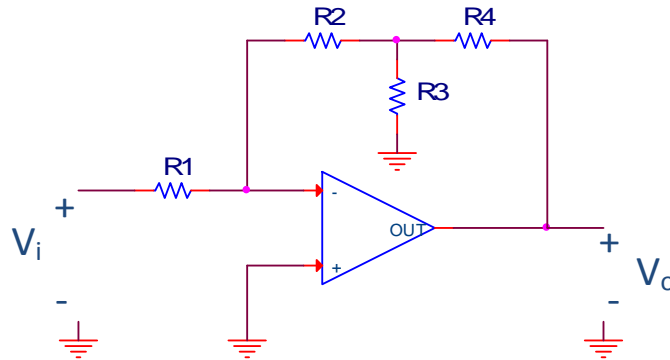


FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

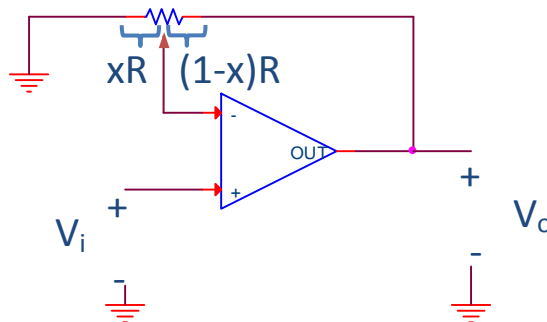
Amplificadores Operacionales

1. Calcular la ganancia en tensión en lazo cerrado, impedancia de entrada e impedancia de salida del circuito amplificador de la figura. Considerar el amplificador operacional como ideal.

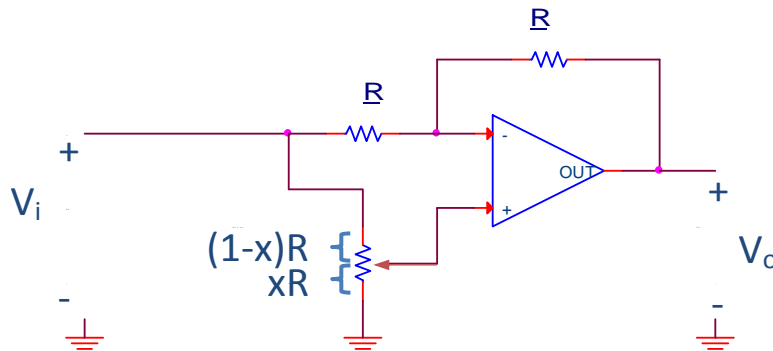
DATOS: $R_1 = R_3 = 1\text{ K}\Omega$, $R_2 = R_4 = 10\text{ K}\Omega$



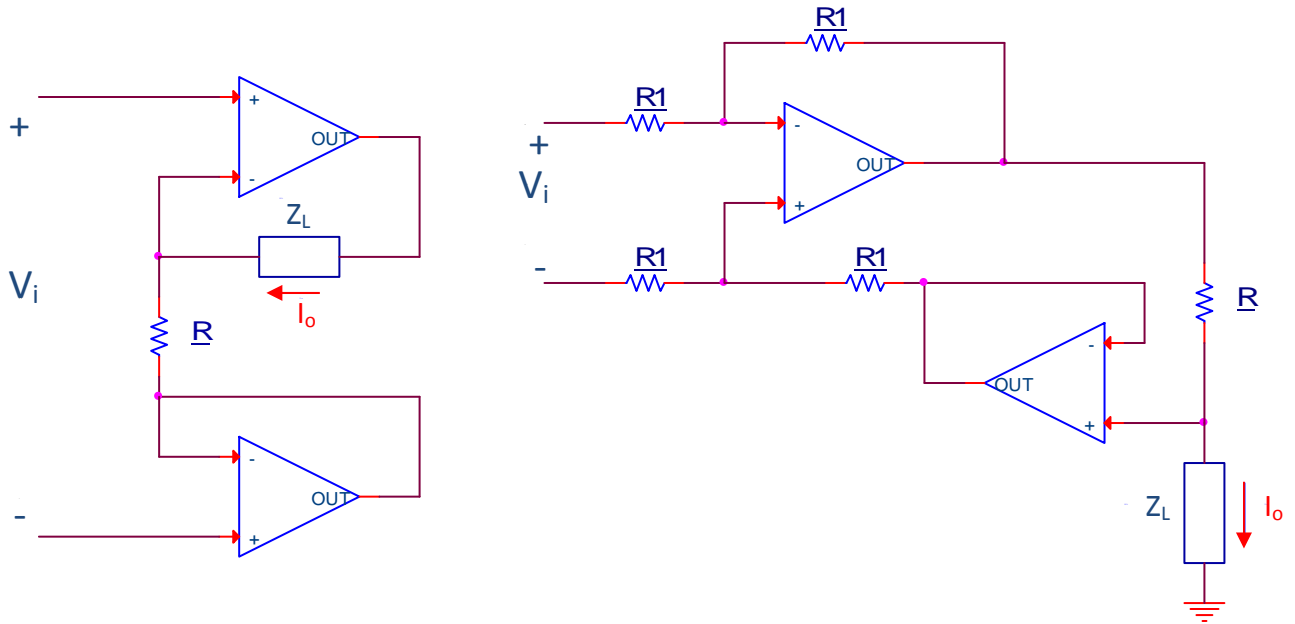
2. El circuito mostrado en la figura utiliza un potenciómetro de $10\text{ K}\Omega$ para obtener un amplificador de ganancia ajustable. Obtener una expresión de la ganancia como función del valor x del potenciómetro ($x \in [0,1]$). Suponer amplificador operacional ideal. ¿Cuál es el intervalo de ganancias obtenido? Mostrar la manera de agregar una resistencia fija para que el intervalo pueda ser de 1 a 21 V/V . ¿Cuál debe ser el valor de la resistencia?



