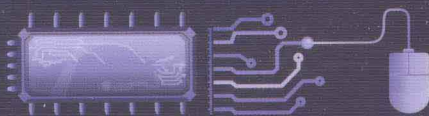
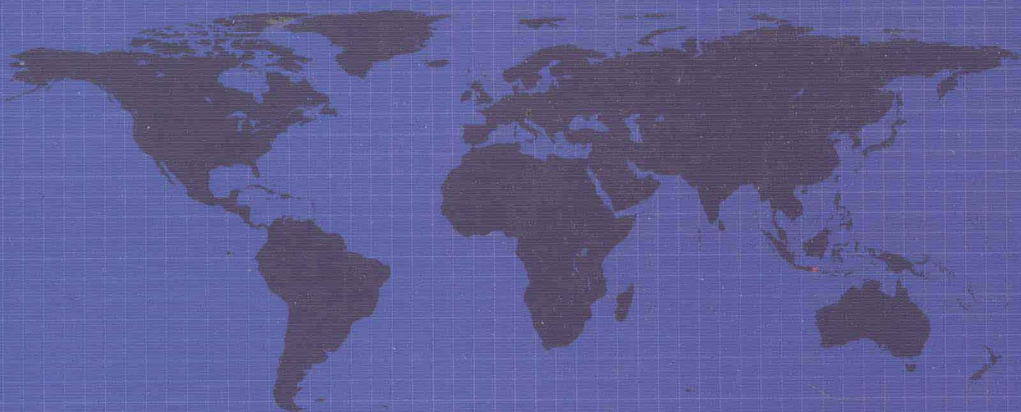




普通高等教育“十二五”机电类规划教材



# 单片机与微机原理及应用

张迎新 胡欣杰 赵立军 等编著

- 单片机+微机“二合一”教材，解决两者内容重叠的问题，节省课时。
- 先讲单片机，后讲微机，内容由浅入深，符合认知规律。
- 不是内容的简单组合，而是相互的融会贯通。



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

# 单片机与微机原理及应用

张迎新 胡欣杰 赵立军 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是为响应高等院校计算机教材改革的要求而编写的，微型计算机包括通用微计算机和嵌入式计算机（主要形式是单片机）两大分支。本书的特色是将这两大分支内容结合在一起，形成“二合一”教材，内容包括硬件结构、工作原理、指令系统、汇编语言程序设计、接口技术、中断系统及应用等。本书在保持原来教材结构特点的基础上，提取两者的共性，以此为基础去学习其个性内容，并去掉其中较陈旧的内容，增加新的技术内容。

本书的特点是由浅入深、循序渐进、阐述清晰、编排合理、例题丰富。

本书可作为高等理工院校非计算机专业本科生的教材，也适合计算机专业的高职、高专及自考人员使用，还可作为广大科技人员的自学参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目（CIP）数据

单片机与微机原理及应用/张迎新等编著. —北京：电子工业出版社，2011.8

ISBN 978-7-121-13597-2

I. ①单… II. ①张… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 ②微型计算机—高等学校—教材  
IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 091644 号

策划编辑：万子芬（wzf@phei.com.cn）

责任编辑：万子芬

印 刷：北京东光印刷厂

装 订：三河市皇庄路通装订厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：22.25 字数：600 千字

印 次：2011 年 8 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

# 前 言

21 世纪是信息爆炸的时代，各行业的信息化要求咄咄逼人，促使计算机技术飞速发展，而计算机教学与一些基础学科的教学有较大的区别，其内容和方法必须与时俱进，才不会落后于时代。

为了适应各领域的需要，微型计算机形成了两大分支，即通用微型计算机（简称微机或 PC）和嵌入式计算机（主要形式是单片机），它们已经完全渗透到人们生活工作的各个方面，对于现代大学生，这两大分支都是最基本的、必须学习的知识。

## 1. 单片机与微机的共性与特色

从外形上看单片机就是一个芯片，而微机则是一台完整的设备，把这两种外表截然不同的东西放到一本书里讲解，主要是因为它们都是由基本的计算机工作原理演变而来的，所以有很多共性。但是随着技术的发展和需求的变化，它们的外形和功能的差别越来越大。

其实很多老师早就认识到单片机和微机“本是同根生”，应该归到一门课里讲，所以，早在 20 年前就出现了把单片机的内容加到“微机原理及应用”教科书的情况（如清华大学戴梅萼教授编写的《微机技术及应用》），但多数教材都是把单片机的内容作为一章，放在主要内容的最后，这样做的结果，通常就把单片机变为选读内容，并没有起到应有的作用。因为单片机知识相对简单，容易理解和掌握，比较容易进行各种硬件实验，所以，很多学生学习了单片机课程之后，感到对以前学习的微机的内容豁然开朗，很多深奥难懂的问题迎刃而解。这反映了以前的教学安排没有很好地遵循“由浅入深”和“由简至难”的教学规律，因此，如果先学习单片机再学习微机可以起到事半功倍的效果。

## 2. 教学现状与编写意图

多年来“微机原理及应用”类课程都是大学本科的一门必修课，是学习和掌握计算机原理、接口技术和汇编语言必不可少的，但对于其原理应该介绍到什么深度，其应用应该掌握到什么程度，这类教材如何编写等，一直是近年来教学中有争议的问题，总有很多学生反映这门课效果不好，比较难接受，很抽象等。这是因为对于刚刚进入高等学校的本科生来说，直接学习 32 位以上的微处理器及接口芯片等知识，需要掌握的相关背景知识太多，容易陷入复杂的技术泥潭中。特别是由于微机的发展日新月异，内部结构越来越复杂，芯片的集成度越来越高，加之微处理器品种多，每种微处理器又有许多系列，给初学者带来了不少困惑。

