



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪高职、高专计算机类教材系列

数字电子技术 与逻辑设计教程

(第3版)

徐煜明 主编
杨碧石 华路纲 副主编
华容茂 主审

Computer



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

21 世纪高职、高专计算机类教材系列

数字电子技术与逻辑设计教程

(第 3 版)

徐煜明 主编

杨碧石 华路纲 副主编

华容茂 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在《数字电子技术与逻辑设计教程(第二版)》的基础上作了进一步修订而成的,并增加了免费电子课件。本书共 9 章,内容包括数字电路基础、逻辑代数、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、脉冲信号的产生与变换,并介绍了 A/D 和 D/A 转换及大规模集成电路 ROM、RAM、PLD 等的一般知识。

本书叙述简明扼要,通俗易懂,可作为高职、高专计算机类、电气类、电子类、自动化类专业的教材,也可供有关工程技术人员自学参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术与逻辑设计教程 / 徐煜明主编. —3 版. —北京: 电子工业出版社, 2008.1

(21 世纪高职、高专计算机类教材系列)

ISBN 978-7-121-05276-7

I. 数… II. 徐… III. ① 数字电路—电子技术—高等学校: 技术学校—教材② 数字电路—逻辑设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 168279 号

责任编辑: 刘海艳

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 印张: 16.5 字数: 422.4 千字

印 次: 2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 3000 册 定价: 23.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

《21 世纪高职、高专计算机类教材系列》

编委会名单

主 编：庄燕滨

副主编：华容茂 许秀林 张永常 邵晓根 陈 雁 顾元刚

委 员：（以姓氏笔画为序）

左全生	刘红玲	华容茂	庄燕滨	许秀林	李志球
吴国经	陈 雁	邵晓根	张永常	张家超	张强华
杨碧石	周维武	郑成增	顾元刚	高 波	徐世河
徐煜明	常明华	常晋义	薄继康		

《数字电子技术与逻辑设计教程（第 3 版）》

编委会名单

主 编：徐煜明

副主编：杨碧石 华路纲

委 员：华容茂 华路纲 李 冬 杨萃南 杨碧石

林美华 易顺明 徐煜明 曹丰文

序 言

1. 缘起与背景

20 多年来,我国应用型高等教育、高等职业教育得到了长足的发展。在这一领域从事计算机教育的师生在教学改革和教学建设方面取得了很多成果,有的还列为国家重点教学改革项目进行试点。1998 年 12 月 24 日教育部发布了“面向 21 世纪教育振兴行动计划”,提出“积极发展高等职业教育”。我国的高等职业教育进入了高速发展阶段,这一新形势向我们提出了新的更高要求。认真总结应用型高职、高专的教学教改经验,制订一套适合当前改革、发展要求的应用型高等教育(含高等职业教育)的计划、大纲和教材就成了当务之急,基于这样一个认识,我们组织了十余所学校的教师进行了研讨、并组织编写这套 21 世纪高职、高专计算机类教材。

2. 编写原则

高职、高专有自身特色,正如“振兴计划”中指出的:“高等职业教育必须面向地区经济建设和社会发展,适应就业市场的实际需要,培养生产、服务、管理第一线需要的实用人才,真正办出特色。”培养出符合国家建设需要的高素质应用型人才是高职、高专发展的根本目的。因此,在这套教材的编写中,我们遵循“适用、实用、会用、通用”的原则,避免低水平重复。

“适用”就是要讲述符合目前行业要求的新知识、新技术、新方法。由于计算机技术始终处于高速发展中,因此,如果只讲那些已经“十分成熟”的技术,那么,学生毕业后,这些技术可能已经过时了。这样培养出来的学生,不能适应职业岗位的需要。因此,本套教材在选材上,即注意讲透基本理论,也注意讲解新技能,具有一定的前瞻性。

