



普通高校“十三五”规划教材

单片机的C语言 应用程序设计

(第6版)

马忠梅 李元章 王美刚 王拓 等编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十三五”规划教材

单片机的 C 语言 应用程序设计 (第 6 版)

马忠梅 李元章 王美刚 王



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是针对目前最通用的单片机 8051 和最流行的程序设计语言——C 语言,讲解单片机的 C 语言应用程序设计的教材。现 C51 编译器有支持经典 8051 和 8051 派生产品的版本,统称为 Cx51。全书共 14 章,既有单片机的基础部分;Cx51 的基础部分:数据与运算、流程控制语句、构造数据类型及函数与程序结构;又有 Cx51 的应用部分:内部资源、扩展资源、输出控制、数据采集、人机交互及物联网传感器采集的 C 编程。本书还对软件工程推崇的模块化编程技术有所阐述,特别还为实时控制的精确定时讲述了 C 语言与汇编语言的混合编程技术。本书配备了大量的习题,可供师生选用。

本书的特点是取材原文资料,总结实际教学和应用经验,实例较多,实用性强。本书中 C 语言是针对 8051 特有结构描述的,这样,即使是无编程基础的人,也可通过本书学习单片机的 C 编程。

本书既可作大专院校师生、培训班师生、全国大学生电子设计竞赛的教材,也可作从事单片机应用的技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机的 C 语言应用程序设计 / 马忠梅等编著. -- 6
版. -- 北京 : 北京航空航天大学出版社, 2017.8
ISBN 978 - 7 - 5124 - 2477 - 7

I. ①单… II. ①马… III. ①单片微型计算机—C 语
言—程序设计 IV. ①TP368.1②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 182942 号

版权所有,侵权必究。

单片机的 C 语言应用程序设计(第 6 版)

马忠梅 李元章 王美刚 王拓 等编著

责任编辑 张军香

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:23.5 字数:501 千字

2017 年 9 月第 6 版 2017 年 9 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 2477 - 7 定价:45.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

北京航空航天大学出版社 1997 年出版的以 KEIL 公司 C51 编译器 DOS 版本为基础的《单片机的 C 语言应用程序设计》，是国内第 1 本单片机 C 语言教材，受到广大单片机用户的欢迎。1999 年出版的《单片机的 C 语言应用程序设计(修订版)》补充了单片机基础知识和各章习题，使其成为一些学校的单片机教材。第 3 版对修订版进行了 Windows 环境使用的升级。繁体版《单晶片 C 语言程式设计》已在中国台湾地区出版。第 4 版规范了程序的格式，增加了“Flash 存储器的扩展”和“I²C 总线扩展存储器”内容。第 5 版增加了“物联网数据采集”一章和附录“预处理”，删除了“开发环境”的使用“附录”和一些不常用的内容。物联网被称为继计算机、互联网之后世界信息产业第三次浪潮。物联网将任何物体与互联网相连接，进行信息交换和通信。RFID 和无线传感器网络是物联网的基础。无线传感器网络系统由传感器终端节点、协调器节点和 PC 机组成。带 8051 内核的 SOC 芯片 CC2530 作为传感器数据采集终端节点，大大方便了组建 ZigBee 无线传感器网络，采用宏函数编程可简化程序设计。第 6 版增加了国产 STC15 单片机对温湿度、加速度传感器、陀螺仪等传感器的数据采集。

KEIL 公司 C51 编译器 DOS 版本曾由美国 Franklin 公司在市场上销售多年，最早传入我国并得到广泛使用的是 Franklin C51 V3.2 版本。随着时间的推移，KEIL 公司的产品不断升级，V5.0 以上版本 C51 编译器就配有基于 Windows 的 μ Vision 集成开发环境和 dScope 软件模拟调试程序。现 C51 编译器有支持经典 8051 和 8051 派生产品的版本，统称为 Cx51。新版本 μ Vision 把模拟调试器 dScope 与集成开发环境无缝结合起来，界面更友好，使用更方便，支持的单片机品种更多。

