



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

电子技术基础实验

——分析、调试、综合设计

王传新 主编



高等教育出版社



教育部“十二五”规划教材

电子技术基础实验

——分析、测试、综合设计

第2版 王明



机械工业出版社

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

电子技术基础实验 ——分析、调试、综合设计

王传新 主编

高等教育出版社

内容提要

本书引用 Multisim 7、PAC - Designer 2.0 和 MAX + plus II 10.0 工具软件,将仪器设备的使用、EDA 技术的应用、实验技能的训练贯穿始终。选编的每个实验均安排了实验原理、仿真分析和思考问题,并提供仿真实例光盘以利于单独设课和自学。实验仪器设备内容注重应用与原理、功能、指标相结合,电路测试基础一章的实验项目,可以使学生熟练掌握实验工具的使用方法和测试电路的基本手段,为电子技术实验的顺利进行打下基础。

从提高学生动手能力、培养学生创新意识出发,本教材第 5、6 章以分立元件、通用中规模器件的应用为起点,精选基础的电子电路实验项目。少数基础实验给出了规范化的实验步骤和参考电路,多数实验则要求学生自行设定电路的功能、指标,自行拟定调试电路的步骤、表格,以此强调实现电子电路性能指标的实施思路、调试过程和分析方法。第 7、9 章以可编程模拟器件 ispPAC20 和可编程逻辑器件 EPM7128SLC84 - 15 的应用为基点,通过范例介绍大规模可编程器件及其开发软件的使用方法。第 8、10 章编排的综合设计性实验项目,不仅考虑了选题的实用性、趣味性,而且还考虑了选题设计的多个方案和多种功能。

本书可作为电气、电子信息类专业本科生电子技术实验的教材,各院校可根据实际学时的多少和专业类别的不同要求,灵活选用实验内容。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验——分析、调试、综合设计/王传新
主编. —北京:高等教育出版社,2006.1

ISBN 7 - 04 - 017791 - 9

I. 电... II. 王... III. 电子技术 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. TN - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 145638 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京原创阳光印业有限公司

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 33.25
字 数 820 000

版 次 2006 年 1 月第 1 版
印 次 2006 年 1 月第 1 次印刷
定 价 48.60 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物料号 17791 - 00

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展的需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和 In 研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才培养特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才培养探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型本科人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不深入,特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003 年 4 月

前 言

学习具有工程实践特点的电子技术,掌握其实验技能至关重要。

随着电子信息技术突飞猛进地更新与发展,电子技术领域的新技术、新器件以前所未有的速度不断涌现,使得电子技术实验、电子技术设计的手段日新月异,围绕 EDA 技术的教学活动已全面推广。编写一本能够为培养新时期工程技术人员综合素质做出贡献的教材,成为编者的一份心愿。

本书参照 2004 年秋教育部高等学校电气、电子信息类基础课程教学指导分委员会拟定的电子技术类课程的“教学基本要求”编写,可作为电气、电子信息类及相关专业本科学生学习电子技术的实验教材,也可作为从事电子技术工作的工程技术人员的参考用书。

目前理论课时不断压缩,使得实验教学的重要性越来越突出。为了充分体现电子技术的技术内涵,不少院校选用了少讲多练的教学方法,并将电子技术实验单独设课。故在本教材中选编的每个实验均安排了实验原理、仿真分析和思考问题,并提供了仿真实例光盘。这样做不仅有利于理论课与实践课非同步教学,而且有利于学生通过自学,深入领会实验目的、任务,自行完成实验任务。

依据“教学基本要求”,实验仪器设备和仿真工具的使用被排放在本教材的第 2、3 章讲述。国内生产电子仪器的厂家很多,仪器的品牌、面板各异,功能有多有少。作为教学基本要求,本教材对每种仪器仅重点介绍其一,并注重应用与原理、功能、指标相结合,希望能够起到触类旁通、举一反三的作用。目前各院校使用的仿真软件种类较多,大同小异,本教材选用 Multisim 7 的使用贯穿于教学活动的始终。考虑到仪器设备是在操作中学会使用,实验技能是在演练中培养练就,工具软件是在应用中熟能生巧,本教材特设立第 4 章作为电路测试基础,目的在于通过这些实验项目,使学生熟练掌握上述实验工具的使用方法和测试电路的基本手段,为电子技术实验的顺利进行打下基础。

