

数字电路设计 与项目实践

陶 洪 主编



华大学出版社

GUOJIASHIFANXINGGAOZHUYUANXIAOJIANSHEXIANGMUCHENGGUO

国家示范性高职院校建设项目成果



CCIT

计 算 机 专 业 系 列

数字电路设计 与项目实践

陶 洪 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本教材是在基于工作过程的教学改革实践的基础上,遵循高职教育“理论够用,实践为重”的特点,按照教学、认知规律而编写的。教材所选内容都是作者日常教学资料的积累,非常实用。本教材分上、下两篇,上篇为数字电路设计基础。主要内容是数字电路基本概念、基本电路、分析设计一般方法和仿真软件、常用工具仪器的使用。下篇为数字电路项目实践。以增强学生应用知识的能力,训练学生从事电子信息行业的基本技能,培养学生团队意识、操作规范等职业素养为主要目标。载体是数字电子钟产品,按数字电子钟的设计、生产过程组织编写,涉及数字电子钟的分析、设计、安装、调试、维修等,编写时首先介绍数字电子钟的整体设计思想、各主要功能模块,然后按各模块展开。整个过程体现了“由简单到复杂,局部到整体”的原则。

本书可作为高职院校、中职院校电子信息类专业的教材或教学参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数字电路设计与项目实践/陶洪主编. —北京:清华大学出版社,2011.1

(国家示范性高职院校建设项目成果. 计算机专业系列)

ISBN 978-7-302-23804-1

I. ①数… II. ①陶… III. ①数字电路—电路设计—高等学校:技术学校—教材

IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 173246 号

责任编辑:田 梅

责任校对:袁 芳

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.25 字 数:437 千字

版 次:2011 年 1 月第 1 版 印 次:2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00 元

产品编号:036762-01

编委会成员

主 任：邓志良

副主任：闵 敏 束传政

成 员：赵佩华 曹建庆 杨 诚 陈剑鹤

薛苏云 眭碧霞 陈必群 秦益霖

赖华清 周 敏 宋 卫 庞 杰

秘 书：赵佩华 田 梅

出版说明

特色教材建设是推动课程改革和专业建设的基础,是提升人才培养质量的重要举措,也是高职院校内涵建设的重点之一。

2007年,经教育部、财政部批准,常州信息职业技术学院进入100所国家示范性高职院校建设行列。开展示范院校建设以来,学院坚持以科学发展观为指导,针对市场设专业,针对企业定课程,针对岗位练技能,围绕区域经济建设、信息产业发展的实际需求,全面推进以“三依托、三合一”为核心的工学结合人才培养模式改革,强化职业素质和职业技能的培养,构建了具有学院自身特色的校企合作管理平台;在培养高素质技能型人才、为服务区域经济等方面取得了显著成效。

为展示课程建设成果,学院和清华大学出版社合作出版了常州信息职业技术学院特色教材30部,这也是学院示范院校建设的成果之一。作为一种探索,这套教材在许多方面还不尽成熟和完善,但它从一个侧面反映了学院广大教师多年来对有中国特色高职教育教学,特别是教材建设层面的创新与实践,希望能对深化以职业能力培养为核心的专业改革、切实提高教育教学质量发挥应有的作用。

在人才培养模式的创新、课程改革和教材建设中,我们始终得到教育部、财政部、江苏省教育厅、财政厅和国家示范性高职院校建设工作协作委员会等各级领导、专家的关心和指导,得到众多行业企业、兄弟院校和清华大学出版社的大力支持,在此一并致谢!

常州信息职业技术学院

清华大学出版社

2009.6

数字电路相关课程是高职院校电子信息类专业的一门重要专业基础课程。本教材是作者在从事多年的电子产品开发和电子电路课程教学基础上,结合“数字电路应用”课程教学基于工作过程的以真实项目为导向的模块式案例教学改革实践,并遵循高职教育“理论够用,实践为重”的特点,以一种全新的思路编写而成,是对传统数字电路相关教材的“颠覆”。希望本教材能对从事数字电路相关课程教学的教师有所帮助,并成为电子类工程技术人员的一本实用参考书。

本教材根据电子信息行业对生产一线技术岗位要求,以数字电子钟产品的设计、生产过程为主线,以必要的基础知识为保证编写而成,目的是让学生掌握数字电路基础知识,学会用仿真软件进行电路设计、调试,通过学习具有常用仪器仪表的应用能力,具备电路设计、安装、调试、维修技能。

