

---

# 成為 PCB 軟性 電路板設計專家



# 軟性電路板設計

## 概覽

---

軟性電路板設計具有許多優點，同時也面臨新的設計挑戰。

與“標準”的 2D 電路板不同，PCB 設計工程師在進行軟性電路板設計時，會受到一些具體問題的影響。瞭解軟性電路板設計的特性，有助於提前解決問題、加快設計週期。



### 什麼是軟性電路板設計？

毫無疑問幾乎所有的電子設備都需要 PCB 才能正常工作。然而，隨著技術的進步，對更小包裝的要求和重量限制的需求，使軟性電路板在設計中愈發普遍。這種方法將導體與軟性絕緣膜配對，使其能夠攜帶運行所需的信號，並保持軟性這一特點：其彎折和彎曲的能力使其不僅可以是電子設備，也可以是機械設備。這種方法最初應用於太空專案，目的在於執行任務時節省重量和空間，並很快應用於軍事和消費領域。

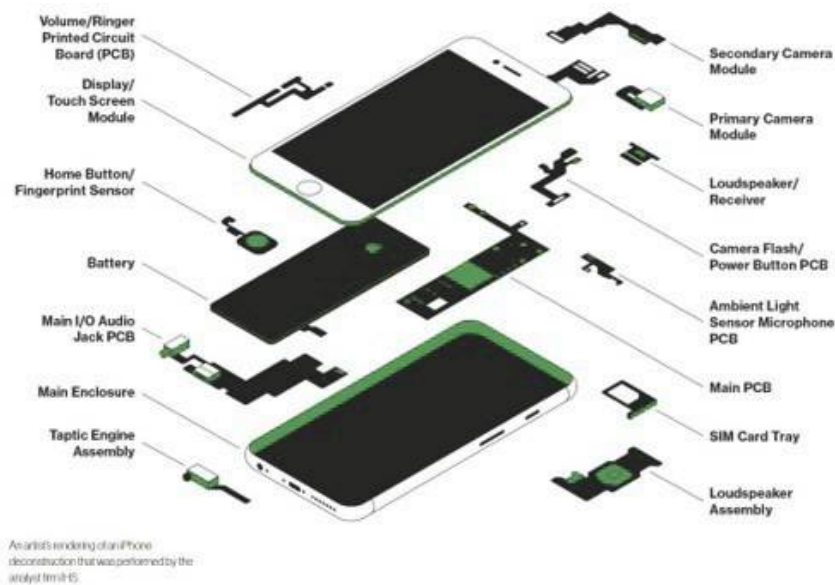
---

# 如何根據應用選擇正確的類型

目前存在兩種軟性電路：軟性電路板和軟硬結合電路板。

前者可以將設備安裝在軟性塑膠基板上，後者則是軟性和硬性電路的組合。軟硬結合的設計組合吸收了兩者的優點：硬性板承載大部分器件，而軟性部分則使它們連接起來。

近年來，隨著對更小、性能更高的電子產品的電路需求，軟性和軟硬結合設計的趨勢呈指數級增長；智慧手機和平板電腦就是很好的例子。軟性電路板設計也正在攻佔許多其他高階消費電子產品領域，其前景不可限量。



軟性電路有兩種使用類型：靜態和動態

**靜態**軟性電路用於最少的彎曲頻率，通常在使用和組裝期間。**動態**電路用於頻繁彎曲的終端系統，如筆記型電腦的轉軸或印表機頭。區別產品的最終用途，對於確保使用合適的材料和疊層方法構建電路至關重要。

# 明智選材

構建一個軟性電路會使用到各式各樣的材料。

這些材料包括**薄膜、銅箔和粘合劑**。更常見的是**聚酯**和**聚醯亞胺**，材料的選擇取決於組裝和使用電路的方式及情況。某些材料可能具有附加的優點或缺點，這取決於我們特定的設計意圖。在構建軟性電路時，仔細考慮材料選擇，並諮詢製造商以實現盡可能的最優決定。

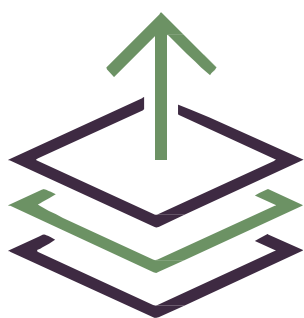
導體
銅
銅鎳合金
銀膠
硬化劑
FR4
聚醯胺
粘合劑
改性丙烯酸膠
改性丁縮醛
改性環氧樹脂
壓敏膠粘劑（PSA）
預浸漬材料：FR4，聚醯胺
絕緣體
聚醯亞胺薄膜