从提高学生动手能力、培养学生创新意识出发,电子技术实验的内容已从大量的验证性实验,逐步扩展到综合性、研究性实验的要求上。本教材在第 5、6 章以分立元件、通用中规模器件的应用为起点,精选了基础的电子电路实验项目。为了适应由浅入深、循序渐进的认知规律,着眼于提高学生的动手能力,除少数基础实验给出了规范化的实验步骤和参考电路外,多数实验则要求学生自行设定电路的功能、指标,自行拟定调试电路的步骤、表格,以此强调实现电子电路性能指标的实施思路、调试过程和分析方法,如 K 系数放大电路、 N 进制计数器。第 7、9 章以可编程模拟器件 ispPAC20 和可编程逻辑器件 EPM7128SLC84-15 的应用为基点,通过范例介绍了大规模可编程器件及其开发软件 PAC-Designer 2.0、MAX+plus II 10.0 的使用方法。为了激发学生的创新意识,在第 8、10 章编排综合设计性实验项目时,不仅考虑了选题的实用性、趣味性,而且还考虑了选题设计的多个方案和多种功能。本教材列举的实验内容较多,各院校可根据实际学时的多少和专业类别的不同要求,筛选实验内容。

本书随附光盘中的全部分析、设计实验实例,均需在获得授权码或授权文件的 Multisim 7、PAC - Designer 和 MAX + plus II 下运行。为了帮助读者尽快掌握 Multisim 7 软件的基本使用方法,加拿大 IIT 公司特授权允许在本书的随附光盘中提供 Demo 版 Multisim 7。

本书共分为 10 章。第 1、7、8、9 章由王传新编写(刘继承执笔 8.5 节),第 2 章由梁爱琴和王珏共同编写(梁爱琴执笔 2.1~2.3、2.8、2.9 节,王珏执笔 2.4~2.7 节),第 3 章由耿钰编写,第 4 章由赵梦晗编写(王传新执笔 4.9 节),第 5 章由王传新和朱珺共同编写,第 6 章由王传新和张明莉共同编写,第 10 章由艾兰编写(王传新执笔 10.6、10.7 节)。贺玲芳、张娜、崔妍、陈辉东、廖文江、宋玉秋、李淑芬、张兆莉、黄娜完成了相关实验的调试,并为本书的编写做了大量的工作。耿钰、梁爱琴任副主编,分别负责第 3、6、10 章和第 2、4 章的组稿工作。王传新任主编,负责全书的修改与统稿工作。

本书在编写过程中得到北京联合大学电子信息实训中心、信息学院、自动化学院各级领导和教师的支持和帮助。台湾掌宇金仪科教仪器设备有限公司为本书提供了最新的 EDA 软件 Multisim 7,清华大学科教仪厂给予了大力支持。北京交通大学侯建军教授认真审阅了全部书稿,提出了许多宝贵的修改意见。在此,一并向他们表示谢意。

