

单片机与DSP应用丛书

MCS-51

单片机原理与应用实例

三恒星科技 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

单片机与 DSP 应用丛书

MCS-51 单片机原理与应用实例

三恒星科技 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

MCS-51 单片机是应用最广泛的微处理器,在中国有着广泛的用户。本书以 MCS-51 单片机为核心, MCS-51 学习开发板为基础介绍了 MCS-51 微处理器的基本结构、指令系统、汇编程序设计、扩展、定时器、中断、串口通信、A/D 转换等 MCS-51 微处理器的基本原理与应用。

本书可作为高等院校电子信息类、计算机类、自动控制类和光电信息类专业本科生的教材,也可作为从事 MCS-51 单片机应用开发的工程技术人员的参考资料。

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

MCS-51 单片机原理与应用实例 / 三恒星科技编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.1

单片机与 DSP 应用丛书

ISBN 978-7-121-05416-7

I. M… II. 三… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 179334 号

责任编辑: 竺南直 特约编辑: 熊小芸

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订:

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 字数: 562 千字

印 次: 2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 32.00 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。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

前 言

我国应用单片机技术已有近 30 年的历史，随着信息技术的飞速发展，单片机的应用越来越广泛。而 MCS-51 单片机在我国应用最广泛，学习和使用的人数也最多。

MCS-51 单片机是 Intel 公司在 1980 年最先推出的一种 8 位单片机系列的名称。目前属于这一系列的单片机芯片多达几十个厂家上百个品种，常用的有如 8051、AT89C51、SST89S52 等。MCS-51 系列单片机拥有成熟的技术和高性价比。与其配套的 MCS-51 系列单片机的各类开发系统、各类软件也越来越完善，如 Keil C51 软件，使得开发 MCS-51 系列单片机变得更加容易。

本书各个章节安排如下：

第 1 章介绍了单片机基本知识概述，包括单片机的发展，单片机的开发过程等基础知识；

第 2 章介绍了 MCS-51 单片机的结构，包括 MCS-51 单片机的内部结构及引脚，内部存储器结构，MCS-51 时序电路与 CPU 时序以及工作方式等；

第 3 章介绍了指令系统；

第 4 章介绍了汇编语言程序设计，包括伪指令以及单片机汇编语言程序的基本结构；

第 5 章介绍了存储器扩展，包括系统总线及总线结构，单片机程序存储器扩展和单片机数据存储器扩展；

第 6 章介绍了单片机的中断与定时系统；

第 7 章单片机的 I/O 接口与扩展，包括简单 I/O 口扩展，8255A 可编程通用并行接口芯片的扩展以及键盘接口技术；

第 8 章单片机的串行数据通信，包括串行口基本概念，串行接口的工作方式，设定波特率以及串行口编程等知识。

第 9 章介绍单片机与数/模及模/数转换器接口；

第 10 章介绍常用单片机外围接口电路，包括常用 LCD、常用串行总线、红外电路、IC 卡、数码管、RTL8019AS 的以太网接口以及步进电机等非常实用的技术。

