

推薦序

早期的電路設計是用手繪方式進行，隨著電腦普及和需求增加，興起電子設計自動化的概念（Electronic Design Automation, 簡稱 EDA）。現今電子設計自動化已經是標準的工作模式。雖然在電路設計工具多達十餘種軟體，但在衆聲喧嘩的時代中，唯有專業才能引領科技發展的潮流。Cadence® OrCAD®即是此領域最具指標性的電路設計軟體，甫獲國際 EDA 電路設計 "2012 Best Electronic Design Award" 大獎！Cadence® OrCAD®擁有完整的電路設計、佈線以及模擬分析的功能，所設計出的電路圖均符合國際標準，對於目前或是即將從事電路設計領域的工程師來說，OrCAD®不但容易上手又能與國際標準接軌，若具備使用 OrCAD®的能力，在職場上絕對是一大優勢。

財團法人中華民國電腦技能基金會在相關電腦技能上已有完整的認證經驗，本公司在共同參與開發 OrCAD®各科技能認證的過程中，深刻地體認到基金會嚴謹的開發程序，以及為確保認證內容能結合實務工作和設計技巧，所付出的一切努力。此一客觀公正的認證標準，的確能協助企業在聘用人才時快速篩選出適合的人選。

欣聞基金會繼推出技能認證之後，邀請專家編寫教材及教案，能夠將產業所需的專業知識與電路設計、佈線、模擬分析實務，轉化為系統化的學習課程。本系列教材不僅能幫助學習者指引方向，亦可作為培訓單位開授職場實務課程的參考，因此是縮短學用落差的絕佳學習工具。

映陽科技作為 OrCAD®在台灣的總代理，很高興能夠推薦本系列教材，期盼藉由實務與知識的相輔相成，為台灣的教育市場注入活水，也為業界的需求栽培更多的專業設計人才。

Graser®

映陽科技股份有限公司

作者序

積體電路（IC）打從出娘胎起就不斷引來許多驚嘆號的追隨！！而電路板（PCB）後面卻只能一直默默地跟著小豆豆．．．對許多在電機電子領域的年輕學子來說，跟在電路板後面的甚至還可能是問號？？？差異何以如此之大？從產業特性與技術層次的角度來觀察，約略可以知道這個問題的答案。經過最近十多年來資訊與電子產業的神速發展，好不容易，電路板終於有了一些些驚嘆號的追隨者！那是因為電路板也被押著走上高速化的不歸路。高速電路板是個必然的趨勢，否則效能再好的積體電路也會因為慢速的電路板而「績效不彰」。然而電路板因為先天環境不良，要如同積體電路的演進一般將運作速度快速提升起來，有著重重的外在障礙與內在困難。因此高速電路板的研究與設計就成了相當重要的課題。

儘管高速電路板的研究與設計越來越重要，業界對這樣的人才需求也越來越明顯。但是依筆者之淺見，先讓更多優秀的人才投入，以擴大電路板佈局設計的人才庫恐怕才是當務之急。故而學校的養成教育與更接近實務的專業人才認證就顯得十分重要。因為教學工作之故，想寫一本適合初學者學習 Allegro/OrCAD 的入門書（甚至可以自學）已有十年之久，然而畏於工程的浩大，終究讓理想一直只是個幻想…直到去年三月承蒙財團法人中華民國電腦技能基金會林昱亨專員的推薦與洪欣吟小姐的邀約，加上歆平初生之犢不畏虎的勇敢，願意全力投入，情況突然不再膠著。然而卻自此掉進日子裡似乎只有 PCB Editor 才是軸心的情境裡……

這本書寫了快一年，因為學校的工作相當繁忙，下班後能使用的時間相當少，加上這是第一次寫書又求好心切讓撰寫過程倍覺艱辛，寫作速度因而緩慢。此刻，終於接近尾聲了，心情喜憂參半，喜的是：終於完成了，卸下有形無形的擔子，希望能不負所托，對有心考照與學習 PCB Editor 的初學者能有明顯的助力。憂的是：內容的安排與解說，不容易拿捏，不知是否能符合初學者的需要？

一直堅持一個信念：「熱情所在之處，就是天賦潛藏之處」，Allegro/OrCAD PCB Editor 其實不難，難的是熱情出不來。這本書雖然是為 OrCAD 證照考試而寫的特訓教材，但是，作者本人認為不該僅僅只是如此。而希望這本書可以讓學習 Allegro/OrCAD 電路板佈局時不再如此「糾結」，並且進一步期待的是，藉此能勾出初學者對電路板佈局設計的熱情。如果，讀者們沒有這樣的感覺，那就是這本書的理想與現實之間還有落差，也正是作者以後還要繼續努力加油的地方。

