



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

电子技术 课程设计

杨力 主编
文刚 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

电子技术 课程设计

主 编 杨力
副主编 文刚
编 写 任小军 王星 荆友枫
主 审 汪建



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育实验实训规划教材（电力技术类）。

全书共6章，主要内容有电子技术课程设计基础，常用电子器件和仪器基本知识，模拟电子技术课程设计，数字电子技术课程设计，综合电子技术课程设计，EDA技术及应用等。本书内容系统、先进，充分考虑高职高专院校的教学需要，实用性强；课题设计思路详细，既有方法的指导，又有详尽的设计、调试和参数测定过程，对学生具有较强的指导作用。

本书可作为高职高专院校电力技术类、机械类、计算机类等专业的电子技术课程设计教材，也可以作为电子工程设计技术人员的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

电子技术课程设计/杨力主编. —北京：中国电力出版社，
2009

普通高等教育实验实训规划教材. 电力技术类

ISBN 978-7-5083-8522-8

I. 电… II. 杨… III. 电子技术-课程设计-高等学校-
教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 025258 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>）

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年4月第一版 2009年4月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 13印张 318千字

定价 20.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
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

前言

实验、课程设计、毕业设计是高职院校三大实践环节。课程设计是针对课程而言，但又不局限于课程；毕业设计具有更强的综合性和专业性。电子技术课程设计是对本门课程的综合性技能训练，可以使學生进一步掌握电子技术理论知识，熟悉元器件识别和检测技能，掌握电子仪器仪表的使用方法；通过查阅手册和文献资料，培养学生独立分析和解决问题的能力。

目前，电子技术课程设计同类教材已出版多种，但大部分是针对本科院校和电子竞赛方面，对高职院校来说，其深度和实用性均不强。部分高职院校出版的相关教材又大多是数字电路课程设计，没有模拟电路方面的内容；而且根据高职院校的教改要求、教学计划的调整，很多高职院校非电子类专业未开设电子元器件和 EDA 技术方面的课程，而这些知识又是电子技术课程设计必不可少的知识。因而，在教学实践中，学生非常需要一本课程设计方面的参考教材，这正是我们编写此书的目的。

本书具有以下特色：

(1) 先进性。本书取材考虑到内容的先进性。在模拟电路设计中，主要采用集成电路进行设计，特别是以集成运放作为电路重要部件；数字电路课程设计中大量采用了中规模 and 大规模集成电路；综合性课程设计中模拟、数字电路结合，并引入单片机系统进行课程设计，软硬结合，硬件为主，充分体现现代电子技术发展趋势，符合当代电子技术构架。

(2) 实用性。本书具有较强的实用性，使用范围以高职院校非电子类专业为主，在内容选取上充分考虑到学生实际水平和教学需要。由于课程设计时间短，高职院校课程设计一般不需要在课程设计中采用单片机系统进行设计，本书也仅仅是在综合性课程设计中才引入单片机系统。本书大部分课题来源于多年的教学实践和积累，具有较强的针对性。在本书设计实例中，既有方法的指导，又有详尽的设计、调试和参数测定过程，对学生具有较强的指导作用，同时对设计选题也给出了比较详细的设计思路，以利于学生选题和设计。

(3) 系统性。本书具有较强的系统性，其内容包括了课程设计的方法、电子器件和仪器仪表使用方法、模拟电路课程设计、数字电路课程设计、综合性课程设计、EDA 知识。由浅入深，循序渐进，使学生熟悉课程设计方法和仪器仪表使用，掌握具体课程设计实践，以及仿真和电子制版的电子设计的全过程。

(4) 资料性。本书除课程设计内容外，还编入了常用电子元器件的识别和检测知识，电子仪器仪表的使用方法，焊接技术方面知识。同时随着 EDA 技术成为电子设计重要方法，本书也编入了电子仿真（EWB）和电子制版（PCB）方面内容。书后附有数字集成电路参考资料，为学生查阅资料 and 选择器件提供方便。

本书由四川电力职业技术学院杨力主编。编写分工为成都电子机械高等专科学校荆友枫编写了第 1 章，王星编写了第 2 章，四川信息工程学校文刚编写了第 3 章，四川电力职业技术学院杨力编写了第 4 章、第 5 章和附录，任小军编写了第 6 章。本书由成都电子机械高等专科学校汪建副教授担任主审。

本书在编写过程中参考了有关教材和资料，并得到了有关院校的大力支持，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中存在的不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

