

科學圖書大庫

印刷電路製作

譯者 黃 浩

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

印刷電路製作

譯者 黃 浩

徐氏基金會出版

序 言



本編介紹各種製作印刷電路板的技巧，以及目前電子工業的新觀念，主要目的是要使每一位學生了解製造印刷電路板（PC板）的每一步驟，包括紙上作業以及實際的焊接，最後裝機，成為完整的電子裝置，若每個學生都能仔細的作測驗及實驗，終必能建立信心，同時對於複雜的積體電路（IC）也能得心應手。

書中，我們首先討論安全，因為安全是所有實驗過程中最重要的一環，若不小心受傷，以後的課程都要延誤，甚至可能躺在醫院中，虛度光陰。

有了安全的觀念後，以後的課程便按部就班，由紙上作業開始，一直到製作完整的PC板。剛開始我們是用簡單的線路，由簡單的線路製作PC板上的圖案，再曝光、腐蝕，除去PC板上不必要的銅箔。腐蝕是整個過程中最重要一步，不過腐蝕的好壞，往往得視圖案製作的好壞。腐蝕後，接著鑽孔、安插零件，焊接便完成。

簡單的線路只須要用單面的PC板，複雜的線路就要用雙面的PC板，按照單面PC板的步驟，將複雜的線路，實現在雙面PC板上。雙面PC板能大大提高零件的密度。

最後幾章討論照相的技術，以便製作高品質的PC板，包括照相機的介紹、底片處理、曝光、沖洗的各種技巧。

附錄A，是總分記錄，由這張表中，每位學生可瞭解自己的程度；以及對課文、測驗、實驗等吸收多少。

本編能夠完成，應當感謝我的學生，他們親手作實驗，幫助本書實驗的驗證，以及我的工作同仁，提供不少資料。

本編的程度，適於高中以上，對電子方面有興趣的同學。實驗設備均很容易購得。一般學校均可採用。



目 錄

序 言

第一章 安 全

序 言	1
處理酸鹼腐蝕	1
腐蝕劑的儲存	1
顯像劑	2
腐蝕器具的操作	2
腐蝕劑的善後問題	2
處理 P C 板的方法	2
操作機器	3
手工具使用原則	3
遭受電擊後的救護行動	3
摘 要	5
安全測驗	6
學生對於安全原則的報告	7

第二章 印刷電路板的介紹

序 言	8
印刷電路板製作過程	10
測驗 2 印刷電路板的介紹	13

第三章 熟悉PC板

序 言	14
電子零件符號	16
線路符號	16
各種符號的英文縮寫	17

零件的清單	17
價格的估計	17
舉例說明	17
P C 板的大小	19
圖形製作	19
由線路圖發展成實際圖案的例子	19
普通電晶體及場效電晶體的各種點識別方法	23
測驗 3 製圖紙	24
P C 板的認識	27

第四章 零件排列與彼此間排列的聯線

零件排列	29
零件排列時所採用的比例大小	29
零件排列時所採用的圖形大小	29
特殊零件的外形	31
略圖所採用的工作紙	35
P C 板的大小	36
零件間的距離	36
插孔的長度	37
輸入 / 輸出聯線	37
設計零件時所採用的工具	37
設計的步驟	37
略圖的描繪	38

零件排列的設計·····	38	史克爾感光源·····	83
描線的工作·····	38	曝光光源及曝光步驟·····	83
PC板大小調整·····	39	平面顯影·····	84
測驗 4 A·····	40	史克爾感光膜顯像·····	86
測驗 4 B·····	42	測驗 7·····	87
零件排列及描線·····	46	史克爾感光膜片·····	89

第五章 PC板製圖時所採用的材料

序 言·····	48
主要的製圖材料·····	48
插孔接點的大小·····	48
接點內徑選擇·····	54
插孔接點外徑的決定·····	54
膠帶的寬度·····	54
膠帶與膠帶之間的距離·····	55
製圖材料選擇的工作紙·····	55
測驗 5·····	58
PC板製圖材料的介紹·····	60

