

科學圖書大庫

# 電子學自修手冊

譯者 魯世功

徐氏基金會出版

# 原 序

在談到電子方面，吾人首要回溯到西元前六百年代，在古希臘美利塔斯地方的哲學家臺利斯（Thales），對其觀察的靜電感到迷惑；尤其對電的吸引更感到懷疑。古代已有電療術：如以電擊減輕風濕症；臺利斯祇注意到電的吸引力，及琥珀與絲織物相摩擦所生的一種氣味，却忽略了，或未曾注意到相斥性，他認為相斥性，係當琥珀與絲織物摩擦後，因冷卻收縮而拉回的某種小的物質。不過這種思想已於兩千多年前被改進。

隨著歷史的演變，不久以前，有許多被認為“煉金術士”的人，到處尋找古代哲學家所謂的“點石成金”那種石頭。事實上，世界上從無點石成金之物質。雖然煉金術士找不到點石成金之物，却習得許多有關自然方面的知識，而由此發展成無機與有機化學之現代科學。

關於點石成金之物，煉金術士可能有某種事實上的依據。幾年前，考古學家在挖掘古代的阿拉伯廢墟中，發現一些小的土質瓶罐之類的容器，且在其瀝青的蓋子中設有已生鏽的鐵釘。看來很像電池，古代阿拉伯可能已有電池之發明。

真正電的科學出現於一七五二年，由貝恩佛蘭克林所創，其所做的較吾人所想者重要的多。其不僅研究電之行爲，且有許多重要的發現。諸如，以“正”與“負”命名電之極性，而為電學奠定一般的基礎。他由觀察雷電之成因，經細心思考，而設計避雷針。有許多人却認為這種舉動違犯上帝與大自然。然而今日的高樓大廈均設有避雷裝置。此外設計許多特殊的電路，其所作的各種解釋，在兩百多年後的今天，仍為吾人所接受。故佛蘭克林可說是世界上第一位有資格的電機工程師。

在一八〇〇年代中，電學有許多重大的發展，如伏特、安培、庫倫

、亨利、法拉、歐姆、高斯、牛頓、吉柏特、馬克威爾，以及許多別種顯著的發明相繼產生。吾人今日仍以他們的大名標明所形成的公式與重要的理論。此後，對於各種混雜的電路組合，及尋求試驗的結果，不再感到迷惑。在接近一九〇〇年代時，當辛普森發現了電子後，電學又進入了一個新的紀元。對於辛普森的發現，史東尼（Johnstome Stoney）命名為電子。而於一九〇九年，米立侃（Millikan）發展一種驚人的試驗，即能測量電子所載運的電荷。

本書有關之工藝似嫌陳舊，俗語說萬丈高從基起。雖然有些資料溯自古代，但亦是現代電子工藝學中最重要的一環。仍有許多事物等待業餘者去發掘。若對電子方面有雄心的業餘者，應多設法了解某些有意義之事物，而設計及構造自己的電路，不要抄襲別人的資料。本書之目的在拋磚引玉，甚盼對電子學有興趣的業餘者，發揮自己的技能與才智，在電子學的領域中創造新的事物。

## 譯 序

徐氏基金會爲了使科學在國內紮根，及促進工業發展，不惜以鉅資，由國外引進各種科學書籍，將各種新的理論與知識介紹國人，曾獲得政府頒贈優良出版獎。

本電子學自修手冊，共分十章，各種插圖一百九十餘種，內容廣泛，諸如實驗室之設計，工具與儀器之選用，電之發展史，電晶體構造之原理，太空船動力之來源，邏輯電路，以及多種工業電路等。

本書可供高職及工業專科學校學生與愛好電子學之業餘者進修之用。本書最大的特色，係在鼓勵讀者發揮技能，自行設計簡單的實用測試器材，使理論與實踐並行，以達此實驗之目的。

# 目 錄

原 序

譯 序

## 第一章 新電子學

介紹新的電子學.....	1
一個簡單的實例：遙測溫度度數.....	3
適宜於業餘者之電子學.....	7

## 第二章 私人電子實驗室

選擇適當的位置.....	9
設置工作台.....	11
照明與電源之重要性.....	14
電壓調整.....	17
良好的工具.....	23
測試儀器：一項重要的投資.....	28
真空管電表.....	30
良好的概念亦是工具.....	32
實習組板.....	32
選擇工作目標.....	38

