



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



# 单片机原理及应用

(第二版)

主编 李建忠



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

TP368.1/405

2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
高等学校教材

# 单片机原理及应用

(第二版)

主 编 李建忠

副主编 余新拴

参 编 蒋 璞 吴耀华 闵永智

西安电子科技大学出版社

2008

## 内 容 简 介

本书以中、小规模单片机应用系统普遍采用的 51 系列单片机为对象,系统地介绍了单片机的硬件结构、工作原理、指令系统、汇编语言程序设计、应用系统扩展、常用外部设备的接口技术、单片机应用系统的软硬件结构与开发方法、C 语言应用程序设计等内容。

本书注重知识的内在联系与规律,采用归纳、类比的方法讲解单片机技术的基本概念和原理。各章中的关键性内容都结合丰富的实例予以说明,并在各章末配有大量的习题,供读者练习;同时,着眼于工程实际,选用了大量有实用价值的问题进行讨论。

本书既可作为大专院校计算机及相关专业的教材,也可供从事单片机系统开发应用的工程技术人员参考。

★ 本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站下载或与出版社联系,免费提供。

### 图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/李建忠主编. —2 版.

—西安:西安电子科技大学出版社,2008.2

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1954 - 5

I. 单… II. 李… III. 单片微型计算机—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 010914 号

策 划 毛红兵

责任编辑 邵汉平 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: [xdupfxb@pub.xaonline.com](mailto:xdupfxb@pub.xaonline.com)

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2008 年 2 月第 2 版 2008 年 2 月第 9 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 22.5

字 数 528 千字

印 数 46 001~50 000 册

定 价 32.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 1954 - 5/TP · 1009

**XDUP 2246002 - 9**

\* \* \* 如有印装问题可调换 \* \* \*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

# 第一版前言

单片机技术作为计算机技术的一个分支,广泛地应用于工业控制、智能仪器仪表、机电一体化产品、家用电器等各个领域。“单片机原理及应用”在工科院校各专业中已作为一门重要的技术基础课而普遍开设。学生在课程设计、毕业设计、科研项目中会广泛应用到单片机知识,而且,进入社会后也会广泛接触到单片机的工程项目。鉴于此,提高“单片机原理及应用”课的教学效果,更新教学内容甚为重要。单片机应用技术涉及的内容十分广泛,如何使学生在有限的时间内掌握单片机应用的基本原理和方法,是一个很有价值的教改项目。笔者多年从事“单片机原理及应用”课的教学,针对上述教改内容做过不懈的探索。本书就是由笔者的教案整理而成的。

本书具有以下特点:

(1) 压缩了与通用微机原理的重叠部分。本书直接以单片机与通用微机的结构、原理的异同点作为开头,能使读者集中精力,以通用微机的原理知识作基础,学习单片机原理与应用技术。

(2) 始终贯穿应用观点。例如,在讲解单片机原理结构中明确指出,要抓住单片机的供应状态,即如何正确、合理地使用单片机提供给用户的软、硬件资源。避免读者拘泥于一般理论的学习。

(3) 本书虽仍采用常见教材“以点代面”的讲解方法,但着力使读者达到“以点见面”、“触类旁通”的效果。例如,在每一章节前都概述出相关的一般性内容和方法,然后再以典型内容加以说明。本书以 MCS-51 单片机为讲解对象,但通过学习也可以很容易地掌握其它种类单片机。

(4) 本书着力使学生掌握学习方法。掌握一门学科知识的学习方法,其实质是找出并抓住学科知识的内在联系,并形成一完整体系,本书力求突出这方面的特色。例如,在对指令系统的讲述中,许多教材采取按功能类逐条指令罗列讲解,使初学者深感数百条指令像一盘散沙似的,很难理解、记忆。其实,指令系统中有一些操作是具有多条指令的子集合,子集合中的指令只是针对不同的操作对象,即由不同的寻址方式组合而成的;有一些操作不同,但操作数的组合规律却相同或相似,如加、减、逻辑操作指令。本书讲述中用归纳、类推、类比方法进行纵向归类、横向类推、比较;同时对每类/每条指令的讲解,着重揭示其内部执行原理,使初学者达到比较好的学习效果。

