

## CIRCUITOS ELECTRÓNICOS I

### GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS N° 1

#### INTRODUCCIÓN

##### Cuestionario

- 1) En un transistor NMOS, la corriente entre *source* y *drain* ¿es de huecos o de electrones?
- 2) ¿Qué diferencia hay entre el terminal *drain* y terminal *source* en un MOSFET?
- 3) ¿Qué sucede se polariza un NMOS con  $V_{Sustrato} > V_{Source}$ ? ¿Y en un PMOS  $V_{Sustrato} < V_{Source}$ ?
- 4) En un MOSFET en estado de corte ¿la corriente  $I_D$  es exactamente cero? ¿Qué fenómenos de fuga existen?
- 5) ¿Por qué se usa el acoplamiento capacitivo para conectar la fuente de señal al amplificador?
- 6) Cómo se relaciona la transconductancia  $g_m$  con la corriente de colector y la temperatura? Relacionar  $r_\pi$  y  $r_o$  con  $I_C$ .
- 7) Defina los factores de estabilidad térmica (sensibilidad) de  $I_C$  respecto a  $I_{C0}$ ,  $V_{BE}$  y  $V_{CC}$ .

## Bibliografía

### Bibliografía general disponible en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería

[Gray, P., Meyer, R.](#) *Análisis y Diseño de Circuitos Integrados Analógicos*. Prentice Hall, 3ra Ed. 1995.

[Gray, P., Meyer, R.](#) *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits*. Wiley, 3ra Ed. 1993.

[Lewis, S., Hurst, P., Gray, P., Meyer, R.](#) *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits*. Wiley, 5ta Ed. 2001.

Millman, J., Grabel, A. *Microelectrónica*. Hispano Europea. 6ta Ed. 1993, 1ra Ed. 1981.

Rashid, M. *Circuitos Micro-electrónicos: Análisis y Diseño*. International Thompson Editors. 2000.

Malvino, A., Bates, D. *Principios de Electrónica*. Mc Graw-Hill, 7ma Ed. 2007.

Sedra, A., Smith, K. *Circuitos Micro-electrónicos*. Mc Graw-Hill, 5ta Ed. 2006.

Hambley, A. *Electrónica*. Prentice-Hall, 2da Ed. 2001.

[Savant, C., Roden, M., Carpenter, G.](#) *Diseño Electrónico*. Addison Wesley, 3ra Ed. 2000.

Storey, N. *Electrónica: de los Sistemas a los Componentes*. Addison Wesley. 1995.

La biblioteca cuenta además con versiones o ediciones anteriores de varios de los libros mencionados, y con una amplia variedad de textos que cubren aspectos específicos del programa de la asignatura.

### Bibliografía general disponible en la Cátedra de Circuitos Electrónicos I

[Gray, P., Hurst, P., Lewis, S., Meyer, R.](#) *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits*. Wiley, 5ta Ed. 2009.

Neamen, D. *Análisis y Diseño de Circuitos Electrónicos*. Mc Graw-Hill, 2000.

Fiore, J. *Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales*. Thomson, 2002.

## PROBLEMAS

### Problema N° 1

- Determine la polarización de los dos circuitos de las Figuras 1 y 2.
- Determine los factores de sensibilidad respecto a  $V_{CC}$  ( $\partial I_C / \partial V_{CC}$ ) de los dos circuitos y estime la variación de  $I_C$  para un incremento de 0.5 V en  $V_{CC}$ .
- Determine también los factores de sensibilidad respecto a  $I_{C0}$  y  $V_{BE}$ .
- Dibuje las rectas de carga estática y dinámica para cada circuito indicando el punto de funcionamiento calculado en a).

