

北极光

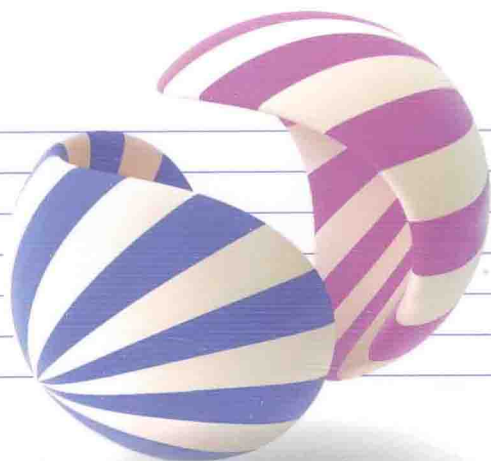
信盈达技术创新系列图书

# PADS

## & Altium Designer

# 实战教程

深圳信盈达电子有限公司 周中孝 黄文涛 刘 浚◎编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

信盈达技术创新系列图书

# PADS & Altium Designer 实战教程

深圳信盈达电子有限公司 编著  
周中孝 黄文涛 刘 浚

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书采用双平台教学,系统介绍了两种常用的EDA工具软件PADS和Altium Designer的使用方法和实战技巧,内容涉及原理图设计、元器件制作、PCB布局、布线、Gerber文件输出、多层板、安全规范、高速PCB设计、电磁兼容性、信号完整性和电源完整性分析与设计等。

本书适合从事电子产品开发及PCB设计的工程技术人员阅读,也可作为高等学校及岗位培训机构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

PADS & Altium Designer 实战教程/周中孝,黄文涛,刘浚编著. —北京:电子工业出版社,2014.6  
(信盈达技术创新系列图书)  
ISBN 978-7-121-23024-0

I. ①P… II. ①周… ②黄… ③刘… III. ①印刷电路-电路设计-计算机辅助设计-软件包-教材  
IV. ①TN410.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第080415号

责任编辑:张 剑 (zhang@phei.com.cn)

印 刷:北京民族印务有限责任公司

装 订:北京民族印务有限责任公司

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:16.5 字数:422千字

版 次:2014年6月第1版

印 次:2014年6月第1次印刷

印 数:3000册 定价:39.00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。

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

服务热线:(010)88258888。

随着电路设计规模的不断扩大,以及高速电路的广泛应用,电子行业日益激烈的竞争,往往需要工程技术人员技能多元化。深圳信盈达电子有限公司根据当前技术发展的需求,组织有丰富的电路设计经验和 PADS、Altium Designer 软件操作经验的作者团队编写了《PADS & Altium Designer 实战教程》一书。

本书以典型实例讲解为主线,按照 PCB 设计的实际流程,全面、系统地介绍了 PADS、Altium Designer 中各类命令的功能、操作方法和使用技巧,既注重软件操作细节的讲解,也注重工程设计经验的介绍,因此可以使读者在学习时有的放矢,避免了空洞的理论说教。本书既适合入门读者阅读使用,也适合有一定工程经验的设计人员作为参考手册来使用。

本书内容包括 24 章(分为 3 篇)和 3 个附录。

第 1 篇 基础知识:涉及第 1 章至第 2 章,内容包括常用 EDA 软件简介,原理图和 PCB 设计流程,常用电子元器件介绍、电路分析。

第 2 篇 PADS 实战教程:涉及第 3 章至第 13 章,内容包括 PADS Logic 界面及常用菜单介绍,元器件封装库(CAE)制作,电路原理图元器件放置及连线,PADS Layout 主界面及常用菜单介绍,元器件 PCB 封装的制作,从原理图导入设计,PCB 元器件的布局,PCB 的设计规则和布线,PCB 布局及布线注意事项,高级 PADS Layout 指南,多层 PCB 设计介绍。

第 3 篇 Altium Designer 实战教程:涉及第 14 章至第 24 章,内容包括 Altium Designer 概述,元器件库的创建,原理图的设计,PCB 及其他设计,原理图与 PCB 设计的一些问题,生成 Gerber 文件和钻孔文件,安全规范与电磁兼容,高速布线介绍和 USB 电路分析,设计实例打样,信号完整性(SI)和电源完整性(PI)。

