



21世纪普通高等院校规划教材 • 信息技术类

WEIXING JISUANJI YUANLI DANPIANJI YUANLI YU JIEKOU JISHU

微型计算机原理、 单片机原理与接口技术

主编 王婷婷 杨宇 马伟



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪普通高等院校规划教材——信息技术类

微型计算机原理、单片机原理与 接口技术

主 编 王 婷 婷 杨 宇 马 伟

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

微型计算机原理、单片机原理与接口技术 / 王婷婷,
杨宇, 马伟主编. —成都: 西南交通大学出版社,
2014.2

21 世纪普通高等院校规划教材. 信息技术类
ISBN 978-7-5643-2689-0

I. ①微… II. ①王… ②杨… ③马… III. ①微型计
算机—理论—高等学校—教材②单片微型计算机—理论—
高等学校—教材③单片微型计算机—接口技术—高等学校
—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 233825 号

21 世纪普通高等院校规划教材——信息技术类

微型计算机原理、单片机原理与接口技术

主编 王婷婷 杨宇 马伟

*

责任编辑 张华敏

特邀编辑 黄庆斌 李甲奇

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

四川省成都市金牛区交大路 146 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川川印印刷有限公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 27

字数: 673 千字

2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-2689-0

定价: 49.50 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

内容简介

本书以 8086、80C51 为对象，系统地介绍了微型计算机原理及接口技术、单片机原理及接口技术的基本知识，并注意反映当代微型计算机、单片机技术的发展趋势，较好地体现了应用型人才培养的要求，具有微机与单片机的对比讲述、体系清晰、注重应用、内容典型、方便教学等特点。

全书共 9 章，内容安排上注重系统性、先进性与实用性。第 1 章介绍了微机及单片机的发展概况；第 2 章重点分析了 8086、MCS-51 的组成原理及系统结构，概要介绍了 32 位微型计算机工作原理；第 3 章、第 4 章分别概要叙述了 8086 和 80C51 的寻址方式和指令系统、汇编语言程序设计；第 5 章讨论了存储器的原理和扩展方法；第 6 章介绍了 I/O 接口和总线技术；第 7 章分析了面向外设的输入/输出接口问题，重点讲述了可编程串行接口芯片 8251A、可编程并行接口芯片 8255A，详细叙述了键盘接口、显示器接口、打印机接口、扬声器接口等具体应用；第 8 章分析了面向系统的输入/输出接口问题，重点讲述了中断控制技术和可编程中断控制器 8259A、可编程 DMA 控制器 8237A、可编程定时/计数器 8253/8254；第 9 章介绍了 D/A、A/D 转换器。

本书可作为大学本科自动化、计算机、电子信息工程、通信工程、测控技术与仪器等专业的教材，也可作为高职高专同类专业的教材，还可作为工程技术人员学习微型计算机原理、单片机技术、接口技术的参考书。

前言

微型计算机、单片机在科学计算、信息处理、工业控制、仪器仪表和家用电器等领域的应用日趋广泛，在国民经济和日常生活中扮演着越来越重要的角色，学习微型计算机、单片机的基本原理和接口的实现技术有着重要的理论和实践意义。

“微型计算机原理与接口技术”和“单片机原理与接口技术”是各高校计算机专业本科教学计划中必不可少的两门重要专业技术课程，其先导课程为“计算机组成与原理”、“汇编语言程序设计”等专业课程。在目前普遍开展的教育教学改革中，很多高校将这两门课程合并成为一门课程，使其成为事实上的一门“微型计算机原理、单片机原理与接口技术”理论与实践课程。这样开设课程，一方面缓解了教学时间紧张的问题，较之于以往对两门课程单独以学期为单位开展教学的方式而言，更为重要的还在于通过一门课程对微型计算机原理与接口技术、单片机原理与接口技术进行的穿插对比教学，更加有助于学生对计算机体系结构、工作原理和应用系统设计的理解和掌握。目前，市面上只有单独的《微型计算机原理与接口技术》教材和《单片机原理与接口技术》教材，因此笔者提出了编写《微型计算机原理、单片机原理与接口技术》教材及相应后续参考书的计划。

