

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 (二)

前 言

我很高興的報告諸位，由於大家對電晶體設計第一冊的反應良好，才使我敢印行第二冊；與第一冊一樣，本書對各電晶體設計的構造有很完全的說明。

書中所提的每一設計都經很完妥的測試，保證能夠工作，與第一冊相同，本書也包含了完整的電路圖，零件表、電路配置圖，及完成後之照片，所有的零件都可在 Radio Shack 店以合理的價格買到，在電子裝配秘訣一章則為對初學者有用的基本知識，如零件選擇，測試裝置、銲接、及電路圖讀法，第一冊中也有同樣的這一章，但本書中另加了一些新的內容。

我深深的認為，要瞭解電子學一定得實際的裝配，測試、及操作，當然學習也是很重要的，但却無法取代實際經驗。

在你完成本書中大多數或全部設計之組裝後，我希望你去買 Radio Shack 出版的另外兩本書，積體電路設計(I)及(II)，並試著動手作，由於一個 IC 包含一打以上的電晶體，你可用很少數目的零件，製作高度複雜的電路。

現在開始翻看本書，所有的各設計都很容易製作，而且每一設計都說明了一個以上的有趣且有用之電子原理。

目 錄

前 言

第一章 電子設計裝配秘訣

認識電路圖	1
零件選擇	2
工 具	5
電路板	6
銲 接	7
包 裝	8
電源供應	10
測試裝置	12

第二章 強力喊話筒

它如何工作	14
電路裝配	14
測試及工作	16
進一步工作	18

第三章 超靈敏光度計

它如何工作	19
電路裝配	21
測試及工作	22
進一步工作	23

第四章 電子琴

它如何工作	25
電路裝配	26
測試及工作	28
進一步工作	29

第五章 霓虹燈“愚人盒”

電源供應是如何工作的	31
霓虹燈電路是如何工作的	33
電路裝配	35
測試及工作	37
進一步工作	38

第六章 太陽光推動之振盪器

太陽電池	40
它如何工作	40
電路裝配	42
測試及工作	43
進一步工作	44

第七章 電晶體製伏特計

場效電晶體 (FET)	45
它如何工作	46
電路裝配	47
測試及工作	49
進一步工作	51

第八章 電晶體製正反器

數位邏輯電路	52
電路裝配	53
測試及工作	55
進一步工作	56

第九章 高靈敏太陽電池光度計

它如何工作	58
電路裝配	58
測試及工作	60
進一步工作	61
光束發送器	63

第十章 光束發送器

它如何工作	63
電路裝配	64
測試及工作	68
進一步工作	68

第十一章 光束接收器

它如何工作	69
電路裝配	69
測試及工作	71
光束通訊實驗	72
有關接收器的進一步實驗	73
進一步工作	74

索引

第一章 電子設計裝配秘訣

固態電路與舊式的真空管裝置不同，它所用的電晶體及其他半導體零件相當容易裝配及工作，真空管電路需要一堅固的外殼以支撐易碎的真空管及防範真空管電路工作所需的危險。

電晶體電路的裝配要比採用真空管來得快，而作真空管電路之外框又要比裝配電路本身費時更長，電晶體電路却能很快且方便的裝配在低價格之穿孔板上，若要作永久性的應用，電路板又可很容易的裝入一便宜的外殼內，Radio shack 售有已裝好穿孔板的外殼。

儘管是一個電子方面的初學者，也能容易的瞭解電晶體電路的裝配工作，而本章是用來使初學者及對電晶體電路裝配已有經驗的人能更熟悉裝配工作，在電晶體設計第一冊中也曾說明過裝一電晶體設計的電子裝配須知，但不論你是否曾讀過該章，你仍必須再復習一下本章，以更加熟悉裝配的技巧。

