



高等院校电子信息与电气学科特色教材

数字电子技术基础

伍时和 主 编
吴友宇 凌 玲 副主编

清华大学出版社



高等院校电子信息与电气学科特色教材

数字电子技术基础



伍时利 主 编
吴友宇 玲 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要介绍数字电子电路的基本分析方法,基本设计步骤和方法,使用可编程逻辑器件设计电子电路的软件平台和设计方法。全书共分12章,包括数制和数码,逻辑函数,逻辑门电路,组合逻辑电路,中规模组合逻辑集成电路与应用,触发器,时序逻辑电路的分析与设计,常用时序集成器件,555定时器及多谐振荡器,半导体存储器件和可编程器件,CPLD复杂可编程逻辑器件设计,数模和模数转换。

本书编写遵从循序渐进的学习方式,章节顺序安排合理,利于教学和自学。

本书可供高等学校电子电气信息类各专业作为教材使用,也可供相关的工程技术人员作为参考书使用。

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

数字电子技术基础/伍时和主编. —北京:清华大学出版社,2009.4

(高等院校电子信息与电气学科特色教材)

ISBN 978-7-302-18642-7

I. 数… II. 伍… III. 数字电路—电子技术—高等学校—教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 148779 号

责任编辑:陈国新

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

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:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:26.5 字 数:645 千字

版 次:2009 年 4 月第 1 版 印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.80 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:018567-01

出版说明

随着我国高等教育逐步实现大众化以及产业结构的进一步调整,社会对人才的需求出现了层次化和多样化的变化,这反映到高等学校的定位与教学要求中,必然带来教学内容的差异化和教学方式的多样性。而电子信息与电气学科作为当今发展最快的学科之一,突出办学特色,培养有竞争力、有适应性的人才很多是高等院校的迫切任务。高等教育如何不断适应现代电子信息与电气技术的发展,培养合格的电子信息与电气学科人才,已成为教育改革中的热点问题之一。

目前我国电类学科高等教育的教学中仍然存在很多问题,例如在课程设置和教学实践中,学科分立,缺乏和谐与连通;局部知识过深、过细、过难,缺乏整体性、前沿性和发展性;教学内容与学生的背景知识相比显得过于陈旧;教学与实践环节脱节,知识型教学多于研究型教学,所培养的电子信息与电气学科人才还不能很好地满足社会的需求等等。为了适应 21 世纪人才培养的需要,很多高校在电子信息与电气学科特色专业和课程建设方面都做了大量工作,包括国家级、省级、校级精品课的建设等,充分体现了各个高校重点专业的特色,也同时体现了地域差异对人才培养所产生的影响,从而形成各校自身的特色。许多一线教师在多年教学与科研方面已经积累了大量的经验,将他们的成果转化为教材的形式,向全国其他院校推广,对于深化我国高等学校的教学改革是一件非常有意义的事。

为了配合全国高校培育有特色的精品课程和教材,清华大学出版社在大量调查研究的基础之上,在教育部相关教学指导委员会的指导下,决定规划、出版一套“高等院校电子信息与电气学科特色教材”,系列教材将涵盖通信工程、电子信息工程、电子科学与技术、自动化、电气工程、光电信息工程、微电子学、信息安全等电子信息与电气学科,包括基础课程、专业主干课程、专业课程、实验实践类课程等多个方面。本套教材注重立体化配套,除主教材之外,还将配套教师用 CAI 课件、习题及习题解答、实验指导等辅助教学资源。

由于各地区、各学校的办学特色、培养目标和教学要求均有不同,所以对特色教材的理解也不尽一致,我们恳切希望大家在使用本套教材的过程中,及时给我们提出批评和改进意见,以便我们做好教材的修订改版工作,使其日趋完善。相信经过大家的共同努力,这套教材一定能成

为特色鲜明、质量上乘的优秀教材,同时,我们也欢迎有丰富教学和创新实践经验的优秀教师能够加入到本丛书的编写工作中来!

