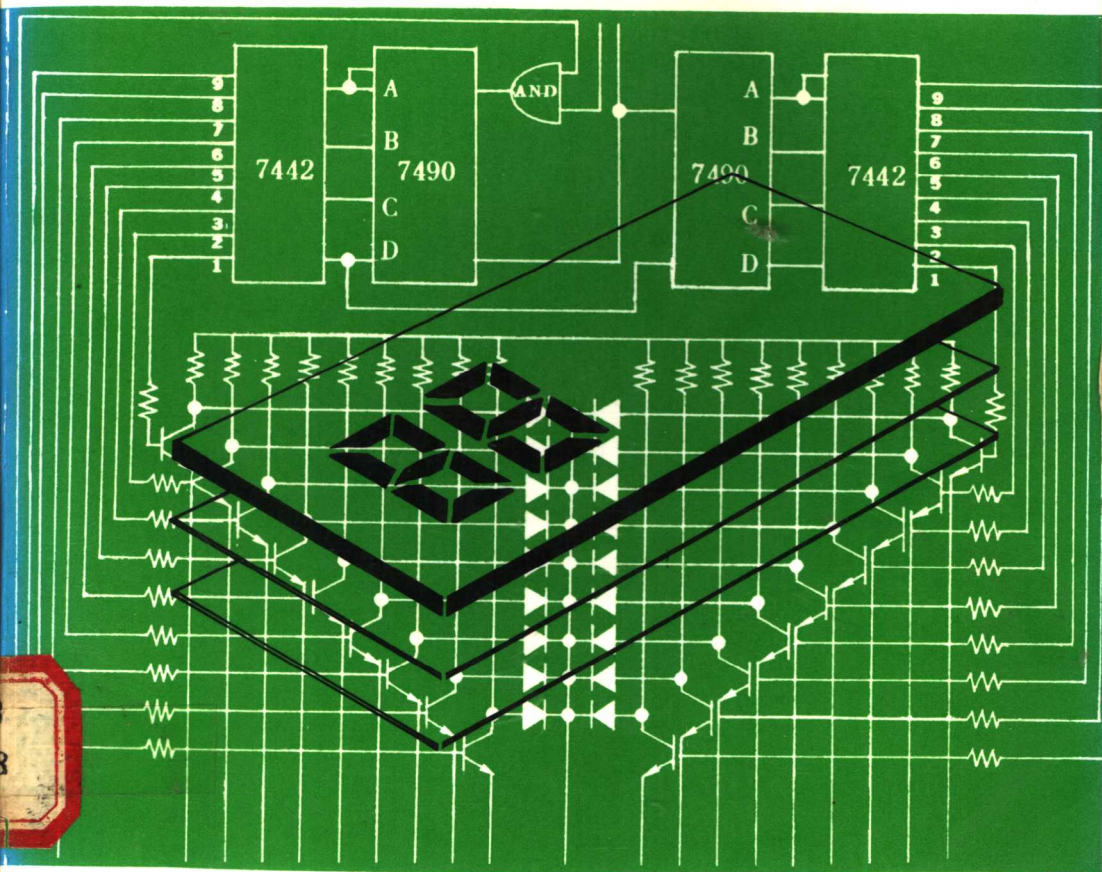


數位電子儀表

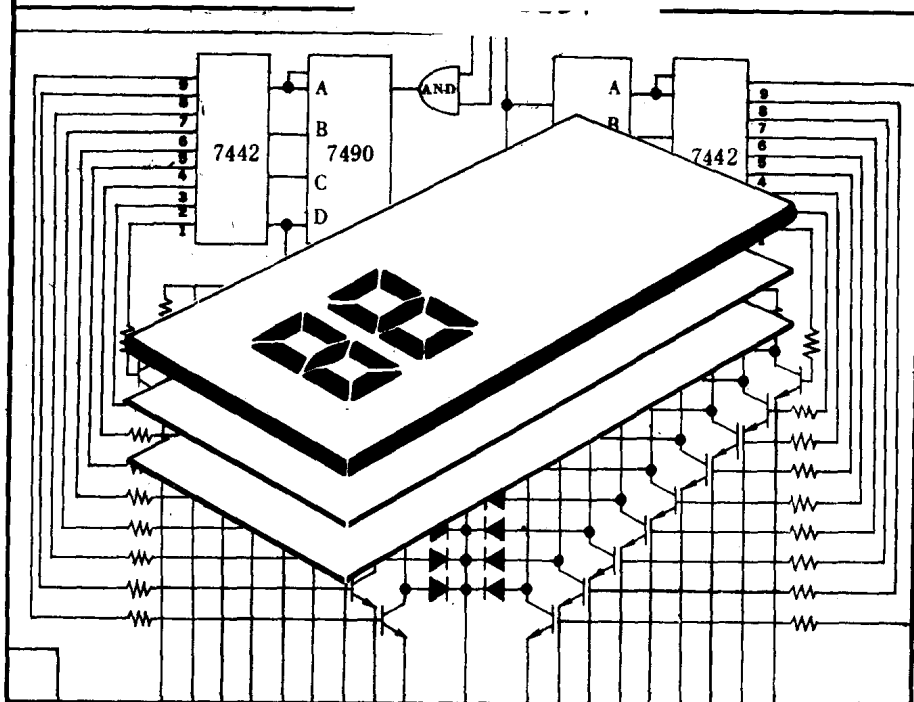
陳錫棋 編著



全華科技圖書公司印行

數位電子儀表

陳錫棋 編著



全華科技圖書公司印行



全華圖書

法律顧問：陳培豪律師

數位電子儀表

陳錫棋 編著

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地址 / 台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話 / 5 8 1 1 3 0 0 (總機)

郵撥帳號 / 0 1 0 0 8 3 6 - 1 號

發行人 陳 本 源

印刷者 華 一 彩 色 印 刷 廠

門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)

地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓

電話 / 3 6 1 2 5 3 2 • 3 6 1 2 5 3 4

定 價 新臺幣 140 元

十版 / 76年 9 月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0110224

序

