

M E D I D A S E L É C T R I C A S

Unidad Temática N° 4

**Uso de Osciloscopios
Analógicos y Digitales**

Guía del Trabajo Práctico N° 4

Problemas Propuestos

*Cátedra de Medidas Eléctricas
Curso 2024*

Trabajo Práctico N° 4

Uso de Osciloscopios Analógicos y Digitales

1. Objetivos

Se pueden resumir de la siguiente forma:

- ❖ Estudio del manejo de osciloscopios analógicos y digitales en forma general, haciendo hincapié especialmente en los controles accesibles para el operador.
- ❖ Diseño de sistemas de medida para resolver problemas de determinaciones de distintas magnitudes con el uso de osciloscopios.
- ❖ Reconocimiento de causas de error y evaluación de los mismos.
- ❖ Visualización del fenómeno de “aliasing” en un osciloscopio digital.

Las características de los principales elementos disponibles para la realización del Trabajo Práctico, se detallan en el Anexo 1.

2. Uso de Osciloscopios Analógicos

Se empleará un osciloscopio analógico en las aplicaciones que se mencionan a continuación.

2.1. Medición del valor cresta de la corriente de vacío de un transformador

El circuito a utilizar se muestra en la figura 4.1.

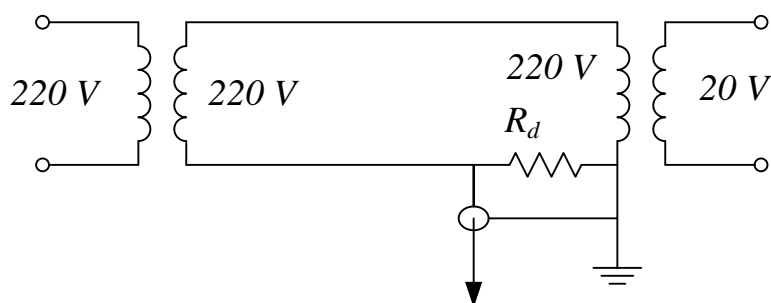


Figura 4.1: Esquema circuitual propuesto para la medición del valor cresta de la corriente de vacío de un transformador.

- 2.1.1. Determine los errores que afectan a la medición de la corriente de cresta con la disposición circuitual adoptada, en forma general. ¿Podría en estas condiciones medir el valor eficaz?
- 2.1.2. Indique en forma cualitativa cuáles deben ser las características básicas del derivador R_d , en particular su valor resistivo y la tolerancia con que debe conocerse.
- 2.1.3. Si la frecuencia de la señal de alimentación fuese 50 Hz, ¿de qué manera se puede sincronizar el barrido? ¿Existe alguna alternativa que resulte más conveniente que otra?

2.2. Relevamiento del ciclo de histéresis de un material magnético

Se hará con la siguiente disposición circuital:

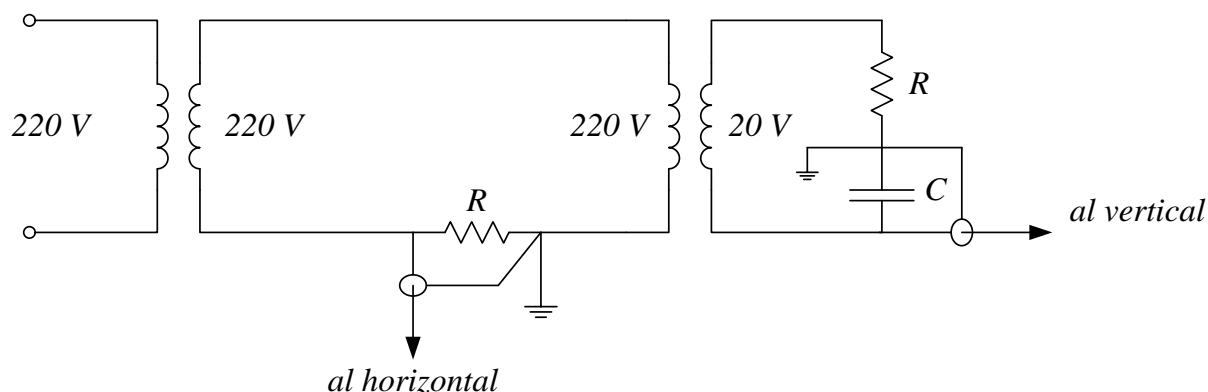


Figura 4.2: Esquema circuital propuesto para el relevamiento del ciclo de histéresis de un material magnético.

- 2.2.1. Identifique qué señales debe colocar en vertical y en horizontal del osciloscopio con el fin de lograr la visualización del fenómeno propuesto. (Ver Anexo 2).
- 2.2.2. Encontrar la relación que existe entre las tensiones medidas en vertical y horizontal con los parámetros buscados. Determinar los factores de proporcionalidad que resultan, en función de los valores de los elementos que se emplean en el circuito.

2.3. Medición del tiempo de subida de la onda cuadrada de calibración de un osciloscopio

Detalle cómo procedería para determinar el tiempo de crecimiento o la pendiente del flanco de subida de la onda cuadrada de calibración de un osciloscopio con doble base de tiempo (principal y retardada), sabiendo que la misma es de aproximadamente 1 Vp-p y 1 kHz.

3. Uso de Osciloscopios Digitales

Se empleará un osciloscopio digital en las aplicaciones que se mencionan a continuación.

3.1. Visualización del fenómeno de “aliasing”

Se pondrá de manifiesto el problema del “aliasing”, visualizando señales sinusoidales de 1, 3, 7 y 18 MHz, con un osciloscopio digital HP 54603B, con su base de tiempo ajustada en 500 ns/div, en modo de barrido único, con representación por puntos y con interpolación lineal. ¿Qué espera ver en cada caso? Extraiga conclusiones.

3.2. Determinación del tiempo de operación de un relé

Un relé es un dispositivo que tiene por objeto abrir o cerrar un circuito eléctrico cuando se le da una orden. La potencia puesta en juego en el comando es, casi siempre, menor que la puesta en juego en el circuito que es comandado. En una de sus formas constructivas es un circuito electromecánico, que puede ser un electroimán, en el cual la orden consiste en la energización de

la bobina, y la acción que ejecuta el dispositivo es la apertura o cierre de contactos, por la acción mecánica resultante del campo magnético de la bobina. En la figura 4.3 se presenta el circuito de medición.

Observación: Se entiende por tiempo de cierre, el que transcurre desde el instante de energización de la bobina hasta el efectivo cierre de los contactos. En forma análoga se define el tiempo de apertura.

