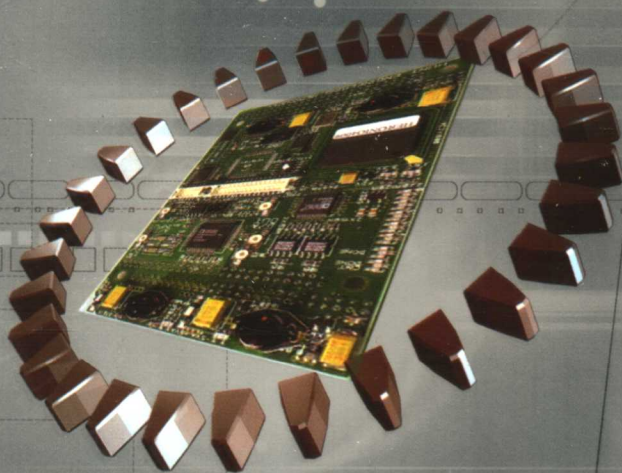


电子电气设计
与自动控制系列

单片机 通信技术 与工程实践

求是科技 编著



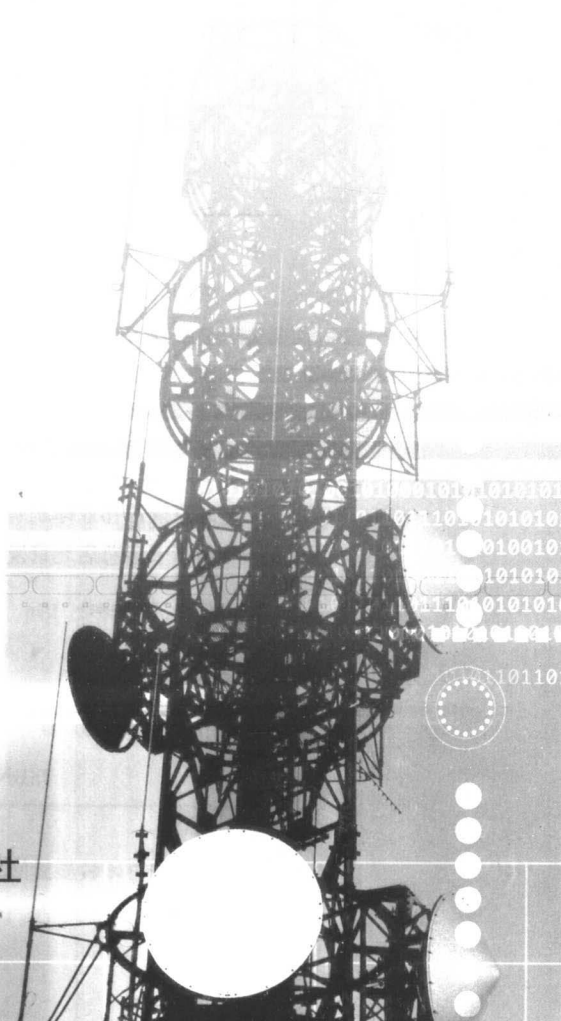
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电子电气设计
与自动控制系列

单片机 通信技术 与工程实践

求是科技 编著

人民邮电出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

单片机通信技术与工程实践/求是科技编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.1

ISBN 7-115-12719-0

I. 单... II. 求... III. 单片微型计算机—数据通信 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 123037 号

内容简介

本书介绍了单片机在数据通信方面的应用技术, 以最为通用的 8051 系列单片机为基础, 系统地讲述了单片机与单片机之间、单片机与 PC 之间以及单片机多机通信中的各种常用的串行通信接口技术, 特别是针对 RS-232 接口、RS-485 接口、I²C 总线、CAN 总线、无线通信、USB 总线以及网络接口以具体的应用实例的形式作了比较详细的介绍, 并给出了具体的软件和硬件的设计过程。

全书共分为两个主要部分, 第一部分以较为精简的篇幅介绍了 8051 单片机以及 C51 程序设计的必要知识, 帮助读者迅速熟悉单片机设计的必要背景知识。第二部分则结合具体的应用实例针对不同通信接口介绍了系统的具体设计过程。

本书语言流畅, 讲解详细, 对每一个系统设计中的难点结合实际的设计经验进行了详细的介绍, 并在配套光盘中提供了书中应用实例的全部实现代码。

本书适用于工业控制和自动化领域的广大工程技术人员阅读, 也可以作为高等工科院校相关专业的培训教材。

电子电气设计与自动控制系列

单片机通信技术与工程实践

◆ 编 著 求是科技

责任编辑 张立科

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67132692

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 27.75

字数: 677 千字

2005 年 1 月第 1 版

印数: 5 001-8 000 册

2005 年 4 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-115-12719-0/TP · 4271

