

四川省示范性高职院校建设项目成果

主编◎成友才 副主编◎刘 宸 主审◎朱永金

# 单片机应用技术

DANPIANJI YINGYONG JISHU



西南交通大学出版社  
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

四川省示范性高职院校建设项目成果

# 单片机应用技术

主 审 朱永金

主 编 成友才

副主编 刘 宸

编 委 刘 竹 张 启

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

## 内容简介

本书用实例的方式介绍了 51 单片机的应用技术和设计方法,精心编写了由浅入深的十个课题,分别是:认识单片机、点亮彩灯、简易数字钟、简易计算器、键控彩灯、简易频率计、单片机双机通信、简易波形发生器、简易数字电压表、移动字幕的制作。

本书可作为高职高专应用电子、通信等电类专业教材,也可作为广大单片机爱好者的参考资料。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术 / 成友才主编. — 成都:西南交通大学出版社, 2014.1

四川省示范性高职院校建设项目成果

ISBN 978-7-5643-2634-0

I. ①单… II. ①成… 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(2013)第 206406 号

---

### 单片机应用技术

主编 成友才

\*

责任编辑 张华敏

助理编辑 宋彦博

特邀编辑 黄庆斌

封面设计 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市金牛区交大路 146 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

\*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 14

字数: 348 千字

2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-2634-0

定价: 28.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 序

在大力发展职业教育、创新人才培养模式的新形势下，加强高职院校教材建设，是深化教育教学改革、推进教学质量工程、全面培养高素质技能型专门人才的前提和基础。

近年来，四川职业技术学院在省级示范性高等职业院校建设过程中，立足于“以人为本，创新发展”的教育思想，组织编写了涉及汽车制造与装配技术、物流管理、应用电子技术、数控技术等四个省级示范性专业，以及体制机制改革、学生综合素质训育体系、质量监测体系、社会服务能力建设等四个综合项目相关的系列教材。在编撰过程中，编写者立足于“理实一体”、“校企结合”的现实要求，秉承实用性和操作性原则，注重编写模式创新、格式体例创新、手段方式创新，在重视传授知识、增长技艺的同时，更多地关注对学习者的专业素质、职业操守的培养。本套教材有别于以往重专业、轻素质，重理论、轻实践，重体例、轻实用的编写方式，更多地关注教学方式、教学手段、教学质量、教学效果，以及学校和用人单位“校企双方”的需求，具有较强的指导作用和较高的现实价值。其特点主要表现在以下几个方面：

一是突出了校企融合性。全套教材的编写素材大多取自行业企业，不仅引进了行业企业的生产加工工序、技术参数，还渗透了企业文化和管理模式，并结合高职院校教育教学实际，有针对性地加以调整优化，使之更适合高职学生的学习与实践，具有较强的融合性和操作性。

二是体现了目标导向性。教材以国家行业标准为指南，融入了“双证书”制和专业技术指标体系，使教学内容要求与职业标准、行业核心标准相一致，学生通过学习和实践，在一定程度上，可以通过考级达到相关行业或专业标准，使学生成为合格人才，具有明确的目标导向性。

三是突显了体例示范性。教材以实用为基准，以能力培养为目标，着力在结构体例、内容形式、质量效果等方面进行了有益探索，实现了创新突破，形成了系统体系，为同级同类教材的编写，提供了可供借鉴的范样和蓝本，具有很强的示范性。

与此同时，这是一套实用性教材，是四川职业技术学院在示范院校建设过程中的理论研

究和实践探索的成果。教材编写者既有高职院校长期从事课程建设和实践实训指导的一线教师 and 教学管理者，也有聘请的一批企业界的行家、技术骨干和中高层管理人员。他们既熟悉形势与政策，又了解社会 and 行业需求；既懂得教育教学规律，又深谙学生心理。因此，全套系列教材切合实际，对接需要，目标明确，指导性强。

