

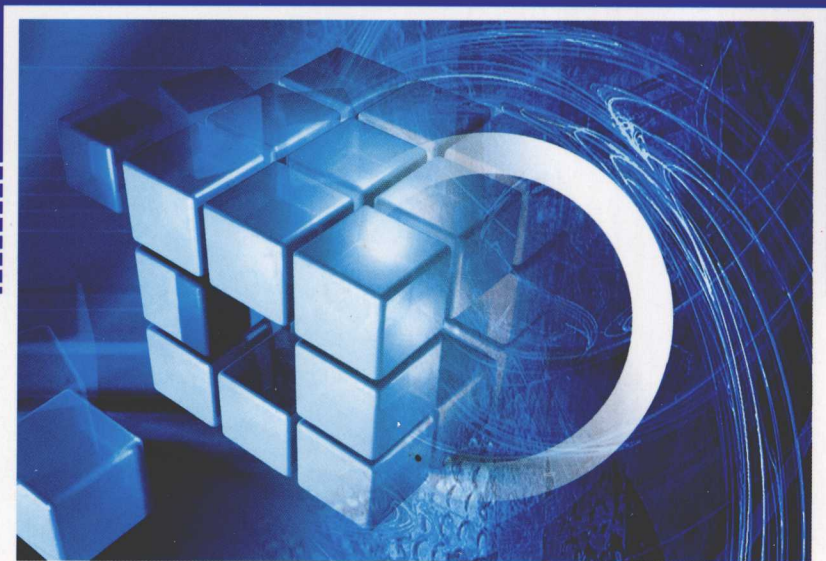


21世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

单片机应用技术

danpianji yingyong jishu

主 编 宁爱民 兰如波



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

单片机应用技术

主 编：宁爱民 兰如波
副主编：甘 文 曹 华 明 鑫 廖琼章
参 编：李福武 徐贵财 刘东海 卢丹萍
黄 莺 张永格 莫桂江 刘学军
胡国彪 张存吉

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书的内容包括：MCS-51 系列单片机认识初步、单片机简单系统的设计、单片机指令与编程入门、中断与定时功能的应用、接口技术、串行口通信、系统扩展技术和综合项目设计和调试等。本书内容融知识传授、技能培养为一体，注重应用知识的技术实现和动手能力的培养。使读者能够在掌握单片机原理的基础上，具备构建单片机应用系统的技能。

本书可作为高等院校电子、电气、自动化、机电一体化等专业的教材，也可作为大学生电子设计竞赛的训练教材以及其他专业从事单片机应用系统开发和应用工程技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机应用技术/宁爱民，兰如波主编. —北京：北京理工大学出版社，2009. 8

ISBN 978-7-5640-2629-5

I. 单… II. ①宁…②兰… III. 单片微型计算机—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 143055 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市南阳印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 13

字 数 / 248 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1500 册

定 价 / 26.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代,面临这个难得的机遇和挑战,本着“科教兴国”的基本战略,我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求,满足社会对高校毕业生的技能需要,北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写,以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材面向机电类相关专业。作者在编写之际,广泛考察了各校应用型学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际运用能力,使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

- ✚ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合机电类课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

二、编写原则

- ✚ 定位明确。本系列教材所列案例均贴合工作实际,以满足广大企业对于机电类专业应用型人才实际操作能力的需求,增强学生在就业过程中的竞争力。
- ✚ 注重培养学生职业能力。根据机电类专业实践性要求,在完成基础课的前提下,使学生掌握先进的机电类相关操作软件,培养学生的实际动手能力。

三、丛书特色

- ✚ 系统性强。丛书各教材之间联系密切,符合各个学校的课程体系设置,为学生构建牢固的知识体系。

- ✚ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深,循序渐进的原则,重点、难点突出,以提高学生的学习效率。
- ✚ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例,使学生对当前专业发展方向有明确的了解,并提高创新能力。
- ✚ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力,以使理论来源于实践,并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

单片机是微型计算机的一个重要分支。它使计算机从海量数值计算进入智能控制领域，并由此开创了工业控制的新局面。单片机技术广泛应用于电子、通信、家用电器、自动控制、智能化仪器仪表等各个领域，因其具有体积小、功能多、价格低廉、使用方便、系统设计灵活等优点，自 20 世纪 70 年代问世以来，单片机技术已经成为从事智能化产品开发工作的工程技术人员必备的技术。

