

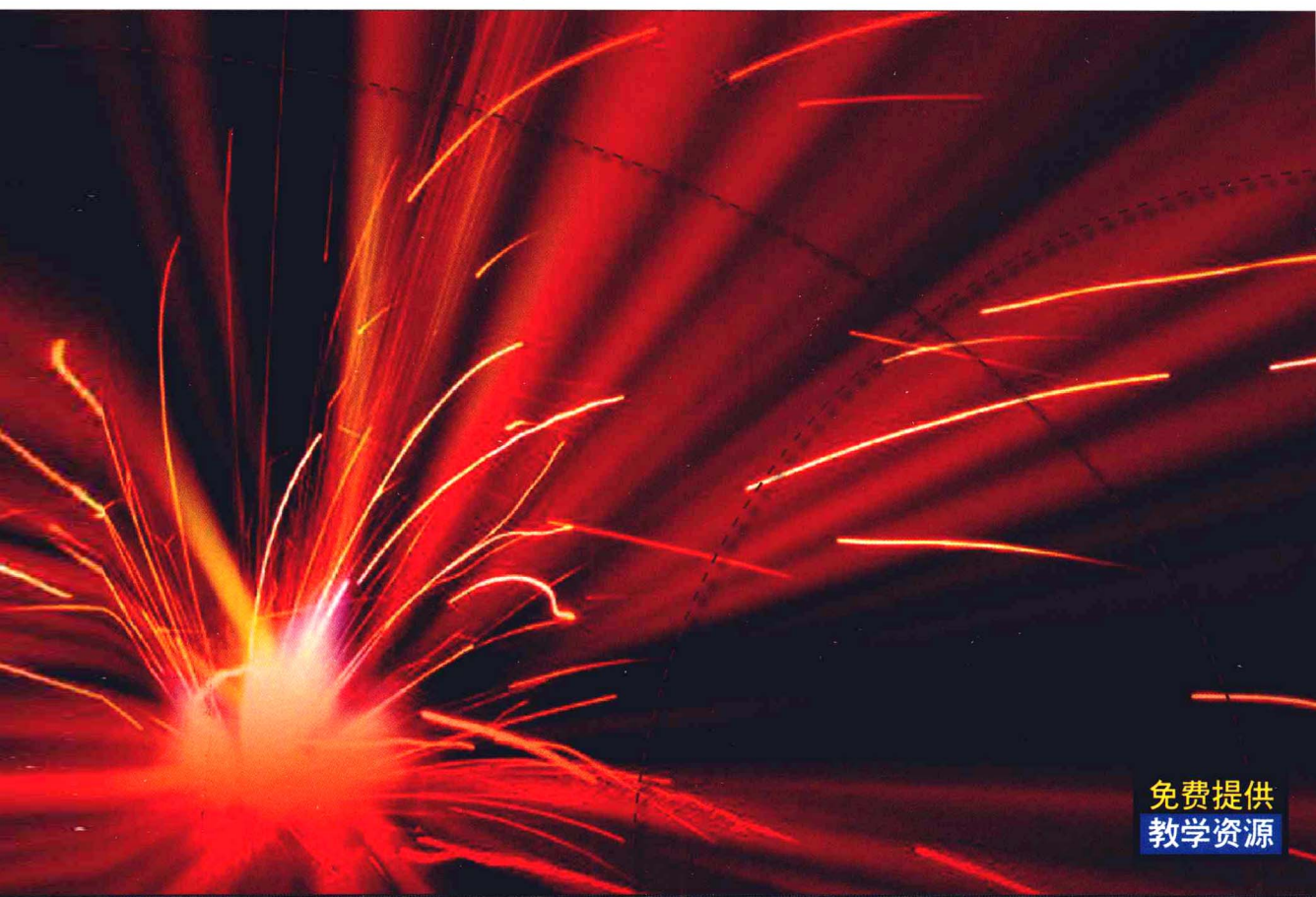


普通高等教育“十二五”规划教材

电子工艺技能实训

魏晓慧 主 编

肖 瑞 周 玲 李曦雯 副主编



免费提供
教学资源



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材
信息与电子技术类系列教材



电子工艺技能实训

魏晓慧 主编

肖 瑞 周 玲 李曦雯 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是编者经过多年的教学实践，为“电子工艺实训”教学而编写的。本书注重学生动手能力的训练。全书共分为6章，分别介绍了安全用电知识，电子产品的设计、制作和生产的一般过程，电路焊接工艺，电子元器件、印制电路板的设计与制作，实习电子产品、电子产品的安装与调试，Protues电路设计软件的使用。

