

**Examen de Medidas Eléctricas
Diciembre 2025**

Importante: La letra del examen está acompañada por un instructivo que debe ser tenido en cuenta para la resolución de los problemas.

Problema 1 (30 p)

Se dispone de un osciloscopio digital, 8 bits, 1000 puntos, con pantalla 10 Hor, 8 Vert y escalas 1, 2, 5.

Para relevar la respuesta en frecuencia de un circuito pasa-banda (cero en el origen y dos polos), cuyas frecuencias de corte se espera que sean 500 Hz y 50 kHz, elabora una automatización que realiza un barrido con señales monofrecuenciales. Adquirirá 50 puntos.

Dispone de un generador de señales (escalas 1, 2, 5 Vpp), que brinda hasta 20 Vpp en la escala de 1 μ Hz a 5 MHz.

La señal de entrada estará conectada en el canal 1 y la señal de salida en el canal 2.

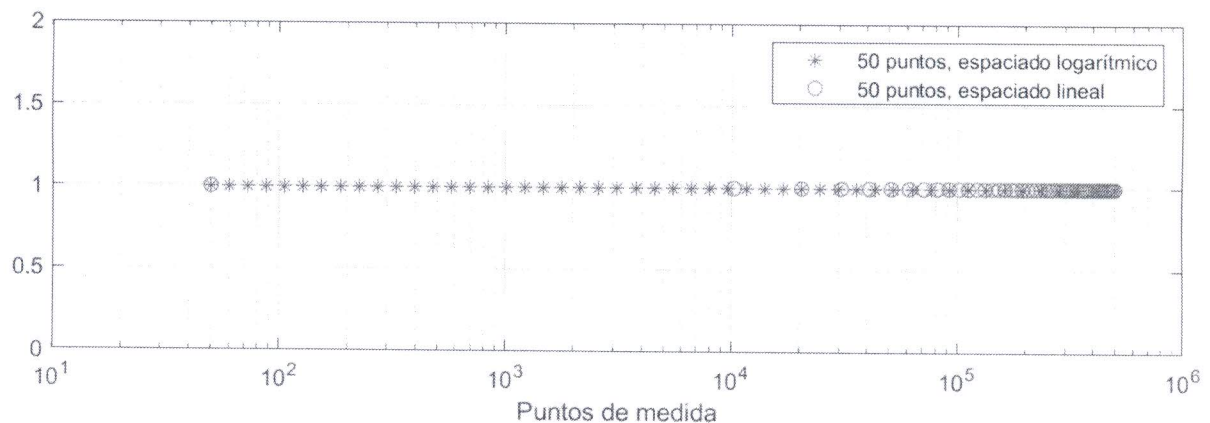
- Indicar el tipo de escala a utilizar para el vector de frecuencias y el rango (frecuencia mínima y máxima) a relevar. (5p)
- Indicar la amplitud de entrada con la que trabajará, justificando la elección. Indique la escala vertical utilizada y la resolución vertical para el canal de la entrada. (5p)
- Utilizará como trigger uno de los dos canales y modo NORMAL. Indicar la configuración del trigger. Justificar. (3p)
- Para la señal de frecuencia más baja del rango, elegir una cantidad entera de periodos a observar en la pantalla del osciloscopio, indicar la resolución temporal y determinar cuánto tiempo es necesario para que la señal se estabilice si utiliza el modo AVERAGE 16. (7p)
- Bosquejar qué esperaría ver en la pantalla del osciloscopio al relevar la frecuencia de 500 Hz. Indicar claramente todas las escalas utilizadas. Indicar dónde está el trigger. (10)

1/12

a)

Para ver el efecto pasabanda elijo el rango de frecuencia una década por debajo de la mínima hasta una década por encima de la máxima. De esta forma el rango de frecuencias será [50 Hz – 500 kHz].