認識電路圖

電子電路圖之於電子技師正如同平面布置圖對包商一樣，吾人有時稱之為概略圖（ schematic ），電路圖可以用來說明從最簡單至最複雜的電子電路。

電路圖對一個電子方面的新手而言是很難理解的，但圖上的各種符號都極容易瞭解，只要瞭解了基本符號，電路圖就自然變得易讀了。本書中的每一設計都同時附有概略圖與照片圖，當你有了經驗之後，你會發現你自己喜歡用簡單且不混亂的電路圖更甚於照片圖。

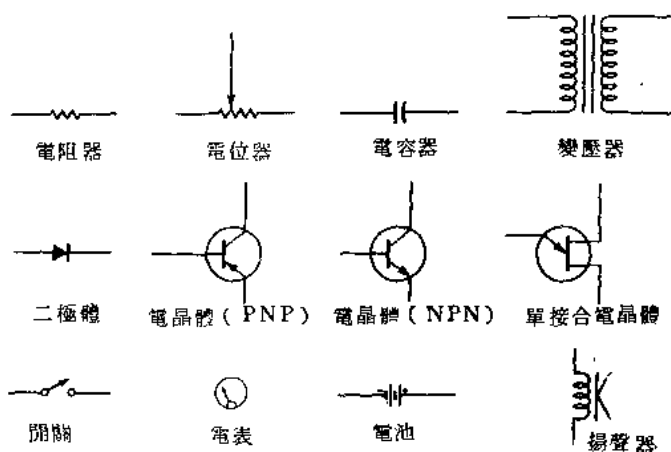


圖 1-1 一些普通的概略圖符號

圖 1-1 所示為有書用到的許多普通電路符號，所有的這些符號都可作理論上的解釋，例如，電容器包含兩片導體板以一絕緣體分隔，電容器的符號可顯示出兩平行棒（板）以一空間（絕緣體）分隔。半導體符號更為有用，因為電晶體、二極體，及其他固態零件差不多皆需連接於正確之極性，在電路圖上，由於箭號指示了正電流之方向，也就清楚的顯示出極性情況。

其他電路符號仍然有許多，若想知道更多的資料，可以參攷概略圖指南一書（Radio shack 出版）。

零件選擇

本書中所述的所有設計，其裝配所需零件皆可在 Radio Shack 購得。然而，有時某一指定零件在店中暫時缺貨，或你可能手邊有類似指定之零件，因此，本節中將說明一些主要的零件及對零件替代作一指導。

電阻器 電阻器是固態電路中最普通之零件，由於電阻器能限制電流量及將電壓分成較小值，故可用以供應電晶體之偏壓及限制流至低功率裝置之電流量。

很慶幸的，大多數電晶體電路中並不需要很精確值的電阻器，例如，本書中所述的各種設計，其所有電阻器皆可容忍 10% 的誤差值。許多情況下，若手邊找不著指定值的電阻器，你可使用次一接近值之電阻，而可得到近似或完全一樣的良好結果，例如，4700 歐姆的電阻器差不多皆可用來替代

5000 歐姆之電阻器。

電晶體電路通常工作於低功率位準， $\frac{1}{8}$ 或 $\frac{1}{4}$ 瓦特電阻器就可適用了；較高功率的電路需 $\frac{1}{2}$ 瓦特或更高的電阻器，記住一定得用正確額定功率值的電阻器，因為太小的話往往會因過熱而燒壞。

大多數電子零件都標示出值或識別號碼，但是電阻器通常以圖 1-2 所示極易瞭解的色碼作為辨識。色碼使用很容易，大多數使用者都將之背誦起來。

我們來看看色碼之識別法，假設一電阻器的色碼為紅、橙、及黃色環，通常皆是從靠近電阻器一端點處開始，此例中第一環為紅，其代表的數是 2，第二環為橙，代表數為 3，此頭兩個數 23 再乘上因數 10,000，得到電阻值 230,000 歐姆。



容許發值帶
 1 金色 5 %
 銀色 10 %
 黑 20 %

顏色	第一環	第二環	第三環 (乘值) R_1
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 1-2 電阻器色碼