第 11 章介绍了 MCS-51 系列单片机的开发与仿真，包括编译环境 KEIL C51 使用介绍和利用 SHX-51A 仿真器进行仿真等技术。

本书由北京三恒星科技公司编写，由于作者的学识和水平有限，难免有不足和错误的地方，望读者不吝赐教。联系方式：www.sanhengxing.com

北京三恒星科技公司

2007.11

目 录

第 1 章 单片机基本知识概述	1
1.1 单片机简介	1
1.1.1 单片机的分类	2
1.1.2 单片机的特点	4
1.2 单片机的基本概念及技术指标	5
1.2.1 单片机的基本概念	5
1.2.2 技术指标	7
1.3 单片机的应用	9
1.4 单片机的开发过程	9
第 2 章 MCS-51 单片机的结构	11
2.1 MCS-51 单片机的内部结构及引脚	11
2.1.1 内部结构	11
2.1.2 引脚定义及功能	13
2.1.3 外接 ROM/RAM 时的逻辑电路图	15
2.2 内部存储器结构	16
2.2.1 存储器的内部结构及工作原理	16
2.2.2 数据存储器	16
2.2.3 MCS-51 的堆栈操作	22
2.2.4 程序存储器	23
2.2.5 I/O 端口寄存器	24
2.2.6 复位后的特殊功能寄存器	24
2.3 MCS-51 时序电路与 CPU 时序	25
2.3.1 振荡器和时钟电路	26
2.3.2 CPU 时序	26
2.3.3 基本时序单位	30
2.4 MCS-51 单片机的工作方式	30
2.4.1 复位方式	30
2.4.2 编程和校验方式	35
2.4.3 节电方式、掉电处理	36
第 3 章 指令系统	37
3.1 指令系统简介	37

3.1.1	指令系统的概念	37
3.1.2	指令的格式	38
3.1.3	指令系统说明	42
3.2	寻址方式	42
3.2.1	立即寻址	43
3.2.2	直接寻址	44
3.2.3	寄存器寻址	44
3.2.4	寄存器间接寻址	45
3.2.5	变址寻址	46
3.2.6	相对寻址	47
3.2.7	位寻址	48
3.3	指令系统	48
3.3.1	数据传送指令	49
3.3.2	算术运算指令	53
3.3.3	逻辑运算指令	57
3.3.4	控制转移指令	60
3.3.5	位操作类指令	66
3.3.6	小结	70
第 4 章	汇编语言程序设计	76
4.1	汇编语言程序的格式及特点	76
4.1.1	汇编语言源程序的格式	76
4.1.2	汇编语言程序设计的特点	78
4.2	单片机汇编语言程序的基本结构	78
4.2.1	顺序程序	78
4.2.2	分支程序	80
4.2.3	循环程序	87
4.2.4	排序程序	90
4.2.5	查表程序	91
4.2.6	子程序	93
4.3	伪指令	96
4.4	MCS-51 程序设计举例	99
4.4.1	多字节算术运算程序	99
4.4.2	数制转换程序	100
4.4.3	延时程序	101
4.5	汇编语言源程序的人工汇编	103
第 5 章	存储器扩展	106
5.1	MCS-51 单片机系统扩展及结构	106
5.1.1	系统扩展结构	106

5.1.2	系统总线及总线结构	106
5.2	单片机存储器扩展与编址技术	108
5.2.1	单片机存储器扩展	108
5.2.2	扩展存储器编址技术	109
5.3	单片机程序存储器扩展	113
5.3.1	访问外部程序存储器时序	113
5.3.2	程序存储器扩展	113
5.3.3	程序存储器扩展举例	116
5.4	单片机数据存储器扩展	117
5.4.1	扩展总线	118
5.4.2	6264 扩展 8051 8K 字节 RAM	118
5.5	存储器综合扩展	122
5.5.1	线选法扩展大容量存储器	122
5.5.2	译码法扩展大容量存储器	123
5.6	MCS-51 单片机存储器系统的特点与使用	124
5.6.1	MCS-51 单片机存储器的特点	124
5.6.2	MCS-51 单片机存储器的使用	125
第 6 章	单片机的中断与定时系统	126
6.1	MCS-51 的中断系统	126
6.1.1	MCS-51 单片机中断结构	127
6.1.2	MCS-51 单片机中断源	128
6.1.3	中断使能控制	129
6.1.4	中断优先级控制	130
6.1.5	中断响应	131
6.2	MCS-51 定时/计数器	135
6.2.1	定时/计数器的结构及功能	135
6.2.2	定时/计数器的工作方式	138
6.2.3	定时/计数器的应用程序设计	143
6.3	外部中断触发方式选择	150
6.4	MCS-51 单片机外部中断源的扩展	150
6.4.1	扩展中断源接口逻辑	151
6.4.2	利用定时器扩充中断源	151
6.4.3	用查询法扩展外部中断源	152
6.4.4	用优先权编码器扩展外部中断源	153
6.5	中断系统应用举例	155
6.5.1	单片机系统单步操作	155
6.5.2	外部中断应用示例	156

