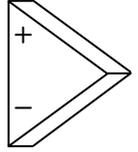




Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

ELECTRÓNICA II



Osciloscopio de rayos catódicos

Controles, base de tiempo.

Descripción general, sistema de deflexión del haz, principio de funcionamiento, diagrama en bloques. Modos de operación de la base de tiempos y composición de las señales.

1. INTRODUCCIÓN:

El osciloscopio de rayos catódicos (ORC) es un instrumento que permite trazar una gráfica en X-Y de una señal con respecto a otra (composición de dos señales) o bien una señal con respecto al tiempo, según se necesite.

Además de los circuitos asociados (amplificadores, circuitos de sincronismo, generador de barrido, etc.) la parte constitutiva principal del ORC es el tubo de rayos catódicos (TRC). Con el mismo y en virtud del fenómeno de deflexión electrostática de un haz de electrones inmerso en un campo eléctrico, es posible a través de la incidencia de dicho haz en una pantalla, visualizar las gráficas antes mencionadas.

2. EL TUBO DE RAYOS CATÓDICOS (TRC)

La figura 1 refleja la estructura interna de un tubo de rayos catódicos característicos de este tipo. Como en otros tubos de vacío, el filamento calienta el cátodo hasta el grado de calor en que comienza a emitir electrones. La rejilla de control regula el flujo de electrones que impacta sobre la pantalla. Se usan dos ánodos, aplicándose a cada uno de ellos un determinado potencial positivo de CC. Estos ánodos aceleran los electrones y forman con ellos un haz, cuya intensidad se regula con el potencial aplicado a la rejilla de control.

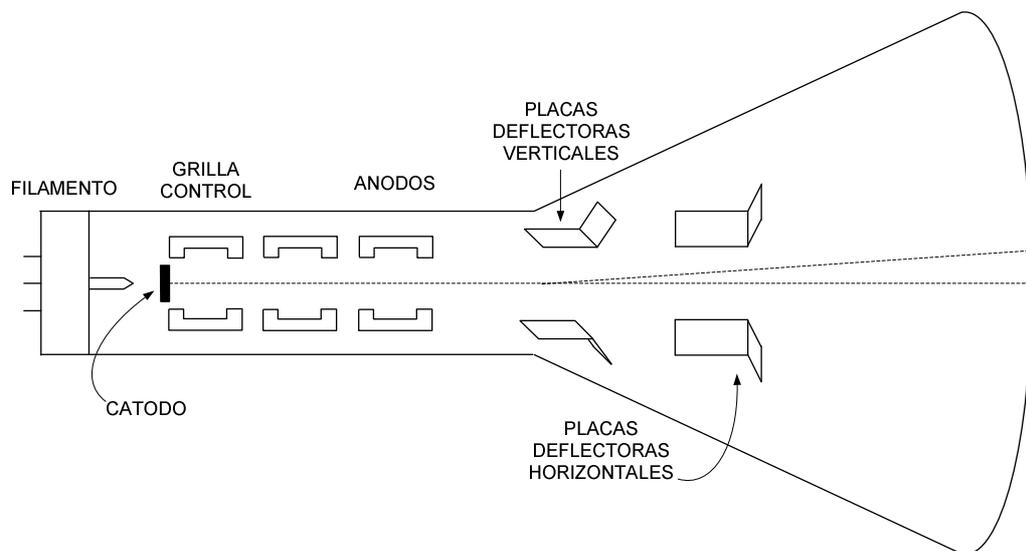


Figura 1

El cátodo está formado por un cilindro de Ni con un elemento de emisión soldado en su extremo. Este elemento está constituido de óxido de estroncio o de bario y permite una emisión electrónica suficiente para formar el haz deseado.

La estructura de la rejilla controla el flujo de electrones como en un tubo clásico y consiste en un cilindro con una abertura circular muy pequeña que mantiene la corriente de electrones todo lo fina que se pretenda.

EL haz se enfoca formando una aguja muy fina variando la tensión del primer ánodo. Los dos ánodos del tubo se pueden comparar a un sistema de lentes ópticas como en un proyector de cine, ya que el haz electrónico se enfoca finalmente gracias a la acción conjunta de los dos ánodos en un punto de la pantalla. Al segundo ánodo se le aplica una tensión lo suficientemente alta para imprimir al haz una gran velocidad incrementando así su intensidad y visibilidad cuando choca contra la cara del tubo recubierta de material fosforescente.

Cuando el haz deja de incidir sobre un punto determinado, la fosforescencia disminuye rápidamente reduciéndose el nivel de luz.

La composición química de esta capa puede ser tal que la luz emitida persista durante un lapso apreciable, lo suficiente para ser observada.

Cuando el haz barre rápidamente la pantalla como ocurre en operación normal, el haz debe persistir durante un intervalo de tiempo suficiente para que aparezca una traza continua de la forma de onda en la pantalla del tubo, por lo que debe incidir reiteradamente sobre el mismo conjunto de puntos de la pantalla a los efectos de que la figura (forma de onda) permanezca estática y pueda ser observada.

3. SISTEMA DE DEFLEXIÓN DEL HAZ

La figura 2 muestra un diagrama esquemático extremadamente simplificado del ORC. Se representa el TRC sólo mediante un conjunto de placas deflectoras que también se observan en la figura 1.

