

# 单片机 原理及应用(C语言版)

郭军利 祝朝坤 张凌燕 主编



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

普通高等院校工科专业单片机系列教材  
“立德树人”系列教材

# 单片机原理及应用 (C语言版)

主 编 郭军利 祝朝坤 张凌燕  
参 编 张天一 梁 妍 乔 阳



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

## 内 容 简 介

本书通过实践例程出发,详细讲解该实践题目所用到的单片机知识、C51 语法等相关知识点。书中的所有例程均以实际硬件实验板为根据,由 C 语言程序来分析单片机工作原理,使读者知其然又能知其所以然,从而帮助读者从实际应用中彻底理解和掌握单片机原理。

本书内容共分 14 章,第一章主要从单片机的概述上,对单片机的发展历程、内部构成和原理等方面进行了简要介绍;第二章重点介绍了 8051 单片机常用的 C51 语法和使用技巧;第三章介绍单片机开发环境的搭建,以及新建工程的详细步骤;第四~七章在内容组织上循序渐进、由浅入深,分别从 LED 发光二极管、数码管、按键、LCD 液晶显示器等器件的驱动方面,逐渐编程讲解单片机 I/O 口的各种外部输入/输出设备的应用;第八章主要介绍单片机外部中断的概念以及 51 单片机中断的使用方法,并通过一个实验例程,详细介绍了 51 单片机中断的使用;第九章介绍了单片机定时/计数器的概念和使用方法;第十章介绍了串行通信的相关概念,并通过实际应用介绍了如何使用 51 单片机的串行口进行数据收发。第十一、十二章分别对 I<sup>2</sup>C 总线协议和 SPI 总线协议及其各自应用进行介绍;第十三章对单片机编程的常用规范和准则进行简要介绍,锻炼学生养成良好的编程风格;第十四章对单片机学习中可能会接触到的常用数字芯片进行简要介绍,简要分析了其使用方法和其常见的硬件电路组成。本书中以上各章的实例程序均在实验板上进行过测试,并调试验证通过。同时,本书在各章节的讲解中,采用从原理到实践,再从实验现象进一步分析原理的方式,对 51 单片机的主要功能及硬件结构做了较为详细的分析讲解。

本书适合作为普通高等院校电子信息类、机电类、自动化类等专业的单片机课程实践教材。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目 ( CIP ) 数据

单片机原理及应用: C 语言版/郭军利, 祝朝坤, 张凌燕主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2018. 9 ( 2018. 10 重印)

ISBN 978 - 7 - 5682 - 6197 - 5

I. ①单… II. ①郭… ②祝… ③张… III. ①单片微型计算机 - 高等学校 - 教材  
IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 ( 2018 ) 第 192001 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / ( 010 ) 68914775 ( 总编室)

( 010 ) 82562903 ( 教材售后服务热线)

( 010 ) 68948351 ( 其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 330 千字

版 次 / 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 10 月第 2 次印刷

定 价 / 35.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

## 序

德是育人的灵魂统帅，是一个国家道德文明发展的显现。坚持“育人为本、德育为先”的育人理念，把“立德树人”作为教育的根本任务，为郑州工商学院校本教材建设指引方向。

立德树人，德育为先。教材编写应将习近平新时代中国特色社会主义思想渗透至教材各个章节中，帮助同学们用习近平新时代中国特色社会主义思想武装头脑，树立正确的世界观、人生观、价值观，加强自我修养，提高思想道德素质，促进大学生德智体美全面发展。

立德为先，树人为本。教材编写应着力培养学生的社会责任感、创新精神和实践能力，通过改革教育内容和教学方法，突出学生主体地位，注重学生个性化发展，把大学生培养成“站起来能讲，坐下去能写，走出去能干”的“三能”人才，引导广大学生坚定理想信念，志存高远，脚踏实地，勇于做时代的弄潮儿。

郑州工商学院校本教材注重引导学生积极参与教学活动过程，突破教材建设过程中过分强调知识系统性的思路，把握好教材内容的知识点、能力点和学生毕业后的岗位特点。编写以必需和够用为度，适应学生的知识基础和认知规律，深入浅出，理论联系实际，注重结合基础知识、基本训练以及实验实训等实践活动，培养学生分析、解决实际问题的能力和提高实践技能，突出技能培养目标。

# 前 言

本书从实际工程应用入手，以实验为主导，由浅入深，循序渐进地讲述了使用 C 语言为 51 单片机编程的方法，从而进一步讲解 51 单片机的硬件结构和各种功能应用。本书不同于传统的讲述单片机的书籍，本书中的所有例程均以实际硬件实验板为根据，由 C 语言程序来分析单片机工作原理，使读者知其然又能知其所以然，从而帮助读者从实际应用中彻底理解和掌握单片机原理。