電容器 與電阻器一樣，電容器也可自指定值作某程度的改變，許多情況下也皆採替代之方式，一般誤差容許值為百分之二十至百分之一百，所以以 $0.1 \mu F$ 之電容器替代 $0.22 \mu F$ 之電容器通常也是可行的。

與方才見到的電阻器功率額定值一樣，電容器必須遵照電壓額定值。這是因為電容器上過高的電壓會使分隔電容器板之絕緣介電質材料損壞，為避免這種可能的損壞，通常選用电容器時，額定值應該高於電路的工作電壓，例如，在以 9 伏特電晶體收音機電池作電源的電路，可用 10 伏或 16 伏之電容

器。

變壓器 本書中僅少數設計用到變壓器，其中一例中變壓器是用來將低電壓脈衝升高至超過 150 伏的波尖（Spike），另一例中，變壓器是用來供應超簡單振盪電路的回授。

變壓器包含了繞在一共用心的兩組或多組繞線，心可以為空氣（用在高頻變壓器），鐵粉、或多層薄金屬板——稱之為疊片（laminations），疊片變壓器可以使流入變壓器心之外來電流瓦解，本書中所用之變壓器皆採此種結構。

變壓器可用來將脈衝電壓或 AC 電壓轉變或較高值或較低值。若要增加電壓，則須將低電壓加於比較短之繞線，而高電壓呈現於比較長之繞線端，但電流值降低了；反之，若電壓減少了，則電流必然增加。

變壓器也可用來使電路之一部分與另一部分隔離，亦可用以使電晶體放大電路輸出的高阻抗匹配（match）大多數揚聲器的極低輸入阻抗，以及作其他方面應用。

當以變壓器替代其他變壓器之時必須小心，特別是要連接至家用電源之變壓器，一定得注意功率額定值，否則變壓器將被過大的電流燒燬。因為本書中的電路都是由電池供電，所以你可於稍微或不更動功率額定值情況下作變壓器之替代使用，但替代時一定得用類似的，否則電路將無法工作。

二極體 最簡單的一種半導體裝置是二極體，它是一種 PN 接合裝置，具有僅單方向流通電流的特性，除了能直接作電壓的整流之外，特殊功能二極體尚可用以調整電壓位準（齊納二極體），產生光（光射二極體），及作為負電阻裝置（四層二極體）。

Radio Shack 售有齊納二極體，光射二極體，及其他各種電壓額定值及形狀的普通整流二極體，很幸運的，只要採用相當型式之二極體，替代使用是不成問題的，例如，你不可用整流二極體去替代齊納二極體。

由 Radio Shack 可以買到很便宜的二極體，未經測試分類的二極體每個價格低於美金五分錢，而二極體很容易以歐姆計測試，好的二極體會在某一方向呈現低電阻而另一方向呈現高電阻。

電晶體 本書中的每一設計差不多平均約用到兩隻電晶體，有些電路僅用一隻電晶體，但有一電路用到四隻。很幸運的，在一般不是很精密的應用中，可以很容易的作電晶體的替代工作，例如，Radio Shack 提供 37 種經仔細選擇過的電晶體，可以替代超過 20,000 種不同的電晶體，所有的這些電晶體都是新且品質高的半導體，沒有一個是電子廢品商常售的工廠不合格

品。

當選用電晶體時，下面一些規則可供你作正確的決定，可能的話，儘量用指定的電晶體，若找不到指定型號，則應遵循下面的指示：

1 應在同一電晶體支系內選用替代品，例如，不可以用場效電晶體（FET）或單接合電晶體（UJT）來代替雙極性電晶體（PNP 或 NPN）。

2 應選擇正確的極性，例如，除非電路也作改變外，PNP 電晶體不可以替代 NPN 電晶體。

3 應採用作相同應用之電晶體來作替代，例如，避免以低頻率聲音電晶體用在高速開關電路。

4 應確定用來替代的電晶體能符合原先指定電晶體之電壓及功率額定，例如，如果你以一小的塑膠或金屬外殼之電晶體來替代功率電晶體，其結果是你必定會使該電晶體燒燬。

當然仍有其他因素是你仍需加以考慮的，例如，矽電晶體對溫度之穩定能力高於鍺電晶體，因此在許多應用中效果較佳。鍺電晶體在某些電路中有過熱的現象，這是因為它能容許較多的電流通過而引起較多的熱，此現象一般稱之為熱逃脫（thermal runaway），會損燬電晶體。