清华大学出版社

高等院校电子信息与电气学科特色教材编委会

联系人:王敏稚 wangmz@tup.tsinghua.edu.cn

前言

数字电子技术是电子信息类专业、电气工程类专业、自动控制类专业、机电类专业、计算机及其应用专业的一门必修的技术基础课程。电子信息产业是一项新兴的高科技产业,有着巨大的潜力和广阔的发展前景。随着经济改革的发展,我国电子信息产业的飞速发展,大大推动了对电子信息产业人才的需求,迫切需要我国的高校能够培养出大批符合要求的电子信息类专业人才。教学质量与教材是否合适是一种关联的关系,教材的合适与否会直接影响到人才培养的质量高低。本书从数字电路的最基本知识入手,讲述数字电子系统的基础知识,以及使用这些基础知识分析数字电路系统、设计数字电路系统的基本理论和方法。

在 20 世纪 80 年代以前,一般采用定制的器件设计一个数字电路系统,即采用固定的逻辑功能器件 TTL(晶体管-晶体管逻辑电路)和 CMOS(互补金属氧化物半导体逻辑电路器件)中的小、中规模集成电路(SSI 和 MSI)器件。例如逻辑门电路、加法器、比较器、计数器、译码器、移位寄存器、锁存器等。数字电路系统则由多个这样的器件组成,由于组成的电路系统中所用的芯片个数太多,使得采用这种方式设计的数字电路并不经济合理,尤其是新产品的开发,会带来较长的开发周期,影响经济效益。

半定制器件是在 20 世纪 80 年代以后出现的,这些器件的主要特点是功能可以通过编程的方式,配置为用户所需要的器件。这类器件统称为可编程逻辑器件(PLD)。

可编程逻辑器件的出现,使得数字电路的设计人员可以采用单个或较少的芯片设计数字系统的功能,而不是依靠芯片的供应商提供的标准逻辑功能器件。利用可编程逻辑器件,在设计数字系统时,只需要利用个人计算机上的相关软件及编程器就可以实现。可编程逻辑器件的可编程及大容量的特点,使得数字系统设计的效率和灵活性大大提高。因此在工业中得到越来越多的使用。

具有在系统可编程功能的新型的复杂可编程逻辑器件(CPLD、FPGA 等器件),可以很容易地通过个人计算机的串行口或者并行口进行编程,并可擦除和再编程,而不需要将器件从数字系统的电路板上拆下。连接引脚的配置也可以在编程中重新配置和安排。数字可编程逻辑器件的这一特征称为在线系统可编程能力或系统上编程能力、现场可编程能力。这样,就节省了编程器,避免将器件从电路板上拆下装上等操作过程造成对器件的机械损坏,以及拆装时静电放电造成对器件的电气损坏。其次,普通个人计算机能够装配的软件资源比过去也大大增

强,使得个人计算机能够运行可编程器件的设计软件。现在只要有了 PC 机和 CPLD、FPGA 电路板,就可以完成数字电路系统的设计并完成所配置硬件的功能试验。这些,在 20 世纪是不可想象的事情。也正是在系统可编程逻辑器件应用上的这些优点,使得复杂逻辑电路设计和数字电子系统新产品的开发周期更短,费用更低,产品的更新换代来得更加频繁。

在系统可编程器件的出现,打破了传统的由固定集成芯片组成数字系统的模式,给数字系统设计带来了革命性的变化,电子信息类专业的学生掌握这个新技术是十分必要的。因此,在编写本书时,除了保留数字逻辑电路的基本内容以外,还增加半定制集成器件,即 PLD 器件的介绍,并介绍了 PLD 器件编程使用的硬件描述语言 ABEL、VHDL,以及 Quartus II 6.0 软件。使得通过本书的学习,能够为今后数字电子技术的应用打下较好的基础。

为方便读者学习,本书每章均附有小结和相关的练习题。整本书的教学时间建议安排为 60~70 学时,另外应配以一定的实验时间、课程设计时间,以加深对本课程的基本理论的掌握和理解,以及对可编程逻辑器件和 ABEL、VHDL、Quartus II 6.0 软件等较新技术的掌握。

