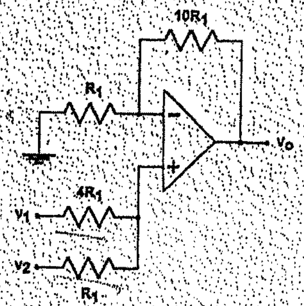
PROBLEMAS DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS
2° Curso de Grado en Ingeniería Informática – 10/11

TEMA 3: Amplificadores operacionales

1.- Hallar v_o en el circuito de la figura.



Solución: $v_o = (11/5)\, v_1 + (44/5)\, v_2$

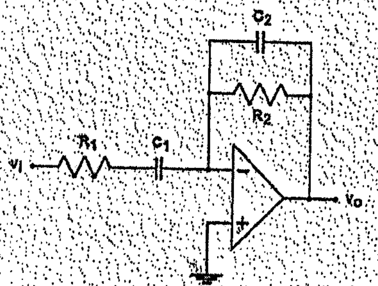
2.- El circuito representado es un diferenciador práctico que minimiza los problemas de ruido mediante la atenuación de las frecuencias altas.

a) Determinar la función de transferencia $v_o(j\omega) / v_i(j\omega)$.

b) Si $R_1C_1 = R_2C_2$ ¿hasta qué frecuencias debe ser restringida la entrada para que el circuito funcione como diferenciador?, es decir, $v_o(j\omega) = cte \cdot j\omega\, v_i(j\omega)$.

c) Calcular la nueva función de transferencia cuando: (i) $C_1 \approx 0$, (ii) $C_2 \approx 0$, (iii) $C_1 \approx \infty$ y (iv) $C_2 \approx \infty$, describiendo el tipo de filtro obtenido en cada caso.

d) ¿Para qué margen de frecuencias de la señal de entrada el circuito se comporta como un filtro paso-bajo?



Solución:

a) $$\frac{v_o}{v_i} = -\frac{j\omega R_2 C_1}{(1 + j\omega R_1 C_1)(1 + j\omega R_2 C_2)}$$

b) $$\omega << \frac{1}{R_1 C_1}$$

c) (i) $C_1 = 0 \;\Rightarrow\; \frac{v_o}{v_i} = 0$

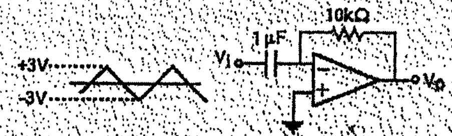
(ii) $C_2 = 0 \;\Rightarrow\; \frac{v_o}{v_i} = -\frac{j\omega R_2 C_1}{1 + j\omega R_1 C_1}$ *(paso alto)*

(iii) $C_1 = \infty \;\Rightarrow\; \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + j\omega R_2 C_2}$ *(paso bajo)*

(iv) $C_2 = \infty \;\Rightarrow\; \frac{v_o}{v_i} = 0$

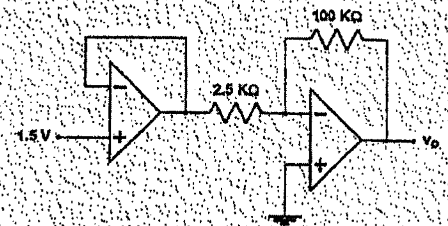
d) $$\omega >> \frac{1}{R_1 C_1}$$

3.- Para el circuito derivador de la figura, determinar la forma y la amplitud de la onda de salida cuando a la entrada le suministramos una señal triangular de amplitud +/- 3V y frecuencia igual a 25Hz.



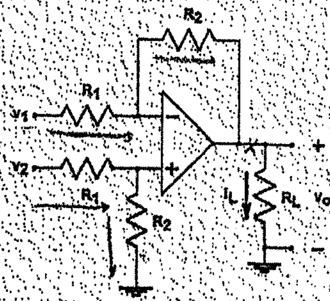
Solución: Señal cuadrada de amplitud 3V y misma frecuencia que v_i

4.- Calcular la tensión de salida v_o en el siguiente circuito, suponiendo que los amplificadores operacionales son ideales.



Solución: $v_o = -60$ V

5.- ¿Cuál es el valor de v_2 necesario para producir v_o = 500 mV cuando v_1 = 40 mV, R_1 = 50 KΩ y R_2 = 150 KΩ? ¿Cuál es el valor de la corriente de salida, i_L, en las condiciones anteriores y si R_L = 4 KΩ? Calcular la corriente suministrada por el amplificador operacional a través de su terminal de salida.