Como el rango de frecuencias abarca cuatro décadas, es conveniente utilizar una escala logarítmica. Esto da aproximadamente 13 puntos por década. Si eligiera una escala lineal, el espaciamiento de frecuencia sería aproximadamente 10000 Hz, esto hace que los puntos se concentren en la última década.



b)

Primero determino el valor a utilizar en el generador, como no hay más datos, es razonable elegir 10 Vpp. Obs: Se puede trabajar hasta en 20 Vpp, pero está en el límite de la respuesta del generador y puede tener efectos no lineales. Evito trabajar con amplitudes demasiado bajas, porque las amplitudes de entrada altas dan mejor SNR.

Utilizo la escala de 2V/div, con esto en la pantalla puedo tener hasta 16 Vpp

La resolución del conversor A/D es: $\Delta V = \frac{V_{max}}{2^N} = \frac{16}{256} = 62.5 \text{ mV}$

c)

Elijo trigger en el canal 1 porque no cambia de amplitud.

Elijo modo normal, nivel de disparo 0 V, flanco de subida.

El nivel de disparo 0 V es el que hace la adquisición menos sensible al ruido, aunque hay un rango amplio de niveles de disparo en los que el sistema funciona razonablemente. Nunca poner el nivel de disparo cerca de los máximos o mínimos de una senoide, que se ven muy afectados por el ruido.

d)

2/12



Señal de frecuencia más baja 50 Hz (período 20 ms). Elijo ver cinco ciclos completos en la pantalla.

Entonces el tiempo de la pantalla es de 100 ms.

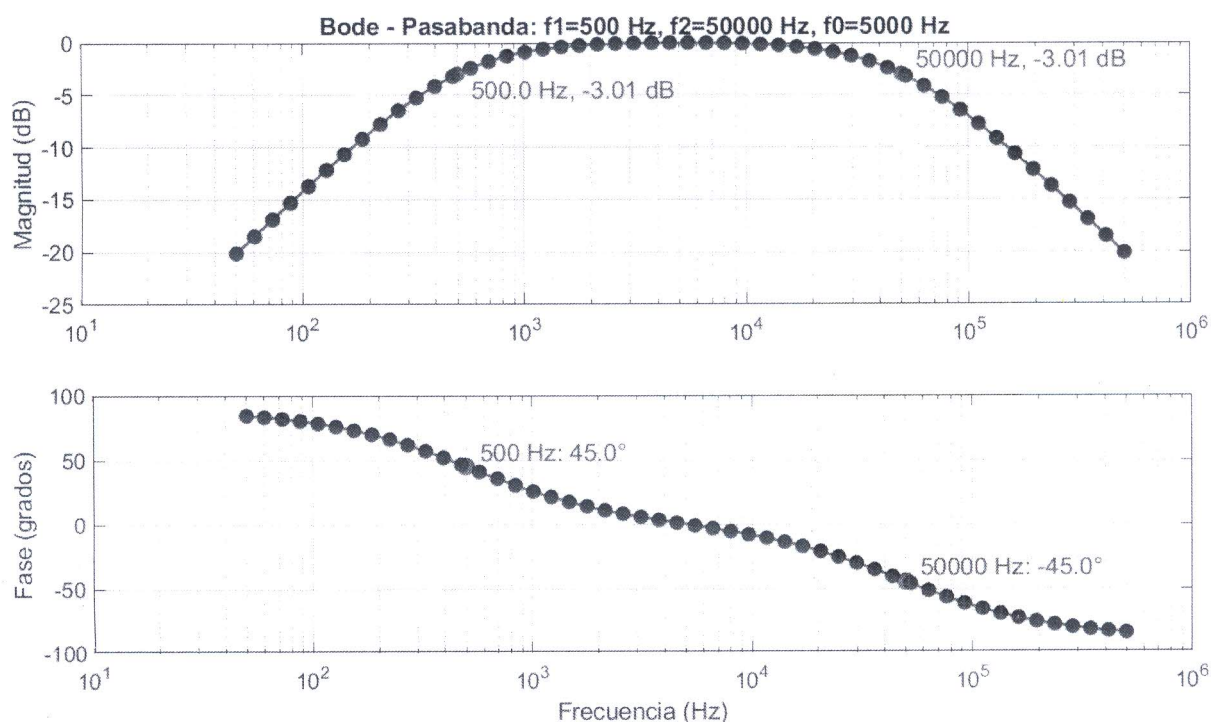


Para la resolución temporal observo que el osciloscopio es de 1000 puntos, por lo que el tiempo entre muestras es de 0,1 ms (tasa de muestreo 10 kHz).

