

21世纪高职高专规划教材 电子信息基础系列

刘美玲 邓 荣 主编

数字电子技术基础

清华大学出版社



21世纪高职高专规划教材 **电子信息基础系列**

数字电子技术基础

刘美玲 邓 荣 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

全书共分 8 章,内容包括:数字电路基础知识,逻辑门电路,组合逻辑电路,触发器,时序逻辑电路,脉冲信号的产生与整形电路,D/A 与 A/D 转换控制器,半导体存储器和可编程逻辑器件。每章均有本章导读、案例导入以及任务驱动。章末附有小结、习题及技能训练。

本书可作为高职高专电子、通信、计算机、电气与自动化等专业的《数字电子技术基础》、《电子技术基础》数字电路部分的教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。本书按 72 学时编写。

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

数字电子技术基础/刘美玲,邓荣主编. —北京:清华大学出版社,2008.5

21 世纪高职高专规划教材. 电子信息基础系列

ISBN 978-7-302-16782-2

I. 数… II. ①刘… ②邓… III. 数字电路—电子技术—高等学校:技术学校—教材
IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 004137 号

责任编辑:田 梅

责任校对:李 梅

责任印制:孟凡玉

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:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:三河市漂源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:13.75 字 数:278 千字

版 次:2008 年 5 月第 1 版 印 次:2008 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:20.00 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:020328-01

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版了“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立了“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来源于教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件和政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;
- (4) 教材编写者由具有丰富教学经验和多年实践经验的教师共同组成,建立“双师

型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

• 公共基础课

公共基础课系列

• 计算机类

计算机基础教育系列

计算机专业基础系列

计算机应用系列

网络专业系列

软件专业系列

电子商务专业系列

• 电子信息类

电子信息基础系列

微电子技术系列

通信技术系列

电气、自动化、应用电子技术系列

• 机械类

机械基础系列

机械设计与制造专业系列

数控技术系列

模具设计与制造系列

• 经济管理类

经济管理基础系列

市场营销系列

财务会计系列

企业管理系列

物流管理系列

财政金融系列

国际商务系列

• 服务类

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程的可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程的可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程的可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设:加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail: gzgz@tup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量的教材。

高职高专教育教材编审委员会

前言

数字电子技术基础

本书是根据教育部制定的《高职高专数字电子技术基础课程教学基本要求》，结合我校的教学改革编写而成。

高等职业教育的任务是：培养具有高尚职业道德，适应生产建设第一线需要的高等技术应用型专门人才。

“数字电子技术”是一门发展迅速、实践性和应用性很强的技术基础课程。根据数字电子电路的特点及高等职业教育的任务，为激发学生学习兴趣、提高职业素质，本书主要有以下创新：

(1) 本书采用案例导入、任务驱动法，将能力培养贯穿教学全过程。首先将典型整机数字电路的几个模块作为“案例”分别引入对应一章的开始，使学生对本教材及每一章的应用有一个感性认识；然后用“学完本章后，你将能够完成的任务”进行任务驱动，使学生学完一章后，能够分析、搭接并调试出一个模块；最后在学完全书后，能够调试出整机电路。在每一章的最后安排了技能训练，将理论与实践融为一体，做到“学做合一”。

(2) 在内容的处理上，适当降低理论深度，以“必需、够用”为度；在理论的叙述上，力求做到深入浅出、循序渐进，讲清原理，突出基本概念。理论证明和公式推导从简。

(3) 突出常用集成电路的功能和使用方法介绍，减少其内部电路工作原理的分析。

(4) 力求反映新技术、新动向，以适应电子技术发展与变化的需要。

本书第1、6章及附录由邓荣编写，第2、3章由刘美玲编写，第4、5章由陈云编写，第7、8章由戴娟编写。由刘美玲、邓荣担任主编，刘美玲负责全书的统稿工作。

在编写过程中，编者借鉴了有关参考资料。在此，对参考资料的作者以及帮助本书出版的单位和个人一并表示感谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中不妥之处恳请读者批评指正。