单片机技术课程是一门实用性很强的专业课，编者参考了大量文献资料，并总结了多年来积累的单片机教学与科研实践经验，以培养学生应用能力为目标，编写了此书。

全书共分 9 个课题，分别是 MCS-51 系列单片机认识初步、单片机简单系统的设计、单片机指令与编程入门、中断与定时功能的应用、接口技术、串行口通信、系统扩展技术和综合项目设计和调试等。全书内容融知识传授、技能培养为一体，注重应用知识的技术实现和动手能力的培养。使读者能够在掌握单片机原理的基础上，具备构建单片机应用系统的技能。

本书具有以下特点：

(1) 全书选材合理，内容编排按照由浅到深，由单项到综合，由简单到复杂，符合读者的认知规律；方便老师教学和学生对知识的理解和掌握。

(2) 课题 2 就开始动手制作简单应用系统，并用于后续内容的实训，培养学生的成就感，提高学生的学习兴趣，使学生大大缩短了从学到用之间的距离。

(3) 注重硬件与软件的紧密结合。应用单片机虚拟仿真技术，强调软件与硬件在仿真系统上的综合调试能力，旨在使读者尽快掌握单片机系统开发的全过程。

(4) 注重知识学习和技能培养的融合，通过从感性到理性，从任务训练到理论学习的过程。

(5) 实训任务软、硬件配备齐全，真实可靠，有利于学生实践技能的培养与训练。有些可直接应用于实际的应用系统开发，这对于从事系统开发的工程技术人员十分有用。

关于本书的使用：本书是以构建单片机应用系统的技术要求来展开的，各个功能环节有具体的技术实践和技能训练，适用于教、学、做的开放式教学模式。

本书由宁爱民和兰如波主编，宁爱民对编写思路与大纲进行了总体策划，完成了课题 1、2、4 的编写，并负责全书的组织和定稿。兰如波完成课题 3、7、8

编写，并负责全书统稿以及全书大部分硬件、软件综合调试的大量工作并提供了附录资料。甘文编写了课题5，明鑫编写了课题9，曹华编写了课题6，廖琼章编写了课题3的部分内容，张存吉、刘东海、卢丹萍、李福武参加了本书的编写。另外廖威为本书提供了部分资料，在此一并表示感谢。

由于时间仓促和水平有限，书中难免存在错误与不妥之处，恳请读者批评指正，不胜感激。

编者

目 录

课题1 MCS-51 系列单片机认识初步	1
[任务 1.1]MCS-51 单片机芯片的认识以及选型	1
1.1.1 什么是单片机	1
1.1.2 单片机的用途	2
1.1.3 单片机的组成	2
1.1.4 MCS-51 系列单片机型号	2
[任务 1.2]单片机内部资源的使用	5
1.2.1 单片机的微处理器结构	5
1.2.2 单片机的存储器结构	7
1.2.3 单片机基本 I/O 口的特点、单片机的工作方式	9
小 结	11
思考题	11
课题2 单片机简单系统的设计	13
[任务 2.1]简单系统原理图的设计	13
2.1.1 振荡与时钟电路	13
2.1.2 复位电路	14
2.1.3 信号灯控制电路设计	15
2.1.4 模拟外部中断电路设计	16
[任务 2.2]简单系统布线	16
2.2.1 PCB 板的布线	16
2.2.2 万能板布线	19
[任务 2.3]简单系统的制作	20
2.3.1 制版	20
2.3.2 焊接	21
2.3.3 调试	21
小 结	21
思考题	22
课题3 单片机指令与编程入门	23
[任务 3.1]仿真软件使用	23

