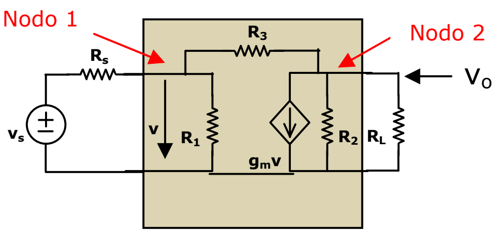
1



Determine a relação entre a tensão na resistência R_L e a tensão V_s, supondo que $R_s=R_1=1k$, $R_2=40k$, $R_3=2k$, $R_L=10k$ e $g_m=100mA/V$.

$$R_2 \| R_L = \frac{40*10}{40+10} = 8k\Omega$$

$$\text{Equação no nodo 1: } \quad \frac{v_s - v}{R_s} = \frac{v}{R_1} + \frac{v - v_o}{R_3}$$

$$\frac{v_s}{R_s} = v\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_s}\right) - \frac{v_o}{R_3}$$

Multiplicando por R_3

$$v_s \frac{R_3}{R_s} = v\left(1 + \frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_s}\right) - v_o = 5v - v_o \qquad (1)$$

$$\text{Equação no nodo 2: } \quad \frac{v - v_o}{R_3} = g_m v + \frac{v_o}{R_2 \| R_L}$$

$$v\left(\frac{1}{R_3} - g_m\right) = v_o\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2 \| R_L}\right)$$

Multiplicando por R_3: $\quad v(1 - g_m R_3) = v_o\left(1 + \frac{R_3}{R_2 \| R_L}\right)$

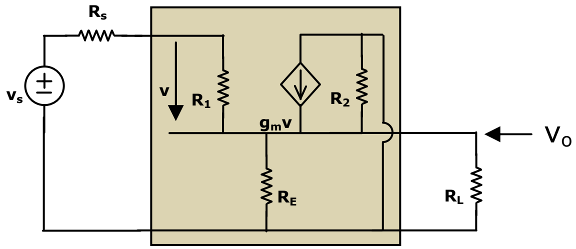
$$-199v = 1.25v_o \Rightarrow v = -v_o \frac{1.25}{199} \qquad (2)$$

Substituindo (2) *em* (1)

$$v_s \frac{R_3}{R_s} = -v_o \frac{1.25*5}{199} - v_o = -v_o(1 + 0.032)$$

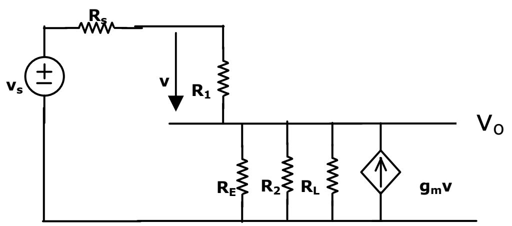
$$\frac{v_o}{v_s} = -\frac{R_3}{R_s} * 0.97 \approx -\frac{R_3}{R_s}$$

2



Determine a relação entre a tensão na resistência R_L e a tensão Vs, supondo que $R_s=100\Omega$, $R_1=R_E=1k$, $R_2=40k$, $R_L=10k$ e $g_m=100mA/V$.

Redesenhando



$$\frac{v_s - v_o}{R_s + R_1} + g_m v = \frac{v_o}{R_E \| R_2 \| R_L}$$

mas $R_E \| R_2 \| R_L = 0.89k\Omega$

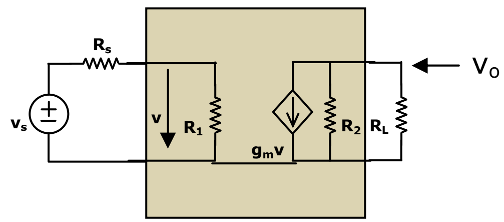
e $v = R_1 \dfrac{v_s - v_o}{R_s + R_1}$

então $\dfrac{v_s - v_o}{R_s + R_1}(1 + g_m R_1) = \dfrac{v_o}{0.89}$

$$v_s - v_o = v_o\left(\frac{1}{0.89} \cdot \frac{1.1}{101}\right) = 0.012 v_o$$

$$v_o = 0.99 v_s \approx v_s$$

3



Determine a relação entre a tensão na resistência R_L e a tensão Vs, supondo que $R_s=100\Omega$, $R_1=1k$, $R_2=40k$, $R_L=10k$ e $g_m=100mA/V$.

