

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería Electrónica  
EL-2207 Elementos Activos

Profesores: Dr.-Ing. Juan José Montero Rodríguez  
Ing. Mauricio Segura Quiros  
Ing. Aníbal Ruiz Barquero

I Semestre 2019

### **Segundo Examen Parcial**

4 de mayo de 2019

Nombre: \_\_\_\_\_

Carne: \_\_\_\_\_

Total de Puntos:	48
Puntos obtenidos:	
Porcentaje:	
Nota:	

#### **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.
- El uso del teléfono celular no es permitido. Este tipo de dispositivos debe permanecer totalmente apagado durante el examen.
- No se permite el uso de calculadora programable.
- Únicamente se atenderán dudas de forma.
- El instructivo de examen debe ser devuelto junto con su solución.
- El examen es una prueba individual.
- El no cumplimiento de los puntos anteriores equivale a una nota igual a cero en el ejercicio correspondiente o en el examen.
- Esta prueba tiene una duración de 3 horas, a partir de su hora de inicio.

Firma: \_\_\_\_\_

Escogencia múltiple	de 10
Problema 1	de 14
Problema 2	de 14
Problema 3	de 10

## Escogencia múltiple

10 Pts

Escriba F o V, según corresponda a Falso o Verdadero en todas las opciones. Cada pregunta vale 1 punto. Si necesita corregir, escriba una X sobre la letra incorrecta y escriba F o V a la izquierda de la línea. La ponderación será: cinco opciones buenas 1 punto; cuatro opciones buenas 0.8 puntos; 3 opciones buenas 0.6 puntos; 2 opciones buenas 0.4 puntos y 1 buena 0.2 puntos.

1. De las regiones de operación de un transistor se puede asegurar que:

1 Pt

- ☐ Para la región activa de un transistor NPN el  $V_{BE} > 0$  y  $V_{CE} \geq V_{BE}$ .
- ☐ Para la región de saturación de un transistor PNP  $V_{EB} > 0$  y  $V_{EC} < V_{EB}$ .
- ☐ Para la región de corte de un transistor PNP  $V_{EB} \leq 0$  y  $V_{EC} \geq V_{EB}$ .
- ☐ Para la región de reversa activa de un transistor PNP el  $V_{BE} \leq 0$  y  $V_{CE} < V_{BE}$ .
- ☐ Todas las afirmaciones anteriores son correctas

2. Con respecto a la estructura del BJT se afirma correctamente que:

1 Pt

- ☐ La capa semiconductor con mayor dopado es el emisor.
- ☐ El emisor y el colector tienen dimensiones distintas y no son intercambiables
- ☐ Al aumentar el área del emisor se disminuye  $I_s$ .
- ☐ El BJT se puede sustituir por 2 diodos en serie.
- ☐ La capa semiconductor más angosta de todas corresponde a la Base.

3. De las regiones de operación de un transistor se puede asegurar que:

1 Pt

- ☐ En la región activa  $I_C \neq 0$  y el transistor se utiliza como amplificador lineal.
- ☐ En la región de saturación  $I_C \neq 0$  y el transistor se comporta como interruptor cerrado.
- ☐ En la región de corte  $I_C \approx 0$ ,  $I_E \approx 0$  y el transistor se comporta como interruptor abierto.
- ☐ Para la región de reversa activa  $I_C \neq 0$ ,  $I_E \neq 0$ .
- ☐ Todas las afirmaciones anteriores son correctas

4. Con respecto a la estructura del BJT se afirma correctamente que:

1 Pt

- ☐ El BJT consiste en tres capas semiconductoras, dos del mismo tipo de dopado.
- ☐ De las tres capas semiconductoras, la capa central es de dopado complementario.
- ☐ El BJT contiene tres uniones PN.
- ☐ El BJT es un dispositivo de tres terminales.
- ☐ Todas las afirmaciones anteriores son correctas.

