

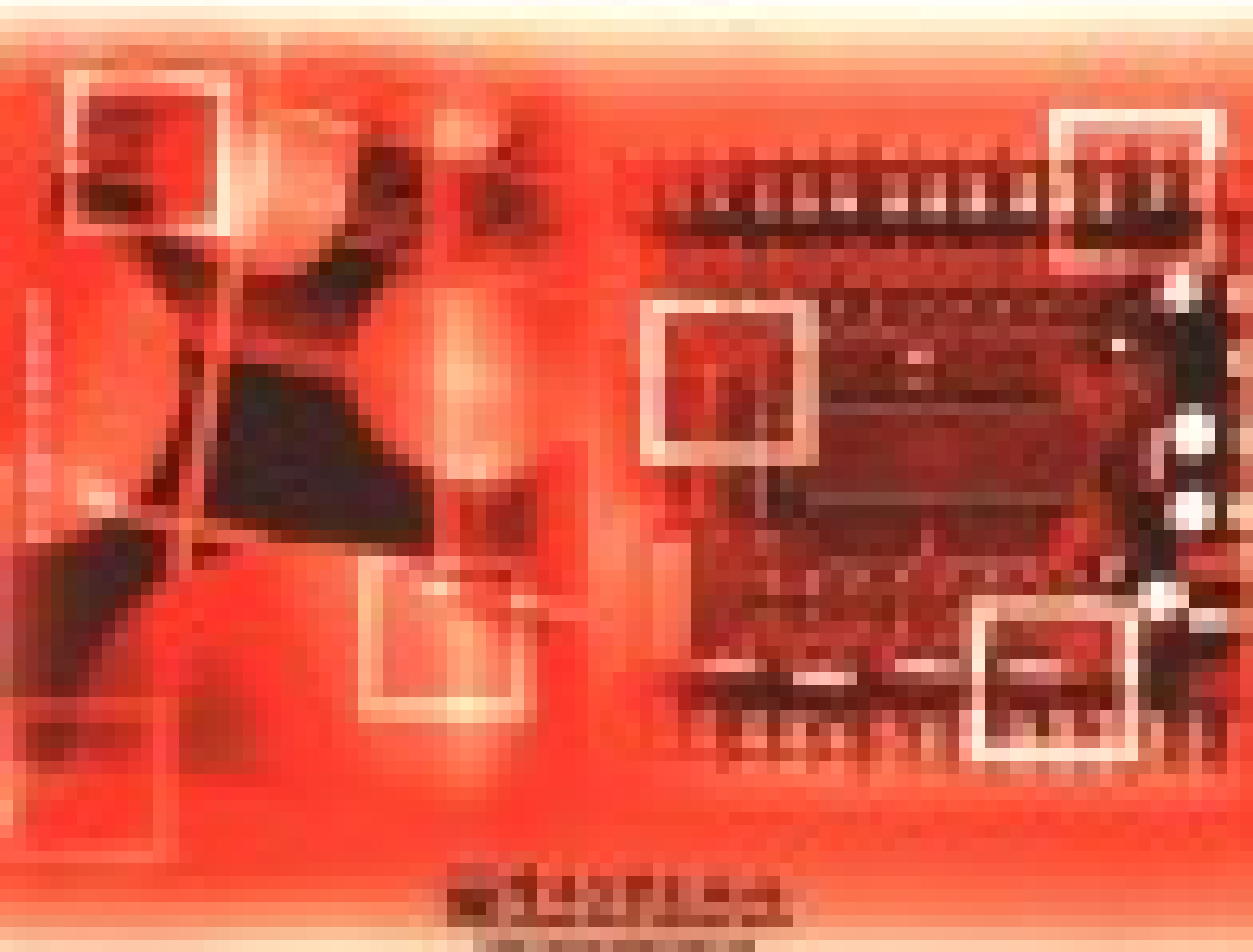
单片机技术及应用

◎ 杨文龙 编著

本书配有电子版源代码

单片机技术及应用

— 第二版 —



TP368.1/429

2008

单片机技术及应用

杨文龙 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍 MCS—51 系列单片机的硬件结构、指令系统、程序设计、接口技术、开发系统及应用系统。本书同时还结合许多典型的实例对单片机应用的设计方法、开发手段和调试步骤作详尽介绍,力求做到理论联系实际。每章均安排有一定数量的习题。