本书由深圳信盈达电子有限公司的周中孝、黄文涛、刘浚编著。

由于作者水平有限,加上时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编著者

# 目 录

## 第 1 篇 EDA 基础知识

第 1 章 常用 EDA 软件简介 .....	2
1.1 中国内地公司使用 PCB 设计软件状况 .....	2
1.2 常用 PCB 设计软件介绍 .....	2
1.3 电路原理图与 PCB 设计流程 .....	3
第 2 章 常用电子元器件介绍及电路分析 .....	5
2.1 常用基本电路定理、公式、元器件介绍 .....	5
2.2 电路分析案例 .....	6
2.3 原理图设计 .....	7

## 第 2 篇 PADS 实战教程

第 3 章 PADS Logic 界面及常用菜单介绍 .....	10
3.1 常用菜单 .....	10
3.2 设置允许操作的选项 .....	11
3.3 优先设置 .....	11
3.4 颜色设置 .....	13
3.5 删除布线或元器件 .....	14
3.6 添加总线 .....	14
3.7 添加悬浮连接 .....	15
3.8 设置原理图边框和说明 .....	15
3.9 添加原理图相关信息 .....	15
3.10 绘制和修改 2D 线 .....	16
第 4 章 元器件封装库 (CAE) 制作 .....	17
4.1 以芯片 AT24C02 为例介绍封装向导的使用方法 .....	17
4.2 以三极管为例介绍手工绘制原理图封装 .....	21
4.3 编辑电气特性 .....	25
4.4 保存元器件 CAE 封装 .....	26
4.5 修改元器件 .....	27
4.6 元器件库的创建和管理 .....	28
4.7 有隐藏引脚的元器件的制作方法 .....	30
4.8 分裂元件 .....	32

第 5 章 电路原理图元器件的放置及连线	34
5.1 新建原理图	34
5.2 添加元器件	34
5.3 连线	35
第 6 章 PADS Layout 主界面及常用菜单介绍	39
6.1 PADS Layout 主界面	39
6.2 PADS Layout 常用菜单介绍	40
第 7 章 元器件 PCB 封装的制作	43
7.1 手工绘制 PCB 封装 (以插件 IC 为例)	43
7.2 绘制电解电容的 PCB 封装	47
7.3 贴片 IC 封装的制作	50
7.4 槽型焊盘制作	53
第 8 章 从原理图导入设计	56
8.1 为元器件分配 PCB 封装	56
8.2 将 PADS Logic 设计信息传给 PADS Layout	58
8.3 打散元器件	60
第 9 章 PCB 元器件的布局	62
9.1 元器件位置的调整	62
9.2 设置网络的颜色和可见性	63
9.3 使用 PADS Logic 进行原理图驱动布局	64
9.4 绘制 PCB 边框	65
9.5 设置元器件移动间距	66
9.6 设置原点	67
9.7 元器件的摆放	67
第 10 章 PCB 的设计规则和布线	68
10.1 设置规则	68
10.2 PCB 线宽与电流关系	69
10.3 手动布线	71
10.4 半自动布线	71
10.5 自动布线	73
10.6 新建通孔	73
10.7 新建盲/埋孔	75
第 11 章 PCB 布局及布线注意事项	77
11.1 PCB 设计原则	77
11.2 高速 PCB 布线指南	78
11.3 元器件布局的基本规则	78
11.4 布线规则	79