5. Cuando un transistor se encuentra en saturación se puede asegurar que:

1 Pt

- ☐ Ambas uniones están polarizadas en directa.
- ☐ Beta no es constante.
- ☐ Corrientes de electrones tienden a cancelarse.
- ☐ La corriente de base aumenta.
- ☐  $V_{CE}$  es bajo,  $V_{CE} \approx 0.2 \text{ V} - 0.3 \text{ V}$ .

6. Sobre la estructura del transistor BJT se afirma correctamente que:

1 Pt

- ☐ El colector tiene menor concentración de dopado que el emisor ( $N_C < N_E$ ).
- ☐ El dopado de la base es el más fuerte de los tres ( $N_B > N_E$  y  $N_B > N_C$ ).
- ☐ Si el área del emisor se duplica, la corriente  $I_C$  se reduce a la mitad.
- ☐ Dos transistores BJT distintos en paralelo con  $V_{BE1} = V_{BE2}$  pueden tener  $I_{C1} \neq I_{C2}$ .
- ☐ Dos transistores BJT idénticos en serie siempre tienen  $V_{BE1} = V_{BE2}$ .

7. Sobre el principio de funcionamiento del transistor BJT se afirma correctamente que:

1 Pt

- ☐ En un transistor NPN (en modo activo) los electrones pasan de la base al colector.
- ☐ En un transistor NPN (en modo activo) los huecos pasan del colector a la base.
- ☐ La longitud de la región de agotamiento en la base se controla con la corriente  $I_B$ .
- ☐ Si la longitud de la zona de agotamiento aumenta, la corriente de colector aumenta.
- ☐ En la zona de corte, la base está completamente agotada de portadores de carga.

8. Sobre las regiones de operación del transistor BJT se afirma correctamente que:

1 Pt

- ☐ En activa directa, un incremento en  $V_{CE}$  aumenta la corriente  $I_C$ .
- ☐ En saturación fuerte, un incremento en  $V_{CE}$  aumenta la corriente  $I_C$ .
- ☐ En saturación fuerte, un incremento en  $I_B$  reduce la resistencia entre C-E.
- ☐ En activa inversa, el diodo B-C está polarizado en directa.
- ☐ En la zona de corte, la corriente  $I_C$  es exactamente cero sin importar  $V_{CE}$ .

9. Sobre los elementos parásitos del transistor BJT se afirma correctamente que:

1 Pt

- ☐ En activa directa, la capacitancia B-C es mayor que la capacitancia B-E.
- ☐ Con efecto Early, la corriente de colector depende de  $V_{DS}$  en activa directa.
- ☐ A El efecto Early incrementa la resistencia de salida del transistor.
- ☐ La resistencia de entrada  $r_\pi$  es independiente de la temperatura (asumiendo  $I_C$  constante).
- ☐ L Un transistor BJT ideal tiene una resistencia de entrada  $r_\pi = 0$ .

10. Con respecto a los mecanismos de conducción se afirma correctamente que:

1 Pt

- ☐ La suma de las corrientes  $I_C$ ,  $I_B$  e  $I_E$  es igual a cero.
- ☐ La corriente  $I_F$  es igual a  $I_C$  en magnitud.
- ☐ Los dos diodos deben conducir para que el transistor esté en modo activo.
- ☐ En la región activa inversa se puede sustituir el diodo B-E por un cortocircuito.
- ☐ El modelo Ebers-Moll simplificado se utiliza sólo para la región activa directa.

## Problemas

### Problema 1 Polarización de transistores

14 pts

Considere el circuito de la figura 1.1.

Los valores de  $\beta$  para los transistores 1 y 2 son  $\beta_1=100$ ,  $\beta_2=100$ , respectivamente. Asuma que el voltaje base emisor del transistor 1 es de 0.7 V y el voltaje de emisor base del transistor 2 es de 0.7 V. Las corrientes de base no son despreciables.

