



普通高等教育电气信息类规划教材



免费电子教案下载

www.cmpedu.com



微机原理 与接口技术

齐永奇 张 涛 王文凡 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

气信息类规划教材
全国高等院校信息技术专业创新型人才培养教材

微机原理与接口技术

齐永奇 张 涛 王文凡 编著



机械工业出版社

本书以 Intel 8086/8088 微处理器为主, 全面介绍微型计算机基础知识、微处理器结构及微机系统、指令系统、汇编语言程序设计、存储器、输入/输出接口技术、定时器/计数器技术、中断及其 DMA 技术、总线标准技术、A-D 和 D-A 接口技术等。各章节重点突出, 目标明确, 针对重点、难点内容配有例题和习题, 有利于深刻掌握相关知识点。全书深入浅出、通俗易懂, 实用性强, 突出了微机系统基本应用的组成部分原理和 design 方法。

本书可作为高等院校的面向信息类专业、测控技术与仪器、自动化、机电一体化、计算机应用等专业学习与授课教材, 也可作为广大科研技术人员的参考用书。

本书配套授课电子课件, 需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册, 审核通过后下载, 或联系编辑索取 (QQ: 308596956, 电话: 010 - 88379753)。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术 / 齐永奇, 张涛, 王文凡编著. —北京: 机械工业出版社, 2017. 10

普通高等教育电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-58253-3

I. ①微… II. ①齐… ②张… ③王… III. ①微型计算机 - 理论 - 高等学校 - 教材 ②微型计算机 - 接口技术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 247777 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 尚 晨 责任编辑: 尚 晨

责任校对: 张艳霞 责任印制: 李 昂

河北鹏盛贤印刷有限公司印刷

2017 年 11 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 21 印张 · 501 千字

0001 - 3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-58253-3

定价: 55.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: (010) 88379833

读者购书热线: (010) 88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

前 言

“微机原理与接口技术”是理工类学生学习和掌握微型计算机基础组成、工作原理、接口技术以及汇编语言程序设计的重要课程。微机系统相关技术不仅包含硬件知识,也包含汇编语言等软件技术,在工程实践中有着广泛的应用,是计算机应用和开发人员必须具备的一项基本技能。

本书是依据高等学校测控专业及其相关信息技术专业及研究生的教学要求而编写的,因此,本书以微机系统的组成结构为主线,从工程实际出发,就微机系统的组成原理、结构,汇编语言及其相应接口应用技术等内容逐步展开。通过本书的学习,学生应掌握微机系统的组成原理和接口应用设计方法,具备一定的应用设计开发能力,为毕业后参加实际工作和科学研究打下坚实的基础。

全书共12章。第1章为微处理器与微型计算机,是整个知识体系的核心,主要介绍了微机系统基本组成、数的编码,重点介绍8086/8088微处理器的结构、工作原理以及其对整个系统的控制方法等;第2章为汇编语言指令系统,讲述了8086/8088的指令构成、寻址方式、指令系统等;第3章为汇编语言程序设计,讲述了汇编语言程序的结构、编程格式和功能调用,并通过一些实例阐述了汇编语言程序的设计方法;第4章介绍了存储器的原理、分类以及微机系统对存储器系统的组织与使用分配;第5章介绍了微机接口的概念、微机接口与CPU的交换数据方式、接口电路的设计以及I/O编码技术等;第6章介绍了中断的概念、可编程中断控制器8259A的结构和工作方式及其应用技术方法;第7章讲述了DMA传送的特点、传送过程、方式,介绍了DMA控制器、DMA系统及其应用;第8章为可编程定时器/计数器,讲述了8254芯片的构成、工作方式以及编程方法,并给出了一些实例;第9章讲述了可编程并行接口芯片8255A的内部结构、工作方式、编程方法和应用实例;第10章为微机串行通信,讲述了微机系统串行通信的基本原理、串行接口芯片8251A以及编程应用方法;第11章讲述了微机系统中的总线配置结构、总线技术和常用总线标准;第12章讲述了A-D和D-A转换器的原理与应用,介绍了DAC0832、ADC0809等芯片构成和应用,并给出了一些应用实例。

本书的编写思想和编写过程中的一些基本原则阐述如下:

(1) 希望为一线教师编出一本好教、学生易学的教材,能在教学中深入浅出,深刻领会,得心应手。本书的作者都是长期从事计算机技术及测控系统原理教学领域一线的专业教师,由于微机原理与接口技术这门课程知识点多,且课程知识的综合性、理论性强,学生要学好微机原理这门课程是非常不容易的。学习的难度太大,课程学习完后,往往会感到迷茫,同时,对于从事该专业教学一线的教师要教好这门课程的确是非常不容易的。

(2) 从知识上来讲,微机技术涉及的学科广泛,涉及的理论也很广泛;从发展上来讲,微机系统技术涉及的硬件、软件知识在不断更新、进步,作为一个讲授微机系统原理技术的教师不仅要有广泛的理论知识,丰富的实践经验,更要紧跟时代发展的步伐。随着微型计算

机技术的不断发展和应用普及,微型原理及接口技术的相关教材已经从 8 位机、16 位机,发展到 32 位机和高档微机。但采用 32 位处理器来讲解微型计算机的组成从教学的角度是不适宜的,所以,尽管 Intel 8086/8088 仅仅是一个模型,它的许多技术已经过时,但组成微型计算机的基本原理和基本方法是相通的,同样的处理方法也适用于传统的知识内容,如中断技术、并行和定时接口芯片等。

(3) 面向实际工程应用,着重阐述了微机在机械工程学科领域的应用。本书基本理论适度,反映了基本理论和原理的综合应用。同时微机原理及接口技术这门课程系统性和逻辑性强,知识点相互关联,为了使学生更好理解和掌握,教材中配备了大量的具体实例,以使学生更好地掌握相关的内容、应用方法和技术。

基于上述原则,为了更好地满足专业发展的需要,编者根据专业课程大纲要求,以及长期从事本课程一线教学的经验,并结合专业教学和科研的实际情况,编写了这部教材。同时还大量参考了其他相关的教材、专著、论文和研究成果,在此,向有关作者表示衷心的感谢。

本书的编写得到了 2015 年度河南省高等学校教学团队“机械设计制造及其自动化专业机电类课程教学团队”及 2014 年华北水利水电大学卓越教学团队等项目的资助。本书由华北水利水电大学齐永奇编写了第 1、2、5、6、7、8 章,张涛编写了第 9、10、11、12 章,郑州升达经贸管理学院的王文凡编写了第 3、4 章,全书由齐永奇统稿,华北水利水电大学测控技术与仪器教研室为本书提供了大量的技术支持,编者借此机会对他们致以深深的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 微处理器与微型计算机	1
1.1 微型计算机	1
1.1.1 电子计算机的基本组成	1
1.1.2 微型计算机的基本组成	2
1.2 微型计算机中数的表示和编码	3
1.2.1 进位计数制	4
1.2.2 数制转换	5
1.2.3 数值数据的编码与运算	6
1.2.4 字符的编码	9
1.2.5 浮点数	10
1.3 8086/8088 微处理器结构	12
1.3.1 8086/8088 微处理器内部结构	12
1.3.2 8086/8088 微处理器的寄存器	14
1.4 8086/8088 CPU 的引脚信号及工作模式	17
1.4.1 8086/8088 CPU 的引脚及其功能	17
1.4.2 外围功能芯片	22
1.4.3 最小工作模式	25
1.4.4 最大工作模式	28
1.5 8086 CPU 总线操作时序	29
1.5.1 时序的基本概念	29
1.5.2 系统的复位和启动操作	30
1.5.3 最小模式下的总线读写周期	30
1.5.4 最大模式下的总线读写周期	33
1.5.5 总线空闲状态(总线空操作)	34
1.5.6 一条指令的执行过程	34
习题	35
第2章 指令系统	37
2.1 指令系统概述	37
2.1.1 指令的基本格式	37
2.1.2 操作数的类型	38
2.2 寻址方式	40
2.2.1 立即寻址	40

