



高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

微型计算机原理与 接口技术

主编 何 宏
主审 楼顺天



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

微型计算机原理与接口技术

主 编 何 宏

副主编 潘红艳 苏 梅 李 丽

主 审 楼顺天



西安电子科技大学出版社

2009



内 容 简 介

本书以 Inter8086 微处理器为主要对象,从应用角度系统地介绍了微型计算机的基本原理和接口技术。全书共分 11 章,主要内容包括:微型计算机系统概述、计算机中数据的表示、8086 微处理器、80x86 指令系统、存储器、输入/输出接口技术、中断技术、可编程定时器/计数器、可编程并行接口芯片 8255A、串行通信及可编程串行接口芯片 8251A、数/模转换及模/数转换,每章配有习题。

本书内容系统,概念清楚,通俗易懂,便于自学,可作为高等学校计算机、电子信息工程、通信工程、自动化等电气信息类专业本科生教材,也适合高职高专及自考人员使用,还可供广大科技人员自学参考。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机原理与接口技术 / 何宏主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2009.4

高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2148-7

I. 微… II. 何… III. ① 微型计算机—理论—高等学校—教材

② 微型计算机—接口设备—高等学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 174234 号

策 划 寇向宏

责任编辑 曹 昞 寇向宏

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 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 17.75

字 数 417 千字

印 数 1~4000 册

定 价 25.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2148 - 7/TP · 1095

XDUP 2440001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

西安电子科技大学出版社
高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材
编审专家委员会名单

主任：杨 震（南京邮电大学校长、教授）

副主任：张德民（重庆邮电大学通信与信息工程学院副院长、教授）

秦会斌（杭州电子科技大学电子信息学院院长、教授）

通信工程组

组 长：张德民（兼）

成 员：（成员按姓氏笔画排列）

王 晖（深圳大学信息工程学院副院长、教授）

巨永锋（长安大学信息工程学院副院长、教授）

成际镇（南京邮电大学通信与信息工程学院副院长、副教授）

刘顺兰（杭州电子科技大学通信工程学院副院长、教授）

李白萍（西安科技大学通信与信息工程学院副院长、教授）

张邦宁（解放军理工大学通信工程学院卫星系主任、教授）

张瑞林（浙江理工大学信息电子学院院长、教授）

张常年（北方工业大学信息工程学院院长、教授）

范九伦（西安邮电学院信息与控制系主任、教授）

姜 兴（桂林电子科技大学信息与通信学院副院长、教授）

姚远程（西南科技大学信息工程学院副院长、教授）

康 健（吉林大学通信工程学院副院长、教授）

葛利嘉（中国人民解放军重庆通信学院军事信息工程系系主任、教授）

电子信息工程组

组 长：秦会斌（兼）

成 员：（成员按姓氏笔画排列）

王 荣（解放军理工大学通信工程学院电信工程系系主任、教授）

朱宁一（解放军理工大学理学院基础电子学系系主任、工程师）

李国民（西安科技大学通信与信息工程学院院长、教授）

李邓化（北京信息工程学院信息与通信工程系系主任、教授）

吴 谨（武汉科技大学信息科学与工程学院电子系系主任、教授）

杨马英（浙江工业大学信息工程学院副院长、教授）

杨瑞霞（河北工业大学信息工程学院院长、教授）

张雪英（太原理工大学信息工程学院副院长、教授）

张 彤（吉林大学电子科学与工程学院副院长、教授）

张焕君（沈阳理工大学信息科学与工程学院副院长、副教授）

陈鹤鸣（南京邮电大学光电学院院长、教授）

周 杰（南京信息工程大学电子与信息工程学院副院长、教授）

欧阳征标（深圳大学电子科学与技术学院副院长、教授）

雷 加（桂林电子科技大学电子工程学院副院长、教授）

项目策划：毛红兵

策 划：曹 晔 寇向宏 杨 英 郭 景

前 言

在教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录》中，电气信息类包括电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、电子科学与技术、生物医学工程等专业。本书就是作为高等院校电气信息类专业本科生学习“微型计算机原理与接口技术”必修课程的通用教材。

随着微处理器技术的不断发展和用人单位对人才培养的更高要求，迫切需要一批适合新形势需要的相关教材。为此，本书作者参考现有教材，扬长避短，结合多年来一线教学的经验，并征求同行教师以及学生对微型计算机原理教材的要求，从教和学的角度出发，着手编写了本书。

