

PRACTICA 1: Etapa amplificadora MOS simple

- 1 Introducción
- 2 Montaje 1: Fuente Común con resistencia
 - 2.1 Modelo DC y AC
 - 2.2 Modelo SPICE
- 3 Montaje 2: Fuente Común con resistencia activa
- 4 Cuestionario
 - 4.1 Montaje 1
 - 4.2 Montaje 2
- 5 Cuestionario opcional
 - 5.1 Montaje 1
 - 5.2 Montaje 2

1 Introducción

El objetivo de esta práctica es una primera toma de contacto con el simulador de circuitos WINSPIICE que implementa el lenguaje SPICE.

Esta herramienta se basa para su funcionamiento en un **fichero de texto** que contiene:

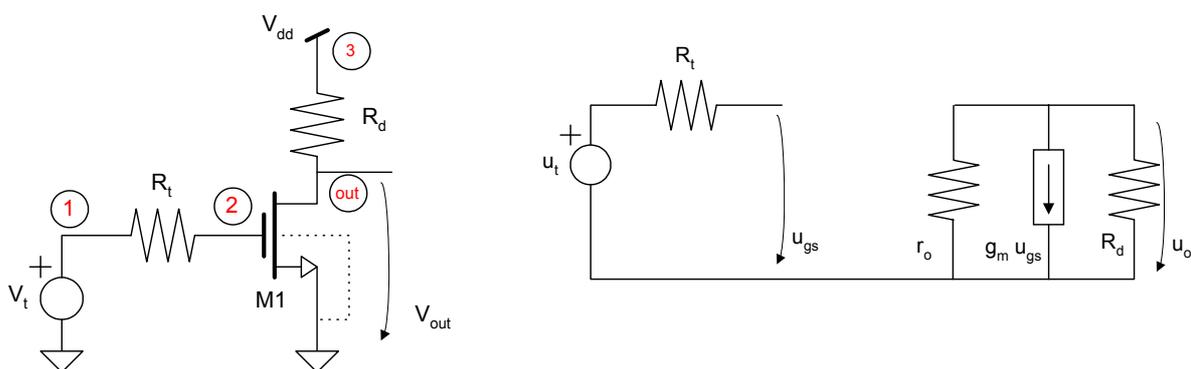
- Conexión de elementos (*netlist*) que componen el circuito el circuito
- Modelos de dispositivos
- Análisis que se deseen realizar

Se suele emplear la extensión **.cir** para este tipo de ficheros. A lo largo de esta práctica se recordarán los elementos anteriormente descritos.

Una de las características diferenciales de esta versión de SPICE es que se ejecuta sobre plataformas WIN32 en entorno gráfico componiéndose de una **ventana de comandos**, apareciendo una ventana gráfica cada vez que se representa una curva (entorno multi-ventana).

2 Montaje 1: Fuente Común con resistencia

2.1 Modelo DC y AC



El circuito de la figura representa un amplificador en fuente común constituido por una fuente de señal V_t - R_t un transistor nMOS M1 y una resistencia de drenador R_d

Las ecuaciones de polarización de este montaje son:

$$\begin{aligned} V_t &= V_{gs} \\ V_{dd} &= R_d \cdot I_d + V_{ds} \end{aligned}$$

Si suponemos que el transistor se encuentra en saturación, podemos añadir la relación:

$$I_d = 0.5 K_n \cdot W/L \cdot (V_{gs} - V_{th})^2$$

Los parámetros de pequeña señal se relacionan con los niveles de polarización mediante:

$$g_m = \sqrt{2 \cdot K_n \cdot I_d \cdot W/L}$$

$$r_o = 1/(\lambda \cdot I_d)$$

La ganancia estática de tensión:

$$A_v = u_o/u_t = -g_m (r_o \parallel R_d)$$

2.2 Modelo SPICE

El fichero de texto correspondiente a este circuito sería inicialmente:

```
*** Practica 1a
* Netlist del circuito
.include mosisv1.mod
Vdd 3 0 dc 3.3v
Vt 1 0 dc 0 ac 1
Rt 1 2 10k
M1 out 2 0 0 cmosn w=2.1u l=0.7u
Rd out 3 1k
* Analisis
.end
```

Para resolver el circuito¹ y la determinación de los parámetros de pequeña señal (punto de operación en la nomenclatura SPICE) bastaría añadir la línea:

```
.OP
```

Los resultados de dicho análisis se visualizan tecleando en la ventana de comandos

```
show
```

Obsérvese que también aparecen los parámetros de pequeña señal del transistor MOS m1

Si quisiéramos ver la evolución de una determinada tensión respecto a otra (Característica estática) añadimos la siguiente línea

```
.DC Vt 0 3.3 0.1
```

