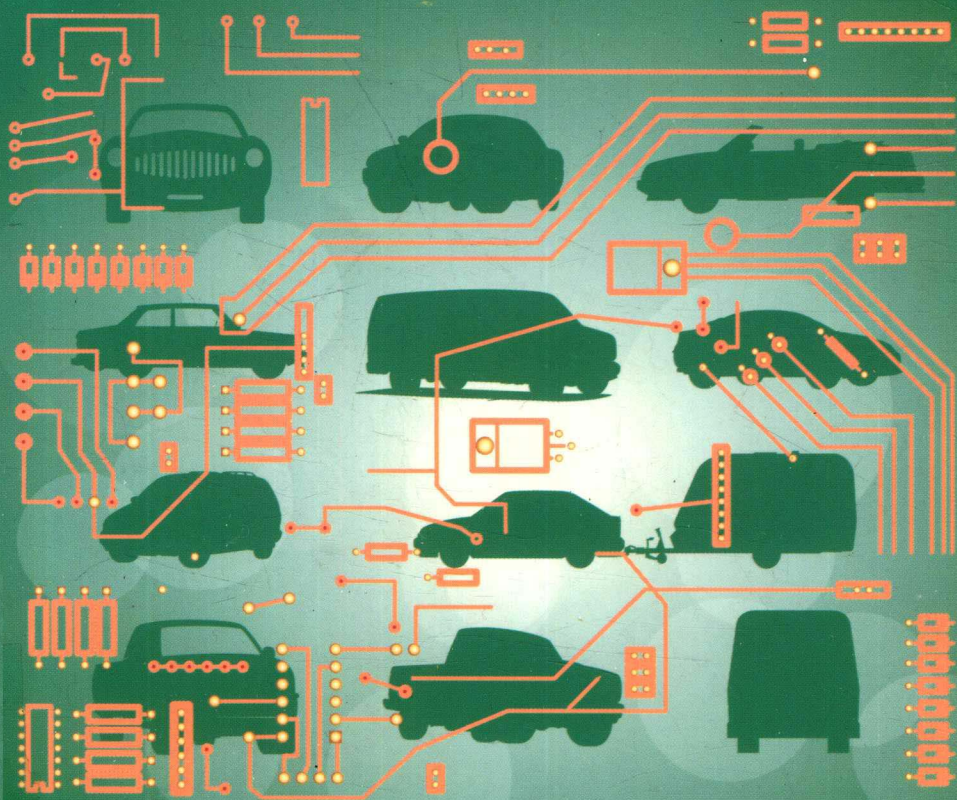


国家示范性高等职业院校成果教材·汽车电子技术系列

# 汽车电子产品工艺

孙晓莉 主编 张亚琛 副主编



清华大学出版社

国家示范性高等职业院校成果教材·汽车

# 汽车电子产品工艺

孙晓莉 主编 张亚琛 副主编



清华大学出版社  
北京

# 目录

第 1 章 电路设计软件介绍 .....	1
1.1 印制电路板基本概念 .....	1
1.1.1 印制电路板的发展历史 .....	1
1.1.2 印制电路板的分类 .....	2
1.1.3 印制电路板的作用与优点 .....	4
1.2 电路设计软件 Protel DXP 的发展与概述 .....	5
1.2.1 Protel DXP 的发展 .....	5
1.2.2 Protel DXP 2004 概述 .....	5
1.3 电路设计软件应用实例 .....	6
1.3.1 创建项目文件 .....	7
1.3.2 放置元器件 .....	7
1.3.3 原理图输入 .....	8
思考与复习题 .....	10
第 2 章 电子元器件的检测工艺 .....	11
2.1 电阻器的识别与检测 .....	11
2.1.1 电阻器的类型 .....	11
2.1.2 电阻器的主要参数 .....	13
2.1.3 电位器 .....	16
2.1.4 电阻(位)器的测试 .....	17
2.2 电容器的识别与检测 .....	18
2.2.1 电容器的型号命名法 .....	19
2.2.2 电容器的主要参数 .....	20
2.2.3 常见电容器的类型与选用原则 .....	22
2.2.4 电容器的检测 .....	24
2.3 电感 .....	25
2.3.1 电感器 .....	25