尽管本套教材在探索创新中存在有待进一步锤炼提升之处，但仍不失为一套针对高职学生的  
好教材，值得推广使用。

此为序。

四川省高职高专院校  
人才培养工作委员会主任

二〇一三年一月二十三日



# 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 课题一 认识单片机 .....              | 1   |
| 课题目标 .....                   | 1   |
| 课题分析 .....                   | 1   |
| 相关知识 .....                   | 1   |
| 任务实施 .....                   | 17  |
| 巩固与提高 .....                  | 35  |
| 课题二 点亮彩灯 .....               | 36  |
| 课题目标 .....                   | 36  |
| 课题分析 .....                   | 36  |
| 任务一 彩灯的点亮与熄灭 .....           | 37  |
| 任务二 彩灯的闪烁 .....              | 40  |
| 任务三 跑马灯 .....                | 42  |
| 任务四 任意变化的彩灯控制 .....          | 50  |
| 相关知识 .....                   | 53  |
| 巩固与提高 .....                  | 76  |
| 课题三 简易数字钟 .....              | 77  |
| 课题目标 .....                   | 77  |
| 课题分析 .....                   | 77  |
| 任务一 LED 数码管的静态控制显示方式 .....   | 78  |
| 任务二 LED 数码管的动态控制显示方式 .....   | 81  |
| 任务三 从 0 到 9 的加 1 计数显示 .....  | 85  |
| 任务四 一位数字有规律变化的显示 .....       | 87  |
| 任务五 0 ~ 99 加法计数器 .....       | 90  |
| 任务六 0 ~ 99999999 加法计数器 ..... | 92  |
| 任务七 24 进制计数器 .....           | 94  |
| 任务八 简易数字钟 .....              | 99  |
| 任务实施 .....                   | 101 |
| 巩固与提高 .....                  | 102 |
| 课题四 简易计算器 .....              | 103 |
| 课题目标 .....                   | 103 |
| 课题分析 .....                   | 103 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 任务一 单键控制的 LED 显示 .....    | 104        |
| 任务二 简易计算器 .....           | 108        |
| 相关知识 .....                | 120        |
| 巩固与提高 .....               | 121        |
| <b>课题五 键控彩灯 .....</b>     | <b>122</b> |
| 课题目标 .....                | 122        |
| 课题分析 .....                | 122        |
| 相关知识 .....                | 126        |
| 任务实施 .....                | 130        |
| 巩固与提高 .....               | 130        |
| <b>课题六 简易频率计 .....</b>    | <b>131</b> |
| 课题目标 .....                | 131        |
| 课题分析 .....                | 131        |
| 任务一 输出 1 000 Hz 的方波 ..... | 132        |
| 任务二 每秒闪烁一次的 LED .....     | 134        |
| 任务三 简易频率计 .....           | 137        |
| 相关知识 .....                | 142        |
| 巩固与提高 .....               | 146        |
| <b>课题七 单片机双机通信 .....</b>  | <b>147</b> |
| 课题目标 .....                | 147        |
| 课题分析 .....                | 147        |
| 任务一 与 PC 通信 .....         | 147        |
| 任务二 双机通信 .....            | 149        |
| 相关知识 .....                | 154        |
| 巩固与提高 .....               | 160        |
| <b>课题八 简易波形发生器 .....</b>  | <b>162</b> |
| 课题目标 .....                | 162        |
| 课题分析 .....                | 162        |
| 任务一 输出指定电压 .....          | 163        |
| 任务二 简易波形发生器 .....         | 164        |
| 相关知识 .....                | 168        |
| 巩固与提高 .....               | 172        |
| <b>课题九 简易数字电压表 .....</b>  | <b>173</b> |
| 课题目标 .....                | 173        |
| 课题分析 .....                | 173        |
| 相关知识 .....                | 179        |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 巩固与提高 .....                 | 183 |
| 课题十  移动字幕的制作 .....          | 184 |
| 课题目标 .....                  | 184 |
| 课题分析 .....                  | 184 |
| 任务一  用点阵 LED 实现移动字符显示 ..... | 184 |
| 任务二  字符型液晶的使用 .....         | 196 |
| 任务三  点阵 LCD 的使用 .....       | 203 |
| 巩固与提高 .....                 | 214 |
| 参考文献 .....                  | 215 |



# 课题一 认识单片机

## 课题目标

认识单片机 AT89S51 的引脚功能，熟悉由 AT89S51 组成的最小单片机系统电路，了解单片机外围基本功能电路的组成。通过安装单片机实验电路板，加深对 AT89S51 组成的实验电路功能的认识和理解。学会使用压线钳制作连接线和下载线。通过熟悉将示例源程序写入单片机芯片以验证电路系统功能的过程来介绍单片机程序的编写、编译、下载和仿真。

## 课题分析

单片机就是在一片芯片上集成了 CPU ( Central Processing Unit )、存储器 ( RAM、ROM、EEPROM、Flash Memory ) 和 IO ( Input/Output ) 接口等构成的微型计算机，因其集成在一片芯片上，所以称之为单片机。因其主要用于工业测控领域，又称为微控制器或嵌入式控制器。

单片机广泛应用于仪器仪表、工业控制、家用电器、医用设备、汽车电子设备、计算机网络、机器人技术、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域。因此，单片机技术是学习现代电子控制技术一门重要的专业技术基础课程。

本课题通过制作一块单片机实验电路板，来认识 AT89S51 单片机和由 AT89S51 组成的单片机最小系统，认识和学习单片机的基本外围电路，学习单片机程序的编写、编译、下载和仿真的整个过程。

