PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
EQUIPO DOCENTE IEE2123

IEE2123 Circuitos Eléctricos

◅ Soluciones Interrogaciones ▻

2016

Contenido

1. Soluciones Interrogación 1 1
1.1. Problema 1-1 1
1.2. Problema 1-2 2
1.3. Problema 1-3 3
1.4. Problema 2-1 5
1.5. Problema 2-2 6
1.6. Problema 2-3 9
1.7. Problema 3-1 11

1. Soluciones Interrogación 1

1.1. Problema 1-1

- Utilizando Ley de Ohm (miren su tatuaje) y la Recta de Carga, obtenga gráficamente los puntos de operación del circuito para: (indique pendientes de rectas y valores de cruce con los ejes)

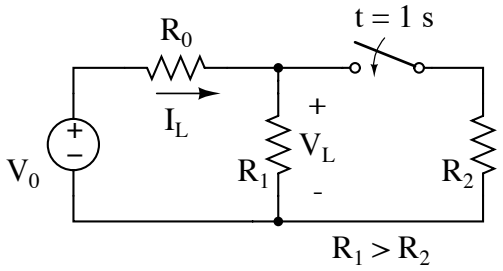


Figura 1: Ejercicio P1-1

a) $0 < t < 1$

b) $1 < t$

Solución 1-1

a)

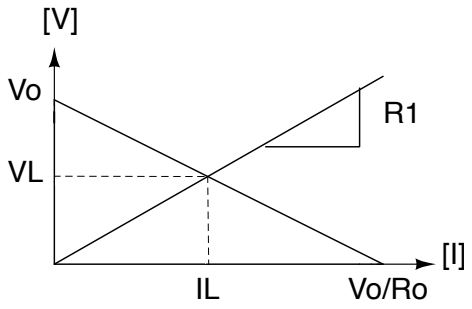


Figura 2: Curva de carga $0 < t < 1$

b)

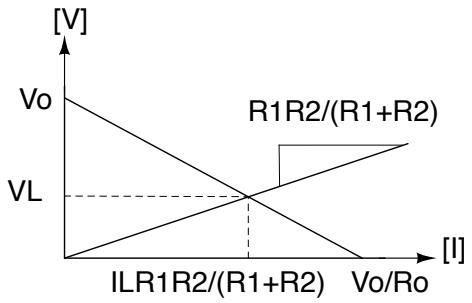


Figura 3: Curva de carga $1 < t$

1.2. Problema 1-2

- Si $I_o > 0$, calcule el valor de el(los) parámetro(s) para satisfacer la condición solicitada

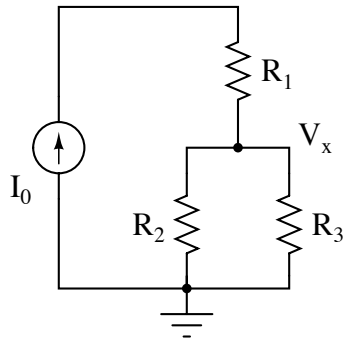


Figura 4: Ejercicio P1-2

a) $V_x = R_1 I_o \rightarrow R_2, R_3 =?$

b) $V_x = 0 \rightarrow R_2, R_3 =?$

c) Si $R_2, R_3 > 0$, ¿Existe R_1 tal que $V_x < (R_2 // R_3) I_o$?

Solución 1-2

a) Para cumplir esta condición se debe lograr que $R_2 // R_3 = R_1$.

b) Se cumple para $R_2 = 0$ o $R_3 = 0$. Las condiciones no son excluyentes entre ellas.

c) No existe ningún caso para el que se cumpla la condición pedida. Para todo valor de R_1 se tendrá $V_x = (R_2 // R_3) I_o$.

1.3. Problema 1-3

- El circuito es un amplificador, donde R_5 es la carga del amplificador. Calcule el circuito equivalente de Thevenin (o Norton) y la resistencia de salida del amplificador. ¿Cuál es el circuito equivalente completo del amplificador?