2.3.2	变压器的类型及其主要参数 .....	28
2.3.3	电感器和变压器的测量方法 .....	30
2.4	半导体分立器件的识别与检测 .....	31
2.4.1	国产半导体器件型号命名法 .....	32
2.4.2	半导体二极管 .....	33
2.4.3	晶体管 .....	35
2.5	表面安装元件和材料 .....	38
2.5.1	表面安装元件 .....	38
2.5.2	表面安装的其他材料 .....	47
	思考与复习题 .....	48
<b>第3章</b>	<b>焊接工艺 .....</b>	<b>49</b>
3.1	焊接的基本知识 .....	49
3.1.1	焊接的分类及特点 .....	49
3.1.2	焊接机理 .....	51
3.1.3	焊点形成的必要条件 .....	53
3.2	焊料及焊剂 .....	54
3.2.1	焊料 .....	54
3.2.2	焊剂 .....	57
3.2.3	阻焊剂 .....	59
3.3	手工焊接 .....	60
3.3.1	焊接工具 .....	60
3.3.2	手工焊接工艺 .....	62
3.4	自动焊接技术 .....	67
3.4.1	浸焊 .....	67
3.4.2	波峰焊 .....	71
3.4.3	自动焊接工艺 .....	73
3.5	表面安装技术 .....	74
3.5.1	表面安装技术的特点 .....	74
3.5.2	自动 SMT 表面贴装设备 .....	74
	思考与复习题 .....	77
<b>第4章</b>	<b>电子产品装配工艺 .....</b>	<b>78</b>
4.1	装配工艺概述 .....	78

4.1.1 组装的内容和方法 .....	78
4.1.2 组装工艺技术的发展 .....	80
4.1.3 整机装配工艺 .....	81
4.2 装配的连接和组装工艺 .....	83
4.2.1 整机的机械安装 .....	83
4.2.2 印制电路板的组装 .....	94
4.2.3 整机总装的工艺过程 .....	100
思考与复习题 .....	103

# 第 1 章

## 电路设计软件介绍

### 1.1 印制电路板基本概念

#### 1.1.1 印制电路板的发展历史

印制电路板(PCB)最初是为了方便安装分立电子元器件、减少过多连接线而设计的一种代替电子电路连接线的安装基板。随着各种电子设备元器件向小型化和高密度化发展,手工连接线的方武已基本被淘汰,所有电子元器件都开始采用印制电路板。由于电路板是用预先设计好的电路通过照相制版的方法在覆有铜箔的基板上制成的,所以简称为印制电路板,如图 1-1 所示。

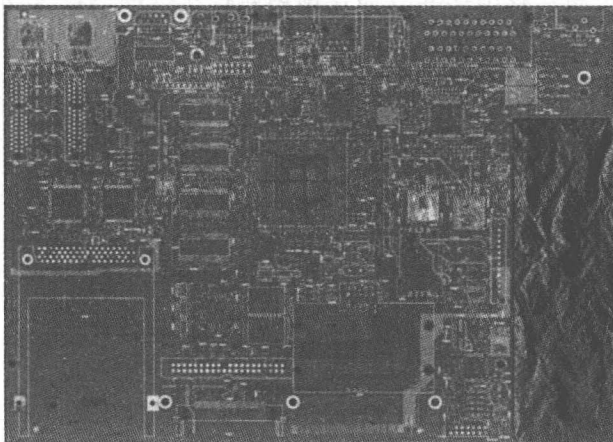


图 1-1 印制电路板

关于印制电路板的构思早在 1936 年就有人提出过,但采用的是加成法,即将铜线布置在基板上,方便电子元器件的连接,用来制作无线电接收机。

20 世纪 50 年代,出现了单面印制电路板,制造方法是使用覆铜箔纸基酚醛树脂层压板(PP 基材),用化学药品溶解除去不需要的铜箔,留下的铜箔成为电路,称为减成法工艺。一些品牌制造工厂用此工艺制作印制电路板,以手工操作为主,腐蚀液是三氯化铁,溅到衣服上就会变黄。当时应用印制电路板的代表性产品手提式晶体管收音机,就采用了 PP 基材的单面印制电路板。