Que calcula los diferentes puntos de operación para valores de V_t comprendidos entre 0 y 3.3v con un paso de 0.1v

Para representar la evolución de la tensión V_{out} en función de V_t teclearemos el comando:

```
plot v(out)
```

Si deseamos visualizar una intensidad es necesario añadir un nuevo elemento a nuestro netlist: una fuente de tensión de valor nulo (a la cual podamos representar su intensidad). Por ejemplo para visualizar la intensidad de drenador deberíamos modificar:

```
Rd 4 3 10k
Vid 4 out dc 0
```

Para representar dicha intensidad

```
plot i(Vid)
```

Para realizar un análisis de pequeña señal de nuestro circuito, donde la fuente de señal sería V_t se añadiría al fichero la línea:

```
.AC dec 10 1 10k
```

¹ SPICE realiza un análisis nodal por lo que la resolución consiste en la obtención de las tensiones en todos los nodos del circuito así como las intensidades de las fuentes de tensión

Que realiza un barrido en frecuencia desde 1Hz hasta 10kHz tomando 10 puntos por década

La simulación de la evolución temporal del comportamiento de un circuito necesita que exista una fuente que aplique una señal variable en el tiempo, en nuestro caso modificamos Vt:

```
Vt 1 0 dc 0.8 ac 1 sin(0.8 1 1k)
```

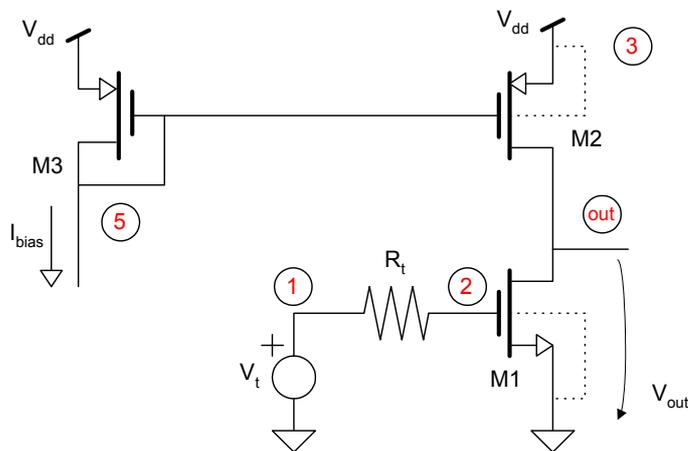
Que define una fuente independiente de tensión con un nivel de continua de 0.8v, amplitud 1v y frecuencia 1kHz.

Es necesario especificar también el tipo de análisis que desea realizar:

```
.TRAN 1u 3m
```

Que realiza una simulación entre 0 y 3mseg con un tiempo de paso de 1useg

3 Montaje 2: Fuente Común con resistencia activa



En el circuito de la figura se ha modificado la resistencia de drenador del Montaje 1, por una carga activa constituida por un espejo de corriente simple.

El nuevo *netlist* del circuito sería:

```
*** Practica 1b
* Netlist del circuito
.include mosisv1.mod
Vdd 3 0 dc 3.3v
Vt 1 0 dc 0 ac 1
Rt 1 2 10k
M1 out 2 0 0 cmosn w=2.1u l=0.7u
Vid 4 out dc 0
M2 4 5 3 3 cmosp w=21u l=0.7u
M3 5 5 3 3 cmosp w=21u l=0.7u
Ibias 5 0 dc 50u
* Analisis
.end
```

El modelo de pequeña señal de este circuito sería igual al del Montaje 1 sustituyendo R_d por la resistencia de salida del transistor M2:

$$r_{o2} = 1 / (\lambda \cdot I_{d2})$$

4 Cuestionario

Nombre:

D C B A

Nº Matrícula

--	--	--	--	--

W1 (um)	0.8*(A+1)	
L1 (um)	0.8*(B+1)	
R _d (ohmios)	5k*(C+1)	

W2,W3 (um)	6*(C+1)	
L2, L3 (um)	0.8*(B+1)	
I _{bias}	10u*(A+1)	