本教材具有如下特点：

(1) 对比讲述。本书将以 8086、80C51 为对象，对比讲述微型计算机原理与接口技术、单片机原理与接口技术的基本知识点。

(2) 体系清晰。本书讲述了微机及单片机的发展概况、8086 及 MCS-51 的系统结构、存储器的扩展、总线、中断技术等基本知识点（第 1、2、5、6 章）；以章节为单位，分别讲述了可编程并行接口芯片 8255A、可编程串行接口芯片 8251A 等面向外设的输入/输出接口问题（第 7 章），以及可编程中断控制器 8259A、可编程 DMA 控制器 8237A、可编程定时/计数器 8253/8254 等面向系统的输入/输出接口问题（第 8 章）；介绍了 D/A、A/D 转换器（第 9 章）。

(3) 注重应用。在面向外设的输入/输出接口问题上，本书详细叙述了键盘接口、显示器接口、打印机接口、扬声器接口等具体应用（第 7 章）。

(4) 内容典型。基于该课程的前导课程为“计算机组成与原理”、“汇编语言程序设计”这一考虑，本书对传统的一些内容做了大幅度删减：在计算机发展概况方面，仅仅强调了计算机发展趋势这一内容（第 1 章）；摒弃了计算机数据格式内容（第 1 章）；简略介绍 32 位微型计算机工作原理（第 2 章）；概要介绍 8086、80C51 汇编语言及程序设计（第 3 章和第 4 章）。

本书可作为大学本科自动化、计算机、电子信息工程、通信工程、测控技术与仪器等专业的教材，也可作为高职高专同类专业的教材，还可作为工程技术人员学习微型计算机原理、单片机技术、接口技术的参考书。

作为教材，本书的编写注意层次分明、语言简练。每章都配有习题与思考题，便于教学。

课堂讲授与实验总共需 56 ~ 60 个学时。本书由王婷婷、杨宇、马伟合编。王婷婷负责第 1 ~ 6 章，杨宇负责第 7 ~ 9 章，马伟做了该书的前期准备工作，全书统稿工作由王婷婷和马伟共同完成。在编写过程中作者参考了许多文献资料，在此向各文献资料的作者表示感谢。

由于作者水平所限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 1 月

目 录

| | |
|---------------------|-----|
| 第 1 章 微型计算机、单片机概述 | 1 |
| 1.1 计算机发展概述 | 1 |
| 1.2 微型计算机发展概述 | 5 |
| 1.3 单片机的发展概述 | 12 |
| 习题与思考题 | 18 |
| 第 2 章 系统结构 | 19 |
| 2.1 8086/8088 系统结构 | 19 |
| 2.2 80C51 单片机系统结构 | 62 |
| 习题与思考题 | 83 |
| 第 3 章 寻址方式和指令系统 | 84 |
| 3.1 指令的概念 | 84 |
| 3.2 8086/8088 的寻址方式 | 86 |
| 3.3 80C51 的寻址方式 | 94 |
| 3.4 8086/8088 的指令系统 | 97 |
| 3.5 80C51 的指令系统 | 126 |
| 习题与思考题 | 145 |
| 第 4 章 汇编语言及汇编语言程序 | 148 |
| 4.1 汇编语言程序的上机过程 | 148 |
| 4.2 8086/8088 的汇编语言 | 149 |
| 4.3 80C51 的汇编语言 | 176 |
| 习题与思考题 | 186 |
| 第 5 章 存储器 | 189 |
| 5.1 存储系统 | 189 |
| 5.2 Cache | 204 |
| 5.3 CPU 与存储器的连接 | 211 |
| 习题与思考题 | 228 |
| 第 6 章 I/O 接口和总线 | 230 |
| 6.1 I/O 接口 | 230 |
| 6.2 总线 | 247 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| 习题与思考题 | 274 |
| 第7章 面向外设的输入/输出接口 | 275 |
| 7.1 可编程并行接口芯片 8255A 工作原理 | 275 |
| 7.2 可编程并行接口芯片 8255A 应用举例 | 286 |
| 7.3 串行通信的基本概念 | 305 |
| 7.4 8251A 可编程串行通信接口芯片及应用 | 309 |
| 7.5 EIA RS-232C 串行口和 8251A 应用举例 | 317 |
| 习题与思考题 | 323 |
| 第8章 面向系统的输入/输出接口 | 324 |
| 8.1 微型计算机中断系统 | 324 |
| 8.2 可编程中断控制器 8259A | 341 |
| 8.3 可编程计数器/定时器 8253/8254 及其应用 | 360 |
| 8.4 8237A DMA 控制器 | 381 |
| 习题与思考题 | 400 |
| 第9章 模数 (A/D) 和数模 (D/A) 转换 | 402 |
| 9.1 概述 | 402 |
| 9.2 D/A 转换器 | 405 |
| 9.3 A/D 转换器 | 413 |
| 习题与思考题 | 421 |
| 参考文献 | 423 |

