

科技用書

示波器

分析與應用

林枝昌編著

國際編譯社編印

示波器

分析與應用

林枝昌 編著



國際編譯社編印

示波器分析與應用

編者：林枝昌
出版及發行：國際編譯社

澳門：歐華利街680號
印刷：偉聯印刷公司
澳門草堆街151號

定價：港幣\$

序

人類的靈魂之窗就是——“眼睛”。

我們的電子眼睛就是——“示波器”。

“示波器分析與應用”為一本道道地地的科技用書，包括基本原理、線路分析及實際應用。適合大專、高工及一般業餘者使用；不論當作授課教材、或作為自學手冊，均可收到“事半功倍”之效。

本書之編排：

- 1 第1～8章—依序分析示波器之基本結構及工作原理。
- 2 第9章—介紹示波器之使用方法。
- 3 第10～14章—依序分析實際示波器之線路、應用、校準與檢修。包括普通型示波器、自動同步型示波器、雙光跡示波器、監視示波器及儲存示波器等。
- 4 附錄包括電子開關、訊號產生器、曲線尋跡等，以配合示波器之應用。

目 錄

第一章 概述.....	1
第二章 示波器之基本結構.....	3
2-1 示波器之基本結構.....	3
2-2 陰極射線管.....	4
2-3 CRT 各極間之電位關係.....	8
第三章 偏向與掃描.....	11
第四章 垂直放大電路.....	18
第五章 同步、觸發及掃描產生器.....	23
5-1 同步.....	23
5-2 自複式掃描產生器.....	25
5-3 觸發電路及觸發式掃描產生器.....	30
第六章 水平放大器.....	47

第七章 電源供應器及CRT電路..... 51

7-1 低電壓電源供應器..... 51

7-2 振幅校準器..... 51

7-3 CRT 高壓電路..... 53

第八章 雙光跡之顯示..... 56

8-1 雙光跡示波器之基本結構..... 56

8-2 電子開關..... 57

8-3 雙光跡示波器顯示型式..... 60

8-4 雙光跡顯示之同步方法..... 62

8-5 雙光束示波器..... 62

8-6 雙鎗式示波器..... 62

第九章 示波器之使用方法..... 65

9-1 標度與測量..... 65

9-2 利用李沙育圖測定相位及頻率..... 65

9-3 E-I特性曲線之測試..... 78

9-4 利用強度調變法測定頻率..... 79

9-5 示波器之測試棒..... 81

9-6 其他..... 98

第十章 普通型示波器..... 106

10-1 主要特性..... 106

10-2	線路結構	108
10-3	面板之認識	110
10-4	操作	113
10-5	電壓之測定	116
10-6	其他應用	119
10-7	維護	122

第十一章 自動同步型示波器 126

11-1	主要特性	126
11-2	面板之認識	126
11-3	注意事項	131
11-4	準備	131
11-5	應用	132
11-6	線路結構	142
11-7	維護	150
11-8	校準	152
11-9	VP-5100A自動同步型示波器	162

第十二章 雙光跡示波器 171

12-1	主要特性	171
12-2	面板之認識	173
12-3	操作	178
12-4	線路結構	189
12-5	維護	202
12-6	VP-5260A 雙光跡示波器	209

第十三章 監視示波器.....256

13-1 線路結構.....256

13-2 主要特性.....260

13-3 面板之認識.....262

13-4 操作.....266

13-5 校準.....268

第十四章 儲存示波器.....277

14-1 概述.....277

14-2 主要特性.....277

14-3 面板之認識.....281

14-4 操作注意事項.....285

14-5 基本操作程序.....285

14-6 儲存之操作.....290

14-7 儲存管之結構及工作原理.....293

14-8 線路結構.....300

14-9 故障檢修.....310

附錄A LS-5 電子開關.....312

附錄B LSW-250 掃描標誌訊號產生器.....318

附錄C LAG-26 低頻訊號產生器.....321

附錄D LSG-16 高頻訊號產生器.....323

附錄E 放大器.....325

附錄F h 參數.....331

附錄G dB 換算表.....332

附錄H 曲線尋跡器.....333

第一章

概 述

陰極射線示波器 (Cathode ray oscilloscope, 或簡寫為CRO) 或簡稱為示波器 (oscilloscope)。oscillo 為 oscillation (振盪) 之縮寫; scope 為觀測之意, 故知示波器為觀測振盪之儀器。(註: scope 為示波器之俚語)