本书以 Inter8086 微处理器为主要对象，从应用角度系统地介绍了微型计算机的基本原理和接口技术。全书共分 11 章，主要内容包括：微型计算机系统概述、计算机中数据的表示、8086 微处理器、80x86 指令系统、存储器、输入/输出接口技术、中断技术、可编程定时器/计数器、可编程并行接口芯片 8255A、串行通信及可编程串行接口芯片 8251A、数/模转换及模/数转换，每章配有习题。

本书的主要特点是：

(1) 例题丰富，重点突出，难点分散，形式多样。本书以应用为主，在例题、接口电路等选择上，尽量考虑与实际工程应用相结合，插入了大量的电路连接图、结构图、时序图和详细的分析说明。

(2) 注重基础性、系统性和新颖性。本书作者结合多年的教学实践，力求在微机的软、硬件技术结合上做到循序渐进，深入浅出地阐述微型计算机系统的工作原理与实际应用。

(3) 本书对所举全部实例都有详细的分析和注释。在介绍每一种接口的基本原理和工作方式的基础上，以大量的应用实例分析说明应用技术的要点，并通过加强习题练习、实验环节和课程综合设计项目的实践教学，使学生在牢固掌握微机原理的基础上，具有一定的微机接口设计能力和较强的接口系统应用能力。

本书由何宏教授任主编，潘红艳、苏梅、李丽任副主编，参加本书编写工作的人员还有李荭娜、卢晋、韩芳芳、周浥、李鹏海、宋殿友等，全书由何宏教授统稿审定。张志宏、汤璐、贾衡天、崔欣、李伟、孙虹等同志为本书的绘图做了大量的工作，在此一并向他们表示衷心感谢。

由于计算机技术的发展日新月异，新技术层出不穷，加之时间仓促和编者水平有限，不当之处在所难免，敬请各位读者和专家批评指正。

编 者

2008年11月

目 录

第1章 微型计算机系统概述..... 1	3.5.1 系统的复位和启动操作 39
1.1 概述 1	3.5.2 最小模式系统基本操作时序 40
1.2 微型计算机分类 1	3.5.3 最大模式系统基本操作时序 45
1.3 微型计算机的系统 2	习题 50
1.3.1 硬件系统 2	第4章 80x86 指令系统..... 51
1.3.2 微处理器的内总线结构 4	4.1 指令寻址方式 51
1.3.3 引脚的功能复用 5	4.1.1 操作数类型 51
1.3.4 流水线技术 6	4.1.2 有效地址 EA 和段超越 51
1.3.5 软件系统 7	4.1.3 寻址方式 52
习题 8	4.2 指令系统 56
第2章 计算机中数据的表示 9	4.3 80x86/Pentium 指令系统..... 93
2.1 计算机中的数制 9	习题 96
2.2 计算机中数据的表示方法 13	第5章 存储器 102
2.3 计算机中非数值数据信息表示 19	5.1 存储器概述 102
习题 22	5.1.1 存储器的分类 103
第3章 8086 微处理器 23	5.1.2 半导体存储器的性能指标 103
3.1 8086 CPU 结构与特点 23	5.1.3 存储器的基本结构 104
3.1.1 执行部件(EU) 24	5.2 随机存储器 105
3.1.2 总线接口部件(BIU)..... 25	5.2.1 静态随机存储器 106
3.1.3 8086CPU 指令的流水线 25	5.2.2 动态随机存储器 108
3.1.4 8086CPU 的内部寄存器 26	5.3 只读存储器 111
3.2 8086 的总线周期概述 29	5.3.1 只读存储器的结构 111
3.3 8086 的工作模式和引脚特性 30	5.3.2 只读存储器的分类 112
3.3.1 8086 系统工作模式 30	5.3.3 典型 PROM 芯片简介 114
3.3.2 8086 的引脚特性 31	5.4 高速缓存存储器(Cache)..... 116
3.4 8086CPU 系统结构 34	5.4.1 Cache 存储器原理 116
3.4.1 典型相关部件(芯片)介绍..... 34	5.4.2 Cache 存储器组织 118
3.4.2 最小模式系统组成 35	5.5 半导体存储器与 CPU 的连接 121
3.4.3 最大模式系统组成 37	5.5.1 需要考虑的问题 121
3.4.4 8086 系统中存储器的分体结构 38	5.5.2 存储器容量扩充 123
3.5 8086 CPU 的基本操作时序 39	习题 127

