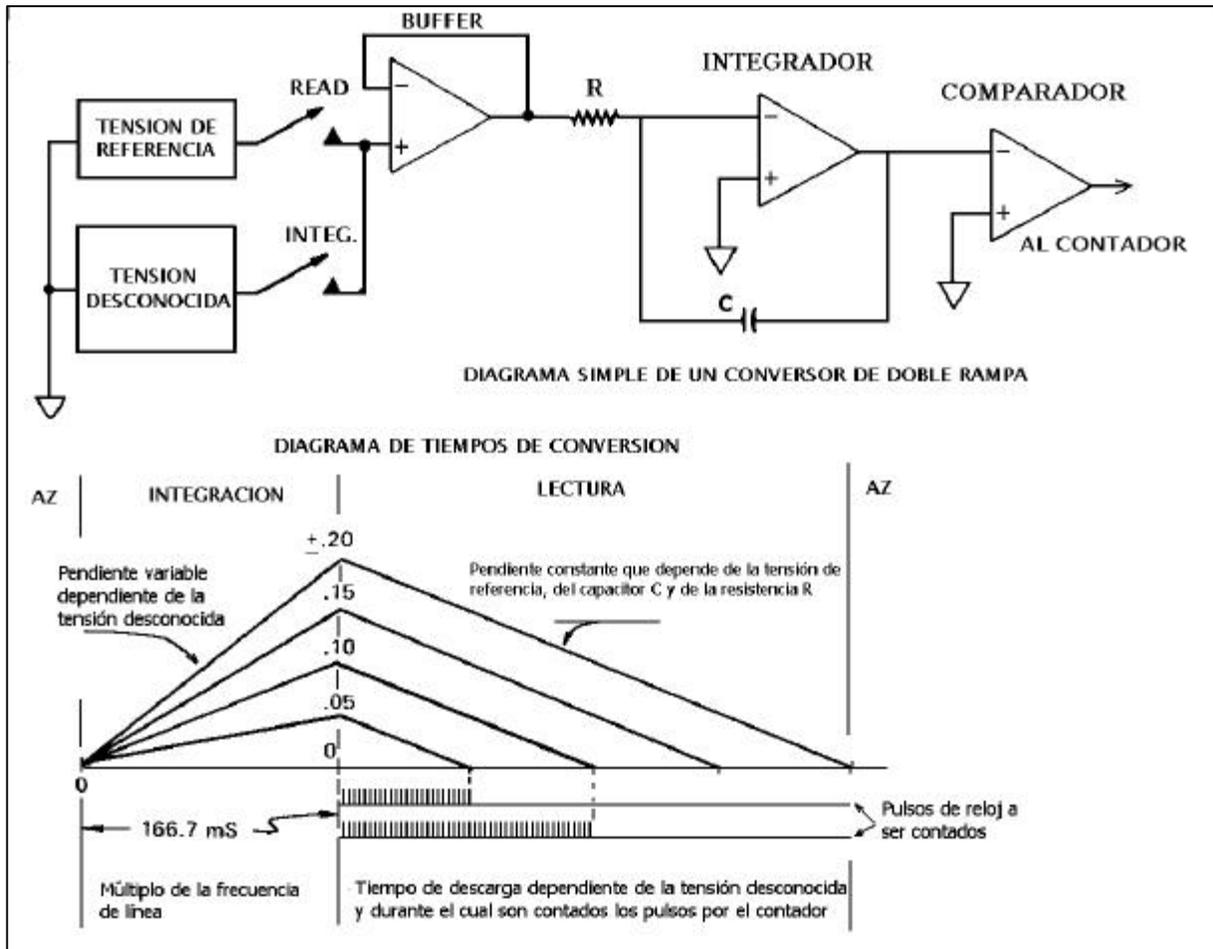


**- SECCION DIGITAL**



El proceso entero de conversión Analógico a Digital es conseguido a través un circuito integrado que posee las funciones de conversor A/D y los excitadores de presentación.