由於一般測量電壓的三用電表或電子電壓表多針對測量不失真的正弦波設計而成, 只能測量電子訊號之峰值 (peak)、有效值 (r.m.s.) 或直流電壓等; 而不能測知訊號隨時間之變化情形。因此, 我們想“看”訊號的變化情形 (包括振幅、波形、週期、頻率、相位及頻率響應等特性), 就必須藉助“電子眼睛”——示波器。

若藉各種轉換器 (Transducer) 將一切機械運動、壓力、溫度、物理、化學或醫學上的現象轉換成電子訊號, 再以示波器來觀察分析其變化情形, 則科學實驗及研究領域大大地擴展。如今科學及軍事上的成就與貢獻, 示波器實為最基本且最重要的功勞者。

示波器起源於一種機械性記錄器 (Recorder), 利用筆將振盪或其他不規則的變化現象描繪在移動的紙帶上; 或者利用光學原理將變化現象記錄在感光紙上。由於機構的限制, 此種記錄方法僅適用於低頻範圍, 目前所謂的 X - Y 記錄器 (X - Y Recorder) 即是此種機械性記錄器, 在 X - Y 平面座標上描繪有關的變化曲線。參見圖 1-1。

自從西元 1892 年陰極射線管 (CRT) 誕生之後, 訊號的變化情形, 可藉電子束在熒光幕上做快速的掃描而顯示出來。其工作範圍可達甚高之頻率。電子束的掃描與記錄器的描繪原理相同, 包括 X 及 Y

2 示波器分析與應用

兩個因素。所不同的就是機械記錄器能將所有變化的現象用筆完全記錄下來；示波器則用電子束將訊號每一瞬間的變化情形依次描繪在熒光幕上，通常其所顯示出的波形係由電子束重覆描繪而得。

由於示波器之結構及其輔助器材不斷地更新改進，使其性能更臻完美。由最簡單的基本示波器，改進成觸發式示波器(Trigger Type Oscilloscope)、雙光跡示波器(Dual Trace Oscilloscope)及儲存式示波器(Storage Oscilloscope)等。