二〇〇九年一月

目 录

前言

第 1 章 电子技术课程设计基础	1
1.1 概述	1
1.2 电子技术课程设计的方法	2
第 2 章 常用电子器件和仪器基本知识	12
2.1 电子元器件的识别和主要性能参数	12
2.2 常用电子仪器	36
2.3 焊接技术	49
第 3 章 模拟电子技术课程设计	53
3.1 模拟电路设计的基本方法和实例	53
3.2 模拟电路设计题选	66
第 4 章 数字电子技术课程设计	84
4.1 数字电路设计的基本方法和实例	84
4.2 数字电路设计题选	104
第 5 章 综合电子技术课程设计	124
5.1 综合电子技术课程设计的方法	124
5.2 数字显示多路直流稳压电源的设计	125
第 6 章 EDA 技术及应用	152
6.1 EDA 技术概述及应用	152
6.2 Multisim 2001 简介	154
6.3 Protel 99SE 基础	174
附录 常见数字集成电路资料	196
参考文献	202

第1章 电子技术课程设计基础

1.1 概述

1.1.1 课程设计的目的和要求

一、课程设计目的

电子技术课程设计是学生学习了“电子技术”课程，完成了相关模拟、数字基础实验，进行了电子元器件基本技能训练后，完成的一项综合性的实践活动，是“电子技术”课程十分重要的教学环节之一。通过课程设计，可以使學生初步掌握工程设计的方法和组织实践的基本技能，增强创新思维和工程设计能力，逐步熟悉开展科学实践的程序和方法。

在传统的电子技术实验教学中，其内容一般是根据基础理论的进程分为电子元器件技能训练、模拟电路和数字电路实验三个层次进行的。在每个层次的实验上存在内容陈旧、形式呆板、方法单一的问题，而且实验多为验证性实验，与当今对人才培养的要求有一定差距。在知识更新越来越快的今天，培养学生猎取知识的能力，显得更加重要。在电子技术课程设计教学过程中，通过了解，使用新技术、新器件，更清楚地认识到当前电子技术的飞速发展趋势，从而提升实验教学的水平。同时，在课程设计中要大量识别、检测、焊接电子元器件，因此可以进一步强化学生电子元器件选择和使用的实际技能。在课程设计过程中，将传统、单一的单元电路理论知识，设计更新为有一定实际意义的具体电路；整个设计过程，要完成方案的选择，实验电路的设计，电路的安装和调试等过程，有利于培养学生综合分析实际问题能力，较强的动手能力，团队合作精神。因此，通过课程设计，一方面可以巩固学生所学的电子技术理论知识；另一方面，既锻炼了学生的思维的广阔性，也培养了学生的创新能力和实际动手能力。

二、课程设计的要求

一般电子技术课程设计学时短，并与电子专业毕业设计有一定差别（前者在设计系统性、综合性和要求上低一些）；根据目前高职院校的教学实际情况，可以灵活选择课题，因此这里只提出一些基本的要求。

（1）设计电路的选择能力。根据设计任务和指标，初选电路；通过查阅资料、分析和设计计算，最终确定电路设计方案。

（2）根据设计方案，完成原理电路图的绘制和仿真分析。根据设计方案，采用电路设计软件（如 Protel 系列）进行电路图设计，绘制电路原理图，并利用专业软件（如 Multisim 2001）进行仿真分析；根据仿真分析结果不断调整电路元件参数和电路结构，对于大信号电路可以采用多用途电路搭接实际电路进行试验，使其结果达到设计技术指标。

（3）电路制作、整机的装配和调试。根据设计电路，合理选择元器件并对其检测；按照装配焊接工艺要求搭接电路，并完成整机装配，最后对整机进行调试。

（4）整机参数测试。整机调试完成后，必须进行整机的参数测试，并将参数与设计指标相比较，若有差距，应该分析原因，并对整机各部分电路重新检测和调试。

（5）完成总结报告。课程设计完成后，必须完成设计报告。其内容如下：

- 1) 总体的设计思路, 设计方案的选择依据;
- 2) 单元电路设计过程, 提交标准的设计原理电路图 (或逻辑图) 工程图纸, 列出使用元器件清单;
- 3) EDA 仿真;
- 4) 硬件电路安装和调试;
- 5) 设计成果评价、总结, 改进意见及课程设计的体会。

1.1.2 课程设计的教学过程

电子技术课程设计作为一种重要实践环节, 一般学校已经将其纳入教学计划中, 时间一般为 1 周 (或 2 周)。按教学要求, 学生应在规定时间内, 在教师指导下, 完成课题选择、课题设计、电路组装和调试, 并写出课程设计报告, 最后由指导教师根据学生完成的情况给出成绩。课程设计一般可分为以下几个阶段。