第 12 章 高级 PADS Layout 指南 .....	80
12.1 导入 CAD 图形为 PCB 板框 .....	80
12.2 PCB 板框倒角 .....	83
12.3 泪滴 (Teardrop) 的自动生成和修改 .....	84
12.4 覆铜 (Copper Pouring) .....	85
12.5 在 PCB 上添加文字等信息 .....	89
12.6 输出 Gerber 文件 .....	92
12.7 禁止区域 (Keep Out) 的用法 .....	96
12.8 ECO .....	97
12.9 PCB 版本转换 .....	97
12.10 尺寸标注 .....	99
12.11 阻焊开窗 .....	103
12.12 添加圆弧布线 (Arc) .....	104
12.13 输出 BOM 表 (物料清单) .....	105
第 13 章 多层 PCB 设计 .....	106
13.1 多层 PCB 设置 .....	106
13.2 4 层 PCB 层叠设置 .....	108
13.3 6 层 PCB 层叠设置 .....	109
13.4 多层 PCB 设计的基本要求 .....	110
<b>第 3 篇 Altium Designer 实战教程</b>	
第 14 章 Altium Designer 概述和 PCB 设计流程 .....	114
14.1 Altium Designer 概述 .....	114
14.2 PCB 设计的一般流程 .....	115
第 15 章 元器件库的创建 .....	116
15.1 新建元器件库 .....	116
15.2 原理图符号的制作 .....	118
15.3 绘图工具的使用方法 .....	121
15.4 原理图符号制作实例 .....	124
15.5 PCB 封装的制作 .....	127
15.6 利用 PCB 封装向导制作封装 .....	132
15.7 编辑元器件封装属性 .....	136
15.8 编译库 .....	140
第 16 章 原理图的设计 .....	141
16.1 新建工程 .....	141
16.2 设置要用到的元器件库 .....	141
16.3 新建一张原理图 .....	144

16.4	放置、删除元器件	144
16.5	元器件布局及属性设置	147
16.6	原理图设计其他工具的使用	150
16.7	输出元器件清单 (BOM)	152
16.8	其他工具的使用	154
<b>第 17 章</b>	<b>PCB 设计</b>	<b>156</b>
17.1	在项目内新建一个空 PCB 文件	156
17.2	导入元器件	157
17.3	设计 PCB 边框	157
17.4	利用 PCB 设计向导创建一个空的 PCB 文件	158
17.5	设置 PCB 工作环境	165
17.6	布局	175
17.7	布线	176
17.8	布线操作说明	178
17.9	自动布线	178
17.10	检验 PCB 设计	182
17.11	当前的安全距离设计规则	183
17.12	输出文件	184
17.13	生成 Gerber 文件	185
17.14	创建一个元器件清单	186
<b>第 18 章</b>	<b>添加泪滴和覆铜</b>	<b>188</b>
18.1	泪滴	188
18.2	覆铜	189
<b>第 19 章</b>	<b>原理图与 PCB 设计注意事项</b>	<b>194</b>
19.1	电源供应	194
19.2	去耦	194
19.3	数字地与模拟地	195
19.4	布局与抗干扰	195
19.5	信号传输与回流	196
19.6	常见封装	198
<b>第 20 章</b>	<b>Altium Designer 生成 Gerber 文件和钻孔文件</b>	<b>200</b>
20.1	Gerber 文件简介	200
20.2	生成 Gerber 文件	201
20.3	生成 NC Drill 文件	204
20.4	与设计文件相关的层	205



第 21 章 安全规范与电磁兼容 .....	207
21.1 安全规范 .....	207
21.1.1 安全规范所涉及的要求 .....	207
21.1.2 主要安全规范体系及认证 .....	207
21.1.3 电子产品的安全规范要求 .....	207
21.1.4 电子产品常见的安全规范零部件 .....	209
21.1.5 安全规范在设计中的具体应用 .....	209
21.2 电磁兼容 .....	211
21.2.1 电磁兼容的基本概念 .....	212
21.2.2 电磁骚扰现状 .....	212
21.2.3 电磁兼容性 .....	212
21.2.4 电磁环境的组成 .....	214
21.2.5 电磁兼容板级设计 .....	214
21.2.6 电磁兼容设计的具体应用 .....	219
21.2.7 高速 PCB 设计中的串扰分析与控制 .....	220
第 22 章 高速布线介绍和 USB 电路分析 .....	223
22.1 等长布线 .....	223
22.2 差分布线 .....	225
22.3 USB 实例分析 .....	226
第 23 章 设计实例打样、小产品制作、调试 .....	228
23.1 12V DC 稳压到 5V DC 电路 .....	228
23.2 恒温控制系统 .....	228
23.3 单片机最小系统 .....	229
23.4 开门单元 .....	230
23.5 热敏打印机的开发 .....	232
第 24 章 信号完整性 (SI) 和电源完整性 (PI) .....	238
24.1 信号完整性 (SI) .....	238
24.1.1 信号完整性概念 .....	238
24.1.2 传输线理论 .....	239
24.1.3 信号反射 .....	240
24.1.4 信号串扰 .....	241
24.2 电源完整性 (PI) .....	242
24.2.1 电源完整性的概念 .....	242
24.2.2 电源系统的噪声来源 .....	243
24.2.3 电容退耦 .....	243
附录 A PADS 快捷键介绍 .....	245
A.1 PADS Logic 原理图设计中的常用快捷键 .....	245

