

WEIXING JISUANJI QIZAI
SHISHIXITONG ZHONG DE YINGYONG

微型计算机及其在 实时系统中的应用

洪 明

- 本书介绍微型计算机原理及其在工业控制、自控检测、仪器仪表等方面的应用技术

广东科技出版社

微型计算机及其在实时系统中的应用

洪 明

广东科技出版社

内 容 简 介

本书以M6800微处理器系列为主,结合INTEL8080/8085微处理器系列进行比较分析,从实时应用出发系统地叙述微型计算机的组成及工作原理,并结合工业过程控制等应用实例,介绍微型计算机的接口通道及软件设计的技术。全书的特点是力求硬件与软件结合,芯片与系统结合,原理与应用结合,设计与调试结合,具有系统性和实用性。

全书共九章,第一章介绍微型计算机基础;第二、三、四、五章对微处理器及主要支持部件,接口管理等芯片的功能,工作原理及连接方法,作了系统的介绍。第六章对汇编语言程序设计的原理方法作详细介绍,并列举应用程序实例。第七章介绍微型计算机系统的组成原理,叙述一个微型计算机系统的互连及系统监控程序的结构功能。第八章列举微型计算机在工业过程及仪器中的应用实例,介绍接口通道及应用程序设计技术。第九章微型计算机应用系统的开发及开发工具的使用。最后编入几个附录,可供设计时参考。

本书内容丰富,叙述从基本原理到系统设计,分析由浅入深,结合实例。可供高等院校及中等专业学校作为教材或参考书使用,也适合于从事微型计算机应用的工程技术人员和管理人员自学之用。

Wēixíng Jìsuānjī Jīqī Zài Shíshí Xìtōng Zhōng de Yīngyòng

微型计算机及其在实时系统中的应用

洪 明

*

广东科技出版社出版发行

广东省新华书店经销

广东番禺印刷厂印刷

787×1032毫米 16开本 25.75印张 1插页 510,000字

1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷

印数1—5,200册

ISBN 7—5358—0201

TN·15 定价9.50元

前 言

自从七十年代初微型计算机问世以来,由于它具有体积小,功耗低、价格便宜,使用灵活及性能可靠等优点,因而近十几年来,微型计算机生产及推广应用飞速发展,取得了惊人的成就,目前已经渗透到各行各业,以至人们的日常生活。

当前计算机正进入全面变革的新时期,我国为赶超世界先进水平,改造传统产业,加速“四化”建设,微型计算机已经成为各行业不可缺少的强有力的工具,成为当今社会最活跃的新的生产力。本书特为从事微型计算机应用的读者,尤其是搞工业过程实时控制的读者,能全面了解微型计算机的基本组成原理及应用技术,提供必要的理论基础和设计方法而编写的。

本书根据微型机实时控制需要高可靠性这一要求,选用欧美广泛使用于通信及控制的M6800和I8080/8085系列微处理器为介绍对象,它也是与我国定点生产的国产060(M6800)和050(8080/8085)微处理器兼容的系列。书中系统地介绍微型计算机系列芯片的基本原理,列举微型计算机在工业及仪器中的应用实例,详细说明系统的连接,硬件及软件的设计方法。并介绍了应用系统的调试及调试工具——微型计算机开发系统的使用。全书贯穿应用系统的开发要求,提供对大规模集成电路(LSI)功能选择,系统设计及调试的基本知识,具有原理、应用,设计及调试等内容,适合从事微型计算机应用的读者作为自学之用,本书也可供高等院校及中等专业学校有关专业的师生作为教材或参考书。

全书分九章,内容大致可分为三个部分。第一部分是硬件基础,叙述微型计算机的CPU及它的支持芯片的结构及工作原理,对CPU及I/O接口等的信号系统,中断功能,可编程特性及应用连接都作了详细讨论。第二部分是微型计算机应用系统的软件基础,在对指令系统,寻址方式的详细分析的基础上,系统介绍汇编语言程序设计,并通过工业及仪器等实时应用实例,对应用程序及监控程序的设计作了介绍。第三部分是微型机系统建立及调试的基础,主要从微型计算机系统功能,系统互连,软件配置,应用接口及通道,以至系统的调试,通过实例分析,对原理作了介绍。作者对内容的处理,立足于使读者学完本书之后,可具设计基本应用系统的初步能力。