一、选择课题, 确定设计方案阶段

在该阶段, 首先由教师讲解设计要求, 分配设计任务, 使学生充分熟悉系统的性能、指标、内容及要求, 以便明确设计课题应完成的任务。

然后, 指导学生查阅相关文献资料, 通过对电路分析比较、设计计算、元器件选择, 熟悉设计内容, 初步选择课题, 提出初步设计构想。最后, 由教师检查学生的设计方案, 并对设计思路和方案的选择进行指导; 若发现学生设计不够完善合理、设计方向有错误, 及时指导学生修改设计方案。

二、绘制设计电路图, 仿真分析和试验阶段

目前, 电子技术的发展呈现系统集成化、设计自动化、用户专业化和测试智能化的特点, EDA 技术在电子课程设计中越来越重要; 当设计方案确定后, 通过电子计算机, 借助于专业设计软件设计电路已成为设计主流。学生画出基本电路图, 经理论验证无错误后, 方可进行电路的 EDA 仿真分析或电路的试验安装。

三、电路安装、调试阶段

经过仿真分析或试验电路后, 可以进行电路的安装和整机的调试阶段。该阶段由学生按设计方案, 选择元器件, 制作电路 PCB 板 (或用面包板), 在电路板上搭接电路, 选择合适元器件完成电路安装 (或焊接); 最后对电路试运行, 测试电路性能指标, 并通过反复的调试使之满足设计要求。

四、课程设计的考核

(1) 每位学生必须提交正确方案, 并达到设计要求的总结报告, 并提供能够可靠工作的实验电路 (或整机)。

(2) 随机抽取不少于 20% 的学生对设计内容质疑。

(3) 根据电路设计和电路调试情况以及课程设计报告、质疑成绩、课程设计过程表现, 由指导教师按优、良、中、及格、不及格五级制评定成绩。

1.2 电子技术课程设计的方法

1.2.1 总体方案设计与选择

根据设计题目给定的技术指标和条件, 初步设计出完整的电路。

“设计”阶段，又称为“预设”，其主要任务是准备好实验文件，包括：画出方框图，画出构成方框图的各单元的电路图，画出整体电路图，提出元器件清单。

传统的电子实训课程中，往往由教师规定设计要求，然后教师给出现成的电路图和元器件，学生再按照指导书上统一的电路图进行安装调试。作为电子技术课程设计要尽量改变这种情况，充分调动学生的主动性，以学生为主体，在其能力所及范围内，反复思考，大量参阅文献和资料，充分发挥，结合实际情况独立、创造性地进行电路的设计，将各种方案进行比较及可行性论证，然后确定方案。这样设计出的电路图才具有多样化。

不仅教师要给出多个课题供学生选择，而且实验室要提供较大选择余地的各种电子元件及中、小规模模拟、数字集成电路器件和显示器件。课题要具有一定难度，同一功能可用不同器件和方法实现，使设计方案多种多样。设计者也可以发挥自己的才智，另辟蹊径，寻找具有特色的方案，这正体现电子技术课程设计教学的目的：为设计者提供创造性工作的大舞台。例如功率放大器的设计，可以采用三极管分立元件，也可以采用集成电路来设计。又如自动报时数字钟课题中，实现1~12点的十二进制计数器的常用方法有两种，而因采用器件的不同将使电路更加多样化。再如校时电路的方案因其状态分配不同而多样化；报时电路的控制较复杂，这样具体方案就更多了。这样，学生自己设计电路，自己安装调试，但由于经验的不足常使电路存在某些问题，就需要一边安装调试一边修改完善电路，思维一直处于活跃状态，使学生电路设计能力得到充分的锻炼。教师在此阶段的作用为引导学生多思考、解答设计难点，要为学生留下足够的独立设计空间。

在小型且比较简单的电子系统的设计中，常采用自下而上的方法（试凑法）来进行设计。这种方法建立在电子电路传统设计的基础上，是设计硬件式电子系统最基本的方法。下面介绍其具体步骤。

一、确定待设计系统的总体方案

把总体方案划分为若干相对独立的单元，每个单元实现特定的功能。化分单元的数目不能太多，但也不能太少，以能充分说明电路的控制思想和控制信号的流向为原则。

二、设计并实施各个单元电路

根据方案对各单元电路的要求，选择合适晶体管或集成电路类型（TTL、CMOS），每个单元的功能再由若干个标准器件来实现。在满足设计要求的前提下，设计电路以减少器件数目、连接线，提高电路的可靠性，降低成本为原则。

