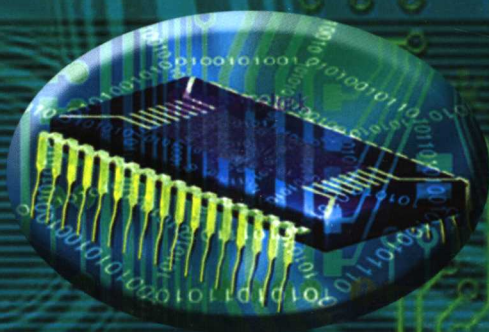


高等院校电子技术系列教材



朱 勇 主 编
陈其乐 刘 浩 副主编

单片机原理与应用技术



清华大学出版社

高等院校电子技术系列教材

单片机原理与应用技术

朱 勇 主编
陈其乐 刘 浩 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本教材依照高等学校计算机科学与技术专业教学大纲的精神,融会作者多年的教学经验及科研成果,系统地介绍了 8051 单片机和增强内核单片机的基本原理、应用和设计技术。全书内容包括单片机概述、MCS-51 体系结构、MCS-51 指令系统、MCS-51 程序设计、MCS-51 接口技术、单片机应用实例、单片机应用系统设计和增强内核单片机体系结构,共计 8 章。

本书不仅阐述了传统的 MCS-51 单片机基本原理及其扩展系统,还介绍了实践中应用比较广泛的实例供学生参考,通过掌握低功耗、抗干扰、加密等高级技术,使读者设计的单片机系统成为更加贴近实践的产品,最后对当今市场上一些增强内核单片机的概括性介绍可以扩大读者的眼界。

本书既可作为高等学校本科计算机及相关专业的教材,也可作为高职单片机课程的教材,亦可作为工程及科研人员的设计参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用技术/朱勇主编;陈其乐,刘浩副主编.—北京:清华大学出版社,2006.1
(高等院校电子技术系列教材)

ISBN 7-302-12072-2

I. 单… II. ①朱…②陈…③刘… 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(2005)第 128593 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦
<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084
社 总 机: 010-62770175 客 户 服 务: 010-62776969

组稿编辑: 黄 飞

文稿编辑: 宋延清

排版人员: 朱 康

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 三河市李旗庄少明装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 18.5 字数: 441 千字

版 次: 2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-12072-2/TP·7814

印 数: 1~4000

定 价: 26.00 元

前 言

单片机把 CPU、ROM、RAM、I/O 接口、定时器/计数器等计算机的主要部件集成在同一硅片上,是 20 世纪 70 年代兴起的一种大规模集成电路。自 20 世纪 80 年代以来,单片机的发展十分迅速,各类新产品不断涌现。已广泛应用于工业自动化、家用电器、航空航天、卫星遥感等多个领域。它的出现是近代计算机技术发展史上的一个重要里程碑,标志着计算机正式形成了通用计算机系统和嵌入式计算机系统两大分支。作为典型嵌入式计算机系统的单片机侧重于实时控制,并不断增强控制与接口功能。

单片机以其体积小、应用灵活和价格低廉等特点,得到越来越广泛的应用。在全国高等工科院校中,已普遍开设单片机及相关课程。单片机技术是一门应用性很强的专业课,其理论和实践技能是从事机电类专业技术人员所不可缺少的。理论与实践的密切结合,是本课程的重要特点。此书是基于单片机发展形势,并依照高等学校工科专业教学大纲精神,结合高职教育特点而编写的。本教材由朱勇主编,书中主要内容包括:单片机概述、MCS-51 体系结构、MCS-51 指令系统、MCS-51 程序设计、MCS-51 接口技术、单片机应用实例、单片机应用系统设计和增强内核单片机体系结构。其中第 1 章、第 6 章、第 7 章由朱勇编写,第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章由陈其乐编写,第 8 章由刘浩编写。

