



高职高专 **电类专业** 基础课规划教材

# 基于 Proteus 的 单片机项目实践教程

◎ 刘燎原 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高职高专电类专业基础课规划教材

# 基于 Proteus 的单片机项目 实践教程

刘燎原 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书采用任务驱动、项目教学模式的编写思路,基于 Keil Vision 程序设计平台和 Proteus 硬件仿真平台,精心选取了 10 个项目,把单片机的各个知识点贯穿在其中。10 个项目按照从简单到复杂、从单一到综合的顺序排列,10 个项目分别为:点亮 LED、制作流水灯、制作手动计数器、设计倒计时、制作数字电压表、制作数字温度计、制作简易信号发生器、设计玩具小车调速系统、利用 PC 控制流水灯、设计电子钟。每个项目的内容安排都是一个闭环系统,包括:项目引入、任务描述、准备知识、项目实施、项目总结等环节。编程语言选用 C 语言,由简到难,知识点逐个突破。

本书适合作为高职高专院校电子信息、计算机应用技术、机电等相关专业单片机技术课程的教材,也可作为广大电子制作爱好者的自学用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

基于Proteus的单片机项目实践教程 / 刘燎原编著. —北京: 电子工业出版社, 2012. 12

高职高专电类专业基础课规划教材

ISBN 978-7-121-19139-8

I. ①基… II. ①刘… III. ①单片微型计算机—系统仿真—应用软件—高等职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第286801号

策划编辑: 贺志洪

责任编辑: 贺志洪 特约编辑: 张晓雪

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 15.5 字数: 407 千字

印 次: 2012 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 3000 册 定价: 31.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

当前我国高职教育课程正在经历一个革新的过程。传统的学科体系课程，由于其存在重知识、轻能力的问题，不能满足社会对高职人才的需求，正在逐步被项目教学等更适合高职教育特点的教学模式取代。高职院校要培养的人才应是“既懂理论，又懂实践，有一定的研发经验，并开发过一定项目或产品的实用型人才”。

本书就是顺应高职教学改革的需要，采用任务驱动、项目教学模式的编写思路，基于 Keil Vision 程序设计平台和 Proteus 硬件仿真平台，精心选取了 10 个项目，把单片机的各个知识点贯穿在其中。

本书的 10 个项目按照从简单到复杂、从单一到综合的顺序排列，10 个项目分别为：点亮 LED、制作流水灯、制作手动计数器、设计倒计时、制作数字电压表、制作数字温度计、制作简易波形发生器、设计玩具小车调速系统、利用 PC 控制流水灯、设计电子钟。每个项目的内容安排都是一个闭环系统，包括：项目引入、任务描述、准备知识、项目实施、项目总结等环节。每个项目对应若干个知识点，点亮 LED 主要介绍单片机最小系统，制作流水灯主要介绍单片机和 LED 的连接及程序控制，制作手动计数器主要介绍单片机和按键、数码管的连接及程序控制，设计倒计时主要介绍单片机的定时/计数器，制作数字电压表主要介绍单片机和 A/D 转换芯片的连接及程序控制；制作简易波形发生器主要介绍单片机和 D/A 转换芯片的连接及程序控制，利用 PC 控制流水灯主要介绍单片机和计算机之间串行通信的连接及程序控制等，通过 10 个项目的学习，学生可以较为全面地掌握单片机的基础知识和各项应用技能。

本书编程语言选用 C 语言，由简到难，知识点逐个突破。本书还引进 Proteus 仿真平台，突出学生软件编程能力、设计能力的培养，它可以充分仿真单片机系统工作情况，用构建的虚拟单片机系统代替实际硬件电路，程序运行于虚拟的 MCU 上，使软件调试不再依赖实物硬件电路，等仿真结果达到系统预期效果后，再进行硬件实物制作。

本书的项目 1 至项目 7、项目 9 为基础篇，参考学时为 76 学时；项目 8、项目 10 为提高篇，参考学时 14 学时，这两个项目为选学内容。各院校可根据具体情况进行教学，在教学中应给学生多提供硬件实物制作的机会，让学生边做边学，把看到的、听到的、手上做的结合起来。在这个过程中，学生学会思考，学会发现问题、解决问题，进而增强信心，提高学习积极性和锻炼能力。