20 世纪 60 年代,出现了应用覆铜箔玻璃布环氧树脂层压板(GE 基材)的印制板专用材料,使印制电路板的应用和生产进入了产业化阶段。1965 年开始出现商品化批量生产 GE 基板,工业用电子设备用 GE 基板、民用电子设备用 PP 基板已成为业内的常识。

进入 20 世纪 70 年代,印制电路板技术有了很大进步。这个时期的印制电路板从 4 层向 6、8、10、20、40、50 层甚至更多层发展,同时实行高密度化(细线、小孔、薄板化)电路,宽度与间距从 0.5mm 向 0.35mm、0.2mm、0.1mm 发展,印制电路板单位面积上布线密度大幅提高。

60 多年来,印制电路板的变化反映了电子技术的高速发展。自 1947 年发明半导体晶体管以来,电子设备的形态经历了由大型、大体积向小型、小体积再向迷你型和微型化发展的历程。半导体器件也由低功率、分立晶体管向高集成度发展,开发出了各种高性能和更高集成度的 IC。

进入 21 世纪,电子技术设备在向高密度化、小型化和轻量化发展的同时,将向高智能化产品发展。主导 21 世纪的创新技术将是“纳米技术”和各种智能机器人技术。这些新技术将会带动电子元器件的研究开发,从而进一步促进电子电镀技术的进步。

### 1.1.2 印制电路板的分类

印制电路板的分类方法比较多,主要有以下几种。

#### 1. 按基板材料分类

纸质敷铜板:这种板价格低廉,但性能较差,可用于低频电路和要求不高的场合。

玻璃布敷铜板:这种板价格较贵,但性能较好,常用于高频电路和高档家电产品中。

扰性塑料敷铜板:这种板能够承受较大的变形。

## 2. 按结构分类

单面印制电路板(简称单面板)是一种一面敷铜,另一面没有敷铜的电路板,如图 1-2 所示。只可在它敷铜的一面布线和焊接元器件。单面板结构比较简单,制作成本较低。但是对于复杂的电路,由于只能一个面上走线,并且不允许交叉,单面板布线难度很大,布通率往往较低,因此通常只在电路比较简单时才采用单面板布线。

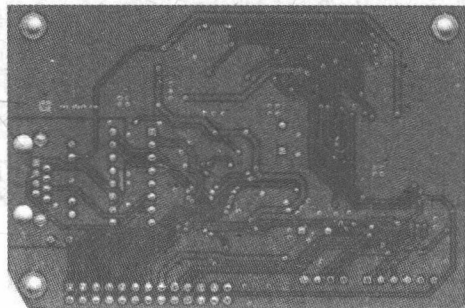


图 1-2 单面板

双面板印制电路板(简称双面板)是一种包括顶层(top layer)和底层(bottom layer)的电路板。顶层一般为元器件面,底层一般为焊接面。双面板两面都敷上了铜箔,因此 PCB 中两面板都可以布线,并且可以通过导孔在不同工作层中切换走线,相对于多层板而言,双面板制作成本不高,对于一般的应用电路,在给定的面积时通常都能全部布通,因此目前一般的印制电路板都是双面板,如图 1-3 所示。

