

1. 共射極放大器 (其電路圖如下所示, 後面會講到這電路其實有問題 !!)

求 i_B 的方法:

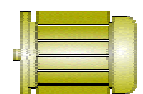
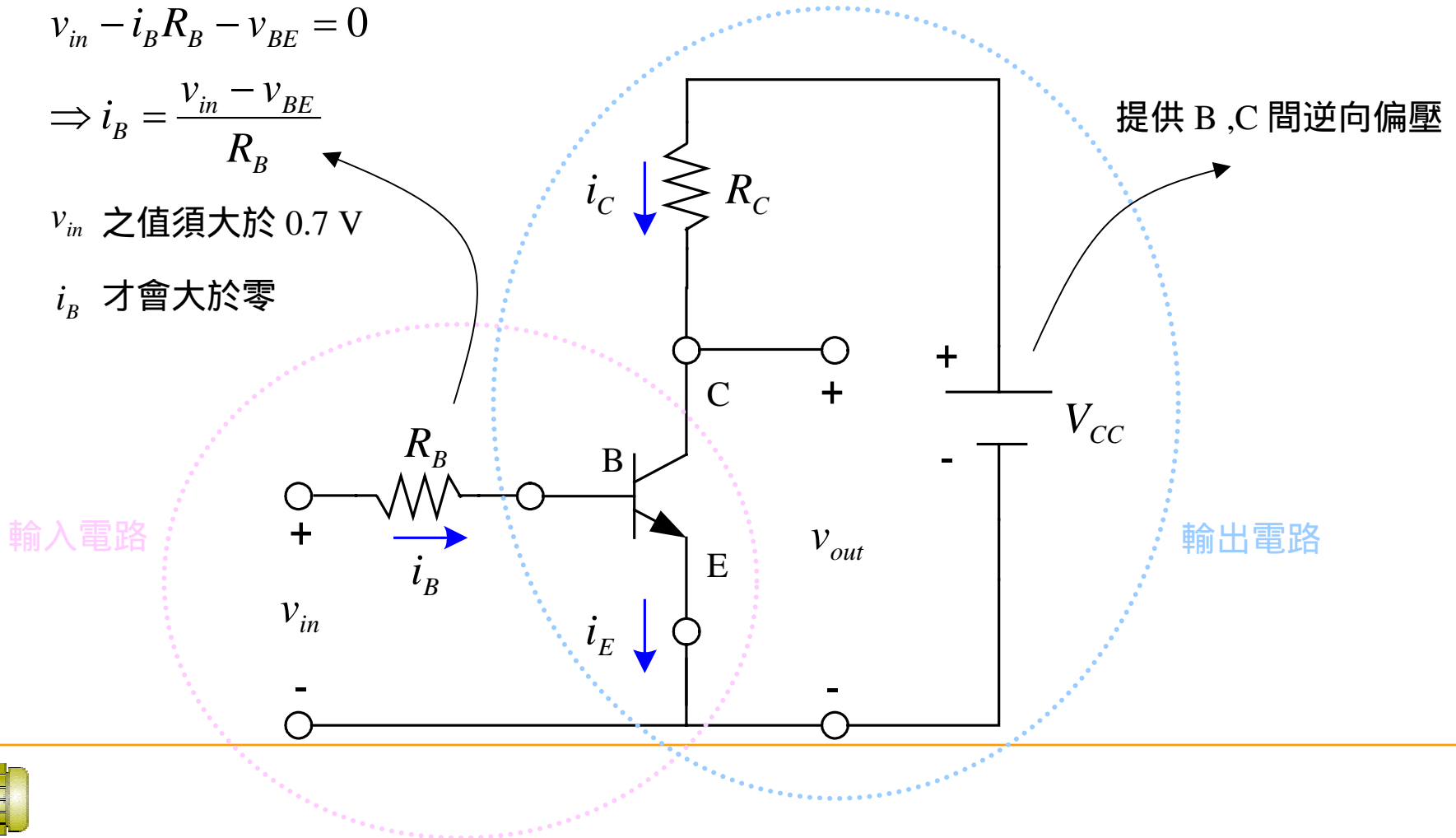
B, E 間之pn接面存在 0.7 V 之電壓差 $v_{BE} = 0.7 V$

$$v_{in} - i_B R_B - v_{BE} = 0$$

$$\Rightarrow i_B = \frac{v_{in} - v_{BE}}{R_B}$$

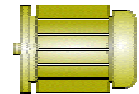
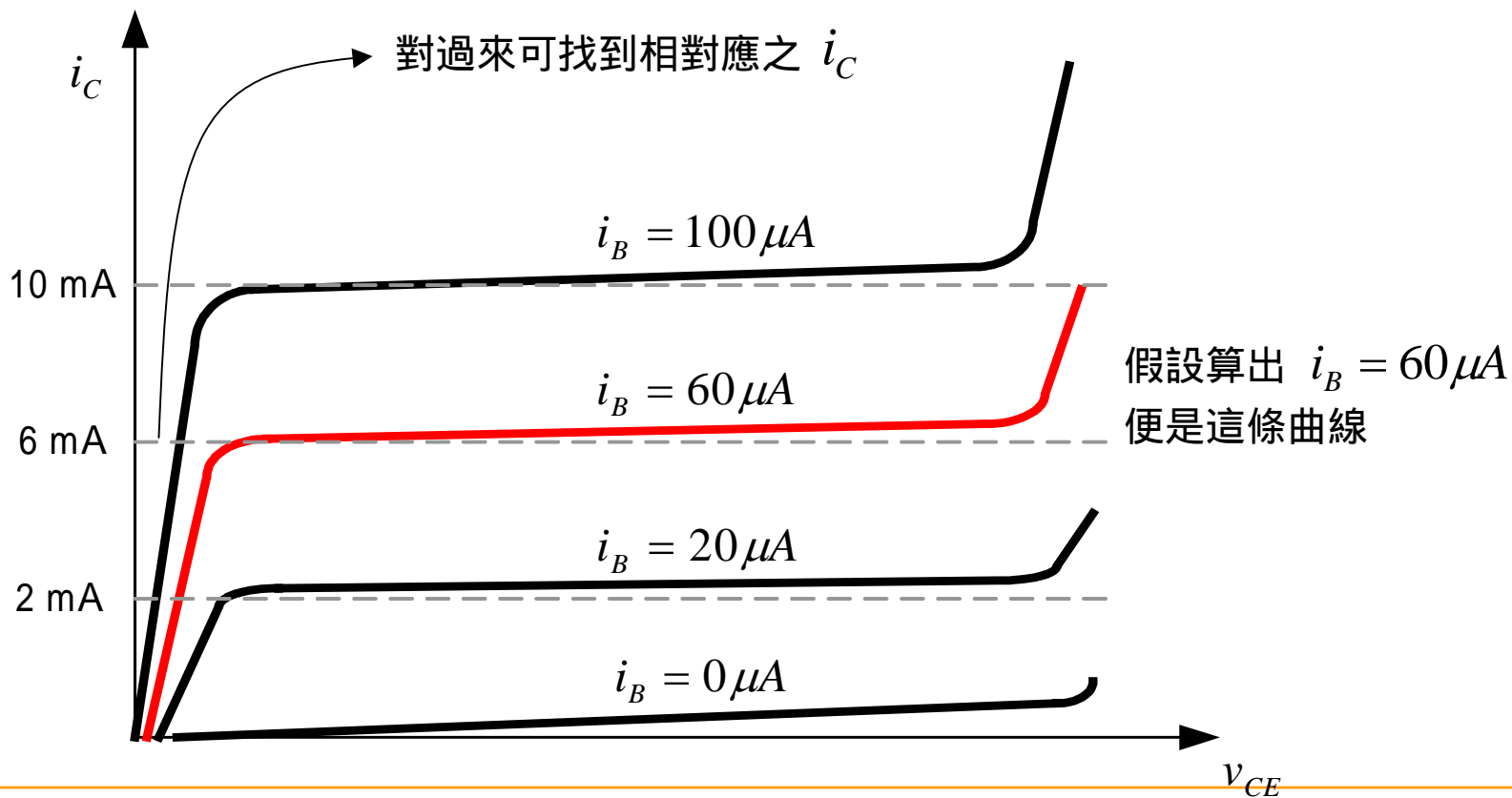
v_{in} 之值須大於 0.7 V

i_B 才會大於零



求 i_C 的方法：

- ❖ 對不同之 i_B ，可在電晶體之輸出端電壓電流 $v_{CE} - i_C$ 特性曲線圖上，找到相對應之曲線。



- ❖ 注意繪在圖中的只是部分的特性曲線，所算出之 i_B 值若剛好不是這些曲線中的某一條，該如何是好？

假設算出 $i_B = 70\mu A$
該是哪條曲線??



