IEE2123-1 Circuitos Eléctricos - 1er Semestre 2017
Profesor: Daniel Olivares Q.
Ayudantes: Rodrigo Bernal Christian Busse Martín Cepeda
Tomás Herrera Yoav Navon Rodrigo Troncoso

Tarea 10

Opamps

Fecha de Entrega: Día XX de XXXXX hasta las 23:59 horas.

- La Tarea debe ser subida en formato .pdf al Siding, junto a los archivos adjuntos necesarios en un formato .rar o .zip.
- No se aceptarán fotografías de tareas escritas a mano. Solo serán revisadas tareas escritas en editor de texto (imágenes, diagramas, esquemáticos, etc. podrán ser hechas a mano).
- Existirá un bono de +0.5 pts. por tarea si se escribe en LaTeX.
- Evite entregar tareas de más de 10 MB de peso debido a imágenes de alta resolución.

Problema 1

En el circuito de la figura, asuma que la alimentación es simétrica $\pm V_{CC}$ y que el amplificador y el comparador son ideales. La salida del comparador satura en los rieles $\pm V_{CC}$.

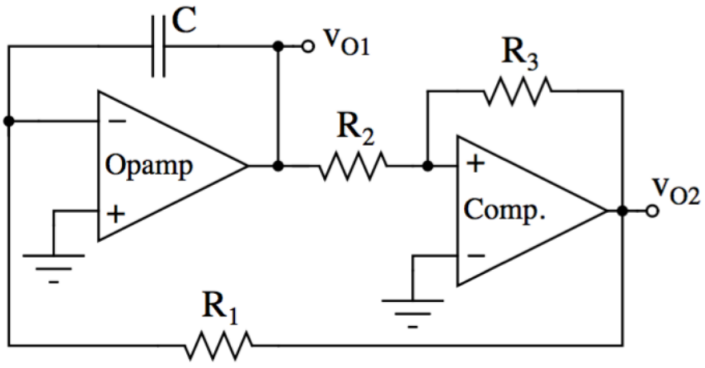


Figura 1

1. Describa en detalle el funcionamiento del circuito.
2. Describa cuales son las condiciones de los elementos (R_1,R_2,R_3 y C) para que el circuito ideal funcione.
3. Averigue que es la histéresis. Indique si el comparador tiene histéresis, en caso de haber indique los umbrales de comparación y dibuje la curva de transferencia estática para el comparador (v_{O1} vs. v_{O2}).

4. Encuentre expresiones matemáticas para v_{O1} y v_{O2}, y dibuje las formas de onda.

5. Simule el circuito en LTspice para $R_1 = 200k\Omega$, $R_2 = 50k\Omega$, $R_3 = 100k\Omega$, $C = 1\mu F$ y $V_{CC} = 5V$.

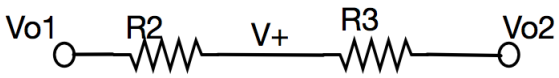
Solución:

1. El circuito funciona como un oscilador. La salida del comparador (v_{O2}) entrega voltajes constantes que va variando entre $\pm V_{CC}$, por lo que es una onda cuadrada. El opamp está conectado como integrador, y su entrada es la salida del comparador. Esto significa que el opamp integra una constante, lo que es una función rampa. Como la constante va variando de signo, la rampa va alternando su pendiente, generando una onda triangular. Finalmente, este circuito podría funcionar como generador de funciones, en caso de necesitar funciones cuadradas o triangulares.

2. $R_3 > R_2$.

3. Una curva con histéresis se le llama a aquella en que los puntos de la curva dependen de la historia previa. En un proceso se ve como una curva que en una dirección tiene una curva y en otra dirección la curva es distinta.

   El voltaje en la entrada no-inversora del comparador lo podemos calcular segun la siguiente situación:



   Por lo que tenemos que:

$$V_+ = V_{O2} + (V_{O1} - V_{O2})\frac{R_3}{R_2 + R3}$$

   Los límites en que el comparador invierte su polaridad, se darán cuando V_+ =0, por lo que despejando obtenemos que para que ocurra eso, $V_{O1} = \pm V_{CC}\frac{R_2}{R_3}$, siendo estos los umbrales de comparación.