寫了書才知道要讓一本數百頁的書完全沒有錯誤是多麼困難的事情。這是一本實作學習的書，寫作過程中常常因為實作架構的變動或修正而改寫，每變動一次就製造出錯的機會。校稿多次每次都或多或少會發現大大小小的錯誤，讓筆者一直戒慎恐懼著……最後，還是得補上一句話：「作者已竭盡所能校稿，如果還有錯誤，請讀者多包涵！並期待讀者與先進們的指正賜教」。

非常謝謝昱亨與欣吟的幫忙與協助，讓本書能順利完成。謝謝映陽科技提供 OrCAD PCB Editor 供全書實作設計與擷圖之用。謝謝素玲的打字，她讓筆者的工作量降低了許多。最後，感謝所有促成本書的人，謝謝你們！

張茂林、張歆平 寫於關西

104.3.17

Chapter 3

基本操作（二）

- ★ 3-1 應用模式
- ★ 3-2 物件
- ★ 3-3 選取物件
- ★ 3-4 尋找物件
- ★ 3-5 預選模式
- ★ 3-6 檢視物件資訊
- ★ 3-7 Measure 指令

學習目標

在前一章的基礎操作中我們只是初步地認識 PCB Editor 的環境，以及最基本的操作。若要更加熟悉 PCB Editor，就必須一步一步地深入學習，並且明白隱藏在使用者介面背後的軟體架構和邏輯思維。

在這一章裡，我們將跨出真正的第一步，更深入地了解與探索 PCB Editor。這是我們 OrCAD PCB Editor 練功之旅第一站的第二關。

本章學習重點：

- ◆ 應用模式的切換。
- ◆ 了解物件的觀念。
- ◆ 如何選取物件。
- ◆ 如何尋找物件。
- ◆ 預選模式。
- ◆ 檢視物件的資訊。
- ◆ 測量物件之間的距離。

這一章結束後，我們在情感上將與 PCB Editor 有較強的連結。但是，要真正跨入 PCB Editor 佈局設計的殿堂，還有賴於 Part 2 的實例演練。

3-3 選取物件



準備動作與注意事項

若已開啓檔案，此部分可略過。

1. 開啓 PCB Editor 軟體。
2. 開啓名稱為「01-Start.brd」的檔案。
檔案所在之路徑：D:\SPB_Data\OrCAD_PCB。
3. Zoom Fit。

在本章節的操作過程中請勿存檔，以免變更範例檔。任何時候都可以結束操作練習，並以 File > Exit 指令跳出 PCB Editor。

3-3-1 以 Find Filter 選取物件

當設計者很清楚知道（或約略知道亦可，但會比較費時）要找的物件位於電路板的何處時，就可以搭配 Find Filter 直接以 LMB（滑鼠左鍵）點選或框選目標物件。

選取物件時，通常會先局部放大目標物件所在的區域，直到可以清晰地檢視與分辨物件後，再以 LMB 來點選或框選。點選時可以搭配 Ctrl 鍵進行複選。而框選的操作方法則是按住 LMB 畫出設計者要的範圍，範圍內的物件即被選取。框選時，物件只要有一部分在方框範圍內就算被選到了。問題來了！不管是點選或框選，都有可能碰到數個物件重疊在一起，而無法一擊就中的情況，或者出現框選範圍內有某些物件不該被選到的情況。因此有個重要的問題：如何能精準地選到所要的物件就好？解答是使用 Find Filter！使用 Find 表單的 Find Filter 便可發揮它非常重要的過濾功能，讓設計者準確地作選取物件。

