阅读材料 3 PCB 布版方法

在前两篇中我们已介绍了原理图绘图与单片机仿真的方法,本篇将介绍 Proteus 的第三大功能—— PCB 布板功能。本篇将按照 PCB 基本概念、创建 PCB 标签页、PCB 标签页的界面、布版准备工作、 布版工作流程的顺序展开介绍。

3.1 PCB 的基本概念

为了更好地掌握 PCB 设计技能,需要先了解一些 PCB 的常识,这对 PCB 设计是有益的。

1. PCB 的概况

PCB(Printed Circuit Board)是印刷电路板的缩写。PCB 由绝缘基板和附在其上的印制导电图形(焊盘、过孔和铜模导线)以及图文(元件轮廓、型号和参数)等构成,如图 B.57(a)所示。PCB 的作用是为电子元器件提供支撑和定位,实现电路板上各元器件间的电气连接。焊接元件后的 PCB 如图 B.57(b)所示。



(a) 导电图形

(b) 电气连接

图 B.57 PCB 的外观

PCB的颜色通常是绿色或是棕色的,这是阻焊(Solder mask)的颜色,是绝缘的防护层,可以保护铜线,也防止波峰焊时造成短路,并节省焊锡用量。在阻焊层上还会印刷上一层丝网印刷面(Silk layer),通常会印上文字与符号,以标示出各元件在板子上的位置。

PCB 可以代替复杂的布线,实现电路中各元件之间的电气连接,不仅可简化电子产品的装配、焊接工作,而且还能缩小整机体积,降低产品成本,提高电子设备的质量和可靠性。

印刷电路板具有良好的产品一致性,它可以采用标准化设计,有利于在生产过程中实现机械化和 自动化。几乎所有电子设备,小到电子手表、计算器,大到计算机、通信电子设备、军用武器系统等 等,只要有集成电路等电子元件,都要使用印刷电路板。

目前印刷电路板的结构和质量也已发展到超高密度、微型化和高可靠性程度;新的设计方法、设计用品和制板材料、制板工艺不断涌现。各种计算机辅助设计(CAD)印刷电路板的应用软件已经在行业内普及,在专门化的生产厂家中,机械化、自动化生产已经完全取代了手工操作。

2. 焊盘的概念

焊盘(Pad)是 PCB 上用来连接导线和元件的焊接结 点,每个焊盘对应一个元件的引脚。从 PCB 设计软件角度来 看,焊盘也是一种导体图形,常见的有圆形、正方形和矩 形。对于针脚式安装,焊盘中心有一个圆孔,用于插入元件



引脚,表贴式安装没有此圆孔(如图 B.58 所示)。

3. 过孔的概念

过孔(Via)是实现不同导电层之间电气连接的导电 孔,通常采用钻孔后在基材壁上电镀金属的方法制成。

过孔有 3 种类型,一是从顶层贯通到底层的穿透式过 孔,即通孔 (through via);二是从顶层通到内层或从内层 通到底层的盲过孔,即盲孔 (blind via);三是在内层之间 的电气连接,在顶层和底层看不见,好像是隐藏在内层的 过孔,即埋孔 (buried via)。过孔的内径尺寸 (hold size) 与外径尺寸 (diameter)一般小于焊盘的内外径尺寸。图 B.59 为过孔的尺寸与类型。



图 B.59 过孔的尺寸与类型

4. 元件封装的概念

元件封装(Footprint)是指元件焊接到电路板时所具有的外观和焊盘位置。例如,80C51单片机 是一个如图 B.60(a)所示的双列直插式集成电路芯片,但它在 PCB 中安装时要用到的是代号为 DIL40 的封装模型,如图 B.60(b)所示。

由图可见, DIL40 模型中包含了元件丝印轮廓和 40 只焊盘图形, 其尺寸为 1.9in×0.6in, 焊盘间 距为 0.1in。在 Proteus 原理图模块中, 80C51 与 DIL40 是有对应关系的, 两者都存放在同一数据库

中。在进行 PCB 设计时,系统会将原理图中的 80C51 自动替换为 DIL40。不过也有元件没 有默认封装模型的情况,这就需要在 PCB 设 计前予以确认。

显然,元件封装模型只与元件的外观和焊 盘位置有关,而与元件本身无关,因此,不同 的元件是可以共用同一个元件封装模型的。所 以,在进行 PCB 设计时,不仅要知道元器件 的名称,而且要明确该元器件的封装模型,必 要时可以对其进行人工组合。





3.2 创建 PCB 标签页

PCB Layout(PCB 布版)是 Proteus 中进行 PCB 设计的软件模块, 启动 PCB Layout 有两种方式: 在创建新项目时创建 PCB 布版标签页, 在原理图或 Source Code 界面用工具按钮创建 PCB 布版标签页。

1. 在创建新项目时创建 PCB 布版标签页

假定本例拟创建一个包含原理图、固件(Keil for 8051)和 PCB 的项目文件,文件名为 test.pdsprj,保存路径为 C:/Exa。具体方法如下(如图 B.61 所示):

第一步,单击"新建工程"选项→弹出创建新项目向导对话框:

在"名称"文本框内输入新建项目的名称,文件名扩展名为*.pdsprj;

在"路径"文本框内输入新项目的文件保存路径(文件夹),也可单击右侧"浏览"按钮打开文件 管理器选择保存路径;勾选"新工程"选项→单击下一步;

第二步,弹出新建工程向导对话框→采用"基于所选模板,创建 PCB 布板设计"选项→单击下一步;

第三步,弹出"PCB Layer Stackup"向导对话框:

图中显示, DEFAULT 模板是两层 PCB 结构, 总厚度为 1.606 毫米。其中, 顶层和底层的最外层 均为厚度 10 微米介电常数 3.5 的 Resist (防护),其次层为厚度 18 微米的 Copper (覆铜),中间层为 厚度 1.55 毫米介电常数 4.8 的 FR4 绝缘材料 Core (基板)。→单击"下一步";



图 B.61 在创建新项目时创建 PCB 布版标签页 第四步,弹出"PCB Drill Pairs"对话框→图中显示,顶层和底层中的钻孔类型均为通孔 →单击

下一步; "PCB Board Preview"

第五步,弹出"PCB Board Preview"对话框:

图中为该 PCB 模板的结构预览图,包括双面 10 微米厚的防焊油墨层+1.55 毫米厚的基板+通孔结构。→单击"下一步";

第六步,弹出"新建工程固件向导"对话框→选择①8051、②80C51、③Keil for 8051、④勾选 "创建快速启动文件" →单击"下一步";

第七步,弹出新建工程向导总结对话框→显示新项目中包括了原理图、布板设计和固件三个工作 模块→单击完成。

第八步,关闭新建工程向导→打开新建项目的最初工作界面。

2. 用工具按钮创建 PCB 布板标签页

如果在先前创建项目时没有选择创建 PCB 布版,则可在当前打开的项目中,单击系统工具栏上的 "PCB 设计"按钮 ,也能添加 PCB 标签页,如图 B.89 所示。不过,此时添加的 PCB 标签页是无法 选择模板的,只能是默认模板。

3.3 PCB 工作界面

创建的 PCB 标签页初始工作界面如图 B.62 所示。



图 B.62 PCB 标签页的初始工作界面

可以看到工作界面主要包括标题栏、菜单栏、工具栏、窗口标签、预览窗口、旋转工具、对象选择器、模式工具栏、PCB编辑区、层选择器、过滤选择器、网络表信息和错误显示等组成部分。

其中标题栏、菜单栏、工具栏、信息栏都是标准的 Windows 风格,窗口标签也已见过,都无需介绍了。下面主要介绍其余几个组成部分。

1. PCB 编辑区

PCB 编辑区为 PCB 绘制区域,主要用于放置元器件、封装及其对象并进行布局、布线、制作封装 模型等操作,也是 PCB 设计效果显示的平台。

编辑区中网格线的作用也是方便对齐元器件用的,网格线的类型切换和网格之间距离的设定都是 在菜单【视图】中进行的,与原理图中的操作相同。

2. 模式工具栏

模式工具栏由主模式工具栏、焊盘模式工具栏和二维模式工具栏 3 部分组成。在进行 PCB 设计时,要根据需要选择不同的模式工具。模式工具栏主要功能介绍如表 B.4 所示。

3. 对象选择器

对象选择器是一个用于放置相关 对象的窗口,其内容会随着模式工具 的不同而改变。如单击封装模式,对 象选择器内显示所有已经从封装库取 出的封装,或者通过网络表导入原理 图中元器件的封装。单击过孔模式, 对象选择器内显示当前项目采用的所 有过孔。

4. 预览窗口

预览窗口有3项功能:

单击选择模式,可以显示 PCB 编辑区的微缩全景。单击预览区后, 移动光标可以使整个编辑区移动,其 中绿色线框表示当前编辑区的可见区 域;单击非选择模式时,可以预览模 式工具的图形;单击旋转按钮时,可 以预览元件的旋转结果。

5. 层选择器

单击下拉按钮,弹出 PCB 模块的所有层(layout),加上中文注解后如图 B.63 所示。

铜箔层:主要用于放置铜模走 线,通过铜箔层的设置实现单面、双 面、多层印制电路的设计。铜箔层包 括顶层铜箔层和底层铜箔层。

丝印层; 主要用于放置印制信 息, 如元件的轮廓、标注和各种注释字符等。丝印层包 括顶层丝印层和底层丝印层。一般各种注释字符都在顶 层丝印层,底层丝印层可关闭。

阻焊层:是指班上要上绿油的部分。因为它是负片输出,所以有的部分实际并不是上绿油,而是镀锡,呈银白色。阻焊层的主要作用是放置焊锡外溢造成电路短路,在进行波峰焊接时阻焊层显得尤为重要,可以防止非焊接点被焊锡污染。

锡膏层: 它和阻焊层的作用相似,该层一般用于贴 片元器件的 SMT 回流焊过程时上锡膏,它是在过焊炉时 用来对应 SMD 元器件焊点的,也是以负片的形式输

		表 B.4 模式工具栏主要功能介绍
	•	选择模式. 用于选择对象
	≯	元件模式,用于放置,新建元器件
		封装模式,用于选取、放置和编辑封装
	٩,	导线模式,用于创建、放置和编辑铜模导线
主模式工具栏	Ľ	差分对模式,用于对差分信号进行规划布局
	^	过孔模式,用于放置、编辑和创建过孔
	Т	覆铜模式. 用于放置和编辑覆铜
	Ж	飞线模式. 用于手工放置和编辑飞线
	н	网络高亮模式,用于使选中的导线呈高亮状态
	0	圆形通孔焊盘模式
	•	正方形通孔焊盘模式
	0	椭圆形直插式焊盘模式
		边沿连接焊盘模式,放置板插头(金手指)
焊盘模式		圆形贴片焊盘模式
上共柱		矩形贴片焊盘模式
		多边形贴片焊盘模式
	3	焊盘栈模式,用于放置测试点
	/	二维直线模式,用于在 PCB 图中画直线
		二维方框模式,用于在 PCB 图中画方框
		二维圆形模式.用于在 PCB 图中画圆形
	D	圆弧模式. 用于在 PCB 图中画圆弧
二维模式	00	闭合曲线模式,用于在 PCB 图中画任何闭合曲线
上共仁	Α	文本模式,用于在 PCB 图中插入文本
	5	符号模式. 用于从符号库中选择各种符号
	+	标记模式,用于创建或编辑元器件时产生标记符号
	2	测距模式. 用于测量两点间的距离
	×	Room 模式,用于对子电路进行布局

Top Silk		顶层丝印层
Bottom Silk		底层丝印层
Top Resist		顶层阻焊层
Bottom Resist		底层组焊层
Top Paste		顶层锡膏层
Bottom Paste		底层锡膏层
Mech 1		机械层 1
Mech 2		机械层 2
Mech 3		机械层 3
Mech 4		机械层 4
Keepout		禁止布线层
Occupancy		占有层
Board Edge	۷	边界层
Top Copper	<	

图 B.63 PCB 模块的所有层

- 出,板层上显示的焊盘和过孔部分代表电路板上不铺锡膏的区域,也就是不可以进行焊接的部分。 机械层:一般用于设置电路板的外形尺寸、数据标记、对齐标记、装配说明以及其他的机械信
- 息。这些信息因设计公司或 PCB 制造商家的要求而有所不同。Proteus 的 PCB 模块包括 4 个机械层。 禁止布线层:用于定义在电路板上能够有效放置元器件和布线的区域,在该层绘制一个封闭区域

