

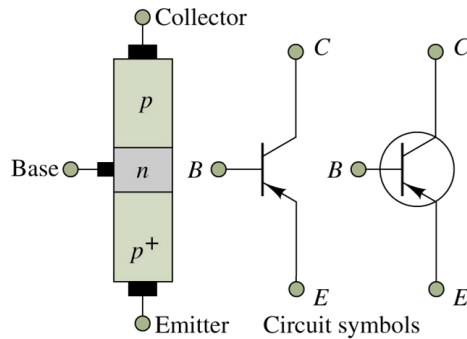
EL TRANSISTOR DE JUNTURA BIPOLAR

Temario

- ▶ Descripción
- ▶ Modo de operación
- ▶ Red de polarización
- ▶ Modelo a pequeña señal
- ▶ Amplificación de señal

Descripción

- ▶ El transistor bipolar de juntura (BJT) tipo PNP tiene dos secciones de semiconductor tipo P y una tipo N



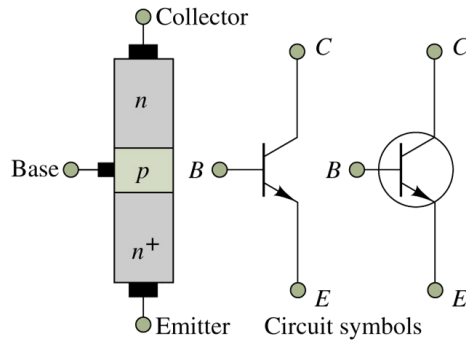
3

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Descripción

- ▶ El transistor bipolar de juntura (BJT) tipo NPN tiene dos secciones de semiconductor tipo N y una tipo P



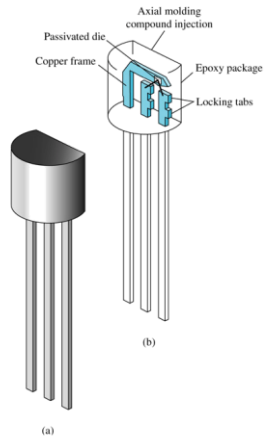
4

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Descripción

- ▶ Vista interna de un transistor bipolar típico



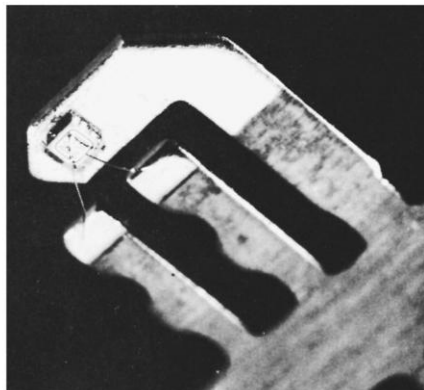
7

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Descripción

- ▶ Acercamiento en detalle del transistor y la estructura que le sirve de soporte