第 6 章 输入/输出接口技术	128	8.3.2 引脚信号	176
6.1 输入/输出接口	128	8.3.3 8253 计数器的计数启动方式和 计数结束方式	177
6.1.1 接口的基本概念	128	8.3.4 8253 的方式控制字	177
6.1.2 接口的功能	129	8.3.5 8253 的工作方式	178
6.1.3 接口信息	130	8.4 定时器/计数器应用实例	183
6.1.4 I/O 接口的结构	131	8.4.1 8253 的编程逻辑	183
6.1.5 端口及编址方式	131	8.4.2 8253 的实际应用	184
6.1.6 简单的 I/O 接口	132	习题	188
6.2 CPU 与外设之间的数据传输方式	136	第 9 章 可编程并行接口芯片 8255A	190
6.2.1 程序控制的输入和输出	136	9.1 并行接口的特点	190
6.2.2 中断控制的输入和输出	140	9.2 可编程并行接口芯片 8255A	191
6.2.3 直接存储器存取(DMA)方式	141	9.3 8255A 的应用举例	199
习题	142	9.3.1 键盘	199
第 7 章 中断技术	143	9.3.2 LED 数字显示	203
7.1 中断系统	143	9.3.3 点阵 LED 显示器	206
7.1.1 中断的概念及其作用	143	9.3.4 打印机接口	212
7.1.2 中断处理系统	144	习题	216
7.2 80x86 中断结构	147	第 10 章 串行通信及可编程串行 接口芯片 8251A	218
7.2.1 中断分类	147	10.1 串行通信	218
7.2.2 中断管理过程	148	10.1.1 串行通信的数据传送方式	218
7.2.3 中断向量和中断向量表	150	10.1.2 串行通信的两种基本工作方式	218
7.2.4 8086 的中断	151	10.1.3 波特率及收发端的同步	221
7.2.5 中断程序设计	154	10.1.4 串行通信接口芯片与数据校验	222
7.3 中断控制器 8259A	157	10.1.5 信号的调制与解调	224
7.3.1 8259A 的功能	158	10.2 可编程串行接口芯片 8251A	225
7.3.2 8259A 的内部结构和引脚特性	158	10.2.1 8251A 的基本工作原理	225
7.3.3 8259A 的工作方式	161	10.2.2 8251A 的引脚特性	227
7.3.4 控制字和初始化编程	163	10.2.3 8251A 的控制字和状态字	229
7.3.5 8259A 的级连	170	10.2.4 8251A 的初始化编程	232
习题	172	10.2.5 8251A 的应用示例	233
第 8 章 可编程定时器/计数器	173	10.3 常用串行接口介绍	234
8.1 概述	173	10.3.1 传统串行接口标准 ——EIA RS-232C	235
8.2 可编程定时/计数器的工作原理	174	10.3.2 EIA 其他接口标准	237
8.2.1 基本功能	174	10.3.3 USB 通用串行总线标准	239
8.2.2 基本工作原理	174		
8.3 可编程定时/计数器 8253	175		
8.3.1 内部结构	175		

10.3.4 IEEE-1394 总线.....	240	11.4.2 A/D 转换器的主要技术参数	251
习题	241	11.5 常用 A/D 转换芯片的使用	251
第 11 章 数/模(D/A)转换及模/数(A/D)		11.5.1 8 位 ADC 芯片——ADC0809	251
转换	242	11.5.2 12 位 ADC 芯片——AD574	254
11.1 概述	242	习题	257
11.2 D/A 转换原理	243	附录 I 指令系统表	258
11.2.1 D/A 转换的工作原理	243	附录 II 指令对标志位的影响	263
11.2.2 D/A 转换器的主要性能指标	243	附录 III 中断向量地址表	264
11.3 常用 D/A 转换芯片的使用	244	附录 IV DOS 功能调用表(INT 21H)	265
11.3.1 8 位 DAC 芯片——DAC0832	244	附录 V BIOS 中断调用表	270
11.3.2 12 位 DAC 芯片——AD567	247		
11.4 A/D 转换原理	249	参考文献	274
11.4.1 常用 A/D 转换方法	249		

