

Actividad para entregar

MOSFET

Introducción

SKYWATER TECHNOLOGY es una fábrica de fundición de circuitos integrados estadounidense. En colaboración con GOOGLE, han desarrollado un **Process Design Kit (PDK) open source** que puede utilizarse para realizar diseños totalmente manufacturables.

SKY130 es el proceso de fabricación CMOS de 130 nm disponible, que cuenta con una extensa documentación pública. Entre ella, se encuentran a disposición mediciones realizadas sobre distintos dispositivos estándar. Serán objeto de estudio de esta actividad distintos transistores MOSFET de canal N cuya tensión nominal de operación es 1,8 V (**nfet_01v8**).

El principal objetivo de esta actividad es lograr realizar un modelo de un transistor MOSFET canal N del proceso CMOS SKY130, a partir de las mediciones públicas realizadas bajo distintas condiciones de polarización. Como objetivo secundario, se plantea la comparación entre transistores de distintas dimensiones para identificar efectos de canal corto.

Parte 1: MOSFET de Canal Largo

El primer dispositivo a estudiar es un MOSFET canal N con dimensiones $W = 25 \mu\text{m}$ y $L = 25 \mu\text{m}$, por lo que puede considerarse un transistor de canal largo.

El modelo a utilizar es el modelo de carga superficial:

$$I_D = \begin{cases} \mu_n C'_{ox} \frac{W}{L} (m-1) V_{th}^2 \exp\left(\frac{V_{GS}-V_T}{m V_{th}}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{V_{DS}}{V_{th}}\right)\right] & V_{GS} \leq V_T \quad (\text{Subumbral}) \\ \frac{\mu_n C'_{ox}}{2m} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T)^2 & V_{GS} > V_T; V_{DS} \geq V_{DS(sat)} \quad (\text{Saturación}) \\ \mu_n C'_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T - \frac{m}{2} V_{DS}) V_{DS} & V_{GS} > V_T; V_{DS} < V_{DS(sat)} \quad (\text{Triodo}) \end{cases} \quad (1)$$

donde

$$V_{DS(sat)} = \frac{V_{GS} - V_T}{m} \quad (2)$$

y las dependencias de los parámetros con V_{BS} son:

$$V_T(V_{BS}) = V_{T0} + \gamma(\sqrt{-V_{BS} - 2\psi_B} - \sqrt{-2\psi_B}) \quad (3)$$

$$m(V_{BS}) = 1 + \frac{\gamma}{2\sqrt{-V_{BS} - 2\psi_B}} \quad (4)$$

Del repositorio público del proceso SKY130, se obtienen las siguientes mediciones:

- **sky130_fd_pr_nfet_01v8_w25u_l25u_m1(8008_3_4_IDVG).mdm**
 I_D vs. V_{GS} para $V_{DS} = \{0,1 \text{ V}; 1,8 \text{ V}\}$ y $V_{BS} = \{0 \text{ V}; -0,9 \text{ V}; -1,8 \text{ V}\}$.
- **sky130_fd_pr_nfet_01v8_w25u_l25u_m1(8008_3_4_IDVD).mdm**
 I_D vs. V_{DS} para $V_{GS} = \{0 \text{ V}; 0,36 \text{ V}; 0,72 \text{ V}; 1,08 \text{ V}; 1,44 \text{ V}; 1,8 \text{ V}\}$ y $V_{BS} = \{0 \text{ V}; -0,9 \text{ V}\}$.

A partir de las mediciones se debe:

- Realizar un gráfico de la curva de transferencia en **escala lineal** para $V_{DS} = 1,8 \text{ V}$ con V_{BS} como parámetro [GRAPH01].

- Realizar un gráfico de la curva de transferencia en **escala semilogarítmica** para $V_{DS} = 1,8 \text{ V}$ con V_{BS} como parámetro [GRAPH02].
- Realizar un gráfico de la curva de salida en **escala lineal** para $V_{BS} = 0 \text{ V}$ con V_{GS} como parámetro [GRAPH03].
- A partir de [GRAPH02] y un ajuste lineal de la curva en régimen subumbral, debe estimarse el valor del **Subthreshold Swing** (S), y el parámetro m para cada V_{BS} . Considerar $T = 27^\circ\text{C}$ para el cálculo de V_{th} .
- Con los valores de m , utilizando el [GRAPH01] y a partir de un ajuste polinómico, estimar los parámetros $k'_n = \mu_n C'_{ox}$ y V_T para cada valor de V_{BS} .
- A partir de [GRAPH03], estimar los valores de $V_{DS(sat)}$ y V_A para cada valor de V_{GS} .