第**一**篇

基础篇

- 第1章 编程思想
- 第2章 C语言基础
- 第3章 C程序设计基础
- 第4章 C程序组织基础

五个部分组成：(1) 运算器 ALU (Arithmetic-Logic Unit) 是对信息进行加工、运算的部件，执行算术运算和逻辑运算；(2) 控制器根据程序中的命令发出各种控制信号，使各部分协调工作以完成指令所要求的各种操作；(3) 存储器是用来存放程序、原始数据和中间结果的记忆装置，存储器可分为内存和外存两部分。内存容量较小，但存取速度快，常用半导体存储器；外存容量大，但存取速度慢，常用的有软磁盘、硬磁盘等；(4) 程序和原始数据通过输入设备送入计算机，键盘是最常用的输入设备；(5) 输出设备则用来输出运算操作结果以及对外部世界的各种控制信息，输出设备种类繁多，常用的有显示器、打印机、绘图仪等。当计算机用于控制时，输入输出的还有各种现场信息和控制命令。

由上述五个部分为主构成了计算机的物理实体，称之为计算机硬件。

1.1.3 计算机的基本工作原理

存储程序和程序控制体现了现代计算机的基本特征，是计算机的基本工作原理。基于这一原理实现了计算机的自动连续运算。

1.1.3.1 “程序控制”的基本工作原理

当人们要用计算机完成某项工作时，首先将运算过程按照逻辑顺序分解为基本动作，将每个基本动作转化为计算机可以识别并能执行的基本操作命令。这些基本操作命令称为指令，将这些指令按照运算过程决定的逻辑关系顺序排列起来，即为程序。由此可以认为，程序是实现既定任务的指令序列，其中的每条指令都规定了计算机执行的一种基本操作。机器按程序安排的顺序执行指令，便可完成运算任务。

1.1.3.2 “存储程序”的基本工作原理

存储程序的概念是指将已编制好的程序和数据一起先送入存储器中保存起来。启动机器运行后，根据给出的程序中第一条指令的存储地址，控制器就可依据存储程序中的指令顺序周而复始地取出指令、分析指令、执行指令，直至完成全部指令操作，即控制器通过指令流的串行驱动实现程序控制。

冯·诺依曼型计算机采用存储程序与程序控制的工作方式，即事先把程序加载到计算机的内存储器中，当机器加电并启动后，计算机便会自动按照程序的要求进行工作。

1.1.4 计算机的发展趋势

近年来，人类的生产和生活方式发生了巨大的变化，产生这一变化的重要原因就是计算机技术的飞速发展。当今的计算机技术正以惊人的速度向前发展，它已经渗透到工业、农业、国防、科研及日常生活的各个领域，并显示了日益旺盛的生命力。计算机的作用远远超过了由蒸汽机和电的出现而产生的工业革命。

根据计算机的性能和规模，人们将计算机分类为微型、小型、中型、大型、巨型计算机。随着技术的发展，这种分类已变得模糊。过去的小型、中型机与今天的微型机无法相比。

近年来，计算机的发展趋势主要有两方面：一方面向着高速、智能化的超级巨型机的方

向发展；另一方面向着微型机的方向发展。

巨型计算机主要用于大型科学研究和实验以及超高速数学计算，它的研制标志着整个国家的科学技术和工业发展的程度，象征着一个国家的实力。巨型计算机的作用是举世公认的，但在微型计算机（Microcomputer，简称微机）问世之前，计算机还只限于少数科技人员用于数学计算。微机的诞生揭开了计算机的神秘面纱。微型计算机与小型、中型、大型、巨型计算机的区别主要是：其中央处理器 CPU（Central Processing Unit）是集成在一个小硅片上，而小型、中型、大型、巨型计算机的 CPU 则是由相当多的电路组成的。

