

项目开发实践系列

MCS-51单片机

原理及应用开发技术



钟睿 主编

张松 余波 尹春红 编著

- 入门篇着重介绍MCS-51系列单片机的组成结构、指令系统、汇编语言程序设计和串口通信等内容。通过入门篇，力求使读者对51系列单片机的硬件资源和指令系统有一个详细了解。
- 提高篇主要讲解增强型MCS-51单片机的特点，C语言在MCS-51单片机开发中的使用，MCS-51单片机的接口技术。
- 实例应用篇包含C51程序设计实例、LED显示接口实例、单片机在键盘接口设计中的应用和一个综合应用实例，能使读者对使用MCS-51系列单片机进行应用开发有更深刻的认识。

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

项目开发实践系列

MCS-51 单片机原理及应用开发技术

钟 睿 主 编

张 松 余 波 尹红春 编 著

冼 劲 审

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书全面地介绍了 MCS-51 系列单片机的基本原理和应用开发技术。在内容的安排和叙述上,采用循序渐进、由浅入深的方法。首先介绍 51 单片机的组成结构、指令系统、定时器/计数器、中断、汇编语言程序设计和串口通信等基础知识。接下来主要介绍 C 语言在 MCS-51 单片机开发中的使用、MCS-51 单片机接口技术、Keil 开发工具等。最后数章侧重于介绍应用开发技术,其中列举了大量实例供读者参考,主要介绍单片机在接口技术、数模转化技术、总线技术和网络技术中的应用。同时还提供了采用 C51 进行程序设计的范例,希望读者能进一步熟悉在 Keil 集成环境下采用 C51 设计单片机程序的方法。

本书将传统的 MCS-51 单片机原理和实际应用中的经验体会相结合,在内容的讲解上简明扼要、深入浅出,尤其是在介绍使用 MCS-51 单片机进行开发的问题上,更是向读者介绍了大量程序设计的注意事项和实战经验,利于使用单片机进行开发的读者在工作中快速上手。

本书理论体系完整,内容详实,语言通俗易懂,实例实用性和针对性强,既适合作为高等院校通信、控制、电工、电子、计算机专业的教材,也可供有关技术培训及工程技术人员自学参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51 单片机原理及应用开发技术/钟睿主编;张松,余波,尹红春编著. —北京:中国铁道出版社,2006.7

(项目开发实践系列)

ISBN 7-113-07326-3

I. M... II. ①钟... ②张... ③余... ④尹...

III. 单片微型计算机, MCS-51 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 085165 号

书 名: MCS-51 单片机原理及应用开发技术

作 者: 钟 睿 张 松 余 波 尹红春 等

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑: 严晓舟 魏 春

责任编辑: 苏 茜 魏 春 王慧亮

封面设计: 高 洋

封面制作: 白 雪

责任校对: 张国成

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.75 字数: 395 千

版 本: 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1~5 000 册

书 号: ISBN 7-113-07326-3/TP·2011

定 价: 26.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

挑战

挑战自我极限，
梦想轻松实现，
无痛学习好上手，
互动网站Easy Go!

超人气

网页设计经典系列好书



ZERO TO HERO

推荐书目·基础应用类



- | | | |
|--------------|-------------|------------|
| 《家庭数码快易通》 | 书号: 06580-5 | 定价: 38.00元 |
| 《电脑技巧快易通》 | 书号: 06586-4 | 定价: 38.00元 |
| 《网页设计快易通》 | 书号: 06655-0 | 定价: 38.00元 |
| 《电脑入门快易通》 | 书号: 05123-5 | 定价: 38.00元 |
| 《网上冲浪快易通》 | 书号: 06349-7 | 定价: 38.00元 |
| 《电脑技巧快易通》 | 书号: 06586-4 | 定价: 38.00元 |
| 《办公软件快易通》 | 书号: 06358-6 | 定价: 38.00元 |
| 《操作系统快易通》 | 书号: 06373-X | 定价: 38.00元 |
| 《电脑输入快易通》 | 书号: 06350-0 | 定价: 38.00元 |
| 《电脑组装与维护快易通》 | 书号: 06556-2 | 定价: 38.00元 |

