



高等职业教育电子信息类“十一五”规划教材

GAODENG ZHIYE JIAOYU DIANZI XINXI LEI SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI

● 主 编 向守兵 马康波
● 副主编 刘慰平 熊新荣
● 主 审 郭 杰

实用电子技术

教程

SHIYONG DIANZI JISHU JIAOCHENG



电子科技大学出版社

高等职业教育电子信息类“十一五”规划教材

实用电子技术教程

主 编 向守兵 马康波

副主编 刘慰平 熊新荣

主 审 郭 杰

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用电子技术教程 / 向守兵, 马康波主编. —成都:

电子科技大学出版社, 2007.2

高等职业教育电子信息类“十一五”规划教材

ISBN 978-7-81114-300-3

I. 实... II. ①向...②马 ... III. 电子技术—高等

学校: 技术学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 160042 号

内容简介

本课程是高等职业技术学院电子类专业平台课程中的核心课程, 也是该类专业在电子技术方面的重要专业基础课。本书以“收音机”和“数字钟”两个核心实例, 系统地介绍了电子技术的基础知识, 包括电子元器件的检测、常用电子测量仪器仪表的使用、基本单元电路的工作原理及应用、电子电路制作技术等。为了增强实用性, 书中还针对两个核心实例设计了相关的实训项目, 通过边学边做的方式, 使初学者能轻松学习电子技术, 真正掌握电子技术, 能运用电子技术基础知识独立解决实际问题。

高等职业教育电子信息类“十一五”规划教材

实用电子技术教程

主 编 向守兵 马康波

副主编 刘慰平 熊新荣

主 审 郭 杰

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 朱 丹

责任编辑: 朱 丹 周元勋

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮件: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川嘉华印业有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 22.875 字数 555 千字

版 次: 2007 年 2 月第一版

印 次: 2007 年 2 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-300-3

定 价: 33.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话: (028) 83202323, 83256027

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

前 言

谈到学习电子技术的方法,众说纷纭,有人说:要想学好电子技术先得学好物理和数学;还有人说:21世纪学电子技术必先学会电脑……仁者见仁,智者见智,不可否认他们说也很有道理,物理和数学是分析电子技术的基础,计算机是学习电子技术的良好工具……难道对于初学者来说,要想学习电子技术真是高不可攀吗?学习难度真有那么大吗?不,实际上只要方法得当,学习电子技术也是一件比较容易和快乐的事情。我们认为造成初学者学习难度大的原因主要是:

首先,大、中专电子技术类教材的特点是强调基础理论,侧重于电路的设计、计算,纯理论性内容占据主导地位,所以教材中的计算公式、证明比较多,这必然成为学习电子技术的一只拦路虎。

其次,学习兴趣被夭折。如何学习电子技术,从培养兴趣做起,要经常搞一些电子制作以培养学习电子技术的兴趣,要边学边干,不能在干之前先啃一大堆书,学习大量枯燥乏味的理论,这无疑对初学者的毅力和自信心是一个严峻的考验,兴趣也许在这个过程中就逐渐消失了。

另外,学习方法不当。正如学习计算机知识离不开上机操作一样,动手操作是真正学好电子技术的先决条件之一。不论你是在校学生,还是电子爱好者,都要千方百计寻找条件动手操作。因此在学习过程中要始终贯穿理论与实践相结合的精神。

我们总结多年从事电子技术的教学经验,选用扩音机和数字钟的制作与调试作为学习电子技术的核心实例,引导初学者边学边实践,希望能为大家尽一份微薄之力,早日走进电子技术这神秘的殿堂,体验奇妙无比的电子制作乐趣。

