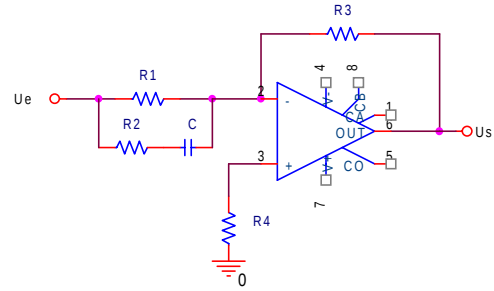


Primer ejercicio

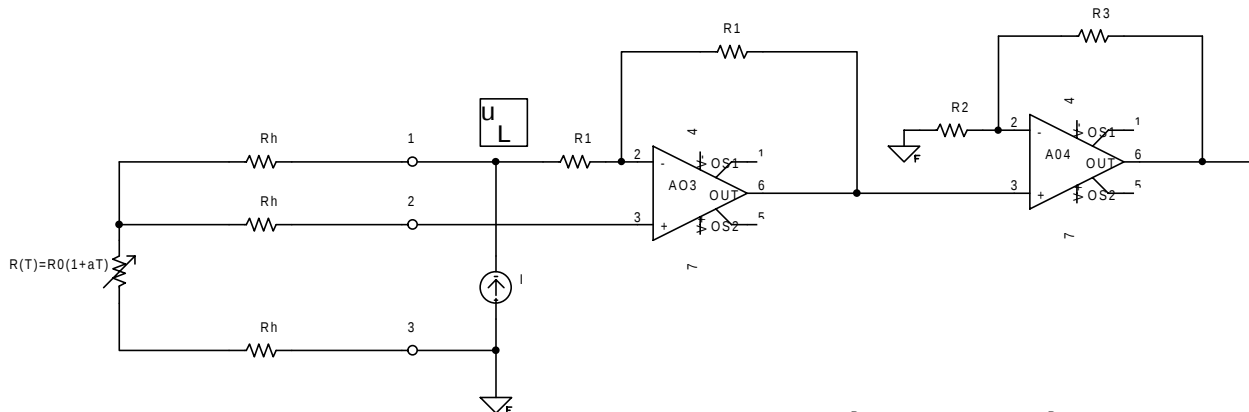
El circuito de la figura muestra un amplificador en configuración inversora. Se pretende obtener una ganancia de tensión en módulo de 20 dB a la baja frecuencia. El amplificador operacional no está compensado internamente, teniendo una ganancia en la cadena abierta en continua de 100 dB y sus polos se encuentran situados en 10 Hz y 100 kHz respectivamente. Se pide:

1. Si se considera el AO ideal, determinar $A_v(\omega)$.
2. Expresión de $\beta(\omega)$. Demostrar que $\beta(\omega)$ es una red de retraso de fase, con independencia de los valores numéricos.
3. Considerando $C = \frac{1}{2\pi} \mu\text{F}$ y $R_1 = 1\text{k}\Omega$. Calcular R_2 y R_3 .
Situarse el cero de β en 1 kHz.
4. Margen de fase del montaje.
5. Respuesta en frecuencia del conjunto.
6. Calcular R_4 para que el error en continua sea mínimo. Proporcionar el valor de dicho error.

Nota: $V_{IO} = 2\text{ mV}$, $I_{IB} = 20\text{ }\mu\text{A}$, $I_{IO} = 10\text{ nA}$