此外，很多书都用大量篇幅介绍 8251、8237 等较复杂的接口芯片，而随着技术的发展，这些芯片在微机中都不存在了，它们的功能已经集成到多功能芯片中。特别是现在已经没有人直接利用这些芯片做 I/O 扩展等，按照以前的把 I/O 接口芯片单独讲解和做试验的方法已经很不现实，而且现在的微机都屏蔽了用户直接对底层硬件的操作，所以要做这些硬件芯片的实验较困难，在硬件接口方面的设计也比较麻烦。很多学校给学生的动手机会比较少，使学生不能从底层了解原理，就不可能深入理解所学习内容，因而知识更新与教学条件和效果之间出现了一定的矛盾。我们认为，解决这一矛盾的关键是选择合适的教材、实验设备和方法等。对于非计算机专业的学生，学习这门课程主要是理解和应用，不要求掌握更深层的硬件技术，所以学

习的内容就应该有所侧重。

随着单片机及嵌入式系统的广泛应用,有不少高校增加了“单片机原理及应用”课,但是对于这两门课,无论是先上哪门课,都存在着内容重叠的问题。

本书就是针对这类问题所进行的教材方面的改革,我们将这两门课合二为一,力求在教学上更好地符合人的认知规律,达到多快好省的目的。

### 3. 本书特点

本书编写参考了教育部对理工类计算机基础课程“微机原理与接口技术”教学的基本要求,也参考了高等理工科院校非计算机专业“微机原理与应用”和“单片机原理与应用”的教学大纲,大胆改变了传统教材的框架,在充分重视原有教材的基础上,尽量处理好经典内容与现代内容的关系,把微计算机领域中两大重要分支——单片机(微控制器)和微机有机结合在一起,成为“二合一”的教材。通过认真分析两者的共性和个性,以共性为基础知识,先介绍容易入门的单片机原理及应用,再介绍通用微机的基本概念及基础理论。这样使学生较快掌握这两门重要的必修课程,在教学效果上达到多快好省。

与以前所出版的“微机原理与应用”类教材相比较,本书对部分内容有较大的删改,除删除了与单片机原理部分相同的内容之外,还删除了大部分接口芯片的内容和微处理器的引脚信号等内容,对于较容易懂的内容也尽量减少篇幅。

### 4. 本书内容

本书内容主要包括三大部分:第1篇计算机基础知识,第2篇单片机原理及应用,第3篇微机原理及应用。另外,本书的配套课件可登录华信教育资源网([www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn))免费下载。

本书在介绍单片机时选择了 Intel 公司首创的 51 系列单片机,而介绍微计算机时选择的微处理器也是 Intel 公司研发的系列芯片,它们在原理和指令系统上有较多的共同之处,使读者比较容易掌握,所采用的实例具有先进性和普遍性。

本书由张迎新组织编写,其中胡欣杰编写了第14章及第15章的15.2~15.3节,赵立军编写了第18章,姚静波编写了第9章的9.2~9.4节,王盛军编写了第11章的11.1~11.3节,樊桂花编写了第10章的10.2~10.4节,陈胜编写了第17章的17.3节,迟明华编写了第3章的3.1节,其余由张迎新编写。

本书是作者多年教学和科研的积累,同时为了使本书内容更加丰富和完整,书中也引用了部分国内外的文献资料及书籍的内容,主要来源见参考文献。在此,对有关作者表示衷心感谢。电子工业出版社对这两门课程的教材改革给予了极大的支持,他们广泛征求了一些院校教师关于“单片机与微机原理”教材改革的反馈意见,在此也表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中的错误与不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编著者

2011年5月

# 目 录

## 第 1 篇 计算机的基本原理

<b>第 1 章 概述</b> .....	2	2.3.5 存储单元和存储单元地址 .....	27
1.1 计算机的发展 .....	2	2.3.6 存储器的寻址原理 .....	28
1.1.1 计算机发展简史 .....	2	思考与练习 .....	29
1.1.2 微型计算机的发展及两大分支 .....	3	<b>第 3 章 微型计算机基本工作原理</b> .....	31
1.1.3 单片机与微型计算机的 主要异同点 .....	3	3.1 时序及时钟电路 .....	31
1.1.4 计算机的主要技术指标 .....	5	3.1.1 时序及有关概念 .....	31
1.2 嵌入式系统概述 .....	5	3.1.2 振荡器和时钟电路 .....	32
1.2.1 嵌入式系统的定义与特点 .....	5	3.2 指令与程序概述 .....	32
1.2.2 嵌入式系统的组成 .....	6	3.2.1 指令系统简介 .....	32
1.3 80C51 系列 8 位单片机简介 .....	8	3.2.2 程序设计语言 .....	33
1.3.1 80C51 系列单片机的发展 .....	8	3.3 CPU 的工作原理 .....	34
1.3.2 AT89 系列单片机的特点及分类 .....	8	3.3.1 控制器 .....	34
1.4 微型计算机系统概述 .....	9	3.3.2 运算器 .....	35
1.4.1 微型计算机系统的基本组成 .....	9	3.4 微型计算机基本工作原理 .....	36
1.4.2 微型计算机的分类 .....	12	3.4.1 计算机执行程序过程 .....	36
1.4.3 微型计算机系统的发展 .....	13	3.4.2 程序执行过程举例 .....	37
思考与练习 .....	14	3.5 I/O 接口电路 .....	38
<b>第 2 章 计算机基础知识</b> .....	15	3.5.1 接口电路的功能 .....	38
2.1 计算机中的数制与编码 .....	15	3.5.2 接口电路的组成 .....	39
2.1.1 数制 .....	15	3.5.3 I/O 接口的编址 .....	40
2.1.2 计算机中数的表示及运算 .....	16	3.5.4 I/O 接口分类 .....	41
2.1.3 二进制编码 .....	18	3.6 并行接口与串行接口 .....	42
2.2 计算机的基本组成电路 .....	20	3.6.1 并行接口 .....	42
2.2.1 常用简单逻辑电路 .....	20	3.6.2 串行接口 .....	42
2.2.2 触发器 .....	20	思考与练习 .....	45
2.2.3 寄存器 .....	21	<b>第 4 章 计算机的中断</b> .....	46
2.3 存储器概述 .....	23	4.1 概述 .....	46
2.3.1 存储器的分类 .....	24	4.1.1 中断的概念 .....	46
2.3.2 半导体存储器的分类 .....	24	4.1.2 引进中断技术的优点 .....	46
2.3.3 存储器中的常用名词术语及 主要指标 .....	25	4.1.3 中断源 .....	47
2.3.4 基本存储单元电路 .....	26	4.1.4 中断系统的功能 .....	47
		4.2 中断处理过程 .....	48
		4.2.1 中断响应 .....	49