本书教学资源丰富，为方便教师教学，本书配有已在多届学生中使用的电子教学课件、精品课程网站、大量实例源代码和仿真电路等教学资源，有需要的可以与作者联系（LLY091@163.COM），获得更多的教学服务支持。本书适合作为高职高专院校电子信息、计算机应用技术、机电等相关专业单片机技术课程的教材，也可作为广大电子制作爱好者的自学用书。本书由刘燎原编著。在本书选题、撰稿到出版的全过程中，得到了学院和出版社各位领导和老师的帮助，并提出了许多宝贵的意见和建议，在此一并表示衷心的感谢。

由于时间紧迫和编著水平有限，本书中难免有错误和不妥之处，在此真诚欢迎读者多提宝贵意见。

编 著

2012 年 10 月

## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

# 目 录

项目 1 点亮 LED	1
1.1 任务描述	1
1.2 准备知识	2
1.2.1 认识单片机	2
1.2.2 单片机最小系统	6
1.2.3 单片机的存储器	13
1.2.4 单片机 C 语言基础	19
1.3 项目实施	27
1.3.1 设计思路	27
1.3.2 硬件电路设计	27
1.3.3 程序设计	28
1.3.4 仿真调试	29
思考与练习	43
项目 2 制作流水灯	44
2.1 任务描述	44
2.2 准备知识	44
2.3 项目实施	48
2.3.1 设计思路	48
2.3.2 硬件电路设计	48
2.3.3 程序流程设计	49
2.3.4 仿真调试	52
2.3.5 程序烧录	52
思考与练习	57
项目 3 制作手动计数器	58
3.1 任务描述	58
3.2 准备知识	58
3.2.1 数码管静态显示	58
3.2.2 数码管动态显示	63
3.2.3 外部中断	66
3.3 项目实施	77
3.3.1 设计思路	77
3.3.2 硬件电路设计	77
3.3.3 软件编程	78
3.3.4 仿真调试	79
思考与练习	80



<b>项目 4 设计倒计时</b> .....	82
4.1 任务描述 .....	82
4.2 准备知识 .....	82
4.2.1 单片机定时/计数器 .....	82
4.2.2 键盘应用 .....	92
4.3 项目实施 .....	100
4.3.1 设计思路 .....	100
4.3.2 硬件电路设计 .....	100
4.3.3 程序设计 .....	100
4.3.4 仿真调试 .....	103
思考与练习 .....	105
<b>项目 5 制作数字电压表</b> .....	106
5.1 任务描述 .....	106
5.2 准备知识 .....	106
5.3 项目实施 .....	110
5.3.1 设计思路 .....	110
5.3.2 硬件电路设计 .....	110
5.3.3 程序设计 .....	110
5.3.4 仿真调试 .....	113
思考与练习 .....	114
<b>项目 6 制作数字温度计</b> .....	115
6.1 任务描述 .....	115
6.2 准备知识 .....	115
6.2.1 DS18B20 .....	115
6.2.2 LCD 液晶显示 .....	124
6.3 项目实施 .....	132
6.3.1 设计思路 .....	132
6.3.2 硬件电路设计 .....	132
6.3.3 程序设计 .....	132
6.3.4 仿真调试 .....	138
思考与练习 .....	139
<b>项目 7 制作简易波形发生器</b> .....	140
7.1 任务描述 .....	140
7.2 准备知识 .....	140
7.3 项目实施 .....	145
7.3.1 设计思路 .....	145
7.3.2 硬件电路设计 .....	146
7.3.3 程序设计 .....	146
7.3.4 仿真调试 .....	149
思考与练习 .....	150

<b>项目 8 设计玩具小车调速系统</b> .....	151
8.1 任务描述.....	151
8.2 准备知识.....	151
8.2.1 步进电动机.....	151
8.2.2 直流电动机调速.....	158
8.3 项目实施.....	161
8.3.1 设计思路.....	161
8.3.2 硬件电路设计.....	162
8.3.3 程序设计.....	162
8.3.4 仿真调试.....	165
思考与练习.....	167
<b>项目 9 利用 PC 控制流水灯</b> .....	168
9.1 任务描述.....	168
9.2 准备知识.....	168
9.2.1 单片机串行通信.....	168
9.2.2 单片机与 PC 之间的串行通信.....	181
9.3 项目实施.....	185
9.3.1 设计思路.....	185
9.3.2 硬件电路设计.....	185
9.3.3 程序设计.....	185
9.3.4 仿真调试.....	187
思考与练习.....	190
<b>项目 10 设计电子钟</b> .....	191
10.1 任务描述.....	191
10.2 准备知识.....	191
10.2.1 DS1302 应用.....	191
10.2.2 图形点阵 12864.....	199
10.3 项目实施.....	208
10.3.1 设计思路.....	208
10.3.2 硬件电路.....	208
10.3.3 软件设计.....	209
10.3.4 仿真调试.....	219
思考与练习.....	221
<b>附录 A 单片机 C 语言</b> .....	222
<b>附录 B 单片机 C 语言编程模板</b> .....	225
<b>附录 C Proteus 元件英文符号</b> .....	228
<b>附录 D I<sup>2</sup>C 器件 AT24C04 的原理与应用</b> .....	230
<b>参考文献</b> .....	238



