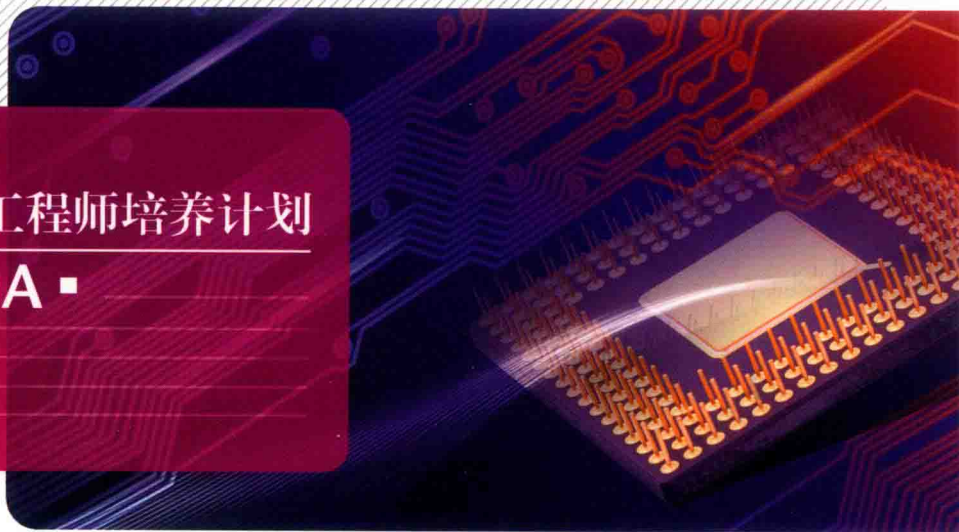




卓越工程师培养计划

▪ EDA ▪



周润景 编著



# 实例讲解

# Cadence 原理图与 PCB 设计



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

卓越工程师培养计划·EDA

# 实例讲解 Cadence 原理图 与 PCB 设计

周润景 编著

电子工业出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以实例讲解的形式系统介绍了 Cadence 17.2 的设计环境和功能特性,使读者可以快速掌握并熟练使用 Cadence 17.2 实现电路原理图与 PCB 设计。本书内容涉及测量电路、驱动电路、电源电路和综合控制电路 4 类共 15 个设计实例,每个实例均由设计任务、基本要求、总体思路、系统组成、模块详解、电路原理图、PCB 设计、软件设计、调试与测试、思考与练习等模块组成。

本书适合从事电子产品设计的工程技术人员阅读使用,也可作为高等学校相关专业的教学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

实例讲解 Cadence 原理图与 PCB 设计/周润景编著. —北京:电子工业出版社,2019.1

卓越工程师培养计划

ISBN 978-7-121-35919-4

I. ①实… II. ①周… III. ①印刷电路-计算机辅助设计 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 011498 号

策划编辑:张 剑 (zhang@phei.com.cn)

责任编辑:徐 萍

印 刷:三河市华成印务有限公司

装 订:三河市华成印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:17.25 字数:442 千字

版 次:2019 年 1 月第 1 版

印 次:2019 年 1 月第 1 次印刷

定 价:68.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:zhang@phei.com.cn。

# 前 言

Cadence 是一个大型的 EDA 软件，包括 ASIC 设计、FPGA 设计和 PCB 设计。Cadence 在仿真、电路图设计、自动布局/布线、版图设计及验证等方面有着绝对的优势。Cadence 对于一些高速、高密度板等高端设计有着自己独特的优势，越是高端、复杂的设计要求，Cadence 的产品就越能彰显其特点。

本书主要目的是使读者熟悉 Cadence 17.2 的设计环境，了解 Cadence 17.2 的功能特性，快速掌握并熟练使用 Cadence 17.2 绘制 PCB 版图。全书共有 15 个实例，所选用的实例均为科研项目电路或电子设计竞赛常用电路，15 个实例分为测量电路实例、驱动电路实例、电源电路实例和综合控制电路实例。测量电路实例包括直流电动机转速测量电路、数字电压表设计、心电信号检测与显示电路和基于无线传感网的脉搏感测系统，共 4 个实例；驱动电路实例包括 LED 点阵驱动电路、有刷直流电动机驱动电路和无刷直流电动机驱动电路，共 3 个实例；电源电路实例包括可调式恒流源充电电路和基于 AT89C51 的数控型稳压电源电路，共 2 个实例；综合控制电路实例包括数字时钟电路、基于单片机的公交车自动报站器、声光控窗帘、基于模糊控制的温度控制电路、遥控小车、舞蹈机器人电路，共 6 个实例。15 个实例由浅入深、循序渐进、相辅相成。每个实例都包含了原理图设计、元件库绘制、元件布局、布线、规则设置及检查等完整的 PCB 设计过程。同时，本书不仅包含了 PCB 版图设计的整个流程，还包含了原理图的讲解，并在每个实例后附上了参考代码，供读者借鉴。