第 7 章 单片机的 I/O 接口与扩展	158
7.1 I/O 口扩展概述	158
7.1.1 I/O 口扩展的原因	158
7.1.2 接口电路主要功能	159
7.1.3 MCS-51 单片机 I/O 扩展性能	159
7.1.4 I/O 扩展技术	160
7.1.5 单片机 I/O 传送的方式	161
7.2 简单 I/O 口扩展	162
7.2.1 I/O 口与外设直接连接	162
7.2.2 简单的输入口扩展	163
7.2.3 简单的输出口扩展	163
7.2.4 输入/输出扩展举例	164
7.2.5 线选法扩展 I/O 口	166
7.3 开关电路及驱动电路接口	167
7.3.1 开关电路接口	167
7.3.2 光电耦合器驱动接口	168
7.4 外部 I/O 的扩展	170
7.4.1 常用接口芯片	170
7.4.2 I/O 地址译码技术	170
7.5 8255A 可编程通用并行接口芯片	172
7.5.1 8255A 的引脚功能	172
7.5.2 8255A 内部结构	173
7.5.3 8255A 的工作方式及初始化	174
7.5.4 8255A 的应用举例	178
7.6 带有 RAM 和定时器的可编程并行接口芯片 8155	179
7.6.1 8155 的引脚功能	179
7.6.2 内部结构	180
7.6.3 工作方式及命令/状态字	181
7.6.4 8155 的定时器/计数器	183
7.6.5 8155 的初始化和应用举例	184
7.7 键盘接口技术	190
第 8 章 单片机的串行数据通信	197
8.1 串行口基本概念	197
8.1.1 串行通信的分类	198
8.1.2 串行通信的数据传送方向	200
8.2 串行接口的控制	200
8.2.1 串行接口结构	200
8.2.2 相关寄存器	201

8.3	串行接口的工作方式	203
8.3.1	工作方式 0	204
8.3.2	工作方式 1	205
8.3.3	工作方式 2 和工作方式 3	206
8.4	设定波特率	207
8.5	串行口编程基础	210
8.6	串行口通信实例	212
8.6.1	串行通信编程实例一	212
8.6.2	串行通信编程实例二	214
8.6.3	串行通信编程实例三	217
8.6.4	串行通信实例	219
第 9 章	单片机与数/模及模/数转换器接口	221
9.1	MCS-51 单片机与 D/A 转换器的接口与应用	221
9.1.1	D/A 转换器概述	221
9.1.2	典型 D/A 转换器芯片 DAC0832	223
9.1.3	单缓冲方式的接口与应用	225
9.1.4	双缓冲方式的接口与应用	229
9.1.5	MCS-51 和 12 位 DAC1208 的接口	232
9.2	MCS-51 单片机与 A/D 转换器的接口与应用	233
9.2.1	A/D 转换器概述	233
9.2.2	典型 A/D 转换器芯片 ADC0809	234
9.2.3	MCS-51 单片机与 ADC0809 的接口	237
9.2.4	A/D 转换应用举例	240
9.2.5	MC14433 与 MCS-51 单片机的接口	241
第 10 章	常用单片机外围接口电路及应用	245
10.1	常用 LCD 与 MCS-51 单片机接口设计	245
10.1.1	1602 液晶显示实验	245
10.1.2	128×64 液晶实验	251
10.2	常用串行总线与 MCS-51 单片机接口设计	261
10.2.1	红外电路	261
10.2.2	串行 EEPROM24C02 原理和应用	264
10.2.3	基于单片机的接触式 IC 卡实验	269
10.2.4	基于单片机的非接触式 IC 卡实验	272
10.3	其他芯片与 MCS-51 单片机接口设计	275
10.3.1	时钟芯片 DS12887 的应用	275
10.3.2	数码管	279
10.3.3	ISD2560 录放音系统设计	281
10.3.4	RTL8019AS 的以太网接口	284