Con los parámetros estimados:

- Realizar un gráfico de V_T en función de V_{BS} [GRAPH04].
- Realizar un gráfico de m en función de V_{BS} [GRAPH05].
- Realizar un gráfico de k'_n en función de V_{BS} [GRAPH06]. Discutir si la movilidad se mantiene constante.
- Realizar un gráfico de V_A en función de $I_{D(sat)}$ [GRAPH07]. Discutir si V_A se mantiene constante.
- Realizar una tabla comparativa entre los valores de $V_{DS(sat)}$ estimados a partir de las curvas, y los valores calculados a partir de la ec. 2.
- Realizar un gráfico de la curva de transferencia en **escala lineal** para $V_{BS} = 0 \text{ V}$ con $V_{DS} = \{0,1 \text{ V}; 1,8 \text{ V}\}$ como parámetro [GRAPH08]. En el gráfico incluir las mediciones y también curvas generadas a partir del modelo de la ec. 1.
- Realizar un gráfico de la curva de salida para $V_{BS} = 0 \text{ V}$ con $V_{GS} = \{1,08 \text{ V}; 1,44 \text{ V}; 1,8 \text{ V}\}$ como parámetro [GRAPH09]. En el gráfico incluir las mediciones y también curvas generadas a partir del modelo de la ec. 1.

Parte 2: Efectos de Canal Corto

El objetivo de la segunda parte de esta actividad es comparar el comportamiento del dispositivo estudiado en la parte 1 con otro dispositivo de iguales características donde únicamente cambia el largo del canal $L = 0,15 \mu\text{m}$, manteniendo $W = 25 \mu\text{m}$.

Del repositorio público del proceso SKY130, se obtienen las siguientes mediciones para este nuevo dispositivo:

- sky130_fd_pr_nfet_01v8_w25u_10p15u_m1(8008_3_4_IDVG).mdm
 I_D vs. V_{GS} para $V_{DS} = \{0,1 \text{ V}; 1,8 \text{ V}\}$ y $V_{BS} = \{0 \text{ V}; -0,9 \text{ V}; -1,8 \text{ V}\}$.
- sky130_fd_pr_nfet_01v8_w25u_10p15u_m1(8008_3_4_IDVD).mdm
 I_D vs. V_{DS} para $V_{GS} = \{0 \text{ V}; 0,36 \text{ V}; 0,72 \text{ V}; 1,08 \text{ V}; 1,44 \text{ V}; 1,8 \text{ V}\}$ y $V_{BS} = \{0 \text{ V}; -0,9 \text{ V}\}$.

Los criterios de comparación quedan a libre elección, sin embargo se listan algunas sugerencias:

- Realizar un gráfico de la curva de transferencia en **escala lineal** para $V_{BS} = 0 \text{ V}$ y $V_{DS} = 1,8 \text{ V}$.
- Realizar un gráfico de la curva de transferencia en **escala semilogarítmica** para $V_{BS} = 0 \text{ V}$ y $V_{DS} = 1,8 \text{ V}$.

- Realizar dos gráficos de la curva de salida para $V_{BS} = 0\text{ V}$ con V_{GS} como parámetro, uno para cada dispositivo, manteniendo la escala de corriente igual para ambos gráficos.

En cualquier caso, se debe comprar la **corriente normalizada** a (W/L) .

Condiciones de entrega

- La entrega debe ser a través del Aula Virtual en el Campus Posgrado FIUBA (<https://campusposgrado.fi.uba.ar>) y la fecha y horario de entrega está publicada en la misma Aula Virtual.
- La entrega debe ser un único documento .pdf.
- La entrega debe ser exclusivamente través del Aula Virtual en el Campus Posgrado FIUBA. Si por algún motivo no pudiesen subir un archivo al campus deben proceder de la siguiente manera: enviar un correo a email ds_u01@cursoscapse.com explicando la situación por la cual no se puede completar la actividad a través del campus (adjuntado el archivo si fuese posible). En caso de tratarse de una razón de fuerza mayor (corte de luz, corte de internet, problema de salud, etc) esto debe ser indicado claramente. El mail debe ser enviado en un plazo lo más cercano posible a la fecha de entrega de la actividad. No recibiremos actividades en casillas de mail personales.