



普通高等教育规划教材

单片机原理及应用

MCU FOUNDATION AND APPLICATION OF MICROCONTROLLER
主编 李 蒙 毛建东



中国轻工业出版社

普通高等教育规划教材

单片机原理及应用

主编 李 蒙 毛建东

参编 丁有军 刘庆伟 马丽娟 任 波 许庆功



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/李蒙, 毛建东主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2010.2
普通高等教育规划教材
ISBN 978-7-5019-7381-1

I. ①单… II. ①李…②毛… 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 (2009) 第 204731 号

内 容 简 介

单片机原理与应用是将计算机理论与工程实践相结合, 着重研究工作原理、设计方法、系统开发技术与工具, 是在计算机控制领域的一门综合性的应用学科。本书将介绍单片机技术的发展、基本开发过程、开发工具的使用方法、单片机内部各个功能模块的原理及应用方法。深入讲解单片机外围接口: A/D、D/A、输入输出、串口通讯的扩展方法和编程方法。还介绍了广泛应用的 P^2C 总线的原理、数据传送及竞争仲裁, 阐述了时钟芯片、温度传感芯片、语音芯片、步进电机驱动芯片与单片机的接口形式及编程方法, 最后给出了两个单片机的应用实例, 便于读者全面了解单片机系统开发设计流程。本书中每一章都配有实例程序, 读者可以根据实例进行编程练习以全面理解所学内容。

本书可以作为电气专业, 计算机专业, 测控专业等学生的本科教材使用, 也可以作为相关专业技术人员的参考用书。

责任编辑: 张晓媛 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王培燕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.5

字 数: 401 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7381-1 定价: 28.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

90323J1X101ZBW

前 言

随着电子技术的高速发展,单片机在各个领域的应用日趋深入,单片机开发方法也日趋完善,“单片机原理及应用”课程也随着单片机技术的发展而不断改革着教学内容。传统的单片机教学都以汇编语言作为教学和实验中的编程工具,虽便于学生理解与实验展示,但不利于学生今后的实际应用,因此本书希望能从一个新的角度,用C语言作为编程工具对单片机原理及应用进行讲解,培养学生用高级语言完成单片机项目的素养。

作为计算机专业课程教学用书,本书以“概念—技术—应用”为主线,系统介绍了单片机系统的概念、功能、开发方法和技术应用特点。

本书共分为14章。第1章介绍了单片机技术的发展,讲述了单片机的分类和单片机系统的基本开发过程。为了使读者对单片机有个整体认识,第2章介绍STC89C51的结构、原理和主要特性,并详细介绍了STC89C51系列单片机的主要组成、时钟电路与时序、复位电路等,最后给出了最小系统设计。第3~4章对单片机的开发语言及开发环境及程序的下载方法进行了具体的介绍。第5~7章对单片机内部资源:定时器、中断、串行口的基本原理、工作模式及程序的编制方法进行了介绍。第8~9章介绍单片机如何扩展人机交互接口,详细介绍了LED显示的原理及驱动方式,并介绍了键盘接口技术,结合HD7279介绍键盘如何与单片机进行接口与编程,并阐述了LCD显示器的原理及应用。单片机在控制领域有广泛的应用,因此在第10章介绍A/D转换器与D/A转换器的应用,具体结合ADC0809、MAX197及TLC0832介绍A/D转换器,结合DAC0832、MAX508介绍D/A转换器。针对I²C总线芯片的普及应用,在第11章介绍了I²C总线的原理、数据传送及竞争仲裁,并讨论了软件模拟I²C总线编程方法,第12~13章根据目前单片机的应用领域介绍时钟芯片、温度传感芯片、语音芯片、步进电机驱动芯片与单片机的接口形式及编程方法。第14章结合工程实际从系统设计、硬件设计、软件设计三个方面介绍两个单片机的应用实例:投篮游戏机控制系统、低压侧功率因数补偿系统。以期能够从系统上让读者对单片机系统的开发有全面的掌握。

本书编者长期从事单片机教学与研究,并开发过多个单片机控制系统,多次指导学生参加挑战杯和全国电子制作大赛,有较丰富实际项目经验,所以书中的应用实例有很强的指导意义。本书可以作为电气专业,计算机专业,测控专业等学生的本科教材使用,也可以作为相关专业技术人员的参考用书。

