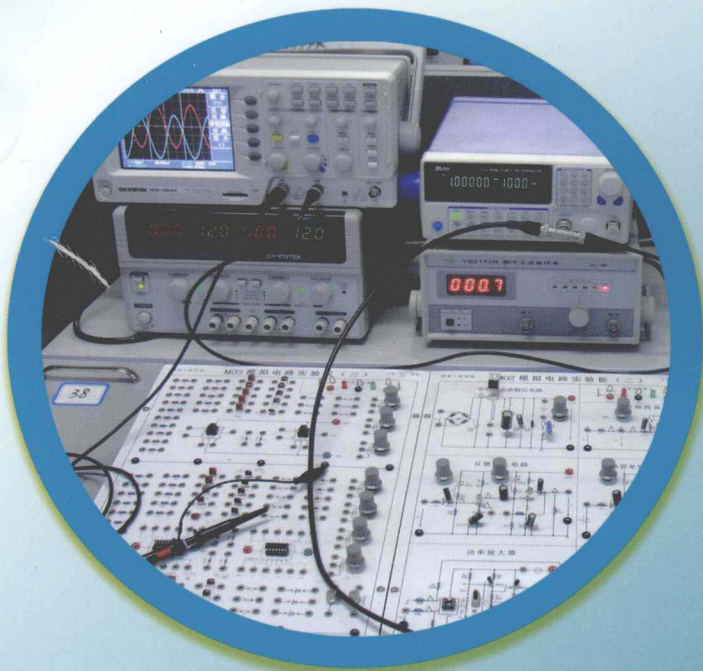


高等院校培养应用型人才电子技术类课程系列规划教材

电子技术与 EDA 技术实验及仿真

郭照南 孙胜麟 主编
陈意军 主审



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

高等院校培养应用型人才
电子技术类课程系列规划教材

电子技术与 EDA 技术 实验及仿真

主 编 郭照南 孙胜麟
参 编 刘 俊
主 审 陈意军

中南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术与 EDA 技术实验及仿真/郭照南,孙胜麟主编. —长沙:
中南大学出版社,2012.4

ISBN 978-7-5487-0459-1

I. 电... II. ①郭...②孙... III. ①电子技术②电子电路 -
电路设计:计算机辅助设计 IV. ①TN②TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 007109 号

电子技术与 EDA 技术
实验及仿真

主编 郭照南 孙胜麟

☐责任编辑 邓立荣

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市华中印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 21.75 ☐字数 533 千字

☐版 次 2012 年 4 月第 1 版 ☐2012 年 4 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-0459-1

☐定 价 39.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介

本书是参照原国家教委颁布的《高等工业学校基础课程基本要求》和《高等学校工程专科电子技术基础课程基本要求》，并考虑面向 21 世纪教学改革的要求，在保证进行基本实验操作的基础上，注重加强设计性综合应用能力、创新能力、计算机应用能力的培养，将各个实验内容与应用计算机技术分析仿真结合起来。

主要内容为：电子技术基础实验知识，模拟电子电路的实验、设计与仿真，数字电子电路的实验、设计与仿真、EDA 技术的实验与仿真以及附录（包括常用电子测量仪器，常用元器件、集成电路使用说明等）。

实验内容和难易程度覆盖了不同层次的教学要求，可根据需要灵活选用。本书使用的电子线路仿真软件是 EWB5.0。该软件具有仿真直观、简单易学、操作方便等诸多优点。

本书可作为高等学校本科电气信息类和高等学校工程专科电器类、电子类专业电子技术基础实验教材，也可作为电子爱好者的学习参考工具书。

高等院校培养应用型人才 电子技术类课程系列规划教材编委会

丛书主编：吴新开

丛书副主编：张一斌 郭照南

编委会人员：(排名不分先后)