作为布线有效区,在该区域外是不能自动布局和布线的。

边界层:用于绘制封闭区域定义板边界,只有先绘制板边界才能放置元器件封装。

需要注意的是,"层选择器"里的各种"层"其实都是绘图软件意义下的"图层"。除了铜箔层、 丝印层等与印刷电路板的物理层具有对应关系外,其它都只是记录特定信息,用于组织 PCB 加工的电 子信息层,而非物理层。

3.4 PCB 布版准备

在前两篇阅读材料中介绍过的实例电路图如图 B.64 所示。



图 B.64 阅读材料已完成的实例

实际上,图 B.64 电路图是仅从原理仿真角度考虑的,电源端和接地端虽然没有外部来源却并不影响仿真。但从产品设计角度来看,如果 PCB 上没有一个实体元件与电源和接地终端相连,则电路是不合理的,因此需要在上图中添加一个连接电源和地线的端子元件。

为此,可在原理图中单击"对象选择器"上方的按钮 P,在弹出的"Pick Devices"对话框中找到 "Connectors" 类别下的端子元件 TBLOCK-M2,如图 B.65 所示。



图 B.65 添加连接端子元件

双击 TBLOCK-M2 将其添加到对象选择器中→单击元件放置到原理图中→将端子分别连线到电源 和接地终端上→修改后的电路原理图如图 B.66 所示。



图 B.66 在原理图中添加了连接端子 J1

需要说明一点,在添加端子元件的"对象选择器"对话框(图 B.65)右上角有个不太明显的提示, "No Simulator Model",说明该元件没有仿真模型,是不能参与原理图仿真的。为在添加这个元件后不 影响原理图仿真,需要对元件 J1 进行仿真限制。具体方法是,双击 J1 弹出"编辑元件"对话框,如图 B.67 所示。

勾选对话框左下角的 "不进行仿真"选项框, 然后单击确定返回原理图。这样就不会影响图 B.66 的仿真运行了。

1. 加载网络表

网络表(netlist)是由元器件的封装模型和元器件间的连线关系组成的数据表。原理图完成后,网

络表会被自动加载到 PCB 模块中。显然正确的原理图和与元件相关的封装模型是完成 PCB 设计的必要条件。

因此,在原理图仿真成功之后,需要核查一 下是否所有元器件都有 PCB 封装模型。如果没 有封装模型便需要进行添加。一般来讲,可能存 在下面 3 种状况,即已有了封装模型无需进行添 加;没有封装模型但可以借用已知模型进行添 加;没有封装模型,需要自制封装模型后再行添 加。下面分别进行介绍。

①已有封装模型且无需更改

打开原理图文件,双击每个元件,打开"编辑元件"对话框,以80C51(U1)为例,对话框如图 B.68 所示。

先观察"PCB Package"文本框里有无元件 的封装编号,这里显示有 DIL40,表明 80C51 已有默认的封装模型。如果想了解 DIL40 模型 细节,可以单击下拉选项框旁边的按钮圈,打 开"pick Package"对话框,输入关键词 "DIL40",如图 B.69 所示。

可以看到 DIL40 封装模型的形状与尺寸, 长度为 1.9 英寸,宽度 0.6 英寸,引脚间距 0.1 英寸。单击确定返回到编辑元件对话框。

②没有封装模型但可以替用其它模型

双击按钮 BUT(也可以右键打开弹窗→编 辑属性),打开"编辑元件"对话框如图 B.70 所示。

可见,BUT的对话框中没有出现"PCB Package"文本框,说明BUT元件没有对应的

♣ 编辑元件				? ×
元件位号(B):	<u>J</u>]/		隐藏: 🗌	确定(0)
元件值₩:	TBLOCK-M2		隐藏: 🗌	取消(C)
组件(E):		新建(N)		V
PCB Package:	TBLOCK-M2	V 🐴 Hid	le All 🗸	<i>N</i>
Other Properties:				
			^	
力进	此话			
	山坝			
			×	
☑ 不进行仿真(S) □ 不进行PCB布版(L)		 附加层次模块(M) 障藏通田管脚(C) 		
Exclude from Current	Variant	□ 使用文本方式编辑	新有属性(A)	

图 B	.67 端子 J1 的编辑	元件对i	活框		
▶ 编辑元件				?	×
元件位号®: 元件值心: 组件區:	U1 80C51 ~ 新建(N)	隐藏: 隐藏:		确定((帮助() 数据手册)) H) #(D)
PCB Package:	DIL40 V 🎮	Hide All	\sim	隐藏引脚	۹(P)
Program File:	\\ \AppData \Local \Temp \\ 🔄	Hide All	\sim	编辑固件	‡(F)
Clock Frequency:	12MHz	Hide All	\sim	取消()	C)
Advanced Properties:					
Enable trace logging $\qquad \lor$	No ~	Hide All	\sim		
Other <u>P</u> roperties:			~		
			~		
□ 不进行仿真(S) □ 不进行PCB布版(L) ◀ □ Exclude from Current Variant	 □ 附加层次模块(M) □ 隐藏通用管脚(C) □ 使用文本方式编辑所 	有属性(A)			

图 B.68 80C51 的编辑元件对话框

💓 Pick Packages	e ander							?	×
Keywords:		Showing local resu	ts: 2				12		
di 40		Device	Library	Description					
	Match whole words?	CONN-DIL40	CONNECTORS	40 way DIL header, 100t	h pitch				
Category:		DIL40	PACKAGE	40 pin DIL IC, 0.6in widtl	1				
(All Categories)									
Type:									
(All Types)									
Through Hole									
Sub-category:]								
(All Sub-categories)									
DIL Headers		/							
Preview									
	in								
1.5	////					确注	Ê	取消	

图 B.69 pick Package 对话框

封装模型。如果我们已知,封装编号为 RES60 的电阻元件,其封装模型的安装尺寸也适合于 BUT 使 用,可以作为 BUT 的封装模型,则添加封装模型的方法如下。