另外，本书中大部分内容均来自作者教学工作及实践，内容涵盖了作者多年来项目经验的总结，并且贯穿一些学习方法的建议。本书内容丰富，实用性强，许多 C 语言代码可以直接应用到工程项目中。本书适合作为普通高等院校电子信息类、机电类、自动化类等各专业的单片机课程实践教材，非常适合 51 单片机的初学者使用本书，进行入门级别的学习和参考。

本书内容共分 14 章，第一章主要从单片机的概述上，对单片机的发展历程、内部构成和原理等方面进行了简要介绍，并从其应用领域上简述了单片机未来的发展趋势；第二章重点介绍了 8051 单片机常用的 C51 语法和使用技巧，帮助学生快速上手进行 C51 代码的编写；第三章介绍单片机开发环境的搭建，以及新建工程的详细步骤；第四~七章在内容组织上循序渐进、由浅入深，分别从 LED 发光二极管、数码管、按键、LCD 液晶显示器等器件的驱动方面，逐渐编程讲解单片机 I/O 口的各种外部输入/输出设备的应用；第八章主要介绍单片机外部中断的概念以及 51 单片机中断的使用方法，并通过一个实验例程，详细介绍了 51 单片机中断的使用；第九章介绍了单片机定时/计数器的概念和使用方法；第十章介绍了串行通信的相关概念，并通过实践应用介绍了如何使用 51 单片机的串行口进行数据收发。第十一、十二章分别对 I<sup>2</sup>C 总线协议和 SPI 总线协议及其各自应用进行介绍；第十三章对单片机编程的常用规范和准则进行简要介绍，锻炼学生养成良好的编程风格；第十四章对单片机学习中可能会接触到的常用数字芯片进行简要介绍，简要分析了其使用方法和其常见的硬件电路组成。本书中以上各章的实例程序均在实验板上进行过测试，并调试验证通过。同时，本书在各章节的讲解中，采用从原理到实践，再从实验现象进一步分析原理的方式，对 51 单片机的主要功能及硬件结构做了较为详细的分析讲解。

由于作者水平有限，本书中难免会有一些不尽如人意之处，敬请读者提出宝贵的建议和意见。

编 者



## CONTENTS

## 目录

<b>第一章 80C51 单片机概述</b> .....	(1)
第一节 计算机发展概述 .....	(1)
第二节 80C51 单片机介绍 .....	(6)
本章小结 .....	(15)
练习题 .....	(16)
<b>第二章 C51 语言程序设计基础</b> .....	(17)
第一节 函数及函数的调用 .....	(17)
第二节 数制与数值运算 .....	(18)
本章小结 .....	(25)
练习题 .....	(25)
<b>第三章 Keil 软件的安装及开发环境的搭建</b> .....	(26)
第一节 Keil 软件概述及其安装 .....	(26)
第二节 CH340 串口驱动的安装 .....	(33)
第三节 STC 下载软件 STC - ISP 的使用 .....	(33)
第四节 使用 Keil 软件新建一个工程 .....	(35)
本章小结 .....	(40)
练习题 .....	(41)
<b>第四章 LED 闪烁及流水灯程序设计及实践</b> .....	(42)
第一节 LED 的亮灭 .....	(42)
第二节 延时函数及 LED 闪烁 .....	(45)
第三节 流水灯的实现 .....	(51)
本章小结 .....	(54)
练习题 .....	(54)
<b>第五章 数码管显示程序设计及实践</b> .....	(55)
第一节 数码管显示原理 .....	(55)
第二节 数码管静态显示程序设计及实践 .....	(58)
第三节 数码管动态显示程序设计及实践 .....	(61)
本章小结 .....	(63)
练习题 .....	(63)
<b>第六章 字符型 LCD 液晶显示程序设计及实践</b> .....	(64)
第一节 LCD1602 显示原理介绍 .....	(64)