# 設計注意事項

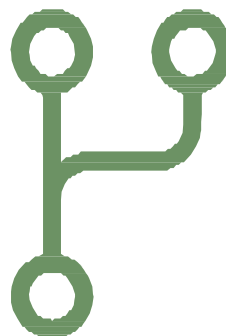
正確的彎曲方式

在設計軟硬結合的 **PCB** 時，必須考慮許多關鍵的設計要素。

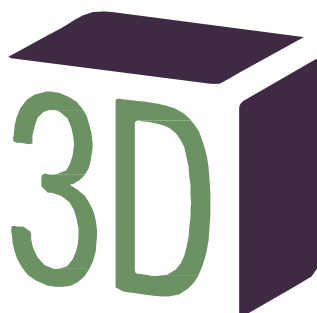
每個設計主題都容易出現嚴重的事故，所以我們的選擇非常重要。一般情況下，在發現較大的錯誤之前，專案大多已經進行了很長時間，團隊不得不回溯並重新處理問題。因此，靈活易用且功能豐富的工具才能滿足我們的需要，幫助我們快速發現複雜設計中的問題，並引領我們走上成功設計的正确道路。



疊層與  
佈局



佈線



**3D** 設計與  
分析



可製造性與軟性  
設計檢查

# 疊層

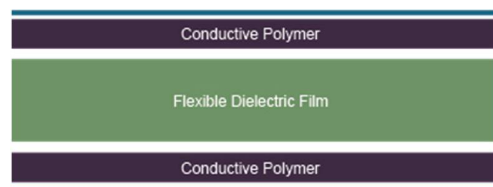
## 型號和配置

軟性疊層配置有多種，每種配置都有自己的功能。

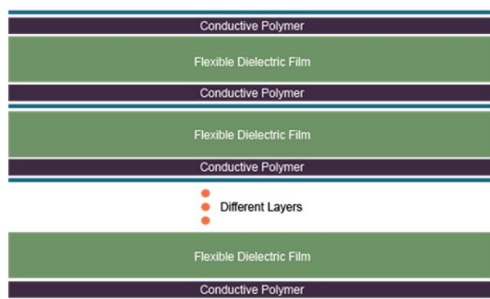
**單層電路**安裝在由金屬或導電聚合物製成的單導體層上，覆蓋在軟性介質膜上。單層電路是目前最常用且成本最低的電路類型。單層電路的結構很薄，在需要恒定運動的場合能發揮出最大作用。



