

# electrónica analógica 1

ejercicios de cálculo, simulación y laboratorio





Universidad  
Nacional de  
San Luis

práctica

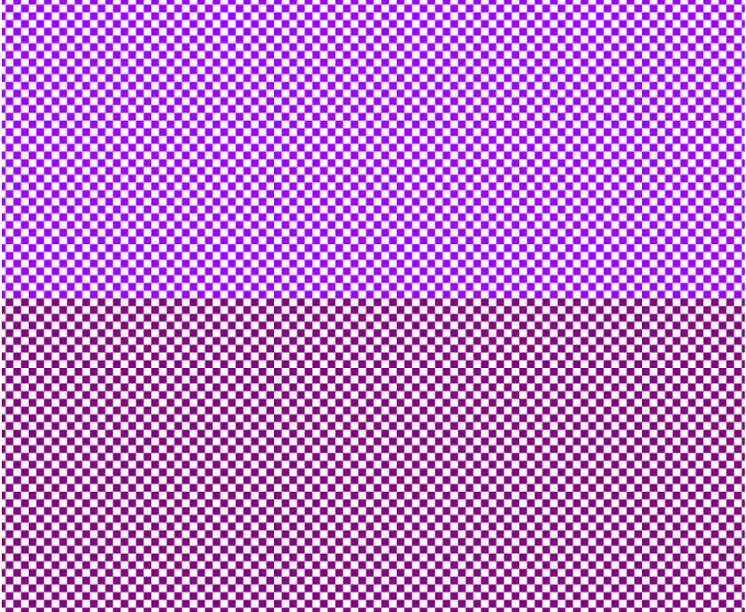
# electrónica analógica



ejercicios de cálculo, simulación y laboratorio

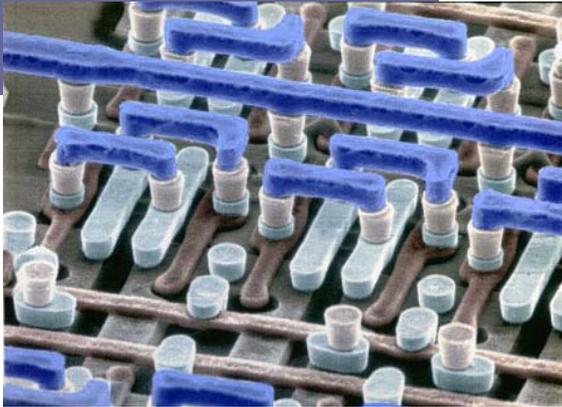


Universidad  
Nacional de  
San Luis



- ★ Instrumental
- ★ Componentes
- ★ Diodos
- ★ Rectificadores
- ★ Limitadores y fijadores de nivel
- ★ Reguladores de tensión
- ★ BJT
- ★ Polarización del BJT
- ★ El BJT con pequeña señal
- ★ Amplificadores de potencia con BJT
- ★ JFET
- ★ Polarización de JFET
- ★ El JFET con pequeña señal