第二节 LCD1602 显示程序设计及实践 .....	( 69)
本章小结 .....	( 75)
练习题 .....	( 75)
<b>第七章 键盘检测原理及程序设计实践 .....</b>	<b>( 76)</b>
第一节 独立键盘检测原理 .....	( 76)
第二节 矩阵键盘检测应用实现 .....	( 79)
本章小结 .....	( 84)
练习题 .....	( 84)
<b>第八章 单片机中断及外部中断程序设计实践 .....</b>	<b>( 85)</b>
第一节 单片机中断及中断优先级的概念 .....	( 85)
第二节 单片机中断的条件及服务程序 .....	( 88)
第三节 外部中断的程序设计及实践 .....	( 90)
本章小结 .....	( 95)
练习题 .....	( 96)
<b>第九章 定时/计数器原理及应用 .....</b>	<b>( 97)</b>
第一节 定时/计数器的工作原理 .....	( 97)
第二节 定时/计数器的工作方式 .....	( 100)
第三节 定时/计数器程序设计及实践 .....	( 102)
本章小结 .....	( 110)
练习题 .....	( 110)
<b>第十章 单片机串行口的应用 .....</b>	<b>( 111)</b>
第一节 串行通信基础 .....	( 111)
第二节 80C51 单片机的串行接口 .....	( 117)
第三节 单片机串行接口应用举例 .....	( 120)
本章小结 .....	( 124)
练习题 .....	( 124)
<b>第十一章 I<sup>2</sup>C 总线的应用 .....</b>	<b>( 125)</b>
第一节 初识 I <sup>2</sup> C .....	( 125)
第二节 EEPROM 的应用 .....	( 132)
本章小结 .....	( 146)
练习题 .....	( 147)
<b>第十二章 SPI 总线与实时时钟 DS1302 的应用 .....</b>	<b>( 148)</b>
第一节 SPI 时序初步认识 .....	( 148)
第二节 实时时钟芯片 DS1302 .....	( 151)
第三节 复合数据类型 .....	( 167)
本章小结 .....	( 184)
练习题 .....	( 185)
<b>第十三章 单片机 C 程序编写规范 .....</b>	<b>( 186)</b>
第一节 程序文件结构 .....	( 186)



第二节	程序的版式规范	( 188)
第三节	单片机程序命名规则与变量选择	( 192)
第四节	表达式和基本语句	( 195)
第五节	函数设计规范	( 199)
	本章小结	( 202)
	练习题	( 202)
<b>第十四章</b>	<b>芯片介绍</b>	( 203)
第一节	74HC595 芯片	( 203)
第二节	74LS138 芯片	( 208)
第三节	74HC245 芯片	( 210)
第四节	ULN2003 双极型线性集成电路	( 211)
	本章小结	( 213)
	练习题	( 213)
<b>参考文献</b>		( 214)



# 第一章

## 80C51 单片机概述

### 学习目标



1. 了解单片机的发展过程
2. 理解 80C51 单片机的基本结构
3. 掌握 80C51 单片机的最小系统

### 第一节 计算机发展概述

#### 一、计算机的问世及其经典结构

1946 年 2 月 15 日, 第一台电子数字计算机 ENIAC ( Electronic Numerical Integrator And Computer) 问世, 这标志着计算机时代的到来。

ENIAC 是电子管计算机, 时钟频率虽然仅有 100 kHz, 但能在 1 s 的时间内完成 5 000 次加法运算。与现代的计算机相比, ENIAC 有许多不足, 但它的问世开创了计算机科学技术的新纪元, 对人类的生产和生活方式产生了巨大的影响。

在研制 ENIAC 的过程中, 匈牙利籍数学家冯·诺依曼担任研制小组的顾问, 并在方案的设计上做出了重要的贡献。1946 年 6 月, 冯·诺依曼又提出了“程序存储”和“二进制运算”的思想, 进一步构建了由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备组成这一计算机的经典结构, 如图 1.1 所示。运算器与控制器合称为中央处理器 (CPU)。

电子计算机技术的发展, 相继经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模集成电路计算机和超大规模集成电路计算机 5 个时代。但是, 计算机的结构仍然没有突破冯·诺依曼提出的计算机的经典结构框架。

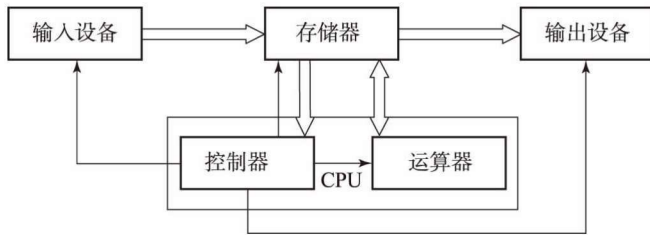


图 1.1 电子计算机的经典结构

## 二、微型计算机的问世及应用形态

### （一）微型计算机的问世

1971 年 1 月，英特尔公司的特德·霍夫在与日本商业通信公司合作研制台式计算器时，将原始方案的十几个芯片压缩成 3 个集成电路芯片。其中的两个芯片分别用于存储程序和数据，另一芯片集成了运算器和控制器（即 CPU），称为微处理器。这样微处理器、存储器和 I/O 接口电路就被组合在一个电路芯片上，构成了微型计算机。各部分通过地址总线（AB）、数据总线（DB）和控制总线（CB）相连，形成了如图 1.2 所示的基本微型计算机结构。

