

PRÁCTICA Nº 5: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CIRCUITOS EN RÉGIMEN TRANSITORIO

El objetivo de esta práctica es el aprendizaje del uso de un osciloscopio y de un generador de funciones. Se practicará realizando la medida en el laboratorio de un circuito RC en condiciones transitorias. Las actividades a desarrollar son:

- Introducción al manejo del osciloscopio y el generador de señal AC.
- Montaje y estudio del circuito RC en régimen transitorio.

SESIÓN 5: Manejo del osciloscopio y del oscilador. Respuesta transitoria de un circuito RC

Instrumental de laboratorio

- Osciloscopio
- Polímetro
- Generador de señal alterna

Componentes electrónicos

- 1 resistencia
- 1 condensador

5.1 El osciloscopio y el generador de funciones

5.1.1 Fundamentos y manejo del osciloscopio

El osciloscopio es un instrumento diseñado para medir voltajes entre los polos de sus terminales, llamados sondas. Las diferencias con el polímetro son varias:

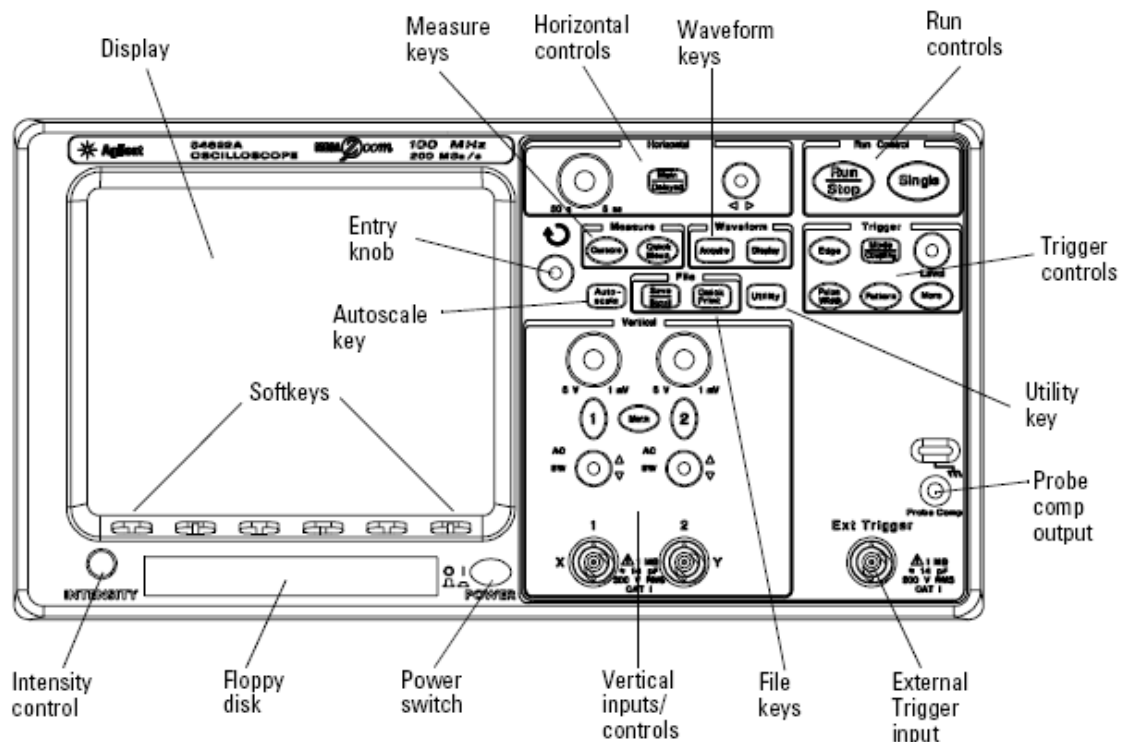


Figura 2.1: panel frontal del osciloscopio 54622A.