前言

随着电子技术的日益进步,微型计算机取得了突飞猛进的发展。从1946年计算机诞生,历时仅仅半个世纪,其发展速度却很惊人,从当初的大型机到小型机,从8086到奔腾4。如今,我们可以毫不夸张地说,人类已经完全生活在计算机世界里。

作为微型计算机的一个重要分支,单片机以其体积小、功能齐全、价格低廉、可靠性高等特殊优点,在工业测控、智能仪表仪器、机电一体化产品、家电等领域取得了快速的发展。为此,作者选择了国内应用的主流单片机种MCS-51系列,编写了这本《MCS-51单片机原理及应用开发技术》,奉献给广大有意学习单片机技术和从事单片机开发的读者。

在编写中,作者力求注重实用性和系统性,阐述了在使用单片机进行开发过程中的大量心得体会,以利于帮助读者掌握基本概念,培养分析和解决问题的能力,并在实际使用单片机进行开发时能快速上手。

在章节的安排上,本书采用循序渐进、由浅入深的方式。

第1~7章MCS-51系列单片机的基础知识。着重介绍MCS-51系列单片机的组成结构、指令系统、定时器/计数器、中断、汇编语言程序设计、串口通信等。通过MCS-51系列单片机的基础知识,力求使读者对MCS-51系列单片机的概貌、硬件资源、指令系统等有一个详细了解。

第8~11章应用开发基础知识。主要介绍C语言在MCS-51单片机开发中的使用、MCS-51单片机接口技术等。此外,还介绍了增强型MCS-51单片机的一些特点,并且以Keil开发软件为例,详细介绍MCS-51单片机应用程序的开发和调试环境。通过这几章,力求使读者快速上手,可使用C语言进行单片机程序开发,设计出能完成基本功能和特定控制目的MCS-51单片机程序。

第12~18章单片机开发常用关键技术。主要介绍接口技术、数/模转化技术、总线技术、网络技术及MCS-51单片机在其中的应用,在本篇中还提供了一个采用C51进行程序设计的范例,希望读者能进一步熟悉在Keil集成环境下采用C51设计单片机程序的方法。在本篇中,作者提供了大量实例供读者参考。通过单片机开发常用关键技术的学习,能使读者对使用MCS-51系列单片机进行应用开发有更深刻的认识。

本书的特点是巩固基础、着眼于应用,注意原理与应用并重,力求使初次接触单片机的读者也能快速掌握单片机的应用技术。需要提醒广大读者的是,单片机应用是一门实践性很强的学科。因此,读者在学习本书的过程中,还要加强实践环节,锻炼实际动手能力。

本书由钟睿主编,其中,第1、2、4、8、9、10、11、12、17章由钟睿编写;第3、5、6、7章由张松编写;第13、14章由尹红春编写;第15、16章由余波编写,全书由钟睿统稿,并由博嘉科技洗劲审稿。同时,参与本书编排的人员还有:邹素琼、洗进、赵秋云、赵继军、彭艺、曲辉辉、周章、蒋波、徐留旺、曹振宇、张婷、温凌霜、鲁得翠、蒋泽平、魏乐、韩翔、程小英、谭小丽、卢丽娟、李小琼、周宏、罗吉、许翔燕、陈春、张忠、方小马、黄姹英、周明、宋晶、邓勇、王安贵、陈郭宜、刘育志、吴淬砺、赵明星、贺洪俊、李小平、史利、张燕秋、周林英、黄茂英、李力、李修华、田茂敏、苏萍、巫文斌、邹勤、粟德容、童

芳、李中全、蒋敏、刘华菊、袁媛、李建康、袁涛、杨春华、贾小蓉、张永龙、黄亮、陈晓玲、卫星、王进勇、何刚、邓海、贺涛、李亚伟、陈松、刘兴亮、张强，也向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免会有许多不足、甚至错误之处，请各位专家批评指正。

本书为读者提供相关学习资料，其中包括本书程序实例的源代码、MCS-51 系列兼容单片机资料等，为读者学习提供有益的参考和帮助。请到 www.bojia.net 下载。

为充分展现本书的编写特点，帮助读者深刻理解本书的编写意图与内涵，进一步提高对本书教学的使用效率，我们留下了联络方式，这将是读者与编者之间交流沟通的直通车。欢迎读者将阅读本书过程中遇到的各种问题与建议反馈给我们，编者会竭诚为您解答。我们的联系方式 E-mail: bojia@bojia.net。