Si uso AVERAGE 16, se necesitan al menos 16 barridos de 100 ms para estabilizar la medida, por lo que el tiempo es por lo menos 1,6 s.

e)

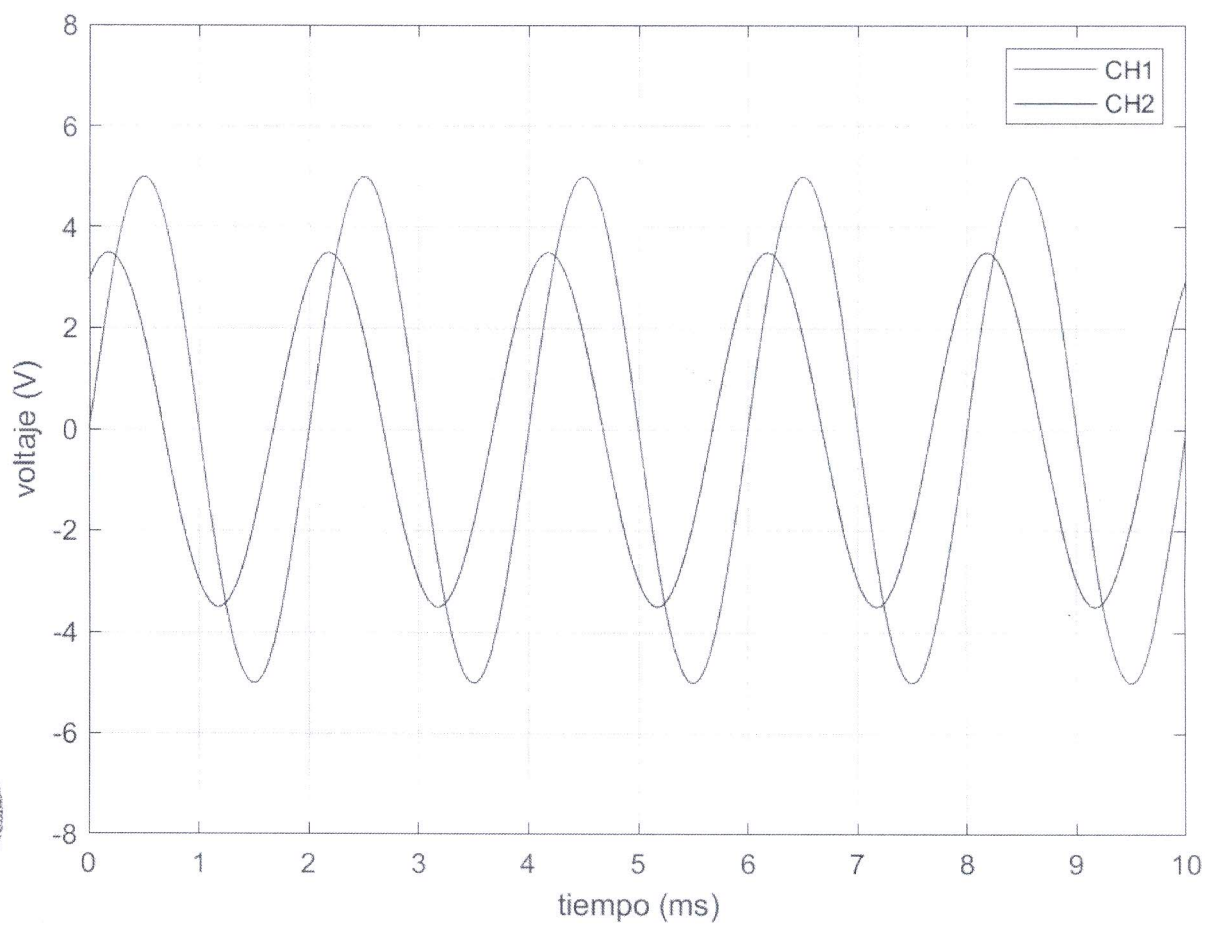
El diagrama de Bode que estoy relevando debería tener la forma



En esta parte, solamente se piden las sinusoides si relevo a exactamente 500 Hz.