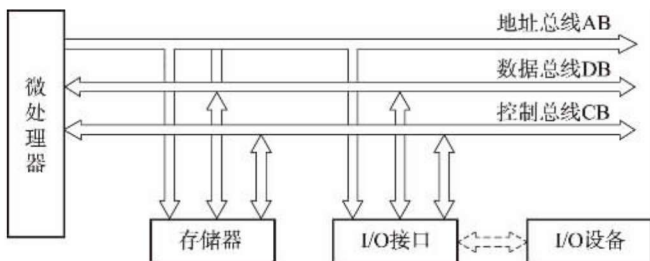


图 1.2 微型计算机的组成

在微型计算机基础上，再配以系统软件、I/O 设备便构成了完整的微型计算机系统，人们将其简称为微型计算机。

### （二）微型计算机的应用形态

从应用形态上，微型计算机可以分成 3 种：多板机（系统机）、单板机和单片机。

#### 1. 多板机（系统机）

多板机是将微处理器、存储器、I/O 接口电路和总线接口等组装在一块主机板（即微机主板）上，再通过系统总线和其他多块外设适配板卡连接键盘、显示器、打印机、软/硬盘驱动器及光驱等设备。各种适配板卡插在主机板的扩展槽上，并与电源、软/硬盘驱动器及光驱等装在同一机箱内，再配上系统软件，就构成了一台完整的微型计算机系统，简称系统机。

目前人们广泛使用的个人计算机（PC 机）就是典型的多板微型计算机。由于其人机界面好、功能强、软件资源丰富，通常作为办公或家庭的事务处理及科学计算，属于通用计算



机。现在 PC 机已经成为当代社会各领域中最通用的工具。

另外，将系统机的机箱进行加固处理、底板设计成无 CPU 的小底板结构，利用底板的扩展槽插入主机板及各种测控板，就构成了一台工业 PC 机。由于其具有人机界面友好和软件资源丰富的优势，工业 PC 机常作为工业测控系统的主机。

## 2. 单板机

将 CPU 芯片、存储器芯片、I/O 接口芯片和简单的 I/O 设备（小键盘、LED 显示器）等装配在一块印制电路板上，再配上监控程序（固化在 ROM 中），就构成了一台单板微型计算机，简称单板机。典型的产品如 TP801。单板机的 I/O 设备简单，软件资源少，使用不方便。早期主要用于微型计算机原理的教学及简单的测控系统，现在已很少使用。

## 3. 单片机

在一片集成电路芯片上集成微处理器、存储器、I/O 接口电路，从而构成了单芯片微型计算机，即单片机。图 1.3 为微型计算机 3 种应用形态的比较。

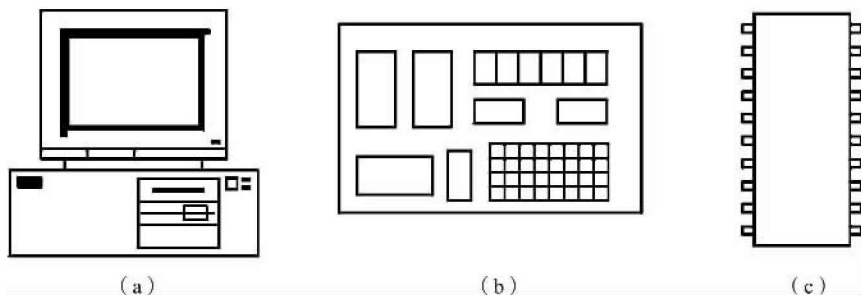


图 1.3 微型计算机的 3 种应用形态

(a) 系统机; (b) 单板机; (c) 单片机

计算机原始的设计目的是提高计算数据的速度和完成海量数据的计算。人们将完成这种任务的计算机称为通用计算机。

随着计算机技术的发展，人们发现了计算机在逻辑处理及工业控制等方面也具有非凡的能力。在控制领域中，人们更多地关心计算机的低成本、小体积、运行的可靠性和控制的灵活性。特别是智能仪表、智能传感器、智能家电、智能办公设备、汽车及军事电子设备等应用系统要求将计算机嵌入到这些设备中。嵌入到控制系统（或设备）中，实现嵌入式应用的计算机称为嵌入式计算机，也称为专用计算机。

嵌入式应用的计算机可分为嵌入式微处理器（如 386EX）、嵌入式 DSP 处理器（如 TMS320 系列）、嵌入式微控制器（即单片机，如 80C51 系列）及嵌入式片上系统 SoC。

单片机体积小、价格低、可靠性高，其非凡的嵌入式应用形态对于满足嵌入式应用需求具有独特的优势。目前，单片机应用技术已经成为电子应用系统设计最为常用的技术手段，学习和掌握单片机应用技术具有极其重要的现实意义。

综上所述，微型计算机技术的发展正趋于两个方向，一是以系统机为代表的通用计算机，致力于提高计算机的运算速度，在实现海量高速数据处理的同时兼顾控制功能；二是以单片机为代表的嵌入式专用计算机，致力于计算机控制功能的片内集成，在满足嵌入式对象的测控需求的同时兼顾数据处理。