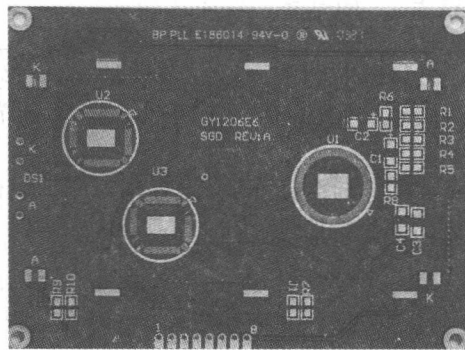


图 1-3 双面板



多层印制电路板(简称多层板)就是具有多个工作层面的电路板,如图 1-4 所示。最简单的多层板有 4 层,通常是在 top layer 和 bottom layer 中间加上了电源层和地线层。通过这样的处理,可以最大限度地解决电磁干扰问题,提高系统的可靠性,同时也可以提高布通率,缩小 PCB 的面积。

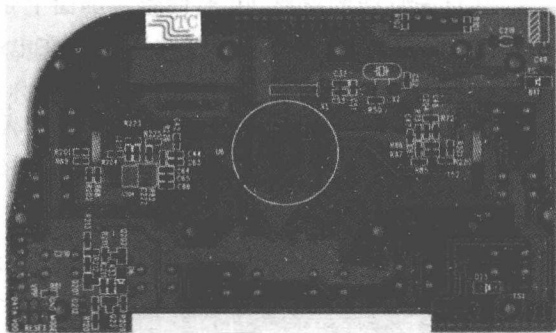


图 1-4 多层板

### 1.1.3 印制电路板的作用与优点

#### 1. 印制电路板的作用

在电子设备中,印制电路板通常起以下三方面作用:

- (1) 对电路中的各种元器件提供必要的机械支撑;
- (2) 提供电路的电气连接;
- (3) 用标记符号把板上所安装的各个元器件标注出来,便于插件、检查及调试。

#### 2. 印制电路板的优点

(1) 具有重复性。一旦电路板的布线经过验证,就不必再为制成的每一块板上的互联是否正确进行逐个检验,因为所有板的连线与样板一致。这种方法适合于大规模工业化生产。

(2) 板的可预测性。设计师通常按照“最坏情况”的设计原则来设计印制导线的长、宽、间距及选择印制电路板的材料,以保证最终产品能通过试验条件。虽然该方法不一定能准确地反映印制电路板及元器件使用的潜力,但可以保证最终产品测试的废品率很低,并可大大简化印制电路板的设计。

(3) 所有信号都可从导线的任一点沿直线进行测试,而不会产生因导线接触而引起短路的危险。

(4) 印制电路板的焊点可以在一次焊接过程中将大部分焊完。现代焊接方

法主要使用的是浸焊和波峰焊,这样可以保证高速、高质量地完成焊接工作,减少虚焊、漏焊,从而降低电子设备的故障率。

## 1.2 电路设计软件 Protel DXP 的发展与概述

### 1.2.1 Protel DXP 的发展

从 20 世纪 80 年代开始,计算机应用进入了各个领域。20 世纪 80 年代末,由美国 Accel Technologies Inc. 推出了第一个应用于电子电路设计的软件包——TANGO,这个软件包在当时给电子电路设计带来了设计方法和方式的革命,人们开始用计算机来设计电子电路。但 TANGO 在应用中逐渐显示出其不适应时代发展需要的弱点,这时 Altium (前称 Protel International Limited) 公司以其强大的研发能力推出了 Protel for DOS 作为 TANGO 的升级版本。从此 Protel 开始出现在 PCB 设计的历史舞台,并日益显示其强大的生命力。

随后,Windows 操作系统开始流行,许多应用软件开始支持 Windows 操作系统。Altium 公司相继推出了 Protel for Windows 1.0、Protel for Windows 1.5 等版本。这些版本的可视化功能给用户设计电子电路带来了很大的方便,设计者再也不用记一些烦琐的命令,同时也让用户体会到了资源共享的乐趣。