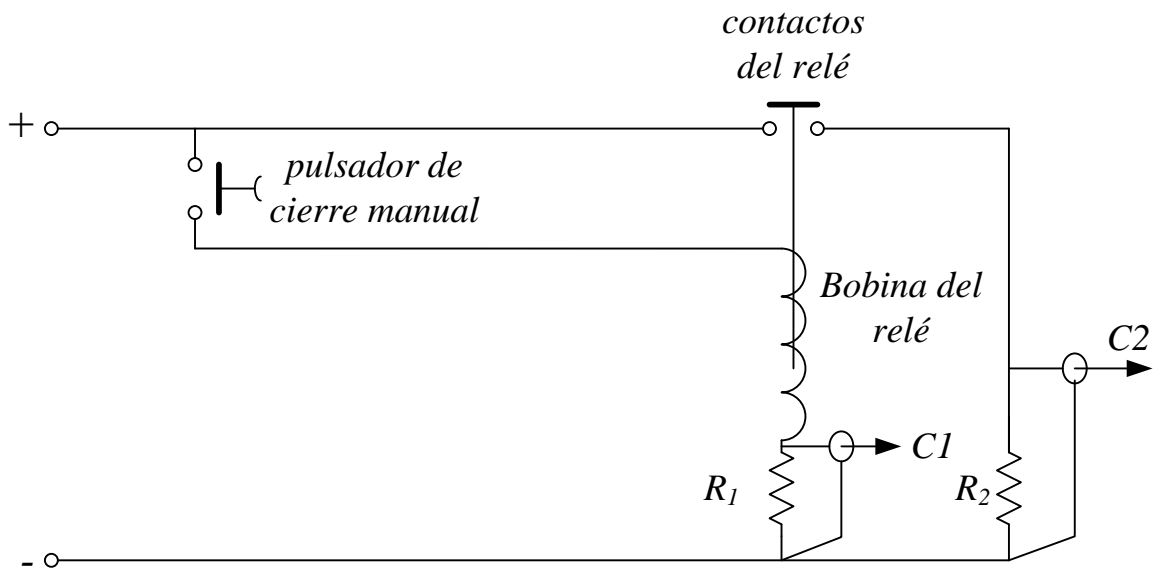


Figura 4.3: Esquema circuital propuesto para la medición del tiempo de operación de un relé.

La medición se realizará con un osciloscopio digital HP 54603B.

3.2.1. ¿Considera adecuado el circuito de medida propuesto?

3.2.2. ¿Qué requisitos deben cumplir las resistencias derivadoras de la figura anterior?

3.2.3. ¿Qué formas de onda espera visualizar? ¿Cómo realizaría la medición del tiempo de cierre con los elementos de dicha figura?

3.2.4. Suponiendo que el tiempo medido fue de aproximadamente 10 ms, indique cómo procedería si deseara ver el fenómeno a partir del primer instante de cierre de los contactos, empleando una velocidad de barrido de 1 ms/div.

3.2.5. Si una vez visualizado el proceso total de cierre resultara de interés la observación de sólo la parte final del mismo, cómo lo lograría.

ANEXO 1

Elementos Disponibles

A1.1. Osciloscopios

A1.1.1. Analógicos Kenwood CS 5355

Sus características básicas se pueden resumir como sigue:

- Presentación: de dos canales, doble trazo.
- Ancho de banda (BW): 50 MHz.
- Impedancia de entrada: $1\text{ M}\Omega // 30\text{ pF}$.
- Graticula: 10 divisiones horizontales y 8 verticales.
- Amplificador vertical: 2 mV/div a 10 V/div en 12 pasos con secuencia 1-2-5, exactitud $\pm 3\%$.
- Base de tiempo A: 50 ns/div a 0,5 s/div en 22 pasos con secuencia 1-2-5, exactitud $\pm 3\%$.
- Base de tiempo B: 50 ns/div a 50 ms/div en 19 pasos con secuencia 1-2-5, exactitud $\pm 3\%$.
- Puntas pasivas de tensión 1X y 10X, con cable coaxial de 1 m de longitud (capacidad del cable $\approx 100\text{ pF/m}$).

Nota: se recomienda consultar el correspondiente manual del usuario publicado en el CEILP.

A1.1.2. Digitales Hewlett-Packard HP 54603B

Se trata de un osciloscopio digital de uso general, de dos canales, con frecuencia de muestreo máxima de 20 Mega muestras por segundo. Posee resolución de 8 bits en vertical y una longitud de registro de 2000 puntos por canal, con "pretrigger" y "postrigger" ajustables entre 0 y 100 %. Posee otras ventajas propias de un osciloscopio digital, a saber:

- cursores, que permiten efectuar medidas de diferencias de tiempo y amplitud, de las señales presentadas en pantalla;
- exhibición en pantalla (read out), de los resultados de las determinaciones efectuadas con los cursores y de los ajustes básicos (atenuación y base de tiempo) de cada canal.

La hoja de datos correspondiente, "Agilent 54600 Series - 2000.pdf", se encuentra disponible en la dirección: <http://www.ing.unlp.edu.ar/medidas/alumnos/>

Nota: se recomienda consultar el manual del usuario publicado en el CEILP.

A1.2. Transformadores

A1.2.1. De aislación, relación 220/220 V, 50 VA.

A1.2.2. Transformador a medir, de relación 220/20 V, 50 VA, cuyas características constructivas de interés para la práctica son:

- * N° de espiras del lado de 220 V, $N_1 = 1700$;
- * N° de espiras del lado de 20 V, $N_2 = 155$;
- * Sección útil del núcleo, $A = 484 \text{ mm}^2$;
- * Longitud media del núcleo, $l_m = 144 \text{ mm}$.

A1.3. Resistores de carbón

De valores comerciales, tolerancia $\pm 10 \%$, potencia de disipación 1/8, 1/4 y 1/2 W.

A1.4. Capacitores

De valores comerciales, tolerancia $\pm 10 \%$, 250 V, no polarizados.

A1.5. Fuentes de alimentación ubicadas en los tableros

- * Tensión de salida continua: Variable entre 1,3 y 24 V
- * Finura de regulación en la tensión de salida: $< 1 \text{ mV}$
- * Tensión de salida alterna, 50 Hz: valor fijo de aproximadamente 18 V, no estabilizado.
- * Corriente nominal: 3 A
- * Indicación de tensión: mediante voltímetro digital de 3 ½ dígitos, $E_U = \pm [0,8 \% U_m + 2 \text{ dígitos}]$

A1.6. Generador de Funciones

Marca SRS, modelo DS345. La hoja de datos correspondiente, "Function Generator DS345.pdf", se encuentra disponible en la dirección: <http://www.ing.unlp.edu.ar/medidas/alumnos/>

A1.7. Relé

Marca AEA, de un par de contactos inversores, bobina para tensión continua, 12 V, contactos capaces de manejar 2 A a una tensión de 250 VCA.

ANEXO 2

Diseño de un integrador elemental

Analicemos el comportamiento de un circuito R - C como el esquematizado en la siguiente figura:

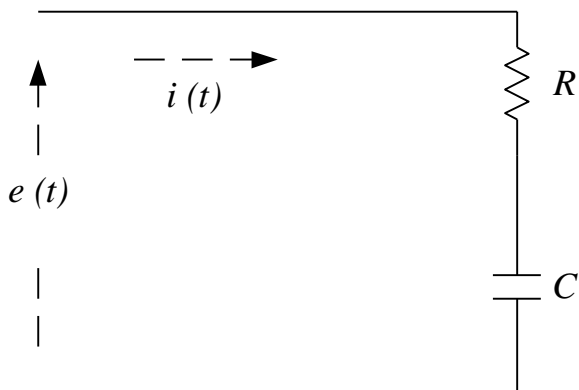


Figura A2.1: Esquema circuital de un integrador elemental.

