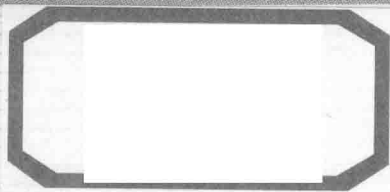


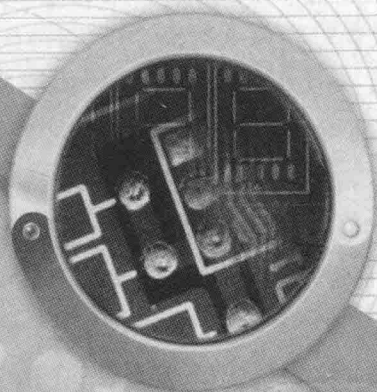


“十三五”高等职业教育专业核心课程规划教材·电气大类



PCB设计与制作

主编 王传清 副主编 廖维国



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

前言

随着电子技术的快速发展,越来越复杂的电子电路对电子设计自动化 EDA(Electronic Design Automatic)技术提出了更高的要求,EDA 技术设计思想已渗透到中小型企业及各大中专院校之中,各种 EDA 软件如雨后春笋般蓬勃发展。其中 Protel DXP 2004 就是一套建立在 PC 环境下的 EDA 电路集成系统,它将电路原理图设计、PCB 板设计、电路仿真和 PLD 设计等多个实用工具组合起来构成 EDA 工作平台,是目前非常流行的 CAD 软件。

本书内容组织以实际电子产品的 PCB 设计为最终目标,注重实践,以模块化结构,将完成电子产品 PCB 设计的工作过程整合成工作任务。本书采用任务驱动教学,提出“任务目标”,设计出“任务单”,在完成工作任务的过程中,突出工艺要领和操作技能的培养,要求学生从资讯、决策与计划、实施、检查等方面开放学习。全书重点突出、内容丰富、实用性强,采用了大量的实物图片,理论联系实际,案例由浅入深,逐步提高读者的设计能力和操作水平。

全书共分为 5 个学习情景,分别介绍了 PCB 制作工艺基础、三端直流稳压电源 PCB 板的设计、多路数据采集系统 PCB 板的设计、电动车防盗报警摇控板的 PCB 设计、Protel 2004 电路仿真。总学时建议为 64 学时,其中讲授与实践各占 32 学时,建议采用理实一体化进行教学。

本书由陕西航空职业技术学院王传清担任主编并负责制定编写教学大纲和统稿,学习情景 1 由刘晓春、崔保记编写,学习情景 2 由廖维国编写,学习情景 3 由王传清编写,学习情景 4 由李玲编写,学习情景 5 由田平编写。

本书在编写过程中,得到了编者所在单位的各级领导的支持与帮助,在此表示感谢。同时也对书后所列参考文献和书籍的各位作者表示深深的谢意。

由于时间仓促和编者水平有限,在本书编写过程中可能会存在一些不足与疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

2016 年 8 月

目 录

学习情境 1 PCB 制作工艺基础	(1)
任务 1.1 PCB 基础知识的认知	(1)
1.1.1 任务目标	(1)
1.1.2 PCB 概述	(1)
1.1.3 PCB 组成要素	(5)
1.1.4 任务单	(16)
任务 1.2 PCB 设计规范与制作工艺的认知	(17)
1.2.1 任务目标	(17)
1.2.2 PCB 设计规范	(18)
1.2.3 PCB 制作工艺	(24)
1.2.4 常见 PCB 设计软件介绍	(32)
1.2.5 任务单	(33)
学习情境 2 三端直流稳压电源 PCB 板的设计	(36)
任务 2.1 Protel 2004 基础	(36)
2.1.1 任务目标	(36)
2.1.2 Protel 2004 的安装	(36)
2.1.3 Protel 2004 的资源用户定制	(40)
2.1.4 Protel 2004 的环境参数设置	(45)
2.1.5 Protel 2004 的启动和关闭	(49)
2.1.6 Protel 2004 的主窗口介绍	(49)
2.1.7 Protel 2004 的文件管理	(51)
2.1.8 Protel 2004 的设计流程	(52)
2.1.9 任务单	(53)
任务 2.2 三端直流稳压电源原理图设计	(55)
2.2.1 任务目标	(55)
2.2.2 原理图设计基础	(55)
2.2.3 原理图参数设置	(55)
2.2.4 加载元件库,放置、编辑原理图基本图元	(65)
2.2.5 原理图的美化和完善	(80)

2.2.6	原理图电气检查及生成各种报表	(81)
2.2.7	操作要点	(88)
2.2.8	任务单	(97)
任务 2.3	三端直流稳压电源单面 PCB 的设计	(100)
2.3.1	任务目标	(100)
2.3.2	新建 PCB 文件并规划电路板	(100)
2.3.3	PCB 参数的设置	(106)
2.3.4	使用 Wiring、Utilities 工具栏	(109)
2.3.5	导入元件封装与网络	(112)
2.3.6	元件布局	(115)
2.3.7	设置 PCB 设计规则	(120)
2.3.8	电路板布线	(128)
2.3.9	电路板高级处理	(130)
2.3.10	任务单	(133)
学习情境 3	多路数据采集系统 PCB 板的设计	(136)
任务 3.1	多路数据采集系统原理图设计	(136)
3.1.1	任务目标	(136)
3.1.2	层次原理图的设计方法	(136)
3.1.3	单片机多路数据采集系统层次性原理图设计任务	(137)
3.1.4	原理图元件库的制作	(141)
3.1.5	创建 PCB 元件封装	(149)
3.1.6	自上而下设计单片机多路数据采集系统原理图	(160)
3.1.7	单片机多路数据采集系统原理图电气连接检查	(167)
3.1.8	任务单	(167)
任务 3.2	多路数据采集系统双面 PCB 板设计	(169)
3.2.1	任务目标	(169)
3.2.2	新建 PCB 文件并绘制电路板边框	(169)
3.2.3	PCB 参数的设置	(175)
3.2.4	导入元件封装与网络	(177)
3.2.6	自动布线	(182)
3.2.7	手工修改双面板导线	(187)
3.2.8	电路板高级处理	(190)
3.2.9	DRC 检查和违规错误排除	(195)
3.2.10	任务单	(195)

