



三一丛书

数字电子技术

要点与解题

张锡赓 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

西安交大教学资源文库 三一丛书

数字电子技术

要点与解题

张锡赓 编著

西安交通大学出版社

内容简介

本书是按照教育部高等学校电子信息科学与工程类基础课程教学指导分委员会于2004年8月16日修订的“电子技术基础课程教学基本要求”为依据编写的。全书共分8章,即数字逻辑基础、集成门电路、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生和整形电路、D/A和A/D转换器、半导体存储器及可编程逻辑器件。书中全面总结了数字电路中的基本概念、常用电路和逻辑器件的分析与设计方法以及中规模逻辑器件的应用。书中列举了大量典型例题,并对其进行了详细的分析。每章后附有习题。书末附有两套西安交通大学硕士研究生入学考试题,可供读者参考。

本书主要作为在校大学生学习《数字电子技术基础》时的辅导教材,也可供有志报考硕士研究生的考生迎考复习之用。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术要点与解题/张锡庚编著. —西安:西安交通大学出版社,2006.12

(西安交大教学资源文库. 三一丛书)

ISBN 7-5605-2230-0

I. 数... II. 张... III. 数字电路-电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 144878 号

书 名	数字电子技术要点与解题
编 著	张锡庚
出版发行	西安交通大学出版社
地 址	西安市兴庆南路 25 号(邮编:710049)
电 话	(029)82668357 82667874 (发行部) (029)82668315 82669096 (总编办)
网 址	http://press.xjtu.edu.cn
电子邮箱	eibooks@163.com
印 刷	陕西新世纪印刷厂
字 数	385 千字
开 本	880mm×1230mm 1/32
印 张	10.625
版 次	2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-5605-2230-0/TN·89
定 价	18.00 元

版权所有 侵权必究

丛书总序

为了使普通高等学校理工类专业的大学生更好地学习、掌握基础课和专业基础课知识,我们组织出版了这套“三一”丛书,目的就是提供一流的学习资源,使大家共享一流教师的教学经验和教学成果,为今后的学习打下良好的基础。

西安交通大学是国内仅有的几所具有百年历史的高等学府,是首批进入国家“211 工程”建设的七所大学之一,1999 年被国家确定为我国中西部地区惟一所以建设世界知名高水平大学为目标的学校。西安交大历来重视本科生教学,1996 年成为全国首家本科教学评估为优秀的大学。学校拥有国家级、省部级、校级教学名师数十名,具有丰富的、一流的教学资源。本丛书均由西安交通大学长期在教学一线主讲的教授、副教授主编,他们具有丰富的基础课、专业基础课教学和辅导经验。丛书作者们在长期的教学实践中,深深了解学生在学习基础课、专业基础课时的难点和困惑点之所在,对如何使学生更有效地学习、掌握课程的基本知识和解题技巧进行了深入的探索和研究,并将成果体现于书中。

本丛书针对中少学时课程的特点和教学要求,以普通高等学校的学生为主要对象,不拘泥于某一本教材,而是将有特色和使用量较大的各种版本的教材加以归纳总结,取其精华,自成一体。书中对课程的基本内容、研究对象、教学要求、学习方法、解题思路进行了全面、系统的总结和提炼,按基本知识点、重点与难点、典型题解析、自我检测题等环

节进行编排。本丛书既可单独使用,也可与其他教材配合使用。

我们衷心希望本丛书成为您大学基础课和专业基础课学习阶段的良师益友,帮助您克服困难,进入大学学习的自由王国,并祝您早日成为国家的栋梁之材!