- Posee una pantalla para visualizar el voltaje medido en función del tiempo. En la pantalla, el eje vertical corresponde a voltajes y el horizontal a tiempo (salvo en un caso particular de discutiremos más adelante). Es decir, si mide una tensión continua aparece una línea de altura constante en toda la pantalla, mientras que si la tensión es variable (periódicamente), su altura varía con el tiempo respecto del eje horizontal.
- Por otro lado, este osciloscopio que usaremos posee dos canales de entrada (W e Y ó 1 y 2 en la figura 2.1) con sus respectivas sondas, es decir, podemos visualizar y medir dos señales a la vez, así como visualizar algunas operaciones aritméticas sencillas entre ellas (por ejemplo, la suma y resta de ambos canales)

Vista esta introducción, iniciemos el manejo del osciloscopio 54622A de Agilent, cuyo panel frontal se muestra en la figura 2.1. Introduciremos los distintos controles conforme se necesiten para la medida completa de una señal periódica. Recordemos que una señal periódica AC queda caracterizada por su amplitud, su frecuencia y su fase. Veamos los pasos a seguir:

1. Encendido del aparato: El botón de encendido *POWER* se encuentra en el lado derecho de la pantalla. Bajo éste botón se encuentran otros controles para fijar la intensidad de la señal visualizada (*INTENSITY*).

2. Sondas: El aparato debe tener dos sondas o terminales insertados cada una en los bornes X-1 e Y-2. Cada sonda se compone a su vez de dos polos: el polo positivo es el gancho oculto en el extremo de la sonda que aparece retrayendo la punta, y el polo negativo o cable de masa, el de boca de cocodrilo. La sonda medirá la diferencia de potencial entre ambos polos.

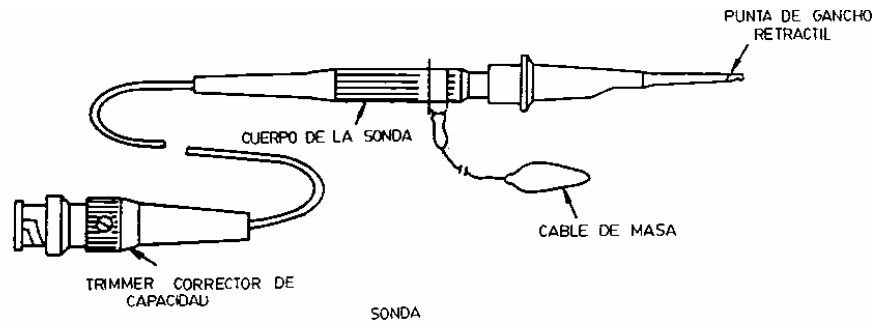


Figura 2.2: esquema de una sonda de osciloscopio.

Existen sondas denominadas atenuadoras porque atenúan la señal de entrada en un factor (normalmente 10). A cambio, permiten observar sin distorsionar señales de una frecuencia 10 veces mayor que con una sonda normal. Las sondas del laboratorio pueden operar como sondas normales o atenuadoras. Poseen un conmutador que permite elegir entre ambas opciones (distinguidas con las leyendas “x1” ó “x10”).

3. Ajustes iniciales: El osciloscopio 54622A es un instrumento digital, con lo que se accede a la mayor parte de sus funciones a través de menús de configuración directamente en la pantalla; dichos menús se activan con los controles del panel frontal (figura 2.1) y se navega a través de ellos con las teclas (*Softkeys*) situadas bajo la misma. Además, el instrumento es capaz de ajustar los parámetros principales de la medida automáticamente con la tecla *Autoscale* (figura 2.1). Por tanto, para iniciar una medida, tendremos que asegurarnos de que la tecla *Run/Stop* está en verde y presionar *Autoscale* para que el instrumento ajuste los parámetros principales.

DESCRIPCIÓN DE LOS CONTROLES:

AJUSTE VERTICAL (VOLTAJES): cada canal cuenta con 3 controles situados en el panel frontal encima de la conexión de la sonda correspondiente.

