Note Title 12/7/2006

Canal Corto

Se aproxima la relación entre velocidad y E de la sgte. forma:

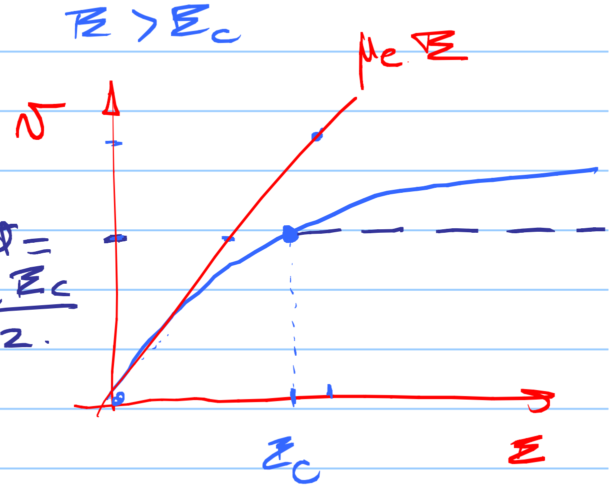
$$v = \begin{cases} \dfrac{\mu_e \cdot E}{1 + E/E_c} & E \le E_c \\ v_{sat} & E > E_c \end{cases} \qquad (1)$$

Valores típicos

$v_{sat} = 7 \times 10^6$ cm/s.

$\mu \simeq 450$ cm²/s

$v_{sat} = \dfrac{\mu_e E_c}{2}$.



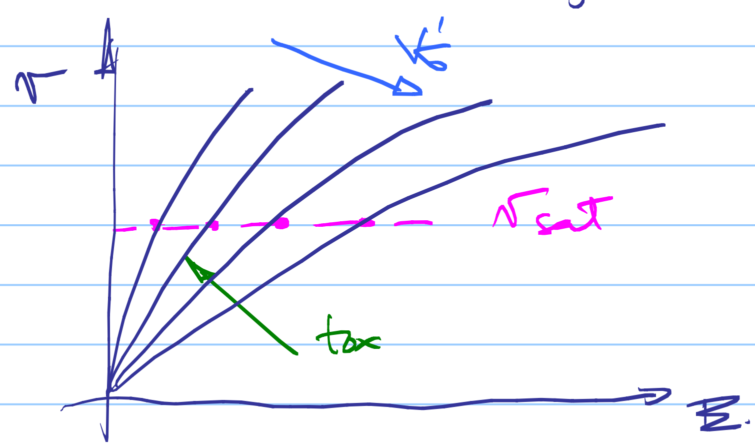
A su vez $\mu_{eff} = \dfrac{\mu_o}{1 + \Theta . V_G'}$ $\qquad \Theta \simeq \dfrac{2 \times 10^{-7}}{t_{ox}}$.

$v_{sat} \simeq 1 \times 10^7 \dfrac{cm}{s}$.

Si $t_{ox} = 15$nm ($0.5\mu m$)

luego $\Theta \simeq 0{,}133$.

Si graficamos la v vs. E p/ varios t_{ox} o varios V_G hallamos lo sgte.



Cuanto mayor es el campo Elect. vertical, necesito mas campo electrico lateral p/ sat.

Si se integra (1) para hallar la corriente resulta.

$$I_D = \mu_e C_{ox} \frac{W}{L} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{V_{DS}}{L E_c}\right)} \left(V_G' - \frac{V_{DS}}{2}\right) V_{DS} \quad (2)$$

si $V_{DS} < V_{DSAT}$.

Notar que:

a) Si $\frac{V_{DS}}{E_c L} \gg 1$ $\quad I_D = \mu_e C_{ox} W \left(V_G' - \frac{V_{DS}}{2}\right) E_c$

b) Si $\frac{V_{DS}}{E_c L} \ll 1$ $\quad I_D = \mu_e C_{ox} \frac{W}{L} \left(V_G' - \frac{V_{DS}}{2}\right) V_{DS}$