“实用”就是要重点讲述计算机行业最广泛应用的知识、方法和技能。使学生能胜任岗位工作,切实符合社会需要。

“会用”是培养学生在具备一定理论基础的前提下,能够用自己所学的知识,解决在工作中遇到的具体问题。注重动手能力和操作技能的培养。

“通用”是指本套教材不仅限于高等职业教育,对于应用型高等院校,如技术学院、技术师范学院、职业大学等也是对口的教材。

3. 编写情况

本套教材的作者都是多年从事应用型高等教育和高等职业教育的教师,他们对应用型高等教育的实际、学生的学习情况、学生就业后面临的岗位要求等有深入的了解。在本套教材编写中,我们反复研讨,得到了许多学校领导和教师的大力支持,许多章节都是在优秀教案、讲义的基础上推敲而成,吸收了计算机试点专业的教改经验,并由主编全文统稿。在此基础上,我们组织专家审阅、把关,以确保质量。今后还将根据我们这十余所学校的使用情况,认真听取读者的意见,不断修订、补充、完善,以跟上计算机行业发展的步伐。

4. 适用学校和专业

本套教材除特别适合高等职业学校计算机类专业（包括“计算机应用”、“计算机网络”、“信息管理”、“计算机科学教育”、“会计电算化”等）使用外，也可供其他应用型高等专科学校使用。对那些迫切需要提高自己应用技能的读者，本套教材作为自学读物，亦颇为得当。

21 世纪高职、高专计算机类教材编委会

前 言

本书为《数字电子技术与逻辑设计教程》的第3版。自2000年第1版,2003年第2版出版发行以来,深受广大读者的喜爱,前后印刷20次,共印刷了十万余册,现已被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

第3版与前两版比较,总体的结构相同,区别在于:①某些基本概念、基础理论的叙述更加通俗、浅显;②为了便于读者复习与自学,每章都增加了小结;③对习题的安排做了调整。

本书的修订工作主要由徐煜明、杨碧石、华路纲完成,华容茂审阅了全部书稿,并提出了很多重要的修改意见。

本书虽然经过了多轮教学检验,又经作者结合高职、高专教学改革实践进行修订,但缺点和错误仍在所难免,希望读者予以批评指正。

编 者

2007年7月

第二版前言

《数字电子技术与逻辑设计教程（第二版）》是根据国家教委组织制定的电路与电子技术课程教学的基本要求，在总结高职、高专二十余年教学经验与教改实践的基础上，由十余所从事计算机类、电气类、电子类该课程教学的老师编写。在编写过程中，我们注意了以下几点：

一、以计算机专业的教学要求为主，适当涵盖相近电类专业：电子类、电气类、自动化类的教学要求。

二、总结汲取本课程讲授的经验及教改实践的成果。

三、由于本课程的性质是技术基础课，因此保证基础，突出集成，以中小规模集成电路为主。基本理论，基本知识，以够用为度。专业性较强的内容由后续课程讲授。

四、讲清概念，立足应用。

本书论述强调基本概念、基本原理，不搞烦琐的推导，只给出处理问题的方法与思路。从应用角度，尽量简化定量分析，讲清有什么用？怎么用？对于新知识、新器件我们也给以应有的注意。

本书由杨萃南、杨碧石主编，徐煜明、易顺明、华容茂为副主编。第 1、8 章由杨碧石编写，第 2、3 章由林美华编写，第 4、9 章由徐煜明编写，第 5、6 章由易顺明编写，第 7 章由李冬编写。全书由杨萃南、华容茂、杨碧石统稿，在统稿过程中做了很多重要修改与补充，并对所有习题答案做了审核与修正。曹丰文审阅了全部书稿，并提出了不少宝贵意见。常明华、邵英为本书的出版做了大量的工作，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中定有不少缺点和错误，恳切希望读者指正。

编 者

2003 年 1 月

第一版前言

《数字电子技术与逻辑设计教程》是根据国家教委组织制定的电路与电子技术课程教学的基本要求,在总结高职、高专二十余年教学经验与教改实践的基础上,由十余所从事计算机类、电气类、电子类该课程教学的老师编写。在编写过程中,我们注意了以下几点:

一、本书以计算机专业的教学要求为主,适当涵盖相近电类专业:电子类、电气类、自动化类的教学要求。

二、总结汲取该课程讲授的经验及教改实践的成果。

三、由于该课程的性质是技术基础课,因此保证基础,突出集成,以中小规模集成电路为主。基本理论,基本知识,以必需够用为度。专业性较强的内容由后续课程讲授。

四、讲清概念,立足应用。

本书论述强调基本概念、基本原理,不搞繁琐地推导,只给出处理问题的方法与思路。从应用角度,尽量简化定量分析,讲清有什么用?怎么用?对于新知识、新器件,我们也予以应有的注意。

电路与电子课程实践性很强,除了课程安排实验以外,一般课堂上都布置一定量的习题与思考题。高专、高职的培养目标强调技能与能力。而该课程是电类专业学生接触“电”的入门课,因此在教学计划中均安排了电工、电子实习与课程设计。为了较科学、合理地组织教学,在技能、能力的培养上又达到目标要求,我们编写了《电工、电子实习与课程设计》、《电子电路复习题解与指南》作为配套教材和参考资料。

本册由华容茂主编,徐煜明、易顺明为副主编。第1、8章由杨碧石编写,第2、3章由林美华编写,第4、9章由徐煜明编写,第5、6章由易顺明编写,第7章由李冬编写。全书由华容茂统稿,在统稿过程中作了很多重要修改与补充。曹丰文审阅了全部书稿,并提出了不少宝贵意见。常明华、邵英为本书的出版做了大量的工作,在此表示感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中定有不少缺点和错误,恳切希望读者指正。

编 者
1999年10月

目 录

第 1 章 数字电路基础	(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	(2)
1.1.3 数字电路的分类	(2)
1.1.4 脉冲与脉冲参数	(3)
1.2 计数体制	(3)
1.2.1 进位计数制	(3)
1.2.2 二进制数	(4)
1.2.3 八进制数和十六进制数	(4)
1.2.4 数制转换	(5)
1.2.5 BCD 码	(8)
1.2.6 格雷码	(8)
小结	(9)
习题	(9)
第 2 章 逻辑代数	(11)
2.1 逻辑代数中的三种基本运算	(12)
2.1.1 或运算 (Logic Addition)	(12)
2.1.2 与运算 (Logic Multiplication)	(13)
2.1.3 非运算 (Logic Negation)	(13)
2.2 逻辑函数及其表示方法	(14)
2.2.1 逻辑函数	(14)
2.2.2 逻辑函数的表示方法	(15)
2.3 逻辑代数基本定律及常用公式	(18)
2.3.1 逻辑代数基本定律	(18)
2.3.2 逻辑代数的常用公式	(18)
2.3.3 逻辑代数的重要规则	(20)
2.3.4 逻辑代数的相等	(21)
2.4 逻辑函数的化简	(22)
2.4.1 逻辑函数表达式的基本形式	(22)
2.4.2 逻辑函数表达式的标准形式	(22)
2.4.3 逻辑函数的化简	(26)
小结	(37)
习题	(38)

第3章 逻辑门电路	(41)
3.1 分立元件门电路	(42)
3.1.1 二极管开关特性	(42)
3.1.2 晶体三极管开关特性	(43)
3.1.3 简单门电路	(45)
3.1.4 复合门电路	(49)
3.2 TTL 集成与非门电路	(50)
3.2.1 TTL 电路的结构	(50)
3.2.2 TTL 电路的工作原理	(51)
3.2.3 TTL 与非门的传输特性	(53)
3.2.4 TTL 与非门的性能指标	(53)
3.2.5 TTL 与非门的改进	(56)
3.2.6 TTL 电路的其他类型	(58)
3.3 其他双极型门电路	(63)
3.3.1 发射极耦合逻辑电路 (ECL 电路)	(64)
3.3.2 注入逻辑电路	(64)
3.4 MOS 门电路	(64)
3.4.1 MOS 反相器	(65)
3.4.2 MOS 与非门	(67)
3.4.3 MOS 或非门	(68)
3.4.4 CMOS 传输门	(68)
小结	(69)
习题	(69)
第4章 组合逻辑电路	(75)
4.1 概述	(76)
4.2 组合逻辑电路的分析	(76)
4.2.1 分析步骤	(76)
4.2.2 分析举例	(77)
4.3 组合逻辑电路的设计	(77)
4.3.1 设计步骤	(78)
4.3.2 设计举例	(78)
4.4 常用组合逻辑部件	(82)
4.4.1 编码器	(82)
4.4.2 译码器	(87)
4.4.3 数据选择器	(95)
4.4.4 加法器	(96)
4.4.5 数码比较器	(99)
4.5 用中规模集成电路设计组合电路	(102)
4.5.1 用数据选择器实现组合逻辑函数	(102)