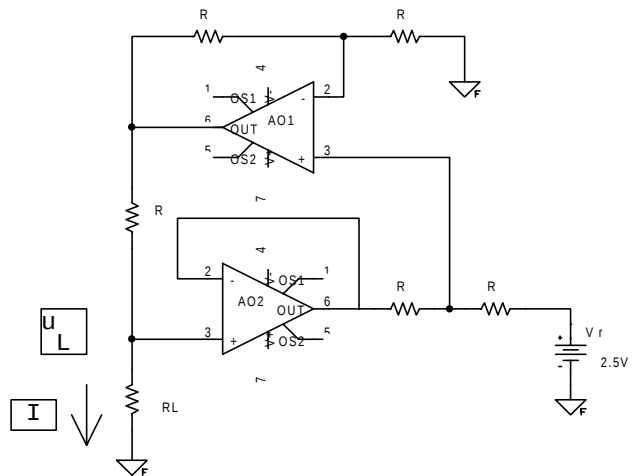
**(45 minutos)****Segundo ejercicio**

La medida de temperatura de un horno es realizada a través de una PT100, de forma que a 0°C ofrece una resistencia de $R_0 = 100\Omega$ y tiene una pendiente lineal positiva de resistividad con la temperatura, cuantificado en $\alpha = 3.912 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Si el sensor se encuentra a más de 20 metros respecto al circuito de procesamiento de la señal, las resistencias de los hilos de conexión entre el sensor y el circuito de acondicionamiento empieza a resultar significativo y hay que tenerlos en cuenta. Por dicha razón, y para anular el efecto ruidoso de las resistencias eléctricas de los hilos, R_h , a estas distancias se hacen sondas a tres hilos.



Determinar:

1. Para implementar la fuente de corriente constante del circuito de acondicionamiento de la PT100 se ha diseñado el circuito de la figura 2. Demostrar que la corriente en la carga, I , es constante para cualquier valor de R_L . Determinar el valor de R para que en la sonda, luego, circule 1 mA.
2. Suponiendo que la sonda está a menos de 20 metros, se considera que R_h es prácticamente nula. Determinar la tensión de salida en función de la temperatura en la caldera. Calcular los valores de R_2 y R_3 para que a 250°C , la tensión de salida sea de 5V.



3. En el caso de estar a más de 20 metros la sonda, R_h ya no es nula. Un buen diseño exige que $R_h \ll R_l$, esto es, que se puede estimar que toda la corriente de la fuente constante pasa exclusivamente por la sonda. Evaluar de nuevo la tensión de salida en función de la temperatura del horno. ¿Cuánto vale la señal de salida si en el horno hay 125 °C?

Datos:

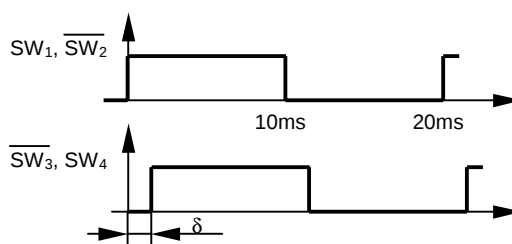
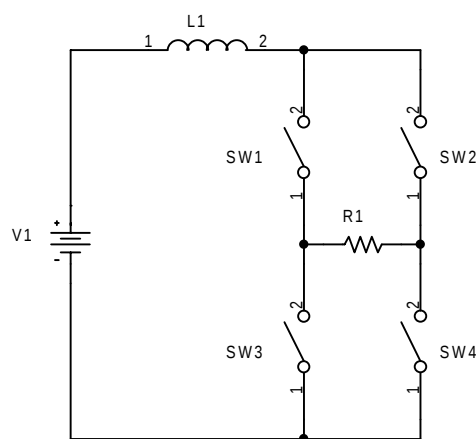
AOs ideales. Sistemas estables.

(40 minutos)

Tercer ejercicio

El circuito de la figura es un inversor que alimenta la carga R_1 . A la entrada del puente se ha situado una bobina de un valor lo suficientemente elevado como para que la intensidad que la atraviesa no varíe apreciablemente a lo largo de un ciclo. Las señales de mando de los interruptores se muestran debajo. Se pide:

1. Realizar una gráfica con la evolución de i_{SW1} , i_{SW2} , i_{SW3} , i_{SW4} , i_{R1} , u_{SW1} , y u_{SW3} durante 40 ms.
2. Hallar el valor eficaz de la corriente por la carga en función de la corriente por la bobina I_L y el ángulo de retraso δ .
3. Haciendo balance entre la potencia consumida por la carga y la entregada por la fuente de tensión, hallar el valor de I_L en función de V_1 , R_1 y δ .
4. Si $R_1 = 100 \Omega$ y $\delta = \pi/2$, hallar el valor de V_1 para entregar a la carga 100 W.
5. Suponiendo que todos los interruptores se instalan sobre el mismo disipador, calcular, en las condiciones del apartado anterior, el valor máximo de la resistencia térmica del disipador necesario para que el circuito funcione hasta una temperatura ambiente de 70°C.



