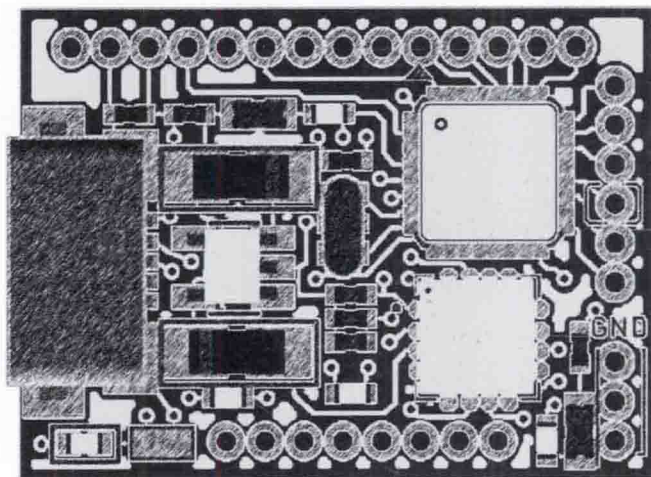


让没有任何基础的读者，基于开源硬件平台快速掌握PCB设计。
带领读者从原理图设计、布局布线一直到元件库的设计，全面贯通。
从Arduino到BB-Black，从简单的原理图设计到复杂的核心板设计，循序渐进。

PEARSON



Designing Circuit Boards with EAGLE
Make High-Quality PCBs at Low Cost

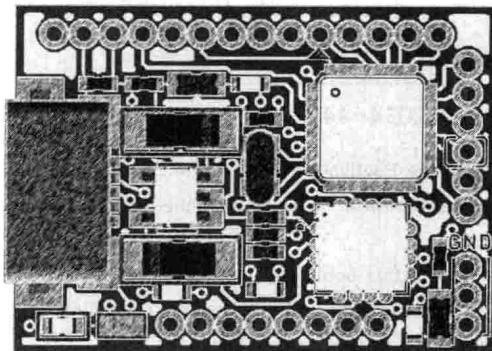
EAGLE

高质量PCB 设计入门

[美] 马修·斯卡皮诺 (Matthew Scarpino) 著 邢闻译



机械工业出版社
China Machine Press



Designing Circuit Boards with EAGLE
Make High Quality PCBs at Low Cost

EAGLE

高质量PCB 设计入门

[美] 马修·斯卡皮诺 (Matthew Scarpino) 著 邢闻 译



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

高质量 PCB 设计入门 / (美) 斯卡皮诺 (Scarpino, M.) 著; 邢闻译. —北京: 机械工业出版社, 2015.3

(电子与嵌入式系统设计丛书)

书名原文: Designing Circuit Boards with EAGLE: Make High-Quality PCBs at Low Cost

ISBN 978-7-111-49678-6

I. 高… II. ①斯… ②邢… III. 印刷电路—计算机辅助设计 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 055831 号

本书版权登记号: 图字: 01-2014-4437

Authorized translation from the English language edition, entitled EAGLE: Make High-Quality PCBs at Low Cost, 9780133819991 by Matthew Scarpino, published by Pearson Education, Inc.. Copyright © 2014.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Chinese simplified language edition published by Pearson Education Asia Ltd., and China Machine Press Copyright © 2015.

本书中文简体字版由 Pearson Education (培生教育出版集团) 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内 (不包括中国台湾地区和香港、澳门特别行政区) 独家出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

本书封底贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

高质量 PCB 设计入门

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 张国强

责任校对: 殷虹

印刷: 三河市宏图印务有限公司

版次: 2015 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 186mm × 240mm 1/16

印张: 19

书号: ISBN 978-7-111-49678-6

定价: 65.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

译 者 序

2014年国庆节前夕，终于完成了本书的翻译，心中有几分欣喜，也有几分不舍。本书系统介绍了进入国内电路板设计领域不久的系统工具——EAGLE，书中不仅包括电路原理图和PCB等电路板设计的主要环节，还涉及相关领域的知识，如Gerber文件格式和设计自动化。此外，本书作者Matthew Scarpino把最新流行的开放硬件平台Arduino介绍给读者，并将其作为设计实例融入本书的各章内容里。虽然开放硬件平台尚未像开放软件那样充分发挥潜力，但是风起于青萍之末，也许它会在将来更深刻地改变你我的生活。