第六章 製作單面PC板的精確答案

序 言·····	63
採用工具·····	66
用膠帶貼出圖案的技巧·····	66
圓形準線的標誌定位的洞·····	67
特殊圖案·····	68
精確圖案的工作紙·····	68
測驗 6·····	76
單面PC板精確圖案製作·····	81

第七章 史克爾感光膜 (SCOTCHAL)

序 言·····	83
----------	----

第八章 PC板的準備工作

序 言·····	91
PC板的絕緣材料·····	91
PC板表面·····	91
PC板的選擇·····	91
切PC板及PC板上打孔·····	92
PC板的清潔工作·····	92
光阻物質應用及乾燥·····	93
曝光·····	94
PC板的顯像·····	94
測驗 8·····	96
PC板的準備工作·····	98

第九章 PC板腐蝕

序 言·····	100
腐蝕劑溶液·····	100
腐蝕方法及器材·····	101
PC板上直接作圖案·····	103
測驗 9·····	104
PC板腐蝕·····	105

第十章 PC板剝除光阻物質，防止氧化及鑽孔

序 言·····	107
剝除光阻物質 銅箔的保護·····	107
清除RA脂及Superior NO ₂ ·····	

30 液	109
PC 板的鑽床	109
PC 板的鑽針及鑽孔	109
測驗 10A	110
測驗 10B	111

第十一章 PC板零件的安插與焊接

序 言	114
PC 板固定夾	114
PC 板再清潔	115
零件接腳的清潔	116
打孔的工具	117
零件接腳的彎折	117
零件的安插	117
焊 接	118
清 潔	118
PC 板的修理	118
摘 要	119
測驗 11	120
PC 板零件安插及焊接	121

第十二章 複雜的PC板線路(單面)

序 言	123
零件排列	123
銅箔導線的路徑	124
跳 線	124
製作略圖	124
完成 PC 板	124
轉速計線路說明	124
測驗 12	128
複雜的 PC 板線路	135

第十三章 PC板的概論及裝機

序 言	137
整個電子電路	138
電子零件尺寸資料	138
由整個電路選擇 PC 板上的電路	138
PC 板上的線路以及零件清單	142
PC 板上的輸入 / 輸出端點	142
機箱的考慮	142
電源供應器線路說明	142
測驗 13	149
在 PC 板上的電源供應器部份電路及其零件清單	148

第十四章 雙面PC板的製作

序 言	151
零件排列工作紙	151
略圖作圖及零件的排列	151
定位標記	151
雙面 PC 板的描線	154
精確圖案的製作及底片的複製	154
PC 板準備 KPR	154
感光膜底片的定位以及 PC 板曝光	154
雙面 PC 板顯像	155
雙面 PC 板腐蝕	155
雙面 PC 板剝除光阻保護膜及鑽孔	155
測驗 14	156

第十五章 2×44例與4×44例製圖

序言	171
優點及缺點	171
2 X與4 X製圖材料	171
圖案製作	171
PC板的大小	172
2 X比例零件排列以及圖案製作	172
邏輯探針工作原理	172
測驗 15	175

第十六章 照相機及底片曝光技巧

序言	185
照相機的結構	185
焦距	185
物體與影相的關係	185
f /數目	187
影相的清晰度	187
快門	188
複製底片用的照相機	189
底片選擇	189
暗房	190
自己作的照相器材	190
測驗 16	191

第十七章 沖洗底片的過程

序言	194
未曝光的底片	194
暗房以及沖洗底片的設備	194
化學藥品的安全	195

底片沖洗	195
停止顯像	195
定像劑	196
沖洗底片的藥品及步驟	196
底片沖水	197
化學藥品的善後	197
測驗 17	198

第十八章 正性光阻物質

序言	202
圖案以及正性底片	202
清洗PC板以及敷上正性光阻	202
PC板曝光	203
PC板的圖案沖洗	204
沖洗完畢以後的步驟	204
測驗 18	205

第十九章 插孔中央電鍍導線

序言	206
PC板製圖	206
決定插孔的位置	206
鑽孔	207
PC板準備工作	208
銅質的預敷	209
電鍍銅	209
鍍錫	210
光阻剝除以及再塗上KPR	210
最後一步	210
測驗 19	211