使用本书时，若读者没有 Cadence 17.2 电路设计软件的使用能力，建议从项目 1 直流电动机转速测量电路开始做起；若读者已经完全具备 Cadence 17.2 电路设计软件的使用能力，可以根据自身需求，按实例类型进行学习。同时，本书也可作为其他 Cadence 相关书籍的练习用书，读者可通过本书所讲解的实例，进一步巩固练习 Cadence 17.2 的使用方法。

此外，本书还具有如下特点：

- ☺ 语言通俗易懂，使读者更容易理解；
- ☺ 多图的形式，更直观明了；
- ☺ 重点、难点突出，每个实例都附上了注意事项；

© Cadence 17.2 为 Cadence 公司研发的最新版电路设计软件，具有先进性。

为便于读者阅读、学习，特提供本书实例的下载资源，请访问华信教育资源网（[www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn)）下载范例资源。

本书由周润景编著。另外，参加本书编写的还有张红敏、周敬、张丽敏、宋志清和宋歌。在全书编写期间，查阅了大量的 IC 芯片数据手册，在此对相关 IC 芯片厂商表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中难免有错误和不足之处，敬请读者批评指正！

编著者

# 目 录

项目 1 直流电动机转速测量电路 .....	1
设计任务 .....	1
基本要求 .....	1
总体思路 .....	1
系统组成 .....	1
模块详解 .....	2
电路原理图 .....	4
PCB 设计 .....	5
软件设计 .....	18
调试与测试 .....	22
思考与练习 .....	22
项目 2 可调式恒流源充电电路 .....	24
设计任务 .....	24
基本要求 .....	24
总体思路 .....	24
系统组成 .....	24
模块详解 .....	25
电路原理图 .....	27
PCB 设计 .....	28
调试与测试 .....	31
思考与练习 .....	32
项目 3 声光控窗帘 .....	33
设计任务 .....	33
基本要求 .....	33
总体思路 .....	33
系统组成 .....	33
模块详解 .....	34
电路原理图 .....	35
PCB 设计 .....	37
软件设计 .....	40
调试与测试 .....	46
思考与练习 .....	46
项目 4 数字电压表设计 .....	47
设计任务 .....	47

基本要求 .....	47
总体思路 .....	47
系统组成 .....	47
模块详解 .....	48
电路原理图 .....	49
PCB 设计 .....	50
软件设计 .....	53
调试与测试 .....	55
思考与练习 .....	56
<b>项目 5 数字时钟电路 .....</b>	<b>57</b>
设计任务 .....	57
基本要求 .....	57
总体思路 .....	57
系统组成 .....	57
模块详解 .....	58
电路原理图 .....	59
PCB 设计 .....	60
软件设计 .....	64
调试与测试 .....	68
思考与练习 .....	68
<b>项目 6 LED 点阵驱动电路 .....</b>	<b>69</b>
设计任务 .....	69
基本要求 .....	69
总体思路 .....	69
系统组成 .....	69
模块详解 .....	70
电路原理图 .....	72
PCB 设计 .....	73
软件设计 .....	76
调试与测试 .....	79
思考与练习 .....	80
<b>项目 7 有刷直流电动机驱动电路 .....</b>	<b>81</b>
设计任务 .....	81
基本要求 .....	81
总体思路 .....	81
系统组成 .....	81
模块详解 .....	82
电路原理图 .....	84
PCB 设计 .....	85