全书分上、下两篇,上篇以让学生掌握数字电路基础知识、常用工具仪器使用和仿真软件应用为主要目标,重点是数字电路基本概念、基本电路、分析设计一般方法和仿真软件、常用工具仪器的使用,内容简明扼要。下篇则以培养学生应用知识的能力、职业发展的能力为主要目标,载体是数字电子钟产品。按数字电子钟的设计、生产过程组织内容,涉及数字电子钟的分析、设计、安装、调试、维修等知识,编写时首先介绍数字电子钟的整体设计思想、各主要功能模块,然后按各模块展开,整个过程体现“由简单到复杂,局部到整体”的原则。

建议使用本教材教学时,除第1章采用传统教学外,其他均采用“边学边练”的一体化教学。教学中应充分利用仿真软件 Proteus 在电路设计中的灵活性、安全性,在实践前使每个局部电路、模块电路,甚至整个电路设计都在虚拟环境中得到仿真(为了与仿真软件保持一致,书中部分电路图不符合国家标准处未做修改。为方便读者理解,在附录中给出了国标与仿真软件的图符对照表);加强对教学过程的管理,融行为规范、团队合作等职业能力培养于日常教学、日常管理中;改革考核方式,变一张试卷决定学生成绩为通过考核学生的知识学习、产品生产过程和完善的产品质量来形成对学生的评价。

本教材的编写大纲由数字电子应用课程教学团队共同制订,由陶洪主编,聂章龙、王璐、瞿新南参编。本书的第1~6章和第8章由陶洪编写;第7章由聂章龙编写;第9~11章由瞿新南编写;第12、13章由王璐编写。

本书的编写得到了常州三恒科技集团、常州市亚中监控设备厂等企业技术人员的支持,并参考了大量的书籍和文献资料,在此向这些专家、作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限和时间仓促,书中存在疏漏或不妥之处在所难免,在此诚请各位专家和广大读者批评指正。

编者

2010年12月

上篇 数字电路设计基础——入门知识与常用工具

第 1 章 数制与码制	3
任务描述	3
1.1 数制	3
1.1.1 常用数制	3
1.1.2 不同数制转换	5
1.2 码制	7
1.2.1 8421BCD 码	7
1.2.2 格雷码	8
1.3 知识拓展	9
1.3.1 基于位权的十进制数转二进制数	9
1.3.2 十进制的最早由来	10
1.3.3 六十进制起源	10
1.3.4 奇偶校验码	10
1.4 学习评估	11
第 2 章 仿真软件——Proteus	13
任务描述	13
教学、学习方法建议	13
2.1 Proteus 简介	13
2.2 Proteus ISIS 编辑环境	15
2.2.1 Proteus ISIS 编辑环境的进入和退出	15
2.2.2 认识 Proteus ISIS 编辑环境	16
2.2.3 了解 Proteus ISIS 器件库	20
2.3 用 Proteus ISIS 编辑原理图	21
2.3.1 选择图样	22
2.3.2 拾取元器件	22
2.3.3 元器件的放置	23
2.3.4 原理图中其他对象的放置	24
2.3.5 编辑窗口元器件的操作	25

2.3.6	连线	27
2.3.7	原理图的保存和打印	27
2.3.8	原理图绘制常用技巧	27
2.4	用 Proteus ISIS 调试电路	31
2.4.1	用调试工具仿真调试	31
2.4.2	用信号发生器仿真调试	32
2.4.3	用数码显示器仿真调试	32
2.4.4	用虚拟示波器仿真调试	33
2.4.5	用虚拟逻辑分析仪仿真调试	35
2.4.6	仿真调试中其他常用工具	36
2.4.7	设置“动画”辅助仿真调试	37
2.4.8	用静态图标辅助分析	37
2.4.9	用脉冲序列发生器辅助分析	39
2.5	知识拓展	40
2.5.1	电路仿真简介	40
2.5.2	层次原理图的画法	41
2.5.3	用模块器件设计原理图	45
2.6	学习评估	48
第 3 章	基本逻辑门电路	49
	任务描述	49
	教学、学习方法建议	49
3.1	与逻辑门电路相关的几个基本概念	49
3.1.1	逻辑变量与逻辑表达式	49
3.1.2	真值表和卡诺图	50
3.2	“与”逻辑门电路	50
3.2.1	“与”逻辑	51
3.2.2	“与”门	51
3.2.3	“与”门的仿真测试	52
3.3	“或”逻辑门电路	52
3.3.1	“或”逻辑	52
3.3.2	“或”门	53
3.3.3	“或”门的仿真测试	53
3.4	“非”逻辑电路	54
3.4.1	“非”逻辑	54
3.4.2	“非”门	54
3.4.3	“非”门的仿真测试	55
3.5	“与非”逻辑门电路	55
3.6	“或非”逻辑门电路	56

