EDA/CAD Nanoeletrónica

Mª Helena Fino 2015 – Aula 7

Introdução ao Modelo EKV

Modelo EKV2.6 – Transístores de canal longo

(Continuação)

Eda/CAD nanoeletrónica

- É necessário um modelo que reproduza fielmente as "novas" características de funcionamento dos Transístores em todas as zonas de inversão

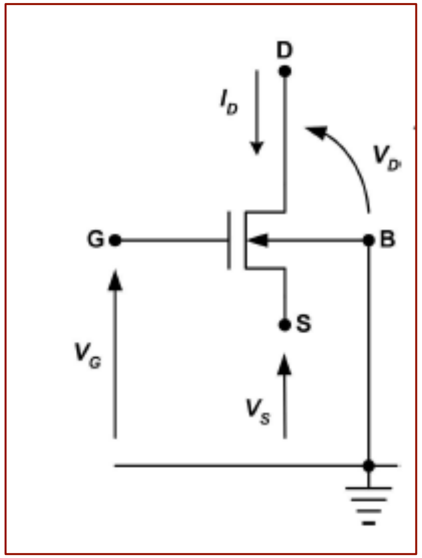
- **Modelo EKV**

Name	Description	Units
COX	Gate oxide capacitance	F/m
VTO	Nominal threshold voltage	V
GAMMA	Body effect factor	$V^{1/2}$
PHI	Bulk Fermi potential (2x)	V
KP	Transconductance parameter	A/V^2
THETA	Mobility reduction coefficient	1/V
UCRIT	Longitudinal critical field	V/m
XJ	Junction depth	m
DL	Channel length correction	m
DW	Channel width correction	m
LAMBDA	Depletion length coefficient	-
LETA	Short channel effect coefficient	-
WETA	Narrow channel effect coefficient	-

Eda/CAD nanoeletrónica

Modelo EKV

- Todas as tensões são referidas ao Bulk, mantendo-se integralmente a simetria dos dispositivos
- A corrente de Dreno, ID, é calculada como sendo a soma de uma corrente Direta, I_F e uma corrente Inversa I_R



$$\boxed{I_D = I_F - I_R}$$

- Consideram-se as correntes normalizadas:

$$\boxed{I_D = I_s\left(i_F - i_R\right)}$$

$$\boxed{i_F = \left[\ln\left(1+\exp\left(\frac{V_P - V_s}{2U_t}\right)\right)\right]^2}$$

$$\boxed{I_s = 2\mu n C_{ox} U_t^2 \left(\frac{W}{L}\right)}$$

$$\boxed{i_R = \left[\ln\left(1+\exp\left(\frac{V_P - V_D}{2U_t}\right)\right)\right]^2}$$

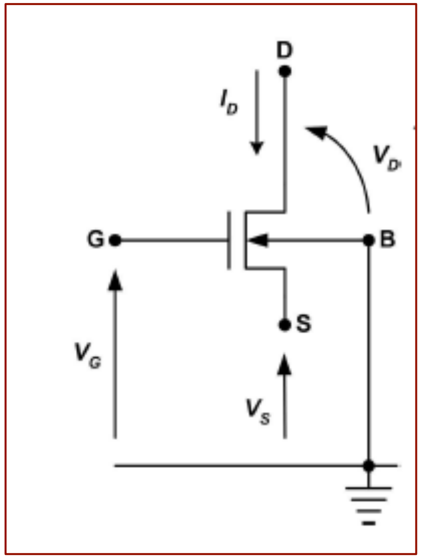
Eda/CAD nanoeletrónica

Modelo EKV

$$\boxed{I_D = I_s\left(i_F - i_R\right)}$$

$$\boxed{I_s = 2\mu n C_{ox} U_t^2 \left(\frac{W}{L}\right)}$$

$$\boxed{i_{F/R} = \left[\ln\left(1+\exp\left(\frac{V_P - V_{S/D}}{2U_t}\right)\right)\right]^2}$$