2.2.2	寄存器寻址	41
2.2.3	直接寻址	41
2.2.4	寄存器间接寻址	42
2.2.5	基址相对寻址方式	43
2.2.6	变址相对寻址方式	44
2.2.7	基址变址寻址方式	44
2.3	8086/8088 指令系统	45
2.3.1	数据传送类指令	46
2.3.2	算术运算类指令	54
2.3.3	逻辑运算和移位类指令	66
2.3.4	控制转移类指令	72
2.3.5	串操作指令	81
2.3.6	处理器控制指令	84
	习题	86
第3章	汇编语言程序设计	88
3.1	汇编语言源程序的结构和语句	88
3.1.1	汇编语言源程序的结构	88
3.1.2	汇编语言源程序的语句格式	89
3.1.3	汇编语言源程序的段定义	90
3.1.4	汇编语言源程序的过程定义	91
3.1.5	汇编语言源程序的段寻址	91
3.1.6	标准程序前奏	92
3.1.7	汇编语言源程序结束语句	92
3.2	数据定义	93
3.2.1	常量、变量和标号	93
3.2.2	数据定义伪指令	95
3.2.3	等值伪指令	96
3.3	汇编语言源程序运算符	96
3.3.1	算术运算符	96
3.3.2	逻辑运算符	96
3.3.3	关系运算符	97
3.3.4	值返回运算符	97
3.3.5	属性运算符	98
3.4	选择结构程序	99
3.4.1	基本选择结构	100
3.4.2	单分支选择结构	102
3.4.3	复合选择结构	103
3.4.4	多分支选择结构	104
3.5	循环结构程序	106

3.5.1	循环指令	106
3.5.2	计数循环	107
3.5.3	条件循环	109
3.5.4	多重循环	111
3.6	子程序	113
3.6.1	子程序指令	114
3.6.2	子程序的定义	115
3.6.3	子程序应用	116
3.7	宏指令	119
3.7.1	宏指令的定义	119
3.7.2	宏指令的应用	120
3.8	DOS 和 BIOS 功能调用	120
3.8.1	BIOS 功能调用	121
3.8.2	DOS 功能调用	123
	习题	123
第 4 章	存储器	126
4.1	存储器概述	126
4.1.1	计算机中的存储器	126
4.1.2	半导体存储器的分类与性能指标	126
4.2	随机存储器	128
4.2.1	静态随机存取存储器 (SRAM)	128
4.2.2	动态随机存取存储器 (DSRAM)	131
4.2.3	新型 DRAM 存储器	133
4.3	只读存储器	134
4.3.1	掩模型只读存储器 (MROM)	134
4.3.2	可编程只读存储器 (PROM)	135
4.3.3	可擦除可编程只读存储器 (EPROM)	135
4.3.4	电擦除可编程只读存储器 (EEPROM)	136
4.3.5	闪速存储器	138
4.4	存储器的扩展	140
4.4.1	位扩展	141
4.4.2	字扩展	141
4.4.3	字位全扩展	142
	习题	143
第 5 章	输入/输出接口技术	145
5.1	微型计算机接口概述	145
5.1.1	微型计算机接口的概念	145
5.1.2	设置接口电路的目的	145
5.1.3	I/O 接口的基本功能	146

5.1.4	I/O 与 CPU 之间的接口信息	147
5.2	I/O 端口地址译码技术	149
5.2.1	I/O 端口编址	149
5.2.2	PC 的 I/O 端口地址分配	151
5.2.3	端口地址译码	152
5.3	输入/输出传送方式	156
5.3.1	无条件传送方式	156
5.3.2	查询传送方式	158
5.3.3	中断传送方式	160
5.3.4	直接存储器存取方式 (DMA)	161
	习题	162
第 6 章	中断技术	164
6.1	中断技术概念	164
6.1.1	中断的基本概念	164
6.1.2	中断的处理过程	164
6.1.3	中断的优先权管理	166
6.2	IBM-PC 的中断系统	168
6.2.1	8086/8088 CPU 的中断结构	168
6.2.2	中断向量表	170
6.2.3	可屏蔽中断的响应过程	171
6.3	可编程中断控制器 8259A	172
6.3.1	8259A 的引脚及内部结构	172
6.3.2	8259A 编程结构	175
6.3.3	8259A 的初始化命令字	176
6.3.4	8259A 的操作命令字	182
6.4	8259A 综合应用实例	184
	习题	189
第 7 章	DMA 技术	190
7.1	DMA 传送概述	190
7.1.1	DMA 传输原理	190
7.1.2	DMA 传送的方式	192
7.1.3	DMA 的操作类型	193
7.2	DMA 控制器 8237A	193
7.2.1	8237A 的内部结构	193
7.2.2	8237A 的外部引脚	194
7.2.3	8237A 内部寄存器的功能与操作	195
7.2.4	8237A 的编程	199
7.2.5	8237A 的工作时序	200
7.3	PC 中 DMA 的应用	202

