



21世纪高职高专**电子信息类**实用规划教材

数字电子技术基础

海波 主编
胡静 鱼敏英 副主编



 免费赠送电子课件

- 在数字电路的分析和设计方法、常用集成电路的应用等重点内容中，有机融入数字电路新技术和新器件等新知识点，反映数字电子技术的新发展。
- 摒弃过多的结构分析和繁杂的数学推导，对正文、例题、习题进行逻辑性更强的紧密结合，从而加强对学生实际应用与创新能力的培养。

清华大学出版社

21 世纪高职高专电子信息类实用规划教材

数字电子技术基础

海波 主编
胡静 鱼敏英 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以知识性、实用性和先进性为宗旨,结合应用型人才培养目标和教学特点,优化课程结构,精炼教学内容,拓宽专业基础,特别注重实际应用能力的培养。

全书内容共分9章,分别介绍了数字逻辑基础、逻辑代数基础及逻辑门、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与整形、半导体存储器、数/模和模/数转换、数字系统分析与设计。其中第9章内容最具特色。本书是几位老师通过多年职业教育教学积累的经验,对数字逻辑电路课程体系、教学内容、教学方法和教学手段进行综合改革的具体成果。每章课后有针对性很强的习题,并附有参考答案(在本书课件中提供)以便学生自学。

本书既可以作为高职高专计算机科学与技术、通信、电子信息及自动化等专业的教材,也可以作为自学者的参考资料。

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/海波主编;胡静,鱼敏英副主编. —北京:清华大学出版社,2013

(21世纪高职高专电子信息类实用规划教材)

ISBN 978-7-302-30210-0

I. ①数… II. ①海…②胡…③鱼… III. ①数字电路—电子技术—高等职业教育—教材
IV. ①TN79

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第228439号

责任编辑:李春明 桑任松

装帧设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

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:185mm×260mm 印 张:12.75 字 数:307千字

版 次:2013年1月第1版 印 次:2013年1月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:24.00元

产品编号:045542-01

前 言

数字电子技术课程是电子、电气和计算机等专业必须开设的一门专业基础课。本书根据电子信息、电气自动化及计算机等相关专业教学大纲的要求,总结不同的高职高专院校从事多年教学的经验,还通过到工厂企业的广泛调研而编写的。本书在编写过程中,力求内容和结构均能充分体现高职高专“注重能力”培养的特点。本书的编写原则是知识点新、应用性强,有利于学生的实际应用能力的培养。

本书作为教材对应的教学学时为72~90学时,可以根据教学要求适当调整。本书具有以下特点:

(1) 本书反映了数字电子技术的新发展,重点介绍了数字电路的新技术和新器件。

(2) 本书重点介绍数字电路的分析方法和设计方法及常用集成电路的应用。在掌握分析方法和设计方法的前提下,对于数字集成电路的内部结构不进行过多的分析和繁杂的数学公式推导,力求简明扼要、深入浅出、通俗易懂。

(3) 本书在内容编排上力求顺序合理,逻辑性强,使学生更易学习和掌握。

(4) 教材正文与例题、习题紧密结合。例题是正文的补充,某些内容则有意让学生通过习题来掌握,以调节教学节律,利于理解深化。

(5) 本书可以作为模拟电子技术的后续教材,也可以单独使用。

(6) 课后习题针对性很强,且在课件中提供参考答案,有利于学生的自学,主要加强学生实际应用与创新方面的训练。

本书由海波担任主编,负责制定编写要求和详细的内容编写目录,并对全书进行统稿和定稿。胡静、鱼敏英老师任副主编。参加本书编写的人员均为长期从事数字电子技术教学的一线教师,具有丰富的教学经验。本书共分9章。第1~3章(2.1节除外)由鱼敏英老师编写;第4、5章由胡静老师编写;第6~9章由海波老师和闵卫锋老师编写。

本书由杨凌职业技术学院马安良教授主持审阅。马安良教授在百忙中认真细致地审阅全书,并提出了宝贵建议。还有大庆职业学院麻立秋老师为我们的编写工作付出了艰辛的劳动并且编写了第2章的第2.1节。本书的编写得到了兰州城市学院信息工程学院、杨凌职业技术学院和大庆职业学院等兄弟院校的大力支持和热情帮助。编者在此向为本书成功出版做出贡献的所有工作人员表示衷心的感谢。