(40 minutos)

CARACTERÍSTICAS DEL INTERRUPTOR	
V_{ON}	2 V
$R_{\theta jc}$	1 K/W
$R_{\theta cs}$	1,5 K/W
T_{jmax}	150 °C



RESOLUCIÓN DEL EXAMEN**Primer ejercicio**1. $A_v(\omega)$

$$A_v(\omega) = \frac{-R_3}{R_1} \cdot \frac{1 + j\omega C(R_1 + R_2)}{1 + j\omega C R_2}$$

2. $\beta(\omega)$

$$\beta(\omega) = \frac{R_1}{R_1 + R_3} \cdot \frac{1 + j\omega C R_2}{1 + j\omega C(R_2 + R_1 // R_3)}$$

$$\frac{1}{T_z} = \frac{1}{C R_2} \quad \frac{1}{T_p} = \frac{1}{C(R_2 + R_1 // R_3)}$$

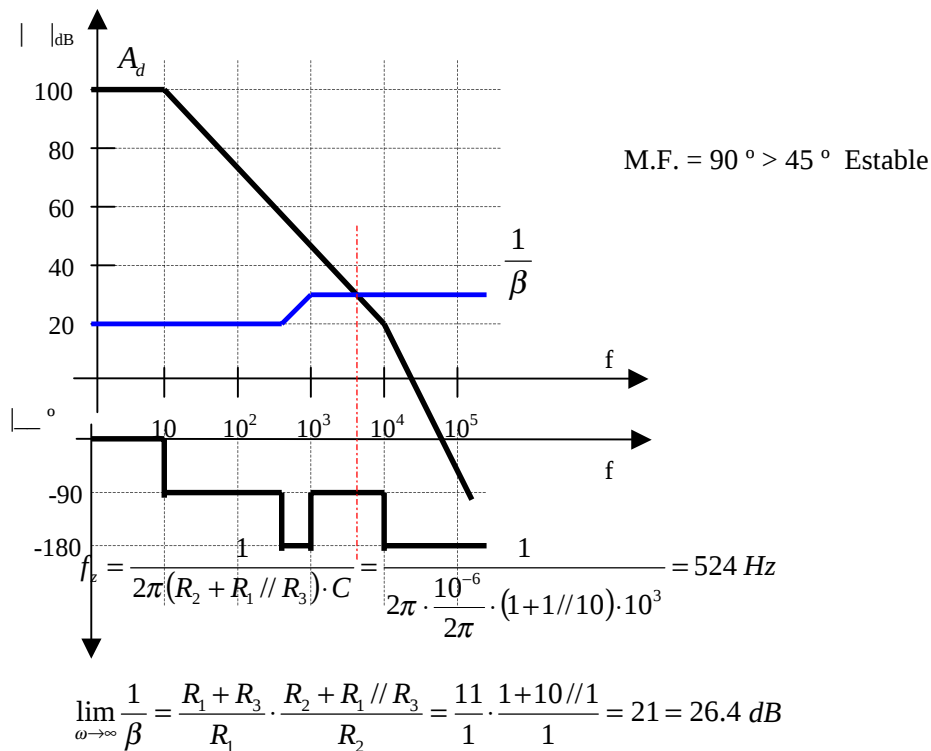
$$\frac{1}{T_z} > \frac{1}{T_p} \Rightarrow f_z > f_p \quad \text{Red de retraso de fase}$$