单片机体积小，质量轻，具有很强的灵活性且价格不高，得到越来越广泛的应用。8051 在小到中型应用场合很常见，已成为单片机领域的实际标准。20 世纪 80 年代中期，Intel 公司将 8051 内核使用权以专利互换或出售形式转给世界许多著名 IC 制造厂商，如 NXP、Atmel、Maxim、Infineon、ADI、TI、Winbond 和 Silicon Labs 公司等，这样 8051 就变成有众多制造厂商支持的、发展出上百个品种的大家族。到目前为止，其他任何一个单片机系列均未发展到如此的规模。随着硬件的发展，8051 软件工具已有 C 级编译器及实时多任务操作系统 RTOS(Real Time Operating System)。在 RTOS 的支持下，单片机的程序设计更简单、更可靠、实时性更强。因而 8051 是单片机教学的首选机型。C 语言是一种编译型程序设计语言，它兼顾了多种高级语言的特点，并具备汇编语言的功能。用 C 语言来编写目标系统软件，会大大缩短开发周期，且明显地改善软件的可读性，便于改进和扩充，从而研制出规模更大、

性能更完备的系统。用C语言进行8051单片机程序设计是单片机开发与应用的必然趋势。单片机的程序设计应该以C语言为主,汇编语言为辅。汇编语言掌握到只要可以读懂程序,在时间要求比较严格的模块中进行程序的优化即可。采用C语言也不必对单片机和硬件接口的结构有很深入的了解,编译器可以自动完成变量存储单元的分配,编程者就可以专注于应用软件部分的设计,大大加快了软件的开发速度。采用C语言可以很容易地进行单片机的程序移植工作,有利于产品中的单片机的重新选型。

随着国内单片机开发工具研制水平的提高,现在的单片机仿真器普遍支持C语言程序的调试,为单片机编程使用C语言提供了便利的条件。C语言的模块化程序结构特点,可以使程序模块共享,不断丰富。C语言的可读性的特点,更容易使大家借鉴前人的开发经验,提高自己的软件设计水平。采用C语言,可针对单片机常用的接口芯片编制通用的驱动函数,可针对常用的功能模块、算法等编制相应的函数,这些函数经过归纳整理可形成专家库函数,供广大的单片机爱好者使用和完善,这样可大大地提高国内单片机软件设计水平。国外嵌入式系统的程序设计也是采用C语言,我们可以借鉴其编程经验,进行交流,以达到和国际接轨的目的。过去长时间困扰人们的“高级语言产生代码太长,运行速度太慢,不适合单片机使用”的致命缺点已基本被克服。目前,8051上的C语言的代码长度,在未加入人工优化的条件下,已经做到了最优汇编程序水平的1.2~1.5倍,可以说,比得上中等程序员的水平。只要有好的仿真器的帮助,用人工优化关键代码就是很简单的事了。如果谈到开发速度、软件质量、结构严谨和程序坚固等方面,则C语言编程的完美绝非汇编语言编程所能比拟。

本书为教材,第1章为单片机基础知识。第2章从讨论8051的编程语言及其特点出发,给出了国际上现有各种C51编译器的性能比较,然后通过一个KEIL Cx51的编程实例讲解C语言的结构。第3章列举了逻辑和算术操作数,这些数据对嵌入式应用很重要。单片机有多个存储空间——程序、数据、表格等,而且寻址不同,因此了解8051的各种类型的变量和各种类型的存储空间很重要。第4章讲解了分支和循环结构,它们是结构化编程方法的基础。其中解释了结构化编程的思想,如包括在循环开头和结尾处检测的不同。第5章为构造的数据类型,它们是函数的基础。此章包括结构、数组、指针和联合。实例包括从内插比较到直接计算的查表使用。第6章阐述函数和程序结构,并有函数值的传进传出和变量的存储类型及作用域。第7章为使用多个文件开发程序进行混合编程,它是现代编程的关键。当几个编程者共同开发一个项目时,模块化程序设计不再是因高级语言速度慢而采用汇编编程的一种技术,而是便于管理的有组织编程的关键。第8章是针对8051系列内部资源中断、定时器/计数器、串行口的编程及使用,还有单片机的多机通信编程。这些是单片机最有特色的部分,是设计精巧系统的关键。第9章为8051扩展资源的C编程,介绍并行接口芯片、串行总线芯片的扩展及应用编程。第10章为输出控制通道的D/A

