

第 10 講 BJT 電晶體共集放大電路設計

參考文獻與網頁:

[1]老胡小舖，電子電路設計第 7 講(BJT 電晶體共集放大電路)，

<https://aries.dyu.edu.tw/~thhu/>

[2]Common Collector Amplifire,

<https://www.electronics-tutorials.ws/amplifier/common-collector-amplifier.html>

[3]Basic BJT Amplifier,

<http://cdcpc.ce.ncu.edu.tw/classes/EEShortversion/Elect/Ch6%20Basic%20BJT%20Amplifiers.pdf>

一、基本概念，請參考[1]~[3]

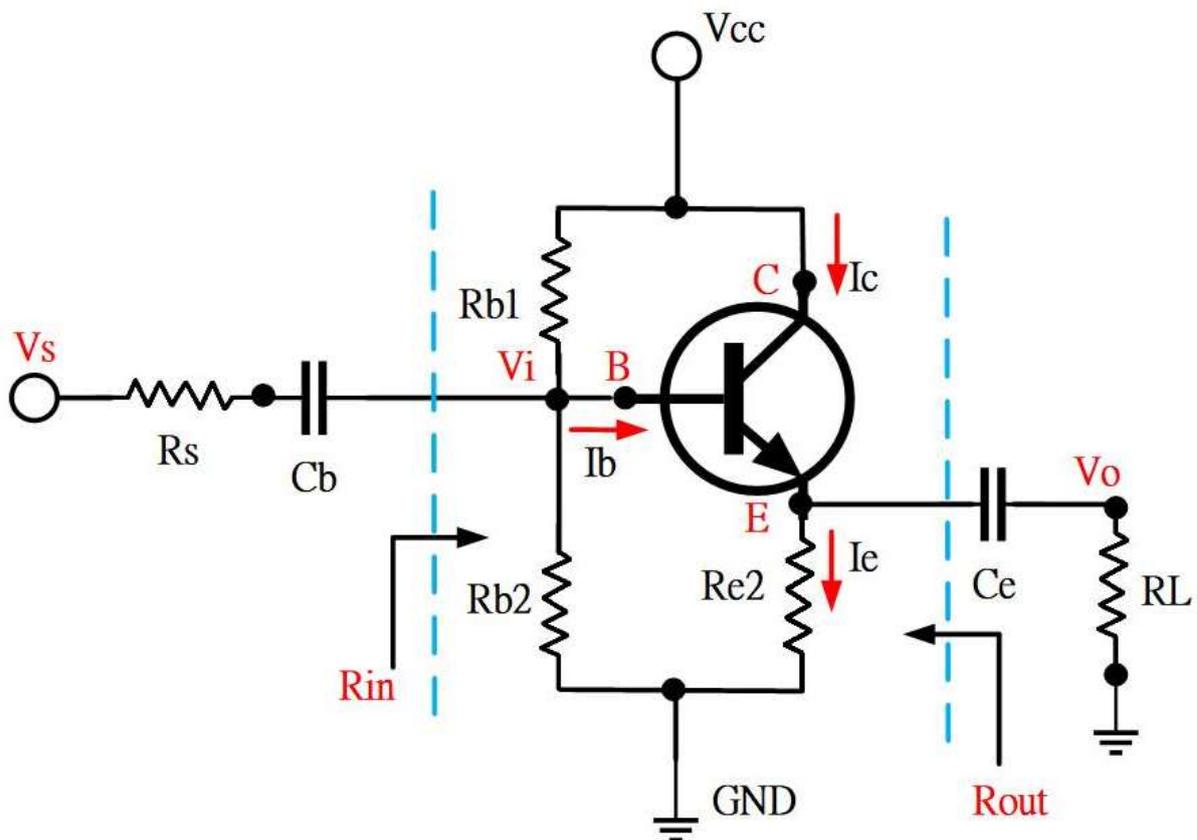


圖 10-1 BJT 電晶體共集電路

- 電壓放大率:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} \cong 1 \quad (10.1)$$

- 電流放大率:

$$A_i = \frac{I_e}{I_b} = (1 + \beta) , \quad \beta = \frac{I_{CQ}}{I_{BQ}} \quad (10.2)$$

- 輸入阻抗:

$$\begin{aligned} R_{in} &= R_{B1} // R_{B2} // (r_{\pi} + (1 + \beta)(r_o // R_E // R_L)) \\ &\leq R_{B1} // R_{B2} // (r_{\pi} + (1 + \beta)(R_E // R_L)) \end{aligned} \quad (10.3)$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \quad (10.4)$$

