Medidas Eléctricas

Unidad Temática N° 4

Osciloscopio Digital

Gabinete del Trabajo Práctico N° 4

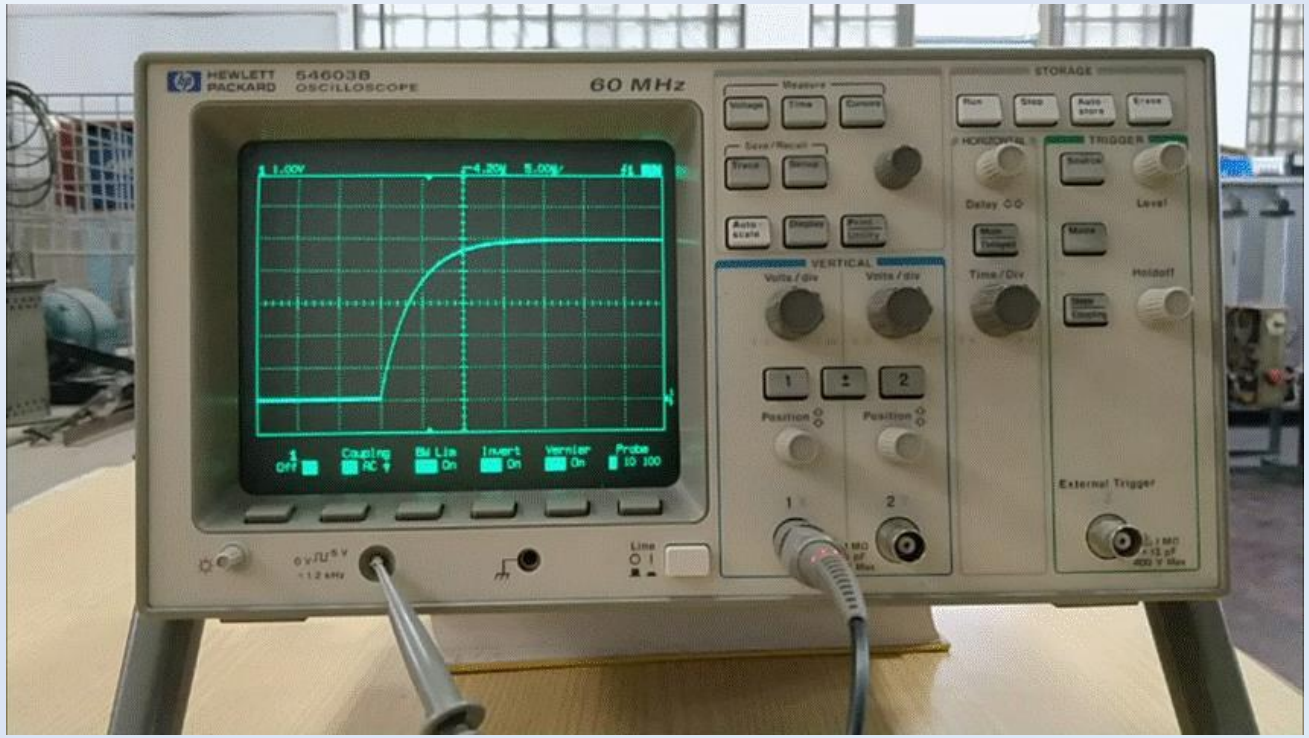
Parte 2.

Osciloscopio Digital: con conversor A-D de 8bits,
60MHz de ancho de banda, frecuencia máxima de muestreo 20Msa/s.

Ejemplo de uso, y visualización del fenómeno de “aliasing”.

Osciloscopio digital

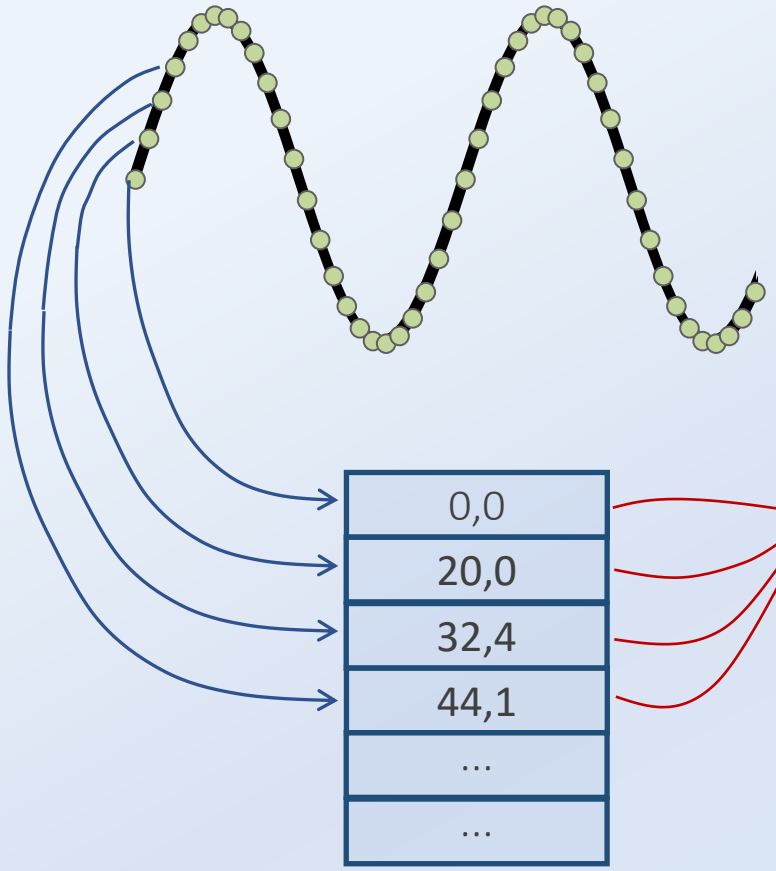
Muchas de sus características son equivalentes a las del analógico que ya hemos analizado, como por ejemplo sus ajustes de tiempo, vertical y disparo, su efecto de carga, etc., por lo que primeramente realizaremos un breve repaso de varios aspectos particulares de los Osciloscopios Digitales.



Dada una señal de entrada

se toman muestras cada un cierto período.