转换和步进电机控制的C编程。第11章为数据采集的C编程。第12章为人机界面LED/LCD、键盘与单片机的接口及编程。第13章针对物联网技术涉及的温湿度、加速度传感器和RFID等,给出数据采集程序。第14章介绍国产STC15单片机,给出内部资源编程和扩展资源对温湿度、加速度传感器、陀螺仪等传感器的数据采集程序。

许多内容取材于学生的例程开发和竞赛设计,王拓、孙娟、李嘉斌、刘佳伟、李奇、曾礼、徐旭昊、于佳维等参与了物联网开发设计实践。感谢TI公司大学计划部沈洁、黄争、潘亚涛,中科院计算所徐勇军、王鹏、陈彦明,奥尔斯公司李朱峰,无线龙公司康凯对北京理工大学—美国德州仪器物联网技术联合实验室的支持。感谢STC宏晶科技公司大学计划对北京理工大学STC高性能单片机联合实验室的支持。

具有实际经验的设计者或系统开发者,会发现本书实例极具参考价值,由参考程序开发实用程序,将会使自己的程序更有效。对于已有其他语言的编程经验并熟悉单片机硬件的读者,通过此书的工作实例来学习一种语言会比使用其他教科书要快得多,且许多实例可直接在新的设计项目中采用。对于学习单片机应用课程的学生或面临设计项目的人员,本书提供了通常用于嵌入式系统的硬件及使用8051的实用程序,甚至可复制一些8051系列应用的原理图。

本书取材于原文资料,总结了实际教学和应用经验,编程实例丰富,内容覆盖面广。希望本书能对单片机的教学和应用推广工作起到积极的作用。由于程序和图表较多,难免有误漏之处,恳请读者批评指正。

作者

2017年5月

目 录

第 1 章 单片机基础知识	1
1.1 8051 单片机的特点	1
1.2 8051 单片机的内部结构	3
1.2.1 中央处理器	3
1.2.2 存储器组织	5
1.2.3 片内并行接口	8
1.2.4 内部资源	10
1.2.5 芯片引脚	11
1.2.6 单片机的工作方式	12
1.3 8051 单片机的系统扩展	14
1.3.1 外部总线的扩展	14
1.3.2 外部程序存储器的扩展	16
1.3.3 外部数据存储器的扩展	18
1.4 8051 单片机的指令系统	22
1.4.1 寻址方式	22
1.4.2 指令说明	23
1.4.3 伪指令	29
1.4.4 指令系统表	31
1.5 实用程序设计	35
习题一	38
第 2 章 C 与 8051	41
2.1 8051 的编程语言	41
2.2 Cx51 编译器	42
2.3 KEIL 8051 开发工具	43
2.4 KEIL Cx51 编程实例	46
2.5 Cx51 程序结构	51
习题二	52

第3章 Cx51 数据与运算	53
3.1 数据与数据类型	53
3.2 常量与变量	54
3.3 Cx51 数据的存储类型	57
3.4 8051 特殊功能寄存器(SFR)及其 Cx51 定义	59
3.5 8051 并行接口的 Cx51 定义	62
3.6 位变量(BIT)的 Cx51 定义	63
3.7 Cx51 运算符、表达式及其规则	64
3.7.1 Cx51 算术运算符及其表达式	64
3.7.2 Cx51 关系运算符、表达式及优先级	66
3.7.3 Cx51 逻辑运算符、表达式及优先级	66
3.7.4 Cx51 位操作及其表达式	68
3.7.5 自增减运算符、复合运算符及其表达式	73
习题三	74
第4章 Cx51 流程控制语句	75
4.1 C 语言程序的基本结构及其流程图	75
4.1.1 顺序结构及其流程图	75
4.1.2 选择结构及其流程图	75
4.1.3 循环结构及其流程图	76
4.2 选择语句	78
4.2.1 if 语句	78
4.2.2 switch/case 语句	80
4.3 循环语句	81
4.3.1 while 语句	82
4.3.2 do while 语句	83
4.3.3 for 语句	84
习题四	86
第5章 Cx51 构造数据类型	87
5.1 数 组	87
5.1.1 一维数组	87
5.1.2 二维数组	90
5.1.3 字符数组	91
5.1.4 查 表	92