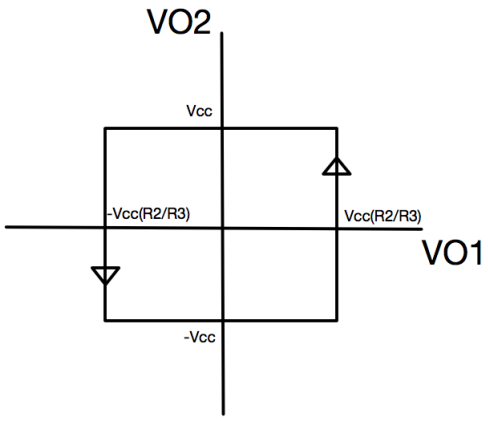


Figura 2: Curva de Transferencia Estática

4.

$$V_{O2} = \pm V_{CC}$$

$$V_{O1} = \frac{1}{R_1 C}\int_0^t V_{O2}(t)dt = \pm\frac{V_{CC}}{R_1 C}\cdot t + V_{inicial}$$

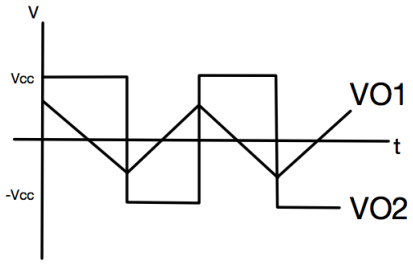
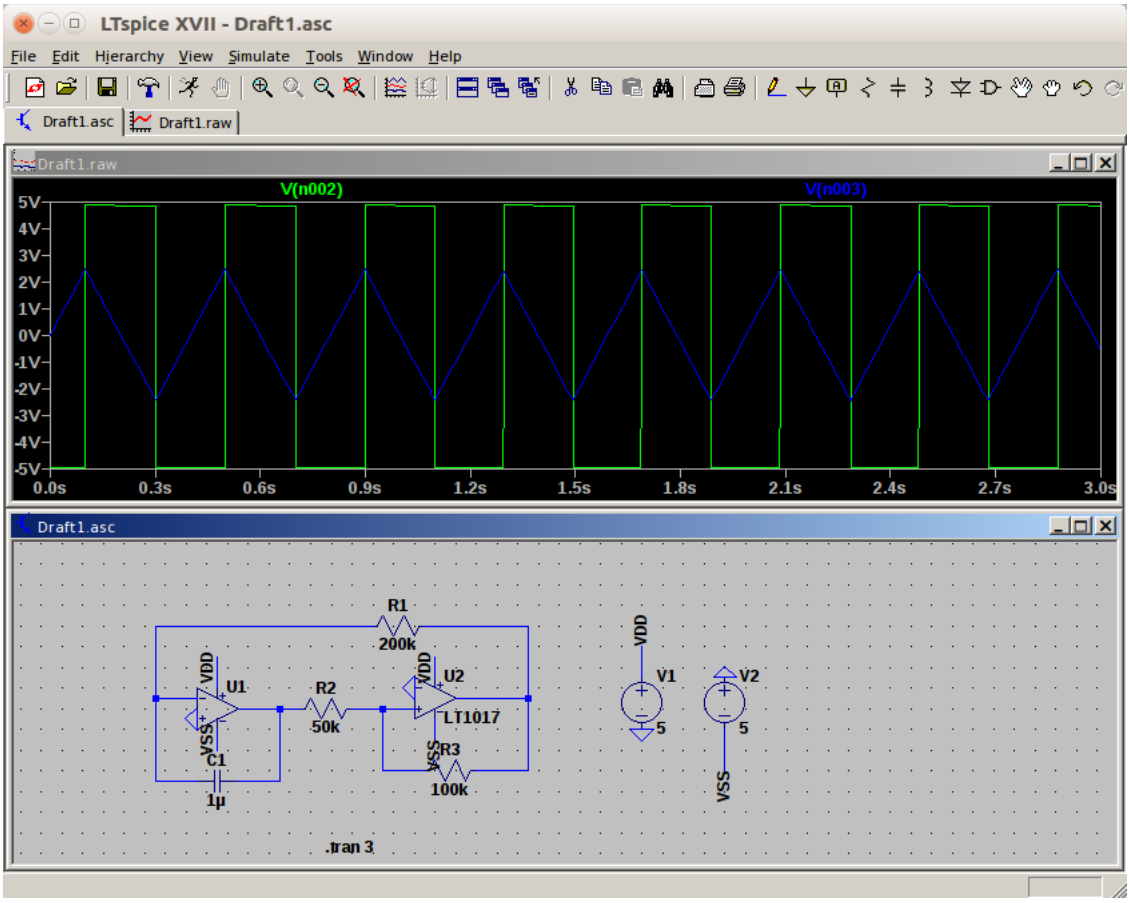