(5) 本书最后一章编写了“单片机的 C 语言应用程序设计”,这与现行教材相比较是一个新内容。单片机 C 语言程序设计是带趋势性的单片机应用系统开发设计的新方法,纳入“单片机原理及应用”课的教学内容,是对教学内容的改革。

本书可作为工科院校有关专业“单片机原理及应用”课程的教材或教学参考书,也可作为需要掌握和使用单片机技术的工程技术人员的参考资料。

在本书的编写过程中，编者借鉴了许多现行教材的宝贵经验，在此，谨向这些作者表示诚挚的感谢。

编者力图使本书成为一本包含“单片机原理及应用”课程教学内容，具有教学方法改革特色的教材。但由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不妥或错误之处，敬请读者和同行批评、指正。

编 者

2001 年 11 月

## 第二版前言

随着单片机应用技术的发展,单片机产品不断更新换代,单片机应用的模式、方法也在不断发展。一方面,单片机应用系统的规模越来越大,其外围连接了种类繁多的外设,甚至进入了计算机网络系统,如很多单片机的工业控制系统采用多机分布式系统;另一方面,单片机的嵌入式应用又使其体积越来越小,器件引脚数目要求尽量减少。这两种不同的趋势,对单片机产品的发展产生了不同的影响。

近年来,串行接口设备凭借其控制灵活、接口简单、占用资源少等优点在工业测控、仪器仪表等领域得到广泛应用,这种发展趋势加强了单片机串行通信功能,使串行通信技术成为了单片机应用技术的重要组成部分。为了方便系统与外围设备连接,新一代单片机增加了 I<sup>2</sup>C、SPI、1-Wire 等串行接口功能,用户可以通过 I<sup>2</sup>C、SPI、1-Wire 串行接口连接各种设备,完成检测功能,把系统情况通过串口传送给上位机管理系统,完成远程设备的控制。同时,单片机外围接口器件不断推陈出新,数据通信芯片、串行存储器、数字化传感器、液晶显示器件等的推出,也要求单片机系统开发人员进一步关注单片机的各种新型接口应用技术。

在硬件发展的同时,单片机软件开发工具日益丰富,出现了众多支持高级语言编程的单片机开发工具。利用 C 语言设计单片机应用程序已成为单片机应用系统设计的一种趋势。Keil C51 已被完全集成到一个功能强大的集成化开发环境  $\mu$ Vision2 中。

在本书第一版中,以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为对象,系统介绍了单片机原理、接口与应用系统开发、设计技术,深得读者厚爱。本书第一版自 2002 年 2 月出版以来,重印 8 次,发行 4 万余册,2006 年被评选为普通高等学校“十一五”国家级规划教材。但随着单片机技术的发展,原书的部分内容已不能很好地适应新技术的发展。在此背景下,编者对原书进行了全面修订,力图从单片机产品、接口技术、开发方法等方面来反映单片机技术新的发展,以更好地适应教学和人才培养的需要。

第二版在保持第一版书的体系、风格、特点的基础上,扩展了与单片机相关的基本概念和应用,更加强调实用性,重点增加了串行总线扩展技术、常用串行器件(串行 A/D 转换器、串行 D/A 转换器、液晶显示器接口等)接口技术。全书共 8 章。第 1 章为概述。第 2、3、4 章介绍了 51 系列单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序和系统功能的扩展。第 5 章介绍了单片机串行口功能扩展,包括 51 单片机与异步串行通信总线接口、I<sup>2</sup>C 串行接口、SPI 串行接口和单总线接口。第 6 章介绍了单片机系统中常见的接口技术。第 7 章介绍了单片机应用系统结构与应用系统的设计内容、过程和一般方法。第 8 章基于 C51 对标准 C 语言的扩展,针对 Keil C51 介绍了单片机应用系统 C 语言应用程序设计的一般方法和典型实例。

由于各著名的半导体厂家相继生产了基于 8051 内核的产品,例如 PHILIPS 公司的 P89 系列、美国 SST 公司的 SST89 系列等,51 单片机实际上代表了一种 8051 内核技术,

并不代表某一种产品，因此，本书以“51 单片机”来泛指具有 8051 内核技术的多个厂家的单片机产品。虽然 51 系列单片机并不是功能最强、技术最先进的单片机，但它们源于经典的 MCS - 51 系列，且占有相当大的市场应用份额，因此，考虑到教学的连续性和所用实验开发装置的普及性，在作一般共性介绍时，仍采用 51 系列单片机。

