

電子學實習II



第六章電晶體之交流分析

實習一 共射極放大電圖

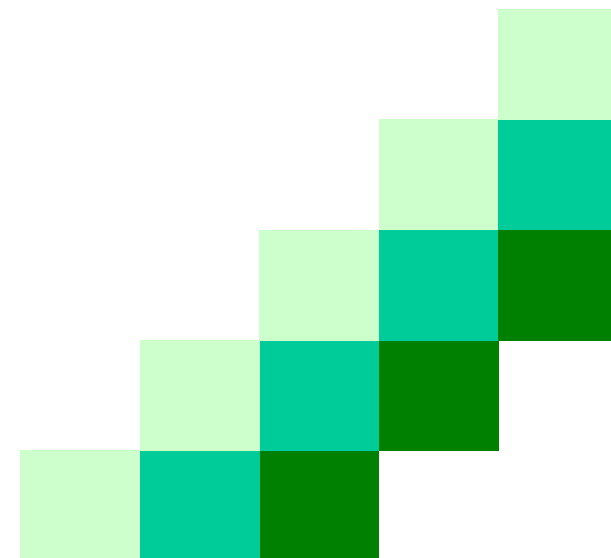
技能活動

實習二 共集極放大電圖

技能活動

實習三 共基極放大電圖

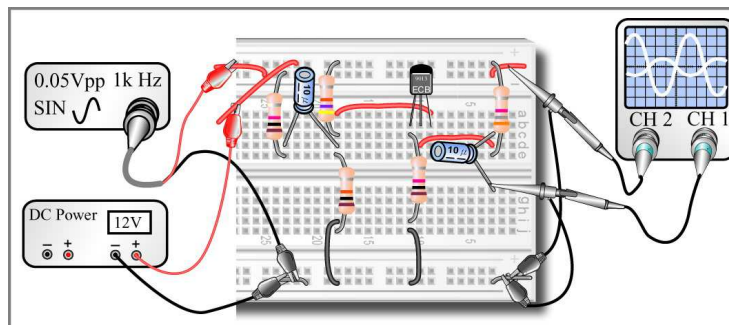
技能活動



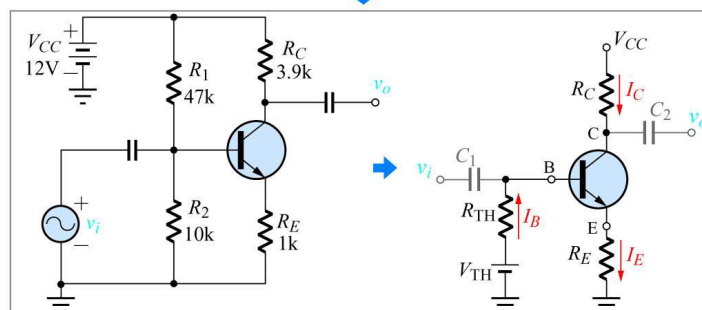
實習一

共射極放大電路

1. 實體圖

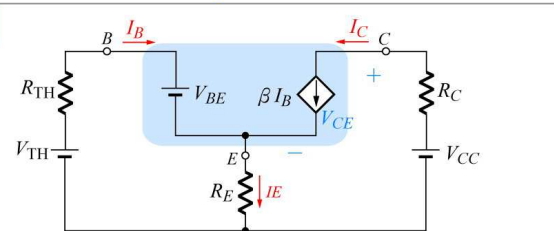


2. 電路圖



3. 等效電路圖

直流分析



輸入迴路工作點 $Q_{in}(V_{BE}=0.7V, I_B = \frac{V_{TH}-V_{BE}}{R_{TH}+(\beta+1)R_E})$

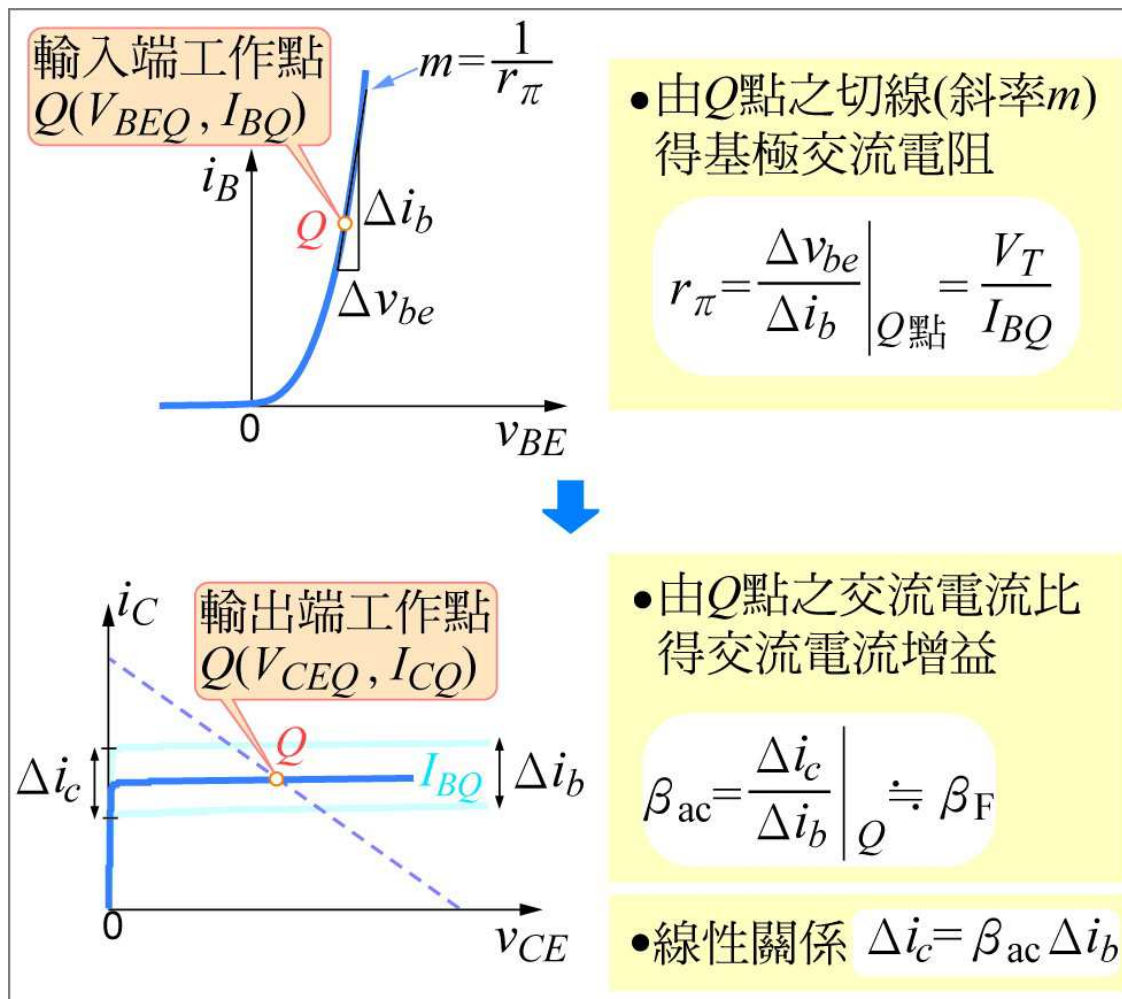
輸出迴路工作點 $Q_{out}(V_{CE}=V_{CC}-I_C(R_C+R_E), I_C = \beta I_B)$



實習一

共射極放大電路

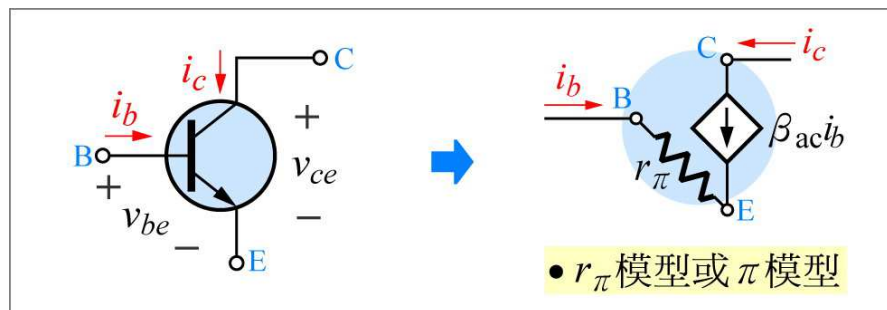
4. 求模型參數



實習一

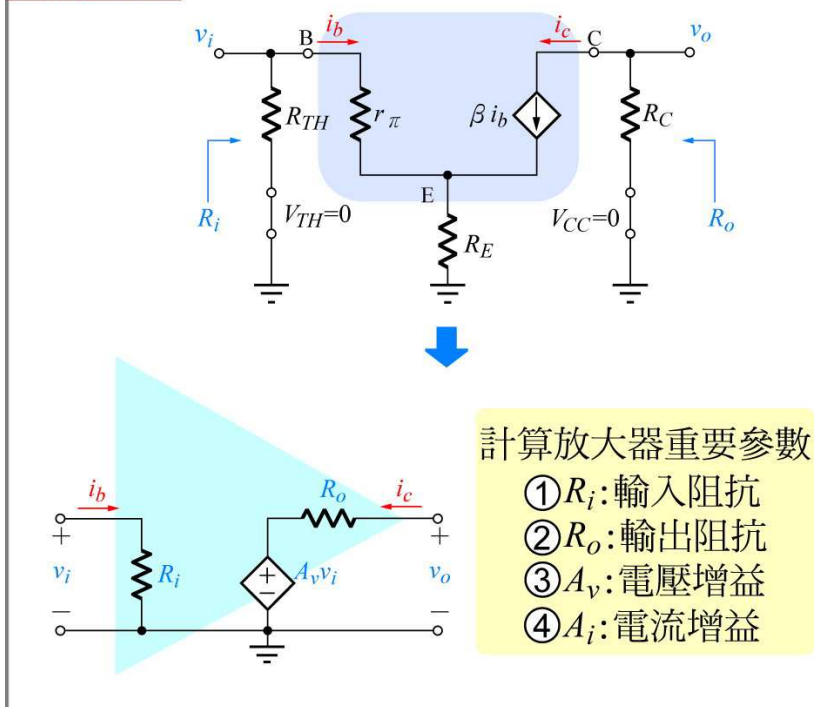
共射極放大電路

5.完成交流模型



6.套用模型

交流分析 瞭解放大器的特性



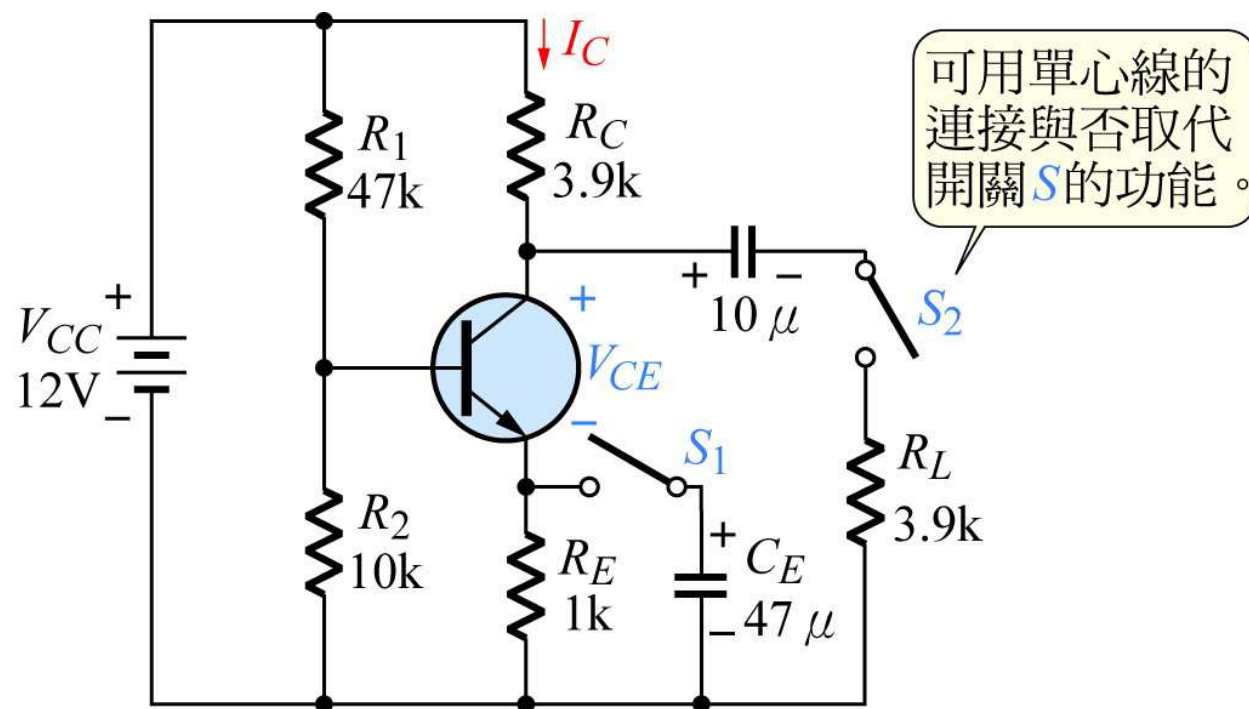
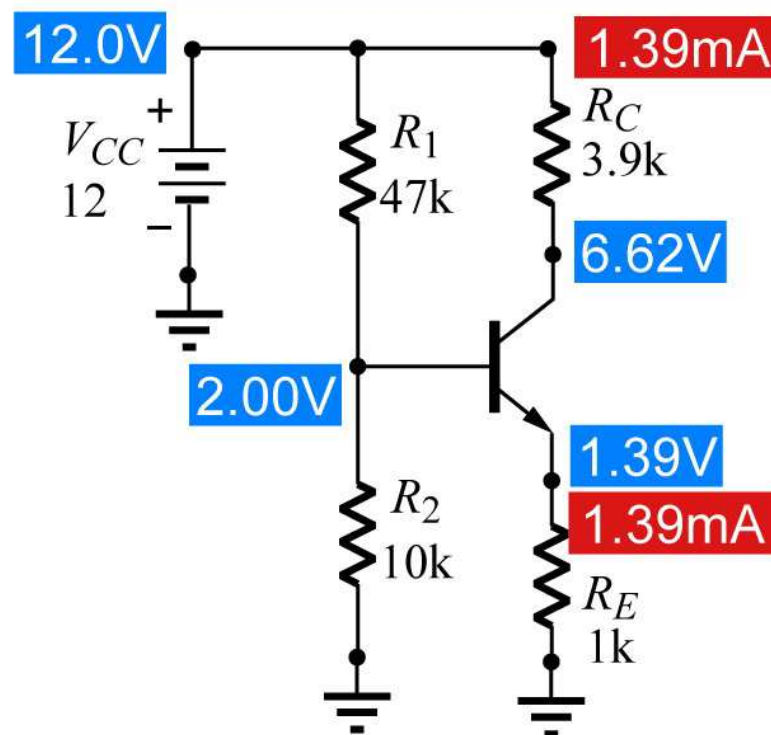


圖6-6共射極放大器 (a)電路圖

直流分析

狀況 1 不接 R_L ，不接 C_E 。

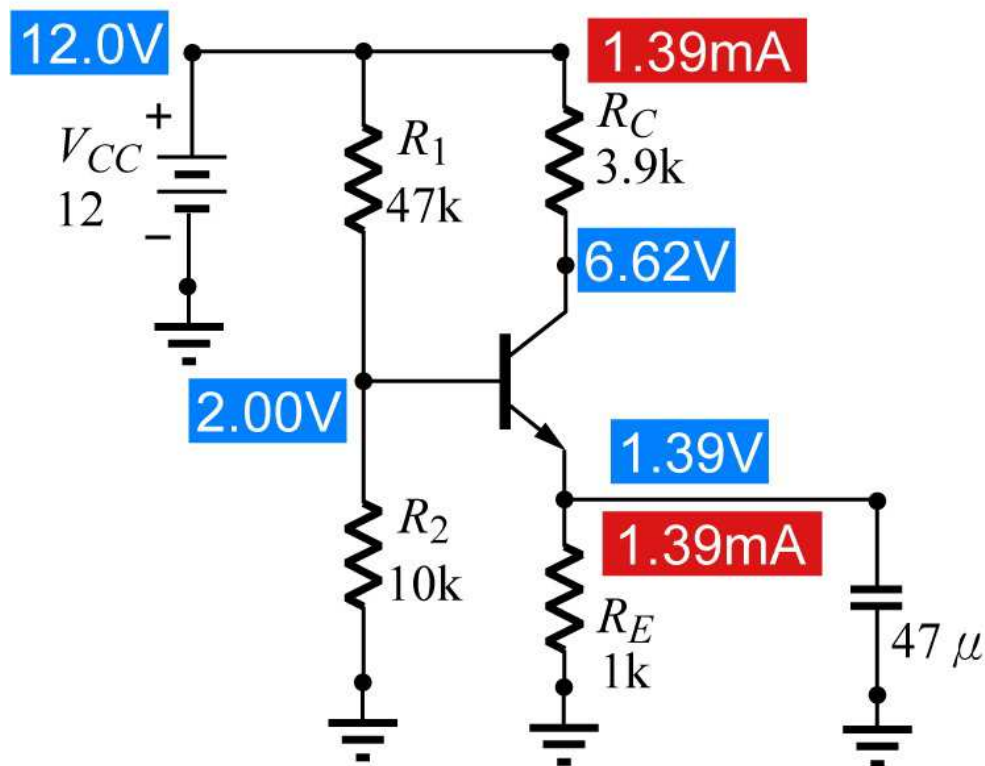


(a)

圖6-7 三種狀況的電腦模擬結果



狀況2 不接 R_L ，接 C_E 。



(b)

圖6-7 三種狀況的電腦模擬結果



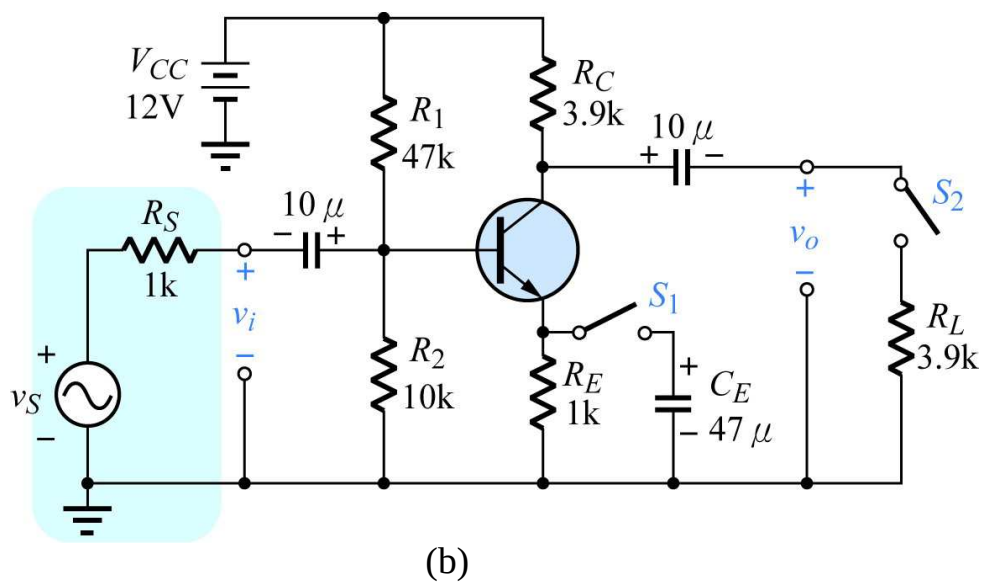


圖6-8 (a)直流偏壓電路

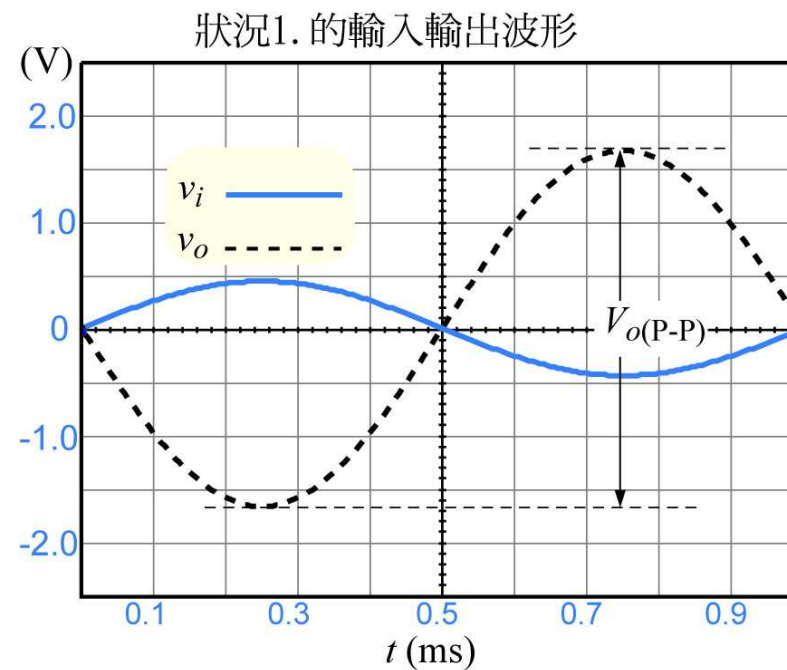


圖6-9 (a)電腦模擬圖

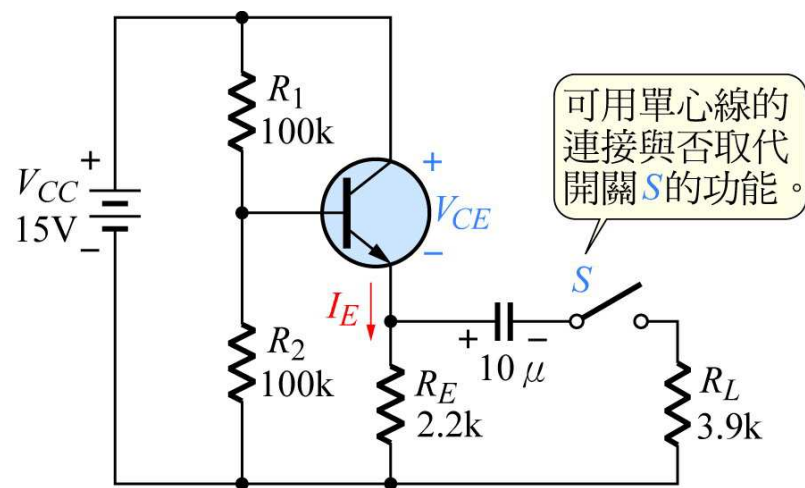


圖6-14 (a)電路圖

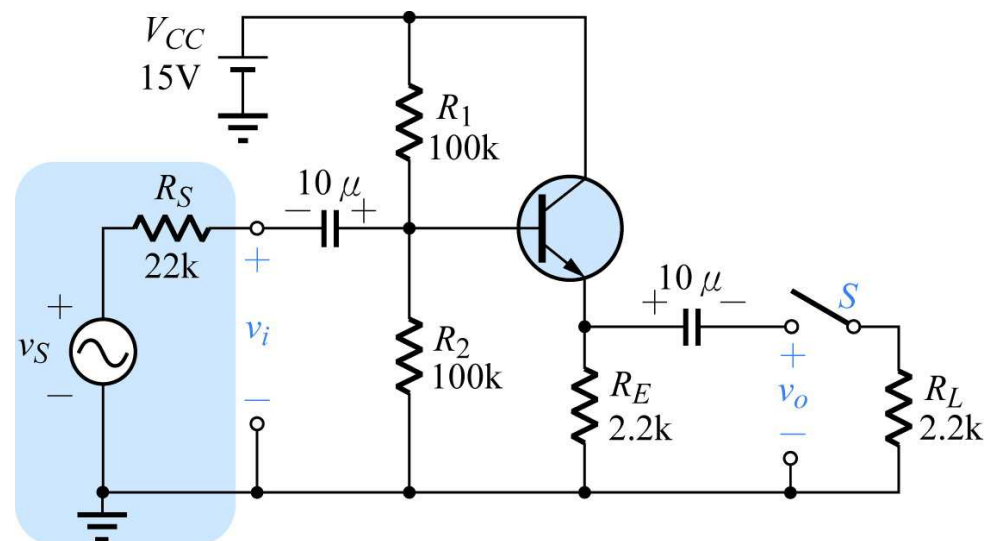


圖6-16 (a)電路圖

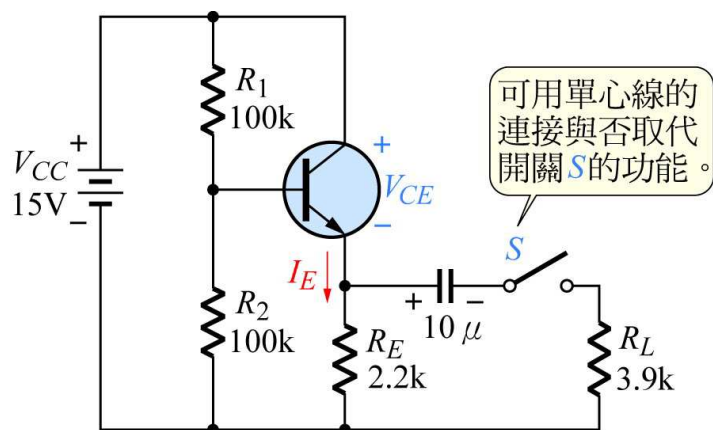


圖6-14 (a)電路圖

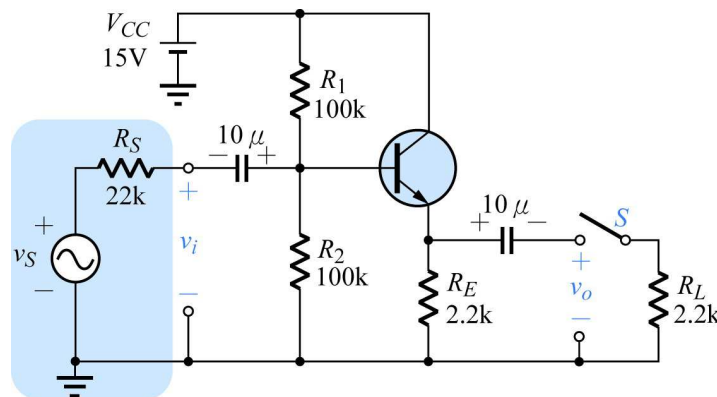


圖6-16 (a)電路圖



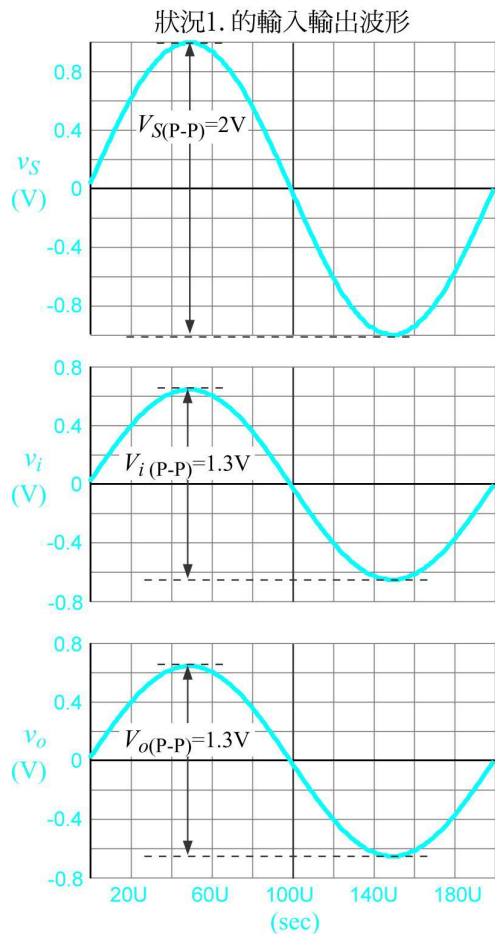


圖6-17 (a)電腦模擬圖（模擬軟體中的單位 $U = \mu = 10^{-6}$ ）

(b)示波器顯示的波形



技能活動

直流分析

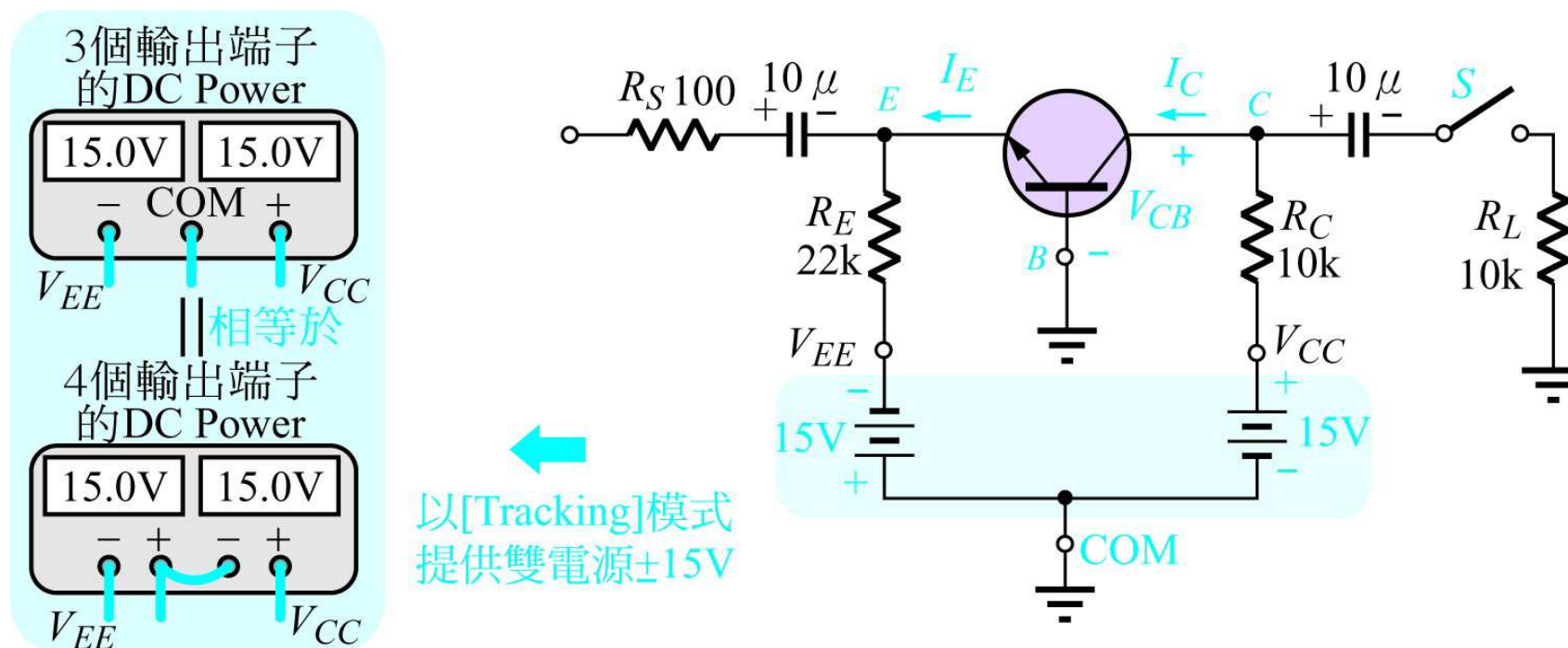


圖6-22 電路圖



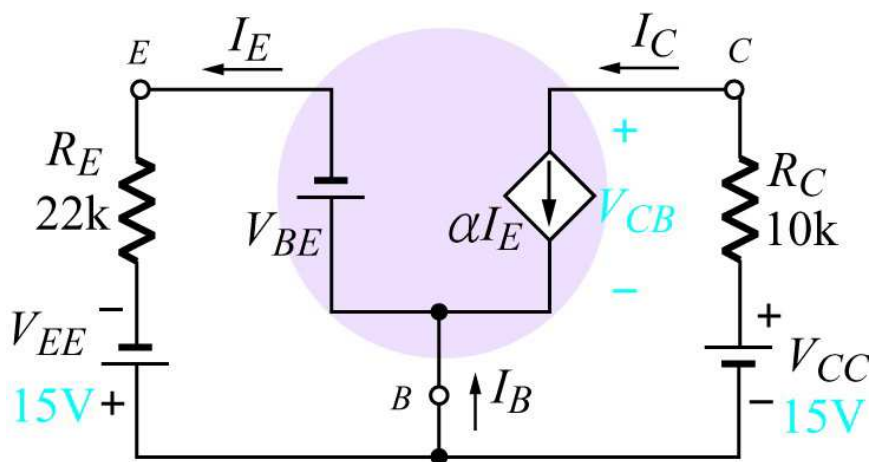


圖6-23 直流偏壓等效電路

狀況 1 不接 R_L (在模擬軟體中的單位 $\mu = 10^{-6}$)