## 第三章 有用的工程學概念

電子之性質.....	41
------------	----

電 量	48
保存電荷	56
電池與電源供應器	59
德芬尼與諾頓定理——大的簡化器	64
簡化器	69
三極體	74
電邏輯	77
技術圖	82

#### 第四章 二極體電路

二極體之一般觀察	88
泵浦與橋式整流器	93
二極體電壓調整器	101
二極體高速交換	105
二極體閘	106
二極體電容器	111
二極體作保護裝置	116
二極體檢波器	120

#### 第五章 交換電晶體

飽和與虛弱	126
無定態	132
電晶體邏輯電路	136
沙克萊二極體	142
砂控制整流器與砂控制開關	145

#### 第六章 線性電晶體

“線性”作業	148
靜止點	151
電晶體之等效電路	153

## V

施偏壓	160
“哨音”	169
二極體接收機	174
簡單的高逼真放大器	176

## 第七章 積體電路

通用電子公司 PA 230型低位準放大器	184
十數組放大器	188
UA 709 型運算放大器	191
709C型無定態振盪器	200
運算放大器與類比計算機	203

## 第八章 通信裝置

敏感固定調諧高週率檢波器	207
簡單公用放大器	216
天線與無線電通信	219

## 第九章 工業電路

雙穩定	225
十六進機	232
防盜鈴系統	244
汽車啓動器	249

## 第十章 測試儀器

裝置標準電壓器	253
簡單的交流電壓表電路	255
正確的直流電壓表電路	259
簡單的邏輯脈波產生器	263
簡單公用成音振盪器	266
線性脈波產生器	269

## 附 錄

### 英漢名詞對照

# 第一章 新電子學

凡是通曉電子學者，不論到達何處，諸如辦公室、實驗室、工廠及附近的住戶，均可見到依據類似電子學之基本原理，所做的困難工作。電子學有其偉大的實際價值，或者，即其為何能激發某些人對電子產生興趣。因其與基本科學有密切的關係，甚至於幾乎與所有的工藝學有關連，而許多業餘者，大都樂意從事電子方面的工作，復因其與基本科學保持密切的關係，而與所有的工藝學都發生關連，故為業餘者所接受。又因其與吾人所應用工藝學之基有密切的關係，故電子學之基本概念，可予以簡化，使兒童或從事其他工藝的業餘者，亦可採用。對於所有有力的概念都難以了解且複雜，這一點並不正確。當對新的電子學知道的更多時，或者閱讀一些以前有關電子方面的書籍時，將發現此對於愛好電子工藝學者是如何的方便——及如何值得注意。

## 介紹新的電子學

新的電子學，不論是對電子專業者，或業餘者，均負有一重要的理想。如果願意的話，人們仍可專事於手工藝，而作為一個業餘的有線電人員，裝置一架予人印象深刻的電子機器，或將組件裝配為成品，而為有用的裝置。但是目前真正令人驚異的事，是在迅速地結合各種不同的組件時，所應用的理論與方法，以及發展各種新的電路。新的電子學與技術或手藝決不相同；其狀況，則無疑也是專業化。

實際上，現代電子學之趨勢，甚至使吾人超出該範疇。新的電子工程人員，或業餘者，並無顯著的區別，如同一位系統專家，不久以前，一個具有多種作用的高品質放大器，被稱為“運算放大器”，其價格達美金七十五元以上，而現在，當本人寫此書時，曾以美元三元九角買到



三只這種放大器；而這種放大器，可用一般電晶體所用之電池，即可工作。該等 709 C 型放大器，將在第七章中予以討論，現今吾人所應用複雜的十四只電晶體放大器，較以前所使用價格昂貴的真空管，更為方便。反加強電路，使放大系統在作用上更為重要，此係有力趨勢例證之一。

