

中国电子教育学会高教分会推荐
普通高等教育电子信息类“十三五”课改规划教材

32位微机原理 及接口技术

主 编 何苏勤 郭 青
副主编 马 静 冯晓东 韩 阳 金翠云



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国电子教育学会高教分会推荐

普通高等教育电子信息类“十三五”课改规划教材

32 位微机原理及接口技术

主 编	何苏勤	郭 青
副主编	马 静	冯晓东
	韩 阳	金翠云

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书基于 Intel 80X86/Pentium 系列微型计算机系统,紧密结合专业基础课程的特点和要求,介绍了微型计算机的组成结构、工作原理、指令系统、存储器、总线及接口技术等内容,使读者能从应用的角度出发掌握微型计算机系统的工作原理、接口技术和汇编语言程序设计方法,并在此基础上具备软、硬件开发能力。

本书可作为高等院校的本科生教材,也可作为工程技术人员自学微型计算机知识的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

32 位微机原理及接口技术/何苏勤,郭青主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2017.8

(普通高等教育电子信息类“十三五”课改规划教材)

ISBN 978-7-5606-4585-8

I. ① 3… II. ① 何… ② 郭… III. ① 微型计算机—理论 ② 微型计算机—接口技术 IV. ① TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 174925 号

策 划 刘小莉

责任编辑 唐小玉 马武装

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com

电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西利达印务有限责任公司

版 次 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 21.5

字 数 508 千字

印 数 1~3000 册

定 价 42.00 元

ISBN 978-7-5606-4585-8/TP

XDUP 4877001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

中国电子教育学会高教分会

教材建设指导委员会名单

- | | | |
|-----|-----------|---------------------|
| 主任 | 李建东 | 西安电子科技大学副校长 |
| 副主任 | 裘松良 | 浙江理工大学校长 |
| | 韩焱 | 中北大学副校长 |
| | 颜晓红 | 南京邮电大学副校长 |
| | 胡华 | 杭州电子科技大学副校长 |
| | 欧阳缮 | 桂林电子科技大学副校长 |
| | 柯亨玉 | 武汉大学电子信息学院院长 |
| | 胡方明 | 西安电子科技大学出版社社长 |
| 委员 | (按姓氏笔画排列) | |
| | 于凤芹 | 江南大学物联网工程学院系主任 |
| | 王泉 | 西安电子科技大学计算机学院院长 |
| | 朱智林 | 山东工商学院信息与电子工程学院院长 |
| | 何苏勤 | 北京化工大学信息科学与技术学院副院长 |
| | 宋鹏 | 北方工业大学信息工程学院电子工程系主任 |
| | 陈鹤鸣 | 南京邮电大学贝尔英才学院院长 |
| | 尚宇 | 西安工业大学电子信息工程学院副院长 |
| | 金炜东 | 西南交通大学电气工程学院系主任 |
| | 罗新民 | 西安交通大学电子信息与工程学院副院长 |
| | 段哲民 | 西北工业大学电子信息学院副院长 |
| | 郭庆 | 桂林电子科技大学教务处处长 |
| | 郭宝龙 | 西安电子科技大学教务处处长 |
| | 徐江荣 | 杭州电子科技大学教务处处长 |
| | 蒋宁 | 电子科技大学教务处处长 |
| | 蒋乐天 | 上海交通大学电子工程系 |
| | 曾孝平 | 重庆大学通信工程学院院长 |
| | 樊相宇 | 西安邮电大学教务处处长 |
| 秘书长 | 吕抗美 | 中国电子教育学会高教分会秘书长 |
| | 毛红兵 | 西安电子科技大学出版社社长助理 |

前 言

“微机原理及接口技术”课程是高等院校自动化、测控技术与仪器、电子信息类、电气工程类专业学生的必修专业基础课或核心课，是学生了解微型计算机工作原理和系统工作过程、掌握微机汇编语言程序设计和接口技术、提高软硬件开发能力的重要课程。

本书编者从事微机原理及接口技术课程教学多年，有着丰富的教学经验和理论水平。在编写本书的过程中，编者参考了国内及国外的多种教材，并结合教学实践中学生的反馈情况，对教材内容进行了充实和改进，遵循内容精练、针对性强、易学易用和由浅入深的原则，在内容的编排上将精讲内容和扩展自修内容区别开来，便于教师的课堂讲授和学生的课外自学；在内容的选择上注重实用性，精简了与预修课程重合的内容，如二进制运算、基本存储电路等。本书突出介绍了 32 位微型计算机的新技术、新特点，如多核处理器、多层次总线技术等。在接口技术和应用方面，注重实用性和先进性的结合，在实用性的基础上，从主流 32 位微型计算机出发，着重介绍了新技术、新标准，如 Pentium 微机集成芯片组及其与经典芯片的对应关系、PCI 总线、USB 串行总线等，为进一步学习单片机原理及应用、嵌入式系统、DSP 原理及应用、自动化装置等后续专业课程打下良好的基础。

为了满足课堂教学和教师备课的需要，本书配有电子课件。此外，每章都有一定数量的习题，以方便学生练习，帮助学生对所学内容进行总结和消化。

本书由何苏勤、郭青主编。全书共分 10 章，其中郭青编写了第 1、2、5、9、10 章，马静编写了第 3、4 章，冯晓东编写了第 6 章，韩阳编写了第 7 章，金翠云编写了第 8 章和附录，何苏勤对全书进行了统稿和审阅。

