

電子儀表及測量

下 冊

原 著 者

Larry Jones A. Foster Chin

陳 炳 照 譯



東華書局印行

電子儀表及測量

下 冊

原著者

Larry D. Jones
OKLAHOMA STATE UNIVERSITY

A. Foster Chin
TULSA JUNIOR COLLEGE

譯 者

陳 炳 照

東華書局印行



版權所有・翻印必究

中華民國七十五年九月初版

電子儀表及測量

下冊 定價新臺幣壹佰叁拾元整

譯者 陳 炳 照
發行人 卓 鑫 森
出版者 臺灣東華書局股份有限公司
臺北市博愛路一〇五號
郵發:00064813
電話:3114027・3819470
印刷者 合 興 印 刷 廠

行政院新聞局登記證 局版臺業字第〇七二五號
(75085)

序

測量之能力在瞭解我們所生存的實際世界方面是很重要的。有人說測量提供我們瞭解實際的現象，而儀表則為測量之工具。在多種物理系統中用以獲取量度之大多數儀表均為電子式的，電子儀表在過去二十年裡以驚人的速度成長。工業界許多領域裡的自動化，及其對更精密的儀表所附帶之需求，已成為電子指示儀表、記錄儀表和控制儀表大幅成長之主要原因。積體電路技術使儀表增產以滿足需求成為可能。

儀表的適當選擇與使用，以及測試資料的處理，是使用者之職責。如果瞭解本書所述測試儀表的基本操作理論及其性能與限制，則對於儀表之挑選及適當地予以使用的能力將會大幅地增加。

實驗在任何科技課程中均佔有一極為重要之地位。本書所列之實驗可加強學生對於電子測試儀表方面的知識，其方式是以實驗的方法分析各種儀表所用之電路，如此，尚可使學生熟悉儀表之使用。

我們討論修護用與實驗用儀表，但主要強調後者。在課本內採用實際的商用儀表照片會使課本很快地過時；然而，我們相信有選擇地採用照片對學生仍有幫助。

任何教科書與某一課程大綱完全符合的機會絕無僅有。由於本書各章均為獨立的，所以章與章的次序可依需要而予以變更。

本書之編輯係基於一個理念——即教科書主要是為學生而編寫的。因此，我們努力地使本書很容易閱讀，但願我們成功。

本書係合編的，作者排名次序無任何意義。我們對本書之優劣點負共同之責任。

我們感謝 Wiley 公司之編輯部，也感謝提供儀表照片，數據以及方塊圖之各公司，亦感謝校對諸君提供建設性的意見。打字係由 Kay

Porter 與 Ce Ce Henry 二人熟練地完成的。最後，我們感謝我們的家人，對我們編輯此書時的耐心與鼓勵。

Larry Jones

A. Foster Chin

目 次

序

第九章 示波器

9-1	教學目標	1
9-2	自我評估	2
9-3	緒論	2
9-4	陰極射線管	3
9-5	直接影響示波器電子束之基本控制	11
9-6	基本的示波器	13
9-7	電子束偏向	14
9-8	示波器之放大器	15
9-9	垂直放大器	16
9-10	水平放大器	19
9-11	掃描產生器	20
9-12	垂直輸入與掃描產生器信號之同步	26
9-13	衰減器	28
9-14	高阻抗探針	36
9-15	實驗室示波器	38
9-16	儲存式示波器	40
9-17	抽樣示波器	41
9-18	應用	42
9-19	摘要	47

9-20	詞彙	48
9-21	習題	49
9-22	實驗室實驗	53

第十章 信號產生器 55

10-1	教學目標	55
10-2	自我評估	55
10-3	緒論	56
10-4	振盪之要件	56
10-5	音頻振盪器	58
10-6	射頻振盪器	65
10-7	射頻產生器	68
10-8	函數產生器	70
10-9	脈波產生器	76
10-10	掃描頻率產生器	80
10-11	應用	83
10-12	摘要	84
10-13	詞彙	84
10-14	習題	86
10-15	實驗室實驗	88