本书融入了编者 10 多年教学及科研的实践经验,并注意到选材的科学性、先进性和实用性。特别是在实例的编写过程中,既要考虑实例间相互补充,又要使其难易适当,能够说明主要问题。本书内容深入浅出、循序渐进,尽量结合实例说明问题,并通过习题巩固每章的内容。通过对本教材的学习,力求使读者能够掌握单片机的原理和实用技术,具有单片机应用系统开发的初步能力。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 单片机概述..... 1	2.4 MCS-51 定时/计数器..... 39
1.1 单片机概述..... 1	2.4.1 定时/计数器方式 0..... 41
1.1.1 单片机发展史..... 1	2.4.2 定时/计数器方式 1..... 42
1.1.2 单片机应用..... 2	2.4.3 定时/计数器方式 2..... 42
1.1.3 单片机特色..... 3	2.4.4 定时/计数器方式 3..... 43
1.2 单片机系列..... 4	2.5 MCS-51 串行接口..... 44
1.2.1 单片机典型结构..... 4	2.5.1 串行接口模式 0..... 45
1.2.2 单片机系列..... 5	2.5.2 串行接口模式 1..... 46
1.2.3 单片机发展趋势..... 11	2.5.3 串行接口模式 2..... 47
1.3 嵌入式系统与片上系统..... 14	2.5.4 串行接口模式 3..... 48
1.3.1 嵌入式系统概述..... 14	2.6 MCS-51 中断系统..... 48
1.3.2 片上系统概述..... 18	2.6.1 中断源..... 48
1.3.3 嵌入式系统、片上系统 与单片机..... 21	2.6.2 外部中断..... 49
1.4 本章习题..... 22	2.6.3 定时/计数中断..... 50
第 2 章 MCS-51 体系结构..... 23	2.6.4 串行接口中断..... 50
2.1 MCS-51 体系结构..... 23	2.7 本章习题..... 51
2.1.1 功能部件..... 23	第 3 章 MCS-51 指令系统..... 52
2.1.2 引脚描述..... 24	3.1 MCS-51 指令格式和寻址方式..... 52
2.1.3 时钟电路及时序..... 26	3.2 MCS-51 指令分类介绍..... 55
2.1.4 复位电路..... 28	3.2.1 数据传送类指令..... 55
2.1.5 工作方式..... 29	3.2.2 算术操作类指令..... 60
2.2 MCS-51 存储结构..... 31	3.2.3 逻辑操作类指令..... 62
2.2.1 内部 RAM..... 31	3.2.4 转移类指令..... 64
2.2.2 特殊功能寄存器..... 32	3.2.5 控制类指令..... 66
2.2.3 程序计数器..... 35	3.2.6 位操作类指令..... 66
2.2.4 程序存储器..... 36	3.3 本章习题..... 69
2.2.5 数据存储器..... 36	第 4 章 MCS-51 程序设计..... 71
2.2.6 存储结构图..... 36	4.1 MCS-51 汇编程序设计概述..... 71
2.3 MCS-51 并行端口..... 37	4.1.1 汇编语言格式..... 72
2.3.1 P0 端口..... 37	4.1.2 伪指令..... 73
2.3.2 P1 端口..... 38	4.1.3 汇编程序设计流程..... 75
2.3.3 P2 端口..... 38	4.2 MCS-51 汇编程序设计实例..... 77
2.3.4 P3 端口..... 39	4.2.1 顺序执行程序设计..... 77

4.2.2 分支执行程序设计.....	79	5.6.2 串行口的应用.....	132
4.2.3 循环执行程序设计.....	82	5.6.3 RS-232C 标准.....	134
4.2.4 子程序设计.....	84	5.6.4 PC 与 MCS-51 通信 程序设计.....	136
4.2.5 查表程序设计.....	87	5.7 A/D、D/A 接口技术.....	139
4.3 MCS-51 高级程序设计概述.....	88	5.7.1 A/D 转换器概述.....	139
4.3.1 高级程序设计流程.....	89	5.7.2 ADC0809 简介.....	139
4.3.2 C51 变量声明.....	90	5.7.3 ADC0809 与 MCS51 的 接口电路.....	140
4.3.3 C51 常用句法.....	94	5.7.4 A/D 转换程序设计.....	141
4.3.4 Keil 集成环境.....	96	5.7.5 D/A 转换器概述.....	142
4.4 C51 程序设计实例.....	104	5.7.6 DAC0832 简介.....	142
4.4.1 跑马灯程序设计.....	104	5.7.7 DAC0832 与 MCS-51 的 接口电路.....	144
4.4.2 方波发生器.....	106	5.7.8 D/A 转换程序设计.....	146
4.5 本章习题.....	107	5.8 本章习题.....	146
第 5 章 MCS-51 接口技术.....	109	第 6 章 单片机应用实例.....	148
5.1 MCS-51 数据存储器扩展.....	110	6.1 交通灯顺序控制.....	148
5.1.1 SRAM 芯片.....	110	6.1.1 硬件系统设计.....	148
5.1.2 接口电路.....	111	6.1.2 控制码表.....	149
5.1.3 程序设计.....	112	6.1.3 程序设计.....	149
5.2 MCS-51 程序存储器扩展.....	112	6.1.4 设计小结.....	151
5.2.1 地址译码.....	112	6.2 步进电机控制系统.....	151
5.2.2 EEPROM 芯片.....	113	6.2.1 步进电机系统概述.....	151
5.2.3 接口电路.....	114	6.2.2 系统硬件设计.....	152
5.2.4 程序设计.....	115	6.2.3 三相六拍步进电机控制字.....	153
5.3 8155 芯片接口技术.....	115	6.2.4 系统软件设计.....	153
5.3.1 8155 多功能芯片.....	115	6.2.5 设计小结.....	154
5.3.2 接口电路.....	118	6.3 水塔水位控制系统.....	154
5.3.3 程序设计.....	119	6.3.1 水位控制原理.....	154
5.4 8279 芯片接口技术.....	119	6.3.2 系统硬件设计.....	155
5.4.1 8279 显示、键盘接口芯片.....	119	6.3.3 水位状态控制字.....	155
5.4.2 接口电路.....	120	6.3.4 系统软件设计.....	156
5.4.3 程序设计.....	121	6.3.5 设计小结.....	157
5.5 LCD 显示技术.....	122	6.4 电脑时钟.....	157
5.5.1 LCD 简介.....	122	6.4.1 设计要求.....	157
5.5.2 LCM.....	123	6.4.2 系统硬件设计.....	158
5.5.3 接口设计.....	126	6.4.3 系统软件设计.....	158
5.5.4 编程设计.....	126		
5.6 串行通信技术.....	130		
5.6.1 串行通信概述.....	130		

