

科學圖書大庫

電 晶 體 設 計

譯者 劉志放 劉志敏



徐氏基金會出版

電 晶 體 設 計 (三)

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十七年七月二十日初版

電 晶 體 設 計

基本定價 2.60

譯者 劉志放 國立成功大學電機研究所畢業
劉志敏 國立成功大學機械系畢業

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」書回調換。謝謝惠顧。

67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53-2號 電話 7813686 號
發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 江淮彩色印刷股份有限公司 電話：5413269 • 5416842

前言

新的這本電晶體設計，包含了好幾種我急於寫出來的電路，實驗者應會對第五章的氙閃光器感到興趣，在一般電子雜誌及書刊，都很少提到過此種以電池為電源的閃光燈電路，我相信你會發覺本設計雖是簡單但工作效果極佳。

Radio Shack 最近推介了一些新的光電晶體及數種發光二極體（LED），在本書的幾種設計中我採用了這些零件，如果你還沒機會碰過光電子裝置，這是一個試試的好時機，我相信你會發現它們是很有用的裝置，而且無可懷疑的將推展到許多新應用上。

我在其他 Radio Shack 出版的書中曾說過，最好的瞭解電子學方法是學習加上實際經驗，因此，我希望你最好能製作一些本書中的設計。

當你由電晶體之工作中得到一些經驗後，你可進一步的研究積體電路（IC）了，IC 可使你用很少的零件裝配高度複雜的電路——你可由本書的姊妹書，積體電路設計（Integrated Circuit Projects）得到證明。

FORREST M. MIMS, II

目 錄

前 言

第一章 電子製配之秘訣與技巧

零件選擇	1
認識電路	6
電路板	6
包 裝	8
工 具	9
銲 接	9
電 池	11
電源供應	12
測試裝置	14
電的安全	14

第二章 光電子邏輯電路

它如何工作	16
電路裝配	17
測試及工作	19
進一步工作	19

第三章 LED限制開關

它如何工作	20
電路裝配	22
測試及工作	24
進一步工作	25

第四章 鍊一鍋電池充電器

它如何工作	27
電路裝配	27
測試及工作	31
進一步工作	32

第五章 以電池為電源之氙閃光器

它如何工作	34
電路裝配	37
測試及工作	40
進一步工作	42

第六章 LED電壓指示計

發光二極體	44
極性指示燈	45
三狀態極性指示計	46
5 伏特警示燈	49

第七章 光驅動光電晶體電壓

它如何工作	50
電路裝配	50
測試及工作	52
進一步工作	54

第八章 電晶體製警報器

它如何工作·····	55
電路裝配·····	57
測試及工作·····	60
警報器連接·····	63
進一步工作·····	63

第九章 電晶體及二極體測試器

它如何工作·····	64
電路裝配·····	65
測試及工作·····	68
進一步工作·····	68

索 引

第一章

電子裝配之秘訣與技巧

儘管電晶體設計每冊之第一章都提到電子裝配的秘訣與技巧，或者甚至你已經裝過了一種或多種的電晶體設計，我深信本章中的資料仍會對你有很大的助益，它包含了下列各節：電路圖之讀法與認識、電子工具、測試裝置、電的安全、零件選擇、銲接、及電源供應。這些資料的部分會幫助你直接了當的將穿孔板設計組合成引入且有用的複雜裝置，同時所有的資料將幫你成功的安裝及操作電晶體設計第三冊中的所有設計。

許多試作者在作好新裝置要使之工作時，常發生許多問題，這是因為銲接程序不正確，讀電路圖錯誤，或誤將某一零件以其他零件替換所致，在開始本書各設計安裝工作前，先讀一下本章，你會將這些問題減至最小。

零件選擇

裝配電子零件的第一步工作是購買零件？錯了！在為一設計選擇零件之前，你必須先決定有效空間有多大，決定各零件之電壓限制，功率限制、及其他因素，例如，若一零件表上需要一SPDT開關，則必須確定其接點能滿足開關需要處理之電壓及電流額定，同時若標準型能合乎所用時，不要花額外的錢買較小型的，同理也不要因經濟困窘而以大開關用於小型之設計上。

