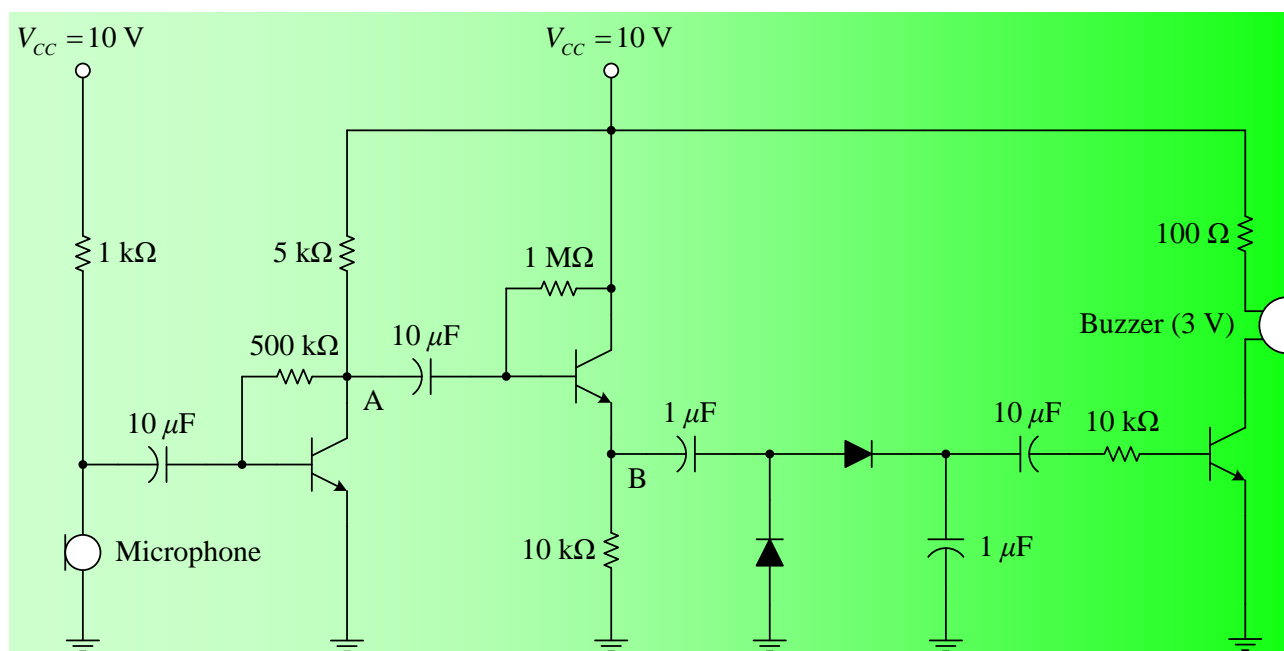


電子學實驗



林鐘熒 老師主編

何明字 老師協編

2006年11月 初版

2013年2月 二版

2015年2月 三版

2020年2月 四版

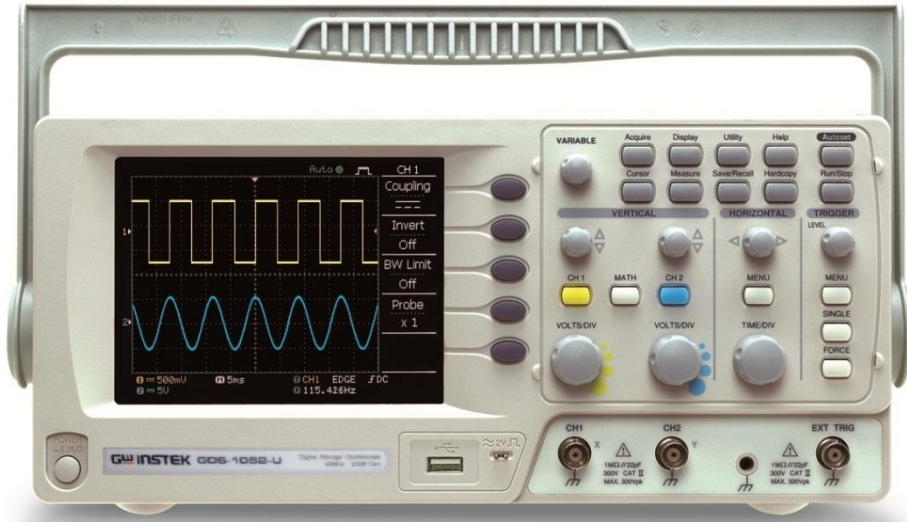
2024年2月 五版

【認識儀器】

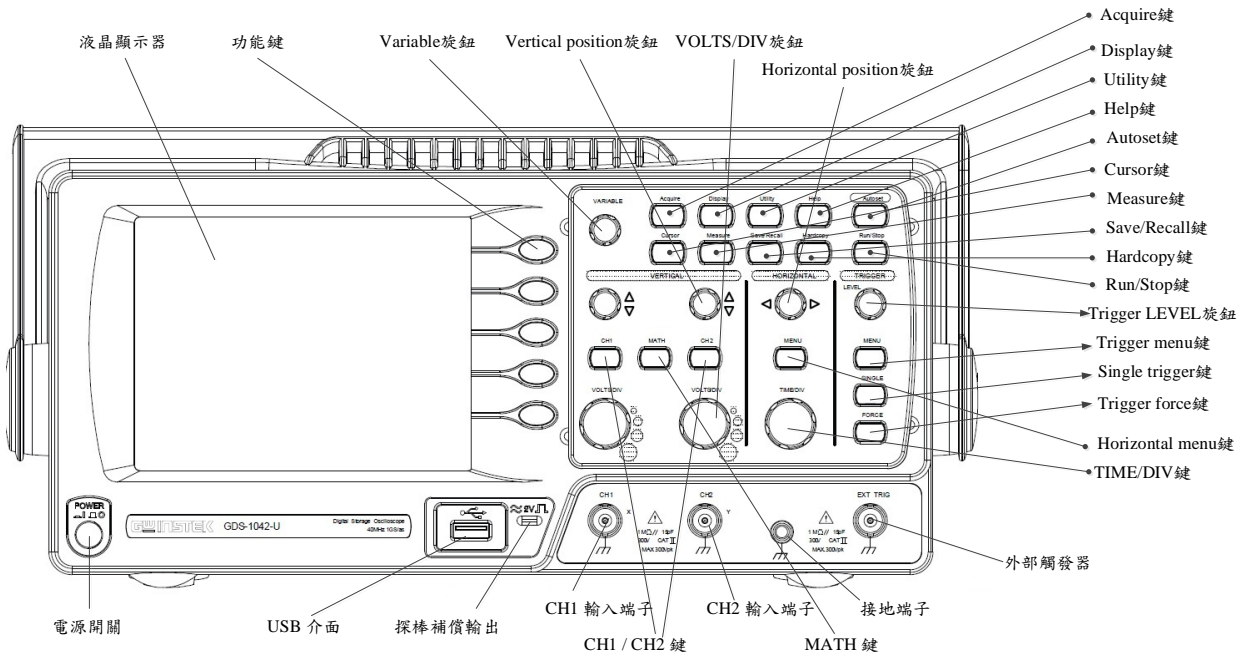
【目的】

此在了解電子學實習所會用到的儀器，包括數位示波器、波形產生器、三用電錶、電源供應器。經實際操作來學習儀器的操作與疑難排解。

I. 數位示波器 1 (GW Instek 產品 GDS-1000-U 系列)



數位示波器面板示意圖

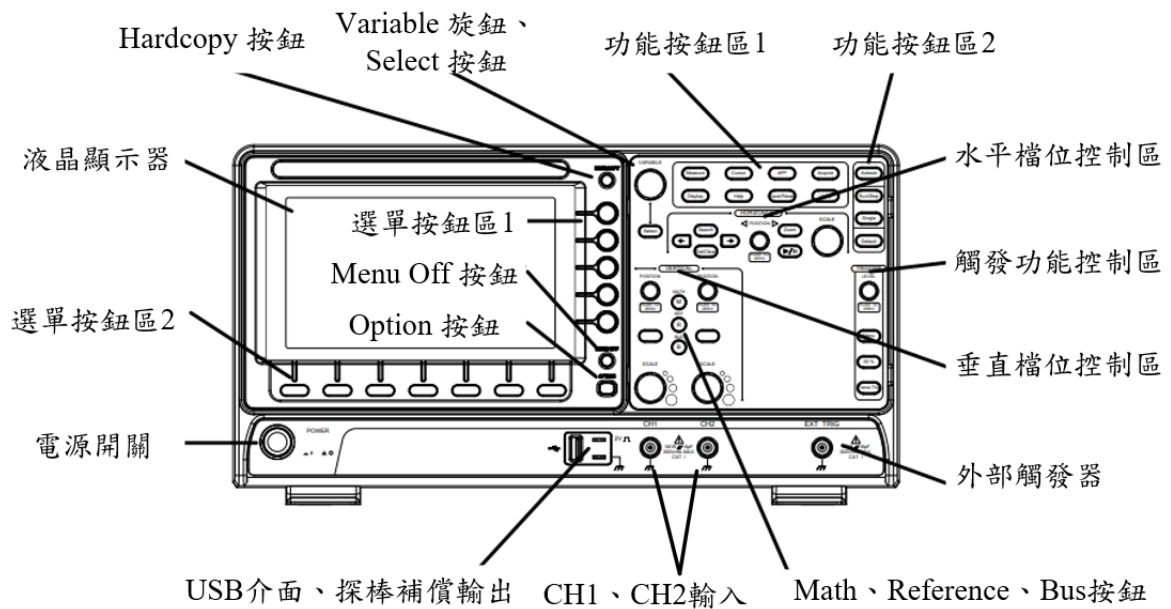


LCD 顯示	TFT 彩色，320 x 234 解析度，寬視角 LCD 顯示
Function 鍵: F1 (頂)~F5 (底)	啟動 LCD 螢幕左側的功能
Variable 旋鈕	增大或減小數值，移至下一個或上一個參數
Acquire 鍵	設定擷取模式
Display 鍵	設定螢幕設定
Cursor 鍵	運行游標測量
Utility 鍵	設定Hardcopy 功能，顯示系統狀態，選擇功能表語言，運行自我校準，設定探棒補償信號，以及選擇USB host 類型
Help 鍵	顯示說明內容
Autoset 鍵	根據輸入信號自動進行水平、垂直以及觸發設定
Measure 鍵	設定和運行自動測量
Save/Recall 鍵	儲存和擷取圖像，波形或面板設定
Hardcopy 鍵	將圖像、波形或面板設定儲存至USB
Run/Stop 鍵	運行或停止觸發
Trigger level 旋鈕	設定觸發準位
Trigger menu 鍵	觸發設定
Single trigger 鍵	選擇單次觸發模式
Trigger force 鍵	無論觸發條件如何，擷取一次輸入信號
Horizontal menu鍵	設定水平視圖
Horizontal position 旋鈕	水平移動波形
TIME/DIV 旋鈕	選擇水平檔位
Vertical position旋鈕	垂直移動波形
CH1/CH2 鍵	設定垂直檔位元和耦合模式
VOLTS/DIV 旋鈕	選擇垂直檔位
CH1/CH2 輸入端子	接收輸入信號: 1 MΩ±2%輸入阻抗，BNC 端子
接地端子	連接 DUT 接地導線，常見接地
MATH 鍵	完成數學運算
USB 介面	用於傳輸波形資料、螢幕圖像和面板設定
探棒補償輸出	輸出2 V p-p 方波信號，用於補償探棒或演示
外部觸發輸入	接收外部觸發信號
電源開關	啟動或關閉示波器

II. 數位示波器 2 (GW Instek 產品 GDS-1000-B 系列)



數位示波器面板示意圖



電源開關	啟動或關閉示波器
液晶顯示器	訊號波形、選單功能等顯示於此處
USB 介面	可用於資料傳輸
探棒補償輸出	預設輸出 2 Vpp、1 kHz 方波訊號，可用於調整探棒
CH1、CH2 輸入	訊號輸入接口
Math 按鈕	可設定數學函式相關功能
Reference 按鈕	可設定或移除參考波形
Bus 按鈕	無作用
外部觸發器	作為外部觸發訊號的輸入接口
HardCopy 按鈕	作為波形儲存功能使用
Variable 旋鈕	可用於增減參數值或用於選單參數選擇中移動
Select 按鈕	選單參數選擇中用於決定選項
選單按鈕區 1、2	選單按鈕對應螢幕上選項指示，按下按鈕可打開或選擇選單
Menu Off 按鈕	可顯示或隱藏螢幕上選單功能
觸發功能控制區	用於觸發水平的設置
功能按鈕區 1	
Measure 按鈕	用於訊號參數的量測，如峰對峰值等等
Cursor 按鈕	用於游標測量
APP 按鈕	用於 GW Instek 自家產品功能，如頻率響應量測
Acquire 按鈕	用於訊號採集模式設定
Display 按鈕	用於顯示相關設定
Help 按鈕	顯示 Help Menu
Save/Recall 按鈕	儲存或調用波形、圖像、面板設定等等
Utility 按鈕	配置其他設定如語言、探棒補償等等
功能按鈕區 2	
Autoset 按鈕	自動調整觸發器、水平檔位與垂直檔位
Run/Stop 按鈕	暫停或繼續訊號採集
Single 按鈕	直接設定才急模式為單次觸發
Default Setup 按鈕	重設所有示波器參數為預設值
水平檔位控制區	
Position 按鈕與旋鈕	水平方向的移動波形，按下旋鈕可直接重置回原點
SCALE 旋鈕	調整水平方向波形的縮放
ZOOM 按鈕	用於放大檢視訊號使用
Play/Pause 按鈕	放大檢視時可暫停或繼續訊號採集

垂直檔位控制區	
Position 旋鈕	垂直方向的移動波形，按下旋鈕可直接重置回原點
CH1/CH2 按鈕	啟用對應通道訊號的設置
SCALE 旋鈕	調整垂直方向波形的縮放

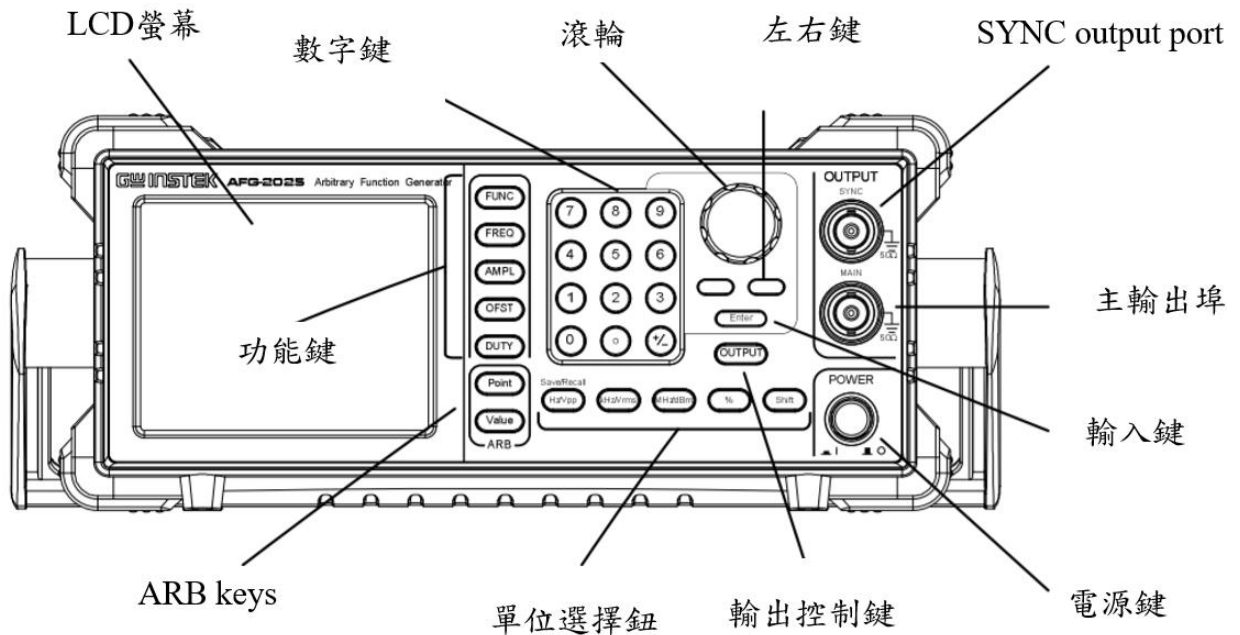
III. 示波器探棒



IV. 波形產生器



波形產生器面板示意圖

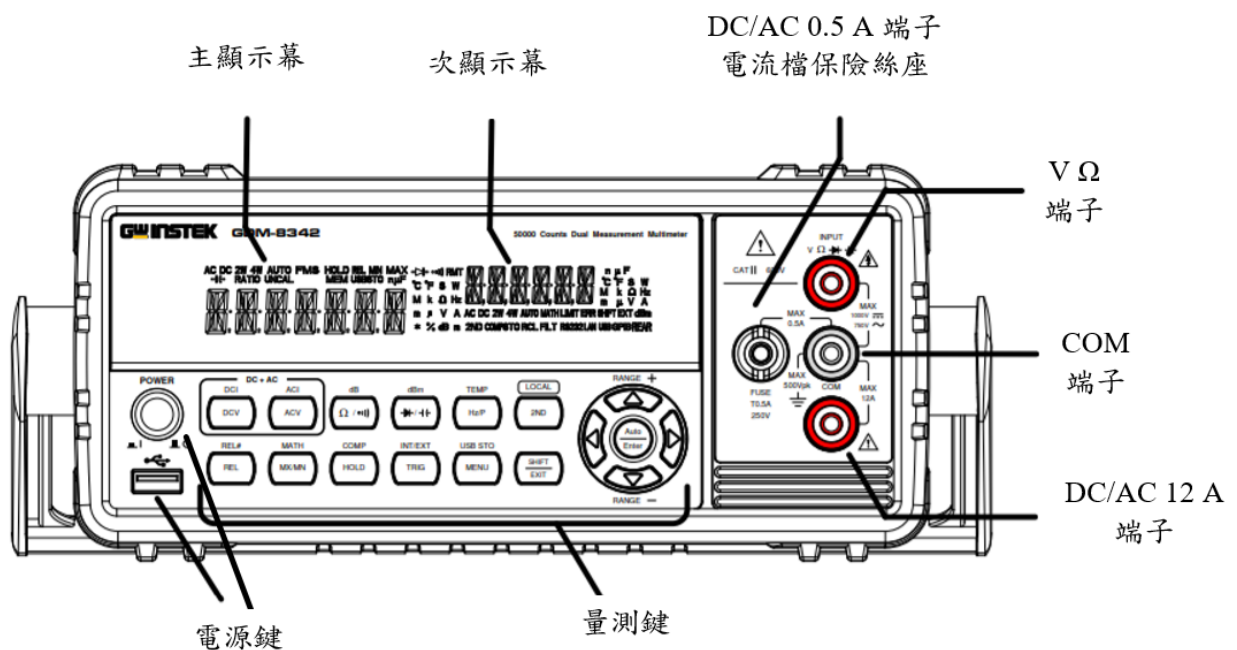


	FUNC 鍵用於選擇輸出波形類型： 正弦波、方波、三角波、雜訊波、ARB
	FREQ 設置波形頻率
	AMPL 設置波形振幅
	OFST 設置波形的DC偏壓
	DUTY 設置方波和三角波的占空比

