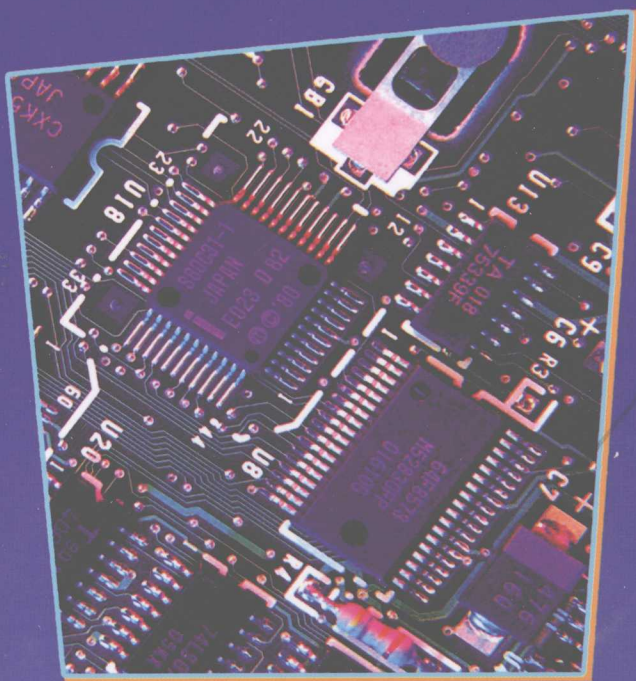


高等学校教材

电子工艺 实训教程

吴建明 张红琴 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TN05/43

2008

高等学校教材

电子工艺实训教程

主编 吴建明 张红琴
参编 张建民 朱芳



中国版本图书馆CIP数据核字 (2007) 第198232号

责任编辑：张红琴
封面设计：张红琴
北京印刷工业出版社（北京市东城区）
2008年3月第1版
168mm×260mm·30.22印张·496千字

0001—1000册
标准书号：12345
定价：35.00元

机械工业出版社

本书从基本的工艺知识和电子装配技术出发,对电子产品制造过程及典型工艺作了全面介绍,其内容包括:安全用电常识、触电预防与救护、电子元器件、印制电路板(PCB)设计与制作、电子焊接工艺技术、表面安装技术、Multisim 软件基本应用、Protel DXP 电路设计、电子实训产品、调试工艺、电子产品检修的方法与经验、常用仪器仪表的使用方法与电子元器件的检测。

本书是结合多年来的教学实践和 EDA 技术发展的形势,针对学生实践能力和创新能力的培养而编写的一本实践性较强的培训教程,书中含有大量来自生产实践的经验。

本书既可作为各类理工科学生参加电子工艺实习的教材,亦可作为电子科技创新实践、课程设计、毕业实践等活动的实用指导书,同时也可供职业教育、技术培训及相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺实训教程/吴建明,张红琴主编. —北京:机械工业出版社, 2008.1

高等学校教材

ISBN 978-7-111-23151-6

I. 电… II. ①吴…②张… III. 电子技术—高等学校—教材
IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 199535 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:靳平 版式设计:冉晓华 责任校对:王欣

封面设计:王奕文 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市明辉装订厂装订)

2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·20.25 印张·496 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-23151-6

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前言

创新精神和实践能力是对新时期高素质人才的基本要求,电子工艺训练是工程训练的一部分,也是电子信息类大专院校学生在校期间非常重要的实践环节。在实习过程中,学生可在电子元器件的识别与测试,印制电路的设计,电子元器件的焊接,电子测试仪器的使用,电子产品的调试与维修等方面得到训练。掌握这些技能不但会给学生在设计时提供帮助,而且也可以通过实际操作提高动手能力,从中激发学生的创新意识。

电子工艺实习通过学生自己动手,来掌握一定操作技能并能制作出几种实际产品。它既不同于培养劳动观念的公益劳动,又不同于让学生自由发挥的科技创新活动;它既是基本技能和工艺知识的入门向导,又是创新实践的起点和创新精神的启蒙。要构筑这样一个基础扎实、充满活力的实践平台,仅靠课堂讲授和动手训练是不够的,需要有一本既能指导学生实习,又能开阔眼界;既是教学的参考书,又是指导实践的实用资料。本书就是立足于这个目标,付出了辛勤的劳动,努力使它成为既是电子工艺基础训练的教材,也是从事电子技术实践和创新的实用指导书。

本书根据编者十几年的教学经验而编写,可作为高等院校和其他学校的教材,供学生参加电子工艺实习或有关部门技术培训时参考使用。本书在内容编排上打破了传统学科体系,主要考虑教学实践的要求,尽可能多提供一些实训项目,但也介绍了一些新的知识。全书共分3篇9章,第1篇是基础知识篇,包括安全用电常识、电路焊接工艺、电子元器件、印制电路板(PCB)基础知识;第2篇是现代技术篇,介绍了电路的仿真和电路的设计与制作;第3篇是实训篇,该篇结合实践,给出了大量的实训项目。

