

教育部规划教材

中等职业学校电子电器专业

(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

微处理器及其在家用电器中的应用

(第二版)

全国中等职业学校电子电器专业教材编写组编

何文生 主编



高等教育出版社

教育部规划教材

中等职业学校电子电器专业
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

微处理器及其在家用电器中的应用

(第二版)

全国中等职业学校电子电器专业教材编写组编
何文生 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业学校电子电器专业教育部规划教材,本书参照中等职业学校电子电器专业教学基本要求和相关行业职业鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写。

主要内容有:微处理器概述、微型计算机组成、原理及外部设备,单片机的结构、原理及程序设计,单片机在电视机、音响设备、冰箱、空调、洗衣机、热水器等家用电器上的应用等。

本书可作为中等职业学校电子电器专业教材,也可作为相关行业岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

微处理器及其在家用电器中的应用/何文生主编.

2版. —北京:高等教育出版社,2003.8

ISBN 7-04-011789-4

I.微... II.何... III.微处理器-应用-日用电气器具-专业学校-教材 IV.TM925

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 043459 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京机工印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 12.25
字 数 290 000

版 次 1997 年 7 月第 1 版
2003 年 8 月第 2 版
印 次 2003 年 8 月第 1 次印刷
定 价 15.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书是职业教育与成人教育司组织编写的中等职业学校电子电器专业系列教材之一,是教育部规划教材。

本书以微处理器为核心部件,突出微处理器的基本概念,力求体现“浅、用、新”、“由小到大”和“循序渐进”的特点。从应用角度介绍以微处理器为核心的微型计算机、单片机、单板机的基本原理及其在家用电器中的应用,也通俗地介绍了家用电器的远程控制。通过分析几类家用电器控制方式、方法,介绍对家用电器实施控制、进行故障检查及维修的方法。在编写过程中,力求使本书更精练、中心更突出,更能体现以“能力为本位”的教学指导思想,更易为职业学校广大师生所接受。通过学习和实践,使学生能分析并排除家用电器常见故障。

全书共分四章:第1章微处理器概述;第2章微型计算机,主要讲述微型计算机组成原理、微型计算机的外部设备、单板微型计算机;第3章单片机及其应用,内容讲述单片微型计算机的基本结构、工作原理及程序设计举例;第4章单片机在家用电器中的应用,内容包括单片在彩色电视机、组合音响、电冰箱、洗衣机、空调器、电饭锅、热水器、电磁炉等日常家用电器中的应用,最后介绍单片机在 Internet 上的应用。

全书贯彻理论联系实际的原则,内容丰富、重点突出、结构清晰、通俗易懂。与第一版相比,保留了第一版具有较强系统性和可操作性的特色,并对应用内容进行增补。使本书在教学上更具时代性和指导性。

本教材基本课时为 60,各章教学时数如下:

第一章	微处理器概述	8
第二章	微型计算机	28
第三章	单片机及其应用	10
第四章	单片机在家用电器中应用	14

其中理论部分 39 课时,实验训练 12 课时,实习 3 课时,机动 2 课时。

本书由何文生任主编,参加编写的有何文生、邬家炜、刘飞岸。在编写过程中,承蒙广州市电子信息学校王希阳老师对本书稿提出宝贵意见,顺致谢意。本书可作为职业学校电子电器专业学习微处理器、微型计算机以及单片机的教材;也可作为成人中专、技工学校等中等职业学校专业课教材;对于微机与程控家用电器使用者,也是一本较好的自学读物。

由于电子技术发展日新月异,编者水平有限,错误和不当之处在所难免,恳请广大师生不吝赐教。

编 者
2002 年 10 月

目 录

第1章 微处理器概述	1	三、存储器的主要性能指标	43
1.1 微处理器的发展和特点	1	四、存储器的多级结构	44
一、微处理器的发展	1	五、存储器的连接	45
二、微处理器的特点	3	2.4 指令系统	46
三、微处理器的主要性能指标	4	一、程序设计语言概述	47
四、现代微处理器的新功能	4	二、8088 汇编指令系统	48
五、微处理器及微型计算机系统的概念	5	三、汇编程序	61
1.2 微处理器的基本结构与工作原理	6	2.5 微型计算机的中断系统	62
一、微处理器的基本结构	6	一、中断的基本概念	62
二、指令的执行过程	8	二、程序中中断的处理过程	62
三、典型的微处理器	8	三、8088 的中断系统	63
四、微处理器中的新功能部件	15	2.6 微型计算机系统总线	64
五、微处理器采用的新技术	16	一、ISA 总线	64
六、微处理器的运算速度	17	二、EISA 总线	65
1.3 数的运算及代码	18	三、VESA 局部总线(VL 总线)	65
一、数制	18	四、PCI 总线	66
二、机器代码与编码	20	五、AGP 总线	67
三、原码、反码、补码	24	六、通用串行总线(USB)	67
四、数的定点表示与浮点表示	25	2.7 微型计算机输入/输出与接口	68
习题与思考	27	一、输入/输出接口	68
第2章 微型计算机	31	二、微型计算机与外设的通信方式	69
2.1 微型计算机的发展与特点	31	2.8 微型计算机的外部设备	72
一、计算机的发展	31	一、键盘与鼠标器	72
二、微型计算机的发展	32	二、CRT 显示器和显示卡	74
三、微型计算机的特点与应用	33	三、打印机	76
四、微型计算机的分类	34	四、软盘驱动器	77
五、微型计算机主板结构与分类	34	五、硬盘驱动器	79
2.2 微型计算机的组成与工作原理	36	六、光盘驱动器	82
一、微型计算机的硬件组成	36	七、新一代存储设备	86
二、微型计算机系统	38	2.9 单板微型计算机简介	88
三、微型计算机的主要技术指标	39	一、微处理器	89
四、微型计算机的工作过程	40	二、存储器	89
2.3 微型计算机的存储器	41	三、I/O 接口	90
一、存储器的功能	41	四、单板微型计算机的操作与使用	91
二、存储器的分类	41	习题与思考	93

