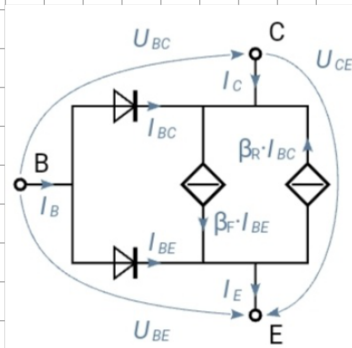


Transistor bipolaire

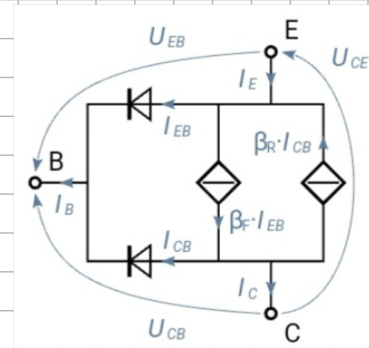
NPN



β_F : gain en courant passant

β_R : gain en courant inverse

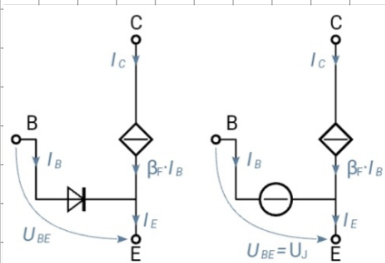
PNP



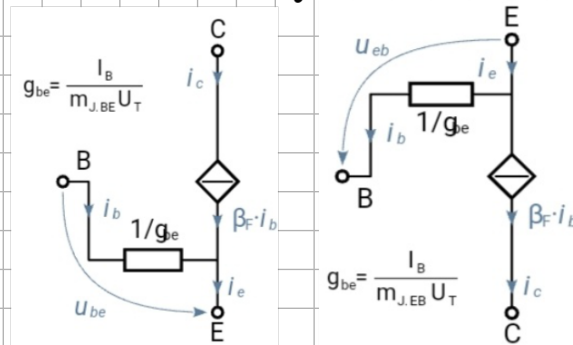
Modèles idéaux

Mode actif direct

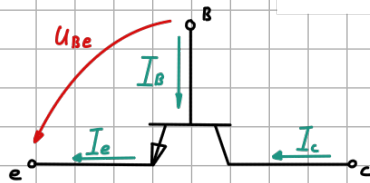
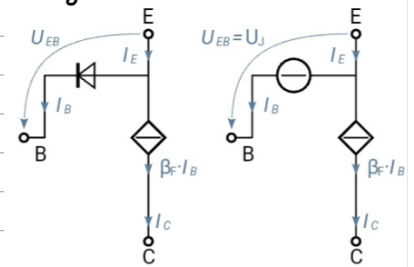
grands signaux DC



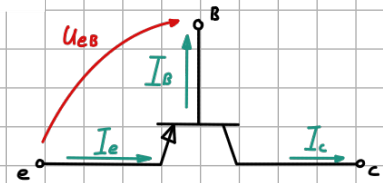
petits signaux AC



grands signaux DC



$$U_{BE} \approx U_J \quad U_{CE} \geq U_{sat} \approx 0,3V$$



$$U_{EB} \approx U_J, U_{EC} \geq U_{sat} \approx 0,3V$$

$$I_E = I_C + I_B = (\beta_F + 1) \cdot I_B$$

$$I_C = \beta_F \cdot I_B = \frac{I_E}{1 + \frac{1}{\beta_F}}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_F} = \frac{I_E}{\beta_F + 1}$$

tension base-emetteur fixe

$$I_B = I_{Si} \left(e^{\frac{U_{BE}}{m_i \cdot U_T}} - 1 \right)$$

$$I_E = (\beta_F + 1) \cdot I_{Si} \left(e^{\frac{U_{BE}}{m_i \cdot U_T}} - 1 \right)$$

utile en petits signaux

$$I_B = U_{BE} \cdot g_{BE}$$

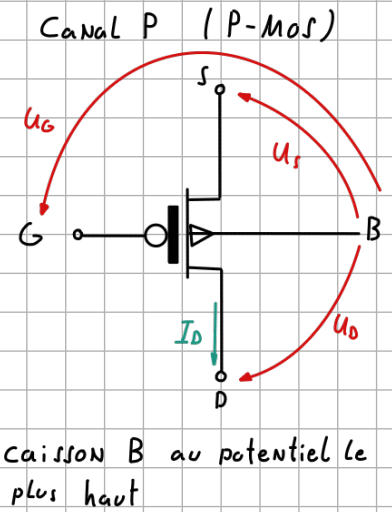
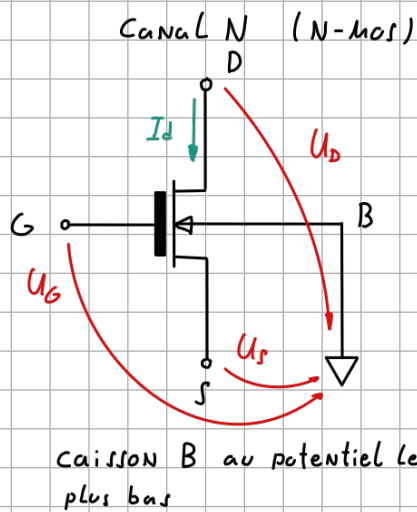
Circuits petits signaux AC

- Linéariser les composants non-linéaires autour de leur point d'opération
- Annuler les composantes DC des sources
- Remplacer les jonctions en sens bloqué par des interruptions
- Annuler les sources de courants pilotées en sens bloqué
- Vérifier le mode de conduction avec les tensions entre les bornes

