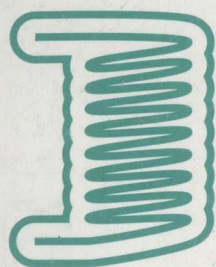
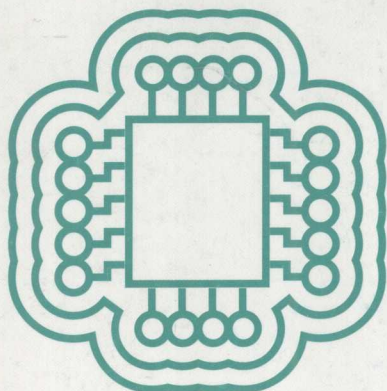


全国大学生电子设计竞赛
系列教材 第3分册

高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



2

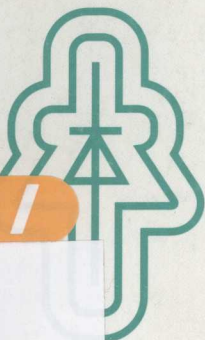
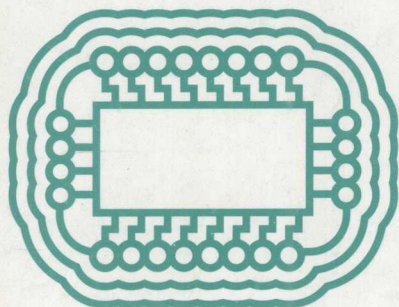


9

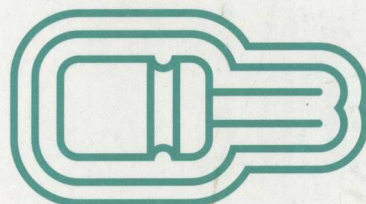
1



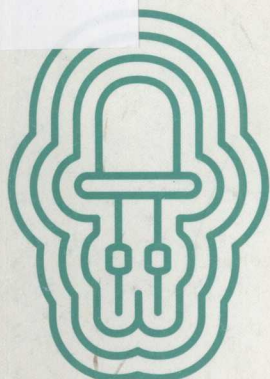
7



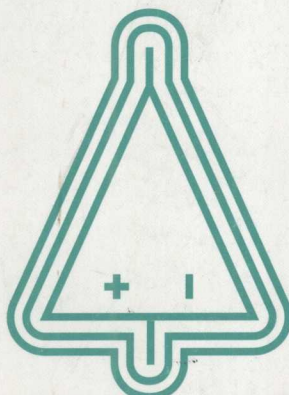
5



4



6



设计

Design

数字系统与 自动控制系统

主编 高吉祥 主审 傅丰林

Shuzi Xitong yu Zidong Kongzhi
Xitong Sheji

全国大学生电子设计竞赛
系列教材

第3分册

 高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

013059387

设计

数字系统与 自动控制系统

Design

主编 高吉祥 主审 傅丰林
编者 宋庆恒 关永峰 张仁民
杨恒玲 丁文霞



TP271
130



北航 C1666096

TP271
130

内容简介

全国大学生电子设计竞赛系列教材是针对全国大学生电子设计竞赛的特点和需要,为高等学校电子信息类、自动化类、电气类及计算机类专业学生编著的培训教材。本书为本系列教材的第3分册。全书共分2章。第1章为数字系统设计。主要介绍了数字系统的基本概念、设计方法、描述方法、安装与调测以及多路数据采集电路设计、数字化语音存储与回放系统、数据采集与传输系统设计。第2章为自动控制系统设计,主要介绍了自动控制系统设计基础以及水温控制系统设计、简易智能电动车、自动往返小车、液体点滴速度监控装置、悬挂运动控制系统、电动车跷跷板、声音引导系统、模拟路灯控制系统、基于自由摆的平板控制系统、智能小车、帆板控制系统等历届控制类赛题的设计过程。本书搜集整理了历届关于自动控制系统及数字系统方面的设计试题,所举每个试题均有题目分析(或题目剖析)、方案论证及比较、理论分析与参数计算、软硬件设计、测试方法、测试结果及结果分析。

本书内容丰富实用,叙述简洁清晰,工程性强,可作为高等学校电子信息类、电气类、自动化类及计算机类专业的大学生参加全国大学生电子设计竞赛的培训教材,也可以作为各类电子制作、课程设计、毕业设计的教学参考书,以及电子工程技术人员进行电子设备设计与制作的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字系统与自动控制系统设计 / 高吉祥主编. -- 北京:高等教育出版社,2013.7

全国大学生电子设计竞赛系列教材

ISBN 978-7-04-037492-6

I. ①数… II. ①高… III. ①数字系统-系统设计-高等学校-教材②自动控制系统-系统设计-高等学校-教材 IV. ①TP271②TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 113010 号

策划编辑 欧阳舟
插图绘制 尹 莉

责任编辑 欧阳舟
责任校对 杨雪莲

封面设计 张申申
责任印制 尤 静

版式设计 余 杨

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 北京四季青印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 15.5
字 数 360 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.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2013 年 7 月第 1 版
印 次 2013 年 7 月第 1 次印刷
定 价 24.00 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 37492-00

前 言

全国大学生电子设计竞赛是由教育部高等教育司、工业和信息化部人事教育司共同主办的面向高校本、专科生的一项群众性科技活动,目的在于推动普通高等学校的电子信息类学科面向 21 世纪的课程体系和课程内容改革,引导高等学校在教学中培养大学生的创新意识、协作精神和理论联系实际的能力,加强学生工程实践能力的训练和培养。鼓励广大学生踊跃参加课外科技活动,把主要精力吸引到学习和能力培养上来,促进高等学校形成良好的学习风气。同时,也为优秀人才脱颖而出创造条件。