7.3.1	DMA 系统的组成	202
7.3.2	单片 8237 系统	203
7.3.3	双片 DMAC 的 DMA 系统	203
7.3.4	DMA 系统应用实例	204
	习题	205
第 8 章	可编程定时器/计数器	206
8.1	基本概念	206
8.2	可编程定时器/计数器 8254	207
8.2.1	8254 的内部结构及外部引脚	207
8.2.2	8254 的工作方式和操作时序	209
8.2.3	8254 的控制字和初始化	215
8.3	8254 的应用	217
8.4	PC 中定时器/计数器的应用	219
	习题	221
第 9 章	并行接口	222
9.1	接口电路概述	222
9.2	可编程并行接口 8255A	222
9.2.1	8255A 内部结构及外部引脚	222
9.2.2	8255A 的控制字	224
9.2.3	8255A 的工作方式和工作时序	226
9.3	8255A 的应用	233
	习题	237
第 10 章	串行接口	238
10.1	串行通信的基本概念	238
10.1.1	并行通信与串行通信	238
10.1.2	串行通信的连接方式	239
10.1.3	串行通信的通信速率	239
10.1.4	信号的调制与解调	240
10.2	串行通信的数字格式	240
10.2.1	异步通信协议	241
10.2.2	同步串行通信协议	242
10.3	串行通信的接口标准	242
10.3.1	RS-232 接口	243
10.3.2	信号电平	243
10.3.3	信号功能	243
10.3.4	信号连接	244
10.3.5	RS-422A 接口	245
10.3.6	RS-485 接口	245
10.4	可编程串行接口芯片 8251A	246

10.4.1	8251A 的内部结构	246
10.4.2	8251A 的引脚功能	248
10.4.3	8251A 的控制字	249
10.5	8251A 的初始化及应用	251
10.5.1	8251A 初始化编程	251
10.5.2	串行通信接口电路设计	252
	习题	255
第 11 章	微型计算机总线	256
11.1	总线技术概述	256
11.1.1	总线的类型	256
11.1.2	总线结构	257
11.1.3	总线的性能	258
11.1.4	总线操作及传送控制	259
11.2	系统总线	260
11.2.1	ISA 总线	260
11.2.2	EISA 总线	261
11.3	局部总线	263
11.3.1	PCI 总线	263
11.3.2	PCI Express 总线	267
11.4	设备总线	268
11.4.1	USB 总线	268
11.4.2	GPIO 总线	270
	习题	274
第 12 章	模-数、数-模转换器接口	275
12.1	模-数、数-模转换器概述	275
12.2	A-D 和 D-A 转换电路基础	277
12.2.1	运算放大器的应用	277
12.2.2	电压比较器应用	278
12.3	DAC	279
12.3.1	转换原理	279
12.3.2	DAC 与微机系统的连接	282
12.3.3	DAC0832	282
12.3.4	DAC1210	287
12.4	ADC	289
12.4.1	ADC 的主要技术参数	291
12.4.2	ADC 芯片应用接口	291
12.4.3	ADC 与微处理器的接口	292
12.4.4	ADC0809 及其应用	293
12.4.5	AD574A 及其应用	298

习题..... 301

附录..... 303

附录 A 标准 ASCII 码字符表..... 303

附录 B 80x86 指令系统..... 304

 B.1 指令符号说明..... 304

 B.2 16 位/32 位 80x86 基本指令..... 304

 B.3 MMX 指令..... 311

附录 C DOS 功能调用..... 311

附录 D BIOS 功能调用..... 317

参考文献..... 321

第1章 微处理器与微型计算机

重点内容

1. 微型计算机的基本结构
2. 微型计算机中的数和编码
3. 微处理器内部寄存器基本结构及工作流程
4. 8086/8088 引脚信号及工作模式
5. 8086 的总线操作时序

学习目标

通过本章学习，掌握微型计算机的基本组成结构及其各部分工作原理，熟悉计算机中的各种数制规则及其相互之间转换方法；熟练掌握 8086/8088 内部寄存器结构、对内组织方法及其功能流程，掌握 8086/8088 引脚功能、最大模式和最小模式的基本组成及各部分的功能原理，了解时钟周期、指令周期、总线周期的基本概念，微机系统的总线结构，理解 CPU 的各种典型操作时序。