本书可作为高等院校理工科专业学生电子工艺技能训练的教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺技能实训/魏晓慧主编. —北京: 科学出版社, 2011
(普通高等教育“十二五”规划教材·信息与电子技术类系列教材)
ISBN 978-7-03-031773-5

I. ①电… II. ①魏… III. ①电子技术-高等学校-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 125158 号

责任编辑: 雋青龙 李 伟/ 责任校对: 刘玉靖
责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 东方人华平面设计部

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码: 100717
<http://www.sciencep.com>

北京路局票据印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年8月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
2011年8月第一次印刷 印张: 9 3/4
印数: 1—3 000 字数: 215 000

定价: 19.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<路局票据>)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135517-2037

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

电子工艺实习是电子类各专业和部分非电子类专业独立设置的一门必修基础课程。实验教学的根本目的是“加强基础，重视应用，提高素质，培养能力，开拓创新”。作者在内容安排上以这一根本目的为主线，并在参考、借鉴许多其他大学电子工艺实习教材的基础上，结合自身多年大学电子工艺课程的教学经验及对教学改革探索与实践，编写了本教材。通过这门课程的学习，学生能够了解电子产品生产工艺知识，提高实践动手能力，弥补从基础理论到工程实践之间的薄弱环节。电子工艺实习课程是一门体现集体智慧和劳动结晶的课程，是日积月累、逐步完善、发展和升华的结果。全书共分6章，第1章介绍电子技能训练的性质和任务、用电安全，以及电子产品的设计、制作、生产的一般过程；第2章介绍了电子线路中的接地与屏蔽；第3章介绍电子电路设计制作工艺，包括电子元器件、印制电路板、焊接技术等内容；第4章介绍电子工艺的一些基本技能与实训，包括常用的电子测量仪器的使用等；第5章是综合技能与实训，包括5个具体实习作品的制作；第6章介绍 Protues 电路设计软件的使用及作品分析。

参加本书编写工作的有魏晓慧、肖瑞、周玲、李曦雯、罗萍。肖瑞撰写第3章和第4.1节，周玲撰写第2章和第4.3~4.5节，李曦雯撰写第1章和第4.2节，第5章和第6章由魏晓慧和罗萍共同编写。魏晓慧任主编，负责全书的组织、修改和定稿。肖瑞、周玲、李曦雯任副主编，协助主编工作。罗萍参加了书稿的打印、编辑整理工作。

本书在编写过程中，得到广州市风标电子科技有限公司大力的支持，得到广东工业大学吴黎明教授、五邑大学廖惜春教授、惠州学院曹建忠教授等专家的热情帮助，此外，许多同行专家和学者也提出了很多宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参考了兄弟院校有关电子工艺等方面的教材和文献，在此谨致以深切的谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在一些缺点和不妥之处，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 电子工艺技能训练的意义、性质和任务	1
1.1.1 电子工艺技能训练的意义	1
1.1.2 电子工艺技能训练的性质	1
1.1.3 电子工艺技能训练的任务	1
1.2 电子工艺技能训练场所的安全规则与要求	2
1.2.1 电子工艺技能训练场所的规则	2
1.2.2 电子工艺技能训练场所的要求	3
1.3 电子产品的设计、制作、生产的一般过程	4
1.3.1 电子产品的设计	4
1.3.2 电子产品制作	5
1.3.3 电子产品的生产	6
第 2 章 电子线路中的接地与屏蔽	9
2.1 接地技术	9
2.1.1 接地	9
2.1.2 全接地	10
2.1.3 信号接地	12
2.1.4 地线中的干扰和抑制	15
2.1.5 地线系统的设计步骤及设计要点	18
2.2 屏蔽技术	19
2.2.1 电场屏蔽	19
2.2.2 低频磁场的屏蔽	21
2.2.3 电磁场屏蔽(高频磁场屏蔽)	23
2.2.4 孔缝屏蔽	25
第 3 章 电子电路设计制作工艺	29
3.1 常用电子元器件介绍	29
3.1.1 电阻器和电容器	29
3.1.2 二极管和三极管	44