在学习本书第 3 章“逻辑门电路”时应具有电路和二极管、三极管、CMOS 管的初步知识,学习第 12 章“数模和模数转换”时应具有运算放大器的基本知识,这样能够更加容易地理解书中的内容和掌握相关的知识。

本书在编写过程中,编者参考了不少相关课程教材、产品生产厂家的相关技术资料,从中受益匪浅,也引用了这些参考资料的部分内容,在此谨对相关课程教材作者、产品生产厂家表示深切的敬意和诚挚的感谢!书中的不足和不完善之处,敬请读者及使用者给予批评和指正。

本书由伍时和主编,吴友宇负责审定工作。参与本书编写工作的其他人员为:凌玲(第 1~3 章审定和修改)、赖玉华(编写第 3 章)、刘可文(编写第 4、5 章)、曾刚(编写第 6 章)、卢钰(编写第 7 章)、华剑(编写第 11 章)、周鹏(编写第 12 章)。

编 者

2008 年 8 月于武汉

数字电子技术基础使用文字符号及其含义

符号	含 义	符号	含 义
A	逻辑函数自变量, 数字电路输入变量	a	稳压管、二极管的阳极
$A_{(0\sim n)}$	逻辑函数自变量, 数字电路输入变量	A_{DD}	存储器的地址信号
A/D	模/数转换器	BI/RBO	译码显示器的动态灭零信号(输出)
B	逻辑函数自变量, 数字电路输入变量	b	双极型晶体管基极
$B_{(0\sim n)}$	逻辑函数自变量, 数字电路输入变量	BCD 码	二-十进制数的 8421 码
C	逻辑函数自变量, 数字电路输入变量	C	电容器
$C_{(0\sim n)}$	逻辑函数自变量, 数字电路输入变量	c	双极型晶体管的集电极
CP	时序电路的时钟脉冲信号, 时钟脉冲信号输入端	CLK	可编程逻辑器件的时钟脉冲信号, 时钟脉冲信号输入端
CP_U	计数器加法计数脉冲信号	CP_D	计数器减法计数脉冲信号
C_i	加法器低位的进位信号	C_o, C_n	加法器向高位的进位信号
CI	触发器的时钟脉冲信号输入端	CS	集成芯片的片选信号输入端
C_S	集成芯片的片选信号	D	D 触发器的(驱动信号)数据输入端
CP_{OF}	时钟脉冲信号禁止	d	场效应管的漏极
D	逻辑函数自变量, 数字电路输入变量	DP	延时-功耗积
$D_{(0\sim n)}$	逻辑函数自变量, 数字电路输入变量	D/A	数/模转换器
$DISC$	555 定时器的放电信号	E_{CC}	集电极电源
E	电能	e	双极型晶体管的发射极
E	直流电源	E_O/E_o	使能输出信号/使能端
e	电子电荷量	$F_{(0\sim n)}$	数字电路的输出变量, 逻辑函数的变量(自变量, 因变量)
E_i, E_n, E	使能输入信号/使能端	G	组合逻辑电路的逻辑门
FF	时序电路的触发器	G	格雷码
GS	编码器标志位	G	锁存器锁存控制信号
g	场效应管、MOS 管的栅极	H	数字电路的高电平信号
GND	集成芯片的公共端(地端)	I/O	输入/输出端
H	电感元件的单位(亨利)	I_L	负载电流
I	电流	I_{IH}	高电平输入电流
I_{iL}	低电平输入电流	I_{OH}	高电平输出电流
I_{OL}	低电平输出电流	$I_{iHtotal}$	逻辑门电路高电平总的输入电流
$I_{iLtotal}$	逻辑门电路低电平总的输入电流	I_{OHmax}	逻辑门电路高电平最大输出电流