Suponiendo que sigo visualizando 5 periodos, con el trigger a la izquierda de la pantalla, usando escala horizontal de 1 ms/div y manteniendo la escala vertical de 2 V/div para ambos canales, se tiene:

3/12



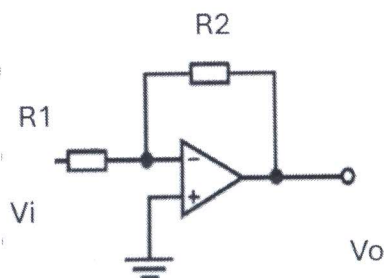
A los efectos de simplificar el bosquejo, sería razonable visualizar 2 periodos.

4/12

Problema 2 (20p)

En el circuito de la figura, se miden las resistencias con un multímetro digital de 3 ½ dígitos, datos del manual adjuntos. Se obtiene: $R_1 = 822 \Omega$, $R_2 = 4073 \Omega$.

RANGO	RESOLUCION	PRECISION
200 Ω	0.1 Ω	+/- (1.0% rdg + 10 dgt)
2k Ω	1 Ω	+/- (1.0% rdg + 4 dgt)
20k Ω	10 Ω	
200k Ω	100 Ω	



- Calcular la incertidumbre expandida de cada resistor. (10p)
- Calcular la ganancia del amplificador y su incertidumbre expandida. (10p)

a)

Se asume que no hay incertidumbre estadística tipo A. Tenemos dos componentes de la incertidumbre, apreciación y calibración.

Para la resistencia de 822 Ω

$$\sigma_{ap} = \frac{ap}{\sqrt{12}} = \frac{1}{\sqrt{12}} = 0.3 \Omega$$

$$\sigma_{cal} = \left[\frac{1}{100} 822 + 4 \times 1 \right] \frac{1}{\sqrt{3}} = 7.1 \Omega$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{ap}^2 + \sigma_{cal}^2} = 7.1 \Omega$$

Incertidumbre expandida: $\Delta = \sqrt{3}\sigma = 13 \Omega$

Para la resistencia de 4073 Ω

$$\sigma_{ap} = \frac{ap}{\sqrt{12}} = \frac{10}{\sqrt{12}} = 3 \Omega$$

$$\sigma_{cal} = \left[\frac{1}{100} 4073 + 4 \times 10 \right] \frac{1}{\sqrt{3}} = 47 \Omega$$

5/12



$$\sigma = \sqrt{\sigma_{ap}^2 + \sigma_{cal}^2} = 47 \, \Omega$$

Incertidumbre expandida: $\Delta = \sqrt{3}\sigma = 82 \, \Omega$

b)

Ganancia del amplificador inversor:

$$A = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{4073}{822} = -4.96 \, V/V$$

Para el cálculo de la incertidumbre expandida:

$$\Delta A = \sqrt{\left(\frac{\partial A}{\partial R_1} \Delta R_1\right)^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial R_2} \Delta R_2\right)^2}$$

$$\begin{aligned} \Delta A &= \sqrt{\left(\frac{R_2}{R_1^2} \Delta R_1\right)^2 + \left(\frac{1}{R_1} \Delta R_2\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{R_2}{R_1^2} \Delta R_1\right)^2 + \left(\frac{1}{R_1} \Delta R_2\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{4073}{822^2} 13\right)^2 + \left(\frac{82}{822}\right)^2} = 0.13 \, V/V \end{aligned}$$

La ganancia se expresa como $A = -5.0 \pm 0.2 \, V/V$



6/12

El proceso de carga de una batería LiPo consiste en una etapa de corriente constante y una de voltaje constante, como se muestra en la figura 1 a.