4.5.2 用译码器实现组合逻辑函数	(104)
4.6 组合逻辑电路中的竞争冒险现象	(105)
4.6.1 竞争冒险	(106)
4.6.2 判断竞争冒险的方法	(107)
4.6.3 消除竞争冒险的方法	(108)
小结	(109)
习题	(110)
第5章 集成触发器	(113)
5.1 基本 RS 触发器	(114)
5.1.1 电路结构	(114)
5.1.2 基本工作原理	(114)
5.1.3 逻辑功能的表示方法	(115)
5.2 同步 RS 触发器	(116)
5.2.1 同步 RS 触发器的电路结构	(117)
5.2.2 同步 RS 触发器的基本工作原理	(117)
5.2.3 触发器外部逻辑特性的描述方法	(118)
5.2.4 同步 RS 触发器的空翻问题	(118)
5.3 主从式触发器	(119)
5.3.1 主从式 RS 触发器	(119)
5.3.2 主从 JK 触发器	(120)
5.3.3 主从 CMOS 型 D 触发器	(121)
5.3.4 其他类型的触发器	(123)
5.4 边沿触发器	(125)
5.4.1 维持阻塞触发器	(125)
5.4.2 负边沿 JK 触发器	(127)
5.5 集成触发器的使用及参数测试	(128)
5.5.1 应用集成触发器应注意的问题	(128)
5.5.2 集成触发器的参数及测试	(129)
小结	(129)
习题	(130)
第6章 时序逻辑电路	(137)
6.1 概述	(138)
6.1.1 时序电路的结构特点	(138)
6.1.2 时序电路逻辑功能的描述	(138)
6.1.3 时序电路的分类	(139)
6.2 时序逻辑电路的分析	(139)
6.2.1 时序电路的分析步骤	(139)
6.2.2 举例	(140)
6.3 时序逻辑电路的设计	(143)

6.3.1 时序逻辑电路的设计步骤	(144)
6.3.2 时序逻辑电路设计举例	(144)
6.4 常用时序逻辑电路	(148)
6.4.1 计数器	(148)
6.4.2 寄存器	(163)
6.4.3 节拍脉冲发生器	(169)
小结	(170)
习题	(171)
第7章 脉冲信号的产生及波形变换	(175)
7.1 集成多谐振荡器	(176)
7.1.1 多谐振荡器	(176)
7.1.2 由TTL门电路组成的多谐振荡器	(176)
7.1.3 CMOS门电路组成的多谐振荡器	(179)
7.1.4 石英晶体多谐振荡器	(179)
7.2 单稳态触发器	(180)
7.2.1 TTL门电路组成的单稳态触发器	(180)
7.2.2 集成单稳态触发器	(182)
7.3 施密特触发器	(185)
7.3.1 逻辑门电路组成的施密特触发器	(185)
7.3.2 集成施密特触发器CT7413介绍	(186)
7.3.3 施密特触发器的应用	(187)
7.4 集成定时器	(188)
7.4.1 CC7555定时器的电路结构	(189)
7.4.2 CC7555的引脚和逻辑功能介绍	(190)
7.4.3 典型应用举例	(190)
小结	(193)
习题	(194)
第8章 数/模转换器和模/数转换器	(199)
8.1 概述	(200)
8.2 数/模转换器	(200)
8.2.1 数/模转换原理	(200)
8.2.2 权电阻D/A转换器	(201)
8.2.3 T型电阻网络D/A转换器	(202)
8.2.4 集成D/A转换器	(204)
8.3 模/数转换器	(207)
8.3.1 A/D转换的一般过程	(207)
8.3.2 逐次渐近型(逼近型)A/D转换器	(208)
8.3.3 并联比较型A/D转换器	(210)
8.3.4 双积分型A/D转换器	(211)