4.2.2 中断处理 .....	49	4.2.4 中断程序的一般设计方法 .....	50
4.2.3 中断返回 .....	50	思考与练习 .....	52

## 第 2 篇 单片机原理及应用

<b>第 5 章 单片机结构及原理</b> .....	54	6.3.2 算术运算类指令 .....	91
5.1 单片机结构 .....	54	6.3.3 逻辑操作类指令 .....	95
5.1.1 标准型单片机组成及结构 .....	54	6.3.4 控制转移类指令 .....	97
5.1.2 引脚定义及功能 .....	56	6.3.5 位操作类指令 .....	101
5.2 80C51 的存储器 .....	58	思考与练习 .....	103
5.2.1 存储器结构和地址空间 .....	58	<b>第 7 章 汇编语言程序设计</b> .....	106
5.2.2 程序存储器 .....	59	7.1 概述 .....	106
5.2.3 数据存储器 .....	60	7.1.1 汇编语言源程序的格式 .....	106
5.3 特殊功能寄存器 SFR .....	63	7.1.2 汇编语言伪指令 .....	107
5.3.1 80C51 系列的 SFR .....	63	7.1.3 汇编语言程序设计步骤 .....	108
5.3.2 AT89S51/52 的 SFR 地址 分布及寻址 .....	63	7.2 顺序与循环程序设计 .....	109
5.3.3 SFR 的功能及应用 .....	65	7.2.1 顺序程序设计 .....	109
5.4 输入/输出端口 .....	68	7.2.2 循环程序设计 .....	110
5.4.1 P0 口 .....	68	7.3 分支程序设计 .....	112
5.4.2 P1 口 .....	70	7.3.1 分支程序设计综述 .....	112
5.4.3 P2 口 .....	71	7.3.2 无条件/条件转移程序 .....	112
5.4.4 P3 口 .....	72	7.3.3 散转程序设计 .....	113
5.4.5 4 个 I/O 端口的 主要异同点 .....	73	7.4 子程序设计 .....	115
5.5 复位及时钟电路 .....	74	7.4.1 子程序结构与设计 注意事项 .....	115
5.5.1 复位和复位电路 .....	74	7.4.2 子程序的调用与 返回 .....	115
5.5.2 时钟电路 .....	76	7.4.3 子程序设计举例 .....	116
5.6 80C51 系列单片机的 低功耗方式 .....	78	7.5 查表程序设计 .....	117
5.6.1 电源控制寄存器 PCON .....	78	7.5.1 查表程序综述 .....	118
5.6.2 待机方式 .....	78	7.5.2 查表程序设计 举例 .....	118
5.6.3 掉电方式 .....	79	思考与习题 .....	120
思考与练习 .....	79	<b>第 8 章 主要功能单元</b> .....	122
<b>第 6 章 80C51 的指令系统</b> .....	81	8.1 定时/计数器 .....	122
6.1 80C51 系列单片机 指令系统简介 .....	81	8.1.1 定时/计数器 T0、 T1 概述 .....	122
6.1.1 概述 .....	81	8.1.2 定时/计数器的 控制方法 .....	123
6.1.2 汇编语言指令 格式 .....	81	8.1.3 定时器 T0、T1 的工作方式 .....	126
6.2 寻址方式 .....	82	8.1.4 定时器 T0、T1 应用举例 .....	128
6.2.1 符号注释 .....	82	8.2 UART 串行接口 .....	132
6.2.2 寻址方式说明 .....	83	8.2.1 80C51 串行接口 简介 .....	132
6.3 指令系统分类介绍 .....	86	8.2.2 串行通信工作 方式 .....	136
6.3.1 数据传送类指令 .....	87	8.2.3 串行接口应用 举例 .....	138
		8.3 中断系统 .....	143