定价: 42.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

单片机是微型计算机的一个重要的分支。自 1976 年 Intel 推出第一款 8 位单片机 MCS-48 开始, 单片机在短短的几十年间获得了长足的发展。

随着计算机技术的发展, 单片机的应用领域也越来越广泛, 在工业控制、数据采集以及仪器仪表自动化等许多领域都起着十分重要的作用。但在实际应用中, 在要求响应速度快、实时性强、控制量多的应用场合, 单个单片机往往难以胜任, 这时使用多个单片机结合 PC 机组成分布式系统是一个比较好的解决方案。这样, 单片机的数据通信技术就变得十分重要, 从某种程度上说, 掌握了单片机的数据通信技术也就是掌握了单片机的核心应用技术。

多年来, 随着单片机技术的不断发展, 单片机通信技术的内容也不断扩展。本书就结合了大量的工程应用开发实例, 较为深入地介绍了其中最为常用的几种数据通信技术的软硬件设计方法。

本书共分为两个主要部分, 第一部分以较为精简的篇幅介绍了 8051 单片机以及 C51 程序设计的必要知识, 帮助读者迅速熟悉单片机设计的必要背景知识; 第二部分则结合具体的应用实例针对不同通信接口介绍了系统的具体设计过程。全书具体结构如下。

第 1 章介绍了单片机的基本概念、发展状况、单片机系列产品以及单片机系统设计的方法, 使读者对单片机技术有一个初步的了解。

第 2 章以 Intel 的 8051 系列单片机为例, 介绍单片机的硬件结构和指令系统, 并针对与单片机通信紧密相关的单片机定时系统和中断系统进行了比较详细的介绍。

第 3 章介绍了最为常用的 C51 编译器 Keil μ Vision2 的使用方法和利用该工具进行单片机系统开发的过程。

第 4 章以 Keil 公司的 C 语言编译器为基础介绍 C51 单片机设计语言的相关知识并给出了部分 C51 程序示例。通过这一章的学习, 读者应该初步掌握使用 C51 语言进行 8051 单片机应用程序设计的方法, 为后面具体实例的学习打下坚实的基础。

第 5 章介绍了 8051 串行通信模块的功能、结构、工作方式和使用方法, 并给出了使用 C51 进行串口通信的程序示例。

第 6 章结合具体实例介绍了在 Windows 环境下使用 VB、VC 开发串口通信程序的方法。

第 7 章对 RS-232 协议以及其在单片机串口上的实现进行了介绍, 并通过应用 H6152 模块构成 Mifare1 射频卡读卡器这一实例介绍了单片机系统应用 RS-232 接口进行设备控制和设备通信的方法。

第 8 章介绍通信协议的一般知识, 并通过举例的形式详细介绍通信协议中各个功能在单片机上的实现方法, 读者可以结合这一章中的内容与实例, 以及后面几章更为复杂的通信系统的设计过程来熟悉和掌握单片机串行通信系统中简单通信协议的实现。

第 9 章以实例的形式详细介绍了使用 8051 单片机双机和多机通信系统的设计方法。

第 10 章对 RS-485 协议以及其接口和电平转换技术进行了介绍, 并详细介绍了由 PC 机作为主控机与多台单片机构成分布式系统的设计方法。

第 11 章首先对 I²C 总线协议作一个简单的介绍,随后通过两个具体的实例详细讲述两种不同的 I²C 总线系统的设计方法。

第 12 章介绍了 CAN 总线协议以及使用单片机设计 CAN 总线节点的方法,在 CAN 总线的节点设备设计部分,重点围绕 Philips 公司的 CAN 总线接口芯片 SJA1000 的应用进行介绍,并介绍了使用 SJA1000 构成的 CAN 总线与 RS-232 接口的转接板系统的设计方法。

第 13 章通过介绍一个应用 Nordic 公司的 nRF401 芯片构建无线网络的设计实例,详细讲述短距离小型无线通信网络的设计方法。

第 14 章系统地介绍了 USB 总线接口开发的相关知识,并提供了一个简单的使用 EZ-USB 开发接口的实例,使读者了解使用 EZ-USB 固件程序开发套件进行 USB 总线接口设备开发的详细过程。

第 15 章介绍了一个应用 CS8900A 芯片构成 8/16 位控制器的网络接入方案及使用单片机进行网络通信的基本知识。

本书在最后的附录部分中,还提供了 8051 单片机的汇编指令、世界各主要 IC 生产厂商的网址和常用 IC 芯片的网址,方便读者查阅。

与本书实例有关的代码读者请到 www.cs-book.com 网站中的资料下载区域下载,下载文件名为 EDA.RAR。

在本书的编写过程中,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。由于时间仓促,加之编者水平有限,书中难免会有错误或是不足之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2004.11