学习情境 4 电动车防盗报警器遥控板的 PCB 设计	(198)
任务 4.1 电动车防盗报警器遥控板原理图设计	(198)
4.1.1 任务目标	(198)
4.1.2 产品介绍	(198)
4.1.3 原理图元件设计与绘制	(199)
4.1.4 元件封装的设计与绘制	(206)
4.1.5 电动车防盗报警器原理图的绘制	(212)
4.1.6 任务单	(215)
任务 4.2 电动车防盗报警器双面异形 PCB 板设计	(217)
4.2.1 任务目标	(217)
4.2.2 电路板尺寸要求	(217)
4.2.3 电路板工艺要求	(218)
4.2.4 新建 PCB 文件及规划电路板	(219)
4.2.5 导入元件封装与网络	(225)
4.2.6 PCB 布局	(226)
4.2.7 PCB 设计规则设置	(227)
4.2.8 电路板布线	(232)
4.2.9 电路板补泪滴	(234)
4.2.10 DRC 检查和违规错误排除	(236)
4.2.11 任务单	(237)
学习情境 5 Protel 2004 电路仿真	(240)
任务 5.1 Protel 2004 仿真基本知识	(240)
5.1.1 任务目标	(240)
5.1.2 Protel 2004 仿真基本知识要点	(240)
5.1.3 仿真元件及参数设置操作要点	(242)
5.1.4 任务单	(244)
任务 5.2 Protel 2004 电路仿真案例分析	(245)
5.2.1 任务目标	(245)
5.2.2 Protel 2004 仿真案例知识要点	(246)
5.2.3 任务单	(252)
参考文献	(255)

学习情境 1 PCB 制作工艺基础

任务 1.1 PCB 基础知识的认知

1.1.1 任务目标

知识能力:熟悉 PCB 的基本概念、基本组成、板层结构划分、设计流程和组成要素的特点,了解常用元件的封装技术以及 Protel 软件中的封装形式。

技能能力:掌握 PCB 的板层结构识别、工艺流程以及各组成要素的识别技巧和特征描述;掌握常用元件的识别及分类。

社会能力:训练学生工程意识和良好的劳动纪律观念,培养学生认真做事、用心做事的态度。

1.1.2 PCB 概述

所谓印制电路板,也称印制线路板(Printed Circuit Board,简称 PCB)。它是指在绝缘基材上,按预先设计,制成的一定尺寸板,在其上面至少有一个导电图形或印制元件以及所设计好的孔,以实现元器件之间的电气互连,它的发明者是奥地利人保罗·爱斯勒(Paul Eisler)。它的主要功能是使各种电子零件组件形成预定电路的连接,起中继传输的作用,是电子产品的关键电子互连件,有“电子产品之母”之称。印制电路板作为电子零件装载的基板和关键互连件,是任何电子设备或产品不可缺少的配备。其旗下产业涵盖的范围相当广泛,除了一般消费性电子产品,也涉及到信息、通信、医疗、甚至航天科技产品等领域。随着科学技术的发展,各类产品的电子信息化处理需求逐步增强,新兴电子产品不断涌现,使 PCB 产品的用途和市场不断扩展。新兴的 3G 手机、汽车电子、LCD、IPTV、数字电视、计算机等产品的更新换代还将会带来比现在传统市场更大的 PCB 市场。

印制电路板的设计是以电路原理图为根据,实现电路设计者所需要的功能。印刷电路板的设计主要指版图设计,需要考虑外部连接的布局、内部电子元件的优化布局、金属连线和通孔的优化布局、电磁保护、热耗散等各种因素。优秀的版图设计可以节约生产成本,达到良好的电路性能和散热性能。简单的版图设计可以用手工实现,复杂的版图设计需要借助计算机辅助设计(CAD)实现。本书将借助 Protel 2004 设计平台进行 PCB 的设计。

1. PCB 的基本概况

印制电路板(Printed Circuit Board)几乎会出现在每一种电子设备当中。如果在某种设备中有电子零件,那么它们也都是镶在大小各异的 PCB 上。除了固定各种小零件外,PCB 的主要功能是实现各元器件的电气连接。随着电子设备越来越复杂,需要的零件越来越多,PCB 上的线路与零件也越来越密集。

(1) 板子本身的基板是由不易变形的绝缘材质制作而成。在表面可以看到的细小线路材料是铜箔, 原本铜箔是覆盖在整个板子上, 在制造过程中部分通过蚀刻工艺处理掉, 留下来的部分就变成网状的细小线路。这些线路被称做导线(Conductor Pattern)或称印制导线, 并用来提供 PCB 上零件的电路连接。

(2) 为了将零件固定在 PCB 上面, 将元件直接焊在布线上。在最基本的 PCB(单面板)上, 零件都集中在其中一面, 导线则都集中在另一面。这时需要在板子上打孔, 元件接脚才能穿过板子到另一面, 所以零件的接脚是焊在另一面上的。因此, PCB 的正反面分别被称为元件面(Component Side)与焊接面(Solder Side)。

(3) 如果要将两块 PCB 相互连接, 一般会用到俗称“金手指”的边接头(Edge Connector)。金手指上包含了许多裸露的铜垫, 这些铜垫事实上也是 PCB 布线的一部分。通常在连接时, 将其中一片 PCB 上的金手指插进另一片 PCB 上合适的插槽里(一般叫做扩充槽 Slot)。在计算机中, 像是显示卡、声卡或是其他类似的界面卡, 都是借着金手指来与主机板连接的。

(4) PCB 上的绿色或棕色, 是阻焊漆(Solder Mask)的颜色。这层是绝缘的防护层, 可以保护铜线, 也可以防止零件被焊到不正确的地方。在阻焊层上另外会印刷上一层丝网印刷面(Silk Screen)。通常在这上面会印上文字与符号(大多是白色的), 以标示出各零件在板子上的位置。丝网印刷面也被称做图标面(Legend)。