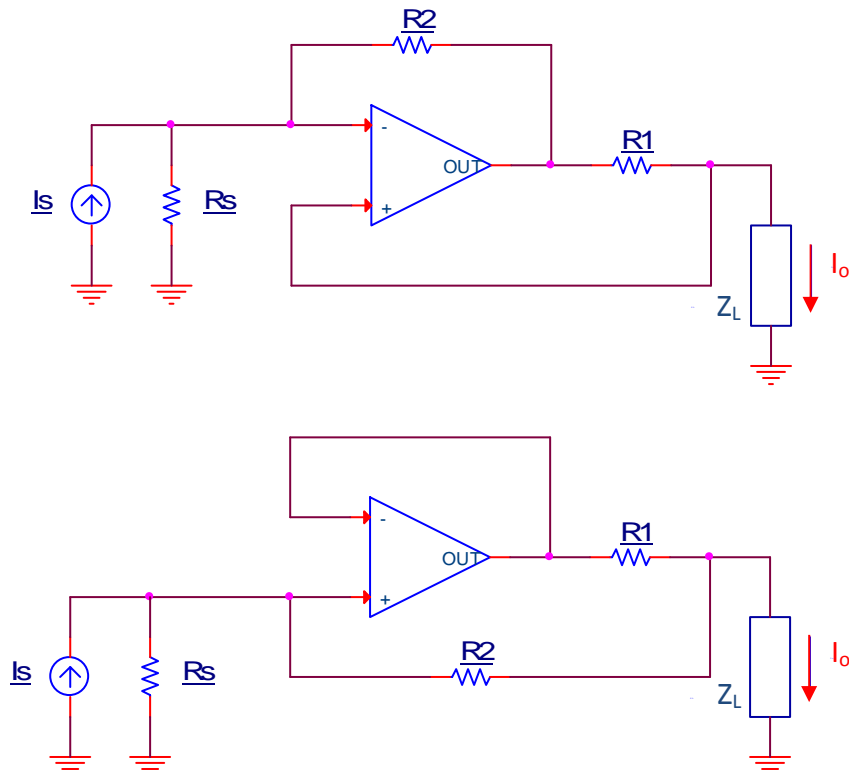
3. Expresar la ganancia en tensión del circuito de la figura en función del valor de x del potenciómetro ($x \in [0,1]$). Suponer amplificador operacional ideal.



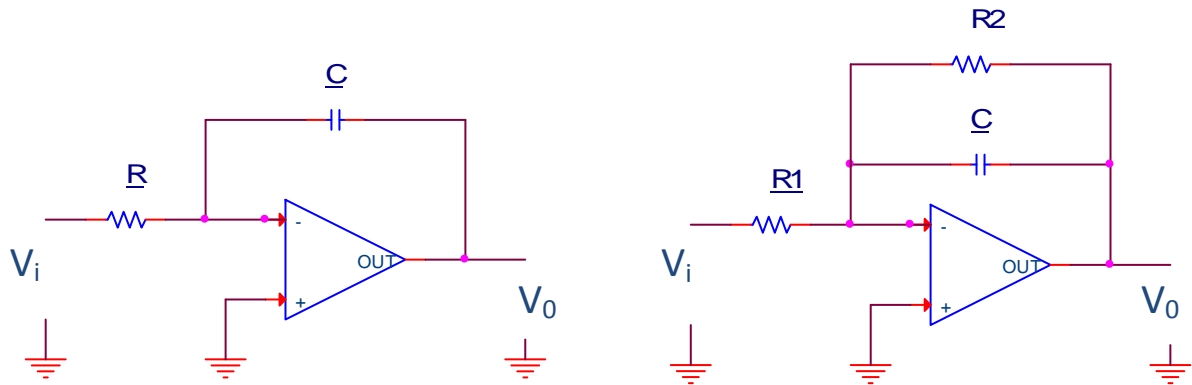
4. Los dos circuitos de la figura tienen el objetivo de funcionar como convertidores de tensión a corriente; es decir, proporcionan a la impedancia de carga (Z_L) una corriente proporcional a V_i e independiente de Z_L . Demostrar que es éste realmente el caso y encontrar el valor de I_o como función de V_i . Comentar las diferencias entre ambos circuitos. Suponer AOI.



