

高等学校教材

微 计 算 机 原 理

严家万 张石民 何永明 编



電子工業出版社

微 计 算 机 原 理

严家万 张石民 何永明 编

电子工业出版社

内 容 简 介

本书以Z-80为背景,系统地介绍了微处理器、指令系统、汇编语言程序设计、内存贮器、输入/输出、接口以及微计算机的基本原理。同时讨论了微计算机硬件连接和汇编语言程序设计的基本方法。最后阐述了微计算机系统和系统软件。对微处理器及微计算机发展作了简介。

全书内容深入浅出、通俗易懂、便于自学。可作为高等院校无线电技术和电子工程专业的教材,也可作为科技人员学习微计算机的参考书。

微计算机原理

严家万 张石民 何永明 编

责任编辑:焦桐顺

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

隆昌印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/16 印张: 26 1/8 字数: 619千字

1986年12月第1版 1986年12月第1次印刷

印数: 00,001—10,000册 定价: 4.30 元

统一书号: 15290 · 411

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材159种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》、中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构。并制定了一九八二～一九八五年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共217种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

前 言

本书是按照1983年1月全国高校工科电子类专业无线电技术与信息系统教材编委会《仪表与测量》编审小组扩大会议所拟定的大纲编写的。1983年底完成初稿，1985年上半年根据编审小组的意见作了修改，并最后定稿。

近几年来，微计算机的发展日新月异，换代十分迅速，与此同时微计算机的应用也日益普及。它已渗透到国民经济、国防和日常生活的各个方面，愈来愈受到人们的重视。本书着重阐述微计算机的基本概念、基本原理和基本的连接和使用方法，用共性的原理说明具体芯片的使用，通过具体芯片的介绍以加深对原理的了解。根据这几年的教学实践，考虑微计算机本身的特点，在内容编排上采取软件与硬件相结合、原理与使用相结合、部件与整机相结合的原则。在硬件方面，对芯片内部的组成及所使用的电路类型只作简单介绍，着重说明芯片的外部特性、引脚功能、连接方法和使用特点。在软件方面则以汇编语言为主，讨论了汇编语言程序设计的方法和技巧，并结合应用举了一些典型的实例；在微计算机系统这一章对监控程序作了剖析，还介绍了操作系统的基本概念。

本书主要以8位微处理器Z-80及其支持芯片为例进行说明，有关的分析方法对其它型号的芯片也是完全适用的，对于具体问题的分析则采用由浅入深、由易到难、循序渐进的方法加以阐述。

本书可作为高等院校无线电技术和电子工程专业的教材，也可供从事电子技术工作的工程技术人员阅读。

本书承蒙天津大学电子工程系王慧云副教授主审，并提出了许多极其宝贵的意见。在编写过程中得到我院无线电工程系主任谢嘉奎教授、数字信号处理研究室主任何振亚教授、信息工程教研室主任富煜清博士的关心和支持，在此表示衷心的感谢。

本书第一、二、七、八章由张石民编写，第三、六、十章由严家万编写，第四、五、九章由何永明编写，全书的绘图工作由谷正海完成。

由于编者水平有限，在本书中错误和疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者于南京工学院

1985年6月

目 录

第一章 绪论

§1.1 微计算机组成概述	1
一、电子数字计算机组成	1
二、微计算机硬件	2
三、微计算机软件	4
四、微处理器、微计算机、微计算机系统	5
§1.2 微计算机发展简况和应用	6
一、微处理器和LSI 工艺	6
二、微计算机发展简况	6
三、微计算机的应用	7
四、微计算机的分类	8
§1.3 微计算机基本工作原理	9
一、计算机进行信息处理的一般过程	9
二、存贮程序控制	10
习题与思考题	10

第二章 运算基础

§2.1 进位计数制	12
一、进位计数制	12
二、进位计数制之间的转换	12
§2.2 数的定点与浮点表示	14
一、定点表示法	14
二、浮点表示法	15
三、溢出	15
§2.3 带符号数的表示——原码、补码、反码	16
一、原码	16
二、补码	16
三、反码	18
四、原码、补码、反码间的转换	19
五、机器负数	19
六、定点小数的三种机器数	19
§2.4 数据信息的其它编码表示	20
一、BCD 码	20
二、字符数据的编码表示	21
三、逻辑数据	22
四、数据信息表示的单位和长度	22
§2.5 运算方法	23
一、算术运算	23