本书的第1章、第5章由朱芳编写,第2~4章由张建民编写,第8章、第9章由吴建明编写,第6章、第7章及其他由张红琴编写。张红琴负责全书的统稿工作。本书编者长期从事电子产品的研制、开发、生产、工艺实践教学,对电子工艺技术有较深刻的认识,对教学规律有深入的理解,将丰富的实践经验与严谨的教学要求有机结合起来。

由于编写人员的水平有限,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第1篇 基础知识

第1章 安全用电

1.1 触电及对人的危害	1
1.1.1 触电的种类和方式	1
1.1.2 电流伤害人体的因素	2
1.2 安全防护	2
1.2.1 触电的防护措施	2
1.2.2 触电现场的救护	3
1.3 安全常识	3
1.3.1 用电安全注意事项	3
1.3.2 其他伤害的防护	3
1.4 文明生产	4

第2章 常用电子元器件

2.1 电阻器	6
2.1.1 电阻器型号与命名	6
2.1.2 电阻器分类	7
2.1.3 电阻器主要参数	7
2.1.4 电阻器测试与选用	9
2.1.5 特种电阻器	10
2.2 电容器	12
2.2.1 电容器的作用与型号	12
2.2.2 电容器分类	13
2.2.3 电容器主要参数	15
2.2.4 电容器检测与选用	16
2.3 电感器	17
2.3.1 电感器命名及其分类	17
2.3.2 线圈的基本参数	17
2.3.3 变压器	18
2.3.4 继电器	19
2.4 电声器件	19
2.4.1 扬声器	19
2.4.2 耳机与耳塞	20
2.4.3 直流音响器	21
2.4.4 压电陶瓷扬声器	21
2.4.5 传声器	22

2.5 半导体分立器件	24
2.5.1 命名与分类	24
2.5.2 半导体二极管	28
2.5.3 二极管的主要参数与简单测试	29
2.5.4 半导体晶体管种类与特性	30
2.5.5 晶体管的简单判别	31
2.5.6 其他半导体器件	31
2.5.7 常用光电器件	32
2.6 集成电路	35
2.6.1 集成电路的命名	35
2.6.2 集成电路的分类	36
2.6.3 模拟集成电路	36
2.6.4 数字集成电路	36
2.6.5 可编程集成电路	36
2.6.6 封装和引脚	37

第3章 印制电路板制作技术

3.1 印制电路板	40
3.1.1 概况	40
3.1.2 设计印制电路板的准备工作	42
3.1.3 印制电路板的排版布局	47
3.2 印制电路板上的焊盘及印制导线	52
3.2.1 焊盘	52
3.2.2 印制导线	53
3.2.3 印制导线的干扰和屏蔽	55
3.3 印制电路板设计文件和制板工艺文件	56
3.3.1 草图设计	57
3.3.2 底图绘制的要求	59
3.3.3 制板工艺文件	60
3.4 印制电路板的制造工艺简介	60
3.4.1 印制电路板生产制造过程	60
3.4.2 印制电路板生产工艺	64
3.5 手工自制印制电路板	65
3.5.1 漆图法	66
3.5.2 贴图法	66

3.5.3 铜箔粘贴法	67	4.5.1 电子束焊接	98
3.5.4 刀刻法	67	4.5.2 激光焊接	100
3.6 印制电路板现代制板技术简介	68	4.5.3 等离子弧焊	101
3.6.1 概述	68	4.5.4 难熔金属焊	104
3.6.2 计算机辅助设计	68	第5章 表面组装技术	105
3.6.3 印制电路板发展方向	69	5.1 表面组装技术概述	105
第4章 焊接技术	72	5.1.1 表面组装技术的组成	105
4.1 焊接的分类与锡钎焊	72	5.1.2 表面组装工艺概要	107
4.1.1 焊接的分类	72	5.1.3 表面组装设计	109
4.1.2 锡钎焊机理	73	5.1.4 表面组装材料	111
4.1.3 焊接工具	75	5.2 表面组装元器件	114
4.1.4 焊接材料	77	5.2.1 表面组装元器件的特点和种类	114
4.2 手工焊接技术	82	5.2.2 无源元件	115
4.2.1 焊接准备	82	5.2.3 有源器件	116
4.2.2 焊接操作的基本步骤	83	5.2.4 芯片封装简介	116
4.2.3 焊接操作手法	84	5.3 贴装技术及贴装胶涂敷技术	117
4.2.4 焊接技艺	85	5.3.1 贴装机的结构和特征	117
4.3 焊接质量要求	89	5.3.2 贴装机的类型	118
4.3.1 焊点质量检查	89	5.3.3 视觉系统	119
4.3.2 常见焊点的缺陷与分析	90	5.3.4 焊膏涂敷技术	120
4.3.3 拆焊	92	5.3.5 贴装胶涂敷技术	121
4.4 工业生产锡钎焊技术	95	5.4 现代电路装联技术	122
4.4.1 波峰焊技术	95	5.4.1 封装器件的发展	122
4.4.2 浸焊	95	5.4.2 微组装技术的兴起和发展	122
4.4.3 再流焊	96	5.4.3 CIMS 在 SMA 组装生产线中的	123
4.4.4 无锡焊接	97	应用	
4.5 特种焊接技术	97		