参加本书编写的还有张人菊(第六章),张生贵(第八章),倪永仁教授审阅了本书的全部原稿,并提了宝贵意见,在此谨表示衷心感谢。

由于时间仓促和作者水平有限,书中缺点和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

一九八六年七月于广州华南工学院

目 录

第一章 微型计算机概述	(1)
第一节 微型计算机的发展概况.....	(1)
第二节 微型计算机.....	(4)
一、什么是微型计算机	(4)
二、微型计算机的组成部件	(5)
第三节 微型计算机的工作原理.....	(7)
一、操作数据格式表示	(7)
二、字符编码	(10)
三、指令格式	(11)
四、微型计算机的工作过程	(12)
第四节 微处理器采用的大规模集成电路工艺.....	(13)
一、微处理器的几种常用的工艺.....	(13)
二、微处理机的逻辑单元电路及符号	(18)
第五节 对微计算机性能的评价及微计算机的选用.....	(23)
一、微型计算机性能分析	(23)
二、选用微计算机必须考虑的几个问题	(25)
三、微型计算机的应用概况	(27)
第二章 微处理器 (CPU)	(29)
第一节 微处理器的基本结构.....	(29)
一、运算器和寄存器组	(30)
二、堆栈结构	(34)
三、总线结构	(37)
四、控制器	(39)
第二节 MC6800微处理器	(42)
一、M6800的主要性能和基本框图.....	(43)
二、寄存器和运算器ALU的功用及工作原理	(45)
三、M6800控制总线信号的功能	(48)
四、M6800的中断处理	(54)
第三节 8080A微处理器	(57)
一、8080CPU的基本性能	(57)
二、8080A的组成框图及信号系统	(57)
三、8080A的定时控制	(61)
第三章 微处理机的指令系统	(65)
第一节 微处理器的指令结构及数据格式.....	(65)

一、指令结构	(65)
二、数据格式	(67)
第二节 寻址方式	(69)
一、直接寻址方式	(69)
二、扩展寻址方式	(70)
三、立即寻址方式	(70)
四、变址寻址方式	(71)
五、相对寻址方式	(72)
六、隐含寻址方式	(73)
七、间接寻址方式	(74)
八、寄存器间接寻址方式	(74)
第三节 指令的种类	(75)
一、数据传送指令	(75)
二、数据处理指令	(76)
三、程序控制指令	(77)
四、状态码管理指令	(78)
第四节 M6800的指令系统	(79)
一、指令结构及数据格式	(79)
二、M6800的寻址方式	(80)
三、M6800指令的分类	(83)
四、指令的执行周期	(95)
第五节 8080A/8085指令系统	(98)
一、8080A的指令格式和数据格式	(99)
二、寻址方式	(100)
三、8080A指令的分类	(101)
第四章 微型计算机主存储器	(111)
第一节 存储器概述	(111)
第二节 随机存取存储器 (RAM)	(113)
一、静态随机存取存储器	(113)
二、动态随机存取存储器	(118)
第三节 只读存储器 (ROM)	(126)
一、只读存储器分类及存储单元的工作原理	(126)
二、掩膜式只读存储器ROM的组成	(130)
三、可擦式可编程只读存储器 (EPROM)	(131)
四、EPROM编程器原理	(135)
第四节 存储器的组成及连接	(137)
一、地址总线的连接	(137)
二、存储器的连接	(140)

三、存储器与微处理器的连接	(140)
第五章 输入输出接口	(143)
第一节 输入输出接口的工作控制	(143)
一、输入输出种类及工作方式	(143)
二、输入输出数据交换控制方式	(145)
第二节 输入输出接口电路芯片	(150)
一、接口芯片的内部组成及性能要求	(150)
二、并行传送I/C接口	(156)
三、串行传送通用接口	(171)
第三节 输入输出管理技术	(184)
一、优先中断控制方式	(184)
二、直接存储器存取控制方式(DMAC)	(193)
第六章 汇编语言程序设计	(202)
第一节 概述	(202)
一、程序设计语言	(202)
二、程序设计步骤	(203)
第二节 M6800汇编语言	(205)
一、汇编语言的基本字符及表达式	(205)
二、源语句格式和寻址方式	(206)
三、汇编控制指令	(210)
四、条件汇编指令和宏指令	(214)
五、汇编处理和汇编清单	(217)
第三节 M6800汇编语言程序设计的基本方法	(218)
一、分枝程序	(218)
二、循环程序	(220)
三、子程序	(223)
四、输入/输出程序	(228)
五、中断处理程序	(234)
六、用程序模拟数字逻辑功能	(237)
第四节 英特尔8080/8085汇编语言	(239)
一、汇编格式	(240)
二、汇编控制指令	(244)
三、INTEL8080程序设计举例	(246)
第七章 微型计算机系统结构及连接	(252)
第一节 微型计算机系统的种类	(252)
一、基本系统	(252)
二、个人/家用系统	(253)
三、完善系统及开发系统	(254)