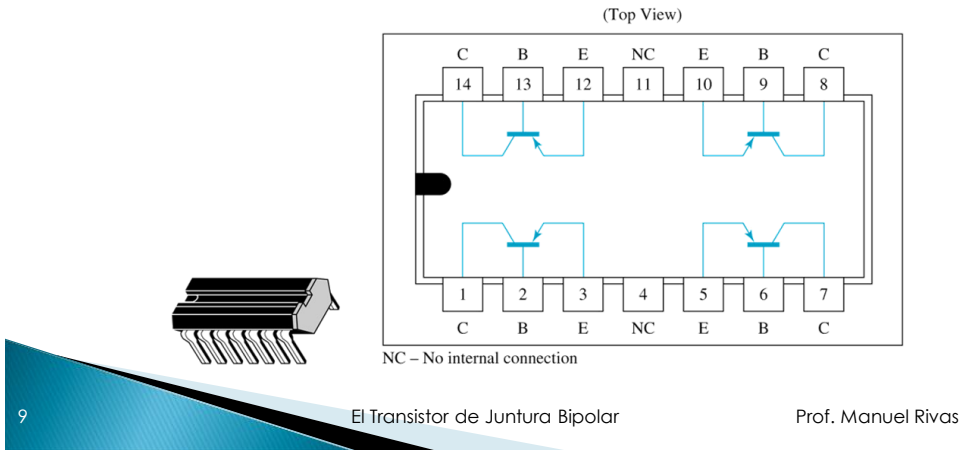
8

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

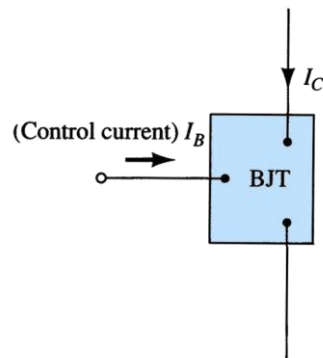
Descripción

- ▶ Ejemplo de una estructura tipo "chip" que permite encapsular cuatro transistores del mismo tipo y características



Modo de operación

- ▶ El transistor bipolar de juntura es un dispositivo electrónico controlado por corriente

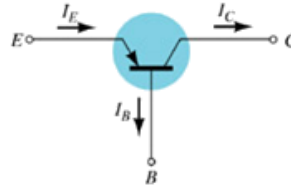


Modo de operación

- ▶ El transistor PNP puede ser visto como un gran nodo donde confluye un corriente de entrada (I_E) y dos corrientes de salida (I_C e I_B)

$$I_E = I_C + I_B$$

$$V_{EC} = V_{BC} + V_{EB}$$

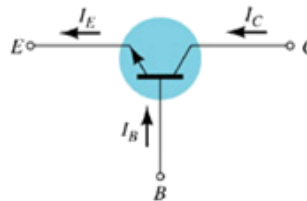


Modo de operación

- ▶ Transistor NPN puede ser visto como un gran nodo donde confluyen dos corrientes de entrada (I_C e I_B) y una corriente de salida (I_E)

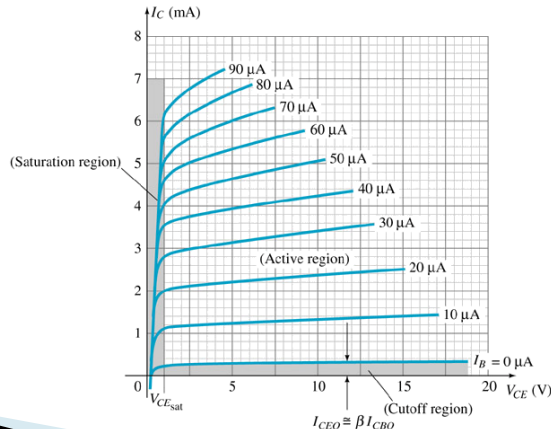
$$I_C + I_B = I_E$$

$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$



Modo de operación

- ▶ Curva característica del transistor bipolar NPN. En el PNP se refiere al V_{EC}



13

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Modo de operación

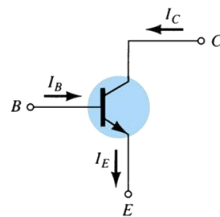
- ▶ En la región activa directa, la unión CB está apagada y la unión EB presenta una caída de tensión equivalente a la un diodo en directo

$$V_{BE} = 0.7V$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$I_E = (\beta + 1) \cdot I_B$$

$$I_C = \frac{\beta}{\beta + 1} \cdot I_E$$



14

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Modo de operación

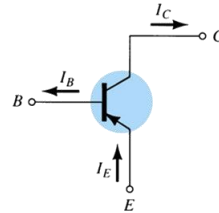
- ▶ En la región activa directa, la unión CB está apagada y la unión EB presenta una caída de tensión equivalente a la un diodo en directo

$$V_{EB} = 0.7V$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$I_E = (\beta + 1) \cdot I_B$$

$$I_C = \frac{\beta}{\beta + 1} \cdot I_E$$



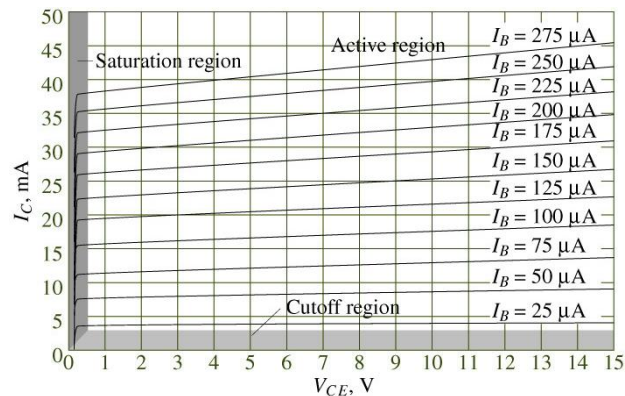
15

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Modo de operación

- ▶ El transistor utilizado posee la siguiente característica I_C vs V_{CE}



16

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Red de polarización

- Para poder trabajar, el transistor debe tener una red de resistores y fuentes de voltaje conectada a sus terminales

