



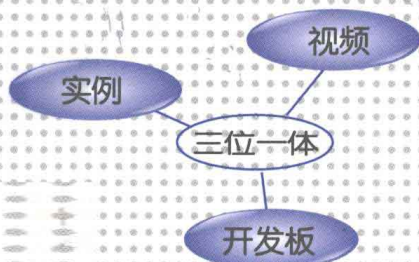
光盘含 **300分钟** 视频讲解



51单片机 C语言应用开发

三位一体 实战精讲

刘博文 刘向宇 黎胜容 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

三位一体实战精讲系列丛书

51 单片机 C 语言应用开发 三位一体实战精讲

刘波文 刘向宇 黎胜容 编著

北京航空航天大学出版社

前言

51 单片机是目前应用最广泛的 8 位单片机,典型产品有 Intel 公司的 MCS-51 系列(如 8051/8052、8031/8032、8751/8752 等)和 Atmel 公司的 89C51、89C52、89C2051 等系列,它们具有性价比高、稳定、可靠、高效等特点,已成为当今 8 位单片机中具有标准意义的单片机,是大多数初级单片机用户的首选。目前市场上同类的 51 单片机书籍虽然很多,但是,这些书要么主要介绍编程语言和开发工具,要么从技术角度讲解一些实例,弱化了工程应用,针对性不强;同时,又仅停留于书面文字介绍上,图书以外的服务是一个空白,读者获取价值受限。

本书内容安排

本书将弥补以上不足,重点围绕应用和实用的主题展开介绍,提供给读者三位一体的服务——实例+视频+开发板。全书包括 2 篇共 17 章,主要内容安排如下:

第一篇(第 1~2 章)为开发基础,简要介绍 51 单片机的硬件结构、指令系统以及常用开发工具,使读者对 51 单片机的特点有一个入门性的了解,为后续实例的学习打好基础。

第二篇(第 3~17 章)为应用实例,重点通过 15 个实例,详细深入地阐述 51 单片机的项目开发应用,具体包括 3 个智能仪器仪表实例、3 个自动工业控制实例、3 个数字消费电子实例、2 个网络与通信实例,以及 4 个汽车与医疗电子实例。实例典型,类型丰富,覆盖面广,全部来自于实践并已调试通过,代表性和指导性强,利于读者举一反三,是作者多年开发经验的总结。读者通过学习,设计水平可以快速提高,最终步入高级工程师的行列。

本书主要特色

与同类型图书相比,本书主要具有以下特色:

(1) 强调实用和应用两大主题。基于应用最广泛的 MCS-51(8051/AT89)单片机平台,实例典型丰富,技术流行先进,不但详细介绍了 51 单片机的硬件设计和软件编程,而且提供了完善的设计思路与方案,总结了作者的开发心得和注意事项,对实例的程序代码做了详细注释,以帮助读者掌握开发精髓,学懂学透。

(2) 注重三位一体——实例+视频+开发板。除了实例讲解注重细节外,附赠光盘中还提供全书实例的开发思路、方法和过程的语音视频讲解,手把手指导读者温习巩固所学知识。

此外,还开展开发板空板免费有限赠送活动。为了促进读者更好地学习 51 单片机,作者还设计制作了配套开发板,有需要的读者通过发邮件(powenliu@yeah.net)进行问题验证后即可获得,物超所值。

本书适合计算机、自动化、电子及硬件等相关专业大学生,以及从事 51 单片机开发的科研人员使用,是学习 51 单片机项目开发的理想参考书。

全书主要由刘波文、刘向宇和黎胜容编写,另外参加编写的人员有:黎双玉、邱大伟、赵汶、陈超、黄云林、孙智俊、郑贞平、张小红、曹成、陈平、喻德、马龙梅、涂志涛、刘红霞、刘铁军、何文斌、邓力和王乐等,在此一并表示感谢!