本書及電晶體設計其他各冊上所列的設計都含有零件表，裏面對每一零件都至少指定了一種Radio Shack之目錄編號，因此不論多特殊的設計，你都可毫無問題的找到其零件。但是倘若你打算用不同於指定零件之其他零件，或者零件表上給你有所選擇時，你就必須先作規劃了，這在將設計裝入外殼時尤為重要。

當你規劃好了你的設計平面圖後，注意那些零件有特殊的需求，接下去你就要作零件的選擇了，這裏有一些秘訣幫助你選取你所要的零件。

電阻器 固態電路中最普通的零件是電阻器，電阻器可用來將電壓分成較小值及限制電流，例如，為了電晶體能正常工作，在其基極引綫上常需小量的偏壓（bias），此電壓在理論上可以由一小電池供應，但因所需的工作電流

極小，採用一獨立的電池，不管在大小，價格及方便上都是不經濟且不適用的，而採一小電阻器就可自電路之主電池或電源供應有效的取出所需的偏壓電流。

有時零件表所指明某一特別電阻值之電阻器，在零件行中暫時缺貨，因此就必須用替代品，此常發生於如 1000，10,000，及 15,000 歐姆之普通值；很幸運的，若替代值在指定值的 10% 或 20 % 內時，許多電路大多可以接受，例如，以一 47 歐姆之電阻器可以替代 50 歐姆之電阻器。電晶體電路所用的大多數電阻器，容許誤差為正負百分之十。

有些電路需要較精密之電阻值，替代可能就無法接受了，例如，發光二極體（LED）通常需串聯一電阻器，以限制通過二極體之電流不超過安全值，若所用之電阻器其值低於指定值 10% 之內，通常不會有何損害，但其本身之誤差會降至指定值 10% 以下，則 LED 將過熱而損壞。舉例說明如下，在發光二極體電路中以一 47 歐姆之電阻器替代 68 歐姆之電阻器是不明智的，因為其值在 10% 限制值之外，如果你無法找到 68 歐姆之電阻器，可以用兩隻或三隻電阻器串聯，使達到指定容許範圍，例如以一 47 歐姆電阻器串聯一 22 歐姆電阻器而得到總電阻值 69 歐姆，僅僅高於指定值 1 歐姆。

電晶體電路通常在低功率工作，採 $\frac{1}{2}$ 瓦特之電阻器幾乎都可合用，高功率的電路可能需 1 或 2 瓦特之電阻器，因此需遵照零件表之指示，若採用了較小的電阻器，則可能因過熱而損毀。

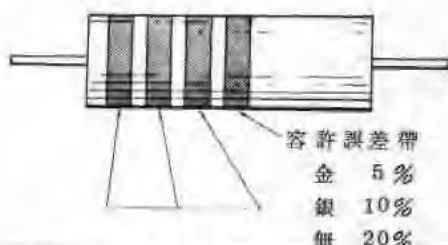
一般而言，差不多所有的電阻器在其一端都標著三個以上的色帶（color band）作為識別，用色碼（color code）標示要比將數字印在電阻器外體有用，因為當它鉗在電路中，不管任何角度都可很快的分辨其值，若印數字於外殼作為識別，當有字的一面朝向電路板時，就很難去作辨識工作了。

圖 1-1 所示為電阻器之色碼，色碼極易使用，而且當你在電子方面工作一段長時間後，自然就會記住它；色碼之使用是自電阻器一端開始讀，電阻器外體大多是黑、棕或白色。

要看色碼表示之意思，我們可以用一有棕、綠、橙及銀四色帶之電阻器為例，第一色帶（棕）表 1，第二色帶（綠）表 5，第三色帶為乘數，此例中為 1000，因此電阻值為 15×1000 或 15,000 歐姆，第四色帶（銀）表此電阻器之容許誤差為 10%。

