



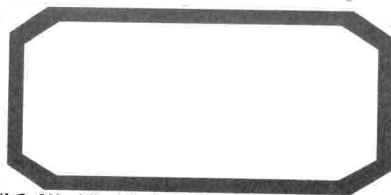
国家示范（骨干）高职院校
重点建设专业优质核心课程系列教材

主 编 胡云冰 聂振华
副主编 徐 琴 徐宏英 佘明洪
瞿 芳 熊 伟 刘 涛
鲁先志

单片机应用教程



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



国家示范（骨干）高职院校重点建设专业核心课程系列教材

单片机应用教程

主 编 胡云冰 聂振华

副主编 徐 琴 徐宏英 余明洪 瞿 芳

熊 伟 刘 涛 鲁先志



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书在 mult 所院校近年来教学改革经验的基础上, 结合职业教育改革的要求, 采取将 51 单片机的知识点分解到不同的项目任务中, 以项目驱动的方式来实施教学, 通过做学结合让学生轻松掌握 51 单片机的知识和技能。主要内容包括: 单片机硬件系统、中断系统、定时/计数器、串口通信、显示及键盘接口技术、51 单片机汇编指令、C 语言基础知识、单片机开发工具介绍等。本书采用项目化方式, 通俗易懂, 易于教与学, 各项任务中的电路设计可以通过 Proteus 仿真软件或相应的实验板进行实验。

本书可作为高职高专院校的计算机类、自动化类、电子信息类、机电类、机械制造类专业作为单片机技术课程的教材, 也可作为中职学校、职工大学、函授学院和单片机应用开发人员的参考工具书。

本书配有电子教案、汇编语言和 C 语言源程序、相关设计电路的仿真文件等, 读者可以从中国水利水电出版社网站以及万水书苑免费下载, 网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>或 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机应用教程 / 胡云冰, 聂振华主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 6

国家示范 (骨干) 高职院校重点建设专业优质核心课程系列教材

ISBN 978-7-5170-2060-8

I. ①单… II. ①胡… ②聂… III. ①单片微型计算机—高等职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 104787 号

策划编辑: 寇文杰 责任编辑: 张玉玲 加工编辑: 鲁林林 封面设计: 李 佳

书 名	国家示范 (骨干) 高职院校重点建设专业优质核心课程系列教材 单片机应用教程
作 者	主 编 胡云冰 聂振华 副主编 徐 琴 徐宏英 余明洪 瞿 芳 熊 伟 刘 涛 鲁先志
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 12.75 印张 326 千字
版 次	2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	25.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

目前很难找到哪个领域没有单片机的应用,可以说单片机已经渗透到我们生活的各个领域,民用轿车的安全保障系统、计算机网络通信与传输、飞机上的各种仪表控制、工业自动化过程的实时控制和数据处理、各种智能 IC 卡、全自动洗衣机的控制、导弹的导航装置等都离不开单片机。单片机的学习、开发与应用将造就一批智能控制与计算机应用的工程师,因此学习单片机技术越来越成为社会发展的需要。

本书在方法与内容、教与学、做与练等方面,体现了高职教育的教学特色,融实用性、科学性、趣味性于一体,主要特点如下:

(1) 知识点和技能的项目化。

考虑到高职教学的需求,满足够用的原则,将单片机相应的知识点放到不同的实验项目中,而不再是将相应的知识点放在某一章来讲,学生接受起来更容易,通过相应的实验项目掌握相应的知识点。

(2) 采用汇编语言和 C 语言两种编程方式。

C 语言编程容易阅读和理解,程序风格更加人性化,移植方便,目前已经成为单片机应用产品开发的主流语言,单片机的教学应该紧跟发展的方向,在程序设计中推广 C 语言编程。

传统的单片机教学采用汇编语言进行单片机程序设计,汇编语言比较灵活,但程序不易理解,但是考虑到传统单片机教学很多还是采用汇编语言编程方式,因此本书在编写过程中兼顾两方面的需求,每个程序均用汇编语言和 C 语言两种语言进行程序设计。

(3) 以工作任务引导教学。

以工作任务为向导,根据相应的任务引入相关的理论和知识点,通过技能训练引出相关概念,体现在做中学、在学中练的教学思路。

(4) 可选的仿真环境和相应的硬件实验环境。

本书全部任务均可由基于 Proteus+keil c 的平台来完成,不需要硬件实验板,只要有一台微机,安装有 Proteus 仿真软件和 keil c 开发环境,即可完成相关的实验,可大大节约成本;根据需求,也可以在硬件实验板上完成相关的实验,配套有相应的硬件实验电路板。