El circuito emplea el método de conversión de doble pendiente y requiere algunos componentes externos para establecer la base de tiempo y los niveles de referencia para poder operar. Estos componentes incluyen un cristal oscilador, un capacitor de integración, un capacitor de filtro, un capacitor de auto cero y llaves analógicas para la seleccionar la entrada a medir.

El proceso de conversión de doble rampa se inicia al conectar por 166,7 milisegundos la entrada INTEG, con lo cual la entrada desconocida carga al capacitor INTEG a través de la resistencia R, a un valor proporcional al valor de la tensión de entrada desconocida. O sea, la pendiente de carga variará en función de ella. Se eligen 166,7 ms porque es un múltiplo del periodo de 60 Hz y esto reduce la posible interferencia con el ruido de línea.

$$\text{Periodo} = 1 / 60 \text{ Hz} = 16,67 \text{ ms} \quad \therefore \quad 10 T = 166,7 \text{ ms}$$

Al finalizar los 166,7 mseg, el contador abre la llave INTEG y cierra la llave READ que conecta la tensión fija (con polaridad contraria a la desconocida) de referencia a la entrada del Buffer.

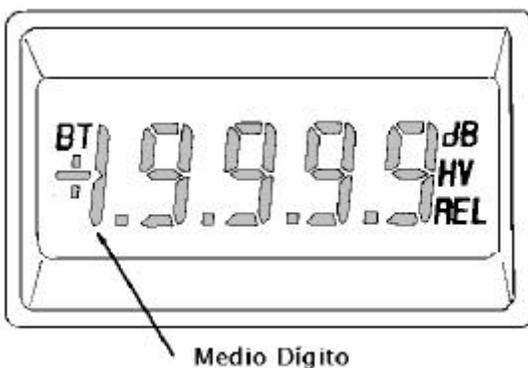
Esto hace que el capacitor se descargue con una pendiente constante y conocida, pero el tiempo de descarga va a depender del valor de la tensión de carga, la cual es proporcional a la desconocida. Durante ese tiempo, el contador comienza a contar los pulsos de un reloj. Al llegar el valor de tensión del capacitor a cero, un comparador le indica esta situación al contador, deteniendo la cuenta. El valor contado es enviado al decodificador de 7 segmentos y este al Display para hacer la presentación del valor leído.

Luego se comienza de nuevo el ciclo.

Como en el momento de generarse el pulso de parada de cuenta, hay una indeterminación de tiempo correspondiente al periodo de reloj ó al tiempo desde el momento que entró el último pulso.

Esto genera un indeterminación de  $\pm 1$  pulso de reloj. La medición digital siempre da una incertidumbre inherente de una cuenta, o sea, como los pulsos de entrada no son angostos y la cuenta se produce sobre el flanco creciente o decreciente de ellos; y al abrirse y cerrarse la ventana de muestreo, un pulso de entrada que esta entrando o saliendo en ese momento puede no ser contado, porque el flanco de conteo queda fuera de la ventana.

La presentación de la información se hace por medio de un conjunto de dígitos. Estos dígitos se forman con 7 barras o segmentos formando un ocho. De acuerdo con las segmentos excitados eléctricamente, será el número representado. Los segmentos pueden ser de Led o Cristal Líquido. Los de Led son luminosos no dependiendo de la luminosidad exterior para poder observarlos. Los de Cristal Líquidos dependen de la luz exterior para ser observados. Los instrumentos pueden contener 3, 4 o 5 dígitos. Mientras mayor cantidad de dígitos tenga el instrumento, mayor será la resolución del mismo, o sea, se podrá leer con mayor exactitud del valor desconocido.



Cada dígito será formado por la combinación de los segmentos de ese dígito. Cada segmento es controlado por una línea eléctrica. Para tener mayor resolución de lectura, se necesitan varios dígitos, pero cada dígito necesita 7 líneas. Esto complica la decodificación y la implementación eléctrica del contador por la cantidad de cableados necesarios.

El número uno (1) es formado por los dos segmentos verticales derechos. Si excitamos el primer dígito de la izquierda con una sola línea, conectada a estos dos segmentos, tendremos un 1 cuando la línea este excitada y un cero cuando esta línea no este excitada. Esto permitiría duplicar la resolución sin complicar demasiado el cableado. Este dígito a la izquierda que

puede tomar valor 1 ó 0 se lo conoce como medio dígito.