第1章 微型计算机系统概述

1.1 概 述

世界上第一台电子计算机诞生于 1946 年 2 月 15 日,它是美国宾夕法尼亚大学莫尔学院电机系莫克利(J. Mauchly)教授及其同事们研制成功的 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer, 电子数值积分和计算机)。ENIAC 采用十进制运算,电路结构十分复杂,使用 18 000 多个电子管,运行时耗电量达 150 kW,体积庞大,有 85 立方米,占地面积 150 平方米,重 30 吨。它只能存储 750 条指令,每秒钟只能进行 360 次乘法运算,价值 40 多万美元。ENIAC 的出现标志着人类的计算工具进入了一个新的时代,是人类文明发展史中的一个里程碑。

从第一台电子计算机问世至今,不过 60 多年的历史。然而它发展之迅速,普及之广泛,对整个人类社会和科学技术影响之深远,是任何其他学科所不及的。60 多年来,计算机的发展经历了从电子管、晶体管、集成电路到大规模和超大规模集成电路(VLSI)计算机的发展历程,运算速度达每秒数百亿次甚至数千亿次的巨型机也已投入运行。计算机已从早期的数值计算、数据处理发展到目前的进行知识处理的人工智能阶段,不仅可以处理文字、字符、图形图像信息,而且可以处理音频、视频信息,它正向智能和多媒体计算机方向发展。

微型计算机由微处理器、存储器、输入/输出设备与接口和其他支持逻辑部件组成,完全包含了冯·诺依曼计算机体系结构中的五个部件,它们彼此通过系统总线(地址总线 AB、数据总线 DB 和控制总线 CB)连接起来。将微型计算机配置相应的系统软件、应用软件及外部设备等,则可构成一个完整的微型计算机系统(Microcomputer System)。微型计算机的出现,为计算机技术的发展和普及开辟了崭新的途径,是计算机科学技术发展史上的又一个新的里程碑。

本书以典型的 CPU8086 作为研究学习对象。CPU8086 是一个标准的 16 位 CPU,与 32 位 CPU 的代表 80386 是一脉相承的,也是学习高档微型计算机 386、486、Pentium(中文译名为奔腾)、P II(奔腾二代)无法逾越的台阶。

1.2 微型计算机分类

微型计算机可以从不同的角度进行分类,按微处理器的位数,可分为 1 位、4 位、8 位、

16 位、32 位和 64 位机等；按功能和结构，可分为单片机和多片机；按组装方式，可分为单板机和多板机。

利用大规模集成电路工艺将微型计算机的三大组成部分——CPU、内存和 I/O 接口集成在一片硅片上，这就是单片机(Single-Chip Computer)。使用专用开发装置可以对它进行在线开发。单片机在工业过程控制、智能化仪器仪表和家用电器中得到广泛的应用。

若将微型计算机的 CPU、内存和 I/O 接口电路安装在一块印制电路板上就组成了单板机。单板机结构简单，价格低廉，性能较好，经过开发后，可用于过程控制、各种仪器仪表、单机控制、数据处理等。

多板机由主板及插在主板上的多个电路板(如：显示卡、声卡、多功能卡、网卡等)组成，微型计算机就是多板机。

1.3 微型计算机的系统

目前的各种微型计算机系统，无论是简单的单片机、单板机系统，还是较复杂的个人计算机系统，从概念结构上来说都是由运算器、控制器、存储器和输入/输出设备等几个部分组成的。但在具体实现上，这些组成部分往往又合并或分解为若干个功能模块，分别由不同的部件予以实现。

从系统的组成上看，一个微型计算机系统包括硬件和软件两大部分。

1.3.1 硬件系统

微型计算机的硬件主要由微处理器(CPU)、存储器、I/O 设备和 I/O 接口组成，各组成部分之间通过地址总线(AB, Address Bus)、数据总线(DB, Data Bus)、控制总线(CB, Control Bus)连接在一起。AB、DB 和 CB 这三者统称为系统总线，如图 1-1 所示。

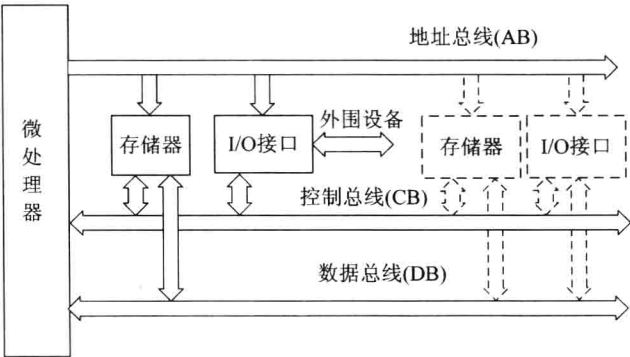


图 1-1 微型计算机的总线结构

1. 微处理器

微处理器(CPU)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。

2. 存储器

存储器(Memory)用来存放程序指令、处理数据和运算结果及各种需要计算机保存的信息(统称为信息)。存储器分为随机存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。随机存储器(RAM)中的内容可以读出,也可以写入,所以也称为读/写存储器。它里面存放的信息会因断电而消失,因此又叫做易失性存储器。只读存储器(ROM)是一种一旦写入信息之后,就只能读出而不能改写的固定存储器。断电后,ROM中存储的信息仍保留不变,所以,ROM是非易失性存储器。

