

高等学校计算机基础教育教材精选

# 微型计算机原理 与接口技术 (第4版)

吴宁 乔亚男 主编  
冯博琴 主审

清华大学出版社



高等学校计算机基础教育教材精选

# 微型计算机原理 与接口技术 (第4版)

吴宁 乔亚男 主编

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是《微型计算机原理与接口技术》的第4版。本次修订,除对原稿部分文字和有关计算机硬件的新技术进行修订和补充外,首次引入了案例描述模式,将一个实际的系统设计案例贯穿到书中,使全书成为一个有机整体。考虑到读者对象的需求和实用性,本版仍以 Intel 80x86 系列微处理器为平台,介绍了其三个不同时期的典型代表——8088、80386 及 Pentium 4 的基本结构和工作原理;保持了第3版中的基本指令系统、输入输出系统、接口电路设计的内容以及叙述风格。另外,此次改版,依然保持了本书注重实际应用的特点,实用性较强。

本书可作为普通高等院校理工类各专业本科学生的“微机原理与接口技术”课程的教材,也可作为成人高等教育的培训教材及广大科技工作者的自学参考书。

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

微型计算机原理与接口技术/吴宁,乔亚男主编. —4版. —北京:清华大学出版社,2016

高等学校计算机基础教育教材精选

ISBN 978-7-302-44645-3

I. ①微… II. ①吴… ②乔… 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(2016)第179438号

责任编辑:焦虹

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨艳

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:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24.25 字 数:556千字

版 次:2002年2月第1版 2016年9月第4版 印 次:2016年9月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:44.80元

产品编号:068610-01

# 出版说明

高等学校计算机基础教育教材精选

在教育部关于高等学校计算机基础教育三层次方案的指导下,我国高等学校的计算机基础教育事业蓬勃发展。经过多年的教学改革与实践,全国很多学校在计算机基础教育这一领域中积累了大量宝贵的经验,取得了许多可喜的成果。

随着科教兴国战略的实施以及社会信息化进程的加快,目前我国的高等教育事业正面临着新的发展机遇,但同时也必须面对新的挑战,这些都对高等学校的计算机基础教育提出了更高的要求。为了适应教学改革的需要,进一步推动我国高等学校计算机基础教育事业的发展,我们在全国各高等学校精心挖掘和遴选了一批经过教学实践检验的优秀教学成果,编辑出版了这套教材。教材的选题范围涵盖了计算机基础教育的三个层次,包括面向各高校开设的计算机必修课、选修课,以及与各类专业相结合的计算机课程。

为了保证出版质量,同时更好地适应教学需求,本套教材将采取开放的体系和滚动出版的方式(即成熟一本、出版一本,并保持不断更新)。坚持宁缺毋滥的原则,力求反映我国高等学校计算机基础教育的最新成果,使本套丛书无论在技术质量上还是文字质量上均成为真正的“精选”。

清华大学出版社一直致力于计算机教育用书的出版工作,在计算机基础教育领域出版了许多优秀的教材。本套教材的出版将进一步丰富和扩大我社在这一领域的选题范围、层次和深度,以适应高校计算机基础教育课程层次化、多样化的趋势,从而更好地满足各学校由于条件、师资和生源水平、专业领域等的差异而产生的不同需求。我们热切期望全国广大教师能够积极参与到本套丛书的编写工作中来,把自己的教学成果与全国的同行们分享;同时也欢迎广大读者对本套教材提出宝贵意见,以便我们改进工作,为读者提供更好的服务。

我们的电子邮件地址是 [jiaoh@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:jiaoh@tup.tsinghua.edu.cn)。联系人:焦虹。

清华大学出版社

# 第 4 版前言

微型计算机原理与接口技术(第 4 版)