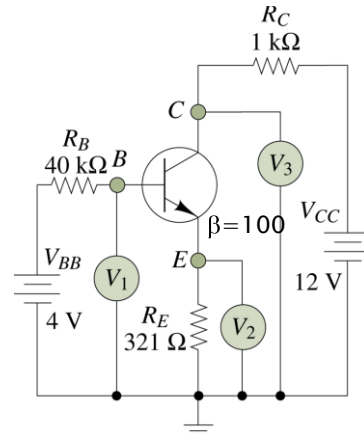
$$V_B = V_1$$

$$V_E = V_2$$

$$V_C = V_3$$

$$V_{BE} = V_1 - V_2$$

$$V_{CE} = V_3 - V_2$$



17

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Red de polarización

- Planteando las ecuaciones de malla y de nodo, se determina el punto de operación del transistor ($\beta=100$)

Malla Base-Emisor

$$V_{BB} - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

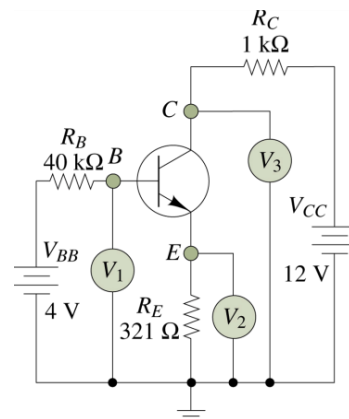
$$I_E = (\beta + 1) I_B$$

$$V_{BB} - I_B R_B - V_{BE} - (\beta + 1) I_B R_E = 0$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E} = 45.56 \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 4.56 \text{mA}$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B = 4.60 \text{mA}$$



18

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Red de polarización

- ▶ Planteando las ecuaciones de malla y de nodo, se determina el punto de operación del transistor

Malla Colector-Emisor

$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} - I_E R_E = 0$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

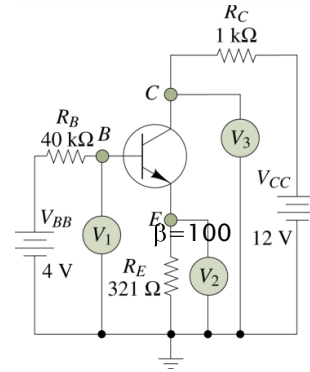
$$V_{CE} = 12V - 4.56V - 1.48V$$

$$V_{CE} = 5.96V$$

$$\text{Punto de operación } (6.96V, 4.56mA)$$

$$P_{CQ} = V_{CEQ} \cdot I_{CQ}$$

$$P_{CQ} = 27.17mW$$



19

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Red de polarización

- ▶ Para el circuito mostrado, se tiene que:
 $R_B = 62.7K\Omega$, $R_C = 375$, $V_{BB} = 10V$, $V_{CC} = 15V$, $V_{BE} = 0.6V$ y $\beta = 160$

Malla Base-Emisor

$$V_{BB} - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

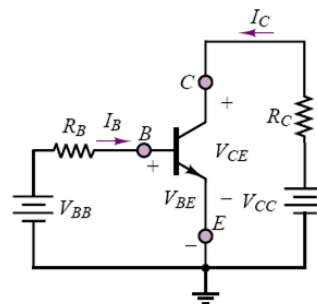
$$I_E = (\beta + 1) I_B$$

$$V_{BB} - I_B R_B - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = 150\mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 24mA$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B = 24.2mA$$



