

21
世纪

21世纪高职高专系列教材

微机原理与接口技术

中国机械工业教育协会 组编

机械工业出版社
China Machine Press

21世纪高职高专系列教材

微机原理与接口技术

中国机械工业教育协会 组编

主 编 天津大学 黄战华

副主编 武汉船舶职业技术学院 雷建龙

参 编 天津大学 蔡怀宇 刘铭

主 审 河北工业大学 王志刚



机械工业出版社

本书以 Intel 80X86 系列微机为主要对象,全面深入的阐述了微机原理、微机接口技术的原理、应用设计技术和实验方法。其内容包括微机接口技术基础、微机系统接口设备和微机专用扩展技术,涵盖了微机总线技术、I/O 接口技术、内存技术、中断技术、DMA 技术、并行接口技术、专用接口芯片、串行通信接口技术、A/D 和 D/A 接口技术等内容。同时还介绍了人机接口设备、软件设计调试、接口设计实验技术和最新器件及设备的发展动态。

本书以“原理与应用相结合、硬件与软件相结合”为原则,知识起点适度、结构层次合理、内容实用易懂、适用范围广,不仅适用于高职高专系列教材,而且适用于非计算机专业本科、研究生系列教材,也是有关工程技术人员的理想参考书。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术 / 中国机械工业教育协会组编.
北京:机械工业出版社,2001.5
21 世纪高职高专系列教材
ISBN 7-111-08379-2

I. 微... II. 中... III. ①微型计算机-理论-高等学校:技术学校-教材 ②微型计算机-接口-高等学校:技术学校-教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 26667 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:余茂祚

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·14.75 印张·365 千字

0 001 - 5 000 册

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

J5732/02

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任 (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰

大连理工大学 唐志宏

天津大学 周志刚

甘肃工业大学 路文江

江苏理工大学 杨继昌

成都航空职业技术学院 陈玉华

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)

沈阳工业大学 李荣德

河北工业大学 檀润华

武汉船舶职业技术学院 郭江平

金华职业技术学院 余党军

编委会委员 (单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华

山东省职业技术教育师资培训中心 邹培明

上海电机技术高等专科学校 徐余法

天津中德职业技术学院 李大卫

天津理工学院职业技术学院 沙洪均

日照职业技术学院 李连业

北方交通大学职业技术学院 佟立本

辽宁工学院职业技术学院 李居参

包头职业技术学院 郑刚

北京科技大学职业技术学院 马德青

北京建设职工大学 常莲

北京海淀走读大学 成运花

江苏理工大学 吴向阳

合肥联合大学 杨久志

同济大学 孙章

机械工业出版社 李超群 余茂祚 (常务)

沈阳建筑工程学院 王宝金

佳木斯大学职业技术学院 王跃国

河北工业大学 范顺成

哈尔滨理工大学工业技术学院 钱恒录

洛阳大学 吴锐

洛阳工学院职业技术学院 李德顺

南昌大学 肖玉梅

厦门大学 朱立秒

湖北工学院高等职业技术学院 吴振彪

彭城职业大学 陈嘉莉

燕山大学 刘德有

序

1999年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议，作出了“关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定”的重大决策，强调教育在综合国力的形成中处于基础地位，坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育，培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力，适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此，教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议，进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务；以适应社会需要为目标；以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案；以“应用”为主旨和特征来构建课程和教学内容体系；高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要，即用人的需求；教材可以“一纲多本”，形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人，教材先行”，教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求，中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本（书目附书后）已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制（总学时1600~1800）、兼顾2年制（总学时1100~1200）的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课加强了针对性和实用性，强化了实践教学。为了扩大使用面，在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的，但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量，真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材，组织编写队伍时，采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿，以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一，在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验，出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材，在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的系列教材。

中国机械工业教育协会

前 言

20世纪末,对人类社会影响最大的,莫过于计算机技术。它发展之迅速、普及之广泛、对整个社会和科学技术影响之深远,是任何其他学科所不及的。它已成为人们工作和生活不可缺少的部分,从而将人类社会推进到了信息时代。

计算机是一门内容极其广泛的学科,从教育的角度来看,可以分为三个层次。第一层次是计算机文化,主要是了解计算机的基本操作和常规软件的使用。第二个层次是计算机软件编程和硬件应用及设计。第三个层次是以计算机为基础的各个计算机高级和专业应用系统。本教材处于第二个层次,在整个过程中起着最关键的作用。对任何工科学生,学习好这部分的内容,才能真正地了解计算机,应用计算机和设计计算机应用系统。

全面、系统、详细地学习计算机知识需要大量的时间和精力。而当今信息社会却是一个“浮躁”的年代,要求人们上午学完,下午就能使用,甚至能设计。社会大量需要这样的人才,这样的教材。有幸地是,由于计算机学科的特点,通过努力,我们可以尽量做到这点。从 Intel 8086 到 Pentium 4 微型计算机、CPU、主板和接口,其技术和性能得到了巨大的提高,结构和功能也发生了巨大的改变。但是,Intel 体系的计算机一直坚持向下兼容的原则,而在硬件上兼容的界面是系统总线。这就为微机接口电路的设计提供了坚实的基础。本教材就是以系统总线为基础,我们在起步时,不必先学习大量的前期课程,就能学会计算机接口设计技术。