從既有之曲線預估出 i_B 至 i_C 間之放大倍率 β

$$i_B = 60\mu A \longrightarrow i_C = 6mA$$

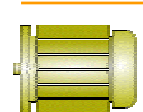
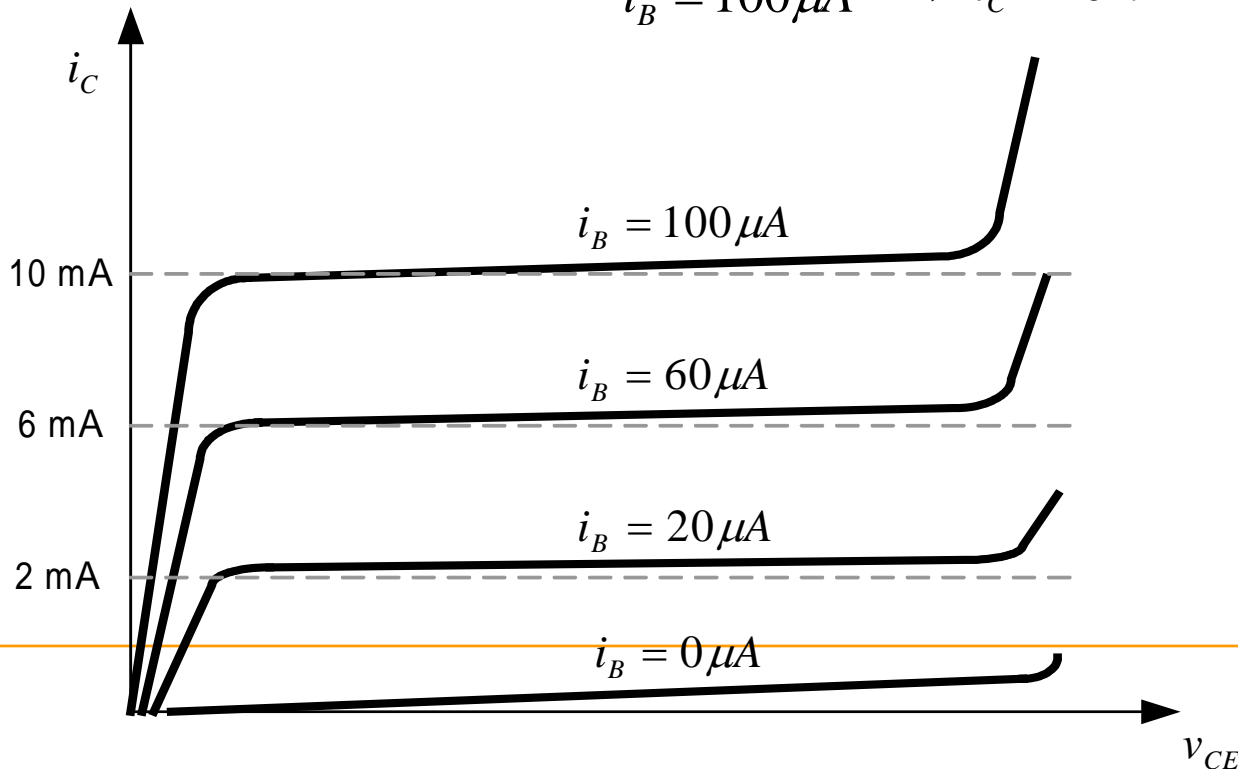
$$i_B = 100\mu A \longrightarrow i_C = 10mA$$

估一下 β 應該是
100



所以 $i_B = 70\mu A$
時

$$i_C = 7mA$$

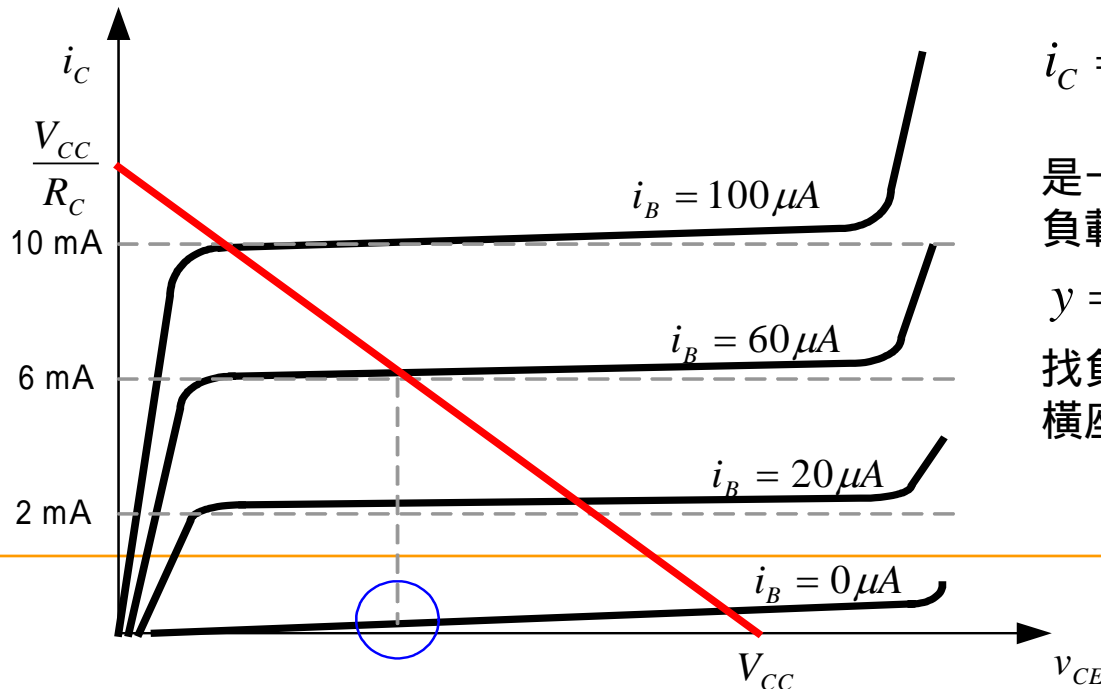


❖ 想要求 v_{CE} (也就是 v_{out}) , 有以下兩種方法:

(1) 由輸出電路中已知之 V_{CC} , R_C , 與前頁所得之 i_C , 由下式算出 v_{CE}

$$V_{CC} - i_C \cdot R_C - v_{CE} = 0$$

(2) 也可以將上式繪入特性曲線關係圖中



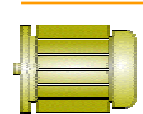
整理一下上式

$$i_C = \frac{V_{CC} - v_{CE}}{R_C} = \frac{V_{CC}}{R_C} + \left(-\frac{1}{R_C}\right) \cdot v_{CE}$$