3-3-2 物件的選取機制

PCB Editor 使用一個稱之為「Find」的表單，專門處理物件的篩選機制及尋找方法。

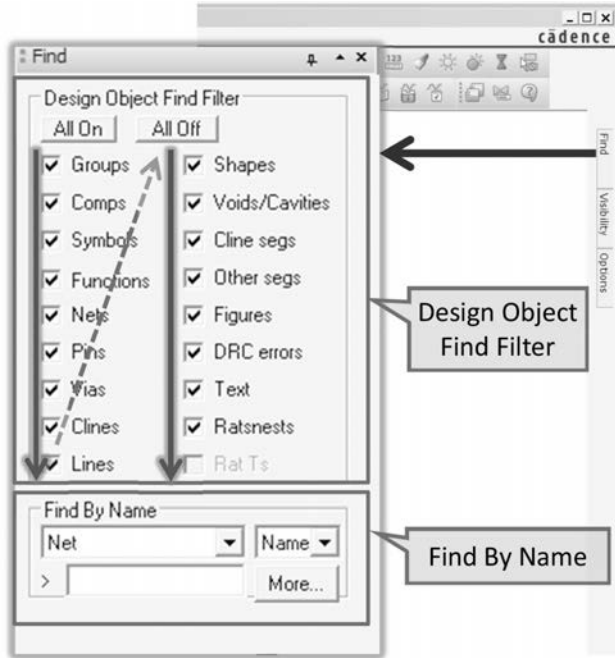


圖 3-5

Find 表單的上半部分為 Design Object Find Filter 區塊，此為手動選取物件時的篩選設定。有勾選的項目才能被選到。如果是複選的話，則以 PCB Editor 內定的規則來決定優先順序。其優先權規則為上方優先於下方、左邊優先於右邊。PCB Editor 會以 Find 表單裡已經被勾選項目的排序作為指令作用對象的優先選擇依據。如圖 3-5所示，箭頭的方向標示著物件的優先順序。

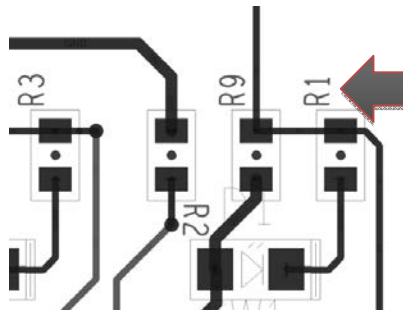


圖 3-6

當點擊 Find 表單中的 All On 後，如圖 3-5 所示，表單的優先順序是 Groups、Comps、Symbols、Functions、Nets、Pins、Vias、Clines、Lines、Shapes、Voids/Cavities、Cline segs、Other segs、Figures、DRC errors、Text、Ratsnests。以圖 3-6 裡的元件 R1 來說明，就可以明白物件優先權的作用。當以 LMB 點擊 RefDes “R1” 的字樣時，雖然字樣本身屬於 Text，但 PCB Editor 會優先以 Symbols 視之（Groups、Comps 在此沒有作用），而不是 Text。因此我們會選到 Symbol “R1”，而不是 Text “R1”。



操作練習 2：Move 指令搭配 Find Filter

以 Move 指令搭配 Find 表單的設定來熟悉 Find Filter 的運作規則：

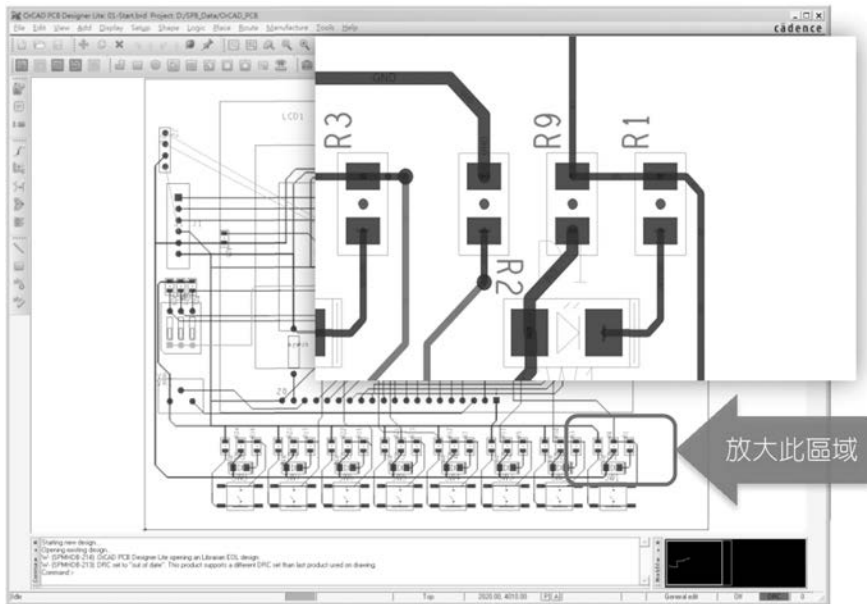



圖 3-7

1. 點選 View > Zoom By Points（或快捷工具列的 ）。
也可以試著練習以 MMB（滑鼠中間鍵）下達 Zoom In 的指令操作。
2. 放大顯示 R1，如圖 3-7 所示。