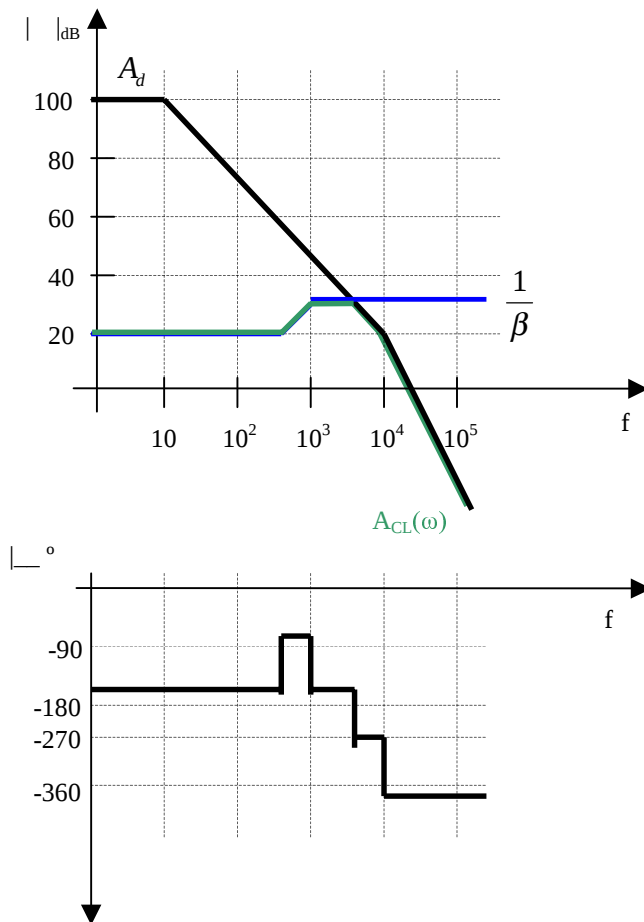
3. R_2, R_3

$$\frac{1}{\beta} = \frac{R_1 + R_3}{R_1} \cdot \frac{1 + j\omega C(R_2 + R_1 // R_3)}{1 + j\omega C R_2} \quad 10^3 = \frac{1}{2\pi \cdot \frac{10^{-6}}{2\pi} \cdot R_2} \quad R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{R_3}{R_1} = 10 \Rightarrow R_3 = 10 \cdot R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

4. M.F.



5. $A_{CL}(\omega)$ 

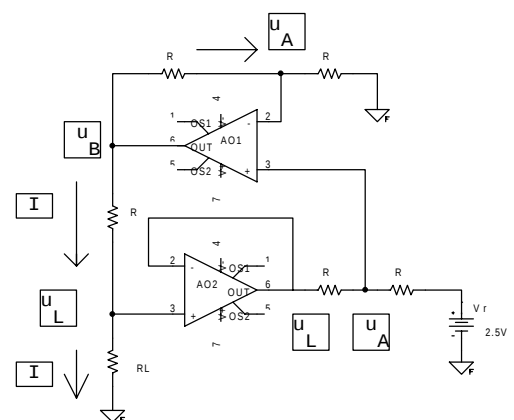
6. Errores.

$$R_4 = R_3 // R_1 = 10 // 1 \cong 1 \text{ k}\Omega$$

$$u_s = \frac{A_d(0)}{1 + A_d(0)\beta(0)} \cdot \left(V_{IO} + \frac{R_A + R_B}{2} \cdot I_{IO} \right) = \frac{10^5}{1 + 10^5 \cdot 0.091} \cdot \left(2 \cdot 10^{-3} + \frac{1+1}{2} \cdot 10 \cdot 10^{-9} \right) = 22 \text{ mV}$$

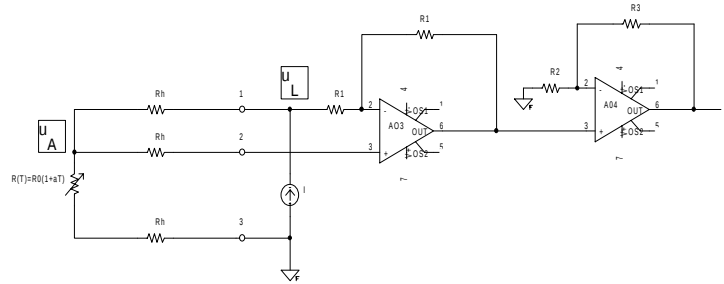
Segundo ejercicio

- Habr  de colocar el nombre a los potenciales en los nodos que constituyen la fuente de corriente constante, por ejemplo, tal como muestra la figura. De igual manera, se indican las flechas de las corrientes que circulan. En este aspecto, hay que darse cuenta que las Rs asociadas al AO1, en las superiores circulan igual corriente y la R de abajo es igual a I, pero de diferente valor a la corriente que circula por las otras Rs. Las ecuaciones de corrientes quedarán:



$$\left. \begin{aligned} \frac{u_L - u_A}{R} &= \frac{u_A - V_r}{R} \\ \frac{u_A}{R} &= \frac{u_B - u_A}{R} \\ I &= \frac{u_B - u_L}{R} \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = \frac{V_r}{R}$$

