



卓越工程师培养计划

■ 单片机 ■

<http://www.phei.com.cn>

陈忠平 编著



51 单片机

C语言程序设计 经典实例



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

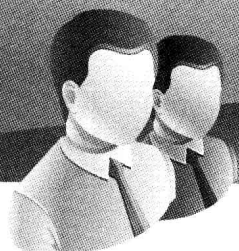


卓越工程师培养计划

■ 单片机 ■

<http://www.phei.com.cn>

陈忠平 编著



51 单片机

C语言程序设计 经典实例

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

前 言

单片机是芯片级的微型计算机系统，具有性价比高、功耗低、易于开发等优点，可以嵌入各种应用系统中，以实现智能化控制。近 20 年来，嵌入式 C 语言的推广普及，片载 Flash 程序存储器及其在系统内可编程（ISP）和在应用中编程（IAP）技术的广泛采用，使得单片机越来越受到广大电子工程师的欢迎。

本书以国内最流行的 80C51 系列单片机的硬件和软件设计为背景，以 C 语言为基础，以项目为载体，采用任务驱动方式的教学方法，通过丰富的 C 语言程序实例，由浅入深地介绍了 80C51 系列单片机的基础知识及各种应用开发技术。在编写过程中，编者注重题材的取舍，使本书具有以下 4 个特点。

1. 项目为载体，任务带动教学

本书以“项目为载体，采用任务驱动方式”编写，强调“教、学、做”一体化，坚持理论知识够用的原则，并将知识点分散到多个任务中，使读者能够边学边做，轻松完成单片机学习之旅。

2. 软硬结合，虚拟仿真

沿用传统单片机学习与开发经验，通过相关编译软件（如 Keil）编写程序并生成 *.Hex 文件，然后在 Proteus 中绘制硬件电路图（这一过程相当于硬件电路的焊接），调用 *.Hex 文件进行虚拟仿真（这一过程相当于硬件调试）。这样，对于单片机初学者来讲，可节约学习成本，提高学习积极性；对于单片机系统开发人员来讲，可缩短开发时间，提高设计效率，降低开发成本。

3. C 语言编程，增强可读性

C 语言是一种编译型程序设计语言，它兼顾了多种高级语言的特点，并具备汇编语言的功能。用 C 语言来编写程序会大大缩短开发周期，且明显地增加程序的可读性，便于改进和扩充。采用 C 语言进行单片机程序设计是单片机开发与应用的必然趋势。许多人员在学习 MCS—51 单片机时，均先学习了汇编语言，然后再学习用 C 语言编写 MCS—51 程序代码，通过这种历程他们深深地感悟：汇编指令太枯燥，学习起来费时费力，用汇编语言编写一个程序或读懂程序时不是一件容易的事情；使用 C 语言进行编程时，不必对单片机的硬件结构有很深入的了解，编写程序相对简单，且程序的可读性和可移植性均很强。

4. 兼顾原理，注重实用

基本原理、基本实例一直是学习和掌握单片机应用技术的基本要求，本书侧重于实际应用，因此很少讲解相关理论知识，这样避免了知识的重复讲解。为紧随技术的发展，在编写过程中还注重知识的新颖性和实用性，因此本书中讲解了 SPI 总线、I²C 总线、1-Wire 总线芯片的使用方法，使读者学习的知识能够紧随时代的发展。

参加本书编写的有湖南工程职业技术学院陈忠平、徐刚强、李锐敏，湖南航天局 7801 研究所刘琼，湖南涉外经济学院侯玉宝、高金定，湖南科技职业技术学院高见芳，湖南三一重工集团王汉其等。全书由湖南工程职业技术学院陈建忠教授主审，在编写过程中还得到了湖南工程职业技术学院龚亮、龙晓庆、许睿等众位高工、老师的大力支持及帮助，在此向他们表示衷心的感谢。同时，对在编写过程中参考的多部 51 单片机原理及相关著作的作者表示深深的谢意！由于编者知识水平和经验的局限性，书中难免存在缺点和错误，敬请广大读者给予批评指正。编者 E-mail: czpmcu@126.com。

编著者
2012 年 2 月

目 录

项目一 单片机及最小应用系统	1
任务1 认识单片机	1
任务2 STC89 系列单片机的识读	6
任务3 单片机最小应用系统的组成	10
项目二 单片机系统开发软件的使用	15
任务1 Keil C51 编译软件的使用	15
任务2 STC 下载软件的使用	20
任务3 Proteus 7.8 仿真软件的使用	22
项目三 C51 程序设计语言基础	32
任务1 C51 程序组成的识读	32
任务2 运算符和表达式	38
任务3 程序结构及流程控制	44
任务4 数组与指针	50
任务5 函数与编译预处理	56
项目四 LED 广告灯的设计	61
任务1 LED 控制原理	61
任务2 闪烁广告灯的设计	64
任务3 流水广告灯的设计	67
任务4 拉幕式与闭幕式广告灯的设计	74
任务5 复杂广告灯的设计	80
项目五 键盘控制与 LED 数码管显示	84
任务1 键盘控制原理	84
任务2 LED 数码管显示原理	86
任务3 单个 LED 数码管显示设计	89
任务4 多个 LED 数码管显示设计	93
任务5 条形 LED 花样选择显示	98
任务6 查询式按键设计	101
任务7 LED 数码管显示矩阵键盘按键的设计	104
任务8 矩阵键盘按键控制条形 LED 的设计	110
任务9 简单拨号键盘的设计	113

