

孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著

 电子技术与技能实训丛书



电子产品制作 技术与技能实训 (修订版)



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子技术与技能实训丛书

电子产品制作技术与技能实训

(修订版)

孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以介绍电子产品制作基础知识为切入点,详细介绍电子产品制作的电路分析方法和目标确定,电子产品制作的准备工作,电子产品制作的基本技能,电子产品印制电路板制作技术与焊接技能,电子产品组装与调试的步骤和方法,以及电子产品质量管理。并在各章节分别安排了电子仪器仪表的正确使用,元器件的检验与筛选,电子电路的识读,电子产品的组装、调试等技能实训。最后给出了几种较典型、实用性极强的电子产品制作技能的实训实例,使读者快速掌握电子产品制作的基本知识,并获得制作电子产品的能力。本书每章均有本章小结和习题,书后附有习题答案。

本书依据《高等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案》内容的要求编写而成,可供广大电子爱好者阅读,也可作为中、高等职业技术学校 and 电子电器类专业学校电子技术学科的教材;还可作为电子制造企业的岗位培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品制作技术与技能实训 / 孙余凯等编著. —修订本. —北京:电子工业出版社,2012.4
(电子技术与技能实训丛书)

ISBN 978-7-121-16561-0

I. ①电… II. ①孙… III. ①电子产品—生产工艺—技术培训—教材 IV. ①TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 049206 号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 鄂卫华

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

装 订: 中国电影出版社印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17 字数: 414 千字

印 次: 2012 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

出版说明

发展职业教育是经济社会发展的重要基础和教育工作的战略重点。国务院关于大力发展职业教育的决定中明确指出,为适应全面建设小康社会对高素质劳动者和技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,必须以就业为导向,改革与发展职业教育。职业教育要为我国走新型工业化道路,调整经济结构和转变增长方式服务。因此职业教育要以服务社会主义现代化建设为宗旨,要与市场需求和劳动就业紧密结合,要校企合作,建立有中国特色的现代职业教育体系,实施国家技能型人才培养培训工程。

为进一步深化职业教育教学的改革,各类职业学校根据市场和社会需求,在不断更新教学内容,改进教学方法,各家科技出版社也正在为推进现代科学技术在教学中的应用做好教材服务工作。

电子工业出版社一贯重视职业教育工作。在认真学习领会国家相关政策,研究职业教育规律和特点的基础上,组织相关院校和企业共同研发,成功出版了大量职业教育方面的书籍,并取得了很好的社会效益和经济效益。在全国职业教育工作会议隆重召开以后,我社为更好地适应职业教育教学改革的需要,深入职业学校进行了认真调研,组织长期从事电子技术行业工作的专家和在教育第一线的有丰富经验的教师共同编写《电子技术技能实训教程丛书》。我社推出的本丛书是以构建职业标准指导下的能力本位为主导,以提高学生科技素养为宗旨,以就业为导向,指导学生进行专业实践能力的训练,提高学生的技术运用能力和岗位工作能力。

《电子技术技能实训教程丛书》的编写主要遵循了以下原则。

(1) 教学内容充分体现职业性,即本职业生产岗位必备的知识和技能,充分满足本行业生产一线的需求。

(2) 建立职业院校的课程与国家行业标准之间的紧密联系,从职教课程中能清晰地看到国家行业的职业标准要求,形成一种新的职业能力培养的系统化课程。

(3) 行业标准指导下的先进性原则。克服专业教学存在的内容陈旧和不适应产业发展需求的弊端,突出本专业领域的新知识、新技术、新流程、新方法,理论和实践一体化,使之符合职业能力的发展规律,培养学生的学习能力、工作能力、创新思维的能力。

为突出本丛书实用性强的特点,从内容的安排上,以理论指导实践,重点突出技能训练,不仅结合各章内容安排了实训,而且有的书还在全书的最后安排了综合实训项目,使读者将电子专业知识和电子技术灵活运用于实践,在实践中加深理解和积累知识,并在知识和技能不断积累的基础上进行有创造性的实践,从而更有利于技能型人才的培养,更好地提高读者的就业能力、工作能力、职业转换能力和创业能力。

