

Capítulo 6

Práctica 5. Caracterización de circuitos con MOSFETs

6.1. Objetivo

Es esta práctica se pretende caracterizar un transistor MOSFET. Para comprender el funcionamiento de este transistor, se medirán las característica I-V, se determinarán los parámetros de un MOSFET de canal N (NMOSFET) y se medirá su característica de transferencia.

6.2. Fundamento Teórico

El transistor MOSFET es un dispositivo de tres terminales, Puerta, Drenador y Fuente donde la corriente que circula entre los dos últimos terminales se controla a través del primero de los tres. MOSFET son las siglas de Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor y, como su propio nombre indica, es un transistor de efecto de campo basado en la estructura MOS (Metal Oxido Semiconductor). Existen dos tipos de MOSFETs dependiendo de la naturaleza del canal: NMOSFETs y PMOSFETs. En cuanto a su funcionamiento, pueden distinguirse tres modo de operación que dependerán de la relación entre los voltajes de los terminales:

- Región de Corte. En este modo, el transistor no funciona, esto es, no hay corriente entre fuente y drenador. En esta región:

$$V_{GS} < V_{th} \quad (6.1)$$

donde V_{th} es la tensión umbral del dispositivo.

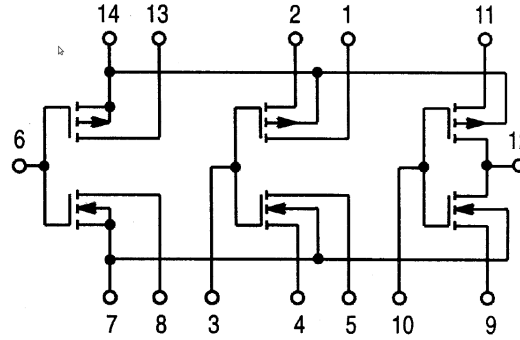


Figura 6.1: Circuito integrado 4007.

- Región Triodo. En este modo, el transistor está encendido y el canal que se crea entre fuente y drenador permite la circulación de corriente entre ambos. Este modo se produce cuando $V_{GS} > V_{th}$ y $V_{DS} < (V_{GS} - V_{th})$. La corriente que circula entre la fuente y el drenador es:

$$I_D = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \left((V_{GS} - V_{th}) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right) \quad (6.2)$$

donde μ_n es la movilidad efectiva de los portadores, W es la anchura de la puerta, L es su longitud y C_{ox} es la capacidad del óxido de puerta por unidad de área.

- Región de Saturación. Este modo se produce cuando $V_{GS} > V_{th}$ y $V_{DS} > (V_{GS} - V_{th})$. La corriente que circula entre la fuente y el drenador es:

$$I_D = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{th})^2 \quad (6.3)$$

6.3. Procedimiento Experimental

Trabajaremos con un circuito integrado, el 4007, que contiene 6 transistores MOS según indica la figura 6.1, (3 PMOS los tres de arriba y 3 NMOS los tres de abajo). En concreto, trabajaremos con uno de los tres transistores NMOS.

6.3.1. Característica de transferencia

Para calcular la característica de transferencia del transistor NMOS, montaremos el circuito de la figura 6.2, donde V_i es una fuente de alimentación variable cuyo valor cambiaremos en el intervalo de 0V a 5V. Para cada uno de los valores de tensión de la fuente variable V_i , tomaremos los siguientes valores:

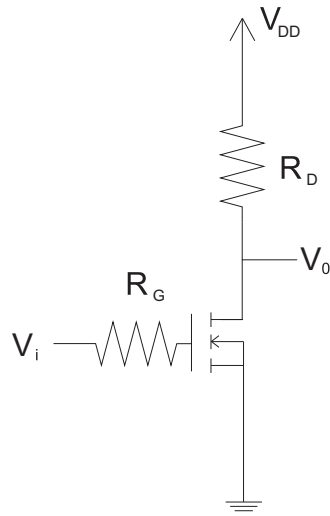


Figura 6.2: Montaje experimental para la medida de la característica de transferencia de un NMOS.