全国大学生电子设计竞赛自 1994 年至今已成功举办了十届,深受全国大学生的欢迎和喜爱,参赛学校、参赛队和参赛学生逐年递增。对参赛学生而言,电子设计竞赛和赛前系列培训,使他们获得了电子综合设计能力,巩固了所学知识,并培养他们用所学理论指导实践,团结一致,协同作战的综合素质;通过参加竞赛,参赛学生可以发现学习过程中的不足,找到努力的方向,为毕业后从事专业技术工作打下更好的基础,为将来就业做好准备。对指导教师而言,电子设计竞赛是新、奇、特设计思路的充分展示,更是各高校之间电子技术教学、科研水平的检验,通过参加竞赛,可以找到教学中的不足之处。对各高校而言,全国大学生电子设计竞赛现已成为高校评估不可缺少的项目之一,这种全国大赛是提高学校整体教学水平、改进教学的一种好方法。

全国大学生电子设计竞赛仅在单数年份举办,但近几年来,许多地区、省市在双数年份单独举办地区性或省内电子竞赛,还有许多学校甚至每年举办多次各种电子竞赛,其目的在于通过这类电子大赛,让更多的学生受益。

全国大学生电子设计竞赛组委会为了组织好这项赛事,2005 年曾编写了《全国大学生电子设计竞赛获奖作品选编(2005)》。我们在组委会的支持下,从 2007 年开始至今,编写了“全国大学生电子设计竞赛培训系列教程”(共 9 册),深受参赛学生和指导教师的欢迎和喜爱。

“全国大学生电子设计竞赛培训系列教程”(共 9 册)包括:①《电子技术基础实验与课程设计》;②《基本技能训练与单元电路设计》;③《模拟电子线路设计》;④《数字系统及自动控制系统设计》;⑤《高频电子线路设计》;⑥《电子仪器仪表设计》;⑦《2007 年全国大学生电子设计竞赛试题剖析》;⑧《2009 年全国大学生电子设计竞赛试题剖析》;⑨《2011 年全国大学生电子设计竞赛试题剖析》。

这一系列教程出版发行后,据不完全统计,被数百所高校用作为全国大学生电子设计竞赛及各类电子设计竞赛培训的主要教材或参考教材。读者纷纷来信来电表示这套教材写得很成功、很实用,同时也提出了许多宝贵意见。基于这种情况,从 2011 年开始,我们对此系列教程进行整编。新编著的 5 本系列教材包括:《基本技能训练与单元电路设计》、《模拟电子线路设计》、《数字系统与自动控制系统设计》、《高频电子线路设计》和《电子仪器仪表设计》。

《数字系统与自动控制系统设计》是新编系列教材的第3分册,全书共两章。第1章 数字系统设计,主要介绍了数字系统的基本概念、设计方法、描述方法、安装与调测以及多路数据采集电路设计(1994年全国大学生电子设计竞赛B题)、数字化语音存储与回放系统(1999年全国大学生电子设计竞赛E题)、数据采集与传输系统设计(2001年全国大学生电子设计竞赛E题)。第2章 自动控制系统设计,主要介绍了自动控制系统设计基础、水温控制系统设计(1997年全国大学生电子设计竞赛C题)、简易智能电动车(2003年全国大学生电子设计竞赛E题)、自动往返小车(2001年全国大学生电子设计竞赛C题)、液体点滴速度监控装置(2003年全国大学生电子设计竞赛F题)、悬挂运动控制系统(2005年全国大学生电子设计竞赛E题)、电动车跷跷板(2007年全国大学生电子设计竞赛F题)、声音引导系统(2009年全国大学生电子设计竞赛B题)、模拟路灯控制系统(2009年全国大学生电子设计竞赛I题)[高职高专组]、基于自由摆的平板控制系统(2011年全国大学生电子设计竞赛B题)、智能小车(2011年全国大学生电子设计竞赛C题)、帆板控制系统(2011年全国大学生电子设计竞赛F题)。本书搜集整理了历届关于自动控制系统及数字系统方面的设计试题,所举试题一般设有题目分析(或题目剖析)、方案论证、理论分析与参数计算、软硬件设计、测试方法、测试结果及结果分析,内容丰富精彩。

参加本书编写工作的有高吉祥、宋庆恒、丁文霞、关永峰、张仁民、杨恒玲等。本书由高吉祥主编,西安电子科技大学傅丰林教授在百忙之中对本书进行了审阅,中国工程院院士凌永顺,中国微电子学专家、东南大学王志功教授,北京理工大学罗伟雄教授,武汉大学赵茂泰教授等为本书出谋划策,提出许多宝贵意见,在此,表示衷心感谢。

由于时间仓促,本书在编写过程中难免存在疏漏和不足,欢迎广大读者和同行批评指正,在此表示衷心感谢。

编者

2013年5月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

图书在版编目(CIP)数据

数字系统与自动控制系统设计 / 高文斌主编

北京:高等教育出版社,2013.7

全国大学生电子设计竞赛系列教材

ISBN 978-7-04-037492-6

I. ①数… II. ①高… III. ①数字系统-系统设计

高等学校-教材②自动控制系统-系统设计-高等学校

教材 IV. ①TP271②TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第113010号

策划编辑 耿阳舟 责任编辑 耿阳舟 封面设计 宋 杨
插图绘制 尹 莉 责任校对 杨雪洁 责任印制 李 强

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	010-810-0596
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 站	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	北京西单印刷厂	网 址	http://www.landinc.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.landinc.com.cn
印 张	13.5	版 次	2013年7月第1版
字 数	360千字	印 次	2013年7月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	34.00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