调试与测试 .....	89
思考与练习 .....	90
<b>项目 8 基于单片机的公交车自动报站器 .....</b>	<b>91</b>
设计任务 .....	91
基本要求 .....	91
总体思路 .....	91
系统组成 .....	91
模块详解 .....	92
电路原理图 .....	95
PCB 设计 .....	96
软件设计 .....	99
调试与测试 .....	107
思考与练习 .....	108
<b>项目 9 无刷直流电动机驱动电路 .....</b>	<b>109</b>
设计任务 .....	109
基本要求 .....	109
总体思路 .....	109
系统组成 .....	109
模块详解 .....	110
电路原理图 .....	112
PCB 设计 .....	114
调试与测试 .....	118
思考与练习 .....	118
<b>项目 10 心电信号检测与显示电路 .....</b>	<b>119</b>
设计任务 .....	119
基本要求 .....	119
总体思路 .....	119
系统组成 .....	119
模块详解 .....	120
电路原理图 .....	122
PCB 设计 .....	124
软件设计 .....	128
调试与测试 .....	148
思考与练习 .....	148
<b>项目 11 遥控小车 .....</b>	<b>149</b>
设计任务 .....	149
基本要求 .....	149
总体思路 .....	149
系统组成 .....	149



模块详解·····	150
电路原理图·····	151
PCB 设计·····	154
软件设计·····	158
调试与测试·····	164
思考与练习·····	164
<b>项目 12 基于模糊控制的温度控制电路</b> ·····	<b>165</b>
设计任务·····	165
基本要求·····	165
总体思路·····	165
系统组成·····	165
模块详解·····	166
电路原理图·····	168
PCB 设计·····	170
软件设计·····	173
调试与测试·····	186
思考与练习·····	187
<b>项目 13 基于 AT89C51 的数控型稳压电源电路</b> ·····	<b>188</b>
设计任务·····	188
基本要求·····	188
总体思路·····	188
系统组成·····	188
模块详解·····	189
电路原理图·····	191
PCB 设计·····	193
软件设计·····	197
调试与测试·····	202
思考与练习·····	203
<b>项目 14 基于无线传感网的脉搏感测系统</b> ·····	<b>204</b>
设计任务·····	204
基本要求·····	204
总体思路·····	204
系统组成·····	204
模块详解·····	205
电路原理图·····	207
PCB 设计·····	209
软件设计·····	214
调试与测试·····	219
思考与练习·····	220

项目 15 舞蹈机器人电路 .....	221
设计任务 .....	221
基本要求 .....	221
总体思路 .....	221
系统组成 .....	221
模块详解 .....	221
电路原理图 .....	224
PCB 设计 .....	225
软件设计 .....	229
调试与测试 .....	262
思考与练习 .....	263
参考文献 .....	264

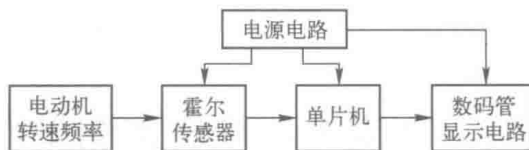


图 1.1 模块框图



## 模块详解

### 1. STC89C52RC 单片机模块

STC89C52RC 单片机是一款低功耗、低电压、高性能的 CMOS 8 位单片机，片内含 8KB 可编程 Flash 存储器，256×8B 内部 RAM，32 个外部双向 I/O 口，可方便地应用在各个控制领域。本设计主要通过单片机对外部脉冲进行计数，并每隔一秒进行转速频率计算，最后控制数码管显示当前转速频率。本设计的单片机模块包含 12MHz 时钟电路、按键复位电路及下载电路，电路模块图如图 1.2 所示。