今日電子科學發展之迅速，與日常生活關係之密切，乃是有目共睹的事實。尤其在半導體技術研究成功之後，數位系統更是電子科學發展最快之一支。其中如電子計算機，已變成近代科技發展上一個最重要的角色；而精密的數位儀器，也成為近代工業界不可或缺的工具了。

因作者工作上之需要和興趣之所在，曾想找些有關數位儀器之參考書籍來研讀，可是找遍坊間之中外書籍，却發現此類書籍居然寥寥無幾，而且大都語焉不詳。再回顧各大專院校之現有課程，關於數位儀器者，仍付之闕如。究其原因，還是適當之教科書和參考書過於缺乏之故。鑑於以上的原因，再加上作者有幸，得以從國內外之最新書籍和雜誌上收集到部份資料，並參考各廠家之實際電路，且加上長時間之整理。乃不揣才疏學淺，發憤寫成此書，用以拋磚引玉，希望國內能有更多的數位儀器參考書籍出版，以嘉惠諸大專學子及電子科技界之工作同仁。

本書之內容分為三個部份，其編排則採用循序漸進方式。先由緒論描述類比系統和數位系統之差異，進而導出數位儀器系統之構造。再由第Ⅰ部份基礎理論之三章：第一章數位電路，第二章類比電路和第三章顯示器，逐步介紹數位儀表所要用到的各種元件和電路。第一章介紹基本的閘邏輯、正反器、電栓和計數器電路。第二章介紹差動放大器和運算放大器。第三章則介紹各種顯示器元件，此章之資料在一般書籍中較少見，具有參考價值。對於數位電路，類比電路和顯示器已有基礎之讀者，第Ⅰ部份之三章可予省略。第Ⅱ部份原理及構造為本書之主體，先有第四章A-D轉