本书的完成要感谢北京化工大学教材项目的支持。同时，本书在编写过程中参考了国内外大量文献和书籍，硕士研究生邬琪磊、张政等在绘图、文字录入等方面也做了大量的工作，在此一并表示感谢。

本书注重基本原理和概念，又兼顾到不断发展的 32 位微型计算机新技术，为本科生和计算机技术爱好者提供了进一步学习和创新的基础。但由于计算机技术的发展日新月异，加之编者水平和掌握的资料有限，书中不当之处在所难免，恳请专家和读者批评指正。

编 者

2017 年 4 月

目 录

第 1 章 微型计算机基础	1	3.2.1 指令的寻址方式	53
1.1 微型计算机的发展及分类	1	3.2.2 操作数的寻址方式	53
1.2 微型计算机的体系结构及性能指标	3	3.3 8086 指令系统	60
1.2.1 微型计算机的硬件系统	4	3.3.1 数据传送指令	60
1.2.2 微型计算机的软件系统	6	3.3.2 算术运算指令	67
1.2.3 微型计算机中指令执行的基本 流程	7	3.3.3 逻辑运算与移位类指令	72
1.2.4 微型计算机的技术指标	10	3.3.4 串操作指令	78
1.3 计算机中的数据信息	11	3.3.5 控制转移指令	83
1.3.1 计算机中的数制	11	3.3.6 处理器控制指令	90
1.3.2 不同数制之间的转换	12	习题	93
1.3.3 计算机中定点数的格式	13	第 4 章 汇编语言程序设计	95
1.3.4 计算机中实数的表示	15	4.1 概述	95
1.3.5 计算机中的编码	16	4.1.1 计算机语言的分类	95
习题	19	4.1.2 汇编语言程序的格式	95
第 2 章 微处理器	20	4.2 汇编语言的程序格式及汇编语句的分类 与格式	98
2.1 微处理器的编程结构	20	4.2.1 汇编语言的程序格式	98
2.1.1 微处理器的程序设计模型	20	4.2.2 汇编语句的分类与格式	99
2.1.2 微处理器的工作模式	25	4.3 伪指令	103
2.1.3 实地址模式下的存储器分段 寻址	26	4.3.1 处理器定义伪指令	103
2.2 Intel 8086 微处理器	29	4.3.2 模式定义伪指令	104
2.2.1 8086 CPU 的内部结构	29	4.3.3 段定义伪指令	104
2.2.2 8086 的引脚信号和功能	32	4.3.4 数据定义伪指令	106
2.3 Intel 80X86 及 Pentium 系列微 处理器	38	4.3.5 符号定义伪指令	108
2.3.1 Intel 80X86 系列微处理器	38	4.3.6 过程定义伪指令	109
2.3.2 Pentium 微处理器	39	4.3.7 程序计数器与定位伪指令	110
2.3.3 Pentium 系列微处理器	48	4.3.8 模块定义与结束伪指令	111
习题	49	4.4 宏指令	112
第 3 章 指令系统	50	4.5 汇编语言程序设计	115
3.1 概述	50	4.5.1 顺序结构程序设计	115
3.1.1 指令的格式	50	4.5.2 分支结构程序设计	117
3.1.2 指令的编码格式	50	4.5.3 循环程序设计	119
3.2 寻址方式	52	4.5.4 过程设计与调用	123
		4.6 DOS 和 BISO 系统功能调用	126
		4.6.1 DOS 系统功能调用	126

4.6.2 BIOS 系统功能调用	130	6.3.5 层次化的 PC 总线结构及 总线桥	188
4.7 汇编语言与 C++ 语言混合编程	132	6.4 微型计算机总线的时序	189
4.7.1 嵌入汇编	132	6.4.1 总线操作相关概念	189
4.7.2 C 语言调用汇编子程序	135	6.4.2 存储器写操作时序	191
习题	138	6.4.3 存储器读总线周期	191
第 5 章 存储器	141	6.5 微型计算机的总线标准及最新总线 技术	192
5.1 存储器概述	141	6.5.1 ISA 总线	193
5.1.1 存储器的层次化结构	141	6.5.2 EISA 总线	195
5.1.2 半导体存储器的引脚定义	143	6.5.3 PCI 总线	195
5.1.3 主存储器的性能指标	145	6.5.4 PCI Express 总线	199
5.2 半导体存储器	145	6.5.5 AGP 总线	201
5.2.1 半导体随机读写存储器 RAM	145	6.5.6 USB 总线	201
5.2.2 高集成度 SDRAM	147	6.5.7 高速总线接口 IEEE 1394	205
5.2.3 半导体只读存储器 ROM	151	习题	206
5.3 半导体存储器接口	154	第 7 章 中断系统	208
5.3.1 存储器与 CPU 的连接	154	7.1 中断概述	208
5.3.2 存储芯片的扩展	155	7.1.1 中断的基本概念	208
5.3.3 存储器的地址译码	158	7.1.2 中断源	208
5.3.4 8086 的存储器组织	161	7.1.3 中断处理过程	209
5.3.5 动态 RAM 的连接	162	7.1.4 中断优先级与中断嵌套	209
5.4 32 位微型计算机存储技术	163	7.1.5 中断向量与中断向量表	209
5.4.1 32 位微型计算机的存储器接口	163	7.2 80X86 中断系统	214
5.4.2 高速缓冲存储器 Cache	165	7.2.1 80X86 中断管理	214
5.4.3 虚拟存储器	169	7.2.2 8086/8088 中断处理过程	214
习题	172	7.3 可编程中断控制器 8259A	215
第 6 章 微型计算机接口与总线技术	174	7.3.1 8259A 概述	215
6.1 输入/输出接口概述	174	7.3.2 8259A 的外特性	216
6.1.1 I/O 接口的基本功能	174	7.3.3 8259A 的内部结构	217
6.1.2 I/O 接口的基本结构	175	7.3.4 8259A 的工作方式	218
6.1.3 I/O 端口的编址方式	176	7.3.5 8259A 的编程命令	220
6.1.4 I/O 端口的地址译码	177	7.3.6 8259A 在微机系统中对中断管理的 功能总结	224
6.1.5 I/O 指令	178	7.4 8259A 在 32 位微机中的应用	225
6.2 I/O 接口的数据传送方式	178	习题	231
6.2.1 无条件传送方式	178	第 8 章 可编程接口技术	232
6.2.2 查询式传送方式	179	8.1 并行通信接口 8255A	232
6.2.3 中断式传送方式	180	8.1.1 并行通信概述	232
6.2.4 直接存储器存取(DMA)方式	181	8.1.2 8255A 的内部结构与引脚定义	233
6.3 微型计算机总线概念	184	8.1.3 8255A 的编程命令	235
6.3.1 总线的定义	184	8.1.4 8255A 的工作方式	238
6.3.2 总线特性及性能指标	185	8.1.5 8255A 应用举例	245
6.3.3 总线的分类	186		
6.3.4 总线的结构	187		

