

感測材料與節能應用實務

(MS_41160)

(Sensor Materials and Practices in Energy Conservation Applications)

陳怡嘉
Yijia Chen Ph.D.

Materials Science and Engineering, NDHU

Engineering Building II, C109 and
Stone & Resource Industry R&D Center

9:10-12:00
Fall, 2019

電晶體放大電路

Amplification Circuits

雙極性接面電晶體

https://www.youtube.com/watch?v=upe1T1023yo&list=PLI6pJZaOCTf3BGm_O2f4Xy2La0zJ4-4Ij

1. 雙極性電晶體的構造與特性
2. 電晶體之工作原理
3. 電晶體組態簡介
4. 電晶體之放大作用
5. 電晶體之開關作用

高中 陳以熙 電子學 I Unit 4 1 雙極性電晶體的構造及特性 PART A 1080 0511

https://www.youtube.com/watch?v=upe1T1023yo&list=PLI6pJZaOCTf3BGm_O2f4Xy2La0zJ4-4Ij&index=1

高中 陳以熙 電子學 I Unit 4 1 雙極性電晶體的構造及特性 PART B 1080 0511

https://www.youtube.com/watch?v=Z-5OX1vwMPi&list=PLI6pJZaOCTf3BGm_O2f4Xy2La0zJ4-4Ij&index=2

電晶體直流偏壓電路

<https://www.youtube.com/watch?v=v05MUfRPWz4&list=PLI6pJZaOCTf380WwFNujVyF2MRUYaJTrz>

1. 直流工作點
2. 固定偏壓電路
3. 回授偏壓電路
4. 分壓偏壓電路

高中 陳以熙 電子學 I Unit 5 2 固定偏壓電路 PART A 1080 0512

<https://www.youtube.com/watch?v=GGwRuDQMSRc&list=PLI6pJZaOCTf380WwFNujVyF2MRUYaJTrz&index=5>

高中 陳以熙 電子學 I Unit 5 3 1 射極回授偏壓電路 PART A 1080 0511

https://www.youtube.com/watch?v=gXE7JSY_z4&list=PLI6pJZaOCTf380WwFNujVyF2MRUYaJTrz&index=8

高中 陳以熙 電子學 I Unit 5 3 1 射極回授偏壓電路 PART B 1080 0511

<https://www.youtube.com/watch?v=cW9T9ptFzYY&list=PLI6pJZaOCTf380WwFNujVyF2MRUYaJTrz&index=9>

高中 陳以熙 電子學 I Unit 5 3 2 集極回授偏壓電路 PART A 1080 0511

<https://www.youtube.com/watch?v=9JDJl6dJLvi&list=PLI6pJZaOCTf380WwFNujVyF2MRUYaJTrz&index=11>



電晶體放大電路

<https://www.youtube.com/watch?v=7AXftiXHofs&list=PLI6pJZaOCTf1atmje9dshKLYw7AZz8VNw>

1. 電晶體放大器工作原理
2. 電晶體交流等效電路
3. 共射極放大電路
4. 共集極放大電路
5. 共基極放大電路

高工 陳以熙 電子學 電晶體放大電路 共射極放大電路 PART A 1080 0206

<https://www.youtube.com/watch?v=I0xCPI7LeaU&list=PLI6pJZaOCTf1atmje9dshKLYw7AZz8VNw&index=5>

高工 陳以熙 電子學 電晶體放大電路 共集極放大電路 PART A 1080 0206

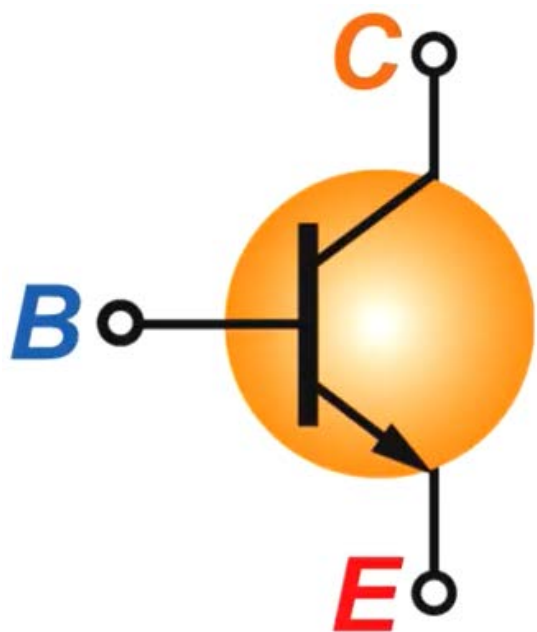
https://www.youtube.com/watch?v=KHAPa_QXkkc&list=PLI6pJZaOCTf1atmje9dshKLYw7AZz8VNw&index=13

