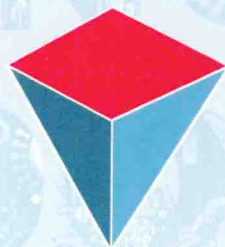




PUTONG GAODENG JIAOYU JIDIAN ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

• 普通高等教育机电专业规划教材 •



Shixun
Jiaocheng

工业自动化 实训教程 (嵌入式篇1)

主编 姚超友 李秋平 邓达强



中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

普通高等教育机电专业规划教材

工业自动化实训教程 (嵌入式篇 1)

主编 姚超友 李秋平 邓达强



中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

工业自动化实训教程. 嵌入式篇 1/姚超友,李秋平,邓达强
主编. —北京:中国轻工业出版社,2014.5

普通高等教育机电专业规划教材

ISBN 978-7-5019-9743-5

I. ①工… II. ①姚… ②李… ③邓… III. ①单片微型计
算机—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TP273 ②TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 082010 号

责任编辑:王 淳 责任终审:张乃柬 封面设计:锋尚设计
版式设计:宋振全 责任校对:吴大鹏 责任监印:张 可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印 刷:北京君升印刷有限公司

经 销:各地新华书店

版 次:2014年5月第1版第1次印刷

开 本:710×1000 1/16 印张:13.5

字 数:269千字

书 号:ISBN 978-7-5019-9743-5 定价:28.00元

邮购电话:010-65241695 传真:65128352

发行电话:010-85119835 85119793 传真:85113293

网 址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

140311J1X101ZBW

前 言

单片机又称单片微控制器，它不是完成某一个逻辑功能的芯片，而是把一个计算机系统集成到一个芯片上。概括地讲：一块芯片就成了一台计算机。它的体积小、质量轻、价格便宜，为学习、应用和开发提供了便利条件。同时，学习使用单片机是了解计算机原理与结构的最佳选择。

可以说，20 世纪跨越了三个“电”的时代，即电气时代、电子时代和现已进入的电脑时代。不过，这种电脑通常是指个人计算机，简称 PC 机，它由主机、键盘、显示器等组成，如通常使用的计算机。还有一类计算机，多数人却不熟悉，这种计算机就是把智能赋予各种机械的单片机。顾名思义，这种计算机的最小系统只用了一片集成电路，即可进行简单运算和控制。因为它体积小，通常都藏在被控机械的“肚子”里。它在整个装置中，起着有如人类头脑的作用，它出了毛病，整个装置就瘫痪了。现在，这种单片机的使用领域已十分广泛，如智能仪表、实时工控、通信设备、导航系统、家用电器等。各种产品一旦用上了单片机，就能起到使产品升级换代的功效，常在产品名称前冠以形容词——“智能型”，如智能型洗衣机等。现在有些工厂的技术人员或其他业余电子开发者搞出来的某些产品，不是电路太复杂，就是功能太简单且极易被仿制。究其原因，可能就卡在产品未使用单片机或其他可编程逻辑器件上。

在计算机出现以前，有不少能工巧匠做出了不少精巧的机械。进入电器时代后，人们借助电气技术实现了自动控制机械、自动生产线甚至自动工厂，并且大大地发展了控制理论。然而，在一些大中型系统中自动化结果均不理想。只有在计算机出现后，人们才见到了希望的曙光。如今借助计算机逐渐实现了人类的梦想。但是，计算机出现后的相当长的时间里，计算机作为科学武器，在科学的神圣殿堂里默默地工作，而在工业现场的测控领域并没有得到真正的应用。只有在单片机（Microcontroller）出现后，计算机才真正地从科学的神圣殿堂走入寻常百姓家，成为广大工程技术人员进行现代化技术革新、技术革命的有利武器。目前，单片机在民用和工业测控领域得到最广泛的应用，彩电、冰箱、空调、录像机、VCD、遥控器、游戏机、电饭煲等无处不见单片机的影子，单片机已深深地融入我们每个人的生活之中。