由于数字逻辑技术发展迅速,加之作者水平有限,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 数字逻辑基础1	2.5.1 代数化简法.....28
1.1 数字电子技术和模拟电子技术的区别.....2	2.5.2 卡诺图化简法.....29
1.1.1 数字信号和模拟信号.....2	2.6 集成门电路31
1.1.2 数字电路.....2	2.6.1 常用的 TTL 集成门.....31
1.1.3 数字电子技术课程的学习方法.....3	2.6.2 TTL 集成门电路使用注意事项.....33
1.2 数制与码制.....4	2.6.3 常用的 CMOS 集成门.....33
1.2.1 常用数制.....4	2.6.4 CMOS 集成门电路使用注意事项.....34
1.2.2 不同进制数的转换.....5	2.6.5 课题与实训 3: 多数表决器电路的功能测试.....34
1.2.3 代码.....6	本章小结.....36
本章小结.....8	习题.....36
习题.....9	第 3 章 组合逻辑电路39
第 2 章 逻辑代数基础及逻辑门11	3.1 组合逻辑电路的分析与设计.....40
2.1 几个基本概念.....12	3.1.1 组合逻辑电路的分析.....40
2.1.1 逻辑.....12	3.1.2 组合逻辑电路的设计.....41
2.1.2 逻辑电路.....12	3.2 编码器.....43
2.2 基本逻辑关系.....12	3.2.1 二进制编码器.....43
2.2.1 逻辑代数的 3 种运算.....12	3.2.2 二-十进制编码器.....45
2.2.2 逻辑门电路.....14	3.2.3 课题与实训 1: 二进制优先编码器功能扩展测试.....46
2.3 复合逻辑运算.....17	3.3 译码器.....47
2.3.1 几种常见的复合逻辑运算.....17	3.3.1 二进制译码器.....48
2.3.2 逻辑函数的表示方法.....21	3.3.2 二-十进制译码器.....49
2.3.3 逻辑函数表示方法间的相互转换.....23	3.3.3 译码器的应用.....50
2.3.4 课题与实训 1: “与非”门逻辑功能验证.....24	3.3.4 课题与实训 2: 二进制译码器功能扩展测试.....50
2.3.5 课题与实训 2: “与或非”门逻辑功能验证.....25	3.4 数据选择器.....52
2.4 逻辑代数的基本定律和运算规则.....27	3.4.1 集成数据选择器.....52
2.4.1 基本定律.....27	3.4.2 课题与实训 3: 数据选择器功能扩展测试.....54
2.4.2 基本定则.....28	3.5 数字显示电路.....55
2.5 逻辑函数的化简.....28	3.5.1 数字显示电路.....55

3.5.2 课题与实训 4: 制作数字 显示电路	57	5.3 计数器	91
3.6 加法器	59	5.3.1 同步计数器	92
3.6.1 加法器	59	5.3.2 异步计数器	103
3.6.2 课题与实训 5: 设计一位 全加器	61	5.3.3 集成异步计数器	104
本章小结	63	5.3.4 课题与实训: N 进制计数 功能测试	106
习题	63	5.4 寄存器和移位寄存器	108
第 4 章 触发器	67	5.4.1 寄存器	108
4.1 概述	68	5.4.2 移位寄存器	109
4.2 基本 RS 触发器	68	本章小结	115
4.2.1 电路组成	68	习题	115
4.2.2 功能分析	68	第 6 章 脉冲波形的产生与整形	119
4.2.3 课题与实训: 基本 RS 触发器 功能测试	70	6.1 555 定时器	120
4.3 同步触发器	72	6.1.1 电路组成	120
4.3.1 同步 RS 触发器	72	6.1.2 定时器的逻辑功能	122
4.3.2 同步 JK 触发器	73	6.1.3 课题与实训 1: 555 定时器 逻辑功能测试	122
4.3.3 同步 D 触发器	75	6.2 555 定时器的基本应用	124
4.4 边沿触发器	76	6.2.1 施密特触发器	124
4.4.1 边沿 JK 触发器	76	6.2.2 课题与实训 2: 施密特 触发器的测试	126
4.4.2 边沿 D 触发器	80	6.2.3 单稳态触发器	128
4.5 不同触发器的转换	82	6.2.4 课题与实训 3: 单稳态 触发器的测试	131
4.5.1 JK 触发器转换成 D、T 触发器	82	6.2.5 多谐振荡器	132
4.5.2 D 触发器转换成 JK、T 和 T' 触发器	83	6.2.6 课题与实训 4: 100Hz 振荡 电路的调试	135
本章小结	84	本章小结	136
习题	84	习题	136
第 5 章 时序逻辑电路	87	第 7 章 半导体存储器	139
5.1 概述	88	7.1 存储器的概念	140
5.1.1 时序逻辑电路的特点	88	7.1.1 存储器的定义	140
5.1.2 时序逻辑电路的表示方法	88	7.1.2 存储器的分类	140
5.1.3 时序逻辑电路的分类	88	7.2 随机存取存储器	141
5.2 时序电路的分析方法	89	7.2.1 RAM 的基本结构	141
5.2.1 基本分析步骤	89	7.2.2 RAM 的存储单元	145
5.2.2 分析举例	90	7.2.3 RAM 的容量扩展	148