在学习使用过程中,您如果发现书中有不妥之处或有好的建议,敬请批评指正并反馈给我们,我们会进一步改进自己的工作,力争使您满意。

真诚感谢您使用西安交大版图书。

西安交大出版社网址:<http://press.xjtu.edu.cn>

<http://www.xjtupress.com>

理工医事业部信箱: jdlgy31@126.com

西安交通大学出版社

2006 年 6 月

前言

本书是按照教育部高等学校电子信息科学与工程类基础课程教学指导分委员会于2004年8月16日修订的“电子技术基础课程教学基本要求”(以下简称教学基本要求)编写的一本数字电子技术基础辅导教材。本书具有以下一些特点。

(1) 本书参照了国内不同版本的《数字电子技术基础》教材和“教学基本要求”进行了内容选取,最终确定为8章。这8章分别是:数字逻辑基础、集成逻辑门、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生和整形电路、D/A和A/D转换器、半导体存储器及可编程逻辑器件。从内容上看,本书可以配合不同的《数字电子技术基础》教材使用。

(2) 在每一节的编写上分三个层次,即基本知识点、重点与难点、典型题解析。基本知识点是本节的主要内容;在重点与难点中一方面要对本节的基本知识点进行复习和整理,使之便于记忆,同时又要对本节的难点进行深入的分析 and 探讨,使之易于掌握;最后通过典型题解析,使读者掌握审题和解题的步骤及方法,提高解题的能力。

(3) 例题多是本书的又一特点。任何一本教科书中都不可能大量的例题,在本书中多给一些例题恰恰弥补了教科书在这方面的不足。学生在接触各种不同类型例题的过程中,学会了不同的解题方法,无疑会有助于解题能力的提高。

(4) 例题的选取本着由浅入深,循序渐进的原则。题目可分为基本题、中等题、难题和提高题四种类型。前两种属于“课程基本要求”的范围,后两种——难题和提高题具有一定的灵活性和综合性,属于提高范围。

(5) 在解题过程中,首先进行题意分析,明确解题思路之后再解

题。解题结束之后还要对解题的方法进行探讨,以便找到更好的解题途径。

本书主要作为在校大学生学习《数字电子技术基础》课程时的辅导教材,在编写上力求做到内容紧贴教材,重点突出,题目典型,通俗易懂。每章后附习题,期望通过练习达到融会贯通之效果。此外书末附有硕士研究生入学考试题,可供有志者考研复习之用。

全书分8章。其中第一章至第7章由张锡康完成,第八章由林雪亮完成,全书由张锡康统稿。

本书的顺利编写除了得到西安交通大学出版社及贺峰涛编辑的关心和支持外,还得到了西安交通大学电工电子教学实验中心的杨栓科、张克农和杨建国等老师的热情帮助。在此向以上单位和个人表示衷心的感谢。

限于作者水平,疏漏欠妥之处在所难免,请读者批评指正,拾遗补缺将感谢不尽。

编 者

2006年5月于西安交通大学

书中的符号及其说明

1. 电压符号

u_i	输入电平(以电路公共地为参考点的电压)
U_{IH}	输入高电平
U_{IL}	输入低电平
u_O	输出电平(以电路公共地为参考点的电压)
U_{OH}	输出高电平
U_{OL}	输出低电平
V_{CC}	电源电压(用于双极型半导体器件)
V_{DD}	电源电压(用于 MOS 器件)
u_{BE}	三极管基极相对于发射极的电压
u_{CE}	三极管集电极相对于发射极的电压
u_{DS}	MOS 管漏极相对于源极的电压
u_{GS}	MOS 管栅极相对于源极的电压
U_{NH}	输入高电平噪声容限
U_{NL}	输入低电平噪声容限
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
U_{REF}	参考电压(或基准电压)
$U_{GS(th)N}$	N 沟道 MOS 管开启电压
$U_{GS(th)P}$	P 沟道 MOS 管开启电压

2. 电流符号

$i_B(I_B)$	基极电流瞬时值(直流流量)
$i_C(I_C)$	集电极电流瞬时值(直流流量)
$i_D(I_D)$	漏极电流瞬时值(直流流量)
i_I	输入电流
I_{IH}	高电平输入电流
I_{IL}	低电平输入电流
$i_L(I_L)$	负载电流瞬时值(直流流量)

i_O	输出电流
I_{OH}	高电平输出电流
I_{OL}	低电平输出电流
I_{CC}	电源(V_{CC})平均电流
I_{CCH}	输出为高电平时的电源电流
I_{CCL}	输出为低电平时的电源电流
I_{DD}	电源(V_{DD})平均电流

