ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN BÁSICAS
EXAMEN FINAL (PRIMER PARCIAL) – ENERO 2013

APELLIDOS:		NOMBRE:	

- Escriba su nombre y apellidos en los recuadros.
- No quite la grapa. No separe las hojas.
- Responda a cada cuestión en el espacio reservado para ello (bajo el enunciado y en la cara posterior de la hoja).
- Solamente se recogerá este cuadernillo, no admitiéndose la incorporación de hojas sueltas adicionales.

EJERCICIO 1. (4 puntos)

Se intenta caracterizar cierto generador de señal desconocido. Se dispone para ello de un voltímetro digital (CA y CC) y de un osciloscopio con una sonda en modo X1.

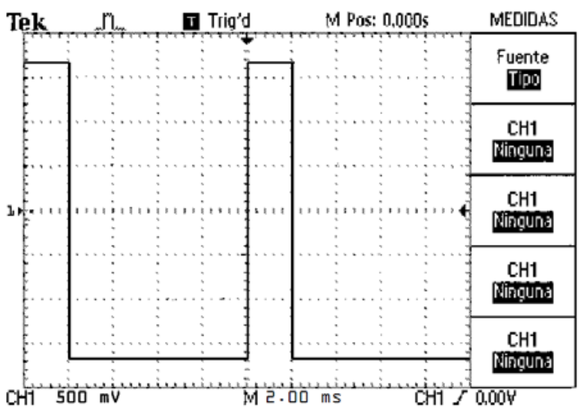
Se mide la salida con el voltímetro **en CA** y se obtiene una lectura de 2,946 V. Se sustituye el voltímetro por el osciloscopio en **modo CA** y se observa una señal senoidal de 1,67 V de amplitud y 100 Hz.

a) Calcule la amplitud de la tensión en circuito abierto que proporcionaría el generador y su resistencia interna. (1 p)

Suponemos que el generador está ajustado a una tensión de pico V_g y posee una resistencia de salida R_g. Sabemos que la caída de tensión en el voltímetro será de 2,946 V_{rms}= 4,166 V_p, por ser senoidal, y que a 100 Hz la parte resistiva de la impedancia de entrada del voltímetro es dominante frente a la capacitiva ($10\,\mathrm{M\Omega} << 160\,\mathrm{M\Omega} = \left(2\pi*100*10^{-11}\right)^{-1}$). Por lo tanto, la tensión medida será $V_m = \frac{V_g}{R_g + R_m} R_m$. De la misma forma, en el caso del osciloscopio la impedancia de entrada será resistiva, ya que $1\,\mathrm{M\Omega} << 16\,\mathrm{M\Omega} = \left(2\pi*100*10^{-10}\right)^{-1}$, por lo que $V_{osc} = \frac{V_g}{R_g + R_{osc}} R_{osc}$ De donde, sustituyendo y dividiendo ambas expresiones queda $\frac{4{,}166\,V_p}{1{,}67\,V_p} = \frac{10\ \ R_g + 10\ M\Omega}{R_g + 10\ M\Omega} = 2{,}5 \Rightarrow R_g = 2\ M\Omega$, de la misma manera $V_g = \frac{V_m\left(R_g + R_m\right)}{R_m} = 4{,}166\,V_p \frac{12}{10} = 5\,V_p$

Suponga, a partir de ahora, que la amplitud es de 5V y su resistencia interna de 2 MΩ y que desconocemos si existe algún offset.

Se acciona un botón y la forma de onda observada en el osciloscopio **en modo CC** pasa a ser una onda cuadrada, que sigue variando entre + 1,67V y -1,67 con un 20% de ciclo de trabajo y la misma frecuencia de repetición (100Hz) anterior como la de la figura:
Se pide:



b) Valor eficaz de la señal en pantalla del osciloscopio. (1 p)

El valor eficaz de la señal observada sería el mismo que el de una continua de 1,67 V, ya que al elevar la tensión al cuadrado para hallar la integral desaparecería el signo y darían resultados equivalentes. ***El valor eficaz será, pues de 1,67 V_{rms}***.
O bien, integrando,

$$V_{ef}=\sqrt{\frac{1}{T}\left(\int_0^{T/5}1{,}67^2\,dt+\int_{T/5}^{T}(-1{,}67)^2\,dt\right)}=1{,}67\sqrt{\frac{1}{T}\left(\int_0^{T/5}dt+\int_{T/5}^{T}dt\right)}=1{,}67\sqrt{\frac{1}{T}\left(\frac{T}{5}+\frac{4T}{5}\right)}=1{,}67V_{rms}$$

c) Valor medio de la señal en pantalla del osciloscopio. (1 p)