本书内容丰富、实用性强,可作为中等职业学校电子技术专业等有关专业教材,亦适用从事开发计算机应用的研究人员和工程技术人员阅读。

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

单片机技术及应用/杨文龙编著. —北京:电子工业出版社, 2008. 2

ISBN 978-7-121-05412-9

I. 单… II. 杨… III. 单片微型计算机—专业学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 202462 号

策划编辑:蔡 葵

责任编辑:蔡 葵

特约编辑 李印清

印 刷:北京市通州大中印刷厂

装 订:三河市万和装订厂

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:16 字数:408 千字

印 次:2008 年 2 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:23.90 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 zltts@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

单片机是单片微型计算机 (single chip microcomputer) 的简称, 又叫做微控制器 (microcontroller), 是微型计算机技术发展的一个重要分支。单片机是集 CPU, ROM/RAM, I/O 接口于统一芯片的大规模集成电路。自单片机问世之后, 与通用微型计算机形成两个分支, 有各自的技术特征、发展方向和应用领域。单片机具有体积小、功能强、可靠性高和功耗低等独特的优点, 以满足各类测控的需要。

本书以美国 Intel 公司的 MCS—51 系列高档 8 位单片机为阐述对象, 系统地介绍单片机的结构原理和应用技术。本书共分八章, 第 1 章扼要介绍单片机的发展概况、单片机的特点和应用以及当前单片机主要系列产品的性能; 第 2 章以国际上知名度高、应用广泛的 MCS—51 系列单片机为主体, 介绍其基本结构和性能; 第 3 章重点介绍 MCS—51 的指令系统和程序设计基础, 通过对本章的学习, 使读者能更透彻地了解 MCS—51 的功能, 同时为编程应用打下基础; 第 4 章介绍 MCS—51 的中断系统、定时器和串行口的功能和应用; 第 5 章介绍 MCS—51 系统的扩展技术, 包括扩展 ROM、RAM 和并行 I/O 口; 第 6 章介绍 MCS—51 系统的实用接口技术, 主要内容有: 显示器/键盘接口、打印机接口、A/D 和 D/A 转换器接口; 第 7 章简要介绍与 MCS—51 兼容的派生型单片机, 内容包括 Atmel 和 Philips 内含 flash memory 作为程序存储器的单片机。本书所列举的应用实例有许多是作者在教学和科研实践中的经验总结, 并从教学的角度出发, 精心挑选和简化而来的, 使得每一例子都能体现所在章节中的重点。每章均附有习题, 供读者课后练习。编写本书时, 注意了理论和实践相结合, 力求做到既有一定的理论基础, 又能运用理论解决实际问题, 既掌握一定的先进技术, 又着眼于为当前的应用服务。

本课程的参考学时数为 60 学时。

广东省信息产业集团副总经理兼广东省电子技术学校校长廖益教授对本书的编写给予了积极的支持和帮助, 在此表示诚挚的感谢。由于作者水平有限, 书中难免还存在一些缺点和错误, 殷切希望广大读者批评指正。

为了方便教师教学, 本书还配有源程序代码 (电子版)。请有此需要的教师登录华信教育资源网 (www.huaxin.edu.cn 或 www.hxedu.com.cn) 免费注册后再进行下载, 有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系 (E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

作者

2008.2 于广州

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 单片机的内部结构和特点	1
1.1.1 单片机的内部结构	1
1.1.2 单片机的特点	2
1.2 单片机的发展概况	3
1.2.1 单片机的发展状况	3
1.2.2 单片机技术发展趋势	5
1.3 单片机的应用领域	7
习题 1	8
第 2 章 MCS—51 系列单片机的结构	9
2.1 MCS—51 的结构和引脚	9
2.1.1 MCS—51 的结构框图	9
2.1.2 引脚定义及功能	10
2.2 存储器组织和位处理器	12
2.2.1 MCS—51 存储器组织	12
2.2.2 程序存储器	13
2.2.3 数据存储器	14
2.2.4 特殊功能寄存器 (SFR)	16
2.2.5 位 (布尔 boolean) 处理器	19
2.3 并行 I/O 口	20
2.3.1 并行 I/O 口的结构	20
2.3.2 并行 I/O 口的操作	22
2.4 时钟和 CPU 时序	23
2.4.1 振荡器和时钟电路	23
2.4.2 CPU 时序	24
2.5 复位、掉电处理及编程操作	26
2.5.1 复位 (reset)	26
2.5.2 掉电保护操作	28
2.5.3 CHMOS 型 80C51 的节电工作方式 (power saving mode)	28
2.5.4 8751 片内 EPROM 的编程和校验方式	29
2.5.5 8951 片内快闪存储器 (flash memory) 编程和校验方式	31
习题 2	33