### 三、单片机的发展过程及产品近况

#### (一) 单片机的发展过程

单片机技术发展十分迅速,产品种类琳琅满目。纵观整个单片机技术发展过程,可以分为以下3个主要阶段。

##### 1. 单芯片微机形成阶段

1976年, Intel公司推出了MCS-48系列单片机。该系列单片机早期产品在芯片内集成有: 8位CPU、1KB程序存储器(ROM)、64B数据存储器(RAM)、27根I/O线和1个8位定时/计数器。此阶段的主要特点是: 在单个芯片内完成了CPU、存储器、I/O接口、定时/计数器、中断系统、时钟等部件的集成。但存储器容量较小,寻址范围小(不大于4KB),无串行接口,指令系统功能不强。

##### 2. 性能完善提高阶段

1980年, Intel公司推出MCS-51系列单片机。该系列单片机在芯片内集成有: 8位CPU、4KB程序存储器(ROM)、128B数据存储器(RAM)、4个8位并行接口、1个全双工串行接口、2个16位定时/计数器,寻址范围为64KB,并集成有控制功能较强的布尔处理器(完成位处理功能)。此阶段的主要特点是: 结构体系完善,性能已大大提高,面向控制的特点进一步突出。现在, MCS-51已成为公认的单片机经典机种。

##### 3. 微控制器化阶段

1982年, Intel公司推出MCS-96系列单片机。该系列单片机在芯片内集成有: 16位CPU、8KB程序存储器(ROM)、232B数据存储器(RAM)、5个8位并行接口、1个全双工串行接口、2个16位定时/计数器。寻址范围最大为64KB。片上还有8路10位ADC、1路PWM(D/A)输出及高速I/O部件等。近年来,许多半导体厂商以MCS-51系列单片机的8051为内核,将许多测控系统中的接口技术、可靠性技术及先进的存储器技术及工艺技术集成到单片机中,生产出了多种功能强大、使用灵活的新一代80C51系列单片机。此阶段的主要特点是: 片内面向测控系统外围电路增强,使单片机可以方便灵活地用于复杂的自动测控系统及设备。至此,“微控制器”的称谓更能反映单片机的本质。

#### (二) 单片机产品近况

随着微电子设计技术及计算机技术的不断发展,单片机产品和技术日新月异。单片机产品近况可以归纳为以下两个方面。

##### 1. 80C51系列单片机产品繁多,主流地位已经形成

通用微型计算机计算速度的提高主要体现在CPU位数的提高(16位、32位、64位),而单片机更注重的是产品的可靠性、经济性和嵌入性。所以,单片机CPU位数的提高需求并不十分迫切。而多年来的应用实践已经证明,80C51的系统结构合理、技术成熟。因此,许多单片机芯片生产厂商倾力于提高80C51单片机产品的综合功能,从而形成了80C51的主流产品地位。近年来推出的与80C51兼容的主要产品有:

##### (1) ATMEL公司融入Flash存储器技术推出的AT89系列单片机;



- (2) Philips 公司推出的 80C51、80C52 系列高性能单片机;
- (3) 华邦公司推出的 W78C51、W77C51 系列高速低价单片机;
- (4) ADI 公司推出的 AD $\mu$ C8xx 系列高精度 ADC 单片机;
- (5) LG 公司推出的 GMS90/97 系列低压高速单片机;
- (6) MAXIM 公司推出的 DS89C420 高速 (50MIPS) 单片机;
- (7) Cygnal 公司推出的 C8051F 系列高速 SoC 单片机等。

由此可见, 80C51 已经成为事实上的单片机主流系列, 所以本书以 80C51 为对象讲述单片机的原理与应用技术。

2. 非 80C51 结构单片机不断推出, 给用户提供了更为广泛的选择空间

在 80C51 及其兼容产品流行的同时, 一些单片机芯片生产厂商也推出了一些非 80C51 结构的产品, 影响比较大的有:

- (1) Intel 公司推出的 MCS-96 系列 16 位单片机;
- (2) Microchip 公司推出的 PIC 系列 RISC 结构单片机;
- (3) TI 公司推出的 MSP430F 系列 16 位低电压、低功耗单片机;
- (4) ATMEL 公司推出的 AVR 系列 RISC 结构单片机等。