项目六 中断控制应用设计	121
任务 1 中断控制原理	121
任务 2 带中断控制的 LED 花样灯	125
任务 3 采用外中断控制的条形 LED 彩灯设计	128
任务 4 采用两个外中断的条形 LED 彩灯控制	132
任务 5 采用两个外中断实现 LED 键控移位	136
任务 6 采用外中断实现计数	139
任务 7 采用外中断进行计数和清零控制	142
项目七 定时/计数器控制的应用设计	146
任务 1 定时/计数器控制原理	146
任务 2 简单计数器的设计	151
任务 3 方波信号发生器	155
任务 4 用 T2 实现流水灯控制	159
任务 5 59s 计时器的设计	162
任务 6 LED 滚动闪烁控制	166
任务 7 简单门铃设计	169
任务 8 速度可调流水灯控制	173
任务 9 PWM 调光	176
任务 10 简单电子频率计	181
项目八 单片机串行通信设计	187
任务 1 单片机串行通信原理	187
任务 2 甲机通过串口控制乙机 LED 显示状态	194
任务 3 甲机通过串口控制乙机计时	198
任务 4 单片机双机通信	204
任务 5 单片机向主机发送字符串	210
任务 6 单片机与 PC 通信	214
任务 7 串入并出扩展	220
任务 8 并入串出扩展	224
项目九 LED 点阵显示器设计	228
任务 1 LED 点阵显示器控制原理	228
任务 2 一个 5 × 7 LED 点阵字符显示设计	230
任务 3 一个 8 × 8 LED 点阵字符串显示	233
任务 4 两个 8 × 8 LED 点阵字符串显示	239
任务 5 两个 8 × 8 LED 点阵滚动显示	245
任务 6 一个 16 × 16 LED 点阵汉字显示	248
任务 7 一个 16 × 16 LED 点阵汉字移位显示	253

任务 8 两个 16 × 16 LED 点阵汉字显示	256
任务 9 两个 16 × 16 LED 点阵汉字分批显示	262
任务 10 两个 16 × 16 LED 点阵汉字移位显示	266
项目十 LCD 液晶显示设计	270
任务 1 LCD 液晶显示原理	270
任务 2 字符式 LCD 显示字符串	281
任务 3 字符式 LCD 静态显示	285
任务 4 字符式 LCD 滚动显示	288
任务 5 字符式 LCD 移位显示	293
任务 6 汉字式 LCD 静态显示	297
任务 7 汉字式 LCD 移位显示	306
任务 8 汉字式 LCD 滚动显示	315
任务 9 汉字式 LCD 图片显示	324
项目十一 A/D 与 D/A 转换	337
任务 1 ADC0808 模/数转换	337
任务 2 ADC0809 模/数转换	341
任务 3 ADC0832 模/数转换	346
任务 4 TLC549 模/数转换	352
任务 5 TLC2543 模/数转换	358
任务 6 DAC0832 数/模转换	365
任务 7 TLC5615 数/模转换	370
任务 8 PCF8591 的 A/D 及 D/A 转换	377
项目十二 串行总线扩展及应用设计	391
任务 1 24C04 开启次数统计	391
任务 2 PCF8574 串行总线扩展	401
任务 3 MAX7219 控制数码管动态显示	408
任务 4 MAX7221 控制数码管移位显示	415
任务 5 DS18B20 测温	420
任务 6 DS1302 可调时钟日历	428
附录 A Proteus 常用快捷键	448
附录 B C51 库函数	449
参考文献	455

项目一 单片机及最小应用系统

【知识目标】

- 了解单片机的定义、类型、应用领域及当前主流单片机
- 了解 STC89C51 单片机命名规则、封装形式及实物外形
- 掌握 STC89C51 单片机各个引脚的功能
- 掌握 STC89C51 单片机最小系统的组成及相关电路的工作原理
- 掌握 STC89C51 单片机基本接口电路的组成及电路功能

【能力目标】

- 认识 STC89C51 单片机、晶体振荡器、RS-232 串口端及电阻、电容等元器件
- 学会搭建单片机最小应用系统电路
- 了解单片机应用系统的开发过程



任务 1 认识单片机

微型化是计算机的主要发展方向之一。在微型计算机中，单片微型计算机（简称单片机）是其重要的组成部分。单片机依靠一定的硬件基础，根据特定环境，完成特定的需求。目前，单片机已经渗透到我们生活的各个领域，几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。例如，导弹的导航装置，飞机上各种仪器和仪表的控制，计算机的网络通信与数据传输，工业自动化过程的实时监控与数据处理，广泛使用的各种 IC 卡，民用豪华轿车的安全保障系统，摄像机、全自动洗衣机的控制，以及无线遥控玩具、电子宠物等，这些都离不开单片机，更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械了。所以，认识单片机、学习单片机、掌握单片机的开发与应用是电子信息、计算机应用、通信工程、自动控制等专业领域工程技术人员必备的知识。

1. 单片机的定义

单片机是单片微型计算机（Single Chip Microcomputer, SCM）的简称，它是在一块芯片上集成了中央处理部件（Central Processing Unit, CPU）、数据存储器（Random Access Memory, RAM）、程序存储器（Read Only Memory, ROM）、定时/计数器和多种输入/输出（I/O）接口等功能部件，片内各功能部件通过内部总线相互连接起来的微型计算机。

单片机特别适合于控制领域，因此国外大多数厂商、学者普遍将其称为微控制器（Micro Controller），缩写为 MCU（Micro Controller Unit），国内习惯性将其称为单片机。

2. 单片机的特点

➤ 性价比高

➤ 控制功能强

- 高集成度、高可靠性
- 低电压、低功耗
- 体积小
- 易扩展

3. 单片机的应用领域

单片机已经渗透到人们生活的各个领域，在工业控制、智能仪表、家用电器、军事装置等方面都得到了极为广泛的应用。

1) **在智能仪器仪表中的应用** 用单片机制作的仪器仪表，广泛应用于实验室、交通运输工具、计量等领域。单片机能使仪器仪表数字化、智能化、多功能化，提高测试的自动化程度和精度，简化硬件结构，减少质量，缩小体积，便于携带和使用，降低成本，提高性能价格比，如数字式存储示波器、数字式 RLC 测量仪、智能转速表等。