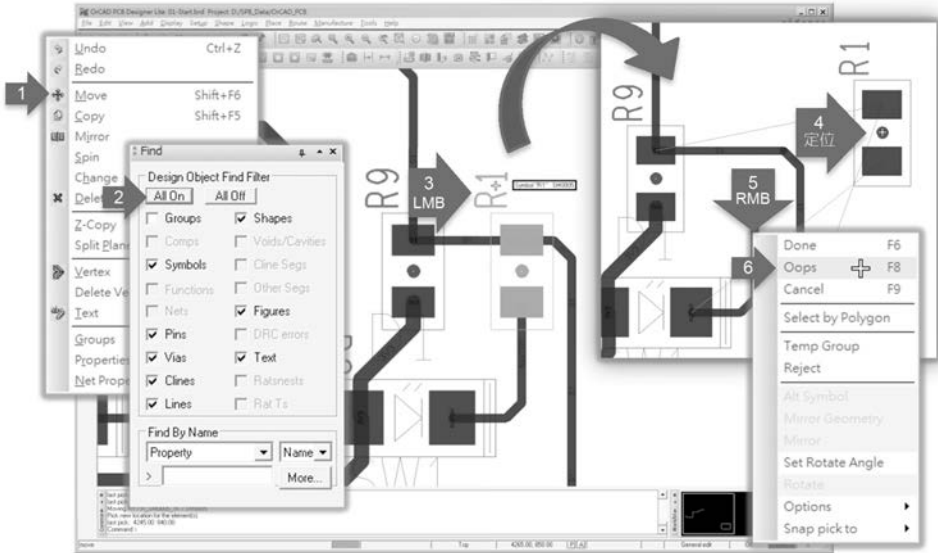


圖 3-8

3. 點選 Edit > Move（或快捷工具列的 ）。
 4. 至 Find 表單，點擊 All On。
 5. 以 LMB 單擊 RefDes “R1”。
- 整個 R1 元件被選取並 Snap 到游標上，此時可以隨著游標移動其位置。
6. 移動 Symbol “R1”到右側空白處，按 LMB 定位 Symbol “R1”。
- R1 已被移動到新位置。不過這只是練習，並非真的要讓 R1 移動，因此下一步要再讓 R1 回到原位。
7. 按 RMB，點選 PUM 中的 Oops。

透過前面的操作步驟可以看出在 All On 的情況下，雖然點擊的是 R1 字樣，但是被選取的卻是整個 R1 元件。原因是物件 Symbols 的優先權高於物件 Text。如果想直接選取 R1 的字樣該怎麼做呢？我們已經選擇 Oops 取消 R1 元件被定位的動作，所以現在回到待選取物件的 Move 指令狀態。接著練習操作 Find 表單，選取 R1 字樣。