(5) 采用理实一体化、现场化教学模式。

本书适合理实一体化教学,知识体系项目化,打破了理论和实践课程的分离,在教学中采用现场化教学,能够体现出在做中学、在学中做、做学结合的方式。

(6) 版面新颖,更能体现高职教学需求。

高职教学更强调技能培训,但同时要有一定的理论基础,考虑到实际的需求,本书第二部分介绍了汇编语言和 C 语言的基础知识,以满足需求、够用为原则,而不能像 C 语言教程或者汇编语言教程采用的编程方式,编排上更灵活。

本书适用于高职高专院校的计算机类、自动化类、电子信息类、机电类、机械制造类专业作为单片机技术课程的教材,也可作为中职学校、职工大学、函授学院和单片机应用开发人员的参考工具书。

本书由重庆电子工程职业学院胡云冰、聂振华任主编，重庆正大软件学院徐琴及重庆电子工程职业学院徐宏英、余明洪、瞿芳、熊伟、刘涛、鲁先志任副主编。具体分工如下：胡云冰负责全书的统稿工作及第一部分项目五的编写，聂振华负责第一部分项目一、项目二的编写；徐琴负责第一部分项目四的编写；徐宏英负责第一部分项目三的编写；余明洪和瞿芳负责第二部分内容二、内容三的编写，熊伟、刘涛、鲁先志负责第二部分内容一的编写。同时龙浩、卢厚财、李方元、熊静和曾华桥等为本书的编写提供了不少帮助，在此表示衷心的感谢。

为了方便教学，本书配有电子教学课件，以及书中所有项目的 C 程序源文件和工程，部分项目还配有汇编语言源程序以及 Proteus 设计文件。

由于作者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2014 年 5 月

目 录

前言

第一部分 任务驱动教程

项目一 单片机硬件系统..... 1	项目四 单片机串口通信..... 53
任务 单片机控制单个 LED 发光二极管闪烁..... 1	任务 1 单片机间的双机通信..... 53
项目二 中断..... 20	任务 2 单片机与 PC 机的串口通信..... 65
任务 1 流水灯状态控制（一）..... 20	任务 3 IIC 串口通信..... 72
任务 2 流水灯状态控制（二）..... 28	任务 4 RS-485 通信..... 82
项目三 定时/计数器..... 32	项目五 显示及键盘接口技术..... 92
任务 1 控制单个发光二极管亮灭循环交替..... 32	任务 1 单 LED 数码管秒表设计..... 92
任务 2 单片机工作在方式 2 产生脉冲 方波信号..... 40	任务 2 4 位 LED 数码管显示..... 98
任务 3 单片机外部脉冲计数..... 43	任务 3 独立键盘控制 LED 数码管移位..... 104
任务 4 单片机实现秒表功能..... 47	任务 4 4×4 键盘矩阵控制条形 LED 显示..... 111
	任务 5 LCD 液晶显示..... 116

第二部分 支撑知识内容

内容一 51 单片机汇编指令..... 132	内容三 C 语言基础知识..... 167
内容二 单片机开发工具介绍..... 152	

项目一

单片机硬件系统

任务 单片机控制单个 LED 发光二极管闪烁

任务目标

- 了解单片机及单片机应用系统。
- 理解单片机内部组成及信号引脚。
- 掌握 MCS-51 内部数据存储器及内部程序存储器。
- 了解并行输入/输出电路结构。
- 了解单片机复位电路。
- 理解单片机工作过程。

任务要求

通过单片机 P1.0 引脚控制发光二极管，使二极管亮一会灭一会，交替闪烁。

相关知识点

一、概述

单片微型计算机（Single Chip Microcomputer）简称单片机，是指集成在一块芯片上的计算机，是典型的嵌入式微控制器（Microcontroller Unit），常用英文字母的缩写 MCU 表示单片机，它最早是被用在工业控制领域。单片机具有结构简单、控制功能强、可靠性高、体积小、价格低等优点，在许多行业都得到了广泛应用。从航天航空、地质石油、冶金采矿、机械电子、轻工纺织到机电一体化设备、邮电通信、日用设备和器械等，单片机都发挥了巨大作用。

1. 单片机及单片机应用系统

（1）微型计算机及微型计算机系统。

微型计算机（Microcomputer）简称微机，是计算机的一个重要分支。人们通常按照计算机的体积、性能和应用范围等条件，将计算机分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机等。微型计算机不但具有其他计算机快速、精确、程序控制等特点，最突出的优点是它体积小、重量轻、功

