

99 种简易自制测试仪器

理论及实作

译者 陈方 陈正

徐氏基金会

科學圖書大庫

99種簡易自製測試儀器 理論及實作

譯者 陳方 陳正

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 陳俊興

科學圖書大庫

中華民國七十一年四月廿七日初版

99種簡易自製測試儀器理論及實作

—基本定價3.60

譯者 陳方 「增你智」工程師

陳正 國立交通大學控制工程學士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大原彩色印製有限公司 台北市武成街三五巷九號

電話 9221763
9271575
9271576

電話 3070998

譯 序

未來的世界將是“電子”的天下，這是不可否認的事實。因此無論是專業人員或業餘的愛好者都與日俱增。過去從事這行業的人，一部三用表就可以走遍天下。隨著時代的進步，三用表的天下已經過去了，代之而起的是更精確、更實用的各種數位儀表。但是一般市售的儀表，價格都非常昂貴，非一般人所能負擔。本書主要的目的就是提供讀者自製各種儀表的方法，並兼顧實用與廉價。

全書共分十三章。第一章解釋如何使用各種測試儀器，並告訴讀者如何找尋故障。其餘各章則說明各種儀表製作的方法及其校正的手續。

本書注重實做與經驗的傳授。舉凡 P C 板的製作，機殼的安裝及規劃，零件的選擇皆有詳細的說明。但對於相關原理的闡述，亦力求詳盡，俾理論與實際能相互配合。

本書適合一般學生當做習作的參考材料。另一方面本書所選的線路，都各具特色，可提供一般研究人員及業餘工作者做為線路設計的參考。

本書在編排方面，採圖文並重的方式，儘量保存原書的優點。翻譯文字方面，在不違背原書內容原則之下，力求通俗易懂。惟筆者才疏學淺、匆促之間未必盡如理想，謬誤之處尚祈不吝指正。

目 錄

譯 序

第一章 如何自製及使用測試儀器

- 一、以專業的眼光來看這些自製儀器.....1
- 二、簡易變溫烙鐵架.....9
- 三、沒有導線的烙鐵..... 11
- 四、實用的烙鐵座..... 13
- 五、第三隻手..... 15
- 六、如何成爲一個傑出的修護人員..... 15

第二章 價廉物美的簡易測試器

- 一、一套改裝的測試儀器..... 26
- 二、世界上最小的通路測試器..... 33
- 三、光電池指示器..... 34
- 四、廉價的改裝信號追蹤器（音頻放大器）..... 37
- 五、測試儀器的救星（test instrument saver）..... 39
- 六、紫羅蘭及盆栽植物濕度測試器..... 39
- 七、萬能測試器..... 41

第三章 電壓表與電流表

- 一、製作一個簡易高靈敏度的毫伏電壓表..... 44
- 二、電池電壓指示器..... 47

三、簡易電流計.....	47
四、安裝在汽車中的電流表.....	48
五、利用匯流排的並聯電流表.....	56
六、利用簡易的橋式電路測量電表電阻.....	57

第四章 電容器測試表

一、簡易電容器測試表.....	60
二、數位電容測試器.....	63
三、精確的小電容測試表.....	75
四、簡易的數位電容測試器.....	81
五、電橋式電容測試器.....	86
六、聲音電容比較器.....	88
七、計算機式電容測試表.....	89
八、一個舊式電容測試器的再生.....	94

第五章 電阻及阻抗測試器

一、橋式變壓器阻抗測試器.....	97
二、矩陣式電阻電容代換盒.....	101
三、絕緣測量器.....	105

第六章 固態元件測試器

一、簡易二極體測試器.....	107
二、稽納二極體掃描測試器.....	110
三、電晶體測試器.....	118
四、I C 測試器.....	121
五、如何找出不正常的計算機記憶元件.....	136
六、T T L 及 C M O S 實驗者必備的.....	139