Normalmente se tienen un lectura de 999 pero con el agregado de un 1 delante del 999, se obtiene el doble de escala al poder leer 1999.

Dicho de otro modo, con un instrumento de dígitos normales, para un instrumento de 3 dígitos, se podría leer 999 milivolts en la escala de milivolts, pero si se agrega el medio dígito delante del dígito de la izquierda, se puede leer hasta 1999 milivolts.

Normalmente cuando el valor de entrada supera las 1999 cuentas, los dígitos completos no están iluminados y sólo el medio dígito presenta el valor 1, indicando sobre-escala. (lectura mayor a la que puede indicar el instrumento).

Cuando la lectura es menor a 1000 cuentas, el medio dígito no se enciende.

Esto hace muy ventajoso el uso común de el llamado medio dígito (el 1 mas significativo) que duplica la resolución del instrumento.

En el presentación digital también se manifiesta un error por indeterminación de  $\pm 1$  dígito en la presentación. O sea, después del ultimo dígito de la derecha, los dígitos siguientes de menor valor no son mostrados. Estos dígitos no mostrados pueden ser mayores a 5 ó menores a 5, El instrumento, redondea el ultimo dígito de la derecha, con lo cual se pierde la información sobre esos dígitos no presentados. Por lo tanto, el ultimo dígito puede ser de un valor mayor o menor en 1.

Osea, si nos da una lectura de 1456 mV, el valor puede ser de 1455 mV a 1457 mV. Uno por encima y uno por debajo del valor presentado

Precisión de la medición esta dada por

**$\pm 1$  cuenta  $\pm$  Error de la base de tiempo  $\pm$  error del conversor de entrada correspondiente.**

#### **4- Especificaciones de los Multímetros**

La especificación de un instrumento de medición, es una detallada descripción de las características que identifican al instrumento.

La utilidad y simplicidad de las especificaciones debe tenerse en cuenta al diseñar la presentación de estas especificaciones. Una especificación que se aplica a todos los rangos, a todos los niveles y a un amplio rango de condiciones ambientales es fácilmente entendida.

Los componentes que integran la especificación de un instrumento de medición, incluye todos los parámetros que identifican al instrumento, y a las condiciones de respuesta del mismo ante diversas condiciones ambientales y de lectura. Entre ellas tenemos los Rangos, la Exactitud, la Precisión, la Resolución, linealidad, los límites de temperatura de funcionamiento y almacenamiento, las características de entrada, los valores máximos y mínimo de lectura.

**RANGO:** Los rangos son las distintas escalas que el instrumento tiene a fin de dar una lectura adecuada dentro de la resolución establecida en la especificación.

**Fondo (FULL)de escala:** Es el máximo valor de lectura en la escala en uso.

**Factor de escala:** Este esta dado por la relación entre el rango elegido y el número de divisiones de dicho rango. Este es más aplicable a instrumentos de medición analógica.

$$\text{Factor de escala} = \frac{\text{RANGO}}{\text{N}^\circ \text{ de divisiones}}$$

**PRECISIÓN:** Es el mayor error permitido, expresado como un porcentaje o un valor absoluto. O sea, es la exactitud de la medición. En multímetros digitales, la precisión se expresa por dos términos. Uno de ellos es la cantidad de dígitos fijos de error y el otro termino puede expresarse de cuatro formas:

a- % de la lectura especificada:  $\text{Error \%} = \frac{(100) * (\text{valor indicado}) - (\text{Valor Verdadero})}{\text{Valor Verdadero}}$

En los instrumentos digitales, por ejemplo, se expresa como  $\pm (2,0 \% \text{ de la lectura} \pm 2 \text{ dígitos})$ , indicando que el error del valor leído esta dentro del 1,3 % y además 2 dígitos de error fijo. Por ejemplo en ese caso, si la lectura es 1200 mV, el error es de 24 mV (2,0 % de 1200) + 2 mV (2 dígitos), siendo la lectura verdadera, en el peor de los casos:

$$\begin{aligned} (1200 - 24 - 2) & \qquad \qquad \qquad (1200 + 24 + 2) \\ 1174 \text{ mV} \leq \text{Valor verdadero} & \leq 1226 \text{ mV} \end{aligned}$$

