

Broadview®
www.broadview.com.cn

电子工程应用
精讲系列

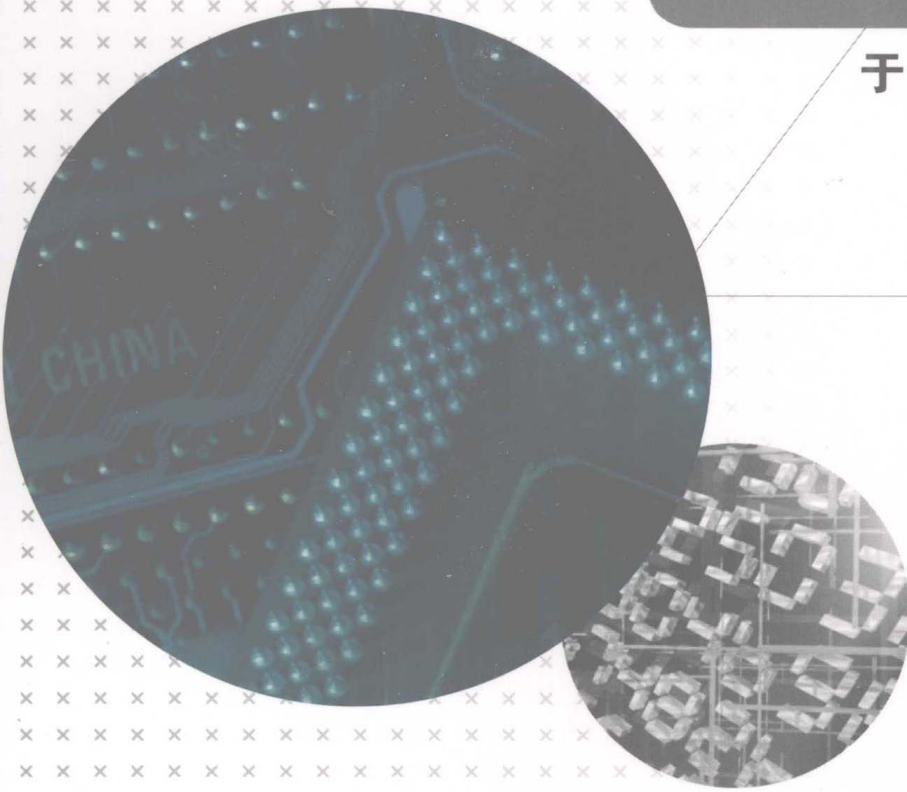
GOOD
畅销书升级版

51单片机

C语言常用模块 与综合系统设计

实例精讲 (第2版)

于永 戴佳 刘波 编著



实例丰富
即学即用



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

51单片机

C语言应用案例

与综合实训设计

实训案例

第 1 章 51 单片机

第 1 章 51 单片机

电子工程应用
精讲系列



51单片机

C语言常用模块
与综合系统设计

实例精讲 (第2版)

于永 戴佳 刘波 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是《51 单片机 C 语言常用模块与综合系统设计实例精讲》的第 2 版。全书针对目前最通用流行的 51 单片机系列，通过大量典型实例的形式，详细介绍了 51 单片机常用模块与综合应用系统设计的方法与技巧。全书共分 3 篇 16 章，第 1 篇为基础知识篇，简要介绍了 51 单片机开发的硬件结构、指令系统、C 语言程序设计基础和 Keil 8051 C 编译器；第 2 篇为 51 单片机常用模块设计篇，通过 23 个模块设计实例，详细介绍了 51 单片机的各种开发技术和使用技巧，这些模块实例基础、实用，易学易懂，全部调试通过，几乎涵盖了所有的 51 单片机开发技术；第 3 篇通过 3 个综合系统实例，对前面的 51 单片机常用模块进行了综合应用设计，经过此篇学习，读者对 51 单片机综合系统设计的能力将迅速提升并产生质的飞跃。

本书配有光盘一张，包含了全书所有实例的硬件原理图和程序源代码，方便读者学习和使用。本书适合从事 51 单片机开发的科研人员使用，同时也可作为高校计算机、自动化、电子及硬件等相关专业大学生的理想教材，是广大读者学习 51 单片机项目开发的必备宝典手册。