第一章 安 全

序 言

毫無疑問的，安全是每一個人的責任，由老師至學生都應注意。在本書各種實驗中，所使用的儀器，所使用的電壓，處理酸、鹼腐蝕，以及照像顯影時，都要注意安全。因為這些儀器與化學藥品，比日常生活所遭遇的事物，更容易發生意外。因此，本書的開頭，我們就介紹各種安全原則，以便應用到以後幾章中。我們將指出各種危險的動作，以及具有危險性的區域，提高同學對意外的警覺性。

本書中，所須使用的化學藥品相當多，大部份的安全原則都適用於這些化學藥品。不過，仍然可能發生其他的意外。我們會隨時提醒注意，防止學生發生意外。

處理酸鹼腐蝕

當我們腐蝕印刷電路版（PCB）時，一旦拿到酸或鹼的腐蝕劑，就必須特別小心。若不小心沾到皮膚，會引起灼傷。同時，操作者還要小心，不能讓腐蝕劑濺到眼睛，要避免這些意外，最好戴保護目鏡，戴塑膠手套，再穿工作服。

【注意】 若腐蝕劑不慎濺入眼內，立即到水龍頭旁用水沖洗，若沾到皮膚，也是用水沖洗沾到的部位。同時還要迅速的 通知指導老師。

腐蝕劑的儲存

腐蝕劑應該置於低溫、乾燥的地方，同時，應該密封在特殊的容器內，搬運是才不致發生意外。腐蝕劑儲存後要隨時檢查，以防止瓶蓋鬆脫或其他因素造成洩漏。倘若瓶蓋是鬆的，腐蝕劑一旦翻倒，會引起嚴重的洩漏。同

時，也可能會揮發出有毒性的或是腐蝕劑的房間，也應上鎖，儘量減少不必要的意外。

顯像劑

底片顯像所使用的化學藥品，也具有危險性。因此，處理顯像劑就如處理腐蝕劑一樣，要極端小心，避免吸入有毒的蒸氣，不能沾到皮膚，更不能濺入眼內，說不定會造成失明。學生在顯像時，應站在抽風機旁，用抽風機將有毒的氣體排出，以防止吸入肺部。

腐蝕器具的操作

使用腐蝕劑噴灑器前，必須獲得老師的允許，同時戴上保護目鏡，塑膠手套及工作服，保護皮膚及衣物。在老師的監督下，先熟悉操作的各種技巧。要確定腐蝕劑的容器表面沒有破洞或裂痕。在打開瓶蓋之前也要確定瓶蓋是否封好，以及封好的位置。隨時準備意外的降臨。若是腐蝕器具的頂端與底部都具有噴灑腐蝕劑的能力，那只能利用頂部的噴灑器對付單面的PC板，不然PC板可能會被噴離傳送帶。若對腐蝕器具的操作有任何疑問，立即請教老師。同時在腐蝕器具旁邊的人最好都戴上保護目鏡。

腐蝕劑的善後問題

如何處理用過的腐蝕劑，是一個大問題，也許最簡單的方法，就是把它們退回給製造商，叫他們去處理這個問題。不過一定要確定腐蝕劑是放在一個安全的容器內，以便搬運或儲存。假如你決定自己處理這些腐蝕劑，必需遵守特定的處理方法，以減少污染。絕對不可將這些腐蝕劑任意的倒在排水溝中，同時腐蝕劑若為酸性或鹼性，必須中和後才處理。腐蝕劑所腐蝕的銅，也必須先沈澱出來。處理這些腐蝕劑時，要極端的小心，不能沾到皮膚或衣服。

處理PC板的方法

當我們在切割PC板時，手指不可太靠近切割的邊緣，鑽孔時要注意這些小口徑的鑽頭，尤其是碳鋼合金的鑽頭，它們很容易斷掉。鑽PC板時，千萬不可亂動，一定要保持平衡，不然會導致鑽頭折斷。當然我們也要戴保