# 项目 1 点亮 LED

## 【项目引入】

在现代各种常用的电器中都有 LED 灯的使用，要求 LED 按照一定的频率闪烁，这实际上就是一个最简单的单片机控制电路。发光二极管 LED 是一种最简单和常用的电子器件，如图 1-1 所示。单片机的学习就从点亮 LED 灯开始。本节任务就是利用单片机驱动 LED 电路，设计程序使其点亮或闪烁。

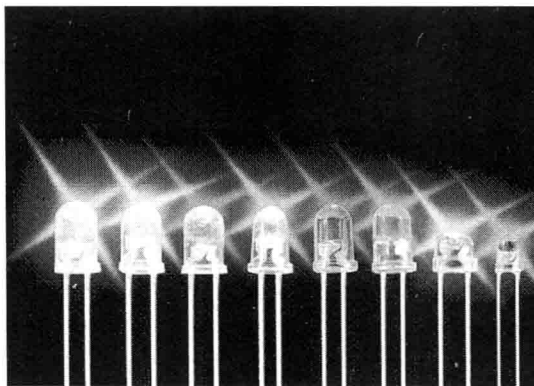


图 1-1 发光二极管 LED

## 【知识目标】

- 了解单片机的基本结构；
- 掌握单片机的引脚；
- 掌握单片机最小系统的组成；
- 掌握 C51 基本语法。

## 【技能目标】

- 会安装和使用 Keil、Proteus；
- 能制作单片机的最小系统硬件电路。

## 1.1 任务描述

设计简单的单片机驱动 LED 闪烁的控制电路，借助 Keil Vision 完成程序的编写，在 Proteus 中完成仿真。

## 1.2 准备知识

### 1.2.1 认识单片机

#### 1. 单片机的概念

##### (1) 计算机

要清楚什么是单片机，还要从计算机讲起。图 1-2 所示的计算机是由中央处理器(CPU)、存储器、输入/输出接口电路 (I/O) 和外设，依靠系统总线（地址、数据、控制）相连而形成的硬件系统。它的硬件结构图如图 1-3 所示。



图 1-2 计算机

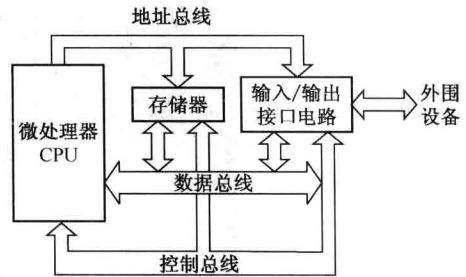


图 1-3 计算机硬件结构图

##### (2) 单片机

随着大规模集成电路技术的发展，构成微型计算机的 CPU、ROM、RAM、I/O 接口等主要功能部件及总线集成在同一块芯片上，成为单芯片的微型计算机 (Single Chip MicroComputer)，简称单片机 (微控制器)，如图 1-4 所示。图 1-5 是由 ATMEL 公司生产的一个最常用的单片机芯片 AT89S52。

