



普通高等教育实验实训规划教材

电气信息类

电子技术 综合实验

李旭彦 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



电气信息类

电子技术 综合实验



主编
编写
主审

李旭彦
孙淑艳
艾永乐

董宏伟 张 青



中国电力出版社

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

内 容 提 要

本书共四部分, 主要包括电子技术综合设计概述、电子技术综合实验 Multisim 部分、电子技术综合实验 Quartus II 部分和电子技术综合实验 硬件设计部分。其中, 电子技术综合实验 Multisim 部分包括实验 11 个, 电子技术综合实验 Quartus II 部分包括实验 6 个。附录中介绍了 VHDL 语言的基础知识、常用数字集成芯片的型号及引脚图等。

本书适用于相关专业的在读本科生, 也可供成人教育学生和大专生使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术综合实验/李旭彦主编. —北京: 中国电力出版社, 2010

普通高等教育实验实训规划教材. 电气信息类

ISBN 978-7-5083-9862-4

I. ①电… II. ①李… 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 (2009) 第 226025 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 3 月第一版 2010 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 5.75 印张 131 千字

定价 9.80 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

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》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制定了普通高等教育实验实训规划教材。该规划教材强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。

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,所以是教学实践中不可缺少的环节。本着满足当代大学生的知识结构、综合能力、实践能力、科研能力、创新能力和工程运用能力等方面的需求,特编写了《电子技术综合实验》一书。

本书主要有以下特点:

(1) 软件仿真与硬件电路连接相结合,使学生能够完整的了解、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) 实例典型,实用性强。本书实验内容都是典型的 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。

参加本书编写工作的有孙淑艳(第一部分),李旭彦(第二部分、第三部分、附录 A),董宏伟、张青(第四部分、附录 B~附录 E)。全书由李旭彦担任主编,艾永乐担任本书的主审。本书的编写得到华北电力大学陈晓梅的帮助,本书实验中涉及部分电路和程序由刘二利进行仿真验证,在此,向他们表示感谢。

本书尚有许多待改进之处,敬请读者在使用本书的过程中将发现的错误及时指出,并将意见和建议反馈给我们。

编者

2009 年 11 月

目 录

前言

第一部分 电子技术综合设计概述	1
一、EDA 技术简介	1
二、电路系统综合设计基础知识	1
第二部分 电子技术综合实验 Multisim 部分	6
实验一 移位寄存器型彩灯控制器	6
实验二 智力竞赛抢答器 (仿真)	9
实验三 电子拔河游戏机	10
实验四 交通信号灯控制器	11
实验五 电子秒表	13
实验六 电子密码锁	14
实验七 数字电子钟 (仿真)	15
实验八 数字频率计	17
实验九 用运算放大器组成的万用表	19
实验十 温度监测及控制电路	22
实验十一 随机存取存储器 2114A 及其应用	25
第三部分 电子技术综合实验 Quartus II 部分	29
实验一 3—8 译码器	29
实验二 七段 LED 显示 8421BCD 码	30
实验三 4 位串行全加器	32
实验四 60 进制计数器	33
实验五 可编程彩灯控制器	34
实验六 乒乓球游戏机	35
第四部分 电子技术综合实验 硬件设计部分	36
实验一 面包板的使用	36
实验二 数字电子钟的设计、安装与调试	38
实验三 智力竞赛抢答器设计、安装与调试	41
附录	43
附录 A VHDL 语言简介	43
附录 B 逻辑元件新、旧图形符号对照	76
附录 C 集成触发器新、旧图形符号对照	77
附录 D 常用数字集成电路型号及引脚图	78
附录 E 综合实验报告格式	81
参考文献	83

第一部分 电子技术综合设计概述

一、EDA 技术简介

1. EDA 技术的内涵

EDA (Electronics Design Automation) 即电子设计自动化。现在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、时序测试直至印制电路板 (PCB) 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 通过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 技术的技术指标有自动化程度,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 技术包括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。

2. 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),即将电子设计中涉及的许多计算用计算机程序实现。在 20 世纪 80 年代表现为计算机辅助工程 (CAE),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,以自顶至底的方式设计,并相应的完成系统描述、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。

二、电路系统综合设计基础知识

(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) 根据课题需要选学参考书籍,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,培养自己分析、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,掌握合理选用的原则。