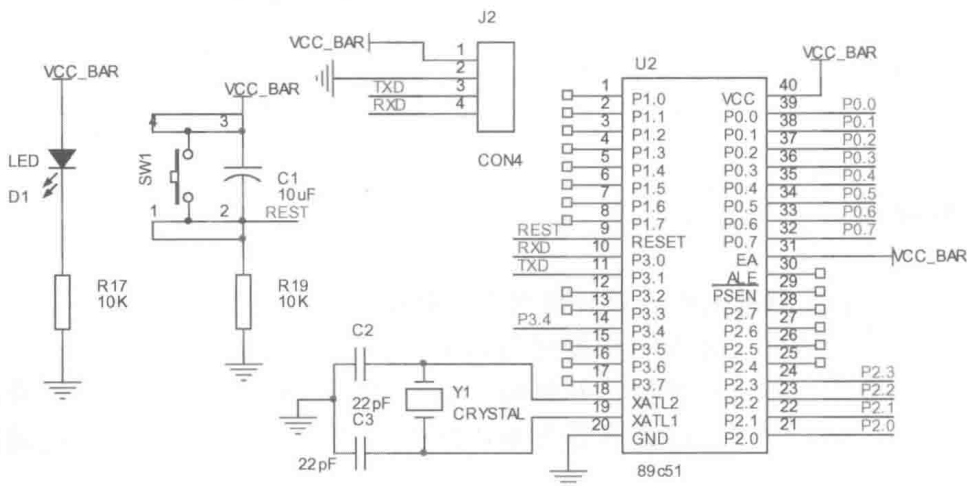


图 1.2 单片机模块电路图

### 2. 霍尔传感器模块

本设计的转速频率测量主要由 AH49E 集成霍尔电路传感器完成。

AH49E 集成霍尔电路由电压调整器、霍尔电压发生器、线性放大器和射极跟随器组成，其输入是磁感应强度，输出是和输入量成正比的数字信号。工作电压：直流 5V，极限电压 6.5V。在本设计中负责采集直流电动机转速频率信号，并将其转化为数字信号。

AH49E 集成霍尔电路传感器实物图如图 1.3 所示。本设计中霍尔传感器连接电路如图 1.4 所示。

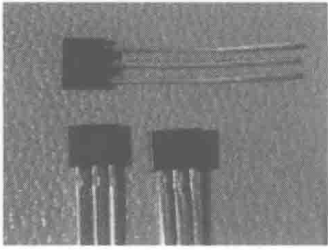


图 1.3 AH49E 集成霍尔电路传感器实物图

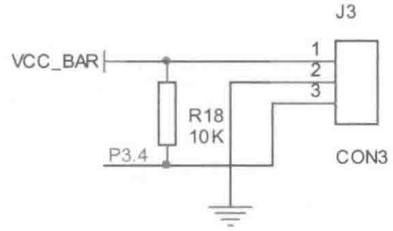


图 1.4 霍尔传感器连接电路图

AH49E 的 1 脚连 5V 电源，2 脚连 GND，3 脚为信号输出脚，接单片机的 P1.4 口 (T0 口)。

### 3. 数码管显示模块

数码管是设计中较为常用的一种显示器件，本设计采用四位一体共阳 8 段数码管进行显示，共阳数码管是指将所有 LED 的阳极接到一起形成公共阳极，应用时将公共极接到 +5V，当某一字段发光二极管的阴极为低电平时，相应字段就点亮。数码管显示模块电路图如图 1.5 所示。其中数码管段选引脚分别和单片机的 P0 相连，而位选引脚通过三极管驱动电路分别与单片机的 P2.0/P2.1/P2.2/P2.3 口相连。

