

Prácticas de  
**Diseño de Circuitos y Sistemas**  
**Integrados**

Curso 2024-25

*Lab2: Simulación de circuitos electrónicos con SPICE:*

- *Introducción a SPICE con ngspice.*
- *Estudio del MOSFET como amplificador.*

Prof: Antonio Martínez-Álvarez

11 de febrero de 2025

## Objetivos

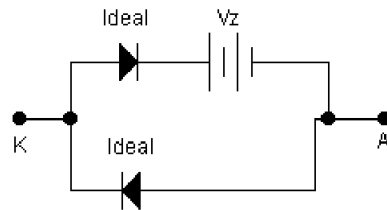
Esta práctica persigue los siguientes objetivos:

- Aprender a definir circuitos y sub-circuitos en SPICE.
- Entrenar con los distintos tipos de simulación en SPICE usando la herramienta libre *ngspice*.
- Aprender a usar SPICE como herramienta de cálculo, medición de parámetros, comprobación funcional y validación de circuitos.

## 1. Entrenamiento previo con ngspice

T1.1 Busque un modelo SPICE de un diodo zéner comercial junto con el *datasheet* (hoja de especificaciones) asociado y proceda de la siguiente forma:

- Comente las principales características del modelo que ha encontrado (adjunte, en el envío de la práctica, la hoja de especificaciones). Indique el significado de los parámetros más importantes que se hayan visto en clase (TT, IC, ...).
- Diseñe un circuito protector de sobretensiones positivas, o en un cierto rango, con el dispositivo cuyo modelo ha bajado de la red.
- Compruebe con *ngspice* que su circuito funciona convenientemente. Realice al menos:
  - Un análisis transitorio (*transient*).
  - Un análisis DC para representar  $V_{salida}(V_{entrada})$
  - Un análisis AC para comprobar el comportamiento en frecuencia.
- Diseñe otro modelo de similar comportamiento usando el modelo general de un diodo zener. Compare resultados de simulación:



- Use un **subcircuito** para englobar a sus protectores de sobretensiones. Compruebe su funcionamiento repitiendo alguna de las simulaciones anteriores.
- Varíe algún parámetro del modelo hasta evidenciar cambios en la simulación en alguna de las gráficas calculadas.
- Obtenga los datos de alguna de las simulaciones en formato texto y proceda a visualizarlos con otro programa. Por ejemplo: Octave/Matlab, Python (numpy/matplotlib), gnuplot, etc.

- h) **Reto Lab2.R1 (2.5)**: Realice alguna simulación variando la **temperatura** e intente evidenciar cambios en el comportamiento de la simulación circuito. ¿El diodo conduce mejor o peor la corriente cuando aumentamos la temperatura?

## 2. Estudio del MOSFET como amplificador

Dado el circuito de la figura 1, en el que  $V_{DD} = 21V$ ,  $R_D = 2.0K\Omega$ ,  $V_{GS} = 6V$  y  $V_{gs}$  es una fuente de *pequeña* señal, se pide:

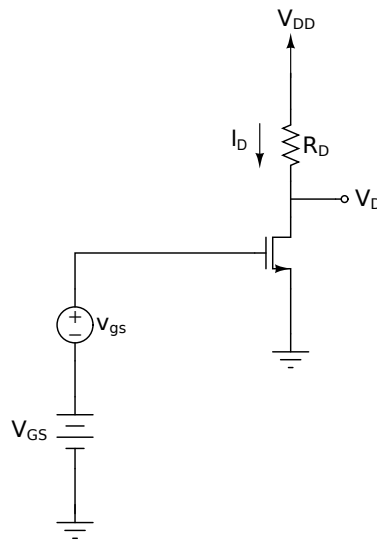


Figura 1: Modelo conceptual para estudiar el MOSFET como amplificador

T2.1 Obtener la gráfica  $i_D$  frente a  $v_{GS}$  para este transistor, es decir  $i_D(v_{GS})$ , para  $v_{DS} > v_{GS} - V_t$ . ¿Qué valor toma  $V_t$  por defecto en *ngspice*? Explique al menos 2 formas de saber este valor.

T2.2 Repita el apartado anterior cambiando:

- El valor de  $V_t$
- y el transistor: pruebe a cambiar el *NMOS* de enriquecimiento por otro de agotamiento.

**Reto Lab2.R2 (5)**: Rediseñe el circuito usando un transistor BJT.

T2.3 Obtener la gráfica  $i_D - v_{DS}$  ( $i_D$  en función de  $v_{DS}$ ) para  $v_{GS} = \{2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0 \text{ y } 9.5\}V$ .

- ¿Modela por defecto *ngspice* la modulación del canal con los MOSFETs?
- Repita la gráfica con un efecto apreciable de la modulación del canal indicando qué parámetro ha cambiado en la descripción del circuito.

T2.4 ¿Qué valor usa *ngspice* por defecto para el parámetro de transconductancia del proceso ( $K_n$ )?

T2.5 Demuestre con *ngspice* que se trata de un circuito amplificador. ¿Qué se amplifica?

T2.6 ¿Qué valor toma la anchura y largo del canal del transistor por defecto? Pruebe a cambiarlos, ¿qué observa?

**Reto Lab2.R3 (2.5)**: Repita el apartado 2.3 con un modelo comercial de transistor discreto y otro integrado (el que no haya usado). Adjunte el modelo SPICE escogido, la hoja de características del fabricante, etc.).

## Notas

- Puede ampliar la práctica añadiendo otros análisis SPICE que considere interesante, comprobando otras salidas, etc. También puede mejorar el circuito.
- La primera parte se terminará durante la clase de prácticas del **4 de marzo**. La práctica completa se enviará mediante tarea de Moodle antes del **28 de marzo**.
- [Enlace al manual de ngspice](#)