首先勾选"使用文本方式编辑所有属性"选择框,在"All Properties"文本框中会出现一些文本

 は ・ に に に	BUT 新建(N)	隐藏: [] 隐藏: []	? × 确定(D) 取消(C)		× 定(0) 消(C)
Off Resistance:	100M	Hide All 🛛 🗸		All Properties:	
On Resistance:	100m	Hide All \sim		{STATE=0} {PRIMITIVE=PASSIVE,RTSWITCH}	
Switching Time:	1m	Hide All \sim		{R(1)=100M} {R(1)=100M} {TSWTCH=1m}	
Other Properties:		~			
□ 不进行仿真(S) □ 不进行PCB布版(L) □ Exclude from Current	□附加层次模块(◎隐藏通用管脚(□使用文本方式)	M) C) 扁辑所有属性(A)		□ 不进行仿真(5) □ 不进行PCB布版(L) □ Exclude from Current Variant □ 控用文本方式编辑所有属性(A)	

图 B.70 BUT 的编辑元件对话框 图 B.71 All Properties 文本内容

在上述文本内容的末尾添加一行命令"{PACKAGE=RES60}",如图 B.72 所示。

取消勾选"使用文本编辑所有属性"→"编辑元件"对话框中出现了"PCB Package"内容,封装 编号显示为 RES60。如图 B.73 所示。

料 编辑元件	? ×	1 编辑元件			? ×
元件位号(B): BUT 院藏: 元件值(D): 院藏: 院藏: 组件(E): 新建(N)	□ □ □ □ 取消(C)	元件位号(B): 元件值(V): 组件(E):	BUT // 新建(N)	隐藏: 🗌 隐藏: 🗌	确定(D) 取消(C)
All <u>P</u> roperties:		Off Resistance:	100M	Hide All \sim	
{STATE=0} {PRIMITIVE=PASSIVE,RTSWITCH}	^	On Resistance:	100m	Hide All \sim	
$\{R(0)=100M\}$ $\{R(1)=100M\}$		Switching Time:	1m	Hide All \sim	
{PACKAGE=tblock-m2}		PCB Package:	tblock-m2 ~ 🏔	Hide All \sim	
		Other <u>P</u> roperties:		^	
□ 不进行仿真(S) □ 不进行PCB布版(L) □ Exclude from Current Variant □ 使用文本方式编辑所有属性(A)	□ 不进行仿真(S) □ 不进行PCB布版(L) Exclude from Currer	□ 附加层次模块(◎ 隐藏通用管脚(□ 使用文本方式)	M) ^{C)} 扁辑所有属性(A)	H
图 B.72 添加新的属性		图 B.73	BUT 中添加了 RES60)封装模型	

图 B.73 BUT 中添加了 RES60 封装模型

此时封装模型 TBLOCK-M2 已添加到了 BUT 属性中了。

如果发现打开的编辑元件对话框中虽有"PCB Package"选项,但其中的内容是(Not Specified)或 是其他封装代码,则只要用新的封装代码直接替换即可,这个方法适合于更改封装模型。

③没有封装模型只能自制封装模型

如果没有封装模型,也无法替用其他模型,则需要自制模型了,这种情形虽不很普遍,但却很有 代表性,有必要学会模型自制方法。

2. 制作元件封装模型

双击原理图的数码管 LED1,从编辑元件对话框可知它也没有封装模型,而且我们也没有可借用 的封装模型,此时就需要自制了。

假设已知数码管 LED1 的引脚及外形尺寸定义如图 B.74 所示。



由图 B.74(a)可知,该数码管的第 8 脚为公共端,第 1~7 脚为字段 A~G。图 B.74(b)表明,该数码 管为双列直插式结构,纵向引脚的间距为 7mm,横向间距为 9mm,引脚直径为 0.25mm,最大外形尺寸为 25mm×15mm×8mm。封装模型的制作方法如下。

第一步 摆放焊盘

将光标移到 PCB 编辑区的适当位置处→双击快捷键 "O",该位置可出现一个蓝色方格,表示已 将此点定义为伪原点,坐标为 0,0。

单击模式工具栏的"正方形通孔焊盘模式"按钮■,所有方形焊盘都会出现在"对象选择窗"中,如图 B.75 所示。



根据图 B.74(b)的尺寸,数码管引脚直径为 0.25mm,可选择 "S-50-25" 作为引脚 1 的焊盘(其中 50 代表方边尺寸,25 为通孔孔径尺寸)。单击 S-50-25 光标变成铅笔状→单击伪原点放置 "S-50-25" 焊 盘,如图 B.76 所示。

方形焊盘通常作为直插式元件的第 1 引脚(以示区别),其余的要选择圆形焊盘。为此,单击"圆 形通孔焊盘模式"按钮 ●→选择"C-50-25"圆形焊盘→移动光标到坐标(7,0)处单击放下该焊盘→依 次移动光标到(14,0)、(21,0)、(21、-9)、(14,-9)、(7,-9)和(0,-9)处,单击放下圆形焊盘。 结果如图 B.77 所示。

这里有个小技巧,放置焊盘前先单击菜单【视图】→【snap 1mm】,将编辑区栅格宽度定为 1mm, 这样放置焊盘时就能通过数栅格节点代替看坐标显示了。

第二步 分配引脚编号

右击放置好的方形焊盘→在弹出窗中选择"编辑属性"选项→弹出图 B.78 所示的"编辑单个管脚" 对话框→在"数量"文本框中输入 1→单击"确定"按钮,第一个引脚的编号便被标记在方形焊盘上。







图 B.79 为全部焊盘编号

第三步 添加元件边框 单击模式工具栏的"选择模式"按钮 → 单击编辑窗口左下角的"图层选择器"下拉菜单→选择 "Top Silk"(丝印)层→单击"模式工具栏"的"2D Graphics 框体模式"按钮 →将光标移动到坐标(-2,3)→按住左键移动到坐标(23,12)→单击画出一个矩形元件边框(最大外形尺寸 25×15),结果如图

B.80 所示。



图 B.80 添加元件边框

第四步 元件封装保存

按住右键拖动鼠标,选中全部焊盘及其边框→选择菜单【库】→【制作封装】→弹出"制作封装" 对话框→在"新建封装名字"选项框中输入自定义的封装名称(如 LED_DISP)→在"封装类别"、"封 装类型"和"封装子类别"选项框中分别选择 Miscellaneous、Through Hole 和 LEDs→单击"保存封装 到库"中的"USERPKG"(用户库),结果如图 B.81 所示。