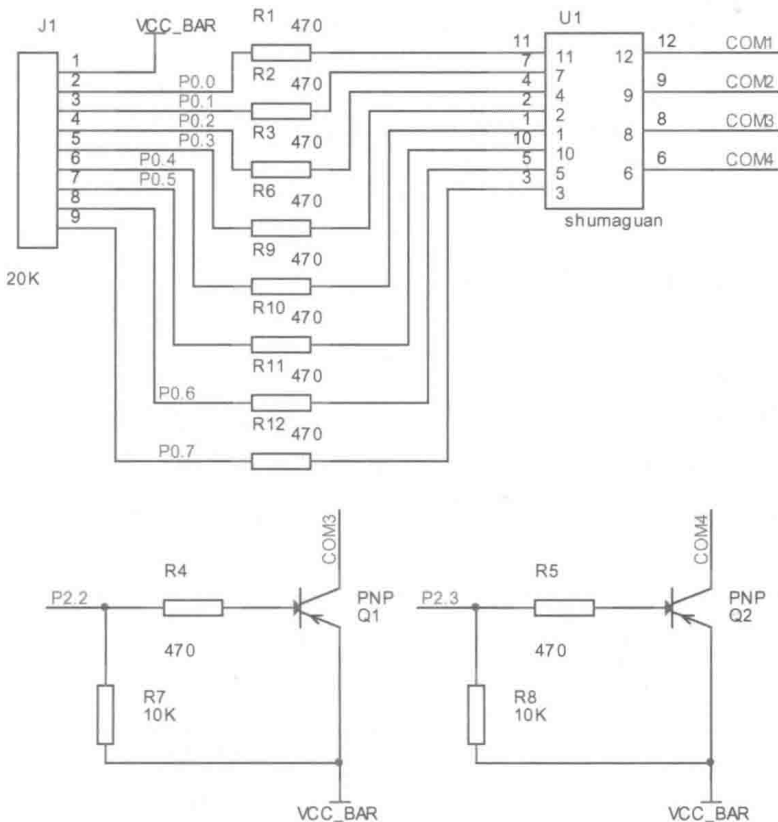


图 1.5 数码管显示模块电路图

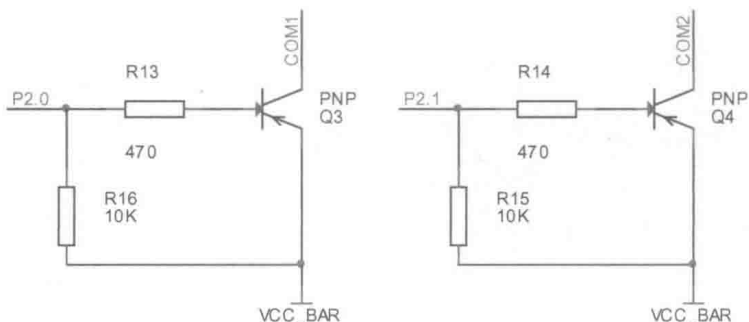


图 1.5 数码管显示模块电路图 (续)

#### 4. 电源模块

本设计使用 8V 直流电源供电，通过 LM7805 将其稳压为 5V。电源模块示意图如图 1.6 所示。

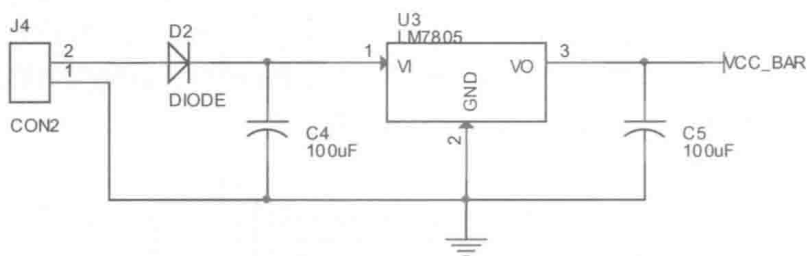
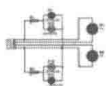


图 1.6 电源模块



### 电路原理图

本设计总电路图如图 1.7 所示。

构成本电路的材料清单如表 1.1 所示。由于 Cadence17.2 中未提供 51 系列单片机等元件，故绘制 PCB 时需自己创建原理图元件库和 PCB 元件库，本例所需要的自建元件库包括 51 单片机元件库、晶振元件库、7805 数码管和四位数码管元件库。

表 1.1 元器件清单

序 号	数 量	标 号	型 号
1	1	C1	10uF
2	2	C2, C3	22pF
3	2	C4, C5	100uF
4	1	D1	LED
5	1	D2	1N4148
6	1	J1	20kΩ
7	1	J2	CON4
8	1	J3	CON3

续表

序号	数量	标号	型号
9	1	J4	CON2
10	4	Q1~Q4	PNP
11	12	R1~R6, R9~R14	470Ω
12	7	R7, R8, R15~R19	10kΩ
13	1	SW1	SW_TC_SPST
14	1	U1	shumaguan
15	1	U2	89C51
16	1	U3	LM7805
17	1	Y1	CRYSTAL