Comenzando por la parte superior, corresponden a:

- Control de amplitud de la señal: este control giratorio permite variar la escala vertical (tensión) con la que se representa la señal correspondiente.
- Selector de canal: este botón permite seleccionar cada uno de los canales de entrada analógicos para que sea representado en pantalla. Cuando dicho canal está seleccionado, la tecla correspondiente está iluminada. Por tanto, se pueden seleccionar y representar ambos canales simultáneamente o cada uno por separado
- Ajuste vertical: este control giratorio permite desplazar verticalmente en la pantalla cada una de las señales, a fin de que el usuario pueda representarlas en la manera más conveniente
- Además, el botón *Math* despliega el menú de funciones matemáticas con las entradas; este menú permite sumar, restar y multiplicar las dos señales de entrada, mostrando el resultado en la pantalla, así como realizar operaciones más complejas con las mismas

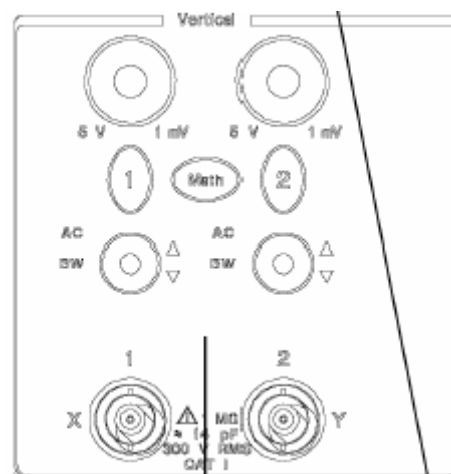


Figura 2.3: caja de controles para el ajuste vertical (tensiones).

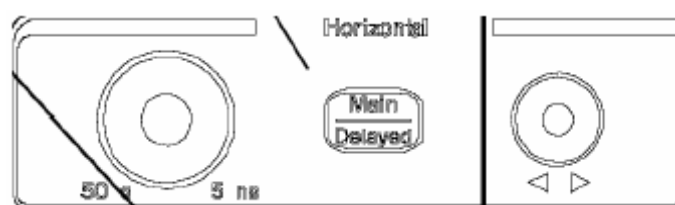


Figura 2.4 Caja de controles para el ajuste horizontal (tiempo).

AJUSTE HORIZONTAL (TIEMPO): permite controlar la escala de tiempos (eje horizontal) de la representación en la pantalla del instrumento. Esto se logra mediante dos controles básicos:

- Control de base de tiempos: corresponde al control giratorio de la izquierda de la figura 2.4 y permite fijar la escala horizontal de la representación, desde 50 s/DIV hasta 5 ns/DIV.
- Control de posición horizontal: es el control giratorio de la derecha y permite desplazar la representación en pantalla a izquierda o derecha.
- Además, el botón *Main/Delayed* despliega el menú de adquisición. Dado que no haremos uso en profundidad de esta característica, tendremos que asegurarnos de que en dicho menú siempre está seleccionado *Main*, lo que podemos hacer utilizando los botones (softkeys) situados bajo la pantalla. Por otra parte, en este menú también es posible acceder al modo XY, cuyo funcionamiento se describirá más adelante.

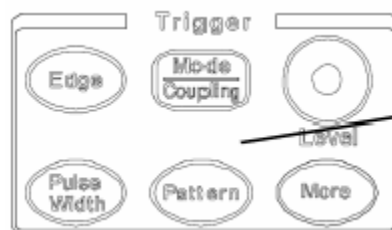


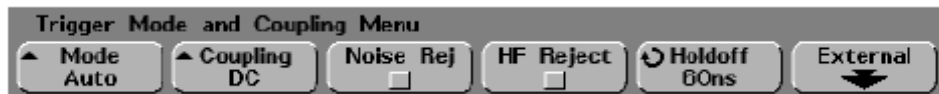
Figura 2.5: Caja de controles para *trigger*.

PARADA DE IMAGEN: cuando el osciloscopio está funcionando normalmente, es posible presionar el botón *Run/Stop* (que se iluminará en rojo) para detener o congelar la imagen. Con esta función, en la pantalla queda representado el último ciclo de adquisición del aparato y es posible realizar diferentes medidas sobre esta imagen congelada.

CONTROLES DE TRIGGER: la función de *trigger* o disparo es la que permite al osciloscopio representar correctamente señales periódicas en la pantalla. Comienza el barrido de la señal de entrada en la pantalla cuando la señal fuente del disparo cruza con un nivel seleccionado. Se puede elegir el punto de cruce cuando la señal fuente crece (pendiente positiva) o decrece (pendiente negativa). Con un disparo correcto se consigue que todas las formas de onda periódicas de entrada al osciloscopio se superpongan en la pantalla, posibilitando así su observación.