第七章 數字電壓表

一、簡易 D V M.....	144
-----------------	-----

二、3 1/2數位DVM.....	150
三、一部以LCD顯示的DVM.....	154
四、自動換檔的DVM.....	162

第八章 校正儀與頻率標準器

一、廉價的HF·VHF頻率標準器.....	170
二、通頻帶頻率指標器 (All band frequency marker)	172
三、一部合成的IC頻率校正儀 (a synthesized IC frequency standard)	175
四、FS·200校正儀界面器.....	184
五、超級頻率標準器—低至1Hz.....	186
六、簡易頻率標準器.....	190
七、簡易電視機15.75KHz振盪器測試器.....	193

第九章 信號產生器

一、自製一個信號產生器.....	195
二、萬能頻率產生器.....	199
三、檢查接收機的頻率產生器.....	205
四、改裝IG·102音頻信號產生器.....	208
五、超低頻信號產生器.....	214
六、FM信號產生器.....	220
七、慢速掃描電視 (SSTV) 測試圖信號產生器.....	223
八、水平掃描同步脈波產生器.....	231
九、數位信號產生器.....	233
十、為SSTV及RTTY設計的音頻合成信號產生器.....	237
十一、標準波形產生器.....	242

第十章 頻率計數器

一、如何選擇頻率計數器.....	247
二、一個有趣的計頻器製作.....	255

三、50 美元計頻器套件.....	263
四、計算式計頻器.....	270
五、價廉且高頻率的計頻器製作— 50 MHz	287
六、300MHz 頻率標準器	303
七、音頻計頻表	305
八、快速的音頻計頻器	307

第十一章 示波器

一、汽車引擎分析器	311
二、示波器的校準器 (oscilloscope calibrator)	314
三、可產生八條掃描線的示波器轉接器 (scope adaptor)	318
四、萬能邏輯探針	323
五、聲音指示的邏輯探針	324

第十二章 射頻測試儀器

一、側音監聽器	329
二、設計一個 Q R P 模擬負載	332
三、自製鐵罐模擬負載	335
四、駐波比測試電橋	337
五、超高頻 (U H F) 駐波比指示器	341
六、簡易的 V H F 監聽器	346
七、V H F 雜音探測器	348
八、射頻調變監測器	349

第十三章 用於工作檯或實驗試的電源供應器

一、實用的廉價電源供應器	350
二、可調的工作檯電源供應器	353
三、簡單便宜輸出大電流的可變直流電源供應器	356
四、多用途電源供應器	358
五、精確直流電壓參考器	367

六、實用的交流電源配電盒.....	370
七、便宜的模擬負載—測試電源供應器.....	371
八、晶體電源負載測試器.....	373

索 引

第一章 如何自製及使用測試儀器

一、以專業的眼光來看這些自製儀器

你是否曾經製作了一些電子成品却又因爲它的外觀難看而感到失望呢？你是否曾經醉心於某些電子雜誌精彩的內容却感覺不知如何下手去做？你是否有興趣花一點時間學習如何使你的製作美觀、容易製作與操作且效果更理想呢？過分強調電路理論而忽略了實體結構，是一般電子從業者最大的通病。如果你經常閱讀一些製作指南的書刊，就不難發現上述的缺點。通常會看到以較多的篇幅介紹“它如何工作”的理論。僅有很少的章節介紹類似“將綠線接到C點”的製作方法，或“如何使用”、“如何校正”等的過程及詳細結構。如此一來製作出的成品千變萬化，對有經驗的人可以任意發揮，沒有經驗的人却成了一種絆腳石。本書提供的每一種製作都是從基本電子裝配開始到製成完美成品爲止，提供一套完整的方法。

讀者可以設計一個測試檯，完全使用自製的測試儀器。其中每一種測試儀器都可以用一般的工具及技術完成。一些大型及昂貴的測試儀器，如示波器（oscilloscope）與頻譜合成儀（frequency synthesizer）等，其製作已經超過許多人的能力範圍，但是某些製品仍然可以在家中完成。

