

## **Experiencia N°1**

# 1. Conceptos básicos de electrónica.

En primer lugar se enunciarán algunos conceptos, los que se consideran primordiales para entender la teoría básica del trabajo con circuitos electrónicos, para lo cual se utilizará una analogía entre el modelo eléctrico y un modelo hidráulico.

## 1.1. Modelo Hidráulico.

Este tipo de modelo es muy útil en el estudio de la electricidad, ya que ayuda a la visualización de los fenómenos eléctricos (que usualmente no son visibles) a través de la comparación con fenómenos más fáciles de ver.

Para el modelo hidráulico, el flujo de corriente eléctrica a través de un cable es análogo al flujo de agua en una tubería. El voltaje (V) de un elemento circuital (en estricto rigor, la diferencia de potencial entre sus extremos) es análoga a la diferencia de presión del agua entre dos puntos de la red de tuberías y, de la misma forma, la intensidad de la corriente eléctrica (I) es análoga a la intensidad de agua o caudal que se presente en una tubería. En concordancia con lo anterior, tal como el agua se desplaza desde puntos que presentan mayor presión a otros en que ésta es menor, la corriente eléctrica fluye desde puntos que poseen un mayor voltaje hacia otros donde este último es menor.

## 1.2. Magnitudes Continuas y Alternas.

Ahora bien, si consideramos el comportamiento a través del tiempo de las magnitudes recién mencionadas, tendremos un voltaje  $v(t)$  y una corriente  $i(t)$ , es decir, tanto el voltaje como la corriente dependen del tiempo. Si alguna de estas magnitudes tiene un valor constante en el tiempo, se hablará de voltaje continuo y/o de corriente continua, según sea el caso; por otro lado, cuando el voltaje o la corriente tienen un comportamiento sinusoidal, se hablará de voltaje alterno o de corriente alterna. Para esta última situación, se definen algunos conceptos útiles:

- **Valor Máximo:** Es el valor más alto que alcanza la señal y, por lo tanto, corresponde a la amplitud de la señal sinusoidal. Esto significa que, si por ejemplo la señal de voltaje tiene la forma  $v(t) = V_{max} \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi)$ , el valor máximo es  $V_{max}$ .
- **Valor Efectivo:** Corresponde al valor cuadrático medio (RMS) de la señal, el cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [v(t)]^2 dt} \quad , \text{donde } T \text{ es el período de la señal.}$$

Para un voltaje alterno (sinusoidal) se tendrá la relación:  $V_{RMS} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$

- **Valor Medio:** Es el valor promedio de una señal, por lo tanto, si la señal es periódica (con período  $T$ ), el valor medio se calcula por medio de la siguiente fórmula:

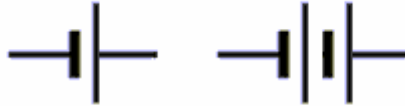
$$V_{Medio} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt$$

Para el caso mencionado anteriormente, es decir, si se tiene una señal de la forma  $v(t) = V_{max} \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi)$ , el valor resultante al aplicar la fórmula anterior será cero.

Cuando se trabaja con circuitos eléctricos o electrónicos, generalmente se utilizan fuentes de voltaje, que son dispositivos diseñados para entregar un voltaje de cierta magnitud. Estas fuentes pueden ser para corriente continua (C.C.) o para corriente alterna (C.A.), y pueden ser de un valor fijo o variables. Los símbolos eléctricos que identifican a las fuentes de voltaje son los siguientes:



FTE. VOLTAJE C.A.



FTE. VOLTAJE C.C.

### 1.3. Modos de Conexión.

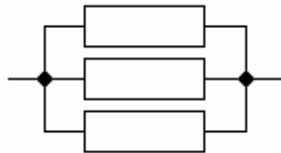
Existen 2 modos principales de conectar elementos eléctricos de 2 terminales (extremos):

- **En serie:** Corresponde a conectar los elementos uno a continuación de otro, con lo cual la misma corriente pasará por cada elemento consecutivamente (por la L.C.K.).



Conexión en serie

- **En paralelo:** Es cuando se conectan 2 o más elementos uniendo un terminal de cada elemento en un punto común, mientras se hace lo mismo con los terminales del otro lado de los elementos, que quedan unidos en otro punto común. De esta forma, el voltaje que se aplique a cada elemento será igual y corresponderá al voltaje que se aplique entre los terminales comunes (por L.V.K.).



Conexión en paralelo

## 2. Elementos.

Al trabajar con circuitos se utiliza una serie de elementos electrónicos los cuales tienen distintas características de voltaje y corriente, por lo que cumplen diferentes funciones al ser conectados. A continuación se mencionan algunos de ellos:

### 2.1. Resistencia o resistor.

A la cualidad o tendencia de un material para impedir el flujo de cargas eléctricas a través de él se le llama resistencia (R), y su unidad de medida es el ohm ( $\Omega$ ). Los resistores (que comúnmente también se llaman resistencias) se fabrican con materiales que conducen la electricidad, pero que poseen una resistencia grande comparada con la resistencia de los alambres y de los contactos. El voltaje instantáneo a través de una resistencia es directamente proporcional a la corriente que pasa a través de él. Lo anterior se conoce como Ley de Ohm y la ecuación que describe esta relación está dada por:

$$V = R \cdot I$$

**Símbolo eléctrico:**

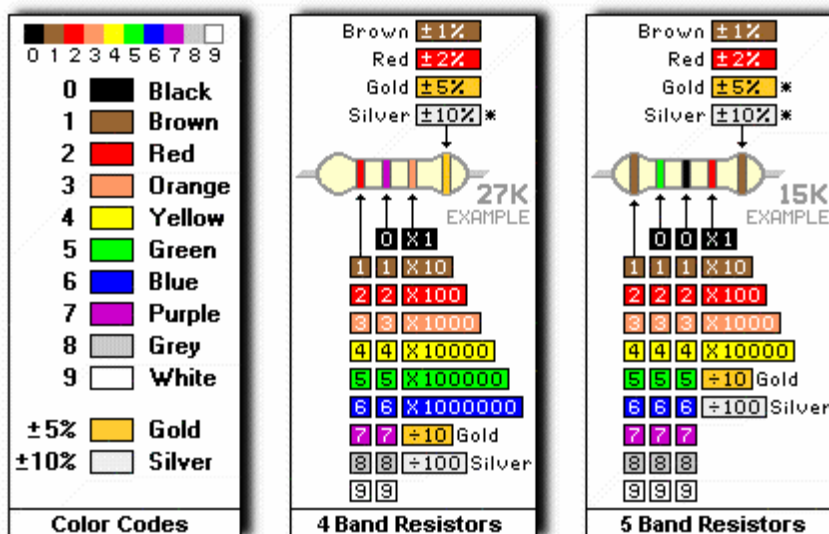


**Aspecto físico:**

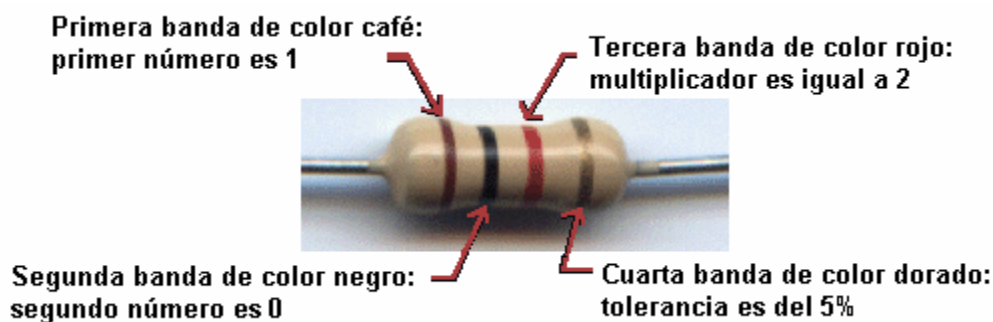


**Código de colores.**

El valor de una resistencia está determinado por un código de colores estándar. En este código, si la resistencia tiene cuatro bandas, las primeras dos son números, la tercera es el multiplicador y la cuarta es la tolerancia. Si la resistencia tiene cinco bandas, las primeras tres son números, la cuarta es el multiplicador y la quinta es la tolerancia. Si no hay banda para la tolerancia, la tolerancia es  $\pm 20\%$  del valor de la resistencia. Para encontrar el valor de una resistencia, se toma el número que corresponda y se multiplica por el multiplicador y eso dará el valor de la resistencia en Ohms.



