



高等学校计算机教材建设立项项目

第1版为“北京高等教育精品教材”

第2版为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”

中国高等学校计算机科学与技术专业（应用型）规划教材

# 计算机组成原理

## （第3版）

谢树煜 编著



清华大学出版社

中国高等学校计算机科学与技术专业（应用型）规划教材

# 计算机组成原理

## （第3版）

谢树煜 编著

清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书主要介绍了计算机的基本组成和工作原理。全书共分 10 章,分别介绍计算机的基本特性、布尔代数与逻辑电路、数据表示、运算方法和运算器、指令系统、存储系统、控制器、外围设备、输入输出系统和计算机发展展望。

本书整体结构清晰,内容充实,概念清楚,重点突出,深入浅出。为了方便学生理解掌握所学知识,本书还列举了丰富的实例加以说明。本书在写作过程中注重内容的先进性、实用性,特别强调基础知识、基本原理和基本技能。本书可作为应用型院校计算机、软件工程及其相关专业的计算机原理课程教材,也可供工程技术人员学习计算机知识时参考。

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

计算机组成原理/谢树焜编著. —3 版. —北京:清华大学出版社,2017

(中国高等学校计算机科学与技术专业(应用型)规划教材)

ISBN 978-7-302-47073-1

I. ①计… II. ①谢… III. ①计算机组成原理—高等学校—教材 IV. ①TP301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 096280 号

责任编辑:谢 琛

封面设计:常雪影

责任校对:白 蕾

责任印制:刘海龙

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.5 字 数:476 千字

版 次:2003 年 9 月第 1 版 2017 年 7 月第 3 版 印 次:2017 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:45.00 元

产品编号:074214-01

# 前 言

计算机科学技术的发展日新月异,其内涵也发生着重要转变。计算机影响人类的生产方式、认知方式和社会生活方式。它不仅是与数学、物理、化学、天文、地理、生物平行的一门学科,而且是一门推动各学科进一步向前发展的学科。“计算学科”作为新的基础技术学科,从狭义工具论向“计算思维(Computation Thinking)”转变,它强调一切皆可计算。从物理世界到社会模拟、人类各种智能活动,都可以被认为是计算的某种形式的体现。运用计算机科学的基本概念和平台,通过建立物理模型,在计算机上模拟、分析、求解、处理,进行各种科学研究活动。

作为计算机科学的载体和硬件基础,计算机组织、计算机组成原理这类课程是不可逾越的。想得心应手地应用它,就要认识、了解它的思维方法,这可能会对你有启发。对于一些工科院校、文科院校、理科院校的学生来说,学习一些计算机课程是有意义的。计算机课程不要求太多,关键课程不缺即可。选择一本合适的教材,对学习来说很重要。内容太多的教材可能重点不够突出,课时安排不下;太浅的教材有些内容学不到,也不是最好的选择。

作为教材,首先要把课程中最重要的内容,如基本概念、基本方法、基本原理讲清楚。越是基本的内容越是具有普遍意义,是可以举一反三的。其次,内容要跟上技术发展的步伐,要努力缩小教材与产品的差距。第三,内容要有一定深度,面向应用型教育的计算机教材也是大学教材,与中专教材不同,不是越简单越好。第四,教材要有系统性,要按照事物发展规律由浅入深、由近及远地叙述。第五,教材内容要联系实际,计算机组成原理是一门计算机硬件基础课程,讲述计算机主要部件的具体组成和工作原理,只有通过典型事例才容易说明问题。本教材就是基于以上思想编写的。

作者1959年从清华大学计算机专业毕业留校后,长期从事计算机专业的教学和科研工作,先后主讲计算机原理、计算机组织与结构、并行和分布处理系统等课程,积累了一定的教学经验。2002年,作者有机会参与高等职业教育的教学工作,深感编写一本好教材的迫切,在清华大学出版社的大力支持下,2003年编写出版了《计算机组成原理》一书。这是一本面向普通高等教育,包括高等职业教育和成人教育的计算机原理教材,也是一本引导广大计算机爱好者步入计算机应用领域的计算机基础教材。为了培养学生的动手能力,加强实践教学环节,清华大学计算机系计算机组成原理实验室的老师们专门为本课程研制了EC-2003教学实验系统。2004年10月出版了该书的配套实验指导书——《计算机组成原理实验指导》。2005年4月又出版了《计算机组成原理例题分析与习题解答》。