2. PCB 的作用

(1) 提供机械支撑。印制电路板为集成电路等各种电子元器件固定、装配提供了机械支撑。

(2) 实现电气连接或电绝缘。印制电路板实现了集成电路更各种电子元器件之间的布线和电气连接。

(3) 提供所要求的电气特性, 如特性阻抗等。

(4) 其他功能。印制电路板为自动装配提供阻焊图形, 同时也为元器件的插装、检查和维修提供了识别字符和图形。

3. PCB 板层

(1) 单面板(Single-Sided Boards)。在最基本的 PCB 上, 元件集中在其中一面, 导线集中在另一面上。因为导线只出现在其中一面, 所以就称这种 PCB 为单面板。因为单面板在设计线路上有许多严格的限制(因为只有一面, 布线间不能交叉, 而必须绕独自的路径), 它的设计往往比双面板或多层板困难得多。单面板由于成本低、不用打孔而被广泛应用。单面板实例如图 1-1 所示。

(2) 双面板(Double-Sided Boards)。双面板包括顶层(Top Layer)和底层(Bottom Layer), 顶层一般为元件面, 底层一般为焊锡层面, 双面板的两面都可以覆铜, 也都可以布线。双面板的电路一般比单面板的电路复杂, 但布线比较容易, 是制作电路板比较理想的选择。不过双面板必须要在两面间有适当的电路连接才行, 这种电路间的“桥梁”叫做过孔(Via)。过孔是在 PCB 上, 充满或涂上金属的小洞, 它可以与两面的导线相连接。因为双面板的面积比单面板大了一倍, 而且由于布线可以互相交错(可以绕到另一面), 它更适合用在比单面板更复杂的电路上。双面板实例如图 1-2 所示。

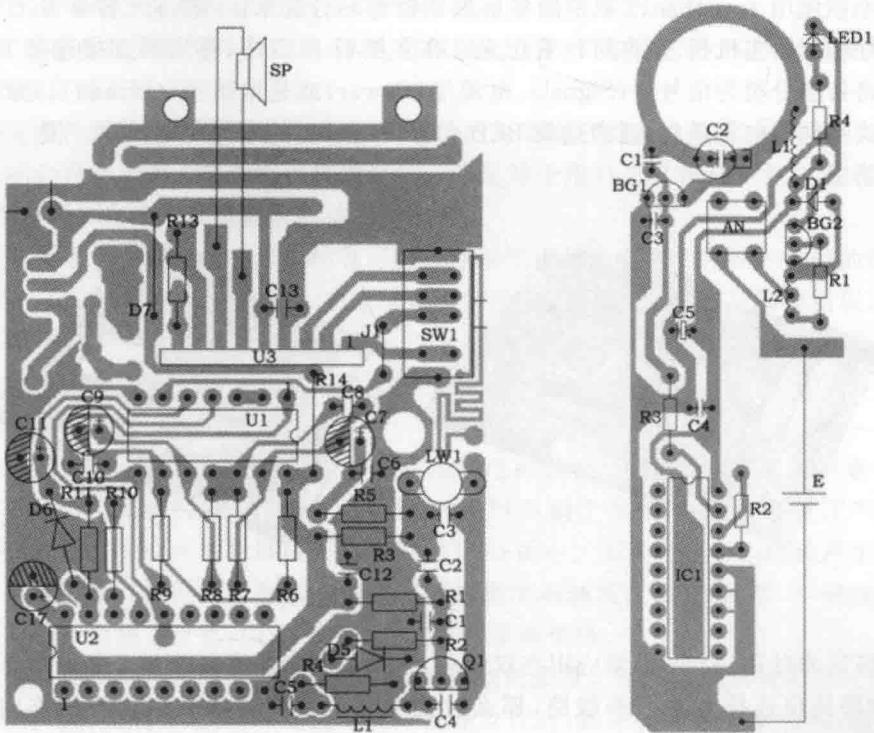


图 1-1 单面印制电路板实例

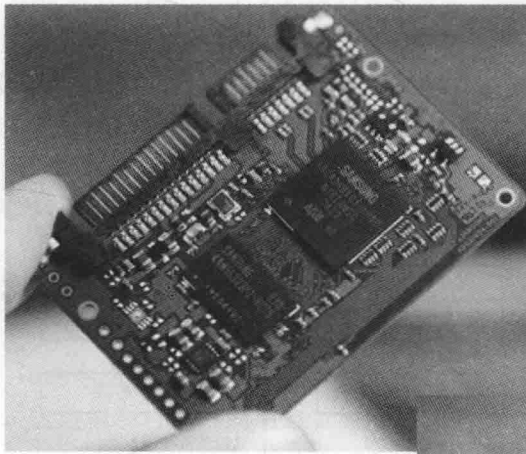


图 1-2 双面印制电路板实例

(3) 多层板 (Multi-Layer Boards)。为了增加可以布线的面积，多层板用上了更多单或双面的布线板。多层板使用数片双面板，并在每层板间放进一层绝缘层后黏牢（压合）。板子的层数就代表了有几层独立的布线层，通常层数都是偶数，并且包含最外侧的两层。大部分的主机板都是 4 到 8 层的结构，不过技术上可以做到近 100 层的 PCB。大型的超级计算机大多使用相当多层的主机板，不过因为这类计算机已经可以用许多普通计算机的集群代替，超多层板

已经渐渐不被使用了。因为 PCB 中的各层都紧密地结合起来,一般不太容易看出实际数目,不过如果仔细观察主机板,也许可以看出来。在多层板 PCB 中,整层都直接连接上地线与电源。所以将各层分类为信号层(Signal)、电源层(Power)或是地线层(Ground)。如果 PCB 上的零件需要不同的电源供应,通常这类 PCB 会有两层以上的电源与电线层。图 1-3 所示为多层板实物图。

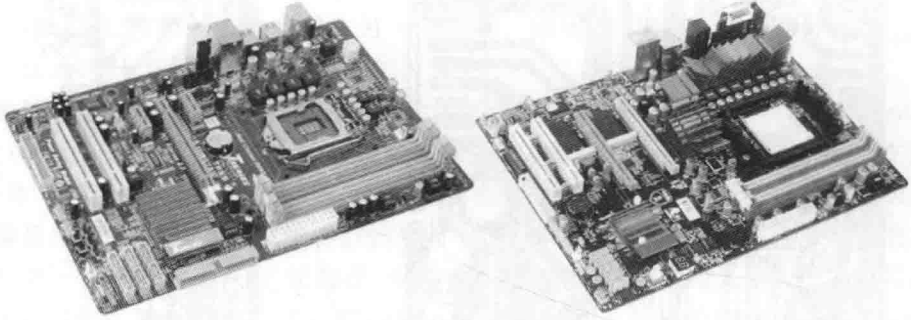


图 1-3 多层印制电路板实例

刚刚提到的过孔(Via),如果应用在双面板上,那么一定都是打穿整个板子。不过在多层板当中,如果只想连接其中一些线路,那么过孔可能会浪费一些其他层的线路空间。埋孔(Buried Vias)和盲孔(Blind Vias)技术可以避免这个问题,因为它们只穿透其中几层。盲孔是将几层内部 PCB 与表面 PCB 连接,不需穿透整个板子。埋孔则只连接内部的 PCB,所以从表面是看不出来的。