8.3.1	AT89S51 单片机的中断系统	144	10.1.3	行列式键盘	184
8.3.2	与中断有关的寄存器	146	10.2	显示器接口	189
8.3.3	中断请求的撤除	148	10.2.1	显示器概述	189
8.3.4	扩充外中断源	149	10.2.2	LED 的结构与原理	190
8.3.5	中断程序的设计与应用	149	10.2.3	LED 静态显示方式	191
	思考与练习	155	10.2.4	LED 动态显示方式	193
<b>第 9 章</b>	<b>单片机的系统扩展</b>	<b>157</b>	10.3	功率开关器件接口	195
9.1	存储器的并行扩展	157	10.3.1	输出接口的隔离技术	195
9.1.1	外部并行扩展总线	157	10.3.2	功率开关器件接口举例	196
9.1.2	并行扩展的寻址方法	158	10.4	打印机接口	198
9.1.3	数据存储器扩展概述	159	10.4.1	TP $\mu$ P-40A 打印机的 性能及接口	198
9.1.4	访问片外 RAM 的操作时序	160	10.4.2	字符代码及打印命令	199
9.1.5	数据存储器扩展举例	161	10.4.3	TP $\mu$ P-40A 打印机与单片 机接口	200
9.2	扩展并行 I/O 接口	162		思考与练习	202
9.2.1	简单的并行 I/O 扩展	162	<b>第 11 章</b>	<b>单片机应用系统的设计与开发</b>	<b>203</b>
9.2.2	扩展可编程 I/O 接口芯片	163	11.1	应用系统设计过程	203
9.3	串行扩展概述	166	11.1.1	总体方案设计	203
9.3.1	常用串行总线与串行接口简介	166	11.1.2	硬件设计	204
9.3.2	单片机串行扩展的模拟技术	169	11.1.3	软件设计	206
9.4	扩展数/模转换器	170	11.2	开发工具和开发方法	208
9.4.1	D/A 转换电路原理	170	11.2.1	开发工具	209
9.4.2	D/A 转换器的主要技术指标	171	11.2.2	单片机的开发方法	209
9.4.3	扩展并行 D/A 转换器	171	11.3	单片机用于水位控制系统	210
9.5	扩展模/数转换器	174	11.3.1	题目分析	211
9.5.1	逐次逼近式 A/D 转换原理	174	11.3.2	硬件设计	211
9.5.2	A/D 转换的主要技术指标	175	11.3.3	软件设计	212
9.5.3	扩展并行 A/D 转换器	176	11.4	恒温箱温度控制监测系统	212
9.5.4	扩展串行 A/D 转换器	178	11.4.1	题目分析	212
	思考与练习	181	11.4.2	硬件设计	213
<b>第 10 章</b>	<b>接口技术</b>	<b>182</b>	11.4.3	软件设计	214
10.1	键盘接口	182		思考与练习	218
10.1.1	键盘工作原理	182			
10.1.2	独立式按键	183			

### 第 3 篇 微型计算机系统的原理及应用

<b>第 12 章</b>	<b>微处理器</b>	<b>220</b>	12.1.4	8086 CPU 的总线周期	225
12.1	8086 微处理器	220	12.1.5	8086 系统中部分专用 地址空间	226
12.1.1	8086 的内部结构	220	12.2	80x86 系列微处理器	227
12.1.2	8086 的寄存器	222	12.2.1	功能的扩展	227
12.1.3	存储器管理	224			



12.2.2 性能的提高 .....	228	15.2 DOS 和 BIOS 系统功能调用 .....	283
12.3 Pentium 系列微处理器 .....	229	15.2.1 DOS 软中断及系统 功能调用 .....	283
12.3.1 内部组成与工作方式 .....	229	15.2.2 BIOS 功能调用 .....	286
12.3.2 Pentium 微处理器的寄存器 .....	231	15.3 汇编语言程序设计举例 .....	287
12.3.3 Pentium 微处理器采用的 新技术 .....	234	15.3.1 循环结构程序举例 .....	287
12.4 新一代微处理器 .....	235	15.3.2 分支结构程序举例 .....	288
12.4.1 64 位微处理器 .....	235	15.3.3 子程序结构程序举例 .....	289
12.4.2 多核微处理器 .....	237	思考与练习 .....	291
思考与练习 .....	238	<b>第 16 章 输入/输出与总线</b> .....	293
<b>第 13 章 存储器</b> .....	240	16.1 输入/输出的控制方式 .....	293
13.1 微型计算机存储器系统的组成 .....	240	16.1.1 程序控制方式 .....	293
13.1.1 存储器体系的层次结构 .....	240	16.1.2 中断方式 .....	293
13.1.2 CPU 与存储器芯片的连接 .....	242	16.1.3 直接存储器存取方式 .....	294
13.1.3 主存储器与 DRAM 控制器 .....	243	16.2 微型计算机的总线 .....	295
13.2 高速缓冲存储器与虚拟存储器 .....	244	16.2.1 总线概述 .....	295
13.2.1 高速缓冲存储器 .....	245	16.2.2 总线的操作及控制 .....	297
13.2.2 虚拟存储器 .....	248	16.2.3 PC 总线的发展 .....	297
13.3 微型计算机的内存管理 .....	249	16.3 PCI 总线 .....	298
13.3.1 内存配置 .....	249	16.3.1 PCI 总线简介 .....	298
13.3.2 存储器管理 .....	250	16.3.2 PCI 总线的引脚及功能 .....	299
思考与练习 .....	251	16.3.3 PCI 总线的数据传送操作 .....	300
<b>第 14 章 指令系统</b> .....	252	16.4 通用外部总线接口 .....	301
14.1 寻址方式 .....	252	16.4.1 IDE 接口 .....	301
14.1.1 指令系统符号说明 .....	252	16.4.2 SCSI 接口 .....	302
14.1.2 寻址方式说明 .....	253	16.4.3 AGP 接口 .....	303
14.2 指令系统分类介绍 .....	255	16.4.4 USB 总线接口 .....	304
14.2.1 数据传送类指令 .....	255	16.4.5 串行通信接口 .....	305
14.2.2 算术运算类指令 .....	259	16.4.6 IEEE1394 接口 .....	306
14.2.3 逻辑运算和移位循环指令 .....	264	16.5 主板控制芯片组 .....	307
14.2.4 串操作类指令 .....	266	16.5.1 主板控制芯片组简介 .....	307
14.2.5 控制转移类指令 .....	270	16.5.2 主板控制芯片组的功能 .....	307
14.2.6 处理器控制类指令 .....	273	16.5.3 主板控制芯片组的结构 .....	308
思考与练习 .....	274	思考与练习 .....	310
<b>第 15 章 汇编语言程序</b> .....	276	<b>第 17 章 微型计算机的中断系统</b> .....	311
15.1 概述 .....	276	17.1 8086 的中断结构 .....	311
15.1.1 汇编语言程序的格式 .....	276	17.1.1 中断源 .....	311
15.1.2 表达式与运算符 .....	277	17.1.2 中断向量 .....	312
15.1.3 常用伪指令 .....	278	17.1.3 中断处理过程 .....	314
15.1.4 宏指令 .....	281	17.2 可编程中断控制器 8259A .....	314