因此同其他教材相比,本教材具有下面几个特点:

1. 结构层次合理

第1章是计算机基本原理和结构,这是必不可少的。

第2章是计算机接口技术基础,也是计算机接口课程的核心。1~5节是必学内容,第6节是加强与提高内容。

第3章是常规计算机标准配置的接口设备。学习后可以扩大这些设备的应用范围。

第4章是专用扩展接口技术。这部分介绍具体应用系统需要的接口电路的设计技术。

第5章介绍实际电路设计的基本技巧和具体问题,对设计开发者颇有参考价值。

第6章是为本教材配备的实验指导书,也是初步设计者的设计范例。

这种结构,非常便于进行不同层次的学习和教学,从高职、高专到本科生、研究生,都可适应。

2. 强调理论和应用相结合

本教材在理论知识的安排上基本遵循“够用即可”的原则,而重点则是应用。对每个知识点,介绍“是什么”、“怎么用”和应用实例。这样学完后,就可以应用,哪怕是范例照搬也行,达到应用要求即可。而比较专业深入的知识,读者可以根据自己的需要去补充。

3. 结合软件设计

计算机最大的优点之一是通用性,主要表现在软件控制上。计算机系统大部分功能和作用都可以通过软件来改变和控制。计算机接口系统实际上包括软件和硬件两大部分,缺少哪

一点，都不能工作。本教材把两者结合起来，通过本课程学习，学生能够真正设计一个完整、并能实际运行的应用接口电路。因为当前非计算机专业几乎不再开设汇编课程，而都开设 C 语言课程，所以本教材全部以 C 语言为基础，同时每个程序都调试通过，便于学习和应用。

4. 授课和实验相结合

百闻不如一见，百看不如一干。不亲自动手进行实际操作，学习计算机接口往往是纸上谈兵。因此本教材把实验作为本教材的有机组成部分。同时也配备了实际的专用实验台。设计都是从“抄袭”开始的。“抄袭”对了，就算基本学懂了。对范例进行修改，满足自己的需要，就可以说是自己设计的。本教材的大量范例都来自作者的实际科研课题和教学工作，具有一定的代表性，如果每个读者会抄会改，那么就达到了本课程和教材的要求。

本教材由黄战华同志编写了第 1、2、4、5、6 章，并统编全稿，蔡怀宇和雷建龙同志编写了第 3 章，同时雷建龙同志参加了第 4 章的部分编写工作，蔡怀宇和刘铭同志参加了接口实验台的部分设计工作。

在该书的编写过程中，河北工业大学的王志刚教授提出了许多宝贵的意见，并对全书进行了审校，在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平和经验，加之时间匆忙，错误之处在所难免，敬希读者和专家不吝批评指正。

