

高 等 学 校 教 材

电子技术综合 实验指导书

华北电力大学电子技术课程组 编

主 编 孙淑艳

副主编 赵 东 柳 赞

高等教育出版社

高 等 学 校 教 材

电子技术综合 实验指导书

Dianzi Jishu Zonghe Shiyan Zhidaoshu

华北电力大学电子技术课程组 编

主 编 孙淑艳

副主编 赵 东 柳 赞

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是电子技术基础课程系列教材之一,是根据教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委会最新制定的电子技术课程教学基本要求编写的一本适用面较宽、实用性较强的电子技术综合设计的教材。

全书共包括八个部分七个章节。主要内容包括电子技术综合设计概述、NI Multisim 12 使用指南、电子技术综合实验 Multisim 仿真部分、VHDL 语言简介、电子技术综合实验 Quartus II 部分、手工焊接技术简介、电子技术综合实验硬件电路设计部分以及附录。其中,电子技术综合实验 Multisim 仿真部分包括 12 个题目,电子技术综合实验 Quartus II 部分包括 6 个题目,电子技术综合实验硬件电路设计部分包括 3 个题目,附录中包括集成电路简介,集成逻辑电路的连接和驱动,集成逻辑门电路新、旧图形符号对照,集成触发器新、旧图形符号对照,常用数字集成电路型号及引脚图以及综合实验的设计报告等供读者参考。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化、电子信息工程、电子科学与技术、通信工程、自动化、测控技术与仪器、计算机科学与技术、软件工程等专业的本、专科教材,同时也可作为参加各类电子设计竞赛学生自学的参考书,以及相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术综合实验指导书 / 孙永刚主编. — 北京: 高等教育出版社, 2015.9
ISBN 978-7-04-043200-9

I. ①电… II. ①孙… ②华… III. ①电子技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 171826 号

策划编辑 王耀锋
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 王耀锋
责任校对 刘莉

封面设计 张 志
责任印制 张泽业

版式设计 马敬茹

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 100120
印 刷 三河市潮河印业有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 15
字 数 340 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.cn>
版 次 2015 年 9 月第 1 版
印 次 2015 年 9 月第 1 次印刷
定 价 22.30 元

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 43290-00

前 言

为贯彻落实教育部“关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见”文件的精神,根据当前教育教学改革的发展趋势,本着满足当代大学生的知识结构、综合能力、创新能力等方面的需求,华北电力大学电子技术课程组编写了一套电子技术基础课程系列教材。该系列教材是编者对高等学校电工电子系列课程的内容和体系进行了深入研究,针对华北电力大学电类和非电类专业的特点,并总结多年理论教学和实践经验的基础上编写而成的。本套系列教材充分体现了工程技术教育的特点,力求达到教学与实验相结合、理论与应用相统一,培养学生运用电子技术解决实际问题的工程能力和实践能力。其主要内容覆盖了模拟电子技术、数字电子技术、电子电路的测试技术以及计算机辅助分析和设计方法等。本套教材包括《电子技术基础》、《模拟电子技术基础》、《数字电子技术基础》、《电子技术实验指导书》、《模拟电子技术实验指导书》、《数字电子技术实验指导书》、《电子技术综合实验指导书》。

本书是该系列教材的一部。

电子技术综合实验是电气信息类及其他相近专业学生在完成模拟电子技术基础和数字电子技术基础这两门课程学习之后集中进行的实验、实践环节。电子技术综合实验全部为综合性、设计性实验,需要学生综合运用所学电子学知识进行分析设计,对学生工程实践能力和科研创新能力的培养很有帮助,是实践教学中不可缺少的环节。《电子技术综合实验指导书》包含八个部分,主要内容有电子技术综合设计概述,NI Multisim 12 使用指南,电子技术综合实验 Multisim 部分,VHDL 语言简介,电子技术综合实验 Quartus II,手工焊接技术简介,电子技术综合实验硬件电路设计部分和附录。其中,电子技术综合实验 Multisim 仿真部分包含 12 个题目,电子技术综合实验 Quartus II 部分包含 6 个题目,电子技术综合实验硬件电路设计部分包含 3 个题目,附录中介绍集成电路简介,集成逻辑电路的连接和驱动,集成逻辑门电路新、旧图形符号对照,集成触发器新、旧图形符号对照,常用数字集成电路型号及引脚图以及综合实验的设计报告等。