010-810-0200



北航 C1666096

目 录

第 1 章 数字系统设计	1
1.1 数字系统设计基础	1
1.1.1 数字系统的基本概念	1
1.1.2 数字系统的设计方法	2
1.1.3 数字系统设计的描述 方法	3
1.1.4 数字系统的安装与调测	7
1.1.5 国产半导体集成电路型号 命名法	11
1.2 多路数据采集电路设计 (1994 年全国大学生电子设计 竞赛 B 题)	13
1.2.1 题目分析	14
1.2.2 方案论证	15
1.2.3 硬件设计	21
1.2.4 软件设计	21
1.2.5 测试结果及结果分析	23
1.3 数字化语音存储与回放系统 (1999 年全国大学生电子设计 竞赛 E 题)	26
1.3.1 题目分析	27
1.3.2 方案论证	28
1.3.3 硬件设计	36
1.3.4 软件设计	38
1.3.5 测试结果及结果分析	39
1.4 数据采集与传输系统设计 (2001 年全国大学生电子设计 竞赛 E 题)	40
1.4.1 题目分析	42
1.4.2 方案论证	42

1.4.3 硬件设计	51
1.4.4 软件设计	54
1.4.5 测试结果及结果分析	55
第 2 章 自动控制系统设计	58
2.1 自动控制系统设计基础	58
2.1.1 自动控制系统概述	58
2.1.2 传感器及其应用电路	58
2.1.3 电机与驱动电路	80
2.1.4 继电器电路	94
2.2 水温控制系统设计 (1997 年全国大学生电子设计 竞赛 C 题)	97
2.2.1 题目分析	98
2.2.2 方案论证	99
2.2.3 硬件设计	100
2.2.4 软件设计	105
2.2.5 测试结果及结果分析	107
2.3 简易智能电动车 (2003 年全国大学生电子设计 竞赛 E 题)	108
2.3.1 题目分析	109
2.3.2 方案论证	110
2.3.3 硬件设计	112
2.3.4 软件设计	117
2.3.5 测试结果及结果分析	118
2.4 自动往返小车 (2001 年全国大学生电子设计 竞赛 C 题)	119
2.4.1 题目分析	120
2.4.2 方案论证	121

2.4.3	硬件设计	122	系统	184
2.4.4	软件设计	122	2.9 模拟路灯控制系统	
2.4.5	测试结果及结果分析	122	(2009 年全国大学生电子设计	
2.5	液体点滴速度监控装置		竞赛 I 题)	185
	(2003 年全国大学生电子设计		2.9.1 设计任务与要求	185
	竞赛 F 题)	123	2.9.2 题目剖析	187
2.5.1	题目分析	125	2.9.3 模拟路灯控制系统(I)	188
2.5.2	方案论证	125	2.9.4 模拟路灯控制系统(II)	192
2.5.3	硬件设计	127	2.10 基于自由摆的平板控制系统	
2.5.4	软件设计	130	(2011 年全国大学生电子设计	
2.5.5	测速结果及结果分析	133	竞赛 B 题)	198
2.6	悬挂运动控制系统		2.10.1 题目分析	201
	(2005 年全国大学生电子设计		2.10.2 系统方案	202
	竞赛 E 题)	134	2.10.3 系统理论分析与参数	
2.6.1	题目分析	136	计算	203
2.6.2	方案论证	136	2.10.4 电路与程序设计	205
2.6.3	硬件设计	139	2.10.5 测试方案及测试结果	209
2.6.4	软件设计	141	2.11 智能小车	
2.6.5	测试结果及结果分析	148	(2011 年全国大学生电子设计	
2.7	电动车跷跷板		竞赛 C 题)	210
	(2007 年全国大学生电子设计		2.11.1 题目分析	212
	竞赛 F 题)	150	2.11.2 系统方案论证与比较	213
2.7.1	题目分析	152	2.11.3 理论分析与参数计算	214
2.7.2	系统方案	153	2.11.4 电路与程序设计	216
2.7.3	理论分析与参数计算	159	2.11.5 系统测试	220
2.7.4	程序设计	160	2.11.6 设计总结	221
2.8	声音引导系统		2.12 帆板控制系统	
	(2009 年全国大学生电子设计		(2011 年全国大学生电子设计	
	竞赛 B 题)	162	竞赛 F 题)	222
2.8.1	设计任务与要求	162	2.12.1 题目分析	223
2.8.2	题目剖析	167	2.12.2 方案论证	224
2.8.3	利用测时差法被动定位		2.12.3 硬件设计	225
	的声音引导系统	173	2.12.4 软件设计	229
2.8.4	利用测距定位法的声音		2.12.5 测试结果及结果分析	237
	引导系统	177	参考文献	240
2.8.5	采用渐近法的声音引导			



1.1 数字系统设计基础

数字系统指的是交互式的、以离散形式表示的、具有信息存储、传输、处理能力的逻辑子系统的集合物,简单地说即由若干数字电路和逻辑部件构成的能够处理或传送数字信息的设备。有无控制器是区别功能部件数字单元电路和数字系统的标志,凡是有控制器且能按照一定程序进行数据处理的系统,不论其规模大小,均称为数字系统;否则,只能是功能部件或是数字系统中的子系统。全国大学生电子设计竞赛数字电子技术方面的命题中一般都含有控制部分,所以其所要求的设计均为数字系统。下面即讨论数字系统的基本概念和数字系统的基本描述等问题。