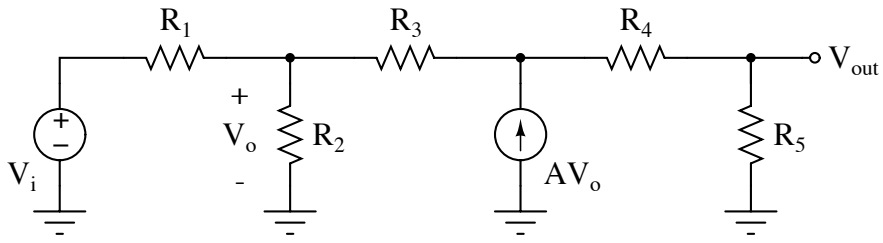


Figura 5: Ejercicio P1-3

Solución 1-3

Para determinar el voltaje de Thévenin V_{th} comenzamos por excluir la resistencia R_5 debido a que esta es la carga del amplificador. Luego, aplicando método de nodos con el circuito resultante tendremos las siguientes ecuaciones

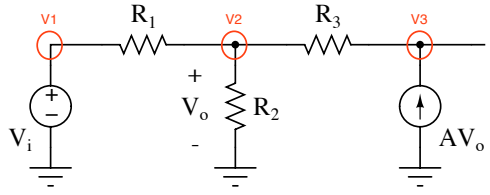


Figura 6: Desarrollo V_{th}

$V_1) V_1 = V_i$

$V_2) \dfrac{V_1 - V_2}{R_1} + \dfrac{V_3 - V_2}{R_3} = \dfrac{V_2}{R_2}$

$V_3) \dfrac{V_3 - V_2}{R_3} = AV_2$

Solucionando el sistema se obtendrá que el votaje V_3, correspondiente al de Thévenin es

$$V_{th} = -\frac{R_2(1 + R_3 A)V_i}{-R_1 - R_2 + AR_1R_2}$$

Luego, para determinar la resistencia equivalente apagamos las fuentes independientes y utilizamos una fuente de prueba V_t a la salida del circuito. En este caso la fuente de voltaje V_i se apaga y se transforma en un cable, mientras que la fuente AV_o se mantiene encendida por ser dependiente. Considerando el paralelo entre R_1 y R_2, volvemos a utilizar el método de nodos con numeración de izquierda a derecha, con lo que obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones

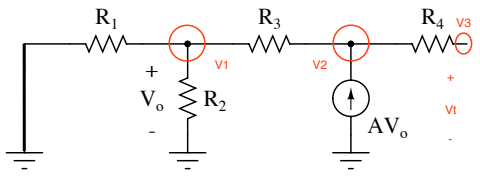


Figura 7: Desarrollo R_q

$$V_1) \frac{V_2 - V_1}{R_3} - \frac{V_1}{R_1 // R_2} = 0$$

$$V_2) - \frac{V_2 - V_1}{R_3} + AV_1 + \frac{V_3 - V_2}{R_4} = 0$$

$$V_3) V_3 = V_t$$

Solucionando el sistema obtendremos que

$$V_1 = \frac{(R1 // R_2) V_t}{R_3 + R_4 + (R_1 // R_2) - AR_4(R_1 // R_2)}$$

$$V_2 = \frac{(R_3 + (R_1 // R_2) V_t)}{R_3 + R_4 + (R_1 // R_2) - AR_4(R_{1 // R_2})}$$

De estos valores nos interesa particularmente V_2. Así calcularemos la corriente por la resistencia R_4 y luego dividiremos el voltaje V_t para obtener la resistencia equivalente R_q

$$R_q = \frac{V_t}{I_4} = \frac{V_t}{\frac{V_3 - V_2}{R_4}} = \frac{V_t R_4}{V_3 - V_2} \rightarrow R_q = \frac{R_3 + R_4 + (R_1 // R_2) - AR_4(R_1 // R_2)}{1 - A(R_1 // R_2)}$$

Luego la corriente de Norton está dada por

$$I_n = -\frac{R_2(1 + R_3 A) V_i}{-R_1 - R_2 + AR_1 R_2} \frac{1 - A(R_1 // R_2)}{R_3 + R_4 + (R_1 // R_2) - AR_4(R_1 // R_2)}$$

Finalmente el modelo equivalente estará dado por el correspondiente Thévenin o Norton con la resistencias R_5 como carga.

1.4. Problema 2-1

- Si los circuitos 1 y 2 comparten la referencia de tierra y si la tierra del circuito 3 tiene una diferencia de potencial $+V_1$ con respecto a la tierra de los circuitos 1 y 2, calcule el voltaje en el nodo V_2 respecto a la tierra de los circuitos 1 y 2.