換器述及六種轉換器之原理及構造，這是數位儀器系統中最主要的部份。然後由第五章輸出電路述及各種有關輸出之電路，其中包含電栓、解碼器及各種控制電路。再有第六章基本數位電壓表綜合A-D轉換器、計數器和輸出電路等功能方塊，組成基本數位電壓表，其內容主要是敘述四種A-D轉換法之控制邏輯。第七章各種量度之前置調整電路則包含直流、交流之電壓和電流、電阻、電容、電感和溫度、光度之量度。到此為止大致上可以說是數位多用表之電路，至於頻率計，則在第八章頻率計中詳細討論到，其中包含頻率和時間量度之原理及構造。第九章輔助電路論及數位電子儀表裏使用到而未曾詳細討論之電路。第十章數位儀器之展望則述及數位儀器發展之趨勢及未來可能之應用。第Ⅲ部份實例說明分爲兩章，第十一章數位電壓表之實例以Data Precision Model 134數位電壓表爲例，加以分析說明。第十二章頻率計之實例以Data Precision Model 5740頻率計爲例，也加以分析說明。此二章必須配合整體電路圖，並參照說明來分析。

本書之目的在提供電子工業界同仁有關數位電子儀表之參考資料，同時也提供大專電子科系同學數位電子儀表學之教科書或參考書。若讀者在閱讀本書之前，已具有數位電路和類比電路之基礎，則將有助於對本書之了解。

陳 錫 棋 謹 識

目 錄

第 I 部份 基礎理論

緒 論

§ 0-1	概說.....	1
§ 0-2	量度.....	2
§ 0-3	量度工具.....	2
§ 0-4	數位儀器之定義.....	3
§ 0-5	數位儀器之構造.....	3
§ 0-6	結論.....	4

第一章 數位電路

§ 1-1	概說.....	5
§ 1-2	閘邏輯.....	6
§ 1-3	正反器.....	11
§ 1-4	解碼器.....	19
§ 1-5	計數器.....	23

第二章 線性電路

§ 2-1	概說.....	37
§ 2-2	差動放大器.....	38
§ 2-3	運算放大器.....	40
§ 2-4	運算放大器之規格.....	43
§ 2-5	運算放大器之應用.....	46

第三章 顯示器

§ 3-1	概說.....	53
§ 3-2	充氣放電管.....	54
§ 3-3	螢光管.....	58
§ 3-4	光發射二極體.....	59
§ 3-5	液晶顯示器.....	63
§ 3-6	顯示器之綜合比較.....	67

第II部份 原理及構造

第四章 A-D轉換器

§ 4-1	概說.....	69
§ 4-2	類比到頻率法.....	70
§ 4-3	單斜波法.....	72
§ 4-4	雙斜波法.....	75
§ 4-5	梯形波近似法.....	78
§ 4-6	連續計數法.....	80
§ 4-7	電荷平衡法.....	84
§ 4-8	A - D轉換器之綜合比較.....	88

第五章 輸出電路

§ 5-1	概說.....	91
§ 5-2	電栓電路.....	92
§ 5-3	解碼電路.....	93
§ 5-4	掃描式輸出電路.....	95
§ 5-5	高度控制電路.....	97
§ 5-6	前置零抑制電路.....	99

§ 5-7	過荷指示電路.....	101
§ 5-8	結論.....	105

第六章 基本數位電壓表

§ 6-1	概說.....	107
§ 6-2	基本數位電壓表之構造.....	108
§ 6-3	類比到頻率法之控制邏輯.....	109
§ 6-4	單斜波法之控制邏輯.....	111
§ 6-5	雙斜波法之控制邏輯.....	115
§ 6-6	電荷平衡法之控制邏輯.....	119
§ 6-7	量度速率.....	123
§ 6-8	積體化之數位電壓表.....	123
§ 6-9	大型積體電路基本數位電壓表之實例.....	124

第七章 各種量度之前置調整電路

§ 7-1	概說.....	129
§ 7-2	直流電壓量度.....	130
§ 7-3	直流電流量度.....	131
§ 7-4	交流電壓量度.....	133
§ 7-5	交流電流量度.....	135
§ 7-6	電阻量度.....	135
§ 7-7	電容量度.....	138
§ 7-8	電感量度.....	141
§ 7-9	溫度量度.....	142
§ 7-10	光度量度.....	144