Para dejar más claro este último punto, se puede ver el siguiente ejemplo:



El valor del número en este caso será:

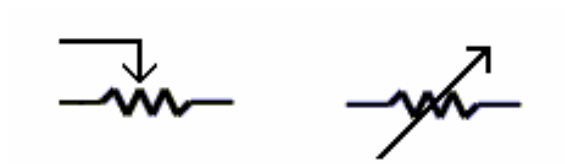
$$10 \cdot 10^2 \pm 5 \% [\Omega] = 1000 [\Omega] \pm 5 \% = 1 [k\Omega] \pm 50 [\Omega]$$

Esto significa que el fabricante asegura que la resistencia tiene un valor de 1[kΩ] con un error máximo del 5%, o sea, de ± 50 [Ω].

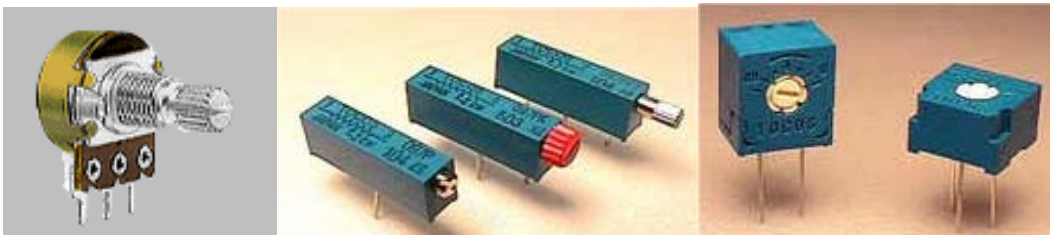
## 2.2. Potenciómetro.

Es básicamente una resistencia de valor variable, por lo cual tiene tres terminales: las correspondientes a los extremos de la resistencia y un terminal para el cursor, que es un contacto que se mueve sobre toda la extensión de la resistencia. De esta manera, si se toma este último terminal y uno de los extremos del potenciómetro se tendrá una resistencia variable. El valor de la resistencia se fija con un control del cursor, el cual puede ser de perilla, tornillo, etc.

**Símbolo eléctrico:**



**Aspecto físico:**



## 2.3. Condensador.

Elemento que permite almacenar energía en forma de voltaje, cualidad que se denomina capacidad y cuya unidad de medida es el farad (F).

**Símbolo eléctrico:**



**Aspecto físico:**



## 2.4. Diodo.

Es un dispositivo electrónico que se construye con algún material semiconductor (los materiales más utilizados son el Germanio y el Silicio), por lo que permite la circulación de corriente a través de él en un sentido pero no en el otro.

**Símbolo eléctrico:**



**Aspecto físico:**



### **2.4.1. LED.**

Un diodo emisor de luz o LED (Light Emitting Diode) tiene las mismas características de un diodo común y corriente, pero además emite luz cuando alguna corriente circula a través de él.

**Símbolo eléctrico:**

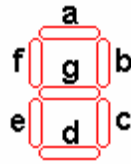


**Aspecto físico:**



### **2.4.2. Display o Indicador de 7 Segmentos.**

Este dispositivo está compuesto por 7 leds en forma de barras, mediante las cuales se puede representar cualquier dígito decimal; además, la mayoría de estos elementos trae otro led para representar un punto después del número, el cual sirve para indicar el comienzo de las cifras decimales en el caso que se estén utilizando varios displays juntos para formar una serie de cifras.

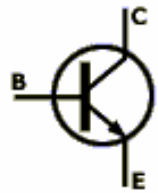


Existen dos tipos de indicadores de 7 segmentos: de ánodo común y de cátodo común, lo cual significa que los ánodos o los cátodos (según sea el caso) de todos los leds están unidos y van a dar al mismo pin o pata de conexión. Así, si por ejemplo se tiene un display de ánodo común y se quiere representar un número, se deberá conectar el punto común al terminal positivo de una fuente de voltaje y los pines correspondientes al cátodo de los leds que se quieren encender deben conectarse al terminal negativo de la fuente de voltaje.

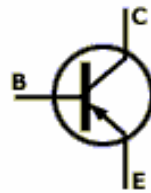
## 2.5. Transistor.

Es un dispositivo electrónico, que entre sus muchas aplicaciones permite la amplificación de señales eléctricas.

**Símbolo eléctrico:**



**Transistor NPN**



**Transistor PNP**

**Aspecto físico:**



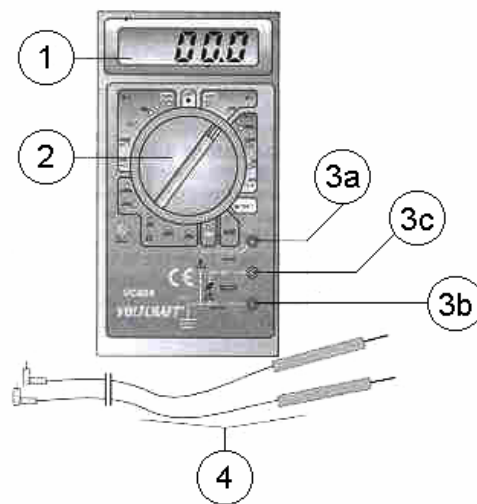


### 3. Instrumentos.

Para poder cuantificar alguna de las características eléctricas mencionadas anteriormente es necesario utilizar algún instrumento de medición. Para tal efecto en el laboratorio se cuenta con los siguientes instrumentos:

#### 3.1. Multímetro Digital.

En el laboratorio se cuenta con multímetros Voltcraft vc-404, como el que se muestra a continuación:



En la figura se pueden apreciar:

- 1.- Pantalla LCD (liquid crystal display) de 4 dígitos con indicación automática de polaridad.
- 2.- Cambiador de Función Rotatorio (Selector grande).
- 3.- Terminales Jack (terminal de conexión) de medición, para los cuales se tiene:
  - 3a ) Jack de medición de hasta 10 A (terminal rojo) para medir corrientes sobre los 200 mA.
  - 3b ) Jack COM - "-" (terminal negro).
  - 3c ) Jack V - Ohm - mA - "+" (terminal rojo).
- 4.- Cables de medición (rojo y negro).

##### 3.1.1. Operación del multímetro.

Este instrumento tiene varias funciones y la selección de alguna de ellas se hace poniendo en la posición indicada el cambiador de funciones rotatorio. De esta forma, el multímetro queda listo para llevar a cabo alguna de sus funciones; sin embargo, cada una de ellas se realiza con una conexión específica y teniendo cuidado de no sobrepasar los valores límite para cada magnitud. A continuación se indica la forma en que se utiliza este instrumento para medir las distintas magnitudes.