有時候鍺電晶體較矽電晶體為佳，這是因為它們能在較低的電壓位準工作，例如，第六章所述的簡單太陽動力振盪器，就是採用鍺電晶體，它能在幾分之一伏特下工作。

若想知道有關電晶體替換的更多資料，可參見 Radio Shack 出版的「電晶體替換手冊」（transistor substitution Handbook），也可參見 Radio Shack 之電子目錄。

圖 1—3 所示為數種典型之電晶體及其引綫之標示，雖然電晶體引綫的排列方式有很多種，但本圖所示的是最普通見到的。

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，及其他作機械應用的工具裝配而成的，這些成品的外觀與工作情況是一樣的不佳，因此，製作者應作一次經濟的投資於某些電子裝配有用的工具，以獲得較佳的效果。

你可以花少許的幾塊錢，從 Radio Shack 買一套基本的工具，開始學習者只要一低瓦特烙鐵（以後再增添其他的，一斜口切綫器，一尖嘴鉗，一

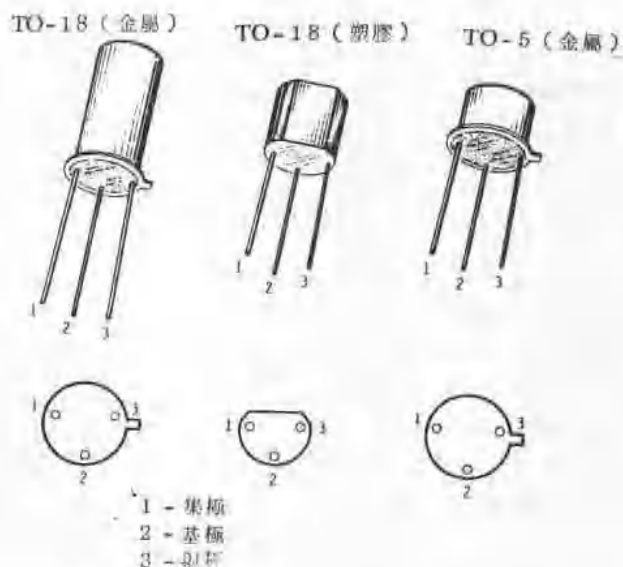


圖 1-3 普通電晶體外觀

剝綫器及一些螺絲起子，當你有了更多的經驗後，可以再買一些其他的有用工具如螺絲起子，梅花板手、鑷子、銼刀等。

本書所提的各設計只要一穿孔板及必要的零件就夠了，若是要將成品裝上外殼，你就必須用到固定裝置，電膠布，及標籤帶了。

電路板

爲了解說能夠清楚，同時在可用的篇幅中介紹較多的設計，在本書及其它 Radio Shack 設計叢書中，我將所有設計都製作於穿孔板上，這種構造技巧對開始者及有進一步經驗的人都很受歡迎的，這是因爲它極爲可靠，而且完成了的電路非常很乾淨。

Radio Shack 店售有許多種通用大小的穿孔板，但我較喜歡 $4\frac{1}{2}$ 吋 $\times$ 5 $\frac{5}{8}$ 吋帶有交錯格子的電路板，因爲電晶體可以很容易的穿入此帶有較緊密小孔的板，不管你所用的是什麼板，在完成設計後你可在板的角緣裝上橡皮腳或隔離螺絲以改善其外觀。

認真一些的電子試驗者可能會考慮印刷電路板的技巧以作永久性的成品，印刷電路板(Printed - circuit board)是以帶有銅箔的穿孔板代替所有上方或下方的接線連接。