编者

2007年9月

本书中的文字符号

数字电子技术基础

1. 电压符号

u_{BE}	三极管基极与发射极间的电压
u_{CE}	三极管集电极与发射极间的电压
V_{CC}	(TTL)三极管集电极电源电压
V_{BB}	(TTL)三极管基极电源电压
V_{DD}	(MOS)场效应管漏极电源电压
U_{BES}	临界饱和基极电压
U_{CES}	临界饱和集电极电压
u_O	输出电压
u_I	输入电压
U_{OH}	输出高电平
U_{OL}	输出低电平
U_{SH}	标准高电平
U_{SL}	标准低电平
U_{NL}	低电平噪声容限
U_{NH}	高电平噪声容限
U_{OFF}	关门电平
U_{ON}	开门电平
U_{IH}	输入高电平
U_{IL}	输入低电平
$U_{GS(th)}$	MOS管的开启电压
U_{TH}	门电路的阈值电压
U_{T+}	施密特触发器的正向阈值电压
U_{T-}	施密特触发器的负向阈值电压
ΔU_T	施密特触发器的回差电压

V_{REF} 基准电压

2. 电流符号

$i_B(I_B)$ 基极电流瞬时值(直流量)

$i_C(I_C)$ 集电极电流瞬时值(直流量)

I_{BS} 临界饱和基极电流

I_{CS} 临界饱和集电极电流

i_i 输入电流

I_{IL} 输入低电平电流

I_{IS} 输入短路电流

I_{IH} 输入高电平电流

I_{OL} 输出低电平电流

I_{OH} 输出高电平电流

I_{OLmax} 最大灌电流

I_{OHmax} 最大拉电流

I_{CC} 电源总电流

3. 功率符号

P_{ON} 空载导通功耗

P_{OFF} 空载截止功耗

4. 时间和频率符号

t 时间

t_{pd} 平均传输延迟时间

t_{PHL} 导通延迟时间

t_{PLH} 截止延迟时间

t_w 脉冲宽度

T 脉冲周期

f 脉冲频率

q 占空比

t_r 脉冲上升时间

t_f 脉冲下降时间

5. 电阻和电容符号

R 电阻

R_1 输入端外接电阻

R_{OFF} 关门电阻

R_{ON} 开门电阻

R_L 负载电阻

R_F 反馈电阻

C 电容

6. 器件及其他符号

VD 二极管

V 三极管

V_P PMOS 管

V_N NMOS 管

G 逻辑门

OC 集电极开路门

TSL 三态门

TG 传输门

FF 触发器

S 开关

LED 发光二极管

EN 使能端

N_O 扇出系数

M 功耗-延迟积

CP 时钟脉冲

目 录

数字电子技术基础

第 1 章 数字电路基础知识	1
本章导读	1
案例导入	1
1.1 数字电路概述	2
1.1.1 数字信号和数字电路	2
1.1.2 数字电路的特点	3
1.1.3 数字电路的分类	3
1.1.4 矩形脉冲的主要参数	4
1.2 数制和码制	5
1.2.1 数制	5
1.2.2 不同数制之间的相互转换	7
1.2.3 码制	10
1.3 逻辑代数及其表示方法	11
1.3.1 逻辑代数的基本概念	11
1.3.2 三种基本逻辑函数	12
1.3.3 五种常用的复合逻辑函数	14
1.3.4 逻辑函数的表示方法	17
1.3.5 逻辑函数的不同表示方法之间的转换	18
1.4 逻辑代数的基本定律和规则	21
1.4.1 逻辑代数公理	21
1.4.2 逻辑代数的基本定律	22
1.4.3 逻辑代数的常用公式	22
1.4.4 逻辑代数的三个基本规则	22
1.5 逻辑函数的代数法变换与化简	23
1.5.1 逻辑函数表达式的变换	24



1.5.2	逻辑函数的化简	25
1.5.3	逻辑函数的最小项表达式	26
1.6	逻辑函数的卡诺图化简法	27
1.6.1	逻辑函数的卡诺图表示	28
1.6.2	逻辑函数的卡诺图化简法	30
1.6.3	具有无关项的逻辑函数及其化简	32
	本章小结	33
	习题	33
第2章	逻辑门电路	36
	本章导读	36
	案例导入	36
2.1	二极管和三极管的开关特性	37
2.1.1	二极管的开关特性	37
2.1.2	三极管的开关特性	38
2.2	基本逻辑门电路	40
2.2.1	二极管与门	40
2.2.2	二极管或门	41
2.2.3	三极管非门	43
2.3	几种常用复合逻辑门电路	43
2.4	TTL 集成逻辑门电路	44
2.4.1	TTL 与非门电路结构	45
2.4.2	TTL 与非门工作原理	45
2.4.3	TTL 与非门的电压传输特性及主要参数	47
2.4.4	TTL 与非门的输入特性及主要参数	49
2.4.5	TTL 与非门的输出特性及主要参数	51
2.4.6	TTL 与非门的其他参数	52
2.4.7	TTL 集成电路系列	53
2.5	其他类型的 TTL 门电路	55
2.5.1	集电极开路与非门(OC 门)	55
2.5.2	三态门(TSL 门)	57
2.6	CMOS 集成逻辑门电路	57
2.6.1	CMOS 反相器	58
2.6.2	其他类型的 CMOS 门电路	59