吴新开(湖南科技大学)	刘安玲(长沙学院)
欧青立(湖南科技大学)	张志刚(长沙学院)
沈洪远(湖南科技大学)	张 丹(长沙学院)
姚 屏(湖南科技大学)	张跃勤(长沙学院)
韦文祥(湖南科技大学)	张海涛(长沙学院)
陈 婷(湖南科技大学)	瞿 翌(长沙学院)
曾 屹(中南大学)	刘 辉(长沙学院)
张静秋(中南大学)	周继明(邵阳学院)
吕向阳(中南大学)	江世明(邵阳学院)
张一斌(长沙理工大学)	余建坤(邵阳学院)
王小华(长沙理工大学)	罗邵萍(邵阳学院)
刘 晖(长沙理工大学)	石炎生(湖南理工学院)
贺科学(长沙理工大学)	张国云(湖南理工学院)
夏向阳(长沙理工大学)	湛腾西(湖南理工学院)
张福阳(南昌大学)	陈日新(湖南文理学院)
郭瑞平(辽宁科技学院)	王南兰(湖南文理学院)
吴舒辞(中南林业科技大学)	伍宗富(湖南文理学院)
朱俊杰(中南林业科技大学)	周志刚(湖南文理学院)
李 颖(中南林业科技大学)	熊振国(湖南文理学院)
任 嘉(中南林业科技大学)	王 莉(湖南商学院)
曹才开(湖南工学院)	何 静(湖南商学院)
汤群芳(湖南工学院)	蒋冬初(湖南城市学院)
罗雪莲(湖南工学院)	雷 蕾(湖南城市学院)
刘海波(湖南工学院)	尹向东(湖南科技学院)
郭照南(湖南工程学院)	田汉平(湖南人文科技学院)
陈爱萍(湖南工程学院)	朱承志(湘潭职业技术学院)
孙胜麟(湖南工程学院)	祖国建(娄底职业技术学院)
余晓霏(湖南工程学院)	刘理云(娄底职业技术学院)

总 序

随着我国科学技术不断地发展、完善,以及教育体系不断地更新,社会用人单位对高校人才培养模式提出了更高更新的要求,复合型、创新型、实用型人才日益受到用人单位的青睐。这种发展趋势必将会使高校的人才培养模式面临着新的挑战,这就意味着如何提高高等学校毕业生的实际工作能力显得尤为重要。诚然,除了努力加强实践教学之外,还应着力加强和推进理论教学及其教材的建设与更新,显然,它是提高高等学校教学质量的一个必不可少的重要环节。根据教育部、财政部《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》的文件精神,启动“万种新教材建设项目,加强新教材和立体化教材建设”工程,积极组织好教师编写新教材。

鉴于此,中南大学出版社特邀请湖南省及外省部分高等学校从事电工电子技术教学、实验和应用研究的教授、专家和教学第一线的骨干教师、高级实验师组成教材编委会,编写了电工电子技术等系列教材。

本系列教材的主要特点为:

1. 充分吸取了教学改革、课程设置与教材建设等方面的经验成果,在内容的选材上(如例题和习题)力求理论紧密联系实际、注重实用技术的讲解和实用技能的训练。同时也能较好地反映出电子

电气信息领域的最新研究成果,体现了电子电气应用领域的新知识、新技术、新工艺与新方法。

2. 根据专业特点,对传统教材的内容进行了精选、整合、优化,以满足理论教学与实验教学的需求。同时,注意到与相关课程内容之间的衔接,从而保证了教学的系统性,有利于理论教学。

3. 编写与电子技术类课程设计相配套的指导性教材,有利于实践性教学。

4. 该系列教材中,基本概念的阐述较清晰,层次分明,语言表述做到了通俗易懂,有利于学生自学。

目前,我国高等教育的模式还有赖于日趋完善,教材体系尚未完全建立,教材编写还处于不断探索的阶段,仍需要我国高等学校的广大教师持之以恒、不懈地努力、辛勤地耕耘,编写出更多更好的能满足新形势下教学需要的实用教材。

我相信并殷切地期望该系列教材的出版,它不仅会受到广大教师的欢迎,满足教学的需要,而且还将会对我国高等学校的教材建设起到积极的促进作用。最后,预祝《高等院校培养应用型人才电子技术类课程系列规划教材》出版项目取得成功,为我国高等教育事业和信息产业的蓬勃发展与繁荣昌盛培土施肥。同时,也恳切地希望广大读者、同仁,对该系列教材的不足之处提出中肯的意见和有益的建议,以便再版时更正。