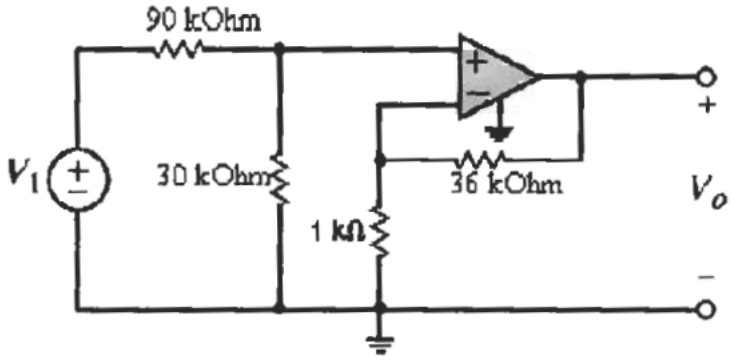
Figura 3: Formas de Onda

5. En LTspice:



Problema 2

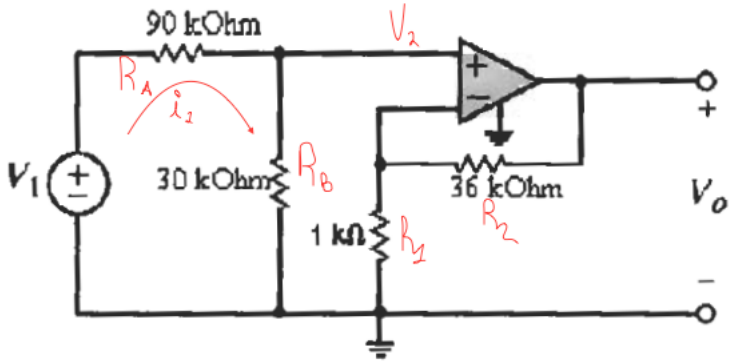
Para el circuito de la figura, determine la ganancia de voltaje. Luego simule el circuito en Spice usando como entrada $0{,}1 \sin 2\pi \cdot 5V$ y compruebe sus resultados.



Solución:

Por KVL:

$$V_1 = i_1 R_A + i_1 R_B$$
$$V_2 = i_1 R_B \rightarrow i_1 = \frac{V_2}{R_B}$$
$$\rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_B}{R_A + R_B = 0{,}25}$$

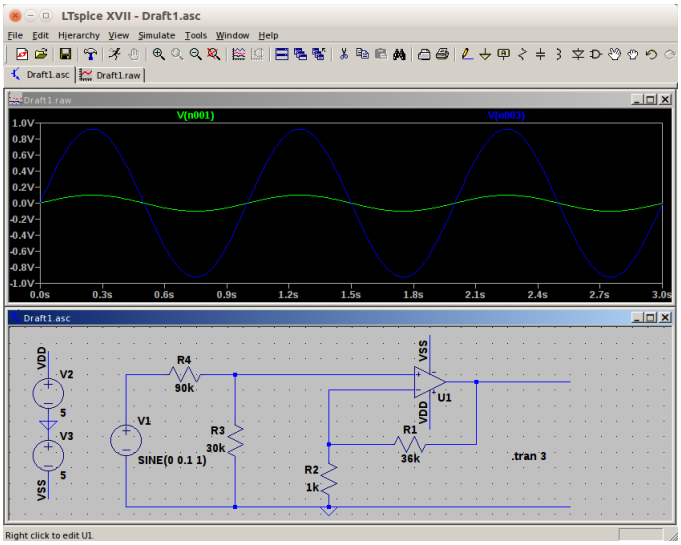


El opamp esta conectado en configuración de amplificador no-inversor, por lo que:

$$\frac{V_o}{V_2} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 37$$

La ganancia esta dada por:

$$A_v = \frac{V_o}{V_2} = \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{V_o}{V_2} = 9{,}25$$

