

برای هر وقت نیاز به پارامترهای داریم:

cutoff (۱)

saturate (۲)

Triode (۳)

در ابتدا باید بخواهیم مقادیر دستی را بدست آوریم یا بدین صورت هر تکنولوژی جدیدی به ساختار زیر ایجا کنیم. جدول زیر را ببینید (۱۴۷) کتاب Baker

Parameters	NMOS	PMOS	Comments
$V_{THN}, V_{THP}$	0.8 volt	-0.9 volt	
$K_{pn}, K_{pp}$	120 $\mu A/V^2$	40 $\mu A/V^2$	$t_{ox} = 200 \text{ \AA}$
$C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}}$	1.75 $PF/\mu m^2$	1.75 $PF/\mu m^2$	$C_{ox} = C'_{ox} WL (\text{scale})^2$
$\lambda_n, \lambda_p$	0.01 $V^{-1}$	0.0125 $V^{-1}$	at $L = 2 \mu m$
$\gamma_n, \gamma_p$	0.5 $V^{-1/2}$	0.6 $V^{-1/2}$	Body Factor

مثلاً برای تکنولوژی  $1 \mu m$  که در کتاب Baker آورده شده است داریم:

$V_{THN} = V_{TO} = 0.8$   
 پارامترهای فزونی تکنولوژی

$V_{THP} = V_{TO} = -0.9$

اما راجعاً به اصل برآورد و نسبت نه به صورت زیر است:

Allen 74

$$V_T = V_{TO} + \gamma \left[ \sqrt{2|\phi_F| + V_{SB}} - \sqrt{2|\phi_F|} \right]$$

$\phi_F$ : strong Inversion Surface Potential ( $V$ ) =  $\frac{KT}{q} \ln \left( \frac{N_{SUB}}{n_i} \right)$

$V_{TO} = V_T (V_{SB} = 0) = V_{FB} + 2|\phi_F| + \frac{\sqrt{2q\epsilon_{Si} N_{SUB} 2|\phi_F|}}{C_{ox}}$

$\gamma = \text{bulk Threshold Parameter } (V^{1/2}) = \frac{C_{ox} \sqrt{2\epsilon_{Si} q N_{SUB}}}{C_{ox}}$

$V_{FB} = \text{Flatband Voltage } (V) = \phi_{MS} - \frac{Q_{SS}}{C_{ox}}$

$\phi_{MS} = \phi_F (\text{Substrate}) - \phi_F (\text{gate})$  (معادله 2.3-17 کتاب Allen)

$\phi_F (\text{Substrate}) = \frac{KT}{q} \ln \left( \frac{N_{SUB}}{n_i} \right)$  (n-channel with p-Substrate)

$\phi_F (\text{gate}) = \frac{KT}{q} \ln \left( \frac{N_{GATE}}{n_i} \right)$  (n-channel with  $n^+$  polysilicon gate)

$Q_{SS} = \text{oxide-charge} = q N_{SS}$

$k = \text{boltzmann's Constant}$

$T = \text{temperature } (K)$

جدول 74 Allen در مورد ضرایب ثابت

باراثر عبوی  $C'_{ox}$  می باشد (ص 114 کتاب Baker)

$$C'_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{t_{ox}}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-18} \text{ F}/\mu\text{m} = 8.85 \text{ aF}/\mu\text{m} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F}/\text{m} = 8.85 \times 10^{-14} \text{ F}/\text{cm}$$

$\epsilon_r = 3.97$  (relative dielectric constant of  $\text{SiO}_2$ )

$$C'_{ox} = \frac{3.97 \times 8.85 \times 10^{-12} \text{ F}/\text{m}}{200 \times 10^{-10} \text{ m}} = 0.175 \times 10^{-2} \text{ F}/\text{m}^2 = 1.75 \times 10^{-3} \times 10^{-12} \text{ F}/\mu\text{m}^2 = 1.75 \text{ fF}/\mu\text{m}^2$$

باراثر  $C'_{ox}$  معون خازن اکسید بر سطح است که جهت تعیین مقدار خازن، می توانم از رابطه زیر استفاده ده کرد:

$$C_{ox} = C'_{ox} WL \text{ (scale)}^2$$

که مقدار  $W$  پهنای ترانزیستور،  $L$  طول آن، scale معون تکنولوژی می باشد. مثلاً برای تکنولوژی 50nm که  $C'_{ox}$  آن برابر  $25 \text{ fF}/\mu\text{m}^2$  داده شده است و مقدار  $\frac{W}{L}$  آن  $\frac{10}{20}$  می باشد داریم:

$$C_{ox} = 25 \times 10^{-15} \times 10 \times 20 \times (0.05 \times 10^{-6})^2 = 12.5 \times 10^{-15} \text{ F} = 12.5 \text{ fF}$$

تعیین  $K_n, K_p$ : (ص 142 کتاب Baker)

$K_n$ : trans conductance parameter for nmos

$K_p$ : trans conductance parameter for pmos

$$K_n = \mu_n C'_{ox}$$

$$K_p = \mu_p C'_{ox}$$

$\mu_p$ : mobility of the holes in a PMOS transistor.

$\mu_n$ : mobility of the electrons in a NMOS transistor.

