



Universidad  
Carlos III de Madrid  
[www.uc3m.es](http://www.uc3m.es)

# Sesión 6

## Instrumentación básica y técnicas de medida

Componentes y Circuitos Electrónicos

Isabel Pérez /José A. Garcia Souto

[www.uc3m.es/portal/page/portal/dpto\\_tecnologia\\_electronica/Personal/IsabelPerez](http://www.uc3m.es/portal/page/portal/dpto_tecnologia_electronica/Personal/IsabelPerez)

# Instrumentación básica

## Laboratorio de electrónica

### OBJETIVOS

- Entender las conexiones y los modos de funcionamiento de la fuente de alimentación
- Conocer el panel de control del generador de señales y usar su circuito equivalente
- Repasar el polímetro
- Aprender el uso básico del osciloscopio, conocer su panel de control y entender el sincronismo

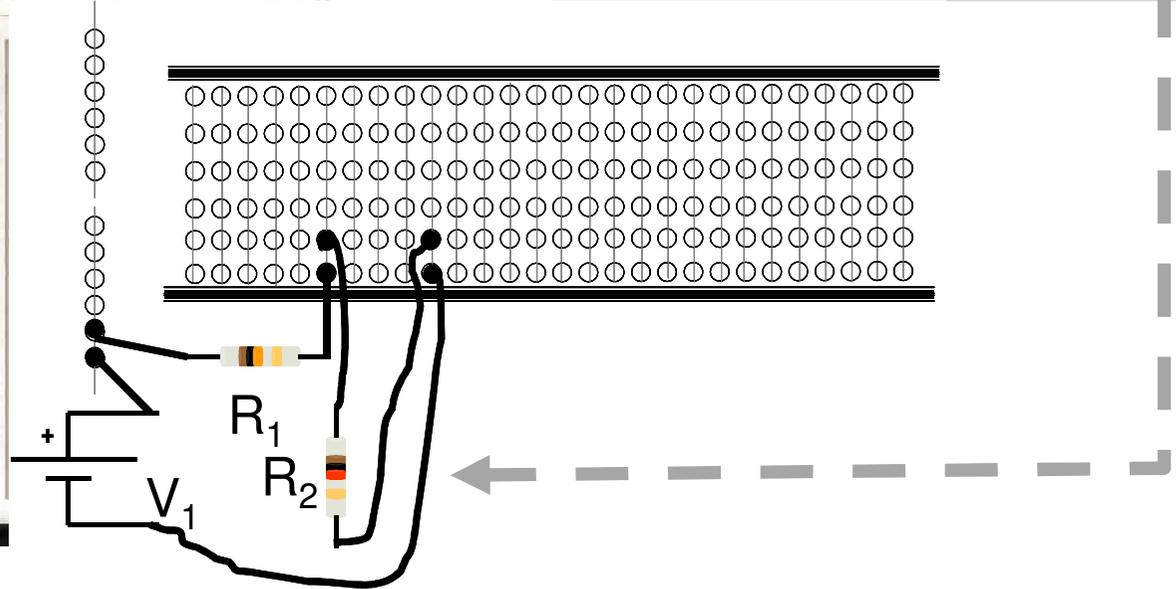
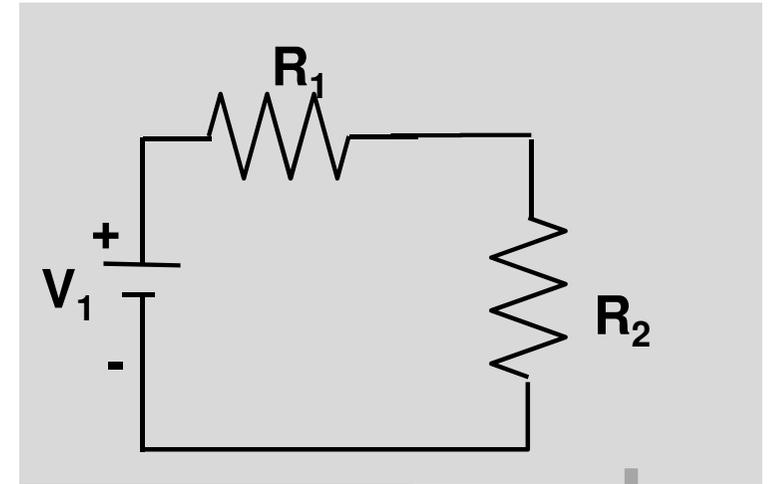
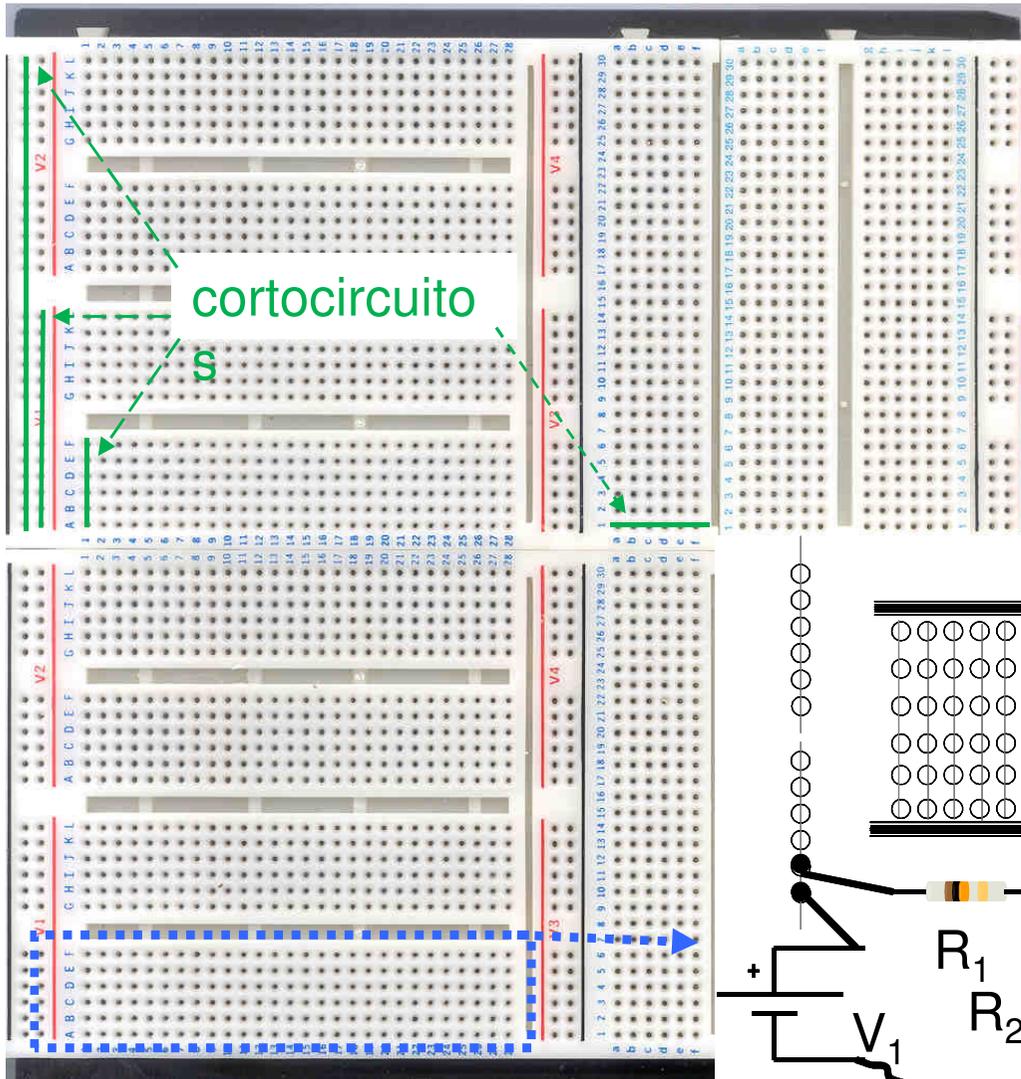
# Instrumentación básica

## Laboratorio de electrónica

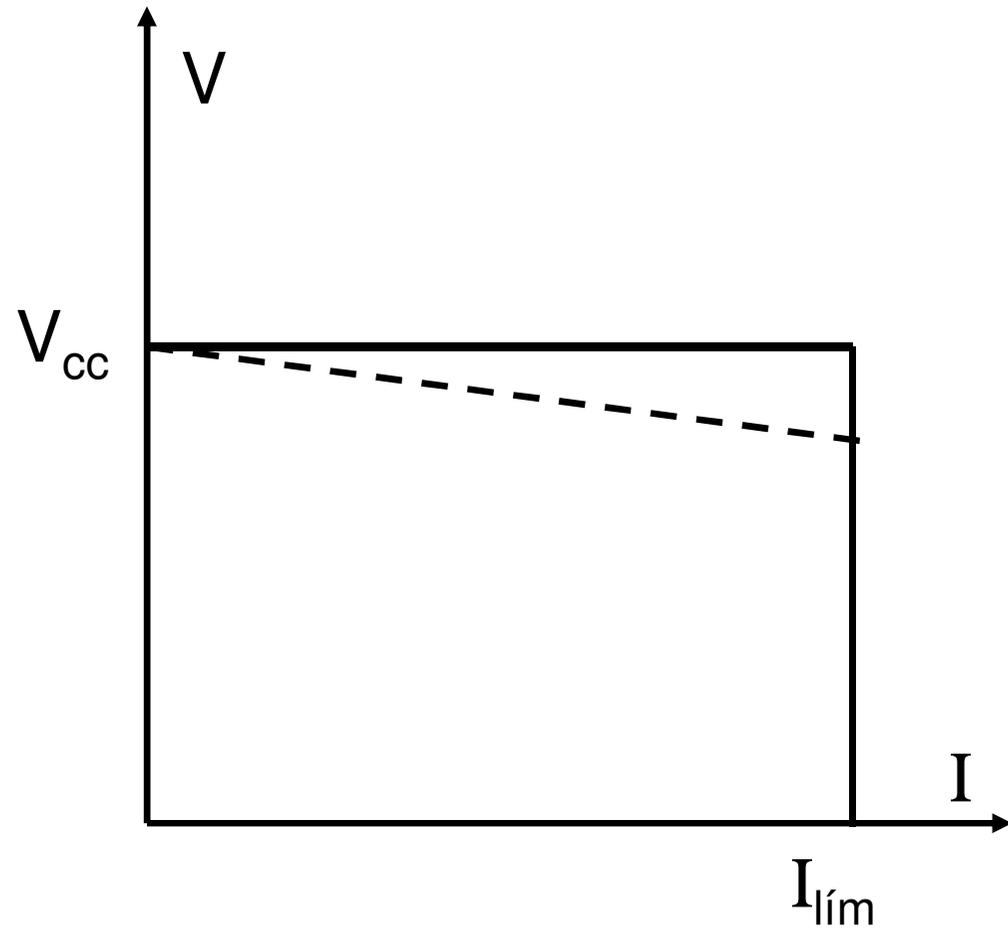
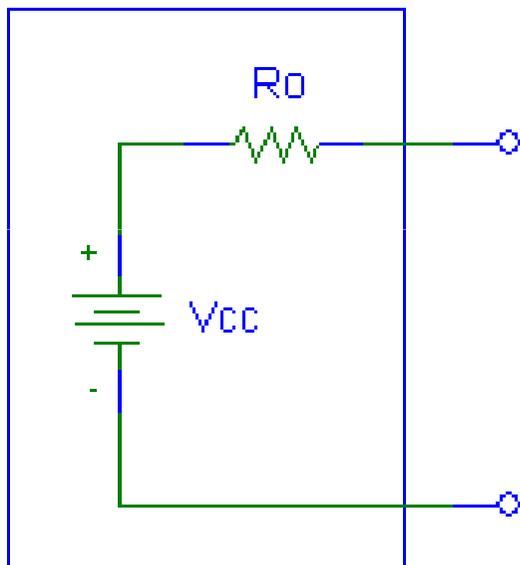
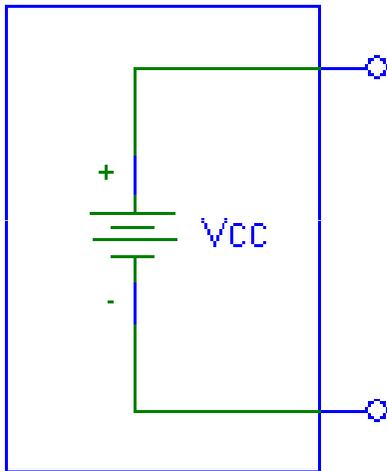
### ÍNDICE

- Placa de inserción
- Fuente de alimentación
- Generador de señal
- Polímetro
- Osciloscopio