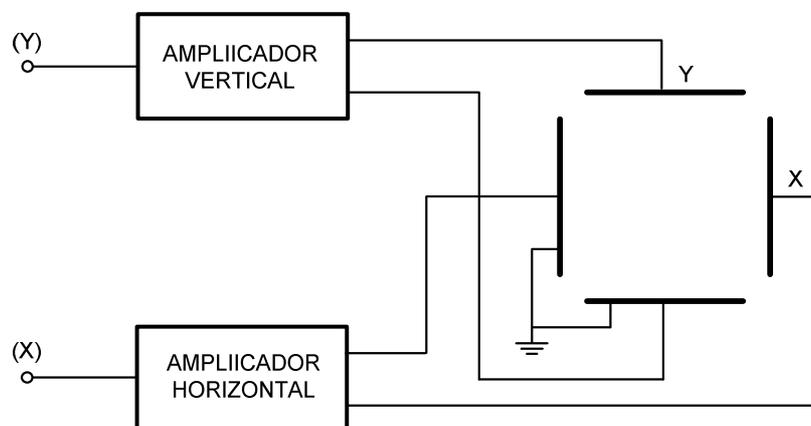


Figura 2

Las placas mencionadas hacen posible la desviación horizontal y vertical del haz electrónico tal como queda evidenciado en las figuras 3 y 4.

Un sistema de este tipo se conoce como de “deflexión electrostática” y es el que ordinariamente se usa en los ORC.

4. COMPOSICIÓN DE SEÑALES

Una tensión variable en el tiempo aplicada a las placas de deflexión vertical desplazará el haz como muestra la figura 3

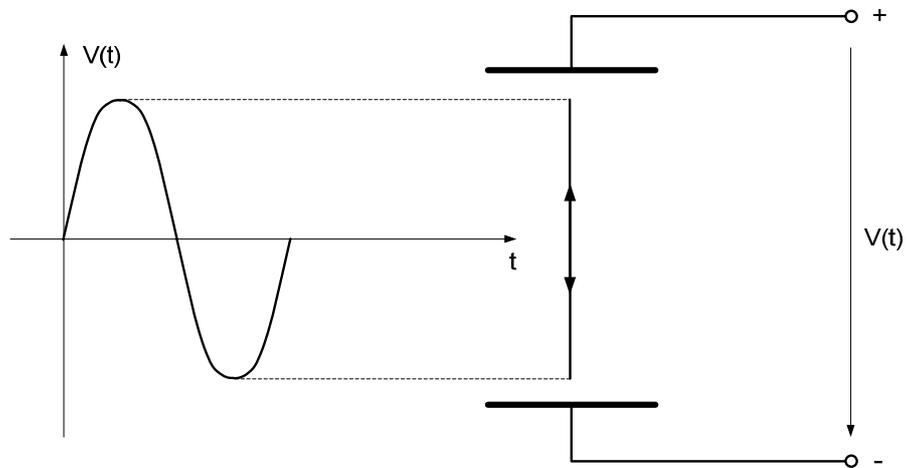


Figura 3

De la misma forma una tensión variable en el tiempo aplicada a las placas horizontales dibujará sobre la pantalla un trazo horizontal como muestra la figura 4.

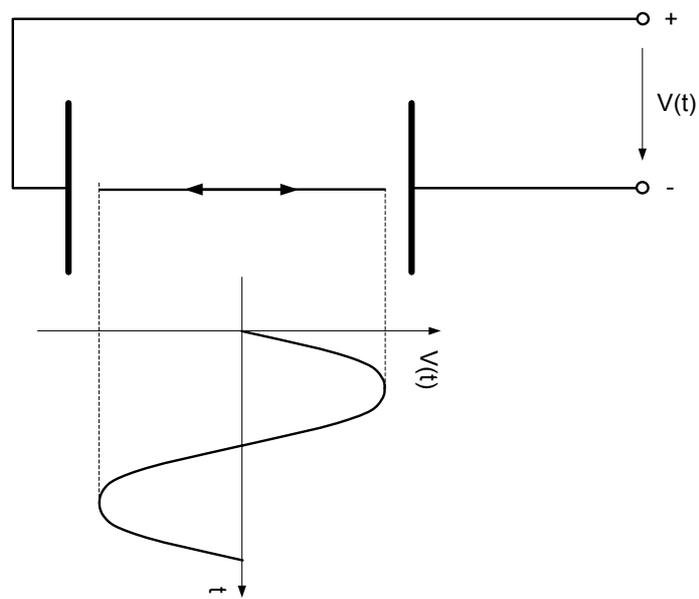


Figura 4

Es posible, por lo tanto, aplicando tensiones variables a ambos pares de placas lograr la composición de señales: una aplicada a las placas verticales y la otra a las horizontales como se indica en la figura 5