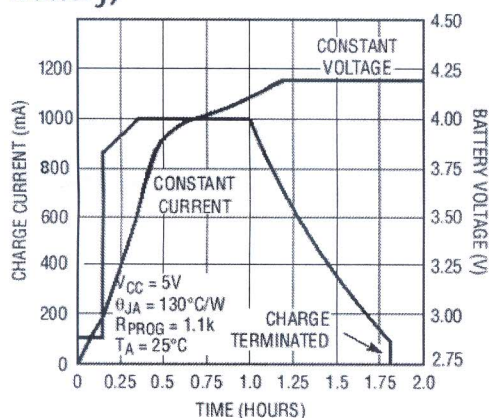


Figura 1 - a) Proceso de carga de batería; b) circuito acondicionador sugerido para el circuito integrado TP4056.

Utilizará el circuito integrado TP4056 acondicionado como se sugiere en la figura 1 b, con $R_{prog} = 1.1\text{ k}\Omega$ para que la corriente sea regulada como se presenta en la gráfica.

Quiere agregarle a este sistema un elemento de medida externo para monitorear el voltaje, actualizando el valor cada aproximadamente 1 s. Para ello dispone de un conversor A/D de 3 y $\frac{3}{4}$ dígitos, 6000 cuentas. Asuma que el conversor tiene como voltaje de referencia 100 mV y el ciclo de integración (donde el conversor trabaja con tiempo fijo) es de 1000 cuentas.

- a) Diseñar un voltímetro para la medida del voltaje de la batería indicando:

Fondo de escala, apreciación, diagrama esquemático, diseño de los componentes. (20 p)

- b) Además del instrumento diseñado dispone de un amperímetro de 2 A de fondo de escala y resistencia interna $0,1 \Omega$. Indicar cómo se conectan el voltímetro y el amperímetro sobre el diagrama esquemático de la figura 1 b. Representar los instrumentos de medida mediante sus circuitos equivalentes (instrumento ideal + resistencia interna calculada). (10p)

7/12

a)

$$V_{in} = \frac{V_{ref}}{1000} N$$

Esto da un voltaje de fondo de escala de 600 mV (exactamente 599,9 mV).

De esta forma el diseño de la escala se realiza con el fondo de escala en el instrumento $V_{A/D} = 600$ mV. De la gráfica de carga de la batería se determina que el voltaje máximo a medir es de aproximadamente $V_{bat} = 4.2$ V.

Para que el display muestre un número coherente el fondo de escala de la medida debe ser múltiplo del fondo de la escala del instrumento en este caso 600 mV es muy chico para la magnitud a medir, el próximo valor es 6 V.

Conclusión: se diseña para un fondo de escala de la medida de 6 V. Como el display es de 3 y $\frac{3}{4}$ dígitos, la apreciación es de 0.001 V.

$$V_{A/D} = V_{medida} \frac{R_2}{R_2 + R_1}$$

Las resistencias R_1 y R_2 se diseñan para dividir por 10. Cuando hay 6 V en la entrada debe haber 600 mV en el A/D.

Con estas condiciones sacamos que $9 R_1 = R_2$

Para elegir los valores utilizo dos criterios, que la impedancia de entrada del voltímetro sea grande ($M\Omega$) y que los valores nominales pertenezcan a la serie E24.

Obs: en este caso existen combinaciones de valores que pertenecen, igual como las resistencias tienen tolerancia no sería crítico, si se necesita un ajuste fino se utiliza un preset.

Elijo $R_2 = 200$ k Ω y $R_1 = 1.8$ M Ω

Se utiliza un filtro pasa bajo para estabilizar la medida. Como la letra sugiere que se lee cada 1 s, tomo la frecuencia de corte del filtro en 10 Hz

Obs: Puede utilizar un valor menor, en este caso la lectura es casi constante, los cambios son muy lentos.

La potencia de estas resistencias es despreciable, en el orden de 16 μ W para R_1 y 2 μ W para R_2 .

Como no va corriente hacia el instrumento, la resistencia y el condensador no afectan la medida estacionaria.