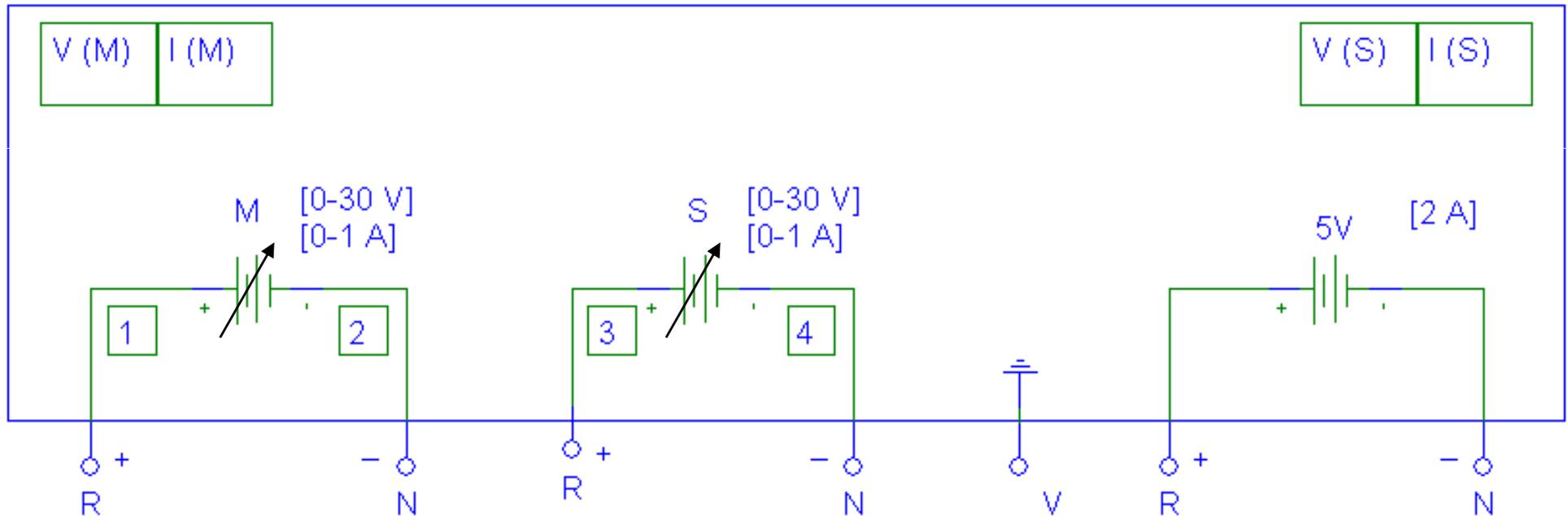
# Placa de Inserción



# Fuentes de alimentación (CC)

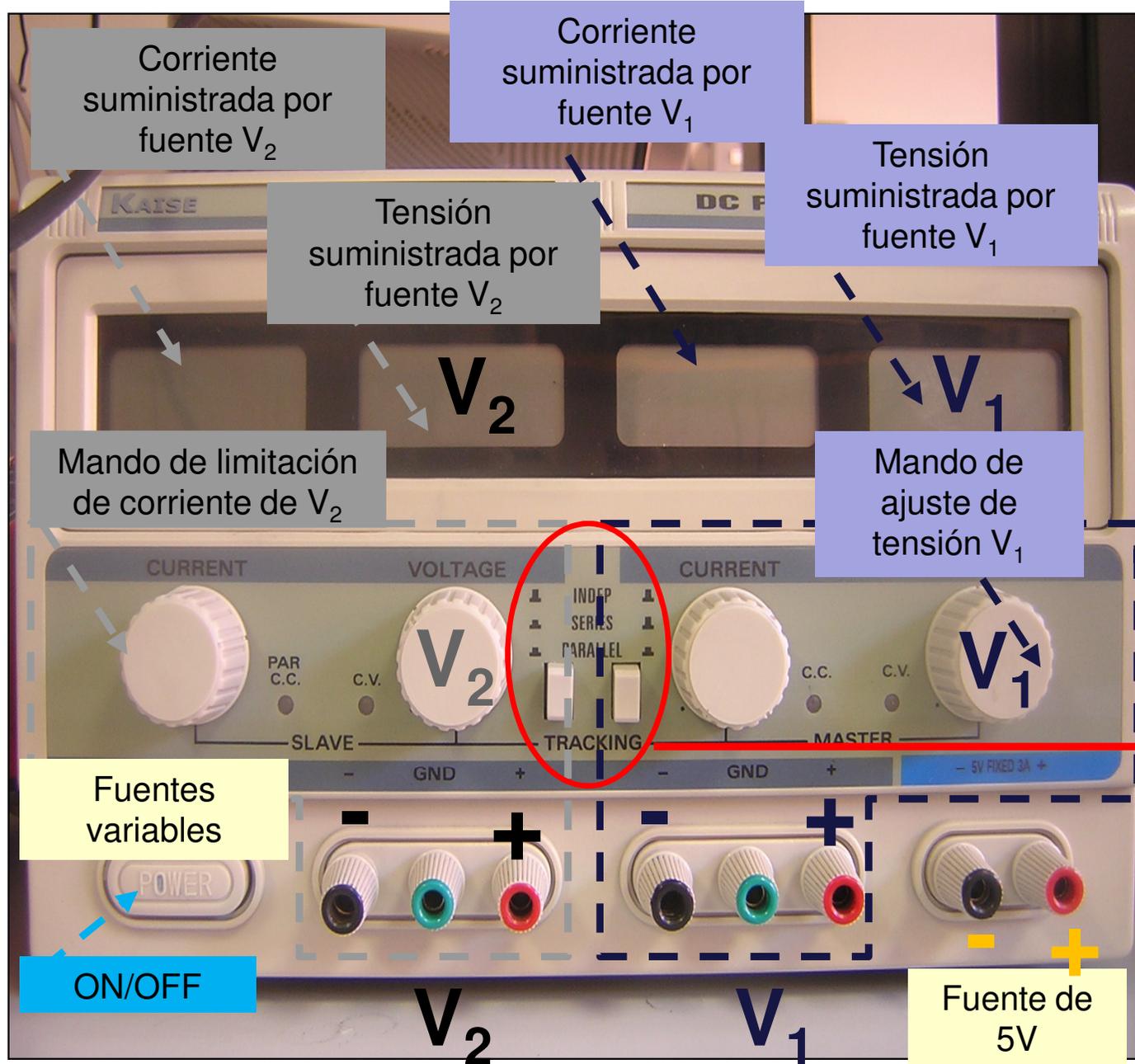


# Fuente de Tensión (CC)



- Modos
  - Independiente
  - Simétrico (Track)
- Ajuste Corriente Máxima ( $I_{\text{lim}}$ )
  - Serie
  - Paralelo

# Fuente de Tensión (CC)



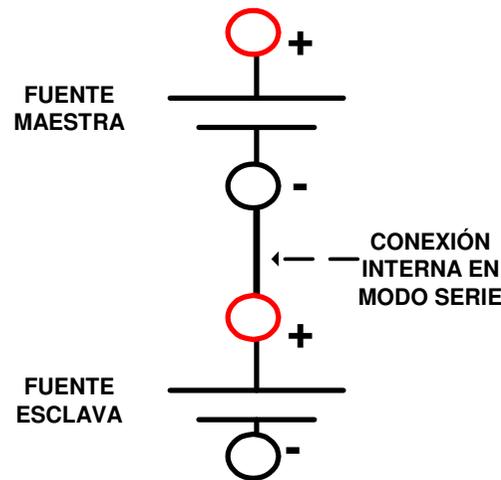
$V_1$ : Fuente Maestra  
 $V_2$ : Fuente esclava

Modo de funcionamiento

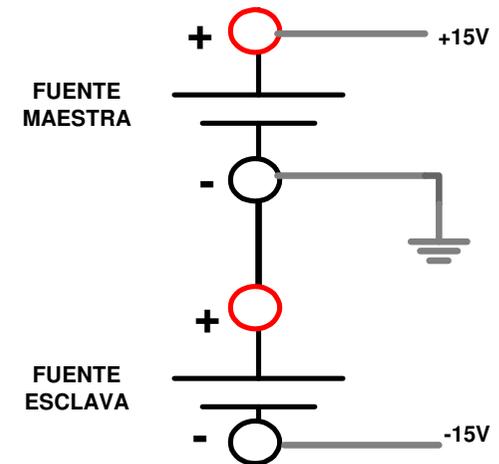
# Fuente de Tensión (CC)

## Modos de funcionamiento

- **Modo independiente:** Las fuentes maestra y esclava funcionan de modo independiente
- **Modo serie:** Las fuentes maestra y esclava se conectan en serie. La tensión se selecciona con el mando de ajuste de la fuente maestra, ya que la tensión proporcionada por la fuente esclava es siempre la misma que la de la fuente maestra, en este modo de funcionamiento.

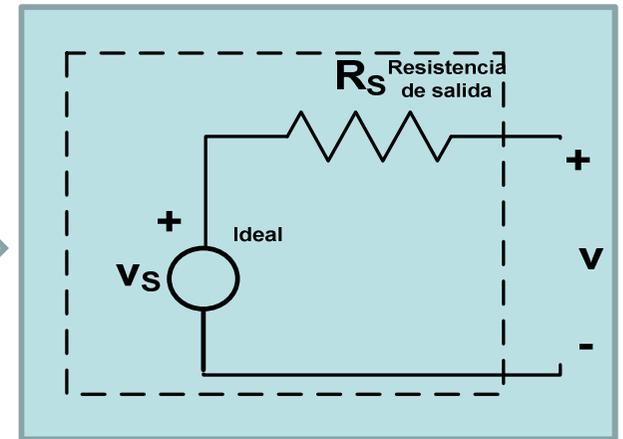
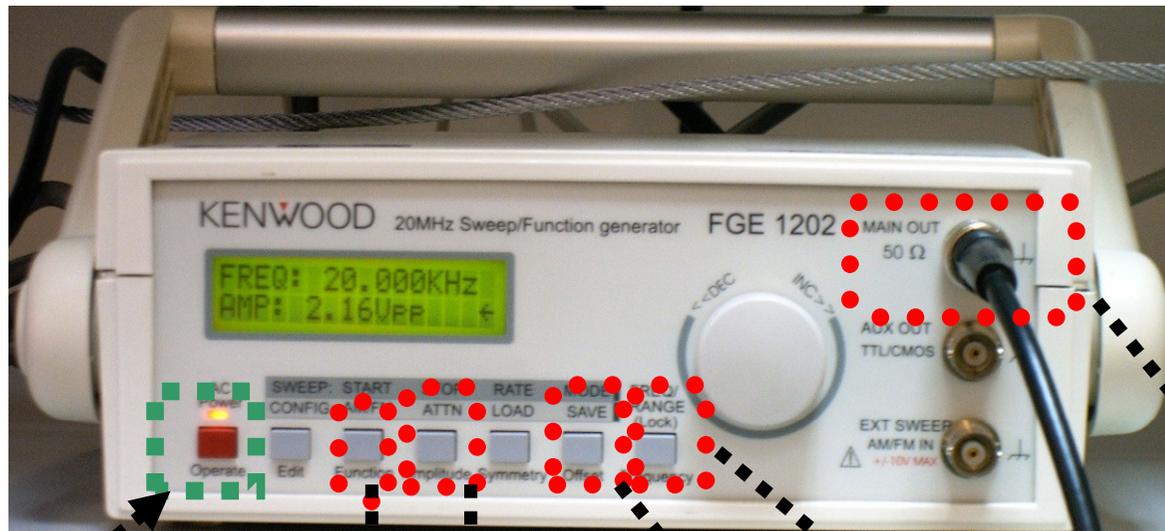
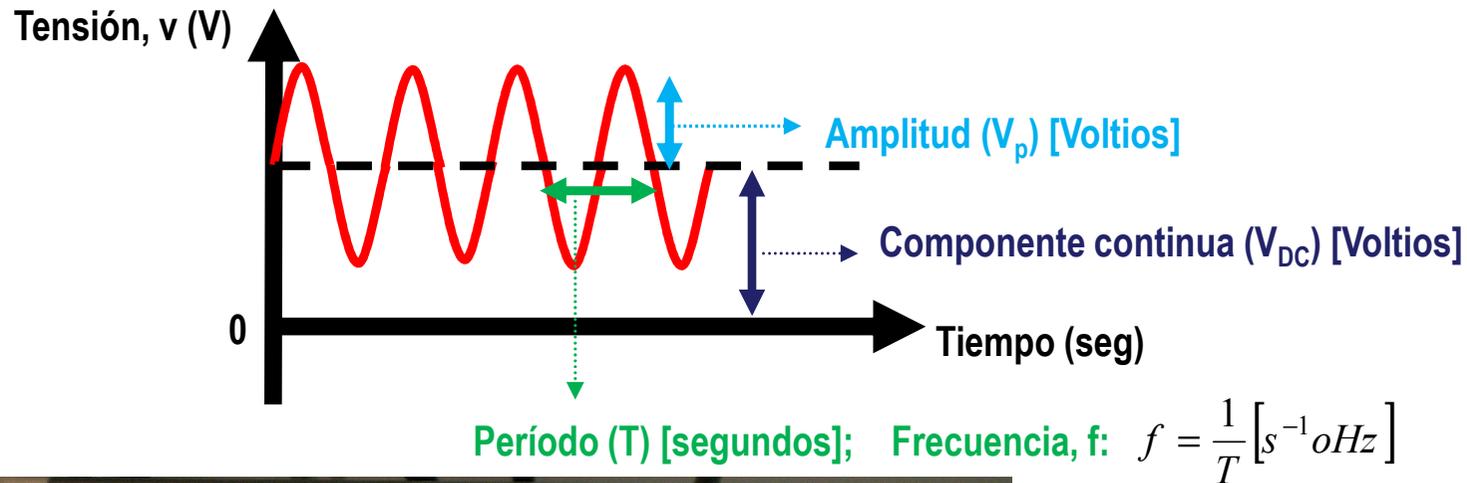


**Ejemplo.** Si queremos alimentar un circuito entre **+15V** y **-15V**, debemos poner la fuente en modo serie, ajustar la tensión de la fuente maestra a 15V y realizar las conexiones al circuito como se indica:



- **Modo paralelo:** Las fuentes maestra y esclava se conectan en paralelo

# Generadores de señal



ON/OFF

FORMA DE ONDA  
AMPLITUD ( $V_p$ )

COMPONENTE CONTINUA ( $V_{DC}$ )

FRECUENCIA

SALIDA ( $R_S = 50\Omega$ )

# Polímetro



➤ Medidas de tensión y corriente (DC y AC), medidas de resistencias y continuidad...

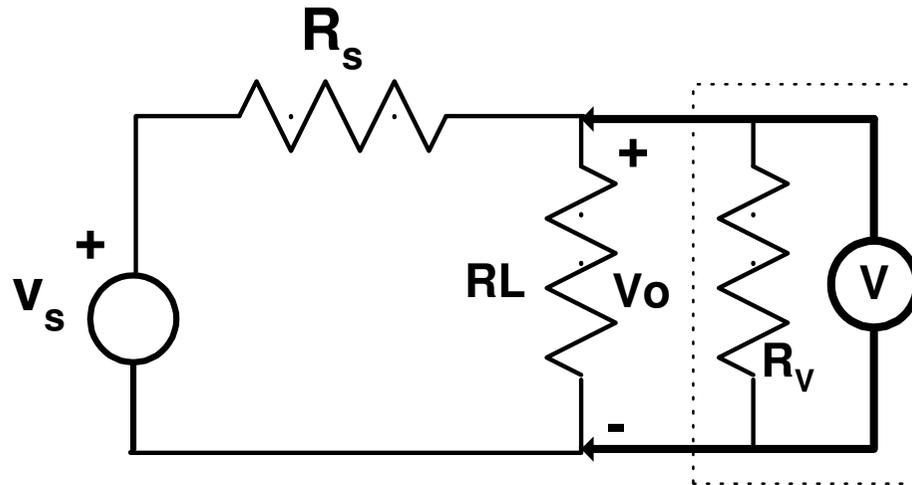
# Polímetro

## Medidas de tensión

(en modo AC se obtiene el valor eficaz de la tensión medida si el polímetro es *True RMS*)

Conexión del polímetro como voltímetro en paralelo

Ejemplo:



$V$ : voltímetro ideal

$R_v$ : Resistencia de entrada del voltímetro

(muy grande ( $M\Omega$ ), para afectar lo menos posible a la medida, ya que se coloca en paralelo)

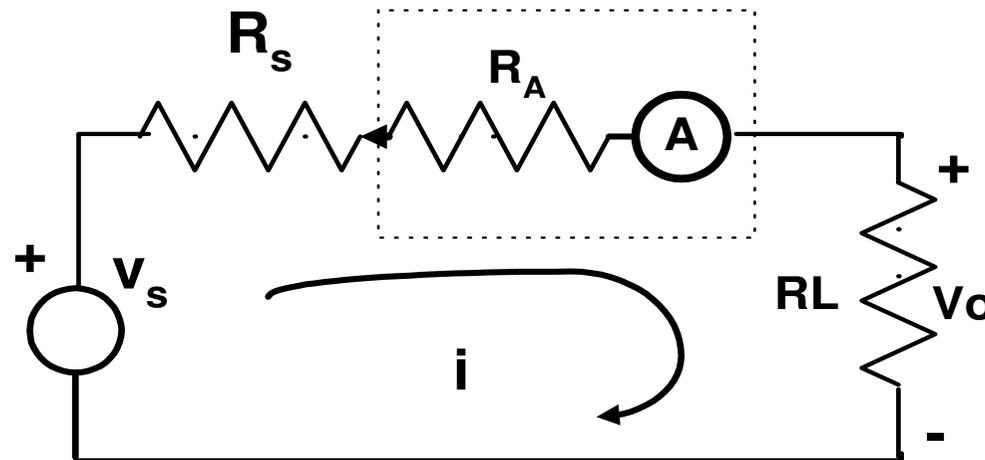
# Polímetro

## Medidas de corriente

(en modo AC se obtiene el valor eficaz de la corriente medida si el polímetro es *True RMS*)

Conexión del polímetro como amperímetro en serie

Ejemplo:



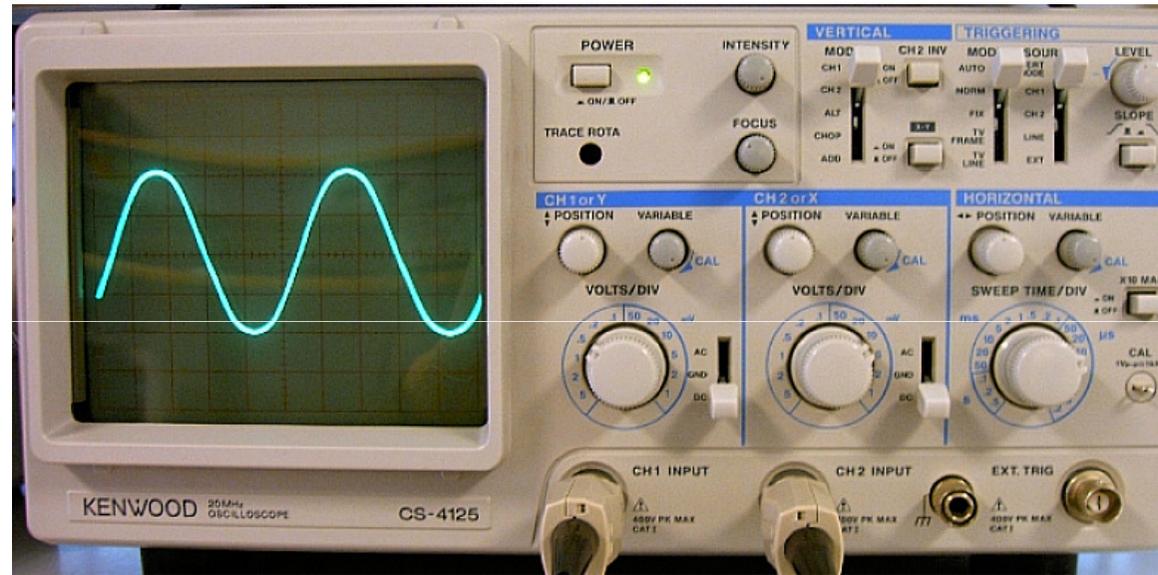
A: amperímetro ideal

$R_A$ : Resistencia de entrada del amperímetro

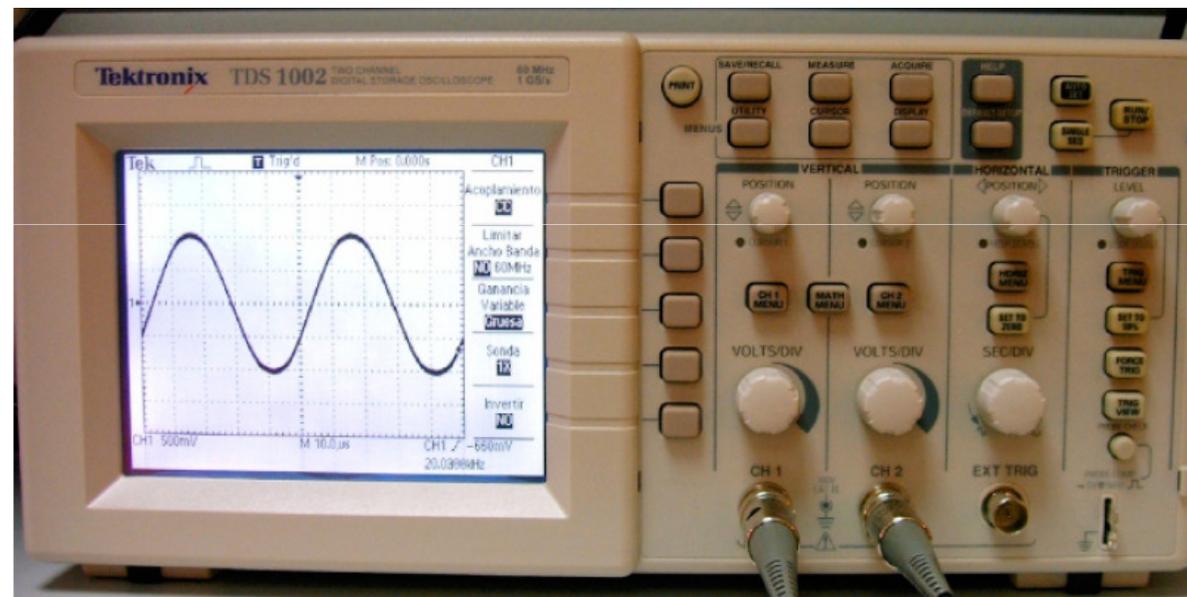
(muy pequeña ( $\Omega$ ), para afectar lo menos posible a la medida, ya que se coloca en serie)

# Osciloscopio

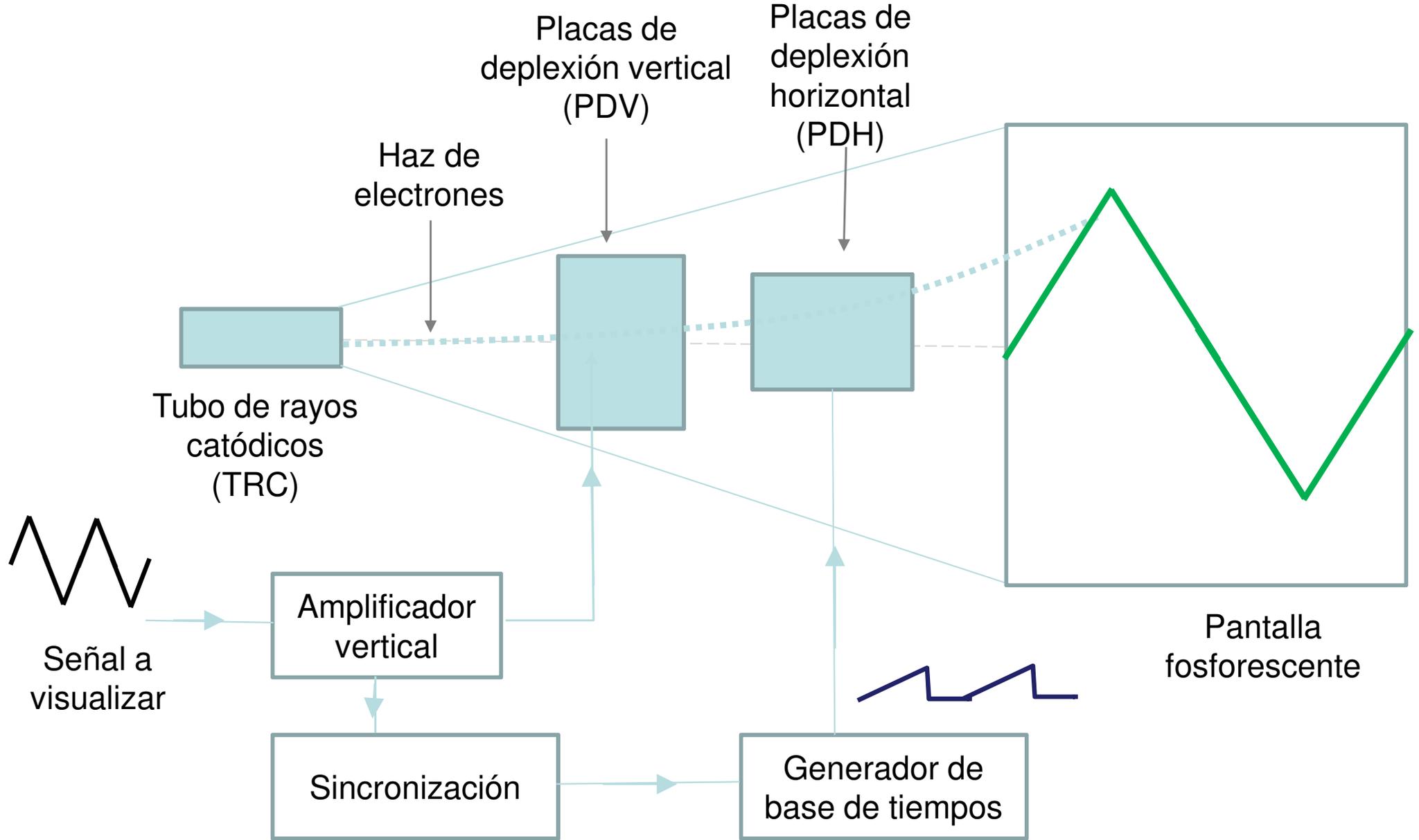
## OSCILOSCOPIO ANALÓGICO



## OSCILOSCOPIO DIGITAL

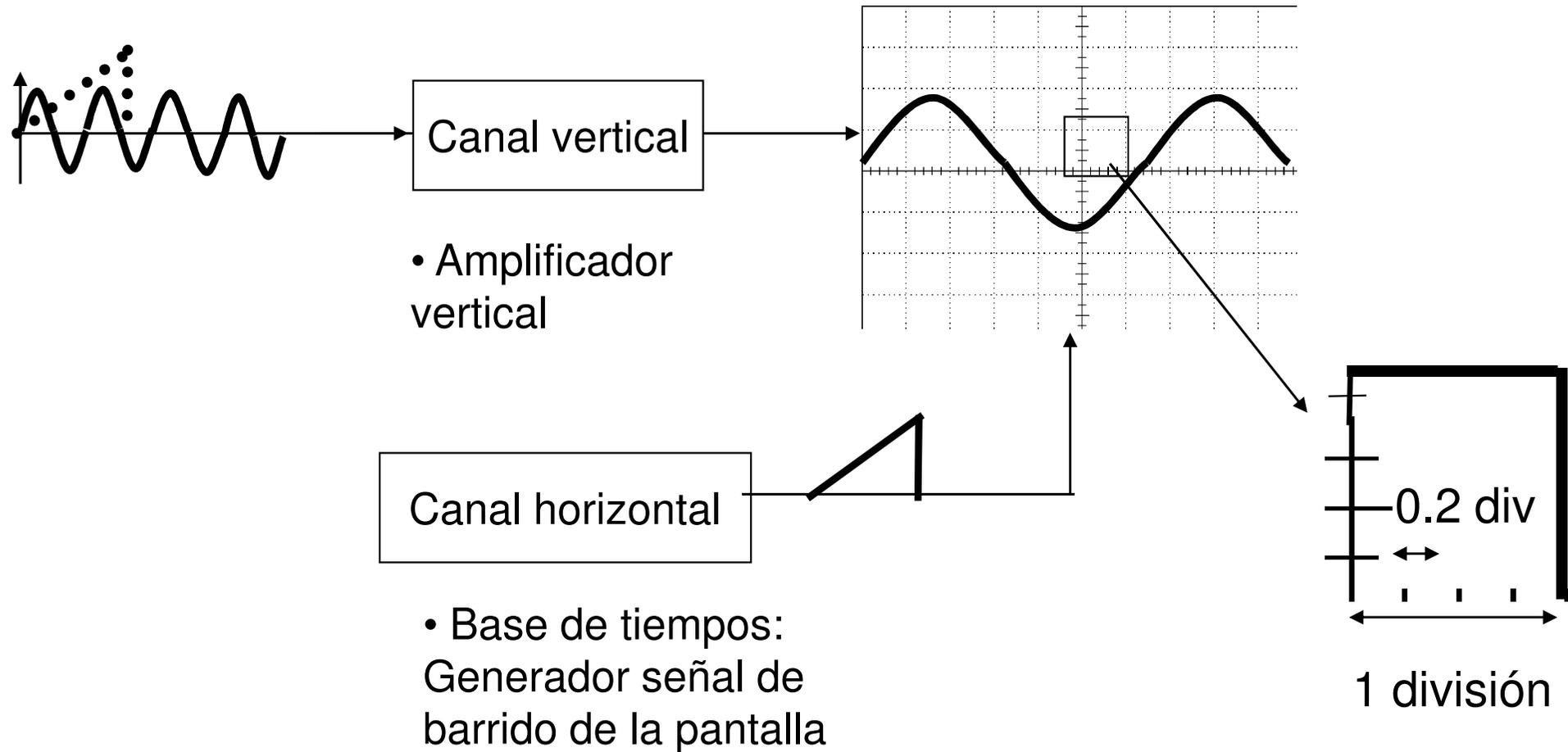


# Osciloscopio



# Osciloscopio

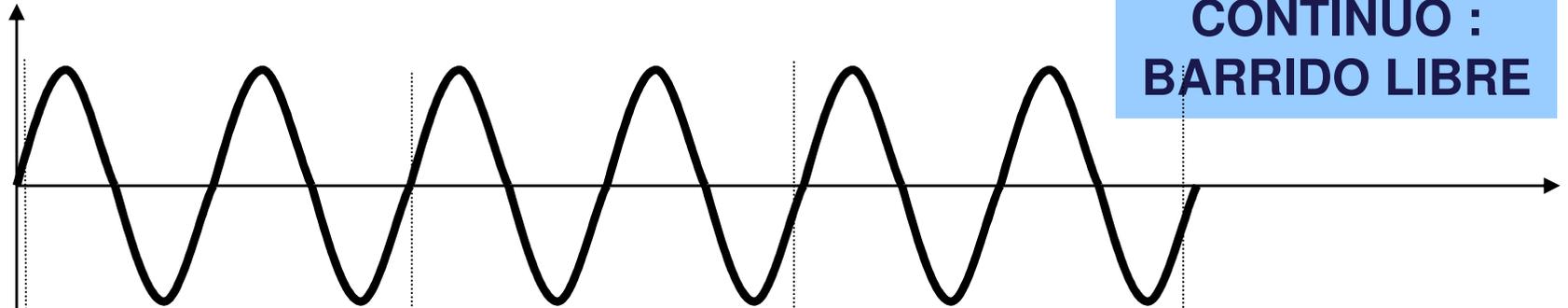
Permite visualizar (en una pantalla) una forma de onda de tensión en función del tiempo.



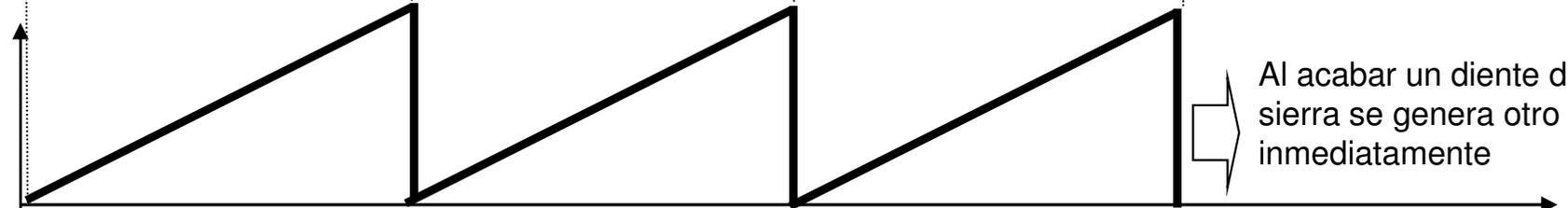
# Osciloscopio

**BARRIDO CONTINUO :  
BARRIDO LIBRE**

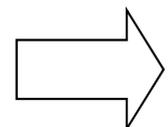
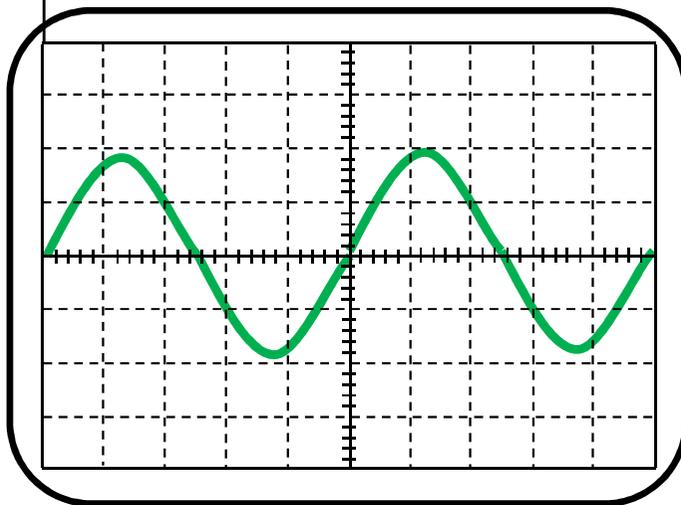
Señal aplicada a canal vertical  
(señal a visualizar)



Señal aplicada a canal horizontal  
(señal de barrido)