Si $R \gg X_C$ podemos escribir:

$$i(t) \approx \frac{e(t)}{R} \quad (\text{A2.1})$$

con lo que resulta:

$$e_C(t) = \frac{1}{C} \int i(t) * dt \approx \frac{1}{R * C} \int e(t) * dt \quad (\text{A2.1})$$

Por lo tanto, la tensión en bornes del capacitor es proporcional a la integral de la tensión de alimentación del circuito RC , si se cumple $R \gg X_C$.

UNIDAD TEMÁTICA N° 4 - PROBLEMAS PROPUESTOS

Uso de osciloscopios analógicos y digitales. Transductores.

Problema N° 4.1:

En la figura P4.1 se muestran tres imágenes de la pantalla de un osciloscopio obtenidas con idéntica ganancia vertical e igual barrido, sin modificar el control de posición vertical. La señal aplicada fue en los tres casos la misma. Indique qué control se debió variar para obtener las citadas presentaciones e identifique la señal aplicada.

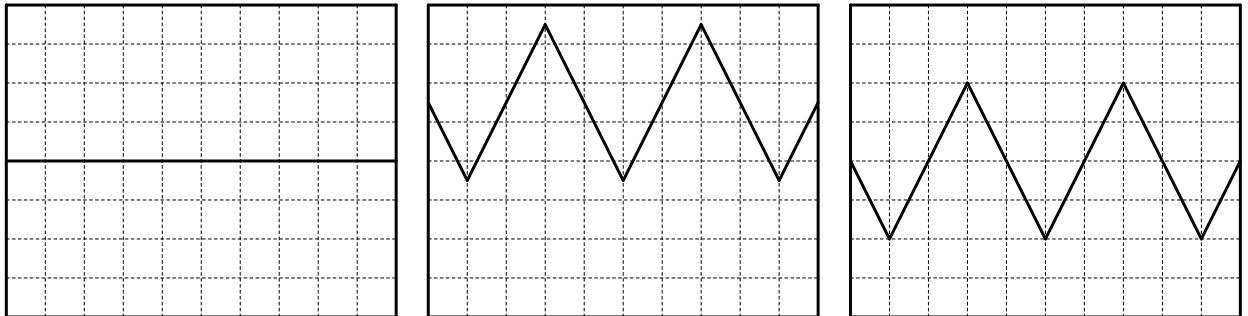


Figura P4.1

Problema N° 4.2:

A un osciloscopio (10 MHz de ancho de banda, $1 \text{ M}\Omega // 30 \text{ pF}$ de impedancia de entrada) se le ha averiado su punta atenuadora. Existen en el mercado las siguientes puntas, todas con 1 m de cable coaxial de 100 pF de capacidad, y red RC en el extremo más alejado del osciloscopio:

Punta N°	R [M Ω]	C, variable [pF]	
		desde	hasta
(1)	9	5	12
(2)	9	0,5	3
(3)	9	10	15
(4)	99	0,5	3
(5)	99	10	15
(6)	99	0,1	0,8

- Indicar por cuánto multiplicaría cada punta. ¿Cuáles se pueden utilizar en continua? ¿Por qué?
- ¿Cuáles son adecuadas para este osciloscopio? (No imponen restricciones)
- Suponga no poder compensar la punta, ¿puede entonces medir períodos? De ser así indique si la señal a medir debe satisfacer alguna condición además de ser periódica.
- Suponiendo la punta compensada, calcular la frecuencia máxima con la cual el error que se deriva de la característica pasabajo del osciloscopio es despreciable frente al error intrínseco del

mismo, considerado del $\pm 3\%$, cuando la excitación es sinusoidal. (Hacer el cálculo solamente para el módulo). ¿Qué sucede con la fase para la frecuencia hallada y para la denominada frecuencia de corte superior? (Aconsejada la resolución de este punto con PSpice®)

e) ¿Qué modificaciones introduciría el conjunto a una señal no sinusoidal cuyas componentes de frecuencia caen cerca de los 10 MHz o están por encima de este valor? (Se sugiere la verificación de este punto con PSpice®).

Problema N° 4.3:

Se desea verificar que el desfase entre las tensiones simples de un sistema trifásico no exceda de aproximadamente 4° respecto de los 120° . ¿Qué técnica de medición aplicaría utilizando un osciloscopio? Qué precauciones debe tomar para la medida, debido a que las señales a medir tienen un punto común que no necesariamente coincide con la tierra del osciloscopio?

Nota: Considerar que el error de apreciación se cuantifica como \pm la resolución, por cada vez que se efectúa una lectura en la pantalla del osciloscopio tomando como referencia la grilla de la misma.

Problema N° 4.4:

Se desean determinar los parámetros característicos de una impedancia (módulo y argumento) de aproximadamente $100\text{ k}\Omega$ a 500 Hz , 10 V . Para ello se cuenta con un osciloscopio analógico de doble trazo, de características similares a las detalladas en el punto A1.1.1. del Anexo 1 al presente Trabajo Práctico. El circuito de alimentación de la impedancia se muestra en la figura siguiente:

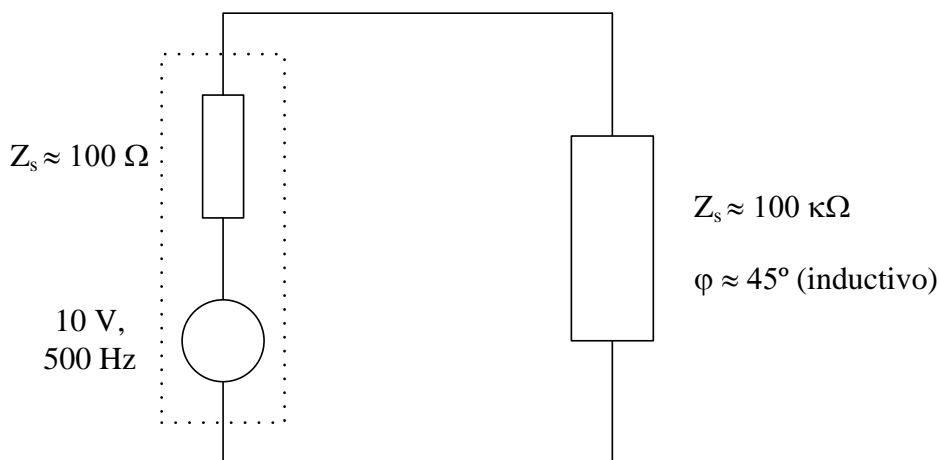


Figura P4.4

- Proponer un circuito que permita efectuar la medición requerida.
- Especificar las características de los elementos que intervienen en la medida (excepto el osciloscopio), a los efectos de optimizarla. Indicar la posición de los principales controles del osciloscopio.
- Determinar y cuantificar los errores que se cometen, en función de lo obtenido en los puntos anteriores.

Problema N° 4.5:

Cierto dispositivo proporciona, al ser disparado por el flanco decreciente de una señal externa en forma de pulso, una única onda de las características que se aprecian en la figura P4.5.