本教材由四川工程职业技术学院向守兵和四川邮电职业技术学院马康波担任主编,由泸州职业技术学院刘慰平、新疆机电职业技术学院熊新荣担任副主编,由四川工程职业技术学院郭杰担任主审。向守兵编写了本书的绪论、第一章、第二章,四川工程职业技术学院黄亮编写了第三章、第四章、第五章,四川工程职业技术学院袁涛编写了第六章、第七章,四川工程职业技术学院刘捷编写了第八章、第九章,熊新荣、李积芳编写了第十章,马康波编写了第十一章、第十二章、第十三章,刘慰平编写了第十四章、第十五章、第十六章,四川工程职业技术学院谭孝辉编写了全书的所有实训内容。

另外,本书还配备有电子教案、习题答案和所有实训项目的套件。

由于编写时间仓促,缺点和错误在所难免,望读者批评指正。

编 者

2006年12月

目 录

上篇 模拟电子技术

绪论.....	2
第一章 电子元器件基本知识.....	5
1.1 半导体基本知识.....	5
1.1.1 半导体材料.....	5
1.1.2 半导体的共价键结构.....	5
1.1.3 本征半导体中的两种载流子.....	6
1.1.4 掺杂半导体.....	7
1.2 半导体二极管.....	8
1.3 半导体三极管.....	14
1.3.1 三极管的结构与类型.....	14
1.3.2 三极管的电流放大作用.....	15
1.3.3 三极管的特性曲线.....	16
1.3.4 三极管的主要参数.....	17
1.3.5 三极管的测试.....	19
1.4 场效应管.....	19
1.4.1 结型场效应管 (JFET).....	20
1.4.2 绝缘栅场效应管 (IGFET).....	21
1.4.3 场效应管使用注意事项.....	22
1.4.4 场效应管与三极管的比较.....	23
本章小结.....	23
习题一.....	23
实训 1 电子元器件的识别与检测.....	25
实训 2 常用电子仪器仪表的使用.....	28
第二章 电压放大电路.....	32
2.1 共射极基本电压放大电路.....	32
2.1.1 为什么要加偏置.....	32
2.1.2 电路组成.....	33
2.1.3 电路工作原理.....	34
2.2 工作点稳定的共射放大电路.....	38
2.2.1 温度对工作点的影响.....	38

2.2.2 分压式偏置电路.....	38
2.3 共集电极放大电路.....	41
2.3.1 静态分析.....	41
2.3.2 动态分析.....	42
2.4 共基极放大电路.....	43
2.5 场效应管放大电路.....	44
2.5.1 共源放大电路的组成.....	45
2.5.2 场效应管共源极放大器的直流与交流参数.....	45
本章小结.....	46
习题二.....	46
实训3 基本放大电路的静态调试.....	49
第三章 多级放大电路.....	53
3.1 直接耦合.....	54
3.1.1 直接耦合放大电路静态工作点的设置.....	54
3.1.2 直接耦合方式的优缺点.....	56
3.1.3 直接耦合放大电路的零点漂移现象.....	56
3.1.4 直接耦合放大电路的互补输出级.....	57
3.2 阻容耦合.....	59
3.3 变压器耦合.....	60
3.4 多级放大电路的动态分析.....	60
3.5 多级放大电路的频率响应.....	62
本章小结.....	64
习题三.....	65
实训4 基本放大电路的动态测试.....	67
第四章 差分放大电路.....	71
4.1 基本差分放大电路.....	71
4.2 实用差分放大电路.....	73
4.2.1 长尾式差分放大电路.....	73
4.2.2 具有恒流源的差分放大电路.....	76
4.2.3 差分放大电路的四种接法.....	79
本章小结.....	82
习题四.....	83
第五章 功率放大电路.....	85
5.1 功率放大电路概述.....	85
5.1.1 功率放大电路的特点.....	85
5.1.2 为什么共射放大电路不宜做功率放大电路.....	86