護目鏡。

在 P C 板上銲接零件時，一定要戴目鏡，以防止銲錫濺入眼內。不可亂甩烙鐵，不然烙鐵上的銲錫會亂飛。自己也要注意，別讓銲錫或烙鐵燙傷。最後清除 P C 板背面的引線時，要令你週圍的人以及你自己都戴上目鏡、以防止這些金屬引線飛入眼中。絕對不要一個人獨自在實驗室處理 P C 板。

操作機器

未能了解機器的各種性能前，絕不可任意操作，某些機器，如油壓鑽孔機、車床、以及電鋸，都是特別危險的。操作這些機械時，一定要戴目鏡，保護眼睛。

在操作這些機器時，可以兩人為一組，一個人利用機器做所須作的事，另外一人則站在開關旁邊，這樣一旦操作機器的人出了問題，另外一個人就可馬上關掉機器。穿在身上的衣物，如領帶、長袖子，或飾物、項鍊、圍巾等，要防止被機器捲進去，萬一發生這種事，另外一個人就必須關掉機器，以免造成重大的傷害。

當我們使用鑽孔機時，被鑽的物件必須夾緊，這樣鑽子才不會鑽到別的地方，同時手也獲得較好的保護。

手工具使用原則

使用手工具時有幾點必須強調：不要將尖銳的手工具放進口袋。打孔器或鑿子不可任意使用，因為它們所產生的碎片可能會傷害到別人。所有的工具都應該具有把手，特別是銼子或鑿子。鑽子、鑿子、剪刀等工具，與金屬接觸後，立即要重新磨光，可以利用一個平滑的銼子磨光，不過不要磨的太過份，免得尖銳的一面變鈍了。

遭受電擊後的救護行動

在整個實驗室內，有許多足以令人致命的交流電源，尤其是插座，電源線等，假如有人遭受電擊，同時失去知覺，我們應採用正確的施救步驟，以口對口人工呼吸對患者施救：

a. 若患者仍接觸到電源，要立即關掉電源，或想辦法移開電源，但不可直接用手，一定要用絕緣物。

- b. 找別人給予支援。
- c. 施行口對口人工呼吸。

【注意】 口對口人工呼吸的方法，是將患者面朝上躺下，清除口內的雜物（如口香糖、假牙，以及舌頭的位置，別讓它們擋住空氣至喉頭的流動），捏住患者的鼻子，然後由嘴部輸入口空氣，每分鐘約為十二次。直到患者醒來為止，或者在醫生宣佈患者死亡後才可停止。

當我們面對任何電路時，必須特別小心，尤其是電路中的電壓，分析線路時，必先獲得老師的允許。一個工作中的線路，必須有人注意著，以免別人受到意外；同時，自己要確定電源線是否插好，不要相信別人告訴你電路的工作情況，一切要自己確定。要注意電容器，因為它們在電源拔掉後，仍存有足以致命的電荷。電容器中的電荷，可利用一根導線，將電容器兩端短路，或是將電容器一端接地（若電容器的另一端接在地線上），就可消除電容器中的電荷。

我們絕對不要在潮濕的平台，或站在濕地上操作電器，因為你的身體正好造成一個迴路，電流可以經由你的身體達到地面，使你的心肌麻痺，甚至死亡。儘可能的將另一支手插入口袋，這樣電流便不會流經胸部，減少心臟受損的機會。

不要獨自一人面對工作中的線路，萬一受到電擊旁邊的人至少可以看到或聽到你求救的聲音，再幫助你脫離危險。

在電源前面工作時，先要除去金屬的項鍊及手錶，因為它們能造成很大的電流，這些短路電流（經由金屬項鍊或錶帶）會使這些飾品變得高熱，灼傷手指或頸子。

若一個電器裝置，其機座或是地端，直接連到插頭的一端，此時最好使用一個獨立的變壓器，將電源先接到變壓器，再由變壓器輸入此裝置中。利用三個插梢的插頭可以避免此問題，可是牆壁上的插座大部份只有兩個孔，必須使用一個由二相變成三相的轉換器，此轉換器插入插頭時，也可能插錯方向，以致找不到正確的地端，這時只要將插頭轉 180 度（拔出，轉 180 度，再插入），就可找出正確的地端，有時我們可採用另一種插頭與插座，其地端的插梢及插孔較大，這樣就不會搞錯了。