Se dispone de un osciloscopio similar al detallado en el problema anterior, pero que además posee almacenamiento analógico, con puntas atenuadoras X10, X100 y X1000. Detallar cómo armaría el circuito de medición, para lograr la presentación simultánea de la señal de disparo y de la tensión de salida, y hallar sus parámetros característicos, a saber: U_c , t_1 y t_2 .

Indicar cómo dispondría los siguientes controles del osciloscopio:

- atenuadores verticales y tipo de acoplamiento,
- fuente, modo, pendiente y nivel de disparo,
- base de tiempo,

Nota: considerar que la frecuencia de troceado es de 250 kHz.

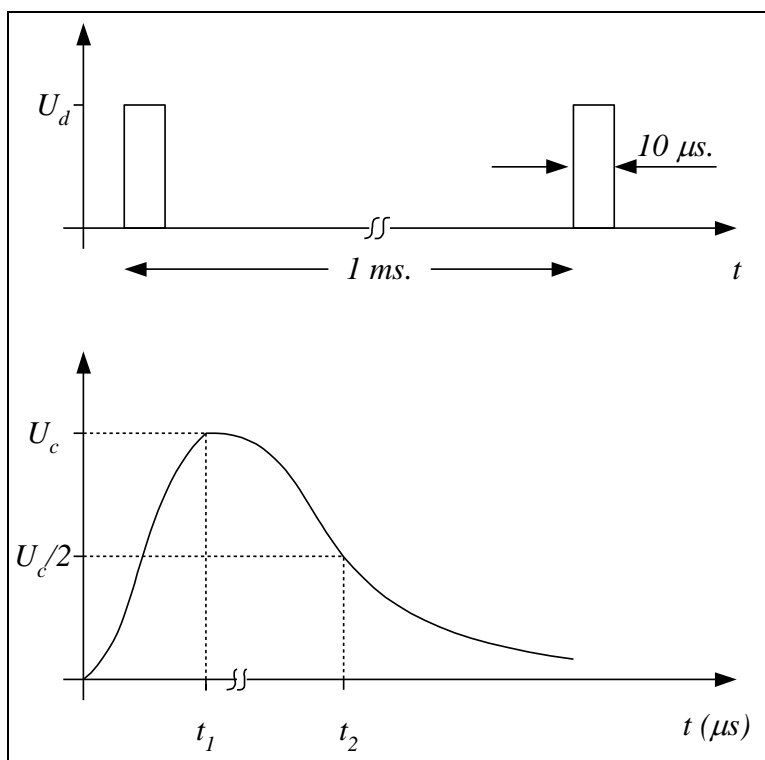


Figura P4.5

$$U_{cresta} = 5 \text{ kV}$$

$$t_1 = 8 \mu s$$

$$t_2 = 40 \mu s$$

$$U_d = 2 \text{ V}$$

Problema N° 4.6:

Se desea conocer el tiempo de arranque total de un motor eléctrico monofásico, definido como el tiempo que tarda la corriente de alimentación en alcanzar el valor de régimen permanente a partir del instante de cierre del interruptor.

Se dispone de un osciloscopio similar al detallado en el problema anterior.

Proponer un circuito de medición adecuado, y definir las características más importantes de los elementos empleados.

Las características del motor son las siguientes:

- Potencia: 2 CV (1 CV = 736 W)
- I_{nominal} : 14 A
- I_{arranque} (Valor eficaz máximo) = 100 A
- Tiempo de arranque ≈ 2 s.
- U_{nominal} = 220 V, 50 Hz

Problema N° 4.7:

Se desea medir la señal de salida (U) de un circuito cuyo equivalente Thevenin aproximado es el de la figura P4.7 (sólo son accesibles los bornes a y b). Se dispone de un osciloscopio de 10 MHz de ancho de banda, 1 M Ω y 30 pF de impedancia de entrada; se cuenta también con puntas atenuadoras 1X, 10X y 100X, con cable de 1 m de longitud.

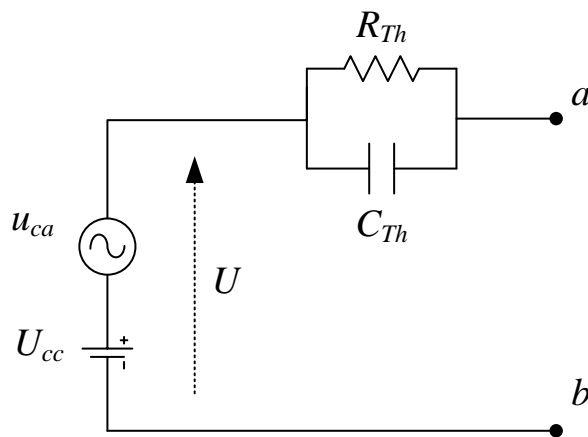


Figura P4.7

$$u_{ca} = U_p \text{ sen } \omega t$$

$$U_p \approx 500 \text{ mV}$$

$$U_{cc} \approx 12 \text{ V}$$

$$R_{Th} \approx 500 \Omega$$

$$C_{Th} \approx 20 \text{ pF}$$

a) Cómo dispondría los controles del osciloscopio (en particular acoplamiento y ganancia vertical) en los casos en que la frecuencia de la señal u_{ca} fuera de 1 Hz y 100 Hz?. Un operador opina que es necesario utilizar puntas atenuadoras. ¿Es cierto? De ser así, indique cuál utilizaría y por qué.

b) Si $R_{Th} = 500 \text{ k}\Omega$, indique qué modificaría en los controles y en las puntas para medir U y cómo procedería para medir U_{cc} .

c) Verifique los cálculos anteriores utilizando el PSpice®.

Nota: considerar que la capacidad serie en acoplamiento AC es: $C_s = 0,022 \mu\text{F}$.

Problema N° 4.8:

Un dispositivo genera a su salida un pulso de forma aproximadamente trapezoidal con valor cresta de 14 V, tiempo de subida de 1 ms y período de aproximadamente 1/120 s, variable mediante ajustes propios del dispositivo, permitiendo su calibración en torno de ese valor. Se lo desea calibrar para que la duración del período de cada pulso no difiera de ± 2 % respecto de 1/120 s.

Para ello, como referencia de tiempos, se cuenta con un generador de onda sinusoidal de cualquier frecuencia múltiplo de 50 Hz con una tolerancia de $\pm 1\%$. El error de la base de tiempos del osciloscopio es de $\pm 3\%$.

- ¿Cómo procedería para calibrar el período de 1/120 s?
- ¿Con qué error lo determinaría?

Problema N° 4.9:

Se desean medir los tiempos entre pulsos de un tren de ellos como el indicado en la figura P4.9, que se repite con un período T_R .

