

Apellidos	<u>Puntuación</u> Ej1
Nombre	Ej2
DNI	TOTAL

INSTRUCCIONES

- Este cuadernillo contiene:
 - La hoja de control de asistencia a examen (E1 a E2)
 - Estas instrucciones (E3)
 - El conjunto de **2 ejercicios** que constituyen esta prueba (E4 a E7)
 - Adicionalmente, se incluye al final una hoja con un resumen de las expresiones y modelos usados en INEL. Puede desgrapar esta hoja del resto. No tiene que entregarla al final.
- Compruebe que su cuadernillo contiene los elementos reseñados y que la **fotocopia resulta clara y legible** en todas sus páginas.
- Comience escribiendo su **nombre, apellidos y DNI** en las casillas de la parte superior de la **página E1**. Esta página debe desgraparla y entregarla cuando el profesor lo requiera.
- Continúe escribiendo de nuevo su **nombre, apellidos y DNI** en las casillas de la parte superior de esta página que está leyendo (**página E3**).
- Al acabar el examen deberá **entregar las páginas E3 a E8 del cuadernillo unidas**, sin desgrapar ni añadir ninguna hoja adicional.
- Para la solución del ejercicio utilice **EXCLUSIVAMENTE los espacios en blanco** a continuación del enunciado de cada ejercicio (**páginas E4 a E7**).
- Utilice un bolígrafo negro o azul** para escribir sus respuestas. No se corregirán pruebas realizadas a lápiz.
- El ejercicio deberá completarse en **75 minutos**.
- A continuación de cada apartado en cada ejercicio se indica la valoración en puntos del mismo.
- Dispondrá de hojas en blanco para la realización de cálculos auxiliares. Ponga su nombre en cada una de estas hojas que use. En ningún caso dichas hojas deberán añadirse al paquete de hojas que constituye la prueba.

Ejercicio 3. El circuito de la Figura 3 tiene dos transistores MOSFET de acumulación (normal OFF). Sin tener en cuenta el efecto de la modulación de la longitud de canal ($|V_A| \rightarrow \infty$):

- a) calcule la corriente de drenador en continua de ambos MOSFET, I_{D1} e I_{D2} , manteniendo el terminal de salida (*OUT*) en circuito abierto (**2p**).

Teniendo en cuenta el efecto de la modulación de la longitud de canal con $V_A = 180V$,

- b) dibuje el circuito equivalente en pequeña señal y frecuencias medias incluyendo las resistencias de salida de los MOSFET y calculando sus valores (**1p**).
c) Calcular la ganancia en tensión v_{out}/v_{in} (**2p**).

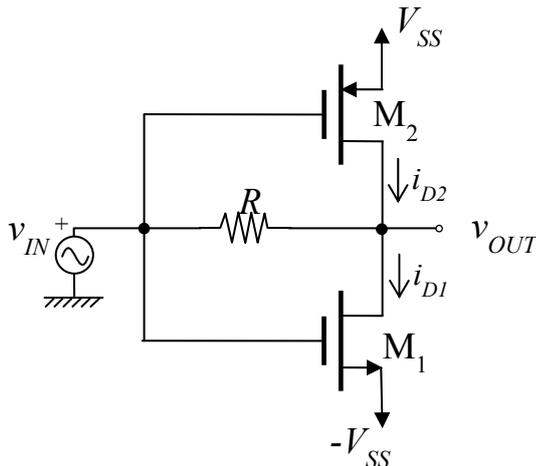


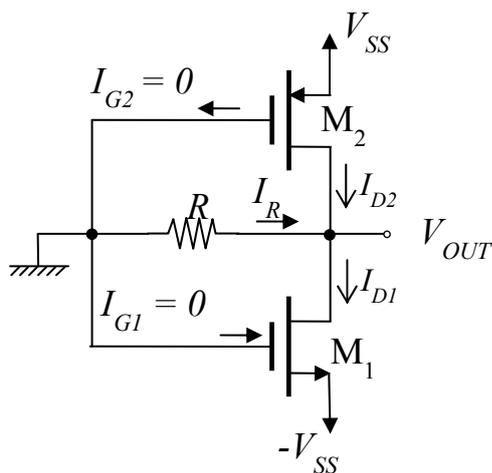
Figura 3

DATOS: $V_{SS} = 5V$
 $R = 10 M\Omega$

Para los transistores:
 $\kappa_1 = \kappa_2 = \kappa = 50 \mu A/V^2$
 $|V_{T1}| = |V_{T2}| = |V_T| = 2V$

SOLUCION DEL EJERCICIO 3

- a) *Hipótesis: Los dos MOSFET en saturación.*



Como $I_{G2} = I_{G1} = 0 \Rightarrow I_R = 0 \Rightarrow$
 $V_{IN} = V_{OUT}$ e $I_{D2} = I_{D1}$

Donde:

$$I_{D2} = \kappa (V_{SG2} - V_T)^2$$

$$I_{D1} = \kappa (V_{GS1} - V_T)^2$$

Por tanto: $V_{GS1} = V_{SG2}$

$$V_{GS1} + V_{SG2} = 2 V_{SS} \Rightarrow V_{GS1} = V_{SG2} = V_{SS} = 5V$$

$$\text{Entonces: } I_{D1} = I_{D2} = \kappa (V_{GS1} - V_T)^2 = 0.450 \text{ mA}$$

