

普通高等教育“十二五”规划教材



DIANZI JISHU SHIYAN YU KECHENG SHEJI

电子技术实验与课程设计

安兵菊 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材



DIANZI JISHU SHIYAN YU KECHENG SHEJI

电子技术实验与课程设计

主编 安兵菊

编写 蔡明伟 高 妙 任文霞



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十二五”规划教材,是“模拟电子技术基础”“数字电子技术基础”课程的配套用书,主要包括这两门课程的教学实验及课程设计。全书分为六章:第一章为概述,介绍了电子技术实验的目的和意义、基本要求及电子技术课程设计的基础知识以及常用电量的测量方法;第二章为模拟电子技术实验,循序渐进地安排了常用电子仪器的使用、单管共射放大电路、负反馈放大电路等11个实验;第三章为模拟电子技术课程设计,涵盖设计方法及设计举例,并给出一定量的设计题目及要求;第四章为数字电子技术实验,分为5个组合逻辑实验、6个时序逻辑实验,其中还安排了单元电路设计的创新型实验;第五章为数字电子技术课程设计;第六章为常用实验仪器,所选仪器均为常用的新型仪器,体现了本书的先进性。附录介绍了常用电子元器件的分类、识别及主要参数、外形封装,以及常用集成电路的引脚排列及功能说明等。

本书可作为高等院校电子类、电气类、自动化类及相关专业本、专科学生的实验及课程设计教材,也可供广大电子工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与课程设计/安兵菊主编. —北京:中国电力出版社, 2015.8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-8010-3

I. ①电… II. ①安… III. ①电子技术-实验-高等学校-教材
②电子技术-课程设计-高等学校-教材 IV. ①TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第188366号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

三河市百盛印装有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015年8月第一版 2015年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 10.5印张 253千字

定价 23.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

河北科技大学电类基础课教材编写小组

组长：王培峰

成员：马献果	王计花	王冀超	吕文哲
曲国明	朱玉冉	任文霞	刘红伟
刘磊	安兵菊	许海	孙玉杰
李翠英	宋利军	张凤凌	张会莉
张成怀	张敏	岳永哲	孟尚
周芬萍	赵玲玲	段辉娟	高观望
高妙	焦阳	蔡明伟	

(以姓氏笔画排序)

序

电工、电子技术计算机、电子、通信、电气、自动化、测控等众多应用技术的理论基础,同时涉及机械、材料、化工、环境工程、生物工程等众多相关学科。对于这样一个庞大的体系,不可能在学校将所有的知识都教给学生。以应用技术型本科学生为主体的大学教育,必须对学科体系进行必要的梳理。本套教材就是试图搭建一个电类基础知识体系平台。

2013年1月,教育部为加快发展现代职业教育,建设现代职业教育体系,部署了应用技术大学改革试点战略研究项目,成立了“应用技术大学(学院)联盟”,其目的是探索“产学研一体、教学做合一”的应用型人才培养模式,促进地方本科高校转型发展。河北科技大学作为河北省首批加入“应用技术大学(学院)联盟”的高校,对电类专业基础课进行了试点改革,并根据教育部高等学校教学指导委员会制定的“专业规划和基本要求、学科发展和人才培养目标”,编写了本套教材。本套教材特色如下:

(1)教材的编写以教育部高等学校教学指导委员会制定的“专业规划和基本要求”为依据,以培养服务于地方经济的应用型人才为目标,系统整合教学改革成果,使教材体系完善,结构完整,内容准确,理论阐述严谨。

(2)教材的知识体系和内容结构具有较强的逻辑性,利于培养学生的科学思维能力;根据教学内容、学时、教学大纲的要求,优化知识结构,既加强理论基础,也强化实践内容;理论阐述、实验内容和习题的选取都紧密联系实际,培养学生分析问题和解决问题的能力。

(3)课程体系整体设计,各课程知识点合理划分,前后衔接,避免各课程内容之间交叉重复,使学生能够在规定的课时数内,掌握必要的知识和技术。

(4)以主教材为核心,配套学习指导、实验指导书、多媒体课件,提供全面的教学解决方案,实现多角度、多层面的人才培养模式。

本套教材由王培峰任编写小组组长,主要包括《电路》(上、下册,王培峰主编)、《模拟电子技术基础》(张凤凌主编)、《数字电子技术基础》(高观望主编)、《电路与电子技术基础》(马献果等编)、《电路学习指导书》(上册,朱玉冉主编;下册,孟尚主编)、《模拟电子技术学习指导书》(张会莉主编)、《数字电子技术学习指导书》(任文霞主编)、《电路与电子技术学习指导书》(马献果等编)、《电路实验教程》(李翠英主编)、《电子技术实验与课程设计》(安兵菊主编)、《电工与电子技术实验教程》(刘红伟等编)等。

提高教学质量,深化教学改革,始终是高等学校的工作重点,需要所有关心高等教育事业人士的热心支持。为此谨向所有参与本套教材建设的同仁致以衷心的感谢!