Pantalla del osciloscopio



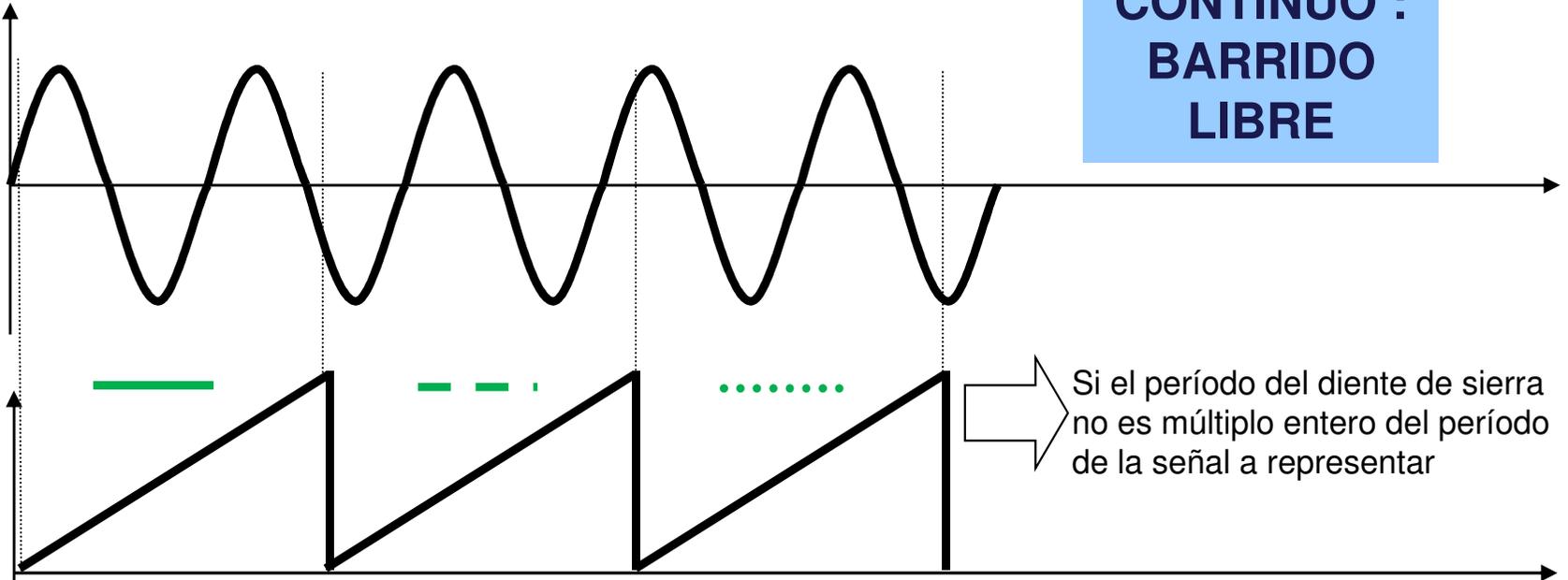
Al repetirse los barridos del haz la persistencia de la pantalla y la retina crean línea continua en la pantalla (estable si el período del diente de sierra es múltiplo entero de 1 período de la señal a representar)

# Osciloscopio

**BARRIDO CONTINUO :  
BARRIDO LIBRE**

Señal aplicada a canal vertical  
(señal a visualizar)

Señal aplicada a canal horizontal  
(señal de barrido)



Pantalla del osciloscopio

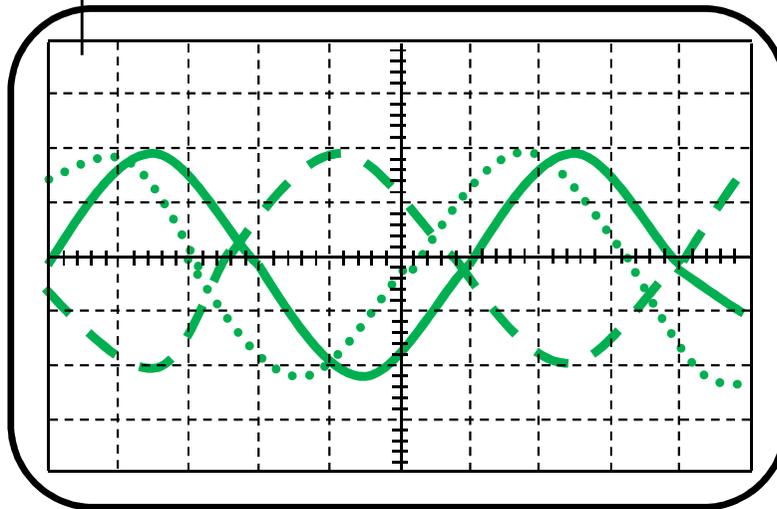


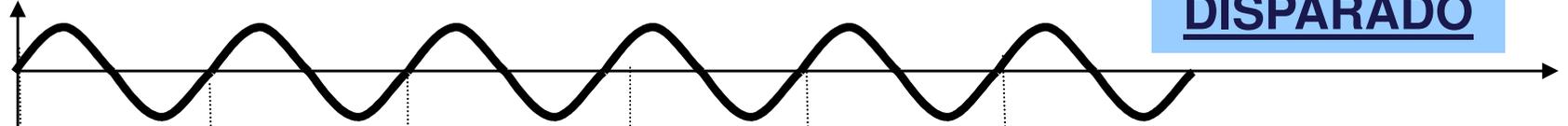
Imagen no sincronizada en la pantalla

Además, con este tipo de barrido no es posible observar en la pantalla del osciloscopio de forma estable fracciones de señal inferiores al período de la misma

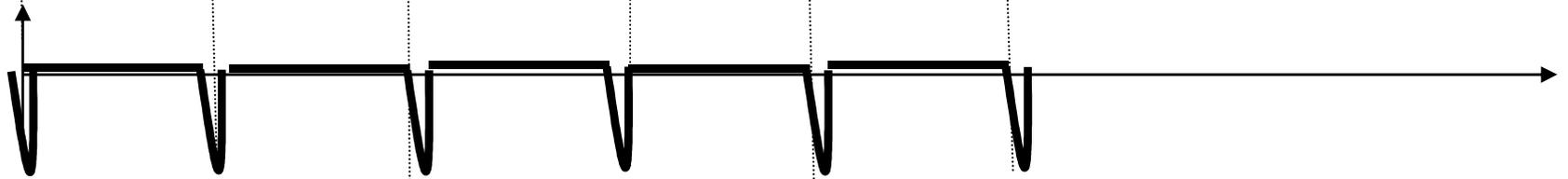
# Osciloscopio

**BARRIDO CONTINUO :  
BARRIDO DISPARADO**

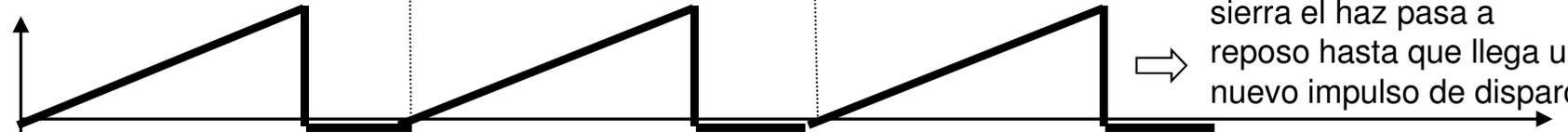
Señal aplicada a canal vertical  
(señal a visualizar)



**Impulsos de sincronismo**

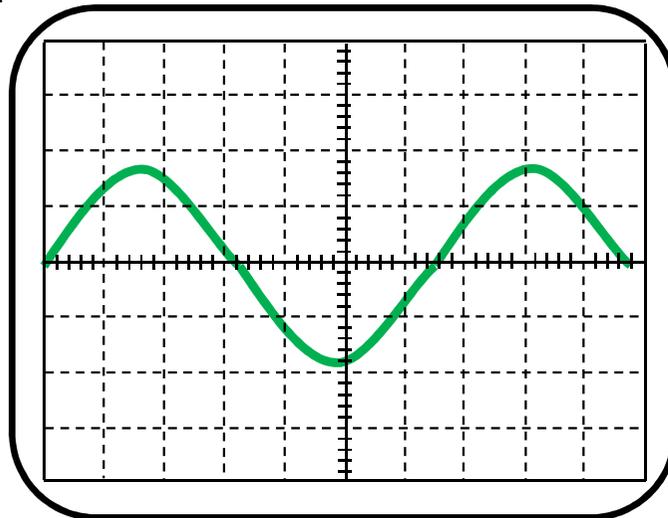


Señal aplicada a canal horizontal  
(señal de barrido)



Al acabar un diente de sierra el haz pasa a reposo hasta que llega un nuevo impulso de disparo

Pantalla del osciloscopio



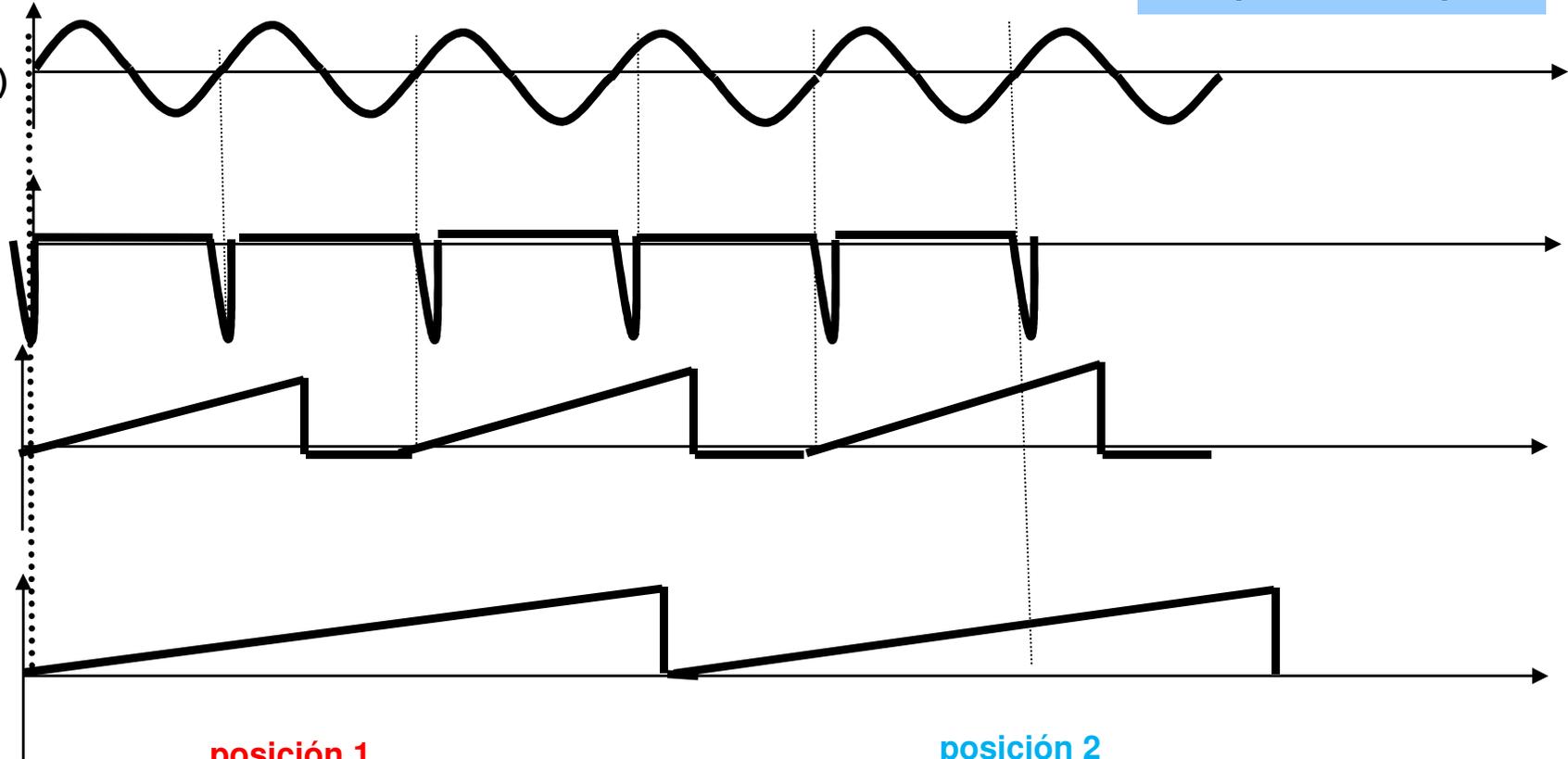
El comienzo de un nuevo barrido (diente de sierra generado por la base de tiempos) siempre se hará a la llegada de un nuevo impulso de disparo, con lo que siempre se corresponderá con el mismo punto de la señal a representar ⇒ Señal sincronizada

# Osciloscopio

**MANDO BASE DE TIEMPOS (SEG/DIV)**

Señal a visualizar

Ej: 1.5kHz (T = 666 $\mu$ s)



Base de tiempos :

**posición 1**

(100 $\mu$ s/div)

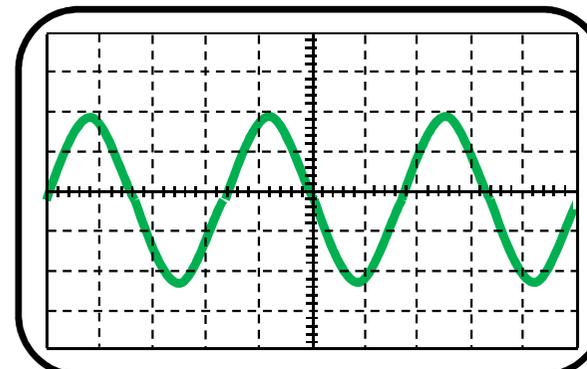
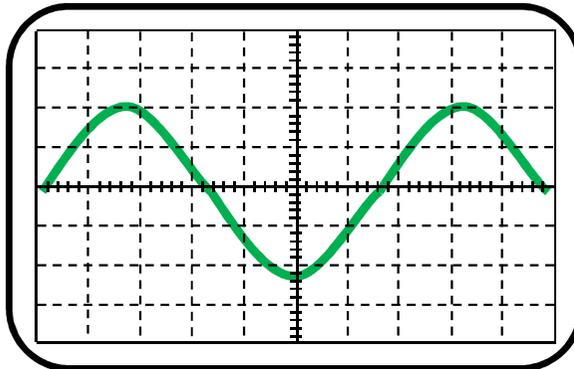
Base de tiempos :

**posición 2**

(200 $\mu$ s/div)

**posición 1**

**posición 2**

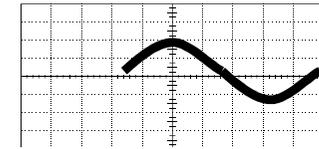
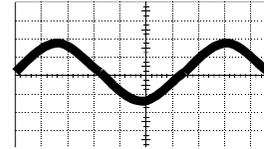


# Osciloscopio

## OTROS MANDOS DEL OSCILOSCOPIO RELACIONADOS CON EL CANAL HORIZONTAL

- **Mando de desplazamiento horizontal:**

Permite desplazar la señal visualizada de izquierda a derecha de la pantalla.