17.2.1	8259A 的引脚与结构	315	18.2.2	多媒体系统的组成	327
17.2.2	8259A 的工作过程及 工作方式	316	18.2.3	多媒体的应用	327
17.2.3	8259A 的级连	318	18.3	计算机测控系统	328
17.2.4	8259A 的编程	318	18.3.1	计算机测控系统的功能	328
17.3	高档微型计算机的中断系统	321	18.3.2	计算机测控系统的组成	329
17.3.1	异常和中断向量	322	18.3.3	计算机测控系统的分类	330
17.3.2	中断描述符表	323	18.4	计算机网络	331
17.3.3	中断的响应与处理过程	323	18.4.1	计算机网络的分类	331
	思考与练习	324	18.4.2	计算机网络的组成	332
<b>第 18 章</b>	<b>微型计算机系统应用</b>	325	18.4.3	局域网基本知识	333
18.1	科学计算与信息管理	325	18.4.4	Internet 简介	334
18.1.1	科学计算	325		思考与练习	336
18.1.2	信息管理	325	<b>附录 A</b>	<b>80C51 指令表</b>	337
18.2	多媒体技术	326	<b>附录 B</b>	<b>常用芯片引脚图</b>	342
18.2.1	多媒体技术概述	326		<b>参考文献</b>	344

## 第1篇

# 计算机的基本原理

本篇是全书的基础知识，在介绍计算机的发展及微型计算机的两大分支之后，简要地介绍单片机与微型计算机之间的主要异同点，然后分别介绍两者的概貌。

本篇重点介绍和要求掌握的是两者所共有的计算机基础知识，例如，数制、码制、基本逻辑电路、计算机的工作原理、接口电路及计算机中的中断技术等。

# 第 1 章 概 述

本章简要介绍计算机的发展，微型计算机与单片机的组成、发展及主要异同点。

## 1.1 计算机的发展

要想深入全面地了解微型计算机，首先要了解计算机的发展史。

### 1.1.1 计算机发展简史

计算机从诞生至今已超过 60 年，在历史的长河中不过是一瞬间，但就在这一瞬间，由于计算机的出现使社会产生了翻天覆地的变化，人类在科技、国防、工业、农业及日常生活的各个领域都产生了飞跃。计算机的生产、推广和应用已成为各国现代化的战略产业。

世界上公认的第一台电子计算机是 1946 年由美国宾夕法尼亚大学研制出来的，在今天看来，这台计算机既昂贵又笨重，功能也很低，但它却是引起 20 世纪工业革命的先驱。此后的 60 多年，计算机的发展日新月异，至今已经历了电子管计算机、晶体管计算机、大规模集成电路计算机和超大规模集成电路计算机四代的发展。

第五代计算机是具有人工智能的计算机。人工智能计算机将人类的智慧，推理能力，逻辑判断，图形、语音辨识等功能集成于一体。

第六代是神经电脑计算机。它是用许多微处理机模仿人脑的神经元结构，采用大量的并行分布式网络构成神经电脑。神经电脑有类似神经的节点，因此，神经电脑又称为人工大脑，它是人类开发的第六代计算机。

正在研发的还有量子计算机、生物计算机、光子计算机和超导计算机等。

由于计算机所显示出的功能和作用越来越大，各行业对它的需求也越来越大，这促使计算机也在不断革新和发展。目前，在世界各行业中，发展速度最快的首推计算机行业，这和社会对它的需求是分不开的。

由于社会的需求和发展，在 20 世纪 70~80 年代，派生出大小不一、花样繁多的各种类型的计算机。人们曾经按规模、性能、用途和价格等特征，把计算机分为巨、大、中、小、微型计算机。20 世纪 90 年代后，计算机的发展趋势是：一方面向着高速、大容量、智能化的超级巨型机的方向发展；另一方面向着微型计算机的方向发展。