本书在编写过程中得到了西安电子科技大学出版社的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

作 者

2007 年 11 月

# 目 录

<b>第 1 章 概述</b> .....	1
1.1 单片机的基本概念 .....	1
1.1.1 单片机的发展历程 .....	1
1.1.2 单片机技术的多学科交叉特点 .....	2
1.1.3 单片机的功能结构特征 .....	2
1.2 单片机的发展 .....	4
1.2.1 单片机的发展概况 .....	5
1.2.2 单片机技术的发展 .....	7
1.3 单片机的特点及应用 .....	9
1.3.1 单片机的特点 .....	9
1.3.2 单片机的应用 .....	9
1.4 单片机的类型与常用单片机系列 .....	10
1.4.1 单片机的类型 .....	10
1.4.2 目前流行的 51 内核的 8 位单片机 .....	11
习题一 .....	15
<b>第 2 章 51 系列单片机的硬件结构</b> .....	16
2.1 51 系列单片机简介 .....	16
2.1.1 MCS - 51 系列单片机 .....	16
2.1.2 8051 的派生产品 .....	16
2.2 51 单片机的内部结构与引脚信号 .....	17
2.2.1 51 单片机的基本组成 .....	17
2.2.2 51 单片机的引脚信号 .....	17
2.3 微处理器 .....	20
2.3.1 运算部件 .....	20
2.3.2 控制部件及振荡器 .....	21
2.3.3 CPU 时序 .....	22
2.4 存储器 .....	23
2.4.1 程序存储器 .....	23
2.4.2 数据存储器 .....	25
2.5 并行输入/输出接口 .....	29
2.5.1 P0 口 .....	29
2.5.2 P1 口 .....	30
2.5.3 P2 口 .....	31
2.5.4 P3 口 .....	32
2.6 定时器/计数器 .....	32
2.6.1 定时器/计数器 T0、T1 的结构 .....	33



2.6.2	定时器/计数器 T0、T1 的 4 种工作方式	34
2.7	串行输入/输出口	37
2.7.1	串行通信的基本概念	37
2.7.2	51 单片机的串行口	39
2.8	51 单片机的中断系统	44
2.8.1	中断的基本概念	44
2.8.2	中断源	45
2.8.3	中断控制	46
2.8.4	中断响应的条件、过程与时间	48
2.9	复位状态与复位电路	49
2.9.1	复位状态	49
2.9.2	复位电路	50
2.10	51 单片机的低功耗方式	50
2.10.1	方式设定	51
2.10.2	空闲(等待、待机)工作方式	51
2.10.3	掉电(停机)工作方式	52
习题二		52
<b>第 3 章</b>	<b>51 系列单片机指令系统和汇编语言程序示例</b>	<b>54</b>
3.1	51 系列单片机指令系统概述	54
3.1.1	指令与指令系统的概念	54
3.1.2	51 系列单片机的指令系统及指令格式	55
3.2	寻址方式	55
3.2.1	立即寻址	56
3.2.2	寄存器寻址	56
3.2.3	寄存器间接寻址	56
3.2.4	直接寻址	57
3.2.5	变址寻址	57
3.2.6	相对寻址	58
3.2.7	位寻址	58
3.3	数据传送类指令	58
3.3.1	访问片内数据存储器的—般数据传送指令	58
3.3.2	访问片内特殊传送指令	60
3.3.3	访问片外数据存储器的数据传送指令	61
3.3.4	访问程序存储器的数据传送指令	61
3.4	算术运算类指令	62
3.4.1	加、减法指令	62
3.4.2	十进制调整指令	64
3.4.3	乘、除法指令	65
3.5	逻辑运算及移位指令	65
3.6	控制转移类指令	67
3.6.1	无条件转移指令	67
3.6.2	条件转移指令	69
3.7	子程序调用与返回指令	71