本套教材可能会存在一些不当之处,欢迎广大读者提出批评和建议,以促进教材的进一步完善。

电类基础课教材编写小组

2014年10月

前 言

本书是根据高等院校工科本科生“模拟电子技术基础”与“数字电子技术基础”实验教学与课程设计的有关要求,结合当前基础电子领域中的一些新技术和新方法编写而成的,是“模拟电子技术基础”“数字电子技术基础”与“电子技术”课程的配套教材。电子技术基础作为一门实践性很强的技术基础课,是高等院校电子类、电气类、自动化类及其他相近专业的必修课。通过实验与课程设计环节的学习,帮助学生掌握电子技术方面的基本实验知识、实验方法及实验技能,提高学生对电子电路的综合认知能力、分析问题与解决问题的能力,培养学生在电子技术应用实践中的创新能力和严谨、踏实的工作作风。

本书主要内容包括模拟电子技术基础实验及课程设计、数字电子技术基础实验及课程设计、常用实验仪器仪表的工作原理及使用说明、常用电量的测量技术和常用电子元器件的识别及主要参数等。其中模拟电子技术实验和数字电子技术实验各有 11 个,分为训练型实验、验证型实验、设计型实验和综合型实验四种类型。根据现代教育和高等院校教学评估的需要,适当增加了设计型和综合型实验所占的比例。有关专业的学生可根据本专业的教学要求选择适合的实验内容。电子技术的课程设计在课程学习中占有非常重要的地位,并且单独记录学分。“模拟电子技术基础”和“数字电子技术基础”课程设计各有五个选题,每个设计题目都有一定的综合性,所涉及的知识面较宽,内容实用。课程设计的课时安排一般为 30 学时(一周)或更长时间,需要学生通过查阅大量资料,独立完成电路设计、安装及调试的整个过程,对提高学生的综合实验素质大有裨益。仪器仪表部分包括常用电子仪器的工作原理,并配有仪器面板图及详细使用说明,学生完全可以通过自学掌握仪器的使用方法。在常用电量的测量技术中介绍了实验过程中基本电量的测试原理,可供学生在学习相关内容时参考。附录中介绍了常用电子元器件的基本知识、识别方法及主要参数、外形封装和常用数字集成电路引脚排列及功能说明,可作为手册查阅。

本书是河北科技大学信息科学与工程学院电子技术实验室的教师在总结多年实验教学经验的基础上编写而成的。参加编写的教师有安兵菊、高妙、任文霞和蔡明伟。其中,高妙编写了第三章,任文霞编写了第五章,蔡明伟编写了第二章实验一、第四章实验三和第六章,安兵菊编写了第一章、第二章其他实验、第四章其他实验和附录部分。全书由安兵菊任主编并统稿。

在编写本书过程中,得到了沙占有教授、王彦朋教授和电子技术教研室教师们的大力支持和帮助,在此深表感谢。同时为了与主流仿真软件对应,书中数字电子技术相关部分器件的图形符号没有采用最新国家标准,请读者自行对照。

由于编者水平所限,书中难免存在缺点和不足之处,恳请使用本书的老师和同学们批评指正。

编 者

2015 年 5 月于河北科技大学



目 录

序	
前言	
第一章 概述	1
第一节 电子技术实验的目的和意义	1
第二节 电子技术实验的基本要求	1
第三节 电子技术课程设计的基础知识	2
第四节 常用电量的测量方法	7
第二章 模拟电子技术实验	13
实验一 常用电子仪器的使用	13
实验二 常用电子元件的测量	17
实验三 单管共射放大电路	21
实验四 长尾式差分放大电路	24
实验五 恒流源式差分放大电路	28
实验六 负反馈放大电路	31
实验七 集成运算放大器的参数测试	34
实验八 运算放大器组成的基本运算电路设计	36
实验九 运算放大器的应用电路	40
实验十 有源滤波器	43
实验十一 直流电源	45
第三章 模拟电子技术课程设计	49
第一节 模拟电路的设计方法	49
第二节 设计举例	51
第三节 设计题目及要求	59
第四章 数字电子技术实验	68
实验一 TTL 与非门主要参数的测试	68
实验二 基本门电路逻辑功能的测试	72
实验三 示波器的使用及门电路测试	75
实验四 组合逻辑电路测试	78
实验五 组合逻辑电路设计	80
实验六 触发器逻辑功能的测试	82
实验七 时序逻辑电路	85
实验八 计数、译码与显示电路	88
实验九 集成同步计数器的应用电路设计	91
实验十 移位寄存器及其应用	93