1.1.1 数字系统的基本概念

数字系统涉及许多领域,如机械、化学、热学、电学等工程技术领域,但数字系统的核心问题仍然是逻辑设计问题,逻辑设计将最终完成系统所期望的信息处理、信息传输和信息存储等任务。数字系统通常可分为三个部分:输入/输出接口、数据处理器和控制器。图 1.1.1 所示为一简单的数字系统结构框图,其中输入/输出接口是完成将物理量转化为数字量或将数字量转化为物理量的功能部件。

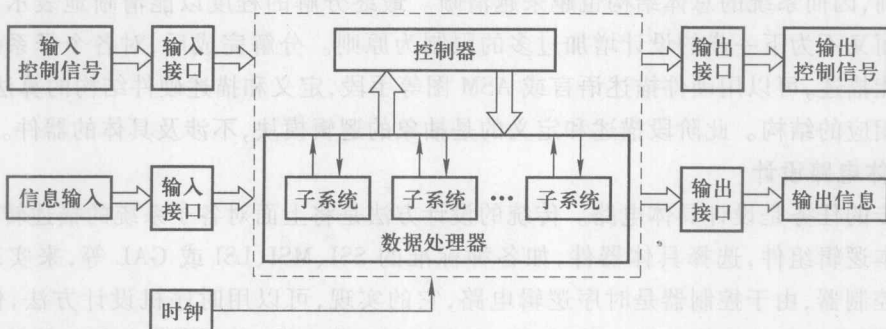


图 1.1.1 数字系统结构框图

数据处理器主要完成数据的采集、存储、运算和传输。数据处理子系统主要由存储器、运算器、数据选择器等功能电路组成。数据处理器与外界进行数据交换,在控制器发出的控制信号作用下,数据处理器将进行数据的存储和运算等操作。

控制器是执行数字系统算法的核心,具有记忆功能,因此控制器为时序系统。控制器的输入信号是外部控制信号和由数据处理器送来的条件信号,按照数字系统设计方案要求的算法

流程,在时钟信号的控制下进行状态的转换,同时产生与状态和条件信号相对应的输出信号。

把数字系统划分成数据处理器和控制器来进行设计,这只是一种手段,不是目的。这样可以更好地帮助设计者有层次地理解和处理问题,进而获得清晰、完整正确的电路图。因此,数字系统的划分应当遵循自然、易于理解的原则。

1.1.2 数字系统的设计方法

一、自顶向下设计法

自顶向下(top-down)的设计是从整个系统功能出发,按一定原则将系统划分为若干子系统,再将每个子系统分为若干功能模块,再将每个模块分成若干较小的模块……直至分成许多基本模块实现。

根据自顶向下的设计方法,数字系统的设计过程大致可以分为三步:

- ① 确定初步方案,进行系统设计和描述;
- ② 系统划分,进行子系统功能描述;
- ③ 逻辑描述,完成具体设计。

1. 系统设计的描述

拿到一个数字系统的课题后,应首先明确课题的任务、要求、原理和使用环境,搞清楚外部输入信号特性、输出信号特性、系统需要完成的逻辑功能、技术指标等,然后确定初步方案。这部分的描述方法有:方框图、定时图(时序图)和逻辑流程图。

2. 系统划分

将系统划分为控制器和受控电路两部分,而受控电路又是用各种模块即子系统实现。这一步的任务是根据上一步确定的系统功能,决定使用哪些子系统,以及确定这些子系统与控制器之间的关系。这一过程是一个逐级分解的过程,随着分解的进行,每个子系统的功能越来越专一和明确,因而系统的总体结构也越来越清晰。最终分解的程度以能清晰地表示出系统的总体结构而不为下一步的设计增加过多的限制为原则。分解完成后,对各个子系统及控制器进行功能描述,可以用硬件描述语言或 ASM 图等手段,定义和描述硬件结构的算法,并由算法转化成相应的结构。此阶段描述和定义的是抽象的逻辑模块,不涉及具体的器件。

3. 具体电路设计

这一步的任务是设计具体电路。传统的设计方法是将对各子系统的描述转换成逻辑电路或基本逻辑组件,选择具体器件,如各种标准的 SSI、MSI、LSI 或 GAL 等,来实现受控电路。对于控制器,由于控制器是时序逻辑电路,它的实现,可以用时序机设计方法,借助 ASM 图或 MDS 图写出激励函数,进行逻辑化简,求出控制函数方程,然后合理选择具体器件实现控制器。

现代数字系统的设计,可以用 EDA 工具,选择 PLD 器件来实现电路设计。这时可以将上面的描述直接转换成 EDA 工具使用的硬件描述语言,送入计算机,由 EDA 完成逻辑描述、逻辑综合及仿真等工作,完成电路设计。

自顶向下的设计过程并非是一个线性过程,在下一级的定义和描述中往往会发现上一级的定义和描述中的缺陷或错误,因此必须对上一级的定义和描述加以修正,使其更真实地反映



系统的要求和客观的可能性。整个设计过程是一个反复修改和补充的过程,是设计人员追求自己的设计目标日臻完善的积极努力的过程。

二、试凑设计法

试凑设计就是用试探的方法按给定的功能要求,选择若干模块(功能部件)来拼凑一个数字系统。试凑法主要是凭借设计者对逻辑设计的熟练技巧和经验来构思方案,划分模块,选择器件,拼接电路。试凑法适用于小型数字系统的设计,对于复杂的数字系统,这种设计方法就不再适用。