Radio Shack 出售的印刷電路工具組包含覆有銅箔的板，腐蝕劑、防蝕墨水、防蝕筆、螺旋鑽、洗刷墨滾、圓膠帶及長條膠帶等，共約美金七元(目錄編號 276—1576)，這套工具所含的材料可以使你作成職業性的電路板，Radio Shack 也單獨的出售防蝕漆，腐蝕劑及防蝕墨水溶劑等，覆有銅箔的板可分為穿孔的及不穿孔的。

本書設計中較深一些的結構技巧是將穿孔板上的電路裝配於 Radio Shack 的 P - Box 或 Perfbox (TM)，它可保護零件，以免意外的發生短路。

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，倘若你已經具有良好的銲接經驗，讀讀下列步驟以作為一自我復習，如果你只是一銲接方面的生手，就得很仔細的讀下列步驟，並且在試圖真正的銲零件於其他零件前，實際的試銲一些零頭導線。

1 裝配電晶體電路時，避免採用銲槍或高功率之烙鐵，以免其高熱損壞了半導體及其他零件。應該用“鉛筆”型的烙鐵，額定功率在 25 至 40 瓦特之間，並依製造商指示以錫熔於烙鐵頭。

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。一般採用松香心銲錫，可以在 Radio Shack 買到。

3 為得到低電阻值且永久的接合，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 在銲接一接點之前，先加熱銲錫欲加上之點，當接點受熱數秒後，烙鐵不動同時加銲錫於接點上(並非加於烙鐵)。

5 在移開烙鐵前，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前移動接點。

6 保持電路鐵頭之清潔，以濕海棉或濕布擦去堆積的銲錫。

倘若上述六個步驟皆能遵循，就很容易作好銲接工作，好的銲接會呈現平滑與光澤，如圖 1—4 所示；不好的連接則粗糙灰暗如圖 1—5 所示，如果你的接點像後者一樣，再重試看看。



圖 1-4 銲接良好的接點



圖 1-5 銲接不良的接點

包 裝

穿孔板對許多實驗性設計或永久性設計都很理想，但為防止電短路及機械碰撞損壞，你可能會放慮將之裝入一外殼或包封。外殼除了能對設計加以保護外，它尚有一堅固的外板，可以裝上開關，電位器，及其他控制，使裝置的應用更為方便。外殼對那些用到較脆弱的零件如揚聲器、電計等設計更

為有用。

Radio Shack售有各種金屬外殼及塑膠外殼，能適合許多種類電子設計的安裝，所有的外殼都帶有可移開的外板或面板。

圖1—6所示為一種將電路板裝入外殼的方式，因為它能使電路與外殼壁隔開一空間，以防止意外的短路，故稱之為隔離固定法。

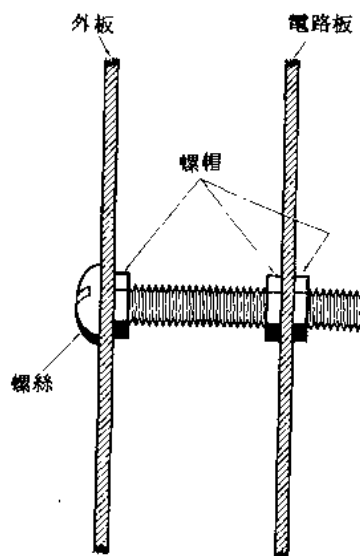


圖1—6 將電路板附著於框架

你可以用隔離技巧將穿孔板固定於外殼內，首先在板鑽四個孔，並用四根6—32螺絲固定住板，為了外觀的整齊，必須使螺絲孔位於外殼之背後或底部。

控制器、揚聲器、電表及微音器插頭可以直接裝於外殼，這些零件大多可在外殼鑽洞後裝上。揚聲器比較難裝，圖1—7所示為一種安裝各型小揚聲器的極有用技巧，它是以三或四個小型“Z”托架（用鋁片或罐頭錫皮製成的）來固定揚聲器，也可以將焊錫套彎成適當的形狀來使用。

