

MEDIDAS ELÉCTRICAS  
CURSO 2022 (1er semestre) - PARCIAL MÓDULO B - 29/6/2022

Apellido y nombre: Vázquez Guillermo

Nro. Alumno: 666

Comisión: 43

Cantidad de hojas:

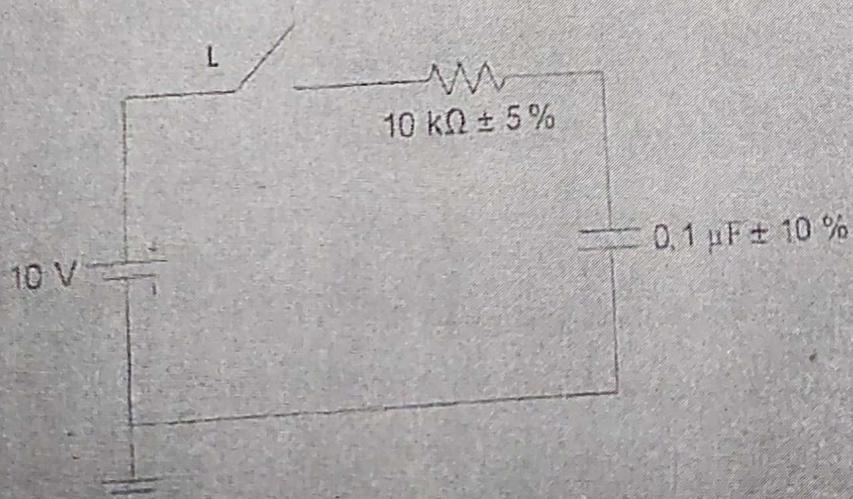
Unidad Temática N° 4

En el circuito de la figura se quieren visualizar simultáneamente la tensión y corriente en el capacitor a partir del instante de cierre de la llave L, para luego medir el tiempo de subida de la señal de tensión y el valor pico de la corriente, ambas con un error límite menor al 5%.

Para realizar la medida se planea utilizar un osciloscopio digital Agilent 54603B, como el utilizado en el laboratorio.

Se cuenta con puntas x1, x10 y x100, con 1 m de cable de 100 pF/m y con resistencias derivadoras de valores 1; 10; 100 y 1000 Ω, todas con tolerancias del 0.1 % y 0.25 W de potencia admisible.

- ¿Considera adecuada la elección de este osciloscopio para realizar las medidas? Justifique su respuesta.
- Explique cómo realizaría cada una de las dos medidas, indicando claramente la conexión y tipo de puntas al circuito, la disposición de los controles de disparo (fuente, modo, nivel y pendiente), atenuador vertical, acoplamiento, base de tiempo, controles de almacenamiento en caso de utilizarlo y pretrigger.
- Dibuje lo que observaría en la pantalla del osciloscopio e indique claramente en qué posición quedarían los cursores para realizar las medidas.
- Determine y cuantifique cada uno de los errores que intervienen en la medida y acote correctamente el resultado de la misma utilizando la teoría de errores límite.
- Un operador dice que con un amperímetro se podría medir mucho mejor el pico de la corriente. ¿Ud. qué opina? Justifique su respuesta.



a)

PRIMERO ANALIZAREMOS SI EL ANCHO DE BANDA DEL OSCILOSCOPIO ES EL ADECUADO PARA ESTA MEDICIÓN

$$BW = 60 \text{ MHz}$$

$$T_c = R \cdot C = 10 \text{ k}\Omega \cdot 0,1 \mu\text{F} \Rightarrow T_c = 0,1001 (\text{s}) = 1 \text{ ms}$$

$$t_{ss} = T_c / 2 \cdot RC \Rightarrow t_{ss} = 2,7 \text{ ms}$$

$$t_{so} = \frac{0,35}{BW} = \frac{0,35}{60 \text{ MHz}} \Rightarrow t_{so} = 5,83 \text{ ns}$$

$$t_{sm} = \sqrt{(t_{ss})^2 + (t_{so})^2}$$

$$t_{sm} = \sqrt{(2,7 \text{ ms})^2 + (5,83 \text{ ns})^2}$$

$$t_{sm} \approx 2,7 \text{ ms}$$

$\epsilon_{ins} \approx 0\%$   $\therefore$  Podemos despreciarlo frente al  $\pm 0,01\%$  que es el exactitud del osciloscopio en horizontal