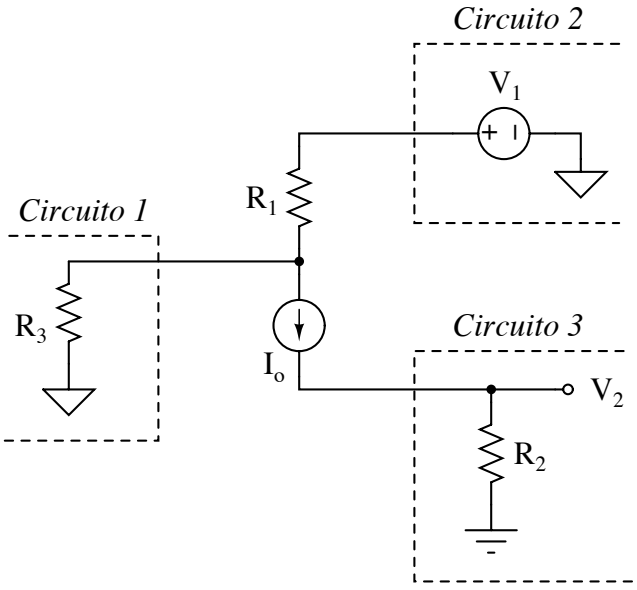


Figura 8: Ejercicio P2-1

Solución 2-1

Nótese que este ejercicio es directo. Por inspección simple se puede determinar que en el subcircuito 3 el valor de V_2 está dado por

$$V_2 = I_o R_2$$

Luego, considerando el cambio de tierra, se tiene que

$$V_2 = I_o R_2 + V_1$$

1.5. Problema 2-2

- Calcule V_x y Vy por superposición

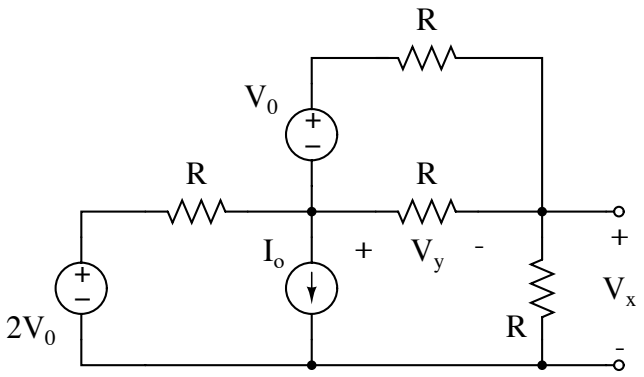


Figura 9: Ejercicio P2-2

Solución 2-2

Primero partiremos con la fuente $2V_o$. Utilizando método de mallas obtendremos el siguiente sistema

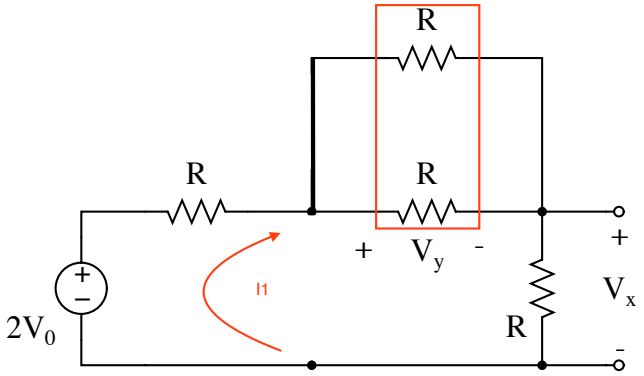


Figura 10: Fuente $2V_o$ Superposición

$$I_1) - 2V_o + \frac{5}{2}RI_1 = 0$$

Así, tendremos que

$$I_1 = \frac{4V_o}{5R} \rightarrow V_{x1} = \frac{4V_o}{5}; V_{y1} = \frac{2V_o}{5}$$

Ahora para la fuente V_o, utilizando el método de mallas tendremos el siguiente sistema

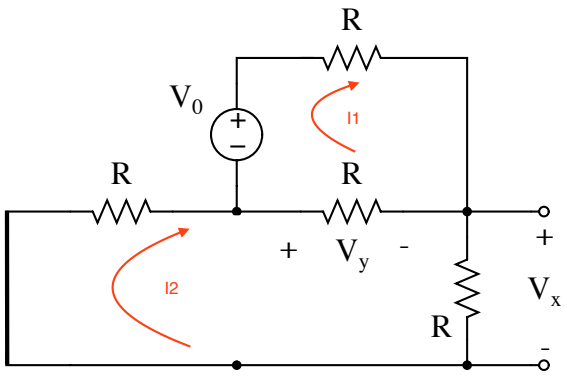


Figura 11: Fuente V_o Superposición

$I_1) - V_o + RI_1 + R(I_1 - I_2) = 0$
$I_2) 2RI_2 + R(I_2 - I_1) = 0$

Así tendremos que

$$I_1 = \frac{3V_o}{5R}; I_2 = \frac{V_o}{5R} \rightarrow V_{x2} = \frac{V_o}{5}; V_{y2} = \frac{-2V_o}{5}$$