试凑并不是盲目的,通常按下述步骤进行:

1. 分析系统设计的要求,确定系统总体方案

消化设计任务书,明确系统功能,如数据的输入/输出方式,系统需要完成的处理任务等。拟定算法,即选定实现系统功能所遵循的原理和方法。

2. 划分逻辑单元,确定初始结构,建立总体逻辑图

逻辑单元划分可采用由粗到细的方法,先将系统分为处理器和控制器,再按处理任务或控制功能逐一划分。逻辑单元的大小要适当,以功能比较单一、易于实现且便于进行方案比较为原则。

3. 电路实现

将上面划分的逻辑单元进一步分解成若干相对独立的模块(功能部件),以便直接选用标准SSI、MSI、LSI器件来实现。器件的选择应尽量选用MSI和LSI,这样可以提高电路的可靠性,便于安装调试,简化电路设计。

4. 绘制电路图

连接各个模块,绘制总体电路图。画图时应综合考虑各功能块之间的配合问题,如时序上的协调、负载匹配、竞争与冒险的消除、初始状态设置、电路启动,等等。

5. 安装调试

1.1.3 数字系统设计的描述方法

在用自顶向下设计方法进行数字系统设计的过程中,在不同的设计阶段采用适当的描述手段,正确地定义和描述设计目标的功能和性能,是设计工作正确实施的依据。常用的描述工具有:方框图、定时图、逻辑流程图和MDS图。

一、方框图

方框图用于描述数字系统的模型,是系统设计阶段最常用的重要手段。方框图可以详细描述数字系统的总体结构,并作为进一步详细设计的基础。方框图不涉及过多的技术细节,直观易懂,因此具有以下优点:

- ① 大大提高了系统结构的清晰度和易理解性;
- ② 为采用层次化系统设计提供了技术实施路线;
- ③ 使设计者易于对整个系统的结构进行构思和组合;
- ④ 便于发现和补充系统可能存在的错误和不足;



⑤ 易于进行方案比较,以达到总体优化设计目的;

⑥ 可作为设计人员和用户之间交流的手段和基础。

方框图中每一个方框定义了一个信息处理、存储或传送的子系统,在方框内用文字、表达式、通用符号或图形来表示该子系统的名称或主要功能。方框之间采用带箭头的直线相连,表示各个子系统之间数据流或控制流的信息通道,箭头指示了信息传送的方向。

方框图的设计是一个自顶向下、逐步细化的层次化设计过程。同一种数字系统可以有不同的结构。在总体结构设计(以框图表示)中,任何优化设计的考虑要比逻辑电路设计过程中的优化设计产生大得多的效益,特别是采用 EDA 设计工具进行设计时,许多逻辑化简、优化的工作都可用 EDA 来完成,而总体结构的设计是任何工具所不能替代的,它是数字系统设计过程中最具创造性的工作之一。

一般总体结构设计方框图需要有一份完整的系统说明书。在系统说明书中,不仅需要给出表示各个子系统的方框图,同时还需要给出每个子系统功能的详细描述。

二、定时图

定时图又称时序图或时间关系图,它用来定时地描述系统各模块之间、模块内部各功能组件之间,以及组件内部各门电路或触发器之间输入信号、输出信号和控制信号的对应时序关系及特征(即这些信号是电平还是脉冲,是同步信号还是异步信号等)。

定时图的描述也是一个逐步深入细化的过程,即由描述系统输入/输出信号之间的定时关系的简单定时图开始,随着系统设计的不断深入,定时图也不断地反映新出现的系统内部信号的定时关系,直到最终得到一个完整的定时图。定时图精确地定义了系统的功能,在系统调试时,借助 EDA 工具,建立系统的模拟仿真波形,以判定系统中可能存在的错误;或在硬件调试及运行时,可通过逻辑分析仪或示波器对系统中重要结点处的信号进行观测,以判定系统中可能存在的错误。

三、逻辑流程图

逻辑流程图简称流程图,是描述数字系统功能的常用方法之一。它是用特定的几何图形(如矩形、菱形、椭圆形等)、指向线和简练的文字说明,来描述数字系统的基本工作过程。其描述对象是控制单元,并以系统时钟来驱动整个流程,它与软件设计中的流程图十分相似。

1. 基本符号

逻辑流程图一般用三种符号:矩形状态框、菱形判别框和椭圆形条件输出框,如图 1.1.2 所示。

(1) 状态框表示系统必须具备的状态;条件判别框和条件输出框不表示系统状态,而只是表示某个状态框在不同的输入条件下的分支出口及条件输出(即在某状态下输出量是输入量的函数)。一个状态和若干个判别框,或者再加上条件输出框组成一个状态单元。

(2) 逻辑流程图的描述过程是一个逐步深入细化的过程。先从简单的逻辑流程图开始,逐步细化,直至最终得到详细的逻辑流程图。在这一过程中,如果各个输出信号都已明确,则可将各个输出信号的变化情况标注在详细的逻辑流程图上。