本书主要内容包括五个部分，共15章：第一部分是EAGLE的基本介绍，包括EAGLE和电路板设计概述，以及电路板的设计步骤。第二部分讲解开源硬件平台Femtoduino设计，包括Femtoduino的电路原理图设计、布局及设计规则、布线设计和生成输出文件。第三部分介绍EAGLE电路设计的高级功能，包括创建EAGLE库文件和元件，以及用LTspice对电路进行仿真。第四部分是EAGLE的设计自动化，介绍了编辑器命令和用户语言，并对用户语言程序进行深入探讨，使读者能够通过用户语言程序（ULP）进行设计检查、创建对话框和菜单项。在第五部分，作者以BeagleBone Black迷你主板为例，介绍EAGLE原理图设计和电路板设计的深入实践。此外，本书还包括两个附录，分别介绍EAGLE元件库文件和Gerber文件格式，这部分内容也极具参考价值。

对于本书，我还想补充自己的几点体会：首先，本书不仅是某个应用软件的使用指南，它更像是电子学习者的一个老师，周到细致地考虑了电路设计者可能面对的各种问题。对于电子学板级设计的各个方面，书中都提供了很好的指导，各部分详略得当，重点突出。以电路抗干扰为例，书中从电路板结构出发，将电路叠层设置、线路宽度与电路抗干扰联系起来，使初学者不仅知其然，而且知其所以然。

其次，相对于传统的电路板设计书籍，作者更加强调设计自动化的作用。在书中，设计自动化相关内容有4章，重要性可见一斑。设计自动化的意义不仅在于提高工作效率，将设计者从重复的手工劳动中解放出来，更在于从源头上杜绝手工操作造成的错误，并且为设计检查提供坚实基础。为了满足设计自动化的要求，设计者必须在各个环节对设计做出规范。

而规范化正是设计质量的保证。因此，将设计自动化的意识贯穿到设计的全过程，对于设计原型和最终产品的质量，具有重要的意义。对于一线设计人员，设计自动化在质量保障方面的意义是不言而喻的。

此外，作为资深的电子学设计师，作者 **Matthew Scarpino** 将自己的经验融入到对 **EAGLE** 设计工具的讲解之中，作者总结在书中的实践经验，为读者在电子学板级设计领域提供了理想的参照。例如，书中对 **BGA** 封装布线设计的介绍，以及相应内容的阅读推荐，都颇具参考价值。通过对本书的阅读，有经验的读者可以获得有益的启发，初学者更可以迅速度过学习的瓶颈期，进入电子学 **PCB** 设计的“自由王国”。

以上是我在翻译本书时的一点心得；由于水平有限，在翻译中难免有些错误或者不妥之处，希望各位读者将阅读过程中发现的错误及时告知我，我的邮箱是 **xingwen_bnu@163.com**。最后，本人谨向为本书的翻译与出版付出辛勤劳动的各位编辑，以及支持我翻译工作的家人和朋友，致以衷心的感谢。并预祝读者朋友使用 **EAGLE** 设计工具在工作、学习中取得更大的成绩。谢谢大家！

邢闻

2014 年 10 月

前言

本书写作于2013年，那时制造者运动已经从修补匠的小圈子发展成充满激情的百万人社区。业余爱好者已经变成创业者，而创业者变成了大规模制造商。3D打印机价格下降到普通消费者可以接受的范围，而打印机的性能已经提升到能够制造高精度飞机部件和医疗设备的程度。因此，许多经济学家和新闻记者将制造者运动的兴起视为新工业革命的开端。

Arduino（开放硬件）平台是这场运动的最佳代表。2005年发布了第一个Arduino电路板设计——Arduino USB，这样学生和爱好者们就获得了Atmel微控制器的低成本编程工具。从那以后，市场上销售出数十万块Arduino电路板，而Arduino系列已经扩展为拥有数量庞大的电路板、软件包、开发套件和附件的大家族。Arduino电路板已经用于开发机器人、乐器、游戏平台甚至是无人飞机。这种电路板变得如此流行，以至于很多由业余爱好者转型的创业者使用它来构建新发明的原型机。