# índice



# instrumental

resumen

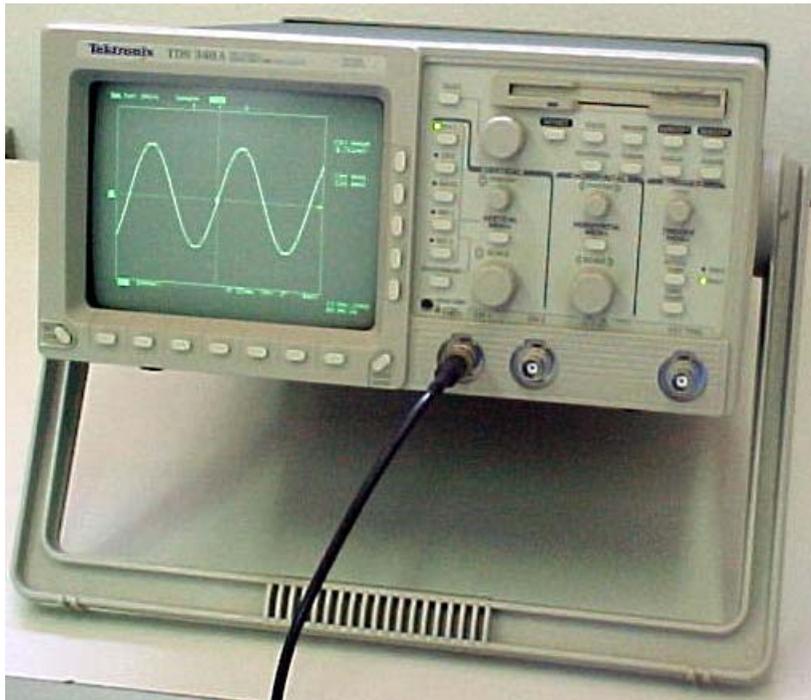


# Instrumental

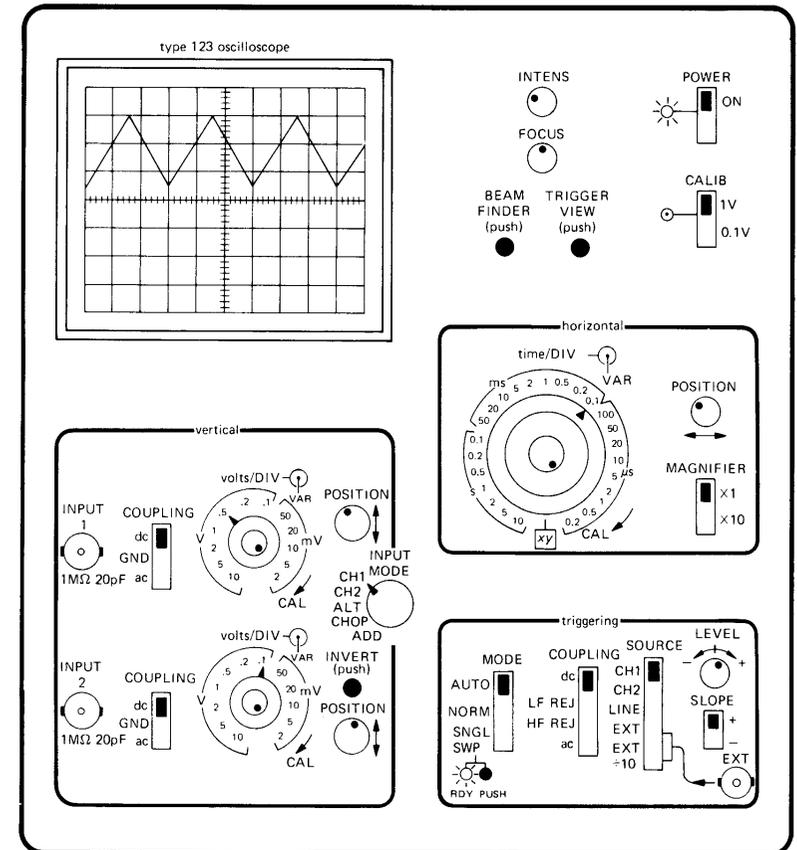
## ■ Resumen

### Osciloscopio

- ▶ Es un instrumento que permite visualizar la variación de la tensión en el tiempo entre dos nodos de un circuito
- ▶ Mediante el ajuste del disparo del haz se logra trazar la forma de onda para visualizarla en forma estacionaria



Fotografía de un osciloscopio digital



Detalle del panel frontal de control de un osciloscopio

## Diagrama de bloques

► Vertical:

- ★ Actúa con las señales de entrada aplicadas a circuito de deflexión vertical.
- ★ Produce el movimiento del trazo hacia arriba y abajo.
- ★ La amplitud del trazo es proporcional a la tensión de la señal.

► Horizontal:

- ★ Actúa con una señal de barrido producido por generador de rampa interno.
- ★ Produce el movimiento de deflexión de izquierda a derecha.
- ★ El desplazamiento del trazo es proporcional al tiempo.