5.2 甲类功率放大电路.....	87
5.2.1 阻容耦合放大电路.....	87
5.2.2 变压器耦合单管功率放大电路.....	89
5.3 乙类功率放大电路.....	90
5.3.1 OCL 电路的组成及工作原理.....	90
5.3.2 功率放大电路的安全问题.....	93
5.4 常用功率放大电路.....	95
5.4.1 推挽功率放大电路.....	95
5.4.2 无输出变压器的功率放大电路.....	96
5.4.3 无输出电容的功率放大电路.....	97
5.4.4 桥式推挽功率放大电路.....	97
5.4.5 集成功率放大电路.....	98
本章小结.....	100
习题五.....	101
实训 5 OCL 功率放大电路的测试.....	105
实训 6 集成功率放大电路的测试.....	108
第六章 运算放大电路.....	112
6.1 概述.....	112
6.1.1 集成运放的组成与特点.....	112
6.1.2 集成运放中的恒流源电路.....	114
6.1.3 集成运放的主要参数.....	117
6.1.4 几种常见的通用集成运放简介.....	119
6.1.5 专用型集成电路运算放大器简介.....	121
6.2 集成运算放大器的分析与应用.....	122
6.2.1 集成运算放大器的理想特性与工作状态.....	122
6.2.2 工作于线性区的集成运放的分析方法.....	124
6.2.3 工作于非线性区的集成运放的分析.....	126
6.2.4 运放应用中的几个问题.....	126
6.3 基本运算电路.....	128
6.3.1 比例运算.....	129
6.3.2 加法运算.....	131
6.3.3 减法运算.....	133
6.3.4 微分与积分运算.....	133
6.3.5 应用举例.....	135
本章小结.....	138
习题六.....	139
实训 7 集成运算放大器的线性应用.....	144

第七章 反馈放大电路	149
7.1 反馈的基本概念	149
7.2 反馈的分类	151
7.2.1 反馈信号的分类与判断	151
7.2.2 反馈的四种组态	154
7.3 负反馈对放大器性能的影响	159
7.3.1 负反馈可提高增益的稳定性	159
7.3.2 负反馈可扩展通频带	160
7.3.3 负反馈可减小非线性失真	160
7.3.4 负反馈能抑制反馈环内的噪声和干扰	161
7.3.5 负反馈对放大电路输入电阻的影响	162
7.3.6 负反馈对放大电路输出电阻的影响	162
7.3.7 放大电路中引入负反馈的一般原则	162
7.3.8 负反馈放大电路增益的一般表达式	164
本章小结	165
习题七	166
实训 8 负反馈放大电路的研究	168
第八章 正弦波振荡电路	172
8.1 正弦波振荡电路的工作原理	172
8.1.1 自激式正弦波振荡电路与反馈放大器的异同	172
8.1.2 振荡产生的基本原理	172
8.1.3 振荡的平衡条件和起振条件	172
8.1.4 正弦波振荡器的基本组成	173
8.2 RC 振荡电路	173
8.2.1 RC 串并联选频网络	173
8.2.2 RC 正弦波振荡器	174
8.2.3 RC 移相式振荡电路	175
8.3 LC 振荡电路	176
8.3.1 LC 选频放大电路	176
8.3.2 变压器反馈 LC 振荡电路	177
8.3.3 三点式 LC 振荡电路	177
8.4 石英晶体振荡电路	179
8.4.1 结构	179
8.4.2 石英晶体的压电效应	179
8.4.3 石英晶体的等效电路和谐振频率	179
8.4.4 石英晶体正弦波振荡电路	180
本章小结	180

习题八.....	181
第九章 直流电源.....	185
9.1 概述.....	185
9.2 整流电路.....	185
9.2.1 整流电路.....	185
9.2.2 单相半波整流电路.....	185
9.2.3 单相桥式整流电路.....	186
9.3 滤波电路.....	188
9.3.1 滤波电路.....	188
9.3.2 电感滤波电路.....	190
9.3.3 复合滤波电路.....	190
9.4 直流稳压电路.....	190
9.4.1 并联型稳压电路.....	191
9.4.2 串联型稳压电路.....	191
9.4.3 集成稳压电路.....	192
本章小结.....	193
习题九.....	193
实训 9 直流稳压电源的性能测试.....	195
实训 10 音频放大电路综合测试.....	198