## 相关知识

由于单片机性能不断提高、运算速度更快、控制功能更强、功耗和成本越来越低，使得单片机应用也越来越广泛，单片机的生产厂家和单片机类型也很多。因此，从单片机的发展历程来了解单片机的类型，从认识单片机芯片入手来熟悉典型单片机的外部引脚功能。

一块单片机芯片就组成了一个微型的计算机系统，可简略地从内部结构方面认识单片机的内部基本组成及相关功能。

从第一代单片机发展至今，单片机有多个系列上千种类型。由于单片机类型和种类比较多，必须从中选择一种在功能、应用、学习研究成本上都较适合的单片机。在各种类型的单片机中，8051 系列及衍生品种单片机占有很高的应用比例，具有良好的代表性，本教材也选

用 8051 系列为学习研究和应用开发的单片机。由于各种类型的单片机有各自特点,本教材在介绍单片机类型的基础上,以 AT89S51 单片机为例,着重介绍单片机及其开发应用。

## 一、单片机发展与类型

单片机的发展速度很快,从 1974 年至今,经历了从 4 位、8 位、16 位到 32 位处理芯片的发展过程,集成度和存储量从小到大,中断源、并行 I/O 口、定时器/计数器的数目也不断增加,集成了双工串行通信接口,部分单片机还集成了 A/D 转换电路等。在编程软件方面,从采用汇编语言到允许用户采用面向工业控制的专用语言,如 C 语言等。

20 世纪 90 年代后,单片机已发展到在一块含有 CPU 的芯片上,除嵌入 RAM、ROM 存储器和 I/O 接口外,还有模数转换电路、脉冲宽度调制电路、异步发送接收电路、显示驱动、键盘控制、函数发生器、比较器等,构成了一个完整的功能强的计算机应用系统,增加了多种控制功能,把原属外围芯片的功能集成到本芯片内,单片机技术得到了巨大提高。

虽然出现了 32 位单片机,但传统的 8 位单片机的性能也得到了飞速提高,其处理能力比起 80 年代提高了数百倍,在应用方面仍然是 8 位和 16 位单片机占主导地位。

在单片机各种类和系列中,根据控制单元设计方式和采用技术的不同,单片机可分为两大类型:复杂指令集(Complex Instruction Set Computer, CISC)和精简指令集(Reduced Instruction Set Computer, RISC)。采用 CISC 结构的单片机的指令丰富、功能较强,但由于数据线和指令线为分时复用方式,取指令和取数据不能同时进行,速度受限、价格也较高。采用 RISC 结构的单片机数据线和指令线分离,使得取指令和取数据可同时进行,执行效率更高,速度也更快。两种类型单片机有各自特点,根据设计需求选用不同结构类型的单片机。

属于 CISC 结构的单片机,如 Intel 公司的 MCS-51/96 系列, Motorola 公司的 M68HC 系列, Atmel 公司的 AT89 系列, NXP 公司的 PCF80C51 系列等。

属于 RISC 结构的单片机,如 Microchip 公司的 PIC16C5X/6X/7X/8X 系列, Zilog 公司的 Z86 系列, Atmel 公司的 AT90S 系列等。

Atmel 公司还生产了 AT90 系列单片机,也叫 AVR 单片机。这种类型的单片机采用 RISC 指令集,运行效率高,也是在线可编程 Flash 的单片机,功耗小,比 51 系列能处理更多的任务,广泛应用于小家电和医疗设备等领域。

另一种常见的单片机为 PIC 单片机,它是由美国 Microchip(微芯)公司生产的 8 位单片机,也属于 RISC 结构系列。PIC 单片机的指令集只有 35 条指令,指令总线与数据总线分离,允许指令总线(14 位)宽于数据总线(8 位),使得指令少,执行速度快。并且 PIC 单片机具有功耗低,驱动能力强,一些型号具有 I<sup>2</sup>C 和 SPI 串行总线端口等特点。

## 二、AT89S51 单片机

### 1. 单片机造型

尽管各类单片机很多,但无论是从世界范围或是从国内范围来看,使用最为广泛的应属 MCS-51 单片机。世界上许多单片机生产厂商都生产与 8051 兼容的单片机,如 Atmel、NXP

(原 Philips)、Dallas、Siemens、TI、STC (宏晶科技) 公司等。把各个国家和地区各公司生产的与 8051 兼容的单片机统称为 MCS-51 系列单片机。Intel 公司和其他公司的部分 MCS-51 系列单片机如表 1-1 所示。