7.2.4 RAM 的芯片简介	149	8.2.2 典型的 ADC 转换器	174
7.3 只读存储器	150	8.2.3 ADC 转换器的主要技术 指标	179
7.3.1 ROM 的分类	150	8.2.4 集成 ADC 及应用	180
7.3.2 ROM 的结构及工作原理	151	本章小结	182
7.3.3 ROM 的应用	153	习题	182
7.3.4 常用的 EPROM 举例 ——2764	157	第 9 章 数字系统分析与设计	185
本章小结	159	9.1 数字系统的基本概念	186
习题	160	9.1.1 数字系统	186
第 8 章 数/模和模/数转换	163	9.1.2 数字系统的基本组成	186
8.1 数/模转换器(DAC)	164	9.1.3 数字系统设计方法	187
8.1.1 DAC 的工作原理	164	9.2 十字路口交通灯控制系统设计	188
8.1.2 权电阻网络 DAC	165	9.2.1 系统功能与使用要求	188
8.1.3 倒 T 形电阻网络 DAC	167	9.2.2 总体方案设计	189
8.1.4 D/A 转换器的主要技术 指标	168	9.2.3 基于逻辑部件的系统设计与 实现	190
8.1.5 集成 D/A 转换器及应用	168	本章小结	194
8.2 模/数转换器(ADC)	171	习题	195
8.2.1 ADC 的基本步骤	171	参考文献	196




第 1 章

数字逻辑基础



教学目标

- 了解数字信号与模拟信号的区别
 - 理解数字系统中信息的分类
 - 熟练掌握常用的数制形式及转换
 - 掌握编码的种类及方法
 - 熟练掌握机器数的原码、反码、补码表示方法
- 

本章首先介绍了数字电子技术的分类和特点，数字电子技术与模拟电子技术的区别；然后讲述了数制与码制，数制间的相互转换，码制间的相互转换；最后讲解了机器数原码、反码、补码的表示方法。

1.1 数字电子技术和模拟电子技术的区别

1.1.1 数字信号和模拟信号

自然界中的电信号可以分为两大类，即模拟信号和数字信号。模拟信号是指在时间和数值上都是连续变化的信号。例如，电流、电压等物理量均属于模拟信号，还有收音机、电视机通过天线接收到的音频信号、视频信号，都是随时间作连续变化的物理量，电压信号在正常情况下不会突然跳变，如图 1.1(a)所示。数字信号是指在时间和数值上都是离散的信号，如随时间不连续的、断续变化的电流、电压或电磁波，这种信号又称“离散”信号，如图 1.1(b)所示。

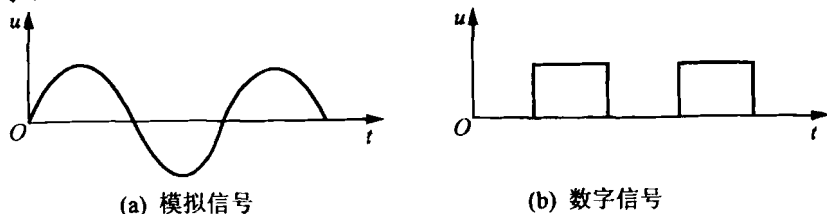


图 1.1 模拟信号与数字信号

数字信号是表示数字量的信号，在两个稳定状态之间作阶跃式变化的信号，有电位型和脉冲型两种表示形式。用高低不同的电位信号表示“1”和“0”是电位型表示法；用有无脉冲表示“1”和“0”是脉冲型表示法。