二、BCD码运算	25
三、逻辑运算	27
习题与思考题	28

第三章 微处理器

§3.1 微处理器的基本结构	30
一、算术逻辑单元	30
二、寄存器	36
三、控制单元	42
四、总线	45
五、工作过程简介	47
§3.2 堆栈	50
§3.3 Z-80 微处理器	52
一、Z-80 的内部结构	54
二、Z-80 的引脚及其功能	57
§3.4 INTEL 8085 和 MC 6800 微处理器简介	60
一、INTEL 8085 微处理器	60
二、MC 6800微处理器	63
§3.5 微处理器的定时	67
一、指令周期、机器周期和时钟周期的关系	67
二、Z-80 CPU时序	69
三、一条指令的执行过程	79
习题与思考题	81

第四章 指令系统

§4.1 指令	83
§4.2 寻址方式	85
一、立即寻址	86
二、立即扩展寻址	86
三、直接寻址 或称扩展寻址	87
四、寄存器寻址	87
五、相对寻址	88
六、变址寻址	88
七、隐含寻址	89
八、寄存器间接寻址	89
九、零页寻址	90
十、位寻址	90
§4.3 指令系统	91
一、数据传送类指令	92
二、数据操作类指令	103
三、程序控制类指令	115
四、CPU控制类指令	121
五、位操作类指令	121
习题与思考题	122

第五章 汇编语言编程

§5.1 程序语言	125
§5.2 汇编语言	126
一、汇编语言程序结构	126
二、硬指令	127
三、伪指令	128
四、宏指令	130
§5.3 汇编语言程序设计	132
一、程序设计步骤	132
二、程序设计基本方法	133
三、汇编语言程序设计特点	160
§5.4 典型程序举例	160
一、算术运算	160
二、代码转换	165
三、表格和清单	169
§5.5 汇编程序	174
习题与思考题	176

第六章 内存贮器

§6.1 概述	179
一、存贮器的分类	179
二、存贮器的组成	180
三、存贮器的主要性能指标	183
§6.2 随机存取存贮器	183
一、静态随机存取存贮器	184
二、动态随机存取存贮器	187
三、存贮器内部信息的保护	191
§6.3 只读存贮器	192
一、MOS只读存贮器	192
二、可编程的只读存贮器(PROM)	193
三、可擦去可再编程的只读存贮器(EPROM)	194
§6.4 存贮器与CPU的连接	196
一、CPU总线的负载能力	197
二、地址总线及数据总线的连接	198
三、控制总线的连接	202
四、具体连接实例	204
习题与思考题	206

第七章 输入/输出

§7.1 概述	208
一、外设	208
二、接口	209
三、外设寻址	209
四、输入输出过程	212

§7.2 程序控制输入/输出	214
一、无条件传送	214
二、查询传送(条件传送)	215
§7.3 中断与程序中断传送	217
一、中断的概念	217
二、中断的基本原理	220
三、中断识别	224
四、中断优先	227
五、多重中断	229
六、微计算机中断流程	235
§7.4 Z-80 的中断	235
一、非屏蔽中断	235
二、可屏蔽中断	237
三、Z-80 的中断优先	241
§7.5 直接存储器存取(DMA)	244
一、DMA的概念	244
二、DMA控制器	244
三、DMA工作过程	245
习题与思考题	246

第八章 微计算机接口

§8.1 概述	248
一、接口的分类	248
二、接口结构概要	249
§8.2 并行接口	250
一、INTEL 8212通用并行接口	250
二、Z-80并行入/出电路的主要特性	253
三、Z-80 PIO 的结构	254
四、Z-80PIO 的工作方式	260
五、Z-80 PIO的编程	264
§8.3 串行接口	269
一、串行传送的概念	269
二、串行接口	272
三、INTEL 8251A 可编程通讯接口	274
§8.4 可编程计数器/定时器	279
一、Z-80 CTC 的主要特性	281
二、Z-80 CTC 的结构	282
三、Z-80 CTC的工作方式	285
四、Z-80 CTC的编程	237
§8.5 模数和数模转换接口	290
一、A/D转换器芯片与 CPU的接口	290
二、D/A转换器芯片与 CPU的接口	294
§8.6 微计算机的标准总线	296