1.1.5 微型计算机与单片机

按不同的应用形态，微型计算机可以分成多板机（系统机）、单板机和单片机三种。其组装结构各不相同。

如图 1.2 所示为微型计算机三种应用形态的比较。

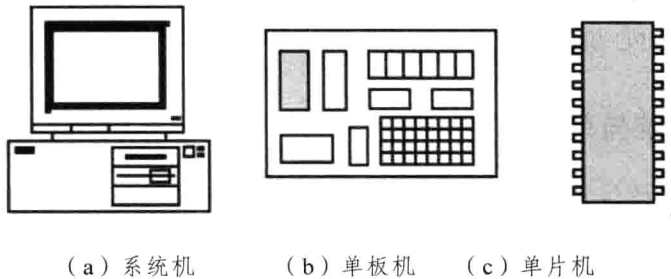


图 1.2 微型计算机的三种应用形态

1. 单板机

将 CPU 芯片、存储器芯片、I/O 接口芯片和简单的 I/O 设备（小键盘、LED 显示器）等装配在一块印制线路板上，再配上监控程序（固化在 ROM 中），就构成了一台低档微机，称为单板微型计算机，简称单板机。典型的产品如 TP801，是以 8 位的 Z80 CPU 为核心组装成的 8 位单板机。单板机的功能一般比较简单，其 I/O 设备简单、软件资源少，使用不方便。单板机早期主要用于微型计算机原理的教学及简单的测控系统，现在已很少使用。

2. 单片机

在一片集成电路芯片上集成微处理器、存储器、I/O 接口电路，从而构成了单芯片微型计算机，称为单片机，也称单片微控制器（Microcontroller Unit）。它具有超小型、高可靠性和价廉等优点，在智能仪器仪表、工业实时控制、智能终端和家用电器等众多领域有着广泛的用途。目前国内使用的单片机主要有 Intel 48 系列、51 系列、96 系列和 Motorola 6801、6805 等。

3. 多板机（系统机）

为了满足较高层次的需求，往往需要扩展单板机的功能。为此许多公司设计了许多功能各异的扩展板供用户选用，以扩展应用系统的能力，称为多板机。

多板机指由多块印刷电路板构成的微机，是将微处理器、存储器、I/O 接口电路和总线接口等组装在一块主机板（即微机主板）上，再通过系统总线和其他多块外设适配板卡连接键盘、显示器、打印机、软/硬盘驱动器及光驱等设备。各种适配板卡插在主机板的扩展槽上，并与电源、软/硬盘驱动器及光驱等装在同一机箱内，再配上系统软件，就构成了一台完整的微型计算机系统，简称系统机。通常所说的微机都是指的系统机。任何一种可以工作的微机都是配备了必不可少的软、硬件资源的系统机。例如微型计算机 IBM PC/XT 和 IBM PC/AT 就是主机配以键盘作为输入设备、CRT（Cathode Ray Tube）显示器作为输出设备，配备软磁盘、硬磁盘驱动器及其适配器扩展板，扩展了外存，还配备了 DOS 操作系统而构成的一个微机系统。

目前人们广泛使用的个人计算机（Personal Computer，PC 机）就是典型的多板微型计算机。由于其人机界面友好，功能强大，软件资源丰富，通常作为办公或家庭的事务处理及科学计算，属于通用计算机，现在已经成为社会各领域中最为通用的工具。

另外，将系统机的机箱进行加固处理，底板设计成无 CPU 的小底板结构，利用底板的扩展槽插入主机板及各种测控板，就构成了一台工业 PC 机。由于其具有人机界面友好和软件资源丰富的优势，工业 PC 机常作为工业测控系统的主机。