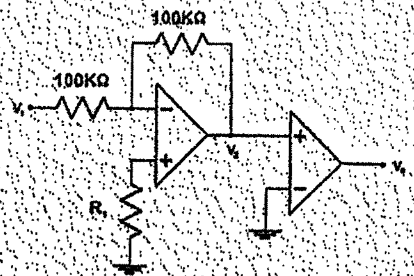
Solución: *a)* $v_2 = 207$ mV
b) $i_L = 125$ µA
c) $i_o = 127.3$ µA

6.- En el circuito de la figura, los amplificadores operacionales, supuestos ideales, están alimentados con $\pm V_{cc} = \pm 12$V. Suponiendo que la tensión de entrada toma valores en el rango $-10V \le v_i \le +10V$, calcular:

a) El valor de R_1 para que se verifique el equilibrio de impedancias en c.c., vistas desde los terminales de entrada del correspondiente amplificador operacional.

b) La tensión intermedia v_2 en función de la tensión de entrada v_i.

c) La tensión de salida v_o en función de la tensión de entrada v_i.

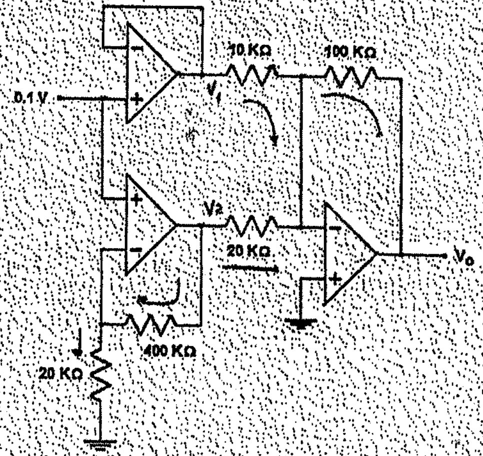


Solución: *a)* $R_1 = 50$ KΩ
b) $v_2 = -v_i$

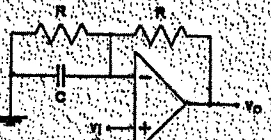
c) $v_o = -12$ V si $v_i > 0$
$v_o = 0$ V si $v_i = 0$
$v_o = +12$ V si $v_i < 0$

7.- En el circuito de la figura todos los amplificadores operacionales son ideales. Calcular la tensión de salida V_o.

Solución: $V_o = -11.5$ V



8.- En el circuito de la figura el amplificador operacional es ideal. Calcular:
- La ganancia de voltaje $A_V(f)$ y su módulo $|A_V(f)|$.
- Las dos asíntotas $f \to 0$ y $f \to \infty$ y su intersección.
- Dibujar esquemáticamente $|A_V(f)|$ y sus asíntotas.



Solución: $A_v(f) = 2(1 + j\pi f CR)$

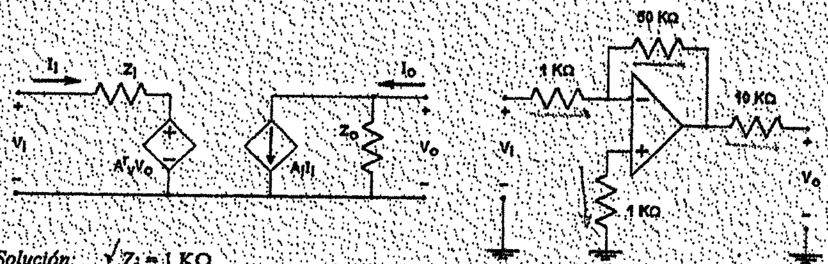
$|A_v(f)| = 2\sqrt{1+(\pi f CR)^2}$

$f \to 0: \ |A_v(f)| \to 2$

$f \to \infty: \ |A_v(f)| \to 2\pi f CR$

$f_c = \dfrac{1}{\pi CR}$

9.- Suponiendo que el amplificador operacional es ideal, determinar los valores que han de tomar los cuatro parámetros Z_i, Z_o, A_i y A^r_V para que ambos circuitos tengan un comportamiento eléctrico equivalente.



