

# 电子实训工艺 技术教程

——现代SMT PCB及SMT贴片工艺

主编 沈月荣



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 电子实训工艺技术教程

——现代 SMT PCB 及 SMT 贴片工艺

主 编 沈月荣

副主编 申继伟 程 婧 张 晨

主 审 孟迎军 蒋立平

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书包括基本实践技能训练、收音机实践训练、模拟电路实践训练、数字电路实践训练和单片机实践训练。注重体现实践技能培养,有理论,有实践,如常用电子元器件的认知与测量知识,印制电路板的设计、绘制与 PCB 板的雕刻、焊接装配技术与贴装技术。本书是编者在累积的多年教学实践经验的基础上,参考现代电子企业的生产技术文件编写而成,可作为高等院校电子信息工程及相关专业的电子实训教材,也可供从事相关工作的科技人员及各类自学人员学习参考。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

电子实训工艺技术教程:现代 SMT PCB 及 SMT 贴片工艺/沈月荣主编. —北京:北京理工大学出版社,2017. 6

ISBN 978 - 7 - 5682 - 4269 - 1

I. ①电… II. ①沈… III. ①电子技术 - 教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 185568 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 23

字 数 / 544 千字

版 次 / 2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 72.00 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 张鑫星

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

# 前 言

本书对各种常用元器件做了简要介绍，在其作用、性能、认知和检测方面进行了较多的介绍。学习电子电路离不开对元器件的识别、检测以及应用。本书内容通俗易懂，将常用元器件和 SMT 元器件结合在一起介绍，知识丰富，内容新颖易懂，具有很强的实用性，是不可多得的工具类书籍，同时，可作为教材使用。SMT 反映了新一代电子组装技术，经过 20 世纪 80 年代和 90 年代的迅速发展，已进入成熟期。SMT 涉及面广，内容丰富，是跨多学科的综合性高新技术。目前，SMT 进入了新的高速发展期，已经成为电子组装技术的主流。进行 SMT 的 PCB 设计有助于激发学生学习理论知识的兴趣，调动学生学习的积极性；电子实习有利于培养学生的团队协作能力；基于 SMT PCB 设计可培养学生的科技创新能力，促使软件设计与现代制作工艺有机结合。本书的第 1 章结合教学步骤介绍了常用仪器仪表的使用和元器件的测量、分类、测量、选用等，为后续学习打下了坚实的基础。Altium Designer 电路设计，利用绘图软件 Altium Designer 10 为平台，介绍了电路设计的基本方法和技巧。

本书内容包括 Altium Designer 10 概述、原理图设计和后续处理、层次化原理图设计、印制电路板设计及后期处理、创建元件库及元件封装、信号完整性分析、电路仿真系统、可编程逻辑器件设计和综合实例等，由浅入深，从易到难，各章相对独立，且前后关联。作者根据自己多年的经验及学习者的需求，对各方面知识进行了总结和提示。通过学习，学生可快速掌握所学知识。全书解说翔实，图文并茂，语言简洁，思路清晰。Altium Designer 10 电路设计可以作为初学者的入门，也可供相关行业工程技术人员以及各院校相关专业师生学习与参考。SMT 焊装介绍了 Altium Designer 10 软件设计电路的方法，雕刻机与 SMT PCB 印制电路板的方法，相应的 SMT 焊接装配技术与 SMT 贴装技术的应用。本书选编了多个实践项目，题材丰富多样、生动有趣，将软件设计与硬件雕刻技术融为一体，即将电路 PCB 板设计，雕刻机制备电路板工艺，焊接装配与 SMT 贴装技术，电路调试、修理、检验等一整套流水技术融为一体。设计电路包括模拟电子实践、数字电路实践等。随书配套有扫二维码观看实例操作过程视频，读者可以通过扫一扫二维码，既方便又直观地学习本书内容。

本课程为 280 课时，各章的参考教学课时分配如下：

| 章节    | 课程内容       | 课时分配 |      |
|-------|------------|------|------|
|       |            | 讲授   | 实践训练 |
| 第 1 章 | 常用仪器仪表     | 8    | 16   |
| 第 2 章 | AD 10 使用教程 | 16   | 48   |