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

51 单片机 C 语言常用模块与综合系统设计实例精讲 / 于永, 戴佳, 刘波编著. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2008.10
(电子工程应用精讲系列)
ISBN 978-7-121-07338-0

I. 5… II. ①于… ②戴… ③刘… III. 单片微型计算机—C 语言—程序设计 IV. TP368.1 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 136009 号

责任编辑: 江 立

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

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: 31.75 字数: 689 千字

印 次: 2008 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 59.00 元 (含光盘 1 张)

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 zlis@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

丛书说明

工程技术的电子化、集成化和系统化促进了电子工程技术的发展，同时也促进了电子工程技术在社会各行业中的广泛应用，从近年的人才招聘市场来看，电子工程师的人才需求更是一路走高。

电子工程师如此紧俏，除需求不断走高，人才供不应求外，另一重要原因则是电子工程师的门槛相对而言比较高，这个高门槛则来自于工程师的“经验”和“实践”！

因此，为了满足读者学习和工作需要，解决各种工作中的专业问题，我们紧紧围绕“经验”和“实践”，精心策划组织了此套丛书。

1. 丛书范围

现代电子科学技术的一个特点是多学科交叉，因此，工程师应当了解、掌握两门以上的相关学科，知识既精深又广博是优秀的工程师成长为某领域专家的重要标志。本丛书内容涉及软件开发、研发电子以及嵌入式项目开发等，包括单片机、USB 接口、ARM、CPLD/FPGA、DSP 和移动通信系统等。

2. 读者对象

本套书面向各领域的初、中级用户，具体为高校计算机、电子信息、通信工程、自动化控制专业在校大学生，以及从事电子开发和应用行业的科研人员。

3. 内容组织形式

本套书紧紧围绕“经验”和“实践”，首先介绍一些相关的基础知识，然后根据不同

的模块或应用领域，分篇安排应用程序实例的精讲。基础知识用来为一些初级读者打下一定的知识功底；基础好一点的读者则可以跳过这一部分，直接进入实例的学习。

4. 实例特色

在应用实例的安排上，着重突出“应用”和“实用”两个基本原则，安排具有代表性、技术领先性，以及应用广泛的典型实例，让读者学习借鉴。这些实例是从作者多年程序开发项目中挑选出的，也是经验的归纳与总结。

在应用实例的讲解上，既介绍了设计原理、基本步骤和流程，也穿插了一些经验、技巧与注意事项。特别在程序设计思路上，在决定项目开发的质量和成功与否的细节上，尽可能地用简洁的语言来清晰阐述大众易于理解的概念和思想；同时，程序代码部分做了很详细的中文注释，有利于读者举一反三，快速应用和提高。

5. 光盘内容

本套书的光盘中包含了丰富的实例原图文件和程序源代码，读者稍加修改便可应用于自己的工作中或者完成自己的课题（毕业设计），物超所值。读者使用之前，最好先将光盘内容全部复制到电脑硬盘中，以便于以后可以直接调用，而不需要反复使用光盘，提高操作速度和学习效率。

6. 学习指南

对于有一定基础的读者，建议直接从实例部分入手，边看边上机练习，这样印象会比较深，效果更好。基础差一点的读者请先详细学习书中基础部分的理论知识，然后再进行应用实例的学习。在学习中，尽量做到反复理解和演练，以达到融会贯通、举一反三的功效；特别希望尽量和自己的工作设计联系起来，以达到“即学即会，学以致用”的最大化境界。

本套丛书主要偏重于实用性，具有很强的工程实践指导性。期望读者在学习中顺利、如意！

前 言

随着科学技术的日新月异，单片机从一开始的 8 位单片机发展到 16 位、32 位等诸多系列，其中 51 系列单片机由于其灵活方便、价格便宜的优点，在众多制造厂商的支持下发展成为具有上百个品种的大家族。如今 51 系列单片机是应用最广泛的单片机，是大学里电子、自动化及相关专业的必修科目。其他任何一个单片机系列都无法与它媲美。