在设计中应尽可能多地采用各种标准的中、大规模集成电路，这要求设计者应熟悉各种标准集成电路器件的种类、功能和特点。

有时也需要选用一些小规模集成电路甚至分立元件。这时，需沿用经典的电子线路理论，通过对该单元电路的功能的分析，选择元器件及其参数，进而设计出具体的电路。

三、把单元电路综合成电子系统

设计者应考虑各单元之间的连接问题。各单元电路在时序上应协调一致，电气特性上要匹配。此外，对于模拟系统要考虑“零点漂移”对电路的影响，对数字系统还应考虑防止竞争冒险及电路的自启动问题。

衡量一个电路设计的好坏，主要是看是否达到了技术指标及能否长期可靠地工作，此外还应考虑经济实用、容易操作、维修方便。为了设计出比较合理的电路，设计者除了要具备丰富的经验和较强的想象力之外，还应该尽可能多地熟悉各种典型电路的功能。只要将所学

过的知识融会贯通,反复思考,周密设计,一个好的电路方案是不难得到的。

1.2.2 单元电路的设计与选择

根据系统的指标和功能框图,明确各部分任务,进行各单元电路的设计、参数计算和器件选择。

一、单元电路的设计

单元电路是整机的一部分,只有把各单元电路设计好才能提高整体设计水平。每个单元电路设计前都需明确本单元电路的任务,详细拟定单元电路的性能指标和其与前后级之间的关系,分析电路的组成形式。具体设计时,可以模仿成熟的先进的电路,也可以进行创新或改进,但都必须保证性能要求。而且,不仅单元电路本身要设计合理,各单元电路间也要互相配合,注意各部分的输入信号、输出信号和控制信号的关系。

二、参数计算

为保证单元电路达到功能指标要求,就需要用电子技术知识对参数进行计算。例如,放大电路中各电阻值、放大倍数的计算,振荡器中电阻、电容、振荡频率等参数的计算。只有很好地理解电路的工作原理,正确利用计算公式,计算的参数才能满足设计要求。

参数计算时,同一个电路可能有几组数据,注意选择一组能竟成电路设计要求的功能、在实践中真正可行的参数。

计算电路参数时应注意下列问题:

- (1) 元器件的工作电流、电压、频率和功耗等参数应能满足电路指标的要求;
- (2) 元器件的极限参数必须留有足够充裕量,一般应大于额定值的 1.5 倍;
- (3) 电阻和电容的参数应选计算值附近的标称值。

三、器件选择

(一) 阻容元件的选择

电阻和电容种类很多,正确选择电阻和电容是很重要的。不同的电路对电阻和电容性能要求也不同,有些电路对电容的漏电要求很严,还有些电路对电阻、电容的性能和容量要求很高。例如,滤波电路中常用大容量($100\sim 3000\mu\text{F}$)铝电解电容,为滤掉高频通常还需并联小容量($0.01\sim 0.1\mu\text{F}$)瓷片电容。设计时要根据电路的要求选择性能和参数合适的阻容元件,并注意功耗、容量、频率和耐压范围是否满足要求。

(二) 分立元件的选择

分立元件包括二极管、晶体三极管、场效应管、光电二极管、晶闸管等。应根据其用途分别进行选择。

选择的器件种类不同,注意事项也不同。例如选择晶体三极管时,首先注意选择 NPN 型还是 PNP 型管,高频管还是低频管,大功率管还是小功率管,并注意三极管的如下参数:集电极最大允许耗散功率(P_{CM})、集电极最大电流(I_{CM})、集电极—发射极反向击穿电压(BU_{CEO})、共射电流放大系数(β)、特征频率(f_{T})、共发射极的截止频率(f_{β})是否满足电路设计指标的要求;高频工作时,要求 $f_{\text{T}}=(5\sim 10)f$, f 为工作频率。

(三) 集成电路的选择

由于集成电路可以实现很多单元电路甚至整机电路的功能,所以选用集成电路来设计单元电路和总体电路既方便又灵活。它不仅使系统体积缩小,而且性能可靠,便于调试及运用,在设计电路时颇受欢迎。

集成电路有模拟集成电路和数字集成电路。国内外已生产出大量集成电路，其器件的型号、原理、功能、特征可查阅有关手册。

选择的集成电路不仅要在功能和特性上实现设计方案，而且要满足功耗、电压、速度、价格等多方面的要求。

1.2.3 电路图绘制和仿真分析

一、电路图的绘制

为详细表示设计的整机电路及各单元电路的连接关系，设计时需绘制完整的电路图。

电路图通常是在系统框图、单元电路设计、参数计算和器件选择的基础上绘制的，它是组装、调试和维修的依据。绘制电路图时要注意以下几点。

(1) 布局合理、排列均匀、图面清晰、便于看图、有利于对图的理解和阅读。

有时一个总电路由几部分组成，绘图时应尽量把总电路画在一张图纸上。如果电路比较复杂，需绘制几张图，则应把主电路画在同一张图纸上，而把一些比较独立或次要的部分画在另外的图纸上，并在图的断口两端做上标记。标出信号从一张图到另一张图的引出点和引入点，以此说明各图纸在电路连线之间的关系。

