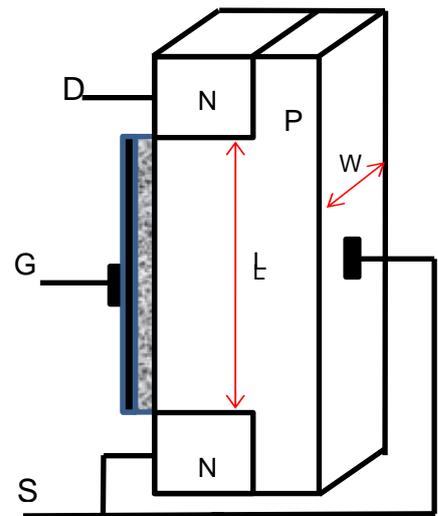


Materiales y Dispositivos Electrónicos

MOSFET- NMOS y CMOS

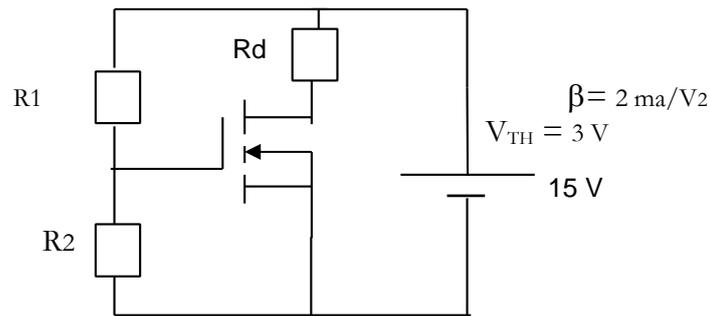
Guía Trabajo Práctico N°8

- 1 – Dibuje el corte transversal de un MOSFET de enriquecimiento canal N
 - a. Identifique las zonas y los terminales del dispositivo
 - b. Como y porque se forma el canal, explique
 - c. Que es el tiempo de tránsito, de que depende. Como influye en el funcionamiento del dispositivo.
 - d. En qué condiciones se comporta como resistor entre drenador y fuente, explique.
 - e. Escriba y demuestre la ecuación $I_{DS} \rightarrow f(V_{GS}, V_{DS})$ en zona óhmica, bajo qué condiciones de polarización tiene validez la ecuación.
 - f. Como y porque satura la corriente I_{DS} , explique.
 - g.Cuál es la ecuación $I_{DS} \rightarrow f(V_{GS}, V_{DS})$ en saturación, bajo qué condiciones de polarización tiene validez la ecuación.
 - h.Cuál es la diferencia entre un MOSFET de Enriquecimiento (Acrecentamiento) y un MOSFET de Deplexión (Estrangulamiento). Explique.
 - i. Dibuje el corte transversal de los MOSFET de deplexión canal P.
- 2 – En un MOSFET de enriquecimiento, que es la tensión de umbral (V_{TH}). Explique. Cuál es la diferencia entre V_{TH} (tensión umbral) de un MOS de enriquecimiento y un MOS de deplexión.
- 3 – El MOSFET de la figura se construye con las siguientes características:
 - Sustrato $N_A = 10^{15} \text{cm}^{-3}$
 - Drenador y Fuente $N_D = 10^{17} \text{cm}^{-3}$
 - Espesor del $\text{SiO}_2 = 1 \text{ nm}$
 - Largo del canal = 200 nm
 - Ancho del canal = 1 μm
 - Tensión umbral $V_{TH} = 1.5 \text{ V}$ Calcular:
 - a. Valor del capacitor de compuerta C_g
 - b. Tiempo de transito T_T
 - c. Valor del parámetro β
 - d. Tensión V_{GS} para obtener $R_{DS} = 10 \text{ K}\Omega$
 - e. Máximo valor de I_{DS} cuando $V_{GS} = 5 \text{ V}$
- 4 – Como mediría la tensión de umbral (V_{TH}) para un MOS canal N. Proponga un circuito y explique el proceso de medición.
- 5 – Enumere los tipos de transistores MOS conoce. Para cada uno:
 - a. Explique las características distintivas.
 - b. Dibuje el símbolo circuital.
 - c. Indique las polaridades de V_{DS} y V_{GS} para funcionamiento normal.
 - d. Indique el sentido de circulación de la corriente I_{DS} .
- 6 – Dibuje la característica I_{DS} vs. V_{DS} - I_{DS} vs. V_{GS} y V_{DS} vs. V_{GS} para los MOSFET de canal N y P de Enriquecimiento. En las gráficas dibujadas indique las distintas zonas de funcionamiento de los dispositivos.
- 7 – Ídem anterior pero para MOSFET de Deplexión.