一、概述	296
二、系统总线	298
三、RS-232-C总线	299
四、IEEE-488标准接口总线	300
习题与思考题	306
第九章 微型计算机系统	
§9.1 微型计算机系统结构和软件	308
一、系统结构	308
二、操作系统简述	309
三、监控程序	314
§9.2 标准微型计算机系统	315
一、系统的互连	316
二、系统的扩充	317
三、TP801 Z-80单板计算机系统结构	321
四、TP801 Z-80单板机监控程序 TPBUG-A	322
§9.3 单片和双片微型计算机简介	340
一、单片微型计算机	340
二、双片微型计算机	342
§9.4 多微处理器计算机系统浅说	343
一、概述	343
二、8位双微计算机的互连和通信	343
§9.5 微型计算机应用系统概述	347
一、微型计算机应用系统	347
二、微型计算机应用系统的设计	348
三、微型计算机应用系统的研制工具	351
习题与思考题	351
第十章 发展和展望	
§10.1 16位微处理器	353
一、8086的结构特点	354
二、存储器结构	357
三、指令系统的特点	359
四、系统组成方式	360
§10.2 32位微处理器	362
一、32位微处理器性能简介	362
二、产品系列化和系统化是微处理器的发展方向	365
§10.3 位片式微处理器	365
一、算术逻辑单元	366
二、控制部件	366
§10.4 微机局部网络	369
一、局部网络的体系结构	370
二、局部网络发展中的几个问题	371
§10.5 软件发展简况	371

一、微机操作系统	372
二、程序设计语言	372
三、非程序语言	373
习题与思考题	374
附录一 Z-80 指令表	376
附录二 Z-80 指令反汇编表	399
附录三 Z-80 汇编指令及其英语说明	402
参考书目	407

第一章 绪 论

七十年代初，随着大规模集成电路工艺的发展，微计算机脱颖而出，它是计算技术和大规模集成电路相结合的产物。微计算机的问世，使计算机的应用广泛地渗透到国防、科研、工农业、交通、商业、文教、医疗等各个领域，而且进入了人们的日常生活。总之，微计算机已经并正将对整个人类社会的物质和精神生活产生广泛而深远的影响。

中、小规模集成电路的出现，使电子工程技术人员从传统的“电路设计”转向了“逻辑设计”；而大规模乃至超大规模集成电路的微计算机问世，“程序设计”将成为他们的有效设计手段。当今，微计算机是探索 and 开发新领域必不可少的工具。本章将简要阐述微计算机的组成、发展、应用及基本工作原理。

§1.1 微计算机组成概述

电子数字计算机是一种以数字形式的量值在机器内部自动、高速、准确地完成各种信息存贮、数值计算和数据处理的电子机器，是自动的信息处理机。微计算机也是电子数字计算机，是计算机中的后起之秀。

一、电子数字计算机组成

先描述一下人用算盘及纸、笔进行数值计算的过程。若计算： $125 \times 234 + 150 \div 30 = ?$ 则先把计算的操作步骤连同原始数据用笔记录在纸上，见表1.1。然后从纸上依次读出操作步骤的每一步，并控制手去利用算盘执行具体的操作，直至得到最终结果。

表1.1 操作步骤与原始数据

序号	操作步骤	操 作 内 容
1	取数	取数125至算盘
2	取数	取数234至算盘
3	乘	125×234
4	送中间结果	乘积保留在纸上
5	取数	取数150至算盘
6	取数	取数30至算盘
7	除	$150 \div 30$
8	取数	把乘积取至算盘
9	加	把乘积和商相加
10	送最终结果	最终结果保留在纸上
11	停止	结束
12	125	原始数据
13	234	
14	150	
15	30	