2) **在工业控制方面的应用** 在工业控制中，工作环境恶劣，各种干扰比较强，还需实时控制，这对控制设备的要求比较高。单片机由于集成度高、体积小、可靠性高、控制功能强，能对设备进行实时控制，所以被广泛应用于工业过程控制中，如电镀生产线、工业机器人、电机控制、炼钢、化工等领域。

3) **在军事装置中的应用** 利用单片机的可靠性高，适用温度范围宽，能工作在各种恶劣环境等特点，可以将其应用在航天航空导航系统、电子干扰系统、宇宙飞船等尖端武器、导弹控制、智能武器装置、鱼雷制导控制等方面。

4) **在民用电子产品中的应用** 在民用电子产品中，目前单片机广泛应用于通信设备和各种家用电器，如手机、数码相机、MP3 播放机、智能空调等。

4. 单片机的发展

自从 1974 年美国仙童 (Fairchild) 公司运用计算机技术生产了世界上第一块单片机 (F8) 以来，在短短的几十年中，单片机的发展主要经历了以下 4 个阶段。

- **单片机初级阶段 (1974—1976 年)**: 此阶段的单片机结构比较简单，控制功能比较单一，如仙童公司的 F8 系列单片机只包含了中央处理器 CPU、64K 位的 RAM 和两个并行口，还需外接具有 ROM、定时/计数器、并行口的芯片。
- **低性能阶段 (1976—1978 年)**: 以 Intel 公司的 MCS—48 系列为代表，其特点是采用专门的结构设计，内部资源不够丰富。该系列的单片机片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时/计数器、RAM、ROM 等。无串行 I/O 口，中断处理系统也比较简单，片内 RAM 和 ROM 容量较小，且寻址范围小于 4KB (B 为 Byte，即字节)。
- **高性能阶段 (1978—1983 年)**: 以 Intel 公司的 MCS—51 系列为代表，它完善了外部总线，丰富了内部资源，并确立了单片机的控制功能。采用 16 位的外部并行地址总线，能对外部 64KB 的程序存储器 and 数据存储器空间进行寻址；还有 8 位数据总线及相应的控制总线，形成完整的并行三总线结构。同时还提供了多机通信功能的串行 I/O 口，具有多级中断处理，16 位的定时/计数器，片内的 RAM 和 ROM 容量增大，寻址范围可达 64KB。有的单片机片内还带有 A/D 转换、DMA 接口、PSW 等功能模块。在 MCS—51 单片机指令系统中，增加了大量的功能指令，如在基本控制功能方面设置了大量的位操作指令，使它和片内的位地址空间构成了单片机所独有的布尔逻辑操作系统，增强了单片机的位操作控制功能；还有许多条件跳转、无条件跳转指令，从而增强了指令系统的控制功能。在单片机的片内设置了特殊功能寄存器 (Special Function Register, SFR)，为外围功能电路的集中管理提供了方便。
- **8 位超高性能单片机的巩固发展及 16 位、32 位、64 位单片机的推出与发展阶段 (1983 年至今)**。超 8 位单片机增加了 (Direct Memory Access, DMA) 直接数据存取通道、特殊串行接口等。16

位单片机的 CPU 为 16 位, 片内 RAM 和 ROM 的容量进一步增大, 片内 RAM 为 232B, ROM 为 8KB, 片内带有高速 I/O 部件, 多通道 10 位 A/D 转换器, 8 级中断处理功能, 实时处理能力更强, 并开发了片内带 Flash 程序存储器 (Flash Memory) 等功能。

5. 单片机的系列

按指令集的不同, 单片机主要有复杂指令集 (Complex Instruction Set Computing, CISC) 结构和精简指令集 (Reduced Instruction Set Computing, RISC) 结构两大类。

采用 CISC 结构的单片机, 其指令丰富, 功能较强, 但取指令和取数据不能同时进行, 速度受限, 价格偏高。

采用 RISC 结构的单片机, 取指令和取数据能够同时进行, 便于采用流水线操作, 且大部分指令为单指令周期, 其运行速度快; 同时, 程序存储器的空间利用率高, 有利于实现超小型化。

CISC 结构的单片机有 Intel MCS—51 系列、Motorola M68HC 系列、Atmel AT89 系列、STC89 系列、华邦公司的 W77/W78 系列等; RISC 结构的单片机有 Microchip PIC 系列、韩国三星 KS57C 系列 4 位单片机、中国台湾义隆 EM—78 系列、Atmel AVR 系列、NXP (原 Philips) P89LPC90 系列等。一般在控制关系较简单的小家电中可以采用 RISC 型单片机, 在控制关系复杂的场合应采用 CISC 型单片机。

6. 市场上的主流单片机

1) **80C51 单片机** 应用最广泛的 8 位单片机首推 Intel 的 MCS—51 系列, 由于产品硬件结构合理, 指令系统规范, 加之生产历史“悠久”, 有先入为主的优势。由于 Intel 公司在嵌入式应用方面将重点放在 x86、奔腾等与 PC 类兼容的高档芯片的开发上, 所以 Intel 公司以专利互换和专利出售的方式将 80C51 内核授权给其他多家集成电路制造商, 如 Philips、NEC、Atmel、AMD、华邦公司等。拿到该授权的厂商, 在此基础上进行性能上的扩充, 使芯片得到进一步的完善, 形成了一个庞大的体系, 直到现在仍在不断翻新, 把单片机世界炒得沸沸扬扬。这样, 80C51 单片机就变成了众多芯片制造厂商支持的大家族, 统称为 80C51 单片机, 有时也简称为 51 系列单片机。客观事实证明, 80C51 已成为 8 位单片机的主流, 成了事实上的标准 MCU 芯片。目前, 许多学校也仍然以它作为典型机来进行单片机的教学。