编 者

目 录

序
前言

第 1 章 微机原理..... 1

1.1 微机概述及其发展历史..... 1

1.2 微机基本结构..... 3

1.2.1 微处理器..... 4

1.2.2 系统总线..... 5

1.2.3 存储器..... 6

1.2.4 I/O 接口..... 6

1.3 微机的工作原理..... 6

1.3.1 CPU 工作过程..... 6

1.3.2 微机系统工作过程和基本功能... 8

1.3.3 微机性能指标..... 9

1.3.4 微机主要应用领域..... 11

复习思考题..... 13

第 2 章 微机接口技术基础..... 14

2.1 微机总线概述..... 14

2.1.1 微机总线结构..... 14

2.1.2 微机常用总线简介..... 16

2.1.3 总线的数据传输方式..... 20

2.2 ISA 总线详论..... 23

2.2.1 PC/XT 引脚及功能..... 23

2.2.2 PC/XT 总线时序..... 25

2.2.3 PC/AT 引脚及功能..... 30

2.2.4 ISA 总线分析与时序..... 32

2.3 端口译码技术..... 34

2.3.1 利用门电路进行地址译码..... 34

2.3.2 采用译码器进行地址译码..... 34

2.3.3 开关式可选译码..... 35

2.3.4 专用译码技术及芯片..... 36

2.4 基本输入输出接口..... 37

2.4.1 微机接口的功能..... 37

2.4.2 微机接口进行数据传输的方式... 38

2.4.3 数据锁存器..... 39

2.4.4 数据输入..... 41

2.4.5 数据输出..... 42

2.4.6 综合 I/O..... 42

2.5 调试软件工具及编程..... 43

2.5.1 DEBUG 与汇编..... 43

2.5.2 C/C++..... 48

2.5.3 其他工具..... 53

2.6 微机接口计算机内部资源..... 53

2.6.1 存储器与内存映像技术..... 53

2.6.2 中断..... 61

2.6.3 DMA 技术..... 72

2.6.4 微机多功能接口芯片 82380..... 80

复习思考题..... 81

第 3 章 微机系统接口功能..... 83

3.1 并行打印接口..... 83

3.1.1 打印接口..... 83

3.1.2 打印接口的扩展应用..... 85

3.2 串行通信接口..... 88

3.2.1 串行通信基本概念..... 88

3.2.2 串行通信接口 RS-232C 标准..... 90

3.2.3 可编程串行接口控制器..... 94

3.2.4 串行通信应用编程..... 98

3.3 外部存储设备..... 99

3.3.1 磁盘存储器..... 100

3.3.2 磁带存储器..... 104

3.3.3 光盘存储器..... 104

3.4 微机系统人机接口..... 107

3.4.1 键盘..... 107

3.4.2 鼠标器..... 110

3.4.3 显示器..... 114

3.4.4 声卡..... 120

3.5 其他高级接口设备.....	122	5.3.2 保证时序要求.....	191
3.5.1 触摸屏.....	122	5.3.3 增加总线的抗干扰能力.....	194
3.5.2 扫描仪.....	124	5.3.4 应用高性能新型器件.....	195
3.5.3 数码相机.....	126	5.3.5 改进印制线路的设计和制造...195	
3.5.4 视频采集卡.....	128	复习思考题	196
3.5.5 数字化仪.....	129	第6章 计算机接口实验	197
复习思考题	131	6.1 计算机接口实验台介绍.....	197
第4章 专用扩展接口技术	132	6.1.1 实验台引出连接板.....	197
4.1 可编程的I/O接口芯片8255A...132		6.1.2 实验台的通用电路.....	198
4.1.1 8255A简介.....	132	6.1.3 实验台的结构.....	202
4.1.2 8255A工作方式.....	133	6.2 计算机接口调试软件实验	202
4.1.3 8255A应用举例.....	137	6.2.1 实验目的.....	203
4.2 可编程定时/计数芯片8253 ...139		6.2.2 实验内容.....	203
4.2.1 8253简介.....	139	6.2.3 参考程序.....	203
4.2.2 8253工作方式与操作时序.....	140	6.2.4 说明与思考.....	207
4.2.3 8253的接口使用方法.....	143	6.3 基本I/O实验	207
4.3 数据采集系统接口技术	148	6.3.1 实验目的.....	208
4.3.1 概述.....	148	6.3.2 实验内容.....	208
4.3.2 前级模拟信号处理电路设计...152		6.3.3 参考电路.....	208
4.3.3 D/A转换器(DAC).....	161	6.3.4 参考程序.....	208
4.3.4 A/D转换器(ADC).....	166	6.3.5 说明与思考.....	213
4.4 中断接口技术	174	6.4 专用接口芯片实验	213
4.4.1 中断源的识别.....	174	6.4.1 实验目的.....	213
4.4.2 中断源接口电路.....	174	6.4.2 实验内容.....	213
4.4.3 中断接口电路设计实例.....	175	6.4.3 参考电路.....	213
复习思考题	183	6.4.4 参考程序.....	213
第5章 接口电路设计技术	184	6.4.5 说明与思考.....	216
5.1 基本概念.....	184	6.5 计算机串行通信实验	216
5.1.1 噪声和干扰.....	184	6.5.1 实验目的.....	216
5.1.2 数字系统的噪声.....	184	6.5.2 实验内容.....	216
5.1.3 时钟倾斜.....	185	6.5.3 参考电路.....	216
5.1.4 冒险竞争.....	185	6.5.4 参考程序.....	216
5.2 噪声控制及抗干扰技术	185	6.5.5 说明与思考.....	219
5.2.1 噪声控制的方法.....	185	6.6 A/D和D/A数据采集	219
5.2.2 长线传输及抗干扰设计.....	187	6.6.1 实验目的.....	219
5.3 接口电路设计技术	190	6.6.2 实验内容.....	219
5.3.1 接口卡的结构设计.....	190	6.6.3 参考电路.....	219
		6.6.4 参考程序.....	220

6.6.5 说明与思考.....	222	6.7.4 参考程序.....	223
6.7 中断接口实验.....	222	6.7.5 说明与思考.....	224
6.7.1 实验目的.....	222	参考文献.....	225
6.7.2 实验内容.....	222		
6.7.3 参考电路.....	222		

第1章 微机原理

20 世纪末, 对人类社会影响最大的, 莫过于计算机技术。自 1946 年世界上第一台电子计算机 (ENIAC) 在美国诞生至今, 不过 50 年的历史。然而, 它发展之迅速、普及之广泛、对整个社会和科学技术影响之深远, 是任何其他学科所不及的。计算机的发展已经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模和超大规模集成电路共四代, 通常按其体积、性能和价格可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机五类。由于微型计算机具有体积小、重量轻、功耗低、价格便宜、结构灵活等特点, 从而得到了广泛的普及和应用。

