

“十二五”普通高等院校规划教材

电子电路实验与 课程设计

DIANZI DIANLU
SHIYAN YU
KECHENG
SHEJI

主审 戚 炎
主编 宋 科 宋 睿 王 磊



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

“十二五”普通高等院校规划教材

电子电路实验与 课程设计

主 审 戚 炎

主 编 宋 科 宋 睿 王 磊

副主编 杨 怡 罗 庚 李 彬 肖正洪

吴 丹 朱恋芸 冷 竞

编 者 罗梦灿 孙宏伟 易桢华 李 涛

王 静 王恩六



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书风格严谨翔实,内容详尽具体,章节内容从电子电路课程设计基础概述,到电子元器件认知、检测、选用,再到软件应用,数、模电路课题举例,单片机课题举例,环环相扣、层次鲜明。

本书共分两部分,其中项目1~8为第一部分,以强调“基础性、系统性、可行性、集成性”为原则编写,是对学生学习电子技术知识的综合性实践训练。附录为第二部分,包含了常见电子仪器仪表使用、常见集成电路引脚结构、常用电路文字符号说明以及大学生电子设计竞赛获奖报告范文等内容。

本书既适用于普通高等教育本科阶段的学生使用,也可作为高职高专电子电路课程设计的规划教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路实验与课程设计/宋科,宋睿,王磊主编. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2015.1

ISBN 978-7-5603-4943-5

I. ①电… II. ①宋… ②宋… ③王… III. ①电子电
路—实验—高等学校—教材 ②电子电路—课程设计—高等
学校—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 214048 号

责任编辑 李长波 范业婷

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 三河市越阳印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 19.5 字数 490 千字

版 次 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-4943-5

定 价 45.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

PREFACE

前

言

电子科学是当今世界上发展最快的学科,作为众多应用技术的理论基础,对人类文明的发展起着重要的作用。而电子电路实验与课程设计又是学生学习电子技术十分重要的教学环节之一。本书以强调“基础性、系统性、可行性、集成性”为原则编写,是对学生学习电子技术知识的综合性实践训练,也是此综合性训练及指导性的教科书。全书共分8个项目,主要介绍了电子电路设计基础,常见电子元器件认知与选用,电子电路制板、组装及焊接技术,Protel DXP 软件技术等基础知识和基本技能,还例举了模拟电路课题实验、数字电路课题实验、单片机课题实验和综合电路课程设计实例。将模拟、数字、单片机电子技术有机整合为一体,由基本技能训练到实验案例,再进一步到综合课程设计,由浅入深地逐步启发学生创新思维,帮助学生建立创新意识,培养学生的创新能力。通过本书的学习,学生可以掌握电子电路的基本知识,为后续的课程设计打下良好的基础。对于培养学生综合设计应用能力,成为潜在的电子电路工程师起到不可或缺的作用。

本书由宋科、宋睿、王磊主编,戚炎主审。杨怡、罗庚、李彬、肖正洪、吴丹、朱恋芸、冷竞任副主编。罗梦灿、孙宏伟、易桢华、李涛、王静、王恩六任编者,参与资料整理及统稿。具体编写分工如下:宋科编写大纲及项目8,宋睿编写项目2、项目3、项目7,王磊、冷竞编写项目1及附录,吴丹、杨怡编写项目4,肖正洪、朱恋芸编写项目5,罗庚、李彬编写项目6。

本书可能会存在一些不当之处,欢迎广大读者提出批评和意见,以促进教材的进一步完善。

编 者

目 录

| 项目 1 电子电路设计基础 / 1 |

- 项目导读 / 1
- 项目目标 / 1
- 任务 1.1 电子电路课程设计概论 / 2
- 任务 1.2 电子电路课程设计的一般方法与步骤 / 9
- 任务 1.3 课程设计报告 / 21

| 项目 2 常用电子元器件认知与选用 / 22 |

- 项目导读 / 22
- 项目目标 / 22
- 任务 2.1 电阻器 / 23
- 任务 2.2 电容器 / 32
- 任务 2.3 常见电感器 / 39
- 任务 2.4 变压器 / 43
- 任务 2.5 半导体二极管 / 47
- 任务 2.6 半导体三极管 / 50
- 任务 2.7 晶闸管 / 54
- 任务 2.8 常用集成电路 / 60
- 任务 2.9 TTL 和 CMOS 认知检测 / 66
- 任务 2.10 显示器件 / 68
- 任务 2.11 电声器件 / 71
- 任务 2.12 继电器 / 74

| 项目 3 电子电路制板、组装及焊接技术 / 77 |

- 项目导读 / 77
- 项目目标 / 77
- 任务 3.1 印制板设计与制作技术 / 78
- 任务 3.2 电子电路组装工艺 / 92
- 任务 3.3 焊接技术 / 97