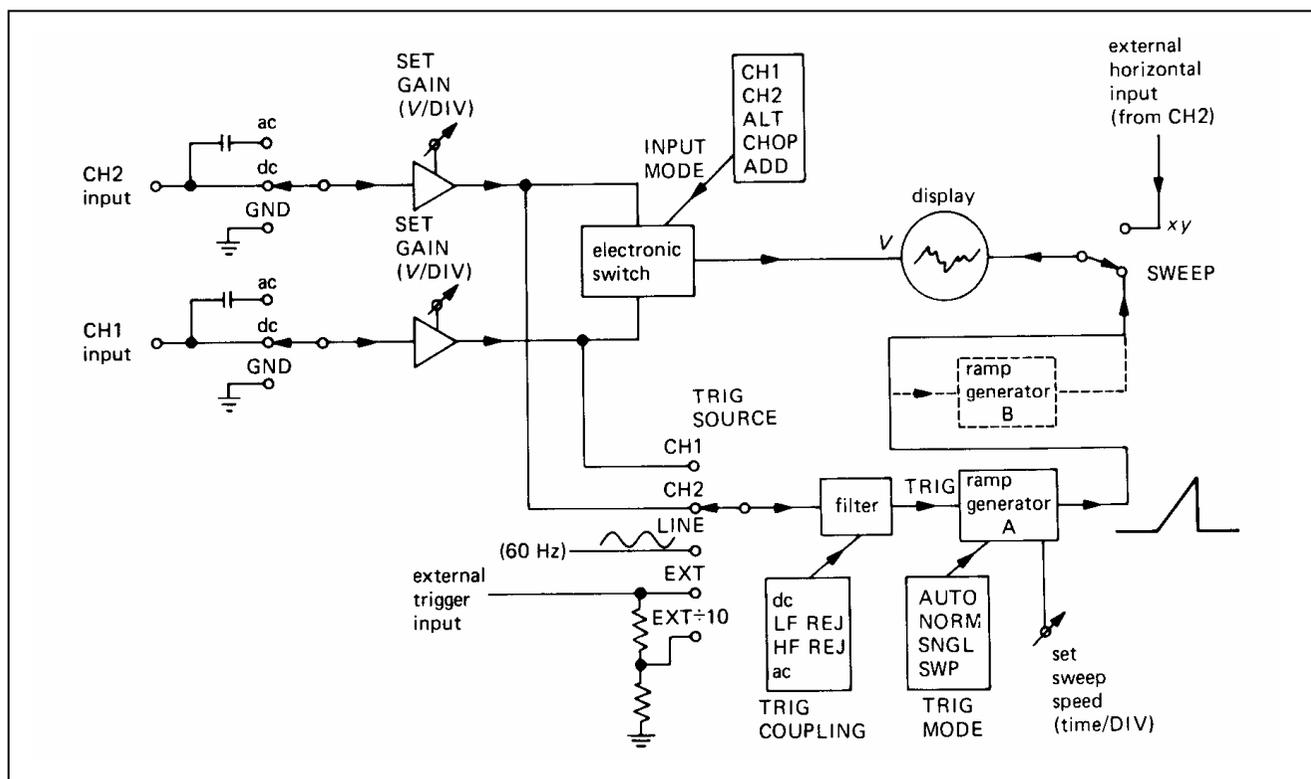


Diagrama en bloques de los circuitos que componen un osciloscopio

## Control vertical

- ▶ Entradas (**INPUT**):
  - ★ Canal A / Eje X
  - ★ Canal B / Eje Y
- ▶ Modo de entrada (**INPUT MODE**):
  - ★ Canal A (**A**)
  - ★ Canal B (**B**)
  - ★ Suma (**A+B**): Invertiendo uno de los canales se logra la resta (**A-B**)
  - ★ Alternado (**ALTERNATE**): En cada barrido del haz se traza una señal por vez. Es el más usado, aunque en señales de baja frecuencia produce parpadeo.
  - ★ Troceado (**CHOPPED**): En un mismo barrido del haz se trazan pedazos de ambas señales multiplexadas (0.1 a 1MHz).
- ▶ Inversión (**INVERT**): Inversión de polaridad
- ▶ Acoplamiento (**COUPLED**):
  - ★ Continua (**DC**): Entrada directa para ver componentes alterna y continua
  - ★ Alterna (**AC**): Entrada acoplada a través de un capacitor (RC~0.1 seg) para filtrar DC (útil para ver una pequeña señal alterna montada en una tensión de continua)
  - ★ Tierra (**GND**): Señal desconectada y entrada aterrizada (útil para ubicar la referencia de 0V en la pantalla)
- ▶ Posición (**POSITION**): Ajuste de posición vertical donde se inicia el trazo
- ▶ Atenuación vertical (**VOLTS/DIV**): Ganancia calibrada por pasos que fija la escala
- ▶ Variable (**VARIABLE**): Potenciómetro de ajuste fino de la escala NO calibrado
- ▶ Calibración (**CALIBRATED**): Indicador de descalibración (uso del potenciómetro variable)
- ▶ Retardo de señal (**SIGNAL DELAY**): Útil para ver el evento que produce el disparo