$$v = \frac{R_1}{R_1 + R_s} v_s$$

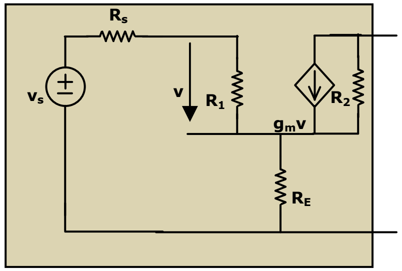
$$v_o = -g_m v (R_2 \| R_L)$$

$$v_o = -g_m (R_2 \| R_L) \frac{R_1}{R_1 + R_s} v_s$$

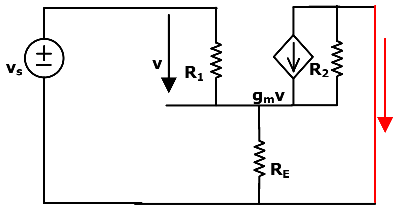
$$v_o = -100\, mA/V \cdot 8k\Omega \cdot \frac{1}{1.1} v_s$$

$$\frac{v_o}{v_s} = -727\, V/V$$

4



Determine o equivalente Norton do circuito da figura, visto dos dois terminais da direita, supondo que $R_s=0$, $R_1=1k$, $R_E=1k$, $R_2=40K$ e $g_m=100mA/V$



I_{CC}=I de Curto Circuto

$$\frac{v}{R_1}+g_m v=\frac{v_s-v}{R_E}+\frac{v_s-v}{R_2}$$

$$v\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_E}+\frac{1}{R_2}+g_m\right)=v_s\left(\frac{1}{R_E}+\frac{1}{R_2}\right)$$

$$v\left(1+\frac{R_E}{R_1}+\frac{R_E}{R_2}+g_m R_E\right)=v_s\left(1+\frac{R_E}{R_2}\right)$$

$$v\approx v_s\left(\frac{1}{2+g_m R_E}\right)$$

$$I_{cc}=\frac{v_s-v}{R_2}-g_m v$$

$$I_{cc}=\frac{v_s}{R_2}-\left(\frac{1}{R_2}+g_m\right)v=\frac{1}{R_2}\left[v_s-\left(1+g_m R_2\right)v\right]$$

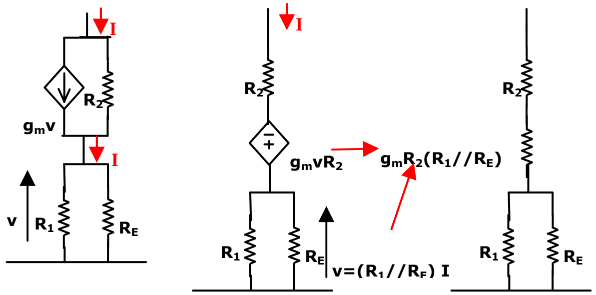
$$I_{cc}=\frac{v_s}{R_2}\left[1-\frac{1+g_m R_2}{2+g_m R_E}\right]$$

Façamos a simplificação

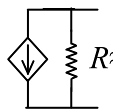
$$g_m R_2>>g_m R_E>>2>1\Rightarrow I_{CC}\approx-\frac{v_s}{R_E}$$

Na realidade,

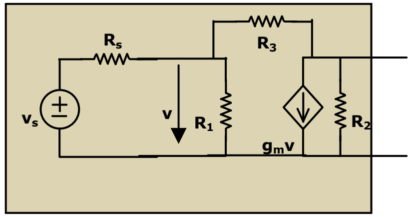
$$I_{CC}\approx-0.96\frac{v_s}{R_E}$$



$R=(R_1//R_E)+R_2[1+g_m(R_1//R_E)]\approx 2M\Omega$

$I\approx v_s/R_E = v_s/1k\Omega$  $R\approx g_m(R_1//R_E)R_2=2M\Omega$

5



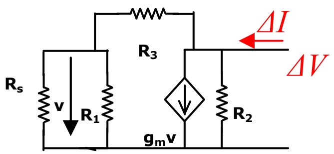
Determine o equivalente Thévenin do circuito da figura, visto dos dois terminais da direita, supondo que R_s=1k, R_1=1k, R_2=40K, R_3=10k e g_m=100mA/V

A tensão de circuito aberto, como se viu atrás (Prob.1), é aproximadamente

$v_o \approx -(R_3/R_s)v_s = -10v_s$

e a aproximação ainda é melhor, já que não tem R_L.