1.1.2 数字电路

一般而言，用于处理模拟信号电子电路，称为模拟电路。而用于处理数字信号电子电路，则称为数字电路。数字电路主要研究数字信号的产生、转换、传送、存储、计数、运算等，使用越来越广泛。

数字电路与模拟电路相比有以下优点：

- (1) 电路结构简单，容易制造，便于集成和系列化产生，成本低廉，使用方便。
- (2) 由数字电路组成的数字系统，工作准确可靠，精度高。
- (3) 不仅能完成数值运算，还可以进行逻辑运算和逻辑判断，因此，数字电路又称为数字逻辑电路，主要用于控制系统中。

数字电路这一系列优点，使它在计算机、自动控制、数字通信及仪器仪表等各个科学领域中得到广泛的应用。

1. 数字电路的特点

数字电路的特点如下:

- (1) 数字电路均采用二进制数来传输和处理数字信号。
- (2) 在数字电路中,用“1”表示高电平,用“0”表示低电平。
- (3) 数字电路研究的是输出信号的状态与输入信号的状态之间的对应关系。
- (4) 结构简单,便于集成,功能强大,使用方便。
- (5) 易于存储、加密、压缩、传输和再现。
- (6) 抗干扰性强,可靠性高,稳定性好。

2. 数字电路的分类

1) 按集成度划分

按集成度来划分,数字集成电路可分为小规模、中规模、大规模和超大规模等各种集成电路。

2) 按制作工艺划分

按制作工艺来划分,数字电路可分为双极型(TTL型)电路和单极型(MOS型)电路。双极型电路开关速度快,频率高,工作可靠,应用广泛。单极型电路功耗小,工艺简单,集成度高,易于大规模集成生产。

3) 按逻辑功能划分

按逻辑功能来划分,数字电路可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路。组合逻辑电路的输出信号的状态只与当时输入信号状态的组合有关,而与电路前一刻的输出信号状态无关,时序逻辑电路具有记忆功能,其输出信号的状态不仅与当时的输入信号状态的组合有关,而且与电路前一刻输出信号的状态有关。

1.1.3 数字电子技术课程的学习方法

学生在学习过程中应注意以下几点。

1. 注意理解

理解是学习理工科知识的基础,在数字电子技术课程的学习过程中,学生一定要注意掌握基本概念、原理及分析、设计方法,这样才能对实际的数字电路进行分析,对实际的问题进行数字电路的设计。

2. 注重器件的外特性

对于数字电路中种类繁多的集成电路,其内部结构及工作过程理解起来很复杂,学生在学习时应将理解的重点放在器件的外特性和使用方法上,并能熟练地运用这些器件进行逻辑电路的设计。

3. 注重实践

在学习中,要求学生一定要重视实践环节,将每章安排的课题与实训内容通过实践认真完成。



1.2 数制与码制

1.2.1 常用数制

在数字电路中，数字量的计算方法就是数制。常用的数制有二进制、八进制、十进制和十六进制。在生产实践中，人们习惯用十进制计数；而在数字电路中，应用最广泛的数制是二进制和十六进制。

下面一一进行介绍。

1. 二进制数

二进制数的基数是 2，采用两个基本数码 0 和 1。计数规律是“逢二进一”。任何一个二进制数都可以表示成以基数 2 为底的幂的求和式，各位权为 $2^0, 2^1, 2^2, \dots$ 。

【例 1-1】将二进制数 111010 按权展开。

解： $(111010)_2 = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$

二进制数的表示方法可扩展到小数，小数点后的权值是以基数 2 为底的负次幂。例如，二进制数 1.11011 按权展开： $(1.11011)_2 = 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 0 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} + 1 \times 2^{-5}$ 。

二进制数表示的优点如下：

(1) 二进制数只有 0 和 1 两个数字，很容易用电路元件的状态来表示，如二极管的通和断、三极管的饱和及截止、继电器的接通和断开、灯泡的亮和灭、电平的高和低等，这些都可以将其中的一个状态定义为 0，另一个状态定义为 1 来表示二进制数。这种表示简单可靠，所用元件少，存储和传输二进制数也很方便。

