

高等职业学校教材

单片机原理及应用

周志德 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是高等职业学校系列教材之一。全书共十章，前两章叙述了微机的基础知识与 MCS - 51 单片机的组成。第三、四章介绍了 MCS - 51 单片机的指令系统及汇编语言程序设计方法。第五章叙述了半导体存储器的内部结构，以及典型 ROM、RAM 芯片与 CPU 的连接方法。第六章介绍了中断的基本概念，MCS - 51 单片机的中断系统，及 MCS - 51 单片机定时计数器的内部结构与使用方法。第七章讲述了接口的概念及并行接口 8255、8155 的内部结构及使用方法，结合并行口介绍了单片机控制强电、控制步进电机等实用技术。第八章讲的是串行通信技术的一般概念及 MCS - 51 单片机串行口的使用方法。第九章介绍了 A/D 与 D/A 转换接口技术。第十章将前面九章所用到 CPU、存储器、I/O 接口综合在一起，给出了一台工业用单片单板机的整体硬件结构图，并简单介绍了监控程序的有关概念及单片单板机开发的方法，以达到使读者具有自行开发单片单板机的能力。

本书可作为高等职业学校计算机、电气电子、仪表、汽车等专业的教材，中等职业学校也可以选用并可作为从事计算机应用工作的工程技术人员培训和自学的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/周志德主编. —北京: 高等教育出版社, 2001.7

高等职业学校教材

ISBN 7 - 04 - 008903 - 3

. 单... . 周... . 单片微型计算机 - 高等学校:
技术学校 - 教材 . TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字

责任编辑 陈 红 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静

版式设计 马静如 责任校对 许月萍 责任印制

单片机原理及应用

周志德 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010 - 64054588

传 真 010 - 64014048

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

开 本 787 × 1092 1/16

版 次 年 月第 版

印 张 19.5

印 次 年 月第 次印刷

字 数 470 000

定 价 26.50 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

“单片机原理及应用”是面向高等职业学校计算机、电气等专业学生的实用性很强的一门计算机课程，考虑到职教的特点，本书应编成一本通俗易懂、条理性强、突出实用性的教材。为此，本书编写中强调了以下几点：

1. 突出以能力为本位，不过多强调理论的系统性与完整性
2. 从课程内容的前后衔接要求来安排内容章节，而不从计算机学科的体系来安排教学内容。全书各章、节内容相互贯通，由浅入深，以学生能接受的方式讲述各种基本概念、基本理论及应用方法。
3. 对于学生不易接受的内容，采用分散难点，多次重复的方法加以处理。
4. 增加实用技术在书中的比例，如有计时显示的交通灯控制、产品计数控制、步进电机控制、单片机控制强电、单片机通信等。删除一些比较抽象的学生不易接受的内容。

根据上述 4 点对书中章节内容进行了如下安排：

1. 章节安排次序

令、转移指令移到第四章中加以介绍。在讲完堆栈的概念后讲解压栈与弹栈指令，讲完调用与返回指令后讲子程序调用，学生更容易理解与接受。转移指令是汇编指令中最复杂的一种，因此将转移指令放在第四章分支程序设计前讲解，做到边讲指令边讲程序，便于教师采用边讲边练的教学方法。避免一味枯燥的在第三章讲指令，到第四章才讲程序设计的做法。

显示程序移到第四章，作为循环程序设计加以介绍。既可在第四章中加深学生对循环程序设计的熟练掌握程度，又可为后续课程应用显示程序打下基础。

2. 难点内容的处理方式

采用先分二步走的方法。首先在第一章中讲述一般计算机系统组成，然后在此基础上引入微机硬件系统的组成，粗略介绍存储器的组成，CPU 的组成、控制器的组成，及微机的工作过程。在此基础上讲述单片机系统的组成学生比较容易接收。

学方法。首先在第一章微机的工作过程中介绍存储器的组成，即存储体、地址译码器、读写控制电路及存储器的工作过程。在第二章中介绍 MCS - 51 单片机存储器的组成，即程序存储器、片外数据存储器、片内数据存储器等。在第五章再介绍存储器内部电路与扩充方法。通过三次由浅入深的存储器讲述，使学生很自然地接受了存储器组成、内部结构及使用方法。