工欲善其事，必先利其器，適當的工具是製作電子成品最重要的部分。可以省去你許多的精力與時間，下列是一些必備的工具。

- (1) 尖嘴鉗（needle nose pliers）。
- (2) 刀刃 $\frac{1}{2}$ 英寸的斜口鉗（ $\frac{1}{2}$ " blade diagonal cutters）。
- (3) 可調整口徑的剝線鉗（adjustable wire strippers）。

- (4) 焊接 I C 用的 25 W 烙鐵 (soldering iron) 。
- (5) 焊接導線用的 100W 焊槍或烙鐵 (solder gun or iron) 。
- (6) 1 磅裝的 60/40 松香夾心錫 (60/40 rosin core solder) 。
- (7) 螺絲起子組 (screwdriver set) 。
- (8) 螺帽起子組 (尤其是 $\frac{1}{4}$ 英寸者) (nutdriver set) 。
- (9) 強力的摺合小刀 (用來刮去鑽孔之毛邊) (heavy duty jackknife) 。
- (10) $\frac{1}{4}$ 英寸的手鑽或鑽床 ($\frac{1}{4}$ " hand drill or drill press) 。
- (11) 鑽頭組 (set of drill bits) 。
- (12) 12 英寸長的角尺或直尺 (square / ruler) 。

所有的工具都必須使用起來方便而且刀口銳利。購買工具必須選擇品質優良的工具。經久耐用的工具可以彌補你多付出的成本。爲了某些需要，上述的工具中必須增加一些（如基板打孔機等），但是無論如何前述的 12 種工具是必備的。

其次我們準備進一步探討裝配的程序 (construction process)。爲了強調裝備程序，我們將製作一部 5 V，1 A 的電源供應器。任何一種用到數位積體 I C (digit. I C) 的實驗，5 V 的電源供應器是不能缺少的。

計劃階段

著手製作一項電子儀器最合理的步驟是先找出一種最佳的製作方法。當你希望製作某種儀器時，首先你應該儘可能找到它的線路圖及一些製作的步驟。對於一個生手而言，最好先由套件 (kit) 練習製作，然後再參閱書籍或線路，自己設計製作。如果先由套件開始練習，比較容易發生興趣，而且會感覺電子這門學問並不如想像中那麼困難。

首先研究你找到的線路圖，以確定它是否正確，能不能正常工作，再回答下列問題：

- (1) 我將以何種方法裝配這個電子設備？
- (2) 我是否準備將所有的零件安裝在一個機殼 (cabinet) 內？

(3) 是否有某些部分需要特別注意，例如：高增益放大部分？

(4) 機械結構是否有需要特別注意的地方，例如：屏蔽 (*shielding*) ？

(5) 我是否能取得所有的零件？

如果你是參考雜誌或書中的製作，由模仿作者的成品將很容易地回答前 4 個問題。第 5 個問題將由你自己回答。如果你無法取得所有的零件，或是成本超出了你的經濟能力，就必須放棄這個計劃，等將來有能力時再做。如果你僅有線路圖可供參考，那麼必須自己設法回答及解決這些問題。經驗將是這項工作的最佳老師，線路圖在製作方法上也能提供某些助益。表 1-1 所列的是一些容易發生的問題及其解決的方法。

表 1-1 困難及解決方法

問題部分	解決方法
高增益放大或調諧放大	1. 須另加屏蔽
	2. 輸入級與輸出級須隔開 (<i>well separated</i>)
A F 或 R F 振盪	3. 電源部分須遠離或加以屏蔽
	1. 須有良好的屏蔽及將電源線旁路 (<i>bypassing</i>)
數位 IC 元件	2. 電容或線圈須焊接堅實穩固
	1. 所有電源線須儘量縮短長度並附加旁路電容
V H F 或 U H F 電路	1. 所有接線須儘量縮短長度
電源或其附屬電路	1. 所有功率元件須有良好的散熱裝置
	2. 採用較粗的導線，可減少功率的耗損。