通常你會發覺電阻器以 K 或 M 表其值，K 表電阻器之值應乘上 1000，M 表電阻器之值應乘上 1,000,000，例如，一 23K 電阻器表電阻值為 23000 歐姆，而 1 M 電阻器之電阻值為 1,000,000 歐姆，由此可知，K 及 M 完全

是爲了方便而作的簡寫。



色碼	第一色帶	第二色帶	第三色帶 (乘數)
黑	0	0	1
棕	1	1	10
紅	2	2	100
橙	3	3	1000
黃	4	4	10,000
綠	5	5	100,000
藍	6	6	1,000,000
紫	7	7	10,000,000
灰	8	8	100,000,000
白	9	9	

圖 1-1 電阻器色帶

電容器 電容器值也可自其指定值有所改變，因此大多數情況下替換是可行的，容許誤差自 20% 至 100% 都很普通，例如，你可用 $0.22\mu F$ 之電容器來替代 $0.1\mu F$ 之電容器，如果後者在店中買不到的話。

本書中介紹了兩種設計，其所用的電容器有指定的電壓定額，例如，第五章敘說了一手提式氙閃光器，它用了三個指明額定電壓爲 250 伏之電容器，千萬不可用手邊可能有的但額定電壓較低之電容器替代，如此可能由於“介質破壞”（dielectric break down）而損毀，其原因是跨接電容器之電壓打穿了隔離電容器極板之絕緣材料，爲防止介質破壞，所用電容器之電壓額定應高於電路電壓，至少也應與指定值相同。

電容器之應用包括了將脈動信號濾波成穩定值，將 AC 信號自電路之一部傍路（bypass）至另一部分，電容器也可用來阻隔直流信號，選擇通過適當頻帶之 AC 信號，第 5 章中所述之電路是利用電容器儲能及產生高壓。

二極體 二極體因爲只能單向通過電流，故像一單向之電子閥，由於這個原

因，其可用來將交流（AC）轉換成直流（DC），阻隔不需要之信號，以及解調（demodulation）射頻信號。特殊用途之二極體可以用來產生光（發光二極體，LED），調整電壓位準（齊納二極體），或作為負電阻裝置（四層二極體）。還有一種特別製作的發光二極體稱作雷射二極體，能產生部分凝聚之光線。

Radio Shack 供有各種尺寸及外形之 LED、齊納二極體、高電壓整流體、及普通二極體，只要你注意電壓額定，同族二極體系列彼此替換是可行的。例如，當指定的是一高電壓整流體，不要試著用計算機式開關二極體或齊納二極體去作替換。

你也可從 Radio shack 以每個四分錢（美金）之價格買一組十五個未經測試之二極體，其中有些可能損壞了，而大多數都適合試驗設計之用。因為好的二極體其中一方向為高電阻，另一方向為低電阻，故可很容易的用一多用表加以測試，本書第 9 章介紹了一種簡單、有效的電晶體測試器，它也可用以測試二極體，二極體的狀況（良好、開路、短路）可以用兩隻 LED 顯示出。

電晶體 Radio Shack 售有 34 種經過仔細選擇的高品質電晶體，它可用來取代超過 20,000 種不同之電晶體，所有的這些電晶體都是全新、第一流半導體製品，沒有一個是工廠的廢品。此外，Radio Shack 還供應超過 15 種的其他電晶體，範圍自單接合電晶體至矽光電晶體。

下面所述為一些幫你選用及替換電晶體之規則，可能的話儘量用指定的，如果沒有指定的，則遵照以下各項指示：

- 1 當要替換時，一定得用相同的電晶體族系，例如，不要以雙極性電晶體（PNP 或 NPN 電晶體）替換單接合電晶體（UJT）或場效電晶體（FET）。

- 2 注意極性，不可用 PNP 裝置替換 NPN 電晶體，反之亦然。

- 3 為得到較好之結果，最好以同一用途之電晶作替換，例如，避免用聲頻電晶體於高速開關電路。

- 4 確定用以替換之電晶體，能符合或超過原指定電晶體之電壓額定及功率額定。例如，以一小塑膠或金屬外殼之電晶體替換功率電晶體，就可能引發問題。

在電晶體設計前兩冊中，曾經用過 UJT，FET，光電晶體，功率電晶體，以及銻與矽電晶體，本冊中所用的是後三種電晶體，至於 UJT 及 FET 兩種電晶體，你可參閱第一冊及第二冊的一些電路。若想得到更多的有關電晶