電晶體交流等效電路

BJT的 π 型等效電路

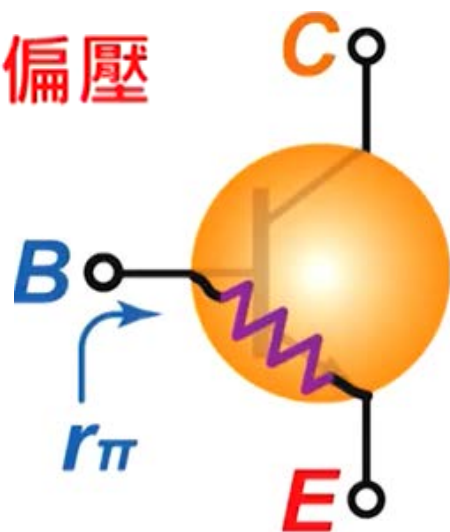
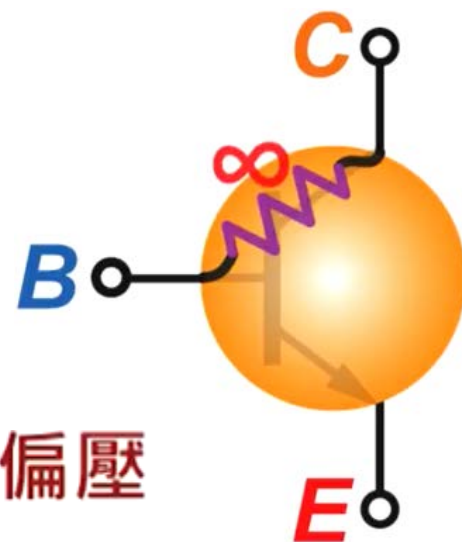
電學基本元件：

電阻器 (R)	
電容器 (C)	
電感器 (L)	
電壓源 (E)	
電流源 (I)	