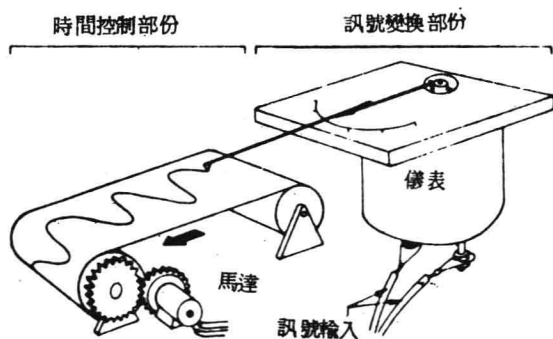


圖 1-1 機械性記錄器簡圖

第二章

示波器之基本結構

2-1 示波器之基本結構

如圖 2-1 所示，包括：

1 陰極射線管 (Cathode ray Tube) 簡寫為 CRT：能將電能轉變為光能，以便觀測。

2 垂直放大器 (Vertical Amplifier)：將被测輸入訊號適當地放大，然後將訊號電壓加至垂直偏向板。利用 V_1 、 V_2 兩極板間的電場

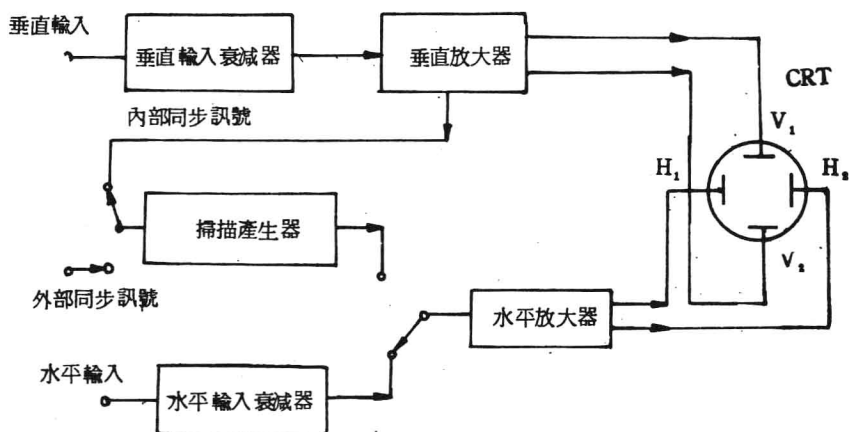


圖 2-1 示波器基本結構圖

使電子束受力而發生垂直（向上或向下）偏向的現象。

3 水平放大器（Horizontal Amplifier）：將來自掃描產生器的訊號適當地放大，然後將其掃描電壓加至水平偏向板。利用 H_1 、 H_2 兩極板間的電場使電子束發生水平（向左或向右）偏向的現象。此種利用電場產生偏向的方法，稱為靜電偏向。

4 掃描產生器（Sweep generator）或稱時基產生器（Time base generator）：產生鋸齒波訊號，輸至水平放大器，以作線性掃描。

5 同步及觸發電路（Sync. & Trigger circuit）：利用垂直輸入被測訊號或與其有一定額率關係的訊號來觸發掃描產生器，使掃描頻率（或週期）與被測訊號頻率（或週期）成整數倍的關係，稱之為同步。同步時熒光幕上所顯示的波形才能穩定不動，如此方能詳細觀測。否則，波形呈向左或向右移動，或跳動等現象，無法測量。

6 電源供給器（Power supply）：將AC電源變換成DC電源，以供給其他各級電路。

典型的結構方塊圖，如圖2-2所示。圖(a)為普通型示波器，圖(b)為觸發式示波器或自動同步型示波器。

2-2 陰極射線管

(1) 基本結構：可分為電子鎗，偏向板及熒光幕等三個主要部分，如圖2-3所示。

(a) 電子鎗（Electron gun）：此部份包括加熱燈絲(H)，陰極(K)，控制柵極(G_1)，預加速陽極(A_1)或稱第二柵極(G_2)，聚焦陽極(A_2)、加速陽極(A_3)等。其目的用以產生電子束（beam of electrons）及具有聚焦（Focusing）與加速（Accelerating）之性能。聚焦之目的在使電子束收斂成“點”狀態撞擊熒光質（Phosphor）；加速之目的在增加電子的動能，以提高熒光質的發光效率。