续表

符号	含 义	符号	含 义
I_{OLmax}	逻辑门电路低电平最大输出电流	I_R	二极管的反向电流
I_D	二极管的正向导通电流	I_{ds}	场效应管漏-源极电流
I_{DS}	二极管反向饱和电流	i_C	双极型晶体管集电极瞬时电流
i_B	双极型晶体管基极瞬时电流	I_C	双极型晶体管集电极电流
I_B	双极型晶体管基极电流	$I_{A=B}$	数值比较器低位比较相等输入信号(输入端)
I_{Csat}	双极型晶体管集电极饱和导通电流	$I_{A<B}$	数值比较器低位比较 A 小于 B 输入信号(输入端)
$I_{A>B}$	数值比较器低位比较 A 大于 B 输入信号(输入端)	J	JK 触发器的 J 输入端
J	电流密度、能量单位(焦耳)	K	JK 触发器的 K 输入端
K	热力学温度单位	l	长度
K	A/D 转换器的转换系数	LT	译码显示的试灯信号输入端
L	电感元件。作为下标则表示放大电路的负载	LD	预置位控制信号输入端
L	逻辑函数因变量	m	逻辑函数的最小项
M	函数的最大项	N	数码,二进制数等
N	半导体多数载流子为自由电子类型的半导体	N_{oL}	逻辑门电路低电平扇出系数
N_{oH}	逻辑门电路高电平扇出系数	P_{off}	输出高电平的功耗
NC	集成芯片的空引脚端	$P_{A>B}$	数据比较器 A 大于 B 信号
P	半导体多数载流子为空穴类型的半导体	$P_{A=B}$	数据比较器相等信号
P_n	超前进位器的进位传送信号	$P_{A<B}$	数据比较器 A 小于 B 信号
P_{on}	输出低电平的功耗	q	脉冲信号占空比
Q	触发器的同极性输出端	q	电荷量
$\bar{Q}$	触发器的反极性输出端	Q^n	触发器 Q 端输出的现态
Q^{n+1}	触发器 Q 端输出的次态	RS	RS 触发器
R	电阻	R_d	场效应管漏极连接电阻
R_e	晶体管发射极的连接电阻	R_g	场效应管栅极连接电阻
R_b	晶体管基极的连接电阻	R_L	负载电阻
R_c	晶体管集电极的连接电阻	R_w	电位器,可调电阻
R_p	逻辑门电路接口上拉电阻	R_f	D/A 转换器的反馈电阻
R_s	场效应管源极连接电阻	RBI	译码显示器的动态灭零信号(输入端)
R_s	信号源内阻	RS	基本 RS 触发器
R_D	触发器直接复位信号	S	电导单位(西门子)
$R/\bar{W}$	存储器的读/写控制信号	S	开关
S_0	加法器的和数	S_D	触发器直接置位信号
s	场效应管的源极	T	周期信号的周期
T	T 触发器	t	时间

续表

符号	含 义	符号	含 义
T	晶体管	T'	T'触发器
T	温度(热力学温度单位 $^{\circ}\text{K}$,摄氏温度单位 $^{\circ}\text{C}$)	t_{pd}	触发器或逻辑门电路的平均传输延迟时间
t_{w}	单稳态触发器的暂稳态时间	t_{r}	脉冲信号上升时间
t_{d}	延迟时间	t_{f}	脉冲信号下降时间
t_{s}	存储时间	t_{off}	关断时间
t_{on}	导通时间	U_{i}	输入电压信号的瞬时量
T_{WC}	读写周期	V_{i}	输入电压信号
V	电压或电压单位(伏)	V_{iL}	输入低电平
V_{iH}	输入高电平	V_{oH}	输出高电平
V_{oL}	输出低电平	V_{L}	低电平电压信号
V_{H}	高电平电压信号	V_{BR}	二极管反向击穿电压
V_{D}	二极管正向导通电压	V_{th}	逻辑门电路的开启电压,门限电压
V_{thL}	双门限触发器的下门限电压	V_{thH}	双门限触发器的上门限电压
V_{on}	导通电压	V_{off}	关断电压
V_{REF}	基准电压	V_{T}	温度电压当量(300°K 时为 26mV)
V_{BE}	双极型晶体管基-发射极外加电压	V_{CE}	双极型晶体管集电极-发射极外加电压
V_{DON}	二极管正向导通电压	$V_{\text{CC}}, +V_{\text{CC}}$	双极型晶体管放大电路集电极连接正电源
$V_{\text{DD}}, +V_{\text{DD}}$	场效应管放大电路漏极连接正电源	$-V_{\text{CC}}$	双极型晶体管放大电路集电极连接负电源
$-V_{\text{DD}}$	场效应管放大电路漏极连接负电源	$-V_{\text{EE}}$	双极型晶体管放大电路发射极连接负电源
V_{T}	增强型场效应管的开启电压	V_{p}	耗尽型场效应管的夹断电压
V_{CO}	555 定时器的基准电压输入	ΔV_{o}	输出误差电压
X	时序逻辑电路的控制信号	$\times$	任意状态
Y	组合逻辑电路中的输出信号	Z	时序逻辑电路中的输出信号
α	双极型晶体管共基极电流放大系数	β	双极型晶体管共发射极电流放大系数
τ	时间常数	ω	角频率(单位:弧度/秒)
$\downarrow$	脉冲信号的下降沿	$\uparrow$	脉冲信号的上升沿
$\rightarrow$	转入下一个状态		