第3章 单片机及其应用	100	习题与思考	133
3.1 单片微型计算机	100	第4章 单片机在家用电器中的应用	135
一、什么是单片机	100	4.1 单片机在彩色电视机中的应用	135
二、典型的单片机结构	100	一、系统的组成	135
3.2 单片机的结构	100	二、工作原理	135
一、单片机的外部特性	101	4.2 单片机在组合音响中的应用	139
二、单片机的内部结构和特性	103	一、系统的组成	139
3.3 中央处理器 CPU	104	二、数字调谐器的应用	141
一、运算器	104	4.3 单片机在电冰箱中的应用	141
二、控制器	104	一、系统的组成	141
三、特殊功能寄存器	106	二、电冰箱控制器的硬件电路	141
3.4 存储器的组织结构	107	4.4 单片机在洗衣机中的应用	143
一、程序存储器	108	一、什么是模糊控制	143
二、数据存储器	108	二、洗衣机模糊控制系统	143
三、特殊功能寄存器	110	三、模糊控制洗衣机的单片机工作原理	145
四、寻址方式	111	四、系统的软件	145
3.5 定时器/计数器	112	4.5 单片机在分体式空调器中的 应用	149
一、定时器/计数器0和1的结构	112	一、分体式空调器的控制功能	149
二、定时器/计数器0和1的四种 工作方式	114	二、分体式空调器控制系统的组成	149
3.6 并行输入/输出接口	116	三、控制器的硬件电路	150
一、P0口	116	四、控制器的软件	151
二、P1口	117	4.6 单片机在电饭锅中的应用	155
三、P2口	117	一、煮饭的工艺过程	156
四、P3口	118	二、工艺过程的控制	156
3.7 串行输入/输出接口	119	三、电饭锅的单片机控制器硬件电路	157
一、串行口的控制	119	四、模糊电饭锅的控制软件	158
二、串行口的工作方式	120	4.7 单片机在电磁灶中的应用	159
3.8 中断系统	122	一、电磁灶工作过程	159
一、中断源	122	二、电磁灶控制系统	160
二、中断控制	122	三、电磁灶的单片机控制器硬件电路	160
三、中断优先级	122	四、电磁灶的控制软件	161
四、中断的响应过程	123	4.8 单片机在电热水器中的应用	163
3.9 指令系统	123	一、电热水器的功能	163
一、指令系统的分类	123	二、系统结构	164
二、指令系统表	124	三、系统的硬件设计	164
3.10 程序设计举例	128	四、控制器软件设计	168
一、简单程序设计	128	习题与思考	169
二、条件及无条件转向控制程序设计	129	附录一 8088 指令系统	170
三、循环程序	130	附录二 Z80 指令系统	173
四、程序设计的应用	131		

第 1 章 微处理器概述

电子计算机问世以来,主要用于数值计算、数据信息处理等领域。自从微处理器(机)MPU (Micro Processor Unit)出现之后,微电脑的应用,空前广泛地深入到社会生活的各个领域,从人造卫星到日常生活,从科学计算到儿童玩具,都有微处理器的踪迹,几乎有无孔不入之势,极大地促进了社会信息化的进程。“惊人的发展,广泛的应用”是近 20 年来微处理器发展的主要特点。

本章主要介绍微处理器的发展及其基本结构。

1.1 微处理器的发展和特点

由于微处理器的广泛应用,促进了它的迅猛发展。目前,微处理器大部分均采用 MOS 工艺。

一、微处理器的发展

1971 年 Intel 公司设计成一种灵活的可编程序的单片微处理器,其功能相当于电子计算机中的运算器和控制器,也就是中央处理器(CPU),结果当年生产出世界上第一个微处理器——Intel4004。从而开创了微处理器及微型计算机的历史。至今,在短短的 20 年时间里,微处理器已开发出了四代产品。

第一代(1971 年~1973 年),以 Intel 公司的 4004 和 8008 为代表,是 4 位机和低档 8 位机,即数据线或运算器的位数为 4 位或 8 位。基本指令有 48 条,时钟频率在 500 kHz 以下,芯片集成度约 1 200~2 300 元件/片,运算速度较低。

第二代(1973 年~1978 年),出现了多种微处理器,如 Intel 公司的 8080/8085、Motorola 公司的 MC6800、Zilog 公司的 Z80 等,成为最典型的微处理器。其中,高档 8 位机,基本指令有 70 多条,时钟频率大于 1 MHz,芯片集成度约 4 500~9 000 元件/片,功能较强,在各个领域获得广泛应用,性能也大大优于第一代产品。

第三代(1978 年~1981 年),各厂家相继生产了 16 位微处理器。如 Intel 公司先后推出 8086、8088 芯片以及 MC6800,它们均是 16 位的微处理器,单片集成度达 $2 \times 10^4 \sim 68 \times 10^4$ 元件/片,功能较强,时钟频率为 4.77 MHz,运算速度迅速提高,有较强的指令系统,主要性能已达到低档小型机水平,应用更加广泛。