今年修订的电子技术技能实训丛书主要包括:《电子技术基础与技能实训(修订版)》,《电子产品制作技术与技能实训(修订版)》,《电子产品装配技术与技能实训(修订版)》,《电子仪表应用技术与技能实训(修订版)》,《传感技术基础与技能实训(修订版)》,《Protel DXP 2004 SP2 应用技术与技能实训(修订版)》。以后将根据职业学校教材的需求不断拓展新的选题。

我们期盼本丛书能成为通俗易懂的、专业性强和实用性强的、学得会和用得巧的职教选用教材和广大读者的自学教程。

電子工業出版社

前 言

随着电子技术的飞速发展，我国已经成为电子产品生产、制造的国际化产业基地。从业人员数以亿计。作为电子产品生产基础技能的电子产品制作技术与技能是从事电子产品生产、调试、维修的在岗从业人员和求职的待业人员必须掌握的基础技能。

为适应电子技术发展和市场的需求，我们于 2006 年组织编写了《电子产品制作技术与技能实训教程》图书，图书是依据《高等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案》内容的要求编写而成的。按照原信息产业部颁布的电子产品制作的职业技能规范，对电子产品制作所应具备的基础知识和技能进行了系统讲解和安排了技能项目的实训，目标是培训该岗位所需的技能型人才。《电子产品制作技术与技能实训教程》一书经过了 6 年的市场考验，得到了社会的认可和广大读者的好评，被许多职业学校和企业培训机构选用为教材。许多读者来信来电，在表达对图书内容充分肯定的同时，提出了许多好的建议，希望追踪电子技术的新发展，对图书内容进行修订。

近几年来，电子新技术、新产品、新器件、新工艺不断涌现，无论是电子产品的精密程度，还是电子产品的制作工艺，制作设备及制作技术、制作速度都有很大的提升，这些都给电子产品生产、制作人员的知识更新与技能的提高提出了更高的要求。为适应电子技术的发展，我们对《电子产品制作技术与技能实训教程》进行了修订，加大了焊接技能的实训，增加了多种新的制作技术。为扩大读者群，将书名改为《电子产品制作技术与技能实训（修订版）》。

在编写过程中，重视职业教育的特点，突出应用性和针对性，加强实践能力的培养。内容叙述力求深入浅出，将知识点与能力训练有机结合，注意培养读者的实际动手能力和解决实际问题的能力；在内容编排上，力求简洁、形式新颖、目标明确。有利于满足读者的求知欲和提高读者学习的主动性。

本书以电子产品制作实训为主线，并按章节配以技能的训练。本书共 7 章，顺序介绍了电子产品制作的基本知识；电子产品制作中常用仪表的使用及检测技能；电子产品印制

电路板制作方法；电子产品制作的焊接技能；电子产品的组装与调试方法；电子产品的质量和可靠性控制方法；电子产品制作技能实训。最后一章给出了几个电子产品制作的实训实例，可供读者根据自己的情况选择。

在每一章的技能实训一节中，其内容是相互连贯的，是以两个较为实用的电子产品电路为例，从第 1 章的如何识图开始，直到第 7 章安装调试结束。其中涵盖了读懂、读通电路原理图和印制电路板图的技能实训→电子元器件的准备和检测的技能实训→印制电路板制作的技能实训→成品的安装与调试的技能实训。

本书的另一个特点是以初学者为主要对象。通过对电子产品制作技术的理论知识基础的讲解及对制作技能实训的指导，使初学者既可获得电子产品制作的基本知识，又可获得制作简单电子产品的能力；既能对电子产品制作的设计和工艺过程加深理解，又使自己的制作水平有所提高，同时还能在制作实践中拓宽电子技术理论知识，使自己所掌握的知识和技能在所制作的电子产品中得到完美的体现。