8.2 可编程定时计数器 8253	250	9.3 数/模转换器及接口	294
8.2.1 8253 的主要功能	250	9.3.1 数/模转换器的主要技术指标	294
8.2.2 8253 的外部引脚与内部结构	251	9.3.2 可编程 D/A 转换器 DAC1210	295
8.2.3 8253 的编程	253	9.3.3 DAC1210 与微处理器的接口	296
8.2.4 8253 的工作方式	255	9.4 模拟量输入/输出综合举例	298
8.2.5 8253 应用举例	258	习题	300
8.3 串行通信接口 8251A	261	第 10 章 高性能微型计算机系统的	
8.3.1 串行通信概述	261	先进技术	301
8.3.2 可编程串行通信接口		10.1 高性能微处理器采用的先进技术	301
芯片 8251A	263	10.2 高性能多核微处理器举例	305
8.3.3 8251A 的控制字及初始化	266	10.2.1 Intel Core 系列微处理器	305
8.3.4 8251A 应用举例	270	10.2.2 第六代 Core 微处理器的架构	306
8.4 DMA 控制器 8237A	272	10.2.3 第六代 Core 微处理器的	
8.4.1 DMA 控制器概述	272	技术特点	307
8.4.2 8237A 的内部结构与引脚功能	273	10.3 现代 PC 主板典型结构	309
8.4.3 8237A 的工作方式及初始化		10.3.1 芯片组及桥式芯片	309
编程	276	10.3.2 Core PC 主板结构	310
8.4.4 8237A 应用举例	281	10.3.3 Skylake 平台 I/O 组织结构及	
习题	284	芯片组	311
第 9 章 模拟量的输入/输出	285	习题	314
9.1 模拟接口的组成	285	附录 1 8086 常用指令表	315
9.1.1 模/数转换通道的组成	286	附录 2 DOS 功能调用(INT21H)表	323
9.1.2 数/模转换通道的组成	287	附录 3 BIOS 中断调用表	328
9.2 模/数转换器及接口	288	附录 4 DEBUG 常用命令	332
9.2.1 模/数转换器的主要技术指标	288	参考文献	334
9.2.2 可编程 A/D 转换器 ADC0809	289		
9.2.3 ADC0809 与微处理器的接口	292		

第 1 章

微型计算机基础

自 1946 年世界上第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator, 电子数值积分计算器) 在美国宾夕法尼亚大学诞生以来, 计算机技术的飞速发展已经极大地改变了人类的生活方式, 成为 20 世纪最杰出的科技成果之一。

本章主要介绍微型计算机的发展、分类、技术指标、体系结构和工作原理, 以及计算机中字符和数据的表示方法, 为读者学习后续内容打下基础。

1.1 微型计算机的发展与分类

世界上第一台电子计算机 ENIAC 使用的主要器件是真空电子管, 一共使用了 17 000 多个电子管和 500 多英里长的导线, 每秒可执行 5000 次加法或 400 次乘法, 是一个超过 30 吨的庞然大物。从这台计算机诞生以来, 计算机的体积越来越小, 功能越来越强, 价格越来越低, 其组成器件也从电子管、晶体管、集成电路发展到了大规模、超大规模集成电路, 并朝着智能计算机的方向快速发展。

微型计算机是随着大规模集成电路的发展, 在 20 世纪 70 年代初研制成功的。微型计算机的核心是微处理器 (Microprocessor, 简称 μP 或 MP), 也称为中央处理器 (Central Processing Unit, CPU), 它是将构成计算机 CPU 的所有元件集成在一块硅片上制成的。以微处理器为核心, 配合存储器、输入/输出 (Input/Output, I/O) 接口电路等外围电路, 就构成了微型计算机。