表 1-1 中所列舉的僅是一些例子並未包括所有的問題，故仍須注意其它的事情。預先留出空間以便安裝金屬屏蔽 (*metal shielding*)

、旁路電容及散熱裝置。高增益放大器（包括 i-f 放大器）須仔細安排各種零件的位置，使輸入級與輸出級能夠分開，如有必要尚須留出散熱設備的位置。同樣地，在邏輯電路與 VHF—UHF 電路中要注意佈線（lead dress）的情形。良好而且正確的接地也是非常重要。上述的各項都將直接或間接地影響到你準備製作的儀器，要牢記在心。

收集零件

當你已經通盤瞭解自己的計劃以後，可以開始設法收集這些零件。零件的來源雖然很多，但是應該先由自己的零件箱中開始找起。如果手邊沒有這些零件怎麼辦呢？可以從收集老舊的收音機、電視機以及其它的電子設備開始，並取下它們的零件。各種的五金器材，如：螺帽、螺釘也是不可少的材料。準備一個零件箱，儲存拆下來的舊料，將有助於解決計劃中許多必需的材料。如果手邊有充分的零件可供使用，就可以開始工作，例如：一部電源供應器。但是這種情形並不多見，因為你可能必須向附近的零件商購買 IC 或其它的半導體零件及各種器材，所以不妨結識一些這種朋友。另外一條路子就是在許多電子雜誌中，載有郵寄出讓舊零件的目錄。如果你不曾嘗試這種交易，可能就失去了某些購買物美價廉貨品的機會。購買零件時，必須注意某些不合格的元件，這些元件可能產生你意料不到的問題。

當你取得了所有的零件以後，可以先將它們測試一遍。事先測試零件可以節省日後尋找毛病所花的時間，同時又可以找出品質不良的零件。如果你選用優良品質的零件，就可以省去這一步驟。

選擇機殼

當你取得所有的電子零件後，可以選擇一個機殼，將這些組合體裝入其中，或是選擇適當的機座（chassis）。選擇一個合適的機殼須要相當仔細的考慮。機殼必須大小適中，並且有多餘的空間容日後的檢查或修改。不必要求太大的機殼，太大的機殼除昂貴外並顯得笨重。後面幾個步驟可以幫助你選擇理想的機殼或基座。

第一步是先到電料行看看是否有適合的機殼或基座。其次統計必須

安排在機殼內的零件並列成表格。這些元件通常包括電路板，大型電容器及變壓器。電路板的四周與其它的元件須有 1 英寸以上的距離。會發熱的元件如變壓器、功率電阻及功率晶體離其它的元件須有 2 英寸的距離。變壓器一般是固定在機殼內部的後段，但後面板也是安置功率晶體或電阻的理想地點。上述僅是初步的安排，然後再根據初步的構想，就其長、寬、高做最緊密的安排，這樣就可以大致決定機殼的最小尺寸。安排零件時，儘可能將重量平均。其次考慮那些零件裝在前面板，那些零件安排在後面板。如果這些面板上的零件會影響到機殼內的配置，就必須將機殼的尺寸再加大一些。儀表及揚聲器必須佔有較大的空間。另外在裝配無線電接收機時，必須留出一些空間安裝屏蔽裝置。較複雜的機件，可以考慮使用基座。可以將印刷線路板（PCB）固定在基座上，PC 板下方的基座開孔，以便連接導線，如此能減少許多工作。底板也可以當作屏蔽箱（shielding box）使用。若幾個高靈敏度的電路裝在一個機殼內時，就有此必要。頻率合成儀就是一個例子，它有 6 個完全密封的基座盒子，隔離各電路所產生的 VHF 頻率。