3. 脉冲参数符号

f	周期性脉冲的重复频率
q	占空比
t_f	下降时间
t_r	上升时间
t_h	保持时间
t_{re}	恢复时间
t_{set}	建立时间
t_w	脉冲宽度
U_m	脉冲幅度

4. 电阻、电容符号

C_{GD}	MOS管栅极与漏极间电容
C_{GS}	MOS管栅极与源极间电容
C_i	输入电容
C_L	负载电容
C_h	保持电容
R_i	输入电阻
R_L	负载电阻
R_O	输出电阻
R_{OFF}	关门电阻
R_{ON}	开门电阻

5. 器件及参数符号

A	放大器
A_u	放大器的电压放大倍数
D	二极管
FF	触发器

G	门
S	开关
T	三极管
T_N	N 沟道 MOS 管
T_P	P 沟道 MOS 管
TG	传输门
t_{pd}	平均传输延迟时间
t_{pHL}	输出由高电平变为低电平时的传输延迟时间
t_{pLH}	输出由低电平变为高电平时的传输延迟时间

6. 其它符号

B	二进制
CLK	时钟
CP	时钟脉冲
D	十进制
EN	允许(使能)
H	十六进制
O	八进制
OE	输出允许(使能)

7. 关于逻辑器件图形符号使用状况的说明

在国家标准规定的二进制逻辑单元图形符号中,小规模集成器件的图形符号与过去曾经用过的符号相比变化不大,而且简单易画,故书中的小规模常用器件均采用国标图形符号,而中、大规模集成器件,书中采用了示意性框图来表示这些器件。这种框图不是标准的逻辑图形符号,采用这种框图是因为画法简单,便于教学。

目 录

前言

书中的符号及其说明

第1章 数字逻辑基础

1.1 数制和码制	(1)
1.1.1 基本知识点	(1)
1.1.2 重点与难点	(1)
1.1.3 典型题解析	(4)
1.2 逻辑函数及其表示方法	(7)
1.2.1 基本知识点	(7)
1.2.2 重点与难点	(7)
1.2.3 典型题解析	(8)
1.3 逻辑代数的基本定律和规则	(9)
1.3.1 基本知识点	(9)
1.3.2 重点与难点	(10)
1.3.3 典型题解析	(14)
1.4 逻辑函数的标准形式和卡诺图	(16)
1.4.1 基本知识点	(16)
1.4.2 重点与难点	(16)
1.4.3 典型题解析	(21)
1.5 逻辑函数的化简	(27)
1.5.1 基本知识点	(27)
1.5.2 重点与难点	(27)
1.5.3 典型题解析	(31)
习题	(33)

第2章 集成逻辑门

2.1 TTL 集成逻辑门	(36)
---------------------	------

2.1.1 基本知识点	(36)
2.1.2 重点与难点	(36)
2.1.3 典型题解析	(49)
2.2 CMOS 集成逻辑门	(57)
2.2.1 基本知识点	(57)
2.2.2 重点与难点	(57)
2.2.3 典型题解析	(61)
习题	(64)

第3章 组合逻辑电路

3.1 组合逻辑电路的分析	(73)
3.1.1 基本知识点	(73)
3.1.2 重点与难点	(73)
3.1.3 典型题解析	(74)
3.2 组合逻辑电路的设计	(76)
3.2.1 基本知识点	(76)
3.2.2 重点与难点	(77)
3.2.3 典型题解析	(80)
3.3 常用 MSI 组合逻辑器件及其应用	(83)
3.3.1 基本知识点	(83)
3.3.2 重点与难点	(83)
3.3.3 典型题解析	(97)
习题	(121)