1.1 微机概述及其发展历史

微处理器是微型计算机的核心部件, 它的性能在很大程度上决定了微型计算机的性能。因此, 微型机的发展过程也就是微处理器的发展过程。自从 20 世纪 70 年代初第一个微处理器诞生以来, 微处理器的性能和集成度几乎每两年提高一倍, 而价格却降低了一个数量级。

第一代 (1971~1973 年) 微处理器和微型计算机是 4 位和低档 8 位微处理器时代。

这一时期的典型产品有 Intel 4004、Intel 8008。其中 Intel 8008 是第一个 8 位通用微处理器。以 4004、8008 为 CPU 构成的微型计算机分别是 MCS-4 和 MCS-8。第一代微处理器的特点是: 芯片采用 PMOS 工艺, 集成度仅为 2000 只晶体管/片 (以下简称管/片), 主时钟频率为 1MHz, 平均指令执行时间为 15~20 μs , 指令系统简单, 运算功能单一, 仅能进行串行十进制运算。采用机器语言编程, 其价格低廉, 主要用于各种袖珍计算器、家电、交通灯控制等简单控制领域。

第二代 (1973~1978 年) 微处理器和微型计算机是成熟的 8 位微处理器时代。

1973 年, Intel 公司推出了性能更好的 8 位微处理器 8080。它的出现加速了微处理器和微型计算机的发展。这时很多公司对微处理器产生极大兴趣, 纷纷加入这一行业。从此, 微处理器和微型计算机像雨后春笋般地蓬勃发展起来。先后推出了一批性能优良的 8 位微处理器产品, 如 Motorola 公司的 MC6800, Zilog 公司的 Z80, Intel 公司的 8085 等。这一时期微处理器的设计和生产技术已相当成熟, 微处理器的生产普遍采用 NMOS 工艺, 集成度已高达 10000 管/片, 性能有明显改进, 主时钟频率为 2~4MHz, 平均指令执行时间为 1~2 μs , 指令系统较为完善。这一时期推出的微型计算机在系统结构上已具有典型的计算机体系结构以及中断、DMA 等控制功能, 在系统设计上考虑了机器间的兼容性、接口的标准化和通用性, 外围配套电路种类齐全、功能完善。在系统软件方面, 除可使用汇编语言外, 还配有高级语言和操作系统。广泛用于数据处理、工业控制、汽车、电子、智能仪器仪表和家电等各个领域。

20 世纪 70 年代后期, 超大规模集成电路 (VLSI) 的成熟, 进一步推动微处理器和微型计算机生产技术向更高层次发展。1978 年, Intel 公司率先推出了新一代 16 位微处理器 8086, 这标志着微处理器的发展进入了第三代。第三代 (1978~1983 年) 是 16 位微处理器时代, Intel 公司的 8086/8088, Motorola 公司的 MC68000 和 Zilog 公司的 Z8000, 这些高性能的 16

位微处理器成为当时国内外市场上最流行的典型产品，其集成度高达 29000 管/片。其中，MC68000 集成了 68000 个元件，采用 HMOS 高密度制造工艺技术，时钟频率为 5~40MHz，平均指令执行时间为 0.5 μ s，数据总线宽度为 16 位，地址线为 20 位，最大可寻址空间为 1MB，具有丰富的指令系统，CPU 内部结构有很大改进，如 Intel 8086/8088 内部采用流水线结构，设置了指令预取队列，使处理速度大大提高。在软件方面可以使用多种高级语言，有完善的操作系统，支持构成多处理器系统。总之，其性能指标已达到或超过当时的中档小型机的水平，传统的小型机也从此受到严峻挑战，激烈的竞争又促使微型计算机技术以更快的速度发展，特别是 1982 年，Intel 公司推出了 16 位微处理器中的高档芯片 80286。它具有多任务系统所必须的任务切换功能、存储器管理功能和多种保护功能，支持虚拟存储体系结构，地址总线从 20 位增加到 24 位，其存储器可直接寻址空间达 16MB，时钟频率提高到 5~25MHz。从 20 世纪 80 年代中、后期到 90 年代初，80286 一直是个人计算机 IBM PC/AT 机的主流型 CPU。同期的产品还有 Motorola 的 MC68010。

从 1983 年起，微处理器进入第四代，即 32 位微处理器时代。这一时期的典型产品有：

- Z80000 1983 年，Zilog 公司推出；
- MC68020 1984 年，Motorola 公司推出；
- Intel80386 1985 年，Intel 公司推出；
- Intel80486 1989 年，Intel 公司推出；
- MC68040 1989 年，Motorola 公司推出。