4. 计算机辅助设计软件 Protel 2004 的 PCB 设计流程

在使用 Protel 2004 进行电路板的设计过程中,主要用到原理图设计系统和印制电路板设计系统,即先设计原理图,然后根据原理图设计电路板,PCB 电路板设计的流程如图 1-4 所示。

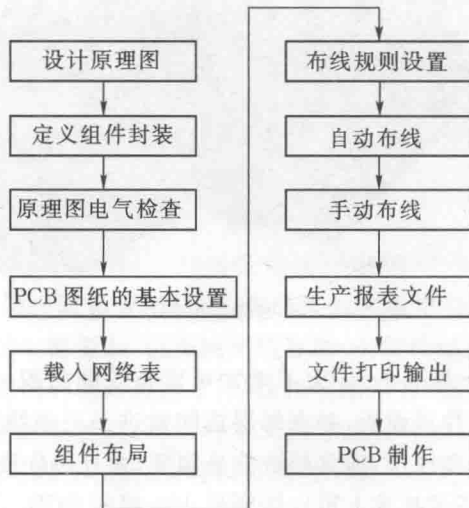


图 1-4 PCB 板设计流程图

(1)设计原理图。这是设计 PCB 电路的第一步,就是利用原理图设计工具先绘制好原理图文件。如果在电路图很简单的情况下,也可以跳过这一步直接进入 PCB 电路设计步骤,进行手工布线或自动布线。

(2)定义组件封装。原理图设计完成后,组件的封装有可能会被遗留或有错误。正确加入网表后,系统会自动地为大多数组件提供封装。但是对于用户自己设计的组件或者是某些特殊组件必须由用户自己定义或修改组件的封装。

(3)原理图电气检查。电气连接检查可检查原理图中是否有电气特性不一致的情况,可以检查出一些不应该出现的短路、开路、多个输出引脚短路、未连接的输入引脚等错误。

(4)PCB 图纸的基本设置。这一步用于 PCB 图纸的各种设计主要有:设定 PCB 电路板的结构及尺寸、板层数目、通孔的类型、网格的大小等,既可以用系统提供的 PCB 设计模板进行设计,也可以手动设计 PCB 板。

(5)载入网络表。网络表是电路原理图和印制电路板设计的接口,只有将网表引入 PCB 系统后,才能进行电路板的自动布线。在设计好的 PCB 板上加载网表,必须保证产生的网表已没有任何错误,其所有元件能够很好地加载到 PCB 板中。加载网表后系统将产生一个内部的网络表,形成飞线。组件布局是由电路原理图根据网表转换成的 PCB 图,一般组件布局都不很规则,有的甚至相互重叠,因此必须将元件进行重新布局。

(6)组件布局。组件布局的合理性将影响到布线的质量。在进行单面板设计时,如果组件布局不合理将无法完成布线操作;在进行双面板等设计时,如果元件布局不合理,布线过程中将会放置很多过孔,使电路板走线变得更复杂。

(7)布线规则设置。飞线设置好后,在实际布线之前,要进行布线规则的设置,这是 PCB 板设计所必须进行的一步。在这一环节用户要定义布线的各种规则,例如安全距离、导线宽度等。

(8)自动布线。Protel 2004 提供了强大的自动布线功能,在设置好布线规则之后,可以用系统提供的自动布线功能进行自动布线。只要设置的布线规则正确、组件布局合理,一般都可以成功完成自动布线。

(9)手动布线。在自动布线结束后,有可能因为组件布局或别的原因,自动布线无法完全解决问题或产生布线冲突时,即需要进行手动布线加以设置或调整。如果自动布线完全成功,则可以不必手动布线。

在组件很少且布线简单的情况下,也可以直接进行手动布线,当然这需要一定的熟练程度和实践经验。

(10)生成报表文件。印刷电路板布线完成之后,可以生成相应的各类报表文件,比如组件清单、电路板信息报表等。这些报表可以帮助用户更好地了解所设计的印刷板和管理所使用的元件。

(11)文件打印输出。生成各类文件后,可以将各类文件打印输出保存,包括 PCB 文件和其他报表文件,以便永久存档。

(12)PCB 制作。手工 PCB 制作方法有刀刻法、漆图法、贴图法、感光法、热转印法等;现代 PCB 制造工艺主要分为加成法和减成法。

1.1.3 PCB 组成要素

电子设计人员的电路设计思想最终要落实到实体,即做成的 PCB 板。PCB 板的基材及选

用,组成电路各要素的物理特性,如过孔、导线、焊盘、层、元件封装等,都是设计人员设计时要考虑的要素,这是设计出高质量的 PCB 板得基础。如图 1-5 所示,是一块制作好并拆除了部分元件的电路板实例。

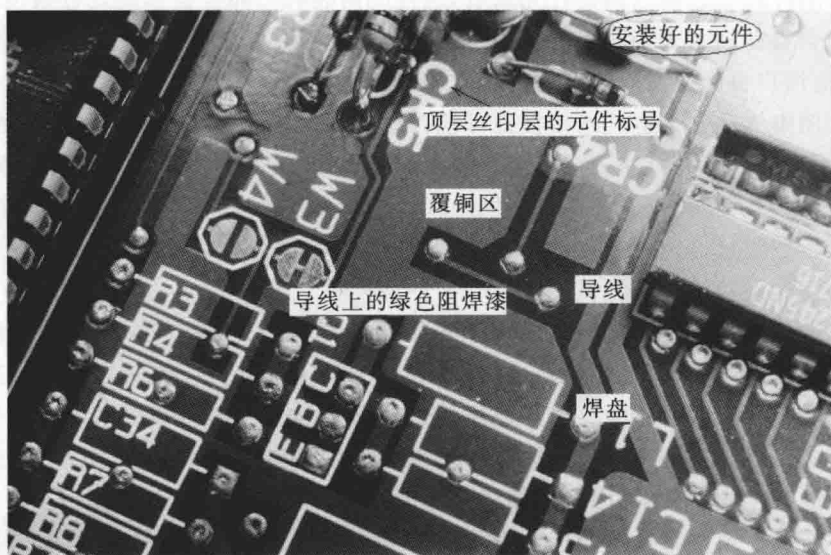


图 1-5 一块制作好并拆除了部分元件的电路板实例

1. 过孔(Via)