编 者

2006 年 7 月

目 录

第 1 章 单片计算机概述	1
1-1 绪论	1
1-2 单片机概述	1
1-2-1 单片机的基本结构及特点	2
1-2-2 单片机主流系列	3
1-2-3 单片机技术的发展方向	4
1-3 计算机中的数和编码	4
1-3-1 数制及其转换	4
1-3-2 计算机中数的表示方法	7
1-3-3 编码	8
1-3-4 单位的几个术语	9
1-4 本章小结	10
1-5 习 题	10
第 2 章 MCS-51 单片机组成及结构分析	11
2-1 MCS-51 单片机的结构	11
2-2 单片机的引脚及片外总线结构	12
2-2-1 MCS-51 的引脚定义及功能	12
2-2-2 MCS-51 的外部总线结构	15
2-3 MCS-51 单片机的中央处理芯片	16
2-3-1 运算器	16
2-3-2 控制器	17
2-4 MCS-51 单片机的存储结构	17
2-4-1 程序存储器	18
2-4-2 数据存储器	19
2-4-3 特殊功能寄存器	20
2-5 CPU 时序及辅助电路设计	21
2-5-1 振荡器和时钟电路	21
2-5-2 复位及复位电路	22
2-5-3 CPU 时序的基本概念	23
2-6 本章小结	24
2-7 习 题	24
第 3 章 MCS-51 指令系统	25
3-1 指令的格式	25

3-2 寻址方式详解及实例.....	26
3-2-1 寻址空间及符号定义.....	27
3-2-2 立即数寻址.....	27
3-2-3 直接寻址.....	28
3-2-4 寄存器寻址.....	28
3-2-5 寄存器间接寻址.....	28
3-2-6 变址寻址（基址寄存器+变址寄存器）.....	29
3-2-7 相对寻址.....	29
3-2-8 位寻址.....	30
3-3 指令系统详解及实例.....	30
3-3-1 数据传送指令.....	31
3-3-2 算术运算类指令.....	35
3-3-3 逻辑运算指令.....	37
3-3-4 控制转移指令.....	39
3-3-5 布尔处理类指令（位操作指令）.....	43
3-4 本章小结.....	45
3-5 习题.....	45
第4章 定时/计数器.....	47
4-1 定时/计数器的结构及工作原理.....	47
4-2 定时/计数器的方式和控制寄存器.....	48
4-2-1 控制寄存器（TCON）.....	48
4-2-2 方式寄存器（TMOD）.....	50
4-2-3 定时/计数器的初始化.....	51
4-3 定时/计数器工作方式.....	51
4-3-1 定时模式0.....	52
4-3-2 定时模式1.....	52
4-3-3 定时模式2.....	52
4-3-4 定时模式3.....	53
4-4 定时/计数器在应用中应注意的问题.....	54
4-4-1 定时/计数器的飞读技巧.....	54
4-4-2 计数器工作方式时对输入信号的要求.....	54
4-5 定时/计数器应用编程实例.....	54
4-6 本章小结.....	57
4-7 习题.....	57
第5章 中断.....	59
5-1 中断的概念.....	59
5-2 MCS-51 的中断系统.....	60

5-2-1	中断源.....	60
5-2-2	中断操作.....	61
5-2-3	中断向量地址与向量空间.....	62
5-2-4	中断对现场的保护和恢复.....	62
5-2-5	初始化中断系统.....	63
5-3	中断程序设计实例.....	66
5-4	本章小结	67
5-5	习 题	68
第 6 章	汇编语言程序设计	69
6-1	汇编语言的基本概念.....	69
6-1-1	汇编语言的优点.....	69
6-1-2	汇编语言的设计步骤.....	69
6-1-3	MCS-51 汇编语言的格式.....	70
6-1-4	MCS-51 伪指令.....	71
6-2	汇编程序设计.....	72
6-2-1	顺序程序.....	72
6-2-2	分支程序.....	73
6-2-3	循环程序.....	75
6-2-4	查表程序.....	79
6-2-5	子程序的设计.....	79
6-2-6	复杂定点数的运算.....	80
6-2-7	浮点数运算.....	82
6-3	本章小结	84
6-4	习 题	84
第 7 章	MCS-51 系统的串行通信.....	85
7-1	串口通信的一般概念.....	85
7-2	MCS-51 串行通信.....	87
7-2-1	数据缓冲寄存器 (SBUF)	87
7-2-2	串行口控制寄存器 SCON.....	87
7-2-3	串行口工作方式.....	89
7-3	串行口通信应用程序设计实例.....	90
7-3-1	波特率初始化设置.....	90
7-3-2	串行口初始化.....	91
7-4	单片机之间的串口通信.....	91
7-4-1	单片机双机通信技术.....	91
7-4-2	单片机双机通信技术.....	93
7-5	本章小结	94