综观单片机系统的开发，是硬件、软件相结合的过程。要完成单片机系统的开发，用户不仅需要掌握编程技术，还需要针对实际应用选择合理的单片机芯片和外围器件，并以此为基础，设计硬件电路。所以，读者**通过具体的实例来学习单片机系统的开发是一条科学而且快捷的途径**。基于这个原则，本书作者根据多年积累的单片机开发经验，通过典型实例的形式，来详细介绍 51 系列单片机常用模块与综合应用系统设计的方法与技巧。

内容安排

本书共分为 3 篇 16 章，主要内容安排如下：

第 1 篇为基础知识篇，主要介绍 51 系列单片机的主要功能模块和指令系统、C 语言程序各语句用法与意义，以及 Keil 8051 C 编译器。这主要是为基础相对差的入门用户安排的，已经具备了一定的 51 系列单片机知识的读者可以直接跳过这一部分。

第 2 篇为常用模块设计实例篇，由 10 个方面 23 个实例构成，涵盖了键盘输入与数码显示、液晶显示、打印机输出、A/D 及 D/A 转换、存储模块、定时器与中断、单片机与 CPLD、信号与算法实现、步进电机与电路监控、网络通信传输等几乎所有的 51 系列单片机的开发应用。而且这些模块实例基础实用，易学易懂，全部调试通过，读者即便此前是个门外汉，也可以一学就会，轻松无忧。

第 3 篇为综合应用系统设计实例，重点通过 3 个应用系统为例，详细介绍了如何以 51 系列单片机作为控制中心，实现大型综合应用系统的整个设计思路与详细过程。经过此篇

学习，读者对 51 系列单片机综合系统设计的能力将迅速得到提升并产生质的飞跃，快速步入优秀工程师的行列。

本书特色

归纳起来，与同类关于 51 系列单片机的图书相比，本书具有以下一些特色：

(1) 内容合理，由简到难，基础知识与大量实例相结合，边讲边练。读者学习轻松，上手容易。

(2) 在第 1 版的基础上，增加看门狗、网络传输通信 4 个模块实例及 2 个综合系统实例，内容更加全面。全书 23 个模块实例基础、典型，易学易懂，全部调试通过，涵盖了几乎所有的 51 系列单片机开发技术，为读者提供了难得的学习途径；最后安排了 3 个综合系统实例，对 51 系列单片机的基本知识和常用模块进行了综合应用，有利于读者举一反三，实现从入门到精通的学习目的。

(3) 不但详细介绍了 51 系列单片机的硬件接口设计和模块化编程，而且提供了综合系统设计思路，对实例的所有程序代码做了详细注释，有利于读者理解和巩固知识点。

(4) 盘书结合，光盘中附有实例的硬件接口的原理图和 C 程序源代码，读者稍加修改，便可应用于自己的工作中或者完成自己的课题，物超所值。光盘的使用方法可参见光盘根目录下的使用说明文件。

本书作者

本书由于永主编，戴佳、刘波参与了部分章节的编写。另外，廖日坤、金镇、李宁宇、黄小惠、廖济林、庞丽梅、邱远彬、黄桂群、刘伟捷、黄乘传、黄小欢、黄小宽、李彦超、付军鹏、张广安、张洪波、贾素龙、李焱冰、王艳波、张剑等在资料收集、整理和技术支持方面也做了大量的工作，在此一并向他们表示感谢！