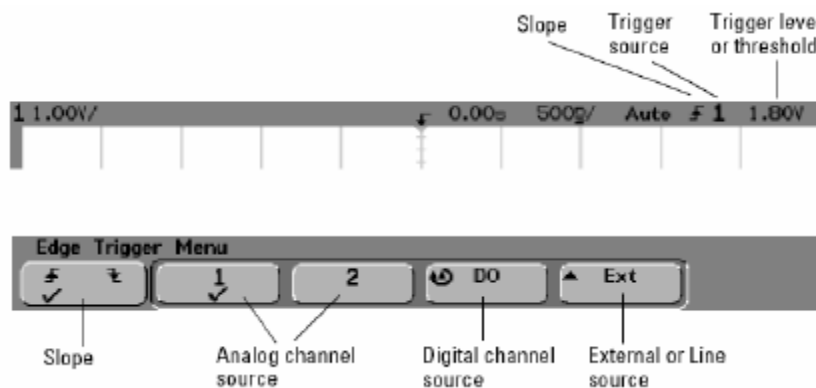
Se puede acceder a la configuración del disparo con los controles correspondientes (figura 2.5). El botón *Mode/Coupling* despliega el menú correspondiente, en el que

podremos navegar utilizando las softkeys. En dicho menú podemos seleccionar el modo de disparo, el acoplamiento y otras características:



- Modo: podemos seleccionar entre *Normal*, *Auto* y *Auto Level*, aunque, por ahora, siempre deberemos situarlo en *Auto*.
- Acoplamiento: las opciones posibles son *DC*, *AC* y *LF Reject*. Normalmente deberemos seleccionar el modo *DC*. El modo *LF Reject* está indicado sólo cuando las entradas son de baja frecuencia y no pueden mostrarse correctamente, ya que elimina las componentes de 50 Hz.

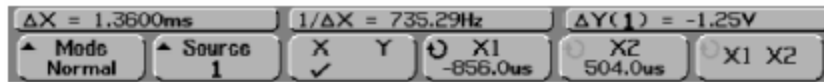
Con la tecla *Edge* podemos desplegar un menú que permite afinar las características del *trigger*.



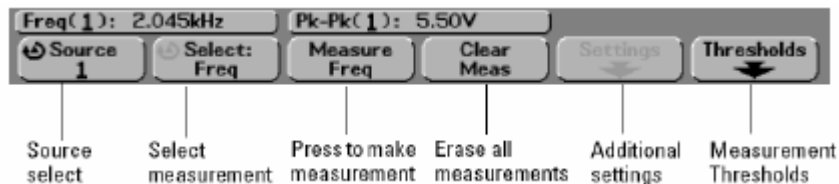
- Pendiente: selecciona si el disparo se producirá en la pendiente positiva o negativa de la señal fuente.
- Fuente: permite seleccionar la señal que actuará como fuente del disparo, bien entre las entradas analógicas o una señal externa (nuestro osciloscopio no posee entradas digitales). En caso de representación incorrecta de la señal tendremos que asegurarnos que en la señal de fuente hay una entrada válida
- Nivel de disparo: el control giratorio Level permite, para una pendiente seleccionada, variar el nivel concreto en el que se produce el disparo. Se puede variar dicho nivel cuando al disminuir la amplitud de la señal de entrada se pierde la visualización de la señal.

CURSORES Y MEDIDAS: el osciloscopio Agilent 54622A permite realizar medidas sobre las señales representadas en pantalla de dos maneras diferentes:

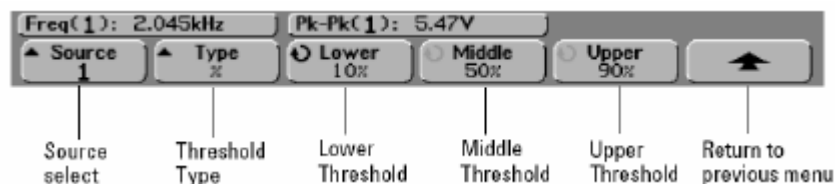
- utilizando los cursores y con el menú de medidas. Los cursores se muestran en pantalla presionando el botón *Cursors* que activa también el menú correspondiente y muestra las medidas en pantalla:



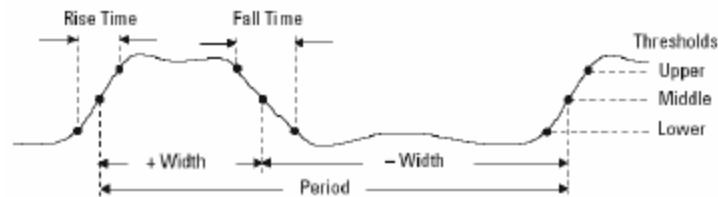
Se puede navegar por dicho menú utilizando las softkeys y mover los cursores en la pantalla con el control giratorio *Entry knob* situado en el panel frontal del osciloscopio. Por otra parte, el botón *Quick Meas* da acceso al menú de medidas rápidas; entre las medidas automáticas que puede realizar el osciloscopio destacan las medidas de tensión (media, máximo, mínimo, amplitud, pico a pico, RMS, etc.) y de tiempo (frecuencia, periodo, tiempos de subida y bajada, etc.). Una vez que se ha activado el menú de medidas rápidas, se puede navegar en él con las softkeys:



- Fuente: permite seleccionar la señal sobre la que se realiza la medida.
- Selección: permite seleccionar la medida a realizar girando el control giratorio *Entry knob* tras pulsar esta tecla.
- Medida (Measure) realiza la medida, al tiempo que *Clear Meas* elimina las medidas realizadas que se muestran en la pantalla.
- Ajustes (Settings): permite fijar diferentes parámetros para algunos tipos de medida que así lo requieren.
- Umbrales (Thresholds): algunas medidas se realizan a partir de ciertos umbrales predefinidos, como los tiempos de subida y bajada que se realizan entre el 10% y 90% de variación de la señal. El acceso a esta parte del menú permite modificar los valores por defecto de estos umbrales:



Es importante notar que los umbrales por defecto del aparato son 10%, 50% y 100% para el inferior (Lower), medio (Middle) y superior (Upper), respectivamente:



lo que será preciso modificar el umbral superior al 90% para la medida de los tiempos de subida y bajada tal y como están definidos en lo sucesivo.

MODOS DE FUNCIONAMIENTO

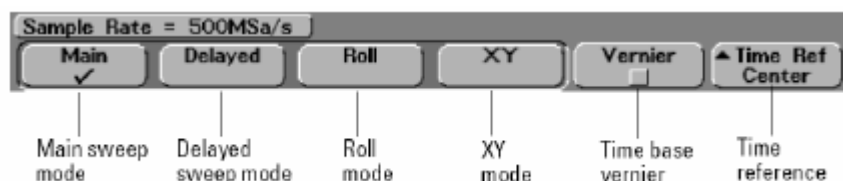
MODO EN TIEMPO REAL CON UNO Y/O DOS CANALES:

Es el modo usual, donde los voltajes se representan en el eje vertical frente al eje temporal horizontal. Después de los ajustes iniciales, y una vez introducidas las señales en los canales correspondientes, para una mejor medida, es necesario realizar las siguientes operaciones:

- Asegurarnos de que el acoplamiento es DC.
- Accionar el botón Autoscale para que el aparato trate de fijar automáticamente la base de tiempos y las escalas de tensión.
- Si el osciloscopio no es capaz de proporcionar una imagen estática, acceder al los menús de disparo y modificar el nivel del mismo como se ha descrito anteriormente.
- Manipular la base de tiempos, las escalas de tensión y el desplazamiento vertical de las señales para conseguir la representación deseada en pantalla.
- Tendremos que tener siempre en cuenta que el nivel de referencia para cada canal (0V, tierra, GND) está marcado en el lateral izquierdo de la pantalla con el símbolo \rightarrow .

MODO X-Y:

En este modo el voltaje de la señal en el canal 2-Y se representa en el eje vertical frente al voltaje en el canal 1 -X. Se usa para obtener las características de transferencia (V_o frente a V_i) de los circuitos a medir. Para su uso, simplemente hay que accionar el botón Main/Delayed y seleccionar en el menú dicho modo:



5.1.2 Técnicas de medida

Se puede ajustar la forma de onda a la ventana de visualización mediante la tecla AUTOSCALE. No obstante, si la visualización no es satisfactoria, se puede modificar la escala de tensiones y la posición vertical mediante los controles para el ajuste vertical, y la escala de tiempos mediante los controles para el ajuste horizontal.