V. 三用電錶



三用電錶面板示意圖

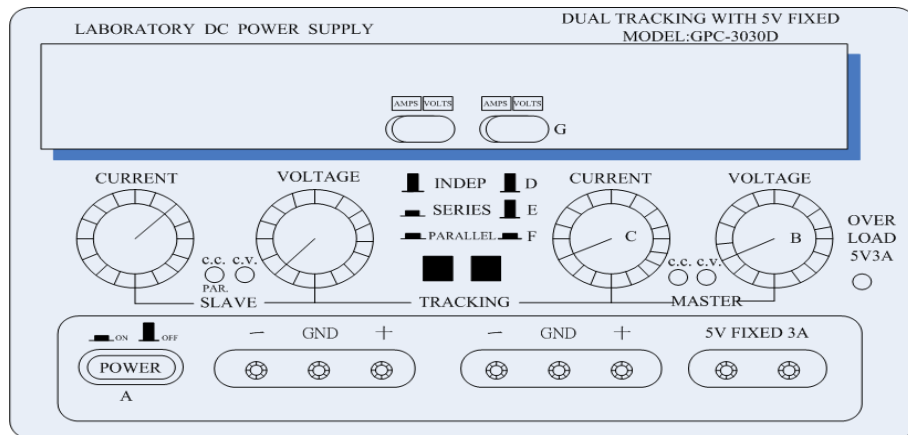


V Ω端子	用於除電流以外的所有量測
COM 端子	連接所有量測的地線(COM)
DC/AC 0.5 A 端子	低電流量測端子
DC/AC 12 A 端子	高電流量測端子
量測鍵	量測鍵上層，使用於數字電錶基本量測功能，例如電壓、電流、電阻、電容和頻率。 量測鍵下層，多用於進階功能。 每個按鍵皆有主要和次要功能；使用次要功能時，需搭配SHIFT 鍵

VI. 電源供應器 1 (GW Instek 產品 GPC-M 系列)



電源供應器面板示意圖



A 鍵：電源供應器之開關

B 鍵：電壓大小之旋鈕

C 鍵：電流大小之旋鈕

D 模式：選擇量測範圍

E 模式：串聯電源模式

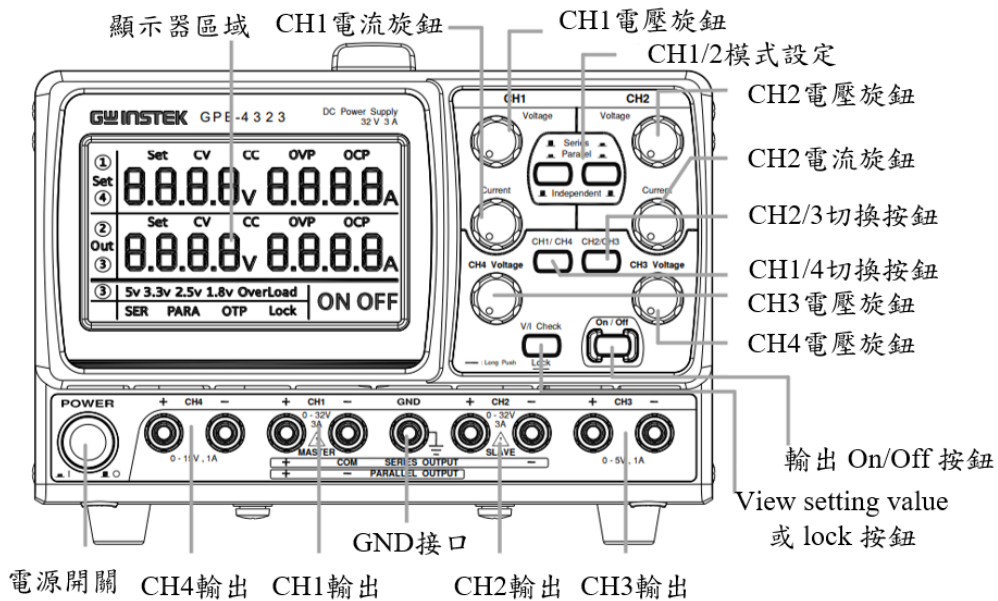
F 模式：並聯電源模式

G 模式：觀看電壓/電流模式

VII. 電源供應器 2 (GW Instek 產品 GPE-4323 系列)



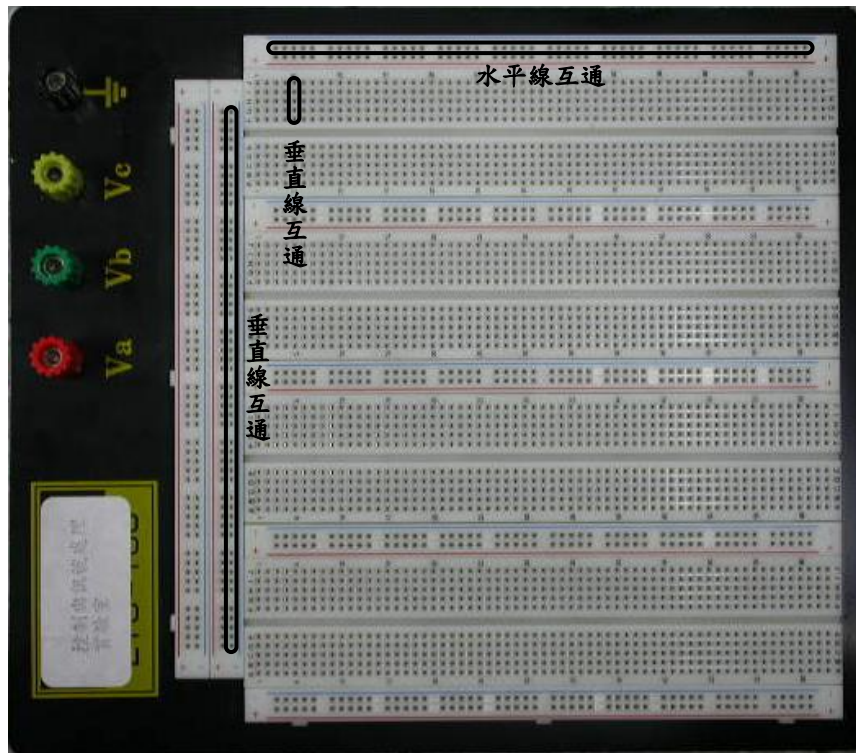
電源供應器面板示意圖



電壓旋鈕	調整輸出電壓
電流旋鈕	調整輸出電流
輸出 On/Off 按鈕	控制電供輸出開關
通道切換按鈕	在顯示器上切換兩通道資訊
CH1/2 模式設定	根據面板圖示設置通道 1、2 的關係，如串、並聯

IX. 麵包板

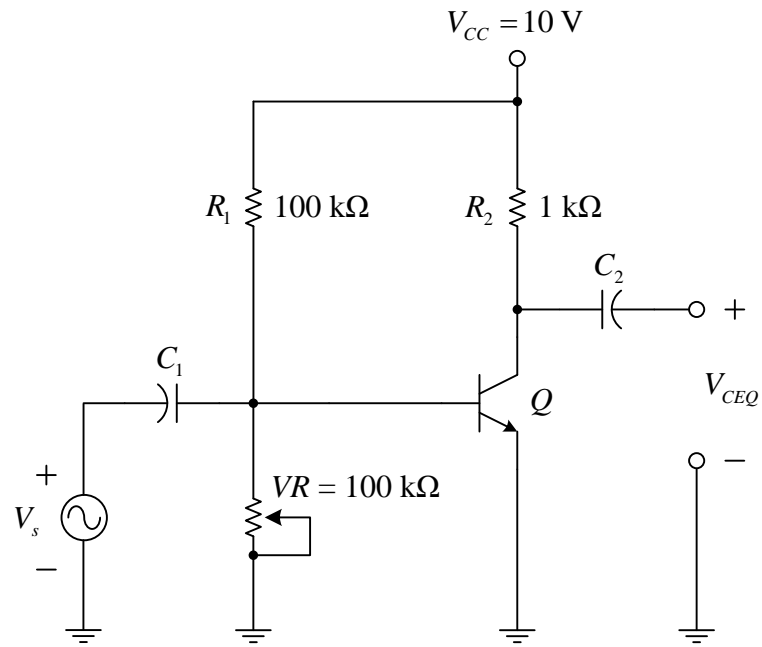
麵包板可供插設電子零件建構電路，各個電子零件可依需求插接或拔除，使得電子零件可重複使用，並可節省電路組裝的時間。麵包板內部是由彈簧銅箔片所組成，各插孔的連接情況如下圖所示。各插孔組之間可視需求利用單芯線做連結。



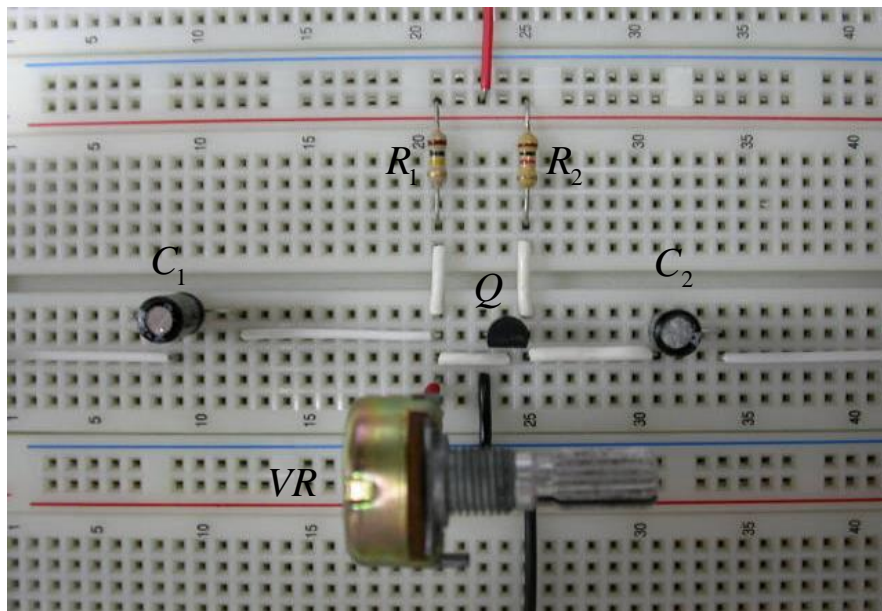
X. 麵包板上插接電路需注意事項

1. 電子零件插設的相對位置應與電路圖吻合，以方便辨識及除錯（如下列圖一與圖二之示範）。
2. 電子零件需儘量平貼於板面，但不可影響元件上之標示的判讀。
3. 電子零件的引腳，須理直不得彎曲，以免拔插時損壞麵包板內之銅箔片。
4. 佈線須力求整齊美觀，切忌雜亂。為了方便辨識及除錯，儘量採用不同顏色之導線，例如正電源一般採用紅色導線，負電源用黃色，地線用黑色，信號線用白色（如圖二所示）。
5. 導線須平貼板面，不得懸空跨過電子零件，並避免導線間交叉重疊，並注意不要遮蓋過多的插孔。

6. 在拔插電子零件及導線的過程中，須切斷電源，等完成拔插之動作且檢查無誤後，方可通電。



圖一 電路圖

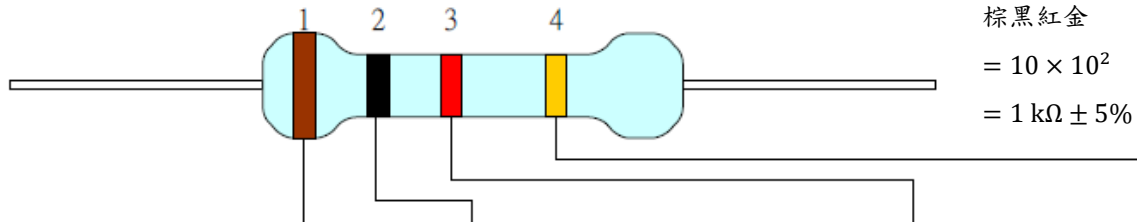


圖二 麵包板上之電路

XI. 電阻元件介紹

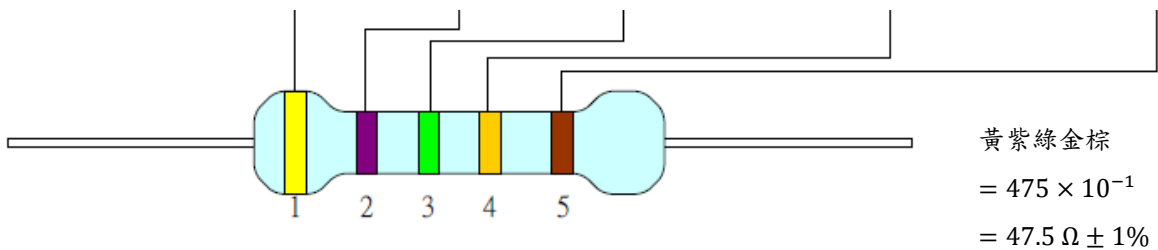
電阻器色碼表(Resistor Colour Code)

四色環電阻器(4 Band Code Resistor)



顏色 Color	第一讀數 1 st Band	第二讀數 2 nd Band	倍數 Multiplier	誤差率 Tolerance
棕 Brown	1	1	$\times 10^1 = \times 10$	$\pm 1\%$
紅 Red	2	2	$\times 10^2 = \times 100$	$\pm 2\%$
橙 Orange	3	3	$\times 10^3 = \times 1000$	
黃 Yellow	4	4	$\times 10^4 = \times 10000$	
綠 Green	5	5	$\times 10^5 = \times 100000$	$\pm 0.5\%$
藍 Blue	6	6	$\times 10^6 = \times 1000000$	$\pm 0.25\%$
紫 Violet	7	7	$\times 10^7 = \times 10000000$	$\pm 0.1\%$
灰 Grey	8	8	$\times 10^8 = \times 100000000$	$\pm 0.05\%$
白 White	9	9	$\times 10^9 = \times 1000000000$	
黑 Black	0	0	$\times 10^0 = \times 1$	
金 Gold			$\times 10^{-1} = \times 0.1$	$\pm 5\%$
銀 Silver			$\times 10^{-2} = \times 0.01$	$\pm 10\%$
無色 None				$\pm 20\%$

顏色 Color	第一讀數 1 st Band	第二讀數 2 nd Band	第三讀數 3 rd Band	倍數 Multiplier	誤差率 Tolerance
黃 Yellow	4	7	5		
紫 Violet					
綠 Green					
金 Gold				$\times 10^{-1} = \times 0.1$	$\pm 5\%$
棕 Brown				$\times 10^2 = \times 100$	$\pm 1\%$

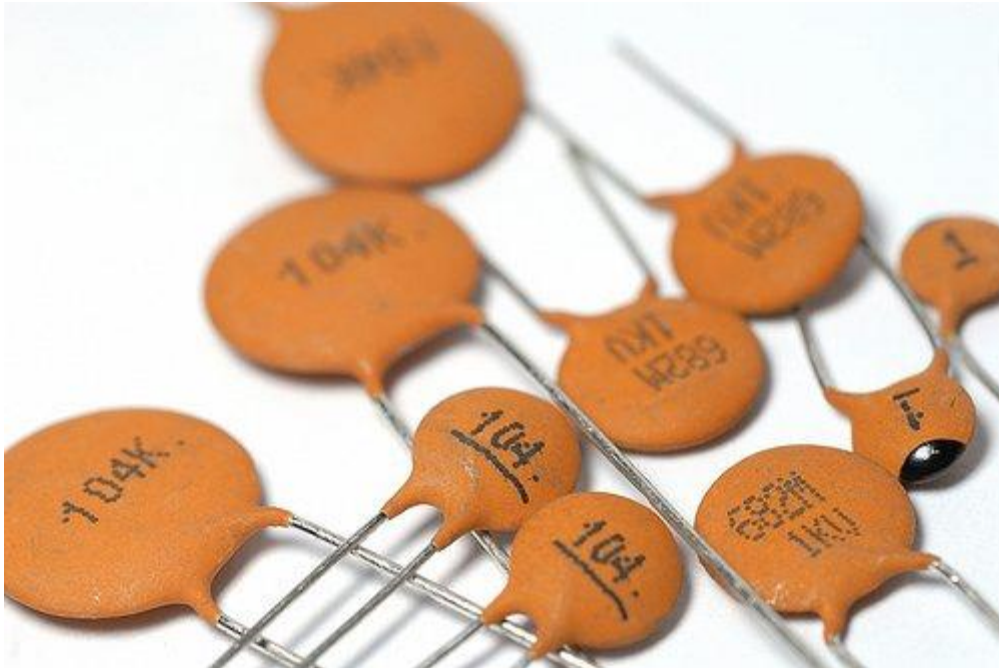


五色環電阻器(5 Band Code Resistor)