随着 Windows 95 的出现,Altium 公司也紧跟潮流,推出了 Protel 3. x。这个版本加入了新颖的主从式结构,但在自动布线方面却没有出什么出众的表现。另外,这个版本是 16 位和 32 位混合型软件,所以也不太稳定。

1998 年,Altium 公司推出了给人以全新感觉的 Protel 98。Protel 98 以其出众的自动布线能力获得了业内人士的一致好评。

1999 年,Altium 公司又推出了最新一代的电子电路设计系统——Protel 99。在 Protel 99 中加入了许多全新的特色。

2002 年,Altium 公司重新设计了 Design Explorer(DXP)平台,随着 Protel DXP 的上市,出现了第一个在新 DXP 平台上使用的产品。Protel DXP 是 EDA 行业内第一个可以在单个应用程序中完成所有板设计处理的工具。

### 1.2.2 Protel DXP 2004 概述

Protel DXP 2004 主要由以下四部分组成:

- (1) 原理图设计系统,用于电路原理图的设计;
- (2) PCB 设计系统,用于 PCB 的设计;

(3) FPGA 系统,用于可编程逻辑器件的设计;

(4) 电子电路仿真系统,用于对电子电路模拟仿真设计。

Protel DXP 2004 将原理图编辑、PCB 图绘制及打印等功能有机结合在一起,形成了一个集成的开发环境。在这个环境中,原理图编辑就是电子电路的原理图设计,是通过原理图编辑器来实现的。原理图编辑器为用户提供高速、智能的原理图编辑手段,由它生成的原理图文件可以为印制电路板的制作做准备工作。

### 1.3 电路设计软件应用实例

单片机实验板是学习单片机的必备工具之一。一般初学者在学习 51 单片机时,都要利用单片机实验板来学习编程。图 1-5 就是一个实验板的电路图。

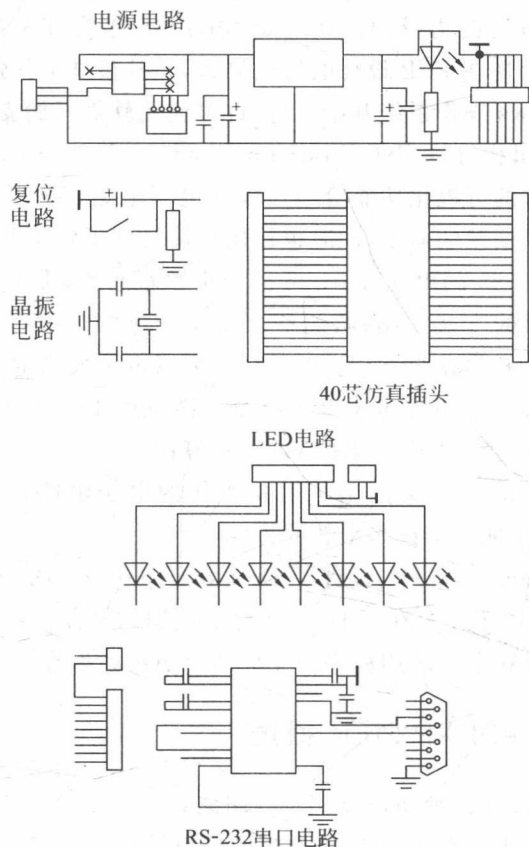


图 1-5 单片机实验板电路

图 1-5 的实验板由晶振电路、电源电路、LED 电路等组成,能够完成流水灯试验、串口通信等经典的单片机实验。

### 1.3.1 创建项目文件

在菜单栏中选择 File→New→PCB Project 命令,然后选择 File→Save Project As 命令,将文件保存为 MCUE.PrjPcb。再选择 File→New→Schematic 命令,并将其命名为新的原理图文件 MCUE.SchDoc,如图 1-6 所示。