本书第 3 版自 2011 年推出已近 5 年。本次修订,除更新了部分计算机硬件发展新技术的描述之外,首次采用了以案例贯穿内容的方法。

计算机的主要应用方向之一是过程控制。工业过程控制的对象往往是一些连续变化的非电物理量,要使这类信号能够被计算机所识别和处理,需要经过一个复杂的过程。作为以理工类专业学生或即将从事计算机过程控制系统设计的学习者为目标读者的教材,本书引入了一个模拟的“家庭安全防盗系统”案例,贯穿到全书。从第 1 章的基础知识,到处理器工作原理、指令集合汇编程序设计方法,再到存储器技术、I/O 接口技术,最终完成对“家庭安全防盗系统”的设计。

当然,现实中设计这样一个系统使用单片机技术会更加适合,但考虑到人们日常见到和使用最多的计算机是微型计算机,建立微型计算机系统的整体概念,理解微型计算机的构成、工作原理、输入输出控制方法等,具有更普适的意义。因此,本书还是“奢侈”地选择了微型计算机来完成这一案例的设计。事实上,虽然单片机在体系结构、指令集等多个方面与微型计算机都存在较大差异,但它依然可以说是计算机的“微缩版”。理解了本书所介绍的内容,将非常有助于进一步理解单片机技术、嵌入式技术等。

5 年来,虽然微型计算机技术又有了飞速的发展,但其基本工作原理和基本体系结构依然是冯·诺依曼结构,作为介绍微型机工作原理的书籍,第 3 版中的大多数内容依然适用。因此,本次修订对原书中多数内容依然保留,面向应用、与实际工程设计相结合的特点没有改变,文字的叙述风格也一如既往。

乔亚男参与了本书第 1、2 章的修订。其余内容由吴宁修订。本次修订得到了我校陈文革老师的帮助和指导,借此深表谢意。

由于是首次引入案例描述方法,加之时间较紧,编者水平有限,因此还有进一步完善的空间,敬请同行和各位读者批评指正。

编 者

# 第 3 版前言

微型计算机原理与接口技术(第 4 版)

本书第 2 版推出已经 3 年。3 年中,有关微型计算机的新技术在不断出现,微机的性能在不断提高,教学中也不断地有新的体会,这些都促使本书必须做适当的更新和调整。此次再版,原书中多数内容依然保留,面向应用、与实际工程设计相结合的特点没有改变,文字的叙述风格也一如既往。保留这些主要是基于以下理由。

虽然 Intel 公司的微处理器从早期的 8086、8088、80286、80386,到后来的 Pentium Pro、Pentium II、Pentium III、Pentium 4,再到今天的多核技术,无论是制造工艺还是技术和性能,都有了极大的改进和提高,但从应用者的角度,特别是应用程序员的角度来看,它们属于一个系列,是完全兼容的:应用编程的寄存器结构只有字长之分,而无本质区别;芯片的指令系统中,从 8086 到 Pentium 系列,除部分保护模式下扩展的指令外,80%以上是完全相同的;在应用程序中所用到的绝大多数指令依然是基本指令集中的指令,也就是 8086 指令集。因此,本书此次仍保留了第 2 版教材中关于微处理器的内容,包括 Intel 公司 3 个不同时期的代表性芯片 8088、80386 和 Pentium 4 的介绍,指令系统仍然以介绍 8086 指令集为主。

如今,虽然微型机的存储器容量越来越大,但存储器的基本工作原理和构成没有变;虽然微型机能够连接的外部设备越来越丰富,但中断工作原理和输入输出控制方法没有变;虽然随着大规模集成电路技术的发展,主板上曾经大量独立的接口芯片都已被集成到几块专用芯片中,但并行接口 8255、串行接口 8250、定时/计数器 8253(8254)、中断控制器 8259A 等芯片的作用依然存在。

总之,虽然微型计算机技术有了巨大的发展,但其基本工作原理是相同的。作为介绍微型机工作原理的书籍,原版中的大多数内容依然适用。读者在学习时应以了解和掌握微型机的基本工作原理及应用方法为主,对部分复杂的新技术可根据需要参考其他相关的专业书籍。

本次修订得到了我校陈文革老师的大力支持和指导,在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免存在一些疏漏和不当之处,敬请同行和各位读者批评指正。

编者

# 目录

微型计算机原理与接口技术(第4版)

