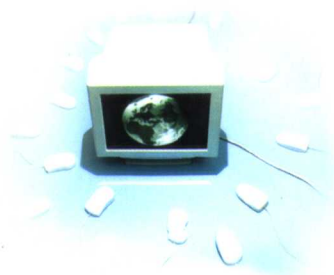


普通中等专业教育机电类规划教材

微型计算机

接口技术及应用 第2版



徐仁贵 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通中等专业教育机电类规划教材

微型计算机接口技术及应用

第 2 版

主编 徐仁贵
参编 廖哲智 刘兆峰
主审 朱 健



机械工业出版社

本教材是1996年第1版的修订本。原书是原机械电子工业部规划教材,此次按照由原机械工业部职业教育计算机专业教学指导委员会审定的大纲进行修订。

修订本对于原教材作了适当的精简和补充,仍然结合 MCS—51 (80C51) 系列单片机讲述微机的基本原理、接口技术和应用。内容包括:微机系统基本知识; MCS—51 系列单片机的工作原理和汇编语言程序设计; 存储器扩展、并行 I/O 口、计数器/定时器、串行 I/O 口、常用外设、输入通道以及输出通道的接口技术; 微机控制系统的设计、调试和实例。

本教材密切联系微机在检测控制方面的应用,精选有关内容。书中提供了许多可供实用的电路和程序,帮助读者获得开展微机应用的基本能力。内容叙述力求循序渐进,清晰易懂; 每章都有相当数量的例题、习题和应用实例,便于教学和自学。

本书是普通中等专业教育机电类规划教材,适用于计算机、电子技术、工业电气化、仪表等专业使用,并可供有关的工程技术人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

微型计算机接口技术及应用/徐仁贵主编. —2 版.

—北京:机械工业出版社, 2005.7

普通中等专业教育机电类规划教材

ISBN 7-111-05109-2

I. 微… II. 徐… III. 微型计算机—接口—专业学校—教材 IV. TP364.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 047752 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王玉鑫

责任编辑: 俞逢英 版式设计: 冉晓华 责任校对: 姚培新

封面设计: 陈 沛 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 7 月第 2 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm $1/16$ ·16.5 印张·407 千字