- POR OTRO LADO

$$f_m = 20 \text{ MHz} \quad \therefore 1 \text{ muestra cada } (50 \text{ ns})$$

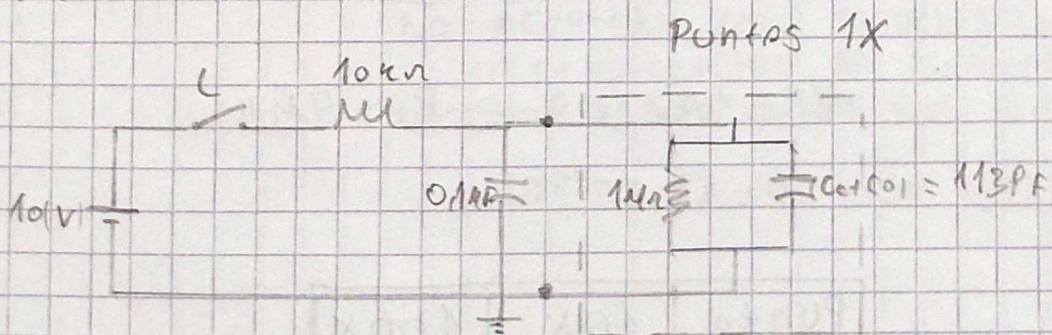
como  $t_{sm} = 1 \text{ ms}$   $\Rightarrow$  No hay inconvenientes con la velocidad de muestreo

$\therefore$  El osciloscopio tiene ANCHO DE BANDA Y VELOCIDAD DE MUESTREO ADECUADAS PARA LA MEDICIÓN.

b)

### MEDICIÓN DE "Uc"

PARA REALIZAR LA MEDICIÓN DE "Uc" EN EL OSCILOSCOPIO EL CIRCUITO QUEDA ASÍ:



ANALIZAREMOS DE 2 FORMAS : Respuesta FORZADA ( $t \rightarrow \infty$ )  
RESPUESTA NATURAL ( $t = 0$ )

PUNTOS 10X (RESPUESTA FORZADA)

$$U_{in} = \frac{U_m - U}{U} = \frac{U * \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{os}}}{U} = 0$$

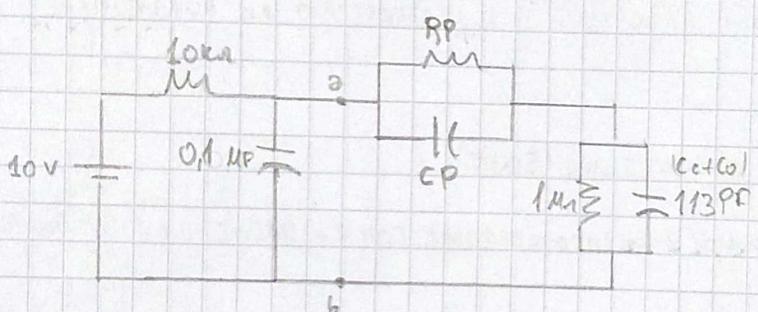
$$e_{inS} = \frac{U_{in} - U}{U} = \frac{-10\text{ kV}}{1\text{ M}\Omega + 10\text{ kV}} * 100\% = -100\%$$

$$e_{inS} = -0,99\% \approx -1\%$$

NO DESPRECIABLE FRECUENCIA AL 2% DE  
LA EXACTITUD VERTICAL DEL OSCILOSCOPIO

\* NO ES necesario estudiar la RESPUESTA NATURAL, ya que debemos PONER  
A PUNTOS 10X

Circuito equivalente con PUNTOS 10X o 100X :