本实验指导书主要有以下特点。

1. 软件仿真与硬件电路连接相结合,使学生能够完整地了解、学习电子设计的全过程。
2. 辅助理论教学,循序渐进。通过仿真实验,对 Multisim 和 Quartus II 两款软件的学习,弥补了理论教学上机学时不足的缺憾。
3. 设计题目典型,实用性强。本书设计题目都是典型的 EDA 设计项目,注重电子设计的实用性,有助于学生加深对电子电路设计的认识,有助于提高学生的动手能力和创新能力。
4. 启发创新,促进协作。本书设计了多种题目,学生可以有很大的选题空间,通过自行组队、自行设计、自行安装和调试,完成具有一定创意的选题,在题目实现过程中可以培养学生的创

II 前言

新意识,增强团队的协作精神。

参加本书编写工作的有孙淑艳(第一章、第二章、第三章、第六章和附录 A、B、F),赵东(第四章、第五章),柳赞(第二章、第七章和附录 C、D、E)。由孙淑艳任主编,赵东、柳赞任副主编,戴振刚老师担任本书的主审。本书的编写得到华北电力大学电气与电子工程学院张瑞华、张根保、张青等多位退休老教师的帮助,在此,向他们表示感谢。

我们对在本书编写和出版过程中给予热情帮助和支持的同志们表示深切的谢意。

本书尚有许多待改进之处,敬请读者在使用本书时,将发现的问题及时指出,并将意见和建议及时反馈给我们,以便今后不断改进。编者邮箱为 sshy@ncepu.edu.cn。

编 者

2015 年 6 月于华北电力大学

目 录

第一章 电子技术综合设计概述	1	4.1 VHDL 程序基础	114
1.1 电子技术综合设计课程	1	4.1.1 概述	114
1.2 电子技术综合设计过程	2	4.1.2 程序实体(ENTITY)	116
1.3 EDA 技术简介	6	4.1.3 结构体(ARCHITECTURE)	118
1.4 数字系统概述	7	4.2 VHDL 词法基础	119
1.5 数字系统设计实例	9	4.2.1 标识符	119
第二章 NI Multisim 12 使用指南	16	4.2.2 VHDL 数据对象	120
2.1 NI Multisim 12 简介	16	4.2.3 VHDL 数据类型	121
2.2 NI Multisim 12 的基本操作界面 ..	18	4.2.4 VHDL 操作符	124
2.3 元器件库	23	4.2.5 注释与数字表示	128
2.4 仪器仪表库	29	4.2.6 预定义属性	129
2.5 Multisim 12 的基本操作	69	4.3 VHDL 顺序语句结构	132
第三章 电子技术综合实验 Multisim		4.3.1 赋值语句	132
仿真部分	86	4.3.2 流程控制语句	133
题目一 移位寄存器型彩灯控制器	86	4.3.3 WAIT 语句	137
题目二 智力竞赛抢答器	90	4.3.4 NULL 语句	138
题目三 电子拔河游戏机	91	4.3.5 RETURN 语句	138
题目四 交通信号灯控制器	93	4.3.6 过程调用语句	138
题目五 电子秒表	95	4.4 VHDL 并行语句结构	138
题目六 电子密码锁	97	4.4.1 进程语句	139
题目七 数字电子钟	98	4.4.2 块语句	141
题目八 电子爆竹的设计	100	4.4.3 并行信号赋值语句	142
题目九 数字频率计	101	4.4.4 过程调用语句	145
题目十 用运算放大器组成万用电表		4.4.5 元件例化语句	146
的设计与调试	103	4.4.6 类属映射语句	147
题目十一 温度检测及控制电路	106	4.4.7 生成语句	147
题目十二 随机存取存储器 2114A		4.4.8 库 LIBRARY	148
及其应用	110	4.4.9 程序包 PACKAGE	150
第四章 VHDL 语言简介	114	4.4.10 配置 CONFIGURATION	151

II 目录

4.5 Quartus II 使用指南	152	6.4 拆焊	197
4.5.1 Quartus II 开发工具的介绍	152	第七章 电子技术综合实验硬件电路设计	
4.5.2 文本设计输入	152	部分	199
4.5.3 设计文件编译	158	7.1 面包板及其使用	199
4.5.4 Quartus II 开发工具的仿真分析	162	7.2 数字电子钟的设计、安装与	
4.5.5 器件编程	168	调试	202
第五章 电子技术综合实验 Quartus II		7.3 智力竞赛抢答器设计、安装与	
部分	179	调试	207
题目一 3-8 译码器的设计	179	7.4 电子秒表的设计、安装与调试	209
题目二 七段数码管显示	181	附录 A 集成电路简介	211
题目三 四位串行全加器的设计	184	附录 B 集成逻辑电路的连接和驱动	215
题目四 六十进制计数器的设计	186	附录 C 集成逻辑门电路新、旧图形	
题目五 可编程彩灯控制器的设计	187	符号对照	218
题目六 乒乓球游戏机的设计与		附录 D 集成触发器新、旧图形符号	
实现	188	对照	220
第六章 手工焊接技术简介	189	附录 E 常用数字集成电路型号及	
6.1 锡焊原理	189	引脚图	222
6.2 焊接工具和材料	190	附录 F 综合实验的设计报告	228
6.3 手工焊接的基本技能	195	参考文献	233