本书由浅入深，涉及制作方面的内容广泛，可供广大电子爱好者阅读，也可作为职业学校和电子电器类专业学校电子技术学科的教材，还可作为电子制造企业的岗位培训教材。

本书由孙余凯、吴鸣山、项绮明等编著，参加编写的人员还有：陈帆、项宏宇、王华君、吴永平、孙静、项天任、周志平、孙余明、张朝纲、王国太、吕晨、刘忠梅等。

本书在写作过程中，参考了国内外有关标准或资料及相关的书刊杂志，并引用其中的一些资料，在此一并向有关作者表示衷心感谢。

由于电子制作技术水平发展迅速，加上我们的水平有限，书中难免有不妥之处，真诚希望专家和读者批评指正。

图书联系方式：tan_peixiang@phei.com.cn

编著者

2012.2

目 录

第 1 章 电子产品制作的基本知识.....	1
1.1 电子产品制作的内容.....	1
1.1.1 生产厂家的电子产品制作内容.....	1
1.1.2 初学电子产品制作内容.....	1
1.2 初学者进行电子产品制作应掌握的重要环节.....	1
1.2.1 确定电子产品制作电路.....	1
1.2.2 读懂电子产品制作的电路图.....	2
1.2.3 选用合适的电路连接方法.....	2
1.2.4 对制作的产品进行检查.....	4
1.3 生产厂家的电子产品制作程序.....	5
1.3.1 电子产品制作确定阶段.....	5
1.3.2 电子产品制作方案论证与审定阶段.....	6
1.3.3 电子产品设计阶段.....	6
1.3.4 电子产品制作的样机研制阶段.....	6
1.3.5 电子产品制作的试生产阶段.....	7
1.3.6 电子产品制作的正式生产阶段.....	7
1.4 电子电路图的识图要领.....	8
1.4.1 识读电子电路原理图要领.....	8
1.4.2 识读电子电路印制电路板图的要领.....	9
1.5 电子产品制作常用电子元器件参数.....	10
1.5.1 电子元器件的特性参数.....	11
1.5.2 电子元器件的规格参数.....	12
1.5.3 电子元器件的质量参数.....	15
1.6 电子制作常用的电子元器件.....	17
1.6.1 电子制作常用的电阻器.....	17
1.6.2 电子制作常用的电位器.....	18
1.6.3 电子制作常用的电容器.....	19
1.6.4 电子制作常用的电感器.....	21
1.6.5 电子制作常用的变压器.....	23
1.6.6 电子制作常用的半导体二极管.....	23
1.6.7 电子制作常用的稳压二极管.....	24
1.6.8 电子制作常用的半导体三极管.....	25
1.6.9 电子制作常用的场效应晶体管.....	26

1.6.10	电子制作常用的光电耦合器.....	28
1.6.11	电子制作常用的晶闸管.....	29
1.6.12	电子制作常用的集成电路.....	31
1.6.13	电子制作常用的集成稳压器.....	32
1.6.14	电子制作常用的集成运算放大器.....	33
1.7	光控和声控延时照明楼道灯电路识图技能实训.....	34
1.7.1	光控和声控延时照明楼道灯电路功能说明.....	34
1.7.2	光控和声控延时照明楼道灯电路的结构特点.....	34
1.7.3	光控和声控延时照明楼道灯电路识图指导.....	35
1.7.4	光控和声控延时照明楼道灯电路工作原理指导.....	37
1.7.5	光控和声控延时照明楼道灯电路识图实际训练要求.....	38
1.8	直流分立元器件稳压电源电路识图技能实训.....	39
1.8.1	对稳压电源的基本要求.....	39
1.8.2	直流分立元器件稳压电源电路的组成.....	40
1.8.3	直流分立元器件稳压电源电路识图指导.....	40
1.8.4	直流分立元器件稳压电源电路工作原理指导.....	41
1.8.5	直流分立元器件稳压电源电路识图实际训练要求.....	42
	本章小结.....	43
	习题 1.....	43

第 2 章 电子产品制作中常用仪表的使用及检测技能..... 47

2.1	电子产品制作常用基本工具.....	47
2.1.1	电烙铁的使用方法.....	47
2.1.2	螺丝刀的使用方法.....	51
2.1.3	镊子的使用方法.....	52
2.1.4	不锈钢空心针的使用方法.....	52
2.1.5	捅针的使用方法.....	52
2.1.6	切刀的使用方法.....	53
2.1.7	钢丝钳的使用方法.....	53
2.1.8	尖嘴钳的使用方法.....	53
2.1.9	毛刷和皮吹的使用方法.....	53
2.1.10	剥线钳、斜口钳的使用方法.....	53
2.1.11	电子制作常用的其他工具.....	53
2.2	电子产品制作常用模拟式万用表的使用方法.....	53
2.2.1	模拟式万用表的功能特点.....	53
2.2.2	模拟式万用表刻度盘与万用表上常用的外文字母含义识别方法.....	55
2.2.3	模拟式万用表使用前的准备.....	56
2.2.4	模拟式万用表的使用方法.....	57
2.2.5	模拟式万用表的使用注意事项.....	60
2.3	电子产品制作时常用的数字式万用表使用方法.....	63