第2篇 现代技术

第6章 Multisim 软件的基本应用	124	6.3 Multisim 仪器仪表	135
6.1 Multisim 基本操作	124	6.3.1 数字万用表	136
6.1.1 基本界面	124	6.3.2 函数发生器	137
6.1.2 菜单栏	125	6.3.3 瓦特表	137
6.1.3 系统工具栏	129	6.3.4 双通道示波器	137
6.1.4 元器件工具栏	129	6.3.5 四通道示波器	138
6.1.5 仪器仪表栏	131	6.3.6 波特图仪	139
6.1.6 其他	131	6.3.7 频率计	140
6.2 电路创建	131	6.3.8 字信号发生器	140
6.2.1 定制用户界面	131	6.3.9 逻辑分析仪	140
6.2.2 元器件	132	6.3.10 逻辑转换器	141
6.2.3 导线的基本操作	133	6.3.11 IV 分析仪	142
6.2.4 为电路添加文字	134	6.3.12 失真度仪	142
6.2.5 子电路创建和层次设计	135	6.3.13 频谱分析仪	143

6.3.14 网络分析仪	143	7.4.1 电路图绘制工具的使用	168
6.3.15 仿真 Agilent 仪器	143	7.4.2 放置图元对象及设置属性	169
6.4 Multisim 仿真分析	145	7.4.3 绘制导线	171
6.4.1 直流工作点分析	145	7.4.4 绘制总线	172
6.4.2 交流分析	147	7.4.5 绘制总线分支	172
6.4.3 瞬态分析	148	7.4.6 网络与网络名称	173
6.4.4 傅里叶分析	150	7.4.7 放置电源和地	173
6.4.5 噪声分析	150	7.4.8 放置电路节点	173
6.4.6 失真分析	151	7.4.9 制作电路的 I/O 端口	174
6.4.7 直流扫描分析	151	7.4.10 放置忽略 ERC 测试点	175
6.5 Multisim 的后处理功能	153	7.5 层次电路图设计	175
6.6 Multisim 的应用实例	154	7.6 设计实例——运算放大器电路	176
6.6.1 可调式方波—三角波函数发生器	154	7.7 原理图报表输出	178
6.6.2 串联型稳压电路	156	7.8 PCB 设计	179
第 7 章 Protel DXP	159	7.8.1 PCB 设计基础	179
7.1 Protel DXP 主要特点	159	7.8.2 PCB 的设计流程	181
7.2 Protel DXP 设计基础	159	7.8.3 PCB 工作环境设置	182
7.2.1 电路板设计的总体流程	159	7.9 自动布线	187
7.2.2 软件基本界面	160	7.9.1 网格和图纸的设计	187
7.2.3 Protel DXP 文件管理	160	7.9.2 PCB 板层设置	187
7.3 Protel DXP 原理图设计基础	162	7.9.3 装入网络表与元件	188
7.3.1 原理图的设计流程	162	7.9.4 设计规则编辑器	191
7.3.2 原理图工作环境设置	163	7.9.5 自动布线	194
7.3.3 加载元件库	167	7.10 手工布线	197
7.4 图元对象的放置	168	7.11 PCB 报表生成与出图	198
		7.12 设计实例——串联调整型稳压电源	201

第 3 篇 实 训

第 8 章 电子实训产品	204	8.3.4 性能指标及测试方法	235
8.1 晶体管外差式收音机	204	8.4 数字显示式电子钟的制作与调试	236
8.1.1 收音机原理及工作过程	204	8.4.1 实训目的	236
8.1.2 焊接与装配	205	8.4.2 电路组成及工作原理	236
8.1.3 收音机的调试	209	8.4.3 实训设备及器件	239
8.1.4 收音机的检修方法	214	8.4.4 设计、安装与调试	240
8.1.5 收音机的故障排除	220	8.5 红外线遥控器的制作与调试	240
8.2 函数发生器	225	8.5.1 实训目的	240
8.2.1 电路组成及工作原理	225	8.5.2 电路组成及工作原理	241
8.2.2 装配与调试	228	8.5.3 安装与调试	242
8.2.3 性能指标及测试分析	229	8.6 MF-50 型万用表的制作	244
8.3 直流稳压电源制作与调试	230	8.6.1 实训目的	244
8.3.1 实训目的	230	8.6.2 电路组成及主要技术指标	244
8.3.2 电路组成及工作原理	230	8.6.3 电路的设计与计算	246
8.3.3 安装与调试	233	8.6.4 实验设备及器件	255