3.1.1 单片机仿真软件和开发工具使用初步	23
3.1.2 在仿真软件中调试一个存储区间置1或者清0的程序	23
[任务3.2] 单片机指令系统的基本知识	28
3.2.1 指令系统概述	28
3.2.2 MCS-51 单片机指令系统的分类介绍	33
3.2.3 汇编语言的伪指令	44
小 结	46
思考题	47
课题4 单片机中断与定时功能的应用	48
[任务4.1] 利用按键产生外部中断控制信号灯亮灭	48
4.1.1 外部中断的使用实训	48
4.1.2 什么是中断	49
4.1.3 中断的作用与基本功能	50
4.1.4 MCS-51 单片机中断系统的组成	50
4.1.5 中断响应	54
4.1.6 MCS-51 单片机中断系统应用	55
[任务4.2] 方波信号发生器的设计	59
4.2.1 方波信号发生器	59
4.2.2 单片机定时器/计数器结构	60
4.2.3 MCS-51 单片机定时器/计数器计数初值的计算方法	62
4.2.4 MCS-51 单片机定时器/计数器的设置	63
4.2.5 MCS-51 单片机定时器/计数器应用训练	68
[任务4.3] 交通信号灯设计和调试	71
4.3.1 交通信号灯的工作要求	71
4.3.2 交通信号灯初步控制设计	71
4.3.3 具有紧急情况处理的交通信号灯的控制实训	73
小 结	73
思考题	73
课题5 单片机接口技术	75
[任务5.1] 键盘接口设计	75
5.1.1 独立式按键的硬件电路结构及工作原理	75
5.1.2 独立式按键的软件结构	76
5.1.3 矩阵式键盘的硬件电路结构及工作原理	77
5.1.4 矩阵式键盘的软件结构	77

5.1.5 按键的去抖动设计	79
5.1.6 4×4 键盘制作	80
[任务 5.2] LED 数码显示器接口设计	80
5.2.1 概述	80
5.2.2 静态显示电路的结构及原理	82
5.2.3 静态显示电路的软件结构	83
5.2.4 动态显示电路的结构及原理	84
5.2.5 动态显示电路的软件结构	85
5.2.6 8 位 LED 显示器的制作	86
[任务 5.3] 抢答器设计	87
5.3.1 设计要求	87
5.3.2 设计方案	87
5.3.3 硬件设计	87
5.3.4 软件设计	87
5.3.5 电路仿真运行结果	93
[任务 5.4] 步进电机控制	94
5.4.1 概述	94
5.4.2 永磁式步进电机的控制	95
5.4.3 步进电机的驱动设计	95
小 结	101
思考题	101
课题 6 串行口通信	103
[任务 6.1] 串行口使用基础	103
[任务 6.2] 在 Proteus 中仿真单片机向 PC 发送文字	108
6.2.1 硬件设计	108
6.2.2 程序设计	109
6.2.3 调试与仿真	111
小 结	112
思考题	112
课题 7 系统扩展技术	113
[任务 7.1] 点阵式 LED 显示屏设计	113
7.1.1 点阵式 LED 显示原理及 24×24 点阵显示电路的设计	113
7.1.2 系统软件的设计分析	115
7.1.3 仿真电路及运行结果	121

7.1.4 实际电路及运行结果	122
小 结	122
思考题	123
课题8 A/D 和 D/A 转换电路	124
[任务 8.1] 多路数字电压表的设计	124
8.1.1 电路设计及器件选择	124
8.1.2 软件系统的设计	127
8.1.3 电路仿真及运行结果	130
8.1.4 实际电路及运行结果	130
[任务 8.2] 多波形低频信号发生器的设计	131
8.2.1 电路设计及器件选择	131
8.2.2 软件系统的设计	133
8.2.3 电路仿真及运行结果	137
8.2.4 实际电路及运行结果	139
小 结	140
思考题	140
课题9 综合项目设计和调试	141
[任务 9.1] 数字温度计的设计	141
9.1.1 方案论证	141
9.1.2 硬件设计	143
9.1.3 软件设计	146
9.1.4 总体调试	162
附录 A MCS51 系列单片机指令表	164
附录 B Keil C51 软件的使用	169
附录 C 单片机仿真软件 Proteus 简介	182
参考文献	198

课题 1 MCS-51 系列单片机认识初步

教学目标要求

1. 能力目标

- (1) 能区分不同型号的 MCS-51 芯片
- (2) 熟悉 MCS-51 系列单片机及兼容产品
- (3) 会使用仿真器

2. 知识目标要求

- (1) 单片机的概念、单片机的用途
- (2) MCS-51 单片机的信号引脚
- (3) MCS-51 单片机的内部结构以及内部资源的使用

[任务 1.1] MCS-51 单片机芯片的认识以及选型

1.1.1 什么是单片机

单片机是微型计算机的一个重要分支。它使计算机从海量数值计算进入智能控制领域，并由此开创了工业控制的新局面。从此，计算机技术在两个重要的领域——通用计算机领域和微控制器领域比翼齐飞，并逐渐融入人们的日常生活。