XII. 電容元件介紹

1. 陶瓷電容

陶瓷電容是以陶瓷為介電質的電容器。其結構是由二層或更多層交替出現的陶瓷層和金屬層所組成，金屬層連結到電容器的電極。



規格說明

陶瓷電容上會印有三位數的編碼標示其電容值，前二個數字標示容值最高的二位數，最後一數字則標示 10 的次方，其單位為皮法拉 (pF)。數字後會有一個字母標示其電容允差範圍。

例：一陶瓷電容標示 104K，表示其容值為 $10 \times 10^4 \text{ pF} = 100,000 \text{ pF} = 100 \text{ nF} = 0.1 \text{ }\mu\text{F} \pm 10\%$

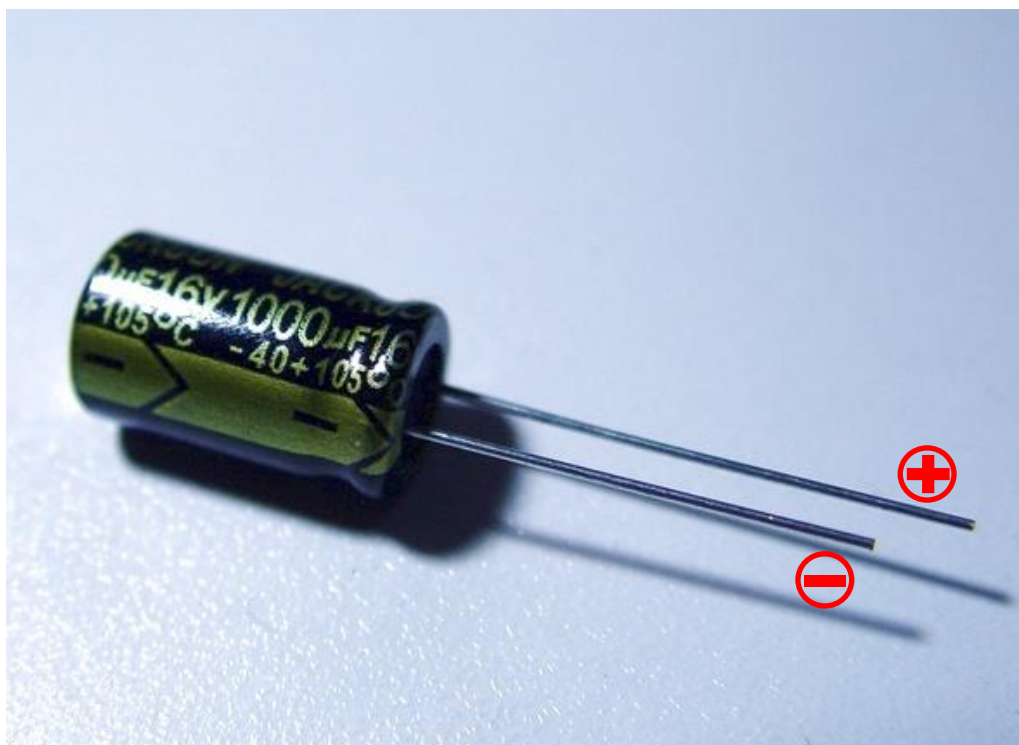
C	$\pm 0.25 \text{ pF}$	M	$\pm 20\%$
D	$\pm 0.5 \text{ pF}$	P	+100 -0%
J	$\pm 5\%$	Y	-20 +50%
K	$\pm 10\%$	Z	-20 + 80%

2. 電解電容

電解電容是一種在其正、負極之間有電解質的電容。常見的電解電容包括由金屬鋁構成電極、氧化鋁構成電介質的鋁電解電容，還有結構類似的鉭電解電容。電解電容有正負極之分，其特點為容量較大，瞬間擊穿後仍有恢復的可能。但由於電解液的存在，也可能會在高負載時發生汽化爆炸。

規格說明

電容長腳為正極，短腳為負極。元件上都有標示其規格，例如下圖，規格為1000 μF 耐壓 16 V。



【實驗一】 R、L & C 電路之特性

【實驗目的】

本實驗主要在利用「電路學」中所學的 R、L&C 相關電路，觀察其頻率響應，並與理論相驗證，並熟悉如何在麵包板上插設電路及實驗儀器之使用。

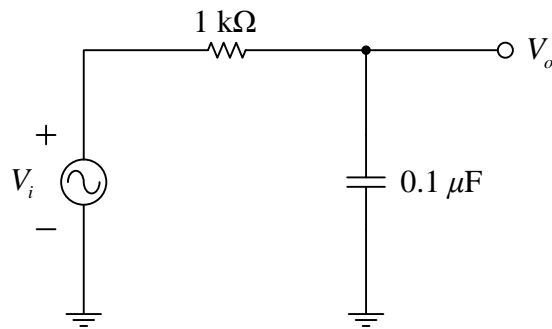
I. RC 暫態電路：

(一)

1. 接妥下圖電路， $V_i = 2 V_{p-p}$ 方波。
2. 以示波器同時觀察 V_i 及 V_o ，記錄時間常數，並與計算值比較。
3. 觀察 V_i 及 V_o 的相位差，並紀錄相位差為 45° 時的頻率。此時 V_i 改用 $2 V_{p-p}$ 正弦波。
4. 改變頻率，並比較高頻與低頻時的 V_o 值。

(二)

1. 將 (一) 的電阻和電容調換位置。
2. 重複實驗 (一) 中的步驟 3、4。



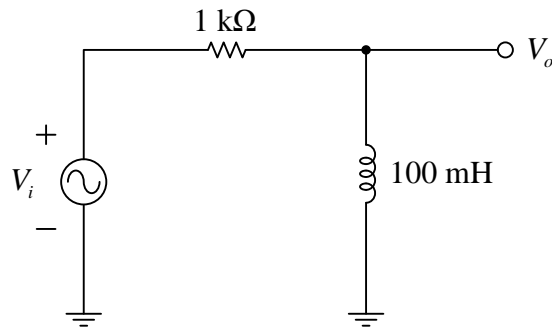
II. RL 暫態電路：

(一)

1. 接妥下圖電路， $V_i = 2 V_{p-p}$ 正弦波。
2. 改變 V_i 的頻率，觀察 V_i 及 V_o 的相位差及 V_o 的振幅大小，記錄 V_i 及 V_o 相位差為 45° 時的 V_i 頻率，並比較 V_o 在高頻與低頻時的振幅大小。

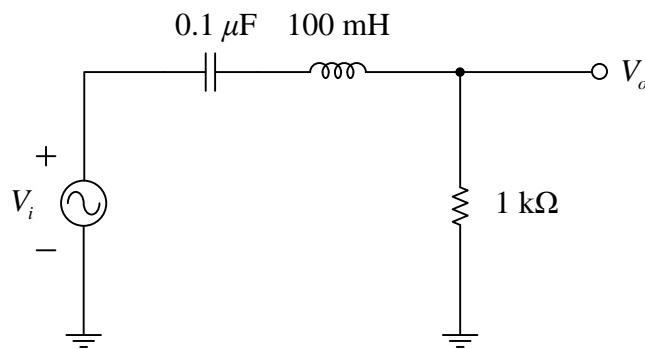
(二)

1. 將(一)中的電阻與電感調換位置。
2. 令 $V_i = 2 V_{p-p}$ 方波，觀察其時間常數，並與計算值比較。
3. 令 $V_i = 2 V_{p-p}$ 正弦波，重複實驗(一)中的步驟1、2。



III. R、L & C 電路：

1. 令 $V_i = 2 V_{p-p}$ 正弦波，以示波器同時觀察 V_i 及 V_o ，記錄當 V_o 振幅為最大時的頻率。
2. 改變頻率，分別記錄當 V_i 相位領先 V_o 的相位為 45° 時及 V_i 相位落後 V_o 的相位為 45° 時的頻率。



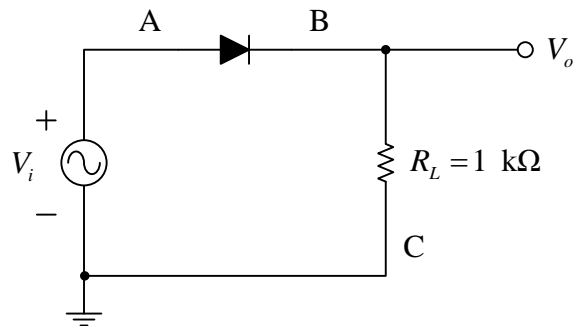
【實驗二】 二極體的認識與應用

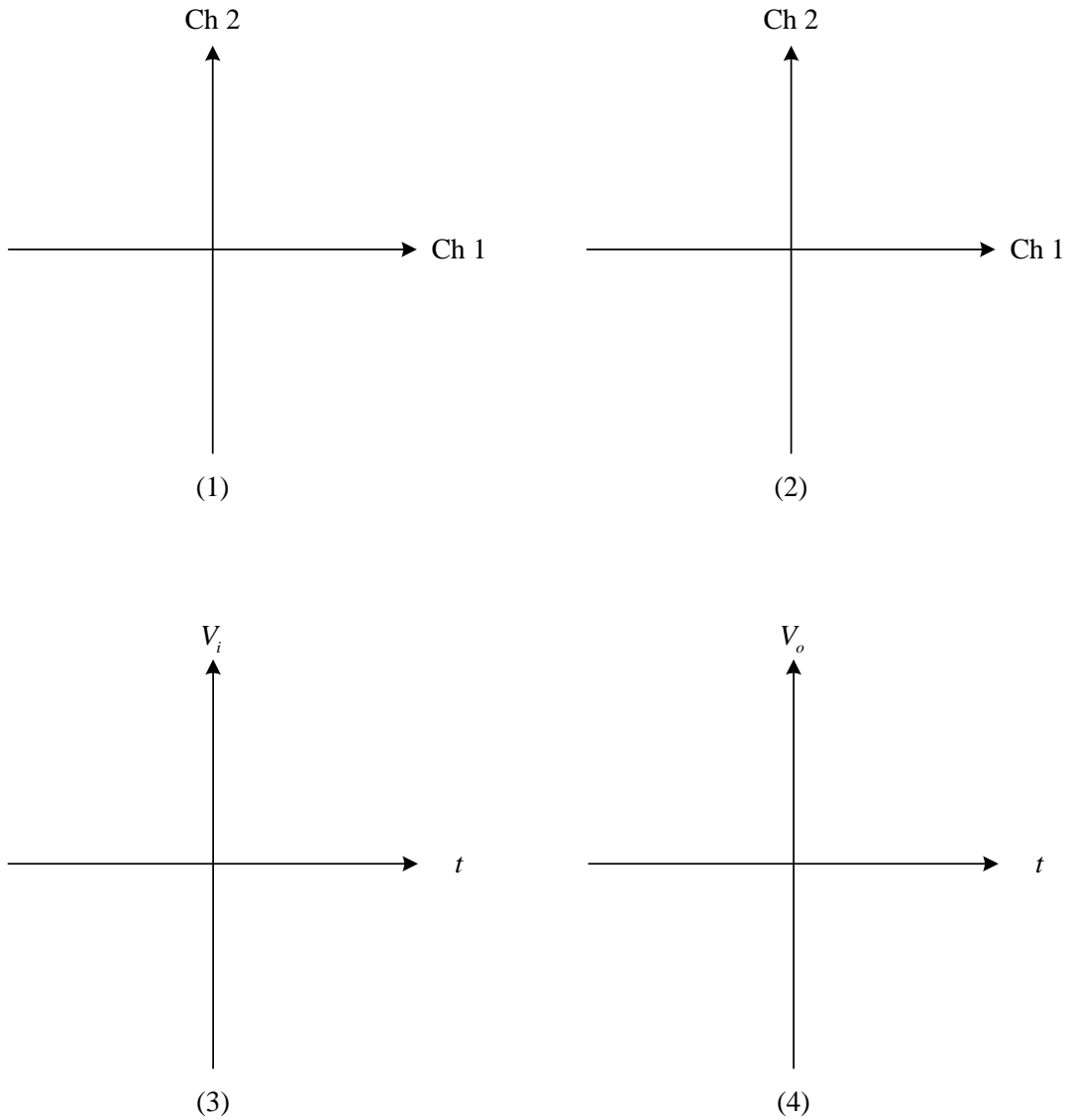
【實驗目的】

本實驗之目的主要在於了解二極體的工作特性，並以二極體的工作特性為基礎進一步探討半波、全波整流電路的工作原理。最後，將學習如何利用二極體製作非線性曲線。

I. 觀察二極體特性曲線及半波整流：

1. 接妥下圖電路，並令 $V_i = 10 V_{p-p}$ ，1 kHz 正弦波。
2. 將示波器 Ch 1 探針的正端鉤於 A 點，負端夾在 B 點，Ch 2 探針的正端鉤於 C 點，再將時間掃描扭轉至 X-Y 檔，此時即可觀察到二極體的特性曲線，但此為顛倒的曲線，必須將 Ch 2 反向才能呈現正常的特性曲線。將所觀察的曲線畫於下圖(1)。
3. 將二極體改換為 3 V 的積納 (Zener) 二極體，同步驟 2 觀察其特性曲線並繪於下圖(2)。
4. 改令 $V_i = 5 V_{p-p}$ ，1 kHz 正弦波，觀察 V_o 的波形，將 V_i 及 V_o 分別畫於下圖(3)、(4)。

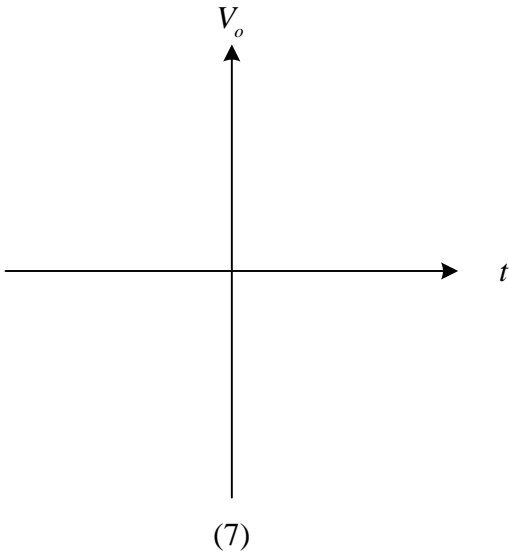
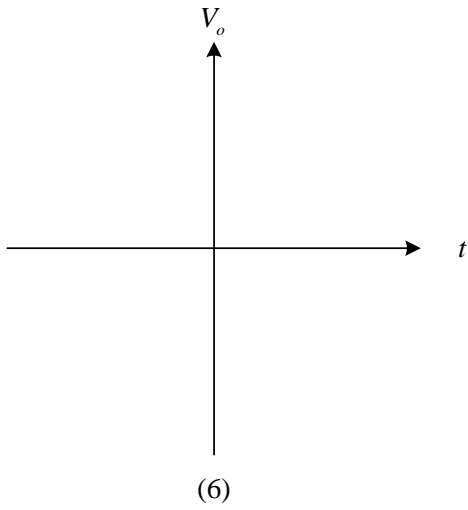
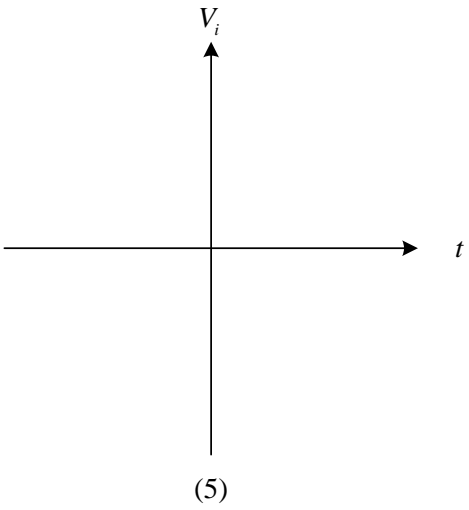
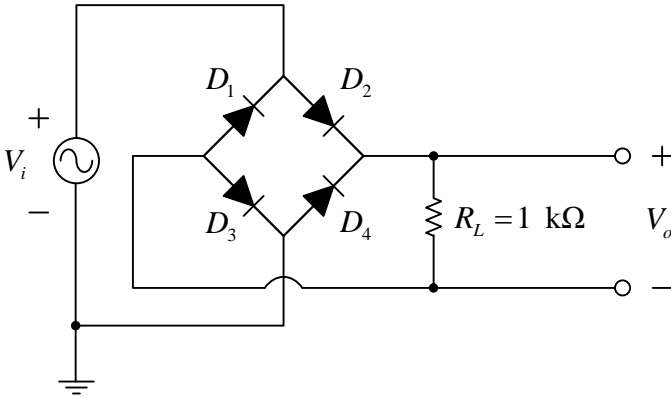