定价: 24.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

目 录

第2版前言

第1版前言

第一章 微型计算机系统基本

知识 1

第一节 概述 1

一、微型计算机的发展概况 1

二、微型计算机的特点 2

三、微型计算机的应用 3

第二节 微型计算机系统的组成 4

一、微处理器、微型计算机和微型 计算机系统 4

二、微型计算机系统的硬件 5

三、微型计算机系统的软件 9

第三节 微型计算机的基本

工作原理 10

一、微型计算机的工作概况 10

二、微处理器的定时和基本操作 12

第四节 输入/输出和中断系统 13

一、概述 13

二、输入/输出工作方式 14

三、中断系统 15

第五节 接口技术的基本概念 18

一、接口的功能 18

二、接口电路的组成 19

三、接口的分类 19

四、总线 19

五、接口技术 20

习题和复习思考题 20

第二章 MCS-51 系列单片微型

计算机 21

第一节 单片微型计算机概述 21

一、单片机发展概况 21

二、单片机的特点和应用 22

三、常用单片机的类型 23

第二节 MCS-51 单片机的

内部结构 24

一、内部结构框图 24

二、引脚说明 25

三、CPU 27

四、存储器配置 29

五、定时 32

六、中断系统 34

第三节 MCS-51 单片机的

工作方式 38

一、复位方式 38

二、程序执行方式 39

三、单步执行方式 39

四、低功耗操作方式 39

五、片内 EPROM 的编程和

校验方式 41

第四节 MCS-51 单片机的指令

系统 41

一、概述 41

二、寻址方式 43

三、数据传送类指令 44

四、算术运算类指令 49

五、逻辑操作类指令 52

六、位操作类指令 53

七、转移控制类指令 55

第五节 汇编语言程序设计 59

一、汇编语言的语句结构 60

二、汇编语言程序设计的基本方法 62

三、MCS-51 单片机程序设计举例 63

习题和复习思考题 75

第三章 存储器及其扩展技术 78

第一节 存储器系统基本知识 78

一、只读存储器 (ROM) 78

二、随机存取存储器 (RAM) 79

三、存储器的组成 79

四、片选方式和地址分配	80	四、定时器应用举例	126
第二节 只读存储器	83	第二节 8253 可编程计数器/ 定时器	129
一、概述	83	一、8253 的结构	129
二、扩展 EPROM 程序存储器	84	二、8253 的引脚功能	130
三、扩展 EEPROM 程序存储器	86	三、8253 的控制字	131
四、闪存 (Flash Memory)	90	四、8253 的工作方式	132
第三节 随机存取存储器	92	五、8253 与 MCS-51 的连接以及 初始化编程	134
一、概述	92	六、8253 应用举例	134
二、扩展 SRAM 数据存储器	93	习题和复习思考题	137
三、扩展 EEPROM 数据存储器	96		
四、RAM 的断电保护	96		
习题和复习思考题	99		
第四章 并行输入/输出接口	100	第六章 串行输入/输出接口	139
第一节 MCS-51 单片机的并行输入/ 输出接口	100	第一节 串行通信概述	139
一、P0 口	100	一、串行通信的基本方式	139
二、P1 口	101	二、串行通信中的几个问题	141
三、P2 口	102	三、串行通信的实现	142
四、P3 口	103	第二节 MCS-51 单片机的串行 I/O 口	143
五、并行 I/O 口的应用	103	一、串行口的专用寄存器	143
第二节 不可编程的并行输入/输出 接口	104	二、串行口的工作方式	144
一、用锁存器、三态门扩展输入/ 输出口	104	三、串行口的应用	148
二、扩展总线驱动器	107	四、多机通信	152
第三节 8255A 可编程并行输入/ 输出接口	109	第三节 串行通信总线	155
一、8255A 的结构	109	一、RS-232C 总线	155
二、8255A 的引脚功能	110	二、USB 总线	156
三、8255A 与 MCS-51 的连接	111	三、PC 总线	157
四、8255A 的工作方式和控制字	112	习题和复习思考题	157
五、8255A 三种工作方式的功能及 应用举例	113		
习题和复习思考题	118		
第五章 计数器/定时器	120	第七章 常用外围设备接口	159
第一节 MCS-51 单片机的计数器/ 定时器	120	第一节 LED 显示器及其接口	159
一、概述	120	一、LED 显示器的结构和工作原理	159
二、定时器的专用寄存器	121	二、软件译码 LED 显示器接口	161
三、定时器的工作方式	122	三、硬件译码 LED 显示器接口	166
		第二节 键盘及其接口	167
		一、键的状态输入及去抖动	167
		二、独立式键盘及其接口	168
		三、行列式键盘及其接口	169
		第三节 BCD 码拨盘和报警电路	172
		一、BCD 码拨盘及其接口	172
		二、报警电路	174
		习题和复习思考题	174

第八章 输入通道的接口技术	176	二、微机控制系统的构成类型	218
第一节 概述	176	三、设计和调试微机控制系统的 内容和步骤	219
一、输入通道的结构类型	176	第二节 微机控制系统的 总体设计	219
二、输入通道的特点	177	一、全面分析对系统的要求	220
第二节 数字量输入通道	177	二、确定系统的构成类型	220
一、 N 位数字量并行输入	177	三、划分硬件和软件任务, 画出系统 结构框图	220
二、开关信号输入	178	第三节 元件级和应用板级的 系统设计	221
第三节 A/D 转换接口	179	一、元件级上的系统设计	221
一、A/D 转换的基本知识	179	二、利用应用板构成系统	224
二、常用的 A/D 转换器及其与 微机的连接	181	第四节 微机控制系统的抗干扰 技术	226
三、多路模拟开关	193	一、硬件抗干扰技术	226
四、A/D 转换器的选择要点	195	二、软件抗干扰技术	230
第四节 巡回检测系统	196	第五节 微机控制系统的调试	232
习题和复习思考题	198	一、微机开发系统	232
第九章 输出通道的接口技术	199	二、硬件调试	234
第一节 概述	199	三、软件调试	235
一、输出通道的结构类型	199	四、综合调试	235
二、输出通道的特点	199	习题和复习思考题	236
第二节 开关量驱动接口	200	第十一章 微机检测控制系统 实例	237
一、集成电路驱动器	200	第一节 电动机转速测量仪	237
二、晶体管驱动电路	201	一、测量要求及总体设计	237
第三节 光电隔离接口	201	二、硬件设计	237
一、光耦合器件	201	三、软件设计	239
二、输入通道中的光电隔离	203	第二节 温度控制系统	240
三、输出通道中的光电隔离	204	一、系统分析和总体设计	240
第四节 D/A 转换接口	204	二、硬件设计	242
一、D/A 转换的基本知识	204	三、软件设计	244
二、常用的 D/A 转换器及其与 微机的连接	206	附录 MCS-51 系列单片机指令表	252
三、D/A 转换器的选择要点	214	参考文献	256
四、D/A 转换器的应用实例	214		
习题和复习思考题	216		
第十章 微机控制系统的设计和 调试	218		
第一节 概述	218		
一、对微机控制系统的性能要求	218		

第一章 微型计算机系统基本知识

这一章将扼要地介绍微型计算机（简称微机）系统的基本知识，内容包括微型计算机的发展、应用和特点；微型计算机系统的硬件和软件；微型计算机的工作原理以及有关输入/输出的基本知识。

第一节 概 述

一、微型计算机的发展概况

电子计算机是一种能够自动、高速、精确地进行信息处理的电子设备。通常所说的电子计算机指的是电子数字计算机。电子计算机的问世，是人类在长期的生产和科研实践中，为减轻繁重劳动和加快计算过程而创造的卓越成果。

1946年，美国宾夕法尼亚大学研制出世界上第一台电子数字计算机（ENIAC）。此后几十年中，电子计算机迅猛发展。一般根据电子计算机所采用的逻辑元件来划分其发展过程，至今已经历了四代。第一代（1946~1958年）为电子管计算机。第二代（1958~1964年）为晶体管计算机。第三代（1964~1971年）为集成电路计算机。第四代（1971年以后）为大规模集成电路计算机。当今正在发展以“人工智能”为主要特征的第五代计算机。

微型计算机是从20世纪70年代初发展起来的，属于第四代电子计算机。微型计算机的发展有其历史条件。一方面由于军事工业、空间技术和自动化技术的迅速发展迫切要求生产出体积小、可靠性高和功耗低的计算机；另一方面是由于大规模集成电路技术和计算机技术的飞跃发展，为研制微处理器和微型计算机提供了技术基础。1971年末，美国Intel公司生产出世界上第一片微处理器Intel 4004。它是在 $4.2\text{mm} \times 3.2\text{mm}$ 的硅片上集成了2250只晶体管，把计算机的中央处理单元（CPU）——运算器和控制器集成在一个芯片上，具有4位二进制数的并行处理功能。1973年该公司又推出8位微处理器Intel 8080，其集成度为每片5000只晶体管，具有更强的运算和处理功能。从此，以微处理器为核心的微型计算机开始进入实用阶段。