2) **NXP 单片机** 2007 年 Philips 半导体公司更名为 NXP, 在我国又称为恩智浦。NXP 公司的单片机是基于 80C51 内核的单片机, 嵌入了掉电检测、模拟电路以及片内 RC 振荡器等功能。与标准 8051 单片机相比, 它还增加了一个定时/计数器, 提供两种工作模式, 有些型号的单片机还提供了 I²C 或 SPI 串行接口。NXP 单片机具有集成度高、成本低、低功耗等特点, 在应用设计中可以满足多方面的性能要求。

3) **Motorola 单片机** Motorola 是世界上最大的单片机厂商, 该公司生产的单片机品种全、选择余地大、新产品多。从 M6800 开始, 开发了广泛的品种, 4 位、8 位、16 位和 32 位的单片机都能生产。在 8 位单片机方面有 M68HC05 系列和升级产品 M68HC08、M68HC11、M68HC12, 其中 M68HC05 有 30 多个系列, 200 多个品种, 产量已超过 20 亿片。16 位单片机 M68HC16 也有 10 多个品种, 32 位单片机 M683XX 也有几十个品种。Motorola 单片机的特点之一是在同样单片机种类的速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低得多, 因而使得高频噪声低、抗干扰能力强, 更适合于工控领域及恶劣的环境。

4) **Atmel 单片机** Atmel 公司生产的单片机主要有两大类: CISC 架构的 AT89 系列和

RISC 架构的 AVR 系列单片机。

AT89 系列单片机是 Atmel 公司基于 Intel 公司的 MCS—51 系列单片机研发出来的与 MCS—51 兼容, 但性能高于 MCS—51 的单片机。它一问世就以其优良的性能和实惠的价格赢得了国内研究人员的广泛认可。

AVR 系列单片机是增强型 RISC 架构、内载 Flash 存储器的单片机, 具有高速处理能力, 在一个时钟周期内可执行复杂的指令, 每 1 MHz 可实现 1 MIPS (Million Instructions Per Second, 每秒处理的百万级的机器语言指令数) 的处理能力。AVR 单片机工作电压为 2.7 ~ 6.0V, 可以实现耗电最优化。AVR 的单片机广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器、宇航设备等各个领域。

5) **STC 单片机** STC89 系列单片机是 MCS—51 系列单片机的派生产品。它们在指令系统、硬件结构和片内资源上与标准 8052 单片机完全兼容。STC89 系列单片机具有高速 (最高时钟频率为 90MHz) 运行、低功耗、在系统 (In - System Program, ISP) / 在应用可编程 (In - Application Program, IAP)、不占用户资源等特点。与 AT89 系列单片机相比, 二者的区别主要是: ①下载方式不同, AT89 系列 (如 AT89S51/S52) 主要是并行下载方式, 而 STC89C51/52 采用串口下载方式; ②内存大小有所不同, AT89S51/52 的片内 RAM 为 128B/256B, 而 STC89C51/52 片内 RAM 为 512B; ③部分特殊功能寄存器不同; ④STC 单片机相对执行速度更快, 功能更加强大。

6) **华邦 (Winbond) 单片机** W77/W78 系列 8 位单片机是华邦公司推出 CMOS 型单片机, 其引脚和指令集与 8051 兼容, 但每个指令周期只需要 4 个时钟周期。速度提高了 3 倍, 工作频率最高可达 40MHz, 同时增加了 Watch Dog Timer (WDT)、6 组外部中断源、2 组 UART、2 组 Data pointer 及 Wait state control pin。W77/W78 系列单片机具有性价比高、功能强、型号多, 可以满足各种不同应用场合需求等特点。

7) **Microchip 单片机** Microchip 单片机是市场份额增长较快的单片机, 主要产品是 PIC 16C 系列和 PIC 17C 系列 8 位单片机。CPU 采用 RISC 结构, PIC 16C 系列仅有 33 条指令, 采用 Harvard 双总线结构, 具有运行速度快、低工作电压、低功耗、较大的 I/O 直接驱动能力、价格低、一次性编程、体积小等特点, 适用于用量大、档次低、价格便宜的产品。在办公自动化设备、消费电子产品、电讯通信、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子、工业控制等领域都有广泛的应用。

8) **NEC 单片机** NEC 单片机自成体系, 以 8 位单片机 78K 系列产量最高, 也有 16 位、32 位单片机。其单片机内置高精度的环形振荡器, 在 -40 ~ 85℃ 时精度可达 0.1%, 并且还内置上电复位清零电路、低电压侦测电路和独立源看门狗 (WDT) 电路。16 位以上单片机采用内部倍频技术, 以降低外时钟频率。有的单片机采用内置操作系统。

9) **东芝单片机** 东芝单片机从 4 位机到 64 位机, 门类齐全。4 位机在家电领域有很大市场; 8 位机主要有 870 系列和 90 系列等, 该类单片机允许使用慢模式, 采用 32kHz 时钟时功耗降至 10 μ A 数量级。CPU 内部多组寄存器的使用, 使得中断响应与处理更加快捷。东芝的 32 位单片机采用 MIPS 3000A RISC 的 CPU 结构, 面向 DVD、数字相机、图像处理等市场。