目 录

第 1 章 单片机技术概述	1
1.1 单片机基本概念	1
1.2 单片机芯片技术的发展概况	2
1.3 单片机主流产品系列	3
1.4 单片机系统设计方法	9
第 2 章 单片机基础	12
2.1 8051 单片机基础	12
2.1.1 8051 单片机的硬件结构	12
2.1.2 8051 单片机的外部引脚功能	13
2.1.3 8051 单片机的存储器结构	17
2.1.4 8051 单片机的基本时序	22
2.2 8051 单片机的指令系统	23
2.2.1 8051 单片机的寻址方式	24
2.2.2 8051 单片机指令介绍	26
2.3 8051 定时系统	32
2.3.1 8051 内部定时器/计数器	32
2.3.2 8051 定时/计数器工作模式	33
2.4 8051 的中断系统	36
2.4.1 计算机中断基础知识	36
2.4.2 8051 单片机的中断系统	37
2.5 8051 的基本系统扩展	40
2.5.1 程序存储器的扩展	41
2.5.2 数据存储器的扩展	42
2.5.3 8051 外部 I/O 口扩展	43
第 3 章 Windows 下集成开发环境 Keil μ Vision2 介绍	45
3.1 Keil μ Vision2 用户界面介绍	45
3.2 创建项目	56
3.3 编译和连接	58
3.4 程序调试	62
第 4 章 C51 的典型编程	63
4.1 8051 中的 C51 语言	63
4.1.1 C 语言相关知识	63
4.1.2 C51 的数据类型	69

4.1.3	C51 的数据存储类型和绝对地址	70
4.1.4	C51 中断函数	75
4.1.5	C51 函数的参数传递	77
4.1.6	C51 函数库介绍	78
4.2	C51 程序设计基础	85
4.2.1	C51 基本程序设计示例	85
4.2.2	C51 中断系统程序设计示例	99
4.2.3	C51 定时系统程序设计示例	104
第 5 章	单片机的串口	109
5.1	串行通信基础	109
5.1.1	单工、半双工和全双工	110
5.1.2	同步通信和异步通信	110
5.1.3	波特率和收发时钟频率	111
5.2	单片机的串口结构	112
5.3	串口的工作方式	113
5.4	串口的典型应用	115
5.4.1	方式 0 实现 I/O 口扩展	115
5.4.2	使用查询方式实现串口异步通信	117
5.4.3	使用中断方式实现串口异步通信	121
5.4.4	应用方式 2 或方式 3 进行数据校验	124
第 6 章	PC 端通信技术	130
6.1	MSComm 控件介绍	130
6.1.1	MSComm 控件的通信方法	131
6.1.2	MSComm 控件的属性与常数	131
6.1.3	MSComm 的出错信息	133
6.2	使用 VB 开发串口通信软件	134
6.2.1	用户界面设计	134
6.2.2	程序初始化	137
6.2.3	发送数据	137
6.2.4	接收数据	138
6.2.5	其他工作	139
6.3	使用 VC++ 开发串口通信软件	140
6.3.1	用户界面设计	140
6.3.2	程序初始化	144
6.3.3	接收数据	145
6.3.4	发送数据	146
6.3.5	其他工作	148

第 7 章 单片机应用 RS-232C 标准通信实例	149
7.1 实例背景及功能	149
7.2 RS-232C 标准介绍	150
7.2.1 RS-232C 中的引脚定义	151
7.2.2 RS-232C 电气特性	153
7.2.3 RS-232C 总线连接	154
7.2.4 RS-232C 接口电平转换	155
7.3 单片机控制非接触式 IC 卡读写器模块	158
7.3.1 Mifare1 射频卡结构	158
7.3.2 Mifare 读写核心模块 H6152 介绍	165
7.3.3 电梯门禁系统介绍	176
7.3.4 系统硬件设计	176
7.3.5 系统软件设计	178
7.4 RS-232C 通信设计的要点	191
第 8 章 简单串行通信协议设计	192
8.1 通信协议基础	192
8.1.1 通信协议的内容	192
8.1.2 通信协议的功能	193
8.2 协议的分层	193
8.3 握手与应答	194
8.4 超时控制	195
8.5 帧类型与帧结构	200
8.6 差错控制	202
8.6.1 奇偶校验	202
8.6.2 CRC 校验	203
8.7 顺序控制	205
8.8 透明性	207
8.8.1 使用十六进制 ASCII 传送数据	207
8.8.2 使用转义字符传送数据	209
8.9 链路控制与管理	209
8.10 其他控制	210
第 9 章 单片机点对点及多机通信实例	211
9.1 单片机点对点通信实例	211
9.1.1 通信接口设计	211
9.1.2 单片机点对点通信程序设计	212
9.2 单片机多机通信实例	222
9.2.1 主机部分通信程序设计	223
9.2.2 从机部分通信程序设计	226