由于时间仓促，再加之作者的水平有限，书中难免存在一些不足之处，欢迎广大读者批评和指正。

于永 戴佳 刘波

2008 年 6 月

目 录

第一篇 基础知识篇

第 1 章 51 系列单片机开发的

基础知识.....2

1.1 51 系列单片机的硬件结构.....2

1.1.1 功能模块.....2

1.1.2 CPU.....2

1.1.3 并行 I/O 端口.....4

1.1.4 存储器结构.....6

1.1.5 定时/计数器.....10

1.1.6 串行口.....14

1.1.7 中断系统.....20

1.2 51 系列单片机的指令系统.....22

1.2.1 寻址方式.....22

1.2.2 指令说明.....26

1.2.3 指令系统表.....29

1.3 本章总结.....32

第 2 章 C 语言程序各语句的

用法与意义.....33

2.1 数据结构.....33

2.1.1 数据类型.....34

2.1.2 变量与常量.....36

2.1.3 数组.....40

2.1.4 指针.....44

2.1.5 结构.....47

2.1.6 共用体.....51

2.1.7 枚举.....52

2.2 运算符与表达式..... 54

2.2.1 运算符分类与优先级..... 54

2.2.2 算术运算符与表达式..... 55

2.2.3 关系运算符与表达式..... 55

2.2.4 逻辑运算符与表达式..... 56

2.2.5 位操作运算符与表达式..... 56

2.2.6 赋值运算符与表达式..... 57

2.3 程序结构与函数..... 58

2.3.1 程序结构..... 58

2.3.2 函数..... 58

2.4 流程控制语句..... 65

2.4.1 选择语句..... 66

2.4.2 循环语句..... 69

2.4.3 转移语句..... 71

2.5 本章总结..... 73

第 3 章 Keil 8051 C 编译器..... 74

3.1 Keil 编译器简介..... 74

3.2 如何使用 Keil 开发..... 75

3.2.1 建立工程..... 76

3.2.2 工程的设置..... 78

3.2.3 编译与连接..... 80

3.3 dScope for Windows 的使用..... 81

3.3.1 如何启动..... 81

3.3.2 如何调试..... 82

3.3.3 调试窗口..... 83

3.4 本章总结..... 86

第二篇 常用模块设计实例

第4章 键盘输入与数码显示.....88

4.1 键盘输入实例——实现

4x4 键盘.....88

4.1.1 实例说明.....88

4.1.2 设计思路分析.....88

4.1.3 硬件电路设计.....89

4.1.4 软件设计.....90

4.1.5 实例总结.....94

4.2 单片机实现7段数码管显示.....94

4.2.1 实例说明.....94

4.2.2 设计思路分析.....95

4.2.3 硬件电路设计.....97

4.2.4 软件设计.....100

4.2.5 实例总结.....104

第5章 液晶显示.....105

5.1 基于MSC-G12232的

液晶显示.....105

5.1.1 实例说明.....105

5.1.2 设计思路分析.....109

5.1.3 硬件电路设计.....109

5.1.4 软件设计.....110

5.1.5 实例总结.....113

5.2 平板液晶实例——基于

MSM6255 驱动器的显示.....114

5.2.1 实例说明.....114

5.2.2 设计思路分析.....114

5.2.3 硬件电路设计.....116

5.2.4 软件设计.....120

5.2.5 实例总结.....131

第6章 打印机输出.....133

6.1 打印机实例——并口

打印驱动.....133

6.1.1 实例说明.....133

6.1.2 设计思路分析.....133

6.1.3 硬件电路设计.....138

6.1.4 软件设计.....139

6.1.5 实例总结.....144

第7章 A/D及D/A转换.....145

7.1 ADC0801与TLC1543的

A/D转换.....145

7.1.1 实例说明.....145

7.1.2 设计思路分析.....146

7.1.3 硬件电路设计.....152

7.1.4 软件设计.....154

7.1.5 实例总结.....158

7.2 基于MS5534B的数字气压计

设计.....159

7.2.1 实例说明.....159

7.2.2 设计思路分析.....159

7.2.3 硬件电路设计.....162

7.2.4 软件设计.....163

7.2.5 气压高度计.....170

7.2.6 实例总结.....171

7.3 基于DS18B20的数字温度计

设计.....171

7.3.1 实例说明.....172