<b>第1章 微型计算机基础概论</b> .....	1
1.1 微型计算机系统 .....	2
1.1.1 微型计算机的发展 .....	2
1.1.2 微型计算机的工作过程 .....	4
1.1.3 微机系统的组成 .....	7
1.2 计算机中的数制及编码 .....	12
1.2.1 常用记数制 .....	12
1.2.2 各种数制之间的转换 .....	14
1.2.3 计算机中的二进制数表示 .....	15
1.2.4 二进制编码 .....	17
1.3 无符号二进制数的算术运算和逻辑运算 .....	19
1.3.1 二进制的算术运算 .....	20
1.3.2 无符号数的表示范围 .....	21
1.3.3 二进制数的逻辑运算 .....	22
1.3.4 基本逻辑门及常用逻辑部件 .....	24
1.4 有符号二进制数的表示及运算 .....	27
1.4.1 有符号数的表示方法 .....	27
1.4.2 补码数与十进制数之间的转换 .....	29
1.4.3 补码的运算 .....	30
1.4.4 有符号数的表示范围 .....	31
习题 .....	33
<b>第2章 微处理器与总线</b> .....	35
2.1 微处理器概述 .....	35
2.1.1 运算器 .....	36
2.1.2 控制器 .....	37
2.2 8088/8086 微处理器 .....	38
2.2.1 8088/8086 CPU 的特点 .....	39
2.2.2 8088 CPU 的外部引脚及其功能 .....	41

2.2.3	8088/8086 CPU 的功能结构 .....	44
2.2.4	8088/8086 CPU 的存储器组织 .....	47
2.2.5	8088/8086 CPU 的工作时序 .....	49
2.3	80386 微处理器 .....	51
2.3.1	80386 微处理器的主要特性 .....	51
2.3.2	80386 的内部结构 .....	52
2.3.3	80386 的主要引脚信号 .....	53
2.3.4	80386 的内部寄存器 .....	54
2.3.5	80386 的工作模式 .....	58
2.4	Pentium 4 微处理器 .....	60
2.4.1	Pentium 4 微处理器中的新技术 .....	61
2.4.2	Pentium 4 CPU 的结构 .....	66
2.4.3	Pentium 4 的存储器管理 .....	67
2.4.4	Pentium 4 的基本执行环境 .....	69
2.5	总线 .....	71
2.5.1	概述 .....	72
2.5.2	总线的基本功能 .....	77
2.5.3	常用系统总线和外设总线标准 .....	81
2.5.4	8088 系统总线 .....	87
2.6	多核技术 .....	89
2.6.1	什么是多核技术 .....	89
2.6.2	多核与多处理器 .....	94
	习题 .....	95

### 第 3 章 8086/8088 指令系统 .....

3.1	概述 .....	97
3.1.1	指令的基本构成 .....	98
3.1.2	指令的执行时间 .....	99
3.1.3	CISC 和 RISC 指令系统 .....	100
3.2	寻址方式 .....	102
3.2.1	立即寻址 .....	103
3.2.2	直接寻址 .....	103
3.2.3	寄存器寻址 .....	104
3.2.4	寄存器间接寻址 .....	104
3.2.5	寄存器相对寻址 .....	105
3.2.6	基址—变址寻址 .....	106
3.2.7	基址—变址—相对寻址 .....	107
3.2.8	隐含寻址 .....	108