1. 微型计算机的发展

微型计算机的发展主要是指微处理器的发展, 大致可分为以下五个阶段:

(1) 第一代 (1971—1973 年) 为 4 位和 8 位微处理器, 其典型产品是 4 位微处理器 Intel 4004 和 8 位微处理器 Intel 8008, 以及分别由它们组成的 MCS4 和 MCS8 微型计算机。第一代微处理器集成度低 (4000 个晶体管/片), 运算速度慢, 指令系统简单, 使用机器语言和简单的汇编语言, 基本指令的执行时间为 $10\sim 20\ \mu\text{s}$ 。

(2) 第二代 (1974—1977 年) 为 8 位中高档微处理器, 其典型产品是 Intel 8080/8085、摩托罗拉公司的 MC6800、Zilog 公司的 Z80 等微处理器。第二代微处理器的集成度比第一代提高了约 4 倍, 运算速度提高了约 $10\sim 15$ 倍, 基本指令的执行时间为 $1\sim 2\ \mu\text{s}$; 指令系统比较完善, 具有典型的计算机体系结构和中断、存储器直接存取 (Direct Memory Access, DMA) 等控制功能; 软件除了汇编语言外, 还产生了操作系统以及 BASIC、FORTRAN 等高级语言。

32 位微机原理及接口技术

在这一阶段,随着大规模集成电路技术的日益成熟,组成微型计算机的其他部件,如存储器、I/O 接口电路等的设计和制造技术也迅速提高,微型计算机的功能迅速加强,外围电路的种类和性能也得到增强,并将组成微型计算机的主要部件,如 CPU、存储器、I/O接口电路、模/数(A/D)和数/模(D/A)转换电路等集成在一个硅片上,产生了单片微型计算机,简称单片机。各种 8 位单片机,如 Intel 8048、摩托罗拉的 MC6801、Zilog 的 Z8 等,也属于第二代微型计算机。

(3) 第三代(1978—1984 年)为 16 位微处理器,其典型产品是 Intel 8086/8088、80286、摩托罗拉公司的 M68000 和 Zilog 公司的 Z8000 等微处理器。第三代微处理器的集成度和运算速度均比第二代提高了一个数量级,基本指令执行时间为 $0.5 \mu\text{s}$;指令系统更加完善,配置了软件系统,可使用汇编语言和多种高级语言,并具有完善的操作系统和大型数据库。

1981 年,IBM 公司推出了个人计算机(Personal Computer, PC),采用了 8088 CPU,PC 机的时代开始了。

(4) 第四代(1985—1992 年)为 32 位微处理器,其典型产品是 Intel 80386/80486、摩托罗拉公司的 M68030/68040 等微处理器。第四代微处理器的集成度达到 100 万晶体管/片,每秒可执行 600 万条指令。32 位微处理器在系统结构、元器件技术、制作工艺和软件功能等方面都有很大的进展,可完成多任务、多用户作业,广泛应用于计算机网络、实时控制、事务管理、数据处理、工程计算和人工智能等领域。

(5) 第五代(1993 年以后)为 64 位微处理器,其典型产品是 Intel 公司的奔腾(Pentium)系列以及 AMD 公司的 K6 系列微处理器芯片。这些产品采用了多项先进技术,如 RISC(Reduced Instruction Set Computer, 精简指令系统计算机)技术、超级流水线技术、超标量结构技术(每个时钟周期可启动并执行多条指令)、MMX(Multi Media eXtension, 多媒体扩展指令集)技术、动态分支预测技术、超顺序执行技术、双独立总线 DIB 技术等,并使用了多级双独立高速缓冲器(Cache),支持多核微处理器并行处理等。高性能 64 位多核微处理器,如 Intel 公司的 Core 系列已经广泛应用于桌面及笔记本计算机中,多核微处理器无需软件系统的帮助,真正实现了并行处理,极大地提高了通用微型计算机的速度和性能。

2. 微型计算机的分类

1) 按照功能分类

计算机的分类方式很多,按照功能可分为专用计算机和通用计算机两类。专用计算机功能单一,适应性差,但在特定的用途下是最有效、最经济、最快速的计算机;通用计算机功能齐全,适应性强,但其效率、速度和经济性相对要低一些。目前所说的计算机都是指通用计算机。

2) 按照体系结构、运算速度、结构规模、适用领域等因素分类

按照计算机的体系结构、运算速度、结构规模、适用领域等因素,计算机可分为巨型机、大型机、小型机、工作站和微型计算机。

巨型计算机(Supercomputer)也称超级计算机,采用大规模并行处理的体系结构,有极强的运算处理能力,存储容量大,主要用于尖端科学研究和现代化军事领域。例如,我国的“银河”系列计算机就属于巨型机。

大型计算机(Mainframe)是指运算速度快、处理能力强、存储容量大、功能完善的计算机。它的软、硬件规模较大,价格也较高。大型机多采用对称多处理器结构,有数十个处理器,在系统中起着核心作用,发挥着主服务器的作用。其代表产品有 IBM360、370、4300 等。

小型计算机(Minicomputer)是指可以满足部门性的需求、供小型企事业单位使用的计算机,主要应用在企业管理、工业自动控制、大学和研究单位的科学计算以及大型分析仪器和测量仪器的数据采集、分析计算等。近年来,小型计算机逐渐被高性能的服务器所取代。其典型产品有 IBM-AS/400、DEC-VAX 系列、国产太极等。