有时为了强调并便于看清各单元电路的功能关系，每一个功能单元电路的元件应集中布置在一起，并尽可能按工作顺序排列。

(2) 注意信号的流向。一般从输入端或信号源画起，由左至右或由上至下按信号的流向依次画出各单元电路；而反馈通路的信号流向则与此相反。

(3) 图形符号要标准，图中应加适当的标注。图形符号表示器件的项目或概念。电路图的中、大规模集成电路器件，一般用方框表示，在方框中标出它的型号，在方框的边线两侧标出每根线的功能名称和引脚号。除中、大规模器件外，其余元器件符号应当标准化。

(4) 连接线应为直线，并且交叉和折弯应最少。通常连线可以水平布置或垂直布置，一般不画斜线，互相连通的交叉处用圆点表示；根据需要，可以在连接线上加注信号名或其他标记，表示其功能或其去向。有的连线可用符号表示，如器件的电源一般标电源电压的数值，地线用符号表示。

设计的电路能否满足设计要求，还必须通过仿真分析、组装、调试进行验证。

二、电路的仿真分析

在电子系统设计过程中，验证设计人员检验设计方案是否满足预定的功能要求及技术指标时，传统的方法是利用人工对电路进行推算，在实验板上组装电路后进行反复调试。这种设计方法费时费力，设计周期长，设计费用高。随着计算机技术的发展，电子技术分析和设计方法发生了重大改变，对于微电子系统，计算机仿真技术得到了广泛应用。目前，以计算机仿真为基础的电子设计自动化(EDA)已成为现代电子系统(特别是数字电子系统)设计的重要手段。对于设计方案，可以通过电子仿真软件创建电路图，并进行仿真分析，已验证方案的正确性。

目前，高级的仿真系统采用 VHDL 硬件语言，利用专用工具 Quartus II 程序对原理图进行模拟运行，以验证设计，排除错误。但由于一些专业未开设 EDA 课程，对 VHDL 硬件描述语言不熟悉，且课程设计时间短、要求低，这里推荐大家使用目前比较通用的 EWB (Multisim 2001) 电子工作平台作为仿真工具。

Multisim 2001 仿真软件是加拿大 Interactive Image Technologies 公司于 20 世纪 80 年

代末、90 年代初推出的电子电路仿真的虚拟电子工作台软件。它具有这样一些特点：

(1) 采用直观的图形界面创建电路，通过计算机运行软件来选择元器件、仪器仪表来组合实验测试电路；

(2) 软件仪器的控制面板外形和操作方式都与实物相似，可以实时显示测量结果；

(3) 带有丰富的电路元件库，提供多种电路分析方法；

(4) 作为设计工具，它可以同其他流行的电路分析、设计和制板软件交换数据。

目前，该软件在教学中应用较为广泛，该软件的知识和应用将在第 6 章中作详细介绍。

1.2.4 电路的安装和调试

一、电路的安装

电子电路设计好后，便可进行组装。电子技术基础课程设计中组装电路通常采用焊接和实验箱上插接两种方式。焊接组装可提高学生焊接技术，但器件可重复利用率低，只应用在高电压、电流较大的电子电路安装中。对于小信号电路，一般在实验箱上组装，元器件便于插接且电路便于调试，并可提高器件重复利用率。在完成方案设计之后，需要进行电路的安装和调试，以发现实验现象与设计要求不相符合的情况，便于修改设计方案。

(一) 焊接电路的安装方式

对于电压较高，电流较大的电路宜采用多孔电路板来进行电路的安装和调试工作，在安装中要注意以下问题。

(1) 元器件的选择要正确。电阻器主要考虑阻值和功率；电容器要考虑容量值和耐压值，其中电解电容要考虑其极性安装正确；二极管和三极管必须考虑其极限参数和极性安装位置，不能插错。