第3章 MCS—51 单片机的指令系统和程序设计	35
3.1 指令格式和寻址方式	35
3.1.1 程序设计语言	35
3.1.2 指令格式	36
3.1.3 寻址方式	40
3.2 指令系统	44
3.2.1 数据传送指令	45
3.2.2 算术运算指令	50
3.2.3 逻辑运算指令	55
3.2.4 控制转移指令	57
3.2.5 位操作指令	63
3.3 程序设计举例	64
3.3.1 查表程序	64
3.3.2 分支程序	67
3.3.3 循环程序	71
3.3.4 逻辑操作程序	74
3.3.5 运算程序	74
习题3	78
第4章 中断系统、定时器/计数器和串行 I/O 口	82
4.1 MCS—51 中断系统	82
4.1.1 中断的基本概念	82
4.1.2 MCS—51 中断控制机构	84
4.1.3 中断控制	85
4.1.4 用软件模拟第3级中断优先级	88
4.1.5 中断响应过程	88
4.1.6 中断请求的撤除	90
4.1.7 外部中断	91
4.1.8 单步操作	93
4.2 定时器/计数器	94
4.2.1 定时器/计数器的结构	94
4.2.2 定时器的方式寄存器和控制寄存器	95
4.2.3 定时器的工作方式	96
4.2.4 定时器 T2 (仅用于 8052/8032)	100
4.2.5 定时器/计数器的编程和应用举例	104
4.3 串行接口	112
4.3.1 串行通信的基本概念	112
4.3.2 MCS—51 串行口的控制	114
4.3.3 串行口的工作方式	116
4.3.4 波特率设置	118
4.3.5 串行口的编程和应用举例	120
4.3.6 多机通信系统	124
习题4	129

第5章 MCS—51 系统的扩展	131
5.1 MCS—51 扩展系统的组成	131
5.2 Flash 程序存储器的扩展	133
5.2.1 Flash 存储器特性	133
5.2.2 28F256 Flash	134
5.2.3 用 28F256 Flash 扩展外部程序存储器	138
5.3 数据存储器的扩展	141
5.3.1 静态 RAM	141
5.3.2 扩展外部数据存储器	143
5.4 并行 I/O 口的扩展	144
5.4.1 用不可编程的接口芯片扩展 I/O 口	145
5.4.2 用 8255A 可编程并行接口芯片扩展 I/O 口	146
习题 5	159
第6章 单片机系统的接口技术	161
6.1 显示器和键盘接口	161
6.1.1 LED 数码显示器的接口与编程	161
6.1.2 键盘接口与编程	168
6.1.3 键盘/显示系统	174
6.2 打印机接口	185
6.2.1 TP— μ P—16A 微型打印机简介	185
6.2.2 微型打印机与 MCS—51 单片机的连接	187
6.3 D/A 和 A/D 转换接口	189
6.3.1 D/A 转换接口技术	189
6.3.2 A/D 转换接口技术	193
习题 6	196
第7章 MCS—51 派生型单片机	197
7.1 ATMEL 89 系列 Flash 单片机	197
7.1.1 AT89 系列单片机分类	197
7.1.2 AT89C51/52 单片机	198
7.1.3 AT89C1051/2051 单片机	201
7.1.4 AT89S51/52 系列单片机	208
7.2 Philips P89C51RX2 系列单片机	219
7.2.1 P89C51RX2 系列单片机综述	219
7.2.2 P89C51RX2 系列单片机内部结构	219
7.2.3 P89C51RX2 系列单片机引脚功能	220
7.2.4 存储器组织	221
7.2.5 P89C51RX2 特殊功能寄存器 SFR	222
7.2.6 时钟模式	222
7.2.7 中断优先级结构	225
7.2.8 降低 EMI (Electro Magnetic Interference 电磁干扰)	227
7.2.9 双数据指针寄存器 DPTR	227

7.2.10 可编程计数器阵列 PCA (Programmable Counter Array)	228
7.2.11 硬件监视定时器 WDT (Watchdog Timer)	235
7.2.12 P89C51RX2 在系统编程 (ISP) 和在应用中编程 (IAP)	235
习题 7	237
附录 A MCS—51 单片机汇编指令表	238
附录 B MCS—51 单片机反汇编指令表	244
参考文献	247

第1章 概述

自1975年美国德克萨斯仪器公司（Texas Instruments）的第一个单片微型计算机（简称单片机）TMS—1000问世以来，迄今为止，单片机技术已成为计算机技术的一个独特分支，其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都扮演着极其重要的角色。本章主要介绍单片机的发展概况，单片机的特点和应用。读者通过对本章的学习，能够对单片机有一个初步的认识，对单片机的主要系列产品的功能有所了解。

1.1 单片机的内部结构和特点

1.1.1 单片机的内部结构

最基本的微型计算机通常由以下几部分组成：

- (1) 中央处理器（CPU），包括 ALU、控制器和寄存器组；
- (2) 存储器，包括 ROM 和 RAM；
- (3) 输入/输出（I/O）接口，与外部输入/输出设备连接。