实验十一 555 定时器的应用	96
第五章 数字电子技术课程设计	101
第一节 数字电路的设计方法	101
第二节 设计举例	103
第三节 设计题目及要求	109
第六章 常用实验仪器	120
第一节 直流稳定电源	120
第二节 函数信号发生器	123
第三节 数字交流毫伏表	126
第四节 数字万用表	128
第五节 数字示波器	130
第六节 数字电路实验箱	135
第七节 晶体管特性图示仪	136
附录	142
附录 A 常用电子元器件的基础知识	142
附录 B 常用半导体器件的识别及型号命名法	146
附录 C 常用集成电路的型号命名法及引脚排列图	148
参考文献	159

第一章 概 述

目前, 电子信息技术已深入现代社会的各个领域, 我们在享受它带来的舒适与便捷的同时, 更应了解它的“来龙”与“去脉”, 掌握它的结构形式及工作原理。通过系统地学习电子技术以及相关知识, 相信广大学生一定会做到这一点。

第一节 电子技术实验的目的和意义

“电子技术”是高等院校工科专业重要的技术基础课, 是电子应用技术中硬件知识的入门课程之一, 具有很强的实践性。实验和课程设计是学习这门课的重要实践环节, 也是学好这门课的重要手段。

电子技术基础的实验一般分为训练型、验证型、设计型和综合型四种类型。

广大学生通过训练型和验证型实验, 能够掌握常用实验仪器的基本原理及使用方法, 并能举一反三, 触类旁通; 能够根据各种电信号的特点和性质, 选用正确的仪器进行测试; 能够掌握电路的基本实验方法和规律, 并能进行简单故障的分析与排除等。通过设计型实验, 掌握电路设计的一般规律和方法, 能够根据任务要求设计电路图、拟定实验步骤, 并对电路进行测试等。

综合型实验涉及的知识点较多, 是本课程知识与其他相关知识的综合性应用。通过它, 广大学生可以验证电路的实用性, 加深对基础知识及相关内容的理解与掌握。

课程设计在课程学习中也占有相当重要的地位。课程设计需要学生查阅大量资料, 独立完成电路设计、安装、焊接及调试任务; 能够开拓视野、丰富知识、培养兴趣、激发学习热情, 从而提高对电子技术理论与实践相结合的综合认识。

综上所述, 电子技术实验的目的就是通过系统的实验训练, 加深对实验的基本理论、基础知识和基本技能的理解和掌握, 验证电子技术理论的正确性和实用性, 掌握电子线路的设计思想与方法, 培养工程设计能力、理论联系实际解决复杂问题的能力和创新思维。通过学习与实践, 树立理论联系实际的良好学风和严谨求实的科学态度, 培养勤于动手、勇于创新的工程素质和探索精神, 以适应新技术发展和未来服务社会的需要。

第二节 电子技术实验的基本要求

电子技术实验一般分为实验预习、实验操作和实验报告三个环节。

一、实验预习

上实验课之前必须进行预习。要仔细阅读实验内容和与实验内容有关的理论知识。要了解实验目的及实验原理, 了解常用仪器的使用方法及注意事项, 对实验结果进行估算和分析。尤其是对设计型实验, 要根据实验任务和要求, 预先设计实验原理图, 并拟定实验

步骤。

每次上实验课前,书写一份预习报告,内容包括实验目的、实验原理、实验电路图(设计型实验必须将电路图准备好)、主要实验步骤、理论数据估算和数据记录表格。

二、实验操作

为了顺利完成实验,达到预期的实验效果,实验过程中应注意以下几个方面:

(1) 注意用电安全。在实验室用到 220V 交流电时,必须注意安全,严禁裸手触摸带电部位。若发生意外触电等事故,应立即切断电源。

(2) 在接线和改接线时,应关闭电源,待线路接好并确认无误后,再通电进行实验。

(3) 掌握正确的实验方法。首先,要正确操作电子仪器,了解常用仪器的使用方法和注意事项,按正确的规程操作仪器;其次,要掌握基本电量(如电压的有效值及峰峰值,信号频率、周期,输入/输出电阻、频率特性等)的测试方法,选用正确的测试方法才能得到正确、合理的测量结果。遇到因电路故障不能正常测试时,要冷静思考,分析故障可能出现的部位,最后排除故障、解决问题,从而提高实验技能。