在固定揚聲器前，先在外殼鑽數個圓孔，使揚聲器的聲音可以逸出，再在揚聲器與外殼壁之間加上一層布，以避免損壞及脆弱的揚聲器錐體，你也可採用一小殘片的穿孔板達成同樣的效果。

最後，記住你並不必須一定得把電路裝上外殼以求得能正常工作，但是

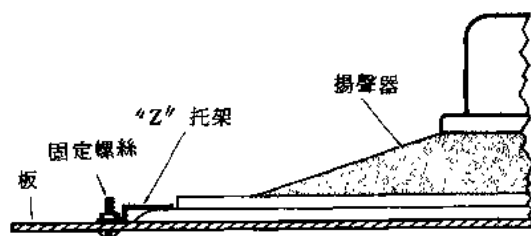


圖 1-7 固定揚聲器之說明

，外殼除使成品外觀好看外，尚且比穿孔板暴露著的電路有更可靠的工作特性。

電源供應

有許多種不同的電源供應皆能動作電晶體結構之設計，電池電源是最方便也最安全的了，同時，本書中的所有設計都可以用 1 ½ 伏電池或 9 伏電晶體收音機電池動作。

最近幾年，發展出的多種高效率，長壽命的電池，其中最通用的一種就是鹼電池，Radio Shack 售有 1 ½ 伏及 9 伏的這種電池。

鹼電池雖然比一般的碳鋅電池貴，但你所付的額外花費可以買到更長的工作壽命，舉例而言，一隻 1 ½ 伏的“D”型鹼電池價錢是美金 90 分，其壽命比等值而價錢為 21 分的碳鋅電池要長 5 到 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，而且更換次數比一般電池少五分之一。

鹼電池對吸取高電流之電路特別有用，如第五章所述的霓虹燈設計，像這類的消耗高電流電路，鹼電池的壽命比標準碳鋅電池長 7 至 10 倍。

另一種很有用的電池是 Radio Shack 的 Nova 電池，這種電池是二個以上的 1 ½ 伏個體出售的，它是含有經特殊處理過電解質的標準碳鋅電池結構。當作高功率應用時，Nova 電池比一般碳鋅電池壽命長 3.6 倍；當作電晶體電路之動作時，Nova 電池比一般碳鋅電池壽命長 3 倍。

如果電池安裝在電池座使用時，電池是很方便的，Radio Shack 售有各種適合本書各種設計的金屬或塑膠電池座。9 伏特之電晶體收音機電池經常用來動作許多電路，因此最好以帶有顏色的引綫以綫夾連接至電路上（紅色代表正極，黑色代表負極。）

圖 1-8 所示為告訴你如何將兩隻以上電池串聯或並聯作成電池組，以得到數高的電壓或較大的電流額定值。額定值為數伏特的已包封好之電池實

實際上是包含一些串聯或串並聯小電池裝入一保護包封內，你可以打開一隻壞了的電晶體收音機電池來看看這類電池之構造情形。

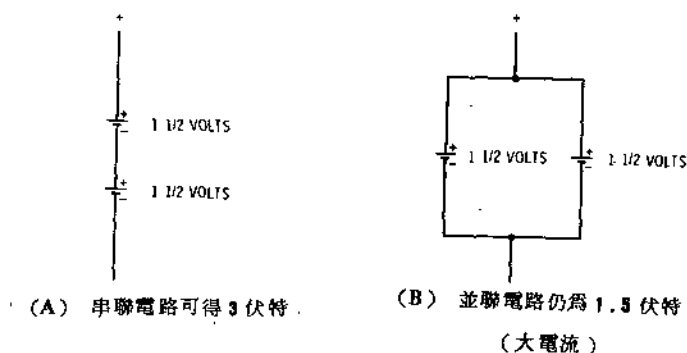
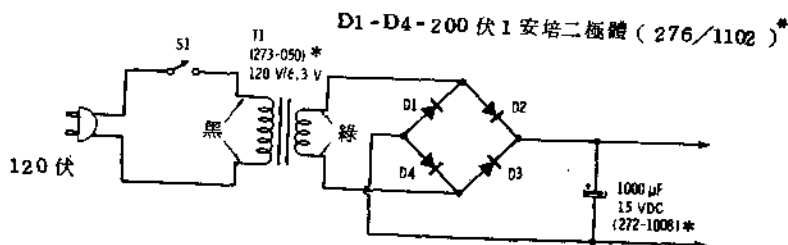