2.3.1	数字式万用表的类型	63
2.3.2	数字式万用表的特点	65
2.3.3	数字式万用表基本构成与常用文字符号	67
2.3.4	数字式万用表的使用方法	68
2.3.5	数字式万用表使用注意事项	69
2.4	万用表在测量中的应用及实例	72
2.4.1	电路板上元器件的检测方法	72
2.4.2	导线(电源线等)的检测方法	73
2.4.3	电容器和电感器的检测方法	73
2.4.4	放大电路中偏置电阻值的检测方法	75
2.4.5	晶体管放大倍数的检测方法	75
2.4.6	场效应晶体管的检测方法	76
2.4.7	开关场效应晶体管的检测方法	77
2.4.8	光电耦合器的检测方法	79
2.4.9	可控硅的检测方法	80
2.4.10	石英晶体的检测方法	81
2.4.11	电路的检测方法	81
2.5	模拟式示波器的使用方法	82
2.5.1	示波器的类型	83
2.5.2	示波器的基本结构	84
2.5.3	示波器使用前的设置与调整	87
2.5.4	示波器的开机与调整方法	88
2.5.5	示波器的低电容直接探头的特点	90
2.5.6	示波器探头的连接和校正方法	90
2.5.7	示波器探头的使用方法	91
2.5.8	示波器的测量基本操作方法	92
2.5.9	示波器测量交流电压的峰—峰值的方法	95
2.5.10	示波器测量瞬时电压的方法	96
2.5.11	示波器测量直流电压的方法	96
2.5.12	示波器测量时间的方法	96
2.5.13	示波器测量频率的方法	97
2.5.14	示波器测量相位的方法	97
2.5.15	示波器测量电流的方法	97
2.6	电子制作常用的其他工具与仪器	98
2.7	电子元器件的检验和筛选	98
2.7.1	电子元器件的外观质量检验	98
2.7.2	电子元器件电气性能的筛选	99
2.7.3	电子元器件的参数性能检测	101
2.8	元器件检测技能实训	101
2.8.1	光控和声控延迟照明楼道灯电路元器件的选择与检测方法	102

2.8.2 直流分立元器件稳压电源电路元器件的选择与检测	103
本章小结	104
习题 2	105

第 3 章 电子产品印制电路板的制作方法 107

3.1 印制电路板的组成及类型	107
3.1.1 印制电路板的组成特点	107
3.1.2 印制电路板的类型	107
3.1.3 印制电路常用的基板	107
3.2 印制电路板的制版方法	108
3.2.1 印制电路板的制版要求	108
3.2.2 印制电路板铜箔引线的布线	110
3.2.3 印制电路板铜箔引线的焊盘	119
3.2.4 印制导线和元器件的屏蔽方法	120
3.2.5 印制电路版图绘制的具体要求	122
3.3 自制印制电路版图的几种常用方法	123
3.3.1 用漆图法自制印制电路版图的方法	123
3.3.2 用不干胶纸粘贴法自制印制电路版图的方法	125
3.3.3 用贴图法自制印制电路版图的方法	125
3.3.4 用塑料带作印制线法自制印制电路版图的方法	125
3.3.5 用绘图液绘制法自制印制电路版图的方法	126
3.3.6 用刀刻法自制印制电路版图的方法	127
3.3.7 用铜箔粘贴法自制印制电路版图的方法	128
3.3.8 用蜡纸剪贴法自制印制电路版图的方法	129
3.3.9 用松香酒精溶液作绘图液的绘图法自制印制电路版图的方法	129
3.4 印制电路板的腐蚀方法	129
3.4.1 腐蚀用的容器及工具	129
3.4.2 腐蚀印制电路板的腐蚀液	131
3.4.3 印制电路板的腐蚀方法	131
3.4.4 印制电路板腐蚀后的处理方法	131
3.5 特殊类型印制电路板的制作方法	133
3.5.1 带金属化孔双面印制电路板的制作方法	133
3.5.2 感光印制电路板的制作方法	135
3.6 印制电路板制作技能实训	136
3.6.1 分立元器件直流稳压电源印制电路板的制作方法	136
3.6.2 光控和声控延迟照明楼道灯印制电路板的制作方法	137
3.6.3 光控电子开关电路印制电路板的制作方法	138
本章小结	138
习题 3	138