第4章 集成触发器

4.1 触发器的性质及功能	(127)
4.1.1 基本知识点	(127)
4.1.2 重点与难点	(127)
4.1.3 典型题解析	(139)
4.2 触发器的触发方式以及电路结构	(141)
4.2.1 基本知识点	(141)
4.2.2 重点与难点	(141)
4.2.3 典型题解析	(147)
习题	(151)

第5章 时序逻辑电路

5.1 时序逻辑电路的分析	(155)
5.1.1 基本知识点	(155)
5.1.2 重点与难点	(155)
5.1.3 典型题解析	(158)
5.2 同步时序逻辑电路的设计	(167)
5.2.1 基本知识点	(167)
5.2.2 重点与难点	(167)
5.2.3 典型题解析	(167)
5.3 常用中规模时序逻辑部件及其应用	(176)
5.3.1 基本知识点	(176)
5.3.2 重点与难点	(176)
5.3.3 典型题解析	(186)
习题	(200)

第6章 脉冲信号的产生和整形电路

6.1 集成 555 定时器及其应用	(209)
6.1.1 基本知识点	(209)
6.1.2 重点与难点	(209)
6.1.3 典型题解析	(216)
6.2 由门电路组成的脉冲产生和整形电路	(220)
6.2.1 基本知识点	(220)
6.2.2 重点与难点	(220)
6.2.3 典型题解析	(225)
习题	(227)

第7章 D/A 和 A/D 转换器

7.1 D/A 转换器	(233)
7.1.1 基本知识点	(233)
7.1.2 重点与难点	(233)
7.1.3 典型题解析	(240)
7.2 A/D 转换器	(244)
7.2.1 基本知识点	(244)
7.2.2 重点与难点	(244)
7.2.3 典型题解析	(252)

习题	(255)
第 8 章 半导体存储器及可编程逻辑器件	
8.1 半导体存储器	(258)
8.1.1 基本知识点	(258)
8.1.2 重点与难点	(258)
8.1.3 典型题解析	(267)
8.2 可编程逻辑器件	(270)
8.2.1 基本知识点	(271)
8.2.2 重点与难点	(271)
8.2.3 典型题解析	(276)
习题	(280)
附录 A 习题参考答案	(283)
附录 B 硕士研究生入学考试数字电子技术试题	(317)
B1 西安交通大学 2005 年试题	(317)
B2 西安交通大学 2006 年试题	(320)
参考文献	(323)

第 1 章 数字逻辑基础

内容提要

本章介绍数字电路的基本分析方法。通过本章的学习,要求读者能熟练地掌握:①二进制、八进制、十进制、十六进制数的组成及其相互转换;②几种常用 BCD 码;③逻辑代数的基本定理和常用公式;④逻辑问题的描述方法;⑤逻辑函数的化简与变换。

1.1 数制和码制

1.1.1 基本知识点

1. 常用计数制。
2. 各种计数制之间的转换。
3. 码制——几种常用的 BCD 码。

1.1.2 重点与难点

1. 几种常用的计数制

计数制的构成是有规律的,只要抓住各种计数制的数码和系数、计数基数、每一位的权、进位规律等四要素,就能正确地掌握各种计数制。

(1) 任意进制数

任意进制数的多项式展开式为

$$(N)_R = K_{n-1}R^{n-1} + K_{n-2}R^{n-2} + \cdots + K_iR^i + \cdots + K_1R^1 + K_0R^0 + K_{-1}R^{-1} + K_{-2}R^{-2} + \cdots + K_{-m}R^{-m} \quad (1.1.1)$$

式中 K_i ——第 i 位的系数;

R ——计数基数;

R^i ——第 i 位的权。

式(1.1.1)的普遍形式为

$$(N)_R = \sum K_i R^i \quad (1.1.2)$$

(2) 十进制数

在这种计数制中,有 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 等 10 个数码,每一位的系数可以是这 10 个数码中的任意 1 个;其基数是 10;每一位的权是 10 的某次幂;其进位规律是“逢十进一”。根据式(1.1.2),其多项式的普遍形式为

$$(N)_D = \sum K_i \times 10^i \quad (1.1.3)$$

式中 K_i ——第 i 位的系数;