## 四、单片机的特点及应用领域

### (一) 单片机的特点

#### 1. 控制性能和可靠性高

单片机是为满足工业控制而设计的, 所以实时控制功能特别强, 其 CPU 可以对 I/O 端口直接进行操作, 位操作能力更是其他计算机无法比拟的。另外, 由于 CPU、存储器及 I/O 接口集成在同一芯片内, 各部件间的连接紧凑, 数据在传送时受干扰的影响较小, 且不易受环境条件的影响, 所以单片机的可靠性非常高。近期推出的单片机产品, 内部集成有高速 I/O 口、ADC、PWM、WDT 等部件, 并在低电压、低功耗、串行扩展总线、控制网络总线和开发方式 (如在系统编程 ISP) 等方面都有了进一步的增强。

#### 2. 体积小、价格低、易于产品化

每片单片机芯片即是一台完整的微型计算机, 对于批量大的专用场合, 一方面可以在众多的单片机品种间进行匹配选择, 同时还可以专门进行芯片设计, 使芯片功能与应用具有良好的对应关系。在单片机产品的引脚封装方面, 有的单片机引脚已减少到 8 个或更少, 从而使应用系统的印制板减小、接插件减少、安装简单方便。在现代的各种电子器件中, 单片机具有良好的性能价格比。这正是单片机得以广泛应用的重要原因。

### (二) 单片机的应用领域

由于单片机具有良好的控制性能和灵活的嵌入品质, 近年来单片机在各种领域都获得了极为广泛的应用。概要地分为以下几个方面。

#### 1. 智能仪器仪表

单片机用于各种仪器仪表之中, 一方面提高了仪器仪表的使用功能和精度, 使仪器仪表



智能化，另一方面简化了仪器仪表的硬件结构，从而可以方便地完成仪器仪表产品的升级换代。如各种智能电气测量仪表、智能传感器等。

### 2. 机电一体化产品

机电一体化产品是集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体，具有智能化特征的各种机电产品。单片机在机电一体化产品的开发中可以发挥巨大的作用。典型产品如机器人、数控机床、自动包装机、点钞机、医疗设备、打印机、传真机、复印机等。

### 3. 实时工业控制

单片机还可以用于各种物理量的采集与控制。电流、电压、温度、液位、流量等物理参数的采集和控制均可以利用单片机方便地实现。在这类系统中，利用单片机作为系统控制器，可以根据被控对象的不同特征采用不同的智能算法，实现期望的控制指标，从而提高生产效率和产品质量。典型应用如电机转速控制、温度控制、自动生产线等。

### 4. 分布系统的前端模块

在较复杂的工业系统中，经常要采用分布式测控系统完成大量分布参数的采集。在这类系统中，通常采用单片机作为分布式系统的前端采集模块，使系统具有运行可靠，数据采集方便灵活，成本低廉等一系列优点。

### 5. 家用电器

家用电器是单片机的又一重要应用领域，前景十分广阔。如空调器、电冰箱、洗衣机、电饭煲、高档洗浴设备、高档玩具等。另外，在交通领域中，汽车、火车、飞机、航天器等均有单片机的广泛应用。如汽车自动驾驶系统、航天测控系统、黑匣子等。

## 第二节 80C51 单片机介绍

Intel 公司推出的 MCS-51 系列单片机以其典型的结构、完善的总线、特殊功能寄存器的集中管理方式、位操作系统和面向控制的指令系统，为单片机的发展奠定了良好的基础。

8051 是 MCS-51 系列单片机的典型品种。众多单片机芯片生产厂商以 8051 为基核开发出的 CHMOS 工艺单片机产品统称为 80C51 系列。

### 一、MCS-51 系列简介

MCS-51 是 Intel 公司生产的一个单片机系列名称。属于这一系列的单片机有多种型号，如 8051/8751/8031、8052/8752/8032、80C51/87C51/80C31、80C52/87C52/80C32 等。该系列单片机的生产工艺有两种：一是 HMOS 工艺（即高密度短沟道 MOS 工艺），二是 CHMOS 工艺（即互补金属氧化物的 HMOS 工艺）。CHMOS、CMOS 和 HMOS 的结合，既保持了 HMOS 高速度和高密度的特点，还具有 CMOS 的低功耗的特点。在产品型号中凡带有字母“C”的，即为 CHMOS 芯片，不带有字母“C”的，即为 HMOS 芯片。HMOS 芯片的电平与 TTL 电平兼容，而 CHMOS 芯片的电平既与 TTL 电平兼容，又与 CMOS 电平兼容。所以，在单片机应用系统中应尽量采用 CHMOS 工艺的芯片。

在功能上，该系列单片机有基本型和增强型两大类，通常以芯片型号的末位数字来区



分。末位数字为“1”的型号为基本型，末位数字为“2”的型号为增强型。如 8051/8751/8031、80C51/87C51/80C31 为基本型，而 8052/8752/8032、80C52/87C52/80C32 则为增强型。