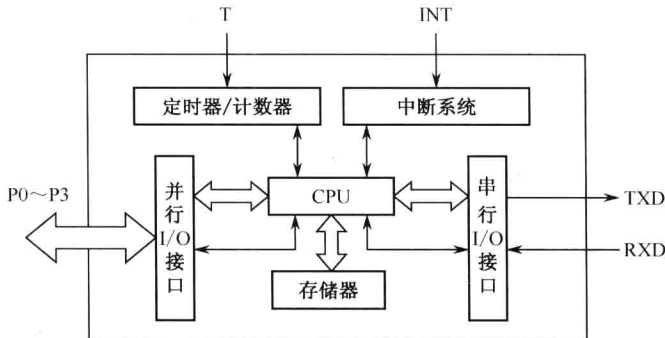


图 1-4 单片机内部结构

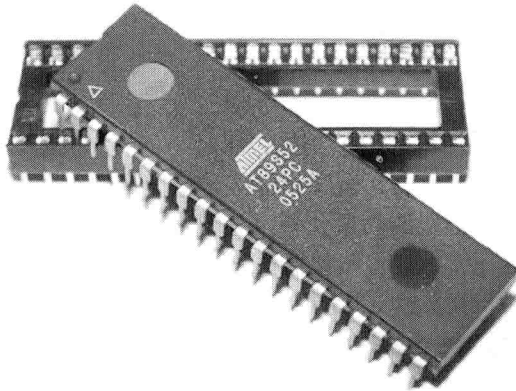


图 1-5 单片机芯片

### (3) 嵌入式系统

嵌入式系统一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序等 4 个部分组成。它与一般单片机的区别，一是带有嵌入式操作系统，二是它是 32 位或更高位系统，一般的核心为 ARM、DSP、FPGA 等。单片机系统一般不带操作系统，其实 ARM 就是单片机的进一步发展。

## 2. 单片机的发展与分类

1975 出现了第一块 4 位单片机。单片机的发展经历了 4 位、8 位、16 位、32 位机的各个阶段。出现较早也是较成熟的单片机为 Intel 公司的 MCS-51 系列，如 Intel 8031、Intel 8051、Intel 8751 等型号。该单片机的字长为 8 位，具有完善的结构和优越的性能，以及较高的性价比和要求较低的开发环境。因此，后来很多厂商或公司沿用或参考了 Intel 公司的 MCS-51 内核，相继开发出了自己的单片机产品，如 PHILIPS、Dallas、ATMEL 等公司，并增加和扩展了单片机的很多功能。单片机型号很多，将采用 MCS-51 内核的单片机常简称为 51 系列单片机。目前市场流行的 8 位单片机多为 ATMEL 公司的 AT89 系列、国内品牌 STC 系列等。

STC 单片机为增强 51 系列，支持串口在线下载 (ISP)、内部看门狗和内部 E<sup>2</sup>PROM 在应用编程 (IAP)，个别型号内部设计有 A/D 转换器。由于 STC 单片机功能强且价格低，市场容易购置，实验和研发成本较低。

国内应用的单片机型号有：

- INTEL 公司——8031，8051。
- ATMEL 公司——AT89 系列 (AT89S51)，AVR 单片机 (ATMEGA48)。
- 宏晶公司——STC12C5410AD。
- MICROCHIP 公司——PIC 系列 (PIC16F877)。
- MOTOROLA 公司——M68HC08 系列 (MC68HC908GP32)。
- TI 公司——德州仪器，TMS370 和 MSP430 系列，MSP430 系列单片机。

## 3. 单片机应用

单片机的应用非常广泛，涉及到我们生活中的各个领域。它有较强的数据运算和处理的能



力，它可以嵌入到很多电子设备的电路系统中，实现智能化检测和控制。单片机应用主要集中在以下几个方面。

(1) 自动控制

工业自动化控制是最早采用单片机控制的领域之一。单片机结合不同类型的传感器，可实现电信号、湿度、温度、流量、压力、速度和位移等物理量的测量。例如：智能电度表，可用于家用电器的功率、用电量及电费的测量计算，如图 1-6 所示。它在测控系统、工业生产机器人的过程控制、医疗、机电一体化设备和仪器仪表中有着广泛的应用。典型产品如机器人、数控机床、自动包装机、验钞机（如图 1-7 所示）、医疗设备、打印机、传真机、复印机等。

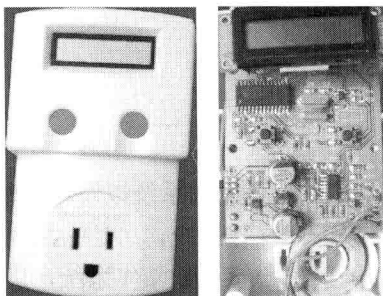


图 1-6 智能电度表

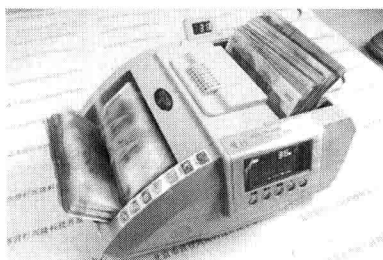


图 1-7 验钞机

(2) 家用电器

单片机系统具有体积小、功耗低、扩展灵活、微型化和使用方便等优点，在家用电器方面也有着广泛应用。单片机系统能够完成电子系统的输入和自动操作，非常适合于对家用电器的智能控制。嵌入单片机的家用电器实现了智能化，使传统型家用电器更新换代，现已广泛应用于全自动洗衣机、空调、电视机、微波炉、电冰箱以及各种视听设备中。

