E.T.S.I. de Telecomunicación **Universidad de Vigo**
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS II CUESTIONES
APELLIDOS: **NOMBRE**: FEBRERO 2010

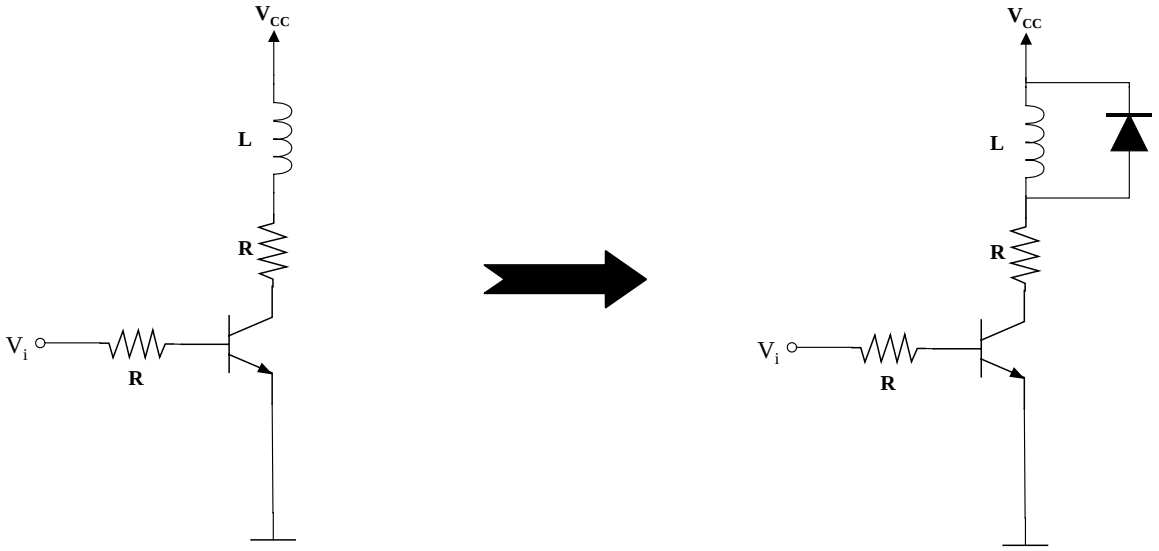
(0,5 puntos) **1) Conmutación:**

a) Indicar y definir los tiempos más importantes en la conmutación de un diodo PN.

- Conmutación de corte a conducción:
  - Tiempo de recuperación en directa (t_{fr}): Tiempo que pasa desde que se produce la conmutación hasta que el diodo alcanza su valor final de tensión.

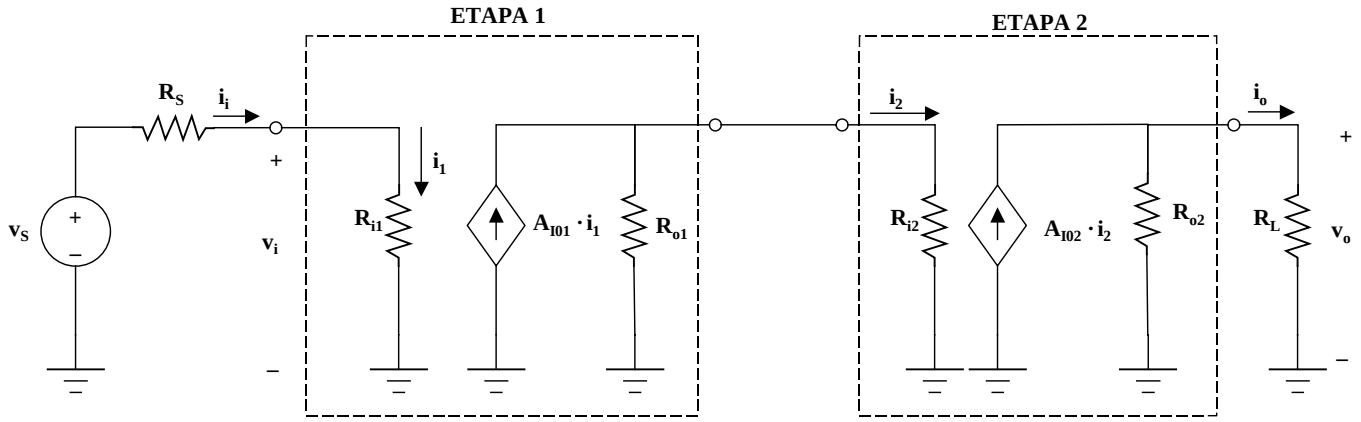
- Conmutación de conducción a corte:
  - Tiempo de almacenamiento (t_s): Tiempo que tarda el diodo en eliminar el exceso de portadores minoritarios almacenadas a ambos lados de la unión durante la polarización directa.
  - Tiempo de transicción (t_t): Tiempo transcurrido desde que se elimina el exceso de portadores minoritarios y se alcanza la tensión final en inversa del diodo.
  - Tiempo de recuperación en inversa (t_{rr}): Tiempo que pasa desde que se produce la conmutación hasta que el diodo alcanza su valor final de tensión. Es la suma del tiempo de almacenamiento y el tiempo de transicción ($t_{rr} = t_s + t_t$)