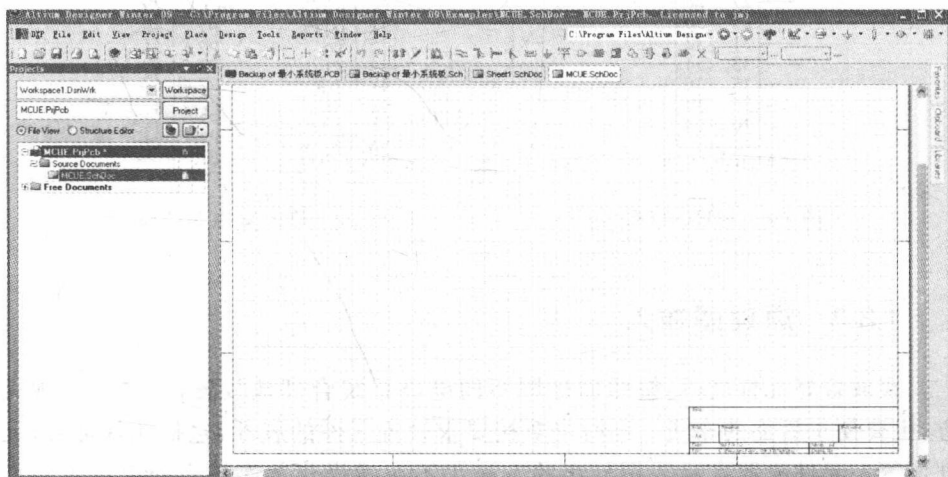


图 1-6 新建 MCUE 项目文件

### 1.3.2 放置元器件

在通用元件库 Miscellaneous Devices.IntLib 中选择发光二极管 LED、电阻 Res、晶振 XTAL、电容 Cap、开关 SW 等所需的电子元器件,如图 1-7 所示。

如果是在已有的库中没有的元件,就需要自己设计了,例如 MCU51。先要在元件库 Miscellaneous Connectors.IntLib 中选择与 MCU51 封装形式相同的 MHDR2X20,如图 1-8 所示,通过属性编辑,可以设计成所需要的 MCU51 芯片,如图 1-9 所示。

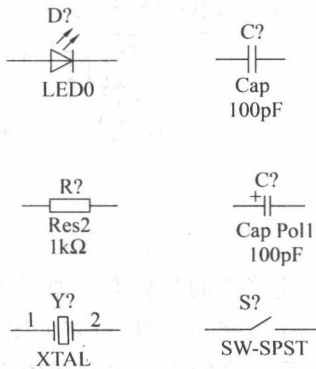


图 1-7 放置元器件

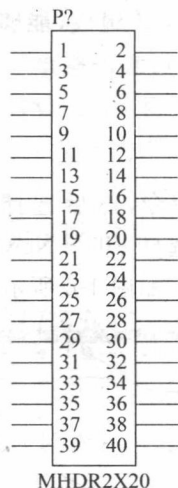


图 1-8 MHDR2X20

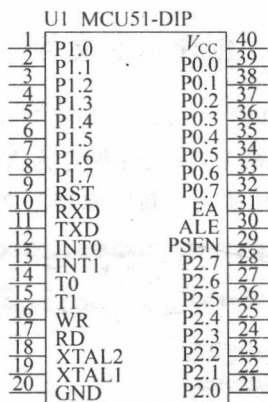


图 1-9 修改后的 MCU51

### 1.3.3 原理图输入

在放置好元件之后,按照原理图不同电路系统合理地放置,不仅要美观大方,也要便于后面的布线。同时也要按要求设置元件的属性,包括元件标号、元件值等。元件放置之后采用分块的方法手工布线操作。连接完的电源电路如图 1-10 所示。