5.1.5	数组与存储空间	93
5.2	指 针	94
5.2.1	指针的基本概念	94
5.2.2	数组指针和指向数组的指针变量	98
5.2.3	指向多维数组的指针和指针变量	102
5.2.4	关于 KEIL Cx51 的指针类型	103
5.3	结 构	105
5.3.1	结构的定义和引用	105
5.3.2	结构数组	108
5.4	共用体	108
5.5	枚 举	110
	习题五	112
第 6 章	Cx51 函数	113
6.1	函数的分类	114
6.2	函数的定义	115
6.3	函数的参数和函数值	116
6.4	函数的调用	118
6.4.1	函数调用的一般形式	118
6.4.2	函数调用的方式	118
6.4.3	对被调用函数的说明	119
6.4.4	函数的嵌套和递归调用	120
6.4.5	函数的递归调用	121
6.4.6	用函数指针变量调用函数	122
6.5	数组、指针作为函数的参数	123
6.5.1	用数组作为函数的参数	123
6.5.2	用指向函数的指针变量作为函数的参数	124
6.5.3	返回指针的函数	127
	习题六	128
第 7 章	模块化程序设计	129
7.1	基本概念	129
7.1.1	程序的组成	129
7.1.2	常用术语	129
7.1.3	文件命名常规	131
7.2	模块化程序开发	132

7.2.1	采用模块编程的优点	132
7.2.2	模块化程序开发过程	132
7.3	汇编和编译	133
7.3.1	使用汇编语言的模块化设计	133
7.3.2	使用C语言的模块化设计	136
7.4	覆盖和共享	138
7.4.1	覆盖	138
7.4.2	共享	138
7.5	库和链接器/定位器	139
7.5.1	库	139
7.5.2	链接器/定位器	140
7.6	混合编程	142
7.6.1	混合编程介绍	142
7.6.2	参数传递	143
7.6.3	混合编程实例	147
7.6.4	根据硬件环境的配置	150
7.7	程序优化	150
	习题七	152
4	第8章 8051 内部资源的C编程	153
8.1	中 断	153
8.1.1	中断源	154
8.1.2	中断的控制	155
8.1.3	中断响应	156
8.1.4	寄存器组切换	158
8.1.5	中断编程	160
8.2	定时器/计数器	162
8.2.1	与T/C有关的特殊功能寄存器	163
8.2.2	定时器/计数器的工作方式	165
8.2.3	定时器/计数器的初始化	166
8.2.4	定时器/计数器应用实例	167
8.3	串行口	173
8.3.1	与串行口有关的SFR	174
8.3.2	串行口的工作方式	175
8.3.3	串行口的初始化	176
8.3.4	串行口应用范例	177

8.4 点对点的串行异步通信	181
8.4.1 通信双方的硬件连接	181
8.4.2 通信双方的约定	181
8.4.3 点对点通信编程	182
8.5 多机通信	185
8.5.1 通信接口	185
8.5.2 通信协议	185
8.5.3 通信程序	186
习题八	192
第 9 章 8051 扩展资源的 C 编程	194
9.1 可编程外围并行接口芯片 8255	194
9.1.1 8255 的结构和引脚	194
9.1.2 8255 的命令字和工作方式	195
9.1.3 8255 与 8051 的接口	197
9.2 可编程外围并行接口芯片 8155	198
9.2.1 8155 的结构和引脚	198
9.2.2 8155 的命令字、状态字及工作方式	200
9.2.3 8155 与 8051 的接口	201
9.3 I ² C 总线扩展存储器	203
9.3.1 I ² C 总线简介	203
9.3.2 I ² C 总线的通信规约	204
9.3.3 串行 I ² C 总线 E ² PROM 24CXX	204
9.3.4 I ² C 总线的编程实现	209
习题九	212
第 10 章 8051 输出控制的 C 编程	213
10.1 8 位 D/A 芯片 DAC0832	213
10.1.1 DAC0832 的结构和引脚	213
10.1.2 8051 与 DAC0832 的接口	214
10.2 步进电机控制	217
10.2.1 步进电机及其工作方式	217
10.2.2 步进电机与 8051 的接口	217
习题十	222
第 11 章 8051 数据采集的 C 编程	223
11.1 8 位 A/D 芯片 ADC0809	223