- **Mando de calibrado (CAL):**

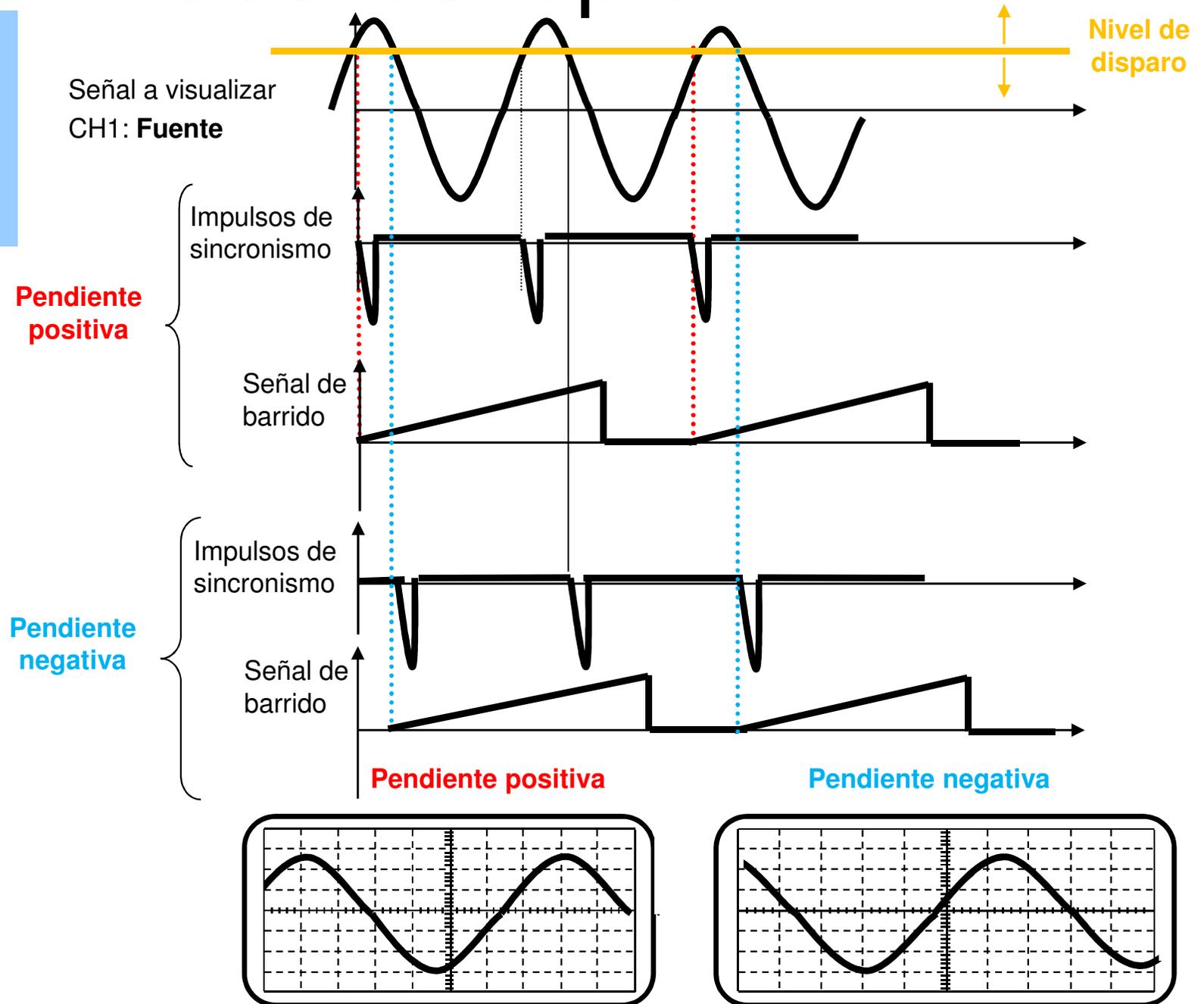
Debe estar en posición de CAL para realizar medidas de tiempo absolutas

### Mandos de sincronismo (Trigger)

- **Fuente de sincronismo:** Señal a partir de la cuál se generan los impulsos de disparo de la base de tiempos
  - Interna: Señal introducida en el osciloscopio (canal 1 o canal 2)
  - Externa: Señal externa introducida a través de entrada adicional del osciloscopio
  - Line: Se sincroniza con la señal de red eléctrica (50 Hz)
- **Nivel de disparo:** El barrido de la pantalla se inicia en el instante en que el nivel de disparo corta a la señal de sincronismo
- **Pendiente de disparo:** El impulso de disparo se puede general en la pendiente positiva o negativa de la señal de sincronismo

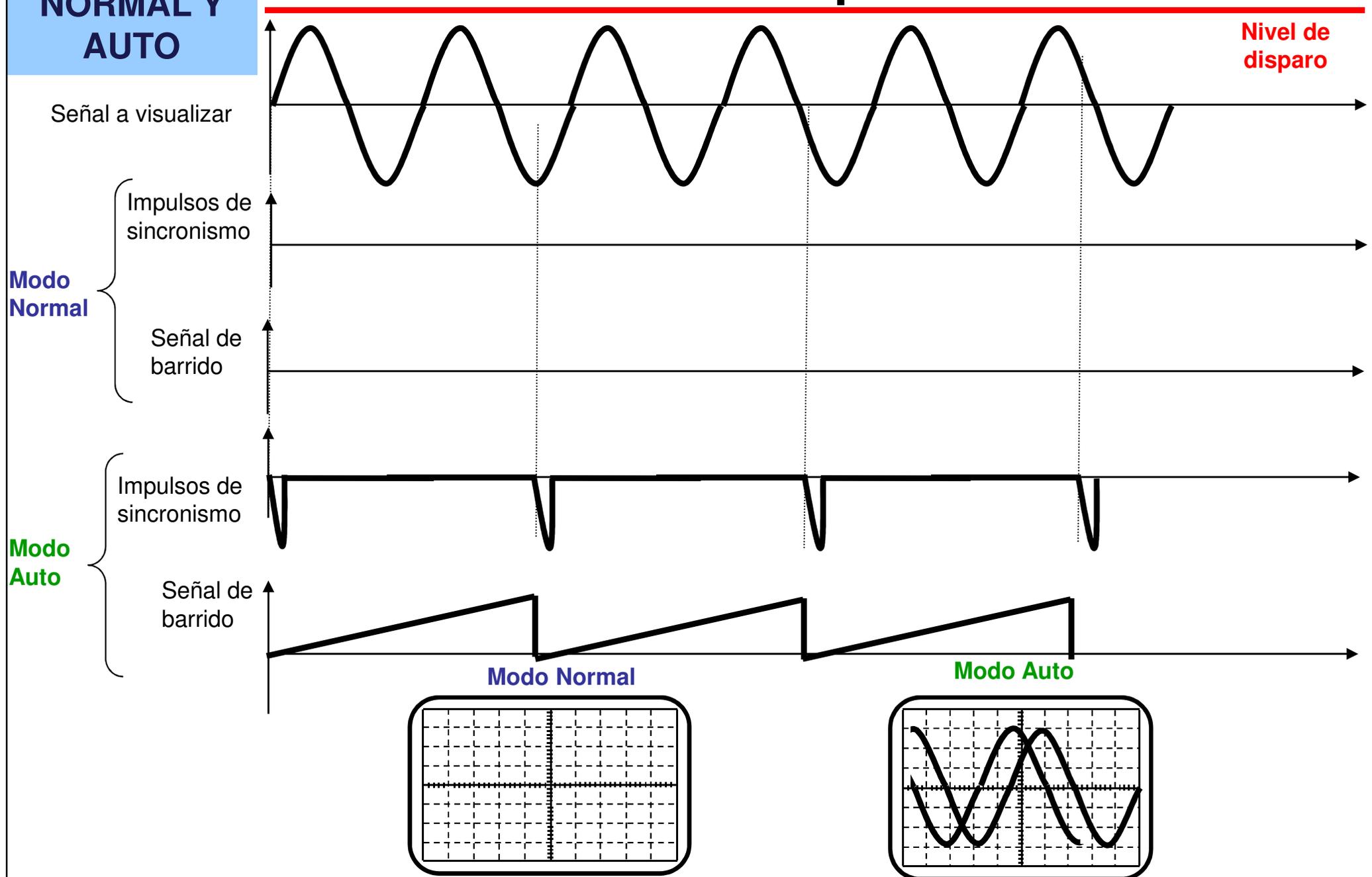
# Osciloscopio

- NIVEL DE DISPARO
- PENDIENTE DE DISPARO



# Osciloscopio

## • MODOS NORMAL Y AUTO



# Osciloscopio

## MANDOS DEL CANAL HORIZONTAL Y SINCRONISMO

Modo de sincronismo (Normal/Auto)

Posición

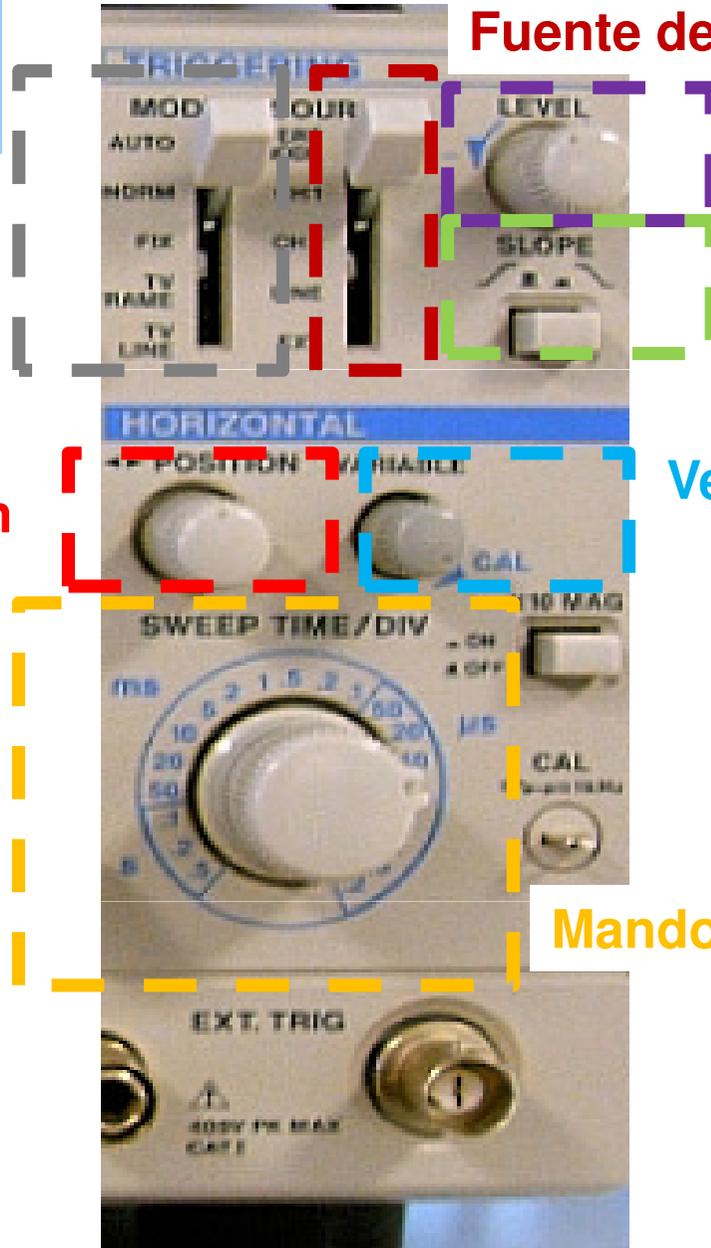
Fuente de disparo

Nivel de disparo

Pendiente de disparo

Vernier (CAL)

Mando Base de Tiempos

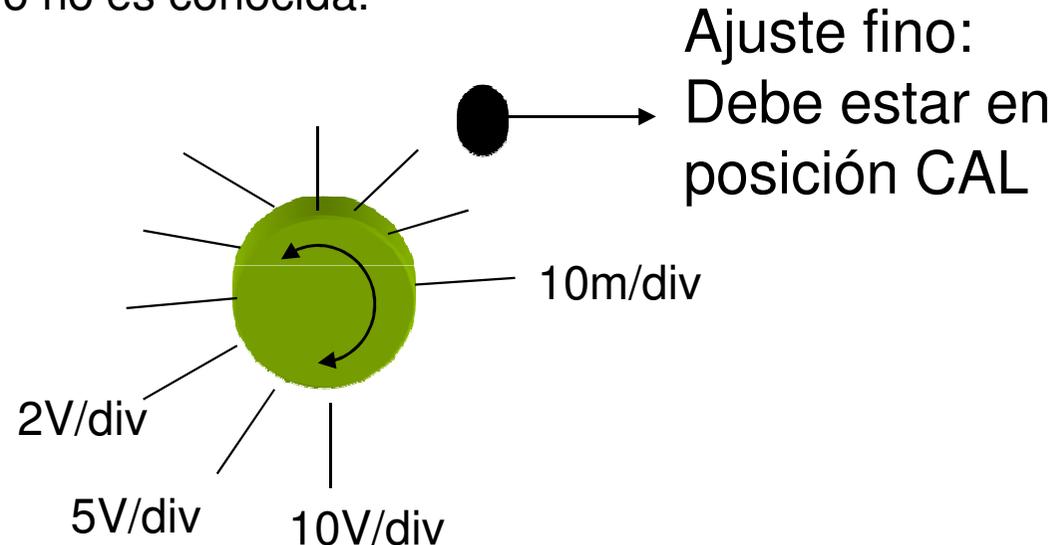


# Osciloscopio

## CANAL VERTICAL

El grado de amplificación/atenuación de la señal de entrada puede controlarse mediante el mando de sensibilidad vertical VOLTIOS/DIVISIÓN

Tiene un mando de variación a saltos (grueso) y un mando de ajuste fino (vernier). El vernier debe estar en la posición de calibrado (CAL) para que se conozca la sensibilidad vertical (V/div) de la señal representada en la pantalla, que será la indicada en el mando de ajuste grueso. Si el vernier no está en la posición de calibrado la sensibilidad vertical (V/div) de la señal representada en el osciloscopio no es conocida.

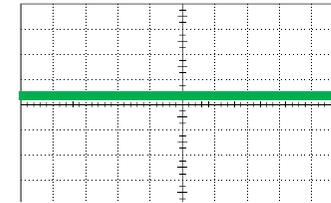


# Osciloscopio

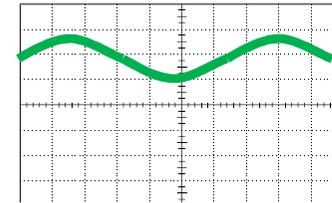
## OTROS MANDOS DEL CANAL VERTICAL

- Interruptor **de modo de entrada:**

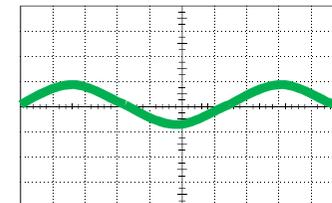
- **GND:** Nos muestra en la pantalla el nivel de referencia (posición del cero de medida, masa del osciloscopio que es común para los dos canales de entrada del mismo)



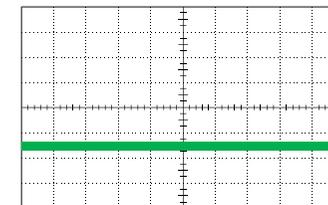
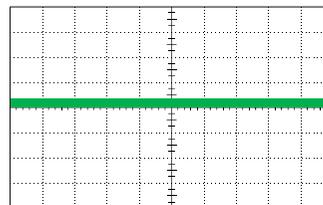
- **DC:** Se visualiza la señal completa (componente continua y componente alterna)



- **AC:** Sólo se visualiza la componente alterna de la señal de entrada



- Mando de **desplazamiento vertical:** Permite variar en vertical la posición del nivel de referencia (cero de medida)



# Osciloscopio

## MANDOS DEL CANAL VERTICAL

Mando de desplazamiento vertical



Vernier (CAL)

Modo de entrada  
(DC, AC, GND)