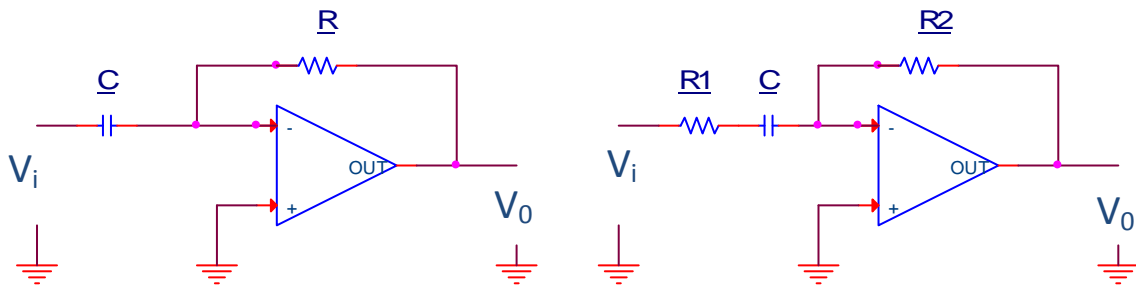
5. Los siguientes circuitos responden a amplificadores de corriente con carga aterrizada. Para cada uno de ellos encontrar la ganancia, así como la impedancia de salida. Suponer AOI.



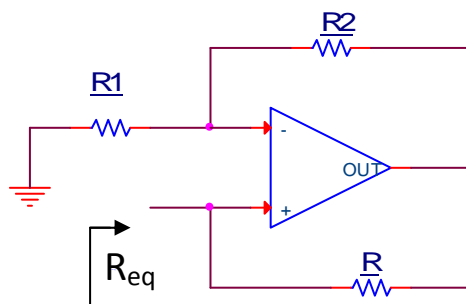
6. Los circuitos de la figura son circuitos integradores. Para cada uno de ellos obtener su función de transferencia y analizar sus diferencias. Asumir AOI.



7. Los circuitos de la figura son circuitos derivadores. Para cada uno de ellos obtener su función de transferencia y analizar sus diferencias. Asumir AOI.