El valor medio puede obtenerse como la suma (con signo) de las áreas en un periodo dividida por dicho periodo. En nuestro caso $\overline{V}=\frac{1}{T}\left(1{,}67\frac{T}{5}-1{,}67\frac{4T}{5}\right)=-1{,}67\frac{3T}{5T}\ V=-1V$

Se desconecta el osciloscopio y se mide ahora con el voltímetro:

d) Lecturas que daría ahora dicho instrumento en CC y en CA. (1 p)

Primero hemos de ver cuál es el valor del offset del generador y su verdadero valor eficaz calculados a partir de la medida del osciloscopio y de la atenuación sufrida. Hemos visto que el efecto de carga del osciloscopio es, a 100 Hz y para una señal senoidal es resistivo y tal que hace que los 5 V_p del generador se atenúen hasta 1,67 V_p en la entrada del osciloscopio. La atenuación correspondiente será de 5/1,67=3. Esa atenuación será igual para el posible offset de continua. Por un razonamiento igual al del apartado anterior se deduce que el valor eficaz del generador es, ahora, de ***V_g = 1.67V_{rms}*3= 5 V_{rms}***

Es decir, el offset del generador será el valor medio de la tensión observada en el osciloscopio multiplicado por dicho factor, o lo que es lo mismo, ***V_{offset} = -1V*3= -3 V.***

*La atenuación producida por la carga del multímetro en esas condiciones hemos visto que era de 12/10=1,2. Por lo tanto, en bornas del multímetro aparecerán $V_{multímetroRMS}$=5*10/12=4,167 V_{rms} y el valor de continua será $V_{multímetroDC}$ = -3*10/12 = -2,5V. Por lo tanto,* ***en CC el multímetro medirá -2,5V***.

En CA, *la lectura del multímetro responderá sólo al valor eficaz de la componente alterna, es decir, habrá que recordar que* $V^2_{RMSTotal}=V^2_{RMS\_CA}+V^2_{CC}\Rightarrow V_{RMS\_CA}=\sqrt{V^2_{RMSTotal}-V^2_{CC}}=3{,}333V_{rms}$ *y la lectura será de 3,33V_{rms}.*

Las características del voltímetro son:
Circuito equivalente de su entrada: R de 10 MΩ en paralelo con C de 10pF (En CA y CC)
- Modo CA: Muestra el valor eficaz de la componente alterna de la tensión en la entrada
- Modo CC: Muestra el valor medio de la tensión en la entrada

Las características del conjunto sonda-canal del osciloscopio son:
Circuito equivalente de su entrada: R de 1 MΩ en paralelo con C de 100pF (En CA y CC).

EJERCICIO 2. (3 puntos)

Se dispone de dos condensadores, uno de 1µF de capacidad y 25V de tensión nominal, y otro de 0.1µF de capacidad y 16V de tensión nominal; ambas capacidades son independientes de las condiciones de operación. En ambos casos, tanto la constante de tiempo de autodescarga τ, que vale 10^3s, como la tan(δ), que vale 10^{-3}, son iguales para ambos condensadores en las condiciones de operación. Estos condensadores se montan en paralelo y se conectan a un generador que proporciona una onda seno de frecuencia 1kHz, de amplitud a determinar y una tensión continua V_{dc} de 10V,

a) Obtenga la potencia que disipa el condensador de 0.1µF si la amplitud de la onda seno está ajustada inicialmente a 0V. (0,5 p)

La potencia total es la que disipa en dc más la que disipa en ac:

$$W_T = W_{dc} + W_{ac}$$

Como la amplitud de la onda seno es 0V → W_{ac}=0.
En dc tenemos que:

$$\left.\begin{aligned} & W_{dc} = \frac{V_{dc}^2}{R_I} = \frac{(10V)^2}{R_I} \\ & y \\ & \tau = R_I \cdot C_I \Rightarrow R_I \cdot = \frac{\tau}{C_I} = \frac{10^3 s}{10^{-7}\mu F} = 10^{10}\Omega \end{aligned}\right\} W_{dc} = \frac{V_{dc}^2}{R_I} = \frac{(10V)^2}{10^{10}\Omega} = 10^{-8}W = \mathbf{10nW} = \mathbf{W_T}$$

b) Obtenga la constante de tiempo de autodescarga del conjunto paralelo de ambos componentes. (1 p)

La constante de tiempo de autodescarga será el producto del paralelo de las resistencias de aislamiento de cada condensador por el paralelo de las capacidades.

$$\tau_{eq} = R_{I\_eq} \cdot C_{Eq}$$

El paralelo de las resistencias de aislamiento de cada condensador,

$$R_{I\_eq} = R_{I\_C1} // R_{I\_C2} = \frac{10^9 \cdot 10^{10}}{10^9 + 10^{10}} = \frac{10^9 \cdot 10 \cdot 10^9}{10^9 + 10 \cdot 10^9} = \frac{10}{11} \cdot 10^9\Omega$$