微型计算机的发展，一般以其核心器件——微处理器的更新作为主要标志。从1971年至今，微处理器经历了三代的演变，现已进入第四代。

第一代（1971~1973年）是4位和低档8位微处理器，其代表产品是Intel 4004和Intel 8008。字长4位或8位，集成度为每片1200~2000只晶体管，时钟频率为1MHz，基本指令执行周期为10~20 μs 。

第二代（1974~1977年）是8位微处理器，其间又分为两个阶段。第一阶段（1974~1975年）是中档8位微处理器，其代表产品是Intel 8080和美国Motorola公司的M6800。字长为8位，集成度约为每片5000只晶体管，时钟频率为2MHz，基本指令执行周期为2 μs 。这一阶段的微处理器已具有实用意义。以它们为核心组装的微型计算机逐步进入市场，成为计算机的一个重要分支。第二阶段（1976~1977年）是高档8位微处理器，通常称为第二代

半, 其代表产品有 Intel 8085、M6809、Zilog 公司的 Z80 和 Rockwell 公司的 6502。字长为 8 位, 集成度约为每片 9000 只晶体管, 时钟频率为 2.5 ~ 5MHz, 基本指令执行周期为 $1\mu\text{s}$ 左右。这一阶段的微处理器在制造工艺和性能方面又提高了一大步, 微型计算机产品大批进入市场。同期还出现了 8 位单片微型计算机, 其代表产品是 MCS-48、M6801 和 Z-8 等。单片机是在一片芯片上集成了一台计算机的基本部件——中央处理器, 小容量存储器和输入/输出接口。单片机又称为微控制器, 主要用于智能仪器和工业控制。由于其性能优越, 应用日趋广泛。此后单片机产品的发展也异常迅速, 如 Intel 公司陆续推出了 8 位高档单片机 MCS-51 系列和 16 位单片机 MCS-96 系列。

第三代 (1978 ~ 1982 年) 是 16 位微处理器, 其代表产品是 Intel 8086/8088、M68000 和 Z8000。字长为 16 位, 集成度约为每片 2 万 ~ 6.8 万只晶体管, 时钟频率为 4 ~ 8MHz, 基本指令执行时间小于等于 $1\mu\text{s}$ 。这一时期由于大规模集成电路技术的突破性进展, 使微处理器的性能有了大幅度提高。以 8086/8088 为 CPU 的 16 位微型机 IBM-PC/XT 曾是微型计算机的主流机型, 其性能已达到 70 年代小型机的水平。此后高档 16 位微处理器发展很快, 如 Intel 公司在 iAPX86 (8086) 基础上制成的 iAPX186 (80186) 和 iAPX286 (80286), 其综合性能指标分别是 8086 的 2 倍和 5 倍。高档 16 位微机的推出 (如 286 微机) 使通用微型计算机的性能提高到一个新的水平。

第四代 (1984 年以后) 是 32 位微处理器, 其代表产品是 Intel 公司的 80386、Motorola 公司的 M68020。字长 32 位, 集成度为每片 10 万只晶体管, 时钟频率高达 20 ~ 40MHz, 基本指令执行周期仅为 $0.05\mu\text{s}$ 。Intel 80486 是性能更强的 32 位微处理器, 内含数字协处理器。32 位微型计算机 (如 386、486 微机), 通常称为超级微型机, 其性能足以与小型计算机相比。

此后, 64 位微处理器芯片问世。其代表产品如 Intel 公司于 1993 年推出的 Pentium 处理器 (即“奔腾”80586), IBM、Apple、Motorola 等公司于同期联合生产的 Power PC 处理器等。在一个芯片上集成的晶体管数超过 100 万只, 时钟频率高达 60MHz 以上。用这类微处理器构成的微型机, 在性能方面已经赶上甚至超过高档小型机。Intel 公司接着又推出了含有多媒体扩展指令集 (MMX) 功能的微处理器 PII。1999 年推出含有更多的多媒体指令的微处理器 PIII。2000 年发布最新一代微处理器 PIV, PIV 采用 $0.18\mu\text{m}$ 工艺, 芯片内集成了 4200 万只晶体管。

与微处理器更新换代的同时, 微型计算机的系统结构、外围芯片、软件配置、外围设备和通信技术等方面也随之改进、丰富和提高, 使微型计算机系统的总体水平不断地更新和发展。

二、微型计算机的特点

从基本结构和工作原理来说, 微型计算机与中、小型计算机没有本质的区别。因此微型计算机具有计算机的一般特点, 如运算速度快, 精度高, 具备记忆能力和逻辑判断功能以及能自动连续地进行工作。除此以外, 还具有以下几个特点:

①体积小, 质量轻, 耗电量小, 价格低。早期的计算机占地上百平方米, 质量以吨计, 耗电上百千瓦, 价格昂贵。如今同样性能的微型计算机可安放在桌面上, 质量几千克, 耗电 100 多瓦, 价格低。若将微型计算机与性能相似的小型机相比, 这几个指标要低 1 ~ 2 个数量级。

②可靠性高。由于内部元器件数量少，连接线少，加上其他措施，使微型计算机的工作可靠性高，在工业现场应用时抗干扰能力强。

③结构灵活，适应性强。微型计算机采用总线结构，因而结构灵活，容易组成各种系统来满足不同的需要。这一点突出地体现在工业控制用的微型计算机上。另外，微型计算机可以单机使用，也可以方便地构成多机系统或网络。