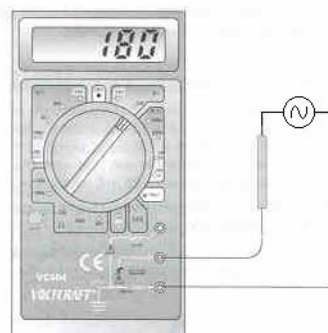
#### **3.1.1.1. Medición de Voltaje Continuo:**

Se pueden medir voltajes de hasta 500 VDC máximo y se mide con la conexión de la figura.



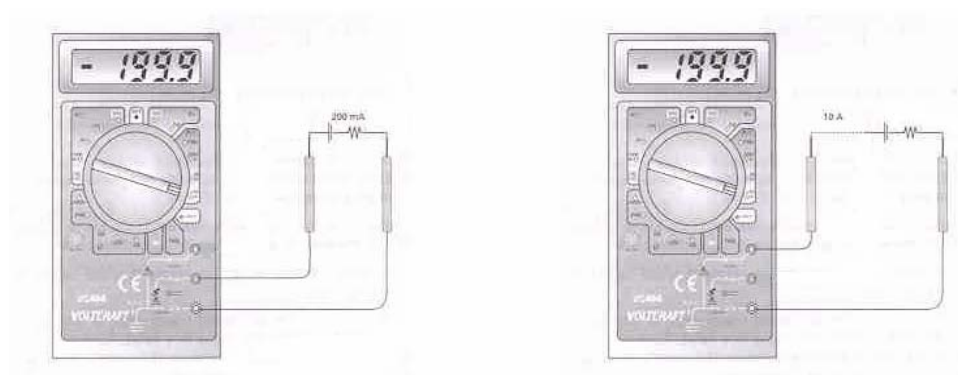
#### **3.1.1.2. Medición de Voltaje Alterno:**

Se pueden medir voltajes de hasta 500 VAC rms (efectivos) de la siguiente forma



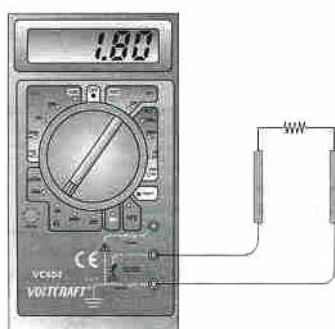
#### **3.1.1.3. Medición de Corriente Continua:**

Se puede hacer esta medición siempre y cuando el circuito en que se está midiendo no exceda los 250 VDC/VAC rms (¡lo cual es altamente peligroso!). El terminal COM se conecta al circuito con el cable negro y luego se conecta con el cable rojo a la entrada mA para medir corrientes menores a 200mA, o a la entrada 10 A para medir corrientes entre 200mA y 10 A.



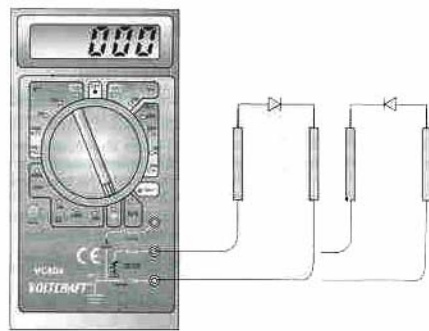
#### 3.1.1.4. Medición de Resistencia:

Se pueden medir resistencias de hasta 2 Mohm regulando la escala, y se lleva a cabo con la conexión de la figura.



#### 3.1.1.5. Verificación de Diodo:

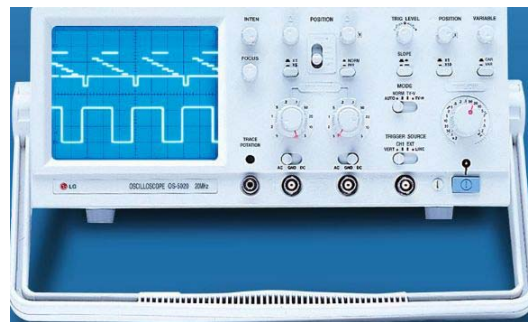
Mediante esta opción, y con la conexión que se muestra, se puede comprobar si un diodo u otro semiconductor funciona correctamente. Se conecta la entrada COM al cátodo del diodo y la entrada V/Ohm/mA al ánodo del mismo. Con esto el diodo está energizado para conducir (la corriente viaja en el sentido en que el diodo conduce), por lo cual la lectura del multímetro debe ser de unos 0.25 V (Germanio) o de unos 0.7 a 1.0 V (Silicio). Luego, dando vuelta los conectores debiese aparecer un "1" en pantalla; si en vez de eso aparece un valor aproximado a 0.5 V, el componente está defectuoso.



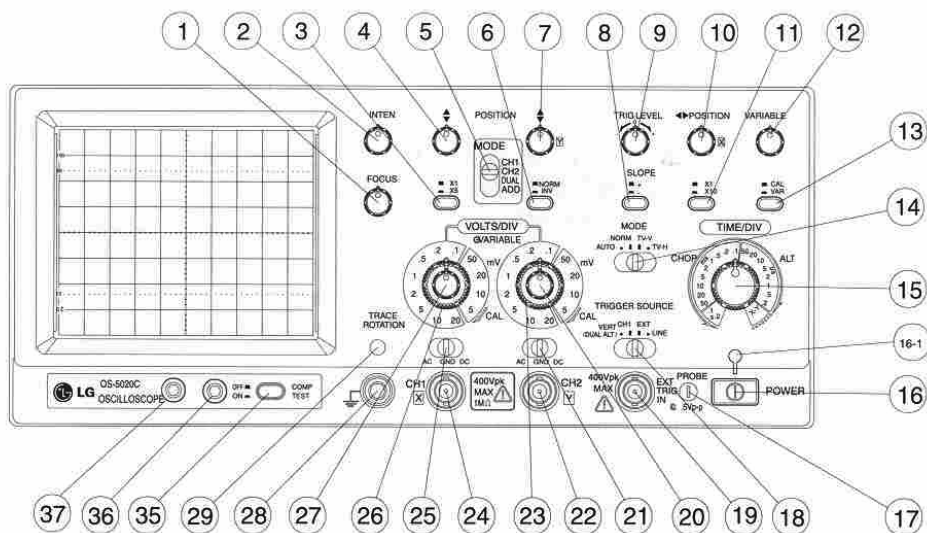
### 3.1.1.6. Prueba de Transistor:

Por último, el multímetro posee una opción para medir el parámetro correspondiente a la ganancia de un transistor ( $h_{Fe}$ ), lo cual se hace insertando este último en entradas que el instrumento tiene especialmente para dicho propósito.

## 3.2. Osciloscopio.



El laboratorio está equipado con osciloscopios LG OS-5020SRS. A continuación se indicará la función de los controles que aparecen en el panel frontal del mismo:



FRONT PANEL

#### Display and Power Blocks

- (16) POWER switch
- (16-1) POWER lamp
- (2) INTEN control
- (1) FOCUS control
- (29) ROTATION control
- (33) Voltage Selector
- (34) Power Connector

#### Vertical Amplifier Block

- (24) CH1 or X IN connector
- (22) CH1 or Y IN connector
- (25) CH1 AC/GND/DC switch
- (21) CH2 AC/GND/DC switch
- (26) CH1 VOLTS/DIV switch
- (23) CH2 VOLTS/DIV switch
- (27)(20) VARIABLE controls
- (3) X5 MAG switch
- (4) CH1 POSITION control
- (7) CH2 POSITION control
- (6) CH2 INV switch
- (5) V MODE switch
- (30) CH1 OUTPUT connector

#### Sweep and Trigger Blocks

- (15) TIME/DIV switch
- (12) VARIABLE control
- (11) X10 MAG switch
- (10) Horizontal POSITION
- (14) Trigger MODE switch
- (18) Trigger Source switch
- (9) Trigger LEVEL control
- (8) Trigger Slope switch
- (19) EXT TRIG IN connector

#### Miscellaneous Features

- (31) EXT Blanking Input connector
- (17) Probe Adjust Ground Connector

### 3.2.1. Operación.

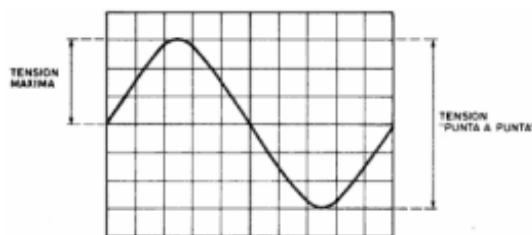
A continuación se indicará como se miden magnitudes eléctricas mediante el osciloscopio.