1985 年，Intel 公司推出与 8086 向上兼容的 32 位微处理器 80386。它具有 32 位数据总线和 32 位地址总线，存储器可寻址空间达 4GB，时钟频率 16~33MHz，平均指令执行时间小于 0.1 μ s，运算速度达到 300~400 万条指令/s（即 3~4MIPS），CPU 内部采用 6 级流水线结构，使取指令、译码、内存管理、执行指令和总线访问并行操作。使用二级存储器管理方式，支持带有存储器保护的虚拟存储机制，虚拟存储空间高达 2^{64} B。随着集成电路工艺水平的提高，1989 年 Intel 公司又推出了性能更高的 32 位微处理器 80486，其集成度约 120 万管/片，它是 80386 的 4 倍。80486CPU 内除含有一个 80386 体系结构的主处理器外，还增加了一个与 80387 兼容的片内数字协处理器和一个 8KB 容量的片内高速缓存（即一级 Cache），内部数据总线宽度可为 32 位、64 位和 128 位。分别用于不同单元间的数据交换，80486 还采用了 RISC（即精简指令集计算机）技术和突发（Burst）总线技术，缩短了每条指令的执行时间，在相同频率下，80486 的处理速度一般要比 80386 快 2~3 倍。80486 的高档芯片 80486DX2CPU 的时钟频率为 66MHz 时，其运算速度可达 54MIPS。同期推出的高性能 32 位微处理器产品还有 MC68040 和 V80 等。由这些高性能 32 位微处理器为 CPU 构成的微型机的性能指标已达到或超过当时的高档小型机甚至大型机的水平，被称为高档（超级）微型机。

1993 年，Intel 公司推出第五代微处理器 Pentium（简称 P5 或 586）。Pentium 微处理器的推出，使微处理器的技术发展到了一个崭新阶段，标志着微处理器完成从 CISC 向 RISC 时代的过渡，也标志着微处理器向工作站和超级小型机冲击的开始。作为 Intel 系列微处理器的新成员，Pentium 不仅继承了其前辈的所有优点，而且在许多方面都有新的突破。它采用亚微米（0.815~20 μ m）CMOS 工艺技术，集成度为 310 万管/片，数据总线 64 位，地址总线 36 位，CPU 内部采用超标量流水线设计，CPU 内部有 U、V 两条流水线并行工作，使 Pentium

在单个时钟内执行两条整数指令；Pentium 片内采用双 Cache 结构（即指令 Cache 和数据 Cache），每个 Cache 容量为 8KB，数据宽度为 32 位，数据 Cache 采用回写技术，大大节省了处理时间；Pentium 处理器为了提高浮点运算速度，采用 8 级流水线和部分指令固化技术；片内设置分支目标缓冲器（BTB），可动态预测分支程序的指令流向，节省了 CPU 判别分支的时间，大大提高处理速度。Pentium 系列处理器有多种工作频率，最低为 60MHz，工作在 60MHz 和 66MHz 时，其速度分别可达 100 和 111.6 VAX MIPS，即 1 亿次/s。尽管如此，它已作为经典的 Pentium 被淘汰。1996 年，Intel 公司正式公布其高档 Pentium 产品 Pentium Pro，该处理器采用 0.35 μm 工艺，片内集成有 550 万个晶体管，具有 8KB 指令和 8KB 数据的一级 Cache，256KB 的二级 Cache，它在 CISC/RISC 中混合使用，程序执行等方面都有新的特点，时钟频率为 200MHz，运算速度高达 200MIPS。同期的产品还有 AMD 公司的 K5、IBM、Apple、Motorola 等公司联合推出的 Power。继 Pentium Pro 之后，1997 年，Intel 公司又推出微处理器的 Pentium II（即奔腾二代），性能最优良的 32 位微处理器。它采用 528 管脚网格阵列（PLGA）的封装技术，外形封装采用单边插接卡盒（SEC）结构，其主频有 233MHz、266MHz、300 MHz、350MHz、400MHz 等。到 2000 年，Intel 的 Pentium III 和 AMD 的 Athlon 主频都超过了 1.5GHz 大关。各代 CPU 的主要性能、特点见表 1-1。

表 1-1 各代微处理器的主要性能、特点

年代 参数	第一代 (1971~1973 年)	第二代 (1973~1978 年)	第三代 (1978~1983 年)	第四代 (1983~1993 年)	第五代 (1993 年~目前)
典型微处理器芯片	Intel 4004 Intel 8008	Intel 8008 MC 6800 Z 80	Intel 8086/ 8088,80286 MC6800 Z8000	Intel 80384 Intel 80486 MC 68020 Z 80000	Pentium/m 586 Pentium PRO Pentium II/III Pentium 4
字长	4/8 位	8 位	16 位	32 位	32 位
芯片集成度	1~2 千晶体管/片	5~9 千晶体管/片	2~7 万晶体管/片	15 万以上 晶体管/片	310 万以上 晶体管/片
时钟频率	0.5~0.8MHz	1~4MHz	5~10MHz	16MHz 以上	60~1500MHz
数据总线	4/8 位	8 位	16 位	32 位	64 位
地址总线	4/8 位	16 位	20/24 位	32 位	32/36 位
存储器容量	≤16KB	≤64KB	1~1MB	4GB 实存 64TB 虚存	4GB 实存 64TB 虚存
指令平均执行时间	10~15 μs	1~2 μs	0.5 μs	<0.1 μs	<0.02 μs
软件水平	机器语言 汇编语言	汇编语言 高级语言 操作系统	汇编语言 高级语言 操作系统	汇编语言 高级语言 部分软件固化	除常用软件外，操作系统 功能更强，各种应用软件工 具更丰富