下篇 数字电子技术

绪 论.....	200
第十章 数字电子技术基本知识.....	202
10.1 数字信号与数字电路.....	202
10.1.1 数字信号和数字电路.....	202
10.1.2 数字电路的分类.....	202
10.1.3 数字电路的特点.....	203
10.2 数制与码制.....	203
10.2.1 计数制.....	203
10.2.2 数制间的相互转换.....	205
10.2.3 码制.....	206
10.3 逻辑函数.....	207
10.3.1 概述.....	207
10.3.2 基本逻辑函数及其运算.....	207
10.3.3 基本运算公式和规则.....	210
10.3.4 逻辑函数的表达方式.....	211

10.4 逻辑函数的化简.....	213
10.4.1 逻辑函数的最简形式.....	213
10.4.2 公式化简法.....	213
10.4.3 卡诺图化简法.....	214
本章小结.....	217
习题十.....	217
第十一章 逻辑门电路.....	219
11.1 逻辑电平.....	219
11.2 基本逻辑门电路.....	219
11.2.1 二极管与门.....	219
11.2.2 二极管或门.....	220
11.2.3 非门.....	220
11.3 TTL 集成逻辑门电路.....	221
11.3.1 TTL 与非门.....	221
11.3.2 其他类型的 TTL 门电路.....	224
11.3.3 TTL 门电路的使用注意事项.....	226
11.4 CMOS 集成门电路.....	226
11.4.1 CMOS 与非门.....	226
11.4.2 或非门.....	226
11.4.3 CMOS 传输门.....	227
11.4.4 CMOS 门电路使用注意事项.....	227
11.5 数字集成电路简介.....	227
本章小结.....	228
习题十一.....	229
实训 11 基本逻辑门电路的测试.....	230
第十二章 组合逻辑电路.....	236
12.1 组合逻辑电路概述.....	236
12.2 组合逻辑电路的分析.....	236
12.3 常用中规模集成组合逻辑电路.....	238
12.3.1 编码器.....	238
12.3.2 译码器.....	241
12.3.3 数据选择器和数据分配器.....	245
12.3.4 加法器和比较器.....	246
12.4 组合逻辑电路的基本设计方法.....	249
12.5 组合逻辑电路中的竞争与冒险现象.....	252
本章小结.....	253
习题十二.....	253

实训 12 组合逻辑电路的设计	255
实训 13 译码显示电路	258
第十三章 触发器	260
13.1 概述	260
13.2 RS 触发器	260
13.2.1 基本 RS 触发器	260
13.2.2 同步 RS 触发器	262
13.3 边沿触发器	263
13.3.1 边沿 JK 触发器	263
13.3.2 T 触发器和 T'触发器	266
13.4 D 触发器	267
13.5 触发器应用举例	269
本章小结	270
习题十三	271
实训 14 触发器的测试及应用	272
第十四章 时序逻辑电路	277
14.1 概述	277
14.1.1 时序逻辑电路的特点	277
14.1.2 时序逻辑电路的分类	277
14.2 时序逻辑电路的分析	278
14.2.1 时序逻辑电路分析举例	278
14.3 计数器	280
14.3.1 概述	280
14.3.2 集成计数器	280
14.3.3 由集成计数器构成 N 进制计数器	287
14.4 寄存器	291
14.4.1 基本寄存器	292
14.4.2 移位寄存器	293
14.4.3 寄存器的应用	296
本章小结	300
习题十四	300
实训 15 计数器的设计及应用	307
第十五章 脉冲信号的产生与整形	311
15.1 多谐振荡器	311
15.1.1 RC 环形多谐振荡器	311
15.1.2 CMOS 多谐振荡器	312