7-6 习 题	94
第 8 章 MCS-51 单片机 C 语言程序设计	95
8-1 C 语言在单片机开发中的应用	95
8-1-1 C 语言与汇编语言的比较	95
8-1-2 C51 与 ANSI-C 的主要区别	96
8-2 C51 的数据类型与运算	97
8-2-1 C51 的基本数据类型	97
8-2-2 C51 数据的存储类型及存储区	98
8-2-3 C51 的存储模式分类	100
8-2-4 变量定义到绝对位置	100
8-2-5 MCS-51 单片机特殊功能寄存器的 C51 定义	101
8-2-6 位变量及其 C51 定义	101
8-3 C51 构造数据类型及预处理指令	101
8-3-1 数组	101
8-3-2 指针	102
8-3-3 结构体	104
8-3-4 预处理指令	106
8-4 C51 程序流程控制	107
8-4-1 条件语句	107
8-4-2 循环语句	109
8-5 函数	111
8-5-1 函数的概述	111
8-5-2 函数的定义	112
8-5-3 函数的调用	112
8-5-4 局部变量和全局量	113
8-5-5 C51 函数与关键字	114
8-6 C51 的库函数	115
8-6-1 内部函数库 intrins.h	115
8-6-2 绝对地址访问头文件 absacc.h	116
8-6-3 SFR 及 SFR_Bit 地址头文件 REGxx.H	116
8-7 C 语言与汇编语言混合编程	117
8-7-1 嵌入行内汇编方法	117
8-7-2 变量的相互调用	117
8-7-3 函数的相互调用	118
8-8 本章小结	119
8-9 习 题	119
第 9 章 MCS-51 单片机存储器扩展	121
9-1 单片机扩展系统概述	121

9-2	存储器扩展编址技术.....	122
9-3	程序存储器扩展.....	124
9-4	数据存储器的扩展.....	126
9-5	本章小结	128
9-6	习 题	128
第 10 章	MCS-51 增强芯片特点	129
10-1	前 言	129
10-2	Philip 公司 P89C51Rx2 增强核单片机.....	130
10-2-1	CPU 加速模式和低功耗模式.....	130
10-2-2	增加的 T2 定时/计数器	131
10-2-3	增加的中断源.....	134
10-3	可编程计数阵列 (PCA)	135
10-3-1	PCA 基本配置及功能寄存器.....	135
10-3-2	PCA 捕获模式.....	138
10-3-3	PCA16 位软件定时器.....	138
10-3-4	PCA 高速输出模式.....	139
10-3-5	PCA 脉宽调制 (PWM) 模式	139
10-3-6	PCA 模块 4 的看门狗定时器模式.....	140
10-4	MCS-51 兼容单片机选型参考	140
10-4-1	Atmel 兼容 MCS-51 单片机分类及选型	140
10-4-2	Philips 兼容 MCS-51 单片机分类及选型	142
10-4-3	WinBond 兼容 MCS-51 单片机分类及选型.....	143
10-5	本章小结.....	144
10-6	习 题	144
第 11 章	MCS-51 单片机开发环境	145
11-1	仿真器	145
11-1-1	仿真器简介.....	145
11-1-2	仿真器选型.....	146
11-2	Keil IDE 环境 μ Vision2	149
11-2-1	Keil IDE 简介	149
11-2-2	Keil 软件功能环境.....	151
11-3	Keil 环境下的工程开发.....	154
11-3-1	工程的创建.....	154
11-3-2	指定目标器件.....	155
11-3-3	建立程序文件.....	155
11-3-4	添加/删除文件到指定工程.....	157
11-3-5	工程设置.....	158