(4) 实验过程中,如果发现元器件发热、冒烟或闻到焦味、异味等,应立即关闭电源,报告指导教师。待查清问题、排除故障后再继续实验。

(5) 实验结束后,认真检查有无测试错误或遗漏,如有需要,则要进行补做。关掉电源,拆去连接线,整理导线和仪器,经指导教师同意后方可离开。

三、实验报告

编写实验报告是对实验结果的整理与总结,是实验过程中不可缺少的环节。实验报告要求语句通顺、字迹工整、图表清晰、结论正确、分析合理。

实验报告的主要内容有以下几点:

(1) 实验目的与实验原理。

(2) 实验仪器仪表的名称及型号。

(3) 实验内容与步骤,包括实验电路图及数据记录表格。

(4) 数据记录与分析计算。

(5) 实验结论与思考题。

第三节 电子技术课程设计的基础知识

一、课程设计的任务与要求

电子技术课程设计是在“电子技术”课程学完之后,集中安排的重要实践性教学环节。它是电子类、电气类、自动化类专业学生必须完成的一项综合性训练。

1. 课程设计的任务

课程设计的任务一般是让学生设计、组装并调试一个简单的电子电路装置。需要学生综合运用电子技术课程的知识,通过调查研究、查阅资料制定方案,并进行方案论证与选定,设计电路和选取元器件组装和调试电路,测试指标并进行分析讨论,以完成设计任务。

2. 课程设计的要求

通过设计工作的各个环节,达到以下教学要求:

- (1) 巩固和加深对电路基本知识的理解,提高综合运用本课程所学知识的能力。
- (2) 培养学生根据课题需要选学参考书籍、查阅手册、图表和文献资料的自学能力,通过独立思考,深入钻研有关问题,掌握分析并解决问题的方法。
- (3) 通过对电路方案的分析、论证和比较,设计计算和选取元器件,然后经电路组装、调试和检测等环节,初步掌握简单实用电路的分析方法和工程设计方法。
- (4) 掌握常用仪器、设备的正确使用方法,学会简单电路的实验调试和整机指标的测试方法,提高学生的动手能力和从事电子电路实验的基本技能。
- (5) 了解与课题有关的电子电路以及元器件的工程技术规范,能够按设计任务书的要求完成设计任务和编写设计说明书,正确地反映设计与实验的成果,正确地绘制电路图。
- (6) 培养严肃、认真的工作作风和科学态度。

3. 课程设计的题目

本书课程设计题目所涉及的内容均来自本课程中学过的知识,而且大多是应用集成电路组成实用电子装置,具有一定的实用性和趣味性,反映了电子技术的新水平。这些题目有的以数字电路为主,有的以模拟电路为主,还有包含数字和模拟电路的综合性题目,所选设计指标符合教学要求,并从学生实际出发选定课题内容,设计与安装调试方法难度适中。

4. 课程设计说明书的主要内容

电路调试达到设计要求后,要对设计的全过程做出系统的总结报告,按照一定格式写出设计说明书。课程设计说明书主要包括以下内容:

- (1) 设计题目。
- (2) 主要指标和要求。
- (3) 方案选择及电路工作原理。
- (4) 单元电路设计计算、元器件的选择、电路图的绘制等。
- (5) 安装、调试中遇到的问题、解决的方法以及实验效果等。
- (6) 电路性能指标测试结果是否满足要求及对成果的评价。
- (7) 收获、体会和改进设计的建议等。

5. 教学安排

电子技术课程设计一般集中安排 30 学时(一周),也可以分开进行。课程设计一般分为三个阶段:

- (1) 预设计阶段。教师授课、方案论证、设计计算和完成预设计。
- (2) 安装调试阶段。组装电路、调试和检测,完成实际电路。
- (3) 总结报告阶段。总结设计工作,写出设计说明书。

二、实验电路的安装与调试

实验电路的安装与调试一般先在面包板或通用实验板上进行,这样做便于改变电路布局和更换电路元器件,待电路参数选定和调试成功后,再制作印制电路板并进行焊接。

1. 实验电路的安装

(1) 安装前要对所用元器件进行检测,以保证元器件的质量和精度。

(2) 元器件在电路板上要合理布局,通常从左到右按输入级、中间级和输出级的顺序排列。元器件的型号和标称值、集成电路的定位标志要方向一致,便于识别。

(3) 布线时一般先布电源线、地线等固定电平连接线,再根据实际信号流向以及电路排列顺序依次连线。要注意将信号输入线、输出线分开,强电流线、弱电流线分开,以防止相邻线之间的相互影响和寄生干扰。所用连接线应尽量短且粗细要合理选择,颜色要分开。

(4) 安装完成后先不要急于通电,应对照电路原理图将电路认真检查一遍。重点检查电容、二极管等有极性元器件的正负极、晶体管引脚的极性、集成电路的安装等,检查有无错接、漏接和多线,保证通电前电路安装正确。