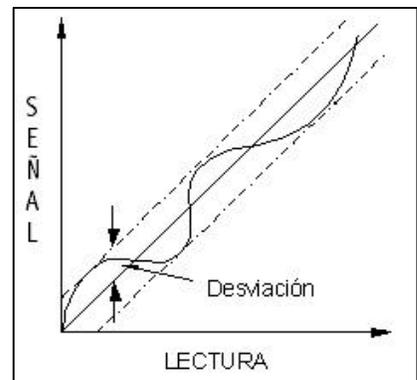
b- Error expresado en dígitos: =  $\pm x$  dígitos

Por ejemplo, si el error es de  $\pm 2$  dígitos en la escala de milivolts, y tenemos una lectura de 1.499 volts, esto significa que el error es de  $\pm 2$  milivoltios y la lectura real puede ser 1501 a 1597 mvolts. Este tipo de indicación de error es fijo, o sea independientemente del valor leído. El error es siempre de igual cantidad de dígitos por arriba o por abajo del valor indicado.

**ESTABILIDAD:** Es el período de tiempo en el cual se garantiza que el instrumento mantenga las lecturas dentro de la especificaciones indicadas. En consecuencia, periódicamente debe hacerse una constatación del instrumento con otro de mayor estabilidad y precisión a fin de ajustarlo mediante los controles adecuados a los valores indicados por la especificación.

**LINEALIDAD:** Es la máxima desviación de la lectura del instrumento con respecto a una línea recta que une los puntos extremos del rango de medición. Cuanto mas lineal sea el instrumento mas preciso será.

**SENSIBILIDAD:** Es la habilidad de un instrumento para indicar pequeños cambios de la magnitud medida. Así por ejemplo un multímetro digital de 5 dígitos con un rango de 100 mV de fondo de escala, tiene una sensibilidad de 1  $\mu$ V. O sea que la menor lectura de voltaje que puede hacer es de 1  $\mu$ V. Este concepto se aplica mas en instrumentos analógicos.



LINEALIDAD

**RESOLUCION:** Es el menor valor de lectura que puede identificar el instrumento en la escala en uso. O sea, es el menor cambio de la magnitud que puede ser indicado por el instrumento. Por ejemplo, en un multímetro de 5 dígitos puede mostrar 200000 cuentas, y en consecuencia la resolución será igual a 1 dígito. Por ejemplo, 1 Microvoltios en la escala de 200 V.

**IMPEDANCIA DE ENTRADA:** Al intentar medir una magnitud, el instrumento necesita afectar el valor de esa magnitud medida a fin de cuantificarla. La impedancia de entrada es una medida de la capacidad del instrumento de medir esa magnitud, afectándola el menor grado posible. En consecuencia, a mayor impedancia de entrada, mejor será la calidad del instrumento de medida.

En los instrumentos analógicos esta es variable de acuerdo al rango utilizado y se expresa en OHM/volts **R<sub>esp</sub>** (Resistencia específica). La resistencia de entrada es

$$R_v = R_{\text{esp}} (\text{Kohm/V}) \times \text{Rango (v)}$$

En los instrumentos digitales, la resistencia de entrada es un valor fijo que depende del modo de lectura (Voltios o Amperes) independiente de la escala usada. En modo de medición de Tensión la impedancia se mide en Megohms.

En el caso de medición de corriente, se da también la máxima caída de tensión que se produce en los terminales de entrada del instrumento.

#### **MAXIMOS VALORES DE VOLTAJES Y CORRIENTE ADMISIBLE**

Los multímetros son instrumentos electrónicos que pueden soportar un determinado valor máximo de voltaje y corriente aplicable a sus extremos. Estos valores son los máximos absolutos que pueden ser aplicados, aún cuando en la escala mas grande el display pueda medir un valor mayor.