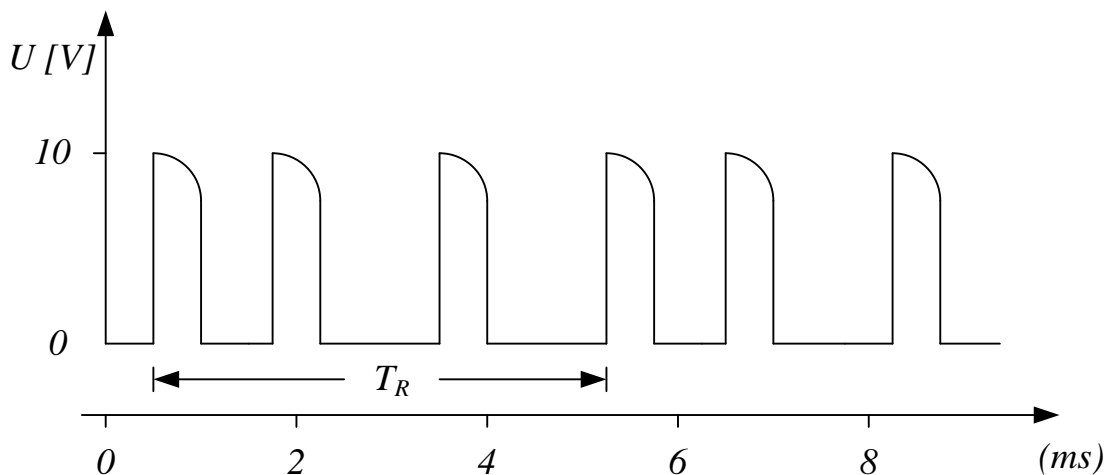


Figura P4.9

- Indique si es factible algún procedimiento para poder visualizar y medir los tiempos indicados si se dispone de un osciloscopio sin memoria, sin barrido retardado y sin "holdoff", y se cuenta con un generador de ondas de frecuencia variable. ¿Qué condiciones deberán cumplir este generador y la señal a visualizar, para obtener una imagen estable?
- ¿Cómo dispondría los controles de un osciloscopio con memoria para realizar la medición?
- Un operador dice que si se utilizara un osciloscopio con barrido retardado o con "holdoff" variable se podría realizar una medición con mayor exactitud que en los casos anteriores. ¿Ud. qué opina? ¿Por qué?. Indique cómo procedería para realizar la medición.

Nota: Trenes de pulsos como el dibujado son comunes en los circuitos digitales. En particular, puede pensarse que el dado corresponde a la señal presente en el canal de comunicaciones entre una computadora y algún accesorio.

Problema N° 4.10:

Las siguientes imágenes corresponden a una misma señal en vertical, vista con idéntica calibración en vertical y horizontal. Halle una explicación de por qué aparece la imagen a) y qué elemento se debió variar para obtener la presentación real, en la imagen b).

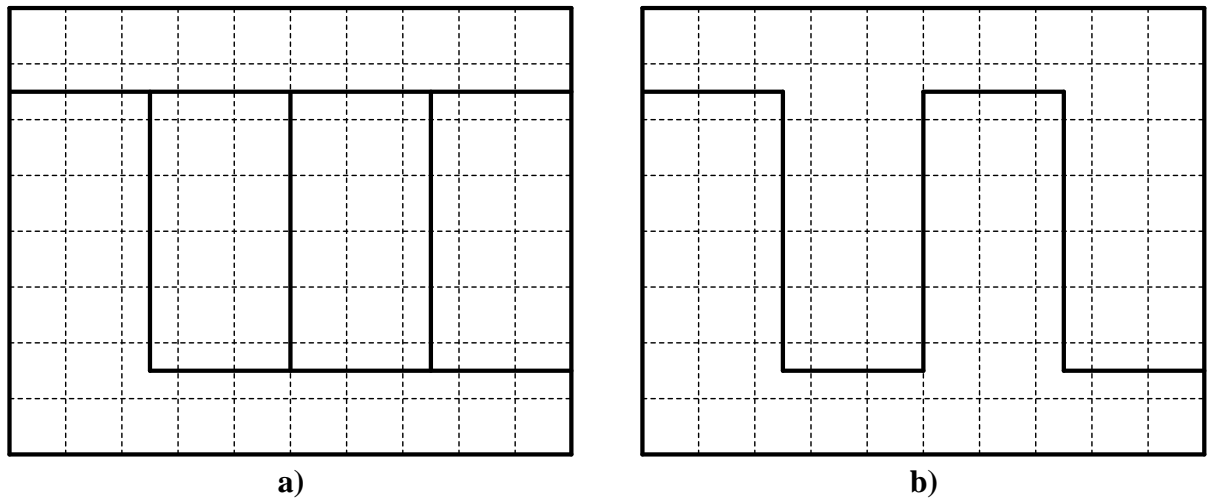


Figura P4.10

Problema N° 4.11:

Una señal sinusoidal de frecuencia 50 Hz presenta superpuesta una oscilación de alta frecuencia (del orden de 10 kHz) como se aprecia en la figura P4.11.

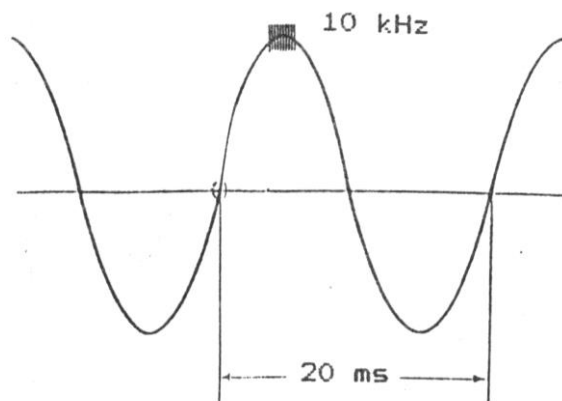


Figura P4.11

Se desea realizar un estudio detallado de ésta última, ¿Cómo procedería para poder visualizarla correctamente?

Entre los osciloscopios denominados *especiales*, ¿Qué variante se muestra como la más apropiada para ello?

Problema N° 4.12:

Para hacer una cierta medida se emplea un circuito cuya entrada se puede caracterizar como formada por un amplificador con resistencia de entrada $R_i = 10 \text{ M}\Omega$, conectado como muestra la figura P4.12.

T_1 y T_2 son dos tierras diferentes, entre las que se sabe que puede aparecer una tensión de no más de 10 V (valor máximo), con fundamental de 50 Hz y armónicas despreciables. La resistencia del conductor central del coaxial es de 10Ω , la de la malla 3Ω y la de la tierra de aproximadamente 5Ω .

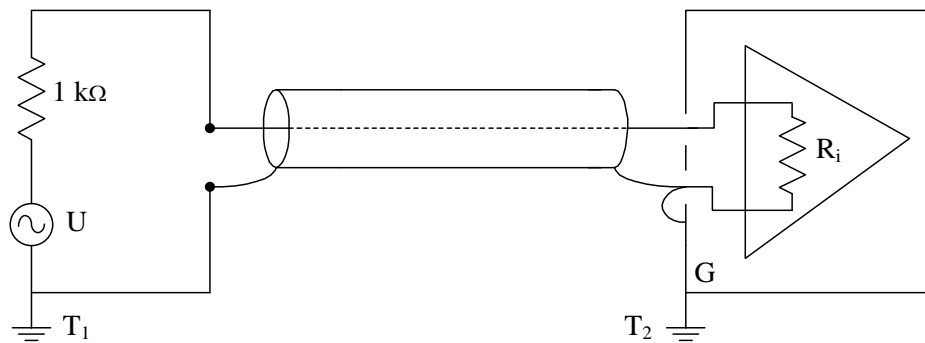


Figura P4.12

Considerando que no existe ninguna otra causa perturbadora, diga si debe tenerse en cuenta el efecto de la tensión de tierra, cuando se desea que el valor eficaz de la señal a la entrada del amplificador no difiera en más de $\pm 0,5\%$ del de la fuente a medir (sinusoide de 15 V eficaces, 150 Hz). ¿Qué observación inmediata le merece el circuito dibujado?