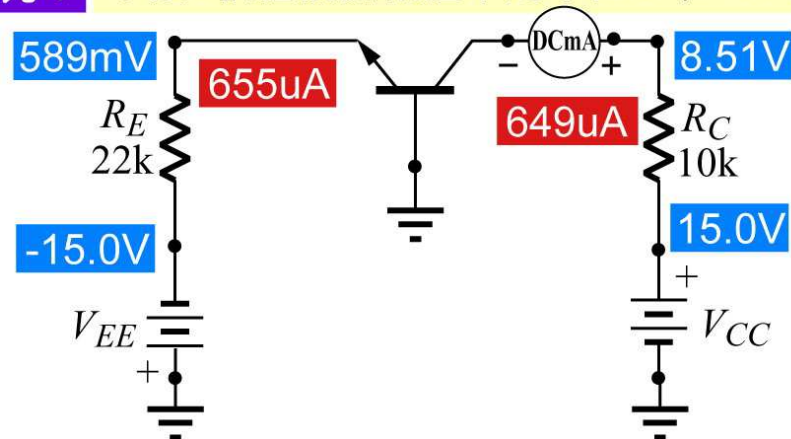


圖6-24 電腦模擬結果



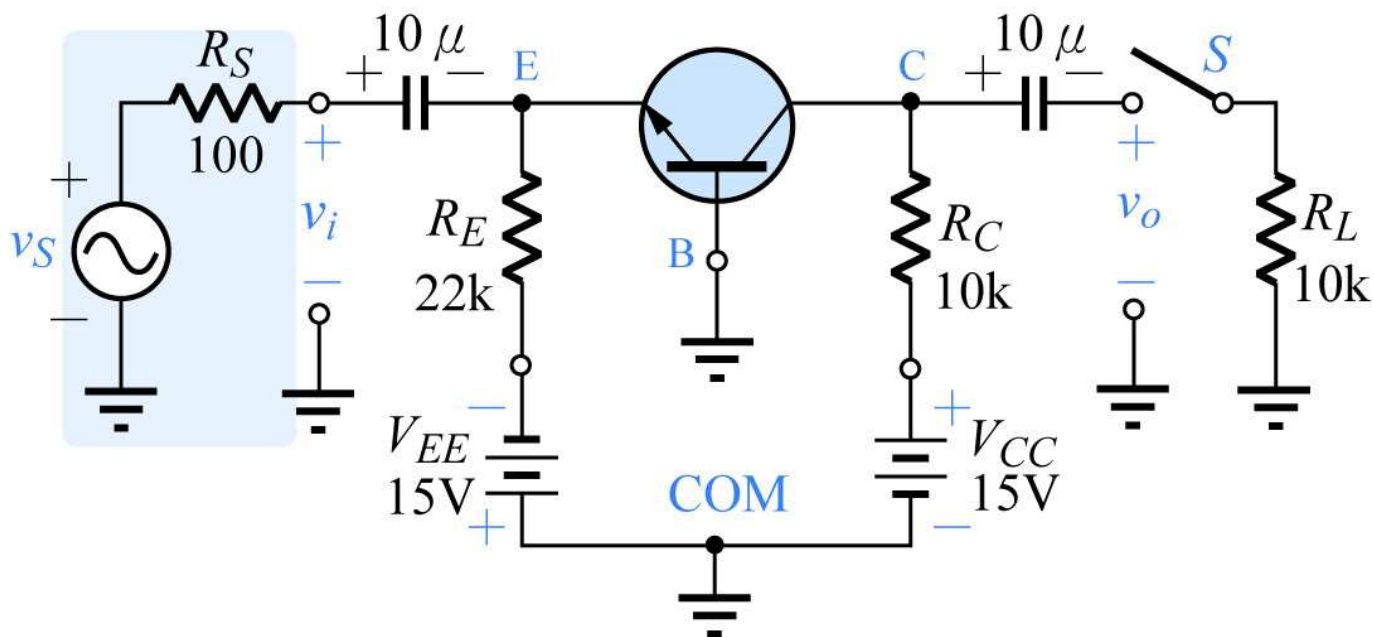


圖6-25 (a)電路圖

交流分析

狀況2. 接 R_L 的輸入輸出波形

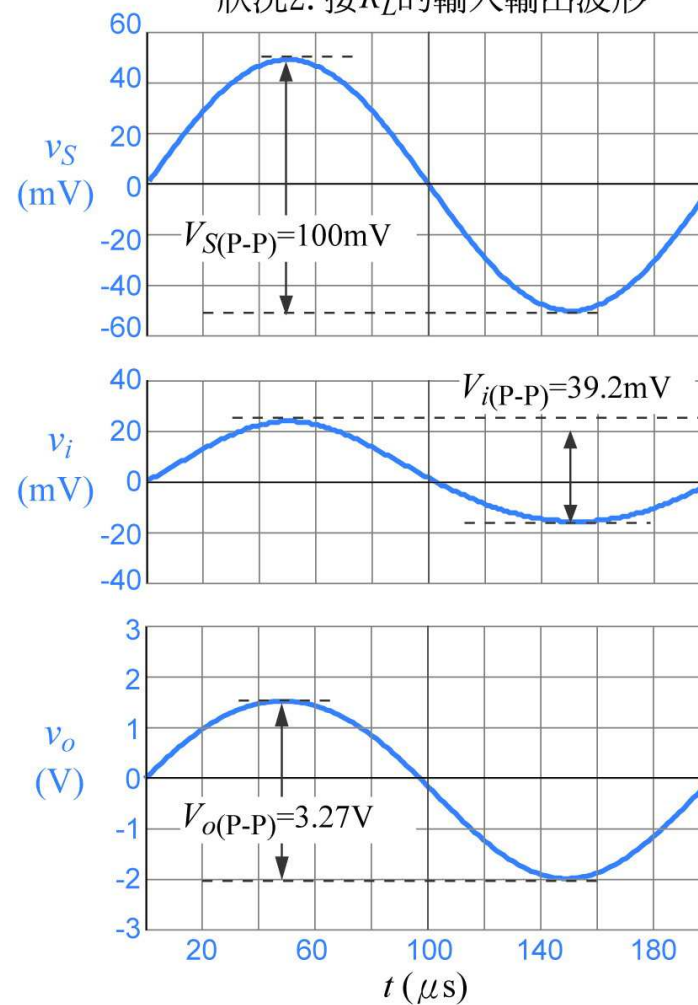


圖6-26 (a)電腦模擬圖



電子學實習II



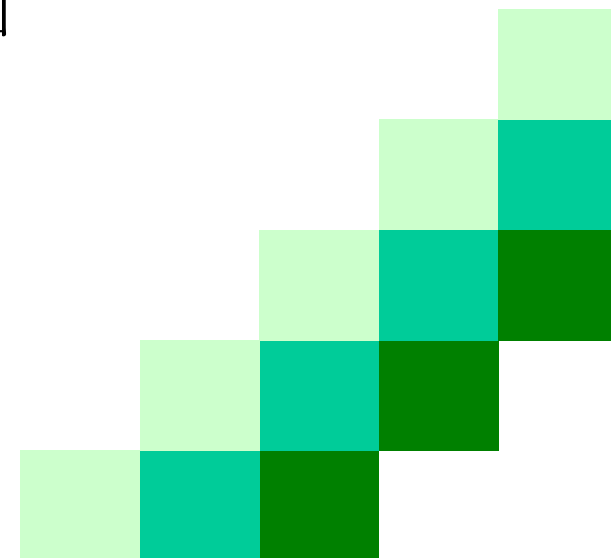
第七章 串級放大電路

實習四 RC 耦合串級放大電路

技能活動

實習五 共集極放大電圖

技能活動



技能活動

RC 耦合2級串接的直流分析

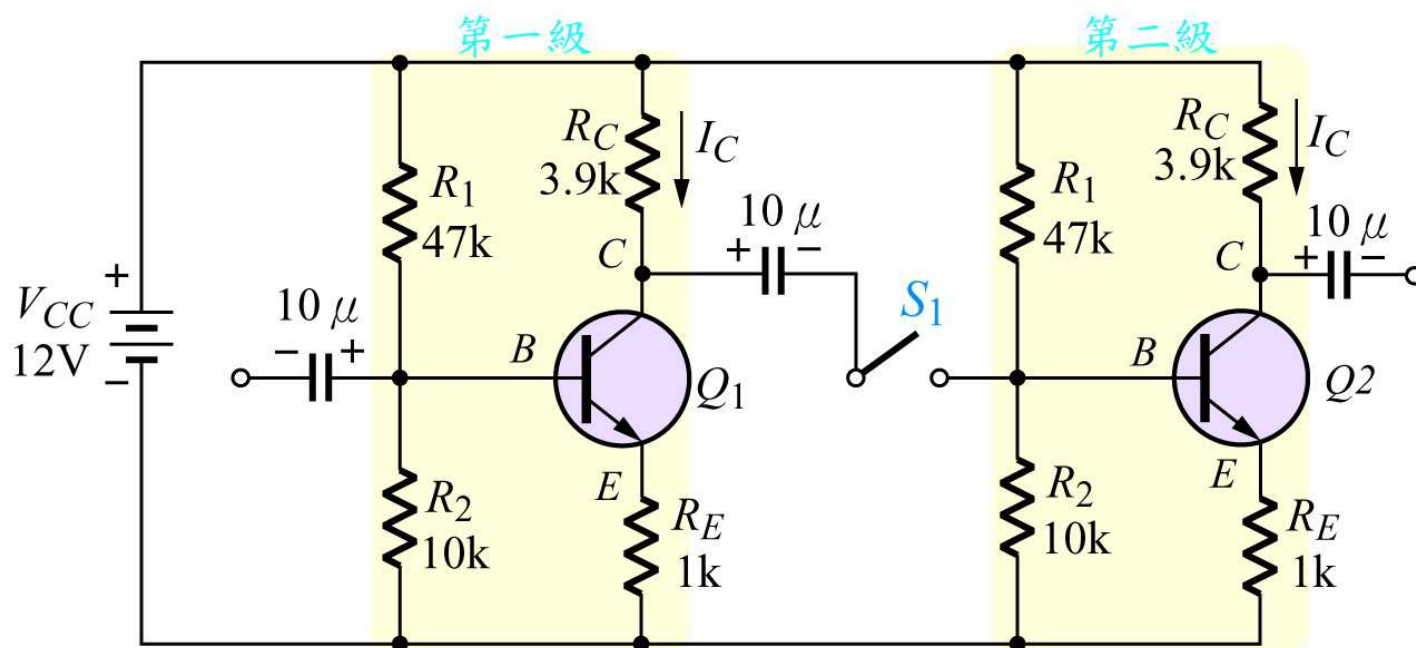
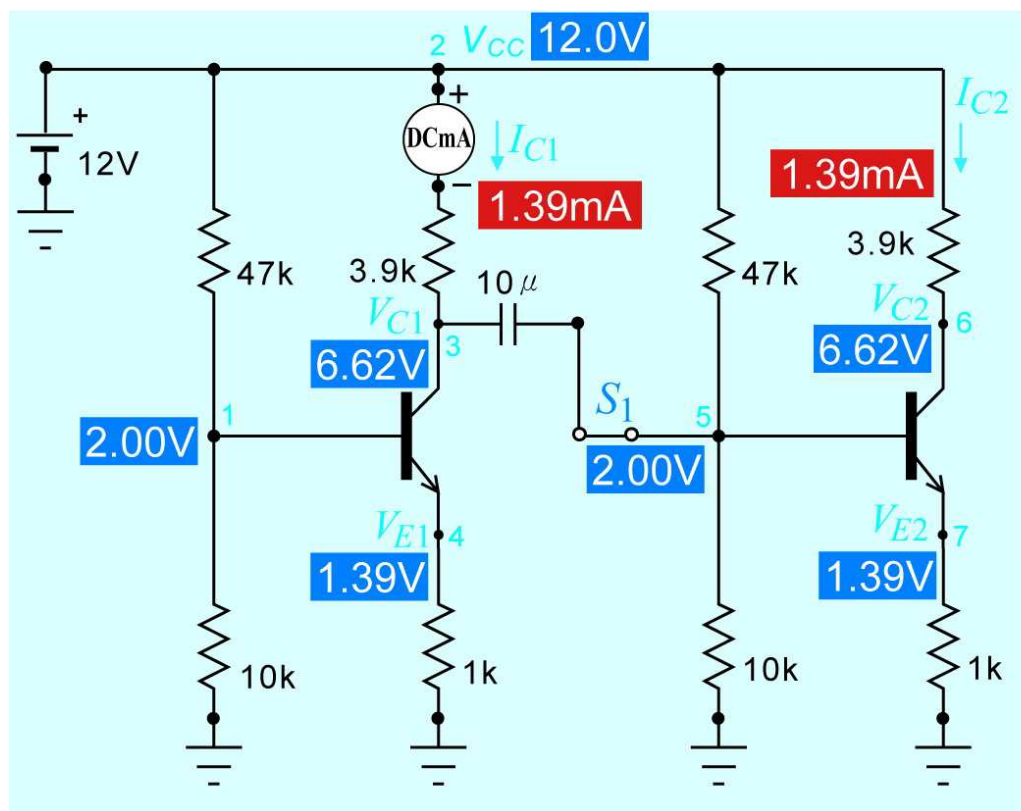


圖7-4 電路圖



技能活動

RC 耦合2級串接的直流分析



觀察重點：

1. 狀況1：前後兩級各自分開。
2. 狀況2：前後兩級RC耦合。
3. 兩種狀況的工作點相同。因此RC耦合時，前後兩級的工作點不會相互影響。

$$(V_{CE} = 6.62 - 1.39 = 5.23V)$$

圖7-5 電腦模擬結果



技能活動 單獨一級放大電路的電壓增益

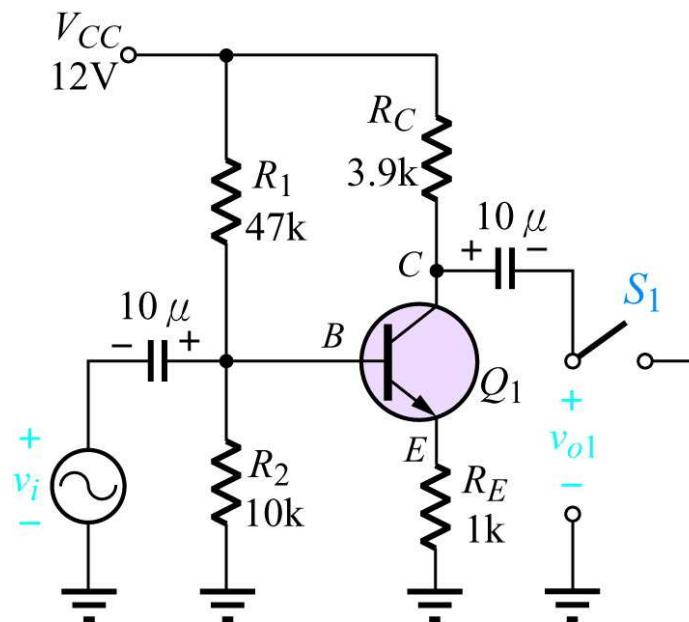
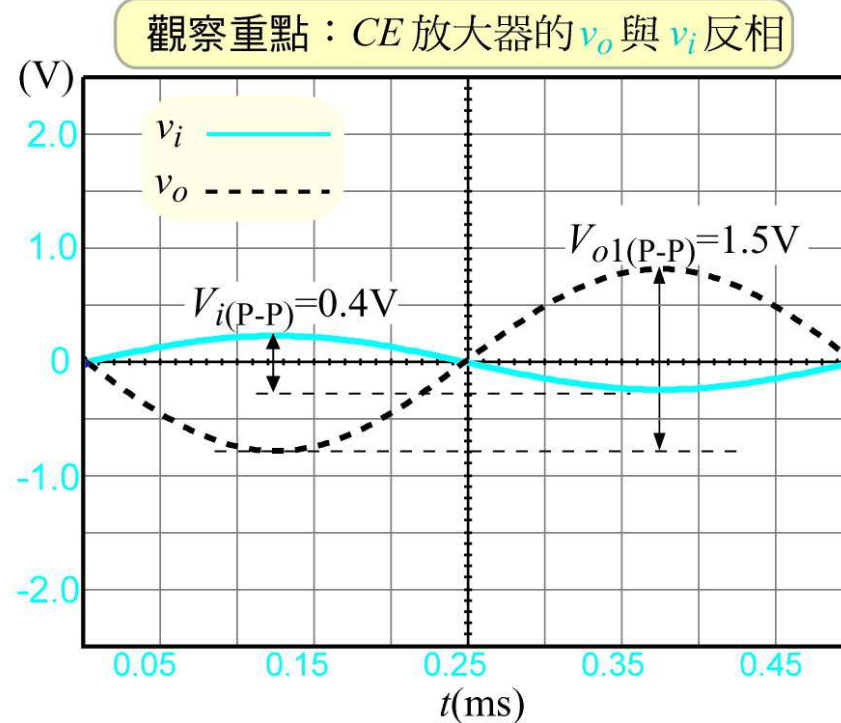


圖7-6 (a)電路圖



(b)電腦模擬圖



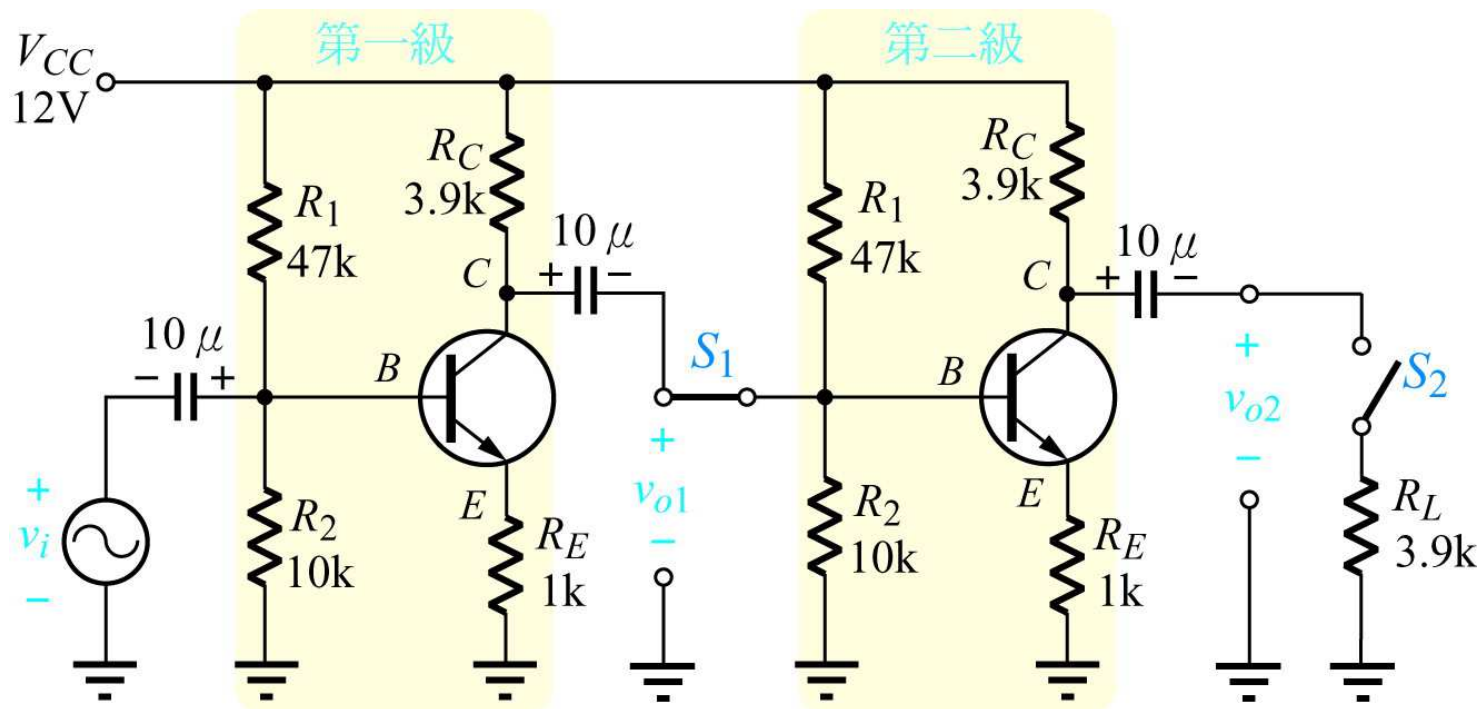


圖7-7 電路圖



狀況1.二級放大不接負載 ($S_1 \rightarrow \text{ON}$; $S_2 \rightarrow \text{OFF}$)

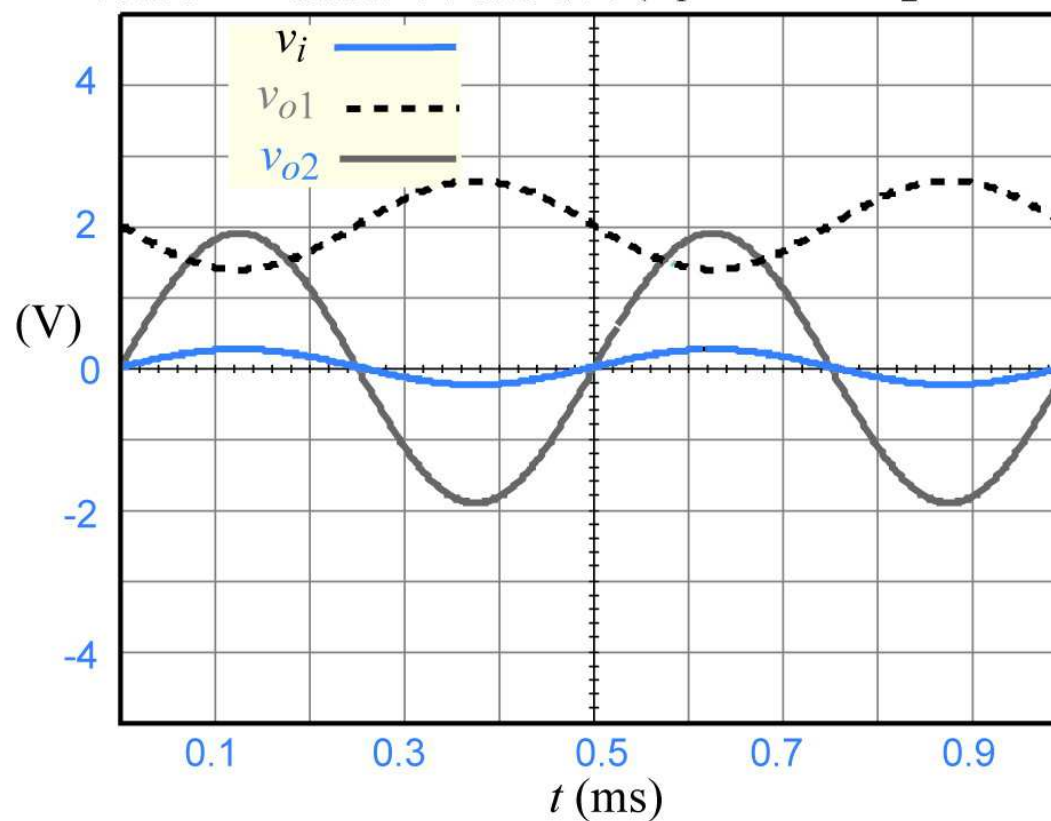


圖7-8 (a)電腦模擬圖



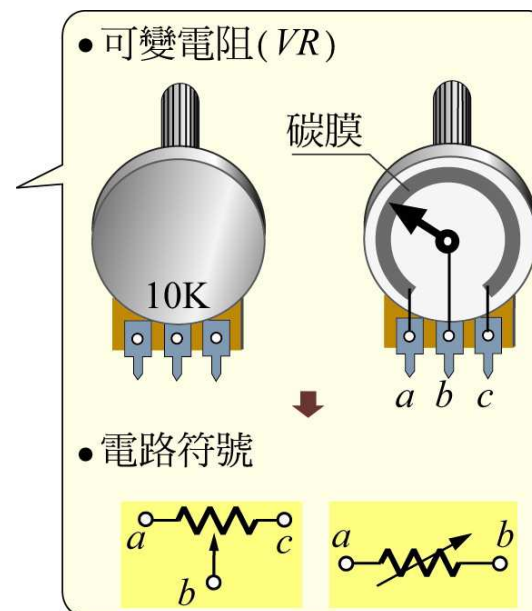
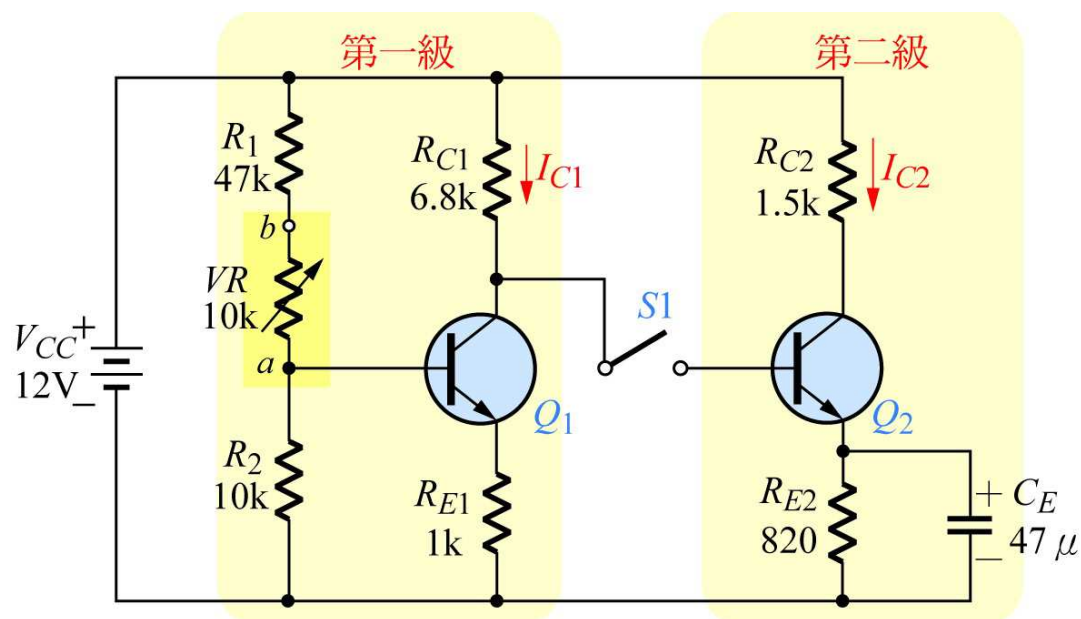
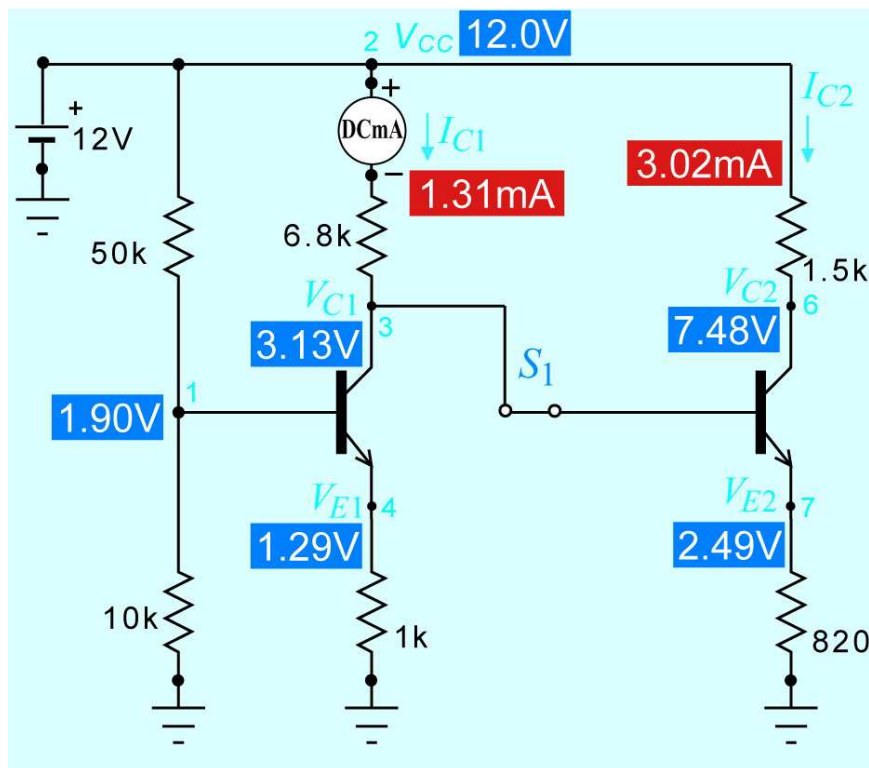


圖7-13 電路圖

直接耦合2級串接的直流分析



觀察重點：

1. 狀況1：前後兩級直接耦合。

$$Q_1(V_{CE}=3.13-1.29=1.84V, I_C=1.31mA)$$

$$Q_2(V_{CE}=7.48-2.49=4.99V, I_C=3.02mA)$$

2. 狀況2：前後兩級分開。

$$Q_1(V_{CE}=3.31-1.29=2.02V, I_C=1.28mA)$$

$$Q_2(V_{CE}=12-0=12V, I_C=0mA)$$

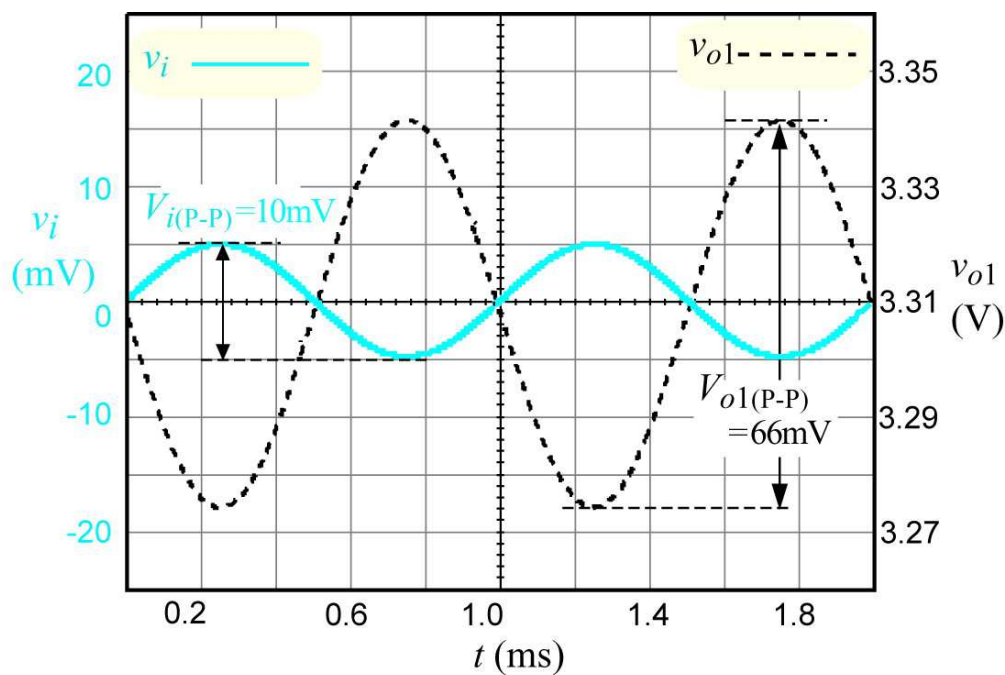
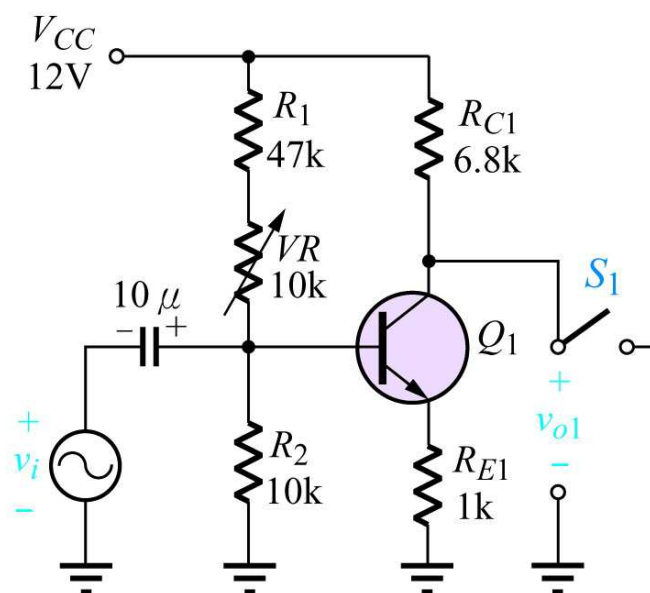
3. 兩種狀況的工作點不同。因此直接耦合時，前後兩級的工作點會相互影響。