2.7 集成逻辑门使用注意事项	61
2.7.1 各类集成逻辑门电路性能比较	61
2.7.2 TTL 与 CMOS 之间的连接问题	62
2.7.3 集成门电路多余输入端的处理	64
本章小结	64
习题	64
技能训练 门电路的测试及其应用	67
第3章 组合逻辑电路	70
本章导读	70
案例导入	70
3.1 组合逻辑电路的分析和设计	71
3.1.1 组合逻辑电路的分析	71
3.1.2 组合逻辑电路的设计	72
3.2 常用组合逻辑部件及其应用	74
3.2.1 编码器	74
3.2.2 译码器	79
3.2.3 数据选择器	87
3.2.4 数据分配器	91
3.2.5 加法器	92
3.2.6 数值比较器	94
3.3 组合逻辑电路中的竞争与冒险	96
3.3.1 竞争与冒险的概念及其产生原因	96
3.3.2 消除竞争冒险的方法	98
本章小结	98
习题	98
技能训练 组合逻辑电路的测试与设计	101
第4章 触发器	103
本章导读	103
案例导入	103
4.1 基本 RS 触发器	104
4.1.1 与非门组成的基本 RS 触发器	104
4.1.2 或非门组成的基本 RS 触发器	105

4.2 同步触发器	106
4.2.1 同步 RS 触发器	107
4.2.2 同步 D 触发器	109
4.3 主从 JK 触发器	110
4.4 边沿触发器	112
4.4.1 维持阻塞 D 触发器	112
4.4.2 边沿 JK 触发器	114
4.4.3 T 触发器和 T' 触发器	114
本章小结	115
习题	116
技能训练 触发器及其应用	119
 第 5 章 时序逻辑电路	122
本章导读	122
案例导入	122
5.1 计数器	123
5.1.1 异步计数器	123
5.1.2 同步计数器	125
5.1.3 集成计数器	127
5.2 寄存器	133
5.2.1 数码寄存器	134
5.2.2 移位寄存器	134
5.2.3 顺序脉冲发生器	137
本章小结	138
习题	139
技能训练 集成计数器及其应用	142
 第 6 章 脉冲信号的产生与整形电路	144
本章导读	144
案例导入	144
6.1 555 定时器	145
6.1.1 电路结构	145
6.1.2 工作原理	146
6.2 555 定时器的应用	146

6.2.1 施密特触发器	147
6.2.2 单稳态触发器	148
6.2.3 多谐振荡器	151
6.2.4 555 定时器应用实例	152
本章小结	153
习题	153
技能训练 555 定时器及其应用	155
第 7 章 D/A 与 A/D 转换控制器	158
本章导读	158
案例导入	158
7.1 D/A 转换器	159
7.1.1 倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	159
7.1.2 D/A 转换器的主要性能参数	160
7.1.3 集成 D/A 转换器	161
7.2 A/D 转换控制器	163
7.2.1 逐次逼近型 A/D 转换器	164
7.2.2 A/D 转换器的主要性能参数	165
7.2.3 集成 A/D 转换器	166
本章小结	168
习题	168
技能训练	169
训练 1 D/A 转换器的应用	169
训练 2 A/D 转换器的应用	169
第 8 章 半导体存储器和可编程逻辑器件	171
本章导读	171
案例导入	171
8.1 概述	172
8.2 只读存储器	173
8.2.1 固定 ROM 基本结构与工作原理	174
8.2.2 可编程 ROM(PROM)	175
8.2.3 可擦除可编程 ROM (EPROM)	176
8.2.4 电可擦除可编程 ROM(EEPROM)	177