第4章 电子产品制作的焊接技能	141
4.1 焊料的选用方法.....	141
4.1.1 焊料的类型及特点.....	141
4.1.2 焊料及其熔点.....	142
4.2 焊剂的选用方法.....	142
4.2.1 焊剂的作用.....	142
4.2.2 焊剂的类型.....	142
4.2.3 需要说明的问题.....	143
4.3 焊点的质量要求.....	143
4.3.1 正常焊点的典型特征.....	143
4.3.2 引起虚焊的常见原因.....	143
4.4 正确的手工焊接步骤.....	144
4.4.1 手工焊接前的准备.....	144
4.5 热风枪焊接方法.....	146
4.5.1 热风枪的正确使用方法.....	146
4.5.2 焊接温度的调节与掌握.....	146
4.6 浸焊方法.....	147
4.7 波峰焊接方法.....	147
4.7.1 波峰焊接常用设备.....	147
4.7.2 波峰焊接的工作原理.....	148
4.8 回流焊接方法.....	149
4.8.1 回流焊接适用的场合.....	149
4.8.2 回流焊接方法的特点.....	149
4.8.3 回流焊接件的检测方法.....	150
4.9 片状元器件的焊接方法.....	150
4.9.1 表面安装元器件的贴装方式.....	150
4.9.2 表面安装元器件的焊盘要求.....	151
4.9.3 不同形状的表面安装元器件焊盘的实际要求.....	151
4.9.4 表面安装元器件的焊接方法.....	153
4.9.5 焊接后的处理方法.....	157
4.9.6 焊装表面安装元器件应注意的问题.....	158
4.10 焊接元器件时必须注意的问题.....	159
4.11 印制电路板的焊接工艺.....	160
4.11.1 高脚位元器件印制电路板的焊接工艺.....	160
4.11.2 矮脚位元器件印制电路板的焊接工艺.....	160
4.11.3 片状元器件印制电路板的焊接工艺.....	161
4.12 焊点质量的检查及缺陷的处理方法.....	161
4.12.1 焊点缺陷的常用类型.....	162
4.12.2 焊点质量的评定原则.....	164

4.12.3	焊点质量的评定方法	164
4.12.4	需要说明的问题	164
4.12.5	手工焊接的焊点缺陷的处理方法	164
4.12.6	波峰焊接的焊点缺陷的处理方法	165
4.13	焊接技能的初期实训	166
4.13.1	掌握电烙铁的正确使用与保养方法	166
4.13.2	掌握镀锡方法	167
4.13.3	掌握初步焊接方法	167
4.13.4	掌握对焊点质量的自我评价	167
4.14	焊接技能的中期实训	167
4.14.1	掌握在电路板上焊接大头针的方法	167
4.14.2	掌握对焊点质量的自我评价	168
4.15	焊接技能的实用训练	168
4.15.1	焊接技能的实用训练方法	168
4.15.2	实用电路焊接训练	168
4.15.3	掌握对实用电路焊接质量的自我评价	169
4.16	写实训报告	169
	本章小结	169
	习题 4	169

第 5 章 电子产品的组装与调试方法 171

5.1	产品方案试验性组装与调试	171
5.1.1	电路方案试验的常用方法	171
5.1.2	常用的电路方案试验板	171
5.2	定型产品的装配与调试	175
5.2.1	装配质量对整机性能的影响	176
5.2.2	定型产品装配顺序	176
5.3	整机的布线	180
5.3.1	导线的选择方法	180
5.3.2	布线的基本原则	182
5.3.3	画布线图的方法	183
5.3.4	布线的实际操作方法	184
5.3.5	布线的检查方法	189
5.4	电子产品的整机结构	189
5.4.1	电子产品整机结构的一般要求	190
5.4.2	电子产品整机结构的设计思路	190
5.4.3	电子产品整体结构组成	190
5.4.4	电子产品整机内部结构要求	194
5.4.5	产品装配时应注意的问题	196
5.5	电子产品的调试方法	199