三本教材密切配合,提供了一种教学理论联系实际,训练动手能力,掌握分析方法的良好学习环境,受到读者欢迎。该套教材于2006年被评为“北京高等教育精品教材”。

本教材的第1版主要是面向高职高专院校编写的,由于教材内容充实、重点突出、联系实际,很多应用型本科院校也希望选用,因此,第2版改版采纳了一些应用型本科院校的意见,结合计算机发展的新进展,对第1版内容进行了补充修改,对于不同类型、不同层次、不同要求的学校,书中提供一些可以选学的内容(目录中带\*号的章节)。本书第2版被教育部评定为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。

本书在使用中得到大家厚爱,收到一些建议。如软件工程专业老师反映,本课程是该专业唯一一门与硬件相关的专业知识课程,重点让学生了解一个完整的计算机硬件系统结构、计算机的构成部件、各部件的作用和工作原理,以及一个程序在计算机中的运行过程,同时介绍一些新型计算机结构。由于没有开设独立的“数字电路”课程,建议教材适当补充布尔代数和门电路的相关基础知识。为了满足有关专业需求,本书第3版增加“布尔代数与逻辑电路”一章。并在指令系统汇编语言一节后增加汇编语言程序设计与上机调试等有关内容。对其他章节也做了部分补充,希望能有积极的意义。为了方便教学,重庆工程学院的老师们专为本书编制了课件,特此表示感谢。

本教材以面向应用型人才培养为特色,适合应用型本科和高职高专院校教学需要。由于计算机组成原理课程对学习计算机专业知识具有承上启下、承前启后的作用,本教材也可作为从事计算机应用开发人员的自学用书或培训教材。书中难免存在不足和疏漏之处,敬请指正。

谢树煜

2017年3月于清华园

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 计算机的基本特性	1
1.1.1 二进制数据	2
1.1.2 存储程序	2
1.1.3 逻辑运算	2
1.1.4 高速电子开关电路	2
1.1.5 数字编码技术	2
1.2 计算机的基本组成	3
1.2.1 基本组成原理	3
1.2.2 CPU、主机与输入输出设备	5
1.2.3 存储器	6
1.2.4 总线	6
1.3 计算机系统	7
1.3.1 计算机系统组成	7
1.3.2 计算机层次结构	8
1.4 计算机分类	8
1.5 计算机发展简史	10
1.6 微处理器发展的启示	11
1.7 计算机的应用	13
1.7.1 科学计算、工程设计	13
1.7.2 数据处理	13
1.7.3 实时控制	13
1.7.4 辅助设计	14
1.7.5 人工智能	14
习题	14
第 2 章 布尔代数与逻辑电路 .....	15
2.1 布尔代数基本逻辑运算	15
2.1.1 “与”逻辑	15

2.1.2	“或”逻辑	16
2.1.3	“非”逻辑	16
2.2	布尔代数的基本公式	16
2.2.1	基本公式	16
2.2.2	三个重要规则	17
2.3	逻辑函数及其表示方法	18
2.3.1	逻辑函数	18
2.3.2	逻辑函数表示法	18
2.3.3	逻辑函数化简	19
2.4	基本逻辑电路	20
2.4.1	门电路	21
2.4.2	触发器	22
2.5	基本逻辑部件	24
2.5.1	寄存器	24
2.5.2	计数器	25
2.5.3	译码器	26
2.5.4	多路数据选择器	27
	习题	28

### 第3章 数据表示..... 30

3.1	计数制	30
3.1.1	十进制计数制	30
3.1.2	二进制计数制	31
* 3.1.3	$R$ 进制计数制	31
* 3.1.4	在计算机中为什么采用二进制数	32
3.2	不同数制间数据的转换	33
3.2.1	十进制整数转换为二进制整数	33
3.2.2	十进制小数转换为二进制小数	34
3.2.3	二进制数转换为十进制数	35
* 3.2.4	任意两种进制数间的转换	35
3.3	十进制数据编码	36
3.3.1	有权码方案	37
* 3.3.2	无权码方案	38
3.4	字符编码	39
3.4.1	ASCII 字符编码	39
3.4.2	EBCDIC 码	40
3.4.3	字符串	40
3.5	汉字编码	41
3.5.1	汉字输入码	41