随着 LSI 和 VLSI 技术的进一步发展，微处理器的集成度将越来越高，芯片功能越来越强。从微型机总的发展情况看，为使微处理器获得高性能，一方面应提高集成度，另一方面在系统设计上追求综合性能的提高，更加全面地采用中大型计算机体系结构中的先进技术，如流水线技术、高速缓存技术、虚拟存储管理技术、RISC 技术、并行处理技术、更好地支持多处理器运行环境、多媒体技术和计算机网络应用等。

1.2 微机基本结构

现在，微机的性能有了极大的提高，但是微机的最基本的结构却一直保持下来。不论是早期的 IBM PC/AT，还是现在最先进的 Pentium III 和 Pentium 4，总体看来，其基本功能单元仍然由微处理器（CPU）、总线、存储器、I/O 接口和扩展外部设备组成，如图 1-1 所示。

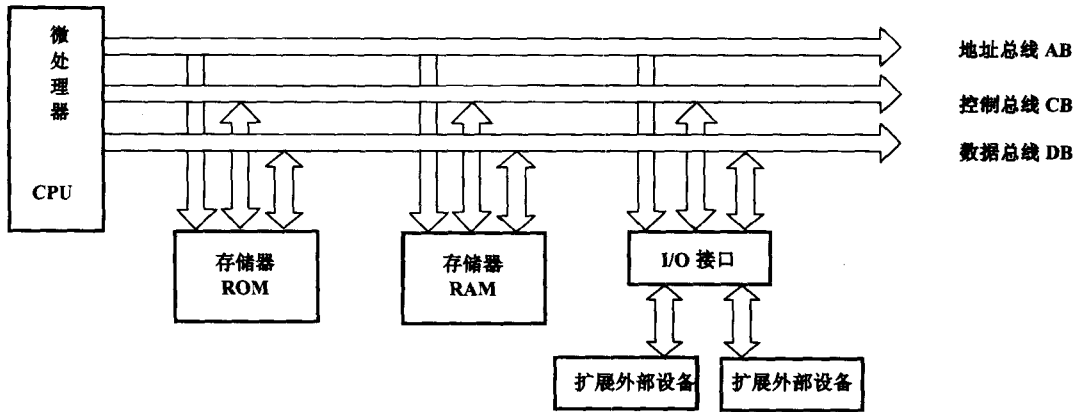


图 1-1 微型计算机的基本组成

微处理器通过三类总线与存储器、输入/输出 (I/O) 接口相连, 进行数据交换和控制; I/O 接口与外设相连, 控制外部的各种设备。

1.2.1 微处理器

微处理器 (Center Processor Unit) 就是超大规模集成电路形成的中央处理器单元, 即 CPU, 它是计算机的核心部件。一般具有下列基本功能:

- 可进行算术和逻辑运算;
- 具有与存储器或外设进行数据交换的能力;
- 可暂存少量数据;
- 能对指令进行译码并执行指令所规定的操作;
- 能提供整个系统所需的定时和控制信号;
- 可响应其他各部件发出的中断请求。

微处理器一般由算术逻辑单元 (ALU)、累加器和通用寄存器组、程序计数器 PC (指令指示器)、时序和控制逻辑部件、数据地址锁存器/缓冲器以及内部总线等组成。典型的微处理器内部结构如图 1-2 所示。

下面对微处理器各主要部件加以介绍。

• 算术逻辑单元 ALU 主要完成算术运算 (+、-、×、÷、比较) 和各种逻辑运算 (与、或、非、异或、移位) 等任务。ALU 是组合电路, 本身无寄存操作数的功能, 因此, 必须配置有暂时保存操作数的两个寄存器: 暂存器 TMP 和累加器 AC。累加器也是寄存器, 它既向 ALU 提供操作数, 又接收 ALU 的运算结果, 所以, 称它为累加器。

• 寄存器阵列实际上相当微处理器内部的 RAM, 包括通用寄存器组和专用寄存器组两部分, 通用寄存器 (AX, BX, CX, DX) 用来存放操作数。中间结果或地址, 一般可作为两个 8 位寄存器使用, 在微处理器内部有了这些通用寄存器后, 就可以避免频繁地访问存储器, 缩短指令长度和指令执行时间, 提高机器的运算速度, 方便程序设计。专用寄存器包括程序计数器 PC、堆栈指示器 SP 和标志寄存器 FR 等, 这些寄存器的作用是固定的, 用来存放地址或地址基值。

• 程序计数器 PC 用来存放下一条要执行的指令地址。因此, 它控制着程序的执行顺序。当程序顺序执行时, 每取出一条指令, PC 的内容自动加 1。当程序发生转移时, 就必须把新