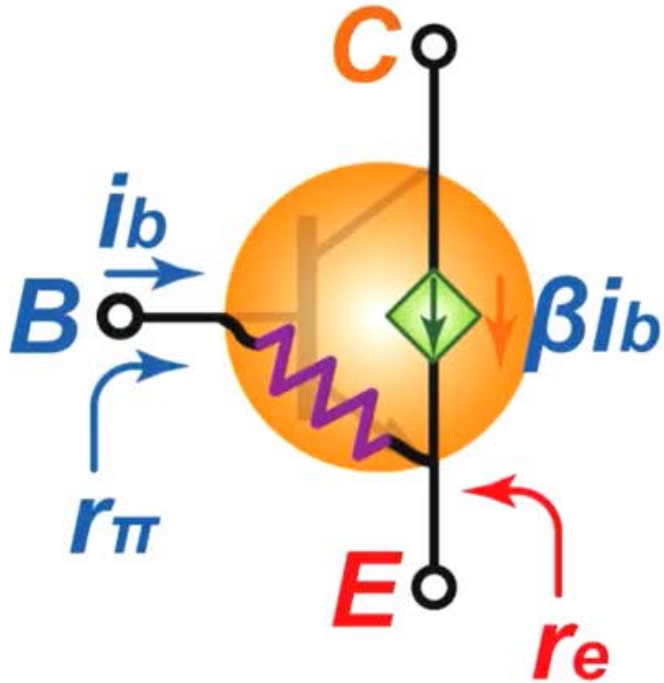
C-B 接合面：逆向偏壓

E-B 接合面：順向偏壓

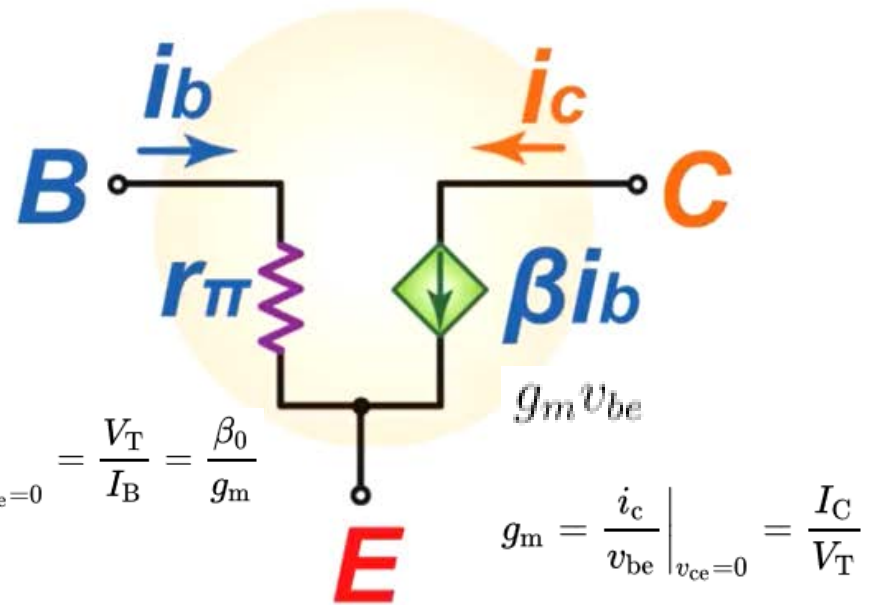


BJT的 π 型交流等效電路

在主動模式下

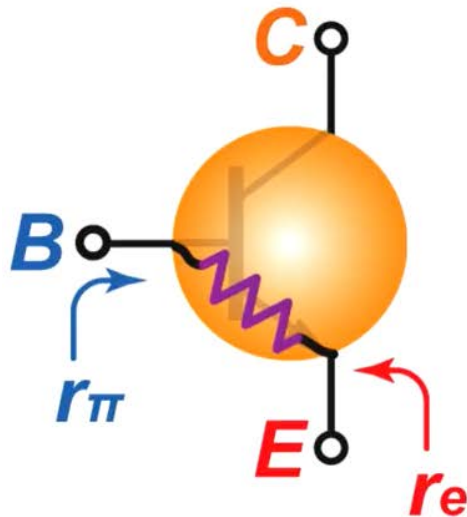


$$r_\pi = \left. \frac{v_{be}}{i_b} \right|_{v_{ce}=0} = \frac{V_T}{I_B} = \frac{\beta_0}{g_m}$$



$$g_m = \left. \frac{i_c}{v_{be}} \right|_{v_{ce}=0} = \frac{I_C}{V_T}$$

r_{π} 電阻估計(交流等效電路)



$$r_{\pi} = \frac{\eta V_T}{I_B} = \frac{26\text{mV}}{I_B} \text{ 或 } \frac{25\text{mV}}{I_B}$$

$$r_e = \frac{\eta V_T}{I_E} = \frac{26\text{mV}}{I_E} \text{ 或 } \frac{25\text{mV}}{I_E}$$

1. 交流小信號相對於工作點的平均電壓為 0 。
 - 所以要假設沒有驅動電壓下電子的流動。
2. 在放大電路下BE是順向偏壓，可視為一段具有電阻的導體。
3. 因此電子流過BE的驅動只能靠電子的 kT 能量。
4. kT 能量在室溫約為 0.0259 eV 。
5. 因此電子若在流過一段導體後就用盡其動能，則表示導體上仍有 0.0259 V 的壓差。
6. 單位時間能克服 0.0259 V 的壓差而流過這段導體的電子數量即為電流。

$$r_{\pi} = \frac{\eta V_T}{I_B} = \frac{\eta V_T}{\frac{I_E}{(1+\beta)}} = \frac{\eta V_T}{I_E} \times (1+\beta) = r_e \times (1+\beta)$$

$$r_{\pi} = r_e \times (1+\beta) \doteq \beta r_e$$

(r_{π} 的典型值約為1k Ω)

$$r_e = \frac{r_{\pi}}{(1+\beta)} \doteq \frac{r_{\pi}}{\beta}$$

(r_e 的典型值約為10 Ω)