由于作者的能力和水平有限,书中必存在许多缺点和不妥之处,恳请读者斧正。

E - mail: wangchuanxin999@sohu.com

编者

2005 年 6 月

目 录

第1章 电子技术实验概述	1	2.8 晶体管特性图示仪	52
1.1 电子技术实验简介	1	2.8.1 工作原理	52
1.2 电子电路的调试与故障排查	3	2.8.2 性能指标及控制面板	55
1.2.1 电子电路的调试	3	2.8.3 使用方法	63
1.2.2 电子电路的故障排查	5	2.9 电压表与电流表的选用	67
1.3 电子技术实验的规则	6	第3章 电路仿真软件 Multisim 7 的	
1.4 电子技术实验报告的编写	7	使用	70
第2章 常用仪器仪表的使用	10	3.1 Multisim 7 使用入门	70
2.1 万用表	10	3.2 如何定制 Multisim 7 的用户	
2.1.1 模拟式万用表	10	界面	83
2.1.2 数字式万用表	17	3.3 Multisim 7 的元件与元件库	88
2.2 电桥	19	3.4 Multisim 7 的虚拟仪器简介	94
2.2.1 直流单电桥	19	3.4.1 万用表	94
2.2.2 交流阻抗电桥	22	3.4.2 函数发生器	95
2.3 直流电位差计	28	3.4.3 瓦特表	96
2.3.1 工作原理	28	3.4.4 示波器	96
2.3.2 性能指标及控制面板	28	3.4.5 波特图仪	98
2.3.3 使用方法	29	3.4.6 频率计	98
2.4 直流稳压电源	30	3.4.7 字信号发生器	99
2.4.1 基本结构	30	3.4.8 逻辑分析仪	100
2.4.2 性能指标及控制面板	31	3.4.9 逻辑转换仪	102
2.4.3 使用方法	32	3.4.10 IV 分析仪	104
2.5 信号发生器	33	3.4.11 失真分析仪	105
2.5.1 基本结构	33	3.5 Multisim 7 的分析命令介绍	105
2.5.2 性能指标及控制面板	33	3.5.1 直流工作点分析	106
2.5.3 使用方法	35	3.5.2 交流分析	106
2.6 毫伏表	36	3.5.3 瞬态分析	110
2.6.1 基本结构	36	3.5.4 直流扫描分析	112
2.6.2 性能指标及控制面板	36	3.5.5 参数扫描分析	114
2.6.3 使用方法	38	3.5.6 温度扫描分析	118
2.7 示波器	40	3.5.7 灵敏度分析	120
2.7.1 基本结构	40	3.5.8 噪声分析	123
2.7.2 性能指标及控制面板	41	3.5.9 其它分析	126
2.7.3 使用方法	45	第4章 电路测试基础	128

4.1 仪器仪表的使用	128	5.10.1 整流、滤波电路	280
4.2 电阻和电源的伏安特性	132	5.10.2 分立器件稳压电路	285
4.3 基尔霍夫定律和叠加定理	141	5.10.3 集成稳压电路	292
4.4 戴维宁定理和最大功率传递定理	145	第6章 数字电路的分析与调试	297
4.5 一阶电路和二阶电路的响应	150	6.1 门电路功能分析	297
4.6 R 、 L 、 C 元件的阻抗特性	158	6.1.1 普通门电路	297
4.7 RC 网络的频率特性	163	6.1.2 特殊门电路	305
4.8 RLC 串联谐振和并联谐振	168	6.2 SSI 组合电路	314
4.9 二端口网络的参数	173	6.2.1 组合电路的设计与分析	314
第5章 模拟电路的分析与调试	180	6.2.2 组合电路的竞争冒险现象	319
5.1 晶体管伏安特性测试	180	6.3 算术运算电路	322
5.2 BJT 单管放大电路	186	6.3.1 加法器	322
5.2.1 基本共射放大电路	186	6.3.2 比较器	327
5.2.2 基本共集放大电路	196	6.4 译码电路	331
5.2.3 基本共基放大电路	200	6.4.1 地址译码器	331
5.3 MOSFET 单管放大电路	203	6.4.2 显示译码器	336
5.3.1 基本共源放大电路	203	6.5 数据选择电路	340
5.3.2 基本共漏放大电路	210	6.6 触发器功能分析	344
5.4 负反馈放大电路	213	6.6.1 普通触发器	344
5.4.1 分立器件负反馈放大器	213	6.6.2 特殊触发器	350
5.4.2 集成电路负反馈放大器	220	6.7 计数电路	354
5.5 差分放大电路	226	6.7.1 同步计数器	354
5.5.1 分立器件差分放大器	226	6.7.2 异步计数器	360
5.5.2 集成电路差分放大器	232	6.8 数码寄存电路	363
5.6 运算电路	234	6.8.1 寄存器	363
5.6.1 比例运算电路	235	6.8.2 移位寄存器	367
5.6.2 求和运算电路	239	6.9 基准时间电路	371
5.6.3 积分和微分运算电路	242	6.9.1 555 定时器	371
5.7 电压比较电路	248	6.9.2 石英晶体多谐振荡器	379
5.7.1 过零电压比较器	248	6.10 数模、模数转换电路	383
5.7.2 滞回电压比较器	253	6.10.1 数模转换器	383
5.7.3 窗口电压比较器	256	6.10.2 模数转换器	387
5.8 波形发生电路	259	第7章 可编程模拟器件的应用	393
5.8.1 正弦波振荡电路	259	7.1 ispPAC 简介	393
5.8.2 非正弦波发生电路	267	7.2 开发软件 PAC - Designer 使用	
5.9 功率放大电路	273	向导	400
5.9.1 分立器件功率放大器	273	7.2.1 PAC - Designer 2.0 的安装	400
5.9.2 集成功率放大器	277	7.2.2 PAC - Designer 2.0 的基本	
5.10 直流稳压电源	280	用法	401
		7.2.3 PAC - Designer 2.0 的菜单	407