#### **3.2.1.1. Medida de voltajes:**

La pantalla del osciloscopio tiene líneas divisorias tanto en sentido horizontal como vertical, las cuales ayudan a leer los valores de las magnitudes que se están observando. Estas magnitudes son: la magnitud del voltaje en el eje vertical (eje  $y$ ) y el tiempo en el eje horizontal (eje  $x$ ). En cada una de las posiciones del atenuador vertical, se puede leer directamente el voltaje necesario para desviar el trazo un centímetro, en sentido vertical. Esto permite realizar mediciones de voltaje sobre la pantalla, tanto para corriente continua como para alterna.

La medida de un voltaje alterno se realizará contando los centímetros o cuadros de la retícula que ocupa la señal sobre la pantalla, multiplicándolos por el factor de conversión seleccionado con el conmutador de vertical.

Al realizar una medida de voltaje continuo, o bien su componente dentro de una forma de onda, lo que mediremos será el desplazamiento vertical que experimenta la deflexión a partir de una determinada referencia. Este desplazamiento nos indicará además, la polaridad del voltaje continuo medido, según sea hacia la parte superior de la retícula (voltaje positivo) o hacia la parte inferior (voltaje negativo).



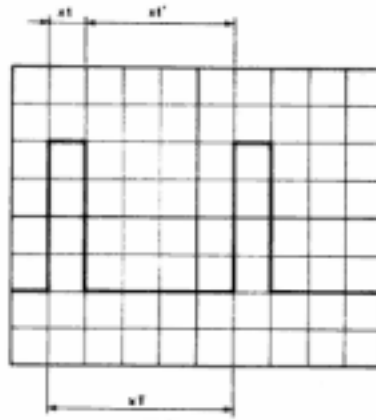
#### **3.2.1.2. Medida de corrientes:**

La intensidad de corriente que circula por un determinado circuito, no puede medirse directamente con el empleo del osciloscopio, ya que éste sólo permite la medida de voltajes en el eje vertical " $y$ ", y de tiempos en eje horizontal " $x$ ". Lo que se hace es añadir en serie una resistencia de pequeño valor (a fin de no alterar las condiciones del circuito original), y proceder a visualizar la forma de onda del voltaje en los bornes de la resistencia añadida.

Si se desea el valor de la corriente que circula, bastará con aplicar la ley de Ohm, dividiendo el valor del voltaje efectivo, por el valor de la resistencia añadida, obteniendo el valor efectivo de la corriente que circula por dicha rama.

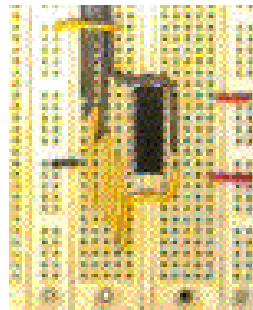
#### **3.2.1.3. Medida de tiempos:**

La distancia respecto al tiempo, entre dos puntos determinados, se puede calcular a partir de la distancia física en centímetros o cuadros de retícula existente entre dichos puntos y multiplicándola por el factor indicado en el conmutador de la base de tiempos.



### 3.3. Protoboard.

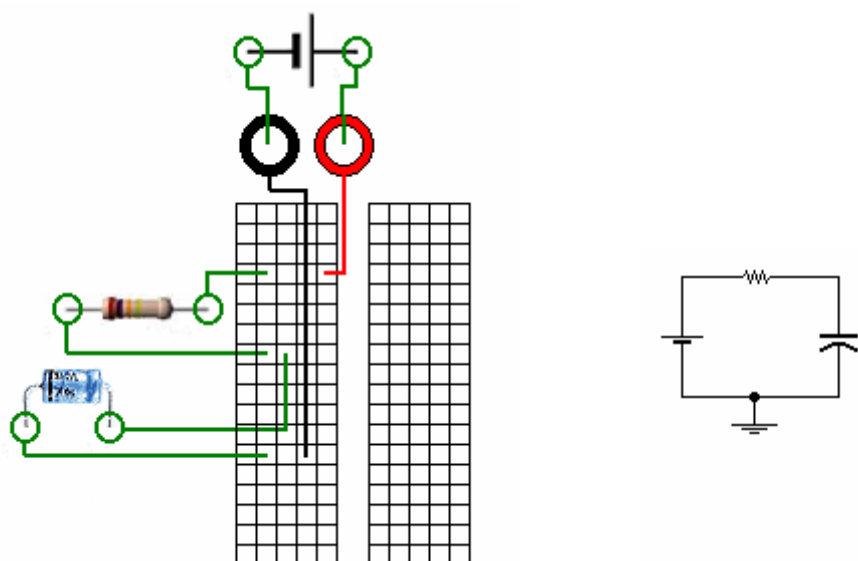
Es una plataforma de desarrollo de circuitos electrónicos, cuya cualidad principal es que en ella se puede hacer conexiones entre elementos sin necesidad de soldar, por lo cual es reutilizable.



Los protoboards se construyen en base a dos tipos de placas con pines para conexión:

- La primera está formada por filas de 5 pines, estos últimos conectados eléctricamente entre sí (estas placas están ubicadas en la parte central de la foto ampliada que se muestra arriba, con las mencionadas filas en posición horizontal).
- El otro tipo de placa (que en la figura corresponden a las columnas en los extremos de la foto) está formado por dos columnas de pines; en estas placas todos los pines de una columna están conectados eléctricamente, pero las dos columnas están aisladas entre sí.

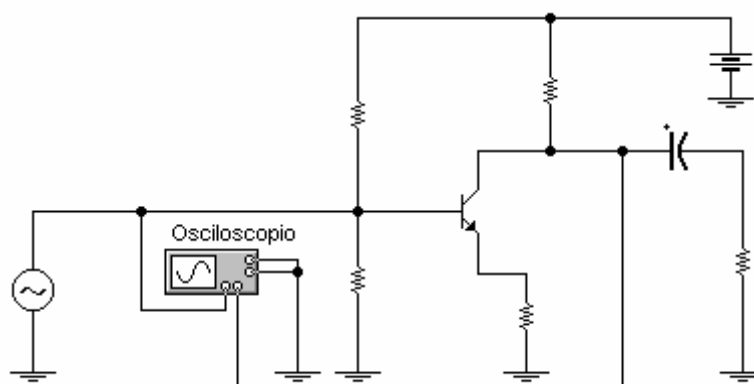
Para clarificar este punto, se puede ver el siguiente ejemplo donde, en un protoboard esquemático, se conectan en serie una fuente, una resistencia y un condensador:



En este dibujo, las líneas roja y negra representan cables que van conectados desde los bornes disponibles para enchufar fuentes hacia alguna línea del protoboard; por otro lado, las líneas verdes indican el lugar donde debería insertarse la pata o terminal correspondiente de cada elemento. Como se puede apreciar, basta con que dos terminales estén enchufados en la misma línea para que se encuentren conectados eléctricamente.

