



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电子信息类精品教材

单片机原理及应用

——基于51与高速SoC51

(第2版)

• 何秋生 刘振宇 主编 • 原菊梅 马春燕 副主编
• 夏路易 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
电子信息类精品教材

单片机原理及应用

——基于 51 与高速 SoC51

(第 2 版)

何秋生 刘振宇 主 编
原菊梅 马春燕 副主编
夏路易 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书首先以 AT89S51 为例简单介绍 51 单片机的基本结构、工作原理、硬件设计基础，同时介绍了相应的汇编程序设计与 C 程序设计，并以 AT89S51 的简单实验电路为硬件平台，设计了实现不同功能的例题，可以使读者快速入门单片机；随后介绍高速 SoC 增强型 51 单片机 C8051F330，加深读者对新型 51 内核单片机内部模块的理解与应用，快速上手智能电子产品的开发。

本书给出了与 AT89S51 单片机简单实验电路为硬件平台相对应的大量例题，这些例题的程序中没有用到复杂的 C 语法，全部通过 Keil 软件编译、连接，并加了注释，目的是使读者轻松读懂单片机程序。

本书可作为高等学校有关专业单片机课程的教材，以及单片机爱好者学习单片机的自学用书，也可供从事自动控制、智能仪器仪表、测控、智能一体化以及各类从事单片机应用系统设计的工程技术人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用：基于 51 与高速 SoC51 / 何秋生，刘振宇主编. —2 版. —北京：电子工业出版社，2014.7
ISBN 978-7-121-23143-8

I. ①单… II. ①何… ②刘… 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 (2014) 第 090470 号

策划编辑：韩同平

责任编辑：韩同平

印 刷：三河市鑫金马印装有限公司

装 订：三河市鑫金马印装有限公司

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：787×1092 1/16 印张：23 字数：600 千字

版 次：2010 年 4 月第 1 版

2014 年 7 月第 2 版

印 次：2014 年 7 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：49.90 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，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

虽然芯片生产厂商开发出了各种各样的单片机新产品，但应用最广、技术最成熟、资料最多的仍是 51 系列单片机，国内各个大学以 51 单片机作为单片机课程的教学内容，培养出大量的单片机人才。

在市场需求与技术进步的推动下，众多单片机生产厂商获得了 51 单片机生产许可后，开发出了基于 51 内核的新型单片机，使 51 单片机家族长盛不衰。

本书第 1 版为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

这次的第 2 版是在第 1 版的基础上，结合高等学校单片机课程的教学现状，以及广大师生的反馈意见，对全书的内容、结构重新进行了编排，并补充完善了相应内容，以满足高等学校单片机课程教学的需要，以及广大工程技术人员对学习、掌握 51 单片机应用技术的需要。

本书重点考虑了以下问题：

(1) 注重原理和应用的结合，避免只关注原理介绍和例题分析。本书基础篇在介绍 51 单片机原理的基础上，以 Atmel 公司的 AT89S51 为例设计了相应的实验电路，并以此实验电路为平台，设计了大量的例题，通过例题可以使学生进一步熟悉并掌握单片机的工作原理，也可以通过学习原理来加强学生设计单片机应用系统的能力。

(2) 突出内容的典型性和实用性。本书中给出的例题，都是最常用、简单和典型的方案，学生可以在设计系统时直接将例题中的方案应用于系统设计中，因此非常有利于提高学生设计单片机系统的效率。

(3) 注重内容深入浅出，通俗易懂，注重电路易于设计，便于自学。本书中给出的电路都是用常用元件搭建而成的，尤其是用 AT89S51 设计的实验电路，学生可以很容易地利用万能板搭建起来，可以提高学生学习单片机的兴趣。

本书共分 3 篇：基础篇、提高篇和高级篇。基础篇主要包括第 1~4 章，介绍 51 单片机结构、指令系统与汇编语言程序设计、C 程序设计，并以 AT89S51 单片机简单实验电路为硬件平台给出了大量的例题程序；提高篇包括第 5~8 章，主要包括 51 单片机的存储器扩展、显示系统扩展，以及中断、定时器、通信模块工作原理与 ADC 芯片、DAC 芯片的接口技术；高级篇包括第 9~12 章，主要介绍 C8051F330 单片机的工作原理、功能模块与通信接口，以及智能仪器设计基础。

