

# Resultados Práctica 4. Transistor MOSFET: medida de la característica estática.

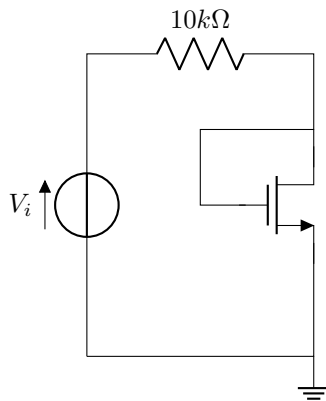
Muntenas<sup>2</sup>, Alexandru-Theodor

Compi de Laboratorio S.

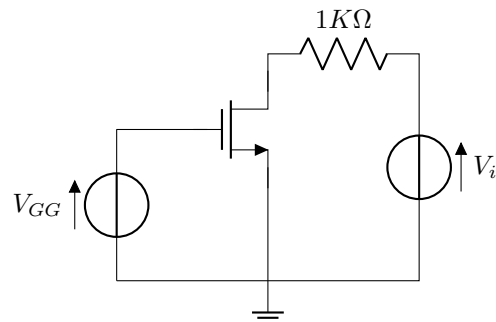
Mayo 2025

## 1 Desarrollo de la experiencia y fundamento teórico

En este mes de mayo hemos asistido al laboratorio con objetivo de medir experimentalmente las curvas  $I_{DS} - V_{DS}$  e  $I_{DS} - V_{GS}$  de un MOSFET.



Montaje para la medida del MOSFET en saturación.



Montaje para la medida de la curva  $I_{DS} - V_{DS}$

Un MOSFET es un transistor que cuenta con tres patillas:

- patilla de drenaje ( $D$ , *drain en inglés*);
- patilla fuente ( $S$ , *source en inglés*);
- patilla puerta ( $G$ , *gate en inglés*).

En nuestro caso utilizaremos un transistor MOSFET de tipo n, incluido en el circuito integrado CMOS 4007. En él hay seis transistores en total, tres de tipo p y tres de tipo n. Para esta práctica utilizaremos las patillas:

- 8, que corresponde al drenador, D.
- 7, que corresponde a la fuente, S.
- 6, que corresponde a la puerta, G.

A través de estas medidas podremos determinar también otros parámetros que definen el comportamiento del transistor tales como:

- la tensión umbral, que define el valor de voltaje mínimo de  $V_{GS}$  para permitir el paso de corriente.
- el parámetro  $\beta_n$ ;
- y la tensión Early.

Hemos precisado el uso de diversos componentes para lograr nuestro objetivo...

- dos generadores de tensión variable (0-30V);

- resistencias de valores nominales  $1k\Omega$  y  $10k\Omega$ ;
- y el circuito integrado CMOS 4007.

...diversas herramientas para interpretar los resultados...

- un osciloscopio PROMAX;
- un polímetro;
- una hoja de cálculo de LibreOffice.

## 2 Modelo DC de un MOSFET en saturación

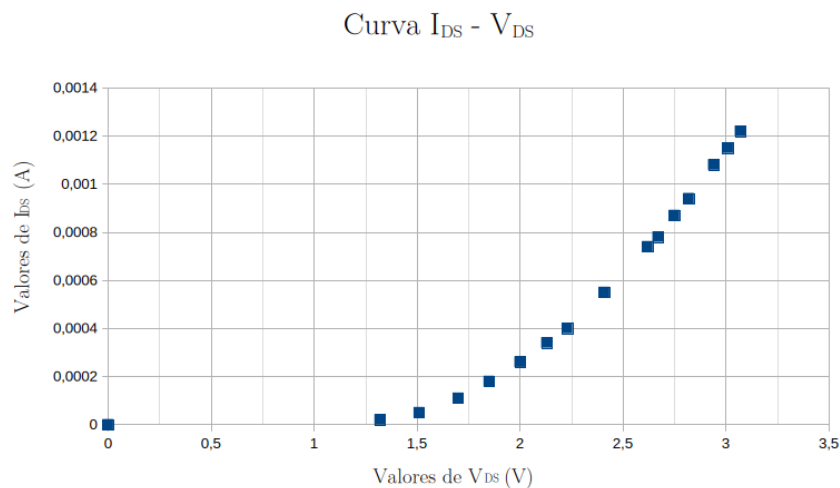
Comenzamos la experiencia con el montaje del primer circuito. El objetivo es realizar un modelo de un MOSFET en saturación con la presencia de corriente continua y evaluar el comportamiento de la corriente de drenador. Para ello, hemos forzado un transistor NMOS para operar en saturación. En estas condiciones, la corriente de drenador se puede aproximar como:  $I_{DS} = \frac{\beta_n}{2} (V_{GS} - V_T)^2$ .