1.1.6 嵌入式系统与单片机

计算机原始的设计目的是为了提高计算数据的速度和完成海量数据的计算。人们将完成这种任务的计算机称为通用计算机。

20 世纪 70 年代，随着微处理器的出现，通用计算机发生了历史性的变化。随着计算机技术的发展，人们发现了计算机在逻辑处理及工业控制等方面也具有非凡的能力。在控制领域中，人们更多地关心计算机的低成本、小体积、运行的可靠性和控制的灵活性。特别是智能仪表、智能传感器、智能家电、智能办公设备、汽车及军事电子设备等应用系统要求将计算机嵌入到这些设备中。嵌入到控制系统（或设备）中，实现嵌入式应用的计算机称为嵌入式计算机，也称为专用计算机。

嵌入式系统指以应用为中心，以计算机技术为基础，并且软、硬件是可裁剪的，适用于对功能、可靠性、成本、体积、功耗等有严格要求的专用计算机系统。嵌入式系统是嵌入到产品、设备中的专用计算机系统。嵌入式、专用性和计算机系统是嵌入式系统的 3 个基本要素。

嵌入式系统是面向用户、面向产品、面向应用的，它必须与具体应用相结合才会具有生命力、才更具有优势，即嵌入式系统是与应用紧密结合的，它具有很强的专用性，必须结合实际系统需求进行合理的裁减利用。通常，嵌入式系统是一个控制程序存储在 ROM 中的嵌入式处理器控制板。事实上，所有带有数字接口的设备，如手机、手表、PDA、MP3、电视机顶盒、微波炉、录像机等都属于嵌入式系统设备，而车载 GPS 系统、智能家电、机器人等也都属于嵌入式系统。有些嵌入式系统还包含操作系统，但大多数嵌入式系统都是由单个程序实现整个控制逻辑。

嵌入式应用的计算机可分为嵌入式微处理器（如 386EX）、嵌入式 DSP 处理器（如 TMS320 系列）、嵌入式微控制器（即单片机，如 80C51 系列）及嵌入式片上系统 SOC。

单片机体积小、价格低、可靠性强，其非凡的嵌入式应用形态对于满足嵌入式应用需求具有独特的优势。目前，单片机应用技术已经成为电子应用系统设计最为常用的技术手段。

1.1.7 微型计算机的发展趋势

微型计算机技术的发展正趋于两个方向：

一是以系统机为代表的通用计算机，致力于提高计算机的运算速度，在实现海量高速数据处理的同时兼顾控制功能；

二是以单片机为代表的嵌入式专用计算机，致力于计算机控制功能的片内集成，在满足嵌入式对象的测控需求的同时兼顾数据处理。

1.2 微型计算机发展概述

1.2.1 微型计算机的发展历史

微处理器是微型计算机的核心部件，因此，微型计算机的发展史实际上就是微处理器的发展史，正是由于微处理器的不断创新，才使得微型计算机的功能和性能不断提高，应用领域日益广泛。微处理器的发展大体上分为如下五个阶段：

第一阶段：1971年1月，Intel公司的特德·霍夫在与日本商业通信公司合作研制台式计算器时，将原始方案的十几个芯片压缩成三个集成电路芯片。其中的两个芯片分别用于存储程序和数据，另一芯片集成了运算器和控制器及一些寄存器，这就是现在所称的Intel 4004微处理器。1971年10月，Intel公司正式推出了第一片微处理器4004，它的字长为4位，主要用于计算器、仪器和仪表。随后Intel公司又推出了8位微处理器8008，集成了2000个晶体管，工艺水平是 $10\mu\text{m}$ 。

第二阶段：随着4004的推出，一些半导体制造商也开始转型生产微处理器，其中Zilog公司于1976年推出了8位微处理器Z80，Motorola公司也推出了8位微处理器MC6800。同一时期，Intel公司也相继推出了8位微处理器8080和8085，其中8080集成了5400个晶体管，工艺水平是 $6\mu\text{m}$ 。