7.3 ispPAC20 设计	409	方法	471
7.3.1 增益放大	409	9.3 VHDL 设计	479
7.3.2 有源滤波	413	9.3.1 多路数据选择器	479
7.3.3 电压比较	419	9.3.2 优先编码器	483
7.3.4 数控系统	422	9.3.3 多位数据锁存器	485
第 8 章 模拟电路综合设计	427	9.3.4 N 进制计数器	487
8.1 测量放大器	427	第 10 章 数字电路综合设计	493
8.2 有线对讲机	430	10.1 简易数字钟	493
8.3 有源滤波器	435	10.2 抢答器	499
8.4 压控振荡器	442	10.3 简易音乐发生器	501
8.5 直流稳压电源	447	10.4 彩灯控制器	504
8.6 温度控制器	450	10.5 多字符动态显示器	505
第 9 章 可编程逻辑器件的应用	452	10.6 交通灯控制系统	508
9.1 PLD 简介	452	10.7 其它选题	512
9.2 开发软件 MAX + plus II 使用		10.7.1 简易频率计	512
向导	455	10.7.2 数字式跑表	513
9.2.1 MAX + plus II 10.0 的安装	455	10.7.3 电子万年历	513
9.2.2 MAX + plus II 10.0 的基本		10.7.4 电梯运行控制系统	513
用法	457	10.7.5 数字密码锁	514
9.2.3 MAX + plus II 10.0 的主界面		10.7.6 出租车计费器	514
工具条	470	10.7.7 频率可调的波形发生器	515
9.2.4 MAX + plus II 10.0 的设计		参考文献	516

第 1 章 电子技术实验概述

1.1 电子技术实验简介

一、实验目的

电子技术是自然科学理论与生产实践经验相结合的产物。人们在实际工作中,依据理论知识和实践经验,分析和设计电子电路的性能指标,测试和制作电子系统的整机装置,均离不开实验室。从一只小小的电子管到神舟六号载人飞船,实验室是科学技术发展的孵化器。

作为学习、研究电子技术不可缺少的教学环节,电子技术实验是一门渗透工程特点的实践课程。通过电子技术实验,可以置身实验室,直接使用电子元器件、连接电子电路、操作电子测试仪器,理解和巩固理论知识,学习实验知识,积累实验经验,增长实验技能,为进一步学习、应用、研发电子应用技术打下较厚实的基础。

二、教学要求

电子技术实验,不是测试数据、计算结果的简单操作,而是正确使用仪器设备、记录测试数据、观察实验现象、排除实验故障、分析实验结果、兑现工程技术指标的工程技术训练。在 2004 年教育部高等学校电子信息与电气信息类基础课程教学指导分委员会拟定的电子技术类课程“教学基本要求”中,对在电子技术实验教学中应体现的能力培养目标,提出了明确的要求。