**電子學發展簡史** 當電子學完全基於吾人之工藝歷史時，很明顯地，現代電子學係始於第二次世界大戰，且由此迅速地發展。軍事戰僅係二次世界大戰之一部份；而重要戰爭之勝敗，則係基於交戰者如何重視各種工藝與系統之價值而定。例如，日本於偷襲珍珠港之前，就已將雷達裝在軍艦上，德國亦建造雷達系統，英國與美國亦相繼了解雷達之價值。故專心於新的工藝學，期使雷達之觀念產生偉大的效果，進而成為有效的系統。結果使世界的歷史發生巨大的變化。吾人仍希望世界變得更為完美。

改變吾人對工藝學的想法，所有在這方面的研究，遠較雷達為多。具有創造性的想法顯得更為重要。例如，在二次世界大戰之前，僅有幾種基本的電路，而應用的方式亦有限，電話工藝學為昔日電子學重要的一部份，假設吾人有任何發明的才智，或許將不限於通信方面。

但是在二次世界大戰時，人們須很快的解決那些困難的問題，通常並無任何明確的解決方法解答各種問題。答案亦很少。而必須選擇一大塊物料，開始繪幾條工作線，以求證其究竟是甚麼；及應該做些甚麼。這種專心的工作突破了阻止人們做某些事情的障礙；有人引用一種常置於一邊的工具：“若工具可用，即可做任何事情”。工程人員密切地注意他們所有的真空管，電容器，電阻器，及其他的分件，以求發現該等東西適合做些甚麼。他們有時不重視廠商對該等零件作何用途之建議，以及技術迅速進步之狀況。

這樣的工程與研究精神帶給吾人新的電子學。於第二次世界大戰過後不久，布萊頓 ( Brattain )，巴德恩 ( Bardeen ) 及沙克萊 ( Shockley ) 之人在貝爾 ( Bell ) 電話公司實驗室中發明了電晶體。在該時之初期，電子計算機工業，正遭遇到真空管效率很低，反應遲緩及可靠性不良等困難，電晶體首次應用於第二代電子計算機，且幾乎完

全取代真空管，而在冬天亦不再需要對裝置電子計算機之建築物予以足夠的加溫。

在固態工藝學被證明其可用性後，即投入大量金錢，作更多的研究。在實際上，於電晶體發明後，由電晶體理論之導引，不久積體電路亦相繼出現，到一九六〇年止，真空管被廢除，而開始以積體電路推動電晶體；體積最小的積體電路於一九七〇年代初期出現，由整體的系統到完整的電子計算機，完全設立在矽晶體片上。這種趨勢，將繼續帶給吾人新的電子學，而且可能較現在更為快速。但是，不論如何發展，有一個事實必須要講的，即“實驗者”並未具備現代電子學，直至其閱讀某些良好的書籍和雜誌，始得知一切。

### 一個簡單的實例：遙測溫度度數

溫度對有強烈反應的人，關係很大。因此溫度測量具有一實際的效用，而此效用，則視其價值意義，及獲致可用結果之困難情形而定。最好能以遙測溫度去發現樓頂上，所感受溫度之熱冷程度，以便監視熱空氣系統之工作，及檢查水管接近結冰之情形。若溫度易於測量，則對吾人更為有益，與吾人相關的其他事情，如高聲或寬波段的高逼真的電音系統，讓吾人思考一下，其溫度與電路設計之關係。

無需經過專業訓練，可自行設計某些電路和系統，該等電路和系統，可能有更大的功率與多項用途，而較下述例子具有更多的激發性。要點是：學習容易，開始簡單，研討那些理論與東西或目的，如何發生關連，並練習記憶，尋求，或發明適當的理論，若都能實現，然後再想到硬體方面，熱敏電阻器是某些簡單且有利用物質的實例之一。係一片載電的物體，但惟須很適度，多數的導電物質，當溫度很冷時，其工作狀況愈佳（超導電性，即係由此特性所驅使）。一根熱的銅線，其導電效率較在室內溫度中相同的線料為低。但是熱敏電阻器，却是以另一種方式工作：即當其溫度更高時，其導電率更好，而這種變化完全視溫度而定。至於熱敏電阻器之溫度與銅線之溫度狀況如何比較，可參閱圖 1-1。