第四代(1981 年以后),自从 1984 年诞生了 80286 微处理器,标志着微处理器完成了一次新的飞跃。80286 微处理器主要是为要求高性能应用程序而设计的,与 8088、8086 向上兼容,采用了新的现代技术,由一片含有 134×10^3 个晶体管的 VLSI 芯片来完成,时钟频率由最初 6 MHz 逐步提高到 25 MHz 的 16 位微处理器。1985 年 Intel 公司又开发出了 80386 微处理器,它是 80X86 系列中的第一种 32 位微处理器,内含 275×10^3 个晶体管,时钟频率可达 33 MHz。1990 年推出的 80386SL 和 80386DL 则是低功耗、节能型芯片,主要用于便携机和节能型台式机。其

主要性能已相当于高档小型机,甚至接近中型机水平,应用领域正向高层次扩展。

1989年Intel公司又推出了32位的80486芯片,这种芯片突破了 1×10^6 个晶体管的界限,集成了 12×10^5 个晶体管。其时钟频率从50 MHz逐步提高到80 MHz。80486是将80386和数学协处理器80387以及一个8 KB的高速缓存集成在一个芯片内。

1993年Intel公司又推出了80586,其正式名称为Pentium(奔腾)。Pentium含有 3.1×10^6 个晶体管,时钟频率最初为66 MHz,后提高到100 MHz,其性能较80486提高了3~8倍。

Pentium引起的轰动尚未结束,1995年2、3月份Intel公司在世界各地举行的一系列产品介绍会上又介绍了它将要推出的新一代微处理器——P6。P6含有 5.5×10^6 个晶体管,时钟频率为133 MHz,处理速度几乎是100 MHz Pentium的2倍。P6的一级(片内)缓存为8 KB指令和8 KB数据缓存。应当指出的是,在P6的一个封装中除P6芯片外,还包括有一个256 KB的二级缓存芯片,两个芯片之间用高频宽的内部通信总线互连。其最引人注目的是,具有一项称为“动态执行”的创新技术,这是继Pentium在超标量体系结构上实现突破之后的又一次飞跃。

总之,随着微电子技术的进一步发展,在短短四分之一世纪内,微处理器的发展日新月异,令人难以置信。目前的Pentium比1981年用于第一台PC机的8088微处理器几乎要快300倍。可以说,人类的其他发明都没有微处理器发展得那么神速,影响得那么深远。Intel公司微处理器进展概况见表1-1。可见,每隔2~3年微处理器芯片集成度就提高一倍,数据位数增加一倍,性能大大提高,真可说是飞速发展,迅猛异常。

表 1-1 Intel 公司微处理器发展

芯片名	年代	集成度/晶体管	主频时钟 /MHz	线宽 / μm	数据总线宽 /bit	地址总线宽 /bit
4004	71	2 000	2	2	4	
8080	74	8 000	4	1.5	8	20
8086	78	3×10^4	5~8	1.5	16	24
80286	84	13×10^4	10	1~1.5	16	32
80386	85	27×10^4	33	1~1.5	32	32
80486	89	1×10^6	35~40	1	32	
Pentium	93	3×10^6	60~150	0.6	64	32
Pentium Pro (P6)	95	5.5×10^6	150~200	0.6	64	32
P II (P6 + MMX)	97	7.5×10^6	300~450	0.35	64	32
P III	99	8×10^6	600~1 000	0.25	64	32
P IV	2000	1×10^7	1.4 GHz	0.18	64	32

由表可见,随着制造工艺的改进,微处理器的集成度和性能都不断提高。如果用每秒执行的

百万条指令数(MIPS, Million Instructions Per Second)来粗略衡量微处理器的性能,则微处理器性能随时间的变化将大致如图 1-1 所示。

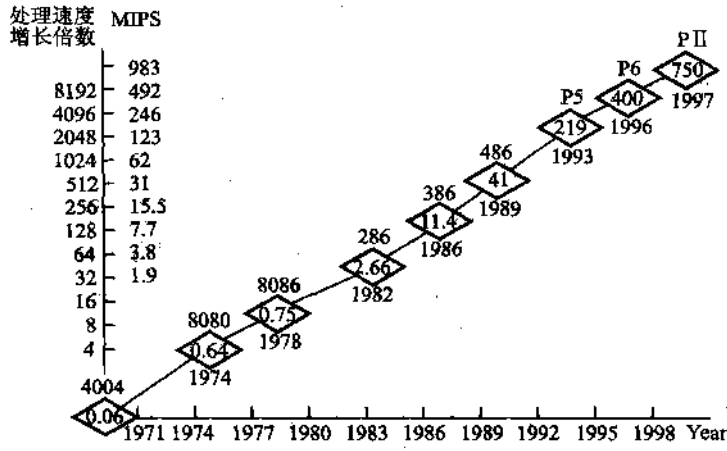


图 1-1 微处理器运算速度随年份变化图

二、微处理器的特点

微处理器能如此迅速发展和广泛应用,并不是偶然的,而是由于它具有许多独特而优越的特点。

1. 体积小、重量轻

微处理器采用大规模集成电路制成,因而体积小、重量极轻。一块微处理器就在一片集成电路芯片上,其体积比一张火车票还小,使得一些无法使用或装配计算机的设备均可采用微处理器作为控制器件。例如仪器仪表、电视机、录像机、照相机等。微处理器体积小这种特点是它能广泛得到应用的原因之一。