四、多微处理机系统	(255)
第二节 微计算机系统的连接	(256)
一、微型计算机标准系统结构	(256)
二、微型计算机的内部连接	(259)
三、单板功能模块与标准总线	(269)
第三节 几种常用的外部设备及接口技术	(274)
一、键盘	(274)
二、发光二极管数码显示器 (LED)	(277)
三、电传打字机接口 (TTY)	(278)
四、盒式音频磁带机接口	(279)
五、其他	(282)
第四节 MEK6800D ₂ KIT微型计算机系统	(283)
一、系统概述	(283)
二、系统硬件功能及软件考虑	(289)
三、系统的操作命令及处理程序	(304)
第八章 微型计算机的应用系统实例	(313)
第一节 概述	(313)
一、引言	(313)
二、微型计算机应用的基本类型	(313)
第二节 微型计算机应用系统的外围电路及接口	(314)
一、开关量和数字量的输入/输出器	(315)
二、模拟——数字量的输入/输出器	(315)
三、外围设备接口采用的标准总线	(326)
第三节 微型计算机在工业方面的应用	(330)
一、在过程控制系统中的应用	(330)
二、微型计算机在感应电动机控制中的应用	(342)
第四节 微型计算机在计量和测试装置中的应用	(347)
一、应用系统的类型及特点	(348)
二、在温度测量和控制装置中的应用	(349)
三、微型计算机数据采集系统	(354)
第九章 微计算机应用系统的设计及调试	(356)
第一节 系统的研制步骤及要求	(356)
一、系统设计任务的确定	(356)
二、对系统设计的初步验证	(358)
三、硬件和软件的划分及其设计	(359)
四、硬件和软件综合调试及性能评价	(359)
第二节 系统程序的研制	(360)
一、程序设计语言的选择	(360)

二、程序研制的步骤及所需的支持软件	(362)
第三节 微计算机系统研制的工具	(365)
一、硬件研制过程及所需工具	(365)
二、逻辑分析仪	(366)
三、在线仿真器 (ICE)	(369)
第四节 微处理机开发系统及在样机调试中的应用	(373)
一、开发系统的种类	(373)
二、开发系统所需的硬件及软件	(377)
三、使用开发系统测试样机的步骤	(379)
附录一 M6800, 8080系列芯片型号表	(382)
附录二 M6800指令系统表	(386)
附录三 8080/8085指令系统表	(392)
附录四 总线标准	(396)

第一章 微型计算机概述

第一节 微型计算机的发展概况

二十世纪四十年代，第一台电子数字计算机的发明有力地推动了近代科学技术的进步，随着计算技术的不断发展，计算机的应用已经渗透到人类社会的各个方面，从尖端科学领域到家庭的家用电器，到处都能找到计算机的足迹。它与现代人类的生活息息相关。当前，计算机是推广先进技术，实现高度自动化，建设文明社会的不可缺少的重要工具。

半导体技术的某些新的突破，为计算机科学家研制新结构的机器提供了必要的条件。回顾计算机的发展历史，计算机性能的飞跃与所用器件的制造工艺有着密切的关系。从表 1-1 可以看出，半导体工艺的发展，单片集成电路的集成度不断提高，使计算机的性能不断提高。

表 1-1

时 间	集 成 度	单 片 技 术 应 用	计 算 机 发 展
1960	分立元件	晶 体 管	第二代计算机
1964	小规模集成电路 (SSI)	门 电 路	第三代计算机
1968	中规模集成电路 (MSI)	门 组	
1970	大规模集成电路 (LSI)	门矩阵 逻辑部件 运算逻辑部件 微处理器 微计算机 新16位CPU 寄存器 RAM ROM 1 K位 RAM 4 位 8 位 4 KRAM 16KRAM 64KRAM	第四代计算机
1971			第一代微处理器
1973	超大规模集成电路 (VLSI)		第二代微处理器
1975			
1978			第三代微处理器

注：1K=1024字节

微型计算机的研制成功，是七十年代计算机科学技术的一个大突破，它是计算机科学和大规模集成电路 (LSI) 技术的结晶，短短十几年间，由于微型计算机具有独特的优点而被广泛地应用于过程控制，通信系统，商业数据处理，企业管理，教育，军事，以至仪器仪表及家用电器等方面，充分显示出它那不可抗拒的生命力。