第一章

电子技术综合设计概述

电子技术综合设计是电气信息类及其他相近专业的学生在完成模拟电子技术基础和数字电子技术基础这两门课程学习之后集中进行的实验、实践环节。电子技术综合设计题目全部为综合性、设计性的题目,学生需在教师指导下,独立完成某一题目的系统设计、安装和调试工作的全过程。通过电子技术综合设计培养学生具备一定专业技术能力和综合运用所学知识的能力,使之具有理论联系实际、独立分析和解决实际问题的能力。

1.1 电子技术综合设计课程

一、电子技术综合设计的基本要求

(1) 能够根据设计任务和指标要求,综合运用电子技术课程中所学到的理论知识与实践技能独立完成一个设计课题。

(2) 根据课题需要选择参考书籍,查阅手册、图表等有关文献资料。要求通过独立思考、深入钻研课程设计中遇到的问题,培养自行分析、解决问题的能力。

(3) 进一步熟悉常用电子器件的类型和特性,掌握合理选用元器件的原则。

(4) 学会电子电路的安装与调试技能,掌握常用仪器仪表的正确使用方法。利用“观察、判断、实验、再判断”的基本方法,解决实验中出现的問題。

(5) 学会撰写课程设计总结报告。

(6) 通过课程设计,逐步形成严肃认真、一丝不苟、实事求是的工作作风和科学态度,培养学生树立一定的生产观点、经济观点和全局观点。要求学生在设计过程中,坚持勤俭节约的原则,从现有条件出发,将损坏元器件的比率降到最小。

(7) 在课程设计过程中,要做到爱护公物、遵守纪律、团结协作、注意安全。

二、电子技术综合设计的一般步骤

电子技术综合设计是指在教师的指导下,学生依据事先提供的技术指标和功能,综合运用电子技术平台所提供的知识独立完成某一设计题目,达到综合训练的目的。一般在确定设计题目后,就可以按照以下几个阶段进行设计。

(1) 整体规划:从设计题目的任务、要求和条件出发,将整体设计分解为多个单元模块或者多个步骤,然后通过论证与选择,确定总体设计方案。

(2) 具体设计和调试:根据不同单元模块或不同步骤的功能,通过计算,查找可用器件,并辅以外围电路进行计算机辅助分析与设计,当各项指标满足设计要求时,搭接具体的硬件单元电路,再对硬件单元电路进行调试,如果满足不了设计要求和指标,则需要进行修改,直到调试结果满足了单元模块功能的设计要求和指标。

(3) 整合调试:将调试好的单元模块进行组合或者将不同步骤按顺序连接成系统,对整个系统按设计要求和指标进行分项调试,当满足了设计要求时,可以撰写设计报告,否则要进行局部修改,甚至推翻之前的所有方案和设计重新进行设计,直到系统指标达到设计要求。

(4) 撰写报告:设计报告是学生对电子技术设计全过程的系统总结,是对学生归纳技术资料、撰写报告以及对参数分析能力的训练。设计报告应该包括封面、目录、实验任务书、正文、附录和参考文献等几个部分。同时设计报告字迹要清楚、文理要通顺,数据要有理论分析、要实事求是,表格和电路图要用尺子画,曲线用坐标纸描绘。

1.2 电子技术综合设计过程

一个完整的电子系统的设计和制作是比较复杂的,一般包括电子电路系统的硬件电路设计,仿真分析,印刷电路设计,安装、调试和测试系统指标四个过程。下面分别介绍这四个过程的具体操作。

一、电子电路系统的硬件电路设计

1. 单元电路设计

首先,结合现有的条件将系统的原理方案框图具体化。系统原理框图只考虑从原理上如何实现任务要求,其中每一部分只是原理功能的描述,其实现方法是多种多样的。因此,要结合设计者的知识储备和现有的器件条件,将原理框图具体化。也就是说,确定用什么器件(通用集成电路、专用集成电路、PLD、单片机和 ARM 等)和电路(各种运算电路、比较电路、波形发生电路、编码器、译码器、数据选择器、计数器、寄存器、存储器、A/D、D/A 电路等)实现原理框图中的各