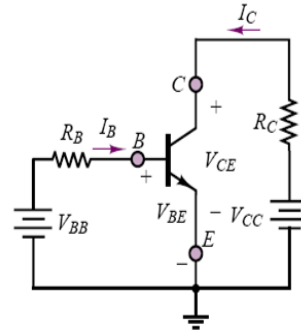
20

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Red de polarización

- Para el circuito mostrado, se tiene que:
 $R_B=62.7K\Omega$, $R_C=375\Omega$, $V_{BB}=10V$, $V_{CC}=15V$, $V_{BE}=0.6V$
 y $\beta=150$
 Malla Colector–Emisor
 $V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} = 0$
 $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$
 $V_{CE} = 15V - 9V$
 $V_{CE} = 6V$
 Punto de operación $6V, 24mA$
 $P_{CQ} = V_{CEQ} \cdot I_{CQ}$
 $P_{CQ} = 144mW$



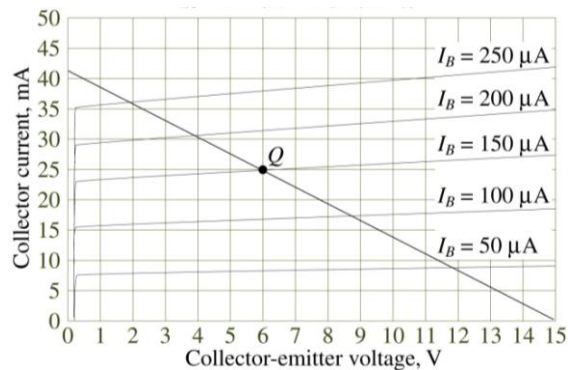
21

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Redes de polarización

- La intercepción de la ecuación de la malla Colector – Emisor con la curva característica produce el punto de operación del transistor



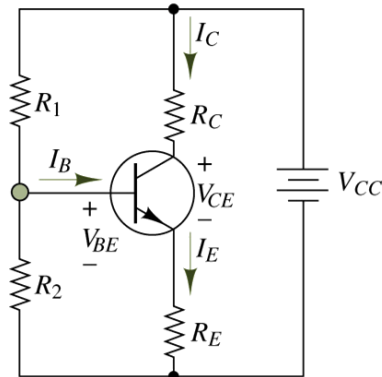
22

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Red de polarización

- ▶ Cuando se tiene una red de polarización como la mostrada, es posible aplicar el teorema de Thévenin para simplificar su análisis



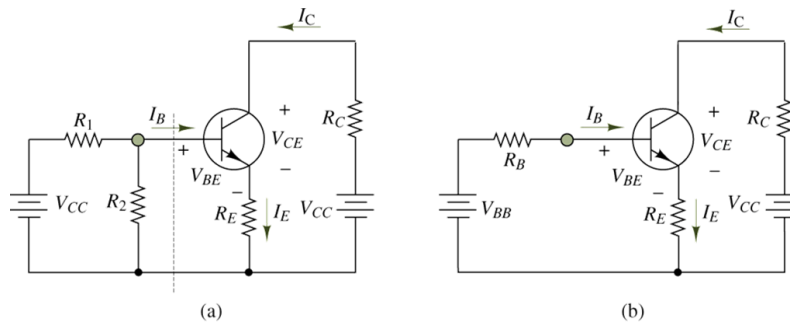
23

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Red de polarización

- ▶ Nos colocamos en la base del transistor y determinamos R_{TH} y V_{TH}



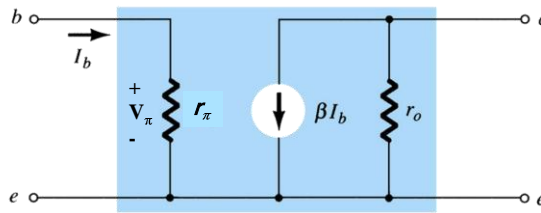
24

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Modelo de pequeña señal

- ▶ Cuando el transistor trabaja con señales que cambian en el tiempo, se reemplaza por un modelo equivalente o modelo híbrido π