谨识

教育部中南地区高等学校电子电气基础课教学研究会理事长
武汉大学电子信息学院 教授/博士生导师

前 言

本书是参照原国家教委颁布的《高等工业学校基础课程教学基本要求》和《高等学校工程专科电子技术基础课程基本要求》，并考虑面向 21 世纪教学改革的要求，在保证进行基本实验操作的基础上，注重加强设计性综合应用能力、创新能力、计算机应用能力的培养，将各个实验内容与应用计算机技术分析仿真结合。基础实验与基本实验方法全书配有示范教学片，以方便于全开放实验教学方式下，学生通过观看与思考，便可了解最基本的实验技能。从而为进一步的电子实验、动手能力和创造能力的培养打下一个良好的基础。在注重能力培养方面，全书设有多项综合性、设计性的实验内容和计算机辅助分析与设计实验内容。全书分为四个部分：

第 1 部分：电子技术基础实验知识；

第 2 部分：模拟电子电路的实验、设计与仿真(实验 20 个)；

第 3 部分：数字电子电路的实验、设计与仿真(实验 20 个)；

第 4 部分：EDA 技术基础实验与仿真(实验 12 个)；

第 5 部分：附录(包括常用电子测量仪器，常用元器件、集成电路使用说明等)。

实验内容和难易程度覆盖了不同层次的教学要求，可根据需要灵活选用。本书使用的电子线路仿真软件是 EWB5.0。该软件具有仿真直观、简单易学、操作方便等诸多优点。

本书可作为高等学校本科电气信息类和高等学校工程专科电器类、电子类专业电子技术基础实验教材。

参加本书编写工作的有：孙胜麟(第 1 部分、第 2 部分实验，第 3 部分实验 1~8、11~20，第 5 部分内容)；刘俊(第 3 部分实验 9、10 和该实验操作示范教学片的录像以及有关实验的仿真内容)；郭照南(第 4 部分实验)。全书第 4 部分由郭照南校对、定稿，其余部分由孙胜麟负责统稿以及示范教学片的录像与编辑。此外，全书第 1 部分与第 2 部分中两个实验操作示范教学片的录像是由李立完成的；湖南工程学院电工电子教研室、电工电子实验中心的老师为本书的编写提供了很多资料，特此表示感谢。

本书由湖南工程学院陈意军教授、周京广副教授、李立教授、杨跃龙教授审阅，并提出许多宝贵意见和修改建议。在此，致以衷心的感谢。

由于我们的水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 12 月

目 录

第 1 部分 电子技术基础实验知识

一、电子技术基础实验的目的和意义	(1)
二、电子技术基础实验的基本要求	(1)
三、电子线路的调试	(2)
四、故障检查的方法	(5)
五、故障分析举例	(6)
六、电子技术实验中的计算机辅助分析与设计自动化(EDA)技术	(10)

第 2 部分 模拟电子电路实验、设计与仿真

基础实验

实验 2-1 常用电子仪器的使用	(11)
实验 2-2 晶体管单管放大电路	(18)
实验 2-3 反馈放大电路	(24)
实验 2-4 集成运算放大器的基本运算电路(一)	(33)
实验 2-5 集成运算放大器的基本运算电路(二)	(37)
实验 2-6 集成运算放大器组成的 RC 文氏电桥振荡器	(45)
实验 2-7 集成运算放大器组成的波形产生电路的设计与调试	(51)
实验 2-8 有源滤波器	(54)
实验 2-9 精密全波整流电路	(59)
实验 2-10 功率放大器	(63)
实验 2-11 串联型直流稳压电路的调试	(68)

设计与综合实验

实验 2-12 函数信号发生器	(73)
实验 2-13 基本放大电路的设计与分析	(76)
实验 2-14 RC 正弦波振荡电路	(78)

实验 2-15	多级交流放大器的设计	(81)
实验 2-16	比例、加减运算电路的设计	(84)
实验 2-17	积分电路的设计	(89)
实验 2-18	方波、三角波发生器的设计	(94)
实验 2-19	有源滤波器的设计	(97)
实验 2-20	交流电源过压、欠压保护电路	(111)