那么什么是单片机呢？如果将运算器、控制器、存储器和各种输入/输出接口等计算机的主要部件集成在一块芯片上，就能得到一个单芯片的微型计算机，它虽然只是一个芯片，但在组成和功能上已经具有了计算机系统的特点，因此称之为单片微型计算机（Single-chip Microcomputer），简称单片机。

单片机在外观上与常见的集成电路块一样，体积很小，多为黑色长条状，条状左右两侧各有一排金属引脚，可与外电路连接，如图 1-1 所示。

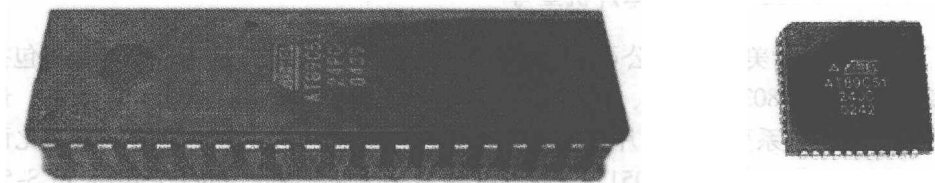


图 1-1 AT89C51 单片机外观

单片机体积虽小，但“五脏俱全”，其内部结构与普通计算机结构类似，也

是由中央处理器（CPU）、存储器和输入/输出（I/O）三大基本部分构成。实际就是把一台普通计算机经过简化，浓缩在一小片芯片内，形成了芯片级的计算机。

1.1.2 单片机的用途

单片机的应用十分广泛，在工业控制领域、家电产品、智能化仪器仪表、计算机外部设备，特别是机电一体化产品中，都有重要的用途。其主要的用途可以分为以下方面。

- 显示：通过单片机控制发光二极管或是液晶，显示特定的图形和字符。
- 机电控制：用单片机控制机电产品做定时或定向的动作。
- 检测：通过单片机和传感器的联合使用，用来检测产品或者工况的意外发生。
- 通信：通过 RS-232 串行通信或者是 USB 通信，传输数据和信号。
- 科学计算：用来实现简单的算法。

1.1.3 单片机的组成

单片机一般主要由中央处理器（CPU）、存储器、定时/计数器、I/O 接口和串行通信接口等组成。

中央处理器包括运算器、控制器和寄存器 3 个主要部分，是单片机的核心。

存储器按工作方式可以分为两大类：随机存储器 RAM 和只读存储器 ROM。RAM 可被 CPU 随机地读写，断电后存储的内容消失；ROM 中的信息只能被读取，一般用于存放固定的程序。ROM 中的内容只能用编程器专用设备写入。

定时/计数器既可以进行定时，也可以对外部的脉冲进行计数。

输入/输出接口（I/O 接口）是单片机的重要组成部分。程序、数据以及现场信息需要通过输入设备送到单片机，计算结果需要通过输出设备输出到外设。常用的输入有键盘、A/D 等，输出设备一般有 LED、电机等。

串行通信接口主要用于远距离的数据通信。

1.1.4 MCS-51 系列单片机型号

MCS-51 是指美国 Intel 公司生产的一种系列单片机总称，这一系列单片机包括了多个种类，如 8031、8051、8751、8032、8052、8752 等，其中 8051 是最早、最典型的产品，该系列其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减变化而来的，所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机。Intel 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了很多其他公司，所以有很多公司在开发以 8051 为核心的单片机。

常用 MCS-51 系列单片机型号见表 1-1。

表 1-1 常用 MCS-51 系列单片机型号

公司	型号	公司	型号
Intel	8051	Siemens	SAB80512
	80C51GA		SAB80515
	8052	AMD	80C525/325
ATMEL	89C2051		80C515/535
	89C51	Philips/Signetics	83C552
	89LV51		83C752