单片机能大大地提高家电产品的智能性、易用性及节能性等主要性能指标，给我们的生活带来舒适和方便，同时，在工农业生产上也极大地提高了生产效率和产品质量。单片机按用途大体上可分为两大类：

- 一是通用型单片机；
- 二是专用型单片机。

专用型单片机是指用途比较专一，出厂时程序已经一次性固化好，不能再修改的单片机。例如电子表里的单片机就是其中的一种。其生产成本很低。

通用型单片机的用途很广泛，使用不同的接口电路及编制不同的应用程序就可完成不同的功能。小到家用电器仪器仪表，大到机器设备和整套生产线都可用单片机来实现自动化控制。

单片机在工业上的应用前景

在工业控制发展过程中，单片机起到了非常重要的作用，它使得工业控制系统走向了智能化和现代化。以中国为例，单片机的历史只有 30 多年，在初始的 5 年时间里发展极为迅速，早在 1986 年就在上海召开了全国首届单片机开发与应用交流会，在很多地区还成立了单片微型计算机应用协会。但是随着科技的发展，仅仅单靠自己做单片控制系统已经“过时”，在大型企业中应用的几乎都是成型的 PLC、DCS 和 FCS 控制系统，人们一度对单片机失去了兴趣，并把目光主要集中在我们生活中广泛使用的各种智能 IC 卡、电子宠物上，在工业控制中开始逐渐淡出。据统计，我国的单片机年容量为 3 亿片左右，相对于世界市场，我国的占有率还不到 1%。在工业控制中，技术人员都热衷于使用国外进口的控制系统。

随着“物联网”概念的推出，人们逐渐又把单片机放到相当重要的地位，因为它还是初级市场，还没有成形的“产品”出现，而且今天许多的通用单片机已经把 USB、CAN 和以太网作为标准外设集成在芯片内部一样，越来越多的无线网络芯片和无线网络解决方案也在向集成 SOC 方向发展。无线通讯技术给智能装置的互联互通提供了便捷的途径，工业无线网络作为面向工业和家庭自动化的网络技术也正在向着智能、标准和节能方向发展，也是物联网实现的重要途径之一。

当然，单片机在此方面的路还有多远，谁也不是很清楚。但是无线技术作为未来嵌入式系统发展最快速的领域之一，单片机是嵌入式和工业控制系统最传统的核心部件，SOC 和微电子制造工艺的发展推动单片机的变革，无线技术和应用是单片机发展的一个热点。

众所周知，对于物联网或者工业控制系统的无线网络，由于其行业的特殊性，决定选择一种无线网络技术的因素很多。但正如以太网和 CAN 总线已经成为新一代工业设计的最重要网络一样，在工业控制系统里采用标准无线网络将是大势所趋。

工业自动化强化训练——单片机

针对现在工业发展的情况和单片机在工业中的应用前景，目前社会还是很需要单片机技术人才的，所以我们结合我们的教学情况开展该模式的单片机技能训练。

具体事情具体分析，所有问题都要因地因时制宜。华南理工大学广州学院以

培训应用型人才为办学宗旨，所以要求学生在毕业前至少掌握一种技能，那么作为工科的实验教学中心就要承担这项工作。所有工作都不是一蹴而就的，我们学生的学习也是这样，一切均由基础开始做起；虽然学生已经学习了强化训练中部分知识的相关理论内容，但是可能部分都已经忘记或者学习得不好，基于这种情况，我们所开展的强化训练就是再次从基础开始做起，强化学生的基础知识，进一步学习基本的软件使用、编程基本指令和语法等，也就是第一章到第九章的基础篇内容；在此基础上进一步加大知识应用，控制简单的单片机系统，培养学生简易的控制技能；最后，提出更高层次的技能培训要求，要求学生以小组的形式设计单片机系统，能够从文字性的系统要求到电路设计、器件选择、PCB 板的制作，再到一个完整的单片机系统制作，最后能就该设计的系统实现控制，达到最初的要求，这是高级篇的内容。