圖7-14 電腦模擬結果



技能活動

單獨第一級的電壓增益



觀察重點：

1. 如模擬所示， v_{o1} 另含有直流成分 3.31V。因此示波器請以 [AC] 耦合觀察。
2. v_{o1} 為 v_i 的反相放大 6.6 倍。

圖7-15 電路圖及電腦模擬圖



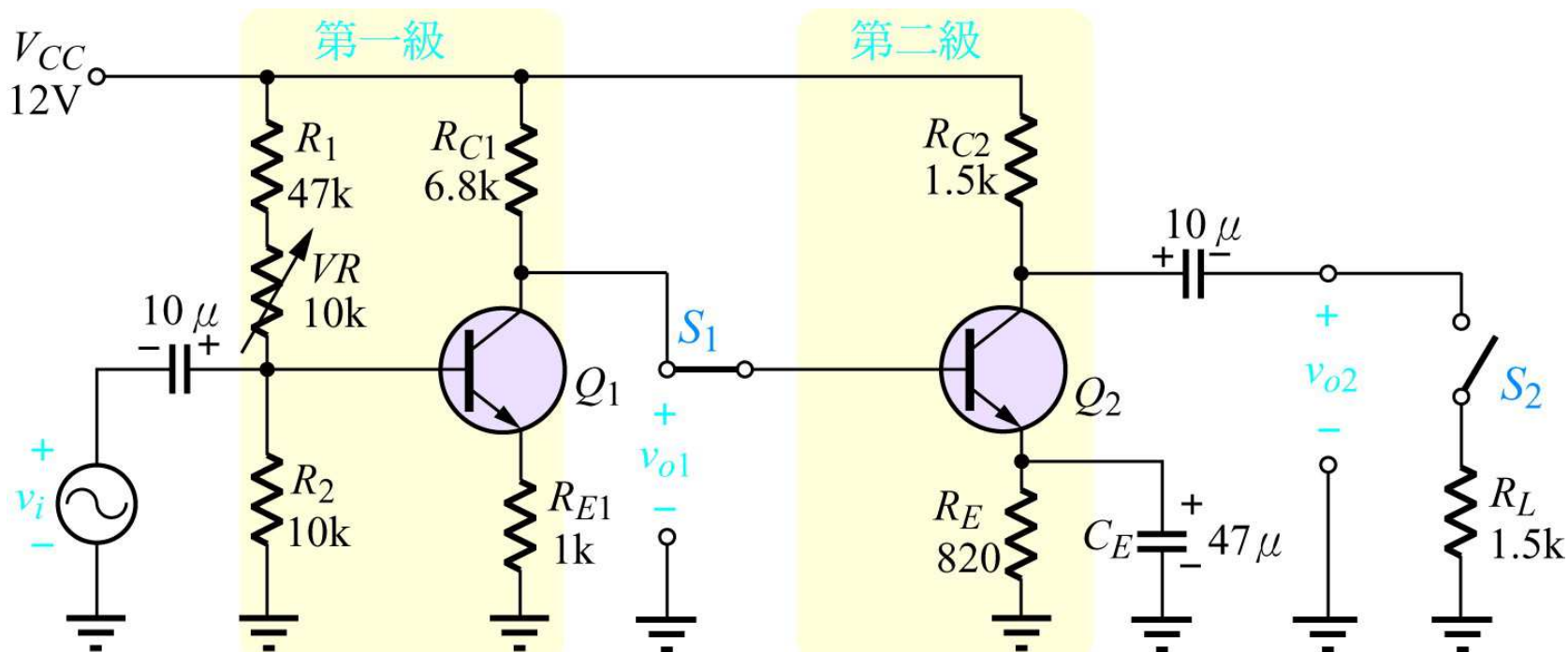


圖7-16 電路圖

直接耦合2級串接的電壓增益

狀況2.二級放大接負載 ($S1 \rightarrow ON$; $S2 \rightarrow ON$)

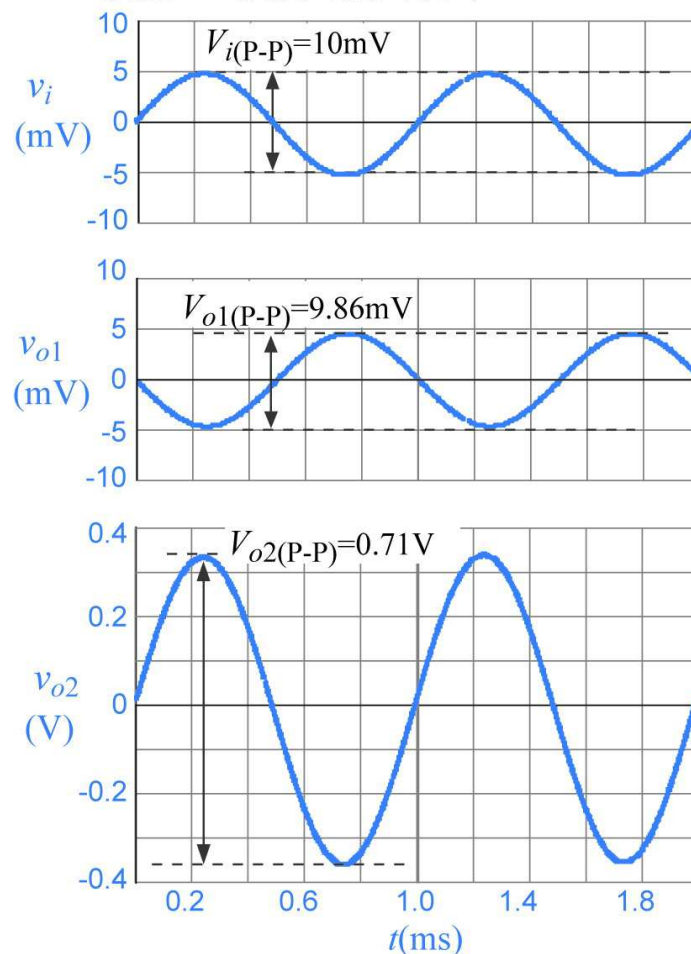


圖7-17 (a)電腦模擬圖



電子學實習II



第八章 場效電晶體之特性

實習六 接面場效電晶體（JPET）的基本認識

技能活動

實習七 共源極放大電路

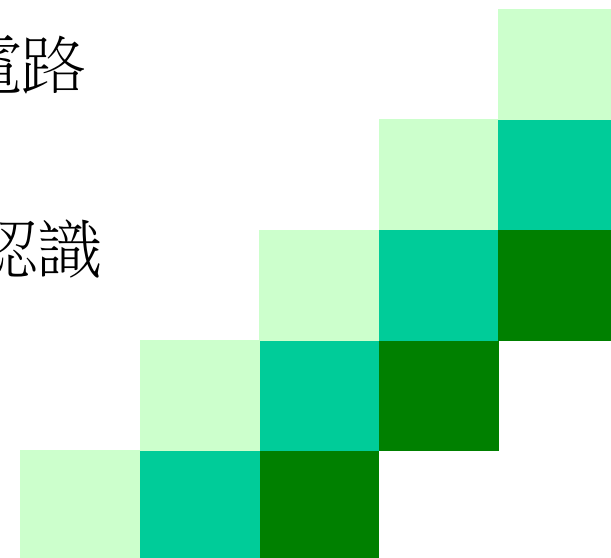
技能活動

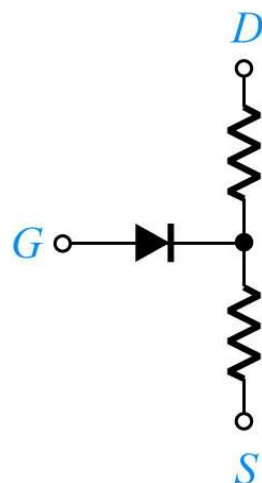
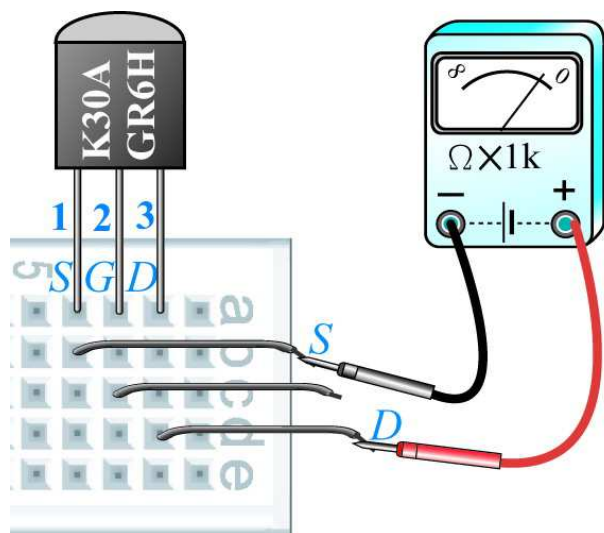
實習八 共汲極與共閘極放大電路

技能活動

實習九 金氧半場效電晶體的認識

技能活動





觀察重點：

1. D 、 S 兩極之間相互導通。
2. 為了實驗方便及保護零件接腳，建議先將JFET元件插在麵包板上，再用三條單心線作引線進行2~5實驗步驟。

圖8-6 (a)接腳測量圖 (b)N通道JFET之直流等效電路



技能活動

JFET閘極接腳以及類型的判斷

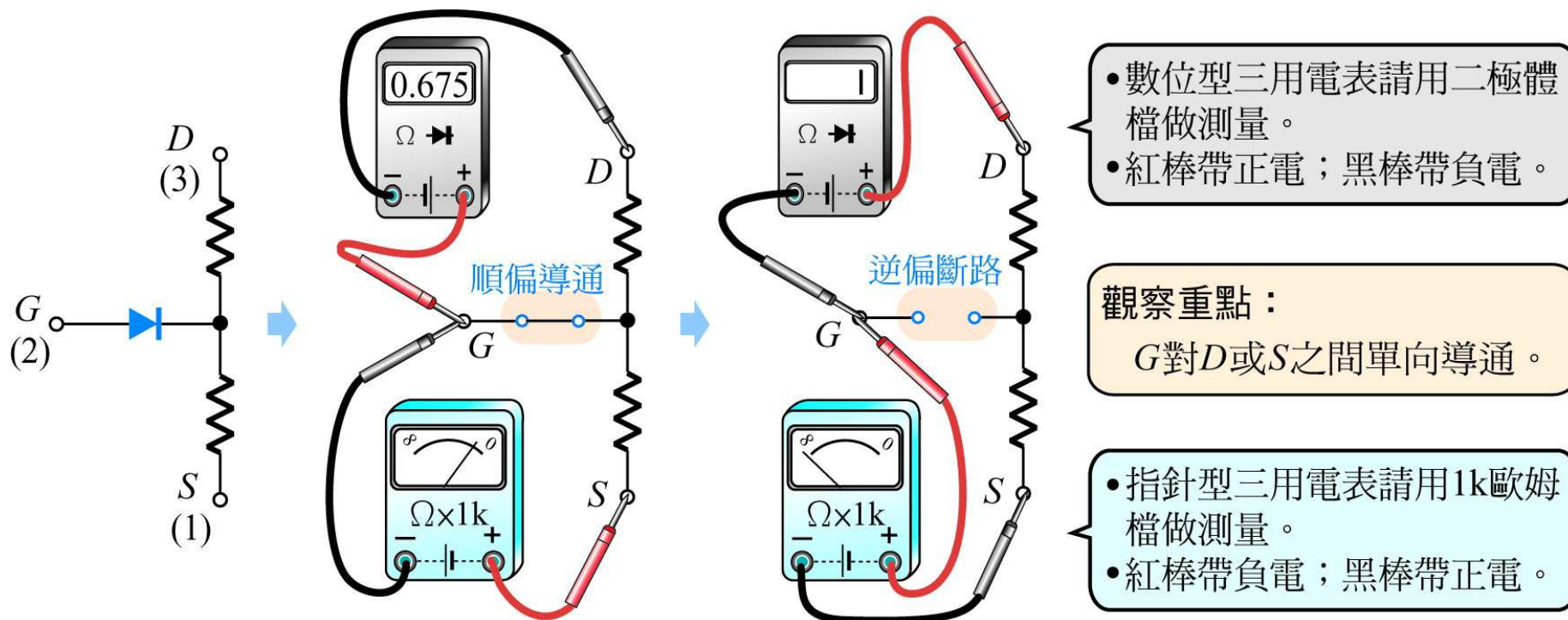
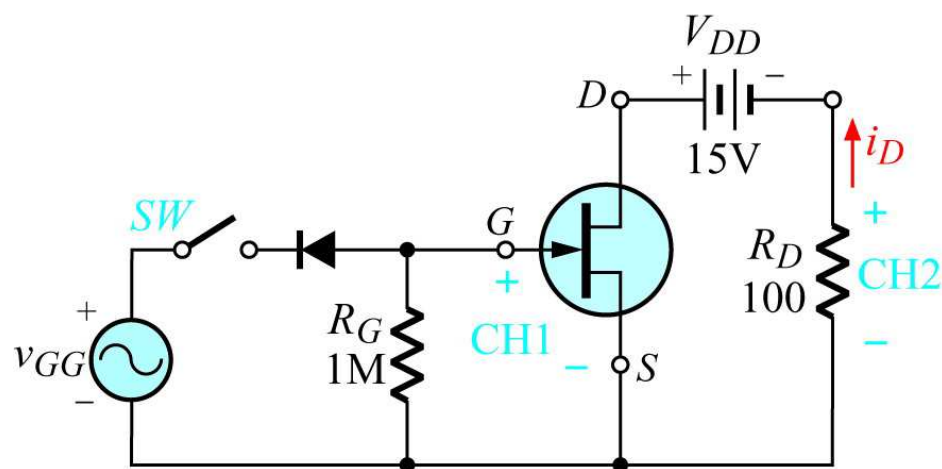


圖8-7 N通道JFET之閘極判斷





注意

1. 示波器CH1，CH2兩探棒之負端必須接同一位置。
2. 因CH2的正負方向與 i_D 方向相反，故示波器在第三項象限顯示波形（與一般波形呈現上下相反。）

圖8-8(a) 電路圖



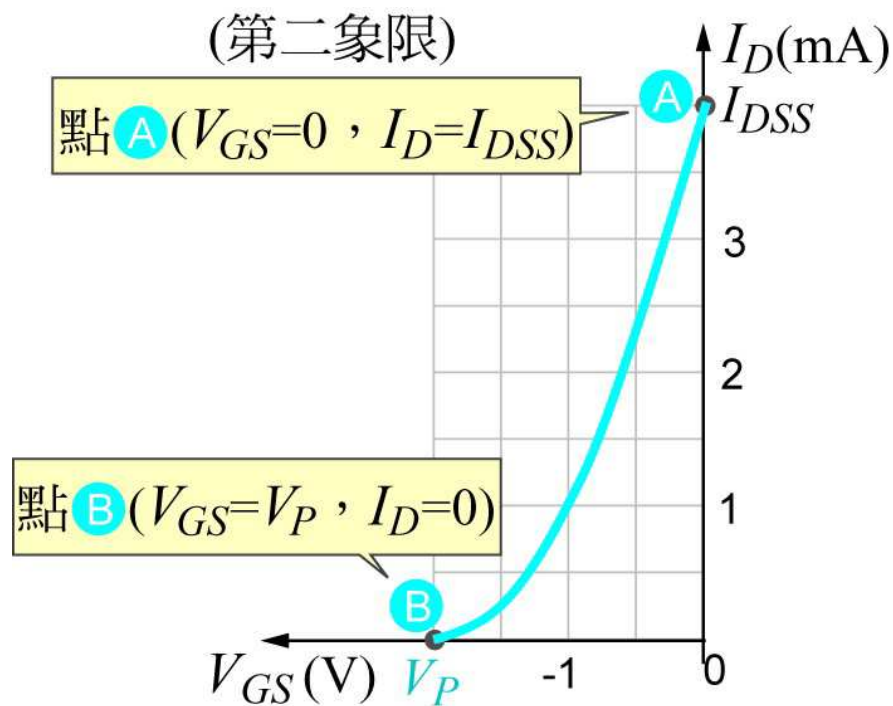


圖8-8(b) 轉移特性曲線

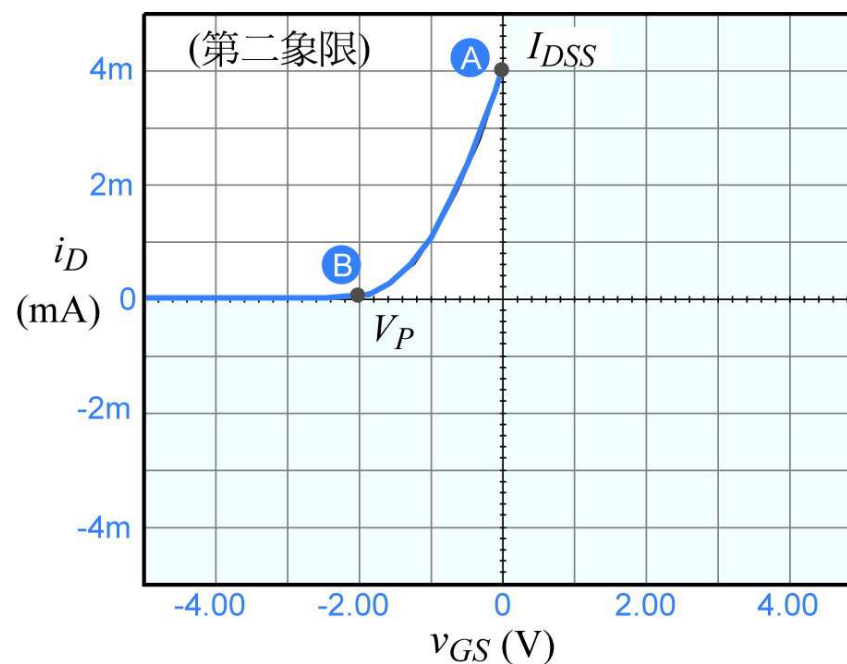
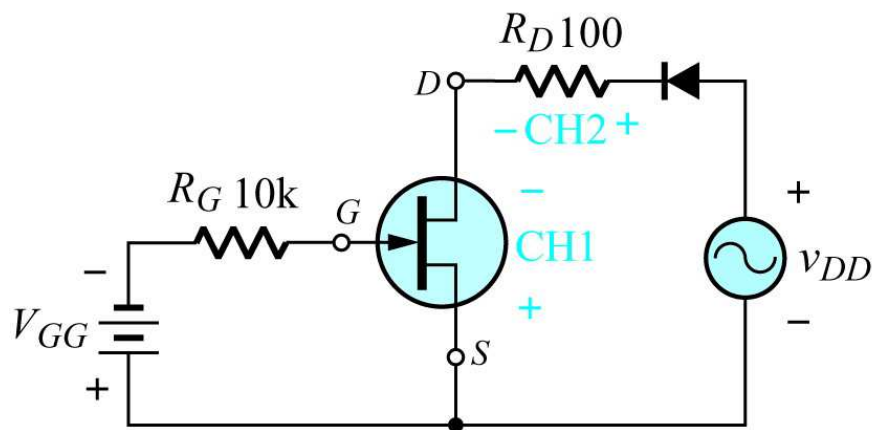


圖8-9 (a)電腦模擬圖





- 注意**
1. 示波器CH1，CH 2兩探棒之負端必須接同一位置。
 2. 因CH1的正負位置與 v_{DS} 正負相反，故示波器在第二象限顯示波形（與一般波形呈現左右相反。）

圖8-10 電路圖

技能活動

JFET 閘極接腳以及類型的判斷

狀況 2 飽和區之輸出特性曲線

設定 $V_{GG} = 0$ ， $V_{DD(P-P)} = 20V$ ，輸出特性曲線呈水平線狀部分為定電流特性的飽和區。

狀況 1 歐姆區之輸出特性曲線

設定 $V_{GG} = 0V$ ， $V_{DD(P-P)} = 2V$ 及 $f = 100Hz$ 之弦波。

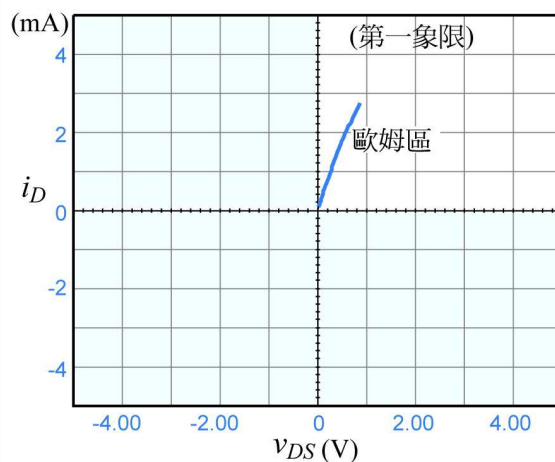


圖 8-11 (a)電腦模擬圖

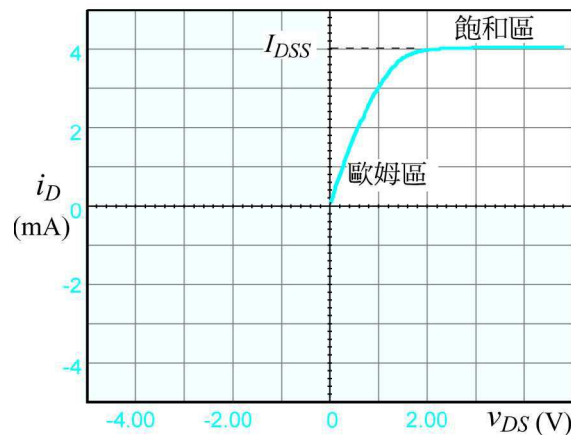


圖 8-12 (a)電腦模擬圖

狀況 3 截止區之輸出特性曲線

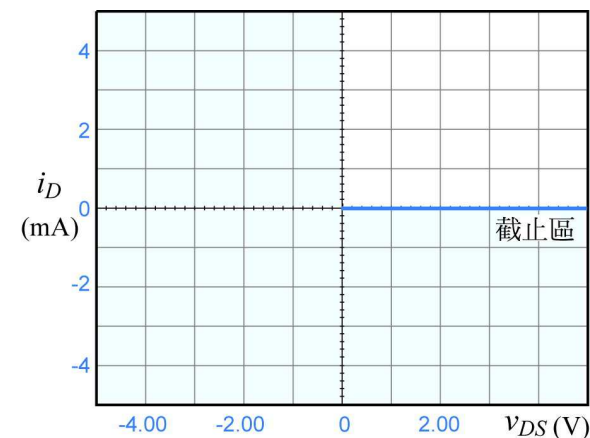


圖8-13 (a)電腦模擬圖



勁園文化事業股份有限公司
台科大圖書股份有限公司



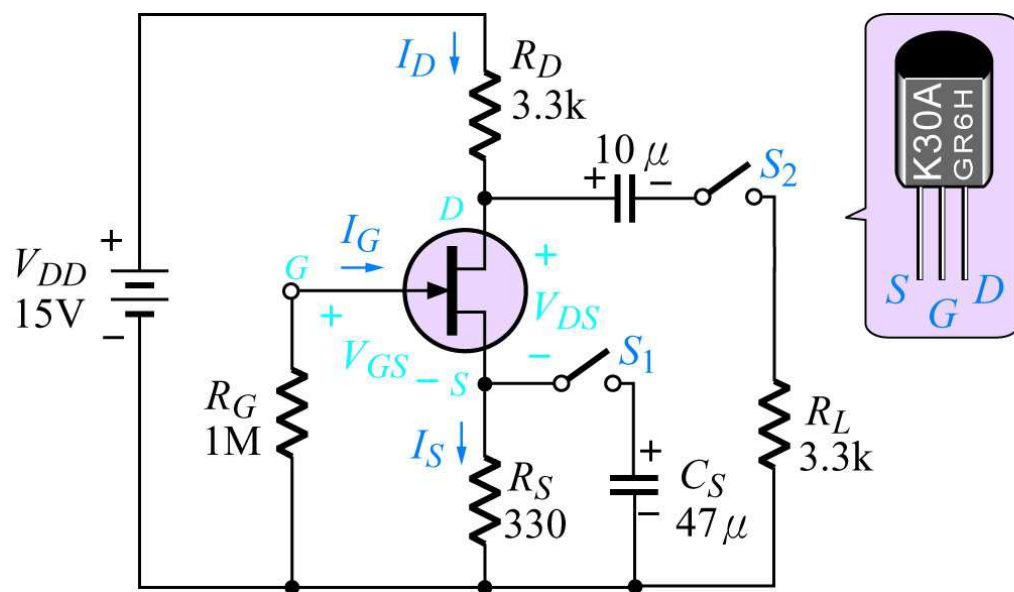
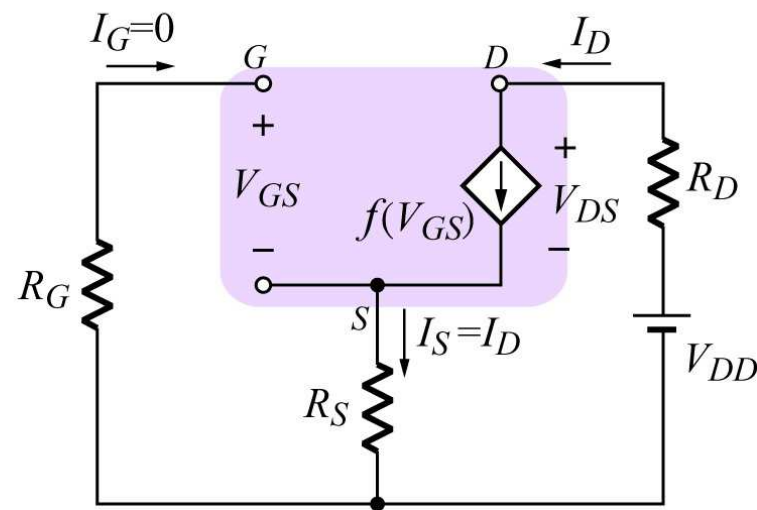


圖8-21 (a)源極自給偏壓電路圖

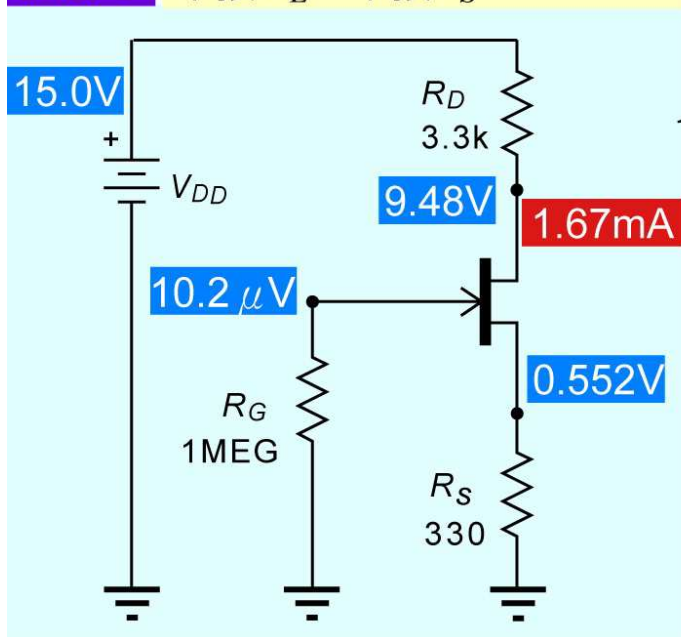


(b)直流偏壓等效電路圖

技能活動

源極自給偏壓電路

狀況 1 不接 R_L ，不接 C_S



$$V_{GS} = 0 - 0.552 = -0.55V$$
$$V_{DS} = 9.48 - 0.552 = 8.93V$$
$$I_G = 0$$
$$I_D = I_S = 1.67mA$$

觀察重點：
耦合電容、旁路
電容的直流等效
為開路，不影響
靜態工作點。

狀況 2 不接 R_L ，接 C_S

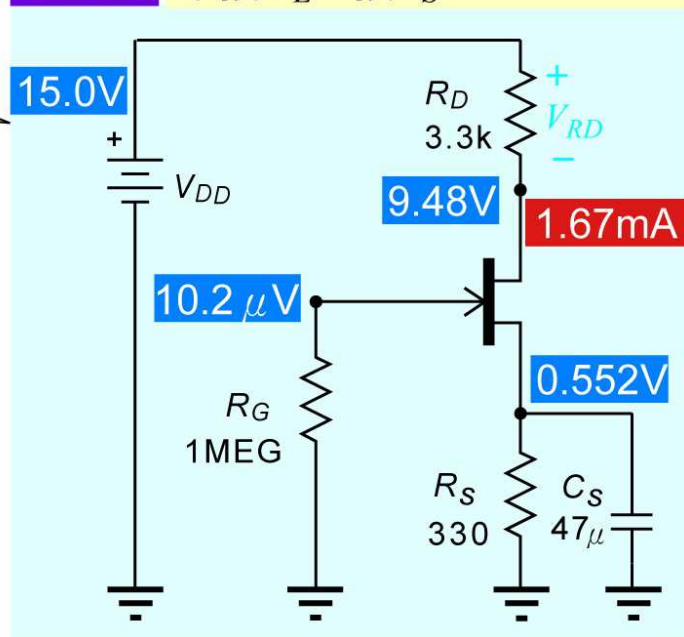


圖8-22 (a)狀況1的電腦模擬結果

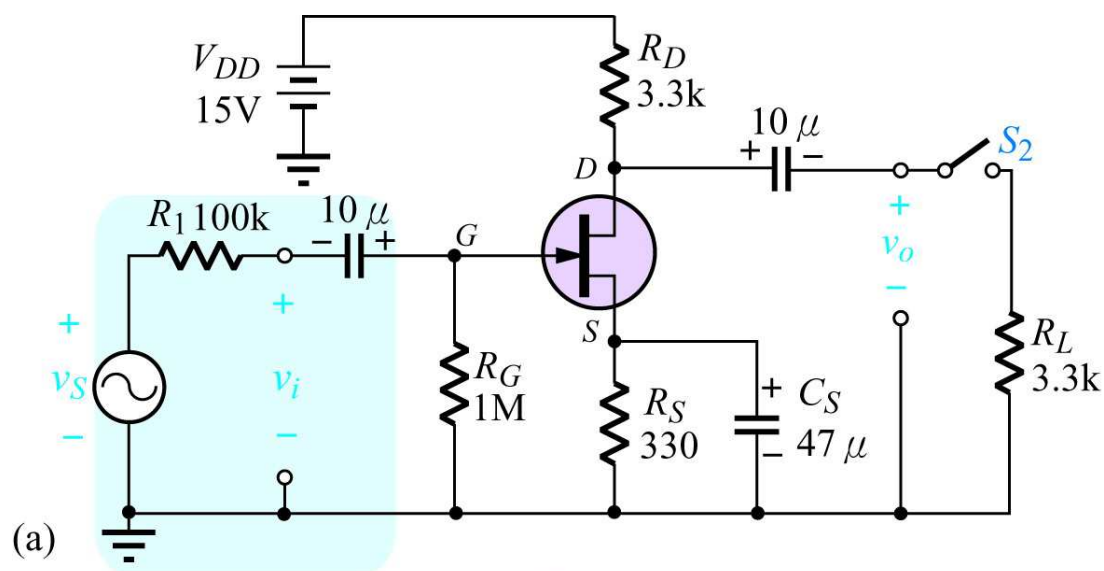
(b)狀況2的電腦模擬結果



技能活動

共源極小信號放大器

共源極小信號放大器



狀況1：無負載($R_L = \infty$)，
 $S_2 \rightarrow \text{OFF}$ (開路)。
狀況2：加入負載 R_L ，
 $S_2 \rightarrow \text{ON}$ (短路)。