的目标地址装入 PC，通常由转移指令来实现。

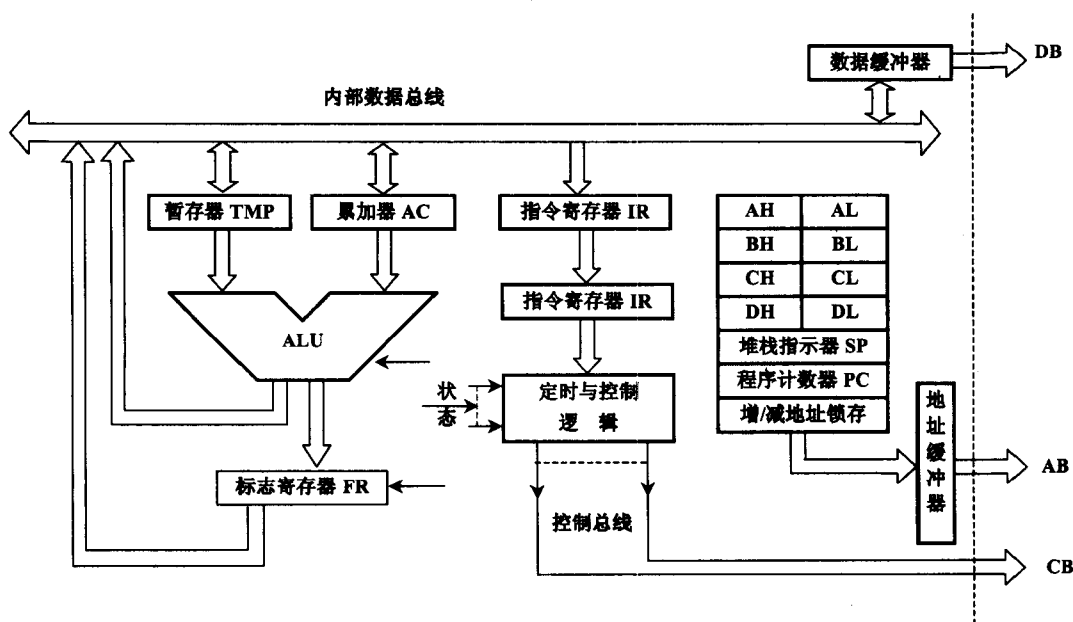


图 1-2 典型微处理器内部结构

- 堆栈指示器 SP 用来存放栈顶地址。堆栈是存储器中的一片特殊存储区。它按“后进先出”方式工作，当新数据压入堆栈时原内容不变，只改变栈顶位置。当数据从栈中弹出时，弹出的是栈顶位置的数据，弹出后自动调整栈顶位置。可见，数据进栈（压入）、出栈（弹出）操作时，总是在栈顶进行的。

- 标志寄存器 FR 也叫程序状态寄存器，简称 PSW。用来存放指令执行结果的特征（如结果为 0，溢出为负等）和处理器状态。

- 定时与控制逻辑是微处理器的核心部件。它负责对全机的控制，包括取指令、执行指令、存取操作数或运算结果，还向其他部件发出控制信号，协调各部件的工作。

- 内部总线用来连接微处理器的各功能部件，传送 CPU 内部的数据和控制信号。绝大多数微处理器在内部结构上都采用总线方式，内部各功能部件都通过该总线相连。这样不仅可以减少内部连线所占的芯片面积以提高集成度，而且可大大提高集成电路产品的合格率和可靠性。此外，微处理器内部与外部之间也使用了三条不同的总线（地址总线 AB，数据总线 DB，控制总线 CB，统称为系统总线）进行联系，如图 1-2 所示。

必须指出的是，微处理器不是计算机，它本身不能构成独立的工作系统，也不能独立地执行程序，必须配上存储器，I/O 接口，接上相应的外设，构成一个完整的计算机后才能独立工作。

1.2.2 系统总线

所谓总线，是计算机系统中各功能部件间传送信息的公共通道（公共信号线），是微型计算机的重要组成部分。它由地址线、数据线、控制线和起驱动、隔离作用的三态门组成，微型机在结构上总是采用总线结构，构成微型机的各功能部件通过总线相连，从而使它们之间的相互关系转变为面向总线的单一关系。一个部件（插卡），只要符合总线标准就可以连接到系统中来，使系统功能的扩充和更新更简单方便，这是微型计算机在体系结构上的独特

之处。

在第 2 章将详细讨论微机的总线。

1.2.3 存储器

存储器用来存放当前正在使用的或经常使用的程序和数据。存储器分为随机存储器 RAM (Random Access Memory) 和只读存储器 ROM (Read Only Memory)。RAM 也称为读写存储器。工作过程中, CPU 可以随时对其内容进行读出和写入。RAM 是易失性存储器, 即其所存内容在断电后会全部丢失。因而, 只能存放暂时性数据。而 ROM 工作时, 其内容只能读出不能写入, 断电后所存内容保持不变, 所以, ROM 是非易失性存储器, 故常用来存放永久性的程序和数据。如引导程序、监控程序、操作系统中的基本 I/O 管理程序(如 BIOS) 等。