2. 批量大、价格低廉

性能价格比是目前衡量电子计算机优劣的概括性指标。长期以来,计算机在许多领域内无法广泛得以应用的重要原因就是其价格昂贵。微处理器之性能价格比大大优于一般的电子计算机。其集成度高,适合于工厂大批量生产,因此,产品造价十分低廉。据认为,集成度增加 100 倍,其价格也可降为同功能分立元件的 1/100。显然,微处理器良好的性能价格比,对使用者有着巨大的吸引力,对在各个领域的推广和应用是极为有利的。

3. 可靠性高、对环境要求低

由于微处理器芯片已系列化、标准化,芯片上可做出几万甚至几十万个元件,这就大大减少了大量的焊点、连线、接插件等不可靠因素,使可靠性大大增加,平均无故障时间可达几万小时甚至几十万小时。据有关资料估计,芯片集成度增加 100 倍,系统的可靠性也可增加 100 倍。对环境要求低,可使微处理器及其控制系统从机房的禁锢下解放出来。这也是它能被广泛应用的一个原因。

此外,微处理器还具有功耗低、灵活性高等特点。上述的所有特点使微处理器成了当今电子

产品中的佼佼者。

三、微处理器的主要性能指标

1. 时钟频率

时钟频率是微处理器在单位时间内发出的脉冲数,以兆赫(MHz)为单位。时钟频率越高,其运算速度就会越快。

时钟频率分为内部时钟频率和外部时钟频率(也叫总线时钟频率)。内部时钟频率反映了微处理器内部的数据传输速度,外部时钟频率则反映微处理器与外部数据的传输速度。早期微处理器内部时钟频率与外部时钟频率一致,后来出现了倍频技术,使得微处理器的内部时钟频率和外部时钟频率可以不一致, $\text{CPU 的内部频率} = \text{外频} \times \text{倍频}$ 。例如,如果外部时钟频率为 66 MHz,采用 3 倍频技术,则内部时钟频率将达到 200 MHz。

2. 数据总线宽度

数据总线宽度是指微处理器可以同时传输的数据位数。位数越多,速度越快,微处理器的性能就越好。数据总线宽度已从最初的 8 位发展到现存的 64 位。

3. 地址总线宽度

地址总线宽度决定了微处理器可以直接寻址的内存空间大小,位数越多,可直接寻址空间就越大。例如,32 位地址总线,可以直接寻址 4 GB。地址总线宽度已从最初的 8 位发展到现在的 32 位。

4. 高速缓冲存储器(Cache)

随着计算机技术的不断发展,微处理器的速度越来越快,但是计算机内存(一般采用 DRAM)的工作速度却没能迅速提高。SRAM 的工作速度虽然很快,但因价格太贵,不能用作内存。为了解决这个矛盾,进一步提高计算机的速度,采用了 SRAM 做高速缓冲存储器,简称高速缓存。一般把封闭在微处理器芯片内部的高速缓存叫一级高速缓存(L1 Cache),主板上的高速缓存叫二级高速缓存(L2 Cache),L1 Cache 主要用于暂时存储微处理器运算时的部分指令和数据,存取速度与微处理器主频一致,其容量越大,微处理器工作时与外存之间交换数据的次数就越少,相对计算机的运算速度就可以提高。

5. 指令集

在 Pentium - MMX 及 Pentium II / III / IV 中都增加了 MMX 指令集,MMX 技术是“多媒体扩展指令集”的缩写,是为增强微处理器在音像、图形和通信应用方面而采取的新技术,从而提高了计算机在多媒体方面的处理能力。

四、现代微处理器的新功能

微处理器是微型计算机的核心部件。芯片集成度迅速提高,为改进微处理器的性能创造了条件。作为 20 世纪 90 年代的主流微处理器,Intel 公司的奔腾系列集中了当代微处理器的主要特征。与早期广泛使用的 8 位微处理器相比,奔腾系列在性能上有了明显的提高,主要表现在以下方面:

1. 增强了指令系统的功能

(1) 8 位微处理器一般仅提供加法、减法等算术运算指令,如果要执行加、减以外的数据操

作,只能依靠“程序”。现代微处理器普遍能提供乘除运算、浮点运算、函数运算和字符串处理等指令,直接完成较复杂的数据操作。

(2) 为了适应处理多媒体数据的需要,现代微处理器直接在指令系统中扩充了多媒体处理指令。例如,奔腾系列中的 Pentium MMX、Pentium II / III 和 Pentium IV 等芯片就分别提供了许多条这类指令。

2. 提高了处理速度

(1) 随着集成度的提高,芯片电路的面积更小,速度更快,允许采用更高的时钟频率(亦称 CPU 主频)。奔腾系列使用的时钟频率可高达数百兆赫甚至几千兆赫,较 8 位 CPU 芯片提高了几个至几百个数量级。

(2) 早期微处理器的指令是按顺序方式串行执行的,在前一条指令执行完毕前,不能开始执行下一条指令。现代微处理器引用了流水线技术和超标量技术,在同一时间可执行多条指令。因此,过去完成一条指令要花多个时钟周期,现在一个时钟周期便可完成一条甚至多条指令。

(3) 从 80 年代开始流行的“精简指令”(RISC)技术,以它的运行速度快和研制周期短等优势构成对“复杂指令集”(CISC)技术的冲击。许多工作站和服务器使用的微处理器芯片采用了 RISC 技术。奔腾系列虽继续保持传统的 CISC 技术,但同时也采用了很多 RISC 技术的操作,从而进一步提高了芯片的处理速度。