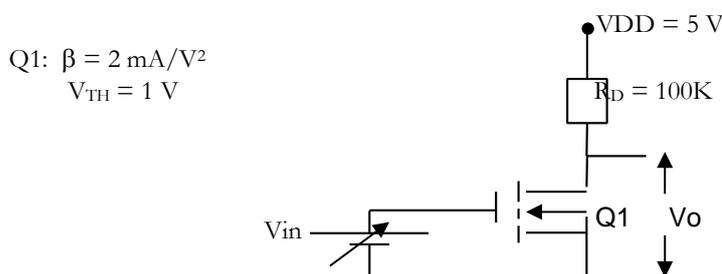


8 – Para el circuito de la figura:

- Polarizar en zona de saturación.
- Modificar el circuito de polarización para pasar a zona óhmica



9 – El circuito de la figura cumple la función de un inversor lógico. Para la tensión V_{in} variando desde cero ($V_{in} = 0$) hasta V_{DD} calcular y graficar V_o vs. V_{in}



10 – Para el circuito del problema anterior indicar el rango de V_{in} en el que Q1 se encuentra:

- Cortado – b. Saturado – c. Óhmico

11 – Si el dispositivo del problema 3 se fabrica sobre un sustrato N (MOSFET de canalP), con las mismas concentraciones y dimensiones: sustrato ($N_D=10^{15} \text{ cm}^{-3}$), drenador y fuente ($N_A=10^{17} \text{ cm}^{-3}$), las dimensiones son las mismas.

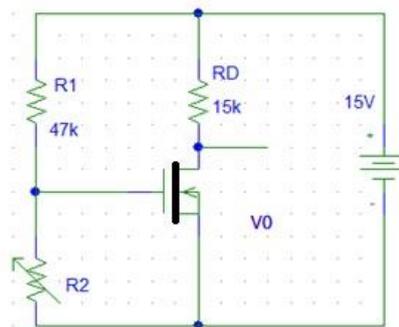
- Comparar los dispositivos
- Qué conclusiones puede sacar de la comparación

12 – En el circuito de la figura la resistencia R2 varía de 0 a ∞ . Calcular entre que valores varia V_0 .

Datos del transistor:

$$\beta = 1 \text{ mA/V}^2$$

$$V_{TH} = -4 \text{ V}$$



13 – Repasar las característica I_{DS} vs. V_{DS} para los MOSFET de canal N y P de enriquecimiento. Distinguir las distintas zonas de funcionamiento. Escribir las ecuaciones correspondientes.

14 – Polarizar un MOS de canal N de Enriquecimiento para que funcione como inversor electrónico.

- Proponer el circuito a utilizar.
- ¿Qué datos necesita de MOS? Dispone de una fuente de 5Vcc.
- Dibujar el modelo y escribir las ecuaciones correspondientes justificando
- Dibujar I_{DS} vs. V_{DS} con la recta de carga. ¿En qué zona funciona?
- Dibujar y justificar la característica V_o (tensión de salida) versus V_{in} (tensión de entrada) justificando.

- 15 - Para el problema anterior. Dibujar la tensión de salida en sincronismo con la entrada si esta es una onda cuadrada. Resaltar los tiempos de conmutación t_r , t_f y T_{pLH} (tiempo propagación de bajo alto) y T_{pHL} (tiempo propagación de alto a bajo). ¿Quién es el causante de estos tiempos? Calcular la potencia que se disipa en condiciones estáticas y Dinámicas.
- 16 – Polarizar un MOS de canal P de Enriquecimiento para que funcione como inversor electrónico.
- Proponer el circuito a utilizar conectando el Terminal S a fuente positiva.
 - ¿Qué datos necesita de MOS? Dispone de una fuente de 5Vcc.
 - Dibujar el modelo y escribir las ecuaciones correspondientes justificando
 - Dibujar IDS vs. VDS con la recta de carga. ¿En qué zona funciona?
 - Dibujar y justificar la característica V_o (tensión de salida) versus V_{in} (tensión de entrada) Considerar que V_{in} se refiere al 0V de la Fuente. Justificar.
- 17- Para el problema anterior. Dibujar la tensión de salida en sincronismo con la entrada si esta es una onda cuadrada. Resaltar los tiempos de conmutación t_r , t_f y T_{pLH} (tiempo propagación de bajo alto) y T_{pHL} (tiempo propagación de alto a bajo). ¿Quién es el causante de estos tiempos? Calcular la potencia que se disipa en condiciones estáticas y Dinámicas.
- 18 – Dibujar el inversor CMOS
- Analizar su funcionamiento considerando la característica IDS vs. VDS de cada MOS Distinguir las distintas zonas de funcionamiento de cada transistor justificando su respuesta.
 - Analizar su funcionamiento considerando la característica de transferencia V_o versus V_{in} Distinguir las distintas zonas de funcionamiento de cada transistor justificando su respuesta.
- 19- Para el inversor CMOS. Dibujar la tensión de salida en sincronismo con la entrada si esta es una onda cuadrada. Resaltar los tiempos de conmutación t_r , t_f y T_{pLH} (tiempo propagación de bajo alto) y T_{pHL} (tiempo propagación de alto a bajo). ¿Quién es el causante de estos tiempos? Calcular la potencia que se disipa en condiciones estáticas y Dinámicas.

Referencias Bibliográficas:

- <http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computerscience/6-01sc-introduction-to-electrical-engineering-and-computerscience-i-spring-2011/>
- <http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computerscience/6-002-circuits-and-electronics-spring-2007/>
- <http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computerscience/6-012-microelectronic-devices-and-circuits-fall-2005/>
- <http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computerscience/6-012-microelectronic-devices-and-circuits-spring-2009/>