第 10 章 PC 控制的单片机 485 现场监测系统	231
10.1 实例背景及功能	231
10.2 RS-485 总线介绍	232
10.2.1 RS-232C 接口主要缺点	232
10.2.2 RS-449/423/422/485 接口标准及相互关系	233
10.2.3 RS-485 标准连接器	236
10.2.4 RS-485 驱动芯片及接口应用	237
10.3 RS-485 现场监测系统实例	240
10.3.1 系统硬件设计	241
10.3.2 系统软件设计	242
10.4 RS-485 总线系统设计要点	250
第 11 章 单片机 I ² C 总线通信实例	251
11.1 实例背景及功能	251
11.2 I ² C 总线的基本特性	252
11.2.1 I ² C 总线的数据传输接口特性	252
11.2.2 I ² C 总线的通信时序	253
11.2.3 I ² C 总线的技术规范	257
11.2.4 I ² C 总线的分类	257
11.3 I ² C 总线硬件接口设计	261
11.3.1 P89C66X 系列单片机 I ² C 总线接口引脚设计	261
11.3.2 P89C66X 系列单片机 I ² C 总线相关寄存器	261
11.3.3 基于 P89C66X 系列单片机的 I ² C 接口的软件设计	263
11.4 I ² C 总线模拟硬件接口软件设计	267
11.5 I ² C 总线系统的设计要点	272
第 12 章 单片机 CAN 总线通信实例	273
12.1 实例背景及功能	273
12.2 CAN 总线协议介绍	274
12.2.1 CAN 总线主要特点	275
12.2.2 CAN 总线协议分层	275
12.2.3 CAN 总线报文传输	276
12.2.4 CAN 总线错误处理	280
12.3 CAN 控制器 SJA1000	281
12.3.1 CAN 节点结构	281
12.3.2 SJA1000 结构及主要特点	282
12.3.3 SJA1000 寄存器	284
12.4 CAN 总线通信实例系统设计与实现	296
12.4.1 系统硬件设计	297
12.4.2 系统软件设计	299
12.5 CAN 总线通信系统的设计要点	315

第 13 章 单片机短距离无线通信实例	316
13.1 实例背景及功能	316
13.1.1 系统结构	316
13.1.2 器件选择	317
13.1.3 系统功能	318
13.2 无线通信芯片 nRF401	319
13.2.1 nRF401 主要工作特点和性能指标	319
13.2.2 nRF401 管脚定义	320
13.2.3 nRF401 状态切换	321
13.2.4 nRF401 天线设计与外部连接	323
13.3 系统硬件设计	324
13.3.1 无线通信模块设计	325
13.3.2 数据采集器设计	326
13.3.3 终端节点设计	328
13.4 系统软件设计	329
13.4.1 数据采集器部分	329
13.4.2 终端节点部分	331
13.5 无线通信系统的设计要点	332
第 14 章 单片机 USB 通信实例	334
14.1 实例背景及功能	334
14.2 USB 总线介绍	335
14.2.1 USB 总线布局	335
14.2.2 USB 电气特性与电源管理	336
14.2.3 USB 总线协议	337
14.2.4 USB 总线通道	337
14.2.5 USB 总线数据传输类型	339
14.2.6 USB 总线设备	343
14.2.7 USB 主机	349
14.3 EZ-USB 系列接口控制芯片	350
14.3.1 EZ-USB 芯片结构	350
14.3.2 EZ-USB 微处理器	351
14.3.3 EZ-USB 端点	352
14.3.4 EZ-USB 存储空间	353
14.3.5 EZ-USB 的输入和输出	355
14.3.6 EZ-USB 中断	357
14.3.7 EZ-USB 寄存器	358
14.4 EZ-USB 固件程序开发	362
14.4.1 固件基础	362
14.4.2 EZ-USB 固件程序结构	364

14.4.3 EZ-USB 固件开发实例	365
14.5 USB 通信的设计要点	378
第 15 章 单片机网络通信实例	379
15.1 实例背景及功能	379
15.2 TCP/IP 协议简介	380
15.3 网络控制器 CS8900A 介绍	381
15.3.1 CS8900A 概述	382
15.3.2 CS8900A 引脚功能	383
15.3.3 CS8900A 部分寄存器介绍	385
15.3.4 CS8900A 工作原理	394
15.3.5 CS8900A 工作在 8 位模式下的特点	396
15.4 系统设计与实现	398
15.4.1 系统硬件设计	398
15.4.2 软件设计	401
15.5 单片机网络接口设计要点	422
附录	423
附录一 8051 单片机汇编指令	423
附录二 部分国外 IC 厂商及其网址	426
附录三 部分 IC 查询网址	432