3. 缩短存取时间

(1) 早期的微处理器仅提供少量的通用寄存器,用于暂时存放数据和地址。现代的微处理器常配置更多的寄存器,借以减少访问主存储器的次数,缩短存取时间。

(2) 微处理器拥有地址线的数量,直接影响存储器寻址空间的大小。8 位微处理器配置 16 条地址线,寻址空间仅有 64 KB,程序执行时要频繁访问磁盘等外部存储器。奔腾系列芯片有 32 条地址线,直接寻址范围可达 4 GB,从而减少对外存储器的访问次数。

(3) 在微处理器和主存储器之间设置“高速缓冲存储器(Cache)”,可有效地缩短微处理器对指令和数据的存取时间。在现代微处理器芯片内部都配置了一级和二级高速缓冲存储器(Cache),这样可缓解微处理器和主存储器之间速度不匹配的矛盾。

五、微处理器及微型计算机系统的概念

如前所述,微处理器是由一片大规模集成电路组成、具有运算与控制功能的中央处理部件(CPU),即微型化的 CPU——MPU。微处理器并不是完整的计算机,它只是微型计算机的核心部分,仅是一个器件,单独使用微处理器并不能直接进行计算、控制等工作,只有附加上不同的配件或设备,才能构成相应的“微型计算机”。

1. 微型计算机 μC 或 MC(Microcomputer)

微型计算机是以微处理器为核心,配上半导体存储器与输入/输出(I/O)接口电路组成的,可称之为“机器”,可以执行计算,但缺少和人进行联系的能力与设备。

2. 微型计算机系统 μCS 或 MCS(Microcomputer System)

μCS 是以微型计算机为中心,配以相应的外围设备、辅助电路以及高性能的系统软件所组成的完整独立的工作系统。有运算处理能力,并可与人进行信息交换。如目前广为使用的 IBM PC/XT 或 IBM PC/AT 机,它包括主机、磁盘驱动器、显示器、打印机等。

3. 单片微型计算机(Single Chip Computer)

单片微型计算机是将微型计算机(包括微处理器、存储器及 I/O 接口电路)集成于一块芯片上。单片微型计算机虽然功能较差,但使用方便灵活,价格便宜,特别适合于智能化仪器仪表和家用电器等较简单的控制与应用。近年来,单片微型计算机发展相当快(第 4 章将作介绍),如 Intel 8051 即为常用的一种单片微型计算机。

4. 单板微型计算机(Single Board Computer)

单板微型计算机是将微处理器、半导体存储器、I/O 接口电路等集成电路芯片组装在一块印制电路板上而成。单板微型计算机的性能一般比单片微型计算机高,而价格仍较便宜,故目前在教学和自动控制等领域使用非常广泛。TP801 就是一种广泛使用的单板微型计算机。

5. 位片微型计算机(Bit Slice Microcomputer)

位片微型计算机是指用多个芯片按位组合成的微型计算机,其中每个芯片仅处理 1~4 位二进制数。位片微型计算机运算速度较通常的微型计算机快几倍到几十倍,但制造困难,集成度不高,可用于高速控制和军用系统中,如 Intel3000 系列的 2 位位片微型计算机,AMD 公司的 Am2900 系统的 4 位位片微型计算机。

1.2 微处理器的基本结构与工作原理

从上节可知,微处理器是“微型计算机”的核心部件,决定了整个“微型计算机”的功能、结构,系统的其他部件都是以其为中心展开的。

微处理器主要由运算器与控制器构成,一般集成在一个芯片上,由于受到工艺与成本的限制,通常芯片面积为 $5 \times 5 \text{ mm}^2$,引线数为 40~168 条。其基本结构如图 1-1 所示。

不同类型的微处理器功能虽然有所不同,但却都应具有以下三种基本功能:

一是取出存放在存储器中的指令;

二是解释指令的含意并确定所进行的操作;

三是执行指令,所完成的操作可以是微处理器内各部件间数据传送,可以是微处理器与其以外的部件(外围设备)间的数据传送,也可以在微处理器内部寄存器及存储器之间进行数据传送或算术逻辑运算。

一、微处理器的基本结构

如图 1-2 所示,微处理器主要由三部分组成。

1. 累加器和算术逻辑单元

由它们进行算术和逻辑运算,其结果的特征由标志寄存器保存。累加器是微处理器中使用最频繁的一种寄存器。

2. 内部寄存器阵列

一部分为通用寄存器,作为微处理器内的小容量高速存储器,它由多个寄存器组成,可用于寄存运算中间结果、数据或地址,以减少对主存储器的访问次数,从而提高机器的运算速度。另一部分为专用寄存器,如堆栈指针 SP 等,一般为 16 位寄存器,用于存放地址。