6.4.4 设计小结	161	7.3.3 调试	205
6.5 I ² C 总线 IC 卡读卡器	162	7.3.4 高级设计技术	207
6.5.1 I ² C 总线协议的软件模拟	162	7.4 单片机系统可靠性设计	212
6.5.2 IC 卡简介	165	7.4.1 可靠性概述	213
6.5.3 系统硬件设计	166	7.4.2 电磁兼容性	214
6.5.4 系统软件设计	167	7.4.3 抗干扰基本技术	215
6.5.5 设计小结	168	7.4.4 可靠性设计	222
6.6 串行多机通信	169	7.5 本章习题	229
6.6.1 多机通信原理	169	第 8 章 增强内核单片机体系结构	230
6.6.2 主机程序设计	169	8.1 P89LPC93X 系列单片机	230
6.6.3 从机程序设计	171	8.1.1 P89LPC93X 系列体系结构	230
6.6.4 设计小结	173	8.1.2 I ² C 串行总线接口	234
6.7 USB 数据传输	174	8.1.3 SPI 串行通信接口	236
6.7.1 USB 总线概述	174	8.1.4 模拟比较器	237
6.7.2 USB 总线接口器件		8.1.5 Flash 编程存储器	238
PDIUSBD12	176	8.1.6 A/D 转换器	239
6.7.3 系统硬件设计	179	8.2 P8xC591 系列单片机	241
6.7.4 系统软件设计	179	8.2.1 P8xC591 体系结构	241
6.7.5 设计小结	183	8.2.2 CAN 协议	244
6.8 本章习题	183	8.2.3 PeliCAN 控制器	245
第 7 章 单片机应用系统设计	184	8.2.4 PWM	247
7.1 单片机系统 EDA 设计: 原理图	184	8.3 Triscend E5 系列单片机	248
7.1.1 EDA 概述	184	8.3.1 Triscend E5 控制器	
7.1.2 硬件自动化设计流程	185	体系结构	248
7.1.3 原理图设计	186	8.3.2 DMA 控制器	249
7.1.4 网络表	191	8.3.3 CSI	251
7.2 单片机系统 EDA 设计: PCB	193	8.3.4 CSL	252
7.2.1 PCB 设计流程	193	8.3.5 微处理器结构	254
7.2.2 PCB 设计步骤	194	8.3.6 FastChip 集成开发环境	255
7.3 单片机系统开发与设计	201	8.4 本章习题	280
7.3.1 系统设计	202	附录 8051 单片机指令集	282
7.3.2 开发系统	203		

第 1 章 单片机概述

单片机的出现是计算机技术发展史上的一个重要里程碑，它开辟了计算机技术的另一个重要领域——嵌入式(Embedded)计算机领域。目前单片机已成为工控领域、军事领域及日常生活中最广泛使用的计算机。

1.1 单片机概述

1.1.1 单片机发展史

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer, SCM)简称单片机，它是将中央处理器(CPU)、数据存储器(RAM)、程序存储器(ROM 或 EPROM)、定时/计数器及输入/输出接口等多个功能部件集成在一块芯片上的一种微型计算机。单片机的主要任务是面向控制，因此又称做微控制器(Microcontroller)。它只需要与很少的外部设备及软件相结合，便可组成一个单片机控制系统。

单片机作为微型计算机的一个重要分支，它的发展和运用越来越引起人们的重视。从单片机诞生至今，已发展为上百种系列的近千个品种。它的发展经历了五个主要阶段。

第一阶段(1974~1976)：单片机的初级阶段。由于生产工艺水平和集成度的限制，单片机功能比较简单。1971 年 11 月 Intel 公司首先设计成集成度为 2000 只晶体管/片的 4 位微处理器 Intel 4004，并且配有随机存取存储器 RAM、只读存储器 ROM 和移位寄存器等芯片，构成世界上第一台 MCS-4 微型计算机。1972 年 4 月 Intel 又研制出功能较强的 8 位微处理器 Intel 8008。Fairchild 公司则在 1974 年推出 8 位的单片机 F8，它只包含 8 位 CPU、64B 数据存储器(RAM)和两个并行输入/输出接口，必须外加一片 3815(包含 1KB ROM、1 个定时/计数器和两个并行 I/O 口)才能构成一个完整的微型计算机。这些微处理器虽说还不是单片机，但从此拉开了研制单片机的序幕。

第二阶段(1976~1979)：单片机的探索阶段。此时的单片机是真正的 8 位单片微型计算机，体积小，功能全。在单块芯片上已经集成有 CPU、并行口、定时器、RAM 和 ROM 等器件。这一阶段的标志是以 1976 年 Intel 公司符合世界标准的 MCS-48 系列为先导，将单片机推向市场，促进了单片机的变革。参与这一探索的主要公司有 Motorola、Zilog 等，都取得了满意的效果。这也是 SCM 的诞生年代，“单片机”一词即由此而来。

第三阶段(1979~1982)：为高性能单片机阶段。此时的单片机品种多，功能强，一般片内 RAM、ROM 都相对增大，寻址范围可达 64KB，并有串行输入/输出接口，还可进行多级中断处理。如 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 68XX 等，使单片机发展跃上一个新的台阶。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构。

(1) 完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构，包括 8 位数据

总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口。

(2) CPU 外围功能单元的集中管理模式。

(3) 体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

(4) 指令系统趋于丰富和完善, 并且增加了许多突出控制功能的指令。

第四阶段(1982~1990): 16 位单片机和 8 位高性能单片机并行发展阶段, 也是单片机向微控制器发展的阶段。它们最大的特点是实时处理能力强, 生产工艺先进, 集成度高、内部功能强, 将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中, 体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列的广泛应用, 许多电器厂商竞相使用 80C51 微内核, 将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠件技术等应用到单片机中, 增强了外围电路功能, 强化了智能控制器的特征; 而且允许用户采用工业控制的专用语言编程, 如 PL/M、C 语言、BASIC 语言等。Intel 生产的 MCS-96 系列和 ATMEL 公司生产的 8XC552 系列, 特别适用于实时控制。