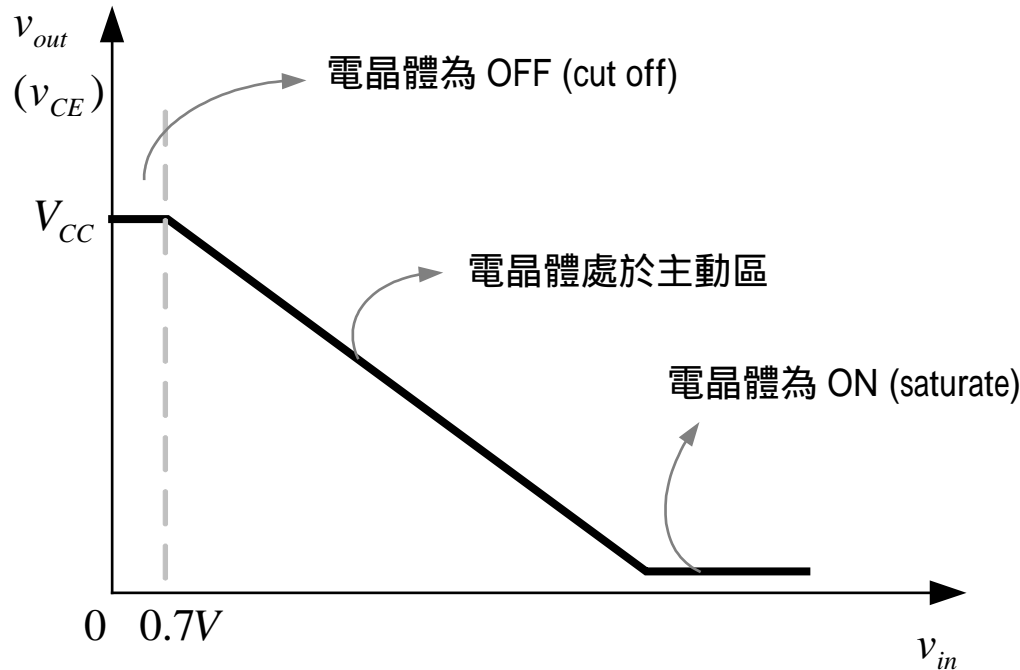
是一條斜率為負的直線方程式, 稱為
負載曲線 (Load Line)

$$y = b + (-a) \cdot x$$

找負載曲線與特性曲線之交點對應之
橫座標值即為 v_{CE}



輸入電壓與輸出電壓之關係



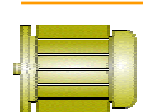
當輸入電壓小於 0.7 V，無法產生 i_B ，故亦無 i_C 產生，就像開關閥沒開，所以水管的水流不過去，所以稱此時之電晶體為 OFF
輸出電壓：

$$v_{CE} = V_{CC} - i_C \cdot R_C = V_{CC}$$

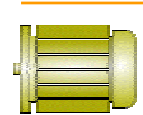
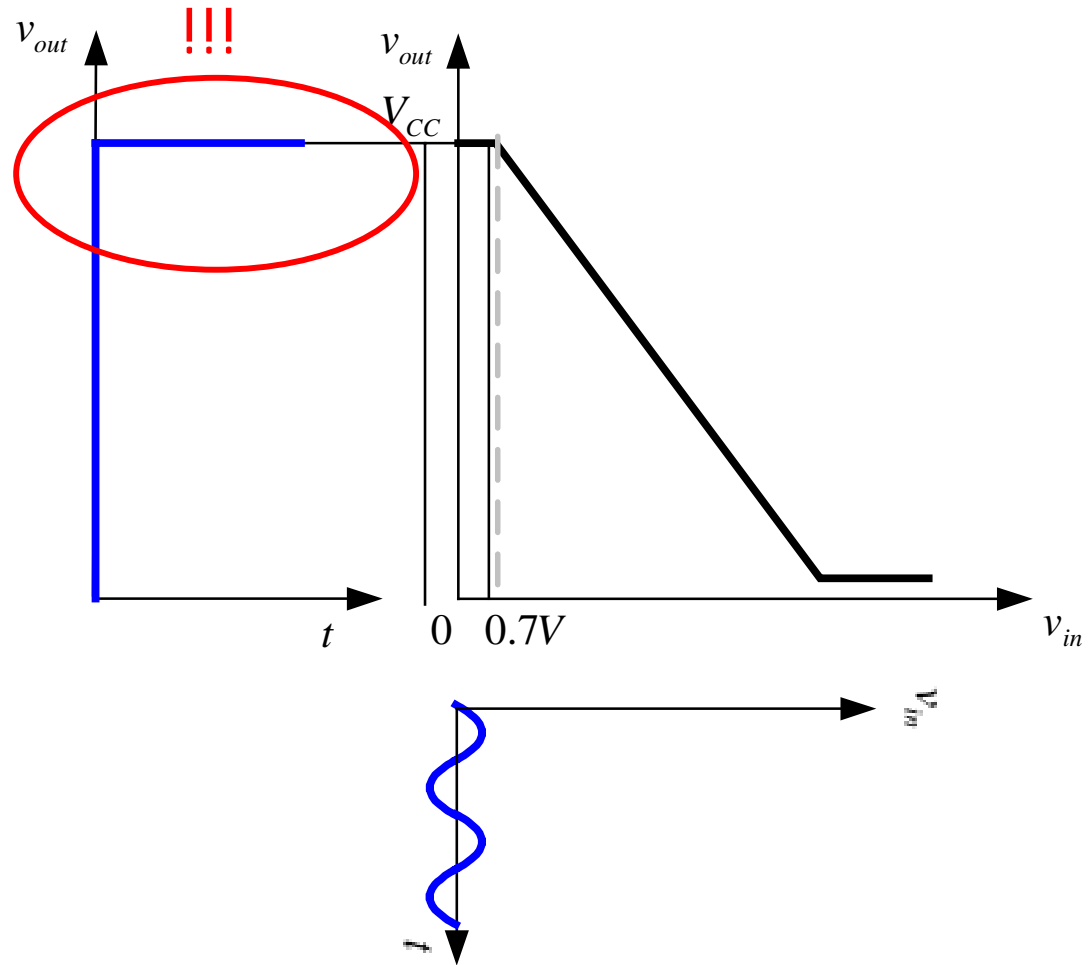
當輸入電壓由 0.7 V 開始增大，電晶體便處於主動區， i_B 與 i_C 成正比關係 (β 倍)，但 v_{in} 與 v_{out} 之關係則是反相放大，其放大倍率如下：

$$A_v = \frac{\Delta v_{out}}{\Delta v_{in}} = \frac{-\Delta i_C R_C}{\Delta i_B R_B} = -\beta \frac{R_C}{R_B}$$