李秋平参加了本书的统稿工作，并且撰写了第六章、第七章；邓达强撰写了第八章，其余章节由姚超友撰写。本书在编写的过程中得到了陈东青、谭兆湛、陈锐鸿、姚伟江等的协助，并由华南理工大学、华南理工大学广州学院教务副主任、机械工程学院副院长林颖担任审稿工作，在此对他们表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免会有不妥之处，恳请广大读者批评指正。读者可以通过邮件 chyc10248@126.com 直接与作者联系。

姚超友 李秋平 邓达强
于华南理工大学广州学院
2013 年 7 月

目 录

第一章 Altium designer v 9.0	1
1.1 软件安装及参数设置	1
1.2 Altium designer summer 简介	2
1.3 PCB 设计的一般流程	2
1.4 设计开始——建立工程	3
1.5 功能菜单	5
第二章 原理图库的设计	9
2.1 建立元件库(原理图库)	9
2.2 设计元器件	10
第三章 原理图设计	18
3.1 常见电元器件	18
3.2 原理图设计	48
第四章 PCB 元件库制作	60
4.1 制作封装	60
4.2 编辑元件封装属性	68
第五章 PCB 板设计	71
5.1 文件转移	71
5.2 设置 PCB 板	74
5.3 布局	76
5.4 布线	76
第六章 编程软件	78
6.1 WAVE6000 软件学习	78
6.2 MedWin 软件学习	90
6.3 Keil u3.0 软件学习	95

第七章 汇编指令	103
7.1 数据转输指令	103
7.2 算术运算类指令	104
7.3 逻辑运算类指令	105
7.4 制转移类指令	106
7.5 位操作类指令	107
7.6 伪指令	108
7.7 综合实例	108
第八章 单片机 C51 语言	112
8.1 C 语言特点	112
8.2 C51 语言程序构成	112
8.3 C51 语言的编程基础	114
8.4 运算符	117
8.5 C51 语言基本语句	122
8.6 C51 的数据结构	127
8.7 C51 的函数	129
8.8 函数的作用域	130
8.9 函数的调用	131
8.10 C51 的库函数	133
8.11 C51 的存储结构	137
8.12 C51 的预处理命令	140
8.13 综合实例	143
第九章 中级技能训练	147
9.1 存储器块清零	147
9.2 二进制转换为二十进制(BCD 码)	148
9.3 程序跳转	149
9.4 数据排序	151
9.5 流水灯控制	153
9.6 蜂鸣器控制	155
9.7 外部中断控制	160
9.8 四位七段数码管显示一	166
9.9 四位七段数码管显示二	167
9.10 继电器驱动	169

目 录

9.11	4 × 4 键盘	170
9.12	LCD 1602 显示屏显示	172
9.13	温度检测	179
附录		202

第一章 Altium designer v 9.0

用于单片机原理图绘制的软件，目前有很多，比如 protel 、 protues 和 altium desiner 等软件，各有各的独特功能，本书所讲的是 altium desiner 软件。