體替換之資料，可以參看 Radio Shack 出版的電晶體替換手冊 (Transistor substitution Handbook)，也可看看 Radio Shack 定期出刊之目錄。

本書第 9 章介紹了一種簡單的電晶體測試器，在分辨了接合之開路及短路後，能很快的區分出為 NPN 或 PNP，此測試器用四個 LED 來指示電晶體之極性與狀況，當你以成批廉價購進電晶體時，此測試器尤為有用。

變壓器 本書中有三個設計至少採用了一個以上的變壓器，其中一電路是用來將家用交流電轉變為適合電池充電之低電壓；另一電路是用兩隻變壓器以產生推動氙閃光器電路所需的高電壓；還有一電路是用變壓器自電晶體放大器一級之聲頻信號，耦合至另一級。

變壓器的結構是兩組或多組線圈繞在一共同之心芯 (core) 上，此心芯可能為空氣，混有拌合劑之鐵粉芯，或稱之為疊片 (laminations) 的薄金屬片，本書中所用的變壓器大多為疊片芯，而其中之一用鐵粉芯 (以高壓觸發線圈產生用來游離氙閃光燈泡所需的 4000 伏電壓。)

變壓器能以電流為代價，而將交流或脈動直流電流轉變成較高值或較低值。若要電壓增加，則小電壓應加在較短之繞線，而較長的繞線上呈現較高之電壓，但電流減少，反之，若繞線上所出現之電壓減少，則電流會被相對的提升。

變壓器有兩項特別重要的功用，那就是使電路一部分與另一部分隔絕，以及作阻抗的匹配 (impedance matching)，後一種應用中，例如，變壓器常用來將輸出阻抗甚高的大多數放大器匹配阻抗甚低的大多數揚聲器。變壓器一般引線皆有色碼標示，設計應用時都清楚的加以指定，但在處理變壓器引線時要仔細，因為其極為脆弱。

電驛 電驛僅僅是一電磁開關，換言之，電驛為一能受電信號觸發之普通開關，本書包含了數種採 Radio Shack 電驛之電路，其僅受約 4.5 毫安信號即可觸發。

電驛在自動開關及控制裝置中極為有用，使用電驛時應避免用它開關超過其接點額定值的電流及電壓，以免接點損壞或熔毀，同時在安裝電驛至電路時，應注意連接的正確，如果不注意電驛接線指導，很容易誤將開關接點連至線圈引線。

開關 開關並非開斷與關上而已，為證明它，我建議你看看 Radio Shack 之目錄，你將會看到適於工程，精密實驗，及業餘人員的各式各類開關，例如，Radio Shack 供應有按鈕式、壓開/壓關式、磁簧式、捺跳式、刀型、搖桿式、旋轉式、滑動式、及閘柄式等。大多數非旋轉式開關標示有 SPST，

SPDT或DPDT，其為開關功能的縮寫，SPST（單極、單投式）式有一對接點，為一般的開—關型開關；SPDT（單極、雙投式）有兩個開的位置；DPDT（雙極、雙投式）有一對的SPDT接點。

認識電路圖

要想成功的製作電晶體及積體電路設計，認識電路圖是很重要的，電路圖又叫概略圖（Schematics）可用來說明任何種的電子電路，電路圖除了可以幫助我們安裝電子設計外，還可以幫助瞭解某一設計之工作情形。