第 1 章 单片机技术概述

单片机是微型计算机的一个重要的分支。随着计算机技术的发展，单片机的应用领域也越来越广泛，它在工业控制、数据采集以及仪器仪表自动化等许多领域都起着十分重要的作用。本章主要对单片机的基本概念、发展状况、单片机系列产品以及单片机系统设计的方法作一简要介绍，使读者对单片机技术有一个初步的了解。

1.1 单片机基本概念

单片机是微型计算机（以下简称为微机）中的一种，它在一块芯片上集成了计算机的所有基本功能部件，包括中央处理器 CPU、随机读写存储器 RAM、只读存储器 ROM、I/O 接口电路、定时/计数器和串行通信接口电路等。因此，单片机只需要和适当的软件及外部设备相组合，就可以成为一个完整的单片机控制系统。单片机的组成结构如图 1-1 所示。

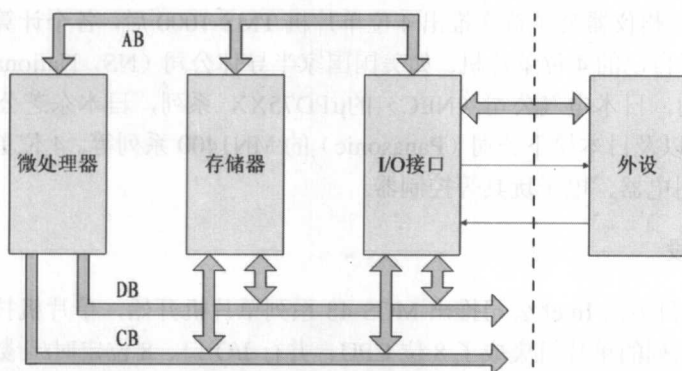


图 1-1 单片机组成结构

普通单片机的功能，从功能上与微机系统类似，但由于应用领域和实际需要的不同，单片机与普通的微机在具体构造上也有着一定的区别。下面对两者构造中的主要不同作一简要说明。

(1) 普通微机的 CPU 主要面向数据处理，因此其发展主要集中在提高 CPU 的数据处理能力、计算速度和精度上。如现今微机中的 CPU 均支持浮点运算，使用流水线作业、多级高速缓冲 (Cache) 等技术。CPU 的主频达到 2~3GHz 以上，字长普遍为 32 位。单片机主要面向智能控制、实时数据，在这些方面，对数据处理能力要求比较简单，因此与微机相比，单片机的数据处理能力相对较差，计算速度和计算精度也低一些。如现在的主流单片机多数仍不支持浮点运算、CPU 使用串行工作方式、频率多小于 100MHz。在中、小规模的应用场合中广泛采用 8 位单片机，在相对较复杂的应用领域使用 16 位的单片机，32 位单片机的应用相对较少，但随着新技术的发展，32 位机的应用会愈加广泛。

(2) 通用微机中存储器的组织结构主要用于大容量的内存处理和提高 CPU 对数据的存储速度。现今微机的内存容量达到了数百兆字节 (MB), 存储体系多采用多体、并读技术和段、页等管理模式, 使用专门的 MMU 进行内存管理。单片机存储器组织结构相对简单, 存储器直接与单片机总线相连, CPU 使用直接物理地址寻址存储单元, 存储空间一般在 64kB 以下。

(3) 通用微机的 I/O 接口考虑到标准外设接入的需要, 使用标准总线连接, 提供对标准设备的即插即用。单片机应用系统的外设根据需要的不同, 种类多种多样, 标准千差万别, 其 I/O 接口仅向用户提供外设连接的物理接口。用户需要根据具体的外设状况设计具体的接口电路。

1.2 单片机芯片技术的发展概况

从 1971 年美国德州仪器 (Texas Instrument) 公司首次推出 TMS-1000 单片机 (4 位机) 至今, 单片机技术已成长为计算机技术领域中的一个非常重要的分支。在不断地发展和完善中, 单片机技术已经建立了自己的技术特征、发展道路和独特的应用环境。按照单片机的生产技术水平, 单片机的发展过程可以分为 4 位机、8 位机、16 位机和 32 位机 4 个阶段。