本书介绍的两种单片机都可以实现在系统编程，读者可以花费极低的成本自己制作编程电缆，并实现自制实验装置，为自己建立起实践单片机的实验平台。

本书适合作为单片机课程或智能仪表设计课程的教材，具体教学安排如下：

32 学时安排：课堂教学 20 学时，讲授第 1~4 章，实验 12 学时，其他章节简要介绍。

48 学时安排：课堂教学 32 学时，讲授第 1~8 章，实验 16 学时，其他章节简要介绍。

56 学时安排：课堂教学 40 学时，讲授第 1~10 章，实验 16 学时。

参加本书编写工作的有太原理工大学马春燕（第 7 章），陈燕（第 9 章），武兴华（第 11 章），张灵（第 8 章），郑丽君（第 3 章）；山西农业大学刘振宇（第 1、10 章），刘琪芳（第 6 章）；太原科技大学何秋生（第 5、12 章），刘红兵（第 4 章）；太原工业学院原菊梅（第 2 章）。何秋生和刘振宇任主编，负责全书的组织、修改与定稿；原菊梅和马春燕任副主编，协

助主编工作；夏路易任本书的主审。

本书在编写过程中，参考了 Atmel、Silicon Laboratories、Keil 公司的数据手册与应用注释。广州周立功单片机发展有限公司的网站、新华龙公司的网站、众多 51 内核单片机等网站提供的资料以及相关 51 内核单片机的参考书，在此对这些网站、网站资料作者与参考书作者表示衷心感谢！

由于编者水平有限，错误与不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者电子邮件：heqs2008@126.com

编 者

本书中电气图形符号和文字说明

- 本书内容较新，为便于读者学习和查阅有关资料，电气图形符号采用国际通行画法或旧的国家标准。
- 本书有些实际电路图，由 Protel 98 软件辅助设计，其电气图形符号及元件值的标注方法及单位与软件一致，与规范有差别。
- 元器件标号，例如电阻 R_1 ，正文中用 R_1 表示，而电路图中多数情况下用 R1 表示。

目 录

基 础 篇

第 1 章 单片机概述	1
1.1 单片机发展概况	1
1.2 基于 51 内核的单片机	2
1.3 单片机的常用术语	2
1.4 单片机特点及应用	4
习题 1	5
第 2 章 51 单片机结构及硬件系统设计基础	6
2.1 单片机的基本结构	6
2.2 单片机的引脚	7
2.3 单片机的内部结构	10
2.3.1 51 单片机的内部结构	10
2.3.2 51 单片机的存储器	12
2.3.3 时序与指令周期	17
2.4 单片机硬件系统设计基础	18
2.4.1 单片机基础知识	18
2.4.2 从数据手册了解 AT89S51 单片机	22
2.4.3 AT89S51 单片机最小系统	24
2.4.4 基于 STC89C51RC 单片机的最小系统	28
习题 2	32
第 3 章 51 单片机的指令系统与汇编程序	34
3.1 51 单片机的指令与指令系统	34
3.2 寻址方式	34
3.3 51 单片机指令	36
3.3.1 数据传送指令	36
3.3.2 算术运算指令	37
3.3.3 逻辑运算指令	38
3.3.4 控制转移指令	39
3.3.5 位操作指令	40
3.4 汇编语言程序设计	41
3.4.1 汇编语言简介	41
3.4.2 汇编器	43
3.4.3 Keil 环境下汇编程序设计过程	44
3.5 汇编程序设计举例	50
习题 3	53

第 4 章 C51 程序设计	54
4.1 C51 程序与汇编程序的不同之处	54
4.2 C 语言基础知识	55
4.3 运算符	62
4.4 C 程序基本结构与流程控制	65
4.4.1 C 程序设计的 3 种基本结构	65
4.4.2 条件与分支结构	66
4.4.3 各种循环结构	68
4.5 C51 中的构造数据类型	70
4.5.1 数组	71
4.5.2 指针	71
4.5.3 结构体	73
4.5.4 共用体	75
4.5.5 枚举	76
4.5.6 用 typedef 重定义数据类型	76
4.6 函数	77
4.6.1 定义函数	77
4.6.2 调用函数	79
4.6.3 函数变量的作用域	81
4.7 编译预处理	81
4.8 C51 内部函数	83
4.9 C51 编译过程中用到的文件	84
4.10 C51 程序结构	85
4.11 Keil 环境下 C 程序设计过程	88
4.12 AT89S51 单片机 C51 程序举例	89
习题 4	92

提 高 篇

第 5 章 51 单片机的存储器扩展	94
5.1 存储器概述	94
5.2 存储器并行扩展	95
5.2.1 地址锁存器及地址译码器	96
5.2.2 51 单片机扩展 ROM	97
5.2.3 51 单片机扩展 RAM	102
5.3 存储器串行扩展	105
5.3.1 I ² C 总线简介	105
5.3.2 I ² C 接口的 E ² PROM 存储器芯片 24C02	106
5.3.3 读写 I ² C 接口存储器 24C02 举例	108
习题 5	111