## Control horizontal

- ▶ Base de tiempo (**TIME/DIV**): Llave de ganancia calibrada por pasos que fija la escala
- ▶ Variable (**VARIABLE**): Potenciómetro de ajuste fino de la escala NO calibrado
- ▶ Calibración (**CALIBRATED**): Indicador de descalibración (uso del potenciómetro variable)
- ▶ Magnificador (**10 × MAGNIFIER**): Multiplicador de la base de tiempo
- ▶ Modo (**MODE**):
  - ★ Normal: Canal A y Canal B
  - ★ X-Y: Permite relevar curvas de transferencia y realizar las figuras de Lissajous
- ▶ Búsqueda de trazo (**BEAM FINDER**): Útil cuando no se puede encontrar el trazo.
- ▶ Disparo (**TRIGGER**):
  - ★ Barrido simple (**SINGLE SEP**): El barrido horizontal se dispara una vez. Combinado con almacenamiento (**STORAGE**) es útil para señales no repetitivas.
  - ★ Normal (**NORMAL**): El barrido horizontal se dispara cada vez que la señal activadora del disparo cruza por el nivel preajustado y con la pendiente fijada.
  - ★ Automático (**AUTO**): El barrido corre libremente aunque no haya señal activadora del disparo. Útil si la señal en algunos momentos cae a valores muy bajos (en Normal no dispararía) y si se están viendo un grupo de señales diferentes.
- ▶ Nivel (**LEVEL**): Nivel de la señal activadora necesario para que se produzca el disparo
- ▶ Pendiente (**SLOPE**): Pendiente (+/-) de la señal activadora al cruzar el nivel ajustado para que se produzca el disparo
- ▶ Visualización de la señal de disparo (**TRIGGER VIEW**): Útil cuando se utilizan fuentes de disparo externas.
- ▶ Fuente de disparo (**TRIGGER SOURCE**):

- ★ Canal A ó B (**CHANNEL A o B**): Disparo cuando la señal del Canal A ó B cruza el nivel con la pendiente ajustada.
- ★ Línea (**LINE**): La señal activadora es la de alimentación del equipo.
- ★ Externa (**EXTERNAL**): La señal activadora es una señal externa. Útil para ver una señal ruidosa si se dispone de otra más limpia a la misma velocidad, como en circuitos excitados con una señal externa de prueba o en circuitos digitales con señal de reloj sincronizando la operación.
- ▶ Acoplamiento de la fuente de disparo (**COUPLING**):
- ★ Acoplamiento de continua (**DC**): Acoplamiento directo.
- ★ Rechazo a altas frecuencias (**HF REJ**): Acoplamiento a través de un filtro pasabajos. Útil para prevenir falsos disparos por picos montados en señales de baja frecuencia.
- ★ Rechazo a bajas frecuencias (**LF REJ**): Acoplamiento a través de un filtro pasaltos. Útil para filtrar la continua que corre el nivel de disparo en señales de alta frecuencia.
- ▶ Almacenamiento (**STORAGGE**): Congela la imagen. Útil para ver eventos no repetitivos.
- ▶ Barrido retardado (**DELAYED SWEEP**): Para ver la parte de una onda tiempo después del disparo. Tiene un ajuste multivuelas y una llave para la segunda velocidad de barrido.
- ▶ Retardo A intensificado por B (**A ENHANCED B**): Permite ver la onda entera usando la velocidad de barrido de la primer base de tiempo con el segmento demorado en un brillo más intenso. Útil durante el ajuste inicial.
- ▶ Barrido mixto (**MIX SWEEP**): El trazo comienza a una velocidad de barrido y luego conmuta a la segunda (usualmente más rápida) luego del retardo. Otra opción es comenzar el barrido demorado después del retardo seleccionado o al próximo punto de disparo luego del retardo seleccionado. Hay dos juegos para fijar el punto de disparo ajustándolos individualmente.
- ▶ Disparo diferido (**TRIGGER HOLDOFF**): Inhibe el disparo un tiempo ajustable después de cada barrido. Útil cuando se están viendo formas de ondas muy complicadas sin periodicidad como las secuencias de 1s y 0s que no generan una imagen estable.