8.6.5 安装与调试	255	9.1.4 使用注意事项	287
8.7 数字电压表的制作	257	9.2 交流毫伏表	287
8.7.1 实训目的、内容及要求	257	9.2.1 DA-16 型毫伏表	288
8.7.2 实训器材	257	9.2.2 DF2172B 型双通道交流毫伏表	289
8.7.3 主要器件简介	258	9.3 函数信号发生器	290
8.7.4 电路组成及基本原理	262	9.3.1 简介	290
8.7.5 实训步骤与方法	263	9.3.2 主要技术指标	292
8.8 蓄电池充电器	264	9.3.3 使用方法	293
8.8.1 电路组成及工作原理	264	9.3.4 维护与校正	294
8.8.2 元器件清单	265	9.4 直流稳压电源	294
8.8.3 装配与调试	265	9.4.1 工作原理	294
8.9 双色循环彩灯控制器制作	266	9.4.2 性能指标	295
8.9.1 双色循环彩灯控制器的组成及 原理	267	9.4.3 面板结构及说明	295
8.9.2 双色循环彩灯控制器的仿真 分析	270	9.4.4 使用方法及注意事项	296
8.9.3 制作与调试	271	9.5 YB4320G 双踪示波器	297
8.10 低频功率放大器制作	273	9.5.1 简介	297
8.10.1 低频功率放大器的组成及原理 ..	273	9.5.2 主要技术指标	297
8.10.2 仿真分析	274	9.5.3 操作面板说明	300
8.10.3 制作过程	276	9.5.4 使用说明	302
第9章 常用电子仪器仪表使用	280	9.5.5 维护校正及注意事项	303
9.1 万用表	280	9.6 半导体管特性图示仪	303
9.1.1 概述	280	9.6.1 操作面板说明	303
9.1.2 MF-47 型指针式万用表	280	9.6.2 元器件的测试	307
9.1.3 数字万用表	286	9.6.3 使用注意事项	312
		参考文献	313

第1篇 基础知识

第1章 安全用电

安全生产是指在生产过程中确保产品、设备和人身的安全,对于电子产品的生产工人来说,经常接触的是用电安全问题。人体是导电的,一旦有电流流过时,将会受到不同程度的伤害。由于触电的种类、方式及条件不同,受伤害的后果也不一样。

1.1 触电及对人体的危害

1.1.1 触电的种类和方式

(1) 人体触电的种类:电击和电伤。

1) 电击:是指电流通过人体时所造成的内伤。它可使肌肉抽搐、内部组织损伤,造成发热、发麻、神经麻痹等。严重的会引起昏迷、窒息,甚至心脏停止跳动、血液循环终止等而导致死亡。通常说的触电,就是电击。触电死亡中绝大部分是电击造成的。

2) 电伤:是指在电流的热效应、化学效应、机械效应及电流本身作用下造成的人体外伤。常见的有灼伤、烙伤和皮肤金属化等现象。灼伤由电流的热效应引起,主要是电弧灼伤,造成皮肤红肿、烧焦或皮下组织损伤;烙伤由电流热效应或力效应引起,使皮肤被电气发热部分烫伤或由人体与带电体紧密接触而留下肿块、硬块,使皮肤变色等;皮肤金属化是由于电流热效应和化学效应导致熔化金属微粒渗入皮肤表层,使受伤部位带金属色且留下硬块。

(2) 人体触电的方式有以下三种。

1) 单相触电:人体的一部分接触带电体的同时,另一部分由于与大地或零线(中性线)相接,电流经人体到达地或零线形成回路,这种触电称为单相触电。在接触电气线路或设备时,若不采用防护措施,一旦电气线路或设备绝缘损坏漏电,将引起间接的单相触电。若站在地上误触带电体的裸露金属部分,将造成直接的单相触电。

2) 两相触电:人体不同部位同时接触两相电源带电体而引起的触电称为两相触电。对于这种情况,无论电网中性点是否接地,人体所承受的线电压比单相触电时高,危险性更大。

3) 悬浮电路上的触电:220V电压通过变压器相互隔离的一次、二次绕组后,从二次绕组输出的电压零线不接地,变压器绕组间不漏电时,即相对于大地处于悬浮状态。若人站在地上接触其中一根带电导线,不会构成电流回路,没有触电感觉。如果人体一部分接触二次绕组的一根导线,另一部分接触该绕组的另一导线,则会造成触电。例如,部分

彩色电视机的金属底板是悬浮电路的公共接地点,在接触或检修这类机器电路时,若一只手接触电路的高电位点,另一只手接触低电位点,则人体将电路连通造成触电,这就是悬浮电路触电。

