Universidade de São Paulo

PSI3322 - ELETRÔNICA II

Prof. João Antonio Martino

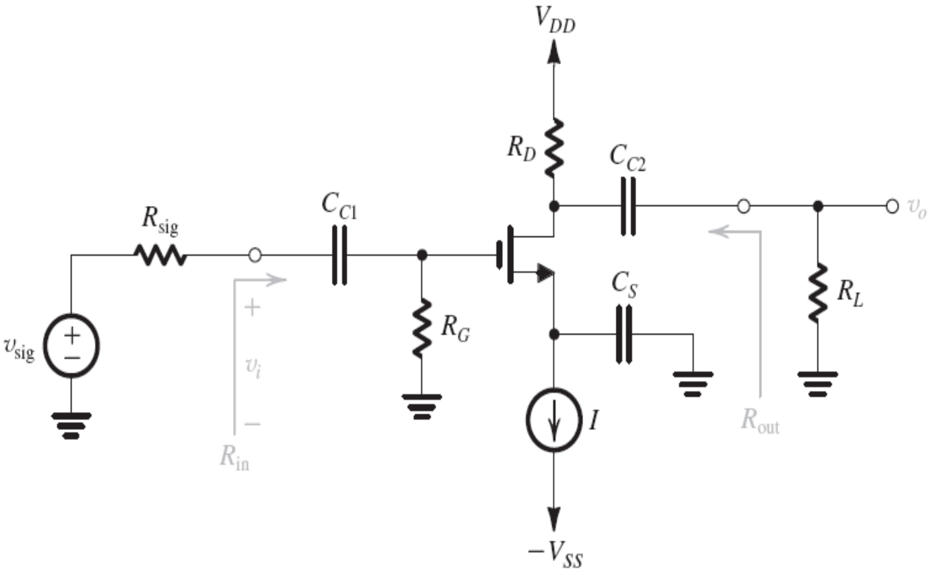
AULA 15

Fontes de Corrente MOS e espelhos de corrente.
(p. 353-354)

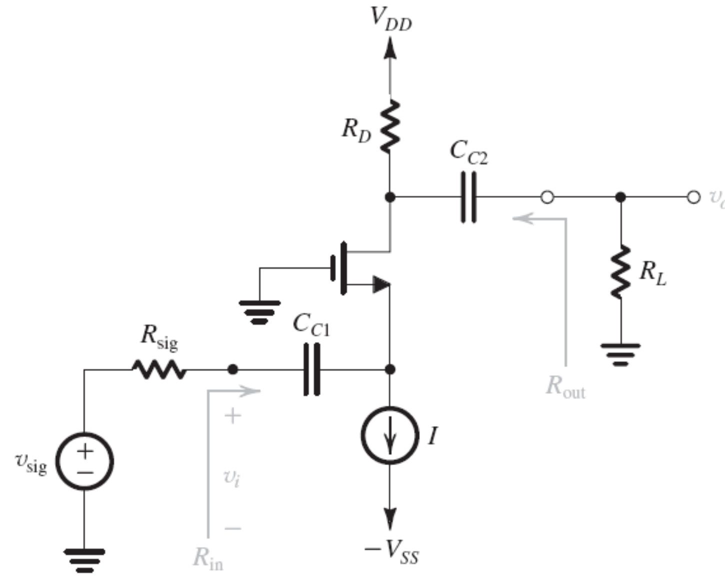
Circuitos Guias de Corrente MOS. Exercícios
(p. 355-356)