Para a determinação de $R_{Thévenin}$ tome-se a seguinte figura:



$$v = \frac{R_s \| R_1}{R_3 + R_s \| R_1} \Delta V$$

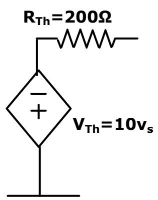
$$\Delta I = \frac{\Delta V}{R_3 + R_s \| R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} + g_m v$$

$$\Delta I = \Delta V \left(\frac{1}{R_3 + R_s \| R_1} + \frac{1}{R_2} + g_m \frac{R_s \| R_1}{R_3 + R_s \| R_1} \right)$$

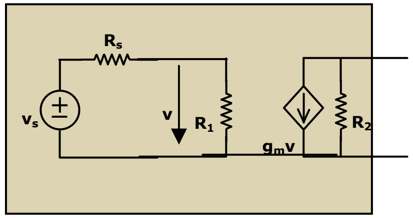
$$\frac{\Delta V}{\Delta I} = R_{Thévenin} = \frac{R_3 + R_s \| R_1}{1 + \frac{R_3 + R_s \| R_1}{R_2} + g_m \left(R_s \| R_1 \right)}$$

$$R_{Thévenin} = \frac{R_3 + R_s \| R_1}{1 + 0.25 + 50} \approx \frac{10k}{50} = 200\Omega$$

Um valor mais exacto é 204Ω



6



Determine o equivalente Thévenin do circuito da figura, visto dos dois terminais da direita, supondo que R_s=100Ω, R_1=1k, R_2=40K e g_m=100mA/V

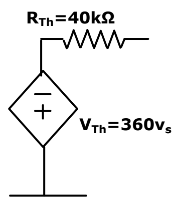
A tensão de circuito aberto, como se viu atrás (Prob.3), é

$$v_o = -g_m R_2 \frac{R_1}{R_1 + R_s} v_s$$

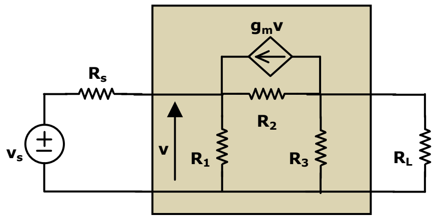
Que dá um valor aproximado de -360V/V, ou seja,

V_o=-360v_s.

Para o cálculo da resistência de saída, como qualquer sinal imposto na saída não chega à entrada, v é sempre nulo pelo que também é g_mv e, consequentemente, a resistência de Thévenin é R_2=40k



7



Determine a relação entre a tensão na resistência R_L e a tensão V_s, supondo que R_s=100Ω, R_1=1k, R_3=40k, R_2=∞, R_L=10k e g_m=100mA/V.

$$\frac{v_s-(-v)}{R_s}+g_m v+\frac{v}{R_1}=0$$

$$v\left(\frac{1}{R_s}+\frac{1}{R_1}+g_m\right)=-\frac{v_s}{R_s}$$

$$v=-\frac{v_s}{1+\frac{R_s}{R_1}+g_m R_s}$$

$$v_o=-g_m v\left(R_3\|R_L\right)$$

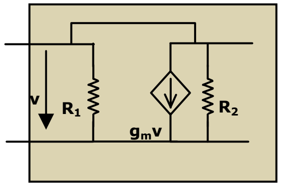
$$v_o=g_m\frac{\left(R_3\|R_L\right)}{1+\frac{R_s}{R_1}+g_m R_s}v_s$$

$$v_o=\frac{\left(R_3\|R_L\right)}{\frac{1}{g_m}+\frac{R_s}{g_m R_1}+R_s}v_s\approx\frac{\left(R_3\|R_L\right)}{\frac{1}{g_m}+R_s}v_s$$

$$\frac{v_o}{v_s}\approx\frac{\frac{1}{g_m}}{\frac{1}{g_m}+R_s}\left[g_m\left(R_3\|R_L\right)\right]$$

$$\frac{v_o}{v_s}\approx 72.7V/V$$

8



Determine a resistência vista entre os dois terminais de entrada do circuito, supondo que R_1=1k, R_2=40k e g_m=100mA/V.

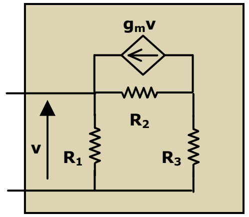
Pelo teorema da absorção, a fonte de corrente $g_m v$, sujeita a uma tensão ***v*** *aos seus terminais, é equivalente a uma resistência $R=1/g_m$.*

Então, teremos 3 resistências em paralelo: R_1, R_2 e $1/g_m$. Como a última (10Ω) é muito menor do que as outras duas, o seu valor é dominante pelo que

R_i≈10Ω

[na realidade, um valor mais aproximado seria R_i≈9.9Ω]

9



Determine a resistência vista entre os dois terminais de entrada do circuito, supondo que R_1=1k, R_3=40k, R_2=∞ e g_m=100mA/V.