3. I/O 设备和 I/O 接口

I/O 设备是指微型计算机上配备的输入/输出设备(称为 I/O 设备或外设),其功能是为微型计算机提供具体的输入/输出手段。

常见的 I/O 设备有键盘、鼠标、扫描仪、麦克风、CRT 显示器、打印机、绘图仪、调制解调器、软/硬盘驱动器、光盘驱动器、模/数转换器、数/模转换器等。

I/O 接口是用于连接 I/O 设备的接口。

4. 系统总线

总线是传输信号的一组导线,作为微机各部件之间信息传输的公用通道。一个部件只要符合总线标准,就可以连接到使用这种总线标准的系统中。这样的结构使得系统中各功能部件之间的相互关系变成了各个部件面向总线的单一关系,这样不仅简化了整个系统,而且使系统的进一步扩展变得非常方便。总线结构这种模块化(或称为积木化)特点使得微机系统部件的组成相当灵活,实现起来也相当简捷。

总线对微机系统的构成产生了很大影响,称做微机系统的“规则”或“结构法”。微机的核心部件是微处理器,所以微机的总线以微处理器为核心可以分为:

(1) 内总线,泛指芯片内部总线,这里专指微处理器芯片内部的总线,由它实现微处理器内部各功能单元电路之间的互相连接。

(2) 系统总线,是指微机主板或单板机上以微处理器芯片为核心的、芯片与芯片之间的连接总线。图 1-1 所示的就是微机的系统总线结构,简称为总线结构。

微处理器通过系统总线实现和其他组成部分的联系。总线就好似整个微机系统的“中枢神经”,把微处理器、存储器和 I/O 接口电路(外部设备与微型计算机相连的协调电路)有机地连接起来,所有的地址、数据和控制信号都经过总线传输。

微机的系统总线按功能分成三组,即数据总线(DB, Data Bus)、地址总线(AB, Address Bus)和控制总线(CB, Control Bus)。所以系统总线结构也称为三总线结构。

1) 数据总线

数据总线(DB)是传输数据或代码的一组通信线,其宽度(总线的根数)一般与微处理器的字长相等。例如,16 位微处理器的 DB 有 16 根,分别以 $D_{15} \sim D_0$ 表示, D_0 为最低位数据线。DB 上的数据信息在微处理器与存储器或 I/O 接口之间的传送可以是双向的,即 DB 上既可以传送读信息,也可以传送写信息(注意:微型计算机讲到的“读”或“写”都是以微处理器为主导地位而言的)。

2) 地址总线

地址总线(AB)是传输地址信息的一组通信线，是微处理器访问外界时用于寻址的总线。AB 总线是单向的，其根数决定了可以直接寻址的范围。例如，8 位微处理器的 AB 有 16 根，分别用 $A_{15} \sim A_0$ 表示， A_0 为最低位地址线。 $A_{15} \sim A_0$ 可以组合成 $2^{16}=65\,536(64K)$ 个不同地址值，可寻址范围 $0000H \sim FFFFH$ 。

3) 控制总线

控制总线(CB)是传送各种控制信号的一组通信线。控制信号是微处理器和其他芯片间相互联络或控制时使用的。其中包括微处理器发给存储器或 I/O 接口的输出控制信号，如，读信号 RD、写信号 WR 等，还包括其他部件送给微处理器的输入控制信号，如时钟信号 CLK、中断请求信号 INTR 和 NMI、准备就绪信号 READY 等。控制信号间是相互独立的，其表示方法采用能表明含义的缩写英文字母符号。若符号上有一横线，表示负逻辑有效，否则为正逻辑有效。

1.3.2 微处理器的内总线结构

由于受到大规模集成电路工艺的约束，微处理器在芯片面积、引脚、速度等方面受到严格限制。因此，绝大多数微处理器内部均采用单总线结构，即内部所有单元电路都挂在内部总线上，分时使用总线。图 1-2 给出了一个典型的 8 位微处理器的内部结构。