برای تکنولوژی  $1 \mu\text{m}$  مقدار  $\mu_p, \mu_n$  از تکنولوژی بدست می آید، واحد آن  $\text{cm}^2/\text{V.s}$  می باشد چرا که واحد سرعت  $\text{m/s}$ ، واحد میدان الکتریکی  $\text{V/m}$  است پس واحد نرخ پذیری الکترون به صورت  $\frac{\text{m}}{\text{s}} \div \frac{\text{V}}{\text{m}} = \frac{\text{m}^2}{\text{V.s}}$  می شود که  $\frac{\text{m}^2}{\text{V.s}}$  است.

$$v_d = \mu E \Rightarrow \mu = \frac{v_d}{E} \Rightarrow \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\frac{\text{V}}{\text{m}}} = \frac{\text{m}^2}{\text{V.s}}$$

واحد  $\mu_p, \mu_n$  اعدادی در تکنولوژی هستند که بر مبنای  $\frac{\text{cm}^2}{\text{V.s}}$  بیان می شوند مثلاً در تکنولوژی  $1 \mu\text{m}$  برای  $\mu_p$  و  $\mu_n$  به ترتیب مقادیر 250، 650 داده شده است:

$$\mu_p = 250 \frac{\text{cm}^2}{\text{V.s}}$$

$$\mu_n = 650 \frac{\text{cm}^2}{\text{V.s}}$$

$$K_n = \mu_n C'_{ox} = 650 \times 10^{-4} \frac{\text{cm}^2}{\text{V.s}} \times 1.75 \times 10^{-15} \times 10^{12} \text{ F}/\text{m}^2 = 113.75 \times 10^{-6} \text{ F}/\text{V.s}$$

چون  $C = \frac{q}{V}$  پس واحد  $F$  برابر  $\frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}}$  می باشد و چون  $I = \frac{dq}{dt}$  پس  $A = \frac{\text{Coulomb}}{\text{s}}$  می باشد در نتیجه

$$F = \frac{Coulomb}{Volt} = \frac{A.S}{Volt} \Rightarrow \frac{F}{V.S} = \frac{A.S}{V^2.S} = \frac{A}{V^2}$$

$$K_n = 113.75 \times 10^{-6} \frac{F}{V.S} = 113.75 \times 10^{-6} \frac{A}{V^2} = 113.75 \frac{\mu A}{V^2}$$

که تقریباً  $K_n = 120 \frac{\mu A}{V^2}$  در نظر گرفته می شود.

$$K_p = \mu_p C_{ox} = 250 \times 10^{-4} \frac{m^2}{V.S} \times 1.75 \times 10^{-15} \frac{F}{m^2} \times 10^{12} \frac{F}{m^2} = 43.75 \times 10^{-6} \frac{F}{V.S}$$

$$= 43.75 \frac{\mu A}{V^2} \approx 40 \frac{\mu A}{V^2}$$

مدل‌های طول کانال ۲ (اسلاید ۱۶) Lecture 090 Allen

روال بدست آوردن ۱ به این ترتیب است که اثر و پارامتر  $\lambda$  در تکنولوژی محدود است آن را بر اساس تغییر دهنده به عنوان پارامتر تکنولوژی در نظر می گیریم. در غیر این صورت باید از Lecture 090 استفاده شود. بر اساس تغییر دهنده می رسم منحنی  $I_D - V_{DS}$  دینا برینش تغییر  $V_{GS}$  را رسم کرده در برینش ص ۱۶ مقدار  $\lambda$  برای طول مختلف را بدست می آوریم پس شکل ص ۱۷ را ایجاد می کنیم. در این شکل مشخص است که  $\lambda$  با طول کانال تغییر می کند. گویا همان به نانو برینش  $\lambda$  بهره در تحقیق پذیری بیشتر از طول حداتی کانال دردی می کنند.

Body Effect Parameter (۷)

مطالعه بر عهده دانشجو برینش Lecture 130 اسلاید ۲۱ تا ۲۳

جریان درخواهی مختلف کاری ترانزیستور

① ناحیه cutoff به دلیل عدم تشکیل کانال صحیح عبور نمی کند پس  $I_D = 0$  می باشد.

nmos برای:  $V_{GS} < V_{THn} \Rightarrow I_{DS} = 0$

pmos برای:  $V_{SG} < |V_{THp}| \Rightarrow I_{SD} = 0$

② ناحیه اشباع Saturation: به دلیل

nmos:  $V_{GS} > V_{THn}, V_{DS} > V_{GS} - V_{THn} \Rightarrow I_{DS} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{THn})^2 (1 + \lambda V_{DS})$

pmos:  $V_{SG} > |V_{THp}|, V_{SD} > V_{SG} - |V_{THp}| \Rightarrow I_{SD} = \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} (V_{SG} - |V_{THp}|)^2 (1 + \lambda_{SD} V_{SD})$

④ ناحیه ترید (Linear)

$$N_{MOS}: V_{GS} > V_T, V_{DS} \leq V_{GS} - V_T \Rightarrow I_{DS} = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \left[ (V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] (1 + \lambda V_{DS})$$

$$P_{MOS}: V_{SG} > |V_T|, V_{SD} \leq V_{SG} - |V_T| \Rightarrow I_{SD} = \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} \left[ (V_{SG} - |V_T|) V_{SD} - \frac{V_{SD}^2}{2} \right] (1 + \lambda V_{SD})$$