3.1.3 晶闸管和单结晶体管	50
3.1.4 集成电路	54
3.1.5 电感器、变压器和继电器	60
3.1.6 其他电子元器件	69
3.2 焊接技术	72
3.2.1 焊接工具	72
3.2.2 焊接材料	75
3.2.3 手工焊接	76
3.3 印制电路板的手工设计与制作	80
3.3.1 印制电路板的手工设计	80
3.3.2 印制电路板的手工制作	81
3.4 表面安装技术及工艺	84
3.4.1 表面安装技术	84
3.4.2 表面安装元器件的种类	84
3.4.3 表面安装印制电路板的选择要求	85
3.4.4 表面安装材料	85
3.4.5 表面安装工艺	86
3.5 实训部分	87
3.5.1 常用电子元器件的识别与检测	87
3.5.2 印制电路板的手工焊接	94
3.5.3 焊接及拆焊	96
第4章 基本技能与训练	99
4.1 万用表	99
4.1.1 数字万用表的外形	99
4.1.2 数字万用表的使用方法	99
4.1.3 数字万用表的维修	101
4.1.4 使用数字万用表时的注意事项	102
4.2 CS4125A 型双踪示波器的使用	102
4.3 信号发生器的使用	110
4.4 电路的检测方法	113
4.4.1 静态测量和动态测量	113
4.4.2 直接测量法和间接测量法	113
4.4.3 直读测量法与比较测量法	114
4.4.4 测量方法的选择	114
4.4.5 电子测量仪器的放置	114
4.4.6 集成电路的检测方法	115
4.5 集成电路的拆卸方法	116

第 5 章 综合技能与实训	118
5.1 收音机的安装与调试	118
5.1.1 电路工作原理	118
5.1.2 元器件选择	119
5.1.3 安装与调试	120
5.2 数字万用表的安装与调试	125
5.2.1 实训目的	125
5.2.2 实训仪器	125
5.2.3 实训过程及内容	125
5.2.4 数字万用表的调试	127
5.3 自动调光台灯的设计与制作	128
5.3.1 电路工作原理	128
5.3.2 元器件选择	128
5.3.3 设计结果与分析	129
5.4 烟雾报警器的设计与制作	129
5.4.1 电路工作原理	129
5.4.2 元器件的选择	130
5.4.3 设计结果与分析	130
5.5 敲击防盗报警器的设计与制作	130
5.5.1 电路工作原理	130
5.5.2 元器件的选择	131
5.5.3 设计结果与分析	132
第 6 章 Protues 电路设计软件的使用及作品分析	133
6.1 Protues 简介	133
6.2 软件界面简介	134
6.3 操作简介	136
6.4 作品设计——多功能数字钟	140
6.4.1 各模块仿真电路	140
6.4.2 硬件电路调试与分析	141
6.4.3 软件设计方案	142
6.4.4 软件电路调试与分析	143
参考文献	145

第1章 绪 论

1.1 电子工艺技能训练的意义、性质和任务

1.1.1 电子工艺技能训练的意义

工艺是生产者利用生产设备和生产工具,对各种原材料、半成品进行加工或处理,使之最后成为符合技术要求的产品的艺术(程序、方法、技术)。任何电子产品从原材料进场、加工、制造、检验,直到成品出厂的每一个环节,都要按照特定的工艺规程去生产。工艺工作的内容又可以分为工艺技术和工艺管理两大类。工艺技术是生产实践劳动技能及其应用和应用科学研究成果的积累和总结,提高工艺技术水平是工艺工作的中心。但是,任何先进的技术都是通过管理工作的保证得以实现和发展的,工艺管理是对工艺工作的计划、组织、协调和实施,是保证工艺技术在生产实践中贯彻和不断发展的管理科学。事实上,国内外各厂家生产的同类电子产品的电路原理并没有太大的差异,造成质量水平不同的主要原因是存在生产手段及生产过程上的差异,即电子工艺技术和工艺管理水平的差别。因此,作为将工作在电子与信息技术领域生产、服务、技术和管理第一线的高素质劳动者,电子类专业学生参加足够学时的技能训练是极其重要的。如果不了解电子产品生产过程中的每一个细节,不理解生产工人操作的每一个环节,就不符合现代化和工业化对工程技术人才的要求,更不可能成为高层次的、能够在电子产品制造现场指导生产并解决实际问题的工程师和高级技师。

1.1.2 电子工艺技能训练的性质

电子工艺技能训练是高等院校电子类专业学生的必修课,是以实践教学为主的技术基础课,以小型电子产品的装配、焊接、调试为教学载体,是使学生巩固理论知识、理解理论知识的实际应用、加强实际动手能力和培养学生工程素质的重要教学环节。