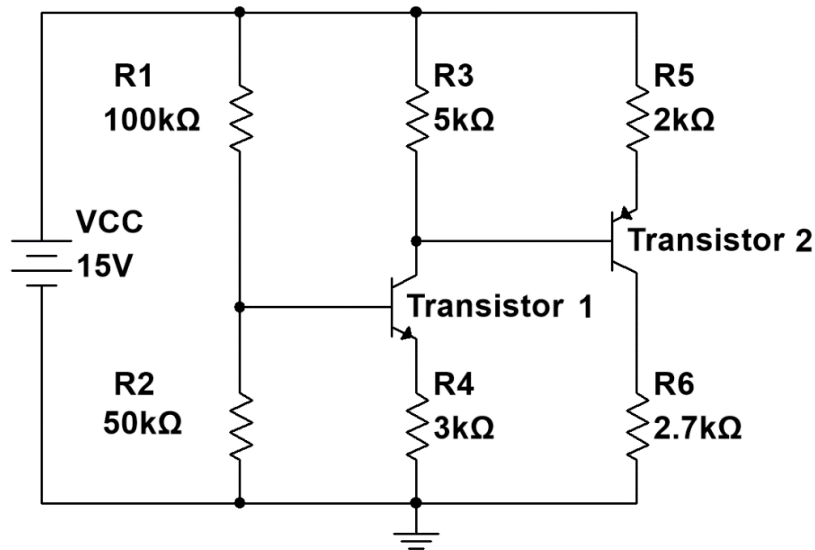


Figura 1.1: Configuración de transistores para análisis de polarización.

1.1. Determine la magnitud de todos los voltajes y las corrientes de los transistores de la tabla 1. 10 pts

Tabla 1. Punto operación del transistor

	Transistor 1	Transistor 2
$V_{BC}$		
$V_{CE}$		
$I_C$		
$I_E$		
$I_B$		

1.2. Determine la región de operación del transistor 1. Justifique su respuesta.

2 pts

1.3. Determine la región de operación del transistor 2. Justifique su respuesta.

2 pts

## Problema 2 Modelo de Pequeña Señal

14 pts

Utilizando el analizador de parámetros de semiconductores de Hewlett-Packard 4145B, se ha determinado la característica de salida y la característica de entrada de emisor común de un transistor bipolar y los resultados se muestran en las figuras 2.1 y 2.2. Considere que el punto Quiescente de operación está en  $I_B = 5 \mu A$  y  $V_{EC} = 10 V$ .