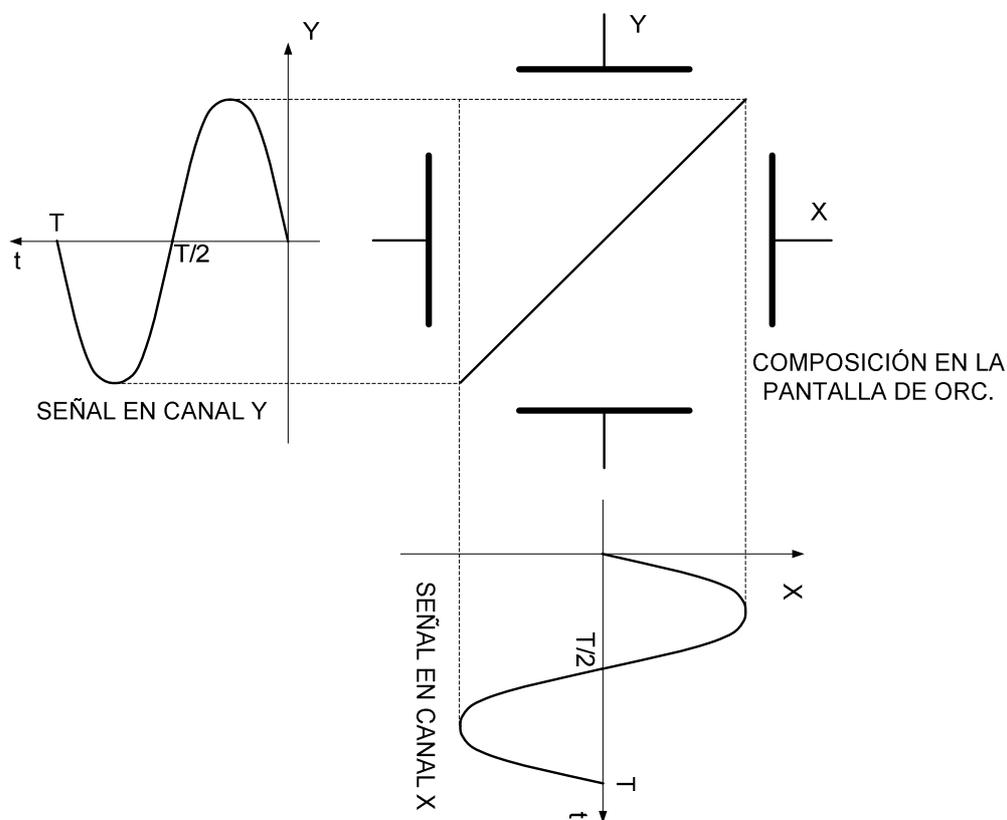


Figura 5

Resulta evidente en virtud del modo de operación del TRC, que el mismo realiza sobre la pantalla una gráfica de $Y=f(x)$. Si se consigue una tensión para aplicar a las placas horizontales cuya ecuación descriptiva sea de la forma $X=a.t$ (donde t representa el tiempo), resultará $Y=f(x)=f(a.t)$, es decir la gráfica de Y en función del tiempo es la misma que la de Y en función de X .

Por lo tanto para visualizar la evolución de una tensión en el tiempo, se excita con la tensión a visualizar a las placas verticales, y a las horizontales con una tensión cuya evolución sea una función lineal del tiempo (diente de sierra DS, por ejemplo). De este modo la composición realizada por el ORC dibuja sobre la pantalla la señal $f(t)$ (tensión aplicada a las placas verticales) transformando al eje x horizontal en el eje de los tiempos, figura 6.

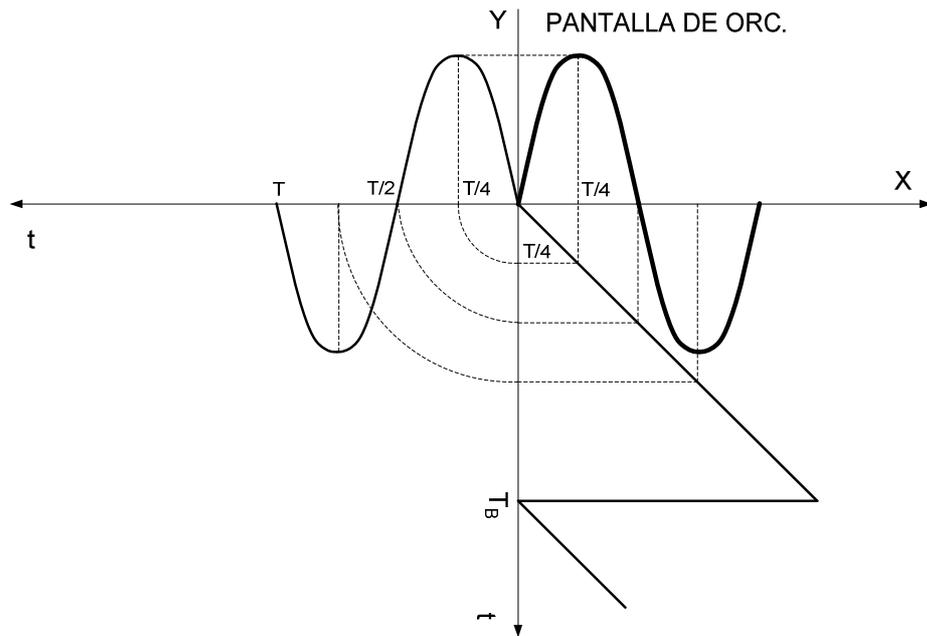


Figura 6

En este ejemplo se ha considerado el caso en que T_B (período del diente de sierra) es igual a T (período de la señal a visualizar que excita las placas verticales). Se ha supuesto que tanto V_x como V_y comienzan en cero en el mismo instante $t=0$.

