EE110300 電機資訊工程實習 實驗手冊

電子電路實驗 II

基本器材介紹

一、 實驗目標:

1. 熟悉波形產生器的使用方法

2. 熟悉示波器的基本原理與使用方法

3. 認識示波器與電纜線的特性

二、 實驗提示及操作練習:

1. 波形產生器(Function Generator):

裝置在電器或日用品中的電子電路,有的專門用來產生訊號, 例如電子琴的音源電路;有的專門用來處理訊號,例如音響的前置 放大器。不過大部分實用的電路都是兩者兼具的,也就是說,在電 路內部包含了許多產生訊號和處理訊號的部分,像我們天天使用的 電視機、收音機都是這樣的綜合電路。

為了學習容易,一開始就讓同學們操作像電視機這樣複雜的電路並不恰當,所以我們先將注意力集中在處理訊號的電路上。而實驗過程所需的訊號波形,就由「訊號產生器」(Function Generator) 供給。Function Generator可以做各種調整,輸出適合實驗需要的訊號波形,讓我們專注在電路的實作上。在這份講義裡我們通常簡稱Function Generator為 F.G.。

> 所謂訊號,是指有意義的訊息。在電子電路中,電壓 與電流是最重要的物理量,因此電子電路訊號,就是電壓 或電流變動的訊息。又由於電子實驗室的儀器大都便於做 電壓量測,所以日後我們所提到的訊號,如果沒有特別說 明就是指電壓訊號。

§1.1 Function Generator 的基本功能

實驗室所使用的是 GW 公司製造的 GFG-813 型 Function Generator。以下是簡單的功能解說,如果操作有問題,請務必參考 儀器使用手冊。



Fig.1 GFG-8130 面板圖

1.1.1 波形選擇

面板第(11)號的三個按鍵可以選擇輸出的波形。一般實驗室常用的波形除了正弦波(sine wave)外,還有三角波(triangle wave)和方波(square wave):



 \sim

sine wave

triangle wave

square wave

Fig.2

1.1.2 振幅調整

由標有「AMPL」的第(14)號旋鈕和第(15)號按鍵控制。(14)鈕 可以連續調整振幅大小,但是其上並無刻度,所以真正的振幅數值 必須由測量儀器(如示波器)上讀出。

第(15)號的兩個按鍵則稱為「衰減鍵」(attenuator),請特別注意 它是以 dB 值標示的,當按下左鍵時,振幅會被衰減 20dB;按下右 鍵時,衰減 40dB,如果兩件同時按下,則衰減 60dB。

DB 的定義是什麽?你知道 20、40、60dB 分別是衰減幾倍嗎?

1.1.3 頻率調整

標有「FREQUENCY」的 (12) 號大轉盤和標有「RANGE」的(10) 號一排按鍵可以調整輸出訊號的頻率。「RANGE」鍵是選擇所需頻率

的大範圍:「FREQUENCY」大轉盤則可以在選定的範圍作微調,以 獲得較精準的頻率輸出。至於真正的輸出頻率值,可以在大轉盤上方 的(2)號顯示幕上讀到。這個顯示幕是這台 F.G.內附計頻儀的一部份, 除了可以配合 F.G.顯示外,還能獨立出來使用,我們在後面還會在談 到。

要熟悉 F.G.的操作,首先要掌握訊號的要素,才能知道我們需要 F.G.輸出什麼要的波形。

V = Vo sin2 ft

這就是一個典型的「正弦波」(Sine Wave)。請注意:在這個式 子裡,電壓 V 是時間 t 的函數,所以 F.G.的輸出電壓是隨時間而改變 的。

在這個訊號中, Vo 是振幅(amplitude); f 是頻率(frequency)。 有時我們還需要再訊號上加上一直流成份 Vdc(稱為 DC OFFSET) 而成 為:

V = Vdc + Vo sin2 ft

所以一台 F.G.至少要能控制調整這些要素,才能產生符合我們需求的訊號。

1.1.4 訊號輸出端

F.G.產生的訊號由標有「OUTPUT」的(17)及(18)兩個 BNC 插座輸出。標有「MAIN」的(18)插座是我們所提出的訊號波形, 這是最主要的輸出孔,只要拿實驗室裡附有的鱷魚夾(Cable)接上旋 緊,就可以經由鱷魚夾獲得我們所需的訊號。至於標有「SYNC」的 (17)插座,則會輸出和「MAIN」同步、但振幅固定為0.6V的方波(一 般是作為同步觸發用,請參考示波器的觸發)。

「SYNC」是 synchronous (同步) 的簡寫。想想看,所謂「同步」, 是什麼意思?