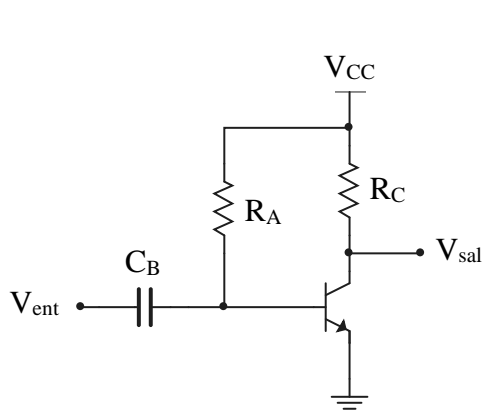


Figura 1

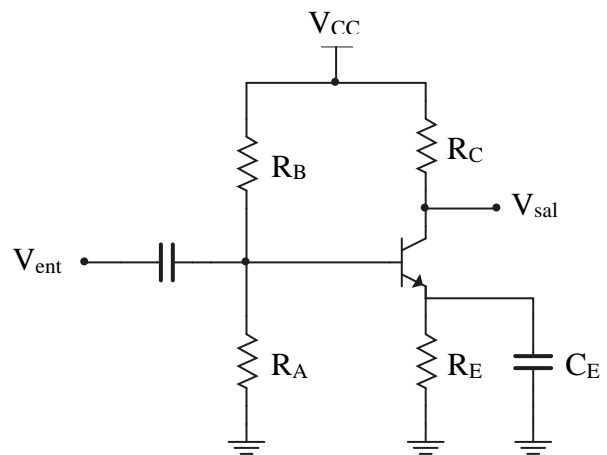


Figura 2

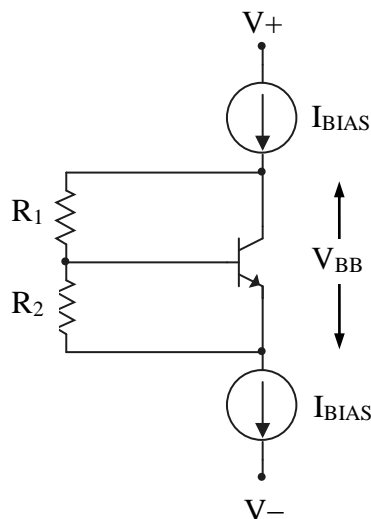
Datos Figura 1:  $R_A = 1\text{M}\Omega$ ,  $R_C = 3.3\text{k}\Omega$ ,  $C_B = 1\mu\text{F}$ ,  $V_{CC} = 12\text{V}$ ,  $h_{FE} = 180$ .

Datos Figura 2:  $R_A = 39\text{k}\Omega$ ,  $R_B = 120\text{k}\Omega$ ,  $R_C = 560\Omega$ ,  $R_E = 100\Omega$ ,  $C_B = 1\mu\text{F}$ ,  $C_E = 10\mu\text{F}$ ,  $V_{CC} = 12\text{V}$ ,  $h_{FE} = 180$ .

### Problema N° 2:

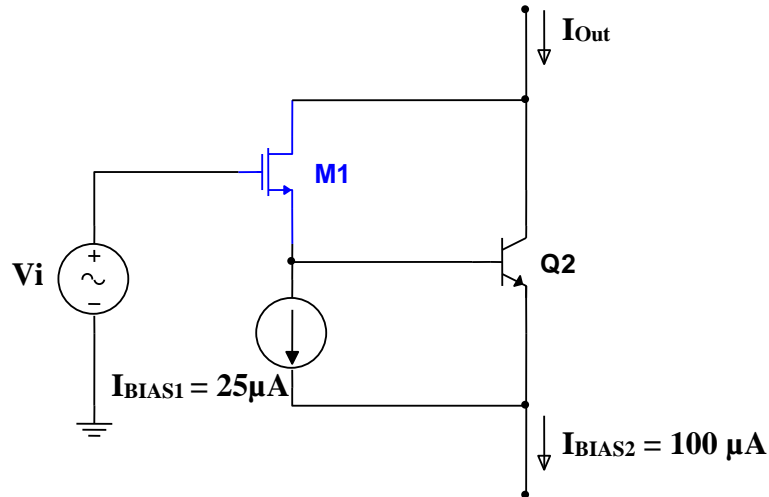
La figura muestra el circuito que se utiliza para proporcionar una tensión  $V_{BB}$  en la etapa de salida de un amplificador operacional. Diseñe para tener  $V_{BB} = 1.157\text{V}$  con el transistor polarizado con  $I_C = 0.9I_{BIAS}$ .

Datos:  $I_S = 10^{-14}\text{A}$ ,  $I_{BIAS} = 180\mu\text{A}$ . Desprecie la corriente de base.



**Problema N° 3:**

Considere el par Darlington BiCMOS que se presenta en el siguiente circuito. Los parámetros del transistor son:  $k_n = (KW/2L) = 20\mu\text{A}/\text{V}^2$ ,  $V_{th} = 1\text{V}$  y  $\lambda = 0$  para  $M_1$  y  $\beta = 100$ ,  $V_{BE}(\text{activado}) = 0.7\text{V}$  y  $V_A = \infty$  para  $Q_2$ . Determine los parámetros de pequeña señal para cada transistor así como la transconductancia compuesta.