尺寸決定了以後，就可以找一個合適的機殼。如果不容易找到剛好的尺寸，選擇稍大一點的也無妨。事實上只要多練習幾次，就能很迅速地決定機殼的尺寸。

組合電路

這項工作可能是最費時的一部分，但此處準備簡化而僅強調其電子零件的組合。

一般大致有三種方法用來組合電子零件，可以使用印刷電路板、穿孔板（perfboard）或者將所有的元件都固定在機殼上。通常是將上述兩種方法合併使用。小型元件如：電容、電阻或電晶體都裝在印刷電路板上，而大型元件如：變壓器、揚聲器則安裝在機殼上。上述那一種方法最理想呢？如何選擇是相當容易的——如果手邊有 PC 板或者你能自製一塊 PC 板，就使用這種方法。某些較複雜的數位線路（IC 超過 10 個以上）及一些特殊電路，如高增益放大器，最好採用 PC 板安裝零件。穿孔板可用於一些簡單而沒有特殊要求的線路。用穿孔板安裝零

件比 P C 板較為麻煩，因為穿孔板必須自己安排零件，自己銲接導線。印刷電路板不必銲接導線、零件的安排也早已決定。用 P C 板製作就和採用套件製作一樣簡單。

另外一種方法是將元件固定在機殼上，用導線互相連接。這種方法最適用於元件較少的電路。也可以採用基座固定。小型元件通常固定在接線條 (terminal strip) 上以防止與基座接觸。讀者將發現大部分的電源供應器都採用這種方法安裝零件。本文討論的電源供應器就是用這種方法。

只要你不心急，一步一步地銲接，即使不用 P C 板，同樣可以得到良好的效果。如果讀者能夠買到製作好的 P C 板，可以跳過下面的步驟，僅須依照圖表安裝零件，再將它們銲接固定。如果採用穿孔板或自己設計 P C 板，下述的方法將有助於你的設計工作。

任何圖表或是線路圖都有助於電路配置的設計。例如：照片或圖表將指引你如何配置元件。電路說明能提供你一些概念，有助於你設計滿足要求的線路。因此在動手之前一定要仔細閱讀所有能得到的資料，並且找出容易造成問題的部分。零件安排不當，往往會造成不良的影響。下列是幾個容易引起問題的例子：

- (1) 由 H X 至 V H F 線路間的接地。
- (2) 電源經過數位或線性 I C 附近的旁路 (bypassing) 特性。
- (3) 元件兩端導線的長度。

一個負責的作者應該將類似上述的問題指出來，並且提出解決的方法。讀者也應特別注意這一部分。如果你發現線路中有許多部分會造成問題，但是又無法找到解決的辦法。此時最好選用現成的 P C 板或者放棄這項製作，以免日後徒增困擾。

如果你僅是參考線路圖製作，後面的幾項步驟提供給你參考。首先選擇一塊可以容納所有零件的 P C 板，然後參閱線路圖。通常可以依照線路圖將零件配置在 P C 板上，這樣可以使一個複雜的線路有脈絡可循，但這必須有一張詳細的線路圖。也可以先將主要元件 (如電晶體，I C 等) 固定在 P C 板上，然後再逐一將與電晶體或 I C 相連接的小型元件固定在其接腳的四周。儘量減短元件兩端引線的長度。隨時注意上

述要注意的事項及容易發生問題的地方。複雜的線路可以一步一步的進行這項工作，簡單的線路不妨一氣呵成。要有足夠的空間容納所有的零件，避免零件的重疊，如：將電阻置於電容的上方。一般使用 I C 腳座 (socket) 安裝 I C，有助於更換零件。一旦各零件的位置安排好後，以導線將相關零件連接在一起。可能的話，儘量使用 18 至 24 號鍍錫銅線作為接地線或電源線。上述的工作完成以後，再檢查一次並將 I C 插入插座。加上電源，看看是否能正常工作。