11.1.1	ADC0809 的结构和引脚	223
11.1.2	ADC0809 与 8051 的接口	225
11.2	频率量的测量	226
11.2.1	测量频率法	226
11.2.2	测量周期法	228
	习题十一	230
第 12 章	8051 人机交互的 C 编程	231
12.1	键盘和数码显示	231
12.1.1	行列式键盘与 8051 的接口	231
12.1.2	七段数码显示与 8051 的接口	233
12.2	可编程键盘/显示接口芯片 8279	235
12.2.1	8279 内部结构和引脚	236
12.2.2	8279 的命令字和状态字	238
12.2.3	8279 与 8051 的接口	240
12.3	点阵型 LCD 显示模块	242
12.3.1	HD61830 的特点和引脚	242
12.3.2	HD61830 指令集	243
12.3.3	与内藏 HD61830 的液晶模块的接口和编程	246
	习题十二	251
第 13 章	物联网数据采集	252
13.1	物联网简介	252
13.1.1	物联网的概念	252
13.1.2	物联网的体系结构	252
13.1.3	物联网的关键技术	253
13.1.4	物联网的发展现状与应用	254
13.1.5	物联网数据采集平台	255
13.2	CC2530 基础	256
13.2.1	CC2530 的结构及特性	256
13.2.2	通用数字 I/O 接口	264
13.2.3	外部 I/O 中断	265
13.2.4	定时器操作	266
13.2.5	ADC 单次采样	279
13.2.6	USART 串口通信	282
13.3	温湿度采集	289

13.3.1	温湿度传感器 SHT10	289
13.3.2	TC77 温度传感器	295
13.4	加速度传感器采集	297
13.4.1	加速度传感器 MMA7360	297
13.4.2	加速度传感器 ADXL345	300
13.5	RFID 采集	304
13.6	反射式接近开关传感器	306
13.7	超声波测距	307
第 14 章	增强型 8051 系列 STC15 单片机	310
14.1	STC15 单片机基础	310
14.1.1	STC15 的结构及特性	310
14.1.2	时钟和复位	312
14.1.3	存储器	315
14.2	STC15 单片机的内部资源	315
14.2.1	通用数字 I/O 接口	315
14.2.2	外部中断	316
14.2.3	定时器操作	320
14.2.4	ADC 单次采样	322
14.2.5	UART 串行口通信	324
14.2.6	脉宽调制 PWM	327
14.3	STC15 单片机扩展资源	332
14.3.1	LED 显示	332
14.3.2	SPI 接口双机通信	334
14.3.3	温湿度传感器 DHT11	339
14.3.4	加速度传感器 MMA7660 采集	344
14.3.5	加速度传感器 ADXL345 采集	349
14.3.6	陀螺仪 MPU-6050 采集	351
附录	预处理	355

第 1 章

单片机基础知识

1.1 8051 单片机的特点

单片机(microcontroller, 又称微控制器)是在一块硅片上集成了各种部件的微型计算机。这些部件包括中央处理器 CPU、数据存储器 RAM、程序存储器 ROM、定时器/计数器和多种 I/O 接口电路。

8051 单片机的基本结构如图 1-1 所示。

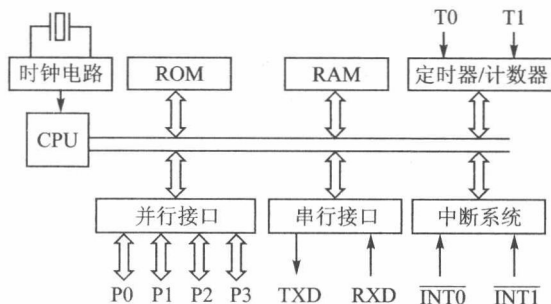


图 1-1 8051 单片机的基本结构

8051 是 MCS-51 系列单片机中的一个产品。MCS-51 系列单片机是 Intel 公司推出的通用型单片机。其基本型产品是 8051、8031 和 8751。这 3 个产品片内程序存储器的制造工艺不同。8051 的片内程序存储器 ROM 为掩膜型的,在制造芯片时已将应用程序固化进去,使其具有了某种专用功能;8031 片内无 ROM,使用时需外接 ROM;8751 的片内 ROM 是 EPROM 型的,固化的应用程序可以方便地改写。

