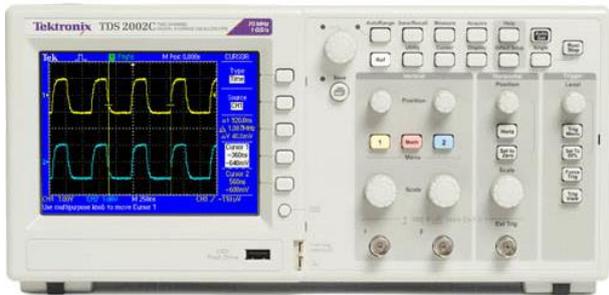


實驗 15 示波器實驗

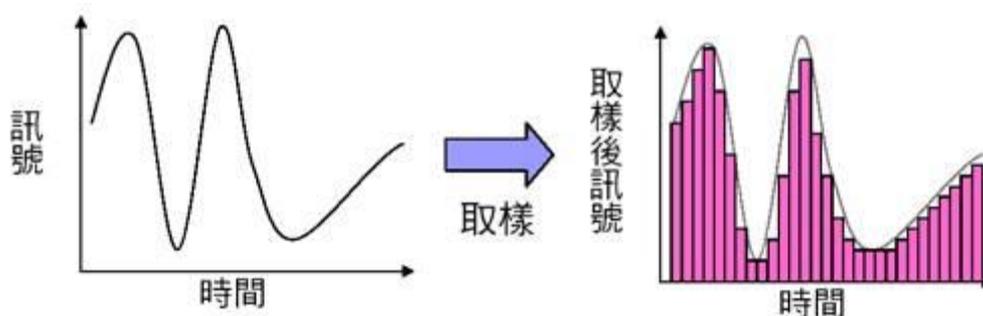


一、目的

學習示波器的操作及熟悉信號產生器的使用。並利用示波器測量信號的頻率、振幅及觀察信號形狀。

二、簡介

示波器(oscilloscope)是實驗室中不可或缺的基本儀器。無論是在物理、化學、工程、生物或醫學的實驗，任何物理量只要能轉變成電子信號，都可以使用示波器來觀察。示波器最基本的目的，是要將待測的電壓信號隨時間的變化顯現，以便觀察分析。示波器可以分成類比示波器(analog oscilloscope)和數位示波器(digital oscilloscope)。類比示波器使用陰極射線管(CRT; cathode ray tube)，電子束以高速從熱陰極射出，一距離之後撞上正前方的螢光幕，在幕上造成一個亮點，透過電場及磁場的控制，類比示波器可以將信號即時重現。而數位示波器則是以電腦每隔一段時間對信號取樣(sampling)，也就是數位化，然後隨時間顯示，因此取樣的頻率越高，也就是單一時間內取的樣本數越多，取樣之後的信號就會越接近原本的訊號。換句話說，數位示波器則是將信號重新整理後再顯示的儀器。然而因為類比示波器的頻寬(bandwidth)會因為陰極射線管而受限制，加上數位信號處理元件及技術的快速進展，現在的示波器多朝數位化前進。數位示波器有許多操作上的優點；它可以快速的對信號做出分析，測得頻率、振幅、週期的資訊；也可以對信號做出加減乘除，甚至是傅立葉轉換(Fourier transform)等運算；尤其是它將信號數位化，可以存檔或列印，對實驗數據的處理上有極大的方便性；因此已經成為目前的主流。

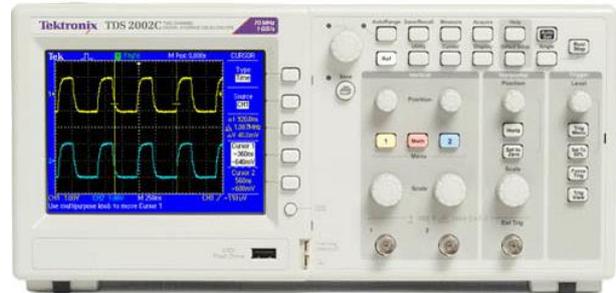


三、器材

Tektronix TDS2002B/2002 示波器、RIGOL DG1022 雙頻道信號產生器、BNC-BNC 接線、BNC-鱷魚夾接線



RIGOL DG1022 雙頻道信號產生器



Tektronix TDS2002 示波器

四、實驗步驟:

A. 週期信號測量

0. 確認 CH1 menu 設定中探棒(Probe)衰減為 x1，CH2 亦同。(為什麼?)
1. 利用 BNC 線將信號產生器 CH1 輸出送至示波器 CH1 input。
2. 將信號產生器輸出設為 Freq = 100 kHz，Ampl = 1 V_{pp}，Offset 設 0 V，觀察不同波形 (sine, square, ramp, pulse, noise) 的輸出。如果一開始看不到信號，可以按 Auto Set 鍵，即可以在螢幕上觀測到波形。試著改變 Trigger source 及 Trigger level，嘗試了解 Trigger (觸發)的功能。
3. 分別使用游標(Cursor)及測量(Measure)功能測量，測量輸入正弦信號、頻率及振幅，比較與輸出設定值是否有差異。
4. 一般觀察信號，示波器輸入耦合設定盡可能選用 DC couple (耦合)。請分別使用 DC 及 AC 耦合觀察一低頻率 (頻率<100 Hz) 方波信號，波形有何差異。為什麼？
5. 將信號產生器輸出正弦信號設為 Freq = 100 kHz，Ampl = 20 mV_{pp}，Offset 設 1 V，分別使用 DC 及 AC 耦合觀察輸出波形。AC 耦合觀察時，由於信號小，可以(a)利用信號產生器的輸出波 CH1 作為 Trigger source。(b)使用 Acquire 中的平均功能來消除噪音(noise)。
6. 由於所有交流電源都來自台電，我們每天都置身於 60 Hz 的電磁波中。將 BNC-鱷魚夾接線接到示波器 CH1，此時螢幕上會出現 60 Hz 類似雜訊的波形，但波形不穩定，如將 trigger source 改成 AC line，會有什麼變化？為什麼？

B. 李沙傑曲線

李沙傑曲線(Lissajous curve). 當兩頻率相同/不同，相位差固定的信號分別輸入示波器的 X 軸和 Y 軸時，即呈現如下圖所示各種不同形狀的李沙傑曲線。李沙傑曲線可以用來測量相位角。詳細資料參考 http://en.wikipedia.org/wiki/Lissajous_curve。

Frequency ratio : f_x/f_y	1/1	2/1	3/1	3/2
Phase shift 0°				
Phase shift 45°				
Phase shift 90°				

- 將 RIGOL 信號產生器 CH1 設為正弦波輸出信號 (Freq 設 1 kHz, Ampl 設 5 V_{pp}, Offset 設 0 V, Phase 設為 0°)，接到示波器的 CH1 輸入端。CH2 設為正弦波輸出信號 (Freq 設 1 kHz, Ampl 設 5 V_{pp}, Offset 設 0 V, Phase 設為 90°)，接到示波器的 CH2 輸入端。按 AligPha(同相位)。

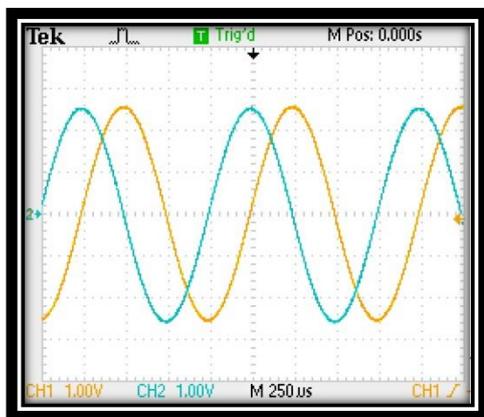


圖 1(a) 兩信號間相位相差 90°

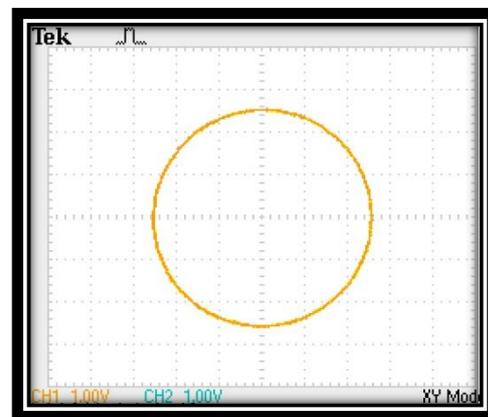


圖 1(b) 李沙傑曲線

- 調整示波器 Trigger level 穩定訊號，得圖 1(a) 波形，選取 Display X-Y 功能，可得圖 1(b)。
- 調整信號產生器 CH2 相位差，分別為 0° 、 $\pm 45^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ 、 $\pm 135^\circ$ 及 180° ，觀察記錄示波器 CH1, CH2 波形，並用 Display X-Y 功能，對比李沙傑曲線與兩正弦波相位差之關係，觀察記錄之。
- 信號產生器兩輸出頻率分別為 1:2, 1:3, 2:3 等各別頻率，觀察李沙傑曲線的圖形，並改變訊號產生器 CH2 的相位差，分別為 0° 、 $\pm 45^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ 、 $\pm 135^\circ$ 及 180° ，觀察李沙傑曲線的圖形。