El período de muestreo depende de la base de tiempo ajustada

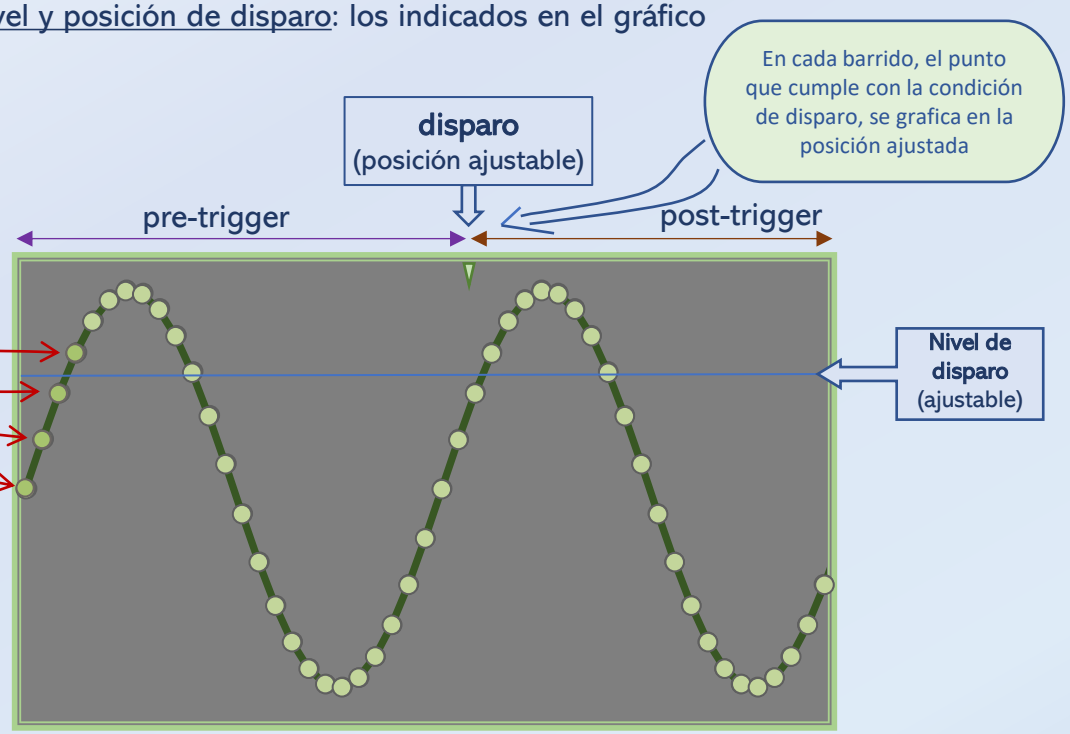


Se cuantifican los niveles de tensión
(resolución dada por los bits del conversor A/D),
y se almacenan en memoria

El disparo permite:

- obtener una imagen estable, para barridos continuos
- señalar el momento de registro en barrido único

Ejemplo de ajuste:
Fuente de disparo: la propia señal a visualizar (disparo interno)
Pendiente de disparo: positiva
nivel y posición de disparo: los indicados en el gráfico



Se grafican los puntos en pantalla

También puede graficarse uniendo los puntos

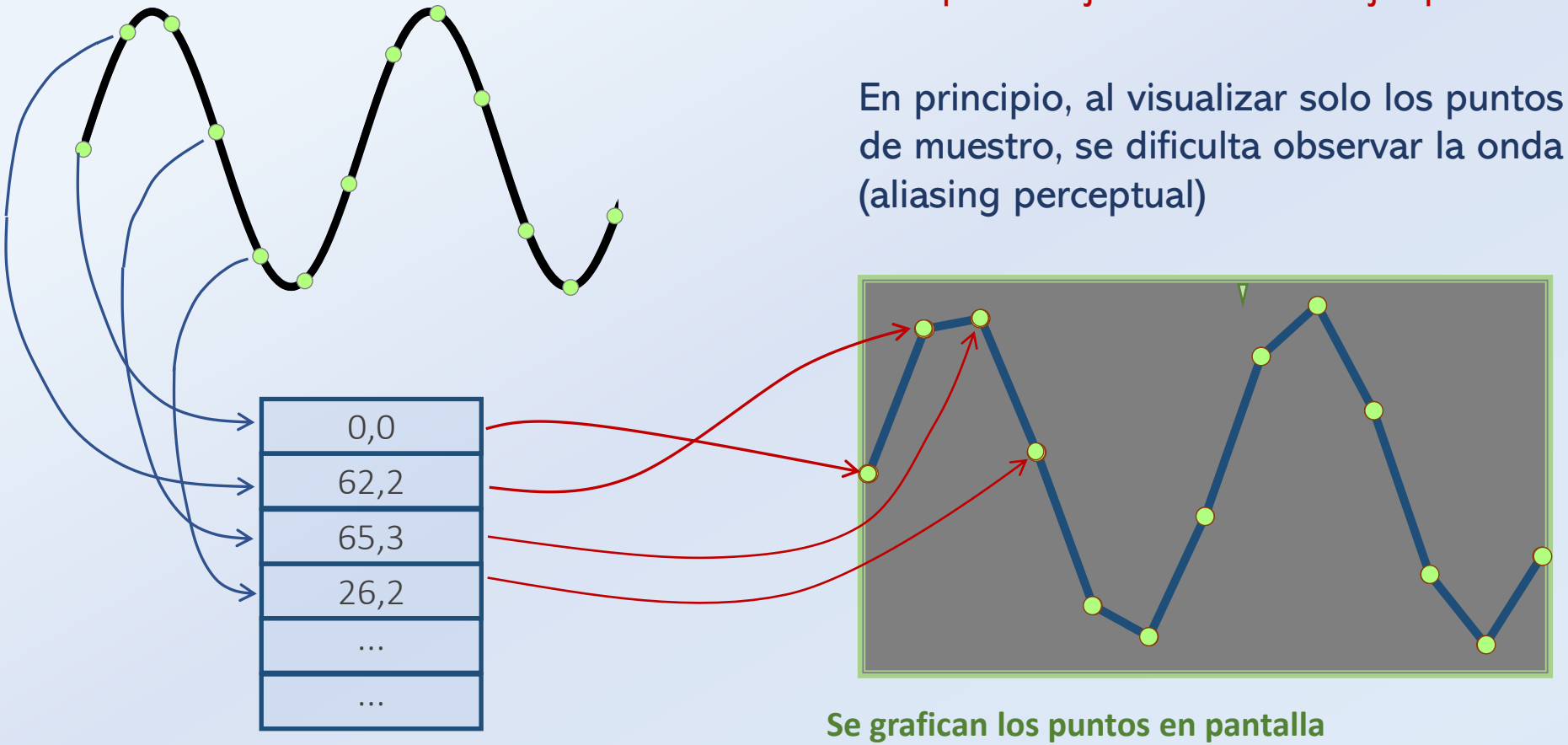
¿Qué sucede a bajas velocidades de muestreo?

La cantidad de muestras puede resultar insuficiente.