圖 1-1 中之曲線，在顯示一實際銅線長度之電阻值，如何視溫度而定。22 號，長 50 尺之銅線，在室內溫度（華氏 68 度）時，其電

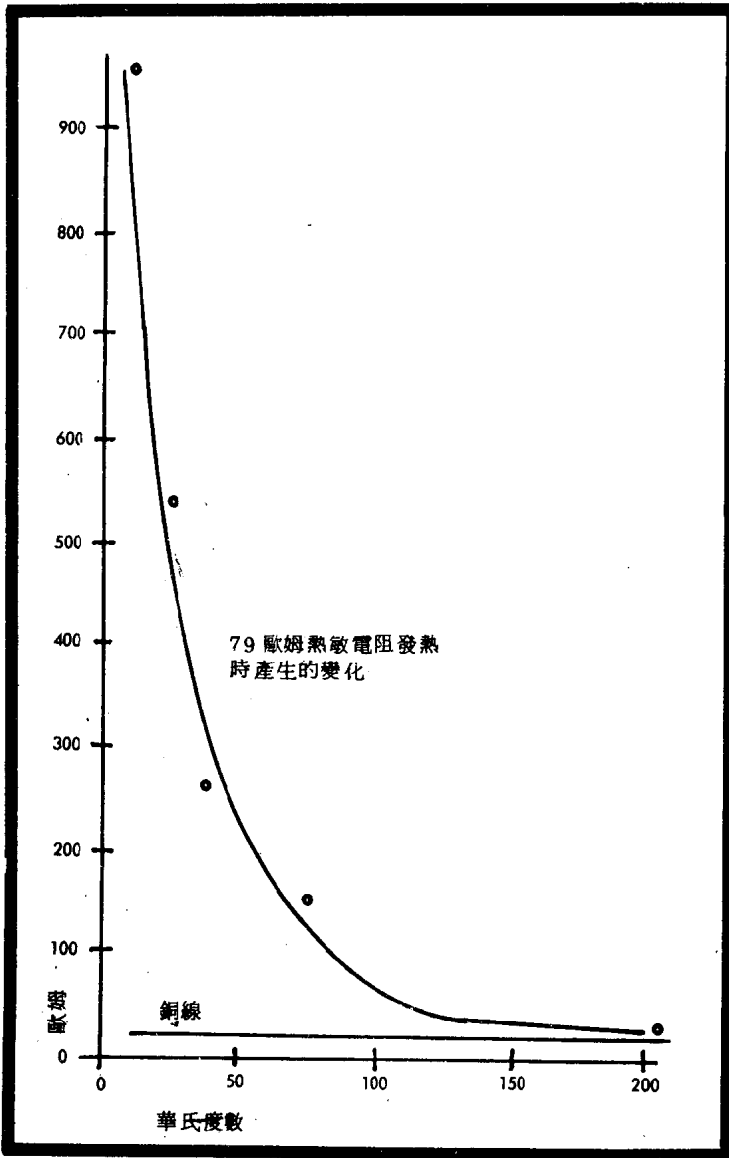


圖 1-1 電阻因溫度變化而改變，在一般工作中，熱敏電阻器較一般銅線的變化大，可將這種變化應用溫度測量。

阻值為 5.16 歐姆。將該銅線冷卻至華氏負 4 度時，則其電阻值降至 5.003 歐姆；而在水之沸點時，其電阻值為 5.474 歐姆。在實驗中之測試儀器，能測量該等電阻位準者，則足可作為一個良好的溫度計。銅線之價格低廉，但是在 5.160 歐姆與 5.227 歐姆（溫度華氏 68 與 99 度）間之測試儀器，却有顯著的區別，誤差愈小者，其價格愈昂貴。當測量一段線料之溫度時，測試儀器之連接導線，與所要測線料間之任何電阻距離，亦很重要。即熱敏電阻器所接入之處，在不相同的溫度範圍內，一熱電阻器之電阻值，可能由 900 歐姆降至 7 歐姆。若熱電阻器能經常保持相同的工作方式（而無弊端），則為何不用這種敏銳度，以溫度測量溫度之方法呢？