1.1 软件安装及参数设置

软件的安装比较简单，在此不详细展开，按照要求按部就班就没问题。

安装好软件后，将会在桌面出现一个图标 ，或者在软件的安装根目录下也有快捷方式。

打开该软件直接进入 home 界面，软件默认的语言为英文，根据需要，可将软件的界面从英文设置为中文版本格式。

方法：点击菜单【DXP】→【Preference】，出现如图 1 - 1 所示界面。

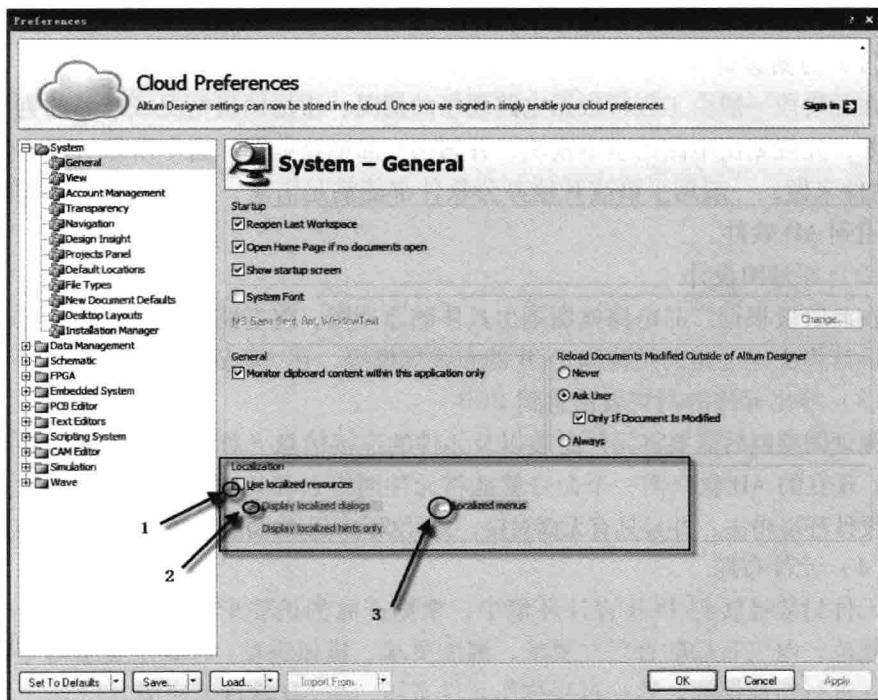


图 1 - 1 语言设置

1—汉化允许 2—对话框内容汉化 3—菜单汉化

选择【system】下的【General】，将界面框中的参数设置与图 1-1 所示一致，其他参数保持默认，点击右下角的【Apply】→【OK】。关闭该软件再重新打开，菜单将以中文形式显示（注：此处所说的中文是菜单的名称，并非该软件的所有菜单、文件等都以中文显示）。

1.2 Altium designer summer 简介

Altium designer 是业内唯一一款电子设计综合平台，简称为 AD。它在单一设计环境中集成板级和 FPGA 系统设计、基于 FPGA 和分立处理器的嵌入式软件开发以及 PCB 版图设计、编辑和制造、信号仿真分析、3D 仿真等多种设计仿真平台，并集成了现代设计数据管理功能，使得 Altium designer 成为电子产品开发的完整解决方案：一个既满足当前，也满足未来开发需求的解决方案。在国内有 70% 的电子工程师用户，深得电子工程师的喜爱。

根据教学情况，本书内容主要讲述 PCB 版图设计这一模块的使用。

1.3 PCB 设计的一般流程

PCB 设计的一般流程步骤如下：

（1）方案设计

在此阶段一般由工程师根据电路现场的情况、市场调研情况或产品的创意设计需要，先规划出电路的基本模块，并画出产品电路框图。这一阶段可以不使用 AD 软件来做，一般用手稿或其他办公软件都能满足需求，后面的几个阶段都需要应用到 AD 软件。

（2）原理图设计

在此阶段根据产品电路框图画出具体的原理图，将电路系统具体化。这一阶段的设计将决定电路的结构和 PCB 的布线规模等，在 AD 软件上完成。

（3）导出元件的网络表信息到 PCB

原理图绘制后需要将元件封装以及元件的连接信息（称网络表）转入到 PCB 环境，现在的 AD 软只需一个命令就能将元件网络表和元件封装信息直接发送到 PCB 设计环境中去，并且具有无缝对接，并可双向同步的功能。在 AD 软件上完成。

（4）元件布局

元件封装被转到 PCB 设计环境中，根据产品的机壳形状、面板结构、电磁兼容规范、电气布局的合理性要求、温度要求、机械震动、PCB 层叠结构等特点对元件进行布局摆放，这一过程称作元件布局。在 AD 软件上完成。