Amplificadores MOS

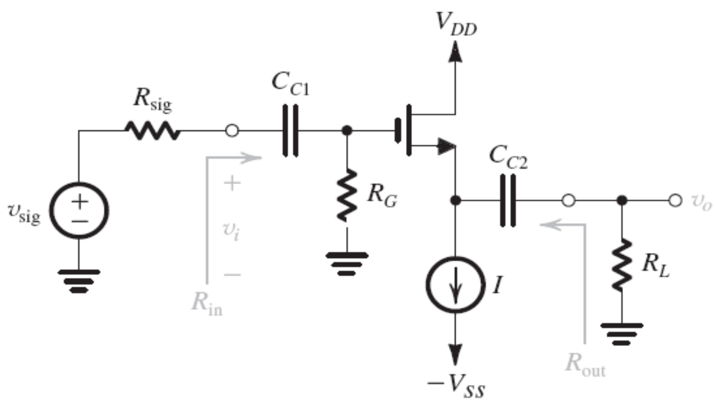
Fonte comum



Porta comum



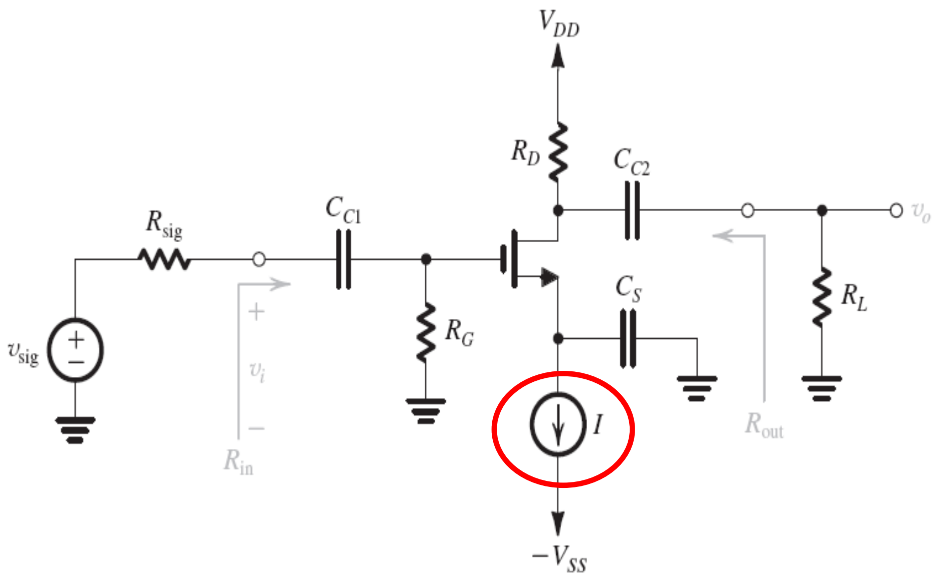
Dreno comum ou seguidor de fonte



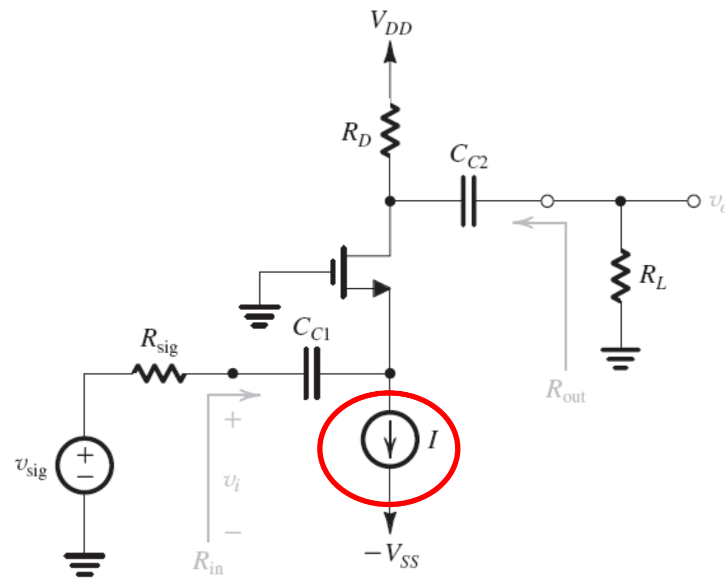
Universidade de São Paulo

Amplificadores MOS

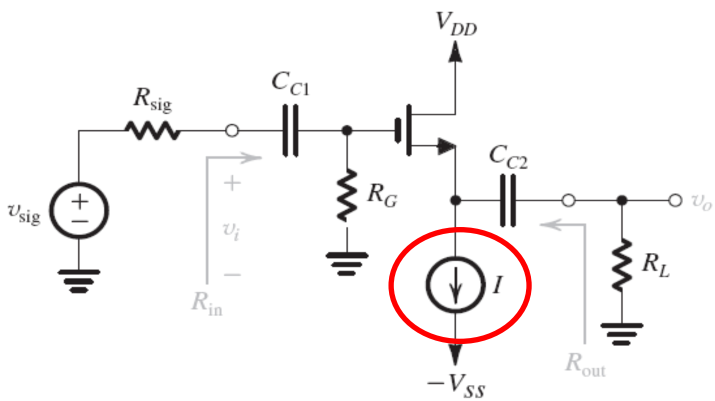
Fonte comum



Porta comum

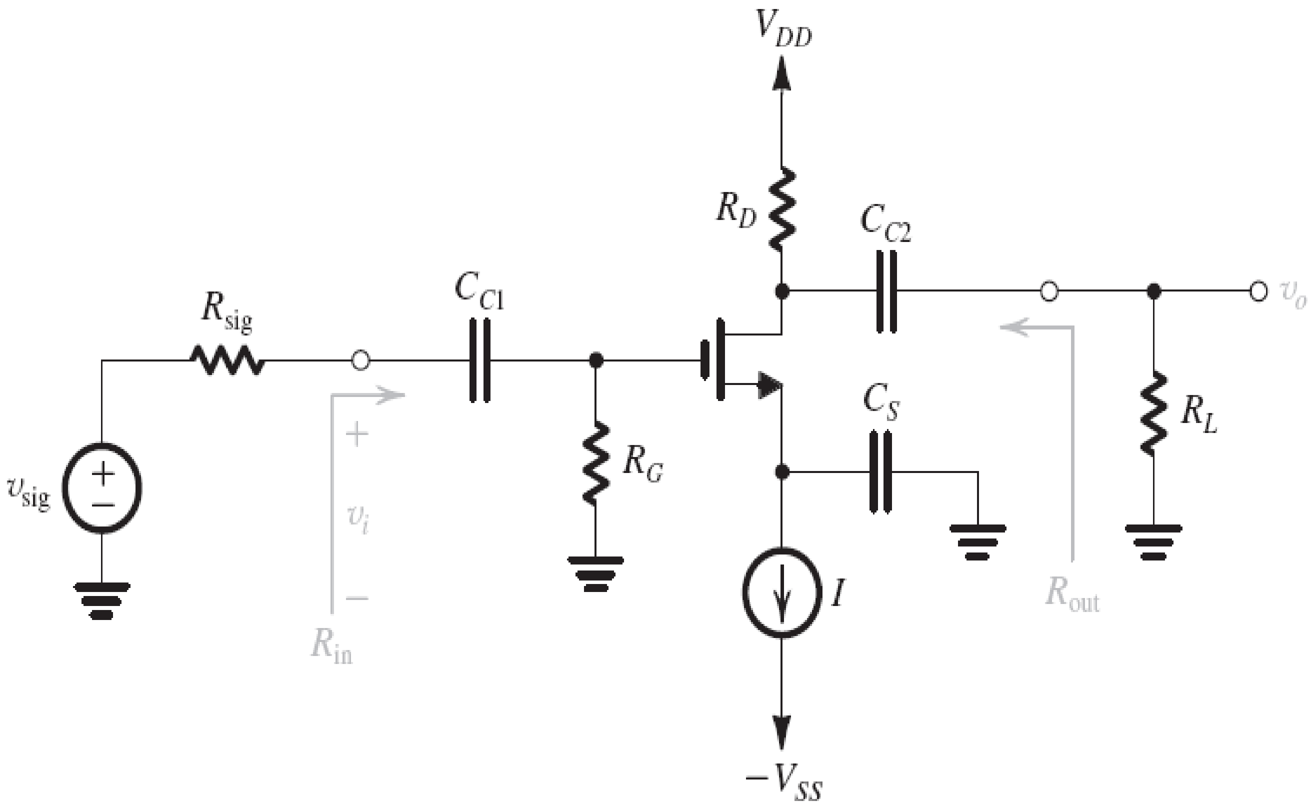


Dreno comum ou seguidor de fonte



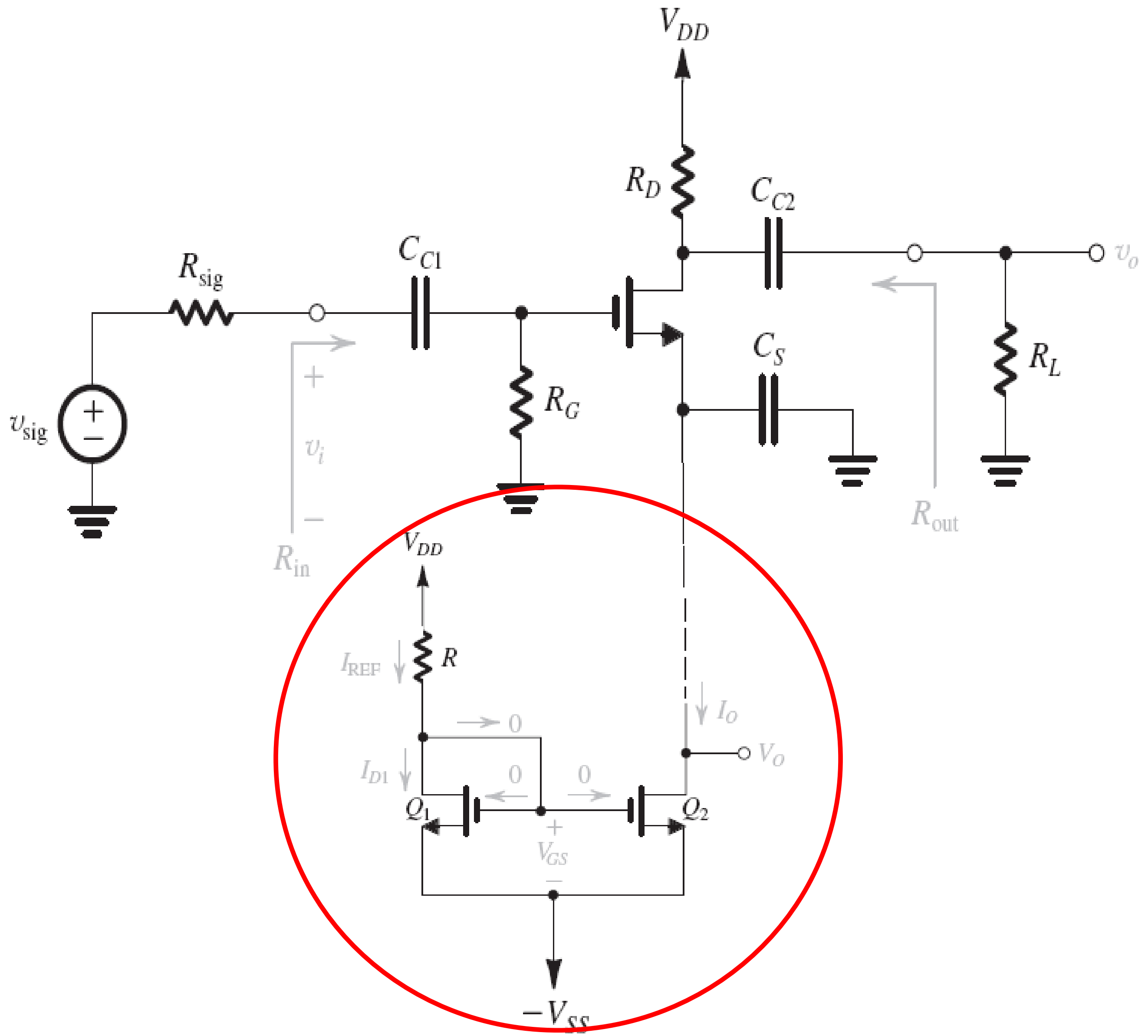
Fontes de Corrente

Amplificador Fonte Comum



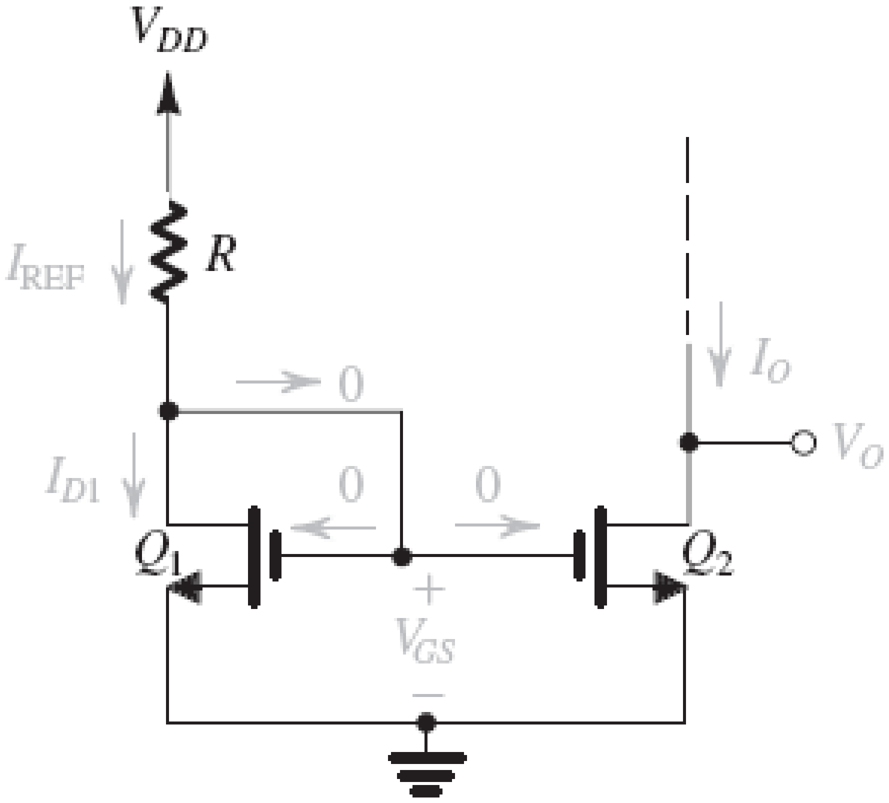
Universidade de São Paulo

Amplificador Fonte Comum/Fonte de corrente



Fonte de Corrente Básica com MOSFET

Q1 e Q2 na saturação

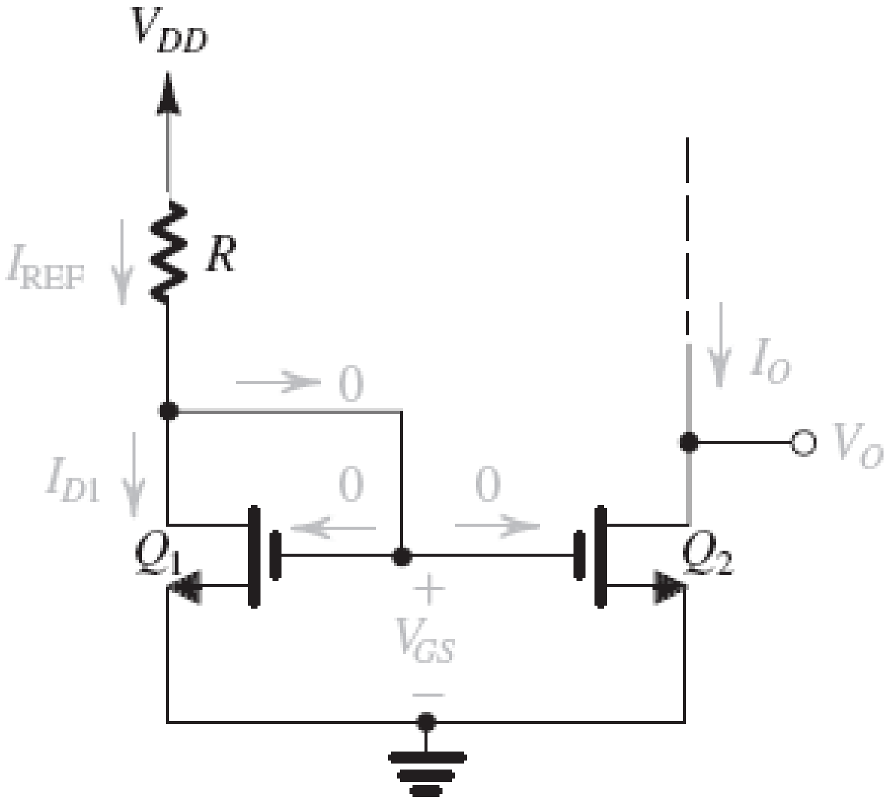


Desprezando o efeito Early:

Universidade de São Paulo

Fonte de Corrente Básica com MOSFET

Q1 e Q2 na saturação



Desprezando o efeito Early:

$$I_{D1} = I_{REF} = k'_n . \left(\frac{W}{L}\right)_1 . \frac{(V_{GS} - V_t)^2}{2}$$

$$I_{D2} = I_o = k'_n . \left(\frac{W}{L}\right)_2 . \frac{(V_{GS} - V_t)^2}{2}$$

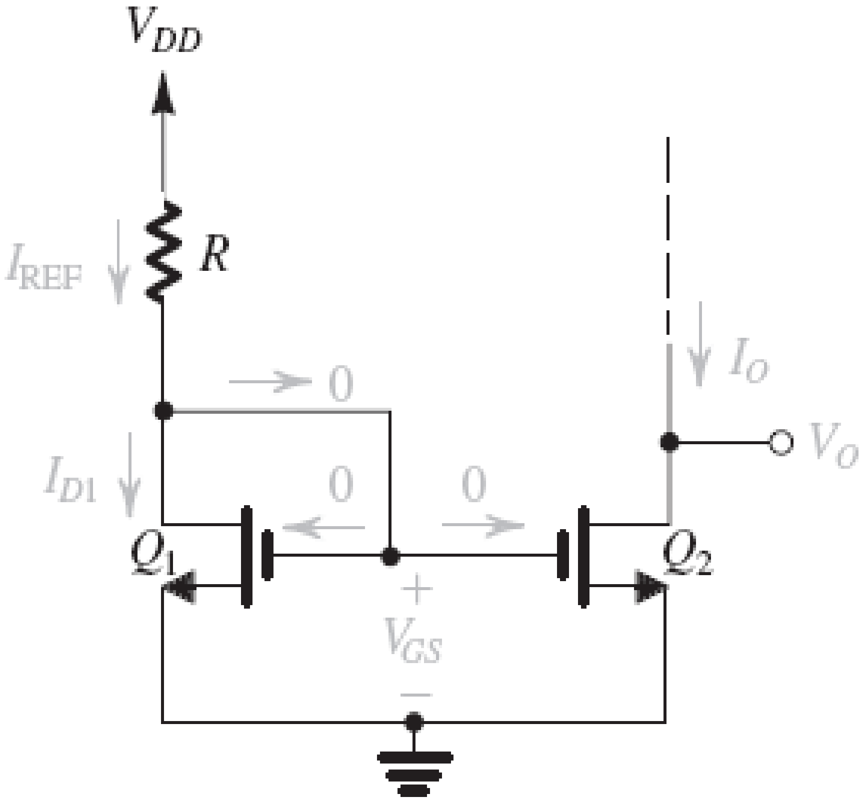
$$\frac{I_o}{I_{REF}} = \frac{\left(\frac{W}{L}\right)_2}{\left(\frac{W}{L}\right)_1}$$

$$I_O = I_{REF}.(W/L)_2 / (W/L)_1$$

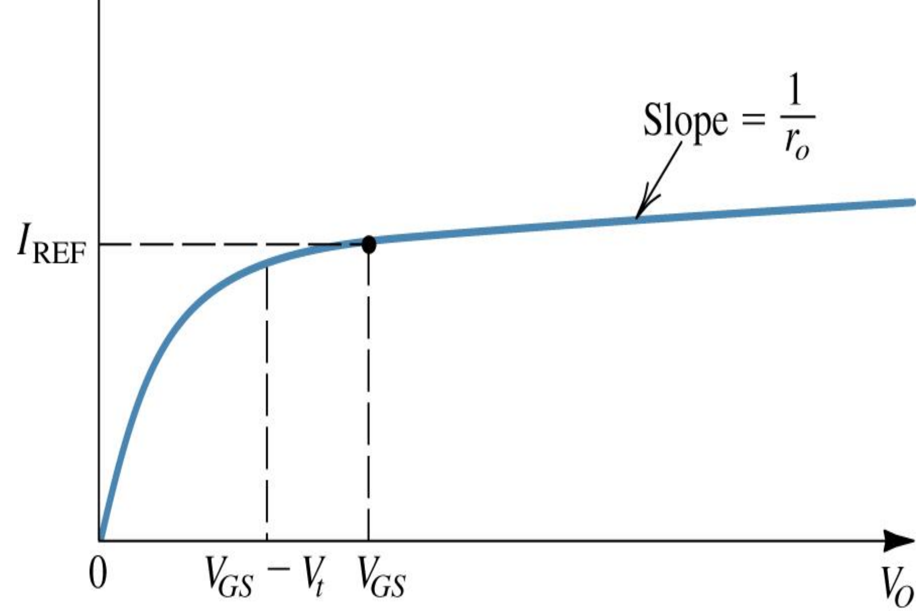
Universidade de São Paulo

Fonte de Corrente Básica com MOSFET

Q1 e Q2 na saturação



Considerando o efeito Early:

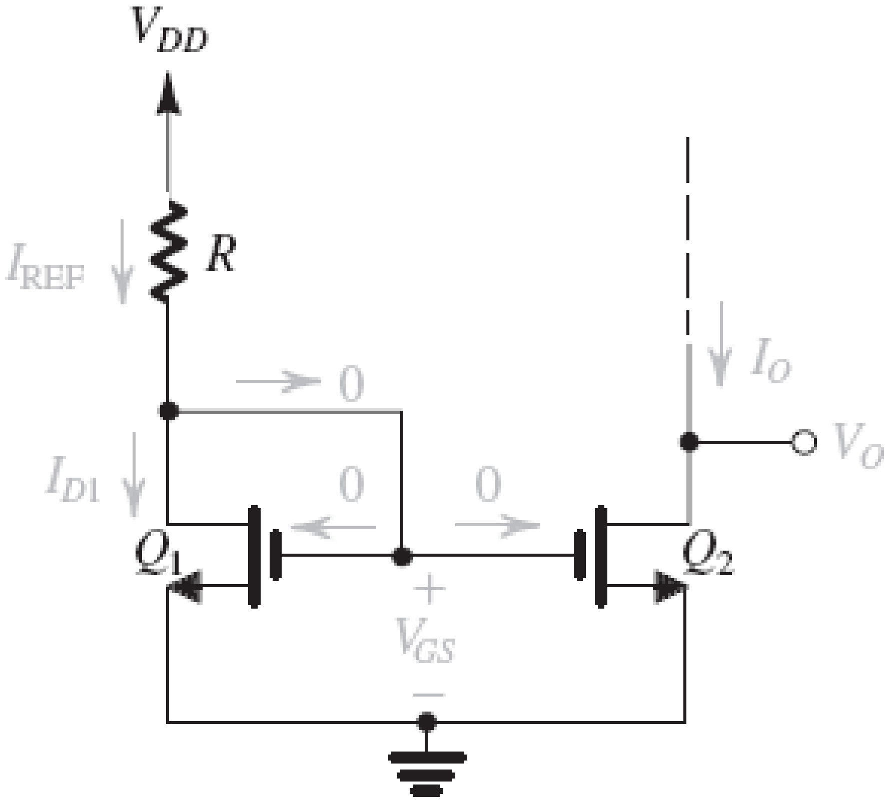


$$I_O(\text{Early}) = I_o + \Delta I_o$$

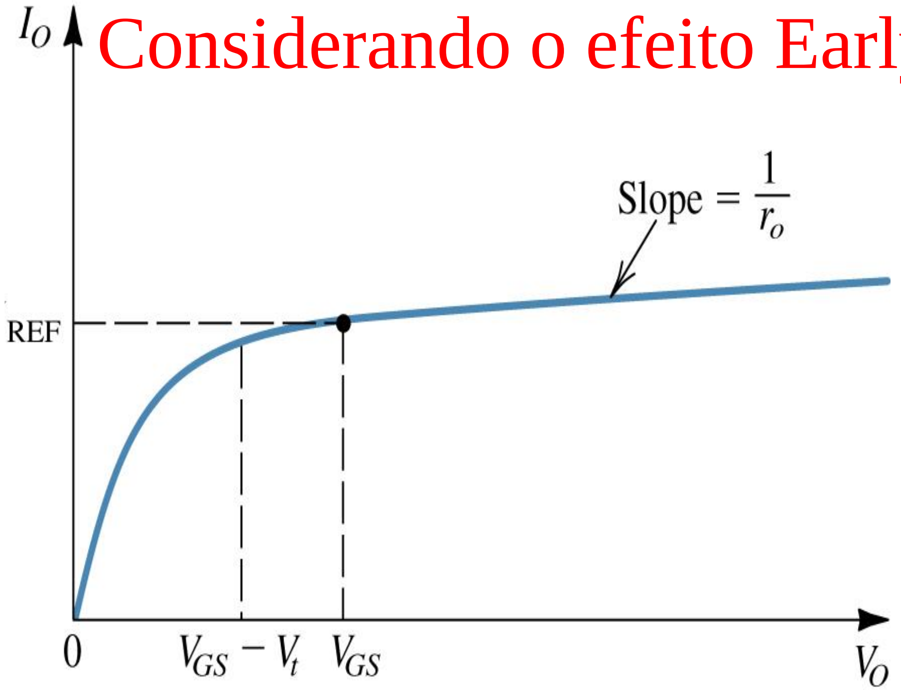
Universidade de São Paulo

Fonte de Corrente Básica com MOSFET

Q1 e Q2 na saturação



Considerando o efeito Early:



$$I_O(\text{Early}) = I_O + \Delta I_o$$

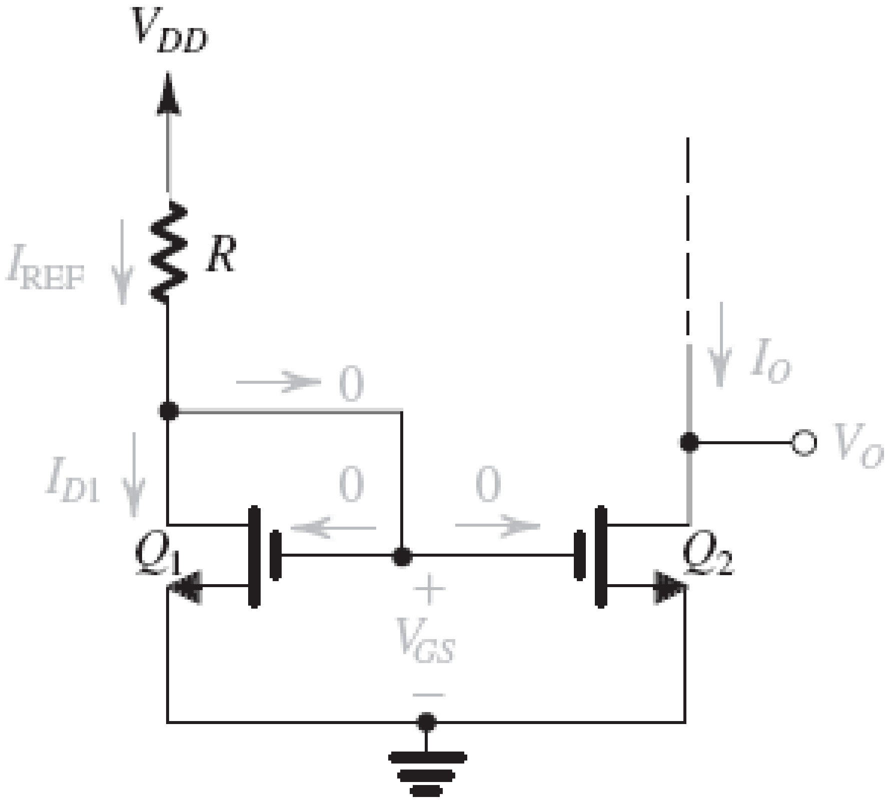
$$r_o = \frac{\Delta V_O}{\Delta I_O} \cong \frac{V_A}{I_O} \rightarrow \Delta I_o = \frac{\Delta V_O}{r_o} = \frac{\Delta V_O}{V_A/I_O} = I_O.\frac{\Delta V_O}{V_A} = I_O.\frac{(V_O - V_{GS})}{V_A}$$

$$I_O = I_{REF}.\ [(W/L)_2/(W/L)_1].[1+(V_O\text{-}V_{GS})/V_A)]$$

Universidade de São Paulo

Fonte de Corrente Básica com MOSFET

Q1 e Q2 na saturação



Desprezando o efeito Early:

$$I_{D1} = I_{REF} = k'_n . \left(\frac{W}{L}\right)_1 . \frac{(V_{GS} - V_t)^2}{2}$$

$$I_{D2} = I_o = k'_n . \left(\frac{W}{L}\right)_2 . \frac{(V_{GS} - V_t)^2}{2}$$

$$\frac{I_o}{I_{REF}} = \frac{\left(\frac{W}{L}\right)_2}{\left(\frac{W}{L}\right)_1}$$

$$I_O = I_{REF} . (W/L)_2 \,/\, (W/L)_1$$

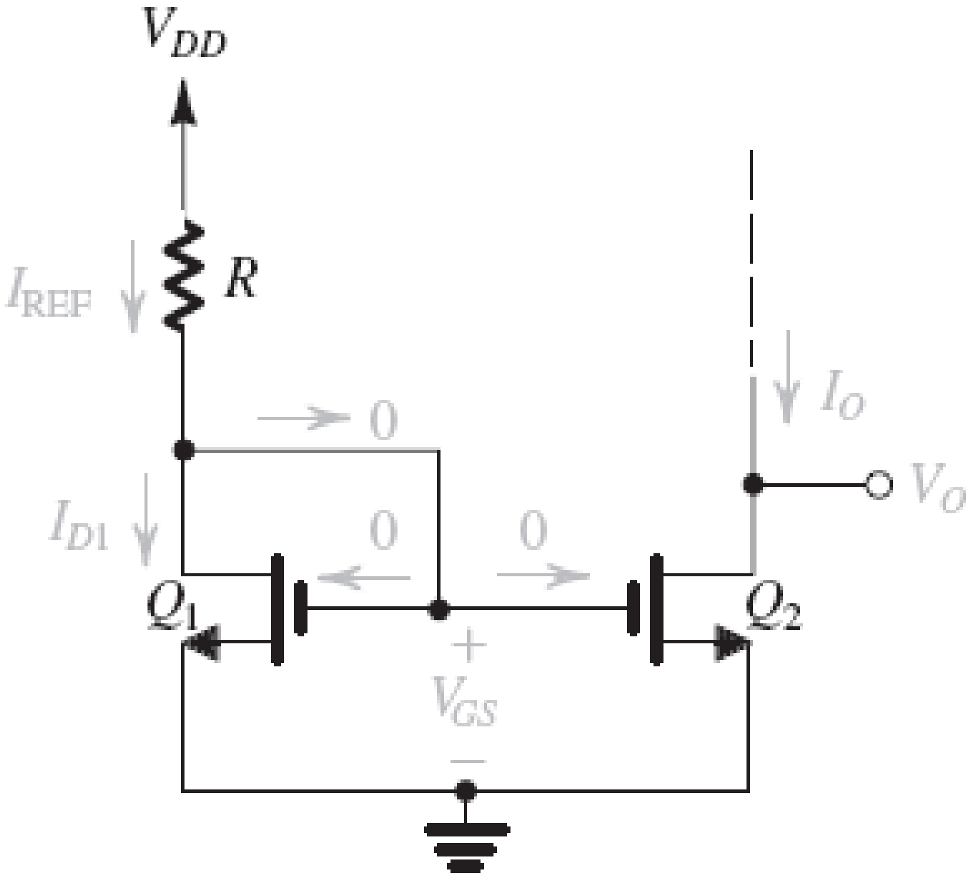
Considerando o efeito Early:

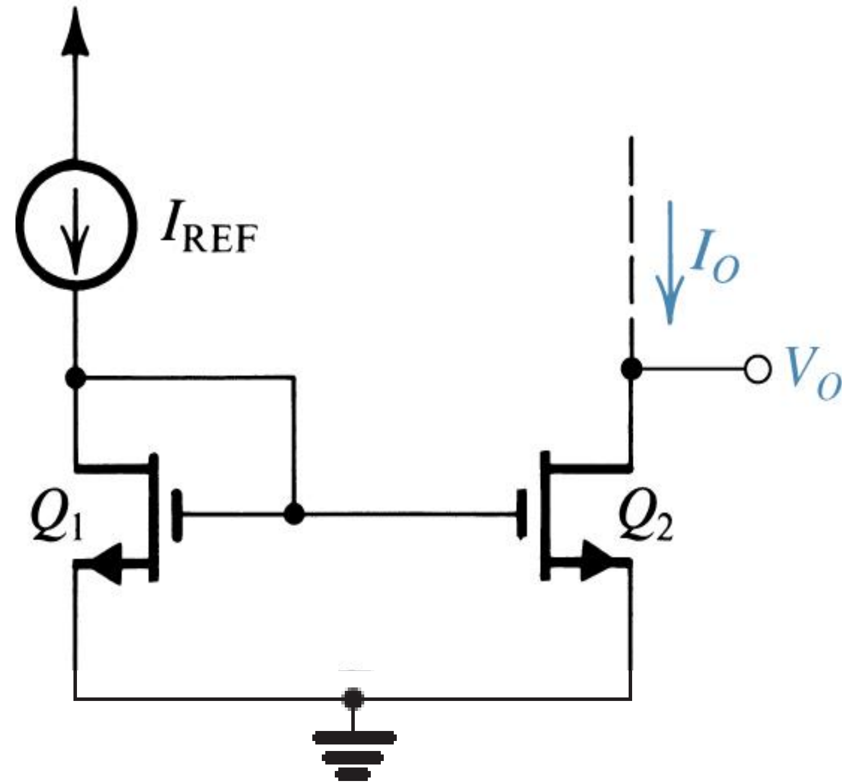
$$I_O = I_{REF} . [(W/L)_2/(W/L)_1] . [1+(V_O - V_{GS})/V_A)]$$

Universidade de São Paulo

Espelho de Corrente

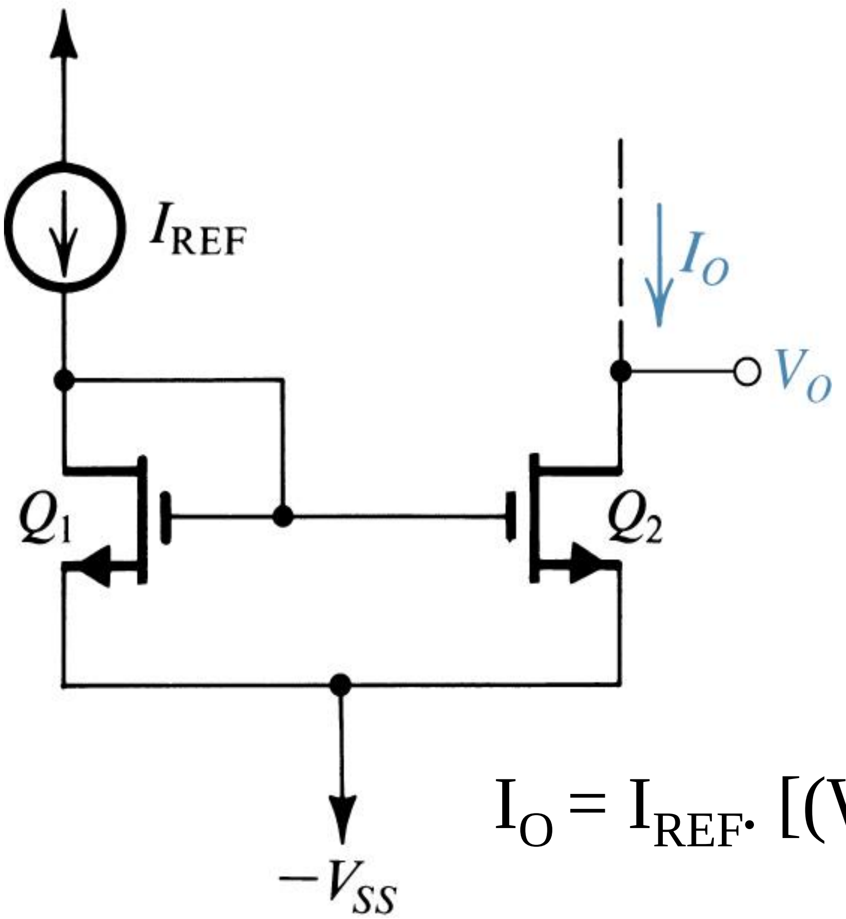
Q1 e Q2 na saturação





Universidade de São Paulo

Espelho de Corrente



Q1 e Q2 na saturação e desprezando o efeito Early:

$$I_O = I_{REF}.(W/L)_2 / (W/L)_1$$

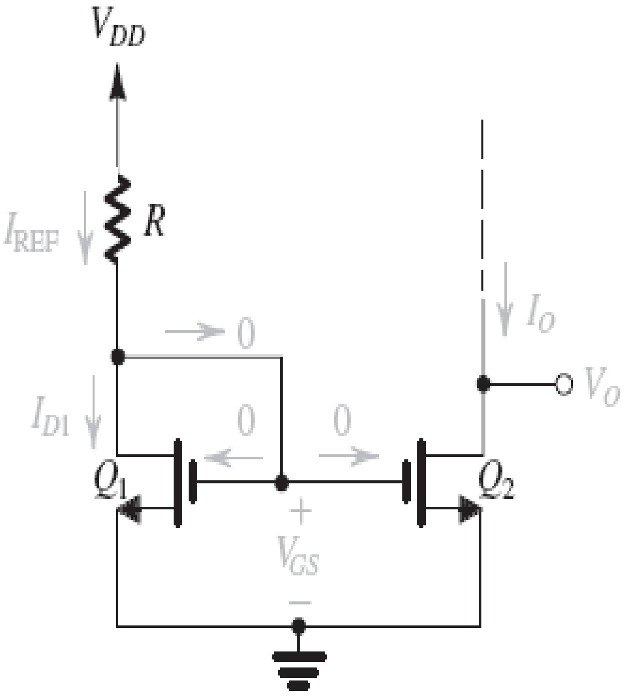
Considerando o efeito Early:

$$I_O = I_{REF}. [(W/L)_2/(W/L)_1].[1+(V_O-V_{GS})/V_A)]$$

Limites de V_O ? ($V_O \geq -V_{SS} + V_{GS} - Vt$)

Universidade de São Paulo

Exemplo 6.4 (pag. 354)



EXEMPLO 6.4

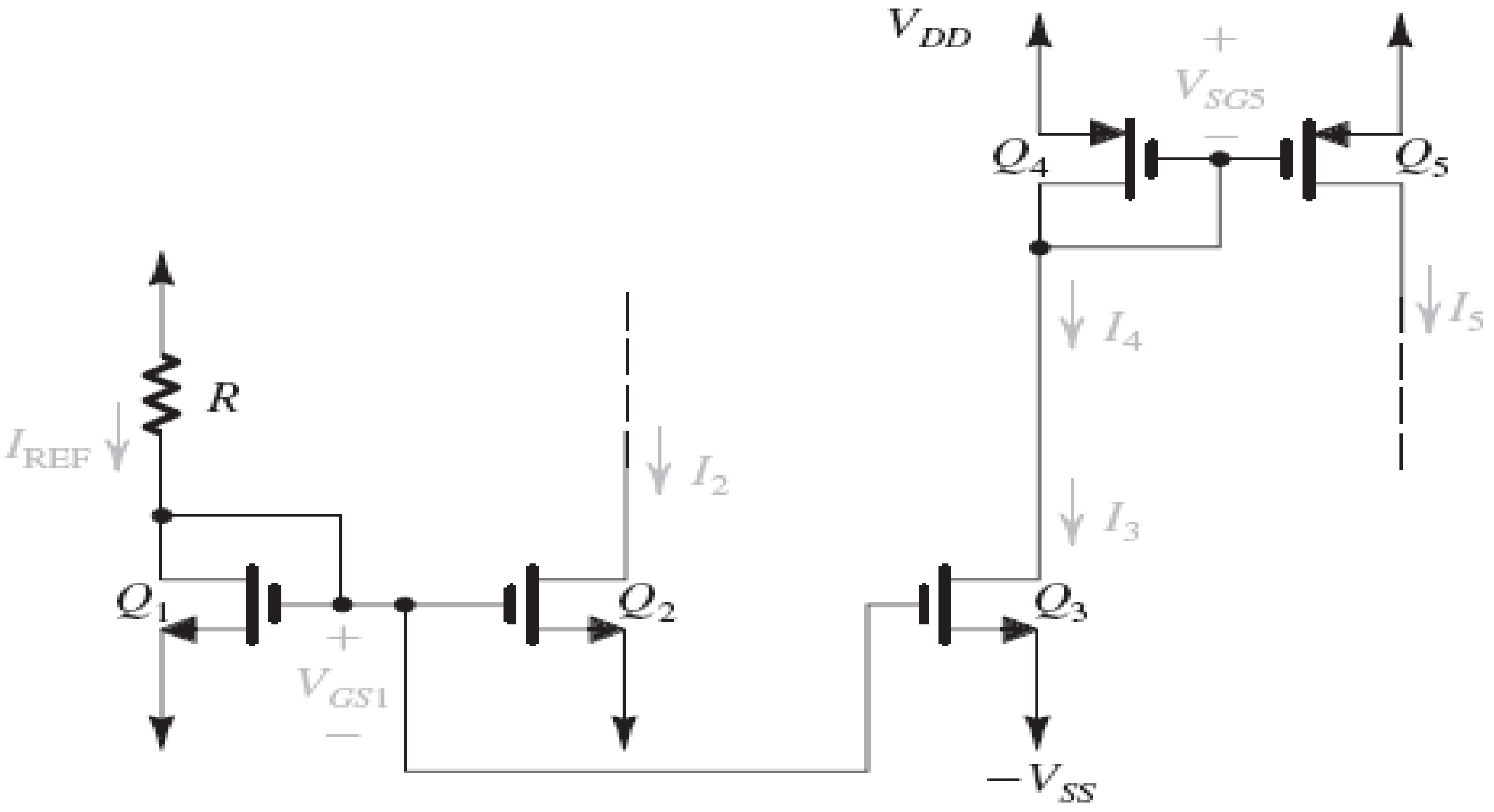
Dado $V_{DD} = 3$ V e utilizando $I_{REF} = 100\ \mu$A, projete o circuito da Figura 6.4 a fim de obter uma corrente de saída com valor nominal de 100 μA. Obtenha R para Q_1 e Q_2 casados, com comprimentos de canal de 1 μm e larguras de canal de 10 μm, $V_t = 0{,}7$ V e $k_n' = 200\ \mu A/V^2$. Qual é o menor valor possível de V_O? Supondo para essa tecnologia de fabricação uma tensão Early $V_A' = 20\ V/\mu m$, encontre também a resistência de saída da fonte de corrente. Finalmente, determine a mudança na corrente de saída em razão de uma mudança de 1 V em V_O.