11-3-6 工程的编译/连接.....	163
11-3-7 程序运行.....	163
11-3-8 空间资源的查看和修改.....	164
11-3-9 变量的查看.....	165
11-4 本章小结.....	165
11-5 习 题.....	166
第 12 章 C51 程序设计范例.....	167
12-1 实例分析.....	167
12-2 C51 工程创建.....	168
12-3 C51 程序设计.....	169
12-4 程序的编译和调试.....	171
12-5 程序运行及结果查看.....	173
12-6 本章小结.....	174
12-7 习 题.....	174
第 13 章 I²C 接口技术及应用.....	175
13-1 I ² C 总线结构及工作原理.....	175
13-1-1 I ² C 总线的应用范围.....	176
13-1-2 I ² C 总线的基本原理.....	176
13-1-3 I ² C 总线的数据传输格式.....	177
13-1-4 I ² C 总线数据传输中的同步和仲裁机制.....	179
13-2 I ² C 总线接口技术应用实例.....	179
13-2-1 单片机模拟 I ² C 总线.....	179
13-2-2 I ² C 串行 EEPROM 芯片控制实例.....	181
13-2-3 单片机对 24LC256 的写操作.....	182
13-3 本章小结.....	185
13-4 习 题.....	186
第 14 章 单片机在键盘接口设计中的应用.....	187
14-1 键盘的工作原理.....	187
14-1-1 键盘的分类.....	187
14-1-2 去抖动的必要性.....	187
14-2 独立式键盘设计.....	189
14-3 矩阵式键盘设计.....	190
14-4 本章小结.....	194
14-5 习 题.....	194
第 15 章 LED 显示及显示接口实例.....	195
15-1 LED 显示器的结构与原理.....	195

15-2	LED 显示器及显示方式	196
15-3	LED 显示接口设计及实现	197
15-4	本章小结	201
15-5	习 题	202
第 16 章	模/数和数/模转换接口应用及实例	203
16-1	前向通道的内容和特点	203
16-2	A/D 转换器的原理及 ADC0809	203
16-2-1	A/D 转换的基本原理	203
16-2-2	ADC0809 的结构	204
16-2-3	ADC0809 的工作原理	206
16-3	A/D 转换器的接口设计及实例	206
16-3-1	接口设计	206
16-3-2	A/D 转换器的设计实例	208
16-4	后向通道的内容和特点	211
16-5	后向通道中的 D/A 转换原理及接口芯片	211
16-5-1	基本结构	211
16-5-2	D/A 转换器 DAC0832 结构	212
16-5-3	D/A 转换器 DAC0832 与单片机的接口技术	213
16-6	D/A 接口设计及实例	217
16-7	本章小结	219
16-8	习 题	220
第 17 章	以太网传输系统	221
17-1	引言	221
17-2	8019 以太网芯片特点	221
17-3	程序设计	223
17-4	本章小结	228
17-5	习 题	228
第 18 章	单片机在 MLC 系统中的综合应用	229
18-1	多叶光栅在放射治疗中的应用	230
18-1-1	多叶光栅 (MLC) 在适形放疗中的应用	230
18-1-2	多叶光栅的基本性能指标	230
18-1-3	本系统的设计目标	231
18-2	MLC 功能的设计和实现	231
18-2-1	MLC 控制系统组成	232
18-2-2	MLC 基本控制模块	234
18-2-3	MLC 一对多串口通信的实现方案	235

18-3	叶片位移控制	238
18-3-1	完成位移功能的硬件连接	238
18-3-2	电机方向控制	239
18-3-3	叶片位移速度控制	239
18-3-4	叶片位移距离控制	240
18-3-5	叶片定位控制实现	241
18-3-6	复位及测量控制	242
18-4	单片机对叶片位移精度的控制	242
18-5	整体流程和关键代码实现	245
18-6	本章小结	248
18-7	习 题	248
附 录	MCS-51 常用指令表	249

第 1 章

单片计算机概述

本章要点:

- ◆ 单片机的基本结构及特点
- ◆ 计算机中的数制及其转化
- ◆ 计算机中数值的单位

学习单片机, 必须掌握以上三个方面的内容。这将有助于读者理解单片机的工作原理, 以及熟练应用在单片机程序设计中常使用的数值。

1-1 绪论

当今的时代被人们称为信息时代, 一个重要的因素就是计算机的出现和发展, 它被看作是 20 世纪最重要的科学成就之一。目前, 计算机已经广泛地应用到了国民经济的各个方面, 并且在人们日常生活中也发挥了不可替代的作用, 成为各国工业发展的重要标志之一。