10) **富士通单片机** 为满足日益增长的灵活性需求, 富士通不仅提供 8 位和 16 位的单片机, 同时还提供高性能的 32 位 RISC 控制器。8 位机使用的是 16 位机的 CPU 内核, 也就是说 8 位机与 16 位机所用的指令集相同, 使得开发比较容易。8 位单片机有著名的 MB8900 系列, 16 位机有 MB90 系列。富士通单片机具有加密性强、快速简洁的运算能力、强大的

抗电磁干扰能力、在线烧录和在线调试等特点，主要应用于汽车、工业、通信、消费电子和计算机外围设备。

11) LG 公司生产的 GMS90 系列单片机 LG 公司生产的 GMS90 系列单片机与 Intel MCS—51 系列，Atmel 89C51/52、AT89C2051 等单片机兼容，采用 CMOS 技术，高达 40MHz 的时钟频率，应用于多功能电话、智能传感器、智能电能表、工业控制、防盗报警装置、各种计数器、各种 IC 卡装置、DVD、VCD、CD—ROM 等。

12) 凌阳 16 位单片机 SPCE 中国台湾凌阳公司推出的内核为 16 位微处理器的芯片就是 SPCE 系列单片机。该系列主要有集成度高、体积小、可靠性高、低功耗、低电压、性价比高、适合各种控制应用等特点。如 SPCE061A 型单片机，内嵌 32KB 的 Flash 存储器、具有 DSP 功能，有很强的信息处理能力，最高时钟可达 49MHz，尤其适用于数字语音播报的识别等应用领域，是数字语音识别与语音信息处理的理想产品。

13) Secenix 单片机 Scenix 公司推出的 8 位 RISC 结构 SX 系列单片机在技术上有其独到之处：双时钟设置，指令运行速度可达 50/75/100MIPS；具有虚拟外设功能，柔性化 I/O 端口，所有的 I/O 端口都可单独编程设定，提供各种 I/O 的库函数，用于实现各种 I/O 模块的功能，如多路 UART、多路 A/D、PWM、SPI、DTMF、FS、LCD 驱动等；采用 E²PROM/Flash 程序存储器，可以实现在线系统编程；通过计算机 RS—232C 接口，采用专用串行电缆，即可对目标系统进行在线实时仿真。

14) EPSON 单片机 EPSON 单片机以低电压、低功耗和内置 LCD 驱动器特点而闻名于世，尤其是 LCD 驱动部分做得很好。广泛用于工业控制、医疗设备、家用电器、仪器仪表、通信设备和手持式消费类产品等领域。目前，EPSON 已推出 4 位单片机 SMC62 系列，SMC63 系列和 SMC60 系列，以及 8 位单片机 SMC88 系列。

15) 三星单片机 三星单片机有 KS51 和 KS57 系列 4 位单片机，KS86 和 KS88 系列 8 位单片机，KS17 系列 16 位单片机和 KS32 系列 32 位单片机。三星单片机为 OTP 型（One Time Programmable，一次性可编程）ISP 在片编程功能。三星公司在单片机技术上引进消化发达国家的技术、生产与之兼容的产品，然后以价格优势取胜。例如，在 4 位机上采用 NEC 的技术，8 位机上引进 Zilog 公司 Z8 的技术，在 32 位机上购买 ARM7 内核，还有 DEC 的技术、东芝的技术等。

16) MSP430 单片机 MSP430 系列单片机是美国 TI 公司于 1996 年开始推向市场的一种 16 位超低功耗、具有精简指令集（RISC）的混合信号处理器（Mixed Signal Processor，MSP）。该系列单片机多应用于需要电池供电的便携式仪器仪表中。

7. 学习单片机的方法

1) 熟悉和了解单片机的内部和外部资源 因为单片机芯片的内部及外部资源都需要开发者自己管理，且在开发过程中，开发者还得根据实际需求自己设计单片机外围电路，所以需要熟悉和了解一定的硬件知识。

2) 了解并掌握单片机指令系统 开发者是通过程序对单片机进行相应的控制，而这些程序是通过相应的指令编写的。单片机的指令系统主要有汇编语言或单片机 C 语言，开发者可以只使用其中一种或者使用这两种语言进行程序的编写。由于单片机 C 语言具有编程和调试灵活方便、生成的代码编译效率高、完全模块化、可移植性好、便于项目维护管理、可以直接操作单片机硬件等特点，所以，现在许多单片机程序开发者均采用单片机 C 语言

进行单片机系统的开发。

3) 了解并熟悉掌握常用软件的使用方法 进行单片机系统的开发时, 需要用到许多软件, 不要求开发者对每个软件都很熟悉, 但对于常用软件的使用应特别熟悉。例如, 使用 Keil C51 进行源程序的编译与调试, 使用 Proteus 软件进行硬件仿真, 单片机的程序固化软件的使用等。

4) 坚持手脑并用的原则 在单片机的学习过程中, 一定要坚持手脑并用的原则, 多做、多看、多想, 先看别人的程序, 再学习修改别人的程序, 并进行类似程序的仿写, 最后自己设计、编写程序, 也就是“看程序→仿程序→写程序”的过程, 做到“实践、实践、再实践”。



任务 2 STC89 系列单片机的识读

STC 公司主要致力于新一代增强型 8051 单片机的开发, 提供满足中国市场要求的世界级高性能单片机技术, 在业内处于领先地位。STC 单片机以其卓越的性能和良好的价格, 为其在中国市场赢得良好的声誉和广泛的客户群体。