第 3 部分 数字电子电路实验、设计与仿真

基础实验

实验 3-1	门电路逻辑功能及参数测试	(113)
实验 3-2	TTL 集电极开路门和三态门逻辑功能	(119)
实验 3-3	SSI 组合逻辑电路	(125)
实验 3-4	MSI 组合逻辑电路	(130)
实验 3-5	集成触发器	(136)
实验 3-6	中规模计数器、译码器及显示电路	(143)
实验 3-7	N 进制计数器	(154)
实验 3-8	移位寄存器	(158)
实验 3-9	TTL 与非门脉冲波形产生和整形电路	(165)
实验 3-10	555 时基电路的应用	(167)
实验 3-11	随机存取存储(RAM)实验	(174)
实验 3-12	A/D 与 D/A 转换器实验	(176)
实验 3-13	集成单稳态触发器及应用实验	(183)

设计与综合实验

实验 3-14	血型关系逻辑电路的设计	(188)
实验 3-15	显示电路的设计	(190)
实验 3-16	时序逻辑电路的设计	(192)
实验 3-17	数据发送器与接收器实验	(193)
实验 3-18	多位 LED 显示器的动态扫描驱动电路	(194)
实验 3-19	数字式音量调节电路	(200)
实验 3-20	增益可编程的衰减及放大系统	(205)

第 4 部分 EDA 技术基础实验与仿真

实验 4-1	EDA 软件 Quartus II 的使用——VHDL 文本输入法	(208)
--------	---	-------

实验 4-2	四位加法器的设计与仿真——原理图输入法	(220)
实验 4-3	动态扫描显示电路的设计与调试	(225)
实验 4-4	数控分频器的设计与硬件调试	(232)
实验 4-5	计数器及其动态扫描显示的设计与调试	(234)
实验 4-6	基于状态机的彩灯控制器设计与调试	(238)
实验 4-7	基于 LPM_ROM 的 LED 流水灯设计与调试	(242)
实验 4-8	篮球竞赛 24s 倒计时器的设计与调试	(248)
实验 4-9	汽车尾灯控制器的设计与调试	(252)
实验 4-10	多样字符显示控制器的设计与调试	(255)
实验 4-11	可控计数器的设计与调试	(256)
实验 4-12	汉字点阵显示控制器的设计与调试	(257)

第 5 部分 附 录

附录 A	常用电子仪器的主要使用方法	(261)
A.1-1	双踪示波器 DS5022M	(261)
A.1-2	数字存储示波器 GDS-1000 系列	(266)
A.2-1	函数信号发生器/计数器 EE1641B1-A	(274)
A.2-2	TFG1910B 信号发生器	(276)
A.3	UT56 使用说明书	(280)
A.4	多组输出直流电源供应器 GPS-X303/C 系列	(284)
附录 B	常用电子电路元件、器件的识别与主要性能参数	(292)
B.1	电阻、电容和常用半导体器件	(292)
B.2	集成器件型号的命名规则	(301)
B.3	常用模拟集成电路	(303)
B.4	部分常用 TTL 集成电路	(309)
B.5	部分常用 CMOS 集成电路	(312)
B.6	芯片管脚及功能介绍	(314)
附录 C	计算机仿真软件 EWB 简介	(322)
参考文献		(333)

第1部分 电子技术基础实验知识

一、电子技术基础实验的目的和意义

科学实验是近代科学发展的一个重要手段。因此,现代科学研究则更普遍、更深入地运用了实验。电子技术基础是一门实践性很强的技术基础课程,这在原国家教委批准的《高等工业学校电子技术基础本课程教学基本要求》和《高等学校工程专科基础课程教学基本要求》都有明确要求。它的任务是使学生获得电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力。为此,在系统学习本学科理论知识的同时,必须通过实验方法,进行系统的电子技术基础的基本技能的训练,来巩固知识、加深理解、增强分析和解决实际问题的能力。