但是制造者们还需要更多的东西：更高的性能、更好的经济性和更灵活的可定制性。形势的发展意味着需要设计新的电路，这是一种需要专门知识和软件的任务。更专业的设计工具超出了普通制造者可承受的价格范围，但是EAGLE除外。从1988年发布以来，EAGLE在性能变得更加稳定和可靠的同时，价格仍然维持在缺乏现金的学生也能承受的范围内。每一次新版本的发布，EAGLE都会赢得大量的追随者。EAGLE之于软件就如同Arduino之于硬件，这是个再合适不过的类比。也难怪所有的开源Arduino设计都是用EAGLE的格式发布的。

在写作本书的时候，我的目标是让硬件方面的学习者了解如何充分发挥EAGLE的功能。这需要对电路理论有基本理解，包括欧姆定律和基尔霍夫定律，除此以外就没什么了。这里不会出现晶体管分析或微分方程。相反，我的目标是使读者动手探索EAGLE，为设计实用电路打下基础，能够为市场注入新的活力，延续制造者运动的非凡势头。

本书结构

本书通过一系列电路设计项目来介绍EAGLE，从反相放大器开始，直至一个六层板的

计算机主板。随着电路的逐渐复杂，本书会介绍越来越多的 EAGLE 高级功能，并把如何自动进行重复性工作介绍给大家。本书也包括帮助读者理解电路板基本原理的大量内容，以及实例电路背后的理论知识。

本书第 1～3 章介绍 EAGLE 和电路板设计。这部分的作用是使读者熟悉 EAGLE 的基本功能和全书使用的术语。第 3 章带领读者轻松地完成一个很简单的完整电路设计。

第 4～7 章的内容是设计一个实用的电路板：开放硬件（Arduino）Femtoduino。这些章用手把手的方式讲授电路板设计的四个基本步骤：绘制电路原理图、电路元件布局、电路布线以及生成 Gerber/Excellon 文件。

第 8～13 章讨论与 EAGLE 电路板设计有关的混合主题。包括电路仿真、创建定制元件的过程和设计自动化中的某些首要课题。设计自动化是 EAGLE 的最强大功能之一，也是最容易忽略的方面之一。因此，我建议读者熟练掌握编辑器命令和用户语言编程。

第 14 章和第 15 章介绍本书的高级设计实例：BeagleBone Black。这个名字听上去有点呆，但是这个电路可是一点都不呆，该电路板具有六层板、数以百计的元件和上千根走线。介绍这一实例时，也会讨论 EAGLE 的高级功能和利用设计自动化的方法。

获取示例文件

为了对文字内容进行补充，本书提供所有的电路设计、程序和支持文件的压缩包，并命名为 eagle-book.zip。这个文件可以从 <http://eagle-book.com> 免费下载。如果读者希望继续这方面讨论，建议读者对现实中 EAGLE 设计的理论探讨进行对比。此外，读者可以在 www.informit.com/title/9780133819991 上访问本书的彩图。

致 谢

首先，我想感谢北美 Pearson 的 Bernard Goodwin 在本书写作期间对我的支持。感谢他的睿智和灵活处理，使本书写作过程如期进展顺利。

我想对 Apostrophe 编辑服务公司的 San Dee Phillips 表达我的诚挚谢意，他为我指出这么多的格式、拼写和语法错误。我还想为 Betsy Gratner 的开朗以及为本书所做的策划、Gloria Schurick 在编辑合成中付出的艰苦努力、Kathy Ruiz 目光锐利的校对和 Laura Robbins 对本书图片的管理表示感谢。

最后，我想向《Nuts & Volts Magazine》的 Bryan Bergeron、《Sams Teach Yourself Arduino Programming in 24 Hours》的作者 Richard Blum 以及《Arduino for Beginners》的作者 John Baichtal 表达我的敬意。在本书尚未完工之时，他们认真地阅读了本书内容，并提出很多有益的见解。他们的评论拉近了本书与读者的距离，并拓展了很多话题。