3.5.2	国标码与内码	42
3.5.3	汉字输出码	44
3.6	机器数及其编码	45
3.6.1	定点小数编码	46
3.6.2	定点整数编码	49
3.6.3	浮点数编码	51
3.7	数据校验码	53
3.7.1	奇偶校验码	54
* 3.7.2	海明校验码	55
* 3.7.3	循环冗余校验码	57
	习题	60
<b>第4章 运算方法与运算器 .....</b>		
<b>62</b>		
4.1	定点加减法运算	62
4.1.1	补码加减法运算	63
4.1.2	溢出的产生及判别	64
4.1.3	全加器与加法装置	65
4.2	定点乘法运算	70
4.2.1	一位原码乘法	70
* 4.2.2	两位原码乘法	72
4.3	定点除法运算	75
4.3.1	原码恢复余数除法	75
4.3.2	加减交替法除法	78
4.4	逻辑运算	80
4.4.1	逻辑乘法	81
4.4.2	逻辑加法	81
4.4.3	求反操作	81
4.4.4	异或运算	82
4.5	位片结构定点运算器	82
4.5.1	位片运算器电路 Am 2901	83
* 4.5.2	先行进位电路 Am 2902	86
* 4.5.3	多片 Am 2901 组成的位片结构运算器	87
4.6	浮点加减法运算	89
4.6.1	运算规则及算法	89
4.6.2	浮点加减法运算流程	91
4.6.3	浮点加减法装置及流水线结构运算器	93
4.7	浮点乘除法运算	94
4.7.1	浮点乘法	94
* 4.7.2	浮点除法	96



第5章 指令系统 .....	100
5.1 指令格式	100
5.1.1 指令字	101
5.1.2 指令操作码及其扩展技术	103
5.1.3 地址码与数据字长	104
5.2 寻址方式	105
5.2.1 存储器寻址方式	105
5.2.2 寄存器寻址方式	108
5.2.3 立即数寻址方式	110
5.2.4 堆栈寻址方式	110
5.3 指令类型	112
5.3.1 按操作数据类型分类	112
5.3.2 按指令功能分类	113
5.4 小型机指令系统举例	114
5.4.1 PDP-11 计算机简介	114
5.4.2 单操作数指令	114
5.4.3 双操作数指令	117
* 5.5 大型机指令系统举例	118
5.5.1 IBM 360/370 计算机简介	118
5.5.2 指令格式	119
5.5.3 指令举例	121
5.6 微型机指令系统举例	122
5.6.1 IBM PC 计算机及 Pentium IV 处理器简介	122
5.6.2 Intel 8086 指令格式	123
5.6.3 Intel 8086 指令的寻址方式	125
5.6.4 8086 指令系统	127
5.7 机器语言与汇编语言	128
5.7.1 Intel 8086 汇编标记与运算符	128
5.7.2 汇编语句	129
* 5.8 汇编语言程序设计和上机调试	130
5.8.1 一般程序的设计步骤	130
5.8.2 汇编语言程序的调试与运行	131
5.9 精简指令系统计算机	132
5.9.1 MIPS 指令格式	133
5.9.2 MIPS 指令分类	134
习题	136