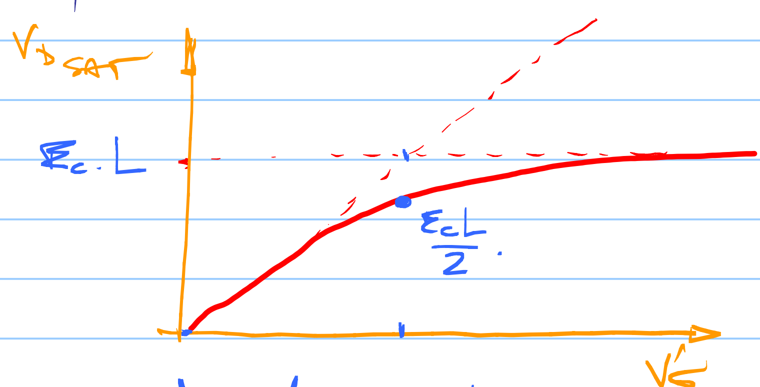
(triodo)

Igualando (2) a: $I_{DSAT} = W \cdot C_{ox} \left(V_G' - V_{DSAT}\right) v_{sat}$

con $v_{sat} = \frac{\mu_e \cdot E_c}{2}$

resulta la expresión para V_{DSAT}

$$V_{DSAT} = \frac{E_c L V_G'}{E_c L + V_G'}$$



Cuando $V_G' = E_c L$,

$V_{DSAT} = \frac{E_c L}{2}$.

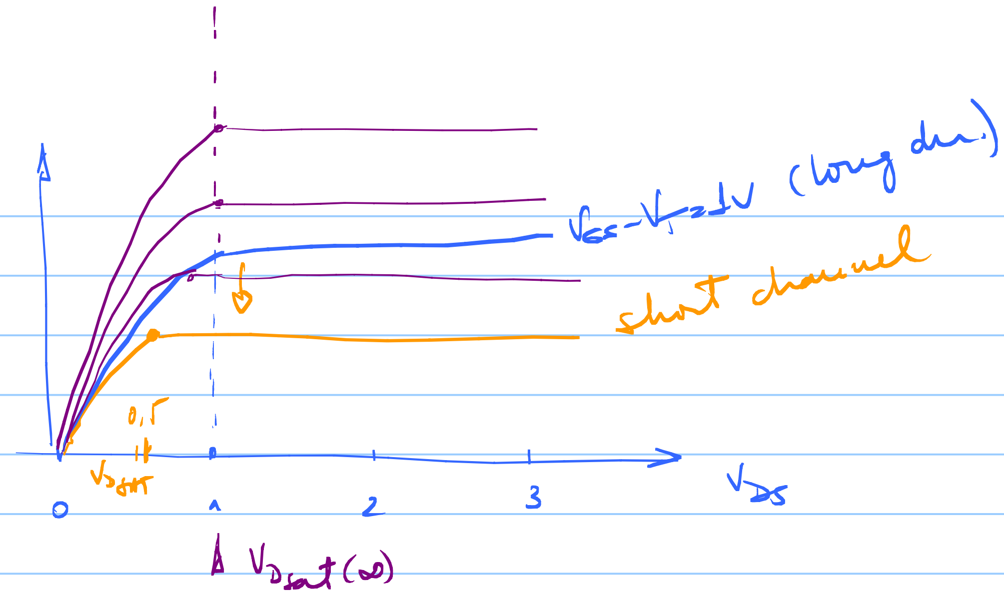
drive peq. $V_{DSAT} = V_G - V_T$ (long ch.)

drive gde. $V_{DSAT} = E_c \cdot L$ (short ch.)

Ej: $E_c \cdot L = V_{DSAT}(\infty) = 1v$.

cuando $V_{GS} - V_T = 1v$,

$V_{Dsat} = 0{,}5V$



Luego, si llamamos $V_{D_{SAT}}(\infty) = E_c.L.$

$$V_{DSAT} = \frac{V_{DSAT}(\infty).\ V_G'}{V_{DSAT}(\infty) + V_G'} \qquad (3)$$

Si reemplazamos $V_{DS} = V_{DSAT}$ en (2) resulta.

$$I_{D_{SAT}} = 2k'S.\ \frac{1}{\left(1+\frac{V_{DSAT}}{E_c.L}\right)}.\left(V_G' - \frac{V_{DSAT}}{2}\right) V_{DSAT} \qquad (4)$$

y reemplazando (3) en (4)

$$I_{D_{SAT}} = 2kS.\ \frac{1}{\left(1+\frac{V_G'}{V_G'+E_cL}\right)}.\left(V_G' - \frac{1}{2}\frac{E_cLV_G'}{E_cL+V_G'}\right)\frac{V_G'.E_c.L}{(V_G'+E_cL)}.$$

Esta expresión puede simplificarse dependiendo de la magnitud de V_G'.

a) Si $V_G' < E_cL$

$$I_{D_{SAT}} = kS.\ V_G'^2.$$

b) Si $V_G' > E_c L$

$$I_{D_{SAT}} = K S \cdot \left(V_G' - \frac{E_c L}{2}\right) E_c L$$

La curva de transf. evidencia un comienzo lineal y luego sigue lineal con asintota en $V^* = V_T + \frac{V_{DSAT}}{2}$.