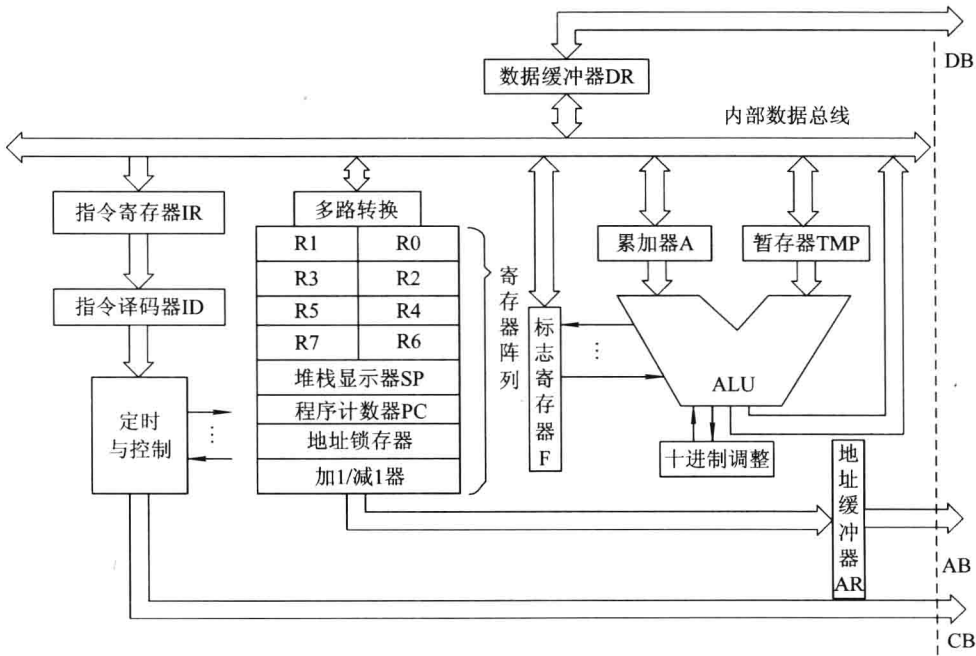


图 1-2 典型的 8 位微处理器的内部结构

微处理器是微型计算机的核心。尽管各种微处理器的内部结构和性能指标有所不同，但都具有基本的共同点。

首先，微处理器一般都具备下列功能：

- (1) 可以进行算术运算和逻辑运算;
- (2) 可以保存少量数据;
- (3) 能对指令进行译码并执行规定的动作;
- (4) 能提供整个系统所需要的定时和控制时序;
- (5) 可以响应其他部件发来的中断请求。

另外, 微处理器在内部结构上除了内总线外还包括下面这些部分:

- (1) 算术逻辑部件(ALU);
- (2) 累加器和寄存器阵列;
- (3) 程序计数器(指令指针)、指令寄存器、译码器和状态寄存器;
- (4) 时序和控制部件;
- (5) 总线缓冲器。

ALU 由并行加法器和其他逻辑电路组成, 能完成二进制信息的算术、逻辑运算和其他一些操作。它以累加器、暂存器中的内容为操作数, 有时还包括状态寄存器中的内容。操作结果送回累加器, 与此同时把表示操作结果的一些标志保存到状态寄存器中。

寄存器阵列是微处理器的内部临时存储单元, 用来暂时存放微处理器可以直接处理的数据或地址, 减少访问存储器的次数, 提高处理速度。每个寄存器都和内部数据总线进行双向连接, 由多路转换器确定哪个寄存器参加工作。寄存器数目的多少, 由微处理器的体系结构而定。

程序计数器是专门用来存放下一条执行指令的地址。由于程序一般存放在内存的一个连续区域, 每当取出现行指令后, 程序计数器自动加 1(转移时除外), 以指向下一条指令的地址。仅当执行转移指令时, 程序计数器内容才由转移地址取代, 从而改变程序执行的正常次序, 实现程序转移。指令寄存器存放从内存中取出的指令码。指令译码器则对指令码进行译码和分析, 从而确定指令的操作性质, 产生相应操作的控制电位, 送到时序和控制逻辑电路。

时序和控制部件将译码产生的各种控制电位按时间或节拍发出执行指令所需要的控制信号, 指挥微型计算机的相应部件有条不紊地完成指定的操作。

总线缓冲器是微型计算机数据或地址信号的进出口, 用来隔离微处理器的内部总线和外部总线, 并提供附加的总线驱动能力。数据总线缓冲器是双向三态缓冲器, 地址总线缓冲器是单向三态缓冲器。