世界第一台微型机是由美国的英特尔 (INTEL) 公司设计制造的。1969年，日本的

BUSICOM公司与英特尔公司签订合同,由英特尔公司设计大规模集成电路逻辑系统,1971年制出了英特尔4004微处理器,这实际上是一台四位二进制运算的计算器。它采用P沟道金属氧化物半导体(PMOS)工艺,配上只读存储器(ROM),构成MCS-4微型计算机。它由于功能不完善,速度低,价格高,当时并没有受到社会的重视。1972年英特尔公司继之生产了8008型微处理器,这是世界上第一台8位通用微处理器。电路采用PMOS工艺,系统的内存容量是16K字节,操作指令有48条,并有中断功能。8008微处理器第一次在市场上出现,就受到人们的重视,产品出人意外地畅销,人们把它作为第一代微处理器的主要代表产品。第一代微处理器,是以PMOS工艺8位字长处理为主要特点的。1973年以后,英特尔公司又首先推出采用N沟道MOS工艺,8位并行处理,寻址范围为64K字节,有双向数据总线和78条基本指令的8080微处理器,由此开始了微处理器的第二代。随后各个公司都先后推出自己的产品。1974年,美国莫托洛拉(MOTOROLA)公司研制出M6800微处理器。同一时期,还有仙童(FAIRCHILD)公司的F-8微处理器;洛克威尔(ROCKWELL)公司的PPS-8微处理器等。国家半导体(NATIONAL)公司还生产了16位PMOS工艺的IMP-16微处理器。1975年以后小型机微型化单片16位微处理器不断出现,如数据通用公司(DATAGENERAL)的MN601仿NOVA/3小型机;数字设备公司(DEC)的LSI-11仿PDP-11小型机;通用仪器公司(GI)的CP1600仿PDP-11小型机;国家半导体公司的PACE;仙童公司的FC9440仿NOVA-1200微处理器,都是这个时期具有较高性能的16位微处理器。在同一时期,出现了高档8位微处理器,如英特尔公司的改进型8085,把原来三片8080系统制成一片,采用单一电源,主频率提高到3MHz,增强了指令系统。齐洛格(ZILOG)公司后来居上,它的Z-80微处理器在8080的基础上加以改进,既保持了8080的优点,在性能上又有新的提高。Z-80采用N-E/D MOS工艺,提高了电路的集成度,指令数增至158条并且与8080的指令系统兼容,具有更高的速度和更强的功能,所以有人把它们称为“准”第三代微处理器。

1977年以后,微处理器的发展进入了第三代,这时,采用超大规模集成电路(VLSI)的单片8位微计算机先后在市场上出现。如英特尔公司的8048,莫斯特克(MOSTEK)的3870,莫托洛拉的6801,齐洛格的Z-8等典型产品。在单片8位微计算机中,除了微处理器外,还配置了相应的存储器及输入输出接口,可以说是一部完整的微计算机。与此同时,单片4位微型计算机也因民用市场的需要,仍在大量地生产。

1978年,新的16位单片微处理器相继而出,其中英特尔的INTEL8086微处理器与8080及8085兼容,指令功能与寻址功能都大大地增强了,并具有多处理机的能力。还有齐洛格的Z-8000及莫托洛拉的MC6800,都是具有相当于中档小型机的功能的十六位微处理器,它们都采用以高速短沟道的金属氧化物半导体工艺,又称为HMOS工艺,主时钟频率达到8兆赫以上,指令最短时间为0.5微秒左右,寻址范围达到几个兆字节,单片集成度达到几万个管子。如M68000就有68000个管子,属于超大规模电路。新一代16位微处理器比原来的8位处理器功能提高了一个数量级,可与小型机并驾齐驱。

可以看到,80年代微处理器已经能达到更高的水平。目前第四代微型机已具有32位处理能力和A/D或D/A转换电路。单片集成度应达到几十万管子。十多年来,微型计算机取得惊人的成就,其发展之快,类型之多,从表1-2便可略窥一二。

表 1-2 (二)