2. Nótese que en la entrada del AO3 el potencial en la entrada positiva es u_L , como consecuencia de considerar R_h igual a cero, provocando que u_A sea igual a u_L . A su vez, por estar el AO3 en aplicación lineal produce que no haya diferencia de potencial en $R1$ y por tanto no hay corriente, además, de no circular tampoco corriente en el lazo de realimentación de AO3. En conclusión, u_L está presente en la entrada del amplificador no inversor que constituye AO4:



$$u_s = \left(1 + \frac{R3}{R2}\right) u_L = \left(1 + \frac{R3}{R2}\right) I \cdot R0(1 + aT)$$

$$\frac{R3}{R2} = 24.28$$

3. Al estar a más de 20 metros la sonda se emplea a tres hilos la conexión para cancelar los errores como consecuencia de R_h . Hay que darse cuenta que ahora u_A y u_L ya no son exactamente iguales:

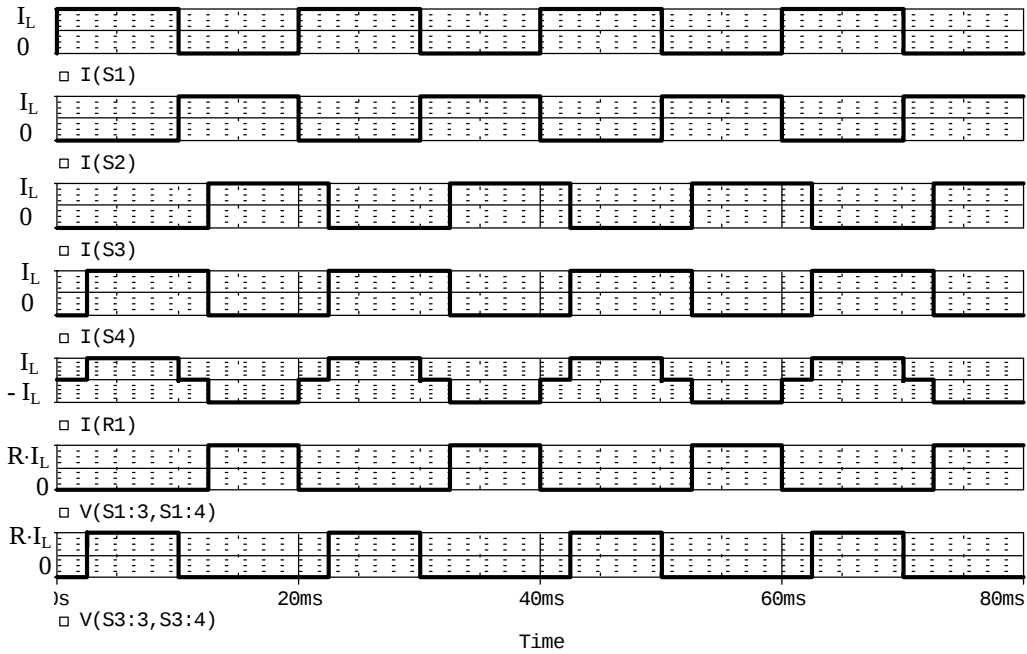
$$\left. \begin{aligned} u_L &\cong 2IR_h + IR(T) \\ u_A &\cong IR_h + IR(T) = u_L - IR_h \\ \frac{u_L - u_A}{R1} &= \frac{u_A - u_{SAO3}}{R1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow u_s = \left(1 + \frac{R3}{R2}\right) u_{SAO3} = u_s = \left(1 + \frac{R3}{R2}\right) I \cdot R0(1 + aT)$$

$$u_s = 3.76V$$



Tercer ejercicio

1. Debido al elevado valor de la inductancia se puede considerar que el puente es alimentado por una fuente de corriente de valor I_L durante cada ciclo. Cuando están cerrados los interruptores de la diagonal SW_1 - SW_4 dicha corriente atraviesa la carga en un sentido que consideraremos positivo. Cuando están cerrados los interruptores de la diagonal SW_2 - SW_3 la corriente atraviesa la carga en sentido contrario. Durante los intervalos en los que están cerrados los interruptores de una misma columna no atraviesa la carga ninguna corriente.