随着超大规模集成电路技术的发展和计算机微型化的需要，把上述微型计算机的基本功能部件全部集成在一块半导体芯片上，使得一块集成电路芯片就是一部微型计算机，这种集成电路芯片被称为单片微型计算机（single chip microcomputer），简称单片机。单片机除了具备一般微型计算机的功能外，为了增强实时控制能力，绝大部分单片机的芯片上还集成有定时器/计数器；某些单片机还带有 A/D 转换器等功能部件。一个典型的单片机的内部结构如图 1.1 所示。

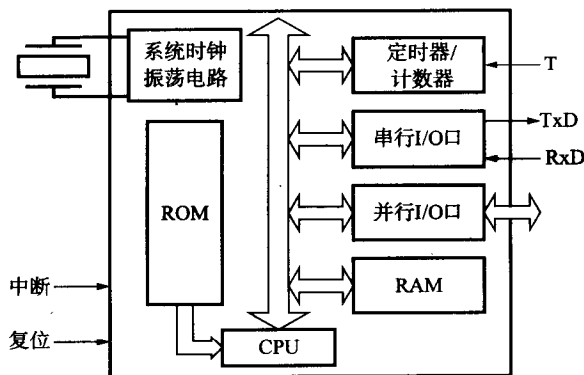


图 1.1 典型单片机的内部结构

单片机结构上的设计主要是面向控制的需要,因此,它在硬件结构、指令系统和 I/O 能力等方面均有其独特之处,其显著的特点之一就是具有非常有效的控制功能。为此,单片机又称为微控制器 (Microcontroller)。所以,单片机不但与一般的微处理机一样,是一个有效的数据处理机,而且还是一个功能很强的过程控制机。从某种意义上讲,一块单片机就具有相当于一台单板 (多片) 微型计算机的功能,只要加上所需的输入/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。

1.1.2 单片机的特点

所谓单片机,就是一块芯片上集成了 CPU, ROM, RAM, 定时/计数器和多种 I/O 接口电路等而具有一定规模的微型计算机。单片机与通用微型计算机相比较,在硬件结构、指令设置上均有其独到之处,主要特点如下。

1. 在存储器组织上采用哈佛 (Harvard) 结构

所谓哈佛结构,是指其数据存储空间与程序存储空间相互分离开来 (Harvard Aiken 在 1944 年为 IBM 公司推出的 Mark 1 中,提出 Harvard 结构,并在 1946 年由 John Mauchly 采用了 Harvard 结构设计出第一台电子计算机 ENIAC); 而不太采用目前计算机常用的冯·诺依曼 (Von Neumann) 结构,即数据与程序合用一个存储空间 (这是由 John Von Neumann 提出,并在 1951 年诞生 EDVAC 计算机)。

采用 Harvard 结构,主要是考虑到单片机主要面向控制,程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM 严格分工。通常需要较大容量的 ROM,ROM 只存放已调试好的控制程序、常数及数据表格,还需要一定容量的 RAM,用于存放少量的随机数据、变量及用作工作区。这样小容量的数据存储器能以高速 RAM 的形式集成在单片机内,加快程序运行速度。RAM 并不是作高速数据缓冲存储器 (Cache) 用。

2. 采用面向控制的指令系统

为满足控制的需要,单片机的逻辑控制能力要优于同等级的 CPU,特别是单片机具有很强的位处理能力。单片机的运行速度也较高。

3. 单片机的 I/O 引脚通常是多功能的

由于单片机芯片上引脚数有限,为了解决实际引脚数和需要的信号线数的矛盾,采用了引脚功能复用的方法,引脚处于何种功能,可由指令来设置或由机器状态来区分。

4. 系列齐全,功能扩展性强

单片机有内部掩膜 ROM、内部 EPROM 和外接 ROM 等形式,并可方便地扩展外部的 ROM, RAM 及 I/O 接口,与许多通用的微机接口芯片兼容,对应用系统的设计和生产带来极大的方便。

5. 单片机的功能是通用的

单片机虽然主要作控制器用,但在功能上还是通用的,可以像一般微处理器那样广泛地应用在各个方面。

1.2 单片机的发展概况

1.2.1 单片机的发展状况

大规模集成电路工艺技术的进一步发展,导致微型计算机正沿着两个引人注目的方向前进:一是高性能的32/64位微型机及其系列化,向大、中型计算机挑战;二是微型计算机的单片化,使一块芯片不仅包含CPU,而且还集成了必要的存储器及I/O接口电路等功能部件,构成一台体积小、价格低、功能强、能适应各种控制领域需要的单片微型计算机。1975年,德克萨斯仪器公司首先推出世界上第一个4位单片机TMS—1000型,随后各厂商竞相研制和开发各种单片机。目前单片机的产品已达50多种系列,300多种型号;就字长而言,主要是4位、8位、16位和32位4种。