(3) 其他领域

智能化的集中显示系统、动力监测控制系统、自动驾驶系统、通信系统和运行监视各种仪表等装置中都离不开单片机。单片机在机器人、汽车、航空航天、军事等领域也有广泛的应用。

### 4. 单片机产品的开发

(1) 单片机产品的开发

单片机的运行需要必要的硬件和软件，而程序就是单片机系统的软件。通过程序下载到单片机内部 ROM 中，可以让单片机运行，从而实现微型计算机的基本功能，这就是单片机的开发，如图 1-8 所示。虽然单片机不能加载复杂的操作系统，但它是一种程序简单芯片化的计算机，各功能部件在芯片中的布局 and 结构达到最优化，抗干扰能力加强，工作亦相对稳定。

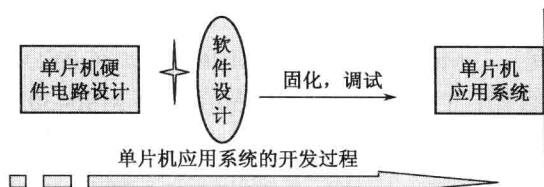


图 1-8 单片机开发过程



## (2) 单片机产品的开发工具

① 单片机应用开发软件。单片机完成各种操作是通过程序来实现控制的，编程的语言可以是汇编语言或 C 语言，汇编语言直接面向机器，而 C 语言通读性强。编程的调试软件较多，有伟福、MedWin、Keil  $\mu$ Vision 等，常用的是 Keil  $\mu$ Vision。它是德国 Keil 软件公司开发的基于 8051 内核的微控制器软件开发平台，如图 1-9 所示。

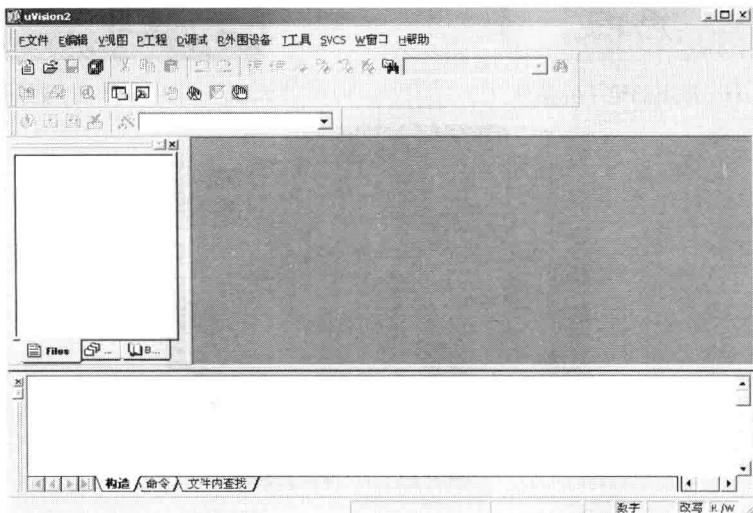


图 1-9 Keil  $\mu$ Vision 操作界面

② Proteus 仿真软件。Proteus 仿真软件是以英国 LabCenter Electronics 公司开发的目前较好的单片机及外围器件的仿真工具。它由 ISIS 和 ARES 两个软件构成，其中 ISIS 是原理图编辑与仿真软件，ARES 是布线编辑软件。利用该仿真软件，在没有硬件的情况下，不仅可将许多单片机实例功能形象化，也可将许多单片机实例运行过程形象化，易于理解系统硬件的组成和提高学习兴趣，是单片机教学的先进手段。Proteus 界面如图 1-10 所示。



图 1-10 Proteus 界面

③ 单片机硬件电路设计的器件及调试工具。在单片机的硬件电路设计中，有些常用的电子元器件，例如：单片机、LCD、矩阵键盘、发光二极管、数码管、晶振等，如图 1-11 所示。在完成电路焊接后，需要用到烧录器把编制的程序烧录到电路板的单片机芯片中，烧录器如图 1-12 所示。现在很多简单实用的单片机开发板已慢慢代替了烧录器，如图 1-13 所示。单片机开发板不仅可以烧录程序，还可以作为学习工具用来完成各种单片机实验，有的还可以作为仿真器使用。