第五阶段(从 1990 年至今): 微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面、深入地发展和应用, 出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机, 以及小型廉价的专用型单片机。1990 年 2 月美国推出的 i80860 超级单片机轰动了整个计算机界, 它的运算速度为 1.2 亿次/秒, 可进行 32 位整数运算、64 位浮点运算, 同时片内具有一个三维图形处理器, 可构成超级图形工作站。随着半导体技术的发展, 巨型计算机单片化将成为现实。

随着单片机软硬件性能的提高, 它与嵌入式系统领域中的高性能微处理器(如 ARM)及专用数字信号处理器 DSP 的性能也越来越接近了。前一些年, 后两类处理器还被称为高端产品, 它们与单片机之间存在着天堑鸿沟。可以推测, 不久的将来, 单片机、高端嵌入式处理器及 DSP 间的性能差异会变得越来越模糊, 就像现在的 PC 与原来的大型工作站一样。

1.1.2 单片机应用

由于单片机具有显著的优点, 它已成为科技领域的有力工具, 人类生活的得力助手。它的应用遍及各个方面, 下面罗列了它的一些典型应用。

(1) 日常生活中的单片机电器产品

电子秤: 这是出现最早、最典型的一种单片机应用产品。内装 8039 接收信息, 计价处理时能立即显示单价、售价, 在菜市场、商店里获得广泛应用。

电脑缝纫机: 用单片机代替了传统机械凸轮花样控制, 不仅简化了机械结构, 减少加工工序和设备, 而且使缝纫机性能大大提高了, 能提供许多老式缝纫机无法提供的缝纫花样。

便携式心率监护仪: 采用 8031 单片机, 能判断心动过缓、心动过速、停搏、漏搏等异常心率, 给出报警。

高级玩具: 单片机使玩具智能化, 有很大的潜力, 尤其是在国际市场, 需求量较大。

此外像洗衣机、电冰箱、电视机、收录机、照相机等家用电器配上单片机后, 也提高了智能化程度, 增加了功能, 倍受人们喜爱。

(2) 单片机在计算机外部设备中的应用

WP2 微型打印机：内部采用 8035 单片微机控制，带有小型汉字库(含 114 个汉字)，能打印汉字(11×11 点阵)，可与一般 4 位或 8 位微机配接，通信方式简单。

软盘驱动器：采用 8048 单片机，存放了 64 种速度值，片内 RAM 中有磁道寄存器、制动计数器，能控制磁带的寻道和定位。

温盘驱动器：以 8048 为主控部件，控制主轴电机的启动和停止，实现高精度步进电机的精确定位，使温盘驱动器小型化、智能化。

(3) 智能化的仪器仪表

这是目前单片机应用最多、最活跃的领域。单片机 I/O 线多、位指令丰富、逻辑操作能力强，特别适用于实时控制，既可作单机控制，又可作多级控制的前沿处理机，应用领域相当广泛。在各类仪器仪表中(包括温度、湿度、流量、流速、电压、频率、功率、厚度、角度、长度、硬度、元素测定等)引入单片机，使仪器仪表数字化、智能化、微型化，并可以提高测量的自动化程度和精度，简化仪器仪表的硬件结构，提高其性价比。

单片机作为控制器广泛地用于工业测控、航空航天、尖端武器、机器人、汽车等实时控制系统中。单片机的实时数据处理能力和控制功能，可使系统保持在最佳工作状态，提高系统的工作效率和产品质量。在汽车智能仪表及控制中，如汽车点火控制、反锁制动、牵引、转向等都是采用单片机实现的。

(4) 单片机在计算机网络及通信技术中的应用

在比较复杂的系统中，常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成，各自完成特定的任务，它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个终端机，安装在系统的某些节点上，对现场信息进行实时的测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力，使它可以置于恶劣环境的前端工作。

比较高档的单片机都具有通信接口，为单片机在计算机网络与通信设备中的应用创造了很好的条件。例如：Intel 公司推出的高性能单片机 8044 由 8051 单片机与 SDLC 通信接口组合而成，在一块硅片上既保留了 8051 的功能，又具有网络接口、通信链路，同时还固化了分布式通信软件和各节点处理机的实时多任务执行软件。以 8044 为基础的 BITBUS(位总线)是一种高性能、低价格的分布式控制系统，比目前流行的 Ethernet 网及 Ominnet 网更经济、更灵活、更可靠。它用一对双绞线，以半双工方式通信，速率最高可达 2.4Mbps，传输距离最远为 1200m，网络的节点为 128 个；若通过复用器，则传送距离可达 13.2km，节点数可为 250 个。

综上所述，单片机已成为计算机发展和应用的一个重要方面。此外，单片机应用的重要意义还在于，它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。以前必须由模拟电路和数字电路实现的大部分功能，现在已能用单片机通过软件方法来实现了。这种用软件代替硬件的控制技术也称为微控制技术，是对传统控制技术的一次革命。

1.1.3 单片机特色

由于单片机的结构形式及其所采取的半导体工艺，使之具有很多显著的特点，因而在各个应用领域都得到了迅猛的发展。其主要特点可归纳如下。

(1) 优异的性能价格比。绝大部分单片机产品的价格只有几个美金。

(2) 集成度高、体积小、有很高的可靠性：单片机把各功能部件集成在一块芯片上，

内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,由于其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合在恶劣环境下工作。