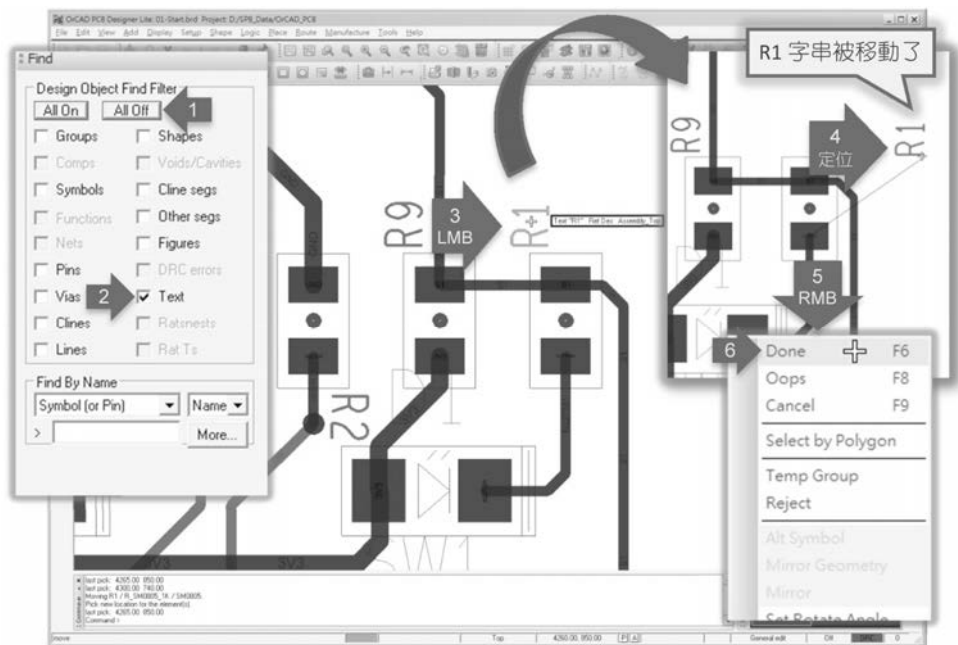


圖 3-9

- 至 Find 表單，點擊 All Off，只勾選 Text。



小註解

這是最安全的作法，如果很明確知道要處理的物件形態，就只勾選需要的項目即可。在設計過程中，強烈建議設計者養成這樣的習慣，可以避免不必要的人為疏失。

- 以 LMB 單擊 RefDes “R1”。

這一次就只會選到 R1 的字樣（即元件的 RefDes）。接著我們可以移動 R1 字樣到新的位置。

- 移動 RefDes “R1”到右側空白處，按 LMB 定位。R1 字樣便定位到新的位置了。
- 按 RMB，點選 PUM 中的 Done。

●●●●● 操作練習結束 ●●●●●

Chapter 9

佈線

- ★ 9-1 佈線基本技巧（一）
- ★ 9-2 佈線基本技巧（二）
- ★ 9-3 佈線基本技巧（三）
- ★ 9-4 Working Layer 模式（WL）
- ★ 9-5 Plane 層鋪銅
- ★ 9-6 自動佈線
- ★ 9-7 善用報告資訊
- ★ 9-8 編輯佈線
- ★ 9-9 自動整線

學習目標

擺放好元件後，接下來就是佈線（Routing）工程。此階段之目的是以銅箔線連接各個元件。PCB Editor 如何得知銅箔線要從哪裡接到哪裡呢？其所依據的就是從電路圖產生出來的 Netlist。而 Netlist 中記錄的連線關係在 PCB Editor 裡會以鼠線（Ratsnest）呈現出來。

佈線在電路板佈局設計流程裡是最重要、也最麻煩費時的部分。尤其是面對高速電路板時，設計者必須對電磁現象有相當程度的認識，才能駕輕就熟、游刃有餘地完成佈線設計。否則，即使已經非常熟悉佈線技巧，也解決不了核心的問題。對初學者而言，優先目標是將佈線的基本功夫練好，至於「如何設計高速電路板」則是以後持續學習、深耕的課題。

本章的學習目標將著重在與佈線相關的基本技巧上，涵蓋圖 9-1 所示之電路板佈局設計流程裡箭頭 5、6、7 所指的三個階段。限於篇幅的關係，都僅止於最基本的觀念說明與操作。本章將佈線的基本技巧分成以下數個主題作探討：

- ◆ 設定格點。
- ◆ 加入 Cline 與刪除 Cline。
- ◆ Etch Edit 模式。
- ◆ 佈線參數。
- ◆ 打孔換層。
- ◆ 貼線與推線。
- ◆ 工作佈線層模式。
- ◆ 鋪銅。
- ◆ 自動佈線。
- ◆ 編輯佈線。
- ◆ 整線。

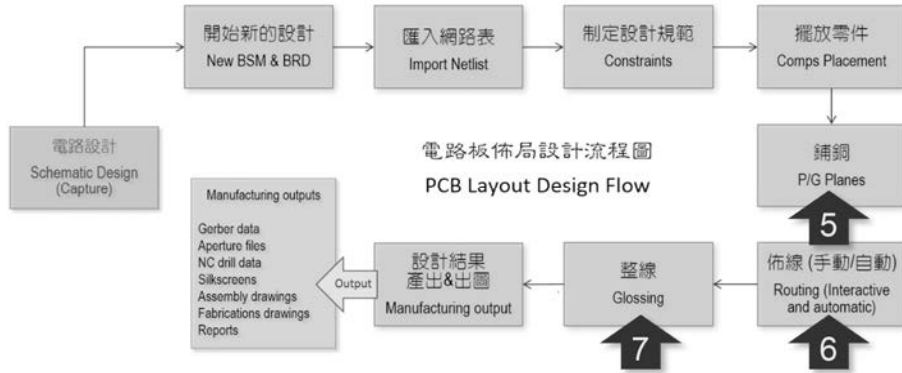


圖 9-1

9-1 佈線基本技巧 (一)