位转

帮助学生记忆与理解指令。

应过程。

3. 加强实用技术在书中的比例，删除一些比较抽象的学生不易接受的内容

运算，并强调有关数的溢出与进借位的概念，为后续课程中讲解程序状态字 PSW 打下基础。

算术程序、求最大、最小值程序、代码转换程序、排序程序、显示程序。比较难的程序不讲。

内容。使学生能在学校就掌握单片机在工业中的一些应用。

单片机后有一个整体的概念，使用计算机印制卡辅助设计软件如 PROTEL，学生可自己设计制作一台单片单板机。这对学生今后在工作岗位上从事单片机类设备的维护修理工作是极有好处的。

在本书编写过程中，参考了目前国内比较优秀的有关单片机方面的书籍资料，在此谨向有关作者表示感谢。

本书第三、四、五、七、九、十章由周志德编写，第一、二章由眭碧霞编写，第六、八章由段谟意编写，全书由周志德统编，李虹副教授审阅。

限于作者的水平，书中难免存在错误及不足之处，恳请读者给予指正。

编 者

2000年12月10日

目 录

第一章 微型计算机基本知识	1
1.1 微型计算机的发展与应用	1
1.2 计算机系统的组成	3
1.3 微机硬件系统组成	5
1.4 程序设计语言	11
1.5 数制与编码	13
习题一	26
第二章 MCS - 51 单片机的组成	28
2.1 单片机概述	28
2.2 MCS - 51 单片机的 CPU	31
2.3 MCS - 51 单片机存储器配置	34
2.4 MCS - 51 单片机的并行输入/ 输出口	38
2.5 MCS - 51 单片机的基本组成	42
习题二	49
第三章 MCS - 51 单片机指令系统	51
3.1 指令系统的概述	51
3.2 MCS - 51 单片机指令系统	54
习题三	74
实验三	75
第四章 汇编语言程序设计	77
4.1 伪指令与程序分类	77
4.2 分支程序设计	81
4.3 循环程序设计	90
4.4 子程序与堆栈技术	102
4.5 显示程序设计	109
习题四	118
实验四	121
第五章 存储器	124
5.1 存储器概述	124
5.2 只读存储器 ROM	126

5.3	随机存储器 RAM	133
5.4	单片机存储器的扩充	136
5.5	存储器的时序图	143
	习题五	148
	实验五	149
第六章	中断系统与定时计数器	150
6.1	中断的基本概念	150
6.2	MCS - 51 单片机的中断系统	155
6.3	MCS - 51 单片机的定时计数器	164
	习题六	181
	实验六	182
第七章	接口技术	184
7.1	接口概述	184
7.2	8255 并行接口	188
7.3	8155 并行接口	205
7.4	单片机控制强电接口技术	215
7.5	单片机控制步进电机接口技术	219
7.6	显示键盘接口技术	228
	习题七	235
	实验七	237
第八章	串行通信	241
8.1	串行通信基础知识	241
8.2	MCS - 51 串行接口	245
	习题八	264
	实验八	265
第九章	D/A 与 A/D 接口	266
9.1	D/A 与 A/D 基本概念	266
9.2	D/A 转换接口	267
9.3	A/D 转换接口	275
	习题九	282
	实验九	283
第十章	工业用单片单板机	285
10.1	概述	285
10.2	工业单片单板机的硬件组成	285
10.3	工业单片单板机的软件系统	291
	习题十	300
附录	MCS - 51 系列单片机指令表	301
	参考文献	304

第一章 微型计算机基本知识

学习目标】

微机总线结构、存储器组成、CPU 组成。理解微机的工作过程。知道计算机三类程序设计语言、源程序、目标程序、编译程序的概念。熟悉数制，真值与机器数，有符号数与无符号数，带符号数的原码、反码、补码的概念，掌握数制转换方法，由真值计算原码、反码、补码的方法，带符号数的补码运算方法与溢出的概念，无符号数的加减运算与进借位的概念。了解编码的概念、数字的 BCD 码、字符的 ASCII 码。

