

—XIXING DIANZIJISUANJI JIAOCHENG—

凌耀基等 编

微
型
电
子
计
算
机
教
程



微型计算机基础

广 东 科 技 出 版 社

微型电子计算机教程

微型计算机基础

凌耀基等 编

广东科技出版社

微型计算机基础

凌耀基等 编

·

广东科技出版社出版

广东省新华书店发行

广东新华印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 10印张 200,000字

1985年3月第1版 1985年3月第1次印刷

印数1—80,000册

统一书号 15182·112 定价1.60元

内 容 简 介

本书介绍微型计算机的基础知识，供大专、中专、中技等学校开设微型机课程时作参考教材，也可以供具有初中以上文化程度的读者作为自学入门书。全书共分八章。前五章的主要内容是：简单介绍微型计算机的发展情况；详细讲解数制和编码、逻辑代数和逻辑电路等基础知识；扼要阐述硬件、软件、微处理器、存储器等基本概念；一般地介绍微型计算机系统和外部设备的组成；深入分析微型计算机的一般工作原理、寻址方式和指令系统等。后三章的内容是语言和编程部分，它分别介绍了有关机器语言、汇编语言和BASIC语言的基础知识；举例讲述了根据流程图编写汇编语言程序的基本方法；详细介绍了基本BASIC程序的格式、结构、语句以及BASIC程序的编制和应用等。各章还附有思考题和习题。

通过学习本书，读者可以掌握微型计算机的基本知识，为进一步学习使用计算机打下良好的基础。

出版说明

《微型电子计算机教程》(以下简称《教程》)是根据目前大专、中专和中技的教学要求编写的。在编写过程中注意按教学和培训的需要来安排内容,力求概念简明易懂,突出使用和操作技巧,便于学习者自行复习,同时注意与实践相结合。《教程》中收入的许多程序实例都能在实践中直接运用,在学习中起举一反三的作用。

本《教程》首批安排出版的选题共有六种,以目前使用范围较广的TRS-80、APPLE I(苹果2型)、R1等机型为教学机,分别介绍各型微型机的BASIC语言的编程知识和上机操作方法、系统结构原理和用汇编语言编程方法等内容。这六种选题是:(1)《微型计算机基础》;(2)《TRS-80微型计算机BASIC I语言与磁盘操作系统》;(3)《APPLE I微型计算机BASIC语言与磁盘操作系统》;(4)《APPLE I微型计算机系统结构》;(5)《APPLE I微型计算机实习操作指导》;(6)《R1微型计算机读本》。以后根据教学的需要将补充若干选题。其中,《微型计算机基础》是公共基础课教材,其余各书可由各教学单位根据所采用的教学机型号,结合课程设置和教学要求选用。

参加这套《教程》编写工作的作者是大学的教授、讲师及中专老师,他们曾为几十期培训班讲课,积累了微机教学的经验。《教程》中的六个选题就是在他们讲课的基础上经过认真修改补充后写成的。

本《教程》可供职工大学和业余大学、中等专业学校和中级技工学校开设微型计算机课时作参考教材使用，亦可供各企事业单位和大专院校开办微型机短期培训班时用作教材，还可供广大读者用作自学读本。

前 言

在学习使用微型计算机的过程中，有些初学者为了早日掌握使用操作技术，往往急于求成，而忽视基础知识的学习。这样，再进一步学下去便觉得很困难。因此不少读者渴望有一本引导他们循序渐进学习微机的入门书。本书作为《微型电子计算机教程》的基础篇，其目的正是为了解决这个问题。

为此，书中各章节都着力于微型计算机的基本知识和基本概念的描述，力求做到循序渐进、深入浅出和简明易懂。从内容上来说，全书分为三部分。第一部分介绍微型计算机的发展、系统的组成，硬件、软件等基本概念，使读者对微型计算机的基本构成有一个轮廓性的了解和认识；同时讲述了数制和编码、逻辑代数和逻辑电路这些最基本的知识。第二部分从一部简单的模型机入手，系统地分析微型计算机的结构、工作原理和指令系统，使读者能从中理解和领会整机的概念，懂得计算机进行各种简单运算的工作过程。第三部分主要介绍有关机器语言、汇编语言和最通用的高级语言——BASIC语言的基础知识，以及如何运用 BASIC 语言的基本语句和编程方法。其目的也是为了打好编程基础。