1.1.3 电子工艺技能训练的任务

电子工艺技术技能训练的任务是从就业市场的需求出发,系统培养在电子与信息技术领域生产、服务、技术和管理第一线工作的专业人才。具体地讲,是要完成以下任务:

1. 培养实践动手能力

熟悉电子产品(系统)研发、设计要素、生产制造工艺、设备、仪器及工具、调试与检测方法。能熟练地遵照电子技术文件及电子产品生产指导工艺要求,设计、制作、焊接、装配、调试及检测电子产品(系统)。



2. 培养解决问题的能力

在实践中发现问题, 结合理论知识分析问题, 探究解决问题的途径与方法, 巩固所学理论知识。

3. 培养建立工程概念

了解新工艺、新技术、新材料在现代电子工业中的应用, 启迪学生创新思维方法。在实践过程中注重工艺技术在实际工作中的应用, 使学生养成良好的专业意识。

4. 激发专业情感

了解电子工业对人类的贡献及对未来社会发展的重要性, 为后续课程和从事科技工作奠定实践基础。

1.2 电子工艺技能训练场所的安全规则与要求

1.2.1 电子工艺技能训练场所的规则

1. 焊接操作安全规则

- 1) 不要惊吓正在操作的人员, 不要在实验室争吵打闹。
- 2) 在没有确信脱离电源时, 不能用手摸烙铁头。
- 3) 当烙铁头上有多余的焊锡时, 不能甩掉, 否则危险性很大。
- 4) 焊接过程中暂时不使用电烙铁时, 应将其置于专用支架上, 避免烫坏导线或其他物品, 电烙铁的放置点应远离易燃品。
- 5) 拆焊有弹性的元件时, 烙铁头不要离焊点太近, 并使可能弹出焊锡的方向向外。
- 6) 插拔电烙铁等电器的电源插头时, 要手拿插头, 不要抓电源线。
- 7) 用螺钉旋具拧紧螺钉时, 另一只手不要握在螺钉旋具刀口方向上。
- 8) 用剪线钳剪断短小导线时, 要让导线飞出方向朝着工作台或空地, 绝不可朝向人或设备。
- 9) 电路中发热电子元器件如变压器、功率器件、电阻、散热片等, 不可在通电状态下触及, 以免烫伤或触电。
- 10) 文明操作, 各种工具、设备要摆放整齐、合理, 不要乱摆乱放, 以免发生事故。

2. 调试与检测安全规则

调试与检测过程中, 要接触各种电器设备和仪器, 为了保护检测人员的安全, 防止测试设备和检测线路的损坏, 必须注意调试和检测工作中的安全规则。

- 1) 测试仪器要定期检查, 仪器外壳及可接触部分不可带电。金属外壳仪器必须使用三孔插座, 并保证外壳良好接地。电源线一般不超过 2m, 并具有双重绝缘。
- 2) 测试仪器通电前, 应检查测试仪器工作电压与市电是否相符。检查仪器面板各

开关、旋钮、插孔等是否移动或滑位。遇到开关、旋钮转动困难时，不可用力扳转，以免造成损坏。

3) 测试仪器通电时，应注意观察仪器的工作情况，检查有无不正常现象，如果发现仪器熔丝烧断，应更换同规格熔丝管后再通电，若第二次再烧断则必须停机检查，不得更换大容量熔丝。

4) 带有风扇的仪器如通电后风扇不转或有故障，应停机检查。

5) 功耗较大的仪器（大于 500W）断电后，应冷却一段时间再通电，避免烧断熔丝或仪器零件。

6) 测试仪器使用完毕，应先切断测试仪器的电源开关，然后拔掉电源线。禁止只拔掉电源线而不切断测试仪器开关的错误做法。

1.2.2 电子工艺技能训练场所的要求

尽管在电子工艺实践中，电子装接工作通常被称为“弱电”工作，但实际中难免会接触“强电”。一般常用电动工具、仪器设备和制作装置大部分需要接市电才能工作，因此安全用电是首要要求，包括人身安全和设备安全。