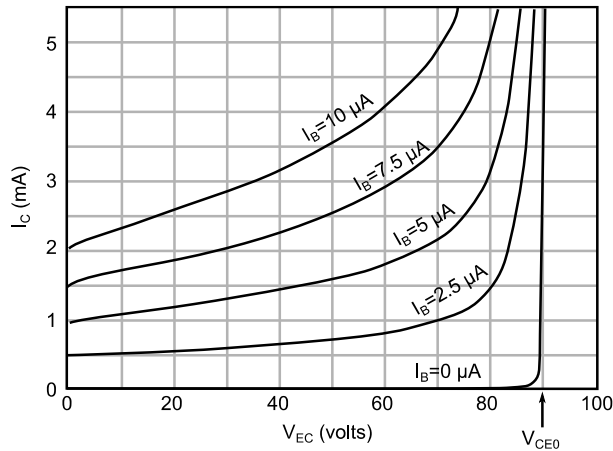


Figura 2.1: Característica de salida

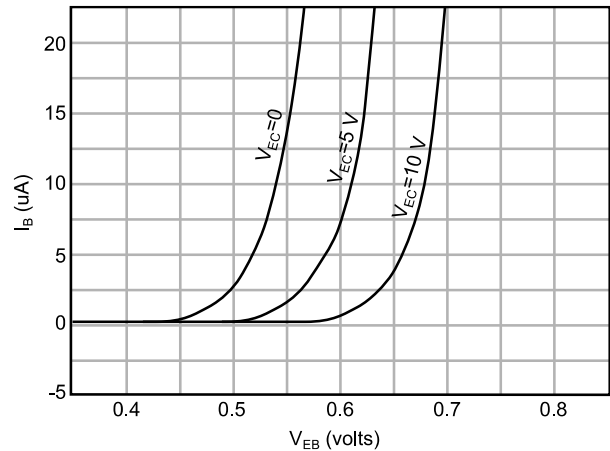


Figura 2.2: Característica de entrada

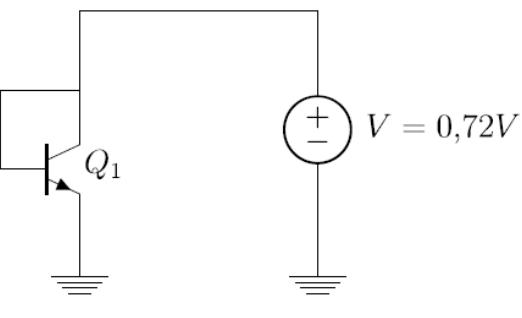
A partir de las gráficas proporcionadas, responda lo siguiente:

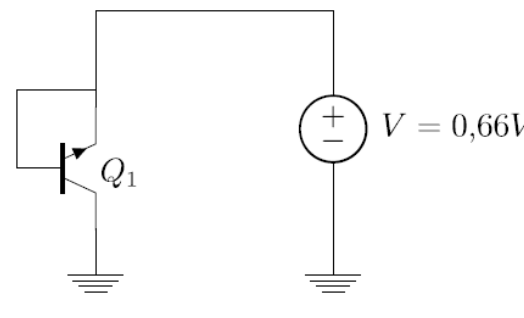
- 2.1. Indique el tipo de transistor descrito, en términos constructivos (tipos de dopado). 1 Pt
- 2.2. Señale la ubicación del punto Quiescente en ambas gráficas (utilice lapicero). 2 Pts
- 2.3. Determine el valor de la ganancia de corriente ( $\beta$ ). 1 Pt
- 2.4. Determine el valor de la corriente de subumbral ( $I_S$ ). 2 Pts
- 2.5. Determine el valor de  $V_{EB}$  que se utilizaría en el modelo lineal incremental. 1 Pt
- 2.6. Calcule los valores de  $g_m$  y  $r_{\pi}$ . 2 Pts
- 2.7. Dibuje el equivalente de pequeña señal del transistor descrito en su modelo  $\pi$ . 2 Pts
- 2.8. Si se invirtiese el tipo de material de todas las partes del transistor bipolar, es decir: la base, el colector y el emisor. ¿Cómo se vería el modelo de pequeña señal? Dibújelo si es necesario. 1 Pt
- 2.9. Proponga un método gráfico para obtener  $V_A$  a partir de las gráficas que se muestran. 2 Pts

### Problema 3. Modelo de Ebers-Moll

10 pts

A un transistor bipolar NPN modelo 2N2222 se le aplican las siguientes pruebas, de las cuales se obtienen los resultados mostrados.

Prueba 1	
	
VBE	0.72 V
IC	10.6864 mA
IB	55.3370 $\mu$ A
IE	10.7418 mA

Prueba 2	
	
VBE	0.66 V
IC	1.3792 mA
IB	Sin datos
IE	Sin datos

A) A partir de los resultados obtenidos en la prueba 1, determine los siguientes parámetros del modelo de Ebers-Moll:

3.1 La ganancia C-E de directa ( $\alpha_F$ )

1 Pts

3.2 La ganancia C-B de directa ( $\beta_F$ )

1 Pts

3.3 La corriente de subumbral del diodo B-E ( $I_{ES}$ )

2 Pts

B) A partir de los resultados obtenidos en la prueba 2, determine los siguientes parámetros del modelo de Ebers-Moll:

3.4 La corriente de subumbral del diodo B-C ( $I_{CS}$ )

2 Pts

3.5 La ganancia C-E de reversa ( $\alpha_R$ )

1 Pts

3.6 La ganancia C-B de reversa ( $\beta_R$ )

1 Pts

C) Calcule los valores desconocidos restantes de la prueba 2.

3.7 La corriente de base de la prueba 2 ( $I_B$ )

1 Pts

3.8 La corriente de emisor de la prueba 2 ( $I_E$ )

1 Pts