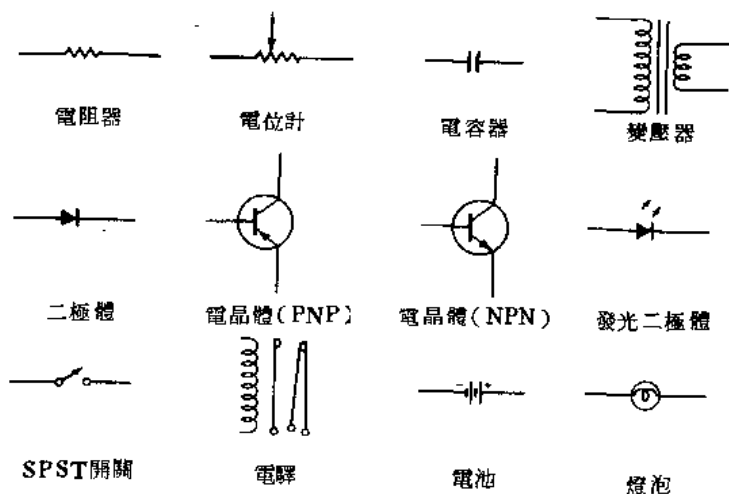


圖 1-2 一般電路圖符號

本書所用的一般電路圖符號如圖 1-2 所示，所有的這些符號都很合乎邏輯，可以很容易的記住，例如，燈泡符號為一圓圈（玻璃殼）及一迴圈（燈絲），半導體符號尤為有用，因為不論電晶體、二極體、及其他固態元件皆必須依照規定之極性連接。二極體與電晶體之電路符號，其箭頭所指方向為正電流之方向。

若想知道更多有關電路圖及符號之資料，可以參看 Radio Shack 出版的「電路概略圖指導」。

電路板

為了要便於解說，及在可用的篇幅中介紹較多的設計，在本書及其它Ra-

Radio Shack 設計叢書中，我都將所有設計製作在穿孔板上，這種構造技巧對開始者及有進一步經驗的人都是很受歡迎的，此乃因其極為可靠，完成了的電路非常乾淨，同時若想在電路中加添或減除少許，不會有什麼困難，檢修也很容易。很多專門化的電路在正式採印刷電路板方式之前，都先經過穿孔板這一步驟。

Radio Shack 售有很多不同型式及尺寸的穿孔板，在本書中我採用帶有交錯格子的一種，例如是 Radio Shack 編號為 276 - 1392 的交錯格子電路板，非常堅固且孔距很適合大多數之零件，若像 Radio Shack 目錄編號為 276 - 1394 之固定格子電路板，其孔徑為 0.1 吋，很適合積體電路及小型化設計之用，但它較交錯格子電路板脆弱。

不管你所用的是何種電路板，在完成設計安裝後，你都可以如圖 1-3 所示的在板角緣表上橡皮腳或隔離螺絲，或者沿邊黏上木條來改善其外觀，這樣的作法也可以避免銲接點在工作枱上短路。