Problema N° 4.13:

El esquema de la figura P4.13 ha sido propuesto para medir la corriente que provoca la fusión de un fusible (F). Se indica sólo la parte de medición y los elementos de maniobra imprescindibles para comprender el funcionamiento del mismo.

Los símbolos de la figura P4.13 representan:

- U: fuente de 500 V, 50 Hz, con impedancia de salida $Z = 10\ \Omega$;
- C: dispositivo que permite cerrar el circuito en el momento deseado;
- R_d : derivador de resistencia $100\ m\Omega$, $e < \pm 0,1\%$;
- Z_i : impedancia de entrada del dispositivo de registro, $10\ M\Omega$ en paralelo con $15\ pF$;
- T_1, T_2 : tomas de tierra separadas, entre las que aparece una diferencia de potencial de aproximadamente 3,5 V, 50 Hz, con una impedancia de salida $\approx 10\ \Omega$.

El derivador y el sistema de registro están unidos por 25 metros de cable coaxial, con un acoplamiento entre la malla y el conductor central tal que 1 A de 50 Hz circulando por la malla produce una caída de modo normal de 3 V/km.

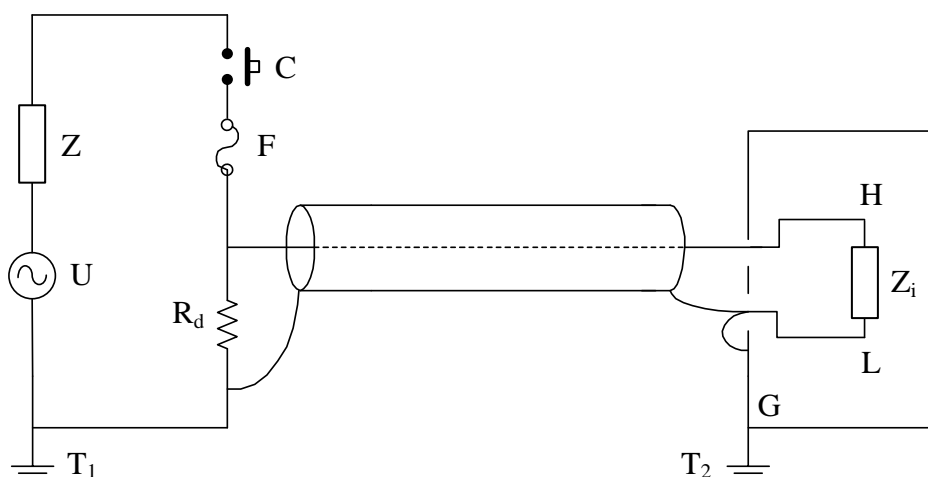


Figura P4.13

El instrumento de registro posee blindaje. El operador unió el punto "low" con la tierra en el lugar de medida. El error propio de medición del instrumento es, para este caso, de aproximadamente $\pm 2\%$.

Enumere las posibles fuentes de error (incluidos los relacionados con las conexiones) que presenta el circuito anterior, y justifique cuantitativamente cómo influyen en la medida deseada. Proponga soluciones para mejorarlo, justificando la respuesta.

Nota: todas las conexiones son cambiables, salvo los 25 metros de cable que están impuestos por razones físicas del circuito.

Problema N° 4.14:

Un osciloscopio digital de 8 bits, 1 GSa/s y dos canales, se emplea para medir la señal de salida de un amplificador de instrumentación, que corresponde a la respuesta de un dado transductor. El esquema de la instalación se presenta en la figura siguiente:

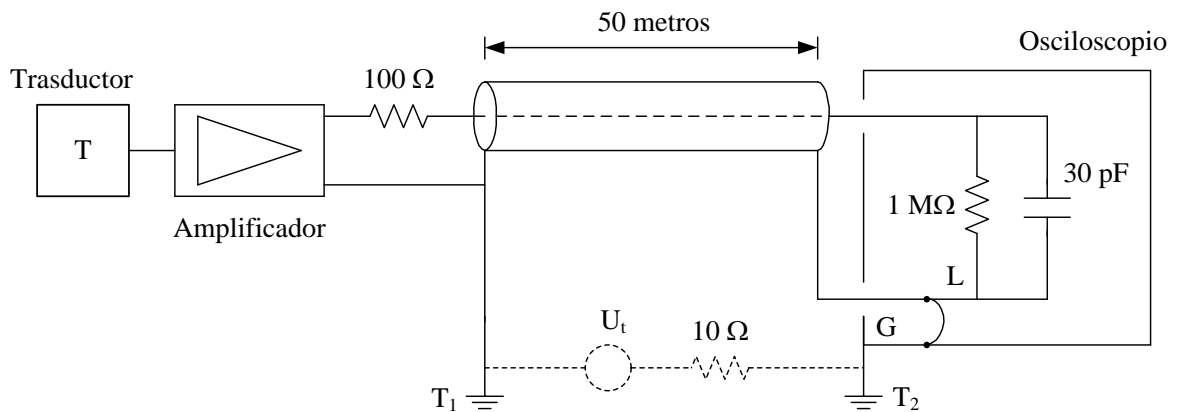


Figura P4.14

La señal de salida del amplificador, que no es repetitiva, tiene un valor máximo que se puede estimar en 3 V, y su espectro posee frecuencias de hasta 50 kHz. La señal U_t , por su parte, tiene un valor cresta de 8 V, fundamental de 50 Hz, y armónicos relevantes hasta el orden 5.

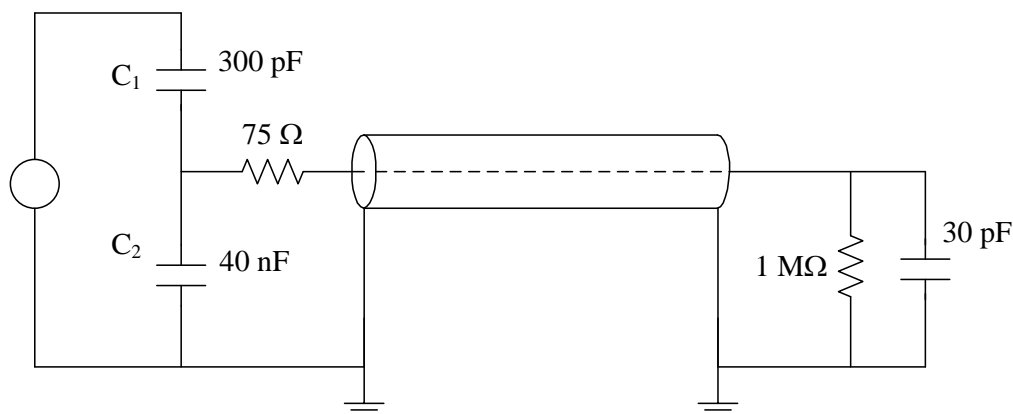
El cable coaxial posee una capacidad propia de 100 pF/m, y la resistencia de su vaina es de 30 mΩ/m. La capacidad entre el borne L del osciloscopio y la guarda G es de 250 pF. La conexión que une L con G puede ser removida a voluntad.

