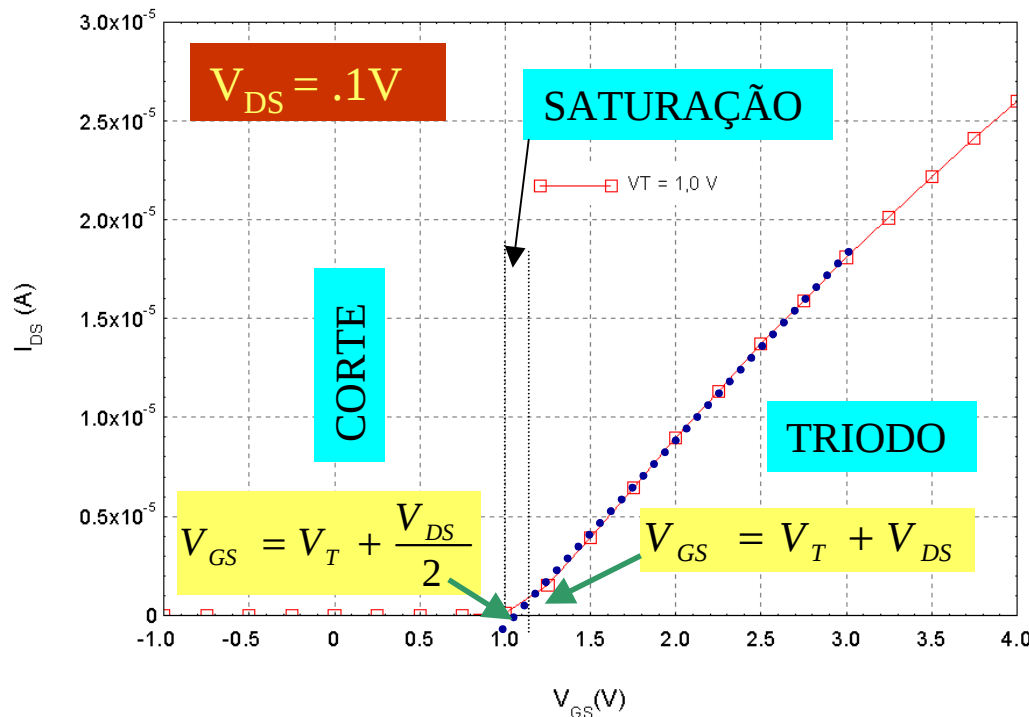


11. Transistor nMOS - extração de parâmetros elétricos

Tensão de limiar - V_T

- Método da extrapolação linear:

Extrapolando-se a região linear (região de triodo) da curva $I_{DS} \times V_{GS}$, obtida com V_{DS} constante, até o cruzamento com o eixo de V_{GS} .



$$I_{DS} = \mu C_{ox} \frac{w}{L} \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

$$\text{logo, } I_{DS} = 0 \Rightarrow \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] = 0$$

$$\therefore V_{GS} = V_T + \frac{V_{DS}}{2}$$

Utilizando-se uma polarização pequena aplicada ao dreno ($V_{DS} = 0.1V$), o termo $V_{DS}/2$ torna-se desprezível face à V_T , logo:

$$V_{GS} \cong V_T, \text{ para } V_{DS} = 0.1V$$

- A análise anterior é válida quando a região linear da curva $I_{DS} \times V_{GS}$ pode ser definida com precisão. Entretanto, considerando o efeito de degradação da mobilidade (μ) com o campo elétrico transversal (E_x), o qual depende fundamentalmente de V_{GS} , tem-se:

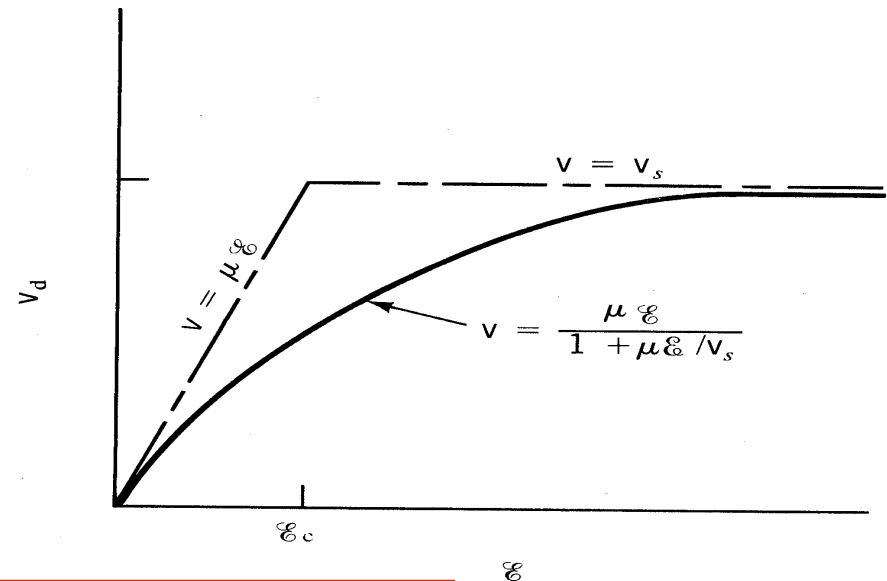
$$\mu = \frac{\vec{v}}{\vec{E}_x}$$

velocidade dos elétrons

$$\therefore \mu_{ef} = \frac{\mu_0}{1 + \theta \cdot (V_{GS} - V_T)}$$

mobilidade efetiva

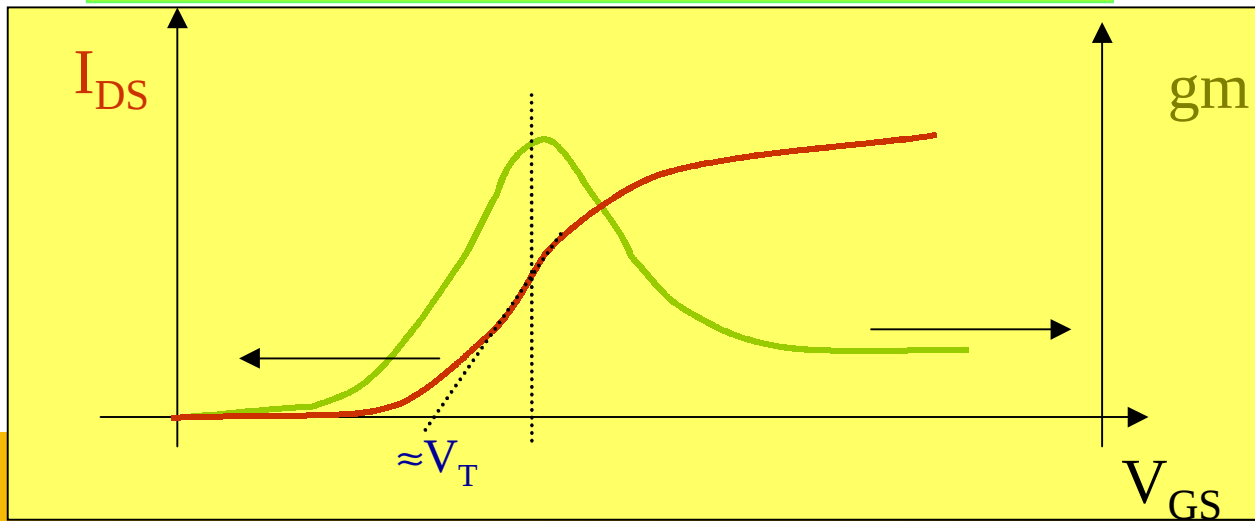
coeficiente de degradação da mobilidade em função do campo elétrico transversal



A redução da mobilidade dos portadores (elétrons neste caso) com o aumento de V_{GS} faz com que a curva $I_{DS} \times V_{GS}$, na região de triodo, não seja linear, sendo este efeito mais pronunciado em transistores de canal curto. Neste caso a determinação de V_T dá-se pela extrapolação linear da curva $I_{DS} \times V_{GS}$ no ponto de máxima transcondutância (gm).