3.7 “异或”逻辑门电路	56
3.7.1 “异或”逻辑	56
3.7.2 “同或”逻辑	57
3.7.3 “异或”、“同或”门	58
3.8 基本逻辑门电路应用技巧	58
3.8.1 门电路多余输入引脚处理	58
3.8.2 门电路使用禁忌	60
3.9 集电极开路门(OC 门)	62
3.10 三态门(TS 门)	63
3.11 集成逻辑门电路	64
3.11.1 集成逻辑门电路分类	64
3.11.2 集成逻辑门电路主要参数	65
3.11.3 常用集成逻辑门电路	66
3.11.4 集成逻辑门电路测试	68
3.12 知识拓展	70
3.12.1 TTL 数字集成电路分类	70
3.12.2 CMOS 数字集成电路分类	70
3.13 学习评估	71
第 4 章 逻辑函数及其化简	72
任务描述	72
4.1 逻辑函数化简的意义和含义	72
4.1.1 逻辑函数化简的意义	72
4.1.2 逻辑函数化简的含义	74
4.2 用逻辑代数基本定律和公式化简逻辑函数	75
4.2.1 逻辑代数的基本定律	75
4.2.2 逻辑代数的常用公式	76
4.2.3 用基本定律和公式化简逻辑函数	76
4.3 用卡诺图化简逻辑函数	78
4.3.1 卡诺图化简原理	78
4.3.2 卡诺图化简方法	79
4.4 含有无关项的逻辑函数化简	82
4.5 知识拓展 最小项	83
4.6 学习评估	84
第 5 章 触发器	86
任务描述	86
教学、学习方法建议	86
5.1 触发器的性质和分类	86

5.1.1	触发器的性质	86
5.1.2	触发器的分类	88
5.2	时钟触发器的逻辑功能和波形图	88
5.2.1	描述时钟触发器的常用术语	88
5.2.2	时钟触发器逻辑功能表达形式	89
5.2.3	时钟触发器的波形图	91
5.2.4	时钟触发器的逻辑符号	93
5.3	D 功能触发器	93
5.3.1	D 触发器的逻辑功能表达与波形图	93
5.3.2	集成芯片双 D 触发器 7474	95
5.4	JK 功能触发器	96
5.4.1	JK 触发器的逻辑功能表达与波形图	96
5.4.2	集成双 JK 触发器 74112	98
5.5	T' 功能触发器	99
5.5.1	用 JK 功能触发器构成 T' 功能触发器	99
5.5.2	用 D 触发器构成 T' 功能触发器	99
5.6	触发器应用	100
5.6.1	用触发器构成寄存器、移位寄存器	100
5.6.2	用触发器构成计数器	102
5.6.3	用触发器构成分频器	107
5.7	知识拓展 施密特触发器	109
5.8	学习评估	110
第 6 章	逻辑电路分析、设计	111
任务描述		111
教学、学习方法建议		111
6.1	组合逻辑电路分析	111
6.1.1	单输出组合逻辑电路分析	111
6.1.2	多输出组合逻辑电路分析	114
6.2	组合逻辑电路设计	116
6.2.1	单输入组合逻辑电路设计	117
6.2.2	多输入组合逻辑电路设计	118
6.3	时序逻辑电路分析	123
6.3.1	时序逻辑电路分类	123
6.3.2	时序逻辑电路分析的一般步骤	124
6.3.3	时序逻辑电路分析举例	125
6.4	时序逻辑电路设计	131
6.4.1	时序逻辑电路设计原则、步骤	131
6.4.2	同步时序逻辑电路设计举例	132