新 16 位 微 处 理 器

公 司	Intel	Zilog	Motorola	NEC(日电)	Fairchild
型 号	18086	Z8000	MC68000	μ CM1600	FC9440 (FC9445)
工 艺	HMOS	HMOS	HMOS	N-E/DMOS CMOS	1 $\frac{1}{2}$ L
处理数据位数	16	16	16	16	16
地址总线宽	20	23(8001) 16(8002)	23位+1位	20	
主存储容量	1 M字节	8 M字节 64 K字节	16 M字节	1 M字节	64 K 128 K字节
内部通用寄存器	14 $\times$ 16位	16 $\times$ 16位	16 $\times$ 32位	14 $\times$ 16	11 $\times$ 16
寻址方式	24	8	14	8	8
指令字长	1—6 字节	2—6 字节	2—4 字节	1—6 字节	19位
基本指令数	97	110以上	61种	81	基本指令与微指令2192
指令最短执行时间	400ns	750ns	0.5 μ s	4个机器周期	
指令最长执行时间	37.8 μ s	90 μ s(除符号)		19个机器周期	
时钟频率	0.5/5MHz	8MHz	DC/8MHz	6.7MHz	12MHz (15MHz)
时相/电压输出	1/TTL	1/TTL	1/TTL	1/TTL	1/TTL
专用I/O控制线	无	无	6	内部/公共	有
中断能力	最多256级	3种中断 4种浮护	8级	8级	16级优先中断
DMA功能	有			有	有
封装结构	40脚DIP	48脚(8001) 40脚(8002)	64脚DIP	64脚	40脚DIP
电 源	5V/275mA	5V/300mA	5V/390mA	5V, 1W	5V, 1W
出厂时间	1978	1979	1979		

综合前十年来微计算机发展的规律如下:

(1) 从结构功能方面: 单片微处理器的位数不断增加, 从4位、8位到16位; 从单片处理器到单片微型机, 体积越来越小。

(2) 工艺方面: 从低速PMOS; 高速NMOS; 低功耗互补型的CMOS; 高集成度的VMOS; DMOS; 以至后来的高速短沟道HMOS。集成度及运算速度越来越高, 功耗越来越低, 所需电源种类越来越少。参看表1-3所列参数, 其中功耗时延积是一个重要的参数。

(3) 系统的操作功能和指令种类不断增加。指令种类从最初的十几种增至一百多种, 甚至二百多种。指令的寻址范围从4K、16K、64K、128K到几个兆字节, 扩大了存储量。运算速度从每秒几千次、几万次、几十万次以至百万以上的运算次数, 运算速度越来越高。

(4) 市场出售价方面: 微处理器从开始一片几百美元降为几美元, 微型机系统价格不断降低。

表 1 3

MOS 工 艺 参 数 一 览 表

器 件 及 电 路 参 数	铝 栅 PMOS (1969)	硅 栅 PMOS (1970)	硅 栅 NMOS (1972)	耗 尽 型 NMOS (1974)	H—MOS (1977)	HMOS—II (1979)
栅长 $L(\mu\text{m})$	20	10—12	6	6	3.5	2
横向扩散 $L_D(\mu\text{m})$	5	2	1.4	1.4	0.6	<0.6
结深 $X_J(\mu\text{m})$	2.5	2.5	2.0	2.0	0.8	<0.8
栅氧化物厚度 T_{ox} (埃)	1500	1200	1200	1200	700	400
电源电压 V_{cc} (伏)	12	12	12	5	5	5
最小门延迟 $T(\text{ns})$	80—100	40—50	12—15	4	1	0.4
功耗时延积(PJ)	60—80	30—40	18	4	1	0.4

第二节 微 型 计 算 机

一、什么是微型计算机

一般的计算机由控制器，运算器，存储器，输入器和输出器五个部分组成。如图 1-1 所示。

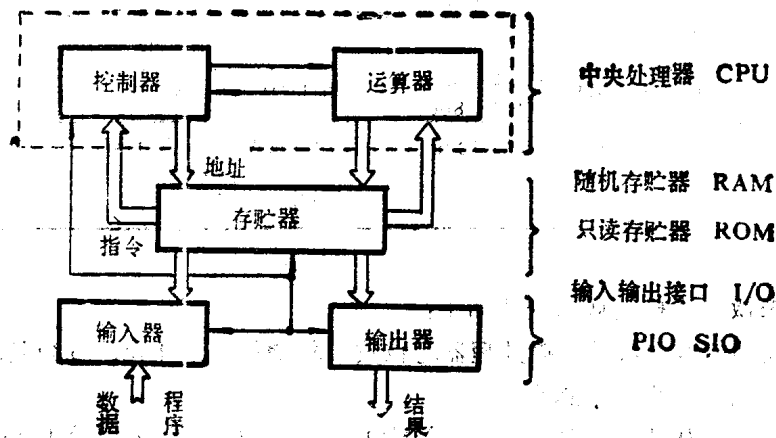


图 1-1 电子数字计算机组成框图

其中由控制器，运算器以及一些寄存器构成中央处理器（CPU），中央处理器又称为微处理器（MPU）。存储器分别有供存取操作数据用的随机存储器（RAM）和存放固定程序用的只读存储器（ROM），而输入输出器就是主机与外部设备的接口或通道。