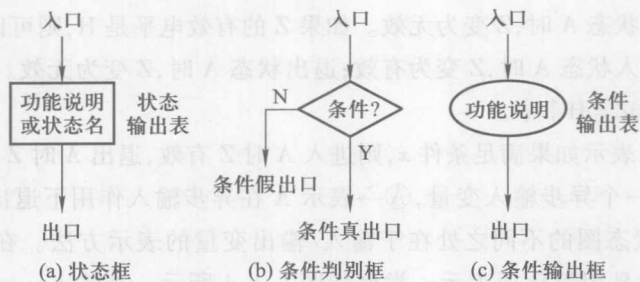


图 1.1.2 逻辑流程图基本符号

(3) 如果在某状态下,输出与输入无关,即为 Moore 型输出,则该输出可标注在状态框旁的状态表中,用箭头“↑”表示信号有效,“↓”表示信号无效,这里不考虑该信号是高或低有效,如图 1.1.3 所示。

图中 $Z_1 \uparrow$ 表示进入状态 A,输出 Z_1 有效, $Z_2 \downarrow$ 表示进入状态 A,输出 Z_2 无效。 $Z_3 \uparrow \downarrow$ 表示进入状态 A,输出 Z_3 有效,退出状态 A 后,输出 Z_3 无效。通常仅标注进入或退出该状态时需要改变的输出,不受影响的输出不必标注,这样可以使图形更加简明。

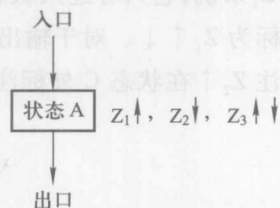


图 1.1.3 状态输出表

2. 逻辑流程图的应用

逻辑流程图可以描述整个数字系统对信息的处理过程,以及控制单元所提供的控制步骤,它便于设计者发现和改正信息处理过程中的错误和不足,又是后续电路设计的依据。

3. 从状态图得到逻辑流程图

状态图是以单个状态为单位,从一个状态到另一个状态转换是在一系列条件发生后完成的,同时产生系统的输出。在逻辑流程图中,一个状态框和若干个条件判别框及条件输出框组成一个状态单元。因此,状态图上一个状态及输出对应逻辑流程图中一个状态单元。如果一个状态的输出与输入有关,则逻辑流程图中对应的状态单元必定包括有条件输出框;反之,为无条件输出框。

四、MDS 图

MDS (Mnemonic Documented State Diagrams) 图是设计数字系统控制器的一种简洁的方法。MDS 图类似于状态转换图,可以很容易地由描述数字系统的详细流程图转换而来。

1. MDS 图说明

MDS 图是用一个圆圈表示一个状态,状态名标注在圆圈内,圆圈外的符号或逻辑表达式表示输出,用定向线表示状态转换方向,定向线旁的符号或逻辑表达式表示转换条件。

MDS 图中符号的含义如下:

④:表示状态 A。

④→⑤:表示状态 A 无条件转换到状态 B。

④ \xrightarrow{x} ⑤:表示状态 A 在满足条件 x 时转换到状态 B。 x 表示输入条件,它可以是一个字母(即一个输入变量),也可以是一个积项,还可以是一个复杂的布尔表达式。

$\textcircled{A}Z \uparrow$:表示进入状态 A 时,Z 变为有效。如果 Z 的有效电平是 H,则可以表示为 $\textcircled{A}Z = H \uparrow$ 。
 $\textcircled{A}Z \downarrow$:表示进入状态 A 时,Z 变为无效。如果 Z 的有效电平是 H,则可以表示为 $\textcircled{A}Z = H \downarrow$ 。
 $\textcircled{A}Z \uparrow \downarrow$:表示进入状态 A 时,Z 变为有效;退出状态 A 时,Z 变为无效。如果 Z 的有效电平是 H,则可以表示为 $\textcircled{A}Z = H \uparrow \downarrow$ 。

$\textcircled{A}Z \uparrow \downarrow = A \cdot x$:表示如果满足条件 x ,则进入 A 时 Z 有效,退出 A 时 Z 无效。

$\textcircled{A} \xrightarrow{x}$:表示 x 是一个异步输入变量, $\textcircled{A} \xrightarrow{x}$ 表示 A 在异步输入作用下退出 A 状态。

MDS 图和一般状态图的不同之处在于输入/输出变量的表示方法。在 MDS 图中,标注在定向线旁的输入变量是用简化项表示。举例如图 1.1.4 所示。当输入 $x_2x_1 = 01$ 和 11 时,状态都由 A 转换到 B,则在 MDS 图中从 A 到 B 的定向线旁就标注一个 x_1 。对于输出 Z_2Z_1 来讲,在状态 A 到状态 B 时, Z_2Z_1 由 10 变为 11 ,而由状态 B 到状态 C 时, Z_2Z_1 又由 11 变为 00 ,因此,对于 Z_1 来说,它只有进入状态 B 时有效,退出状态 B 则无效,这样,在 MDS 图中,在状态 B 的外侧标为 $Z_1 \uparrow \downarrow$ 。对于输出 Z_2 来说,进入状态 A 有效,只有进入状态 C 无效,因此,在状态 A 外标注 $Z_2 \uparrow$ 在状态 C 外标注 $Z_2 \downarrow$ 。

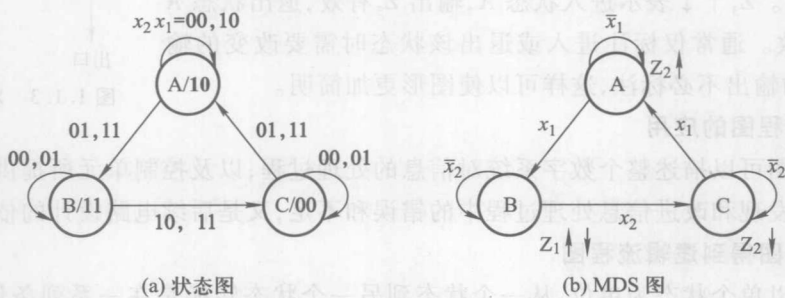


图 1.1.4 状态图和 MDS 图

2. 由逻辑流程图导出 MDS 图

用逻辑流程图来描述数字系统的工作原理,并规定了控制器的功能,就可以从流程图导出与之相应的 MDS 图,使 MDS 图成为描述数字系统的工具。下面讨论二者之间的关系及转换规则。