6.5 知识拓展 数/模与模/数转换器	140
6.6 学习评估	142
第7章 常用工具与仪器	144
任务描述	144
教学、学习方法建议	144
7.1 焊接、拆焊工具使用技术	144
7.1.1 电烙铁焊接技术	145
7.1.2 吸锡器拆焊技术	148
7.1.3 其他焊接、拆焊工具	149
7.2 直流稳压电源	151
7.3 数字万用表	152
7.3.1 交/直流电压的测量及其应用	152
7.3.2 交/直流电流的测量及应用	153
7.3.3 电阻的测量	154
7.3.4 使用实例	155
7.4 示波器	155
7.4.1 面板介绍	156
7.4.2 测量方法	159
7.4.3 应用举例	161
7.5 知识拓展	163
7.5.1 指针式万用表	163
7.5.2 逻辑分析仪	165
7.6 学习评估	166

下篇 数字电路项目实践——数字电子钟制作与调试

第8章 电子产品制作与调试概述	169
任务描述	169
8.1 电子产品设计的一般方法	169
8.1.1 电子产品总体方案设计	169
8.1.2 电子产品硬件设计	171
8.1.3 电子产品技术文件	176
8.2 电子产品安装方法	177
8.2.1 元器件安装	177
8.2.2 元器件焊接	178
8.2.3 布线技巧	179
8.3 电子产品调试技巧	180

8.3.1	调试前的准备工作	180
8.3.2	调试方法与步骤	182
8.3.3	调试注意事项	183
8.4	知识拓展	183
8.4.1	印制导线的修复方法	183
8.4.2	色环电阻识别法	184
8.5	学习评估	185
第9章	显示电路制作与调试	186
	任务描述	186
9.1	任务分析	186
9.2	相关知识	187
9.2.1	发光二极管	187
9.2.2	LED 数码显示器	191
9.2.3	BCD-七段锁存译码驱动器 4511	194
9.2.4	BCD 码 LED 数码显示组件	196
9.3	任务实施	197
9.3.1	显示电路设计	197
9.3.2	显示电路安装	197
9.3.3	显示电路调试	201
9.4	知识拓展	203
9.4.1	译码器 74138	203
9.4.2	视觉暂留	205
9.5	学习评估	206
第10章	信号电路制作与调试	207
	任务描述	207
10.1	任务分析	207
10.2	相关知识	208
10.2.1	开关信号产生电路	208
10.2.2	单脉冲信号产生电路	208
10.2.3	连续脉冲信号产生电路	211
10.3	任务实施	213
10.3.1	信号电路设计	213
10.3.2	信号电路安装	215
10.3.3	信号电路调试	217
10.4	知识拓展	218
10.4.1	上拉电阻和下拉电阻	218
10.4.2	电容容值识别方法	218

10.5 学习评估	219
第 11 章 计时电路的制作与调试	220
任务描述	220
11.1 任务分析	220
11.2 相关知识	221
11.2.1 二进制计数器 74161	221
11.2.2 双 BCD 码计数器 4518	227
11.3 任务实施	230
11.3.1 计时电路设计	230
11.3.2 计时电路安装	232
11.3.3 计时电路调试	234
11.4 知识拓展	235
11.4.1 双二进制计数器 4520	235
11.4.2 BCD 码加/减计数器 4510	236
11.5 学习评估	237
第 12 章 校时电路制作与调试	238
任务描述	238
12.1 任务分析	238
12.2 相关知识	239
12.2.1 数据选择器 74151	239
12.2.2 优先编码器 74147	241
12.3 任务实施	243
12.3.1 校时电路设计	243
12.3.2 校时电路安装	247
12.3.3 校时电路调试	249
12.4 知识拓展 用中规模集成电路设计组合逻辑电路	250
12.4.1 用 74138 设计全加器	250
12.4.2 用 74151 设计全加器	251
12.5 学习评估	252
第 13 章 报时电路制作与调试	253
任务描述	253
13.1 任务分析	253
13.2 相关知识	254
13.2.1 蜂鸣器	254
13.2.2 集成全加器 7483	255
13.2.3 集成比较器 7485	256

13.3	任务实施	258
13.3.1	报时电路设计	258
13.3.2	报时电路安装	263
13.3.3	报时电路调试	263
13.4	知识拓展	264
13.4.1	扬声器	264
13.4.2	达林顿管	267
13.5	学习评估	268
附录 国标与仿真软件的图符对照表		269
参考文献		275