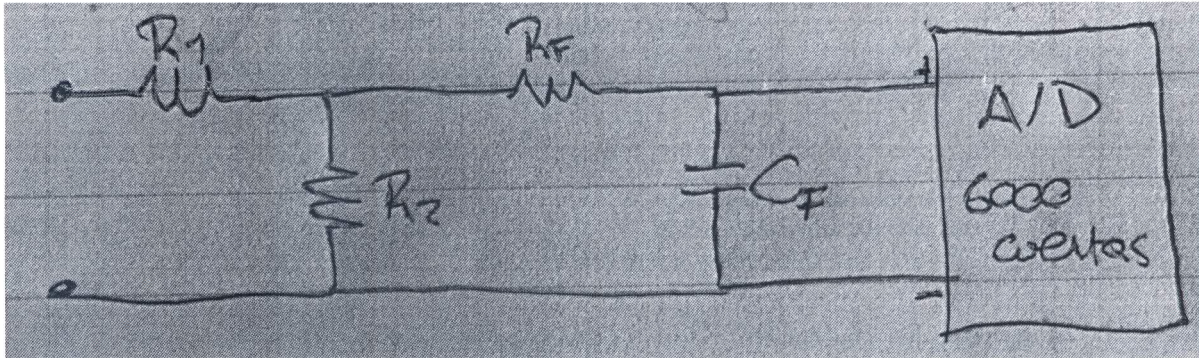
Si $C_f = 100$ nF

8/12

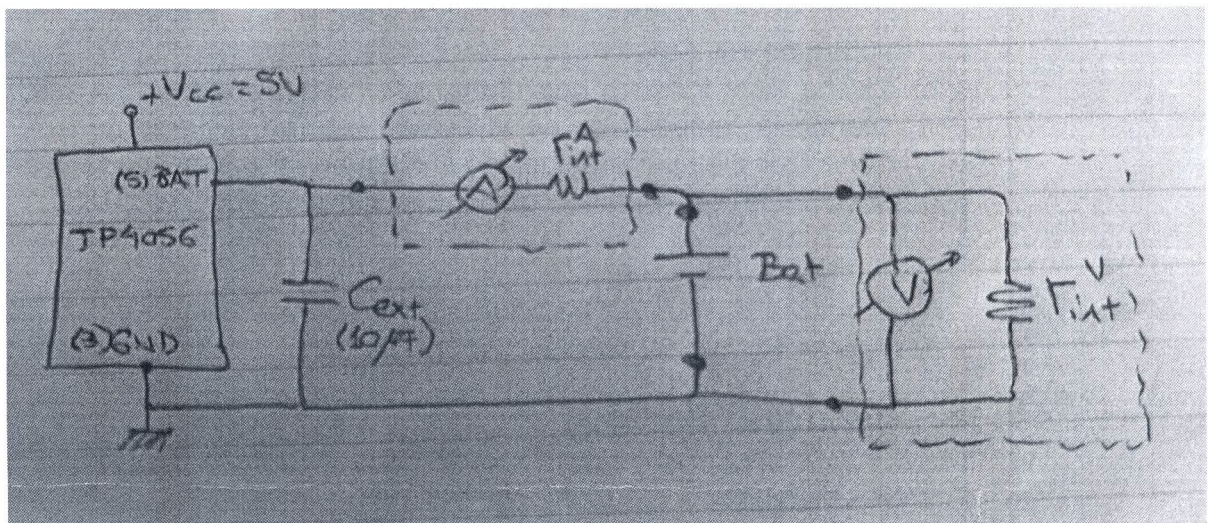
$$\omega = \frac{1}{R_F C_F}$$

Con estos valores $R_F = 1.6 \text{ M}\Omega$

La potencia es despreciable porque no va corriente al instrumento.



b)



Donde $r_{int}^A = 0,1 \Omega$ y $r_{int}^V = 2 \text{ M}\Omega$.

9/12

Problema 4 (20 p)

El termistor NTC incorporado en la batería de la figura 1b es una protección que corta la carga cuando la temperatura de la batería se encuentra en rangos peligrosos. En este caso el termistor incorporado es un 332-NTC103.