到這邊我們已經將如何調整 F.G.的波形、振幅、頻率介紹完了,你是否已經有概念了呢?接下來我們來看一些額外的功能:

1.1.5 波形對稱度

F.G.面板上的第(14)號標有「SYM」「PULL ADJ」的鈕就是調整波形對稱度用的。平時此鈕在壓下的狀態,當要調整出不對稱波形時,將此鈕拉起左右旋轉即可。(參考 Fig.3)

1.1.6 直流偏移

將標有「DC OFFSET」「PULL ADJ」的(13) 鈕拉起,輸出波 形將不再是純粹的交流訊號,而會加進直流的成分(參考 Fig.4)。這 直流的成分及稱為 DC OFFSET,大小可用拉起後的 (13) 鈕旋轉調整。





Fig.4

1.1.7 內附計頻儀

GFG-813型 F.G.附有一個簡便的計頻儀,所謂計頻儀,就是用來「計算頻率的儀器」。除了可以指示 F.G.輸出訊號的頻率外,還可以和 F.G.分開來用,就像是獨立的計頻儀一般,非常方便。

- 當第(9)鍵「EXT/INT」未按下時,計頻儀直接由內部量測 F.G. 的輸出訊號,此時顯示幕顯示的即是 F.G.的頻率。當第(9)鍵按下時,計頻儀由下方標有「EXT COUNTER」的(8)號插座讀取訊號量測,因此我們只要把待測訊號接到(8)號插座即可在顯示幕上讀到訊號頻率。
- 第(7)鍵「1/10」按下時可以將待測訊號振幅衰落1/10在送入計 頻儀。

- 第(6) 鍵「10/30」適用來選擇計頻儀最大測量範圍用的;當它未 按下時,可以測到的最大範圍為10MHz,按下後最大範圍變為 30MHz。需注意的是,30MHz 雖然範圍大,計頻儀的精確度卻會 少一位數。
- 第 (4) 鍵稱為「GATE」,是很重要的功能。原來計頻儀的工作原 理是在一固定時間 Tg內(稱為 Gate Time),去數訊號波形的振動 數而得出頻率的,所以 Gate Time 的選擇與精確度有密切關係。 在實用上,通常會衡量所測頻率的高低與所需精確度來選擇 Gate Time。按「GATE」鍵可在 0.01sec 至 10sec 之間循環改變 Gate Time,每按一下改變 10 倍。 (3) 號的一排指示燈會顯示出目前 的 Gate Time 值。

Gate Time 越大計頻儀精確,還是越小越精確?

§1.2 Function Generator 的調變

所 謂 調 變 (Modulating) , 是 只 將 一 較 低 頻 的 調 變 訊 號 (Modulating Signal),和一高頻的載波(Carrier)做某種方式的結合,這 是一個通用名詞,並不是在 F.G.上才有。調變的技術通常應用在通訊 用途上。

一般最常見的調變方式,有 AM(Amplitude Modulation)和 FM (Frequency Modulation)。你在聽收聽廣播時調的「AM」、「FM」電台,其實就是用這兩種調變方式發射的電台訊號。GFG-813 型 F.G. 也提供這兩種調變功能,只不過受限於儀器本身硬體線路,所產生的載波最高只能到約 13MHz 左右。

至於什麼是 AM, FM 呢?請看 Fig.5 的說明。根據 Fig.5 可以看到: AM 是以調變波去改變載波的振幅, FM 是以調變波去改變載波的頻 率;其中, μ 稱為 AM 的調變係數(Modulation Index), 可以指示出這 個載波被調變的程度。 Δf 稱為頻率偏移(frequency deviation), 是 FM 調變中載波頻率偏移的最大幅度。

在 F.G.面板右方有一塊以黑線框起,標有「MODULATION」的 區域,在這裡的旋鈕與按鍵就是用來調整調變訊號用的。(以下為了 說明方便,我們稱這一個區域為「Modulation Module」,而原來的面 板左邊的部分為「Main Module」)