目 录

译者序

前言

致谢

第一部分 基本介绍

第 1 章 EAGLE 概述 2

1.1 快速漫游 EAGLE 3

1.1.1 元件库 3

1.1.2 原理图编辑器 3

1.1.3 电路板编辑器 4

1.1.4 电路元件编辑器 5

1.1.5 自动布线器 5

1.1.6 CAM 处理器 6

1.2 获取 EAGLE 6

1.3 使用许可 7

1.4 本书的组织 8

1.5 更多信息 9

1.5.1 element14——www.element14.com 9

1.5.2 SparkFun——www.sparkfun.com 9

1.5.3 YouTube——www.youtube.com 10

1.5.4 CadSoft——www.cadsoftusa.com/www.cadsoft.de 10

1.6 本章小结 10

第 2 章 电路板和 EAGLE 设计

概要 11

2.1 印制电路板剖析 11

2.1.1 电子元件 12

2.1.2 单面板 13

2.1.3 双面板 15

2.1.4 多层板 15

2.1.5 Gerb 和 Excellon 文件 17

2.2 EAGLE 电路设计概述 17

2.2.1 创建工程 17

2.2.2 创建原理图设计 18

2.2.3 设计电路板 20

2.2.4 布线 21

2.2.5 生成设计文件 21

2.3 本章小结 23

第 3 章 简单电路设计 24

3.1 反相放大器 24

3.2 初始步骤 25

3.2.1 安装本书的 EAGLE 元件库 25

3.2.2 创建新工程和原理图 26

3.3 反相放大器原理图	27
3.3.1 垂直工具栏里的工具	28
3.3.2 为设计添加元件	29
3.3.3 EAGLE 术语	30
3.3.4 对符号进行连接	31
3.4 电路板布局	33
3.4.1 创建电路板设计	33
3.4.2 栅格	34
3.4.3 电路板的尺寸和原点	35
3.4.4 电路板布局	35
3.5 布线	36
3.5.1 自动布线器	36
3.5.2 手动布线	37
3.6 CAM 处理器	38
3.7 本章小结	40

第二部分 设计开源硬件平台 Femtoduino

第 4 章 Femtoduino 原理图 设计

4.1 初始步骤	45
4.1.1 创建新工程和原理图	45
4.1.2 配置栅格	46
4.2 复位开关	47
4.3 电压调整	49
4.4 ATmega328P 微处理器	50
4.4.1 ATmega328P 的引脚	51
4.4.2 绘制电路原理图—— ATmega328p	52
4.5 连接插座	54
4.5.1 面包板插座	54

4.5.2 AVR 在线串行编程插座	55
4.6 导线类	55
4.7 电气规则检查	56
4.7.1 ERC 警告	56
4.7.2 ERC 错误	57
4.8 生成电路板设计	57
4.9 原理图框架	57
4.10 属性和变量集合	58
4.10.1 全局变量	58
4.10.2 特殊元件属性	59
4.10.3 变量集合	59
4.11 本章小结	60

第 5 章 布局和设计规则

5.1 层	61
5.1.1 显示命令	61
5.1.2 镜像命令	63
5.2 电路板布局	64
5.2.1 准备电路板	64
5.2.2 地平面对多边形	65
5.2.3 在电路板设计图中放置 器件	66
5.3 设计规则检查	68
5.3.1 File 表单	69
5.3.2 Layers 表单	70
5.3.3 Clearance 表单	70
5.3.4 Distance 表单	71
5.3.5 Sizes 表单	71
5.3.6 Restricting 表单	72
5.3.7 Shapes 表单	73
5.3.8 Supply 表单	73
5.3.9 Masks 表单	74
5.3.10 Misc 表单	75

5.4	本章小结	75
第 6 章 布线		
6.1	布线设计概述	77
6.2	手动布线	78
6.2.1	一个简单实例	79
6.2.2	连接微控制器到插座	80
6.2.3	创建过孔	80
6.3	跟随布线	81
6.4	自动布线器	82
6.4.1	常规配置	83
6.4.2	高级设置选项	83
6.4.3	自动布线器的操作	85
6.5	家庭 PCB 制造	85
6.5.1	概述	86
6.5.2	碳粉热转印方法	87
6.6	本章小结	89
第 7 章 生成和提交输出文件		
7.1	工作和 CAM 处理器	90
7.1.1	CAM 处理器	90
7.1.2	femtoduino.cam 工作文件	91
7.1.3	载入工作文件	92
7.1.4	执行工作	93
7.1.5	创建新工作——焊膏模板	93
7.2	查看 Gerber 文件	94
7.3	钻孔文件	95
7.3.1	Excellon 文件	96
7.3.2	EAGLE 工具信息文件	97
7.3.3	钻头架	98
7.4	提交设计文件	98
7.4.1	OSH Park	99
7.4.2	Advanced Circuits	100