b) En el circuito de la figura colocar adecuadamente un diodo de libre circulación o de protección que evite la destrucción del transistor cuando éste conmuta. Explicar la función de dicho diodo.



La función del diodo es que cuando el transistor pasa de conducción a corte, la corriente que circulaba por la bobina pasa a descargarse por el diodo que empieza a conducir. De esta forma la tensión en el colector del transistor será $V_C = V_{CC} + V_D = V_{CC} + 0{,}7$ V, es decir, que como mucho en el colector del transistor habrá una tensión que será aproximadamente 0,7 V mayor que la tensión de polarización. En el caso de no poner el diodo, el transistor al pasar al corte hace que la corriente de la bobina tenga que pasar de su valor de conducción a cero en un instante de tiempo casi nulo y como la ecuación de una bobina es $V = L\frac{dI}{dt}$, la derivada adquiere un valor muy grande que hace que se produzca un pico de tensión muy elevado entre los terminales de la bobina que puede destruir el transistor porque se alcanzaría entre colector y emisor una tensión mayor que la de ruptura que puede aguantar dicho transistor.

(0,5 puntos) **2) En el amplificador de la figura formado por dos etapas:**
DATOS: R_S = 8 kΩ, R_{i1} = 10 kΩ, R_{01} = 800 kΩ, R_{i2} = 50 kΩ, R_{o2} = 500 kΩ, R_L = 100 Ω, A_{I01} = 100, A_{I02} = 20



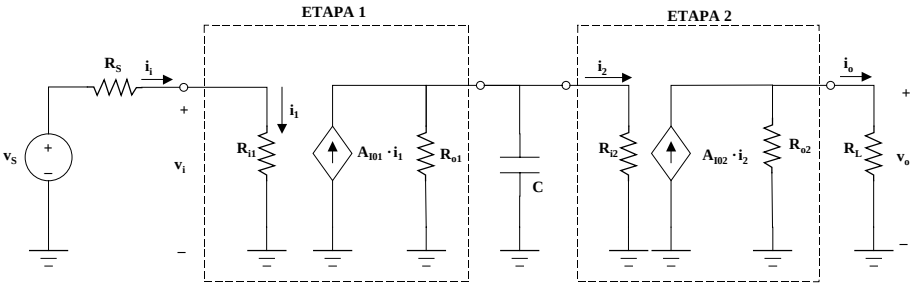
a) Calcular la ganancia de tensión ($A_V=v_o/v_i$), y ganancia de corriente ($A_I=i_o/i_i$).

$$A_I = \frac{i_o}{i_i} = \frac{i_o}{i_2}\cdot\frac{i_2}{i_i} = A_{I02}\cdot\frac{R_{o2}}{R_{o2}+R_L}\cdot A_{I01}\cdot\frac{R_{o1}}{R_{o1}+R_{i2}} = 20\cdot\frac{500K}{500K+0{,}1K}\cdot 100\cdot\frac{800K}{800K+50K} = 1881{,}97$$

$$A_V = \frac{v_o}{v_i} = \frac{i_o\cdot R_L}{i_i\cdot R_{i1}} = A_I\cdot\frac{R_L}{R_{i1}} = 1881{,}97\cdot\frac{0{,}1K}{10K} = 18{,}81$$

A_I = 1881,97
A_V = 18,81

b) Colocar adecuadamente un condensador entre la etapa 1 y la etapa 2 (dibujarlo sobre la figura del amplificador) y calcular su valor para que la frecuencia de corte superior del amplificador sea de 500 kHz.



$$f_H = \frac{1}{2\pi\cdot C\cdot R_{eq}} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi\cdot f_H\cdot R_{eq}}; \qquad R_{eq} = R_{o1}\,//\,R_{i2} = \frac{R_{o1}\cdot R_{i2}}{R_{o1}+R_{i2}} = \frac{800K\cdot 50K}{800K+50K} = 47{,}05K$$

$$C = \frac{1}{2\pi\cdot 500\cdot 10^3\,Hz\cdot 47{,}05\cdot 10^3\,\Omega} = 6{,}76\cdot 10^{-12}\,F = 6{,}76\,pF$$