上篇

数字电路设计基础 ——入门知识与常用工具

模拟电子技术主要研究的是模拟信号的产生、传输和处理,在模拟电子技术的学习中,我们已经了解到模拟信号是一种在时间和数值上都作连续变化的信号,如电视的图像和伴音信号、物理量(温度、压力等)转化成的电信号等。产生、传输和处理模拟信号的电路称为模拟电路。

数字电子技术研究的是数字信号的产生、传输和处理。与模拟信号不同,数字信号是一种在时间和数值上均作断续变化的离散信号,如数字电子钟的小时、分、秒信号,开关的开、合,电灯的亮、灭等。产生、传输和处理数字信号的电路称为数字电路。

一般来说,数字信号在电路中只在两个稳定状态之间作变化,所以,数字信号在数字电路中用数字“1”和“0”表示,但需要指出的是,这里的数字“1”和“0”表示的是电路的两种状态,不代表数值的大小。

数字信号具有两种表示形式:一种是电位型表示法,用高低不同的电位信号表示数字“1”和“0”;另一种是脉冲型表示法,用有无脉冲表示数字“1”和“0”。本书中全部采用电位型表示法,并用“1”表示高电位,“0”表示低电位。

数字电路常按以下方式分类。

- ① 按电路组成的结构分为分立元件电路和集成电路。
- ② 按构成电路的元器件分为双极型电路和单极型电路。
- ③ 按有无记忆功能分为组合逻辑电路和时序逻辑电路。

与模拟电路相比,数字电路具有以下优点。

- ① 电路结构简单,容易制造,便于集成。
- ② 电路中只有两种状态,工作可靠、准确。
- ③ 既能完成数值运算,也能进行逻辑运算,因此数字电路又称逻辑电路。

本篇的教学目标是:

- ① 掌握数字电路中常用数制、码制,理解逻辑、逻辑门电路、触发器、组合逻辑电路、时序逻辑电路、函数化简的基本概念。

- ② 学会基本逻辑门电路、常用触发器的测试和使用。
- ③ 能用逻辑代数的基本定律、公式和卡诺图进行函数化简。
- ④ 掌握数字电路分析、设计的一般方法并具有设计简单数字电路的能力。
- ⑤ 学会用 Proteus 软件辅助数字电路分析和设计。
- ⑥ 掌握数字电路实验、生产常用工具和仪器仪表的使用。

第1章

数制与码制

任务描述

- ① 理解数制、数符、基数和位权的含义。
- ② 掌握十进制、二进制、八进制、十六进制数的使用。
- ③ 学会二进制数与十六进制数、十进制数与非十进制数间的相互转换。
- ④ 理解编码、BCD 码的含义。
- ⑤ 掌握 8421BCD 码、Gray 码的编码含义及应用。
- ⑥ 学会 8421BCD 码与十进制数、Gray 码与二进制码之间的相互转换。

1.1 数 制

数制又称计数制,是用一组固定的符号和统一的规则来表示数值的方法。在生产实践中人们使用各种数制,如二进制、八进制、十进制、十二进制、十六进制、六十进制等。但在数字系统中采用的是二进制,因为二进制具有运算简单、可靠、易实现等优点。但由于二进制书写太长,为了便于描述,又常用八进制、十六进制作为二进制的缩写。

学习数制,必须首先掌握数符、基数和位权这三个概念。

数符:数制中表示基本数值大小的数字符号。例如,十进制有 0,1,2,...,9 共十个数符,二进制有 0 和 1 两个数符。

基数:数制中所使用数符的个数。例如,十进制的基数为 10,二进制的基数为 2。

位权:数制中某一位上的 1 所代表的实际数值,从右到左,位数越高数值越大,且相邻高位权值是相邻低位权值的基数倍。例如,十进制的高位权值是相邻低位权值的 10 倍,二进制的高位权值是相邻低位权值的 2 倍。

1.1.1 常用数制

1. 十进制

十进制是人们最熟悉的一种数制,它具有 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 十个数符,进位规则是“逢十进一”。

例如,十进制数 456D(后缀 D 表示十进制数,可省略)可以描述为:

$$456D = 4 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$