(4) 学会电子电路的安装与调试技能,掌握常用仪器设备的正确使用方法。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，力争少损坏元件。

(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) 系统综合设计的一般方法

电子系统设计时，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。一般电子系统有自顶向下、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。在现代电子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。但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。

以下将从电子电路系统的硬件电路设计，仿真分析，印制电路设计，安装、调试和测试系统指标这四个部分分别进行详细介绍。

1. 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 和单片机等）和电路（各种运算电路、比较电路、波形发生电路、VCD、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。其次进行单元电路设计。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 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级间电气性能是否匹配,如阻抗、线性范围、负载能力和电平;②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,当时序配合不符时,系统将无法正常工作;③信号耦合方式是否合理,如阻容耦合、直接耦合、光电耦合和变压器耦合等。

2. 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 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。一般都是经过仿真、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的注解,防止电路复杂以后,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,设定电源的大小,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,好在仿真时,改变电路的结构和元器件参数都非常方便。总之,电路在仿真分析时必须达到设计要求,否则设计出的实际电路肯定有问题。

(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,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,然后用实际元器件模型创建电路,最后将两者的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。

3. 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,便于在生产中的安装、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,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,散热性能不好且临近线条易受干扰。

(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1~2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邻平行,这些导线间最好加接地线。

4. 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,因此,在安装电路前,应检查元器件,包括数量、种类、型号等,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,否则会使器件损坏,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) 调试和测试系统指标。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,为最后的统调创造条件。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,等开环电路调试好后再连接反馈回路。

第二部分 电子技术综合实验 Multisim 部分

实验一 移位寄存器型彩灯控制器

彩灯控制器可以自动控制多路彩灯按不同的节拍循环显示各种灯光变换花型，它广泛用于大型灯会、舞台灯光控制、体育馆灯光控制以及节假日灯光装饰中。实现彩灯控制的方法很多，如用可编程器件、单片机、纯硬件电路等。当彩灯路数较少且花型变换较为简单时，可采用移位寄存器进行控制。

一、设计任务与要求

(1) 要求采用移位寄存器设计一个彩灯控制器。

(2) 要求三种变换花型。

以某种节拍按一定规律改变彩灯的输入电平值，控制彩灯的亮与灭，按预定规律显示一定的花型。

花型 1：8 路彩灯从左至右顺次渐亮，全亮后逆序渐灭；循环两次。

花型 2：8 路彩灯从中间到两边对称地逐次渐亮，全亮后仍由中间到两边逐次渐灭；循环两次。

花型 3：8 路彩灯分两半，从左至右顺次渐亮，全亮后则灭，循环三次。

花型真值表见表 2-1。

表 2-1

花 型 真 值 表

节拍顺序	编码 QA QB QC QD QE QF QG QH							
	花型 1	花型 2	花型 3					
0	00000000	00000000	00000000					
1	10000000	00011000	10001000					
2	11000000	00111100	11001100					
3	11100000	01111110	11101110					
4	11110000	11111111	11111111					
5	11111000	11100111						
6	11111100	11000011						
7	11111110	10000001						
8	11111111							
9	11111110							
10	11111100							
11	11111000							
12	11110000							
13	11100000							
14	11000000							
15	10000000							

当然三种花型也可以与上述相反, 即:

花型 1: 8 路彩灯从右至左顺次渐亮, 全亮后逆序渐灭; 循环两次。

花型 2: 8 路彩灯从两边到中间对称地逐次渐亮, 全亮后仍由两边到中间逐次渐灭; 循环两次。

花型 3: 8 路彩灯分两半, 从右至左顺次渐亮, 全亮后则灭, 循环三次。

(3) 三种花型先以慢节拍显示一遍, 再以快节拍显示一遍, 构成一次大循环, 然后重复。当然也可以相反。

二、总体方案设计

1. 原理框图

彩灯控制器以某种节拍按一定规律改变彩灯的输入电平值, 控制彩灯的亮与灭, 按预定规律显示一定的花型。因此彩灯控制器需要一个能够按一定规律输出不同高低电平编码信号的编码发生器, 同时还需要编码发生器所要求的时序信号和控制信号。由于实际应用场合所带彩灯可能是功率较大的白炽灯或其他, 因此还需要一定的驱动电路, 实验中因采用发光二极管或指示灯, 故可省略驱动电路。彩灯控制器的原理框图如图 2-1 所示。