Como la PUNTA ESTA COMPENSADA, DEBE CUMPLIRSE

$$* R_p + C_p = R_o * (C_C + C_O) \quad * \frac{R_o}{R_p + R_o} = \frac{U_s}{U_e} = 0,1$$

$$(R_p + R_o) * 0,1 = R_o$$

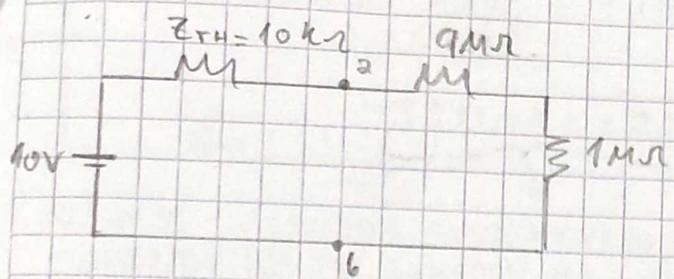
$$R_p = \frac{R_o}{0,1} - R_o = R_o (10 - 1)$$

$$R_p = 1\text{ M}\Omega * 9 \Rightarrow R_p = 9\text{ M}\Omega$$

$$C_p = 1\text{ M}\Omega * 113\text{ PF} \Rightarrow C_p = 12,55\text{ PF}$$

PUNTA	10X	100X
R <sub>p</sub>	9 MΩ	99 MΩ
C <sub>p</sub>	12,55 PF	1,14 PF

## Puntas 10x (Respuesta FORZADA)



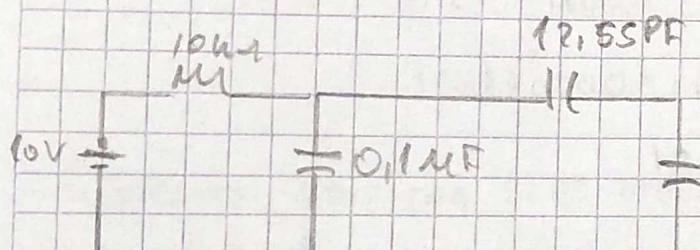
$$\epsilon_{ins} = \frac{Z_{TH}}{Z_{TH} + Z_{in}}$$

$$\epsilon_{ins} \approx \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 1M\Omega} * 100\% \quad (10k\Omega \ll 1M\Omega)$$

$$\epsilon_{ins} = -0,1\%$$

Despreciable frente al 2% de la exactitud vertical del osciloscopio

## (RESPUESTA NATURAL)



$$C_T = 0,1\mu F + (12,55PF // 113PF)$$

$$C_F = 0,1\mu F + 11,3PF$$

$$C_T = 0,1000113\mu F$$

$$t_{sm} = Z_{TH} * 10k\Omega * 0,1000113\mu F$$

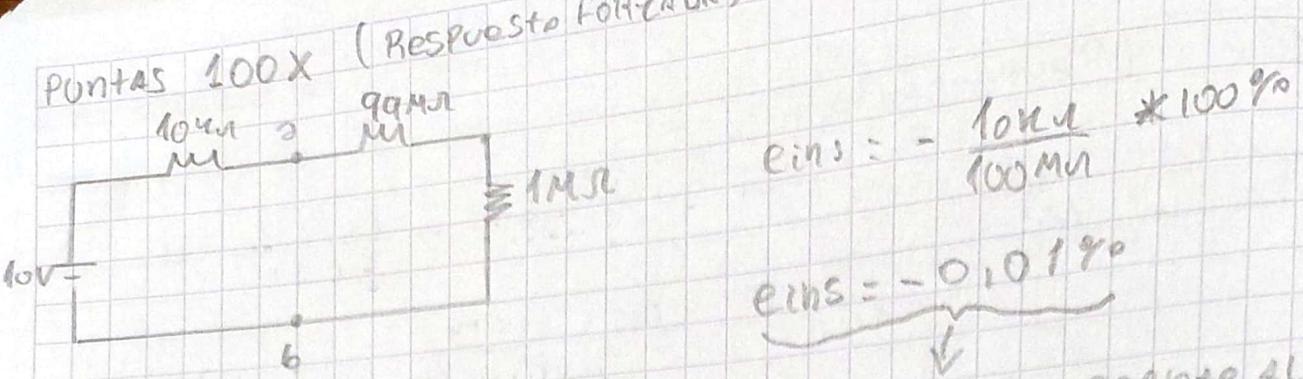
$$t_{sm} = 1,20025\text{ ms}$$

$$\epsilon_{ins} = \frac{t_{sm} - t_{ss}}{t_{ss}} * 100\% = 1,20025\text{ ms}$$

$$\epsilon_{ms} = \frac{1,20025\text{ ms} - 1,2\text{ ms}}{1,2\text{ ms}} * 100\%$$

