

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等学校教材
电子信息

电子技术工艺基础

朱定华 蔡苗 黄松 编著

清华大学出版社



高等学校教材
电子信息

电子技术工艺基础

朱定华 蔡苗 黄松 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书介绍了安全用电的基本常识、焊接技术的具体操作和表面贴装技术、常用元器件的测试、电子装配工艺的要求及调试、手工设计印制电路板、计算机辅助设计印制电路板、电路仿真、电子技术工艺文件等具体内容,具有一定的实用性。

本书注重理论与实践相结合,书中用具体的实例和详细的说明,加深读者对该书内容的认识与掌握。其内容通俗易懂,知识面宽,注重实用,语言精练,适用于灵活教学。

本书可作为各高等学校理工科及相关专业学生电子工艺实习的教材,还可适用于不同教学条件和教学要求的职业教育和和技术培训机构作为参考资料。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

电子技术工艺基础/朱定华,蔡苗,黄松编著. —北京:清华大学出版社,2007.8

(高等学校教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-15675-8

I. 电… II. ①朱… ②蔡… ③黄… III. 电子技术 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 115355 号

责任编辑:魏江江

责任校对:梁 毅

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19.25 字 数:463 千字

版 次:2007 年 8 月第 1 版 印 次:2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:25.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:026953-01

东南大学	王志功	教授
南京大学	王新龙	教授
南京航空航天大学	王成华	教授
解放军理工大学	邓元庆	教授
	刘景夏	副教授
上海大学	方 勇	教授
上海交通大学	朱 杰	教授
	何 晨	教授
华中科技大学	严国萍	教授
	朱定华	教授
武汉理工大学	刘复华	教授
	李中年	教授
宁波大学	蒋刚毅	教授
天津大学	王成山	教授
	郭维廉	教授
中国科学技术大学	王煦法	教授
	郭从良	教授
	徐佩霞	教授
苏州大学	赵鹤鸣	教授
山东大学	刘志军	教授
山东科技大学	郑永果	教授
东北师范大学	朱守正	教授
沈阳工业学院	张秉权	教授
长春大学	张丽英	教授
吉林大学	林 君	教授
湖南大学	何怡刚	教授
长沙理工大学	曾喆昭	教授
华南理工大学	冯久超	教授
西南交通大学	冯全源	教授
	金炜东	教授
重庆工学院	余成波	教授
重庆通信学院	曾凡鑫	教授

重庆大学
重庆邮电学院

西安电子科技大学

西北工业大学
集美大学
云南大学
东华大学

曾孝平 教授
谢显中 教授
张德民 教授
彭启琮 教授
樊昌信 教授
何明一 教授
迟 岩 教授
刘惟一 教授
方建安 教授

改革开放以来,特别是党的十五大以来,我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就,高等教育实现了历史性的跨越,已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上,高等教育规模取得如此快速的发展,创造了世界教育发展史上的奇迹。当前,教育工作既面临着千载难逢的良好机遇,同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾,是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月,教育部下发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》,提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月,教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件,指出“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部正在制定的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分,精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一。教育部计划用五年时间(2003—2007年)建设1500门国家级精品课程,利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放,以实现优质教学资源共享,提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合新世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻

性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括:

(1) 高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 高等学校教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 高等学校教材·信息管理与信息系统。

(6) 高等学校教材·财经管理与计算机应用。

清华大学出版社经过二十年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会
E-mail: dingl@tup. tsinghua. edu. cn

“电子技术工艺基础”是高校理工科的必修课,是一门将电子技术基础理论与电子技术工艺紧密结合的课程,也是电子技术的一个重要的实践性环节。创新基于实践,源于实践,实践教学是人才培养的关键所在。本书重点培养学生的创新精神和实践技能,通过这门课的学习,使学生了解电子产品的生产过程,掌握电子工艺的基本知识和实践技能。

根据电工实习的大纲要求,结合我校电工实习教学实践和当前电子技术发展的新形式,并针对学生实践能力和创新能力的培养编写了本书。本书共分 8 个章节,包括安全用电及急救措施、焊接技术、电子装配工艺、印制电路板设计、电子线路 CAD、电子技术工艺文件、电路仿真、电子元器件。其内容拓宽了学生的知识视野,由浅入深,图文并茂,符合认识规律。

电工实习根据不同的专业要求,一般安排在低年级进行,教学学时为 80 学时。

本书不仅参考了其他学校同类教材,还收集了一些相关的资料。主要编写人员有朱定华、蔡苗、黄松,参编人员还有黄恩、杨成国、林福长、宋素芳、王静、陈艳、黄凯、黄臻、石松涛、王娜、黄亮等。

由于作者水平有限,加之编写时间仓促,书中的不足和错误,恳请读者提出批评和改进意见。

编 者

2007 年 7 月

读者意见反馈

亲爱的读者：

感谢您一直以来对清华版计算机教材的支持和爱护。为了今后为您提供更优秀的教材，请您抽出宝贵的时间来填写下面的意见反馈表，以便我们更好地对本教材做进一步改进。同时如果您在使用本教材的过程中遇到了什么问题，或者有什么好的建议，也请您来信告诉我们。

地址：北京市海淀区双清路学研大厦 A 座 602 室 计算机与信息分社营销室 收

邮编：100084

电子邮件：jsjjc@tup.tsinghua.edu.cn

电话：010-62770175-4608/4409

邮购电话：010-62786544

教材名称：电子技术工艺基础

ISBN 978-7-302-15675-8

个人资料

姓名：_____ 年龄：_____ 所在院校/专业：_____

文化程度：_____ 通信地址：_____

联系电话：_____ 电子信箱：_____

您使用本书是作为：☐指定教材 ☐选用教材 ☐辅导教材 ☐自学教材

您对本书封面设计的满意度：

☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意 改进建议_____

您对本书印刷质量的满意度：

☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意 改进建议_____

您对本书的总体满意度：

从语言质量角度看 ☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意

从科技含量角度看 ☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意

本书最令您满意的是：

☐指导明确 ☐内容充实 ☐讲解详尽 ☐实例丰富

您认为本书在哪些地方应进行修改？（可附页）

您希望本书在哪些方面进行改进？（可附页）

电子教案支持

敬爱的教师：

为了配合本课程的教学需要，本教材配有配套的电子教案(素材)，有需求的教师可以与联系我们，我们将向使用本教材进行教学的教师免费赠送电子教案(素材)，希望有助于教学活动的开展。相关信息请拨打 010-62776969 或发送电子邮件至 jsjjc@tup.tsinghua.edu.cn 咨询，也可以到清华大学出版社主页 (<http://www.tup.com.cn> 或 <http://www.tup.tsinghua.edu.cn>) 上查询。

高等学校教材·电子信息 系列书目

ISBN	书 名	作 者	定 价
9787302082859	电子电路测试与实验	朱定华等著	23.00
9787302090724	数字电路与逻辑设计	林红等著	24.00
9787302087908	光纤通信原理	袁国良著	23.00
9787302092933	信息与通信工程专业科技英语	王朔中等	26.00
9787302095460	信号与系统	余成波等著	24.00
9787302101567	数字信号处理及 MATLAB 实现	余成波等著	19.00
9787302104407	数字设计基础与应用	邓元庆等著	29.00
9787302104391	模拟电路基础实验教程	刘志军等著	19.00
9787302117698	电子设计自动化技术及应用	李方明等著	46.00
9787302110156	电路分析基础教程	刘景夏等著	25.00
9787302111900	电力系统保护与控制	张艳霞等著	23.00
9787302116127	自动控制原理	余成波等著	35.00
9787302124610	电子技术基础	霍亮生等著	26.00
9787302125419	控制电器及应用	李中年著	26.00
9787302120643	数字电子技术基础	林涛等著	25.00
9787302132042	数字信号处理——原理与算法实现	刘明等著	23.50
9787302129004	EDA 技术及应用实践	高有堂等著	33.00
9787302132905	MATLAB 应用技术——在电气工程与自动化专业中的应用	王忠礼等著	26.00
9787302140566	智能仪器仪表	孙宏军等著	35.00

第 1 章 安全用电及急救措施	1
1.1 安全用电	1
1.1.1 触电的伤害和形式	1
1.1.2 电子焊接安全操作	4
1.1.3 防止触电及预防措施	5
1.2 触电急救与防雷技术	9
1.2.1 触电急救	9
1.2.2 电气消防	11
1.2.3 防雷技术	11
思考与习题	12
第 2 章 焊接技术	13
2.1 焊接概念	13
2.1.1 焊料	13
2.1.2 助焊剂	14
2.1.3 阻焊剂	15
2.2 锡焊焊接的机理	16
2.3 常用焊接工具	16
2.3.1 电烙铁	16
2.3.2 其他工具	19
2.4 手工锡焊技术	20
2.4.1 手工焊接的基本要领	20
2.4.2 正确的焊接姿势	20
2.4.3 手工焊接步骤	21
2.4.4 手工焊接的工艺要求	21
2.5 焊接质量及分析	23
2.5.1 可靠的电气连接	23
2.5.2 机械强度的可靠性	23

2.5.3	外观要光洁整齐	23
2.6	常见焊点缺陷及其原因	24
2.7	拆焊技术	26
2.7.1	吸锡专用工具	26
2.7.2	拆焊材料	27
2.7.3	拆焊要点	27
2.7.4	拆焊后处理	28
2.8	焊接技艺技能训练	28
2.8.1	印制电路板上元器件的焊装	28
2.8.2	导线在各种端头上的连接	30
2.8.3	无锡焊接	32
2.9	电子产品自动焊接技术	32
2.9.1	浸焊	32
2.9.2	波峰焊	33
2.10	表面贴装技术	34
2.10.1	表面贴装技术的特点	34
2.10.2	表面贴装元器件的种类	35
2.10.3	表面贴装印制电路板(SMB)	35
2.10.4	表面贴装手工焊接技术	36
2.10.5	表面贴装波峰焊技术	37
2.10.6	表面贴装再流焊技术	37
	思考与习题	38
第3章	电子装配工艺	39
3.1	电子产品结构工艺	39
3.1.1	工艺特点	39
3.1.2	工艺和结构设计	39
3.2	整机装配	40
3.2.1	装配工艺	40
3.2.2	紧固元器件工艺	42
3.3	导线连接工艺	44
3.3.1	导线的选择	44
3.3.2	导线加工工艺	45
3.4	元器件选择	47
3.4.1	元器件的检验	47
3.4.2	元器件的筛选	47
3.5	元器件成型和安装工艺	47
3.5.1	元器件预成型工艺	47
3.5.2	元器件安装工艺	48

3.6 调试工艺	50
3.6.1 调试检测基础	50
3.6.2 调试工艺文件	52
3.6.3 测试仪器选择	53
3.6.4 静态、动态调试工艺	53
3.7 整机调试	54
3.7.1 整机调试工艺	54
3.7.2 故障排除工艺	55
思考与习题	56
第4章 印制电路板设计	57
4.1 印制电路板及对外连接	57
4.1.1 印制电路板概述	57
4.1.2 印制电路板基板材料	57
4.1.3 印制电路板对外连接	61
4.2 印制电路板设计原则	62
4.2.1 印制电路板设计基础	62
4.2.2 元器件安装及排列	63
4.2.3 印制电路板焊盘及导线布局设计	65
4.3 印制电路板的抗干扰设计	69
4.3.1 电磁干扰及抑制方法	69
4.3.2 印制电路板地线干扰及抑制	70
4.3.3 印制电路板散热设计	71
4.3.4 印制电路板电源设计干扰	72
4.4 印制电路板设计过程与步骤	72
4.4.1 设计准备及外形结构图	72
4.4.2 印制电路板草图及布局设计	74
4.4.3 绘制制板底图及制板工艺图	75
4.4.4 印制电路板加工技术文件	77
4.5 印制电路板制造工艺基础	77
4.5.1 印制电路板制造工艺流程	77
4.5.2 印制电路板的质量检验	79
4.5.3 手工制作 PCB 的方法	80
思考与习题	81
第5章 电子线路 CAD	82
5.1 Protel 99 SE 的组成	82
5.2 Protel 99 SE 的启动	83
5.3 电路原理图设计	84

5.3.1	新建原理图	84
5.3.2	原理图工具按钮命令介绍	84
5.3.3	简单原理图设计步骤	87
5.4	印制电路板设计	92
5.4.1	Protel 99 SE 设计印制电路板的方法	92
5.4.2	印制电路板的基本组件	93
5.4.3	Protel 99 SE 的 PCB 编辑器	94
5.4.4	手工设计 PCB	98
5.5	上机作业	102
	思考与习题	106
第 6 章	电子技术工艺文件	107
6.1	电子技术文件	107
6.1.1	电子技术图的分类	107
6.1.2	产品技术文件	108
6.2	电气图简介	109
6.2.1	系统图(方框图)	110
6.2.2	电路图	111
6.2.3	逻辑图	113
6.2.4	功能表图	115
6.3	工艺图分类	119
6.3.1	印制电路板图	119
6.3.2	导线扎线图	121
6.3.3	元器件技术数据	123
	思考与习题	124
第 7 章	电路仿真	127
7.1	仿真元器件	127
7.2	仿真激励源	134
7.3	设置初始状态	138
7.4	仿真设置	139
	思考与习题	143
第 8 章	电子元器件	145
8.1	电阻器、电容器、电感器元器件	145
8.1.1	电阻器	145
8.1.2	电位器	151
8.1.3	电容器	153
8.1.4	电感器与变压器	162

8.2 半导体分立器件	170
8.2.1 半导体分立器件的命名方法	170
8.2.2 半导体分立器件的分类	173
8.3 开关、继电器、接插件和保险器件	174
8.3.1 开关	174
8.3.2 继电器	177
8.3.3 保险元器件	178
8.3.4 接插器件(连接器)	180
8.4 电声器件	182
8.4.1 扬声器	182
8.4.2 传声器	183
8.4.3 耳机	186
8.5 电子元器件的测量与选用	187
8.5.1 电阻器的选用与测量	187
8.5.2 选用电容器	206
8.5.3 选用电感器、变压器	211
8.5.4 二极管的选用与测量	221
8.5.5 选用、检测晶体管	247
思考与习题	273

安全用电及急救措施

1.1 安全用电

随着科学的飞速发展,人类越来越离不开电,用电的普及性覆盖了各行各业,小到每家每户,大到厂矿企业,电无处不在,而电是一种看不见,摸不着的物质,只能用仪表进行测量。在用电的过程中,必须注意电气安全,如稍有疏忽,就可能造成严重的人身危害和设备的损坏事故。普及安全用电知识的重要性显得更加突出了。

电具有双重性,一方面它是现代物质文明的基础,另一方面又给人类带来危害,有时可能带来的是毁灭性的灾难,所以由于电气事故造成的灾害是不容忽视的,重视安全用电,防止发生电气事故是非常必要的。本章讨论的安全用电的预防措施是经过好几代科学家及科技人员长期努力,从实践中总结出来的经验和知识,要求人类记住前人的经验教训,正确掌握安全用电知识,防患于未然。

1.1.1 触电的伤害和形式

1. 触电的伤害

人体组织中有60%以上是由含有导电物质的水分组成,因此,人体是个导体,当人体接触设备的带电部分并形成电流通路时,就会有电流流过人体,从而造成触电。触电时电流对人身造成的伤害程度与电流流过人体的电流强度、持续的时间、电流频率、电压大小及流经人体的途径等多种因素有关。

通常将触电事故对人体伤害的程度分为两大类:电击和电伤。电击是指通过人体的电流造成肌肉抽筋、颤抖,甚至会出现心脏停止跳动及死亡现象,它直接危害着人们的生命。大部分触电死亡事故都是由电击造成。电击又分为直接电击和间接电击。间接电击通常指架空线断落,或者接户线后,电线搭落在金属物体上,相线和电杆拉线搭连所引起的外壳带电情况;直接电击是指人体直接接触正常运行的带电体所造成的伤害。电伤是指电流对人体外部造成的局部伤害,如电弧烧伤及熔化的金属渗入皮肤等,所引起的皮肤起泡、烧焦及肿块。

虽然电伤对人体的伤害程度没有电击严重,不会对人体造成致命的伤害,但是也不能轻视。

(1) 人体的伤害

通过人体的电流越大,人体的生理反应越明显,感觉越强烈,从而引起心室颤动所需的时间越短,致命的危险就越大。但人体内本身就存在着生物电流,一定限度的电流是不会对人体造成伤害的,例如有一些医用理疗和电疗仪器就是利用电流刺激达到治疗目的的。电流对人体的伤害与通过人体电流的大小、人体生理反应及人体电阻有关,但人体是一个不确定的电阻,它包括人体的内阻和皮肤电阻,通常人体电阻大约为 500Ω ,但每个人的皮肤电阻差异很大,因为手指脚趾的皮肤厚度不一样,干湿程度不一样等综合因素都会影响皮肤表面的阻值大小。实验证明,一般情况下人体电阻为 $1\sim 100\text{k}\Omega$ 。人体电阻随着电压上升,电阻会减小。

研究证明,交流电频率不是越高对人的伤害越大,危害最大的工频交流电在 $50\sim 60\text{Hz}$ 。当交流电频率达到 20kHz 时对人体危害最小,所以通常将医用理疗仪器设置在这个频段为人疗病。

① 感知电流:是指电流流过人体时有刺激感,一般电疗仪器上的电流就是感知电流。不同人的感知电流是不相同的,一般在 $1\sim 3\text{mA}$ 之间。

② 摆脱电流:是指电流流过人体时感受到痛苦,但是触电者可以摆脱的电流。实验证明,对于不同的人,摆脱电流是不相同的,通常在 $3\sim 10\text{mA}$ 之间。

③ 致命电流:是指在较短时间内危及生命的最小电流。通常有以下几种现象:

- 当电流在 $10\sim 30\text{mA}$ 之间时,会引起人体肌肉痉挛、颤抖,短时间内不会危及生命,无大危险,但长时间就有危险。
- 当电流在 $30\sim 50\text{mA}$ 之间时,会引起人体的强烈痉挛,触电时间超过 60s 即有生命危险。
- 当电流在 50mA 以上时,就造成电击致人死亡。主要原因是电流引起心室性纤颤,丧失知觉,严重地危害生命。心室性纤颤电流与通过电流的时间有关。如触电时间超过心脏搏动周期,心室性纤颤电流仅数十 mA ,为致命电流。

当通过人体的电流大于 250mA 以上时,人体触电时间在 1s 以上,就会造成心脏骤停,同时人体内还会造成轻微灼伤。

(2) 触电时间与电流途径

① 触电时间

电流对人体的伤害与电流作用于人体时间的长短有关。触电时间越长,电击危险性越大,因为触电时间越长,能量的积累增加,引起心室性纤颤电流减小。人体电阻因出汗等原因降低,对人体组织的破坏更加厉害,导致通过人体的电流进一步增加,造成严重的后果。又由于人的心脏每收缩一次,需 0.1s ,收缩时心脏对电流最为敏感,若这时电流瞬间流过心脏,即使很小的电流,也会造成很大的危险。

② 电流途径

电流流过人体的部位不同,危害程度也不一样。电流流过人体的头部会使人立刻昏迷,甚至于休克而死亡;电流流过脊髓,会造成人瘫痪;电流通过心脏,会引起心室性纤颤,促使心脏停止跳动,中断血液循环,致人死亡;如通过中枢神经,会引起中枢神经严重失调而致人死亡。

最危险的电流途径有左手到脚、左手到前胸部或双手触电,这时,电流途经心脏的途径