

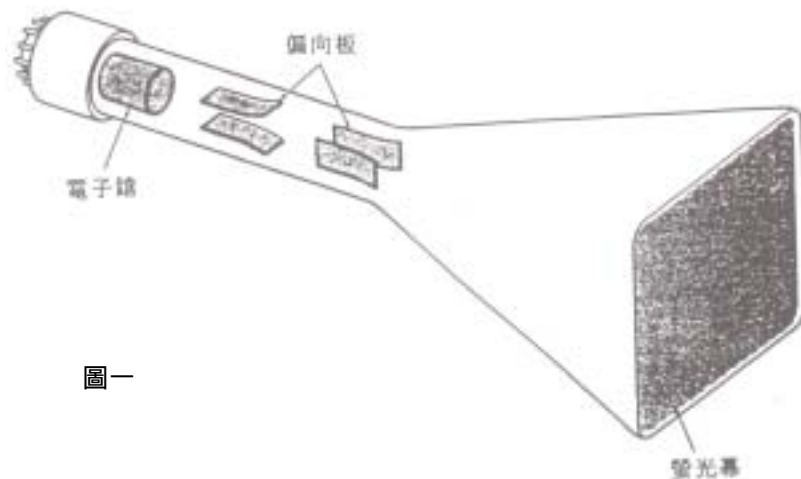
## 示波器的介紹及使用

### 目的

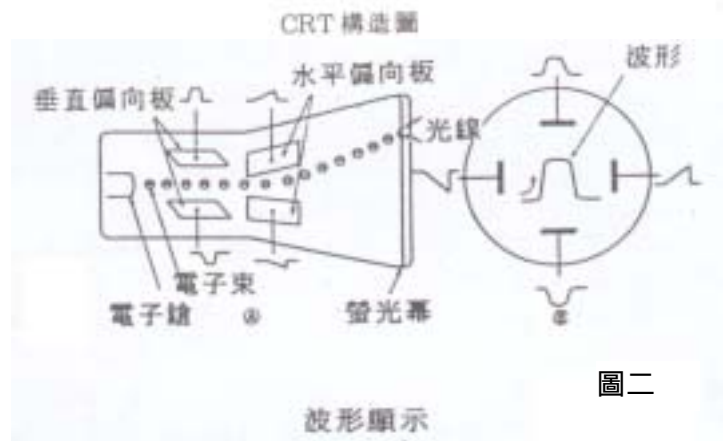
熟悉示波器的使用方法，並運用載電壓、頻率、相位，以及 Lissajous 圖形法的測量。

### 原理

示波器的產生，源自陰極射線管的發明。公元 1897 年，Braun 製造了陰極射線管，因此也有人稱之為布朗管(Braun tube)。陰極射線管的英文叫做 Cathode-Ray Tube，簡稱 CRT。CRT 的顯像主要利用點、線、面，及視覺暫留的原理而構成的。CRT 因為能從它的陰極產生電子，而將此電子射到管上螢光面而得名。電子射到螢光面產生光點。光點如果能夠移動，而且速度大於視覺暫留的時間，感覺上就能成線。使光點能水平移動靠的是水平偏向；而光點的垂直移動靠的是垂直偏向。電子移動的速度如果大於 1/16 秒，即無閃爍之感。因此，可將 CRT 大致分為電子鎗、偏向板及螢光幕等三個主要部分：