準備動作與注意事項

如果是延續上一章的工作環境，可略過前二個步驟。

1. 開啓 PCB Editor 軟體。
2. 開啓舊檔「19-PlcDRC_8Errors.brd」。(或 Solutions\PathA 資料夾內的「A19-PlcDRC_8Errors.brd」)
3. Zoom Fit。
4. 關閉 Package Geometry/Dfa_Bound_Top 與 Package Geometry/Place_Bound_Top 圖層。
5. 確認應用模式為 General Edit。
6. 在開始佈線練習前，請先確認以下元件的座標：
 - Symbol “C4”座標為(1775, 2500)。
 - Symbol “U1”座標為(2200, 2500)。

若要使用參考範例「A19-PlcDRC_8Errors.brd」，請將檔案複製到自己的工作目錄裡再開啓。檔名不必更改，表示這個設計檔並非自己所完成的。有空時，請補齊自己的成果。

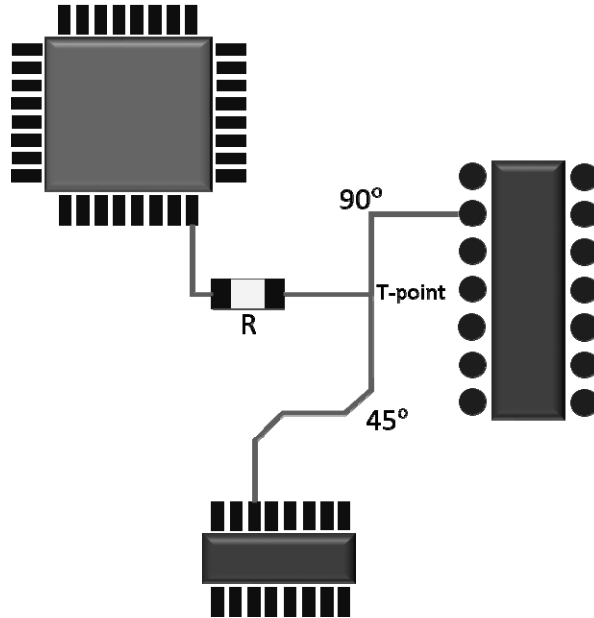


圖 9-2

圖 9-2 是一個佈線的綜合樣板示意圖，簡略地圖示說明佈線的幾種情況。走線的樣式稱為拓樸（Topology）。佈線時會有拓樸的要求，如何安排也是佈線品質良窳的關鍵點之一。這個問題不在本書的討論範圍裡。

PCB Editor 將電路板上的走線稱之為「Connect Line（簡稱 Cline）」。但在設計實務上必須有更明確的定義，而且相關的物件也必須被清楚定義出來。Cline 的定義為必須一次佈完的走線，不可以有其他物件介入其中（例如：換層的走線就會被 Via 分割成不同的 Cline），也不可以有分支。其他與佈線相關的物件還有：XNet、Net 與 Cline seg。其中 XNet 不在 Find 表單的物件選項裡，因為只在信號完整性（SI：Signal Integrity）分析時才會以 XNet 方式處理。因此在佈線設計時不將其歸為基本物件。我們需要很清楚這些物件的定義，才能有效率地進行佈局設計。圖 9-3 可以完整說明這四種物件的定義，因此不再以文字說明。

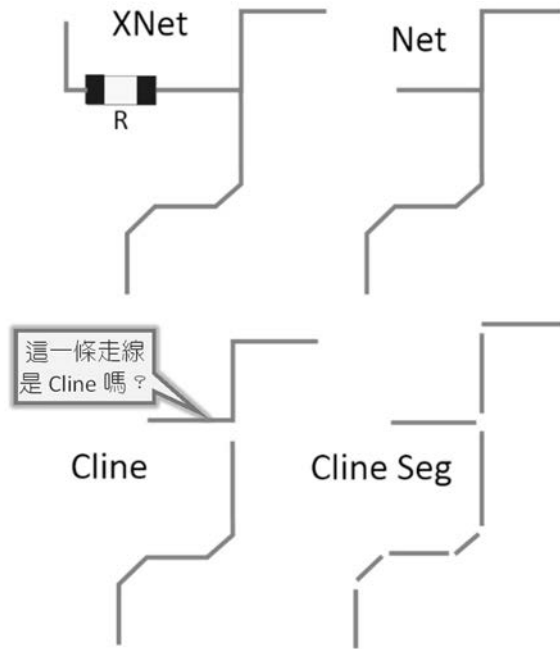


圖 9-3

佈線的指令為「Route > Connect」。在進入佈線的指令狀態後，有兩種方式控制走線的方向與定位：一種是使用滑鼠控制游標的移動、點擊，由設計者自由決定。另一種則是給予座標值，進行精準的控制。本節會分別練習這兩種佈線方法。