2. 实验电路的调试

电路的调试一般遵循以下原则:①电源调试;②对于单元电路,进行先静态、后动态的调试;③对于电路系统,进行先分调、后统调的调试。

(1) 电源调试。通电前,先用万用表检测电路的各电源对地有无短路。将所需电源电压调整好,接入电路后,再打开电源开关。注意观察电路有无异常现象,若发现,应立即关闭电源,待电路故障排除后再通电。在测试过程中,还应随时注意因电路异常而引起的电源变化。

(2) 静态和动态调试。电子电路中交、直流信号并存,直流信号称为静态信号,交流信号称为动态信号。直流信号是电路工作的基础,只有将“静态”调试好,电路的基本工作状态才能建立。进行静态调试时,为防止外界干扰信号串入电路,应将输入端对地短路。

动态调试是在电路的输入端接入适当频率和幅度的信号,沿着信号的流向逐级检测各点的波形、参数和性能指标。调试过程中,要善于对实测数据、波形和现象进行分析和判断,若发现电路中存在问题和异常现象,要冷静分析、认真思考,采取有效的处理措施,使电路的性能指标满足设计要求。

(3) 分调和统调。电路调试一般分为分调和统调。

分调就是进行单元电路的调试。复杂电路都是由若干个基本单元电路组成的。调试时,先要正确区分和断开单元电路之间的连接点,再对每个单元电路的“静态”和“动态”信号进行调试。调试过程中,要一边测量、观察,一边记录、分析和判断、排除故障,要一丝不苟、认真完成分调任务。

统调就是整机电路调试。整机电路调试时要考虑级与级之间耦合的相互影响和匹配问题。对于阻容耦合电路,主要是交流信号的流通和动态调试问题;而直流耦合电路的各级连通后,静态工作点可能会相互影响,这一点需特别注意。

(4) 模拟电路和数字电路的调试过程。

1) 模拟电路分为由晶体管等组成的分立元器件电路和由集成运算放大器组成的运算放大电路两种。

对分立元器件电路来说,静态工作点的调整是一项重要工作,因为静态工作点决定了电路的工作状态。工作点调节得适当与否,直接影响着电路的动态技术指标。具体调试过程如下:给电路加上预定的电源电压,将电路的输入端对地短路,测量晶体管的各极电压 U_B 、 U_C 和 U_E ,求得 U_{BE} 、 U_{CE} 的值,判断晶体管的工作状态。若 $U_{CE} < 0.7V$,说明晶体管工作在

饱和状态；若 $U_{CE} \approx V_{CC}$ ，说明晶体管已截止。若工作点设置不合适，则可能与电路中的许多参数有关，如电源电压、晶体管参数和偏置电阻等，其调整过程在具体实验内容中有相关介绍。

对运算放大电路进行动态调试的过程就是对其技术指标进行调整和测试的过程。首先给放大器加入一个交流信号，幅度适中，频率在通频带内。用数字示波器观察输出波形，在输出信号无失真、无自激的情况下进行各项性能指标的测试。如果动态性能未达到预期的指标要求，必须重新调整静态工作点或改变电路参数，有时需要进行多次反复调整和测试。

一般来讲，集成运算放大器没有工作点的调整问题，这也是集成运算放大器（简称运放）被广泛应用的原因之一。其静态调试只需测试电源电压、输出端静态电压等各引脚直流电压是否正确。动态调试过程同分立元器件电路。

2) 数字系统的调试一般分为三步：集成芯片的基本功能测试、各功能模块的分调、各功能模块级联在一起的整机调试。

进行基本功能测试时，首先要正确理解功能表，然后按照功能表的各项输入、输出条件验证功能表的正确性。

进行分调和整机调试时，应明确各模块电路要实现的逻辑功能，应加入怎样的输入信号，要得到怎样的输出结果。尤其对于控制电路，各输入、输出信号的时序关系一定要清楚。

总之，电路的调试有一定的规律性又有一定的灵活性，只有不断总结和积累经验，才能获得电路调试和维修方面的规律，提高自己的工作能力。

三、常见故障的检查与排除

故障是我们不期望但又是不可避免的。一般来说，故障分为硬故障和软故障两种。硬故障是永久性的，如元器件的损坏、连接线折断、脱焊等；而那些时隐时现、时好时坏或偶然出现的故障称为软故障，这些故障大多是由于接触不良、虚焊、元器件性能变化等引起的，较难发现和维修。

1. 实验中常见的故障

- (1) 电源电压超出允许范围或极性不对。
- (2) 仪器与仪器之间、仪器与实验电路之间共地不良。
- (3) 接线有错或接触不良。
- (4) 干扰，如电源线干扰、接地线干扰、输入端悬空干扰、人体接触干扰等。
- (5) 测量误差，如仪器、仪表使用不当及读数错误等。
- (6) 元器件老化、性能失效甚至损坏，与实际参数、标称值不符等。