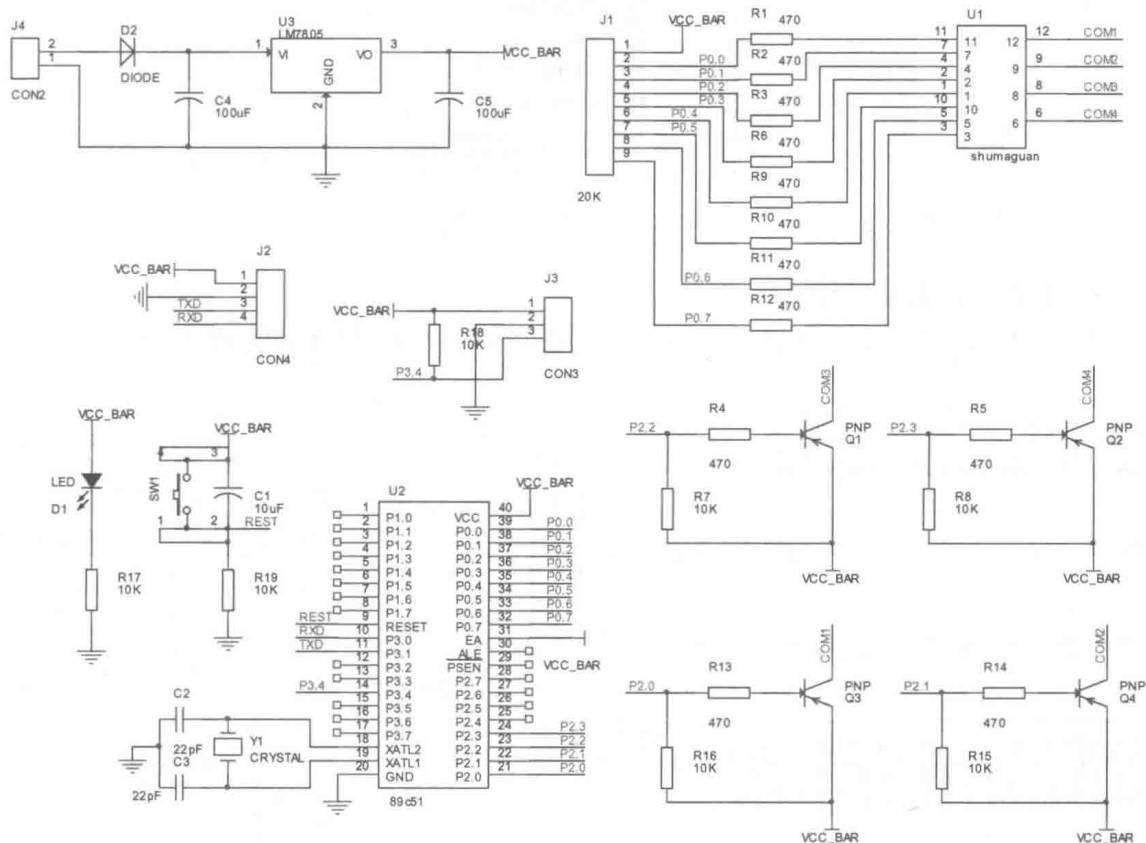


图 1.7 总电路图



## PCB 设计

首先新建项目工程文件，进入 OrCAD Capture 界面，执行菜单命令【File】→【New】→【Project】，工程命名为“frequency”，工程类型选择“Schematic”，存储路径自定义。

在“New Project”对话框中单击【OK】按钮，即可完成“frequency”工程的建立，完成后如图 1.8 所示。

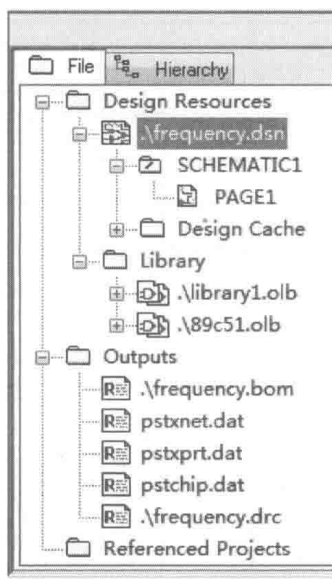
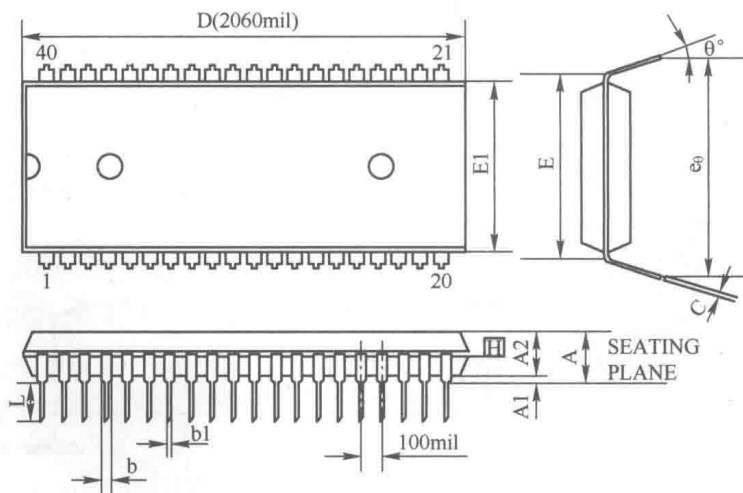