$$\epsilon_{ins} = 0,011\%$$

Aceptable, pero es del mismo orden frente a la exactitud del osciloscopio en horizontal que es del orden del 0,101%



(Respuesta Natural)

$$CP = 1.14 \text{ PF}$$

$$IL = 113 \text{ PF}$$

$$CT = 0.1 \text{ MF} + (1.14 \text{ PF} // 113 \text{ PF})$$

$$CT = 1.13 \text{ PF} + 0.1 \text{ MF}$$

$$CT = 0.1000011 \text{ MF}$$

$$t_{sm} = 2\pi \times 10nF \times 0.1000011 \text{ MF}$$

$$t_{sm} = 2.200025 \text{ ms}$$

$$e_{in} = \frac{t_{sm} - t_{ss}}{t_{ss}} = \frac{2.200025 \text{ ms} - 2.12 \text{ ms}}{2.12 \text{ ms}} * 100\%$$

$$e_{in} = 0.0011\%$$

DESpreciable frente al 0.01% (exactitud horizontal del osciloscopio)

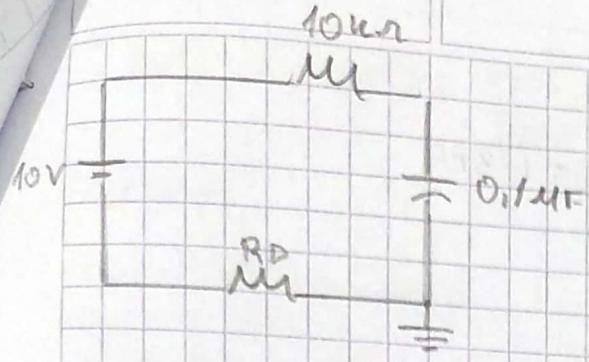
- Elijo Puntas 100 X para la medición de "Uc"

### Medición de IC

Como el osciloscopio solo mide tensión, para medir el corriente en el capacitor  $\Rightarrow$  Debo conectar una resistencia derivadora, que debe cumplir 2 condiciones:

- 1 - Debe ser chico para tener un error de inserción despreciable
- 2 - Debe ser medida para el osciloscopio.

Entonces la medición quedara de la siguiente manera



$$e_{ins} = \frac{f_{ss} - f_{os}}{f_{ss}} = \frac{2,2(R+RD)+C}{2,2 R \times C} - 7,2 \cdot RC$$

$$e_{ins} = \frac{2,2(R+RD)RC - 1}{2,2 RC} = \frac{R+RD-1}{R}$$

$$\frac{R+RD-R}{R} = \frac{RD}{R}$$

$$e_{ins} = \frac{RD}{R} * 100\%$$

$\Rightarrow$  De los resistores disponibles elijo el más pequeño

$$RD = 1\Omega \rightarrow 0,1\%$$

$$e_{ins} = \frac{1\Omega}{10k\Omega} * 100\% = 0,01\%$$

Aceptable, pero no despreciable  
frente a la exactitud del osciloscopio  
en horizontal.