本书原稿曾作为试用教材在中山大学、广州经委和科协等十多个单位举办的数十期微型计算机培训班上使用过，得到广泛的好评。此次正式出版，又在广泛听取有关方面人士的意见后，对原稿进行了补充和修改。

参加本书编写和修改工作的还有：罗初东、吴明莲、赵觉全、陶英等同志。

本书承蒙深圳大学杨金标副教授百忙中予以审阅，在此，谨表示衷心的感谢！

编 者

目 录

第一章 微型计算机的基本知识	1
第一节 微型计算机的发展	1
第二节 微型计算机的分类和特点	5
第三节 微型计算机的基本概念	7
思考题和习题	13
第二章 数制和编码	14
第一节 进位计数制及其表示法	14
第二节 数制的转换	20
第三节 进位计数制的运算	30
第四节 数的定点和浮点表示法	34
第五节 原码、补码和反码	40
第六节 ASCII 代码	47
思考题和习题	48
第三章 逻辑代数和逻辑电路	50
第一节 逻辑代数	50
第二节 组合逻辑电路	74
第三节 时序逻辑电路	105
第四节 输入/输出接口电路	118
思考题和习题	124
第四章 微型计算机的工作原理	126
第一节 基本结构	126
第二节 工作过程	132
第三节 指令系统	139
第四节 寻址方式	160
思考题和习题	170
第五章 微型计算机系统结构	178
第一节 微处理器的内部结构	174

第二节 内存贮器	178
第三节 外存贮器	179
第四节 输入输出设备	182
思考题和习题	187
第六章 机器语言和汇编语言	183
第一节 机器语言	188
第二节 汇编语言	191
第三节 汇编语言程序的编写方法	194
思考题和习题	216
第七章 BASIC语言基础	218
第一节 高级语言概述	218
第二节 BASIC语言的基本概念	220
第三节 直接命令和程序命令	229
第四节 打印输出 (PRINT) 语句	234
第五节 提供数据语句	241
第六节 注释、暂停和结束语句	254
思考题和习题	257
第八章 BASIC基本语句	260
第一节 转移语句	260
第二节 循环语句	269
第三节 转子语句和返回语句	278
第四节 数组	282
第五节 自定义函数	288
第六节 字符串	290
思考题和习题	300
附录	302
一、BASIC的专用词	302
二、出错信息摘要	307
三、ASCII代码表	308
四、十进制数、十六进制数和二进制数对照表	310

第一章 微型计算机的基本知识

第一节 微型计算机的发展

世界上第一台数字式电子计算机 ENIAC 于1946年诞生于美国宾夕法尼亚大学，它使用了18000个电子管，1500个继电器，机房长30米，机重80吨，耗电150千瓦，真是个庞然大物，然而它的运算速度只不过每秒5000次。

电子计算机的发展，迄今已经历了电子管、晶体管、集成电路和超大规模集成电路四个阶段，目前正进入第五阶段，向着“会思考”问题的人工智能计算机方向发展。

从规模的大小来看，计算机分为大型、中型、小型和微型计算机。近年来，在计算机向着巨型、高速方向迅猛发展的同时，微型计算机异军崛起，在不到十五年的时间内，便以崭新的面貌在世界许多国家中出现。它从诞生到成长经历了4位机、8位机、16位机和82位机四代产品的变化，几乎每两年更新一代。这种高速发展的本身就证明微型计算机具有强大的生命力。它的应用正深入到工业、农业、国防、科学文化和社会的各个领域，并正在步入家庭，成为家庭电器中的一员。

微型计算机的性能主要取决于它的核心——微处理器的性能。因此，随着新一代微处理器的出现，便会产生新一代微型计算机。这样，微型计算机的发展阶段也就可以根据微

处理器的发展阶段来划分了，它大致可以划分为四代。

第一代：1971年~1978年，这是微型计算机的萌芽阶段。美国 Intel 公司首先研制成功型号为 MCS-4 的微型计算机。它的微处理器（芯片）为 4004，字长为 4 位，平均指令执行时间为 20 微秒，采用 P-MOS 工艺。它主要用来进行十进制串行运算和简单的数据处理，没有暂停和中断功能，灵活性差。后来该公司推出 4 位微处理器 4040 和 8 位微处理器 8008，并以 8008 为核心制成 MCS-8 型微型计算机。这种机的字长为 8 位，指令系统和中央处理功能比较完整。