1. 人身安全

(1) 树立安全用电观念

用电时，不可有侥幸心理，必须牢固树立安全用电观念，并使之贯穿于工作的全过程。任何制度、措施都是由人来贯彻执行的，忽视安全是最严重的隐患。

(2) 采取必要安全措施

首先，技能训练场所的电源要符合电气安全标准，总电源上必须装有漏电保护开关，使用符合安全要求的低压电器（包括电线、电源插座、开关、电动工具、仪器仪表等）。其次，对正常情况下带电的部分一定要加绝缘防护，并且置于人不容易接触到的地方，所有金属外壳的电器及配电装置都应该装设接地保护或接零保护。再次，工作室或工作台上应有便于操作的电源开关，工作台上应设置隔离变压器。最后，调试、检测较大功率电子装置时工作人员应不少于两人。

(3) 养成安全操作习惯

安全操作习惯可以经过培养逐步形成，并使操作者终身受益。主要注意几个方面：①操作者的自身状态要保持良好，不在疲倦、带病等不利情况下操作，不要湿手开、关、插、拔电器；②在任何情况下检修电路时都要确保断开电源，不仅要断开设备上的开关，还要拔下电源插头；③遇到不明情况的电线，默认它是带电的；遇到较大体积的电容器要放电后检修，触及电路的任何金属部分之前都应该进行安全测试；④尽量单手测试、装接线路。

2. 设备安全

电器设备所使用的交流电源有三相 380V 和单相 220V，电器设备都有可能因绝缘损坏而漏电的问题。为确保安全，使用前应该对电器进行检查，发现异常情况及时处理。



(1) 设备通电前检查

① 检查设备铭牌, 按照国家标准, 设备应在醒目处设置标有该设备要求的电源电压、频率、电源容量等的铭牌或标志。小型设备的说明也可能在说明书中。② 检查环境电源: 电压、电量是否与设备吻合。③ 检查设备本身: 电源线是否完好, 外壳是否带电, 可用万用表进行简单检测。

(2) 设备使用异常的处理

在使用中可能发生的异常情况有:

- 1) 设备外壳或手持部位有麻电感觉。
- 2) 开机时或使用中熔丝烧断。
- 3) 出现异常声音, 如噪声加大、内部放电声、电机转动异常声音等。
- 4) 异味, 最常见为塑料味、绝缘漆挥发的气味, 甚至烧焦的气味。
- 5) 机内打火, 出现烟雾。
- 6) 仪表指示范围突变, 有些指示仪表数值突变, 超出正常范围。

只要出现上述异常情况之一, 应尽快切断电源, 拔下电源插头, 对设备进行检修。如果是烧断熔断器的情况, 绝不允许换上大容量熔断器继续工作, 一定要查清原因, 再换上同型号熔断器。及时记录异常现象与部位, 避免检修时再通电。对有麻电感觉但未造成触电的现象不可忽视, 这种情况往往是绝缘层受损但未完全损坏, 相当于电路中串联一个阻值大的电阻, 暂时虽不会造成严重后果, 但随着时间的推移, 绝缘层逐渐完全损坏, 电阻急剧减小, 危险增大, 因此必须及时检修。

1.3 电子产品的设计、制作、生产的一般过程

1.3.1 电子产品的设计

1. 市场调研

在电子产品设计前, 首先应对该产品进行充分的市场调研。市场调研的目的首先是确定产品的功能。电子产品含义广泛, 有的以电子电路为主, 配以其他附件、外壳等, 就成为完整的电子产品, 如收音机、电视机等, 其消费对象是产品的直接使用者; 有的仅需要制作一块电子电路板, 作为其他产品的配件, 如空调、洗衣机中的程序控制电路板, 其消费对象是生产厂家。不同的消费对象对产品的功能需求也不同, 同类产品其功能也有很大的差别。因此, 产品设计前要先做市场调研, 再根据消费对象的需求确定产品的功能。其次, 市场调研目的是要确定产品的价位, 确定了产品的消费对象, 也就确定了产品的功能, 同时也就基本确定了产品的价位。

2. 产品设计

产品设计包括产品功能、结构、使用安全性、可靠性等方面的设计。

(1) 功能设计

电子产品的功能可由电子电路独立实现, 或由电子电路与结构部件组合实现。

(2) 结构设计

包括内部结构、前面板结构、后面板结构等。内部结构主要考虑机器内部各电路板、零部件的布局、安装、连接等；前面板结构既要考虑面板与机身的关系，又要考虑简洁、美观、大方，同时，前面板上的各按钮、开关等的布局要合理，标志要清晰；后面板结构则要考虑安放机器的辅助插口、电池盖板、粘贴产品铭牌等。