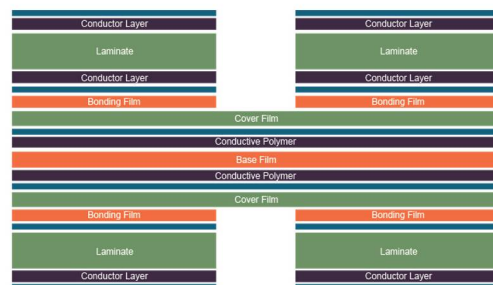
單層電路



雙層電路



多層電路



軟硬結合

**雙層電路**放置在兩個導體層上，其主要優點是能夠在電路板的兩側安裝元件。當遮罩應用對設計很重要時，請使用這一類型。

**多層電路**跨越三個或多個層，這些層在整個結構中可能不會連續地疊合在一起，且可能會有開口或空腔。在密集電路安裝組裝的情況中，這種類型比較常見。

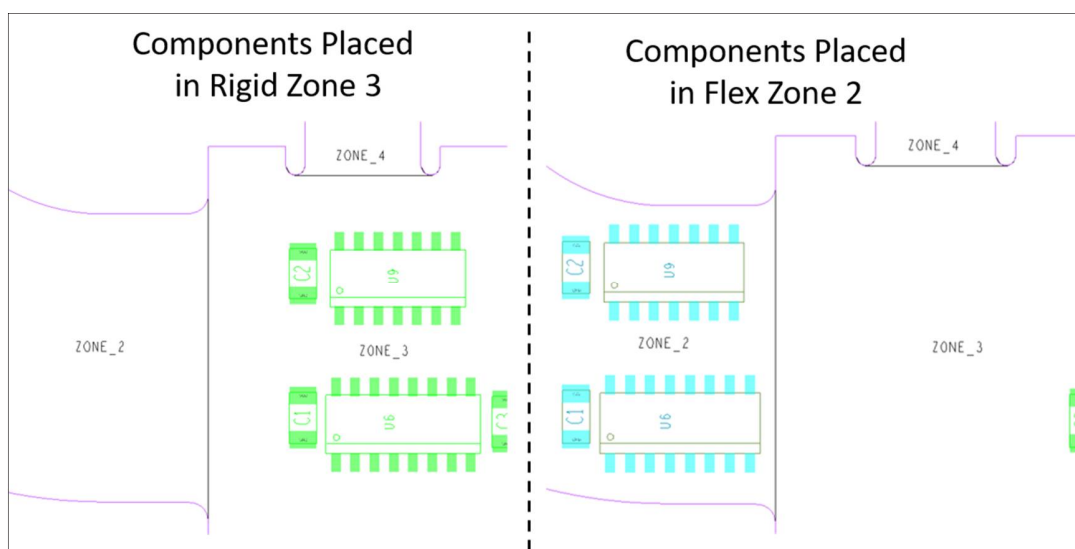
**軟硬結合**的結構為放置在硬性和軟性基板上的軟性電路的組合。之後，它們將被層壓成一個單獨的結構，是需要穩定和靈活區域應用的理想選擇。

# 佈局

彎折區域是一種特殊的情況

對电路板的軟性和硬性區域有不同的佈局要求，這是軟性电路板設計所特有的。

智慧元件佈局是將元件放置在硬性或軟性區域，並將其自動放置在該區域的最高元件層的能力。在這兩種軟性狀態下，我們還需要檢查 z 軸元件之間間隙。



## 彎折區域和層結構

**彎折區域**需要特別考慮，尤其是軟性电路的彎折線上。為了減少壓力，走線需要穿過垂直於彎折線的彎折區域。相鄰層上的走線應進行偏移，以避免形成工字梁。設計者必須能夠在不同層上設置物件之間的面約束和重疊約束。例如，管腳和過孔不應在彎折區域內或附近，以防止開裂。

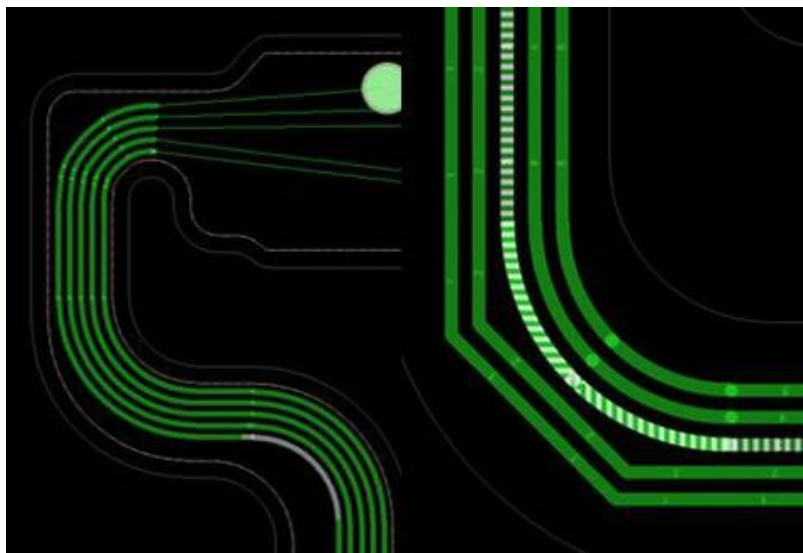
**層結構**（亦作橫截面）是根據設計要求設置的。在軟硬結合的設計中，並不是电路板的所有區域都含有所有的層。通常，軟性區域的佈線層比硬性區域少。我們必須確保避免在實際上不存在層的區域進行佈線。

# 佈線

## 連接點

軟性電路在佈線時會面臨一系列獨特的挑戰。

電路的彎折能力，意味著其具有特殊的設計要求。佈線注意事項和功能需求包括：弧形角佈線、多線佈線、輪廓佈線、用於圓弧編輯的滑動功能，以及將角轉換為圓弧的功能。下面對這些佈線策略、使用時間以及它們對軟性電路板設計的重要性進行簡要介紹。