1. 4位单片机

单片机的开发和应用是从4位机开始的,由于4位单片机的字长为4位,一次并行处理(运算或传送)4位二进制数据,因此其内部结构简单,从而最早问世。自1975年以来,几乎所有的4位微型计算机全是单片结构了。4位单片机包括美国国家半导体NS(National Semiconductor)公司的COP4XX系列和日本电气(NEC)公司的 μ PD75XX系列等,这两种系列的单片机产量约占4位机产量的50%,主宰了4位机的市场。

另外,美国洛克威尔(Rockwell)公司的PPS/I系列、德克萨斯仪器公司的TMS—1000系列、日本松下(National)公司的MN1400系列、富士通(Fujitsu)公司的MB88系列和夏普(Sharp)公司的SM系列等都占有4位单片机一定的市场。

4位单片机不仅结构简单,价格低廉,而且功能灵活,既有相当的数据处理能力,又具备较强的控制能力。例如COP400系列的典型4位单片机COP444L,为NMOS低功耗28脚双列直插封装的单片机,片内包含4位CPU、时基计数器,串、并行I/O接口和存储器等,存储器的ROM为 $2K \times 8$ 位, RAM为 128×4 位,并具有矢量中断功能;又如NEC公司的 μ PD75308,片内的ROM可达 $8K \times 8$ 位, RAM为 512×4 位, I/O引脚数为58根,还可直接驱动LCD(Liquid Crystal Display)。

由于4位单片机具有较高的性能价格比,主要用于汽车电子、网络设备、手持设备、数码相机、家用电器、民用电子装置和电子玩具等领域。近年来,4位单片机的产量虽仍很大,但在单片机生产中的比重正逐年下降,其主角地位已让位于8位单片机。

2. 8位单片机

1976年9月,美国英特尔(Intel)公司首次推出了MCS—48系列8位单片机,这是第一个完全的8位单片机。它在一块芯片上包含了8位CPU、1KB(字节)的ROM、64B的RAM、27根I/O接口引脚端、1个8位定时器/计数器和2个中断源。随后,1977年莫斯特克(Mostek)和仙童(Fairchild)公司共同合作生产了3870(F8)系列的8位单片机;1978年摩托罗拉(Motorola)公司推出了6801系列的8位机。此后,各种8位单片机也纷纷应运而生。

在1978年以前,各厂家生产的8位单片机,由于受集成度(几千只管/片)的限制,一

般都没有串行 I/O 接口, 并且寻址空间的范围小 (小于 8KB), 从性能来看, 属于低档 8 位单片机, 如 Intel 的 MCS—48 系列和 Fairchild 的 F8 系列。

随着集成电路工艺水平的提高, 在 1978 年到 1983 年期间, 电路集成度提高到几万只管/片, 因而一些高性能的 8 位单片机相继问世。例如, 1978 年 Motorola 公司推出的 MC6801 系列、齐洛格 (Zilog) 公司的 Z8 系列, 1979 年 NEC 公司的 μ PD78XX 系列, 1980 年 Intel 公司的 MCS—51 系列, 美国微芯科技公司 (Microchip Technology) PIC12F/16F/17F 系列, 爱特梅尔 (Atmel) 的 AVR 系列等 8 位单片机。芯片的集成度在 52 000 只管/片 (MC6800) 到 60 000 只管/片 (MCS—51) 之间。这类单片机的寻址能力达 64~128KB, 片内 ROM 容量达 4~64KB, RAM 达 128~256B, 片内除了带有并行 I/O 口外, 还有串行 I/O 口, 某些甚至还有 A/D 和 D/A 转换功能。因此, 这类单片机被称为高档 8 位单片机。

在高档 8 位单片机的基础上, 近年来推出了功能更强大的超 8 位单片机, 如 Intel 公司的 8X252, UPI—452, 83C152, Zilog 公司的 Super8, Motorola 公司的 MC68HC11 等, 其中不乏优异性能芯片, 它们不但进一步扩大了片内 ROM 或 RAM 的容量, 同时还增加了通信功能、DMA 传送功能以及高速 I/O 功能等。自 1985 年以来, 各种高性能、大存储容量、多功能的超 8 位单片机不断涌现, 它们将代表单片机发展的方向, 在单片机应用领域中发挥越来越大的作用。