En Voltaje alterno, se especifican el máximo voltaje eficaz, y el máximo valor pico que corresponde este último con el máximo voltaje de continua admisible por el instrumento. En alterna se deben respetar los dos máximos ya que si el voltaje eficaz es menor al máximo admisible, pero el pico es mayor al admisible, esa señal no se puede medir porque puede dañar el instrumento, ya que se supera uno de los límites.

En el caso de corriente, el máximo se refiere al máximo eficaz de corriente que esta limitado por protección por un fusible interno.

**CONDICIONES AMBIENTALES DE USO:** Son las condiciones ambientales (temperatura y humedad, polvo) y posición en las cuales pueden ser usados los instrumentos, y en las cuales se cumplen las especificaciones indicadas por los manuales.

Dependiendo del instrumento, se indican las temperaturas máximas y mínimas dentro de las cuales pueden ser usados, y las temperaturas máximas y mínimas dentro de las cuales pueden ser guardados. Normalmente el rango de temperaturas de almacenamiento es mayor al de operación.

En cuanto a la humedad, se aplica los mismos conceptos que para la temperatura, siendo expresado los límites en % de humedad ambiente.

En los instrumentos digitales normalmente no se aplica este concepto, debido a que la cuantificación de la información medida se hace por medios electrónicos, no haciéndose uso de elementos mecánicos, por lo cual la posición no afecta a la lectura.

En los instrumentos de bobina móvil, ya que la indicación de la lectura se hace a través de aguja acoplada a una bobina móvil que se desplaza radialmente en un campo magnético generado por un cilindro magnético, se debe indicar la posición en que se debe colocar el instrumento. Normalmente se indica con un símbolo, para indicar que se debe usar en posición horizontal con el visor hacia arriba. Esto es debido a que en esta posición, el peso de la aguja no afecta a la medición realizada.

Ejemplo de especificaciones de multímetros digitales.

### Voltaje de Corriente Continua

Rango	Resolución	Precisión
200 mV	100 $\mu$ V	$\pm(0.1\%$ de lectura $\pm 1$ dígito)
1000 V	1 V	
<b>Impedancia de entrada</b> ...10 M $\Omega$ en todos los rangos		<b>Protección por sobre voltaje</b> ..... 1000 Vdc.
Tiempo de respuesta menor a 1 sec.		Relación de Rechazo al Modo Común > 100 dB a 50 Hz

Por ejemplo, en un multímetro de 3 dígitos y medio, en la escala de 200 mV, a fondo de escala tenemos una lectura de 199,9 mV. El último dígito puede resolver 0,1 mV, o sea, 100 $\mu$ V (Resolución).

El error es de 0,1 % y de un 1 dígito, en consecuencia, para una lectura de 124,5 mV, por el error de un dígito, el error es de 0,1 mV; y por el error porcentual, el error es de 0,1% de 124,5 = 0,1245 mV. En consecuencia el valor real será:

$$(124,5 - 0,12 - 0,1) \quad (124,5 + 0,12 + 0,1)$$

$$124,28 \text{ mV} \leq \text{valor real} \leq 124,72 \text{ mV}$$

### Voltaje de Corriente Alterna (Lectura de valor promedio y calibrado en RMS de señal senoidal)

Rango	Resolución	Precisión	
		45 Hz a 2 KHz	2 KHz a 20 KHz
200 mV	100 $\mu$ V	$\pm(0.5 \%$ de lectura $\pm 2$ dígito)	$\pm(5 \%$ de lectura $\pm 5$ dígito)
1000 V	1 V		
<b>Impedancia de entrada</b> ...10 M $\Omega$ en todos los rangos en paralelo con menos de 100 pF		<b>Protección por sobre voltaje</b> ..... 750 RMS ó 1000 Voltios pico.	
Tiempo de respuesta menor a 2 seg.		Relación de Rechazo al Modo Común > 100 dB a 50Hz	

Por ejemplo, en un multímetro de 3 dígitos y medio, en la escala de 1000 V, a fondo de escala tenemos una lectura de 1000V. En este caso, si bien el display admite un valor de 1999 V,

recuerde que el voltaje máximo admisible es de 750 voltios eficaces, los cuales no deben ser superados. El último dígito puede resolver 1 V (Resolución).