自从 1946 年第一台电子数字计算机 (ENIAC) 诞生以来, 已经经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模集成电路计算机等四个发展阶段。近年来, 计算机一方面向着高速、智能化的超级巨型计算机发展, 另一方面则朝着微型化的方向发展。

在微型计算机的家族中, 单片机异军突起, 发展迅速。它的特点是, 依托一定的硬件资源, 针对特定的控制目的, 实现一个高可靠性及高效率的计算机应用系统。单片机的这一特点, 恰好满足了现代工业发展的迫切需要。随着各种单片机及其开发手段的推出, 单片机以其体积小、功能齐全、价格低廉、可靠性高等特殊优点, 在工业测控、智能仪器仪表、机电一体化产品、家电等领域取得了广泛的应用。因此, 学习单片机技术是适应时代发展, 满足实际应用的需要。

1-2 单片机概述

什么是单片机? 它的结构有什么特点? 我们有必要在学习单片机设计之前首先了解有关这方面的内容。

从广义上讲, 将微型计算机的主要功能部件集中在一块单芯片上的微型计算机称为单片机。单片机是单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer) 的简称。也有人常把单

片机称为微控制器（Micro Control Unit），因此，也常用英语字母的缩写 MCU 来表示单片机。

1-2-1 单片机的基本结构及特点

上文中提到，单片机往往是在一块集成电路芯片上整合了 CPU、程序存储器、数据存储器、输入/输出电路、定时/计数器、中断控制器等多种功能部件。典型单片机的基本结构，如图 1-1 所示。

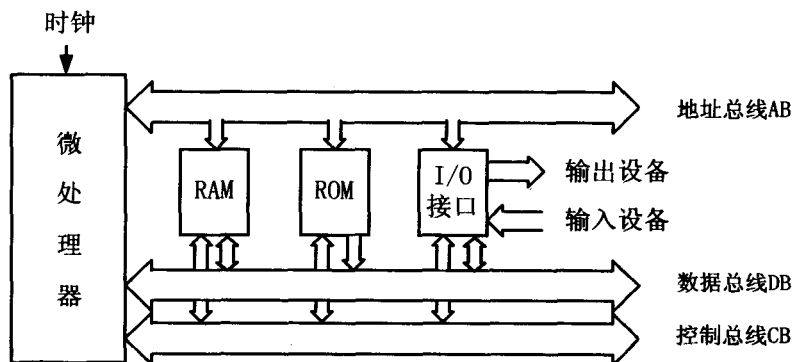


图 1-1 典型单片机基本结构

1. 微处理器

微处理器 CPU 用于执行程序，以实现了对数据及信息进行处理。CPU 还用于实现对整个系统进行控制，它的性能决定了整个单片机的基本性能指标。

2. 存储器

存储器包括随机存取存储器（RAM）和只读存储器（ROM）。存储器用于存放程序和数据。

3. 输入/输出（I/O）

输入/输出（I/O）接口用于实现单片机与外部设备的连接，使单片机可以和外部设备实现数据交换。

4. 总线

总线是用来传递信息的一组导线，是为 CPU 和其他部件之间提供的数据、地址和控制信息的传输通道。一般情况下，单片机包含 3 种不同功能的总线：地址总线 AB（Address Bus）、数据总线 DB（Data Bus）和控制总线 CB（Control Bus）。

地址总线信息由 CPU 发出，是单向的。地址总线输出的地址是用于确定 CPU 要与哪个内存单元进行信息交换。地址总线的位数决定了 CPU 可以寻址的内存范围。如 MCS-51 系列单片机具有 16 根地址总线 $A_0 \sim A_{15}$ ，因此它的寻址范围为 $2^{16}=64K$ 字节。

数据总线用于传送数据信息。由于数据既可以由 CPU 传送到单片机其他部件，也可由其他部件传送给 CPU，因此数据总线是双向的。数据总线的位数表明了单片机处理数据的宽度（即字长）。

控制总线用于传送控制信号，它也是双向的。一种由 CPU 发送到单片机其他功能模块，