

TEMA 3.2

CIRCUITOS CON MOS

CUD

TEMA 3
TRANSISTOR MOS
FUNDAMENTOS DE
ELECTRÓNICA



Centro Universitario
de la Defensa Zaragoza

21 de abril de 2015

TEMA 3.2 – CIRCUITOS CON MOS

- Polarización
- Modelo de pequeña señal



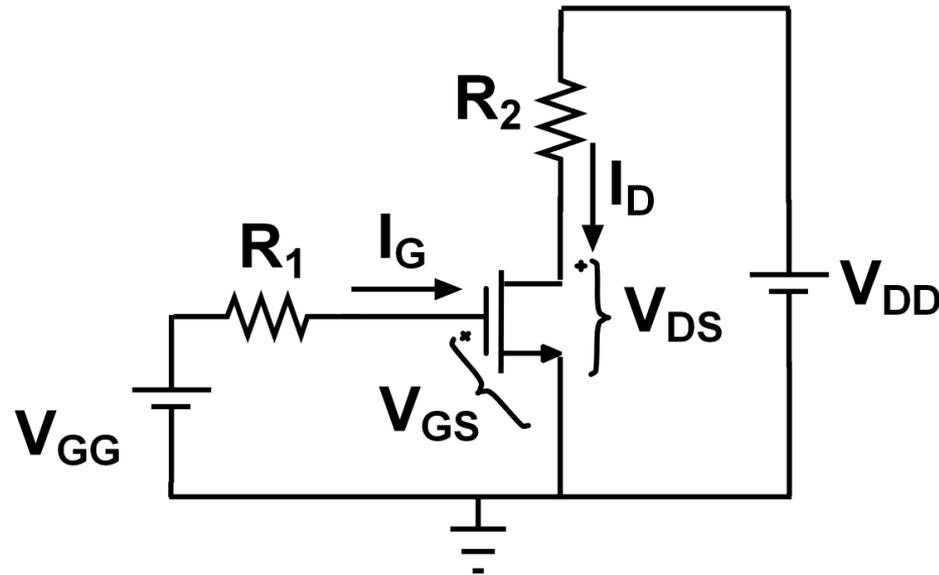
TEMA 3.2 – CIRCUITOS CON MOS

- Polarización
- Modelo de pequeña señal



POLARIZACIÓN

- El transistor MOS define cuatro variables:
 - Intensidad de puerta I_G
 - Intensidad de drenador I_D
 - Tensión puerta fuente V_{GS}
 - Tensión drenador fuente V_{DS}



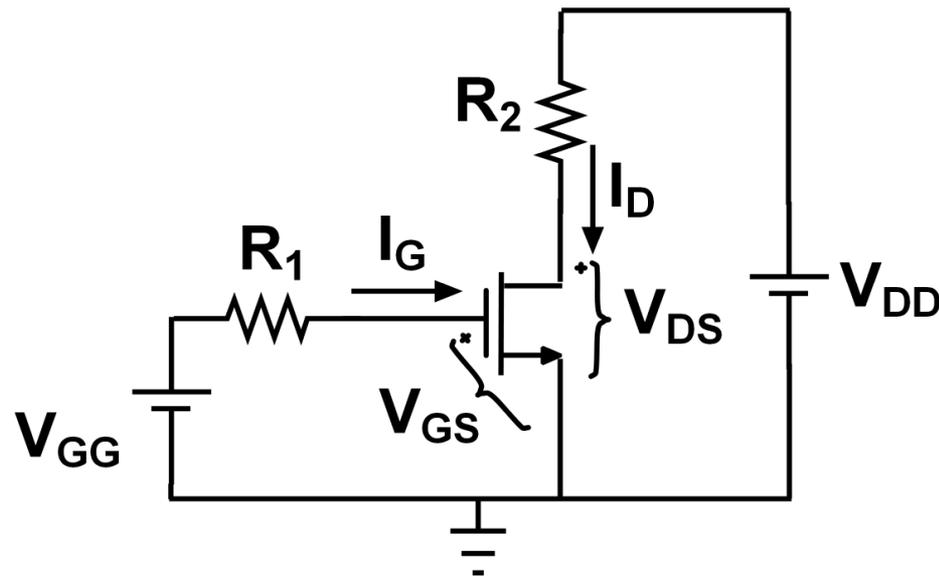
POLARIZACIÓN

- La intensidad de puerta es siempre nula

$$I_G = 0 \rightarrow I_D = I_S = I_{DS}$$

- Por lo tanto, para este circuito:

$$V_{GS} = V_{GG}$$



POLARIZACIÓN

- El transistor MOS estará polarizado en una de las tres posibles regiones

$$I_{DS} = \begin{cases} 0 & V_{GS} < V_T & \text{corte} \\ \frac{K W}{2 L} [2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2] & V_{DS} < V_{GS} - V_T & \text{triado} \\ \frac{K W}{2 L} (V_{GS} - V_T)^2 & V_{DS} \geq V_{GS} - V_T & \text{saturación} \end{cases}$$