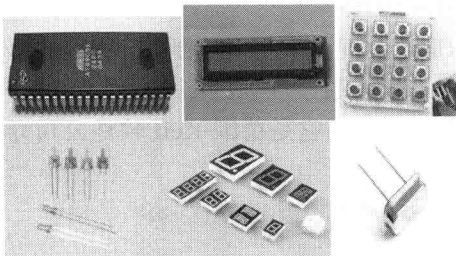


图 1-11 常用的电子元件

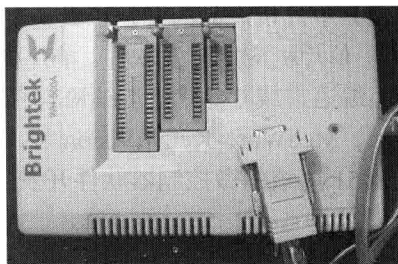


图 1-12 专门烧录器

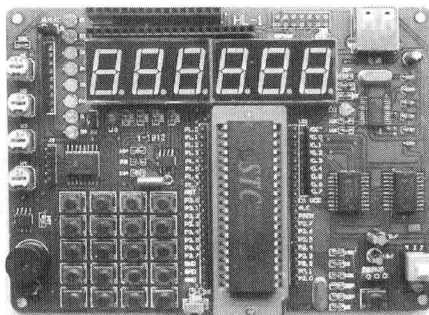


图 1-13 单片机开发板

## 1.2.2 单片机最小系统

单片机型号很多，采用 MCS-51 内核的单片机常简称为 51 系列单片机。目前市场流行的 8 位单片机多为 ATMEL 公司的 AT89 系列、国内品牌 STC 系列等。所以本书主要讲述 ATMEL 公司的 AT89S51 芯片。

### 1. 单片机内部结构

AT89S51 芯片的内部结构如图 1-14 所示，它主要由以下几个部件组成。

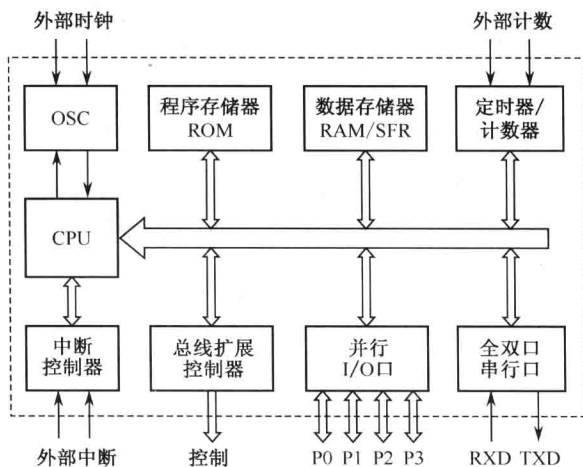


图 1-14 AT89S51 芯片内部结构



### (1) 中央处理器

中央处理器 (CPU) 是整个单片机的核心部件, 是 8 位数据宽度的处理器, 能处理 8 位二进制数据或代码。CPU 负责控制、指挥和调度整个单元系统协调的工作, 完成运算和控制输入输出功能等操作。

### (2) 数据存储器 (RAM)

AT89S51 内部有 128 字节数据存储器 (RAM) 和 21 个专用寄存器单元, 它们是统一编址的。专用寄存器有专门的用途, 通常用于存放控制指令数据, 不能用做用户数据的存放。用户能使用的 RAM 只有 128 个字节, 可存放读/写的数据、运算的中间结果或用户定义的字型表。

### (3) 程序存储器 (ROM)

AT89S51 共有 4K 字节程序存储器 (FLASH ROM), 用于存放用户程序和数据表格。

### (4) 定时/计数器

AT89S51 有两个 16 位的可编程定时/计数器, 以实现定时或计数。当定时/计数器产生溢出时, 可用中断方式控制程序转向。

### (5) 并行输入输出 (I/O) 口

AT89S51 共有 4 个 8 位的并行 I/O 口 (P0、P1、P2、P3), 用于对外部数据的传输。

### (6) 全双工串行口

AT89S51 内置一个全双工异步串行通信口, 用于与其他设备间的串行数据传送。该串行口既可以用做异步通信收发器, 也可以当同步移位器使用。

### (7) 中断系统

AT89S51 具备较完善的中断功能, 有 5 个中断源 (两个外中断、两个定时/计数器中断和一个串行中断), 可基本满足不同的控制要求, 并具有 2 级的优先级别选择。