2. 检查与排除故障的方法

当发现电路出现故障时，一般检查步骤如下：

(1) 外观检查。先检查电源是否接错、电压值是否正确；然后检查实验电路的连线、元器件接插有无错误、有无松动、有无虚焊点，元器件有无外形损坏等；检查仪器与实验电路的连接是否正确，是否共地，共地是否良好等。

(2) 对电路进行测试。对数字电路，测量集成芯片的逻辑功能，判断芯片的好坏；对模拟电路，测量静态工作点，判断电路中元器件的好坏，其中有源器件较电阻、电容更易损坏。如果带电检查二极管、稳压管和晶体管，只要用电压表的直流挡测量二极管、晶体管各

极之间的电压值或测量稳压管的稳压值即可。不带电检查二极管、晶体管的方法请参阅本书第二章实验二的相关内容。

在实验中经过以上检查,一般的电路故障可以解决。但在复杂的电路调试中,可能出现故障是各种各样的,故障的起因也很复杂,所以发现故障、分析和诊断出故障所在,需要有丰富的实际经验和深厚的理论知识,需要做大量耐心细致的工作。

四、印制电路板的设计与焊接

实验电路调试成功后,如果要制成电子产品,就需要将电路制成印制电路板(PCB)。印制电路板的设计、制作是电子产品设计中一项重要内容。专业的印制电路板设计普遍采用专用工具软件如 Protel 或 OrCAD 等,专业制作印制电路板时采用丝网印制蚀刻技术或光化学法。下面简要介绍印制电路板的设计原则和制作工艺。

1. 印制电路板的设计原则

印制电路板是以平面绝缘的敷铜板为基材制作而成的电路组装板,根据敷铜的层次分为单面板、双面板和多层板等。

印制电路板的设计非常关键,不仅关系到元器件的焊接、装配、调试,甚至关系到整机质量。因此印制电路板一定要根据不同电路的具体要求,严格按工艺进行设计。下面介绍的设计方法主要是针对低频电子电路而言的。

(1) 合理布局。布局指元器件在电路板上的位置安排。一般按电路模块进行布局,同一模块中的元器件采用就近集中的原则,数字电路和模拟电路要分开,高频电路和低频电路要分开。一般将公共地线布置在电路板的边缘,电源、滤波、低频控制电路等尽量靠边缘布置,高频电路布置在电路板的中间,以减小其对地或机壳的分布电容。

设计每个模块时,一般按电路信号的流向安排元器件,输入、输出端尽量离得远一些,电源插座尽量布置在电路板的周边位置,以方便插拔,并减小电源对其他电路的干扰。布置元器件时,要考虑其外形尺寸、质量、电气性能以及散热效果等,兼顾合理性和均匀性。对特殊元件要特殊处理,如电位器等可调元器件要放在方便调节的位置;大功率发热元器件尽量安排在通风处并使用散热器;高压元器件要安排在调试不易触到的位置;较重的元器件要采取加固措施;高频元器件间的连接线要尽量短。

其他元器件如贴片元器件、集成芯片要单边对齐,字符方向、封装方向一致;有极性元器件的标记方向尽量保持一致;元器件的金属壳体不能与其他元器件相碰,不能紧贴印制线和焊盘,应留出一定间距。

(2) 正确布线。正确布线主要是考虑线条的粗细、长短、形状和线与线之间的间距,布线应疏密得当。布线的原则是输入线和输出线、交流线和直流线、强电线和弱电线应分开,尽量避免平行布线(平行布线容易产生寄生振荡)。输入线尽量短,电源线、地线尽量粗,以减小分布电阻和寄生耦合。可以保留电路板的空余部位作为接地线,既可以加大接地线面积,又能起到增强屏蔽隔离的作用。另外,贴片焊盘上不能有通孔,元器件的过孔、焊盘尺寸要适当。