3.3	8086 指令系统 .....	108
3.3.1	数据传送指令 .....	108
3.3.2	算术运算指令 .....	117
3.3.3	逻辑运算和移位指令 .....	124
3.3.4	串操作指令 .....	130
3.3.5	程序控制指令 .....	135
3.3.6	处理器控制指令 .....	145
3.4	Pentium 新增指令简介 .....	146
3.4.1	80x86 虚地址下的寻址方式 .....	146
3.4.2	80x86 CPU 新增指令简述 .....	147
	习题 .....	149
<b>第 4 章</b>	<b>汇编语言程序设计 .....</b>	<b>151</b>
4.1	汇编语言源程序 .....	151
4.1.1	汇编语言源程序的结构 .....	152
4.1.2	汇编语言语句类型及格式 .....	153
4.1.3	数据项及表达式 .....	154
4.2	伪指令 .....	157
4.2.1	数据定义伪指令 .....	158
4.2.2	符号定义伪指令 .....	159
4.2.3	段定义伪指令 .....	160
4.2.4	设定段寄存器伪指令 .....	163
4.2.5	过程定义伪指令 .....	163
4.2.6	宏命令伪指令 .....	164
4.2.7	模块定义与连接伪指令 .....	166
4.3	BIOS 和 DOS 功能调用 .....	167
4.3.1	BIOS 功能调用 .....	168
4.3.2	DOS 功能调用 .....	170
4.4	汇编语言程序设计基础 .....	174
4.4.1	程序设计概述 .....	175
4.4.2	顺序程序 .....	176
4.4.3	分支程序 .....	177
4.4.4	循环程序 .....	180
4.4.5	子程序设计 .....	182
4.4.6	常用程序设计举例 .....	185
	习题 .....	192

<b>第 5 章 存储器系统</b> .....	195
5.1 概述 .....	195
5.1.1 存储器系统的一般概念 .....	196
5.1.2 半导体存储器及其分类 .....	199
5.1.3 半导体存储器的主要技术指标 .....	201
5.2 随机存取存储器 .....	201
5.2.1 静态随机存取存储器 .....	202
5.2.2 动态随机存取存储器 .....	208
5.2.3 存储器扩展技术 .....	212
5.3 只读存储器 .....	215
5.3.1 EPROM .....	215
5.3.2 EEPROM .....	218
5.3.3 闪存 Flash .....	222
5.4 高速缓冲存储器 .....	226
5.4.1 Cache 的工作原理 .....	226
5.4.2 Cache 的读写操作 .....	227
5.4.3 Cache 与主存的存取一致性 .....	229
5.4.4 Cache 的分级体系结构 .....	229
5.5 半导体存储器设计举例 .....	231
习题 .....	236
<b>第 6 章 输入输出和中断技术</b> .....	238
6.1 输入输出系统概述 .....	238
6.1.1 I/O 系统的特点 .....	238
6.1.2 I/O 接口的基本功能 .....	240
6.1.3 I/O 端口的编址方式 .....	241
6.1.4 I/O 端口地址的译码 .....	242
6.2 简单接口电路 .....	243
6.2.1 接口电路的基本构成 .....	243
6.2.2 三态门接口 .....	244
6.2.3 锁存器接口 .....	245
6.2.4 简单接口的应用举例 .....	248
6.3 基本输入输出方式 .....	249
6.3.1 无条件传送方式 .....	249
6.3.2 查询方式 .....	250
6.3.3 中断方式 .....	252
6.3.4 直接存储器存取方式 .....	253
6.4 中断技术 .....	255

6.4.1	中断的基本概念	255
6.4.2	中断处理的一般过程	256
6.4.3	8086/8088 中断系统	260
6.5	可编程中断控制器 8259A	266
6.5.1	8259A 的引线及内部结构	266
6.5.2	8259A 的工作过程	268
6.5.3	8259A 的工作方式	268
6.5.4	8259A 的初始化编程	273
6.5.5	中断程序设计概述	279
	习题	281
<b>第 7 章</b>	<b>常用数字接口电路</b>	<b>283</b>
7.1	并行通信与串行通信	284
7.1.1	并行通信	284
7.1.2	串行通信	285
7.2	可编程定时/计数器 8253	289
7.2.1	8253 的引线及结构	290
7.2.2	8253 的工作方式	292
7.2.3	8253 的控制字	296
7.2.4	8253 的应用	297
7.3	可编程并行接口 8255	302
7.3.1	8255 的引线及结构	302
7.3.2	8255 的工作方式	304
7.3.3	8255 的控制字及状态字	308
7.3.4	8255 的应用	310
7.4	可编程串行接口 8250	319
7.4.1	8250 的外部引线及功能	319
7.4.2	8250 的结构及内部寄存器	321
7.4.3	8250 的工作过程	325
7.4.4	8250 的应用	326
	习题	330
<b>第 8 章</b>	<b>模拟量的输入输出</b>	<b>333</b>
8.1	模拟量的输入输出通道	333
8.1.1	模拟量输入通道	333
8.1.2	模拟量输出通道	335
8.2	D/A 转换器	335
8.2.1	D/A 转换器的基本原理及技术指标	335