Numa primeira aproximação podemos considerar

$$\boxed{V_P \simeq \frac{V_G - V_t}{n}}$$

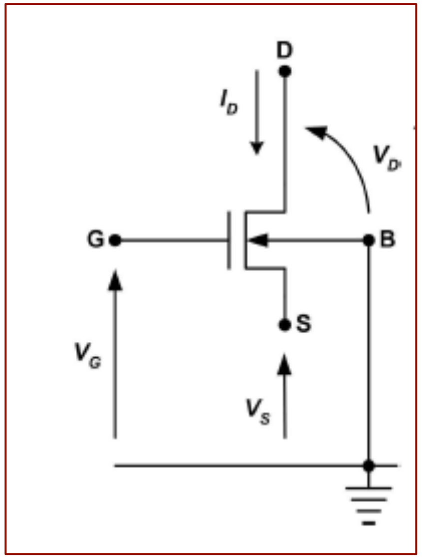
Resultando

$$\boxed{i_{F/R} = \left[\ln\left(1+\exp\left(\frac{\frac{V_G - V_t}{n} - V_{S/D}}{2U_t}\right)\right)\right]^2}$$

Eda/CAD nanoeletrónica

Modelo EKV

$$I_D = I_s\left(i_F - i_R\right)$$



$$i_{F/R} = \left[\ln\left(1+\exp\left(\frac{\frac{V_G - V_t}{n} - V_{S/D}}{2U_t}\right)\right)\right]^2$$

No caso de V_S<< e V_D>> resulta

$$i_F = \left[\ln\left(1+\exp\left(\frac{V_G - V_t - nV_S}{2nU_t}\right)\right)\right]^2 \cong \left(\frac{V_G - V_t - nV_S}{2nU_t}\right)^2$$

$$i_R = \left[\ln\left(1+\exp\left(\frac{V_G - V_t - nV_D}{2nU_t}\right)\right)\right]^2 \cong 0$$

Resultando

$$I_D = I_s\left(\frac{V_G - V_t - nV_S}{2nU_t}\right)^2$$

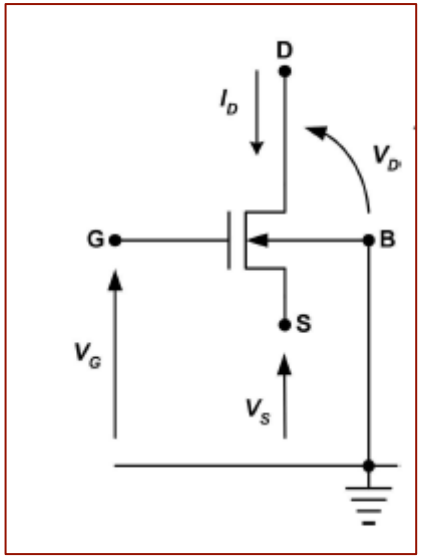
$$I_s = 2\mu n C_{ox} U_t^2 \left(\frac{W}{L}\right)$$

$$I_D = 0.5\mu\, C_{ox}\left(\frac{W}{L}\right)\left(V_{GS} - V_t\right)^2$$

Eda/CAD nanoeletrónica

Modelo EKV

$$\boxed{I_D = I_s\left(i_F - i_R\right)}$$



$$i_{F/R} = \left[\ln\left(1+\exp\left(\frac{V_P - V_{S/D}}{2U_t}\right)\right)\right]^2$$

$$V_P = V_G^{'} - \varphi - \gamma^{'}\left[\sqrt{V_G^{'} + \left(0.5\gamma^{'}\right)^2} - 0.5\gamma^{'}\right]$$

Em que:

$$V_G^{'} = V_G - V_{t0} + \varphi - \gamma\sqrt{\varphi}$$

$$\gamma = \sqrt{2q\varepsilon_{si}N_{sub}} \Big/ Cox$$

$$Cox = \varepsilon_{ox} \big/ tox$$

Para UMC130

$$\varepsilon_{ox} = 3.453\text{e-}11 \qquad \varepsilon_{si} = 1.045\text{e-}10$$