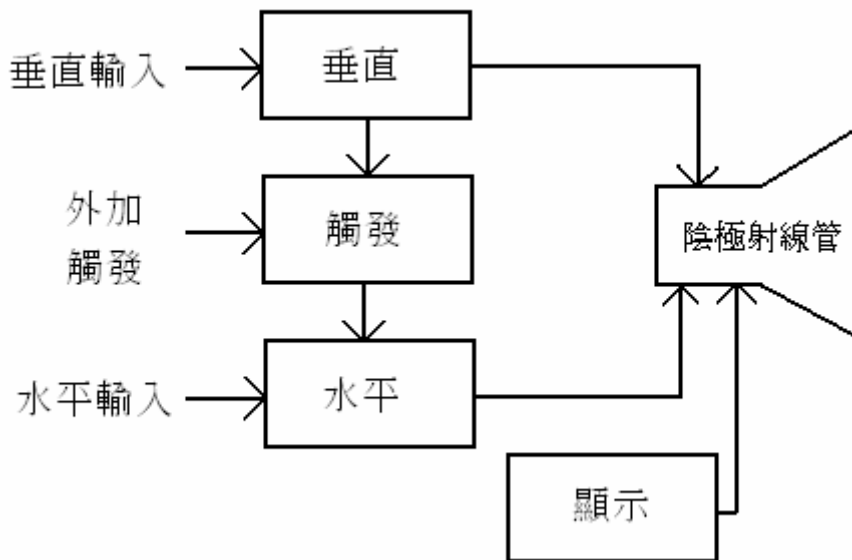
圖一



圖二

一部簡單的示波器，如何顯示波形。如圖中所示，電子鎗射出電子，在垂直板上加上近似的方波，水平板上加鋸齒波，通過這兩對偏向板上的電子受到偏向影響，最後再衝擊螢光幕，結果成為圖二所示的波形。

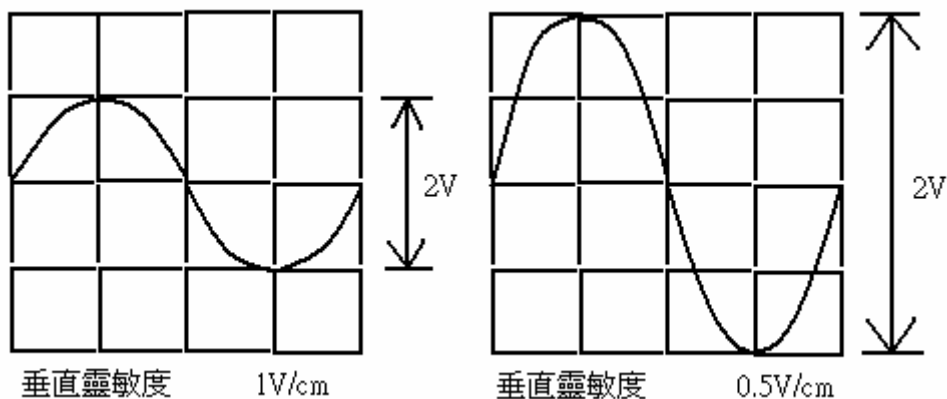
本實驗使用的是觸發掃描式示波器(triggered-sweep scope)，依功能可區分為四部分：垂直、水平、觸發及顯示部分(如圖三所示)。以下介紹各部分的功能。



圖三 典型示波器可分為四部分

### 垂直部分：

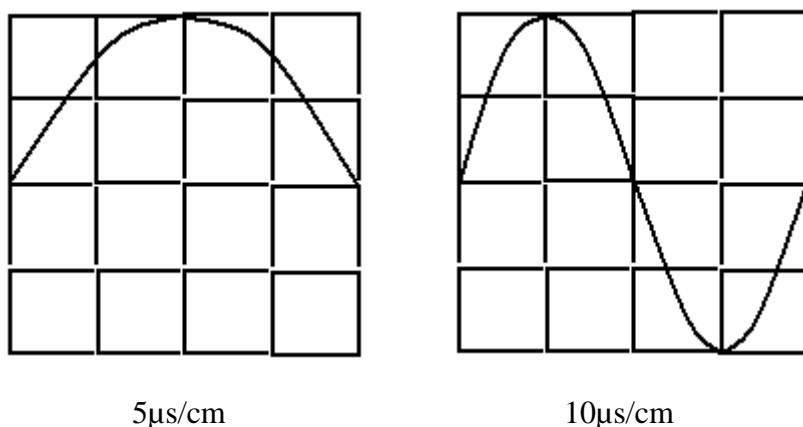
示波器的輸入探針通常都接在示波器的垂直輸入端，此垂直輸入端也常稱為 Y 輸入。輸入訊號經放大後，被用來垂直(上下)偏移陰極射線管內的電子束。同時本部分具有可用來調整掃描電子束在螢幕中的上下位置和輸入訊號的衰減量功能，利用這些功能我們可以調整電子束在螢幕上所掃描出來的軌跡。例如：如果衰減器 (volts/div select switches) 被設定為每公分一伏特 (V/cm)，則輸入一伏特的電壓給示波器，那麼電子束在螢幕上就垂直偏移一公分。



圖四 當衰減器設定在不同衰減量時同一個輸入在示波器上所顯示的軌跡

### 水平部分：

一般來說，外界訊號並不接到水平輸入端。水平部分的電路通常是用來驅動電子束，使其週期性的依一定速率，水平的掃瞄過螢幕。而此水平掃瞄速率則可由水平時基(time-base)控制加以選擇和設定。水平時基(time-base)可被調整在不同的掃瞄速率，例如：如果水平時基被設定在每公分一毫秒(ms/cm)則電子束將以1cm/ms的速率掃瞄過陰極射線管的螢幕。