耗低、价格便宜。个人计算机（Personal Computer）简称 PC 机，是微型计算机中应用最为广泛的一种，也是近年来计算机领域中发展最快的一个分支，由于 PC 机在性能和价格方面适合个人用户购买和使用，目前它已经像普通家电一样深入到了家庭和社会生活的各个方面。

微型计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。

硬件系统是指构成微机系统的实体和装置，通常由运算器、控制器、存储器、输入接口电路和输入设备、输出接口电路和输出设备等组成。其中，运算器和控制器一般做在一个集成芯片上，统称中央处理单元（Central Processing Unit, CPU），是微机的核心部件，配上存放程序和数据的存储器、输入/输出（Input/Output, I/O）接口电路及外部设备即构成微机的硬件系统。

软件系统是指微机系统所使用的各种程序的总体。软件的主体驻留在存储器中，人们通过它对整机进行控制并与微机系统进行信息交换，使微机按照人的意图完成预定的任务。

软件系统与硬件系统共同构成实用的微机系统，两者是相辅相成、缺一不可的。

微型计算机系统组成示意图如图 1.1.1 所示。

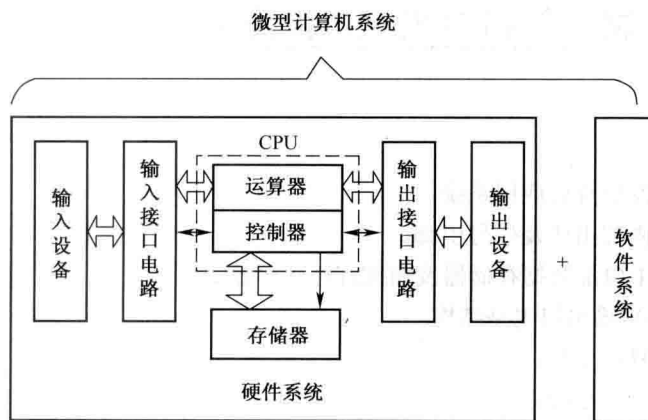


图 1.1.1 微型计算机系统组成示意图

下面对组成计算机的 5 个基本部件进行简单说明。

- 运算器：是计算机的运算部件，用于实现算术和逻辑运算，计算机的数据运算和处理都在这里进行。
- 控制器：是计算机的指挥控制部件，使计算机各部分能自动协调地工作。运算器和控制器是计算机的核心部分，常把它们合在一起称为中央处理器，简称 CPU。
- 存储器：是计算机的记忆部件，用于存放程序和数据。存储器又分为内存储器和外存储器。
- 输入设备：用于将程序和数据输入到计算机中，如键盘。
- 输出设备：用于把计算机数据计算或加工的结果以用户需要的形式显示或保存，如显示器、打印机。

通常把外存储器、输入设备和输出设备合在一起称为计算机的外部设备，简称外设。

（2）单片微型计算机。

单片微型计算机是指集成在一个芯片上的微型计算机，也就是把组成微型计算机的各种功能部件，包括 CPU（Central Processing Unit）、随机存取存储器 RAM（Random Access Memory）、只读

存储器 ROM (Read-only Memory)、基本输入/输出 (Input/Output) 接口电路、定时器/计数器等部件制作在一块集成芯片上, 构成一个完整的微型计算机, 从而实现微型计算机的基本功能。单片机内部结构示意图如图 1.1.2 所示。

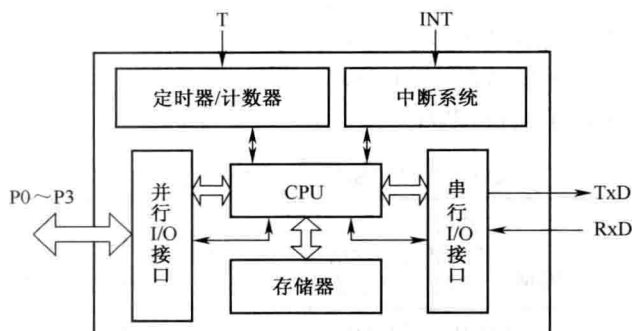


图 1.1.2 单片机内部结构示意图

单片机实质上是一个硬件的芯片, 在实际应用中, 通常很难直接和被控对象进行电气连接, 必须外加各种扩展接口电路、外部设备等硬件和软件才能构成一个单片机应用系统。

(3) 单片机应用系统及组成。

单片机应用系统是以单片机为核心, 配以输入、输出、显示、控制等外围电路和软件, 能实现一种或多种功能的实用系统。所以说, 单片机应用系统是由硬件和软件组成的, 硬件是应用系统的基础, 软件是在硬件的基础上对其资源进行合理调配和使用, 从而完成应用系统所要求的任务, 二者相互依赖, 缺一不可。单片机应用系统的组成如图 1.1.3 所示。