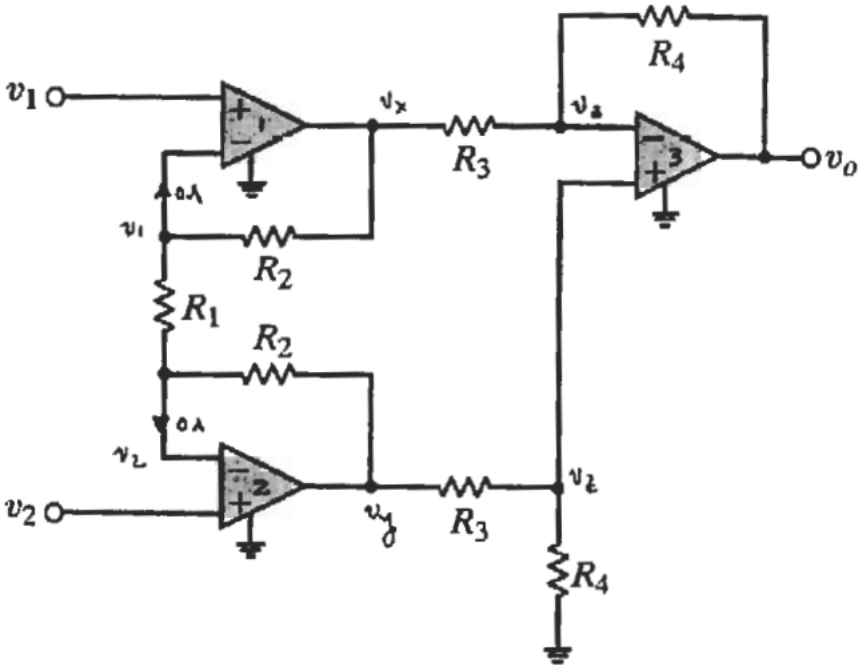


En LTspice:

La ganancia en LTspice para estos componentes es de $9{,}249 V/V$.

Problema 3

Para el circuito de la figura, determina el voltaje de salida V_o.



Solución:

KCL en v^- del opamp 1:

$$\frac{v_x - v_1}{R_2} = \frac{v_1 - v_2}{R_1}$$
$$\rightarrow v_x = v_1(1 + \frac{R_2}{R_1}) - \frac{R_2}{R_1} \cdot v_2$$

KCL en v^- del opamp 2:

$$\frac{v_y - v_2}{R_2} = \frac{v_2 - v_1}{R_1}$$
$$\rightarrow v_y = v_2(1 + \frac{R_2}{R_1}) - \frac{R_2}{R_1} \cdot v_1$$

KCL en v^+ del opamp 3:

$$\frac{v_y - v_z}{R_3} = \frac{v_z}{R_4}$$
$$\rightarrow v_z = v_y(\frac{R_4}{R_3 + R_4})$$

KCL en v^- del opamp 3:

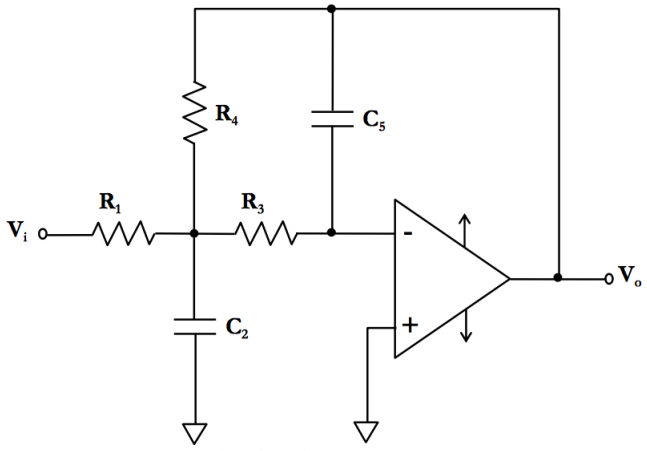
$$\frac{v_x - v_z}{R_3} + \frac{v_0 - v_z}{R_4} = 0$$
$$\rightarrow v_0 = v_z(1 + \frac{R_4}{R_3}) - \frac{R_4}{R_3} \cdot v_x$$

Reemplazando los valores, obtenemos que:

$$v_x = 0V$$
$$v_y = 14V$$
$$v_z = \frac{21}{2}V$$
$$v_o = 42V$$

Problema 4

1. Para el circuito de la figura, determine su función de transferencia.
2. Ejecute un "AC Analisis" simulando el circuito para $R_1 = 10k\Omega$, $R_3 = 100k\Omega$, $R_4 = 1M\Omega$, $C_2 = 100\mu F$ y $C_5 = 100\mu F$ desde los $1\mu Hz$ y $10kHz$.
3. Con los valores anteriores y usando la función de transferencia calculada anteriormente obtenga el diagrama de bode usando MATLAB, OCTAVE, MATHEMATICA, etc.