可见完成一个计算过程，一是需要物质设备，这里指的是算盘、纸、笔以及进行计算操作的人；二是需要描述该计算过程的操作步骤，它的每一步都是人能懂得如何去办并能办到的事。与此类似，计算机想要完成某一计算过程，也需要物质设备和操作步骤，这就是人们常说的计算机的“硬件”和“软件”。硬件又称硬设备，具体包括：

运算器：相当于算盘，能进行运算的部件。

控制器：相当于人的作用，它能识别一条条命令并发出各种控制信号，使整个计算机协调一致地工作。

内存贮器：相当于纸的作用，它能存放操作步骤、原始数据、中间结果和最终结果。

输入设备：相当于手和笔的作用，它把操作步骤和原始数据告诉计算机，并“记录”到存储器中。

输出设备：它能用规定的格式输出计算结果。

运算器、控制器、内存贮器、输入设备、输出设备五个部件就构成了电子数字计算机，如图1.1所示。运算器与控制器两者在逻辑上和结构上联系密切，故合在一起称为中央处理单元——CPU (CENTRAL PROCESSING UNIT)，或称中央处理机。而中央处理单元和内存贮器合在一起称为计算机主机。

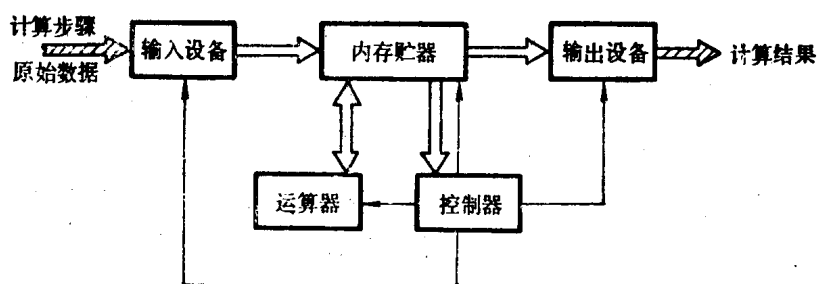


图1.1 计算机原理框图

软件也称软设备，它是程序的总称。一般地说，为了使计算机实现预期的目的（解某一算题或控制某一过程）而编排的一系列操作步骤就称为程序。欲使计算机执行某一操作必须发出相应的指令，所谓指令是能使计算机执行某一种操作的命令。如在表1.1中的取数、送数、相加等都是—种操作，在计算机中都有其相应的指令。因此，为解决某一问题而设计编排的一系列指令就叫做程序。用二进制编码形式表示的指令称之为“机器语言”，一台计算机的硬件，只“懂得”自己所特有的“机器语言”。在具备计算机硬件的基础上，解决不同的问题只是编写不同的程序或更换原始数据而已。

二、微计算机硬件

微计算机硬件仍包括上述五个部件，但其主机是由若干块大规模或超大规模集成电路芯片组成，芯片之间通过数据总线、地址总线和控制总线相连接。微计算机的原理框图如图1.2所示。

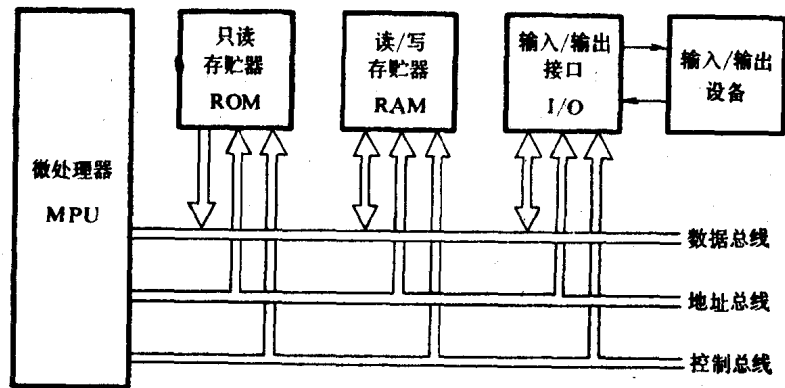


图1.2 微计算机原理框图

（一）微处理器(MICROPROCESSOR)