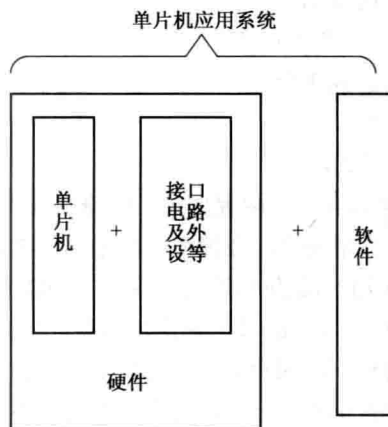


图 1.1.3 单片机应用系统的组成

由此可见, 单片机应用系统的设计人员必须从硬件和软件两个角度来深入了解单片机, 并能够将二者有机结合起来, 才能形成具有特定功能的应用系统或整机产品。

自从 1974 年美国 Fairchild 公司研制出第一台单片机 F8 之后, 迄今为止, 单片机经历了由 4 位机到 8 位机、16 位机、32 位机的发展过程。单片机制造商有很多, 主要有美国的 Intel、Motorola、ATMEL 等公司。目前, 单片机正朝着高性能、多品种方向发展, 近年来 32 位单片机已进入了实

用阶段。但是由于 8 位单片机从性能价格比上占有优势,而且 8 位增强型单片机在速度和功能上向现在的 16 位单片机挑战,因此在未来相当长的时期内 8 位单片机仍是单片机的主流机型。

2. 51 单片机系列

尽管各类单片机很多,但无论是从世界范围还是从国内范围来看,使用最为广泛的应属 MCS-51 单片机。基于这一事实,本书以应用最为广泛的 MCS-51 系列 8 位单片机(8031、8051 等)为研究对象,介绍单片机的硬件结构、工作原理及应用系统的设计。

MCS-51 单片机系列共有十几种芯片,如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 MCS-51 系列单片机分类表

子 系 列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	寻址 范围	I/O 特性			中断源
	无	ROM	EPROM				计数器	并行口	串行口	
51 子 系列	8031	8051	8751	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
52 子 系列	8032	8052	8752	8KB	256B	2×64KB	3×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8KB	256B	2×64KB	3×16	4×8	1	6

表中列出了 MCS-51 单片机系列的芯片型号以及它们的技术性能指标,使我们对其基本情况有一个概括的了解。下面就在这个表的基础上对 MCS-51 系列单片机进行说明。

(1) 51 子系列和 52 子系列。

MCS-51 系列又分为 51 和 52 两个子系列,并以芯片型号的最末位数字作为标志。其中 51 子系列是基本型,而 52 子系列则属增强型。52 子系列功能增强的具体方面从表 1.1.1 中可以看出:

- 片内 ROM 从 4KB 增加到 8KB。
- 片内 RAM 从 128 字节增加到 256 字节。
- 定时器/计数器从 2 个增加到 3 个。
- 中断源从 5 个增加到 6 个。

(2) 片内 ROM 存储器配置形式。

MCS-51 单片机片内程序存储器有多种配置形式,即掩膜 ROM、EPROM、EEPROM 和 Flash ROM。它们各有特点,也各有其适用场合,在使用时应根据需要进行选择。一般情况下,片内带掩膜型 ROM 适用于定型大批量应用产品的生产;片内带 EPROM 型的单片机适合于研制产品样机;外接 EPROM 的方式适用于研制新产品;Intel 公司推出的片内带 EEPROM 型的单片机,可以在线写入程序;目前 Flash ROM 使用较广,闪存是电子可擦除只读存储器(EEPROM)的变种,闪存与 EEPROM 不同的是,它能在字节水平上进行删除和重写而不是整个芯片擦写,这样闪存就比 EEPROM 的更新速度快。

二、51 单片机结构

尽管单片机比较简单,但要按 5 个基本组成部件来讲单片机的硬件结构和原理也将是一件十分复杂的事。其实也没有这种必要。因此,通常讲述单片机结构原理时,总是从实际需要出发,只介绍与程序设计和系统扩展应用有关的内容。