对于没有计算机基础知识的初学者，建议先学习本章 1.5 节“数制与编码”后，再学习本章其他内容。

1.1 微型计算机的发展与应用

计算机是人类制造的用于信息处理的机器。这种机器只能在人的控制下，将输入的数据信息，按照人们的要求进行存储、分类、整理、判断、计算、决策和处理等操作。

计算机俗称电脑，它是模仿人的大脑对信息进行加工的机器，但它与人脑截然不同。第一，它不是生物体，而是人类制造的电子机器；第二，它不能离开人的操纵和控制；第三，外界信息不会自动进入电脑，必须在人的控制下，通过输入设备输入；第四，它处理信息的速度和精度都是人脑所无法比拟的。

1.1.1 微型计算机的发展史

计算机是适应现代科技发展的需要而产生的。1946 年世界上第一台命名为“ENIAC”的电子计算机在美国诞生。50 多年来，作为高技术成果的电子计算机技术发展异常迅速。通常人们习惯按电子元器件的变化将电子计算机的发展划分为电子管时代、晶体管时代、集成电路时代和大规模、超大规模集成电路时代四个阶段。

随着微电子技术的迅速发展，计算机技术与超大规模集成电路紧密结合，为微型计算机的诞生提供了基础与条件，从而导致了以微处理器为核心的微型计算机的诞生和发展。

微型计算机简称微型机，属于计算机发展过程中的第四代产品。之所以称其为微型计算机，有两种含义：其一，这种计算机是用微处理器芯片

其二，从处理能力等方面来看，它区别于小型机、大型机和巨型机。微处理器是伴随着大规模、超大规模集成电路的产生而产生的，目前微型机以功能齐全，体积小，可靠性强，使用方便和价格低廉等优势赢得了越来越广泛的应用。微型机的发展主要表现为微处理器的字长的增加和速度的提高。

微型计算机的发展是以微处理器的发展为特征的。通常以微处理器的字长为主要特征把微型机划分为五代。微处理器自 1970 年问世以来，在短短二十几年的时间里以极快的速度发展，几乎每隔 2~3 年就要更新一代。

1971 年~1973 年为第一代。其典型产品是 Intel 4004 和 Intel 8008，字长分别为 4 位和 8 位，集成度约在每片 2000 个器件，时钟频率为 1 MHz。

1973 年~1975 年为第二代。其典型产品是 Intel 8080 和 M6800，字长为 8 位，集成度约在每片 5000 器件，时钟频率为 2 MHz。

1975 年~1977 年为第三代。其典型产品是 Intel 8085 和 M6802 和 Z80，字长为 8 位，集成度约在每片 10 000 器件，时钟频率为 2.5~5 MHz。

1978 年~1980 年为第四代。其典型产品是 Intel 8086 和 M68000 和 Z8000，字长为 16 位，集成度约在每片 30 000 器件，时钟频率为 5 MHz。

1981 年以后产生了第五代微处理器，典型产品是 IAPX43201，字长 32 位，集成度约在每片 11 万器件以上，时钟频率可达 10 MHz。1985 年推出的 M6820 和 Intel 80386，集成度已达每片 27 万器件，时钟频率为 16~25 MHz。由于集成度高，因此系统的速度和性能大为提高，可靠性增加，成本降低。

1989 年，Intel 公司将数字协处理器和高速缓存加到 386 芯片内，推出了 80486 微处理器。80486 与 80386 完全兼容，但速度要比 80386 快。80486 借用了 80386 指令流水线 RISC 指令系统的计算机)

规模集成电路，芯片内含有 120 万个晶体管，时钟频率可以达到 100 MHz。

成度的超大规模集成电路。Pentium 与 386 或 486 完全兼容，采用 32 位地址线和 64 位数据线，寻址范围 4 GB³²⁾)

年 2 月推出了 Pentium³²⁾；2000 年 3 月，AMD 和 Intel 两公司先后发布了主频为 1 GHz 的微处理器 Athlon³²⁾ ppermine

1.1.2 微型计算机的特点

从工作原理和基本结构上看，微型计算机与大型、中型和小型计算机没有本质的区别。微型计算机具有计算机的基本特点，即运算速度快、计算精度高、具有“记忆”能力、逻辑判断能力、可自动连续工作等。此外，微型计算机还具有以下几个特点：