工作站(Workstation)是指性能介于微型计算机和小型计算机之间的一种高档微型计算机,配备有大屏幕显示器、大容量存储器和专用的图形处理软件,其突出特点是具有优越的图形功能和较强的网络通信能力,广泛应用于计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)和办公自动化等领域。

微型计算机(Microcomputer)又称为个人计算机(PC)或个人电脑。这类计算机面向个人、家庭、学校等,应用十分广泛。它由微处理器、半导体存储器和输入/输出接口等芯片组成,体积更小,价格更低,通用性更强,可靠性更高,使用更加方便。

3) 按照应用分类

随着计算机技术的迅速发展,计算机技术和产品已广泛应用于各种行业,人们以应用为中心,按计算机的嵌入式应用和非嵌入式应用进行新的分类,将其分为通用计算机和嵌入式计算机。

通用计算机具有计算机的标准形态,通过装配不同的应用软件,以相似的形态出现,并应用在社会的各个方面,其典型产品为 PC 机。

嵌入式计算机又称嵌入式系统(Embedded System),是一种以应用为中心,以微处理器为基础,软硬件可裁剪的,适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等综合性有严格要求的专用计算机系统。它不具有通用计算机的标准形态,而是以嵌入式系统的形式隐藏在各种装置、产品和系统中,一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序等 4 个部分组成。嵌入式系统的核心部件是嵌入式处理器,共分为嵌入式微控制器(Micro Controller Unit, MCU, 又称单片机)、嵌入式微处理器(Micro Processor Unit, MPU)、嵌入式 DSP 处理器(Digital Signal Processor, DSP)和嵌入式片上系统(System on Chip, SoC)。嵌入式系统是计算机市场中增长最快的领域,也是种类繁多、形态多种多样的计算机系统。嵌入式系统几乎包括了生活中所有的电器设备,如计算器、电视机顶盒、手机、数字电视、数字相机、工业自动化仪表与医疗仪器等。

1.2 微型计算机的体系结构及性能指标

现代微型计算机的体系结构是由美国数学家冯·诺依曼奠定的,称为“冯·诺依曼”结构。冯·诺依曼结构计算机的基本思想是:采用二进制计算、存储程序,并在程序控制下自动执行。微型计算机系统包括硬件和软件两大部分。硬件(Hardware)是指组成计算机的物理设备,是看得见、摸得着的物体,就像人的躯体;软件(Software)一般是指在计算机

上运行的程序以及计算机管理的数据和文档资料等，是指示计算机工作的命令，就像人的思想。

1.2.1 微型计算机的硬件系统

根据冯·诺依曼计算机的基本思想，微型计算机的硬件系统由五大部分组成，即运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。其中，运算器和控制器是微型计算机的核心，采用大规模和超大规模集成电路技术集成在一块芯片内，称为中央处理器(CPU)或微处理器。

微型计算机的硬件系统结构如图 1-1 所示，由 CPU、存储器、I/O 接口、相应的 I/O 设备以及连接各部件的总线组成。

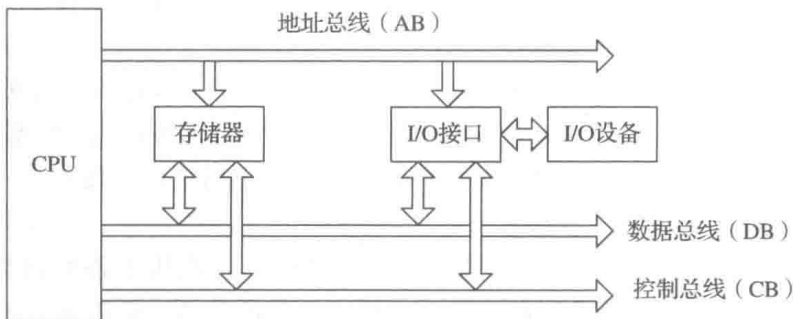


图 1-1 微型计算机的硬件系统结构

1. 微处理器

微处理器是微型计算机的 CPU，它具有算术运算和逻辑运算功能，能够发出控制信号，是微机系统的核心或“大脑”，支配着整个微机系统的工作。微处理器由运算器、控制器以及寄存器组 3 个基本部分组成。

1) 运算器

运算器又称为算术逻辑单元(Arithmetic Logic Unit, ALU)，用来执行基本的算术运算和逻辑运算。

2) 控制器

控制器(Control Unit)负责发出控制信号，指挥计算机的各个部件有条不紊地工作。它按照一定的顺序从存储器中读取指令，进行译码，并产生相应的操作信号，控制 CPU 及计算机系统的工作。

3) 寄存器组

寄存器组用来暂存参加运算的数据、运算的中间结果以及反映运算结果的状态标志位等。不同微处理器中配置的寄存器不同，但 CPU 中至少要有指令寄存器、程序计数器、数据地址寄存器、数据缓冲寄存器、通用寄存器和状态字寄存器 6 类寄存器。

指令寄存器(Instruction Register)用来保存当前正在执行的一条指令。指令是计算机执行的一种基本操作。当 CPU 执行指令时，先把它从存储器读出，再传送至指令寄存器。

程序计数器(Program Counter)用来保存计算机执行程序时的指令地址。为了保证程序能够连续地顺利执行，CPU 必须具有自动记忆下一条指令地址的功能。实现这一功能