3. 控制单元

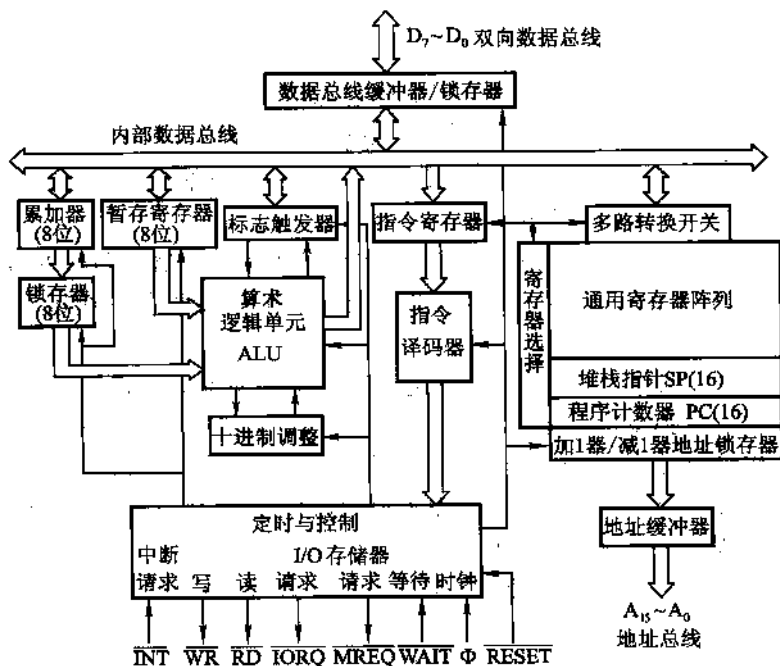


图 1-2 微处理器基本结构图

它包括指令寄存器、指令译码器及各种控制信号的产生电路。

这部分是整个微处理器的控制中心。当指令经指令寄存器，由指令译码器译码后，在时钟脉冲 Φ 控制下，将控制信号准确地送到目的地，以便完成确定的操作。

4. 总线及缓冲器

微处理器中信息的传送是通过总线来完成的。总线(BUS)是指传送信息的一组公共信号线。内部总线采用单总线分时使用，微处理器的各组成部分都挂到这组内部单总线上。由图 1-2 可见，共有三组总线：

地址总线 AB(Address Bus): 地址总线是提供存储单元和外部设备地址的总线，是由寄存器阵列经地址缓冲器送出的单向总线。如 Z80 微处理器有 16 条(位)地址线，这 16 条地址线组合起来共有 2^{16} 个不同状态，即可区分 2^{16} 个不同的内存单元，或者说可寻址的内存单元数为 $2^{16}B = 64KB$ ($1KB = 2^{10}B = 1024B$)。8088 微处理器地址总线有 20 条，可直接寻址的范围为 $2^{20}B = 1MB$ 。

数据总线 DB(Data Bus): 数据总线实现各部件之间的数据传送，也可以通过数据总线缓冲器/锁存器与外部数据总线连接。既可以送入，也可以送出，因而是双向的。微处理器数据总线位数为 8~32 位。

控制总线 CB(Control Bus): 控制总线与控制单元相连。如复位信号 $\overline{RESET}$ 、系统时钟 Φ 、中断请求信号 $\overline{INT}$ 、存储器请求信号 $\overline{MREQ}$ 、等待信号 $\overline{WAIT}$ 等控制信号线。但控制总线中的任何一条线，不是由微处理器向外发控制信号，就是将控制信号引入到微处理器中。因此，应是单向的。

二、指令的执行过程

指令是对计算机发出的一条条工作命令,规定计算机执行什么操作,微处理器执行一条指令即可完成一个完整的操作。在微处理器中执行一条指令的过程是:

1. 程序计数器的内容(即当前指令的地址)经过地址寄存器输出到地址总线上,同时程序计数器自动加1,为取下一个指令字节做好准备。

2. 经地址总线送到存储器的地址码,通过存储器的地址译码器译码选中相应的存储单元,随后微处理器发出读控制命令,从该存储单元取出指令操作码,经数据总线送至微处理器中的指令寄存器中。

3. 指令寄存器中的操作码经指令译码器进行译码分析,如果指令还有第二、第三字节,则微处理器再次访问存储器,把该指令的第二、第三字节取出送至相应的寄存器中。

4. 按指令操作码的要求,指出指令所需的操作数送至相应的寄存器中。

5. 算术逻辑部件在控制逻辑发出的一系列控制信号之下,执行指令操作码所规定的操作,同时根据运算结果,提供状态标志信号等。

6. 在执行下一条指令之前,微处理器还要查询有无外来控制信号(如中断请求信号等),并作出响应。

归结起来,执行指令的过程可以分为取指令—分析指令(指令译码)—执行指令等三个步骤。例如,加法指令就是将累加器与暂存寄存器中的两个数送入算术逻辑单元相加,其结果经内部数据总线返回累加器,同时将结果的特征标志位送入标志寄存器中。

三、典型的微处理器

随着大规模集成电路生产的发展,微处理器字长(处理数据的位数)也从最初的8位发展到现在的64位,目前应用得最多的是8位机和64位机。下面介绍几种典型的微处理器,其中包括Z80、Intel 80486和Pentium处理器等。