巨型（也称超级）计算机主要用于大型科学研究、试验及超高速、大容量的数学计算。它的研制水平可以在一定程度上体现一个国家科技、经济和国防的综合实力。

微型计算机（Microcomputer）简称微机，即大家所熟知的个人计算机（Personal Computer, PC），也称通用计算机或者微型计算机系统（因为通常还包括显示器及键盘等外设），主要用于一般的计算、管理和办公，还可用于工业控制等领域。微型计算机的核心部件中央处理器（Central Processing Unit, CPU）集成在一个小硅片上，而巨型计算机的 CPU 则是由多处理器并行处理电路组成的。为了与巨型计算机的 CPU 相区别，微型计算机的 CPU 又称微处理器（Micro Processing Unit, MPU 或 Microprocessor）。除此之外，因为微型计算机充分利用了大规模和超大规模集成电路工艺，所以体积小、成本低、容易掌握，加之其适用面广，因此，自 20 世纪

70年代微型计算机诞生之后,就把计算机的应用推向了社会的各行业,使计算机进入到现代计算机发展阶段。

### 1.1.2 微型计算机的发展及两大分支

1971年, Intel公司研制出来第一块微处理器4004,虽然它运算能力差,速度低,但却是微型计算机的鼻祖。在此基础上,40年来,为适应社会发展的需要,微处理器不断地更新换代,新产品层出不穷。

随着各种机电设备及众多体积小的对象,如家用电器、仪器仪表等智能化要求的提出,1976年诞生的 Intel MCS-8051单片机(后来简称微控制器 MCU)迅速实现了对该类设备的智能化控制,由此,计算机便改变了原来的形态与通用计算机的功能。为了与原有的通用计算机系统区别,把嵌入到对象体系中、实现对对象体系智能化控制的计算机称为单片机,后统一归类为嵌入式计算机(见1.2节)。从1976年开始至今30多年的时间里,嵌入式计算机已发展成为一个品种齐全、功能丰富的庞大家族。嵌入式计算机主要承担发展与普及嵌入式系统的任务,用于将传统的电子系统向智能化、网络化方向发展。

与此同时,1974—1978年,诞生了8位微处理器,此时的代表产品有 Intel8080、Z80、MC6800及6502等。1978年后,又诞生了16位微处理器8086。以这些微处理器为基础,1976年,诞生了世界上第一台微型计算机,即苹果机 Apple II,它是能独立运行、完成特定功能的计算机。

第一台 PC 诞生于1981年8月12日, IBM公司为其命名为 IBM PC,这对全球计算机产业来说是一个值得纪念的日子,它使计算机进入了办公室与家庭。

微型计算机的普及与广泛应用,应归功于 Apple 计算机的发明,以及 IBM 公司出品的 PC,虽然早在 IBM PC 推出之前,就已经出现了世界上第一台微型计算机,但是, IBM PC 的诞生才真正具有划时代的意义,因为它首创了个人计算机的概念,并为 PC 制定了全球通用的工业标准。由此,揭开了计算机神秘的面纱,使 PC 变成人人可独立使用的工具,因而称为个人计算机,这是一种通用微型计算机。习惯上将这些通用个人计算机简称为微型计算机、PC、微机或电脑。用于微型计算机的通用微处理器迅速从 286、386、486、586 发展到奔腾系列,操作系统则迅速提高处理海量数据文件的能力和多媒体等多功能应用能力,使通用微型计算机日趋完美。

现在微型计算机一词泛指所有的个人通用微型计算机及单片机等,但在一般的微型计算机原理及应用类教材中所称的微型计算机通常是指通用台式微型计算机,习惯上简称微机。

如果说微型计算机的出现,使计算机进入到现代通用计算机发展阶段,那么嵌入式计算机的诞生,则标志着微型计算机进入了通用计算机与嵌入式计算机两大分支并行发展的时代,通用计算机与嵌入式计算机的专业化分工共同推动了计算机产业革命的高速发展。

因此,微型计算机技术发展的两大分支的意义在于:它不仅形成了计算机发展的专业化分工,而且将计算机技术扩展到各个领域,使人类迅速进入全球化的网络、通信、虚拟世界和数字化生活的新时代。

### 1.1.3 单片机与微型计算机的主要异同点

综上所述,可知单片机与微型计算机均是计算机大家庭的一员,它们的主要异同点如下。

#### 1. 主要相同点

第一台电子数字计算机虽然是作为一种计算工具出现的,然而经过半个多世纪的发展,不管从构成器件、性能和应用上都出现了惊人的变化。但是当前大多数微型计算机,它们的基本

组成及工作原理，还是可以用图 1.1 来概括。即计算机由中央处理器、存储器、输入/输出接口及总线等部分组成。这几大基本组成部分是计算机的实体。

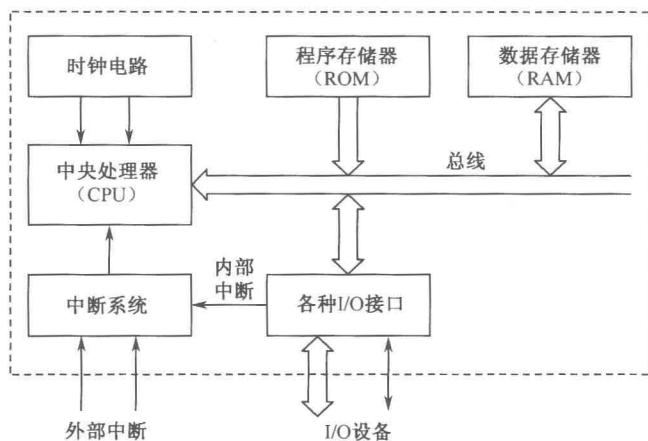


图 1.1 计算机基本组成原理框图

它们的核心部件都是基于计算机的基本原理，衡量它们的主要技术指标也是基本相同的，详见 1.1.4 节。

由图 1.1 可见，计算机的核心部分是中央处理器 (CPU)，它是计算机的“大脑”，主要由运算器、控制器组成，由它统一指挥和协调各部分的工作，其余各部分说明如下：