10.3.5	A/D 转换实验	289
10.3.6	D/A 转换实验	290
10.4	步进电动机	292
10.4.1	感应子式步进电动机工作原理	292
10.4.2	步进电动机的选择	295
10.4.3	步进电动机应用中的注意事项	296
10.4.4	步进电动机应用实例	297
第 11 章	MCS-51 系列单片机的开发与仿真	305
11.1	MCS-51 单片机开发环境 μ Vision3	305
11.1.1	Keil C51 概述	305
11.1.2	Keil μ Vision3 的功能窗口介绍	306
11.1.3	Keil μ Vision3 的菜单栏介绍	307
11.1.4	工程文件的建立过程	311
11.1.5	工程的设置及编译	312
11.1.6	代码的优化	315
11.2	利用 Keil μ Vision3 的调试器仿真	317
11.3	利用仿真器以及 MCS-51 学习板进行仿真试验	319
11.3.1	SHX-51A 仿真器	319
11.3.2	SHX-51A 型开发板	320
附录 A	常用 MCS-51 系列单片机列表	326
附录 B	Keil 编译致命错误信息	328
附录 C	语法和语义错误信息	331

第 1 章 单片机基本知识概述

单片机的全称是单片微型计算机（Single Chip Microcomputer），又称为微控制器（Microcontroller Unit）或嵌入式控制器（Embedded Controller）。它是将计算机的基本部件微型化并集成到一块芯片上的微型计算机，通常片内都含有 CPU、ROM、RAM、并行 I/O、串行 I/O、定时器/计数器、中断控制、系统时钟及系统总线等。单片机目前已经广泛应用于工业控制、信号采集、仪器仪表、军事、交通、医疗、商业、家电等领域。

1.1 单片机简介

大规模集成电路的飞速发展，带动了计算机应用的推广和普及。利用超大规模集成电路技术把计算机的运算器和控制器（即 CPU）集成在一块芯片上，称为微处理器（Microprocessor）。它的出现导致了一代新型的电子计算机——微型计算机（Microcomputer）的诞生。自 1975 年美国 Texas 仪器公司开发的第一台单片微型计算机问世以来，单片机技术已经成为计算机技术的一个独特分支。

单片机是一种集成电路芯片，采用超大规模技术把具有数据处理能力（如算术运算，逻辑运算、数据传送、中断处理）的微处理器（CPU），随机存取数据存储器（RAM），只读程序存储器（ROM），输入/输出电路（I/O 口），可能还包括定时计数器，串行通信口（SCI），显示驱动电路（LCD 或 LED 驱动电路），脉宽调制电路（PWM），模拟多路转换器及 A/D 转换器等电路集成到一块单块芯片上，构成一个小而完善的计算机系统。这些电路能在软件的控制下准确、迅速、高效地完成程序设计者事先规定的任务。

由此看来，单片机有着微处理器所不具备的功能，它可单独地完成现代工业控制所要求的智能化控制功能，这是单片机最大的特征。单片机结构框图如图 1-1 所示。

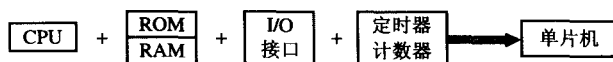


图 1-1 典型单片机结构框图

单片机控制系统能够取代以前利用复杂电子线路或数字电路构成的控制系统，可以用软件控制来实现，并能够实现智能化。现在单片机控制范畴无所不在，如通信产品、家用电器、智能仪器仪表、过程控制和专用控制装置等，单片机的应用领域越来越广泛。

但单片机的应用意义远不限于它的应用范畴或由此带来的经济效益，更重要的是它已从根本上改变了传统的控制方法和设计思想，是控制技术的一次革命。

MCS-51 单片机，是由 Intel 公司的 MCS-48 系列发展而来的。后来，Intel 公司将单片机的核心技术转让给了世界上很多其他的公司，所以现在有许多家公司生产 51 系列的兼容单片机，例如，飞利浦 87LPC 系列，华邦 W78 系列，达拉斯 DS87 系列，现代 GSM97 系列等。