表 1-1 常见 MCS-51 系列单片机的部分参数

| 公司    | 型号         | ROM          | RAM | I/O | 串行接口           | 定时器 | ISP/IAP | 其他功能                    |
|-------|------------|--------------|-----|-----|----------------|-----|---------|-------------------------|
| Intel | 8031       | -            | 128 | 32  | UART           | 2   | -/-     |                         |
|       | 8051       | 4K ROM       | 128 | 32  | UART           | 2   | -/-     |                         |
|       | 8751       | 4K EPROM     | 128 | 32  | UART           | 2   | -/-     |                         |
|       | 8032       | -            | 256 | 32  | UART           | 3   | -/-     |                         |
|       | 8052       | 8K ROM       | 256 | 32  | UART           | 3   | -/-     |                         |
|       | 8752       | 8K EPROM     | 256 | 32  | UART           | 3   | -/-     |                         |
| Atmel | AT89C51    | 4K Flash     | 128 | 32  | UART           | 2   | -/-     |                         |
|       | AT89C52    | 8K Flash     | 256 | 32  | UART           | 3   | -/-     |                         |
|       | AT89C2051  | 2K Flash     | 128 | 15  | UART           | 2   | -/-     | 1 比较器                   |
|       | AT89S51    | 4K Flash     | 128 | 32  | UART           | 2   | Y/-     | WDT                     |
|       | AT89S52    | 8K Flash     | 256 | 32  | UART           | 3   | Y/-     | WDT                     |
| NXP   | P87C51x2   | 4K OTP       | 128 | 32  | UART           | 3   | -/-     |                         |
|       | P87C52x2   | 8K OTP       | 256 | 32  | UART           | 3   | -/-     |                         |
|       | P89V51RB2  | 16K Flash    | 1K  | 32  | UART, SPI      | 4   | Y/Y     | PWM、WDT                 |
|       | P89V51RC2  | 32K Flash    | 1K  | 32  | UART, SPI      | 4   | Y/Y     | PWM、WDT                 |
|       | P89LPC9401 | 8K Flash     | 256 | 23  | UART, I2C, SPI | 2   | Y/Y     | 2 比较器, RTC, 32×4 LCD 驱动 |
| STC   | STC89C51RC | 4K Flash     | 512 | 36  | UART           | 3   | Y/-     | WDT, 4K EEPROM          |
|       | STC89C52RC | 8K Flash     | 512 | 36  | UART           | 3   | Y/-     | WDT, 4K EEPROM          |
| SST   | SST89E516  | 64K+8K Flash | 1K  | 32  | UART           | 3   | Y/Y     | WDT, 支持在线仿真             |

MCS-51 系列又分为 51 基本型和 52 增强型两个子系列，并以芯片型号的最末位数字作为标志。52 增强型包括：8KB 片内 ROM、256Byte 片内 RAM、3 个定时器/计数器、6 个中断源。

MCS-51 单片机片内程序存储器有几种配置形式，即：无、ROM、PROM (OTP, One Time Programmable)、EPROM 和 EEPROM (Flash ROM)。不同 ROM 配置的单片机芯片，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；OTP 的方式适用于小批量生产；片内带 EEPROM ROM 适合于学习和研制产品样机。无 ROM 和 EPROM 配置的芯片基本停产。

生产兼容 MCS-51 的单片机厂商，根据各自的市场定位，对基本的 8051 内核进行扩展和精简。如 Atmel 公司使用 Flash 作为程序存储器，增加 WDT，支持 ISP 下载等；NXP 实现两振荡周期的指令周期，增加 I<sup>2</sup>C 接口、AD、DA 等；STC 单片机实现单周期的指令周期，将  $\overline{\text{PSEN}}$  等

引脚作为 P4 端口, 双 UART 等; SST 公司的部分芯片可以直接使用串口进行 IAP 和在线仿真等。

MSC-51 系列单片机拥有量大, 功能也在不断完善, 其价格低廉, 是单片机初学者的首选机型。本教材以 MSC-51 系列单片机为例, 介绍单片机的开发应用。在具体设计电路时, 尽可能地根据系统所需要的各种资源, 选择片上集成相应功能的单片机型号。

## 2. AT89S51 单片机

AT89S51 是一个高性能 CMOS 电路组成的 8 位单片机, 芯片内集成了通用 8 位中央处理器, 片内含 4k Bytes 的可反复擦写 1000 次的 Flash 只读程序存储器 (ROM), 支持 ISP (In-System Programmable) 功能, 还有 128 Bytes 的随机存取数据存储器 (RAM), 5 个中断优先级和 2 层中断嵌套, 2 个 16 位可编程定时计数器, 1 个全双工串行通信口, 看门狗 (WDT) 电路, 片内时钟振荡器, 具有兼容标准 MCS-51 指令系统及 80C51 引脚结构等特点。因此, 以 AT89S51 为例, 说明本系列单片机的内部组成及外部引脚功能。

