

EE 530 Eletrônica Básica I

AMPLIFICADORES CMOS

Prof. Pedro Xavier

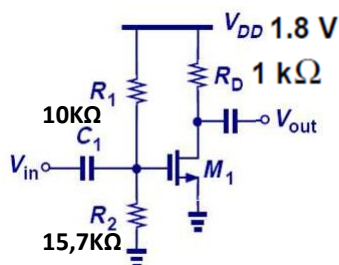
Polarização

- Existem várias técnicas de polarização, vamos estudar duas:
 - Polarização por divisor resistivo
 - Autopolarização
- OBS: O transistor deve estar polarizado na região de saturação para funcionar como amplificador.

Prof. Pedro Xavier

Exercício

- A_v ?; z_{in} ?; z_{out} ?; limites v_{in} ?



$$\mu_n C_{ox} = 100 \mu\text{A}/\text{V}^2$$

$$V_{TH} = 0.5 \text{ V}$$

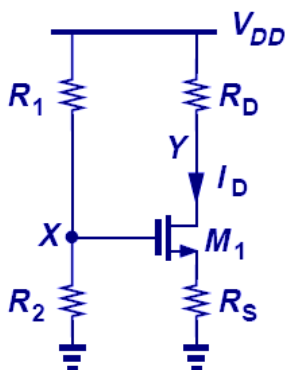
$$\lambda = 0$$

$$\frac{W}{L} = \frac{10}{0.18}$$

Prof. Pedro Xavier

Polarização

- Polarização por divisor resistivo



$$V_X = \frac{V_{DD}}{R_1 + R_2} R_2$$

$$V_{GS} = V_X - I_D R_S$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{GS} = \frac{V_{DD}}{R_1 + R_2} R_2 - I_D R_S \\ I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} [(V_{GS} - V_{TH})^2] \end{array} \right.$$

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} [(V_{GS} - V_{TH})^2]$$

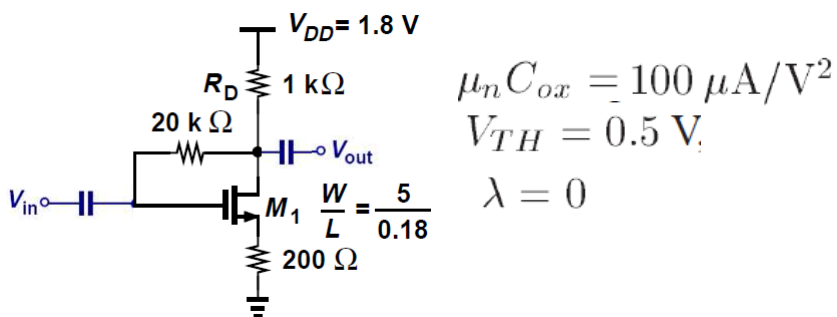
$$V_{GS} = -(V_1 - V_{TH}) + \sqrt{V_1^2 + 2V_1 \left(\frac{R_2 V_{DD}}{R_1 + R_2} - V_{TH} \right)}$$

$$V_1 = \frac{1}{\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} R_S}$$

Prof. Pedro Xavier

Exercício para nota

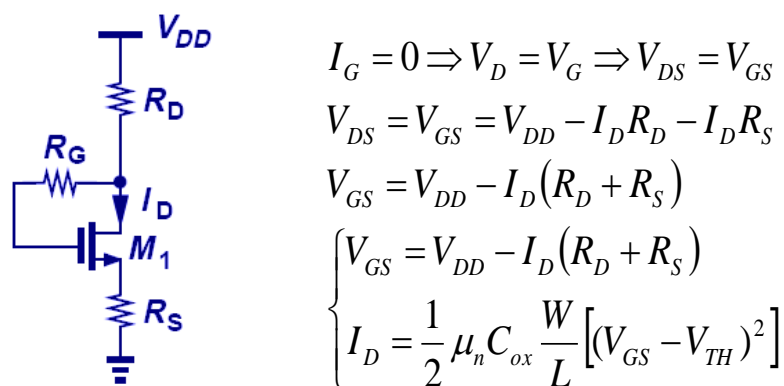
- A_v ?; z_{in} ?; z_{out} ?; limites v_{in} ?



Prof. Pedro Xavier

Polarização

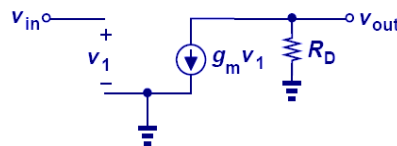
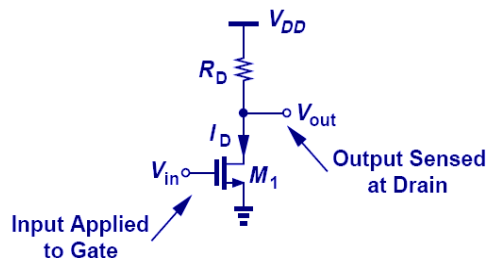
- Autopolarização



Prof. Pedro Xavier

Configurações básicas de amplificadores MOS

- Fonte comum



$$\lambda = 0$$

$$A_v = -g_m R_D$$

$$A_v = -\sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D} R_D$$

$$I_G \rightarrow 0 \Rightarrow A_i \rightarrow \infty$$

$$R_{in} = \infty$$

$$R_{out} = R_D$$

Condição para operar na saturação

$$V_{DS} > (V_{GS} - V_{TH})$$

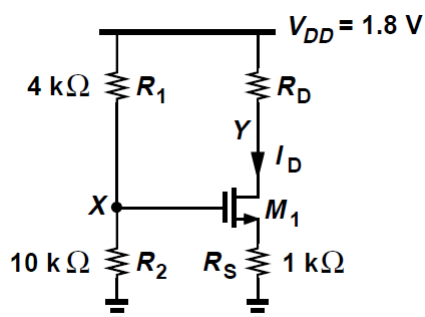
$$V_{DD} - R_D I_D > (V_{GS} - V_{TH})$$

$$R_D I_D < V_{DD} - (V_{GS} - V_{TH})$$

Prof. Pedro Xavier

Exemplo 7.1 RAZAVI

- Máximo R_D para saturação?