(3) 安全性和可靠性的设计

设计人员应重点考虑电子元器件的功耗、电路的抗干扰能力、高频电路对外辐射的有效抑制、整机的防潮湿和通风散热措施、抗震能力、过电压过电流自动保护、绝缘性能和漏电保护等。

(4) 产品的性价比

产品的性能越好，价格越低，其性价比就越高。在确保产品性能优良的同时，尽力降低制造成本，提高产品利润，是设计人员应考虑的重要内容。

1.3.2 电子产品的制作

1. 电子产品制作的一般过程

市场调研—产品设计—仿真与实验—修改—画原理图—工艺设计—生成 PCB 图—印制电路板制作—制作样机—试生产—鉴定—批量生产。

2. 电子产品的试制

电子产品从构思、设计到大规模生产，一般要经过产品试制阶段。产品的试制通常又分为样机试制、产品定型试制、小批量试制三个阶段。

(1) 样机试制

在完成产品的设计后，即可着手进行样机试制，是用实验的方法制作出一台或几台产品。从电路板安装、结构件安装、连接和调试，到整机组装、面板安装、整机性能检测等，完成整机生产需要操作的全部过程。试制时，除了记录完整的原始数据外，还应该会同工艺人员编制工艺流程，为组织批量生产提供依据。

(2) 产品定型试制

与样机试制一样，也需要完成整机生产的全部操作过程。不同的是，前者注重电路板安装、结构件安装、连线 and 调试，后者侧重整机组装、面板安装、整机性能检测。定型试制制作出的产品机，应达到设计要求的各项指标。

(3) 小批量试制

在产品大批量生产前，还应该进行小批量试制，试制数量一般为几十到数百台。小批量试制的目的是为了验证元器件的可靠性、工艺流程的合理性，一旦发现问题，应立即解决。

3. 电子产品的制作

(1) 印制电路板的准备

印制电路板的制造工艺发展很快，新设备、新工艺相继出现，不同的印制电路板制



作工艺也有所不同,但照相制版、图形转移、板子腐蚀、孔金属化、金属涂覆及喷涂助焊剂等环节都是必不可少的。工厂生产印制电路板批量大,印制板的质量高、成本大。作为技能训练用的印制电路板,可提供 PCB 图由厂家生产,也可以采用手工方法制作。

(2) 元器件准备

高校技能训练课的元器件一般由实验室统一提供。

(3) 装配、调试与指标测量

在电子产品样机试制阶段或小批量试制时,印制电路板装配主要靠手工操作,其工序是:待装元件—引线整形—插件—调整位置—剪切引线—固定位置—焊接—检验。

电子设备或电子电路装配完成之后,必须通过调试才能达到规定的技术指标。调试工作包括调整和测试两个部分,调整主要是对电路参数的调整,即对整机可调元器件及电气指标有关的调谐系统、机械传动部分进行调整,使之达到预定的性能要求;测试则是在调整的基础上,对整机的各项技术指标进行系统地测试,使电子设备各项技术指标符合规定的要求。

电子电路调试的一般步骤为通电前直观检查、通电检查、分块调试、整机联调。由于电子产品的种类繁多,电路复杂,各种产品单元电路的种类与数量也不相同,所以调试程序也不尽相同,但对一般电子产品来说,调试程序大致分为如下步骤:通电检查—电源调试—分级分板调试—整机联调—整机性能指标测试—环境试验—整机通电老化—参数复调。

1.3.3 电子产品的生产

生产阶段包括材料组织、场地和设备准备、生产流水线铺设、人员的组织与培养、工序安排、例行试验、质量检验、包装与入库等一系列过程。

1. 器件和材料的组织

电子产品是由电子元器件、零部件及其他配套件、装饰件等组成的,其种类、数量根据产品的不同有所不同。电子产品的制造又离不开焊剂、焊料等辅助材料。这些器件和材料,除了少量由整机生产厂家自己制造外,大多由外协单位提供或采购人员购入。生产厂家自己制作的部件,质量取决于其管理水平、工艺要求和员工素质,一般不会出现质量问题。外协单位提供的器材,是根据甲方的要求加工的,质量通常也能得到保证。整机生产厂家应重点关注外购的器件和材料,其质量是决定整机的功能、安全性、可靠性和使用寿命的主要因素之一。