Exemplo 6.4 (pag. 354)

Dados: V_{DD} = 3 V, I_{REF} = 100 μA, I_O = 100 μA, L = 1 μm, W = 10 μm, Vt = 0,7 V, k_n' = 200μA/V^2,

a) R =?
b) Qual é o menor valor possível de Vo ?
c) r_o = ? (Resistência de saída da fonte de corrente). (V_A' = 20V/μm)
d) ΔIo = ? se ΔVo = 1 V

Circuitos Guias de Corrente

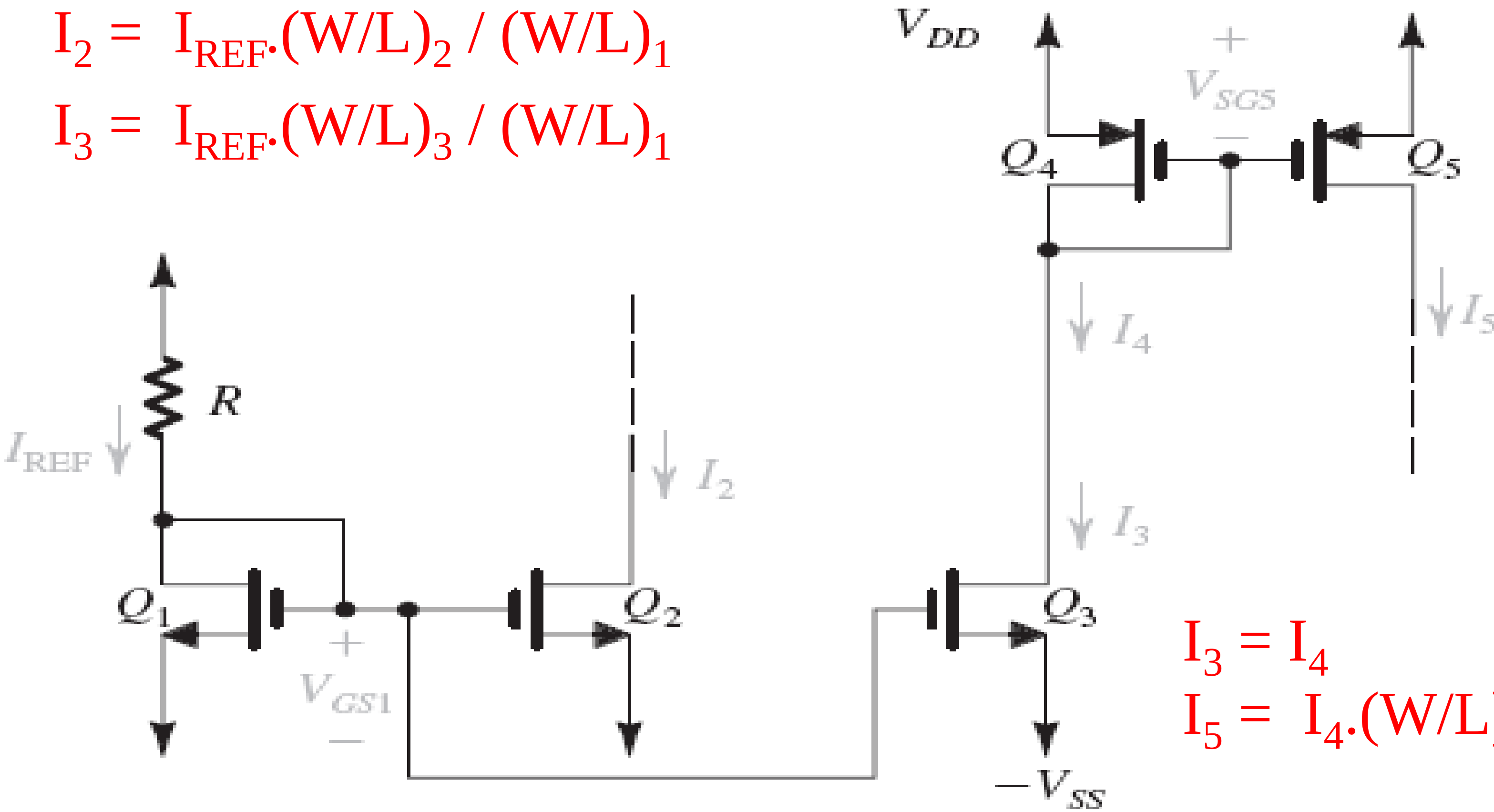


Universidade de São Paulo

Circuitos Guias de Corrente

$I_2 = I_{REF}.(W/L)_2 / (W/L)_1$

$I_3 = I_{REF}.(W/L)_3 / (W/L)_1$



$I_3 = I_4$

$I_5 = I_4.(W/L)_5 / (W/L)_4$

Limites: V_{D2} e $V_{D3} \geq -V_{SS} + (V_{GS1} - V_{tn})$

$V_{D5} \leq V_{DD} + (V_{GS5} - V_{tp})$

Universidade de São Paulo

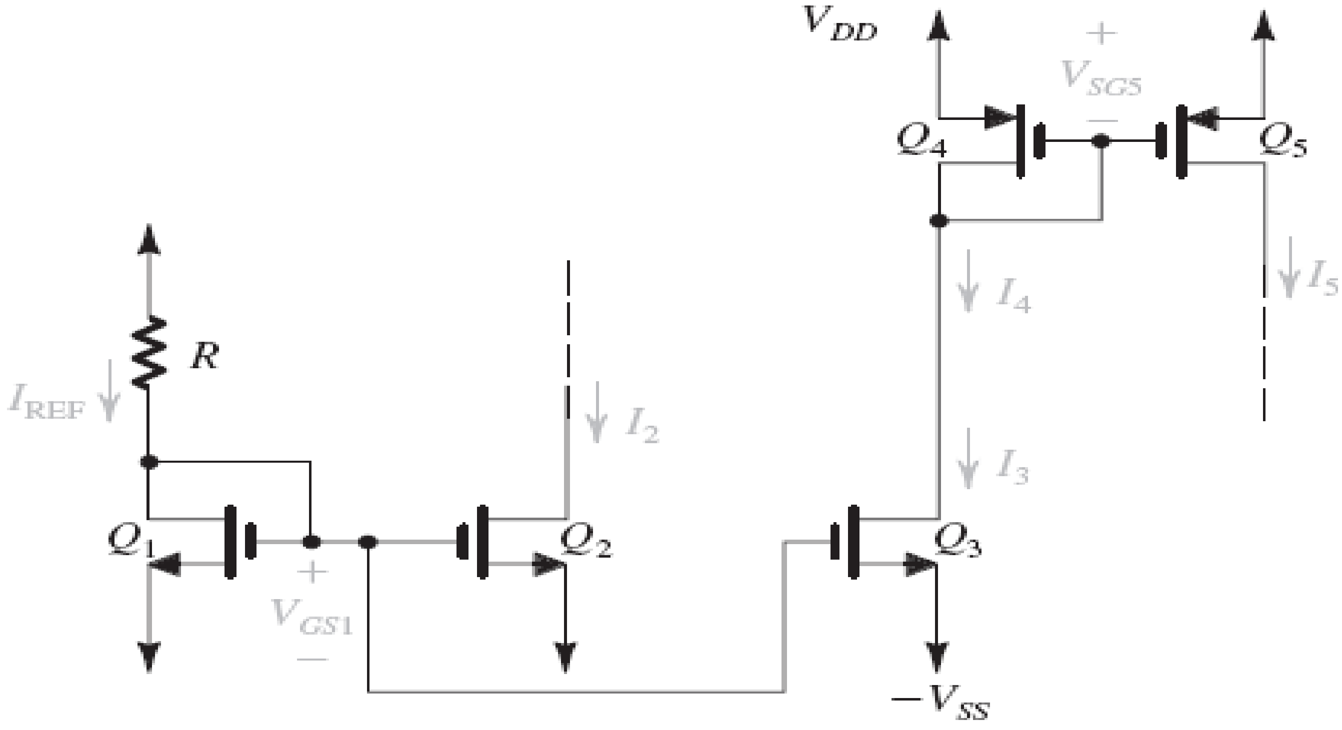
Exercício 6.5 (pag. 356)

6.5 Para o circuito da Figura 6.7, seja $V_{DD} = V_{SS} = 1,5$ V, $V_{tn} = 0,6$ V, $V_{tp} = -0,6$ V, todos os comprimentos iguais a 1 μm, $k'_n = 200\ \mu A/V^2$, $k'_p = 80\ \mu A/V^2$ e $\lambda = 0$. Para $I_{REF} = 10\ \mu A$, obtenha as larguras de todos os transistores tais que $I_2 = 60\ \mu A$, $I_3 = 20\ \mu A$ e $I_5 = 80\ \mu A$. É também altamente necessário que a tensão no dreno de Q_2 possa decrescer até 0,2 V antes de chegar à tensão negativa de alimentação e que a tensão no dreno de Q_5 possa aumentar até 0,2 V antes de chegar na tensão positiva de alimentação.

Resposta $W_1 = 2,5\ \mu m$; $W_2 = 15\ \mu m$; $W_3 = 5\ \mu m$; $W_4 = 12,5\ \mu m$; $W_5 = 50\ \mu m$.

Exercício 6.5 (pag. 356)

Dados: $V_{DD} = V_{SS} = 1{,}5$ V, Vtn = 0,6 V, Vtp = -0,6 V, L = 1 μm
$k_n' = 200\ \mu A/V^2$, $k_p' = 80\ \mu A/V^2$, $\lambda = 0$. Para $I_{REF} = 10\ \mu A$:
Determine W de todos os transistors tais que $I_2 = 60\ \mu A$, $I_3 = 20\ \mu A$, $I_5 = 80\ \mu A$. Pelos requisitos dados |Vov| = 0,2 V.



Universidade de São Paulo

PSI3322 - ELETRÔNICA II

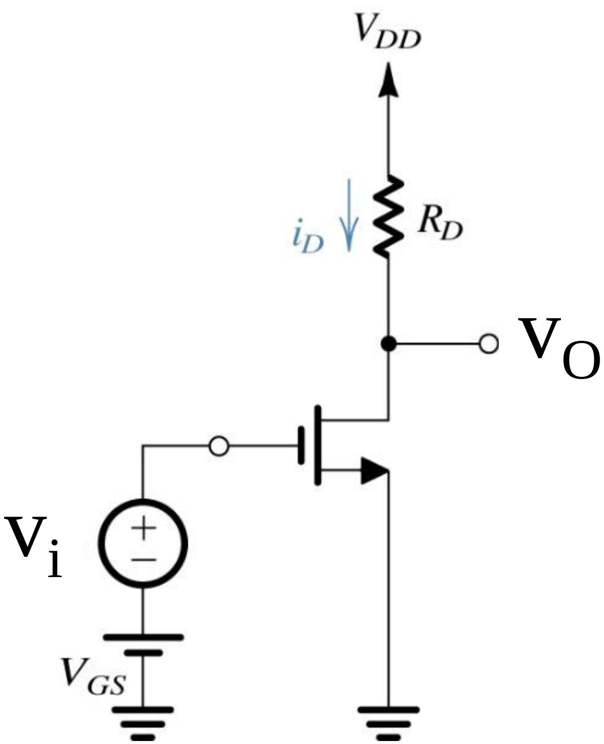
Prof. João Antonio Martino

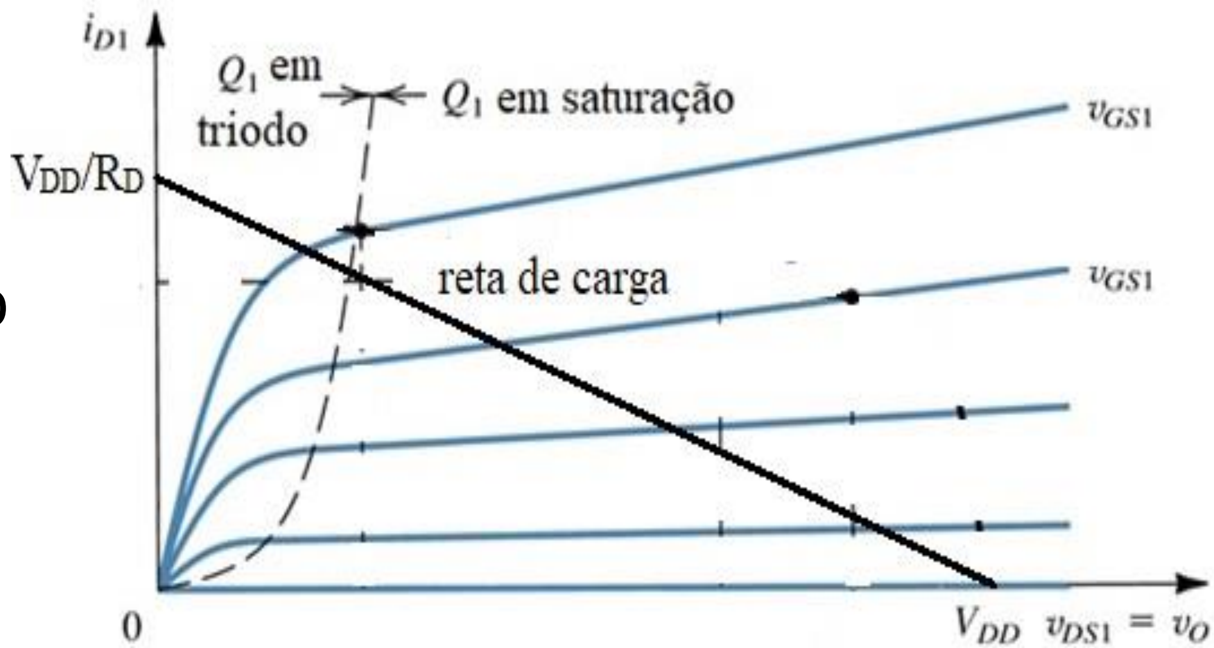
AULA 16

Amplificador Fonte Comum
com carga ativa.
(p. 365-368)