機殼規劃與處理

其次的工作是將買來的機殼依照自己的想法予以規劃。首先將安裝在前面板 (front panel) 的零件收集起來，估計它們所佔板面的大小。再以各零件、置於前面板上，像玩棋子般不斷地推移直到你感覺最美觀為止。一般而言，安排面板的控制旋鈕以對稱為原則。如果有許多控制旋鈕，可將它們隔開排成一直線。平衡也是一個很重要的原則，以面板中心線為準，兩邊對稱即可達到平衡。

如果情況允許，可將功能相近的旋鈕安排在一起，便於操作及識別。各零件位置決定以後，在面板上做一個記號。機殼的底面及背面也以相同的程序決定零件的位置，並做上記號。如果你對零件的安排根本沒有概念，不妨到電器行參觀一些廠家的成品，或到電器修理店參觀內部零件安排的方法，這將對你有非常大的幫助。

各零件的位置標識妥當以後，就可以開始鑽孔。筆者建議在鑽孔之前，用中心衝於各孔的中心點先衝一個凹穴，以便正式鑽孔時能保持正確的中心位置。孔鑽好之後，再用利刃將孔的毛邊修光。其次在面板開特殊形狀的孔，例如顯示器的方形孔，電表的圓形孔。讀者可在上述特殊孔邊緣的內側，沿邊鑽一串相連的小洞，用力壓即可將中間的金屬片除去。線鋸也可用來開孔，但是容易破壞表面的油漆。用那一種方法開特殊形狀的孔，讀者可依實際狀況自行決定。鑽孔的工作完成以後，將各孔的邊緣修光，再將機殼清洗一番。如果機殼已經油漆過，利用肥皂水及清水沖洗一番即可。若機殼未塗油漆，必須用肥皂水及刷子用力刷洗，然後再將機殼澈底的乾燥。

如果讀者希望自己油漆機殼，可將機殼加熱到 30°C 至 40°C 之間，選取喜愛的油漆顏色，再用噴槍噴漆，油漆務求均勻。一般來說，購買未經油漆的機殼自行噴漆，費用較便宜。機殼噴漆完成以後，置於溫暖且無灰塵的地點過夜乾燥，然後再薄薄噴上一層透明壓克力 (acrylic) 漆，再乾燥數小時即可。壓克力層一方面有保護作用，另一方面有助於下一步的面積標示。

上述的步驟完成以後，可用轉印圖 (decal) 標示機殼。可至較大的電料行購買或利用郵購 (註：中文轉印字或圖不多見，可用細字奇異墨水筆標示)。英文字母組可在製圖用具供應店購得，價錢並不貴。轉印圖或字一般稱為 Letraset 或 Technilables。有些常用的字已經拼好，用起來更方便。

製圖字母組 (drafting alphabet sets) 一般稱為 paratype 及 Zapatone，只有字母，故必須自行組合成字。轉印圖 (字) 用起來非常方便，只要用鈍氣的筆在字的反面磨擦即可將圖或字固定在面板上。如果標示錯誤，欲除去轉印的標示，可貼一層玻璃膠帶 (具黏性) 覆蓋其上，再用上述鈍的筆頭在其上磨擦，再撕去膠帶即可。要注意標示的字母不可被旋鈕 (knob) 遮住。後面板也可用同樣的方法標示。標示完成以後，再噴一層壓克力漆並乾燥之。經過上述的手續，你的機殼會漂亮得像買的一樣。

組 合

此刻你應該很興奮，因為已經到了最重要的階段。將所有的零件組合起來，看看它能不能夠工作。

首先將前機面板上的零件裝好，配上漂亮的旋鈕。如採用 PC 板，可將 PC 板固定在機殼的底部，離底面至少 $\frac{1}{2}$ 英寸。PC 板的四角都要固定，以免重心不穩。依照圖 1-1 所示開始佈線。某些零件可能必須重新拆卸下來銲接導線，因此手邊的螺絲起子不可少。

檢 驗

再檢查一次佈線是否正確，插上電源，測量其輸出，如果正常，則