Comprobación de M_1 y M_2 en saturación:

$$V_{IN} = V_{SS} - V_{SG2} = 0V = V_{OUT}$$

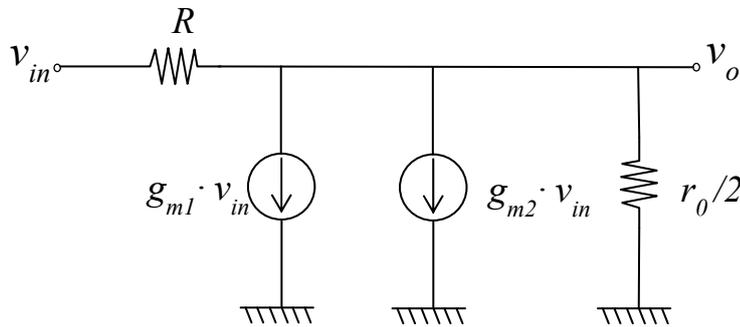
Es decir:

$$V_{SD2} = V_{SS} - V_{OUT} = 5V > V_{SD2,sat} = V_{SG2} - V_T = 3V$$

$$V_{DS1} = V_{OUT} - (-V_{SS}) = 5V > V_{DS1,sat} = V_{GS1} - V_T = 3V$$

- b) *El circuito equivalente en pequeña señal, teniendo en cuenta el efecto de la modulación de*

la longitud de canal queda:



Donde $r_0 = V_A/I_D = 400 \text{ k}\Omega$

c) Analizando el circuito anterior:

$$(v_{in} - v_{out})/R = (g_{m1} + g_{m2}) v_{in} + 2 v_o / r_0$$

$$\text{Despejando: } v_{out}/v_{in} = A_v = [1 - R (g_{m1} + g_{m2})] r_0 / (2R + r_0) \approx -120$$

Ejercicio 4. En el circuito de la figura 4 la señal de entrada v_I conmuta entre los valores V_A y 0 V, tal y como muestra la figura 5. En este circuito los efectos capacitivos asociados a dicha conmutación se pueden agrupar y modelar con el condensador de valor C_L . Utilizando para el transistor el modelo lineal por tramos básico, se pide:

- En $t < 0$, calcule el valor de la tensión a la salida v_O , justificando en qué estado se encuentra el transistor bipolar (2 p).
- Justifique el estado al que pasa el transistor en $t > 0$ (1 p).
- Calcule la dependencia de la tensión de salida con el tiempo $v_O(t)$ para $t > 0$ (2 p).

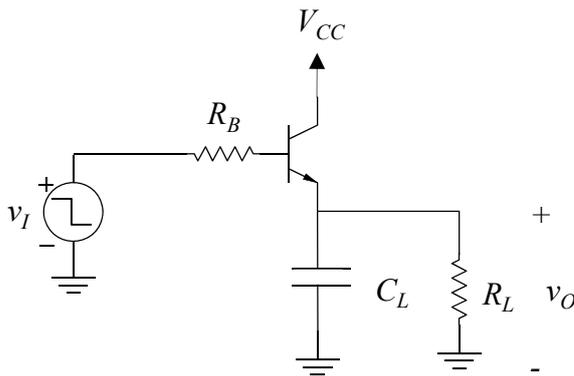


Figura 4

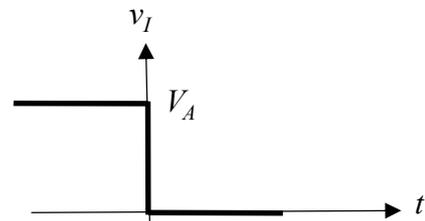


Figura 5

DATOS

$R_B = 50 \text{ k}\Omega$; $R_L = 5 \text{ k}\Omega$; $C_L = 1 \mu\text{F}$; $V_{CC} = 5 \text{ V}$; $V_A = 7 \text{ V}$;

Para el BJT:

$V_{\gamma E} = 0.7 \text{ V}$; $V_{CEsat} = 0.2 \text{ V}$; $\beta = 100$

SOLUCION DEL EJERCICIO 4

- En $t < 0$, en estado estacionario el condensador es un circuito abierto. Planteamos la hipótesis de que el transistor está en saturación:

$$v_O = V_{CC} - V_{CEsat} = 4.8 \text{ V}$$

Para verificar la hipótesis debe cumplirse que

$$i_B > 0, \quad \beta i_B > i_C$$

$$i_B = \frac{V_A - V_{\gamma E} - (V_{CC} - V_{CEsat})}{R_B} = 30 \mu\text{A}$$

$$i_C = i_E - i_B = \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{R_L} - i_B = 0.93 \text{ mA}$$

Y se comprueba que ambas condiciones se cumplen.

- En $t = 0^+$, $v_I = 0$ y $v_O(t = 0^+) = v_O(t = 0^-) = V_{CC} - V_{CEsat} = 4.8 \text{ V}$

Planteamos la hipótesis de transistor en corte. Para comprobar la hipótesis debemos verificar que

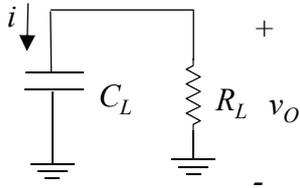
$$v_{BE} < 0, \quad v_{CE} > 0$$

Resolviendo en el circuito con el modelo lineal del transistor en corte queda

$$v_{BE} = -v_o < 0, \quad v_{CE} = V_{CC} - v_o = 0.2\text{V} > 0$$

Luego está en corte.

c)



El condensador se descargará a través de RL según la ecuación

$$v_o = -R_L i = -R_L C_L \frac{dv_o}{dt} \Rightarrow v_o(t) = A \exp\left(-\frac{t}{R_L C_L}\right)$$

Y con la condición de contorno, queda

$$v_o(t) = (V_{CC} - V_{CEsat}) \exp\left(-\frac{t}{R_L C_L}\right) = 4.8 \exp\left(-\frac{t[s]}{5 \times 10^{-3}}\right) \text{ [V]}$$