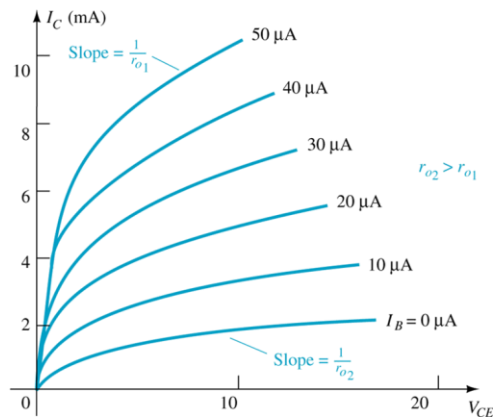
27

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Modelo de pequeña señal

- ▶ Efecto del parámetro r_o



28

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Modelo de pequeña señal

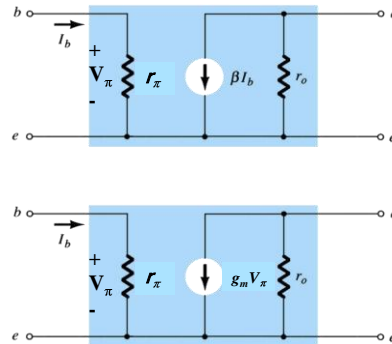
- Los elementos del modelo híbrido π se pueden determinar por las siguientes ecuaciones:

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m}$$

$$r_o = \frac{|V_A|}{I_{CQ}}$$

$$g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T}$$

$$g_m \cdot V_{\pi} = \beta \cdot I_b$$



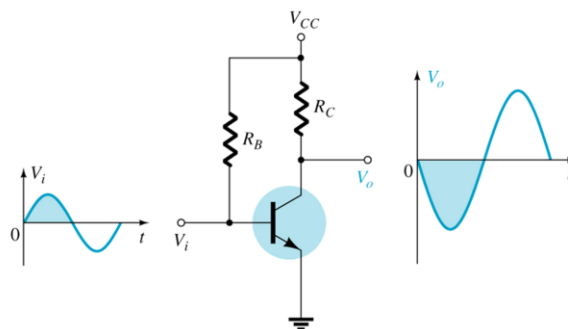
29

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- Cuando una señal es introducida al amplificador, se obtiene a su salida una señal de amplitud mayor a la original



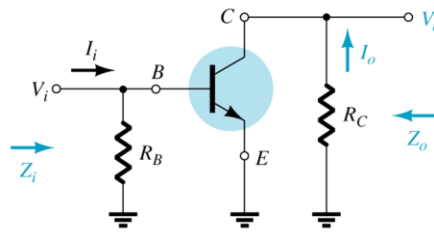
30

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- ▶ Circuito equivalente del amplificador en AC (apago las fuentes independientes y coloco en cortocircuito los capacitores)



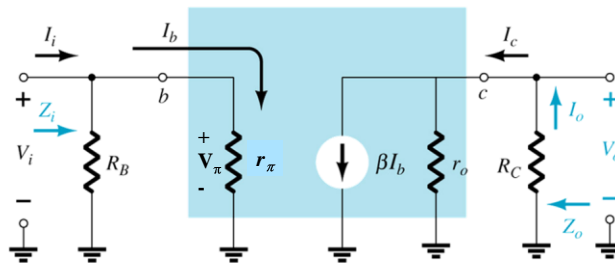
31

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- ▶ Sustituyo el transistor por su modelo equivalente y determino los parámetros del amplificador



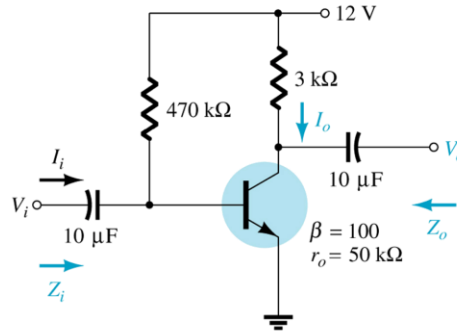
32

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- ▶ Le damos valores a los componentes del circuito



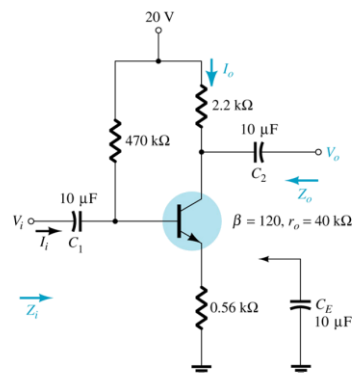
33

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- ▶ Para mejorar el punto de operación del transistor, se suele colocar un resistor en el emisor