8.3.5 A/D 转换器的主要参数	(213)
8.3.6 集成 A/D 转换器	(213)
小结	(215)
习题	(215)
第 9 章 大规模集成电路介绍	(216)
9.1 概述	(217)
9.1.1 集成电路发展的历程	(217)
9.1.2 大规模和超大规模集成电路的特点	(217)
9.1.3 大规模集成电路分类	(218)
9.2 只读存储器 ROM 及其应用	(219)
9.2.1 固定只读存储器	(219)
9.2.2 可编程只读存储器	(221)
9.2.3 可改写只读存储器	(222)
9.2.4 只读存储器应用举例	(223)
9.3 随机存取存储器 (RAM)	(225)
9.3.1 RAM 的结构	(225)
9.3.2 存储单元	(227)
9.4 专用逻辑集成电路	(230)
9.4.1 可编程逻辑器件 PLD	(230)
9.4.2 门阵列逻辑电路 GAL	(233)
9.4.3 现场可编程门阵列逻辑电路 (FPGA)	(234)
9.4.4 标准单元逻辑电路 (SCL)	(235)
小结	(235)
习题	(236)
部分习题答案	(238)
参考答案	(246)

第 1 章 数字电路基础

本章要点

- ◆ 数字电路概述
- ◆ 计数体制

本章介绍数字电路概念和进位计数的规则以及各种进位制数之间的转换，重点阐述二进制数的表示。此外还介绍几种常用的码制。

1.1 数字电路概述

1.1.1 数字信号和数字电路

电子技术中的工作信号可以分为模拟信号和数字信号两大类。模拟信号是指时间上和数值上都是连续变化的信号，如电视的图像和伴音信号、生产过程中由传感器检测的由某种物理量（如温度、压力）转化成的电信号等。传输、处理模拟信号的电路称为模拟电路。数字信号是指时间和数值上都是断续变化的离散信号。例如，电子表的秒信号、生产中自动记录零件个数的计数信号、由计算机键盘输入到计算机的信号等，它们的变化发生在一系列离散的瞬间，数值大小的增减总是最小数量单位的整数倍。传输、处理数字信号的电路称为数字电路。

1.1.2 数字电路的特点

数字电路的工作信号一般都是数字信号。在电路中，它往往表现为突变的电压或电流，并且只有两个可能的状态。所以，数字电路中的半导体管子应工作在开关状态。利用管子导通和截止两种不同的工作状态，代表不同的数字信息，完成信号的传递和处理任务。

通常用 0 和 1 组成的二值量表示数字信号最为简单，故常用的数字信号是用电压的高、低，脉冲的有、无，分别代表两个离散数值 1 和 0。所以，数字电路在结构、工作状态、研究内容和分析方法等方面都与模拟电路不同，它具有以下特点。

（1）数字电路在稳态时，半导体器件（如三极管）处于开关状态，即工作在饱和区和截止区。这和二进制信号的要求是相对应的。因为饱和和截止两种状态的外部表现为电流的有、无，电压的高、低，这种有和无，高和低相对应的两种状态，分别用 1 和 0 两个数码来表示。

（2）数字电路的基本单元电路比较简单，对元器件的精度要求不高，允许有较大的误差。因为数字信号的 1 和 0 没有任何数量的含义，而只是状态的含义，所以电路工作时只要能可靠地区分 1 和 0 两种状态就可以了。因此，数字电路便于集成化、系列化生产。它具有使用方便，可靠性高，价格低廉等优点。