- Para este circuito:

$$V_{GG} < V_T \rightarrow \text{Corte} \rightarrow I_{DS} = 0 \rightarrow V_{DS} = V_{CC}$$

$$V_{GG} > V_T \rightarrow \text{saturación o triado}$$

POLARIZACIÓN

➤ Ejemplo

$$K = 20\mu A/V^2 \quad \frac{W}{L} = 30 \quad V_T = 1V \quad R_2 = 1,2k\Omega \quad V_{DD} = 5V$$

➤ Para $V_{GG} = 2V$, supongo saturación

$$V_{GS} = 2V \rightarrow I_{DS} = 0,3mA \rightarrow V_{DS} = 4,64V \rightarrow V_{DS} > V_{GS} - V_T$$

➤ Para $V_{GG} = 5V$, supongo saturación

$$V_{GS} = 5V \rightarrow I_{DS} = 4,8mA \rightarrow V_{DS} = -0,76V \rightarrow V_{DS} < V_{GS} - V_T$$

➤ Incorrecto, supongo triodo

$$I_{DS} = \frac{K W}{2 L} [2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2] \left. \begin{array}{l} \\ V_{DD} = I_{DS}R_2 + V_{DS} \end{array} \right\} V_{DS} = \begin{cases} 9,28V > V_{GS} - V_T \\ 1,50V < V_{GS} - V_T \end{cases}$$

➤ Limite entre saturación y triodo: $V_{DS} = V_{GS} - V_T$

$$\left. \begin{array}{l} I_{DS} = \frac{K W}{2 L} (V_{GS} - V_T)^2 \\ V_{DD} = I_{DS}R_2 + V_{GS} - V_T \end{array} \right\} V_{GS} = \begin{cases} 3,59V \\ -4,37V < V_T \end{cases}$$

TEMA 3.2 – CIRCUITOS CON MOS

- Polarización
- Modelo de pequeña señal



AMPLIFICACIÓN CON MOS

- En situaciones dinámicas, las variables eléctricas están formadas por un valor de continua (solución de polarización) y un valor de alterna. Por ejemplo, la corriente de drenador:

$$i_D(t) = I_D + i_d(t)$$

- El transistor MOS debe de estar polarizado en saturación para aplicaciones de amplificación

MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL

- MOSFET en saturación a bajas frecuencias

$$I_D = \frac{K W}{2 L} (v_{GS} - V_T(v_{BS}))^2 (1 + \lambda v_{DS}) \begin{cases} v_{GS} = V_{GS0} + \Delta v_{GS} \\ v_{DS} = V_{DS0} + \Delta v_{DS} \\ v_{BS} = V_{BS0} + \Delta v_{BS} \end{cases}$$

- Realizando un desarrollo de Taylor hasta primer orden:

$$\Delta I_D = i_D - I_{D0} = \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} \Delta v_{GS} + \frac{\partial i_D}{\partial v_{DS}} \Delta v_{DS} + \frac{\partial i_D}{\partial v_{BS}} \Delta v_{BS}$$