## 4. Diagrama Esquemático.

El diagrama o circuito esquemático es una representación de un circuito eléctrico real que es de gran utilidad para el análisis del mismo. Está formado por los elementos de circuito idealizados, cada uno de los cuales representa una cierta característica del circuito real. El siguiente es un diagrama esquemático:



Como se puede apreciar, los elementos y equipos eléctricos están representados por símbolos y la disposición de las cosas se hace de la forma en que la visualización del problema se facilite más. En este punto se debe notar el símbolo tierra (ground), que puede ser uno de los siguientes:





Este símbolo indica donde está la tierra del circuito eléctrico esquemático, lo cual es muy distinto a una conexión física a tierra. La tierra esquemática sólo señala el punto que servirá como referencia de voltaje para los cálculos, es decir, el punto donde se considerará el voltaje como nulo. De esta forma puede aparecer más de una conexión a tierra en un diagrama circuital, lo que no significa que haya más de un punto de referencia, sino más bien que todos esos puntos están conectados entre sí y a tierra. No hay una verdadera conexión a tierra en medio del circuito real, sino que la corriente sale por un polo de una fuente y vuelve por el otro polo completando un ciclo cerrado.

## 5. Seguridad.

Cuando se trabaja con equipos alimentados por corriente alterna, el concepto de tierra cambia con respecto al circuito esquemático, donde la tierra y el negativo coinciden. En este caso el conductor considerado negativo del circuito es una fase de la corriente alterna, y la tierra del circuito debe coincidir con el neutro del circuito. La mayoría de las fuentes y demás equipos tienen un enchufe de tres conectores, siendo el del medio la conexión “a tierra”; sin embargo, esta conexión a tierra si es real ya que la red eléctrica que llega a las casas, laboratorios, etc. tiene conexiones físicas a mallas de tierra, lo cual es muy importante para la seguridad de quienes manipulan los aparatos.

La importancia de la conexión física a tierra de un equipo recae en la posibilidad de que debido a alguna falla se produzca una descarga de energía en el chasis de algún equipo, lo cual significa un gran peligro para los usuarios de los mismos.

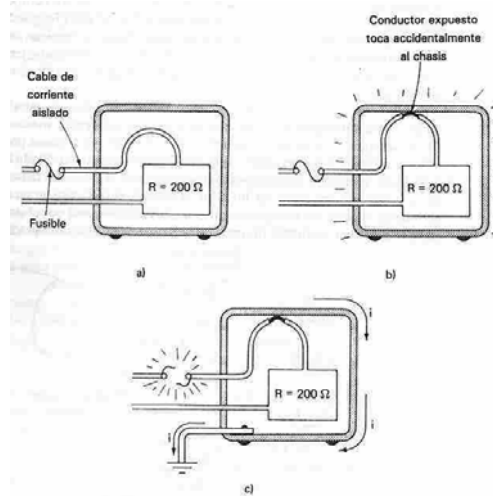


Figura 3-4 Conexión del equipo a tierra como medida de seguridad.

Existen elementos que también tienen que ver con seguridad pero apuntan más bien a proteger a los equipos. Este es el caso de los fusibles, que son elementos especialmente diseñados para quemarse ante la presencia de alguna sobrecarga del sistema, la cual puede ser causada por un cortocircuito. De esta forma, si se tiene una situación de ese estilo, habrá que reemplazar el fusible pero el equipo no sufrirá daño.

### Símbolo Eléctrico:

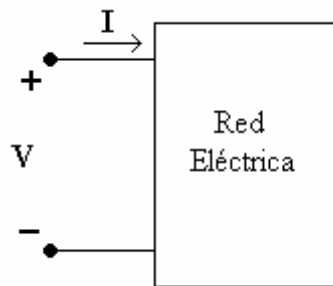


**Aspecto Físico:**



## 6. Impedancia de Entrada.

La impedancia, en términos generales, es la relación entre el voltaje y la corriente y se simboliza mediante la letra  $Z$ . Las unidades de impedancia son los ohms ( $\Omega$ ).



En el diagrama anterior se tienen el voltaje y la corriente de entrada de un circuito o red eléctrica, con lo cual la impedancia de entrada sería:

$$Z = \frac{V}{I}$$

Si se tiene un instrumento eléctrico y si se hace una conexión con sus terminales de entrada o de salida, el instrumento presentará alguna impedancia característica visto desde estas terminales. Si el instrumento es de medición, (como un multímetro o un osciloscopio), la relación del voltaje entre sus terminales de entrada a la corriente que pasa a ellas, se llama la impedancia de entrada del instrumento.

Esta impedancia de entrada se puede medir si se conecta una fuente de voltaje entre las terminales de entrada y se mide la corriente que pasa a través del instrumento a un determinado de voltaje. Los instrumentos que se emplean para medir el voltaje se conectan entre las terminales del elemento (en paralelo) o circuito que se esté midiendo. Idealmente, un instrumento de medición no debería perturbar o cambiar los valores de la corriente y del voltaje en el circuito que se esté probando. Mientras mayor sea el valor de la impedancia de entrada que posea un instrumento medidor de voltaje mejor será y se podrá hacer una medición más exacta del voltaje con él.

# Experiencia N°2

**CIRCUITO GENERADOR DE FORMA DE ONDA (OSCILADOR)**

## 1. INTRODUCCION

En electricidad y en particular en electrónica existen muchos ejemplos en los que no interesa tanto el comportamiento estático del circuito sino más bien el comportamiento dinámico.

El comportamiento estático del circuito se da cuando las variables de interés (voltaje  $V$  y corriente  $I$ ) no cambian en el tiempo, se conoce como corriente continua. El comportamiento dinámico será aquel en que las variables son funciones del tiempo (i.e. varían en el tiempo  $V=V(t)$ ,  $I=I(t)$ ).

En esta sesión nos concentraremos en el comportamiento dinámico. Ejemplos de esta situación pueden ser:

1. La energía eléctrica que llega al enchufe de nuestras casas, típicamente se puede representar por  $V \approx 220\sqrt{2} \cos(50 \cdot 2 \cdot \pi \cdot t)$ , donde  $f=50$  Hz y  $220\sqrt{2}$  Amplitud de la señal sinusoidal.
2. Un instrumento musical electrónico, en que el sonido se genera sumando ondas a distintas frecuencias,
3. Un computador que envía señales digitales en forma de pulsos rectangulares.

El funcionamiento de un circuito usualmente requiere de señales que varíen en el tiempo (como  $V(t)$  e  $I(t)$ ), sea para probar el funcionamiento apropiado del circuito o bien con otro fin. Esta necesidad se resuelve mediante un dispositivo denominado **Generador de Ondas**, y que es el objetivo de nuestra sesión de hoy.

En la actualidad existen circuitos que facilitan la construcción de estos generadores de onda y uno de ellos es el Circuito Integrado 555, uno de los circuitos más famosos de la historia de la microelectrónica.

La construcción de este circuito requiere de tres elementos: circuito integrado 555, condensadores y resistencia.