印刷電路設計對某些設計是很理想的，特別是當你計劃將某一板面設計複製多份之時，印刷電路是以蝕刻的銅箔替代穿孔板上混雜的接綫。

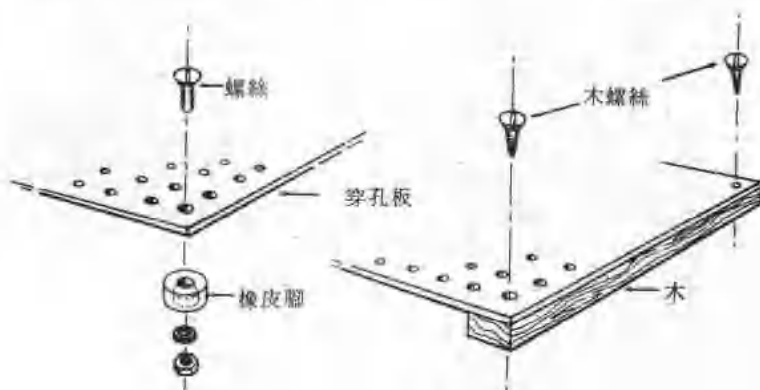


圖 1-3 在穿孔板上安裝腳

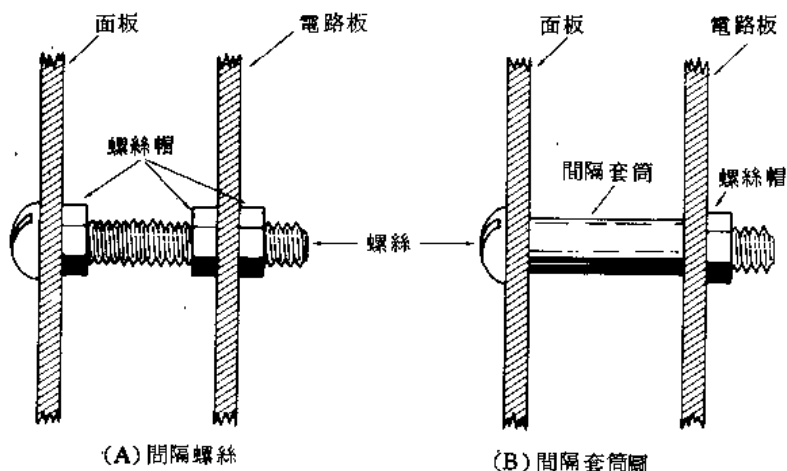
Radio Shack 出售的印刷電路工具組，包含覆有銅箔之板，腐蝕劑、防蝕墨水、防蝕筆、螺旋鑽、洗刷墨滾、圓膠帶及長條膠帶，共價約美金七元（目錄編號 276 - 1576），這套工具所含之材料，可以使你製作職業化的電路板——倘若你有耐心並且遵照裏面的說明。

包 裝

穿孔板很適合許多實驗電路及設計，但若想作為永久之應用，你可能會考慮將之裝入之保護外殼或包封，特別是當電路所用的為家用電源或有高電壓呈現，裝外殼除了為避免感電之安全原因外，尚可保護脆弱之零件，避免外物損傷接綫，以及增強裝置之應用。

Radio Shack 售有各種的金屬外殼及塑膠外殼，能適合本書所述設計之安裝，所有的外殼都帶有可移開之外板或面板。倘若你希望設計之零件能很方便的加以測試，Radio Shack 的 P-Box 及 Perfbox 是很能令你滿意的，這兩種外殼是將穿孔板裝在塑膠殼的前方。

吾人可以用圖 1-4 所示的隔離螺絲將穿孔板裝於外殼內，Radio Shack 為這種方式售有好幾種長度的鋁隔離螺絲（目錄編號 270 - 1393），為了外觀清潔起見，儘可能在外殼底部裝隔離螺絲；揚聲器、電表、耳機插口、開關、指示燈，及電位計則應裝於前面板。



1-4 穿孔板安裝技巧圖

當然，你可以不必將設計裝入外殼，但是記住，裝上外殼之設計不但更為引入，而且便於操作，也能用得更为耐久。

工 具

選用適當的工具，可以大大的簡化電子設計之裝配工作，我曾經看見過一些成品（它們之中很少能工作的），是以大型烙鐵，普通老虎鉗，及其他機械工作用之工具裝配而成的，這些成品的外觀也與其工作情形一樣的不佳，因此，製作者應作一次經濟的投資於電子裝配所用的某些工具，以得到較佳的效果。

你可以花很少的幾塊錢，從 Radio Shack 買一套基本的工具，開始學習者只要一隻低瓦特電烙鐵（以後再增添其他的），一斜口切綫器，一尖嘴鉗、一剝綫器，及一些螺絲起子。當你有了更多的經驗後，可以再買一些其他有用之工具，如螺母起子、梅花板手、鑽子、銼刀等。

本書所提的各設計，只要一穿孔板及其他必要的零件就夠了，但若想將成品裝上外殼，則必須用到固定裝置，電膠布、及標籤帶。

焊 接

任何電子電路中，好的銲接工作對運用的可靠性是極重要的，倘若你已經具有了良好的銲接經驗，讀讀下列步驟可以作為自我的複習；如果你在銲接工作只是一個生手，就應該仔細的讀下列各步驟，並且在真正銲零件於其他零件前，先實際的以一些零頭導綫試銲。