1.3.3 引脚的功能复用

由于工艺技术和生产成本的考虑, 微处理器的封装尺寸和引脚数受到限制, 影响了微处理器使用的方便性。8086 之前的微处理器引脚数一般是 40 条。随着微处理器字长和寻址能力的增加, 引脚越来越不够用了。为了弥补引脚的不足, 微处理器的部分引脚设计采用了功能复用技术, 即一条引脚有一个以上用途, 以此达到“扩充”引脚数的目的。比如, DB 的双向传送能力就是引脚功能复用的一例。再比如, 只有 40 个引脚的 16 位微处理器 8086, 它可直接寻址 1 MB 存储器, 那么 AB 总线需要 20 根。如果 DB 总线再单独占用 16 根, 再加上 CB 总线, 显然芯片的引脚就不够用了。系统将 AB、DB 分时使用微处理器的

同一组引脚，也就是让微处理器 8086 的 20 条引脚具有两个功能，即在某时刻它们传送地址信息，而在另一时刻它们其中的 16 条引脚传送数据信息。图 1-3 给出了 8086 微处理器引脚功能复用的示意图。

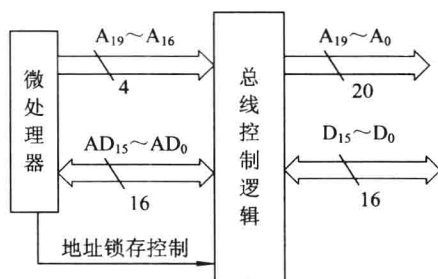


图 1-3 8086 微处理器引脚的功能复用

功能复用的引脚必须分时使用总线才能区分功能，以达到节约引脚的目的。然而，引脚的功能复用却延长了信息传输时间，同时要增加相应的辅助电路，增加了系统的复杂性。

1.3.4 流水线技术

随着超大规模集成电路(VLSI)技术的出现和发展，芯片集成度显著提高，使得过去在大、中、小型计算机中采用的一些现代技术，例如，流水线技术、高速缓冲存储器、虚拟存储器等，下移到微机系统中。特别是流水线技术的应用，使得微机的运行模式发生了变革。

所谓流水线技术就是一种同时(或称同步)进行若干操作的处理方式。这种方式的操作过程类似于工厂的流水线作业装配线，故形象地称之为流水线技术。

计算机都采用程序存储和程序控制的运行方式。传统上，程序指令顺序地存储在存储器中，当执行程序时，这些指令被相继地逐条取出并执行，也就是说指令的提取和执行是串行进行的。这种串行运行方式的优点是控制简单，但计算机各部分有时会出现空闲而利用率不高，这是传统计算机工作模式的主要局限。为了使运行速度更高，除了采用更高速度的半导体器件和提高系统时钟频率以外，另一个解决方法是使 CPU 采用同时进行若干操作的并行处理方式。

如果把计算机 CPU 的一个操作过程(分析指令、加工数据等)进一步分解成多个单独处理的子操作，使每个子操作在一个专门的硬件站(Stage)上执行。这样一个操作顺序地经过流水线中的多个站的处理，而且前后连续的几个操作依次流入流水线后，可以在各个站间重叠进行得以完成。这种操作的重叠性提高了 CPU 的工作效率。

下面以“取指令—执行指令”一个工作周期中要完成的若干个操作为例来说明流水线工作流程。

在串行运行方式中，一个工作周期顺序完成以下操作：

- (1) 取指令 —— CPU 根据指令指针所指到的存储器寻址，读出指令并送入指令寄存器；
- (2) 指令译码 —— 指令进行译码，而指令指针进行增值，指向下一条指令地址；

(3) 地址生成 —— 很多指令要访问存储器或 I/O 接口，那就必须给出存储器或 I/O 接口的地址，地址在指令中或者经过某些计算得到；

- (4) 存取操作数——当指令要求存取操作数时, 按照生成的地址寻址, 并存取操作数;
- (5) 执行指令——由 ALU 完成指令操作。

流水线运行方式就可能使上述某些操作重叠。比如, 把取指令和执行指令(甚至再加上指令译码)操作重叠起来进行, 但可以预先取若干指令, 并在当前指令尚未执行完时, 提前启动另一些操作。这样并行操作可以加快一段程序的运行。