目前在我国比较流行的就是美国 ATMEEL 公司的 89C51 系列，它是一种带有 Flash ROM 的单片机。

1.1.1 单片机的分类

单片机自问世以来，发展非常迅速，应用范围也非常广泛。就单片机处理数据的字长而言，单片机主要分为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位 5 种。

(1) 4 位单片机

单片机的开发和应用是从 4 位机开始的。4 位单片机的字长为 4 位，每次可并行运算或传送 4 位二进制数据，因此其内部结构简单，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。目前，4 位单片机以美国 National Semiconductor 公司的 COP402 系列和日本电气 NEC 公司的 μ PC75XX 系列为主。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，又具有一定的控制能力。

目前，虽然 4 位单片机的产量仍很大，但在单片机生产中的比重正逐年下降，其主要地位已经被 8 位单片机取代。

4 位单片机适合用于各种规模较小的家电类消费产品。一般的单片机厂家均有自己的 4 位单片机产品，有 OKI 公司的 MSM64164C、MSM64481，NEC 公司的 75006X 系列、EPSON 公司的 SMC62 系列等。

典型的应用领域有 PC 用的输入装置（鼠标、游戏杆）、电池充电器、运动器材、带液晶显示的音、视频产品控制器、一般家用电器的控制及遥控器、玩具控制、计时器、时钟、表、计算器、多功能电话、LCD 游戏机等。

(2) 8 位单片机

美国 Intel 公司的 MCS-51 为具有代表的 8 位单片机，这一系列单片机包括了许多品种，如 8031，8051，8751，8032，8052，8752 等，单片机内包含了 8 位 CPU、ROM、RAM、I/O 接口引脚端、8 位定时器/计数器和中断源。其中 8051 是最早最典型的产品，该系列其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减、改变而来的，所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机，而 8031 是前些年在我国最流行的单片机，所以很多场合会看到 8031 的名称。

在 1978 年以前生产的 8 位单片机，由于受集成度的限制，一般都没有串行接口。1978 年以后，随着大规模集成电路工艺水平的提高，一些高性能的 8 位单片机相继问世。如 1978 年 Motorola 公司推出的 MC6805 系列；1979 年 NEC 公司的 μ PC75XX 系列；1980 年 Intel 公司的 MCS-51 系列等 8 位单片机。这类单片机的寻址能力达到 64~128KB，片内 ROM 容量达 4~8KB、RAM 达 128~256B，片内除了带有并行 I/O 口外，还有串行 I/O 口，甚至某些还有 A/D 转换功能。因此，这类单片机属于高性能 8 位单片机。它们将代表单片机发展的方向，在单片机应用领域中有着广泛的市场。

INTEL 公司将 MCS51 的核心技术授权给了很多其他公司，所以有很多公司在做以 8051 为核心的单片机，当然，功能或多或少有些改变，以满足不同的需求，其中 89C51 就是这几年来在我国非常流行的单片机，它是由美国 ATMEEL 公司开发生产的。

8 位单片机由于其功能强、品种多，被广泛应用于各个领域，目前仍然是国内单片机的主流机种。8 位单片机是目前品种最为丰富、应用最为广泛的单片机，有着体积小、功耗低、

功能强、性能价格比高、易于推广应用等显著优点。目前主要分为 MCS-51 系列及其兼容机型和非 MCS-51 系列单片机。

MCS-51 兼容产品因开发工具及软、硬件资源齐全占主导地位, ATMELE、PHILIPS、WINBOND 是 MCS-51 单片机生产的老牌厂家, CYGNAL 及 ST 也推出新的产品, 其中 ST 新推出的 μ PSD 系列片内有大容量 FLASH (128/256KB)、8/32KB 的 SRAM、集成 A/D、看门狗、上电复位电路、两路 UART、支持在系统编程 ISP 及在应用中编程 IAP 等诸多先进性, 迅速被广大 51 单片机用户接受。