En el ejemplo existen 7 muestras por ciclo ($f_m=7f_s$)

El disparo se ajustó como en el ejemplo anterior

En principio, al visualizar solo los puntos de muestro, se dificulta observar la onda (aliasing perceptual)



Se cuantifican los niveles de tensión
(resolución dada por los bits del conversor A/D),
y se almacenan en memoria

Se grafican los puntos en pantalla

También puede graficarse uniendo los puntos

La interpolación lineal mejora la visualización, pero no anula del todo el problema (intente medir Vpp, por ej.)

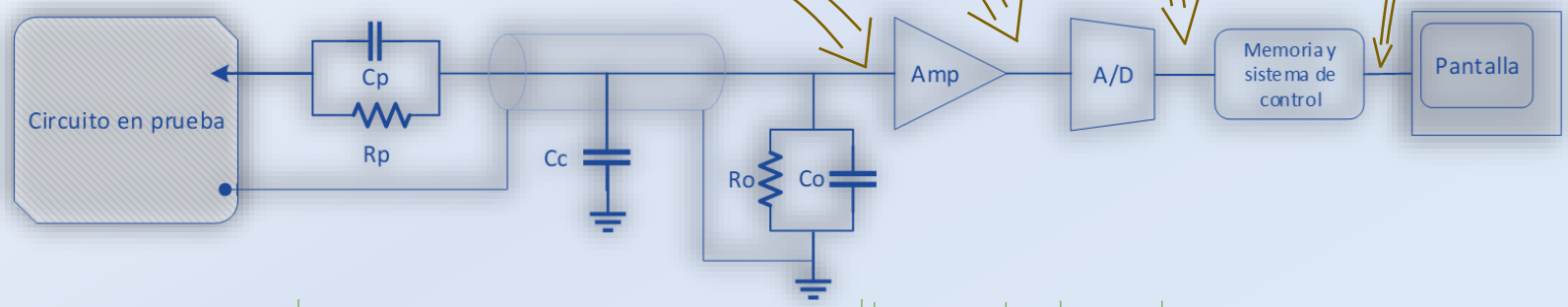
Modelo simplificado del sistema de medida

Verificar:
- Velocidad adecuada (BW analógico) (por ejemplo verificando si se altera el tiempo de subida)

Verificar:
- Velocidad adecuada (BW equivalente) (por ejemplo verificando cantidad de puntos por ciclos de la señal, o en los tiempos de subida)

Verificar:
- Ajustes adecuados (por ejemplo verificando correcto disparo, ganancia vertical, base de tiempo, acoplamientos, etc)

Verificar:
- la correcta transmisión de la señal
- compensación de las puntas de prueba
- efecto de carga (por ejemplo comprobando si se alteran amplitudes y tiempos de subida)



Impedancia del sistema de medida

BW osciloscopio

BW equivalente
(depende de la velocidad de muestreo y del tipo de interpolador)

BW sistema de medida

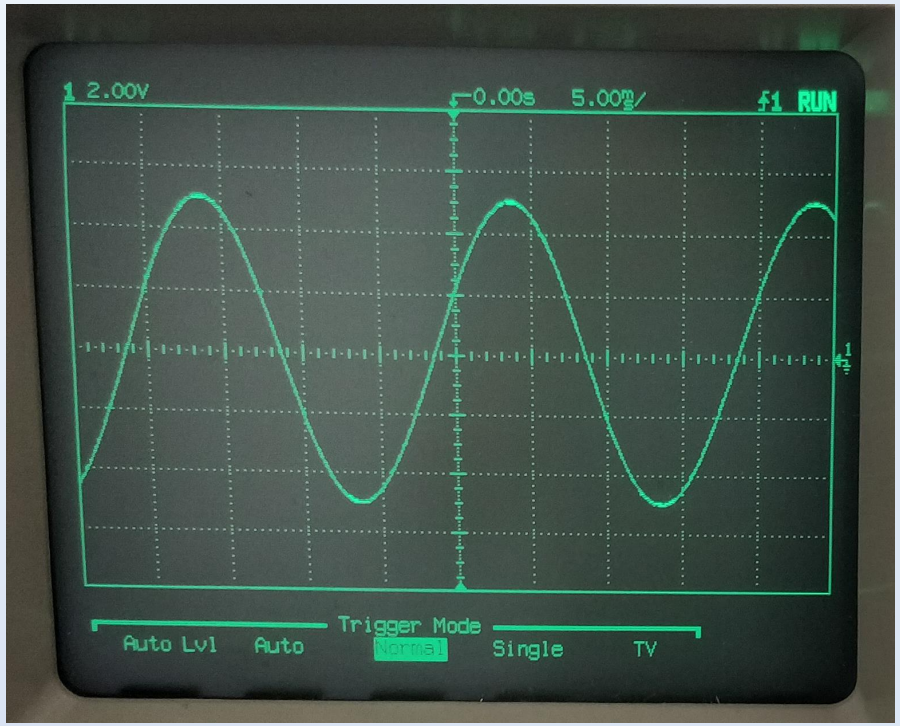
Especificaciones

Medidas Eléctricas

Technical especification Oscilloscope HP 54603B			
Bandwidth		**Vertical System**	
CH 1 and 2	dc-60 MHz	Bandwidth Limit	~ 20 MHz (filter)
ac coupled	10 Hz-60 MHz	Inversion	CH 1 and CH 2
Single shot bandwidth	dc-2 MHz	CMRR	~ 20 dB at 50 MHz
Number of channels	2	Dynamic Range	± 8 div from center screen
Sensitivity	2 mV/div to 5 V/div	Input R and C	1 MΩ, ~ 13 pf
dc gain accuracy	± 2%	Maximum Input	400 V (dc + peak ac)
Rise time (calculated)	<5.83 ns	Math Functions	CH 1 + or – CH 2
Input impedance	1 MΩ, ~ 13 pF		
Input coupling	dc, ac or ground	**Cursor Accuracy**	
Maximum input (dc + peak ac)	400 V	Single Cursor	Vert. Acc. ± 1.2% of full scale ± 0.5% of position value
Timebase range(main and delayed)	5 s/div to 5 ns/div	Dual Cursor	Vert. Acc. ± 0.4% of full scale
Trigger sources	CH 1, 2, line, or ext.	**Horizontal System**	
Horizontal accuracy	± 0.01%	Cursor Accuracy(Δt and 1/Δt)	± 0.01% ± 0.2% of full scale ± 200 ps
Horizontal resolution	100 ps	Pretrigger Delay(Negative time)	≥ 10 div
Trigger sensitivity		Posttrigger Delay Trigger (to start of sweep)	at least 2.560 div or 50 ms.(Not to exceed 100 s.)
dc to 25 MHz	0.35 div or 3.5 mV	**Delayed Sweep**	
25 MHz to max. bandwidth	1 div or 10 mV	Main Sweep	Delayed Sweep
Maximum sample rate		5 s/div to 10 ms/div	up to 200X main
single shot	20 MSa/s	5 ms/div and master	up to 2 ns/div
repetitive	10 GSa/s		
Resolution	8 bits	**Trigger System**	
Display sistem		Coupling	ac, dc, LF reject, HF reject, and noise reject. LF and HF: -3db at ~ 50 kHz
Graticule	8x10 grid or frame	Modes	Auto, Autolevel, Normal, Single, and TV
Resolution	255 vertical by 500 horizontal point	Holdoff	Adjustable from 200 ns to ~ 13 s
Max. display update rate	1.500.000 points/sec	External Trigger	
Adquisition system		Range Sensitivity	±18V, dc to 25 MHz: < 50mV, 25 MHz to 100 MHz: < 100mV
Record length	4.000 points Vectors off	Coupling	dc, HF reject and noise reject
	2.000 points, Vectors on or single shot	Input R and C	1MΩ, ~ 13pf
		Maximum Input	400 V (dc + peak ac)