简称 MPU，有时也称之为微处理机。它是指把运算器和控制器作为一个整体，采用大规模集成电路工艺在一块或几块芯片上制成的中央处理机（CPU），其内部结构包括以下四个基本部分。

算术逻辑部件：它能完成算术运算和逻辑运算。

寄存器：用来存放数据和地址。

控制部件：它用来“识别”指令，并将指令译码，从而产生各种控制信号以控制整个微计算机协调工作。

内部总线和总线缓冲器：它用来在 CPU 内各部件之间传送数据，并与系统总线交换信息。

微处理器常以字长来区分，所谓微处理器的字长是指微处理器一次并行处理的二进制位数。常见的字长有 4 位、8 位和 16 位。典型的 8 位微处理器有 INTEL 8080、INTEL 8085、MC 6800 和 Z-80。典型的 16 位微处理器有 INTEL 8086、MC 68000、Z-8000。

（二）存储器(MEMORY)

是存放程序和数据的部分。存储器是一个大的信息储存库，它被划分成许多存储单元，其中可存放指令或数据。每个存储单元都有一个唯一确定的编号，称之为存储单元的地址。图1.3 为内存贮器示意图，每个存储单元地址和内容都用二进制表示（图中用字母和文字来注明）。存放程序的区域称为程序区，存放数据的区域则称为数据区。

如果 CPU 发出的地址码与存储器中某单元的地址编号相符，那么地址码经地址总线送到地址译码器译码后，便

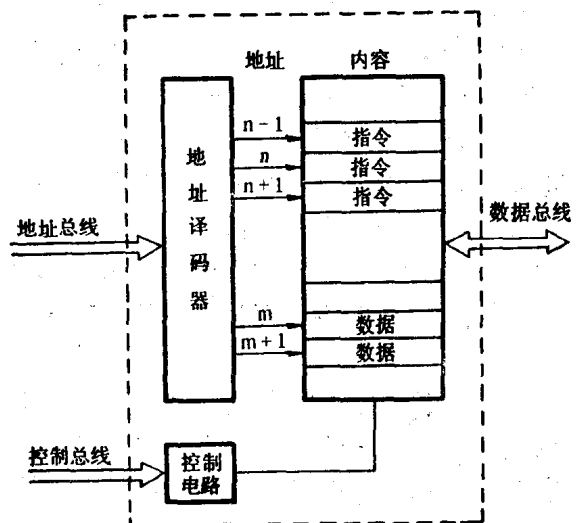


图1.3 内存贮器示意图

能选中该存贮单元，并由数据总线根据控制总线上的控制信号对该单元进行读出或者写入的操作。

存贮器通常分为内存贮器和外存贮器两类。内存贮器简称内存，用以存放计算机当前要执行的程序和数据。它可以直接和微处理器交换信息，内存的存贮容量不大，但存取周期较短，在微计算机中，内存贮器均采用半导体存贮器，它又分为读写存贮器和只读存贮器两类，外存贮器也称海量存贮器，简称外存，它存放计算机当前暂不执行的程序和数据。外存不直接与微处理器交换信息，但随时可和内存成批交换信息，其存贮容量很大，但存取速度较慢。常用的外存有磁带（如盒式磁带）和磁盘（软磁盘和硬磁盘）。

（三）输入输出设备

也称外部设备或外围设备，简称外设。它是计算机同外部世界（包括计算机的操作人员及计算机的控制对象）进行信息交换的工具。人们编写的程序和初始数据通过输入设备转换为计算机能接收和识别的信息。常用的输入设备有键盘、纸带输入机、卡片输入机和模数转换器等。而输出设备能将计算机的运算结果转换为人或被控设备所能接受和识别的信息。常用的输出设备有行式打印机、电传打字机、X-Y绘图仪、阴极射线管显示装置和数模转换器等。

输入/输出接口是介于微计算机主机和输入/输出设备之间的逻辑控制部件，能使两者在工作速度、信号电平和数据格式上得到匹配和协调。输入/输出接口有通用接口（并行与串行）和专用接口，前者可作为微计算机与不同输入/输出设备相连接的部件，后者如键盘/显示接口、软磁盘控制器等只适用于某些专用设备。