（3）在数字电路中，重点研究的是输入信号和输出信号之间的逻辑关系，以反映电路的逻辑功能。数字电路的研究可以分为两种：一种是对已有电路分析其逻辑功能，叫做逻辑分析；另一种是按逻辑功能要求设计出满足逻辑功能的电路称为逻辑设计。

（4）数字电路的工作状态、研究内容与模拟电路不同，所以分析方法也不相同。在数字电路中，表示电路功能的方法常常是用真值表、逻辑表达式、波形图、卡诺图、特性方程、状态转换表、时序图以及状态转换图等。

（5）数字电路能够对数字信号进行各种逻辑运算和算术运算，所以在各种数控装置、智能仪表以及计算机中得到广泛应用。

1.1.3 数字电路的分类

数字电路按其组成的结构不同可分为分立元件电路和集成电路两大类。其中，集成电

路按集成度大小分为小规模集成电路（SSI 集成度为 1~10 门/片）、中规模集成电路（MSI 集成度为 10~100 门/片）、大规模集成电路（LSI 集成度为 100~1000 门/片）和超大规模集成电路（VLSI 集成度为大于 1000 门/片）。

按电路所用元器件的不同，数字电路可分为双极型电路和单极型电路。其中，双极型电路又有 DTL、TTL、ECL、IIL、HTL 等多种，单极型电路有 JFET、NMOS、PMOS、CMOS 四种。

按电路逻辑功能的不同，数字电路又可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。

1.1.4 脉冲与脉冲参数

什么是脉冲？所谓脉冲，是短时间内出现的电压或电流。或者说间断性的电压或电流叫做脉冲电压或脉冲电流。很明显，前面提及的模拟信号——直流和正弦交流信号不是脉冲信号。广义地讲，按非正弦规律变化的电压或电流称为脉冲电压或脉冲电流。数字信号是脉冲信号。正因为如此，有时候把数字电路也叫做脉冲电路。但一般情况下，脉冲电路着重研究脉冲信号的产生、转换、放大、测量等。数字电路着重研究构成数字电路各单元之间的逻辑关系。

脉冲参数：为了表征脉冲信号的特性，常用一些参数来描述。现在以矩形脉冲电压为例介绍脉冲参数。在图 1.1.1 所示的矩形脉冲电压中：脉冲幅度 U_m ——脉冲电压变化的最大值；脉冲宽度 t_p ——脉冲前沿 $0.5U_m$ 至脉冲后沿 $0.5U_m$ 的一段时间，又称脉冲持续时间；脉冲周期 T ——周期性脉冲信号，前后两次出现的时间间隔；重复频率 $f(1/T)$ ——单位时间内脉冲重复的次数；上升时间 t_r ——由 $0.1U_m$ 上升到 $0.9U_m$ 所需的时间；下降时间 t_f ——由 $0.9U_m$ 下降到 $0.1U_m$ 所需的时间。

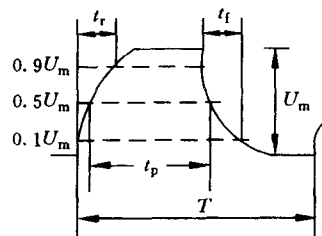


图 1.1.1 矩形脉冲电压参数

1.2 计数体制

1.2.1 进位计数制

十进制计数是人们最为熟悉的进位计数制。它用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数字符号按照一定的规律排列起来表示数值的大小。例如：

$$1886 = 1 \times 10^3 + 8 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$

从上面这个 4 位十进制数不难发现十进制数的特点。

(1) 每一位数必然是十个数字符号中的一个，所以其计数的基数为 10。

(2) 同一个数字符号在不同的数位代表的数值不同，1886 这个 4 位数的位值依次分别为 1000、100、10、1，位值又称为权值或位权，它是 10 的幂。

(3) 低位数和相邻的高位数之间的进位关系是“逢十进一”。

有了基数和位权的概念，任何一个十进制数 N 按其位权值展开均可表示为

$$\begin{aligned} (N)_{10} &= a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_1 \times 10 + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + a_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=n-1}^{-m} a_i \times 10^i \end{aligned} \quad (1.2.1)$$