15.1.3 石英晶体多谐振荡器.....	312
15.1.4 多谐振荡器的应用.....	313
15.2 单稳态触发器.....	313
15.2.1 微分型单稳态触发器.....	314
15.2.2 积分型单稳态触发器.....	315
15.2.3 集成单稳态触发器.....	315
15.2.4 单稳态触发器的应用.....	317
15.3 施密特触发器.....	318
15.3.1 用门电路构成的施密特触发器.....	318
15.3.2 集成施密特触发器.....	319
15.3.3 施密特触发器的应用.....	320
15.4 555 集成定时器.....	321
15.4.1 555 集成定时器内部电路.....	321
15.4.2 由 555 定时器构成的多谐振荡器.....	322
15.4.3 由 555 定时器构成的单稳态触发器.....	323
15.4.4 由 555 定时器构成的施密特触发器.....	324
本章小结.....	324
习题十五.....	325
实训 16 脉冲信号产生电路的测试.....	327
实训 17 555 时基电路的应用.....	329
实训 18 数字时钟综合测试.....	332
第十六章 数模和模数转换.....	335
16.1 概述.....	335
16.2 D/A 转换器.....	335
16.2.1 D/A 转换器的基本原理.....	335
16.2.2 D/A 转换器的构成.....	336
16.2.3 集成 D/A 转换器及其应用.....	339
16.3 A/D 转换器.....	339
16.3.1 A/D 转换器的基本原理.....	339
16.3.2 A/D 转换器的构成.....	341
16.3.3 集成 A/D 转换器及其应用.....	346
本章小结.....	348
习题十六.....	348
实训 19 A/D 转换的应用.....	350
实训 20 温度显示及控制电路.....	352

上 篇

模拟电子技术

绪 论

本篇主要介绍以模拟信号为输入信号的相关电路及应用。掌握模拟电子技术应当熟练掌握常用半导体器件的功能及使用方法,加强实践环节教学、学好模拟电子技术的关键是要多动手制作一些实用的电子产品。

本篇选用扩音机作为核心实训项目。

扩音机是应用非常广泛的一种电子设备。影剧院、会场要用扩音机,家庭影院、有源音箱、便携式高音喇叭等设备的核心都是扩音机。扩音机工作过程及结构框图如图 XL1-1 所示。

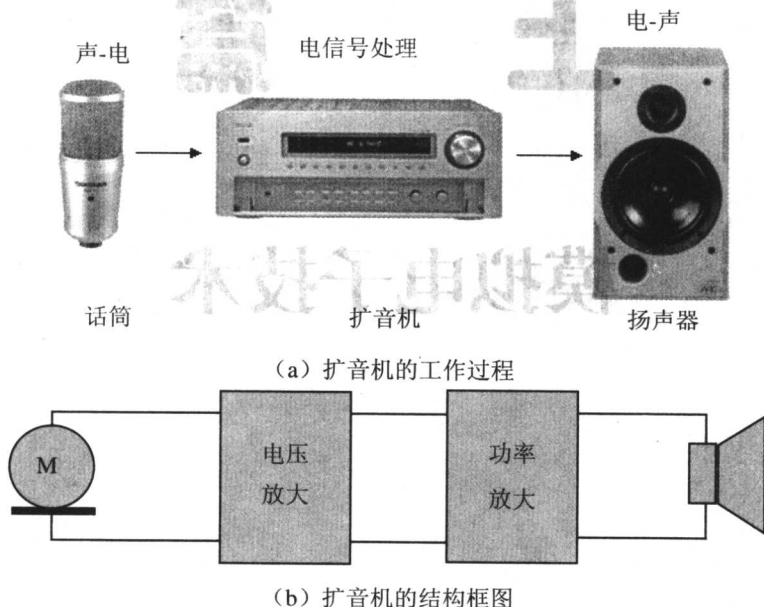


图 XL1-1 扩音机工作过程及结构框图

话筒(麦克风)的作用是将声音转换成电信号,扬声器(喇叭)是将电信号转换为声音,动圈式话筒与扬声器可以用相同的结构实现,如图 SL1-2 所示。音圈在环形磁铁的强磁场中,可以随振膜一起左右运动。当声波推动振膜运动时,音圈切割磁力线产生相应的感应电动势(电信号),这是话筒;当音圈中通过被放大的反映声音变化特点的电流时,音圈受力左右移动,将电信号转化为空气的振动(声音),这就成了扬声器。