7.4.3	Sunstone	102
7.4.4	Eurocircuits	104
7.4.5	Seed Studio	105
7.5	本章小结	107

第三部分 高级功能

第8章	创建元件库和新元件	110
8.1	创建元件库	110
8.1.1	EAGLE 术语	110
8.1.2	创建元件库	111
8.2	创建 SIMPLE-TQFP	111
8.2.1	创建 SIMPLE 符号	111
8.2.2	创建 TQFP 16 封装	114
8.2.3	创建 SIMPLE-TQFP 器件	115
8.3	创建 VACUUM-TH	116
8.3.1	创建 VACUUM 符号	117
8.3.2	创建 TH9 封装	118
8.3.3	创建 VACUUM-TH 器件	118
8.4	创建 TW9920	119
8.4.1	设计 TW9920 符号	120
8.4.2	创建 VFBGA100L-8 × 8 封装	121
8.4.3	创建 TW9920 器件	124
8.5	本章小结	124

第9章 LTspice 电路仿真	126
9.1 LTspice 介绍	126
9.1.1 SPICE 和 LTspice	126
9.1.2 LTspice 的获取	127

9.1.3 仿真示例——反相放大器	127	10.2.5 attribute 命令	145
9.2 原理图设计	128	10.2.6 smash 命令	145
9.2.1 添加元件	128	10.2.7 move 命令	145
9.2.2 移动元件	130	10.2.8 rotate 命令	146
9.2.3 创建连线	130	10.2.9 net 命令	146
9.2.4 元件名称和数值	131	10.2.10 bus 命令	147
9.2.5 信号名称	132	10.2.11 label 命令	148
9.3 电路仿真过程	133	10.2.12 frame 命令	148
9.3.1 设置仿真参数	133	10.3 电路板设计命令	148
9.3.2 执行仿真过程	134	10.3.1 grid 命令	149
9.3.3 配置仿真结果显示参数	135	10.3.2 layer 命令	149
9.4 与 EAGLE 交换设计	136	10.3.3 display 命令	150
9.4.1 向 EAGLE 导入 LTspice		10.3.4 mirror 命令	150
电路原理图	136	10.3.5 signal 命令	150
9.4.2 导出 EAGLE 电路原理图		10.3.6 ratsnest 命令	151
到 LTspice	136	10.3.7 route 命令	151
9.5 本章小结	137	10.3.8 ripup 命令	152
		10.3.9 via 命令	152
		10.3.10 auto 命令	153
		10.4 元件库接口命令	153
		10.4.1 open 命令	153
		10.4.2 edit 命令	154
		10.4.3 write 命令	154
		10.4.4 wire 命令	154
		10.4.5 arc 命令	155
		10.4.6 rect 命令	155
		10.4.7 circle 命令	156
		10.4.8 pin 命令	156
		10.4.9 pad 命令	157
		10.4.10 smd 命令	158
		10.4.11 prefix 命令	159
		10.4.12 package 命令	159
		10.4.13 technology 命令	159

第四部分 EAGLE 设计 自动化

第 10 章 编辑器命令 140

10.1 编辑器命令介绍	140
10.1.1 EAGLE 命令的语法	140
10.1.2 命令的执行	141
10.1.3 通配符和简略形式	141
10.1.4 定义点	142
10.2 原理图编辑命令	142
10.2.1 use 命令	143
10.2.2 add 命令	143
10.2.3 name 命令	144
10.2.4 value 命令	144