Solución:

1. Llamamos v_x al nodo entre las 3 resistencias. Por KCL tenemos las siguientes ecuaciones:

$$\frac{v_i - v_x}{R1} = v_x sC_2 + \frac{v_x - v_o}{R_4} + \frac{v_x}{R_3}$$
$$\frac{v_x}{R_3} = -v_o sC_5 \rightarrow v_x = -sC_5 R_3 v_o$$

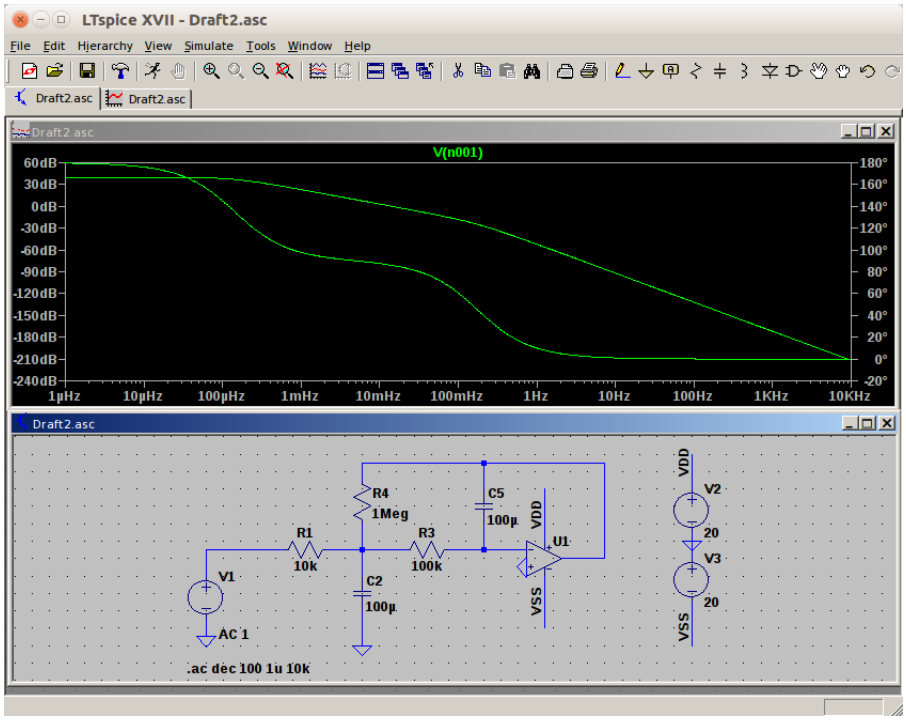
Reemplazando:

$$\frac{v_i - (-sC_5R_3v_o)}{R1} = (-sC_5R_3v_o)sC_2 + \frac{-sC_5R_3v_o - v_o}{R_4} + \frac{-sC_5R_3v_o}{R_3}$$

Despejamos:

$$v_i(R_3R_4) = -s^2C_2C_5R_1R_3^2R_4v_o - sC_5R_1R_3^2v_o - R_1R_3v_o - sC_5R_1R_3R_4v_o - sC_5R_3^2R_4v_o$$
$$v_i = v_o\frac{(-s^2C_2C_5R_1R_3^2R_4 - sC_5R_1R_3^2 - R_1R_3 - sC_5R_1R_3R_4 - sC_5R_3^2R_4)}{R_3R_4}$$
$$H(s) = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-R_3R_4}{s^2C_2C_5R_1R_3^2R_4 + s(C_5R_1R_3^2 + C_5R_1R_3R_4 + C_5R_3^2R_4) + R_1R_3}$$
$$H(s) = \frac{-\frac{R_4}{R_1}}{s^2C_2C_5R_3R_4 + s(C_5R_3 + C_5R_4 + \frac{C_5R_3R_4}{R_1}) + 1}$$

2. En LTspice:



3. En Octave:

