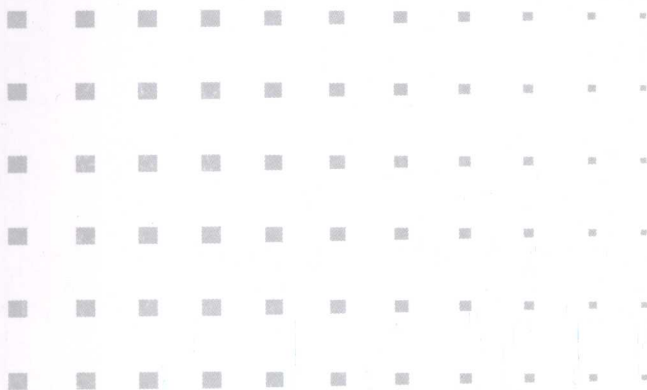


- 中国高等职业技术教育研究会推荐
- 高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

电子技术实训

主编 李思政

主审 刘守义



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

电子技术实训

主 编 李思政

副主编 赵洪涛 徐传顺 阴家龙

主 审 刘守义

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本书共分四章,第1章为基础技能,包括焊接,仪器仪表的使用,元器件的简单识别以及用 Multisim 进行原理图输入、仿真等;第2章为基础实验,包括模拟电子技术实验和数字电子技术实验;第3章为综合应用,重点培养学生动手制作电路的能力,内容包括印制电路板的手工制作方法,实用新颖的小电路制作等;第4章为参考资料,这部分主要提供一些常用的资料。同时,书中还穿插了一些科技花絮,让学生了解电子科技的发展过程以及电子与生活的关系等。

本书根据高职高专的办学要求和理念,结合高职高专学生的教学特点,整体内容力求简明易懂,内容安排由简单到复杂,循序渐进。同时,为增加学生的学习乐趣和知识面,本书将验证型、工艺型、应用型、综合设计型等内容有机地结合起来。

本书可作为高职高专学校理工专业的教学用书,也可作为相关专业教师的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实训/李思政主编. 西安:西安电子科技大学出版社,2008.2

中国高等职业技术教育研究会推荐. 高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-1984-2

I. 电… II. 李… III. 电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 003324 号

策 划 张晓燕

责任编辑 李惠萍 张晓燕

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销

印刷单位 中铁一局印刷厂

版 次 2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 13.375

字 数 284千字

印 数 1~4000册

定 价 18.00元

ISBN 978-7-5606-1984-2/TN·0407

XDUP 2276001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,高等职业教育呈现出快速发展的形势。高等职业教育的发展,丰富了高等教育的体系结构,突出了高等职业教育的类型特色,顺应了人民群众接受高等教育的强烈需求,为现代化建设培养了大量高素质技能型专门人才,对高等教育大众化作出了重要贡献。目前,高等职业教育在我国社会主义现代化建设事业中发挥着越来越重要的作用。

教育部 2006 年下发了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》,其中提出了深化教育教学改革,重视内涵建设,促进“工学结合”人才培养模式改革,推进整体办学水平提升,形成结构合理、功能完善、质量优良、特色鲜明的高等职业教育体系的任务要求。

根据新的发展要求,高等职业院校积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位群任职要求,参照相关职业资格标准,改革课程体系和教学内容,建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量,不断更新教学内容,而实施具有工学结合特色的教材建设是推进高等职业教育改革发展的重要任务。

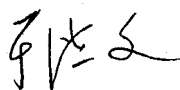
为配合教育部实施质量工程,解决当前高职高专精品教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前三轮联合策划、组织编写“计算机、通信电子、机电及汽车类专业”系列高职高专教材共 160 余种的基础上,又联合策划、组织编写了新一轮“计算机、通信、电子类”专业系列高职高专教材共 120 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材以满足职业岗位需求为目标,以培养学生的应用技能为着力点,在教材的编写中结合任务驱动、项目导向的教学方式,力求在新颖性、实用性、可读性三个方面有所突破,体现高职高专教材的特点。已出版的第一轮教材共 36 种,2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,有的教材出版一年多的时间里就重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。前两轮教材中有十几种入选国家“十一五”规划教材。第三轮教材 2007 年 8 月之前全部出齐。本轮教材预计 2008 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校教学基本建设的一项重要工作。多年来,高职高专院校十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要与行业企业合作,通过共同努力,出版一大批符合培养高素质技能型专门人才要求的特色教材。

我们殷切希望广大从事高职高专教育的教师,面向市场,服务需求,为形成具有中国特色和高职教育特点的高职高专教材体系作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2007 年 6 月



高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

编审专家委员会名单

主任: 温希东 (深圳职业技术学院副校长 教授)

副主任: 马晓明 (深圳职业技术学院通信工程系主任 教授)

余 华 (武汉船舶职业技术学院电子电气工程系主任 副教授)

电子组 组长: 余 华 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

于宝明 (南京信息职业技术学院电子信息工程系副主任 副研究员)

马建如 (常州信息职业技术学院电子信息工程系副主任 副教授)

刘 科 (苏州职业大学信息工程系 副教授)

刘守义 (深圳职业技术学院 教授)

许秀林 (南通职业大学电子系副主任 副教授)

高恭嫻 (南京信息职业技术学院电子信息工程系 副教授)

余红娟 (金华职业技术学院电子系主任 副教授)

宋 烨 (长沙航空职业技术学院 副教授)

李思政 (淮安信息职业技术学院电子工程系主任 讲师)

苏家健 (上海第二工业大学电子电气工程学院 教授)

张宗平 (深圳信息职业技术学院电子通信技术系 高级工程师)

陈传军 (金陵科技学院电子系主任 副教授)

姚建永 (武汉职业技术学院电信学院院长 副教授)

徐丽萍 (南京工业职业技术学院电气与自动化系 高级工程师)

涂用军 (广东科学技术职业学院机电学院副院长 副教授)

郭再泉 (无锡职业技术学院自动控制与电子工程系主任 副教授)

曹光跃 (安徽电子信息职业技术学院电子工程系主任 副教授)

梁长垠 (深圳职业技术学院电子工程系 副教授)

通信组 组长: 马晓明 (兼) (成员按姓氏笔画排列)

王巧明 (广东邮电职业技术学院通信工程系主任 副教授)

江 力 (安徽电子信息职业技术学院信息工程系主任 副教授)

余 华 (南京信息职业技术学院通信工程系 副教授)

吴 永 (广东科学技术职业学院电子系 高级工程师)

张立中 (常州信息职业技术学院 高级工程师)

李立高 (长沙通信职业技术学院 副教授)

林植平 (南京工业职业技术学院电气与自动化系 高级工程师)

杨 俊 (武汉职业技术学院通信工程系主任 副教授)

俞兴明 (苏州职业大学电子信息工程系 副教授)

项目策划 马乐惠

策 划 张 媛 薛 媛 张晓燕

前 言

高职教育以服务社会主义现代化建设为宗旨,以培养数以亿计的高素质劳动者和数以千万计的高技能型专门人才为目标。以前传统的实验教学,已经远远不能满足这个要求。

本教材紧密结合高职高专教育特点,积极适应社会实际需要,突出技能型、应用型、工艺型的人才培养目标,有针对性地加强学生实践能力的培养。内容安排上力求深入浅出,将知识点与能力培养点有机结合,注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的工作能力。同时,版面编排上力求简洁明快、形式新颖、目标明确,有利于激发学生的求知欲和学习的主动性。

本教材在模拟电子技术和数字电子技术实验的基础上,穿插了一定的基础技能、工艺性知识、新颖实用的小电路等内容,还介绍了用 Multisim 进行原理图输入、仿真,便于利用计算机进行教学演示,增加教学手段和教学方法。同时,在教材中还穿插了知识性的科技短文——科技花絮,以活跃教材内容,激发学生对科学技术的兴趣,增强学生探索知识的动力。

本课程推荐学时为 90 学时,共安排三个学期,即第二学期、第三学期和第四学期(三年制),其中第四学期为综合实训,这部分实训内容所涉及的电路较为复杂。

本教材由李思政担任主编,刘守义担任主审,赵洪涛、徐传顺、阴家龙担任副主编。李思政编写第 1 章的 1.3~1.7 节,第 3 章的 3.1~3.5 节、3.9 节,第 4 章的 4.1 节;赵洪涛编写第 1 章的 1.8 节,第 2 章的 2.1~2.11 节;徐传顺编写第 2 章的 2.12~2.21 节,第 4 章的 4.2、4.3 节;阴家龙编写第 1 章的 1.1 和 1.2 节,第 3 章的 3.6~3.8 节及 3.10~3.13 节。

在本教材的编写过程中,得到了淮安信息职业技术学院电子工程和通信工程系各级领导与同行的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢!

欢迎广大师生多提宝贵意见,以便今后修改和完善,共同促进高职高专教育的不断发展。

实训项目设置与课程安排见附表,仅供参考。

作 者
2007 年 12 月

附 实训项目设置与课程安排

课别	序号	实 验 名 称	参考学时	建议学期、时数		
				二	三	四
基 础 技 能	1.1	手工焊接技术	2	2		
	1.2	自动焊接技术	4			4
	1.3	仪器仪表的使用(一)	2	2		
	1.4	仪器仪表的使用(二)	2	2		
	1.5	仪器仪表的使用(三)	4			4
	1.6	元器件的识别与简单测试(一)	2	2		
	1.7	元器件的识别与简单测试(二)	2	2		
	1.8	用 Multisim 进行原理图输入、仿真	4	2	2	
基 础 实 验	2.1	模拟电路实验箱的使用	2	2		
	2.2	基本放大电路的测试	2	2		
	2.3	射极跟随器电路的测试	2			
	2.4	两级负反馈放大电路的测试	2	2		
	2.5	差动放大电路的测试	2			
	2.6	集成运算放大器应用电路的测试(一)	2			
	2.7	集成运算放大器应用电路的测试(二)	2			
	2.8	RC 正弦波振荡电路的测试	2			
	2.9	LC 正弦波振荡电路的测试	2			
	2.10	可调输出集成直流稳压电源的测试	4	4		
	2.11	集成功率放大电路的安装与测试	2			
	2.12	数字电路实验箱的使用	2		2	
	2.13	门电路逻辑功能及测试	2		2	
	2.14	组合逻辑电路的设计与调试	2		2	
	2.15	数据选择器的应用	2			
	2.16	触发器的逻辑功能测试			2	
	2.17	N 进制计数器的设计与测试			2	
	2.18	四位双向移位寄存器的测试	2			
	2.19	译码显示电路的测试	2		2	
	2.20	555 脉冲电路的测试	2		2	
	2.21	D/A、A/D 转换器的测试	2		2	
综 合 应 用	3.1	简单断线报警器的制作	2	2		
	3.2	印制电路板的制作	2	2		
	3.3	照明灯延时开关电路的制作	4	4		
	3.4	大范围调光台灯电路的制作	4		4	
	3.5	集成声光控制开关的制作	4		4	
	3.6	数字电子计时器的制作	4			4
	3.7	触摸式音量自动调节器的制作	4			
	3.8	太阳能热水器水位报警器的制作	4		4	
	3.9	LED 花色循环彩灯的制作	4		4	
	3.10	光电式自动水龙头的制作	4			4
	3.11	电子节能镇流器的制作	4			
	3.12	数字抢答器的制作	6			6
	3.13	OTL 功率放大器的制作	8			8

目 录

第 1 章 基础技能	1
1.1 手工焊接技术	1
1.2 自动焊接技术	6
1.3 仪器仪表的使用(一)	11
1.4 仪器仪表的使用(二)	15
1.5 仪器仪表的使用(三)	20
1.6 元器件的识别与简单测试(一)	25
1.7 元器件的识别与简单测试(二)	33
1.8 用 Multisim 进行原理图输入、仿真	39
科技花絮 1: 奇妙的小精灵——电子	60
第 2 章 基础实验	62
2.1 模拟电路实验箱的使用	62
2.2 基本放大电路的测试	63
2.3 射极跟随器电路的测试	69
2.4 两级负反馈放大电路的测试	72
2.5 差动放大电路的测试	75
2.6 集成运算放大器应用电路的测试(一)	78
2.7 集成运算放大器应用电路的测试(二)	82
2.8 RC 正弦波振荡电路的测试	85
2.9 LC 正弦波振荡电路的测试	87
2.10 可调输出集成直流稳压电源的测试	89
科技花絮 2: 电子技术的种子——真空电子管的诞生	93
2.11 集成功率放大电路的安装与测试	94
2.12 数字电路实验箱的使用	95
2.13 门电路逻辑功能及测试	98
2.14 组合逻辑电路的设计与调试	101
2.15 数据选择器的应用	103
2.16 触发器的逻辑功能测试	109
2.17 N 进制计数器的设计与测试	112
2.18 四位双向移位寄存器的测试	114
2.19 译码显示电路的测试	117
2.20 555 脉冲电路的测试	119
2.21 D/A、A/D 转换器的测试	124
科技花絮 3: 从“神仙”手中拿到的东西——电磁波	128

第3章 综合应用	130
3.1 简单断线报警的制作	130
3.2 印制电路板的制作	131
3.3 照明灯延时开关电路的制作	135
3.4 大范围调光台灯电路的制作	137
3.5 集成声光控制开关的制作	141
科技花絮 4: 诱人的纳米技术	143
3.6 数字电子计时器的制作	144
3.7 触摸式音量自动调节器的制作	147
3.8 太阳能热水器水位报警器的制作	149
3.9 LED 花色循环彩灯的制作	152
3.10 光电式自动水龙头的制作	154
3.11 电子节能镇流器的制作	157
3.12 数字抢答器的制作	160
3.13 OTL 功率放大器的制作	170
科技花絮 5: 微电子技术与光电子集成技术	176
第4章 参考资料	178
4.1 电子技术实训考核办法	178
4.2 常用晶体管及参数	179
4.3 常用集成电路外引脚分布图	183
科技花絮 6: 哥伦布当过上帝	186
参考文献	187

第1章 基础技能

1.1 手工焊接技术

【学习指导】 焊接是电子装配的重要工艺。焊接质量的好坏，直接影响电子电路及电子装置的工作性能；良好的焊接质量，可为电路提供良好的稳定性、可靠性；不良的焊接会导致元器件损坏，给测试带来很大困难，有时还会留下隐患，使电路不能正常工作。

【预习要求】 了解焊接的基本知识。

一、实训目的

- (1) 掌握焊接的基本知识；
- (2) 掌握手工烙铁焊接知识；
- (3) 熟悉电子元器件的表面处理方法、成形和插装方法。

二、实训器件、仪器仪表及设备

名称及型号	数量	作用	备注
电烙铁、镊子	1把/每人	焊接用	
焊料、漆包线、元器件等	若干		

三、实训原理——焊接技术的基本知识

焊料和焊剂的性质、成分、作用、原理及选用知识是电子工艺技术中的重要内容之一，对保证产品的焊接质量具有决定性的影响。

(一) 焊料与焊剂

1. 焊料

能熔化两种或两种以上的金属，使之成为一个整体的易熔金属或合金都叫焊料。焊料的种类很多，焊接不同的金属使用不同的焊料。焊料按其成分可分为锡铅焊料、银焊料、铜焊料等。在一般电子产品装配中，通常用锡铅焊料，俗称“焊锡”。

锡(Sn)是一种质软、熔点低的金属，其熔点为 232°C 。纯锡价贵、质脆、机械性能差。在常温下，锡的抗氧化性强；金属锡在高于 132°C 时呈银白色，低于 13.2°C 时呈灰色，低于 -40°C 时变成粉末。铅(Pb)是一种浅青色的软金属，熔点为 327°C ，机械性能差，可塑性好，有较高的抗氧化性和抗腐蚀性。铅属于对人体有害的重金属，在人体中积蓄能引起铅中毒。当铅和锡以不同的比例熔成合金(锡铅合金)以后，熔点和其他物理性能都会发生变化。

锡铅焊料成分与温度的关系如图 1.1.1 所示。其中，横坐标代表含量的百分比，纵坐标代表温度。C 点表示纯铅的熔点为 327℃；D 点表示纯锡的熔点为 232℃；CTD 线称液相线，温度高于这条线时合金处于液态；CETFD 线称固相线，温度低于这条线时合金为固态；在两个三角区内为半熔融状态。

例如，锡铅各占 50% 的合金，熔点为 212℃，凝固点为 182℃。在 182℃~212℃ 时，铅占 80% 的合金在 190℃ 变成半液体；再升温到 275℃ 时，才变成完全的液体。从状态图中可以看出，只有一点即在 183℃ 时合金由固体直接变成液体，没有半液体状态，我们称这个点为“共晶点”。按照这个共晶点配制的合金，称为“共晶合金”。我们把锡铅合金焊料中锡占 63%、铅占 37% 的焊锡称为“共晶焊锡”，它也是比较理想的焊料，是我们一般常使用的焊锡。共晶焊锡有如下优良特点：

(1) 熔点低。铅的熔点为 327℃，锡的熔点为 232℃，而“共晶焊锡”的熔点只有 183℃，焊接温度低，可防止损害元器件。

(2) 无半液态。由于熔点和凝固点一致而无半液体状态，因此可使焊点快速凝固从而避免虚焊。这一点对自动焊接有着重要意义。

(3) 表面张力低。表面张力低，焊料的流动性就强，对被焊物有很好的润湿作用，有利于提高焊点质量。

(4) 抗氧化能力强，机械特性好。锡和铅合在一起后，其化学稳定性大大提高了。共晶焊锡的拉伸强度、折断力、硬度都较大，并且结晶细密，所以强度高。

在电子产品装配中，使用的焊锡多为“共晶焊锡”。由于铅有毒，一些国家已开始对无铅焊料进行研究，以实现焊料无铅化。如果用无铅焊料替代锡铅焊料，它应在物理性能、铅焊工艺性能、接头的力学性能等方面与锡铅焊料接近，而且成本不能过高，工艺的可操作性强。目前，无铅焊料虽然仍处于积极开发、积累数据的阶段，但使用无铅焊料替代锡铅焊料是发展方向。

2. 焊剂

焊剂又称助焊剂，是指焊接时用于去除被焊金属表面氧化层及杂质的物质。电子设备的金属表面同空气接触后都会生成一层氧化膜，温度越高氧化越厉害。这层氧化膜妨碍了液态焊锡对金属的浸润作用，犹如玻璃沾上油就使水不能浸润一样。助焊剂就是用于清除金属表面氧化膜，保证焊锡润湿和流动性的一种化学制剂，它仅起到清除氧化膜的作用，不可能除掉焊件上的所有污物。

助焊剂的种类很多，一般可分为无机助焊剂、有机助焊剂、松香基助焊剂，其中松香基助焊剂是使用最多的一种。

松香基助焊剂包括松香焊剂、活化香剂、氢化松香等，在电子产品中普遍使用的是松香焊剂。将松树和杉树等针叶树的树脂进行水蒸气蒸馏，去掉松节油后剩下的不挥发物质就是松香。松香的助焊能力和电气绝缘性能好，不吸潮，无毒，不腐蚀，价格低，因而被广

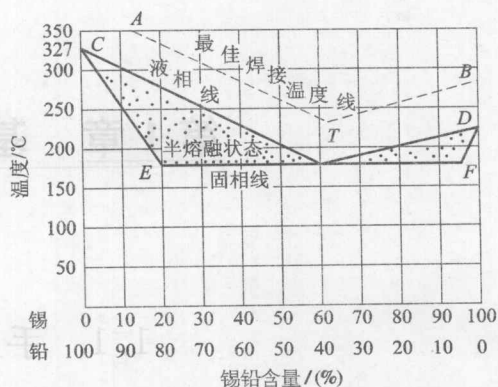


图 1.1.1 锡铅焊料成分与温度的关系状态图

泛采用。制好的印制板，最后涂上了松香水(松香+酒精，比例一般为1:3)，不但具有助焊能力，而且还可防止铜的氧化，有利于焊接。应该注意：松香反复加热后会炭化(发黑)而失效，因此发黑的松香不起助焊作用。

氢化松香是一种新型助焊剂，比松香具有更多的优点，更适于电子产品的超高密度、小型化、可靠性高的要求。

(二) 手工焊接工具

手工焊接工具常用电烙铁，它的作用是加热焊接部位，熔化焊料，使焊料和被焊金属连接起来。

电烙铁一般分为四大类：电热丝电烙铁、控温电烙铁、带吸球或吸杆的电烙铁、热风枪等。

外热式电烙铁是指烙铁芯包在烙铁头的外部。它由烙铁头、烙铁芯、木柄、电源引线和插头等组成。其中烙铁芯是电烙铁的关键部分，它的结构是电热丝平行地绕制在一根空心瓷管上，中间用云母片绝缘并引出两根导线与220 V交流电源连接。外热式电烙铁一般有20 W、25 W、30 W、50 W、75 W、100 W、150 W、300 W等多种规格。功率越大，烙铁头的温度越高。一般用35 W外热式电烙铁焊接印制电路板。

内热式电烙铁是指烙铁芯装在烙铁头的内部，从烙铁头内部向外传导热。它由烙铁芯、烙铁头、连接杆、手柄等几部分组成。烙铁芯由镍铬电阻丝缠绕在瓷管上制成。内热式电烙铁的热传导效率比外热式电烙铁高，20 W的内热式电烙铁的实际发热功率与25~40 W的外热式电烙铁相当。内热式电烙铁的特点是体积小，发热快，重量轻，耗电低等。内热式电烙铁的规格为20 W、30 W、50 W等，主要用来焊接印制电路板。

恒温式电烙铁是在普通电烙铁头上安装强磁体传感器制成的。其工作原理是，接通电源后，烙铁头的温度上升，当达到设定的温度时，传感器里的磁铁达到居里点而磁性消失，从而使磁芯触点断开，这时停止向烙铁芯供电；当温度低于居里点时磁铁恢复磁性，与永久磁铁吸合，触点接通，继续向电烙铁供电。如此反复，自动控温。

带吸球或吸杆的电烙铁又叫吸锡电烙铁，它是将普通电烙铁与活塞式吸锡器合为一体的拆焊工具。它的使用方法是接通电源3~5 s后，把活塞按下并卡住，将锡头对准欲拆元器件，待锡熔化后按下按钮，活塞上升，焊锡被吸入吸管。用毕，推动活塞三四次，清除吸管内残留的焊锡，以便下次使用。

热风枪又称贴片电子元器件拆焊台，它专门用于表面贴片安装电子元器件(特别是多引脚的SMD集成电路)的焊接和拆卸。热风枪由控制电路、空气压缩泵和热风喷头等组成。其中，控制电路是整个热风枪的温度、风力控制中心；空气压缩泵是热风枪的心脏，负责热风枪的风力供应；热风喷头是将空气压缩泵送来的压缩空气加热到可以使BGAIC上焊锡熔化的部件，其头部还装有可以检测温度的传感器，把温度信号转变为电信号送回电源控制电路板，各种喷嘴用于装拆不同的表面贴片元器件。

(三) 手工焊接的工艺流程和方法

一个良好焊点的产生，除了焊接材料具有可焊性、焊接工具(即电烙铁)功率合适、采用正确的操作方法之外，最重要的是操作者的技能。只有经过相当长时间的焊接练习，才能掌握焊接技术。有些人会认为用烙铁焊接非常容易，没有什么技术含量，这是非常错误的。只有通过焊接实践，不断用心领会，不断总结，才能掌握较高的焊接技能。

焊接有钎焊和接触焊等,其中手工焊接即手工钎焊,又称烙铁焊,是目前广泛采用的一种焊接技术。

1. 焊接的定义

定义:在固定母材之间,熔入比母材金属熔点低的焊料,依靠毛细管作用,使焊料进入母材之中,并发生化学变化,从而使母材与焊料结合为一体。

2. 手工焊接的基本步骤

手工焊接可分为五步基本操作,五步基本操作法的工艺流程如图 1.1.2 所示。

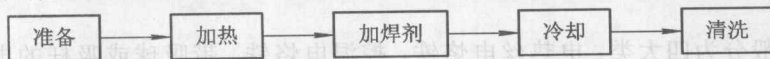


图 1.1.2 手工焊接工艺流程图

(1) 准备。焊接前的准备包括:焊接部位的清洁处理,导线与接线端子的钩连,元器件插装以及焊料、焊剂和工具的准备,使连接点处于随时可以焊接的状态。

(2) 加热。用烙铁头加热焊接部位,使连接点的温度升至焊接需要的温度。加热时,烙铁头和连接点要有一定的接触面和接触压力。

(3) 加焊剂。加热到一定温度后,即可在烙铁头与连接点的结合部或烙铁头对称的一侧,加上适量的焊料。焊料熔化后,用烙铁头将焊料拖动一段距离,以保证焊料覆盖连接点。

(4) 冷却。焊料和烙铁头离开连接点(焊点)后,焊点应自然冷却,严禁用嘴吹或采用其他强制冷却的方法。在焊料凝固过程中,连接点不应受到任何外力的影响而改变位置。

(5) 清洗。必须彻底清洗残留在焊点周围的焊剂、油污、灰尘。按清洗对象的不同,可采用手工擦洗、超声波清洗等。

3. 手工焊接的操作常识

1) 电烙铁的握法

通常用右手握住电烙铁,握法有反握、正握和笔握三种。反握法对被焊件压力较大,适用于较大功率的电烙铁(大于 75 W);正握法适用于弯烙铁头的操作或直烙铁头在大型机架上的焊接;笔握法适用于用小功率的电烙铁焊接印制电路板上的元器件。

2) 电烙铁的操作要领

电烙铁要在短时间内将几种金属加热,烙铁头如何与被焊金属接触十分重要。例如,焊接印制电路板时,由于接触角度 θ 不同(一般 θ 取 45°),会造成热传导速度不均匀,或引线一侧升温快或铜箔一侧升温快。为使加热均匀,烙铁头应对引线和铜箔同时加热。

焊接结束时,烙铁头撤离的方向也要注意。因为烙铁头的主要作用是加热,焊料熔化后,烙铁头应迅速离开焊点。如果焊料停止供给后还继续加热,会造成焊料流淌,焊点表面出现粗糙状,失去金属光泽;如果烙铁头过早撤离,会造成加热不充分,焊剂作用不够,焊点强度降低,甚至会造成虚焊或假焊。

电烙铁除具有加热作用外,还能够控制焊料量。烙铁头以 45° 方向撤离,焊点圆滑,带走少量焊料;烙铁头垂直向上撤离,焊点容易造成拉尖;烙铁头以水平方向撤离,焊点被带走大量焊料;烙铁头沿焊点向下撤离,会带走大部分焊料;烙铁头沿焊点向上撤离,仅带走少量焊料。掌握上述烙铁头撤离方向,就能控制焊料留存量,使每个焊点符合要求,这也是手工焊接的技巧之一。

4. 焊接件的拆卸常识

电子设备由于调试和维修原因，常需要把少数元器件拆焊换掉。拆焊时应注意避免损坏印制板和元器件。通常可逐个熔化焊点，逐个拆下元器件引线。例如，电阻的两个引脚焊点可分两次拆下，这种拆法称为分点拆焊法。也可以同时集中加热几个引线焊点，这种方法称为集中拆焊法。

拆焊时多余的焊锡应清除掉，通常用吸锡电烙铁能很方便地吸去多余的焊料。使用时，只要把烙铁头靠上焊点，等焊料熔化后按一下按钮，即可把熔化后的焊锡吸入储锡盒内。

(四) 焊接质量的检验

一个好的焊点，应是明亮、平滑、焊料适量并成裙状拉开的，焊锡与焊盘结合处的轮廓隐约可见，并无裂纹、针孔、拉尖等现象。焊接质量的检验主要以外观检查为主，首先要查看焊料的润湿情况和焊点的几何形状，然后从焊点的亮度、光泽等方面进行检查。下面介绍几种印制电路板的焊接缺陷及产生原因。

(1) 拉尖：原因是温度太低或烙铁离开焊点太慢。

(2) 桥接：焊接时印制电路铜箔间不应连接处的意外连接现象。

(3) 空洞：由于焊料未全部填满印制电路板的插孔而出现的现象，使用中易脱落。

(4) 堆焊：因焊料过多和润湿不良而形成弹丸状焊料堆积，看不出引线的轮廓。产生堆焊的主要原因是引线或焊盘氧化而不能润湿，焊点加热不充分，维修时焊料过多。

(5) 其它缺陷：如导线损伤，铜箔翘起、剥离等，其产生的主要原因是焊点过热、多次焊接、焊盘受力等。

四、实训内容

1. 用漆包线焊接一定的形状

例如焊接三角形、正方形、立方体、四面体、五角星及学生自创图形等。

2. 印制板上元器件的焊接

这是整机焊接的主要内容之一。经预焊后的元器件在印制板上焊接前必须进行引线的成形与插装。良好的引线成形工艺不仅可以避免因焊接时(尤其是自动化焊接时)受到热冲击而损坏元器件及印制板，而且还可以起到防震、防变形、提高整机可靠性的作用。

1) 轴向引线元器件的成形与插装

轴向引线元器件是指从元器件两侧一字形伸出的元器件，常见的有电阻、二极管等。为了插装到印制板上，两侧的引线必须向同一方向打弯。

轴向引线元器件在成形时，弯头距引线根部至少应有 1.5 mm 长，这样可以提高元器件与焊点之间的热阻，防止元器件在焊接时受热损坏。由于元器件引线的根部容易折断，为防止引线根部受力，可以用镊子夹住引线根部进行成形。弯头应成圆角，圆角的半径应大于引线直径的两倍。成形时应将元器件上标有型号与数值的一面朝外，以便以后检查与维修。

2) 径向引线元器件的成形与插装

径向引线元器件的引出线在元器件的同侧。注意引线不能勉强打弯，否则会使元器件的封装树脂脱落或造成引线的折断。

3) 在印制板上安装元器件的一般原则

- (1) 元器件平行安装时, 元器件的外表面最好贴紧板面或离开尺寸越小越好, 如果其下面有导线, 应离开约 $1\sim 2\text{ mm}$ 。
- (2) 垂直安装时, 元器件与印制板间的距离约为 $2\sim 4\text{ mm}$ 。
- (3) 为加强焊接强度, 元器件引出线插入焊接孔时至少伸出 1.5 mm , 一个安装孔只可焊接一个元器件的引出线。
- (4) 元器件装配时, 其标志一律向上, 并保持整块板面的标志方向一致。

五、实训报告

- (1) 什么叫锡铅合金焊料? 它具备哪些优点?
- (2) 助焊剂在焊接过程中如何起作用? 电子装配中对助焊剂有什么要求?
- (3) 简述手工焊接的步骤。
- (4) 如何提高焊接质量?
- (5) 说出几种焊点缺陷产生的原因。

1.2 自动焊接技术

【学习指导】 当今电子技术飞速发展, 电子元器件也日趋集成化、小型化和微型化, 印制板上元器件的排列也越来越密集, 手工焊接已不能满足高效率和高可靠性的要求。自动焊接技术是为了适应印制电路板的发展而产生的, 它大大提高了生产效率, 当前已成为印制电路板焊接的主要方法, 在电子产品生产中得到了普遍使用。

【预习要求】 了解自动焊接的基本知识。

一、实训目的

- (1) 掌握浸焊的基本知识;
- (2) 掌握波峰焊接工艺流程;
- (3) 了解再流焊接技术。

二、实训器件、仪器仪表及设备

名称及型号	数量	作用	备注
浸焊机	1	自动焊接	参观
波峰焊机	1	自动焊接	参观
再流焊机	1	自动焊接	参观

三、实训原理——自动焊接技术的基本知识

(一) 浸焊

浸焊是指将插好元器件的印制电路板浸入熔融状态的锡锅中, 一次完成印制电路板上

所有焊点的焊接。它比手工焊接生产效率高，操作简单，适于批量生产。浸焊包括手工浸焊和自动浸焊两种形式。

1. 手工浸焊

手工浸焊是指由操作人员手持夹具将已插好元器件、涂好助焊剂的印制电路板浸入锡锅中焊接。具体操作过程如下：

(1) 锡锅准备。锡锅熔化焊锡的温度以 $230^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ 为宜，但有些元器件和印制电路板较大，可将焊锡温度提高到 260°C 左右。为了及时去除焊锡层表面的氧化层，应随时加入松香助焊剂。

(2) 涂覆助焊剂。对插好元器件的印制电路板浸渍松香助焊剂。

(3) 浸锡。用夹具夹住印制电路板的边缘，使其与锡锅内的焊锡液面成 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 的倾角，且与锡液保持平行浸入锡锅内，浸入的深度以印制电路板厚度的 $50\%\sim 70\%$ 为宜，浸锡的时间约为 $3\sim 5\text{ s}$ ，浸锡完成后仍按原浸入角度缓慢取出，如图 1.2.1 所示。

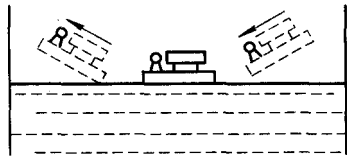


图 1.2.1 浸焊示意图

(4) 冷却。刚焊接完成的印制电路板上有大量余热未散，如不及时冷却，可能会损坏印制电路板上的元器件。可采用风冷或其他方法降温。

(5) 检查焊接质量。焊接后可能会出现连焊、虚焊、假焊等，可用手工焊接补焊。如果大部分未焊好，应检查原因，重复浸焊。但印制电路板只能浸焊两次，否则，会造成印制电路板变形、铜箔脱落、元件性能变差。

2. 自动浸焊

1) 工艺流程

图 1.2.2 是自动浸焊的工艺流程图。

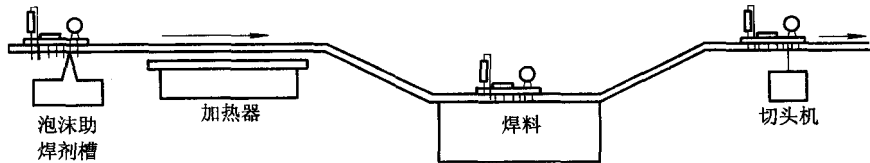


图 1.2.2 自动浸焊的工艺流程图

把插装好元器件的印制电路板用专用夹具安装在自动传送带上。首先喷上泡沫助焊剂，再用加热器烘干，然后放入熔化的锡锅进行浸锡，待锡冷却凝固后再送到切头机剪去过长的引脚。

2) 自动浸锡设备

自动浸锡设备有普通浸锡机和超声波焊接机。

普通浸锡机在浸锡时，将振动头安装在印制电路板的专用夹具上，当印制电路板浸入锡锅停留 $2\sim 3\text{ s}$ 后，开启振动头振动 $2\sim 3\text{ s}$ ，这样既可以振动掉多余的焊锡，也可使焊锡渗入焊接点内部。

超声波焊接机是通过向锡锅内辐射超声波来增强浸锡效果的。这种方法可使焊接更可靠，适用于一般浸锡较困难的元器件浸锡。超声波焊接机一般由超声波发生器、换能器、水箱、焊料槽、加温设备等几部分组成。

3. 浸焊的优缺点

优点：浸焊比手工焊接效率高，设备也比较简单。

缺点：由于锡槽内的焊锡表面是静止的，表面上的氧化物极易粘在被焊物的焊接处，容易造成虚焊，又由于温度高，容易烫坏元器件，并导致印制电路板变形，所以现代电子产品生产中浸焊已被波峰焊取代。

(二) 波峰焊

波峰焊是目前最广泛采用的自动焊接工艺。波峰焊采用波峰焊机进行焊接。波峰焊机的主要结构是一个温度能自动控制的熔锡缸，缸内装有机械泵和具有特殊结构的喷嘴。机械泵能根据焊接的要求，连续不断地从喷嘴压出液态锡波。当置于传送机上的印制电路板以一定速度进入时，焊锡以波峰的形式溢出至印制板进行焊接。

1. 波峰焊机的组成

波峰焊机主要组成部分有：涂覆助焊剂发生槽、气刀、热风器、波峰焊锡槽等。它们的主要功能如下所述。

1) 涂覆助焊剂发生槽

涂覆助焊剂发生槽是波峰焊机把助焊剂均匀地涂覆在印制电路板上的装置，涂覆的方式有发泡式、浸渍式、喷雾式，其中以发泡式最为常用。

泡沫助焊剂发生槽的结构：在塑料或不锈钢制成的槽缸内装有一根微孔型发泡瓷管或塑料管，槽内盛有助焊剂。当发泡管接通压缩空气时，助焊剂即从微孔内喷出细小的泡沫，喷射到印制电路板覆铜的一面，如图 1.2.3 所示。为使助焊剂喷涂均匀，微孔的直径一般为 $10\ \mu\text{m}$ 。

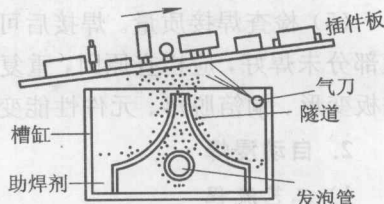


图 1.2.3 泡沫助焊剂发生槽

2) 气刀

气刀由不锈钢管或塑料管制成，上面有一排小孔，向着印制电路板表面喷出热空气，将板面上多余的助焊剂排除，并把元器件引脚气泡吹破，使整个焊面助焊剂均匀，以提高焊接质量。

3) 热风器

热风器的作用是将印制电路板焊接面上的水淋状助焊剂逐渐加热，使其成糊状，增加助焊剂中活性物质的作用，同时也逐步缩小印制电路板和锡槽焊料的温差，防止印制电路板变形和助焊剂脱落。热风器结构简单，一般由不锈钢制成箱体，上加百叶窗口，其箱底安装一个小型风扇，中间安装加热器。如图 1.2.4 所示，当风扇叶转动时，空气通过加热器后形成热气流，经过百叶窗口对印制电路板进行预加热，温度一般控制在 $80^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。热风器的热源有多种，如电热丝、红外石英管等。对印制电路板加热要求温度均匀，加热快，节能，温度易控制。

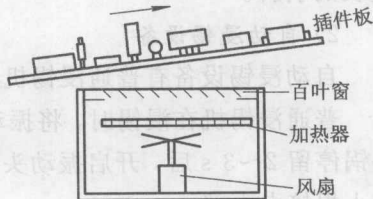


图 1.2.4 热风器结构

4) 波峰焊锡槽

波峰焊锡槽是完成印制电路板波峰焊接的主要装备之一。熔化的焊锡在电磁泵的作用下由喷嘴源源不断喷出而形成波峰，如图 1.2.5(b)所示。当印制电路板经过波峰时元器件