2. La corriente eficaz por la carga es:

$$I_{Lef}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_L^2(\theta) \cdot d\theta = \frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi} i_L^2(\theta) \cdot d\theta = \frac{1}{\pi} \int_{\delta}^{\pi} I_L^2 \cdot d\theta = I_L^2 \left(1 - \frac{\delta}{\pi}\right)$$

$$I_{Lef} = I_L \sqrt{1 - \frac{\delta}{\pi}}$$

3. Si se desprecian las pérdidas en los interruptores, el rendimiento es uno y, por tanto, la potencia suministrada por la fuente ha de ser igual a la consumida por la carga:

$$\left. \begin{array}{l} P_{CC} = V_1 I_L \\ P_{R1} = R_1 I_{Lef}^2 \\ P_{CC} = P_{R1} \end{array} \right\} \Rightarrow V_1 I_L = R_1 I_L^2 \left(1 - \frac{\delta}{\pi}\right) \Rightarrow I_L = \frac{V_1}{R_1 \left(1 - \frac{\delta}{\pi}\right)}$$

4. Para hallar V_1 empezaremos por relacionar esta magnitud con la potencia suministrada a la carga:

$$P_{R1} = R_1 I_{Lef}^2 = R_1 \left[\frac{V_1}{R_1 \left(1 - \frac{\delta}{\pi}\right)} \right]^2 \left(1 - \frac{\delta}{\pi}\right) = \frac{V_1^2}{R_1 \left(1 - \frac{\delta}{\pi}\right)}$$

$$V_1 = \sqrt{P_{R1} R_1 \left(1 - \frac{\delta}{\pi}\right)} = \sqrt{100W \times 100\Omega \times \left(1 - \frac{\pi/2}{\pi}\right)} = \frac{100}{\sqrt{2}} V$$

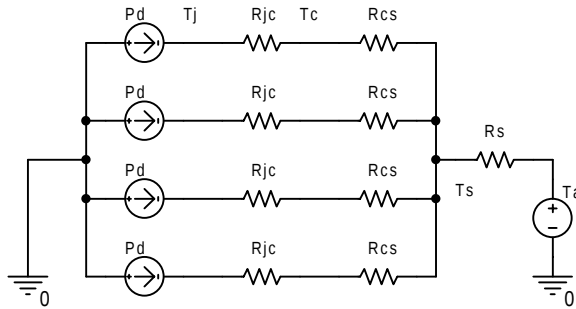
5. Para el cálculo del disipador necesitamos saber la potencia media que se disipa en cada interruptor:



$$\overline{P_D} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_{sw}(\theta) \cdot i_{sw}(\theta) \cdot d\theta = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi V_{ON} I_L \cdot d\theta = \frac{V_{ON} I_L}{2} = \frac{2V \times \sqrt{2}A}{2} = \sqrt{2}W$$

$$I_L = \frac{100/\sqrt{2} V}{100\Omega \times \left(1 - \frac{\pi/2}{\pi}\right)} = \sqrt{2}A$$

6. El equivalente eléctrico del circuito térmico es el siguiente:



$$T_j^i = T_a + R_{\theta s} \cdot \sum_{j=1}^4 \overline{P_D^j} + (R_{\theta jc}^i + R_{\theta ks}^i) \cdot \overline{P_D^i} = T_a + R_{\theta s} \cdot 4 \cdot \overline{P_D} + (R_{\theta jc} + R_{\theta ks}) \cdot \overline{P_D}$$

$$R_{\theta s} \leq \frac{\frac{T_{j\max} - T_a}{\overline{P_D}} - (R_{\theta jc} + R_{\theta ks})}{4} = \frac{\frac{150^\circ C - 70^\circ C}{\sqrt{2}W} - (1K/W + 1,5K/W)}{4} = 13,5K/W$$