三、微型计算机的应用

由于微型计算机具有上述显著特点，使它以惊人的速度促成了计算机的真正普及。如今微型计算机的应用已经渗透到工业、农业、商业、交通运输、科研教学、医疗卫生、日常生活等各个领域，取得了极为可观的效益。

根据应用的性质，微机应用分为科学计算、信息处理和事务管理、检测和过程控制、计算机辅助设计等几大类。

微型计算机在检测和过程控制方面的应用具有简便、快速、准确、可靠等优点，便于实现各种生产过程的自动化。在改造传统产业、节约能源、提高产品质量和生产率、改善生产者劳动条件等方面，具有十分重要的作用。下面介绍微机在检测和过程控制方面的应用概况。

（一）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如温度、压力、流量、液位、角度、长度、质量、转速、振动波形、电压、电流、功率、频率等进行检测，将检测结果存储、显示或打印，绘制成表格或曲线，并能根据需要对检测的数据进行处理，如作某种运算、进行比较和整理；当测量值超过规定值或发生其他故障时，能发出声光报警。

由于微型计算机检测和处理速度很快，因此，一个这样的系统能同时（实际上是分时操作）检测多个不同参数或同类参数，如化工设备中温度、压力、液位、流量诸参数的检测，粮库中几百个点的温度、湿度的巡回检测。

智能仪表是带有微处理器和通信接口的新型仪表，也属于微型计算机检测和数据处理系统。这种仪表是计算机技术对传统仪表的革新，它实现了数字化和微型化，并具有自动校正零点、消除误差、自动选择量程等“智能”。

（二）微型计算机顺序控制系统

这类系统是在微型计算机控制下，使生产设备按照预先确定的某种顺序有规律地进行工作。例如采用微型计算机控制的注塑机，生产一个零件的工艺过程大体按照“合模→送料进给→送料退回→加热→开模→卸工件→退回”的顺序工作，每一步延续一定时间。这是一种时间顺序控制。微型计算机定时输出开关量，控制有关电磁阀动作，转换工步，同时可以具有故障报警等功能。其他如采用微型计算机控制的冲压、剪切、电镀、制瓶、简易数控机床的切削加工等生产过程，都属于顺序控制。

在顺序控制系统中，微型计算机并不随时检测生产设备每一个工步的动作状态来对这一步动作进行某种校正。按照自动控制理论，顺序控制属于“开环控制”方式。

（三）微型计算机闭环控制系统

如果微型计算机将检测到的生产过程的参数进行计算处理后发出控制信号，送有关执行机构去控制该生产过程，使之符合预定的要求，这种控制方式称为“闭环控制”。例如，用微型计算机控制热处理炉的温度，其工作过程为：通过温度传感器将炉温变为电信号，经接

口电路输入微型计算机。微型计算机将此实际信号值与预定温度信号值相比较,进行一定的运算(如PID运算)后得到调节量,由接口电路输出,控制加热元件增加或减少加热功率,从而保持炉温的恒定。其他如工业锅炉的锅筒水位、压力、炉膛燃烧状况的微型计算机控制系统,电动机转速控制系统,高性能的机床进给控制系统,自动仓库、工业机器人的控制系统等,都是微型计算机闭环控制系统。

1. 直接数字控制(DDC)系统

系统结构图如图1-1所示。在这类系统中,微型计算机作为数字调节装置,直接对生产过程进行控制。这是微型计算机控制系统的基本形式。上面所说的热处理炉微型计算机温度控制系统就是单个检测量和调节量的微型计算机DDC系统。

2. 分布式控制系统

在生产规模大、生产过程复杂的情况下,控制系统也比较复杂。随着微型计算机的性能提高和价格下降,在面向生产这一级趋向于采用多台微型计算机的分散控制。每一台微型计算机只对一个或几个回路实行闭环控制,在上一级再实行必要的管理。这种系统称为分布式控制系统或集散控制系统。分布式控制系统可以由多级组成,具有不同的结构形式。图1-2所示为由上位机和下位机组成的两级分布式控制系统结构图。下位机可采用单片机或工业控制机,上位机采用工业控制机或通用微型计算机。4台下位机面向生产过程,分工实现DDC,并且把生产过程的各种参数经过串行通信接口传送给上位机。上位机对这些数据作加工处理,进行图形显示或打印报表,还可以完成其他管理任务。

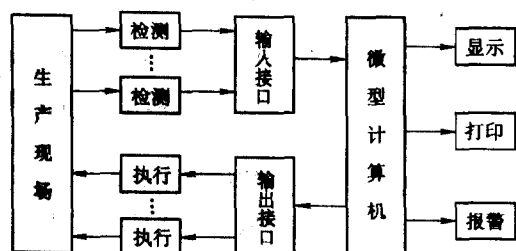


图 1-1 微型计算机 DDC 系统结构

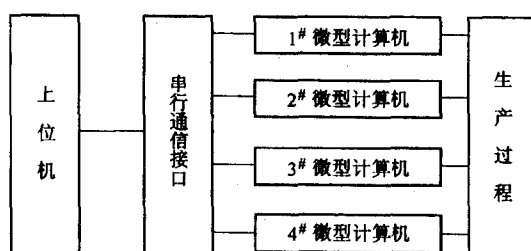


图 1-2 分布式控制系统结构

第二节 微型计算机系统的组成

一、微处理器、微型计算机和微型计算机系统

(一) 微处理器 (MP——Microprocessor)

利用大规模集成电路技术,将计算机的中央处理单元(CPU)——运算器和控制器集成在一个芯片上,就构成微处理器。这是微型计算机的核心部件。

(二) 微型计算机 (MC——Microcomputer)