本书第1~4章由李蒙编写,第5~6章由任波编写,第7章由刘庆伟编写,第8章由许庆功编写,第9~10章由毛建东编写,第11~12章由丁有军编写,第13~14章由马丽娟编写,全书由李蒙统一定稿。

由于作者水平有限,错误和不妥之处在所难免,欢迎广大读者给予批评指正。

李蒙

2009年8月于绿园

目 录

第 1 章 单片机开发概述	1
1.1 单片机的由来	1
1.2 主要单片机的分类	1
1.3 单片机项目开发过程	2
第 2 章 STC89C51 系列单片机的结构和原理	4
2.1 STC89C51 系列单片机的主要性能特点	4
2.2 STC89C51 系列单片机的内部结构	5
2.3 STC89C51 系列单片机的引脚功能	5
2.3.1 电源引脚	6
2.3.2 外接晶体引脚	6
2.3.3 控制引脚	6
2.3.4 输入/输出引脚	6
2.4 STC89C51 系列单片机的主要组成部分	7
2.4.1 CPU	7
2.4.2 存储器	8
2.4.3 I/O 接口	10
2.5 时钟电路与时序	13
2.5.1 时钟电路	13
2.5.2 有关时序的概念	13
2.5.3 CPU 时序	14
2.6 单片机的复位	15
2.6.1 复位电路	15
2.6.2 复位后的状态	16
2.7 低功耗设计	16
2.7.1 时钟停止模式	16
2.7.2 空闲模式	16
2.7.3 掉电模式	17
2.8 最小系统设计	17
第 3 章 Keil C 与 ANSI C	19
3.1 数据类型	19
3.2 特殊功能寄存器	19
3.3 存储类型	20
3.3.1 DATA 区	20
3.3.2 BDATA 区	21
3.3.3 IDATA 段	22
3.3.4 PDATA 和 XDATA 段	22

3.3.5 CODE段	22
3.4 指针	23
3.4.1 通用指针	23
3.4.2 具体指针	23
3.5 绝对地址访问	24
3.5.1 绝对宏	24
3.5.2 <code>_at_</code> 关键字	24
3.6 使用 Keil C 的注意事项	24
3.7 Keil C 程序举例	26
3.7.1 延时程序	26
3.7.2 让单片机的 P2.0 口线以大约 100ms 的频率输出方波	26
第4章 Keil 开发环境与 ISP 编程	28
4.1 Keil μ Vision2 集成开发环境的简单使用	28
4.1.1 Keil μ Vision2 中建立项目的方法	28
4.1.2 Keil μ Vision2 中软件调试的方法	32
4.2 STC89C51RC 系列单片机的 ISP 编程	35
4.2.1 ISP 编程硬件电路	36
4.2.2 STC_ISP 下载软件	36
第5章 定时/计数器	40
5.1 定时/计数器 T0 和 T1	40
5.1.1 定时/计数器 T0 和 T1 的结构及功能	40
5.1.2 定时/计数器 T0 和 T1 的功能寄存器	41
5.1.3 定时/计数器 T0 和 T1 的工作模式	42
5.1.4 定时/计数器 T0 和 T1 应用举例	44
5.2 定时/计数器 T2	48
5.2.1 T2 控制寄存器 T2CON 和 T2MOD	48
5.2.2 T2 的操作模式	49
5.2.3 T2 的设置	53
5.2.4 可编程时钟输出	53
第6章 中断系统	55
6.1 中断控制方式	55
6.1.1 中断的概念	55
6.1.2 中断处理过程	56
6.2 52 系列单片机的中断系统	57
6.2.1 中断源类型	57
6.2.2 中断请求标志	57
6.2.3 中断请求控制	59
6.2.4 中断处理过程	61
6.3 中断的 C51 编程	63
6.4 外部中断的扩充	67
第7章 串行通信接口	69