第 6 章 存储系统 .....	138
6.1 存储器的基本特性	138
6.1.1 主存储器的特性	138
6.1.2 辅助存储器的特性	139
6.1.3 主存储器的主要技术指标	139
6.2 半导体存储器的基本记忆单元	140
6.2.1 随机存储器的记忆单元	140
6.2.2 只读存储器的记忆单元	142
6.2.3 闪速存储器	144
6.3 主存储器的组成和工作原理	144
6.3.1 主存储器概述	144
6.3.2 RAM 集成电路	145
6.3.3 半导体存储器的组成	147
6.3.4 存储器控制	149
* 6.3.5 存储器读写时序	151
6.4 高速存储器	152
* 6.4.1 新型 RAM 芯片技术	153
6.4.2 并行存储结构	154
6.4.3 高速缓冲存储器及分级存储体系	155
6.5 高速缓冲存储器	156
6.5.1 高速缓冲存储器工作原理	156
* 6.5.2 高速缓冲存储器组织	157
6.6 虚拟存储器	161
6.6.1 基本原理	161
6.6.2 页式虚拟存储器	162
* 6.6.3 段式虚拟存储器	163
* 6.6.4 段页式虚拟存储器	165
6.7 存储保护	165
6.7.1 存储区保护	165
6.7.2 访问方式保护	167
习题	167
第 7 章 控制器 .....	169
7.1 指令执行过程	169
7.2 控制器的功能和组成	170
7.2.1 控制器的功能	170
7.2.2 控制器的基本组成	171
7.3 处理器总线及数据通路	176

7.3.1	ALU 为中心的数据通路	177
7.3.2	单内总线 CPU 结构	177
7.4	组合逻辑控制器	179
7.4.1	组合逻辑控制器的特征	179
* 7.4.2	组合逻辑控制器设计原理	179
* 7.4.3	可编程序逻辑阵列控制器	183
7.5	微程序控制器	184
7.5.1	微程序设计的基本原理	184
7.5.2	微指令方案	187
* 7.5.3	微程序设计的基本问题	189
* 7.6	微程序的顺序控制	191
7.6.1	后继微地址的增量方式	191
7.6.2	后继微地址的断定方式	192
7.6.3	顺序控制部件 Am 2910	193
* 7.7	微程序设计举例	197
7.7.1	指令流程图	197
7.7.2	微程序控制器逻辑图	197
7.7.3	微程序编码	198
7.8	指令流水线结构	199
	习题	201

## 第 8 章 外围设备 ..... 203

8.1	外围设备的种类和特性	203
8.1.1	外围设备的分类	203
8.1.2	外围设备工作的特性	204
8.2	常用输入设备	205
8.2.1	键盘	206
8.2.2	鼠标	207
8.2.3	扫描仪	208
8.3	显示设备	209
8.3.1	显示设备的分类和基本概念	209
8.3.2	字符显示器	211
8.4	打印装置	214
8.4.1	点阵式打印机	214
8.4.2	激光打印机	215
8.4.3	喷墨打印机	216
8.4.4	汉字的显示与打印	217
8.5	磁表面外存储器	218
8.5.1	存储原理和记录方式	218

8.5.2	磁盘存储器	223
* 8.5.3	软磁盘存储器	228
* 8.5.4	磁带存储器	233
* 8.5.5	磁盘阵列	236
8.6	光盘存储器	237
8.7	固态硬盘	239
8.7.1	固态硬盘的分类及特点	239
* 8.7.2	基本结构	240
* 8.8	通信设备	240
8.8.1	调制解调器	240
8.8.2	模/数与数/模转换装置	241
习题		243
<b>第9章</b>	<b>输入输出系统与控制</b>	<b>245</b>
9.1	系统总线	245
9.1.1	系统总线结构	245
9.1.2	总线控制方式	247
9.1.3	总线通信方式	249
9.2	微机总线	250
9.2.1	S-100 总线	251
9.2.2	STD 总线	251
9.2.3	IBM PC 总线	251
9.2.4	ISA 总线	251
9.2.5	EISA 总线	252
9.2.6	RS-232C 总线	253
9.2.7	IEEE-488 总线	254
9.2.8	IDE 磁盘接口	255
* 9.2.9	SCSI 总线	255
9.2.10	PCI 总线	257
* 9.2.11	串行总线 USB	258
9.3	基本 I/O 接口组成和工作原理	261
9.3.1	设备选择电路	261
9.3.2	数据缓冲寄存器	262
9.3.3	设备工作状态	262
9.3.4	传输中断的请求与屏蔽	263
9.4	输入输出控制方式	264
9.4.1	程序查询方式	264
9.4.2	程序中断方式	265
9.4.3	直接存储器访问方式	266