圖五 同一個輸入信號在兩種不同水平掃瞄速率下於示波器上所顯示的圖形

### 觸發部分：

觸發部分有時亦稱為同步部分，他負責使射束的水平運動和外界的輸入訊號同步，以造成一個靜止的軌跡。

### 顯示部分：

顯示部分包含了一些調整顯示出來的軌跡圖形，使其軌跡最適宜觀察的控制功能。這些功能包括有亮度(BRIGHTNESS)、聚焦(FOCUS)、像散(ASTIGMATISM)、格子線照明(GRATICULE LIGHT)、射束旋轉(BEAM ROTATION)等控制。

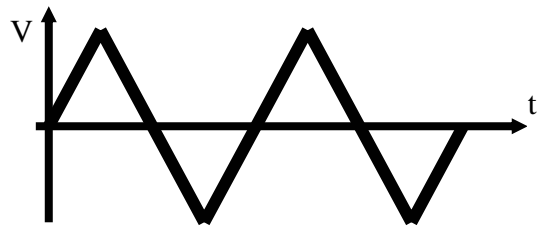
在這個實驗中，我們會使用到示波器及信號產生器，這兩種儀器的使用及說明請參考附錄 A、B。

示波器是用來量測電壓訊號的儀器，而一般我們常聽到的訊號，有所謂的直流(DC)及交流(AC)訊號，簡單的說，直流訊號，就是與時間無相關的訊號，最常見的是一般乾電池所提供的電源，既然與時間無關可以表示成，

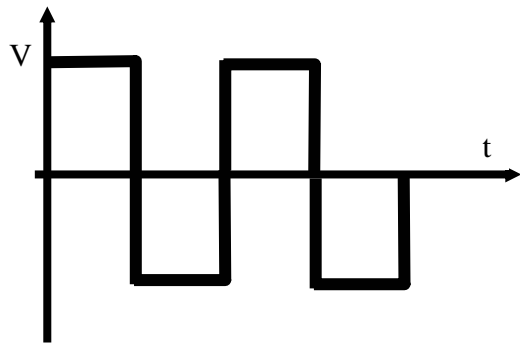
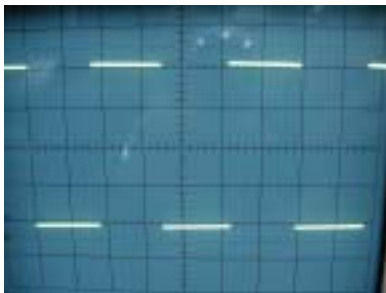
$$V(t) = V_0 \quad \text{其中 } V_0 = \text{constant} \text{ 在示波器上，就是一條直線。}$$

那麼訊號與時間有關，通稱為交流(Alternating-Current)訊號，而訊號因其與時間的關係不同，而有不同種類訊號，正弦(Sinusoidal)訊號是最常用到的，其電壓與時間關係為  $V(t) = A \sin(2\pi ft)$  其中 A 為振幅，f 為頻率。

除此之外，一般信號產生器還可以提供三角波（圖六）；方波（圖七）



圖六



圖七

### 儀器與裝置

示波器一台、信號產生器兩台、示波器探針一支、BNC對BNC接線2條。

## 步驟

### 一、實驗前示波器的調整

#### 1.在操作示波器之前必須在未開電源前做好下列之預備步驟

- (1) 將三個 Position 的鈕置於中間位置
- (2) 將 LEVEL 的鈕置於中間位置
- (3) 將 TRIGGER MODE 置於 AUTO
- (4) 檢查電源線使其電壓(110V or 220V)為示波器之工作電壓(檢視示波器後面板所示之電壓值)