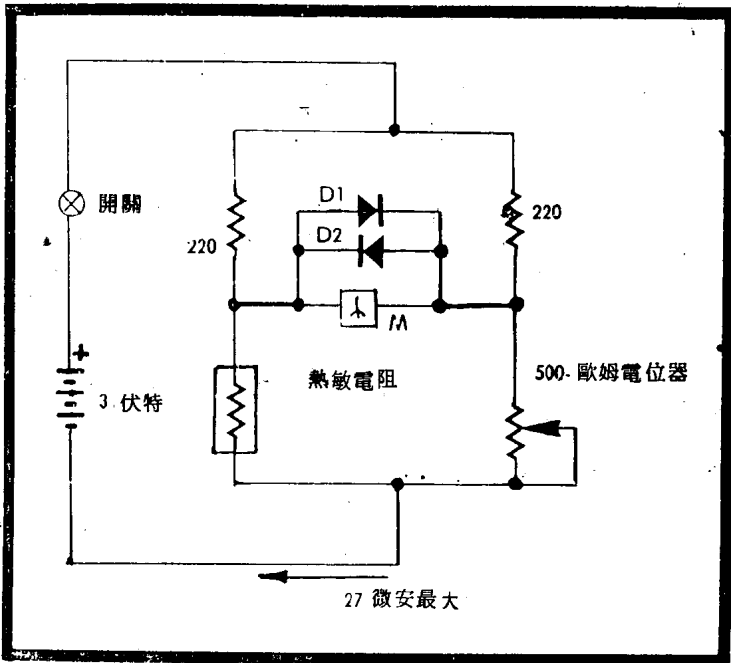


圖 1-2 藉與低範圍電位器之電阻相比較，此簡單電路測量熱敏電阻器之電阻。M 為一般複用電表，或特殊電表。D1 與 D2 為價格低廉點接型銻二極體。

當吾人到一電子服務店參觀時，在其零件架上陳列著一外表很好的熱敏電阻器。圖 1 - 2 所用者，係電視機之更換單體，若在其身邊有一好的樣品（成品），則可求出其性能。如在冰中加鹽，實際將給予最少負 4 度的溫度。一整冰或雪，施以溫度華氏 32 度，始可半融；室內溫度為華氏 68 ~ 75 度。將溫度計置於腋下二至三分鐘後，所測人體之溫度為華氏 98.6 度。沸水之溫度為華氏 212 度。將該等溫度點予以標定；雖然祇有少數幾個點，即足可證明。熱敏電阻器並未越出常規一一平滑的曲線，使吾人對變換電阻值之讀數為溫度，有一概略的印象。這種印象並非完全正確。但是進步却快快，讓吾人開始進行使精確的結果，在成品中有其正當的位置。

現在所測量熱敏電阻器之電阻值，及所產生的溫度指數是與真正的電子曲線圖有偏差嗎？某些人可能不以為然，而強調應有一種電路，故吾人欲設計一種電路，首應了解熱敏電阻器之各種電氣性能。該等性能可由圖 1 - 1 中之曲線說明。欲測量該電阻值時，先將其與已知之電阻值作一比較，以免用於一般測量的儀器，不適用於作此項固定工作之測量。圖 1 - 2 即係為此所做良好選擇，該圖為“韋氏登電橋”。當電表之兩接線柱，係接在相同電壓時，則電表之讀數為零。當圖 1 - 2 左邊之電壓分壓器，將電池之電壓減至與右邊分壓器相同的比率時，始發生這種狀況。吾人應為電阻器  $R_1$  及  $R_2$ 。選擇何種數值？若該兩電阻器之值相同，當電位器之電阻值等於熱敏電阻器之電阻值時，則電表之讀數為零。為最佳的效用起見，如同電阻器  $R_2$  及  $R_4$ ，該兩電阻之值應相等，故 220 歐姆，應該很適合。此將容許電池在很高溫度狀況中消耗時發生。

如圖所示，因電位器之電阻值範圍為 500 歐姆，最低溫度為華氏 20 度，可選擇小的  $R_2$  及大的  $R_4$ ，將  $R_4$  與另一電阻器串聯（範圍延伸器）以補救之，或決定對低於華氏 20 度以下之溫度完全不用。將兩只鍍二極體相互對向連接，以防止過量電壓跨在電表之兩端，此係一複用電表，用於工作台測量最為理想，或以一隻價格低廉，而中心歸零的微安培表作為工作儀器。可作另一嚐試，在零件供應店中，可能找到一個適用的調諧指示器，那將是一件很愉快的事情，目錄中所列之物品