续表

| 章节       | 课程内容       | 课时分配 |      |
|----------|------------|------|------|
|          |            | 讲授   | 实践训练 |
| 第3章      | SMT 焊装简介   | 22   | 90   |
| 第4章      | SMT 表面贴装设备 | 8    | 24   |
| 第5章      | 实践与创新      | 8    | 40   |
| 课时总计：280 |            | 62   | 218  |

感谢北京七星天禹电子有限公司提供的 SMT 流水线设备资料以及实际操作设备和环境支持。感谢无锡华文默克有限公司的大力支持，感谢校领导，感谢院领导，感谢主审孟迎军、蒋立平，感谢副主编申继伟、程婧、张晨，感谢参考文献作者们，感谢编写团队，感谢学生们对本书编写实验给予大力支持。

由于编者水平有限，书中存在的不妥之处，恳请读者、专家、同行批评指正。

编 者

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 安全用电常识                     | 1  |
| 第 1 章 常用仪器仪表               | 2  |
| 1.1 MF47 型指针式万用表           | 2  |
| 1.1.1 MF47 型万用表的使用注意事项     | 2  |
| 1.1.2 MF47 型万用表的基本功能与使用方法  | 3  |
| 1.1.3 直流电流测量               | 5  |
| 1.1.4 交流电流、电压的测量           | 5  |
| 1.1.5 直流电压的测量              | 6  |
| 1.1.6 电阻挡测量                | 6  |
| 1.1.7 音频电平测量               | 6  |
| 1.1.8 MF47 型万用表的常见故障与解决方法  | 8  |
| 1.2 DT830 型数字万用表的测量        | 9  |
| 1.2.1 DT830 型数字万用表的注意事项    | 9  |
| 1.2.2 DT830 型数字万用表的技术特性    | 9  |
| 1.3 6502 型双踪示波器            | 12 |
| 1.3.1 各旋钮功能                | 12 |
| 1.4 DS1000 型数字示波器          | 16 |
| 1.4.1 探头补偿                 | 17 |
| 1.4.2 数字示波器前面板的操作简介        | 18 |
| 1.4.3 DS1000 系列数字示波器显示界面说明 | 20 |
| 1.4.4 数字示波器的使用要领和注意事项      | 21 |
| 1.4.5 数字示波器的高级应用           | 22 |
| 1.4.6 数字示波器测量实例            | 31 |
| 1.5 EE1641B 型函数信号发生器/计数器   | 34 |
| 1.6 频率计                    | 35 |
| 1.6.1 测量参数                 | 35 |
| 1.6.2 面板上按键、旋钮名称及功能说明      | 35 |
| 1.6.3 后面板说明                | 37 |
| 1.7 YB2172 型交流毫伏表          | 37 |
| 1.7.1 按键、旋钮及功能             | 38 |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| 1.7.2 交流毫伏表的使用 .....            | 38        |
| 1.8 DF1731SC 直流稳压电源 .....       | 39        |
| 1.8.1 主要技术参数 .....              | 39        |
| 1.8.2 使用方法 .....                | 39        |
| <b>第2章 AD10 使用教程 .....</b>      | <b>40</b> |
| 2.1 印制电路板简介 .....               | 40        |
| 2.1.1 印制电路板的分类 .....            | 40        |
| 2.1.2 印制电路板的组成 .....            | 42        |
| 2.1.3 贴片元件封装 .....              | 44        |
| 2.1.4 印制电路板设计流程 .....           | 45        |
| 2.2 建立集成库 .....                 | 46        |
| 2.2.1 创建集成库 .....               | 47        |
| 2.2.2 原理图库的创建 .....             | 47        |
| 2.2.3 PCB 库的创建简介 .....          | 54        |
| 2.2.4 生成集成库 .....               | 62        |
| 2.3 印制电路板设计 .....               | 64        |
| 2.3.1 原理图设计 .....               | 65        |
| 2.3.2 PCB 设计 .....              | 74        |
| <b>第3章 SMT 焊装简介 .....</b>       | <b>82</b> |
| 3.1 SMT 的贴装技术特点 .....           | 82        |
| 3.1.1 SMT 及 SMT 工艺技术的基本内容 ..... | 82        |
| 3.1.2 表面贴装元器件 .....             | 83        |
| 3.1.3 表面贴装元器件的特点和种类 .....       | 83        |