| 项目 4 Protel DXP 软件技术 / 109 |

- 项目导读 / 109
- 项目目标 / 109
- 任务 4.1 Protel DXP 基础知识 / 110
- 任务 4.2 电路原理图的设计 / 115
- 任务 4.3 原理图元器件制作 / 126
- 任务 4.4 PCB 设计 / 130

| 项目 5 模拟电路课题实验 / 160 |

- 项目导读 / 160
- 项目目标 / 160
- 任务 5.1 开关稳压电源电路课题实验 / 161
- 任务 5.2 幅度和频率可变的锯齿波发生器电路课题实验 / 163
- 任务 5.3 音乐彩灯控制器电路课题实验 / 165
- 任务 5.4 扩音器电路课题实验 / 167
- 任务 5.5 双工对讲机电路课题实验 / 169
- 任务 5.6 多功能限电保护器电路课题实验 / 171
- 任务 5.7 金属探测器电路课题实验 / 175

| 项目 6 数字电路课题实验 / 179 |

- 项目导读 / 179
- 项目目标 / 179
- 任务 6.1 超声避障模块电路课题实验 / 180
- 任务 6.2 LED 电源变换电路课题实验 / 182
- 任务 6.3 红外线干手器课题实验 / 184
- 任务 6.4 数字电子钟逻辑电路设计 / 187
- 任务 6.5 智力竞赛抢答器逻辑电路设计 / 190
- 任务 6.6 出租车计费器 / 193
- 任务 6.7 可编程放大电路 / 200

| 项目 7 单片机课题实验 / 203 |

项目导读 / 203

项目目标 / 203

任务 7.1 广告灯(利用取表方式) / 204

任务 7.2 一键多功能按键识别技术 / 207

任务 7.3 字符型 LCD 显示 / 211

任务 7.4 I/O 并行口直接驱动 LED 显示 / 214

任务 7.5 外部中断技术 / 218

任务 7.6 动态数码显示 / 223

任务 7.7 4×4 矩阵式键盘识别技术 / 226

| 项目 8 综合电路课程设计实例 / 229 |

项目导读 / 229

项目目标 / 229

任务 8.1 数字抢答器课程设计 / 230

任务 8.2 数字钟表课程设计 / 235

任务 8.3 冰柜控温器课程设计 / 240

任务 8.4 光照强度测试显示电路课程设计 / 244

任务 8.5 汽车玻璃除霜器电路设计 / 252

附录 / 256

参考文献 / 306

项目1

电子电路设计基础

项目导读

电子学是一门实践性很强的自然科学，本项目着重介绍了电子电路课程设计概论，电子电路课程设计的一般方法与步骤以及课程设计报告的编写格式，内容深入浅出，详略得当地叙述了电子电路设计的大体框架，为读者阐述了电子电路设计的一般方法。

项目目标

- > 通过学习电子电路设计基础使学生建立起电子电路软件、硬件的基本概念和方法；
- > 本项目旨在让读者对电路课程设计有清晰的认识，能够独立完成简单的电路设计；
- > 掌握编写报告的一般方法。

任务 1.1 电子电路课程设计概论

1.1.1 电子电路课程设计的目的与要求

电子电路课程设计的目的是电类专业的独立实践课,主要让学生加深对电路与电子电路理论知识的理解,使学生把所学知识能够系统、高效地贯穿到实践中来,一方面避免理论与实践脱离,构成理论课程的实践环节;另一方面着力于学生的工程意识和创新能力的启蒙与培养,成为工程师从业前的早期培训环节。

课程设计注重提高学生的工程意识和能力,将课程设计教学与实际项目开发结合起来,以项目开发方式要求、管理和完成整个设计,并在教学实践中贯彻工程意识、管理意识、团队意识、成本意识和就业意识,对培养学生综合能力和日后的工作能力具有指导及启蒙的作用。

电子技术课程设计实际上是利用所学过的基本理论知识和一定实验技能设计小型电子系统。学生在这一过程中要根据每个课程设计所给定的总体要求,独立设计、安装和调试电路,通过这种综合训练,要求学生达到以下目的和要求:

(1) 掌握各种电子电路的基本构成和工作原理,并能根据需求完成设计具有一定实用价值的应用电子电路系统。在设计中能以项目开发形式完成包括设计需求分析、系统架构设计、单元电路设计与选择、元器件选择及参数计算、成本核算及评估、电路原理图制作、仿真工作在内的全部设计流程。

(2) 熟悉示波器、万用表、信号发生器、频率计和扫频仪等常用电子仪器的基本工作原理,掌握仪器仪表的正确使用方法。掌握电子电路基本测试技术,包括电子元器件参数、放大电路参数、信号的周期和频率、信号的幅度和功率等主要参数的测试。

(3) 能够以项目管理方式正确管理课题的开发流程,养成良好的习惯,能够正确进行系统调试和处理过程,处理测试数据,进行误差分析,并写出符合要求的课程设计报告(说明书)。