8 位单片机由于其功能强、品种多, 正广泛应用于各个领域, 是目前单片机的主流机种。由于 8 位机的价格不断下降, 甚至比 4 位机的价格还要低, 近几年来出现了用 8 位机取代 4 位机的趋势, 4 位机市场相对萎缩, 估计今后几年内, 8 位单片机仍将作为主角活跃在单片机的舞台上。本书将以目前应用最广的 Intel 公司 MCS—51 系列单片机为主进行介绍, 它是我国优选应用的机种之一。

3. 16 位单片机

1983 年以后, 集成电路的集成度可达十几万个管/片, 16 位单片机逐渐问世。Mostek 公司的 68200 是第一个公布于世的 16 位单片机。但由于该公司经营不景气, 68200 一直没有得到很好的开发和应用。1985 年 Mostek 公司宣布倒闭, 68200 几乎绝迹。而后, 法国汤姆逊 (Thomson) 公司接管该公司, 并在 1986 年末推出了 CMOS 型的 68HC200 16 位单片机。

1983 年, Intel 公司研制出 16 位 MCS—96 系列单片机。该公司自 1985 年修正了早期 8096AH 的错误, 并推出相应的仿真器后, 才开始推广 8096 的应用。8096 是整个 MCS—96 系列的代表性的产品, 集成度为 12 万只管/片。根据其结构不同可分为: 48 引脚的双列直插式和 68 引脚的扁平式两种封装形式, 内含 16 位 CPU、8KBROM、232BRAM、5 个 8 位并行 I/O 口、4 个全双工串行口、4 个 16 位定时器/计数器、8 个通道的 10 位 A/D 转换器 (48 脚封装的只有 4 个通道)、8 级中断处理系统。8096 的硬件设置使它具有多种 I/O 功能, 例如, 具有高速输入/输出子系统 (HSIO), 具有脉冲宽度调制 PWM (Pulse Width Modulators) 输出, 具有特殊用途的监视定时器 (Watchdog Timer), 等等。1987 年末, Intel 公司还推出了 CMOS 型的 80C96。最近, Intel 公司又推出了 MCS—96 系列的新成员 8098, 它的结构与功能与 8096 类同, 内部 CPU 寄存器为 16 位, 但外部数据总线为 8 位, 这样在保持内部 16 位高速运算的条件下, 可使用户系统更简单。8098 类似于 8088CPU, 属于准 16 位单片机。由于 8098 单片机的价格较低廉, 也便于 I/O 接口, 因此受到广大用户的青睐, 成为产量较高的 16 位单片机之一。

NS, Motorola 和 NEC 公司在他们原有的 8 位单片机基础上, 也推出了 16 位单片机: HPC 16040, 783XX 和 68HC12 系列。其宗旨是使其仅为 8 位机的价格而具有 16 位机的功能, 例如, 68HC12 与 68HC11 指令在源码级兼容。然而, 68HC12 单片机与 68HC11 相比, 在总线速度上由 2~3MHz 提高到 8MHz, 还增加了一些新的指令, 特别是提供了模糊逻辑运算与模糊控制的指令。68HC12 的基本寻址空间仍为 64MB, 但可以采用自动分页的方式扩展应用程序到 256KB 甚至更多。这样做的优点是指令代码短, 程序代码效率高。由于它们的出现, 16 位单片机世界也正在开始热闹起来, 这将大大促进 16 位单片机的发展。

4. 32 位单片机

尽管 8 位单片机的市场份额依旧很大、生命周期依然较长, 16 位单片机的需求也在大幅上升, 但随着调制解调器、GPS、路由器、机顶盒、工作站、激光打印机等中高端应用需求的增长, 32 位单片机应运而生。例如 Motorola 公司推出的 MC68HC376, 它是一种高性能的 32 位单片机, 具有极强的数据处理、逻辑运算和信息存储能力, 且支持 BDM (Background Debug Mode) 模式。其主要功能模块包括 32 位 CPU、系统集成模块 (SIM)、4KB 备用 RAM、8KB 片内 ROM、10 位队列式的模数转换器 (QADC)、队列式串行通信模块 (QSM)、可构造时钟模块 (CTM4)、时间处理单元 (TPU)、3.5KB 静态 TPURAM 和 CAN 控制模块 (TOUCAN)。MC68HC376 的基本性能如下所示:

- (1) 24 位地址总线、16 位数据总线结构, 支持 32 位数据操作;
- (2) 2 个 8 位双功能 I/O, 1 个 7 位双功能 I/O, 16~44 个模拟量输入通道;
- (3) 具有系统保护逻辑, 同时可进行时钟监视和总线监视;
- (4) 速度快, 在 4.194MHz 的晶振下系统时钟可达 20.97MHz;
- (5) 功耗低, 具备低功率休眠功能;
- (6) 支持高级语言和背景调试。