**Problema N° 4:**

Determinar para un transistor NMOS,  $M_1$   $V_{th} = 2\text{V}$  y  $K \cdot (W/L) = 30\mu\text{A}/\text{V}^2$ , el valor de la corriente  $I_D$  en los siguientes casos: a)  $V_{GS} = 10\text{V}$  y  $V_{DS} = 3\text{V}$ . b)  $V_{GS} = 10\text{V}$  y  $V_{DS} = 10\text{V}$ . c)  $V_{GS} = 1\text{V}$  y  $V_{DS} = 10\text{V}$ .

**Problema N° 5:**

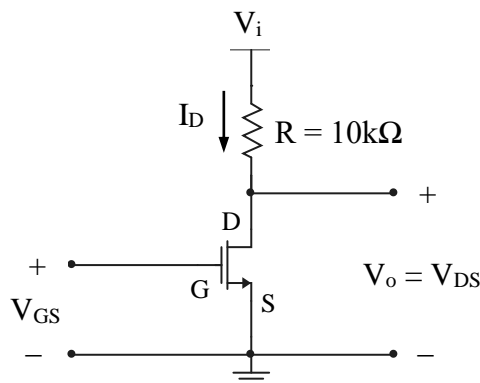
Un PMOS en modo de empobrecimiento tiene parámetros  $V_{th} = 2\text{V}$ ,  $K = 40\mu\text{A}/\text{V}^2$ , y  $W/L=6$ . Determinar  $V_{SD(sat)}$  para: (a)  $V_{SG} = -1\text{V}$ , (b)  $V_{SG} = 0$ , y (c)  $V_{SG} = 1\text{V}$ .

Si el transistor está polarizado en la región de saturación, calcular la corriente de drenaje para cada valor de  $V_{SG}$ .

**Problema N° 6:**

En el circuito de la figura, si  $V_i$  es muy pequeña, el transistor NMOS actúa como una resistencia cuyo valor puede aproximarse mediante el inverso de la pendiente en el origen de la característica  $I_D(V_{DS})$ . Determinar el valor que ha de tener  $V_{GS}$  para que  $V_o = V_i/4$ .

Datos:  $V_{th} = 1\text{V}$ ,  $K = 25\mu\text{A}/\text{V}^2$  y  $W/L = 2$ .

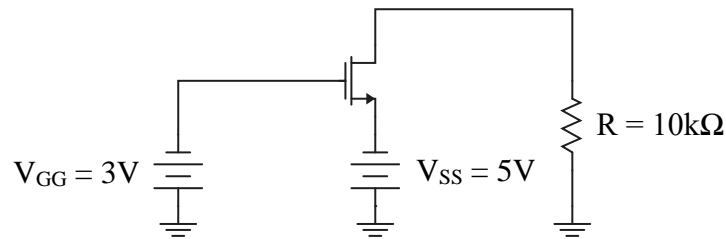


**Problema N° 7:**

Un transistor de enriquecimiento NMOS con una tensión umbral  $V_{th}$  de 2V y un factor de transconductancia  $k_n=(KW/2L)=0.1\text{mA/V}^2$  se utiliza como una resistencia lineal controlada por tensión. Hallar el rango de valores de  $V_{GS}$  para el que se obtiene una resistencia comprendida entre 0.5k y 5k.

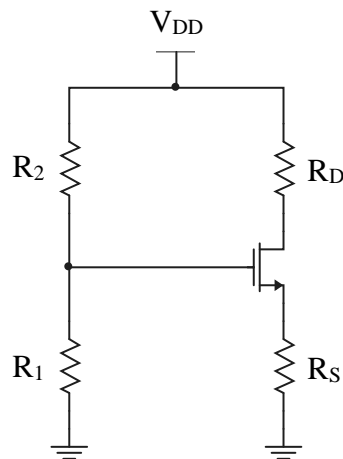
**Problema N° 8:**

Hallar el punto de polarización del transistor MOS en el siguiente circuito, si  $K.(W/L) = 2\text{mA/V}^2$  y  $V_{th} = 1\text{V}$ .