(1) 流程图中的状态框表示系统的状态,表示了系统应完成的一组动作,它对应于 MDS 图中的一个状态;流程图中的判别框表示系统控制器应进行的判断与决策,它对应于 MDS 图中的一个分支,其中判别变量是 MDS 图中转换条件或分支条件的一部分或全部;流程图中状态框旁表示的状态输出,表示在这一状态下发出的控制输出信号,对应于 MDS 图中的一个状态输出,如图 1.1.5 所示。

(2) 流程图中的条件输出框与 MDS 图中的条件输出相对应,如图 1.1.6 所示。注意,如果 START 是同步变量,则启动脉冲 $RUN \uparrow \downarrow$ 的持续时间与状态 A 的保持时间相同;如果 START 为异步变量,由 $RUN \uparrow \downarrow$ 的持续时间将是不确定的。所以,在条件输出的输出条件中,不应该包含有异步变量。

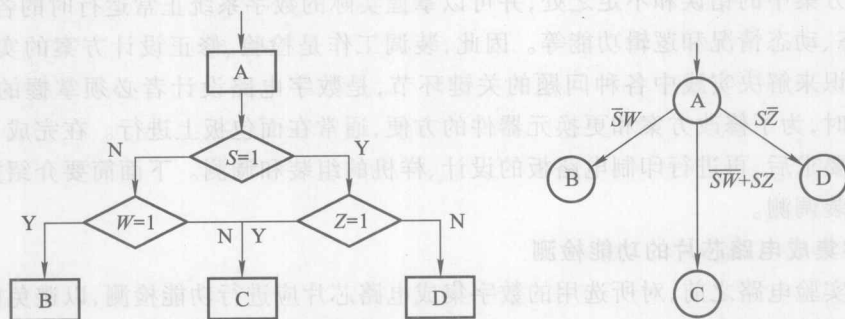


图 1.1.5 逻辑流程图和 MDS 图对应关系之一

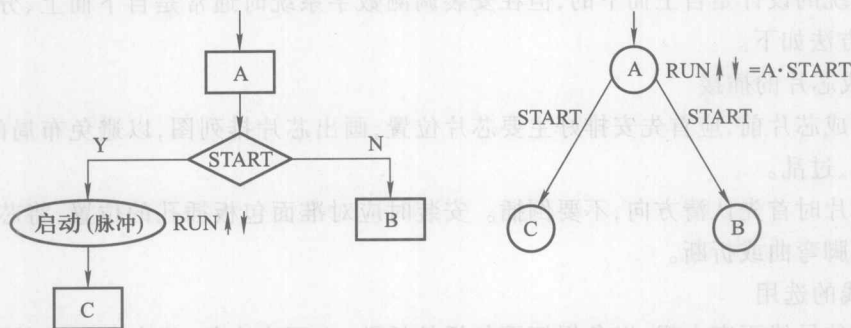


图 1.1.6 逻辑流程图和 MDS 图对应关系之二

(3) 在流程图的每一个分支上,应只有一个异步变量。

3. 控制器的实现

控制器是由一组触发器和作为次态激励电路、输出电路的组合电路组成的时序电路。在进行控制器的设计时,由流程图导出的 MDS 图是一个原始的 MDS 图。设计者应根据原始的 MDS 图,列出实现控制器功能的多种 MDS 图进行比较,找出最佳的 MDS 图。如果用 EDA 工具,这时就可以将 MDS 图转化成 EDA 所要求的硬件描述语言,并送入计算机,由 EDA 自动完成控制器的设计。如果用人工进行设计,实现控制器的具体步骤可归纳如下。

(1) 对 MDS 图进行状态分配。状态分配的原则与一般时序电路相同。

(2) 由编码后的 MDS 图填写触发器激励函数的卡诺图。

(3) 求输出函数方程。在 MDS 图中每个状态的外侧标明了该状态的输出,其中包括条件输出,因此,由 MDS 图写出输出函数方程十分便捷,但应特别注意输出脉冲的极性。

(4) 画出控制器的逻辑电路图。实现激励方程和输出方程的方案可以有很多种选择,主要的是要合理选择器件型号,使电路简单可靠。

1.1.4 数字系统的安装与调测

一、用标准数字芯片实现数字系统时的安装与调测

在完成数字系统理论设计后,要对设计方案进行装调实验。通过测量、调试可以发现并纠

正理论设计方案中的错误和不足之处,并可以掌握实际的数字系统正常运行时的各项指标、参数、工作状态、动态情况和逻辑功能等。因此,装调工作是检验、修正设计方案的实践过程,是应用理论知识来解决实践中各种问题的关键环节,是数字电路设计者必须掌握的基本技能。在装调实验时,为了修改方案和更换元器件的方便,通常在面包板上进行。在完成了总体实验且符合指标要求后,再进行印制电路板的设计、样机的组装和调测。下面简要介绍数字系统实验电路的安装调测。