图 1.8 工程建立完成

### 1. 建立 51 单片机元件库

查看 51 单片机的数据手册，封装类型为 PDIP-40，各个尺寸数据如图 1.9 所示。



SYMBOLS	DIMENSIONS IN INCH		
	MIN	NOR	MAX
A	—	—	0.190
A1	0.015	—	0.020
A2	0.15	0.155	0.160
C	0.008	—	0.015
D	2.025	2.060	2.070
E	0.600 BSC		
E1	0.540	0.545	0.550
L	0.120	0.130	0.140
b1	0.015	—	0.021
b	0.045	—	0.067
e <sub>0</sub>	0.630	0.650	0.690
0	0	7	15

UNIT: INCH 1inch=1000mil

图 1.9 尺寸数据

执行菜单命令【File】→【New】→【library】后，选中“library1.olb”，执行菜单命令【Design】→【New Part】，弹出“New Part Properties”对话框，在“Name”栏中输入“89C51”，具体参数设置如图 1.10 所示。单击【OK】按钮，执行菜单命令【Place】→【Rectangle】，绘制矩形，如图 1.11 所示。

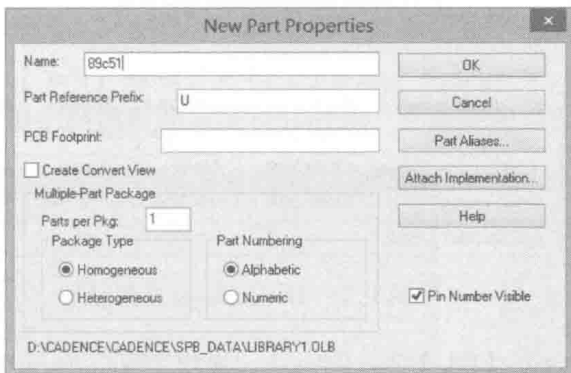


图 1.10 “New Part Properties”对话框



图 1.11 绘制出的矩形

执行菜单命令【Place】→【Pin】，放置 89C51 单片机的第一个引脚，具体参数设置如图 1.12 所示。其他引脚同样依照此方法设置。89C51 单片机左侧引脚自上而下依次命名为“P1.0”“P1.1”“P1.2”“P1.3”“P1.4”“P1.5”“P1.6”“P1.7”“RESET”“P3.0”“P3.1”“P3.2”“P3.3”“P3.4”“P3.5”“P3.6”“P3.7”“XATL2”“XATL1”“GND”，右侧引脚自下而上依次命名为“P2.0”“P2.1”“P2.2”“P2.3”“P2.4”“P2.5”“P2.6”“P2.7”“ALE”“EA”“P0.7”“P0.6”“P0.5”“P0.4”“P0.3”“P0.2”“P0.1”“P0.0”“VCC”，40 个引脚放置完成后，如图 1.13 所示。

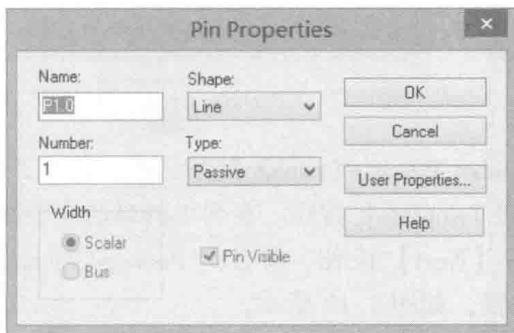


图 1.12 第一个引脚参数设置

U?			
1	P1.0	VCC	40
2	P1.1	P0.0	39
3	P1.2	P0.1	38
4	P1.3	P0.2	37
5	P1.4	P0.3	36
6	P1.5	P0.4	35
7	P1.6	P0.5	34
8	P1.7	P0.6	33
9	RESET	P0.7	32
10	P3.0	EA	31
11	P3.1	ALE	30
12	P3.2	PSEN	29
13	P3.3	P2.7	28
14	P3.4	P2.6	27
15	P3.5	P2.5	26
16	P3.6	P2.4	25
17	P3.7	P2.3	24
18	XATL2	P2.2	23
19	XATL1	P2.1	22
20	GND	P2.0	21

图 1.13 引脚放置完成后

89C51 单片机原理图元件库绘制完毕后，需要绘制焊盘，进而绘制 89C51 单片机的 PCB 元件库。运行“Pad Editor”软件，进入工作界面后执行菜单命令【File】→【New】，弹出“New Padstack”对话框，在“Padstack Name”栏输入“51pad”，具体参数设置如图 1.14 所示。