範例

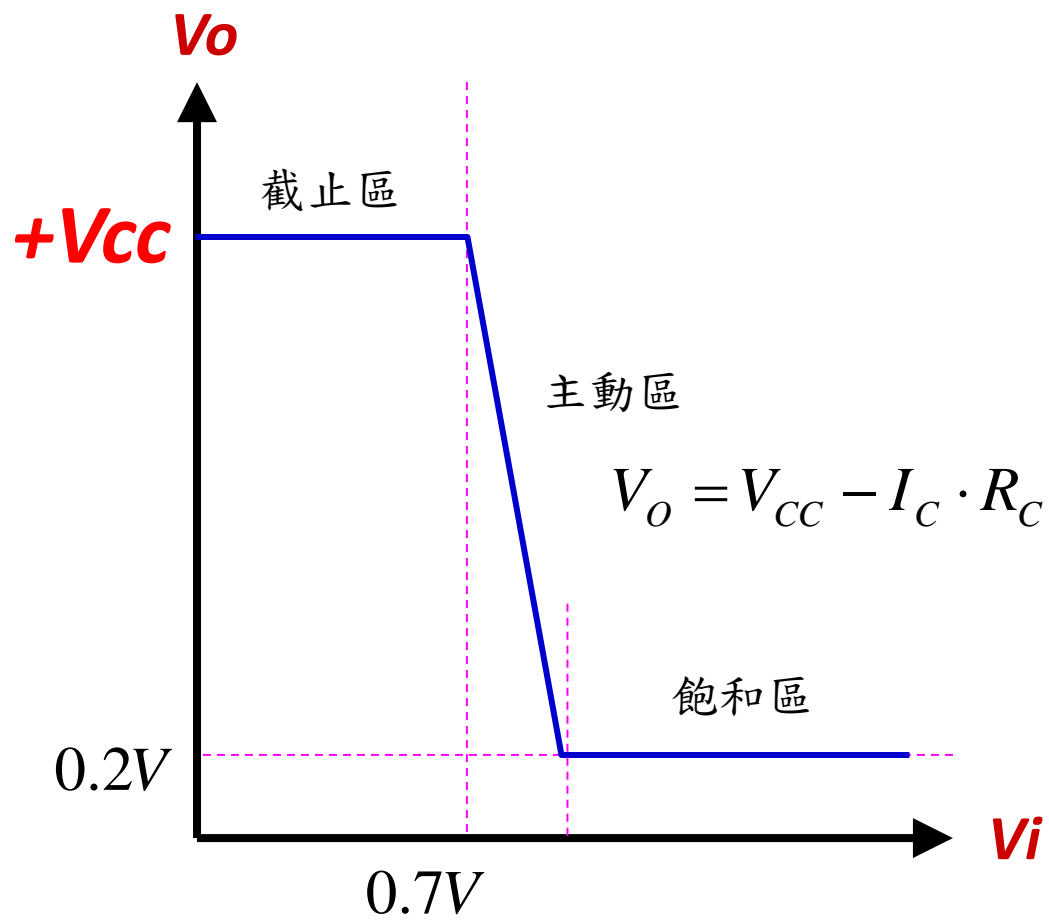
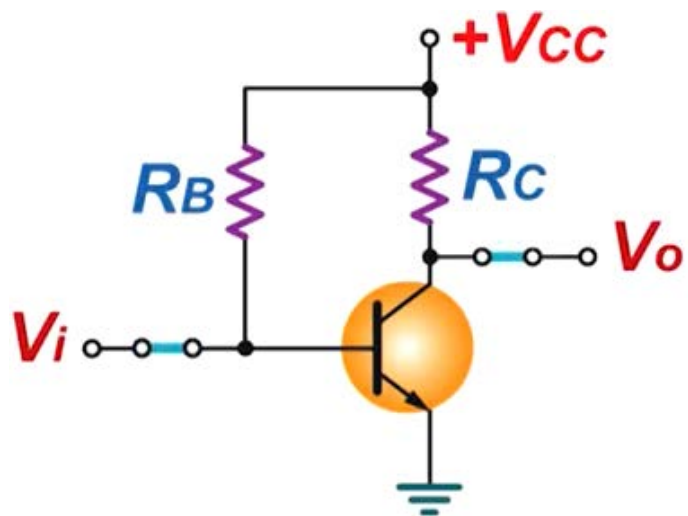
已知某電晶體的 β 值為100， I_E 電流為1.3mA，試求該電晶體的交流等效電阻 r_π 、 r_e 之值分別為多少？($\eta V_T = 26\text{mV}$)