1.1.2 电流伤害人体的因素

下面列举了不同的电流值、电压值、频率值、触电路径对人体的伤害。

(1) 电流大小及时间。

1) 0~0.5mA、连续通电:身体无感觉。

2) 0.5~5mA、连续通电:身体开始有痛的感觉,无痉挛,可以摆脱电源。

3) 5~30mA、通电数分钟:身体痉挛,不能摆脱电源,呼吸困难,血压升高,是可忍受的极限。

4) 30~50mA、通电数秒到数分钟:心脏跳动不规则,昏迷,血压升高,强烈痉挛,时间过长引起心室颤动。

5) 50~250mA:强烈冲击,但未发生心室颤动。

6) 大于250mA:短时间内(1s以上):心脏停止跳动,电灼伤。

(2) 电压。

1) 干燥的环境36V、潮湿环境24V或12V:安全电压。

2) 超过安全电压:电压越高流经人体的电流越大,对人体的伤害越严重。

(3) 频率。

1) 50~100Hz:对人的伤害最大,死亡率45%。

2) 125Hz:对人的伤害较大,死亡率25%。

3) 200Hz以上:基本上消除了触电危险,有时还可以用于治疗疾病。

(4) 触电路径。

1) 头部触电电流流经脊髓:使人昏迷,还可能致人肢体瘫痪。

2) 电流流经心脏:最易导致人死亡。

1.2 安全防护

1.2.1 触电的防护措施

(1) 绝缘措施:用绝缘材料将带电体封闭起来的措施,是防止触电事故的重要措施。

(2) 屏护措施:是采用屏护装置将带电体与外界隔离,以杜绝不安全因素的措施。常用的屏护装置有护栏、护罩、护盖、栅栏等。

(3) 间距措施:为防止人体或设备触及或过分接近带电体,防止火灾、过电压放电及短路事故且操作方便,在带电体与地面之间、带电体与带电体之间、带电体与其他设备之间,均应保持一定的安全间距。

(4) 自动断电措施:在带电线路或设备上发生触电事故时,在规定的时间内能自动切断电源而起保护作用的措施。例如,漏电保护、过电流保护、过电压或欠电压保护等。

1.2.2 触电现场的救护

(1) 发生触电事故时,千万不要惊慌失措,必须以最快的速度使触电者脱离电源。这时最有效的措施是切断电源。在一时无法或来不及寻到电源的情况下,可用绝缘物(竹竿、木棒或塑料制品等)移开带电体。

(2) 抢救中要记住触电者未脱离电源前,其本身是一带电体,抢救时会造成抢救者触电伤亡,所以要在保证自身不触电的前提下做到尽可能得快。

(3) 触电者脱离电源后,还有心跳和呼吸的应尽快送医院进行抢救。

(4) 如果心跳已停止,应立即采用人工心脏挤压法,使患者维持血液循环。若呼吸已停止,应立即采用口对口人工呼吸方法施救,并同时拨打急救电话。

(5) 心跳、呼吸全停止时,应该同时采用上述两种方法施救,并且边急救边送医院做进一步的抢救。

1.3 安全常识

1.3.1 用电安全注意事项

(1) 操作带电设备时,注意不要触及非安全电压,更不能用手直接接触及带电体以判断是否有电。在非安全电压下作业时,应尽可能用单手操作,脚应站在绝缘的物体上。

(2) 无论是永久性还是临时性的电气设备或电动工具,都应接好安全保护地线。

(3) 进行高压试验时,试验场地周围应设有护栏,非试机人员禁止入内,护栏上挂“高压危险”的警告牌。操作者应穿绝缘鞋、戴绝缘手套。

(4) 场地布线要合理。场地的电源符合国家电气安全标准,并在总电源装有漏电保护开关。不能乱拉临时线。熔丝要符合标准。插头、插座要连接良好。带电导体及线头不能裸露在外,必须有良好的绝缘措施。

(5) 注意防火,易燃易爆的物品必须远离高温,场地内必须有良好的消防设施。

(6) 发现电气设备不正常时,应立即断开开关,进行检修。

(7) 对有静电要求的产品,应做到防静电。例如,操作人员戴防静电手环或安装离子风扇等。

1.3.2 其他伤害的防护

1. 烫伤的预防

烫伤在电子装配操作中发生较为频繁,这种烫伤一般不会造成严重后果,但会给操作者带来痛苦和伤害,所以要注意下面几点操作规范。

(1) 工作中应将电烙铁放置在烙铁架上,并将烙铁架置于工作台右前方。

(2) 观察电烙铁的温度,应用电烙铁熔化松香,千万不要用手触摸电烙铁头。

(3) 在焊接工作中要防止被加热熔化的松香及焊锡溅落到皮肤上。

(4) 通电调试、维修电子产品时,要注意电路中发热电子元器件(散热片、功率器件、功耗电阻)可能造成的烫伤。

2. 机械损伤的预防

机械损伤在电子装配操作中较为少见,但违反安全操作规程仍会造成严重的伤害事故,所以要注意下面几点操作规范。

- (1) 在钻床上给印制板(即印制电路板)钻孔时不可以披长发或戴手套操作。
- (2) 使用螺钉旋具紧固螺钉时,应正确使用该类型工具,以免打滑伤及自己的手。
- (3) 剪断印制板上元器件的引脚时,应正确使用剪切工具,以免被剪断的引脚飞射并伤及眼睛。

1.4 文明生产

搞好文明生产是实现全面质量管理的重要条件。如果不重视文明生产,即使有先进的技术设备,也不能保证高质量的产品生产。文明生产,就是创造一种正规、清洁明亮、安全、井然有序、有稳定人心作用、符合最佳布局的良好环境,养成按标准秩序和良好工艺技术精心操作的习惯。

电子产品的生产对场地环境的要求比较高。一般应做到室内照明灯光充足而不耀眼。墙壁、地面、仪器设备等的颜色要适合,对人眼不刺激。场地应有排气通风设备,使室内空气有害气体不能超标。室内的噪声不能超过85dB。严禁在场地内吸烟、喧哗打闹。

为保证文明生产,必须具备一流的现场管理。只有这样,才能生产出一流的产品、向用户提供一流的服务。目前,起源于日本的5S现场管理体系最为适用,已被许多企业采用和发扬。有些企业在此基础上提出了6S和7S,甚至10S,但基础仍是5S。

5S的现场管理包括整理、整顿、清扫、清洁、修养。后来6S是在此基础上加了“安全”,7S又在此基础上加了“服务”。现场管理的目的是对生产现场中的人员、机器、材料、方法、环境进行充分而有效的科学管理,其基本思想是“物有其位,物在其位”。

1. 整理

整理就是将必需品与非必需品区分开。必需品摆在指定的位置上,有明确的标示;不要的物品坚决处理掉,在工作现场不放置必需品以外的物品,以免妨碍工作或有碍观瞻。这些被处理掉的物品可能包括原辅材料、半成品和成品、仪器设备、工装夹具、管理文件、表单单据、无关的书报、个人物品等。

2. 整顿

整顿就是将整理好的物品明确地规划、定位并加以标示。这样,就可以达到快速、准确、安全地取用所需物品。其原则是“定位、定物、定量;易见、易取、易还”。

3. 清扫

清扫就是将工作场所、机械设备、材料、工具等上面的灰尘、污垢、碎屑、泥沙等脏物清扫、擦拭干净,创造一个洁净的环境。其原则是划分每个人应负责的清洁区域、确定清扫频率。划分区域时必须界限清楚,不留下无人负责的区域。

4. 清洁

清洁就是维持以上3S——整理、整顿、清扫,使之成为日常活动和习惯,即规范化、标准化,其原则是制定标准,定时检查。

第2章 常用电子元件

任何电子电路都是由电子元件组成的。常用的电子元件有电阻器、电容器、电感器（包括线圈和变压器）、开关、插接件、继电器、各种半导体器件（如二极管、晶体管、集成电路），以及电声、电光等各种传感器件等。想正确选择和使用这些元件，就必须掌握它们的性能、结构及其主要参数等相关知识。

2.1 电阻器

2.1.1 电阻器型号与命名

物质对电流通过的阻碍作用称为电阻（Resistance）。电阻是反映物质限制电流通过的一种性质。利用这种阻碍作用做成的元件称为电阻器（Resistor），简称电阻。若在电阻（以 R 表示）的两端加上 1V 的电压（以 U 表示），当通过该电阻的电流（以 I 表示）为 1A 时，则称该电阻的阻值为 1Ω ，如图 2-1 所示。其关系式为

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{或} \quad I = \frac{U}{R}$$

国产电阻器的型号命名如表 2-1 所示。

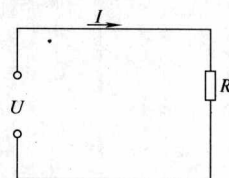


图 2-1

表 2-1 国产电阻器的型号命名

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		用字数或字母表示特征		用数字表示： 额定功率 阻值 允许误差的精度 等级
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
R	电阻器	T	碳膜	1, 2	普通	
W	电位器	P	硼碳膜	3	超高频	
		U	硅碳膜	4	高阻	
		C	沉积膜	5	高温	
		H	合成膜	7	精密	
		I	玻璃釉膜	8	电阻器——高压	
		J	金属膜（箔）		电位器——特殊函数	
		Y	氧化膜	9	特殊	
		S	有机实心	G	高功率	
		N	无机实心	T	可调	
		X	线绕	X	小型	
		R	热敏	L	测量用	
		G	光敏	W	微调	
		M	压敏	D	多圈	