關於 Modulation Module 與 Main Module 之間的關係,請參考 Fig. 6。



Fig.5



Fig.6

Fig.6 圖中的數字標號是與 Fig.1 的面版圖相對應的。(20)、(21)、(22)即 Modulation Module 左上方的「AM」、「FM」、「SWP」三個功能選擇鍵;(23)是右上方的三個波形選擇鍵;(27)則是左下方的 BNC 插座。

在「AM」、「FM」、「SWP」三個鍵未被按下前, Modulation Module 就像是另一組獨立的 F.G.,除了振幅無法任意調整外,我們可以由三 個波形選擇鍵選擇波形、由(25)「RANGE」鍵及(26)鈕調整頻率、由 (28)鈕「SYM」調波形對稱度,訊號則從第(27)插座輸出,和面板左 邊的 Main Module 相似。 而當「AM」、「FM」、「SWP」任何一鍵被按下時, Modulation Module 就會對 Main Module 的訊號加以調變,此時 Main Module 原 本的訊號會成為 Carrier,而 Modulation Module 的訊號則為 Modulating Signal。

必須注意的是第(27)號這個 BNC 插座。當(23)的波形選擇鈕任一 按鍵按下時,它會輸出所選的波形,但是當(23)鈕未全部按下時,它 卻是個輸入插座!(正如 Fig.6 中,(23)號開關撥到「no connection」 時的情形。如果你仔細觀察面板標示,也會發現三個波形鈕下方標示 著「EXT:ALL OUT」)。此時我們可以自(27)號插座輸入其他訊號來 調變 Main Module 的波形。所以(27)是個輸出/輸入共用插座。

關於調變功能的操作細節,簡述如下:(接下來如果遇到標題前 標有,那表示這是額外補充的內容,我們的實作並不會做到這一部 份。)

1.2.1 AM 調變

按下標有「AM」的(20)號鍵,就可從(18)號插座得到 AM 波 形。此時我們可以按(23)、(25)等鍵以及旋轉(26)鈕來改變 Modulation Signal 的波型和頻率,至於(24)旋鈕,則可以調整調變 係數的大小,最大可以達到 100%(即μ=1.0)

1.2.2 **FM** 調變

按下標有「FM」的(21)鍵,就可得到 FM 的波形。(24)旋鈕可以調整頻率偏移的大小,最大約 5%(例如:100kHz 的載波,經調 變後可以在 95kHz 與 105kHz 之間變動),其餘各個旋鈕的調整則 與 AM 類似。

1.2.3 SWP-frequency sweep

掃頻(SWP-frequency sweep)顧名思義,是讓輸出訊號的頻率由 一較低頻「掃」到較高頻。SWP 並不是通用的調變方式,但在某 些實驗場合也相當有用。SWP 的調整比較複雜,茲分條敘述如下:

- 首先,在未按下(22)號「SWP」鍵之前,先調整 Main Module 的頻率,這是等一下掃頻時的「終止頻率」。
- 按下(22)「SWP」鍵。
- (25)號的三個「RANGE」 鍵通通不按,此時計頻儀的顯示幕顯示的是掃頻的「起始頻率」,要由(24) 鈕來調整。
- 調好起始頻率後,再利用(25)鍵與(26)鈕調整掃頻的速度。這時候第(27)號插座輸出的是一「鋸齒波」,掃頻的速度其實就 是這鋸齒波的頻率。
- 一切都調好就可得到一頻率隨鋸齒波掃頻的波形輸出了。如果 需要調整鋸齒波的下降斜率,可以打開(28)鈕調整即可。

想想看,除了收音機,在日常生活中還有哪些訊號調變的例子?

§1.3 Function Generator 其他功能

1.3.1 VCF-Voltage-Controlled Frequency

在 GFG-813 型 F.G.的後方面板有一標示為「VFC」的插座(後 方面板圖第(4)鈕),由這個插座輸入的電壓可以控制 F.G.的輸出頻 率。換句話說, F.G.輸出的訊號除了由前述的各個鈕控制以外,其 頻率還會隨著由 VFC 輸入的訊號電壓做線性的改變。

1.3.2 Trigger Phase

在介紹基本功能時,我們曾略過第(19)號旋鈕沒有介紹。(19) 鈕配合後面板的(1),(2)號開關及(3)號插座可以用來調整訊號的相 位初值,請看 F.g.7 的說明。

此外,當後面板的第(2)號開關撥至「EXT」時,輸出訊號將不 會根據 Modulation Module 來的方波觸發,而是根據接在後面板(3) 號插座的外來訊號來觸發。