在第三章中簡略說明過 PCB Editor 的應用模式。OrCAD PCB Editor 共有五種應用模式：General Edit、Placement Edit、Etch Edit、Signal Integrity 和 None。除了 Signal Integrity 為進階的操作模式外，其餘都是基礎操作模式，為初學者必須熟悉的四種操作環境。（註：不同等級的 PCB Editor 會有差異）

第八章已經使用過 Placement Edit，也明白為何要有這個應用模式的原因。同樣地，為了因應佈線的特殊操作要求，PCB Editor 提供了 Etch Edit 模式。在本章裡將分別以 General Edit、Etch Edit 進行佈線設計。熟悉 General Edit 模式後，會更清楚 Etch Edit 模式所具有的好處。這二個模式的操作方式分

別列在表格 9-1 和表格 9-2 裡。請仔細觀察並思考如此定義滑鼠操作方式的原因。了解其定義邏輯將有助於記憶二個大表格中眾多組合的操作方法。

表格 9-1

General Edit Default Command Execution			
Element Type	Drag	Shift Drag	Ctrl Drag
Symbol	Move	Spin	Copy
Via	Slide	Move	Copy
Cline	Move	Move	Copy
Line	Move	Move	Copy
Shape	Move	Move	Copy
Cline Seg	Slide		
Figure	Move	Move	Copy
Text	Move	Move	Copy
Rat Tee	Slide	Move	

表格 9-2

Etch Edit Default Command Execution				
Element Type	Drag	Shift Drag	Ctrl Drag	Double Click
Symbol	Move	Spin	Copy	Move
Pin				Add connect
Via	Slide	Slide	Copy	Add connect
Cline	Move	Move	Copy	
Shape	Move	Move	Copy	
Cline Seg	Slide		Delay tune*	Slide
Rat				Add connect
Rat Tee	Slide	Move		

電路板佈線的基本原則：

- ◆ 不同佈線層 (Routing Layer) 之走線方向為一縱一橫 (或一橫一縱)。
- ◆ 換方向就要換層走線 (以 Via 連接一縱一橫的走線)。
- ◆ 鋪銅層 (Copper Plane Layer) 原則是不佈線。