1. Z80微处理器

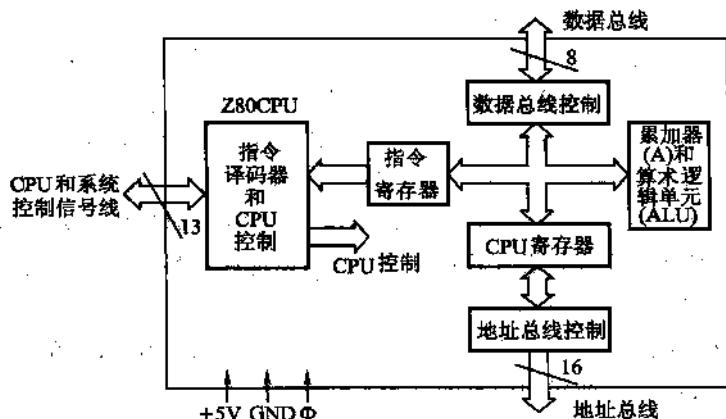
Z80微处理器是美国Zilog公司于1976年研制成的高性能8位微处理器。在结构上,它相当于Intel 8088A,时钟驱动器8224,总线控制器8228三块芯片之和,给用户带来很大方便。此外,它只需用一种电源。Z80至今仍有较强的生命力,广泛应用于实时控制、过程控制以及工业控制等领域中。Z80微处理器结构与前述典型微处理器结构图1-2相似,也由内部寄存器阵列、算术逻辑单元和控制单元三部分组成。其结构与芯片引脚如图1-3所示。

(1) 内部结构

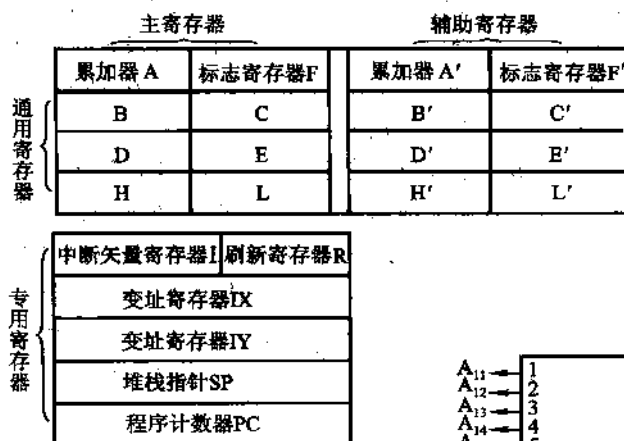
图1-3(a)是Z80微处理器内部结构框图。由几个主要部分构成:

累加器与算术逻辑单元。累加器A和算术逻辑单元ALU具有算术运算、逻辑运算、移位、求补等功能,并能对运算结果的某些特征进行判断,由标志触发器F加以记忆。当进行两个操作数的运算时,一个操作数来自累加器A,另一个操作数经过内部数据总线由存储器或寄存器送来,运算结果输出至累加器A保存,而运算结果的特征或标志则放在F内。

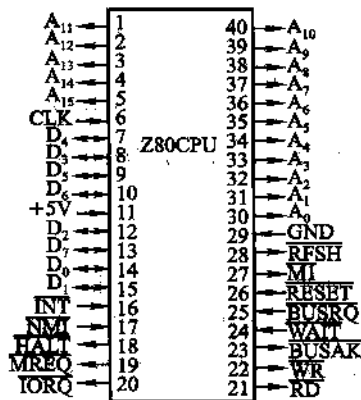
CPU寄存器组如图1-3(b)所示。由通用寄存器和专用寄存器组成。其中,通用寄存器包括六个8位主寄存器B、C、D、E、H、L,六个8位辅助寄存器B'、C'、D'、E'、H'、L';也可以配对成



(a) 内部结构框图



(b) CPU 寄存器组图表



(c) 芯片引脚图

图 1-3 Z80 微处理器结构与芯片引脚框图

六个 16 位寄存器对 BC、DE、HL、B'C'、D'E'、H'L'。而专用寄存器包括 PC、SP、IX、IY 等，它们与通用寄存器不同，都具有一定的特殊功能。

① 程序计数器 PC(Program Counter)是一个 16 位自动计数的寄存器。用来寄存现行指令的地址码，指示下一个要执行指令的地址。每执行一条指令时，CPU 首先把程序计数器指出的

指令地址送到地址总线上,从存储器的相应单元中取出指令送入 CPU,然后程序计数器的内容自动加 1,从而为取得下一个指令字节或下一条指令作好准备。当要执行转移或分支指令时,新的地址值自动置入 PC,去取代已递增的数值,达到程序的转移。

② 堆栈指示器 SP(Stack Pointer)也是一个 16 位寄存器,用来指示(或存放)堆栈的栈顶地址。堆栈是从内存单元中划出的一个区域,专门用来保存某些数据。在这个区域存取数据时,采用“后进先出”的原则进行,即最先取出的数据是最后存入堆栈的,而最先存入堆栈的数据最后才能被取出。通常,把数据存入堆栈叫做入栈或压入,以体现堆栈存数是从下往上堆的原则,而从堆栈取出数据叫做出栈或弹出,每压入一个数,就占用了堆栈一个单元,微处理器就自动将 SP 减 1,其数值表示新的栈顶地址。堆栈指针 SP 的作用是指示堆栈的位置。Z80 CPU 中规定 SP 指向栈顶,即始终指向最后存入堆栈的数据所在单元。

③ 变址寄存器 IX、IY(Index Register)是两个完全相同而又相互独立的 16 位寄存器。在 Z80 指令系统中,有一种称为变址寻址的指令,它是将一个基准地址再加上指令中给出的偏移量以形成操作数的地址。它既可以存放要修改的基准地址,也可以用来暂时存放数据。

④ 中断矢量寄存器 I(Interrupt Vector Register)是 8 位寄存器,在 Z80 CPU 中以中断方式与外设交换信息时使用。关于中断的概念将在以后介绍。

⑤ 刷新寄存器 R(Refresh Register)是 8 位寄存器,由于存储器中广泛采用了 MOS 动态存储器,它利用寄生电容来存储信息,但电容总会泄漏电荷,为了保证数据信息不致丢失,要定期(一般为 2 ms)对动态存储器进行刷新(给电容充电),R 就是用来提供刷新地址的。