**弧形角佈線**是對具有彎曲角而不是正交（ $45^\circ$ ）角的走線進行佈線的能力。軟性電路板設計要求使用彎曲的走線對匯流排線路進行佈線以減少應力，因此我們必須使用弧線進行佈線。

**多線佈線**是對並排在一條直線或弧形上的一組均勻間隔的網進行佈線的能力。這種自動化可節省時間並減少佈局中的錯誤。

**輪廓佈線**可使設計者在保證電路板輪廓的同時佈線網。當沿著具有多條曲線的複雜電路板佈線一組網時，輪廓佈線尤為重要。在設計過程中，軟性電路板的外部輪廓經常發生變化，因此快速調整路線是提高效率的關鍵。

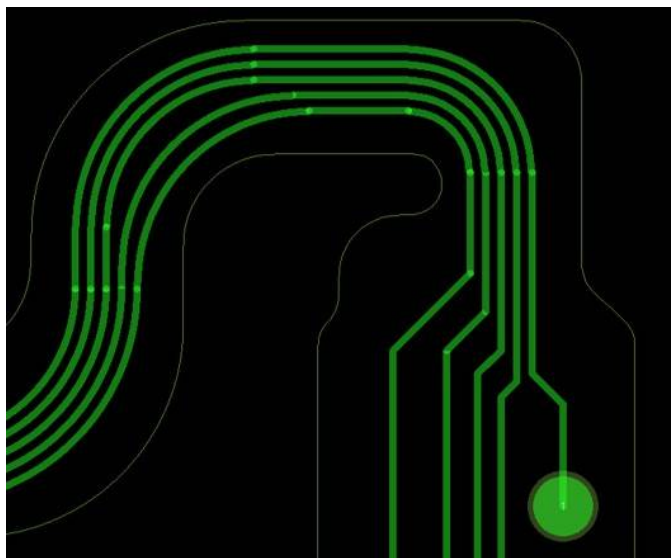


# 佈線

## 連接點

佈線時，弧形編輯的滑動功能非常有用。該功能使設計者在佈線時，可透過滑動創建局弧形軌跡。如果沒有此功能，那麼在發現錯誤時，我們將不得不完全重新佈線網路，從而損失寶貴時間。

為了減少彎折狀態下的應力或短路，在軟性電路板設計中自動將角轉換為弧也是必要的。轉換  $45^\circ$  或  $90^\circ$  角，可節省重新佈線的時間。



焊盤有特定要求，以確保堅固性和使用時長。

所有焊盤，包括表面安裝和通孔都應系緊，防止銅與基體材料分離。所有焊盤還應該有圓角，以減少應力點，並消除彎曲過程中的斷裂。這些元件的質量將決定最終使用者產品的使用時長，因此需要仔細檢查。

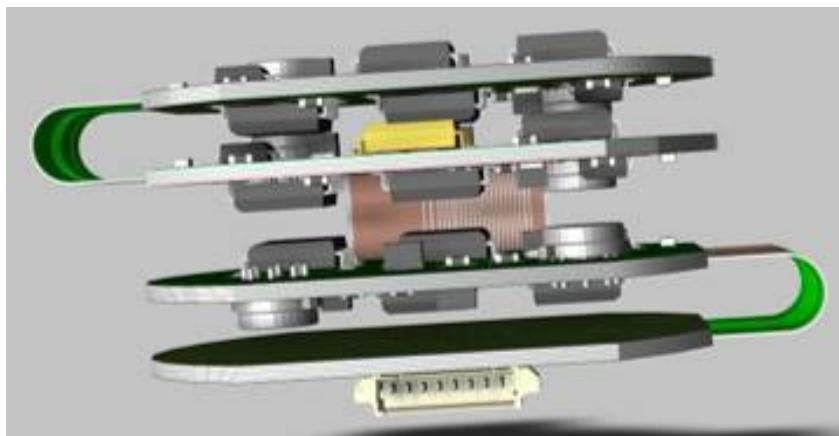
# 三維

## 檢查、彎折和彎曲

本質上講，軟性電路板設計增加了一層物理複雜性。

複雜之處在於檢查電路最終彎折狀態這一過程。所有元件必須精確佈局，以免在彎曲的任何部分發生碰撞或相互干擾。

因此，能夠在三維狀態下分析彎曲電路的配合和間隙的設計工具是十分必要的。理想情況下，分析可以由設計者來完成，且最好分兩個階段進行：在彎折完成狀態期間和完成狀態之後。這有助於發現這兩種狀態中的問題，並提醒我們在這兩種狀態之間出現的問題。