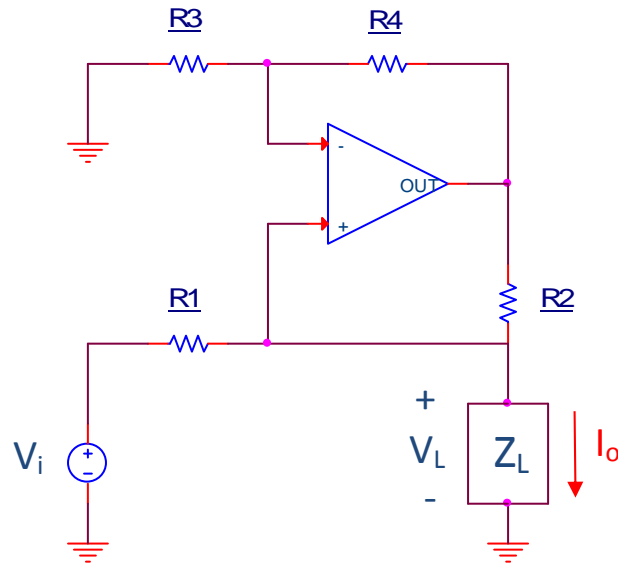


8. Mostrar que el circuito de la figura constituye un convertidor de impedancia negativa (NIC). Considerar AOI.

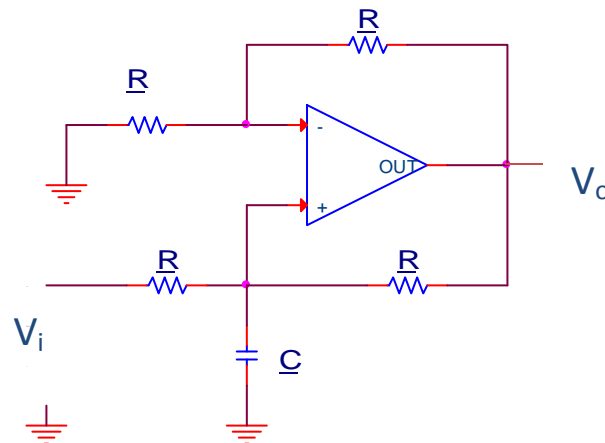


9. El circuito de la figura, conocido como *bomba de corriente de Howland*, constituye un convertidor de tensión a corriente con carga aterrizada. Consiste en una fuente de tensión con una resistencia serie (R_1) y un convertidor de resistencia negativa. Obtener la expresión de la resistencia de salida del circuito y establecer la condición para que $R_o = \infty$. Obtener la expresión de la corriente en la carga y

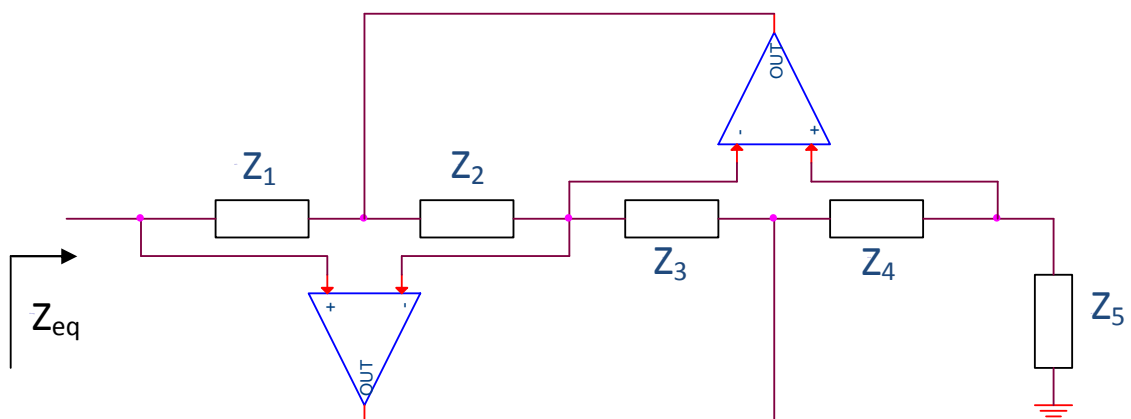
formular su circuito Norton equivalente. Estudiar el límite de funcionamiento del circuito en función del valor de la tensión en la carga. En el análisis, asumir AOI.



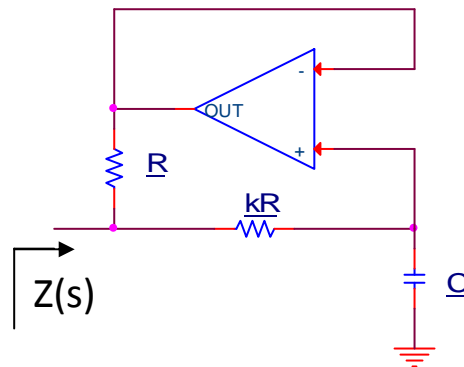
10. El circuito de la figura, conocido como *integrador de Deboo*, usa una bomba de corriente de Howland con una capacidad como carga para implementar un integrador no inversor. Obtener su función de transferencia asumiendo AOI.



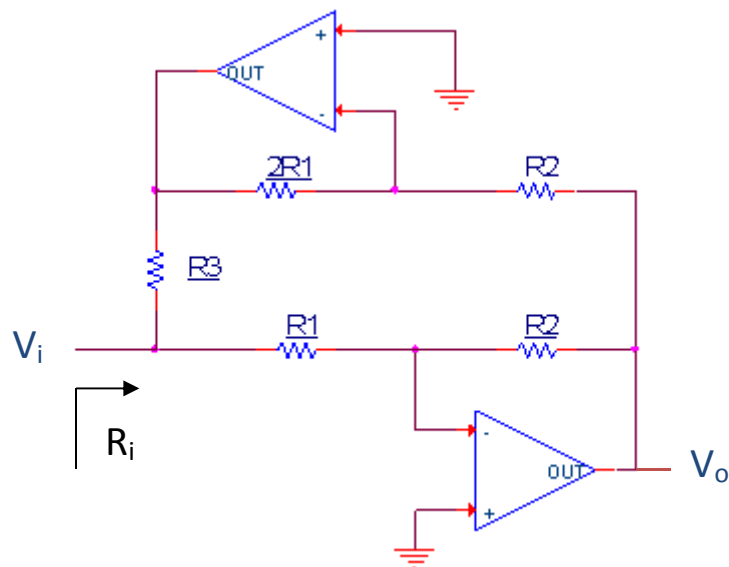
11. El circuito de la figura responde a un convertidor de impedancia generalizado (GIC). Demostrar que si Z_1 , Z_3 , Z_4 y Z_5 son resistivas y Z_2 capacitiva, el circuito realiza una autoinducción L (*Circuito de Antoniou*). Para el análisis asumir AOIs.