N 的下标 D(Decimal)表示十进制。

例如,十进制数 $(234.56)_D$ 的多项式形式为

$$(234.56)_D = 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$$

(3) 二进制数

在数字电路中,最常用的是二进制数。二进制数只有 0 和 1 两个数码,每一位的系数只有 0 和 1 两种可能;计数基数是 2;每一位的权是 2 的某次幂;其进位的规律是“逢二进一”。根据式(1.1.2),二进制多项式的普遍形式为

$$(N)_B = \sum K_i \times 2^i \quad (1.1.4)$$

下标 B(Binary)表示二进制。

因此任何一个二进制数都可以根据式(1.1.4)展开成多项式,如二进制数 $(101.101)_B$ 的展开式为

$$(101.101)_B = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3}$$

(4) 八进制数

八进制数中有 0~7 共 8 个数码,每一位的系数可以是这 8 个数码中的任意 1 个;计数基数为 8;每一位的权是 8 的某次幂;其进位的规则是“逢八进一”。根据式(1.1.2),任意一个八进制数可以按权展开为

$$(N)_O = \sum K_i \times 8^i \quad (1.1.5)$$

下标 O(Octal)表示八进制。

任何一个八进制数都可以按式(1.1.5)展开为多项式,例如八进制数 $(346.41)_O$ 。

$$(346.41)_O = 3 \times 8^2 + 4 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} + 1 \times 8^{-2}$$

(5) 十六进制数

十六进制数采用 16 个数码,它们是 0~9, A(对应于十进制的 10), B(11), C(12), D(13), E(14), F(15), 每一位系数可以是这 16 个数码中的任意 1 个;计数基数为 16;每一位的权是 16 的某次幂;进位的规律是“逢十六进一”。因此,任意一个十六进制数均可以展开为

$$(N)_H = \sum K_i \times 16^i \quad (1.1.6)$$

下标 H(Hexadecimal)表示十六进制。

例如,十六进制数 $(3E6.7F)_H$ 可以展开为

$$(3E6.7F)_H = 3 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 6 \times 16^0 + 7 \times 16^{-1} + 15 \times 16^{-2}$$

2. 常用数制间的转换

常用数制间的转换有二—十进制间、八—十进制间、十六—十进制间、二—八—十六进制间的转换。在转换中常用的方法有按权展开多项式法、基数除/乘法和基数为 2^i 的各种进制之间的直接转换法。一般二、八、十六进制转换为十进制采用多项式法;十进制数转换为二、八、十六进制数采用基数除/乘法;而基数为 2^i 的各种进制间的转换采用直接转换法。

3. 有权码和无权码

8421BCD码是用4位二进制码表示1位十进制数的一种方法,它的每一位的权从左到右依次是8,4,2,1,由于每一位都有固定的权,所以是有权码。

表1.1.1中的2421码、5421码也是有权码。余3码是由8421码加3(0011)得来的,每一位没有固定的权,所以它是一种无权码。除此之外,余3循环码、格雷码也是无权码。

表 1.1.1 常用 BCD 码

十进制数 \ 编码种类	8421 码	5421 码	2421 码(A)	2421 码(B)	余 3 码	余 3 循环码	格雷码
0	0000	0000	0000	0000	0011	0010	0000
1	0001	0001	0001	0001	0100	0110	0001
2	0010	0010	0010	0010	0101	0111	0011
3	0011	0011	0011	0011	0110	0101	0010
4	0100	0100	0100	0100	0111	0100	0110
5	0101	1000	0101	1011	1000	1100	0111
6	0110	1001	0110	1100	1001	1101	0101
7	0111	1010	0111	1101	1010	1111	0100
8	1000	1011	1110	1110	1011	1110	1100
9	1001	1100	1111	1111	1100	1010	1101
权	8421	5421	2421	2421	无	无	无