7.3.2 设计思路分析.....172

7.3.3 硬件电路设计.....173

7.3.4 软件设计.....178

7.3.5 实例总结.....183

7.4 基于TLC5617的D/A转换.....183

7.4.1 实例说明.....184

7.4.2 设计思路分析.....184

7.4.3 硬件电路设计.....185

7.4.4 软件设计.....188

7.4.5 实例总结.....192

第8章 存储模块.....193

8.1 基于EEPROM AT24C64的

数据存储.....193

8.1.1 实例说明	193	10.2.1 实例说明	277
8.1.2 设计思路分析	198	10.2.2 设计思路分析	278
8.1.3 硬件电路设计	198	10.2.3 硬件电路设计	279
8.1.4 软件设计	199	10.2.4 软件设计	281
8.1.5 实例总结	208	10.2.5 实例总结	285
8.2 基于 NOR FLASH AM29LV320 的数据存储	209	10.3 基于 XC95144 的串口扩展	285
8.2.1 实例说明	209	10.3.1 实例说明	285
8.2.2 设计思路分析	209	10.3.2 设计思路分析	286
8.2.3 硬件电路设计	212	10.3.3 硬件电路设计	292
8.2.4 软件设计	214	10.3.4 软件设计	294
8.2.5 实例总结	239	10.3.5 实例总结	298
第 9 章 定时器、复位与中断	240	第 11 章 信号与算法实现	300
9.1 RTC 设计实例——基于 SD2000 的实时日历时钟系统设计	240	11.1 单片机实现 CRC 算法	300
9.1.1 实例说明	240	11.1.1 实例说明	300
9.1.2 设计思路分析	242	11.1.2 CRC 原理	301
9.1.3 硬件电路设计	244	11.1.3 设计分析思路	302
9.1.4 软件设计	245	11.1.4 软件设计	306
9.1.5 实例总结	257	11.1.5 实例总结	310
9.2 看门狗模块设计实例	257	11.2 单片机实现智能信号发生器	311
9.2.1 实例说明	257	11.2.1 实例说明	311
9.2.2 设计思路分析	258	11.2.2 设计思路分析	312
9.2.3 硬件电路设计	260	11.2.3 硬件电路设计	314
9.2.4 软件设计	261	11.2.4 软件设计	317
9.2.5 实例总结	264	11.2.5 实例总结	319
第 10 章 单片机与 CPLD	265	11.3 A/D 转换后的软件滤波实现	319
10.1 基于 XC95144XL 的地址 译码与端口扩展	265	11.3.1 实例说明	320
10.1.1 实例说明	265	11.3.2 设计思路分析	320
10.1.2 设计思路分析	266	11.3.3 软件设计	322
10.1.3 硬件电路设计	267	11.3.4 实例总结	327
10.1.4 软件设计	272	第 12 章 步进电机	328
10.1.5 实例总结	277	12.1 单片机控制的步进电机系统	328
10.2 基于 XC95144XL 的中断 共享	277	12.1.1 实例说明	328
		12.1.2 设计思路分析	328
		12.1.3 硬件电路设计	333
		12.1.4 软件设计	337
		12.1.5 实例总结	340

第 13 章 网络传输与通信	342
13.1 串行数据通信模块设计实例	342
13.1.1 实例说明	342
13.1.2 设计思路分析	342
13.1.3 硬件电路设计	345
13.1.4 软件设计	347
13.1.5 实例总结	354
13.2 并行数据通信模块设计实例	354
13.2.1 实例说明	355
13.2.2 设计思路分析	355
13.2.3 硬件电路设计	356
13.2.4 软件设计	357
13.2.5 实例总结	364
13.3 短距离无线传输模块设计实例	364
13.3.1 实例说明	365
13.3.2 设计思路分析	365
13.3.3 硬件电路设计	367
13.3.4 软件设计	373
13.3.5 实例总结	379

第三篇 综合应用系统设计实例

第 14 章 多功能显示屏应用	
系统设计	382
14.1 实例说明	382
14.2 设计思路分析	382
14.3 硬件电路设计	383
14.4 软件设计	391
14.4.1 消息的发送和接收	391
14.4.2 温度传感器和 Flash 芯片的操作	392
14.4.3 显示和画图的函数定义	400
14.4.4 中断的函数定义	409

14.4.5 定时器的检测以及发送	410
14.4.6 下载协议和信息传输	413
14.4.7 整个程序的调度	417
14.5 实例总结	419

第 15 章 家用温湿度测量播报	
系统设计	420
15.1 实例说明	420
15.2 设计思路分析	421
15.3 硬件电路设计	428
15.4 软件设计	429
15.4.1 软件流程	429
15.4.2 主要代码与注释	429
15.5 实例总结	439