摘 要

當我們面臨危險時，直覺與普通的常識是最重要保護者，利用自己的思考，找出可能發生的危險，這樣就可使意外減少到最小程度。不過我們不可能考慮到所有的危險，老師會不斷的指出危險存在的區域，尤其是操作機械，電壓，以及切割 P C 板等，安全是所有實驗課程中都不可缺少的一項。

儘可能花一點時間，知道滅火器的位置，千萬不可用水或蘇打泡沫噴灑電器引起的火災。先學習各種滅火器的使用方法，這樣一旦發生意外，可以避免浪費時間。

記住求救的方法，不管是警鈴或是派人出去求助，尤其是遭遇意外後，需要特別的救護。這多學校或機構中，只要通知電話總機的接線生，便能獲得幫助，或者直接與電話公司的接線生聯絡，亦可得到同樣的幫助。

最後一句忠告：一旦遇到意外，儘可能的大叫。

安全測驗

方法：將正確的答案劃圈

- T F 1. 柯達出品的光阻化學劑，若不慎在操作時接觸到，會引起皮膚過敏。
- T F 2. 大量的顯像劑化學藥品，使用後可以直接傾倒於排水溝中，而不會影響週圍的環境。
- T F 3. 顯像時，因為使用許多化學藥品，因此需要一間黑暗而且通風的房間。
- T F 4. 各種顯像的化學藥品，只要數量很少，就可一起傾倒於排水槽中。
- T F 5. 顯像的化學藥品，在其包裝或容器外，應有安全原則的說明。
- T F 6. 鑽 PCB 時，因為鑽針很細，而且容易折斷，因此必須戴上保護眼睛的目鏡。
- T F 7. 處理酸或鹼時，對眼睛也應用適當的保護。
- T F 8. 欲將酸稀釋，須將酸加入水中。
- T F 9. 當房間內正在使用化學藥品時，不可任意吃東西。
- T F 10. 在處理腐蝕劑時，要給予眼睛適當的保護。
- T F 11. 在 PCB 板上焊接零件時，並不需要保護眼睛。
- T F 12. 顯像劑所產生的有機氣體，應避免吸入，同時，顯像劑必須在抽風機底下操作。
- T F 13. 硫化鉻與氯化鐵二者混合，即使數量很少也能產生致命的氯氣。
- T F 14. 使用噴灑式腐蝕器以前，必須獲得老師的許可。
- T F 15. 使用腐蝕劑時，老師不需要在旁指導。
- T F 16. 在暗房內處理化學藥品，應穿工作服。
- T F 17. 若酸不慎濺入眼內，應立即在水龍頭下，將酸洗出。
- T F 18. 若有任何意外，應立即通知老師。
- T F 19. 在 PCB 實驗室內可單獨工作。
- T F 20. 若操作腐蝕器材不正確，或在暗房內發生意外（如酸傾倒、等）應立即通知老師。

日期 _____ 學生姓名 _____

安全測驗的評分：每位學生，必須完全了解這些問題，並且正確的作答，才能進入以下的課程。因此任何問題不懂，必須獲得完整的解釋，每位學生必須獲得滿分為止。

學生對於安全原則的報告

我的老師 _____ 先生，已經授予我安全的觀念，並且利用二十題安全方面的測驗題，包括腐蝕室的設備、暗房設備、危險器材（腐蝕劑、顯像劑等），以及眼部的安全，使我了解安全的重要，我所提出的問題，也獲得滿意的答覆。我通過測驗，我會經常的閱讀這份試卷，提醒自己安全的重要性。我知道在工作時，最重要的就是安全，同時我絕不違反任何一條安全原則。若在工作進行時，遇到任何安全上的問題，我一定請教老師。若沒有老師的許可與陪同，我絕不操作任何機器，或使用無絕緣的電壓。