电子技术实验通常按培养学生能力要求分为验证性、综合性、设计性与探索性实验。整个认识过程是由特殊到一般、由一般到特殊。近代电子技术越来越呈现出系统集成化、设计自动化、用户专业化和测试智能化的趋势。因此在电子技术实验中,加强计算机辅助分析与设计是必需的,也是必要的。

总之,电子技术实验应先突出基本技能,综合应用能力、创新能力和计算机应用能力的培养,以适应21世纪培养应用型与研究型人才的要求。

二、电子技术基础实验的基本要求

尽管电子技术各个实验的目的和内容不同,但为了培养学生良好的学风,充分发挥学生的主动性,促使其独立思考、独立完成实验并有所创新,我们对电子技术实验的准备阶段、进行阶段、完成阶段和实验报告分别提出下列基本要求。

1. 实验前准备

为避免盲目性,参加实验者应对实验内容进行预习。要明确实验目的、要求,掌握有关电路的基本原理(设计性实验则要完成设计任务),拟出实验方法和步骤,设计实验表格,对思考题做出解答,初步估计(或分析)实验结果(包括参数和波形),最后做出预习报告。实验前,教师要检查预习情况,并对学生进行提问,预习不合格者不能进行实验。

2. 实验进行

(1)实验者要自觉遵守实验室规则。

(2) 根据实验内容合理布置实验现场。仪器设备和实验装置安放要适当。按实验方案搭接实验电路和测试电路。

(3) 认真记录实验条件和所得数据、波形(并分析判断所得数据、波形是否正确)。发生故障应独立思考,耐心排除,并记下排除故障的过程和方法。

(4) 发生事故应立即切断电源,并报告指导教师和实验室有关人员,等候处理。

(5) 实验结束,先断开电源,暂不拆线,待认真检查实验结果没有遗漏和错误后,请指导教师验收签字之后再拆除线路,复归仪器设备,将导线整理成一束,清理好实验台。

师生的共同愿望是做好实验,保证实验质量。这里所谓做好实验,并不是要求在实验过程中不发生问题,一次成功。实验过程不顺利,不一定是坏事,常常可以从分析故障中增强独立工作能力。相反,“一帆风顺”也不一定有所收获。所以做好实验的意思是独立解决实验中所遇到的问题,把实验做成功。

3. 实验报告

实验报告是实验工作的全面总结,其质量好坏不但是实验教学完成的凭证,也对实验交流、成果推广或学术评价起着至关重要的作用,因而实验报告要简明、工整和真实。

(1) 报告内容

① 实验名称、日期、单位、实验者。

② 实验目的。

③ 实验原理与说明。

④ 实验任务及实验步骤。

⑤ 实验仪器设备:实验者应该列表记录所用仪器设备的名称、型号、规格、数量、编号等,以便整理数据发现问题时可以按编号仪器设备查对核实。

⑥ 实验结果及处理:这部分内容是根据原始记录整理而成的,主要包括数据、图表及计算。所有数据应一律采用国际单位。

⑦ 实验结论与分析或体会:这部分是实验报告的重点。

报告内容中第①至第⑤项应在预习中完成,并写出预习报告。

(2) 报告要求

实验报告应选用规定的实验报告纸,曲线和图形的绘制用坐标纸。要求实验报告文理通顺,简明扼要,字迹端正,图表清晰,分析合理,结论正确。

完整的实验报告应该附有指导教师签字的原始记录。

三、电子线路的调试

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,不可能周全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,然后采取措施加以改进,使装置达到预定的技术指标。因此,掌握调试电子电路的技能,对于每个从事电子技术及其有关领域工作的人员来说,是很重要的。

下面介绍一般的调试方法和注意事项。

1. 调试前的直观检查

电路安装完毕,通常不宜急于通电,先要认真检查一遍。检查内容包括:

(1) 连线是否正确

检查电路连线是否正确,包括错线(连线一端正确,另一端错误)、少线(安装时完全漏掉的线)和多线(连线的两端在电路图上都是不存在的)。查线的方法通常有两种:

方法一: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,由此可以较容易查出错线与缺线。

方法二:按照实际线路来对照电路图进行查线。

这是一种以元件为中心进行查线的方法。把每个元件(包括器件)引脚的连线一次查清,检查每个去处在电路图上是否存在。这种方法不但可以查出错线和缺线,而且容易查出多线。

为了防止出错,对于已查过的通常应在电路图上做标记,最好用指针式万用表“ $\Omega \times 1$ ”挡,或数字式万用表“欧姆挡”的蜂鸣器来测量,而且直接测量元、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、集成件和电解电容极性 etc 是否连接有误。

(3) 电源供电(包括极性)、信号源连接线是否正确。

在通电前,断开一根电源线,用万用表检查电源端对地($\perp$)是否存在短路。电路通过上述检查并确认无误后,就可进行调试。

2. 调试方法

调试方法包括调整和测试两个方面。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以及其他主要数据。

调试方法通常采用先分别调,然后联调(总调)。

(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。然后测量电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,电路初步工作正常,才可转入正常调试。

另外,应注意一般电源在开关的瞬间往往会出现电压上冲的现象,集成电路又最怕过电压的冲击,所以一定要养成先开启电源、后连接电路的习惯,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。因此,电子电路的调试有静态调试和动态调试。静态调试是指在没有外加信号的条件下所进行的直流测试和调整过程。例如,通过对模拟电路的静态工作点、数字电路中的各输入和输出端的高、低电平值的静态测试,可以及时判断电路工作情况,并及时调整电路参数,使电路工作状态符合设计

要求。

(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输入适当频率、幅值的信号,通常是循着信号的流向逐级检测有关的波形、参数和性能指标。通过调试,最后检查功能块和整机的各种指标(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做出合理的修正。

3. 调试中注意事项

调试结果是否正确在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,必须减小测量的误差,提高测量的精度。为此,需注意以下几点。

(1) 正确使用测量仪器的接地端。凡是使用接地端与机壳的电子仪器进行测量,仪器的接地端应和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。另外多台测量仪器之间也要共地。

(2) 在信号比较弱的输入端,尽可能用屏蔽线连线。将屏蔽线的外屏蔽层接到公共地线上,在频率比较高时要设法隔离连接分布电容的影响,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出阻抗必须远大于被测量处的等效阻抗。因为,若测量仪器输出阻抗小,则在测量时会引起分流,给测量结果带来很大误差。

(4) 被测信号的频率不可以超出测量仪器的带宽,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。用同一台测量仪器进行测量时,测量点不同,仪器内阻引进的误差大小将不同。例如,对于图 1-1-1 所示电路,测 c_1 点电压 U_{c1} ,若选择 e_2 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 c_1 点得到的 U_{c1} 的误差要小得多。所以出现这种情况,是因为 R_{e2} 较小,仪器内阻引进的测量误差小。总之,测量仪器内阻 R_0 要远大于被测点的等效电阻 R_i 。

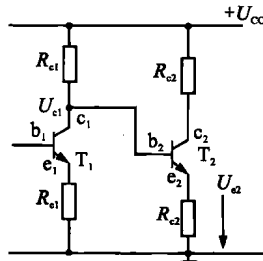


图 1-1-1 被测电路

(6) 测量方法要方便可行。需要测量某电路的电流时,一般尽可能不直接测电流,而是通过测量该电路上的电压。因为测量电压不必改动被测电路,测量方便。如需知道某一支路的电流值,则通过测量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。只有有了大量的可靠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。因为重新安装的线路仍可能存在各种问题,如果是原理上的问题,即使重新安装也解决不了问题。应当把查找故障、分析故障原因,看成一次好的学习机会,通过它来不断提高自己分析问题和解决问题的能力。

四、故障检查的方法

故障是不期望但又是不可避免的电路异常工作状态。分析、寻找和排除故障是电气工程人员必备的实际技能。

对于一个复杂的系统来说,要在大量的元器件和线路中迅速、准确地找到故障是不容易的。一般故障诊断过程,就是从故障现象出发,通过反复测试,作出分析判断,逐步找出故障的过程。