Por otro lado la relación $T/T_B = \text{constante}$, no es necesariamente un número entero; por lo que el cero correspondiente de la señal aplicada al eje X (retroceso de la DS) encontrará a la señal en el eje Y cada vez en un punto distinto de su evolución, por lo que el haz dibujará en la pantalla ondas no superpuestas de cada barrido horizontal, figura 7

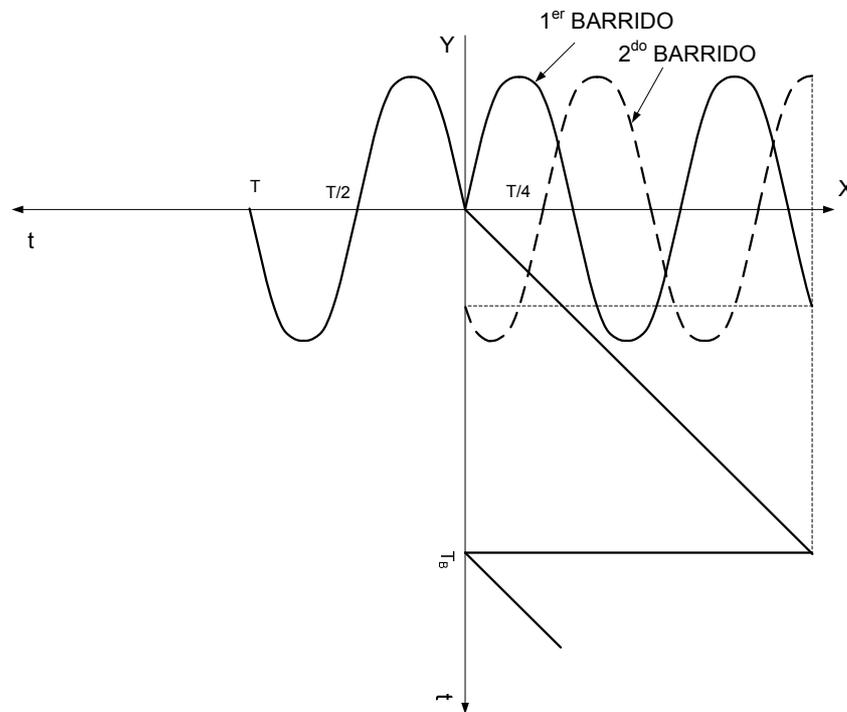


Figura 7

Como conclusión se pierde repetitividad en el oscilograma y no puede visualizarse una gráfica estable.

Por otro lado la figura 7 presupone una onda diente de sierra cuyo tiempo de retroceso es nulo, caso imposible de conseguir en la práctica. Un tiempo de retroceso no nulo provoca en última instancia el mismo efecto que la desigualdad entre los períodos de la señal y el barrido (onda DS) antes mencionado, es decir la falta de repetitividad en el oscilograma, figura 8.

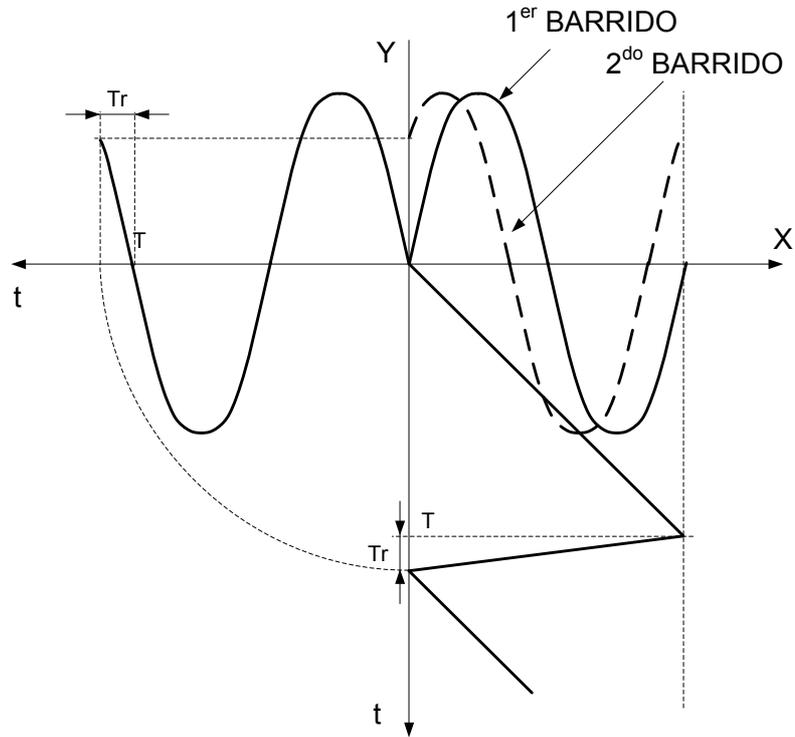


Figura 8

Se concluye que para tener un oscilograma estable, es necesario que exista una relación (sincronismo) entre la señal a visualizar y el generador de DS.

Debe asegurarse que la onda DS comience su barrido siempre que la señal de entrada se encuentre en el mismo punto de su evolución (nivel y pendiente).

5. Diagrama de bloques de la base de tiempos

El conjunto de elementos que posibilita sincronizar la señal presente en las placas verticales (señal a observar) con el barrido presente en las placas horizontales más el generador de diente de sierra propiamente dicho constituye lo que se denomina BASE DE TIEMPOS. La figura 9 muestra un esquema simplificado de la base de tiempos, generador de diente de sierra y circuitos de sincronismo.