$$t_{oxn} = 2.7300\text{e-}09 \qquad t_{oxp} = 2.8600\text{e-}09$$

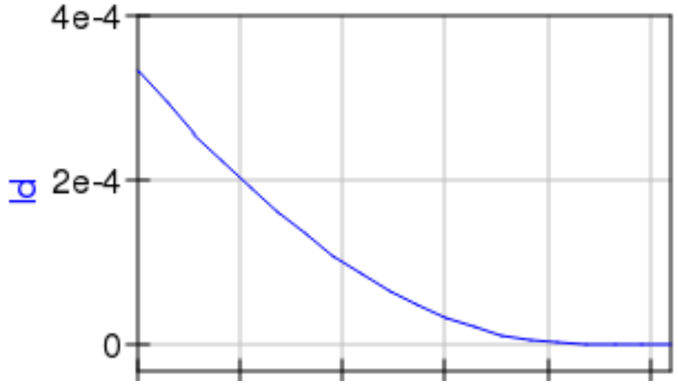
Eda/CAD nanoeletrónica

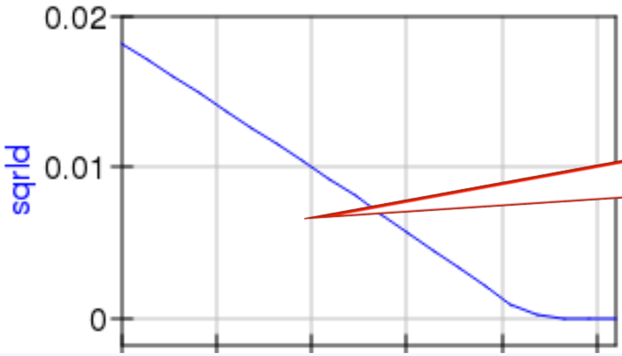
Modelo EKV- Determinação de parâmetros

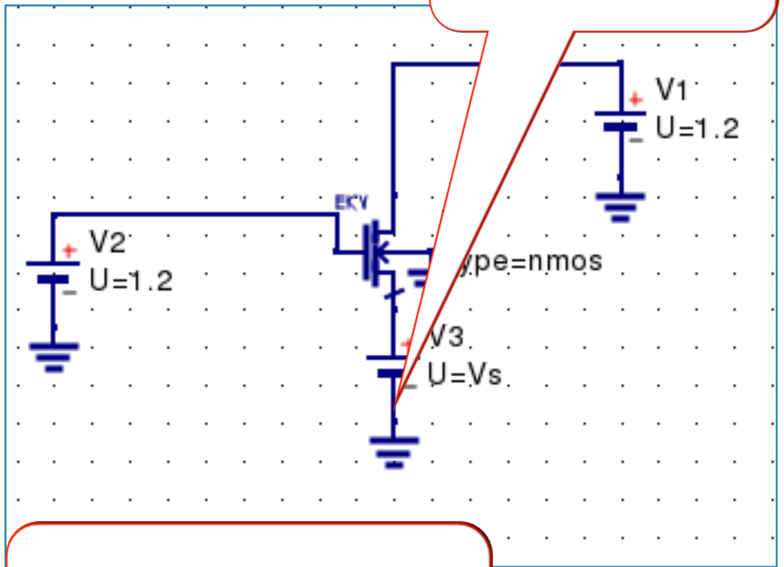
1. **Determinação de Is**

Em Inversão forte tem-se $I_F = I_s\left(\frac{V_P - V_s}{2U_T}\right)^2$

Logo $\boxed{\sqrt{I_F} = \sqrt{Is}\left(\frac{V_P - V_S}{2U_t}\right)}$







Variar Vs [0,0.6]

Is=(2*declive*U_T) ^2

Modelo EKV- Determinação de parâmetros

1. **Determinação de Vp**

$$\boxed{I_D = I_s\left(i_F - i_R\right)}$$

$$\boxed{i_{F/R} = \left[\ln\left(1+\exp\left(\frac{V_P - V_{S/D}}{2U_t}\right)\right)\right]^2}$$

Em saturação i_R=0 logo:

$$\boxed{I_D = I_s\left(i_F\right)}$$

Ou

$$\boxed{I_D = I_s\left[\ln\left(1+\exp\left(\frac{V_p - V_s}{2U_T}\right)\right)\right]^2}$$