Amplificador Fonte Comum com Carga Passiva (R_D)

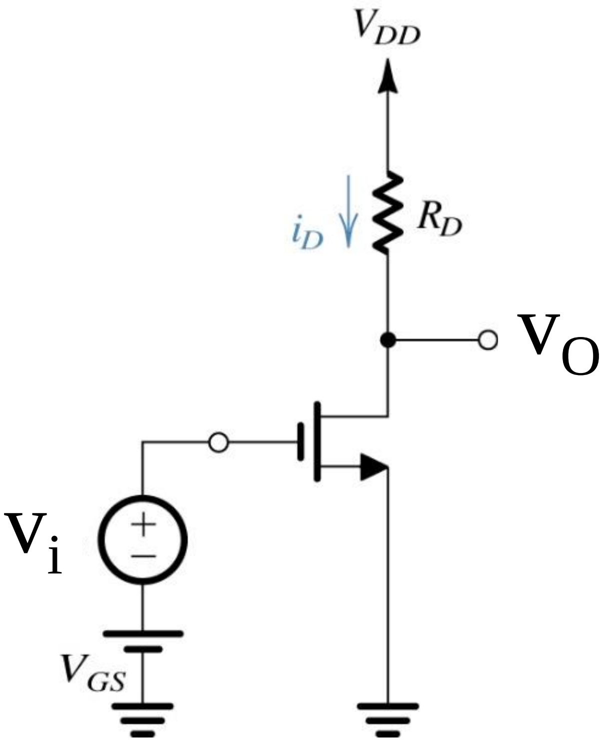
REVISÃO

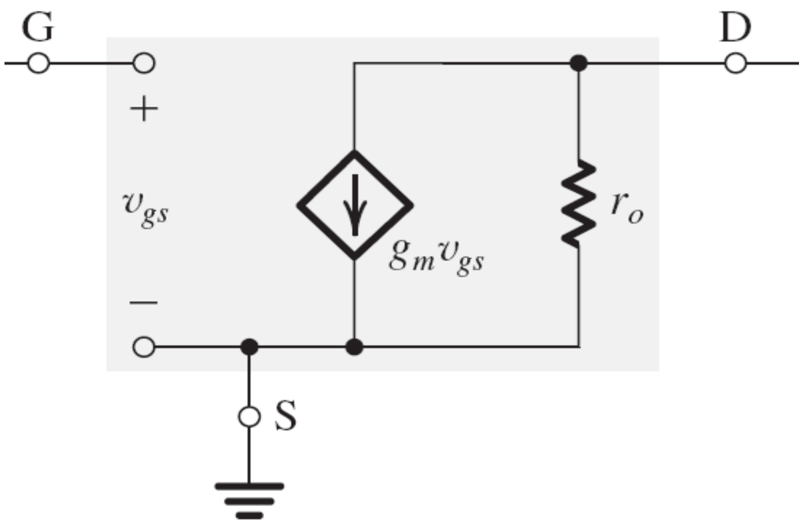




Amplificador Fonte Comum com Carga Passiva (R_D)

REVISÃO



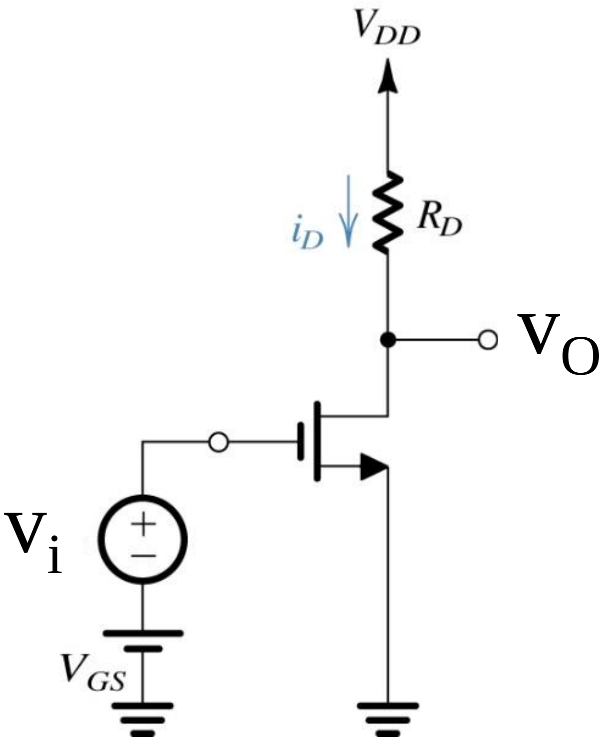


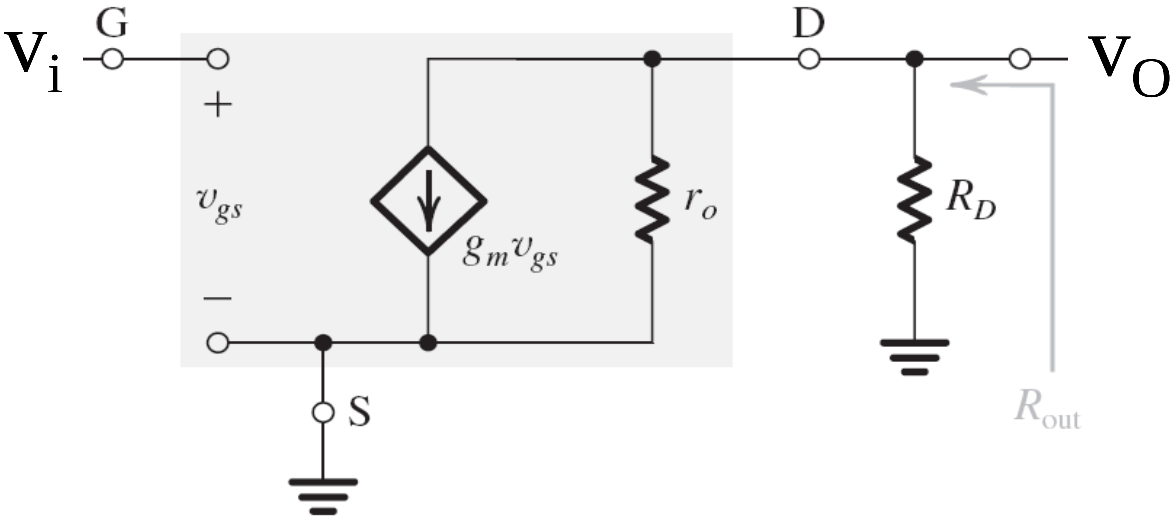
$$A_V = v_O/v_i = ?$$

Universidade de São Paulo

REVISÃO

Amplificador Fonte Comum com Carga Passiva (R_D)

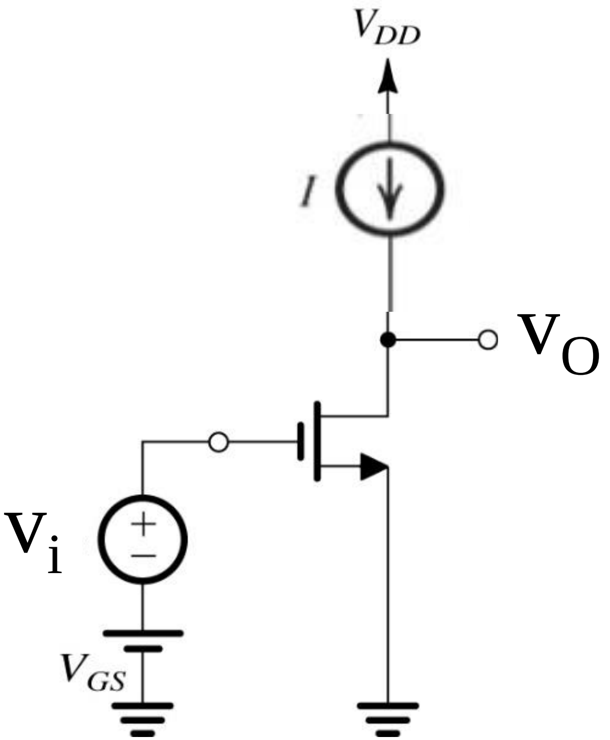


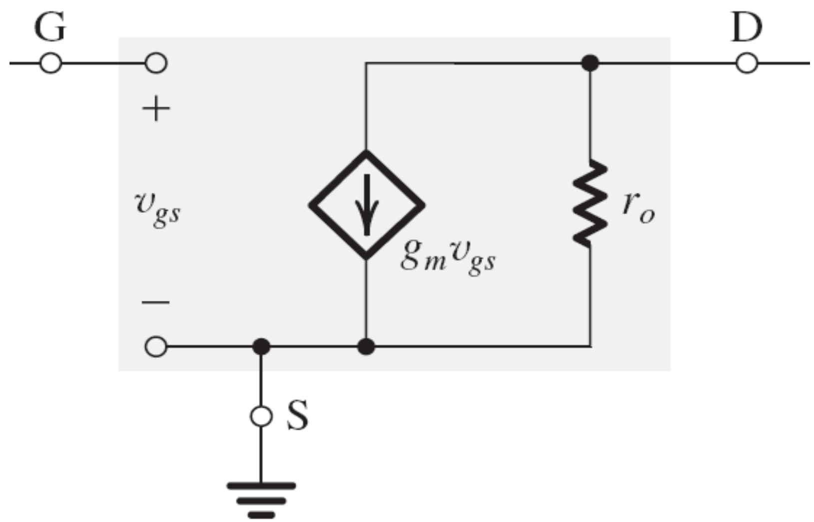


$$A_V = v_O/v_i = - gm.(R_D//r_O)$$

Amplificador Fonte Comum
com Carga Ativa (Ideal)