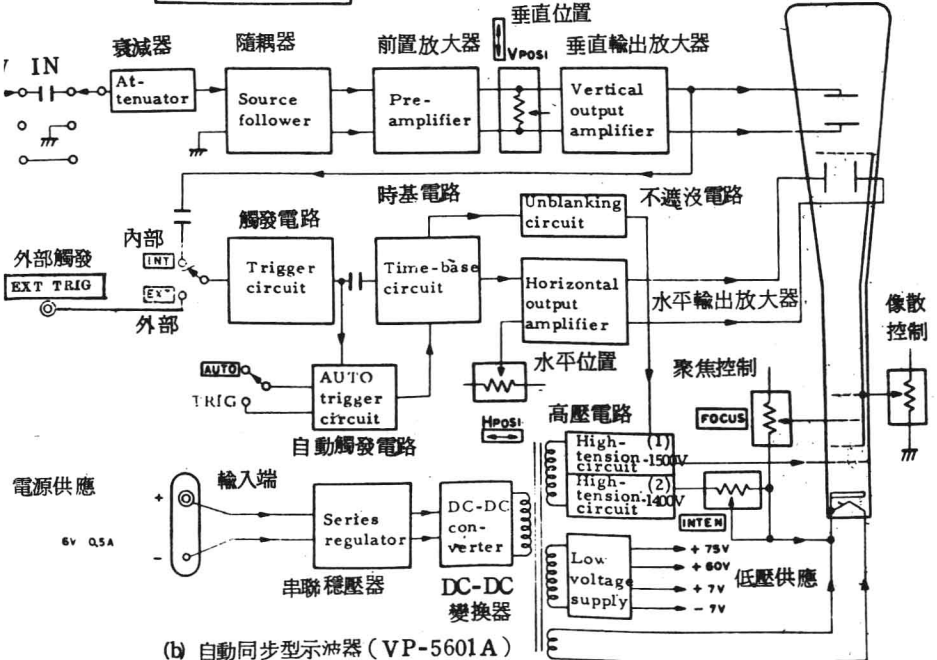
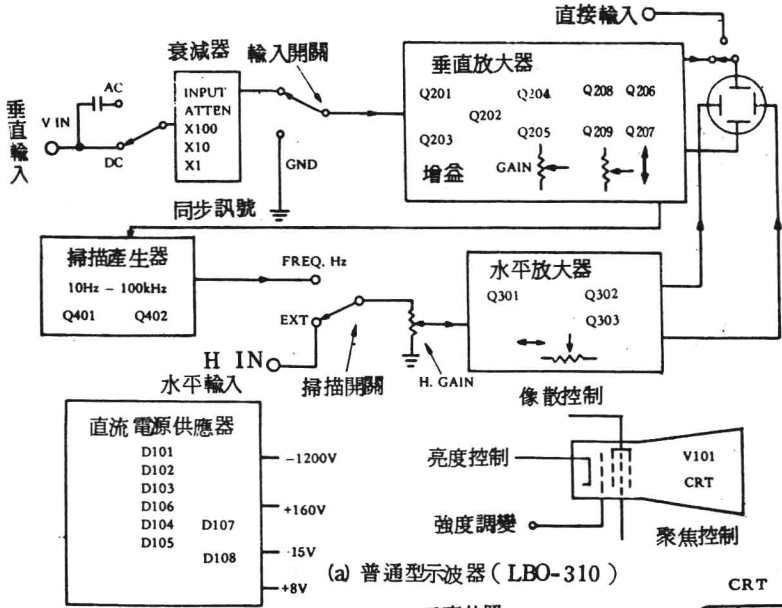
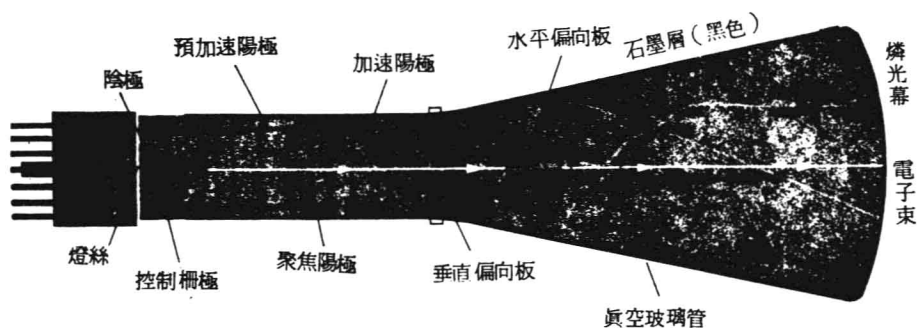
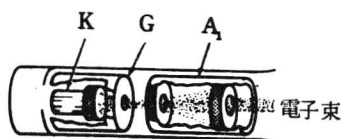