话筒将声音转换成微弱的对应变化的电信号,经前置放大器(电压放大)放大,再经功率放大器获得大功率的电信号,推动扬声器还原为强大的声音信号。

另外,电子电路的元器件从电子装置制造的角度出发,大多数都采用印制电路,扩音机也不例外。印制电路就是将电子电路本身印刷为线路,它是构筑电子电路的基石,印制电路的制造过程如图 SL1-3 所示。

业余制作印制电路板一般有雕刻法、手工描绘法、帖图法、感光法和热转印法等多种方法,由于篇幅所限,这里仅仅为电子爱好者详细介绍热转印法制作印制电路板的过程,以方便电子爱好者自己制作印制电路板。

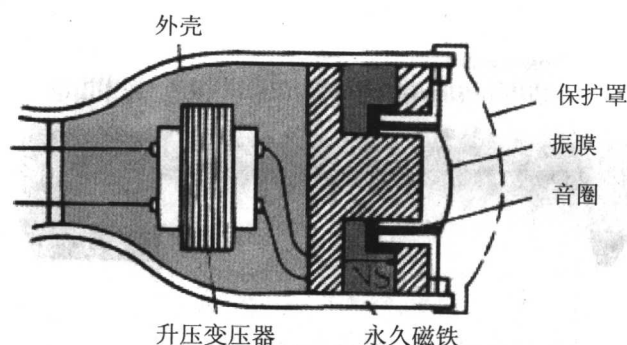


图 SL1-2 动圈式话筒的结构示意图

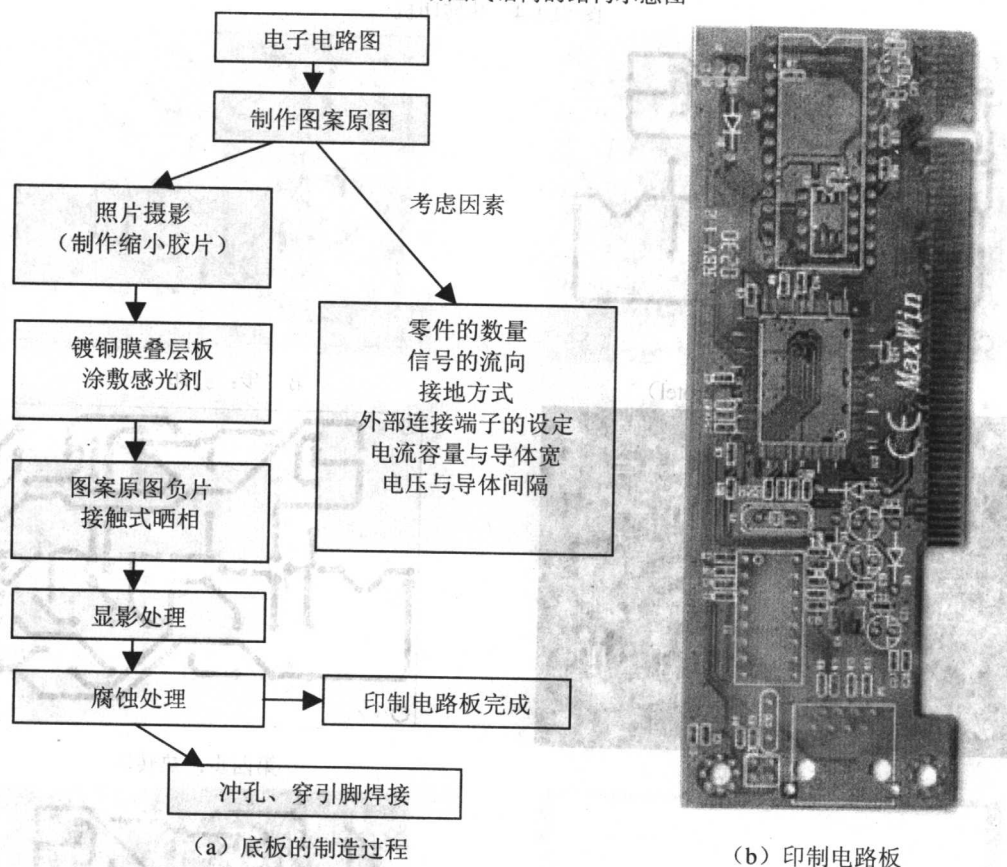


图 SL1-3 印制电路板的制造过程