Quando Vp=Vs
tem-se I_D=I_S.[ln(2)]^2

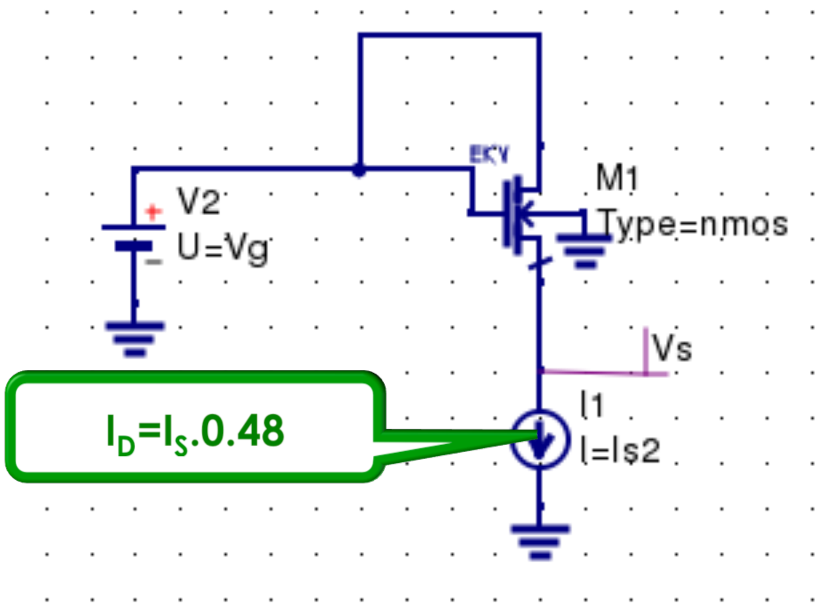
Eda/CAD nanoeletrónica

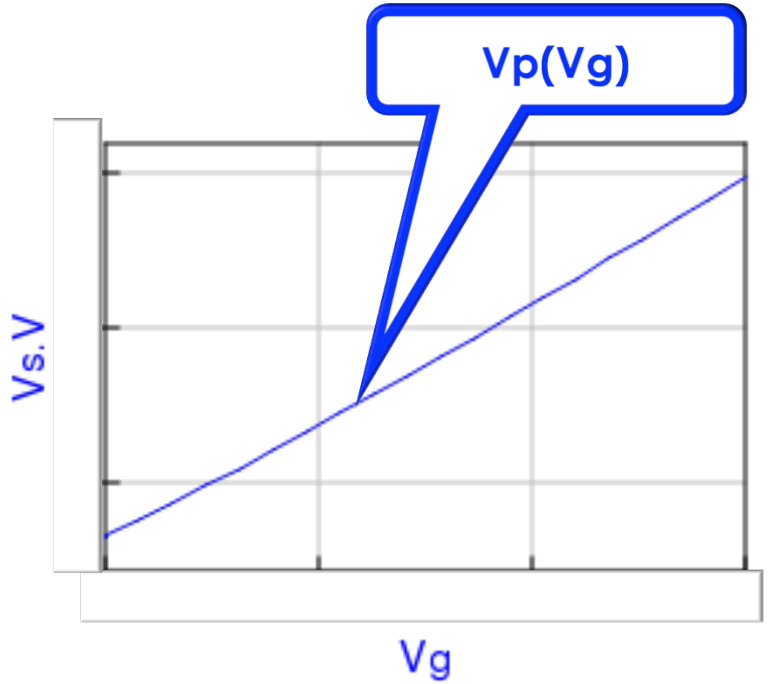
Modelo EKV- Determinação de parâmetros

1. **Determinação de Vp(Vg)**

$$I_D = I_s\left[\ln\left(1+\exp\left(\frac{V_p - V_s}{2U_T}\right)\right)\right]^2$$