3.7.1	子程序调用指令 .....	71
3.7.2	返回指令 .....	72
3.7.3	空操作指令 .....	73
3.8	位操作类指令 .....	73
3.9	汇编程序格式与伪指令 .....	74
3.10	汇编程序设计示例 .....	77
3.10.1	算术与逻辑处理程序 .....	77
3.10.2	数制转换程序 .....	81
3.10.3	多分支转移(散转)程序 .....	83
3.10.4	定时器/计数器应用程序 .....	84
3.10.5	外部中断应用程序 .....	86
3.10.6	串行口应用程序 .....	87
习题三	.....	92
<b>第4章</b>	<b>51 单片机系统功能的扩展</b> .....	<b>96</b>
4.1	系统扩展概述 .....	96
4.1.1	最小应用系统 .....	96
4.1.2	单片机系统扩展的内容与方法 .....	97
4.2	常用扩展器件简介 .....	97
4.2.1	8D 锁存器 74LS373 .....	98
4.2.2	74LS244 和 74LS245 芯片 .....	99
4.2.3	3-8 译码器 74LS138 .....	100
4.3	存储器的扩展 .....	101
4.3.1	存储器扩展概述 .....	101
4.3.2	程序存储器的扩展 .....	103
4.3.3	数据存储器的扩展 .....	106
4.3.4	兼有片外程序存储器和片外数据存储器的扩展举例 .....	108
4.4	并行 I/O 口扩展 .....	109
4.4.1	I/O 口扩展概述 .....	109
4.4.2	8255A 可编程并行 I/O 口扩展 .....	110
4.4.3	8155 可编程并行 I/O 口扩展 .....	116
4.4.4	用 TTL 芯片扩展简单的 I/O 接口 .....	120
4.4.5	用串行口扩展并行 I/O 口 .....	123
习题四	.....	126
<b>第5章</b>	<b>单片机串行口功能扩展</b> .....	<b>128</b>
5.1	串行口功能扩展概述 .....	128
5.2	51 系列单片机与异步串行通信总线接口 .....	128
5.2.1	RS-232 接口 .....	128
5.2.2	51 单片机与 PC 机间的通信接口 .....	134
5.2.3	RS-449/RS-422/RS-423/RS-485 标准接口 .....	143
5.3	51 系列单片机与同步串行总线接口 .....	145
5.3.1	I <sup>2</sup> C 总线 .....	145
5.3.2	SPI 总线接口 .....	155
5.3.3	单总线(1-Wire)接口 .....	158

习题五 .....	162
<b>第 6 章 51 单片机的接口与应用</b> .....	<b>163</b>
6.1 按键、键盘及其接口 .....	163
6.1.1 键输入过程与软件结构 .....	163
6.1.2 键盘接口和键输入软件中应解决的几个问题 .....	164
6.1.3 独立式按键 .....	165
6.1.4 行列式键盘 .....	166
6.2 显示及显示器接口 .....	170
6.2.1 LED 显示器的结构与原理 .....	170
6.2.2 LED 显示器与显示方式 .....	172
6.2.3 LED 显示器接口 .....	173
6.2.4 键盘、显示器组合接口 .....	176
6.2.5 液晶显示器概述 .....	178
6.2.6 字符型液晶显示模块 LCM 的组成与原理 .....	179
6.2.7 字符型液晶显示模块 LCM 的引脚及说明 .....	181
6.2.8 LCM 的命令字 .....	184
6.2.9 字符型 LCM 的接口及应用举例 .....	187
6.3 A/D 转换器接口 .....	194
6.3.1 A/D 转换器概述 .....	194
6.3.2 A/D 转换器 ADC0809 与单片机的接口 .....	195
6.3.3 A/D 转换器 AD574 与单片机的接口 .....	198
6.3.4 串行 A/D 转换器与单片机的接口 .....	201
6.4 D/A 转换器接口 .....	203
6.4.1 D/A 转换器概述 .....	203
6.4.2 8 位 D/A 转换器与单片机的接口 .....	205
6.4.3 高于 8 位 D/A 转换器与单片机的接口 .....	211
6.4.4 串行 D/A 转换器与单片机的接口 .....	213
6.5 行程开关、晶闸管、继电器与单片机的接口 .....	216
6.5.1 光电耦合器件 .....	217
6.5.2 行程开关、继电器触点与单片机的接口 .....	218
6.5.3 晶闸管元件与单片机的接口 .....	218
6.5.4 继电器与单片机的接口 .....	219
习题六 .....	220
<b>第 7 章 单片机应用系统设计与开发</b> .....	<b>222</b>
7.1 单片机应用系统结构与应用系统的设计内容 .....	222
7.1.1 单片机应用系统的一般硬件结构 .....	222
7.1.2 单片机应用系统的设计内容 .....	225
7.2 单片机应用系统开发过程 .....	225
7.3 单片机应用系统的一般设计方法 .....	228
7.3.1 确定系统的功能与性能 .....	228
7.3.2 确定系统基本结构 .....	229
7.3.3 单片机应用系统硬、软件的设计原则 .....	230
7.3.4 硬件设计 .....	231

7.3.5 软件设计 .....	232
7.3.6 资源分配 .....	233
7.4 单片机应用系统调试 .....	234
7.4.1 单片机应用系统调试工具 .....	234
7.4.2 单片机应用系统的一般调试方法 .....	236
7.5 51 单片机应用系统设计与调试实例 .....	239
习题七 .....	242
<b>第 8 章 单片机的 C 语言应用程序设计</b> .....	<b>244</b>
8.1 C 语言与 51 单片机 .....	244
8.1.1 51 单片机 C 语言编程简介 .....	244
8.1.2 C51 开发工具与单片机 C 语言编译器 .....	245
8.1.3 Keil 80C51 开发工具 .....	246
8.1.4 Keil C51 对标准 C 语言的扩展 .....	247
8.2 C51 数据类型及其在 51 单片机中的存储方式 .....	248
8.2.1 Keil C51 中的基本数据类型 .....	248
8.2.2 C51 数据在 51 单片机中的存储方式 .....	249
8.3 C51 数据的存储类型与 51 单片机存储结构 .....	251
8.3.1 存储类型 .....	251
8.3.2 存储模式 .....	253
8.4 51 单片机特殊功能寄存器的 C51 定义 .....	254
8.5 51 单片机并行接口的 C51 定义 .....	255
8.6 位变量的 C51 定义 .....	256
8.6.1 位变量的 C51 定义 .....	256
8.6.2 对位变量定义的限制 .....	256
8.7 C51 的指针 .....	257
8.7.1 通用指针与指定存储器的指针 .....	257
8.7.2 指针转换 .....	261
8.7.3 绝对指针 .....	263
8.8 模块化程序开发过程 .....	264
8.8.1 混合编程 .....	265
8.8.2 覆盖和共享 .....	267
8.8.3 库和连接/定位器 .....	269
8.8.4 程序优化 .....	271
8.9 51 单片机内部资源的 C 语言编程 .....	272
8.9.1 中断应用的 C 语言编程 .....	272
8.9.2 定时器/计数器应用的 C 语言编程 .....	274
8.9.3 串行口使用的 C 语言编程 .....	277
8.10 51 单片机片外扩展的 C 语言编程 .....	279
8.10.1 8255A 与单片机接口的 C 语言程序 .....	279
8.10.2 51 单片机数据采集的 C 语言编程 .....	281
8.10.3 51 单片机输出控制的 C 语言编程 .....	285
8.11 频率测量的 C 语言编程 .....	290
8.11.1 测量频率法 .....	291

8.11.2 频率脉冲的测量周期法 .....	293
8.12 51 单片机间通信的 C 语言编程 .....	294
8.12.1 点对点的串行异步通信 .....	294
8.12.2 多机通信 .....	297
8.13 键盘和数码显示人机交互的 C 语言编程 .....	304
8.13.1 行列式键盘与 51 单片机的接口 .....	304
8.13.2 七段数码显示与 51 单片机的接口 .....	306
8.13.3 字符型液晶显示模块与 51 单片机的接口 .....	309
习题八 .....	312
<b>附录 A ASCII 码表 .....</b>	<b>315</b>
<b>附录 B 51 单片机指令表 .....</b>	<b>316</b>
<b>附录 C <math>\mu</math>Vision2 上机指南 .....</b>	<b>323</b>
C.1 $\mu$ Vision2 软件的安装 .....	323
C.2 $\mu$ Vision2 集成开发环境的基本操作 .....	325
C.2.1 $\mu$ Vision2 集成开发环境界面 .....	325
C.2.2 菜单命令、工具条图标及快捷键 .....	326
C.3 在 $\mu$ Vision2 集成开发环境中创建应用 .....	333
C.3.1 建立工程文件 .....	333
C.3.2 创建源文件并添加到工程中 .....	334
C.3.3 设置工具选项 .....	336
C.3.4 编译、连接、创建 HEX 文件 .....	339
C.4 $\mu$ Vision2 集成开发环境的程序调试与仿真 .....	340
C.4.1 Keil 程序调试器功能设置 .....	341
C.4.2 Keil 程序调试窗口 .....	341
C.4.3 $\mu$ Vision2 调试器的调试命令、在线汇编与断点设置 .....	345