第 16 章 基于单片机的电力监测	
系统设计	440
16.1 实例说明	440
16.1.1 系统功能和技术指标	440
16.1.2 系统面板介绍和使用	441
16.2 设计思路分析	442
16.2.1 获取二次回路状态信息	442
16.2.2 系统总体结构	442
16.3 硬件设计	443
16.3.1 监测仪的供电	443
16.3.2 信号采集模块	445
16.3.3 单片机模块	447
16.3.4 键盘电路	448
16.3.5 日历时钟芯片	448
16.3.6 液晶显示模块 LCD	451
16.3.7 信息的存储	459
16.4 软件设计	461
16.4.1 软件设计流程	461
16.4.2 主要代码与注释	462
16.5 实例总结	475

附录 A 汇编语言与 C 语言的混合编程	476
-----------------------------------	-----

第 1 章

51 系列单片机开发的基础知识

单片机全称单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer)，顾名思义，它指的是一种单硅片上集成微型计算机主要功能部件的集成芯片。单片机的出现要归功于大规模集成电路技术的发展，就组成和功能而言，可以不夸张地说，它正如一个微型计算机系统，内部集成了中央处理器 (CPU)、随机数据存储器 (RAM)、只读程序存储器 (ROM)、定时器/计数器、输入/输出 (I/O) 接口电路以及串行通信接口等主要功能部件。

单片机最初主要应用于控制领域，在发展过程中又进一步扩展了各种控制功能，它可以独立执行内部程序，所以它又被称为微型控制器 (Microcontroller)。

1.1 51 系列单片机的硬件结构

本书介绍的 51 单片机指的是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机，属于这一系列的单片机芯片有许多种，如 8051/8052、8031/8032、8751/8752 等，它们的基本组成、基本性能和指令系统都是相同的。下面详细介绍 51 单片机的硬件结构。