（5）PCB 布线

元件布局完后需将 PCB 中根据网络表生成的预拉线进行实线填充，这个过

程所填充的线就是实物 PCB 板上的铜箔线。PCB 布线的合理与否将直接影响 PCB 板的质量，因此这一阶段是非常重要的。在 AD 软件上完成。

(6) 加工制造

加工制造是将设计的 PCB 图纸加工成实物。加工制造有很多种方法，如化学腐蚀、机雕、电雕和光雕等。比较传统的就是化学腐蚀，但是效率不是很高，所以多数的企业都用机雕和电雕，而光雕所使用的设备费用较高，较少使用。

1.4 设计开始——建立工程

基于 PCB 设计的流程，设计 PCB 首先设计原理图，而原理图中则包含了元件信息及封装信息，因此用户需要创建元件库及封装库，对应于 AD 软件则是原理图库和 PCB 元件库。在 AD 中，同时创建 4 个文件，要使得它们之间产生联系，需创建一个 PCB 工程。如图 1-2，点击在 home 界面，【文件】→【新建】→【工程】→【PCB 工程】，创建一个 PCB 工程。这工程是一个空文件，没有任何内容，所以接下来要添加相关的 4 个文件内容。方法有两种，第一种同创建工程类似，如图 1-2，【文件】→【新建】中选择【原理图】、【PCB】，【库】中选择【原理图库】、【PCB 元件库】；第二种是在如图 1-3 所示界面，右键点击 PCB_Project1.PrjPCB，出现如图 1-4 所示的菜单，在【给工程添加新的 (N)】菜单中添加所需文件。

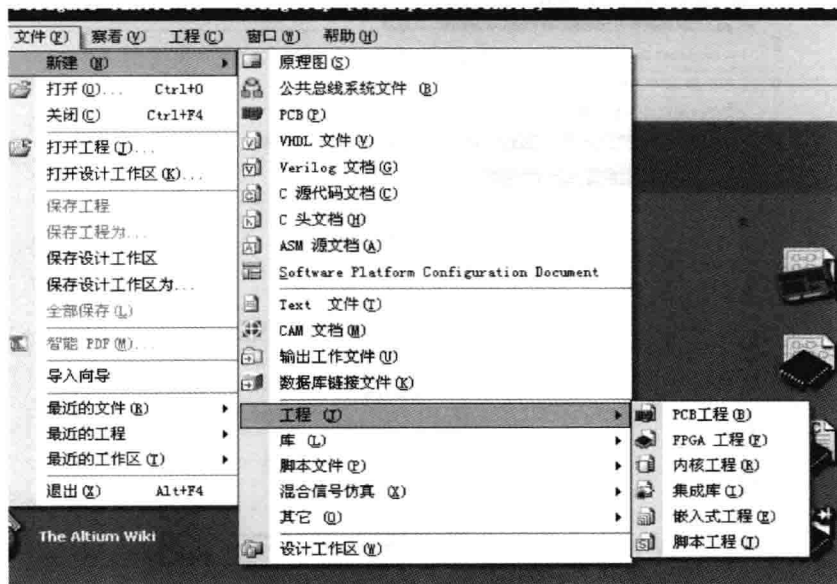


图 1-2 建立一个工程文件

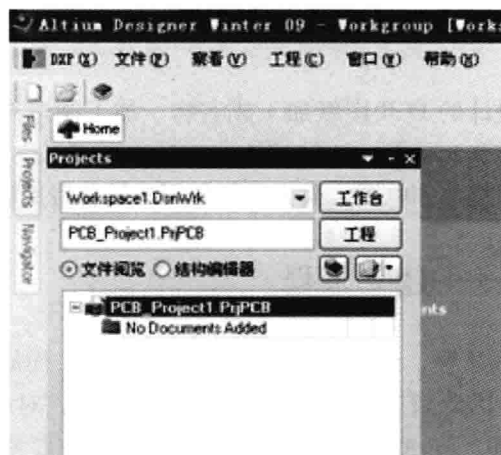


图 1-3 工程界面

创建工程及相关的文件后，要进行保存，否则，在绘图的过程中可能会丢失数据或文件等。保存的操作要先对工程文件进行保存，可以在【文件】中进行保存，或者在如图 1-4 中所示进行保存。保存完工程后，会自动弹出其他文件的保存（保存的同时，用户可以修改文件名）。