7.1 串行通信的基础知识	69
7.1.1 串行通信的基本原理	69
7.1.2 RS-232C 串行总线	70
7.1.3 串并转换和串行接口	72
7.2 51 系列单片机的串行接口	72
7.2.1 标准 UART 操作基础	72
7.2.2 标准 UART 工作模式	74
7.3 串口通信程序编制	78
7.3.1 单片机与 PC 机通信	79
7.3.2 单片机双机通信	85
第 8 章 LED 显示器及键盘接口技术	90
8.1 LED 显示器的接口技术	90
8.1.1 LED 显示原理	90
8.1.2 LED 显示器的动态扫描驱动方式	91
8.1.3 LED 显示器串行驱动方式	97
8.2 键盘接口技术	98
8.2.1 独立式键盘接口	99
8.2.2 矩阵式键盘接口	104
8.3 键盘显示接口芯片 HD7279	116
8.3.1 HD7279 的特点及引脚	117
8.3.2 控制指令	117
8.3.3 HD7279 与单片机的接口及程序设计	121
第 9 章 LCD 显示器原理及应用	128
9.1 液晶显示模块的原理	128
9.2 字符型液晶显示器 RT1602C	129
9.2.1 RT1602C 引脚及原理	129
9.2.2 RT1602C 控制指令及显示地址	129
9.2.3 RT1602C 与单片机接口及程序	131
9.3 汉字字模提取	134
9.4 RT12232B 汉字液晶显示器	137
9.4.1 RT12232B 引脚说明	137
9.4.2 指令描述	137
9.4.3 RT12232B 与单片机接口及程序	139
9.5 KS0108B 液晶控制器	151
9.5.1 KS0108B 液晶控制器介绍	151
9.5.2 KS0108B 液晶控制器指令系统	152
9.5.3 与内置 KS0108B 的液晶模块的接口与编程	153
第 10 章 A/D 转换器与 D/A 转换器应用	158
10.1 A/D 转换器接口	158
10.1.1 A/D 转换器概述	158
10.1.2 8 位并行 A/D 转换器 ADC0809	159

10.1.3	12 位 A/D 转换器 MAX197	162
10.1.4	串行模数转换芯片 TLC0832	164
10.2	D/A 转换器接口	169
10.2.1	D/A 转换器的主要性能指标	170
10.2.2	8 位 D/A 转换器 DAC0832	170
10.2.3	12 位 D/A 转换器 MAX508	173
第 11 章	I²C 总线	176
11.1	I ² C 总线简介	176
11.1.1	I ² C 总线的原理	176
11.1.2	I ² C 总线上的数据传送	177
11.1.3	I ² C 总线竞争的仲裁	178
11.1.4	模拟 I ² C 总线	178
11.2	I ² C 接口的 EEPROM 存储器 24C02	179
11.2.1	24C02 概述	179
11.2.2	24C02 的总线特性	180
11.2.3	硬件连接及程序	181
11.3	I ² C 接口的日历时钟芯片 PCF8563	185
11.3.1	PCF8563 概述	185
11.3.2	PCF8563 寄存器	186
11.3.3	PCF8563 的操作方式	189
11.3.4	PCF8563 的应用电路与编程	190
第 12 章	常用外围芯片资料与编程	197
12.1	实时日历/时钟芯片 DS12887	197
12.2	单总线温度传感器 DS18B20	201
12.3	语音芯片 ISD4004 及其应用	207
12.3.1	引脚功能描述	207
12.3.2	工作原理与功能特性	208
12.3.3	放音应用	209
第 13 章	步进电机控制	213
13.1	步进电机概述	213
13.2	步进电机原理	213
13.2.1	反应式步进电机原理	213
13.2.2	感应子式步进电机	214
13.3	步进电机应用	215
13.3.1	步进电机的选择	215
13.3.2	步进电机在应用中的注意事项	216
13.4	驱动控制系统	216
13.4.1	基于 ULN2003 的驱动方式	217
13.4.2	步进电机细分控制	218
第 14 章	单片机综合应用实例	221
14.1	投篮游戏机控制系统	221

目 录

14.1.1 系统组成及功能	221
14.1.2 硬件设计	221
14.1.3 软件设计	226
14.2 低压侧功率因数补偿系统	234
14.2.1 系统的硬件组成与功能描述	234
14.2.2 系统的软件编制	236
附录	242
附录 1 基本知识简介	242
附录 2 计算机总线知识	244
附录 3 印制电路板设计原则和抗干扰措施	246
附录 4 快速识别色环电阻	248
附录 5 ASCII 码表与常用库函数	249
附录 6 单片机课题选编	250
参考文献	253