由于时间仓促,加之作者水平有限,书中不足之处,欢迎广大读者批评指正。



第一篇 开发基础

第 1 章 51 单片机入门	3
1.1 51 单片机的硬件结构	3
1.1.1 引脚及其功能	3
1.1.2 硬件内部结构	5
1.2 51 单片机工作方式和指令系统	23
1.2.1 单片机的工作方式	24
1.2.2 单片机的指令系统	27
第 2 章 51 单片机常用开发工具	48
2.1 Keil 编译器	48
2.1.1 Keil 编译器开发流程	48
2.1.2 使用 Keil 开发应用软件	49
2.1.3 dScope for Windows 的使用	54
2.2 Proteus ISIS 仿真	59
2.2.1 Proteus ISIS 的启动	59
2.2.2 Proteus ISIS 工作界面	60
2.2.3 Proteus ISIS 使用实例	62

第二篇 应用实例

第一部分 智能仪器仪表

第 3 章 数字频率计的设计	73
3.1 实例说明	73
3.2 设计思路分析	73
3.3 硬件设计	74
3.3.1 信号转换电路	74
3.3.2 分频电路	74
3.3.3 数据选择电路	76
3.3.4 单片机控制系统	77
3.3.5 显示电路	77
3.4 软件设计	78
3.4.1 数字频率计的算法设计	78
3.4.2 主程序流程	78

3.4.3 程序代码及注释	79
3.4.4 程序调试说明	86
3.5 实例总结	87
第4章 电子指南针的设计	88
4.1 实例说明	88
4.2 设计思路分析	89
4.3 硬件设计	90
4.3.1 磁场强度采集模块	90
4.3.2 单片机模块	93
4.3.3 通信电路模块	94
4.3.4 实时时钟模块	95
4.3.5 液晶显示模块	96
4.3.6 系统输入电路	97
4.4 软件设计	98
4.4.1 软件设计流程及说明	98
4.4.2 程序代码及注释	99
4.5 实例总结	106
第5章 智能数字采集仪表	107
5.1 实例说明	107
5.1.1 功能和技术指标	107
5.1.2 功能介绍和使用方法	107
5.2 设计思路分析	108
5.3 硬件设计	109
5.3.1 电压采集模块	109
5.3.2 控制按键和 LED 数码管显示模块	112
5.3.3 数据存储模块	114
5.3.4 实时时钟模块	115
5.3.5 RS485 通信模块	116
5.3.6 电源供电模块	119
5.3.7 单片机模块	120
5.4 软件设计	122
5.4.1 软件流程	122
5.4.2 各功能软件模块	123
5.5 实例总结	137
第二部分 自动工业控制	
第6章 超声波测距系统	138
6.1 实例说明	138
6.2 设计思路分析	139
6.3 硬件设计	140

6.3.1	单片机控制部分	141
6.3.2	超声波发射部分	144
6.3.3	超声波接收部分	146
6.3.4	温度采集部分	147
6.3.5	红外遥控部分	148
6.3.6	LCD 显示部分	148
6.3.7	电源部分	149
6.4	软件设计	150
6.5	实例总结	163
第 7 章	公路温度采集存储器	164
7.1	实例说明	164
7.1.1	应用背景	164
7.1.2	功能和技术指标	164
7.2	设计思路分析	165
7.2.1	系统设计的关键问题	165
7.2.2	系统总体结构	166
7.3	硬件设计	167
7.3.1	电源模块	167
7.3.2	单片机最小系统	168
7.3.3	温度采集模块	169
7.3.4	数据保存模块	171
7.3.5	时钟模块	172
7.3.6	液晶显示模块	173
7.3.7	继电器模块	173
7.3.8	键盘输入和串口通信模块	174
7.4	软件设计	175
7.4.1	软件流程	175
7.4.2	中断服务子程序	178
7.4.3	液晶显示	179
7.4.4	时钟模块	181
7.4.5	数据保存	182
7.4.6	温度采集	187
7.4.7	键盘扫描	190
7.4.8	主函数	193
7.5	实例总结	194
第 8 章	晶闸管数字触发器	195
8.1	实例说明	195
8.1.1	应用背景	195
8.1.2	功能和技术指标	197
8.2	设计思路分析	197