第三阶段：从1978年开始，各公司相继推出了16位字长的微处理器，其中Intel公司推出了8086，Zilog公司推出了Z8000，Motorola公司推出了MC68000。这一时期的微处理器集成度为几万个晶体管。Intel公司在推出8086以后，为了更好地运用当时比较经济的8位外围芯片，又推出了8088，其内部结构与8086几乎一样，都是16位的架构，20位地址，可直接访问1MB（ $2^{20}=2^{10} \times 2^{10}$ ）地址空间，但对外的数据线是8位，因此称为准16位机。IBM公司使用8088生产出个人计算机IBM PC/XT，在市场上获得了巨大成功，也帮助Intel公司确立了在微处理器市场上的主导地位。1982年Intel公司又推出了16位的微处理器80286。与8086/8088相比，80286最大的特点是具有虚拟存储功能，并且可以支持多用户和多任务操作系统。此外，80286能够提供24位地址总线，使寻址空间达到16MB（ $2^{24}=2^4 \times 2^{20}$ ），运算速度也有所提高，其主频达到20MHz。

第四阶段：由于 80286 的市场情况并不理想，Intel 公司于 1985 年推出了 32 位的微处理器 80386，集成度达到 27.5 万个晶体管，主频为 25 ~ 200MHz。与 80286 相比，80386 不仅字长、寻址空间和主频有较大提高，而且也扩充了保护模式，并且提供了实地址模式和虚拟 8086 模式来实现向上兼容。此外，80386 在片内增加了 16 位的高速缓存器（Cache），使运行更加流畅。1989 年 Intel 公司又发布了 80486，其主要特点是将 80386 和协处理器 80387 集成在一起，并且对内部结构进行了优化，使其性能更佳。

第五阶段：从 1993 年开始，Intel 公司相继发布了 Pentium、Pentium Pro、Pentium MMX、Pentium II、Pentium III 和 Pentium IV 等微处理器，成为市场主流。在同一时期，AMD 公司也先后发布了 K6、K6-2、K7，以及 Thunderbird（雷鸟）、Athlon（速龙）、Duron（钻龙）等，主要占据的是微处理器的中低端市场。

从上述微处理器的发展历程可以看出，伴随新的半导体工艺、计算机技术的发展，微处理器的性能不断提高，而成本却不断降低，这使得微型计算机在科学计算、信息处理、工业控制、仪器仪表和家用电器等领域的应用日趋广泛，在国民经济和日常生活中扮演着越来越重要的角色。

1.2.2 微型计算机的结构

通过地址总线（Address Bus, AB）、数据总线（Data Bus, DB）和控制总线（Control Bus, CB）把 I/O（输入 Input，输出 Output）接口电路、CPU（Central Processing Unit）和半导体存储器（ROM、RAM）有机地组合在一起，即构成一台计算机的物理装置，称为微型计算机（Microcomputer），简称为微机。

在微型计算机基础上，再配以系统软件和 I/O 设备，便构成了完整的微型计算机系统。

微机的结构如图 1.3 所示。它是一种总线结构，即构成微机的 CPU、存储器和 I/O 接口等部件之间都是通过总线连接的。

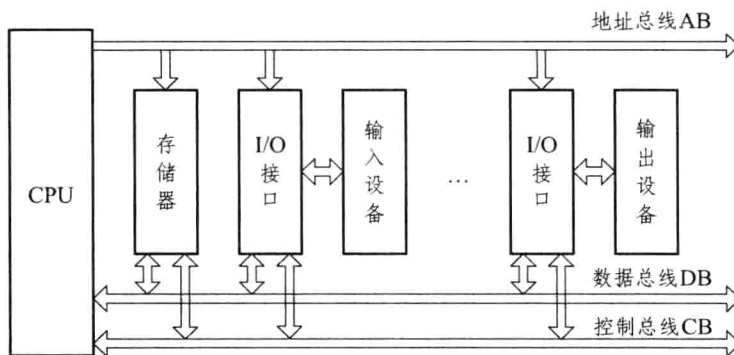


图 1.3 微机的结构

1. 总线

总线（BUS）是连接多个装置或功能部件的一组公共信号线。微机中各功能部件之间的信息是通过总线传输的。在总线结构下，系统中各功能部件之间的相互关系变为各个部件面向总线的单一关系。一个部件只要满足总线标准，就可以连接到采用这种总线标准的系统中去。

大部分微机有三组总线：

(1) 地址总线 AB：用于传送 CPU 输出的地址信号，以寻址存储器单元和外设接口。其宽度因机器而异，因此寻址范围各不相同。如 16 条地址线 ($A_{15} \sim A_0$) 可以寻找 0000H ~ FFFFH 共 $2^{16}=64K$ ($1K=2^{10}=1024$) 个地址。地址总线是三态的，可以处于高阻态，让外部控制器占用。