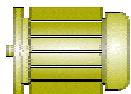
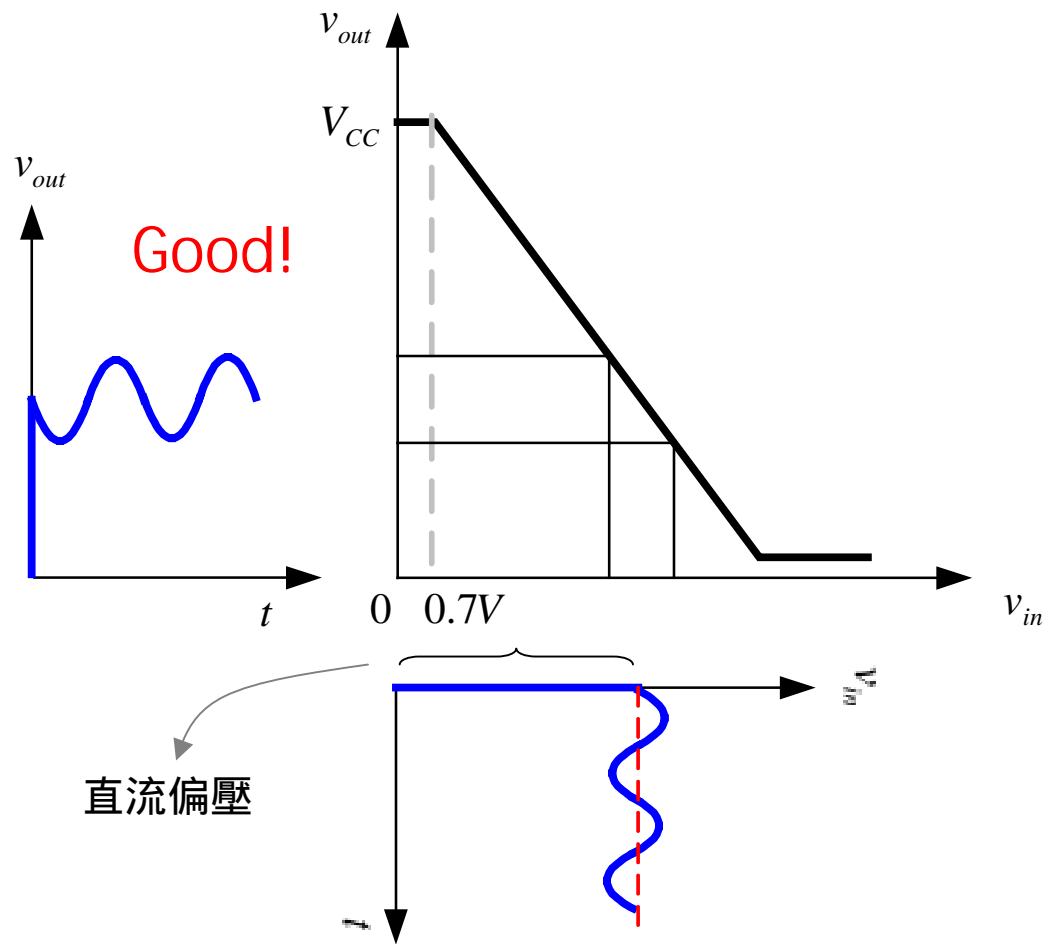
當輸入電壓持續增大，雖 i_B 會繼續增加，但流量則會達到一個飽和值，無法繼續增加，就像開關閥開到最大，此時水管會達到最大流量，故稱電晶體為 ON，而輸出電壓會維持在一微小定值。



- ❖ 由上頁可看出一個很重要的觀念：
- ❖ 假設輸入電壓是在 0 V 附近擺動的微小訊號。
- ❖ 我們想要透過反相放大器來放大此訊號。
- ❖ 結果若輸入電壓連 0.7 V 的限制都過不了，導致電晶體一直在 OFF 狀態，輸出電壓動也不動，這樣怎麼行??

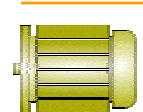
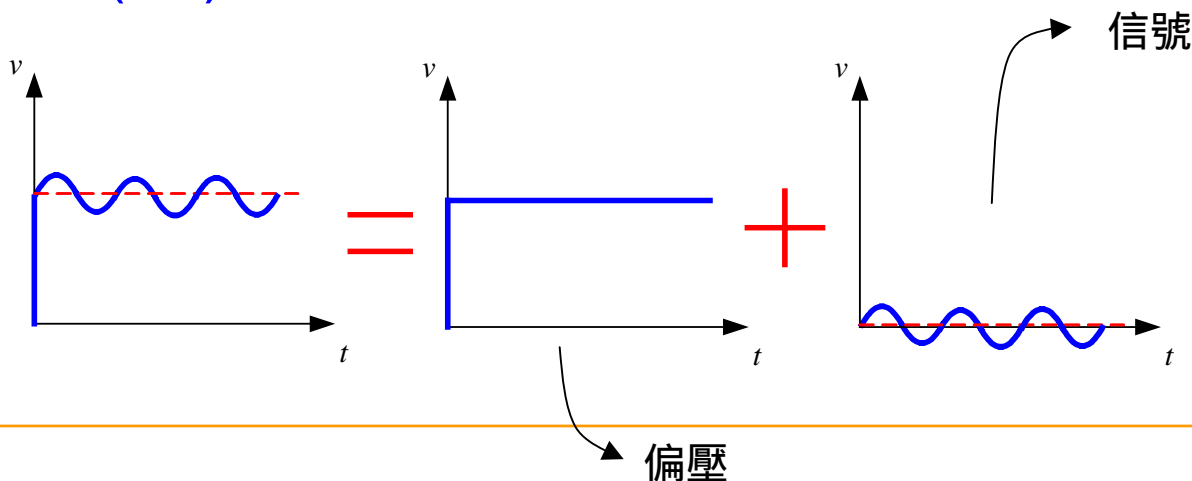


- ❖ 如果我們額外提供輸入電壓一個直流的偏移電壓 (直流偏壓), 便能將輸入電壓控制在主動區內, 才能正常進行放大功能。
- ❖ 這也就是所謂的要選擇適當之工作點。
- ❖ 好的工作點可以使原件避開非線性區域, 讓其特性盡量呈線性變化。



補充一下（交流何也？直流何也？）

- ❖ 所謂類比電路，就是接收類比電壓 (或電流)作為輸入，並將之複製成相關的類比電壓作為輸出。
- ❖ 不管是輸入電壓或輸出電壓，我們都可以將此電壓看成是訊號與偏壓兩部分之合成：
 1. 信號 (signal)：為帶有資訊之波動，類比電路設計師對此比較有興趣。
 2. 偏壓 (bias)：一固定的dc準位。



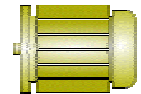
❖ 符號說明：

$$i_B = I_B + i_b$$

總和 (上標小寫, 下標大寫)

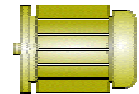
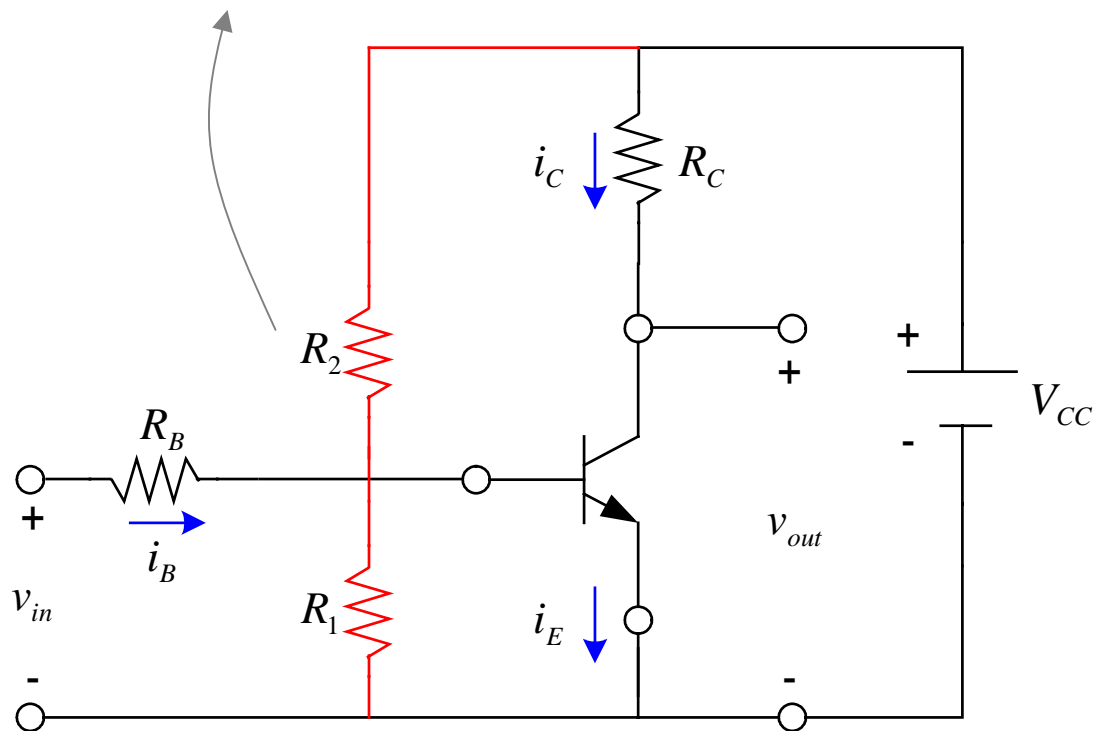
偏壓 (上標大寫, 下標也大寫)