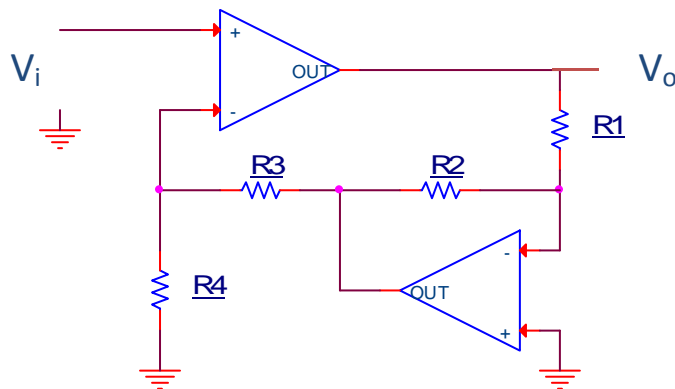
12. El circuito de la figura es un multiplicador de capacidad. Obtener el valor de su impedancia de entrada $Z(s)$. Asumir AOI.



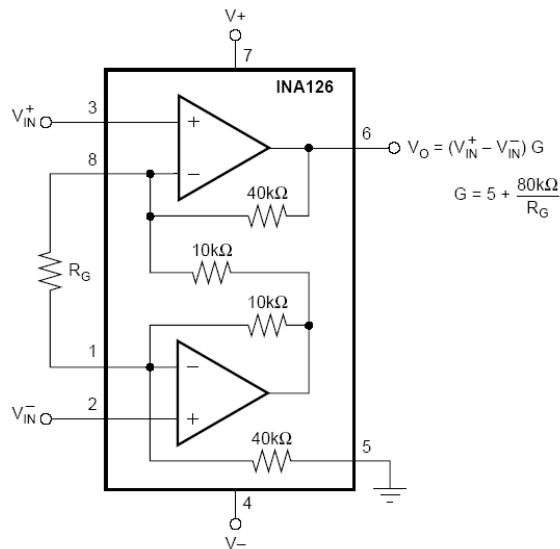
13. El circuito de la figura permite diseñar configuraciones amplificadoras inversoras con impedancias de entrada muy elevadas. Obtener la expresión de su impedancia de entrada. ¿Bajo qué condición esa impedancia se hace infinita? Diseñar el circuito para que $A_v = -10 \text{ V/V}$ con $R_i = \infty$. Asumir AOIs.



14. Calcular la ganancia en tensión del circuito de la figura. Asumir AOIs.

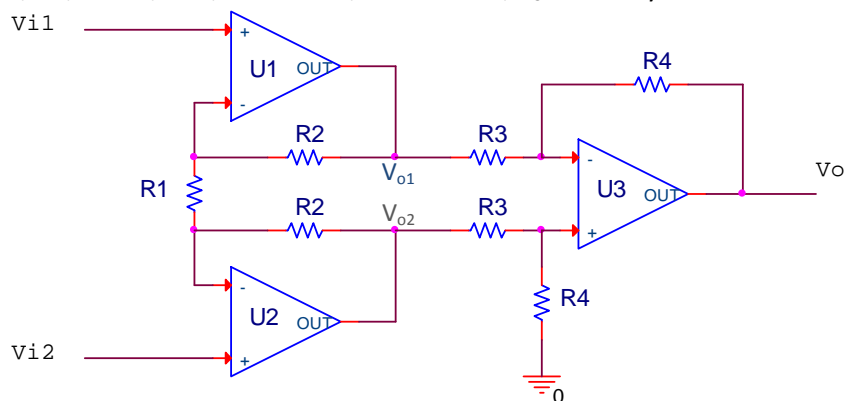


15. El amplificador de instrumentación (AI) de la figura se ha implementado usando dos Amplificadores Operacionales. Obtener la expresión de la tensión de salida. Asumir para ello amplificadores operacionales ideales.