8.2.1	设计的关键问题	197
8.2.2	总体设计方案	199
8.3	硬件设计	200
8.3.1	同步信号取样电路	200
8.3.2	单片机最小系统	202
8.3.3	双窄脉冲形成模块	202
8.3.4	脉冲隔离放大电路	204
8.3.5	A/D 采样电路	204
8.3.6	数码管显示模块	207
8.3.7	按键输入模块	207
8.4	软件设计	207
8.4.1	数字触发器的工作过程	208
8.4.2	主函数及流程	209
8.4.3	按键扫描子程序	210
8.4.4	A/D 采样子程序	211
8.4.5	数码管显示子程序	212
8.4.6	外部中断 0 子程序	213
8.4.7	定时器 0 中断服务子程序	214
8.4.8	定时器 1 中断服务子程序	215
8.5	实例总结	216

第三部分 数字消费电子

第 9 章	简易音乐播放器系统设计	217
9.1	实例说明	217
9.2	设计思路分析	217
9.3	硬件设计	218
9.4	软件设计	219
9.4.1	软件设计思想	219
9.4.2	程序设计流程	221
9.4.3	程序代码及注释	221
9.5	实例总结	225
第 10 章	单片机控制的数字 FM 收音机	226
10.1	实例说明	226
10.2	设计思路分析	227
10.3	硬件设计	227
10.3.1	单片机模块	228
10.3.2	FM 模块	229
10.3.3	功放模块	238
10.4	软件设计	239
10.4.1	软件设计流程	239

10.4.2 程序代码及注释	240
10.5 实例总结	249
第 11 章 具有语音报时功能的电子时钟系统	250
11.1 实例说明	250
11.2 设计思路分析	251
11.3 硬件设计	251
11.3.1 系统电源模块	251
11.3.2 单片机模块	252
11.3.3 LED 显示模块	254
11.3.4 时钟电路模块	255
11.3.5 语音报时模块	257
11.3.6 按键控制模块	261
11.4 软件设计	262
11.4.1 电子时钟的算法	262
11.4.2 程序流程图	264
11.4.3 程序代码及注释	264
11.5 实例总结	283

第四部分 网络与通信

第 12 章 无线交通灯控制系统	284
12.1 实例说明	284
12.2 设计思路分析	285
12.3 硬件设计	285
12.3.1 单片机模块	285
12.3.2 无线收发模块	289
12.3.3 三色 LED 灯模块	293
12.3.4 数码管显示模块	294
12.3.5 电源模块	295
12.4 软件设计	296
12.4.1 程序设计流程	297
12.4.2 程序代码及注释	298
12.5 实例总结	302
第 13 章 GPS 经纬度信息显示系统的设计	304
13.1 实例说明	304
13.2 设计思路分析	304
13.2.1 GPS OEM 板组成结构及原理	304
13.2.2 GPS 接收机的数据格式	306
13.3 硬件设计	307
13.3.1 单片机模块	307
13.3.2 GPS 接收模块	308