(4) 能够通过手册和互联网查询电子器件性能参数和应用资料,能够正确选用成熟的局部单元设计、常用集成电路和其他电子元器件。

(5) 掌握软件分析设计电路的基本方法,能够应用软件完成电子电路原理图设计和仿真研究,在有经费和设备保障的条件下,能够实现系统的可加工、可调试和可实现。

(6) 鼓励少数有兴趣、有能力的学生在时间允许的条件下通过实验板和电子元器件完成电路的硬件实现,在经费和时间允许的情况下,实现设计的装配、调试和故障排除。

1.1.2 电子电路课程设计的教学过程

电子技术基础课程设计作为集中实践性教学环节,应着重提高学生的自学能力,独立分析、解决问题的能力和动手进行电路实验的能力。

为了培养学生的自学能力,对于课上已学过的基础知识,教师不必重复讲解,只需根据设计任务提出参考书目,让学生自学即可。对于设计或实验中可能碰到的重点、难点,只要通过典型分析和讲解,启发学生的思路和自学的方法,以便达到举一反三的作用。设

计中还要教给学生查阅资料、使用工具书的方法,让他们遇到问题时,不是立刻找老师,而是通过独立思考,查阅资料和书籍,自己寻找答案。

要提高学生独立分析、解决问题的能力,必须为学生提供在设计实践中自己锻炼的机会和条件。引导学生自主学习和钻研问题,明确设计要求,找出实现要求的方法。鼓励学生开动脑筋、大胆探索,发挥主动性和创造性。在时间安排上要留有余地,保证学生独立地解决设计和实验中的问题。同时,要采用经验交流、集体讨论、课题报告等形式,互相启发,集思广益。

要提高动手实验的能力,关键是启发学生将动脑和动手结合起来。安排实验不再由教师包办代替,而由学生按照需要自己拟定实验内容和操作步骤:自选仪器、设备,独立测试和记录,并对实验结果做出分析、处理。教师主要做好审查、把关的工作,并且帮助学生处理疑难问题。学生从设计、计算、选择元器件开始,直到做出合格的电路,始终自己动手完成。

强调课程设计以学生自学为主,独立完成设计任务,并不是削弱教师的作用。相反,对教师的教学提出了更高的要求。教师要树立“以学生为中心”的思想,为学生做好各种服务;要熟练掌握设计中的重点、难点,发挥教师的主导作用;在教学方法上既不能包办代替,又不能撒手不管。应注意按照学生的基础和能力的差别提出不同的要求,做到因材施教;还要注意对学生的全面训练,教书又教人。

在每个学生的选题确定以后,就可以进行课程设计了。

课题设计大体可分为三个阶段。

1. 设计与计算阶段(也称预设计阶段)

学生根据所选课题的任务、要求和条件进行总体方案的设计,通过论证与选择,确定总体方案。然后对方案中单元电路进行选择和设计计算,包括元器件的选用和电路参数的计算,最后画出总体电路图(原理图和布线图)。此阶段约占课程设计总学时的30%。

2. 安装与调试阶段

预设计经指导教师审查通过后,学生即可向实验室领取所需元器件等材料,并在实验箱上或试验板上组装电路。然后运用测试仪表进行电路调试,排除电路故障,调整元器件,修改电路,使之达到设计指标要求。

此阶段往往是课题设计的重点与难点所在,所需时间约占总学时的50%。

3. 撰写总结报告阶段

总结报告是学生对课程设计全过程的系统总结。学生应按规定的格式编写设计说明书。说明书的主要内容有:

- (1) 课题名称。
- (2) 设计任务和要求。
- (3) 方案选择与论证。

(4) 方案的原理框图,总体电路图、布线图及其说明;单元电路设计与计算说明;元器件选择和电路参数计算的说明等。

(5) 电路调试。对调试中出现的问题进行分析,并说明解决的措施;测试、记录、整理与结果分析。

(6) 收获体会、存在问题和进一步改进的意见等。

课程设计结束后,教师将根据以下几方面来评定成绩:

(1) 设计方案的正确性与合理性。

(2) 实验动手能力(安装工艺水平、调试中分析解决问题的能力以及创新精神等)。

(3) 总结报告。

(4) 答辩情况(课题的论述和回答问题的情况)。

(5) 设计过程中的学习态度、工作作风和科学精神。

1.1.3 电子电路课程设计的安全注意事项

1. 用电安全

实验设备、测量仪器使用的电压为 220 V (50 Hz),这个电压对人体来说是有危险的,确切地说,造成伤害的主要原因是电流。当电流流过人体时造成人体内部器官,如呼吸系统、血液循环系统、中枢神经系统等发生变化,机能紊乱,严重时会导致休克乃至死亡。