1.1 微型计算机

电子技术的飞速发展，造就了一代又一代高性能的微型计算机。它们以廉价、轻便、高性价比等诸多优点迅速占领了大多数的计算机应用领域。今天，“微型计算机”几乎成了电子计算机的代名词。学习微型计算机的基本组成、工作原理、接口技术以及计算机应用系统的构造技术，不仅仅是计算机和电气自动控制等专业人士必须掌握的专业技能，也是当代各领域科研人员和工程技术人员应该知晓并掌握的基本知识。

本章通过 16 位的 Intel 8086/8088 芯片讲解微处理器和微型计算机的基本组成，各种接口技术及其构建的系统在后续章节介绍。

1.1.1 电子计算机的基本组成

迄今为止，电子计算机的基本结构仍然属于冯·诺依曼体系的范畴。这种结构的特点可以概要归结为：

存储程序原理。把程序事先存储在计算机内部，计算机通过执行程序实现自动、高速的数据处理。

五大功能模块。电子计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备这五大功能模块组成。

图 1-1 列出了各功能模块在系统中的位置及其相互作用。图中，实线表示数据/指令代码的流动，虚线表示控制信号的流动。各模块的功能简要叙述如下。

- 1) 存储器：存储程序和数据。
- 2) 运算器：执行算术和逻辑运算。
- 3) 控制器：分析和执行指令，向其他功能模块发出控制命令，协调一致地完成指令规定的操作。
- 4) 输入设备：接收外界输入，送入计算机。
- 5) 输出设备：将计算机内部的信息向外部输出。

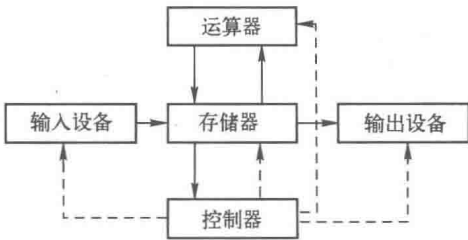


图 1-1 计算机的基本组成

1.1.2 微型计算机的基本组成

微型计算机是微型化的电子数字计算机，它的基本结构和基本功能与一般的计算机大致相同。但是，由于微型计算机采用了由大规模和超大规模集成电路组成的功能部件，使微型计算机在系统结构上有着简单、规范和易于扩展的特点。

采用大规模集成电路技术，把计算机的运算器、控制器及其附属电路集成在一个芯片上，就构成了微型计算机的中央处理器——微处理器（Micro Process Unit，MPU）。

微型计算机由微处理器、存储器和输入/输出接口电路组成，通过若干信号传输线连接成一个有机的整体。这些信号传输线称为总线，其英文名称 bus，公共汽车、汇流母线，形象地反映了这组信号线的特点。

- 1) 必要性：总线是构成计算机系统不可缺少的信息大动脉。
- 2) 公用性：总线为系统中设备公用。

这些信号传输线按照它们担负的不同传输功能又可以划分为 3 组：数据总线、地址总线和控制总线，如图 1-2 所示。

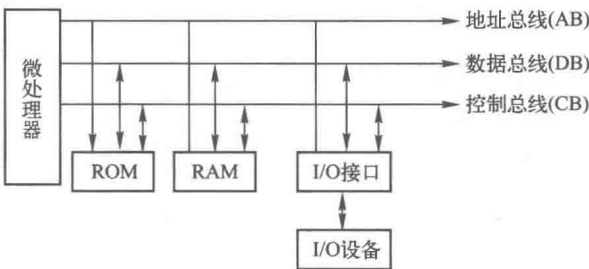


图 1-2 微型计算机的基本结构

1. 微处理器

微处理器（MPU）是微型计算机的中央处理器。它的基本功能是执行指令和算术与逻辑运算，它还能够完成数据传输、控制和指挥其他部件协调工作。

2. 存储器

微型计算机的存储器由集成度高、容量大、体积小、功耗低的半导体存储器芯片构成。常态下只能读出、不能写入的存储器称为 ROM（Read Only Memory，只读存储器），既可以读出，又可以随时写入的存储器称为 RAM（Random Access Memory，随机读写存储器）。