第 1 章 单片机开发概述

1.1 单片机的由来

单片机也被称为微控制器 (Microcontroller)，最早被用在工业控制领域。单片机不是完成某一个逻辑功能的芯片，而是集成计算机系统的一个芯片。单片机由芯片内仅有 CPU 的专用处理器发展而来。最早的设计理念是通过将大量外围设备和 CPU 集成在一个芯片中，使计算机系统更小，更容易集成进复杂的而对体积要求严格的控制设备当中。单片机是由 INTEL 公司最早发明的，其系列有 MCS-48 及 MCS-51，通常说的 51 系列单片机就是 MCS-51 (micro controller system)，它是一种 8 位的单片机。

随着 INTEL 公司把它的核心技术转让给了世界上其他公司，许多公司就陆续生产了大量的 51 系列兼容单片机，比如飞利浦的 87LPC 系列、P89C51 系列、STC89C51 系列、华邦的 W78 系列、Cygna 公司的 C8051 系列等。

早期的单片机都是 8 位或 4 位的。其中最成功的是 INTEL 的 8031，因为简单可靠且性能突出而得到广泛的应用。此后在 8031 上发展出了 MCS-51 系列单片机。基于 MCS-51 的单片机系统直到现在还在广泛使用。随着工业控制领域要求的提高，开始出现了 16 位单片机，但因为性价比不理想并未得到很广泛的应用。20 世纪 90 年代后期随着消费电子产品大发展，单片机技术得到了巨大的提高。随着 INTEL i960 系列特别是后来的 ARM 系列的广泛应用，32 位单片机迅速取代 16 位单片机的高端地位，进入主流市场。而传统的 8 位单片机的性能也有了飞速提高，处理能力比 20 世纪 80 年代的产品提高了数百倍。目前，高端的 32 位单片机主频已经超过 300MHz，性能直追 20 世纪 90 年代中期的专用处理器，而普通型号的产品出厂价格已跌落至 1 美元，最高端的型号也只有 10 美元。现在的单片机系统已经不再只在裸机环境下开发和使用，大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用在全系列的单片机上。而作为掌上电脑和手机核心处理的高端单片机甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。

目前在中国比较流行的就是美国 ATMEL 公司的 89C51，它是一种带 Flash ROM 的单片机。目前国内的单片机教材都是以 8051 为蓝本的。本书主要以 STC89C51 单片机为例展开介绍，该单片机的内核也是 8051，它支持较新的技术，如内部有可用程序读写的 FLASH 存储器、支持 6 时钟、内部含看门狗定时器、支持 ISP 程序下载方式等。

1.2 主要单片机的分类

目前主流的单片机分为传统 51 系列、AVR 系列和 PIC 系列单片机，以下主要对 AVR 系列和 PIC 系列单片机作比较。

AVR 系列单片机是 ATMEL 公司生产的一种 8 位单片机，它采用的是一种叫 RISC 精简指令集单片机的结构，所以它的技术和 51 系列有所不同，开发设备也和 51 系列是不

通用的。它的一条指令的运行速度可以达到纳秒级，即每秒 1 000 000 000 次，是 8 位单片机中的高端产品。由于它的出色性能，AVR 系列单片机目前应用范围越来越广。

PIC 系列单片机是美国 MICROCHIP 公司（微芯公司）生产的一种 8 位单片机，它采用的也是 RISC 的指令集。它的指令系统和开发工具与 51 系列更是不同，但由于它的低价格和出色性能，目前国内使用的也越来越多，国内也有很多公司在推广它，不过它的影响力远没有 51 系列的大，所以 51 系列仍然是首选。

单片机除了以上介绍的 8 位机外，还有 16 位单片机和 32 位单片机。16 位单片机以 MCS96 系列为主流，而 32 位单片机以现在的 ARM 系列处理器为主。

通常人们会认为既然有了 32 位的单片机，8 位的单片机就该淘汰了。其实不同的单片机有不同的应用领域。比如 32 位单片机，价格较高，一般用在语音、图像及大规模数据处理等高端嵌入式系统中（如掌上电脑、MP4、机顶盒等），也就是速度要求较高的场合；而 8 位的单片机价格低廉，速度适中，多用于性价比较高的场合，如家用电器、工业控制、仪器仪表、信号采集等。在实际项目开发时，所选的控制器性能能够适用就行，不应一味追求高速度与高性能，因为高速度与高性能势必会引起高成本。

就目前行情来看，8 位单片机所占市场份额仍在总数的 80% 以上，还是微控制器应用的主力军。同时 32 位单片机的学习应该在 8 位单片机的基础上进行，否则很难直接进入高端开发领域。所以本书将讨论 8 位单片机的原理及应用。