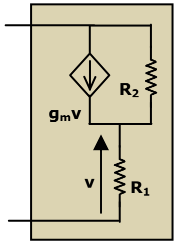
Quando se aplica a tensão v, sendo R_2 infinita, a corrente que vem da fonte será $g_m v$, independentemente da resistência R_3!

Assim, uma fonte que aplique uma tensão v receberá uma corrente $i=v/R_1+g_m v$.

Isto significa que a resistência vista da entrada é o paralelo de R_1 com $1/g_m$.

No nosso caso, esse valor será essencialmente $1/g_m$=10Ω.

10

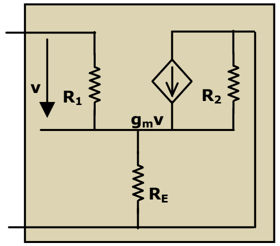


Determine a resistência vista entre os dois terminais de entrada do circuito, supondo que R_1=1k, R_2=40k e g_m=100mA/V.

Este problema é idêntico à parte do cálculo da resistência de saída do problema 4, em que a resistência R_E não está presente.

Nota: *ver as figuras à direita na 3ª página*

11



Determine a resistência vista entre os dois terminais de entrada do circuito, supondo que R_1=1k, R_E=1k, R_2=∞ e g_m=100mA/V.

Aplicando uma tensão v_s

$$v_s = v + v_E$$

$$v_E = \left(\frac{v}{R_1} + g_m v\right)\left(R_E \| R_2\right)$$

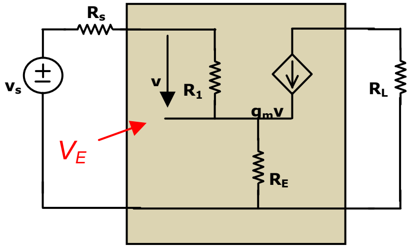
$$v = R_1 i_i$$

$$v_s = R_1 i_i + \left(i_i + g_m R_1 i_i\right)\left(R_E \| R_2\right)$$

$$\frac{v_s}{i_i} = R_i = R_1 + \left(1 + g_m R_1\right)\left(R_E \| R_2\right) \approx g_m R_1\left(R_E \| R_2\right)$$

$$R_i \approx 100k\Omega$$

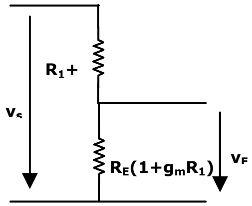
12



Determine a relação entre a tensão na resistência R_L e a tensão v_s, supondo que R_s=100Ω, R_1=1k, R_E=1k, R_L=10k e g_m=100mA/V.

Repare-se que isto é equivalente a ter as tensões v_s e v_E num circuito resistivo como a figura, em que obviamente

$R_E(1+g_mR_1)>>R_1+R_s$.



$$\frac{v_s - v_E}{R_s + R_1} + g_m v = \frac{v_E}{R_E}$$

$$v = R_1 \frac{v_s - v_E}{R_s + R_1} = \frac{1 - \dfrac{v_E}{v_s}}{1 + \dfrac{R_s}{R_1}} v_s$$

$$Ora: \quad v_o = -g_m R_L v$$

$$\frac{v_s - v_E}{R_s + R_1} + g_m R_1 \frac{v_s - v_E}{R_s + R_1} = \frac{v_E}{R_E}$$

$$v_s \frac{1 + g_m R_1}{R_s + R_1} = v_E \left(\frac{1}{R_E} + \frac{1 + g_m R_1}{R_s + R_1} \right)$$

$$v_s = v_E \left(\frac{R_s + R_1}{R_E (1 + g_m R_1)} + 1 \right)$$

$$\frac{v_E}{v_s} = \frac{R_E (1 + g_m R_1)}{R_E (1 + g_m R_1) + (R_s + R_1)}$$

$$1 - \frac{v_E}{v_s} = \frac{R_s + R_1}{R_E (1 + g_m R_1) + (R_s + R_1)}$$

$$v_o = -g_m R_L \frac{\dfrac{R_s + R_1}{R_E (1 + g_m R_1) + (R_s + R_1)}}{1 + \dfrac{R_s}{R_1}} v_s$$

$$v_o = -g_m R_L \frac{R_1}{R_E (1 + g_m R_1) + (R_s + R_1)} v_s$$

$$\frac{v_o}{v_s} = -\frac{R_L}{R_E} \frac{1}{1 + \dfrac{1}{g_m R_1} + \dfrac{R_s + R_1}{g_m R_1 R_E}} = \frac{R_L}{R_E} \frac{1}{1 + 0.010 + 0.011}$$

$$\frac{v_o}{v_s} = -\frac{R_L}{R_E} 0.98 \approx -\frac{R_L}{R_E}$$