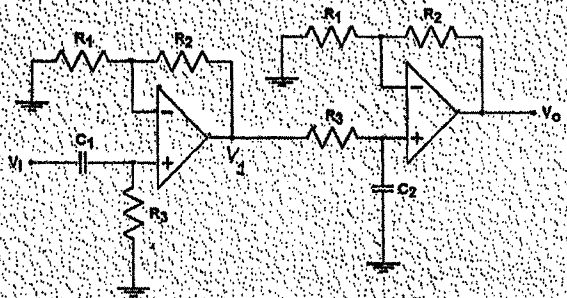
Solución: $Z_i = 1$ KΩ
$A_V^r = 0$
$A_i = 5$
$Z_o = 10$ KΩ

10.- Suponiendo los amplificadores operacionales ideales, y $R_1 = 2 \times 10^4$ Ω, $R_2 = 2 \times 10^5$ Ω y $R_3 = 10^4$ Ω:

a) Calcular la ganancia de tensión, módulo y fase, para señales sinusoidales.

b) Calcular los valores de C_1 y C_2 para que las frecuencias de corte a 3 dB ($|A^{máx}|/2^{½}$) sean 20 Hz y 20 KHz para las etapas izquierda y derecha, respectivamente.

c) Con los valores calculados en el apartado anterior, representar el módulo y la fase de la ganancia en función de la frecuencia.



Solución: *a)* $$|A_v| = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 \frac{1}{\sqrt{1+(\omega R_3 C_2)^2}\sqrt{1+\dfrac{1}{(\omega R_3 C_1)^2}}}$$

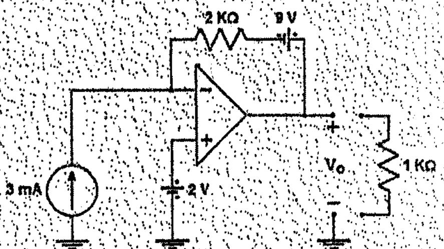
$$\phi = -\,arctg\,(\omega R_3 C_2) + arctg\,\frac{1}{\omega R_3 C_1}$$

b) $C_1 = 0.796$ μF
$C_2 = 0.796$ nF

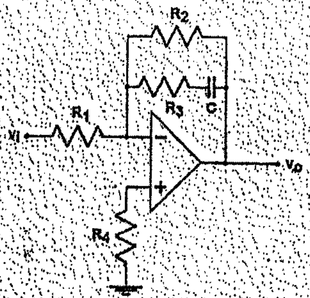
11.- En el circuito de la figura:

a) Calcular la tensión de salida en circuito abierto, V_o.

b) Si se conecta la resistencia de 1KΩ a la salida del circuito, calcular la intensidad I_o que suministra el operacional por su terminal de salida.



Solución: *a)* $V_o = 5$ V
b) $I_o = 2$ mA



12.- El amplificador operacional del circuito siguiente se considera ideal.

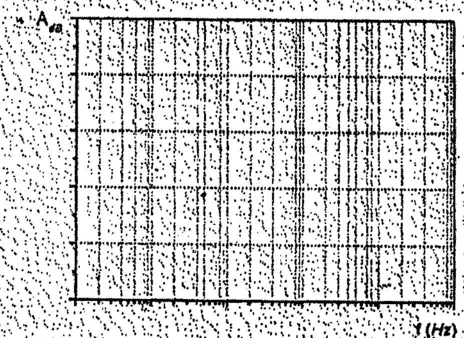
a) Hallar la expresión de la ganancia de voltaje, A_V, en función de la frecuencia, f. ($A_V = v_o/v_i$).

b) Encontrar los ceros y los polos de la función obtenida (o las frecuencias de corte).

c) Calcular el módulo de la ganancia y hallar su valor en los casos $f \to 0$ y $f \to \infty$.

Suponiendo que $R_1 = 10\ K\Omega$, $R_2 = 100\ K\Omega$, $R_3 = 20\ K\Omega$, $R_4 = 9\ K\Omega$ y $C = 4\ nF$ ($1\ nF = 10^{-9}\ F$):

d) Representar mediante aproximaciones rectilíneas $A_{dB} = 20 \log|A_v|$ en función de la frecuencia en escala logarítmica.