部分功能,为设计单元电路做准备。接着进行单元电路设计。根据方案要求,将任务要求和技术指标等进行分解和分配,明确对各单元电路的要求,详细拟订各单元电路的性能指标,并注意各单元电路的输入信号、输出信号和控制信号之间的关系与相互配合。电路设计的工作主要是选择或设计单元电路的结构形式,确定元器件的参数及型号等。在选择单元电路的结构形式时,首选的方法是从已学过的知识和文献资料中寻找合适的电路形式,修改部分元器件参数,这一般能满足要求。需要自己设计的电路一般是各功能单元之间的接口电路、保证集成电路正常工作的外围电路和不适合集成电路完成的功能电路(如高电压、大电流、大功率电路等)。有了电路的拓扑结构,就可以根据电路理论计算各元器件的参数,设计时,一般要选用 EDA(如 Multisim 仿真软件)工具对电路性能进行仿真分析。确定元器件参数后,经优化选择分析,选择元器件的型号。要注意的是,选择的元器件要留有一定的余量(通常要大于额定值的 1.5 倍),按电路的最坏条件选择。满足指标要求的电路、元器件等一般不只一个,应该进行分析比较,从性能、价格、体积、货源、器件间参数配合是否合理等方面综合考虑、择优选。各种单元电路的参考资料很多,有的可直接借用,有的略加改进即可应用,有的设计思想有启发性,对设计者有参考价值。

2. 总体电路原理图设计

总体电路原理图是准备元器件和进行 PCB(印刷电路板)设计、电路安装和调试的依据,是最重要的设计文件之一,必须正确、规范。画总体电路原理图有助于找出设计中存在的问题,尤其是各单元之间的连接问题。画原理图时要注意合理布局,排列均匀,横平竖直,连线清晰。原理图设计完成之后要进行一次认真、全面的审核。因为在设计过程中有些问题难免考虑不周,甚至出错,且在设计时对各单元电路实现的功能考虑较多,前后电路的配合可能放在次要的位置。审核的主要内容如下:① 级与级之间的电气性能是否匹配,如阻抗、线性范围、负载能力和电平;② 各信号之间的时序是否能配合,尤其对时序电路,各信号之间有确定的时序关系;如时序配合不符,系统将无法正常工作;③ 信号耦合方式是否合理,如采用阻容耦合、直接耦合、光电耦合和变压器耦合等。

二、电子电路系统的仿真分析

对于复杂的电子电路系统,为提高设计效率,通常在设计 PCB(印刷电路板)之前要进行仿真分析。通过仿真分析,一方面可验证设计原理的可行性,另一方面可以通过修改电路的结构和元器件参数使得设计的电路更加合理。仿真分析时,先分析单元电路,待单元电路的各项指标符合设计要求时,再对整体电路进行仿真分析。一般都要经过仿真、观察结果和调整元件参数的反复过程。

1. 单元电路的仿真分析

在进行单元电路分析时,可按照一定的规则(如对于数据采集系统可按照信号的流向分为输入模块、信号处理模块和输出模块)将系统分成若干模块单元,分别进行单元电路的仿真分析,待全部单元电路信号仿真结束以后,将单元电路进行封装,封装时要注意各模块单元之间的信号连接并加以适当地注解,防止电路结构复杂以后,在总体电路设计时,模块之间的连线产生混淆。

2. 总体电路的仿真分析

在进行总体电路仿真时,将封装好的单元模块连接成整体电路,再加上电源、信号源以及显示模块。按设计要求,设定电源的数值,信号源的幅值、频率、相位等参数,启动仿真分析,观察输出结果,若不符合设计要求,通过调整电源和信号源参数,看输出结果是否满足要求,有时要通过调整单元模块电路的结构和参数,才能达到设计要求。在电路仿真时,改变电路的结构和元器件参数都非常方便。

3. 仿真时应注意的问题

(1) 为提高仿真分析的效率,对于有的 EDA 软件(如 Multisim)仿真时,首先选用虚拟元器件模型创建电路,然后进行仿真分析。因为虚拟元器件的参数调整方便,使设计的电路很容易满足设计要求,然后再用实际元器件模型创建电路,最后将两者仿真分析的结果进行比较,以便设计出合理的电路结构和元器件参数。

(2) 在进行仿真分析时,要考虑最坏情况(如温度的变化对放大电路性能的影响,信号频率的改变对放大倍数的影响,数字电路的竞争冒险现象等)来选择电路结构和元器件,并观察和分析仿真结果。要充分利用仿真软件提供的虚拟仪器、各种仿真分析方法以及元器件的故障诊断工具,对设计的电路做充分的仿真分析,并和理论分析的结果相比较,若存在较大差异,要设法找出原因,及时加以解决,不遗留问题。因为仿真分析是对理论分析的验证,是实际设计的指导依据。