微型计算机就是以微处理器为核心，用总线把 RAM 及 ROM 和一定的输入输出接口（PIO）等连接起来而构成的。微型计算机配上相应的外部设备如键盘、行式打印机、磁盘

机、显示及器系统软件，构成微型计算机系统，如图1-2所示。系统软件是以二进制数字形式驻留在ROM或磁盘中的管理控制程序和编译程序等。根据功能和规模的大小，微型计算机系统还分有基本系统（单板机）；个人/家用系统及完善系统。对于一个较大的完善系统，可把CPU，RAM，ROM，I/O接口等分别装在一块印刷电路板上，称为功能模块，再用总线把各模块连起来，成为大的系统。

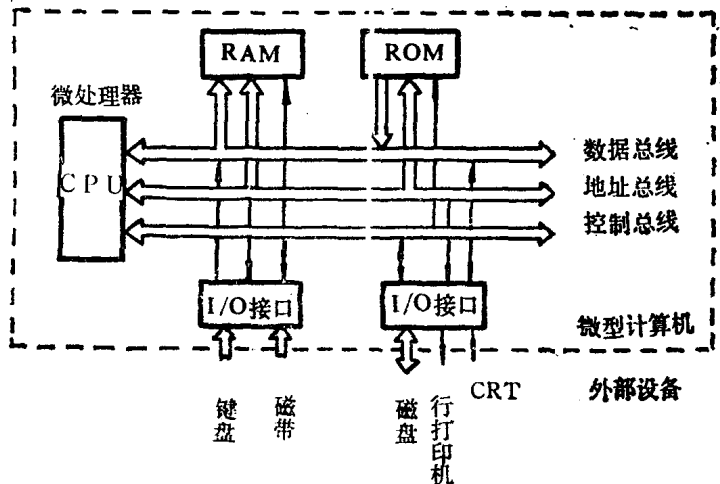


图1-2 微型计算机系统基本框图

慢，即每条指令执行时间需要多少微秒。当主时钟频率确定以后，衡量指令的执行速度就是每条指令所需要的周期数。

控制器执行各种指令的操作，接受各种指令码和外来的标志，在主时钟的同步下，向算术逻辑单元（ALU）和各个寄存器以至存储器或接口等部件发出控制操作信号。在微处理器中有专用功能的寄存器，也有通用的寄存器。它们都是支持算术逻辑单元和控制器的操作寄存器。通用寄存器个数越多，说明微处理器工作灵活性越大，功能当然就越强。微处理器的组成框图见图1-3。

目前生产的多为单芯片微处理器，就是说，微处理器的所有电路做在一个集成电路晶片上，然后用陶瓷或者硬塑料封装（见图1-4），片子的输出引线由40脚的双列直插式引脚连接，使用起来很方便。微处理器的封装引脚，除电源外，一般传送三种信号，归纳为三条总线，所谓“总线”是指各个片子共同传送信息的通路。这三条总线是：