Fig. 7

到此,我們已經把 Function Generator 的功能全部介紹完畢,

接下來要認識的儀器是---<u>示波器(Oscilloscope)</u>。

2 示波器(Oscilloscope)

§2.1 示波器的基本原理

示波器是「顯示訊號波形的儀器」,我們可以用它來觀察實驗 電路中各點訊號波形。

示波器是實驗室裡最重要、最 powerful 的工具之一。但是就 因為它的功能強大,面板複雜,往往令初學者感到無從著手。其 實不必害怕,示波器的基本原理並不難,只要能掌握它的原理, 對於面板上各個功能的操作就能迎刃而解了。

首先請看 Fig.8:這是示波器的簡要方塊圖。整個示波器大體 上是由陰極射線管、水平偏向電路、垂直偏向電路及觸發電路構 成。(觸發電路較複雜, Fig.8並未畫出,我們在後面再詳細說明。)



Fig.8

陰極射線管與電視、電腦的 Monitor 原理相似,是由一電子槍發射出電子束,經聚焦與偏向後,穿過一接近真空的玻璃管,打 在塗有螢光劑的螢幕上產生光點。

水平偏向電路主要包含一鋸齒波產生電路,經功率放大後加 在水平偏向板上; 垂直偏向電路則是將待測訊號放大處理後,加 在垂直偏向板上。

在一個鋸齒波週期內,鋸齒波的漸增電壓使得水平偏向板牽 引電子束由左至右掃描,與此同時,垂直偏向板也隨著待測訊號 而牽引電子束上下擺動,於是便將訊號的波形在螢光幕上「描」 出來了!由於螢光幕上螢光劑的延遲效應以及人眼的視覺暫留, 因此大部分的波形都可以看到連續的軌跡,而不只是跳動的光 點。這就是示波器的基本原理。示波器面板上的旋鈕與按鍵,大 都只是對 Fig.8.各部分的方塊圖做更精確的調整以配合實際測量 的需要罷了。

接下來我們將進入實際的操作。電子實驗適用的示波器型號 為:GOS-6100。如果操作有問題,請務必詳閱儀器使用手冊。 §2.2 GOS-6199 型示波器的基本功能



Fig.9 GOS-6100 面板圖

2.2.1 開機

開機後先將「FOCUS」及「INTENSITY」調整適當。再調整「INTEN」時,需注意不要使光跡太亮,以免破壞螢光劑,縮短 示波器壽命。開機後需數分鐘時間暖機,機器才會穩定。

若有必要,可以打開「SCALEILLUM」開闢,這個開關會使 螢幕產生燈光照明,便於暗中觀察。

2.2.2 時間軸調整

時間軸是示波器螢光幕上的水平軸,也就是調整 Fig.9裡,控制水平偏向板的各個電路方塊圖。GOS-6100 有關時軸調整的旋

鈕、按鍵集中在面板中的方塊內(參考面板圖),它的功能較複雜, 可以做一些更精密的測量。但是在這裡我們只介紹基本的功能。

(23)「Push X10 MAG POSITION」鈕可以左右平移掃描軌跡, 通常用來彈性改變軌跡位置,以方便觀察或測量。將這個鈕壓下,可以在掃描時間維持不變的條件下,延伸水平掃描光跡的 長度至十倍長。也就是說,對於一些帶有細微變化、或極高頻的訊號,可以利用這個開關將它「拉長」,以方便觀察細節。 此外,在「X-Y MODE」中,這個鈕也可以用來對 X 軸歸零。 (參考講義 P2-14)

將「Push X10 MAG POSITION」鈕壓下時,光幕上每一格的時值將會與原來不同。你知道該怎樣換算嗎?

- (19)「A TIME/DIV」轉盤控制 A 的掃描速度, 範圍從 20ns/DIV 到 0.5s/DIV 共 23 種固定掃描速度。
- (20)「B TIME/DIV」轉盤控制 B(延遲)掃描速度。
- 拉起(21)號「PUSH SWP. VAR.」旋鈕旋轉,可以在「A TIME/DIV」轉盤選定的範圍內作微調。需注意的是:若要做 定量測量,這個鈕一定要記得壓下,以免實驗完畢才發現讀出 的數值全錯,前功盡棄!
- 在面板的中間,有一排編號(17)的 SWITCH,稱為「DISPLAY MODE」。平時若只要使用到我們所提到的基本功能,請務必 切到「DISPLAY MODE」最左邊的「A」鈕,才不至於得到 錯誤的觀察結果。
- 2.2.3 訊號軸調整