#### 2.示波器的校正

- (1) 將電源接上，打開示波器的 POWER 大約 15 秒後，CRT 的螢幕上會出現掃描亮線，如果沒有看見任何東西，轉動 INTENSITY，使光跡清晰可見為止。
- (2) 調整 FOCUS 與 INTENSITY 使光跡清晰可見。
- (3) 調整水平與垂直的位置(POSITION)使其達到你想要的位置。
- (4) 將 SWP. VAR 鈕往右旋至 CAL 位置。
- (5) 將 CH1 與 CH2 之垂直衰減器 VOLT/DIV 的深灰色小旋鈕往右旋至 CAL 位置。
- (6) 將示波器探針一端插入 CH1 與 INPUT，將探針前端柄轉至( $\times 10$ )位置，再將探針勾在示波器最左下角 CAL 2V of 1 KHZ 的方波輸出端。
- (7) 將 CH1 的垂直衰減器 VOLT/DIV 調至 0.1V/DIV，將 TRIGGER SOURCE 置於 CH1，調整 TIME/DIV，則此時螢幕上會出現一穩定的方形波形，檢查螢幕上顯示之方波的振幅與週期是否為 2V of 1 KHZ(因探針前端柄轉至( $\times 10$ )位置，別忘記將振幅乘上 10 倍)。
- (8) 如果此時出現的方形有變形，則旋轉探針前面的螺絲孔，使其為標準之方波，如果示波器之光跡不完全水平，則以螺絲起子調整 TRACE ROTATOR，直到水平為止。
- (9) 將探針移開，且將探針前端調為( $\times 1$ )，則此時示波器可以做任何測試了。

### 二、實驗部分

#### (1)交流電壓與頻率的測量

##### 1.將 CH 1 作為單軌跡示波器操作(Single-trace operation)

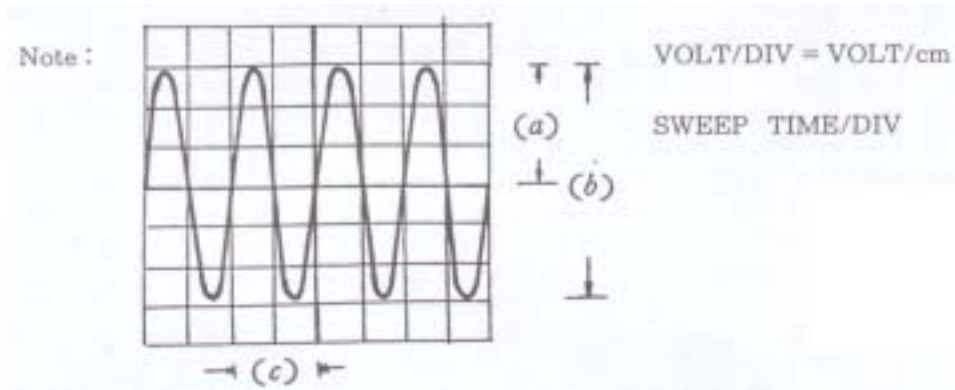
AC-GND-DC :置於 AC

MODE :置於 CH 1

TRIGGER MODE :置於 AUTO

TRIGGER SOURCE :置於 CH1

2. BNC 對 BNC 接線一端接 CH1 的輸入端, 另一端接至由信號產生器的輸出端, 由信號產生器輸入一個約 1KHZ 的正弦波, 將 TIME/DIV 及 VOLTS/DIV 置於一適當的位置使正弦波可以清楚地由螢幕上看出其完整波形。
3. 繪出你所看到的圖形, 紀錄 VOLT/DIV 與 TIME/DIV 所指示的比率刻度, 計算峰值電壓( peak voltage  $V_p$ ), 峰值對峰值電壓( peak to peak voltage  $V_{p-p}$ )及有效電壓( effective voltage  $V_{eff}$ ), 並且測其頻率。



$V_p$ : ( peak voltage): 每一格所代表的電壓(Volt/DIV)  $\times$  (a)

$V_{p-p}$ : ( peak to peak voltage )= 每一格所代表的電壓  $\times$  (b)

$V_{eff}$  :  $V_p / \sqrt{2}$

Frequency (HZ) =  $1/\text{Time}$

Time = 一週期所經的格數(c)  $\times$  每格掃描所需的時間( TIME/DIV )

## (2) 直流電壓的測量

1. AC-GND-DC 置於 AC 位置, 此時只有 AC 之部分會出現在螢幕上。
2. AC-GND-DC 置於 GND, 螢幕上會出現一直線光跡, 此線即為零電位參考線。
3. 再將 AC-GND-DC 置於 DC, 則波形會上移或下移, 此時 DC 電壓 = 平移的格數  $\times$  每格所代表的電壓, 如果往上移則極性為(+), 往下移則極性為(-)。
4. 將電池接於探針兩端, 紀錄你所見到的情形。
5. 示波器 GND 後將零電位參考線找出, 而後再調整至 DC 位置。