(3) 控制功能强:为了满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统中均有丰富的转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微机。

(4) 低功耗、低电压,便于生产便携式产品。

(5) 外部总线增加了 I²C 及 SPI 等串行总线方式,进一步缩小了体积,简化了结构。

(6) 单片机的系统扩展和系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

1.2 单片机系列

1.2.1 单片机典型结构

单片机是微型机的一个重要分支,在结构上的最大特点是把 CPU、存储器、定时器和多种输入/输出接口电路集成在一块超大规模集成电路芯片上。就其组成和功能而言,一块单片机芯片就是一台计算机。

图 1.1 为单片机的典型组成框图。由图可见,它通过内部总线把单片机的各主要部件连接为一体,其内部总线包括地址总线、数据总线和控制总线。其中,地址总线的作用是在进行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数据;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。

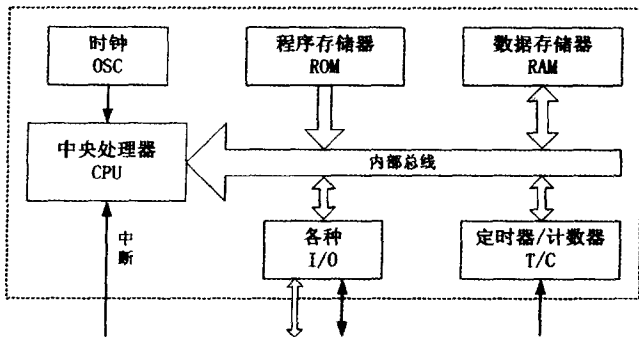


图 1.1 单片机的组成框图

单片机的典型组成部分如下。

(1) 中央处理器 CPU

CPU 是单片机的核心部件,它通常由运算器、控制器和中断电路等组成。CPU 进行算术运算和逻辑操作的字长有 4 位、8 位、16 位和 32 位之分,字长越长运算速度越快,数据处理能力也越强。

(2) 存储器

在单片机内部,ROM 和 RAM 存储器是分开制造的。通常,ROM 存储器容量较大、RAM 存储器的容量较小,这是由单片机通常用于控制这一特点决定的。

① ROM 存储器

ROM 存储器一般为 1~64K 字节,用于存放应用程序,故又称为程序存储器。由于单片机主要在控制系统中使用,因此,一旦该系统研制成功,其硬件和应用程序均已定型。

为了提高系统的可靠性,应用程序通常固化在片内 ROM 中。根据片内 ROM 的结构,单片机又可分为无 ROM 型、ROM 型和 EPROM 型三类。近年来,又出现了 E²PROM 和 Flash 型 ROM 存储器。

无 ROM 型单片机的特点是:片内不集成 ROM 存储器,应用程序必须固化到外接的 ROM 存储器芯片中才能构成完整功能的单片机应用系统。在 ROM 型单片机内部,其程序存储器是采用掩膜工艺制成的,程序一旦固化进去便永远不能修改。EPROM 型单片机内部的程序存储器是采用特殊 FAMOS 管构成的,程序一旦写入,还可以通过特殊手段加以修改。因此,EPROM 型单片机是深受研制人员欢迎的。

② RAM 存储器

通常,单片机片内 RAM 存储器容量为 64~256 字节,最多可达 64K 字节。RAM 存储器主要用来存放实时数据或作为通用寄存器、数据堆栈和数据缓冲器之用。

(3) I/O 接口和特殊功能部件

I/O 接口电路有串行和并行两种。串行 I/O 用于串行通信,它可以把单片机内部的并行 8 位数据(对于 8 位机)变成串行数据向外传送,也可以串行接收外部送来的数据并把它们变成并行数据送给 CPU 处理。并行 I/O 口电路可以使单片机与存储器或外设之间并行地传送 8 位数据(对于 8 位机)。

通常,特殊功能部件包括:定时器/计数器、A/D 和 D/A、DMA 通道和系统时钟等电路。定时器/计数器用于产生定时脉冲,以实现单片机的定时控制;A/D 和 D/A 转换器用于模拟量和数字量之间的相互转换,以完成实时数据的采集和控制;DMA 通道可以使单片机和外设之间实现数据的快速传送。总之,某一单片机内部究竟包括哪些特殊功能部件以及特殊功能部件的数量,是和它的型号有关的。

1.2.2 单片机系列

迄今为止,单片机制造商很多,主要有:美国的 Intel、Motorola、Zilog、NS、Microchip、Atmel 和 TI 公司,日本的 NEC(日电)、Toshiba(东芝)、Fujitsu(富士通)和 Hitachi(日立)公司,荷兰的 Philips、英国的 Inmos 和德国的 Siemens(西门子)公司等。

下面对一些著名公司的主流产品进行介绍。

1. 8 位单片机

(1) Intel 公司的 8 位单片机

Intel 公司的 8 位单片机可以划分为 MCS51 和 MCS251 两大系列。MCS51 又有以下子系列:

- 80C51RA — 无 ROM, 512B RAM, WDT
- 87C51RA — 8KB ROM, 512B RAM, WDT
- 87C51RB — 16KB ROM, 512B RAM, WDT

● 87C51RC — 32KB ROM, 512B RAM, WDT

它们具有以下特征：与 MCS51 指令集兼容，最大工作频率为 24MHz，8KB/16KB/32KB 片内程序存储器，512B 数据存储器，64KB 外部存储器，可编程 I/O 端口，3 个 16 位定时/计数器，4 级优先级中断源，快速脉冲编程算法，可编程串行通道，电源 IDLE 和 DOWN 模式，ONCE(在片仿真)模式，44 脚 PLCC 及 QFP 封装形式。

MCS251 包含以下子系列产品：

- 8xC251SA — 8KB ROM/OTPROM, 1KB RAM
- 8xC251SB — 16KB ROM/OTPROM, 1KB RAM
- 8xC251SP — 8KB ROM/OTPROM, 512B RAM
- 8xC251SQ — 16KB ROM/OTPROM, 512B RAM
- 8xC251TA — 8KB ROM, 1KB RAM
- 8xC251TB — 16KB ROM, 1KB RAM
- 8xC251TP — 8KB ROM, 512B RAM
- 8xC251TQ — 16KB ROM, 512B RAM

从 MCS51 到 MCS251，Intel 公司提供了快速、容易和高性价比的升级解决方案。新的内核提供了 15 倍的性能提升，二进制代码和引脚与 MCS51 兼容，可编程的计数阵列 (PCA) 支持实时钟捕捉和比较、高速输出和 PWM，页模式配置将获取外部指令的性能提高 1 倍，可编程的等待状态使得存取外部存储器更加灵活，支持具有 4 个优先级的 7 个中断源，片外寻址空间达 256KB，片内 512/1KB。

(2) Philips 公司的 8 位单片机

Philips 公司的产品线非常丰富，有 LPC900、P89LPC90x、P89LPC91x、51MX、LCP700 和标准 80C51 多种系列。其中标准 80C51 系列主要产品如表 1.1 所示。

表 1.1 Philips 的标准 80C51 系列产品

产品型号	存储器			定时/计数器				I/O	串口	特性 (V)	A/D	中断 Ext.	频率 (MHz)
	Flash	OTP	RAM	#	PWM	PCA	WD						
80C31 /80C32			128~ 256	3	N	N	N	32	UART	2.7~5.5		6(2)	33
8xC51 /8xC52		8KB	128~ 256	3	N	N	N	32	UART	2.7~5.5		6(2)	33
8xC54 /8xC58		16~ 32KB	256	3	N	N	N	32	UART	2.7~5.5		6(2)	33
80/3C552		8KB	256	3	Y	N	Y	48	UART/I ² C	2.7~5.5	10/8	15(2)	24
87C552		8KB	256	3	Y	N	Y	48	UART/I ² C	2.7~5.5	10/8	15(2)	16
87C554		16KB	512	3	Y	N	Y	48	UART/I ² C	2.7~5.5	10/8	15(2)	16
8xC592		16KB	512	3	Y	N	Y	48	UART/CAN		10/8	Y	16
8xCE598		32KB	512	3	Y	N	Y	48	UART/CAN		10/8	Y	16

从上表可以看出，I/O 接口丰富是 Philips 单片机的一大特征。

(3) Microchip 公司的 8 位单片机

美国 Microchip 公司生产的 PIC 系列单片机具有价格低、速度高、功耗低和体积小等特点,并率先采用 RISC 技术。该公司的 8 位 PIC 系列单片机的市场占有率已从 1990 年的第 20 位提高到 1996 年的前 5 位,现已成为嵌入式单片机的主流产品之一。

PIC 系列单片机分低挡、中档和高档三个层次,指令条数分别是 33 条、35 条和 58 条,均向上兼容。PIC 系列单片机内部采用哈佛双总线结构,数据和程序分开传送,有效地避免了 CISC 设计中经常出现的处理瓶颈;两级指令流水线结构允许 CPU 在执行本条指令时也能取出下条指令的指令码,这就可以使 CPU 的工作速度得到很大提高。Microchip 基于 EPROM 的 OTP 技术(实际上是不带窗口的 EPROM),它比熔丝式 PROM 更为可靠,更能满足客户需求。PIC 系列单片机内部资源丰富,用户可根据需要选取。

PIC 分为 5 个系列: PIC12、PIC14、PIC16、PIC17 和 PIC18。其中 PIC18 产品线(部分产品)如表 1.2 所示。

表 1.2 Microchip PIC18 产品线(部分产品)

产品型号	存储器 类型	容量 (KB)	EEPROM (B)	RAM (B)	I/O	ADC(位)	比较器	接口	频率 MHz
PIC18C242	OTP	16	0	512	23	5/10	0	AUSART/MPIC/SPI	40
PIC18C601	OTP		0	1536	26	8/10	0	AUSART/MPIC/SPI	25
PIC18F1220	Flash	4	256	256	16	7/10	0	EUSART	40
PIC18F248	Flash	16	256	768	23	5/10	0	AUSART/MPIC/SPI	40
PIC18F252	Flash	32	256	1536	23	5/10	0	AUSART/MPIC/SPI	40
PIC18F2525	Flash	48	1024	3968	25	10/10	2		40
PIC18F4220	Flash	4	256	512	36	13/10	2	AUSART/MPIC/SPI	40
PIC18F448	Flash	16	256	768	34	8/10	2	AUSART/MPIC/SPI	40
PIC18F4525	Flash	48	0	3968	36	13/10	2		40
PIC18F6410	Flash	16	0	1024	54	12/10	2	USART/2MPIC/SPI	40
PIC18F8625	Flash	96	1024	3938	70	16/10	2	2USART/2PIC/2SPI	40