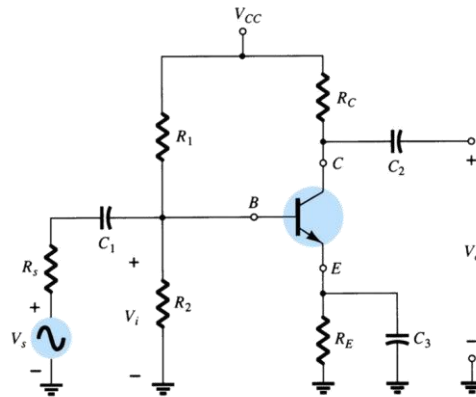
34

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- ▶ Ejemplo de análisis de un amplificador emisor común



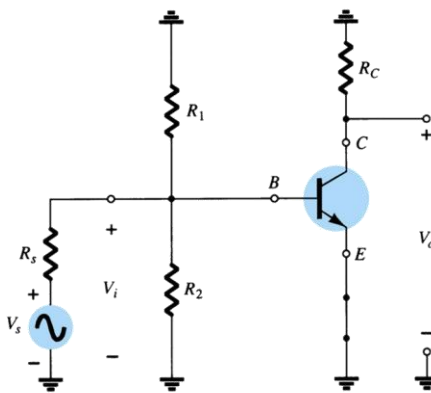
35

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- ▶ Circuito equivalente en AC del amplificador



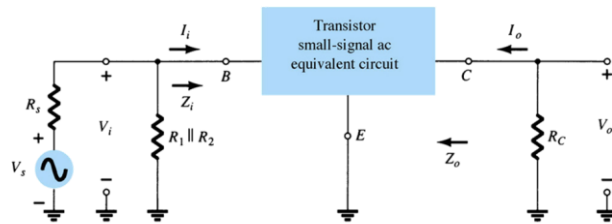
36

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- ▶ Simplificación del modelo equivalente



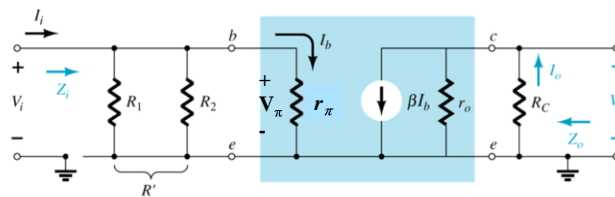
37

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- ▶ El circuito equivalente en AC del amplificador



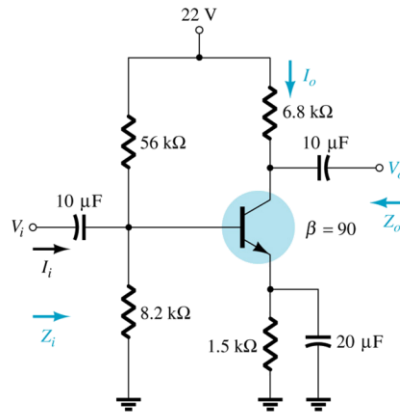
38

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- ▶ Le damos valores a los componentes del amplificador



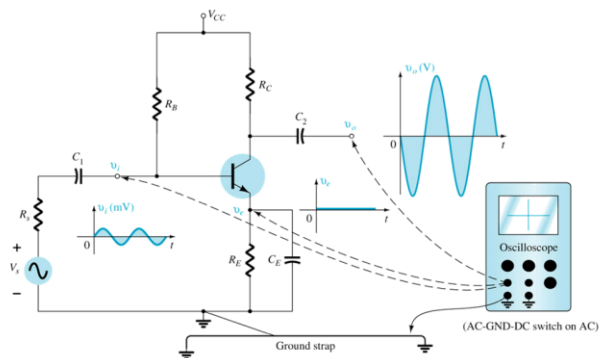
39

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- ▶ En el laboratorio, se puede visualizar el fenómeno de amplificación utilizando el osciloscopio



40

El Transistor de Juntura Bipolar

Prof. Manuel Rivas

Amplificación de señal

- ▶ Se pueden apreciar la señal de entrada en un o de los canales y tomar la señal de salida en el colector (emisor común) o en el emisor (colector común)