# 第1章 概 述

随着计算机技术的发展,单片机技术已成为计算机技术的一个独特的分支;单片机的应用领域也越来越广泛,特别是在工业控制和仪器仪表智能化中扮演着极其重要的角色。本章主要对单片机的基本概念、发展、特点与应用情况以及单片机系列产品进行简要介绍,以使读者对单片机有一个初步了解。

## 1.1 单片机的基本概念

单片机的全称为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)。从应用领域来看,单片机主要用于控制,所以又称为微控制器(Microcontroller Unit)或嵌入式控制器(Embedded Controller)。单片机是将计算机的基本部件微型化并集成在一块芯片上的微型计算机。

### 1.1.1 单片机的发展历程

电子数字计算机诞生于1946年,在其后的一个历史阶段中,计算机始终是被供养在特殊的机房中、实现数值计算的大型昂贵设备。直到20世纪70年代微处理器的出现,使得计算机以小型、廉价、高可靠性的特点,迅速走出机房,并被嵌入到一个对象体系中,实现对象体系的智能化控制。这样一来,很多计算机便失去了原来的形态与通用计算机的功能。为了区别于原有计算机系统,把嵌入到对象体系中实现对象体系智能化控制的计算机称做嵌入式计算机系统。

早期,人们勉为其难地将通用计算机系统进行改装,在大型设备中实现嵌入式应用。然而,在众多的对象系统(如家用电器、仪器仪表、控制单元等)中,无法嵌入通用计算机系统,且嵌入式系统与通用计算机系统的技术发展方向完全不同。因此,必须独立地发展通用计算机系统与嵌入式计算机系统,这就形成了现代计算机技术的两大分支。

通用计算机系统与嵌入式计算机系统的专业分工发展,导致20世纪末、21世纪初计算机技术的飞速发展。计算机专业领域集中精力发展通用计算机系统的软、硬件技术,不必兼顾嵌入式应用的要求,通用微处理器迅速从286、386、486、586发展到奔腾系列,操作系统则迅速升级到具有高速海量的数据文件处理水平,使通用计算机进入了一个新的阶段。

嵌入式计算机系统则走上了一条完全不同的道路,这条独立发展的道路就是单片化道路,将计算机做在一块芯片上,从而开创了嵌入式系统独立发展的单片机时代。

单片机是最典型的嵌入式系统,起源于微型计算机时代。单片机的出现实现了最底层的嵌入式系统应用,带有明显的电子系统设计模式的特点。大多数从事单片机应用开发的

人员都是对象系统领域中的电子工程师，他们将单片机以智能化器件身份用于电子系统，脱离了计算机专业领域，没有带人“嵌入式系统”概念。因此，“单片机”与“嵌入式系统”被看做两个独立的名词。由于单片机是典型的、独立发展起来的嵌入式系统，因此，从学科的角度应该把它统一成“嵌入式系统”。单片机的产生与应用将发展计算机技术的任务扩展到传统的电子系统领域，使计算机成为人类社会全面智能化的有力工具。

### 1.1.2 单片机技术的多学科交叉特点

嵌入式系统的嵌入式应用特点，决定了它具有多学科交叉特性。作为计算机的内容，要求计算机专业领域人员介入其体系结构、软件技术、工程应用方面的研究。然而，要了解对象体系的控制要求，实现系统控制模式，则必须具备对象领域的专业知识。因此，从嵌入式系统发展的历史过程以及嵌入式应用的多样性，就形成了两种应用模式，这两种应用模式是电子系统设计模式和计算机应用设计模式。

电子系统设计模式是单片机以器件形态进入到传统电子技术领域中，以电子应用工程师为主体，实现电子系统的智能化。电子技术应用工程师以自己习惯的电子技术应用模式，从事单片机的应用开发。这种应用模式最主要的特点是：软/硬件的底层性、随意性，对象系统专业技术的密切相关性，缺少计算机工程设计方法。