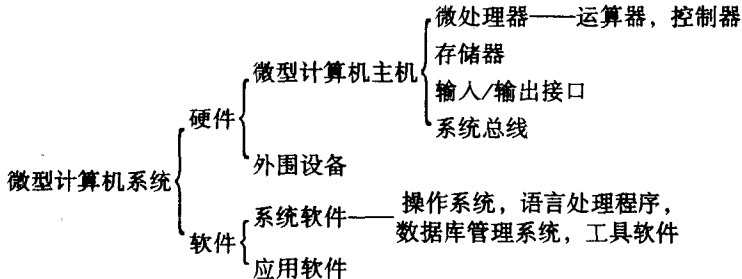
以微处理器为核心,配上存储器、输入/输出接口、系统总线和一些常用外围设备,构成了微型计算机。如果将微处理器、小容量存储器、输入/输出接口等部件集成于一个芯片,这就是单片微型计算机。如果将微处理器、内部存储器、输入/输出接口、一部分外围设备

以及其他辅助电路组装在一块印制电路板上,就构成了单板微型计算机。

(三) 微型计算机系统 (MCS——Microcomputer System)

在微型计算机基础上,再配置必需的软件和其他外围设备,就组成了微型计算机系统。

MP、MC 和 MCS 三者的关系如下所示:



二、微型计算机系统的硬件

硬件是指组成计算机的任何机械的、磁性的、电子的部件和装置。

微型计算机系统的硬件结构框图如图 1-3 所示。它包括微处理器、总线、存储器、I/O 接口和 I/O 设备。

(一) 总线结构

在图 1-3 中,微处理器、存储器、I/O 接口都挂接在三组总线上。总线是用于传送信息的公共途径。采用总线结构,可以减少信息传输线的根数,提高系统的可靠性,增加系统的灵活性。在总线上传输信息,有发送端和接收端。一根总线上接有若干个发送门和接收门。总线是分时使用。在某一瞬间只允许一个发送门打开,向总线发送信息。此时其他的发送门应与总线断开,因此,凡是接到总线的发送门都应含有三态缓冲器。

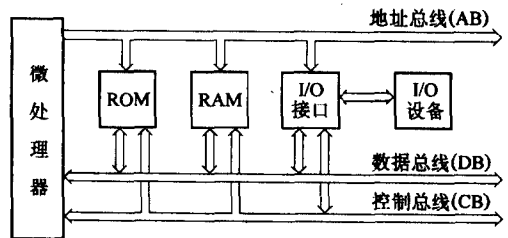


图 1-3 微型计算机系统的硬件结构框图

微型计算机内部连接各部件的总线称为系统总线 (或内总线), 它分为地址总线 (AB——Address Bus)、数据总线 (DB——Data Bus) 和控制总线 (CB——Control Bus)。

1. 地址总线 (AB)

这是微处理器用来输出存储器地址或 I/O 设备地址的总线。地址总线是单向的。对于 8 位微处理器, 有 16 根地址总线, 可寻址 $2^{16} = 65536$ 个单元 (64K 单元)。

2. 数据总线 (DB)

用来实现 CPU、存储器、I/O 设备之间指令代码和数据的传送。数据总线是双向的。数据总线的根数一般与 CPU 处理数据的字长相同。8 位微处理器有 8 根数据总线。

3. 控制总线 (CB)

用来传送使微机各个部件协调工作的定时信号和控制信号, 从而保证正确执行指令所要求的各种操作。控制总线中, 由 CPU 发出的信号有存储器和输入/输出的读写操作控制信号以及对外部信号的应答信号等; 由其他部件输入到 CPU 的状态信号有复位、中断请求、总线请求等信号。