在“New Padstack”对话框中单击【OK】按钮，进入焊盘编辑界面，在“Start”栏中，Select padstack usage 选择“Via”，Select the default pad geometry 选择“Circle”；在“Drill”栏中，Hole type 选择“Circle”，Finished diameter 设为 25，+Tolerance 设为 5，-Tolerance 设为 0；在“Drill Symbol”栏中，Type of drill figure 设为“Circle”，Drill figure diameter 设为 25；在“Mask Layer”栏中，SOLDERMASK\_TOP 和 SOLDERMASK\_BOTTOM 均设为“Circle60”，Design Layer 参数设置如图 1.15 所示。全部参数设置完毕后，即可完成 89C51 单片机的焊盘制作。



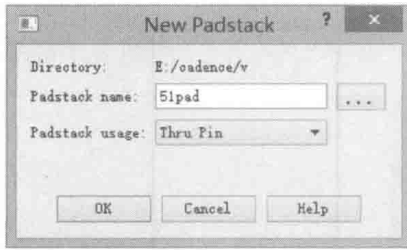


图 1.14 “New Padstack” 对话框

Layer Name	Regular Pad	Thermal Pad	Anti Pad	Keep Out
BEGIN LAYER	Circle 50.0	Circle 70.0	Circle 70.0	None
DEFAULT INTERNAL	Circle 50.0	None	None	None
END LAYER	Circle 50.0	Circle 70.0	Circle 70.0	None
ADJACENT LAYER	—	—	—	None

图 1.15 Design Layer 参数设置

运行 PCB Editor 软件，执行菜单命令【File】→【New】，弹出“New Drawing”对话框，将“Drawing Name”栏设为“89C51”，在“Drawing Type”栏中选择“Package symbol (wizard)”，具体参数设置如图 1.16 所示。单击【OK】按钮，弹出“Package Symbol Wizard”对话框，在“Package Type”区域选中“DIP”选项，如图 1.17 所示。

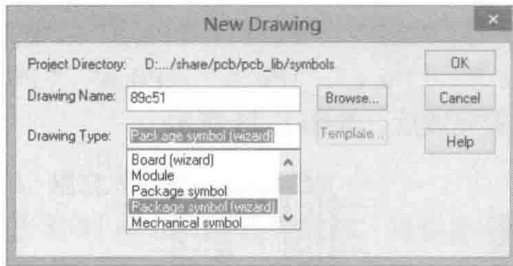


图 1.16 “New Drawing” 对话框



图 1.17 “Package Symbol Wizard” 对话框

单击【Next】按钮，弹出“Package Symbol Wizard-Template”对话框，选中“Default Cadence supplied template”选项，单击【Load Template】按钮，在弹出的对话框中单击【Yes】按钮，设置完毕后如图 1.18 所示。单击【Next】按钮，弹出“Package Symbol Wizard-General Parameters”对话框，默认参数设置，如图 1.19 所示。

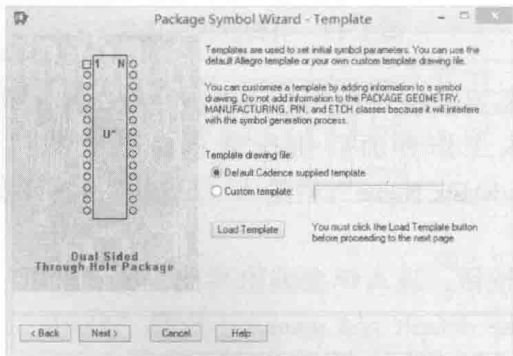


图 1.18 “Package Symbol Wizard-Template” 对话框

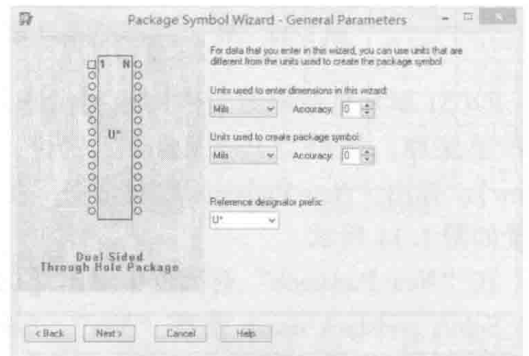


图 1.19 “Package Symbol Wizard-General Parameters” 对话框

单击【Next】按钮，弹出“Package Symbol Wizard-DIP Parameters”对话框，根据封装手册设置相关参数：N = 40、e = 100mil、e1 = 650mil、E = 545mil、D = 2060mil，如