Para terminar utilizamos la fuente I_o con método de mallas y obtenemos el siguiente sistema

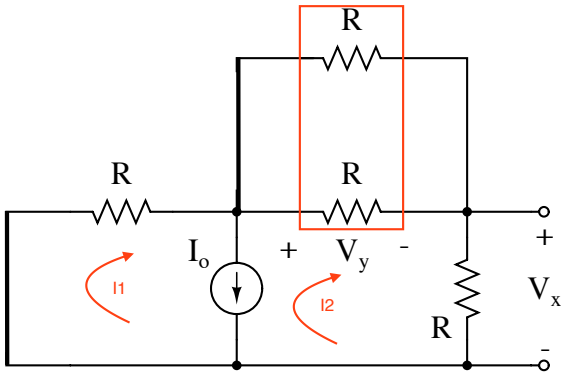


Figura 12: Fuente I_o Superposición

$S_1) RI_1 + \dfrac{3RI_2}{2} = 0$
$S_2) I_1 - I_2 = I_o$

Así tendremos

$$I_1 = \frac{3I_o}{5}; I_2 = \frac{-2I_o}{5} \rightarrow V_{x3} = \frac{-2I_oR}{5}; V_{y3} = \frac{-I_oR}{5}$$

Finalmente para obtener los voltajes finales de V_x y V_y sumamos las contribuciones de cada fuente

$$V_x = V_{x1} + V_{x2} + V_{x3} = \frac{4V_o}{5} + \frac{V_o}{5} + \frac{-2I_oR}{5}$$

$$V_y = V_{y1} + V_{y2} + V_{y3} = \frac{2V_o}{5} + \frac{-2V_o}{5} + \frac{-I_oR}{5}$$

Así

$$V_x = \frac{5V_o - 2I_oR}{5}$$

$$V_y = -\frac{I_oR}{5}$$

1.6. Problema 2-3

- Calcule el circuito equivalente de Thevenin y obtenga V_o. Calcule una resistencia de carga para obtener máxima transferencia de potencia

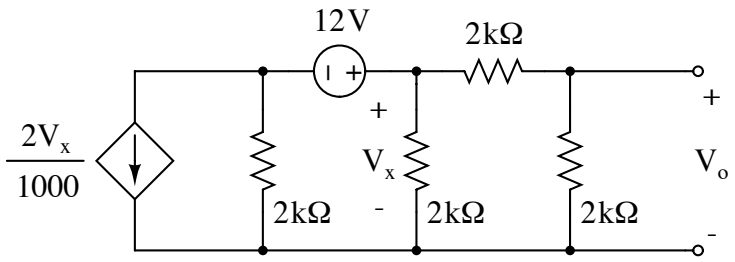


Figura 13: Ejercicio P2-3

Solución 2-3

Primero determinaremos el voltaje de Thévenin por medio del método de mallas. Así podemos establecer el siguiente sistema de ecuaciones

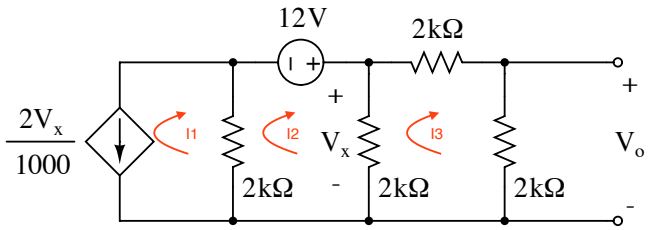


Figura 14: Desarrollo V_{th}

$$I_1) I_1 = \frac{-4000(I_2 - I_3)}{1000}$$

$$I_2) 2000(I_2 - I_1) - 12 + 2000(I_2 - I_3) = 0$$

$$I_3) 2000(I_3 - I_2) + 4000 I_3 = 0$$

Como resultado obtendremos

$$I_1 = -\frac{6}{1625} \approx -0{,}0037[A]$$

$$I_2 = \frac{9}{6500} \approx 0{,}0014[A]$$

$$I_3 = \frac{3}{6500} \approx 0{,}00046[A]$$

Luego el voltaje de Thévenin estará dado por

$$V_o = V_{th} = 2000I_3 \approx 0{,}92[V]$$

Ahora debemos determinar la resistencia equivalente R_q apagando y usando una fuente de prueba V_t. En este caso, utilizando método de mallas obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones

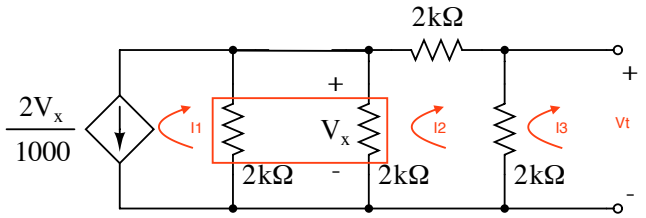


Figura 15: Desarrollo R_q

$I_1) - 2(I_1 - I_2) = I_1$
$I_2) 1000(I_2 - I_1) + 2000I_2 + 2000(I_2 - I_3) = 0$
$I_3) 2000(I_3 - I_2) + V_t = 0$

Con ello los resultados de las corrientes son

$$I_1 = -\frac{V_t}{3500}$$
$$I_2 = -\frac{3V_t}{7000}$$
$$I_3 = -\frac{13V_t}{14000}$$

Luego la resistencia equivalente estará dada por

$$R_q = \frac{V_t}{-I_3} = \frac{14000}{13} \approx 1{,}08k[\Omega]$$

Finalmente el valor de la carga para obtener la máxima transferencia de potencia es teóricamente la resistencia equivalente

$$R_L \approx 1{,}08k[\Omega]$$

1.7. Problema 3-1

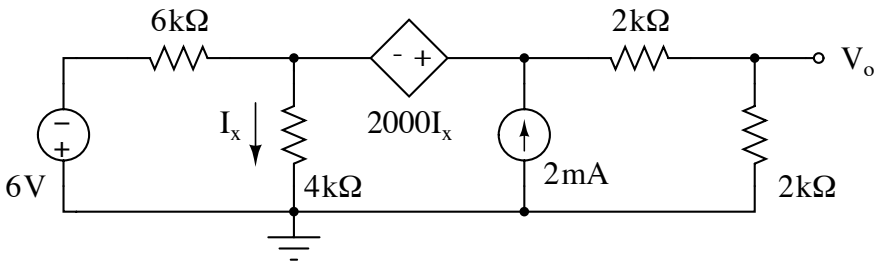


Figura 16: Ejercicio P3-1

- Calcule

  1. V_o
  2. Corrientes por todas las resistencias
  3. Potencia en fuentes

Solución 3-1

Para solucionar el circuito se utiliza método de mallas con lo que se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones

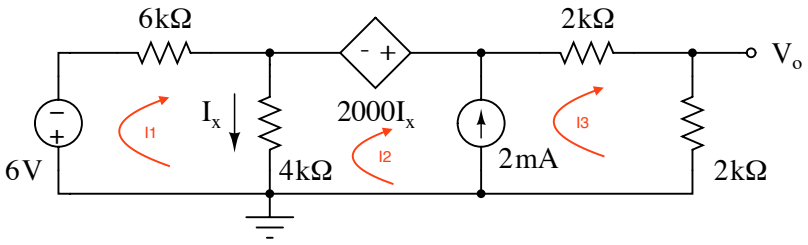


Figura 17: Desarrollo Método de mallas

$I_1) 6 + 6000I_1 + 4000(I_1 - I_2) = 0$
$S_1) 4000(I_2 - I_1) - 2000(I_1 - I_2) + 4000I_3 = 0$
$S_2) 0{,}002 = I_3 - I_2$

Con esto se obtiene que

$$I_1 = -1{,}21m[A]$$
$$I_2 = -1{,}53m[A]$$
$$I_3 = 0{,}47m[A]$$

Así el voltaje de salida estará dado por

$$V_o = 2000 I_3 = 0{,}94[V]$$

Por otra parte las corrientes que transitan por las resistencias corresponden a los siguientes valores

$$I_{6k} = I_1 = -1{,}21m[A]$$
$$I_{4k} = I_1 - I_2 = 0{,}32m[A]$$
$$I_{2k} = I_3 = 0{,}47m[A]$$

Finalmente las potencias de las fuentes corresponden a los siguientes valores

$$P_{6v} = 6 I_1 = -7{,}26m[W]$$
$$P_{2000 I_x} = -2000(I_1 - I_2) I_2 = 0{,}98m[W]$$
$$P_{2mA} = -(V_o + 2000 I_3) 2m = -3{,}76m[W]$$