1. 4 位机阶段

1971 年美国德州仪器公司首次推出 4 位单片机 TMS-1000 后, 各个计算机生产公司迅速跟进, 相继推出了自己的 4 位单片机。如美国国家半导体公司 (NS, National Semiconductor) 的 COP4XX 系列, 日本电气公司 (NEC) 的 μ PD75XX 系列, 日本东芝公司 (Toshiba) 的 TMP47XXX 系列以及日本松下公司 (Panasonic) 的 MN1400 系列等。4 位单片机的控制功能较弱, 多用于家用电器、电子玩具等控制器。

2. 8 位机阶段

从 1976 年 9 月美国 Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机开始, 单片机技术进入了 8 位单片机时代, 这一系列的单片机集成了 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时/计数器、寻址范围不大于 4kB, 不包括串行口。这期间的 8 位单片机因为功能有限, 属于低档 8 位单片机。

随着半导体集成工艺的提高, 从 1978 年起许多公司纷纷推出了一些高性能的 8 位单片机。如 Intel 公司的 MCS-51 系列, 摩托罗拉公司 (Motorola) 的 MC6801 系列, 齐洛格公司 (Zilog) 的 Z8 系列, NEC 公司的 μ PD78XX 系列, Atmel 的 AT89 等。这类单片机的寻址能力达到 64kB, 具备更大的片内 RAM 和 ROM, 提供全双工的串口, 有的产品还增加了片内 A/D、D/A 转换器。其中 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机以其出色的性价比和良好的兼容性, 获得了良好的市场声誉。

8 位单片机的控制功能较为出色, 且品种繁多, 因此得到了最为广泛的应用, 其技术不断的得到完善和发展。近年来, 在高档 8 位机基础上, 单片机功能进一步得到提高, 如 Intel 公司的 8X252、Zilog 公司的 Super8、Motorola 公司的 MC68HC 等, 各公司不但进一步扩大了片内 ROM 和 RAM 的容量, 还增加了通信功能、DMA 传输功能以及高速 I/O 功能等。这些产品代表了 8 位单片机的发展方向。

3. 16 位机阶段

16 位单片机是在 1983 年以后发展起来的, 这类单片机的 CPU 是 16 位的, 运算速度普遍高于 8 位机, 部分单片机寻址能力达到 1MB, 片内含 A/D、D/A 转换器, 支持高级语言, 多用于智能仪表等复杂的应用控制领域。典型产品有 Intel 公司的 MCS-96/98 系列、Motorola 公司的 M68HC16 系列、NS 公司的 HPCXXXX 系列等。

4. 32 位机阶段

近年来, 随着家用电子系统的发展, 32 位单片机的应用前景广泛。32 位的单片机字长为 32 位, 是单片机中的顶端产品, 具有极高的运算速度, 部分产品还集成了 MMU, 多用于嵌入式系统。这类产品包括 Motorola 公司的 M68300 系列、日本 Hitachi 公司的 SH 系列等。

从市场需要情况看, 目前 8 位机的市场最大, 因此, 熟悉 8 位机的新发展十分必要。8 位单片机的发展主要体现在以下几个方面。

(1) CPU 功能增强

提高 CPU 的功能主要体现在提高 CPU 的运算速度和运算精度上。传统的 MCS-51 系列单片机的最高频率为 12MHz, 而新的 51 系列兼容机使用更高的时钟频率, 如 Atmel 公司的 AT89 系列最高频率为 24MHz, Philips 公司的 51 系列产品最高频率可以达到 33MHz。

(2) 增加内部资源

单片机的内部资源越丰富, 在单片机硬件系统中需要的外部硬件开销就越小, 这样就可以有效地减小产品的体积, 提高产品可靠性。因此, 世界的各大计算机厂商都热衷于开发增强型 8 位单片机。这类单片机集成了 A/D、D/A 转换器、看门狗电路、DMA 通道和总线接口等, 有些厂商还在单片机中集成了晶振和 LCD 驱动。

(3) 低电压和低功耗

在实际的工业应用场合, 对单片机系统的体积和功耗的要求是比较高的。因此, 单片机制造商普遍采用 CMOS 工艺, 并提供空闲和掉电两种工作方式。

1.3 单片机主流产品系列

目前的单片机生产厂商众多, 主要有美国的 Intel 公司、Motorola 公司、Zilog 公司、NS 公司、Microchip 公司、Atmel 公司、TI 公司, 日本的 NEC 公司、Toshiba 公司、Fujitsu 公司、Hitachi 公司, 荷兰的 Philips 公司, 英国的 Inmos 公司和德国的 Siemens 公司。其中 Intel 公司、Motorola 公司、Microchip 公司、Philips 公司和 Atmel 公司的单片机产品应用最为广泛, 市场占有率也相对较大, 下面对这几个公司的主要产品作一个介绍。