Mando de sensibilidad vertical

# Osciloscopio

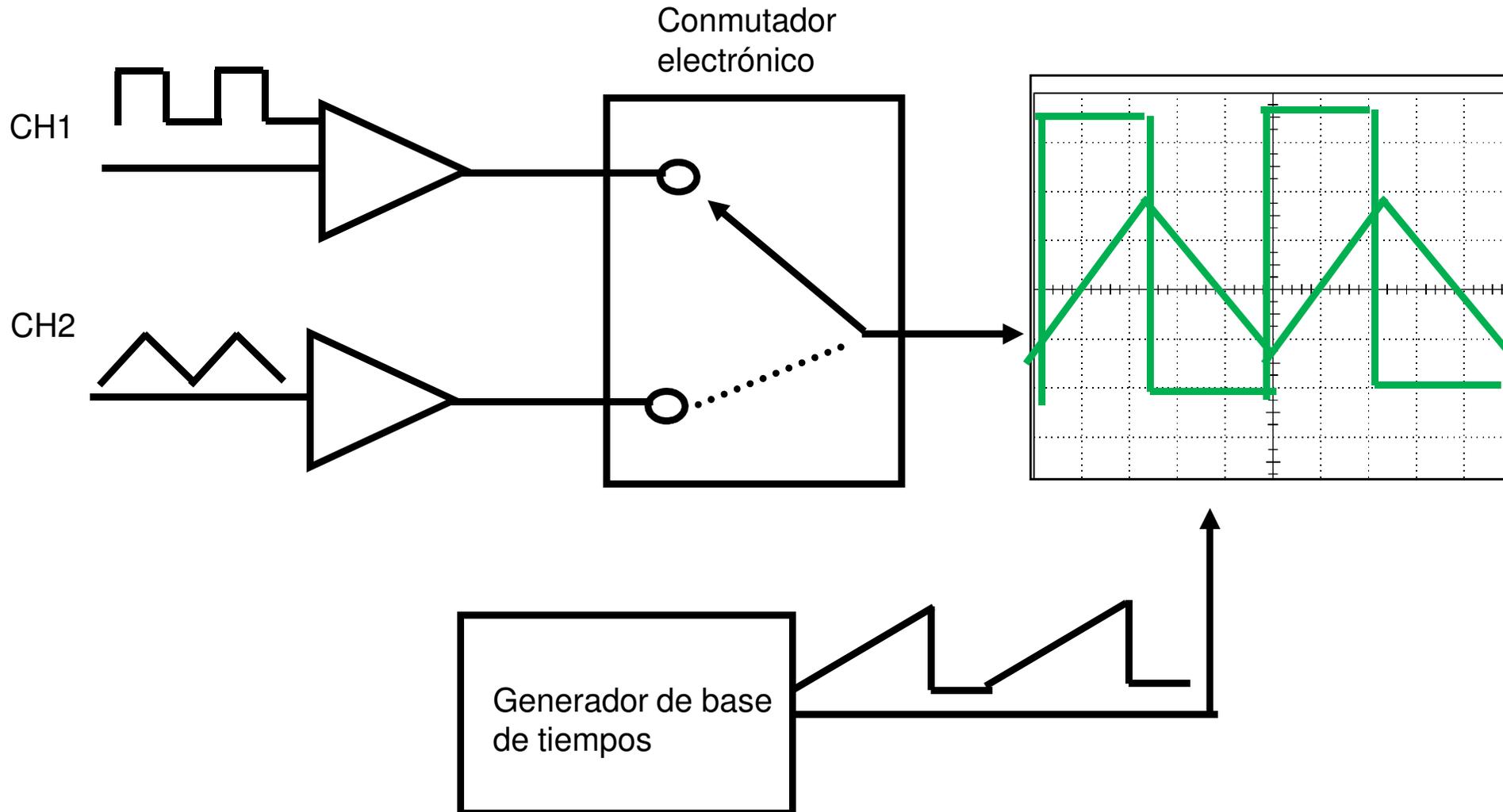
## OSCILOSCOPIOS DE DOS CANALES

- Interruptor de **selección de señales a visualizar** en el osciloscopio
  - Solo la señal introducida en el **CANAL 1** (CH1)
  - Solo la señal introducida en el **CANAL 2** (CH2), o la señal invertida (-CH2)
  - Las dos señales (**CH1 y CH2**) a la vez. Normalmente dentro de esta opción hay dos posibilidades :
    - MODO ALTERNADO (ALT)
    - MODO TROCEADO (CHOP)
  - La suma de las dos señales : **CH1+CH2**, o la diferencia (**CH1-CH2**) si seleccionamos este modo con el canal 2 invertido.

# Osciloscopio

## MODOS ALT Y CHOP

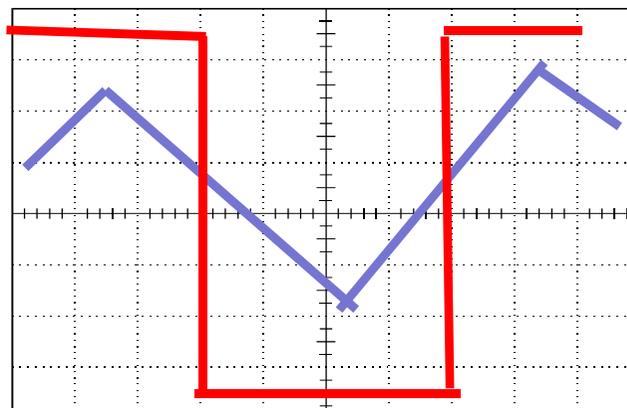
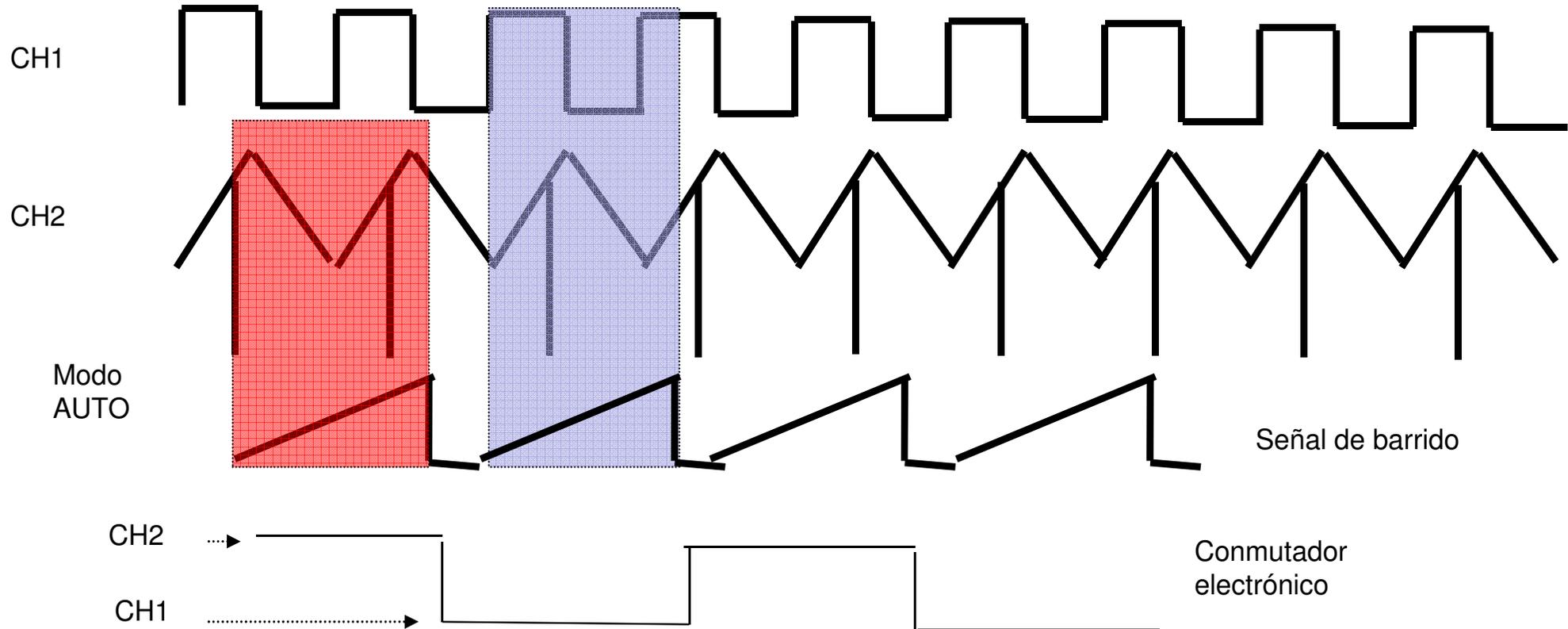
- Osciloscopios de doble traza (un único haz): Para observar las dos señales de entrada (CH1 y CH2) a la vez en la pantalla del osciloscopio se aplica cada una de las señales durante un cierto tiempo, utilizando un conmutador electrónico



# Osciloscopio

MODO ALT

Tiempo asignado a la representación de cada canal: duración de un barrido completo de la pantalla

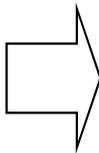
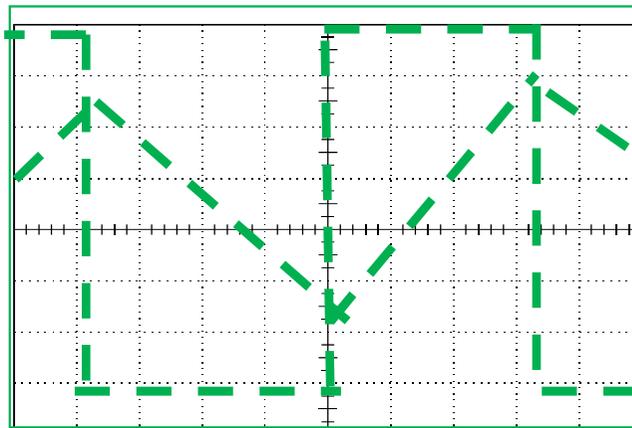
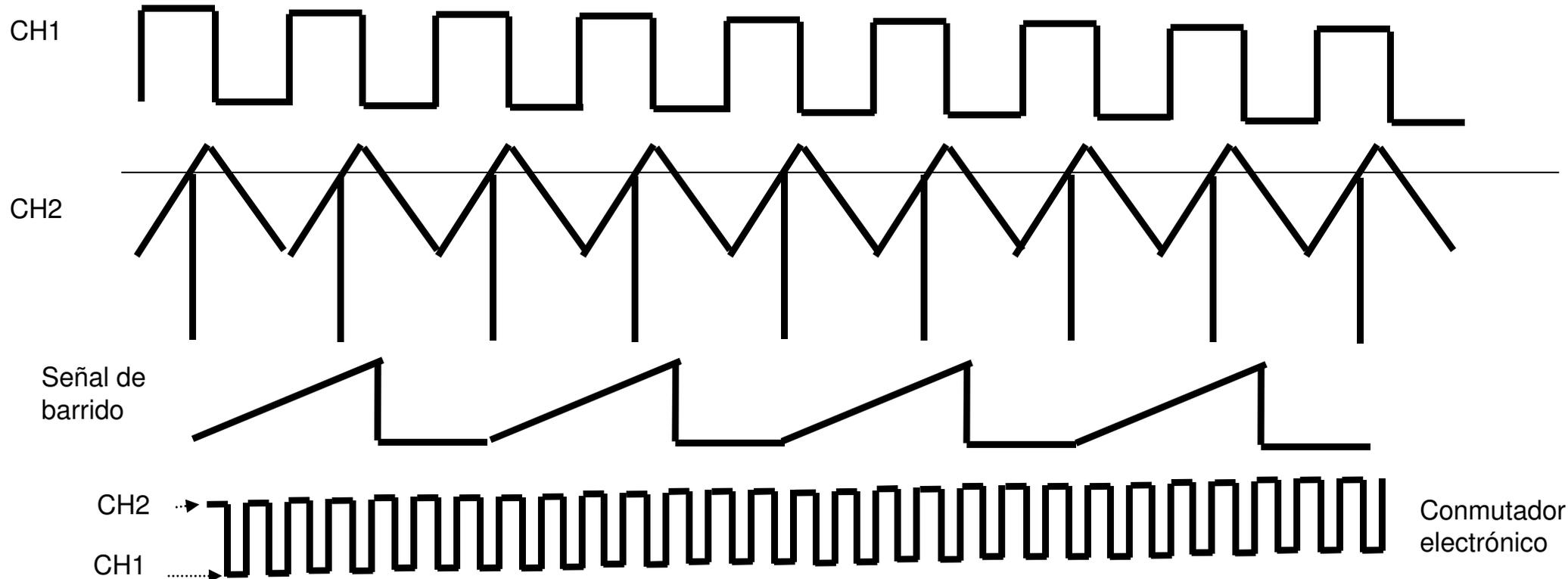


Puede ocurrir que origen de tiempos de representación de las dos señales sea distinto (información errónea de desfase)

# Osciloscopio

MODO CHOP

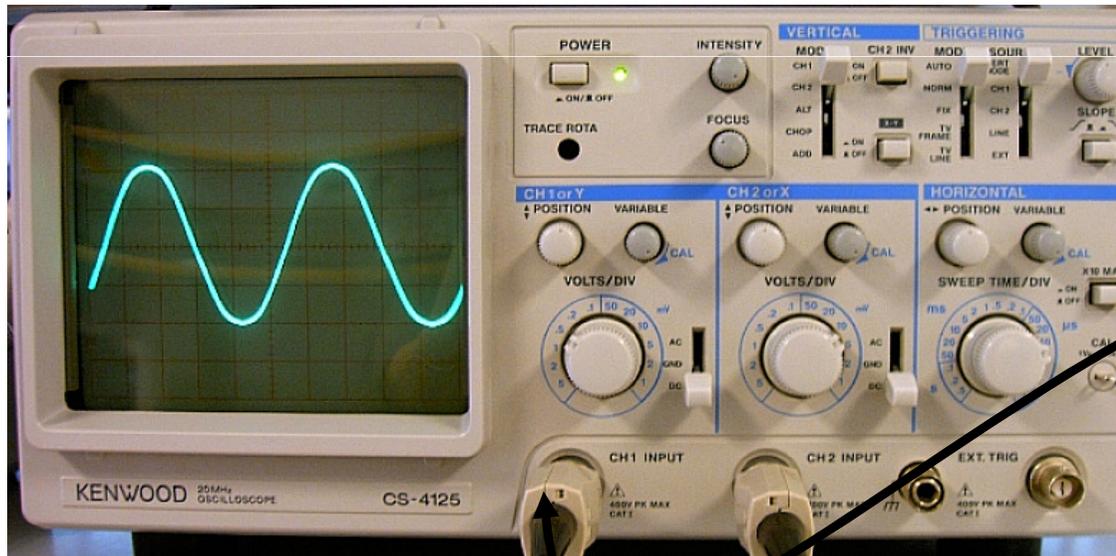
Tiempo asignado a la representación de cada canal: mucho más pequeño que la duración de un barrido completo



Funciona mejor para períodos de barrido grandes (frecuencias bajas), nº de trozos de cada señal en un barrido  $\uparrow\uparrow \Rightarrow$  Apariencia señal continua

# Osciloscopio

- Conectan la entrada del osciloscopio con la parte del circuito sobre la que queremos hacer la medida de tensión. Tienen dos posiciones :
  - **x1** (la señal de entrada se introduce directamente al osciloscopio)
  - **x10** ( la señal de entrada es atenuada por 10 antes de introducirse en el osciloscopio)



Circuito



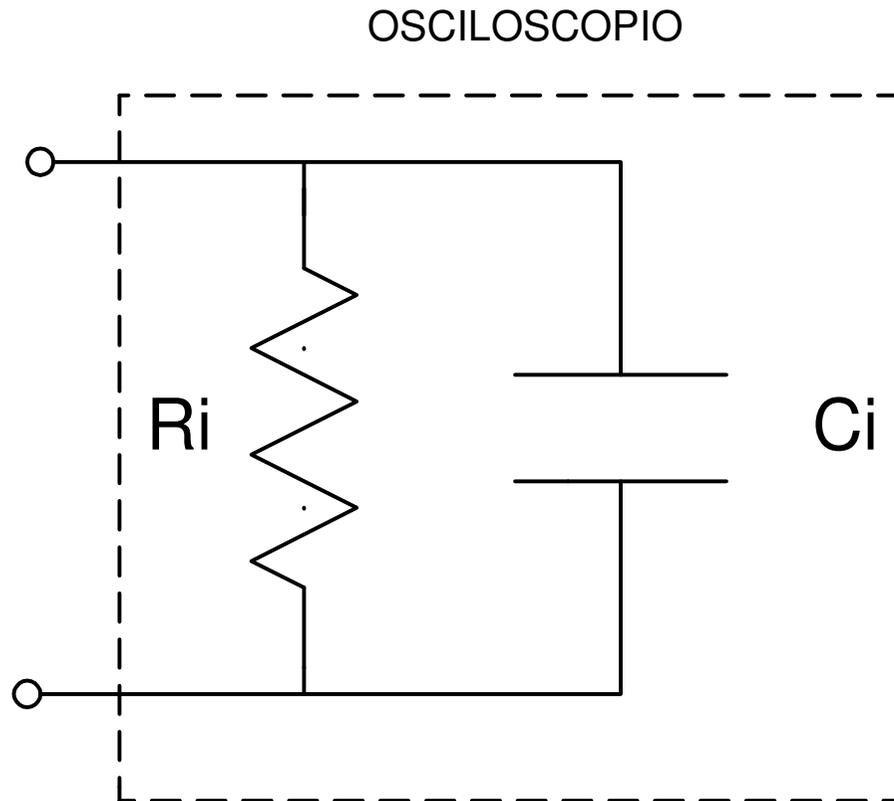
MASA



# Osciloscopio

## IMPEDANCIA DE ENTRADA DEL OSCILOSCOPIO

- Como todo equipo electrónico el osciloscopio tiene una impedancia de entrada, que, en algunos casos, puede afectar a la medida que estemos realizando sobre el circuito.