学习单片机首先是观察单片机实物。除了书中的实物图片之外, 应当从现实中找到各种单片机芯片实物, 并进行仔细观察。

在实践中, 应该从单片机芯片上辨识出: 封装类型、引脚顺序、厂商标志、芯片型号、芯片参数和生产日期等。例如, 图 1-1 中 DIP 封装实物芯片为: 40 脚双列直插式封装, 有三角标志为 1 脚并在字面向上时逆时针方向依次为 2~40 脚, 厂商为 ATMEL, 芯片型号为 AT89S51, 最高工作频率为 24 MHz, 商用级别 (0~70 °C), 该芯片为 2003 年第 43 周生产。需要指出的是, 各个厂商的标志方式不完全相同, 具体应参看各厂商给出的数据手册或封装说明等资料。

单片机在封装上有 DIP (Dual In-line Package) 封装、QFP (Plastic Quad Flat Package)、LCC (Leadless Chip Carrier) 封装和 SOP (Small Out-Line Package) 等外形封装。

AT89S5x 单片机 DIP、LCC 和 QFP 封装, 实物示例如图 1-1 所示。

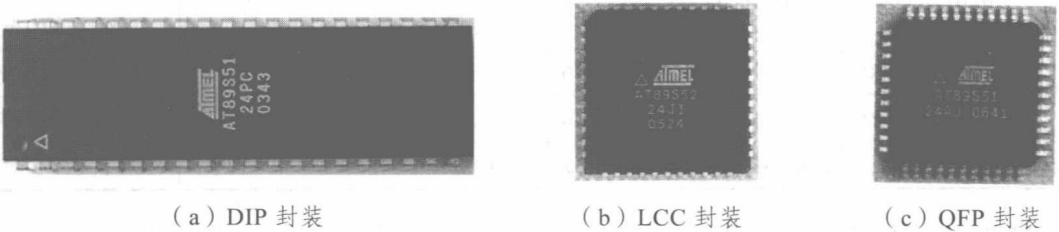


图 1-1 AT89S5x 的实物图片

其他类型的单片机实物示例如图 1-2 所示。

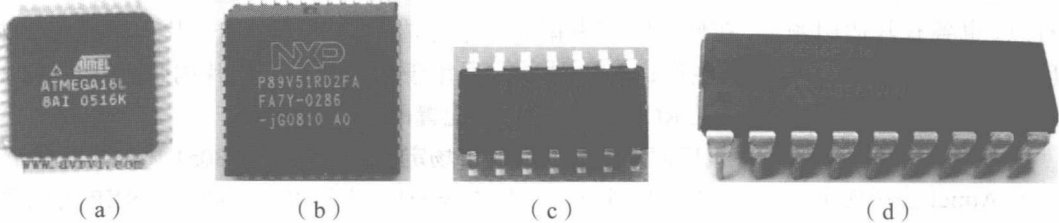


图 1-2 单片机实物图片

从外观上看，单片机就是一块集成电路。在模拟电路和数字电路中学习过的集成电路引脚功能基本上是固定的，而单片机的一些引脚的功能是可以通过编程进行控制的，一些引脚既可作输入又可作输出。以 PDIP40 封装为例，AT89S51 单片机引脚排列如图 1-3 所示。

(1) AT89S51 单片机的四个端口。

AT89S51 共有四个端口，分别命名为 P0、P1、P2 和 P3，每个端口都有八条引脚。

① PORT0 (P0.0 ~ P0.7)：端口 0 由 39 ~ 32 引脚组成，共 8 个位，分别用 P0.0 ~ P0.7 表示。P0 在作 I/O 使用时，需要外接上拉电阻，可以驱动 8 个 TTL 门。

P0 端口既可作 I/O 数据总线，也可作地址输出即作地址总线 (A0 ~ A7)。P0 端口送出的低位地址锁存作为 A0 ~ A7，再配合端口 P2 所送出的 A8 ~ A15 合成完整的 16 位地址总线，从而实现寻址 64K 的外部存储器空间。

② PORT1 (P1.0 ~ P1.7)：端口 P1 由 1 ~ 8 引脚组成，内部输出具有上拉电阻的双向 I/O 端口，其输出缓冲器可以驱动 4 个 TTL 门电路。除作输入/输出外，还具有特定的第二功能：

P1.5：MOSI (用于 ISP 编程，主机输出从机输入数据端)。

P1.6：MISO (用于 ISP 编程，主机输入从机输出数据端)。

P1.7：SCK (用于 ISP 编程，串行时钟输入端)。

8052 或是 8032 的 P1 口的第二功能是 P1.0 用于定时器 2 的外部脉冲输入端，而 P1.1 是 T2EX 功能，用于 T2 外部中断信号的触发输入端。