三、电子电路系统的印刷电路设计

对于电子电路系统来说,印刷电路板设计是不可缺少的环节。产品质量的好坏,除了与元器件质量及电路结构有关外,印刷电路板设计是否合理也是一个关键因素。随着电子技术的发展,印刷电路板上的元器件布局和走线的密度越来越高,对印刷电路板设计的要求也越来越高。因此,在进行印刷电路板设计时必须遵守设计的一般原则,考虑散热、电磁兼容性、抗干扰等因素,合理布局,正确走线,便于生产中的安装、调试与检修。设计时应注意以下问题。

(1) 印刷电路板的尺寸要合适。除了受外壳大小限制,它也受其他因素影响,如尺寸过大时,印刷导线长,阻抗增加,抗噪声能力下降,成本增加;尺寸过小则元件布局过密,散热性能不好,且相邻的线条易受干扰。

(2) 元器件布局的一般原则。元器件应尽量均匀、整齐、紧凑地排列在印刷电路板上。每个元器件引出端应有单独的焊盘,不允许两个元器件引出端共用一个焊盘。元器件不允许交叉和重叠安装。应尽量使元器件平行排列。

(3) 特殊元器件布局。印刷电路板与外界的连接器件应安装在边缘适当位置上,以便于与外界连线的走线,相关联的引出线端不要距离太远,且进出线端尽可能集中在 1 至 2 个侧面,不要过于分散。

(4) 布线设计基本原则。单面板中不允许有交叉电路,对于可能交叉的线条,可以用“钻”(即引线从元件引脚间的空隙处“钻”过去)、“绕”(即从可能交叉的引线的一端“绕”过去)两种办法解决。有些线路实在无法连接时,可以采用跨接线来连接,但应尽量少用。印刷导线要尽可

能短,导线的折弯应成圆角以免影响电气性能。双面板布线时,两面导线宜相互垂直、斜交和弯曲走线,避免相互平行,以减小寄生耦合。电路输入及输出用的印刷导线应尽量避免相互平行,这些导线间最好加接地线。

四、安装、调试和测试系统指标

1. 安装电路

当电子电路系统比较复杂时,系统电路使用的集成电路和元器件多,连线复杂,在安装电路前,应检查元器件,包括型号、种类、数量等,对关键的元器件要进行测试验证;在安装元器件时,要注意器件的引脚排列,不能接错,否则会损坏器件,并增加排除故障的难度,浪费时间。元器件在安装完毕后,一般不要急于通电调试,应从安装质量角度进行外观检查,从人身安全和设备安全角度进行安全检查。外观检查主要检查元器件的安装情况,如元器件的型号规格与电路中标出的是否一致,电解电容的极性是否接错等。

2. 电路的调试和测试

电路的调试按模块进行,若电路中含有电源模块,首先要调试电源模块,看电源模块的工作是否正常,包括电源的极性、电源的幅值等是否符合要求,在电源模块正常的情况下,再调试其他模块。其他模块的调试顺序一般按信号的流向逐个进行,逐步扩大调试范围,将前面调试过的模块输出信号作为后一级模块的输入信号,为最后的整体调试创造条件。

电子电路系统的调试步骤大致如下。

(1) 通电观察。印刷电路板安装完元器件后,在确认电路接上电源后不会有异常的大电流产生后,再将电源接入电路。通电后不要急于测量电气指标,而要观察电路有无异常现象,如有无冒烟现象、有无异常气味;手摸集成电路外封装,是否发热、发烫等。如果出现异常现象,应立即关掉电源,待故障排除后再通电。电路通电后,以电源地为基准,测量各路电源电压和主要元器件的电源电压,以确保各元器件在正常电源电压下工作,同时测量各器件地引脚的电位,保证电位为零。

(2) 静态调试。静态调试一般是指在不加输入信号(或只加固定的电平信号)的条件下进行的直流测试和直流工作点的调整过程。可用万用表测量电路中各点的电位,通过和理论估算值进行比较,结合电路原理的分析以及仿真结果,判断电路的直流工作状态是否正常,及时发现电路中已损坏或处于临界状态的元器件。通过更换器件或调整电路参数,使电路的直流工作状态满足要求。

(3) 动态调试。动态调试是在静态调试的基础上进行的,在电路的输入端加入合适的信号,按信号的流向,顺序检测各测试点的输出信号,若发现不正常现象,应分析其原因并排除故障,再进行调试,直到满足要求。