- ① 能够正确使用常用电子仪器。如示波器、信号发生器、万用表、交流毫伏表、稳压电源等。
- ② 掌握电子电路的基本测试技术。如正弦波信号和脉冲信号的主要参数、放大电路的静态和动态参数、数字电路的逻辑功能等。
- ③ 掌握基本电子电路的调试方法,具有波形分析及其主要参数的工程估算能力。
- ④ 能够正确记录和处理实验数据,进行误差分析,并写出符合要求的实验报告。
- ⑤ 能够查阅电子器件手册和在网上查询与电子器件有关的资料。
- ⑥ 初步学会分析、寻找和排除实验电路中故障的方法,培养解决实际问题 and 工程实践的能力。
- ⑦ 初步学会使用 EDA 工具软件对电子电路进行仿真分析和辅助设计,并能够实现小系统的设计、组装和调试。

三、实验分类

就实验性质而言,电子技术实验可分为基础型实验、综合型实验和研究型实验三类。

基础型实验也称为验证型、训练型实验。所谓基础型实验,就是学习实验方法,掌握实验知识,摸索实验技巧。称其为验证型实验,是指通过连接线路实现电路预定的应用功能,依据实验结果,证明理论知识的正确性及其适用的条件,从而加深对理论知识的理解。称其为训练型实验,是要通过实际操作,锻炼动手能力,包括仪器使用、故障排除、数据整理、结论总结等各方面的实验技术能力。

综合型实验泛指应用型、设计型实验,也有称作电子技术课程设计。实验内容体现多个理论知识点的综合应用。目的在于培养学生综合运用所学理论知识的能力、解决较复杂的实际工程问题的能力以及不断进取、开拓创新的意识。显然,能够完成设计应用性实验的前提,是基本掌握了与之相关的电子技术基础理论知识和实验手段。

研究型实验也指创意型、探索型实验。此类实验从选题、方案论证,到安装、调试,均由学生独立完成。在实验的全过程中,学生将接受从查找资料到验收答辩全方位的训练。实验选题通常是电子系统级的设计,所需知识往往涉及较多的相关课程。开设此类课程,将有助于培养学生的自学能力、科学作风、工程素质、创新能力、团队精神、职业修养、创业精神,这是我们培养人才的努力方向。

四、仿真技术

目前采用的实验技术有实际测试和仿真分析两种。

随着电子技术、计算机技术的飞速发展,仿真分析改变了以定量估算和搭接硬件电路为基础的传统实验方法,代表着当今电子分析与调试技术的最新发展方向,已成为现代电子电路设计中必不可少的工具与手段。

仿真分析是运用数学工具,通过运行计算机软件,完成对电路特性的分析与调试,也称为计算机仿真技术或软件实验。在这里,不必构造具体的物理电路,也不用使用实际的测试仪器,就可以确定电路的工作性能。这些仿真软件提供了许多常用的虚拟仪器仪表,用户可通过这些仪表观察电路的运行状态和过程,分析电路的仿真结果。这些仪器仪表外观逼真,设置、使用和读数与实际的测量仪表相差无几,使用它们就像置身于实验室中。人们形象地称仿真软件为电子工作平台或虚拟实验室。

仿真软件一般具有三大特点:含有丰富的元器件数据库,且其物理结构和模型参数可随意更改;备有常用的测试仪器仪表,且不会因操作不当而引发损坏;具有多达十余种的电路性能指标分析功能,且能即时完成测试数据整理、曲线绘制等工作。在这样的虚拟环境中进行实验,不需要真实电路环境的介入,不必顾及仪器设备短缺和时间环境的限制,能够极大地提高实验效率,激发学生对实验的兴趣。因此,在进行实际电路搭建和性能测试前,可以借助仿真软件对所设计的电路做反复的更改、调整、测试,从而获得最佳的电路指标和拟定最合理的实测方案。