计算机应用设计模式是基于嵌入式系统软、硬件平台，以网络、通信为主的非嵌入式底层应用，从计算机专业角度介入嵌入式系统应用，带有明显的计算机工程应用的特点。

两种应用模式代表了两个专业领域的特色，但又相互交织、相互渗透，形成互补。虽然计算机专业人士会愈来愈多地介入嵌入式系统的应用，但由于对象专业知识的隔阂，其应用领域会集中在网络、通信、多媒体、电子商务等方面，不可能替代原来电子工程师在控制、仪器仪表、机械电子等方面的嵌入式应用。因此，两种应用模式会长期并存，在不同的应用领域中相互补充。电子系统设计模式应从计算机应用设计模式中学习计算机工程方法和嵌入式系统软件技术；计算机应用设计模式应从电子系统设计模式中了解嵌入式系统应用的电路系统特性、基本外围电路设计方法和对象系统的基本要求等。

由于嵌入式系统的两种应用模式并存和互补，因而形成了单片机技术的多学科交叉特点。正因如此，单片机原理及应用成为电子电气类、机电类、计算机类专业都开设的重要应用技术课程。

### 1.1.3 单片机的功能结构特征

单片机源于微型计算机，属于计算机的一个应用分支。但单片机问世以来，所走的路与通用微处理器是不同的。微处理器向着高速运算，数据分析与数据处理，大规模、大容量存储器方向发展，以提高通用计算机的性能；其接口界面也是为了满足外设和网络接口而设计的。单片机则是从工业测控对象、环境、接口特点出发，向着增强控制功能、提高工业环境下的可靠性、灵活方便地构成计算机应用系统的界面接口的方向发展。因此，单片机既有与通用微型计算机相同的功能结构特征，又有自己的功能结构特点。

#### 1. 单片机与微型计算机的基本功能组成部分

由于单片机是从通用微型计算机分化出来的一个应用分支，因此，它的基本功能组成

和工作原理与通用微型计算机是一致的。

微型计算机(简称微机)的基本组成结构如图 1.1 所示。

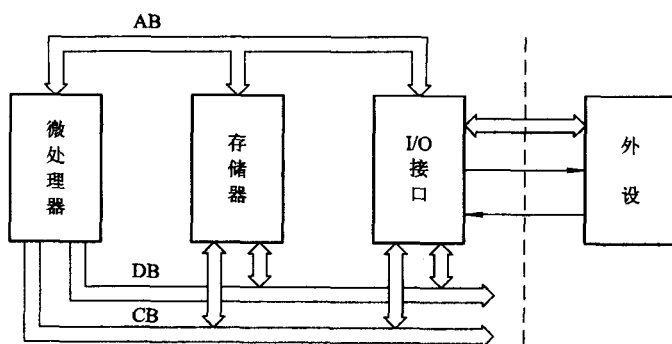


图 1.1 微机组成结构框图

微机由微处理器(CPU)、存储器、I/O 接口三大功能部分通过总线有机连接而成,在外部通过 I/O 接口配置各种外部设备就构成微机的硬件系统。总线按其传输信息的不同分为地址总线(Address Bus, AB)、数据总线(Data Bus, DB)和控制总线(Control Bus, CB)。

单片机也具有微机的三大功能组成部分,且具有类似的结构体系。

## 2. 单片机与通用微机不同的功能结构特征

由于嵌入式系统与对象系统密切相关,因此其主要技术发展方向是满足嵌入式应用的要求。所以,单片机除具有通用微机的基本组成部分外,还包括实时控制所要求的一些相关功能器件。单片机的组成结构可用图 1.2 来描述。

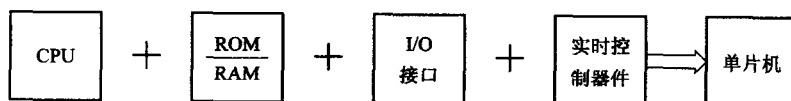


图 1.2 单片机组成框图

从功能组成上看,单片机是这样一种芯片,它把微机的三大组成部分(CPU+存储器+I/O 接口)和一些实时控制需要的功能器件集成在一块芯片上。实时控制器件包含的内容十分广泛,可以包括定时器/计数器、中断控制、模/数转换器(ADC)、数/模转换器(DAC)、脉冲宽度调制器(PWM)、电压比较器、看门狗(Watchdog)、DMA、串行口、传感器等,以及 I<sup>2</sup>C、SPI 等外部串行总线接口。实时控制器件配置的多少也是衡量单片机性能优劣的重要方面,不同规格、不同系列或型号的单片机实时控制器件的配置可能不同。随着技术的发展,单片机集成的功能越来越强大,并朝着 SOC(System On Chip, 片上系统)方向发展。