訊號軸就是示波器螢光幕上的垂直軸,顯示輸入訊號的大小。調整訊號軸的各個旋鈕、按鍵位於示波器面板上的下方區域內。訊號軸有兩個 Channel 可供訊號輸入,這兩個 Channel 再單獨使用時操作方法都是一樣的。

● (12)兩個「POSITION, PULL X10 MAG」鈕可以垂直平移掃描 軌跡,方便歸零用。如果將這個鈕拉起,垂直軸的精確度將拉大 十倍。

如果(12)鈕被拉起,那麼示波器螢幕上每一格的垂直電壓值會有什 麼變化?

● (10)號的兩個「VOLTS/DIV」轉盤與水平軸的(19)鈕作用相似, 有 10 個刻度, 範圍從 5mV/DIV 到 5V/DIV。在這兩個轉盤上方, 還有(11)兩個旋鈕, 其作用為: 若左右旋轉它們, 可在「VOLTS/DIV」 轉盤選定的範圍內作微調,以便觀察。 ● 第(9)號開關就是調整 Fig.8 中的「耦合方式」方塊圖用的,有「AC」、「GND」、「DC」三個檔位。當開關撥至「DC」檔時,訊號直接耦合至示波器內部;撥至「AC」檔時,訊號經由一串聯大電容進入,因此訊號的直流成份將被濾除。「GND」檔則是內部5 直接接地,這是在示波器歸零時用的。

● (15)CH2 INV: 使 CH2 的訊號做反向輸入。

2.2.4 CH1/CH2 的組合顯示

在左右「VOLTS/DIV」轉盤之間,有一個稱為「MODE」的 開關,它可以選擇讓 CH1與 CH2以更有用的方式來組合顯示,包 括個別顯示(「CH1」或「CH2」)、同時顯示(「ALT」、「CHOP」) 或相加後顯示(「ADD」)。

想想看,要如何調整「MODE」開關羽 CH2 的「POSITION」 鈕,使示波器顯示出「CH1 減 CH2」的波形?

關於雙跡模式,有兩種顯示的方式:

「ALT」:兩波形交互出現的方式。兩個垂直放大器都在動作,並 且以"交互"的方式,將輸出訊號送到垂直放大器;此種顯示方式 較適合高頻的觀測。

「CHOP」:兩波形快速切換的顯示方式。每個波形實際上被切成細點,但連接起來不易察覺。不過頻率接近切換頻率(約 250kHz)時,就會察覺到。適合低頻的觀測。





2.2.5 X-Y MODE

X-Y MODE 也是示波器重要的特殊功能。要使 GOS-6100 進入 X-Y Mode 必須調整:

● 首先將「DISPLAY」切入「X-Y」。

- 將訊號軸的「MODE」開關撥到「X-Y」檔,也就是原來的 CH2。
- 將 TRIGGER COUPLING 開闢撥到「DC」檔。這個動作在面 板或參考手冊上並沒有記載,不過卻會影響 X 軸訊號的輸入。 進入 X-Y MODE 後,原本示波器做為水平掃描的鋸齒波消

失,轉而為 CH1 的訊號替代。換句話說,此時 CH1 的輸入訊號 做為水平(X)軸, CH2 的輸入訊號做為垂直(Y)軸,直接在螢光幕 上顯示軌跡。若 X 軸與 Y 軸都輸入弦波,且頻率成整數比時, 示波器將顯現出橢圓形。這種圖形稱為「利薩如」(LISSAJOUS) 圖形。

§2.3 示波器的觸發

我們在示波器的基本原理說明中,曾提到「觸發」的概念, 但未詳細說明。現在就讓我們來看看到底什麼是觸發,為什麼示 波器需要觸發電路。

請看 Fig.11:這是未經觸發的狀況。當訊號進入示波器時,若 示波器如 Fig.10 所示,不加選擇、持續地描出波形,那麼第1、 2、3、4、5……次描出的波形在螢光幕上都不會重合。如果我們 選定每一個方格的時值是 1ms,那麼電子束自左掃到右僅需 10ms。想像一下:每個不同的波形,在螢光幕上以 10ms 的時間 掃過必然是混亂的一片,根本看不清楚軌跡!