13.3.3	LCD1602 显示模块	309
13.4	软件设计	312
13.5	实例总结	317

第五部分 汽车与医疗电子

第 14 章	公交车自动报站系统设计	318
14.1	实例说明	318
14.2	设计思路分析	319
14.2.1	红外线发射和接收模块	319
14.2.2	单片机模块	319
14.2.3	语音模块	319
14.3	硬件设计	320
14.3.1	单片机的选择和外围电路的设计	320
14.3.2	晶振电路	320
14.3.3	复位电路	321
14.3.4	显示和驱动电路的设计	321
14.3.5	放音电路的设计	326
14.4	软件设计	328
14.4.1	主程序流程	328
14.4.2	信号查询子程序	328
14.4.3	语音播报子程序	329
14.4.4	数据发送子程序	330
14.4.5	上电、掉电子程序	331
14.4.6	部分源代码	331
14.5	实例总结	345
第 15 章	汽车自动刹车系统设计	346
15.1	实例说明	346
15.2	设计思路分析	346
15.2.1	超声波测距原理	347
15.2.2	霍尔传感器测速原理	347
15.2.3	自动刹车原理	347
15.3	硬件设计	347
15.4	软件设计	351
15.4.1	软件流程	351
15.4.2	程序初始化与主程序	352
15.4.3	中断子程序	353
15.4.4	超声波发生子程序	354
15.4.5	显示子程序	354
15.4.6	延时子程序	355
15.5	实例总结	356

第 16 章 多功能智能电动小车设计	357
16.1 实例说明	357
16.2 设计思路分析	358
16.3 硬件设计	359
16.3.1 单片机模块	359
16.3.2 测速模块	360
16.3.3 路面检测模块	361
16.3.4 LCD 显示模块	361
16.3.5 控制模块	362
16.3.6 模式选择模块	363
16.4 软件设计	364
16.4.1 软件设计流程	364
16.4.2 定时器和中断处理程序	364
16.4.3 LCD 显示处理程序	370
16.4.4 主程序及注释	373
16.5 实例总结	390
第 17 章 医疗输液控制系统	391
17.1 实例说明	391
17.2 设计思路分析	392
17.3 硬件设计	393
17.3.1 单片机模块	393
17.3.2 系统电压监控、复位模块	394
17.3.3 按键模块电路	396
17.3.4 点滴检测电路	397
17.3.5 液面检测电路	397
17.3.6 LED 数码管显示电路	398
17.3.7 报警电路	400
17.3.8 步进电机驱动模块	401
17.4 软件设计	402
17.4.1 主站程序设计	402
17.4.2 从站程序设计	403
17.4.3 液滴速度检测程序	408
17.5 实例总结	410
参考文献	411

第一篇 开发基础

第1章 51 单片机入门

第2章 51 单片机常用开发工具

第 1 章

51 单片机入门

单片机的全称是单片微型计算机(single chip microcomputer),是一种在单硅片上集成了微型计算机主要功能部件的集成芯片。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。单片机型号很多,其中使用最为普遍且最流行的是 51 系列单片机。51 单片机主要包括 MCS-51 和 AT89 两个系列。MCS-51 系列单片机是 Intel 公司开发的非常成功的产品,具有性价比高、稳定、可靠、高效等特点,已成为当今 8 位单片机中具有标准意义的单片机,应用非常广泛,主要产品有 8031/8051/8052/8751/8752。随着技术的不断发展,其他公司生产的与 MCS-51 系列单片机兼容或与 MCS-51 内核相似的单片机不断出现,其中最具有代表性的是 AT89 系列单片机,该系列单片机是 ATMEL 公司基于 MCS-51 单片机研发出来的 8 位 Flash 单片机,它是一种与 MCS-51 兼容但性能高于 MCS-51 的单片机,其最大特点是在片内含有 Flash 存储器,因此,广泛应用于便携式、省电及特殊信息保存的仪器和系统中。本章将围绕这两种 51 系列单片机的产品进行介绍。

1.1 51 单片机的硬件结构

下面以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为介绍对象。该系列的单片机芯片有许多种,如 8051/8052,8031/8032 和 8751/8752 等,因它们的基本组成、基本性能和指令系统都相同,故读者学习一两种后即可触类旁通。