第十一章 轉換器 90

11-1	教學目標	90
11-2	自我評估	91
11-3	緒論	91
11-4	轉換器之定義	92

11-5	轉換器分離	92
11-6	選擇一轉換器	95
11-7	電阻式位置轉換器	96
11-8	應變計	98
11-9	位移轉換器	102
11-10	電容式轉換器	103
11-11	電感式轉換器	105
11-12	可變電感轉換器	108
11-13	壓電式轉換器	111
11-14	溫度轉換器	113
11-15	電阻溫度偵測器	113
11-16	熱電偶	114
11-17	熱阻器	117
11-18	超音波溫度轉換器	121
11-19	光電轉換器	123
11-20	光電倍增管	123
11-21	光導電池或光電池	124
11-22	光伏打電池	128
11-23	半導體光電二極體	128
11-24	光電晶體	130
11-25	摘要	134
11-26	詞彙	134
11-27	習題	136
11-28	實驗室實驗	140

第十二章 雜 訊 141

12-1	教學目標	141
------	------	-----

12-2	自我評估	141
12-3	緒論	142
12-4	雜訊之來源	142
12-5	雜訊之產生	144
12-6	雜訊之測量	144
12-7	雜訊減少之方法	151
12-8	應用	154
12-9	摘要	156
12-10	詞彙	156
12-11	習題	157
12-12	實驗室實驗	158

第十三章 數位儀表 159

13-1	教學目標	159
13-2	自我評估	159
13-3	緒論	160
13-4	數位儀表與數位讀出儀表之比較	160
13-5	數位與類比電表之比較	161
13-6	類比至數值轉換器	163
13-7	計數電路	174
13-8	電子計數器	181
13-9	計數器之誤差	185
13-10	商用之電子計數器	186
13-11	數位複用電表	187
13-12	商用的數位複用電表	189
13-13	以微處理機為基礎的儀表	191
13-14	IEEE 480 匯流排	193

13-15	應用.....	194
13-16	摘要.....	195
13-17	詞彙.....	195
13-18	習題.....	196
13-19	實驗室實驗.....	197

第十四章 利用儀表檢修..... 199

14-1	教學目標.....	199
14-2	自我評估.....	199
14-3	緒論.....	200
14-4	整合之檢修.....	200
14-5	功能方塊圖.....	202
14-6	信號追蹤程序.....	204
14-7	信號注入程序.....	205
14-8	信號追蹤對信號注入.....	207
14-9	波形測量.....	208
14-10	失真分析.....	209
14-11	半分法.....	213
14-12	利用感官找出一明確的問題.....	215
14-13	以測試找出壞掉的元件.....	216
14-14	電壓測量.....	216
14-15	電阻測量.....	217
14-16	利用概略圖.....	217
14-17	數位檢修.....	217
14-18	邏輯夾子之應用.....	223
14-19	邏輯電流追蹤器之應用.....	224
14-20	邏輯比較器之應用.....	225

14-21	摘要	227
14-22	詞彙	228
14-23	習題	229
14-24	實驗室實驗	229

第十五章 信號分析器 231

15-1	教學目標	231
15-2	自我評估	231
15-3	緒論	232
15-4	失真分析器	232
15-5	析波器	235
15-6	頻譜分析器	239
15-7	傅立葉分析器	242
15-8	應用	243
15-9	摘要	246
15-10	詞彙	246
15-11	習題	247
15-12	實驗室實驗	248

實驗室實驗 249

實驗 E18	示波器操作	249
實驗 E19	基本的示波器測量	254
實驗 E20	以示波器測量頻率與相移	257
實驗 E21	示波器探針校正	264
實驗 E22	陰極射線管	268
實驗 E23	掃描頻率產生器	272