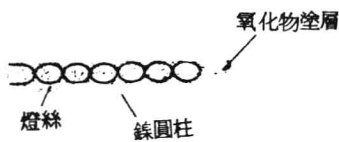
圖 2-2 典型的示波器結構方塊圖



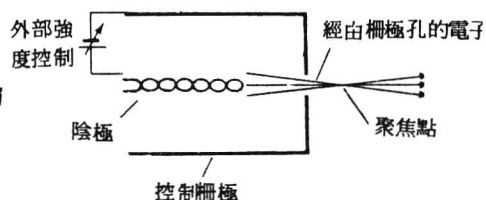
(a) CRT 基本結構



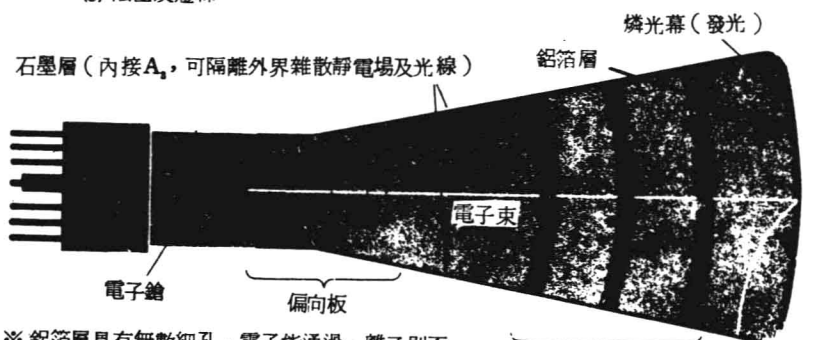
(b) 電子束之形成



(c) 陰極及燈絲



(d) K與G間作強度(或亮度)控制

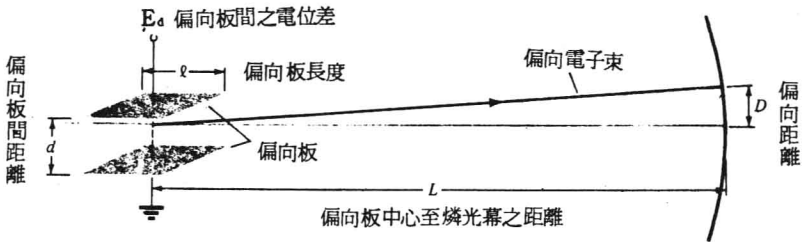


※ 鋁箔層具有無數細孔，電子能通過，離子則否，可防止離子燒；其反光作用可增強亮度。

(e) 增強帶螢光幕及石墨層之作用

圖 2-3 陰極射線管

(b) 偏向板 (Deflecting Plates)：偏向板包括垂直及水平偏向板，用以控制電子束前進之路徑，如圖 2-4 所示。其在熒光幕上所產生的偏向距離 D 為：



E_a 為加速電位， S 為偏向靈敏度

$$D = \left(\frac{\ell L}{2 d E_a} \right) E_d = S E_d$$

圖 2-4 靜電偏向原理

$$D = \frac{\ell L E_d}{2 d E_a} = S E_d$$

其偏向靈敏度 (Deflection Sensitivity) S 代表偏向板間電位差，每一伏特將產生多少偏向距離。

$$S = \frac{D}{E_d} = \frac{\ell L}{2 d E_a}$$

其偏向因數 (Deflection Factor) G 為 S 的倒數。代表偏向距離為每一公分所需的 E_d 伏特數。

$$G = \frac{1}{S} = \frac{E_d}{D}$$

任何型式的 CRT，其 S 或 G 的數據都由製造廠商提供。例如某 CRT 之 $G = 10 \text{ V/cm}$ ，當 $E_d = 100 \text{ V}$ 時，其 $D = \frac{E_d}{G} = 10 \text{ cm}$ 。

偏向的型式可分靜電式 (Electrostatic Type) 及電磁式 (

Electromagnetic Type) 兩種。前者利用電壓加在偏向板產生電場而使電子束偏向，小型 CRT 都採用之；後者利用電流流過偏向線圈產生磁場而使電子束偏向，大型 CRT 都採用之。

(c) 磷光幕 (Phosphorescent Screen)：磷光幕內層塗有磷光質 (Phosphor)，當被電子撞擊時即發出可見光。由於電子束已被偏向板之電場作用而偏向，故磷光幕上所顯示的光跡為輸入訊號的波形。不同的磷光質，其發光顏色及持續時間亦有所不同，如表 2-1 所列。持續時間之長短，將影響 CRT 之工作頻率範圍。持續性短者可工作至較高頻率範圍；一般的示波器、電視機都採中等者；持續性長者，其速應性低因此適合較低頻範圍。