- tensión drenador-fuente
- tensión puerta-fuente
- tensión entre los extremos de R_G

Los valores anteriores se anotarán en una tabla que deberá tener al menos 15 entradas. A partir de los datos anteriores, se realizará una representación gráfica de la tensión drenador-fuente frente a la tensión de entrada.

6.3.2. Característica de transferencia

Para calcular la característica I-V en saturación del transistor NMOS, montaremos el circuito de la figura 6.2, en el que puerta y drenador están cortocircuitados y donde V_i es una fuente de alimentación variable cuyo valor cambiaremos en el intervalo de 0V a 5V. Para cada uno de los valores de tensión de la fuente variable V_i , tomaremos los siguientes valores:

- tensión entre los extremos de R_D
- tensión puerta-fuente

Los valores anteriores se anotarán en una tabla que deberá tener al menos 15 entradas. A partir de los datos anteriores se realizará un ajuste por mínimos cuadrados de la relación entre la intensidad de drenador y la tensión puerta-fuente para estimar la tensión umbral y la constante $\mu_n C_{ox} \frac{W}{L}$. Para ello, tener en cuenta que el transistor está en saturación.

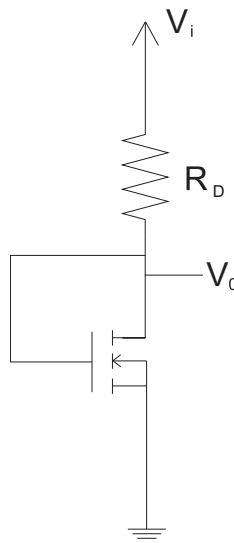


Figura 6.3: Montaje experimental para la medida de la característica I-V de un NMOS.

6.4. Trabajo de Prelaboratorio

Nombre de los alumnos:

Turno de la sesión de prácticas:

1. Realice una representación de la característica de transferencia que espera observar al realizar las medidas propuestas sobre en montaje 6.2.
2. ¿Qué valor de tensión espera medir entre los extremos de R_G ? Justifique su respuesta.

3. En el montaje 6.3, ¿cómo calcularía la intensidad de drenador a partir de las medidas propuestas en el apartado *Procedimiento Experimental*?
4. En el montaje 6.3, se supone que el transistor está en saturación. ¿Es adecuada esta suposición? Justifique su respuesta.
5. En el montaje 6.3, se supone que el transistor está en saturación por lo que la relación entre intensidad y voltaje puerta-fuente no es lineal sino cuadrática. ¿Cómo aplicaría entonces el método de mínimos cuadrados para estimar la tensión umbral y la constante?

6.5. Trabajo de Laboratorio

Nombre de los alumnos:

Turno de la sesión de prácticas:

1. Para el montaje de la figura 6.3, mida los valores de R_G y R_D .
 $R_G =$ $R_D =$
2. Realice al menos quince medidas diferentes variando el valor de V_i y construya una tabla en la que aparezcan las medidas siguientes:
 - tensión drenador-fuente
 - tensión puerta-fuente
 - tensión entre los extremos de R_G
 - intensidad de puerta
3. ¿Coinciden los valores calculados de la intensidad de puerta con los esperados teóricamente?
4. Pinte la característica de transferencia ¿Coincide con la esperada teóricamente?
5. Para el montaje de la figura 6.3, mida el valor de R_D .
 $R_D =$
6. Para el montaje de la figura 6.3, realice al menos quince medidas diferentes variando el valor de V_i y construya una tabla en la que aparezcan las medidas siguientes:
 - tensión puerta-fuente
 - tensión entre los extremos de R_D
 - intensidad de drenador
7. Pinte la característica I-V

8. Realice el ajuste por mínimos cuadrados y estime con los parámetros de ese ajuste:

$$V_{th} =$$

$$\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} =$$

$$\text{coeficiente de correlación del ajuste} =$$