信號 (上標小寫, 下標也小寫)



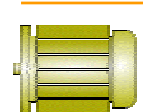
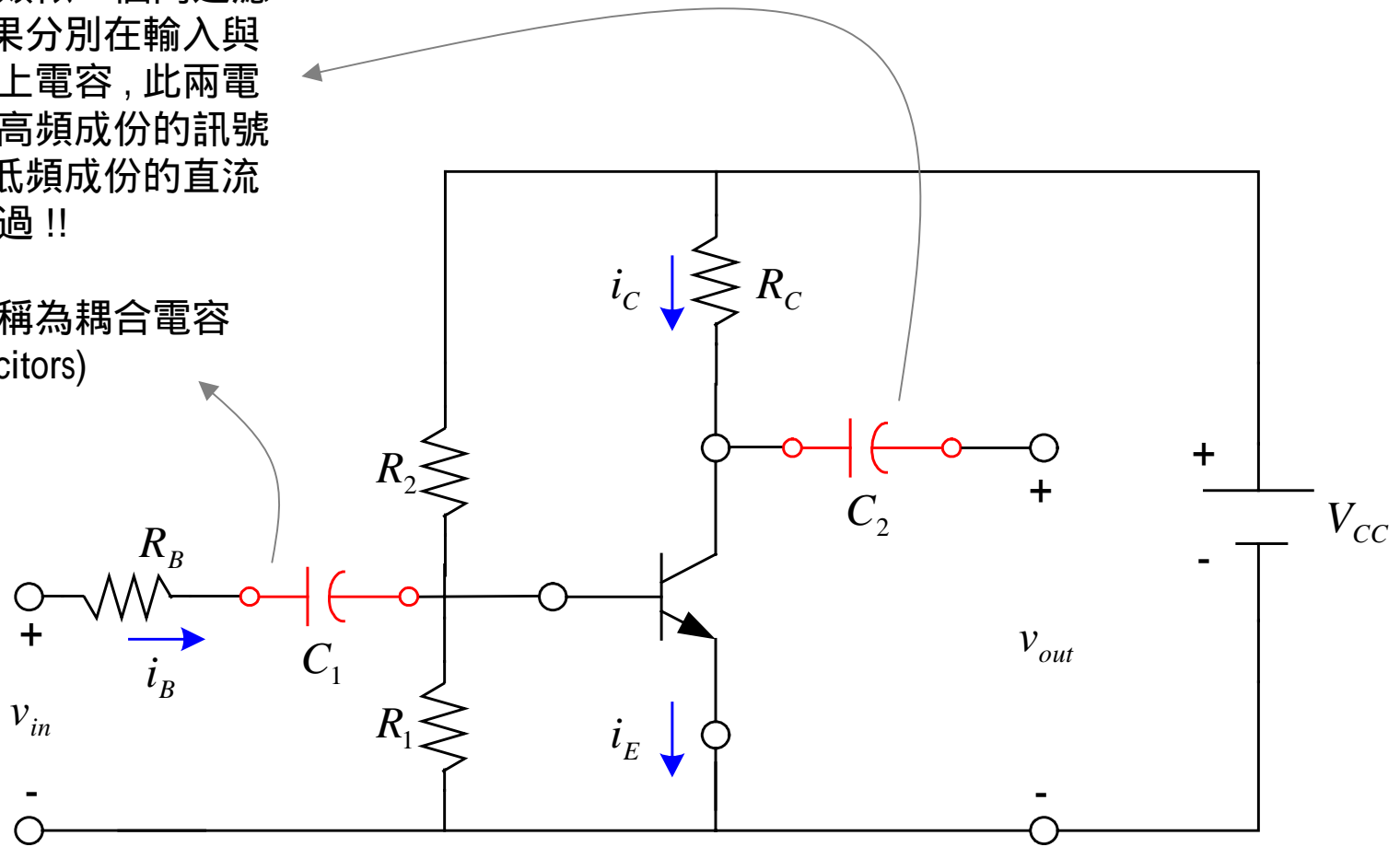
- ❖ 另外又有問題，如果本來輸入電壓就有直流偏壓，我們又幫它加一個直流偏壓，豈不是會暴掉??
- ❖ 另外，在輸出電壓端，我們也希望只留下訊號部分，而不要有直流偏壓部分。
- ❖ 如何解決此問題，請接著往下看：

借用 V_{CC} ，並且利用分壓定理可以設計我們想要的偏壓值！



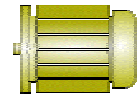
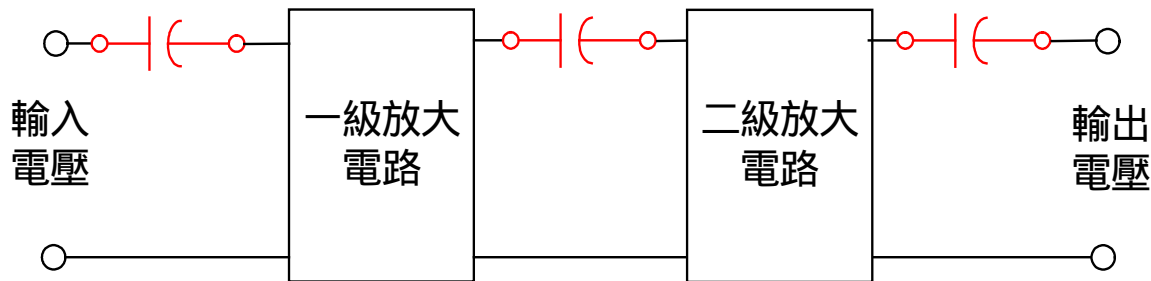
我們知道電容類似一個高通濾波器，因此如果分別在輸入與輸出端各自接上電容，此兩電容即可讓屬於高頻成份的訊號通過，而屬於低頻成份的直流偏壓則無法通過！！

此兩電容通常稱為耦合電容 (Coupling Capacitors)



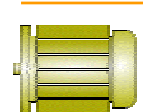
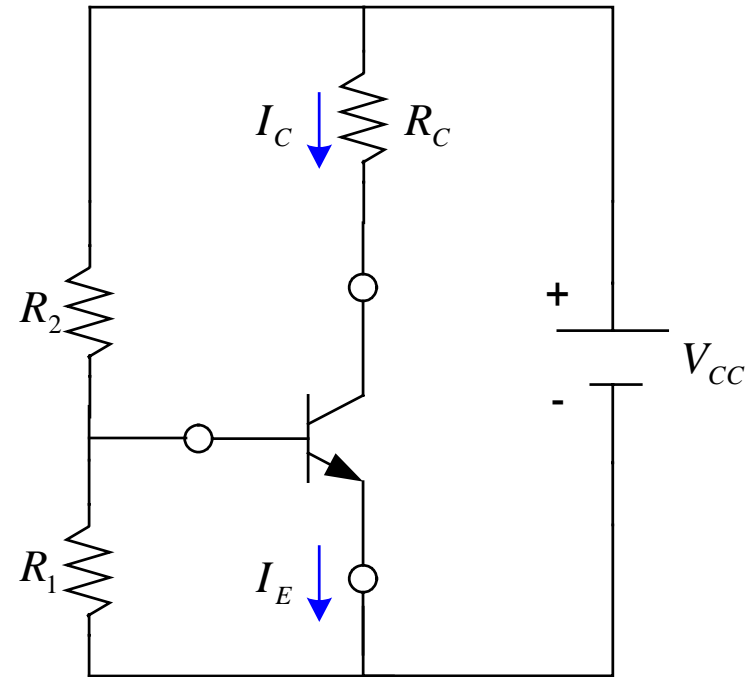
再補充一下