存储器内部由许许多多的基本存储单元组成，每个单元存储/记忆一组二进制信息。微型计算机通常用 8 位二进制数构成一个存储单元，称为字节（Byte）。每个存储单元有一个编号，表示它在存储器内部的顺序位置，称为地址（Address）。存储单元的地址从 0 开始编排，用若干位二进制数表示，常用十六进制数书写，例如 3A120H。

3. 输入/输出接口电路

介于总线和外部设备之间的电路称为输入/输出电路（Input/Output Interface），简称 I/O 接口。它在外部和总线之间实施数据缓冲、信号变换和连接等作用。

I/O 接口电路上包含若干个寄存器/缓冲器。CPU 送往外部设备的信息首先送入这些寄存器/缓冲器，然后再转送入外部设备，反之亦然。这些寄存器/缓冲器称为端口（Port）。每个端口有一个端口地址，标记它所在的顺序位置。例如，PC 系列微机内，打印机数据端口地址为 0378H，命令端口地址为 037AH，键盘数据端口地址为 0060H。

4. 总线

总线是一组公共的信号传输线，用于连接计算机的各个部件。位于微处理器芯片内部的总线称为内部总线。连接微处理器与存储器、输入/输出接口，用以构成完整的微型计算机的总线称为系统总线，相对于芯片内部的内部总线，有时候也称为外部总线。微型计算机的系统总线划分为以下 3 组。

数据总线（Data Bus，DB）：用于传送数据信息，实现微处理器和存储器、I/O 接口之间的数据交换。数据总线是双向总线，数据可以在两个方向上传输。

地址总线（Address Bus，AB）：用于发送内存地址和 I/O 端口的地址。

控制总线（Control Bus，CB）：传送各种控制信号和状态信号，使微型计算机各部件协调工作。

微型计算机采用标准总线结构，任何部件只要正确地连接到总线上，就能立刻成为“系统”的一部分，系统各功能部件之间的两两连接关系则变为面向总线的单一关系。凡符合总线标准的功能部件均可以互换，符合总线标准的设备可以互连，提高了微机系统的通用性和扩展性。

1.2 微型计算机中数的表示和编码

数据是计算机处理的对象。计算机中的“数据”是一个广义的概念，包括数值、字母、符号、文字、图形、图像、声音和视频等各种形式。而计算机内部只能采用二进制编码表示数据，因为计算机的构成以二值电路为基础。一个二值电路是指具有两种不同的稳定状态且能相互转换的电子器件。如二极管的导通与阻塞，晶体管的饱和与截止等。计算机用器件的稳定物理状态来表示数据。因此，二值电路只能表示出两个数码。如用高电平表示二进制的 1，则低电平表示 0。二进制数码的表示和运算是最简单且最可靠的，而且有较强的逻辑性，所以计算机中采用二进制数码系统。凡是需要由计算机处理的各种信息，无论其表现形式是数值、文本、图形，还是声音、图像都必须以二进制数码的形式来表示。

数值数据在计算机中的表示涉及以下三个方面的内容：

- 1) 数制。
- 2) 正负数在机器中的表示，即机器数的表示法。

3) 小数点的表示与处理, 即定点数与浮点数表示法等。

1.2.1 进位计数制

在日常生活中, 人们通常使用十进制表示数, 而计算机内部采用的是二进制表示法。通常为了简化二进制数据的书写, 也采用八进制和十六进制表示法。

为了区别不同进制的数据, 在书写表示时可用后缀或下标标注。一般用 B (Binary) 或 2 表示二进制数, O (Octave) 或 8 表示八进制数, H (Hexadecimal) 或 16 表示十六进制数, D (Decimal) 或 10 表示十进制数。如果省略进制字母, 则默认为十进制数。

十进制、二进制、八进制和十六进制, 它们都是进位计数制, 且可以互相转换。下面简单介绍进位计数制的表示方法。

人们习惯使用的十进制数有以下特点:

1) 用 10 个符号表示数, 即用 0、1、2、…、9 共 10 个阿拉伯数字符号来表示。这些符号叫作数码, 数码的个数叫基, 十进制数的基是 10。

2) 在一个数中, 每个数码表示的值不仅取决于数码本身, 还取决于它所处的位置, 即处于个位、十位还是百位等, 每一位都有各自的权。例如, $123D = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0$, 其中 10^2 、 10^1 和 10^0 分别对应为百位、十位和个位的权。