2.1.2 电阻器分类

电阻器按结构可分为固定电阻器和可调电阻器两大类。固定电阻器的阻值是固定的,一经制成后不再改变。可调电阻器的阻值可以在一定范围内调整。

1. 固定电阻器

固定电阻器一般也简称为“电阻”,由于制作材料和工艺不同,固定电阻器又可分为实心电阻器、薄膜电阻器、金属线绕电阻器(RX)和特殊电阻器四种类型。

实心电阻器是由石墨和炭黑等导电材料及不良导电材料混合加入粘结剂后压制而成。其成本低但阻值误差大,稳定性差。

薄膜电阻器是利用蒸镀的方法将具有一定电阻率的材料蒸镀在绝缘材料表面制成。常用的蒸镀材料是碳或某些金属合金,因而薄膜电阻器有碳膜电阻器(用“RT”标识)和金属膜电阻器(用“RJ”标识),最常用的是金属膜电阻器。碳膜电阻器的电压稳定性好,造价低,家用电器产品中大多采用碳膜电阻器。金属膜电阻器具有较高的耐高温性能、温度系数小、热稳定性好、噪声小等优点,但造价高。

线绕电阻器是用镍铬合金、锰铜合金等电阻丝绕在绝缘支架上制成,其外面涂有耐热的绝缘层。线绕电阻器目前主要用在教学仪器中。

图2-2给出了几种固定电阻器的实物封装照片。

2. 可调电阻器

可调电阻器又称电位器,是一种阻值在一定范围内连续可调的电阻器,一般的可调电阻器有3个接头,其符号如图2-3所示。它主要用在阻值需要调整的电路中。

可调电阻器按阻值随转角变化的关系,可分为线性可调电阻器和非线性可调电阻器。非线性可调电阻器的阻值与转角的关系又分为指数型和对数型。

2.1.3 电阻器主要参数

1. 额定功率

电阻器的额定功率是指在规定的环境温度和湿度下,在长期连续负载而不损坏或基本不改变性能的情况下电阻器上允许消耗的最大功率。当超过额定功率时,电阻器的阻值将发生变化,甚至发热烧毁。为保证安全使用,在选用电阻器时一般选择其额定功率比它在电路中所消耗的功率高1~2倍。

额定功率分为19个等级,常用的有1/20W、1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、4W、5W等。

实际应用较多的电阻器是1/4W、1/2W、1W、2W。线绕电位器应用较多的有2W、3W、5W、10W等。

2. 标称阻值

标称阻值是产品标志的“名义”阻值,其单位为欧(Ω)、千欧(k Ω)、兆欧(M Ω)。

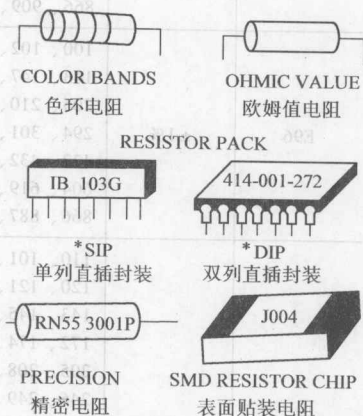


图2-2 几种固定电阻器



图2-3 可调电阻器符号

标称阻值系列如表 2-2 所示。

表 2-2 电阻器各系列标称阻值

系列代号	允许误差	标称阻值系列
E6	±20%	1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8
E12	±10%	1.0、1.2、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2
E24	±5%	1.0、1.1、1.2、1.3、1.5、1.6、1.8、2.0、2.2、2.4、2.7、3.0、3.3、3.6、3.9、4.3、4.7、5.1、5.6、6.2、6.8、7.5、8.2、9.1
E48	±2%	100、105、110、115、121、127、133、140、147、154、162、169、178、187、196、205、215、226、237、249、261、274、287、301、316、332、348、365、383、402、422、442、464、487、511、536、562、590、619、649、681、715、750、787、825、866、909、953
E96	±1%	100、102、105、107、110、113、115、118、121、124、127、130、133、137、140、143、147、150、154、158、162、165、169、174、178、182、187、191、196、200、205、210、215、221、226、232、237、243、249、255、261、267、274、280、287、294、301、309、316、324、332、340、348、357、365、374、383、392、402、412、422、432、442、453、464、475、478、499、511、523、536、549、562、576、590、604、619、634、649、665、681、698、517、732、750、768、787、806、825、845、866、887、909、931、953、976
E192	±1.5%	110、101、102、104、105、106、107、109、110、111、113、114、115、117、118、120、121、123、124、126、127、129、130、132、133、135、137、138、140、142、143、145、147、149、150、152、154、156、158、160、162、164、166、167、169、172、174、176、178、180、182、184、187、189、191、193、196、198、200、203、205、208、210、213、215、218、221、223、226、229、232、234、237、240、243、246、249、252、255、258、261、264、267、271、274、277、280、284、287、291、294、298、301、305、309、312、316、320、324、328、332、336、340、344、348、352、357、361、365、370、374、379、383、388、392、397、402、407、412、417、422、427、432、437、442、448、453、459、464、470、475、481、487、493、499、505、511、517、523、530、536、542、549、556、562、569、576、583、590、597、604、612、619、626、634、642、649、657、665、673、681、690、698、706、715、723、732、741、750、759、768、777、787、796、806、816、825、835、845、856、866、876、887、898、909、920、931、942、953、965、976、988