第八章 頻率計

§ 8-1	概說.....	147
-------	---------	-----

§ 8-2	前置調整電路·····	148
§ 8-3	波形整修電路·····	149
§ 8-4	控制邏輯·····	152
§ 8-5	前置分頻器·····	155
§ 8-6	量度頻率之限制·····	157
§ 8-7	時間之量度·····	160
§ 8-8	大型積體化之頻率計·····	164

第九章 輔助電路

§ 9-1	概說·····	169
§ 9-2	RC延遲電路·····	169
§ 9-3	晶體控制振盪器·····	171
§ 9-4	防跳電路·····	174
§ 9-5	開機消除電路·····	176
§ 9-6	電源交流信號之脈波化電路·····	178
§ 9-7	探針頻率補償電路·····	178

第十章 數位儀器之展望

§ 10-1	概說·····	183
§ 10-2	數位儀器發展之趨勢·····	184
§ 10-3	數位儀器未來之應用·····	187
§ 10-4	結論·····	189

第III部份 實例說明

第二章 數位電壓表之實例

§ 11-1	概說·····	191
§ 11-2	整體方塊圖·····	192

§ 11-3	控制和調整	193
§ 11-4	電路圖	195
§ 11-5	轉入信號調整電路	195
§ 11-6	緩衝級 / 放大器	195
§ 11-7	電壓絕對值到電流轉換	197
§ 11-8	電流到頻率轉換器	198
§ 11-9	控制邏輯	199
§ 11-10	電源供應	201

第三章 頻率計之實例

§ 12-1	概說	203
§ 12-2	簡化方塊圖	204
§ 12-3	閘門的控制	207
§ 12-4	計數器——電栓——顯示器的控制	209
§ 12-5	輸入信號調整電路	210
§ 12-6	時基產生器	212
§ 12-7	可設定分頻器	212
§ 12-8	計數器之閘調制	213
§ 12-9	週期交替控制	215
§ 12-10	計數器——電栓——過荷電路	218
§ 12-11	顯示器	219
§ 12-12	BCD 選擇	220

第 I 部份 基礎理論

緒 論

§ 0-1 概說

我們所生存的世界是一個類比的世界，是一個連續變化的世界。就拿平常眼睛所看到的、耳朵所聽到的來說：夕陽之西沉，是一種緩慢而連續之動作，而不是一段一段的“跳”下山去的。光陰之飛逝，其實是不知不覺中連續的溜過去的。凡此種種，我們所能經驗到的事物，都是以類比形式表現出來。

類比形式固然是我們經常接觸到的，可是類比形式的資料或訊息，却又不容易辨讀和處理，同時對於資料和訊息之傳遞，也是極為不便。因此基於某些需要，我們經常將連續的類比資料和訊息，經由量子化的處理，轉變成不連續的數位形式，使我們能更方便和正確的加以應用。當然，純粹的類比系統，其精確度不容否認是比數位系統來得高，可是事實上又有幾種是“純粹”的類比系統呢？

§ 0-2 量度

假設有一條線，正好可以圍成一個直徑為 1 公尺之圓形，我們想拿一把尺來量它的長度。如果這把尺上只有 1 公尺、2 公尺、3 公尺、……等的刻度，則我們所能量到的長度 L ，只知道是比 3 公尺長，比 4 公尺短。如果這把尺上的刻度更精密一點，具有 0.1 公尺的刻度，則我們量到的長度 L ，就知道比 3.1 公尺長，比 3.2 公尺短。如果這把尺上的刻度又更精密，具有 0.01 公尺的刻度，則我們量到的長度 L ，將會知道是比 3.14 公尺長，比 3.15 公尺短。依此類推，當尺的刻度愈精密，則量度所得到的有效數字就更多位了。假設我們拿一把精密到 0.01 公尺的尺為量度工具，且規定取用與實際長度 L 最接近，而比 L 值小的量度值為其長度，則此時量度所得到的 L 值必為 3.14 公尺。雖然 3.14 公尺與實際長度的 3.14159……公尺還是有所差異，不過如果容許誤差為小於 0.01 公尺的情況之下，我們拿 3.14 公尺來代表實際長度 L ，是否更方便和簡潔呢？