圖 1-8 串聯及並聯電池電路

雖然電池電源極為方便且可作成完全手攜式，但家用電源卻更為經濟，除了少數電晶體電路能直接以家用電源電流動作，其他的則應由 120 伏 AC 家用電源轉變成低直流電壓，以適合多數電晶體電路之所需，轉換時需用一電源供應。



* Radio Shack 目錄編號

圖 1-9 簡單之 9 伏 DC 電源接動作電源供應

圖 1-9 所示為一很容易裝配之 9 伏特電源供應電路圖，此電路在電晶體設計第一冊中已有詳細之說明（第 2 章，17 至 26 頁），以一個毫無電子經驗的初學者而言，在數小時內就可裝好。雖然電源供應之初始成本高於電池電源，但長時間工作之花費卻遠比電池便宜得多。

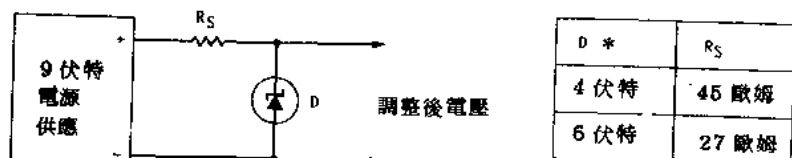
圖 1-9 所示電源供應之工作是很容易明瞭的，120/6.3 伏之 AC 變壓

器的原級端是以絕緣插頭接於家用電源上，變壓器次級繞線呈現出 6.3 伏交流，變壓器之功用除了降低電壓位準外，尚可使你與電源供應電路中危險的 AC 電源綫隔開。

四個二極體是要將變壓器的 AC 電壓整流成爲 DC，你也可以只用一隻二極體串聯於變壓器之一次級繞組引綫，但這樣的話二極體會阻住一半的 AC 電力，輸出將成爲脈動的，四隻二極體的安排方式稱之爲全波橋式整流器，安可將所有 AC 轉變成 DC，比起單一二極體要有較少的脈動及漣波。

電容器的功用是如同一濾波器，可以使橋式整流器出來的直流更爲平滑，電容器也可作爲一暫時儲能裝置，當電路有此需要時可以供給額外的電力。

當你想用圖 1—9 所示之電源供應而得到低於 9 伏之電壓時，可以如圖 1—10 所示的連接一齊納二極體 (Zener diode) 及一串聯電阻器至電源供應，齊納二極體有吸收高於該二極體額定電壓值電壓之特性，例如 6 伏特齊納二極體連接至電路可得 6 伏特之輸出，Radio Shack 備有 $\frac{1}{2}$ 及 1 瓦特形式之齊納二極體。



* (用 1 瓦特齊納二極體)

圖 1-10 用齊納二極體作電源供應電壓調整

第一冊之電源供應設計可告訴你更詳細的情形，如你想製作電源供應，一定得仔細隔絕 120 伏變壓器連接，以防止危險的觸電。

如果你要用電源綫動作之電源供應，你並不需要實際作一個，Radio Shack 售有可調整之電源供應，其中一種可調之 DC 電源供應可自 0 至 24 伏間變動，電流可高達 1 安培 (目錄編號 22—126)，此電源供應裝在一金屬外盒內，可滿足大多數電晶體電路所需之電源。

測試裝置

感謝近代固態電子零件之簡單及可靠，你可以不具備或不使用任何測試裝置而作成許多電子成品，但你最好還是準備一些簡單且便宜的測試裝置。

最基本的測試儀表是伏特—歐姆—毫安表 (VOM)，吾人常稱之爲三用