(4) Atmel 公司的 8 位单片机

美国 Atmel 公司是世界上著名的高性能、低功耗、非易失性存储器和数字集成电路的制造公司。Atmel 公司最令人注目的是 E²PROM 和闪烁(Flash)存储器技术,一直处于世界领先地位。该公司把 E²PROM 和 Flash 存储器技术巧妙地运用于单片机,并采用多种封装形式和高标准质量检测。

Atmel 单片机可分为 AT89、AT90、AT91 和智能 IC 卡等四个系列,这些单片机内部含有 Flash 存储器,故它们在便携类产品中大有用武之地。Atmel 单片机按使用环境可分为 C(商业)档、I(工业)档、A(汽车)档和 M(军用)档,其中 M 档产品可在 -55℃~+150℃的环境中使⽤。因此,Atmel 单片机除广泛用于计算机外部设备、通信设备、自动化工业控制、仪器仪表和各种消费类产品中以外,还在航空航天仪表、雷达系统、导弹、智能自适应仪器、机器人和各类武器系统中具有广泛的应用。

AT89 系列单片机可分为标准型、低档型和高档型三类,均属于 8 位机。标准型单片机有 AT89C51、AT89C52、AT89LV51、AT89LV52、AT89C55、AT89S8252 和 AT89S4D12 等型号,其中:数字 9 表示内含 Flash 存储器,C 表示 CMOS 工艺,LV 表示低电压,S 表示含有串行下载 Flash 存储器,51、1051 和 8252 等表示型号。

AT90 系列单片机属于增强型 RISC 片载 Flash 8 位单片机,通常简称为 AVR 单片机。AVR 单片机具有很高的 MIPS/mW 能力,内部采用哈佛结构,可直接访问 8MB 的 ROM 存储器和 8MB 的 RAM 存储器,允许采用 C 语言编程。

其中,Atmel 8051 构架单片机主要产品如表 1.3 所示。

表 1.3 Atmel 8051 构架单片机产品

Device	Flash (KB)	Vcc (V)	EEP ROM (KB)	Msk ROM (B)	OTP (KB)	F-max (MHz)	16 bit Tmr	SPI	10bit A/D (chs)	ISP	UART	W. dog	IAP
AT83C5103		3~5.5		12		16	2	Y					
AT87C5103		3~5.5			12	16	2	Y					
AT89C2051	2	2.7~6.0				24	2				1		
AT89C51	4	4.0~6.0				33	2				1		
AT89C52	8	4.0~6.0				33	3				1		
AT89LS51	4	2.7~6.0				16	2			Y	1	Y	
AT89LS52	8	2.7~6.0				16	3			Y	1	Y	
AT89LS53	12	2.7~6.0				12	3	Y		Y	1	Y	
AT89LV51	4	2.7~6.0				16	2				1		
AT89LV52	8	2.7~6.0				16	3				1		
AT89LV55	20	2.7~6.0				12	3				1		
AT89S51	4	4.0~6.0				33	2			Y	1	Y	
AT89S52	8	4.0~6.0				33	3			Y	1	Y	
AT89S53	12	4.0~6.0				24	3	Y		Y	1	Y	

(5) Motorola 公司的 8 位单片机

Motorola 公司于 1979 年推出真正的单片机 M6801,采用 NMOS 工艺,内含 2.5 万只晶体管。1982 年,该公司又研制成结构更为简单的 M6804 系列单片机,采用内部串行结构和动态 RAM 技术。1983 年,Motorola 公司采用 HCMOS 技术再次推出 M68HC05 系列单片机,其速度要比 M6805 快 3~4 倍,I/O 功能更强,功耗更低。

迄今为止,Motorola 的 M6805 系列、M68HC05 系列和 M68HC11 系列单片机是国际上应用最广泛的 8 位主流机型之一,约占 8 位机市场的 30% 份额。因此,Motorola 公司对推动单片机技术的发展具有举足轻重的影响。

M68HC11 系列单片机是 Motorola 公司的 8 位高性能单片机,于 1984 年推出,采用 HCMOS 工艺制造,具有灵活的 CPU、大量面向控制的外围接口以及更加复杂的 I/O 功能。M68HC11 单片机和 M6800、M6801、M68HC05 等在软件上向上兼容,全部采用静态

半导体技术,故可进一步降低功耗。其主要特点为:CPU有两个8位或一个16位累加器和两个16位变址寄存器,新增了可用于16位变址运算、16位乘除运算、位操作和功耗操作等指令,共有指令91条,总线速度高达4MHz;片内ROM存储器为0~32KB,片内RAM存储器为192~1250字节,E²PROM容量为4~32KB,E²PROM为0~2KB;片内I/O功能丰富而灵活,大多数I/O引脚都由数据方向寄存器DDR控制,输出带锁存和输入带缓冲,可带多路8位A/D和8位PWM,串行通信接口SCI和串行外围接口SPI,前者用于全双工UART异步通信,后者用于单片机与外设或单片机与单片机之间的高速数据通信;片内定时器具有输入捕捉和输出比较功能,监视定时器可以起Watchdog功能;4路DMA可以加速存储器和外部设备间的数据传送,一个MMU(Memory Management Unit)可以使原来寻址64KB的物理空间扩展到1MB,16位片内协处理器还可使乘除法操作速度提高10倍。

