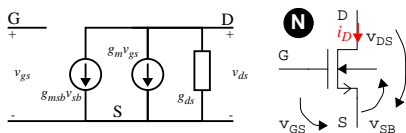
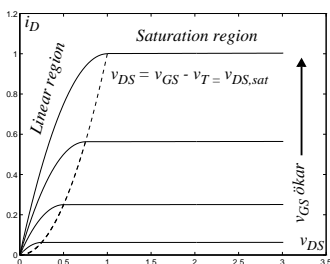


NMOS



Arbetsområden:

1. cut-off, subthreshold region, *avstängd*,
2. linear region, active region, triode region, non-saturation region, *linjära området*,
3. saturation region, *mättade området*, icke-linjärt område.



Tröskelspänningen för NMOS-transistorn definieras enligt:

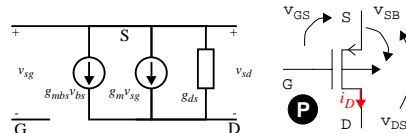
$$v_{Tn} = V_{Tn0} + \gamma_n(\sqrt{2|\phi_{F,n}| + v_{SB}} - \sqrt{2|\phi_{F,n}|})$$

Småsignalparametrarna definieras enligt:

$$g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} \right|_Q, \quad g_{ds} = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{DS}} \right|_Q \quad \text{och} \quad g_{msb} = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{SB}} \right|_Q$$

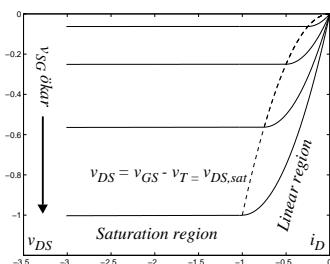
Där Q markerar vilopunkten i vilken DC-värdena I_{DQ} , V_{DSQ} , V_{GSQ} och V_{SBQ} antas.

PMOS



Arbetsområden:

1. cut-off, subthreshold region, *avstängd*
2. linear region, active region, triode region, non-saturation region, *linjära området*,
3. saturation region, *mättade området*, icke-linjärt område.



Tröskelspänningen för PMOS-transistorn definieras enligt:

$$v_{Tp} = v_{Tp0} - \gamma_p(\sqrt{2|\phi_{F,p}| + v_{BS}} - \sqrt{2|\phi_{F,p}|})$$

Småsignalparametrarna definieras enligt:

$$g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{SG}} \right|_Q, \quad g_{sd} = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{SD}} \right|_Q \quad \text{och} \quad g_{mbs} = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{BS}} \right|_Q$$

Där Q markerar vilopunkten i vilken DC-värdena I_{DQ} , V_{SDQ} , V_{SGQ} och V_{BSQ} antas.

Cut-off region

Transistorn avstängd.

$$v_{GS} < v_{Tn}$$

$$i_D \approx 0$$

Vilket också ger att

$$g_{m,c} = g_{msb,c} = g_{ds,c} \approx 0$$

Linear region

Transistorn leder i sitt linjära område.

$$0 < v_{DS} < v_{GS} - v_{Tn}$$

$$i_D = 0.5\beta_n \cdot (2(v_{GS} - v_{Tn}) - v_{DS})v_{DS}(1 + \lambda_n v_{DS})$$

$$g_{m,L} = \beta_n V_{DSQ}(1 + \lambda_n V_{DSQ}) \approx \beta_n V_{DSQ}$$

$$g_{msb,L} = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{SB}} \right|_Q = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{Tn}} \cdot \frac{\partial v_{Tn}}{\partial v_{SB}} \right|_Q = - \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} \cdot \frac{\partial v_{Tn}}{\partial v_{SB}} \right|_Q =$$

$$= -g_{m,L} \cdot \frac{\gamma_n}{2\sqrt{2|\phi_{F,n}| + V_{SBQ}}} = \frac{-g_{m,L} \cdot \gamma_n}{2\sqrt{2|\phi_{F,n}| + V_{SBQ}}} = -\eta_n g_{m,L}$$

$$g_{ds,L} = \beta_n (V_{GSQ} - v_{TnQ} - V_{DSQ})(1 + \lambda_n V_{DSQ}) + \frac{I_{DQ} \cdot \lambda_n}{1 + \lambda_n V_{DSQ}} \approx$$

$$\approx \beta_n (V_{GSQ} - v_{TnQ} - V_{DSQ})$$

Cut-off region

Transistorn avstängd.