8.2.2	典型 D/A 转换器芯片 DAC0832 .....	339
8.2.3	D/A 转换器的应用 .....	342
8.3	A/D 转换器 .....	345
8.3.1	A/D 转换器的工作原理及技术指标 .....	345
8.3.2	典型 A/D 转换器芯片 ADC0809 .....	347
	习题 .....	354
<b>附录 A</b>	<b>ASCII 码表及其中控制符号的定义 .....</b>	<b>356</b>
A.1	ASCII 码表 .....	356
A.2	ASCII 码表中控制符号的定义 .....	356
<b>附录 B</b>	<b>8088 CPU 部分引脚信号功能 .....</b>	<b>358</b>
B.1	$\overline{SS}_0$ 、 $IO/\overline{M}$ 、 $DT/\overline{R}$ 的组合及对应的操作 .....	358
B.2	$\overline{S}_2$ 、 $\overline{S}_1$ 、 $\overline{S}_0$ 的组合及对应的操作 .....	358
B.3	$QS_1$ 、 $QS_0$ 的组合及对应的操作 .....	358
<b>附录 C</b>	<b>8086/8088 指令执行时间及指令简表 .....</b>	<b>359</b>
C.1	常用指令执行时间 .....	359
C.2	8086/8088 指令简表 .....	360
<b>附录 D</b>	<b>8086/8088 微机的中断 .....</b>	<b>364</b>
D.1	中断类型分配 .....	364
D.2	DOS 软中断 .....	365
D.3	DOS 系统功能调用简表 .....	366
<b>附录 E</b>	<b>BIOS 软中断简要列表 .....</b>	<b>371</b>
	参考文献 .....	372

### 引言：

完成家庭安全防盗系统设计，首先需要了解微型计算机系统的组成以及计算机中的信息表示方法。本章主要介绍这两方面的内容。包括：

(1) 微型计算机系统，包括微型计算机的发展历程、微机系统的组成及各部分的主要功能。这样安排的目的是帮助读者首先建立起微机系统，特别是微型计算机硬件系统的整体概念，以便在后续章节的学习中始终能够有一个整体的结构框架。

(2) 计算机中的数制及编码的表示方法、它们相互间的转换、二进制数的运算、定点数和浮点数的表示等。这些都属于计算机基础知识。

### 教学目的：

- 理解微机系统的整体结构；
- 掌握三种常用记数制、两种编码的表示方法及其相互间的转换；
- 掌握二进制数的算术运算和逻辑运算；
- 深入理解补码的概念及其运算。

计算机的主要应用方向之一是过程控制。工业中的过程控制是指以温度、压力、流量等工艺参数作为被控变量的自动控制。这些被控变量通常是连续变化的非电物理量，但计算机只能处理离散电信号，对这类既非离散又非电信号的变量，如何进行控制呢？这需要一个“长长的处理过程”。

**案例：**随着社会的进步和经济的发展，二十多年来，人们的生活水平和生活环境都有了极大的改善，对家庭安全防盗措施也提出了新的要求。现有某住户需要设计一套家庭式电子安全防盗系统。该住户的住宅包括4间卧室、2间客厅、1间厨房和2个卫生间。其中，除一个卫生间无窗外，其他所有房间都含一扇可开关的窗，即共有8个窗户。系统的总体设计 requirements 是：

(1) 为每个窗台安装监测装置，当出现异常时，启动报警（警铃响，警灯闪烁），并在危险解除后关闭报警；

(2) 当住户外出或需要时使安全防盗系统处于布防状态，在不需要时则可关闭系统；

(3) 对异常的监测方法可以定时循环检测，也可以始终处于监测状态。

要完成这样一个系统设计，需要知道：

(1) 如何才能监测到异常以及异常信息如何才能被计算机所感知？

- (2) 异常或正常信息在计算机中如何表示? 如何存储?
- (3) 计算机如何确定所接收到的来自监测设备的信息是正常还是异常?
- (4) 对接收到的信息如何处理? 如何发出报警信息? 等等。