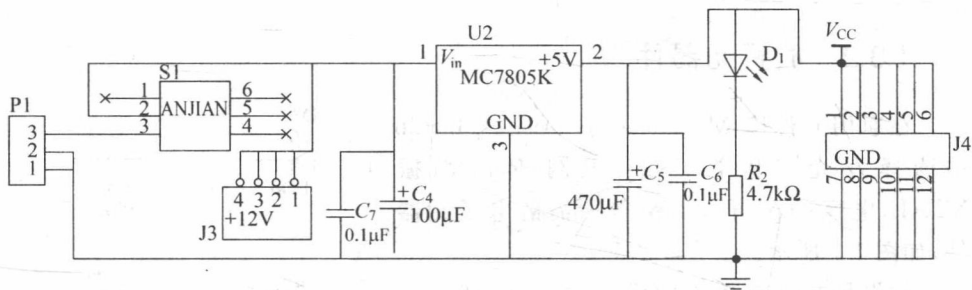


图 1-10 电源电路

连接完的晶振电路如图 1-11 所示。

连接完的 LED 电路如图 1-12 所示。

连接完的串口电路如图 1-13 所示。

完整的电路如图 1-5 所示。

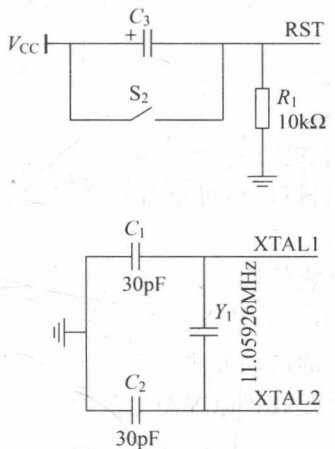


图 1-11 晶振电路

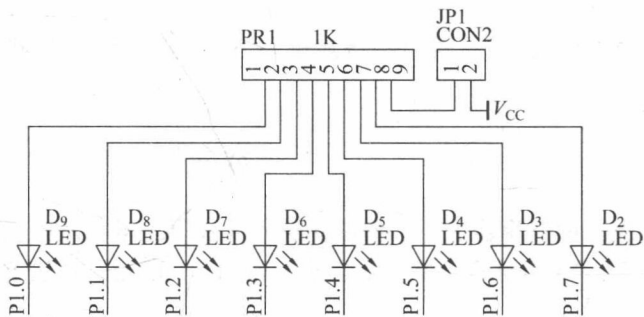


图 1-12 LED 电路

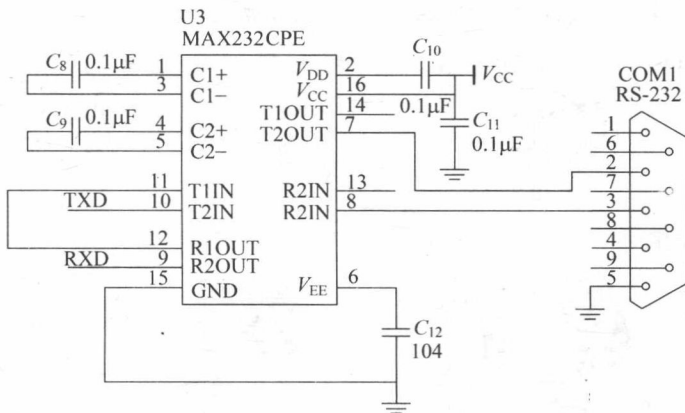


图 1-13 串口电路

## 思考与复习题

1. 印制电路板按基板材料分,可以分为哪几种?按结构分,可以分为哪几种?各自有什么特点?
2. 简述使用印制电路板的特点。
3. Protel DXP 2004 有什么特点?
4. 简述原理图编辑器的启动方法。
5. 如何通过库文件面板放置原理图元器件?