熱電壓(Thermal Voltage):

$$V_T = 25 \times 10^{-3} \text{ V (室溫)}$$

- 輸出阻抗:

$$\begin{aligned} R_{out} &= \left(\frac{R_S // R_{B1} // R_{B2} + r_{\pi}}{1 + \beta} \right) // r_o // R_E \\ &\leq \left(\frac{R_S // R_{B1} // R_{B2} + r_{\pi}}{1 + \beta} \right) // R_E \end{aligned} \quad (10.5)$$

二、設計過程

例題一:

- 開起電路設計平台 BJT_Amp_menu_DP25，選 BJT_CC_AMP_CKT_DP 後畫面如下:

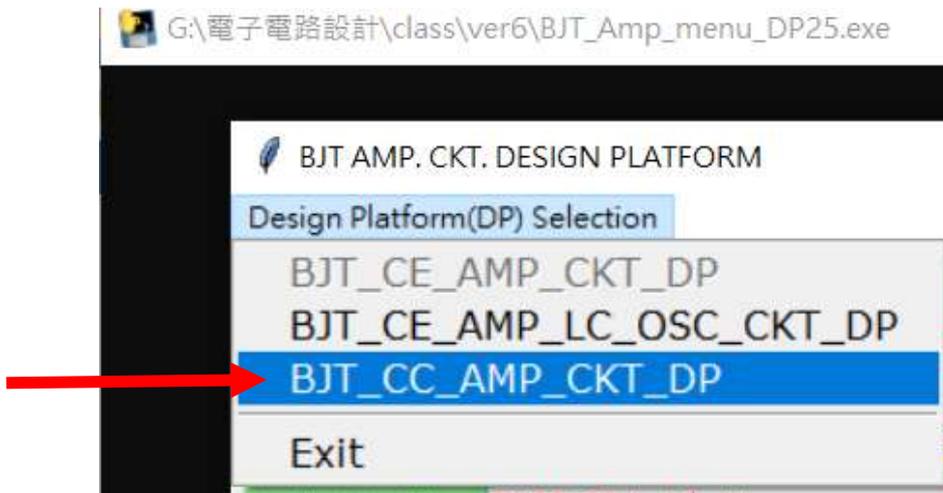


圖 10-2-1 電路設計平台左上角選項，選擇 BJT_CC_AMP_CKT_DP

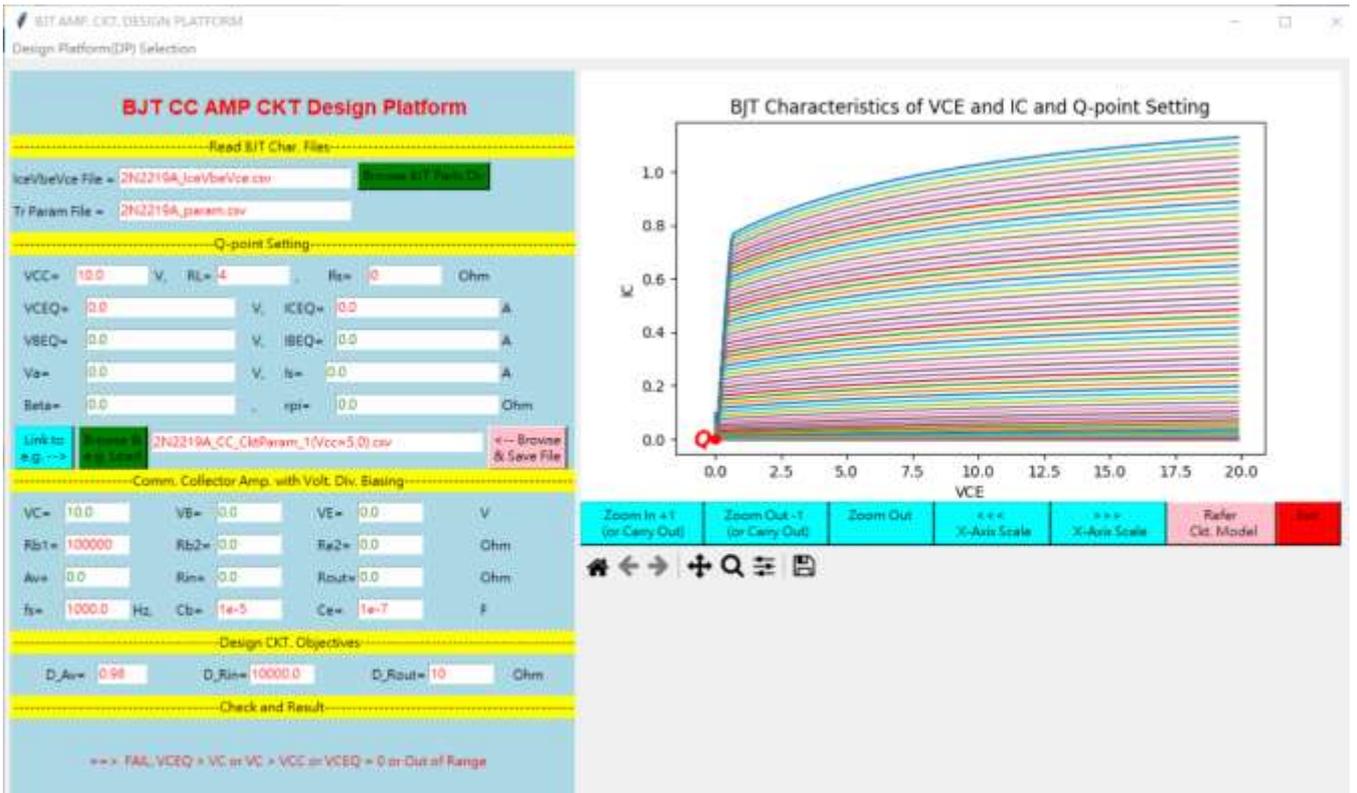


圖 10-2-2 電路設計平台，BJT 電晶體共集電路設計畫面

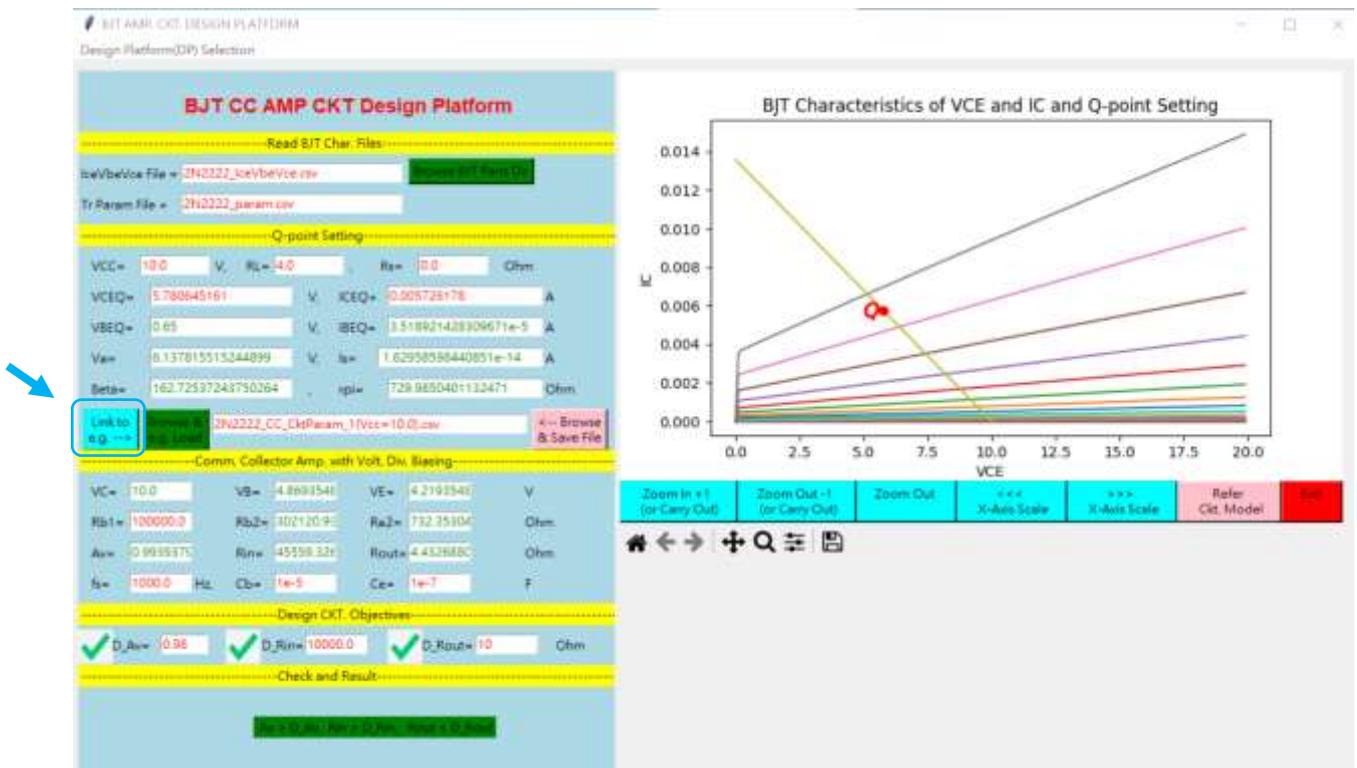


圖 10-2-3 讀入範例 2N2222_CC_CktParam_1(Vcc=10.0).csv，當按下 <Link to e.g. -> 產生下圖(內含三項模擬電路圖檔)。