每一种型号的微处理器都有与之配套的内存贮器和接口芯片系列，它们与微处理器一样，采用大规模集成工艺，有塑料和陶瓷两种封装形式，外形均为双列直插式。

三、微计算机软件

一台仅由硬件组成的微计算机只能称为“裸机”。如果没有软件，裸机性能再好也是发挥不了作用的。若把硬件比作乐器，那么软件就好比是乐谱。没有软件的裸机，就好比是没有乐谱的乐器，它不可能奏出优美的乐曲。当然没有硬件，软件也只是纸上谈兵。所以有了硬件以后，软件就决定一切。

软件也称软设备或程序系统，它是指为了方便用户、充分发挥计算机的效率，实现计算机本身的自动管理的各种程序的总称。软件包括系统程序和应用程序。为了说明程序的含义，先回顾一下软件发展史。

1946年至1955年是软件发展的第一阶段，在这阶段初期，人们只会用机器语言编写程序。这种用二进制编码编写的程序叫做目标程序，它难记、难学、易出错，因此使用很不方便。

为了克服机器语言的缺点，产生了汇编语言，其特点是用便于记忆的字符来代替二进制的编码，于是每一条机器指令都有了相应的汇编符号。用汇编语言编写的程序称为汇编源程序。由于机器只能识别和执行目标程序，所以用汇编语言写的源程序必须先翻译成目标程序，为此人们编了一个程序，让计算机来完成这种翻译工作，这种将汇编源程序翻成目标程序的程序称为汇编程序。由于不同的计算机有其不同的指令系统，所以不存在通用

的汇编源程序，为此程序员必须对所使用的计算机的硬件有足够的了解才能编写出正确的汇编源程序，所以汇编语言还是一种面向机器的语言。

1956年至1965年是软件发展的第二阶段，为了使用户在不了解具体机器的情况下也能方便地编写程序，出现了 FORTRAN、ALGOL、BASIC 等各种高级语言。用高级语言编写源程序，非常类似于用英语编写解题步骤，且与计算机硬件没有直接关系。这类高级语言编写的源程序和目标程序间的翻译工作都由相应编译程序来完成，如 BASIC 解释系统、FORTRAN 编译程序等等。这样，无论哪种计算机，只要有了某种语言的编译程序，即可运行该语言编写的程序。在这一阶段，还出现了管理程序，它可使输入/输出和运算“同时”进行，从而提高了计算机的使用效率。

1966年以后是软件发展的第三个阶段，其特点是出现了各种更高级的程序设计语言、管理程序发展成为操作系统，并出现了诊断程序。象 APL、PASCAL、PL/1 等第二代高级语言就兼有 FORTRAN、ALGOL 和 COBOL 语言的一些特色。七十年代刚诞生的各式各样微计算机中，有许多从 PL/1 语言的某一子集中形成了各自的小规模语言系统，如 INTEL 的 PL/M、Z-80 的 PL/Z 以及 INTEL 8086 的 PLM-86。

早期的计算机，在用户任务交接以及调试程序、排除错误期间，都需人工参与操作，这样就浪费了机器时间；此外，一部计算机只能供一个用户使用，效率很低。为此，人们设计了操作系统这种程序，使计算机的操作、各种资源（硬件和软件）的调度管理自动化，以尽量减少人工干预，并实现计算机资源供多个用户共享。

可见，要让一台计算机能为目的完全不同的许多用户服务，让用户在不了解计算机具体结构的情况下发挥它的最大效益，必须由计算机设计者提供使用和管理计算机的软件，这种软件称为系统程序。它包括各种语言的汇编、解释、编译程序；机器的监督管理、调试、故障诊断程序；操作系统以及为了扩大计算机的功能，便于用户使用所配置的各种标准子程序（即程序库）。在选定的微计算机上，用户利用该机提供的系统软件所编写的解决各种实际问题的程序称之为应用程序。它可以是用户自编，也可由厂家提供。对某些典型的问题可编成具有通用功能的处理程序或科学计算应用程序，在使之标准化、模块化以后，可以作为软件商品出售，这种程序通常称之为软件包。