Solución: a) $A_v = -\dfrac{R_2}{R_1}\cdot\dfrac{1 + j2\pi fCR_3}{1 + j2\pi fC(R_2 + R_3)}$

b) *cero:* $f_z = \dfrac{1}{2\pi CR_3}$

polo: $f_p = \dfrac{1}{2\pi C(R_2 + R_3)}$

corte: $f_c = \dfrac{1}{2\pi C\sqrt{(R_2 + R_3)^2 - 2R_3^2}}$

c) $|A_v| = \dfrac{R_2}{R_1}\cdot\dfrac{\sqrt{1 + (2\pi fCR_3)^2}}{\sqrt{1 + [2\pi fC(R_2 + R_3)]^2}}$

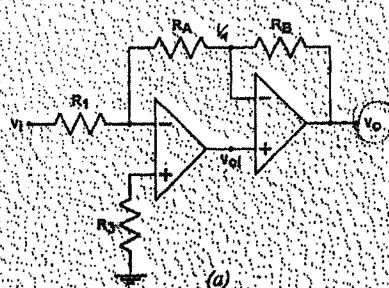
$|A_v|_{f\to 0} \to \dfrac{R_2}{R_1}$

$|A_v|_{f\to\infty} \to \dfrac{R_2 R_3}{R_1(R_2 + R_3)}$

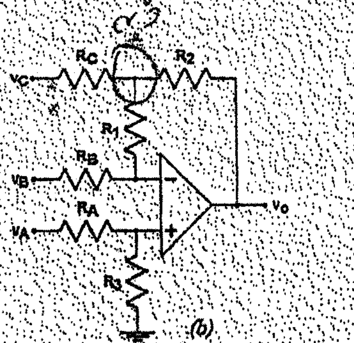
13.- Los amplificadores operacionales de los siguientes circuitos se suponen ideales.

a) Deducir la característica de transferencia del circuito de la figura (*a*), así como la expresión de v_{oi} en función de v_i.

b) Deducir la expresión de v_o, como función de los voltajes de entrada v_A, v_B y v_C, en el circuito de la figura (*b*).



(*a*)



(*b*)

Solución:

a) $v_o = -\dfrac{R_A + R_B}{R_1} v_i$

$v_{oi} = -\dfrac{R_A}{R_1} v_i$

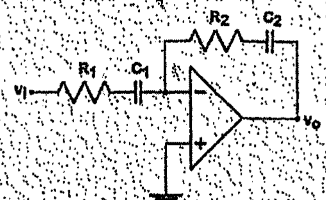
b) $v_o = -\dfrac{R_2}{R_C} v_C - \left[\dfrac{R_2}{R_B} + \dfrac{R_1}{R_B}\left(1 + \dfrac{R_2}{R_C}\right)\right] v_B + \left[\dfrac{R_2}{R_B} + \left(1 + \dfrac{R_1}{R_B}\right)\left(1 + \dfrac{R_2}{R_C}\right)\right]\dfrac{R_3}{R_A + R_3} v_A$

14.- Suponiendo que el amplificador operacional del siguiente circuito es ideal:

a) Deducir la expresión de la ganancia de voltaje, $A_V = v_o/v_i$, en función de la frecuencia.

b) Escribir, a partir de la anterior, las expresiones de su módulo y su ángulo de fase.

c) Calcular la expresión del módulo de A_V en los límites de frecuencia $f \to 0$ y $f \to \infty$.



Solución: a) $A_v = -\dfrac{R_2}{R_1}\cdot\dfrac{1 - j\dfrac{1}{2\pi fC_2R_2}}{1 - j\dfrac{1}{2\pi fC_1R_1}}$

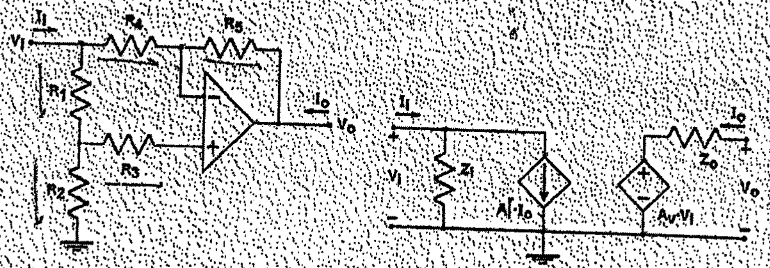
b) $|A_v| = \sqrt{\dfrac{(R_2)^2 + \dfrac{1}{(2\pi fC_2)^2}}{(R_1)^2 + \dfrac{1}{(2\pi fC_1)^2}}}$

$\theta = \pi - arctg\dfrac{1}{2\pi fC_2R_2} + arctg\dfrac{1}{2\pi fC_1R_1}$

c) $\lim_{f\to 0}|A_v| = \frac{C_1}{C_2}$

$\lim_{f\to\infty}|A_v| = \frac{R_2}{R_1}$

15.- Suponiendo que el amplificador operacional es ideal, determinar los valores de Z_i, Z_o, A_v y A_i' que hacen que ambos circuitos sean equivalentes.