通过人体的电流越大,人体的生理反应越明显,致命的危险性也就越大。按照工频交流电通过人体时对人体产生的作用,可将电流划分为以下三级:

(1) 感知电流。引起人感觉的最小电流称为感知电流。成年男性平均感知电流的有效值约为 1.1 mA,女性为 0.7 mA。感知电流一般不会对人体造成伤害。

(2) 摆脱电流。人触电后能自主摆脱电源的最大电流称为摆脱电流。男性的摆脱电流为 9 mA,女性为 6 mA,儿童较成人更小。摆脱电流的能力是随触电时间的延长而减弱的。触电后不能摆脱电源,后果是比较严重的。

(3) 致命电流。在较短时间内危及生命的电流称为致命电流。电击致命的主要原因是电流引起心室颤动。引起心室颤动的电流一般在数百毫安以上。

一般情况下可以把摆脱电流作为流经人体的允许电流。在线路或设备安装有防止触电的速断保护的情况下,人体的允许电流可按 30 mA 考虑。

2. 实验室用电注意事项

在实验室中用电时应注意以下几点:

(1) 不要在带电的环境下修理电源电路,务必要先关闭电源。

(2) 如果因检查、焊接等情况下需要接触断电的电路,一定要先对能量存储电容进行放电。

(3) 在未加电前,进行多次检查,查看电路中是否有短路的部分。

(4) 在实验中,注意实验设备及元器件的变化,有过热、糊味、导线变软等情况,应立即切断电源,仔细检查。

(5) 在连接导线或安装元器件时,一定要关闭电源。

(6) 如果使用单独的电路板,要在实验箱与电路板之间放置绝缘材料或利用绝缘柱支撑电路板。

3. 静电

在干燥的环境中,摩擦容易产生静电,例如,人梳理头发时能产生 2 500 V 的静电,

静电能使半导体器件损坏,如场效应管、MOS管,尤其MOS管的栅极与导电沟道之间的氧化物绝缘层很容易被击穿,管子很容易损坏。静电容易损坏的元器件类别见表1.1。

表 1.1 静电容易损坏的元器件类别

易损程度	元器件类型
非常容易损坏的元器件	MOS 场效应管、MOS 集成电路、结型场效应管、微波晶体管、金属膜电阻
比较容易损坏的元器件	CMOS 集成电路、LSTTL 集成电路、肖特基集成电路、线性集成电路
容易损坏的元器件	TTL 集成电路、小信号二极管和三极管、压电晶体
不易损坏的元器件	电容、碳膜电阻、电感及其他模拟器件

4. 常见的触电方式

人体触电方式主要有两种,即直接或间接接触带电体以及跨步电压。直接接触又可分为单相触电和双相触电。

(1) 单相触电。

当人站在地面上或其他接地体上,人体的某一部分触及一相带电体时,电流通过人体流入大地(或中性线),称为单相触电,如图1.1所示。图1.1(a)为电源中性点接地运行方式时,单相触电的电流途径。图1.1(b)为中性点不直接接地的单相触电情况。一般情况下,接地电网里的单相触电比不接地电网里的危险性大。

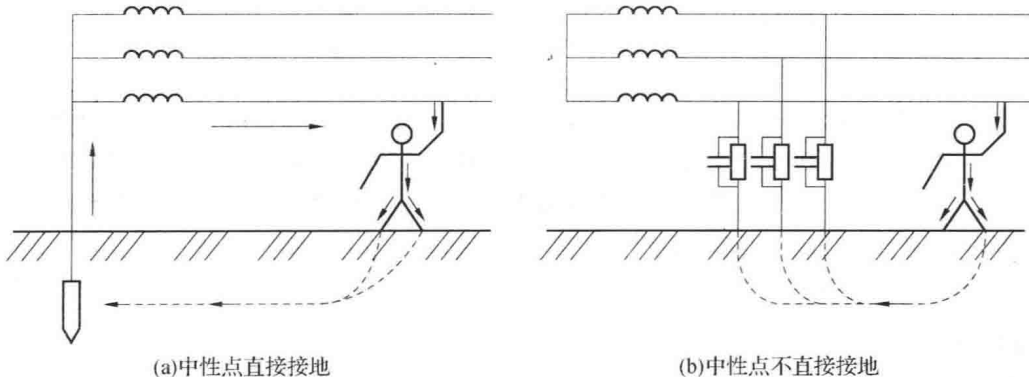


图 1.1 单相触电

①中性点直接接地。

显然,这种触电的后果与人体和大地间的接触状况相关。如果人体站在干燥绝缘的地板上,因为人体与大地间有很大的绝缘电阻,通过人体的电流很小,就不会有触电危险,但如果地板潮湿,那就有触电危险了。

②中性点不直接接地。

这种情况下,电流将从电源相线经人体、其他两相的对地阻抗回到电源的中性点,从而形成回路,此时,通过人体的电流与线路的绝缘电阻和对地电容的数值有关,正常情况下,设备的绝缘电阻相当大,通过人体的电流很小,一般不至于造成对人体的伤害。