1.1.1 引脚及其功能

51 单片机的引脚分布如图 1-1 所示,各引脚的功能简要说明如下。

1. 电源引脚 VCC 和 GND

VCC(40 脚)是电源端,为+5 V。

GND(20 脚)是接地端。

2. 时钟电路引脚 XTAL0 和 XTAL1

XTAL0(18 脚)接外部晶体的一端。在 51 片内,它是振荡电路反向放大器的输出端,振

荡电路的频率就是晶体的固有频率。当需要采用外部时钟电路时,该引脚输入外部时钟脉冲;若要检查振荡电路是否正确工作,则可用示波器察看 X2 端是否有脉冲信号输出。

XTAL1(19 脚)接外部晶体的另一端。在 51 片内,它是振荡电路反向放大器的输入端。当采用外部时钟时,该引脚必须接地。

3. 控制信号引脚 RESET, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, $\overline{\text{PSEN}}$ 和 $\overline{\text{EA}}$ /VPP

RESET(9 脚)是复位信号输入端,高电平有效。当此引脚保持 2 个机器周期(24 个时钟振荡周期)的高电平时,就可以完成复位操作。该引脚的第二功能是备用电源输入端,当主电源 VCC 发生故障降低到低电平规定值时,单片机自动将 +5 V 电源接入 RESET 端,为随机存储器 RAM 提供备用电源,以保证存储在 RAM 中的信息不会丢失,以便在恢复供电后能继续正常工作。

ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ (30 脚)为地址锁存允许信号端。当 51 单片机上电正常工作后,ALE 引脚不断向外输出正脉冲信号,其频率为振荡器频率的 1/6。当 CPU 访问片外存储器时,ALE 输出信号作为锁存低 8 位地址的控制信号。当 CPU 访问片外数据存储器时,会丢失 1 个脉冲。在 CPU 平时不访问片外存储器时,ALE 端也以 1/6 的振荡频率固定输出正脉冲,因而 ALE 信号可以用做对外输出时钟或定时信号。ALE 端的负载驱动能力为 8 个 LS 型 TTL。当使用其第 2 个功能 $\overline{\text{PROG}}$ 时,此引脚用于向片内带有 EPROM 的 51 单片机提供编程脉冲输入。

$\overline{\text{PSEN}}$ (29 脚)为程序存储允许输出信号端。在访问片外程序存储器时,此端定时输出脉冲作为读片外程序存储器的选通信号。此引脚接 EPROM 的 OE 端, $\overline{\text{PSEN}}$ 端有效,即允许读出 EPROM/ROM 中的指令码。在 CPU 从外部 EPROM/ROM 取指令期间, $\overline{\text{PSEN}}$ 信号在每个机器周期(12 个时钟期间)中两次有效。不过,在访问片外 RAM 时,会少产生两次 $\overline{\text{PSEN}}$ 负脉冲信号。 $\overline{\text{PSEN}}$ 端同样可驱动 8 个 LS 型 TTL。要想检查一个小型 8051 系统上电后 CPU 能否正确从 EPROM/ROM 中读取指令码,也可用示波器观测 $\overline{\text{PSEN}}$ 端有无脉冲输出,若有,则说明工作基本正常。

$\overline{\text{EA}}$ /VPP(31 脚)是外部程序存储器地址允许输入端/固化编程电压输入端。当 $\overline{\text{EA}}$ 脚接高电平时,CPU 只访问片内 EPROM/ROM 并执行内部程序存储器中的指令,但在 PC(程序计数器)的值超过 0FFFH 时,将自动转向执行片外程序存储器内的程序。当 $\overline{\text{EA}}$ 脚为低电平(接地)时,CPU 只访问外部 EPROM/ROM 并执行外部程序存储器中的指令,而不管是否有片内程序存储器。对于无片内 ROM 的 8031 或 8032,须外扩 EPROM,此时必须将 $\overline{\text{EA}}$ 引脚接地。如果使用片内 ROM 的 8051,外扩低 4 KB 的 EPROM 也是可以的,但应使 $\overline{\text{EA}}$ 接地。此引脚的第二功能 VPP 是在对 8751 片内 EPROM 固化编程时,作为施加较高编程电压(一般为 21 V)的输入端。