1.1.1 功能模块

51 单片机内部的基本功能模块如图 1-1 所示。它可以划分为 CPU、存储器 (RAM 和 ROM)、并行口、串行口、定时器/计数器和中断系统等几部分。

1.1.2 CPU

51 单片机最为核心的部分是中央处理器 CPU，它由运算器和控制逻辑构成，其中包括若干特殊功能寄存器 (SFR)。

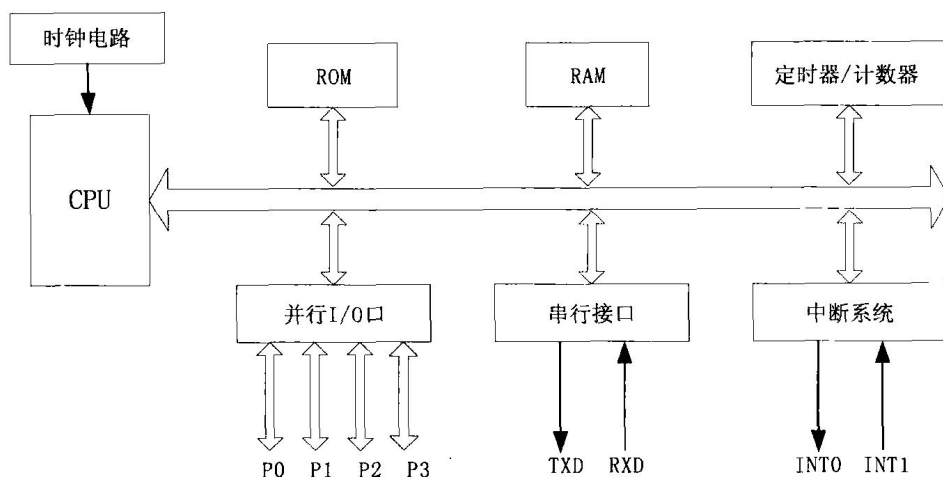


图 1-1 51 单片机的内部功能模块

运算器以算术逻辑单元 ALU 为中心，还包括累加器 ACC（或者写为 A）、暂存寄存器、B 寄存器以及程序状态寄存器（PSW）等。

ALU 是单片机中必不可少的数据处理单元之一，可以对数据进行加、减、乘、除等算术运算，“与”、“或”、“异或”等逻辑运算，以及位操作运算。

累加器 ACC 是 CPU 中使用最频繁的一个寄存器，它是 ALU 单元的输入之一，因而也是处理数据源之一，同时它又是 ALU 运算结果的存放单元，即 ALU 运算结果通过内部总线送入累加器 ACC 中存放。CPU 中的数据传送大部分都通过累加器，所以它又相当于一个数据中转站。当然 51 单片机也增加了一些可以不经过累加器的指令，如寄存器与直接寻址单元之间的传送指令，直接寻址单元与间接寻址单元之间的传送指令以及寄存器、间接寻址单元、直接寻址单元与立即数之间的传送指令。这些指令既加快了传送速度，又减少了累加器的堵塞现象。

B 寄存器在乘法和除法指令中作为 ALU 的输入之一。乘法中，ALU 的两个输入分别来自 A、B 寄存器，运算结果存放在 A、B 寄存器对中，A 中存放乘积的低 8 位，B 中存放高 8 位。除法中，被除数取自 A，除数取自 B，商存放于 A，余数存放于 B。其他情况下，B 寄存器可以作为内部 RAM 的一个单元来使用。

程序状态字（PSW）是一个逐位定义的 8 位寄存器，其内容的主要部分是 ALU 单元的输出，用来寄存本次运算的特征信息。PSW 是一个程序可访问的寄存器，而且可以按位访问。格式如下：

MSB					LSB		
CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P

其中，PSW.0（P）为奇偶标志位，每个指令周期都由硬件置位或清除，表示累加器中值为 1 的位数是奇数还是偶数，若累加器值为 1 的位数是奇数，P 置位（奇校验），否则，P 被清除；PSW.1 是保留位，不作使用；PSW.2（OV）为溢出标志位，运行运算指令时由

硬件置位或清除, 指示运算是否产生溢出, OV 置位表示运算结果超出了目的寄存器 A 所能表示的带符号数的范围 (-128~+127); PSW.3 (RS0) 和 PSW.4 (RS1) 是工作寄存器选择控制位, 该两位的 4 种组合状态用来选择 0~3 寄存器组, 见表 1-1 所示; PSW.5 (F0) 是用户可设定的通用标志位, 开机时该位为“0”, 用户可根据需要置位或复位, 当 CPU 执行 F0 测试转移指令时, 根据 F0 的状态实现分支转移; PSW.6 (AC) 为辅助进位标志位, 也称半进位标志位, 当低 4 位向高 4 位数发生进位或借位时, AC 被硬件置位, 否则被清除; PSW.7 (CY) 为进位标志位, 有进位或借位时 CY 被硬件置位, 否则被清除。

表 1-1 RS1、RS0 和工作寄存器组的关系列表

RS1	RS0	工作寄存器组
0	0	0 组 (00~07)
0	1	1 组 (08~0F)
1	0	2 组 (10~17)
1	1	3 组 (18~1F)

控制逻辑主要包括定时和控制逻辑、指令寄存器 IR、指令译码器 ID 以及地址指针 DPTR 和程序计数器 PC 等。单片机是程序控制式计算机, 它的运行过程是在程序控制下逐条执行程序指令的过程, 顺序地从程序存储器中取出指令送到指令寄存器 IR, 然后指令译码器 ID 进行译码, 译码产生一系列符合定时要求的微操作信号, 用以控制单片机各部分的动作。

时钟是时序的基础, 51 单片机的时钟产生有两种方式: 内部方式和外部方式。8051 内部有晶体振荡电路, 只要在外部加上石英振荡晶体, 即可产生频率非常稳定的振荡信号, 这种方式称为内部方式; 而外部方式指的是通过 XTAL1 和 XTAL2 脚直接接入外部时钟。时钟是单片机工作的时序来源, 所有 8051 单片机的时钟序列都以此时钟为基准。MCS-51 的 1 个机器周期含有 6 个时钟周期, 而每个时钟周期是振荡周期的两倍, 因此 1 个机器周期共有 12 个振荡周期。振荡周期指的是振荡源的周期, 若为内部产生方式时, 即为石英晶体的振荡周期。比如振荡器的频率 12MHz, 那么 1 个振荡器周期为 1/12 μ s, 而 1 个机器周期则 1 μ s。51 的指令周期指的是完成 1 条指令占用的全部时间, 指令周期含 1~4 个机器周期, 其中多数为单周期指令, 还有 2 周期和 4 周期指令。