(2) 数据总线 DB：用于在 CPU 与存储器和 I/O 接口之间双向传输数据。其为双向三态总线。8 位机的数据总线是 8 位 ($D_7 \sim D_0$)，16 位机的数据总线则是 16 位 ($D_{15} \sim D_0$)，准 16 位机 8088 的内部数据总线为 16 位而外部数据总线是 8 位。

(3) 控制总线 CB：用于传送各种控制信号，是双向总线。有的是向 CPU 输入信号，如 INT 为外设向 CPU 发出的中断请求信号；有的是 CPU 发出的信号，如 \overline{RD} 为读控制信号。

2. 微处理器

微处理器 MPU (Micro Processor Unit) 是利用微电子技术将运算器和控制器做在一块集成电路上的一个独立部件。它具有解释指令、执行指令和与外界交换数据的能力。微处理器也称为中央处理单元 (Central Processing Unit, CPU)，它是构成微机的核心部件。

CPU 一般由寄存器 (Register) 阵列 RS、算术逻辑运算单元 ALU、控制器和内部总线及缓冲器组成。如图 1.4 所示为一个初级 CPU (不能实现 80x86 CPU 总线接口部件 BIU 的取指令工作、执行部件 EU 的执行指令工作的并行流水线技术) 的结构。

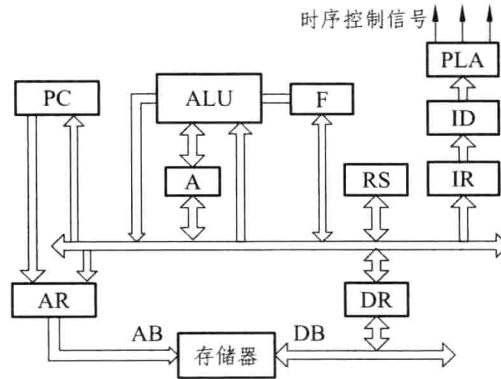


图 1.4 初级 CPU 内部结构

寄存器分通用和专用两类，一般用于寄存数据或操作数地址，以及操作中产生的各种标志。其中被称为程序计数器 PC (Program Counter, 8086 中为指令指针寄存器 IP) 的寄存器提供即将执行的指令的地址。

ALU 是执行算术和逻辑运算的装置。它以累加器 A (Accumulator, 8086 中为 AX、AL) 中的内容作为一个操作数，另一个操作数由内部数据总线提供，可以是寄存器阵列中某个寄存器的内容，也可以是数据寄存器 DR 提供的从内存中读出的内容等。操作的结果通常送回累加器中，同时影响标志寄存器 Flags (或称为程序状态字 PSW)。标志寄存器的各个标志位记录运算后的各种特征，比如结果是否为 0、有无进位等。

控制器包括指令寄存器 IR (Instruction Register, 8086 中为指令队列)、指令译码器 ID

(Instruction Decoder) 和控制信号产生电路 PLA (Programmable Logic Arrays) 等。从存储器中取出的信息可能是指令操作码, 也可能是操作数。若为指令操作码, 则由数据寄存器 DR 经内部总线送到指令寄存器 IR, 然后由指令译码器 ID 和 PLA 译码并产生执行该条指令所需的全部微操作控制命令; 若为指令操作数, 则由 DR 经内部总线送到累加器 A 或某个寄存器, 参加具体微操作。

3. 存储器

存储器是以字节为单位的一维线性编址空间。假定图 1.4 中的 CPU 是 8 位的, 其寄存器是 8 位, 地址线也是 8 位, 可寻址 256 (2^8) 个存储单元, 用 16 进制表示存储单元, 编号为 00H ~ FFH。每一个存储单元有一个确定的地址, 可存放一个字节的二进制信息。存储单元的地址和该地址单元中存放的内容是两个不同的概念。