1. 51 单片机的内部组成及信号引脚

51 单片机的典型芯片是 8031、8051、8751。8051 内部有 4KB ROM,8751 内部有 4KB EPROM,

8031 片内无 ROM，除此之外，三者的内部结构及引脚完全相同。因此以 8051 为例来说明本系列单片机的内部组成及信号引脚。

(1) 8051 单片机的基本组成。

8051 单片机的基本组成如图 1.1.4 所示。

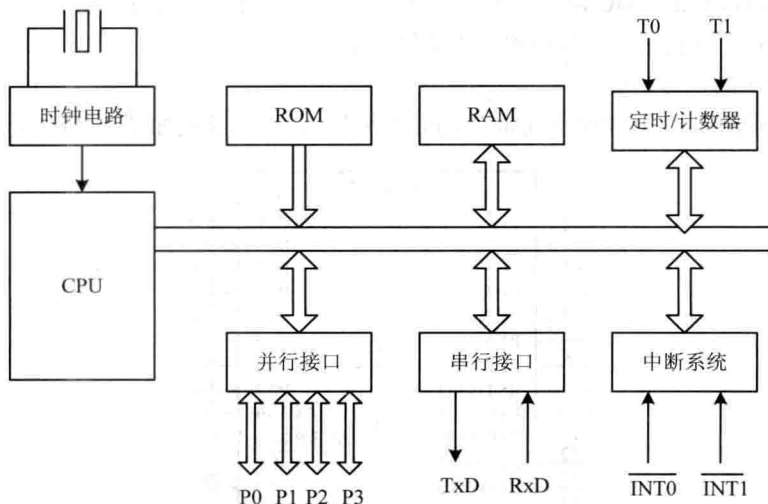


图 1.1.4 MCS-51 单片机结构框图

1) 中央处理器 (CPU)。

中央处理器是单片机的核心，完成运算和控制功能。MCS-51 的 CPU 能处理 8 位二进制数或代码。

2) 内部数据存储器 (内部 RAM)。

8051 芯片中共有 256 个 RAM 单元，但后 128 单元被专用寄存器占用，能作为寄存器供用户使用的只是前 128 单元，用于暂存中间数据，可读可写，掉电后数据会丢失。因此通常所说的内部数据存储器就是指前 128 单元，简称内部 RAM。

3) 内部程序存储器 (内部 ROM)。

8051 共有 4KB ROM，用于存放程序、原始数据或表格，因此称之为程序存储器，掉电后数据不会丢失，简称内部 ROM。

4) 定时器/计数器。

8051 共有 2 个 16 位的定时器/计数器，以实现定时或计数功能，并以其定时或计数结果对计算机进行控制。

5) 并行 I/O 口。

MCS-51 共有 4 个 8 位的 I/O 口 (P0、P1、P2、P3)，以实现数据的并行输入输出。

6) 串行口。

MCS-51 单片机有一个全双工的串行口，以实现单片机和其他设备之间的串行数据传送。该串行口功能较强，既可作为全双工异步通信收发器使用，也可作为同步移位器使用。

7) 中断控制系统。

MCS-51 单片机的中断功能较强，以满足控制应用的需要。8051 共有 5 个中断源，即外中断 2

个、定时/计数中断 2 个、串行中断 1 个。全部中断分为高级和低级共 2 个优先级别。

8) 时钟电路。

MCS-51 芯片的内部有时钟电路,但石英晶体和微调电容需要外接。时钟电路为单片机产生时钟脉冲序列。晶振频率通常选择 6MHz、11.0592MHz 或 12MHz。

从上述内容可以看出, MCS-51 虽然是一个单片机芯片,但作为计算机应该具有的基本部件它都包括,因此实际上它已是一个简单的微型计算机系统了。

(2) MCS-51 的信号引脚。

MCS-51 是标准的 40 引脚双列直插式集成电路芯片,引脚排列如图 1.1.5 所示。

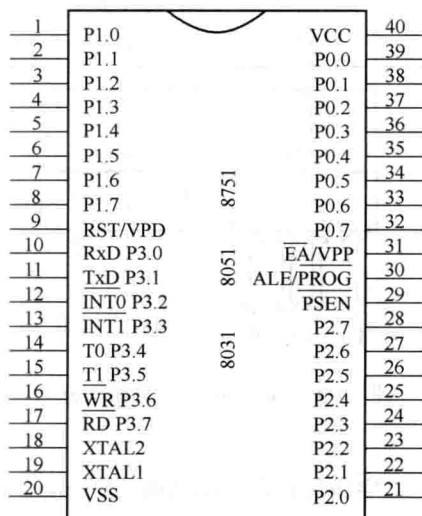


图 1.1.5 MCS-51 引脚图

1) 信号引脚介绍。

P0.0~P0.7: P0 口 8 位双向口线。

P1.0~P1.7: P1 口 8 位双向口线。

P2.0~P2.7: P2 口 8 位双向口线。

P3.0~P3.7: P3 口 8 位双向口线。

ALE: 地址锁存控制信号。

在系统扩展时, ALE 用于控制把 P0 口输出的低 8 位地址锁存器锁存起来, 以实现低位地址和数据的隔离。此外由于 ALE 是以晶振六分之一的固定频率输出的正脉冲, 因此可作为外部时钟或外部定时脉冲使用。