以上 3 个器件是 HMOS 工艺的。此外还有低功耗基本型的 CMOS 工艺器件 80C51、80C31 和 87C51 等,分别与上述器件兼容。CMOS 具有低功耗的特点,如 8051 功耗约为 630 mW,而 80C51 的功耗只有 120 mW。

除片内 ROM 类型不同外,8051、8031 和 8751 的其他性能完全相同。其结构特点如下:

- 8 位 CPU;

第1章 单片机基础知识

- 片内振荡器及时钟电路;
- 32根 I/O 线;
- 外部存储器 ROM 和 RAM 寻址范围各 64 KB;
- 2 个 16 位的定时器/计数器;
- 5 个中断源, 2 个中断优先级;
- 全双工串行口;
- 布尔处理器。

MCS-51 系列单片机已有十多个产品。其性能如表 1-1 所列。

表 1-1 MCS-51 系列单片机性能表

ROM 形式			片内 ROM/ KB	片内 RAM/ B	寻址范围/ KB	I/O			中断源
片内 ROM	片内 EPROM	外接 EPROM				计数器	并行口	串行口	
8051	8751	8031	4	128	2×64	2×16	4×8	1	5
80C51	87C51	80C31	4	128	2×64	2×16	4×8	1	5
8052	8752	8032	8	256	2×64	3×16	4×8	1	6
80C252	87C252	80C232	8	256	2×64	3×16	4×8	1	7

表中列出了 4 组性能上略有差异的单片机。前两组属于同一规格,都可称为 51 系列;后两组为 52 系列,性能要高于 51 系列。除了存储器配置等差别外,8052 片内 ROM 中还掩膜了 BASIC 解释程序,因而可以直接使用 BASIC 程序。此外,87C51 和 87C252 还具有两级程序保密系统。

8051 单片机系列指的是 MCS-51 系列和其他公司的 8051 派生产品。这些派生产品是在基本型基础上增强了各种功能的产品,如高级语言型、Flash 型、EEPROM 型、A/D 型、DMA 型、多并行口型、专用接口型和双控制器串行通信型等。Atmel 公司的 AT89 系列单片机把 8051 内核与其 Flash 专利存储技术相结合,具有较高的性价比。NXP 公司具有丰富的外围部件,是 8051 系列单片机品种较多的生产厂家。MAXIM 公司和 Infineon 公司的单片机增加了数据指针和运算能力。ADI 公司和 TI 公司把 ADC、DAC 和 8051 内核结合起来,推出微转换器系列芯片。Cypress 公司把 8051 内核和 USB 接口结合起来,推出 USB 控制器芯片。Silicon Labs 公司的片上系统单片机 C8051F 系列改进了 8051 内核,具有 JTAG 接口,可实现在线下载和调试程序,是 8051 最具生命力的体现。国产 STC15 单片机具有宽电压、高速、高可靠、低功耗特性,是新一代 8051 单片机。目前这些增强型的 8051 系列产品都基于 CMOS 工艺,故又称为 80C51 系列。它们给 8 位单片机注入了新的活力,为它的开发应用开拓了更广阔的前景。Oregon System 公司的 Core8051 IP 和 Syn-

opsys公司的DW8051_core是与8051指令兼容的8位单片机IP核。DW8051_core采用4个时钟周期为1个指令周期的模式,在时钟周期相同的情况下,处理能力是标准8051的3倍。基于IP核和FPGA的SoC(System on Chip,片上系统)设计方法具有极大的灵活性,可以大大缩短项目的开发周期。