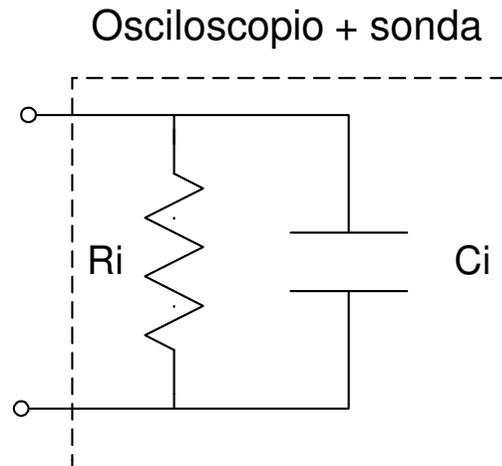
- Los valores de  $R_i$  y  $C_i$  vienen indicados en las bornas de entrada de los dos canales (normalmente  $R_i = 1\text{M}\Omega$  y  $C_i = 50\text{pF}$ )

# Osciloscopio

## IMPEDANCIA DE ENTRADA DEL OSCILOSCOPIO + SONDA

- Al conectar la sonda a la entrada del osciloscopio para medir sobre el circuito puede modificarse la impedancia de entrada del conjunto sonda+osciloscopio

**Sonda x1**

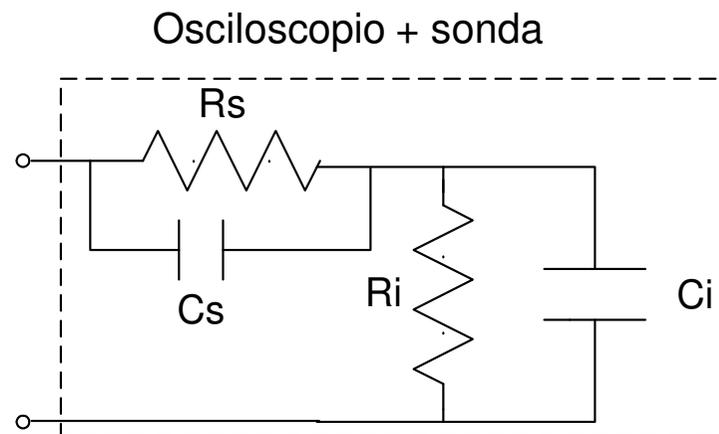


$$\underline{Z_i}$$
$$R_i = 1\text{M}\Omega \parallel C_i = 50\text{pF}$$

**Sonda x10**

Sonda compensada:

$$R_s C_s = R_i C_i$$

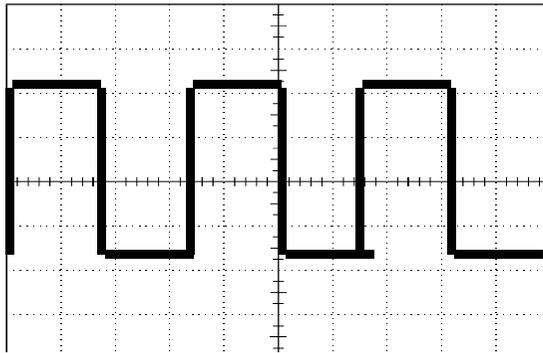


$$\underline{Z_{is}} = Z_i * 10$$
$$R_{is} = 10\text{M}\Omega \parallel C_{is} = 5\text{pF}$$

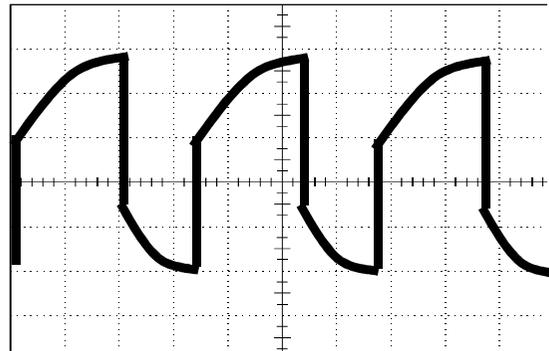
# Osciloscopio

¿Cómo puede comprobarse que la sonda con la que vamos a medir esta compensada correctamente?

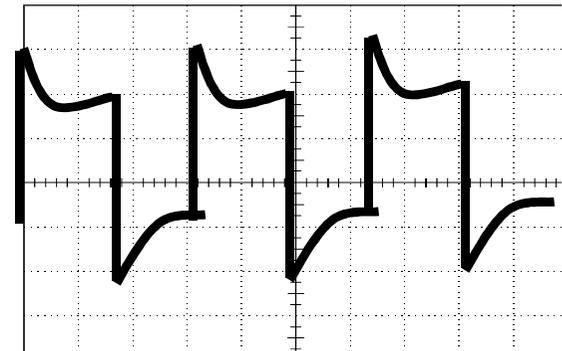
- El osciloscopio dispone de una señal de prueba para la sonda (señal cuadrada). Colocando la punta de prueba de la sonda en esta señal, con el canal del osciloscopio puesto en modo DC



Compensación correcta



Subcompensada

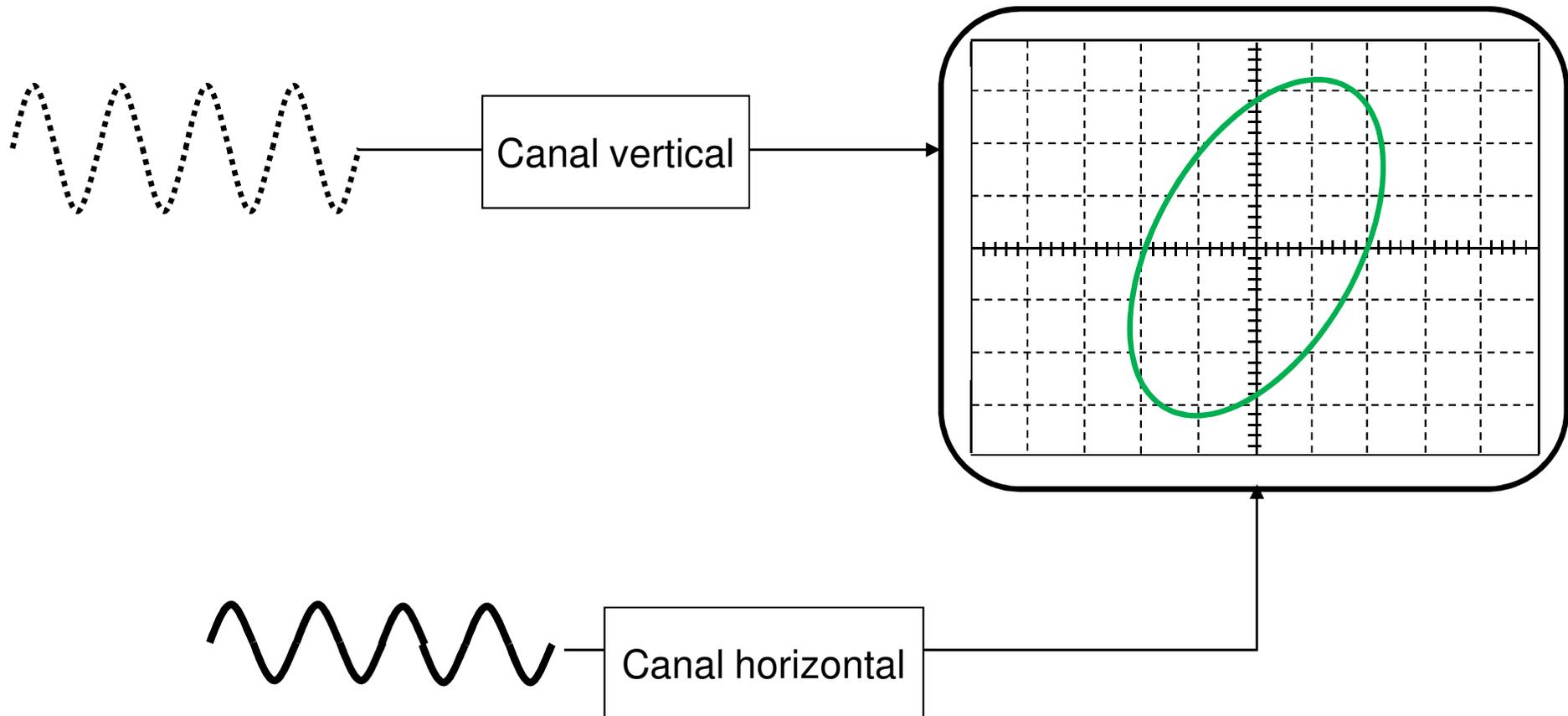


Sobrecompensada

# Osciloscopio

## MODO XY

- En osciloscopios de dos canales, uno de ellos puede introducirse como señal horizontal. El haz describe una figura sobre la pantalla.
- Esta figura es una elipse si las señales son sinusoidales y las frecuencias coinciden.



# Técnicas de medida

## OBJETIVOS

- Medida de tiempos (frecuencia, desfase y retardos)
- Concepto de impedancia de entrada y método de medida de la impedancia de entrada
- Concepto de impedancia de salida y métodos de medida de la impedancia de salida
- Efectos de carga de los instrumentos de medida

# Medida de desfase

$$v_1 = V_{1p} \cdot \text{sen}(\omega t)$$

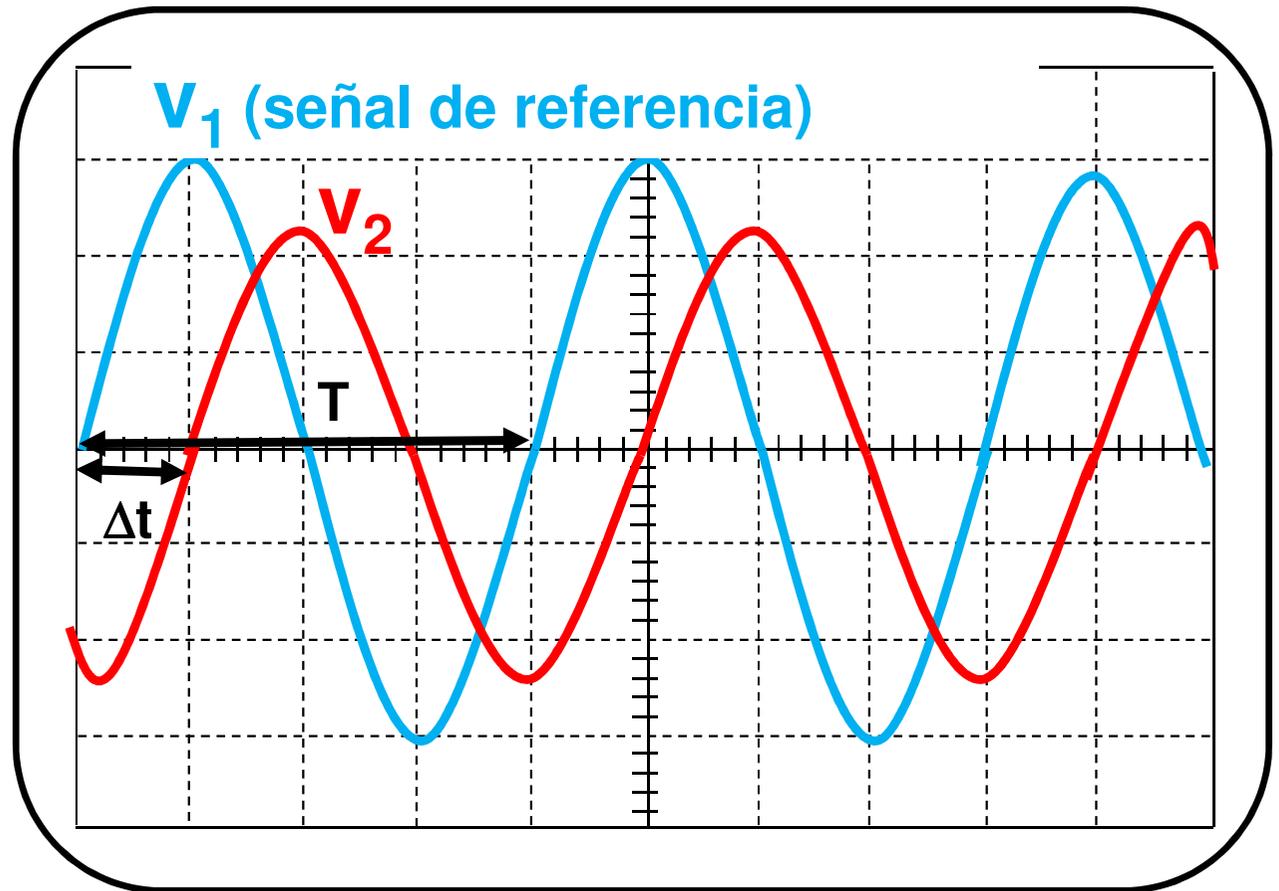
$$v_2 = V_{2p} \cdot \text{sen}(\omega t + \theta)$$

Desfase ( $\theta$ ) de  $v_2$  respecto de  $v_1$

$$360^\circ \rightarrow T$$

$$\theta \rightarrow \Delta t$$

$$\theta = \frac{360^\circ \cdot \Delta t}{T}$$



Convenio:  $-180^\circ < \theta < +180^\circ$

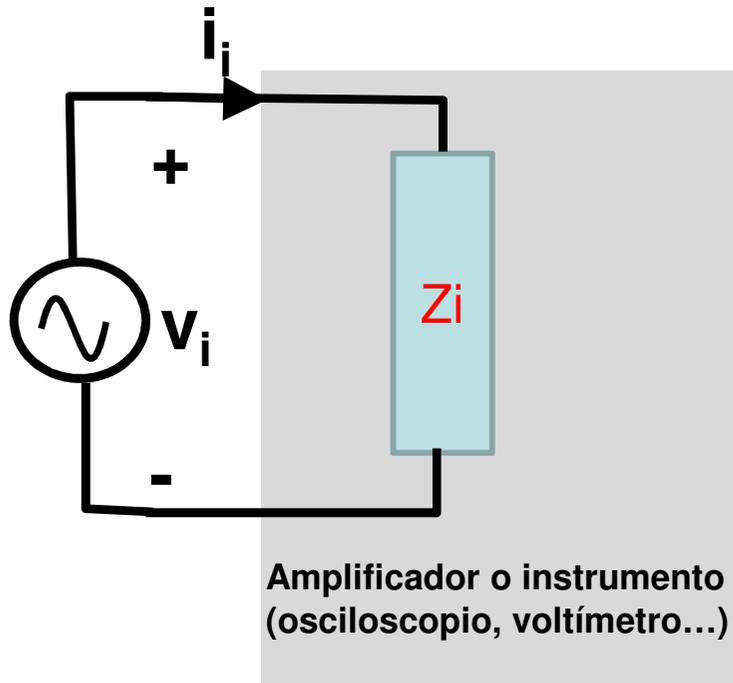
Señal **retrasada** respecto de señal de referencia:  $\theta$  **negativo**