V _{dd} (v)	3.3v
---------------------	------

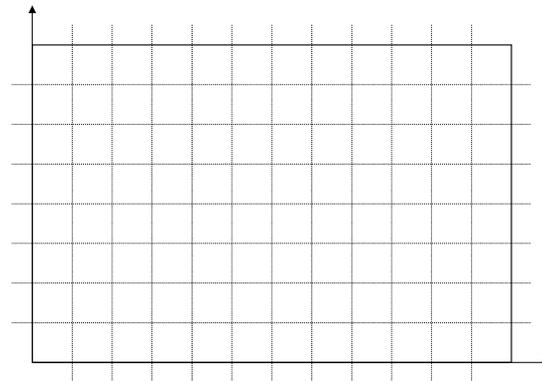
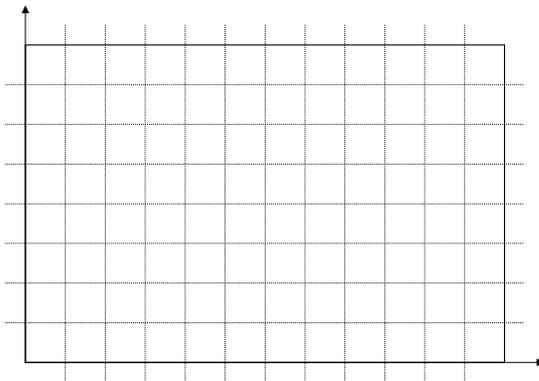
Tecnología 0.8um

	nMOS	pMOS
K _n (uA/v ²)	126	47
V _{th} (v)	0.69	-0.93
Lambda (1/v)	0.02	0.02

4.1 Montaje 1

Q1 (Análisis DC)

Realizar un barrido de la tensión de entrada V_t y dibujar la tensión de salida V_o e intensidad de drenador I_d



Q2 (Análisis DC + OP)

Determinar el nivel de tensión V_t para que la tensión de salida esté situado en el centro del rango de tensiones

	Teórico	SPICE
V _t (v)		
I _d (A)		

Q3 (Análisis OP)

Determinar los parámetros de pequeña señal en el punto de polarización

	Teórico	SPICE
g _m (uA/v)		
r _o (V/A)		

Q4 (Análisis AC + TRAN)

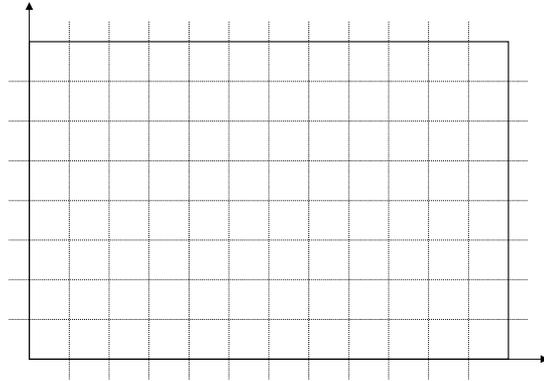
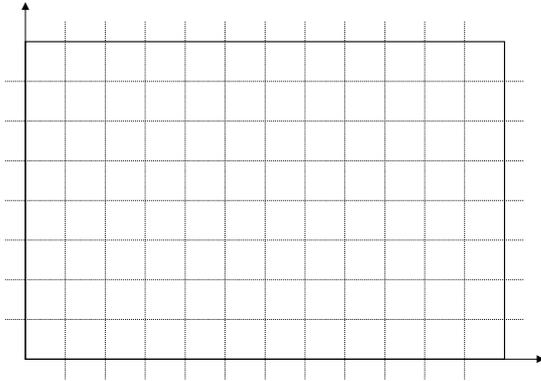
Determinar el valor de la tensión pico-pico al aplicar una tensión senoidal de amplitudes:

	Teórico	SPICE
1mv		
1v		

4.2 Montaje 2

Q5 (Análisis DC)

Realizar un barrido² de la tensión de entrada V_t y dibujar la tensión de salida V_o e intensidad de drenador I_d



Q6 (Análisis DC + OP)

Determinar el nivel de tensión V_t para que la tensión de salida esté situado en el centro del rango de tensiones

Q7 (Análisis OP)

Determinar los parámetros de pequeña señal en el punto de polarización

	Teórico	SPICE		Teórico	SPICE
I_d (A)			g_m (A/v)		
V_t (v)			r_o (V/A)		

Q8 (Análisis AC + TRAN)

Determinar el valor de la tensión pico-pico al aplicar una tensión senoidal de amplitudes:

	Teórico	SPICE
1mv		
1v		

² Dada la elevada ganancia en tensiones que presenta este montaje se recomienda un decremento del paso hasta 1mv

5 Cuestionario opcional

Estos apartados deben realizarse iterando con SPICE, mostrando los resultados en las distintas iteraciones, y en caso de no alcanzar el resultado solicitado indicando el alcanzado. Se valorarán el razonamiento seguido más que los valores alcanzados.

5.1 Montaje 1

Q1 Determinar el valor de R_d para obtener una ganancia de 50	
---	--

Q2 Qué intensidad de polarización existe en dicho caso?	
---	--

5.2 Montaje 2

Q3 Dimensionar el valor de M2 para que la relación de intensidades $I_{d2}/I_{bias}=5$	
--	--

Q4 Determinar el nuevo valor de la ganancia estática de tensión	
---	--