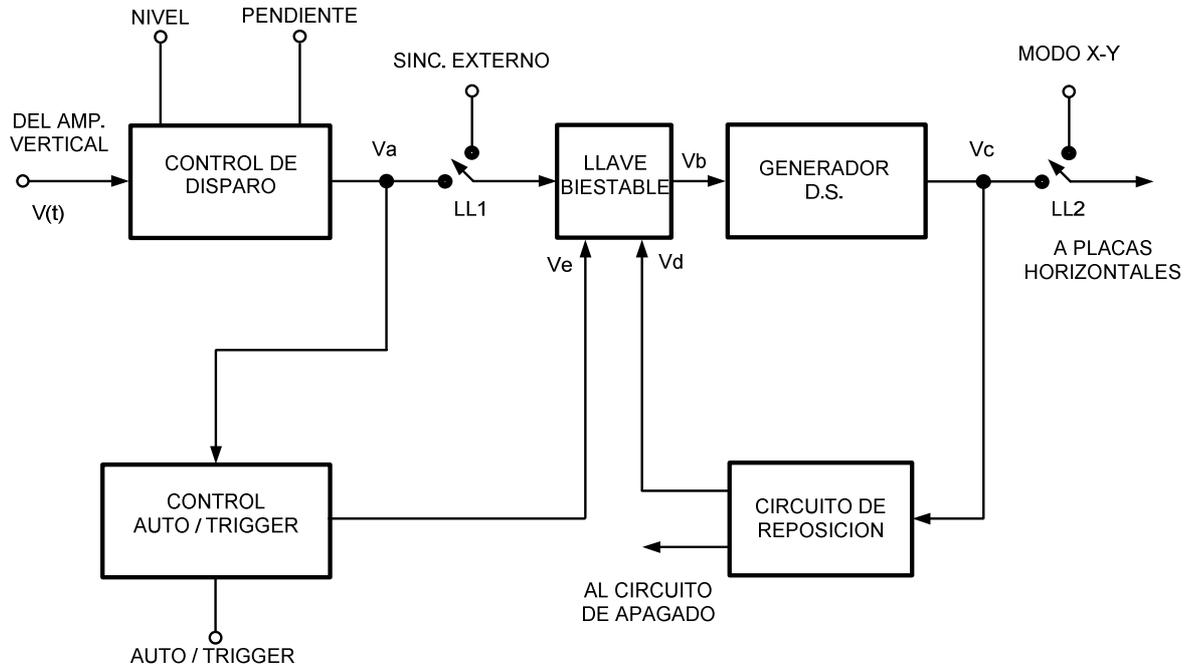


Figura 9

Existen 2 modos de operación seleccionables exteriormente:

- a. Modo auto
- b. Modo trigger

En ambos modos de operación el barrido es producido por la señal proveniente del generador de DS y el sincronismo (SYN) lo realizan los circuitos adicionales indicados en la figura 9.

Hacemos esta aclaración porque es posible proveer una señal de barrido accediendo directamente a las placas horizontales con una señal externa (conocido como modo de operación X-Y), quedando en este caso deshabilitada la base de tiempo (BT).

Es posible además utilizar sólo el generador DS para proveer el barrido, suministrando externamente los pulsos de sincronismo, conocido como modo de SINCRONISMO EXTERNO, quedando deshabilitados sólo los circuitos de SYN de la BT.

5.1 Modo trigger

En este modo de funcionamiento de la BT, la señal proveniente del amplificador vertical, que excita las placas verticales del ORC ingresa a su vez al bloque de control de disparo. Este bloque genera como salida un pulso de tensión cada vez que la señal de entrada cruza un determinado nivel de tensión y con una dada pendiente. El nivel y la pendiente de la señal a la cual se producirá el pulso, son modificables externamente a través de controles accesibles al operador (LEVEL y SLOPE).

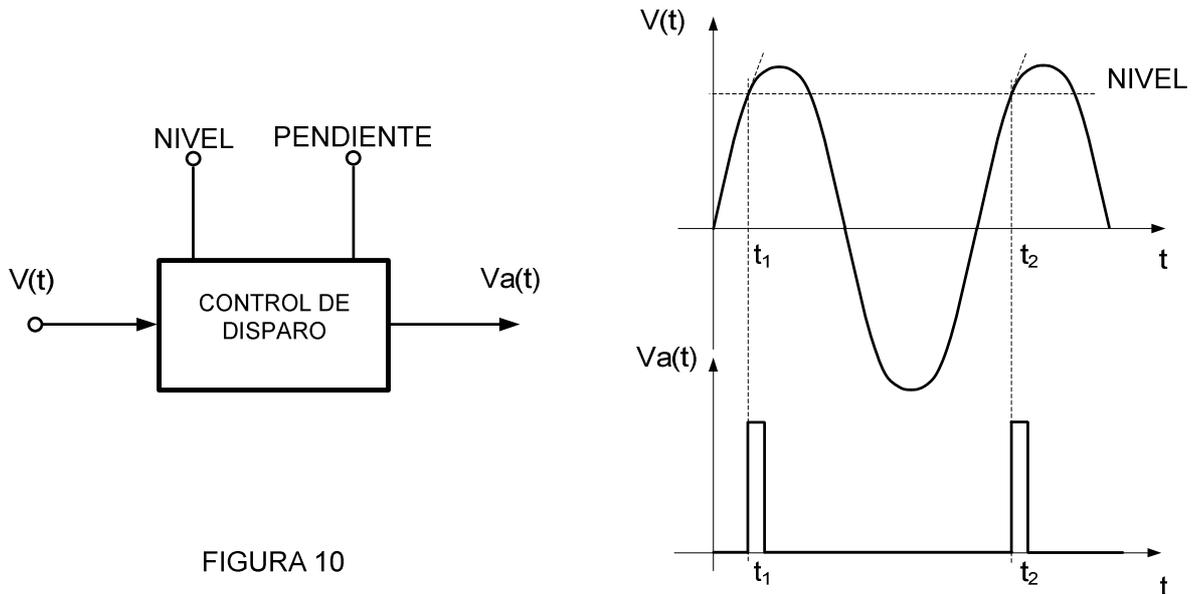


FIGURA 10

Figura 10

La señal V_a , o sea los pulsos generados por el bloque CONTROL DE DISPARO, la señal V_e , salida del bloque de CONTROL DE AUTO-TRIGGER y la señal V_d proveniente del CIRCUITO DE REPOSICIÓN controlan la LLAVE BIESTABLE.