		,		2	\sim		
	ארגיבין ונייז אייר אראיר א			:	^		
	索引和库选择 3D Mechanical Model 3D Visual Model						
	新建封装名字:№		保存封装到库山	:			
	LED_DISP		CONNECTORS CONNECTORS1				
	封装类别: ⊆	51°245-0-1	IPC7351BGA				
	Miscellaneous	✓ EITSE IN	PACKAGE				
	封装类型: Ⅰ	Stringth (n.)	SMTDISC				
	Ihrough Hole		SMTTRIM USERPKG				
	封装子类别: 2						
	LEDs	✓ #IDE 0					
	封装描述①						
	□ 高级模式(手动编辑)∨						
		帮助(H)	确定(0)	取洋	j(C)		
	图 B.81 元件卦	 装保存		- 1			
击"确定"按钮 纟	与市封建工作				Η,		
五步 自定义封装引	脚关联						

回到原理图界面→右击数码管 LED1→在弹出菜单中选择"封装工具"→弹出如图 B.82 所示的"封装元件"对话框。

单击"增加"按钮,在弹出的"Pick Packages"对话框中,根据类别、类型等条件找到在第四步中 自定义的封装名 LED_DISP (见图 B.83 所示)。

-⊪ 到炭元件														
封装中:								\sim						
	□是否使用罰	默认封注	増加(4	A) 重i	命名(6) 日	删除(D)	命令(0))]						
					-		_	- 1						
门编号:	1	否允许将门6	元素)在电	自路板中	中进行交换	l5		-						
引脚 隐藏	的 通用	类型	Α		_									
A		Passive					2 ==							
В		Passive	_											
COM		Passive						_						
D		Passive						_						
E		Passive	_					-		没有害	抄装 预算	览		
F		Passive												
G		Passive												
NC(空)描					增加引胜	ļ	移除引脚							
引脚转换:														
						\sim	增加							
							1204							
							420万							
 ☑ 使用ARES函				 反	1 0 02	*		;	帮助(H)	分配建	搂		取消	
☑ 使用ARES函 ▼ 使用ARES函	15			<u></u>	B.82	封装	⁴⁹⁰⁵ ^春 换	计话机	帮助(H) 框	分配建	搂		取消	
☑ 使用ARES路 ● Pick Packag Keywords:	15		Showin	ng local m	B.82	封装	⁴⁹⁰⁵ ⁴ 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	计话材	帮助(H)	分暫违	鍙		取消 ?	
☑ 使用ARES函 ● Pick Packag Keywords: LED_DISP	15		Showin Devic	ng local n	B.82 esults: 1 Ubrary	封装	^{1390万} 替换 元件对	·····································	帮助(H)	分酉读	搂		取消 ?	
✓使用ARES」 ● Pick Packag Keywords: LED_DISP	rs Match	n whole words? [Showin Devic	ng local ru e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	↓ 封装 KG	^{1590环} 替换 元件对 Description	i 可话和 m	帮助 (H) 框	分酉佳	拔		取消 ?	
↓使用ARES属 》Pick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categorie:	rs Match	n whole words? [Showin Devic	ng local ro e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	↓ 封装 KG	^{1390环}	i 寸话和 an	帮助(H)	分費徒	拔		取消 ?	
使用ARES属 使用ARES属 Pick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categories Miscellaneous	is Match	n whole words? [Showin Devic	ng local ru e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	↓ 封装 KG	^{490环}	· · · ·	帮助(H) 框	分費は	İ装		取消	
⑦ 使用ARES路 ● Pick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categorie: Miscellaneous Texa:	is Match	n whole words? [Showin Devic	图 ng local rn e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	y 封装 KG	¹ 授呼环	u T T T T T T T T T T	帮助(H) 框	分費徒	J装 		取消 ?	
✓ 使用ARES路 ※ Pick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categories Miscellaneous Type: (All Types)	rs Match	n whole words? (Showir Devic	ng local re e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	封装 KG	¹ 授P/环 蓄換 元件天	i 计话和 on	帮助(H)	分費は	拔		取消 ?	
✓ 使用ARES路 ※ Pick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categorie: Miscellaneous Type: (All Types) Through Hole	rs Matd	n whole words? [Showin Devio	몇 local rn e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	↓ 封装 KG	1995 香換 元件次 Description	i ti话t an	帮助(H) 框	分費は	ž		取消 ?	
 使用ARES」 Pick Packag Vick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categorie: Miscellaneous Type: (All Types) Through Hole Sub-category: 	is Matc	n whole words? [Showin Devic	ng local ri e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	↓ 封装 KG	topix 替换 元件对	an an	帮助(H) 框	分酉徒	/		取消 ?	
使用ARES路 使用ARES路 使用ARES路 使用ARES路 Category: (All Categorie: Miscellaneous (All Types) Through Hole Sub-category: (All Sub-category: (All Sub-category: EDe EDe Sub-category: EDE EDE	is Matd	n whole words? [Showin Devio	ूर्ष ng local rr e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	↓ 封装 KG	topix	iiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiiii	帮助(H) 框	分酉徒			取消 ?	
✓ 使用ARES」 ✓ 使用ARES」 ✓ Pick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categories: Miscellaneous Through Hole Sub-category: (All Sub-category: LED LED	ries)	n whole words? [Showir	हि ng local rri e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	↓ 封装 KG	¹ 授呼ボ	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	帮助 (H) 框	分酉徒	烘		取消 ?	
⑦使用ARES路 ※ Pick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categorie: Miscellaneous Type: (All Types) Through Hole Sub-category: (All Sub-categ) LED 5 Preview	Match Match	n whole words? (Showir	g local re e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	↓ 封装 KG	¹ 参呼示 蓄換 元件太 Description	an	帮助(H) 框	分酉建	 漢		取消 ?	
✓ 使用ARES路 ※ Pick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categories Miscellaneous Type: (All Types) Through Hole Sub-category: (All Sub-category: (All Sub-category: (All Sub-category: (All Sub-category: Preview 77 7	ries)	n whole words? [Showin	图 local rr e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	↓ 封装 KG	typix 替換 元件次 Description	·····································	帮助(H)	分香徒			取消	
✓ 使用ARES路 ※ Pick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categories: Miscellaneous Type: (All Types) Through Hole Sub-category: LEDs Preview 7n 7 <	ries)	n whole words? [Showin	图 ng local r e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	↓ 封装 KG	topix	·····································	^{帮助(H)} 框	分香徒 一	ł¥ I		取消	
✓ 使用ARES路 ※ Pick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categories: Miscellaneous Type: (All Types) Through Hole Sub-category: (All Sub-category: LEDs Preview 7n 9	ries)	n whole words? [Showin	图 ng local ri e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	封装 KG	typin	·····································	帮助(H)	分香徒 一	ł¥ J		取消 ?	I
使用ARES属 使用ARES属 使用ARES属 Category: (All Categorie: Miscellaneous Type: (All Sub-category: (All Sub-category: EDs Preview Through Hole Sub-category: (All Sub-category: EDs Preview Through Hole Sub-category: (All Sub-category: EDs Preview Through Hole Sub-category: (All Sub-category: EDs Through Hole Sub-category: (All Sub-category: EDs Through Hole Sub-category: (All Sub-category: EDs Through Hole Sub-category: EDs Through Hole Sub-category: EDs Through Hole Sub-category: (All Sub-category: EDs Through Hole Sub-category: EDs Through Hole Sub-category: EDs Through Hole Sub-category: (All Sub-category: EDs Sub-category: Sub-category: EDs Sub-category: EDs Sub-category: Sub-category: Sub-category: Sub-category: Sub-category: Sub-category: EDs Sub-category: Sub-ca	ries)	n whole words? [Showin	图 ng local ri e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	す 封装 KG	typs	·····································	帮助(川) 框	分面は 一	購		取消 ?	I
⑦ 使用ARES」 ※ Pick Packag Keywords: LED_DISP Category: (All Categorie: Miscellaneous Through Hole Sub-category: (All Sub-category: LEDs Preview 7n 7n 7 <td>ries)</td> <td>n whole words? [</td> <td>Showin</td> <td>图 ng local rr e DISP</td> <td>B.82 esults: 1 Ubrary USERP</td> <td>す 封装 KG</td> <td>topix</td> <td>·····································</td> <td>帮助(H)</td> <td>分酉徒 一</td> <td>璘</td> <td></td> <td>取消?</td> <td></td>	ries)	n whole words? [Showin	图 ng local rr e DISP	B.82 esults: 1 Ubrary USERP	す 封装 KG	topix	·····································	帮助(H)	分酉徒 一	璘		取消?	