## (3) 利用李塞爾氏圖形( Lissajous pattern )求未知訊號之頻率與相位差

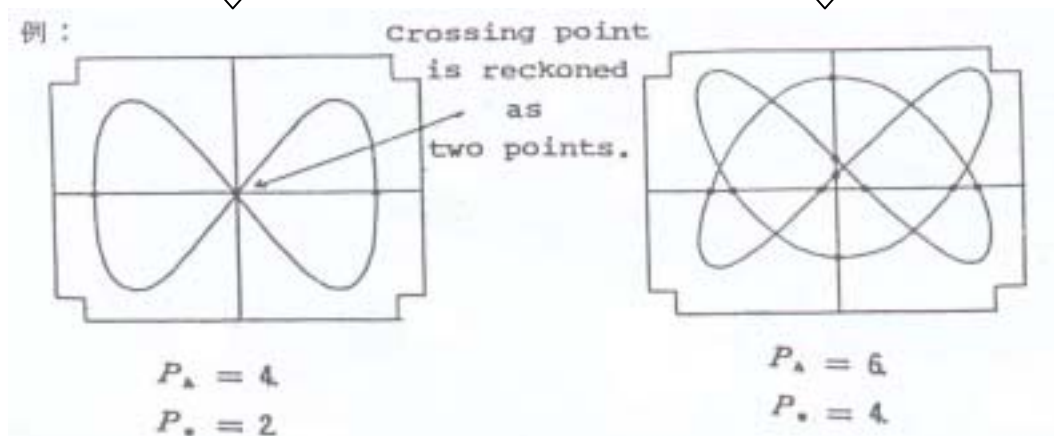
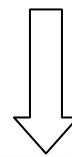
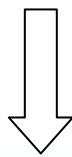
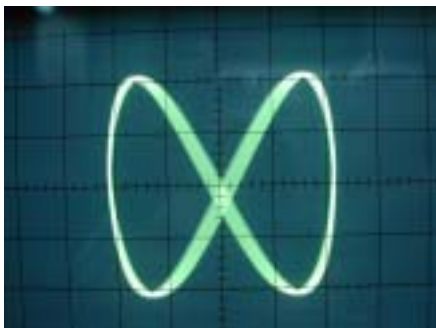
1. 所謂 Lissajous pattern 是將一個已知頻率和一個未知頻率的信號, 分別輸入示波器的 X 軸與 Y 軸產生出來的某些特別的圖形。當已知頻率與未知頻率比為整數時, 圖形會穩定呈現在螢幕上, 可由圖形判別未知訊號的頻率與相位差。

2. 將 TIME/DIV 轉至底端 X-Y 處，則此時 CH1 變為 X 軸，而 CH2 變為 Y 軸。
3. 將已知頻率的正弦波訊號輸入 CH1，而未知頻率的正弦波訊號輸入 CH2。
4. 將 CH1 與 CH2 之 VOLT/DIV 放置於同一位置( Ex:2V/DIV )將函數波形產生器之兩輸入振幅調至使螢幕上之圖形大約在中央位置勿超出螢幕。
5. 適當調節訊號產生器輸出訊號的頻率直到看出一個清楚及穩定的圖形未知頻率訊號的頻率由下式計算：

$$\text{未知頻率[Hz]} = \frac{P_h}{P_v} \times \text{訊號產生器訊號的頻率}$$

$P_h$ : 圖形與水平軸交點的數目

$P_v$ : 圖形與垂直軸交點的數目



螢幕上的圖形為何，試將下列之情況

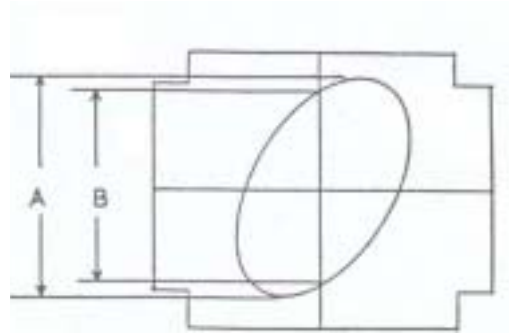
$\frac{f_x}{f_y} = 1, 2$  及  $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}$  等等繪出其圖形並說明其原因。

(4)量度(兩相同頻率訊號)相位差

1.利用 Lissajou's 圖形相位差

$$\text{相位差 } \theta = \sin^{-1} \frac{B}{A}$$

[註:圖形的中心需調至與座標中心重合]