La salida de esta llave, que puede permanecer en estado ALTO o BAJO, habilita cuando se encuentra en estado alto la generación del DS.

Si se ha seleccionado el modo trigger la señal V_e estará en estado alto. En esta situación un pulso en V_a hará cambiar de bajo a alto la salida de la llave biestable (V_b) habilitando como dijimos la generación de DS, fig. 11.

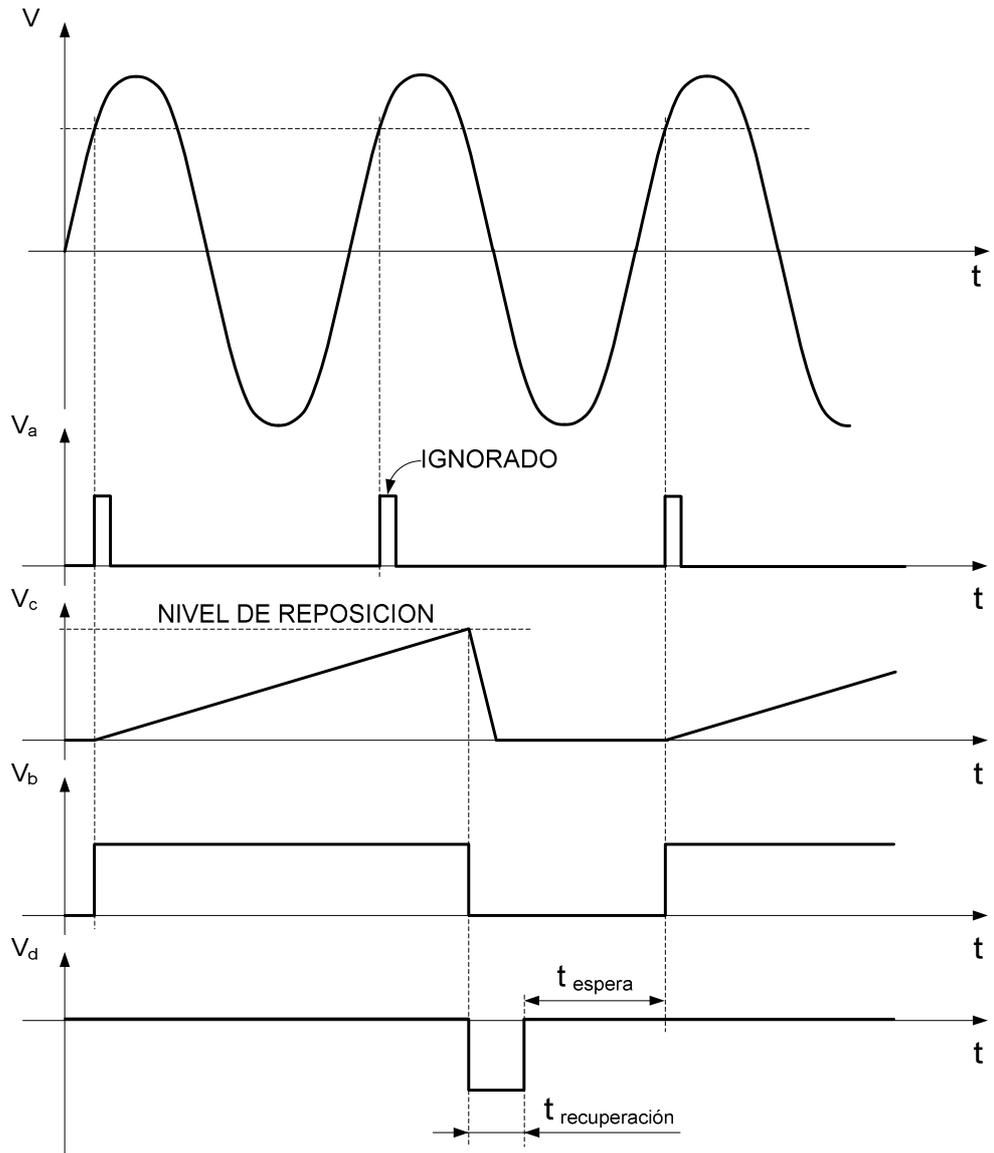


Figura 11

De esta manera se consigue sincronizar la señal DS con la señal a observar. La rampa creciente proveniente del generador DS evoluciona hasta alcanzar el NIVEL DE REPOSICIÓN. Esta condición es detectada por el circuito de reposición, el cual produce a su salida la señal V_d que retorna la salida del biestable a su estado bajo, inhibiendo la generación de la DS, fig. 11.