- (1) 时钟电路用于给计算机提供工作时所需要的时序信号。
- (2) 程序存储器和数据存储器分别用于存放计算机工作的各种软件和临时数据,详见第 2 章。
- (3) 中断系统用于处理系统工作时出现的突发事件，详见第 4 章。

(4) 总线把计算机的各主要部件连接为一体，是 CPU 与各功能部件信息交换的通道。按总线的功能可分为地址总线、数据总线和控制总线。其中，地址总线的作用是为数据交换时提供地址，CPU 通过它们将地址输出到存储器或 I/O 接口；数据总线的作用是在 CPU 与存储器或 I/O 接口之间或存储器与外设之间交换信息；控制总线包括 CPU 发出的控制信号线和外部送入 CPU 的应答信号线等。

(5) I/O 接口是计算机与 I/O 设备之间的接口。I/O 设备是计算机与人或其他设备交换信息的装置，如显示器、键盘和打印机等。

它们的指令系统功能大部分也是相同的，程序运行原理也有很多相似之处，详见后面章节的指令系统。

计算机中的 CPU、存储器及中断系统等部件的详细内容将在后面章节陆续介绍。

## 2. 主要不同点

虽然它们的基本组成看起来是基本相同的，但由于用途不同，技术要求与发展方向完全不同，所以它们在结构、外形与功能上有很大差别。单片机在组成结构上的最大特点是把图 1.1 中的所有电路集成在一块芯片上，通常还包括定时器等辅助功能电路。就其组成和基本工作原理而言，一块单片机芯片就是一台计算机，所以它最初被人们称为单片微型计算机，其外形就如同一块普通的电子芯片。它体积小、可靠性高，其软件均固化在内部的程序存储器中，通常是用于控制，被安装在控制对象中。单片机是向着单芯片化道路的方向发展，技术要求则是不断提高嵌入性能、控制能力与可靠性。

而微型计算机则是把微处理器（CPU）、存储器、I/O 接口、定时器等不同的芯片组成在一块底板上，然后配上机箱、外设等。通用计算机主要是为满足高速、海量的数值计算、实现多媒体技术和网络通信等功能，技术发展方向是不断提高计算速度，不断扩大存储容量。

### 1.1.4 计算机的主要技术指标

衡量一台计算机的技术指标有很多，其主要指标有如下几项。

#### 1) 字长

字长是指计算机能处理的二进制数的位数，习惯上称为位长。基本字长一般是指参加一次运算的操作数的位数。基本字长可反映寄存器、运算部件和数据总线的位数。在计算机中每个存储单元存放二进制数的位数一般情况下和它的算术运算单元的位数是相同的。字长越长，计算精度越高，速度也越快。

#### 2) 主频

主频是指计算机中的主时钟频率，是 CPU 工作的频率，主频的快慢在很大程度上可以决定计算机运算的速度。主频的常用单位是 MHz、GHz。

在微型计算机中，CPU 的主频=外频×倍频系数。外频是由外部振荡器提供的基准频率，外频决定着整块主板的运行速度。在 CPU 中时钟电路按一定比例关系把外频提高到主频，这个提高的比例即倍频系数。

#### 3) 运算速度

运算速度是指计算机每秒执行指令的条数，它反映计算机运算和对数据处理的速度，单位通常采用 MIPS（百万条指令/s）。

#### 4) 内存容量

存储器容量是指存储器最多能够存储的二进制数据的信息量，因此容量的最小存储单位是二进制数的位数。

常用容量单位有 KB（1 KB=1 024 B），MB（1 MB=1 024 KB），GB（1 GB=1 024 MB），TB（1 TB=1 024 GB）。

## 1.2 嵌入式系统概述

嵌入式系统现在已经是大家耳熟能详的名词了，嵌入式技术已经逐步渗入人们工作和生活的各个方面，成为人类社会进入全面智能化时代的有力工具。

### 1.2.1 嵌入式系统的定义与特点

#### 1) 嵌入式系统的定义

嵌入式系统（Embedded System）是嵌入式计算机系统的简称，它是相对于通用计算机而言的。嵌入式系统是将计算机技术、半导体技术和电子技术等先进技术与各个行业的具体应用相结合的产物，应用范围遍及各个领域，通常要求它具有很高的可靠性和稳定性。

根据嵌入式系统的作用和特点，可以把嵌入式系统定义为“嵌入到对象系统（可以是一种装置、仪表或设备等）中的专用计算机系统”。“嵌入性”、“专用性”与“计算机系统”是嵌入

式系统的三个基本要素，它的用途是实现对对象的智能控制、监视或辅助工作。

按照上述嵌入式系统的定义，只要满足定义中三要素的计算机系统，都可称为嵌入式系统。显然，单片机（MCU）就是一个典型的嵌入式系统的核心。

嵌入式计算机（也称嵌入式处理器）按形态可分为设备级（工控机）、板级（单板、模块）、芯片级（微处理器、单片机等）。因为工控机和单板机都无法满足小体积、高可靠性和低价位等要求，近年来，其形态基本都变成芯片级了。