**Problema N° 9:**

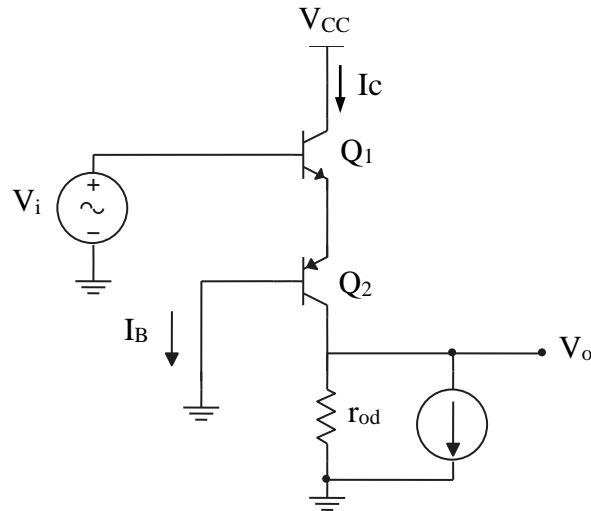
Dado el circuito de polarización de la figura, calcular el punto de trabajo del transistor,  $I_{DQ}$ ,  $V_{DSQ}$ .

Datos:  $R_2 = 800\text{k}\Omega$ ,  $R_1 = 400\text{k}\Omega$ ,  $R_S = 200\Omega$ ,  $R_D = 200\text{k}\Omega$ ,  $V_{DD} = 10\text{V}$ ,  $W/L = 1$ ,  $K = 20\mu\text{A/V}^2$  y  $V_{th} = 2\text{V}$ .

**Problema N° 10:**

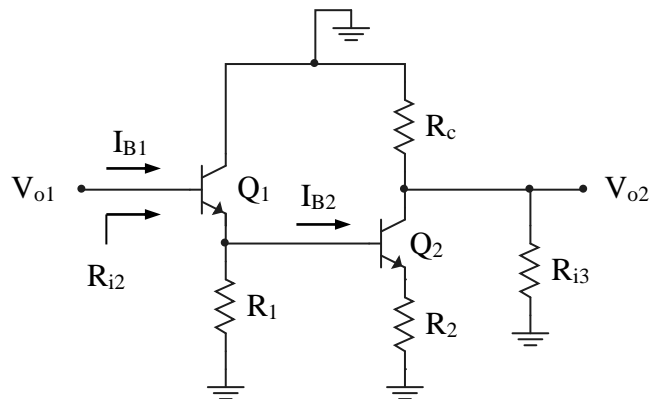
La figura muestra un semicircuito del par diferencial de entrada de un amplificador operacional **741**. Obtenga la ganancia de tensión y la impedancia de entrada vista desde la base de  $Q_1$ .

Datos:  $I_C = 9.5\mu\text{A}$ ,  $\beta = 200$ ,  $V_{A1} = 50\text{V}$ ,  $r_{od} = 7.18\text{M}\Omega$ . (Suponga  $V_{A2} = \infty$ )

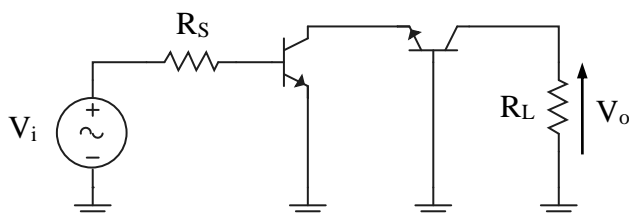
**Problema N° 11:**

La figura muestra el circuito equivalente de señal para la etapa de ganancia de tensión en un amplificador operacional **741**. La resistencia  $R_{i2}$  es la resistencia de entrada de la etapa de ganancia,  $R_c$  es la resistencia efectiva de la carga activa y  $R_{i3}$  es la resistencia de entrada de la etapa de salida. Determine la ganancia de tensión de esta etapa.

Datos:  $\beta = 200$ ,  $R_{i2} = 4\text{M}\Omega$ ,  $R_c = 92\text{k}\Omega$ ,  $R_{i3} = 4\text{M}\Omega$ ,  $R_1 = 50\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 100\Omega$ ,  $I_{C1} = 15.8\mu\text{A}$ ,  $I_{C2} = 0.54\text{mA}$

**Problema N° 12:**

Determine las impedancias de entrada y de salida del amplificador cascode de la siguiente figura.