10.4.14 connect 命令	160	12.2 原理图设计	180
10.5 assign、change 和 set 命令	161	12.2.1 UL_SCHEMATIC 的 数据成员	181
10.5.1 assign 命令	161	12.2.2 生成元件清单: 元件和 属性	182
10.5.2 change 命令	162	12.2.3 导线和导线类	187
10.5.3 set 命令	163	12.2.4 页面和框架	191
10.6 配置脚本	164	12.2.5 变量	192
10.7 本章小结	165	12.3 电路板设计	193
第 11 章 用户语言介绍	167	12.3.1 电路板设计元件	194
11.1 UL 概述	167	12.3.2 层和多边形	196
11.1.1 ULP 的执行	168	12.3.3 信号和接触点	197
11.1.2 用户语言程序和 C 语言 程序	168	12.3.4 过孔和通孔	201
11.2 简单数据类型和函数	169	12.4 本章小结	203
11.2.1 数组	169	第 13 章 创建对话框和菜单项 ...	204
11.2.2 字符串	170	13.1 预定义对话框	204
11.3 内建属性	171	13.1.1 消息框	204
11.3.1 内建常量	171	13.1.2 目录对话框	207
11.3.2 内建变量	172	13.1.3 打开文件和保存文件 对话框	208
11.3.3 内建函数	173	13.2 定制对话框和窗体部件	209
11.4 控制结构	174	13.2.1 创建新的对话框	209
11.4.1 if...else 语句	174	13.2.2 标签和文本视图部件 ...	210
11.4.2 switch...case 语句	175	13.2.3 按钮	212
11.4.3 while 和 do...while 循环 ...	175	13.2.4 编辑部件	213
11.4.4 for 循环语句	176	13.2.5 列表部件	215
11.5 exit 语句	176	13.2.6 勾选框和数字设定框 ...	216
11.6 本章小结	177	13.3 对话框布局	217
第 12 章 用户语言检查设计	178	13.3.1 水平 / 垂直排列	218
12.1 UL 专用数据类型	178	13.3.2 栅格布局和表格	219
12.1.1 成员	178	13.4 menu 命令	220
12.1.2 循环成员	179	13.5 本章小结	221
12.1.3 顶层结构及其执行语句 ...	179		

第五部分 BeagleBone Black 迷你主板

第 14 章 BeagleBone Black

原理图设计 224

14.1 BeagleBone Black 概述 225

14.2 高级 EAGLE 原理图设计 226

14.2.1 页面 226

14.2.2 门电路和调用工具 227

14.2.3 总线 228

14.3 AM3359 存储器 /JTAG 连接 ... 228

14.4 AM3359 I/O 连接 231

14.4.1 模数转换 232

14.4.2 I²C 通信 233

14.4.3 SPI 通信 233

14.5 系统存储器 234

14.6 电源管理 234

14.7 以太网和通用串行总线 237

14.7.1 以太网 237

14.7.2 USB 237

14.8 图形显示 239

14.8.1 HDCP 加密 239

14.8.2 转换最小化差分信号 ... 240

14.9 本章小结 240

第 15 章 BeagleBone Black 电

路板设计 241

15.1 配置叠层 241

15.1.1 地平面和电源平面 242

15.1.2 四层叠层 242

15.1.3 BBB 的叠层 242

15.1.4 在 EAGLE 中配置 BBB 的

叠层 243

15.2 球栅阵列的创建和布线 244

15.2.1 生成 BGA 封装 245

15.2.2 为 BGA 焊盘布设信

号线 246

15.3 走线长度和蜿蜒布线 248

15.3.1 走线长度的获取 248

15.3.2 延展走线的长度 249

15.3.3 差分对布线 249

15.4 BBB 电路板设计 250

15.4.1 设计规则 251

15.4.2 AM3359 的信号布线 ... 251

15.5 本章小结 253

附录 A EAGLE 元件库文件 255

附录 B Gerber 文件格式 274

第一部分 基本介绍

第 1 章 EAGLE 概述

第 2 章 电路板和 EAGLE 设计概要

第 3 章 简单电路设计

第 1 章

EAGLE 概述

电路设计工具软件可以分为两类：有些是为了提供给大型设计公司，有些则准备提供给其他任何人。第一种类型的工具软件具有高可靠性和多种多样的功能，而且技术支持服务周到。但是随之而来的是高昂的售价。一个 Altium Designer 的永久许可要花费超过 7000 美元，而 Cadence 的 OrCad 套件需要花费 10000 美元左右。

第二类工具软件则要便宜得多，这样就便于学生、个人用户和中小公司获得和使用。不过，这类软件可能不那么可靠，并且时常受到各种小故障的困扰。没有技术支持，有些困难可能根本得不到解决。更糟的是，发布这些工具的公司就和它们发布的软件一样脆弱，甚至会在支持合同到期之前就已经消失了。