要避免单相触电,操作时必须穿胶鞋或站在干燥的木凳上。

(2) 双相触电。

双相触电是指人体两处同时触及同一电源的双相带电体,以及在高压系统中,人体距

离高压带电体小于规定的安全距离,造成电弧放电时,电流从一相导体流入另一相导体的触电方式。如图 1.2 所示,双相触电加在人体上的电压为线电压,电流将从一相导线经人体流入另一相导线,因此不论电网的中性点接地与否,其触电的危险性都比较大,应立即断开电源。

(3) 跨步电压触电。

当带电体接地时有电流向大地流散,在以接地点为圆心、半径为 20 m 的圆面积内形成分布电位,人站在接地点周围,两脚之间(以 0.8 m 计算)的电位差称为跨步电压 U_k ,如图 1.3 所示,由此引起的触电事故称为跨步电压触电。高压故障接地处或有较大电流流过的接地装置附近都可能出现较高的跨步电压。离接地点越近、两脚距离越大,跨步电压值就越大。一般来说,10 m 以外才没有危险。

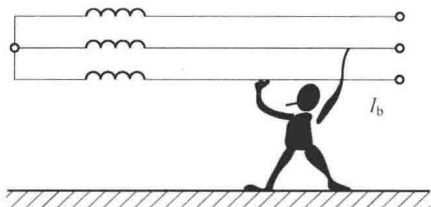


图 1.2 双相触电

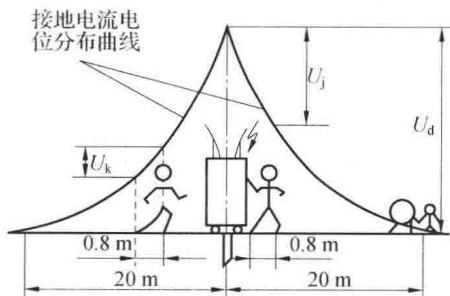


图 1.3 跨步电压触电

(4) 剩余电荷触电。

剩余电荷触电是指当人触及带有剩余电荷的设备时,带有电荷的设备对人体放电造成的触电事故。设备带有剩余电荷,通常是由于检修人员在检修中摇表测量停电后的并联电容器、电力电缆、电力变压器及大容量电动机等设备时,检修前、后没有对其充分放电所造成的。

5. 接地和接零保护

(1) 保护接地。

按功能分,接地可分为工作接地和保护接地。工作接地是为了保证电力系统正常运行而设置的接地,如三相四线制低压配电系统中的电源中性点接地;保护接地的目的在于保障人身与设备的安全,其中包括防止触电的保护接地、防雷接地、防静电接地及屏蔽接地等。

注意:在中性点不接地系统中,设备外漏部分(金属外壳或金属构架)必须与大地进行可靠电气连接,即保护接地。由于绝缘破坏或其他原因而可能呈现危险电压的金属部分,都应采取保护接地措施,如电机、变压器、开关设备、照明器具及其他电气设备的金属外壳都应予以接地。接地装置由接地体和接地线组成。埋入地下直接与大地接触的金属导体,称为接地体;连接接地体和电气设备接地螺栓的金属导体称为接地线。接地体的对地电阻和接地线电阻的总和,称为接地装置的接地电阻。

在图 1.4 中,当电气设备绝缘损坏,人体触及带电外壳时,由于采用了保护接地,人体电阻和接地电阻并联,因人体电阻远远大于接地电阻,故流经人体的电流远远小于流经接地体电阻的电流,并在安全范围内,这样就起到了保护人身安全的作用。