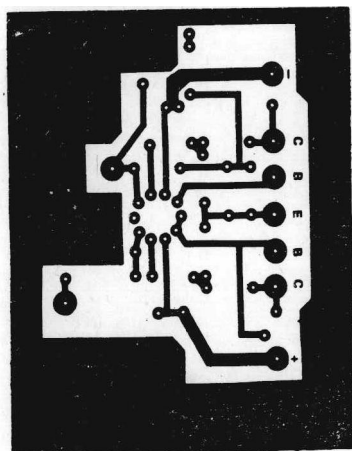
學生姓名 _____ 日期 _____

座號 _____

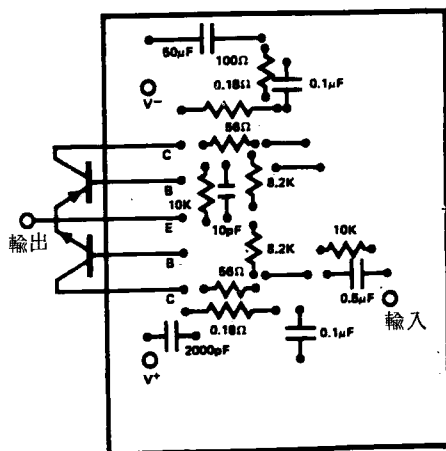
第二章 印刷電路板的介紹

序 言

印刷電路板 (PCB) 的主要用途是安插及聯接各種電子零件。通常是由酚的化學物質或玻璃纖維等絕緣物製成，再將一面或雙面敷上一層銅。除了零件之間的銅外，其他不需要的銅都被腐蝕掉，在定好的位置鑽孔，安插電阻、電容、二極體、電晶體，再將其焊住，其他的電子零件也可用電線連接於PC板的外接端。如圖2-1 成音放大器印刷電路板。



(a) PCB板反面的圖樣



(b) P.C.板正面的佈置

圖 2-1 成音放大器印刷電路板

在PC板之前，電子線路都置於一個金屬機座上，如圖2-2，包括真空管座、變壓器、線圈、燈泡等等，利用點與點的聯線方法，將各元件連接起來。這種方法需要佔用較大的空間，而且有點亂，不適於大量生產，要是