2.利用雙訊號

按下 DUAL 按鈕使兩個訊號呈現。

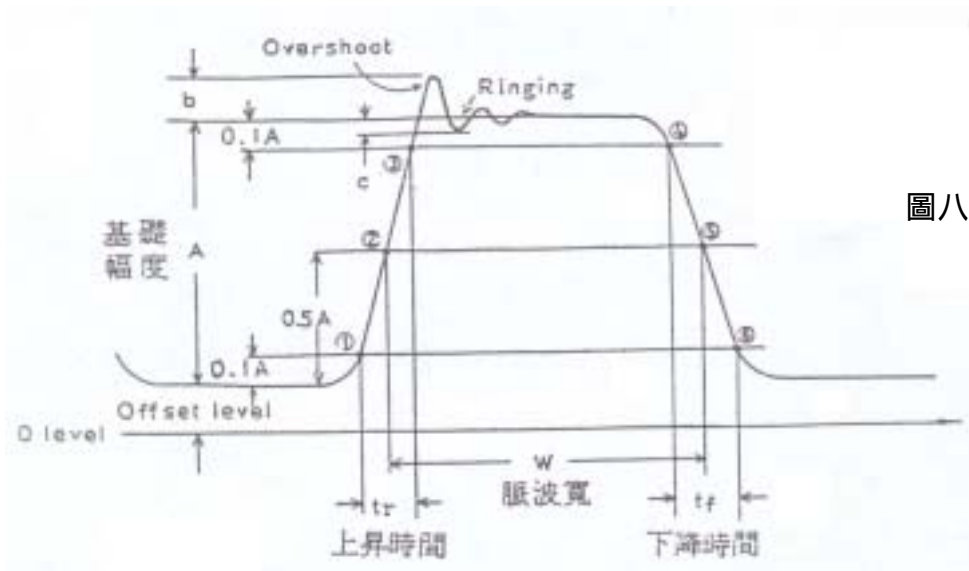
量度兩訊號相鄰兩波峰(或谷)的水平間隔  $t$  及其中一個訊號之兩相鄰波峰的水平間隔  $T$ (及週期)。

$$\text{則 相位差 } \theta [\text{弧度角}] = \frac{t}{T} \times 2\pi$$

$$\theta [\text{度}] = \frac{t}{T} \times 360^\circ$$

(5)量度脈波

理想的脈波是個方形波，但實際的脈波如下圖:



圖八

(注意！本實驗若要觀察到如上圖的訊號，必須調整訊號產生器使輸出頻率至少在 MHz 以上的等級)



當然，討論到一個波，就要提到這個波的振幅、頻率等參數，對脈衝訊號而言，有幾個重要的參數：

**脈波振幅 (Amplitude):** 脈衝訊號中的最高電壓值，如圖中的 A 值。

**脈波寬度 (Pulse width):** 脈衝訊號一半振幅大小位置的頻率差。(2)與(5)間隔 (各在  $\frac{1}{2}A$  處)

一個脈衝訊號，並不會一開始馬上就上升到最大電壓值，從低到高，由高回到低，就有上升時間 (rising time) 與下降時間 (falling time) 需要定義。

**上升時間:** 從訊號大小為 10% 振幅大小升到 90% 振幅大小，成為上升時間，如圖五中 0.1A(1) 與 0.9A(3) 間間隔。

**下降時間:** 從訊號大小為 90% 振幅大小降到 10% 振幅大小，成為下降時間，如圖五中 0.9A(4) 與 0.1A(6) 間間隔

**越過量:** 以  $b/A(\%)$  來表示大小或影響 (Overshoot)

**擺動:** 以  $c/A(\%)$  來表示大小或影響 (Ringing)

示波器本身有一個上升時間， $t_0$

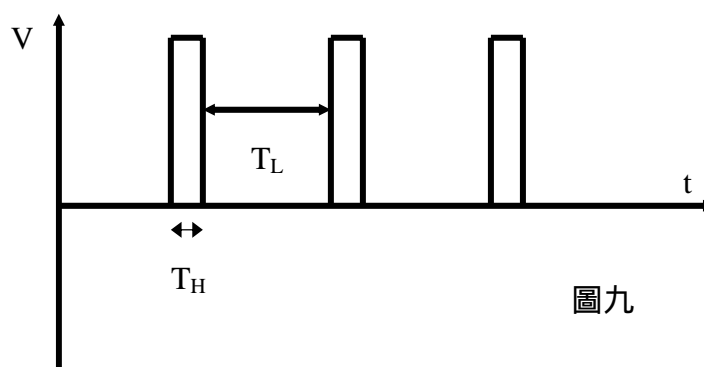
一個脈波的真正上升時間， $t_n$

$$t_n = \sqrt{(t_r)^2 - (t_0)^2}$$

$t_r$  = 螢光屏上呈現的上升時間。

**工作週率 (Duty Cycle):** 脈衝訊號經歷高電壓的時間週期與脈衝週期的比例稱

之為工作週率，如圖六，圖中  $T = T_H + T_L$ ， $Duty\ cycle = \frac{T_H}{T}$



#### (6) 觀測由訊號產生器的輸出電壓控制其頻率的關係

將第一台訊號產生器的輸出端連接到第二台訊號產生器的 VCF INPUT 端，再將第二台訊號產生器的輸出端連接到示波器。觀測當改變第一台訊號產生器的輸出電壓時，示波器上第二台訊號產生器的輸出頻率會有何改變。