整个系统涉及硬联线路(硬件)设计和控制程序(软件)设计两大部分,以及一些计算机的基础知识,而这些就是本书所要介绍的内容。学习完本书,就可以完成这样一个过程控制系统核心部分的设计了。

在正式学习之前,有几点需要声明一下:一是关于软件设计。本书介绍汇编语言的目的并不是要求读者一定要使用汇编语言设计过程控制程序(目前更多情况下会使用 C 语言等高级语言),而是学习汇编语言更有助于对微型计算机工作原理的理解;第二,虽然书中作为案例介绍的芯片型号都显得有些“古老”,但从应用的角度,其基本功能和使用方法与今天的新型器件是类似的。掌握了基本知识,也就具备了从事相关系统设计的基础;第三,设计这样一个家庭安全防盗系统,利用今天的微机系统进行控制成本有点高了,使用单片机技术实现会更加适合。什么是单片机呢?可以简单地说,单片机是计算机系统的“微缩版”,虽然它与计算机在体系结构、指令集等多个方面都存在较大差异,但它内部包括了计算机的主要功能部件,如 CPU、内存、总线、存储器、接口等,只是这些部件的性能相对微型计算机要弱很多。

由于人们日常见到和使用最多的计算机是微型计算机,建立“微机系统”的整体概念,理解微型计算机的构成、工作原理、输入输出控制方法等,具有更普适的意义,因此,本书还是“奢侈”地以微型计算机为例,来完成上述案例的设计。

## 1.1 微型计算机系统

本节概述微型计算机的发展历程、微机的一般工作过程以及微机系统的组成 3 个方面的内容。

微型计算机的发展更替主要是指微处理器的更新换代。微处理器发展的重要基础是电子技术的发展,中间复杂的原理这里不做讨论,只简单地说明一下它们各自的特点。

事实上,微型计算机的工作原理只有在学习完这本书后才能完全明白。1.1 节只是以流程图和框图的形式简单说明微机的一般工作过程。

本书讨论的对象是微型计算机的硬件系统。在进一步学习硬件各部分的详细构成和工作原理之前,先建立起整个系统的概念是必要的。1.1.3 节将通过结构框图介绍微机系统的概念结构和层次结构。

### 1.1.1 微型计算机的发展

计算机技术是 20 世纪发展最快的技术之一。自 1946 年第一台计算机问世以来,在短短的六十多年中,已经历了由电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机到大规模、超大规模集成电路计算机这样五代的更替,并且还在不断地向巨型化、微型化、网络化和

智能化这 4 个方向发展。

计算机按照性能、价格和体积等的综合指标,可分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机五大类。

微型计算机诞生于 20 世纪 70 年代,由于体积小、价格低,尤其是日益提高的性能价格比,使其迅速在各行各业乃至家庭中得到了广泛的应用。现在一台微型机的处理能力不仅早已超过了 20 世纪 50 年代初期占地上千平方英尺、重量数十吨、功耗几百千瓦的大型电子管计算机,而且大大超过了二十多年前、造价数十万美元的大型晶体管数字计算机。

微处理器是微型计算机的核心芯片,简称  $\mu\text{P}$  或 MP(Micro Processor)。它将计算机中的运算器和控制器集成在一片硅片上,也称为中央处理单元,即 CPU(Central Processing Unit)。它是 20 世纪 70 年代人类重要的创新之一,在四十多年的时间中获得了很快的发展,其集成度和性能几乎每过一年就会提高 1.5~2 倍。