再看 Fig12。在這個圖中,示波器先將輸入訊號和一個預先 設定的電壓值做比較,而先不產生鋸齒波去掃描 X-軸。每當輸 入訊號大於這個電壓值時時,才產生一個週期的鋸齒波將輸入波 形在螢光幕上「描」一次,然後立刻又回到等待狀態,直到輸入 訊號又大於此電壓值時,才又在掃描。Fig.12 這種方式使每次在 螢光幕上描出的波形都會重合,因此可以看到清楚穩定的波形, 這就是示波器觸發(Trigger)的原理。



Fig.12

觸發電路的方塊圖請參考 Fig.13。剛才在 Fig.12 中所提到的 預設電壓值稱為觸發位準(Trigger Level),可以由使用者視需要調 整。再比較觸發位準與訊號時,示波器也允許我們選擇「訊號小 於觸發準位時開始掃描」或「訊號大於觸發準位時開始掃描」, 這就是觸發極性(Scope)的選擇。

拿來與觸發準位比較的訊號,稱為觸發源(Trigger Source), 除了直接用待測的 CH2、CH2 訊號外,也可以選擇外接或其他 訊號。

至於 Fig.13 中的「觸發耦合與模式」Block,則是為了適應各 種不同的觀測狀況而先將觸發源做處理(如:先經過高通濾波器 濾波),在送入電路與觸發準位做比較。



§2.3 GOS-6100 型示波器的觸發功能

GOS-6100 型示波器的 TRIGGER 調整集中在面板右方的區 域。以下說明請參考 Fig.9 的面板圖。

2.4.1 觸發位準與極性

(28)「A TRIG LEVEL」鈕則用來調整 A 注發準位高低,此鈕 也是觸發極性選擇開關,可以壓下選擇正向(波形由低而高於 Trigger Level)或拉起負相(波形由高而低於 Trigger Level)。



Fig.14

2.4.2 觸發源

(25)「SOURCE」開關可以用來針對 A 選擇不同的出發源; 當選擇「CH1」或「CH2」時,觸發源即是 CH1、CH2 待測訊號 本身(必須在 DUAL 模式下此功能才有效);當選擇「LINE」時, 觸發源是和市電同步的 60Hz 訊號;當選擇「EXT」時,觸發源 是由(26)號插座外接輸入的訊號;當選擇「EXT÷10」時,觸發源 是由(26)號插座外接輸入的訊號衰減十倍。

2.4.3 觸發模式

(29)的「A TRIG MODE」開關可以選擇 A 觸發模式「AUTO」 會自動偵測出觸發源訊號的最高與最低電壓值,並將 Trigger Level 的可調範圍限制在此值內。換句話說,選擇 AUTO 檔,不 管 Trigger Level 如何調整,示波器都可以觸發到該訊號,而 Trigger Level 最高可調到觸發源的波峰值,最低可調到波谷值。 至於「NORM」檔,則需要使用者手調 Trigger Level,當 Trigger Level 落入觸發源波形範圍內,示波器才會觸發顯示波形 NORM 檔的 Trigger Level 可調範圍相當於示波器螢光幕範圍。

「SINGLE」、「READY」、「RESET」檔較少使用,我們暫且 略過不介紹。

除了觸發模式,GOS-6100 還可以選擇觸發耦合的方式。(27) 「COUPLING」開關有「AC」、「HF REJ」、「LF REJ」、「DC」、 「TV-H」、「TV-V」檔位其中「DC」直接將觸發源送入觸發電路, 這是最常使用的方式;「AC」檔會濾除觸發源中低於10Hz 的低 頻訊號,可用於觸發源含有直流成份的場合;「HF REJ」檔會濾 除觸發源中高於4KHz 的高頻訊號,可用於觸發源含高頻雜訊的 情況。「LF REJ」與「HF REJ」剛好相反,低於4kHz 的訊號會 被濾掉。「TV-H」、「TV-V」是特別設計來觸發 VEDIO 訊號用的, 電子實驗並不會用到。

3 示波器、電纜線與接地對實驗的影響

§3.1 示波器的輸入特性

如用三用電表,示波器輸入阻抗也不是理想的無限大,而是 有一個額定值。從示波器 CH1/CH2 看入的輸入阻抗包含一個電 阻並聯一個電容,如下圖 Fig.15。它們的數值會隨著示波器型號 而有些為的差異,通常在示波器的 Manual 中會有詳細的記載。