此外, 瑞萨科技 (Renesas Technology)、飞利浦 (Philips)、英飞凌 (Infineon)、意法半导体 (ST Microelectronics)、飞思卡尔 (Freescale)、Atmel、富士通、三星 (Samsung) 等公司的单片机产品线均覆盖到了 32 位单片机产品。

1.2.2 单片机技术发展趋势

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来得到蓬勃发展, 单片机功能日渐完善。目前, 单片机在技术上有很大的进步, 主要体现在以下几方面。

1. 增强 CPU 的功能

提高 CPU 性能主要是提高 CPU 的运行速度和计算精度。目前采用的技术有: 扩大字长, 采用流水线结构、加强指令系统功能等。

2. 提高 CPU 运行速度

提高 CPU 运行速度主要措施是: 一方面提高 CPU 时钟频率, 如新一代与 MCS—51 系列兼容的单片机, 时钟频率由原来的 12MHz 提高到 16MHz, 24MHz, 33MHz, 40MHz, 甚至高达 60MHz; 另一方面减少每个机器周期的时钟数, 如新一代与 MCS—51 系列兼容的单片机, 由原来每个机器周期为 12 个时钟减少到 6 个时钟、4 个时钟, 甚至 2 个时钟, 指令的执

行速度为典型 MCS—51 的 2 倍、3 倍和 6 倍。另外,有些单片机采用 RISC (Reduced Instruction Set Computer, 精简指令集计算机) 技术,它与 CISC (Complex Instruction Set Computer, 复杂指令集计算机) 结构相比,缩减了指令条数,简化了寻址方式,使指令格式规整化,指令译码和指令执行硬件相对简单,从而提高执行指令的速度和效率。例如 Microchip 公司的 PIC16CXX 系列单片机和 Motorola 公司的 68HCXX 单片机。

3. 丰富的 I/O 接口

单片机集成了越来越丰富的 I/O 内部资源,例如增加 I/O 的数量 (8XC451)、设置高速 I/O 口、多种定时器/计数器、增加外部中断源、内含 A/D 和 D/A 转换器等,使用户几乎不需要扩充就能满足应用需要,不仅是开发简单,真正实现产品单片化,同时进一步提高系统稳定性和抗干扰能力,目前该方向逐渐发展为 SoC (System on Chip 片上系统)。

4. 多样化的串行总线

Intel 较早就在 MCS—51 系列单片机上设置了全双工串行口 UART,后来又增加了具有帧错误检测和自动地址识别的全双工串行口,称为增强 UART。而后,又推出了多规程高性能串行通信接口,称为全局串行通道 GSC。另外,某些机型还增加了 SEP (SEPIO/SEPL-CK) 串行口。

Philips 则在单片机中全力发展芯片间总线 (Inter IC),并引入 CAN (Controller Area Network) BUS 技术,推出 I²C BUS 和 CAN BUS 的单片机,对发展单片机的多机通信和网络系统具有重要意义。

Cypress 公司推出带 USB (Universal Serial Bus) 接口的单片机。目前,USB 接口在 PC 机上广为流行,这就使得单片机能更方便与 PC 机实现即插即用高速串行通信,具有更广阔的应用前景。

5. 增大容量存储器,增强寻址能力

许多单片机不但增大了片内存储器的容量,而且扩大了 CPU 的寻址范围,存储空间高达 64KB~2MB,从而也提高了系统扩展能力。片内程序存储器也从过去的掩膜 (Mask) ROM, EPROM, E²PROM 发展到现在流行的 Flash Memory。

6. 提供多种封装形式

广泛使用的双列直插塑封 PDIP (Plastic Dual in-line Package) 单片机很适合原型机的开发。为了电路板工艺需要以及单片机自身发展需要,不断推出多种封装形式,例如双列直插陶瓷封装 CDIP (Ceramic Dual in-line Package)、方形壁插塑封 PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier)、方形壁插塑陶瓷封装 CLCC (Ceramic Leaded Chip Carrier)、方形扁平焊装陶封 PQFP (Plastic Quad Flat Package)、超薄超小型封装 TSSOP (Thin Shrink Small Outline Package)、小型双列表面焊装塑封 VSO (Very Short pitch small Outline package) 等。