③ PORT2 (P2.0 ~ P2.7)：端口 P2 由 21 ~ 28 引脚组成，内部输出具有上拉电阻的双向 I/O 端口，每一个引脚可以驱动 4 个 TTL 门电路。P2 除了作一般 I/O 端口使用外，在扩充外接程序存储器或数据存储器时，还可作地址总线口输出地址高八位 (A8 ~ A15)。

④ PORT3 (P3.0 ~ P3.7)：端口 3 由 10 ~ 17 引脚组成，也是具有上拉电阻的双向 I/O 端口，可驱动 4 个 TTL 门电路。P3 口是一个多用途端口，既可作普通 I/O 端口，同时每个引脚都有另外的特殊控制功能 (第二功能)。P3 口线引脚的第二功能如表 1-2 所示。

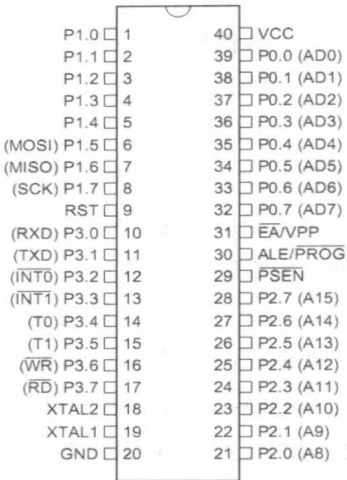


图 1-3 AT89S51 引脚图

表 1-2 P3 口线引脚的第二功能

| 引脚   | 第二功能 | 功能说明                   |
|------|------|------------------------|
| P3.0 | RXD  | 串行数据输入                 |
| P3.1 | TXD  | 串行数据输出                 |
| 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 的外部输入        |
| P3.5 | T1   | 定时器/计数器 1 的外部输入        |
| P3.6 | WR   | 外部数据存储器的写选通信号，WR=0 选通  |
| P3.7 | RD   | 外部数据存储器的读取选通信号，RD=0 选通 |

P3 口在实际使用中,先按需要用于第二功能使用,然后才用于作为数据位的输入输出使用。因此,P3 口主要用于功能控制。

使用中还需要特别注意的是:P0~P3 口各引脚作输入端时,必须先对该引脚置 1,然后再执行外部数据读入操作。

(2) 其他控制引脚。

①  $\overline{\text{PSEN}}$  (29 脚): 外部程序存储器的读选通信号输出端,低电平有效。

②  $\text{ALE}/\overline{\text{PROG}}$  (30 脚): 地址锁存允许/编程脉冲输入端。访问外部存储器时,ALE (地址锁存允许)的输出脉冲用于锁存地址的低位字节。即使不访问外部存储器,ALE 端仍以不变的频率输出脉冲信号(此频率是振荡器频率的 1/6)。对 Flash 存储器编程时,这个引脚用于输入编程脉冲  $\overline{\text{PROG}}$ 。

③  $\overline{\text{EA}}/\text{Vpp}$  (31 脚): 内部和外存储器选择控制/存储器编程电源端。当  $\overline{\text{EA}}=0$  时,CPU 访问外部程序存储器(地址为 0000H-FFFFH)。当  $\overline{\text{EA}}=1$  时,CPU 访问内部程序存储器(地址为 0000H-0FFFH)和外部程序存储器(地址为 1000H-FFFFH)。在对 Flash 存储器编程时,该脚允许接入 12 V 编程电压  $\text{Vpp}$ 。现在的单片机都采用内部程序存储器的方式,故  $\overline{\text{EA}}$  引脚在实际的电路中往往直接接电源。

④ RST (9 脚): 复位输入端。振荡器工作时,RST 引脚出现两个机器周期以上的高电平将使单片机复位,即单片机内部复位为初始状态。

⑤ XTAL2 (18 脚)、XTAL1 (19 脚)使用内部振荡器时,用来外接石英晶体和电容。使用外部时钟时,XTAL1 用来输入外部时钟脉冲,XTAL2 脚悬空。

⑥  $\text{V}_{\text{CC}}$  (40 脚): 电源正极。

⑦ GND (20 脚): 接地端。

### 3. AT89S51 单片机内部组成

AT89S51 单片机内部各部分组成框图如图 1-4 所示。

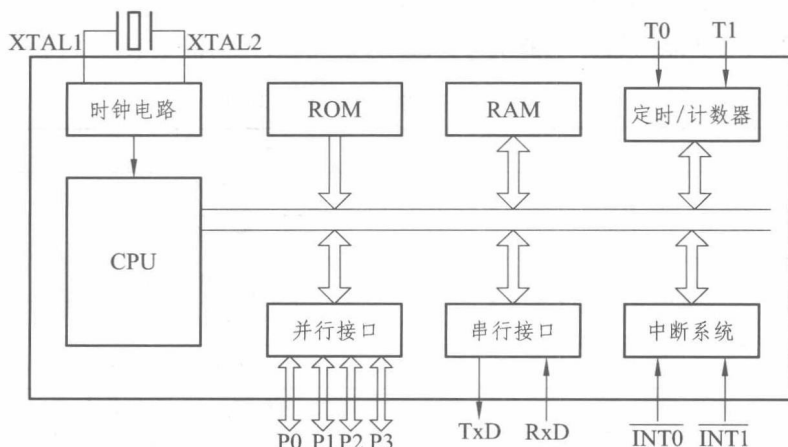


图 1-4 AT89S51 单片机结构框图

(1) 中央处理器 (CPU)。

AT89S51 单片机中央处理器是单片机的核心，完成运算和控制功能。AT89S51 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)。