Si la frecuencia a medir es la de línea (50 Hz) el error se debe calcular según  $\pm(0,5\%$  de lectura  $\pm 2$  dígito). Para una lectura de 220 V, el error por dígito será de 2 voltios, y el error porcentual de  $0,5\%$  de 220 V = 1,1 V

El valor real será:

$$(220 - 1,1 - 2) \qquad (220 + 1,1 + 2)$$

$$216,9 \text{ V} \leq \text{valor real} \leq 223,1 \text{ V}$$

Si la frecuencia de la señal a medir fuese mayor a 2000 Hz, el error a calcular sería en base a  $\pm(5\%$  de lectura  $\pm 5$  dígito).

### Amperes de Corriente Alterna

Rango	Resolución	Precisión	Caída de tensión entre los extremos de entrada del multímetro
		45 Hz a 10 KHz	
2 mA	1 $\mu$ A	$\pm(0,75\%$ de lectura $\pm 1$ dígito)	0.3 V máx
2000 mA	1 mA		0.9 V máx
Tiempo de respuesta menor a 2 seg.		<b>Protección por Sobrecorriente</b> ..... 2A/250V con un fusible de 3A/600V.	

Por ejemplo, en un multímetro de 3 dígitos y medio, en la escala de 2000 mA (2A), a fondo de escala tenemos una lectura de 1999 mA. Recuerde que la máxima corriente admisible normalmente es de 2 A. En caso de mayor corriente debe usarse un shunt externo para realizar la medición. En esta escala, el último dígito puede resolver 1 mA (Resolución).

Si la frecuencia a medir es la de línea (50 Hz) el error se debe calcular según  $\pm(0,75\%$  de lectura  $\pm 1$  dígito). Para una lectura de 1500 mA, el error por dígito será de 1 mA, y el error porcentual de  $0,75\%$  de 1500 mA = 11,25 mA

El valor real será:

$$(1500 - 11,25 - 1) \qquad (1500 + 11,25 + 1)$$

$$1487,75 \text{ mA} \leq \text{valor real} \leq 1512,25 \text{ mA}$$

En este caso, el error que se comete por perturbación del circuito debido a la inserción del instrumento es de 0.9 V como máximo, siendo para ese valor de corriente de 0,675 V. (09V. 1,5 A / 2A). La resistencia del shunt en esta escala es  $R = V/I$  :  $R_{shunt} = 0,9/2 = 0,45 \text{ Ohm}$ .

### Resistencia

Rango	Resolución	Precisión	Tensión a fondo de escala	Máxima corriente
200 $\Omega$	0.1 $\Omega$	$\pm(0,2\%$ de lectura $\pm 1$ dígito)	< 0,25 V	.35 mA
2 k $\Omega$	1 $\Omega$	$\pm(0,1\%$ de lectura $\pm 1$ dígito)	> 1.0 V	1,1 mA
20 M $\Omega$	10 k $\Omega$	$\pm(2\%$ de lectura $\pm 1$ dígito)	> .7 V	0,13 $\mu$ A

Para un multímetro de 3 dígitos y medio, si la escala usada es de 20 Mohms, y la resistencia leída es de 100 Kohms, la resolución es de 10 Kohms. El error por dígito es de 10 Kohm y el

error porcentual es del 2 % de 100.000 = 2000 Ohms. Por lo tanto el valor verdadero de resistencia será

$$\begin{array}{rcccl} (100.000 - 10000 - 2000) & & (100.000 + 10.000 + 2000) & & \\ 88.000 \text{ Ohms} \leq & \text{valor real} & \leq & 112.0000 \text{ Ohms} & \end{array}$$

Esto nos indica que para ese valor de resistencia en donde, de los 3 dígitos y medio, sólo usamos los dos dígitos de la derecha, el error por dígito es muy grande, y sería conveniente usar una escala menor, pero al no disponer de ella en el rango de los 200K, es aconsejable leer su conductancia y hacer la inversa.