Resolución en pantalla

Resolution	8 bits
Display sistem	
Graticule	8x10 grid or frame
Resolution	255 vertical by 500 horizontal point
dc gain accuracy	± 2%



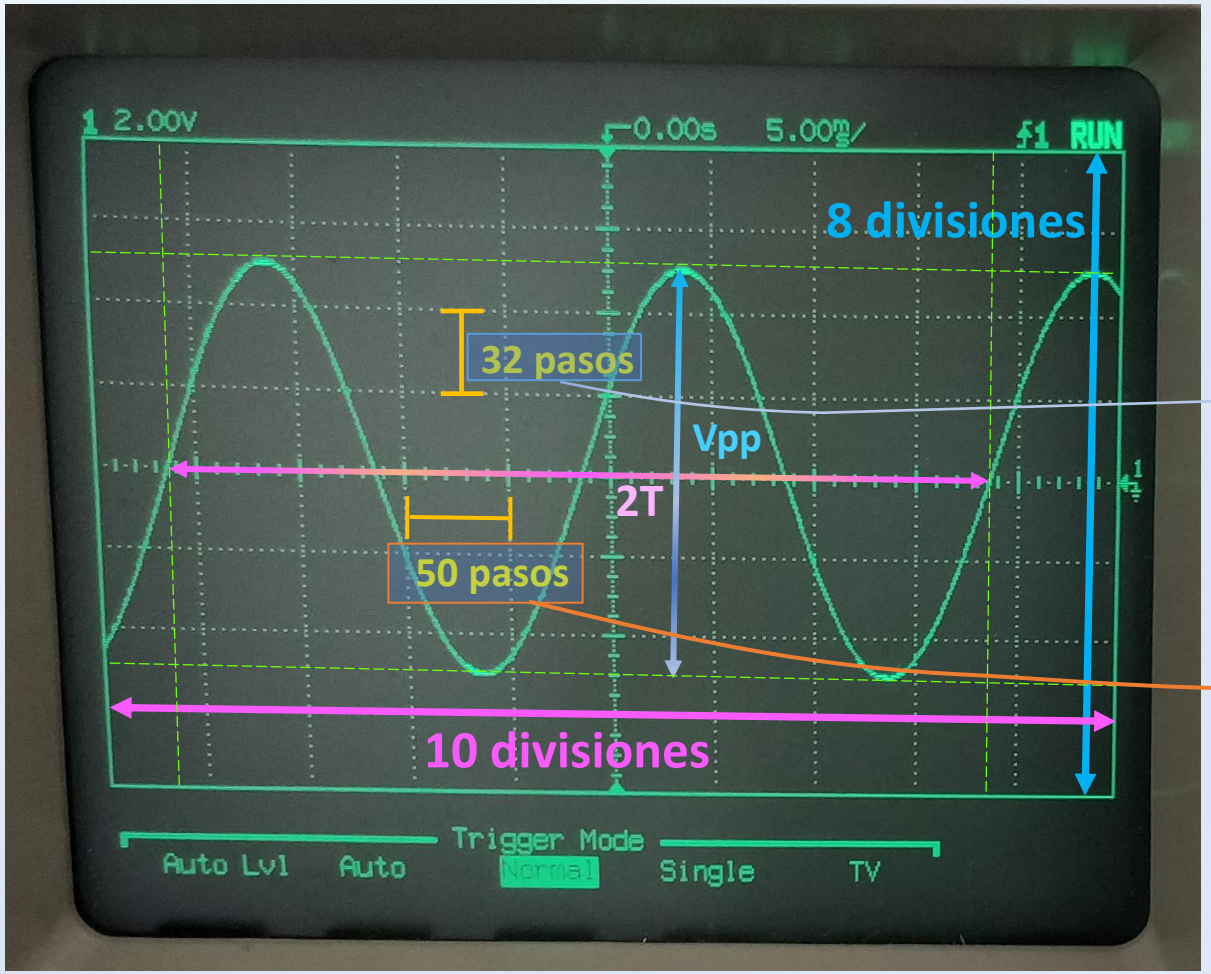
Para un excursión que cubra toda la pantalla, tendremos $2^8 = 256$ niveles.

Resolución = ± 1/256 ≈ ± 0,39%

La resolución es compatible con una exactitud del canal de ± 2%

500 puntos por pantalla. Resolución = ± 1/500 = ± 0,2%
(La resolución pesa mucho en la exactitud horizontal)