从结构上看,单片机不但与通用微机一样,是一个有效的数据处理机,而且是一个功能很强的过程控制机。从某种意义上讲,一块单片机就具有一台微型计算机的功能,只需加上所需的输入/输出设备,就可以构成一个完整的系统,满足各种应用领域的需要。

单片机结构中包含了通用微机的功能部分,且也具有较强的数据处理功能。那么,二者的发展能否相互取代呢?其实,单片机与通用微机的相同功能部分在具体构造中存在许



多不同点,正因如此,单片机与通用微机是两个不同的发展分支。下面对二者构造中的主要不同方面进行简要说明。

(1) 通用微机的 CPU 主要面向数据处理,其发展主要围绕数据处理功能、计算速度和精度的进一步提高。例如,现今微机的 CPU 都支持浮点运算,采用流水线作业、并行处理、多级高速缓冲(Cache)技术等,CPU 的主频达到数吉赫兹(GHz),字长达到 32 位以上。单片机主要面向控制,控制中的数据类型及数据处理相对简单,所以单片机的数据处理功能相对通用微机要弱一些,计算速度和精度也相对要低一些。例如,现在的单片机产品的 CPU 大多不支持浮点运算,CPU 还采用串行工作方式,振荡频率大多在百兆以下,在一些简单应用系统中采用 4 位字长的单片机,在中、小规模应用场合,8 位字长的单片机还被广泛采用,在一些复杂的中、大规模的应用系统中,才采用 16 位字长、32 位字长的单片机。

(2) 通用微机中,存储器组织结构主要针对增大存储容量和 CPU 对数据的存取速度。现今微机的内存容量达到了数吉字节(GB),存储体系采用多体、并读技术和段、页等多种管理模式。单片机中存储器的组织结构比较简单,存储器芯片直接挂载在单片机的总线上,CPU 对存储器的读/写按直接物理地址来寻址存储器单元,对存储器的寻址空间一般都是 64 KB。另外,通用微机中程序存储器(ROM)和数据存储器(RAM)是一个地址空间,而单片机中,把程序存储器和数据存储器设计为两个独立的地址空间,这是考虑了控制的实际需要。

(3) 通用微机中 I/O 接口主要考虑标准外设(CRT、标准键盘、鼠标、打印机、硬盘、光盘等),用户通过标准总线连接外设,能达到即插即用。单片机应用系统的外设都是非标准的,种类很多,千差万别,单片机的 I/O 接口实际上是向用户提供了外设连接的物理界面,用户对外设的连接要设计具体的接口电路,需有熟练的接口电路设计技术。

下面介绍结构上有相同之处但也有区别的几个名词。

- 微处理器(MPU):把运算器、控制器和一定数量的寄存器集成在一块芯片上,是构成微型计算机的核心部件,所以也称为中央处理单元(CPU)。
- 单板机:将微处理器(CPU)、存储器、I/O 接口电路以及简单的输入/输出设备组装在一块印刷电路板上,称为单板微型计算机,简称单板机。
- 微型计算机:将微处理器(CPU)、存储器、I/O 接口电路由总线有机地连接在一起的整体,称为微型计算机。
- 微型计算机系统:将微型计算机与外围设备、电源、系统软件一起构成的系统,称为微型计算机系统。

## 1.2 单片机的发展

目前计算机硬件技术朝着巨型化、微型化和单片化三个方向发展。单片机代表着计算机技术的一个发展方向。自 1975 年美国德克萨斯仪器公司(Texas Instruments, TI)第一块单片机芯片 TMS-1000 问世以来,在短短的 30 多年间,单片机技术已发展成为计算机技术的一个非常有活力的分支,并有着自己的技术特征、规范、发展道路和应用环境。随着电子技术的发展,单片机在集成度、功能、性能、体系结构等方面都得到了飞速发展。