8.2.5 ROM 存储容量的扩展	178
8.3 随机存储器	179
8.3.1 RAM 的基本结构与工作原理	180
8.3.2 静态 RAM	181
8.3.3 动态 RAM	182
8.3.4 RAM 存储容量的扩展	182
8.4 可编程逻辑器件	183
8.4.1 PLD 的电路表示法	184
8.4.2 可编程阵列逻辑器件	185
8.4.3 可编程通用阵列逻辑器件	186
本章小结	188
习题	188
技能训练	190
训练 1 存储器容量扩展	190
训练 2 可编程逻辑器件的应用	190
 附录A Multisim 2001 仿真软件简介	191
A.1 Multisim 2001 基本操作界面	191
A.1.1 Multisim 的主窗口界面	191
A.1.2 菜单栏	191
A.1.3 工具栏	195
A.2 Multisim 对元器件的管理	196
A.3 电路图的输入与编辑	197
A.4 虚拟仪器的使用	198
A.5 电路实例	199
 附录B 常用逻辑门电路新旧逻辑符号对照表	201
 参考文献	202

数字电路基础知识

本章导读：

数字电路在现代电子技术中有着十分重要的地位。随着数字技术的发展,数字集成电路已广泛应用于工业、农业、军事、通信、医疗以及家用电器等各个技术领域。

本章主要介绍数字电路的概念及特点、数制和码制、逻辑代数的基础知识等,它们是数字电路的基础。

案例导入：

图 1-0 是数字频率计的原理框图及波形图,它包括信号的整形、脉冲的产生、门电路以及计数、译码、显示等。数字频率计的内容涵盖了数字电路绝大多数的单元电路。因此,数字频率计是一种典型的数字电路。

学完本章后,你将能够完成以下任务：

- ① 由图 1-0 数字频率计的原理框图画出自数字频率计的原理电路图。
- ② 为数字频率计选用合适的芯片。
- ③ 组装并调试数字频率计。

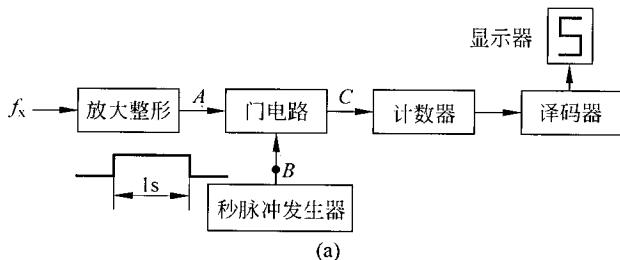


图 1-0 数字频率计的原理框图及波形图

(a) 数字频率计的原理框图 (b) 各点信号的波形图

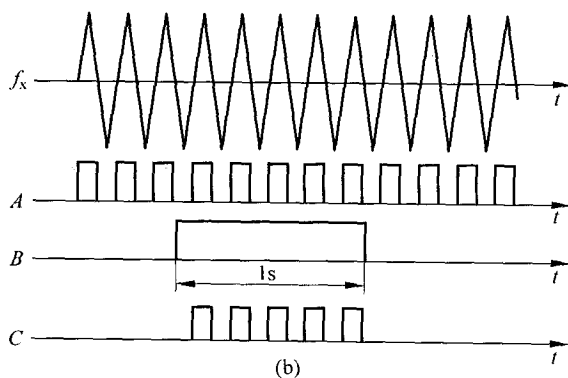


图 1-0 (续)

1.1 数字电路概述

1.1.1 数字信号和数字电路

电子电路所传递和处理的信号有两种类型：模拟信号和数字信号。

模拟信号是指在时间和数值上都连续变化的电信号。例如，正弦函数、指数函数等。图 1-1 表示几种常见的模拟信号波形。我们把传递、处理模拟信号的电路称为模拟电路。例如，电压放大电路、正弦波振荡电路等。

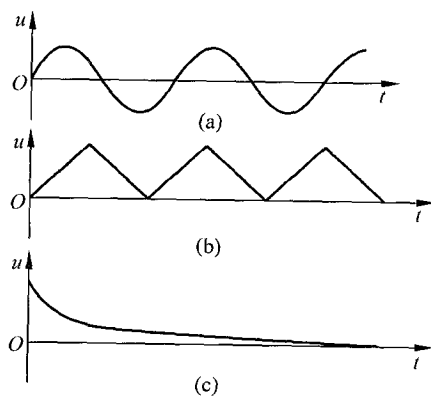


图 1-1 常见的模拟信号波形

(a) 正弦波 (b) 三角波 (c) 指数衰减波

数字信号是指在时间和数值上都断续变化的电信号。例如，生产过程中自动记录零件个数的计数信号等。与模拟信号相比，数字信号也有周期性和非周期性之分，图 1-2 分别表示了这两类数字信号。