Errores límites



dc gain accuracy	± 2%
Horizontal accuracy	± 0.01%

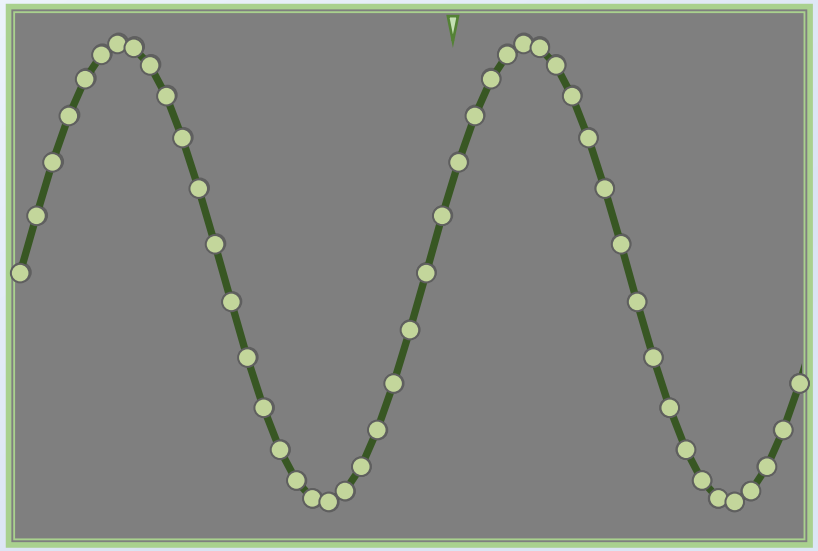
Cursor Accuracy	
Single Cursor	Vert. Acc. ± 1.2% of full scale ± 0.5% of position value
Dual Cursor	Vert. Acc. ± 0.4% of full scale
Horizontal System	
Cursor Accuracy (Δt and 1/Δt)	± 0.01% ± 0.2% of full scale ± 200 ps

Display sistem	
Graticule	8x10 grid or frame
Resolution	255 vertical by 500 horizontal point

Muestreo de tiempo real (en disparo único)

Para un disparo único, la máxima frecuencia de muestreo es f_M = 20 Msa/s

Longitud del registro, máx. 2000 puntos



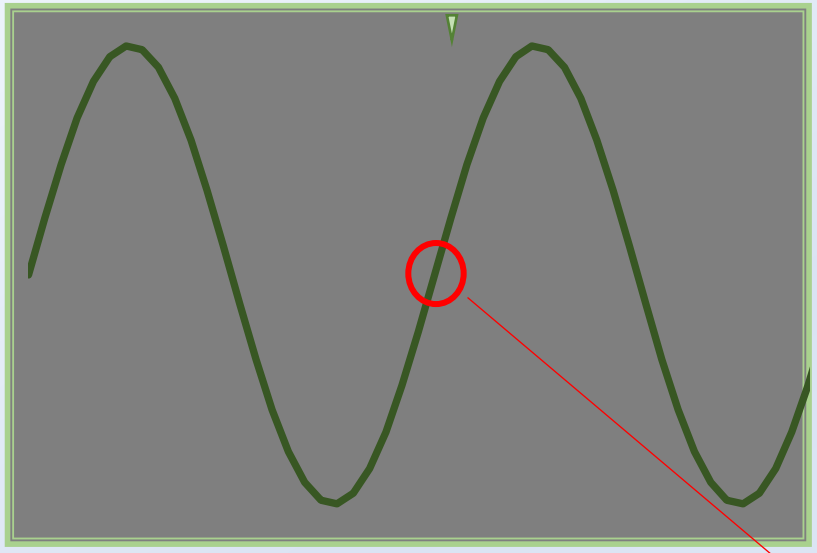
N° de muestras
(en principio, longitud del registro)

La frecuencia de muestreo, para cada barrido, dependerá de la base de tiempo que estemos usando. En principio, todo el registro es presentado en pantalla.

$$f_M = \frac{\text{N° de muestras}}{\text{base de tiempo x N° de divisiones}}$$

Muestreo de tiempo real (en disparo único)

Ejemplo: barrido en 1 ms/div



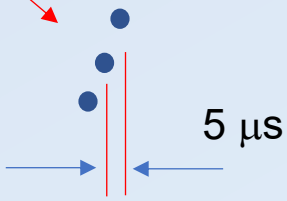
2000 puntos

$$f_M = \frac{2000 \text{ muestras}}{1 \text{ ms /div x } 10 \text{ div}}$$

$$f_M = 200 \text{ ksa/s}$$

$1/f_M$ = separación entre muestras

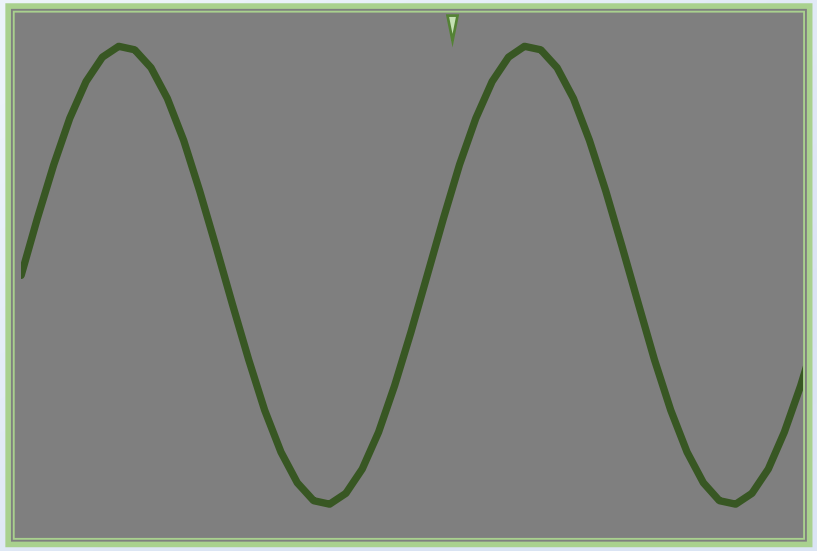
$1/f_M = 1/200 \text{ ksa/s} = 5 \mu s$



En estas condiciones, la resolución horizontal es muy superior a la de un analógico

Muestreo de tiempo real (en disparo único)

Ejemplo: barrido en 500 ns/div



100 puntos

$$f_M = \frac{2000 \text{ muestras}}{500 \text{ ns /div x } 10 \text{ div}}$$

$$f_M = 400 \text{ Msa/s}$$

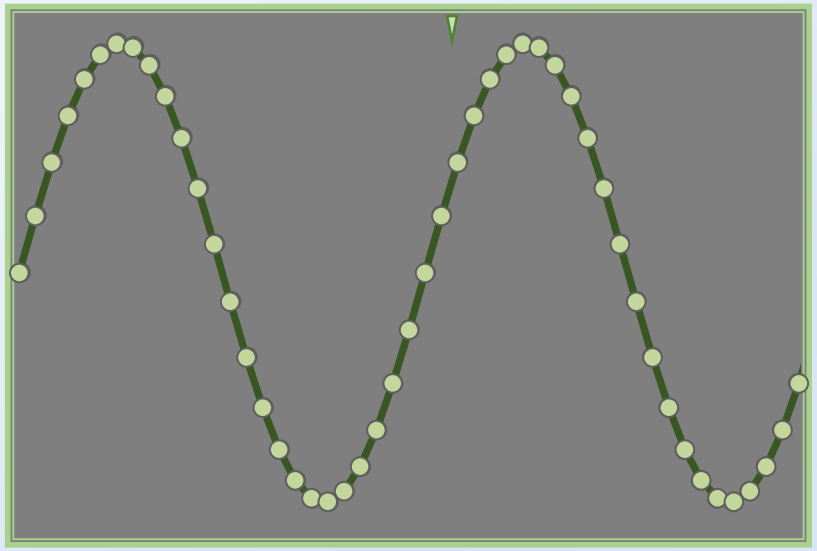
400 Msa/s > $f_{Mmáx}$!!!