微处理器和微型计算机的发展历史是与大规模集成电路的发展分不开的。20 世纪 60 年代初期的硅平面管工艺和二极管晶体管逻辑电路的发展,使得在 1963 年、1964 年有了小规模集成电路(Small Scale Integration, SSI)的出现,之后的金属氧化物半导体(Metal Oxide Semiconductor, MOS)工艺,又使集成度提高了一大步。到 20 世纪 60 年代后期,在一片几平方毫米的硅片上,已可集成几千个晶体管,这就出现了大规模集成电路 LSI(Large Scale Integration)。LSI 器件体积小、功耗低、可靠性高,为微处理器的生产打下了很好基础。现代新型的集成电路已可在单个芯片上集成数亿个晶体管,工作频率超过 3GHz。

虽然集成电路技术在不断发展,但终究受物理性能的限制而存在极限。微处理器的两大生产巨头 Intel 和 AMD 发现:单纯地通过提高芯片的集成度以提升工作频率,已无法明显提升系统整体性能,性能的提高会受到多种因素的制约:处理器内部的计算速度和外部访问存储器的访问速度的差异越来越大,由于访存的限制,使得处理器的性能很难再有明显的提高;随着功率的增大,散热问题成为了一个无法逾越的障碍;超标量和超流水线技术已接近了极限;开发成本也在不断提高。于是,到了 2004 年左右,尽管晶体管数目还是呈线性增加,但时钟频率和性能都已达到拐点,按照传统的提高芯片时钟频率的方式来提高系统的性能已经走到了尽头。在这个背景下,片上多核处理器(Chip of Multiprocessor, CMP)技术应运而生。

从微处理器诞生到 20 世纪末,每块处理器中都只有一个“核心”,称为单核处理器。这里的核心又称为内核,是 CPU 最重要的组成部分,由单晶硅以一定的生产工艺制造出来。CPU 所有的计算、数据处理、接受和存储命令都由核心执行。而“多核”处理器技术试图通过增加 CPU 上的核心数量来突破主频限制、提高性能。简单地说,就是将多个功能相同的计算内核集成在一个处理器中,使处理器每个时钟周期内的执行能力随着计算内核的个数增加而大幅度增加,从而提高了计算能力。

IBM 于 2001 年发布了第一款多核处理器 POWER4;紧接着,AMD 和 Intel 也都于 2005 年前后推出了自己的首款多核处理器芯片 AMD Opteron 和 Core Duo。经过十几年时间的发展,如今市场上已经有大量多核处理器芯片可供选择,如 Intel Haswell、Intel

Xeon Phi、AMD Cortex-A9、Nvidia GPGPU 等。由于目前对于多核处理器的设计还没有完全统一的标准,因此各大厂商多核处理器的设计目标也会有所不同: Intel 仍然是以强化单个处理器核的计算性能和效率为目标,主要关注于高性能计算领域,设计复杂的处理器核以最大化单线程的性能;AMD 主要注重整个多核处理器系统的任务吞吐量,简化了单个处理器核的设计结构,融入了更多的处理器核并强化处围部件的结构设计;ARM 的设计目标则是低功耗、高性能和低成本,主要关注嵌入式系统和移动通信领域;Nvidia 则是以最大化芯片吞吐量为设计目标,最大程度地提高可集成处理器核的数量;IBM 则专注于高性能服务器市场,最大程度地挖掘所有可用资源,提高系统整体的运行效率,如 IBM Power 7+ 最高主频达到了 5.5GHz,末级 Cache 容量也达到了 80MB。

## 1.1.2 微型计算机的工作过程

### 1. 冯·诺依曼计算机

计算机的工作过程就是执行程序的过程,而程序则是指令序列的集合。那么,什么是指令呢?其实,指令可以说就是人向计算机发出的、能够被计算机所识别的命令。不同型号的计算机(准确地说是处理器)识别“命令”的能力不同,即其能够执行的指令不同。人们将计算机所能够识别的所有指令的集合称为该机的指令系统。本书的第 3 章将详细介绍 Intel 80x86 CPU 的指令系统。

当人们要利用计算机完成某项工作,例如,要解算一道数学题时,需要先把题目的解算方法分解成计算机能够识别并能执行的基本操作命令。这些基本操作命令按一定顺序排列起来,就组成了程序,而其中每一条基本操作命令称为一条机器指令,指示计算机执行规定的操作。