* 9.4.4	输入输出处理机方式	267
9.5	中断系统	269
9.5.1	为什么要设置中断	269
9.5.2	CPU 响应中断的条件	271
9.5.3	中断周期	272
9.5.4	优先排队器及编码电路	273
9.5.5	中断处理过程	276
9.5.6	中断级及中断嵌套	277
9.6	DMA 控制方式	279
9.6.1	DMA 基本概念	279
9.6.2	DMA 的工作方式	280
9.6.3	DMA 控制器的组成	280
9.6.4	DMA 数据传送过程	281
* 9.6.5	通用 DMA 接口 Intel 8257	282
9.7	通用并行接口	286
9.7.1	分类	286
9.7.2	基本的并行接口电路	287
* 9.7.3	可编程序并行接口	288
9.8	串行通信与通用串行接口	293
9.8.1	串行通信方式	294
* 9.8.2	可编程序串行接口	294
习题		300
<b>第 10 章</b>	<b>计算机发展展望</b>	<b>302</b>
10.1	计算机发展史上的重大事件	302
10.2	中国计算机事业发展中重大事件	306
* 10.3	并行处理技术进展	308
10.3.1	超标量处理机	308
10.3.2	超流水线处理机	309
10.3.3	大规模并行处理系统 MPP	311
* 10.4	智能计算机进展	311
10.4.1	数据流计算机	312
10.4.2	数据库机与知识库机	313
10.5	分布式计算机系统与机群系统	313
10.5.1	分布式计算机系统	313
10.5.2	计算机支持的协同工作	314
10.5.3	机群系统(Cluster)	314
10.6	计算机网络	315
10.7	多媒体计算机	315
参考文献		316

## 第 1 章 绪 论

计算机是一种现代化信息处理工具,是 20 世纪最新科学技术的成就,是新的生产力的代表。当今世界正在经历一场新的技术革命,人类社会正在步入信息社会,这场变革的动力和核心是计算技术及其应用。一个国家计算技术的发展水平及其应用的深度和广度,已经成为衡量这个国家现代化水平的重要标志。

众所周知,任何机器和工具都是人类器官功能的延伸。例如:一切交通工具都是人腿功能的延伸;工具、机床是人手功能的延伸;望远镜、显微镜、电视、雷达是眼睛功能的延伸;而电话、无线电和卫星通信是耳朵功能的延伸;计算机则是人类思维器官——大脑功能的延伸。大脑是指挥人体各器官运作的中枢,因此计算机的创造和开创性应用比历来一切发明都具有更加深刻和广泛的意义。

自从世界上第一台电子计算机诞生以来,计算技术获得了飞速地发展,经历了一代、二代、三代、四代发展的过程,目前正在酝酿新的突破。70 多年来,计算机的运算速度、存储容量、使用功能取得了巨大的进步,而且应用领域已遍及科学研究、军事防御、工业、农业、天文气象、商务营销、金融财会、交通运输、宇航通信、电子政务、文化教育、旅游餐饮、家庭娱乐等人类活动的一切领域,对人类活动的各个方面发挥着巨大的推动作用。特别是计算机网络的出现,大大地缩短了人与人之间的距离,世界各国人民,虽远在千里却如同近在咫尺,如同生活在一个地球村里。电子商务的发展,使各国厂商用户,可以不分地点、不分时间,一年 365 天,一天 24 小时都可以谈判交往,极大地提高了工作效率,改变了人们的生活方式。

计算机如此神通广大,具有如此魅力,原因何在?与人类祖先几千年来沿用的计算工具有什么本质区别?计算机是如何工作的?包括哪些部件?相互之间有什么关系?这些问题都将在本书中得到说明和解答。

### 1.1 计算机的基本特性

作为现代计算工具的电子计算机与过去使用的计算工具相比,主要区别表现在五个方面:①计算的对象是采用二进制表示的数据;②表示计算过程的计算程序像数据一样存储在存储器中;③计算机不但可以进行算术运算,还可以进行逻辑运算;④运算的速度很快,采用高速电子开关电路组成基本的功能部件;⑤采用数字化编码技术,使计算机