⑥ 标志寄存器 F(flag)是 8 位寄存器,实际上只使用了其中的 6 位(其余两位为空位)。它与算术逻辑单元直接相连,其 6 位的状态由 CPU 根据运算结果的某些状态(如运算结果是否为 0,是否为负等等)自动填入,而不能直接用指令写入,故也称为状态寄存器。

(2) 外部引脚及功能

Z80 CPU 封装在标准的 40 个引脚的双列直插式芯片中,其引脚排列图如图 1-3(c)所示,每个引脚上标注的数字表示该引脚在芯片上的实际排列位置。由图可以看出,引脚功能可以分为三组:

① 地址总线

Z80 CPU 地址码为 16 位,因此地址总线共 16 根,即 $A_0 \sim A_{15}$,是一组三态输出总线,它为 CPU 与存储器、CPU 与外设或外存与存储器之间进行数据交换时提供地址。其中:

使用 $A_0 \sim A_{15}$,可选址 $2^{16}B=64\text{ KB}$,用于访问存储器;

使用 $A_0 \sim A_7$,可选址 $2^8=256$ 个,用于访问外设;

使用 $A_0 \sim A_6$,可提供 $2^7=128$ 个动态存储器刷新地址。

② 数据总线

Z80 CPU 字长为 8 位,因此数据总线共 8 根,即 $D_0 \sim D_7$,是一组三态双向总线,信号可以双向传送,在 CPU 与存储器间或 CPU 与外设间,每次可传送一个字节。

③ 控制总线

系统总线共有 13 根,按功能分为三类:系统控制、CPU 控制和总线控制线。

$\overline{M1}$ 机器周期 1 信号(Fetch),输出信号,低电平有效,表示当前机器正在进行取指操作。

$\overline{\text{MREQ}}$ 存储器请求信号(Memory Request),三态输出信号,低电平有效,表示当前指令是面向存储器进行读或写操作。

$\overline{\text{IORQ}}$ 输入/输出请求信号(Input/Output Request),三态输出,低电平有效,表示当前指令是面向外设进行读或写操作。

$\overline{\text{RD}}$ 读信号(Read),三态输出,低电平有效,表示 CPU 要求从存储器或外设中读取数据。

$\overline{\text{WR}}$ 写信号(Write),三态输出,低电平有效,表示 CPU 需要向存储器或外设写入数据。

$\overline{\text{RFSH}}$ 刷新信号(Refresh),输出信号,低电平有效,表示此时地址线上的地址码是用来控制动态存储器进行刷新。

$\overline{\text{HALT}}$ 暂停信号(Halt),输出信号,低电平有效,表示 CPU 正在执行 HALT 指令,暂停操作,正在等待中断请求或复位信号的到来。

$\overline{\text{WAIT}}$ 等待信号(Wait),输入信号,低电平有效,当外部将 $\overline{\text{WAIT}}$ 引脚置低电平时, CPU 就插入等待周期,直至恢复为高电平时, CPU 才继续操作。

$\overline{\text{INT}}$ 中断请求信号(Interrupt Request),输入信号,低电平有效,表示外设向 CPU 请求中断,只要 $\overline{\text{NMI}}$ 和 $\overline{\text{BUSRQ}}$ 两引脚不是处于低电平状态, CPU 在执行完本条指令就会响应外设的中断请求。

$\overline{\text{NMI}}$ 非屏蔽中断请求信号(Non-Maskble Interrupt),输入信号,低电平有效。CPU 在任何情况下都必须响应的中断请求,称为非屏蔽中断请求,是具有最高优先权的中断请求信号,它一般用于处理一些紧急的事件。

$\overline{\text{RESET}}$ 复位信号(Reset),输入信号,低电平有效,此时必使 CPU 置初态,复位。

$\overline{\text{BUSRQ}}$ 总线请求信号(Bus Request),输入信号,低电平有效。用于存储器与快速外设直接传送信息(DMA)。

$\overline{\text{BUSAK}}$ 总线响应信号(Bus Acknowledge),输出信号,低电平有效。表示当前总线正脱机运行,与此同时, CPU 将地址、数据总线及三态控制线置于高阻状态。

其他引脚包括 +5V 直流电源、地线(GND)以及 CLK(时钟)信号,其时钟频率为 2.5 MHz(Z80-A CPU 时钟频率为 4 MHz)。

2. 32 位微处理器特点

自从 1985 年和 1989 年相继推出 32 位微处理器芯片 80386 和 80486 后,以其优异的性能博得了广大用户的青睐,现在已成为主流芯片。80386 有全 32 位的结构,而 80486 从编程的观点看,只是一个快速的 80386。

(1) 80386 微处理器特点

与 80286 不同,其内部结构如图 1-4 所示,由执行部件(EU)、总线接口部件(BIU)、指令译码部件(IDU)、指令预取部件(CPU)、段管理部件(SU)和页管理部件(PU)等 6 个部件组成。其主要特点是:

① 软件向上兼容,即 8088 和 80286 的软件可在 386 微机上运行,其指令系统基本上是相同的。

② 寄存器的容量从 16 位扩至 32 位,可以执行 64 位的数据运算、32 位 $\times$ 32 位的乘法运算、64 位/32 位的除法运算。

③ 运算速度大大提高,比 80286 要快 2~4 倍,通常每条指令的平均处理速率为 4.4 个时钟