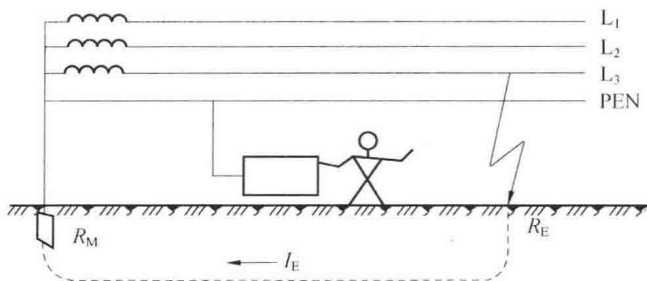


图 1.4 保护接地原理图

保护接地常用在 IT 低压配电系统和 TT 低压配电系统中^①。

(2) 保护接零。

保护接零是指在电源中性点接地的系统中，将设备需要接地的外露部分与电源中性线直接连接，相当于设备外露部分与大地进行了电气连接，如图 1.5 所示。

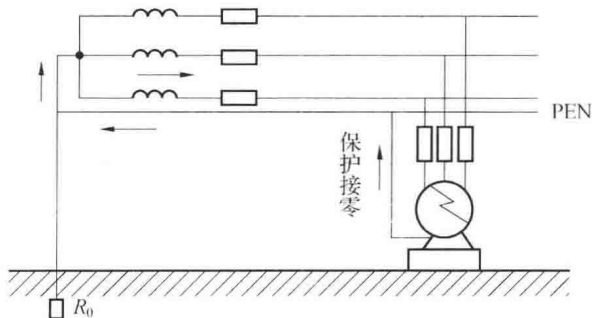


图 1.5 保护接零原理图

在图 1.5 中，当设备正常工作时，外露部分不带电，人体触及外壳相当于触及零线，无危险；当有电气设备发生单相碰壳出故障时，由于采用了接零保护，设备外露部分与大地形成一个单相短路回路。由于短路电流极大，所以熔丝快速熔断，从而使保护装置动作，迅速地切断电源，防止了触电事故的发生。

保护接零适用于 TN 低压配电系统形式^②。

采用保护接零时注意：保护零线上不准装设熔断器。

保护接地与保护接零的区别：将金属外壳用保护接地线（PEE）与接地体直接连接的称为保护接地；将金属外壳用保护线（PE）与保护中性线（PEN）相连接的则称为保护接零。

(3) 重复接地。

在电源中性线做了工作接地的系统中，为确保保护接零的可靠性，还需相隔一定距离将中性线或接地线重新接地，称为重复接地，如图 1.6 所示。

在图 1.6 (a) 中，一旦中性线断线，设备外露部分带电，人体触及同样会有触电的可

① IT 系统：电源变压器中性点不接地（或通过高阻抗接地），而电气设备外壳采用保护接地；TT 系统：电源变压器中性点接地，电气设备外壳采用保护接地。

② TN 系统：电源变压器中性点接地，设备外露部分与中性线相连，是将电气设备的金属外壳与工作零线 N 相接的保护系统。

能；而在图 1.6 (b) 中，由于采取了重复接地，即使出现中性线断线，但外露部分因重复接地而使其对地电压大大下降，对人体的危害也大大下降。不过应尽量避免中性线或接地线出现断线的现象。

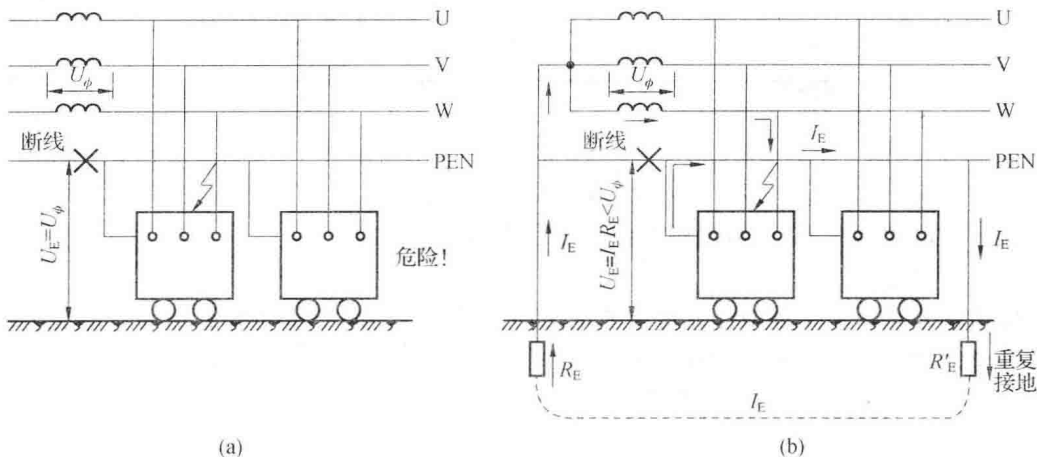


图 1.6 重复接地的作用

为降低因绝缘破坏而遭到电击的危险，对于以上不同的低压配电系统，电气设备常采用保护接地、保护接零、重复接地等不同的安全措施，如图 1.7 所示。

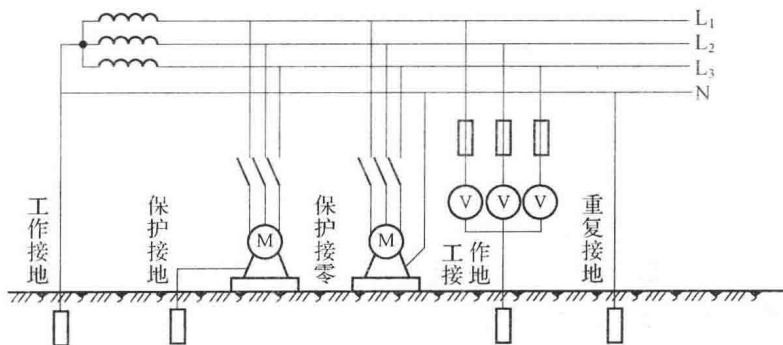


图 1.7 保护接地、工作接地、重复接地及保护接零示意图

6. 装漏电保护装置

以上分析的电击防护措施是从降低接触电压方面考虑的，但实际上这些措施往往还不够完善，需要采用其他保护措施作为补充。例如，采用漏电保护器、过电流保护器等措施。

(1) 定义。

漏电保护器（漏电保护开关）是一种电气安全装置。将漏电保护器安装在低压电路中，当发生漏电和触电时，且达到保护器所限定的动作电流值时，就立即在限定的时间内动作，自动断开电源进行保护。