| 3.2 表面贴装电阻器 .....               | 84        |
| 3.2.1 表面贴装电阻器的阻值读识 .....        | 84        |
| 3.2.2 表面贴装电阻器的尺寸 .....          | 85        |
| 3.2.3 表面贴装电阻器的相关参数 .....        | 85        |
| 3.2.4 排阻 .....                  | 87        |
| 3.3 表面组装电容器 .....               | 88        |
| 3.3.1 表面贴装电容器的分类 .....          | 88        |
| 3.3.2 表面贴装电容器的主要参数 .....        | 88        |
| 3.4 表面组装电感器 .....               | 91        |
| 3.4.1 电感器的尺寸 .....              | 91        |
| 3.4.2 电感器量 .....                | 91        |
| 3.4.3 电感器的频率特性 .....            | 91        |
| 3.4.4 电感器的误差 .....              | 91        |
| 3.4.5 贴片电感器的特点 .....            | 93        |
| 3.5 表面贴装二极管 .....               | 94        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 3.5.1 二极管 (DIODE) .....           | 94         |
| 3.5.2 发光二极管 (LED) .....           | 95         |
| 3.6 表面贴装三极管 .....                 | 95         |
| 3.6.1 万用表欧姆挡判断三极管管型 .....         | 96         |
| 3.6.2 判别集电极 c 和发射极 e .....        | 96         |
| 3.7 表面组装集成电路 .....                | 97         |
| 3.8 三端稳压器 .....                   | 98         |
| 3.9 手机液晶屏与触控屏 (Touch panel) ..... | 99         |
| 3.9.1 触摸屏的分类 .....                | 99         |
| 3.10 表面组装器件的规格 .....              | 102        |
| 3.11 SMT 元器件的要求与发展 .....          | 102        |
| 3.11.1 SMT 工艺组装分类 .....           | 102        |
| 3.11.2 表面组装元器件的包装选择与使用 .....      | 103        |
| 3.11.3 SMT 等元器件的尺寸发展 .....        | 104        |
| 3.12 表面组装工艺材料 .....               | 105        |
| 3.12.1 焊膏的分类、组成 .....             | 105        |
| 3.12.2 焊膏的选择依据及管理使用 .....         | 107        |
| 3.12.3 SMT 贴片胶 .....              | 109        |
| 3.12.4 助焊剂 .....                  | 110        |
| 3.12.5 清洗剂与其他材料 .....             | 110        |
| 3.12.6 表面组装涂敷与贴装技术 .....          | 111        |
| 3.12.7 贴片工艺和贴片机 .....             | 111        |
| 3.12.8 焊接原理与表面组装焊接特点 .....        | 112        |
| 3.12.9 SMT 教学实践生产线 .....          | 115        |
| 3.12.10 防静电工作区的管理与维护 .....        | 115        |
| 3.12.11 SMT 元器件的手工焊接与返修 .....     | 115        |
| <b>第4章 SMT 表面贴装设备 .....</b>       | <b>117</b> |
| 4.1 TY550 半自动印刷机 .....            | 117        |
| 4.1.1 机器印刷规格 .....                | 117        |
| 4.1.2 机器安装要求 .....                | 118        |
| 4.1.3 电气操作面板 .....                | 118        |
| 4.1.4 印刷机的网板 .....                | 120        |
| 4.1.5 设备的主要配件 .....               | 121        |
| 4.1.6 设备简易故障的排除 .....             | 122        |
| 4.1.7 设备的保养 .....                 | 123        |
| 4.2 SMT 贴片机 .....                 | 123        |
| 4.2.1 XP-480M 自动贴片机 .....         | 124        |
| 4.2.2 贴片机软件应用 .....               | 125        |