$$R_S = 500\Omega$$

$$R_L = 4\text{k}7\Omega$$

$$I_C = 2\text{mA}$$

$$\beta = 220$$

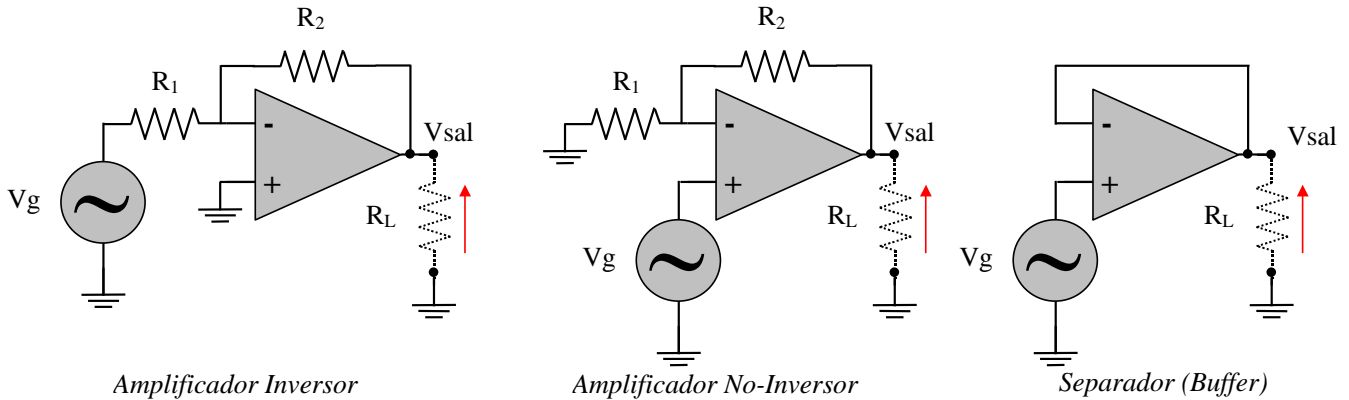
$$V_A = 50\text{V}$$

**Problema N° 13**

En los siguientes circuitos calcular la relación  $\frac{V_0}{V_g}$  en el caso de utilizar un Amp.

Operacional Ideal donde  $a = \infty$ ,  $R_{in} \rightarrow \infty$ ,  $R_o \rightarrow 0$

¿Cuál es la impedancia de entrada de cada circuito? Datos:  $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$

**Problema N° 14 (Problema de Laboratorio)**

- Integrador.** Determine la función de transferencia del integrador ideal de la Figura 1 (abrir la  $R$  en paralelo con  $C$ ). Idem con  $R=10\text{k}\Omega$  en paralelo con  $C$ . Dibuje las formas de onda de salida que espera en ambos casos cuando inyecta a la entrada una onda cuadrada o una onda triangular de  $1V_{PP}$  de amplitud y  $1\text{kHz}$  de frecuencia. ¿Qué sucede si aumenta la frecuencia de la señal de entrada?
- Derivador.** Determine la función de transferencia del derivador ideal de la Figura 1 (cortocircuitar la  $R$  en serie con  $C$ ). Idem con  $R=1\text{k}\Omega$  en serie con  $C$ . Dibuje las formas de onda de salida que espera en ambos casos cuando inyecta a la entrada una onda cuadrada o una onda triangular de  $100\text{mV}_{PP}$  de amplitud y  $1\text{kHz}$  de frecuencia. ¿Qué sucede si aumenta la frecuencia de la señal de entrada?

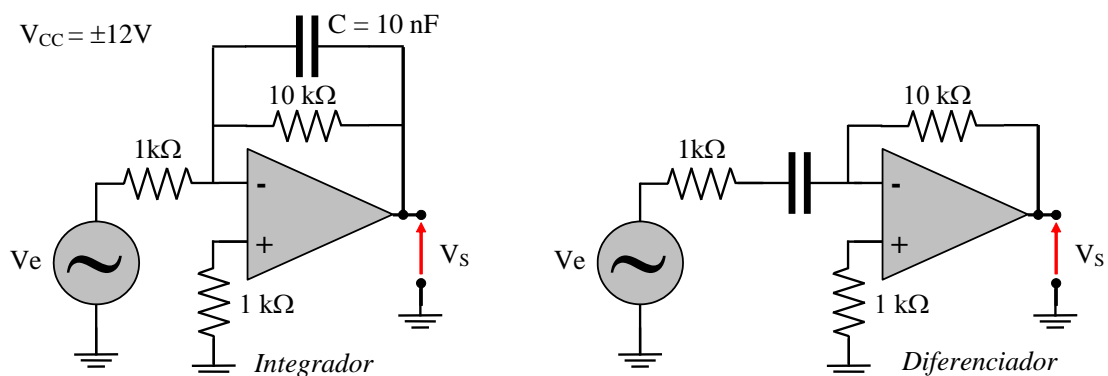


Figura 1