，可能外表很好。注意一件事情，即一只開關，可將電池之壽命延長幾百倍，那是因為僅於檢查溫度時，電池始輸送電流。因為此電路比較適合於電阻，而不適宜於測量電壓，故不影響電池之壽命，若其能用，則一定工作正常。

當整個電路結合好且工作時，為何還用圖 1-1 之曲線測量溫度呢？吾人對電阻並不十分發生興趣；所需要的是溫度度數，故吾人可做一轉盤，在上面刻上分割，裝一指針，寫上數字，則可直接讀出溫度。現在圖 1-1 可幫助告訴吾人，在校準測試值之間，溫度位於何處。所有的電路設計是否都是這樣呢？很難說，此僅對吾人表示有關工程學方面幾種有用的指示。本書中之數學式遠較所看過某些工程書籍（分析重於設計）中的數學式為少。捉住實際狀況之重點，完全應用簡單的理論，盡量避免複雜，如此可進行迅速，且可獲致一有用的電路。

## 適宜於業餘者之電子學

電子工程在科學、歷史及日常工程學中，均已根深蒂固。尤其適宜於業餘者工作及研究，因其具有時間性，而學者們可將其所學立刻應用於工作上。唯有行動才能對刺激負責，且對學習有明顯的助益。欲要改變正常工作的人，或發現缺少工作機會與方法的人，可在電子學方面找到令人興奮及新的展望。一個對電子有興趣的孩子，祇要朝著正確的目標方向邁進，就能獲得成就及極有用的經驗。

本人認為電子學之實在性，有助於使吾人對其發生興趣。可由業餘者之觀點嚐試電子學，而作為嗜好，但是沒有一位業餘者坐在放置電路工作台之前面。任何人對每一種事情，都是以此種方式去做，却是真實的。任何人對所有的電子裝置，電路及系統，都是以這種方法做。若某一入要想較別人獲致更多的興趣，成就或有用的結果：就必須對理論方面作更深切的了解。

至於對電子學能有多大的成就，這要視個人而定。若尚未注意及此，不妨思考一下：當學習某些事情時，可能是一件很辛苦的工作，但是於事情了解之後，亦就感到並無困難之處。應用所學之知識，把某些事情做好，可以說是最令人愉快的一種經驗。學習是很難，而難到說真的

比解決電路故障（由於忽略了某些重要的概念所致）還難嗎？若無錢買書，圖書館裡有許多很好的書籍，或與專業者相處，均有助於工作之進行。要想成爲一個專家，其所需要的幫助，就在這些地方；事實上，本人以爲在電子方面，一個優良的業餘者，應朝著一個專業者之能力方向去邁進。

不過似乎有許多人並不讚成學習或研究業餘電子學。本人了解持這種反對意見之原因何在，那是因爲對這方面許多不良著作的反應所致。在那些時代中，所提供之資料都不正確。在電子學方面充滿了許多不良的作品及不適宜的技術性著作。該等作者認爲，對有關嗜好者的技術性作品，在基本上是專門化的著作，應摒除重要的事實與參考資料。專業者不能應用該等書籍，而其他任何人，亦無使用。當要嚐試去寫一些真正所需的東西時，却對非技術人員寫一些技術性的東西，此將引出版界之注意，結果銷售慘敗。

工程學可能很難，然而，在某些方法中，有關電路之作圖與設計，並非完全困難。若某一入經常研究一下有關的基本定律，如歐姆定律（Ohm's Law），或德芬尼（Thevenin）及諾頓（Norton）原理，或應用電晶體之基本方法，定會作一結論，“這種東西應該更加簡化，或那種東西應該省略，”當然省略某些東西是很容易的，但是在任何狀況中，實際的電路動作相同，而當一位對電子學知識或經驗不足的業餘者，試圖將某一電路裝在另一地方，或對原來的設計遭遇困難時，其將無法辨別到或克服。但是那些理論是可以傳授的，對了解具最難的部份，所做的努力，實在遠較許多業餘者，在使某些東西工作所消耗的時間爲少。可能做的較該等更好，就本人所知，其所需的基本原理，亦就在此。將於下幾章詳細討論，然後再進行幾種工作計劃，並進行工作。