## 預習問題

(1)利用電腦間使用 Excel,Origin 或任何程式語言與套裝軟體,畫出下列圖形之 X-Y 軌跡( $t=0,1$  ;  $\text{step}=0.01$ )

$$\begin{aligned} 1. x &= \cos 2\pi t \\ y &= \cos 2\pi t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. x &= \cos 2\pi t \\ y &= \sin 2\pi t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. x &= \cos 2\pi t \\ y &= \frac{1}{2} \sin 2\pi t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. x &= \cos 2\pi t \\ y &= \frac{1}{2} \sin \left( 2\pi t + \frac{\pi}{4} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5. x &= \cos 2\pi t \\ y &= \cos 4\pi t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6. x &= \cos 2\pi t \\ y &= \sin 4\pi t \end{aligned}$$

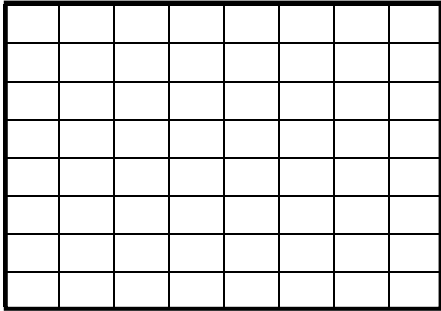
(2)說明示波器 trigger 各鍵(觸發)有關之功用。

(3)何謂相位差?說明如何利用示波器觀察兩個同頻率訊號之相位差/不同頻率訊號的相位差,可用示波器測量嗎?

(4)對於方波訊號,何謂 duty cycle?何謂 rising time?何謂 falling time?