### Para la experiencia necesitaremos:

- 1 IC 555
- 1 par de resistencias
- 1 condensador

### Los conceptos en básicos que veremos son:

- El condensador
- Circuitos Integrados

- Generador de Onda

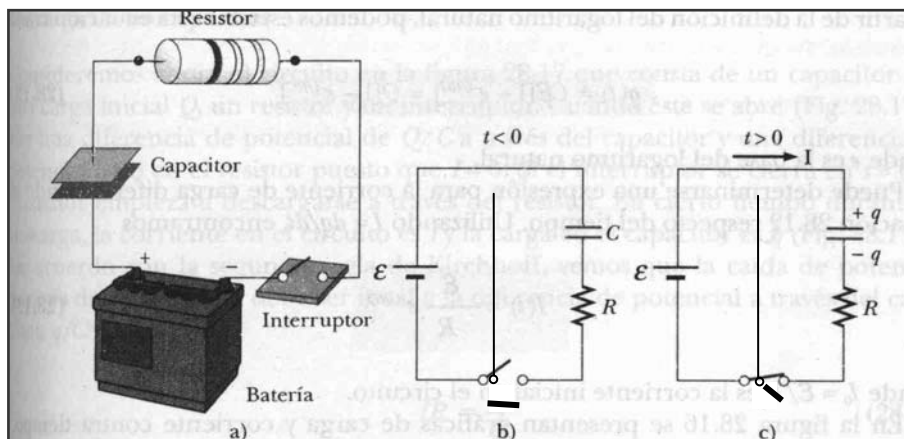
## 2. CIRCUITO RC

El condensador, como se mencionó en la guía pasada, sirve para almacenar energía eléctrica. A continuación veremos como se logra esto. Primero que nada necesitamos una fuente de energía, utilizaremos una batería como fuente de voltaje (continuo). Además necesitamos que fluya una corriente así que agregaremos una resistencia, como nos interesa estudiar el condensador, debemos agregar uno. Finalmente incluiremos un interruptor para encender (abrir o cerrar) el circuito en un tiempo determinado. A este circuito se le llama circuito RC.

### Carga y Descarga de un capacitor (condensador) en un circuito RC

#### Análisis Cualitativo

Considere el circuito en serie mostrado en la figura 1. Supongamos que el capacitor inicialmente está descargado. No hay corriente cuando el interruptor está abierto. Si el interruptor se cierra en  $t = 0$ , empiezan a fluir cargas estableciendo una corriente en el circuito, y el capacitor empieza a cargarse. Cabe señalar que durante el proceso de carga, las cargas no brincan a través las placas del capacitor, generándose una acumulación de cargas en las placas. En lugar de eso, la carga se transfiere de una placa a la otra a través del resistor, el interruptor y la batería hasta que el capacitor se carga por completo. El valor de la carga máxima depende del voltaje de la batería. Una vez alcanzada la carga máxima, la corriente en el circuito es cero debido a que no existe diferencia de potencial entre ambos extremos de la resistencia.



Figuras: 1 a) Diagrama de conexión de los elementos  
 1 b) Diagrama antes de la carga del circuito  
 1 c) Etapa de carga del Condensador

Consideremos ahora el circuito descargándose que consta de un capacitor con una carga inicial  $Q$  un resistor y un interruptor. Cuando éste se abre (Ley de Voltajes de Kirchhoff), hay una diferencia de potencial de  $Q/C$  a través del capacitor y una diferencia de potencial cero

en el resistor puesto que  $I = 0$ . Si el interruptor se cierra en  $t = 0$ , el capacitor empieza a descargarse a través del resistor. En cierto tiempo durante la descarga, la corriente en el circuito es  $I$  y la carga en el capacitor es  $q$ . De acuerdo con la segunda regla de Kirchhoff, vemos que la caída de potencial a través del resistor,  $IR$ , debe ser igual a la diferencia de potencial a través del capacitor,  $q/c$ :

## Análisis Cuantitativo

Ahora describiremos el proceso con algunas fórmulas simples.

- En la resistencia se cumple la ley de Ohm:  $V_R = R \cdot I$
- Pero  $I$  es la variación de carga en el tiempo:  $I = dq/dt$
- Luego,  $V_R = R \cdot (dq/dt)$
- En el condensador se cumple:  $q(t) = C \cdot V_C(t)$  donde  $C$  es constante e indica la "capacidad" del condensador.
- Al iniciar la carga supondremos que el condensador está descargado, i.e.  $q(0) = 0$ , por lo tanto  $V_C(0) = 0$
- La ley de Kirchhoff de Voltaje dice: "El voltaje de la fuente  $V_F$  es igual a la suma de los voltajes de los otros componentes ( $V_R$ ,  $V_C$ ) en un circuito conectado en serie":
- $V_F = V_R + V_C$ , para  $t = 0$   $V_C = 0$ , luego  $V_F = V_R$
- por lo tanto  $V_F = I \cdot R$ , entonces  $I(0) = V_F/R$
- para cualquier otro  $t$  tendremos:
- $V_F = R \cdot q' + q/C$
- $q' + (1/RC)q = V_F/R$

La solución de esta ecuación diferencial es:

$$q(t) = C \cdot V_f \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

donde  $RC$  define la constante de tiempo,  $\tau$ , del circuito. Representa el tiempo que tarda en disminuir la corriente hasta  $1/e$  de su valor inicial; esto es, en un tiempo  $\tau$ ;

$$I = e^{-1} \cdot I_0 = 0.368 \cdot I_0$$

en un tiempo  $2\tau$ ,

$$I = e^{-2} \cdot I_0 = 0.135 \cdot I_0$$

El siguiente análisis dimensional muestra que  $\tau$  tiene unidades de tiempo:

$$[\tau] = [RC] = \left[ \frac{V}{I} \cdot \frac{Q}{V} \right] = \left[ \frac{Q}{Q/T} \right] = [T]$$

Tarea :	Comprobar este resultado e interpretar gráficamente el significado de la constante
---------	--

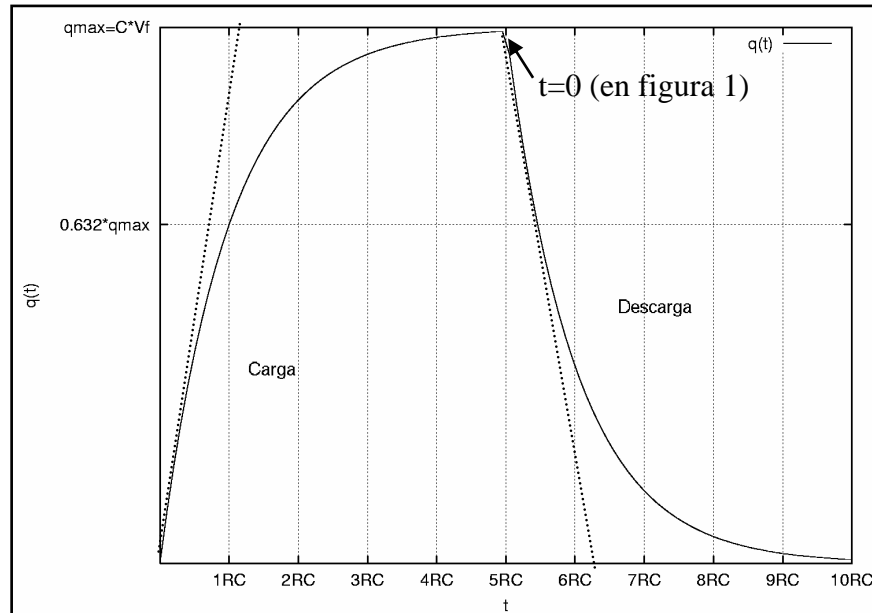
de tiempo

Cuando  $t \rightarrow \infty$ ,  $q \rightarrow C \cdot V_F$

La descarga del condensador es análoga, pero supondremos  $q(0) = C \cdot V_F$ , i.e. el condensador está completamente cargado; en este caso la solución es simplemente:

$$q(t) = C \cdot V_F \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

Si graficamos en función del tiempo obtendremos lo siguiente:



**Gráfico 1**

Ahora podemos además calcular el voltaje y la corriente en el condensador y en la resistencia:

Elemento	Voltaje		Corriente $I = dq/dt$ ; $I = I_R = I_C$
Condensador	$V_C = q/C$	Carga: $V_F (1 - e^{-t/RC})$ Descarga: $V_F e^{-t/RC}$	Carga: $(V_F/R) \cdot e^{-t/RC}$ Descarga: $-(V_F/R) \cdot e^{-t/RC}$
Resistencia	$V_R = R \cdot I$	$\pm V_F e^{-t/RC}$	

## Ejemplo conceptual: Limpiadores de parabrisas intermitentes

Muchos automóviles están equipados con limpia parabrisas que pueden usarse intermitentemente durante una ligera llovizna. ¿Cómo se relaciona la operación de este sistema con la característica de carga y descarga de un capacitor?