(1) Intel 公司的单片机

Intel 公司作为 CPU 技术的鼻祖, 在单片机产品方面也有着十分重要的地位。在 8 位机和 16 位机领域, Intel 公司的 MCS-51 系列和 MCS-96 系列产品都有着广泛的应用。

MCS-51 系列的单片机是 Intel 公司在 1980 年推出的 8 位机系列, 其中 8051 为这一系列的代表产品。8051 单片机内部包括 8 位 CPU、4kB 片内 ROM、128kB 片内 RAM、4 个 8 位

并口、一个全双工的串口，支持 64kB 寻址空间，并提供 5 个中断源和两级中断。

MCS-51 系列单片机各个型号产品的性能指标如表 1-1 所示。

表 1-1 MCS-51 系列单片机产品性能指标

单片机		片内 ROM (kB)	片内 RAM (B)	I/O 并 口	计数 器	串行口	DMA	A/D	中 断 源	空闲 和 掉电 方式
类别	型号									
无 ROM	8031/8031AH		128	4	2×16	UART			6	
	8032/8032AH		256	4	3×16	UART			8	
	80C31BH		128	4	2×16	UART			6	支持
	80C51FA		256	4	3×16	UART			14	支持
	80C51GA		128	4	2×16	UART		8 位	8	支持
	80C152JA		256	5	2×16	UART	2		9	支持
	80C451		128	7	2×16	UART			6	支持
	80C452		256	5	2×16	UART	2		9	支持
ROM	8051/8051AH	4	128	4	2×16	UART			6	
	8052AH	8	256	4	3×16	UART			8	
	80C51BH	4	128	4	2×16	UART			6	支持
	83C51FA	8	256	4	3×16	UART		5 通道	14	支持
	83C51GA	4	128	4	2×16	UART		8 位	8	支持
	83C152JA	8	256	5	2×16	UART	2		19	支持
	83C152JC	8	256	5	2×16	UART	2		19	支持
	83C451	4	128	7	2×16	UART			6	支持
	83C452	8	256	5	2×16	UART	2		9	支持
EPROM	8751/8751BH	4	128	4	2×16	UART			5	
	8752BH	8	256	4	3×16	UART			8	
	87C51	4	128	4	2×16	UART			6	支持
	87C51FA	8	256	4	3×16	UART		5 通道	14	支持
	87C51GA	4	128	4	2×16	UART			8	支持
	87C452P	8	256	5	2×16	UART	2		9	支持

在成功推出了 MCS-51 系列单片机并获得市场的广泛认可后，Intel 公司于 1984 年推出了 16 位高性能 MCS-96 系列单片机，包括 8096BH、8096 和 8098 3 个子系列。其典型产品 8397BH 中包含一个 16 位 CPU、8 路 10 位 A/D 转换器、9 个中断源、5 个 8 位 I/O 口、一个 8kB 的 ROM、一个全双工串口、一个专用串口、两个 16 位定时/计数器、一个 16 位监视定时器、4 个 16 位软件定时器、高速输入/输出部件（HIS、HSO）和一个脉冲宽度调制输出。与 8 位机产品相比，16 位的 MC-96 系列单片机的运算处理能力更高，资源也更为丰富，适用于一些要求较高的应用场合。

MCS-96 系列单片机各个型号产品的性能指标如表 1-2 所示。

表 1-2 MCS-96 系列单片机产品性能指标

型号	ROM (kB)	EPROM (kB)	RAM	定时器	串行口	I/O 并口	A/D	PWM	封装
8395BH	8		232	2×16	UART	5	4×10 位	1	48DIP
8398	8		232	2×16	UART	5	4×10 位	1	48DIP
8095BH			232	2×16	UART	5	4×10 位	1	48DIP

续表

型号	ROM (kB)	EPROM (B)	RAM	定时器	串行口	I/O 并口	A/D	PWM	封装
8096BH			232	2×16	UART	5		1	48DIP
8098			232	2×16	UART	5	4×10 位	1	48DIP
8795BH		8	232	2×16	UART	5	4×10 位	1	48DIP
8798		8	232	2×16	UART	5	4×10 位	1	48DIP
8397BH	8		232	2×16	UART	5	8×10 位	1	64DIP
8397JF	16		232	2×16	UART	5	8×10 位	1	64DIP
8097BH			232	2×16	UART	5	8×10 位	1	64DIP
8097JF			232	2×16	UART	5	8×10 位	1	64DIP
8797BH		8(OPT)	232	2×16	UART	5	8×10 位	1	64DIP
8797JF		16(OPT)	232	2×16	UART	5	8×10 位	1	64DIP
8396BH	8		232	2×16	UART	5	8×10 位	1	68PLCC
8397BH	8		232	2×16	UART	5	8×10 位	1	68PLCC
8397JF	16		232	2×16	UART	5	8×10 位	1	68PLCC
8097BH			232	2×16	UART	5	8×10 位	1	68PLCC
8097JF			232	2×16	UART	5	8×10 位	1	68PLCC
8797BH		8	232	2×16	UART	5	8×10 位	1	68PLCC
8797JF		16(OPT)	232	2×16	UART	5	8×10 位	1	68PLCC