7. 提供在线编程和在线仿真功能

在线编程目前有以下两种不同方式。

(1) ISP (In-System Programming): 具备 ISP 性能的单片机内部集成 Flash 存储器,用

户可以通过下载线以特定的硬件时序在线编程,但用户程序自身不可以对内部存储器做修改。ATMEL89S51 系列属于这类产品。

(2) IAP (In-Application Programming): 具备 IAP 性能的单片机,厂家在出厂时内部写入了单片机引导程序,用户可以通过下载线对它在线编程,用户程序也可以自己对内存重新修改。这为工业实时控制和数据的保存提供了方便。SST 的 89 系列属于这类产品。

用户一旦开发了一个比较大的系统,调试变得非常复杂,同时由于单片机资源有限,不能像 PC 一样直接调试自己的软件,于是出现了品种繁多的专业仿真器,提供了强大的调试功能,加速了开发进程,降低了开发难度。然而,这类仿真器也给中小型用户带来了沉重的经济负担,目前已经有公司推出了可以在线仿真的单片机,这类单片机采用标准 JTAG 接口, JTAG 是一种标准 (IEEE 1149.1 兼容),是为测试芯片而制定的,目的是用 TCK, TDI, TDO 和 TMS 四个信号来测试芯片的内部状态。为什么测试芯片还需要专门制定标准呢?这是因为复杂芯片引脚太多,特别是还有些芯片一旦安装到多层电路板上就无法看到引脚,更不用说测量了,这时就可以在计算机软件的支持下通过 JTAG 接口,对芯片进行测量,如果各个公司的芯片都符合该标准,就可以将各个芯片的 JTAG 口串联起来(称菊花链),无论在电路板上有多少芯片,只需 4 个引脚,就可以测量电路板上的所有芯片。既然可以测量芯片,当然可以将数据写入芯片,在可编程逻辑器件的数据下载中也使用 JTAG 接口,出现了在系统编程 (ISP) 的概念,也就是,即使可编程逻辑器件安装到了系统中,也可以对其内部电路进行修改, JTAG 技术和 EDA 软件的进步,使可编程逻辑器件的开发与使用得到快速发展。TI MSP430 系列单片机就具备这类功能。

8. 低功耗和宽范围的电源电压

发展低功耗、低电压的单片机以满足低功耗应用系统需要。CHMOS 工艺的单片机功耗极低,有些单片机还具有程控待机 (Stand by) 方式,以进一步降低功耗。许多单片机工作电压范围大,而且能在低电源电压下工作。例如, NEC75XL 系列单片机允许工作电压范围为 1.8~5.5V。

目前,单片机正朝着强大的指令功能、大容量片上存储器、多功能 I/O 接口、宽范围电源电压和低功耗方向发展。

1.3 单片机的应用领域

由于单片机自身的特点,事实上在各领域得到了广泛的应用,它具有如下几方面的优点:

(1) 体积小、成本低、运用灵活、易于产品化,它能方便地组成各种智能化的控制设备和仪器;

(2) 面向控制,能针对性地解决从简单到复杂的各类控制任务,因而能获得最佳的性能价格比;

(3) 抗干扰能力强,适应温度范围宽,在各种恶劣的环境下都能可靠地工作,这是其他机种无法比拟的;

(4) 可以方便地实现多机和分布式控制,使整个控制系统的效率和可靠性大大提高。

单片机主要面向控制领域,特别适合于智能仪表、实时控制、家用电器控制等。下面仅

列举一些典型的应用。

(1) 工业控制：例如数控机床，温度控制，可编程顺序控制，电机控制，工业机器人，智能传感器，离散与连续过程控制等。

(2) 仪器仪表：例如智能仪器，医疗器械，液体和气体色谱仪，数字示波器等。

(3) 电信技术：例如调制解调器，声像处理，数字滤波，智能线路运行控制等。

(4) 办公自动化和计算机外部设备：例如图形终端机，传真机，复印机，打印机，绘图仪，磁盘/磁带机，智能终端机等。

(5) 汽车与节能：例如点火控制，变速控制，防滑车控制，排气控制，最佳燃烧控制，计费器，交通控制等。

(6) 导航与控制：例如导弹控制，鱼雷制导，智能武器装置，航天导航系统等。

(7) 商用产品：例如自动售货机，电子收款机，电子秤，银行计统机等。

(8) 家用电器：例如微波炉，电视机，录像机，音响设备，游戏机。

要开发单片机的应用，不但要掌握单片机硬件和软件方面的知识，而且还要深入了解各应用系统的专业知识，只有将这两方面的知识融会贯通和有机结合，才能设计出优良的应用系统。

习题 1

1. 何谓单片机？单片机与一般微型计算机相比，具有哪些特点？
2. 请用图示说明单片机的内部结构，并指出各单元部件的功用。
3. 选用具有 Flash memory 的单片机给用户带来哪些方便？有哪些在线编程方式？
4. 单片机主要应用在哪些领域？