Quando Vp=Vs
tem-se $I_D=I_S.[\ln(2)]^{\wedge}2$





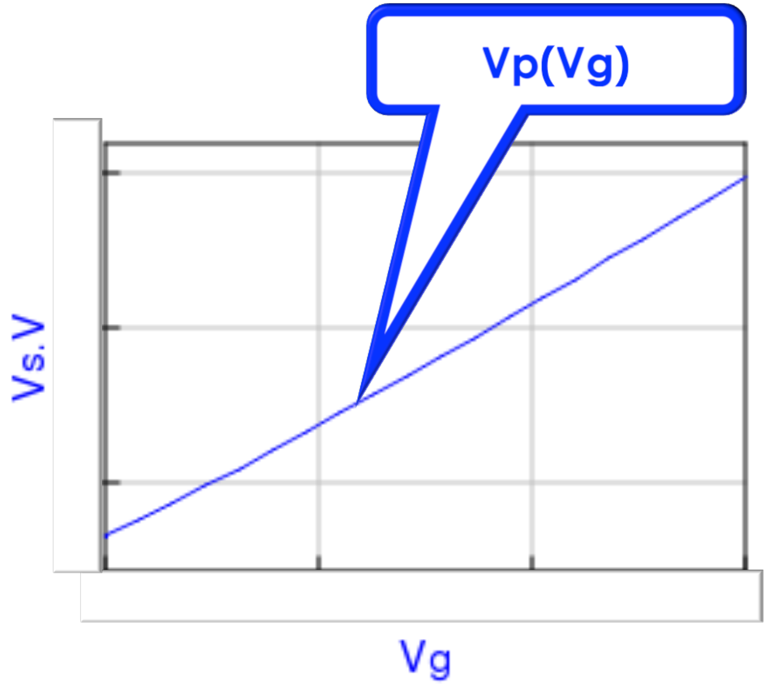
Modelo EKV- Determinação de parâmetros

1. **Determinação de Vp(Vg)**

Como numa aproximação considerámos

$$\boxed{V_P \simeq \frac{V_G - V_t}{n}}$$

Concluimos que V_t será o valor de Vg quando Vp=0



Eda/CAD nanoeletrónica

Modelo EKV- Determinação de parâmetros

1. **Determinação de *n* e *miu***

Sabendo que para canal longo se tem:

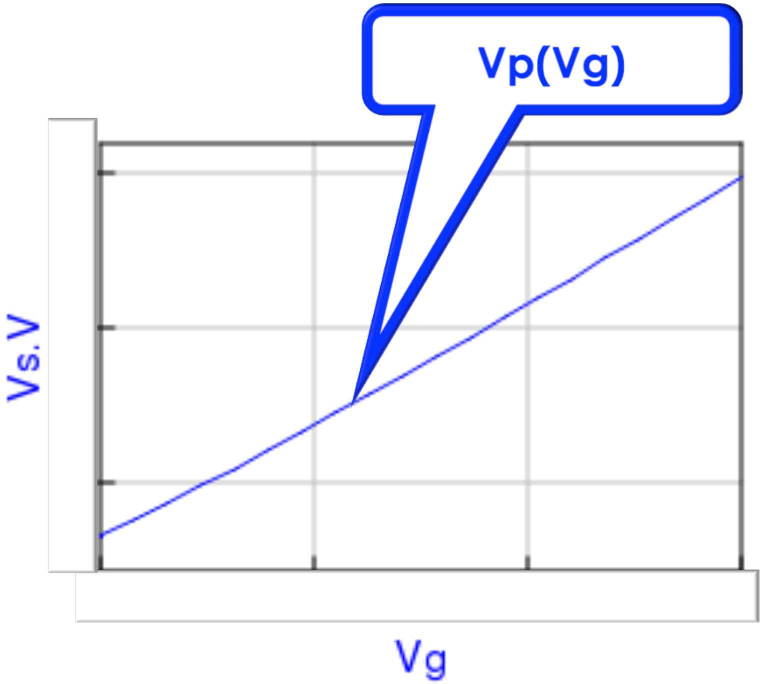
$$V_P = V_G^{'} - \varphi - \gamma^{'}\left[\sqrt{V_G^{'} + \left(0.5\gamma^{'}\right)^2} - 0.5\gamma^{'}\right]$$

Em que:

$$V_G^{'} = V_G - V_{t0} + \varphi - \gamma\sqrt{\varphi}$$

Por fitting de Vp(Vg) obtemos

$$\varphi \quad e \quad \gamma$$



Eda/CAD nanoeletrónica

Modelo EKV- Determinação de parâmetros

1. **Determinação de restantes parâmetros**

Sabendo que para canal longo se tem:

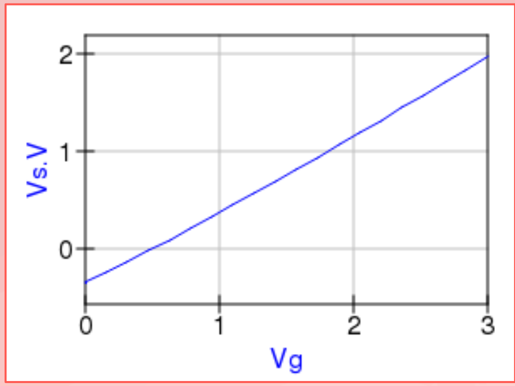
$$\boxed{I_s = 2\mu n C_{ox} U_t^2 \left(\frac{W}{L}\right)}$$

Ou

$$\boxed{I_s = 2\, n U_t^2 \frac{\beta_0}{1+\Theta V_P^{'}} \left(\frac{W}{L}\right)}$$

com

$$\boxed{n = 1 + \frac{\gamma}{2\sqrt{V_p + \phi + 4U_T}}}$$



Por fitting de Is e Vp(Vg) tiramos $\boxed{\Theta \; e \;\; \beta_0}$