PSEN: 外部程序存储器读选通信号。在读外部 ROM 时 PSEN 有效(低电平), 以实现外部 ROM 单元的读操作。

EA: 访问程序存储控制信号。当 EA 信号为低电平时, 对 ROM 的读操作限定在外部程序存储器; 而当 EA 信号为高电平时, 则对 ROM 的读操作是从内部程序存储器开始, 并可延至外部程序存储器。

RST: 复位信号。当输入的复位信号延续 2 个机器周期以上高电平即为有效, 用以完成单片机的复位初始化操作。

XTAL1 和 XTAL2: 外接晶体引线端。当使用芯片内部时钟时, 这两个引线端用于外接石英晶体和微调电容; 当使用外部时钟时, 用于接外部时钟脉冲信号。

VSS: 地线。

VCC: +5V 电源。

2) 信号引脚的第二功能。

由于工艺及标准化等原因, 芯片的引脚数目是有限制的。例如 MCS-51 系列把芯片引脚数目限定为 40 条, 但单片机为实现其功能所需要的信号数目却远远超过此数, 因此就出现了需要与可能的矛盾。如何解决这个矛盾? “兼职”是唯一可行的办法, 即给一些信号引脚赋以双重功能。如果把前述的信号定义为引脚第一功能的话, 则根据需要再定义的信号就是它的第二功能。下面介绍一些信号引脚的第二功能。

P3 口线的第二功能: P3 的 8 条口线都定义有第二功能, 如表 1.1.2 所示。

表 1.1.2 P3 口各引脚与第二功能表

引脚	第二功能	信号名称
P3.0	RxD	串行数据接收
P3.1	TxD	串行数据发送
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	外部中断 0 申请
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	外部中断 1 申请
P3.4	T0	定时器/计数器 0 的外部输入
P3.5	T1	定时器/计数器 1 的外部输入
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	外部 RAM 写选通
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	外部 RAM 读选通

EPROM 存储器程序固化所需要的信号: 有内部 EPROM 的单片芯片 (如 8751), 为写入程序需要提供专门的编程脉冲和编程电源, 这些信号也是由信号引脚以第二功能的形式提供的, 即: 编程脉冲: 30 脚 ($\text{ALE}/\overline{\text{PROG}}$)。

编程电压 (25V): 31 脚 ($\overline{\text{EA}}/\text{VPP}$)。

2. MCS-51 内部数据存储器

MCS-51 单片机的芯片内部有 RAM 和 ROM 两类存储器, 即所谓的内部 RAM 和内部 ROM, 首先分析内部 RAM。

(1) 内部数据存储器低 128 单元。

8051 的内部 RAM 共有 256 个单元, 通常把这 256 个单元按其功能划分为两部分: 低 128 单元 (单元地址 00H~7FH) 和高 128 单元 (单元地址 80H~FFH)。如表 1.1.3 所示为低 128 单元的配置介绍。

低 128 单元是单片机的真正 RAM 存储器, 按其用途划分为 3 个区域:

1) 寄存器区。

共有四组寄存器, 每组 8 个寄存单元 (各为 8 位), 各组都以 R0~R7 作寄存单元编号。寄存器常用于存放操作数及中间结果等, 由于它们的功能及使用不作预先规定, 因此称之为通用寄存器, 有时也叫工作寄存器。四组通用寄存器占据内部 RAM 的 00H~1FH 单元地址。

表 1.1.3 片内 RAM 的配置

单元地址	功能
30H~7FH	数据缓冲区
20H~2FH	位寻址区 (00H~7FH)
18H~1FH	工作寄存器 3 区 (R7~R0)
10H~17H	工作寄存器 2 区 (R7~R0)
08H~0FH	工作寄存器 1 区 (R7~R0)
00H~07H	工作寄存器 0 区 (R7~R0)

在任一时刻, CPU 只能使用其中的一组寄存器, 并且把正在使用的那组寄存器称为当前寄存器组。到底是哪一组, 由程序状态字寄存器 PSW 中 RS1、RS0 位的状态组合来决定。