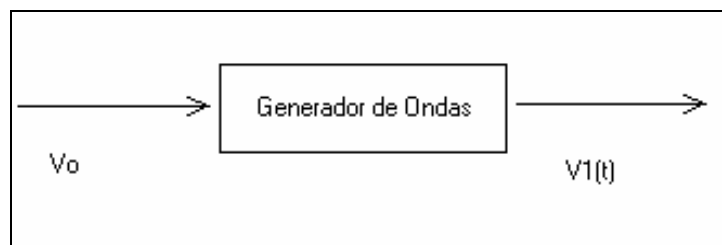
**Razonamiento:** Los limpiadores son parte de un circuito  $RC$  cuya constante de tiempo puede variarse seleccionando diferentes valores de  $R$  mediante un interruptor de posicionamiento múltiple. El breve tiempo que los limpiadores permanecen activados, y el tiempo que están desactivados, se determina por el valor de la constante de tiempo del circuito.

### 3. CIRCUITO GENERADOR DE FORMAS DE ONDAS

#### Generalidades

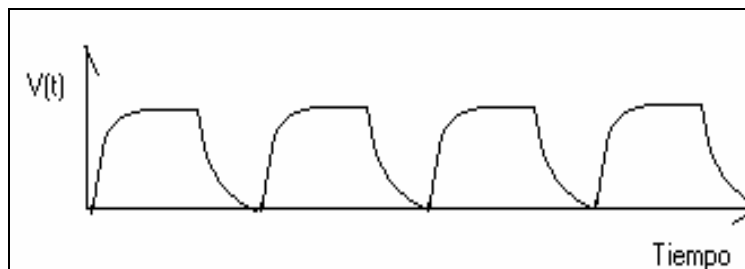
Un generador de Formas de ondas, es un dispositivo electrónico capaz de recibir señales de entrada de variación irregular (como la carga y descarga de un condensador) y obtener a la salida una señal que varía en el tiempo de manera regular. Al generar la señal puedo variar tanto la amplitud, como la frecuencia (dentro de determinado rango)

La figura 2 muestra un diagrama de bloques de un generador de ondas.



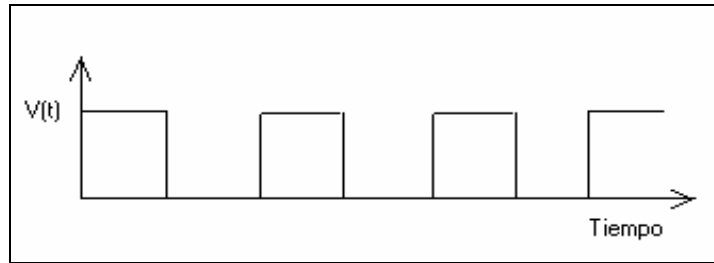
**Figura 2:** Diagrama de bloques de un generador de formas de ondas.  $V_o$  es la señal continua de entrada al generador y  $V_1(t)$  es la señal resultante variable en el tiempo.

La variedad de señales que se puede obtener con este tipo de circuito se puede apreciar en el grafico 2.

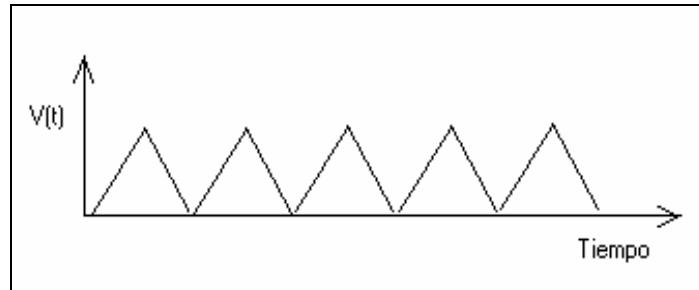


**Gráfico 2.a**





**Gráfico 2.b**



**Gráfico 2.c**

**2.a)** Señal de entrada al Generador de ondas.

**2.b)** Señal de salida del Generador de ondas

**2.c)** Otro tipo de señal de salida que se puede obtener a partir de la misma entrada

En esta sesión se realizara un generador de ondas a partir del IC 555. Que es la pieza fundamental en el proyecto. Para tener una visión más completa de este elemento se mencionará alguna de sus aplicaciones.

Inicialmente su principal misión era la de introducir retardos de precisión en los circuitos en los que estaba incluido; debido a su excelente desempeño, empezó a ser utilizado en muchas aplicaciones como *circuito generador de forma de ondas*, tales como:

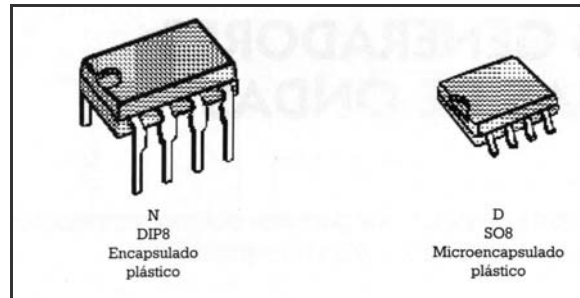
- Generación de impulsos,
- Osciladores, +
- etc.

Las características más sobresalientes de este dispositivo son:

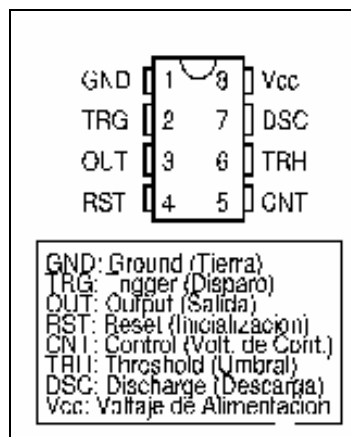
1. Su buena estabilidad térmica que le permite trabajar en un rango de temperaturas bastante amplio, es decir, no se altera considerablemente la amplitud o frecuencia de la señal mientras se mantengan estos límites. Por ejemplo la serie SF555 puede operar desde  $-55^{\circ}\text{C}$  hasta  $125^{\circ}\text{C}$ .
2. Admite un rango de tensiones de alimentación bastante amplio que pueden variar entre 4,5V y 16V en las series NF y desde 4,5 V a 18 V en las series SE.
3. Puede proporcionar una corriente de salida de hasta 200 mA, lo que le permite utilizarlo

para manejar cargas pequeñas directamente o bien como señal de entrada a un circuito de potencia.

Este dispositivo puede ser encontrado en tecnología TTL y CMOS<sup>1</sup>, además de comercializarse en varios encapsulados: DIP o DIL (encapsulado en plástico), SO (microencapsulado en plástico para SMD) y encapsulado metálico. En la figura 2 podemos ver el aspecto externo de este dispositivo en uno de sus encapsulados más típicos. Notar la numeración de los terminales en figura 3.