51 系列单片机的内部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存储空间。基本型片内程序存储器 (ROM) 容量为 4 KB，增强型 (52) 内程序存储器容量为 8 KB。基本型片内存储器片内数据存储器 (RAM) 为 128 B，地址范围为 00H ~ 7FH。增强型内部存储器片内数据存储器 (RAM) 为 256 B，地址范围为 00H ~ FFH。数据存储器用于存放运算的中间结果、暂存数据和数据缓冲。

AT89S51 的内部 RAM 共有 256 个单元，这 256 个单元按其功能划分为低 128 单元 (单元地址 00H ~ 7FH) 和高 128 单元 (单元地址 80H ~ FFH) 两部分。高 128 单元是供给专用寄存器使用，用户使用的只有低 128 单元，用于存放可读写的的数据。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。

内部 RAM 的高 128 单元的功能已作专门定义，故而称之为专用寄存器，也称为特殊功能寄存器 (SFR)。如图 1-5 所示为 AT89S51 的 256 个片内 RAM 单元的分配图。



图 1-5 片内 RAM 分配图

(3) 内部程序存储器 (内部 ROM)。

标准 8051 内部有 4 KB ROM，AT89S51 内部用于存储程序的存储器为 Flash 存储器，容量依然为 4 KB，用于存放程序、原始数据或表格，因此称之为程序存储器，简称内部 ROM。

(4) 定时器/计数器。

AT89S51 内部共有 2 个 16 位的定时器/计数器，可以通过对应的 SFR 的设置，控制其计数长度以及实现定时或计数功能。当定时器产生溢出时将修改对应的定时中断标志，在允许中断时将使单片机进入中断处理。当然，也可以通过查询的方式得到定时或计数的结果。

另外，AT89S51 内部还有一个 14 位的 WDT (Watchdog Timer, 看门狗定时器)。WDT 启动后，在 16383 机器内必须再次复位，否则将在复位引脚上输出高电平使单片机复位。控制 WDT 的 SFR 地址为 0A6H，启动 (复位) 操作是向该单元连续写入 01EH 和 0E1H。

(5) 并行 I/O 口。

AT89S51 共有四个 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。

AT89S51 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。从前面端口线脚介绍可知,在 AT89S51 中,这个串行数据传输端是 P3 口的 P3.0 和 P3.1。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。

AT89S51 单片机的中断功能较强,以满足控制应用的需要。AT89S51 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。中断分为高级和低级两个优先级别。

(8) 时钟电路。

AT89S51 芯片的内部有时钟电路,但石英晶体和微调电容需外接。时钟电路为单机产生时钟脉冲序列。AT89S51 芯片的晶振频率一般为 6 MHz、11.059 2 MHz 和 12 MHz 等。

4. AT89S51 单片机内部特殊功能寄存器

AT89S51 与标准 8051 兼容,具有 21 个与 RAM 统一编址的特殊功能寄存器 (SFR),它们被离散地分布在内部 RAM 的 80H~FFH 地址单元中(不包括 PC),共占据了 128 个存储单元,构成了 SFR 存储块。其中字节地址能被 8 整除的(即十六进制的地址码尾数是 0 和 8 的)单元是具有“位寻址”功能的寄存器,即这些字节的每一位都有独立的位地址。标准 8051 的 SFR 的位地址/位符号如表 1-3 所示。

各类兼容 MCS-51 的单片机芯片中,把 8051 没有定义的 80H~FFH 地址段中的其他单元作为扩展功能的控制寄存器,实现一些特殊的功能扩展,如看门狗定时器、AD、DA、PWM 等功能模块。AT89S51 扩展使用了 5 个单元(AUXR、AUXR1、WDTRST、DP1L、DP1H),这几个单元的功能请参看 AT89S51 的数据手册。