(2) 小信号集成电路可以考虑使用插座；大信号的集成电路（如集成功率放大器）必须直接焊接在电路板上，并加装合适的散热器。

(3) 电源变压器的一、二次侧出线端与电路连接线连接后，在连接点必须加装绝缘导管，以保证安全。

(4) 元器件的焊接工艺必须达到规定的要求，不能出现虚焊现象。

(二) 在实验箱上用插接方式组装电路

在试验箱装接电路多用于数字系统设计中。其连接导线采用 0.6mm 的单股绝缘导线，电路底板由几块有许多小方孔单塑料板（面包板）组合而成。为减少故障，面包板上单电路布局与布线，必须合理而且美观。

在多孔实验插座板上安装，绝大部分故障是布线错误引起的，因此，布线工艺是非常重要的。它要求器件布局合理，导线的排列整齐而清晰，连接点接触良好。在安装过程中，一定要认真仔细，一丝不苟，连线不要错接或漏接，并保证接触良好；电源和地线不要短路，以避免人为故障。具体来说用插接方式组装电路要注意以下几个方面：

(1) 安装前，应首先测试各集成电路器件的逻辑功能，判断器件的好坏。测试方法可参阅相关的数字电路的功能测试方法方面的内容。

(2) 合理布局器件。根据整体逻辑电路图和器件引脚排列图，以器件摆放位置美观、疏密适当、连接导线尽量短和便于接线为原则。

(3) 将所有待用集成块插入多孔实验插座板。注意：集成块不要插错或方向插反，插入

之前应仔细整理引脚,使引脚与多孔实验插座板的连接可靠。

(4) 连接电源线和地线母线。多孔实验插座板上有两排平行的插孔可专供接入电源线及地线,每排插孔的中间在电气上是断开的,应用导线将其相互连通,并将多个多孔实验插座板的电源线和地线连通。为避免干扰,可将地线接外围。

(5) 导线直径应和插接板的插孔直径相一致,过粗会损坏插孔,过细则与插孔接触不良。为检查电路的方便,要根据不同用途,导线可以选用不同颜色。一般习惯是正电源用红线,负电源用蓝线,地线用黑线,信号线用其他颜色的线。

(6) 分单元电路进行安装调试。由于课程设计课题较复杂,整体电路由多个单元电路组成,可分单元电路依次进行安装调试,安装完毕某单元电路后应及时调试该单元电路,再继续安装下一单元电路。装调的顺序建议为:先装调主电路,再装分别装调控制电路,均达到指标要求之后,再联系起来通调。

(7) 安装过程中强调布线工艺。好的布线工艺应接触良好,便于检测和查找故障。

二、电路的调试

实践表明,一个电子装置,即使按照设计的电路参数进行安装,往往也难以达到预期的效果。这是因为人们在设计时不可能周密地考虑各种复杂的客观因素(如元件值的误差,器件参数的分散性,分布参数的影响等),必须通过安装后的测试和调整,来发现和纠正设计方案的不足以安装的不合理,然后采取措施加以改进,使装置达到预定的技术指标。因此,掌握调电子电路的技能,对于每个从事电子技术及其有关领域工作的人员来说,是非常重要的。

实验和调试的常用仪器有万用表、稳压电源、示波器、信号产生器和扫频仪等。

(一) 调试前的直观检查

电路安装完毕,通常不宜急于通电,先要认真检查一下。

(1) 连线是否正确。检查电路连线是否正确,包括错线、少线和多线。查线的方法通常有两种:

1) 按照电路图检查安装的线路。这种方法的特点是,根据电路图连线,按一定顺序逐一检查安装好的线路,因此,可比较容易查出错线和少线。

2) 按照实际线路来对照原理电路进行查线。这是一种以元器件为中心进行查线的方法。把每个元器件引脚的连线一次查清,检查每个引脚的去处在电路图上是否存在。这种方法不但可以查出错线和少线,还容易查出多线。

为了防止出错,对于已查过的线通常应在电路图上做出标记。测量时,最好用指针式万用表“ $\Omega \times 1$ ”档,或数字式万用表“ Ω 档”的蜂鸣器,并且直接测量元器件引脚,这样可以同时发现接触不良的地方。