註：此處的二極體若使用訊號二極體（紅螞蟻），可以得到較好的特性曲線，因為頻率響應較佳。

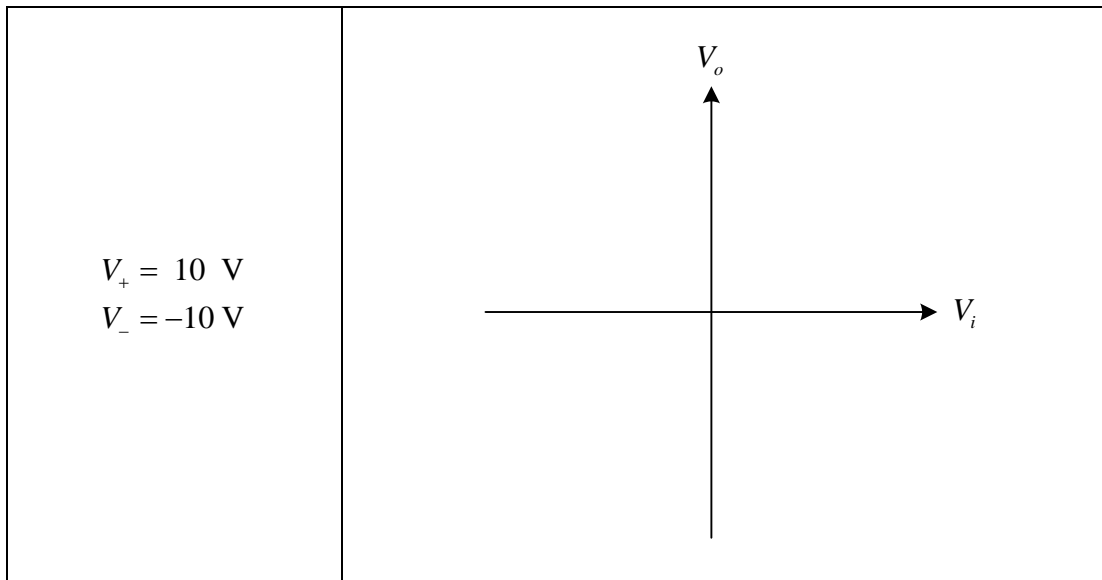
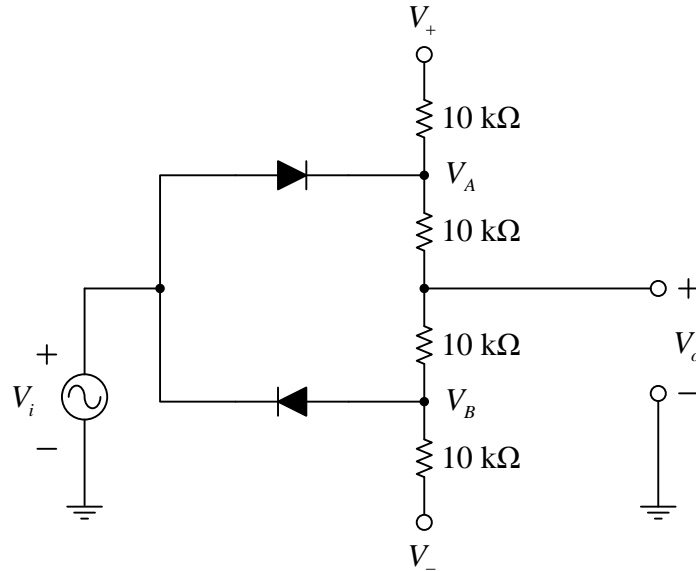
II. 橋式整流電路（全波整流）：

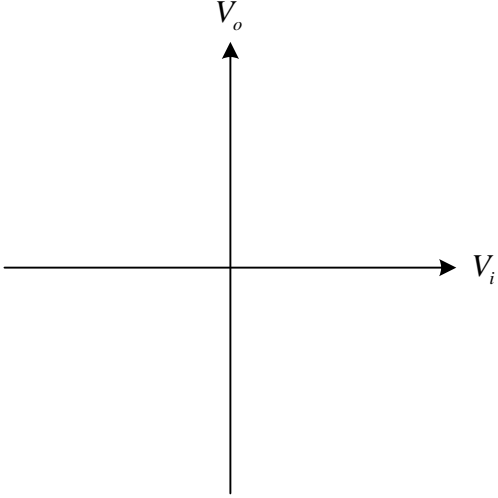
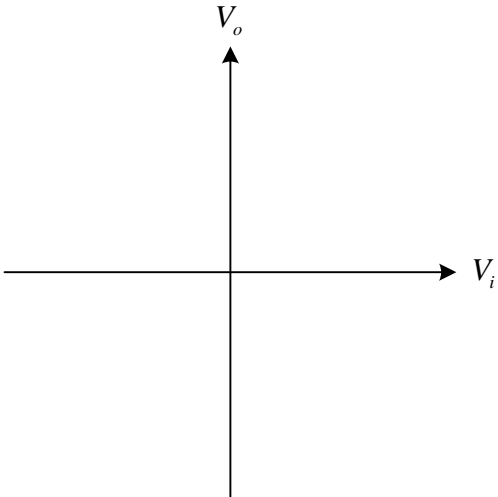
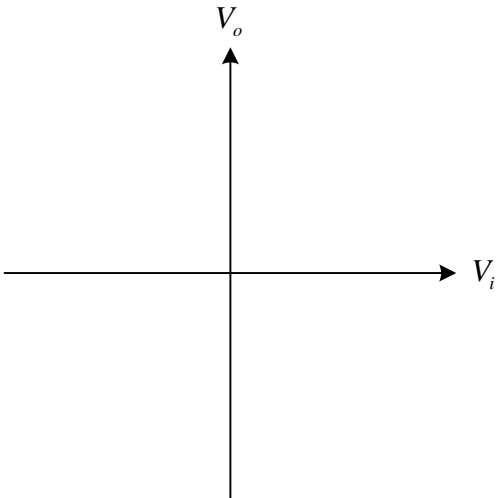
1. 接妥下圖電路，並令 $V_i = 5 V_{p-p}$ ，1 kHz 正弦波，將 V_i 的波形畫於圖(5)。
2. 觀察此時 V_o 的輸出波形，將之畫於圖(6)中，並說明此電路的工作原理。
3. 於 R_L 兩端並聯一個 $100 \mu F$ 的電容（注意電容極性的連接），再觀察 V_o 的輸出波形，並畫於圖(7)，試說明此一電容的功用。



III. 利用二極體製作可調式的非線性曲線：

1. 接妥下圖電路，令 $V_i = 20 \text{ V}_{\text{p-p}}$ ，1 kHz 正弦波。
2. 改變 V_+ 及 V_- 的值，將示波器置於 X-Y 檔，觀察 $V_i - V_o$ 的特性曲線，並畫於下表中。



$V_+ = 10 \text{ V}$ $V_- = -5 \text{ V}$	
$V_+ = 5 \text{ V}$ $V_- = -5 \text{ V}$	
$V_+ = 5 \text{ V}$ $V_- = -10 \text{ V}$	

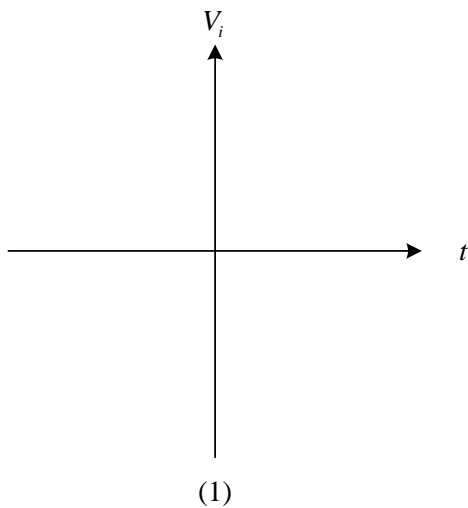
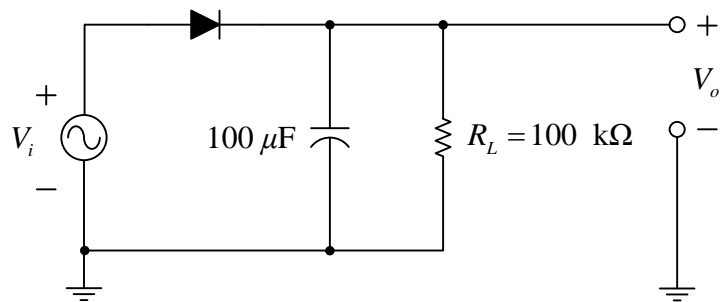
【實驗三】 二極體的應用（續）

【實驗目的】

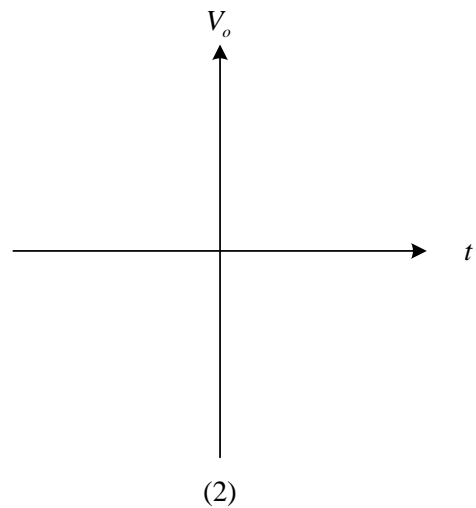
本實驗的目的在進一步認識二極體相關的應用電路，包括有整流、箝位、倍壓、截波等電路，利用二極體的工作特性，以了解這些電路的工作原理。

I. 整流器：

1. 接妥下圖電路，令 $V_i = 10\text{ V}_{\text{p-p}}$ ，1 kHz 正弦波，請注意電容極性的正確連接。
2. 觀察 V_o 的電壓波形，並將 V_i 及 V_o 分別繪於圖(1)、(2)。



(1)



(2)

3. 試說明此電路之工作原理。

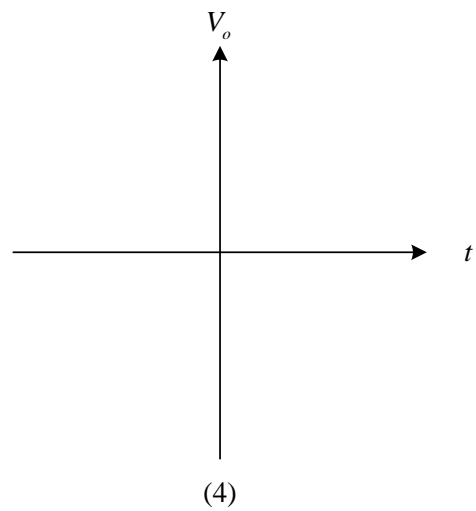
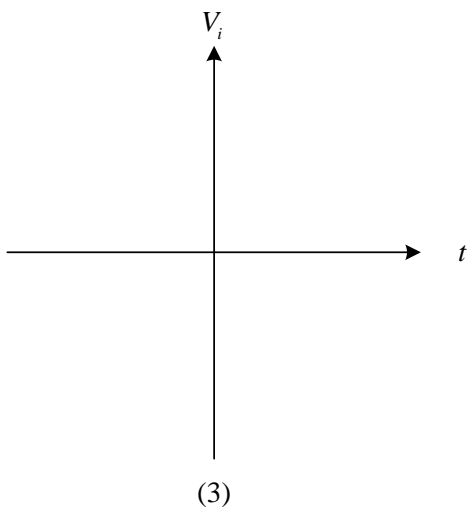
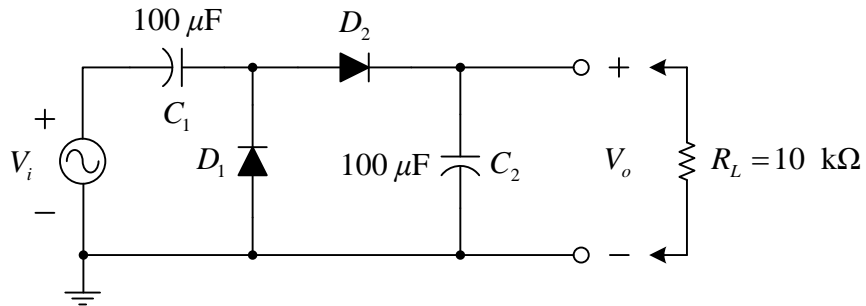
II. 箝位電路 (Clamping circuit) :

1. 依序接妥下表中的各電路，並分別令 $V_i = 20 V_{p-p}$ ，1 kHz 正弦波及方波。
2. 將所觀察到的輸出電壓波形繪於表中的相對位置。
3. 說明此電路的工作原理。

輸出電壓波形	輸入波形	方波輸入	正弦波輸入

III. 倍壓器 (Voltage multiplier) :

1. 接妥下圖電路，令 $V_i = 10 V_{p-p}$ ，1 kHz 正弦波（請注意電容極性的連接）量 V_o ，然後接上負載 $R_L = 10 k\Omega$ ，再量 V_o 。
2. 觀察 V_o 的輸出電壓，並將 V_i 與 V_o 分別繪於圖(3)、(4)。

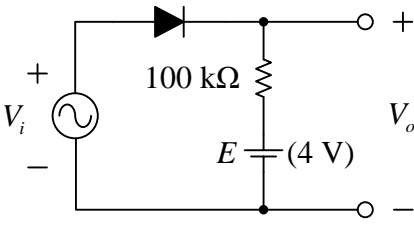
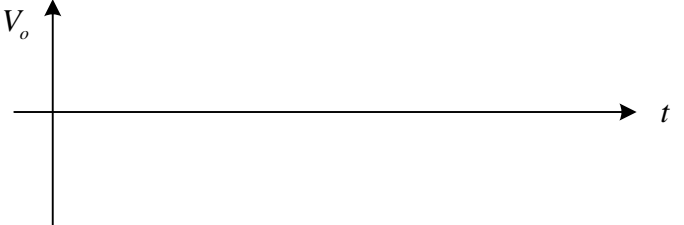
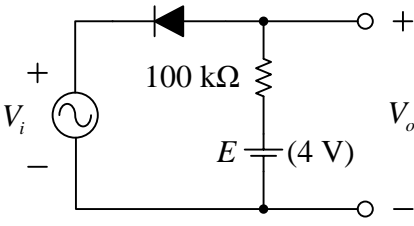
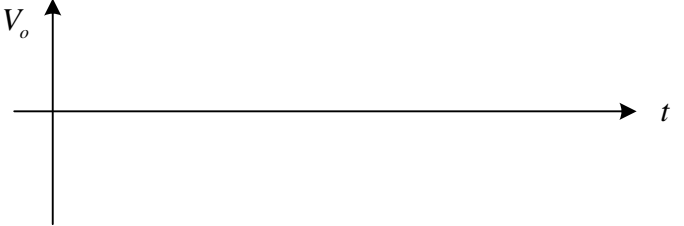
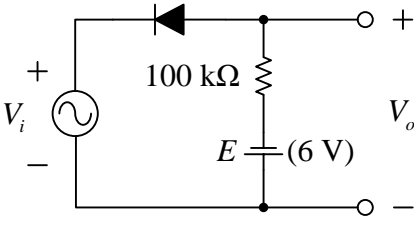

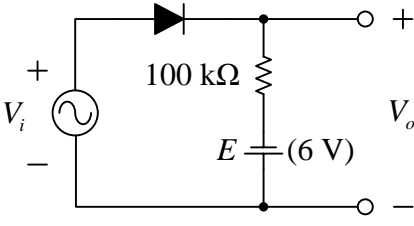
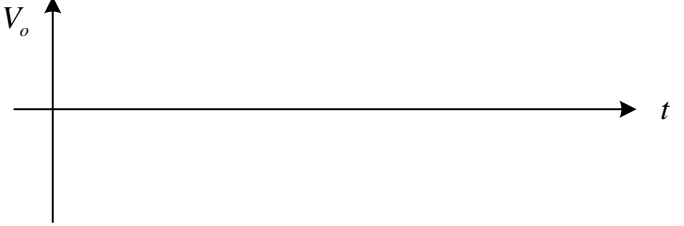


3. 試說明此電路之工作原理。

IV. 截波電路 (Clipping circuit) :

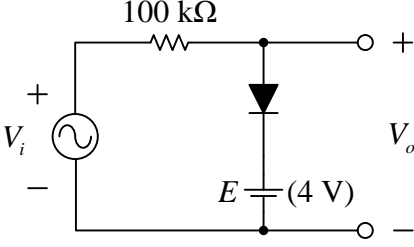

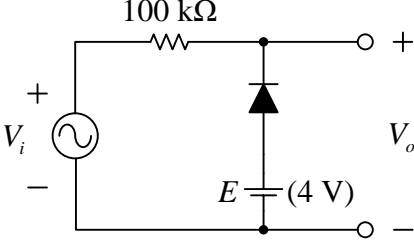
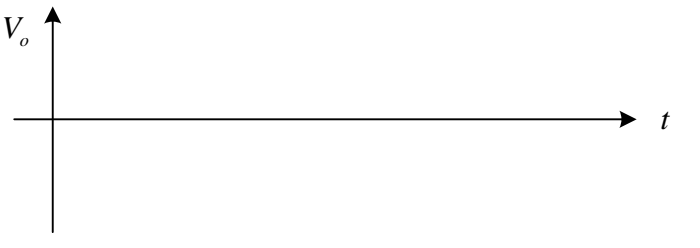
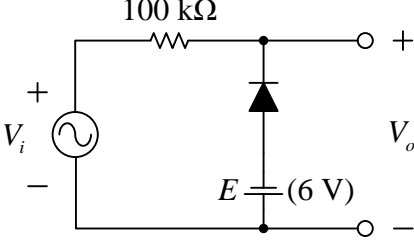
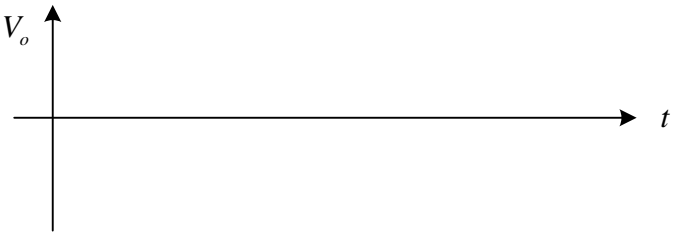
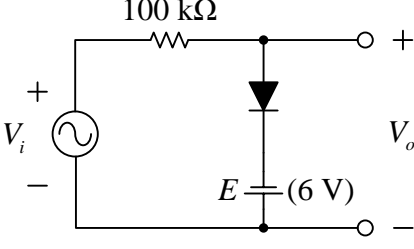

(一) 串聯偏壓式截波器

1. 依序接妥下表各電路，其中令 $V_i = 20 V_{p-p}$ ，1 kHz 正弦波。
2. 將 V_i 及各電路的 V_o 電壓波形繪於表中的相對位置。

輸出波形 與 電路	輸入波形 電壓
	
	
	
	