共源極小信號放大器

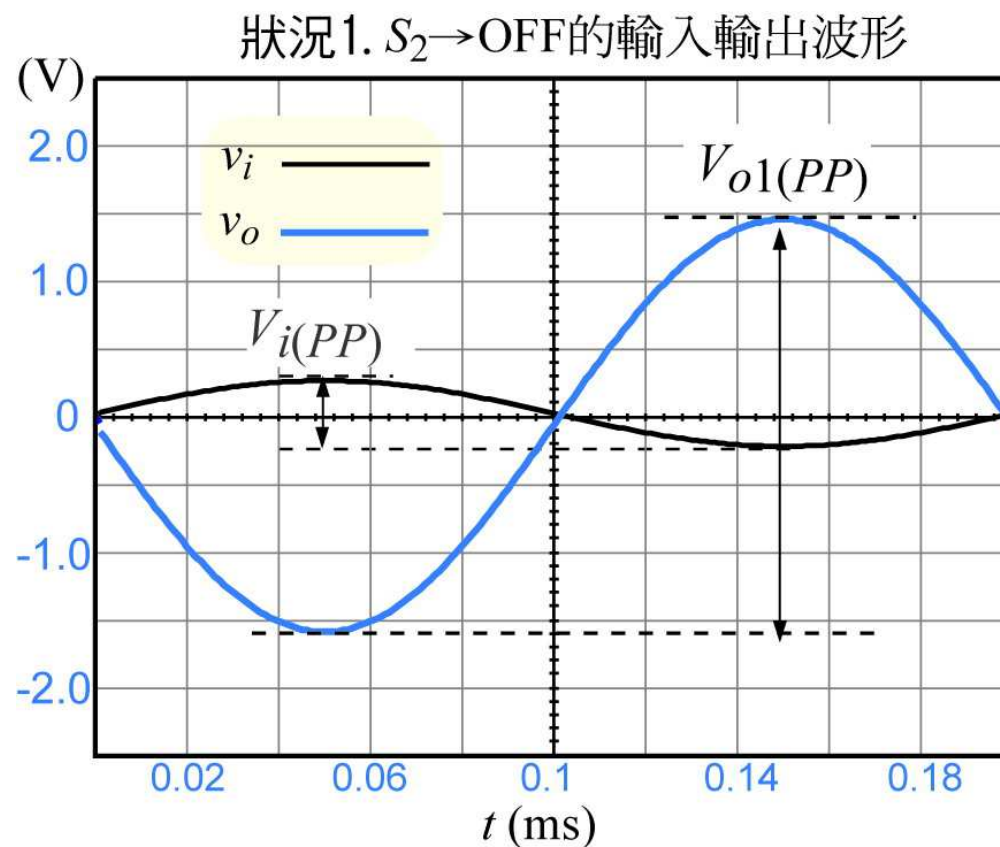


圖8-24 (a)電腦模擬圖



共源極小信號放大器

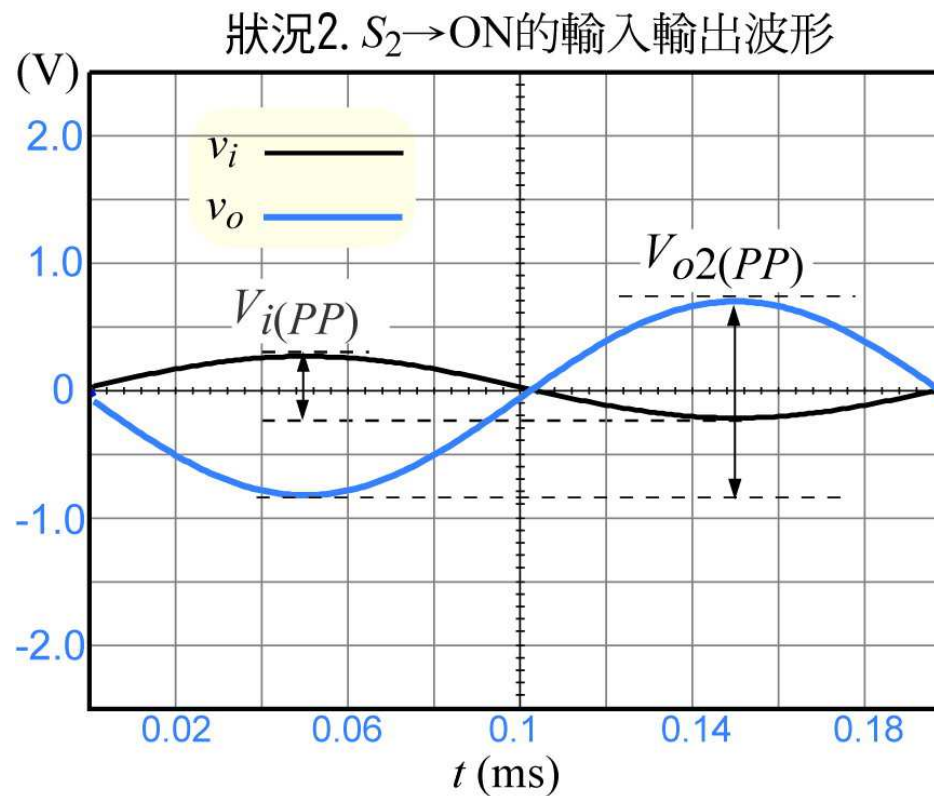


圖8-25 (a)電腦模擬圖



共汲極小信號放大器

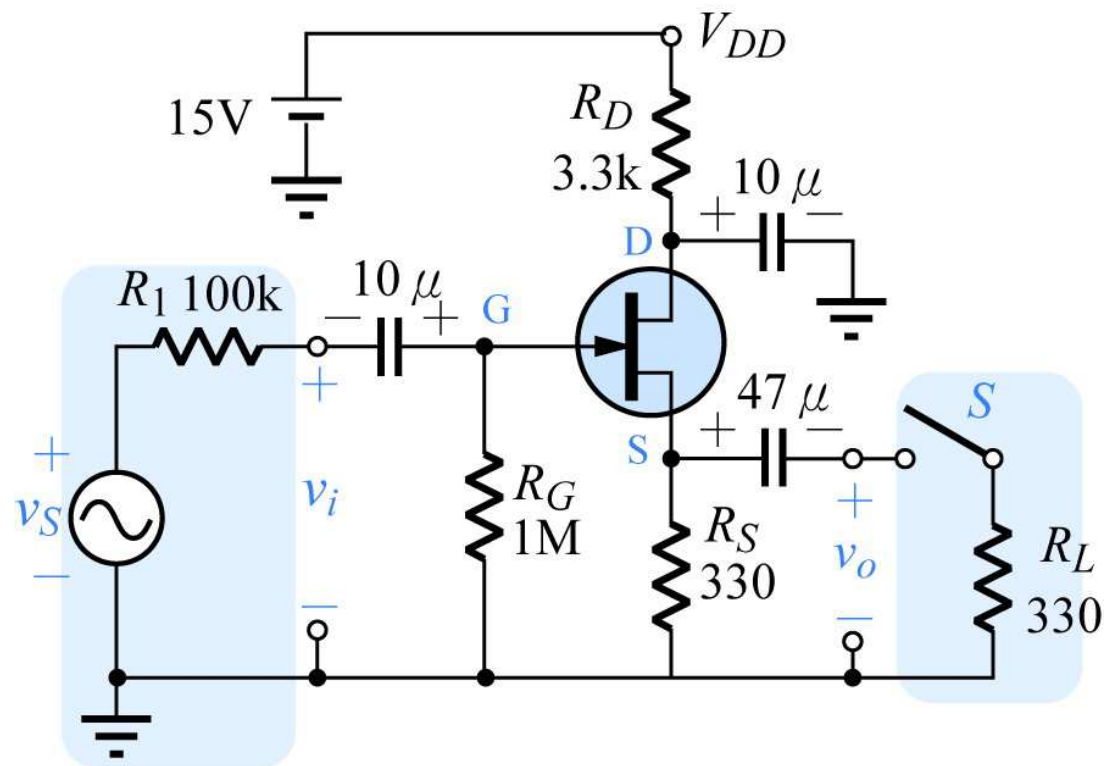


圖8-28 (a)電路圖



共汲極小信號放大器

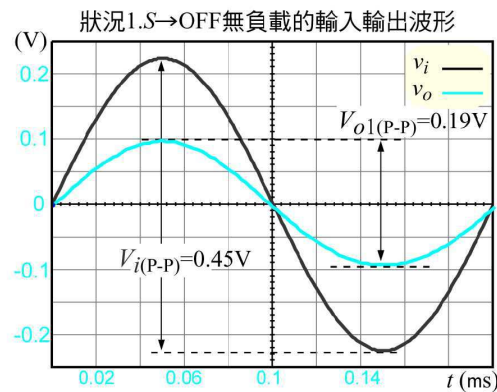
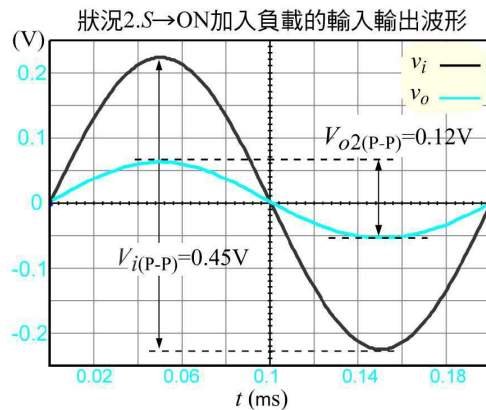


圖 8-29 (a)電腦模擬圖



觀察重點：

1. CD放大器(源極隨耦器)的 $v_o(t) \leq v_i(t)$ 。
2. 狀況2加入負載後的電壓增益減小。

圖 8-30 (a)電腦模擬圖



共閘極小信號放大器

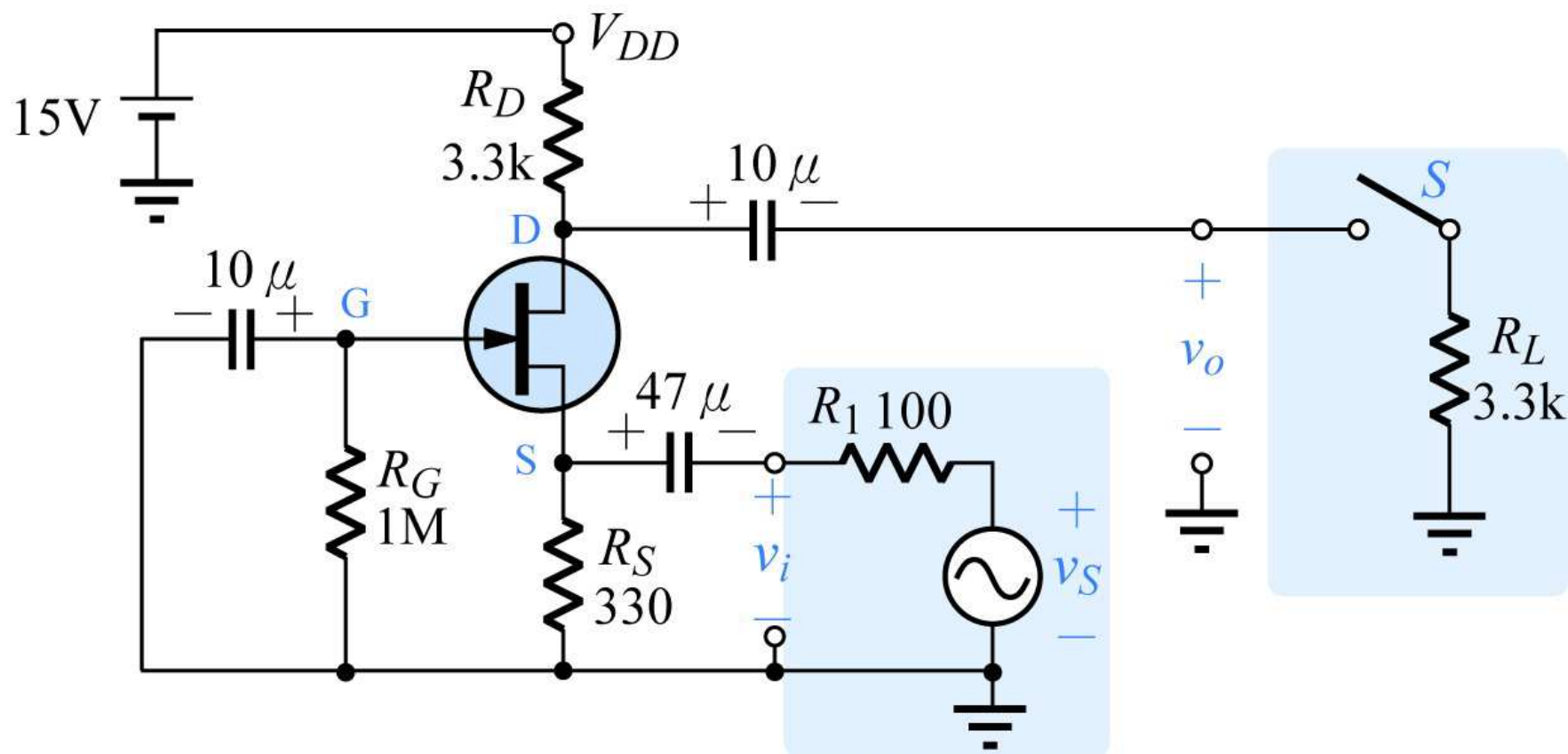


圖8-31 (a)電路圖

共閘極小信號放大器

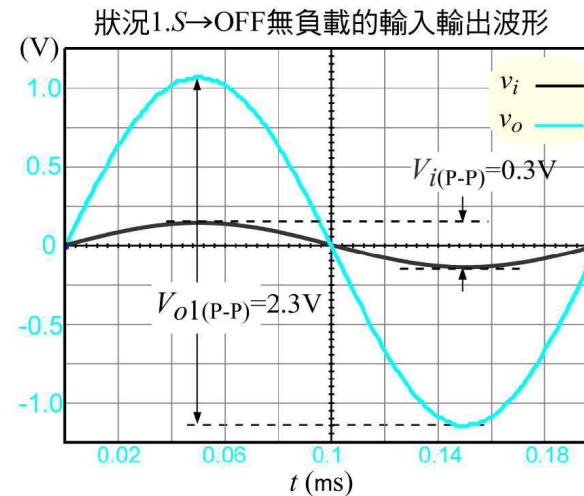
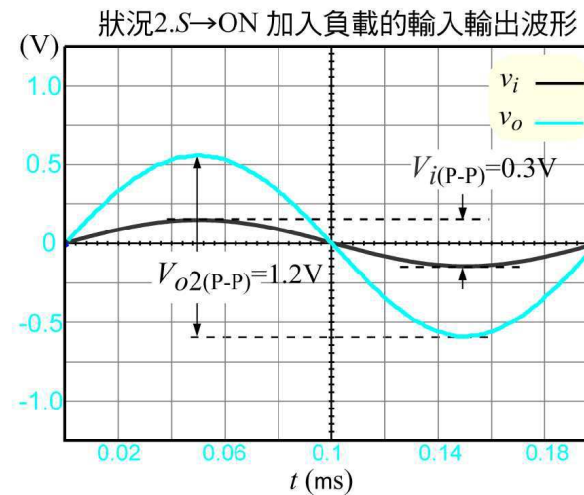


圖 8-32 (a)電腦模擬圖



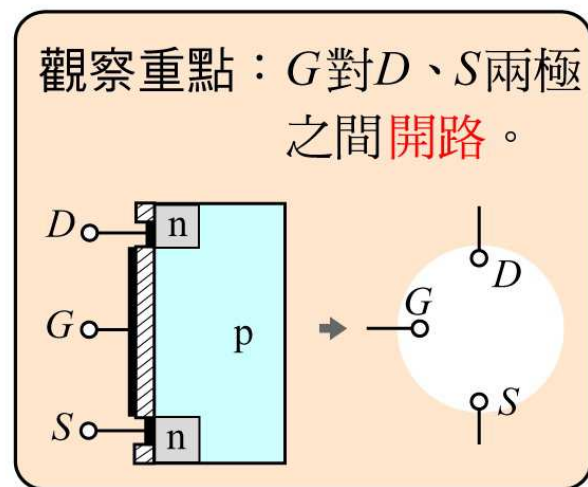
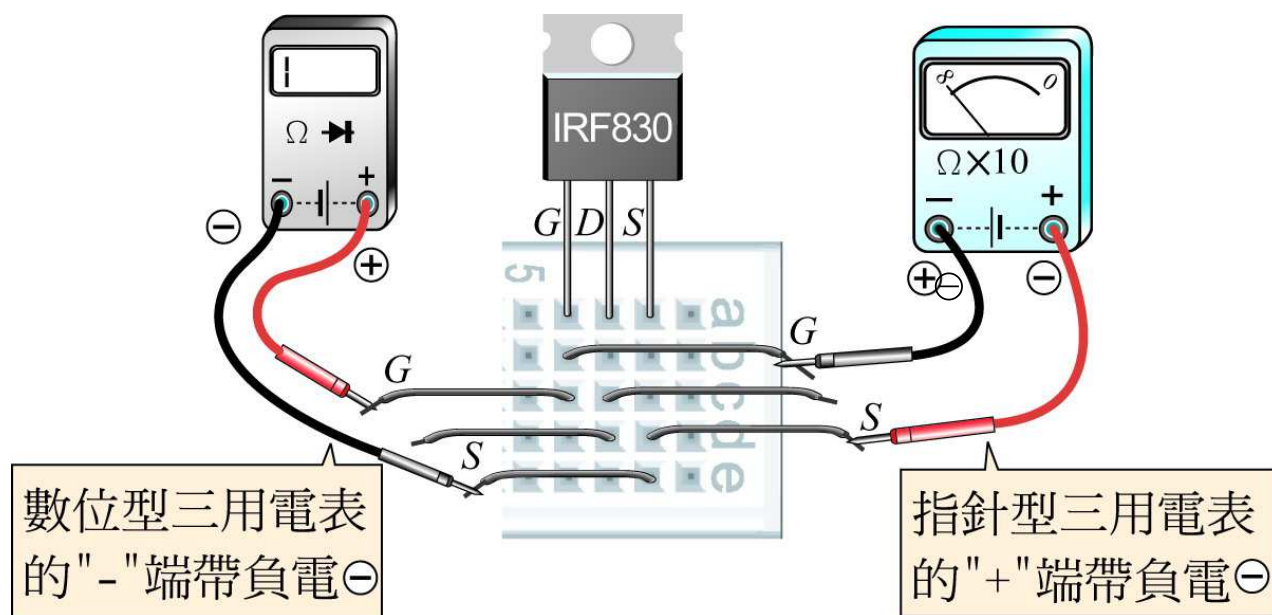
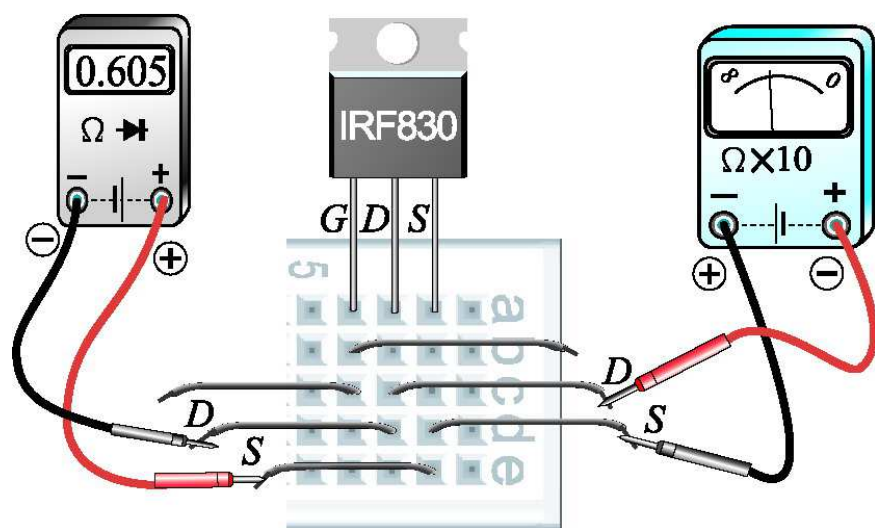


圖8-43 [⊕→G，⊖→S] 的接線測試圖



觀察重點：

1. $D-S$ 兩極之間(無通道)為開路。
2. 因為 $D-S$ 之間裝有防逆偏二極體，所以單向導通。

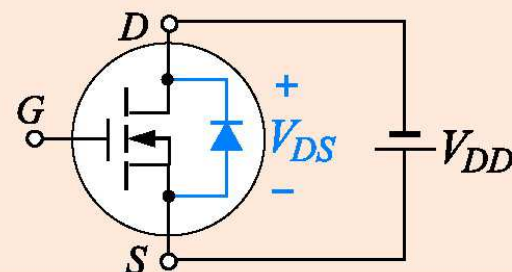


圖8-44 汲極與源極之間開路的測試

3. $V_{GS} > 0$ ，建立n通道。

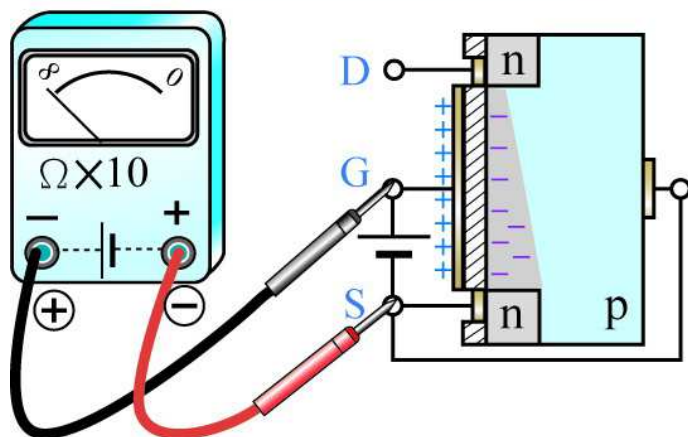
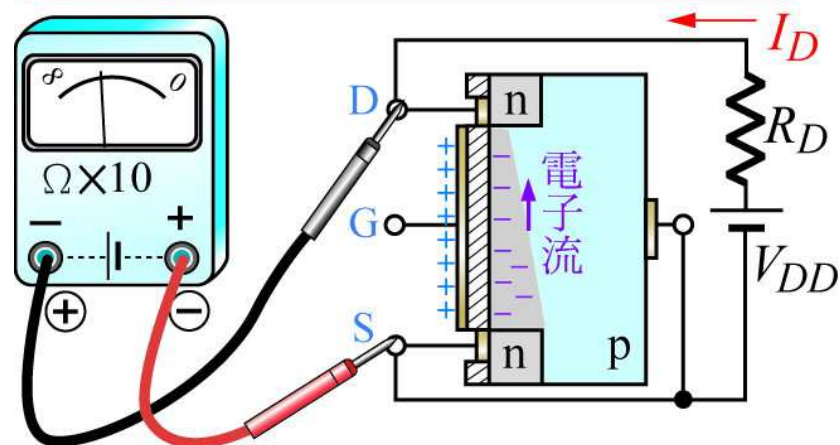
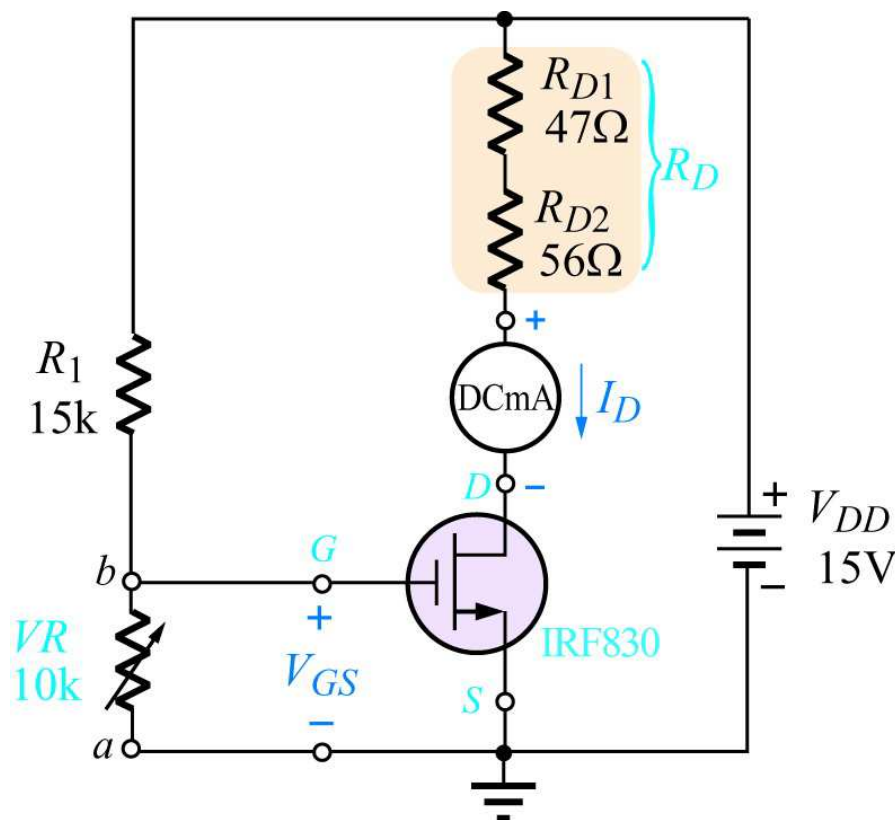


圖8-45 (a)步驟3建立n通道

4. D-S之間因n通道而雙向導通。



(b)步驟4D-S 之間導通



注意：汲極電流不可超過100mA，
以免汲極電阻過熱燒毀。

$$R_D = R_{D1} + R_{D2} = 103\Omega$$

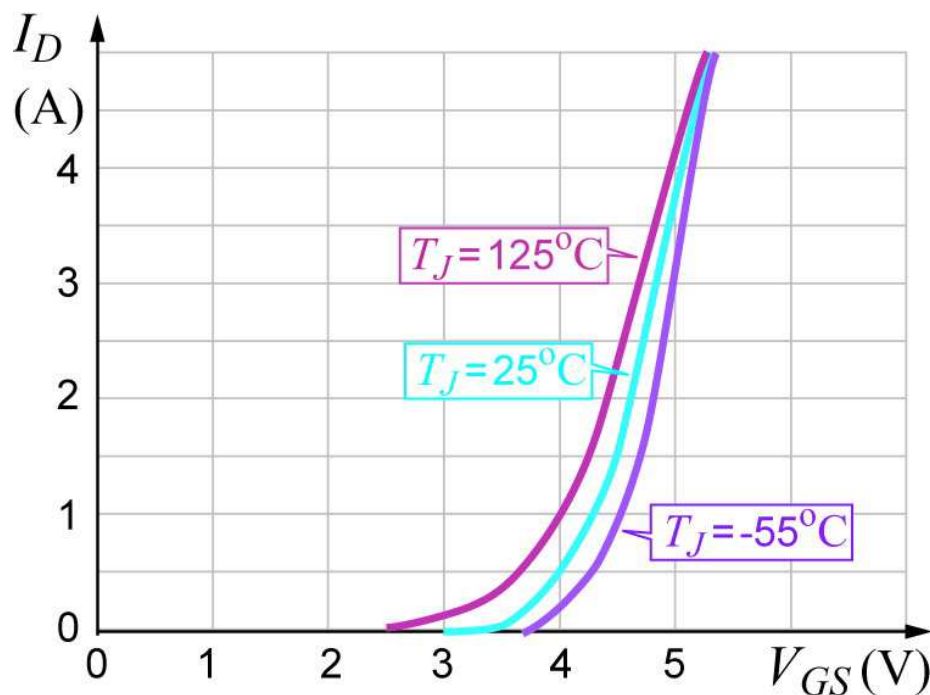
$$P_{R(\max)} = P_1 + P_2 = 0.5 + 0.5 = 1W$$

$$I_{D(\max)} = \sqrt{P_{R(\max)} / R_D}$$

$$= \sqrt{1 / 103} \approx 0.1A$$

圖8-46 電路圖





IRF830規格：

臨界電壓 $V_T = 2 \sim 4\text{V}$

測量條件 $V_{DS} = V_{GS}$

$I_D = 0.25\text{mA}$

$T_J = 25^\circ\text{C}$

在相同的 V_{GS} ，操作溫度上升，會造成 I_D 上升(工作點偏移)。

圖8-47 IRF830的規格及轉移特性曲線



轉移特性曲線的繪製

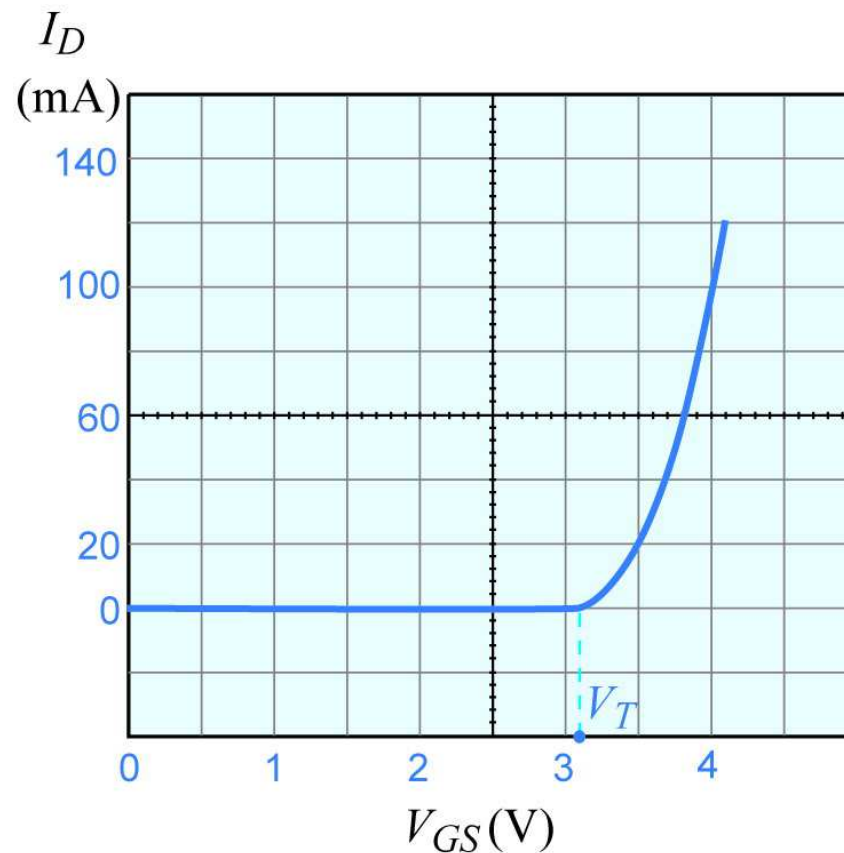


圖8-48 (a)電腦模擬圖



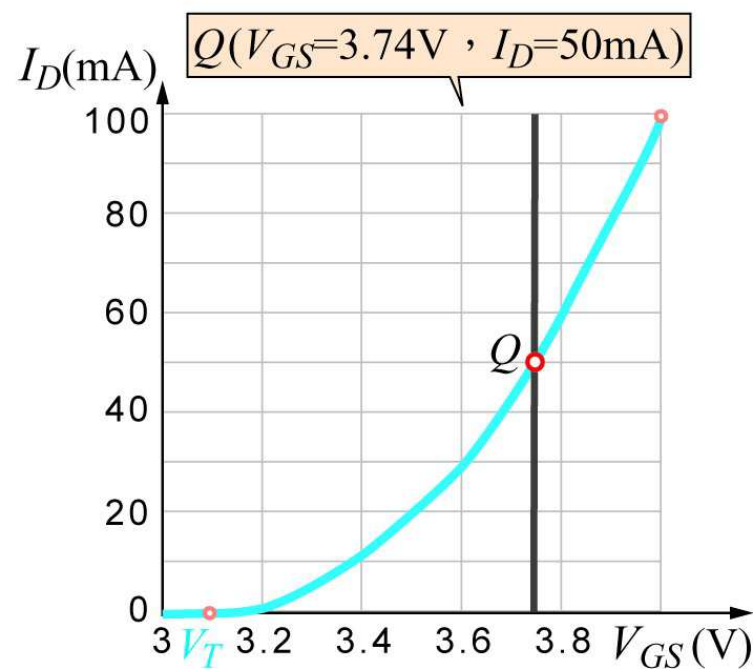
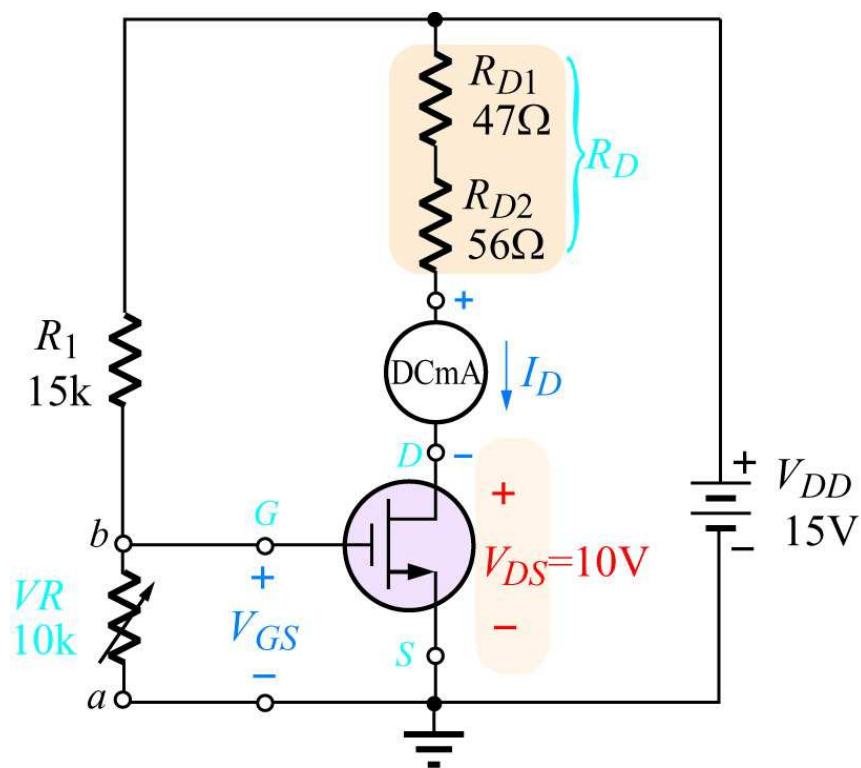