(2) 元器件安装情况。检查元器件引脚之间有无短路,连接处有无接触不良;二极管、三极管、集成电路和电解电容极性等是否连接有误。

(3) 电源供电(包括极性)、信号源连线是否正确检查直流极性是否正确,信号线是否连接正确。

(4) 电源端对地是否存在短路。在通电前,断开一根电源线,用万用表检查电源端对地是否存在短路。检查直流稳压电源对地是否短路。

若电路经过上述检查,并确认无误后,就可转入调试。

（二）调试方法

调试包括测试和调整两个方面。所谓电子电路的调试，是以达到电路设计指标为目的而进行的一系列的“测量→判断→调整→再测量”的反复进行过程。

为了使调试顺利进行，设计的电路图上应当标明各点的电位值、相应的波形图及其他主要数据。

调试方法通常采用“先分调，后联调（总调）”。一般来说，任何复杂电路都是由一些基本单元电路组成的，因此，调试时可以循着信号的流程，逐级调整各单元电路，使其参数基本符合设计指标。这种调试方法的核心是，把组成电路的各功能块（或基本单元电路）先调试好，并在此基础上逐步扩大调试范围，最后完成整机调试。采用先分调后联调的优点是能及时发现问题和解决问题。新设计的电路一般采用此方法。对于包括模拟电路、数字电路和微机系统的电子装置，更应采用这种方法进行调试。因为只有把这三部分分开调试后，分别达到设计指标，并经过信号及电平转换电路后才能实现整机联调。否则，由于各电路要求的输入、输出电压和波形不符合要求，盲目进行联调，就可能造成大量的器件损坏。

除了上述方法外，对于已定型的产品和需要相互配合才能运行的产品也可采用一次性调试。

按照上述调试电路原则，具体调试步骤如下：

（1）通电观察。把经过准确测量的电源接入电路，观察有无异常现象，包括有无冒烟，是否有异常气味，手摸元器件是否发烫，电源是否有短路现象等。如果出现异常，应立即切断电源，待排除故障后才能再通电。然后测量各路总电源电压和各器件的引脚的电源电压，以保证元器件正常工作。

通过通电观察，认为电路初步工作正常，就可转入正常调试。

在这里，需要指出的是，一般实验室中使用的稳压电源是一台仪器，它不仅有一个“+”端，一个“-”端，还有一个“地”接在机壳上。当电源与实验板连接时，为了能形成一个完整的屏蔽系统，实验板的“地”一般要与电源的“地”连起来，而实验板上用的电源可能是正电压，也可能是负电压，还可能正、负电压都有。所以电源是“+”端接“地”，还是“-”端接“地”，使用时应先考虑清楚。如果要求电路浮地，则电源的“+”与“-”端都不与机壳相连。

另外，应注意一般电源在开与关的瞬间往往会出现瞬态电压上冲的现象，集成电路最怕过电压的冲击，所以一定要养成“先开启电源，后接电路”的习惯，在实验中途也不要随意将电源关掉。

（2）静态调试。交流、直流并存是电子电路工作的一个重要特点。一般情况下，直流为交流服务，直流是电路工作的基础。因此，电子电路的调试有静态调试和动态调试之分。

静态调试一般是指在无外加信号的条件下所进行的直流测试和调整过程。例如，通过静态测试模拟电路的静态工作点，数字电路的各输入端和输出端的高、低电平值及逻辑关系等，可以及时发现已经损坏的元器件，判断电路工作情况，并及时调整电路参数，使电路工作状态符合设计要求。

对于运算放大器，静态检查除测量正、负电源是否接上外，主要检查在输入信号为零时，输出端是否接近零电位，调零电路起不起作用。当运放输出直流电位始终接近正电源电

压值或负电源电压值时,说明运放处于阻塞状态,可能是外电路没有接好,也可能是运放已经损坏。如果通过调零电位器不能使输出为零,除了运放内部对称性差外,也可能运放处于振荡状态,所以实验板直流工作状态的调试,最好接上示波器进行监视。

(3) 动态调试。动态调试是在静态调试的基础上进行的。调试的方法是在电路的输入端接入适当频率和幅值的信号,并循着信号的流向逐级检测各有关点的波形、参数和性能指标。发现故障现象,应采取不同的方法缩小故障范围,最后设法排除故障。

测试过程中不能凭感觉和印象,要始终借助仪器观察。使用示波器时,最好把示波器的信号输入方式置于“DC”档,通过直流耦合方式,可同时观察被测信号的交、直流成分。

通过调试,最后检查功能块和整机的各项指标(如信号的幅值、波形形状、相位关系、增益、输入阻抗和输出阻抗等)是否满足设计要求,如必要,再进一步对电路参数提出合理的修正。

(三) 调试应注意的问题

调试结果是否正确,很大程度上受测量正确与否和测量精度的影响。为了保证调试的效果,必须减小测量误差,提高测量精度,为此需注意以下几点:

(1) 正确使用测量仪器的接地端。凡是使用低端接机壳的电子仪器进行测量,仪器的接地端应与放大器的接地端连接在一起,否则仪器机壳引入的干扰不仅会使放大器的工作状态发生变化,而且将使测量结果出现误差。根据这一原则,调试发射极偏置电路时,若需测量 U_{CE} ,则不应把仪器的两端直接接在集电极和发射极上,而应分别地测出 U_C 、 U_E ,然后将二者相减得 U_{CE} 。若使用干电池供电的万用表进行测量,由于万用表的两个输入端是浮动的,所以允许直接接到测量点之间。