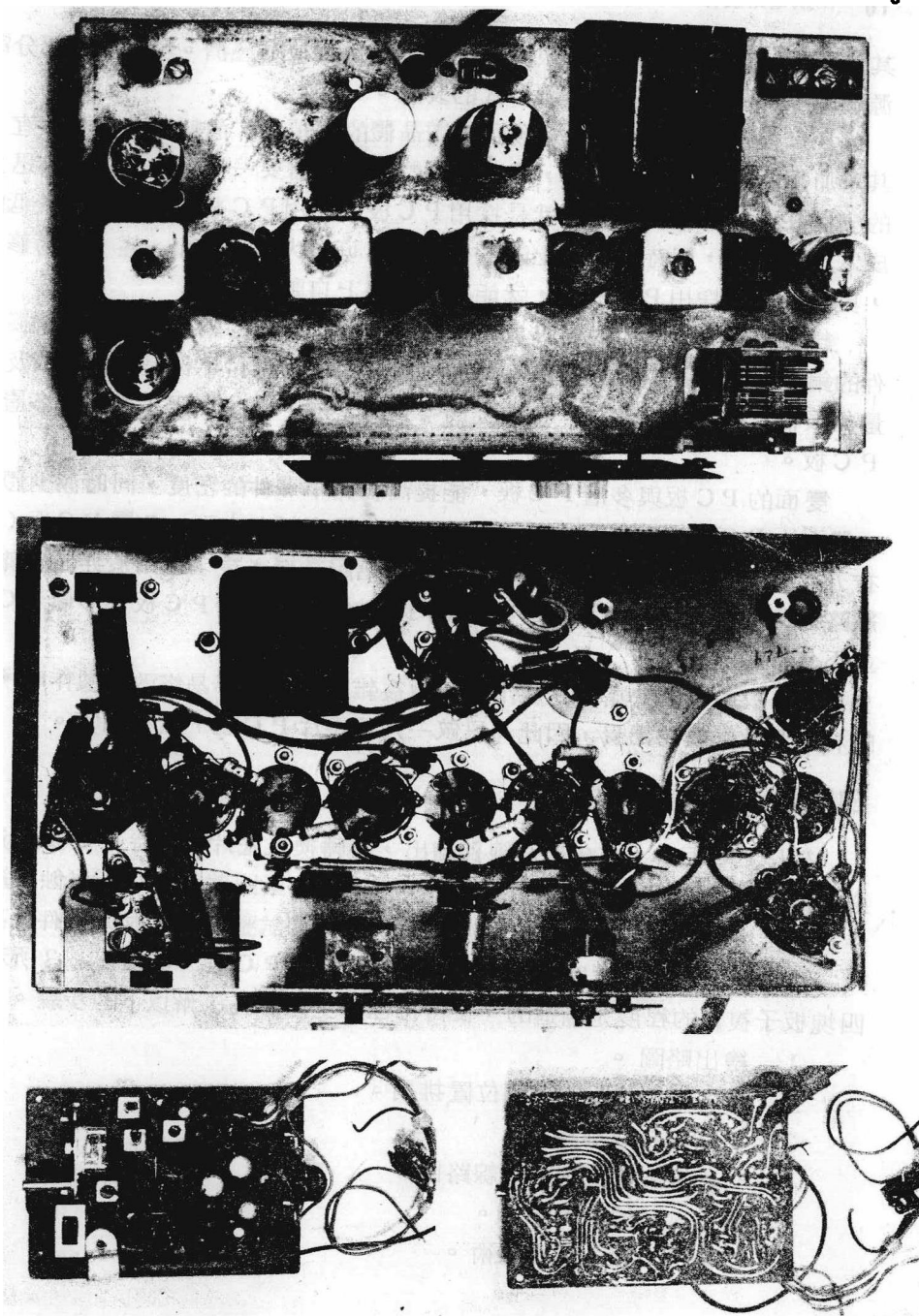


圖 2-2 電晶體收音機・與真空管收音機比較・後者的機座內採用點對點的聯線。

其中有根線斷了，修理起來很麻煩，生產的過程很不經濟。現在除了部分電源線路外，多半都不採用這種型式的裝置。

PC板隨著電晶體而迅速發展，電晶體的體積小，消耗功率少，便宜（其增加線路中零件的容量），同時電晶體很輕，需要一種方法，能將其迅速的安置在線路中，這種方法就是採用PC板。使用PC板後，就能以較低的成本大量生產，同時PC板上的零件密度也可增大，體積小、輕，容易修理，更重要的，採用PC板後，就能在生產線上自動生產。

起初，只採用單面的PC板安插零件，再將多餘的銅腐蝕，留下聯接零件的銅，對於多數簡單的線路，單面的PC板足以應付，但是由於體積及重量的限制（如太空船等），需要提高零件的密度，因此採用了雙面或多層的PC板。

雙面的PC板與多層PC板，能提高線路中零件的密度，同時減少體積，雙面的PC板可在兩面繪製線路，但零件只安插在一面，多層PC板（可有五或七層），包括許多導電層，中間夾著絕緣層，後者適用於非常複雜的線路而且能容納很多的零件，在電腦內，就常將用多層PC板（多層PC板並不包括在本課程內）。

PC板主要的缺點就是製作上稍微複雜，做成後不易修改，製作時所需的材料及設備較為昂貴，因此，只做一片或幾片PC板，就不划算。

印刷電路板製作過程

製作PC板時，首先要將線路繪出，再轉換成底片，同時PC板的銅面必須清洗乾淨，塗上感光劑，再曝光，再顯像，緊跟著將PC板腐蝕，鑽孔，再焊接，最後PC板再接上電源與信號，以測試整塊PC板與零件的功能。

每位學生，在此進度中，至少必須製作四塊PC板，如圖2-3所示，四塊板子複雜的程度是漸進的，使得每位學生能徹底了解以下的步驟。

1. 繪出略圖。
2. 將各零件依照略圖的位置排列。
3. 將略圖描成細線。
4. 將細線修飾成精確的線路圖。
5. 將精確的線路圖照相。
6. 單面PC板的處理技術。