C. 拍(Beat)之觀察

- 將訊號產生器 CH1 設為正弦波訊號 [Freq 設 10.5 kHz, Ampl 設 5 V_{pp}, Offset 設 0

V, Phase 設為 0°]，接到示波器的“CH1”輸入端。訊號產生器 CH2 設為正弦波訊號 [Freq 設 9.5 kHz, Ampl 設 5 V_{pp}, Offset 設 0 V, Phase 設為 0° , 按 AligPha]，接到示波器的“CH2”端。

2. 按下數學功能(Math)鍵，選擇 add (相加)功能，你將觀察到 CH1 及 CH2 信號相加的圖形，如圖 2。你可以跟普物課本中兩個不同頻率的波動疊加比較。注意：由於無法使用相加信號來觸發，必須使用單一掃描(single)功能。

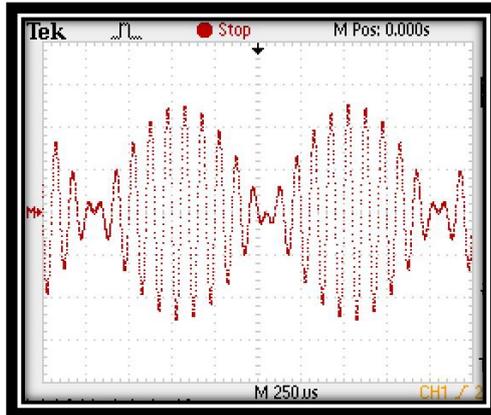


圖 2 兩正弦波疊加產生的拍。

3. 試由三角函數頻率和差化積計算波形，並與步驟 2 得到的波形比較。

D. 快速傅立葉分析(FFT; Fast Fourier Transform) **建議不做**

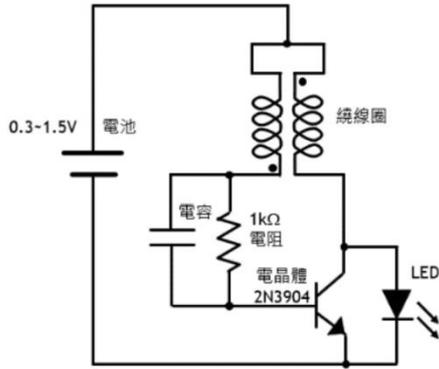
以數學功能中的 FFT 分析方波及三角波的每個諧波信號的振幅，並與方波及三角波的傅立葉級數。

問題：

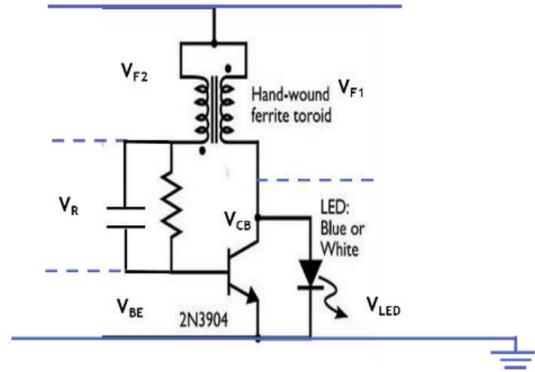
1. 說明 trigger level 如何運作？原理如何？
2. 設兩波振幅為 A_1 及 A_2 ，頻率為 f_1 及 f_2 ，應用三角函數關係，推導 beat 波形的數學式並利用實驗證明。

D. 焦耳神偷電壓信號之觀察

焦耳神偷：最小型的阿姆斯壯自激發振盪升壓器(Armstrong self-oscillating voltage booster)，可使原直流 1.5V 無法發光的 LED 利用此振盪電路(交流電路)增壓二倍而能發光。利用示波器了解實際電壓的轉變。



圖六 (a)焦耳神偷電路圖



(b)各元件電壓測試

電壓	V _{F1}	V _{F2}	V _R	V _{CB}	V _{BE}	V _{LED}
頻率(kHz)						
峰對峰(V _{p-p})						
最大(V _{max})						

測試結果參考(此為舊電路以磁環繞線，無電容時之測試結果，勿抄)