1. 数字集成电路芯片的功能检测

在安装实验电路之前,对所选用的数字集成电路芯片应进行功能检测,以避免由于芯片的功能不正常而增加调试的困难。一般可以用数字芯片测试仪进行测试。

2. 实验的安装与布线

数字系统的设计是自上而下的,但在安装调测数字系统时通常是自下而上、分块安装、分块调测,其方法如下。

1) 集成芯片的插接

插接集成芯片前,应首先安排好主要芯片位置,画出芯片排列图,以避免布局的不合理或互连线过长、过乱。

插接芯片时首先认清方向,不要倒插。安装时应对准面包板插孔的位置,将芯片插牢,并防止芯片引脚弯曲或折断。

2) 导线的选用

布线用的导线不宜太粗,以免损坏面包板的插孔;也不宜太细,以免与插孔接触不良。导线的剥口不宜太长或太短,以免与插孔接触不良,以5~7 mm为合适。

为了检查电路方便,导线最好用多种颜色,以区别不同用处,如用红色导线接电源,用黑色导线接地线等。

3) 布线的顺序

布线时应先将固定电平的端点接好,如电源线、地线、门电路的多余输入端,以及测试过程中始终不改变电平的输入端。然后按信号的流向顺序对所划分的子系统逐一布线。布线时注意导线不宜太长,最好贴近面包板并在芯片周围走线,应尽量避免导线重叠,切忌导线跨越芯片的上空,杂乱地在空中搭成网状。正确布线的实验板,应做到电路清晰,整齐美观,这样既可以提高电路工作的可靠性,又便于修正电路或更换器件,也便于检查和排除故障。

每一部分电路安装完毕后,不要急于通电,应先认真检查电路接线是否正确,包括错线、少线 and 多线。查线时,最好用指针式万用表“ $R \times 1 k$ ”挡来测试,而且应尽量直接测量元器件引脚,这样可以同时发现接触不良的地方。

3. 数字系统的调试

调试就是对安装后的电路进行参数和工作状态测试。

一般来说,数字系统的调试分为两步进行。首先进行分调(即按逻辑划分的模块进行调试),然后进行整机调试(即总调)。

1) 调试的要求

(1) 应吃透调试对象的工作原理和电路结构,明确调试的任务。即搞清楚调试的是什么电路,电路输入/输出间的关系如何,正常情况下输入和输出信号的幅度、频率、波形怎样,做到

心中有数。

(2) 应在电路实际工作状态下(如接上负载,输入额定高、低电平)进行测量。

(3) 从实际出发选用仪表,尽量使用简便的测量方法,并注意设备和人身安全。

(4) 养成边测量、边记录、边分析的良好习惯,培养认真、求实的科学态度和工作作风。

2) 测试的基本内容

数字电路测试的基本项目是静态测量和动态测量。通常是按先静态后动态的顺序进行测试。

静态测量是测量电路在没有输入信号或加固定电平信号时各点的电位。一般采用内阻较高的万用表或示波器进行测量。

动态测量是测量电路输入端引入合适输入脉冲信号时,各处的工作状态。测量时包括输入、输出脉冲波形、幅度、脉宽、占空比等脉冲参数或其他技术指标。一般选用合适的脉冲信号发生器、双踪示波器或逻辑分析仪进行测量。

3) 调试方法

数字电路的调试工作包括测量和调整。通过测量可以掌握大量的数据、波形等,然后对电路进行分析和判断,把实际观察到的现象和理论预计的结果加以定量比较,从中发现电路在设计和安装上的问题,从而提出调整和改进的措施。

通常调试工作是按信号的流程逐级进行。可以从输入端向输出端推进,也可以从输出端向输入端倒推,直到使电路达到预定的设计要求为止。

4. 数字系统中的噪声

所谓电子电路中的噪声,就是对信号进行干扰,对信息传递进行阻碍和扰乱。

数字系统设计完成时画出的逻辑图,并未考虑元件间的距离、寄生电阻、寄生电容和寄生电感,而实物是组装成一体的具体电路。因此,数字系统在安装设计时,都要通过多种途径来克服噪声。

噪声侵入数字系统的途径可以是天线(不用的 TTL 系列的输入端悬空就相当于一根天线)、电源线、接地线、输入/输出线。噪声源与电路之间以有线或无线方式形成的无用耦合,就会造成干扰。抑制噪声的一般原理是:切断噪声源,减小噪声耦合,提高线路抗干扰容限。下面就数字系统中常见的噪声源及其抑制方法做一简要介绍。

1) 外部辐射噪声

这些噪声源一般是高电压、快速上升的脉冲信号、大电流,它们都是以无线方式,通过静电耦合(寄生电容)或电磁耦合(线圈、变压器)形成干扰。这类噪声都可以采用屏蔽技术来消除。而数字系统中主要是静电耦合形成干扰,抑制的方法是采用同轴屏蔽电缆做连线。

2) 内部噪声

(1) 当数字系统中各集成电路共用一个电源时,电源内阻和接线阻抗所形成的公共阻抗,可能使一个集成芯片产生的噪声到达另一个集成芯片,引起噪声干扰,而这类噪声是普遍存在的。为此,建议在电源和地之间直接跨接一个去耦电容 C_d 。此去耦电容 C_d 一般用几十至几百微法的电解电容。在高频或开关速度较高的数字系统中,还应有一个 $0.1 \mu\text{F}$ 的小电容与电解电容并联。

(2) 接地技术。经验告诉我们,精心设计的接地系统,能在系统设计中消除许多噪声引起的干扰。尤其是模拟电路、数字电路,甚至机电系统的混合体更是如此。因此,在设计接地时,