(2) 二进制运算规则与十进制运算规则相似，但要简单得多。

如两个一位十进制数相乘用“九九乘法”才能实现，而两个一位二进制数相乘只有 $0 \times 0 = 0$ ； $0 \times 1 = 0$ ； $1 \times 0 = 0$ ； $1 \times 1 = 1$ 这 4 种组合，用电路来实现更方便。

2. 八进制数

八进制数的基数是 8，采用 8 个数码 0~7。计数规律是“逢八进一”。八进制数各位的位权为 $8^0, 8^1, 8^2, \dots$ 。

【例 1-2】将八进制数 326.2 按权展开。

解： $(326.2)_8 = 3 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1}$

3. 十六进制数

十六进制数的基数是 16。采用 16 个数码 0~9、A、B、C、D、E、F。其中 A~F 分别表示 10~15。计数规律是“逢十六进一”。十六进制数各位的位权为 $16^0, 16^1, 16^2, \dots$ 。

十六进制数的表示法也可扩展到小数，小数点后的权值是以基数 16 为底的负次幂。例如，十六进制数 5.A5 按权展开： $(5.A5)_{16} = 5 \times 16^0 + 10 \times 16^{-1} + 5 \times 16^{-2} = 5.64453125$ 。

【例 1-3】将十六进制数 8A.3 按权展开。

解： $(8A.3)_{16} = 8 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 3 \times 16^{-1}$

1.2.2 不同进制数的转换

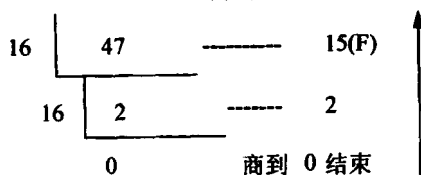
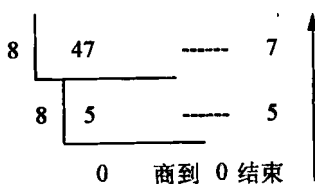
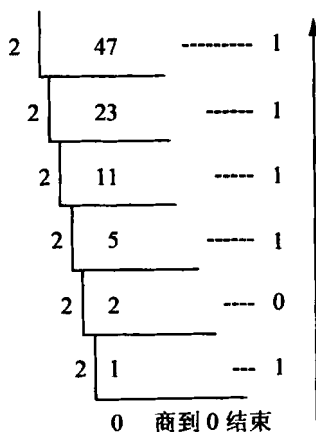
1. 十进制数转换为二进制、八进制和十六进制数

转换方法:

- (1) 十进制数除以基数(直到商为 0 为止)。
- (2) 取余数倒读。

【例 1-4】 将十进制数 47 转换为二进制、八进制和十六进制数。

解:



所以, $(47)_{10}=(101111)_2=(57)_8=(2F)_{16}$ 。

【例 1-5】 将十进制数 0.734375 转换为二进制和八进制数。

解:

(1) 转换为二进制数。

首先用 $0.734375 \times 2 = 1.46875$

然后用 $0.46875 \times 2 = 0.9375$

继续用 $0.9375 \times 2 = 1.875$

继续用 $0.875 \times 2 = 1.75$

继续用 $0.75 \times 2 = 1.5$

(积的整数部分为 1, 积的小数部分为 0.46875)

(积的整数部分为 0, 积的小数部分为 0.9375)

(积的整数部分为 1, 积的小数部分为 0.875)

(积的整数部分为 1, 积的小数部分为 0.75)

(积的整数部分为 1, 积的小数部分为 0.5)

继续用 $0.5 \times 2 = 1$ (积的整数部分为 1, 积的小数部分为 0)

由于此时积的小数部分为 0, 运算结束。将运算得到的整数部分按照顺序排列得二进制形式为: 0.101111。

(2) 转换为八进制数。

首先用 $0.734375 \times 8 = 5.875$ (积的整数部分为 5, 积的小数部分为 0.875)

然后用 $0.875 \times 8 = 7.0$ (积的整数部分为 7, 积的小数部分为 0)