- a) Indique si la señal que introduce la diferencia de potencial de tierra afecta de manera significativa a la medición.
- b) Justificando su respuesta, diga qué medidas conviene tomar para poder efectuar correctamente la medición, y calcule la fracción de la señal perturbadora que aparecerá superpuesta a la útil con la solución que Ud. aconseje.

Problema N° 4.15:

Se desea controlar la forma de onda de salida de un dispositivo, que está compuesta por una rampa de pendiente 100 V/μs, que una vez alcanzados los 500 V se mantiene constante en ese

valor. Para ello se ha armado el circuito de la figura P4.15, empleando un osciloscopio digital de las características detalladas en el punto A1.1.2. del Anexo 1 al presente Trabajo Práctico.



(La longitud total del coaxial es de 30 m y su capacidad 50 pF/m)

Figura P4.15

Justificando sus respuestas, diga:

- Si considera que el circuito presenta algún error de armado. Si es así, indique cómo haría para corregirlo.
- ¿Qué forma de onda espera obtener en bornes del osciloscopio? (se recomienda comparar con lo obtenido a través del *PSPICE*®) ¿Cree que el aparato es apto para registrar el fenómeno en estudio?
- ¿Considera que el osciloscopio estudiado será capaz de detectar variaciones de 0,2 % entre las amplitudes de ondas sucesivas? ¿Por qué?
- Indique las cotas del error que espera cometer en la medición de la amplitud, si la tolerancia de los capacitores C_1 y C_2 es de $\pm 1,5$ %.

Problema N° 4.16:

Se pretende analizar la forma de onda de la figura P4.16.a), que corresponde a la tensión u que se muestra en la figura P4.16.b). Sus datos característicos son: valor cresta máximo ≈ 25 V, $t_{\text{subida}} \approx 8$ ns.

Se quieren medir, además de los parámetros citados en el párrafo anterior, la frecuencia de la oscilación de la tensión u . Para ello se dispone de un osciloscopio digital de 10 bits, 1 Gs/s, impedancia de entrada (Z_0) 1 M Ω en paralelo con 30 pF, presentación máxima en horizontal de 2048 muestras en una pantalla con 10 divisiones. Rangos de tensión 2 mV/div a 5 V/div en pasos con secuencia 1-2-5, en 8 divisiones verticales. Base de tiempo 5 ns/div a 5 s/div en pasos con secuencia 1-2-5. Exactitud en vertical: $\pm 3\%$, exactitud en horizontal: $\pm 0,5\%$. El osciloscopio cuenta además con cursores que permiten hacer despreciable el error de apreciación en pantalla. La disposición circuital del mismo se muestra en la figura P4.16.b), en la que se ha conectado uno de sus bornes de entrada al terminal de guarda (G), con una conexión que puede ser removida a voluntad.

Se tienen además puntas pasivas de tensión x1, x10, con cable coaxial de longitud adecuada (≈ 10 m), con resistencia del conductor central $1 \text{ m}\Omega/\text{m}$, de la malla $5 \text{ m}\Omega/\text{m}$ y capacidad entre el conductor central y la malla de $50 \text{ pF}/\text{m}$.

T_1 y T_2 son dos conexiones de tierra diferentes, entre las que se sabe puede aparecer una tensión de no más de 5 V (valor máximo), con fundamental de 50 Hz y armónicas hasta de orden 5. La resistencia equivalente entre ellas es de aproximadamente 2Ω .

a) Justificando su elección, indique claramente cómo armaría el circuito para efectuar las mediciones solicitadas y qué punta atenuadora elegiría para concretarlo. Haga un dibujo del circuito equivalente.

b) Detalle cómo dispondría los principales controles del osciloscopio para medir los parámetros señalados y todos los errores que aparecen para el circuito armado según a).

c) ¿Qué resolución tiene el osciloscopio en vertical (expresada en volts) y en horizontal (expresada en unidades de tiempo) para la selección de controles efectuada?

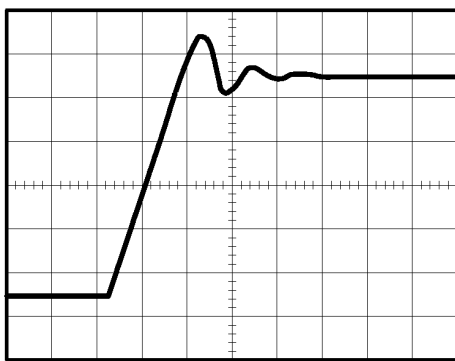


Figura P4.16.a)

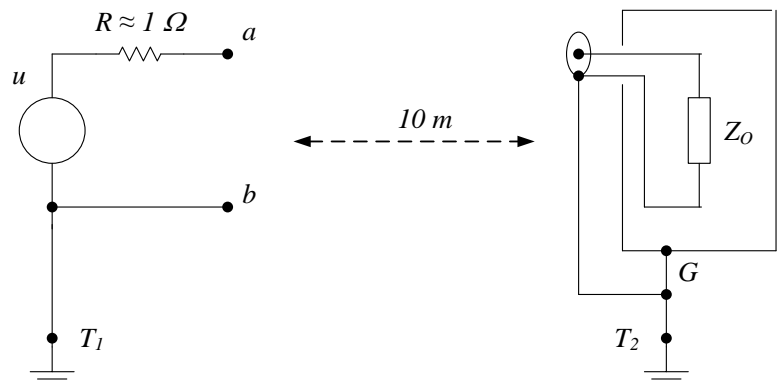


Figura P4.16.b)

Problema N° 4.17:

Se desea ver la forma de onda que aparece en bornes del capacitor C_2 del circuito de la figura P4.17.a), cuando se cierra la llave L . El capacitor C_1 se encuentra cargado a 500 V con la polaridad indicada en el dibujo. Una simulación del circuito arrojó una respuesta como la que se aprecia más abajo, mostrándose en la figura P4.17.b) aproximadamente $100 \mu\text{s}$ del transitorio, y en la figura P4.17.c) un detalle del frente de la onda. Se piensa emplear un osciloscopio digital Hewlett-Packard modelo HP 54603B, como el que se utiliza en el Trabajo Práctico N° 4 y de puntas atenuadoras adecuadas x1, x10 y x100, todas con 1 m de cable coaxial de 100 pF de capacidad. Justificando sus respuestas indique:

a) si el osciloscopio es apto para ver el fenómeno en estudio. Interesa en particular la justificación de si será capaz de ver el flanco de subida;

b) Cómo conectaría el osciloscopio al circuito y cómo dispondría los controles del mismo para ver, en un caso, el flanco de subida de la onda, y en otro, determinar el tiempo que tarda la misma en alcanzar la mitad de su valor máximo, en su flanco decreciente. ¿Podrá ver los dos fenómenos en una misma pantalla? ¿por qué?