2. 场地和设备的准备

制造电子产品必须有场地和设备。场地的 size 可根据生产规模确定,一般应具备管理部门和技术部门所需要的办公室和工作室、备料库、生产线或车间、成品库等。设备准备的范围较广,除备有必要的制作工具外,还应备有合适的检测仪器、仪表和调试工作台,并根据需要添置或更新。

3. 生产流水线铺设

目前电子产品生产大多采用流水线模式。大规模电子产品生产系统一般由插件（贴片）线、焊接线、剪脚线、调试线、组装线、包装线等生产线和自动化专用机械组成。小规模电子产品生产流水线就是将一块电子电路板分成若干部分，每部分由一名员工负责安装，安装好的电路板再经过调试、与其他配件组装、总装、例行试验等工序后，成为整机产品。

生产流水线的铺设方案由工艺部门根据电路板焊接方式、产品制造的难易程度、规模的大小等综合考虑后确定岗位数，再由岗位数确定生产流水线的铺设方案。

4. 人员的组织与培训

操作人员的素质直接决定产品的质量，对从事生产流水线作业的员工应进行必要的技术培训、素质教育和责任教育，以保证生产出合格的产品。

5. 工序安排

电子产品一般由多道工序完成。科学、合理的工序安排是保证生产效率的重要因素。

6. 例行试验

为了保证电子产品的质量，在整机安装、调试、总装全部完成后，还应对整机进行例行试验，一般包括老化试验、温度试验、湿度试验、振动和冲击试验、绝缘电阻和耐压测试等。

7. 质量检验

影响产品质量的因素很多，元器件和零部件的选购、辅助材料的选购、电子电路板的安装、整机组装等，任何一个环节有疏漏都有可能影响产品质量，质量检验应该贯穿采购和生产的始终。

（1）元器件、零部件及辅助材料的质量检验

元器件、零部件及辅助材料的质量，是决定产品的功能、安全性、可靠性和使用寿命的基础，因此，外购材料在上生产线前都应该进行质量检验，至少应该抽样检验，检验合格的才能上线安装。

（2）安装过程中的质量检验

电子产品生产过程中的每道工序，都有可能因为操作的细微失误而影响质量。所以，无论是元器件安装、焊接、组装，还是整机安装，都应该安排若干道检验工序，以便及时发现问题，解决问题。

（3）整机质量检验

整机质量检验包括检验整机的各项功能是否符合设计指标、各操作按钮是否灵活可靠、面板装饰和外壳有无擦伤等。发现问题应退回处理，经处理后的整机仍要检验，有问题且未经处理的整机绝对不允许出厂。



8. 包装与入库

经过例行试验和质量检验被确定的合格产品，就能进行包装、入库。

(1) 包装

包装分外包装和内包装。外包装多采用瓦楞纸或普通黄纸板，外包装表面印刷的装饰内容由厂家自行设计，通常可印上生产厂家、产品名称、生产批号、认证标志、产品图案、产品主要性能等。内包装一般由塑料薄膜袋和泡沫塑料共同组成，这样既防水又防震。塑料薄膜袋中除了产品外，还要有产品检验合格证、产品使用说明书和必要的附件，附件的种类、数量都要在说明书中注明。

(2) 入库

包装后的电子产品应由专门人员连同送货单一起送交成品仓库。成品仓库根据送货单验收、登记后将产品收入库内。

第2章 电子线路中的接地与屏蔽

2.1 接地技术

地线设计是一项重要的设计，也是难度较大的一项设计。在电磁兼容（EMC）设计的开始就进行地线设计是解决问题最有效和最廉价的方法。设计良好的地线网既能提高抗扰性，又能减小电磁辐射。

接地的含义是为电路或系统提供一个参考的等电位点或面。如果连接真正的大地，则这个参考点或面就是大地电位。接地的另一个含义是为电流流回电源提供一条低阻抗路径，这在高频时更恰当。

在设计地线时，必须知道地电流的实际流动路径。如图 2.1 (a) 所示的放大器，电流从负载回到电源。如果它的流动路径 $R_3 \rightarrow R_2 \rightarrow R_1$ ，则在 R_2 上会产生一个电压，这个电压与信号源 U_s 是串联的，当幅度和相位满足一定的条件时，电路会发生振荡。这就是一个共地阻抗耦合的例子。