## Ajuste inicial

- ▶ Vertical:
- ★ Modo de entrada: Canal A
- ★ Inversión: No
- ★ Acoplamiento: Comenzar con GND para ubicar el trazo y pasar a AC ó DC
- ★ Posición: Ajustar al inicio de la pantalla
- ★ Atenuación vertical: Comenzar con 1 V/div y variar hasta ver el trazo adecuadamente
- ★ Variable: En cero porque de otro modo la escala queda descalibrada.  
**Precaución!**
- ▶ Horizontal
- ★ Base de tiempo: Comenzar con 1 ms/div y variar hasta ver el trazo adecuadamente
- ★ Variable: En cero porque de otro modo la escala queda descalibrada.  
**Precaución!**
- ★ Magnificador: No
- ★ Modo: Normal
- ★ Disparo: Automático
- ★ Nivel y pendiente: Probar hasta lograr el disparo y ajustar hasta detener el trazo
- ★ Fuente de disparo: Canal A (si no se encuentra el trazo se puede probar con Línea)
- ★ Acoplamiento de la fuente de disparo: Continua

## Puntas de prueba

- ▶ Osciloscopio
- ★ ↑↑ Resistencia de entrada:  $1M\Omega$
- ★ ↑↑ Capacitancia de entrada:  $\sim 0.1\mu F$
- ▶ Puntas de prueba:
- ★ Adaptan la impedancia
- ★ Permiten cambio de escala x1 ó x10
- ▶ Punta x1:
- ★ Punta de enganche, cocodrilo de tierra, y cable coaxil (baja capacitancia)
- ▶ Punta x10:
- ★ En CC es un divisor de tensión resistivo  $\times 10$ .
- ★ En CA mediante el ajuste de  $C_1$  a la 1/9 parte del paralelo entre  $C_2$  y  $C_3$ , el circuito se transforma en un divisor de tensión  $\times 10$  para todas las frecuencias.
- ▶ Calibración:
- ★ En la entrada se aplica la señal cuadrada de  $1V_{pp}$  y 1KHz disponible en el borne de calibración (CALIB) o ajuste de prueba (PROBE ADJ)
- ★ Se ajusta el capacitor de la punta hasta NO observar sub o sobreamortiguamiento

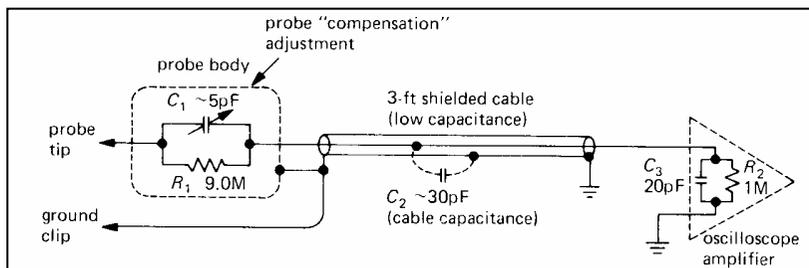
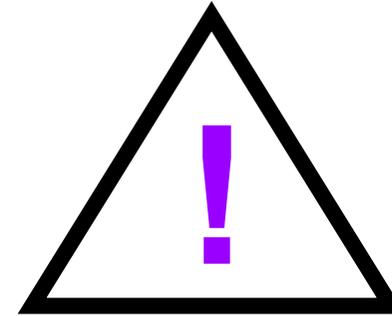


Diagrama circuital de una punta de prueba

## Precaución



**El clip de tierra de los dos canales de entrada (cocodrilo de la punta) es la misma que la del chasis del osciloscopio y del terminal de tierra del tomacorriente**

- ▶ Si se conecta el clip de tierra de la punta a un nodo con tensión respecto a la tierra universal **producirá un cortocircuito entre la tierra y el nodo con tensión!**
- ★ Solución:
  - Alimentar al circuito con transformador de tensión que provea aislamiento galvánica de la tierra universal o con baterías
  - Hacer flotar el osciloscopio levantando el terminal de tierra del toma corriente
- ▶ Si se conecta el clip de tierra de una punta a un nodo y el clip de tierra de la otra punta a otro nodo se **producirá un cortocircuito entre los nodos!**
- ★ Solución:
  - Si la tierra del circuito está aislada de la tierra universal, conectar el clip de tierra a un nodo común aunque no sea la tierra de referencia del circuito (luego tener en cuenta el signo de las caídas de tensión)
- ▶ Cuando se miden señales débiles o de alta frecuencia se introduce ruido.
- ★ Solución:
  - Conectar la tierra del circuito lo más cerca posible del punto de medida