- ❖ 通常要放大一個訊號，譬如放大 1000 倍，不能只靠一個電晶體來完成 (容易使輸出進入非線性區)，而是會分成好幾次慢慢放大，也就是譬如一次放大 $\sqrt{10}$ 倍，連續接 6 個同樣放大倍率的放大電路就可以使原訊號放大 1000 倍。
- ❖ 專業術語稱其中的一個小倍率放大電路為一‘級’ (stage)。
- ❖ 某一級的輸出就是下一級的輸入，因此在級與級之間都要用耦合電容來避免直流偏壓進入放大電路中。



直流分析 (找尋放大電路的工作點)

- ❖ 前面提過，設計好的偏壓可以讓放大電路工作在主動區域 (線性放大)。
- ❖ 如右圖，如何設計 R_1 與 R_2 之值，以達到我們想要的偏壓??
- ❖ 在做直流分析的時候，從 v_{in} 來的交流訊號可以忽略不看，因為對直流偏壓來講，它只是微小的波動，對分析結果影響不大。
- ❖ 輸出端跟直流偏壓也沒關係，因此可簡化成右圖：



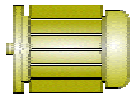
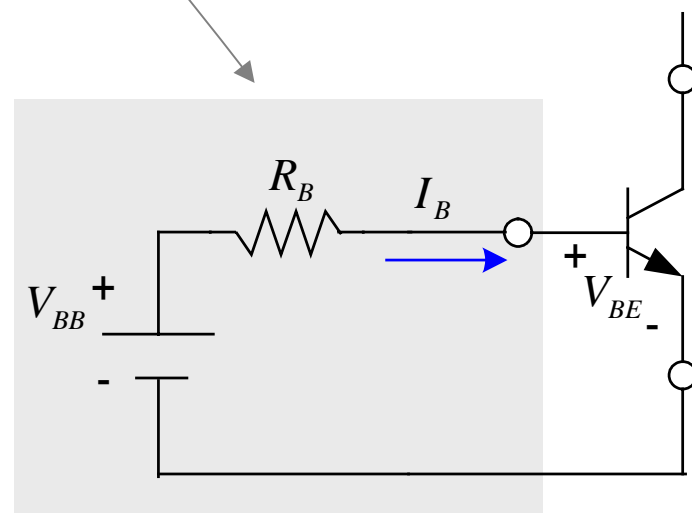
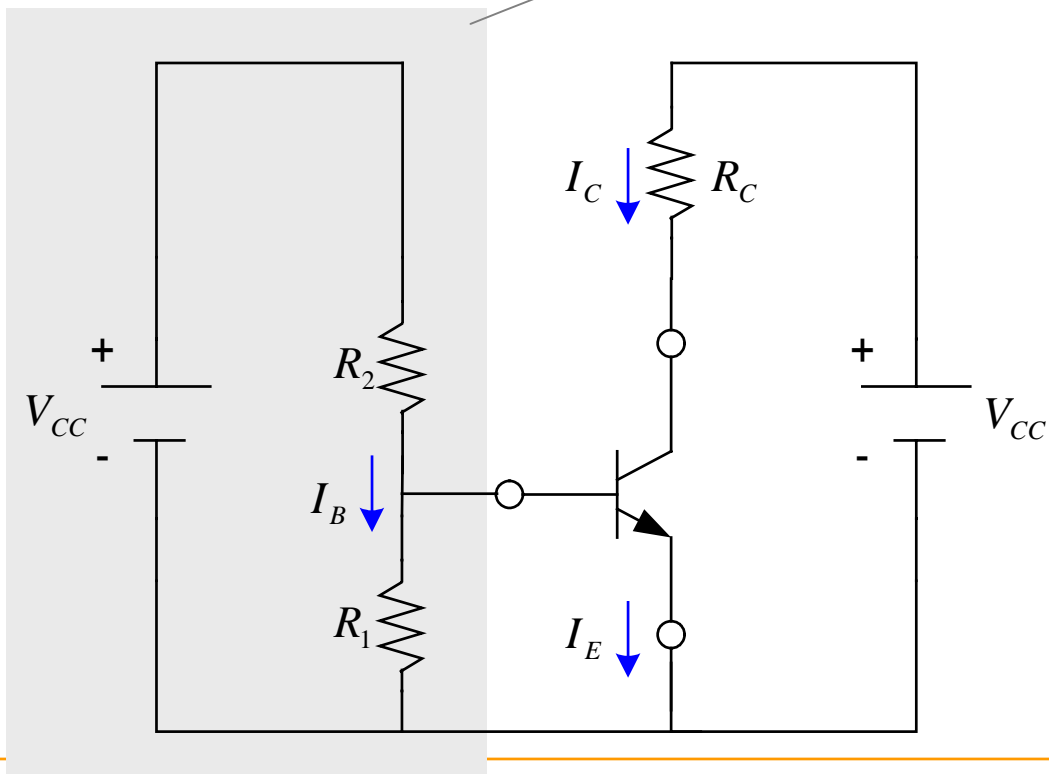
為了要容易看，再將 V_{CC} 分開畫，
左方的輸入電路可以簡化為戴維寧
等效電路：

於是可求得工作點在哪裡：

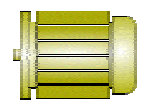
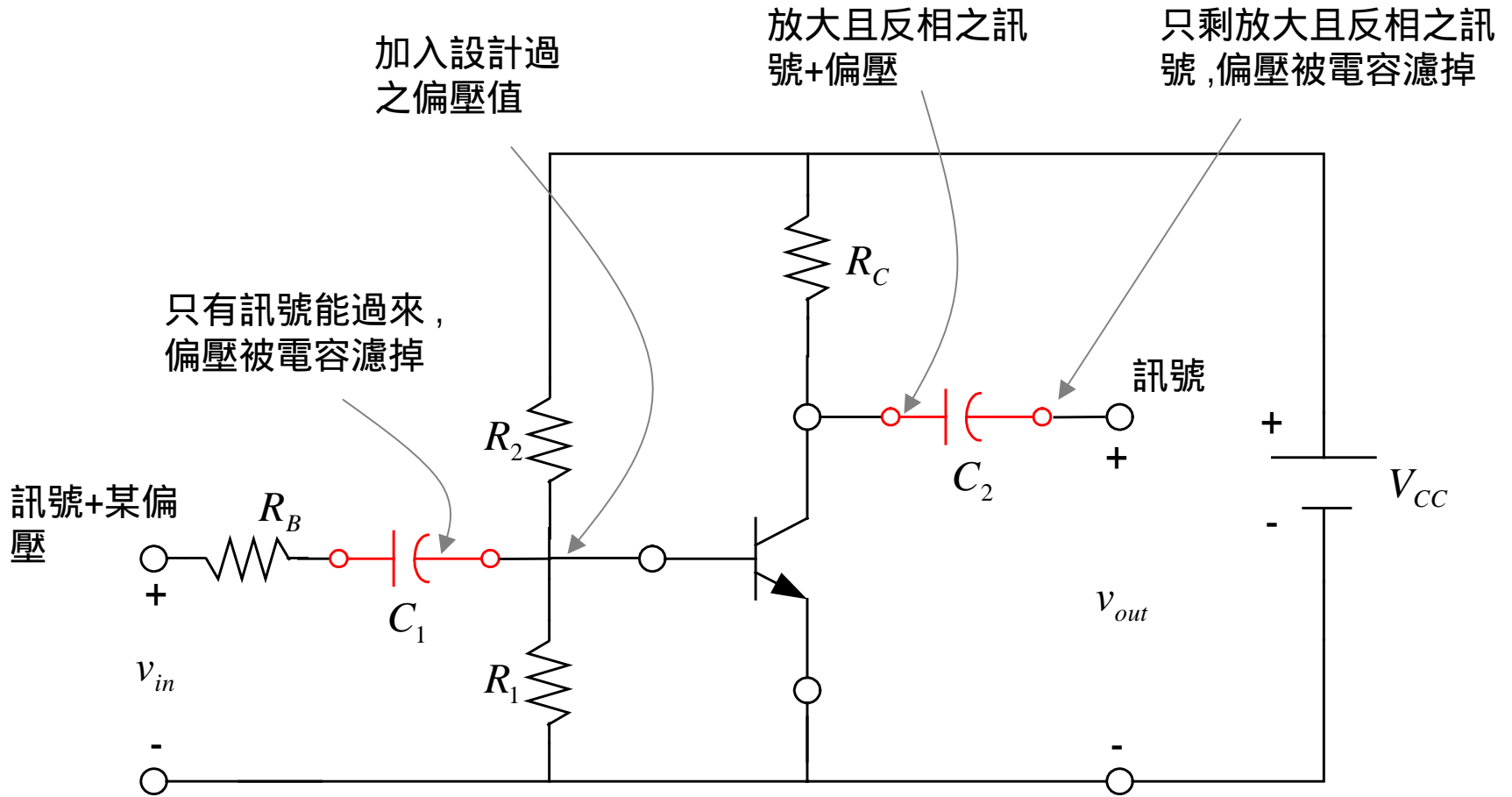
$$V_{BB} = V_{CC} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$R_B = R_1 \parallel R_2$$