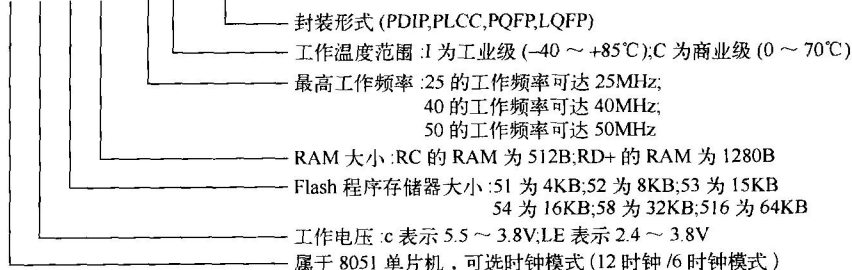
1. STC89 系列单片机主要特性

80C51 核心处理器单元; 3V/5V 工作电压, 操作频率 0 ~ 33MHz (STC89LE516AD 最高可达 90MHz); 5V 工作电压, 操作频率 0 ~ 40MHz; 支持 12 时钟 (默认) 或 6 时钟模式; 大容量内部数据 RAM (1KB RAM); 64/32/16/8KB 片内 Flash 程序存储器, 具有在应用可编程 (IAP) 和在系统可编程 (ISP), 可实现远程软件升级, 无须编程器; STC89 系列有些单片机内置看门狗和 STC810 复位电路, 加强了系统的稳定和可靠性; 双 DPTR 数据指针; SPI (串行外围接口) 和增强型 UART; PCA (可编程计数器阵列), 具有 PWM 的捕获/比较功能; 4 个 8 位 I/O 口, 含 3 个高电流 P1 口, 可直接驱动 LED; 3 个 16 位定时/计数器; 可编程看门狗定时器 (WDT); 低 EMI 方式 (ALE 禁止); 兼容 TTL 和 COMS 逻辑电平; 掉电检测和低功耗模式等。

2. STC89 系列单片机命名规则

STC89 系列单片机有多种型号, 每种型号具有一定的含义, 以下是其产品命名方法:

STC 89 xx xx xx - 40 x - xxxx



3. 主要性能参数

STC89 系列单片机分别包含了 32 条 I/O 口线、3 个 16 位的定时/计数器、8 输入 4 优先级嵌套中断结构、1 个串行 I/O 口等。表 1-1 所列为 STC89 系列单片机的主要性能指标。

表 1-1 STC89 系列单片机的主要性能指标

型 号	Flash 程序存储器	RAM 数据存储器	EEPROM 存储器	ISP	IAP	I/O 口		定时器	中断源	看门狗	双倍速	最高时钟频率	
						并行	串口 UART					5V	3V
STC89C51RC	4KB	512B	2KB	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	0~80	-
STC89C52RC	8KB	512B	2KB	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	0~80	-
STC89C53RC	13KB	512B	-	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	0~80	-
STC89C54RD+	16KB	1280B	16KB	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	0~80	-
STC89C55RD+	20KB	1280B	16KB	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	0~80	-
STC89C58RD+	32KB	1280B	16KB	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	0~80	-
STC89C516RD+	63KB	1280B	-	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	0~80	-
STC89LE51RC	4KB	512B	2KB	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	-	0~80
STC89LE52RC	8KB	512B	2KB	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	-	0~80
STC89LE53RC	13KB	512B	-	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	-	0~80
STC89LE54RD+	16KB	1280B	16KB	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	-	0~80
STC89LE58RD+	32KB	1280B	16KB	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	-	0~80
STC89LE516RD+	63KB	1280B	-	√	√	4×8	1ch	3	8	√	√	-	0~80
STC89LE516AD	64KB	512B	-	√	×	4×8	1ch	3	6	×	×	-	0~90
STC89LE516X2	64KB	512B	-	√	×	4×8	1ch	3	6	×	√	-	0~90

4. STC89 系列单片机封装形式

为适应不同产品的需求，STC89 系列单片机采用了 LQFP—44（Low Quad Flat Package，薄型方块平面封装）、PQFP—44（Plastic Quad Flat Package，塑料方块平面封装）、PLCC—44（Plastic Leaded Chip Carrier）和 PDIP—40（Plastic Dual In-line Package，塑料双直列直插式）这 4 种不同的封装方式，其外形及引脚名称如图 1-1 所示。4 种封装的单片机实物外形如图 1-2 所示。