使用 Protel 等工具软件设计印制电路板的相关知识,还需要参阅专门的教材。

2. 印制电路板的制作工艺

印制电路板的简易制作工艺流程为:裁板→导出布线图→钻孔定位→转印布线图→镀铜

→腐蚀→清洗→去掉布线图覆盖层→涂阻焊层→丝网漏印。

(1) 将敷铜板裁成符合要求的尺寸。

(2) 将印制电路板图导入专用软件,用数控机床根据印制电路板布线图的孔径要求,选择不同直径的钻头在敷铜板上进行钻孔定位。用刷光机进行敷铜板表面的刷光清洁。

(3) 用热转印机将布线图转印到敷铜板上。

(4) 将敷铜板放入特制溶液中进行镀铜、挂锡,以保证过孔导通。

(5) 将敷铜板上多余的敷铜腐蚀掉(一般采用三氯化铁作腐蚀液)。

(6) 腐蚀完成后,用清水将腐蚀液冲洗干净,用软布擦去布线图的覆盖层。

(7) 将焊盘以外的部分涂上阻焊剂。

(8) 将所需元器件的名称与位置通过丝网漏印的方式涂在电路板表面,晾干即可。

3. 元器件的焊接常识

(1) 焊接工具和材料。电烙铁是焊接的主要工具,主要由烙铁头和烙铁芯组成。烙铁头是用导热良好的纯铜制成的,烙铁芯是在云母绝缘的圆筒上绕电阻丝制成的。

电烙铁按加热方式分为内热式和外热式,按功率分为 20、35、45、75W 和 100W 等。要根据焊接点的面积和散热快慢选用不同功率的电烙铁,一般晶体管电路和小功率元器件选用 20W 或 35W 即可。在使用新电烙铁前,应首先用锉刀将烙铁头表面的氧化物处理干净,并蘸上松香和焊锡,避免焊头氧化。

焊锡是锡铅合金,作为电路板与元器件的焊接材料,要求导热性能好且熔点低。一般选用熔点在 200℃左右的焊锡丝,有的焊锡丝中还加有助焊剂。

焊接时常常用松香作助焊剂,松香受热气化,能将金属表面的氧化膜去除,并能提高焊料的流动性。若将一定比例(1:5)的松香与酒精混合制成松香溶液,效果会更好。

(2) 焊接方法。焊接的关键是掌握好焊接的温度和时间。温度低,焊锡不易熔化,焊点表面不光滑,像一团胶合的沙粒,易造成“虚焊”;温度过高或焊接时间过长,会使金属表面的焊锡流散,接头处焊锡不够,反而焊不牢固,还有可能烫坏焊件或印制电路板。同时焊锡量过少或过多,也都可能造成焊接不牢。经验表明,当看到焊锡在焊点周围熔化流动且附着良好时,就要迅速抬起电烙铁。良好的焊点应该是锡量适当、光洁圆滑、焊接结实。

焊接时不容易挂锡的原因一般有:①电烙铁温度不够。要选用合适功率的电烙铁,并有足够的预热时间。烙铁头的质量对焊接质量也有较大影响,应使用导热性能良好的烙铁头。②元器件引脚表面氧化。将氧化的元器件引脚用砂纸或小刀清洁表面,先镀上一层焊锡后再焊接,可以保证焊接可靠。

第四节 常用电量的测量方法

在电子技术实验中,常遇到的电量有电压、电流、频率、时间、放大倍数和输入/输出电阻等,掌握这些电量的测量原理与方法,可以更好地完成实验任务。

一、电压的测量

电压是电子技术中最重要的参数之一,电路中的各种性能指标大多是通过测量电压而换算得出的。电压从频率上分为直流电压、50Hz 工频电压、低频和高频信号电压等。

电压是指电路中任意两点之间的电位差。如果以 B 点为参考点, 测量 A、B 两点间的电压, 通常表示为 U_{AB} ; 如果测量 A 点对地之间的电压, 则用 U_A 表示。在交流电路中, 输入、输出信号电压 U_i 、 U_o 都是对地电压。

电压的测量基本上使用直接法, 目前采用较多的是电压表法和示波器法。

由于在电子技术中遇到的电信号具有频率范围宽、信号幅度变化大、波形种类多等特点, 在选用电压表时应特别注意:

(1) 由于电压表是并联于被测电路中的, 为减小仪表输入阻抗的影响, 此类仪表的输入阻抗越高越好, 一般应在 $1M\Omega$ 以上。

(2) 选用电压表时, 要注意电压表的频率范围和测量电压范围两个指标。根据被测信号的工作频率和输出电压选择适合的电压表。

(3) 各种交流电压表如无特别声明, 只能测量正弦波的有效值。如果用来测量非正弦波(如方波、三角波、尖脉冲等), 将产生很大误差。

(4) 对于非正弦波信号, 常用的测量仪器是示波器。

采用示波器测量电压的具体方法请参阅本书第六章有关示波器使用的相关内容。

二、频率和时间的测量

频率是电子技术中最基本的参数之一, 测量频率的方法有频率计法和示波器法。测量时间主要使用示波器法。

1. 频率计法

频率计是严格按照频率的定义测量频率的方法。目前使用最多的是数字式频率计, 其工作原理如图 1-1 所示。

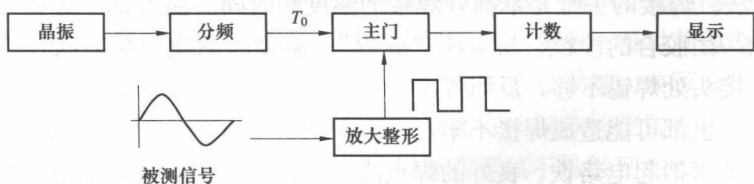


图 1-1 频率计工作原理框图

频率计的工作原理是石英晶体振荡器(晶振)提供的高稳定性振荡信号, 经分频后产生准确的时基信号 T_0 , 用 T_0 作为门控信号控制主门的开启时间。被测信号经过放大整形后变换成方波, 在主门开启时间 T_0 内通过主门, 由计数器对通过的方波脉冲进行计数, 测出计数值为 N , 由 $f=N/T_0$ 计算出频率值, 经译码显示出结果。

