

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica

EL-2207 Elementos Activos

Profesores: Dr. Juan José Montero Rodríguez

Dr. Alfonso Chacón Rodríguez

M.Sc. Aníbal Ruiz Barquero

M.Sc. Daniel Kohkemper Granados

I Semestre 2020

Segundo Examen Parcial

11 de agosto 2020

Total de Puntos:	44
Puntos obtenidos:	
Porcentaje:	
Nota:	

Nombres: _____

Carné: _____

Instrucciones Generales:

- Resuelva el examen en forma ordenada y clara.
- No se aceptarán reclamos de desarrollos con lápiz, borrones o corrector de lapicero.
- Si trabaja con lápiz, debe encerrar en recuadro su respuesta final con lapicero.
- El uso de lapicero rojo **no** está permitido.
- No se permite el uso de calculadora programable.
- Únicamente se atenderán dudas de forma.
- Cada enunciado de problema debe ser el encabezado de cada solución y todas las soluciones deben conformarse en un solo documento .pdf subido antes de vencer el periodo de examen al Tec-Digital.
- El examen es una prueba individual a realizar en el hogar, el plagio será fuertemente castigado.
- El no cumplimiento de los puntos anteriores equivale a una nota igual a cero en el ejercicio correspondiente o en el examen.
- La prueba es para realizar en un periodo de duración de 24 horas. Deberá entregarse a más tardar a las 13:00 horas del miércoles 12 de agosto de 2020.

Firma: _____

Respuesta Corta	de 14
Problema 1	de 10
Problema 2	de 10
Problema 3	de 10

Respuesta corta

14 Pts

Escriba sobre las líneas que se le ofrecen, lo que se le solicita en cada caso. Encontrará todas las respuestas correctas dentro de las palabras sugeridas pero no deberá utilizarlas todas, las respuestas no pueden repetirse. La respuesta por ítem requiere de como máximo dos palabras para ganar 1 punto, para un total de 14 ítemes [1].

Palabras sugeridas: efecto Early, el doble, mayor, exponencial, voltaje, corriente, lineal, trans-resistencia, inversa, huecos, efecto cuerpo, positiva, la mitad, minoritarios, constante, unitaria, dependiente, variable, transconductancia, directa, efecto avalancha, arrastre, colector, electrones, mayoritarios, difusión, independiente, emisor, negativa, menor, cuadrática

1. El transistor bipolar se puede considerar una fuente de _____ dependiente de _____. 1 Pt
2. _____ es la propiedad de conversión de tensión a corriente en un amplificador. 1 Pt
3. En un transistor NPN, si la base es más positiva que el emisor ($V_{BE} > 0$), entonces la unión está polarizada en _____. 1 Pt
4. En un dispositivo BJT, el principal mecanismo de flujo de electrones se debe a _____. 1 Pt
5. En un dispositivo BJT, el dopado del emisor con respecto al del colector es _____. 1 Pt
6. En un transistor NPN, se dice que el dispositivo opera en la región activa si la unión base-_____ está polariza en _____. 1 Pt
7. En polarización directa, los _____ fluyen de emisor a base y los _____ fluyen de base a emisor. 1 Pt
8. En una unión colector-base polarizada en inversa, la corriente se debe a los portadores _____ que son inyectados en la región de agotamiento. 1 Pt
9. Si dos BJT se encuentran en paralelo, el área del emisor será _____. 1 Pt
10. En un dispositivo BJT que opera en modo activo, la corriente de colector es idealmente _____ de la tensión de colector. 1 Pt
11. Cuando la salida de un amplificador es invertida, la ganancia es _____. 1 Pt
12. En saturación profunda, un BJT se comporta como una fuente de tensión _____ entre BE y otra entre CE. 1 Pt
13. El transistor BJT muestra una dependencia _____ entre la corriente de colector y la tensión base-emisor. 1 Pt
14. En un amplificador BJT, la ganancia está limitada por _____. 1 Pt

[1] Razavi, B. (2013). Fundamentals of Microelectronics, 2nd ed., p. 122-169., Wiley, ISBN 978-1118156322.