可以处理各种非数值数据,如文字、声音、图像等,各种信息的数字化编码技术是计算机在各种领域中广泛使用的桥梁。

### 1.1.1 二进制数据

电子计算机处理的对象是二进制数据,二进制数据只有两个符号:“0”和“1”。这种表示方法在物理上容易实现,运算规则简单,工作比较可靠。它与传统上称为电子模拟计算机不同,模拟机运算的对象是连续变化的电压、电流或电荷,虽然处理速度很快,使用比较简便,但运算精度有限。现代电子计算机与之对应称为电子数字计算机,简称计算机,它处理的对象是不连续变化的数字量,其精度主要决定于表示一个数据的二进制数的位数。计算机中表示一个数据的二进制数的位数叫字长,根据需要的精度可以设计各种字长的计算机,以满足不同用户的需要。计算机的准确性,使计算机在大规模复杂计算应用中,在高精度的计算应用中具有得天独厚的优势。

### 1.1.2 存储程序

计算机运算过程中不需要人工干预,计算程序和被处理的数据都放在计算机内,计算机能够自动存取、识别、执行每一步操作,自动、连续地完成程序规定的任务。存储程序技术保证计算机每秒钟能够执行千万次运算。存储程序概念是1945年冯·诺依曼(Von Neumann)提出来的,是现代计算机的革命性标志,后人为了纪念他,把这种结构的计算机称为冯·诺依曼计算机。

### 1.1.3 逻辑运算

现代计算机可以进行逻辑运算,具有逻辑判断能力,为人类思维领域的研究活动提供了有力的工具。计算机在定理证明、机器翻译、自然语言理解、专家系统、知识工程等人工智能研究中,开辟了一个崭新的技术领域。

### 1.1.4 高速电子开关电路

高速度是现代计算机的第四个特征。计算机可以在很短时间里完成非常复杂的运算,其计算速度非常快,每秒钟可以完成几百万次、几千万次、几亿次运算。主要原因是计算机内运算电路使用高速的电子开关器件,其开关速度达到纳秒(ns)级, $(1\text{ns}=10^{-9}\text{s})$ ,这是过去机械式的、继电器式的、电动机式的计算工具无法比拟的。高速计算机在大范围天气预报、热核反应过程控制中大显身手,在生产过程实时控制中特别重要。

### 1.1.5 数字编码技术

现代计算机在非数值数据处理领域中应用特别广泛,如编辑出版、信息管理、办公自

动化、文化娱乐等,需要特别强调的是计算机还可以处理语音、图像,可以播放电影电视。各种非数值信息只要能够转换成二进制的信息编码,就可成为计算机的处理对象,各种信息的数字化编码技术成为计算机在各个领域中广泛应用的桥梁。现代计算机的通用性是推广计算机应用的关键。

## 1.2 计算机的基本组成

计算机是现代化信息处理的工具。信息反映各行各业、各个领域有关活动的状态,包括数字、符号、语言、文字、图形、图像等。信息科学是研究这些信息产生、检测、加工、存储和利用的科学。

计算机处理不同信息时,首先要求对各种信息进行数字化编码,使其成为用二进制数表示的变量,同时制定对各种信息的处理方法,按照数学模型和算法编写运行程序。把加工对象和加工方法都送入计算机中保存。

计算机加工的对象是二进制数据,每一个数据包多位二进制数,每一位二进制数称为一个 bit。各种信息表示成一个个数据字,一个数据字(Word)包含的二进制的位数称为计算机的字长,字长表示计算机每次存取、传送和加工的数据单位,不同的计算机根据用途的不同,其字长是不同的。如微型机的字长是 8 位二进制数或 16 位二进制数;小型机字长多采用 16 位二进制数;中型机和大型机的字长是 32 位或 64 位二进制数或更多。

为了适应文字处理的需求,在计算机中把英文大小写字母及各种符号用 7 位二进制数表示,其编码最多可有 128 个,用来表示 128 个不同的符号。各国间为了交流方便,都采用美国标准信息交换码(ASCII),表示各种常用的符号和英文字母,这种编码我们称为字符编码。计算机中规定:在运算器或存储器单元中,每 8 位二进制数称为一个字节(Byte),可以存放一个 ASCII 代码,存放 ASCII 码的字节的最高位为“0”,也可当校验位使用。计算机为了便于处理字符,一般还设置字节寻址方式,即一次可以存取一个字节,处理一个字节的字符数据。