表 1-3 标准 8051 的特殊功能寄存器

| SFR  | 位地址/位符号                                |      |      |      |      |      |      |      | 字节地址 |
|------|----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P0   | 87H                                    | 86H  | 85H  | 84H  | 83H  | 82H  | 81H  | 80H  | 80H  |
|      | P0.7                                   | P0.6 | P0.5 | P0.4 | P0.3 | P0.2 | P0.1 | P0.0 |      |
| SP   | 堆栈指针                                   |      |      |      |      |      |      |      | 81H  |
| DPL  | 数据指针 (DPTR) 16 位,分低 8 位 DPL 和高 8 位 DPH |      |      |      |      |      |      |      | 82H  |
| DPH  | 数据指针高 8 位 DPH                          |      |      |      |      |      |      |      | 83H  |
| PCON | SMOD                                   |      |      |      | GF1  | GF0  | PD   | IDL  | 87H  |
| TCON | 8FH                                    | 8EH  | 8DH  | 8CH  | 8BH  | 8AH  | 89H  | 88H  | 88H  |
|      | TF1                                    | TR1  | TF0  | TR0  | IE1  | IT1  | IE0  | IT0  |      |
| TMOD | GATE                                   | C/T  | M1   | M0   | GATE | C/T  | M1   | M0   | 89H  |
| TL0  | 定时器 0 低 8 位                            |      |      |      |      |      |      |      | 8AH  |
| TL1  | 定时器 1 低 8 位                            |      |      |      |      |      |      |      | 8BH  |
| TH0  | 定时器 0 高 8 位                            |      |      |      |      |      |      |      | 8CH  |



续表 1-3

| SFR  | 位地址/位符号     |       |       |       |       |       |       |       | 字节地址 |
|------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| TH1  | 定时器 1 高 8 位 |       |       |       |       |       |       |       | 8DH  |
| P1   | 97H         | 96H   | 95H   | 94H   | 93H   | 92H   | 91H   | 90H   | 90H  |
|      | P1.7        | P1.6  | P1.5  | P1.4  | P1.3  | P1.2  | P1.1  | P1.0  |      |
| SCON | 9FH         | 9EH   | 9DH   | 9CH   | 9BH   | 9AH   | 99H   | 98H   | 98H  |
|      | SM0         | SM1   | SM2   | REN   | TB8   | RB8   | TI    | RI    |      |
| SBUF | 串行接口数据缓冲器   |       |       |       |       |       |       |       | 99H  |
| P2   | A7H         | A6H   | A5H   | A4H   | A3H   | A2H   | A1H   | A0H   | A0H  |
|      | P2.7        | P2.6  | P2.5  | P2.4  | P2.3  | P2.2  | P2.1  | P2.0  |      |
| IE   | AFH         | AEH   | ADH   | ACH   | ABH   | AAH   | A9H   | A8H   | A8H  |
|      | EA          |       |       | ES    | ET1   | EX1   | ET0   | EX0   |      |
| P3   | B7H         | B6H   | B5H   | B4H   | B3H   | B2H   | B1H   | B0H   | B0H  |
|      | P3.7        | P3.6  | P3.5  | P3.4  | P3.3  | P3.2  | P3.1  | P3.0  |      |
| IP   |             |       |       | BCH   | BBH   | BAH   | B9H   | B8H   | B8H  |
|      |             |       |       | PS    | PT1   | PX1   | PT0   | PX0   |      |
| PSW  | D7H         | D6H   | D5H   | D4H   | D3H   | D2H   | D1H   | D0H   | D0H  |
|      | CY          | AC    | F0    | RS1   | RS0   | OV    | F1    | P     |      |
| ACC  | E7H         | E6H   | E5H   | E4H   | E3H   | E2H   | E1H   | E0H   | E0H  |
|      | ACC.7       | ACC.6 | ACC.5 | ACC.4 | ACC.3 | ACC.2 | ACC.1 | ACC.0 |      |
| B    | F7H         | F6H   | F5H   | F4H   | F37H  | F2H   | F1H   | F0H   | F0H  |
|      | B.7         | B.6   | B.5   | B.4   | B.3   | B.2   | B.1   | B.0   |      |

表中各寄存器的功能:

(1) 累加器 ACC, 8 位。用于向 AUL (算术逻辑单元) 提供操作数, 许多运算结果也放在累加器中。

(2) 寄存器 B, 8 位。主要用于乘、除运算。

(3) 程序状态寄存器 PSW (Program Status Word), 8 位。用于存放程序运行的状态信息, PSW 中各位状态通常是在指令执行的过程中自动形成的, 但也可以由用户根据需要采用传送指令加以改变。各位作用如下:

|       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PSW.7 | PSW.6 | PSW.5 | PSW.4 | PSW.3 | PSW.2 | PSW.1 | PSW.0 |
| CY    | AC    | F0    | RS1   | RS0   | OV    | FL    | P     |

CY: 进位、借位标志。有进、借位时 CY=1, 否则 CY=0。

AC: 辅助进位、借位标志 (高半字节与低半字节间的进位或借位)。