80C51 是标准的 40 引脚双列直插式集成电路芯片, 引脚排列如图 1-2 所示。

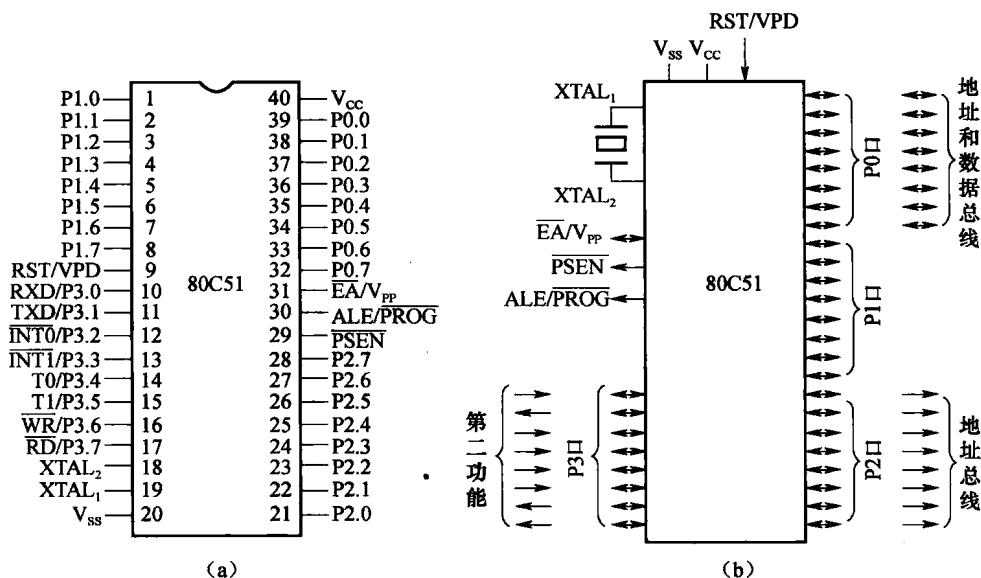


图 1-2 80C51 单片机芯片引脚

(a) 引脚排列; (b) 逻辑符号

1. 信号引脚介绍

• 输入/输出口线。

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)。

功能: ①在系统扩展时, ALE 用于控制把 P0 口输出的低 8 位地址送入锁存

器锁存起来, 以实现低位地址和数据的分时传送。

②ALE 是以六分之一晶振频率的固定频率输出的正脉冲, 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 (访问程序存储器控制信号)。

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; 当/EA 信号为高电平时, 对 ROM 的读操作是从内部程序存储器开始, 并可延续至外部程序存储器。

- 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时即为有效, 用以完成单片机的复位操作。

- XTAL1 和 XTAL2 外接晶体引线端。

当使用芯片内部时钟时, 此二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。

- V_{SS} 地线。
- $V_{CC} + 5\text{ V}$ 电源。

2. 信号引脚的第二功能

“复用”即给一些信号引脚赋予双重功能。第二功能信号定义主要集中在 P3 口线中, 另外再加上几个其他信号线。常见的第二功能信号如下。

- P3 口线的第二功能。P3 口 8 条口线都定义有第二功能, 如表 1-2 所示。

表 1-2 P3 口线的第二功能

口线	功能	功能说明
P3.0	RXD	串行数据接收
P3.1	TXD	串行数据发送
P3.2	INT0	外部中断 0 输入
P3.3	INT1	外部中断 1 输入
P3.4	T0	定时器/计数器 0 外部事件脉冲输入端
P3.5	T1	定时器/计数器 1 外部事件脉冲输入端
P3.6	WR	外部数据存储器写脉冲
P3.7	RD	外部数据存储器读脉冲

- EPROM 存储器程序固化所需要的信号。

编程脉冲: 30 脚 (ALE/PROG)。

编程电压 (25 V): 31 脚 (/EA/ V_{PP})。

- 备用电源引入。备用电源是通过 9 脚 (RST/VPD) 引入的。当电源发

生故障，电压降低到下限值时，备用电源经此端向内部 RAM 提供电压，以保护内部 RAM 中的信息不丢失。

说明：

①第一功能信号与第二功能信号是单片机在不同工作方式下的信号，因此不会发生使用上的矛盾。

②P3 口线先按需要优先选用它的第二功能，剩下不用的才作为 I/O 口线使用。

[任务 1.2] 单片机内部资源的使用

根据冯·诺依曼的理论架构，计算机包括五大部分：运算器、控制器、存储设备、输入设备、输出设备。

运算器和控制器是最核心的部分，通常做在一个器件上，称作 CPU (Center Processing Unit)，CPU 和内存储器一起组成主机部分。除去主机以外的硬件装置（如输入设备、输出设备、外存储器等）称为外围设备或外部设备。五大部件之间是通过三大“总线”（Bus）连接实现信息交换的。