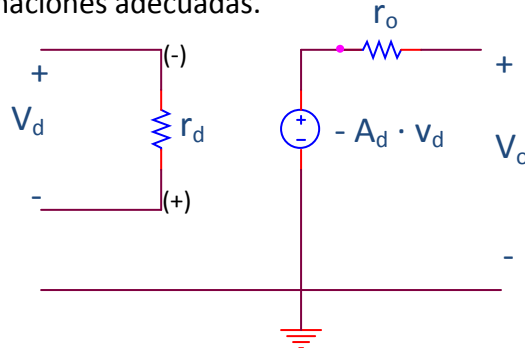


16. Calcular la ganancia en tensión en modo común, la ganancia en tensión en modo diferencial y el factor de rechazo al modo común a la salida de la primera etapa del amplificador de instrumentación de la figura. Calcular también la tensión de salida final del amplificador (V_o) y su factor de rechazo al modo común total. Suponer amplificadores operacionales ideales y resistencias perfectamente apareadas.

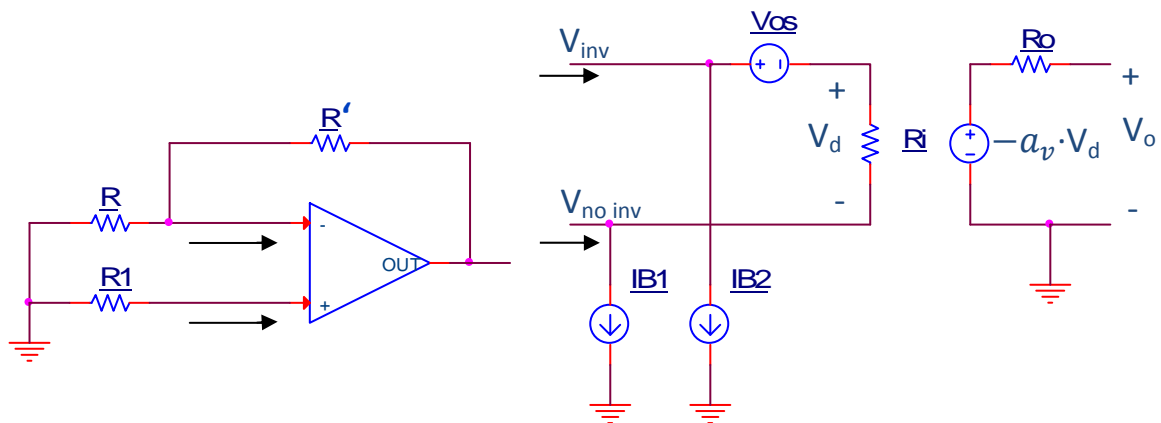
Datos: $V_{i1} = 2,5 \text{ V}$, $V_{i2} = 2,25 \text{ V}$, $R_1 = 30 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 150 \text{ K}\Omega$, $R_3 = 15 \text{ K}\Omega$ y $R_4 = 30 \text{ K}\Omega$.



17. Un circuito equivalente más próximo al amplificador operacional real es el de la figura. Calcular en este caso las expresiones de la impedancia de entrada, la impedancia de salida y la ganancia en tensión para las configuraciones inversora y no inversora. Obtener las expresiones correspondientes a considerar AO ideal mediante las aproximaciones adecuadas.



18. Para el circuito de la figura, asumiendo el modelo de circuito del AO que se indica, calcular:



- a) Tomar $R_o = 0$ e $I_{B1} = I_{B2} = 0$. Demostrar que, debido a la tensión de offset V_{os} , V_o viene dado por la expresión

$$V_o = \frac{a_v R_i (R + R')}{RR' + (R_i + R_1)(R + R') + RR_i a_v} V_{os}$$

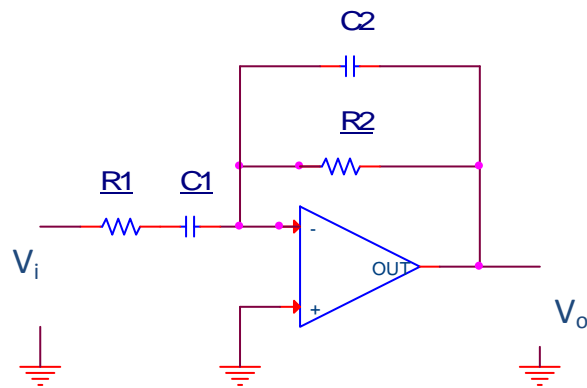
- b) Tomar $R_o = 0$, $V_{os} = 0$ e $I_{B1} = 0$. Demostrar que la tensión de salida V_o debida a la corriente de polarización I_{B2} es