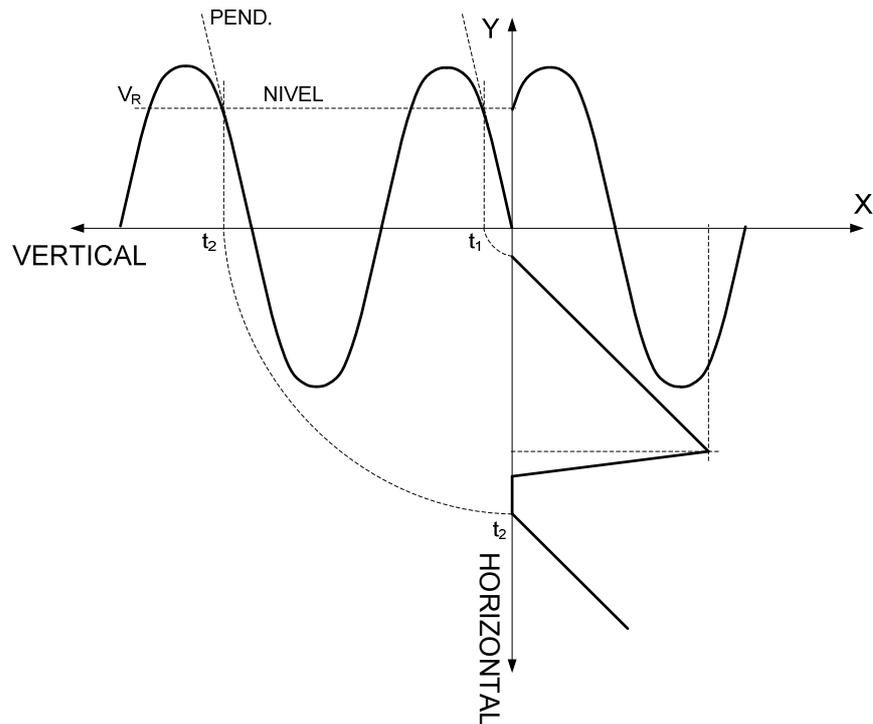


Figura 12

Observaciones:

- La llave biestable solo retorna al estado bajo ante la aparición de un pulso en V_d .
- Todos los pulsos que aparezcan en V_a mientras la llave está en estado alto son ignorados.
- El nivel de reposición es fijo y la rampa (tempo de barrido T_B de la figura 7), puede modificarse externamente variando la pendiente de la rampa.

Para pensar: ¿Por qué no se varía el NIVEL DE REPOSICIÓN dejando fija la pendiente?

Existe entonces un tiempo de reposición t_r (de retroceso o de recuperación) durante el cual la DS cae a cero y un tiempo de espera conocido como de retención o Hold-off en el cual se espera la aparición del próximo pulso V_a , con el cual se habilitará nuevamente la generación de la DS, repitiéndose el ciclo.

Además como muestra la fig. 9, el circuito de reposición genera una señal durante el retroceso de la DS conocido como pulso de borrado, el cual impide que se visualice dicho retroceso en la pantalla.

5.2 Modo automático:

Antes de introducirnos en la explicación del MODO AUTOMÁTICO, y conocido el funcionamiento del bloque CONTROL DE DISPARO, analicemos las siguientes situaciones concluyendo qué visualizaremos en los siguientes casos:

a) La señal de entrada no corta el NIVEL DE REFERENCIA, lo cual significa que la misma es menor que dicho nivel, o bien no hay señal en la entrada .

b) La señal de entrada es una tensión continua, la cual NO PUEDE generar pulsos a la salida pues NO ES VARIABLE.

Es claro que en cualquiera de estas 2 situaciones no se generan pulsos a la salida del bloque CONTROL DE DISPARO.

Según lo explicado en el MODO TRIGGER la ausencia de pulsos en V_a provoca que la llave permanezca en estado BAJO inhabilitando la generación de la DS y permaneciendo la pantalla apagada. Por lo tanto es imposible en MODO TRIGGER visualizar señales que se encuentren entre las indicadas en el caso a) y b).

Si se ha seleccionado el MODO AUTOMÁTICO, la salida del bloque CONTROL AUTO/TRIGGER (V_e) dependerá de la existencia o no de pulsos en V_a , situación que es detectada internamente por el propio bloque CONTROL AUTO/TRIGGER. Si existen pulsos de sincronismo, V_e permanece ALTO por lo que el funcionamiento será idéntico al MODO TRIGGER (fig. 11 y 12).

Si se presentan a la entrada cualquiera de las situaciones descritas en a) o b), con lo cual no existirán pulsos de sincronismo y estando en MODO AUTO, la salida V_a permanece baja, con lo cual la salida de la llave biestable estará siempre ALTA, excepto durante el pulso de reposición generado por el circuito de reposición como ya se explicó anteriormente. De esta manera el generador de DS se dispara recurrentemente al final de la temporización (fig.13 y14).

Se debe notar que estando el ORC en MODO AUTO y existiendo una señal variable en la entrada que no corta el NIVEL DE REFERENCIA, el disparo recurrente de la DS provocará que visualicemos un oscilograma desenganchado (fig. 13), ya que la DS se dispara recurrentemente pero “desenganchada” de la señal a observar (sin sincronismo).

PARA PENSAR:

a) ¿ Qué ocurre si la señal de entrada del ORC es de corriente continua estando el mismo en MODO TRIGGER?.¿Y si estuviera en MODO AUTO?

b) ¿Qué ocurre si la señal a la entrada del ORC es variable, pero no corta al NIVEL DE REFERENCIA, estando el mismo en MODO TRIGGER?.¿Qué ocurre si se varía el NIVEL DE REFERENCIA?

c) Imagínese nuevamente la situación enunciada en el punto anterior. ¿Qué ocurre si se varía externamente la amplificación vertical del ORC?

d) Si se quiere fijar la referencia de 0 volts en la pantalla, qué modo de operación elegiría?