Universidade de São Paulo



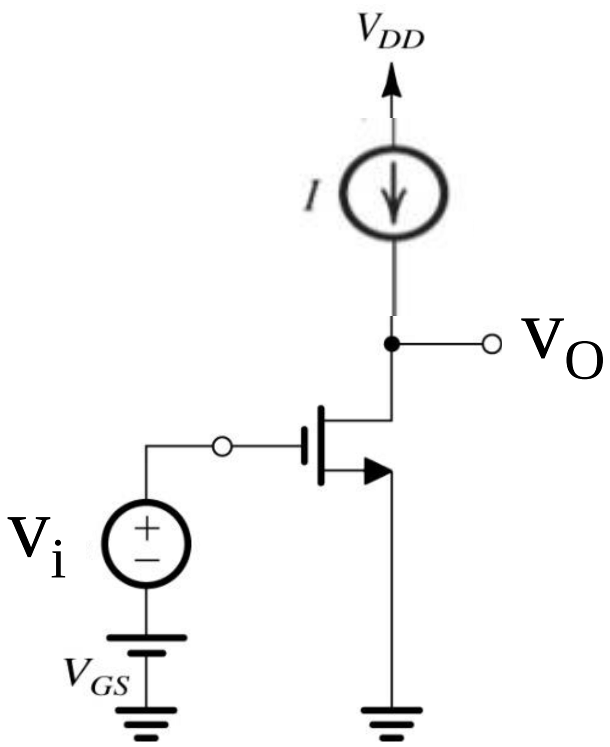


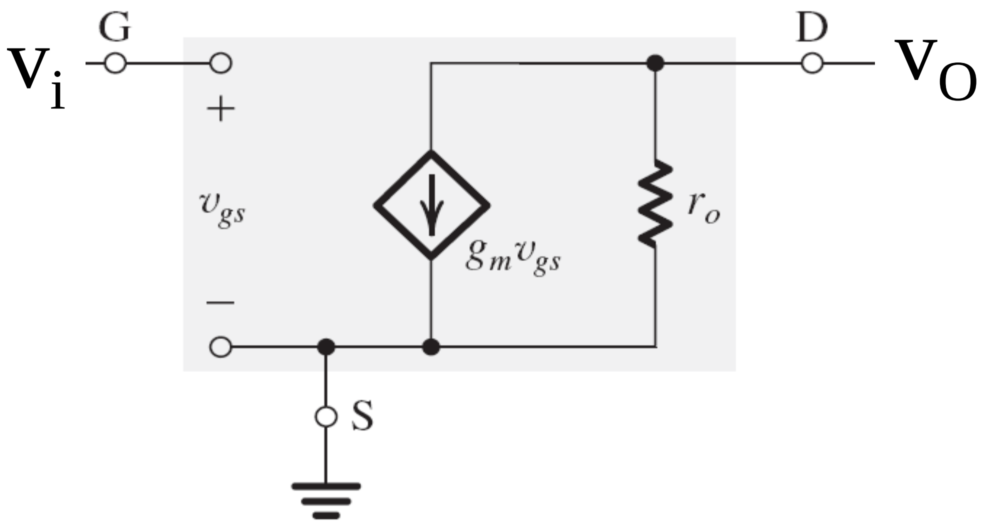
$A_V = v_O/v_i = ?$

Amplificador Fonte Comum

com Carga Ativa (Ideal)

Universidade de São Paulo





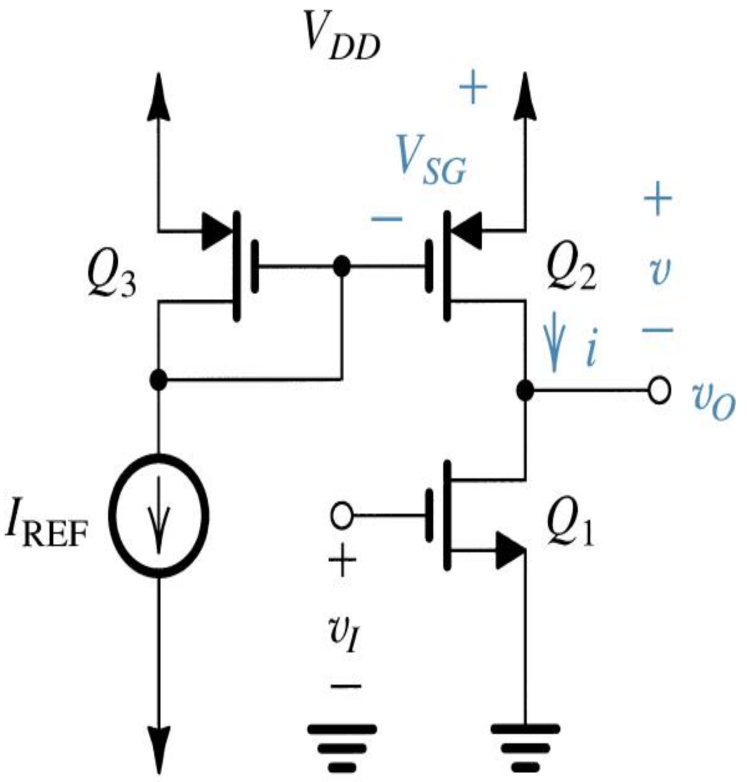
$$A_V = v_O/v_i = -\ gm.r_O = A_0$$

Maior ganho possível: Ganho intrinseco do MOSFET

Amplificador Fonte Comum
com Carga Ativa (Real)

Universidade de São Paulo

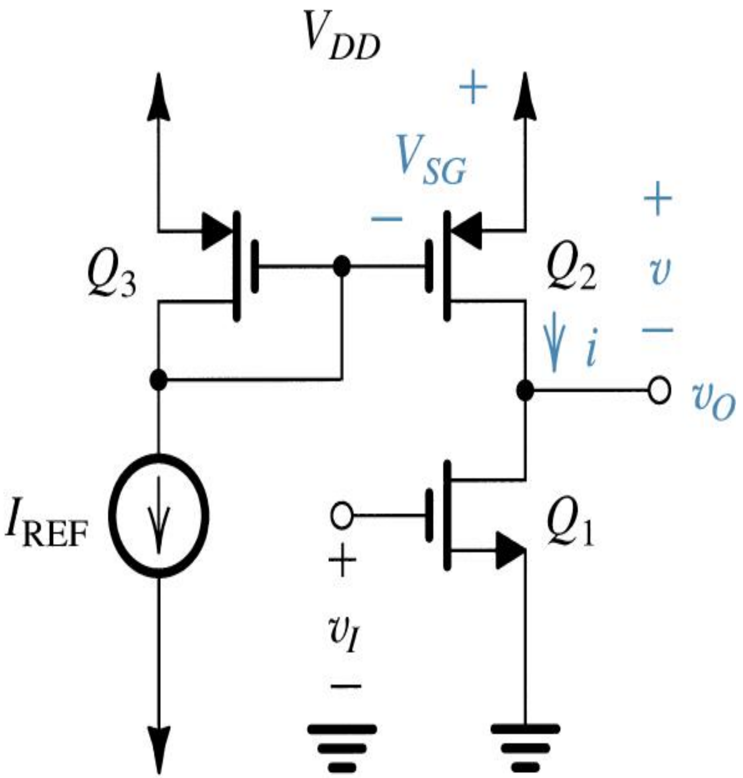
Carga Ativa Real = Espelho de corrente

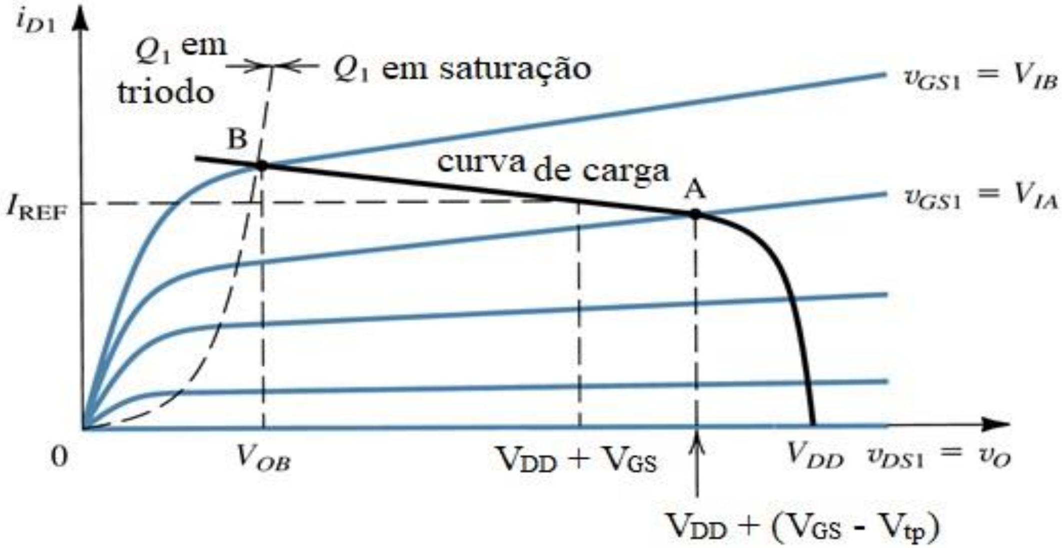


Universidade de São Paulo

Amplificador Fonte Comum
com Carga Ativa (Real)