$$V_o = \frac{R' R R_i a_v}{RR' + (R_i + R_1)(R + R') + RR_i a_v} I_{B2}$$

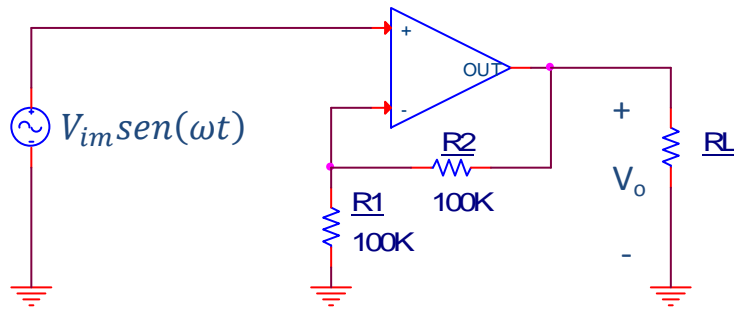
- c) Tomar $R_o = 0$, $V_{os} = 0$ e $I_{B2} = 0$. Demostrar que la tensión de salida V_o debida a la corriente de polarización I_{B1} es

$$V_o = - \frac{R_i R_1 (R + R') a_v}{RR' + (R_i + R_1)(R + R') + RR_i a_v} I_{B1}$$

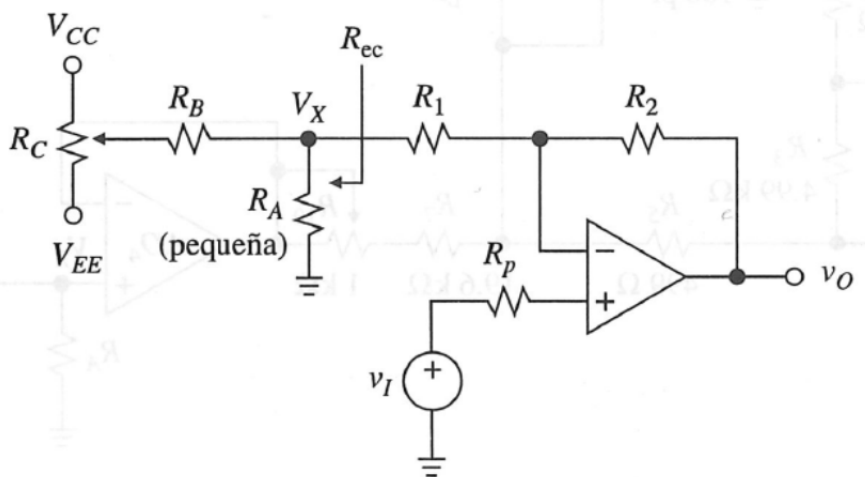
19. Obtener el error producido por la tensión de offset y las corrientes de polarización en el integrador compensado (circuito del problema 6, figura b) y en el integrador no inversor (circuito del problema 10).
20. Diseñar una etapa preamplificadora intermedia para un equipo de audio con las siguientes condiciones: ancho de banda entre 10 Hz y 50 KHz, ganancia en tensión $A_v = 40$ dB e impedancia de entrada $R_{in} = 10$ K Ω . ¿Cuál debe ser la f_T mínima del amplificador operacional a usar para poder cumplir las especificaciones? Salvo en la respuesta en frecuencia, considerar amplificador operacional ideal. El siguiente esquema muestra el circuito a diseñar (integrador-derivador compensado).



21. Diseñar un circuito amplificador que cumpla las siguientes condiciones: frecuencia de corte a altas $f_H \geq 100$ KHz, Ganancia en tensión $A_v \geq 40$ dB, impedancia de entrada $R_{in} \geq 10$ M Ω y salida invertida respecto de la entrada. Para diseñar el amplificador se dispone de amplificadores operacionales con ancho de banda a ganancia unidad $f_T = 1$ MHz y resistencias en el rango de los K Ω . Salvo en la respuesta en frecuencia, considerar amplificadores operacionales ideales.
22. Un determinado amplificador operacional presenta una excursión de tensión de salida de -4 V a $+4$ V, su salida puede suministrar o absorber una corriente máxima de 10 mA y su *slew rate* es de 5 v/ μ s. Este amplificador se utiliza en el circuito de la siguiente figura, donde se supone que la entrada es siempre sinusoidal.
- Calcular el ancho de banda de potencia del amplificador operacional.
 - A una frecuencia de 1 KHz y $R_L = 1$ K Ω , ¿cuál es la tensión de pico de salida posible sin distorsión?
 - A una frecuencia de 1 KHz y $R_L = 100$ Ω , ¿cuál es la tensión de pico de salida posible sin distorsión?
 - A una frecuencia de 1 MHz y $R_L = 1$ K Ω , ¿cuál es la tensión de pico de salida posible sin distorsión?
 - Si $R_L = 1$ K Ω y $v_s(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 10^6 t)$, dibujar la forma de onda de la salida respecto al tiempo.