5. 引脚功能

下面以 PDIP 封装形式为例，介绍 STC89 系列单片机的引脚功能。

1) 电源引脚 VSS 和 VCC

- VCC (40 脚): 电源端，接 +5V。
- VSS (20 脚): 接地端。

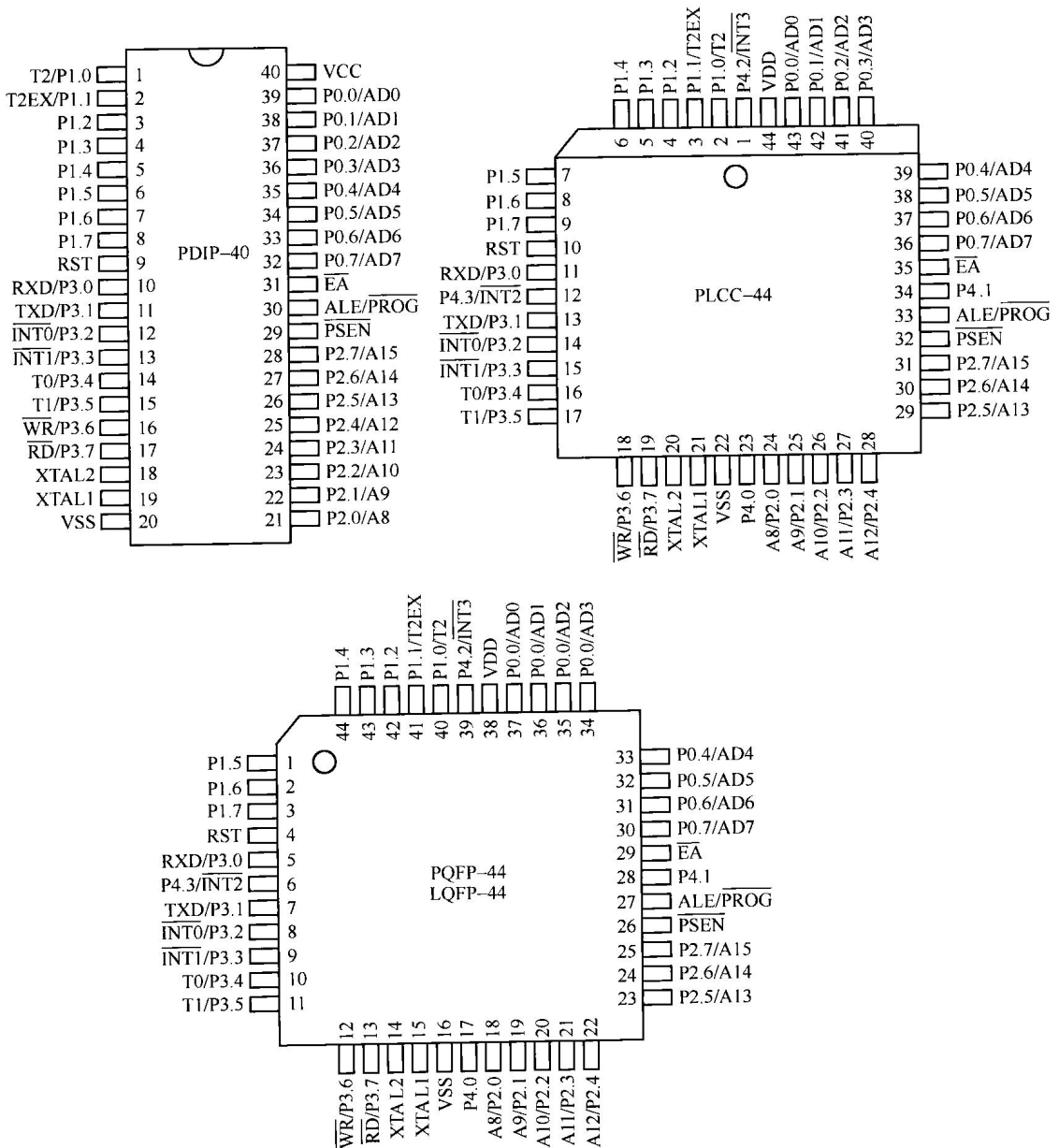


图 1-1 STC89 系列单片机引脚图

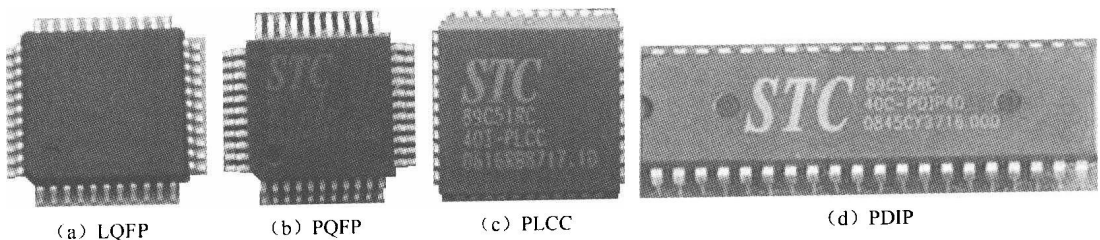


图 1-2 STC89 系列单片机实物外形

2) 时钟电路引脚 XTAL1 和 XTAL2

- XTAL1 (19 脚): 接外部晶振和微调电容的一端, 在片内它是振荡器反相放大器的输入, 若使用外部 TTL 时钟时, 该引脚必须接地。
- XTAL2 (18 脚): 接外部晶振和微调电容的一端, 在片内它是振荡器反相放大器的输出, 若使用外部 TTL 时钟时, 该引脚为外部时钟的输入端。

3) 控制或其他电源复用引脚 ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ 、 $\overline{\text{PSEN}}$ 、 $\overline{\text{EA}}$ 、RST

- ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ (30 脚): 地址锁存/编程脉冲输入引脚, 用于控制地址锁存器锁存 P0 口输出的低 8 位地址, 从而实现数据与低位地址的复用。该引脚可驱动 (吸收或输出电流) 8 个 LSTTL (Low - power Schottky TTL, 低功耗甚高速 TTL, 功耗值为传统 TTL 的 1/5) 负载。
- $\overline{\text{PSEN}}$ (29 脚): 外部程序存储器读选通信号输出端。它是读外部程序存储器的选通信号, 低电平有效。
- $\overline{\text{EA}}$ (31 脚): 内部程序存储器和外部程序存储器选择端。 $\overline{\text{EA}}$ 引脚为高电平时, CPU 执行片内程序存储器指令。但是, 当 PC (程序计数器) 值超过片内 Flash 地址范围时, 将自动转向访问片外程序存储器。当 $\overline{\text{EA}}$ 为低电平时, 不论片内是否有程序存储器, 单片机只能访问片外程序存储器。
- RST (9 脚): 单片机复位信号输入端。该信号高电平有效, 在输入端保持两个机器周期的高电平后, 就可以完成复位操作。