Con el circuito montado, haremos uso de una fuente de tensión de salida regulable que suministrará la tensión  $V_i$ . A través de la resistencia, comprobaremos la corriente  $I_{DS}$  que hay en el circuito.

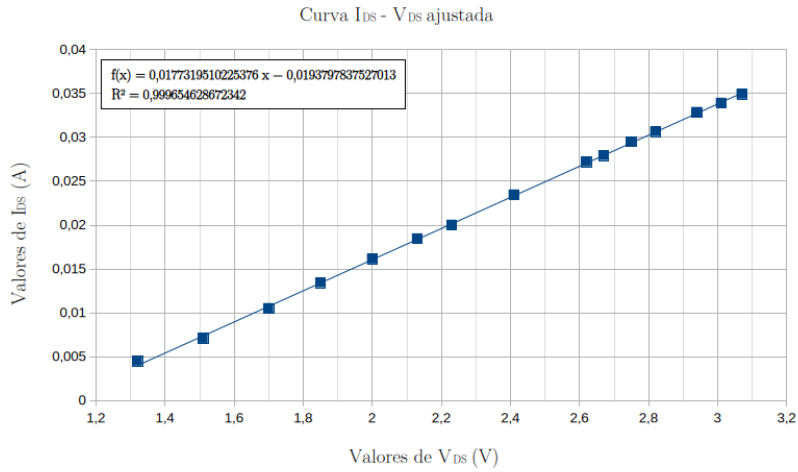
Tomamos medida de la caída de tensión en la resistencia, así como la diferencia de tensión entre drenador y fuente, variando la tensión  $V_i$  15 veces en el intervalo  $[0,15]$ V.

| $V_i$ | $V_{Resistencia}$ | $\Delta V_{DR.-FU.}$ | $I_D$   |
|-------|-------------------|----------------------|---------|
| 0     | 0                 | 0                    | 0       |
| 1,5   | 0,19              | 1,32                 | 0,00002 |
| 2     | 0,53              | 1,51                 | 0,00005 |
| 2,8   | 1,13              | 1,7                  | 0,00011 |
| 3,5   | 1,76              | 1,85                 | 0,00018 |
| 4,5   | 2,54              | 2                    | 0,00026 |
| 5,4   | 3,34              | 2,13                 | 0,00034 |
| 6,1   | 3,98              | 2,23                 | 0,0004  |
| 7,7   | 5,41              | 2,41                 | 0,00055 |
| 9,8   | 7,25              | 2,62                 | 0,00074 |
| 10,3  | 7,7               | 2,67                 | 0,00078 |
| 11,2  | 8,53              | 2,75                 | 0,00087 |
| 12    | 9,28              | 2,82                 | 0,00094 |
| 13,5  | 10,59             | 2,94                 | 0,00108 |
| 14,3  | 11,35             | 3,01                 | 0,00115 |
| 15    | 12,03             | 3,07                 | 0,00122 |

Representando gráficamente los datos:



Observamos que a partir de 1,5 V el transistor opera en saturación. Tomamos los datos a partir de este punto y creamos el modelo lineal.

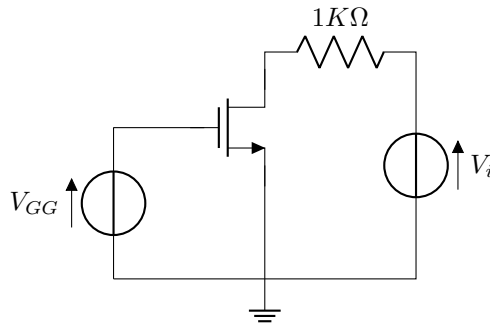


Usando el modelo lineal y la ecuación que hemos obtenido en el trabajo pre-laboratorio, podemos deducir  $\beta_n$  y  $V_T$ .

$$\beta_n = 2A^2 = 0,04, V_T = \frac{B}{A} = 1,09V$$

### 3 Curva $I_{DS} - V_{DS}$ de un MOSFET

Ahora, procedemos a montar el segundo circuito tal que:



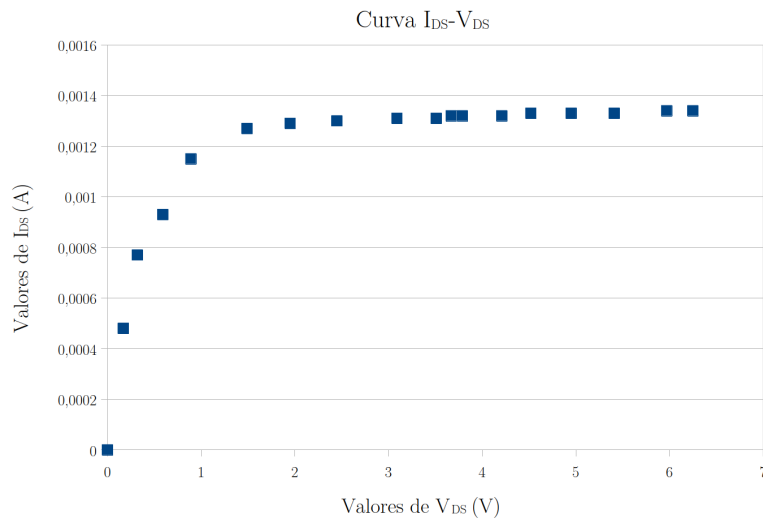
Montaje para la medida de la curva  $I_{DS} - V_{DS}$

Realizamos un barrido de tensiones para medir los distintos valores de  $V_{DS}$  e  $I_{DS}$  (a través de la resistencia de  $1k\Omega$ ), manteniendo  $V_{GG}$  con un valor constante de  $3V$ .

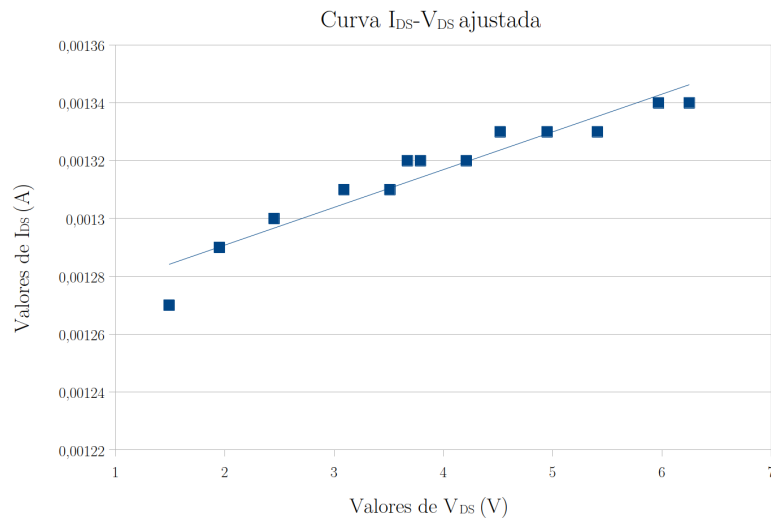
Obtenemos pues, los siguientes valores:

| $V_i$ (V) | $V_R$ (V) | $V_{DS}$ (V) | $I_{DS}$ (mA) |
|-----------|-----------|--------------|---------------|
| 0         | 0         | 0            | 0             |
| 0,59      | 0,48      | 0,17         | 0,48          |
| 1,06      | 0,76      | 0,32         | 0,77          |
| 1,5       | 0,92      | 0,59         | 0,93          |
| 2         | 1,14      | 0,89         | 1,15          |
| 2,7       | 1,26      | 1,49         | 1,27          |
| 3,2       | 1,28      | 1,95         | 1,29          |
| 3,7       | 1,29      | 2,45         | 1,30          |
| 4,3       | 1,30      | 3,09         | 1,31          |
| 4,7       | 1,30      | 3,51         | 1,31          |
| 4,9       | 1,31      | 3,67         | 1,32          |
| 5         | 1,31      | 3,79         | 1,32          |
| 5,4       | 1,31      | 4,21         | 1,32          |
| 5,8       | 1,32      | 4,52         | 1,33          |
| 6,2       | 1,32      | 4,95         | 1,33          |
| 6,6       | 1,32      | 5,41         | 1,33          |
| 7,2       | 1,33      | 5,97         | 1,34          |
| 7,5       | 1,33      | 6,25         | 1,34          |

Como podemos observar en la gráfica, la zona lineal llega hasta los 2 voltios, tras estos, el MOSFET entre en la zona de saturación.



Realizando el ajuste de estos puntos obtenemos la siguiente gráfica:



Con los datos del ajuste obtenemos la tensión Early tal que:

$$y = a \cdot V_{Early} + b$$

$$0 = 1,31 \cdot 10^{-5} \cdot V_{Early} + 0,0013$$

$$V_{Early} = -130V$$

## 4 Conclusión

El desarrollo de esta experiencia nos ha permitido acercarnos a los transistores MOSFET. Hemos logrado reproducir los modelos teóricos experimentalmente, aunque con una dificultad adicional a prácticas anteriores. Realizar la experiencia no solo ha implicado el proceso analítico de la información y obtener conclusiones tan genéricas, sino un proceso de aprendizaje que ha reforzado nuestras habilidades de comprensión de montajes de circuitos.