1.3 单片机项目开发过程

单片机项目开发是一个复杂的过程，需要的知识很多，不是只学某一门课程或技术就能够满足的。单片机项目开发的一般步骤如下。

首先根据项目需求选择硬件。根据估算的程序量、速度、内部资源等选择单片机，因为单片机有很多种类型可供选择，如有内部不带存储器的，有内部带 A/D 和 D/A 转换器的，有带 PWM 输出的，有内部带 FLASH 存储器的，有带 CAN 总线控制器的等。选择硬件时还要根据项目需求选择外围器件，比如进行温度控制，那么温度检测就必不可少，检测温度的传感器很多，有模拟的，有数字的，要根据所测的温度范围及所需精度选择合适的温度传感器。

硬件选择完毕，则应根据项目需要设计电路原理图，也就是把单片机及外围器件合理连接以达到所需目的。设计原理图要用专门的电子线路绘图软件，通常使用 PROTEL DXP 它是目前主流的电子线路设计软件。绘制完原理图，审查无误就可以将原理图转化为 PCB 图，所谓 PCB 图就是直接可以做线路板的元器件布局及连线图。PCB 图制作完毕，即可发送到厂家生产线路板，线路板制作完成后即可根据 BOM 清单（物料清单）采购所需元器件，并将元器件焊接到线路板上。

焊接完毕，即可进行程序编制。传统单片机教材多采用汇编讲解，本教材采用了 C 语言编程，C 语言编程可读性好，适合初学者，也适合做大型项目。编制好程序即可将程序下载到单片机内部存储器进行运行。如果得不到预期的效果就要分析问题，判断是硬件的问题还是软件的问题，如果是硬件的问题就要借助万用表和示波器等工具进行分析，如果是软件的问题就需要查看修改程序。当所有调试完毕无误后，项目就基

本完成了。

以上就是单片机项目的开发过程，可以看出，需要的知识很多，选择硬件需要掌握电路及电子技术知识，选择单片机需要很清楚单片机的种类及各自特点。制作线路板需要有电子线路绘图能力，需要学习 PROTEL 软件。编制程序需要熟悉开发环境、程序下载方法，熟悉 C 语言。还要熟悉单片机系统调试的基本方法。

第 2 章 STC89C51 系列单片机的结构和原理

2.1 STC89C51 系列单片机的主要性能特点

STC89C51 系列单片机是宏晶科技推出的新一代超强抗干扰、高速、低功耗的单片机，指令代码与传统 8051 单片机完全兼容，12 时钟/机器周期和 6 时钟/机器周期可任意选择。

STC89C51 系列单片机型号及详细特性见表 2-1。

表 2-1 STC89C51 系列单片机型号及详细特性

型号	最高时钟频率/Hz		Flash 程序存储器/字节	RAM 数据存储器/字节	降低 EMI	看门狗	双倍速	P4 口	I S P	I A P	EEPROM 字节	数据指针	串口 UART	中断源	优先级	定时器	A/D
	5V	3V															
STC89C51 RC	0~80M		4K	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2K+	2	1ch	8	4	3	
STC89C52 RC	0~80M		8K	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2K+	2	1ch	8	4	3	
STC89C53 RC	0~80M		13K	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓		2	1ch	8	4	3	
STC89C54 RD+	0~80M		16K	1280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16K+	2	1ch	8	4	3	
STC89C55 RD+	0~80M		20K	1280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16K+	2	1ch	8	4	3	
STC89C58 RD+	0~80M		32K	1280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16K+	2	1ch	8	4	3	
STC89C516 RD+	0~80M		63K	1280	✓	✓	✓	✓	✓	✓		2	1ch	8	4	3	
STC89LE51 RC		0~80M	4K	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2K+	2	1ch	8	4	3	
STC89LE52 RC		0~80M	8K	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2K+	2	1ch	8	4	3	
STC89LE53 RC		0~80M	13K	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓		2	1ch	8	4	3	
STC89LE54 RD+		0~80M	16K	1280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16K+	2	1ch	8	4	3	
STC89LE58 RD+		0~80M	32K	1280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16K+	2	1ch	8	4	3	
STC89LE516 RD+		0~80M	63K	1280	✓	✓	✓	✓	✓	✓		2	1ch	8	4	3	
STC89LE516 AD		0~90M	64K	512	✓			✓	✓			2	1ch	6	4	3	✓
STC89LE516 X2		0~90M	64K	512	✓		✓	✓	✓			2	1ch	6	4	3	✓