圖8-49 (a)分壓偏壓電路圖



共源極小信號放大器

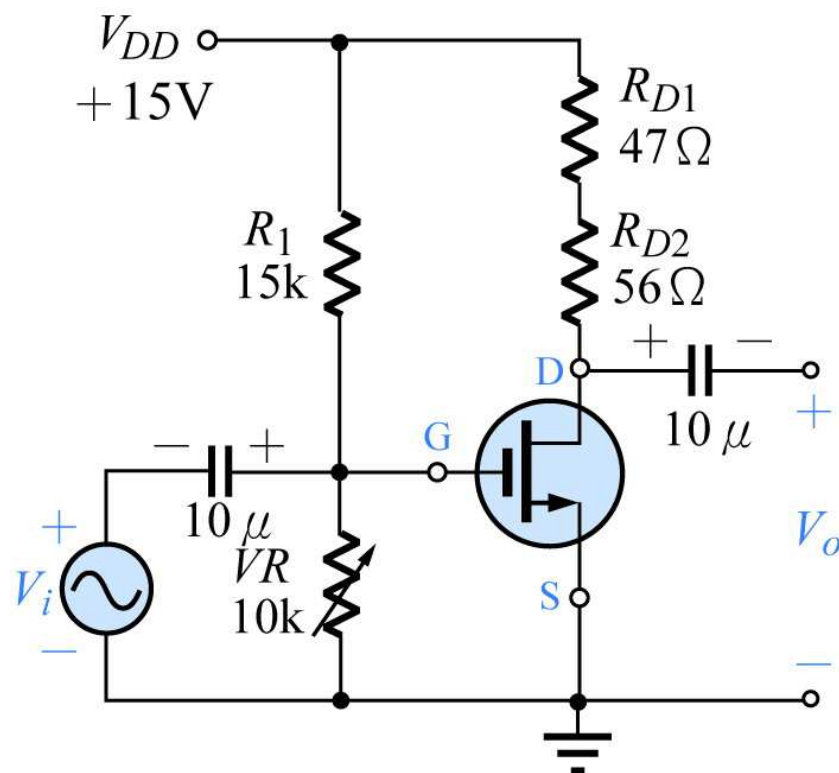


圖8-51 (a)直流偏壓電路



共源極小信號放大器

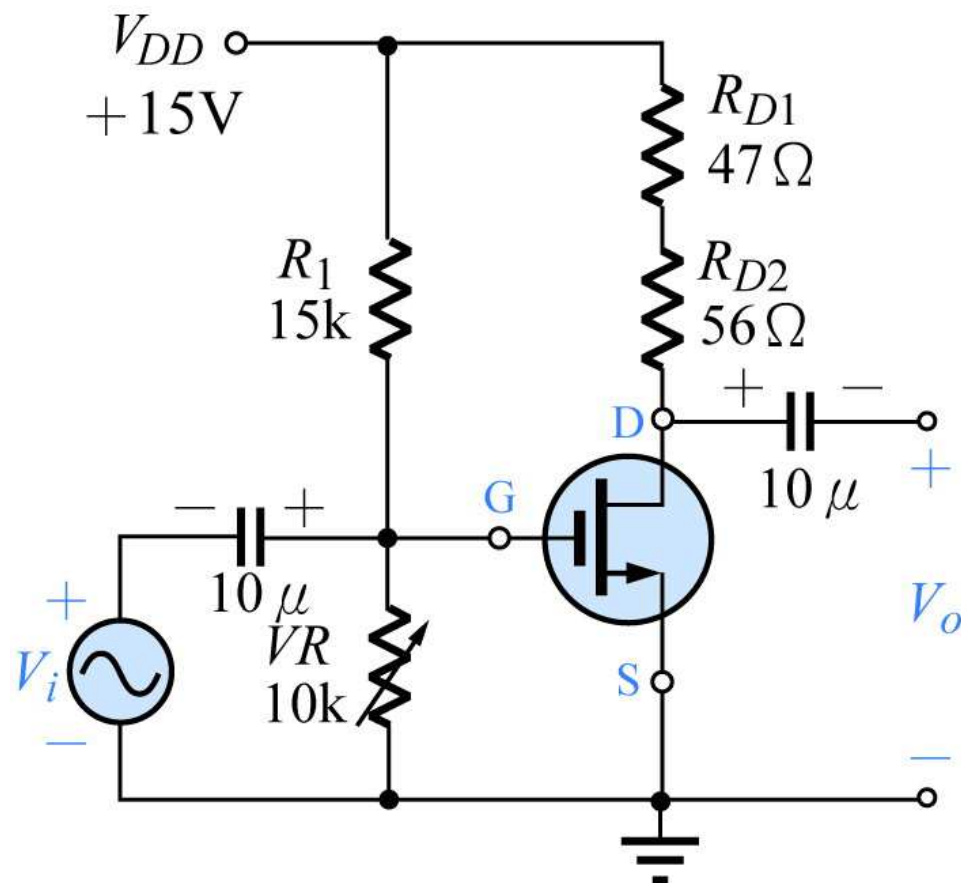


圖8-51 (a)直流偏壓電路

共源極小信號放大器

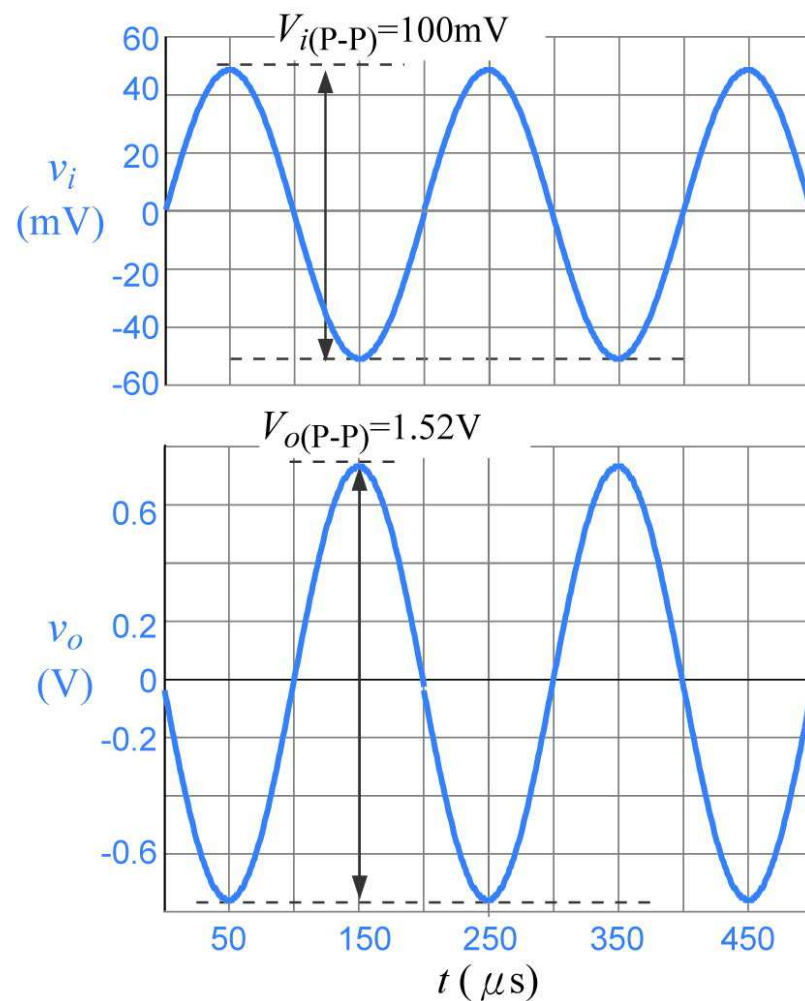


圖8-52 (a)電腦模擬圖



電子學實習II



第九章 運算放大器

實習十 反相與非反相放大器

技能活動

實習十一 負回授電路

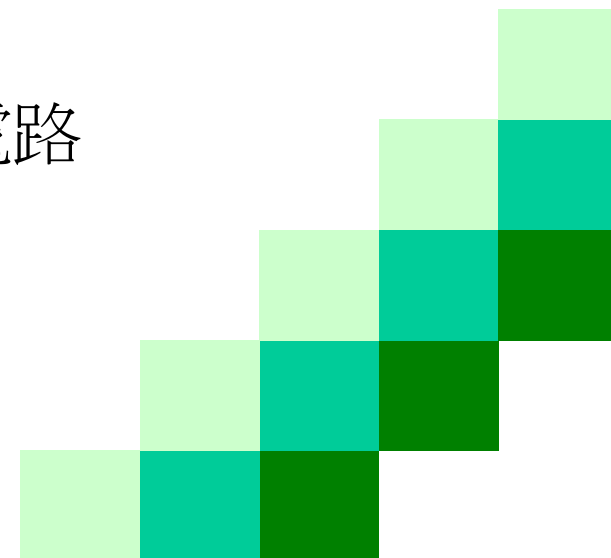
技能活動

實習十二 加法器與減法器電路

技能活動

實習十三 比較器

技能活動



實習十

IC 741運算放大器

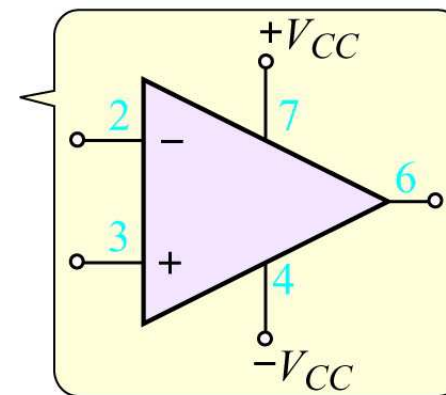
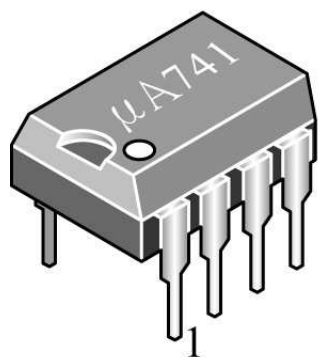


圖9-3 IC 741元件的接腳圖



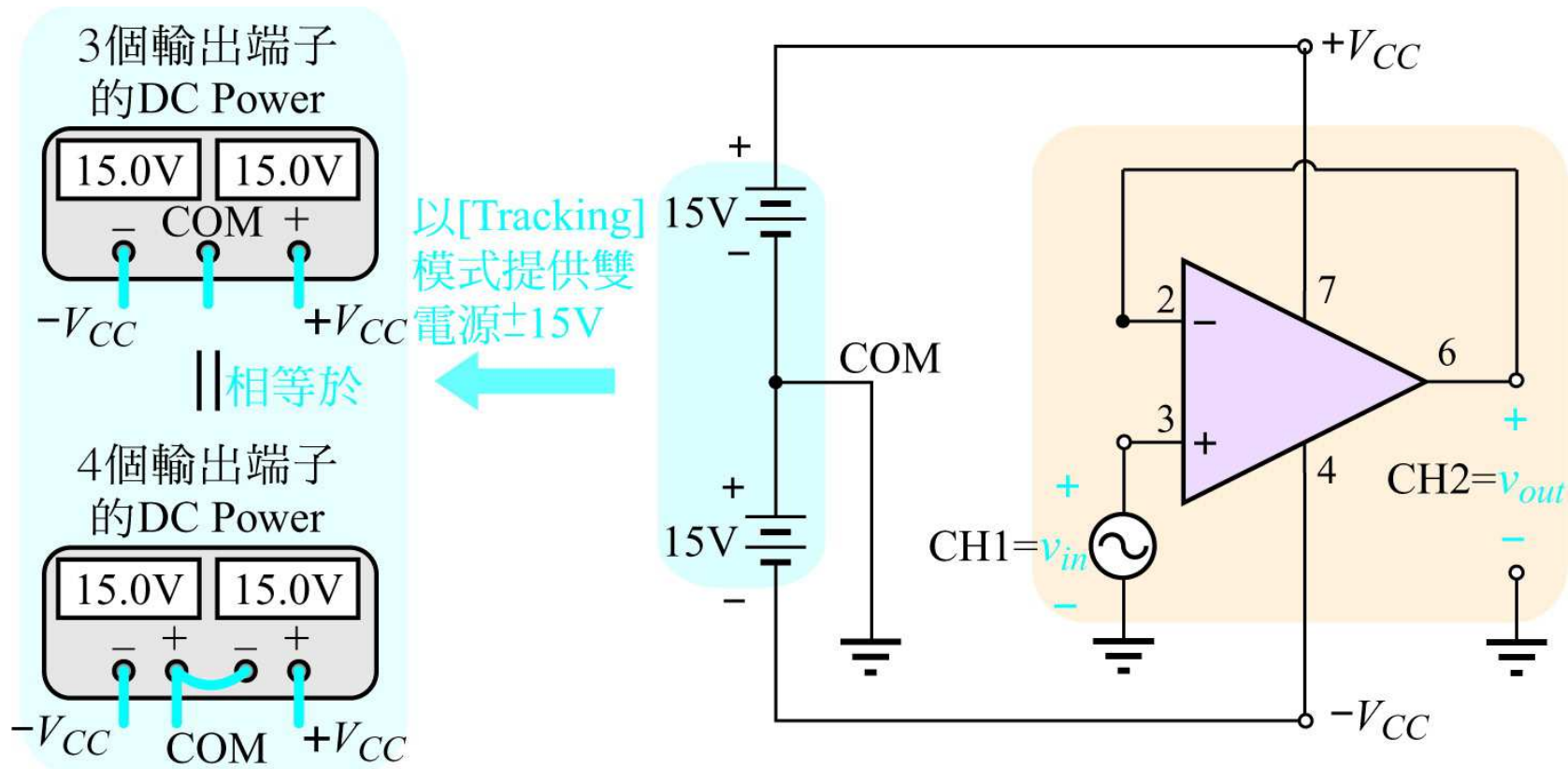
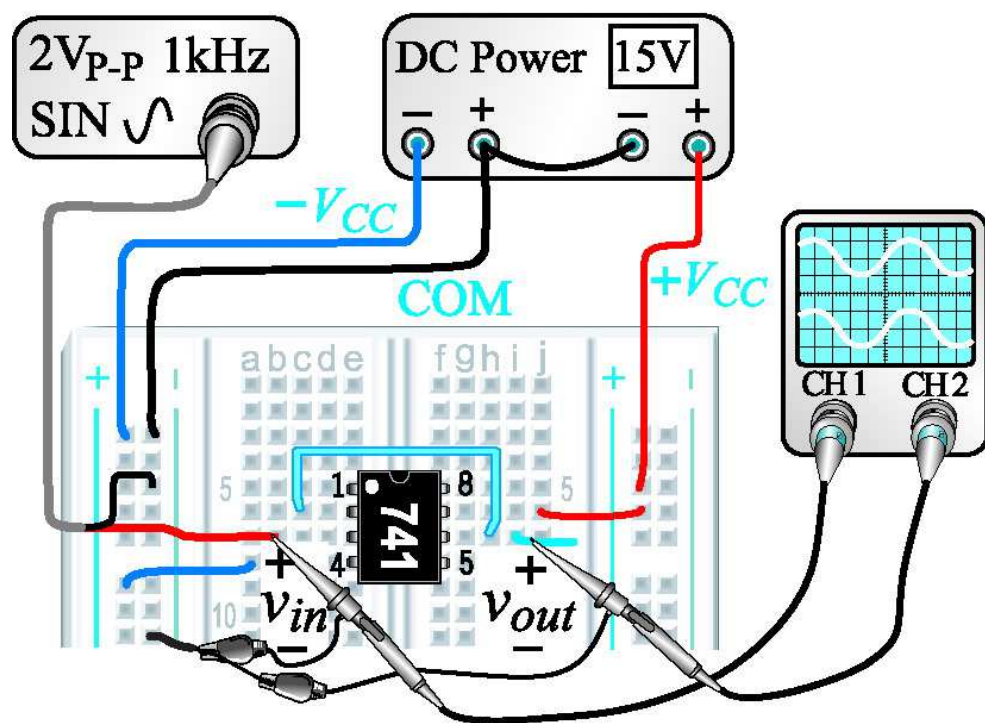


圖9-9(a) 電路圖

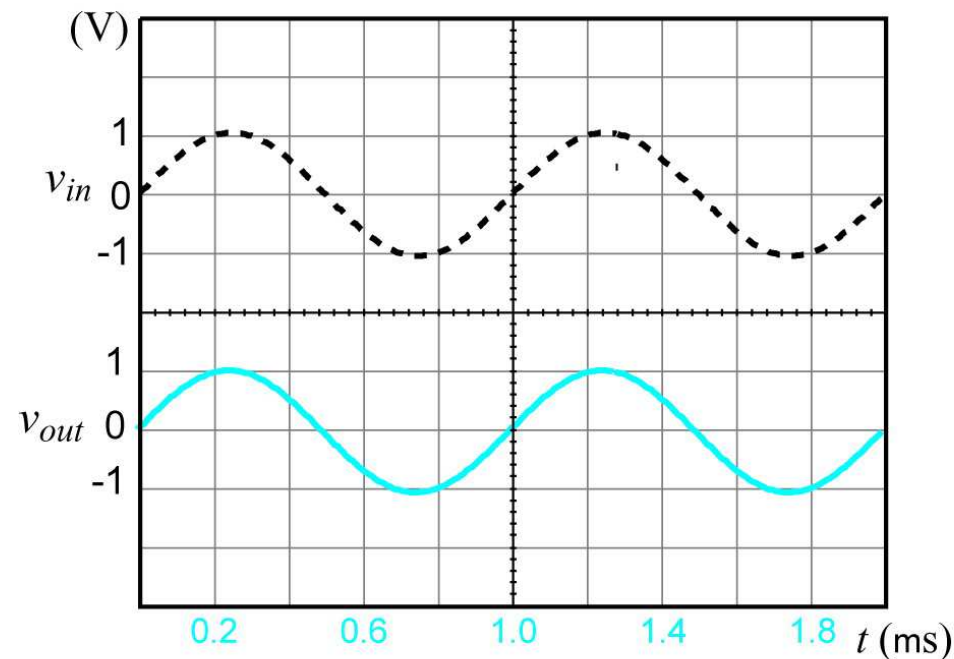


注意：電源的COM端須接線出來，作為零電位參考點。

觀察重點：由示波器顯示的波形 $V_{out}=V_{in}$ ，可以判斷OPA的功能正常。

圖9-9(b) 接線圖





觀察重點：電壓隨耦器的 $v_{out} = v_{in}$

圖9-10 (a)電腦模擬圖



非反相放大器

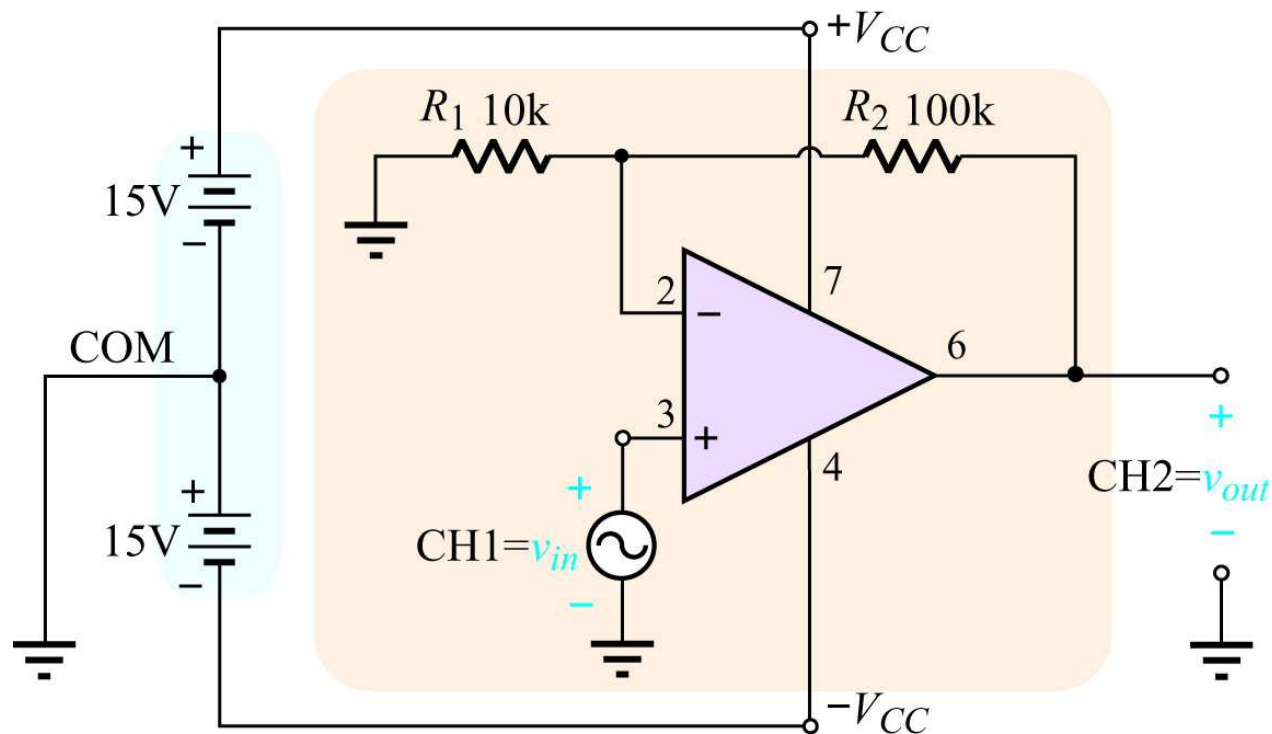


圖9-11 電路圖（實體接線圖請參考圖9-1(b)-砵所示）

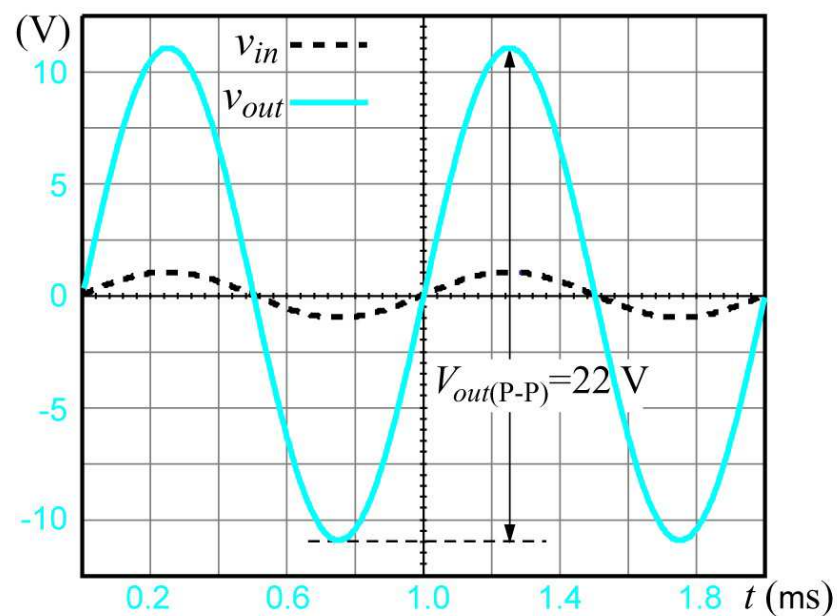


技能活動

非反相放大器

狀況 1

輸出未飽和時（正常放大輸出）：調整信號產生器之輸出使 $V_{in(P-P)} = 2V$



觀察重點： v_{out} 為 v_{in} 的非反相放大11倍



勁園文化事業股份有限公司
台科大圖書股份有限公司

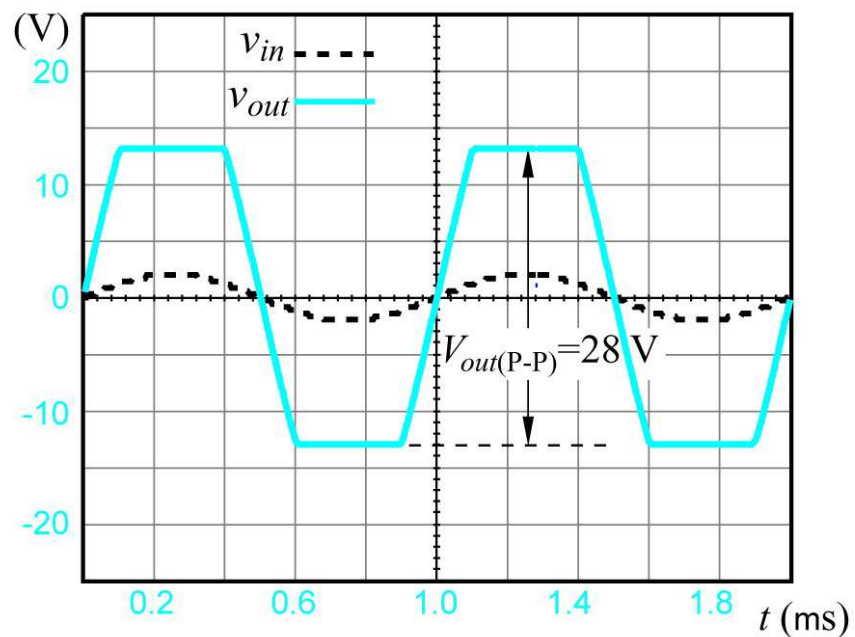


技能活動

非反相放大器

狀況 2

輸出飽和時：調整信號產生器之輸出使 $V_{in(P-P)} = 4V$



觀察重點：輸出波形超過線性區，產生截波失真

圖9-13 (a)電腦模擬圖



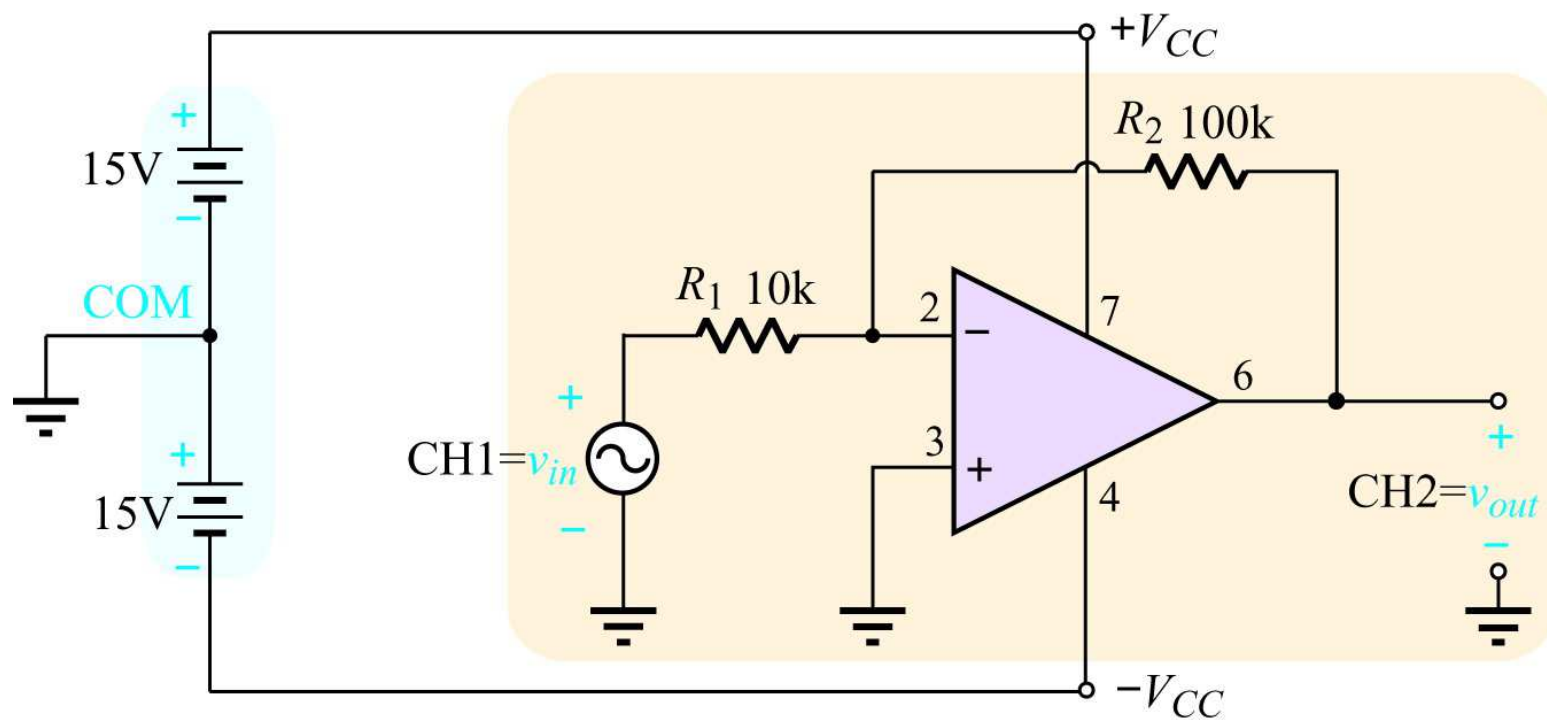


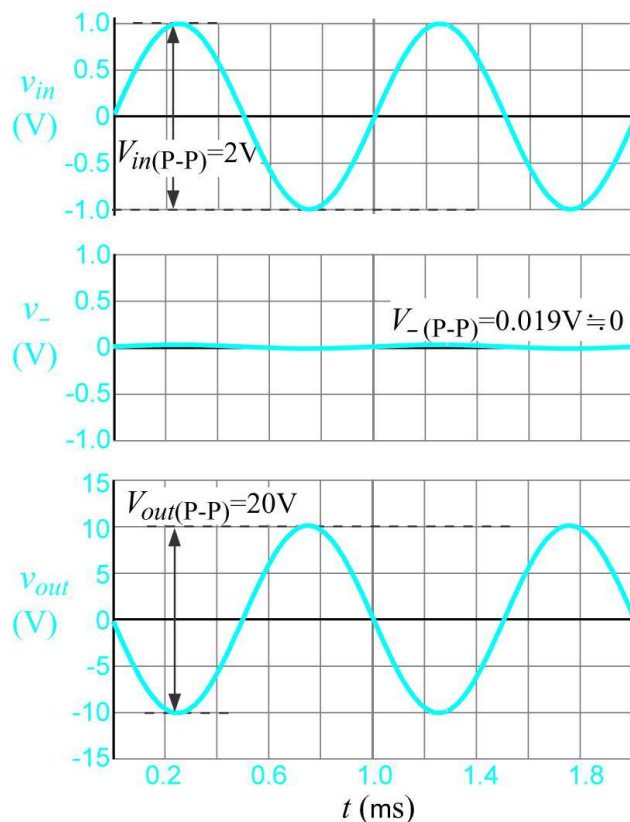
圖9-15 電路圖



技能活動

反相放大器

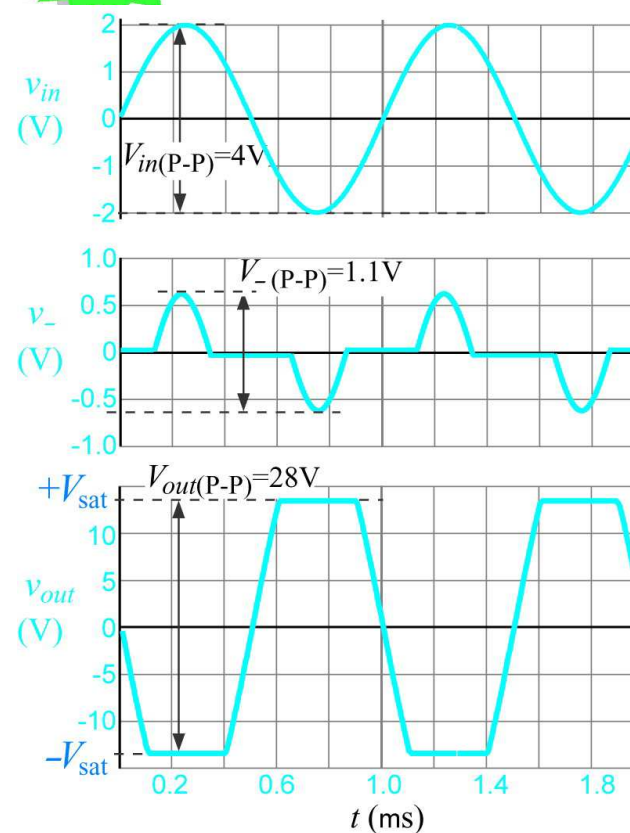
狀況 1 輸出未飽和時（正常放大輸出）：調整 $V_{in(P-P)} = 2V$



觀察重點： v_{out} 為 v_{in} 的反相放大10倍。
線性區操作時， $v_-(t) = 0$ (虛接地)。

圖9-15 電路圖

狀況 2 輸出飽和時：調整 $V_{in(P-P)} = 4V$



觀察重點：非線性區操作（輸出正負飽和）
 $V_{out} = \pm V_{sat}$ 時， $v_-(t) \neq 0$ 。

圖9-17 (a)電腦模擬圖



勁園文化事業股份有限公司
台科大圖書股份有限公司



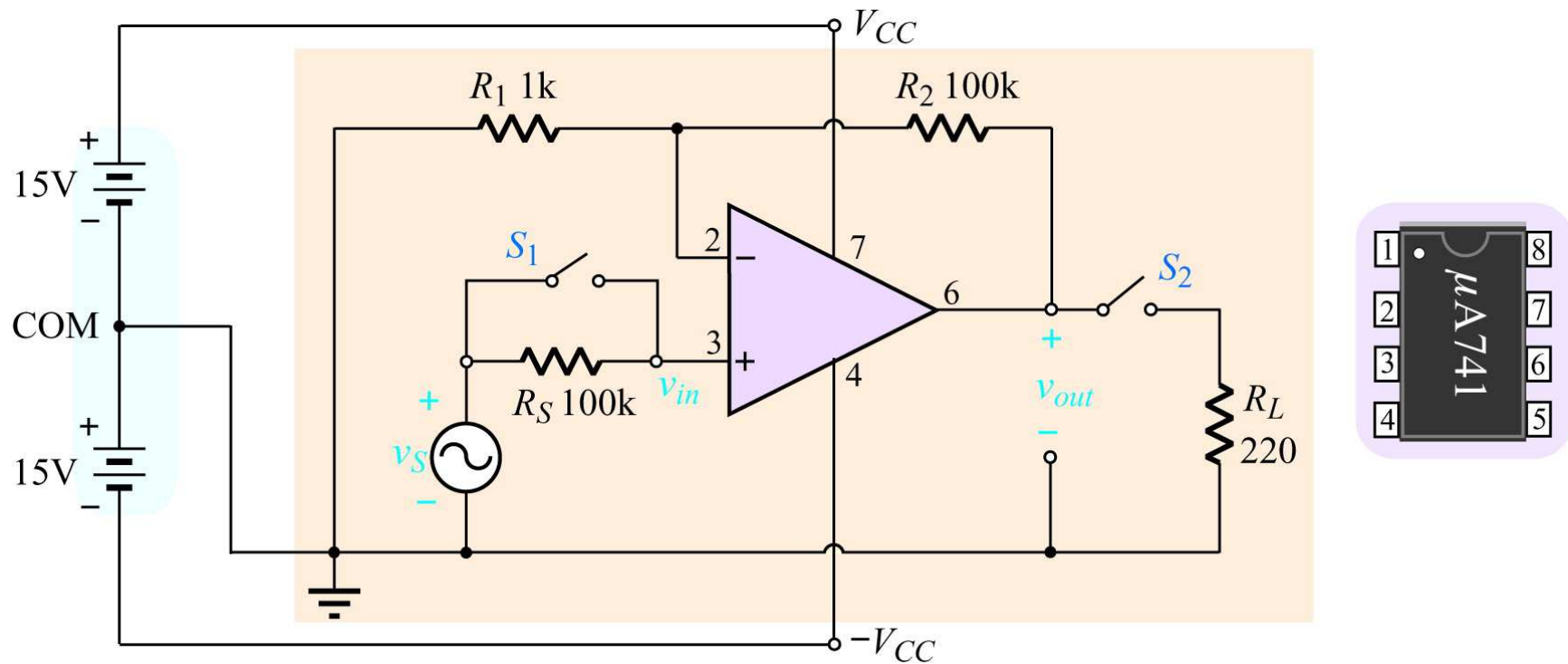
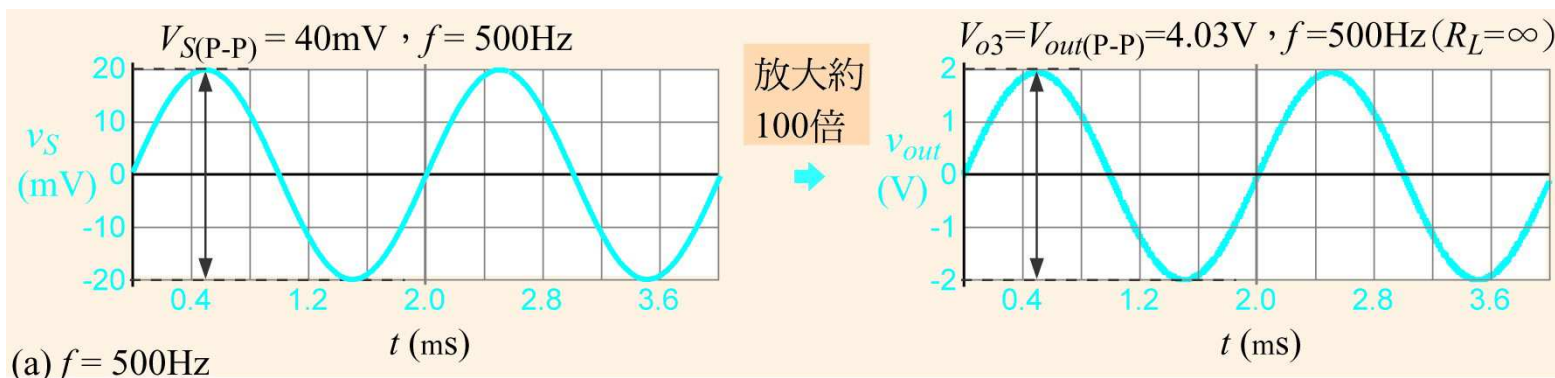