(4) 分块调试完成后,接好各功能模块之间的接口电路,就可进行总体电路的总调。总调主要对电路的性能指标进行测试和调整,若不符合设计要求,应仔细分析其原因,找出相应的单元进行调整。对有把握不需调试的电路或不适合分块调试的电路,可直接进行总体调试。电路调试时经常遇到电路通电后没有正常输出的情况,这时不要紧张,要冷静分析(如接触不良、元器

件参数不合理、原理图本身有误等),尽快找到故障原因。为了能尽快找到故障位置,必须熟悉整个电路、各功能模块和有关单元电路的结构、工作原理和器件特性,清楚电路中各测试点测量值的正常范围。通过比较实测值和正常值,可找出故障的大致位置。总的思路是通过有限的观察、测量和分析,尽快将故障缩小到某一功能单元,使故障原因的分析、查找变得简单。常用的查找故障的步骤如下。

① 检查供电系统。特别是在电路不工作、测量不到测试点电位时,除了查电路系统的电源进线外,对关键元器件及集成电路的电源和地也要进行测量,以确保电路中主要元器件在正常的电源电压下工作。

② 确定故障模块。将总电路分成几个可测量的功能模块,静态时可用万用表检查各功能模块的输入和输出,并与正常值做对照。若某个模块的输出有异常,断开负载测量仍不正常,则可认为该模块有问题。做动态检查时可用示波器,依信号流向,逐级观察各模块的输出是否在正常的范围内,找出异常输出后,也要断开负载再测量一次,以判断故障是来自负载的影响,还是模块本身的问题。

③ 检查模块的内部故障。对确定有故障的模块做内部检查,方法与上述方法类似,即逐级观察各单元电路的输入输出,将故障范围进一步缩小到功能单元电路,可通过更换功能单元块排除故障。如果需要把故障定位到元器件级(如电阻、电容、电感和晶体管等),可通过对单元电路各部分电位和波形的测量分析实现。对有反馈回路的电路,查找故障时可将反馈回路断开,使电路成为开环状态;然后利用上面的方法查找并排除故障,当开环电路调试好后再连接反馈回路。

综上所述,电子系统的设计和制作是一个复杂繁琐的过程,由于受课程学时和设备条件的限制,本教材主要介绍数字系统的计算机辅助分析与设计,即借助 EDA 仿真平台进行数字系统的设计和测试。

1.3 EDA 技术简介

一、EDA 技术的内涵

EDA(Electronics Design Automation)即电子设计自动化。现代电子系统设计依靠手工已经无法满足设计要求,设计工作需要计算机上采用 EDA 技术完成。EDA 技术以计算机硬件和系统软件为基本工作平台,采用 EDA 通用支撑软件和应用软件包,在计算机上帮助电子设计工程师完成电路的功能设计、逻辑设计、性能分析、时序测试直至 PCB(印刷电路板)的自动设计等。在 EDA 软件的支持下,设计者完成对系统功能的描述,由计算机软件进行处理得到设计结果。利用 EDA 设计工具,设计者可以预知设计结果,减少设计的盲目性,极大地提高设计的效率。

EDA 通用支撑软件和应用软件包涉及电路与系统、数据库、图形学、图论和拓扑逻辑、计算

数学、优化理论等多学科,EDA 软件的技术指标包括自动化程度、功能完善度、运行速度、操作界面、数据开放性和互换性(不同厂商的 EDA 软件可相互兼容)等。

EDA 技术可涵盖电子电路设计的各个领域:即从低频电路到高频电路、从线性电路到非线性电路、从模拟电路到数字电路、从分立电路到集成电路的全部过程。

二、EDA 技术的发展历程

电子设计自动化在不同的时期有着不同的内容。在 20 世纪 70 年代表现为计算机辅助设计(CAD:Computer Aided Design),即将电子设计中涉及的许多计算采用计算机程序实现。在 20 世纪 80 年代表现为计算机辅助工程(CAE:Computer Aided Engineering),主要体现在一些绘图软件的出现,减轻了设计人员的劳动。从 20 世纪 80 年代末开始,设计复杂程度越来越高。EDA 可以直接根据设计要求,以自顶向下的方式设计,并相应地完成系统描述、仿真、集成和验证等环节,直到最后生成所需要的器件。在以上过程中,除系统级设计和行为级描述及对功能的描述以外均可由计算机自动完成。也就是说,设计人员借助开发软件,可以将设计过程中的许多细节问题抛开,而将注意力集中在产品的总体开发上。这样大大减轻了工作人员的工作量,提高了设计效率,减少了以往复杂的工作,缩短了开发周期,实现了真正意义上的电子设计自动化。这个变化是伴随着片上系统的设计出现的,因此有人将 EDA 转向片上系统看作是一次关于系统设计的革命。