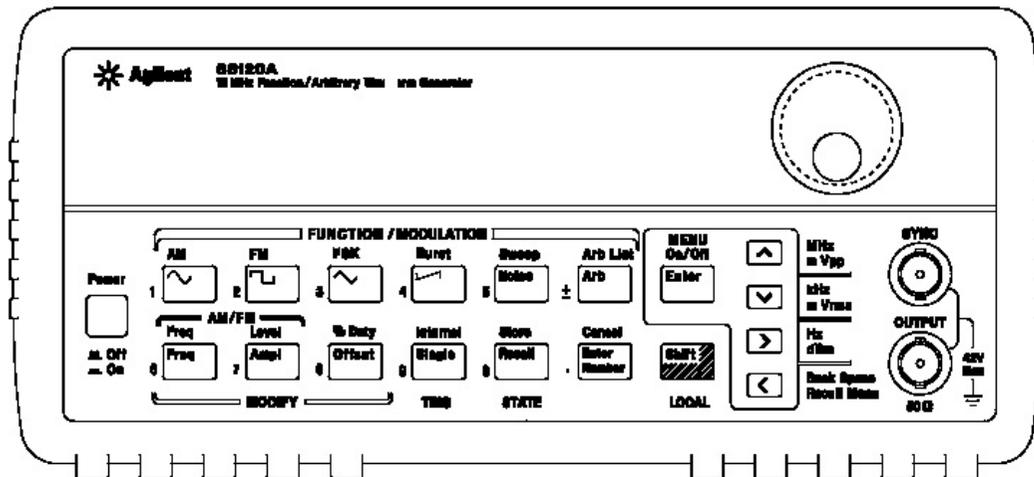
## Generador de señales

- ▶ Instrumento para generar señales eléctricas con formas de ondas diversas
- ▶ Pueden ajustarse distintos parámetros:
- ★ Forma de onda (**WAVEFORM**)
- ★ Amplitud (**V**): Valor máximo de tensión alterna de la componente fundamental
- ★ Tensión continua (**OFFSET**): Valor medio de la tensión de la señal
- ★ Frecuencia (**f**): Frecuencia de la componente fundamental
- ▶ Formas de onda:
- ★ En general poseen tres o más formas de onda
- ★ En algunos casos se pueden generar formas de onda con modulación
- ★ Algunos poseen formas de onda arbitrarias definidas de fábrica
- ★ Otros permiten programar formas de onda con algún programa de computadora
- ★ La forma de onda programada se guarda en un archivo
- ★ EL archivo se puede transferir mediante puerto de comunicación



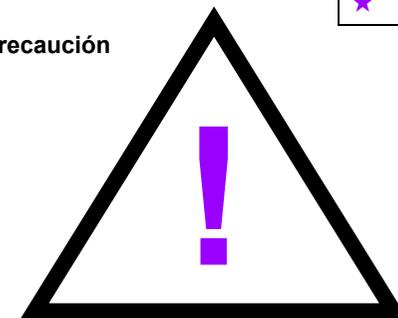
Generador de funciones con forma de onda arbitraria

▶ Formas de onda	
★	Senoidal
★	Cuadrada
★	Triangular
★	Diente de sierra
★	Ruido
★	Seno cardinal
★	Barrido exponencial
★	Pulso
★	AM
★	FM
★	PM
★	Arbitraria