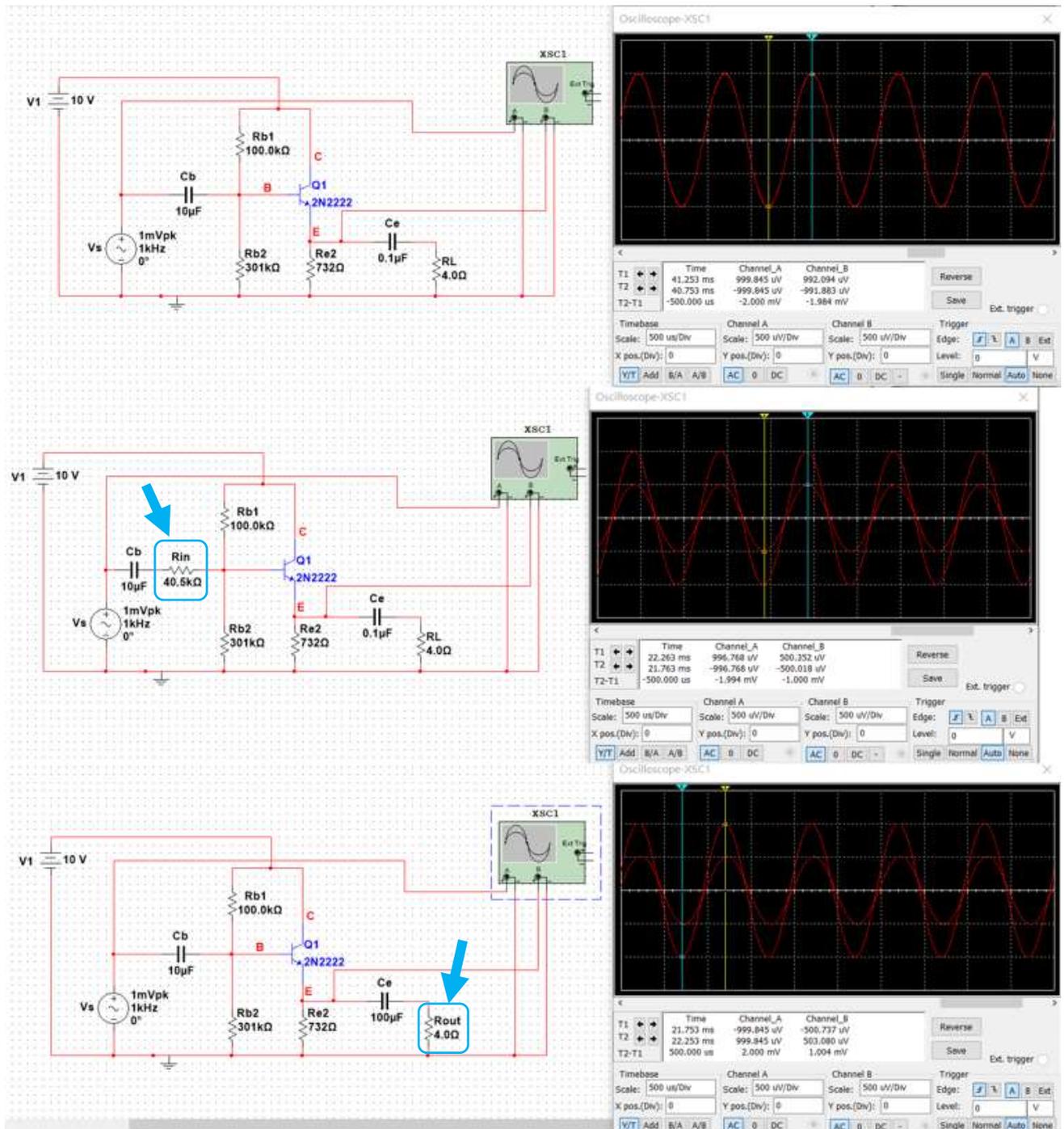
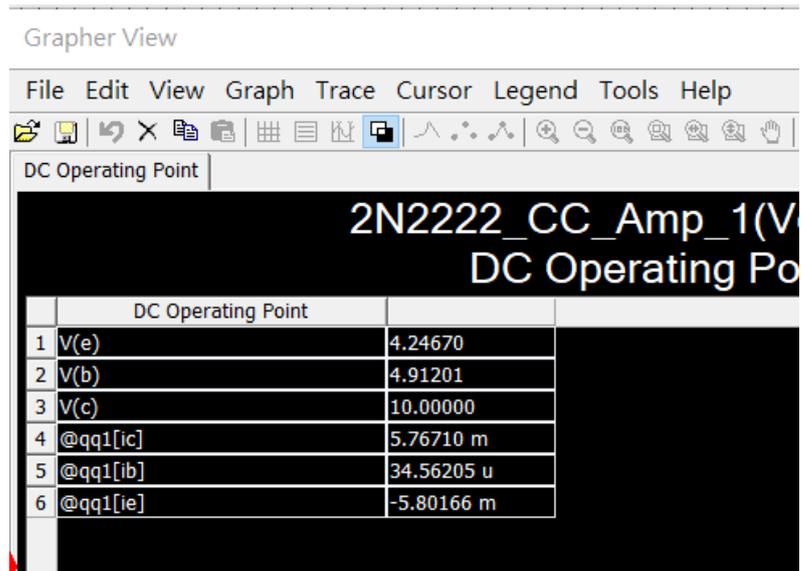