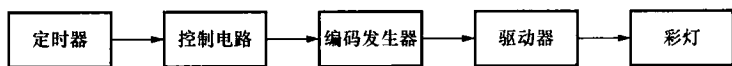


图 2-1 彩灯控制器原理框图

2. 设计思路

(1) 节拍控制电路。三种花型循环一次需要 $16 \times 2 + 8 \times 2 + 5 \times 3 = 63$ 个节拍, 再加上清“0”一拍, 共 64 拍。三种花型若先以慢节拍显示一遍, 再以快节拍显示一遍, 这样构成一次大循环共需 128 节拍。如图 2-2 所示。

CP_L (慢) 的 1~32 节拍显示花型 1, 其中 1~8 节拍移位寄存器右移 8 位, 9~16 节拍移位寄存器左移 8 位, 17~32 节拍重复 1~16 节拍内容。 CP_L (慢) 的 33~48 节拍显示花型 2, 其中 33~40 节拍移位寄存器 1 左移, 移位寄存器 2 右移, 41~48 节拍重复 33~40 节拍内容。 CP_L (慢) 的 49~63 节拍显示花型 3, 其中 49~53 节拍 2 个移位寄存器右移, 54~58、59~63 节拍重复 49~53 节拍内容。 CP_L (慢) 的 64 节拍总清“0”。 CP_H (快) 的 64 节拍与慢节拍显示相同。因此, 节拍控制电路需要产生 8、16、32、64、128 拍的节拍控制信号。节拍控制信号电路框图如图 2-3 所示, 节拍控制信号时序图如图 2-4 所示。



图 2-2 快慢节拍的时钟电路框图

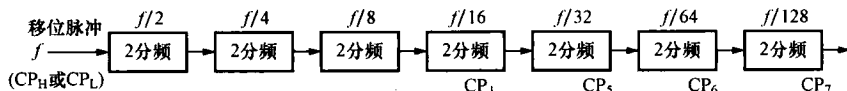


图 2-3 节拍控制信号电路框图

$CP_7=0$ 时, 移位脉冲 CP 为慢节拍 CP_L ; $CP_7=1$ 时, CP 为快节拍 CP_H 。所以能够选择快慢节拍的移位脉冲 CP 的表达式为

$$CP = \overline{CP_7} \cdot CP_L + CP_7 \cdot CP_H$$

实验二 智力竞赛抢答器（仿真）

在进行智力竞赛抢答题比赛时，各参赛者考虑好后都想抢先回答，如果没有合适的设备，主持人难以分清抢答者的先后。为了使比赛能顺利进行，需要有一个能判断抢答者先后的设备，称其为智力竞赛抢答器。

一、设计任务与要求

(1) 设计制作一个可容纳六组参赛队的智力竞赛抢答器，每组设置一个抢答按钮供抢答者使用。设置一个“系统复位”或“抢答准备命令”按钮和一个“抢答开始命令”按钮供主持人使用。

(2) 电路具有第一抢答信号的鉴别和锁存功能。在主持人将系统复位并发出“抢答开始命令”后，若参赛者按下抢答按钮，就显示最先抢答者的组号，指示抢答有效，并以声音警示。若系统复位但未发“抢答开始命令”，参赛者就按下抢答按钮，也显示抢答者的组号，但指示抢答无效，并以声音警示。要求确定第一个输入的抢答信号，并保持该信号不变，同时使后输入的信号无效。

(3) 在发出“抢答开始命令”后开始计时，经过规定的抢答时间后若没有人抢答，就发出“抢答时间到”信号，以声光警示，并锁定输入电路使各路抢答信号无法再输入。

(4) 设置计分电路，开始时每组预置为 100 分或其他，答对一次加 10 分，答错一次减 10 分。

二、总体方案设计

(1) 本题的根本任务是准确判断出第一抢答者的信号并将其锁存。实现这一功能可用触发器或锁存器等。在得到第一抢答信号之后应立即将电路的输入封锁，使其他组的抢答信号无效。同时还必须注意，第一抢答信号应该在主持人发出“抢答开始命令”后才有效，否则无效。

(2) 当电路形成第一抢答信号之后，用编码、译码及数码显示电路显示出抢答者的组号，也可用发光二极管直接指示出组号。还可用鉴别出的第一抢答信号控制音频振荡器工作，给以警示。