任何固定电阻器的阻值都应符合表 2-2 所列数值乘以 $10^n\Omega$ ，其中 n 为整数。

对常用的阻容元件进行标注，一般省略其基本单位，采用实用单位或辅助单位。电阻的基本单位 Ω 一般不出现在元器件的标注中。如果出现表示单位的字符，则是用它代替小数点，如 $5\Omega 6$ 。

电阻器的实用单位有 $m\Omega$ 、 Ω 、 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 和 $G\Omega$ 。

对于电阻器的阻值标注应当注意： 0.56Ω 、 5.6Ω 、 56Ω 、 560Ω 、 $5.6k\Omega$ 、 $56k\Omega$ 、 $560k\Omega$ 和 $5.6M\Omega$ ，在型号中分别被标注为 $\Omega 56$ 、 $5\Omega 6$ 、 56 、 560 、 $5k6$ 、 $56k$ 、 $560k$ 和 $5M6$ 。

3. 允许误差

允许误差是指电阻器或电位器的实际阻值对于标称阻值的最大允许偏差范围，其表示产品的精度。允许误差可从下式求得

$$\delta = \frac{R - R_R}{R_R} \times 100\%$$

式中 δ ——允许误差；

R ——电阻器的实际阻值；

R_R ——电阻器的标称阻值。

允许误差等级如表 2-3 所示, 等级中的英文字母为国际通用误差等级, 括弧中的数字为我国 20 世纪规定的误差等级。线绕电位器的允许误差一般小于 $\pm 10\%$, 非线绕电位器的允许误差一般小于 $\pm 20\%$ 。

表 2-3 电阻器允许误差等级

级别	B	C	D (005)	F (01)	G (02)	J (I)	K (II)	(III)
允许误差	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.25\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

市场成品电阻器的精度大多为 J、K 级 (国内标准为 I、II 级), 它们已可满足一般的使用要求。B、C、D、F、G 等级的电阻器, 仅供精密仪器及特殊设备使用, 其标称阻值系列属于 E48、E96、E192 系列。

电阻器的阻值和误差, 一般都用数字标印在电阻器上, 但体积较小的一些电阻器, 其阻值和误差常用色环来表示, 如图 2-4 所示, 从靠近电阻器边缘的一端开始印有四道或五道 (精密电阻) 色环。其中, 第一、第二以及精密电阻的第三道色环, 都表示其相应位数的数字; 其后的一道色环表示倍率, 即前面数字再乘以 10 的方幂, 最后一道色环则表示阻值的允许误差。各种颜色所代表的意义如表 2-4 所示。

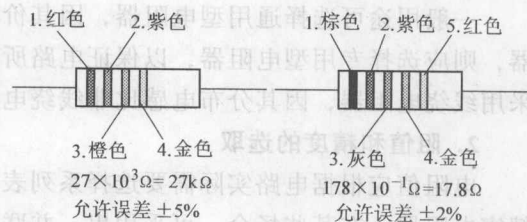


图 2-4 用色环表示电阻值和误差

表 2-4 电阻器色环颜色的意义

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	本色
数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
倍率	1	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{-1}	10^{-2}	
允许误差级别		F	G			D	C	B			J	K	M

例如, 某四色环电阻器的第一、二、三、四道色环分别为棕、绿、红、金色, 则该电阻器的阻值和误差分别为

$$R = 15 \times 10^2 \Omega = 1500 \Omega, \text{ 误差为 } \pm 5\%$$

即表示该电阻器的阻值和误差分别为 $1.5\text{k}\Omega$ 、 $\pm 5\%$ 。

4. 最高工作电压

最高工作电压是指由电阻器、电位器的最大电流密度、电阻体击穿及其结构等因素所规定的工作电压限度。对阻值较大的电阻器, 当工作电压过高时, 虽然功率不会超过规定值, 但其内部会发生电弧火花放电, 导致电阻器变质损坏。一般 $1/8\text{W}$ 碳膜电阻器或金属膜电阻器, 最高工作电压分别不能超过 150V 或 200V 。

2.1.4 电阻器测试与选用

测量电阻器的方法很多, 可用欧姆表、电阻电桥和数字欧姆表直接测量, 也可根据欧姆定律 $R = U/I$, 通过测量流过电阻器的电流 I 及电阻器上的压降 U 来间接测量电阻值。