(二) 微处理器

图 1-4 为 8 位微处理器的内部结构框图。微处理器主要由以下三部分组成：寄存器阵列、运算器和控制器。

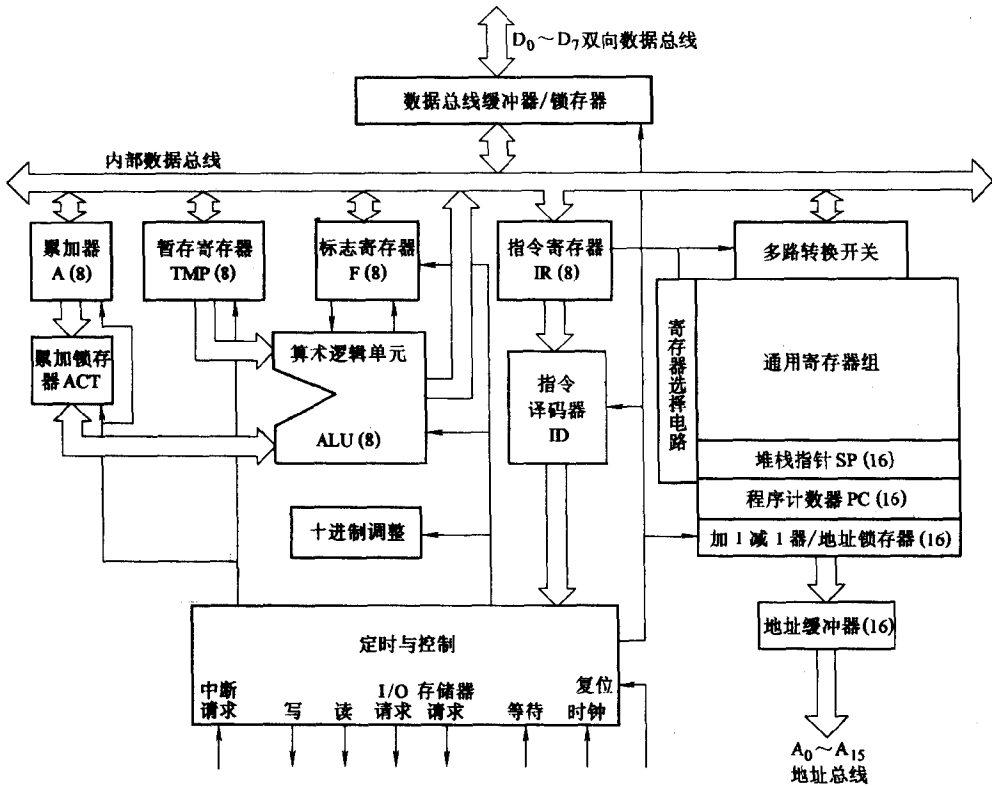


图 1-4 微处理器内部结构框图

1. 寄存器阵列

寄存器阵列是微处理器内部的临时存储单元，包括通用寄存器组和专用寄存器 SP、PC 等。

通用寄存器组：用来临时存放数据和地址，减少 CPU 访问存储器的次数，从而提高运算速度。对于 8 位微处理器来说，每一个寄存器可存放 8 位二进制数，并与内部数据总线双向连接。由寄存器选择电路来确定哪个寄存器参与操作。它们既可以单个使用，有些也可以成对 (16 位) 使用。

堆栈指针 SP：用来指示随机存取存储器 (RAM) 中堆栈的栈顶地址。每次压入或弹出一个数据时，SP 自动减 1 或加 1，保证 SP 始终指向栈顶。有关堆栈的问题在下面“存储器”部分进一步加以说明。

程序计数器 PC：用来存放现行指令的 16 位地址。每当取出现行指令一个字节后，PC 就自动加 1 (转移指令除外)。当遇到转移指令时，PC 的内容被指定的地址所取代，实现程序转移。

此外还有几个起数据缓冲作用的寄存器：

数据总线缓冲器/锁存器：是三态双向的缓冲器/锁存器，用来在 CPU 内部数据总线与外部数据总线之间起缓冲作用。

地址锁存器：用来存放 16 位地址码，并送往加 1 减 1 器（如加 1 后再送 PC）或地址缓冲器。

地址缓冲器：是单向的三态缓冲器，用来在 CPU 内部地址总线与外部地址总线之间起缓冲作用。

2. 运算器

运算器是进行算术和逻辑运算的部件。它由累加器（A）、累加锁存器（ACT）、暂存寄存器（TMP）、标志寄存器（F）和算术逻辑单元（ALU）等组成。

累加器：用来存放参与运算的一个操作数以及运算后的结果。

累加锁存器：用来锁存从累加器送来的操作数，并送往 ALU 进行运算。

暂存寄存器：用来存放参与运算的另一个操作数。设置累加锁存器和暂存寄存器的目的，是避免在 CPU 内部数据总线上产生输入输出数据的冲突，起着数据缓冲作用。

标志寄存器：用来保存 ALU 操作结果的条件标志，如进位标志位、零标志位、符号标志位、辅助进位标志位和奇偶标志位。

算术逻辑单元：由加法器和其他逻辑电路组成，其基本功能是进行加法和移位，由此而实现各种算术和逻辑运算。

在进行运算操作时，操作数从累加锁存器、暂存寄存器和标志寄存器的进位标志位输入 ALU；运算完成后将结果送往数据总线或累加器，运算结果的状态送标志寄存器。

3. 控制器

控制器由程序计数器（PC）、指令寄存器（IR）、指令译码器（ID）和定时控制逻辑电路组成。它是分析和执行指令的部件，是统一指挥微型计算机按一定时序协调工作的核心。

CPU 执行程序时，按照程序计数器的数值，从存储器中读出指令操作码送往指令寄存器。指令寄存器用于存放需要执行的指令的操作码。它将保存的指令码送到指令译码器。指令译码器是分析指令的部件。操作码经过译码后产生相应于某一特定操作的控制电平。定时和控制部件分为定时和微操作控制两部分。定时部件用来产生脉冲序列和各种节拍脉冲，每种节拍脉冲相应于一种微操作（如将 PC 内容送地址寄存器或将指定的存储单元内容送到指令寄存器等）。微操作控制部件根据指令译码器的输出电平，按一定的时间顺序发出一系列节拍脉冲，作为一系列微操作控制信号，来完成指令规定的全部操作。

（三）存储器

1. 存储器的功能和分类

存储器是用来存放程序 and 数据的装置。根据其与微处理器的连接关系，可分为内部存储器和外部存储器两种。内存设在主机内部，用来存放当前运算所需要的程序和数据，容量较小，但存取速度快。外存设在主机外部，用来存放大量暂时不直接参与运算的程序和数据，当需要时与内存成批传送信息，其容量大，但存取速度较慢。

根据存取功能，存储器还可分为随机存取存储器（RAM）和只读存储器（ROM）。RAM 可以随机地写入或读出信息。ROM 内的信息需经一定方法才能写入，存入的信息一般只能读出，不能随机更改。

2. 存储器的结构

存储器由存储体、地址译码器和读/写控制电路组成，如图 1-5 所示。

存储体由一系列存储单元组成，每个存储单元都有确定的地址。通常按字节编址，即一个存储单元为一个字节，能存放 8 位二进制数。假设存储体有 256 个单元，其地址范围为十六进制数 00H ~ FFH，需地址总线 8 根。存储单元中存放的二进制数称为该单元的内容。