由于此时积的小数部分为 0, 运算结束。将运算得到的整数部分按照顺序排列得八进制形式为: 0.57。

注意: 如果转换中乘积运算后小数部分不能为 0, 这时一般会要求近似到某位, 按照要求取近似值即可。

2. 二进制、八进制和十六进制数转换为十进制数

转换方法: 首先按位权展开, 然后相加求和。

【例 1-6】 将例 1-1 中的二进制数转换为十进制数。

解: $(111010)_2 = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 58$

3. 二进制数转换为八进制和十六进制数

转换方法:

(1) 将二进制数从右往左每 3 位为一组(八进制)、或每 4 位为一组(十六进制)。

(2) 不够添 0。

(3) 每组按二进制数转换。

【例 1-7】 将二进制数 101011 转换为八进制和十六进制数。

解: 具体做法如下:

$$(101011)_2 = (\underline{101} \ \underline{011})_2 = (53)_8$$

$$(101011)_2 = (\underline{0010} \ \underline{1011})_2 = (2B)_{16}$$

$$(101011)_2 = (53)_8 = (2B)_{16}$$

4. 八进制和十六进制数转换为二进制数

转换方法: 将每位八进制数转换为 3 位二进制数码, 同理将每位十六进制数转换为 4 位二进制数码。

【例 1-8】 将八进制数 76 转换为二进制数。

解: $(76)_8 = (111 \ 110)_2$

【例 1-9】 将十六进制数 17.36 转换为二进制数。

解: $(17.36)_{16} = (\underline{0001} \ \underline{0111} \ \underline{0011} \ \underline{0110})_2 = (10111.0011011)_2$

1.2.3 代码

在数字系统中, 常将有特定意义的信息(如数字、文字、符号)用一定的二进制代码来表示。

1. BCD 码

二-十进制码(简称 BCD 码),指的是用 4 位二进制数来表示一位十进制数 0~9。BCD 代码常用的表示法有 8421BCD 码、5421BCD 码、余 3 BCD 码等。

8421BCD 码,是将十进制数的每个数字符号用 4 位二进制数表示,每位都有固定的权,因此这种代码被称为有权码或加权码(Weighted Code)。按从左到右的顺序,各位的权分别为 $2^3(8)$ 、 $2^2(4)$ 、 $2^1(2)$ 、 $2^0(1)$,这与普通二进制数中对权的规定是一样的,因此,8421BCD 码对十进制数 0~9 这 10 个数字符号的表示与普通二进制中表示完全一样。但要注意的是,8421BCD 码中不允许出现 1010~1111 这 6 个代码,因为十进制数 0~9 中没有哪个数字符号与它们相对应,因此将它们称为“伪码”。8421BCD 码和十进制数之间的转换可直接按位(或按组)转换。

【例 1-10】将十进制数 173 转换成 3 位 8421BCD 码。

解:将 173 中各位数分别转化成 8421BCD 码,然后按高位到低位依次由左到右排列,得 $(0001\ 0111\ 0011)_{8421BCD}$ 。

【例 1-11】将 3 位 8421BCD 码 1001 0111 1000 转换成十进制数。

解:将 $(1001\ 0111\ 1000)_{8421BCD}$ 中二进制形式的代码,由左至右每 4 位分成一组,得 1001、0111、1000,然后按组将它们化成十进制数 9、7、8,再由高到低排列得 $(978)_{10}$ 。

按选取方式的不同,可以得到如表 1.1 所示常用的几种 BCD 编码。

表 1.1 常用的几种 BCD 编码

十进制数	8421 码	余 3 码	格雷码	2421 码	5421 码
0	0000	0011	0000	0000	0000
1	0001	0100	0001	0001	0001
2	0010	0101	0011	0010	0010
3	0011	0110	0010	0011	0011
4	0100	0111	0110	0100	0100
5	0101	1000	0111	1011	1000
6	0110	1001	0101	1100	1001
7	0111	1010	0100	1101	1010
8	1000	1011	1100	1110	1011
9	1001	1100	1101	1111	1100

2. 数的原码、反码和补码

在实际中,数有正有负,在计算机中人们主要采用两种方法来表示数的正负。第一种方法是舍去符号,所有的数字均采用无符号数来表示。这种办法虽然可以解决符号问题,但是同时缩小了计算机中可处理数的范围,因此,现在一般不采用。第二种符号处理方法就是符号数值化,在数字设备中对于“+”、“-”符号分别用“0”、“1”表示。带有符号的数有原码、反码和补码 3 种表现形式。