1.2 8051单片机的内部结构

图1-2所示为8051单片机内部结构框图,包括CPU、存储器、并行口、串行口、定时器/计数器和中断逻辑几部分。

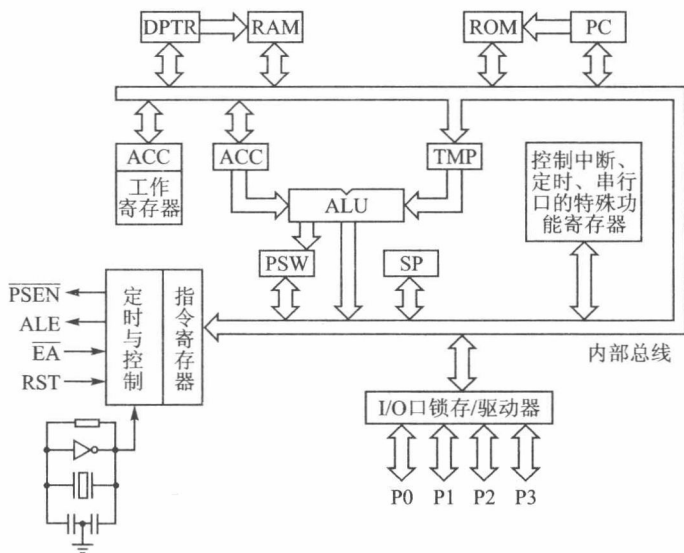


图 1-2 8051 单片机的内部结构框图

1.2.1 中央处理器

8051的中央处理器CPU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)。

1. 以ALU为中心的运算器

算术逻辑单元ALU能对数据进行加、减、乘、除等算术运算和“与”、“或”、“异或”等逻辑运算及位操作运算。

ALU只能进行运算,运算的操作数可以事先存放到累加器ACC或暂存器TMP中,运算结果可以送回ACC、通用寄存器或存储单元中。累加器ACC也可以写为A。B寄存器在乘法指令中用来存放乘数,在除法指令中用来存放除数,运算后B中为部分运算结果。

程序状态字 PSW 是 8 位寄存器,用来寄存本次运算的特征信息,用到其中的 7 位。PSW 的格式如图 1-3 所示。下面是其各位的含义。

- CY: 进位标志。有进位/借位时,CY=1;否则 CY=0。
- AC: 半进位标志。当 D3 位向 D4 位产生进位/借位时,AC=1;否则 AC=0。常用于十进制调整运算中。
- F0: 用户可设定的标志位,可置位/复位,也可供测试。
- RS1,RS0: 4 个通用寄存器组的选择位。该两位的 4 种组合状态用来选择 0~3 寄存器组,如表 1-2 所列。
- OV: 溢出标志。当带符号数运算结果超出 $-128 \sim +127$ 范围时,OV=1;否则 OV=0。当无符号数乘法结果超过 255 时,或当无符号数除法的除数为 0 时,OV=1;否则 OV=0。
- P: 奇偶校验标志。每条指令执行完,若 A 中 1 的个数为奇数时,P=1,即奇校验方式;否则 P=0,即偶校验方式。

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
PSW	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P

图 1-3 PSW 的格式

表 1-2 RS1、RS0 与工作寄存器组的关系

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

2. 控制器、时钟电路和基本时序周期

控制逻辑主要包括定时和控制逻辑、指令寄存器、译码器及地址指针 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,即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动作。

8051 的控制器在单片机内部协调各功能部件之间的数据传送、数据运算等操作,并对单片机发出若干控制信息。这些控制信息有的使用专门的控制线,如 $\overline{\text{PSEN}}$ 、 $\overline{\text{ALE}}$ 、 $\overline{\text{EA}}$ 及 $\overline{\text{RST}}$;也有一些是与 P3 口的某些引脚合用,如 $\overline{\text{WR}}$ 和 $\overline{\text{RD}}$ 就是 P3.6 和 P3.7。其具体功能在介绍 8051 引脚时一起叙述。

(1) 8051 的时钟

时钟是时序的基础,8051 片内由一个反相放大器构成振荡器,可以由它产生时钟。

时钟可以由两种方式产生,即内部方式和外部方式。具体电路如图 1-4 所示。

► 内部方式:在 XTAL1 和 XTAL2 引脚外接石英晶体作定时元件,内部反相放