5.5.1	对电子产品调试人员的基本要求	199
5.5.2	整机调试方法与步骤	200
5.5.3	产品调试时应注意的问题	204
5.6	电子产品制作中出现问题的处理方法	206
5.6.1	电子产品制作中常见故障的原因	206
5.6.2	电子产品制作中常见故障的处理方法	207
5.7	分立元器件稳压电源安装与调试技能实训	207
5.7.1	分立元器件稳压电源的安装	207
5.7.2	分立元器件稳压电源的调试	208
5.8	光控和声控延迟照明灯电路安装与调试技能实训	212
5.8.1	光控和声控延迟照明灯电路的安装	212
5.8.2	光控和声控延迟照明灯电路的调试方法	212
	本章小结	214
	习题 5	214
第 6 章	电子产品的质量和可靠性控制方法	217
6.1	电子产品质量的基本知识	217
6.1.1	电子产品的功能	217
6.1.2	电子产品的可靠性	217
6.2	电子产品的可靠性基本知识	218
6.2.1	电子产品失效的基本概念	218
6.2.2	衡量电子产品可靠性的指标	219
6.2.3	电子产品可靠性规律	221
6.3	电子产品的可靠性设计方法	222
6.3.1	电子产品可靠性设计基本准则	222
6.3.2	电子产品整机可靠性结构	222
6.3.3	元器件的选择和控制方法	223
6.3.4	电子产品的降额设计方法	224
6.3.5	电子产品的简化设计方法	225
6.3.6	电子产品的热设计方法	225
6.3.7	电子产品的容差设计方法	227
6.3.8	电子产品的环境防护设计方法	228
6.3.9	电子产品的电磁兼容性设计方法	228
6.3.10	电子产品的冗余设计方法	230
6.3.11	电子产品的人机工程设计方法	231
6.4	电子产品的常用工艺文件简介	231
6.4.1	电子产品工艺的类型	231
6.4.2	工艺文件的编制与使用说明	232
	本章小结	233
	习题 6	233

第 7 章 电子产品制作技能实训	235
7.1 集成电路可调直流稳压电源的制作技能实训	235
7.1.1 集成电路可调直流稳压电源电路的识图	235
7.1.2 集成电路可调直流稳压电源电路元器件的选择方法	237
7.1.3 集成电路可调直流稳压电源电路印制电路板的制作方法	238
7.1.4 集成电路可调直流稳压电源电路的装配方法	239
7.1.5 集成电路可调直流稳压电源电路的调试方法	239
7.1.6 制作集成电路可调直流稳压电源电路时需要注意的问题	239
7.2 过压、欠压控制电路的制作技能实训	240
7.2.1 过压、欠压控制电路的识图方法	240
7.2.2 过压、欠压控制电路元器件的选择方法	242
7.2.3 过压、欠压控制电路印制电路板的制作方法	244
7.2.4 过压、欠压控制电路的装配方法	244
7.2.5 过压、欠压控制电路的调试方法	244
7.3 光控电子开关电路的制作技能实训	245
7.3.1 光控电阻电子开关电路的识图方法	245
7.3.2 光敏三极管构成的光控开关电路的识图方法	246
7.3.3 光控电子开关电路元器件的选择方法	247
7.3.4 光控电子开关电路印制电路板的制作方法	249
7.3.5 光控电子开关电路的装配方法	249
7.3.6 光控电子开关电路的调试方法	249
7.4 延时电子门铃电路的制作技能实训	250
7.4.1 延时电子门铃电路的识图方法	250
7.4.2 延时电子门铃电路元器件的选择方法	251
7.4.3 延时电子门铃电路印制电路板的制作方法	252
7.4.4 延时电子门铃电路的装配方法	252
7.4.5 延时电子门铃电路的调试方法	252
本章小结	252
习题 7	253
附录 A 习题答案	255
习题 1 答案	255
习题 2 答案	255
习题 3 答案	256
习题 4 答案	256
习题 5 答案	256
习题 6 答案	257
习题 7 答案	257
参考文献	258

第1章 电子产品制作的基本知识

电子产品通常是指由电子元器件经过相应的连接，可用来完成一种或一种以上功能的成品组件。

1.1 电子产品制作的内容

1.1.1 生产厂家的电子产品制作内容

电子产品的制作包括电路设计、工艺设计、外观设计、电子元器件的选配、安装、调试，以及文档、说明书的编写等几个方面。首先是根据实际需求和环境、设备、工具、器材等条件，提出电路参数，进行电路设计。所设计的电路经过焊接、安装、测试、调整、修改，可以满足所要求的指标后，再进行印制电路板设计和工艺设计。这时要考虑元器件排列、布线等内容。与此同时还要进行产品的外观设计，这涉及到产品的人机界面、易用性、安全性和美观等因素。对于大批量投放市场的产品，外观设计也是一个重要环节。最后还要考虑产品的使用、操作、升级换代等因素，要编写好产品的设计说明和使用说明等文档资料。以上所有工作都要考虑到产品制作、检测、维修、储运、安装，以及使用的全过程中对产品的种种需求。