§ 0-3 量度工具

在前面提到過，純粹的類比系統將比數位系統更為精確。撇開存在與否不談，就實際應用來看，由於辨讀的困難，亦就是目視的誤差，將會使類比系統之精確度，實際上限制於某一個範圍之內。譬如指針式的類比三用表，憑著估計，最多只能有三個位數是精確的，第四個位數恐怕連猜都無法猜了。由於數位量度工具避免了外在辨讀的困難，故其精確度可以全由量度工具本身的精確度來決定，從理論上來說，其精確度是可以無限制增加的。雖然數位量度工具的構造較為複雜，價格較為昂貴，但是由於具有高精確度的優點，所以一般以精確度為要求重點的量度工具裏，數位量度工具佔了相當的地位。

§ 0-4 數位儀器之定義

數位儀器之定義極為廣泛，舉凡以數位形式來顯示量度結果的儀器，都可以稱為數位儀器。不過在本書中着重於電子學上基本的量度，如電壓、電流、電阻、電感、電容、頻率和週期等的量度。雖然在第七章中將會介紹其他物理量的量度，如溫度和光度的量度；但是並非所有的物理量都能很方便的以簡單的數位儀器來直接量度，因為數位儀器的讀值顯示一定是線性關係的，而並非各種物理量檢測之換能器的電能輸出都是線性的。所以如何將欲測之物理量轉換成時間、頻率，甚至電壓、電流等的線性關係，就是數位儀器構造的最主要的問題。

由於數位電壓表（或數位多用表）和頻率計是數位電子儀器裏面用途最廣，同時也是最基本的儀器，所以本書在第三章以後的各章中，針對數位電壓表和頻率計這兩種儀器的工作原理和電路構造加以探討和分析。此外在第十一章和第十二章是以實際的電路加以詳細的說明和討論。

§ 0-5 數位儀器之構造

數位儀器的構造，通常具有三個主要之部份：一個是類比到數位轉換器，簡稱A-D轉換器，一個是計數器，另外一個則是輸出電路。

A-D轉換器之功能為將欲量度之類比信號轉變為脈波形態之數位信號，計數器之功能則為將A-D轉換器輸出之脈波信號加以計算，就是在一個計數週期的時間內計算脈波之個數，輸出電路之功能為將計數器計數之結果以數位方式，經由顯示器顯示出來。

如圖0-1，圖0-2所示，此兩張圖所表示的分別是輸入為脈波形態和非脈波形態信號之量度方法。前者主要是頻率和週期的量度，後者乃是其他電壓、電流或是電阻等的量度。當然，另外還有其他的量度方法，只用到特殊的A-D轉換器，就能將類比信號轉變為直接可以送到顯示器之數位信號，這種量度方法看似不用計數器，其實計數器已經直接放置於A-

4 數位電子儀表

D 轉換器之內了。這種量度方法請參閱圖 0-3 所示之構造方塊圖。



圖 0-1 脈波輸入之量度法

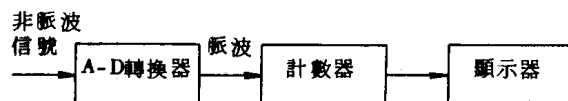


圖 0-2 非脈波輸入之量度法

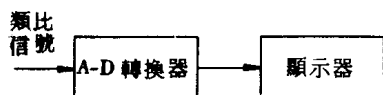
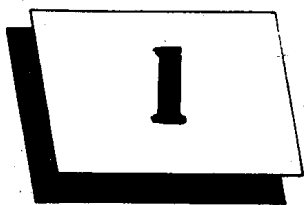


圖 0-3 使用特殊 A-D 轉換器之量度法

§ 0-6 結論

近年來由於電子科學之發達，元件和理論之創新，使得數位電子儀器之發展一日千里，不僅應用日廣，而且價格日廉。可以斷言的是，今後之電子量度儀器，必將是數位式儀器的天下，所以電子技術人員對於數位電子儀器工作原理之研究和探討，乃是時勢之所趨。