（1）传送数据用的数据总线。总线的位数称总线宽度，并与操作数的位数相等。一般都是双向传送（既可送入亦可送出）的总线。对于8位微处理器来说数据总线为8位。

（2）传送地址码的地址总线的位数决定微处理器的寻址范围，寻址范围 $A=2^n$ ， n 为地址总线的宽度。

（3）控制总线是微处理器向外部发出的控制信号或者接收外部送来的标志信号的通道。

微型计算机就是利用这三条总线把微处理器和支持微处理器的片子，如RAM，ROM以及I/O接口等连接起来的。总线的种类及功能后面还要讨论。

二、微型计算机的组成部件

微处理器是微型计算机的核心部件，它具有运算与操作数据以至协调整个微计算机工作的功能。通常可从以下几个方面描述微处理器的特性：

（1）算术逻辑单元（ALU）操作数是多少位，如4位，8位或16位等。一般说来，位数越多，功能越强，数的精度越高。

（2）操作种类或称指令种类有多少。

（3）指令执行速度的快

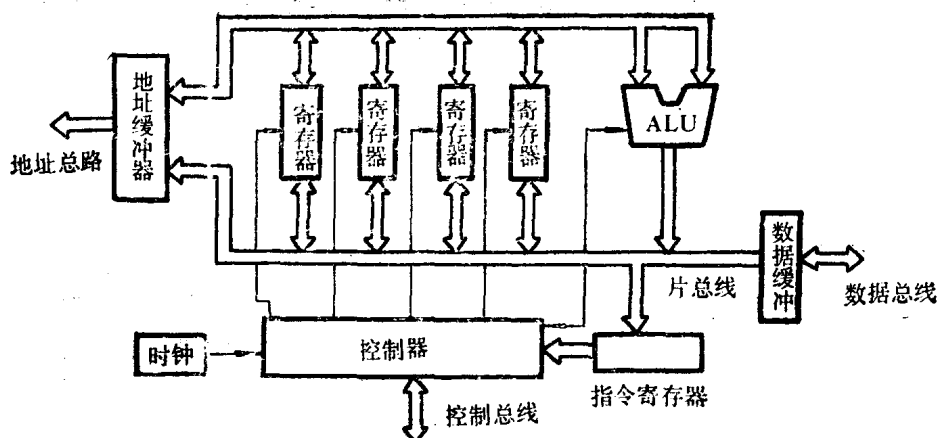


图 1-3 微处理器组成框图

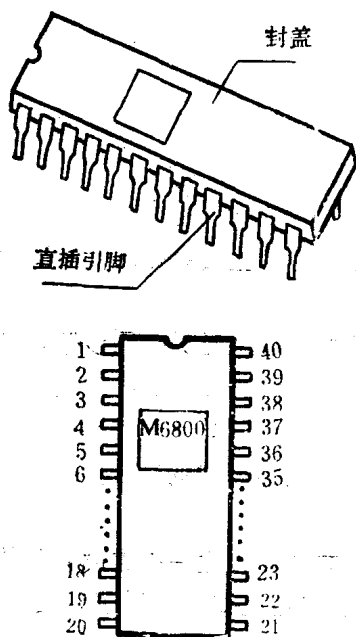


图 1-4 微处理器的封装

存储器是微型计算机用来存储控制程序、解题程序及操作数据的记忆装置。微计算机之所以能够自动高速地完成各种运算和控制步骤，全靠存储器的记忆作用。存储器的容量越大，记忆能力就越强。所谓存储容量是指存储空间可以容纳多少个数，而每个数又有多少个二进制位，如 512×8 ，就是512个数，每个数有8位二进制位，它的空间可以表示为 $512 \times 8 = 2048$ 位。微型计算机的存储器，也分为内存存储器和外存储器两种，内存存储器就是上面所提的RAM和ROM。RAM是随机存取存储器，又称为读写存储器或操作存储器，它是与CPU直接打交道的部件。所以一般采用快速的存储器。内存存储器的存储速度，用存取周期的时间来表示，RAM的存取周期一般在 $1\mu s$ 左右。只读存储器ROM对CPU来说，只有读的操作，即CPU只向它取数而不能存入数据。ROM用来存储一些固定的程序或数据，这些固定的程序和数据可以用半导体工艺把数据“烧”在片子中，即所谓掩膜式ROM，这样做既可靠，又便宜。每个微型机都有存储容量大小不等的ROM，它是内存存储器不可缺少的一部分。对于8位的微型计算机，内存存储器容量可达 $64K \times 8$ 位。

I/O接口电路是计算机主体与外部设备的分界面。由于机器内部的“语言”和人的语言不一样，必须有一个转接机构来完成人一机对话的任务，这个机构就是外部设备和接口电路。然而外部设备种类繁多，而且数据的传送速度远低于主机的运行速度。为了解决这个问题，需要有一个协调主机和外部设备传送速度及传送方式的电路，这就是微型计算机的接口电路。接口电路是微型机的重要组成部分之一，如果把MPU比作人的心脏，把RAM比作大脑，那么，I/O接口和外部设备应该是五官和四肢。微型计算机的接口电路，都由单片大规

模集成电路实现的，目前已形成系列的通用接口片子，如并行通用接口（PIO）和串行通用接口（SIO），有同步工作的，也有异步工作的。通过编制程序，可改变这些片子工作特性，用户使用非常方便，并可以降低采用组合逻辑实现接口的难度和节省许多工作量。I/O接口的功用主要是传送数据，对于串行接口来说，传输率是一个重要技术指标，它的单位用波特表示（1波特=1位二进制/1秒）。而对于并行接口来说，端口有多少根I/O数据线（即端口的宽度）是很重要的参数。