STC89C51 系列的特点：

- (1) 增强型 12 时钟/机器周期和 6 时钟/机器周期的 8051CPU；
- (2) 工作电压：5.5V~3.4V (5V 单片机)/ 3.8V~2.0V (3V 单片机)；
- (3) 工作频率：0~40MHz，相当于普通 8051 的 0~80MHz，实际工作频率可达 48MHz；
- (4) 用户应用程序空间 4K/8K/13K/16K/20K/32K/64K 字节；
- (5) 片上集成 1280 字节/512 字节 RAM；
- (6) 支持 ISP (在系统编程)/IAP (在应用编程)，无需专用编程器、仿真器，可直接

通过串口下载用户程序；

- (7) 含有片上 FLASH，可直接用程序进行读写；
- (8) 带有内部看门狗定时器，可有效防止程序死锁；
- (9) 共 3 个 16 位的定时/计数器，其中定时器 0 还可以当成 2 个 8 位的定时器使用；
- (10) 外部中断 4 路，可选择下降沿触发中断或低电平触发中断；
- (11) 通用异步串行口 (UART)，还可通过定时器软件实现多个串口；
- (12) 封装：PDIP-40、PLCC-44、PQFP-44。

2.2 STC89C51 系列单片机的内部结构

图 2-1 为 STC89C51 系列单片机的基本结构，它由以下几大部件组成：中央处理器 (CPU)，片内数据存储 (RAM)，片内程序存储器 (FLASH)、输入输出接口 (I/O 口，分为 P0 口、P1 口、P2 口和 P3 口)、可编程全双工串行口、定时/计数器、中断系统和特殊功能寄存器 (SFR)。此外，还在基本的 8051 基础上增加了内部看门狗定时器。各部分通过内部总线相连。其基本结构依然是采用 CPU 加上外围芯片的结构模式，但在功能单元的控制上，采用了特殊功能寄存器 (SFR) 的集中控制方法。

硬件结构各部分的功能与原理将在后续章节中分别介绍。

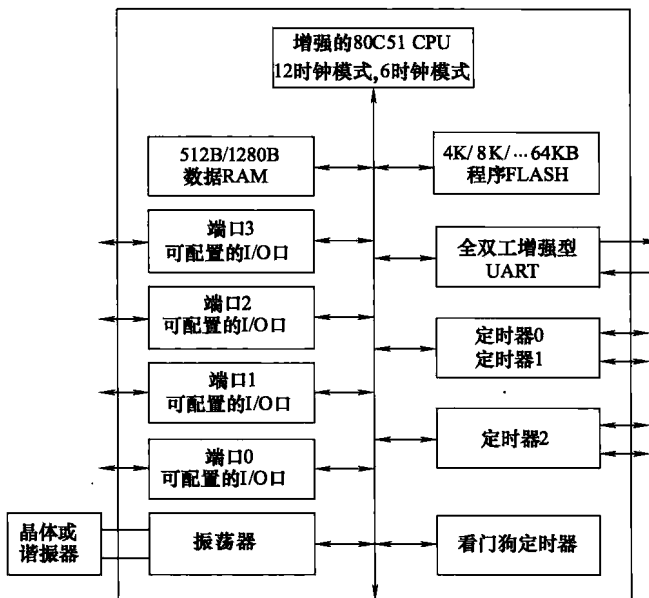


图 2-1 STC89C51 系列单片机的结构框图

2.3 STC89C51 系列单片机的引脚功能

图 2-2 为 STC89C51 系列单片机的 DIP 封装引脚图。其中有 2 条为电源引脚，2 条外接晶体引脚，4 条控制引脚，32 条 I/O 引脚。下面分别介绍这些引脚的功能。

2.3.1 电源引脚

V_{ss} (20 脚): 接地, 0V 参考点。

V_{cc} (40 脚): 电源, 提供掉电、空闲、正常工作电压。

2.3.2 外接晶体引脚

XTAL1 (19 脚): 接外部晶体的一端, 振荡反向放大器的输入端和内部时钟电路输入端。

XTAL2 (18 脚): 接外部晶体的另一端, 振荡反向放大器的输出端。

2.3.3 控制引脚

RST (9 脚): 复位端。当晶体在运行时, 只要此引脚上出现 2 个机器周期高电平即可复位, 内部有扩散电阻连接到 V_{ss} , 仅需要外接一个电容到 V_{cc} 即可实现上电复位。