的部件就是程序计数器,它又称为指令指针(Instruction Pointer)。

数据地址寄存器(Address Register)用来保存当前 CPU 所访问的数据单元在存储器中的地址,以便 CPU 产生地址信号,对存储器进行读/写操作。

数据缓冲寄存器(Data Register)用来暂存 ALU 的运算结果或 CPU 从存储器或 I/O 接口中读取的一个数据。

通用寄存器(Register)提供一组暂存寄存器,作为 ALU 的工作区,并在 ALU 进行算术逻辑运算时为 ALU 提供操作数或暂存运算结果。

状态字寄存器(Program Status Word, PSW)保存由算术或逻辑运算指令结果建立的各种条件代码,如进位标志、溢出标志、零标志等。这些标志位通常分别由一位触发器保存。

2. 存储器

存储器(Memory)的主要功能是存放程序和数据。微型计算机的存储器采用半导体存储器。不管是程序还是数据,在存储器中都用二进制的 0 或 1 表示,统称为信息。通常,一个 8 位二进制数保存在一组半导体触发器中,称为一个存储单元。每个存储单元都有编号,称为地址。每个存储单元的地址只有一个,固定不变,而存储在其中的信息是可以改变的。

向存储单元中存放或取出信息,都称为访问存储器。向存储器中存放信息,称为写操作;从存储器中取出信息,称为读操作。其中,写操作改变了存储单元的内容,是破坏性的;而读操作是非破坏性的,存储单元的内容被“读”走之后仍保留原信息。不管是读还是写,当 CPU 访问存储器时,都要首先给出存储单元的地址,再根据命令对选中的存储单元进行读出或写入操作。

存储器所有存储单元的总数称为存储器的存储容量,通常用 KB、MB、GB 来表示,如 64 KB、512 MB、8 GB。存储容量越大,表示计算机记忆储存的信息越多。

因为半导体存储器的存储容量有限,计算机通常配备有容量更大的磁盘存储器和光盘存储器,称为外存储器。相对地,半导体存储器称为内存储器或主存储器,简称内存或主存。

3. I/O 设备和 I/O 接口

I/O 设备是指微机上配备的输入/输出设备,也称为外部设备或外围设备,简称外设。

输入设备为计算机提供信息,它将人们熟悉的信息形式,如数字、字母、文字、图像等,转换成计算机能够识别的二进制信息并送入计算机中。常见的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、模/数转换器等。

输出设备将计算机处理结果的二进制信息转换成人或设备能够接收和识别的形式,如字符、文字、图形等。常用的输出设备有显示器、打印机、扬声器等。

磁盘、光盘、U 盘等大容量存储器也是计算机的外围设备,它们既可以作为输入设备,也可以作为输出设备。此外,它们还有存储信息的功能,可作为计算机系统的辅助存储器使用。

各种 I/O 设备的工作速度、驱动方式等差别巨大,无法通过系统总线与 CPU 直接相连,必须通过 I/O 接口电路进行变换和中转,由接口电路完成信号转换、数据缓冲、设备联络等工作。I/O 接口也称为适配器或接口卡。

4. 总线

总线是指将组成计算机的多个功能部件连接起来的、传递信息的公共通道。总线上能同时传送二进制信息的位数称为总线的宽度。微型计算机的系统总线(System Bus)是指从微处理器引出的总线, CPU 通过系统总线与存储器和 I/O 设备进行信息交换。根据传送信息的不同, 微型计算机系统总线分为地址总线、数据总线和控制总线。

1) 地址总线

地址总线(Address Bus, AB)用来传送地址信息。CPU 在地址总线上输出将要访问的主存单元或 I/O 端口的地址, 所以地址总线为单向输出总线。地址总线的宽度决定了 CPU 能访问的主存储器的最大容量。例如, 8086CPU 有 20 条地址总线, 它能访问的主存容量为 $2^{20}=1\text{ MB}$; Pentium CPU 有 32 条地址总线, 它能访问的主存容量为 $2^{32}=4\text{ GB}$ 。

2) 数据总线

数据总线(Data Bus, DB)用来传送数据信息。CPU 进行读操作时, 主存或外设的数据通过数据总线送往 CPU; CPU 进行写操作时, CPU 的数据通过数据总线送往主存或外设, 所以数据总线是双向总线。数据总线的宽度表示 CPU 处理数据的能力, CPU 的位数指的就是数据总线的宽度。例如, 8086CPU 有 16 条数据总线, 表示它与主存和 I/O 接口间一次可传送 16 位二进制数据; Pentium CPU 有 64 条数据总线, 可一次传送 64 位二进制数据。

3) 控制总线

控制总线(Control Bus, CB)用来传送控制信息。控制信息用于协调控制系统各部件的工作。其中, 有些信号线将 CPU 的控制信号或状态信号送往其他部件, 有些信号线将其他部件的请求或联络信号送往 CPU, 也有些信号线兼有两种功能。因此, 控制总线中有双向控制总线, 但大部分是单向控制总线。单向控制总线中既有输出总线, 也有输入总线。

微机系统中连接在总线上的各个功能部件通过分时共享的方式使用总线, 其主要特点如下:

(1) 在某一时刻, 只能由一个主控设备来控制系统总线。这个主控设备可以是 CPU, 也可以是 DMA 控制器、浮点运算协处理器等。

(2) 连接到系统总线的各个设备中, 同一时刻只能有一个设备向总线发送信号, 但可以有多个设备同时从总线接收信号。

总线连接方式是微机系统的一大特色, 特别是系统总线标准的提出和开放, 使不同厂商可以按照同样的标准和规范生产各种不同功能的芯片、部件和计算机。此外, 组成微机系统的各个功能部件均具有兼容性和互换性, 用户可以根据需求来选择替换, 这充分保证了微型计算机系统的可维护性和可扩充性, 也促进了微机应用的迅速普及和推广。

1.2.2 微型计算机的软件系统

微型计算机的软件系统由系统软件和应用软件组成。其中系统软件是面向所有用户的, 为计算机使用提供最基本的功能; 而应用软件则根据用户的需要解决各种不同的问题, 提供不同的功能。

1. 系统软件

系统软件是用于控制、管理及维护计算机资源的一类软件，它是由计算机的设计者提供的，目的是便于用户使用和维护计算机。系统软件主要包括操作系统、程序设计语言、设备驱动程序、诊断调试程序以及为提高计算机效率编写的各种工具类程序等。

操作系统(Operating System, OS)是最重要的系统软件，它负责管理、调度整个系统的软硬件资源，包括 CPU、存储器、I/O 设备等硬件资源，以及文件、目录、进程、任务等软件资源。操作系统还向用户提供基本的交互页面以及系统函数或系统功能，供程序员调用。操作系统是软件系统的核心，其他所有软件(包括系统软件中的一些程序)都依赖于操作系统运行。操作系统分为单用户操作系统和多用户操作系统。典型的单用户操作系统是微软公司针对 IBM PC 开发的 PC DOS(Diskette Operating System)及 MS-DOS 操作系统。现在广泛使用的 Windows 操作系统则是基于图形用户界面的多用户操作系统，且兼容 MS-DOS 操作系统。

2. 应用软件

应用软件是根据用户的需要，为了某种特定用途所开发的软件或软件包。它可以是面向文字处理、计算机辅助设计、数据库管理类的软件或软件包，如微软的 Office 软件；也可以是为了解决某一具体问题而开发的软件，如在线考试软件。应用软件必须在系统软件的环境下运行。

1.2.3 微型计算机中指令执行的基本流程

当使用计算机完成某项任务时，必须要将完成的过程分解成若干个步骤，每一个步骤都是计算机能够识别并执行的一个基本操作，这些基本操作对应于计算机中的指令；将这些指令按照一定顺序排列起来，就组成了程序；计算机执行程序时，先从存储器中按照指定的顺序，把这些指令一条条取出来，再加以分析并执行，周而复始，即可完成预定的任务。

【例 1-1】 要求计算机将两个数 7 和 8 相加。

解 这一任务需分解成以下几个步骤：

- (1) 把第一个数 7 送到运算器；
- (2) 将运算器里的数与 8 相加；
- (3) 把加法运算的结果送至存储器中指定的单元。

查指令，将上述步骤编写成程序，用助记符表示成程序为：

```
MOV AL, 7
ADD AL, 8
MOV [00H], AL
HLT
```

由助记符表示的指令称为汇编指令，由汇编指令组成的程序称为汇编程序。计算机无法识别并执行汇编指令，因此必须将汇编指令用二进制数表示，这种用二进制数表示的指令称为机器指令。每条汇编指令均对应一条机器指令，由机器指令组成的程序称为目标程序。计算机要执行的程序和数据存放在存储器中。假设上述程序存放在地址为 00H 开始的连续的存储单元中，如图 1-2 所示。

地址		内容	
十六进制	二进制		
00	0000 0000	1011 0000	MOV AL, n
01	0000 0001	0000 0111	n=7
02	0000 0010	0000 0100	ADD AL, n
03	0000 0011	0000 1000	n=8
04	0000 0100	1010 0010	MOV mem, AL
05	0000 0101	0000 0000	mem address
06	0000 0110	1111 0000	HLT

图 1-2 指令的存放

微型计算机中指令的执行包括取指令和执行指令两个基本步骤。以第一条指令为例，指令执行的基本流程如下：

1) 取指令阶段(如图 1-3 所示)

- (1) 程序计数器 PC 的内容(00H)送到地址寄存器 AR;
- (2) PC 内容自动加 1, 变为 01H;
- (3) AR 的内容(00H)通过地址总线 AB 送到存储器, 经地址译码后选中 00H 单元;
- (4) CPU 给出读命令;
- (5) 选中的 00H 单元中的数据 B0H 读出到数据总线 DB;