过孔是多层 PCB 的重要组成部分之一,钻孔的费用通常占 PCB 制板费用的 30% 到 40%,其作用是用作各层间的电气连接。从工艺制程上来说,这些过孔一般可分为三类。即盲孔(Blind Via)、埋孔(Buried Via)和通孔(Through Via)。盲孔位于印刷线路板的顶层和底层表面,具有一定深度,用于表层线路和下面的内层线路的连接,孔的深度通常不超过一定的比率(孔径)。埋孔是指位于印刷线路板内层的连接孔,它不会延伸到线路板的表面。上述两类孔都位于线路板的内层,层压前利用通孔成型工艺完成,在过孔形成过程中可能还会重叠做好几个内层。第三种称为通孔,这种孔穿过整个线路板,可用于实现内部互连或作为元件的安装定位孔。由于通孔在工艺上更易于实现,成本较低,所以绝大部分印刷电路板均使用它,而不用另外两种过孔。以下所说的过孔,没有特殊说明,均作为通孔考虑。过孔的尺寸与类型如图 1-6 所示。

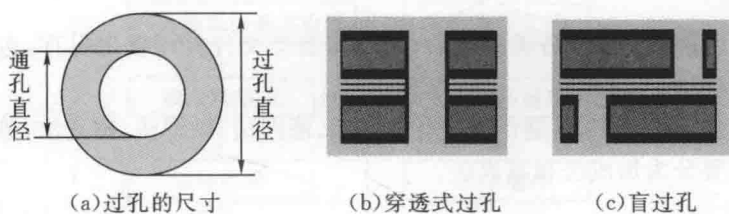


图 1-6 过孔的尺寸与类型

从设计的角度来看,一个过孔主要由两个部分组成,一是中间的钻孔(Drill Hole),二是钻孔周围的焊盘区,这两部分的尺寸大小决定了过孔的大小。很显然,在高速、高密度的PCB设计时,设计者总是希望过孔越小越好,这样板上可以留有更多的布线空间,此外,过孔越小,其自身的寄生电容也越小,更适合用于高速电路。但孔尺寸的减小同时带来了成本的增加,而且过孔的尺寸不可能无限制地减小,它受到钻孔(Drill Hole)和电镀(Plating)等工艺技术的限制:孔越小,钻孔加工工艺越难,需花费的时间越长,也越容易偏离中心位置;且当孔的深度超过钻孔直径的6倍时,就无法保证孔壁能均匀镀铜。比如,现在正常的一块6层PCB板的厚度(通孔深度)为50mil左右,所以PCB厂家能提供的钻孔直径最小只能达到8mil。

2. 铜膜导线(Track)

印制电路板上,在焊盘与焊盘之间起电气连接作用的是铜膜导线,简称导线(Track),又称印制导线,它也可以通过过孔把一个导电层和另一个导电层连接起来。PCB设计的核心工作就是围绕如何布置导线展开的。

在PCB设计过程中,还有一种与导线有关的线,它是在装入网络表后,系统根据规则自动生成的,用来指引系统自动布线的一种连线,俗称飞线。飞线只在逻辑上表示出来各个焊盘间的连接关系,并没有物理的电气连接意义;导线则是利用飞线指示的各种焊盘和过孔间的连接关系而布置的,是具有电气连接意义的连接线。关于导线和飞线的不同,我们将在自动布线中看到。

3. 安全间距(Clearance)

进行印制电路板设计时,为了避免导线、过孔、焊盘及元件间的距离过近而造成互相干扰或短路,就必须在他们之间留出一定的间距,这个间距就称为安全间距。如图1-7所示为安全间距示意图。

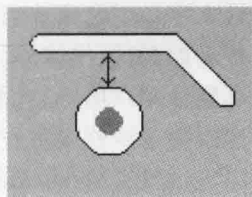


图 1-7 安全间距示意图

4. 焊盘(Pad)

焊盘(Pad)的作用是用来放置焊锡、连接导线和焊接元件的管脚。Protel 2004 在封装库中给出了一系列不同形状和大小的焊盘,如圆形、方形、八角形焊盘等。根据元件封装的类型,焊盘也分为针脚式和表面粘贴式两种,其中针脚式焊盘必须钻孔,而表面粘贴式无需钻孔。在选择元件的焊盘类型时,要综合考虑元件的形状、引脚粗细、放置形式、受热情况、受力方向和振动大小等因素。例如,对电流、发热和受力较大的焊盘,可设计成“泪滴状”。为了便于维修,首先应确保焊盘与基板间的牢固连接,过孔周围的焊盘应该尽可能得大一些,当然并不是越大越好,而要符合焊接的实际要求。在双面板设计中,每个导线端子的过孔应具有双面焊盘。如图1-8所示为常用焊盘的形状。特殊焊盘需要单独设计。自行设计焊盘时还要考虑以下原则:

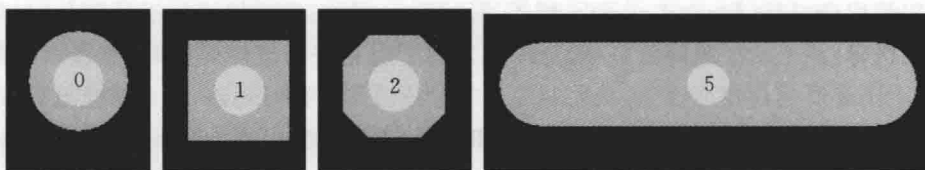


图 1-8 常用焊盘的形状

(1) 形状上长短不一致时,要考虑边线宽度与焊盘定边长的大小差异不能过大。

(2) 需要在元件引脚之间走线时,选用长短不对称的焊盘往往事半功倍。

(3) 各元件焊盘孔的大小要按元件引脚粗细分别编辑确定,原则是孔的尺寸比引脚直径大 0.2~0.4 mm。

5. 层(Layer)