Fig.15

示波器的輸入阻抗對於一般低頻雜訊的量測並無太大影響,但遇到高頻訊號(通常在 MHz 以上)或是待測電路的輸出阻抗 過大(接近 MΩ)時,將會使訊號衰減。因此在這種狀況下,若要 求高精確度,必須注意量測到的結果可能要加以修正(請參閱下 一節「電纜線的特性」說明)。

§3.2 電纜線的特性

實驗室裡所用的電纜線稱為同軸電纜(Coaxial Cable),其結 構為中心有一根或數根導線,導線的外層包附固定厚度的塑膠, 塑膠的外層以接地的隔離銅絲網緊緊裹住,最後才是堅韌的絕緣 塑膠皮。剝開外皮來看,Coaxial cable 的各層都很密很緊的鉗在 一起,連插頭均為特別設計(例如常用的 BNC 插頭),以維持精確 可靠之同心圓斷面結構,這種結構有兩個好處:一是可以使 Cable 每個部分的特性阻抗一致(一般是 50Ω。「特性阻抗」請參考電磁 學有關傳輸線的部分)。另一好處是接地的隔離銅線所形成的表 面,將訊號線包起來構成零電位面,使外來的電磁雜訊凝集其上 直接接地,不至干擾裡面傳送的訊號。所以 Coaxial Cable 的屏蔽 作用優於一般非同軸結構的簡單隔離線。

不過 Coaxial Cable 有一點需要注意的,就是它的雜散電容量 比較高(約數十 pF 左右)。在低頻的狀況下,這些雜散電容可以看 成與待測電路並聯的小電容,如下圖 Fig.16:



Fig.16

因此若待測電路的等效輸出電阻較小,將與這個小電容,以 及示波器的輸入電容形成不可忽視的低通濾波器,造成誤差。因 此,在某些場合(例如實驗常做的頻率響應),應將這種由電纜線 造成的效應一併考慮。

§3.3 接地

就理論上而言,「地」(Ground)指的就是絕對零電位的點。這 是一個參考點,我們前面所提到的「電壓訊號」,都是指相對於 地的電壓大小。如果接地不穩,地電壓浮動,可能導致訊號失真、 雜訊由地饋入干擾、甚至電路振盪等等問題。因此,接地最重要 的目標,就是要使地電壓穩定維持在0伏。

接地技術在電工實務上,是一門很大的學問。在這裡我們僅 對電子實驗可能遇到的接地問題做一些簡單的說明。

 示波器的地在內部是全部連接在一起的,因此由示波器 接出的兩 cable 線,其黑色鱷魚夾在內步是連接在同一 點的,也就是說,在同時使用兩個 channel 時,可以只 夾其中之一。

- 完美的接地點電壓應該維持在零伏,然而我們的單芯線和麵包板一定會有少量的電阻和電感,因此當電流流進 實際的接地點時,難免會有電壓起伏。對於這個現象, 我們應注意盡量勿使接線過長,且接線與麵包板、與 Power Supply的接觸點要確實,維持接地電壓穩定。
- 除了少數例外,實際電路板上的所有接地點應該都是連接在一起的,並且還必須與示波器、F.G.的黑色地線相接,這樣所有的訊號才有一個統一的參考點。

電子電路實驗 II 基本器材介紹

實驗步驟

實作0 預先調整與歸零

在使用儀器之前,有一些歸零的動作我們必須先調整,觀測 出來的數值才會正確。

- (1) F.G.要先確定「SYM」、「DC OFFSET」、「TRIGGER PHASE」等 紐都會在 OFF 狀態,且「AM」、「FM」、「SWP」三個按鈕都未 按下,輸出的波形才會是單純的波形。
- (2) 示波器打開電源後,先調整「INTENSITY」至能清楚看見波 形最低亮度。若波形模糊,可以調整「FOCUS」鈕。
- (3) 確定時間軸(水平軸)刻度是否為原比例:檢查面板上 「HORIZONTAL」部分的「POSITION」鈕及「PUSH SWP. VAR.」 鈕是否被拉起。
- (4) 確定訊號軸(垂直軸)刻度是否為原比例:檢查 CH1 及 CH2 「VOLTS/DIV」轉盤上方的微調鈕是否右轉到底歸零,還要 確定這兩個鈕未被拉起。
- (5) 在接上訊號後,進行觀測前,先將輸入耦合開關撥至「GND」, 然後調整「VERTICAL」的「POSITION」鈕使螢光幕掃描軌跡 位於螢光幕的垂直中央。