但是 CadSoft 的 EAGLE，易应用图形布局编辑器（Easily Applicable Graphical Layout Editor）兼备了二者的优点：具有第一种设计工具的可靠性和第二种工具的价格。EAGLE 大约出现于 1988 年，此后每一年在功能和可靠性上都有进步。它提供了设计电路板的一整套功能。即便是经过数千小时的使用，也不会出现崩溃现象。出现问题时，用户可通过访问多个在线论坛，或者浏览网上的大量论文来解决。

EAGLE 的主要缺点在于它的用户界面。如果经常使用 Windows，就会习惯于 Windows 方式的应用程序行为，适应了一套常见的工具栏项和鼠标操作。然而 EAGLE 有它独特的操作方式，简单的启动应用程序后，就顺利地理解每一部分是不可能的。理解这么多的编辑器、对话框、菜单和命令都需要花费时间，而且电路设计本身也是一个复杂的任务，所以很多初学者放弃了 EAGLE。

本书的目标是使 EAGLE 的学习过程变得容易。在以后的章节中，本书为读者介绍电路设计的全过程，从简单电路（一个反相放大器）开始，接下来是中级的电路（开放硬件平台 Arduino 的 Femtoduino），最后完成一个高级电路（BeagleBone Black 迷你主板）。在此过程中，本书讲解内容包括 EAGLE 操作界面和设计电路板的一般流程。

除了点击类的设计操作，本书另一个很有意义的部分是关于自动化的内容。EAGLE 具有丰富的通用语言，可以通过脚本和用户语言程序（ULPs）来访问。在扎实掌握如何用代码创建电路设计之后，就能用一个简单的命令执行长时间的、重复的任务。使用这种自动化设计，就能减少错误且其产出效率将得到飞速提升。

1.1 快速漫游 EAGLE

EAGLE 是一种电路设计应用软件。概括为要点的话, EAGLE 由以下六部分功能组成。

- ❑ 元件库 (Component library)——能够加入到设计中的元器件集合
- ❑ 原理图编辑器 (Schematic editor)——用于画出电路初步设计的编辑器
- ❑ 电路板编辑器 (Board editor)——定义电路板包括布局和布线在内的物理特征的编辑器
- ❑ 器件编辑器 (Device editor)——用来设计新电子器件的编辑器
- ❑ 自动布线器 (Autorouter)——自动完成电路元件相互连接的工具
- ❑ CAM (计算机辅助制造) 处理器 (Computer Aided Manufacturing processor)——读取电路板设计并产生用于制造的设计文件的工具

本节简单描述了以上各部分的功能以及它们是如何完成整个电路的设计过程的。

1.1.1 元件库

所有电路设计工具的最重要功能之一就是提供可用的器件集合。我们把这个元器件集合称为**元件库**, 如果元件库越大, 设计者在定义新元件上需要花费的时间就越少。

得益于 EAGLE 的面世时间很早, 它的元件库已经扩大到成千上万的元件, 包括从真空管到现场可编程门阵列 (FPGA) 的各种类型。这样的好处在于, 无论设计多么复杂, EAGLE 都可以提供大部分所需的元件。要是这样还不够, 网络站点 <http://www.cadsoftusa.com/downloads/libraries> 提供更多的元件库可供下载。对于仍然找不到的元件, 读者可根据第 8 章的讲解设计定制的元器件。

EAGLE 6 的一个新功能是可用于元件库文件的格式。每个元件库都用 *.lbr 文件定义, 这种文件的格式是 XML (可扩展标记语言)——计算机世界里最通用的语言。本书中的附录 A 描述了定义 EAGLE 元件库文件结构的 XML 架构。

1.1.2 原理图编辑器

对现有的电路元件进行验证以后, 就可以在原理图编辑器里选取元件并进行连接了, 如图 1-1 所示。

与大多数原理图编辑器一样, 这里保留了以下四部分重要的信息:

- ❑ 设计中用到的电路元件
- ❑ 各电路元件引脚之间的连线
- ❑ 与电路元件有关的名称和数值
- ❑ 电路元件连接的属性

使用 EAGLE 的原理图编辑器设计初步的电路是很容易的。只要从元件库中选择一个电路元件, 移动到合适的位置, 然后画出该元件和其他元件的连线。之后, 你可以为元件设定名称和数值, 比如一个电阻, 为它赋予用欧姆表示的电阻值。第 3 章讨论了电路原理图的更