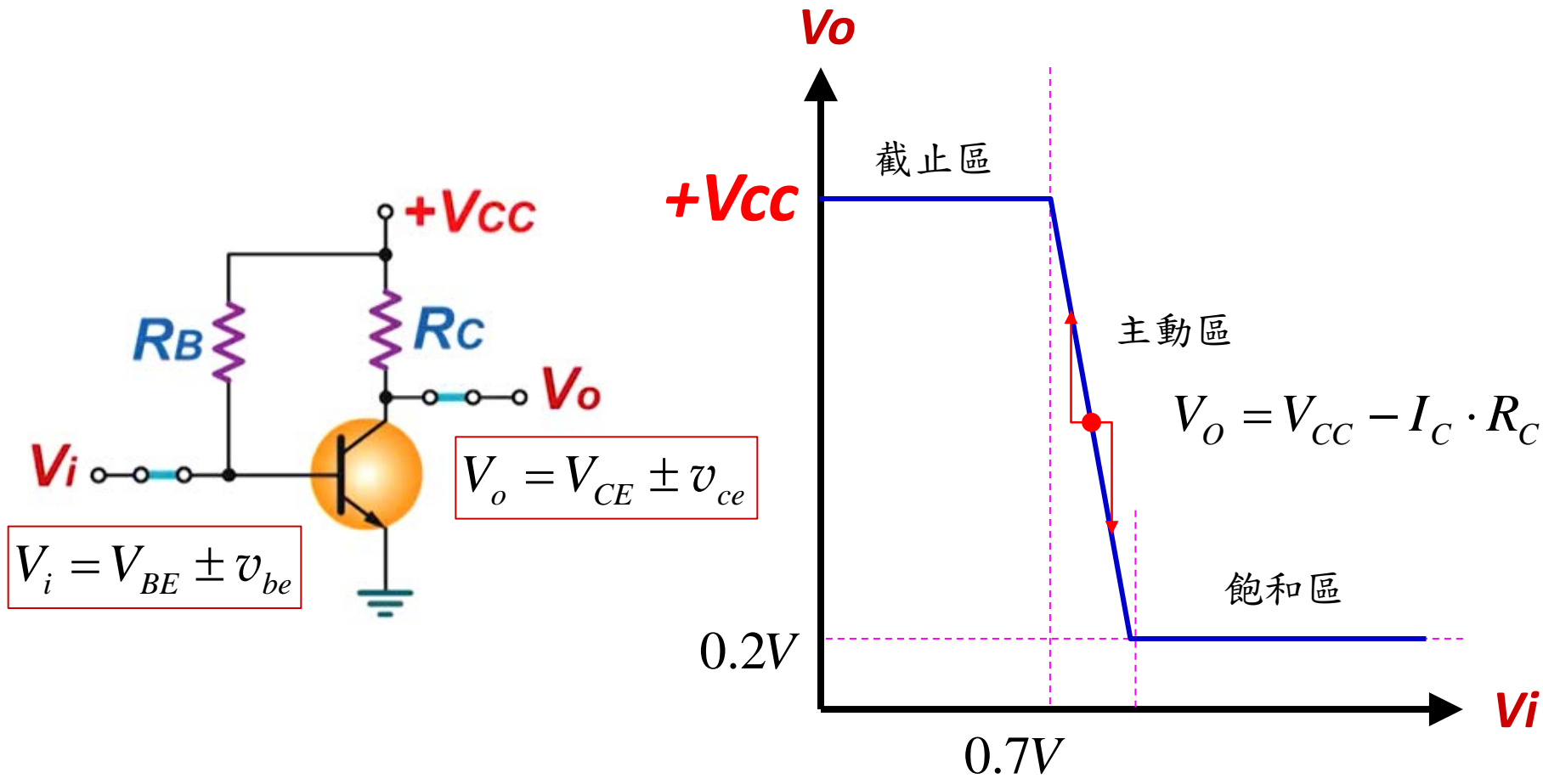
【解析】

$$\begin{aligned} r_e &= \frac{26\text{mV}}{I_E} = \frac{26\text{mV}}{1.3\text{mA}} \\ &= 20\Omega \end{aligned}$$

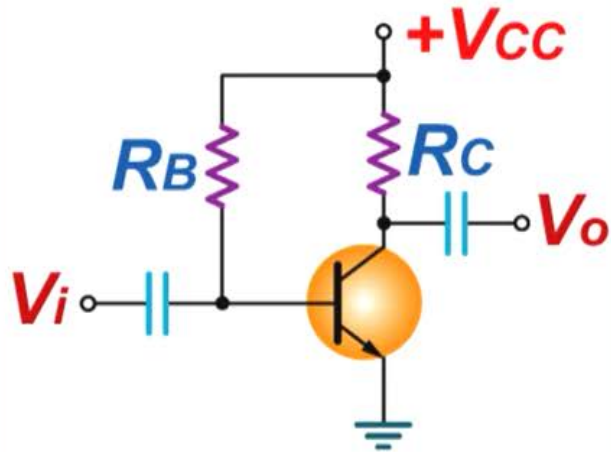
$$\begin{aligned} r_\pi &\doteq \beta r_e \\ &= 100 \times 20\Omega \\ &= 2\text{k}\Omega \end{aligned}$$