在此，我們僅僅闡述類比和數位之量度在觀念上之不同，以及簡單的數位儀器構造，至於詳細之工作原理和電路構造，則留待以後正文中逐步介紹。



數位電路

§1-1 概說

本書所討論的範圍是屬於數位儀器系統，構成這個系統的電路可分為兩類：一類是數位電路，另外一類是線性電路。不過，其中數位電路佔了相當大的比率。在這一章中，準備先談到數位電路之基本元件和電路，作為以後各章的預備知識。

首先我們來說明數位電路的定義：數位電路和一般的電路不同，其輸入和輸出的狀態並非連續性的，而僅分為高電壓的“1”態和低電壓的“0”態，所有電路的功能都由簡單的“1”態和“0”態來表示，所以數位電路並無放大率這類的特性，僅僅只要電路輸出和輸入間的狀態關係。因為數位電路的“1”態和“0”態相當於邏輯語言裏的“是”和“否”，所以數位電路的功能可以用邏輯關係來表示，因此數位電路也可以稱為邏輯電路。

由於數位電路具有以上所述之特性，所以對某一種功能之單位，可以僅用符號來表示，而不須對其內部的構造加以深究。事實上，功能相同的數位電路，儘管其基本構造不同，可是對於整個系統而言，這些電路並無

6 數位電子儀表

不同之處。當然除了功能而外，其他的特性，如消耗功率、轉換速率、延遲時間等，可能是大不相同的。

§ 1-2 閘邏輯

數位電路裏面，也可以分成兩種性質不同的電路：非時序電路（Non-sequential Circuit）和時序電路（Sequential Circuit）兩種。由閘邏輯所組成的電路，就是所謂的非時序電路，因為在電路裏不需要有時脈（Clock）信號來作時間的基準，使各元件在不同的時間工作。非時序電路裏各元件的動作都是同時的，所以閘邏輯通常是比較簡單易解。現在茲逐步介紹如下。

§ 1-2-1 閘邏輯之種類

單純之閘邏輯有五種，包括“非”NOT閘，“或”OR閘，“與”AND閘，“非或”NOR閘，和“非與”NAND閘等。

- (一) NOT 閘：其符號和真值表如圖 1-1 所示。其功能為當輸入為“0”態時，其輸出為“1”態；當輸入為“1”態時，其輸出為“0”態，也就是說輸出之狀態正好為輸入之相反狀態。

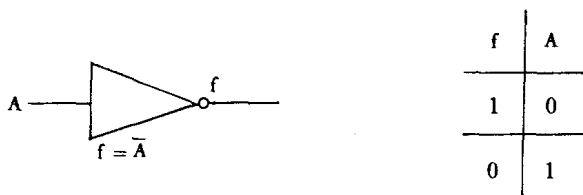
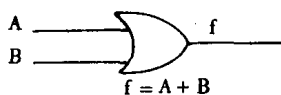


圖 1-1 “非” NOT 閘

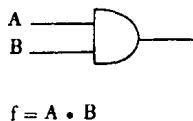
- (二) OR 閘：其符號和真值表如圖 1-2 所示。其功能為當有任何一個輸入為“1”態時，其輸出才為“1”態，否則輸出為“0”態。
- (三) AND 閘：其符號和真值表如圖 1-3 所示。其功能為當所有的輸

入皆為“1”態時，其輸出才為“1”態，否則輸出為“0”態。



f	A	B
0	0	0
1	0	1
1	1	1
1	1	0

圖 1-2 “或” OR 閘

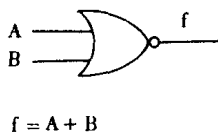


f	A	B
0	0	0
0	0	1
1	1	1
0	1	0

圖 1-3 “與” AND 閘

(四) NOR 閘：其符號和真值表如圖 1-4 所示。其功能為當有任何一個輸入為“1”態時，其輸出才為“0”態，否則輸出為“1”態。

(五) NAND 閘：其符號和真值表如圖 1-5 所示。其功能為當有任何



f	A	B
1	0	0
0	0	1
0	1	1
0	1	0

圖 1-4 “非或” NOR 閘