漏电保护为近年来推广采用的一种新的防止触电的保护装置。在电气设备中发生漏电或接地故障而人体尚未触及时，漏电保护装置已切断电源；或者在人体已触及带电体时，漏电保护器能在非常短的时间内切断电源，以减轻对人体的危害。

(2) 分类。

漏电保护器按不同方式分类来满足使用的选型。如按动作方式分，有电压动作型和电

流动作型；按动作机构分，有开关式和继电器式；按极数和线数分，有单极二线、二极三线等；按动作灵敏度分，有高灵敏度（漏电动作电流在 30 mA 以下）、中灵敏度（30~1 000 mA）及低灵敏度（1 000 mA 以上）。

7. 电气消防

- (1) 发现电子装置、电气设备、电缆等冒烟起火时，要尽快切断电源。
- (2) 使用砂土、二氧化碳或四氯化碳等不导电灭火介质灭火，忌用泡沫和水灭火。
- (3) 灭火时不可将身体或灭火工具触及导线和电气设备。

任务 1.2 电子电路课程设计的一般方法与步骤

1.2.1 总体方案的设计与选择

1. 方案原理的构想

(1) 提出原理方案。

一个比较复杂的课题往往需要进行方案原理的构想，也就是用什么原理来实现课题的要求。因此，应对课题的任务、要求和条件进行仔细的分析与研究，找出其关键问题是什么，然后根据关键问题提出实现的原理与方法，并画出其原理框图（即提出原理方案）。

提出原理方案是一个关系设计全局的问题，应广泛收集与查阅有关资料，广开思路，开动脑筋，利用已有的各种理论知识，提出尽可能多的方案，以便做出更合理的选择。所提出的方案中，对关键部分的可行性，一般应通过试验加以确认。

(2) 原理方案的比较与选择。

原理方案提出后，还必须对所提出的几种方案进行分析比较。然而，在详细的总体方案尚未完成之前，只能就原理方案的简单与复杂，实现的难易程度进行分析比较，并做出初步选择。如果有两种方案难以敲定，那么可对两种方案都进行后续阶段设计，直至得出两种方案的总体电路图，然后就性能、成本、体积等方面进行分析比较，最后确定使用哪种方案。

提出和选择一个令人满意的设计方案，不是一件容易的事，常常需要在整个设计的各个阶段进行分析比较。例如，原理方案比较，总体方案比较，单元电路比较，以及总体电路比较。中间出现一些反复也是难免的，但应尽量避免大的反复。

2. 总体方案的确定

原理方案选定以后，便可着手进行总体方案的确定。顾名思义，原理方案只着眼于方案的原理，不涉及方案的许多细节，因此，原理方案框图中的每个框图也只是原理性的、粗略的，它可能由一个单元电路构成，也可能由许多单元电路构成。为了把总体方案确定下来，必须把每个框图进一步分解成若干个小框，每个小框为一个较简单的单元电路。当然，每个框图不宜分得太细，也不宜分得太粗，太细对选择不同的单元电路或器件不利，并使单元电路之间的相互连接复杂化；太粗将使单元电路本身功能过于复杂，不便进行设计或选择。总之，应从单元电路和单元之间连接的设计与选择出发，恰当地分解框图。

对每个原理方框分解后，画出总的框图，这就是所要设计的总体方案图。画总体方案

图时应注意:

- ①每个框图具有一个独立的单元功能,且用文字写于框中。
- ②方框的排列应按信息流向布置,一般从左至右,或从上到下布置。
- ③应清晰地画出数据信息与控制信息的流动方向(用箭头线),成组的数据信息用 $\Rightarrow$ 表示,控制信息或单个的数据信息用 $\rightarrow$ 表示。
- ④总体方案图应画在一张纸上,以便读图。

值得一提的是,随着大规模集成芯片的大量问世,单个芯片的功能越来越强,这使得原理框图的分解可以粗一些,因而总体方案可更简单、可靠些。但是,不能盲目追求选用这些芯片,必须考虑这些芯片在市场上是否容易买到(或实验室是否有),以及它的价格如何。否则,再好的总体方案也会落空,难以实现。