1. 裝配電晶體電路時，避免採用銲槍或高功率之電烙鐵，以免其高熱損壞了半導體及其他零件，最好用“鉛筆”型之烙鐵，額定功率 25 至 40 瓦特間，並依製造商之指示，以錫烙於烙鐵頭。

2. 不要用含酸心之銲錫來銲接電子零件，因為它會腐蝕並損壞電子零件，一般採用松香心之銲錫—可以在 Radio Shack 買到。

3. 為使接合得以永久，且電阻值較低，銲接前必須先移去覆在零件上的潤滑脂、油、漆、及其他外物，必要時可以用砂紙或溶劑加以清除。

4. 在銲接一接點前，先加熱銲錫欲加上之點，當接點熱了幾秒後，烙鐵不動並加銲錫於接點上（並非加於烙鐵）。

5. 在移開烙鐵前，應使銲錫徹底的流動並包圍接點約一秒鐘，不要加過多的銲錫，或是在銲錫未冷卻時移動了接點。

6. 保持電烙鐵頭之清潔，以濕海綿或濕布擦去堆積的銲錫。

倘若上述六個步驟皆能遵循，就可很容易的作好銲接工作，好的銲接會呈現平滑與光澤，如圖 1-5 所示；不好的銲接則顯得粗糙灰暗，如圖 1-6 所

10 電晶體設計

示。如果你銲接的結果如後者所示，則再重試看看。



1-5 銲接良好的接點



圖 1-6 銲接不良的接點

電 池

本書中所述之設計，大多數皆採電池作為電源，所用的電池有 $1\frac{1}{2}$ 伏及 9 伏，只有第 4 章之電池充電器設計，是以家用電源為電源的。在選擇設計所用的電源時應特別小心，因為設計之工作與電源之可靠程度有關。截至目前為止，電池仍為最安全，最可靠的電源供應，但家用電源在長時間使用下卻比較經濟。這裏順便得告訴各位，不要以為一設計是用電池作電源，就假設它在電方面是安全的，例如，在第 5 章所述的氙閃光燈設計，以一閃光燈電池作電源，卻可產生高達幾百伏特之電壓。

Radio Shack 售有很多種普通電池及高效率電池，Nova 電池是以標準的碳鋅電池加上特殊處理之電解質，當作高功率應用時，比普通碳鋅電池壽命長 3.6 倍；當作一般使用時，比普通碳鋅電池壽命長 3 倍。

Radio Shack 也售有鹼電池，它比一般碳鋅電池貴，但在高功率應用時；鹼電池有較長的壽命，例如， $1\frac{1}{2}$ 伏“D”型鹼電池之售價為美金 90 分，但其壽命比等值而售價為 21 分之碳鋅電池要長 5 至 10 倍，就以最短的壽命指數來作比較，鹼電池至少要便宜 15 分錢，更何況更換次數僅為五分之一。

鹼電池對汲取高電流之電路特別有用，如第 5 章所述之氙閃光燈電路，像這類消耗高電流之電路，鹼電池的壽命至少要比標準碳鋅電池長 7 至 10 倍。

Radio Shack 也售有鎳—鎘再充電電池，其外型為最普遍的 AA 鉛筆手電筒型，鎳—鎘電池之初始成本雖看起來很高，但因其可再充電 500 次以上，故長期運用價值仍很低，Radio Shack 售有許多種鎳—鎘電池之充電器，且第 4 章並介紹了一種很容易裝配之充電器。

電池若裝在電池座或以夾頭連接，則很易使用，Radio Shack 售有各式的金屬及塑膠電池座，及適用於 9 伏電晶體收音機電池之夾頭，此夾頭帶有色碼標示之引綫（紅色代表正，黑色代表負）。

圖 1-7 所示為告訴你如何將兩隻或多隻電池串聯，以產生各電壓和之電壓，圖 1-7 也告訴你如何將一電池與另一電池並聯以得到雙倍之電流值。一般額定值為數伏特之已包封電池，實際上是一些小電池串聯或串並聯於保護包封內。你可以打開一已壞了的 9 伏特電晶體收音機電池，看看其內部構造。