資料共用是專案工作流程中需要考慮的關鍵因素。

能夠運行模擬並立即識別錯誤，且能在協作環境中進行溝通，對於整個設計過程來說是非常寶貴的，這可以節省時間，並使我們更快、更準確地完成項目。

通常，機械需求將定義彎折面積和彎曲半徑。因此，保持 MCAD 與 ECAD 之間的溝通必不可少。彎曲和彎折資訊的**雙向資料共用**至關重要，這可以使雙方保持更新並按預期工作。

# 可製造性考慮事項

## 首次軟性電路板設計

軟性電路板設計要求獨特的可製造性規則和檢查，以及在製造商交付期間的額外注意。

軟性電路板設計要求進行額外的約束檢查，以檢查不同層上的物件之間的間隙。在這一環節中，與我們的製造商保持清晰的溝通非常重要，以便了解他們在構建物理產品時的具體約束和許可。

[illegible]

## 集成軟性感知規則檢查的示例

在條件允許的情況下，應將軟性電路的接地區域使用網狀銅箔、減輕重量、提高電路靈活性，並防止撕裂。在設計過程中，使用層間規則檢查及時發現錯誤，而不是後知後覺造成寶貴時間的浪費。這些規則對於多層密集電路板來說更加關鍵，因為它們最容易出現各種設計錯誤。

必須對彎折區域到強化筋、焊盤和過孔之間的距離，以及從覆蓋物到焊盤之間的距離進行追蹤。使用智慧交換格式（如 IPC-2581），可令製造商能夠更確切地捕獲我們的設計意圖。在設計週期早期與製造商進行溝通，可為我們提供盡可能好的回饋。

# 挑戰與優勢

## 軟性電路設計

軟性電路板設計有許多優點，但同時也帶來了新的和獨特的設計挑戰。

消費類、軍用和醫療設備的體積在不斷縮小，其電子設備外殼也在縮小。其次是包裝要求的可靠性：設計者已經發現，在軟性和軟硬結合的 PCB 中，衝擊和振動性能有很大的改善。耐久性的提高，以及裝配成本的降低，使得軟性 PCB 成為設計者的良好選擇。

### 優勢



減少體積



提高信號品質



提高耐久性



降低裝配成本

### 挑戰



設計更複雜



製造更複雜



電路板成本  
更高

開始設計時，一定要有詳實的計畫和目標，因為設計很快就會變得非常複雜，我們必須明智地使用空間。同樣複雜的是，把我們的設計生產出來也將是一個挑戰，因為需要將硬性和軟性的傳統設計方法結合成一個混合體。這些挑戰可能導致 PCB 初始電路板的成本增加，但最終將為我們提供更優的性能以生產出高階的軟性產品。

# OrCAD

## 軟性感知 PCB 設計

儘管軟性電路板設計可能很困難，但就其優點來說，是十分值得的。

事實證明，當今的技術革新產生了截然不同的電路需求。擁有基於規則驅動的佈局和佈線、可製造性檢查以及即時三維設計和分析的“軟性感知”PCB 設計工具，對於確保按時完成設計至關重要。

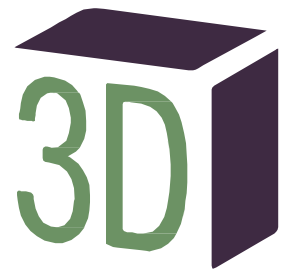
藉助最先進的設計技術，今天就開始設計您的軟硬結合電路。OrCAD™ 軟體可令您擁有強大的軟性電路功能和其他更多功能。



規則驅動的佈局和佈線



軟性感知和可製造性檢查



即時三維設計與分析

想進一步了解更多軟性電路板設計方案，歡迎聯繫 Cadence 授權代理商: [映陽科技](#)

▼ 中文版譯文出處 (映陽科技偕同校閱):

「Cadence 楷登 PCB 及封裝資源中心」，歡迎關注！