目 录

第 1 章 数制和数码	1
1.1 数字信号及数字电路	1
1.1.1 数字信号及电平	1
1.1.2 数字量的波形图	2
1.1.3 模拟量的数字表示	3
1.2 数制	3
1.2.1 数制简介	3
1.2.2 十进制	4
1.2.3 二进制	4
1.2.4 十二进制的转换	5
1.2.5 十六进制和八进制	6
1.3 二进制数运算	7
1.3.1 二进制数的算术运算	7
1.3.2 二进制数的负数表示方式	9
1.4 二进制数码	11
本章小结	13
本章习题	14
第 2 章 逻辑函数及其化简	16
2.1 基本逻辑运算和逻辑符号及等价开关电路	16
2.2 逻辑代数的基本公式、定律、规则和恒等式	21
2.2.1 逻辑代数的基本公式、定律和恒等式	21
2.2.2 逻辑代数的基本规则	23
2.3 逻辑函数的代数变换和化简	24
2.3.1 逻辑函数的表示方法	24
2.3.2 逻辑函数的代数化简法	27
2.4 逻辑函数的标准形式和卡诺图表示法	30
2.4.1 逻辑函数的标准形式	30
2.4.2 用卡诺图表示逻辑函数	33
2.5 用逻辑函数的卡诺图化简逻辑函数	35
2.5.1 已经用最小项表示逻辑函数的卡诺图化简	35
2.5.2 未用最小项表示逻辑函数的卡诺图化简	36
2.5.3 具有无关项逻辑函数的卡诺图化简	37

本章小结	40
本章习题	40
第3章 逻辑门电路	46
3.1 分立元件门电路	46
3.1.1 二极管开关特性	46
3.1.2 双极型三极管的开关特性	49
3.1.3 MOS管的开关特性	54
3.1.4 分离元件逻辑门电路	59
3.2 TTL集成逻辑门	62
3.2.1 双极型三极管非逻辑门电路	63
3.2.2 TTL反相器的特性	65
3.2.3 TTL与非门电路	69
3.2.4 TTL或非门电路	70
3.2.5 TTL集电极开路门和三态门	72
3.2.6 TTL门电路的技术参数	76
3.2.7 TTL电路的改进系列	80
3.3 发射极耦合逻辑门和 I^2L 门	81
3.3.1 发射极耦合逻辑门电路	81
3.3.2 集成注入 I^2L 门	83
3.4 MOS逻辑门	84
3.4.1 MOS非门电路	84
3.4.2 CMOS与非门、或非门电路	87
3.4.3 CMOS传输门	89
3.4.4 CMOS逻辑门电路的技术参数	90
3.5 74系列和4000系列逻辑门电路的使用	91
3.5.1 门电路驱动门电路	92
3.5.2 门电路驱动一般负载	95
本章小结	96
本章习题	97
第4章 组合逻辑电路	103
4.1 组合逻辑电路的分析方法	103
4.2 组合逻辑电路设计	105
4.3 组合逻辑电路中的竞争-冒险现象	109
4.3.1 竞争-冒险现象及其成因	109
4.3.2 检查竞争-冒险现象的方法	110
4.3.3 消除竞争-冒险现象的方法	110
本章小结	111