圖 10-2-4 依據圖 10-2-3 相關電阻值 R_{b1} , R_{b2} , R_{e2} , R_L 與 電源 V_{CC} 等，使用 Multisim ver. 12 軟體完成設定三項模擬電路，並於右側呈現所有輸出波形。



	電路設計平台	Multisim CKT
VC	10 V	10 V
VB	4.869 V	4.912 V
VE	4.219 V	4.246 V
IBEQ	35.18 uA	34.56 uA
ICEQ	5.726mA	5.767mA

圖 10-2-4 比較該共集電路偏壓、電流模擬結果與圖 10-2-3 設計平台偏壓、電流，兩者相差甚小。

三、作業:(完成作業老師驗證後，請寫成書面報告上傳)

作業 10-1: 請參照上述過程，當 $V_{CC} = 5V$ ， $R_L = 6$ 歐姆，請設計 BJT 電晶體共集放大電路滿足以下電路設計目標，並用套裝模擬軟體 Multisim V 12 執行電路模擬與量測 R_{in} , R_{out} ，**請*紀錄設計時間**。

- 1) $|A_v| \cong 0.98$ ，
- 2) 輸入電阻 R_{IN} 大於 10K，
- 3) 輸出電阻 R_{OUT} 小於 10。

作業 10-2: 請用相關**範例電路**載入後修改電路參數，重複上述作業 10-1，滿足電路設計目標，**並*紀錄設計時間**。

作業 10-3: 請使用**共集放大電路小訊號模型**與你所設計放大電路，**分析計算**以下三個電路參數，並與電路設計平台的相關參數比較，

- 1) $|A_v|$ ，
- 2) 輸入電阻 R_{IN} ，
- 3) 輸出電阻 R_{OUT} 。

作業 10-4: 請按照前題，使用電子元件實現上述電路，並測量 V_C 、 V_B 、 V_E 三點偏壓值與輸出入阻抗值 R_{in} , R_{out} ，並與比較電路設計平台及模擬電路結果。

附錄：作業 10-1 (參考用)