Problemas

30 Pts

Problema 1. Polarización y Ebers Moll

10 pts

El transistor de la figura 1 tiene los siguientes parámetros: $I_{ES} = 10^{-14} \text{ A}$, $I_{CS} = 2.1 \times 10^{-14} \text{ A}$, $\beta_F = 180$ y $\beta_R = 0.899552$. La fuente de alimentación es $V_{CC} = 3.3 \text{ V}$ y las resistencias son $R_B = 200 \text{ k}\Omega$ y $R_C = 470 \text{ }\Omega$. El transistor opera en la región activa directa.

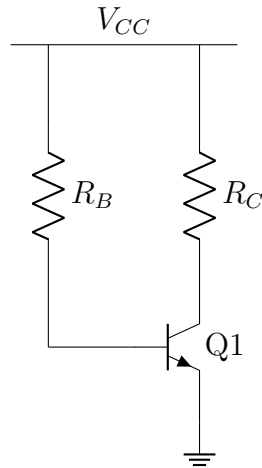


Figura 1: Circuito para el problema 1.

Desarrolle los siguientes puntos:

1. Redibuje el circuito con el modelo de Ebers-Moll simplificado para la zona activa directa, y escriba las ecuaciones de Ebers-Moll simplificadas. 4 Pts
2. Utilizando las ecuaciones de Ebers-Moll, determine la magnitud y el signo de las corrientes de colector, base y emisor: I_C , I_B e I_E . 6 pts

Problema 2. Pequeña Señal

10 pts

Considere el circuito de la figura 2. Es un amplificador de tensión eléctrica inversor en emisor común, del que se han extraído los siguientes parámetros para el transistor Q_1 : $\beta=250$, $r_o=333\text{k}\Omega$, $r_\pi=1\text{k}\Omega$.

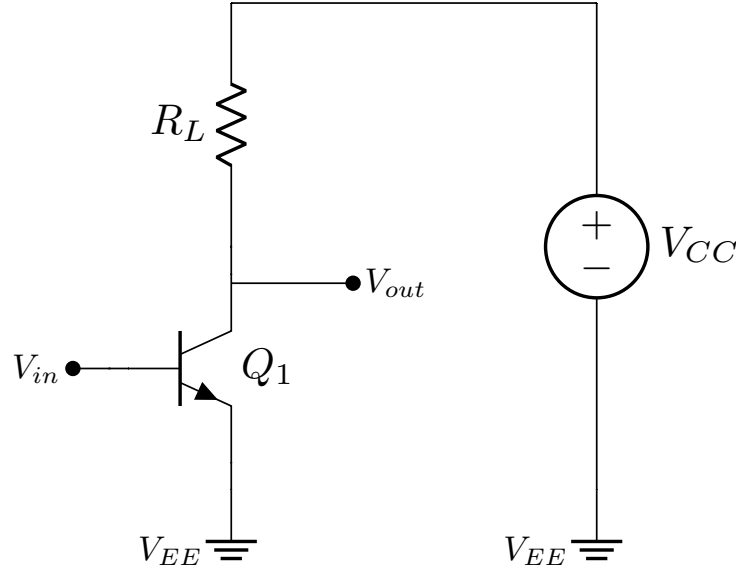


Figura 2: Circuito para el problema 2.

Determine:

1. El circuito resultante utilizando el modelo π de pequeña señal del BJT sin despreciar la resistencia de salida. 2 pts
2. La ganancia de tensión en CA, $A_v = \frac{v_{out}(t)}{v_{in}(t)}$; en términos literales que incluyan a I_C . 3 pts
3. R_L para obtener $A_v = -20$ con una corriente de colector de 10mA . 1 pts
4. La tensión de Early si se sabe que la corriente de base es de $40\mu\text{A}$. ¿Es el efecto de Early considerable para el BJT utilizado bajo estas circunstancias? 2 pts
5. A_v a una temperatura de 450K . Considerando la corriente de base es de $45\mu\text{A}$ y la R_L calculada en el ítem 3. 2 pts

[2] Julián, Pedro (2013). Dispositivos semiconductores: principios y modelos, 1ra edición, p. 227-230., Alfaomega, ISBN 978-8426722065.