4) 4 组 I/O 端口 P0、P1、P2 和 P3

- P0 (P0.0~P0.7): P0 端口是一个 8 位三态双向 I/O 端口, 在访问外部存储器时, 它是分时作低 8 位地址线和 8 位双向数据总线用。在不访问外部存储器时, 作通用 I/O 端口用, 用于传送 CPU 的 I/O 数据。P0 端口能以吸收电流的方式驱动 8 个 LSTTL 负载, 一般作为扩展时地址/数据总线使用。
- P1 (P1.0~P1.7): P1 端口是一个带内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 端口 (作为输入时, 端口锁存器置 1)。对 P1 端口写 1 时, P1 端口被内部的上拉电阻拉为高电平, 这时可作为输入口。当 P1 端口作为输入端口时, 因为有内部上拉电阻, 那些被外部信号拉低的引脚会输出一个电流。P1 端口能驱动 (吸收或输出电流) 4 个 TTL (Transistor - Transistor Logic) 负载, 它的每一个引脚都可定义为输入或输出线, 其中 P1.0、P1.1 兼有特殊的功能。
 - ◇ T2/P1.0: 定时/计数器 2 的外部计数输入/时钟输出。
 - ◇ T2EX/P1.1: 定时/计数器 2 重载/捕捉/方向控制。
- P2 (P2.0~P2.7): P2 端口是一个带内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 端口, 当外部无扩展或扩展存储器容量小于 256B 时, P2 端口可作一般 I/O 端口使用, 扩充容量在 64KB 范围时, P2 口为高 8 位地址输出端口。当作为一般 I/O 口使用时, 可直接连接外部 I/O 设备, 能驱动 4 个 LSTTL 负载。
- P3 (P3.0~P3.7): P3 端口是一个带内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 端口。向 P3 端口写入 1 时, P3 端口被内部的上拉电阻上拉为高电平, 可用做输入口。当作为输入时, 被外部拉低的 P3 端口会因为内部上拉而输出电流。第一功能作为通用 I/O 端口, 第二功能作控制口, 见表 1-2。P3 端口能驱动 4 个 LSTTL (Low - power Schottky TTL) 负载。

表 1-2 P3 端口引脚的第二功能

P3 引脚	第二功能	功能描述	P3 引脚	第二功能	功能描述
P3.0	RXD	串行口输入	P3.4	T0	定时器 0 的外部输入
P3.1	TXD	串行口输出	P3.5	T1	定时器 1 的外部输入
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	外部中断 0 输入	P3.6	$\overline{\text{WR}}$	片外数据存储器写信号
P3.3	$\overline{\text{TNT1}}$	外部中断 1 输入	P3.7	$\overline{\text{RD}}$	片外数据存储器读信号

6. 存储器结构

STC89 单片机带有非易失性 Flash 存储器，所有 Flash 单片机都将程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM 分为不同的逻辑空间，可用 8 位地址来访问数据存储器，这样可提高 8 位 CPU 的存储和处理速度，也可以通过数据指针 DPTR 寄存器来产生 16 位的数据存储器地址。程序存储器存放程序及常数、表格等；数据存储器作数据缓冲。图 1-3 所示为 STC89 系列单片机存储器空间结构。

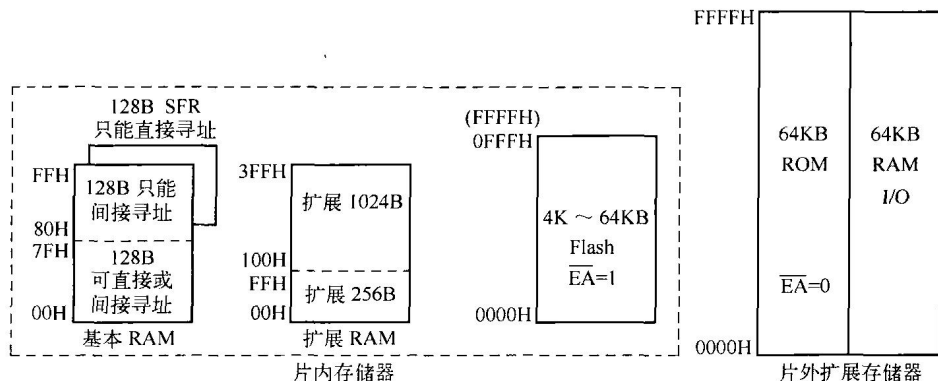


图 1-3 STC89 系列单片机存储器空间结构

程序存储器是只可读不可写，用于存放编好的程序和表格常数。STC89 系列单片机可寻址的程序存储器总空间为 64KB，内部和外部的 64KB 的地址空间是统一编址的。程序存储器低端地址可以在片内 Flash 中，也可在外部存储器中。在 STC89 系列单片机中， \overline{EA} 接高电平时，程序计数器（PC）的值在 0000H ~ 0FFFH/1FFFH/3FFFH/7FFFH/FFFFH（4KB/8KB/16KB/32KB/64KB）地址范围内，单片机执行内部 ROM 中的命令，超出此地址范围则自动执行片外 ROM 中的命令；当 \overline{EA} 接低电平时，单片机将忽略内部存储器，直接从外部程序存储器中读取指令。

数据存储器 RAM 是用于存放运算的中间结果、数据暂存、缓冲、标志位、待调试的程序。STC89 系列单片机的片内数据存储器又分为片内基本数据存储器（相应于 MCS—51 单片机的片内数据存储器）和片内扩展数据存储器，其中片内基本数据存储器的存储范围为 00H ~ FFH；片内扩展数据存储器是在片内基本数据存储器的基础上再增加 256B/1024B（即实现片内 512B 或 1280B 的存储空间），其片内扩展数据存储空间（00H ~ FF/3FFH）；片外数据存储范围为 0000H ~ FFFFH，即片外为 64KB。



任务 3 单片机最小应用系统的组成

单片机最小应用系统又称为单片机基本系统，是指用最少的元器件能使单片机工作起来的一个最基本的应用系统。在这种系统中，使用 STC89 系列单片机的一些内部资源就能够满足硬件设计需求，不需扩展外部的存储器或 I/O 接口等器件，通过用户编写的程序，单片机就能够达到控制的要求。