|        |                                     |     |
|--------|-------------------------------------|-----|
| 4.2.3  | 贴片机的使用 .....                        | 128 |
| 4.2.4  | 供料架设置 .....                         | 131 |
| 4.2.5  | 创建一个“贴装设置”列表 .....                  | 133 |
| 4.2.6  | 线路板组 .....                          | 135 |
| 4.2.7  | 计算机视觉对中系统 .....                     | 137 |
| 4.2.8  | 自动换头系统 .....                        | 140 |
| 4.2.9  | 软件编程 .....                          | 141 |
| 4.2.10 | 如何装贴 IC .....                       | 141 |
| 4.2.11 | 设定料盘的参数 .....                       | 142 |
| 4.2.12 | 贴装元件 .....                          | 143 |
| 4.2.13 | Gerber 加工文件和 NC drill 钻孔文件的生成 ..... | 147 |
| 4.2.14 | 做一个新的贴装程序 .....                     | 154 |
| 4.2.15 | 设置线路板原点 .....                       | 156 |
| 4.2.16 | 做 MARK 定位点 .....                    | 157 |
| 4.2.17 | 寻找所有要贴装元件的中心坐标 .....                | 160 |
| 4.2.18 | 选择吸嘴号 .....                         | 160 |
| 4.2.19 | 设备的保养与维护 .....                      | 161 |
| 4.3    | 热风回流焊机 .....                        | 162 |
| 4.3.1  | 基本操作环境 .....                        | 163 |
| 4.3.2  | 操作前准备 .....                         | 163 |
| 4.3.3  | 故障分析与排除 .....                       | 164 |
| 4.3.4  | 设备使用注意事项 .....                      | 165 |
| 4.3.5  | 维护与保养 .....                         | 166 |
| 4.3.6  | 控制软件报警分析与排除 .....                   | 167 |
| 4.3.7  | 典型故障分析与排除 .....                     | 168 |
| 4.3.8  | 软件操作说明 .....                        | 168 |
| 4.3.9  | Software specification 软件说明 .....   | 169 |
| 4.3.10 | 打印当前显示的曲线 .....                     | 172 |
| 4.3.11 | 语言转换界面 .....                        | 173 |
| 4.4    | TA-60 自动光学检测设备 .....                | 173 |
| 4.4.1  | 焊膏印刷检测 .....                        | 174 |
| 4.4.2  | PCB 空板的检查 .....                     | 175 |
| 4.4.3  | 设备的主要用途与适用范围 .....                  | 176 |
| 4.4.4  | AOI 的实施目标 .....                     | 176 |
| 4.4.5  | 产品工作条件 .....                        | 176 |
| 4.4.6  | 主要结构和工作原理 .....                     | 178 |
| 4.4.7  | 设备的安装和调试 .....                      | 179 |
| 4.4.8  | 设备调整 .....                          | 180 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 4.4.9 设备的使用和操作 .....             | 182 |
| 4.4.10 界面功能介绍 .....              | 183 |
| 4.4.11 新建一个程序 .....              | 184 |
| 4.4.12 制作回流焊后（炉后）程序检测 .....      | 187 |
| 4.4.13 权值图像 .....                | 189 |
| 4.4.14 IC 短路（主要用于 IC 短路检测） ..... | 192 |
| 4.4.15 元件体检测的相似性 .....           | 193 |
| 4.4.16 颜色提取（主要针对电阻电容焊点检测） .....  | 195 |
| 4.4.17 通路检测 .....                | 198 |
| 4.4.18 OCR/OCV .....             | 199 |
| 4.4.19 常见标准注册举例 .....            | 204 |
| 4.4.20 IC 桥接分析 .....             | 210 |
| 4.4.21 元件的标准命名规则 .....           | 213 |
| 4.4.22 CAD 数据导入编辑程序 .....        | 214 |
| 4.4.23 调试技巧 .....                | 216 |
| 4.4.24 颜色提取调试 .....              | 218 |