共射極放大電路





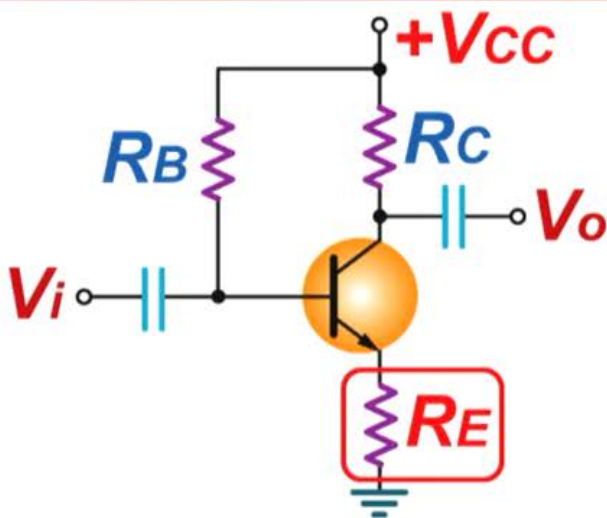
固定型偏壓電路



$$A_v$$

$$\frac{-R_C}{r_e}$$

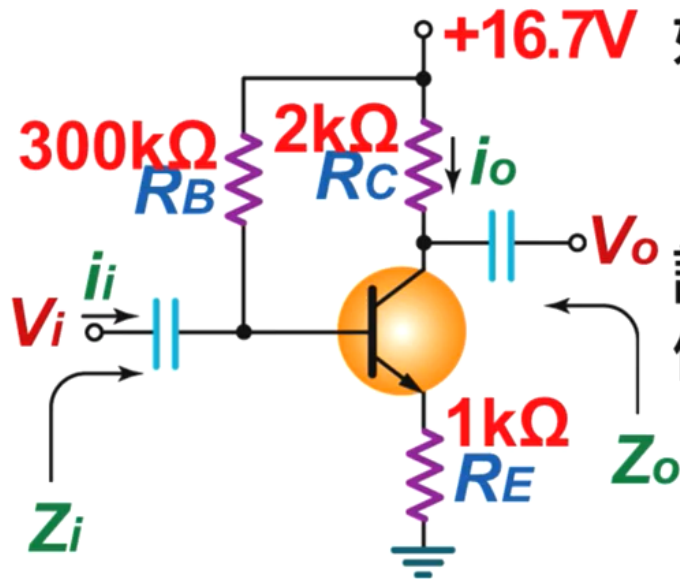
射極回授型偏壓電路



$$A_v$$

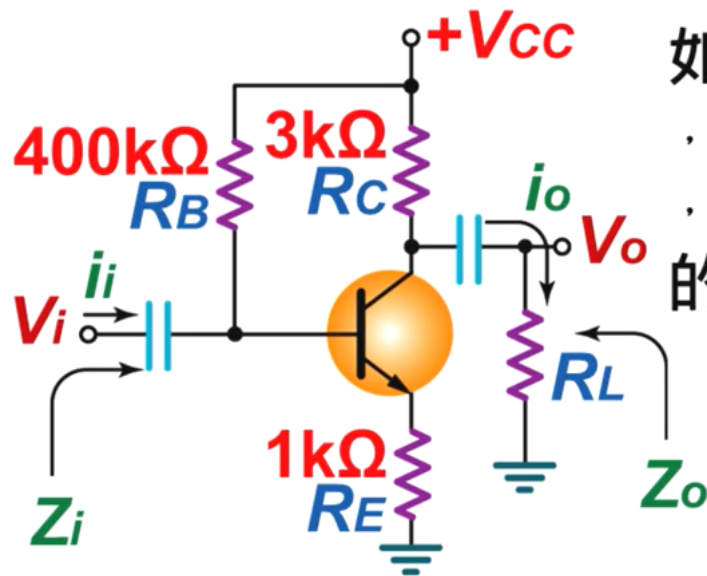
$$\frac{-R_C}{r_e + R_E}$$

範例1.



如圖所示電路，已知 $V_{CC}=16.7V$
· $R_B=300k\Omega$ · $R_C=2k\Omega$ · $R_E=1k\Omega$
· 電晶體的 $V_{BE}=0.7V$ · $\beta=100$ ·
試求該電路的 Z_i · Z_o · A_v · A_i 之
值分別為多少？ ($\eta V_T=24mV$)

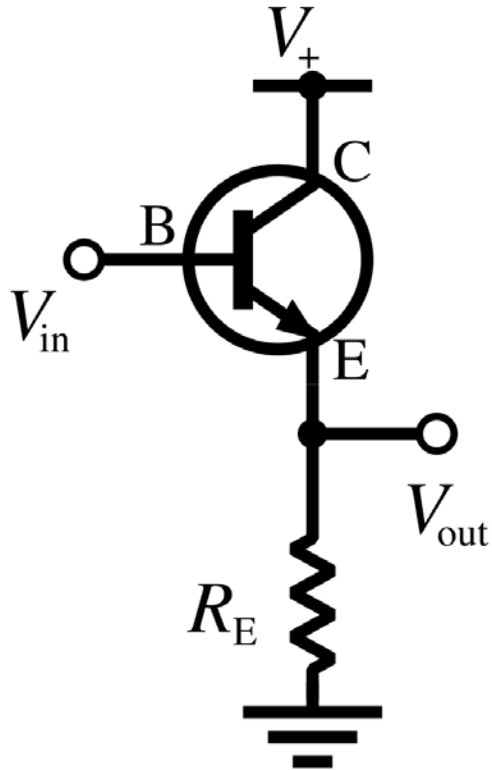
範例2.