2. 示波器法

用示波器测量频率和周期简便易行, 常用于对测量精度要求不高的场合。

(1) 利用定量扫描测量频率。下面以模拟示波器为例介绍测量频率的方法。

模拟示波器都有 X 轴水平扫描系统, 它是一个线性良好的锯齿波电压, 使得光点的 X 轴位移与时间成线性关系。目前广泛采用对 X 轴扫描时间进行定量校正后, 再把定量值直接刻度在控制旋钮各挡上的方法来测量周期和频率。

测量方法: 当扫描时间因数开关【TIME/DIV】的微调旋钮置于校准(CAL)位置时,

【TIME/DIV】上的挡位值可以选择 $10\mu\text{s}/\text{div}$ 、 $0.2\text{ms}/\text{div}$ 或 $5\text{ms}/\text{div}$ 等,表示荧光屏水平方向一个格 (1div) 的扫描时间分别为 $10\mu\text{s}$ 、 0.2ms 或 5ms 。当示波器上显示出稳定、最好是两个周期以上的电压波形时,就可以测量其周期值,周期值的倒数为频率值。读数方法如下:

若在 X 轴上测出两个相邻周期同相位点之间的间隔 d ,即格数,再乘以【TIME/DIV】上的扫描速度 t/div ,则周期时间为 $T=d\text{div}\times t/\text{div}$,频率为 $f=1/T$ 。

(2) 用李沙育图形测量频率。选择示波器的【XY】显示方式,从 CH1 (X) 端输入一个已知的标准信号,频率为 f_x ,CH2 (Y) 端输入被测频率信号,频率为 f_y 。调节标准信号的频率 f_x ,当 $f_y=f_x$ 时,李沙育图形为一条直线或一个圆 (或椭圆)。

三、电路放大倍数的测量

放大倍数是放大电路最基本的性能指标之一,它包括电压放大倍数、电流放大倍数和功率放大倍数。在低频电路测量中,对放大倍数的测量实质上是对电压和电流的测量。

1. 直接测量法

测量放大倍数,实际上是对二端口网络传输比进行测量,即把放大电路看成一个二端口网络,如图 1-2 所示。在放大电路的输入端接入正弦波信号源 u_s , R_s 为信号源内阻,输出端接负载电阻 R_L 。选择信号频率在中心频率附近 (这样,电路中的电抗性元件不会引起附加相移)。如果是谐振放大器,则选择在电路的谐振频率上。分别测出输入电压 U_i 和电流 I_i 、输出电压 U_o 和电流 I_o ,则放大电路的电压放大倍数为

$$A_u = U_o / U_i$$

电流放大倍数为

$$A_i = I_o / I_i$$

功率放大倍数为

$$A_p = U_o I_o / U_i I_i$$

以上电压和电流值均为交流毫伏表和交流毫安表测量的有效值,并且只是数值的大小,不包括输入、输出信号间的相位关系。

2. 分压法

如果放大电路的放大倍数较大,要求输入信号电压较小时,可在函数信号发生器与放大电路之间接入一个适当的分压器 (由 R_1 、 R_2 组成),电路如图 1-3 所示。设 R_i 为放大电路的输入电阻,当 $R_2 \ll R_i$ 时,放大电路的输入电阻对分压器的影响可以忽略。通过测量 U_s 和 U_o 的值,求出电压放大倍数

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{U_s}{U_i} \cdot \frac{U_o}{U_s} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot \frac{U_o}{U_s}$$

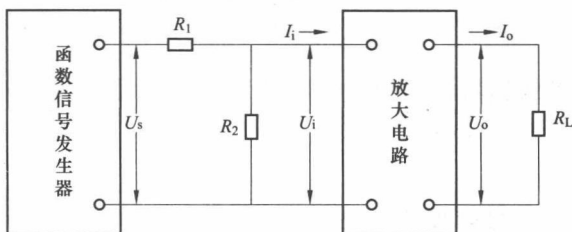


图 1-2 直接法测量放大倍数

图 1-3 分压法测量放大倍数