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

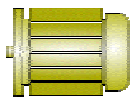
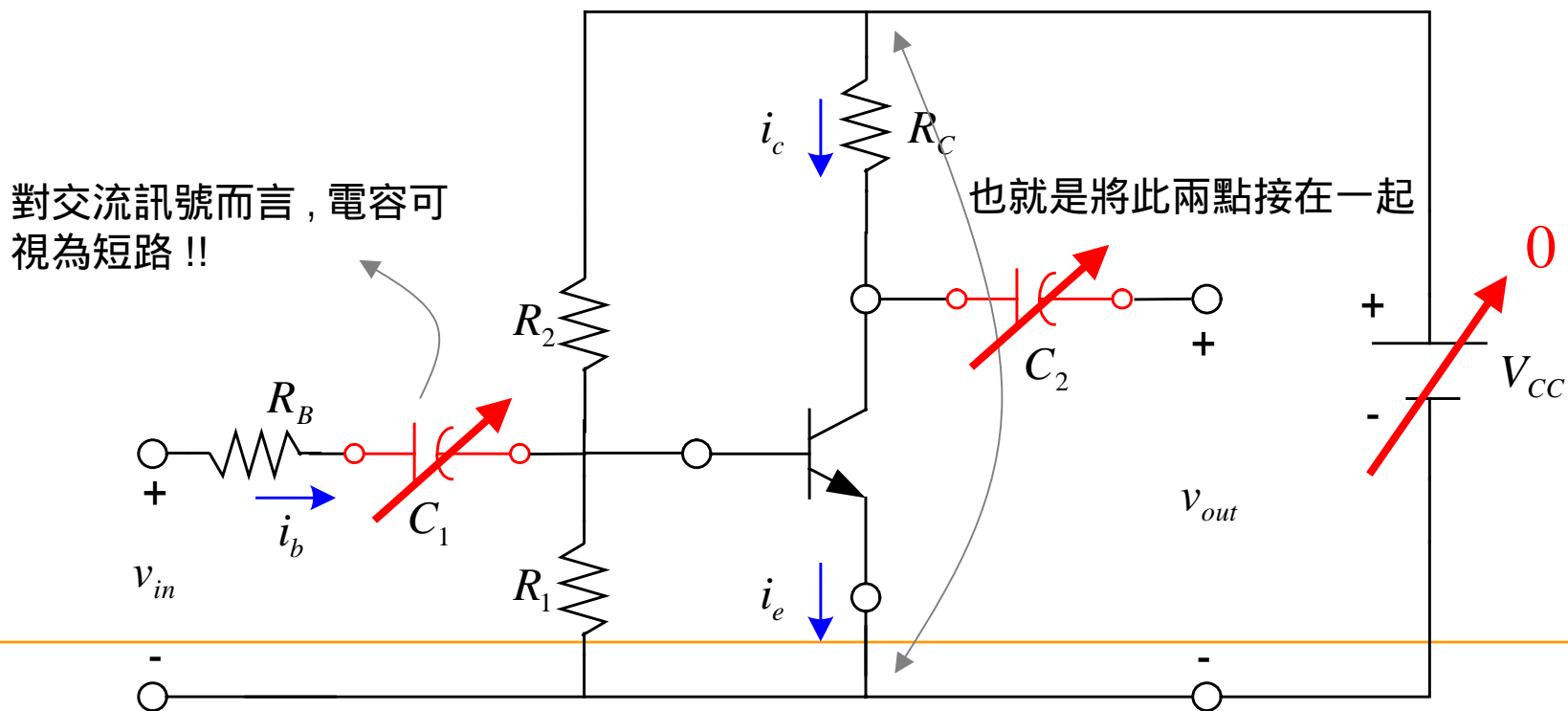


綜合整理

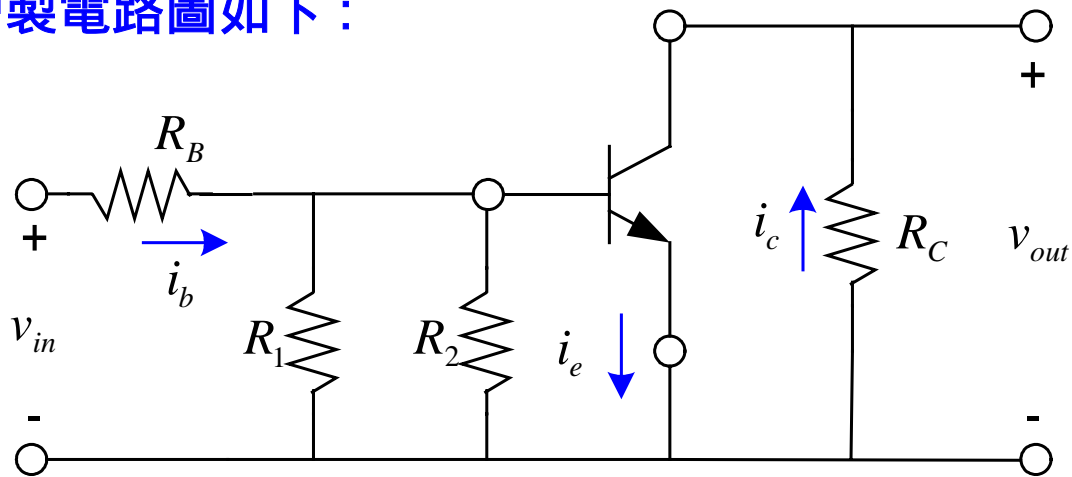


交流分析 (找尋放大電路的工作點)