本章习题	112
第 5 章 中规模组合逻辑集成电路与应用	114
5.1 编码器	114
5.1.1 二进制编码器	115
5.1.2 二-十进制(BCD)编码器	116
5.1.3 优先编码器	117
5.2 译码器	120
5.2.1 二进制译码器	121
5.2.2 二-十进制译码器	124
5.2.3 显示译码器	125
5.3 数据选择器	129
5.3.1 数据选择器的应用	131
5.3.2 数据选择器的扩展	135
5.4 数据分配器	136
5.5 数值比较器	138
5.5.1 数值比较器逻辑功能	138
5.5.2 比较器的级联	140
5.6 加法器	140
5.6.1 1 位加法器	140
5.6.2 多位加法器	141
5.6.3 多位加法器应用	145
本章小结	149
本章习题	149
第 6 章 触发器	153
6.1 概述	153
6.2 触发器的电路结构及工作原理	154
6.2.1 基本 RS 触发器	154
6.2.2 同步 RS 触发器	157
6.2.3 主从 RS 触发器	160
6.2.4 主从 JK 触发器	162
6.2.5 主从 D 触发器	166
6.2.6 主从 T 触发器和 T' 触发器	167
6.2.7 边沿触发器	168
6.3 触发器功能的转换	172
6.4 集成触发器的脉冲工作特性和主要指标	174
6.4.1 触发器的脉冲工作特性	174
6.4.2 TTL 集成触发器的主要参数	176

本章小结	177
本章习题	177
第 7 章 时序逻辑电路的分析与设计	184
7.1 时序逻辑电路概述	184
7.2 同步时序逻辑电路的分析和设计	185
7.2.1 同步时序逻辑电路的分析	185
7.2.2 同步时序逻辑电路的设计	190
7.3 异步时序逻辑电路的分析和设计	196
7.3.1 异步时序逻辑电路的分析	196
7.3.2 异步时序逻辑电路的设计	198
本章小结	200
本章习题	201
第 8 章 常用时序集成器件	205
8.1 计数器	205
8.1.1 二进制计数器	206
8.1.2 非二进制计数器	213
8.1.3 集成计数器	216
8.1.4 集成计数器的应用	221
8.2 锁存器和移位寄存器	227
8.2.1 锁存器	227
8.2.2 移位寄存器	229
8.2.3 移位寄存器的应用	233
本章小结	235
本章习题	236
第 9 章 555 定时器及多谐振荡器	242
9.1 555 定时器	242
9.1.1 555 定时器的内部电路结构及工作原理	242
9.1.2 用 555 定时器构成的施密特触发器	244
9.1.3 用 555 定时器构成的单稳态触发器	247
9.1.4 用 555 定时器构成的多谐振荡器	250
9.2 集成施密特触发器	255
9.3 集成单稳态触发器	257
本章小结	261
本章习题	262

第10章 半导体存储器和可编程器件	266
10.1 随机存取存储器	266
10.1.1 随机存取存储器的结构	266
10.1.2 RAM 存储容量的扩展	272
10.1.3 集成 RAM 器件简介	274
10.2 只读存储器	276
10.3 可编程逻辑器件	280
10.3.1 可编程逻辑器件概述	280
10.3.2 PLD 电路的表示法	283
10.3.3 可编程阵列逻辑器件简介	289
10.3.4 通用可编程阵列逻辑器件	294
10.3.5 低密度可编程阵列逻辑器件的编程	305
10.4 复杂可编程逻辑器件	308
10.4.1 复杂可编程逻辑器件的结构	309
10.4.2 复杂可编程逻辑器件的逻辑模块	311
10.4.3 复杂可编程逻辑器件的连线区和 I/O 模块	315
10.4.4 JTAG 接口和软件配置	317
10.5 现场可编程门阵列 FPGA	319
10.5.1 FPGA 器件的基本结构	320
10.5.2 FPGA 器件的可配置逻辑块 CLB	321
10.5.3 FPGA 器件的输入/输出模块	325
10.5.4 FPGA 器件的布线资源和全局连接	330
本章小结	334
本章习题	336
第11章 复杂可编程逻辑器件设计	339
11.1 Quartus II 软件安装	339
11.1.1 软件简介	339
11.1.2 软件的安装	339
11.2 CPLD 和 FPGA 器件设计流程	343
11.3 Quartus II 原理图输入设计	343
11.3.1 新建工程	344
11.3.2 原理图的设计输入	347
11.3.3 编译与适配	351
11.3.4 电路功能仿真	352
11.3.5 引脚分配	356
11.3.6 器件编程下载	356
11.4 VHDL 硬件描述语言	358