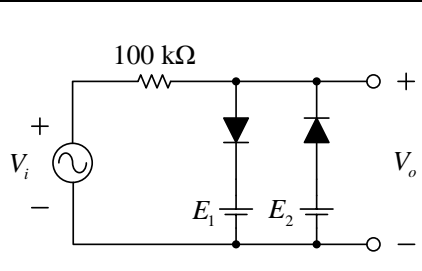
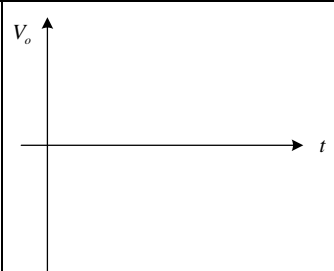
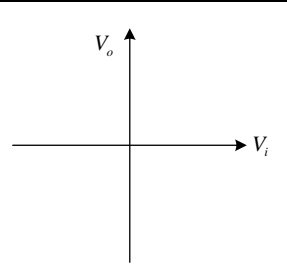
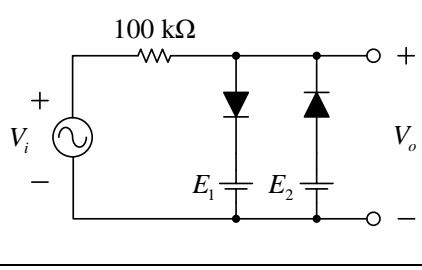
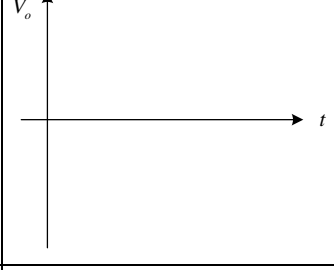
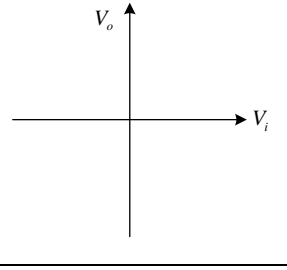
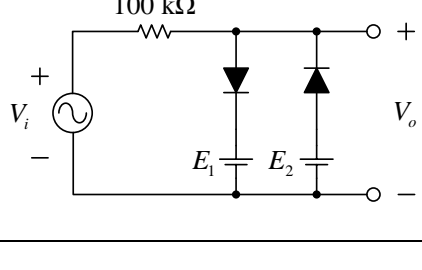
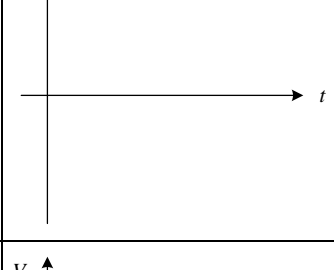
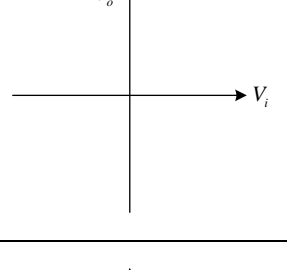
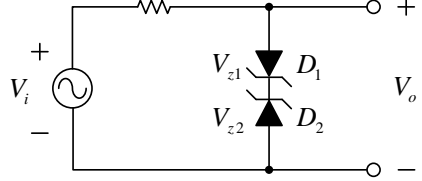


(二) 並聯偏壓式截波器

1. 同樣地，依序接妥下表中的各電路，令 $V_i = 20 V_{p-p}$ ，1 kHz 正弦波。
2. 將 V_i 及電路的 V_o 電壓波形繪於表中的相對位置。

輸出 波形 與 電 路	輸入 波形 電 壓
	
	
	
	

(三) 雙準位偏壓截波電路

1. 依序接妥下表中的各電路，令 $V_i = 20 V_{p-p}$ ，1 kHz 正弦波，並依照表中所給定的條件設定 E_1 及 E_2 的電壓值。
2. 將 V_o 的電壓波形繪於相對位置，同時利用 X-Y 檔觀察 V_i 與 V_o 的轉換曲線。
3. 試說明此電路之工作原理。

電 路	條件	輸出電壓波形	輸入輸出轉換曲線
	$E_1 = 6 V$ $E_2 = 4 V$		
	$E_1 = 4 V$ $E_2 = 6 V$		
	$E_1 = 5 V$ $E_2 = 5 V$		
	$V_{z1} = 3 V$ $V_{z2} = 3 V$		

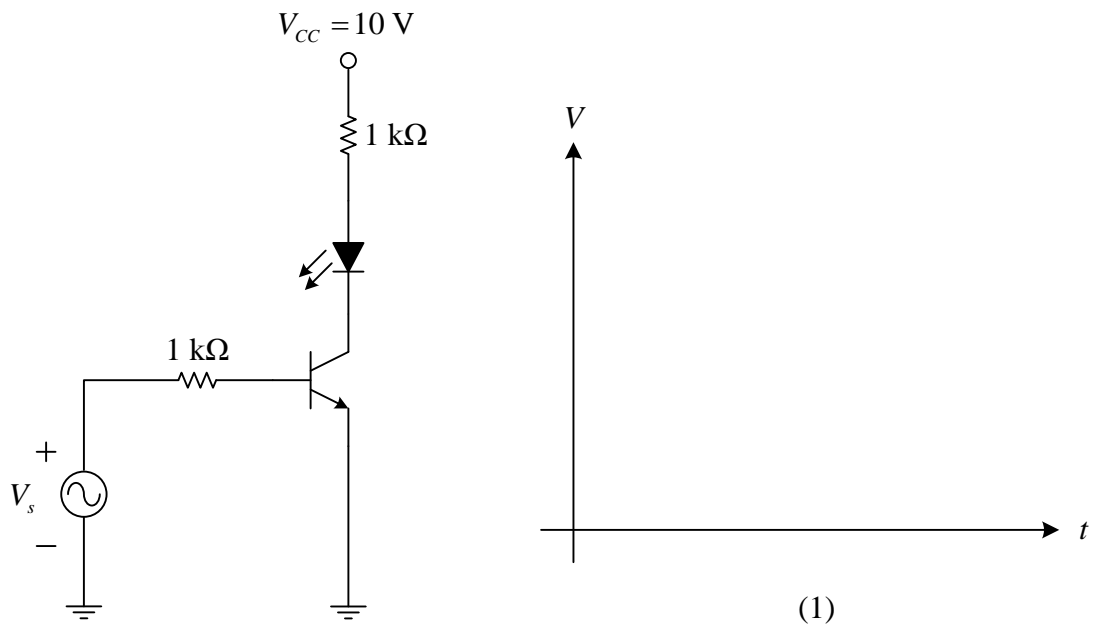
【實驗四】 電晶體開關

【實驗目的】

本實驗的目的在：

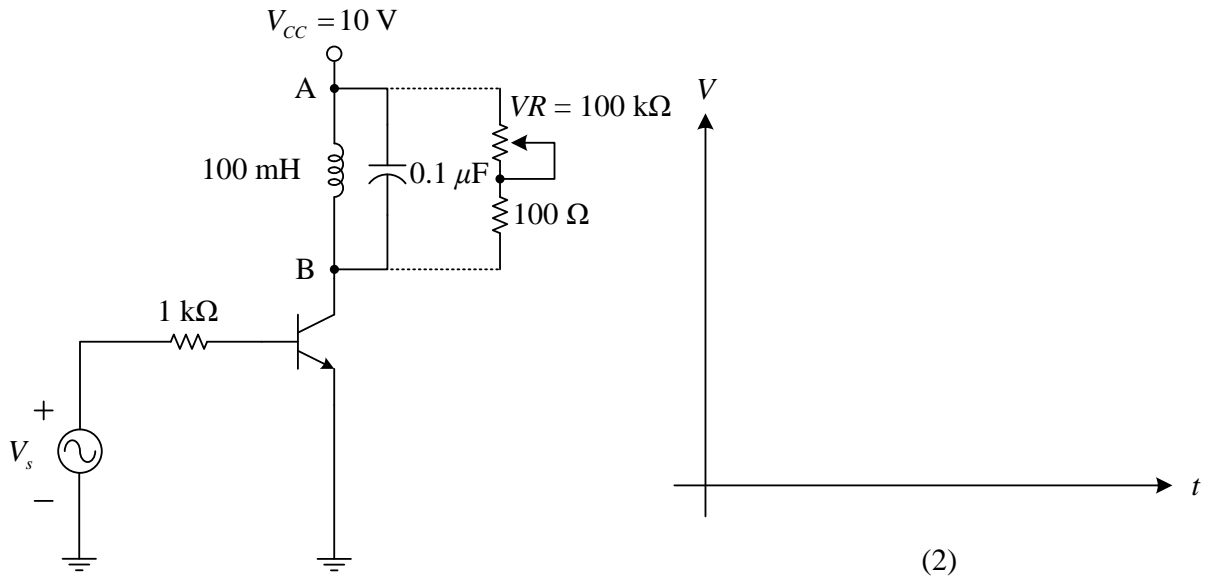
1. 瞭解以電晶體為開關時的工作區域。
2. 利用電晶體開關結合並聯諧振電路來觀察振鈴現象(Ring)。
3. 以電晶體開關來製作聲控開關。
4. 瞭解電驛(Relay)的工作原理，並以電晶體開關結合電驛製作振盪器。

I. 基本開關：



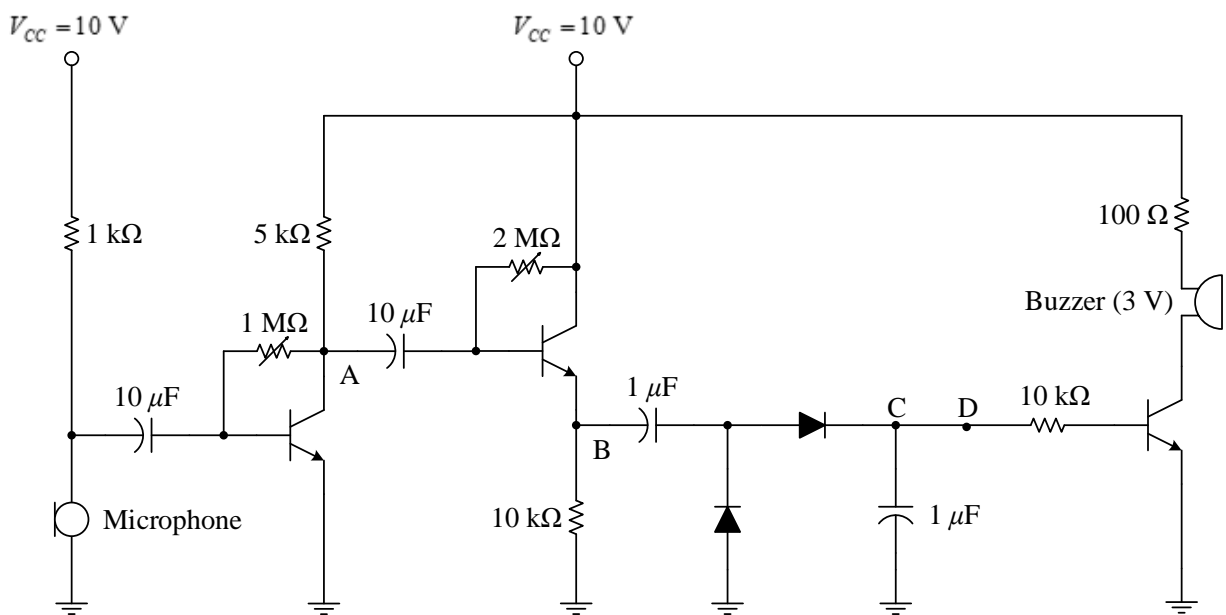
1. 連接上圖電路圖，並令 $V_s = 2\text{ V}$ ，1 Hz 方波。
2. 觀察並記錄 LED 的明暗現象。
3. 以示波器同時觀察 V_s 及 V_{CE} 的電壓波形，將它們繪於圖(1)。
4. 試說明此電路的工作原理。

II. 觀察振鈴現象 (Ring) :



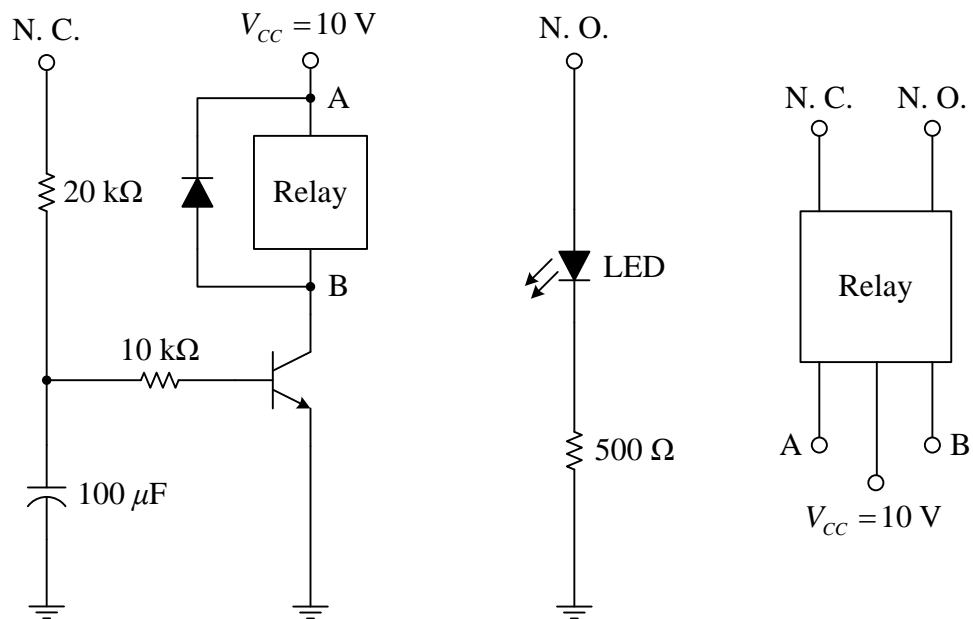
1. 連接上圖電路圖，並令 $V_s = 2\text{ V}$ ，50 Hz 方波。
2. 以示波器分別觀察 V_s 及 V_{AB} 的波形，將它們繪於圖(2)。
3. 將 VR 並聯於 A、B 兩點，調整 VR 的值，觀察並記錄它對 V_{AB} 所造成的影響。
4. 試說明此電路的工作原理。

III. 聲控開關 :



1. 連接上圖電路圖，請注意 A 點到地和 B 點到地的電壓應該皆大於等於 $V_{CC}/2=5\text{V}$ ，否則請調整可變電阻，使此兩處的電壓約等於 $V_{CC}/2$ 。
2. 請對喇叭說話，試著提高音量，直到蜂鳴器發聲為止。
3. 如果發現蜂鳴器持續鳴叫，可在 C、D 兩點加入一個 $10\mu\text{F}$ 的電容，C 端為正。
4. 試說明此電路的工作原理。

IV. 電驛 (Relay) 之基本操作：



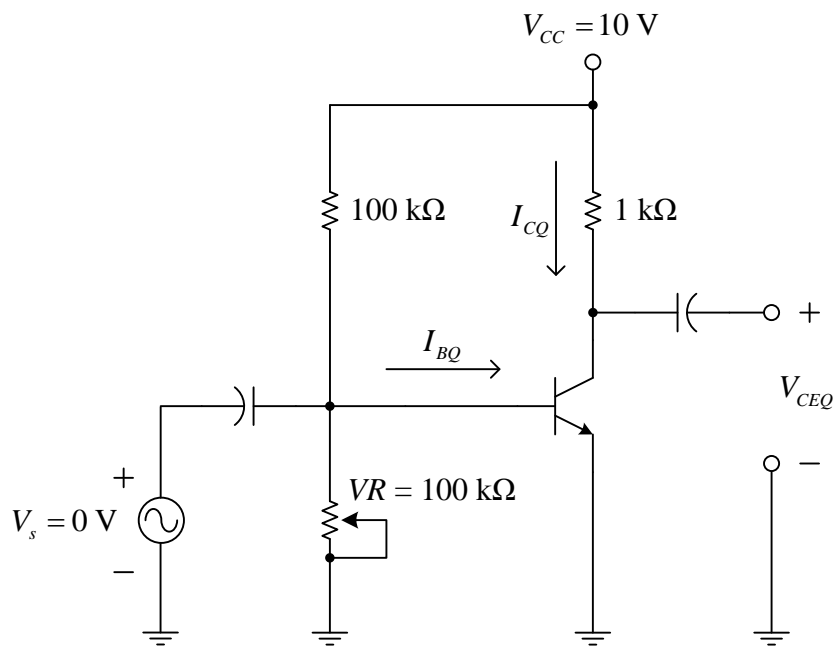
1. 連接上圖電路圖，電驛的各接腳請正確地接於圖中的各相對應位置。
2. 觀察 LED 的明滅現象，並試說明電路的工作原理，以解釋 LED 的明滅現象。

【實驗五】 電晶體之直流偏壓

【實驗目的】

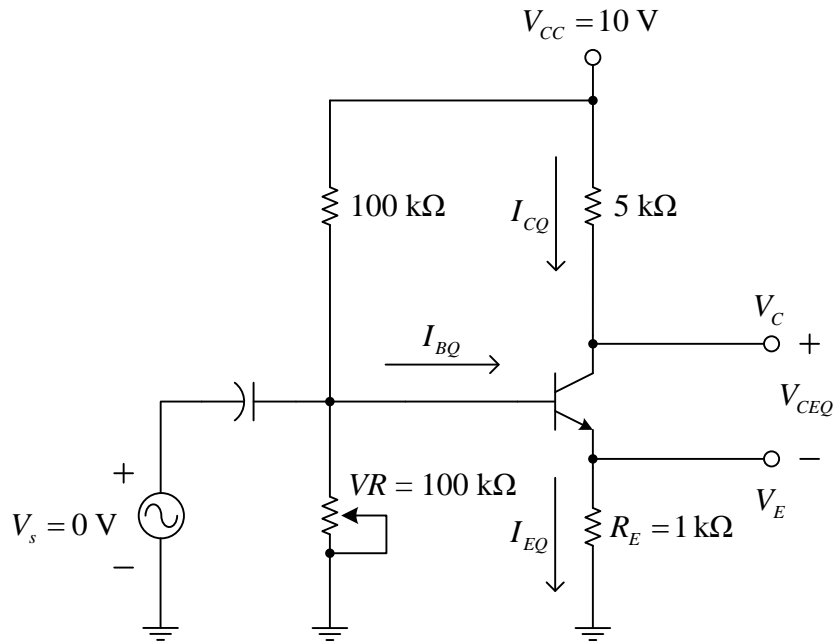
本實驗的目的在瞭解電晶體直流偏壓的電路結構、工作原理及調整步驟。本實驗中共實現四種偏壓模式，分別為固定偏壓、自給偏壓、集極—基極偏壓以及直接耦合偏壓。