Vista del panel frontal de un generador de funciones

Precaución



No cortocircuitar la salida

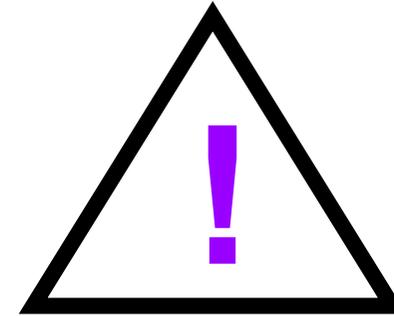
## Multímetro

- ▶ Instrumento que permite medir parámetros eléctricos:
- ★ Tensión continua (**VDC**): Valor medio de la tensión
  - 200mV ~2kV
- ★ Tensión alterna (**VAC**): Valor eficaz de la tensión hasta un valor de frecuencia definido por el ancho de banda del instrumento
  - 2V ~2kV
- ★ Corriente continua (**ADC**): Valor medio de la corriente
  - 2mA ~20A
- ★ Corriente alterna (**AAC**): Valor eficaz de la corriente hasta un valor de frecuencia definido por el ancho de banda del instrumento
  - 200mA ~20A
- ★ Resistencia (**Ω**): Resistencia, continuidad y verificación de diodos
  - 200Ω~20MΩ
  - Señal audible que indica continuidad
  - Tensión de unión (polarización directa) ó resistencia de la unión (polarización inversa) de un diodo
- ★ Capacidad (**C**)
  - 2nF~20μF
- ★ Frecuencia (**f**)
  - 20kHz
- ★ Beta (**h<sub>FE</sub>**): Ganancia de corriente continua del BJT
  - PNP/NPN
- ▶ Borneos:
  - ★ Común (**COM**): Borne común para todas las medidas
  - ★ Normal (**V/Ω/A/f**): Borne para medir tensión, resistencia, corriente con protección y frecuencia
  - ★ Alta corriente (**20A<sub>max</sub> unfused**): Borne para medir corrientes sin protección (sin fusible)
  - ★ Beta (**E-B-C-E**): Borne para medir la ganancia de corriente continua de un BJT
  - ★ Capacidad (**Cx**): Borne para medir capacidad



Vista superior de un multímetro

## Precaución



**Presenta muy baja impedancia de entrada cuando se usa como amperímetro por lo que produce un cortocircuito al medir corriente en bornes de una fuente**

- ▶ Si se utiliza el multímetro con los cables en los **bornes Común y Normal conectados a una fuente de alimentación o transformador** y se gira la llave selectora pasando por las escalas de corriente **se producirá un cortocircuito en la fuente y se quemará el fusible** de protección del instrumento.
- ▶ Si se utiliza el multímetro con los cables en los bornes Común y Alta Corriente conectados a una fuente de alimentación o transformador y se gira la llave selectora pasando por las escalas de corriente se producirá un cortocircuito en la fuente y **se dañará el instrumento** ya que esos bornes están conectados directamente sin fusible.

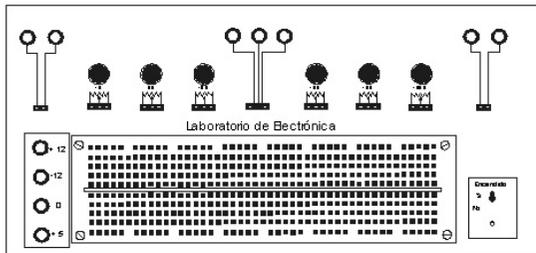
**No girar la llave selectora de escala con los cables conectados!!!**

# Kit de Experimentación

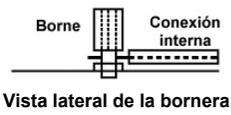
- Consola de trabajo que permite realizar experiencias con circuitos analógicos.

## Elementos:

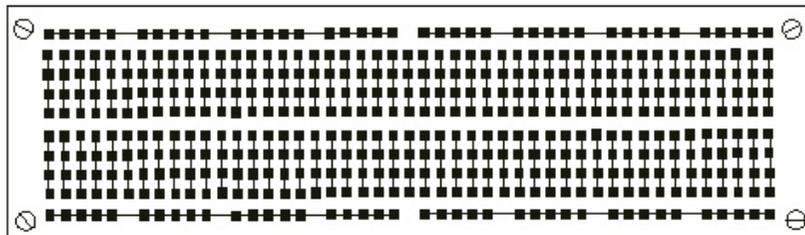
- ★ **Interruptor y LED:** Ubicado en la parte inferior derecha.
- ★ **Fuente de tensión continua:** Fuente regulada integrada protegida contra cortocircuitos con bornes de +12V, -12V, +5V y 0V.
- ★ **Potenciómetros:** Potenciómetros de 1, 5, 10 y 100 kΩ.
- ★ **Bornes auxiliares:** Bornes para conectar elementos externos (fuentes de tensión variable o generadores de señales, etc).
- ★ **Zócalo para montaje (protoboard):** Base para insertar componentes y cables que dispone de puntos de conexión unidos eléctricamente por grupos.