体积小、质量轻、价格低和耗电量小。早期的计算机占地上百平方米，质量以吨计，价格昂贵，耗电量几百千瓦。现在的微型计算机质量几公斤，耗电 100 多瓦，价格较低。

可靠性高。广泛采用大规模和超大规模集成电路，微型计算机的内部器件数量少，连线少，使微型计算机的工作可靠性高，抗干扰能力强。

结构灵活。微型计算机采用总线结构，结构灵活，可以根据需要配置不同的计算机部件，极易组成各种系统来满足不同的需要。微型计算机可以单机使用，也可以非常方便地构成多机系统或计算机网络。

1.1.3 微型计算机的应用

目前，微型计算机主要应用在以下几个方面：数值计算、数据处理与信息加工、计算机辅助功能、人工智能、计算机通信、多媒体、计算机检测和过程控制等。微型计算机在检测和过程控制方面的应用具有简便、快捷、准确、可靠等优点，便于实现各种生产过程自动化。在改造传统产业、节约能源、提高产品质量和生产效率、改善生产者劳动条件等方面，具有十分重要的作用。微型计算机在检测和过程控制方面的应用主要有以下几个方面。

1. 微型计算机检测和数据处理系统

应用微型计算机能对生产过程的各种参数进行检测，例如温度、压力、流量、液位、角度、长度、电流、电压、频率、功率等，当测量值超过一定范围时，可发出声、光等报警信号并将检测结果存储、显示、打印、绘制成表格或曲线。

由于微型计算机检测和处理数据的速度很快，因此一个微型计算机检测系统可以同时检测多个同类参数或不同参数，或者对某个系统中几百个参数进行巡回检测。

智能化仪表是带有微处理器和通信接口的新型仪表，它也是一种微型计算机检测和数据处理系统。这种仪表利用计算机对传统仪表进行了革新，实现了数字化、微型化和智能化，例如，具有自动校正、消除误差、自动选择量程等“智能”功能。

2. 微型计算机顺序控制系统

这类系统在微型计算机的控制下，使生产设备按照事先规定的某种顺序有规律地进行生产。例如采用微型计算机控制的注塑机系统就是一个典型的顺序控制系统，其加工过程是一个按照预定顺序的周期性动作，一个加工周期包括以下几个步骤：合模 注射 保压 冷却 开模 取制品 合模。

顺序控制系统中，微型计算机并不随时检测生产设备每个步骤的状态来对系统进行校正，这是一种开环控制方式。

3. 微型计算机闭环控制系统

闭环控制系统在微型计算机检测到生产过程的状态参数并进行处理后发出控制信号，让有关执行机构去控制该生产过程，使之符合预定的要求。例如，用微机控制热处理炉的温度，其工作过程是通过温度传感器将炉温变成电信号，经接口电路输入微型计算机。微型计算机将此信号值与预定温度信号值进行比较，运算后得到调节量，由接口电路输出，控制加热元件或调整加热功率，从而保证炉温的恒定。类似的系统如电机转速控制系统、自动仓库系统等。

1.2 计算机系统的组成

计算机是一种能按程序自动进行信息处理，具有记忆存储功能与逻辑判断功能，高度自动

化的电子设备。由以上定义可看出计算机的主要作用是进行信息处理，计算机处理的信息有：文字、数据、图形、声音与图像。计算机是如何处理这些信息的呢？这需要介绍计算机系统的组成。计算机系统是由硬件系统与软件系统组成，现分别介绍如下。

1. 硬件系统

用户要处理信息(如:输入一篇文章,或进行算术运算: $X = 3 + 5$)

计算机

机)

盘)

入的信息必须存储到计算机中，因而计算机要有存储器来存储用户输入的信息，从而实现计算机的存储记忆功能。存储在计算机中的信息必须进行处理，如进行 $X = 3 + 5$ 的算术运算，为了完成该数学运算，计算机需要有一个器件来进行算术运算，该器件称为运算器。运算的结果 8 先存入到存储器，然后通过输出设备返回给用户，因而计算机要有输出设备

器)