图 1-4 保存文件

1.5 功能菜单

菜单的功能是随文件的更变而变化。

1.5.1 home 界面菜单

如图 1-5 所示, 这是公共界面下的菜单。

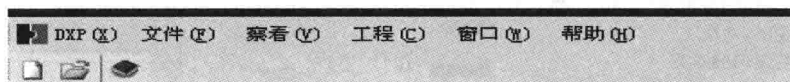


图 1-5 home 界面菜单

【察看】是调用工具条、工具面板等窗口。

【工程】是打开工程文件或建立新工程文件的功能，与【文件】效果一样。

【窗口】是调节窗口的排放方式。

1.5.2 原理图界面菜单

原理图界面的菜单如图 1-6 所示。可看到菜单栏已添加几个功能菜单。



图 1-6 原理图界面菜单

【放置】该功能实际上是布线功能，即与图 1-7 所示的布线菜单同效果，具体每个菜单使用，参看原理图设计章节。

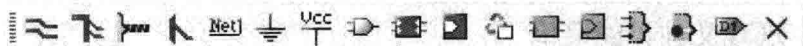


图 1-7 原理图界面菜单

【设计】→【文件选项】，如图1-8所示，该参数是针对图纸的相关设置。

“栅格”——鼠标每格移动的距离和捕捉定点；“标准类型”——图纸大小设置；“定制类型”——用户设置的图纸等参数等。

在原理图界面与其他的界面共同存在的一个工程菜单是【实用菜单】(图 1-9)。

该菜单是进行绘图时所用到的工具菜单，比如画线、圆弧、多边形等。



图 1-8 文件选项参数设置界面

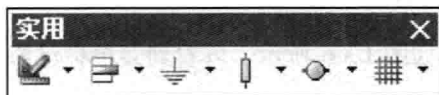


图 1-9 实用菜单

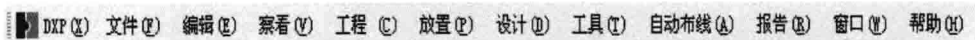


图 1-10 PCB 文件菜单栏

1.5.3 PCB 文件界面菜单

PCB

【放置】绘图和电路引脚连线的放置菜单。

【设计】进行 PCB 的更新，板的形状更新，网络表的更新设置，板层设置，板的参数设置等功能。

【自动布线】是 PCB 里一个重要功能，当 PCB 中零件过多导致引线无法在短时间内人为布线的，可以使用该功能，可以大大减少人工手动操作，但在使用前必须进行必要的参数设置，例如布线层、线条走向、电源线与信号线线宽设置等规则。同时，该菜单还可进行布线方式的选择，可以是全布线、也可区域布线，或以元件为单位进行布线等。