(2) Philips 公司的单片机

Philips 公司的单片机产品中, 80C51 系列的单片机最为著名。其典型代表为 80C552。80C552 在指令系统、地址空间和寻址方式上与 MCS-51 系列单片机完全相同, 此外 80C552 还提供了 256B 片内 RAM、3 个 16 位定时/计数器、一个看门狗 (WDT, Watchdog Timer) 系统、两路调制脉冲输出 (PWM)、I²C 总线接口电路和 8 路 10 位 A/D 转换器。

Pihilips 公司的 80C51 系列单片机各个型号产品的性能指标如表 1-3 所示。

表 1-3 80C51 系列单片机产品性能指标

单片机		片内 ROM (kB)	片内 RAM (B)	I/O 接口			DMA	A/D	外部 中断	PWM
类别	型号			I/O 并口	计数器	串行口				
无 ROM	80C31		128	4	2×16	UART			2	
	80C32		256	4	3×16	UART			2	
	80C528		512	4	3×16+WDT	UART, I ² C			2	
	80C550		128	4	3×16+WDT	UART	6/8 通道	8 位	2	
	80C552		256	4	3×16+WDT	UART, I ² C		8×10	2	2
	80C562		256	6	3×16+WDT	UART		8×8	6	2
	80C592		512	6	3×16+WDT	UART, CAN			2	
	80C652		256	4	2×16	UART, FC			2	
	80C851		256	4	2×16	UART			2	

续表

单片机		片内 ROM (kB)	片内 RAM (B)	I/O 接口			DMA	A/D	外部 中断	PWM
类别	型号			I/O 井口	计数器	串行口				
ROM	83C752	2	64	2.5/8	1×16	I ² C		5×8	2	
	83C51B	4	128	4	2×16	UART			2	
	80C52	8	256	4	3×16	UART			2	
	80C528	32	512	4	3×16+WDT	UART , I ² C			2	
	80C550	4	128	4	3×16+WDT	UART	6/8 通道	8 位	2	
	80C552	8	256	4	3×16+WDT	UART , I ² C		8×10	2	2
	80C562	8	256	6	3×16+WDT	UART		8×8	6	2
	80C592	16	512	6	3×16+WDT	UART , CAN			2	
	80C652	8	256	4	2×16	UART , I ² C			2	
	80CE654	16	256	4	2×16	UART , I ² C			2	
	80C851	4	256	4	2×16	UART			2	
EPROM	87C51	4	128	4	2×16	UART			2	
	87C52	8	256	4	3×16	UART			2	
	87C528	32	512	4	3×16+WDT	UART , I ² C			2	
	87C550	4	128	4	3×16+WDT	UART	6/8 通道	8 位	2	
	87C552	8	256	4	3×16+WDT	UART , I ² C		8×10	2	2
	87C592	16	512	6	3×16+WDT	UART , CAN			2	
	87C652	8	256	4	2×16	UART , I ² C			2	
	87C654	16	256	4	2×16	UART , I ² C			2	

(3) Motorola 公司的单片机

在 8 位机、16 位机和 32 位机方面，Motorla 都有其系列产品，并占据了很大的市场份额，在单片机技术领域，Motorla 公司是除 Intel 外最著名的公司，对推动单片机技术的发展有着举足轻重的影响。

在 8 位单片机中，Motorla 公司产品的主要系列有 M6805、M68HC05 和 M68HC11 等。各个系列在软件上向下兼容，M68HC05 系列的指令执行速度比 M6805 要快，还增加了乘法和低功耗指令，并在片内集成了 A/D 转换器、PWM、LCD 驱动等功能模块。M68HC11 系列单片机的功耗进一步降低，提供了大量外围接口和更为复杂的 I/O 功能。M68HC11 系列在 CPU 中增加了一个 16 位累加器和两个 16 位变址寄存器，新增了 91 条新指令，提供 4MHz 总线速度和更为灵活的片内 I/O 功能，集成 Watchdog 功能、4 路 DMA 和一个 MMU，16 位片内协处理器还可以大幅提高乘除法的运算速度。串行 I/O 口分为串行通信接口 SCI 和串行外围接口 SPI，前者提供全双工 UART 异步通信，后者用于外设与单片机间的高速数据通信，