3) 遵从逢十进一规则。例如, 任何一个十进制数 N 均可表示为

$$N = \pm (a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m}) = \pm \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 10^i \quad (1-1)$$

式中, n 是整数位数; m 是小数位数; a_i 可以是 0~9 这 10 个数码中的任意一个。

式 (1-1) 可以推广到任意进位计数制。设进位计数制的基用 R 表示, 则任意数 N 为

$$N = \pm \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times R^i \quad (1-2)$$

对于二进制, $R=2$, a_i 为 0 或 1, 逢二进一。

$$N = \pm \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 2^i \quad (1-3)$$

对于八进制, $R=8$, a_i 为 0~7 中的任一个, 逢八进一。

$$N = \pm \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 8^i \quad (1-4)$$

对于十六进制, $R=16$, a_i 为 0~9、A、B、C、D、E、F 这十六个数码中的任一个, 逢十六进一。

$$N = \pm \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 16^i \quad (1-5)$$

上述几种进位计数制有以下共同点:

1) 每种计数制有一个确定的基 R , 每一位的系数 a_i 有 R 种可能的取值。

2) 按逢 R 进一的方式计数。在混合小数中, 小数点右移一位相当于乘以 R ; 反之, 小数点左移一位相当于除以 R 。

3) 各位的权是以 R 为底的幂, 从小数点左边第一位起依次为 0 次幂、1 次幂、2 次幂、…、 n 次幂, 小数点右边第一位起依次为 -1 次幂、 -2 次幂、…、 $-m$ 次幂。

例如，十进制数 52368：

数：	5	2	3	6	8
位权：	10^4	10^3	10^2	10^1	10^0

二进制数 11011：

数：	1	1	0	1	1
位权：	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

1.2.2 数制转换

1. 微处理器二进制、十六进制转换为十进制

二进制、十六进制以及任意进制的数转换为十进制数的方法较简单，按式 (1-1) ~ 式 (1-5) 进行即可。例如：

$$(1101.11)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (13.75)_{10}$$

$$(E5A)_{16} = 14 \times 16^2 + 5 \times 16^1 + 10 \times 16^0 = (3674)_{10}$$

2. 十进制→二进制

十进制数转换为二进制数时，根据该十进制数的类型来决定转换方法。

(1) 十进制整数→二进制数

方法为：“除 2 取余”，即十进制整数被 2 除，取其余数，商再被 2 除，取其余数，……，直到商为 0 时结束运算。然后把每次得到的余数按倒序规律排列，即可得到等值的二进制数。例如：

$$N = (14)_{10} = (1110)_2$$

运算过程为	$14 \div 2 = 7$	余数 = 0…… D_0
	$7 \div 2 = 3$	余数 = 1…… D_1
	$3 \div 2 = 1$	余数 = 1…… D_2
	$1 \div 2 = 0$	余数 = 1…… D_3

所以， $N = D_3 D_2 D_1 D_0 = (1110)_2$ 。

(2) 十进制纯小数→二进制数

方法为：“乘 2 取整”，即十进制纯小数乘以 2，取其整数（不参加后继运算），乘积的小数部分再乘以 2，取整，……，直到乘积的小数部分为 0 时结束运算。然后把每次乘积的整数部分按正序规律排列，即可得到等值的二进制数。例如：

$$N = (0.8125)_{10} = (0.1101)_2$$

运算过程为	$0.8125 \times 2 = 1.625$	乘积的整数部分 = 1…… D_{-1}
	$0.625 \times 2 = 1.25$	乘积的整数部分 = 1…… D_{-2}
	$0.25 \times 2 = 0.5$	乘积的整数部分 = 0…… D_{-3}
	$0.5 \times 2 = 1.0$	乘积的整数部分 = 1…… D_{-4}

所以， $N = (0.1101)_2$ 。

有些纯小数，不断地“乘 2 取整”也不能使其乘积的小数部分为 0，此时只能进行有限次运算，根据需要取其近似值。

(3) 十进制带小数→二进制数

方法为：整数部分“除 2 取余”，小数部分“乘 2 取整”，然后进行整合。例如：