## 實驗記錄

### 1. 交流電壓與頻率的測量



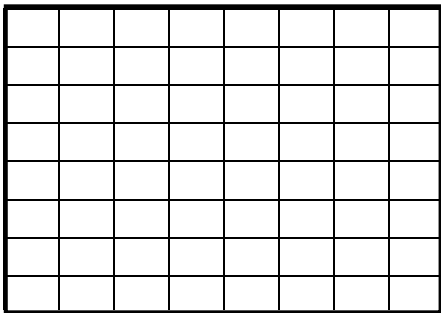
VOLT/DIV=\_\_\_\_\_

TIME/DIV=\_\_\_\_\_

$V_P$ =\_\_\_\_\_ ,  $f$ =\_\_\_\_\_

$V_{P-P}$ =\_\_\_\_\_ ,  $V_{eff}$ =\_\_\_\_\_

### 2. 直流電壓的測量

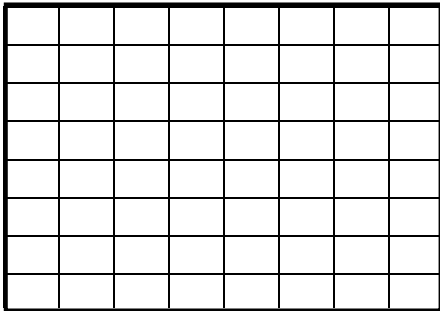


VOLT/DIV=\_\_\_\_\_

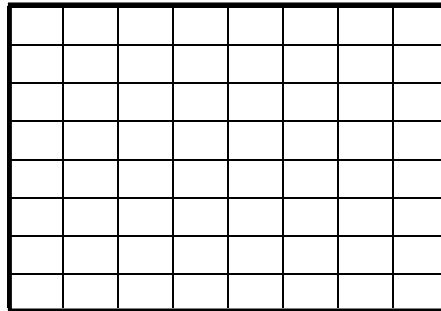
電池的電壓 = \_\_\_\_\_

### 3. 李賽爾氏圖形 (Lissajous pattern)

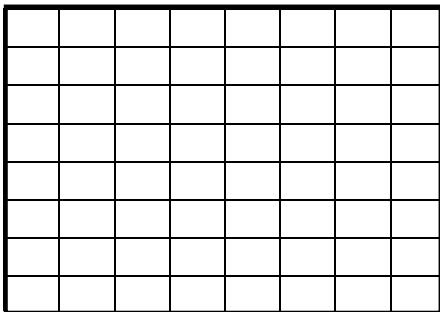
(1)  $\frac{f_x}{f_y} = 1$



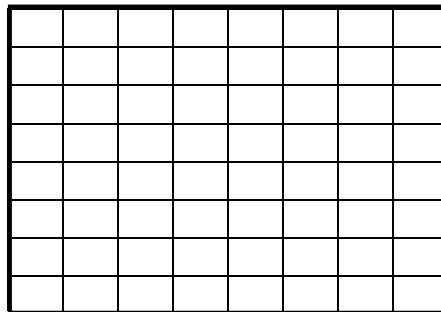
(2)  $\frac{f_x}{f_y} = 2$



(3)  $\frac{f_x}{f_y} = \frac{3}{2}$

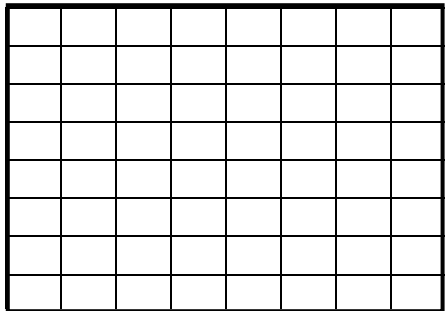


(4)  $\frac{f_x}{f_y} = \frac{1}{2}$



#### 4. 量度兩相同頻率訊號相位差

##### (1) 利用 Lissajous 圖形相位差

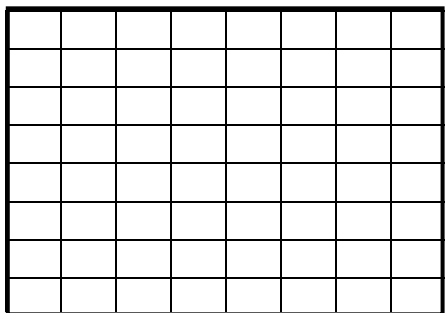


A = \_\_\_\_\_

B = \_\_\_\_\_

= \_\_\_\_\_

##### (2) 利用雙訊號



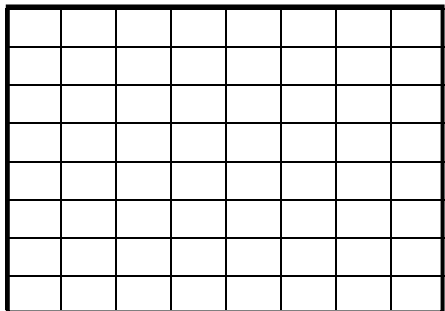
t = \_\_\_\_\_

T = \_\_\_\_\_

= \_\_\_\_\_

#### 6. 量度脈衝

##### (a) 工作週率=2/3



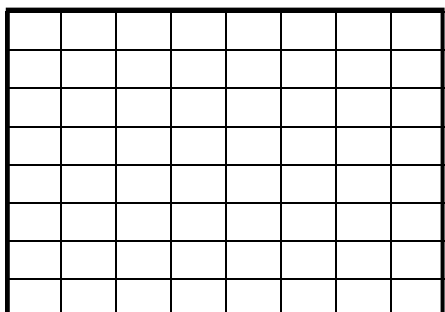
上升時間 = \_\_\_\_\_

下降時間 = \_\_\_\_\_

$T_H$  = \_\_\_\_\_

$T_L$  = \_\_\_\_\_

##### (b) 工作週率=1/2



上升時間 = \_\_\_\_\_

下降時間 = \_\_\_\_\_

$T_H$  = \_\_\_\_\_

$T_L$  = \_\_\_\_\_

6. 觀測由訊號產生器的輸出電壓控制其頻率的關係

當改變第一台訊號產生器的輸出電壓時，示波器上第二台訊號產生器的輸出頻率有何改變。

### 思考問題

1. 熟悉了示波器的操作，請問下列電壓方程式在示波器上觀察到的波形為何？

(1)  $V(t) = 4\sin\left(\frac{\pi}{3}t\right)$

(2)  $V(t) = 3\sin\left(\frac{\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$

(3)  $V(t) = 4\cos\left(\frac{\pi}{3}t + \frac{\pi}{8}\right)$

2. 在實驗中，學習了 Lissajous 圖形，請問你覺得這樣的方法，在日常生活中可以拿來量測甚麼東西？請舉出實例。