$\rightarrow$  Debemos verificar si es medible para el osciloscopio

$$I_{cmáx} = \frac{10(V)}{10k\Omega} = 1mA$$

$$U_{RDmáx} = (1mA * 1(\Omega)) = \underline{\underline{1mV}}$$

Demasiado chico  $\rightarrow$  no medible  
con el osciloscopio

Se elige  $RD = 10(\Omega)$

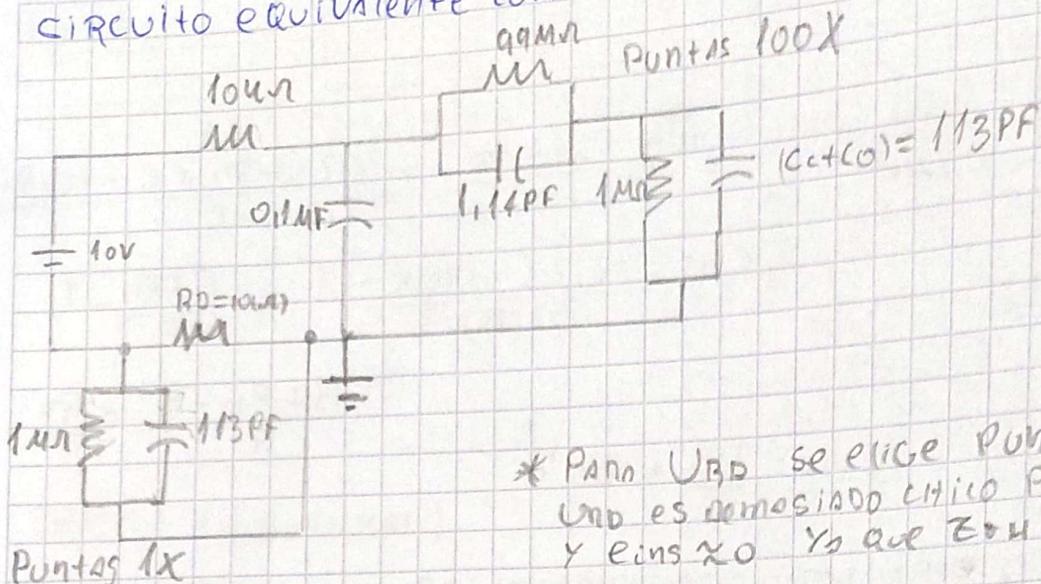
$$e_{ins} = \frac{10(\Omega)}{10k\Omega} * 100\% = \underline{\underline{0,1\%}}$$

co no despreciable (pero no  
se dispone una alternativa  
mejor)

$$U_{RDmáx} = 1mA * 10(\Omega) = 10mV$$

$\rightarrow$  medible ya que la ganancia  
mínima son  $2mV/div$

CIRCUITO EQUIVALENTE COMPLETO



\* Para U<sub>RD</sub> se elige Puntas 1X, ya que  
uno es demasiado chico para atenuarse  
y eins > 0. Ys que Z<sub>TH</sub> ≈ R<sub>D</sub> = 100MΩ

$$R_{TH} = 10(\Omega) / (10k\Omega + 100M\Omega)$$

$$\therefore R_{TH} \approx 10(\Omega)$$

$$eins = \frac{10(\Omega)}{1M\Omega} * 100 \%$$

$$eins = 0,1001 \% \quad \text{Despreciable}$$

CONTROLES  
numéricos

CH1: Para U<sub>C</sub> (100X)

$$U_{Cmax} = \frac{10(V)}{100k} = 0,1(V)$$

CH2: Para U<sub>RD</sub> (1X)

$$\text{ATENUADOR } U_C : \frac{0,1(V)}{8div} = 0,0125 \frac{V}{div}$$

$$\bullet \text{Atenuación } U_C = 20 \frac{mV}{div} \bullet$$

$$\bullet \text{Atenuador } R_D : \frac{10mV}{8div} = 1,25 \frac{mV}{div} \quad U_{RDmax} = 10mV$$

$$\bullet \text{Atenuación } R_D = 2 \frac{mV}{div} \bullet$$

- BASE DE TIEMPO: Se necesitan 5T<sub>0</sub> ya que en este tiempo se deben responder el transitor del circuito

$$\Rightarrow t = 5T_0 = 5ms \rightarrow \text{toda la respuesta}$$

• Pausa de tiempo: 5ms  
 $\frac{1}{10\text{div}} = 0,5\text{ms/div}$  → Ajustable.