熟练掌握一些电路仿真软件的使用方法,已成为当今电子电路分析和设计人员必须具备的基本技能之一。常用的仿真分析软件有 Spice、Multisim 等。

五、EDA 技术

电子设计自动化(Electronic Design Automation)技术,简称 EDA 技术,诞生于 20 世纪 80 年代。EDA 技术是指以计算机为工作平台,融合应用电子技术、计算机技术、信息处理及智能化技

术的最新成果,进行电子产品的自动化设计。

在此之前,曾存在两种电路设计方法。第一种方法,从提出方案、元件筛选、制版焊接,到指标测试,均由人工完成,即为传统的设计方法。第二种方法,是借助计算机辅助设计(Computer Assist Design),由计算机介入数据处理、模拟仿真、设计验证,这种人机共同设计的方法也称为CAD技术。如今采用EDA技术,设计者只需对电子系统的顶层进行功能划分、行为描述,而其余的工作均可由计算机自动完成。若采用传统的设计方法,设计者必须首先关注系统最底层硬件电路的可获得性,以及它们在功能特性方面的诸多细节问题,在整个设计和测试过程中,必须始终顾及具体目标器件的技术细节。因为任何不可预测的因素,均将使底层电路的技术参数不满足总体设计要求,而目标元器件的更换、缺货等,都将可能迫使前面的工作前功尽弃,重新开始。显然,选用传统的设计方法,仅适用于设计简单的、小型的电子电路,只有选用了EDA技术,才能使得大规模集成电路的设计与应用成为可能,才能使得在工程现场用较短的时间设计出专用的、个性的电子系统成为可能,才能使得在一个芯片内集成系统级电路(System On a Chip)成为可能。

EDA技术是电子信息技术、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)设计技术、电子CAD技术持续发展的综合产物和杰出成果,是当今电子设计人员必须掌握的一门新技术。EDA技术的发展与应用引发了一场电子工业设计与制造领域的革命,对传统的电子设计手段形成了巨大的冲击,推动着科学技术和人类生活水平飞越新的高度。运用于可编程模拟器件和可编程逻辑器件设计、开发的PAC-Designer和MAX+plus II、ispEXPERT等软件,就是集编辑仿真、综合优化、编程下载于一体的EDA技术应用工具软件。

1.2 电子电路的调试与故障排查

实践表明,尽管基于计算机的仿真技术、EDA技术已成为现代研制电子产品的主流,但设计好的电子电路,甚至已被前人验证是可行的电子电路,往往实现起来并非顺畅。究其原因,是理论、仿真与实际存在着很大的差异,譬如,所用元件数值的误差、器件参数的分散性、电路寄生的干扰、仪器设备的精度等。也就是说,一个连接好的电子电路,不可能不经调试就能满足设计要求。在调试电路的过程中,遇到各种各样的异常、故障,并非坏事,关键是要寻找排查故障的方法,积累调试电子电路的经验,从而加速研制电子电路的进程。因此,对于在电子技术领域工作的人员来说,掌握调试电子电路的技能尤其重要。

1.2.1 电子电路的调试

由于构成电子电路所需的元器件参数存在离散性、线路连接存在随机性、工作环境存在多变化,因而对电子电路进行的调试就是进行一系列测试、分析、调整、再测试、再分析、再调整的工作。调试电子电路的目的,就是在预定的工作条件下实现电路的技术指标。

现代的电子电路调试,分为软件仿真和硬件实测两部分。无论是软件仿真还是硬件实测,通常都是先进行分调,后进行总调。所谓分调,是针对被调试电路的复杂程度,首先就构成总体电

路的各单元电路进行的调试,使之满足单元电路的个体技术指标。所谓总调,是对由各单元电路构成的总体电路进行的调试,最终使之实现总体技术指标。对于包含模拟电路、数字电路和微机系统的电子电路,考虑到各电路输入、输出信号的匹配和带载能力,更应采用先分调后总调的顺序调试方法。

具体调试的步骤如下:

(1) 检查电路

依照设计电路,检查电路连接有无少线、多线、错线;检查元器件参数是否正确;检查电解电容、二极管、三极管、集成芯片的引脚是否连接正确;检查直流电源、信号源、地线是否连接正确;检测直流电源、信号源的波形数据是否符合要求。

(2) 通电观察

电路一经通电,应首先观察元器件是否烫手,电路有无冒烟、异味;被测电路的电源电压和接地点(包括集成芯片的电源、地引脚)是否正常,电源的输出电流是否过高。如果发现异常现象,不要惊慌,应立即关断电源。待排除故障后,再重新接通电源。

(3) 静态调试

静态调试是指在没有加入信号的条件下进行的调试工作,也称为直流调试或静态工作点调试。对模拟电路要求工作在线性状态,而对于数字电路则要求工作在开关状态,即要求电路各输入、输出端的直流电量参数符合设计要求。如不符合要求,应适当调整电路的直流偏置系统,必要时需调换元器件。

(4) 动态调试

动态调试是指在静态调试正常的条件下加入信号所进行的调试工作。对于模拟电路应借助示波器定性观察输入、输出波形的幅值、频率、相位等是否符合要求,对于数字电路可借助低频脉冲通过发光二极管、数码管或蜂鸣器判断电路的逻辑功能。一旦发现与设计不符的情况,应对电路的相关部件进行调整。经调整后的电路,应重新进行静态调试。

(5) 指标测试

电路经静态、动态调试正常后,可进行技术指标测试。指标测试需借助多种电子测试仪器。依据指标物理含义的不同和测试条件的不同,选用的仪器设备不同,采用的测试方法也不同。指标测试是一项严谨细致的工作,通过对测试数据的分析,能够对设计电路做出完整求实的结论。发现实验电路与设计要求存在差异,要找出原因,及时调整,甚至修正设计方案。可见,在调试电路的整个工作中,指标测试既是过程也是结果。为了得到满意的电路、可靠的数据,往往需要多次重复进行指标测试。

为了保证调试电子电路顺利进行,调试前应掌握被调试电路的工作原理和性能指标,并熟悉各种测试仪器的使用方法和适用条件。例如,测量电压所用电压表的输入阻抗应远大于被测电路的等效阻抗,测试仪器的带宽应远大于被测电路的带宽,等等。在调试过程中,无论调换元器件还是更改连线,均应首先关断电源。要认真做好实验记录,其中包括实验条件、实验方案、实验现象、信号波形、仪器型号、测试数据等。只有通过大量的如实的实验记录,才能及时完善实验电路,才能建立良好的工作风范,才能逐步提高分析问题和解决问题的能力。

1.2.2 电子电路的故障排查

如果电子电路丧失了基本功能,或者反映电路特征的某些额定值、性能指标的偏差超出了规定的范围,例如,放大器的输出波形严重失真,计数器的计数进制混乱,微机系统不能实现应有的控制等,就可以认为电路出现了故障。

一、常见故障的来源

(1) 元器件引脚接错

元器件引脚接错,包括二极管、稳压管、电解电容极性接反,三极管的电极接错,集成芯片未按引脚标记插接等。

(2) 元器件损坏

元器件损坏可能源于质量低劣,也可能源于元器件长时间在超极限的条件下使用而损坏。

(3) 连线错误

电路的连线开路、短路或接触不良。

(4) 电源故障

电源电压不稳,接触不良,输出功率过高,极性接反,对地短路等。

(5) 元器件参数有误

元器件参数的误差过大或不合理,集成芯片的型号、性能有误。

(6) 测试障碍

测试仪器失调、接触不良,测试方法有误,仪器与被测电路间没有良好地共地。

(7) 引入噪声、干扰

电子电路引入噪声、干扰的原因很多,有来自电路内部的噪声,有来自磁性元件的电磁感应,也有来自电网、地线、空间的各种干扰。

通常上述故障源不是单独存在的,因而查寻故障并非易事。欲快速排查故障,必须熟悉电路各部分的原理、波形、指标,熟悉仪器的各种操作方法和适用条件。学习分析故障现象、查找故障原因、提出解决措施不是短时间就能够做到的,需要较长时间的调试实践,需要积累丰富的工程经验。