1. 常见的故障现象

放大电路没有输入信号,而有输出波形;放大电路有输入信号,但没有输出波形,或者波形异常。

串联稳压电源无电压输出,或输出电压过高且不能调整,或输出电压不稳定等。

振荡电路不产生振荡;计数器不能正确计数等。

2. 检查故障的一般方法

查找故障的顺序可以从输入到输出,也可以从输出到输入。常见的方法如下。

(1) 直接观察法

直接观察法指直接利用人的视、听、嗅、触摸等作为手段来发现问题,寻找和分析故障。

检查仪器的选用和使用是否正确;电源电压的等级和极性是否符合要求;元、器件的引脚有无接错、漏接、相碰等情况;布线是否合理;印刷版有无断线;元、器件有无发烫、冒烟,变压器有无焦味等。

此法简单,也很有效,可作初步检查时用,但对比较隐蔽的故障却无能为力。

(2) 检查静态工作状态

可测量电路中元、器件的直流工作状态,电源电压和线路中的电阻值等,通过测得值与正常值的比较,来判断电路是否存在故障。

(3) 信号寻迹法

在电路中,沿着电压信号的流向,用示波器由前级到后级(或者相反),逐级观察波形、幅值的变化情况,如果哪一级异常,则故障就在该级。

(4) 对比法

怀疑某一电路存在问题时,可将此电路的参数与工作状态相同的正常电路的参数(或理论分析的电流、电压、波形等)进行逐一对比,从中找出电路中的不正常情况,进而分析故障原因,判断故障点。

(5) 部件替换法

在同型号的仪器中,用正常的部件、接插件等替换故障仪器的相应部件,可快速缩小故障范围,以便进一步查找故障。

(6) 旁路法

当有寄生振荡现象,可以利用适当容量的电容器,选择适当的检查点,将电容器的两端临时连接在被检查点与参考接地点之间,如果振荡消失,就表明振荡是产生在此附近或前级电路中。否则就在后面,再移动检查点寻找之。

应该指出的是,旁路电容器的电容量要适当,不宜过大,只要能较好地消除有害信号即可。

(7) 短路法

就是采取临时性的将一部分电路短路连接来寻找故障的方法。例如,将电路中的电感临时性的短路,判断电感是否开路。短路法对检查断路性故障有效。但要注意对电源(电路)是不能采用短路法的。

(8) 断路法

断路法用于检查短路故障最有效。断路法也是一种使故障怀疑点逐步缩小范围的方法。例如,某稳压电源,因为接入一带有故障的电路,使输出电流过大。我们采取依次断开电路中某一支路的办法来检查故障。如果断开该支路后,电流恢复正常,则故障就发生在此支路。

(9) 暴露法

有时故障不明显,或时有时无,一时很难确定,此时可采用暴露法。检查电路有无虚焊,采取对电路进行敲击就是暴露法的一种。另外还可以让电路长时间工作一段时间,然后再来检查电路是否正常。这种情况下往往有些临界状态的元器件经不住长时间工作,就会暴露出问题来,然后对症处理。

实际调试时,寻找故障原因的方法多种多样,以上仅列举了几种常用的方法。这些方法的使用可根据设备条件、故障情况灵活掌握,一般情况下对故障的常规做法是:

- ①先用直接观察法,排除明显的故障;
- ②再用万用表(或示波器)检查电路的静态、动态工作状态;
- ③信号寻迹的方法,是对各种电路普遍适用而简单直观的方法,在动态调试中广为应用。

五、故障分析举例

1. 单管放大电路故障分析

下面以单管放大电路为例,说明故障分析的过程与方法。

当电源加上后,在输入端输入一个 1kHz 的正弦波信号,观察输出端信号,发现没有波形。

下面介绍用电压法和信号法查找故障点的步骤。

1) 用电压法查找故障点

用电压表通过测各点的电压查找故障点,检查步骤如下:

- (1)测电源电压是否加入到电路中,如图 1-1-2 所示测得的 U_{cc} 为 11.8V,正常。
- (2)移动电压表的负极,如图 1-1-3 所示,测得 U_{cc} 为 0V,不正常,因此判断为电源地与电路地的连线断(图中绿色线)。
- (3)更换断线后,电源正常加入电路中,此时输出端有波形输出,但仍不正常,如图 1-1-4 所示。
- (4)关闭电源,检查电路的连线,确保连线正确。