Mouser Stock No.	Nominal Resistance @25°C(Ω)	Beta Value ±7%(°K)	Maximum Operating Current @25°C(mA)	Thermal Time Constant (Sec.)	Part Marking
334-NTC103-RC	10000	4100	30	15	310

- Maximum power rating: 500mW
- Resistance tolerance: ±15%
- Thermal dissipation constant: 6mW/°C



- Escriba la ecuación que modela la resistencia del termistor en función de la temperatura, indicando el valor de los parámetros. Considerar $0^\circ\text{C} = 273\text{ K}$. (5p)
- Calcular $R_a = R_{th @ 0^\circ\text{C}}$ y $R_b = R_{th @ 45^\circ\text{C}}$. Redondearlas a una cantidad entera de $k\Omega$. (2p)
- Diseñe R1 y R2 para que Vtemp se encuentre entre 45% y 80% de Vcc cuando la temperatura de la batería esté en el rango de 0°C y 45°C . Comenzar esta parte dibujando el diagrama esquemático simplificado, que presente únicamente los componentes involucrados. (13p)

a) $R_{th} = Ae^{B/T}$, T en Kelvin.

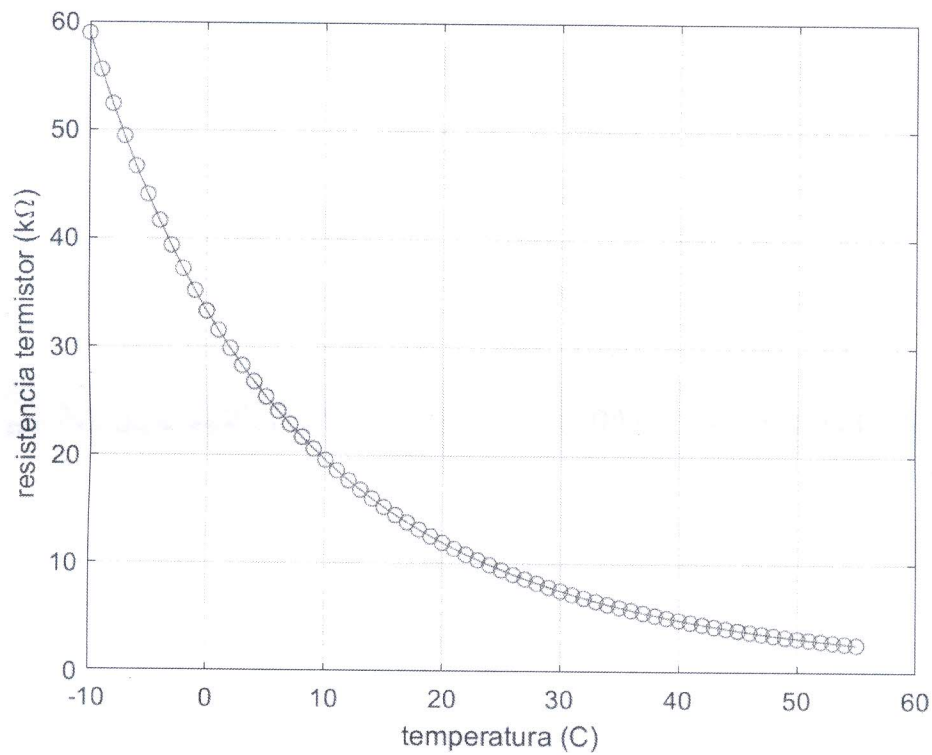
$B = 4100\text{ K}$ (Beta value)

$A = 10\text{ k}\Omega e^{-B/(273+25)K} = 10\text{ m}\Omega$

Equivalentemente, se puede usar $R_{th} = R_0 e^{B(1/T - 1/T_0)}$, donde $R_0 = 10\text{ k}\Omega$ y $T_0 = 298\text{ K}$.