9-1-1 設定格點

進入佈線階段時，第一件重要的事情就是設定 (或確認) Etch 格點。因為所有的銅箔線都會貼著格點走，格點沒設好，佈線就會遇到麻煩。

▶▶ 設定 (或確認) Non-Etch 與 Etch 格點

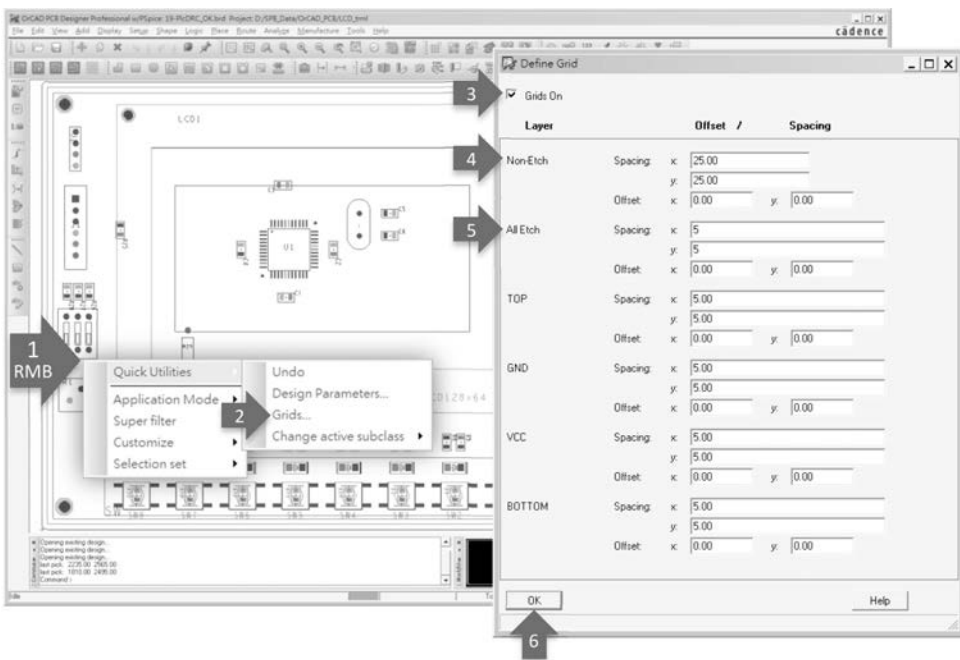


圖 9-4

1. 以 RMB 單擊設計區域任意處，點選 PUM 中的 Quick Utilities > Grids...，跳出 Define Grid 視窗。
2. 勾選視窗左上角的 Grids On。
這個核取方塊只是提供一個方便而已。一般不會在這裡控制格點開關。
3. 確認 Non-Etch 格點是否如下所示：
 - Non-Etch Spacing: x 欄位：25。
 - Non-Etch Spacing: y 欄位：25。
 - Non-Etch Offset x 欄位：0。
 - Non-Etch Offset y 欄位：0。
4. 設定 All Etch：
 - All Etch Spacing: x 欄位：5。
 - All Etch Spacing: y 欄位：5。
 - All Etch Offset x 欄位：0。
 - All Etch Offset y 欄位：0。



小註解

Offset 是指偏離量。也就是整體格點按照給定的距離偏離原點。如果在 Offset x, y 欄位內分別填入 2，那麼原點將不在格點上，換言之，格點並非以原點為基準展開來。放大原點附近的區域就會發現：距離原點最近的格點其座標值為(2, 2)。

5. 點擊 OK 關閉 Define Grid 視窗。

► 觀察 Non-Etch 與 Etch 的格點

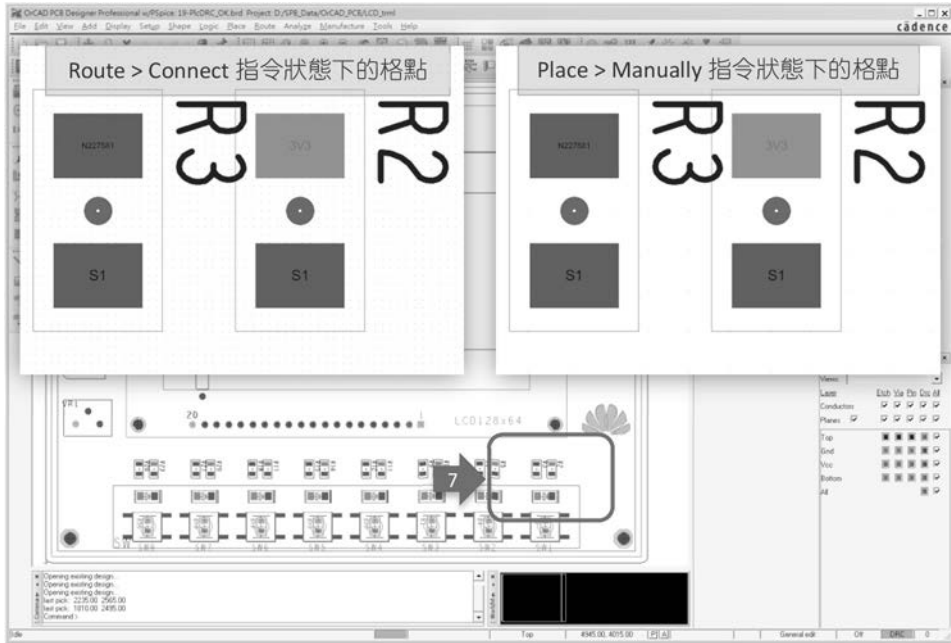




圖 9-5

6. 使用 Zoom In 放大包含 R2、R3 與 D1 的區域，接下來要觀察格點間距有沒有改變？
7. 點選 Route > Connect（或快捷工具列的 ）。仔細注意格點的間距。
8. 按 RMB，點選 PUM 中的 Cancel。
9. 點選 Place > Manually...（或快捷工具列的 ）。再次觀察格點的變化。可以發現格點間距變大了。
10. 在設計區域按 RMB，點選 PUM 中的 Cancel。