简单的存储器结构如图 1.5 所示。CPU 读/写存储器的简单过程是: 先由 CPU 给出要操作的存储单元地址, 该地址信号通过地址总线送到存储器的地址译码器译码后, 然后在 256 个单元中选中对应于该地址的存储单元; 然后 CPU 通过控制总线发出读或写的控制信号, 对该单元进行读或写操作。读出的内容通过数据总线送到 CPU 的数据寄存器中。要写入的内容则由 CPU 发出, 经数据寄存器通过数据总线写入相应存储单元。

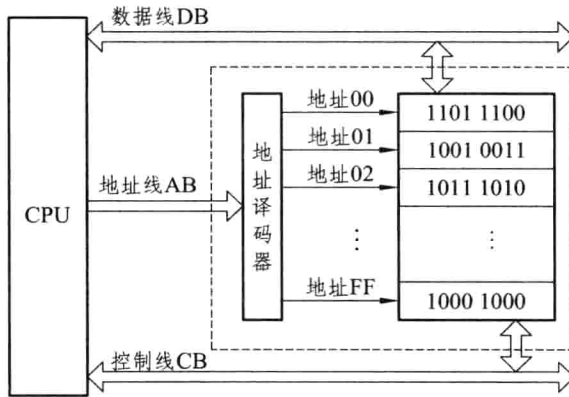


图 1.5 存储器结构

1.2.3 微型计算机的工作过程

下面我们通过一个简单的例子考察计算机的具体计算过程。

现考虑用微型计算机解决加法计算问题: $5+6=?$

这是一个相当简单的加法运算, 但计算机却无法理解, 更无法完成运算。人们必须以计算机能够理解的语言告诉它如何去做, 直到每一步的每个细节都详尽无误, 计算机才能正确地理解与执行。

1. 在计算机上进行计算之前的准备工作

(1) 用汇编语言指令编写计算 $5+6=?$ 的汇编语言源程序:

```
MOV AL, 05H
```


ADD AL, 06H

HLT

(2) 用汇编软件将汇编语言源程序翻译(汇编)成计算机能识别的机器语言指令: 整个程序一共 3 条指令, 汇编成计算机能识别的机器语言指令为 5 个字节。

第一条指令“MOV AL, 05H”的机器语言指令为两个字节: 第一个字节“B0H”为其操作码, 表示源操作数为立即寻址方式、目的操作数为寄存器寻址方式的 MOV 指令; 第二个字节“05H”为其源操作数。

第二条指令“ADD AL, 06H”的机器语言指令为两个字节: 第一个字节“04H”为其操作码, 表示源操作数为立即寻址方式、目的操作数为寄存器寻址方式的 ADD 指令; 第二个字节“06H”为其源操作数。

第三条指令“HLT”的机器语言指令为一个字节“F4H”, 表示 HLT 指令。

(3) 将数据和程序通过输入设备送入存储器中顺序存放: 假设这 5 个字节的机器语言指令通过输入设备存放在内存地址为 00H 开始的连续 5 个字节单元中, 如图 1.6 所示。

| 存储器 | |
|-----|-----|
| 00H | B0H |
| 01H | 05H |
| 02H | 04H |
| 03H | 06H |
| 04H | F4H |
| ⋮ | ⋮ |
| FFH | |

图 1.6 源程序机器指令在存储器中的存储

2. 程序在计算机中的执行过程

(1) 给程序计数器 PC 赋以第一条指令在内存中存放的地址 00H。

(2) 进入第一条指令的取指阶段, 如图 1.7 所示(图中 AL 为累加器):

① 将程序计数器 PC 的内容 00H 送至地址寄存器 AR, 记作 PC→AR。

② 程序计数器 PC 的内容自动加 1 变为 01H, 记为 PC+1→PC。

③ 地址寄存器 AR 将 00H 通过地址总线送至存储器地址译码器进行译码, 选中 00H 号单元, 记为 AR→M。

④ CPU 发出“读”命令。

⑤ 将所选中的 00H 号单元的内容 10110000B (即 B0H) 读至数据总线 DB 上, 记为 B0H→DB。

⑥ 经数据总线 DB, 将读出的 B0H 送至数据寄存器 DR, 记为 DB→DR。

⑦ 数据寄存器 DR 将其内容送至指令寄存器 IR, 经过译码, 控制逻辑发出执行该条指令的一系列信号, 记为 DR→IR, IR→ID, ID→PLA。