1.2.1 单片机的微处理器结构

单片机的内部结构如图 1-3 所示，由图可知，单片机内主要由振荡电路、中央处理器、内部总线、程序存储器、数据存储器、定时器/计数器、串行口、中断系统和 I/O 口等模块组成，各部分通过内部总线紧密地联系在一起。

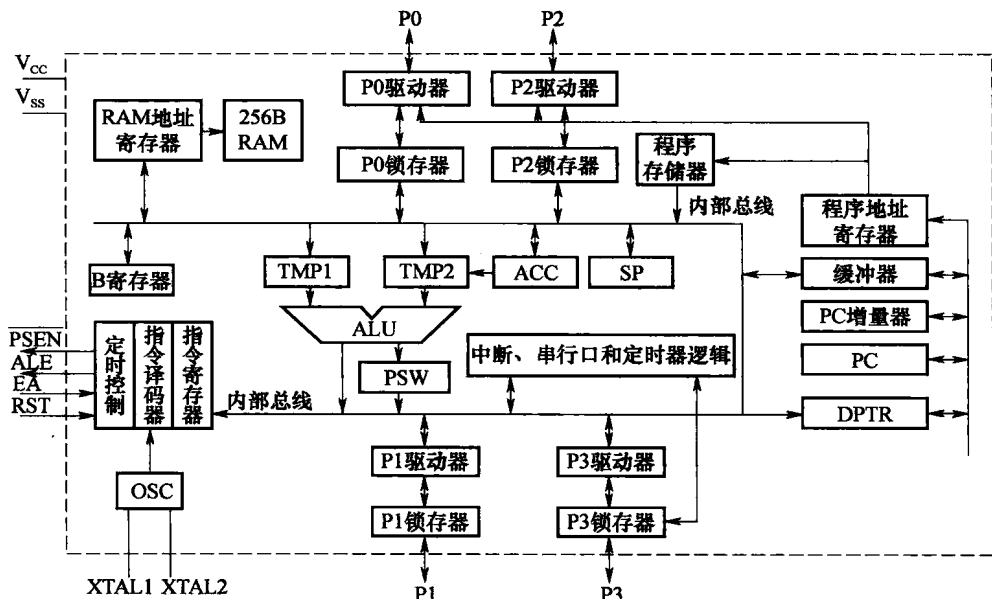


图 1-3 单片机微处理器结构

1. 运算器

包括算术逻辑部件 ALU、布尔处理器、累加器 ACC、B 寄存器、两个暂存器和 BCD 码调整电路等组成。其作用主要包括：

- 加、减、乘、除算术运算。
- 增量（加 1）、减量（减 1）运算。
- 十进制数调整。
- 位置 1、清 0 和取反。
- 与、或、异或等逻辑操作。
- 数据传送操作。

2. 布尔处理器

布尔处理器是 CPU 中的一个重要组成部分，它有相应的指令系统，硬件上有自己的累加器（C）和自己的位寻址 RAM 以及 I/O 空间。

3. 控制器

包括时钟电路、复位电路、定时控制逻辑、指令寄存器、指令译码器、程序指针 PC、数据指针 DPTR、堆栈指针 SP 和程序状态字 PSW 等。其作用主要包括：

- 控制单片机内部各单元的协调工作。
- 协调单片机与外围芯片或设备的工作。

其中，程序指针 PC 的内容永远指向 CPU 正在执行指令的下一条指令在程序存储器中的单元位置。

程序状态寄存器 PSW，它的内容反映 CPU 对数据处理的一些状态结果和对工作寄存器区的选择标志位。

Cy	AC	FO	RSI	RSO	OV	—	P
----	----	----	-----	-----	----	---	---

程序状态字寄存器各位的含义如下：

P：奇偶标志位。当累加器 ACC 中的处理结果数据中有奇数个“1”时为 1，否则为 0。

OV：溢出标志位。当 CPU 对数据处理结果发生溢出时，该位为 1，否则为 0。

RSI RSO：工作寄存器区选择位。当（RSIRSO）=00 时，第 0 工作寄存器区为当前区；当（RSIRSO）=01 时，第 1 工作寄存器区为当前区；当（RSIRSO）=10 时，第 2 工作寄存器区为当前区；当（RSIRSO）=11 时，第 3 工作寄存器区为当前区。

FO：用户标志位。通过指令可将其置 1 或清 0。

AC：辅助进位标志位。数据处理过程中低 4 位向高 4 位有进位或借位时，该位为 1，否则为 0。