### (8) 时钟电路

AT89S51 内置最高频率达 12MHz 的时钟电路, 用于产生整个单片机运行的时序脉冲, 但需外接晶体振荡器和振荡电容。

## 2. 单片机的外部引脚

常用的 AT89S51/52、STC89C51 单片机都采用 DIP40 封装。图 1-15 (a) 所示为 DIP40 单片机封装外形引脚的分布, 图 1-15 (b) 所示为 40 个引脚单片机的电路符号。40 个引脚按功能分为 4 个部分, 即电源引脚、时钟引脚、控制信号引脚以及 I/O 端口引脚。

### (1) 电源引脚

$V_{CC}$  (40 脚): 单片机电源正极引脚。

$V_{SS}$  (20 脚): 单片机的接地引脚。

在正常工作情况下,  $V_{CC}$  接 +5V 电源。为了保证单片机运行的可靠性和稳定性, 提高电路的抗干扰能力, 电源正极与地之间可接有  $0.1\mu\text{F}$  独立电容。

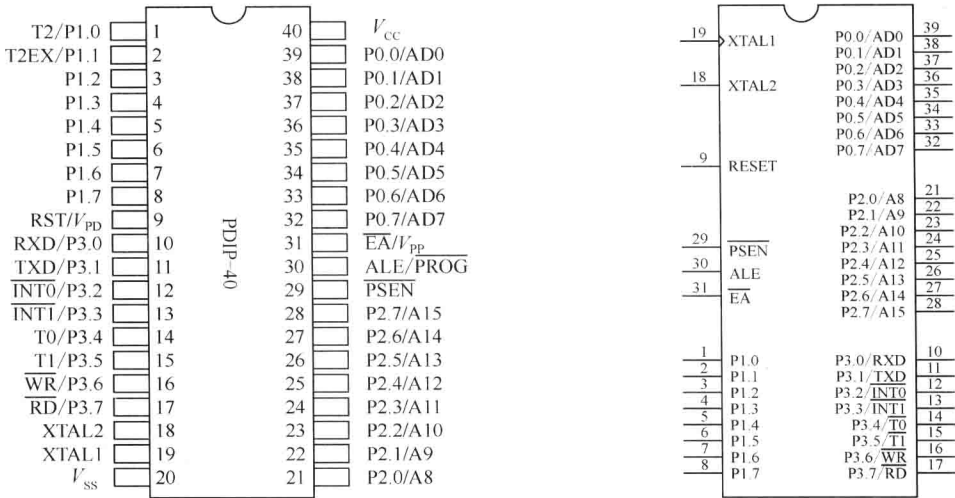
### (2) 时钟引脚

单片机有两个时钟引脚, 用于提供单片机的工作时钟信号。单片机是一个复杂的数字系统, 内部 CPU 以及时序逻辑电路都需要时钟脉冲, 所以单片机需要有精确的时钟信号。