(1) 信号层(Signal Layers)。

① 底层(Bottom Layer):底层又称为焊锡面,主要用于制作底层铜箔导线,它是单面板唯一的布线层,也是双面板和多面板的主要布线层,注意单面板只使用底层(Bottom Layer),即使电路中有表面贴装元件也只能安装于底层。

② 顶层(Top Layer):主要用在双面板、多层板中制作顶层铜箔导线,在实际电路板中又称为元件面,元件管脚安插在本层面焊孔中,焊接在底面焊盘上。由于在双面板、多层板顶层可以布线,因此为了安装和维修的方便,表面贴装元件尽可能安装于顶层。

③ 中间信号层(Mid1~Mid14):在一般电路板中较少采用,一般只有在 5 层以上较为复杂的电路板中才采用。

(2) 内电层(Internal Plane)。内电层主要用于放置电源/地线,Protel 2004 PCB 编辑器可以支持 16 个内部电源/接地层。因为在各种电路中,电源和地线所接的元件管脚数是最多的,所以在多层板中,可充分利用内部电源/接地层将大量的接电源(或接地)的元件管脚通过元件焊盘或过孔直接与电源(或地线)相连,从而极大地减少顶层和底层电源/地线的连线长度。

(3) 丝印层(Silkscreen Layer)。丝印层主要通过丝印的方式将元件的外形、序号、参数等说明性文字印制在元件面(或焊锡面),以便于电路板装配过程中插件(即将元件插入焊盘孔中)、产品的调试、维修等。丝印层一般分为顶层(Top Overlay)和底层(Bottom Overlay),一般尽量使用顶层,只有维修率较高的电路板或底层装配有贴片元件的电路板中,才使用底层丝印层以便于维修人员查看电路(如电视机、显示器电路板等)。

(4) 机械层(Mechanical Layer)。机械层没有电气特性,在实际电路板中也没有实际的对象与其对应,是 PCB 编辑器便于电路板厂家规划尺寸制板而设置,属于逻辑层(即在实际电路板中不存在实际的物理层与其相对应),主要为电路板厂家制作电路板时提供所需的加工尺寸信息,如电路板边框尺寸、固定孔、对准孔、以及大型元件或散热片的安装孔等尺寸标注信息,Protel 2004 PCB 编辑器可以支持 16 个机械层。

(5) 禁止布线层(Keep Out Layer)。禁止布线层在实际电路板中也没有实际的层面对象与其对应,属于 Protel 2004 PCB 编辑器的逻辑层,它起着规范信号层布线的目的,即在该层中绘制的对象(如导线),信号层的铜箔导线无法穿越,所以信号层的铜箔导线被限制在禁止布线层导线所围的区域内。该层主要用于定义电路板的边框,或定义电路板中不能有铜箔导线穿越的区域,如电路板中的挖空区域。

(6) 阻焊层(Solder Mask Layer)。阻焊层主要为一些不需要焊锡的铜箔部分(如导线、填充区、覆铜区等)涂上一层阻焊漆(一般为绿色),用于阻止进行波峰焊接时,焊盘以外的导线、覆铜区粘上不必要的焊锡而设置,从而避免相邻导线波峰焊接时短路,还可防止电路板在恶劣的环境中长期使用时被氧化腐蚀。因此它和信号层相对应出现,也分为顶部(Top Solder Mask)、底部(Bottom Solder Mask)两层。

(7) 焊锡膏层(Paste Mask Layer)。贴片元件的安装方式比传统的穿插式元件的安装方

式要复杂很多,该安装方式必须包括的过程是:刮锡膏—贴片—回流焊。在第一步“刮锡膏”时,就需要一块掩模板,其上就有许多和贴片元件焊盘相对应的方形小孔,将该掩模板放在对应的贴片元件封装焊盘上,将锡膏通过掩模板方形小孔均匀涂覆在对应的焊盘上,与掩模板相对应的就是焊锡膏层。

(8)复合层(Multi Layer)。复合层一般用于显示焊盘和过孔。因为焊盘和过孔不仅仅属于某一层,它具有多层特性,因此要显示焊盘和过孔就必须将其处于显示状态。

6. 覆铜

对于抗干扰要求比较高的电路板,常常需要在 PCB 上覆铜。覆铜可以有效地实现电路板信号屏蔽作用,提高电路板信号的抗电磁干扰的能力。通常覆铜有两种方式:一种是实心填充方式;另一种是网格状填充方式,如图 1-9 所示。在实际应用中,实心式的填充比网格状的更好,建议使用实心式的填充方式。

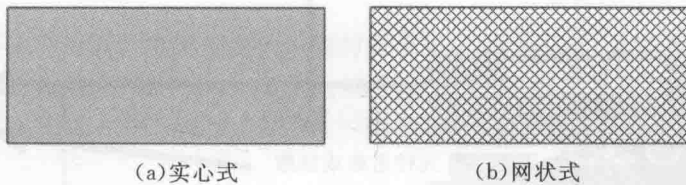


图 1-9 覆铜实心式和网状式填充图

7. 元件封装

元器件的封装是指实际元器件焊接到电路板时所指示的外观和焊点位置,仅是空间的概念。原理图中的元件指的是单元电路功能模块,是电路图符号,而 PCB 设计中的元件则是指电路功能模块的物理尺寸,是元件的封装。如图 1-10 所示为元件封装与元件实物、原理图元件的对应关系。

元器件封装分为两大类:针脚式元器件封装(AXIAL、RAD、DIODE、SIP、DIP 等);表面贴装式元器件封装(表贴电阻或电容 0805、1210,集成电路 SO-8、SO-14 等)。使用针脚式封装的元件需要占用大量的空间,并且要为每只接脚钻一个洞,因此它们的接脚实际上占掉两面的空间,而且焊点也比较大;表面贴装式(SMD)元件比针脚式元件要小,因此使用表面贴装技术(SMT)的 PCB 上零件要密集很多;SMT 封装元件比针脚式元件要便宜,所以现今的 PCB 上大部分都是 SMT,但 THT 元件和 SMT 元件比起来,与 PCB 连接的构造比较好元器件封装的编号由“元件类型+焊点距离(焊点数)+元件外型尺寸”组成。如:DIP-16 表示双排插式的元件封装,两排各为 8 个引脚;AXIAL-0.4 表示轴状类元件封装(如电阻),引脚间距为 400 mil;RB.2/.4 表示极性电容性元件封装,引脚间距为 200 mil,零件直径为 400 mil。常用元件的封装介绍如下。