通用寄存器为 CPU 提供了就近数据存储的便利, 有利于提高单片机的运算速度。此外, 使用通用寄存器还能提高程序编制的灵活性, 因此在单片机的应用编程中应充分利用这些寄存器, 以简化程序设计, 提高程序运行速度。

2) 位寻址区。

内部 RAM 的 20H~2FH 单元, 既可以作为一般 RAM 单元使用, 进行字节操作, 也可以对单元中的每一位进行位操作, 因此把该区称为位寻址区。位寻址区共有 16 个 RAM 单元, 共 128 位, 位地址为 00H~7FH。MCS-51 具有布尔处理机功能, 这个位寻址区可以构成布尔处理机的存储空间。这种位寻址能力是 MCS-51 的一个重要特点。表 1.1.4 所示为位寻址区的位地址表。

表 1.1.4 片内 RAM 位寻址区的位地址

单元地址	MSB 位地址 LSB							
2FH	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78
2EH	77	76	75	74	73	72	71	70
2DH	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68
2CH	67	66	65	64	63	62	61	60
2BH	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58
2AH	57	56	55	54	53	52	51	50
29H	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48
28H	47	46	45	44	43	42	41	40
27H	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38
26H	37	36	35	34	33	32	31	30
25H	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28
24H	27	26	25	24	23	22	21	20
23H	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18
22H	17	16	15	14	13	12	11	10
21H	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08
20H	07	06	05	04	03	02	01	00

3) 用户 RAM 区。

在内部 RAM 低 128 单元中, 通用寄存器占去 32 个单元, 位寻址区占去 16 个单元, 剩下 80 个单元是供用户使用的一般 RAM 区, 其单元地址为 30H~7FH。

对用户 RAM 区的使用没有任何规定或限制。但在一般应用中常把堆栈开辟在此区中。

(2) 内部数据存储器高 128 单元。

内部 RAM 的高 128 单元是供给专用寄存器使用的, 其单元地址为 80H~FFH。因为这些寄存器的功能已作专门规定, 所以称之为专用寄存器 (Special Function Register), 也可称为特殊功能寄存器。

8051 共有 21 个专用寄存器, 现对其中部分寄存器进行简单介绍。

1) 程序计数器 (Program Counter, PC)。

PC 是一个 16 位的计数器, 作用是控制程序的执行顺序, 内容为将要执行指令的地址, 寻址范围达 64KB。PC 有自动加 1 功能, 从而实现程序的顺序执行。PC 没有地址, 是不可寻址的。因此用户无法对它进行读写。但可以通过转移、调用、返回等指令改变其内容, 以实现程序的转移。因地址不在 SFR 之内, 一般不计作专用寄存器。

2) 累加器 (Accumulator, ACC)。

累加器为 8 位寄存器, 是最常用的专用寄存器, 功能较多, 地位重要。它既用来存放操作数, 也可用来存放运算的中间结果。MCS-51 单片机中大部分单操作数指令的操作数就取自累加器, 许多双操作数指令中的一个操作数也取自累加器。

3) B 寄存器。

B 寄存器是一个 8 位寄存器, 主要用于乘除运算。乘法运算时, B 是乘数。乘法操作后, 乘积的高 8 位存于 B 中。除法运算时, B 是除数。除法操作后, 余数存于 B 中。此外, B 寄存器也可作为一般数据寄存器使用。

4) 程序状态字 (Program Status Word, PSW)。

程序状态字是一个 8 位寄存器, 用于存储程序运行中的各种状态信息。其中有些位状态是根据程序执行结果由硬件自动设置的, 而有些位状态则使用软件方法设定。PSW 的位状态可以用专门指令进行测试, 也可以用指令读出。一些条件转移指令将根据 PSW 有些位的状态进行程序转移。PSW 的各位定义如下:

PSW 位地址	D7H	D6H	D5H	D4H	D3H	D2H	D1H	D0H
字节地址 D0H	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P

除 PSW.1 位保留未用外, 其余各位的定义及使用介绍如下:

- **CY (PSW.7):** 进位标志位。CY 是 PSW 中最常用的标志位, 功能有两个: 一是存放算术运算的进位标志, 在进行加或减运算时, 如果操作结果最高位有进位或借位时, CY 由硬件置 1, 否则清零; 二是在位操作中作累加位使用。位传送、位与位或等位操作, 操作位之一固定是进位标志位。
- **AC (PSW.6):** 辅助进位标志位。在进行加减运算中, 当有低 4 位向高 4 位进位或借位时, AC 由硬件置 1, 否则 AC 位被清零。