热转印法制作印制电路板的基本步骤是：首先使用激光打印机，将设计好的 PCB 铜铂图形打印到热转印纸上，再将热转印纸紧贴在覆铜板（需要打磨干净）的铜铂面上，并用透明胶布粘牢，以避免错位；然后送入热转印机（如图 SL1-4 所示）以适当的温度加热，转印纸上原先打印上去的图形（其实是碳粉）就会受热熔化，并转移到铜铂面上，形成腐蚀保护层；然后，将转印后的覆铜板放入三氯化铁溶液里面进行腐蚀，被碳粉遮盖的部分就被保留下来，不要的部分被腐蚀掉；最后经过清洗、打磨等工序将碳粉去掉，再用电钻钻孔，至此一块漂亮的印制电路板就大功告成。热转印法制作印制电路板的具体过程如图 SL1-5 所示。

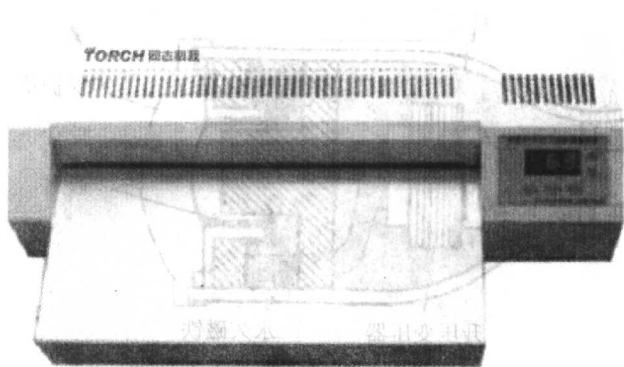
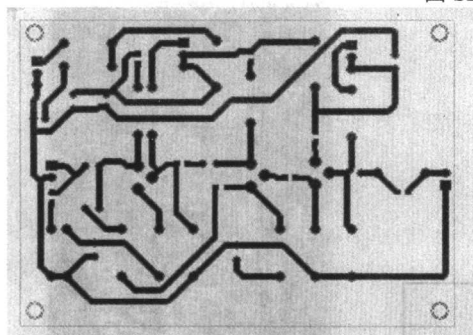
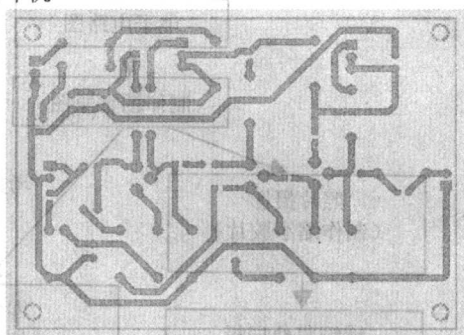