1. 設計平台

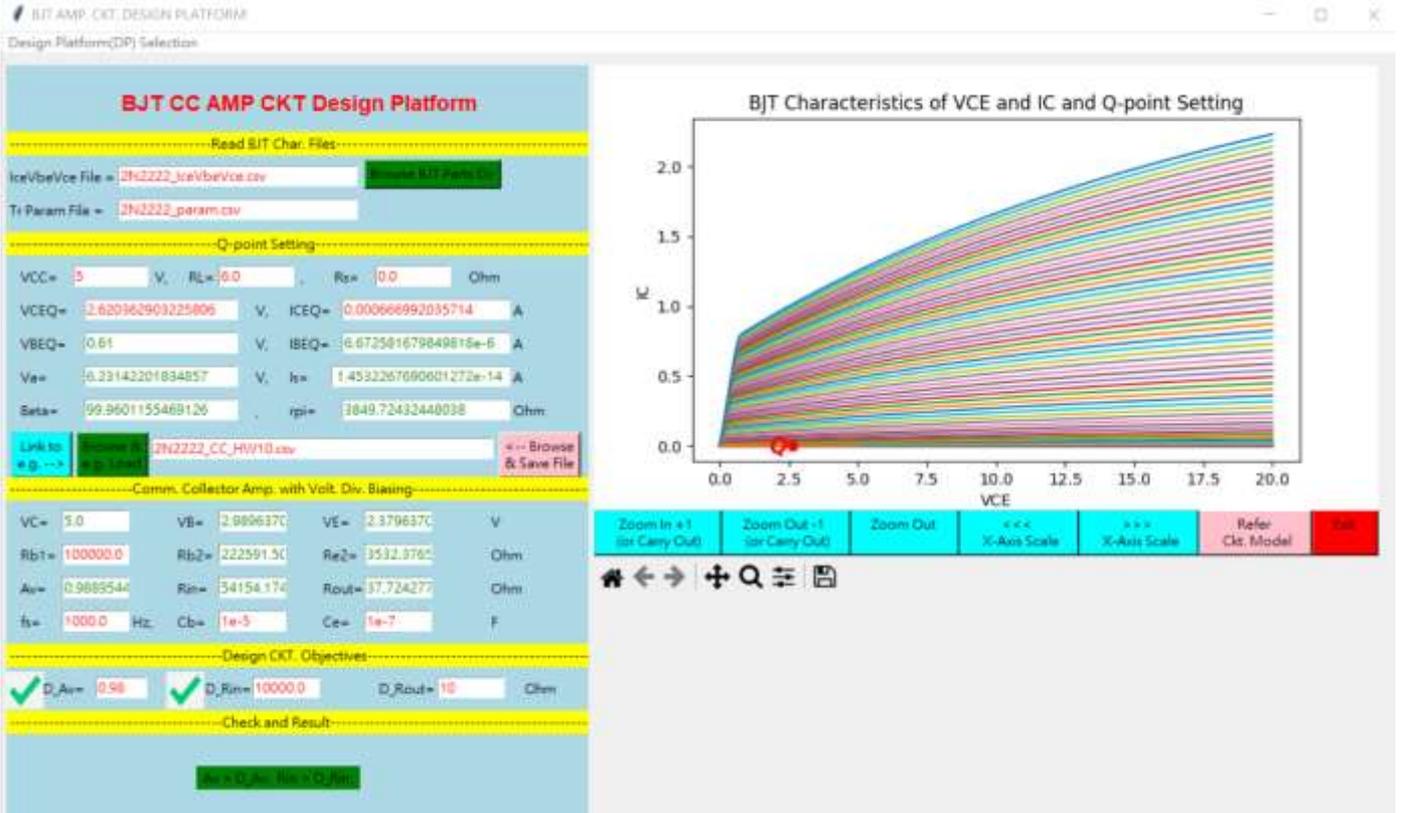


圖 A-1 作業 10-1 電路設計平台

2. 模擬電路

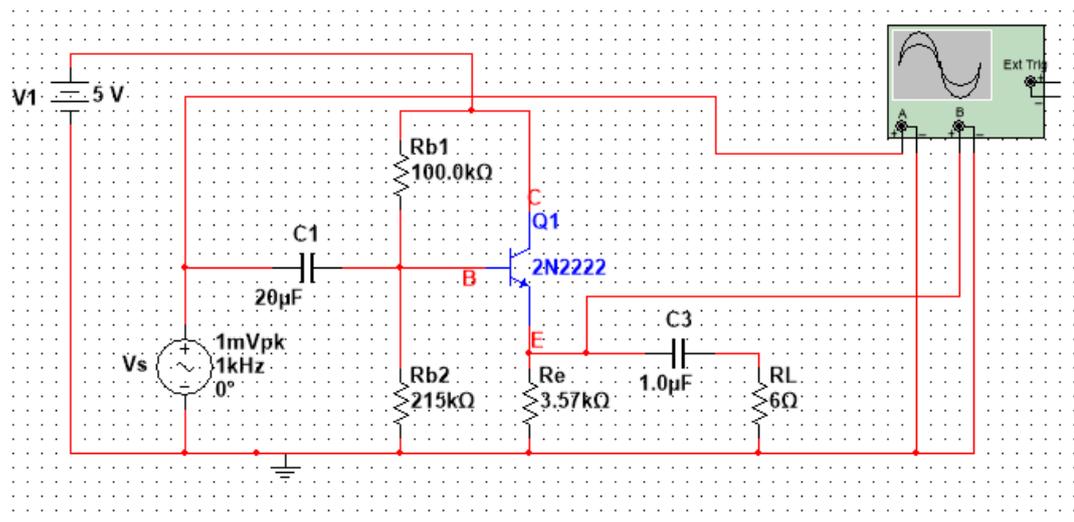


圖 A-2-1 作業 10-1 模擬電路

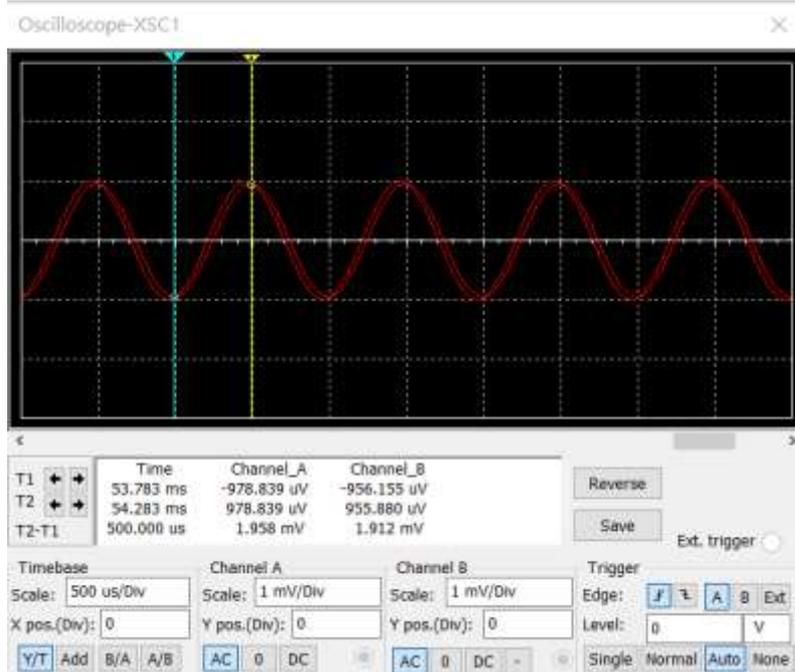


圖 A-2-2 作業 10-1 模擬電路之輸出入波形

File Edit View Graph Trace Cursor Legend Tools

DC Operating Point

2N2222_CC_H
DC Operat

DC Operating Point		
1	V(e)	2.37436
2	V(b)	2.99493
3	V(c)	5.00000
4	@qq1[ic]	663.00530 μ
5	@qq1[ib]	6.15240 μ
6	@qq1[ie]	-669.15770 μ

	電路設計平台	Multisim CKT
VC (V)	5	5
VB (V)	3.0196	2.99
VE (V)	2.379	2.37
ICEQ (A)	666.9 μ	663 μ
IBEQ(A)	6.667 μ	6.1524 μ