En el caso digital, interesa la precisión con drive grande ($V_{GS} = V_{DD}$). Por ende, es correcto asumir la expresión $V_{D_{SAT}} = E_c \cdot L$

y la corriente $I_{D_{SAT}} = K \cdot S \cdot \left(V_G - V_T - \frac{V_{DSAT}}{2}\right) V_{DSAT}$.

Luego $$\frac{I_{DSAT}}{K' \cdot S} = V_G' \cdot V_{DSAT} - \frac{1}{2} V_{DSAT}^2.$$

$$\frac{2\, I_{DSAT}}{k' S} = 2 V_G' \cdot V_{DSAT} - V_{DSAT}^2$$

$$V_{DSAT}^2 - 2V_G' V_{DSAT} + \frac{2 I_{DSAT}}{k' \cdot S} = 0$$

$$V_{DSAT} = \left[2V_G' \pm \sqrt{(2V_G')^2 - \frac{4 \cdot 2 \cdot I_{DSAT}}{k' \cdot S}} \right] \times \frac{1}{2}$$

$$V_{DSAT} = V_G' \pm \frac{1}{2} \sqrt{V_G'^2 - \frac{2 \cdot I_{DSAT}}{K' \cdot S}}.$$

$V_G' = V_{GS} - V_T$.

Ejemplo: AMI 0,5 μm $\quad k' \approx 56\ \mu A/V^2$ $\quad S = 3$

$V_{TH} = 0.8\ V.$ $\quad V_{DD} = 5V.$

$V_{GS} = V_{DD}/2 \longrightarrow I_D = 535\ \mu A$

$V_{GS} = V_{DD} \longrightarrow I_D = 568\ \mu A$

$\overline{I_D} = 551\ \mu A$ $\quad V_G' = 5 - 0.8 = 4.2$

$S = 3$

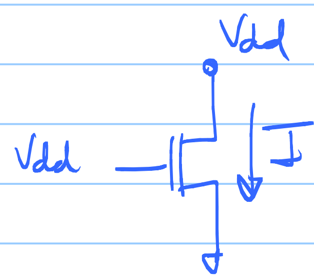
$$V_{DSAT} = 4.2 \pm \sqrt{17{,}46 - 6{,}56} = 4.2 - 3{,}3 = 0{,}89$$

$$\boxed{V_{DSAT} = 0{,}89}$$

VERIFICACIÓN.

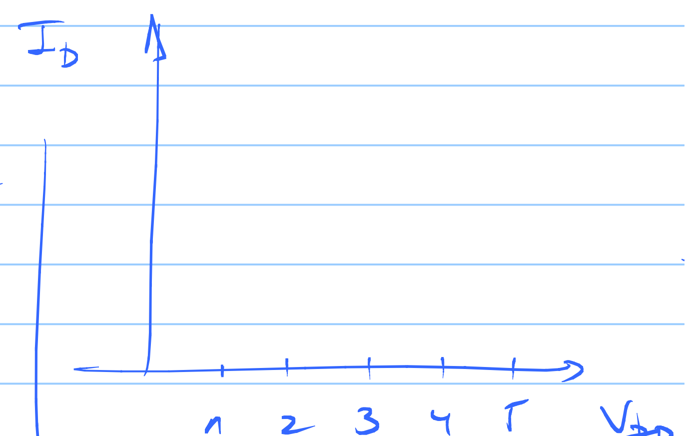
Para varios valores de V_{DD}

$$I_D = K' . S . \left(V_G' - V_{DSAT}\right) V_{DSAT}.$$



$$I_D = 3 \times 56\mu . \left(V_{DD} - 0.8 - 0.89\right) 0.89.$$

$=$



V	Simul.	Calc. μA
1	4,5	37.
2	133	111
3	282	264
4	431	415
5	566	562