器存储信息，用运算器处理信息，用输出设备

输出信息。大部分的工作都是在一个称为控制器的硬件的控制下自动完成的，因而控制器类似于人的大脑，是计算机的总指挥。

综上所述，计算机的硬件由 5 大器件组成，即输入设备、存储器、运算器、控制器、输出设备。通常计算机生产厂家将运算器与控制器制作在一个芯片内，称为中央处理器，英文为 Central Processing Unit，缩写为 CPU。将存储器与中央处理器称为主机，而将输入与输出设备统称为外设。计算机硬件的组成如图 1 - 1 所示。

2. 软件系统

只有硬件的机器称为裸机，因为计算机必须按程序工作，而裸机无程序，所以是不能运行的。使计算机运行所需的各种程序以及开发、使用和维护这些程序所需要的数据和文档等信息的集合统称为计算机的软件系统。软件按其功能分为应用软件和系统软件两大类。

系统软件由计算机厂家作为系统资源提供给用户，主要用于实现计算机的管理、调度、监视和服务等功能。其目的是方便用户，提高计算机使用效率，扩充系统的功能，为其他软件服务，其他软件都要通过它发挥作用。从用途上来看，系统软件可以分为三类：

面向计算机管理和操作的软件。主要用来实现对计算机系统的管理和调度。包括操作系统、网络通讯系统、监控程序、故障处理程序等。

操作系统是管理计算机全部资源，控制程序执行的系统软件。单片单板机使用监控程序作为其操作系统，因此，监控程序是用于管理单片单板机全部资源，控制程序执行的系统软件。

面向用户的软件。主要用来方便用户用计算机解决自己的问题，包括语言处理程序，

图 1 - 1 计算机硬件系统组成

如汇编程序、编译程序和解释程序；辅助加工软件，如编辑程序、链接程序、各种通用和专用的计算程序和软件包；数据库管理程序等。

面向计算机维护人员的软件。主要用来对计算机系统进行调试和测试。如各种诊断调试程序、测试程序等。

应用软件是用户在各自的领域中，为解决各类特定问题而编写的应用程序。如科学计算程序、自动控制程序、工程设计程序、数据处理程序、情报检索程序等。随着计算机的广泛应用，应用软件的种类和数量将越来越多，并且向着标准化、模块化、商品化的方向发展。

系统软件和应用软件之间没有非常严格的界限。一些具有通用价值的应用程序，常常纳入厂家的系统程序中，作为系统的资源提供给用户。

最后可得出如下结论：计算机系统由硬件与软件两大部分组成，硬软件组成如下：

		存储器：存储信息
硬件	主机	运算器：算术逻辑运算
	中央处理器 CPU	控制器：控制各器件完成指令规定的操作
	外设	输入设备：输入信息，常用输入设备有键盘、鼠标、扫描仪等 输出设备：输出信息，常用输出设备有显示器、打印机等
计算机系统		操作系统：管理计算机系统所有资源，如 DOS、Win98 等
	面向管理	监控程序：管理单片单板机所有资源
		网络通讯程序：管理网络数据通信
		编辑程序与字处理程序：编写源程序与文章，如 Word 等
	系统软件	面向用户 编译程序：将源程序翻译成目标程序，如 C、BASIC 等 数据库管理系统：用于建立、使用、维护数据库的软件， 如：Foxbase、Foxpro、Oracle 等
	软件	面向维护人员 诊断调试程序 测试程序等
	工业自动控制程序	
应用软件	企业管理程序 各种辅助设计程序	

1.3 微机硬件系统组成

微机是计算机家族中的一员，所以微机的组成与计算机组成基本类似，其硬件也是由主机与外设组成。为了将主机与外设相连，必须在主机与外设之间增加称为接口的器件，此外 CPU、存储器、接口之间还必须通过称之为总线的信号线路连通，这样微机才能工作。微机总线结构如图 1 - 2 所示。以下将依次简要地介绍总线、存储器、CPU 的基本结构与工作原理。

图 1 - 2 微机总线结构

1.3.1 微机的总线结构

1. 总线 (Bus)

将连接微机内各器件的一组公共信号线称为总线根信号线，根据它们传送的信息可分为 3 类：

数据总线用于传送数据或指令代码等信息，常用 DB 表示。所有需要传送数据的部件均挂到数据总线上，数据总线的条数由它的内部结构决定的，一个 8 位的寄存器也多为 8 位的，因此需要用 8 条数据线来传输数据信息，记为 D0 ~ D7。一个 16 位 (字长为 16)