$$v_{SG} < |v_{Tp}|$$

$$i_D \approx 0$$

Vilket också ger att

$$g_{m,c} = g_{mbs,c} = g_{ds,c} \approx 0$$

Linear region

Transistorn leder i sitt linjära område.

$$0 < v_{SD} < v_{SG} - |v_{Tp}|$$

$$i_D = 0.5\beta_p \cdot (2(v_{SG} - |v_{Tp}|) - v_{SD})v_{SD}(1 + \lambda_p v_{SD})$$

$$g_{m,L} = \beta_p V_{SDQ}(1 + \lambda_p V_{SDQ}) \approx \beta_p V_{SDQ}$$

$$g_{mbs,L} = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{BS}} \right|_Q = \left. \frac{\partial i_D}{\partial |v_{Tp}|} \cdot \frac{\partial |v_{Tp}|}{\partial v_{BS}} \right|_Q = - \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{SG}} \cdot \frac{\partial |v_{Tp}|}{\partial v_{BS}} \right|_Q =$$

$$= -g_{m,L} \cdot \frac{-\gamma_p}{2\sqrt{2|\phi_{F,p}| + V_{BSQ}}} = \frac{g_{m,L} \cdot \gamma_p}{2\sqrt{2|\phi_{F,p}| + V_{BSQ}}} = \eta_p g_{m,L}$$

$$g_{ds,L} = \beta_p (V_{SGQ} - |v_{TpQ}| - V_{SDQ})(1 + \lambda_p V_{SDQ}) + \frac{I_{DQ} \cdot \lambda_p}{1 + \lambda_p V_{SDQ}} \approx$$

$$\approx \beta_p (V_{SGQ} - |v_{TpQ}| - V_{SDQ})$$

Saturation region

Transistorn leder i sitt mättade område.

$$0 < v_{GS} - v_{Tn} < v_{DS}$$

$$i_D = 0.5\beta_n \cdot (v_{GS} - v_{Tn})^2 (1 + \lambda_n v_{DS})$$

$$g_{m,s} = \frac{2I_{DQ}}{V_{GSQ} - V_{TnQ}} = \frac{2I_{DQ}}{\sqrt{2\beta_n |I_{DQ}|} (1 + \lambda_n V_{DSQ})} \approx \sqrt{2\beta_n |I_{DQ}|}$$

Med samma resonemang som för linjära regionen så fås att:

$$g_{msb,s} = \frac{-g_{m,s} \cdot \gamma_n}{2\sqrt{2|\phi_{F,n}|} + V_{SBQ}} = -\eta_n g_{m,s}$$

$$g_{ds,s} = \frac{I_{DQ} \cdot \lambda_n}{1 + \lambda_n V_{DSQ}} \approx I_{DQ} \cdot \lambda_n$$

Saturation region

Transistorn leder i sitt mättade område.

$$0 < v_{SG} - |v_{Tp}| < v_{DS}$$

$$i_D = 0.5\beta_p (v_{SG} - |v_{Tp}|)^2 (1 + \lambda_p v_{SD})$$

$$g_{m,s} = \frac{2I_{DQ}}{V_{SGQ} - V_{TpQ}} = \frac{2I_{DQ}}{\sqrt{2\beta_p |I_{DQ}|} (1 + \lambda_p V_{SDQ})} \approx \sqrt{2\beta_p |I_{DQ}|}$$

Med samma resonemang som för linjära regionen så fås att:

$$g_{msb,s} = \frac{-g_{m,s} \cdot \gamma_p}{2\sqrt{2|\phi_{F,p}|} + V_{BSQ}} = -\eta_p g_{m,s}$$

$$g_{ds,s} = \frac{I_{DQ} \cdot \lambda_p}{1 + \lambda_p V_{SDQ}} \approx I_{DQ} \cdot \lambda_p$$