| 4.4.25 元件标准修改 .....              | 220 |
| 4.4.26 共用库使用的两种方式 .....          | 223 |
| 4.4.27 拼板的复制与粘贴及屏蔽测试 .....       | 226 |
| 4.4.28 系统参数 .....                | 231 |
| 4.4.29 相机高度的调节 .....             | 233 |
| 4.4.30 系统的安装及恢复 .....            | 234 |
| 4.4.31 设备维修保养 .....              | 236 |
| 4.4.32 各部件的详细检测过程 .....          | 237 |
| 4.4.33 设备常见故障及排除方法 .....         | 239 |
| 4.4.34 运输和储存的注意事项 .....          | 241 |
| 4.5 TY-BF300 待检测接驳台 .....        | 241 |
| 4.5.1 待检测接驳台旋钮功能介绍 .....         | 241 |
| 4.5.2 电路图简介 .....                | 242 |
| 4.5.3 注意事项 .....                 | 243 |
| 4.5.4 维护保养与主要零配件型号 .....         | 244 |
| 4.6 TYE200 接驳台 .....             | 244 |
| 4.6.1 操作 .....                   | 244 |
| 4.6.2 电路图解介 .....                | 245 |
| 4.6.3 注意事项 .....                 | 246 |
| 4.6.4 维护保养与主要零配件型号 .....         | 246 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第5章 实践与创新                 | 248 |
| 5.1 MF47 型万用表的安装与调试       | 248 |
| 5.1.1 实验目的                | 248 |
| 5.1.2 实验器材                | 249 |
| 5.1.3 元器件清单               | 249 |
| 5.1.4 指针式万用表的基本工作原理       | 250 |
| 5.1.5 元器件识别与检测            | 253 |
| 5.1.6 整机装配                | 253 |
| 5.1.7 万用表整机的调试与检修         | 255 |
| 5.1.8 实验报告                | 258 |
| 5.2 DT9205A 数字万用表的安装与调试   | 258 |
| 5.2.1 实验目的                | 258 |
| 5.2.2 实验器材                | 258 |
| 5.2.3 元器件清单               | 260 |
| 5.2.4 各种器件识别              | 261 |
| 5.2.5 整机装配                | 263 |
| 5.2.6 测试、校准及故障维修          | 267 |
| 5.2.7 实验报告                | 270 |
| 5.3 HX108-2 七管半导体收音机组装与调试 | 270 |
| 5.3.1 实习目的                | 270 |
| 5.3.2 实验器材                | 270 |
| 5.3.3 元器件清单               | 271 |
| 5.3.4 收音机原理图              | 271 |
| 5.3.5 整机装配                | 273 |
| 5.3.6 整机调试工艺              | 275 |
| 5.3.7 实验要求                | 275 |
| 5.3.8 实验报告                | 276 |
| 5.4 ZX620 调频调幅收音机制作与调试    | 276 |
| 5.4.1 实验目的                | 276 |
| 5.4.2 实验器材                | 277 |
| 5.4.3 元器件清单               | 277 |
| 5.4.4 收音机电路原理图            | 277 |
| 5.4.5 印刷电路板及四联电容器         | 279 |
| 5.4.6 集成芯片                | 279 |
| 5.4.7 ZX620 收音机的调试        | 281 |
| 5.4.8 实验报告                | 281 |
| 5.5 ZX2031 收音机的贴装与安装      | 282 |
| 5.5.1 SMT 简介              | 282 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 5.5.2 SMT 主要特点 .....        | 283 |
| 5.5.3 SMT 工艺 .....          | 283 |
| 5.5.4 SMT 元器件及设备 .....      | 284 |
| 5.5.5 小型 SMT 设备 .....       | 287 |
| 5.5.6 再流焊设备 .....           | 288 |
| 5.5.7 FM 微型 (电调谐) 收音机 ..... | 291 |
| 5.5.8 安装前的检查 .....          | 294 |
| 5.5.9 贴片与焊接 .....           | 295 |
| 5.5.10 调试与安装 .....          | 296 |
| 5.5.11 实验报告 .....           | 298 |
| 5.6 频率显示器的设计与制作 .....       | 298 |
| 5.6.1 实验目的 .....            | 299 |
| 5.6.2 实验设备及器材 .....         | 299 |
| 5.6.3 频率显示器工作原理 .....       | 300 |
| 5.6.4 电源的制作与电路的仿真验证 .....   | 300 |
| 5.6.5 思考题 .....             | 300 |