二、查找故障的一般方法

在调试电路的过程中,遇到故障不是坏事。只有通过排查故障,才能使实验技能不断提高。一旦遇到故障,切忌轻易拆掉线路重新安装。因为知错方能改错,不知缘故地盲目安装,不但不能接受有益的锻炼,而且只能使旧问题再现,新问题又来。正确的做法是,运用所学的知识,认真地查找故障点,冷静地分析故障原因,最终总结教训,排除故障,解决问题。查找故障的一般方法有:

(1) 观察法

直接观察电路有无发烫、冒烟、焦味、打火、开路、短路等现象。观察电路的布局、布线是否合理。观察电子元器件的外观有无断裂、变形、损坏,引脚有无错接、漏接、短接。观察仪器仪表的

使用挡位、读数方法是否正确。通电观察电源电压、接地点和器件的静态工作点是否正常。

(2) 寻迹法

查找故障发生在电路的哪一个环节、哪一只元器件、哪一条连线,最通用的方法是在电路的输入端加入额定的信号,然后依据信号的正常流向,即从输入到输出,顺序地、逐步地观测信号的传输情况,从而找出故障的所在。对于含反馈环节的电路,必要时应将反馈网络断开,逐点寻迹。

(3) 替换法

当故障比较隐蔽时,可用正常的免调试的模块电路或元器件替换怀疑有问题的模块电路或元器件。如果故障排除了,说明故障出现在被替换的电路或元器件中,从而可以缩小故障范围,便于查找故障原因。

(4) 断路法

断路法也是一种缩小故障范围的有效方法。例如,若某直流电源输出电流过大,可分别断开各个供电支路,如果断开某一支路时,电流恢复正常,说明故障就发生在这一支路中。再如,对于闭环电路,可先断开反馈回路,然后加入适当的信号,再结合寻迹法或替换法查找故障点。

(5) 旁路法

可以利用旁路法消除、滤除电路自身或直流电源引发的一些干扰和自激现象。例如,当发现寄生振荡时,可以用一只皮法量级的电容跨接在检测点和接地点间,如果振荡削弱了,说明振荡的起因就在附近电路,可就地进一步调整电容的容量,使其效果达到最佳。

值得一提的是,Multisim 7 等仿真软件能够设置各种故障源,据此可以观察故障现象,了解常见故障产生的原因及其引发的后果,从而在安全、无损的环境下,直观地认识工程现场,迅速地积累实验经验,全面地熟悉排查电子电路故障的基本方法,达到事半功倍的效果。

1.3 电子技术实验的规则

为了顺利完成实验任务,确保人身、设备安全,培养严谨、踏实、实事求是的科学作风和爱护国家财产的优良品质,实验时应遵守必要的实验规则。

① 实验前必须充分预习,完成指定的预习任务。

② 使用仪器设备前,应熟悉其性能、操作方法及注意事项。实验时应规范操作,并注意安全用电。

③ 电路接线后,同组人要相互依照接线图认真检查,确认无误方可通电。注意电源与地线间不得短接、反接。初次实验,应经教师审查同意后,才能通电。

④ 实验中一旦发现异常现象(如有器件烫手、冒烟、异味、触电等),应立即关断电源,保护现场,报告教师。待查清原因,排除故障,经教师允许后,再继续进行实验。

⑤ 实验过程中需改接线路时,应首先关断电源,然后进行操作。给计算机连接外设(如可编程器件的下载电缆)前,应使计算机和相关实验装置断电。

⑥ 经查明因违章操作损坏元器件、仪器设备或丢失实验设备时,应主动填写事故报告,说明事故原因,汲取经验教训,并照章交纳赔偿金。

⑦ 仔细观察、记录实验现象,包括实验数据、波形和电路运行状态等。待教师审阅实验记