La medida de las distintas magnitudes (tensión instantánea, medida pico a pico, periodo, frecuencia, tiempos de subida y bajada, etc) se puede realizar de tres formas distintas:

- 1.- Mediante las escalas trazadas en la ventana de visualización y las magnitudes por división seleccionadas con los controles de ajuste vertical y horizontal, que aparecen explícitamente en la pantalla
- 2.- Mediante los cursores
- 3.- Aprovechando las utilidades que se ofrecen en el menú desplegado al pulsar la tecla QUICK MEAS

5.1.3 Fundamentos y manejo del generador de señales.

El generador de señales Agilent 33220A es una fuente de tensión variable en el tiempo que proporciona señales de diferentes tipos (senoidales, triangulares, cuadradas, simétricas o asimétricas) en el margen de frecuencias de 1 mHz a 20 MHz y con tensiones máximas de pico a pico de 20 V en circuito abierto. Además permite sumar a la señal variable una tensión continua o tensión "offset" positiva o negativa. La impedancia de salida del generador es de 50 ohmios.

MANEJO DEL GENERADOR:

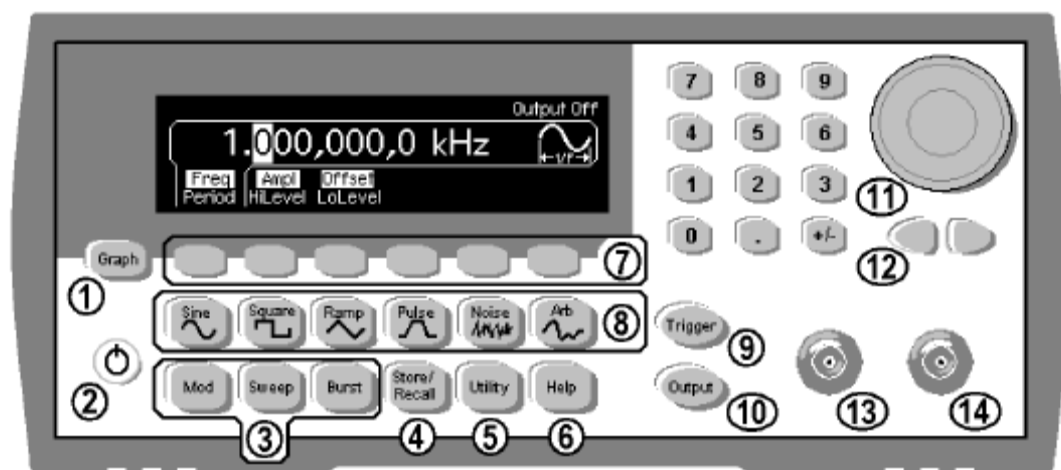
En el terminal [14] el generador viene con un cable con dos terminales. Como cualquier fuente de tensión, este generador tiene la salida con dos polos, el rojo el positivo y el negro la referencia o negativo. TÉNGASE CUIDADO DE NO CORTOCIRCUITAR ACCIDENTALMENTE AMBOS POLOS, SE PUEDE DAÑAR EL EQUIPO.

PARA QUE LA SEÑAL DE SALIDA SELECCIONADA SE APLIQUE EN LA SONDA DE SALIDA DEBE PULSARSE EL BOTÓN OUTPUT (10).

PANTALLA DE PRESENTACIÓN DE DATOS:

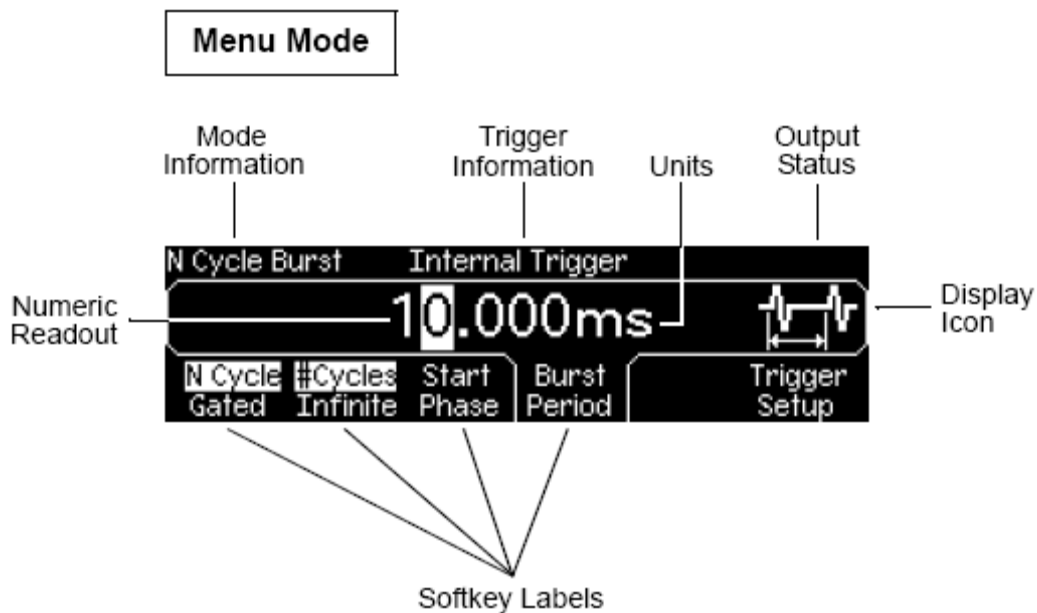
La información acerca de la señal generada se puede observar en una pantalla LCD. Existen dos modos de funcionamiento que se pueden alternar pulsando la tecla *GRAPH* (1).

Para seleccionar los distintos parámetros de la señal se debe pulsar la tecla correspondiente (7) situada debajo del indicador que aparece en la pantalla. Para cambiar el valor del parámetro seleccionado (amplitud, frecuencia, offset...) se puede utilizar la rueda (11) junto con los botones (12) o el teclado numérico y el grupo de teclas (7) para elegir valor y unidades respectivamente.



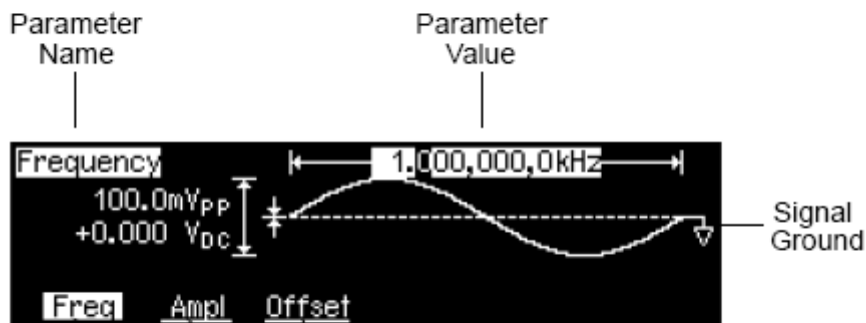
- | | |
|-------------------------------|---|
| 1 Graph Mode/Local Key | 9 Manual Trigger Key (<i>used for Sweep and Burst only</i>) |
| 2 On/Off Switch | 10 Output Enable/Disable Key |
| 3 Modulation/Sweep/Burst Keys | 11 Knob |
| 4 State Storage Menu Key | 12 Cursor Keys |
| 5 Utility Menu Key | 13 Sync Connector |
| 6 Help Menu Key | 14 Output Connector |
| 7 Menu Operation Softkeys | |
| 8 Waveform Selection Keys | |

Figura 2.6: panel frontal del generador de señal.



Graph Mode

To enter or exit the Graph Mode, press the **Graph** key.



In Graph Mode, only one parameter label is displayed for each key at one time.

Figura 2.7: panel frontal de datos.

Para seleccionar los distintos parámetros de la señal se debe pulsar la tecla correspondiente (7) situada debajo del indicador que aparece en la pantalla. Para cambiar el valor del parámetro seleccionado (amplitud, frecuencia, offset...) se puede

utilizar la rueda (11) junto con los botones (12) o el teclado numérico y el grupo de teclas (7) para elegir valor y unidades respectivamente.