外部设备是相对于主机而言的，一般是一些独立的专用设备，而且多数是根据机械、电、光、磁、声原理设计的设备，它与微型计算机构成微型计算机系统。目前微型计算机系统常用的外部设备有：键盘、阴极射线显示器（CRT）、行式打印机或带键盘的控制打字机、绘图仪、声音输入或声音输出仪、以及作为外存贮器的磁带机、磁盘机等。它们的性能指标与小型机所用的相似。

第三节 微型计算机的工作原理

微型计算机象其他中小型计算机一样，只能对二进制数进行运算，而且主要是加法运算。但是，人们在日常的计算中使用的是十进制数，对二进制数并不熟悉，为了让人们能直接的操纵计算机进行计算，就必须经过一个数制转换的步骤，来解决人和机器分别使用不同数制的问题。这种数制的转换，可以由硬件实现，也可以是由软件实现。较为常用的数制还有八进制，十六进制。十六进制和八进制与二进制有一一对应的关系，利用三位二进制数表示一位八进制数，或用四位二进制数表示一位十六进制数，都能一一对应，没有多余的状态。用来编写数字及程序清单，书写非常方便。二—十进制用四位二进制数表示一位十进制数，因为四位二进制数有十六种状态，而十进制才用了前十种，剩下六种状态没有使用，称为多余状态。多余状态对于二—十进制是不容许存在的。有关二—十进制的运算及消除多余状态的原理，在第三章讨论。

微型机普遍采用的数制及其对应关系如表1-4。

一、操作数据格式表示

微处理器内部运算的数为二进制数，但微处理器对每一个操作数都有一定的要求。它必须根据算术逻辑单元（ALU）的结构，对各种进制数进行格式化。如8位的CPU，其操作数为8位二进制数（8 bits），8位二进制构成一个字节（byte）。一个字节有8位（1 byte=8 bit），最低位为第一位 b_0 在最右边，最高位为第8位 b_7 在最左边。 $b_0 \rightarrow b_3$ 为低半字节， $b_4 \rightarrow b_7$ 为高半字节。在微型机中，数的长度称为字长，它可以是一个字节，也可以是二或三个字节。字节数可变是微型机的优点之一，它可以根据用户的需要选择不同的长度，即不等的字节数。这样既可以满足数据精度的要求，又可以有效地利用存贮器空间。微型机数据的表示格式有如下几种：

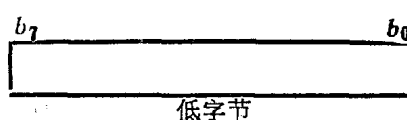
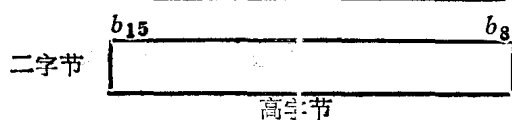
1. 不带符号的二进制数

数的长度可以是一字节或多字节。这种不带符号的二进制数，用来表示一些绝对值或一些编码。一个字节数的表示范围为十进制数0~255，两字节数的表示范围为十进制数0~65535， n 位二进制数对应的十进制数值 2^n 或 2^n-1 如表1-5所示。

表 1-4

几种数制的对应关系

十 进 制	二 进 制	八 进 制	十 六 进 制	二—十 进 制
0	0000	00	0	0000
1	0001	01	1	0001
2	0010	02	2	0010
3	0011	03	3	0011
4	0100	04	4	0100
5	0101	05	5	0101
6	0110	06	6	0110
7	0111	07	7	0111
8	1000	10	8	1000
9	1001	11	9	1001
10	1010	12	A	0001 0000
11	1011	13	B	0001 0001
12	1100	14	C	0001 0010
13	1101	15	D	0001 0011
14	1110	16	E	0001 0100
15	1111	17	F	0001 0101
16	10000	20	10	0001 0110



2. 带符号的二进制补码数

一个补码数的长度可以是一字节或多字节，对于一个字节的补码数，其最高位 b_7 为符号位。若是两个字节的补码数，则高字节的最高位 b_{15} 为符号位。符号位是“1”时，表示该数为一个负数的补码。符号位是“0”时，表示该数为一个正数。

一个字节的正数最大值为：

$$\boxed{01111111} \quad (+127)_{10}$$

一个字节的负数最大值为：

$$\boxed{10000000} \quad (-128)_{10}$$

所以，一个字节的补码数表示的数值范围为：

$$(-128 \sim +127)_{10}$$

• 8 •