第二代：1978 年~1977 年，这是 8 位微型计算机的发展、改进阶段。第二代的初期产品有 Intel 公司的 MCS-80 型微型计算机，它的微处理器是 8080，字长为 8 位，基本指令执行时间缩短到 2 微秒，比微型计算机 MCS-4 的指令执行时间快 10 倍。它采用 N-MOS 工艺，具有多种寻址方式，8 级中断功能，而且具有直接存贮存取（DMA）的功能，配备有高级语言。

这一代的后期产品所使用的微处理器有 8085、Z80、6800、6809 和 6502 等。用 Z80 和 6502 微处理器分别装配的典型的微型计算机有 Radio Shack 公司的 TRS-80 和 APPLE 公司的 APPLE I 等。根据统计，目前，APPLE I 微型计算机的销售量居世界首位，它具有 16000 多个应用程序和大量外围设备，被誉为微型计算机发展的第一个里程碑。

第三代：1978 年~1980 年，这是 16 位微型计算机的发展阶段。这一代微型计算机的代表产品有 DEC 公司的 LSI11、LSI28、LSI24，DGC 公司的微 NOVA 和 IBM 公司的 IBM-PC 等。所使用的微处理器有 8086、MC68000、Z8000、IAPX86 等。它们与 8 位微型计算机相比，有如下特点：采用 N-MOS

工艺，地址空间扩大到24位，通用寄存器多达16个，具有很强的指令系统，扩充了寻址方式，增加了异常处理功能等。特别是采用8086、8088微处理器作芯片的IBM-PC及其兼容机种，性能更为优良，因而被认为是微型计算机发展的第二个里程碑。

第四代：从1981年起，是82位微型计算机的发展阶段。典型微处理器有IAPX432、IBM320、Bell MAC32、HP32等。它们采用CMOS工艺，其集成度高达每片包含15万个晶体管以上。

四代微型计算机的微处理器发展的主要特点见表1-1。

虽然82位高档微型计算机的发展势头很大，但由于目前世界上8位机的产量还在增长，且价格下降，加上其软件丰富，易于普及，所以目前8位机仍然是推广应用微型计算机中的主流，在我国尤其是这样。因此，本书也以介绍8位微型计算机的基础知识为主。

四代微型计算机的微处理器特点

表1-1

特点	第一代		第二代		第三代	第四代
	1971~1973年	1973~1975年	1975~1977年	1978~1980年	1981~	
典型微处理器 和微型计算机	Intel 4004 8008	Intel 8080 (DECLSI-II) MC6800	Intel 8085 (LSI-II/2) MC6809 Z80 R8502	Intel 8086 LSI-II/23, 24 Z-8000 MC68000	Intel 8088 IBM320 Bell MAC32 HP32	
字长(位)	4~8	8	8	16	32	
半导体工艺	P-MOS	N-MOS	E/D MOS	N/H MOS	CMOS	
集成度(晶体管/片)	2千	5千	1万	2~6万	10万多	
芯片引出线	16~24	40	40	40~64	64多	
时钟频率(MHz)	1	2	2.5~5	4~10	100左右	
平均指令周期(μs)	20	2	1	0.5~0.1	0.1左右	
数据总线(位)	4	8(16)	8(16)	16	16/32	
地址总线(位)	4~8	8(16)	8(16)	20~24	24~32	

第二节 微型计算机的分类和特点

一、微型计算机的分类

微型计算机的种类繁多，系列各异，分类方法也不同。下面根据不同的分类方法逐一加以介绍。

按微型计算机的用途分，有通用、专用、办公室用等微型计算机。其中，专用机又分两类，一类是控制用机，另一类是数据处理用机。

按微型计算机的字长分，有1位机、4位机、8位机、16位机和82位机等。位数越多，功能越强。

按微型计算机的结构分，有单片机、多片机、位片机、单板机、微型机系统和微型机网络等。其中单片机是指微处理器为单片集成电路的微型计算机，多片机是指微处理器为多片集成电路的微型计算机，位片机是指组成微处理器的每片集成电路均只有2位数或4位数的微型计算机。位片机的字长由选择位片的多少而定，可以灵活取舍，以组成不同的字长。