要用 16 条数据线，记为 D0 ~ D15。CPU 通过数据总线向存储器或外部设备输出数据或者从存储器或外部设备输入数据到 CPU，因此，数据总线是双向并行传输信息的。

用于传输地址信息的一组信号线称为地址总线，常用 AB 表示。在单处理器系统中，地址信息总是由 CPU 发出，用来对存储单元或 I/O 端口进行寻址，因此它是单向并行传送的。地址线的条数与数据线的条数不一定相等，例如 8 位微机采用 16 位地址线，记为 A0 ~ A15，它能寻址的范围是 $2^{16} = 65\,536$ ，即为 64 KB。因此，访问 64 KB 范围内的存储器单元时，必须同时输出 16 位的地址信息。

控制总线用于传送各种控制信号，常用 CB 表示。如存储器读写控制信号、I/O 读写控制信号等。不同类型微机中的控制信号不同，所使用控制线的条数也不同。

2. 微机的总线结构

用总线把 CPU、存储器和外设的 I/O 接口连接起来的结构称为微机的总线结构。总线结

构的优点是便于存储器与 I/O 接口芯片的扩充，缺点是在任一瞬时总线只允许两个器件之间进行信息传送。

微机系统中的总线大致分为三类：内部总线、系统总线和多机系统总线。内部总线是同一部件内部
的各部件
互连接的总线。

1.3.2 存储器的组成与工作原理

1. 存储器容量单位

(byte)

8 个二进制位组成一个存储单元称为字节。

字是指计算机一次所能处理的数据长度，字长是指计算机一次处理数据的位数。不同处理能力的计算机其字和字长是不同的。字长为 8 位的机器称为 8 位机，其字由 1 个字节组成，如 MCS - 51 单片机、Z80 机。字长为 16 位的机器称为 16 位机，其字由 2 个字节组成，如 8088 机。字长为 32 位的机器称为 32 位机，其字由 4 个字节组成，如 80486 机。字长为 64 位的机器称为 64 位机，其字由 8 个字节组成，如 Pentium 机。

在计算机的存储器中常采用如下的计量单位：B、KB、MB、GB。它们之间的换算关系为
 $1 \text{ KB} = 1024 \text{ B}$

2. 存储单元与地址

存储器是用来存放信息的，为了存放不同的信息必须将存储器分成许多存储单元，每个存储单元存放一个字节

存取操作，必须对每个单元进行编号，例如：一个存储器有 256 个单元，则编号从 0 ~ 255，在计算机中常用十六进制表示，即可表示为 00H ~ FFH，如图 1 - 3 所示。将存储单元的编号称为地址。有了地址，CPU 就可对存储器指定单元进行存取操作。

3. 存储器的基本结构

存储器是由存储体、地址译码器、读写控制电路三部分组成。如图 1 - 3 的虚线以下部分所示。

存储体用于存放数据与指令的二进制代码。如图 1 - 3 存储体中存放指令码 74H、数据 03H 等。为了读/写数据，存储体必须与数据总线 DB 相连。在任一瞬时只允许一个存储单元与 DB 相连，而其余的存储单元必须与 DB 断开，以保证 CPU 能对指定地址的存储单元进行读/写操作，这一任务由地址译码器来完成。

地址译码器一边与地址总线 AB 相连，用于接收 CPU 发来地址信号，另一边用译码输出信号控制每个存储单元与数据总线 DB 接通与断开。如图 1 - 3 所示。因此，地址译码器的作用是：对地址总线送来的地址码进行译码，选中地址码指定单元，以便 CPU 对该单元进行存

取操作。当地址译码器根据地址码信号选中地址码指定的存储单元后，还有一个数据读出与写入问题，该问题由读/写控制电路来解决。

图 1 - 3 CPU 与存储器结构示意图

读/写控制电路一边与控制总线中读/写信号 \overline{RD} \overline{WR} 相连，接收 CPU 发出读信号或写信号。当 CPU 发读信号 \overline{RD} 时，读/写控制电路将存储单元中数据或指令码读出，并通过数据总线 DB 传送给 CPU。当 CPU 发写信号 \overline{WR} 时，读/写控制电路将数据总线 DB 上的数据写入存储单元。因此，读/写控制电路的作用是：控制存储单元的读/写操作。