(3) 计分电路可采用 2 位七段数码管显示，由于每次都是加或减 10 分，故个位总保持为 0，只要十位和百位作加减计数即可，可采用两级十进制加/减计数器完成。

三、课程设计（综合实验）报告要求（格式见附录 E）

(1) 目的与要求：根据设计任务与要求进行填写。

(2) 正文：简单叙述设计过程（包括原理、方案）；画出完整的电路原理图，并简述各部分的功能。

(3) 总结与结论：写出设计和调试过程中出现的问题及解决方法；简述心得体会。

实验三 电子拔河游戏机

一、设计任务与要求

电子拔河游戏机是一种能容纳甲乙双方参赛或甲乙双方加裁判的三人游戏电路。由一排发光二极管(LED)表示拔河的“电子绳”。由甲、乙二人通过按钮开关使发光的LED向自己一方的终点移动,当亮点移到任何一方的终点时,则该方获胜,连续比赛多局以定胜负。

(1) 由裁判下达比赛开始命令后,甲乙双方才能输入信号,否则,由于电路具有自锁功能,使输入信号无效。

(2) 电子绳至少由16个LED构成,裁判下达“比赛开始”命令后,位于电子绳中点的LED发亮。甲、乙二人通过按钮开关使发光的LED向自己一方的终点移动,并阻止其向对方延伸。当点亮的LED到达某一方的终点时,该方获胜。此时通过自锁功能锁定电路,使输入不再有效,必须由裁判再次发出“比赛开始”命令时方能开始下一次比赛。

(3) 某方赢一次,由计分电路自动给该方加分一次,通过多次比赛以定胜负。

二、总体方案设计

电子拔河游戏机原理框图如图2-6所示。

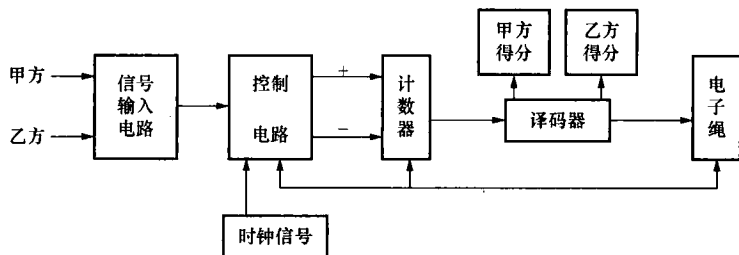


图 2-6 电子拔河游戏机原理框图

信号输入电路与控制电路的设计,要求甲乙的输入互相控制,即在有效时间里若甲先输入则甲有效,乙先输入则乙有效。由两端输出,无效端保持不变,有效端输出一脉冲进入计数器的加/减脉冲输入端,其进入方向则由参赛双方输入的按键信号决定。

计数电路由加减计数器构成,加减两端分别接控制门的两个输出端,若当甲有效时,就进行加计数,乙有效时则减计数。

译码器的输入接计数器的输出,输出接电子绳,根据加、减计数情况决定电子绳的亮灯向上移动还是向下移动。

计分器的设计,当最上面的灯亮的时候,给甲加一分,最下面的灯亮的时候,给乙加一分。并能对多次比赛计分,最后计算总成绩。当最上或最下的灯亮的时候,电路被锁定,使输入不再有效,当裁判清零以后方能进行下一次比赛。

三、课程设计(综合实验)报告要求(格式见附录 E)

(1) 目的与要求:根据设计任务与要求进行填写。

(2) 正文:简单叙述设计过程(包括原理、方案);画出完整的电路原理图,并简述各部分的功能。

(3) 总结与结论:写出设计和调试过程中出现的问题及解决方法;简述心得体会。

实验四 交通信号灯控制器

在经济飞速发展的今天,城乡交通自动指挥越来越显得重要,为了确保行人和各种车辆运行安全,保证正常的交通秩序,应对十字路口的红绿灯进行自动控制。实现红绿灯的自动指挥是城市管理自动化的重要课题。

一、设计任务与要求

交通信号灯示意图如图 2-7 所示。

在一个主、支干道均有传感器的十字路口,设计一个交通灯自动控制装置。红灯(R)亮表示该条道路禁止通行,黄灯(Y)亮作为过渡,以使行驶中的车辆有时间停到禁止线以外,绿灯(G)亮表示该条道路允许通行。具体要求如下:

- (1) 主、支道均无车,主道绿灯,支道红灯。
- (2) 主、支道一方有车,一方无车,有车方通行。
- (3) 主、支干道均有车时,两者交替通行,并要求主干道每次最多放行 30s,支干道每次最多放行 20s;采用传感器分别监测主、支干道是否有车,有车时向主控制器发出信号,实验中用逻辑开关代替。
- (4) 每次绿灯变红灯时,要求黄灯先亮 5s,此时原红灯不变。
- (5) 设计 5、20、30s 计时的译码显示电路,每秒改变一次显示数字,可以采用正计时,也可倒计时。
- (6) 当任意一条路上出现特殊情况,如消防车、救护车或其他需要优先放行的车辆时,各方向上均为红灯,计时停止。当特殊运行状态结束后,控制器恢复原来状态,继续正常运行。用逻辑开关模拟有无特殊情况。

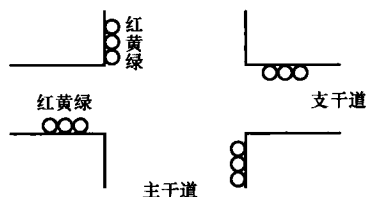


图 2-7 交通信号灯示意图

二、总体方案设计

(1) 交通灯自动控制系统原理框图如图 2-8 所示。

采用传感器分别监测主、支干道是否有车,有车时向主控制器发出信号,实验中用逻辑开关代替。

时钟信号发生器产生稳定的“秒”脉冲($f=1\text{Hz}$)信号,确保整个电路装置同步工作和实现定时控制。

计时器按设计要求记录“秒”脉冲个数完成计时任务,并向主控制器发出相应的定时信号以控制各干道通车时间和黄灯亮时间。

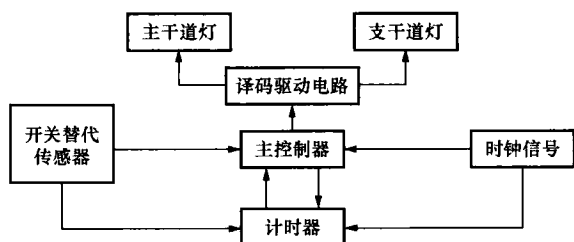


图 2-8 交通灯自动控制系统原理框图

主控制器根据传感器和计时器送来的信号,保持或改变电路的状态,以实现各干道车辆运行状态的控制。

按照主控制器所处的状态进行译码,再驱动相应的信号灯,指挥各干道的行人和车辆。

(2) 交通灯控制的状态设计。交通灯

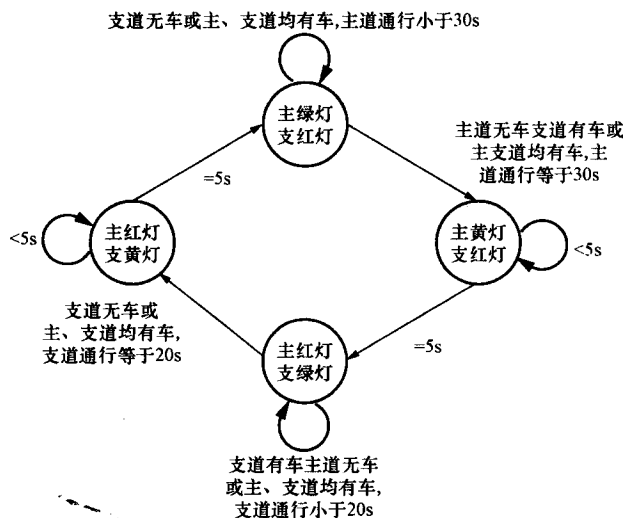


图 2-9 交通灯控制的状态转换图

控制的状态转换图如图 2-9 所示, 状态转换表见表 2-3。

表 2-3 交通灯状态转换表

状 态	主干道	支干道
状态 1 (S0)	绿	红
状态 2 (S1)	黄	红
状态 3 (S2)	红	绿
状态 4 (S3)	红	黄

三、课程设计(综合实验)报告要求(格式见附录 E)

- (1) 目的与要求: 根据设计任务与要求进行填写。
- (2) 正文: 简单叙述设计过程(包括原理、方案); 画出完整的电路原理图, 并简述各部分的功能。
- (3) 总结与结论: 写出设计和调试过程中出现的问题及解决方法; 简述心得体会。