No puede, en este barrido, mostrar todo el registro en pantalla

¿Cuántos puntos presenta?: → 500 ns/div x 10 div x 20 Msa/s = **100 puntos**

Errores por muestreo - Aliasing

Ejemplo en onda senoidal

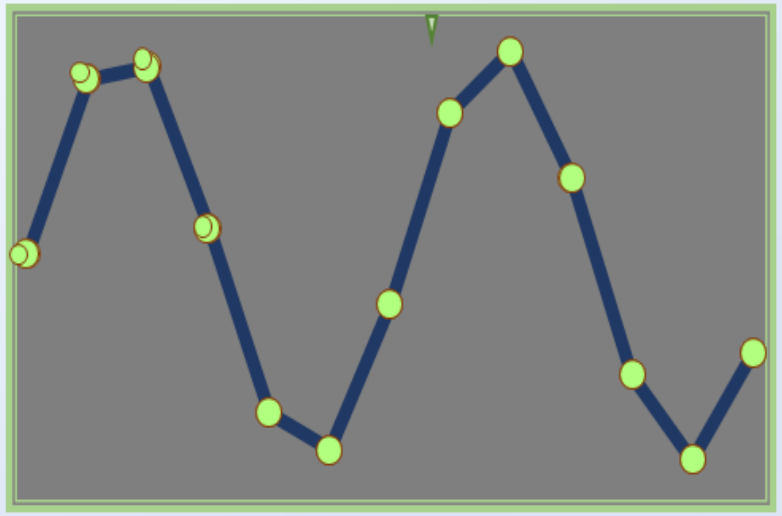


≈ 50, 100 o más muestras por ciclo

Con una cantidad suficiente de puntos la imagen se ve correctamente (incluso sin que los puntos estén unidos o interpolados)

Errores por muestreo - Aliasing

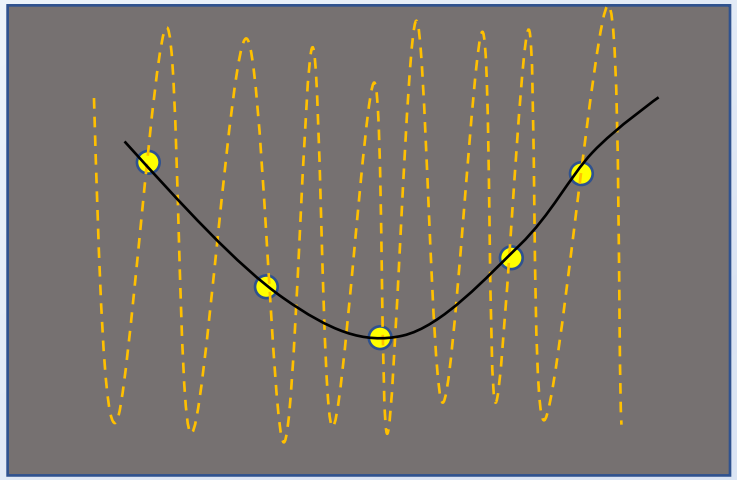
Ejemplo en onda senoidal



≈ 5, 10 muestras por ciclo

Si la cantidad de puntos es baja, se pierde información de la señal. Con entre 5 y 10 puntos podemos obtener información sobre T, pero aparecen errores al medir valores máximos.

Errores por muestreo - Aliasing



≈ < 4 muestras por ciclo

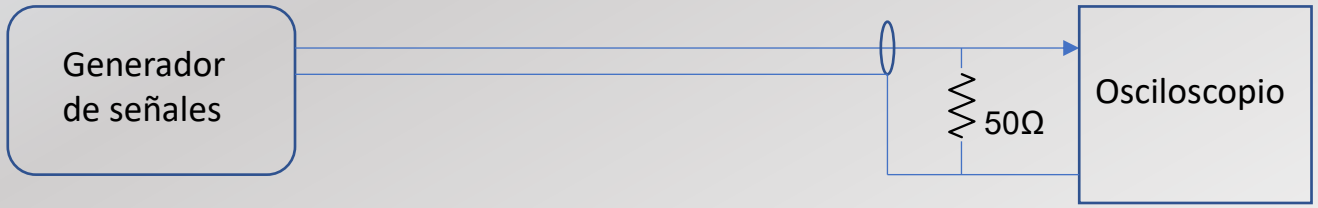
Si la cantidad de puntos es baja, una señal de alta frecuencia mal muestreada puede aparentar una onda de baja frecuencia (alias,aliasing).

Laboratorio. Verificación del correcto muestreo

Se visualizará una tensión sinusoidal de frecuencia variable, con disparo único, a 500 ns/div (5000 ns en toda la pantalla)

Muestras = 20 Msa/s x 5000 ns = 100 puntos por pantalla (distancia entre puntos 50 ns)

Se utilizará un generador de señal variable hasta 30MHZ, con 50Ω de impedancia de salida. Se conecta al osciloscopio a través de cable coaxial, y con resistencia de 50Ω en la entrada del osciloscopio , para adaptar impedancia.



Laboratorio. Verificación del correcto muestreo

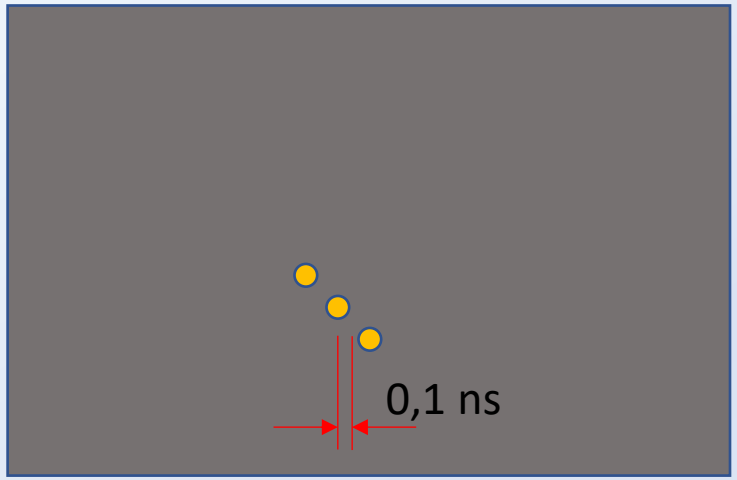
Se visualizará una tensión sinusoidal de frecuencia variable, con disparo único a 500 ns/div (5000 ns en toda la pantalla)