實驗 E24	基本的函數產生器	274
實驗 E25	熱電偶	277
實驗 E26	光電轉換器	284
實驗 E27	輻射雜訊	287
實驗 E28	放大器雜訊之測量	291
實驗 E29	以電子計數器測量相位移	294
實驗 E30	利用一壓控振盪器之電壓至頻率的轉換	297
實驗 E31	接收機之檢修	300
實驗 E32	數位檢修之工具與方法	308
實驗 E33	失真分析器	310
實驗 E34	析波器	313
實驗 E35	裝備電子實驗室	316
答 案		318

第九章

示波器

9-1 教學目標

本章的目的是使讀者熟悉陰極射線示波器 (cathode ray oscilloscope) 。本章討論此種多功能儀表的操作原理，說明特殊用途示波器的幾個特徵，以及討論示波器的幾個應用。當你讀完本章之後，你應該能：

1. 列出示波器的主要子系統。
2. 繪出一般用途陰極射線管 (cathode ray tube, CRT) 的結構圖，並標示元件名稱。
3. 敘述下列術語：偏向靈敏度 (deflection sensitivity)、螢光的 (fluorescent)、磷光 (phosphorescence)、石墨 (aquadag) 及格子線 (graticule)。
4. 繪出基本示波器之方塊圖並標示每一方塊的名稱。
5. 計算帶寬 (bandwidth) 及上升時間 (rise time)。
6. 說明下列名詞的功能：水平放大器 (horizontal amplifier)、垂直放大器 (vertical amplifier)、掃描產生器 (sweep generator)、觸發電路 (trigger circuit) 及衰減器網路 (attenuator network)。
7. 計算 RC 電路中之電容器在充電或放電時的電壓。
8. 計算衰減器電阻器或衰減因數 (attenuation factor) 之值。
9. 計算高阻抗探針 (high-impedance probe) 之電阻及電容。
10. 敘述儲存示波器 (storage oscilloscope) 或取樣示波器 (sampl-

ing oscilloscope) 的基本操作原理。

11. 求出顯示在 CRT 螢幕上之信號的頻率或振幅。
12. 利用李沙育圖形 (Lissajous pattern) 求出一未知頻率。
13. 由李沙育圖形計算相角。
14. 說明如何以方波信號核對探針的補償。

9-2 自我評估

徹底研讀本章之後應回答下列問題，這些問題的目的是測定讀者對教材領會的程度。

1. 陰極射線管的主要元件為何？
2. 磷光的意義為何？
3. 試述掃描產生器的輸出波形並說明為何需要此型式之波形。
4. 利用李沙育圖形的何種比值計算相角呢？
5. 取樣示波器之 CRT 螢幕所顯示的波形高於或低於實際的輸入信號頻率？
6. 利用施加方波核對探針的補償。若方波的前緣被圓化 (rounded, 譯註：此乃充放電現象所致)，探針電容量與其應有之值的關係如何？
7. 當示波器用於 X-Y 模式時，則所顯示之圖形的名稱為何？
8. 示波器之輸入電阻在降低其輸入電容的同時如何能增加？

9-3 緒論

陰極射線示波器通常簡稱為示波器 (oscilloscope 或 scope)，可能是容易購置且功能最多的電氣測量用途的儀表，可用示波器觀測的一些電氣參數為交流或直流電壓，間接測量交流或直流電流、時間、

相位關係、頻率、寬廣範圍波形之評估；諸如上升時間、下降時間（fall time）、振鈴（ringing）及過越量（overshoot）。很多非電性物理量，諸如壓力、應變（strain）、溫度及加速度可利用轉換器（transducer）先將物理參數轉換成等效電壓再予以測量。示波器之效用實際上僅由使用者的能力與智慧所限制。示波器由下列的主要子系統所組成：

- 陰極射線管（CRT）
- 垂直放大器
- 水平放大器
- 掃描產生器
- 觸發電路
- 相關的電源

此儀表的核心是陰極射線管。其餘的子系統為信號處理所需，使得輸入信號可在 CRT 螢幕上顯示出來，因為示波器作為測量用儀表的重要性以及此儀表的應用範圍非常寬廣，所以本章的其餘部份將詳述此儀表之每一主要子系統並討論幾個應用。