因此,程序是实现既定任务的指令序列,计算机按照程序安排的顺序执行指令,就可完成解题任务。

每台计算机都拥有各种类型的机器指令,这些指令按照一定的规则存放在存储器中,在中央控制系统的统一控制下,按一定顺序依次取出执行,这就是冯·诺依曼计算机的核心原理,即存储程序的工作原理。存储程序的概念是指把程序和数据送到具有记忆功能的存储器中保存起来,计算机工作时只要给出程序中第一条指令的地址,控制器就可依据存储程序中的指令顺序地、周而复始地取出指令、分析指令、执行指令,直到执行完全部指令为止。

冯·诺依曼计算机的主要特点如下。

- (1) 将计算过程描述为由许多条指令按一定顺序组成的程序,并放入存储器保存。
- (2) 程序中的指令和数据必须采用二进制编码,且能够被执行该程序的计算机所识别。
- (3) 指令按其在存储器中存放的顺序执行,存储器的字长固定并按顺序线性编址。
- (4) 由控制器控制整个程序 and 数据的存取以及程序的执行。
- (5) 以运算器为核心,所有的执行都经过运算器。

多年来,尽管计算机体系结构发生了重大变化、性能不断改进提高,但从本质上讲,存



储程序控制仍是现代计算机的结构基础。图 1-1 是典型的冯·诺依曼计算机结构示意图,其各部分的职责和功能本书将在后续章节中详细介绍。

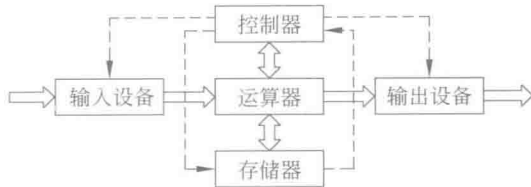


图 1-1 冯·诺依曼计算机结构示意图

## 2. 微型计算机的工作过程

如上所述,微机的工作过程就是执行程序的过程,也就是逐条执行指令序列的过程。由于每一条指令的执行都包括取指令和执行指令两个基本阶段,所以微机的工作过程也就是不断地取指令和执行指令的过程。图 1-2 是执行这个过程的示意图。

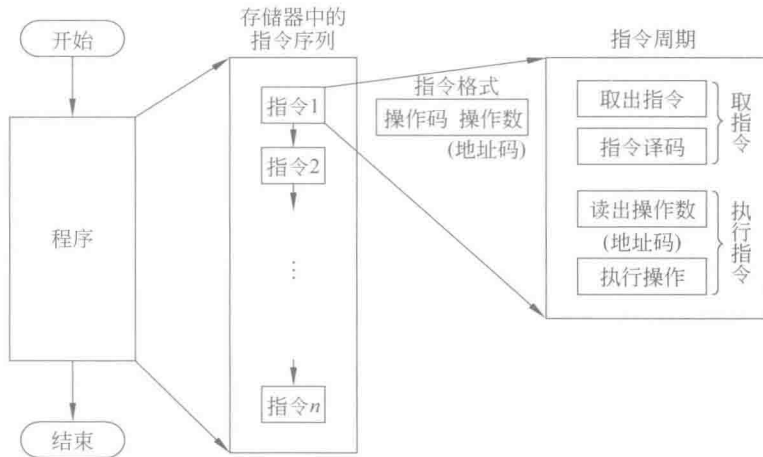


图 1-2 程序执行过程示意图

假定程序已由输入设备存放到内存中,当计算机要从停机状态进入运行状态时:

- ① 首先将第一条指令由内存中取出;
- ② 将取出的指令送指令译码器译码,以确定要进行的操作;
- ③ 读取相应的操作数(即执行的对象);
- ④ 执行指令;
- ⑤ 存放执行结果;
- ⑥ 一条指令执行完后,转入了下一条指令的取指令阶段,如此周而复始地循环,直到程序中遇到暂停指令方才结束。

取指令阶段都是由一系列相同的操作组成的,所以取指令阶段的时间总是相同的,称为公共操作。而执行阶段则由不同的事件顺序组成,它取决于被执行指令的类型。因此,指令不同,执行阶段所花费的时间也各不相同。