四、微处理器、微计算机、微计算机系统

微处理器本身不是计算机，它只是微计算机的运算和控制部份。微计算机应具有完整的运行功能，因此需由微处理器、内存贮器和输入/输出接口三者组成。若把这三者集成在一块芯片上，则称单片微计算机。微计算机配上输入/输出设备、系统程序及电源就可组成微计算机系统，如图1.4所示。

系统程序通常存贮在外存贮器中，随着集成电路工艺的发展，现在可以把一些常用的系统程序存放在只读存贮器中，这种固化的软件称为固件。

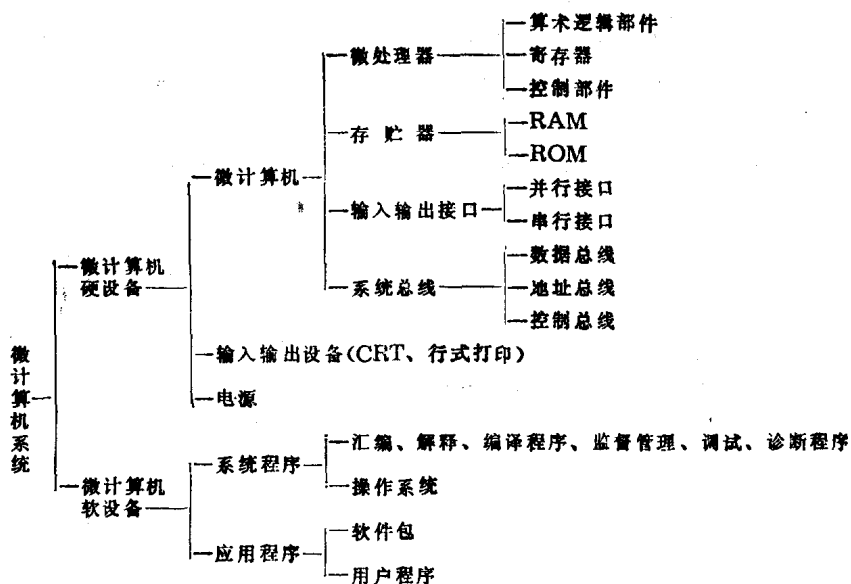


图1.4 微计算机系统组成

§1.2 微计算机发展简况和应用

电子数字计算机从其使用的逻辑元件来看，经历了电子管、晶体管、中小规模集成电路和大规模集成电路四代。微计算机则是大规模集成电路工艺发展的产物。

一、微处理器和 LSI 工艺

制造微处理器的大规模集成电路 (LSI) 的工艺对微处理器的性能有很大影响。这种工艺主要有金属氧化物半导体工艺 (MOS 工艺) 和双极型工艺两大类。当前绝大部分微处理器采用 MOS 工艺，它又可分以下几种。

PMOS: 它利用 P 型 (空穴) 沟道导电，其特点是集成度高、成本低，但速度慢，所用电源电压较高，与 TTL 电路不能兼容。

NMOS: 它利用 N 型 (电子) 沟道导电，速度比 PMOS 快 5 到 10 倍，集成度也高，且与 TTL 电路兼容。七十年代后期出现了高密度短沟道的 NMOS (即 HMOS 工艺)，其速度更高、功耗降低，从而成为超大规模集成电路的主要工艺。

CMOS: 它是用 P 型沟道和 N 型沟道晶体管组合起来的一种互补电路的工艺。其特点是功耗小 (为 NMOS 的 1/6)、抗干扰性好、电源电压允许变动范围较宽、与 TTL 电路兼容。和 NMOS 相比，其集成度低、速度慢。当前第二代 CMOS 在集成度和速度上已向 NMOS 逼近，故这是一种有生命力的工艺。

双极型工艺包括晶体管晶体管逻辑 (TTL)、射极耦合逻辑 (ECL)、集成注入逻辑 (I²L) 工艺。其共同特点是速度高 (比所有 MOS 工艺)，但功耗大、集成度低。主要用于“位片”式微处理器。

二、微计算机发展简况

微计算机的发展是以微处理器型号为象征，见表1.2。