11.4.1 VHDL 的结构	358
11.4.2 组合逻辑电路设计举例	361
11.4.3 时序逻辑电路设计举例	364
11.5 Quartus II 硬件描述语言输入设计	365
本章小结	366
本章习题	366
第 12 章 数模和模数转换	367
12.1 概述	367
12.2 D/A 转换器	368
12.2.1 D/A 转换器的基本工作原理	368
12.2.2 D/A 转换器的主要电路形式	369
12.2.3 D/A 转换器的主要技术指标	375
12.2.4 8 位集成 D/A 转换器 DAC0832	377
12.3 A/D 转换器	379
12.3.1 A/D 转换器的基本工作原理	379
12.3.2 A/D 转换器的主要电路形式	382
12.3.3 A/D 转换器的主要技术指标	389
12.3.4 8 位集成 ADC0809	390
本章小结	393
本章习题	393
附录 数字电子技术基础英语词汇	397
参考文献	404

第1章

数制和数码

主要内容：本章主要叙述数字信号的概念、数制、数制之间的转换、二进制数的运算，以及数码、数码的格式等。

1.1 数字信号及数字电路

数字系统广泛地应用于计算机、数据处理、数字控制系统、数字通信系统和数字测量系统。与模拟系统相比，数字系统具有更高的精确性和可靠性，因此，许多可以用模拟系统实现的系统目前正逐步地被数字系统所替代。例如，通信系统目前已基本上使用数字系统构成；目前的模拟电视广播系统，也正在逐步地被数字电视系统所代替。

在模拟系统中，物理量（电量）的变化在数值和时间上都是连续的，通常将这种物理量称为模拟量，随时间变化在数值上和时间上都是连续的电压、电流信号称为模拟信号。例如，温度传感器测量温度工作时输出的电流或电压信号、通过“麦克风”转换的多音频电压信号等都属于模拟信号。用来处理或产生模拟信号的电子电路称为模拟电路。若一个电子系统仅仅工作于模拟信号状态下，则称为模拟系统。

在数字系统中，电压或电流等物理量的变化在数值和时间上都是离散的，也就是说，这种物理量的变化总是发生在一系列的离散时间上，而数值的变化也是不连续的。把变化在数值和时间上都是离散的这一类物理量（电压、电流）称为数字信号。理想的数字电压或电流信号是一系列的矩形波形脉冲信号。以数字信号工作的电子电路称为数字电路。若一个电子系统仅仅工作于数字信号状态下，则称为数字系统。

数字电路的种类主要有组合逻辑电路和时序逻辑电路。数字电路的基本单元是逻辑门电路。

组合逻辑门电路：输出状态仅取决于输入状态的组合。

时序逻辑门电路：输出状态除取决于输入状态的组合外，还决定于电路原来的状态。

逻辑门电路是指输出数字信号与输入数字信号之间满足某一个基本逻辑运算功能的电路。

数字电路的分析方法有：逻辑代数、功能表、真值表、逻辑表达式和波形图（时序图）。

数字电路的测试技术有：数字电压表，用于测试电路中各点的电压；电子示波器，用于观察电路中各点电压的波形。

1.1.1

数字信号及电平

数字电路中，电路输入的电压量或输出的电压量通常只有两个电压数值，并定义为逻辑