Muestras = 20 Msa/s x 5000 ns = 100 puntos por pantalla (distancia entre puntos 50 ns)

f señal	T	Puntos/ciclo	Resultado
1 Mhz	1000 ns	1000/50= 20	Visualización correcta
3 Mhz	333 ns	333/50=6,7	Se puede interpretar el período
7Mhz	142,8 ns	142,8/50=2,9	aliasing
18 Mhz	55,5 ns	55,5/50=1	Aliasing (sinusoide de 2 Mhz)

Muestreo de tiempo equivalente (señales periódicas)

Visualización de señales con frecuencias superiores a la de muestreo (periódicas)



$f_{M\ máx}$ = 20Msa/s

$1/f_{Mmáx}$ = 1/ (20Msa/s) = 50 ns

Barrido 5 ns/div (un punto en pantalla)

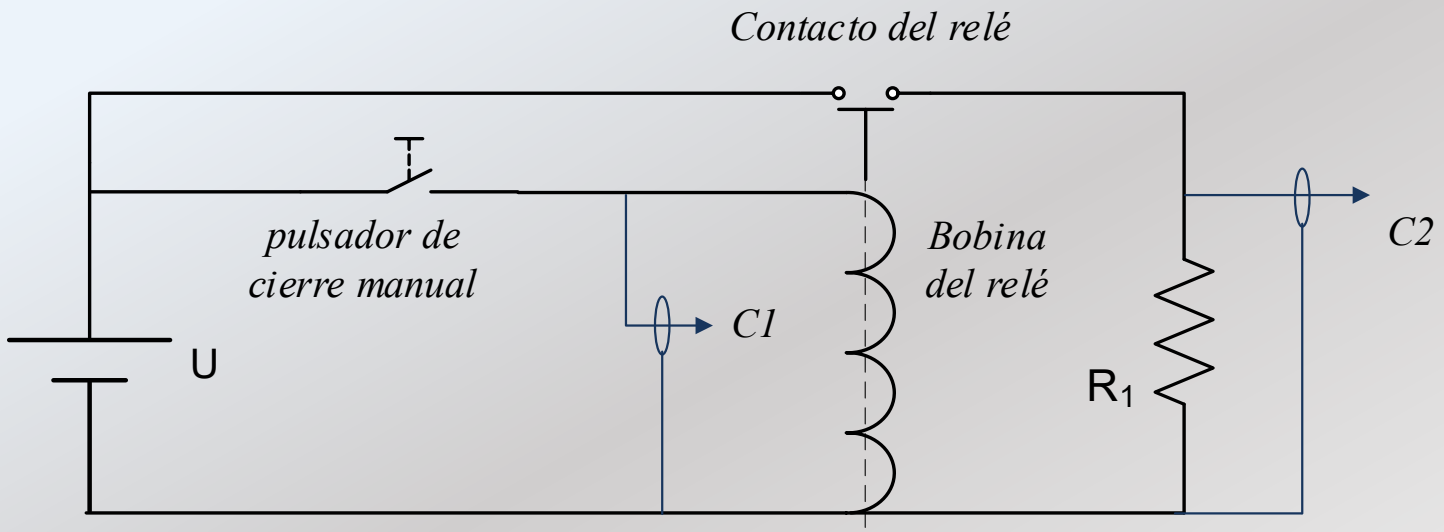
En modo repetitivo, superpone las muestras obtenidas en distintos barridos (pertenecientes a partes de la señal de períodos no simultáneos)

Con esta opción podemos llegar a frecuencias de muestreo “equivalentes” de 10 Gsa/s

Laboratorio. Determinación del tiempo de operación de un relé

Tiempo de cierre: *el que transcurre desde el **instante de energización** de la bobina hasta el **efectivo cierre de los contactos**.*
Para determinar este tiempo se necesita obtener la información de ambos sucesos

Relé de 12VDC valor esperable de t_{cierre}: *algunos ms*



U: 12VDC (tensión nominal del relé, para realizar una medición representativa, deberá tener una cierta tolerancia, e impedancia despreciable frente a la de la bobina)

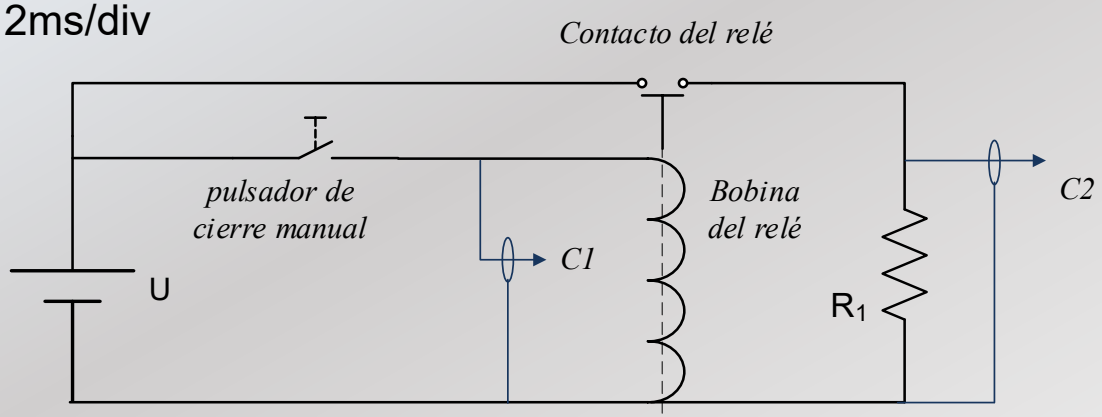
R_1: podría no estar, pero mejora el comportamiento del sistema de medida frente al ruido (valores razonables 1~100 kΩ)