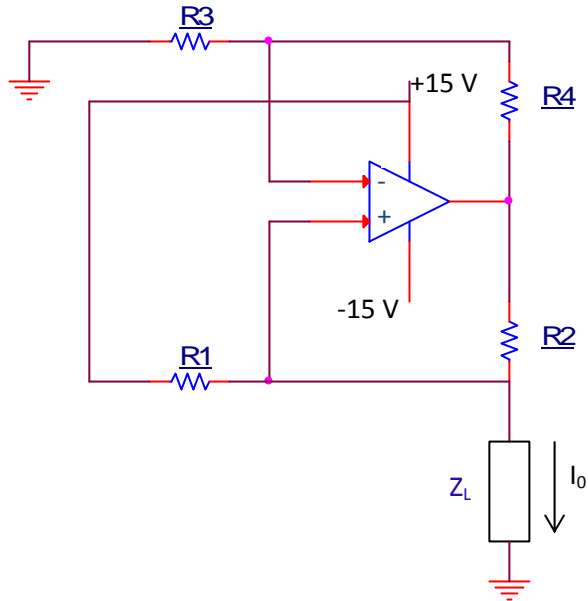
23. Especificar valores apropiados de resistencias para que el circuito de la figura presente una ganancia en tensión de 5 V/V, permitiendo una adecuada compensación de los efectos de la tensión de offset y de las corrientes de polarización. El amplificador operacional es el $\mu A741C$ (usar sus hojas de características). Asumir AOI salvo en lo que hace referencia a los términos de offset y corrientes de polarización. Asumir también que la temperatura del chip puede ser cualquiera dentro del rango de valores permitido. Considerar $V_{CC} = 15\text{ V}$ y $V_{EE} = -15\text{ V}$.



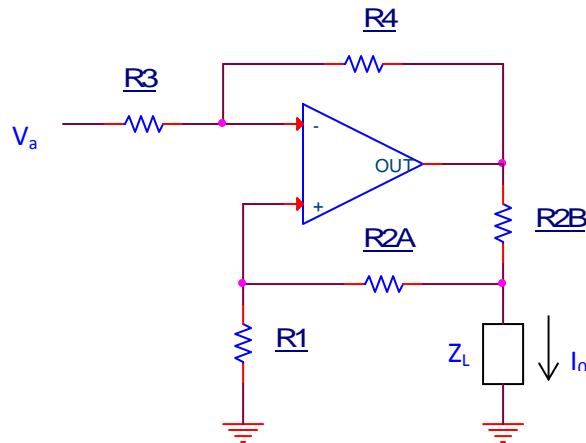
24. El circuito de la figura representa una bomba de corriente de Howland (un convertidor tensión/corriente) en el que el terminal de entrada se ha conectado a la alimentación positiva del amplificador operacional para convertirlo en una fuente de corriente. En este circuito domina la realimentación negativa siempre que Z_L sea finita, por lo que es un circuito estable. Suponer AOI en todos los apartados.

- Obtener la expresión de la corriente en la carga y establecer la condición para que la resistencia de salida sea infinita.
- Diseñar el circuito para que, bajo condición de resistencia de salida infinita, proporcione una corriente de 1mA en la carga y se puedan alcanzar excursiones en la misma de hasta 10 V. Considerar que el amplificador satura a $\pm 14\text{ V}$. Calcular el nivel de corriente que circula por las resistencias

R_1 y R_2 si Z_L es una resistencia de $1\text{ K}\Omega$. Repetir los cálculos para el caso en el que Z_L sea una resistencia de $20\text{ K}\Omega$.



25. El circuito de la figura constituye una realización mejorada de la bomba de corriente de Howland. Obtener la expresión de la corriente en la carga y establecer la condición de impedancia de salida infinita. Para realizar ese análisis asumir $R_{2A}+R_{2B} = R_2$ y considerar AOI. Este circuito posee realimentación negativa y positiva; sin embargo, siempre domina la realimentación negativa por lo que podemos asumir comportamiento de amplificador realimentado negativamente.



Si la tensión V_a del circuito anterior se genera mediante un circuito sumador tal como se muestra en el siguiente esquemático, diseñar el circuito para que se cumpla la condición de impedancia de salida infinita y se realice la conversión V/I de forma que el rango de tensión de entrada $[0,10\text{V}]$ ($V_i \in [0,10\text{V}]$) se transforme en el rango de corriente en la carga $[4\text{ mA}, 20\text{ mA}]$ ($I_o \in [4\text{ mA}, 20\text{ mA}]$). Considerar que los amplificadores se alimentan a $\pm 15\text{ V}$ y que saturan a $\pm 14\text{ V}$. En los demás aspectos asumir AOIs. Estudiar el rango de valores de la

resistencia de carga para los que el circuito realiza correctamente la función de conversión.