1.5.4 原理图库界面菜单

在原理图库界面下，菜单与其他文件菜单有一些区别，除了如图 1-11 所示菜单外，此文件还可以在整个工程的左侧浮动菜单中打开，如图 1-12 所示。

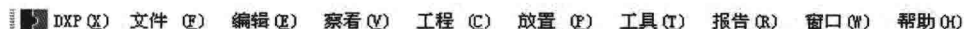


图 1-11 元件库文件菜单栏

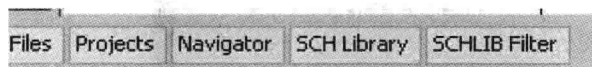


图 1-12 左侧菜单

原理图库文件中是包含了多个元件，所以要在图 1-13 中所示的【SCHlibrary】中管理各个电元件。

【SCHlibrary】是元件位置的管理；

【放置】是将绘制好的元件调用到原理图中；

【添加】是增加新的元件；

【删除】是删除选中的元件；

【编辑】是编辑选中的元件。

管脚栏：是对已经编辑的元件进行管脚管理。

具体的操作请参考“原理图库”章节。

1.5.5 PCB 元件库面板下的菜单

PCB 元件库的界面的菜单与原理图库界面类同，如图 1-11，左侧也有浮动菜单，如图 1-14。

在 PCB 封装库中，要关注的是【PCBLibrary】，打开的界面如图 1-15 所示。

在该面板中，组件是 PCB 零件的管理窗口，可以进行添加、修改和删除等操作。再下面的两个窗口可以观察其形状等信息。具体的操作参看“封装库”创建章节。

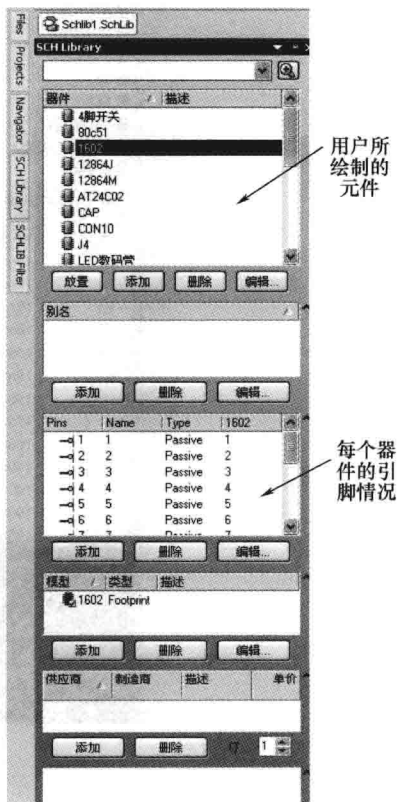


图 1-13 SCHlibrary 界面

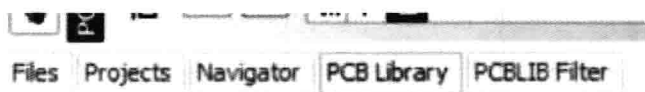


图 1-14 PCB 封装库左侧界面

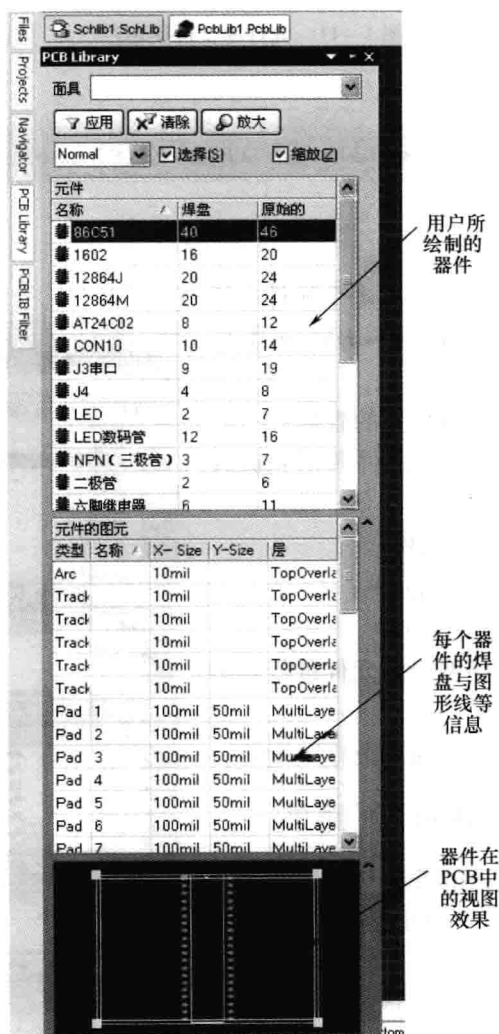


图 1-15 PCBLibrary 界面