## 第二章 私人電子實驗室

首先自己要做的**工作**，就是實驗室。需要有一個良好的地方，始能專心工作。除非有足夠的資金，而完全購買新的器材，否則，設立一個實驗室，可能需要兩個月至兩年的時間。最好是沒有錢，因為這樣可以多用些腦筋思考一下。因此，將有一個更好的實驗室，在這一段長的時間中，獲得更多的樂趣。

注意消極的想法，本人曾多次聽到，有些孩子的父親或甚至於一個成年人，他們都會說“這並沒有甚麼；祇要我們學得好，任何一件舊物皆可以利用”。這是一種謬見，有些事情，如同一位弓箭射手，爲了省錢，以彎曲的箭練習，直至改進其準確度，射中靶心上，以證明其直箭之最大命中率。但殊不知其真實的投資，就是其本人和時間，射箭界從未聞其名，幾年後發現其用具破損，覆滿灰塵，而棄置於牆角處。

若對電子發生興趣，就應該花費足夠的時間和金錢，不過要用的適當。本書即是爲有意從事電子工作者而寫，而非爲消極的思想者而寫。用錢與花錢之間的差別極微，這在電子工作中所常遭遇到的，亦即是金錢儲蓄與良好投資間相似處之另一面。若無損壞，先將購買任何東西之想法拋開，然後選擇能用的機器與零件，再度使用，而對於所花費的每一元錢，意即投資，發揮最大的效用。於兩三年後，此練習將產生意想不到的結果。

### 選擇適當的位置

首先應將實驗室設置於何處呢？在作決定之前，應先思考一下，將在實驗室裡做些甚麼。現代的電子工業，通常是一種靜寂，且令人無感覺的工作；好似一種遊戲，並無許多的機械工作；低功率和高功率的音



響系統，可置於負荷電阻內測試，比將幾十瓦的成音電力放射到天空中好的多。如此可避免污染。從事電子工作者，若能將時間和金錢作最好的運用，可學得很多東西，本人甚願從業者能花費時間設計新的電路，而不要一味的抄襲。現代的電子工作，正如許多人所想像的，幾乎是一種客廳裡的工作。研究工作如同獨居的隱士生活，需要寧靜的環境，故客廳不適宜設置實驗室。在那種狀況，始能達成所欲的願望。若無適當的場所，而被迫設於地下室，樓閣或一汽車房中時，則須對電氣或氣候做某些準備工作。

若要尋求某種修訂版著作C在未購買任何書籍之前，不妨先到適當地的圖書館看看），這樣做法，若能找到，則內心會感到很愉快。設置實驗室，並不需要很大的房間，有合格的牆壁即可；但是，若要在牆壁上裝設某些東西，需要先在牆壁裝一塊厚半吋，大小適合的三合板，將所有的隔熱物質裝在三合板下面，因其使溫度控制容易。須記住，應使防潮濕之面向外，在合板之表面塗一層樸素的油漆或假漆，較其他光製為好。應避免在設計顏色上浪費時間，若要用漆，茲建議採用灰色，配淺色的天花板，而淡黃色亦可以。

對於電氣，將於稍後作更詳細的討論，但須考慮一下表面的接線，關於表面接線很易改變，接地並不比所想像的那麼重要；若要在附近有一接地系統，但不一定要連接大地，亦將於稍後再行討論。

控制氣候是一件重要的事。若將實驗室設在地下室內迎風之處，將遭遇到潮濕的問題。在那種狀況中，對於空氣之流通，須作必要的限制，而且應設置一去濕器，即可把空氣中之濕度調節的很理想。不過需要某種方法去儲存由空氣中吸取之水。大多數的去濕器，其內部均設有一小桶，每天倒一次水即可。最好在秋天購買去濕器，這樣可以低於標價25%的價格買到，當然也要查看一下是否能工作。

將實驗室設在地下室，可以不需要空氣調節器，別的房間有一架就可以了。若將實驗室設在一樓閣中，而未裝置空氣調節器，則將損失很多時間。不過，若有良好的隔熱設備，再裝一架小型的空氣調節器，幾乎可調節任何氣候，因為已有隔熱裝置，在冬天亦可使用電暖器。此需很多的隔熱裝置，特別是在無法架設粗的電線時，不過，這樣做亦可節