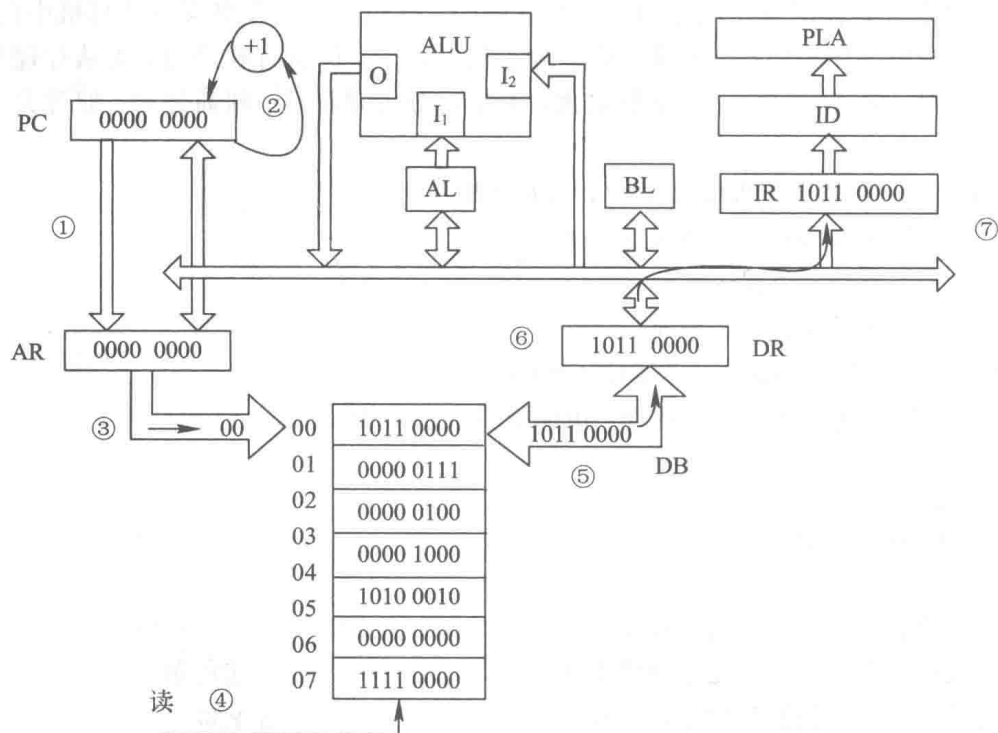


图 1-3 取指令的操作示意图

(6) 读出的内容经 DB 送到数据寄存器 DR;

(7) 因为是取指令阶段, 因此 DR 的内容为指令, 送到指令寄存器 IR 后, 经过指令译码产生执行本指令的各种控制信号。

2) 执行指令阶段

如图 1-4 所示, 对第一阶段取出的操作码进行译码后的结果表明, 这是一条将操作数送到累加器 AL 的指令, 而操作数在指令的第二个字节。所以在执行指令阶段, CPU 需要完成以下动作, 将第二个字节的操作数取出来, 并送到 AL 寄存器;

- (1) 程序计数器 PC 的内容(01H)送到地址寄存器 AR;
 - (2) PC 内容自动加 1, 变为 02H;
 - (3) AR 的内容(01H)通过地址总线 AB 送到存储器, 经地址译码后选中 01H 单元;
 - (4) CPU 给出读命令;
 - (5) 选中的存储单元中的内容 07H 读出到数据总线;
 - (6) 读出的内容经数据总线 DB 送到数据寄存器 DR;
 - (7) 根据指令要求, 将 DR 中的操作数通过内部总线送到累加器 AL 中。
- 至此, MOV AL, 07H 指令执行结束。

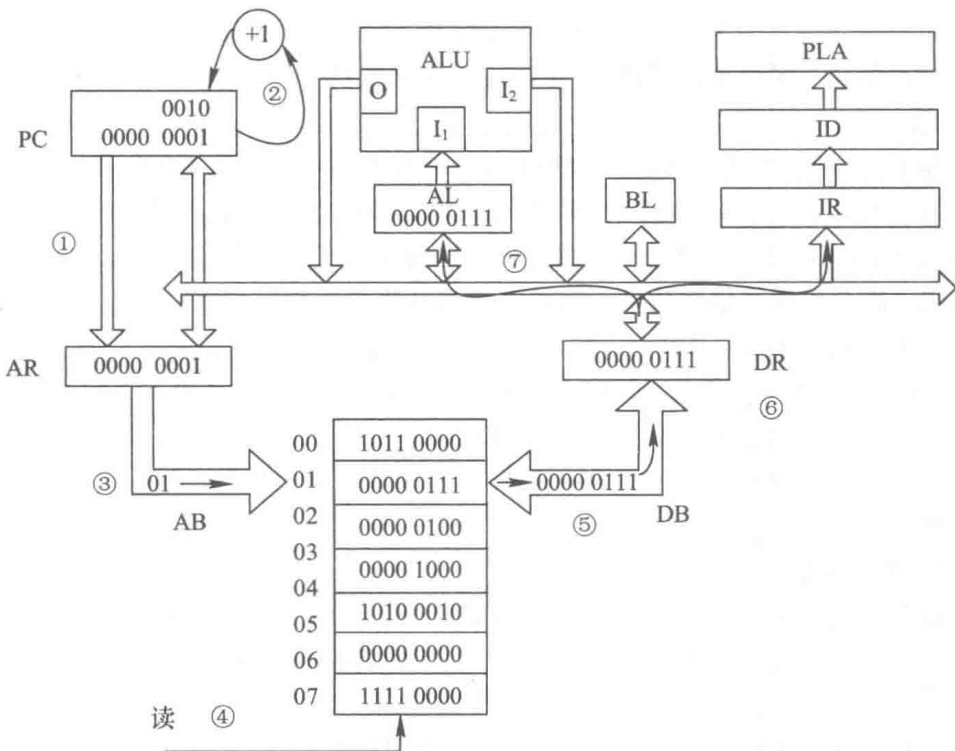


图 1-4 取立即数的操作示意图

第一条指令执行完毕后, 按照类似的过程顺序取出并执行后续指令。因为第四条指令为暂停指令, 经译码后停机。