Carga Ativa Real = Espelho de corrente

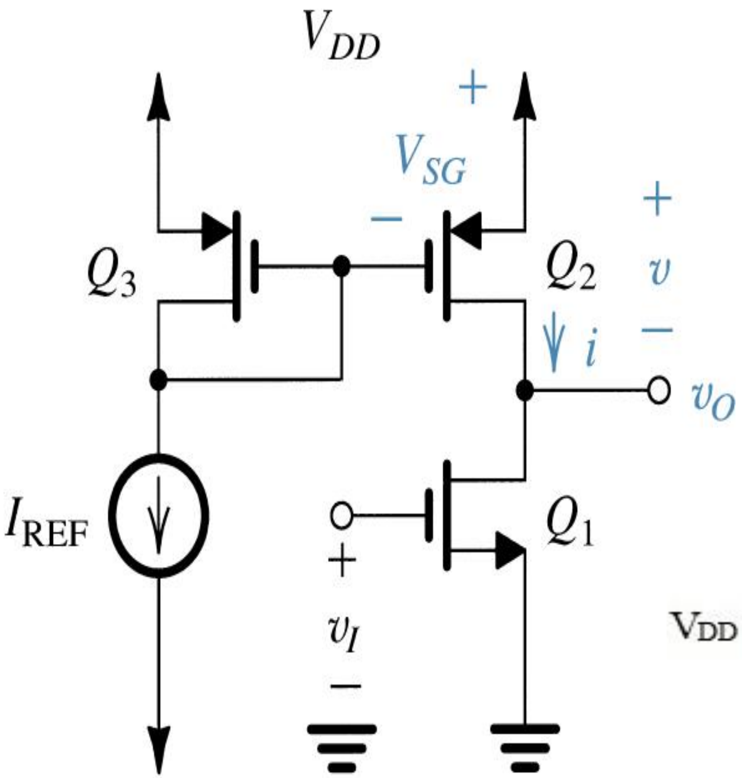


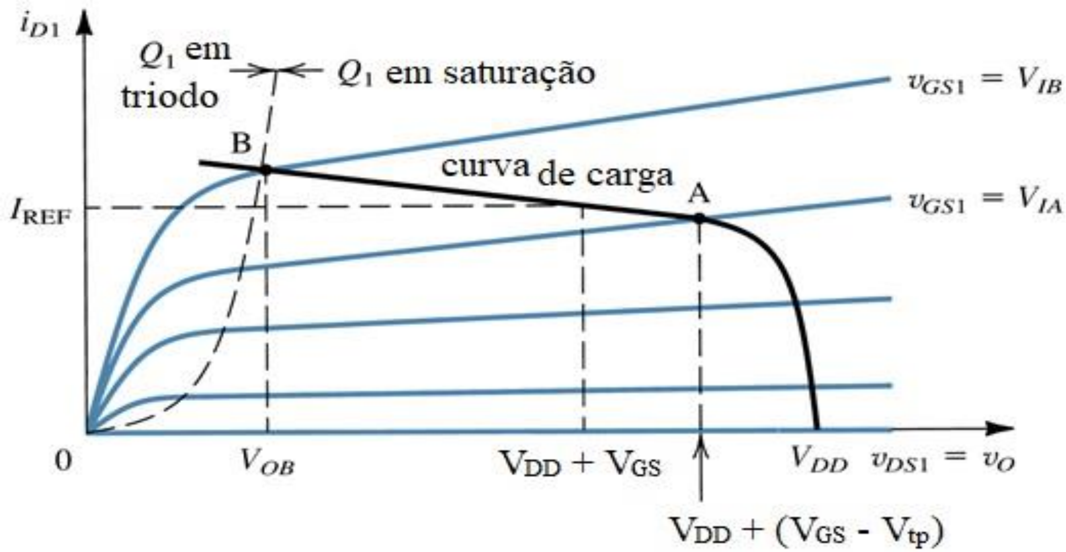


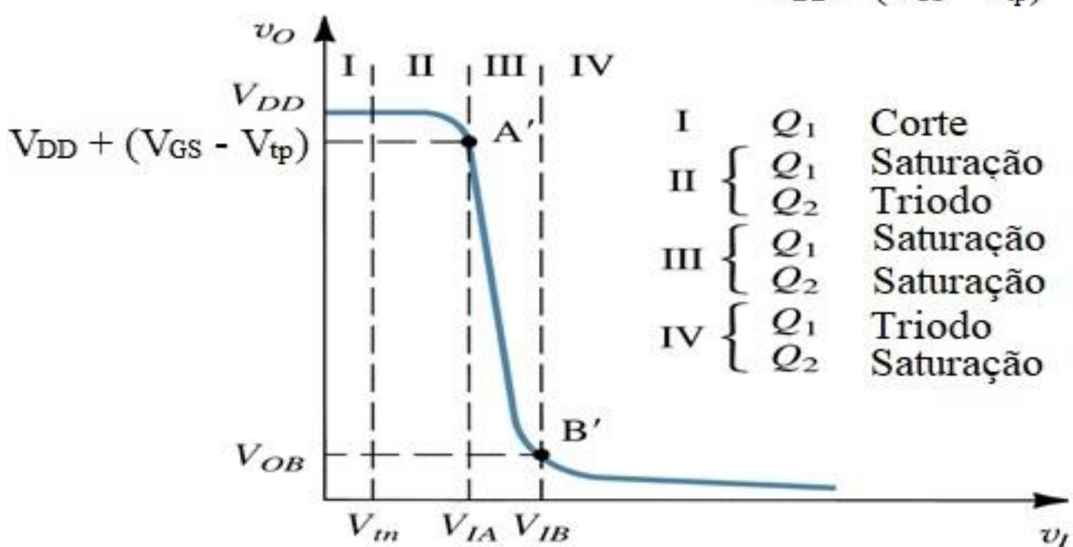
Universidade de São Paulo

Amplificador Fonte Comum
com Carga Ativa (Real)

Carga Ativa Real = Espelho de corrente

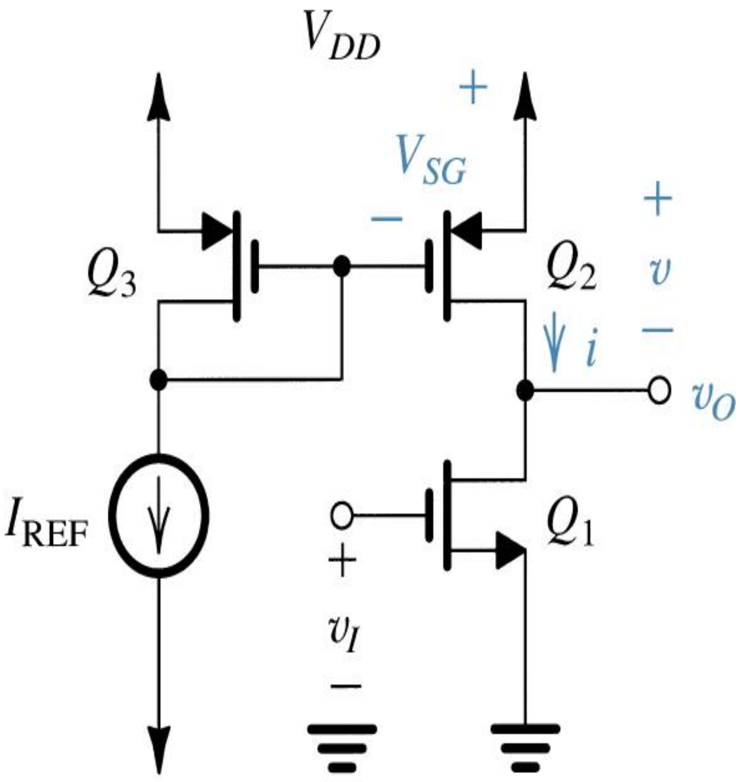


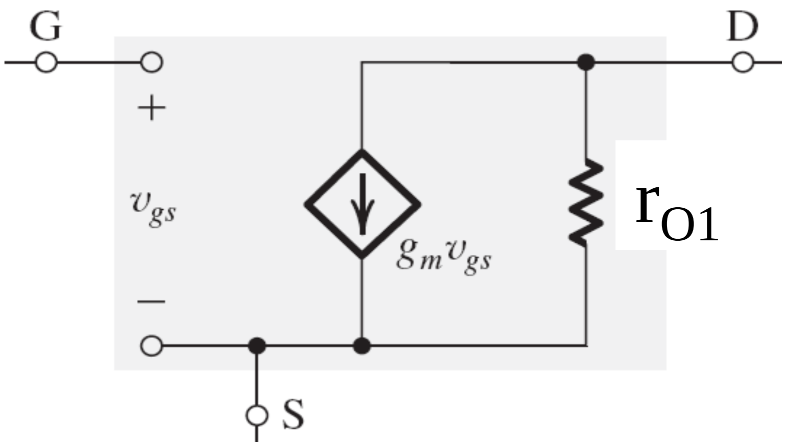




Amplificador Fonte Comum
com Carga Ativa (Real)

Carga Ativa Real = Espelho de corrente



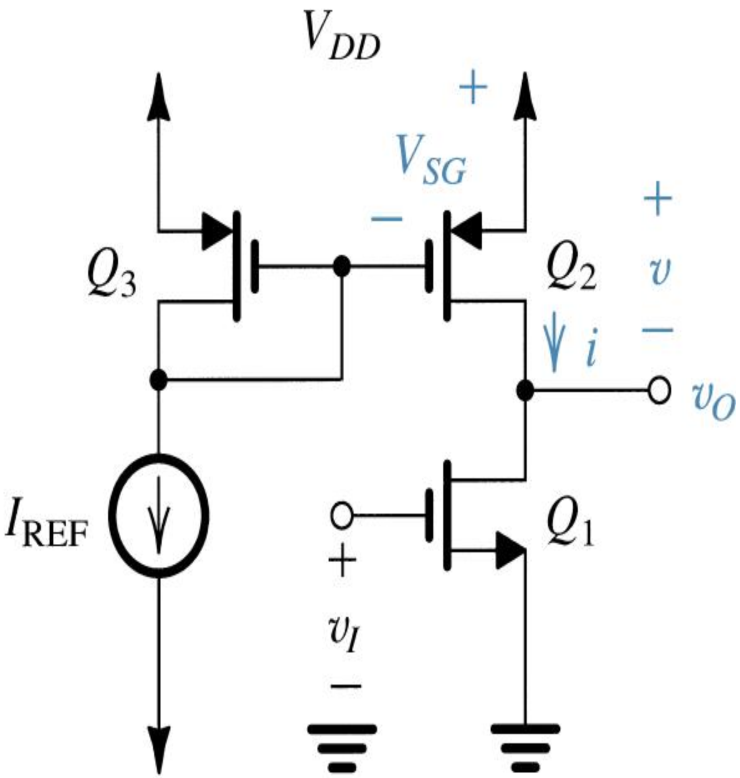


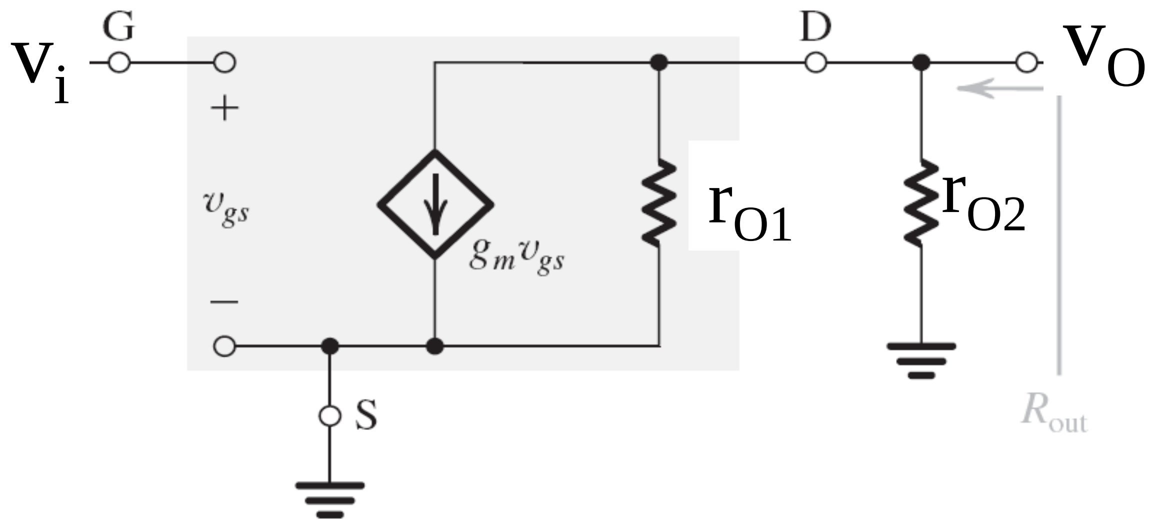
Universidade de São Paulo

Amplificador Fonte Comum

com Carga Ativa (Real)

Carga Ativa Real = Espelho de corrente



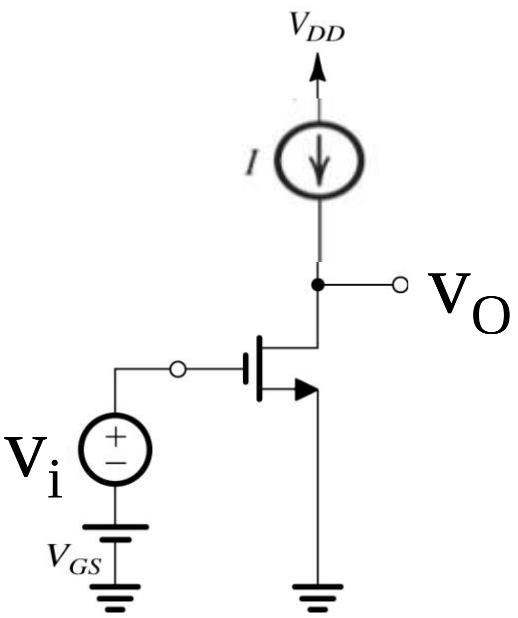


$$A_V = v_O/v_i = -\,gm_1.(r_{O1} // r_{O2})$$

Exercício 6.14 (p. 366)

Encontre A_0 para um transistor NMOS fabricado com um processo CMOS de 0,4 μm para o qual $k'_n = 200\ \mu A/V^2$ e $V'_A = 20$ V/μm. O transistor tem um comprimento de canal de 0,4 μm e é operado com uma tensão de limiar de 0,25 V. Qual deve ser W para o NMOS operar com $I_D = 100\ \mu A$? Além disso, encontre os valores de g_m e r_o. Repita para $L = 0{,}8\ \mu$m.

Resposta 64 V/V; 6,4 μm; 0,8 mA/V; 80 kΩ; 128 V/V;12,8 μm; 0,8 mA/V; 160 kΩ



Exemplo 6.8 (p. 367)

Considere o amplificador CMOS na Figura 6.18(a) para o qual: $V_{DD} = 3$ V, $V_{tn} = |V_{tp}| = 0{,}6$ V, $\mu_n C_{ox} = 200\ \mu A/V^2$ e $\mu_p C_{ox} = 65\ \mu A/V^2$. Para todos os transistores, $L = 0{,}4\ \mu m$ e $W = 4\ \mu m$. Também, $V_{An} = 20$ V, $|V_{Ap}| = 10$ V e $I_{REF} = 100\ \mu A$. Calcule o ganho de tensão