C = 6,76 pF

(0,5 puntos) **3) Amplificador operacional:**

a) Un amplificador operacional tiene una ganancia diferencial en bucle abierto de $2 \cdot 10^5$ y una relación de rechazo en modo común de 90 dB. Si se aplica a la entrada inversora una tensión de 995 μV y a la no inversora 1005 μV, determinar la ganancia en modo común y la tensión en la salida.

$$CMRR = 20 \cdot \log \frac{A_d}{A_c} = 20 \cdot \log \frac{2 \cdot 10^5}{A_c} = 90dB \Rightarrow \frac{2 \cdot 10^5}{A_c} = 10^{\frac{90}{20}} \Rightarrow A_C = \frac{2 \cdot 10^5}{10^{\frac{90}{20}}} = \frac{2 \cdot 10^5}{31622,37} = 6,32$$

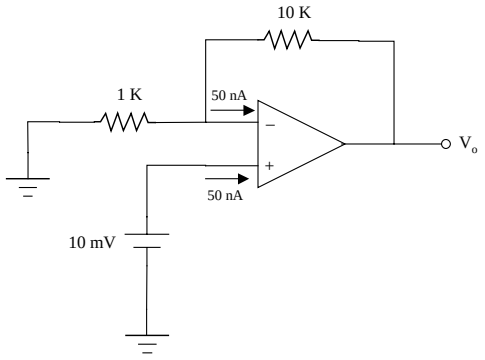
$$V_o = A_d \cdot V_d + A_c \cdot V_c = 2 \cdot 10^5 \cdot (1005\mu V - 995\mu V) + 6,32 \cdot \left(\frac{1005\mu V + 995\mu V}{2} \right) = 2,0063V$$

$A_c = 6,32$
$V_o = 2,0063V$

b) Si además presenta una corriente de polarización de 50 nA en ambas entradas y una tensión de asimetría (offset) de 10 mV, calcular la tensión de error en la salida cuando se pretende utilizar en la configuración de amplificador inversor con ganancia –10. Tomar como valor de la resistencia externa a masa 1 kΩ.

Amplificador inversor => $A_V = -\frac{R_2}{R_1} = -10 \Rightarrow R_2 = 10 \cdot R_1 = 10k\Omega$

El montaje inversor para medir la tensión de error (no se aplica tensión a la entrada) donde aparecen la tensión de asimetría y las corrientes de polarización que provocan dicha tensión de error sería el siguiente:



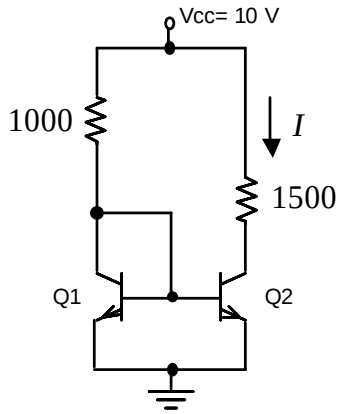
$$\frac{-10mV}{1K} = 50 \cdot 10^{-9} A + \frac{10mV - V_o}{10K} \Rightarrow V_o = 100mV + 0,5mV + 10mV = 110,5mV$$

$V_{oerror} = 110,5$ mV

(0,5 puntos) **4) Dado el siguiente circuito, la corriente I vale:**

a) 9.3 mA
b) 5 mA
c) 6.6 mA

Justificar la respuesta considerando que los dos transistores son iguales, que están a la misma temperatura y que tienen una ganancia y una resistencia de salida muy grandes.



La respuesta correcta es la c): I = 6,6 mA

Este circuito es una fuente de corriente básica. La corriente de referencia por la resistencia de 1000 Ω tiene un valor de aproximadamente $I_{REF} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{1000\Omega} = \frac{10V - 0,7V}{1000\Omega} = 9,3mA$

En la fuente de corriente básica la corriente de salida por la resistencia de 1500 Ω tiende a ser aproximadamente igual a la corriente de referencia, por lo que $I \approx I_{REF} = 9,3$ mA y entonces la respuesta sería la a). Pero esto ocurre mientras que el transistor Q2 no se sature.

Cuando el transistor Q2 se satura la tensión $V_{CE} \approx 0V$ y entonces el valor de I será: $I = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{1500\Omega} = \frac{10V}{1500\Omega} = 6,6mA$

Por lo tanto, es imposible que el transistor Q2 alcance una corriente de 9,3 mA en su colector ya que al alcanzar los 6,6 mA se satura y ya no puede ofrecer más corriente en su colector. Por todo esto la respuesta a) no puede ser y la correcta sería la c). La respuesta b) tampoco puede ser porque no coincide con ninguna de las dos posibles situaciones analizadas anteriormente.

Por lo tanto, la respuesta correcta es:

I = 6,6 mA porque el transistor Q2 estaría saturado