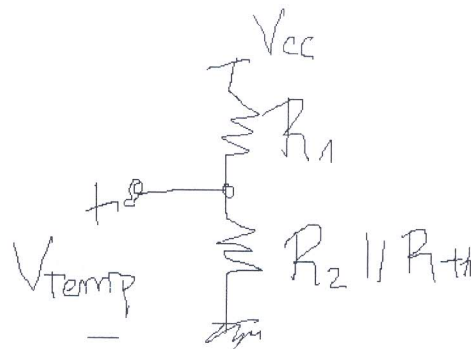
b) $R_a = 35\text{ k}\Omega$, $R_b = 4\text{ k}\Omega$

10/12



(Sólo para ilustrar, no se pedía graficar)

c)



Se quiere:

1. $V_{temp} = 0,45 V_{cc}$ cuando $R_{th} = R_b$ (resistencia más baja del rango de funcionamiento)
2. $V_{temp} = 0,8 V_{cc}$ cuando $R_{th} = R_a$ (resistencia más alta del rango de funcionamiento)

11/12

Llamemos $R_{pa} = R_2 || R_a$ y $R_{pb} = R_2 || R_b$

1. $0,45 V_{cc} = V_{cc} R_{pb} / (R_1 + R_{pb}) \rightarrow R_1 = 11/9 R_{pb}$
2. $0,8 V_{cc} = V_{cc} R_{pa} / (R_1 + R_{pa}) \rightarrow R_1 = 1/4 R_{pa}$

$$\rightarrow 44/9 R_{pb} = R_{pa} \rightarrow R_2 = 38 k\Omega \text{ elijo } R_2 = 39 k\Omega$$

$$\rightarrow R_1 = 4,4 k\Omega \text{ elijo } R_1 = 4,3 k\Omega$$

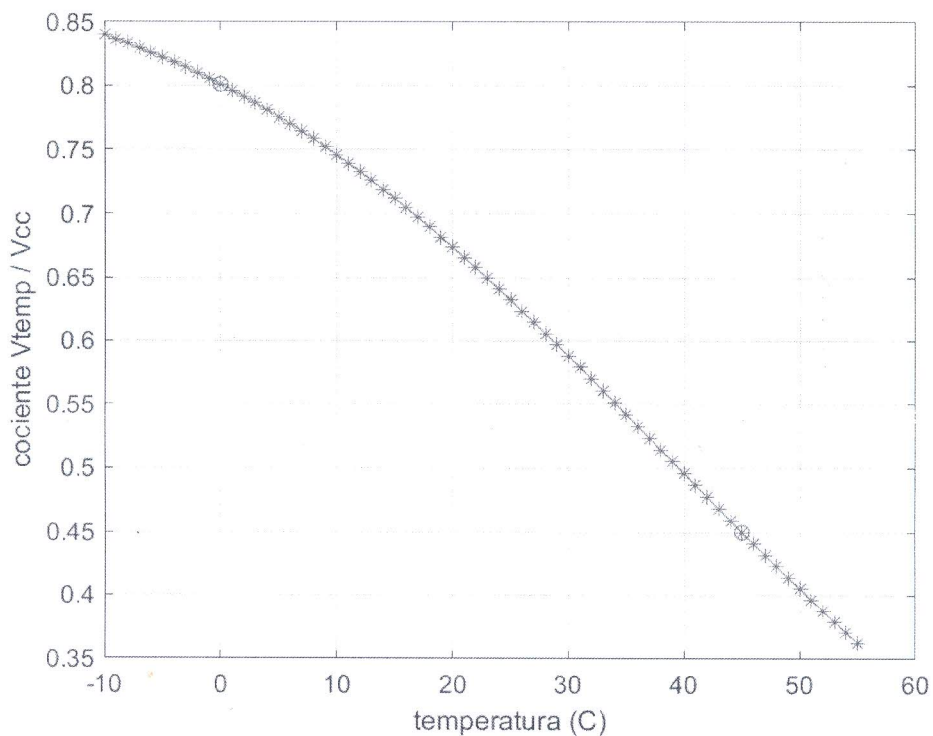
Potencia:

$$R_{total} \text{ mínima: } 7.9 k\Omega \rightarrow I_{m\acute{a}xima} = 0.63 \text{ mA}$$

$$P_1 < 2 \text{ mW}$$

$$P_2 \ll 2 \text{ mW}$$

$\rightarrow$ Uso resistencias de $1/8 \text{ W}$



(Sólo para ilustrar, no se pedía graficar)

12/12