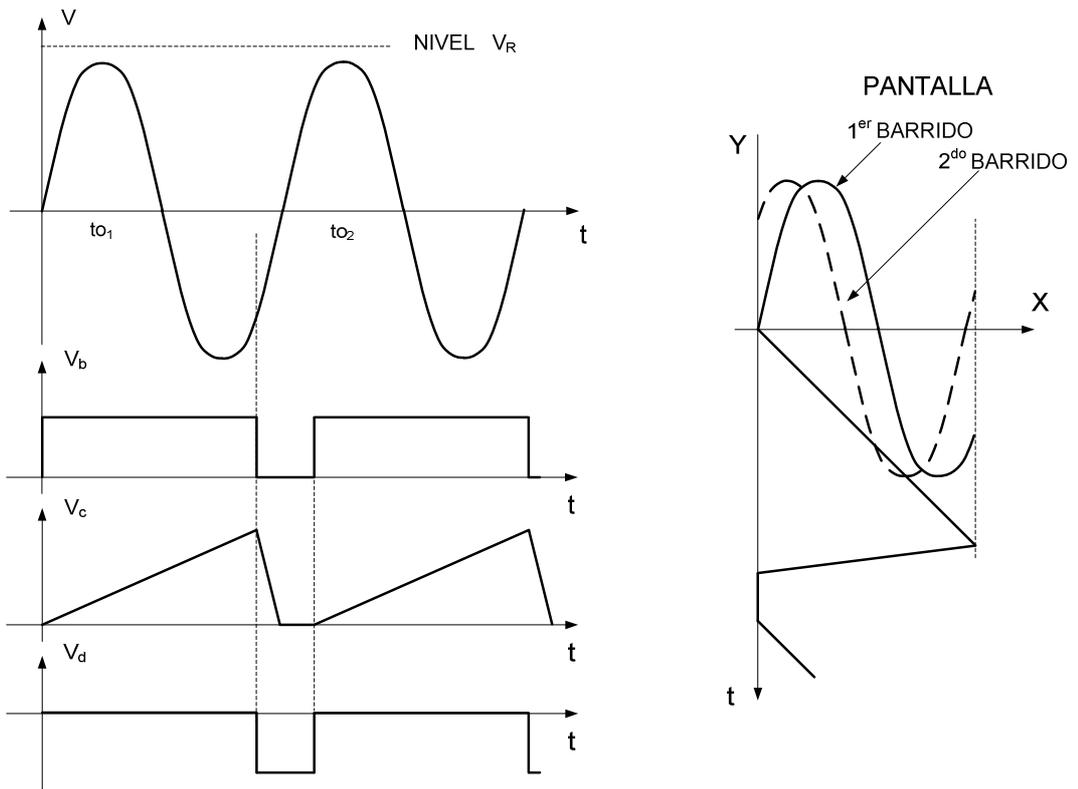


Figura 13

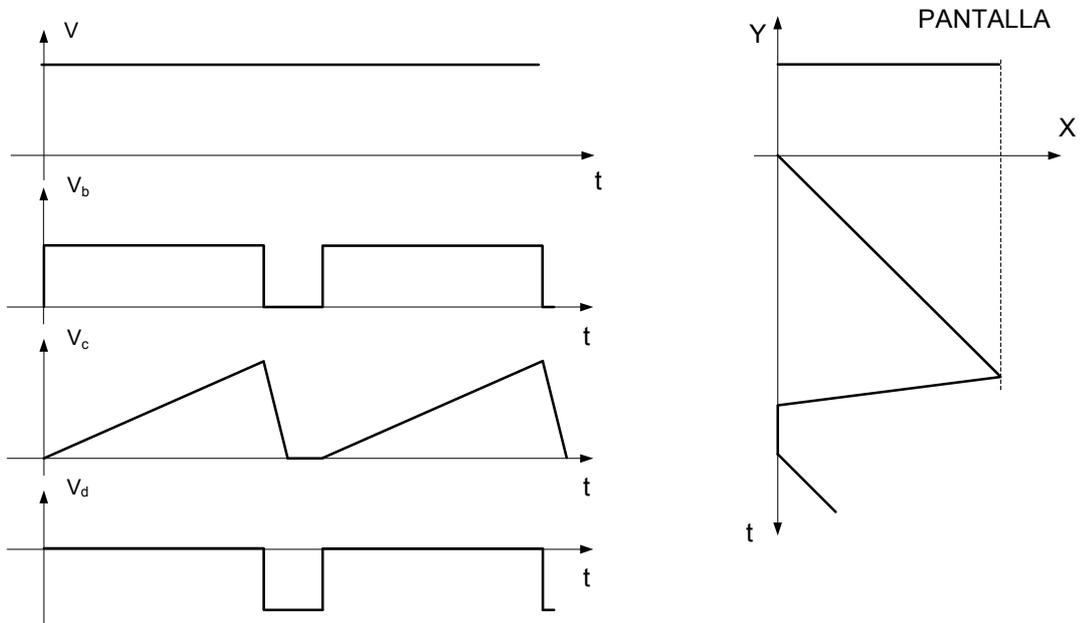


Figura 14