ALE (30 脚): 地址锁存使能。在访问外部存储器时, 输出脉冲锁存地址的低字节, 在正常情况下, ALE 输出信号恒定为 1/6 振荡频率。并可用作外部时钟或定时, 注意每次访问外部数据时, 一个 ALE 脉冲将被忽略。

PSEN (29 脚): 程序存储使能。读外部程序存储。当从外部读取程序时, PSEN 每个机器周期被激活两次, 在访问外部数据存储器时 PSEN 无效, 访问内部程序存储器时 PSEN 无效。

EA/ V_{pp} (31 脚): 外部寻址使能/编程电压。在访问整个外部程序存储器时, EA 必须外部置低。如果 EA 为高时, 将执行内部程序。当 RST 释放后 EA 脚的值被锁存, 任何时序的改变都将无效。该引脚在对 FLASH 编程时用于输入编程电压 (V_{pp})。

2.3.4 输入/输出引脚

P0 口 (P0.0~P0.7, 32~39 脚): 是双向 8 位三态 I/O 口。可向其写入 1 使其状态为悬浮, 用作高阻输入。P0 口也可以在访问外部程序存储器时作地址的低字节, 在访问外部数据存储器时作数据总线, 此时通过内部强上拉传送 1。

P1 口 (P1.0~P1.7, 1~8 脚): 是带内部上拉的双向 I/O 口。向 P1 口写入 1 时, P1 口被内部上拉为高电平, 可用作输入口; 当作为输入脚时, 被外部拉低的 P1 口会因为内部上拉而输出电流。

P2 口 (P2.0~P2.7, 21~28 脚): 是带内部上拉的双向 I/O 口。向 P2 口写入 1 时, P2 口被内部上拉为高电平, 可用作输入口。当作为输入脚时, 被外部拉低的 P2 口会因为内部上拉而输出电流。在访问外部程序存储器和外部数据时分别作为地址高位字节和 16 位地址, 此时通过内部强上拉传送 1。当使用 8 位寻址方式访问外部数据存储器时, P2 口发送 P2 特殊功能寄存器的内容。

P3 口 (P3.0~P3.7, 10~17 脚): 是带内部上拉的双向 I/O 口。向 P3 口写入 1 时,

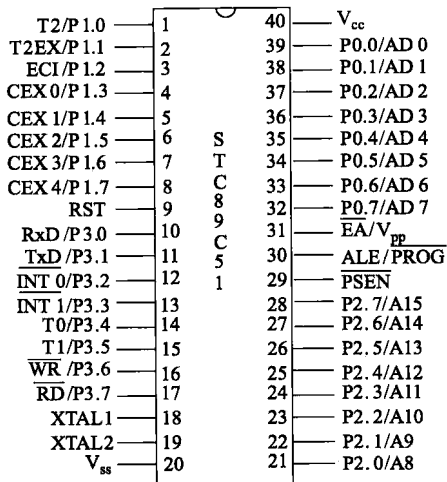


图 2-2 DIP 管脚功能

P3 口被内部上拉为高电平，可用作输入口。当作为输入脚时，被外部拉低的 P3 口会因为内部上拉而输出电流。P3 口脚具有第二功能，表 2-2 介绍了 P3 口的第二功能。

表 2-2 P3 口的第二功能

口 线	第二功能	类 型	名 称
P3.0	RxD	I	串行输入口
P3.1	TxD	O	串行输出口
P3.2	INT0	I	外部中断 0
P3.3	INT1	I	外部中断 1
P3.4	T0	I	定时器 0 外部输入
P3.5	T1	I	定时器 1 外部输入
P3.6	WR	O	外部数据存储器写信号
P3.7	RD	O	外部数据存储器读信号

2.4 STC89C51 系列单片机的主要组成部分

STC89C51 系列单片机由中央处理器（CPU）、存储器和 I/O 接口三大主要部分组成。

2.4.1 CPU

8 位高性能的 CPU 是单片机的核心部分，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操作。它由以下两部分组成。