I. 固定偏壓 (Fixed-bias) :



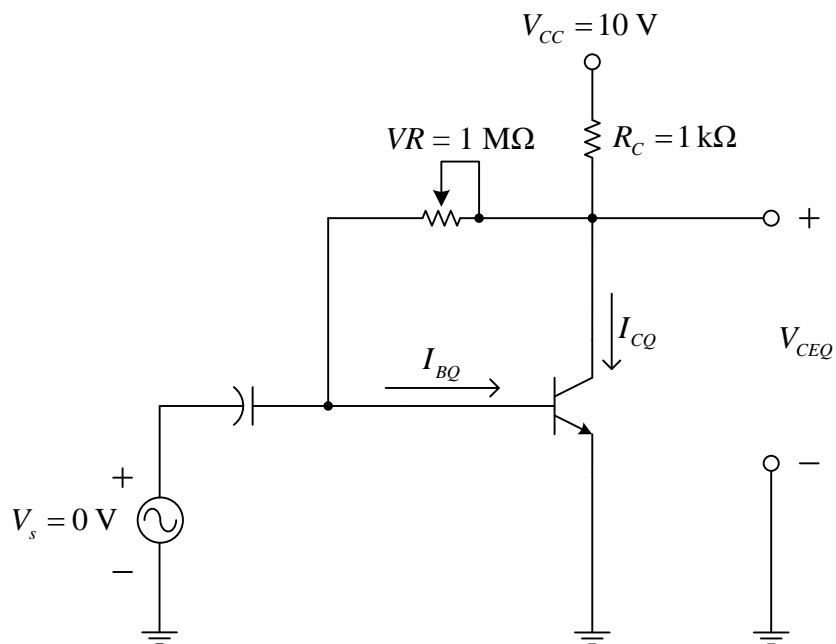
1. 連接上圖電路圖，並調整 VR 使得 $V_{CEQ} = 5\text{ V}$ 。
2. 記錄 VR 的電阻值，同時計算 I_{BQ} 及 I_{CQ} 的值。

II. 自給偏壓 (Self-bias, 射極回授偏壓):



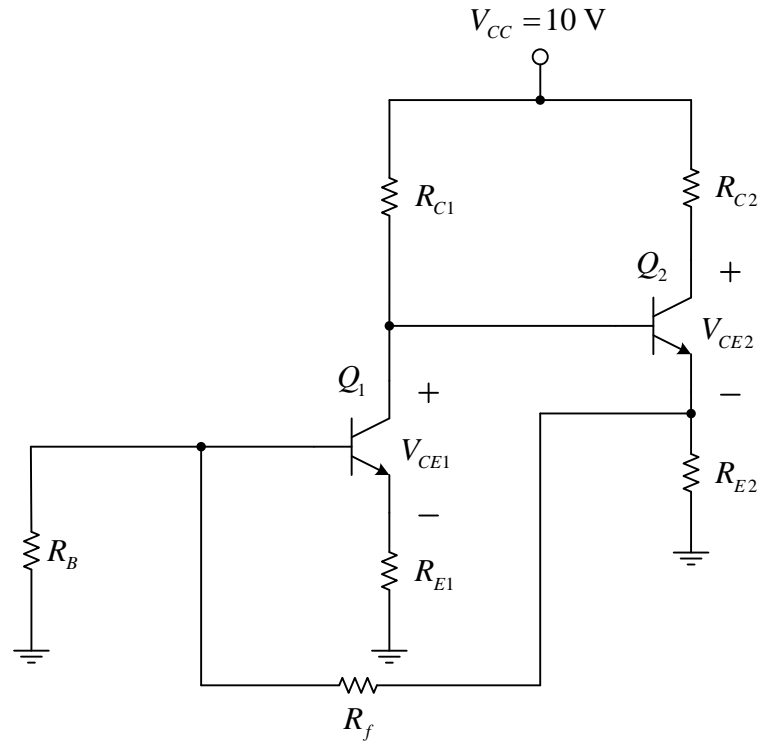
1. 接妥上圖電路圖，調整 VR 使得 $V_{CEQ} = 5 V$ 。
2. 量測 V_B 、 V_C 、 V_E 之電壓，並記錄之。同時計算 I_{BQ} 、 I_{CQ} 、 I_{EQ} 。
3. 同時請說明此電路回授的情形。

III. 集極—基極偏壓 (集極回授偏壓):



1. 連接上圖電路圖，調整 VR 使得 $V_{CEQ} = 5\text{ V}$ 。
2. 記錄 VR 的電阻值，並計算 I_{BQ} 、 I_{CQ} 之值。
3. 請說明此電路回授的情形。

IV. 直接耦合偏壓 (Direct-coupled bias) :



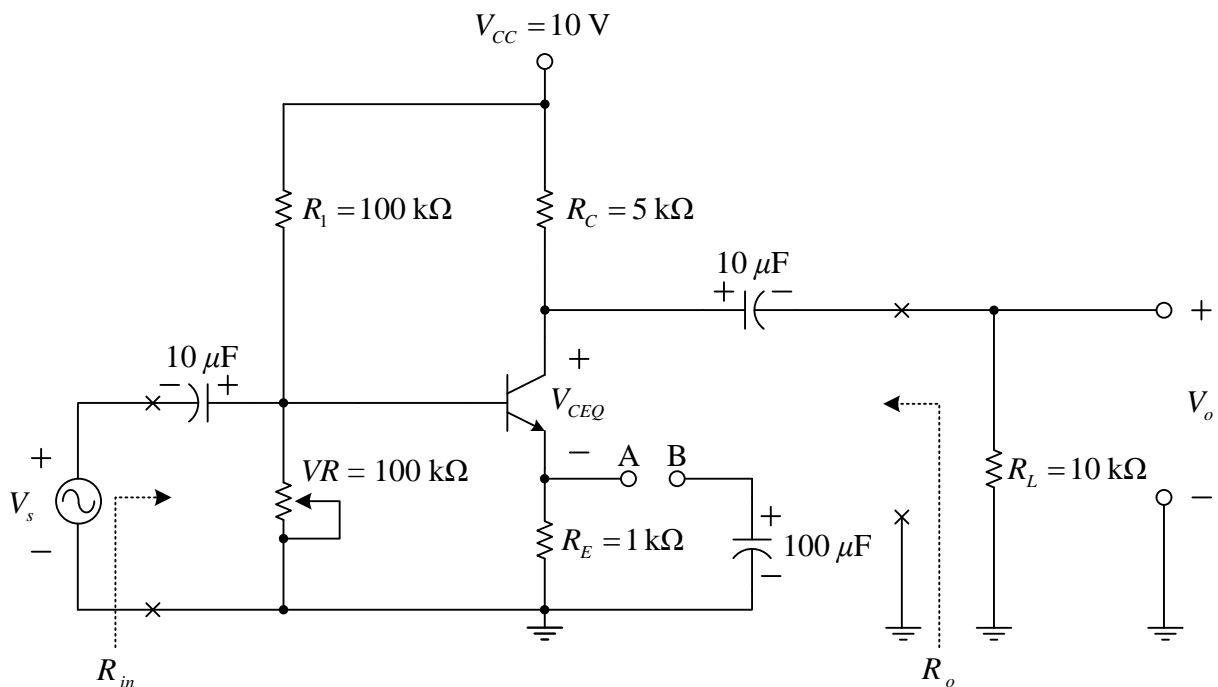
1. 請選取適當的 R_B 、 R_{C1} 、 R_{E1} 、 R_{C2} 、 R_{E2} 、 R_f ，使得 $2.5\text{ V} \leq V_{CE1} \leq 7.5\text{ V}$ 且 $4\text{ V} \leq V_{CE2} \leq 6\text{ V}$ 。
2. 記錄下所選取的各電阻值。
3. 請分析此電路之偏壓情形。

【實驗六】 電晶體基本放大電路

【實驗目的】

本實驗的目的在瞭解電晶體放大電路的基本特性，學習電晶體工作點的調設及輸入阻抗、輸出阻抗與放大倍率的量測。本實驗共三種電晶體放大電路，分別為共射極、共集極及共基極放大電路。

I. CE 放大電路：



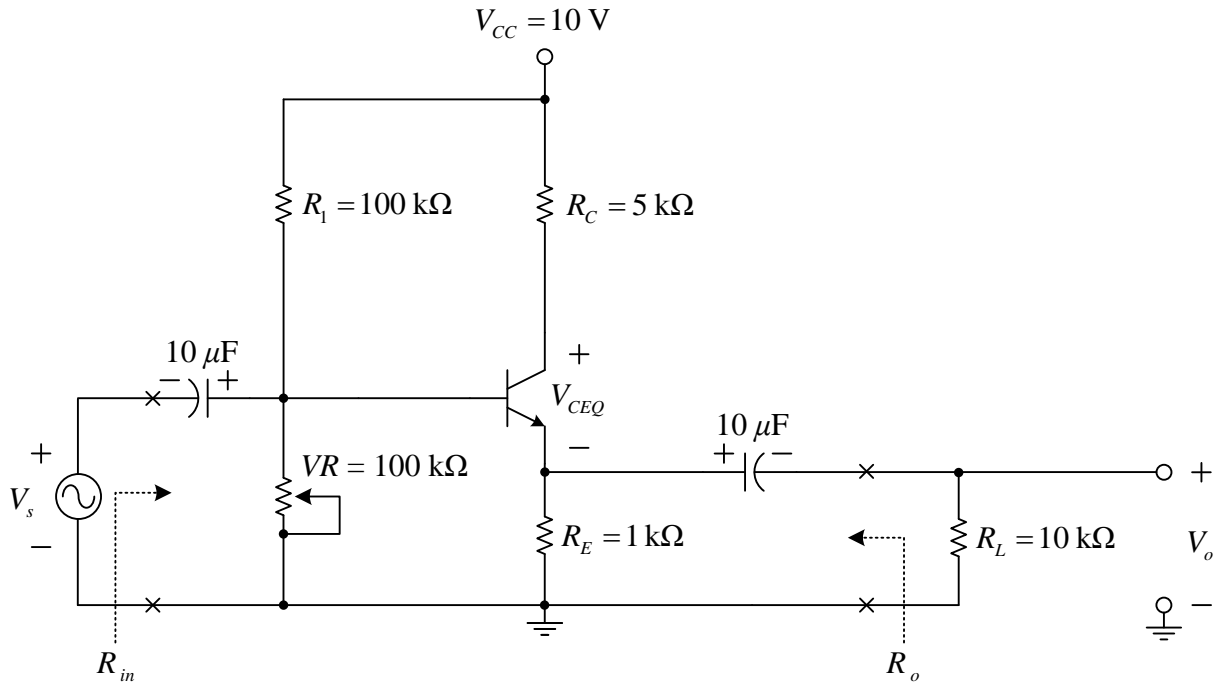
(a) With R_E

1. 連接上圖電路，調整 VR 使得 $V_{CEQ} = 5\text{ V}$ 。
2. 令 $V_s = 1\text{ kHz}$ 正弦波，調整 V_s 的電壓使 V_o 達最大不失真波形。
3. 請設法量測出 R_{in} 、 R_o 及 A_v 各值，並與理論值互相比較。

(b) Without R_E

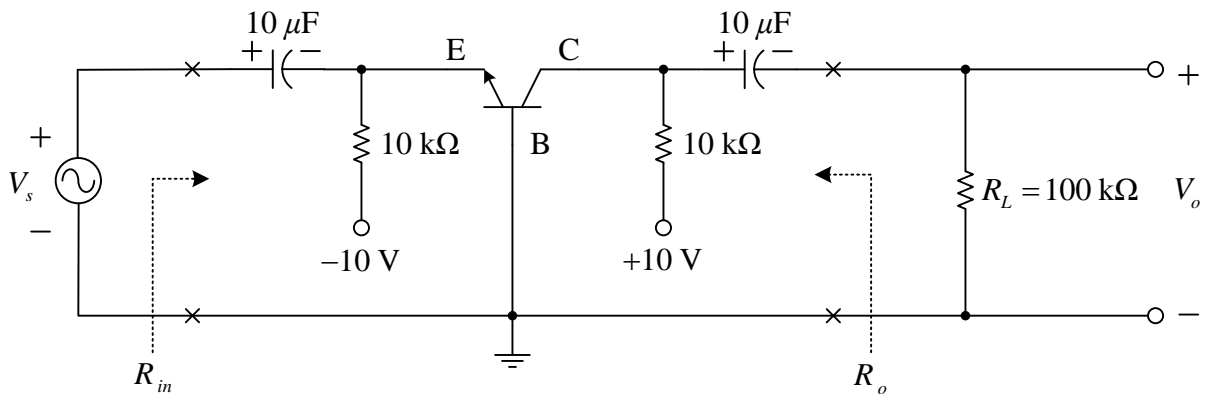
1. 將上圖中 A、B 兩點短路，並重覆(a)中之各步驟。

II. CC 放大電路 (Emitter follower) :



1. 連接上圖 CC 放大電路，並調整 VR 使得 $V_{CEQ} = 5\text{ V}$ 。
2. 令 $V_s = 1\text{ kHz}$ 正弦波，調整 V_s 的電壓使 V_o 達最大不失真波形。
3. 請設法量測出 R_{in} 、 R_o 及 A_v 各值，並與理論值互相比較。

III. CB 放大電路：



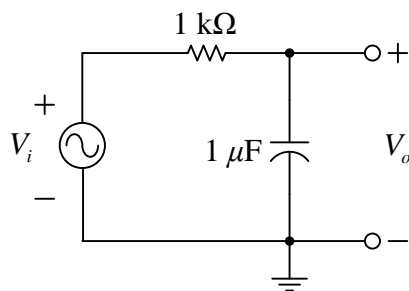
1. 連接上圖 CB 放大電路，同時令 $V_s = 0.1 V_{p-p}$ ，1 kHz 正弦波。
2. 請設法量測出 R_{in} 、 R_o 及 A_v 各值，並與理論值互相比較。

【實驗七】 頻率響應

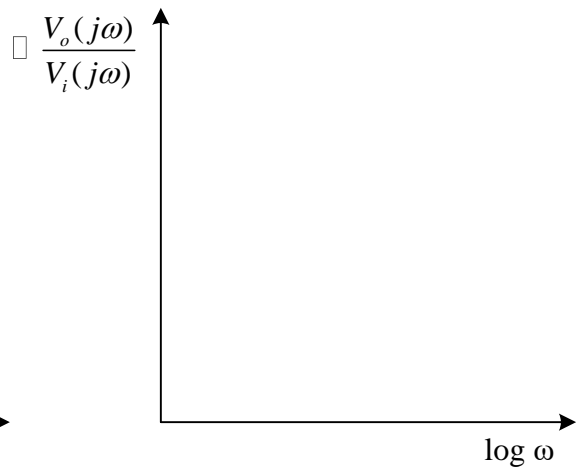
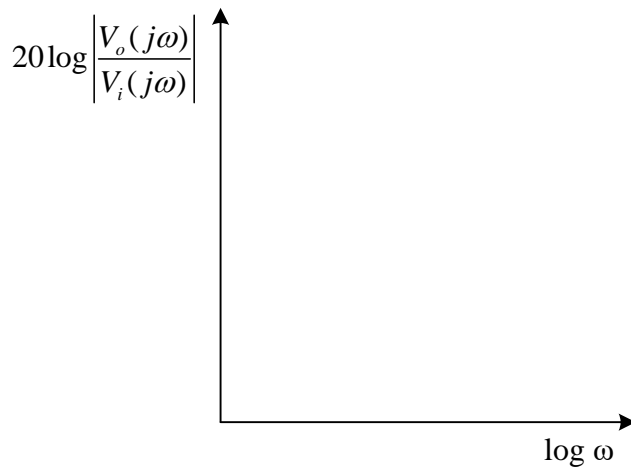
【實驗目的】

本實驗的目的在觀察濾波器電路與電晶體放大電路的頻率響應，首先透過繪製低通濾波器與帶通濾波器的波德圖 (Bode plot) 以瞭解系統之頻率響應特性，最後進一步探討共射極電晶體放大器的頻率響應。

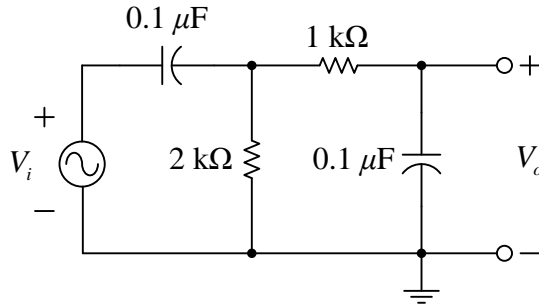
I. 低通濾波器 (Low-pass filter, LPF) :