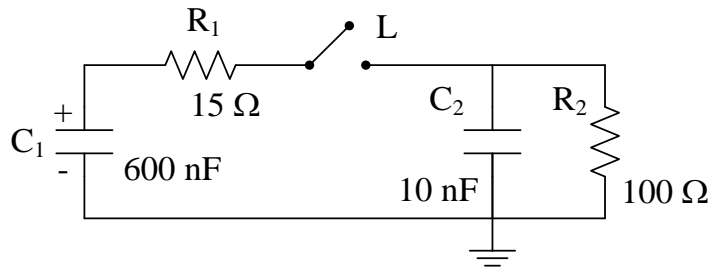


Figura P4.17.a)

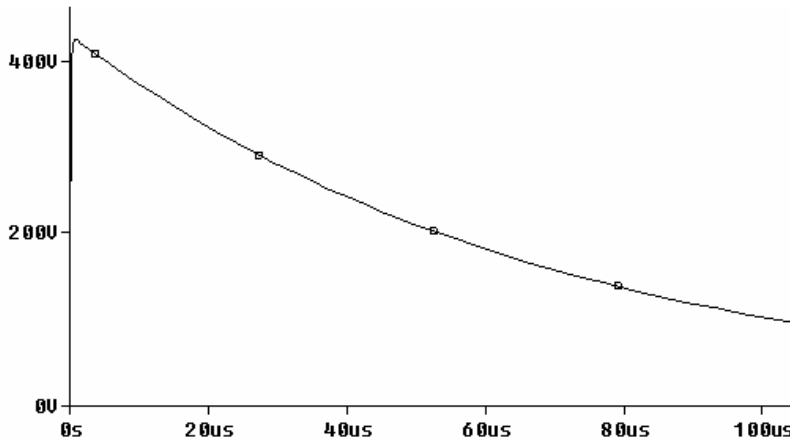


Figura P4.17.b)

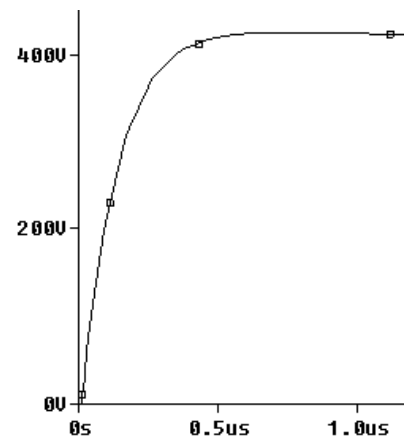
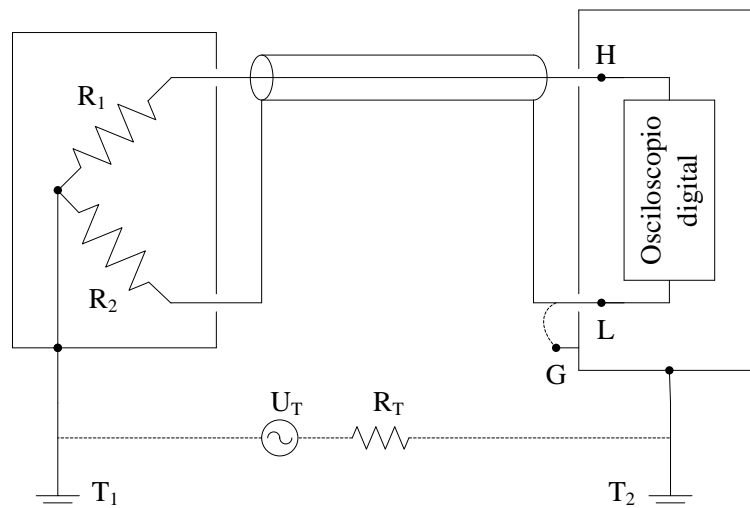


Figura P4.17.c)

Problema N° 4.18:

La figura P4.18 corresponde al esquema de un circuito propuesto para el registro de la variación de temperatura de un cierto dispositivo. R_1 y R_2 representan al circuito equivalente de un medidor de temperatura con termocupla (instrumento, juntura fría, circuito de adaptación de señal, termocupla, etc).

La señal que se obtiene es de aproximadamente 20 mV, y se pretende poder detectar variaciones de la misma del orden de $\pm 10\%$, en lapsos que no superan los 5 minutos.



$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega ; R_2 = 2 \text{ k}\Omega ; R_{LG} > 50 \text{ M}\Omega ; C_{LG} \cong 0,5 \text{ nF}$$

$$U_T = 0,5 \text{ sen } 2\pi f t \text{ [V], con } f = 50 \text{ Hz ; } R_T = 0,1 \Omega$$

Figura P4.18

Nota: la capacidad del cable coaxial usado, entre su conductor central y la malla, es de aproximadamente 100 pF.

El osciloscopio digital usado (denominado muchas veces, en casos como este, registrador digital) es de 10 bits, 250 Ms/s, impedancia de entrada (Z_e) 1 M Ω en paralelo con 30 pF, presentación máxima en horizontal de 2048 muestras en una pantalla con 10 divisiones. Pretrigger ajustable desde 0 % hasta el 100 % de la longitud total del registro. Rangos de tensión 2 mV/div a 5V/div en pasos con secuencia 1-2-5, en 8 divisiones verticales. Base de tiempo 5 μ s/div a 50 s/div en pasos con secuencia 1-2-5. Exactitud en vertical: $\pm 3\%$, exactitud en horizontal: $\pm 0,5\%$. A los fines de mejorar las condiciones de medición, el aparato ha sido provisto de un blindaje, con una conexión accesible a través del borne G. Las tierras T₁ y T₂ no pueden ser desconectadas. Entre ellas existe una diferencia de potencial U_T y una resistencia equivalente R_T .

a) El operador que propuso el circuito dice que, por cuestiones de seguridad, es indispensable efectuar la conexión que une al blindaje (G) con la malla del cable coaxial (L), en tanto que, un segundo operador, sostiene que es inviable realizar la medición en esas condiciones ¿Ud. qué opina? Justifique cuantitativamente su respuesta, y dibuje claramente el circuito equivalente que corresponde a cada uno de los casos propuestos por sendos operadores. ¿Qué señal espera ver en la pantalla del osciloscopio?

b) Durante registros de temperatura efectuados según lo descripto en el ejercicio anterior, y debido a una interferencia de origen externo, superpuesto a la tensión medida, aparece un pulso de forma aproximadamente triangular, con una amplitud cercana a los 100 mV, y duración y cadencia de repetición de aproximadamente 10ms y 5s, respectivamente. Detalle cómo dispondría los controles del osciloscopio usado si, a los fines de investigar el fenómeno, se pretendiera visualizar en la pantalla del osciloscopio, lo más detalladamente posible, el pulso triangular citado.