地址信号译码器接受从 CPU 发出，经地址总线输入的地址信号，产生对某一相应存储单元的选通信号。读/写控制电路接受 CPU 发来的读信号或写信号，决定存储单元内部电路与数据总线的连通方向，以实现对该存储单元进行读操作或写操作。

3. 存储器的读/写操作

(1) 读操作 若 01H 存储单元的内容为 3AH，现要将其读出，其操作过程为：

CPU 将地址码 01H 送到地址总线上，经地址译码器选通 01H 存储单元；

CPU 发出“读”信号；

01H 单元的内容 3AH 送到数据总线上，再送往 CPU 某一寄存器。

对存储单元的读操作，不会破坏其原来内容。

(2) 写操作 若要将 C7H 写入 02H 存储单元，其操作过程为：

CPU 将地址码 02H 送到地址总线上，经地址译码器选通 02H 存储单元；

CPU 将 C7H 送到数据总线上；

CPU 发出“写”信号，C7H 从数据总线送入 02H 单元。

对存储单元的写操作，改变了其原来内容。

4. 堆栈

堆栈是在微型计算机的随机存取存储器中专门开辟的一个连续存储区，用来暂时存放数据。其示意图如图 1-6 所示。在微处理器内部有一堆栈指示器 SP，用来存放堆栈的栈顶地址。当堆栈中未压入数据时，SP 指向堆栈的栈底。这里假定堆栈是由栈底向低地址方向延伸。

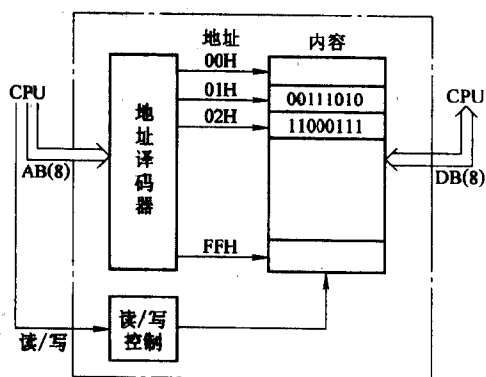


图 1-5 存储器结构

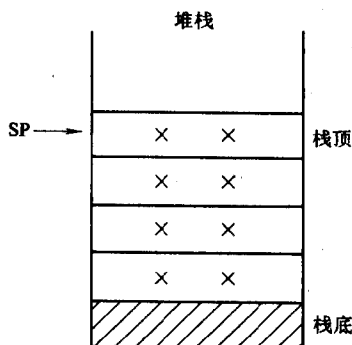


图 1-6 堆栈

堆栈的操作是通过堆栈操作指令来实现的。当执行一次数据压入之前，SP 先自动减 1，然后把一字节数据压入 SP 所指的单元。当执行一次数据弹出之后，SP 自动加 1。这样使 SP

始终指向栈顶地址。由此也可见堆栈操作的规则是“后进先出”，即后压入的数据先弹出。实行“后进先出”是出于实际需要。例如当计算机执行调用子程序的指令时，需要将返回主程序的地址压入堆栈保存起来，以便在返回时取出；如果发生子程序嵌套情况，只有使堆栈操作实行“后进先出”，才能保证程序的依次正确返回。

（四）外围设备和输入/输出接口

外围设备包括外部存储器、输入设备和输出设备。

外部存储器用来存储暂时不用的程序和数据。常用的微机外存有软磁盘、硬磁盘、可移动磁盘和磁带。

输入设备的任务是把原始数据、程序和控制命令送入计算机。常用的微型计算机输入设备有键盘、图形数字化仪、光电输入机和鼠标等。

输出设备的任务是输出计算或处理结果以及计算机工作状态的信息。常用的微型计算机输出设备有屏幕显示器、数码管显示器、打印机和绘图仪等。

输入/输出接口是外围设备和微处理器的连接部件。

三、微型计算机系统的软件

软件泛指程序、运行时所需数据以及与程序有关的文档资料。微型计算机的正常工作，除了具备硬件设施以外，还必须配置必需的软件。微型计算机的软件可分为系统软件和应用软件两大类。

（一）系统软件

系统软件是为了管理计算机各部分的运行，使用户输入、调试、运行其他程序获得良好环境而提供的各种程序，包括操作系统、计算机语言处理程序、数据库和数据库管理系统以及工具软件。

1. 操作系统

操作系统是管理和调度计算机系统资源（CPU、内存、I/O 设备等）的软件，是最基本的系统软件。在计算机上运行其他的软件都需要有某种操作系统的支持。常用的操作系统有：单用户单任务操作系统 DOS（过去广泛使用），多用户多任务操作系统 UNIX，目前广泛使用的多窗口操作系统 Windows。另外用于 PC 工业控制的有实时多任务操作系统 RTX 等。

监控程序是比操作系统规模较小的管理软件，如单板计算机都配备有监控程序。

2. 计算机语言处理程序

计算机语言分为机器语言、汇编语言和高级语言三类。

机器语言是用二进制代码表示的能被计算机直接执行的语言。不同的微处理器，其机器语言一般也不同。若用机器语言来编写程序，直观性差，不易检查，麻烦费时，实际上是不可行的。

汇编语言是用助记符来表示的程序设计语言。这种语言比较直观，比较易于记忆和检查。但是，用汇编语言编写的源程序必须“翻译”为用机器语言表示的目标程序，计算机才能执行。这一“翻译”工作称为“汇编”。汇编是应用专门的系统软件——汇编程序来完成的。使用汇编语言仍比较麻烦，且计算功能差，缺乏通用性。对于不同的微处理器，汇编语言一般是不同的。但是汇编语言具有占用内存少、执行速度快的优点，非常适用于实时处理。