## 二、80C51 的基本结构介绍

80C51 单片机的基本结构如图 1.4 所示。从图中可以看出，单片机主要由 CPU、存储器、I/O 口、时钟电路、总线控制模块等基本模块组成。

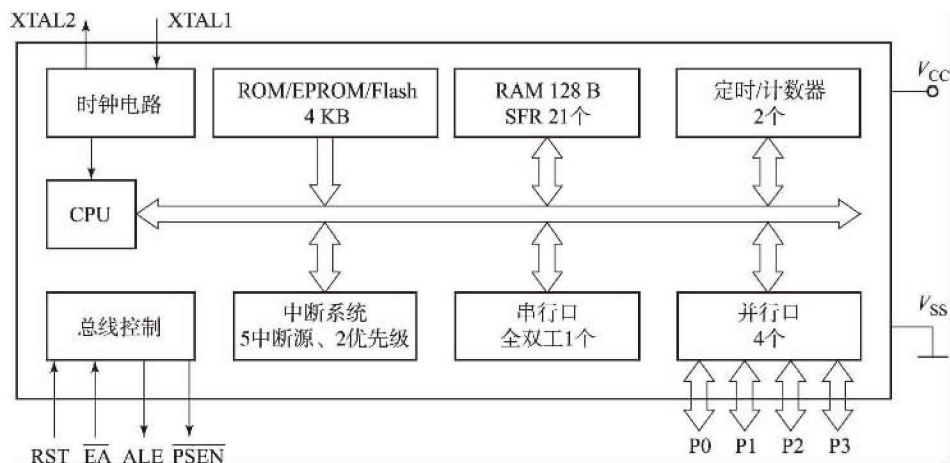


图 1.4 80C51 单片机的基本结构

### (一) CPU 系统

80C51 单片机使用的是 8 位 CPU，布尔处理器作为 80C51 单片机的核心部分，微处理器是一个 8 位的高性能中央处理器（CPU）。它的作用是读入并分析每条指令，根据各指令的功能控制单片机的各功能部件执行指定的运算或操作。它主要由以下两部分构成。

#### 1. 运算器

运算器由算术/逻辑运算单元 ALU、累加器 ACC、寄存器 B、暂存寄存器、程序状态字寄存器 PSW 组成。它完成的任务是实现算术和逻辑运算、位变量处理和数据传送等操作。80C51 的 ALU 功能极强，既可实现 8 位数据的加、减、乘、除算术运算和与、或、异或、循环、求补等逻辑运算，同时还具有一般微处理器所不具备的位处理功能。

#### 2. 控制器

控制器同一般微处理器的控制器一样，80C51 的控制器也由指令寄存器 IR、指令译码器 ID、定时及控制逻辑电路和程序计数器 PC 等组成。

(1) 程序计数器 PC 是一个 16 位的计数器（注：PC 不属于特殊功能寄存器 SFR 的范畴）。它总是存放着下一个要取的指令的 16 位存储单元地址。也就是说，CPU 总是把 PC 的内容作为地址，从内存中取出指令码或含在指令中的操作数。因此，每当取完一个字节后，PC 的内容自动加 1，为取下一个字节做好准备。只有在执行转移、子程序调用指令和中断响应时例外，那时 PC 的内容不再加 1，而是由指令或中断响应过程自动给 PC 置入新的地址。单片机上电或复位时，PC 自动清零，即装入地址 0000H，这就保证了单片机上电或复



位后, 程序从 0000H 地址开始执行。

(2) 指令寄存器 IR 保存当前正在执行的一条指令。执行一条指令, 先要把它从程序存储器取到指令寄存器中。指令内容含操作码和地址码, 操作码送往指令译码器 ID, 并形成相应指令的微操作信号。地址码送往操作数地址形成电路以便形成实际的操作数地址。

## (二) 存储器系统

80C51 单片机的片内存储器与一般微机的存储器的配置不同。一般微机的 ROM 和 RAM 安排在同一空间的不同范围 (称为普林斯顿结构)。而 80C51 单片机的存储器在物理上设计成程序存储器和数据存储器两个独立的空间 (称为哈佛结构)。

存储器是组成计算机的主要部件, 其功能是存储信息 (程序和数)。存储器可以分成两大类, 一类是随机存取存储器 (RAM), 另一类是只读存储器 (ROM)。对于 RAM, CPU 在运行时能随时进行数据的写入和读出, 但在关闭电源时, 其所存储的信息将丢失。所以, 它用来存放暂时性的输入/输出数据、运算的中间结果或用作堆栈。ROM 是一种写入信息后不易改写的存储器。断电后, ROM 中的信息保留不变。所以, ROM 用来存放程序或常数, 如系统监控程序、常数表等。

### 1. 4 KB 的程序存储器 (ROM/EPROM/Flash, 可外扩至 64 KB)

基本型单片机片内程序存储器容量为 4 KB, 地址范围是 0000H ~ 0FFFH。增强型单片机片内程序存储器容量为 8 KB, 地址范围是 0000H ~ 1FFFH。