流水线技术的实现必须要增加硬部件。例如, 上述“取指令—执行指令”的重叠, 要采用预取指令操作, 就需要增加硬部件来取指令, 并把它存放到一个排队队列中, 使微处理器能同时进行取指令和执行指令操作。再比如, 让微处理器中含有两个 ALU, 一个主 ALU 仅用于进行算术、逻辑等操作, 另一个 ALU 专用地址生成, 这样可以使地址的计算和其他操作同时进行。

流水线技术已广泛应用于 16 位以上的微型机, 有指令流水线技术、运算操作流水线技术、寻址流水线技术等一系列应用。它主要是加快了取指令和访问存储器的操作, 在某些情况下, 使运行的速度达到数量级增长。但是由于不同的指令运行时间不一样长, 流水线技术受到最长步骤所需时间的限制。此外, 要保证流水线有良好性能, 必须要有一系列有效的流水线协调管理和避免阻塞等技术的支撑。

1.3.5 软件系统

软件系统包括系统软件和应用软件两大类。

1. 系统软件

系统软件主要包括操作系统(OS)和系统实用程序。操作系统是一套复杂的系统程序, 用于管理计算机的硬件与软件资源、进行任务调度、提供文件管理系统、人机接口等。操作系统还包含了各种 I/O 设备的驱动程序。

系统实用程序包括各种高级语言的翻译/编译程序、汇编程序、数据库系统、文本编辑程序以及诊断和调试程序, 此外还包括许多系统工具程序等。

操作系统一般都有一个通用的系统程序库, 用户还可以建立自己的程序库(一组子程序)。程序库中的子程序可附在任何系统程序或用户程序上, 以供调用。把待执行的程序与程序库及其他已翻译好的程序连接起来成为一个整体的准备程序称为连接程序。另一种准备程序是用来把待执行的程序加载到内存中, 称为装入程序。有时, 连接与装入功能可合成为一个程序。

2. 应用软件

应用软件是用户为解决各种实际问题(如数学计算、检测与实时控制、音乐播放等)而编制的程序。从大的方面来讲, 它可以是面向数据库管理、面向计算机辅助设计、面向文字处理的软件或软件包; 从小的方面来说, 它可以是为某个单位、某项工作的具体需要而开发的软件。

应当指出, 硬件系统和软件系统是相辅相成的, 共同构成微型计算机系统, 缺一不可。现代计算机的硬件系统和软件系统之间的结合非常重要, 总的趋势是两者统一融合, 在发展中互相促进。

习 题

- 1-1 什么叫微处理器？
- 1-2 什么叫微型计算机？
- 1-3 什么叫微型计算机系统？

第2章 计算机中数据的表示

计算机是一个典型的数字化设备,它只能识别0和1。所有计算机都是以二进制形式进行算术运算和逻辑操作的。

2.1 计算机中的数制

在人们应用各种数字符号表示事物个数的长期过程中,形成了各种计数制。进位计数制就是一种常用的计数方法,微型计算机中常用的进位计数制有十进制、二进制和十六进制三种。

1. 十进制数

十进制是大家很熟悉的进位计数制,它有0,1,2,3,4,5,6,7,8和9共十个数字符号。数字符号的个数称为基数,故十进制的基数为10。十进制数通常具有如下两个基本特征:

- (1) 具有十个不同的数字符号,即0,1,2,3,4,5,6,7,8和9。
- (2) 在加法中采用逢十进位的原则。

任何一个十进制数都可以展开为幂级数形式。一个有 n 位整数和 m 位小数的十进制数 N 可以表示为

$$\begin{aligned} N &= \pm [a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + a_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m}] \\ &= \pm \sum_{i=n-1}^{-m} a_i \times 10^i \end{aligned}$$

式中,指数 10^k 在数学上称为权,10为它的基数; i 表示数中任何一位,是一个变量; a_i 表示第 i 位的数码,可取0~9之间的任意数字字符; n 为该十进制数整数部分的位数; m 为小数部分的位数。整数部分中每位的权的幂是该数所在的位数减1;小数部分中每位的权的幂是该位小数的位数。

2. 二进制数

以2为基数的计数制叫做二进制计数制,简称二进制数。二进制数通常具有如下两个基本特征:

- (1) 具有两个不同的数字符号,即0和1;
- (2) 在加法中采用逢二进位的原则。

一个有 n 位整数和 m 位小数的二进制数 N 可以表示为