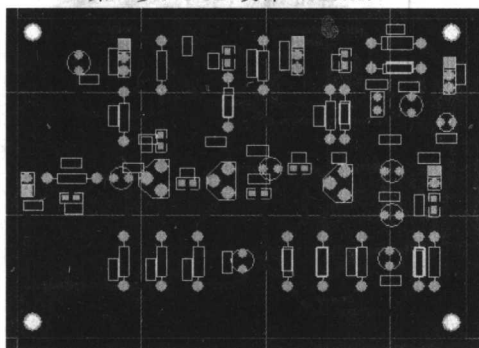
图 SL1-4 热转印机



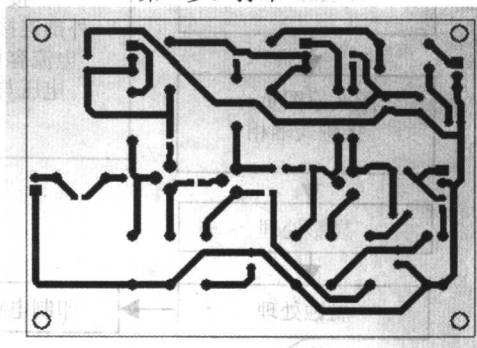
第一步：PCB 设计（Protel）



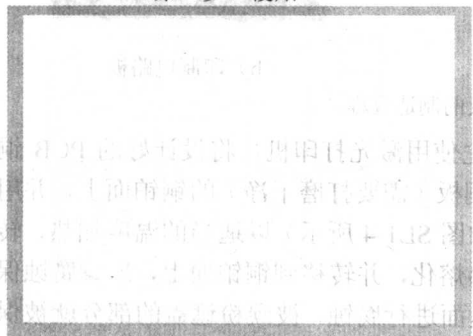
第二步：打印



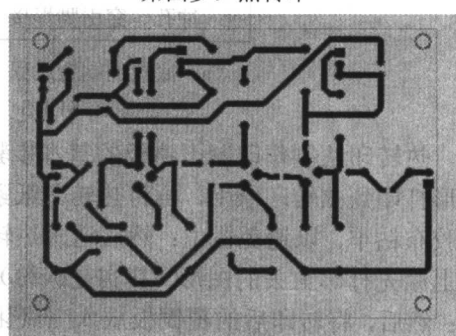
第三步：覆贴



第四步：热转印



第五步：腐蚀



第六步：去除防腐剂（碳粉）

图 SL1-5 热转印法的具体过程

第一章 电子元器件基本知识

【学习目标】

1. 了解半导体的特性及应用;
2. 掌握二极管、三极管及场效应管的基本结构、工作原理及主要参数。

1.1 半导体基本知识

1.1.1 半导体材料

按导电能力可将物质分为导体、绝缘体和半导体。导体在常温下,其内部就有大量可以自由移动的带电粒子,因此具有良好的导电性,例如:铜、铝、银、铁等就是导体。绝缘体内几乎没有可以自由移动的带电粒子,因此几乎不能导电,例如:橡胶、陶瓷、云母、塑料等就是绝缘体。所谓半导体是指导电能力介于导体和绝缘体之间的一种物质。电子设备中应用最普遍的半导体器件(如晶体二极管、晶体三极管、集成电路等)就是由半导体材料制成的。常用的半导体材料有元素半导体,如硅(Si)、锗(Ge)等;化合物半导体,如砷化镓(GaAs)等;以及掺杂或制成其他化合物半导体材料,如硼(B)、磷(P)、铟(In)和锑(Sb)等。

用半导体材料制作电子元器件,不是因为它的导电能力介于导体和绝缘体之间,而是由于其导电能力会随温度、光照或掺入杂质的多少发生显著的变化,这就是半导体材料的热敏性、光敏性和杂敏性。

1.1.2 半导体的共价键结构

在电子元器件中,目前用得最多的半导体材料是硅和锗,它们的简化原子结构模型如图1-1所示。

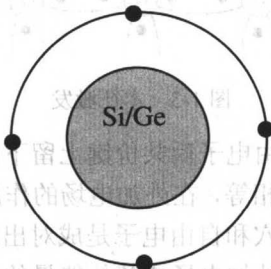


图 1-1 硅或锗的简化原子结构模型

硅和锗都是四价元素,在其最外层原子轨道上具有四个电子,称为价电子。由于原子呈中性,故在图中原子核用带圆圈的+4符号表示。半导体与金属和许多绝缘体一样均具有晶体结构,其原子按一定的规则整齐地排列,邻近原子之间由共价键连接,其晶体结构示意图如图1-2所示。