1.4 数字系统概述

一、数字系统的基本概念

数字电子技术基础中介绍的编码器、译码器、数据选择器、加法器、计数器、寄存器等电路,都只能实现某种单一的特定的功能,因此称为功能部件级电路。由若干这样的数字电路和逻辑部件构成的,按一定顺序处理和传输数字信号的设备,称为数字系统。电子计算机、数码照相机等就是常见的数字系统。数字系统从结构上可以划分为控制单元和数据处理单元两部分,如图 1.4.1 所示。

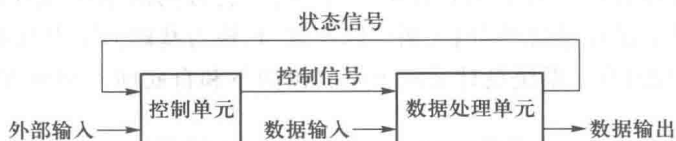


图 1.4.1 数字系统框图

控制单元根据外部输入信号及数据处理单元提供的状态信号,决定下一步要完成的操作,并向数据处理单元发出控制信号以控制其完成该操作。通常以是否有控制单元作为区别功能部件和数字系统的标志,凡是包含控制单元且能按顺序进行操作的系统,不论规模大小,一律称为数

字系统。

数据处理单元接收控制单元发来的控制信号,对输入的数据进行算术运算、逻辑运算、移位操作等处理,然后输出数据,并将处理过程中产生的状态信号反馈到控制单元。数据处理单元也称为数据通路。

二、数字系统设计的一般方法

数字系统设计时,首要任务是明确系统设计的目标,根据设计任务选择和论证方案。总体方案确定后,就可以进行具体设计。一般数字系统有自顶向下、自底向上以及两者相结合的设计方法。

自顶向下的方法是按“系统—子系统—功能模块—单元电路—元器件—印制版图”的流程,即按照由大到小、由粗到细的思路进行设计的。设计时从系统级开始,根据任务和系统指标要求,将系统划分为若干规模适当、功能单一且相对独立的子系统。之后,独立设计每一个系统,确定具体的元器件,并绘制电路原理图和印制电路板图。

自顶向下的设计方法一般要遵循下列几个步骤。

1. 明确所要设计系统的功能,进行逻辑抽象

设计题目通常是比较简单的文字叙述,没有细节说明,设计者必须对题目消化、理解,逐步明确并抽象出系统要完成的逻辑功能。

2. 确定实现系统功能的总体方案,画出系统方框图

将系统要实现的复杂功能进行分解,分成若干子功能模块,并确定各功能模块的操作顺序和相互联系,画出系统的方框图。

3. 设计数据处理单元

明确数据处理单元的基本运算和操作,它们可以是算术和逻辑运算、数据的存储、变换和传送等。选用通用集成电路芯片实现其功能。

4. 设计控制单元

根据数据处理单元进行的操作及操作顺序,确定控制单元的逻辑功能。在绝大多数数字系统中,控制单元是同步时序电路。

自底向上的设计步骤与自顶向下的设计步骤正好相反,这是传统电子系统设计常采用的方法。在现代数字系统设计中一般采用自顶向下的方法,它可同时兼顾设计周期、系统性能和成本。自底向上的设计方法在系统的组装、调试以及以 IP 核为基础的超大规模片上系统设计中仍得以采用。因此,复杂的电子系统设计实际上是自顶向下和自底向上两种方法互相交织、反复多次的过程。

系统设计无论采用何种方法,都应遵循相应的原则。

(1) 确保每一级设计的正确性和合理性,技术指标应留有余地。

(2) 各子系统之间、模块之间,其功能上应尽量相对独立。

(3) 各层设计中遇到的问题应及时解决,不可以将问题传给下层。如果本层解决不了,必须将问题反馈到上层,在上层中解决。

(4) 软件、硬件协同设计,充分利用微控制器和可编程逻辑器件的可编程功能,在软件、硬件之间寻找平衡。

1.5 数字系统设计实例

在进行智力竞赛抢答比赛时,各参赛者考虑好后都想抢先回答,如果没有合适的设备,主持人将难以分辨出抢答者的先后顺序,为了使比赛能顺利进行,需要有一个能判断抢答者先后顺序的设备,称为智力竞赛抢答器。此处要求设计一个可容纳4个队参加比赛的四路抢答器。

一、明确系统的功能

通过分析题目,智力竞赛抢答器系统要完成的逻辑功能如下。

第一步:主持人预置每组100分。

第二步:主持人按准备按钮,宣布准备抢答并述题。

第三步:判断有无违章提前抢答者。如果有违章提前抢答者(选手抢答台红灯亮并发出声音),则宣布本题失败并做违章处理(如减分或口头警告),然后返回第二步。如果没有违章提前抢答者,则进行第四步。