1.2.2 单元电路设计及其级联设计

1. 单元电路设计

单元设计是整体的一部分,只有把单元电路设计好才能提高整体设计水平。

设计单元电路的一般方法和步骤如下:

(1) 根据设计要求和已选定的总体方案原理框图,确定对各单元电路的设计要求,必要时应详细拟定主要单元电路的性能指标、与前后级之间的关系,分析电路的构成形式。应注意各单元电路之间的相互配合,注意各部分输入信号、输出信号和控制信号的关系。尽量少用或不用电平转换之类的接口电路,并考虑到能使各单元电路采用统一的供电电源,以简化电路结构,降低成本。

(2) 拟定好各单元电路的要求后,应全面检查一遍,确定无误后方可按信号流程顺序或从难到易或从易到难的顺序分别设计各单元电路。

(3) 选择单元电路的组成形式。一般情况下,应查阅有关资料,以丰富知识,开阔眼界,从已掌握的知识和了解的各种电路中选择一个合适的电路。如确实找不到性能指标完全满足要求的电路时,也可选用与设计的要求比较接近的电路,然后调整电路参数。

在单元电路的设计中特别要注意保证各功能块协调一致地工作。对于模拟系统,要按照需要采用不同耦合方式把它们连接起来;对于数字系统,协调工作主要通过控制器来进行,控制器不允许有竞争冒险和过度干扰脉冲出现,以免发生控制失误。对所选各功能块进行设计时,要根据集成电路的技术要求和功能块应完成的任务,正确计算外围电路的参数。对于数字集成电路要正确处理各功能输入端。

2. 单元电路的级联设计

单元电路之间经级联后才能构成总体电路,在级联时,有些问题必须仔细考虑,如两个电路的电气特性匹配、信号耦合方式、时序配合以及相互干扰问题。

(1) 电气特性匹配。

电气特性主要是指阻抗、线性范围、负载能力、高低电平等。阻抗匹配和线性范围主要是针对模拟电路;高低电平匹配主要是针对数字电路;负载能力匹配在数字电路和模拟电路中都存在。

两级电路级联时,后级就是前级的负载,必然存在着前级的负载能力问题。负载能力

问题实质上是前级提供的电流应大于后级所需的电流, 如果不够, 则应增加驱动单元电路。

(2) 常用的连接方式。

常用的连接方式有阻容耦合、直接耦合、光电耦合、变压器耦合和接口电路耦合。

①阻容耦合。阻容耦合的特点如下:

a. 由于电容器隔直流而通交流, 所以各级直流工作点相互独立, 前级交流电能完整地传送到后级。

b. 阻容耦合放大电路的低频特性差, 不能放大变化缓慢的信号。这是因为耦合电容对这类信号呈现出很大的容抗, 信号的一部分甚至全部几乎衰减到耦合电容上。

②直接耦合。直接耦合是把前级的输出端直接或通过恒压器件接到下级输入端。其特点为:

a. 两级直接相连, 除将前级输出的交流信号送到后级外, 也会将前级输出的直流信号送到后级。

b. 会导致零点漂移, 即前级工作点随温度的变化会向后级传递并逐级放大, 使得输出端产生很大的漂移电压。

c. 要考虑前、后级的电位匹配, 这是因为由于前、后级之间的直流连通, 使各级工作点互相影响, 不能独立。因此, 必须考虑各级间直流电位的配置问题, 以使每一级都有合适的工作点。

③光电耦合。光电耦合是以光信号为媒介来实现电信号的耦合和传递的。实现光电耦合的基本器件是光电耦合器。其基本原理为: 输入端加电信号, 发光器件由电→光, 受光器件由光→电, 输出电信号, 实现了从电到光、光再到电的传输。其特点为:

a. 光是传输的媒介, 使输入和输出两端实现电气上的绝缘与隔离, 输出端对输入端无反馈作用。

b. 由于光传输的单向性, 因此信号从光源单向传输到光接收器时不会出现反馈现象, 其输出信号也不会影响输入端。

c. 响应速度快, 光电耦合的时间常数通常为微秒级甚至皮秒级。

d. 抗干扰能力强, 工作稳定可靠。

光电隔离放大器的前、后级之间不能有任何电的连接。即使是“地线”也不能连接在一起, 前、后级也不能共用电源, 否则就失去了隔离的意义。一般前级放大器可以采用电池供电, 或采用 DC/DC 变换器供电。

④变压器耦合。将放大电路前级的输出端通过变压器接到后级的输入端或负载电阻上, 称为变压器耦合。变压器耦合的特点为:

a. 由于变压器是靠磁路耦合的, 所以它的各级放大电路的静态工作点相互独立。

b. 电路效率较高, 功耗较小, 静态功耗近似为零。

c. 可以实现阻抗变换, 因而在分立元器件功率放大电路中得到广泛应用。

变压器有损耗, 且体积大、笨重, 频带窄, 不适用于制作集成电路。