**Figura 3**



**Figura 4**

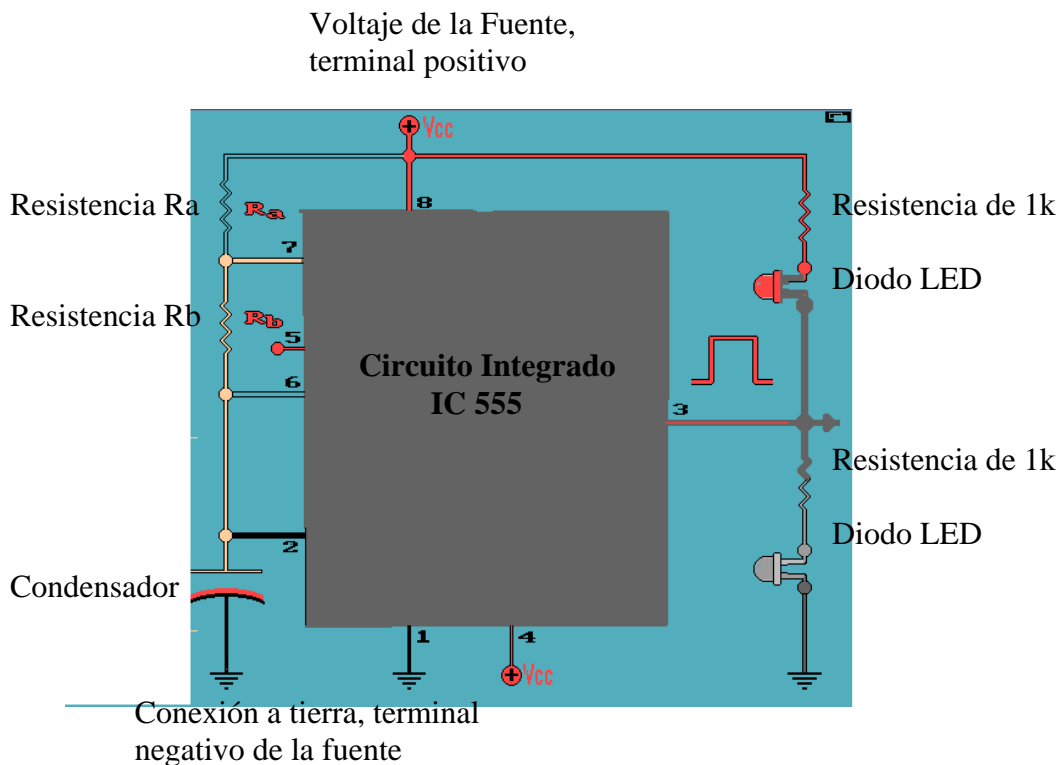
<sup>1</sup> Para mayor información ver bibliografía.

#### 4. UTILIZACION DE UN INTEGRADO 555 PARA LA REALIZACION DEL CIRCUITO GENERADOR DE FORMA DE ONDA

Para realizar el circuito generador de forma de onda necesitamos, además del 555, dos resistencias y dos condensadores.

El esquema general de este circuito podemos observarlo en la figura 5.

El funcionamiento del circuito es el siguiente. Una vez conectado el circuito, el condensador C1 está descargado poniendo una tensión de 0 V en los pines UMBRAL y DISPARO del 555. En esta situación, la entrada R del biestable está a 0 V, mientras que la entrada S está a 1, por tanto, la salida del biestable es Q=0, provocando que la tensión a la salida del 555 sea un nivel alto.



**Figura 5:** Circuito a realizar en el laboratorio. Los números se refieren al terminal del encapsulado, ver figura 4.

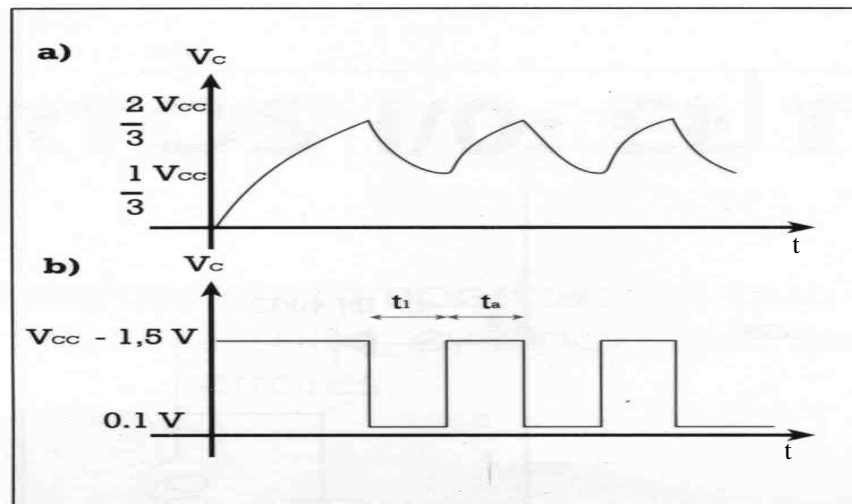
Este nivel de salida se mantendrá mientras el condensador se está cargando (a través de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$ ). Cuando la tensión de éste alcance el valor  $2/3 V_{cc}$ , se producirá el efecto contrario al anterior: la salida del biestable se pondrá a nivel 1 provocando que la señal de salida del 555 sea 0 V, iniciándose la descarga del condensador a través del pin descarga.

Cuando la tensión en el condensador caiga por debajo de  $\frac{1}{3} V_{cc}$ , se repetirá el ciclo anterior.

Como se ha podido comprobar, mientras se carga el condensador, la señal de salida del 555 permanece a nivel alto, coincidiendo con la descarga del condensador el nivel bajo de la señal de salida. Por tanto, el valor de este condensador  $C_1$ ) influirá en la frecuencia de la señal cuadrada que queremos conseguir.

En la página del curso (<http://cipres.cec.uchile.cl/~labxxi>) se presenta un gif animado que muestra el proceso completo de carga y descarga del condensador en el circuito, y además se puede observar como se genera la señal de salida en el terminal 3.

En la figura 5 podemos observar las gráficas de la tensión del condensador y de salida del circuito.



**Figura: 5a)** Gráfica de la Tensión del condensador conectado al terminal 2  
**5b)** Gráfica de la Tensión de la salida del circuito, el cual se puede observar mediante el osciloscopio en la en el terminal 3

Para calcular la frecuencia de trabajo del circuito realizado con el 555, se utilizan las siguientes expresiones:

$$t_a = 0,693 C_1 (R_1 + R_2)$$

Siendo  $t_a$  el tiempo que permanece la señal de salida del 555 a nivel alto.

$$t_b = 0,693 C_1 * R_2$$

Siendo  $t_b$  el tiempo que permanece señal de salida del 555 a nivel bajo.

Por tanto, el período de la señal será:

$$T = t_a + t_b = 0,693 C (R_1 + 2R_2)$$

Como la frecuencia de trabajo es:

**¡Error!**

Podemos realizar algunas simplificaciones si consideramos que  $R2 \gg R1$ . Entonces la expresión de la frecuencia quedará  $\Rightarrow f = (0,72/C1) * R2$ .

Esta suposición  $R2 \gg R1$ , es la condición que debemos aplicar para conseguir un generador de onda cuadrada simétrico.

## **5. BIBLIOGRAFIA**

- Guía experiencia n°2 de SD20A - Electrotecnologías Semestre 2000/1
- Física Tomo II, Raymond Serway
- Referencias en página : Hoja de especificaciones del IC NE-555  
<http://www.cec.uchile.cl/~labxxi>