第(3)、(4)、(5)項在實際操作時,可以彈性調整運用,但 若要作定量量測,一定要按照程序歸零才可獲得正確數值。

實作一 頻率調整與測量

由 F.G.輸出約數百 Hz 的弦波,以示波器觀察。

- F.G.計頻儀的 Gate Time 分別調為 0.01s、0.1s、1s、10s, 記下各頻率讀數。
- (2) 由是波器量出該波形週期,換算為頻率,紀錄之。比較這些 頻率,你認為何者較精準?
- (3) 將頻率調為數 KHz 以及數 MHz, 重複步驟(1)、(2)。

實作二 極高與極低頻的測量

- (1) 將 F.G.「RANGE」設為 1MHz,「FREQUENCY」轉盤轉到作左邊, 使 F.G.輸出最高頻的弦波。
- (2) 由示波器計算此時波形的頻率,記錄之。若因頻率太高以致 於示波器螢幕上的波形顯示過密不易觀察時,要如何調整示 波器?
- (3) 觀察 F.G.的計頻儀,記下此頻率。若計頻儀顯示不穩,該如 何調整計頻儀?
- (4) 輸出耦合開關分別撥在「DC」檔與「AC」檔,觀察波形是否 不同。
- (5) 將 F.G.的頻率降至 1Hz 左右,然後將示波器的時間軸刻度逐 漸調大觀察示波器螢幕波形由連續線條漸變為不連續光點 的過程。

實作三 MAIN 和 SYNC/ALT 和 CHOP 的比較

- 由 F.G.輸出一弦波,f 50KHz, Amplitude 1V,同時 CH1 接 F.G. 的「MAIN」插座, CH2 接「SYNC」插座:
- i. 利用示波器的「DUAL」模式同時顯示這兩個波形。
- ii. 觀察示波器,看看「SYNC」輸出的是什麼波?振幅有多大? 是否和「MAIN」同步?(你如何證明?)
- iii. 在「DUAL」的模式下分別用「ALT」和「CHOP」觀察波形, 螢光幕的顯示狀況有何不同?

實作四 DC OFFSET 與 SYM 的使用/AC 檔進一步研究

請用 F.G.調出一個 100KHz 的 clock 方波,使其 high level= 5V, low level =0V,且 Duty Cycle 為 80%: (1) 示波器輸入耦合用「DC」檔觀 察,畫下此波形。

請注意: 畫圖一定要用方格紙畫 另 外附上,以後的實驗皆然! 圖形請你標明各個相關的 數值,例如振幅、週期、 high/low level的實值等等。

(2) 改用「AC」檔觀察,此時螢幕 上的波形位置有何改變?畫下 此波形。作圖時要注意水平準未必須與示波器相同。 (3) 仍用 AC 檔觀察,但 Duty Cycle 改調成 20%,此時波形位置 又有何改變?再畫下此時波形。你能解釋(2)、(3)圖的現象 嗎?

實作五 X-Y MODE 與 LISSAJOUS 圖

將示波器先依實驗 0 的方式歸零,然後設為 X-Y MODE。由 F.G. 的 Main Module 及 Modulation Module 分別輸出兩獨立弦波,接 入 X-Y Channel 觀察。Main Module 的輸出作為 X 軸,頻率固定為 100Hz 左右,微調 Modulation Module 的頻率,使螢光幕上出現 X:Y=<u>2:1、1:1、1:2、1:3</u>的利薩如圖形。畫下這些圖形,並在各 個圖形下方標明 X、Y 軸訊號的頻率及振幅。(Modulation Module 的頻率請用 F.G.所附的計頻儀量測)

利用 X-Y Mode 可以在示波器上作出許多有趣的圖形,有興趣的同學不妨自己試試!

電子電路實驗 Ⅱ 基本器材介紹

實驗報告

實作一 頻率調整與測量

	Gate Time				示波器量測	
波形	0.01s	0.1s	1s	10s	週期	頻率
No.1						
No.2						
No.3						

實作二 極高與極低頻的測量

(2) **週期:_____; 頻率:_____** 如何調整示波器?

(3) **頻率:**_____ 如何調整?

(4)(5)

實作三 MAIN 和 SYNC/ALT 和 CHOP 的比較

實作四 DC OFFSET 與 SYM 的使用/AC 檔進一步研究

實作五 X-Y MODE 與 LISSAJOUS 圖