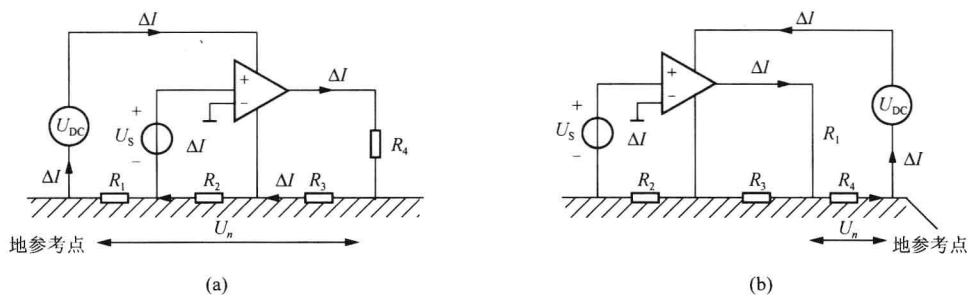


图 2.1 地电流流动路径

这时，只要将电路的直流电源的接地点改一下，使电流流过 R_4 ，就解决了这个问题，如图 2.1 (b) 所示。除了不稳定因素以外，在电磁兼容设计中，更关心阻抗上产生的骚扰电压 U_n ，它可以引起发射和敏感度方面的问题。在高频或电流变化率较高的场合，任何导体都呈现电感的特性，其阻抗随着频率的升高而增加，因此噪声电压随着翻转速度的增加而增加，接地问题更显得重要。

接地从概念上来讲，会被误以为很简单，而在实际应用中，接地技术是相当复杂的，而且适合于解决一个问题的方法未必适合于解决另一个问题。

2.1.1 接地

接地的基本要求是：

- 1) 接地平面应是零电位，它是系统中各电路任何位置所有电信号的公共电位参考点。



2) 理想的接地平面应是零电阻值的实体, 电流在接地平面中流过时应没有压降, 即各接地点之间没有电位差。

3) 良好的接地平面与布线间将有大的分布电容, 而平面本身的引线电感将很小, 理论上, 它必须能吸收所有信号, 使设备稳定地工作。接地平面应采用低阻抗材料制成, 并且有足够的长度、宽度和厚度, 以保证在所有频率上呈现低阻抗。用于安装固定式设备的接地平面应由整块铜板或铜网组成。

4) 理想的接地要求尽量降低多电路公共接地阻抗上所产生的干扰电压, 同时还要尽量避免形成不必要的地回路。

接地的目的:

1) 为使整个系统有一个公共的零电位基准面, 并为高频干扰电压提供低阻抗通路, 达到系统稳定工作的目的。

2) 为使系统屏蔽接地取得良好的电磁屏蔽效果, 达到抑制电磁干扰的目的。

3) 为了防止雷击危及系统和人身安全, 防止电荷积累引起火花放电, 防止高电压与外壳相接引起的危险。

通常, 电路和用电设备的接地按作用可分为安全接地和信号接地两大类, 其中安全接地分为设备安全接地、接零保护接地和防雷接地; 信号接地分为单点接地、多点接地、混合接地和悬浮接地, 如图 2.2 所示。

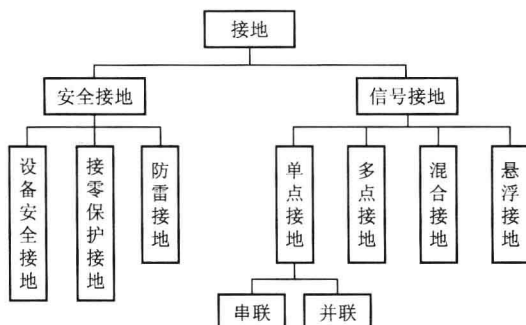


图 2.2 接地的分类

2.1.2 全接地

安全接地就是为了安全 (电路、设备及人身的安全) 的做法。安全接地又可称为保险接地, 它是采用低阻抗的导体将用电设备的外壳连接到大地上, 使操作人员不致因设备外壳漏电或静电放电而发生触电危险。安全接地也包括建筑物、输电线及高压电力设备的接地, 其目的是为了防止雷电放电造成设施破坏和人身伤亡。大地具有非常大的电容量, 是理想的零电位, 不论往大地注入多大的电流或电荷, 在稳态时, 其电位保持为零, 因此, 良好的安全接地能够保证用电设备和人身安全。

1. 设备安全接地

设备安全接地是安全接地的一种。为了人、机安全, 任何高压电气设备和电子设备的机壳和底座均需要安全接地, 以避免高电压直接接触设备外壳, 或者避免由于设备内