Señal **adelantada** respecto de señal de referencia:  $\theta$  **positivo**

# Concepto y efecto

## Impedancia de Entrada

## Impedancia de Salida

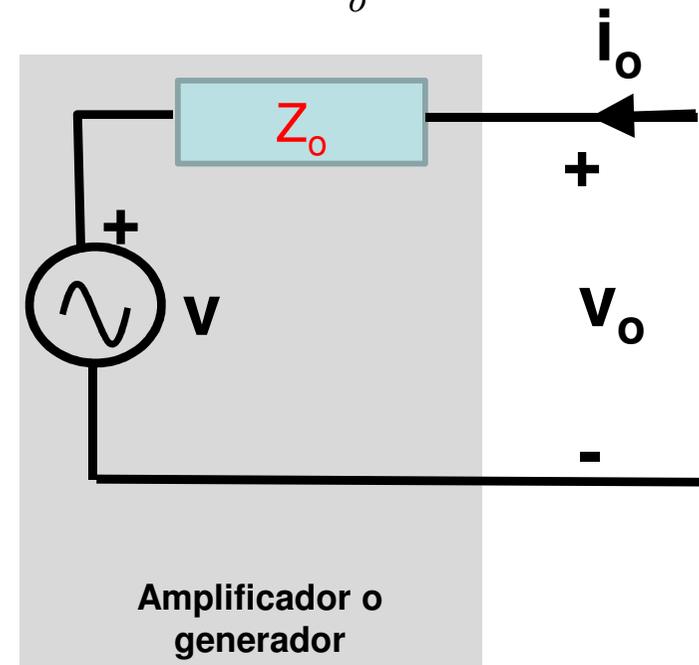


Amplificador o instrumento  
(osciloscopio, voltímetro...)

Medidas :  
 $Z_i$  resistiva ( $R_i$ )

$$Z_i = \frac{v_i}{i_i}$$

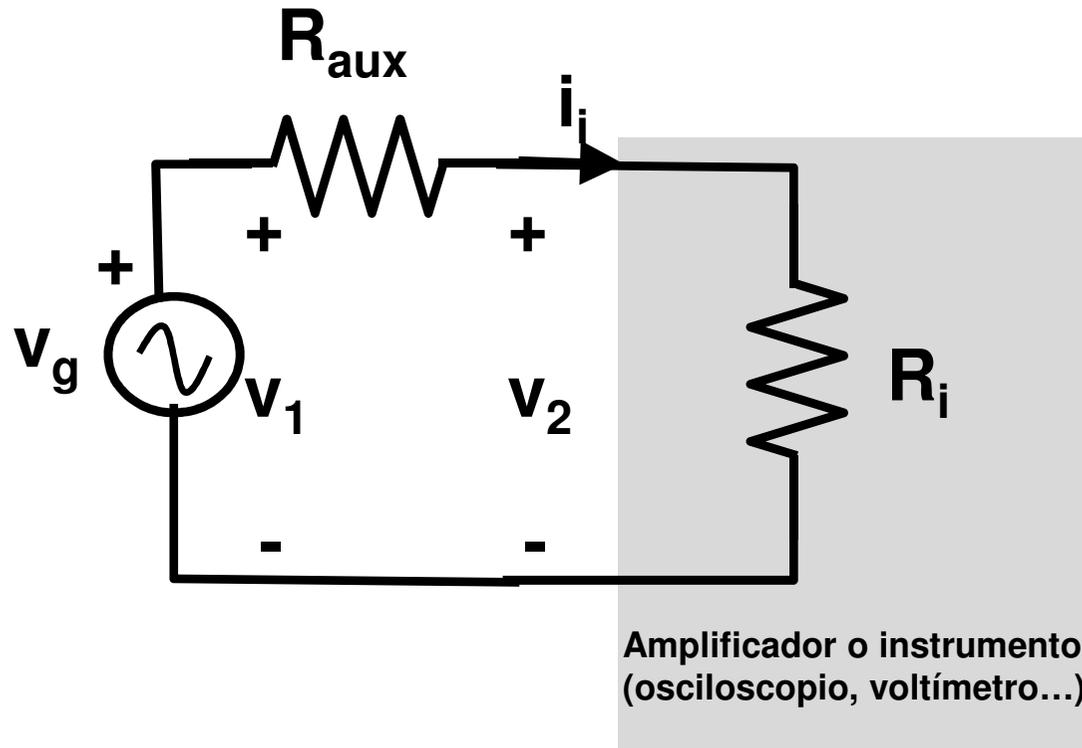
$$Z_o = \frac{v_o}{i_o}$$



Amplificador o  
generador

Medidas:  
 $Z_o$  resistiva ( $R_o$ )

# Medida Impedancia de Entrada



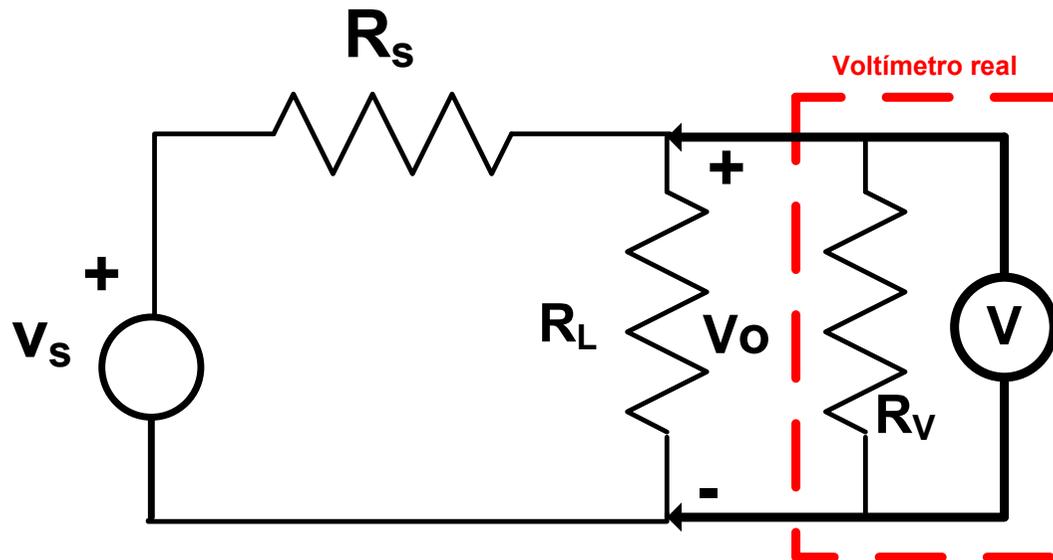
Procedimiento:

- Añadir resistencia  $R_{aux}$
- Medir  $v_1$  y  $v_2$  (medida simultánea)

$$R_i = \frac{v_2}{i_i} = \frac{v_2}{\frac{v_1 - v_2}{R_{aux}}} = R_{aux} \cdot \frac{v_2}{v_1 - v_2}$$

- $R_{aux}$  similar a  $R_i$  que se espera obtener
- Valor óptimo  $R_{aux} = R_i$

# Impedancia de entrada y efecto de carga

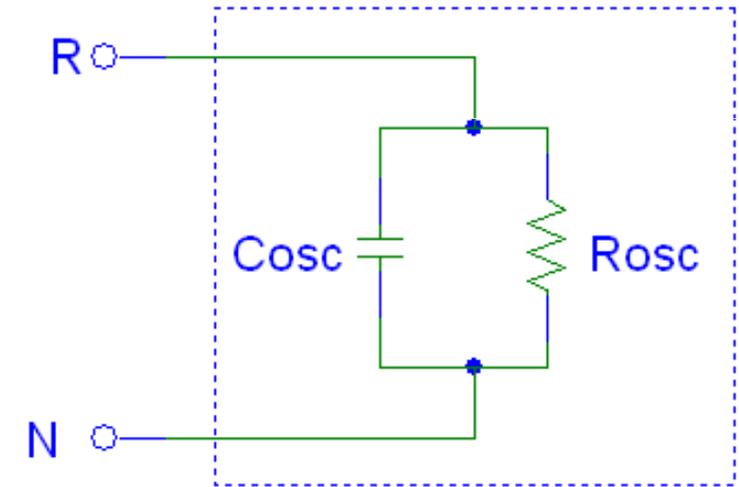
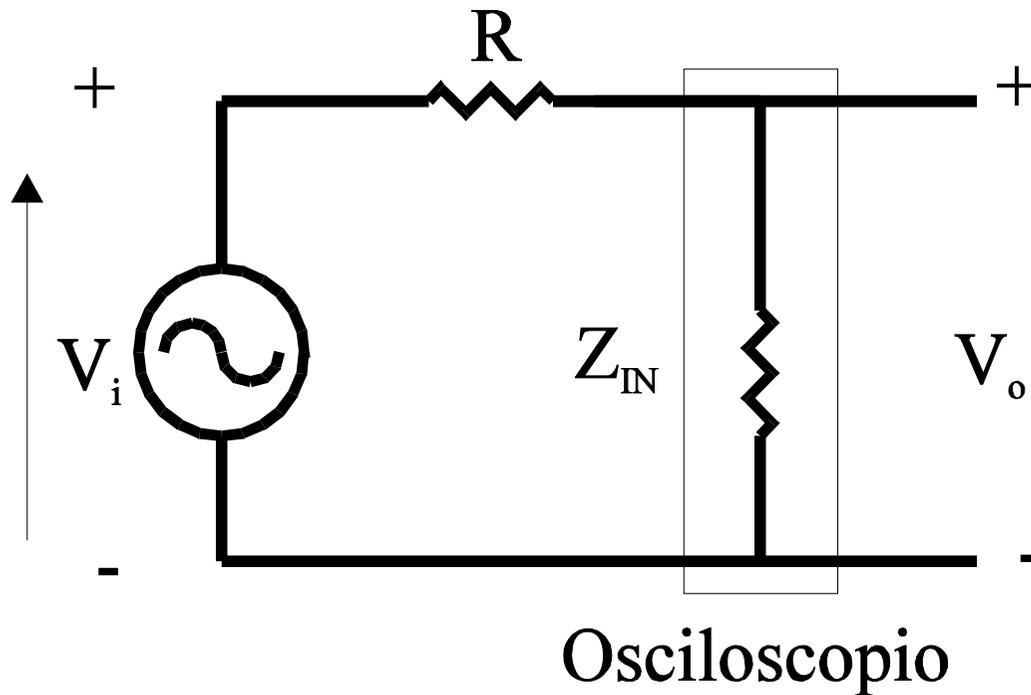


$R_V$ : Resistencia de  
entrada del voltímetro

$$v_o \text{ teórico: } v_o = v_s \frac{R_L}{R_s + R_L}$$

$$\text{Efecto de Carga, } v_o \text{ medido con voltímetro: } v_o = v_s \frac{R_L \parallel R_V}{R_s + R_L \parallel R_V}$$

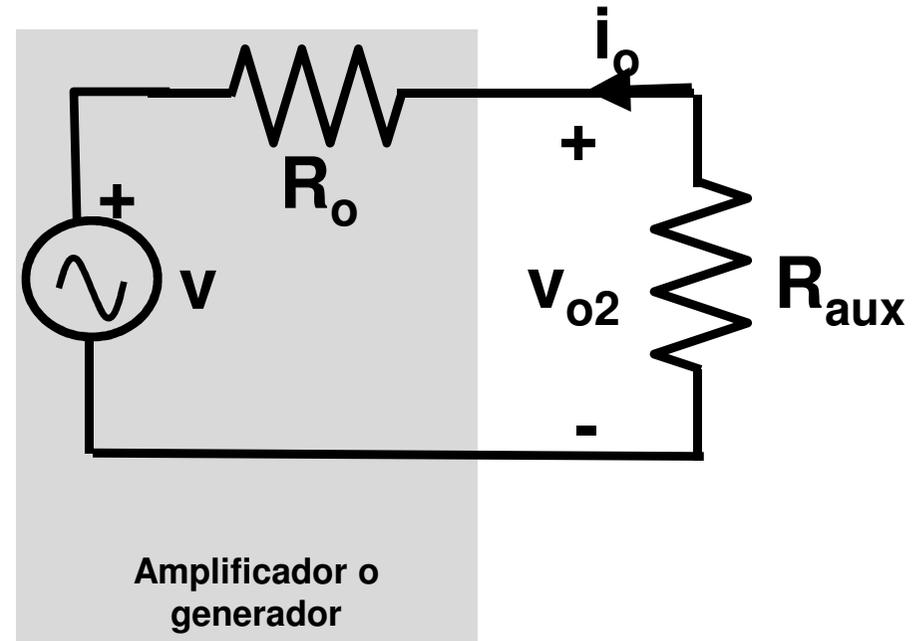
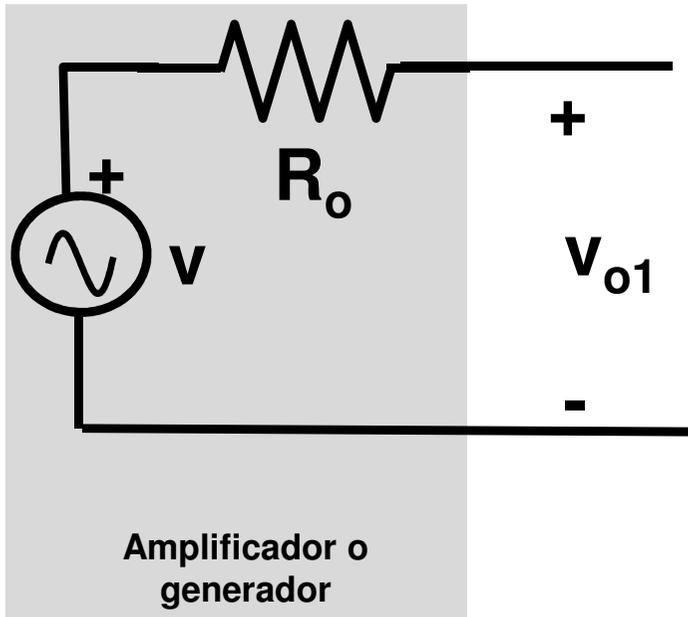
# Impedancia de Entrada del Osciloscopio



Ejemplo:  $R_{Osc} \approx 1 \text{ M}\Omega$   
 $C_{Osc} = 25 \text{ pF}$

- Expresión de  $Z_{IN}$  en módulo y fase
- Efecto en frecuencia: paso bajo
- Obtener  $Z_{IN}$  requiere de dos medidas ¿cuáles?

# Medida Impedancia de Salida



Procedimiento:

- Medir  $v_{o1} = v$
- Añadir  $R_{aux}$
- Medir  $v_{o2}$  (medida no simultánea)

$$R_o = \frac{v_{o2} - v}{i_o} = \frac{v_{o2} - v_{o1}}{-\frac{v_{o2}}{R_{aux}}} = R_{aux} \cdot \frac{v_{o1} - v_{o2}}{v_{o2}}$$

- $R_{aux}$  similar a  $R_o$  que se espera obtener. Valor óptimo  $R_{aux} = R_o$