Recherche la fonction de transfert en petits signaux

1. expression pour U_{BE}/U_i
2. Courant I_B
3. Courant de source $\beta_F \cdot I_B$
4. expression pour U_o

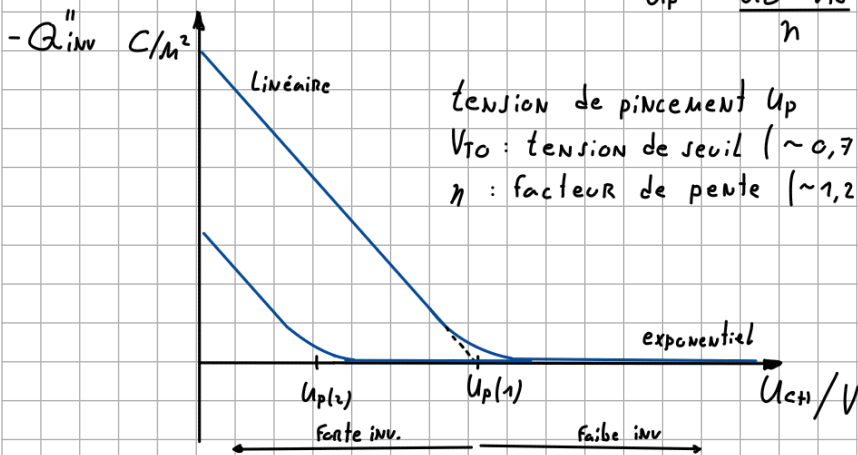
Mosfet



Mode d'actionnement

$$U_p = \frac{U_G - V_{T0}}{\eta}$$

tension de pincement U_p
 V_{T0} : tension de seuil ($\sim 0,7 - \sim 0,8 V$)
 η : facteur de pente ($\sim 1,2 - \sim 1,4$)



CRITÈRES

Forte inversion

Si $X_f \ll X_p$

ou si $\max(Y_F, Y_R) \gg 1$

Faible inversion

Si $X_f \gg X_D$

ou si $\max(Y_F, Y_R) \ll 1$

N: facteur de pente $1,2 \sim 1,4$

C_{ox} : capacité surfacique de l'oxyde

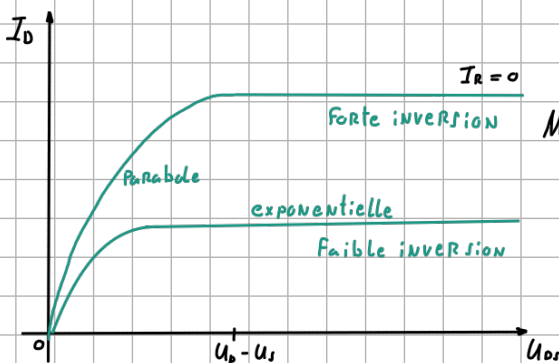
$$C_{ox} = \frac{\epsilon_{rox} \cdot \epsilon_0}{d_{ox}}$$

Q_{inv}'' : densité de charge surfacique

μ : mobilité des porteurs mobiles

$$I_D = \underbrace{\mu C_{ox} \frac{W}{L} \int_{U_s}^{\infty} -\frac{Q_{inv}''}{C_{ox}''} dU_{ch}}_{I_F} - \underbrace{\mu C_{ox} \frac{W}{L} \int_{U_D}^{\infty} -\frac{Q_{inv}''}{C_{ox}''} dU_{ch}}_{I_R} = I_F - I_R$$

Saturation (I_D "constant")

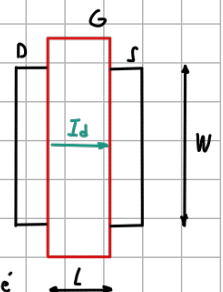


$$U_{DS} = U_D - U_S$$

Mos saturé en faible inversion si $U_{DS} > \sim 5-6 \times U_T$

Mosfet saturé $\Rightarrow Y_R = 0$

Mosfet saturé $\rightarrow$ courant constant $\neq$ bipolaire saturé



Définitions

$$I_{spec} = 2h \cdot \mu_{Cox} \cdot U_T^2 \cdot \frac{W}{L}$$

$$X_p = \frac{U_p}{U_T}, \quad X_s = \frac{U_s}{U_T}, \quad X_D = \frac{U_D}{U_T}$$

$$Y_F = \frac{I_F}{I_{spec}}, \quad Y_R = \frac{I_R}{I_{spec}}$$

Modélisation

Forte inversion

$$Y_F = \begin{cases} \left(\frac{X_p - X_s}{2} \right)^2 & \text{si } X_s < X_p \\ 0 & \text{si } X_s > X_p \end{cases}$$

$$Y_R = \begin{cases} \left(\frac{X_p - X_D}{2} \right)^2 & \text{si } X_D < X_p \\ 0 & \text{si } X_D > X_F \end{cases}$$

Faible inversion

$$Y_F = e^{X_p - X_s}$$

$$Y_R = e^{X_p - X_D}$$

Interpolation continue entre faible et forte inversion

$$Y_F = \ln^2 \left(1 + e^{\frac{X_p - X_s}{2}} \right) \Leftrightarrow X_p - X_s = 2 \ln \left(e^{\sqrt{Y_F}} - 1 \right)$$

$$Y_R = \ln^2 \left(1 + e^{\frac{X_p - X_D}{2}} \right) \Leftrightarrow X_p - X_s = 2 \ln \left(e^{\sqrt{Y_R}} - 1 \right)$$