1.1.2 初学电子产品制作内容

以上介绍的是电子产品生产厂家在进行电子产品制作过程中所包含的内容。对于初学者来说，则不必要考虑那么多，通常只要挑选出需要的电路进行安装调试就可以了。由于本书主要以初学者为对象，故主要是针对初学者来介绍电子产品的制作，介绍电子产品生产厂家进行电子产品制作的生产工艺，以使初学者掌握电子产品制作知识和技能，为到电子产品生产企业就业上岗工作打下良好基础。

1.2 初学者进行电子产品制作应掌握的重要环节

对于初学者来说，通过电子产品制作，不仅可以提高电子技术理论水平和实际动手能力，还可以更深刻地理解电子学原理，熟悉各种类型的电子单元电路的工作原理及应用功能，掌握各种电子元器件的特点及在电路中的作用，深入了解电子电路在不同工作状态下的特性，逐步学习更多、更新的知识，掌握更高的技术，制作更复杂更有意义的电子产品，逐步培养自己成为名副其实的电子技术人员及电子产品制作工程师。

进行电子产品的制作应掌握以下重要环节。

1.2.1 确定电子产品制作电路

根据需要设计所要制作的电子产品电路或从报刊上挑选电子产品制作电路。前者对于



初学者来说难度较大，必须要有一定的电子技术基础。从电子书刊上挑选电子产品制作电路相对比较容易。目前各种电子书刊上经常发表很多有趣的电路，如带闪光的、有声响的、带动作的等。初学者可先浏览一下书刊和杂志的目录，找出感兴趣的制作对象，再结合自己的实际情况（主要是所能找到的元器件）以及自己的能力来确定电子产品制作所使用的电路。

对于文化水平不高但又是第一次接触电子制作的初学者来说，挑选制作的电子产品应以先易后难，循序渐进为原则，可以先挑选一些结构单一、元器件数量比较少的简单电路，如“音乐门铃”、“无线调频话筒”等电路。这样可以逐步积累电子制作的经验和知识，待知识有了一定的积累，经验较丰富时，就可以进行像“收音机”、“数字控制”等电路方面的制作了。

先制作一些简单的产品，成功后还可以提高自己的兴趣，鼓励自己继续努力进行制作，制作出好的产品还可以供使用和欣赏。

1.2.2 读懂电子产品制作的电路图

一旦挑选好制作的具体电路以后，就要进一步仔细阅读电路图中文字和图形的内容，要认真研究电路，要读懂有关电路图的结构和工作原理，尤其是要明白每一个元器件在电路中的作用。

1. 搞清图形符号的含义

在电路图中，每一个元器件都有其特定的图形符号或文字代号，对于这些图形符号和文字代号的含义一定要搞清楚，尤其是一些有极性的元器件，要反复端详，记住它的极性记号及外形特征。

2. 掌握元器件的引脚识别

对于引脚功能不同的电子元器件，如发光二极管、三极管、电解电容器、集成电路等，要掌握它们的引脚功能的识别方法。例如：发光二极管有正、负极性，装反了就不会亮。可通过观察其内芯两个电极的不同形状，来识别它的极性；相似三角形形状小的一端是正极，相似三角形的大的一端为负极。又如电解电容器有的用引脚长短不同来表示正、负极；还有根据集成电路的引脚排列规律识别集成电路的引脚等。

3. 搞清导线连接方法

对制作电路中导线的连接方法也要搞清楚。哪些导线应该连接在一起，哪些是不应该连接在一起的跨越线。一般在导线连接点上有一个黑圆点的导线是应该连接在一起的，而在导线交叉点上没有黑圆点或用小弧线连接的为跨越线。

4. 搞清电源线和接地线

电路中的电源多以 V_{CC} 或直接用数字表示电源，接地线多以符号“ $\perp$ ”表示。

1.2.3 选用合适的电路连接方法

电子产品制作，实际上就是把各种元器件按电路的要求正确地连接起来，使电流通路形成。在制作过程中，只要有一点连接错误，都会导致制作失败，甚至导致元器件的损