圖9-23 電路圖



觀察重點：輸入信號大小不變，當頻率調升到臨界頻率時，輸出減小為原來的0.707倍。

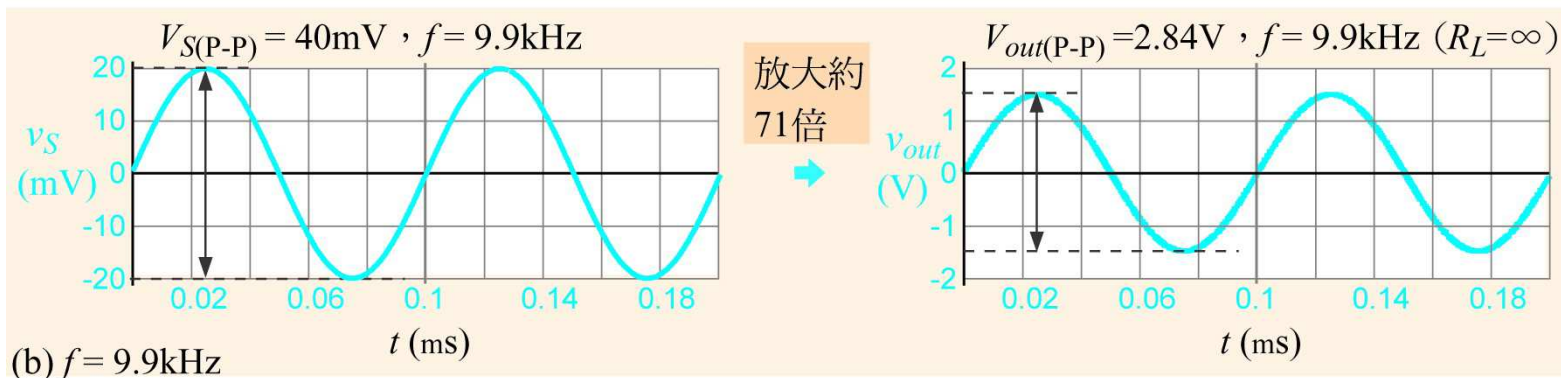
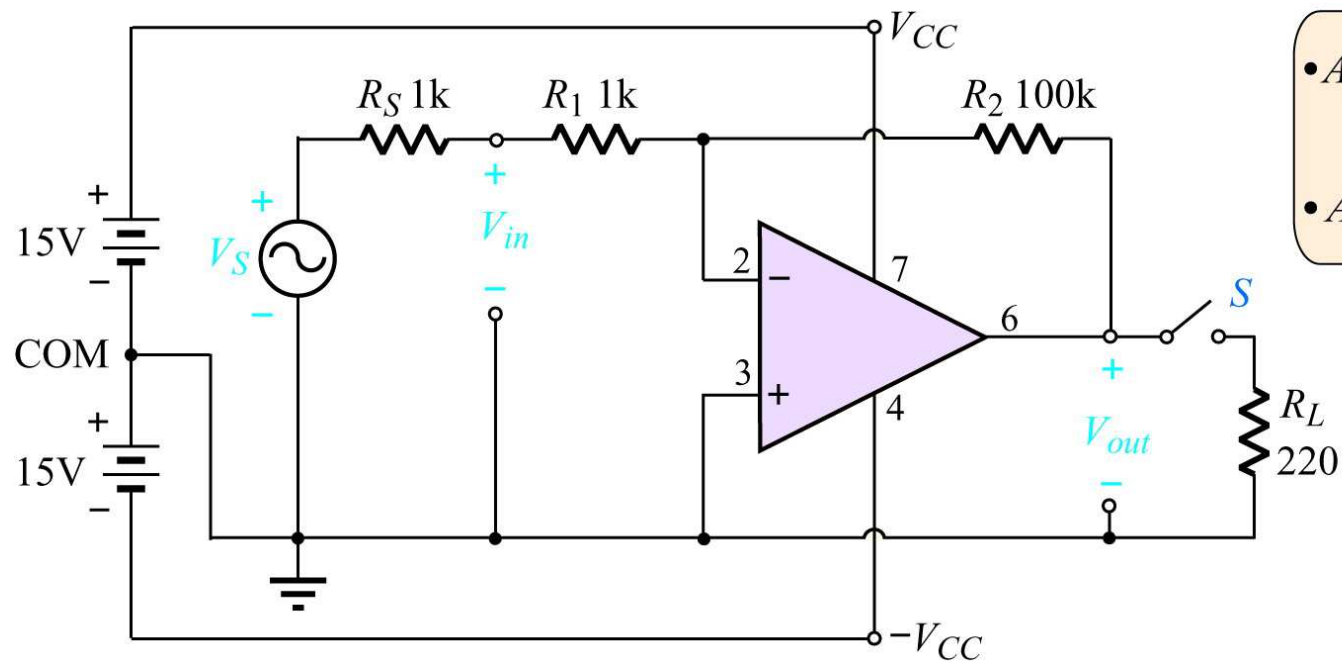


圖9-24 電腦模擬圖 (a) = 500Hz (b) = 9.9kHz



技能活動

電壓並聯負回授（反相放大器）

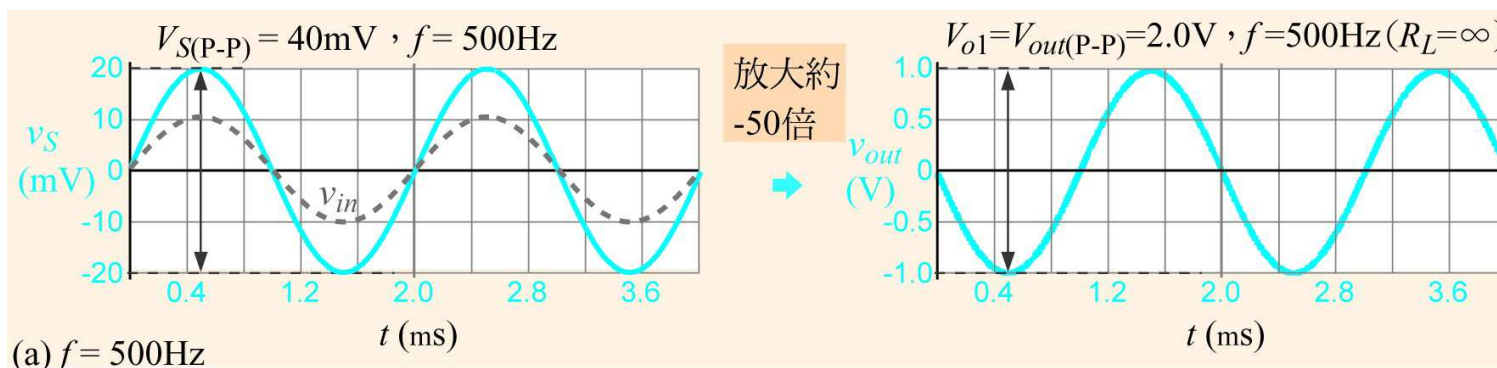


$$\begin{aligned} \bullet A_{vS} &= \frac{V_{out}}{V_S} = -\frac{R_2}{R_S + R_1} = -50 \\ \bullet A_{vi} &= \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1} = -100 \end{aligned}$$

圖9-26 電路圖



電壓並聯負回授（反相放大器）



觀察重點：輸入信號大小不變，當頻率調升到臨界頻率時，輸出減小為原來的0.707倍。

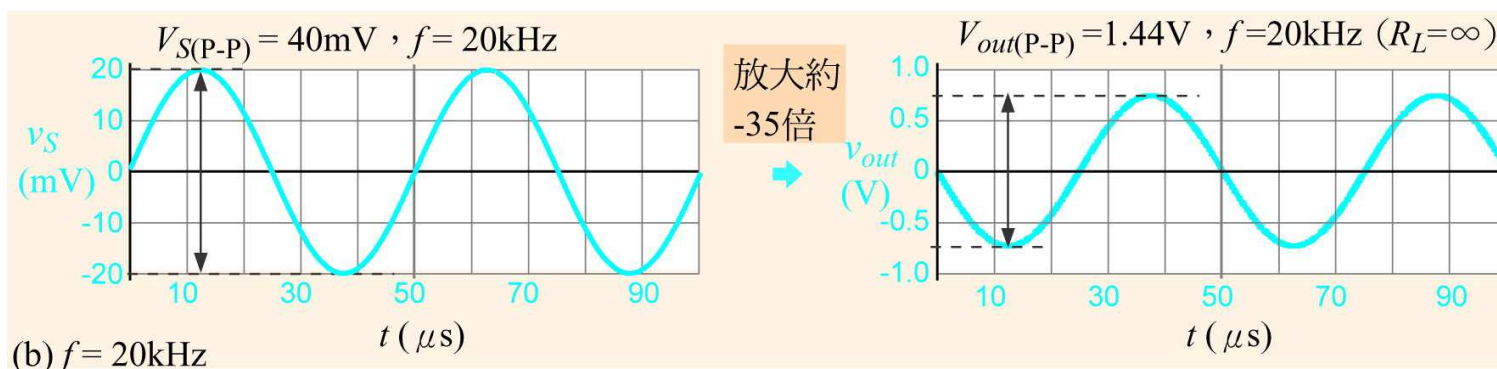


圖 9-27 電腦模擬圖



電壓並聯負回授（反相放大器）



技能活動

減法電路

狀況 1 共模增益測量

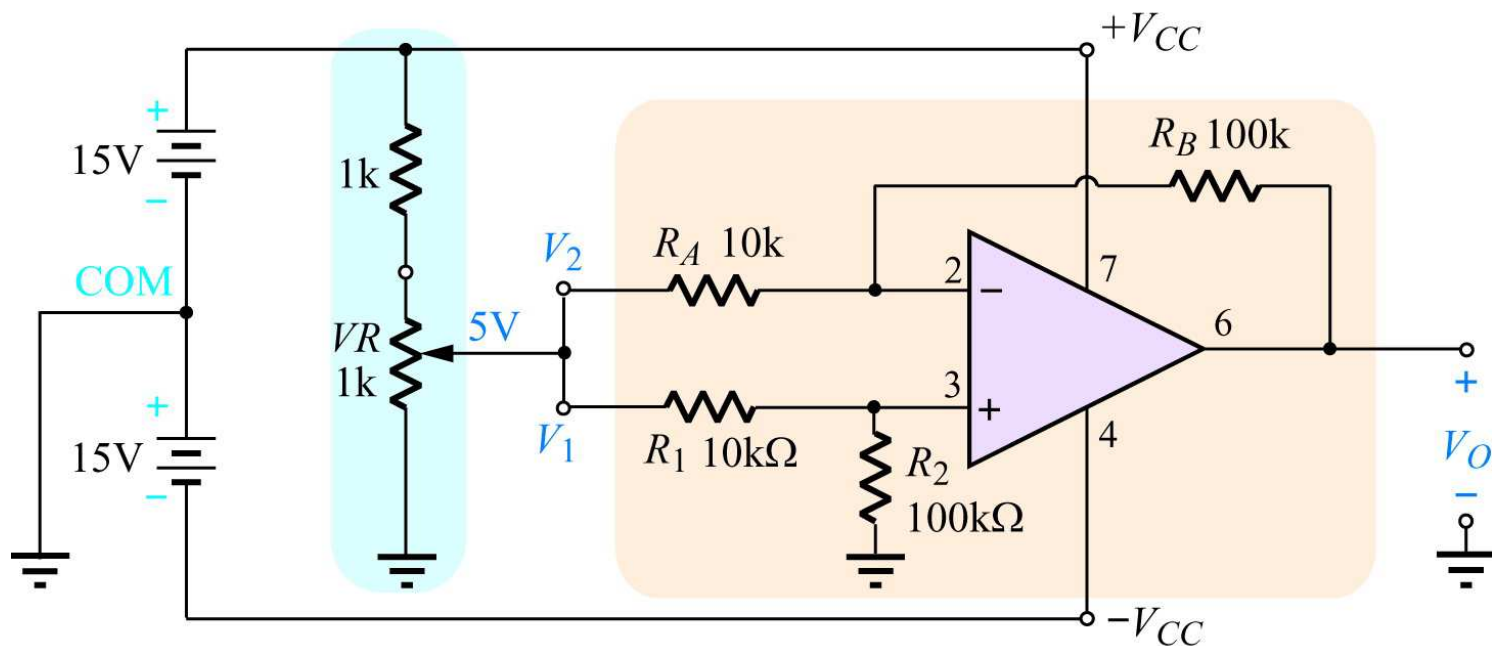


圖9-37 電路圖



技能活動

減法電路

狀況 2 差模增益測量

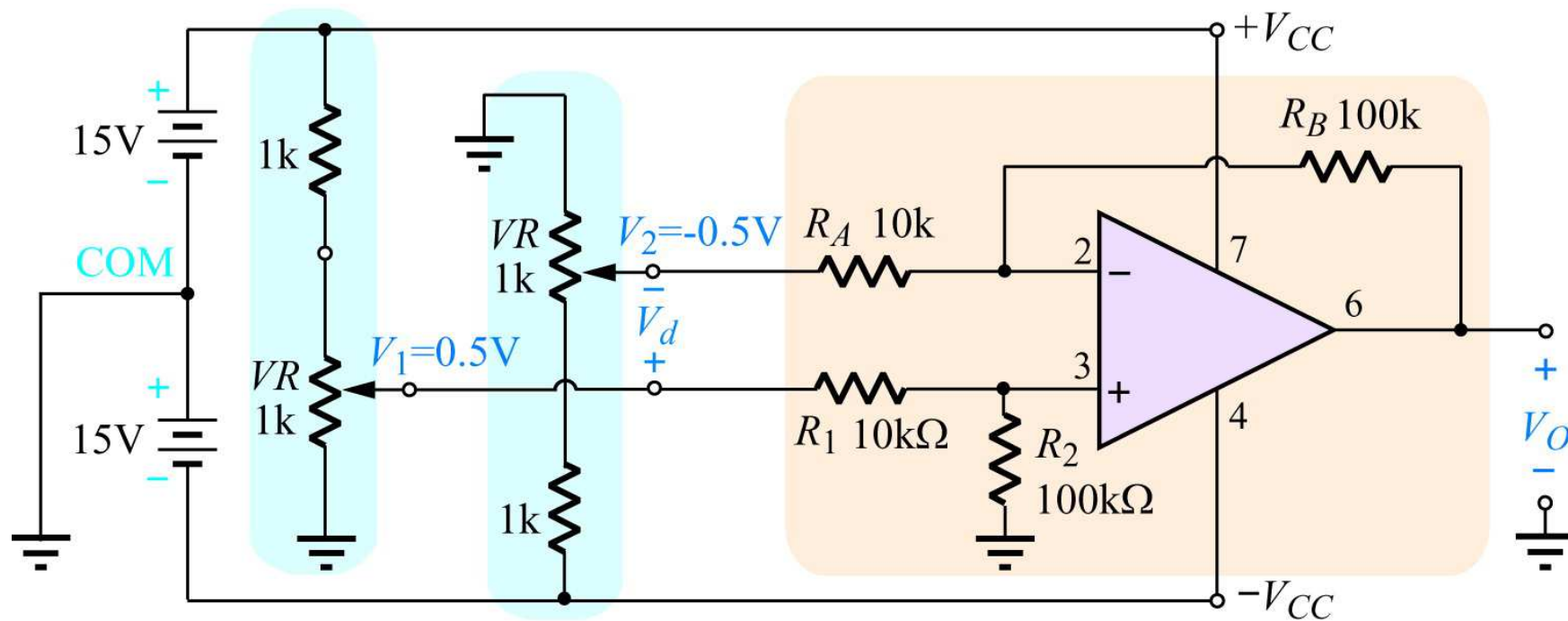


圖9-39 電路圖



技能活動

非反相及反相比較器

狀況 1 非反相比較器

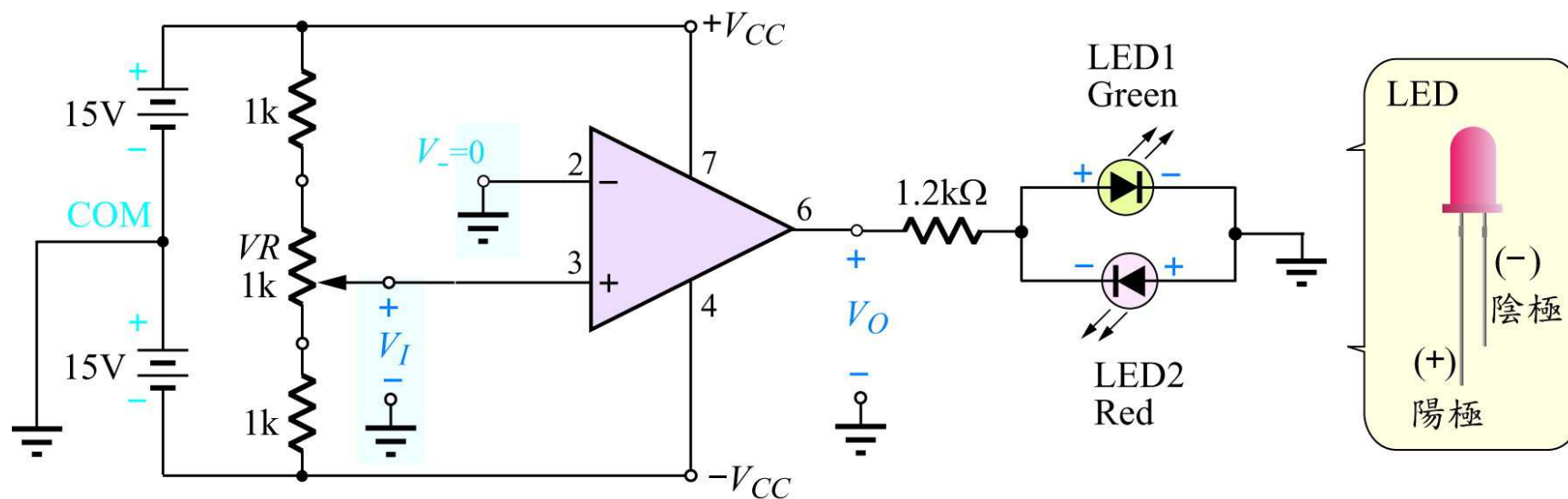


圖9-46 電路圖



技能活動

非反相及反相比較器

狀況 2 反相比較器

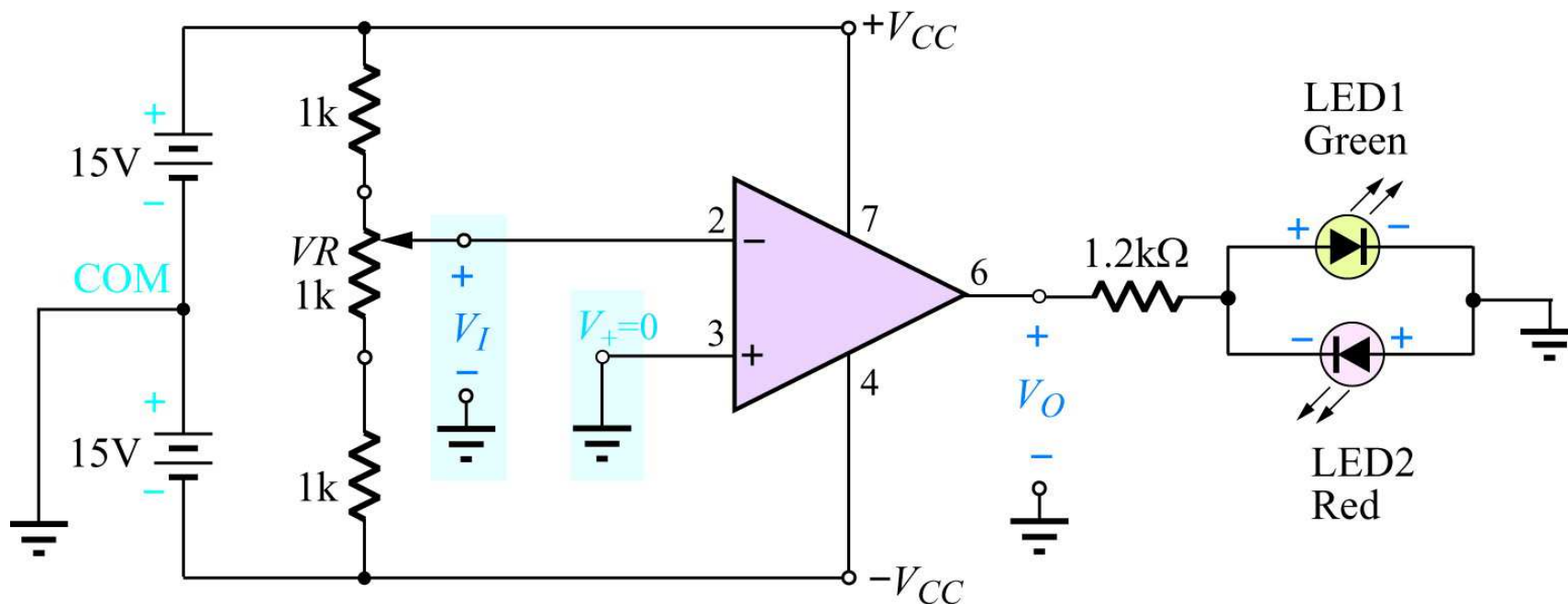


圖9-48 電路圖



技能活動

加正參考電壓之比較器

狀況 1 非反相比較器加正參考電壓

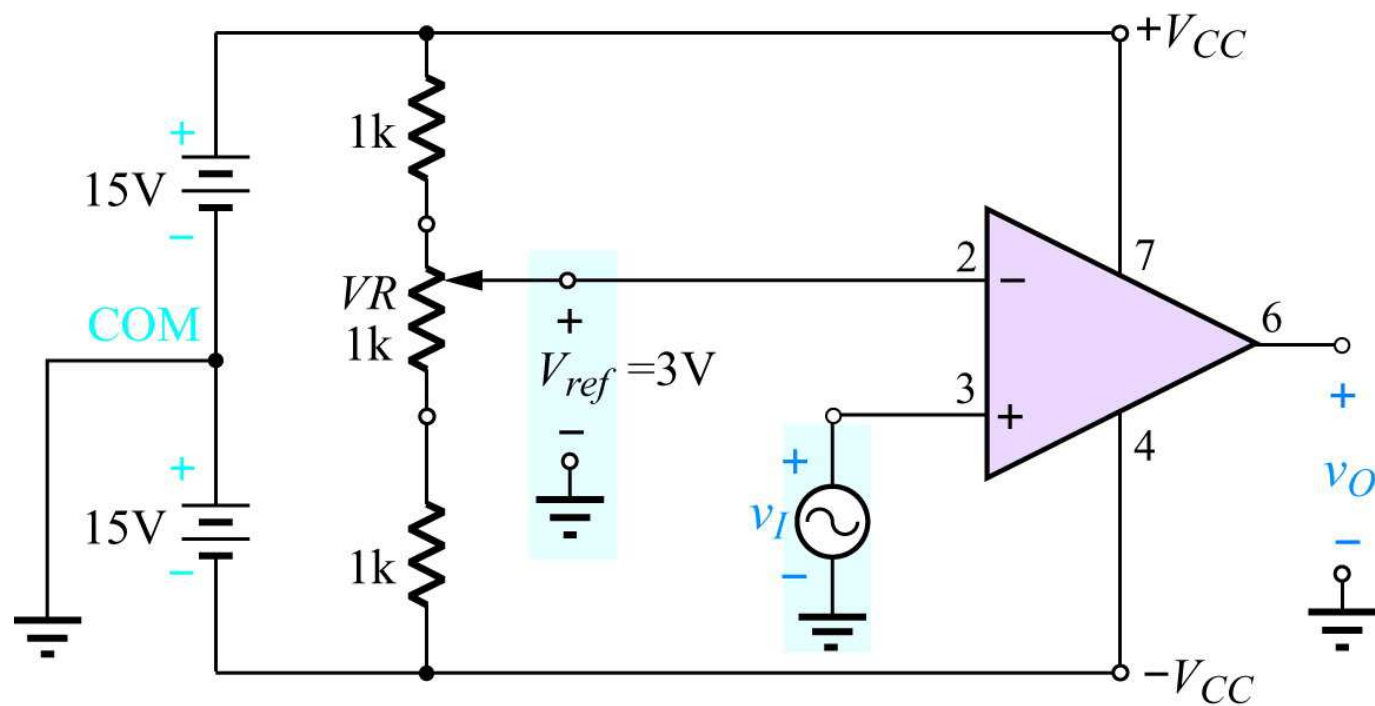


圖9-50 電路圖



技能活動

加正參考電壓之比較器

狀況 2 反相比較器加正參考電壓

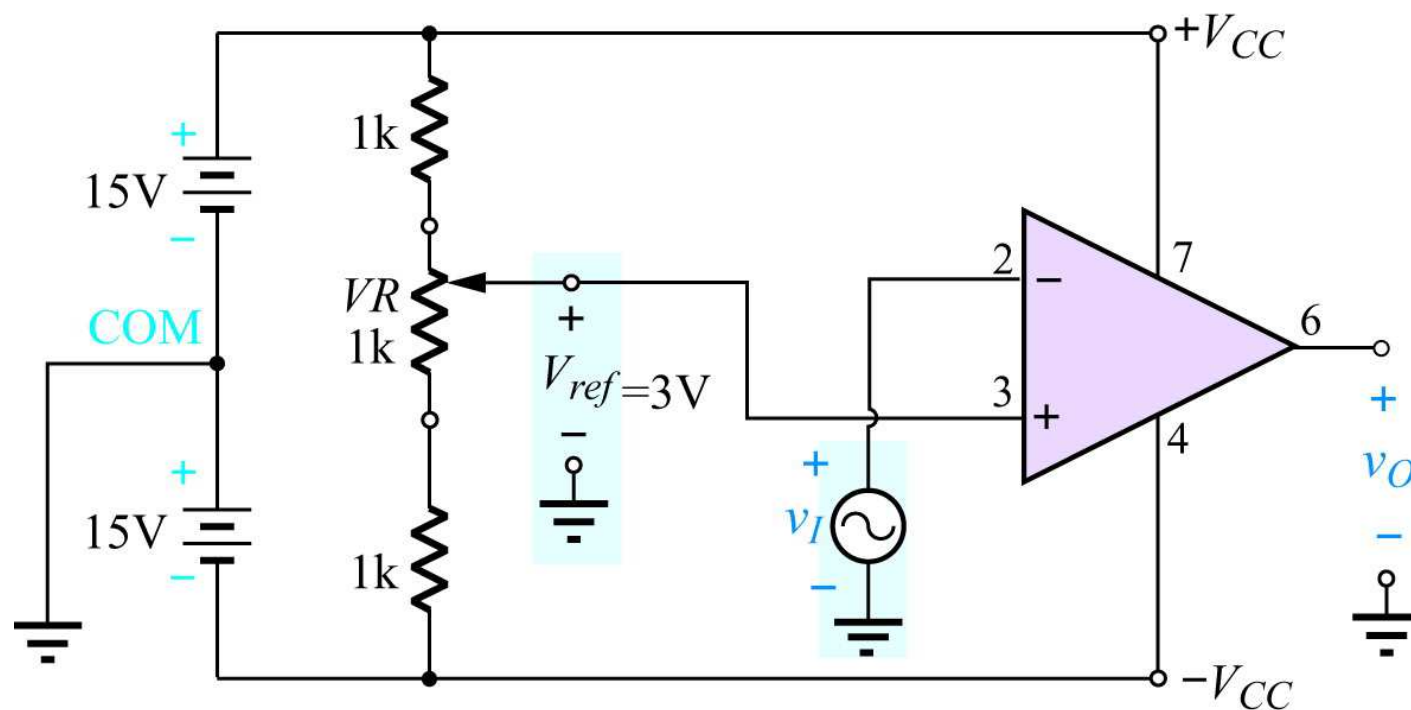


圖9-53 電路圖



技能活動

加負參考電壓之比較器

狀況 1 非反相比較器加負參考電壓

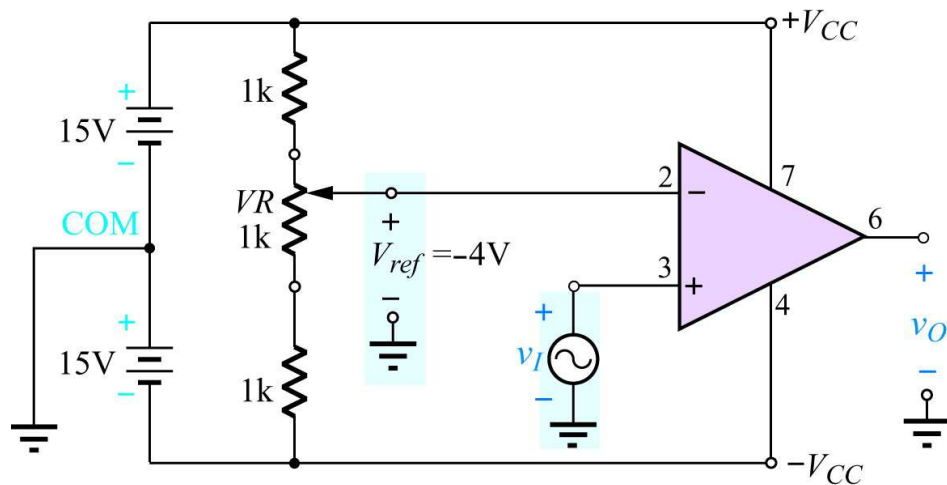
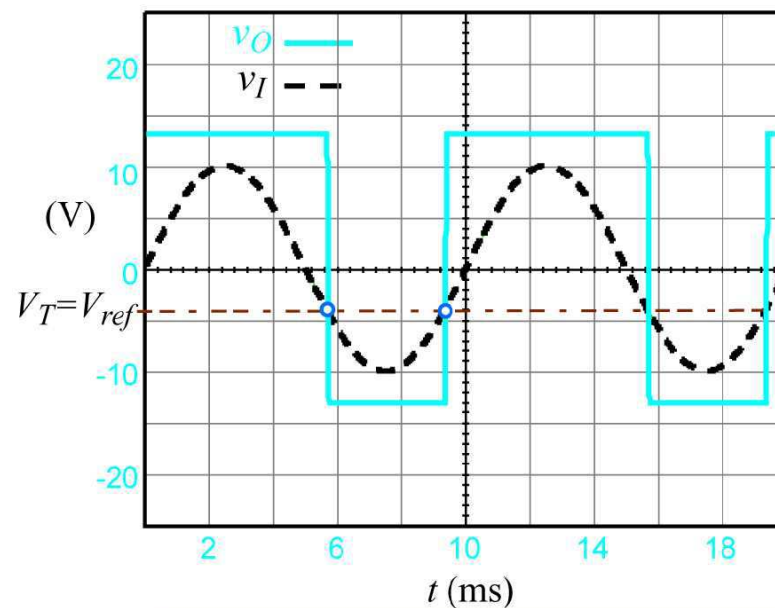


圖9-56 電路圖



觀察重點：
 $v_I > V_T \rightarrow v_O = +V_{sat}$
 (非反相比較) $v_I < V_T \rightarrow v_O = -V_{sat}$