- trigger

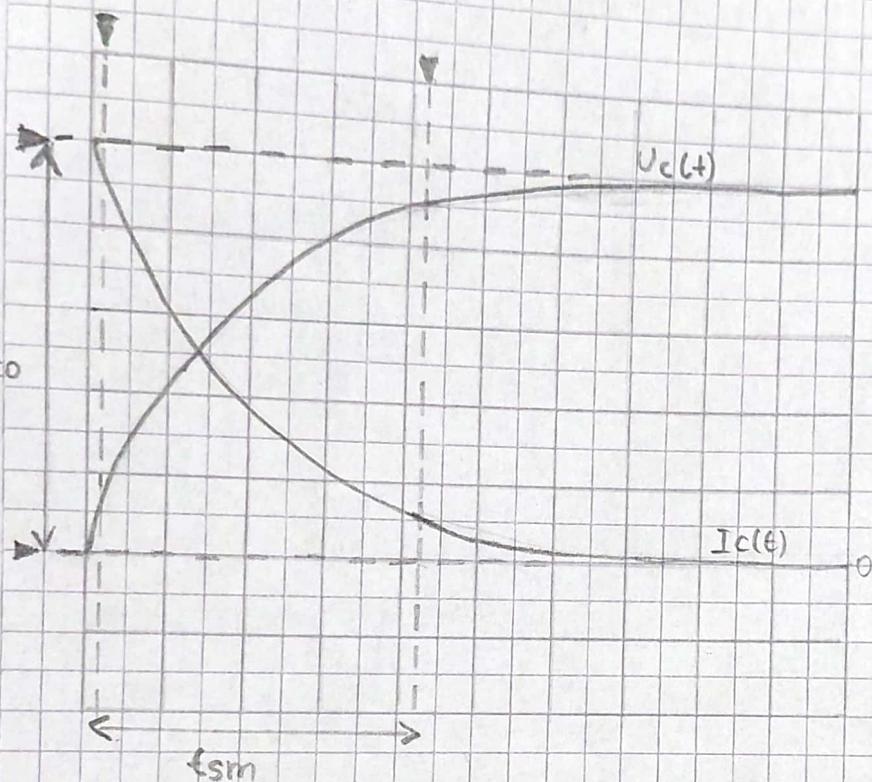
MODO: disparo único

FUENTE: CH1

ACOPLAMIENTO: DC

NIVEL DE DISPARO  $\approx 0\text{V}$ ; pendiente "+" → sin pretrigger

c)



d)

$$\text{En vertical pongo } I_{\text{cmáx}} = \frac{U_{RD,\text{pico}}}{R_D} \Rightarrow E_{I\text{cmáx}} = E_{URD} + E_{RD}$$

AL UTILIZAR DOBLE CURSOR

Exactitud en el vertical =  $\pm 2\% \text{ Umedido} + 0,4\% \text{ fondo de escala}$

$$E_{URD} = \frac{2}{100} \times 10\text{mV} + \frac{0,4}{100} \times (8\text{div} \times 2\text{mV})$$

$$E_{URD} = \pm 0,264\text{mV} \Rightarrow E_{URD} = \frac{0,1764\text{mV}}{10\text{mV}} \times 100\%$$

$$E_{URD} = 1,64\%$$

$$E_{I\text{cmáx}} = 2,164\% + 0,1\% = 2,74\%$$

$$E_{xc} = \frac{2,74}{100} * 1 \text{ ms} = 0,027 \text{ ms}$$

$$E_{xc} = 0,03 \text{ ms}$$

$$I_{C_{Pico}} = [1,00 \pm 0,03] (\text{mA})$$

- En Horizontal tiempo de subida

$$t_{sm} = 4,4 \text{ div} \times \frac{0,5 \text{ ms}}{\text{div}} = 2,2 \text{ ms}$$

Doble cursor

$$E_{tsm} = \frac{0,06}{100} \times 2,2 \text{ ms} + \frac{0,12}{100} \times 10 \times \frac{0,5 \text{ ms}}{\text{div}} + 200 \text{ ps}$$

$$E_{tsm} = 0,01 \text{ ms}$$

$$t_{sm} = (2,20 \pm 0,01) [\text{ms}]$$

e)

Falso, ya que el transitorio del circuito es RÁPIDO y no podemos detectar el pico de corriente.