1402	A.2	PADS Layout PCB 设计中的常用快捷键 .....	246
1403	A.3	PADS Layout 中的直接命令 .....	247
1404	A.3.1	总体设置 .....	247
1405	A.3.2	栅格 .....	247
1406	A.3.3	寻找 .....	248
1407	A.3.4	角度 .....	248
1408	A.3.5	取消 .....	248
1409	A.3.6	设计规则检查 .....	248
1410	A.3.7	布线 .....	248
	附录 B	PADS 封装参考编号 .....	249
	附录 C	Altium Designer 快捷操作 .....	252
1411	C.1	设计浏览器快捷操作 .....	252
1412	C.2	原理图设计和 PCB 设计通用快捷操作 .....	252
1413	C.3	原理图设计快捷操作 .....	253
1414	C.4	PCB 设计快捷操作 .....	253

# 第 1 篇 EDA 基础知识

第 1 章 绪论

章 节	内 容	学时	备 注
1.1	EDA 技术概述	2	
1.2	EDA 技术的发展	2	
1.3	EDA 技术的应用	2	
1.4	EDA 技术的未来	2	

常用的 PCB 设计软件有 Protel 系列、PADS (原 PowerPCB)、Cadence、WG2000 等。

## 1.1 中国内地公司使用 PCB 设计软件状况

据 2009 年 9 月的一份可靠调查报告显示,中国内地公司所用 PCB 设计软件情况见表 1.1。

表 1.1 中国内地公司使用 PCB 设计软件统计表

序号	软件名称	抽样公司	比率	备注
1	Protel	502	50%	内地公司
2	PADS	298	30%	珠江三角洲、港、澳、台等地公司使用该软件的较多
3	Cadence	120	12%	一般为大公司使用
4	其他设计软件	80	8%	
	小计:	1000	100%	

## 1.2 常用 PCB 设计软件介绍

### 1. Protel

Protel 是 Protel 公司 (该公司是一家澳大利亚公司,成立于 1985 年,2001 年更名为 Altium) 在 20 世纪 80 年代末推出的电路行业的 CAD 软件。它较早在国内使用,普及率最高。早期该软件主要作为 PCB 自动布线工具使用,后来该公司推出 Protel 99SE 版本,该版本是目前中国普及率最高的版本,因为软件资源丰富,而且学习和入门比较容易,非常适合初学者设计一些相对简单的 PCB。该系列软件的缺点是,Protel 99SE 和 Protel DXP 占用计算机的系统资源较多。

### 2. PADS2007 (原 Powerlogic 和 PowerPCB)

PADS2007 是 Mentor Graphics 公司推出的完整的板级全方位设计系统,该软件功能强大、操作简便。该软件主要面向个人桌面系统应用,通过简单的操作可以完成很多复杂的功能。该软件可提高用户的设计效率,缩短设计周期,并且占用计算机系统资源较少 (全部安装约占用 120MB 的硬盘空间)。