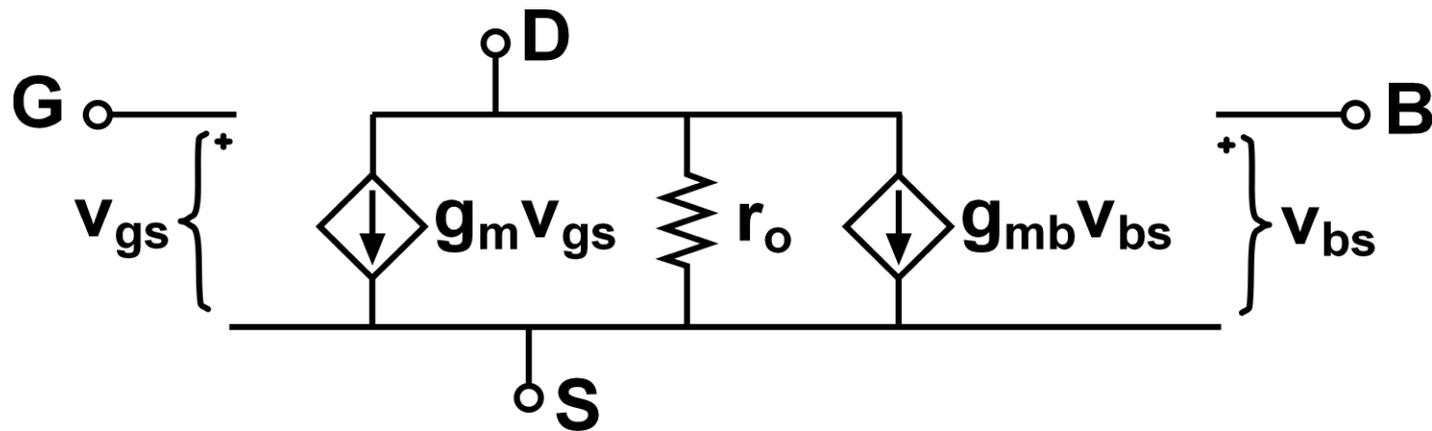
- Definimos los parámetros de pequeña señal:

$$g_m \equiv \left[\frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} \right]_{v_{DS}, v_{BS}} \quad g_d = \frac{1}{r_o} \equiv \left[\frac{\partial i_D}{\partial v_{DS}} \right]_{v_S, v_{BS}} \quad g_{mb} \equiv \left[\frac{\partial i_D}{\partial v_{BS}} \right]_{v_{DS}, v_{GS}}$$

MODELO DE PEQUEÑA SEÑAL

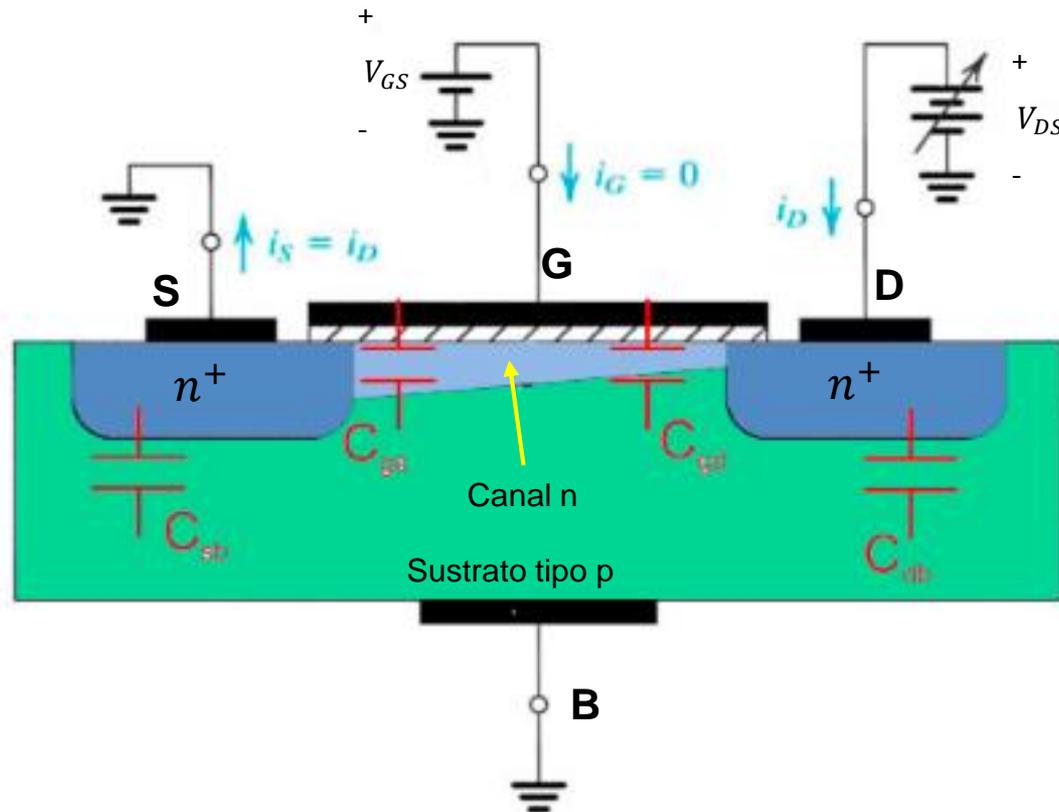
$$i_d = g_m v_{gs} + g_{mb} v_{bs} + \frac{v_{ds}}{r_o}$$

$$g_m = \sqrt{2K \frac{W}{L} I_{DQ}} \quad g_{mb} = \chi g_m \quad r_o = \frac{V_A}{I_{DQ}}$$