若将存储器与宾馆客房作一个比喻，则存储单元就是宾馆的客房，存储单元的地址就是客房的门牌号，服务员就是地址译码器。当旅客将客房门牌号告诉服务员时，则服务员会选中门牌号所指定的客房，并打开该客房的门让旅客进入房间。

4. 存储器的读写过程

(

CPU 将地址码 01H 送入地址总线 AB，经译码器译码后选中 01H 号单元。

CPU 发读信号 \overline{RD} 给存储器的读写控制电路。

在读信号 \overline{RD} 的控制下，01H 号单元的内容 03H 进入数据总线 DB，CPU 从 DB 总线读取数据 03H。

CPU 先将地址 03H 送入地址总线 AB，经地址译码器译码后选中 03H 号单元。

CPU 将数据 05H 送入数据总线 DB。

CPU 发写信号 \overline{WR} 给存储器的读/写控制电路。

在写信号 \overline{WR} 的控制下，数据总线上的 05H 写入地址为 03H 的单元中。

注意：读操作不改变存储单元的内容

储单元内容

1.3.3 中央处理器 CPU 的组成

由前所述可知 CPU 是由运算器与控制器两部分组成，如图 1 - 3 虚线以上部分所示，现分别介绍如下。

1. 运算器

运算器由算术逻辑运算单元 ALU (Arithmetic Logical Unit)

程序状态字 PSW (Program State Word)

算术逻辑运算单元 ALU：用于算术逻辑运算，在 ALU 中进行运算的 2 个操作数 (03H 与 05H)

累加器 A：其主要作用是，在运算前用于存放一个操作数，运算后存放运算结果

暂存器 TMP：用于存放另一个操作数

程序状态字 PSW：用于存放运算结果的状态标志。如表示运算后是否有进位的进位标志 CY，是否有溢出的溢出标志 OV 等。

2. 控制器

控制器的作用就是从存储器中取出指令代码进行翻译，发出各种控制信号 (\overline{RD} ，读信号 \overline{RD} ，写信号 \overline{WR} 等)

指令存储单元的地址，为此在 CPU 中专门设置了一个用于产生指令地址的器件：程序计数器 PC。

程序计数器 PC (Program Count)

产生下一条要执行指令地址码，程序计数器 PC 所产生地址首先送入地址寄存器 AR，送完后自动加 1，指向下一个指令码的地址。

地址寄存器 AR (Address Register)

通过地址总线 AB 送入存储器的地址译码器，经译码后选中地址码指定的单元

(单元) 当 CPU 发出读信号 \overline{RD} 后，读/写控制电路将地址码单元 00H 中的指令 74H 取出，经数据总线 DB 送入数据寄存器 DR。

数据寄存器 DR (Data Register)

指令寄存器 IR，否则将数据送运算器、暂存器等。

指令寄存器 IR (Instruction Register)

指令译码器 ID 中。

指令译码器 ID

路 CU。

定时控制电路 CU：根据 ID 译码输出信号，按严格的时序产生一组执行指令所需全部控制信号，如 \overline{RD} 、 \overline{WR} 等，使 CPU 执行完成指令规定的全部操作。

3. CPU 的型号与速度指标

运算速度是衡量一台计算机性能好坏的重要指标，常以每秒执行指令的平均数目作为衡量速度的标准，大都用 MIPS 位，如 2 MIPS，3 MIPS 等。

目前世界上生产 CPU 的著名厂家有美国的 Intel 公司，Motorola 公司，Zilog 公司等，Intel 公司生产的用于个人计算机的 CPU 芯片有 Intel80286、80386、80486 及 Pentium。

1.3.4 微机的工作过程

因为计算机是按程序工作的，而程序是由指令序列组成的，所以计算机工作的过程就是执行指令序列的过程，也就是周而复始的从存储器中取出指令执行指令的过程，如图 1-4 所示。