1) 原码

最高位符号位用 0 表示正数, 用 1 表示负数, 其余位用二进制数表示大小, 这就是有符号数的原码形式。例如, 用原码表示+74 和-31(用 8 位二进制数)。

首先写出 74 和 31 两个数的二进制表示形式, 即

74	1	0	0	1	0	1	0
31	0	0	1	1	1	1	1

然后直接在最高位前加上表示符号的 0、1, 即

74	0	1	0	0	1	0	1	0
-31	1	0	0	1	1	1	1	1

【例 1-12】 设 $x_{\text{真值}} = 7$, $y_{\text{真值}} = -9$, 求 $x_{\text{原码}}$ 和 $y_{\text{原码}}$ 的值。

解: 因为 $x_{\text{真值}} = 7$, $y_{\text{真值}} = -9$

所以 $x_{\text{原码}} = 00111$, $y_{\text{原码}} = 11001$

2) 反码

规定: 正数的反码与原码形式相同; 负数的反码符号位不变(为 1), 其余位逐位求反可得。例如, 用反码表示+74 和-31 两个数字(用 8 位二进制数)。

因为正数的反码和原码是一样的, 即

74	0	1	0	0	1	0	1	0
----	---	---	---	---	---	---	---	---

为了用反码表示-31, 先写出+31 的原码表示, 再按位依次取反即可。

31	0	0	0	1	1	1	1	1
-31	1	1	1	0	0	0	0	0

【例 1-13】 设 $x_{\text{真值}} = 7$, $y_{\text{真值}} = -9$, 求 $x_{\text{反码}}$ 和 $y_{\text{反码}}$ 的值。

解: 因为 $x_{\text{真值}} = 7$, $y_{\text{真值}} = -9$

所以 $x_{\text{反码}} = 00111$ $y_{\text{反码}} = 10110$

3) 补码

规定: 正数的补码与反码形式相同; 负数的补码是在反码的末位加 1 而得。

【例 1-14】 设 $x_{\text{真值}} = 7$, $y_{\text{真值}} = -9$, 求 $x_{\text{补码}}$ 和 $y_{\text{补码}}$ 的值。

解: 因为 $x_{\text{真值}} = 7$, $y_{\text{真值}} = -9$

所以 $x_{\text{补码}} = 00111$, $y_{\text{补码}} = 10111$

本章小结

(1) 处理数字信号(用“0”和“1”表示)的电路为数字电路, 数字电路的特点及学习方法需要掌握。

(2) 常用的数制有二进制、八进制、十进制和十六进制, 掌握各种数制间的相互转化。

(3) 理解码制的概念, 熟知 8421BCD 码、5421BCD 码、余 3 BCD 码的表示形式, 掌握各种 BCD 码之间的转换方法及机器数原码、反码、补码的表示方法。

习 题

一、选择题

- (3.5)₈ 转换为二进制数为()。

A. 011.101	B. 010.101	C. 101.011	D. 010.011
------------	------------	------------	------------
- (27)₁₀ 的 8421BCD 码为()。

A. 00101111	B. 00100111	C. 11100111	D. 01110010
-------------	-------------	-------------	-------------
- (1000 0011 0101)_{8424BCD} 的十进制数为()。

A. 835	B. 825	C. 815	D. 528
--------	--------	--------	--------

二、填空题

- 请完成下列数制的转换。
 - $(184)_{10} = ()_2 = ()_8 = ()_{16}$
 - $(25.7)_{10} = ()_2$
 - $(11010)_2 = ()_8 = ()_{16} = ()_{10}$
 - $(11.001)_2 = ()_8 = ()_{16} = ()_{10}$
- 电信号分为两大类, 分别为_____、_____。

三、简答题

- 什么是数字信号? 什么是模拟信号?
- 数字电路和模拟电路相比有什么优点?
- 常用的数制有哪些?

四、综合题

- 写出下列二进制数的原码、反码和补码(用 8 位二进制数表示)。
 - $(+1011)_2$;
 - $(+00110)_2$;
 - $(-1101)_2$;
 - $(-00101)_2$
- 试求 $(0011 0101 0111)_{8421BCD} = ()_{5421BCD}$ 。