| 5.6.6 实验报告 .....            | 300 |
| 5.7 LED 数码管显示电路 .....       | 302 |
| 5.7.1 实验目的 .....            | 303 |
| 5.7.2 实践设备及器材 .....         | 303 |
| 5.7.3 元器件清单 .....           | 303 |
| 5.7.4 LED 数码管显示电路原理图 .....  | 303 |
| 5.7.5 实验报告 .....            | 305 |
| 5.8 手机信号探测电路 .....          | 305 |
| 5.8.1 实验目的 .....            | 305 |
| 5.8.2 实验设备及器材 .....         | 305 |
| 5.8.3 元器件清单 .....           | 305 |
| 5.8.4 电路原理图 .....           | 305 |
| 5.8.5 PCB 板图 .....          | 307 |
| 5.8.6 元器件的识别 .....          | 307 |
| 5.8.7 实验报告 .....            | 307 |
| 5.9 超声波测距 .....             | 307 |
| 5.9.1 实验目的 .....            | 307 |
| 5.9.2 实验设备及器材 .....         | 308 |
| 5.9.3 元器件清单 .....           | 308 |
| 5.9.4 原理图设计 .....           | 308 |
| 5.9.5 结构方框图 .....           | 310 |
| 5.9.6 元件实物 .....            | 310 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 5.9.7 焊接、调试 .....             | 312 |
| 5.9.8 实验报告 .....              | 312 |
| 5.10 开关电源电路 .....             | 312 |
| 5.10.1 实验目的 .....             | 313 |
| 5.10.2 实验设备及器材 .....          | 313 |
| 5.10.3 元器件清单 .....            | 313 |
| 5.10.4 电路原理图 .....            | 313 |
| 5.10.5 PCB 板图 .....           | 313 |
| 5.10.6 元器件的识别 .....           | 313 |
| 5.10.7 实验报告 .....             | 314 |
| 5.11 基于 LM317 稳压器的设计与制作 ..... | 315 |
| 5.11.1 设计要求 .....             | 315 |
| 5.11.2 设计用到的设备和软件 .....       | 315 |
| 5.11.3 电路原理图 .....            | 315 |
| 5.11.4 实验报告 .....             | 316 |
| 5.12 金属传感器 .....              | 316 |
| 5.12.1 电路原理图 .....            | 316 |
| 5.12.2 PCB 板图 .....           | 318 |
| 5.12.3 元器件清单 .....            | 318 |
| 5.12.4 实验设备及器材 .....          | 318 |
| 5.12.5 调试数据记录 .....           | 319 |
| 5.12.6 实验报告 .....             | 319 |
| 5.13 彩灯控制电路 1 .....           | 319 |
| 5.13.1 实验目的 .....             | 319 |
| 5.13.2 实验要求、内容与进度安排 .....     | 319 |
| 5.13.3 实验仪器及器件 .....          | 319 |
| 5.13.4 实验原理 .....             | 320 |
| 5.13.5 实验内容 .....             | 322 |
| 5.14 彩灯控制电路 2 .....           | 322 |
| 5.14.1 实验目的 .....             | 322 |
| 5.14.2 实验要求、内容与进度安排 .....     | 323 |
| 5.14.3 实验仪器及器件 .....          | 323 |
| 5.14.5 实验内容与注意事项 .....        | 324 |
| 5.15 基于 555 声光报警电路 .....      | 326 |
| 5.15.1 实验目的 .....             | 326 |
| 5.15.2 实验设备和工具及软件 .....       | 326 |
| 5.14.3 元器件清单 .....            | 326 |
| 5.15.4 555 定时器声光报警电路 .....    | 326 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 5.15.5 555 定时器工作原理 .....    | 327 |
| 5.15.6 蜂鸣器与发光二极管 .....      | 329 |
| 5.15.7 电路板调试 .....          | 330 |
| 5.15.8 思考题 .....            | 331 |
| 5.15.9 实验报告 .....           | 331 |
| 附录 .....                    | 332 |
| 附录 1 电子实习规章制度 .....         | 332 |
| 附录 2 常用贴片电阻阻值和表示方法速查表 ..... | 332 |
| 附录 3 英汉对照 .....             | 336 |
| 附录 4 SMT—表面组装技术常用语 .....    | 340 |
| 附录 5 表面组装技术术语分类 .....       | 340 |
| 附录 6 本书专业英语词汇 .....         | 348 |
| 参考文献 .....                  | 352 |