计算机启动后就开始上述取指令执行指令的过程直到关机为止，如果脱离了上述过程计算机就进入死机状态，死机后必须复位或重新启动才能进入上述正常循环

图 1-4 计算机工作过程

状态。因此可以说微机的工作过程就是重复地取指令与执行指令的过程。因而微机的工作可分为两个阶段：

取指令阶段：在此阶段，控制器要将指令码从存储器取出，送指令译码器译码。

执行指令阶段：在此阶段，控制器要根据译码信号发出各种控制信号完成指令规定的操作。为了进一步说明微机工作过程现举例如下。

例 1-1 用微机求解 $A = 3 + 5$ 。

解 因为计算机只能按程序工作，所以要求解上述算术运算结果，必须编写程序，要编程序就需要有指令，假设计算机的设计者提供了如下两条指令给用户：

```
MOV A, # 03H;
```

```
ADD A, # 05H;
```

用这两条指令可完成 $3 + 5$ 的算术运算，在计算机运行之前必须将指令输入计算机的存储器中，由于存储器只能存储 0 与 1 组成的二进制信息，因此必须给指令进行二进制编码，应用 0 与 1 的组合给各条指令进行二进制编码。如：

“MOV A, # 03H”的二进制编码为 01110100 与 00000011，对应的十六进制为 74H，03H。

“ADD A, # 05H”的二进制编码为 00100100 与 00000101，对应的十六进制为 24H，05H。

这种编码称为指令码或机器码。由计算机的设计者负责指令的编码工作，并将该种机器的

所有指令码提供给用户使用。假设用户已将上述两条指令的四个机器码用键盘输入地址为 00H ~ 03H 的四个存储单元中，如图 1 - 3 所示。现讨论程序的执行过程。

首先用键盘将程序的机器码输入程序存储器中，将程序首地址 00H 输入程序计数器 PC 中，然后按执行键从 00H 地址处开始执行程序。执行第一条指令 MOV A, # 03H 的步骤如下：

程序计数器 PC 中的地址 00H 送入 AR 中， $PC + 1 \rightarrow PC$

地址寄存器 AR 中地址 00H 经地址总线 AB 送存储器的地址译码器，译码后选中地址为 00H 的单元。

CPU 发读信号 \overline{RD} 给存储器的读/写控制电路，读/写控制电路将 00H 号单元中的机器码 74H 经数据总线 DB 送入数据寄存器 DR，再送入指令寄存器 IR、指令译码器 ID，译码后 CPU 知道要进行：将地址为 01H 单元中数据 03H 送累加器 A 的操作。

PC 中的地址 01H 送入 AR 中， $PC + 1 \rightarrow PC$

AR 中地址 01H 经地址总线 AB 送存储器的地址译码器，译码后选中地址为 01H 的单元。

CPU 发读信号 \overline{RD} 给存储器的读/写控制电路，读/写控制电路将 01H 号单元中的数据 03H 经数据总线 DB 送入数据寄存器 DR，再送入累加器 A 中。

执行加法指令 ADD A, # 05H 的步骤如下：

PC 中的地址 02H 送入 AR 中， $PC + 1 \rightarrow PC$

AR 中地址 02H 经地址总线 AB 送存储器的译码器，译码后选中地址为 02H 的单元。

CPU 发读信号 \overline{RD} 给存储器的读/写控制电路，读/写控制电路将 02H 号单元中的机器码 24H 经数据总线 DB 送入数据寄存器 DR，再送入指令寄存器 IR，指令译码器 ID，译码后 CPU 知道要进行：
(A)

PC 中的地址 03H 送入 AR 中， $PC + 1 \rightarrow PC$ ，指向下一个机器码。

AR 中地址 03H 经地址总线 AB 送存储器的地址译码器，译码后选中地址为 03H 的单元。

CPU 发读信号 \overline{RD} 给存储器的读/写控制电路，读/写控制电路将 03H 号单元中的数据 05H 经数据总线 DB 送入数据寄存器 DR，再送入暂存器 TMP，然后启动算术逻辑运算单元 ALU，将 TMP 中 05H 与累加器 A 中的 03H 相加，再将运算结果 08H 送回累加器 A。

应注意，上述程序的执行过程就是单片单板机上机运行程序的过程：输入程序机器码与数据、输入程序首地址、按执行键来运行程序，最后得到运算结果。

微机的软件系统与计算机的软件系统基本类似，此处不再介绍。

1.4 程序设计语言

程序设计语言一般分为三类：机器语言，汇编语言，高级语言，现介绍如下。