## 2) 嵌入式系统的特点

嵌入式系统的主要特点如下：

(1) 功能专一。只针对某个对象的要求而设计。

(2) 抗干扰能力强、可靠性高。嵌入式系统中的软件一般都固化在存储器芯片或单片机本身中，因而可靠性要求可达到工业级或者军品级以上。

(3) 自动化程度高。对于所有的被控对象，包括工业产品、航天产品，均可实现一旦启动即自动循环操作，不需要人工干预。

(4) 体积小。因为嵌入式系统通常是安装在为特定应用而设计的对象中，而对象形态和大小五花八门，为尽可能不影响对象的外形与体积，要求嵌入式系统的体积越小越好。

(5) 功耗低。因为有很多对象是便携式产品，低功耗将延长它的使用时间，一般产品均可达到毫瓦级，有的已可达到微瓦级。

(6) 性能价格比高。在嵌入式市场，用户既可以根据实际应用对象“量身定做”，也可以“量身选衣”。所谓“量身定做”，即根据应用对象的实际要求，请厂家专门定制内存、I/O 接口、外设等符合要求的芯片；所谓“量身选衣”，即根据它在软件和硬件上的可选择性，选择最适合对象要求的芯片，这样可实现产品的最佳性能价格比。

显然，正是由于上述特点才使嵌入式系统迅速推广到各个行业。

## 1.2.2 嵌入式系统的组成

嵌入式系统是由嵌入式计算机、外围设备（简称外设）、嵌入式操作系统和应用软件等组成。

### 1. 嵌入式计算机

嵌入式计算机是嵌入式系统的核心，它是一种软硬件高度专业化的特定计算机，它的核心部件是嵌入式处理器，根据目前发展现状，嵌入式处理器可以分成如下几类。

#### 1) 嵌入式微处理器（Embedded Microprocessor Unit, EMPU）

微处理器实际是计算机或单片机的 CPU，即它们的中央处理器。嵌入式微处理器在功能上与通用计算机中的标准微处理器基本相同，但在工作温度、抗电磁干扰、可靠性等方面一般都做了各种增强。

目前，采用的嵌入式微处理器主要是 32 位的，常用的型号有 ARM、MIPS、68000 等，

#### 2) 单片机与微控制器

单片机一词最初源于“Single Chip Microcomputer (SCM)”，在单片机诞生时，因为它的组成与原理是基于计算机的，所以 SCM 是一个准确的、流行的称谓。随着 SCM 在技术上、体系结构上的进步，其主要作用已经是控制而不是计算了。国际上逐渐采用微控制器（Micro



Controller Unit, MCU) 来代替 SCM, 形成了单片机界公认的、最终统一的名词。在国内因为单片机一词已约定俗成, 故继续沿用。

为适应不同的应用需求, 一般一个系列的单片机具有多种衍生产品, 每种衍生产品的处理器内核都是一样的, 所不同的是存储器、内部功能模块和外设的配置及封装。

### 3) 嵌入式数字信号处理器 (Embedded Digital Signal Processor, EDSP)

为满足数字滤波、快速傅里叶变换 (FFT)、谱分析等运算量大的智能系统的要求, 出现了 DSP, 该处理器编译效率较高, 有专门的乘加指令, 指令执行速度也较快, 能满足复杂算法的高速要求。

### 4) 嵌入式片上系统 (System on Chip, SoC)

SoC 实现了把嵌入式系统的大部分部件集成到一块芯片上, 在这上面除了具有计算机的主要部件之外, 还增加了模/数 (A/D) 转换、数/模 (D/A) 转换及通信单元等用户需要的各种功能模块。这使应用系统电路板变得更简洁, 体积更小, 功耗更低, 可靠性更高。

### 5) 片上可编程系统 (System on Programmable Chip, SoPC)

随着现场可编程门阵列 (Field Programmable Gate Array, FPGA) 技术的发展, 出现了一种新的嵌入式系统, 即片上可编程系统 (SoPC), 它通过 FPGA 与 SoC 技术结合进行软件和硬件设计, 将处理器、片上存储器、I/O 接口、内部外设及自定义逻辑集成到一片 FPGA 上, 并且软硬件均可剪裁、升级、修改, 从而使处理器构成的单芯片应用系统既稳定可靠, 又灵活多样, 性能价格比也高, 这也是现代嵌入式系统设计的一种发展趋势。

## 2. 外围设备

外围设备是指除了嵌入式计算机以外的用于通信、存储、调试及显示等功能的其他部件。按照外设的功能可将其分为如下三类。

### 1) 存储器

根据存储功能的不同要求, 存储器可以分为易失性存储器和非易失性存储器, 容量可根据实际应用要求选择。对于无存储器的处理器, 这是必须配备的部件。

### 2) 接口

包括并行接口和串行接口, 串行接口又包括 SPI、I<sup>2</sup>C、USB 及 CAN 等接口。

### 3) 人机交互

包括显示器、键盘和触摸屏等人机交互设备。

## 3. 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统是一种实时的、支持嵌入式系统应用的操作软件, 是嵌入式应用软件开发平台, 通常包括与硬件相关的底层驱动软件和网络协议等。它使嵌入式系统的开发更方便、快捷, 嵌入式操作系统的品种较多, 其中较为流行的主要有 Windows CE、 $\mu$ C/OS-II、Linux 等。8 位单片机通常是不采用嵌入式操作系统的。

## 4. 应用软件

应用软件是针对被控制对象的实际要求而设计的软件, 是嵌入式系统的核心。除了玩具类