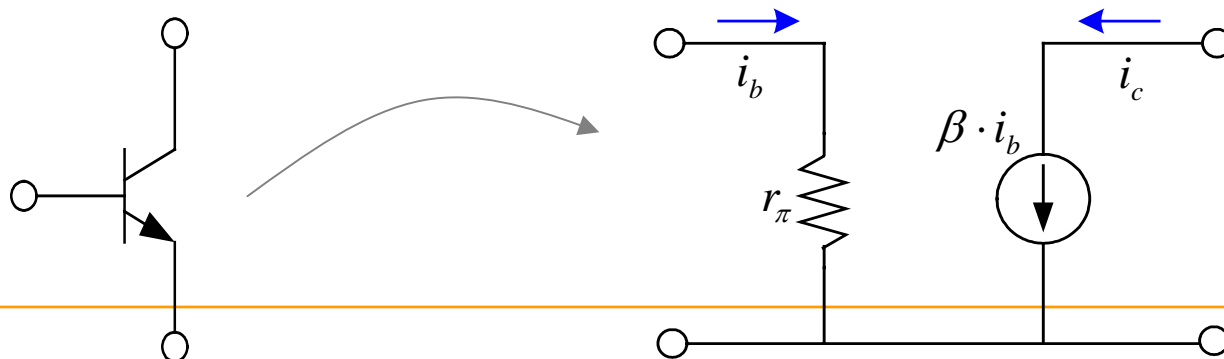
- ❖ 加入直流偏壓後，已把整個電路之電位提升至所需的工作點，接下來進行交流之小訊號分析時，可忽略這個大家都一樣的電位(直流偏壓)。
- ❖ 將 V_{CC} 設為零電位，以便使兩端之電位一樣：



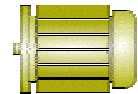
❖ 重新繪製電路圖如下：



❖ 在 BJT 方面，為了易於分析，許多不同種的 BJT 模型被提出來，以下介紹一種較為簡單的模型：

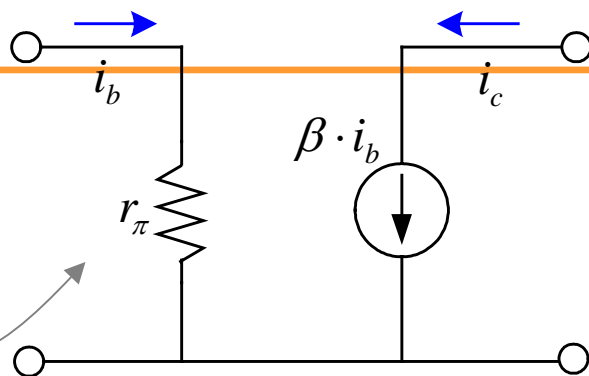


著名的 pi 模型
(倒著看不就是
pi 了嗎)



對微小訊號而言，Base 與 Emitter 間不再是定電壓值 0.7 V，而是需要用一電阻 r_π 來代表 !!

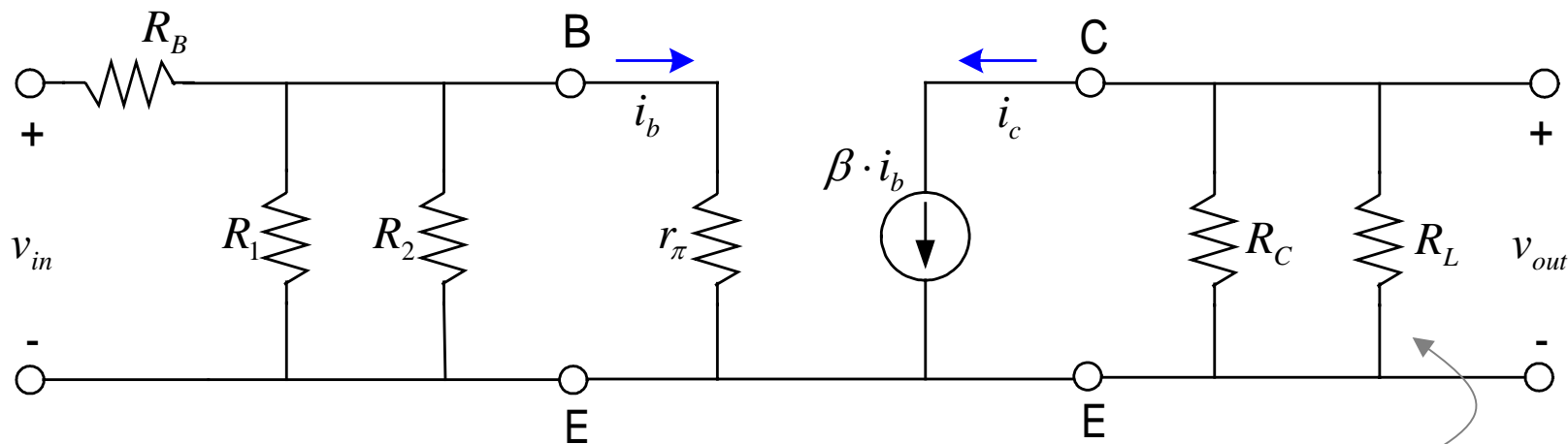
(究其原因需繁複推導，此不詳述)



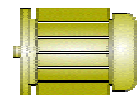
在輸出端以“相依電流源 (dependent current)”來表示 BJT 之電流放大特性：

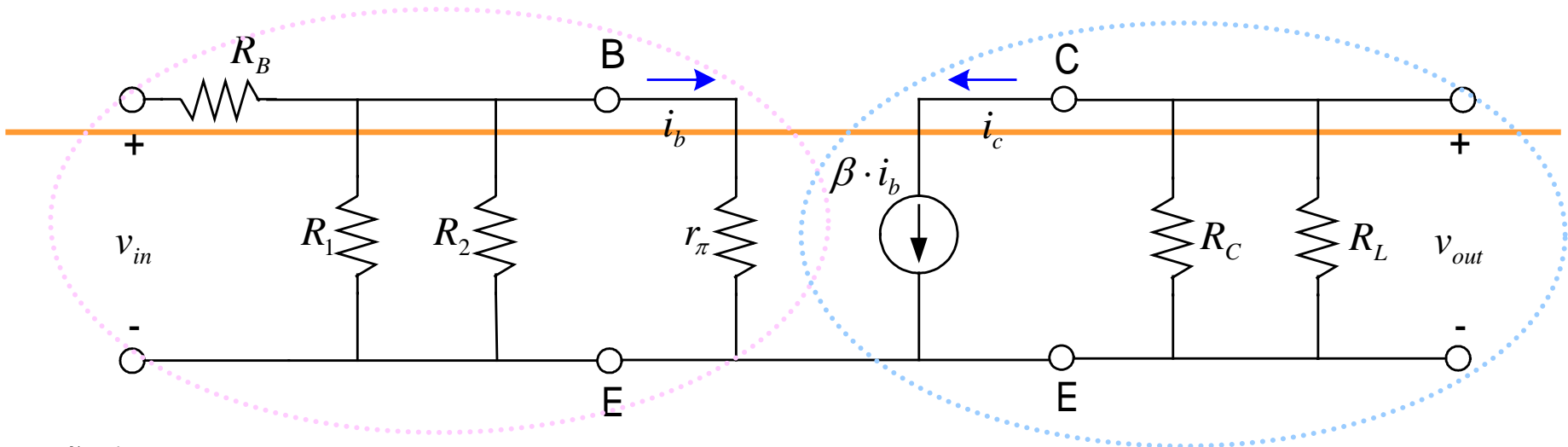
$$i_c = \beta \cdot i_b$$

❖ 故整個模型如下：



在輸出端以一電阻代表負載





求 i_b

由電路看出是 R_1, R_2, r_π 三個電阻並聯，再與 R_B 串聯，所以：

$$i_b = \left(\frac{R_1 \parallel R_2 \parallel r_\pi}{R_B + R_1 \parallel R_2 \parallel r_\pi} \cdot v_{in} \right) \times \frac{1}{r_\pi}$$

分壓定理

電壓除以跨接電阻=通過之電流量

求 v_{out}

輸出電路可視為一電流源串接兩並聯電阻：

注意有負號

$$v_{out} = - \left(\frac{R_C \parallel R_L}{R_L} \cdot i_c \right) \times R_L$$

$$= - (R_C \parallel R_L \cdot \beta \cdot i_b)$$

分流定理

電流乘以跨接電阻=電壓量

故電壓增益 (Voltage Gain) 為：

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}}$$