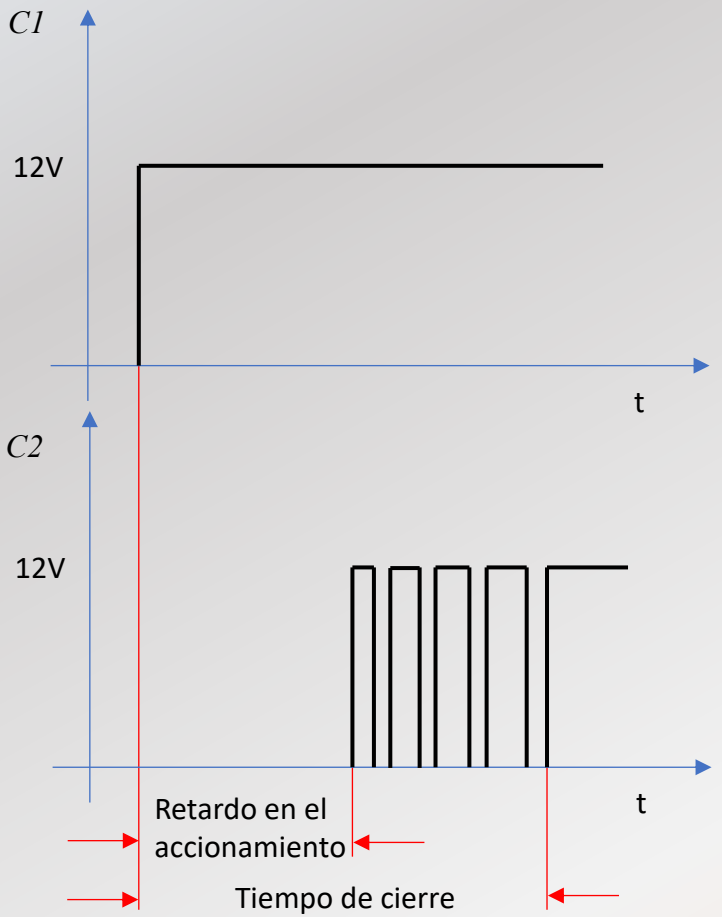
El relé se acciona con un pulsador. Se trata de un fenómeno no repetitivo, por lo que se utilizará disparo único

Laboratorio. Determinación del tiempo de operación de un relé

Ajuste inicial tentativo del Osciloscopio digital:

C1 y C2:
Punta 1x ó 10x
Ganancia: por ej. 2V/div, usando 1x
acoplamiento DC
Disparo:
Barrido único
Fuente C1, acoplamiento DC
Nivel: por ej 5V (<12V), pendiente: positiva
Pretrigger: ajustado cerca de principio de pantalla
Base de tiempo:
2ms/div

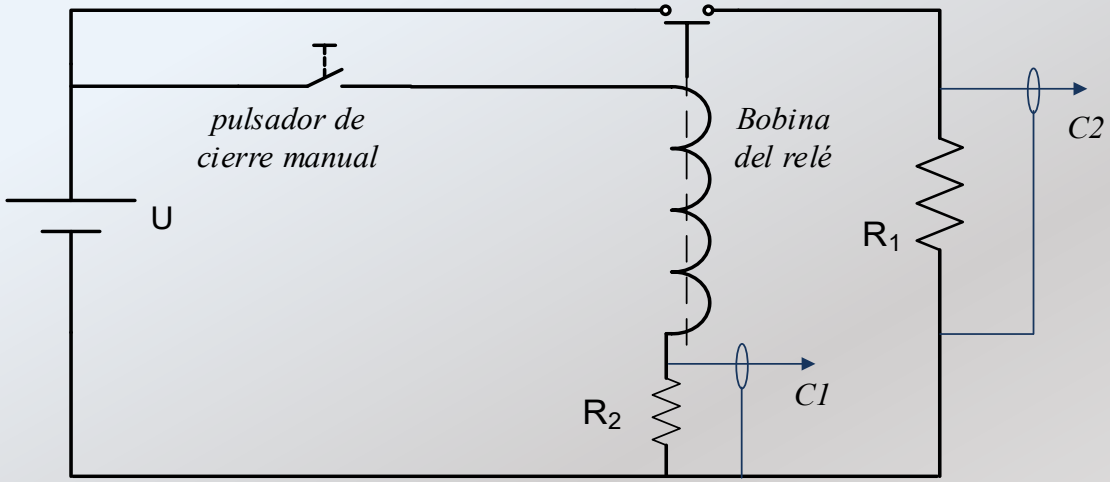


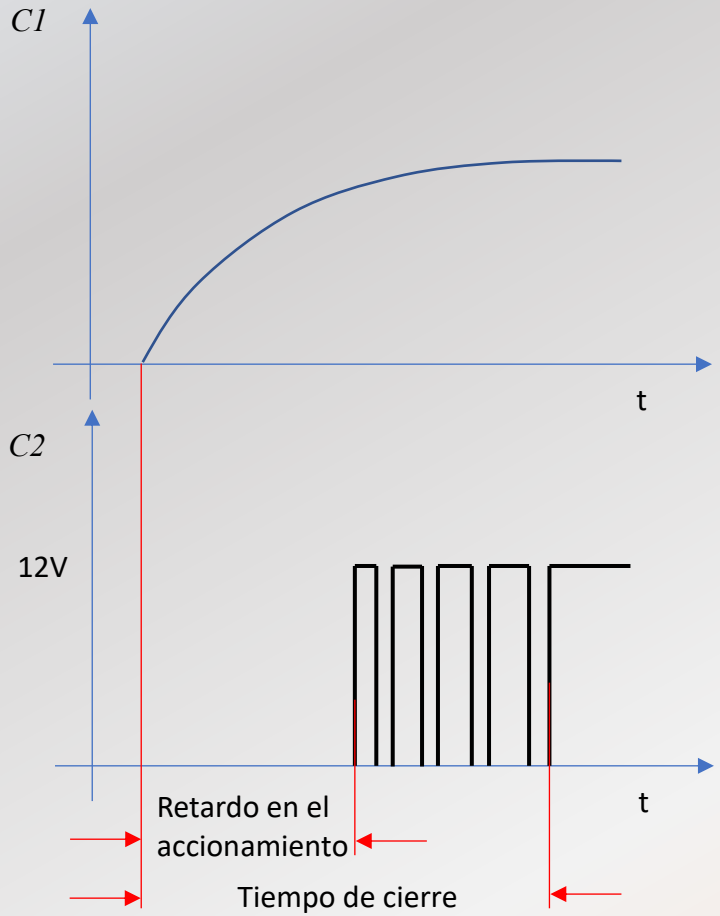


Posteriormente a la medición, con el fin de ganar experiencia y observar las bondades de este instrumento, se podrán realizar diferentes ajustes de pretrigger y base de tiempo, para visualizar detalles de la onda (tiempo entre rebotes por ej.)

Laboratorio. Determinación del tiempo de operación de un relé

También podría ser una alternativa interesante observar la corriente que toma la bobina:





R_2: su efecto en el circuito debe ser despreciable ($R_2 << R_{bobina}$) para no modificar la corriente de la bobina (ni su valor final, ni su constante de tiempo). Además debe provocar una caída de tensión medible.