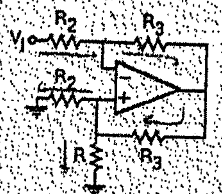
Solución: $Z_i = \frac{R_1+R_2}{R_1+R_4}\cdot R_4$

$A_i' = 0$

$A_v = \frac{R_2}{R_4}\cdot\frac{R_4+R_5}{R_1+R_2} - \frac{R_5}{R_4} = \frac{R_2R_4 - R_1R_5}{R_4(R_1+R_2)}$

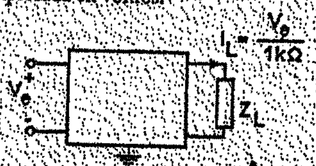
$Z_o = 0$

16.- Demostrar que el circuito de la figura se comporta, respecto a la carga R_L, como una fuente de corriente, gobernada por la tensión V_i

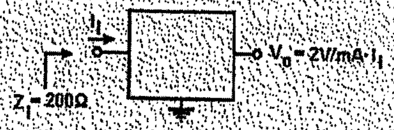


Solución: $I_R = -V_i/R_L$

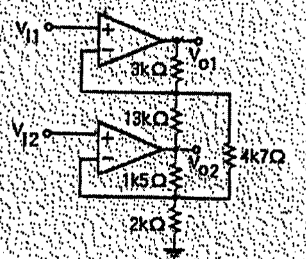
17.- Mediante amplificadores operacionales ideales (y demás elementos necesarios), diseñar un circuito con dos terminales de entrada y dos de salida que, teniendo una impedancia de entrada infinita, proporcione a la carga conectada entre los terminales de salida una corriente en mA igual al valor de la tensión de entrada expresada en voltios.



18.- Diseñar, mediante amplificadores operacionales ideales, un circuito con impedancia de entrada 200Ω y que suministre una tensión de salida proporcional a la corriente de entrada, a razón de 2V/mA.



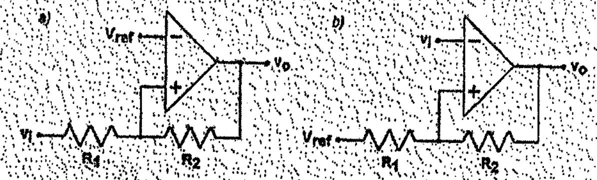
19.- Suponiendo $V_{I1} = 14.7V$ y $V_{I2} = 10V$: a) Determinar la corriente que circula por las resistencias de 2KΩ y de 4K7Ω ; b) calcular las tensiones V_{O1} y V_{O2}; c) calcular la suma de las potencias disipadas en todas las resistencias, así como la suma de las potencias suministradas por los dos operacionales; d) suponiendo $V_{I1}=V_{I2}=V_I$ determinar V_{O2} en función de V_I; e) para $V_I = 1V$ ¿cuál es la potencia disipada en una resistencia de 1KΩ conectada entre V_{O1} y V_{O2}.



Solución: a) $I_{2K} = 5mA$; $I_{4K7} = 1mA$ b) $V_{o1} = 17.4V$; $V_{o2} = 16.0V$

c) $P_R = 81.26mW = P_{O1} + P_{O2}$ d) $V_{o2} = 1.75V_I$ e) $P = 0.85mW$

20.- Suponiendo que el amplificador operacional es ideal, trazar la característica de transferencia de cada uno de los siguientes circuitos. Determinar en cada una de ellas los valores de v_i para los que se producirán las distintas transiciones de v_o entre saturación positiva y negativa y viceversa.



Datos: $V_{sat\pm} = \pm 15V$

a) $R_1 = 10\,K\Omega$, $R_2 = 75\,K\Omega$, $V_{ref} = 8.82\,V$;

b) $R_1 = 10\,K\Omega$, $R_2 = 65\,K\Omega$, $V_{ref} = 11.53\,V$.

Solución: a) v_i (sat+ → sat-) = 8 V; v_i (sat- → sat+) = 12 V;

b) v_i (sat+ → sat-) = 12 V; v_i (sat- → sat+) = 8 V.