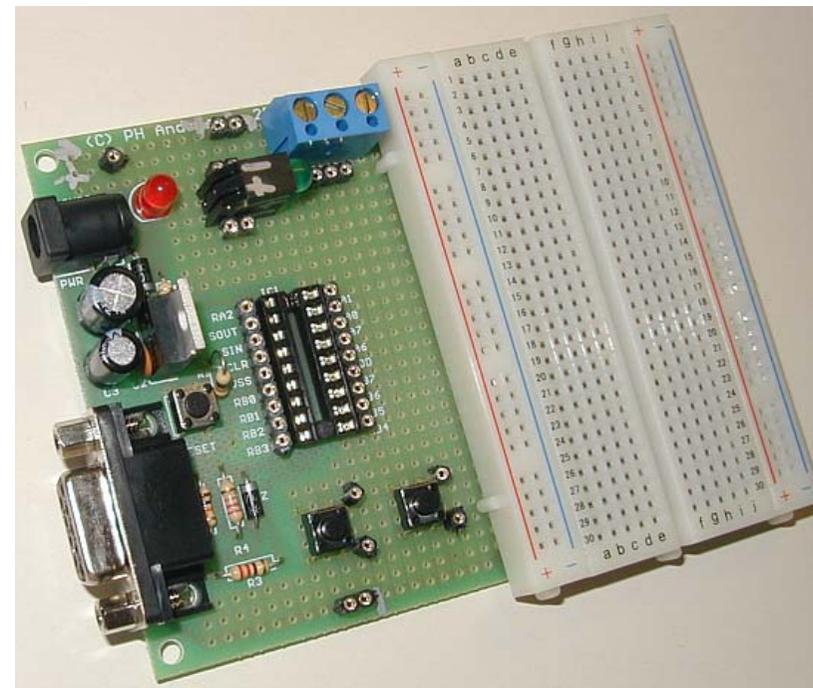
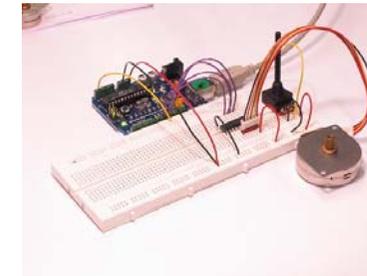
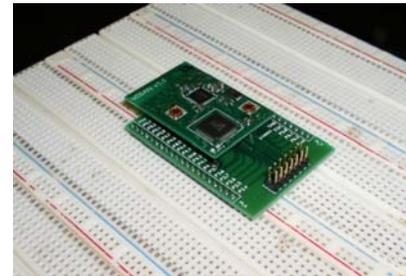
Vista superior de un kit de experimentación EXPUN



Vista lateral de la bornera



Conexiones entre los puntos de inserción



Distintas aplicaciones de los zócalos de prueba (protoboard)

## Herramientas y otros elementos

- ▶ **Pinza plana de hoja:** Para insertar o quitar elementos del zócalo.
- ▶ **Pinza de punta:** Para enderezar o doblar cables y terminales de componentes.
- ▶ **Alicate:** Para cortar cables y desnudar extremos aislantes.
- ▶ **Destornillador plano:** Para ajustar resistores variables.
- ▶ **Soldador:** De baja potencia, tipo lápiz.
- ▶ **Estaño:** Aleación de estaño-plomo con resina fundente.
- ▶ **Cinta y tubo para remover soldaduras.**
- ▶ **Circuito impreso universal**



## Consejos útiles

- ▶ Planificar el experimento de antemano y realizar previamente los cálculos de las medidas.
- ▶ Retirar los cables y componentes de circuitos anteriores del zócalo de montaje.
- ▶ Apagar la fuente de alimentación cada vez que desee colocar o quitar un elemento del circuito o modificar las conexiones.
- ▶ Prestar atención a la distribución de elementos y cables de conexión en el zócalo, a fin de evitar una "jungla de cables" y minimizar las distancias de cableado.
- ▶ Los cables utilizados en los zócalos de prueba deben ser de un solo hilo.
- ▶ El diámetro recomendado es 0,5mm ó 0,6mm. Secciones mayores alteran o destruyen los puntos de inserción, provocando falsos contactos en el cableado.
- ▶ Disponer cables de varios colores para que las conexiones sean más claras.
- ▶ En lo posible usar colores codificados para tensiones de alimentación y tierra.
- ▶ En lo posible utilizar cableado de corta longitud para minimizar el ruido.
- ▶ No insertar más de un cable en un agujero de conexión.
- ▶ No insertar un cable o terminal doblado en el zócalo.
- ▶ Mantener el cableado en forma plana contra la plaqueta para seguir mejor el conexionado.
- ▶ Revisar el circuito una vez armado, contrastando el dibujo esquemático de partida contra el circuito cableado.
- ▶ Encender la fuente alimentando al circuito después de disipar todas las dudas.