现在我国比较流行的是美国 ATMELE 公司的 89CX、89SX 系列。89SX 是在线可编程的, 可以通过下载线直接把程序下载到芯片中, 对芯片编程非常方便。89CX 系列就没有这个在线可编程的功能, 必须使用专用的编程器才能把编程文件写入到芯片里。89SX 系列的单片机更加新型, 使用起来更加方便。

非 51 系列单片机在中国应用较广的有 MOTOROLA 68HC05/08 系列、MICROCHIP 的 PIC 单片机以及 ATMELE 的 AVR 单片机。

8 位单片机在自动化装置、智能仪器仪表、过程控制、通信、家用电器等许多领域得到广泛应用。

(3) 16 位单片机

集成电路的集成度发展到 10 万个管/片时, 16 位单片机就随之问世了。Mostek 公司的 68200 是第一个公布于世的 16 位单片机。

1983 年 Intel 公司研制出 16 位 MCS-96 系列单片机。8096 是整个 MCS-96 系列的代表性产品, 集成度为 12 万只管/片。内含 16 位 CPU、8KB ROM、232B RAM、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、8 级中断处理系统。20 世纪 80 年代末, 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。由于 8098 单片机的价格较低廉, I/O 接口方便, 因此越来越受到广大用户的青睐, 是目前产量较高的单片机之一。

16 位单片机的操作速度及数据吞吐能力比 8 位机有较大提高。目前以 INTEL 的 MCS-96/196 系列、TI 的 MSP430 系列及 Motorola 的 68HC11 系列为主。

16 位单片机主要应用于工业控制、智能仪器仪表、便携式设备等场合。其中 TI 的 MSP430 系列以其超低功耗的特性广泛应用于低功耗场合。MSP430 的外形如图 1-2 所示。



图 1-2 MSP430

(4) 32 位单片机

进入到 20 世纪 90 年代后, 在微型计算机市场上出现了 32 位单片机。准 32 位机, 如 Motorola 公司的 M68332SIM 以及 Intel 公司生产的性能接近于单片机的 32 位嵌入式处理器 Embedded Processor 80960 已经问世, 真正的 32 位单片机也即将面市。

32 位单片机是单片机的发展趋势, 随着技术发展及开发成本和产品价格的下降将会与 8 位机并驾齐驱。生产 32 位单片机的厂家与 8 位机的厂家一样多。Motorola、TOSHIBA、HITACH、NEC、EPSON、MITSUBISHI、SAMSUNG 群雄割据, 其中以 32 位 ARM 单片机及 MOTOROLA 的 MC683 $\times\times$ 、68K 系列应用相对广泛。基于 ARM 核的单片机占据了 2001 年的 32 位单片机市场 75% 的份额。

从应用角度看,字长 32 位是较理想的,它可满足绝大部分用途的需要,包括文字、图形、表格处理及精密科学计算等多方面的需要。典型产品有 Intel 80386, Intel 80486, MC68020, MC68030、Z-80000 等。特别是 1993 年 Intel 公司推出 Pentium 微处理器之后,使 32 位微处理器技术进入一个崭新阶段。他不仅继承了其前辈的所有优点而且在许多方面有新的突破,同时也满足了人们对图形图像、实时视频处理、语言识别、大流量客户机/服务器应用等应用领域的需求。

在以过程控制为主,以数据处理为辅的系统中,使用单片机可以获得良好的效果。对于工作速度不高,数据处理量不大,控制过程不很复杂的场合,如家用电器、商用产品等,可选用 4 位单片机;对于工业控制、智能仪表等,可选用 8 位单片机;对于要求很高的实时控制及复杂的过程控制,如机器人、信号处理等,则最好选用 16 位单片机。