第四步:主持人按开始抢答按钮,宣布开始抢答。

第五步:选手按自己的选手抢答台上所设的抢答按钮抢答。抢到答题权的选手抢答台上所设的绿灯发亮并发出声音,经主持人允许后答题。

第六步:主持人宣布选手得分,并按加10分按钮给选手加10分或者按减10分按钮给选手减10分。

第七步:转入第二步进行下一题,或宣布抢答活动结束。

二、确定系统的组成

系统应包括主持人控制台、选手抢答台、选手计分器三部分。主持人通过主持人控制台上所设按钮向选手抢答台和选手计分器发送抢答允许、加分、减分等信号;抢答选手通过选手抢答台上所设按钮发送抢答信号并封锁竞争对手的抢答器,同时向自己的计分器发出计分允许信号。

三、主持人控制台功能规划和电路设计

1. 功能规划

(1) 主持人控制台状态和所需器件

主持人控制台只有准备状态 S_0 和抢答开始状态 S_1 ,故只需一个状态触发器 FF_0 ;此外需要预置100分按钮(L)、准备抢答按钮(R)、开始抢答按钮(S)、加10分按钮(U)、减10分按钮(D)。

(2) 按钮功能规定和信号形式

L :同时将四个选手的计分器置成100分,选用带低电平有效预置端的计数器构成计分器,故信号形式为负脉冲。

R:将本台状态触发器 FF_0 复位到 S_0 状态,同时将四个选手抢答台置于初始状态,信号形式为负脉冲。

S:将本台状态触发器 FF_0 置位到 S_1 状态,再由 FF_0 向四个选手抢答台输出抢答允许信号,信号形式为正脉冲。

U:给竞答选手加 10 分,信号形式为正脉冲。

D:给竞答选手减 10 分,信号形式为正脉冲。

2. 电路设计

本题目使用 Multisim 软件中提供的元器件来实现。 FF_0 选用带低电平预置和清零的 D 触发器,将 D 端和 CP 端接地,作为 RS 触发器使用。如果没有按钮,也可以改用单刀双掷开关构成,每次操作必须连按两次才可模仿一个按钮。由此得出电路设计如图 1.5.1 所示。由于 FF_0 在上电仿真时会自动进入置位状态 S_1 ,故在电路中加入 0.1s 的延迟继电器使 FF_0 上电复位。

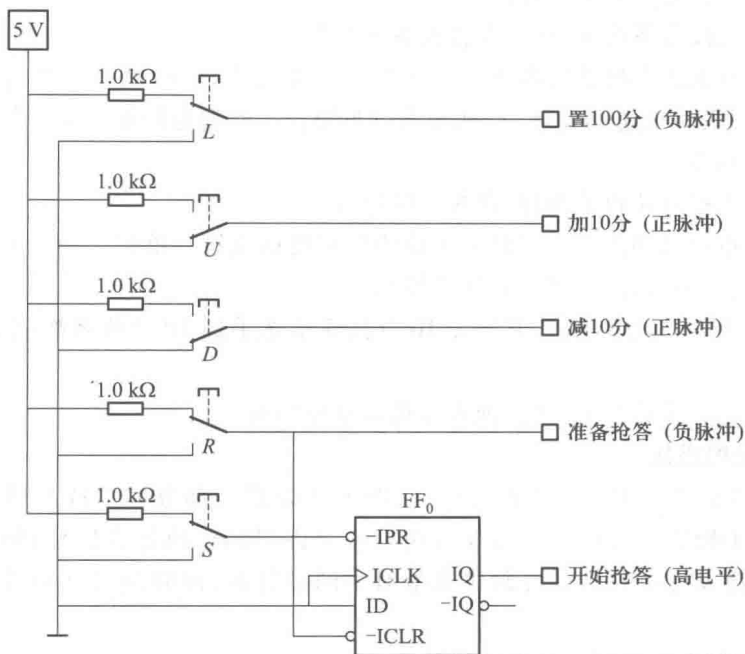


图 1.5.1 主持人控制台电路

四、选手抢答器功能规划和电路设计

1. 选手抢答器的输入和输出信号及其含意

(1) 选手抢答器输入信号应包括:① 主持人控制台送来的准备抢答信号,将选手抢答器复位到初始状态,设为 X_0 ;② 主持人控制台送来的开始抢答信号,允许竞答选手按抢答按钮,设为 X_1 ,1 有效;③ 其他选手抢答器送来的封锁信号,使本选手不能抢答,设其组合