(1)电阻的封装。电阻是各电路中使用最多的元件之一,编号一般以 R 开头,根据功率不同,体积也差别很大,如图所示,小的功率电阻,如 1/8 W 电阻体积只有米粒大小,而大的功率电阻,如某些电器电源部分的限流或取样电阻的体积超过七号电池,因此不同体积的电阻,应根据实际大小选择合适的封装。电阻元件封装命名一般由两部分组成,前面字母部分用于规

定封装的类别,如电阻为 AXIAL,无极性电容为 RAD 等,后一部分为数字,一般代表焊盘间距,单位为英寸。因此封装 AXIAL-0.4 表示该封装为电阻,焊盘间距为 0.4inch(=400mil=10.16 mm=1.016 cm),根据体积不同,电阻封装可以从 AXIAL-0.3~AXIAL-1.0。如图 1-11 所示为电阻的实物与常用封装图。

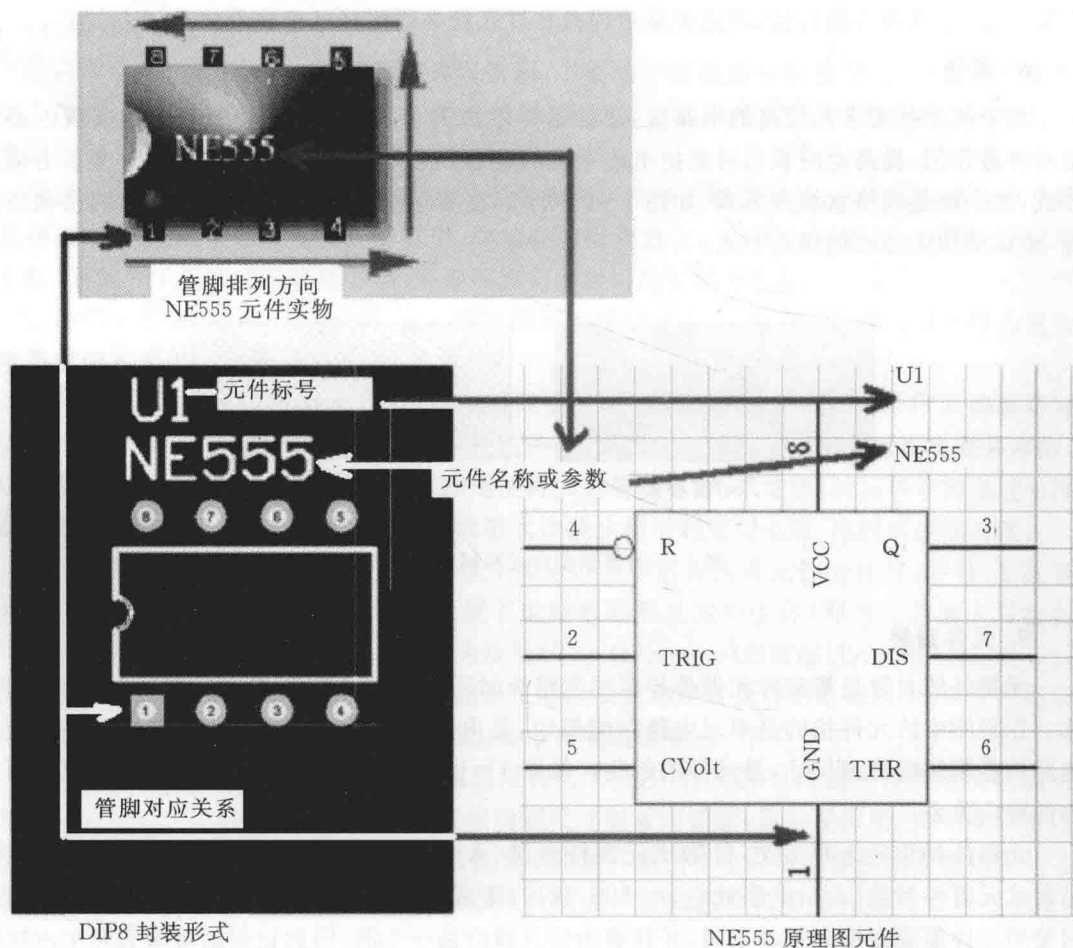


图 1-10 元件封装与元件实物、原理图元件的对应关系

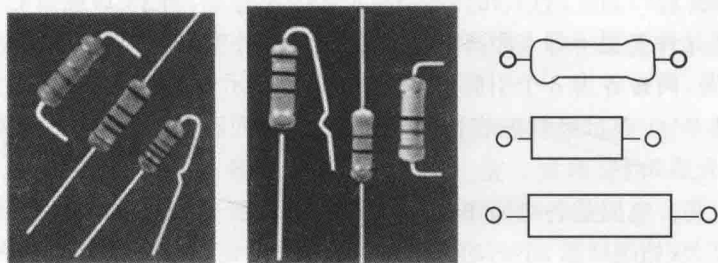


图 1-11 电阻的实物与常用封装图

(2) 无极性电容元件封装。无极性电容元件封装由二部分组成:前面字母部分为 RAD,后一部分为数字,和电阻一样代表焊盘间距,根据体积不同,无极性电容封装有 RAD-0.1~RAD-0.4。如图 1-12 所示为无极性电容的实物与常用封装图。

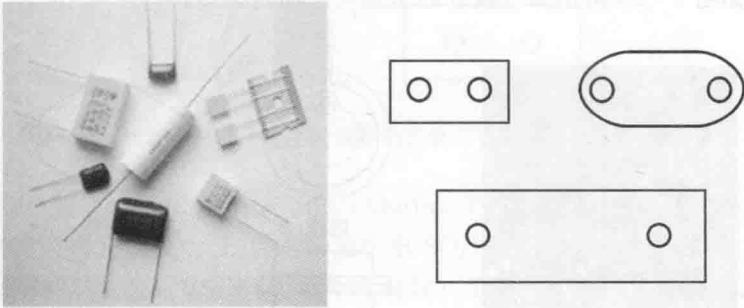


图 1-12 无极性电容的实物与常用封装图

(3) 电解电容元件封装。电解电容的引脚封装也由二部分组成,字母部分为 RB,如 RB5-10.5,数字 5 表示焊盘间距,数字 10.5 表示电解电容的圆筒外径。根据体积不同,电解电容封装有 RB5-10.5 和 RB7.6-15 两种。如图 1-13 所示为电解电容的实物与常用封装图。