### 2. 128 B 的数据存储器 (RAM, 可再外扩 64 KB)

基本型单片机片内数据存储器为 128 B, 地址范围是 00H ~ 7FH, 用于存放运算的中间结果、暂存数据和数据缓冲。这 128 B 的低 32 个单元用作工作寄存器, 32 个单元分成 4 组, 每组 8 个单元。20H ~ 2FH 共 16 个单元是位寻址区, 位地址的范围是 00H ~ 7FH。然后是 80 个单元的通用数据缓冲区。

### 3. 特殊功能寄存器 SFR

80C51 单片机内部有 SP、DPTR (可分成 DPH、DPL 两个 8 位寄存器)、PCON、IE、IP 等 21 个特殊功能寄存器单元, 它们同内部 RAM 的 128 B 统一编址, 地址范围是 80H ~ FFH。这些 SFR 只用到了 80H ~ FFH 中的 21 B 单元, 且这些单元是离散分布的。增强型单片机的 SFR 有 26 B 单元, 所增加的 5 个单元均与定时/计数器 2 相关。

80C51 系列单片机的基本组成虽然相同, 但不同型号的产品在某些方面仍会有一些差异。典型的单片机产品资源配置如表 1.1 所示。

由表 1.1 可见, 增强型与基本型在以下几点有所不同:

片内 ROM 从 4 KB 增加到 8 KB;

片内 RAM 从 128 B 增加到 256 B;

定时/计数器从 2 个增加到 3 个;

中断源由 5 个增加到 6 个。

片内 ROM 的配置形式有以下几种:

无 ROM (即 ROMLess) 型, 应用时要在片外扩展程序存储器;

掩膜 ROM (即 MaskROM) 型, 用户程序由芯片生产厂写入;

EPROM 型, 用户程序通过写入装置写入, 通过紫外线照射擦除;





表 1.1 80C51 系列典型产品资源配置

分类		芯片型号	存储器类型及字节数		片内其他功能单元数量			
			ROM	RAM	并口	串口	定时/计数器	中断源
总线型	基本型	80C31	—	128 B	4 个	1 个	2 个	5 个
		80C51	4 KB 掩膜	128 B	4 个	1 个	2 个	5 个
		87C51	4 KB EPROM	128 B	4 个	1 个	2 个	5 个
		89C51	4 KB Flash	128 B	4 个	1 个	2 个	5 个
	增强型	80C32	—	256 B	4 个	1 个	3 个	6 个
		80C52	8 KB 掩膜	256 B	4 个	1 个	3 个	6 个
		87C52	8 KB EPROM	256 B	4 个	1 个	3 个	6 个
		89C52	8 KB Flash	256 B	4 个	1 个	3 个	6 个
非总线型	89C2051	2 KB Flash	128 B	2 个	1 个	2 个	5 个	
	89C4051	4 KB Flash	128 B	2 个	1 个	2 个	5 个	

FlashROM 型，用户程序可以电写入或擦除（当前常用方式）。

另外，有些单片机产品还提供 OTPROM 型（一次性编程写入 ROM）供应状态。通常 OTPROM 型单片机较 Flash 型（属于 MTPROM，即多次编程 ROM）单片机具有更高的环境适应性和可靠性，在环境条件较差时应优先选择。

### （三）I/O 口和其他功能单元

4 个并行 I/O 口；

并行 I/O 引脚（32 个，分成 4 个 8 位口）：

P0.0 ~ P0.7: 一般 I/O 口引脚或数据/低位地址总线复用引脚；

P1.0 ~ P1.7: 一般 I/O 口引脚；

P2.0 ~ P2.7: 一般 I/O 口引脚或高位地址总线引脚；

P3.0 ~ P3.7: 一般 I/O 口引脚或第二功能引脚。

80C51 单片机有 4 个 8 位的并行口，即 P0 ~ P3。它们均为双向口，既可作为输入，又可作为输出。每个口各有 8 条 I/O 线。80C51 单片机还有一个全双工的串行口（利用 P3 口的两个引脚 P3.0 和 P3.1）。80C51 单片机内部集成有 2 个 16 位的定时/计数器（增强型单片机有 3 个定时/计数器）。80C51 单片机还具有一套完善的中断系统。

P1 接口是 80C51 的唯一单功能接口，仅能用作通用的数据输入/输出接口。

P3 接口是双功能接口，除具有数据输入/输出功能外，每一接口线还具有特殊的第二功能。

当 CPU 不对 P3 接口进行字节或位寻址时，单片机内部硬件自动将接口锁存器端置“1”。这时，P3 接口可以作为第二功能使用。P3 引脚的第二功能如表 1.2 所示。