$$\mu_n C_{ox} = 100 \mu\text{A}/\text{V}^2$$

$$V_{TH} = 0.5 \text{ V}$$

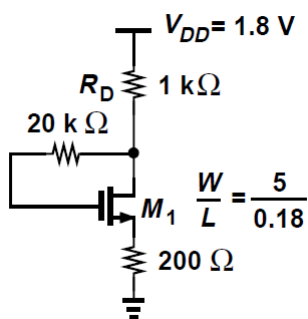
$$\lambda = 0$$

$$W/L = 5/0.18$$

Prof. Pedro Xavier

Exemplo 7.3 RAZAVI

- Valor de R_D para $I_D = I_D/2$?



$$\begin{aligned}\mu_n C_{ox} &= 100 \mu\text{A}/\text{V}^2 \\ V_{TH} &= 0.5 \text{ V} \\ \lambda &= 0\end{aligned}$$

Prof. Pedro Xavier

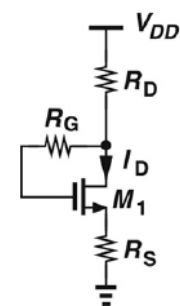
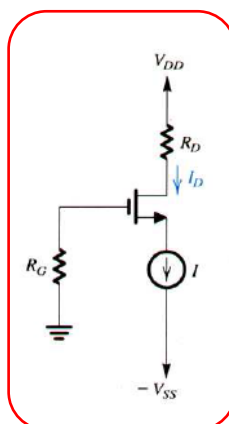
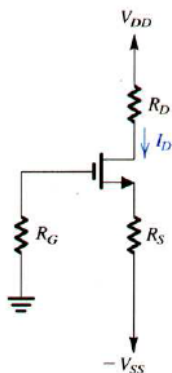
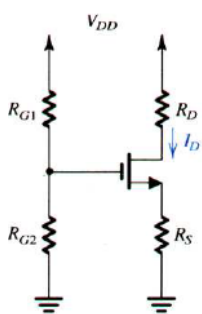
Polarização de circuitos amplificadores MOS

Divisor resistivo

Fonte dual

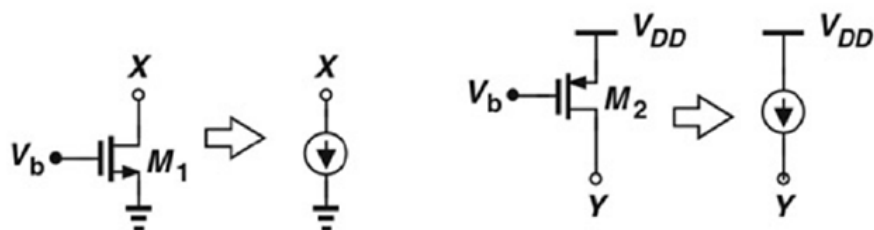
Fonte de corrente

Resistor R_G



Prof. Pedro Xavier

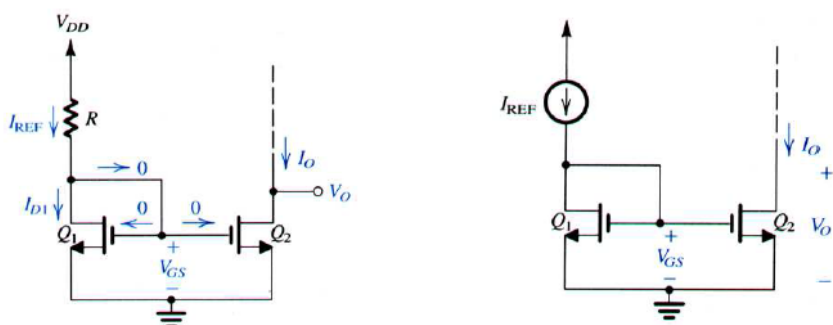
Realização de Fontes de Corrente



OBS: Para esta aproximação, devemos garantir que o transistor opere na região de saturação

Prof. Pedro Xavier

Fonte de corrente básica (espelho de corrente)



$$I_{REF} = \frac{V_{DD} - V_{GS}}{R}$$

$$I_{REF} = I_{D1} = \frac{1}{2} k_n' \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS} - V_t)^2$$

$$I_O = I_{D2} = \frac{1}{2} k_n' \left(\frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS} - V_t)^2$$

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

Fontes de figuras da aula

- Aula do prof. Fabiano Fruett
- Fundamentos de Microeletrônica (Razavi)
- Microeletrônica (Sedra)

Prof. Pedro Xavier

Sugestão de estudo

- Razavi, cap. 7
- Sedra/Smith cap. 5 seções 5.4 até 5.6
 - Exemplos, exercícios e problemas correspondentes

Para saber mais:

Paul R. Gray e Robert G. Meyer, Analysis and Design of Analog integrated Circuits, John Wiley & Sons

T. Tsvividis, Design considerations in single-channel MOS analog integrated circuits – A tutorial”, IEEE JSSC SC 13, pp 383-391, junho de 1978