图 B.83 Pick Packages 对话框

单击"确定"按钮,返回"封装元件"对话框。按图 B.74(a)所示的引脚要求,在表的 A 列中依次 填入 1、2、3、8、4、5、6、7 的引脚编号 (见图 B.84)。

	☑ 是否使用	默认封	増加(A)	重命名(R)	删除(C) 命令(0)		0	
 门编号:	1 是	否允许将门6	(素)在电路	路板中进行交	、换?	\=E		9mi 4	m —≽
SIBD B	急藏的通用	类型	A						
B		Passive	1	-		45	4		- 4
C		Passive	3						
COM		Passive	8				F	•	●→▽
D		Passive	4				h r		
E		Passive	5						
F		Passive	6				Ň	•	•
G		Passive	7						
NC(空)非				增加引	Afb	移除引脚	Ł	•	•
引脚转换:									
					^	增加			
						移除			
						赤山			
					~	省拱			

图 B.84 填入 PCB 封装的引脚编号

单击"指定封装"按钮→弹出"Select Library For Package Devices"(选择封装模型库)对话框→滚 动下拉条,找到"USERDVC"库,如图 B.85 所示。

Select Library For Packaged Devices ?	×]	4 编辑元件				?	Х
Select the library you want to save your packaged devices i	n:		元件位号(B): 元件值(V):	LED1	隐藏: 隐藏:		确定(0	D)
TECCOR TEXAS	^		组件间:	→ 新建(N)			取消し	UJ
TEXOAC TEXOAC1			LISA Model File:	7SEGCOMK	Hide All	\sim		
THATCORP			Forward Voltage:	1.5V	Hide All	\sim		
			Segment On Current:	10mA	Hide All	\sim		
UNIOMEM			PCB Package:	LED_DISP ~ A	Hide All	\sim		
USERDVC VALVES VSMPY VUDEV ZENERF ZENERF ZENERP ZETEX 保存封装(S) 取:	¥ (C)	J	Other Properties: 一不进行仿真(S) 一不进行作CB布版(L) 一定clude from Current	→ → → → → → → → → → → → → →	M) 注) 异辑所有属性	¢	3	

图 B.85 将封装模型库选择为 USERDVC 图 B.86 数码管的封装

单击"保存封装"按钮结束封装的引脚关联过程。在原理图中双击数码管 LED1,在"编辑元件"对话框中已能看到其关联的 PCB 封装名称了,如图 B.86 所示。

此时需要确认取消了"不进行 PCB 布版"选项。

到此为止,本实例原理图中所有元器件都添加了封装模型,此时 网络表已被自动加载到 PCB 模块中了,从"封装模式"下的"对象选 择器"中可以看到这些封装对象,如图 B.87 所示。

3.5 PCB 布版实例

PCB 布版的工作流程包括,元件布局、元件布线、敷铜、添加文本标识、检验布版效果、输出布版文件等环节。

1. 元件布局

元件布局过程是指,将原理图中的元器件用相应的封装模型代替,放入 PCB 编辑区的"Board Edge"(边界框)中的过程。

布局分为手动布局和自动布局。手动布局就是手动放置元器件,其特点是可以方便将比较特殊的器件放在特定的位置并加以锁定。手动布局适合于元器件较少的情况。

自动布局则是自动放置元器件。单击自动布局按钮题,在弹出对话框中单击 OK,就可把元件布局于边界框中了。自动布局适合于比较复杂的电路,但布局的灵活性较差,往往还需要进行手动调整。

元件布局一般应遵循几个基本规则:

①按电气性能的分区进行布局,一般分为数字电路区(即怕干扰、又产生干扰)、模拟电路区(怕 干扰)和功率驱动区(干扰源)。

②对完成同一功能的电路,应尽量靠近放置,并调整各元器件的方位以保证连线最为简洁。

③对于体积大的元器件应优先放置;发热元件应与温度敏感元件应分开放置。

④布局要求要均衡,疏密有序,美观大方,避免头重脚轻或一头沉。

由于本实例电路较为简单,故直接采用手动布局方法,做法如下。

选择"图层选择器"中的黄色"Board Edge"选项→单击模式工具栏中的"二维方框图形模式"按钮 →按住鼠标左键,在编辑工作区上拖画出一个黄色方框(见图 B.88)。这个方框就是规划中的 PCB 板的边框,即元器件布局区的边界,其形状和大小随后都可以进行调整。



图 B.88 添加元件边框

图 B.87 封装模式下的封装对象

单击"模式工具栏"中的"元件模式"按钮 → 在对象选择器中单击某一元件,如 U1→单击编辑 工作区,将 U1 元件的封装模型摆放到适当的位置。通过正反向旋转 90 度、水平反转、垂直反转等方 法可以调整 U1 摆放的姿态(见图 B.89)。



图 B.89 将 U1 摆放到布局区内

采用类似方法,可将"对象选择器"中的元件封装模型逐一摆放到布局区中。在摆放过程中,封装 模型之间会自动产生绿色的"飞线"(见图 B.90)。



图 B.90 摆放封装模型时产生的飞线

飞线是系统根据网络表自动生成的,用来指引系统自动/手动布线的一种连线。飞线只在逻辑上表 示各个焊盘之间的连接关系,并没有物理的电气连接意义。

如果布局时元件的飞线出现交叉现象,表明在布线时将需要通过如过孔等措施进行连线变更,从而 使走线的难度加大。因此手工布局时应该通过调整元件的放置位置、方向或安装的板面,尽量减少飞线 的长度和交叉程度。

元件布局完成后,可根据需要对元件的摆放位置、摆放方向、边框形状及尺寸进行调整,调整后的 元件布局如图 B.91 所示。



图 B.91 调整元件摆放位置、边框形状及尺寸

2. 元件布线

PCB 的布线也有自动布线和手动布线两种方式。一般是先用自动布线,然后手工修改,也可以直接 手工布线。为了简明我们采用自动布线方式,做法如下。

单击菜单【工具】→【自动布线】,或单击系统工具栏中的"自动布线"按钮≥,可以弹出"基于现状的自动布线器"设置窗口(见图 B.92)。



通常无须更改设置,单击"开始布线"按钮即可开始自动布线,此时"飞线"将被正式的引线所取 代(见图 B.93)。

自动布线结束后可以放大图像,单击走线模式按钮⁵,再右键单击需要修改的导线,进行导线移动 或改变线宽等操作,直至达到要求为止。

3. 覆铜

覆铜就是将 PCB 上闲置的空间作为基准面,然后用铜箔材料进行正反两面填充,这些铜箔区又称为灌铜。覆铜的意义在于,可减小地线阻抗,提高抗干扰能力;降低压降,提高电源效率;可与地线相连,减小环路面积。

单击模式工具栏的"覆铜模式"按钮 □→光标变为笔形状→按住鼠标左键在黄色边框线内拖曳出一

块矩形覆铜区→松开鼠标后弹出"编辑覆铜"对话框(见图 B.94)。

	💭 编辑覆铜		?	×		
	所在网络: №	(None)		~		
	图层/颜色:∟	Top Copper 🗸	Dimmed	\sim		
	覆铜边界线型: 8	DEFAULT	自定义: ⊆	E 4	-5	たい
ハス・レ	散热连接线型:E	RELIEF		/ 1		モム
	Pad Hole Shape:	Octagonal \checkmark				
	覆铜类型:Ⅰ	Solid V Diagonal:	步距: <u>S</u> 25th	*		
	安全间距: ē	0 (subject to desig	n rules)			
	引脚使用散热连接P Exclude Tracking: Lock to Board Edge:	✓ Suppress Islands: ✓ Allow Nesting: ✓ Exclude Board Edge: ✓	碇(0) 取消	(C)		

图 B.94 Top Copper 面敷铜设置

单击"确定"按钮可对顶层进行覆铜操作,顶层覆铜效果如图 B.95 所示。





图 B.95 底层敷铜结果

图 B.96 顶层敷铜结果

按住鼠标左键→在靠近黄色边框线附近再拖曳出一块矩形覆铜区→松开鼠标后,"编辑覆铜"对话框可再次弹出(图 B.95)→单击"图层/颜色"下拉框,这次选择"Bottom Copper"→单击确定对底层进行覆铜操作。底层覆铜结果如图 B.96 所

示。

4. 添加文本标识

PCB 设计时常在板上丝印面添加一 些文字标识,如厂商名称,产品型号等。 为此单击模式工具栏的"二维文本图形模 式"按钮▲→选择"图层选择器"的"Top Silk"(顶部丝印)层→单击 PCB 边界框内 的适当位置→弹出"编辑二维图形文本" 对话框→在"字符串"文本框内输入所需 的内容,如"PCBTEST",如图 B.97 所示。

方位:		<u> </u>	- 字体属性:		
水平: 垂直:	 ● 左对齐 ○ 居中 ● 顶端 ○ 面端 		字体(E):	Default Font	~
포 프· 토미대삼산부.		14171 URS/00237	高度(H):	0.1in 🜩	
国形件式; 今局様式(s);	DEEALILT		宽度(W)	80th ≑	
1917+I(2)	DEFAULT	_	粗体?		
线苋(L):		☑ 使用全局设置?	斜体?		
颜色:	.	☑ 使用全局设置?	下羽球?		
示例			4431-376.94		
	<u> </u>		/		2

图 B.97 编辑二维图形文本对话框

单击确定关闭"编辑二维图形文本"对话框。同理,还可选择"Bottom Silk"(底部丝印)层,添加 其他文字。添加文字标识后的结果如图 B.98 所示。



图 B.98 添加文字标识

5. 检验布版效果

单击系统工具栏的"3D观察器"按钮 → 启动三维预 览功能,利用预览窗下部的工具栏,如图 B.99 所示,可以 改变预览视角。完成后的 PCB 设计效果如图 B.100 和图 B.101 所示。