高级语言是采用类似自然语言，并与具体计算机类型基本无关的程序设计语言。高级语言克服了汇编语言的缺点，非常便于编程使用。用高级语言编写的源程序，可以直接输入计算机，经过解释程序或编译程序的翻译，变成用机器语言表示的目标程序。常用的高级语言有 BASIC、FORTRAN、PASCAL、C 语言以及 VB、VC 等。

上述汇编程序、解释程序和编译程序，都是计算机语言处理程序。

3. 数据库和数据库管理系统

计算机在信息处理、情报检索和各种管理系统中的应用，需要大量地处理数据和表格。这些按一定的规律组织起来的数据和表格，称为数据库。为了建立数据库以及询问、显示、修改、打印数据库的内容所需要的管理软件，称为数据库管理系统。

4. 工具软件

工具软件是帮助用户完成应用程序开发和其他工作的一类工具性软件。它包括编辑程序、调试程序、故障诊断软件、文字和表格处理软件、印制电路板设计软件等。

(二) 应用软件

应用软件是为了解决应用领域中的某个具体问题如某些工艺参数的检测和处理、某台设备的过程控制等而编制的程序。一些应用软件正在逐步标准化、模块化、形成解决某一类典型问题的应用程序的组合，如各种定点和浮点运算符程序库、PID 调节软件包、工业过程控制组态软件等。

第三节 微型计算机的基本工作原理

一、微型计算机的工作概况

现以 8 位模型机为例，来说明微型计算机的工作概况。

(一) 模型机结构

8 位模型机结构如图 1-7 所示，它由 8 位微处理器和存储器组成。图 1-7 中微处理器部分是图 1-4 的简化。

(二) 指令、指令系统和程序

指令是让计算机完成某一特定操作而规定的命令。一台计算机所能执行的各种指令的集合称为该计算机的指令系统。为了应用计算机解决某个问题而适当排列的指令序列，称为程序。下表所列是该模型机的三条指令。

指令名称	助 记 符	机 器 码		说 明
数据传送	MOVI A, data1	00111110B data1	3EH data1	2B 指令，其功能是将 8 位数 data1 送累加器 A
加 法	ADI data2	11000110B data2	C6H data2	2B 指令，其功能是将 8 位数 data2 与 A 的内容相加，结果存于 A
暂 停	HLT	01110110B	76H	暂停操作

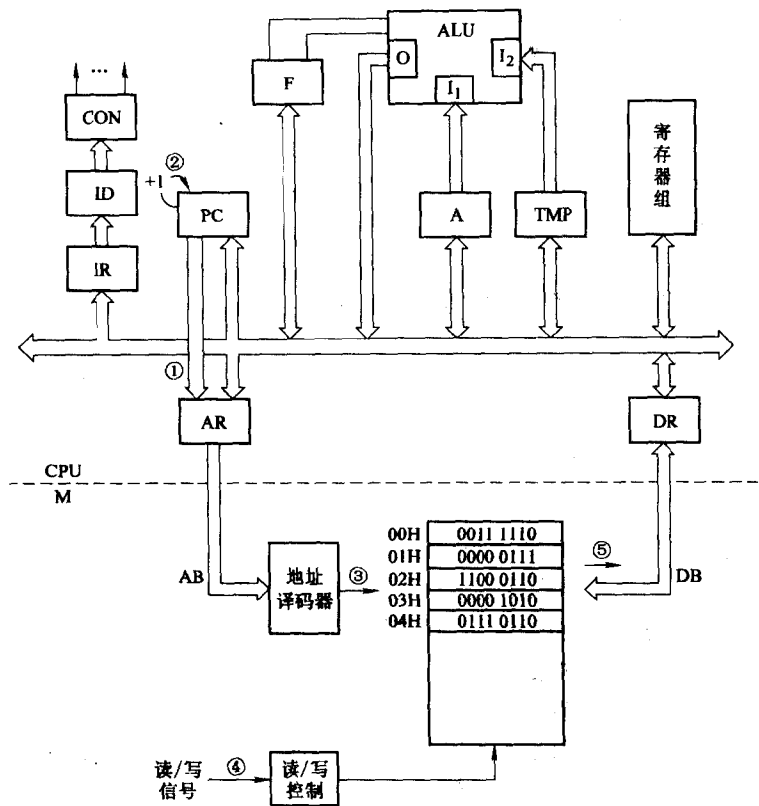


图 1-7 模型机结构

(三) 编制和输入程序

假设现用此计算机求解 $7 + 10 = ?$ ，可应用上述指令编出程序，然后将此源程序手工汇编为目标程序（即机器码），并将目标程序输入到指定的内存单元：

源程序	目标程序	内存单元	源程序	目标程序	内存单元
MOVI A, 07H	3EH	00H	HLT	0AH	03H
	07H	01H		76H	04H
ADI 0AH	C6H	02H			

(四) 执行程序过程

将程序中第一条指令的地址 00H 赋予程序计数器 PC，发执行程序的命令，就进入执行程序，其过程如下：

1. 取第一条指令的第一个字节

①PC 的内容 00H 送地址寄存器 AR。

②PC 自动加 1。

③指令地址由 AR 送地址总线 AB，经地址译码器选中 00H 存储单元。

④CPU 发读信号。

⑤00H 单元的内容送到数据总线 DB 上，再送到数据寄存器 DR。

⑥因在取指令阶段，取出的是指令操作码，所以 DR 将它送到指令寄存器 IR，经指令译码器 ID 译码，控制器 CON 发出执行这条指令的各种控制信号。