圖9-57 (a)電腦模擬圖



技能活動

加負參考電壓之比較器

狀況 2 反相比較器加負參考電壓

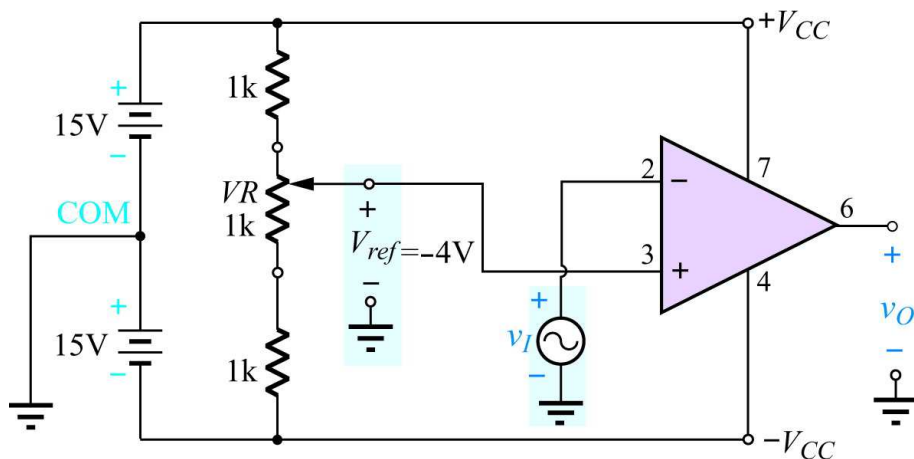


圖9-59 電路圖

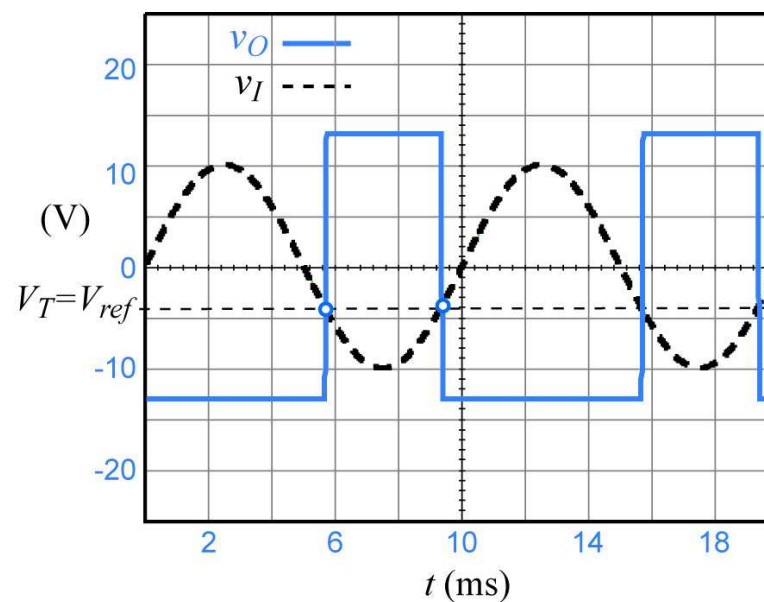


圖9-60 (a)電腦模擬圖



電子學實習II



第十章 基本震盪電路應用

實習十四 正弦波振盪器

技能活動

實習十五 施密特觸發電路

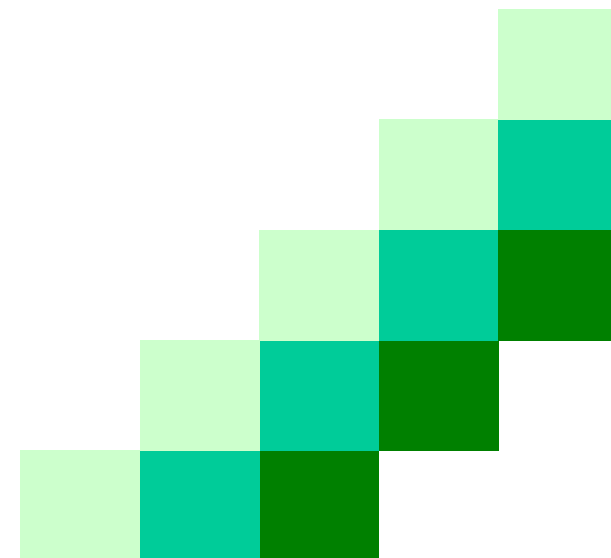
技能活動

實習十六 無穩態多諧振盪器

技能活動

實習十七 單穩態多諧振盪器

技能活動



超前型 RC 相移振盪器

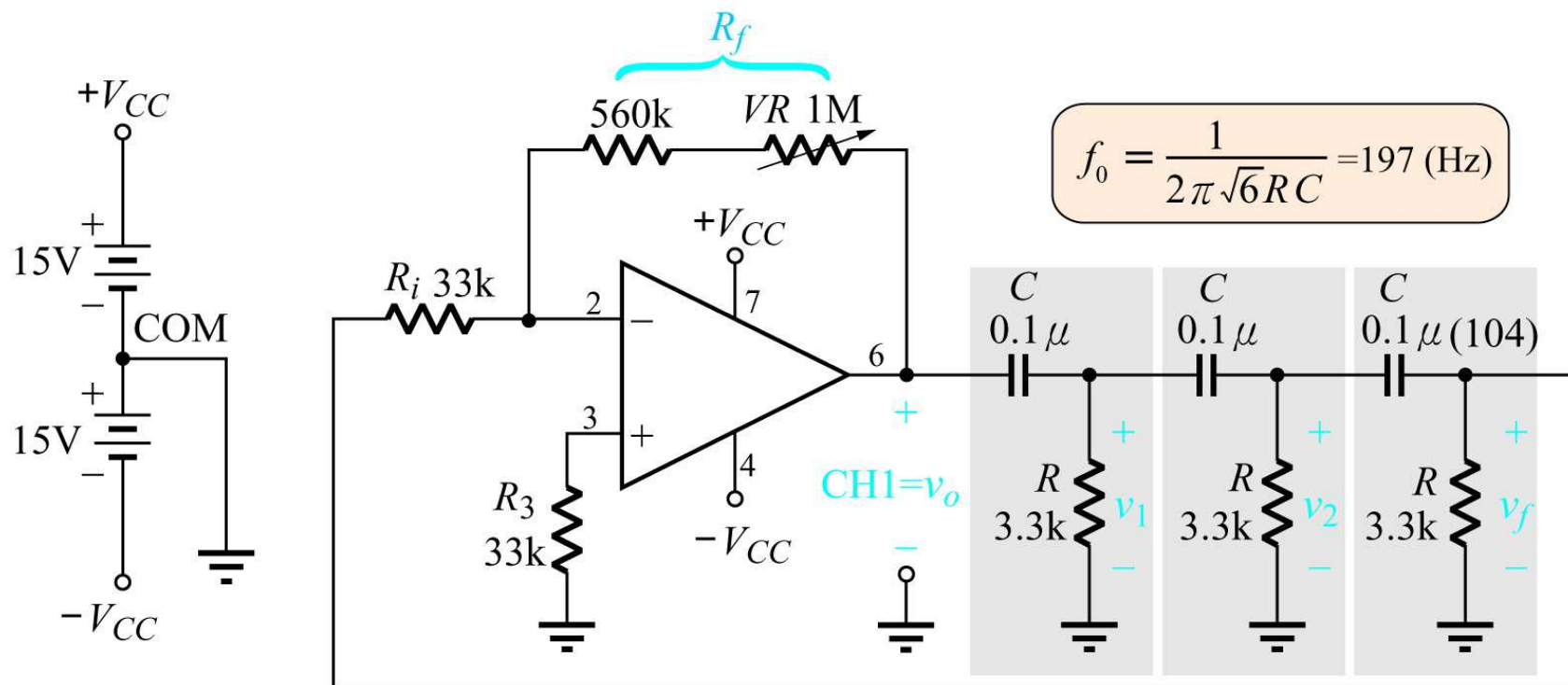
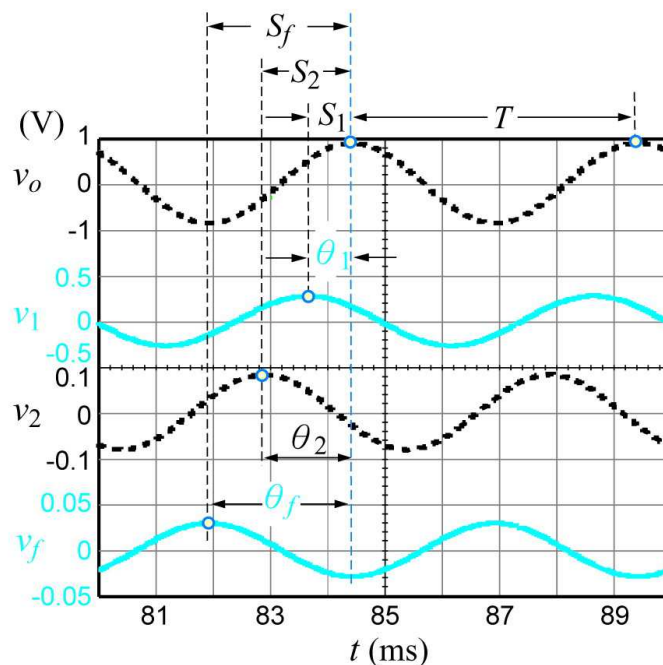


圖10-10 電路圖



超前型 RC 相移振盪器

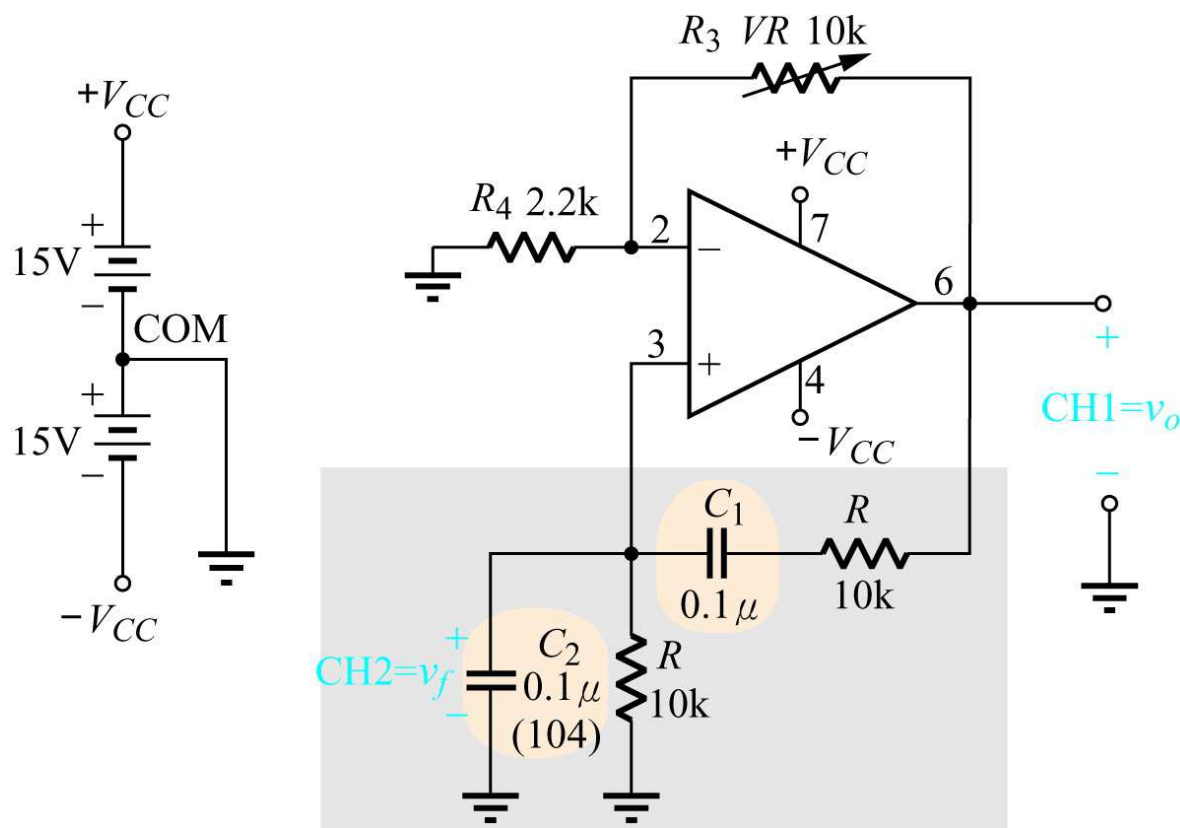


觀察重點：

1. T 為同一波形的波峰與波峰之間的時間差。
2. S_1 、 S_2 與 S_f 為不同波形的波峰與波峰之間的時間差。
3. v_1 的波峰在 v_o 的前面(時間軸的左邊)，表示相位超前。

圖10-11 (a)電腦模擬圖





狀況1: $C_1=C_2=C=0.1\ \mu\text{F}$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = 160\ (\text{Hz})$$

狀況2: $C_1=C_2=C=0.01\ \mu\text{F}$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = 1.6\text{k}\ (\text{Hz})$$

圖10-12 電路圖

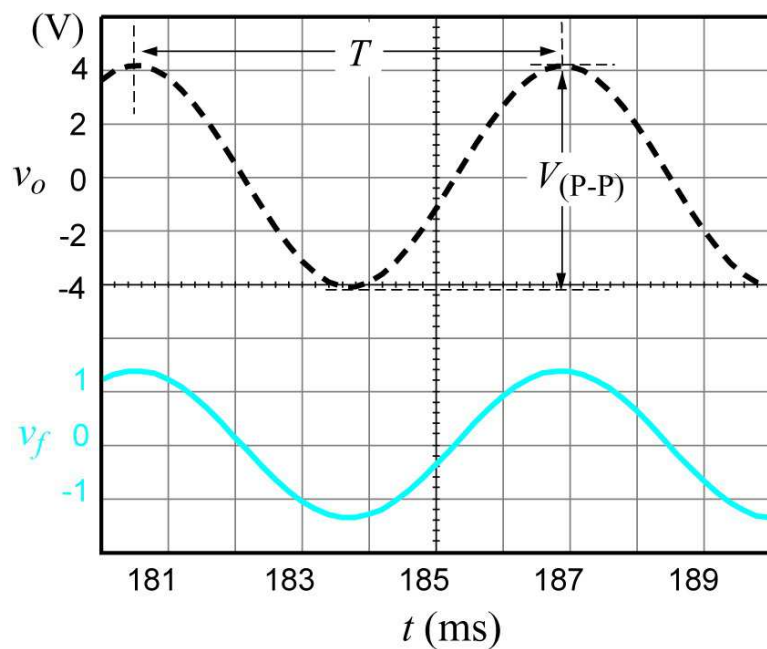


技能活動

韋恩電橋振盪器

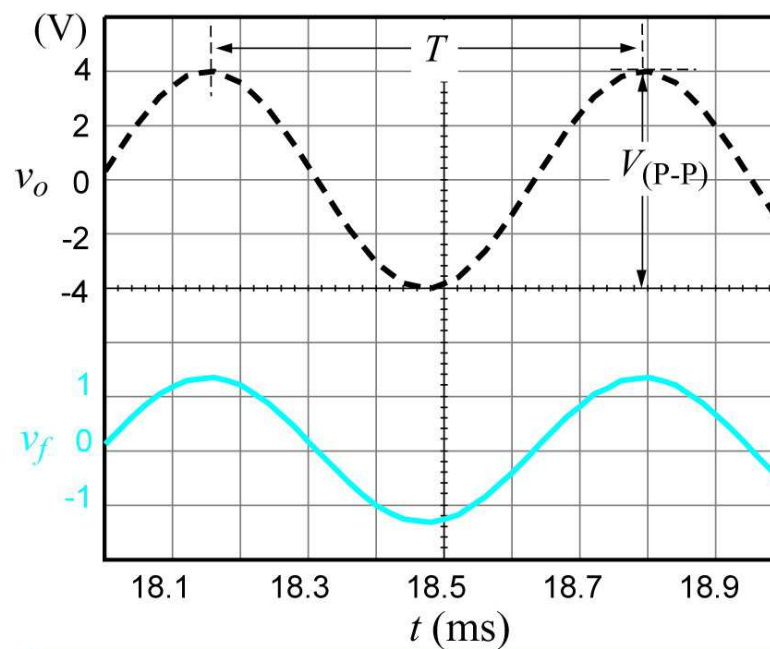
狀況 1

$$C_1 = C_2 = C = 0.1 \mu\text{F}$$



狀況 2

$$C_1 = C_2 = C = 0.01 \mu\text{F}$$



勁園文化事業股份有限公司
台科大圖書股份有限公司



石英晶體振盪器

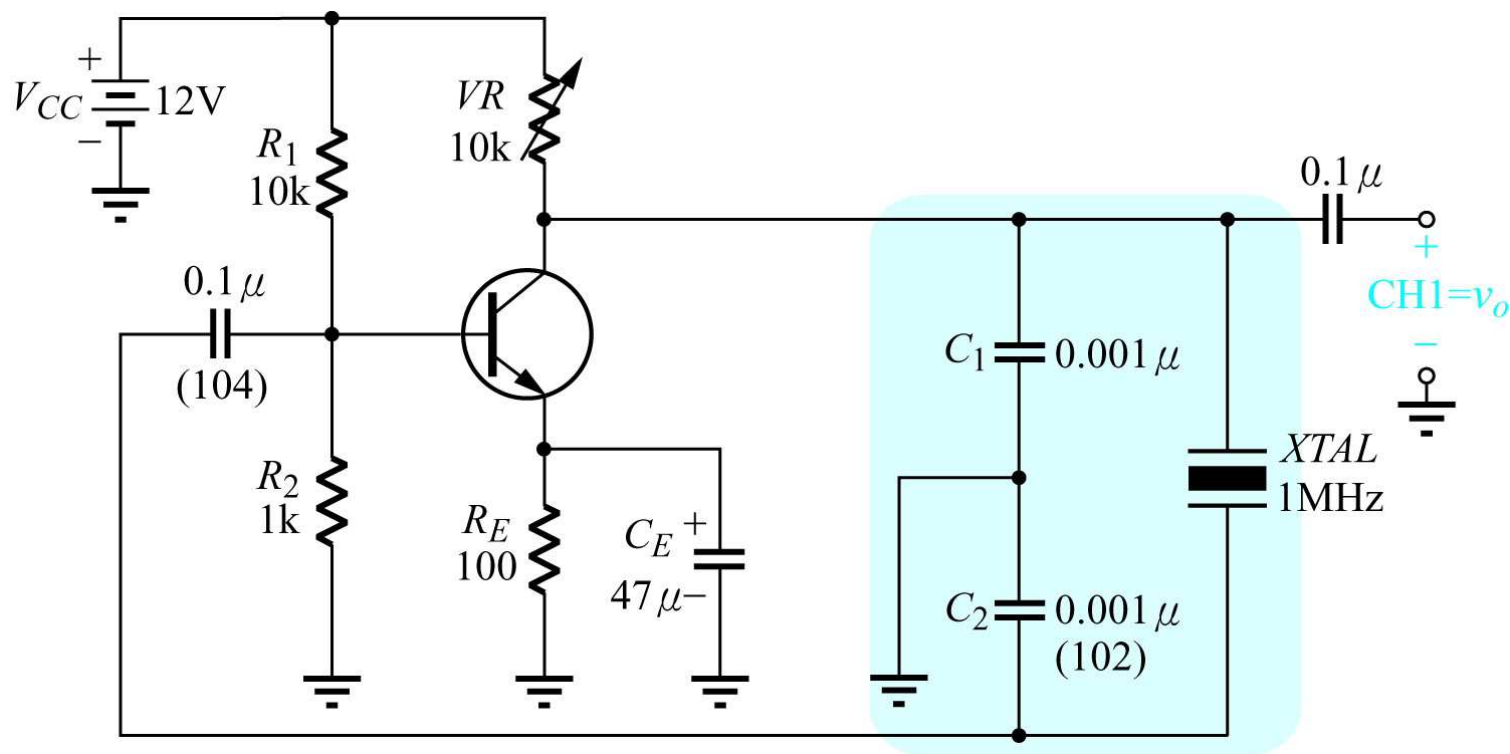
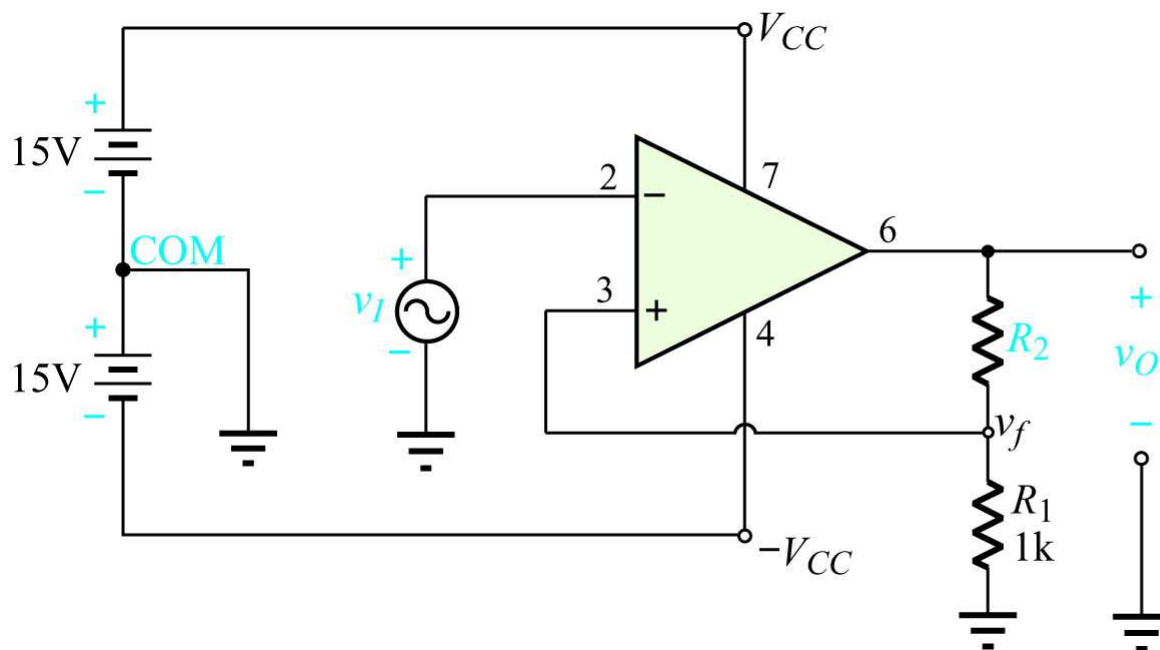


圖10-15 電路圖



反相施密特觸發器



- $V_T = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (\pm V_{sat})$

狀況1 : $R_2 = 10k$

$$V_T = \frac{1k \cdot (\pm 14)}{1k + 10k} = \pm 1.3V$$

狀況2 : $R_2 = 1k$

$$V_T = \frac{1k \cdot (\pm 14)}{1k + 1k} = \pm 7V$$

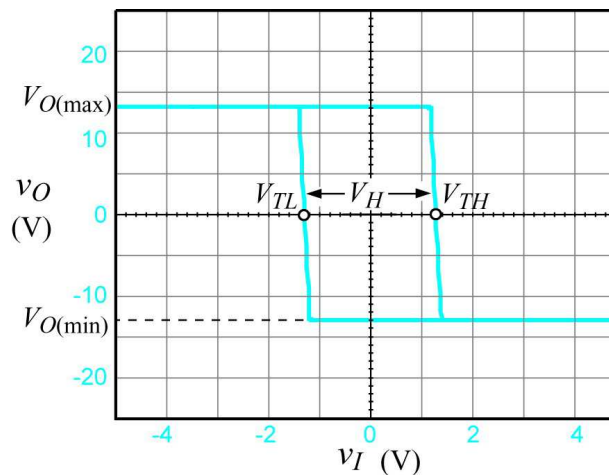
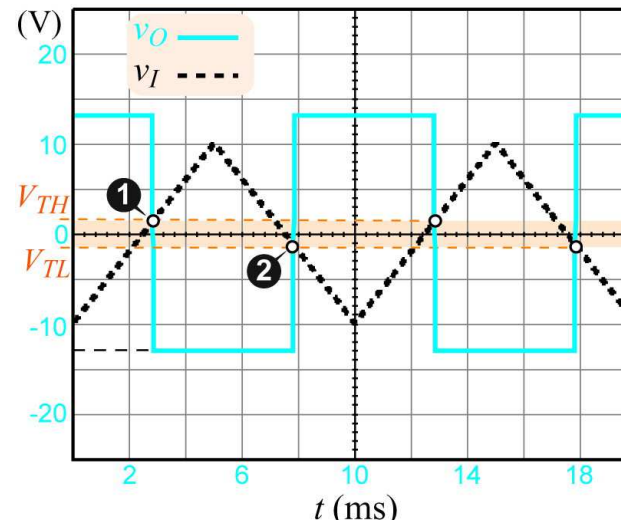
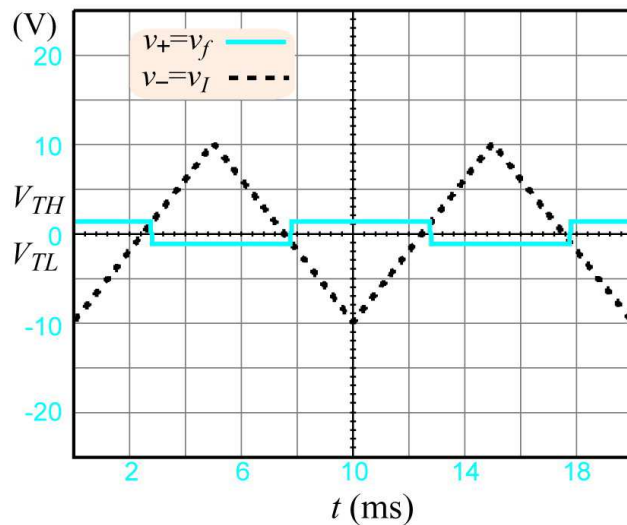
圖10-23 電路圖



技能活動

反相施密特觸發器

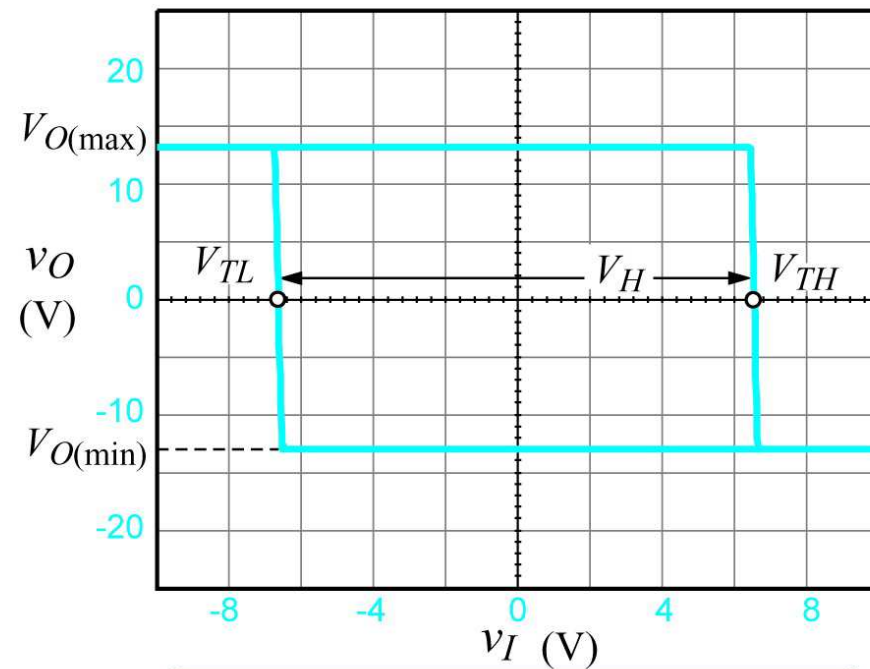
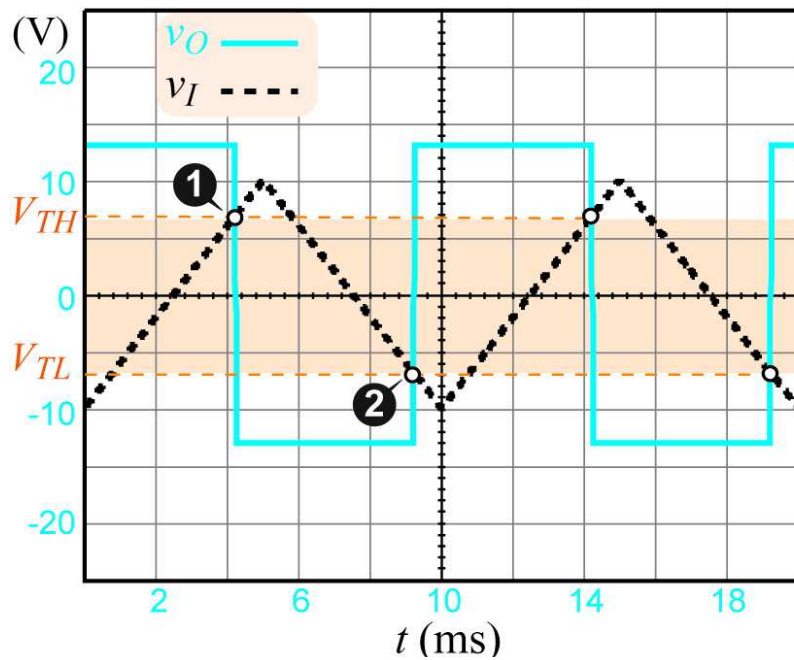
狀況 1 電阻 $R_2 = 10\text{k}\Omega$



技能活動

反相施密特觸發器

狀況 2 電阻 $R_2 = 1\text{k}\Omega$

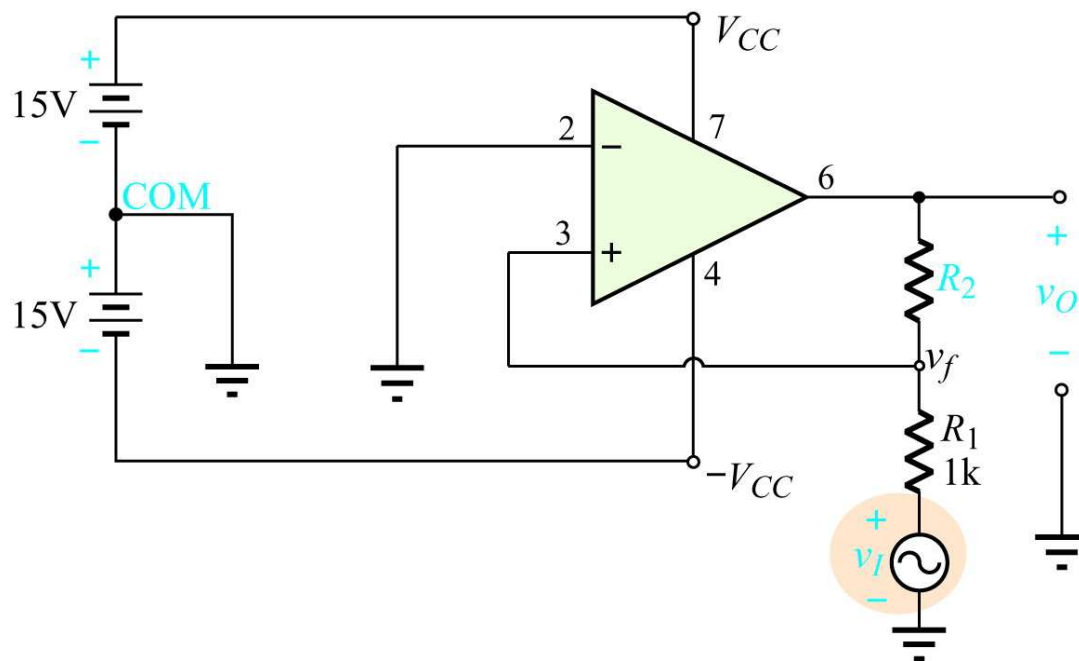


SINCE 1997

勁園文化事業股份有限公司
台科大圖書股份有限公司



非反相施密特觸發器



- $V_T = -\frac{R_1}{R_2}(\pm V_{sat})$

狀況1 : $R_2 = 5.6k$

$$V_T = -\frac{1k \cdot (\pm 14)}{5.6k} = \mp 2.5V$$

狀況2 : $R_2 = 2.2k$

$$V_T = -\frac{1k \cdot (\pm 14)}{2.2k} = \mp 6.4V$$

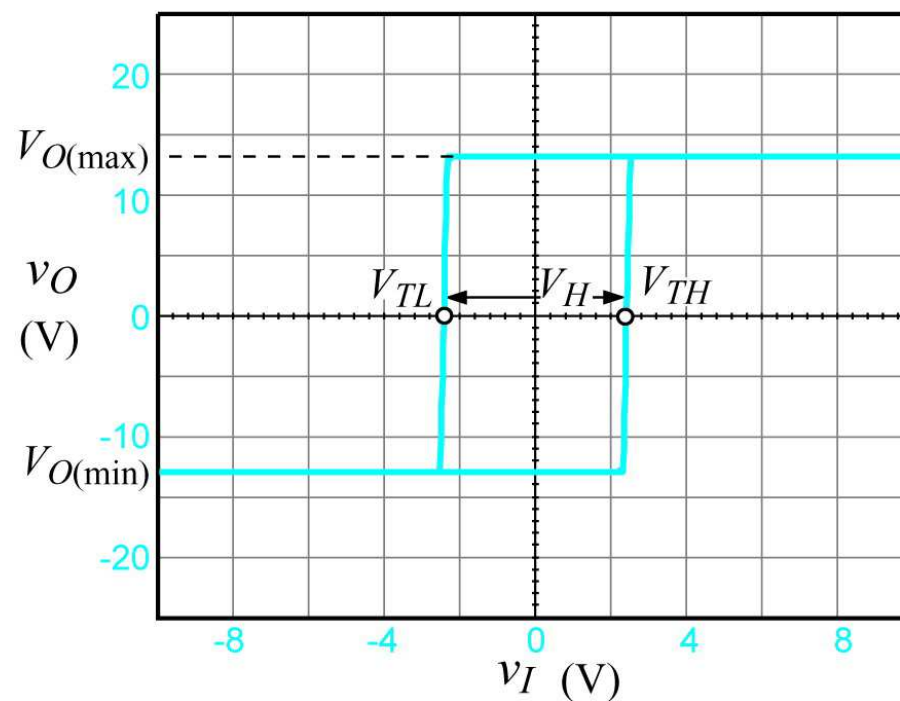
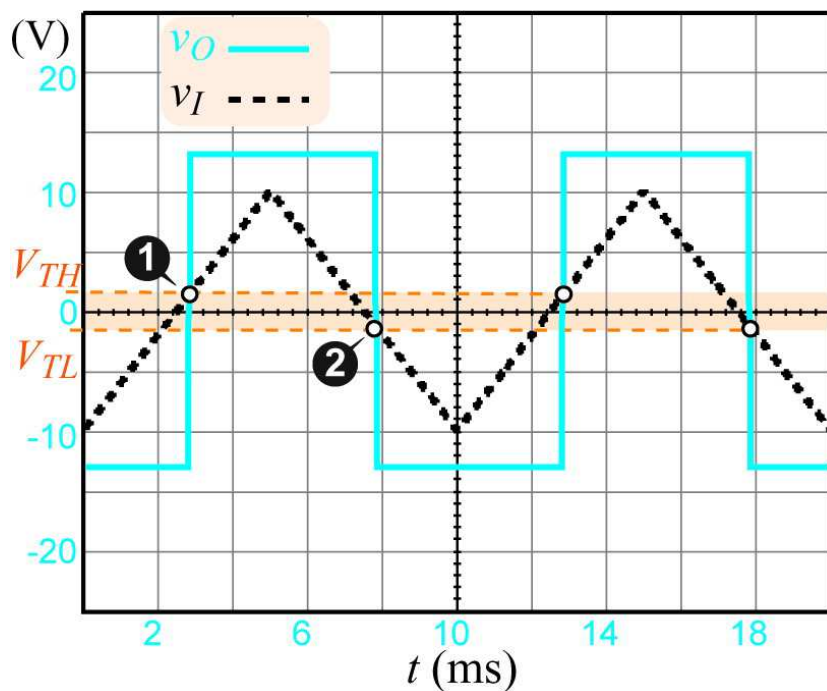
圖10-29 電路圖