9-4 陰極射線管

用於示波器中的陰極射線管很像電視機中的影像管。CRT 的截面圖如圖 9-1 所示，它顯示其主要的元件。一般用途之 CRT 的主要元件為：

- 抽真空的玻璃封套
- 電子槍組合
- 偏向板組合
- 磷塗層螢幕

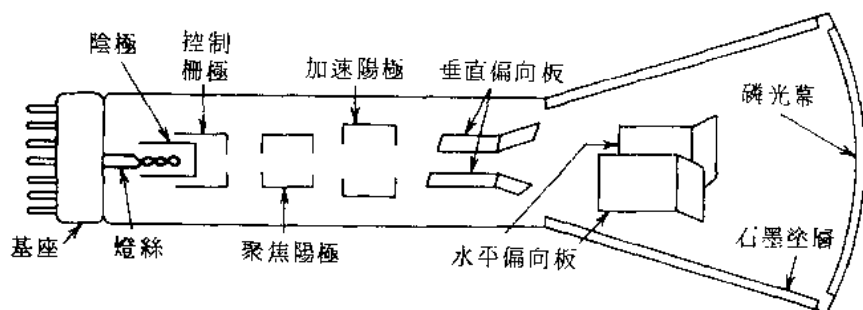


圖 9-1 標示主要元件之陰極射線管。

玻璃封套被抽到相當高的真空以允許電子束容易地在管內行進。陰極射線管的尺寸很多，其範圍約自直徑 1 英寸至 25 英寸或更大的螢幕。大多數實驗室級之示波器所使用的 CRT 之直徑約 5 英寸的圓形螢幕。除高壓連接外，所有的電氣連接均經接至 CRT 的管座。

電子槍組合由間接加熱之陰極及所需之加熱器、一控制柵極、聚焦陽極及加速陽極。電子槍組合的目的是提供電子來源、收斂及聚焦成清晰的電子束，此電子束被加速至螢光幕。組成電子束的電子藉著熱離子放射 (thermionic emission) 自熱陰極射出。陰極被負電位的圓筒帽所包圍。此圓筒帽在位於 CRT 縱軸上有一小孔，因為控制柵極為負電位，所以電子被圓筒壁所排斥，因此電子束由小孔流進聚焦及加速陽極的電場。加速電場的強度由下式所示

$$E = \frac{V_2}{d} \quad (9-1)$$

式中

E = 電場強度

V_2 = 加速陽極之電壓亦稱為第二陽極之電壓

d = 陰極與第二陽極間的距離，以米表示

當電子進入電場時，假設電場具有均勻的強度，此時有一力作用於電子，將使電子沿著管軸方向加速，力的大小將依電場強度的大小及電子所具電荷之大小而定，此三個參數的關係式為

$$F = EQ \quad (9-2)$$

式中

F = 作用於電子之力的大小，以牛頓（Newton，N）為測量單位

E = 電場強度，以 V/m 為單位

Q = 電子之電荷， 1.6×10^{-19} 庫倫（coulomb）

依照牛頓運動的第二定律，只要電子在陰極與第二陽極間的範圍內，電子將繼續的被加速，牛頓第二定律陳述如下

$$F = ma \quad (9-3)$$

式中

F = 作用於電子之力，以牛頓為單位

m = 受加速分子之質量，以仟克（kg）為單位

a = 加速度之大小，以 m/s^2 為單位

令兩作用力相等，可得電氣與機械參數之關係式為

$$ma = EQ \quad (9-4)$$

求 a 可得

$$a = \frac{EQ}{m} \quad (9-5)$$

由 9-5 式可知，電子在電場中之加速度將與陰極及加速陽極間之電場的大小成正比，9-1 式之電場是以 CRT 之尺寸及加速陽極之電壓表示，當 9-1 式代入 9-5 式時，其結果為

$$a = \frac{V_2 Q}{dm} \quad (9-6)$$

依 9-6 式可知，只要調整加速陽極電壓 V_2 就可由 CRT 外面控制電子