加工过程用计算机指令编写的程序表示,每条机器指令表示一种计算机处理信息的基本功能,它是程序员控制机器工作的基本界面。指令包括操作码和地址码,地址码给出被运算的数据在计算机中存放的地址,操作码指明对被运算的数据施加何种运算。指令也用二进制编码表示。通常一个指令字的长度与一个数据字的长度一致。

### 1.2.1 基本组成原理

计算机的基本组成包括数据处理部件、数据和程序的存储部件、程序和指令执行的控制部件,还包括数据的输入和输出部件。直到目前为止,计算机的主流产品仍是按照冯·诺依曼提出的模型构建的。

冯·诺依曼计算机的主要特点是:计算机由运算器、存储器、控制器、输入装置和输出装置五大部件组成;以运算器为中心;计算机处理的对象是二进制数据;计算机的指令



用二进制编码表示,并且和被运算的数据放在一个存储器中,存储器采用一维线性编址,计算机按地址访问存储器等。冯·诺依曼清楚地描述了现代计算机的组成,给出了计算机结构的经典模型。冯·诺依曼计算机模型如图 1-1 所示。

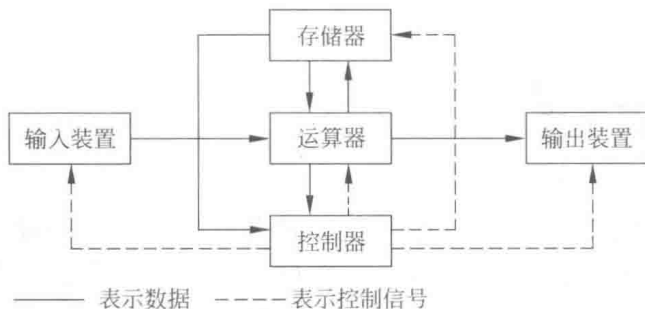


图 1-1 计算机基本组成框图

## 1. 运算器

运算器(Arithmetic Unit)是计算机中处理数据的部件,主要进行算术运算和逻辑运算。

计算机中各种数值计算都可分解为加法运算和移位操作,因此运算器的核心部件是一个并行加法器,可对一个字长的多位二进制数据同时进行加法操作。加法器和进行“与”、“或”运算的逻辑部件一起称为算术逻辑部件(Arithmetic and Logic Unit, ALU),运算器中还设有若干个数据寄存器,存放参加运算的二进制数据和运算结果。一般算术运算和逻辑运算都需要两个操作数,同时送入加法器,因此,加法器的输入端设有两个多路数据选择器,以便从不同寄存器或其他数据来源中分别选择一个操作数送入加法器中。运算器是计算机的加工中心。

## 2. 存储器

存储器(Memory)是存放计算程序和原始数据的记忆装置。它的基本功能是对指定地址单元存取数据。

一个存储器好像一座宿舍大楼,整个大楼分成许多房间,每个房间可以安排一名住户,当要访问某位住户时,必须知道他住在几层几号,也就是他的住址,才能找到他。存储器也分成许多存储单元。每个存储单元都有一个地址,每个单元可以存放一个数据字。需要读写存储器时,必须给出存储单元的地址,按地址进行访问。

存储器中设有地址寄存器,用于存放要访问的存储单元地址号码,还设有数据缓冲寄存器,用来存放从指定单元中读出的数据或向指定单元写入的数据。

存储器地址的位数,决定了可以访问的存储器的容量。如果地址码是 10 位二进制数,则其最小编码是 10 个“0”,最大编码是 10 个“1”,其编码的数目有 1024 个,也就是说房间编号有 1024 个,当然只能管理 1024 个房间。所以 10 位地址可以访问的存储器最大容量是  $2^{10}=1024$  个单元。

存储器中存放数据的存储阵列,我们称为存储体。需要注意:只有写入操作才能改变某一单元的内容,读出操作只能知道存储单元里边存放的是什么数,不能改变存储单元的内容,例如一个单元存放内容是“1011”,读出 100 次,该单元的内容还是“1011”。