技能活動

非反相施密特觸發器

狀況 1 電阻 $R_2 = 5.6\text{k}\Omega$



勁園文化事業股份有限公司
台科大圖書股份有限公司

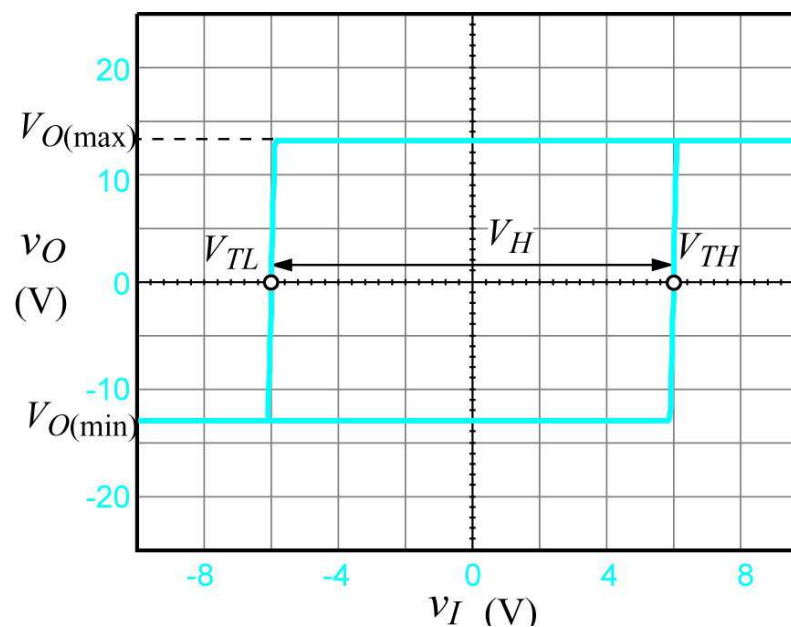
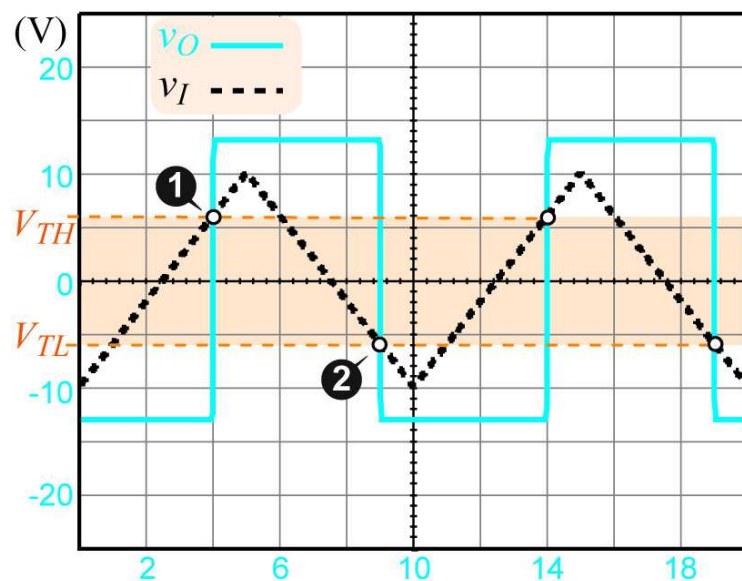


技能活動

非反相施密特觸發器

狀況 2

電阻 $R_2 = 2.2\text{k}\Omega$

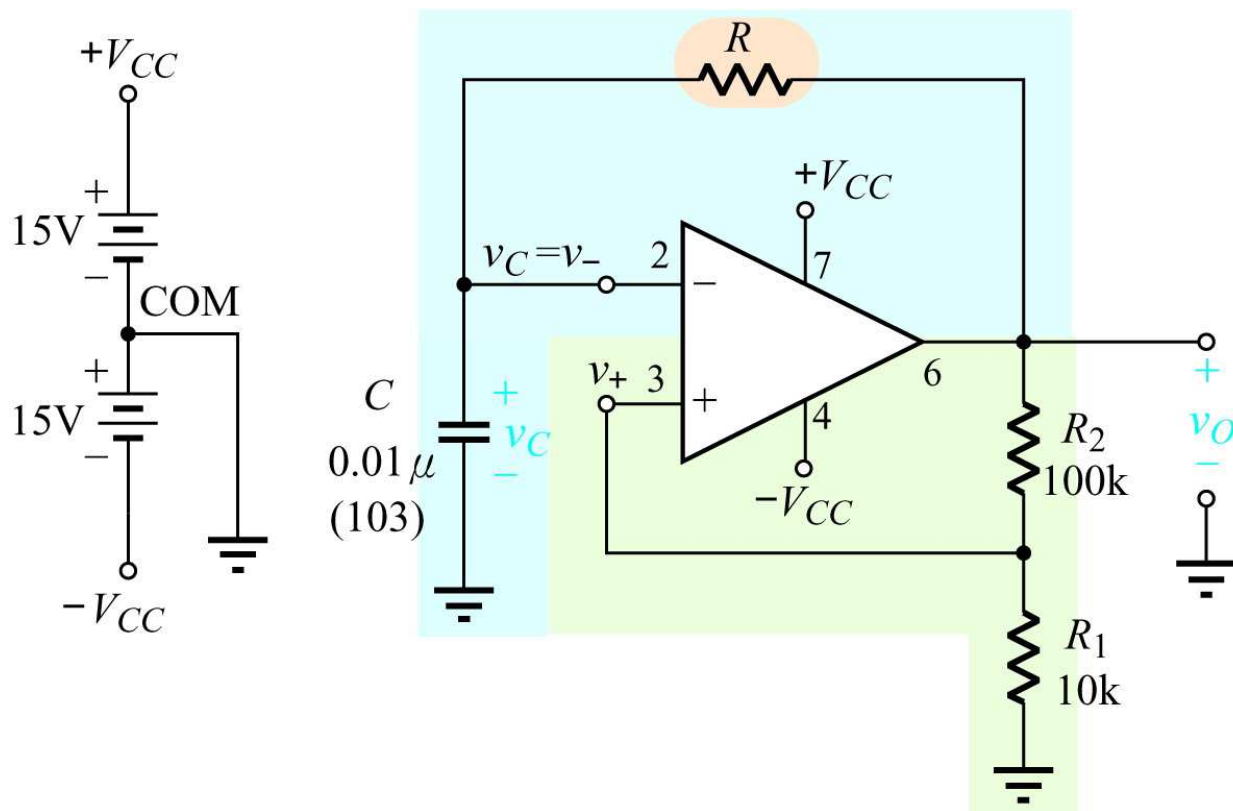


勁園文化事業股份有限公司
台科大圖書股份有限公司



技能活動

運算放大器式無穩態多諧振盪器



狀況1: $R=1\text{M}\Omega$

$$T = 2RC \ln \frac{1+\beta}{1-\beta} = 3.6\text{ms}$$

狀況2: $R=270\text{k}\Omega$

$$T = 2RC \ln \frac{1+\beta}{1-\beta} \doteq 1\text{ms}$$

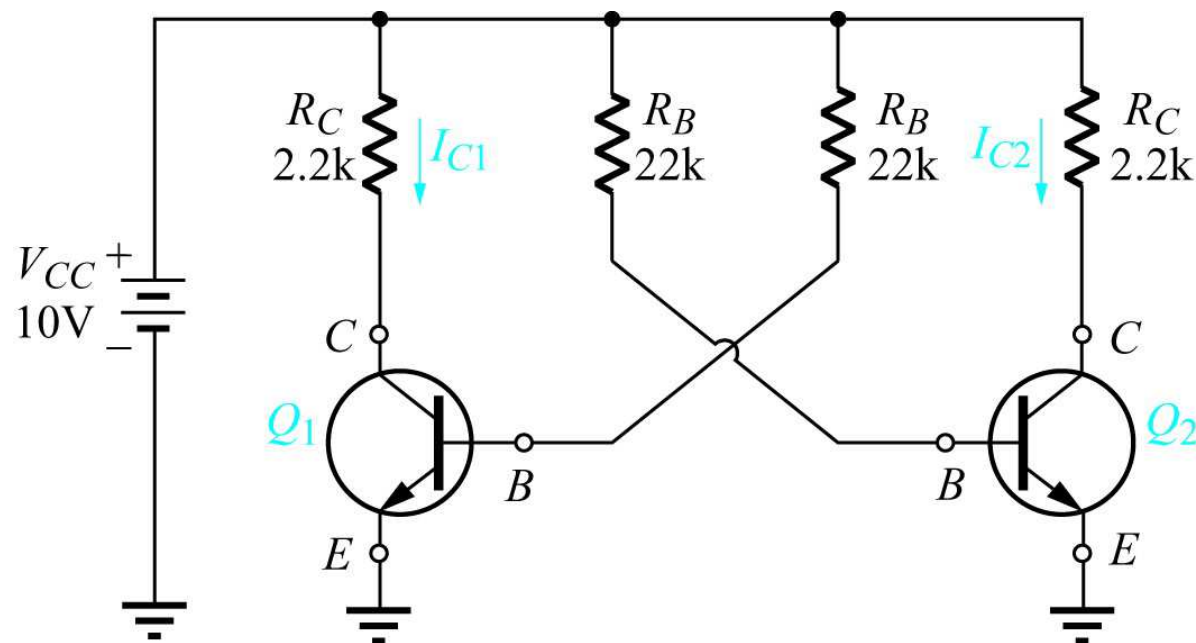
圖10-40 電路圖



技能活動

電晶體式無穩態多諧振盪器

飽和區直流工作點測試



$\because \beta R_C > R_B$
 $\therefore$ 電晶體在飽和區工作
 $V_{CE} \cong 0$

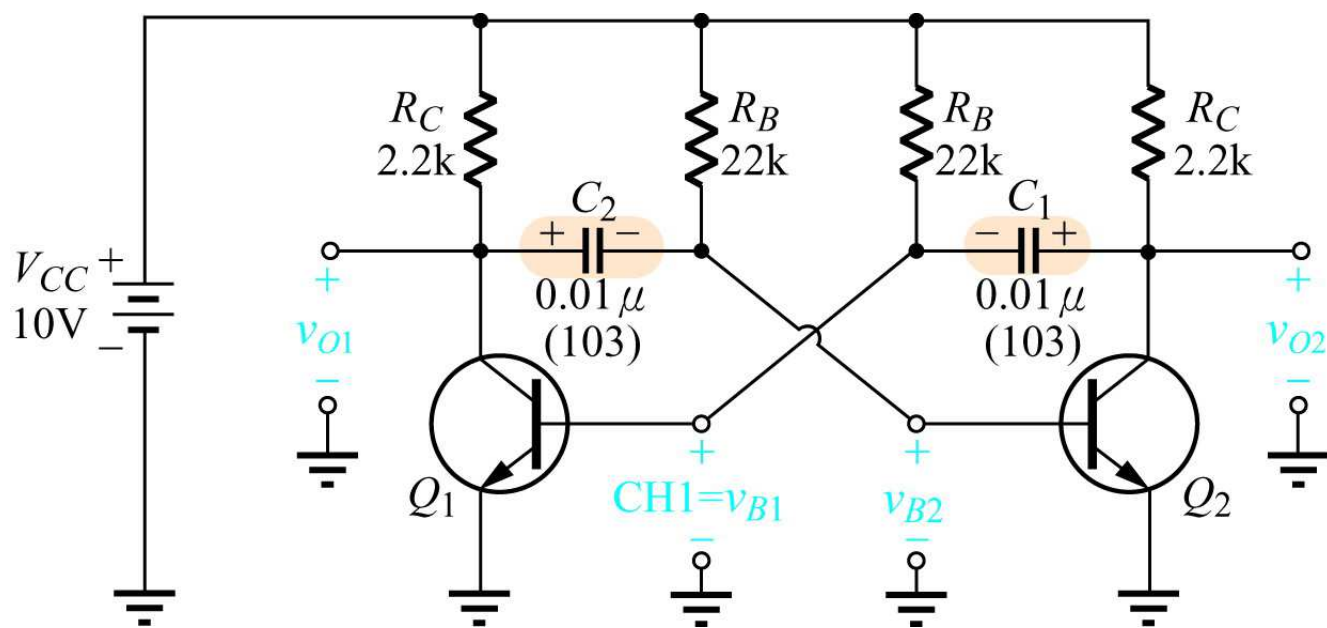
圖10-43 電路圖



技能活動

電晶體式無穩態多諧振盪器

無穩態多諧振盪



狀況2-1:

$$C_1 = C_2 = C = 0.01 \mu\text{F}$$

$$T = 1.4 R_B C = 0.3 \text{ms}$$

狀況2-2:

$$C_1 = C_2 = C = 10 \mu\text{F}$$

$$T = 1.4 R_B C = 3 \text{s}$$

圖10-44 電路圖



勁園文化事業股份有限公司
台科大圖書股份有限公司



技能活動

電晶體式無穩態多諧振盪器

閃爍燈

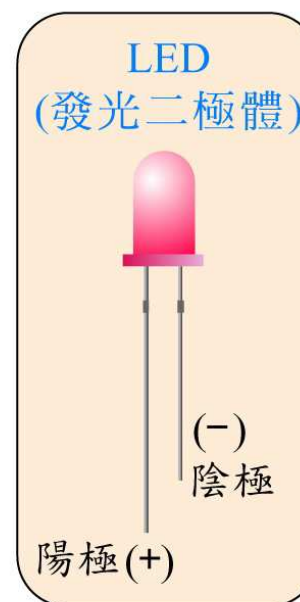
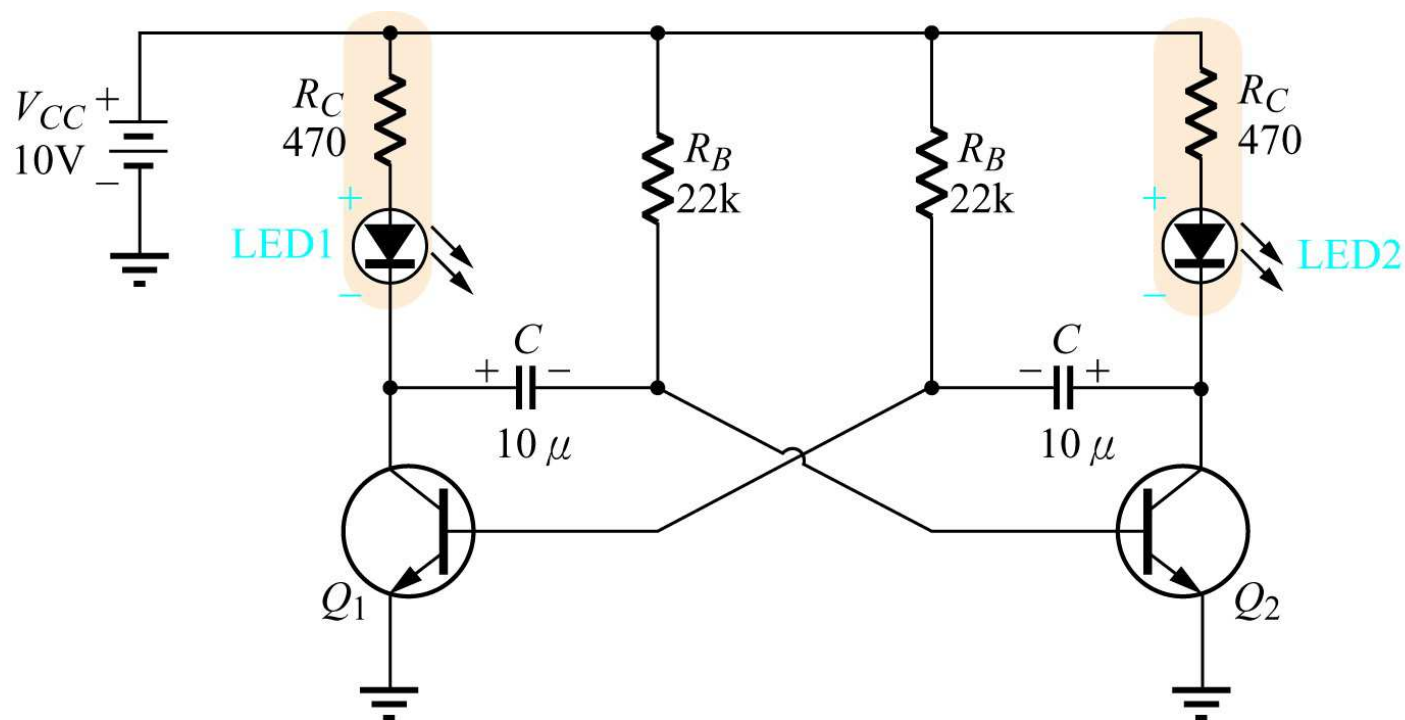


圖10-46 電路圖



勁園文化事業股份有限公司
台科大圖書股份有限公司



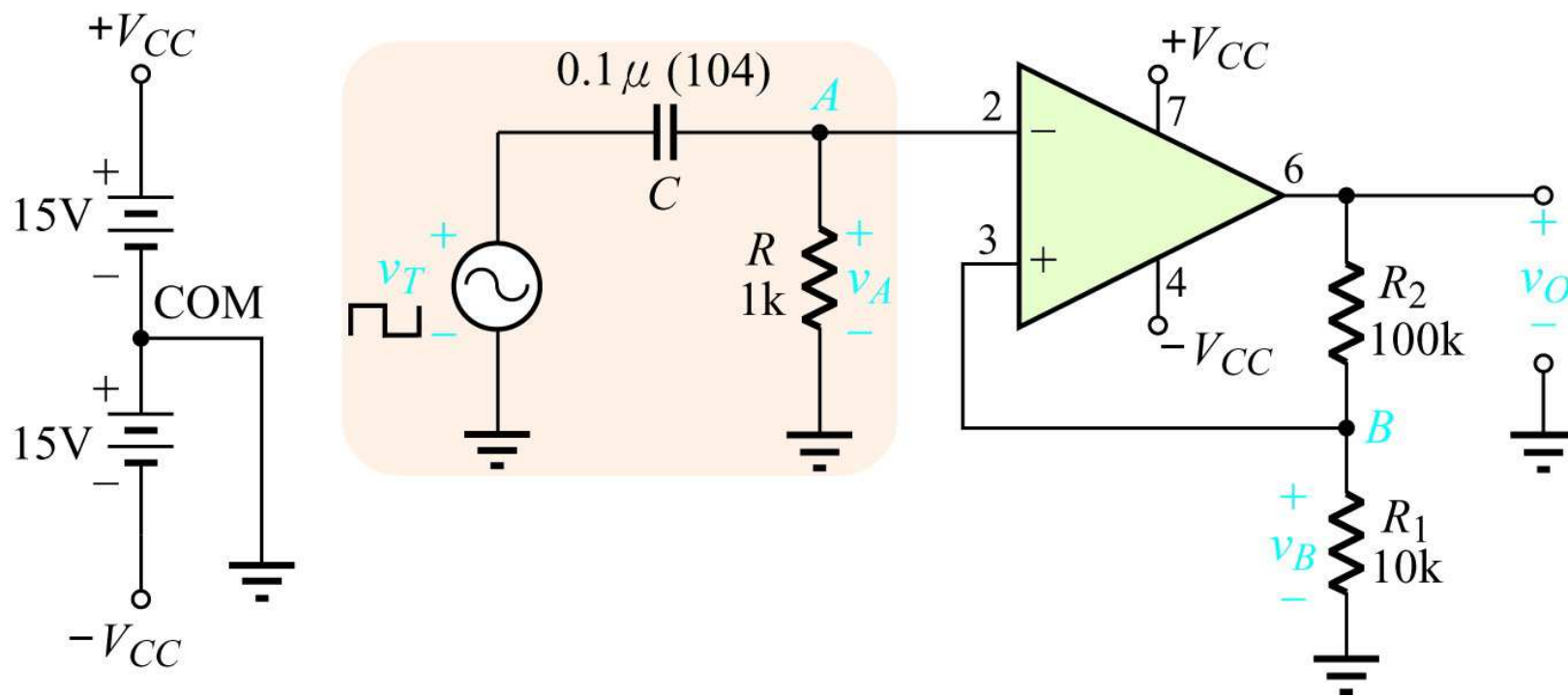


圖10-50 電路圖



技能活動

運算放大器式雙穩態多諧振盪器

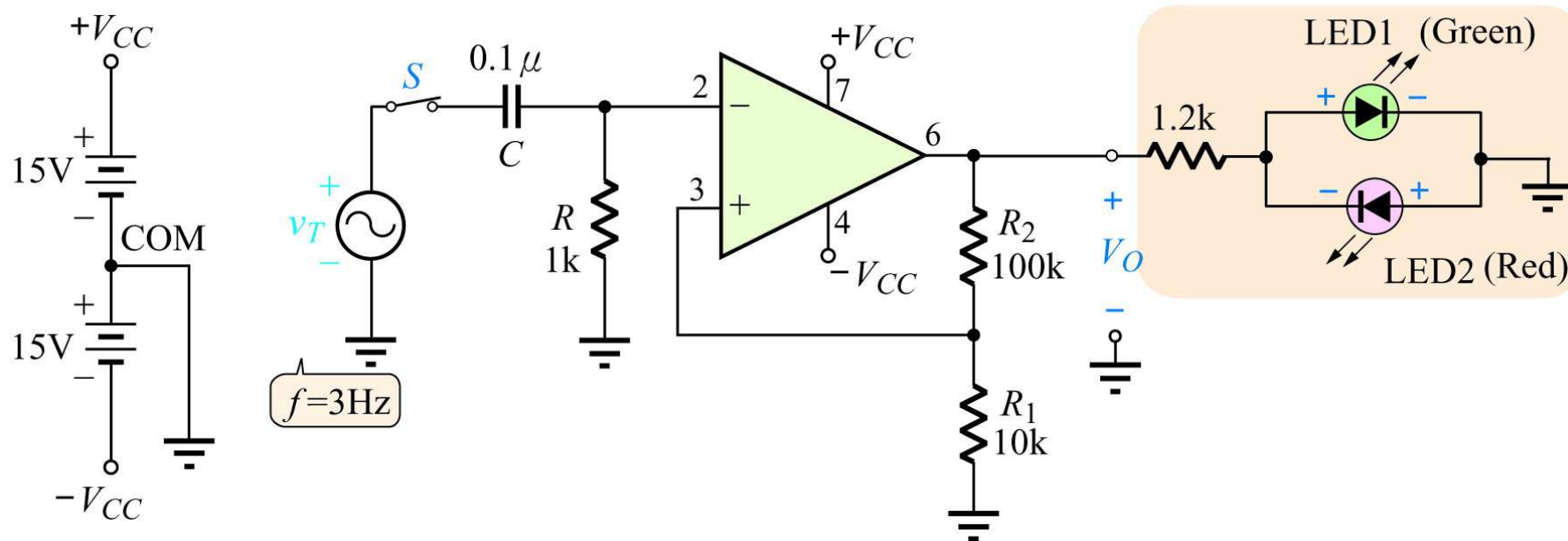


圖10-52 電路圖



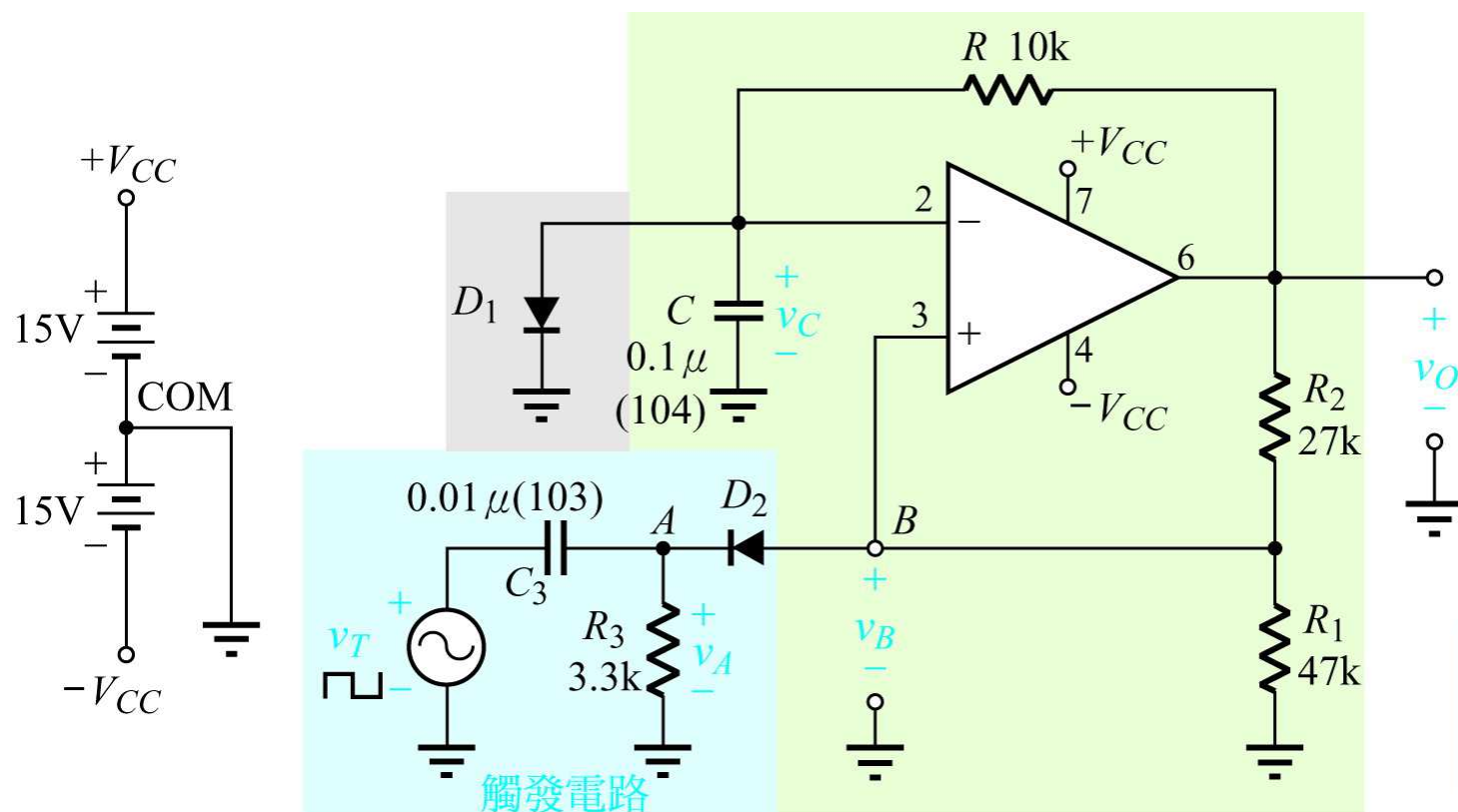


圖10-53 電路圖

技能活動

運算放大器式單穩態多諧振盪器

定時器應用

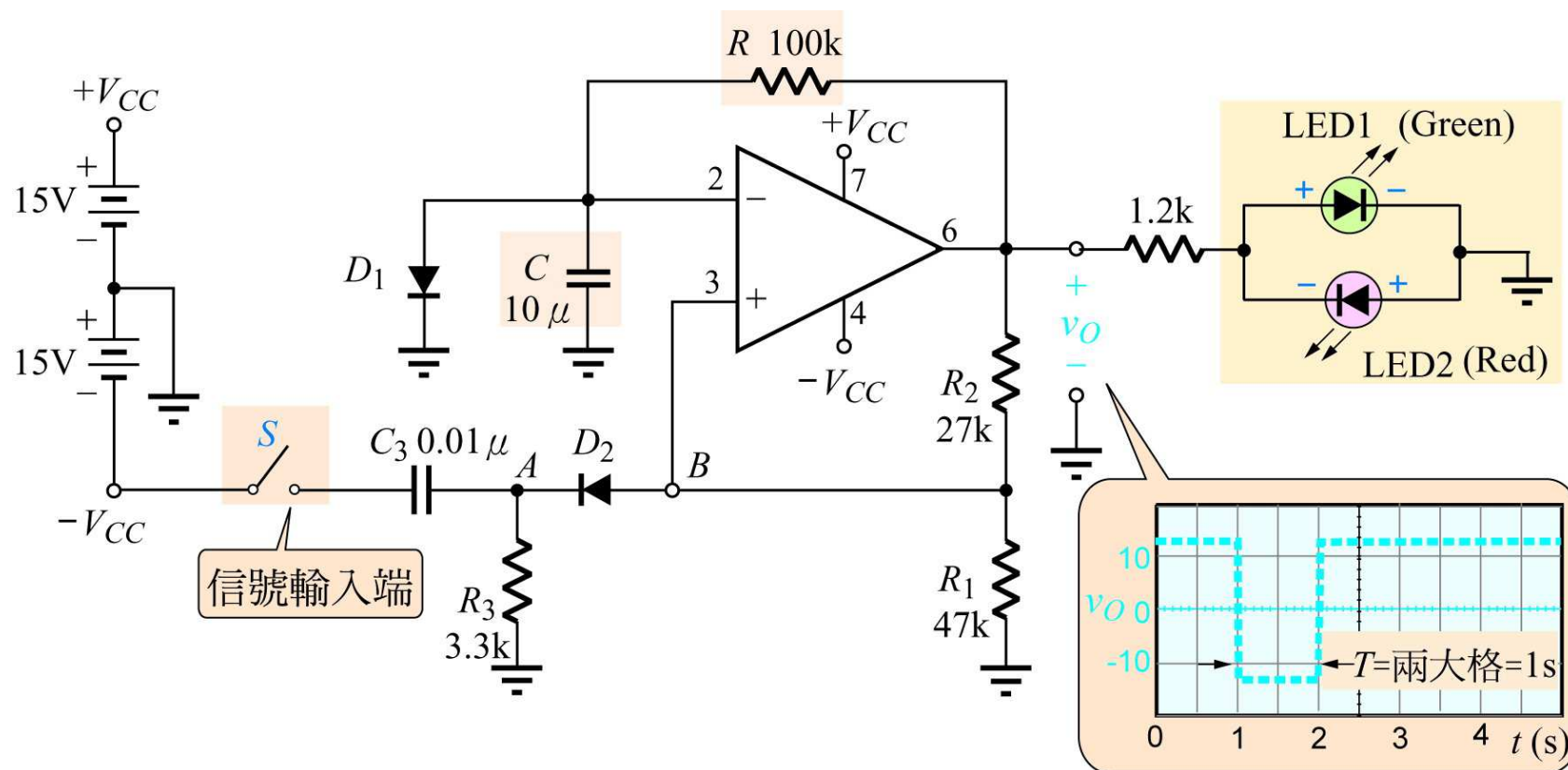


圖10-55 電路圖



勁園文化事業股份有限公司
台科大圖書股份有限公司