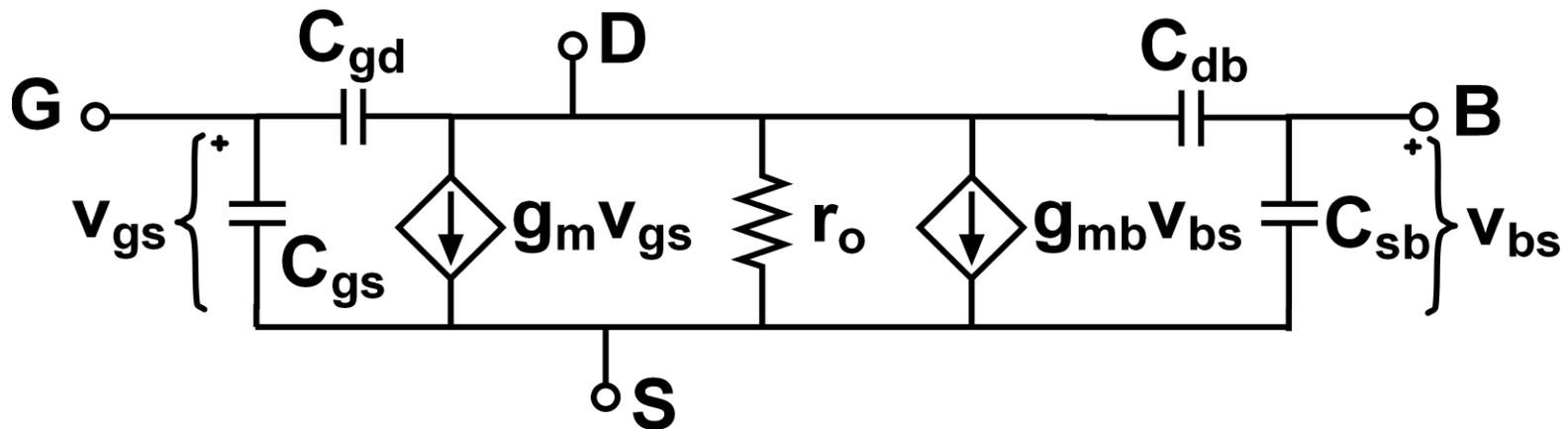
MODELO A ALTA FRECUENCIA

- Se deben incluir efectos capacitivos debidos a las uniones en inversa y al condensador formado entre puerta y el canal.
- D y S con el sustrato forman dos uniones P-N en inversa



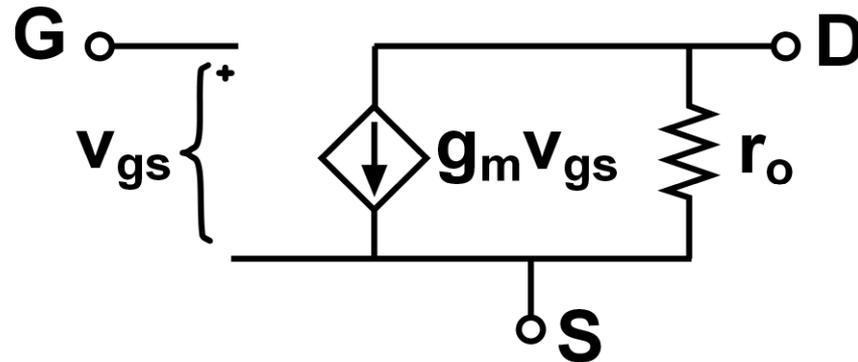
MODELO A ALTA FRECUENCIA

- Las cuatro capacidades indicadas en la figura anterior, se añaden al modelo de pequeña señal anteriormente descrito



MODELO DE TRES TERMINALES

- Baja frecuencia



- Alta frecuencia. La capacidad C_{gs} es la más relevante