XTAL1 (19 脚): 内部振荡电路反相放大器的输入端。

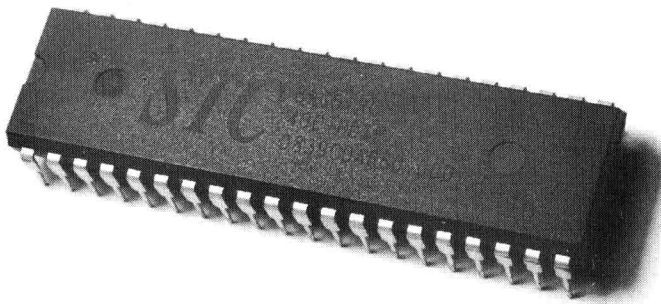
XTAL2 (18脚): 内部振荡电路反相放大器的输出端。

单片机的振荡电路有两种组成方式, 片内振荡器和片外振荡器, 如图 1-16 所示。



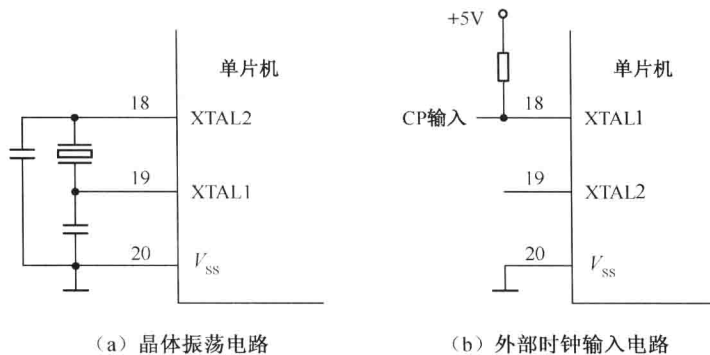
(a) 单片机DIP40引脚分布

(b) DIP40引脚单片机电路符号



(c) 实物外形

图 1-15 DIP40 单片机的引脚分布、电路符号与外形图



(a) 晶体振荡电路

(b) 外部时钟输入电路

图 1-16 单片机时钟电路

① 图 1-16 (a) 使用内部振荡电路, 外接石英晶体。

② 图 1-16 (b) 是利用外部振荡脉冲输入, XTAL1 接外部时钟振荡脉冲, XTAL2 可以





悬空不用或接地。

### (3) 控制信号引脚

**RST/V<sub>PD</sub>** (9脚): 复位/备用电源引脚。

- 正常工作时, RST (RESET) 端为复位信号输入端。对此引脚施加两个机器周期的高电平可使单片机复位 (Reset)。单片机正常工作时, 此引脚应为低电平。
- 在  $V_{CC}$  掉电情况下, 该引脚还可接上备用电源 (+5V), 在系统工作的过程中, 如果  $V_{CC}$  低于规定的电压值,  $V_{PD}$  向片内 RAM 提供电源, 以保持 RAM 内的信息不丢失。

**ALE/ $\overline{\text{PROG}}$**  (30脚): 地址锁存允许信号输出/编程脉冲引脚。

- ALE: 在扩展了外部存储器的单片机系统中, 单片机访问外部存储器时, ALE 用于锁存低 8 位的地址信号。如果系统没有扩展外部存储器, ALE 端输出周期性的脉冲信号, 频率为时钟振荡频率的 1/6, 可用于对外输出的时钟。
- $\overline{\text{PROG}}$ : 对于 EPROM 型单片机中, 对闪存进行编程期间 (也称“烧录程序”) 时, 此引脚用于输入编程脉冲。

**$\overline{\text{PSEN}}$**  (29脚): 输出访问片外程序存储器的读选通信号。在 CPU 从外部程序存储器取指令期间, 该信号每个机器周期两次有效。在访问片外数据存储器期间, 这个  $\overline{\text{PSEN}}$  信号将不会出现。

**$\overline{\text{EA}}/V_{PP}$**  (31脚): 内外 ROM 选择/编程电源引脚。

- 正常工作时, EA 为内外 ROM 选择端, 用于区分片内外低 4KB 范围程序存储器空间。该引脚接高电平时, CPU 访问片内程序存储器 4KB 的地址范围, 若 PC 值超过 4KB 的地址范围, CPU 将自动转向访问片外程序存储器; 当此引脚接低电平时, 则只访问片外程序存储器, 忽略片内程序存储器。8031 单片机没有片内程序存储器, 此引脚必须接地。
- 对于 EPROM 型单片机, 在编程期间, 此引脚用于施加较高的编程电压  $V_{PP}$ , 一般为 +21V。

### (4) 单片机的 I/O 端口引脚

单片机的 I/O 端口是用来输入信息和控制输出的端口, 51 单片机共有 P0、P1、P2、P3 四组端口, 分别与单片机内部 P0、P1、P2、P3 四个寄存器对应, 每组端口有 8 位, 因此 DIP40 封装的 51 单片机共有 32 个 I/O 端口。

**P0 口 (32~39脚):** 分别是 P0.0~P0.7, 与其他 I/O 口不同, P0 口是漏极开路型双向 I/O 端口。它的功能如下:

- 作为普通的 I/O 端口使用, 则要求外接上拉电阻或排阻, 每位以吸收电流的方式驱动 8 个 LSTTL 门电路或其他负载。
- 在访问片外存储器时, 作为与外部传送数据的 8 位数据总线 (D0~D7), 此时不需外接上拉电阻。
- 在访问片外存储器时, 也作为扩展外部存储器时的低 8 位地址总线 (A0~A7), 此时不需外接上拉电阻。

**P1 口 (1~8脚):** 分别是 P1.0~P1.7, P1 口是一个带内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 端口, 每位能驱动 4 个 LSTTL 门负载。这种接口没有高阻状态, 输入不能锁存, 因而不是真正双向 I/O 端口。