



TRANSISTOR MOS

(METAL OXIDE SEMICONDUCTOR)

Pertemuan Minggu ke-3



OUTLINE

- ❖ Tegangan Ambang (Threshold Voltage)
- ❖ Karakteristik Arus Tegangan

TEGANGAN AMBANG (*THRESHOLD VOLTAGE*)

- ❖ Tegangan ambang dapat didefinisikan sebagai tegangan minimal yang diperlukan suatu sistem (dalam hal ini transistor MOS) untuk mulai mengalir
- ❖ Atau dalam sebuah MOS adalah tegangan antara *gate* dan *ground* yang menyebabkan arus antara *drain* dan *source* maksimal (saturasi).
- ❖ Tegangan ambang ini diatur dengan menggunakan pengubahan konsentrasi *doping*.

TEGANGAN AMBANG (*THRESHOLD VOLTAGE*)

❖ Tegangan ambang untuk MOSFET dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut

$$V_t = V_{t0} + \gamma \left(\sqrt{2\phi_f + |V_{SB}|} - \sqrt{2\phi_f} \right)$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{2qN_A\epsilon_S}}{C_{OX}}$$

V_{t0} = tegangan ambang untuk $V_{SB} = 0$
 ϕ_f = parameter fisik; biasanya $2\phi_f = 0,6$ V
 γ = parameter proses pembuatan
 V_{SB} = tegangan *source-body* (*bulk*)

$q = 1,6 \times 10^{-19}$ C
 N_A = konsentrasi doping
 ϵ_S = permitivitas silikon = $11,7 \epsilon_0 = 11,7 \times 8,854 \times 10^{-12}$

TEGANGAN AMBANG (*THRESHOLD VOLTAGE*)

❖ Parameter proses

$$C_{OX} = \epsilon_{OX} / t_{OX} \quad (\text{F/m}^2)$$

$$k_n = \mu_n C_{OX} \quad (\text{A/V})$$

$$V_A' = (V_A / L) \quad (\text{V/m})$$

$$\lambda = (1 / V_A) \quad (\text{V}^{-1})$$

$$\gamma = \sqrt{2qN_A \epsilon_S} / C_{OX} \quad (\text{V}^{1/2})$$

Konstanta:

$$\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$\epsilon_{OX} = 3,9 \epsilon_0 = 3,45 \times 10^{-11} \text{ F/m}$$

$$\epsilon_S = 11,7 \epsilon_0 = 1,04 \times 10^{-10} \text{ F/m}$$

$$q = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

TEGANGAN AMBANG (*THRESHOLD VOLTAGE*)

- ❖ Jika V_{SB} MOSFET adalah positif, maka akan meningkatkan tegangan ambang efektif untuk MOSFET kanal-n.
- ❖ Dalam rangkaian terintegrasi NMOS, substrat selalu dihubungkan dengan tegangan paling negatif dalam sistem, sehingga analisis karakteristik fungsi alih akan mendekati keakuratannya.

TEGANGAN AMBANG (*THRESHOLD VOLTAGE*)

❖ Pada kebanyakan *chip* MOS, untuk mengubah tegangan ambang dilakukan dengan mengubah konsentrasi *doping* saluran yang diatur oleh banyaknya ion yang ditanamkan (*implant*) ke saluran.

TEGANGAN AMBANG (*THRESHOLD VOLTAGE*)

- ❖ Penambahan (*implant*) tipe-p menyebabkan tegangan ambang lebih positif dan sebaliknya penambahan (*implant*) tipe-n menyebabkan tegangan ambang lebih negatif.
- ❖ Tegangan ambang disimbolkan dengan V_{TN} untuk *implant* tipe-n dan V_{TP} untuk *implant* tipe-p.

KARAKTERISTIK ARUS TEGANGAN

❖ Bila V_{GS} lebih besar dari V_T terdapat sebuah saluran penghantar dan V_{DS} menyebabkan arus drain (I_D) mengalir dari *drain* ke *source*.

KARAKTERISTIK ARUS TEGANGAN

- ❖ Tegangan V_{DS} menyebabkan prategangan balik (*reverse bias*) yang besar dari *drain* ke *body* daripada dari *source* ke *body*.
- ❖ Jadi terdapat lapisan pengosongan yang lebih lebar pada *drain*.

KARAKTERISTIK ARUS TEGANGAN

$$I_D = k \frac{W}{L} \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

❖ Parameter traskonduktansi adalah $k = k (W/L)$

KARAKTERISTIK ARUS TEGANGAN

$$I_D = \frac{k}{2} [2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2]$$

Jika : $V_{GS} = V_T$

$$V_{DS} = (V_{GS} - V_T)$$

$$\text{maka : } I_D = \frac{k}{2} (V_{GS} - V_T)^2$$

KARAKTERISTIK ARUS TEGANGAN

Untuk transistor NMOS

❖ Jadi MOSFET kanal $-n$ jenis '*enhancement*' berkerja di daerah trioda jika v_{GS} lebih besar dari V_t dan tegangan pada drain lebih rendah dari tegangan gate minimal sebesar V_t volt.

$$i_D = k_n \frac{W}{L} \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} - \frac{1}{2} v_{DS}^2 \right]$$

$$k_n = \mu_n C_{ox}$$

KARAKTERISTIK ARUS TEGANGAN

- ❖ Batas antara daerah trioda dan daerah jenuh:

$$v_{DS} = v_{GS} - V_t$$

- ❖ Arus i_D pada keadaan jenuh

$$i_D = \frac{1}{2} k'_n \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t)^2$$

KARAKTERISTIK ARUS TEGANGAN

❖ Pada keadaan jenuh:

- arus i_D tidak tergantung dari tegangan drain, v_{DS}
- arus i_D ditentukan oleh tegangan gate, v_{GS}

❖ MOSFET menjadi sebuah sumber arus ideal yang harganya dikendalikan oleh v_{GS}

KARAKTERISTIK ARUS TEGANGAN

❖ Jika v_{DS} cukup kecil, v_{DS}^2 dapat diabaikan.

$$i_D \approx k_n \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t) v_{DS}$$

KARAKTERISTIK ARUS TEGANGAN

❖ r_{DS} adalah resistansi linier yang dikendalikan oleh v_{GS} . Jika v_{GS}

= V_{GS} , maka

$$r_{DS} \equiv \frac{v_{DS}}{i_D} = \left[k_n \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t) \right]^{-1}$$

(untuk v_{DS} kecil dan $v_{GS} = V_{GS}$)

$$V_{OV} \equiv V_{GS} - V_t$$

$$r_{DS} = 1 / \left[k_n \left(\frac{W}{L} \right) V_{OV} \right]$$

❖ V_{OV} : gate-to-source overdrive voltage