# 安全用电常识

实验室在用电操作时需注意的几个问题：

(1) 在安装、检修、更换仪器设备时，首先要切断电源进行无电操作，同时，在电源总开关前应有人监护，防止其他人误操作合上电闸而造成触电事故。

(2) 在必须带电实验时，要牢记：脚下先踩一块干燥的木板，手只能触摸一根电线，在任何情况下，两手不能同时触摸两根电线。暂时不用的裸露线头，都要用绝缘胶布包好，防止发生短路和触电事故。

(3) 在接电源插头时，一定要防止两个插片上的接线头碰在一起，中间要用绝缘胶布隔开。在电源插座上接仪器设备前，先用万用表测一下插头两个金属插片间的直流电阻，防止短路现象的发生。

(4) 实验室的仪器设备都应该接上一根地线。在实验室设置的三孔插座里，要将地线接好。地线可用铜、铁、铝等金属板、棒做成，将其埋入 1.5 m 以下的土中，引出一根连接导线接到实验室的电源插座的接地端子上。

(5) 为了防止电气设备损坏后再造成其他事故，在电源线路上都要加装熔丝（也叫保险丝）。熔丝的粗细不一样，熔断电流也不一样。当熔丝熔断以后，千万不能用铜丝、铝丝、铁丝等代替使用。

常用熔丝是一种熔点很低的铅锡合金，铅的质量分数为 95%，锡的质量分数为 5%。这种熔丝的直径与额定工作电流之间的关系如下：

|          |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 熔丝直径/mm  | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.2 | 1.6 |
| 额定工作电流/A | 2.0 | 2.5 | 3.2 | 4.0 | 4.6 | 7.0 | 10  |

(6) 交流电的使用参数叫安全电压。当变压器把市电变为 36 V 以下的低电压负载供电时，称为安全供电。36 V 电压称为安全电压。但是，也要注意安全用电。

(7) 双手出汗或湿润时，禁止触摸开关及实验设备。

(8) 实验结束，关好电闸和门窗。

# 第 1 章

## 常用仪器仪表

### 1.1 MF47 型指针式万用表

人们在生活中离不开用电，所以每个人都必须掌握一定的用电知识及电工操作技能。通过电子实习，学生可以学会一些常用电工工具、仪表、开关元件等的使用方法及工作原理。学生在接触电学知识后，可用理论知识联系实际电路，为后续课程的学习打下一定的基础。

万用表是最常用的电工仪表之一。通过这次实习，学生应该在了解其基本工作原理的基础上，学会安装、调试、使用，并学会排除一些常见故障。

MF47 型万用表是一种高灵敏度、多量程的便携式整流系仪表，能完成交直流电压、直流电流、直流电阻等基本项目的测量，还能估测电容器的性能等。

有些万用表还可测量电容、电感、功率、音频电平、晶体管及其共射极直流放大系数  $h_{FE}$ 。指针式万用表主要由指示部分、测量电路、转换装置三部分组成。

下面简单介绍机械表的基本工作原理和使用方法，供大家学习与参考。

#### 1.1.1 MF47 型万用表的使用注意事项

学生进入实验室必须遵守实验室的安全规章制度进行操作，万用表虽然有双重保护装置，但为了避免意外发生，烧坏仪表，要按下列要求规范操作。

(1) 测量高压或大电流时，为避免烧坏开关，应在切断电源情况下，变换量程。

(2) 测量未知量的电压或电流时，应先选择最高数，待第一次读取数值后方可逐渐转至适当位置，以取得较准确的读数，并避免烧坏电路。

(3) 发生因过载而烧断熔丝时，可打开表盒盖，换上相同型号的熔丝（0.5 A/250 V）后，才可使用。

(4) 测量高压时，要站在干燥绝缘板上，只用一只手操作，防止发生意外事故。

(5) 电阻各挡用的干电池需要定期检查、更换，以保证测量精度。平时不用万用表应将挡位盘打到交流 1 000 V 挡；如长期不用应取出电池，以防止电解液溢出腐蚀损坏其他零件。