(1) 运算器

运算器由算术逻辑部件 ALU、累加器 A、寄存器 B、暂存寄存器、程序状态字寄存器 PSW 组成。它的任务是完成算术和逻辑运算、位变量处理和数据传送等操作。

ALU 的功能强大，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，同时还具有位处理功能。

累加器 A 用于向 ALU 提供操作数和存放运算的结果。在运算时将一个操作数经暂存器送到 ALU，与另一个来自暂存器的操作数在 ALU 中进行运算，运算后的结果又送回累加器 A。

寄存器 B 在乘、除运算时用来存放一个操作数，也用来存放运算后的一部分结果。在不进行乘、除运算时，可以作为通用的寄存器使用。

暂存寄存器用来暂时存放数据总线或其他寄存器送来的操作数。它作为 ALU 的数据输入源，向 ALU 提供操作数。

程序状态字寄存器 PSW 用来保存 ALU 运算结果的特征（如：结果是否为 0，是否溢出等）和处理器状态。这些特征和状态可以作为控制程序转移的条件。

(2) 控制器

控制器由指令寄存器 IR、指令译码器 ID、定时及控制逻辑电路和程序计数器 PC 组成。

程序计数器 PC 是一个 16 位的计数器。它总是存放着下一个要取的指令的存储单元的 16 位地址。也就是说，CPU 总是把 PC 的内容作为地址，按该地址从内存中取出指令

码或含在指令中的操作数。因此,每取完一个字节后,PC 的内容自动加 1,为取下一个字节作好准备。只有在程序转移、子程序调用和中断响应时例外,那时的 PC 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 0,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。

指令寄存器 IR 用来保存当前正在执行的一条指令。若要执行一条指令,首先要把它从程序存储器取到指令寄存器中。指令的内容包括操作码和地址码两部分,操作码送往指令译码器 ID,经其译码后便确定了所要执行的操作,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。

定时与控制逻辑是中央处理器的核心部件,它的任务是控制取指令、执行指令、存取操作数或运算结果等操作,向其他部件发出各种微操作控制信号,协调各部件的工作。

2.4.2 存储器

单片机的存储器可分为数据存储器 RAM 和程序存储器 ROM。RAM 用来存放运算的中间结果、采集的数据和经常需要更换的代码等,ROM 用来存放指令的机器码(目标程序)、表格、常数等。单片机的 RAM、ROM 都有片内和片外之分;从寻址空间来看有程序存储器、内部数据存储器、外部数据存储器三大部分;从功能上来看,有程序存储器、内部数据存储器、特殊功能寄存器(SFR)、位地址空间和外部数据存储器等 5 个部分。

2.4.2.1 数据存储器(RAM)

STC89C51 系列单片机内部有 512B/1280B RAM,片外最多可扩展 64KB RAM。

内部数据存储器分为四部分:RAM 低 128 字节、高 128 字节、128 字节特殊功能寄存器(SFR)和 256 字节扩展 RAM(ERAM)。

(1) 内部 RAM 低 128 字节(地址 00H 到 7FH)

这部分 RAM 存储器应用最为灵活,可用于暂存运算结果及标志位等,可直接或间接寻址。按其用途还可以分为 3 个区域。

① 工作寄存器区。从地址 00H-1FH 安排了 4 组工作寄存器,每组占用 8 个 RAM 字节,记为 R0-R7。在某一时刻,CPU 只能使用其中的一组工作寄存器,工作寄存器组的选择则由程序状态字寄存器 PSW 中两位来确定。

② 位寻址区。占用地址 20H-2FH,共 16B,128 位。这个区域除了可以作为一般 RAM 单元进行读写外,还可以对每个字节的每一位进行操作,并且对这些位都规定了固定的位地址,从 20H 单元的第 0 位起到 2FH 的第 7 位止共 128 位,用地址 00H-7FH 分别与之对应。对于需要进行按位操作的数据,可以存放到这个区域。

③ 用户 RAM 区。地址为 30H-7FH,共 80B。这是真正给用户使用的一般 RAM 区,在一般应用中常把堆栈开辟在此区中。

(2) 内部 RAM 高 128 字节(地址 80H 到 FFH)

这 128 字节与特殊功能寄存器(SFR)占用相同的地址空间,不过它们在物理上是分开的。当指令访问高于 7FH 的内部地址时,CPU 通过使用的寻址方式确定是对高 128 字节 RAM 还是对 SFR 进行访问。

STC89C51 系列单片机内部有多个特殊功能寄存器(SFR),表 2-3 列出了这些特殊功