Y el paralelo de las capacidades,

$$C_{Eq} = C_1 + C_2 = 1\mu F + 0.1\mu F = 1.1\mu F$$

Por lo que: $\tau_{eq} = R_{I\_eq} \cdot C_{Eq} = \frac{10}{11}10^9\Omega \cdot 1.1\mu F = \mathbf{10^3}\, s = \boldsymbol{\tau}$

Sabiendo que estos condensadores no están limitados por potencia en las condiciones de trabajo,

c) Obtenga la máxima amplitud de la onda seno que debe proporcionar el generador para evitar dañar ningún condensador, indicando cuál es el que limita (0,5 p)

Al no limitar la potencia, el límite de operación lo establece la tensión nominal,

$$V_N \geq V_{dc} + V_{p\_ac}$$

La menor tensión nominal de los dos condensadores es la del de 0.1μF, que tiene 16V. Para V_{dc}=10V:

$$16V \geq 10V + V_{p\_ac} \Rightarrow \boldsymbol{V_{p\_ac} \leq 6V}$$

Seguidamente se ajusta en el generador V_{dc} a 0V y se aplica al paralelo de ambos condensadores una onda seno de amplitud V_o=10V_p,

d) Calcule la potencia disipada por el condensador de 1μF. (1 p)

La potencia total es la que disipa en dc más la que disipa en ac:

$$\mathrm{W_T} = \mathrm{W_{dc}} + \mathrm{W_{ac}}$$

Como V_{dc} es 0V → W_{dc}=0.

$$\mathrm{W_T} = \mathrm{W_{ac}} = I_{ef}^2 \cdot R_s$$

Como tan(δ)=10^{-3} <<1:

$$I_{ef} \cong \frac{V_p/\sqrt{2}}{\frac{1}{\omega \cdot C}} = \left(V_p/\sqrt{2}\right) \cdot \omega \cdot C = \left(10V/\sqrt{2}\right) \cdot \left(2\pi \cdot 10^3\right) \cdot 10^{-6}\,\mu F = 44.4mA$$

Y

$$R_s = \frac{tg(\delta)}{\omega \cdot C} = \frac{10^{-3}}{2\pi \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{2\pi}$$

Por lo que:

$$W_T = W_{ac} = I_{ef}^2 \cdot R_s = (44.4mA)^2 \cdot \frac{1}{2\pi} = \boldsymbol{0.314mW}$$

EJERCICIO 3. (3 puntos)

Un resistor de película de valor medido 1 kΩ a la temperatura nominal de 25ºC presenta un valor de su resistencia de 1005 Ω a 50ºC de temperatura ambiente. (NOTA: estas medidas se realizan usando una corriente muy baja de tal manera que la potencia disipada en el componente es despreciable)

a) Calcular el coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura, indicando su signo. (1 p)

Por definición $\alpha = \frac{1}{R}\frac{dR}{dT}$ *que se puede calcular como* $\alpha = \frac{1}{R_0}\frac{(R-R_0)}{(T-T_0)}$ *si las variaciones de R son suficientemente pequeñas.*

Por tanto $\alpha = \frac{1}{1000}\frac{(1005-1000)}{(50-25)} = 2 \cdot 10^{-4}\ ℃^{-1}$ *que equivale a 0.02 %/ºC*

Si se aplica una tensión de 20.3 V en sus bornes a 25ºC de temperatura ambiente, la corriente que circula por él resulta ser de 20 mA en vez de la esperada.

b) Calcular el nuevo valor de la resistencia del resistor (0,5 p)

La resistencia del resistor en estas condiciones vendrá dada por la ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20.3}{20 \cdot 10^{-3}} = 1015\ \Omega$$

c) Calcular la temperatura del cuerpo del componente en estas condiciones (0,5 p)

Usando el coeficiente de temperatura calculado en a):

$$R(T) = R(T_0) \cdot \left(1 + \alpha \cdot (T - T_0)\right) = 1000 \cdot \left(1 - 2 \cdot 10^{-4} \cdot (T - 25)\right) = 1015\ \Omega$$

Despejando resulta T=100 ºC

d) Calcular la resistencia térmica del resistor (0,5 p)

La potencia disipada por el resistor es $P = V \cdot I = 20.3 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0.406\ W$

La potencia se relaciona con el incremento de temperatura a través de la resistencia térmica:
$P = \frac{1}{R_{Th}} \cdot (T - T_0)$ *de donde se puede extraer el valor de* R_{Th}, $R_{Th} = \frac{(T-T_0)}{P} = \frac{(100-25)}{0.406} = 184.7\ ℃/W$

e) Dibujar la curva de deswataje en los ejes de la figura siguiente indicando cual es la potencia nominal si la máxima temperatura de funcionamiento es 155ºC. (0,5 p)