第 6 章 51 单片机的显示扩展	112
6.1 单片机系统中的数码管显示扩展.....	112
6.1.1 数码管显示原理.....	112
6.1.2 数码管显示扩展.....	113
6.2 液晶显示器在单片机系统中的扩展.....	118
6.2.1 字符型液晶 LCD 1602 简介.....	119
6.2.2 液晶 1602 常用的 C51 读写及初始化程序.....	124
6.2.3 液晶 1602 在单片机系统中的应用.....	125
6.3 LED 点阵屏扩展.....	128
6.3.1 点阵屏工作原理.....	128
6.3.2 点阵屏显示接口及举例.....	129
习题 6.....	132
第 7 章 51 单片机的中断、定时与串行通信	134
7.1 51 单片机的中断.....	134
7.1.1 中断原理.....	134
7.1.2 具有中断的汇编与 C 程序举例.....	138
7.2 51 单片机的定时器.....	140
7.2.1 定时器基础.....	140
7.2.2 定时器的 4 种工作方式.....	142
7.2.3 具有定时器的汇编与 C 程序举例.....	145
7.3 51 单片机的串行口和控制寄存器.....	150
7.3.1 串行口工作原理.....	150
7.3.2 RS-232 接口.....	152
7.3.3 单片机串口与 PC 通信举例.....	153
习题 7.....	158
第 8 章 51 单片机 ADC 与 DAC 接口	160
8.1 模拟量接口技术.....	160
8.1.1 单电源运放工作原理.....	160
8.1.2 测量模拟电压与电流的接口电路.....	165
8.1.3 温度测量接口技术.....	170
8.1.4 应力测量接口技术.....	176
8.1.5 光耦隔离输入技术.....	179
8.2 模拟量输出电路.....	180
8.2.1 电压电流转换电路.....	180
8.2.2 功率输出接口技术.....	181
8.3 51 单片机串行连接 ADC.....	186
8.3.1 TLC1549 简介.....	186
8.3.2 TLC1549 芯片应用举例.....	189
8.4 51 单片机串行连接 DAC.....	192

8.4.1 TLC5615 简介	192
8.4.2 89S51 单片机驱动 TLC5615 芯片举例	194
习题 8	196

高级篇

第 9 章 C8051F330 单片机技术基础	198
9.1 C8051F330 单片机特点	198
9.2 C8051F330 单片机的 CIP-51 内核	199
9.3 C8051F330 单片机的存储器结构	201
9.4 C8051F330 单片机的电源管理方式	205
9.5 C8051F330 单片机的复位源	205
9.6 C8051F330 单片机的时钟电路	209
9.7 C8051F330 单片机实验板设计	213
习题 9	217
第 10 章 C8051F 单片机功能模块工作原理	218
10.1 C8051F330 单片机的输入/输出端口	218
10.2 C8051F330 单片机的中断	227
10.3 C8051F330 单片机的定时器	232
10.3.1 定时器 0 与定时器 1	232
10.3.2 定时器 2	237
10.3.3 定时器 3	241
10.4 C8051F330 单片机的 FLASH 存储器	244
10.5 C8051F330 单片机的 10 位模数转换器 ADC0	250
10.6 C8051F330 单片机的 10 位电流模式 DAC (IDA0)	259
10.7 C8051F330 单片机的电压基准	263
10.8 C8051F330 单片机的模拟电压比较器	265
10.9 C8051F330 单片机的可编程计数器阵列	269
习题 10	280
第 11 章 C8051F330 单片机的通信接口	281
11.1 串行外设接口 (SPI0)	281
11.2 异步通信接口 UART0	287
11.3 SMBus 接口	295
习题 11	303
第 12 章 基于 51 内核单片机的智能仪表设计	304
12.1 电子系统智能化与智能仪表概述	304
12.2 智能仪表中的数据处理的算法	306
12.2.1 常用软件滤波算法	306
12.2.2 热电阻与热电偶的非线性校正算法	308
12.2.3 标度变换	310
12.3 周期与频率测量算法	310