按微处理器的制造工艺分，有双极型微型计算机和单极型微型计算机。其中双极型的运算速度快，但集成度低，功耗大，因而其发展受到一定限制；而单极型的运算速度虽然比前者慢，但集成度高，功耗低，因而特别有利于向微型化方向发展。单极型微型计算机按其采用的MOS工艺不同，又可以分为PMOS、NMOS、E/DMOS、HMOS、CMOS等类型。

按运算速度分，有低速、中速、高速和超高速微型计算机。

按芯片集成度分，有大规模、超大规模、甚大规模集成电路微型计算机。

二、微型计算机的特点

微型计算机的主要特点有：

(1) 重量轻，体积小，功耗低，维护使用方便。

随着大规模、超大规模集成电路的发展，微型计算机的体积越来越小，重量越来越轻，功耗也大大降低。一台功能与世界上第一台大型电子计算机的功能相同的微型计算机，其重量只有几公斤，耗电只有零点几瓦。由于在安装和维护方面没有特别严格的要求，一般机房和各种场地均可使用。

(2) 性能稳定，可靠性高。

微处理器芯片的高度集成化带来了电路性能的高度稳定。同时，外接零件少，焊点少，组装非常简单，因而故障率大大减少。据统计，一般平均故障时间间隔从几千小时到上万小时，可靠性极高。

(3) 价格便宜，便于推广。

由于微型计算机的芯片产量大，成品率高，加上市场方面的激烈竞争，故价格不断降低。一般低档的可用在家用电器上的4位微处理器，其芯片每块只需几美元就可以买到。目前国内销售的单板机的售价也从每台几千元降到每台几百元。8位微型计算机系统，如TRS-80、APPLE I等，每台售价不过一万多元。这比起售价为每台十万、百万元的中小型和大型电子计算机来说，简直太便宜了。正因为这样，微型计算机在推广应用的竞争中便占有得天独厚的条件，从而使它特别容易推广普及。

微型计算机虽然具有上述优点，但与中小型计算机相比，也有其不足之处。例如运算速度较慢，功能还有待进一

步提高等。

第三节 微型计算机的基本概念

一、微处理器和微型计算机

微处理器 (Micro Processor Unit, 简称MPU) 是一种集成电路器件。它通常是一块把计算机的运算器和控制器集成在一片芯片上的大规模集成电路, 外形见图1-1。它的功能是控制计算机各部分有节奏地协调工作, 并对数据进行算术运算或逻辑运算。所以, 它起到一般计算机的中央处理器 (CPU) 的作用。本书按习惯称微处理为CPU。

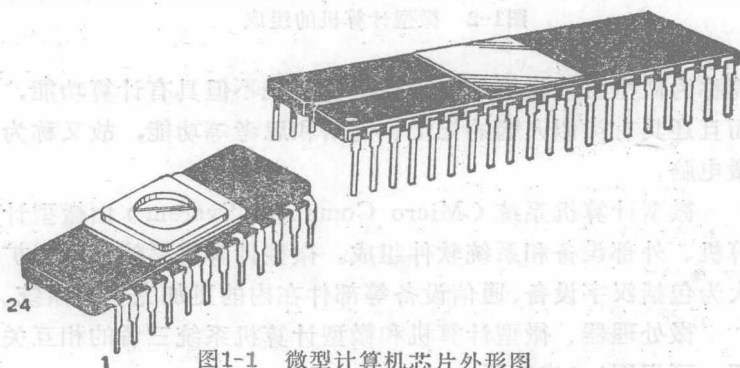


图1-1 微型计算机芯片外形图

微型计算机 (Micro Computer) 由微处理器、存储器 and 输入/输出接口 (简称I/O接口) 组成, 如图1-2所示。存储器是计算机存储信息的仓库, I/O接口是微型计算机与外部输入设备和输出设备连通的门户。上述各部分电路都采用大规模集成电路片制成, 若干片这样的大规模集成电路组成一块插板——功能板, 若干块功能板组成一台微型计算机,