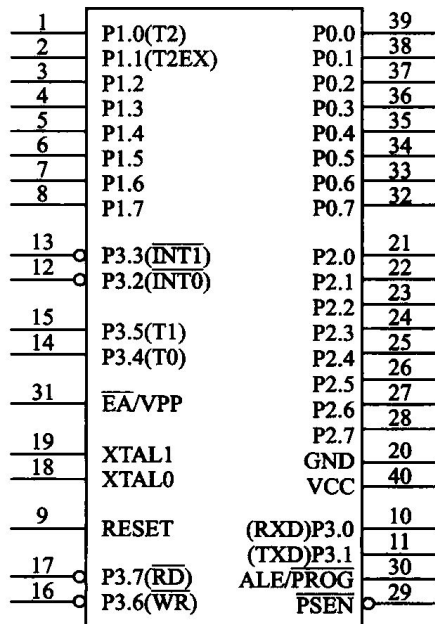


图 1-1 51 单片机引脚分布图

4. 输入/输出端口 P0, P1, P2 和 P3

P0 口(P0.0~P0.7, 39~32 脚)是一个漏极开路的 8 位准双向 I/O 端口。作为漏极开路的输出端口,每位能驱动 8 个 LS 型 TTL 负载。当 P0 口作为输入口使用时,应先向锁存器(地址 80H)写入全 1,此时 P0 口的全部引脚浮空,可作为高阻抗输入。作为输入口使用时要先写 1,这就是准双向的含义。

在 CPU 访问片外存储器时,P0 口是分时提供低 8 位地址和 8 位数据的复用总线。在此期间,P0 口内部上拉电阻有效。对于 8751 单片机,因不需外扩 EPROM,所以 P0 口可作为一个数据输入/输出口,此时若 P0 口用做输入,则需外接上拉电阻。

P1 口(P1.0~P1.7, 1~8 脚)是一个带内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 端口。P1 口的每一位能驱动(吸收或输出电流)4 个 LS 型 TTL 负载。在 P1 口作为输入口使用时,应先向 P1 口锁存器(地址 90H)写入全 1,此时 P1 口引脚由内部上拉电阻接成高电平。

P2 口(P2.0~P2.7, 21~28 脚)是一个带内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 端口。P2 口的每一位能驱动(吸收或输出电流)4 个 LS 型 TTL 负载。

P3 口(P3.0~P3.7, 10~17 脚)是一个带内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 端口。P3 口的每一位能驱动(吸收或输出电流)4 个 LS 型 TTL 负载。P3 口与其他 I/O 端口有很大区别,除作为一般准双向 I/O 口外,其每个引脚还具有专门的功能。