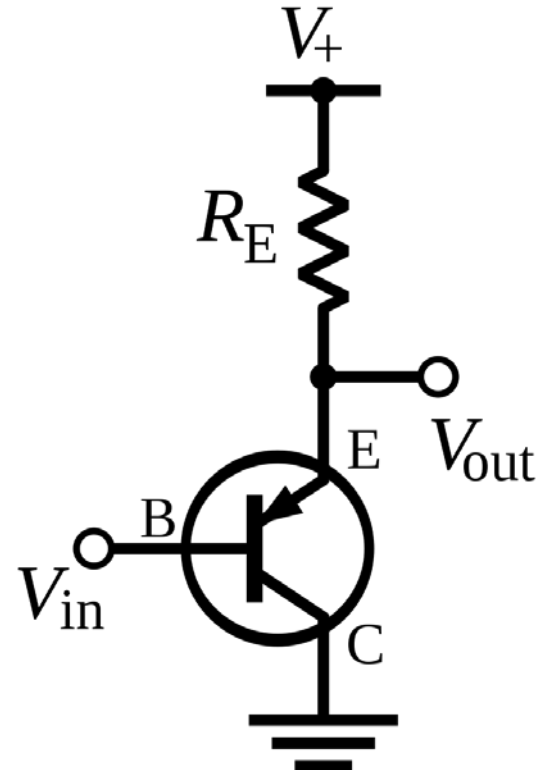
如圖所示電路，已知 $A_v = -2$
· $R_B = 400\text{k}\Omega$ · $R_C = 3\text{k}\Omega$ · $R_E = 1\text{k}\Omega$
· 電晶體的 $\beta = 100$ ，試求該電路的 Z_i 、 Z_o 、 A_i 之值分別為多少？

共集極放大電路

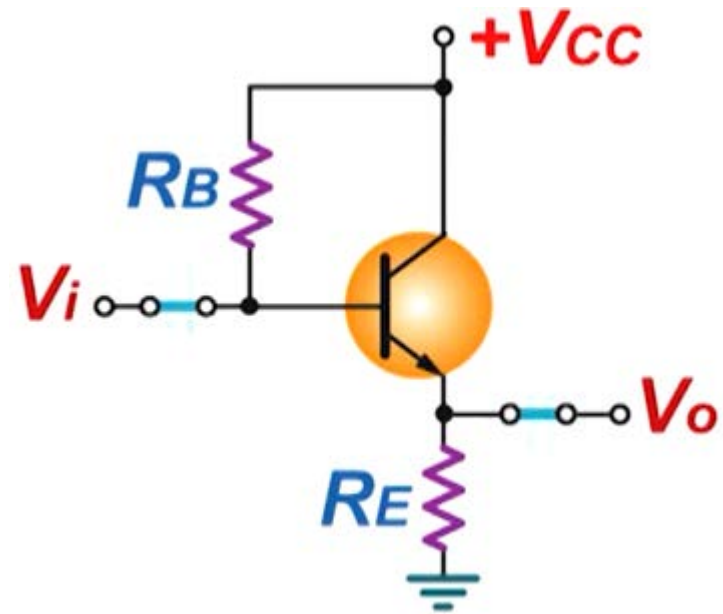
共集極電路也可以稱作射極隨耦器(emitter follower)



基本NPN型共集極電路

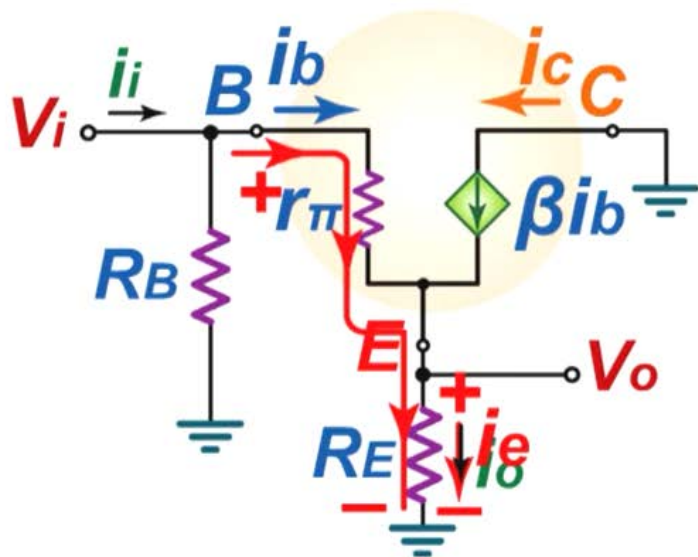


PNP形式的射極隨耦器電路



$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

計算電路的 A_v



$$\begin{aligned}
 &= \frac{(1+\beta) \times RE}{(r_{\pi} + (1+\beta) \times RE)} \\
 &= \frac{RE}{\frac{r_{\pi}}{(1+\beta)} + RE} = \frac{RE}{r_e + RE} \\
 &\leq 1
 \end{aligned}$$

射極隨耦器