(6) 每次测量时，须进行机械调零，否则测量结果不准确，测量电阻时每换一次挡位必须要进行欧姆挡调零。



(7) 使用万用表时,应将万用表水平放置在桌子上,读数时眼睛的视线应与指针垂直,以防读数出现误差。

### 1.1.2 MF47 型万用表的基本功能与使用方法

MF47 型万用表的面板如图 1.1.1 所示。MF47 型万用表表头如图 1.1.2 所示。

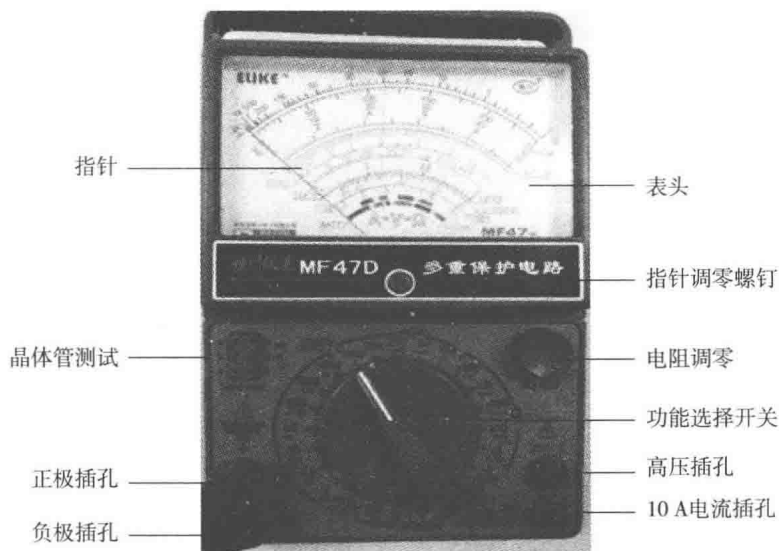
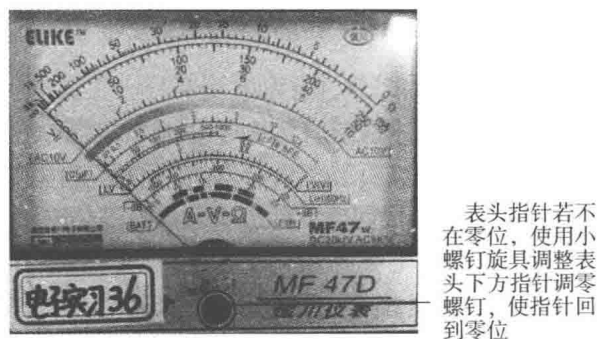


图 1.1.1 MF47 型万用表的面板



表头指针若不在零位,使用小螺钉旋具调整表头下方指针调零螺钉,使指针回到零位

图 1.1.2 MF47 型万用表表头

MF47 型万用表是磁电整流系便携式多量程万用电表,其设计新颖、使用方便,可用来测量直流电流、交直流电压、直流电阻等,具有 26 个基本量程和电平、电容、电感、晶体管直流参数等 7 个附加参考量程。万用表采用磁电式高灵敏度表头,工作性能稳定;整个测试线路可靠、耐磨且维修方便;测量机构采用的是硅二极管保护,在过载时不损坏表头,线路设有 0.5 A 熔丝防止误操作时烧坏电路;具有湿度和频率补偿功能;低电阻挡选用 2 号干电池,整机容量大、寿命长;配有晶体管静态直流放大系数检测装置;表盘标度尺刻度线与挡位开关旋钮指示盘均为红、绿、黑三色,分别按交流红色、晶体管绿色,其余黑色对应制成,共有 6 条专用刻度线,刻度分开,便于