1. 連接上圖電路，並描繪此電路之頻率響應於對數座標紙上，座標軸分別如下圖 (1)、(2)所示。

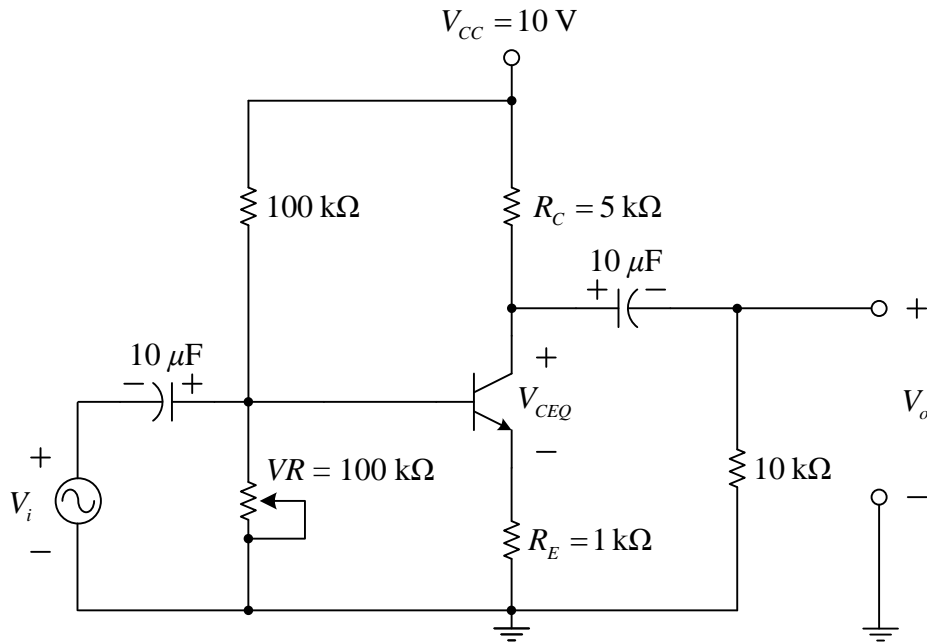


II. 帶通濾波器 (Band-pass filter, BPF) :



1. 連接上圖電路，同樣地描繪其頻率響應。

III. CE 放大器之頻率響應：



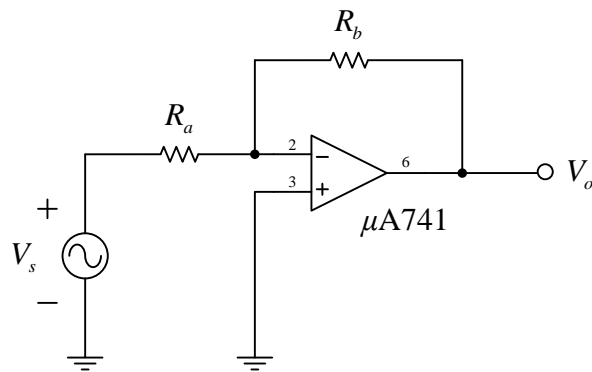
1. 接妥上圖電路，調整 VR 使 $V_{CEQ} = 5 \text{ V}$ 。
2. 描繪此電路之頻率響應。

【實驗八】 運算放大器之基本運用

【實驗目的】

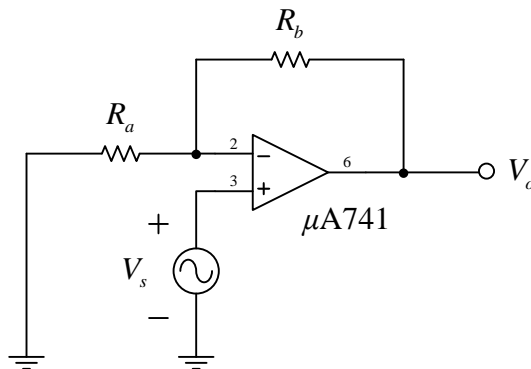
本實驗的目的在認識運算放大器的規格及特性，並實現運算放大器的基本電路：反相放大器、非反相放大器、積分器、微分器及全通濾波器。

I. 反相放大器 (Inverting amplifier) :



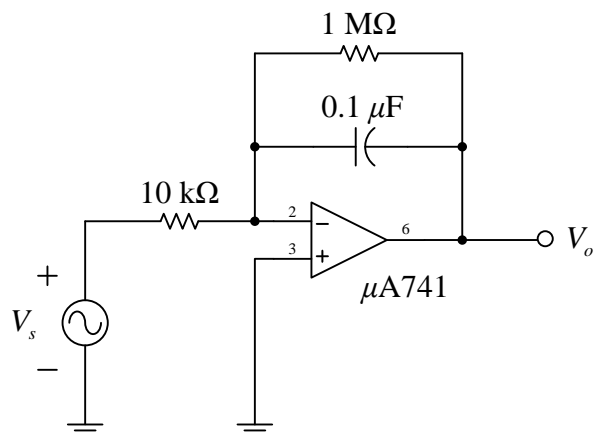
1. 請觀察並描繪 V_s 與 V_o 之電壓波形。
2. 試說明 V_s 與 V_o 的關係。

II. 非反相放大器 (Non-inverting amplifier) :



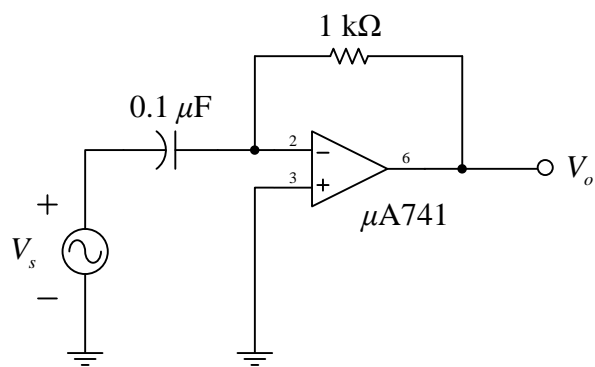
1. 步驟同實驗 I。

III. 積分器 (Integrator) :



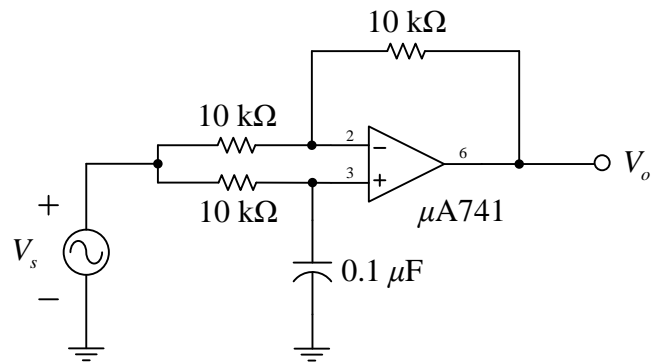
1. 令 V_s 為正弦波 (注意: V_s 不可含有直流電壓)。
2. 觀察並描繪 V_s 與 V_o , 同時說明其間的關係。
3. 將 V_s 改成方波, 重複步驟 2。

IV. 微分器 (Differentiator) :



1. 令 V_s 為正弦波。
2. 觀察並描繪 V_s 與 V_o , 同時說明其間的關係。

V. 全通濾波器 (All-pass filter, APF) :



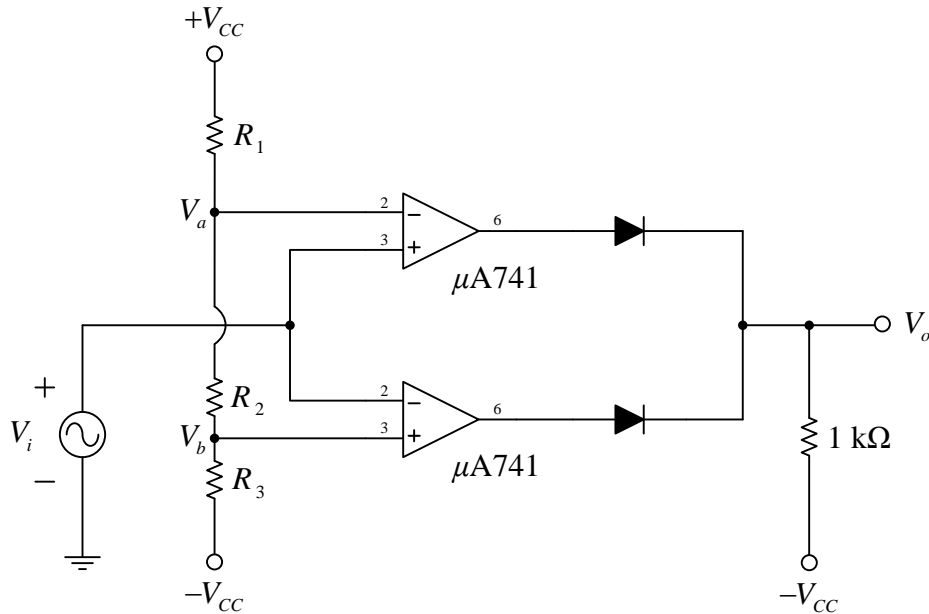
1. 令 V_s 為正弦波。
2. 觀察並說明 V_s 與 V_o 的關係。
3. 畫出 $\left| \frac{V_o(j\omega)}{V_s(j\omega)} \right|$ 及 $\angle \frac{V_o(j\omega)}{V_s(j\omega)}$ 。
4. 令 $V_s =$ 方波，觀察 $V_o(t) = ?$
5. 解釋電路之工作原理。

【實驗九】 運算放大器之應用

【實驗目的】

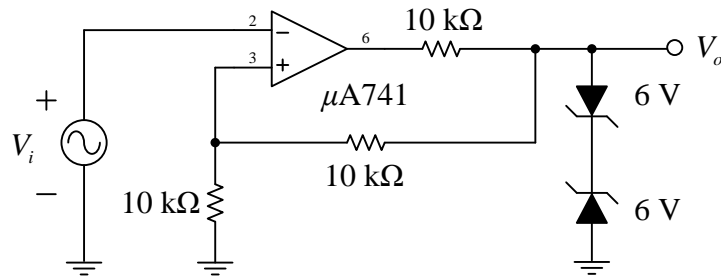
本實驗的目的在瞭解以比較器為基礎的運算放大器的應用電路，並討探其工作原理。

I. Window circuit:



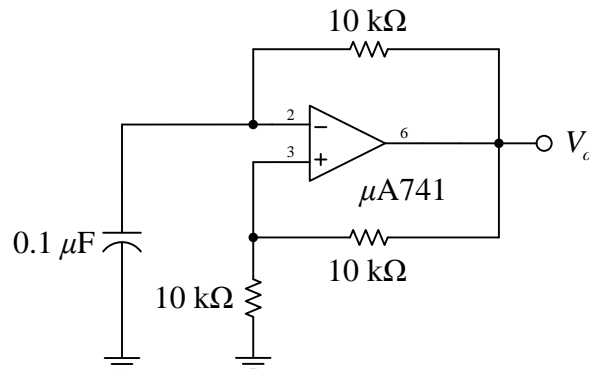
1. 調 R_1 、 R_2 及 R_3 使 $V_a = +5\text{ V}$ 、 $V_b = -5\text{ V}$ 。
2. 觀察並描繪 $V_i(t)$ 及 $V_o(t)$ 的電壓波形。
3. 利用 $X-Y$ 檔觀察並紀錄 V_i-V_o 之關係圖。
4. 改變 V_a 或 V_b 之電壓，觀察 V_o 的變化。
5. 請說明 V_i 與 V_o 的關係。

II. Schmitt trigger:



1. 令 V_i 為正弦波。
2. 利用 $X-Y$ 檔觀察並紀錄 V_i-V_o 的關係圖。
3. 同時繪下 V_i 及 V_o 的電壓波形。
4. 請說明 V_i 與 V_o 的關係。

III. 方波振盪器：



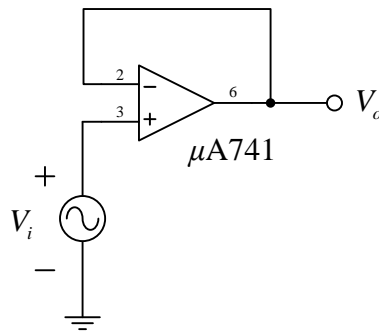
1. 觀察並描繪 V_o 的電壓波形，同時記錄其振盪頻率。
2. 將電容改為 $0.01 \mu F$ ，重複步驟 1。
3. 請說明 V_o 的振盪頻率與電路中電阻及電容的關係。

【實驗十】 運算放大器之應用（續）

【實驗目的】

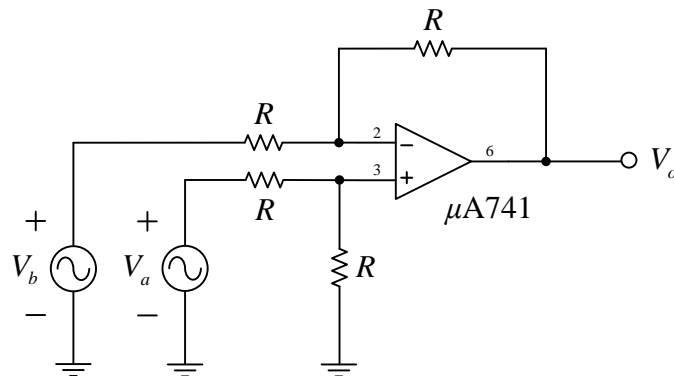
本實驗的目的在認識運算放大器的應用電路，並探討其工作原理，包括：緩衝器、加減器及絕對值電路。最後，將前述之電路整合在一起做綜合性的應用。

I. 緩衝器 (Buffer):



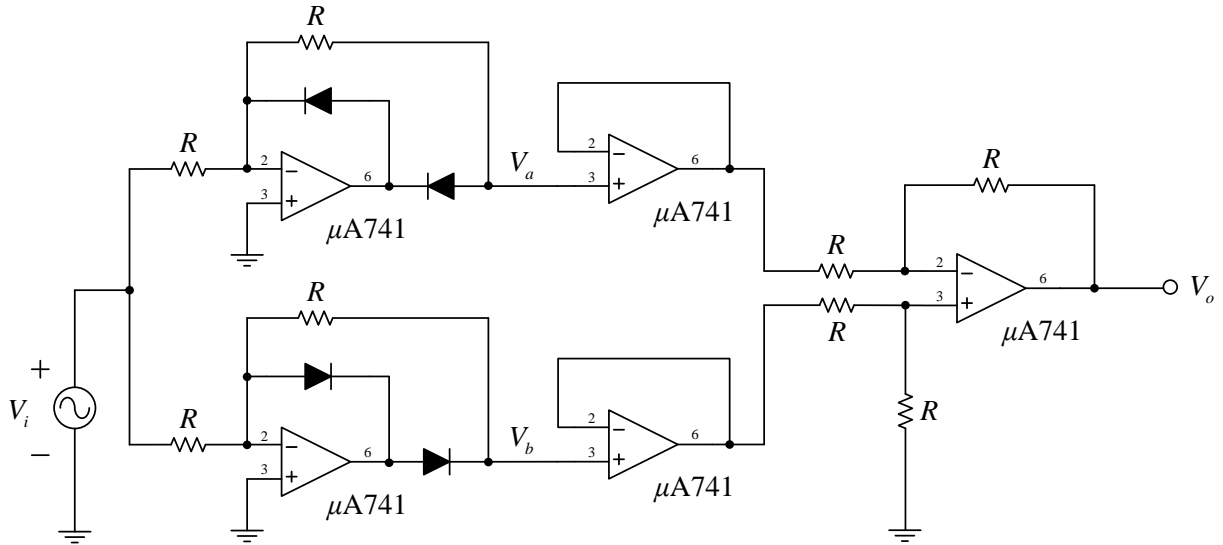
1. 試觀察並記錄是否 $V_o = V_i$ 。

II. 加減器：



1. 令 V_a 為正弦波， V_b 為直流電壓。
2. 觀察並記錄是否 $V_o = V_a - V_b$ 。

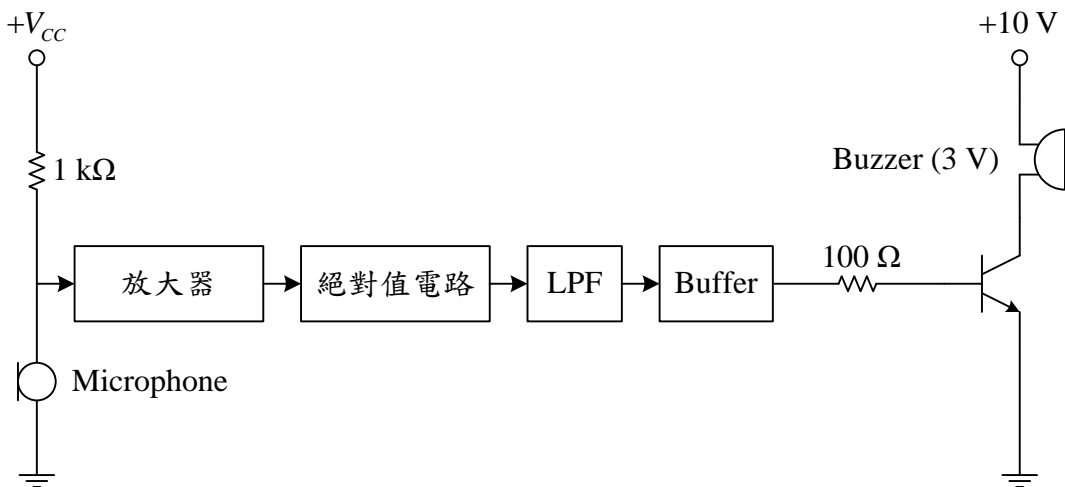
III. 絕對值電路：



1. 令 V_i 為正弦波。
2. 觀察並紀錄 V_a 、 V_b 及 V_o 之電壓波形。
3. 請繪出 $V_i - V_a$ 、 $V_i - V_b$ 及 $V_i - V_o$ 的關係圖。
4. 試說明電路之工作原理。