1.1.2 硬件内部结构

1.1.2.1 功能模块

51 单片机内部的基本功能模块如图 1-2 所示。51 单片机可以分为 CPU、存储器(RAM 和 ROM)、并行口、串行口、定时器/计数器和中断系统几部分。

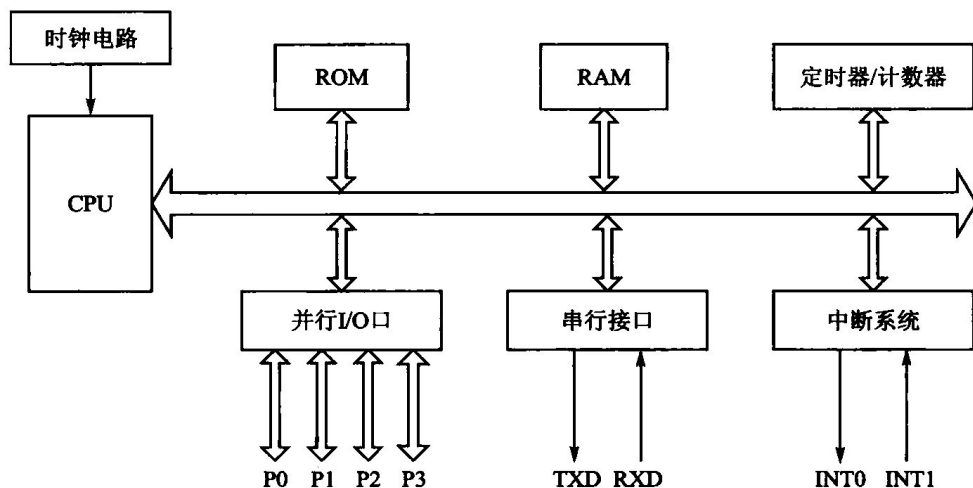


图 1-2 51 单片机的内部功能模块

1.1.2.2 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)。

1. 运算器

运算器除了以算术逻辑单元 ALU 为中心外,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,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。

暂存寄存器用来暂存从数据总线或通用寄存器送来的操作数,并把它作为另一个操作数。

B 寄存器在乘法和除法指令中作为 ALU 的输入之一。在乘法中,ALU 的两个输入分别为 A 和 B,运算结果存放在 A 和 B 寄存器中,A 中存放乘积的低 8 位,B 中存放高 8 位。在除法中,被除数取自 A,除数取自 B,商存放于 A,余数存放于 B。在其他情况下,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,若累加器中值为 1 的位数是奇数,则 P 置位(奇校验);否则,P 清除。PSW.1 是保留位,不使用。PSW.2(OV)为溢出标志位,当执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($-128 \sim +127$)。PSW.3(RS0)和 PSW.4(RS1)是工作寄存器选择控制位,这两位的 4 种组合状态用来选择 0~3 寄存器组,如表 1-1 所列。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 位数向高 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,当 8 位数据有进位或借位时 CY 被硬件置位;否则被清除。

表 1-1 RS1 和 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(00~07)	1	0	2 组(10~17)
0	1	1 组(08~0F)	1	1	3 组(18~1F)

2. 控制逻辑

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,其运行过程是在程序控制下逐条执行程序指令的过程,首先顺序地从程序存储器中取出指令送到指令寄存器 IR 中,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位操作信号,用以控制单片机各部分的动作。

时钟是时序的基础,51 单片机时钟的产生有两种方式: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。外部方式指通过 XTAL1 和 XTAL2 引脚直接接外部时钟。

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 2 倍,因此 1 个机器周期共有 12 个振荡周期。振荡周期是指振荡源的周期,当为内部产生方式时,即为石英晶体的振荡周期。例如,如果振荡器的频率为 12 MHz,那么 1 个振荡器周期为 $1/12\ \mu\text{s}$,而 1 个机器周期则为 $1\ \mu\text{s}$ 。51 单片机的指令周期是指完成 1 条指令所占用的全部时间。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。

1.1.2.3 并行 I/O 端口

MCS-51 单片机有 4 个 8 位并行端口 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。每个端口都由 4 部分构成,即端口锁存器(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。这 4 个端口都是双向通道,每一条 I/O 线都能独立地用做输入或输出,当作为输出时数据可以锁存,当作为输入时数据可以缓冲,但这 4 个通道的功能并不完全相同。

4 个端口在以 I/O 方式工作时,特性基本相同:

① 当作为输出口使用时,内部带锁存器,故可以直接与外设相连,而不必外加锁存器。

② 当作为输入口使用时,有 2 种工作方式,即读端口和读引脚。读端口实际上并不从外部读入数据,而只是把端口寄存器中的内容读入到内部总线,在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。而当读引脚时,才真正把外部数据读入到内部总线。CPU 根据不同指令,发出“读端口”或“读引脚”信号,以完成 2 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,然后再实行读引脚操作,否则就可能读入出错。若不先对端口锁存器置 1,由于端口锁存器中的原有状态可能为 0,则当加到输出驱动场效应管栅极的信号为 1 时,该场效应管导通,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 口只能用做 I/O 口,而 P0, P2 和 P3 口还具有其他功能。P0 口可作地址/数据总线分时使用,包括用做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 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