Problema 3. Circuito equivalente de pequeña señal en CA para el BJT

10 pts

Considere el amplificador emisor común de la figura 3.a, al que se le incluyen las capacitancias del modelo en CA del BJT explicado en [3]. Según el teorema de Miller (visto en el curso de Circuitos Discretos), se puede probar que ese circuito es equivalente al de la figura 3.b donde:

$$\begin{aligned} C_{in} &= C_{\pi} + (1 + g_m R_L) C_{\mu} \\ C_{out} &= [1 + (g_m R_L)^{-1}] C_{\mu} \approx C_{\mu} \end{aligned}$$

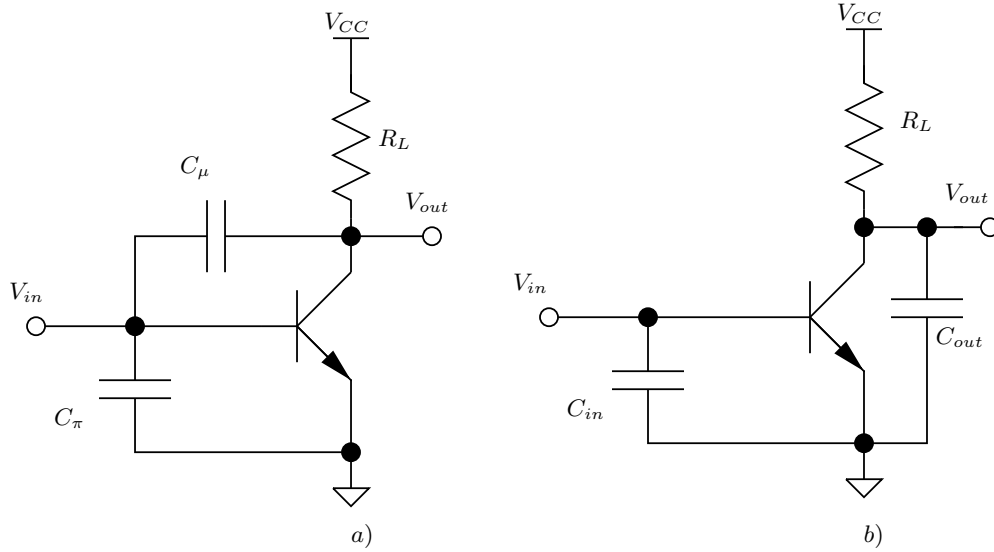


Figura 3: Circuitos para el problema 2.

Derive:

- Una expresión simplificada para la ganancia del circuito en función de la frecuencia compleja s , de la forma

$$A_v(s) = \frac{V_{out}}{V_{in}}(s)$$

en términos de R_L , C_{μ} y g_m , suponiendo que $V_A \rightarrow \infty$

5 pts

- Una expresión simplificada para la magnitud de $A_v(j\omega)$ únicamente en términos de R_L y g_m , para una señal senoidal con una frecuencia angular de entrada igual a

$$\omega = \frac{1}{R_L C_{\mu}}$$

Aplice el método de Bode para respuesta de frecuencia, haciendo $s = j\omega$, y recuerde cómo calcular la magnitud de un número complejo.

3 pts

- Pruebe que $\omega_T = \frac{g_m}{C_{\mu}}$ es la frecuencia de tránsito del circuito a la cual $|A_v(j\omega)|=1$

2 pts

[3] Julián, Pedro (2013). Dispositivos semiconductores: principios y modelos, 1ra edición, p. 232-234., Alfaomega, ISBN 978-8426722065.