1.2.4 I/O 接口

I/O 接口是微型计算机的重要组成部件, 是微型机连接外部输入、输出设备和各种控制对象并与外界进行信息交换的控制逻辑电路。输入设备和输出设备统称为外设。一般来说, 外设有两类, 一类是计算机系统必带的设备, 如键盘、显示器、鼠标、串口、并口、USB 口等。另一类是扩展的, 可由用户进行不同的配置, 如音频、视频、光笔、扫描仪、打印机、触摸屏、绘图仪、语言识别、语音输出装置以及各种专用数据采集卡、控制接口卡等。由于外设的结构、工作原理、速度、信号形式和数据格式等各不相同, 因此, 它们不能直接挂接到系统总线上, 必须通过 I/O 接口电路作中间转换, 以实现与 CPU 间的数据交换。I/O 接口也称 I/O 适配器, 不同的外设必须配接不同的 I/O 适配卡(板)。所以, I/O 接口是微型机应用系统不可缺少的重要组成部件。任何一个微机应用系统的研制和开发, 实际上是 I/O 接口的研制和开发, 而且主要是扩展接口及设备的研制和开发。因此, I/O 接口技术是本课程要重点讨论的内容之一, 将在第 2 章中对其作详细讨论。

1.3 微机的工作原理

1.3.1 CPU 工作过程

计算机是如何工作的? 详细说明需太多的前期预备知识。

我们通过一个简单的例子来说明。

假设在一个初级的微机(有 CPU 和内存)上求出 $y=5+9$ 的值, 并将结果放在累加器中。微机是通过执行表 1-2 中的 3 条指令来完成这一任务的。

表 1-2 执行指令集

指令名	助记符	机器码		说明
		二进制	十六进制	
立即数 送累加器	MOV A,05	00111110	3E	两字节指令, 把指令第二字节的立即数(05)送 A, 执行结果 A=5
		00000101	05	
加立即数	ADD A,09	11001010	C6	两字节指令, A 的内容与第二字节的立即数相加, 并将结果送 A, 运算结果 A=0EH
		00001001	09	
停机	HALT	01110110	76	单字节指令, 功能是停止所有操作

机器操作的详细步骤如下:

首先要把程序存入存储器中。3 条指令共计 5 个字节。假定已经存入以 40H 为首地址的 5 个连续单元中。然后将程序的起始地址 40H 告诉计算机, 并发出启动命令, 机器便开始执

行这段程序。执行程序的过程实际上是反复进行取出指令和执行指令这两个阶段的循环。

1. 第一条指令取指阶段 将程序首地址 40H 赋予微机并将其启动后，机器便进入第一条指令的取指阶段。具体过程为：

- 1) PC=40H 送地址寄存器 AR，使 AR=40H。
- 2) 当 PC 的内容可靠地送入 AR 后，PC 的内容自动加 1，PC=41H。
- 3) AR 把地址 40H 通过地址总线 AB 送到存储器，经地址译码器译码后，选中 40H 单元。
- 4) CPU 发出读命令。
- 5) 40H 单元内容 3EH 读到数据总线 DB 上。
- 6) 读出的内容经 DB 送到数据寄存器 DR。
- 7) 因取出的是指令操作码，故 DR 将其送到指令译码器 IR 中，译码后发出执行这条指令的多种微操作命令。

2. 第一条指令执指阶段 完成取指阶段后，机器得知该指令要完成的是将立即数送累加器 A 的操作，于是就进入执指操作过程：

- 1) PC→AR，AR=41H。
- 2) PC+1=PC，PC=42H。
- 3) 地址 41H 由 AR 经 AB 送到存储器，经译码后选中 41H 单元。
- 4) CPU 发出读命令。
- 5) (41H)→DB，41H 单元内容 05H 读到 DB。
- 6) 05H→DR，DR=05H 读到 DB 上的内容送入 DR。
- 7) DR→A，A=05H。DR 将 05H 送累加器 A。

3. 第二条指令取指阶段

- 1) PC→DR，DR=42H。
- 2) PC+1→PC，PC=43H。
- 3) 地址 42H 由 DR 经 AB 送存储器，选中 42H 单元。
- 4) CPU 发读命令。
- 5) (42H)→DB。
- 6) (42H) 由 DB 送入 DR。
- 7) DR→IR，译码后发出控制信号。

4. 第二条指令执指阶段 (1)~(6) 步从存储器中取操作数到 DR 中的过程与前类似，不再重复。

- 1) 根据对本条指令操作码的译码结果，PLA 发出的控制信号使 DR→ALU。
- 2) A→ALU，ALU 作加法操作，ALU→0EH。
- 3) ALU→A，A→0EH。

接着转入第三条指令的取指阶段，译码后控制器停止产生控制信号而停机。

由上可见，计算机的工作过程无非就是一个反复循环的取指、分析指令、执指的过程。通常把其中的一个循环称为计算机的一个指令周期。这样我们可以把程序对计算机的控制归结为每个指令周期中，指令对计算机的控制。

从这个例子可以看出，CPU 的主要功能就是按照程序的指令进行取数、运算、送数。所