ANTES DE SELECCIONAR LOS PARÁMETROS DE LA SEÑAL DESEADA SE DEBE HABILITAR EL MODO DE ALTA IMPEDANCIA (HIGH Z) PULSANDO LA TECLA UTILITY (5) Y A CONTINUACIÓN LA MARCADA CON LOAD.



La forma de la señal generada se puede seleccionar utilizando el grupo de botones (8) de forma que es posible obtener señales senoidales, cuadradas, rampas o de tipo ruido blanco entre otras.



MIDAN LA AMPLITUD Y FRECUENCIA DE ALGUNAS SEÑALES PROCEDENTES DEL GENERADOR Y DEL TERMINAL DE CALIBRACIÓN [36] DEL OSCILOSCOPIO. COMPAREN LOS RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LOS TRES PROCEDIMIENTOS DESCRITOS EN EL APARTADO 2.1.2.

5.2 Medida del circuito RC en condiciones transitorias

5.2.1 Objetivo

Cálculo de la constante de tiempo de un circuito RC a partir de las medidas de sus tiempos de subida y bajada.

5.2.2 Fundamento teórico

Consideremos el circuito RC de la figura 2.9. Si aplicamos una señal escalón a la entrada del circuito para $t > 0$, a la salida, entre los terminales del condensador tendremos una salida en subida exponencial, de acuerdo con la expresión:

$$v_o(t) = V_i(1 - e^{-t/\tau}), \quad t > 0 \quad (2.1)$$

donde V_i es la amplitud del escalón de entrada y $\tau = RC$ es la constante de tiempo.

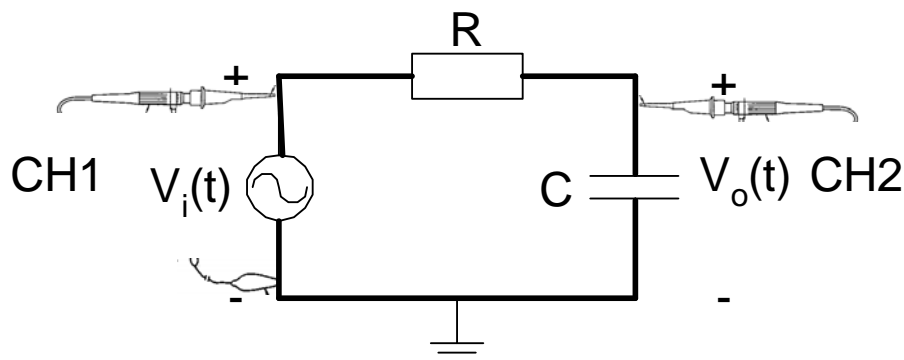


Figura 2.9: circuito RC.

La forma de obtener la constante de tiempo en este caso es mediante la medición del tiempo de subida de la señal. En clase de teoría se ha demostrado que:

$$t_r = t_{10\%} - t_{90\%} = 2.2\tau \quad (2.2)$$

por tanto, sólo hay que dividir el tiempo de subida entre 2.2 para obtener τ .

5.1.2 Procedimiento experimental

1. Dadas una resistencia y un condensador, medir con el polímetro sus valores y calcular teóricamente la constante de tiempo $R \cdot C$ del circuito resultante.
2. Montar en el zócalo el circuito de la figura 2.9, colocando como $v_i(t)$ una señal cuadrada procedente del generador de señal de niveles 0 y 5 V (hacer uso del offset del generador) y con periodo de 10 veces $R \cdot C$ (de forma que esté 5 veces $R \cdot C$ a nivel alto y 5 veces $R \cdot C$ a nivel bajo).
3. Medir los tiempos de subida y de bajada de la señal de salida $v_o(t)$. Para ello poner la sonda del canal 1 del osciloscopio a medir la entrada y la del canal 2 la salida. No olvide poner al menos una de las masas de las sondas al polo negativo del generador. Utilizar para la medida del tiempo de subida y bajada, el procedimiento descrito en la primera parte de este guión de prácticas.
4. Comprobar si el tiempo de subida y de bajada son iguales y obtener la constante de tiempo experimental a partir de estos tiempos. Compárela con la teórica del punto 1.