圖 A-2-3 作業 10-1 模擬電路偏壓與電流值

3. 電路安裝與量測

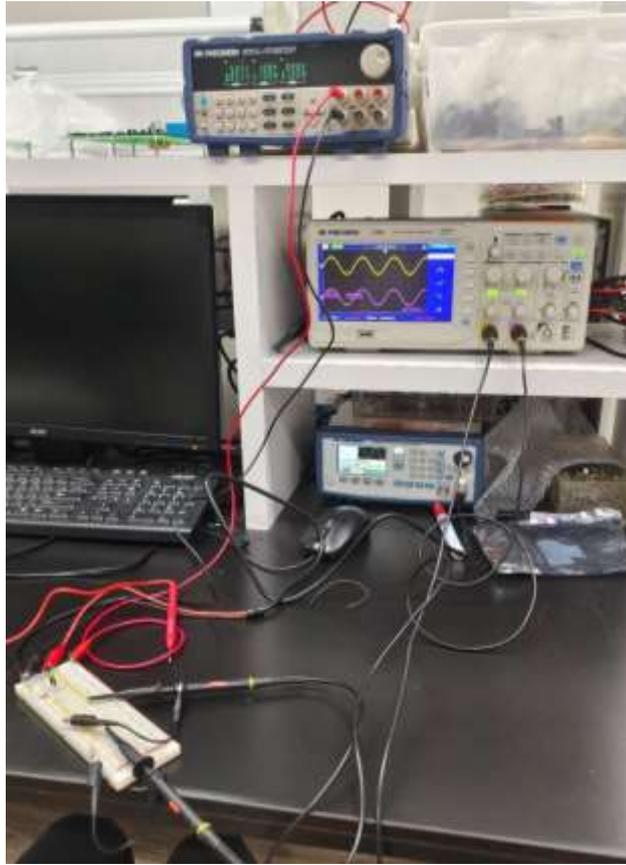


圖 A-3-1 電路實務安裝與量測

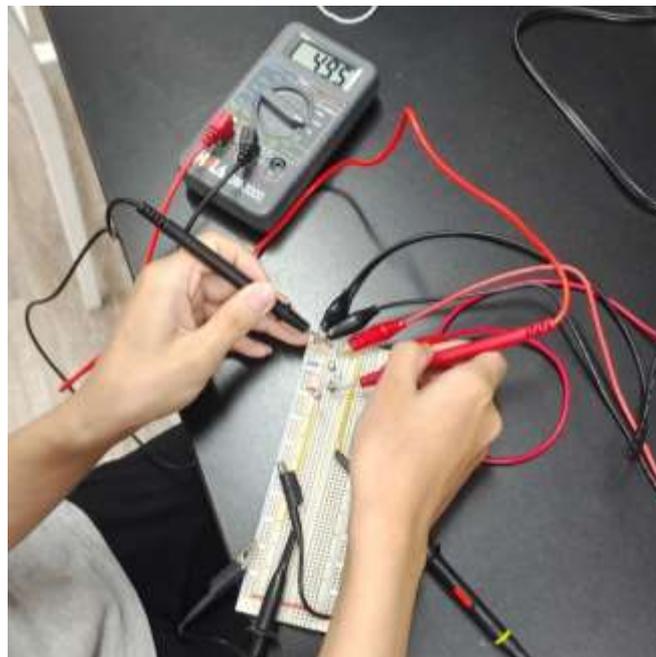


圖 A-3-2 量測 $V_C = 4.95V$

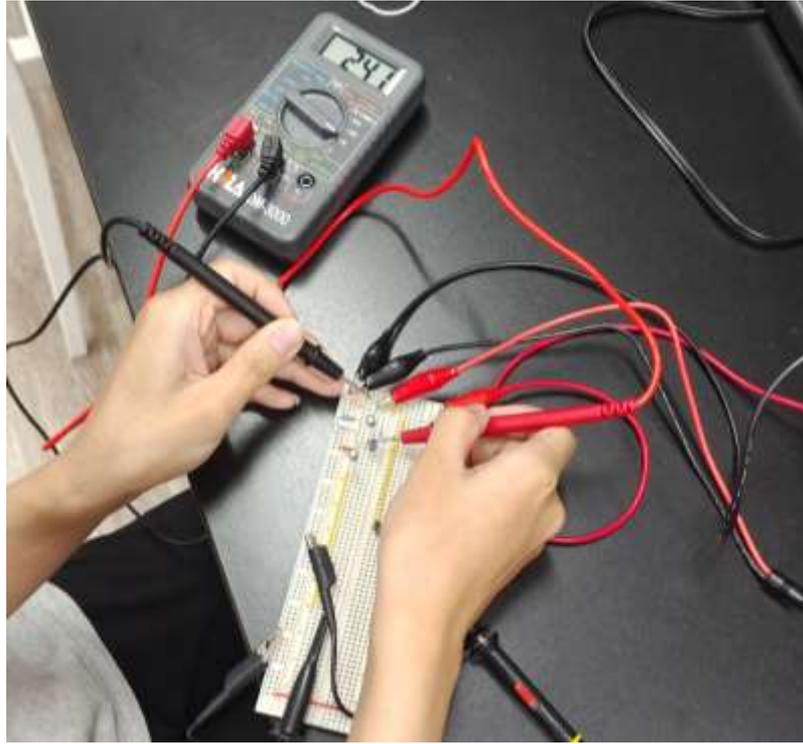


圖 A-3-3 量測 $V_C = 2.41V$

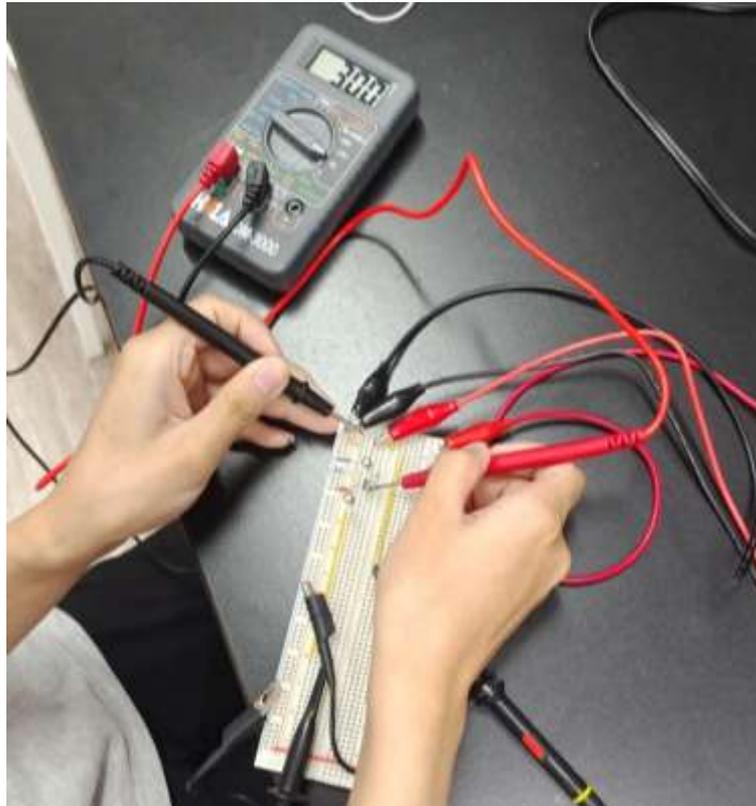


圖 A-3-4 量測 $V_B = 3.0V$

表 A 設計、模擬與實務比較表

	電路設計平台	Multisim CKT	實務安裝
VC	5	5	4.95
VB	3.0196	2.99	3.0
VE	2.379	2.37	2.41