$$I_{DS} = \mu_{ef} C_{ox} \frac{W}{L} \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

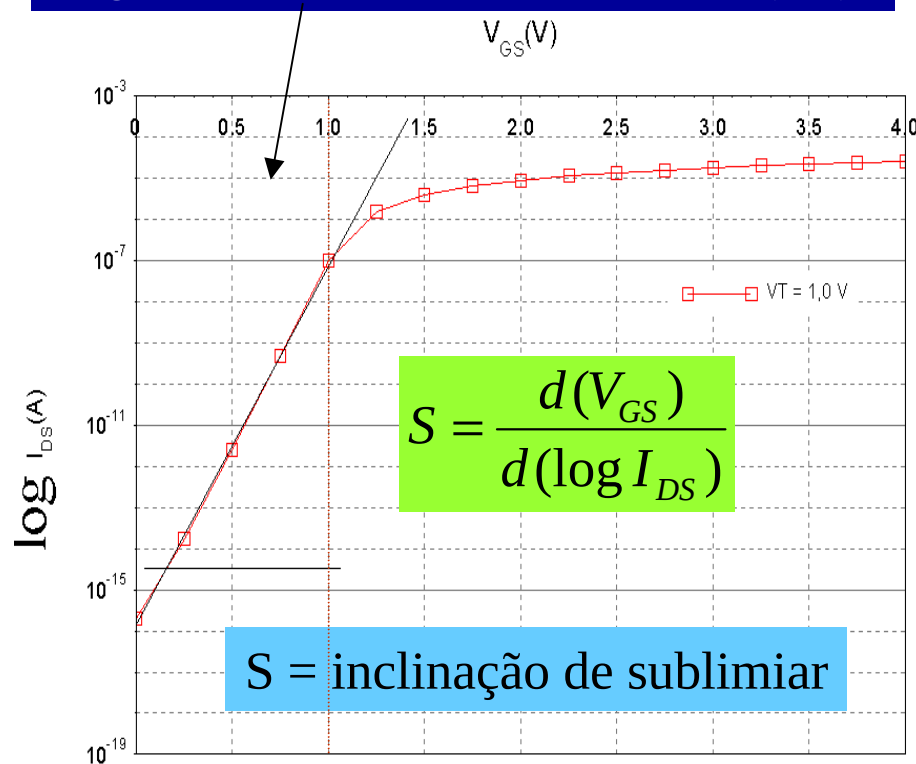
$$gm = \frac{\partial I_{DS}}{\partial V_{GS}} = \mu_{ef} C_{ox} \frac{W}{L} V_{DS} \quad \left(\frac{1}{\Omega} = S = \frac{A}{V} \right)$$



Inclinação de sublimiar

Na região de sublimiar ou corte ($V_{GS} < V_T$), a superfície do semiconductor do capacitor MOS, encontra-se variando deste a acumulação até as vizinhanças da inversão forte ($V_{GS} = V_T$).

Região de corte ou sublimiar $V_{GS} < V_T$ (1V)



$S \text{ (MOS)} = 100 \text{ mV/dec}$
atualmente $S = 75\text{-}90 \text{ mV/dec}$

Na região de sublimiar a passagem de corrente elétrica deve-se fundamentalmente ao mecanismo de difusão:

$$I_{DS} = -qAD_n \frac{n(0) - n(L)}{L}$$

$D_n \rightarrow$ constante de difusão

$n(0) = e^{\phi_s} \rightarrow$ conc. elétrons na fonte

$n(L) \rightarrow$ conc. elétrons no dreno

$$S = \frac{kT}{q} \ln(10) \left(1 + \frac{C_D}{C_{ox}} \right), \phi_s = 1,5\phi_F$$

$$C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}}{x_{ox}}$$

$$C_D = \frac{\epsilon_{Si}}{x_d}$$