1.1.2 单片机的特点

随着技术的发展,单片机内集成的功能越来越强大,并朝着片上系统(SOC)方向发展。单片机的发展表现出以下技术特点。

(1) 长寿命

这里所说的长寿命,一方面指用单片机开发的产品可以稳定可靠地工作十年、二十年,另一方面是指市场生存的寿命。一些传统的单片机如 8051、68HC05 等市场存在年龄已有近二十年,产量仍是上升的。一些成功上市的相对年轻的 CPU 核心,也会随着 I/O 功能模块的不断丰富,有着相当长的生存周期。

(2) 8 位、32 位单片机共同发展

这是当前单片机技术发展的另一动向。长期以来,单片机技术的发展是以 8 位机为主的。随着移动通信、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭,32 位单片机应用得到了长足、迅猛的发展。

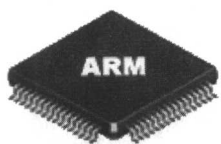


图 1-3 ARM 芯片外形

单片机速度越来越快。为提高单片机抗干扰能力,降低噪声,降低时钟频率而不牺牲运算速度是单片机技术发展之追求。一些 8051 单片机兼容厂商改善了单片机的内部时序,在不提高时钟频率的条件下,使运算速度提高了很多。Motorola 单片机则使用了锁相环技术或内部倍频技术使内部总线速度大大高于时钟产生器的频率。68HC08 单片机使用 4.9MHz 外部振荡器,而内部时钟达 32MHz。三星电子推出的 ARM 处理器内核 Halla 内部时钟达 1.2GHz,其外形如图 1-3 所示。

(3) 低电压与低功耗

几乎所有的单片机都有等待、停止等省电运行方式。允许使用的电源电压范围也越来越宽。一般单片机都能在 3 到 6V 范围内工作,对电池供电的单片机不再需要对电源采取稳压措施。低电压供电的单片机电源下限已由 2.7V 降至 2.2V、1.8V。0.9V 供电的单片机已经问世。

(4) 低噪声与高可靠性技术

为提高单片机系统的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片机商家在单片机内部电路中采取了一些新的技术措施。如 ST 公司的 μ PSD 系列单片机片内增加了看门狗定时器,NS 的 COP8 单片机内部增加了抗 EMI 电路,增强了“看门狗”的性能。

(5) ISP 及 IAP

在片编程技术 (In System Programming) 及在应用中编程 (In Application Programming) 通过单片机上引出的编程线、串行数据、时钟线等对单片机编程, 编程线与 I/O 线共用, 不增加单片机的额外引脚。ISP 为开发调试提供了方便, 并使单片机系统远程调试、升级成为现实。

1.2 单片机的基本概念及技术指标

1.2.1 单片机的基本概念

单片机系统通常由微处理器 (CPU)、存储器 (ROM, RAM)、I/O 接口电路及系统总线 (包括地址总线 AB、数据总线 DB、控制总线 CB) 组成。对于初学者, 这些概念相对要抽象一些, 下面对单片机的相关概念进行介绍。

1. 总线

一个电路总是由元器件通过电线连接而成的, 在模拟电路中, 连线并不成为一个问题, 因为各器件间一般是串行关系, 各器件之间的连线并不很多, 但计算机电路却不一样, 它以微处理器为核心, 各器件都要与微处理器相连, 各器件之间的工作必须相互协调, 所以需要的连线就很多了。如果仍如同模拟电路一样, 在各微处理器和各器件间单独连线, 则连线的数量将多得惊人, 所以在微处理机中引入了总线的概念。各个器件共同享用连线, 所有器件的 8 根数据线全部接到 8 根公用的线上, 即相当于各个器件并联起来。但仅这样还不行, 如果有两个器件同时送出数据, 一个为 0, 一个为 1, 那么, 如果要使接收方接收到数据与发送方的数据相对应, 则要通过控制线进行控制, 使器件分时工作, 任何时候只能有一个器件发送数据 (可以有多个器件同时接收), 因此引入了数据总线。器件的数据线也就被称为数据总线, 器件所有的控制线被称为控制总线。在单片机内部或者外部存储器及其他器件中有存储单元, 这些存储单元要被分配地址, 才能使用。分配地址当然也是以电信号的形式给出的, 由于存储单元比较多, 所以, 用于地址分配的线也较多, 这些线被称为地址总线。总线结构示意图如图 1-4 所示。