- F0 (PSW.5): 用户标志位。这是一个供用户定义的标志位, 需要利用软件方法置位或复位, 用以控制程序的转向。
- RS1 和 RS0 (PSW.4、PSW.3): 寄存器组选择位, 用于选择 CPU 当前工作的通用寄存器组。通用寄存器共有四组, 其对应关系如表 1.1.5 所示。

表 1.1.5 寄存器组对应关系

RS1	RS0	寄存器组	片内 RAM 地址
0	0	第 0 组	00H~07H
0	1	第 1 组	08H~0FH
1	0	第 2 组	10H~17H
1	1	第 3 组	18H~1FH

这两个选择位的状态是由软件设置的, 被选中的寄存器组即为当前通用寄存器组。但当单片机上电或复位后, RS1 RS0=00。

- OV (PSW.2): 溢出标志位。在带符号数加减运算中, OV=1 表示加减运算超出了累加器 A 所能表示的符号数有效范围 (-128~+127), 即产生了溢出, 因此运算结果是错误的; 否则, OV=0 表示运算正确, 即无溢出产生。在乘法运算中, OV=1 表示乘积超过 255, 即乘积分别在 B 与 A 中; 否则, OV=0 表示乘积只在 A 中。在除法运算中, OV=1 表示除数为 0 表示除法不能进行; 否则, OV=0, 除数不为 0, 除法可正常进行。
- P (PSW.0): 奇偶标志位。表明累加器 A 内容的奇偶性, 如果 A 中有奇数个 1, 则 P 置 1, 否则置 0。凡是改变累加器 A 中内容的指令均会影响 P 标志位。此标志位对串行通信中的数据传输有重要的意义。在串行通信中常采用奇偶校验的办法来校验数据传输的可靠性。

5) 数据指针 (DPTR)。

数据指针是 MCS-51 中的一个 16 位寄存器。编程时, DPTR 既可以按 16 位寄存器使用, 也可以按两个 8 位寄存器分开使用, 即:

- DPH: DPTR 高位字节。
- DPL: DPTR 低位字节。

DPTR 通常在访问外部数据存储器时作地址指针使用, 由于外部数据存储器的寻址范围为 64KB, 故把 DPTR 设计为 16 位。

6) 堆栈指针 (Stack Pointer, SP)。

堆栈是一个特殊的存储区, 用来暂存数据和地址, 它是按“先进后出”的原则存取数据的。堆栈有两种操作: 进栈和出栈。

MCS-51 单片机由于堆栈设在内部 RAM 中, 因此 SP 是一个 8 位寄存器。系统复位后, SP 的内容为 07H, 使得堆栈实际上从 08H 单元开始。但 08H~1FH 单元分别属于工作寄存器 1~3 区, 如程序中要用到这些区, 则最好把 SP 值改为 1FH 或更大的值。一般地, 堆栈最好在内部 RAM 的 30H~7FH 单元中开辟。SP 的内容一经确定, 堆栈的位置也就跟着确定下来, 由于 SP 可初始化为不同值, 因此堆栈位置是浮动的。

此处只集中讲述了 6 个专用寄存器, 其余的专用寄存器 (如 TCON、TMOD、IE、IP、SCON、

PCON、SBUF 等)将在后面陆续介绍。

(3) 专用寄存器中的字节寻址和位地址。

MCS-51 系列单片机有 21 个可寻址的专用寄存器,其中有 11 个专用寄存器是可以位寻址的。各寄存器的字节地址及位地址如表 1.1.6 所示。

表 1.1.6 MCS-51 专用寄存器地址表

SFR	位地址/位定义								字节地址
B	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	F0H
ACC	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	E0H
PSW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	D0H
	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P	
IP	BF	BE	BD	BC	BB	BA	B9	B8	B8H
	/	/	/	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	
P3	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	B0H
	P3.7	P3.6	P3.5	P3.4	P3.3	P3.2	P3.1	P3.0	
IE	AF	AE	AD	AC	AB	AA	A9	A8	A8H
	EA	/	/	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
P2	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	A0H
	P2.7	P2.6	P2.5	P2.4	P2.3	P2.2	P2.1	P2.0	
SBUF									(99H)
SCON	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	98H
	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	
P1	97	96	95	94	93	92	91	90	90H
	P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0	
TH1									(8DH)
TH0									(8CH)
TL1									(8BH)
TL0									(8AH)
TMOD	GAT	C/T	M1	M0	GAT	C/T	M1	M0	(89H)
TCON	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	88H
	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	
PCON	SMOD	/	/	/	GF1	GF0	PDWN	IDLE	(87H)
DPH									(83H)
DPL									(82H)
SP									(81H)
P0	87	86	85	84	83	82	81	80	80H
	P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0	