(a)顶部面

(b) 底部面

图 B.100 PCB 平面预览效果图



(a) 顶部面

(b) 底部面

图 B.101 元件安装预览效果图

6.输出布版文件

单击菜单【输出】→【Gerber 输出】→弹出 "CAMCAM 输出"设置窗口,如图 B.102 所示。 "图层/原图"中的勾选项为 PCB 制作的常用图层,勾选后可产生相应的输出文件。确定好存盘路径 并单击"确定"按钮后,可形成一个以*-CADCAM READ-ME.TXT 命名的 Gerber 光绘文件,如图 B.103 所示。

	CAD CAM 输出 CAD CAM 注释 输出生成(0)		
	文件根⑤: example1-1 文件夹①: C:\Exa ● 是否输出到单个TXT文件? ○ 生成到单个压缩文件?	 □ 自动打开输出文件夹 □ 是否自动打开压缩文件? 	
Z	图层/原图(L): ① 顶层调泊板 内层线 1 内层线 8 ② 底层调泊层 内层线 2 内层线 9 ⑦ 顶层丝印层 内层线 3 内层线 10 ⑦ 底层丝印层 内层线 4 内层线 11 ⑦ 顶层丝印层 内层线 5 内层线 12 ⑦ 底层阻焊层 内层线 5 内层线 13 ⑦ 顶膏 内层线 7 内层线 13 ◎ 顶膏 内层线 7 内层线 14 □ 底膏 机械层 1 机械层 3 □ Top Assembly 払机械层 2 机械层 4 □ Bottom Assembly 站 1 U机械层 4 □ Apply Global Guard Gap 5th \$ ▲ Apply Global Guard Gap 5th \$ 全部(A) 无(N)		冃
	□是否在完成时运行Gerber观察器? 	确定(0) 取消(C)	

图 B.102 光绘文件输出设置窗口

🥘 example1-1 - CADCAM READ-ME.TXT - 记	事本		– 🗆 X
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)			
ABCENTER PROTEUS TOOL INFORMATION	FILE		^
In case of difficulty, please e-mai	il support@labcente:	r.co.uk	
Cool set up for Proteus layout 'exa CADCAM generated at 16:57:36 on 202	ample1-1.pdsprj'. 21年8月13日.	キケ	カナナキじ
file List			/ 4
Fon Conner : example1-	-1 - CADCAM Top Con	per GBR	
Bottom Copper : example1	-1 - CADCAM Bottom (Copper.GBR	
fop Silk Screen : examplel- Bottom Silk Screen : examplel-	-1 - CADCAM Top Sill -1 - CADCAM Bottom :	k Screen.GBR Silk Screen.GBR	
op Solder Resist : examplel-	-1 - CADCAM Top Sol	der Resist.GBR	
fottom Solder Kesist : examplel- Mechanical 1 : examplel-	-1 - CADCAM Bottom : -1 - CADCAM Mechani	Solder Kesist.GBR cal 1.GBR	
Prill, Plated, 1-16 : example1-	-1 - CADCAM Drill To	OP-BOT Plated.GBR	
Netlist : examplel-	-I - CADCAM Netlist.	. IPC	
^p hotoplotter Setup			
format: X2, ASCII, 4.3, metric, abs	solute, eob=*, LZO		
Bounds: 51mm -3mm 115mm 52.5mm	U-U-i-b+ C-Chorn	for T-Tudou	
Notes: D=Diameter, 5=5ide, W=Widtr	n, H=Height, U=Unam	ier, l=index	
010 CIRCLE D=0.254mm			DRAW Conductor
0.12 SQUARE S=1.27mm			FLASH VIAFad FLASH ComponentPad
013 CIRCLE D=1.27mm			FLASH ComponentPad
D15 CIRCLE D=1.016mm			FLASH ComponentFad FLASH ComponentFad
016 CIRCLE D=2.032mm			FLASH ComponentPad
D17 CIRCLE D=3.048mm			FLASH ComponentPad
019 CIRCLE D=1.016mm			FLASH Material
070 PPAD W=1.524mm	H=1.524mm	I=0	FLASH Material
D20 CIRCLE D=1.524mm			FLASH Material FLASH Material
021 CIRCLE D=2.032mm			FLASH Material
D22 CIRCLE D=2.286mm			FLASH Material FLASH Material
p24 CIRCLE D=0.381mm			FLASH ViaDrill
D25 CIRCLE D=0.762mm			FLASH
p26 CIRCLE D=0.635mm			FLASH
ComponentDrill			FLACH
ComponentDrill			FLASH
.ayer Stackup			
[op Solder Resist : 0.01mm	Resist		
Fop Copper : 0.018mm	Copper FR4		
Bottom Copper : 0.018mm	Copper		
Detter Colder Resident 0.01	Part at		~

图 B.103 Gerber 光绘文件

单击菜单【输出】→【输出图元文件】选项,可弹出"导出 Metafile"对话框(见图 B.104),分别 勾选相应图层选项,单击确定可生成如图 B.105 所示的一组分层图形文件。

ц/д хегу,			E D.105 /////11		N º		
	● 导出Metafile 模式(M): Normal Artwork		选项 □ □ □ □ □ □	症转 (R):	? × · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	·Ħ	
	图层U: ✓ Top Copper ✓ Top Silk ✓ Bottom Silk ✓ Mech 1 Mech 2 Mech 3 Mech 4 全选(A) 不选(N	^	□反转颜色? □反转颜色? ☑清除背景?	○ X抽垂直 补偿值: <u>X</u> : 1 <u>Y</u>	● 正常 ○ 镜像 : 1		
		v N)	輸出到文件(F)? ☑ C:\Exa\file8.EMF	确定(0)	文件名(F) 取消(C)		





至此,一个简单电路的 PCB 布版就结束了。实战中的 PCB 布版是非常复杂的,要考虑的因素很 多,也有很多设计禁忌需要充分了解,同时还需要大量的实战经验积累。只有勤学苦练不断实践才能 真正掌握 PCB 设计技能。

PCB 布版完成后,还需经过印刷线路板加工→元器件焊接→目标代码固化→实验测试等后续环节 才能真正完成一个电子产品的开发。