1.1.3 并行 I/O 端口

MCS-51 单片机有 4 个 8 位的并行端口: P0、P1、P2 和 P3, 共 32 根 I/O 线, 实际上它们就是特殊功能寄存器 SFR 中的 4 个。每个端口都是 8 位准双向口, 共占用 32 条引脚。每一条 I/O 线都能独立地用作输入或输出。每个端口都由 4 部分构成: 端口锁存器 (即特殊功能寄存器 P0~P3)、输入缓冲器、输出驱动器和引至芯片外的端口引脚。它们都是双向通道, 每一条 I/O 线都能独立地用作输入或输出, 作为输出时数据可以锁存, 作为输入时数据可以缓冲, 但这 4 个通道的功能不完全相同。

4 个端口在以 I/O 方式工作时, 特性基本相同:

(1) 作为输出口用时, 内部带锁存器, 故可以直接和外设相连, 不必外加锁存器。

(2) 作为输入口用时, 有两种工作方式, 即所谓读端口和读引脚。读端口实际上并不从外部选入数据, 而只是把端口寄存器中的内容读入到内部总线, 经过某种运算和变换后, 再写回到端口寄存器。属于这类操作的指令很多, 如对端口内容取反等。而执行“读引脚”操作时, 才真正地把外部的数据读入到内部总线。CPU 根据不同的指令, 发出“读端口”或“读引脚”信号, 以完成两种不同的操作。

(3) 在端口作为外部输入线, 也就是读引脚时, 要先通过指令, 把端口锁存器置“1”, 然后再执行读引脚操作, 否则就可能读入出错。若不先对端口锁存器置“1”, 由于端口锁存器中原来状态可能为“0”, 加到输出驱动场效应管栅极的信号为“1”, 该场效应管就导通, 对地呈现低阻抗。这时即使引脚上输入的是“1”, 也会因端口的低阻抗而使信号变低, 使得外加的“1”信号读入后不一定为“1”, 若先执行置“1”操作, 则可以驱动场效应管截止, 引脚信号直接加到三态缓冲器, 实现正确的读入。由于在输入操作时还必须附加一个准备动作, 所以这类 I/O 口被称为“准双向”口。

在 4 个端口中, P1 口只能用作 I/O 口, 而 P0、P2 和 P3 口都还具有其他的功能。P0 口可作地址/数据总线分时使用, 这其中包括用作输入数据和输出地址/数据总线。P2 口可作为输出的高 8 位地址线。8051 芯片引脚中没有专门的数据和地址总线, 在向外扩展存储器和接口时, 由它的 P2 口输出地址总线的高 8 位 (A15~A8), 由 P0 口输出地址总线的低 8 位 (A7~A0), 同时对 P0 口采用了总线复用技术, P0 口兼作 8 位双向数据总线 (D7~D0)。P3 口也具有第二功能, 此端口用作第二功能时, 8 个引脚可按位单独定义, 见表 1-2 所示。

表 1-2 P3 口的第二功能

P3 口	第二功能	注 释
P3.0	RXD	串行输入口
P3.1	TXD	串行输出口
P3.2	INT0	外部中断 0 输入 (低电平有效)
P3.3	INT1	外部中断 1 输入 (低电平有效)
P3.4	T0	计数器 0 计数输入
P3.5	T1	计数器 1 计数输入
P3.6	WR	外部数据 RAM 写选通 (低电平有效)
P3.7	RD	外部数据 RAM 读选通 (低电平有效)

P0 端口的输出级与 P1~P3 端口的输出级在结构上是不同的, 因此它们的负载能力和接口要求也不相同。

P0 端口与其他端口不同, 它的输出级无上拉电阻。当用作普通 I/O 端口时, 输出级是开漏电路, 需外接上拉电阻, 才能驱动 MOS 电路; 用作地址/数据总线时, 则无须外接上