(2) 在信号比较弱的输入端,尽可能用屏蔽线连接。屏蔽线的外屏蔽层要接到公共地线上。在频率比较高时要设法隔离连接线分布电容的影响,例如用示波器测量时应该使用有探头的测量线,以减少分布电容的影响。

(3) 测量电压所用仪器的输入阻抗必须远大于被测处的等效阻抗。因为,若测量仪器输入阻抗小,则在测量时会引起分流,给测量结果带来很大的误差。

(4) 测量仪器的带宽必须大于被测电路的带宽。例如, MF-20 型万用表的工作频率为 20~20 000 Hz。如果放大器的上限频率 $f_H=100\text{kHz}$,就不能用 MF-20 型万用表来测试放大器的幅频特性;否则,测试结果就不能反映放大器的真实情况。

(5) 要正确选择测量点。用同一台测量仪进行测量时,测量点不同,仪器内阻引进的误差大小将不同。例如,对于图 1-1 所示电路,测 C1 点电压 U_{C1} 时,若选择 E2 为测量点,测得 U_{E2} 根据 $U_{C1}=U_{E2}+U_{BE2}$ 求得的结果,可能比直接测 C1 点得到的 U_{C1} 的误差要小得多。出现这种情况,是因为 R_{E2} 较小,仪器内阻引进的测量误差小。

(6) 测量方法要方便可行。需要测量某电路的电流时,一般尽可能测电压而不测电流,因为测电压不必改动被测电路,测量方便。若需知道某一支路的电流值,可以通过测取该支路上电阻两端的电压,经过换算而得到。

(7) 调试过程中,不但要认真观察和测量,还要善于记

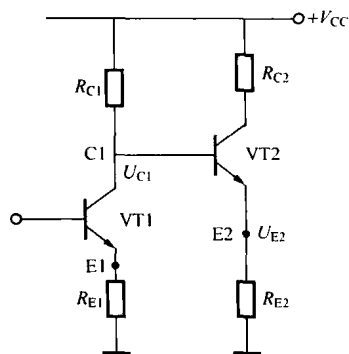


图 1-1 被测电路

录。记录的内容包括实验条件，观察的现象，测量的数据、波形和相位关系等。只有有了大量可靠的实验记录，并与理论结果加以比较，才能发现电路设计上的问题，完善设计方案。

(8) 调试时出现故障，要认真查找故障原因。切不可一遇故障解决不了就拆掉线路重新安装。

1.2.5 课程设计报告

一、课程设计报告的要求

在进行前，必须认真阅读教材，复习有关理论知识，查阅有关元器件手册及仪器的性能与使用方法；明确本次课程设计的目的、任务及要求，认真写出设计报告。设计报告的内容包括实验步骤、原理电路图；计算出电路图中各元件的数值，绘出主要参数的测量电路图；将理论计算值和待测参数列成表格，以便实验时填写。实践证明，凡是设计做得好的同学，做起实验来也得心应手，能收到事半功倍的效果。

设计性实验报告应包括以下内容：

- (1) 课题名称；
- (2) 已知条件；
- (3) 主要技术指标；
- (4) 设计用仪器；
- (5) 电路工作原理、电路设计与调试；
- (6) 技术指标测试、实验数据整理；
- (7) 整理电路原理图，并标明调试、测试完成后各元件的参数；
- (8) 故障分析及解决的办法；
- (9) 设计结果讨论与误差分析；
- (10) 思考题解答与课程设计研究等。

最后，还应对本次课程设计进行总结，写出本次课程设计中的收获体会，如创新设计思想、对电路的改进方案、成功的经验、失败的教训等。课程设计报告应文理通顺，字迹端正，图形美观，页面整洁。

二、课程设计报告格式

课程设计报告的封面和内页格式要求见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 课程设计报告封面格式

电子技术课程设计报告	
课 题：	_____
指导教师：	_____
设计人员：	_____
组 号：	_____
班 级：	_____
成 绩：	_____

表 1-2

课程设计内页格式

目 录

- 一、设计任务书
- 二、设计框图及整体方案概述
- 三、各单元电路的设计方案及原理说明
- 四、整机电路的安装过程
- 五、调试过程及结果分析
- 六、设计、安装及调试中的体会
- 七、对本次课程设计的意见及建议
- 八、附录（包括整机电路图和所用元器件清单）