M68HC11系列单片机的工作温度范围广、可靠性高、抗干扰能力强,内部资源丰富,因此,这类单片机在工业控制、仪器仪表和家用电器等方面得到广泛应用,现已成为欧美汽车行业的一种工业标准。最近, Motorola 公司还专门开发成功了一种适用于M68HC11的模糊控制软件,进一步促进了它的应用。

2. 16位单片机

(1) Intel公司的16位单片机

如同8位单片机一样, Intel公司的16位单片机也包括两个系列: MCS96和MCS296。

MCS96系列作为通用的16位嵌入式处理器具有非常广泛的应用。其高性能的寄存器到寄存器构架特别适合复杂的实时控制应用,如硬盘控制器、MODEM、打印机和马达控制。寄存器构架消除了累加器瓶颈,具有快速的上下文切换能力。其信号处理速度大大提高,在20MHz主频工作环境下, HSI、HSO和EPA处理时间分别是900ns、800ns和200ns。MCS96系列有3条产品线: EPA(事件处理阵列)系列、HSIO(高速IO)系列和Motor Control(马达控制)系列。

EPA产品线包括的产品有:

- 8xC196NT — 1M外部寻址空间, 20MHz
- 8xC196NP — 1M外部寻址空间, 3个PWM输出, 20MHz
- 8xL196NP — 低功耗(3V@13MHz)
- 80C196NU — 50MHz
- 80C196EA — 4KB RAM, 40MHz

HSIO系列产品有:

- 8xC196KB — 8KB ROM, 8KB OTPROM, 4输入/6输出HSIO, 8通道10位A/D
- 8xC196KC — 16KB ROM, 16KB OTPROM, 8/10位A/D, 3个PWM输出
- 8xC196KD — 32KB ROM, 32KB OTPROM

Motor Control系列产品有:

- 8xC196MC/MH — 16KB预编程ROM, 16KB ROM, 16KB OTPROM, WFG,

EPA

- 8xC196MD — 8xC196MC/MH 全部, 频率发生器

上述产品的关键特征是: 动态可配置总线, 支持 HOLD#、HLDA#总线协议, 多达 10 个通道的事件处理器阵列, 8 通道 HSIO 子系统, WFG(波形产生器), 8 通道 8/10 位 A/D 转换器, 3 通道 PWM 输出, 2 个 16 位定时/计数器, 全双工同步串行端口, IDLE 和 DOWN 电源管理模式, 直接通讯模式的从端口。

MCS296 产品 80296SA 增强了数学处理能力(16 MIPS), 使之更加适合数字信号处理和反馈控制。芯片工作频率达 50MHz, 与 MCS196 二进制代码兼容, 因采用流水线结构可减少指令的执行时间, 寻址空间 6MB, 40 位累加器和 80ns 的乘加执行时间增强了信号处理能力。

(2) Motorola 公司的 16 位单片机

Motorola 公司生产的 M68HC16 系列 16 位单片机是为嵌入式控制应用而设计的。该系列芯片内部除含有一个 16 位 CPU 和 16 位指令系统电路以外, 还有三个 16 位变址寄存器和两个 16 位累加器, 寻址能力为 $2 \times 1\text{MB}$, 指令的源代码和 M68HC11 兼容, 支持高级语言。

3. 32 位单片机

(1) Motorola 公司的 32 位单片机

M68300 是 Motorola 公司生产的 32 位单片机系列。这类单片机内部含有一个基于 M68000 的 32 位 CPU 模块和大量其他专用模块。M68300 单片机内部的地址总线有 32 位, 外部地址总线有 24 位, 8 个 32 位通用数据寄存器和 7 个 32 位通用地址寄存器, 并能在不工作期间设置成低功耗 STOP 模式。M68300 系列单片机设计灵活, 性能优良, 能与原有的 M6805、M68CH05 和 M68CH16 等单片机在硬件和软件上兼容。

(2) Hitachi 公司的 32 位单片机

Super H(简称 SH)系列单片机是日本 Hitachi 公司生产的 32 位单片机系列。SH 系列单片机采用 RISC 结构, 数据处理速度快、功能强、功耗低, 也是目前世界上广泛应用的 32 位单片机之一。

SH 系列单片机可分为基本型 SH-1、改进型 SH-2、低功耗型 SH-3 和增强型 SH-4 四类。在 SH-1 中, 有 SH7034、SH7032、SH7021 和 SH7020 四个型号; SH-2 采用 Cache 结构, 片内无 ROM 和 RAM, 仅有 SH7604 一种型号; SH-3 是低功耗型, 允许在 2.25V 电源电压下运行, 有 SH7702、SH7708 和 SH7709 三种型号; SH-4 正在研制中。

SH-3 内部有一个 32 位的 RISC 型 CPU, 片内有 4 路 8KB Cache 和存储器管理单元 MMU, 运算速度高达 100MIPS(60MHz 时钟)。SH-3 片内的专用模块有多功能定时器(三通道 32 位定时器和一个监视定时器 WDT)、二通道 DMAC、串行通信接口 SCI、中断控制器 INTC(内部中断 14 个和外部中断 17 个)、片内时钟发生器 CPG、锁相环电路、实时时钟 RTC、用户断点控制器、总线控制器 BSC 和 I/O 接口等。

SH 系列 32 位单片机的独特优点是对数据的极高处理能力。这可以使它广泛用于多媒体、蜂窝电话、硬盘和光盘驱动器、激光打印机、扫描仪、数字通信、数字相机、可视电话、智能汽车、PDA 个人数字助理和高档游戏机等嵌入式控制中。