表 2-1 磷光質之特性

磷光質 型 式	顏 色		持續時間 (暫留時間)	用 途
	螢 光	磷 光		
P ₁	黃綠	黃綠	中	示波器、雷達
P ₂	藍綠	藍綠	中短	示波器
P ₄	白	白	中短-中	黑白電視機
P ₇	藍白	黃綠	長	雷達、醫學
P ₁₀	藍紫	藍紫	甚短	電視飛點掃描
P ₃₃	紅、綠、藍三色型		中	彩色電視機
P ₃₁	綠	綠	中短	示波器
P ₃₃	橙	橙	甚長	雷達
P ₃₁	綠	綠	長	計算機
備 註	1. 螢光 (Fluorescence)：指磷光質被電子束撞擊時產生之色光。 2. 磷光 (Phosphorescence)：指電子束移開後所持續之色光 3. 持續時間或暫留時間 (Persistence)，指磷光之持續時間： 甚短 < 1 μ s；短 1 ~ 10 μ s；中短 10 μ s ~ 1ms；中 1 ~ 100ms；長 100ms ~ 1s；甚長 > 1s。			

磷光質被高速的電子束撞擊，常會產生二次放射電子，由管內所塗之石墨層 (Aquadag coating) 吸收之，然後經外電路送回陰極。

2-3 CRT各極間之電位關係

CRT 各極電位高低之連接及控制基本電路簡圖，如圖 2-5 所示。控制柵極 (G_1) 的電位較陰極(K)低 (負偏壓)，調整其間的偏壓大小即可改變電子束大小，進而控制亮度 (Brightness)；聚焦陽極 (A_2) 的電位較加速陽極 (A_3) 低 (A_1 與 A_3 在內部連接，電位相等) 約為 15~40%，調整 A_2 的電位即可控制聚焦。 A_2, A_3 間電位差愈小 (即 A_2 電壓愈高)，則其所形成的電子透鏡焦距變長，電子束未完成聚焦即抵達磷光幕，反之若 A_2, A_3 間電位差太大 (A_2 電壓太低)，則焦距變短，電子束未抵磷光幕即已聚焦，然後擴散在磷光幕上。因此， A_2 的電位不可調得太高或太低。如圖 2-6 所示。電子束之收斂及發散現象與各極間電位關係如圖(c)~(e)所示。

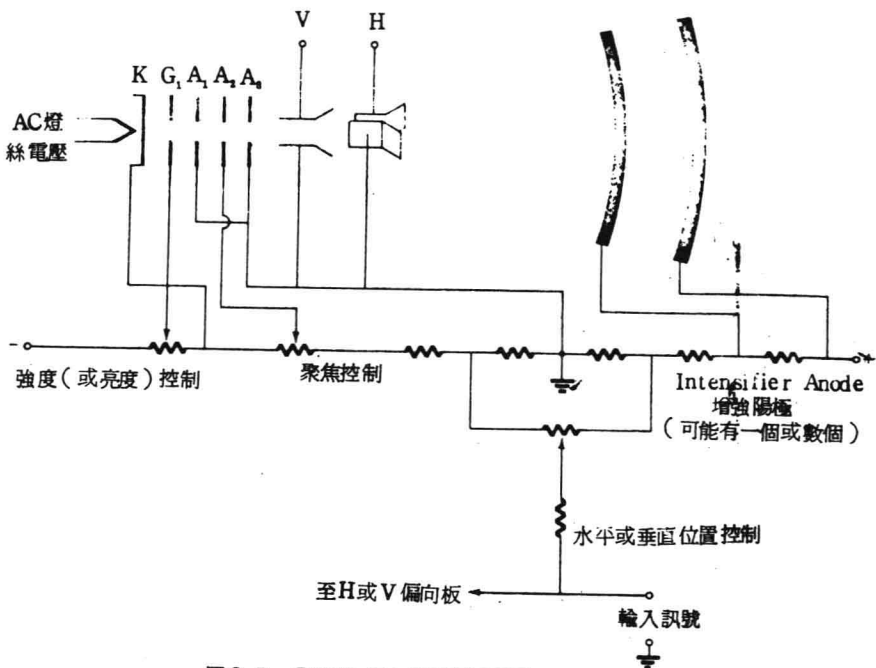


圖 2-5 CRT各極之電位關係簡圖