### 3. Cadence

Cadence 是一个专门从事电子设计自动化 (EDA) 的软件公司, 由 SDA Systems 和 ECAD 两家公司于 1988 年合并而成。它是全球最大的电子设计技术 (Electronic Design Technologies)、程序方案服务和设计服务供应商。其解决方案旨在提升和监控半导体、计算机系统、网络工程和电信设备、消费电子产品及其他各类型电子产品的设计。Cadence 的产品涵盖了电子设计的整个流程, 包括系统级设计, 功能验证, IC 综合及布局布线, 模拟/混合信号及射频 IC 设计, 全定制集成电路设计, IC 物理验证, PCB 设计和硬件仿真建模等。Cadence 公司总部位于美国加州圣何塞 (San Jose), 在全球各地设有销售办事处和设计研发中心。

据说全球有超过 50% 的手机主板和计算机主板都是用 Cadence 来设计的。

### 4. WG2000

WG2000 软件适用于高速、高密度、多层复杂 PCB 设计布线, 但在国内的应用较少。

除上面介绍的 4 种常用 PCB 设计软件外, 全世界还有 Spectra 等数十种 PCB 设计软件。

## 1.3 电路原理图与 PCB 设计流程

对于初学者来说, 电路原理图与 PCB 设计是一个比较复杂的过程, 尤其是功能较多的电路。所以一般要建立一个设计流程, 即便于形象地说明设计的流程, 如图 1.1 所示。

### 1. 电路原理图设计流程

(1) 确定设计图纸大小: 根据具体电路原理图的规模和复杂程度而定, 如设置为 A4、B5 等。

(2) 设置 PADS Logic 环境参数: 如设置栅格大小和类型、光标类型等, 一般使用默认值。

(3) 设计 CAE 封装、PCB 封装和元器件类型。

(4) 放置元器件。

(5) 电路原理图连接。

(6) 检查电路原理图: 将设计好的电路原理图做进一步调整和修改, 使电路原理图的布局整齐、美观, 方便读图。

(7) 输出报表: 如生成网络表、材料清单 (BOM) 等。通过 PADS Logic 提供的各种报表工具生成各种报表, 其中最重要的报表是网络表, 通过网络表为后续的 PCB 设计做准备。现在使用较多的是 PADS Logic 和 PADS Layout 的无缝链接。

(8) 文件存储及输出: 如输出给 PADS Layout。

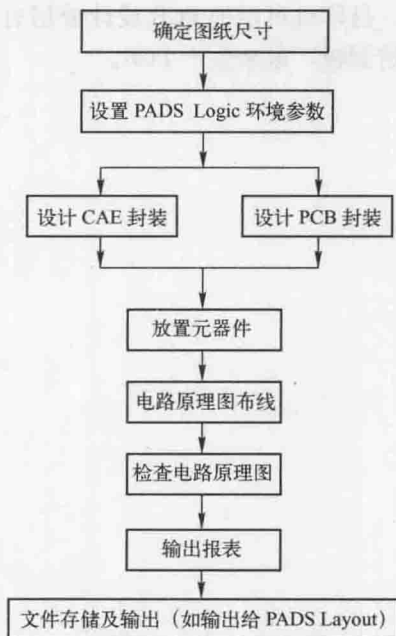


图 1.1 电路原理图设计流程

## 2. PCB 设计流程

PCB 设计流程如图 1.2 所示。

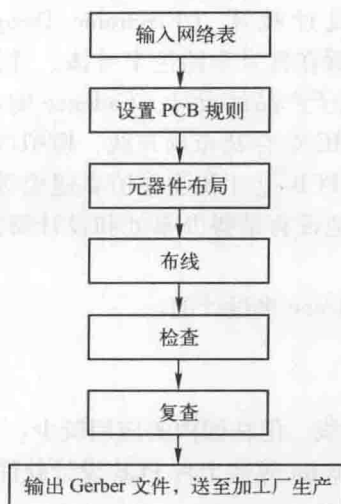


图 1.2 PCB 设计流程

(1) 输入网络表。

(2) 设置 PCB 规则：如设置布线宽度、安全间距、过孔大小等。

(3) 元器件布局：手工或自动布局。一般要按照一定的规则摆放整齐，如按照数字地与模拟地分开的原则进行布局等。

(4) 布线。

(5) 检查：检查间距、连接性、高速规则和电源层等。一般可以利用软件的自动检查选项自动进行检查。

(6) 复查：包括设计规则、层定义、线宽、间距、焊盘、过孔设置；器件布局合理性、电源、地线网络的布线，高速时钟网络的布线与屏蔽，去耦合电容的摆放和连接等。如果复查不合格，设计者要修改布局和布线，直到合格为止。复查者和设计者需要分别签字确认。