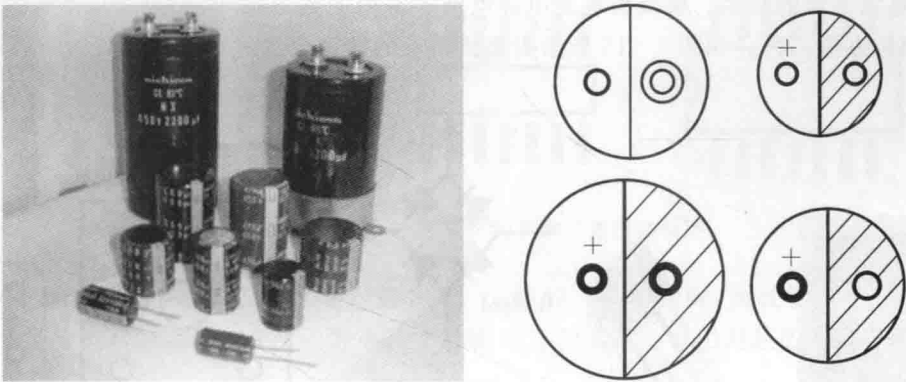


图 1-13 电解电容的实物与常用封装图

(4) 二极管的封装。二极管常用的封装有两种 DIODE0.4(小功率)和 DIODE0.7(大功率)。二极管为有极性元件,封装外形上画有短线的一端代表负端,和实物二极管外壳上表示负端的白色或银色色环相对应。如图 1-14 所示为二极管的实物与常用封装图。

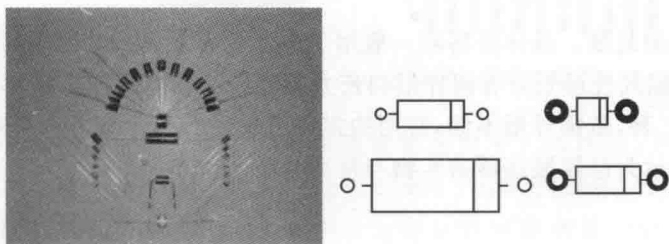


图 1-14 二极管的实物与常用封装图

(5)三极管的封装。小功率塑封三极管封装一般有 BCY - W3 系列,大功率的可采用 SFM 系列。金属外壳三极管封装有 A~G 型,其中 E 型外壳上突起表示发射极,依功率大小一般 E 型可选用 CAN - 3 系列封装;而对于特大功率的 F 型金属三极管可采用 TO - 3 和 TO - 66 封装。如图 1 - 15 所示为三极管的实物与常用封装图。

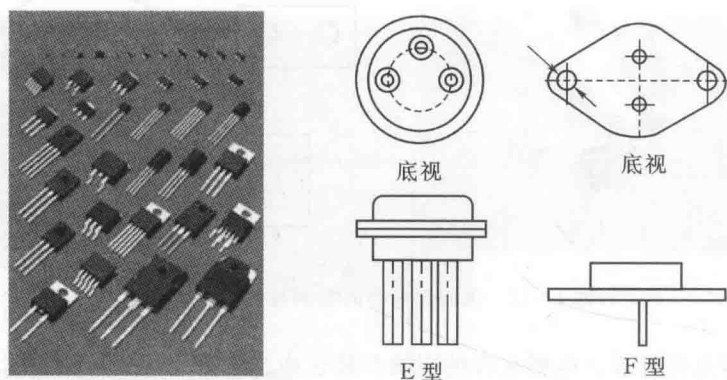


图 1 - 15 三极管的实物与常用封装图

(6)整流桥堆的封装。整流桥堆是电源电路中常用的整流元件,根据外形划分,整流桥堆有方形和长方形二种。如图 1 - 16 所示为整流桥堆的实物与常用封装图。

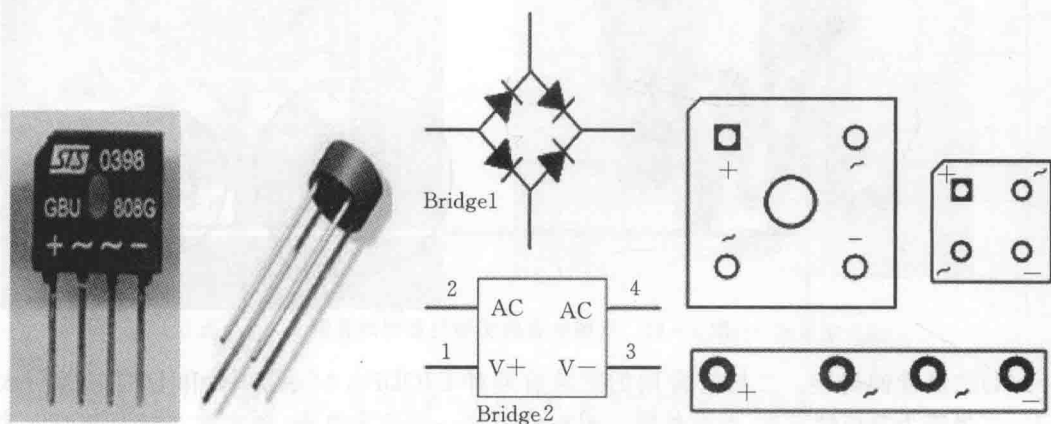


图 1 - 16 整流桥堆的实物与常用封装图

(7)晶体振荡器的封装。晶体振荡器一般用于单片机等含振荡时钟的电路中,在原理图中名称为“XTAL”,根据其外形划分有圆柱形和长方形二种。在原理图中名称为“XTAL”,外形有圆柱形和长方形二种,依据外形不同,常用的封装可选用 BCY - W2/D 系列或 BCY - W2/E 系列,如图 1 - 17 所示为晶体振荡器的实物与常用封装图。