IV. 綜合應用：

1. 在實驗四中曾製作聲控開關，請利用運算放大器製作一具有相同功能的電路，方塊圖如下所示。

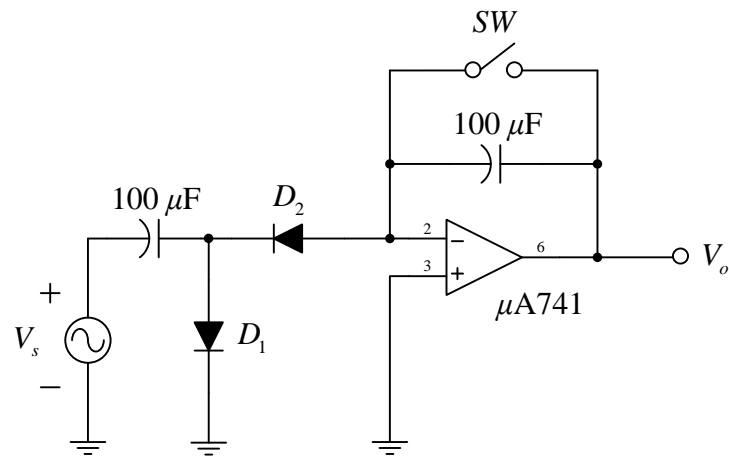


【實驗十一】 電晶體特性曲線之觀測

【實驗目的】

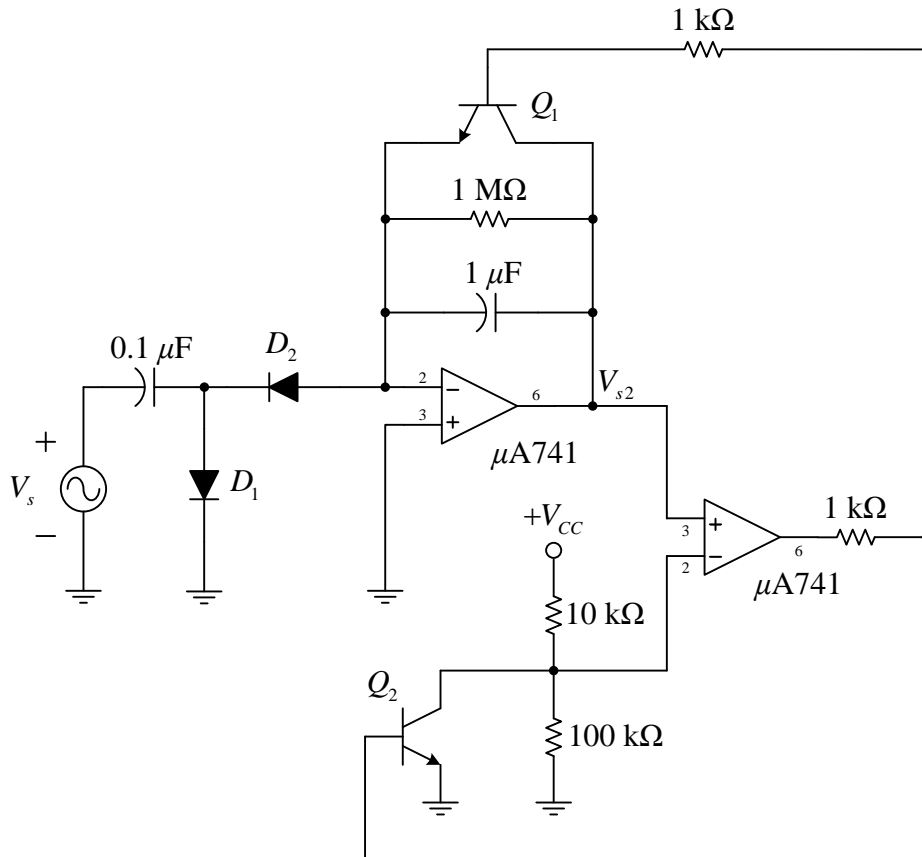
本實驗首先利用 Pumping circuit 來實現階梯波產生器電路，再利用所產生的階梯波及減法電路整合成電晶體特性曲線的觀測電路，可透過示波器來觀測電晶體 $V_{CE} - i_C$ 的特性曲線。

I. Pumping Circuit:



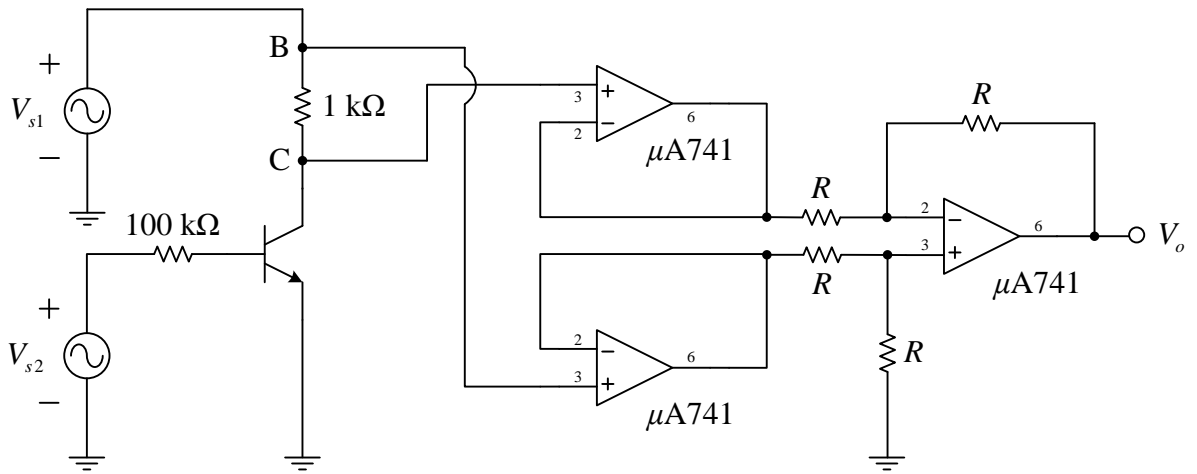
1. 令 $V_s = 1\text{Hz}$ ， $4 V_{p-p}$ 方波。
2. 觀察並紀錄 V_o 之電壓。
3. 試說明此電路之工作原理。

II. 階梯波產生器：



1. 令 V_s 為方波。
2. 電路中之二極體請使用訊號二極體（紅螞蟻）。
3. 觀察 V_{s2} 之波形是否為階梯波，並描繪其波形。
4. 試說明電路之工作原理。

III. 應用—量測電晶體特性曲線：



1. 令 V_{s1} 為正弦波， V_{s2} 為階梯波。
2. 將探針 Ch 1 鉤住 C 點，Ch 2 鉤住 V_o ，並將示波器轉至 X-Y 檔。
3. 觀察此時螢幕上是否出現數條電晶體之特性曲線，同時描繪其圖形。
4. 試說明電路之工作原理。

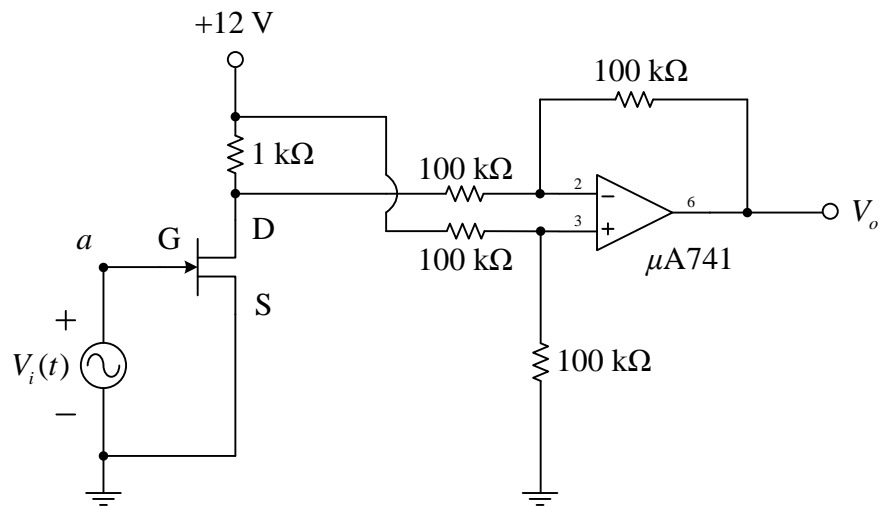
【實驗十二】 場效電晶體之偏壓及開關電路

【實驗目的】

本實驗的目的在：

1. 觀測場效電晶體 (FET) 的特性曲線，瞭解其工作原理。
2. 認識不同的場效電晶體偏壓電路。
3. 以場效電晶體導通與截止的工作特性來實現類比開關。

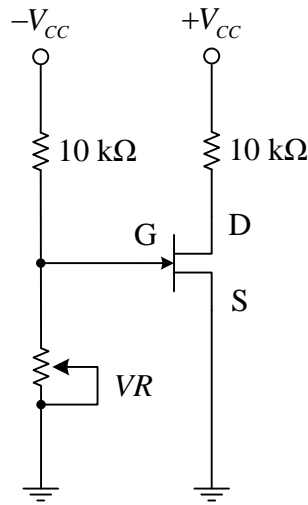
I. 場效電晶體特性曲線之量測：



1. 令 $V_i(t)$ 為正弦波。
2. 將探針 Ch 1 鉤住 a 點，Ch 2 鉤住 $V_o(t)$ ，並將示波器轉至 $X-Y$ 模式。
3. 觀察此時螢幕上的特性曲線並同時描繪其波形。
4. 試說明電路之工作原理。

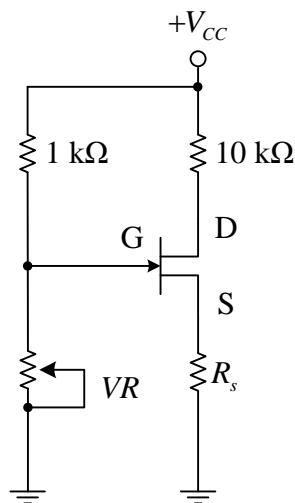
II. 場效電晶體之偏壓：

(a) Without R_s



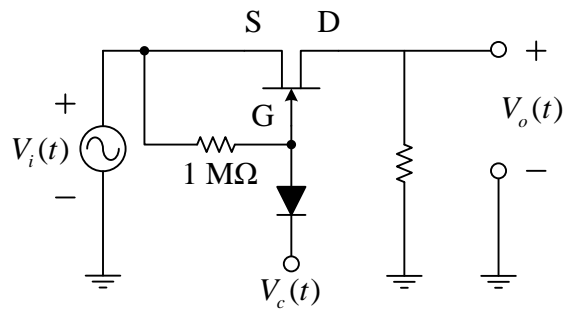
1. 接妥上圖電路，調整 VR 使得 $V_{GS} = -V_{CC}/2$ 或 $V_{SG} = V_{CC}/2$ 。
2. 記錄 VR 的電阻值，同時計算 V_{GSQ} 、 I_{DQ} 、 V_{DS} 的值，並比較理想值與實際值。
3. 將烙鐵接觸場效電晶體，並觀察其變化。
4. 試說明電路之工作原理。

(b) With R_s



1. 請重複實驗(a)中之各步驟（其中 $V_{GS} = V_{CC}/2$ ）。

III. 開關電路：



1. 接妥上圖電路並注意圖中二極體需使用訊號二極體（紅螞蟻）。
2. 令 $V_i(t)$ 為正弦波， $V_c(t)$ 為方波（ $V_c(t)$ 振幅需足夠大）。
3. 將探針 Ch 1 勾住 $V_i(t)$ ，Ch 2 勾住 $V_o(t)$ ；觀察並記錄此時螢幕上的波形。
4. 試說明電路之工作原理。

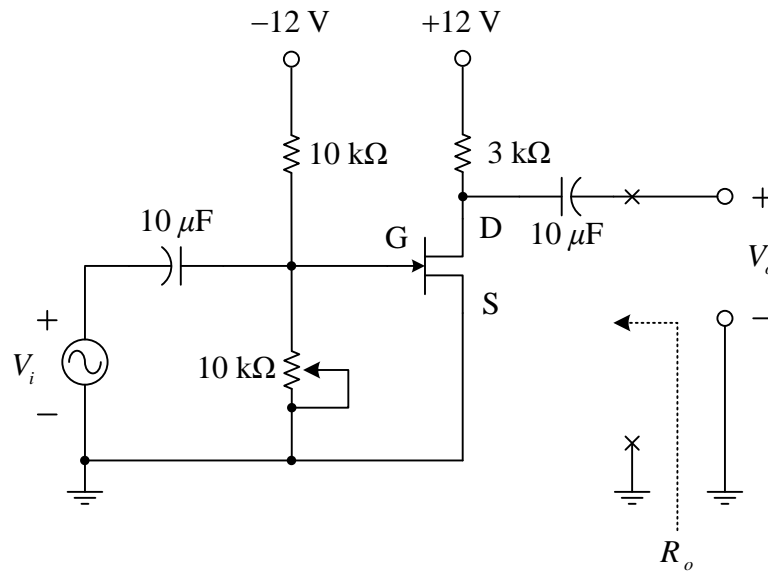
【實驗十三】 場效電晶體之偏壓與放大

【實驗目的】

本實驗的目的在認識共汲極 (CS)、共源極 (CD) 與共閘極 (CG) 三種不同的場效電晶體放大器電路，在實驗中調整適當的偏壓，觀測不同組態放大器的放大倍率及輸出阻抗，以瞭解各個放大器的特性，並與理論值相比較。

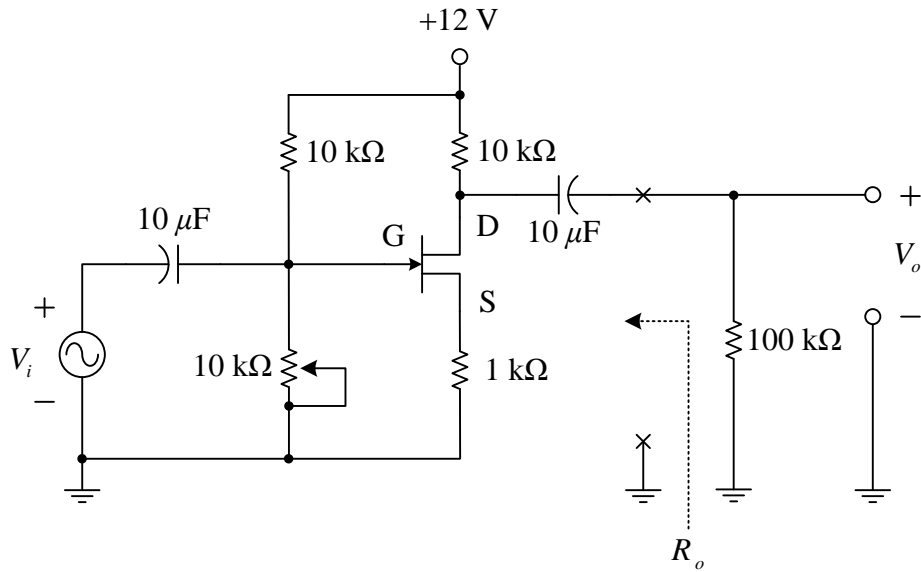
I. 共源極 (CS) 之偏壓與放大：

(a) Without R_s



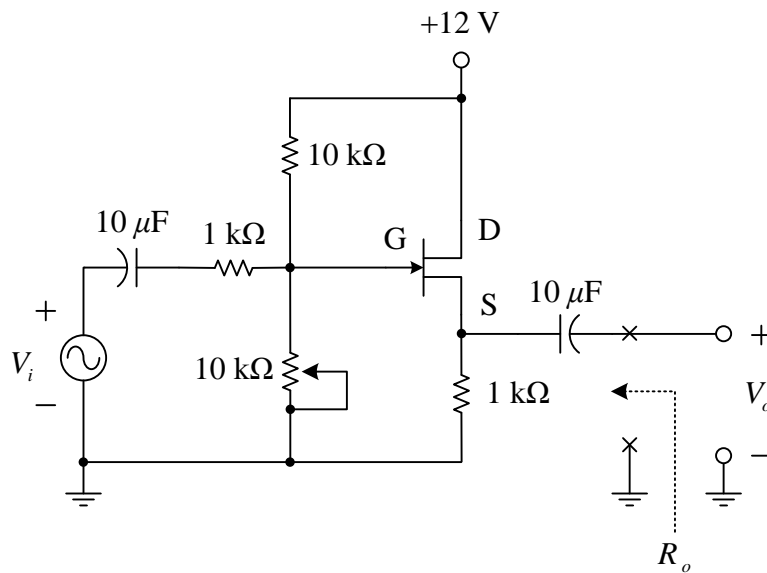
1. 令 $V_i = 2 V_{p-p}$ 之正弦波。
2. 調整 VR 使 FET 具有適當偏壓，使 V_o 的電壓波形不至於失真。
3. 測量 A_v 及 R_o 值，並與理論值比較。

(b) With R_s



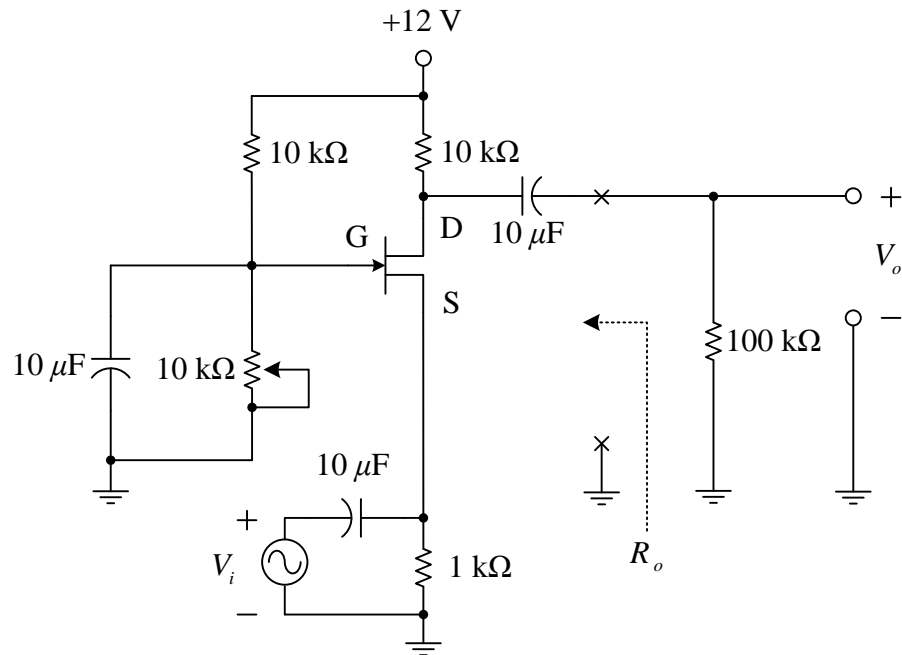
1. 請重複實驗(a)中之各步驟。

II. 共汲極 (CD) 偏壓與放大：



1. 請重複實驗 I. (a)中之各步驟。

III. 共閘極 (CG) 偏壓與放大：



1. 令 $V_i = 0.2 V_{p-p}$ 之正弦波。
2. 調整 VR 使 FET 具有適當偏壓，使 V_o 的電壓波形不至於失真。
3. 測量 A_v 及 R_o 值，並與理論值比較。