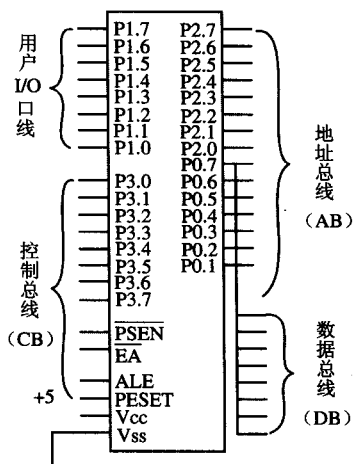


图 1-4 总线结构示意图

2. 数据、地址和指令

由于数据、地址和指令三者的本质都是由‘0’和‘1’组成数据形式，所以将这三者放在一起进行介绍。指令，是由单片机芯片的设计者规定的一种数字，它与常用的指令助记符有着严格的一一对应关系，不可以由单片机的开发者更改。地址，是寻找单片机内部、外部的存储单元、输入/输出口的依据，内部单元的地址值已由芯片设计者规定好，不可更改，外部的单元可以由单片机开发者自行决定，但有一些地址单元是一定要有的。数据，就是由微处理机处理的对象，在各种不同的应用电路中各不相同。一般而言，被处理的数据可能有地址、方式字或控制字、常数以及实际输出值等几种情况。

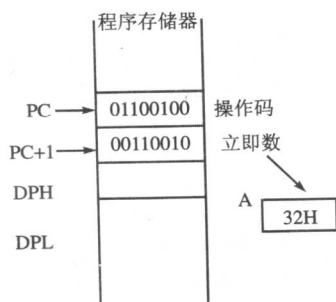


图 1-5 指令示意图

(1) 地址

如 `MOV A, #32H`，即将立即数 32H 送入累加器 A 中。

指令示意图如图 1-5 所示。

(2) 方式字或控制字

如 `MOV TMOD, #3`，其中 3 即是控制字。

(3) 常数

如 `MOV TH0, #10H`，其中 10H 即是定时常数。

(4) 实际输出值

如 P1 口接彩灯，要灯全亮，则执行指令：

```
MOV P1, #0FFH,
```

要灯全暗，则执行指令：

```
MOV P1, #00H.
```

这里 0FFH 和 00H 都是实际输出值。又如用于 LED 的字形码，也是实际输出的值。

3. P0 口、P2 口和 P3 的第二功能用法

初学时往往对 P0 口、P2 口和 P3 口的第二功能用法迷惑不解，认为第二功能和原功能之间要有一个切换的过程，或者说要有一条指令。而实际上，各端口的第二功能完全是自动的，不需要用指令来转换。如 P3.6、P3.7 分别是 WR、RD 信号，当微型处理机外接 RAM 或有外部 I/O 口时，它们被用作第二功能，不能作为通用 I/O 口使用，只要微处理机执行到 MOV 指令，就会有相应的信号从 P3.6 或 P3.7 送出，不需要事先用指令说明。

4. 程序的执行过程

单片机在通电复位后 8051 内的程序计数器(PC)中的值为‘0000’，所以程序总是从‘0000’单元开始执行。也就是说，在系统的 ROM 中一定要存在‘0000’这个单元，并且在‘0000’单元中存放的一定是一条指令。

5. 堆栈

堆栈是一个区域，是用来存放数据的，其存放和取用数据的方式为‘先进后出，后进先出’。并且堆栈有特殊的数据传输指令，即‘PUSH’和‘POP’，有一个特殊的专为其服务的单元，即堆栈指针 SP。每当执行一次 PUSH 指令时，SP 就在原来值的基础上自动加 1，每当执行一次 POP 指令，SP 就在原来值的基础上自动减 1。

由于 SP 中的值可以用指令加以改变，所以只要在程序开始阶段更改了 SP 的值，就可以