(7) 输出：PCB 设计可以输出到打印机或输出光绘文件。打印机可以把 PCB 设计分层打印，便于设计者和复查者检查；将光绘文件（Gerber）交给制板厂家来生产 PCB。



## 第 2 章

# 常用电子元器件介绍及 电路分析

### 2.1 常用基本电路定理、公式、元器件介绍

#### 1. 常用基本电路定理

1) 欧姆定理 直流电路中电压  $U$  与电流  $I$  的比值等于电路的电阻值  $R$ , 即

$$R = \frac{U}{I}$$

式中,  $U$  为电路两端的电压, V;  $I$  为电路中的电流, A;  $R$  为电路中的电阻,  $\Omega$ 。

2) 节点电流定理 在电路中, 任何时刻流向任一节点 (两条以上支路的汇集点) 的电流之和等于零 (若流进节点为正, 则流出节点为负)。换句话说, 流进节点的电流之和等于流出节点的电流之和。

3) 回路电压定理 在电路中, 任何时刻环行任一闭合回路, 其电路上各段电压之和等于零。

#### 2. 常用电子线路公式

##### 1) 欧姆定理

$$I = \frac{U}{R}$$

##### 2) 直流电路功率

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

##### 3) 电阻的串、并联

(1) 串联:

$$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

(2) 并联:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

##### 4) 电容的串、并联

(1) 串联:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

(2) 并联:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

### 3. 常用元器件介绍

1) 电阻 主要参数为电阻值、标称电阻值及允许偏差、额定功率、最大工作电压等,单位为  $\Omega$ 。

2) 电容 主要参数为额定电压、标称容量及允许偏差等,单位为 F,  $1\text{F} = 10^6 \mu\text{F}$ 。

3) 电感 凡是能产生电感作用的元件统称电感元件。在电路中,电感元件起抗冲击作用。

4) 二极管 单向导电性。

5) 三极管 电流型控制器件,分为 NPN 型和 PNP 型两种。

6) 显示器件 如 LED、数码管、LCD 等。

7) 继电器 是一种自动控制器件。

8) 集成电路 包括模拟集成电路和数字集成电路。

## 2.2 电路分析案例

一个简单的电路如图 2.1 所示。

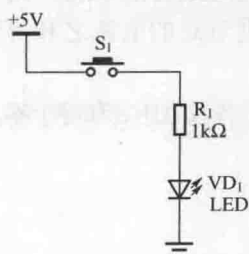


图 2.1 一个简单的电路

### 1. 计算限流电阻 $R_1$ 的电阻值

$R_1$  为限流电阻,因为一般 LED 的正常工作电流为  $4 \sim 20\text{mA}$ ,

所以对应的限流电阻为  $R_1 = \frac{U}{I} = \frac{5\text{V}}{(4 \sim 20)\text{mA}} = 0.25 \sim 1.25\text{k}\Omega$

本例中,取  $R_1 = 1\text{k}\Omega$

### 2. 计算限流电阻的功耗

若  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ,则流过  $R_1$  上的电流为:

$$I = \frac{U}{R_1} = \frac{5\text{V}}{1\text{k}\Omega} = 5\text{mA}$$

功率:  $P = I^2 \times R = (5\text{mA})^2 \times 1\text{k}\Omega = 25\text{mW}$

一般在进行电路设计时,选用的元器件参数要留有一定的裕量。通常元器件实际工作功率应约为额定功率的 50%,最多不应超过 70%。



练一练

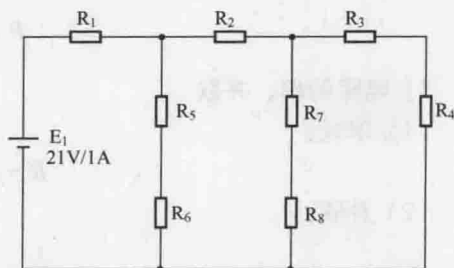


图 2.2 电路示例

分析图 2.2 所示的电路,请计算出  $R_5$  的电阻值,以及  $R_5$  上的电流和功率。

## 2.3 原理图设计

原理图是电路设计的中间文件，虽然它并不直接用于指导生产，但却是连接设计理念和最终产品的关键纽带。

电子设计工程师是原理图的责任人。多数设计者认为，原理图不过是生成网络表的源文件，至于其设计风格则完全可以依个人喜好而定。

事实上，在整个设计过程中，原理图起着非常关键的作用。

首先，原理图是设计思想的体现，混乱的原理图只能代表混乱的设计思想。

其次，原理图是电子设计工程师与 PCB 设计工程师沟通的重要工具，当 PCB 复杂到一定程度时，电子设计工程师不可能通过语言将所有 PCB 设计时需注意的细节都告知 PCB 设计工程师。例如，PCB 设计工程师从原理图获得网络连接关系表（简称网络表），虽然知道各元器件之间的连接关系，但却无法获得元器件摆放位置等信息，在这种情况下，原理图的标注将成为重要的工具，它一方面可以使 PCB 设计工程师对设计的要求一目了然，另一方面也能对电子设计工程师起到提醒作用，从而避免在设计、测试时遗忘某些关键细节。

最后，脉络清晰的原理图有助于提高调试、测试、生产等环节的效率。

由此看来，原理图并不只是一份中间文件，为了得到一份优质的原理图，在设计的过程中需要注意以下事项。

(1) 在原理图的首页，应绘制 PCB 的总体框架图，如图 2.3 所示。

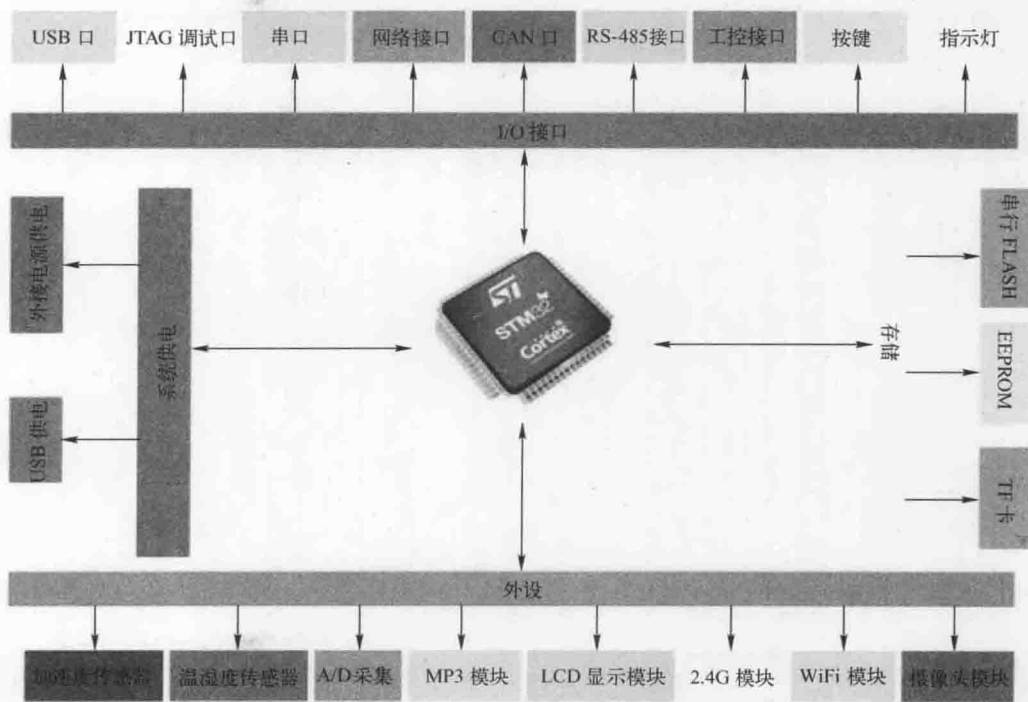


图 2.3 PCB 的总体框架图