# 第 2 章

# 电子元器件的检测工艺

## 2.1 电阻器的识别与检测

电阻器(简称电阻)是在电子电路用得最多的元件之一,在电路中起着限流和分压的作用。

### 2.1.1 电阻器的类型

电阻器从结构上可分为固定电阻器和可变电阻器两大类,常见电阻器的外形和图形符号如图 2-1 所示。电阻器的文字符号用大写字母“R”表示。

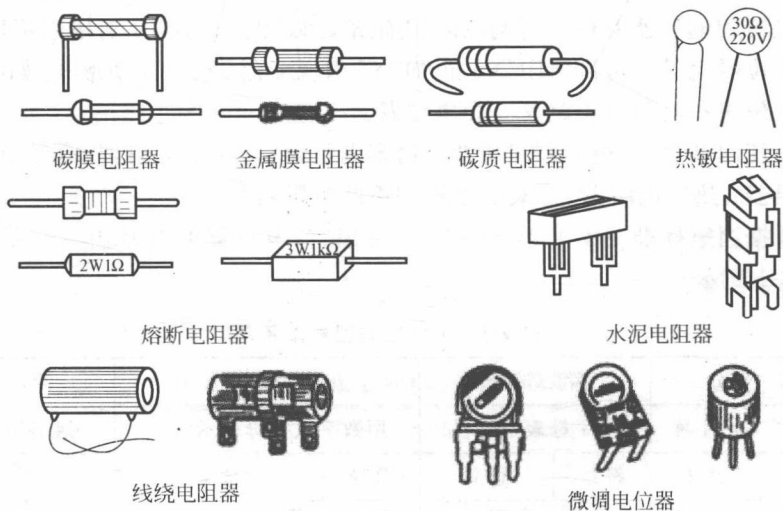


图 2-1 常见电阻器外形和图形符号



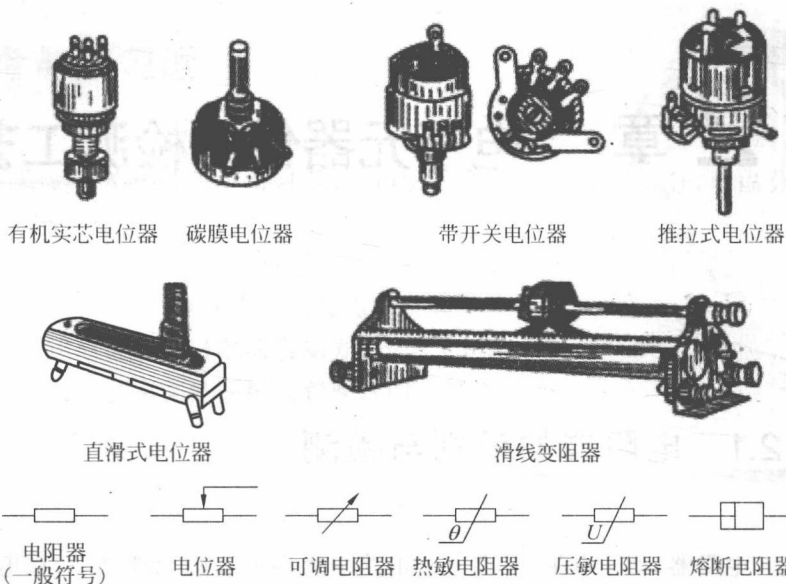


图 2-1(续)

固定电阻器的阻值是固定不变的,阻值的大小即为它的标称阻值。固定电阻器按其材料的不同可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器和线绕电阻器等。

可变电阻器的阻值可以在一定的范围内调整,它的标称阻值是最大值,其滑动端到任意一个固定端的阻值在 0 和最大值之间连续可调。可变电阻器分为可调电阻器和电位器两种。可调电阻器有立式和卧式之分,分别用于不同的电路中。电位器就是在可调电阻器上再加一个开关,做成同轴联动形式,如收音机中的音量旋钮和电源开关就是一个电位器。

按使用场合分,电阻器可分为:精密电阻器、大功率电阻器、高频电阻器、高压电阻器、热敏电阻器、光敏电阻器和熔断电阻器等。

根据国家标准 GB/T 2470—1995 的规定,电位器的型号由 4 部分组成,如表 2-1 所示。

表 2-1 电位器的型号命名方法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	意义
R	电阻器	T	碳膜	1,2	普通	包括: 额定功率
		H	合成膜	3	超高频	