12.4	控制算法	313
12.4.1	位式控制算法	313
12.4.2	PID 控制算法	315
12.5	软件任务的编程实现	321
12.6	智能仪表抗干扰技术	326
12.7	简易智能仪表设计举例	329
12.7.1	基于 PT100 传感器测温的智能测温仪表	329
12.7.2	采用热敏电阻 KTY81 测温的智能测温仪表	337
12.7.3	数显压力控制仪表设计	341
12.7.4	采用 C8051F330 单片机的数显转速表	343
12.7.5	电机工作电流与电压监测报警电路设计	346
12.7.6	全自动反冲洗滤水器控制电路设计	349
12.7.7	智能电子产品开发过程	354
习题 12		355
参考文献		357

第 1 章 单片机概述

单片机作为微型计算机的一个分支，自从问世以来就以其容易开发、性价比高、体积小、灵活性好等众多特点受到广大工程技术人员的青睐。目前单片机已经被广泛应用于自动检测、家用电器、智能仪表、工业自动化控制、电力电子、日常消费类产品甚至玩具等方面。

1.1 单片机发展概况

1973 年 Intel 公司开发出多芯片微型计算机 8080 以后，很多公司也推出类似产品，如：摩托罗拉公司推出 6800，Zilog 公司推出 Z80 等产品。多芯片微型机就是将中央处理器（CPU）与其他外围芯片一起组成单块电路板上的微型计算机，简称单板机（SBC）。单板机可以认为是现在单片机的雏形。

1976 年 Intel 公司推出了将 CPU 与外围芯片集成在一起的微型计算机系列 MCS-48，该芯片内部集成了 8 位 CPU、1KB 程序存储器 EPROM、64B 随机存储器 RAM、27 个 I/O 引脚和 8 位定时/计数器，人们称这种微型计算机为单片机（Single-Chip Microcomputer）。MCS-48 系列单片机的代表产品是 8048，这种单片机的性能较低。但是 MCS-48 系列单片机已渗入到人类社会的各个角落，从各种工业场合到各种家用电器，以各种方式完成着人们赋予的工作。由于单片机的主要工作是用引脚控制各种对象实现自动化，因此人们又称单片机为微控制器（MCU）。本书以国内读者的习惯称之为单片机。

1980 年前后，多个公司开发并推出了性能更好的多款单片机，如 Intel 公司在 MCS-48 系列单片机的基础上又推出 MCS-51 系列单片机的第一个产品 8051，摩托罗拉公司推出的 6801 和 Zilog 公司推出的 Z8 等，这类单片机一般都带有串行 I/O 口、多级中断系统、16 位定时器/计数器、片内 ROM 和 RAM，有的单片机片内还集成有 A/D 转换器等，在系统资源和功能扩展方面有了很大的提高。

20 世纪 80 年代以后，单片机已经由最初的 8 位机逐步向 16 位甚至 32 位机发展，主要体现在单片机的集成度进一步提高，还有工作频率、片内的 RAM、ROM 以及实时处理能力等方面。如 Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机，其集成度达到 12 万个管子，工作频率提高到 12MHz，使得单片机的性能更加优越。

随着现代电子技术的飞速发展，尤其 SoC（System on Chip，片上系统）技术的应用，单片机已经形成了常用的、独特的嵌入式结构。概括地说，SoC 使单片机应用技术发生了革命性的变化，这个变化就是用户已经从选择厂家提供的定制产品时代进入了用户自行开发设计单片机的时代。从某种意义上看，利用 SoC 技术，单片机将能够最大化地解决各种应用问题，并向着系统单片机的方向发展，使得单片机具有了更强大的生命力。

1.2 基于 51 内核的单片机

1980 年 Intel 公司推出 MCS-51 系列单片机的第一个产品 8051 后, Intel 公司又出售了 8051 生产许可证, 使很多公司可以生产基于 8051 内核的单片机, 这些产品各具特点, 可以满足不同需求。因此, 单片机也常根据其内部的 CPU (内核) 来分类, 例如, 51 内核单片机、非 51 内核单片机、ARM 内核单片机等。所谓 51 内核单片机, 就是具有 8051CPU 的单片机。

目前, 51 内核单片机约有几十家厂商生产, 产品有几百种。如在我国市场上常见到的 51 内核单片机生产厂商与部分产品有:

Analog Devices 公司 (美国模拟器件公司): ADuC812, ADuC845 等。

Atmel 公司 (美国英特梅尔公司): AT89S51, AT89S52, AT89S8252 等。

Cypress Semiconductor 公司 (美国赛普拉斯半导体有限公司): EZ-USB (AN21XX), EZ-USB FX (CY7C646XX) 等。

Philips 公司 (荷兰飞利浦公司): P87C51RC2, P87C51RD2, P89LPC935, P89LPC936 等。

Silicon Laboratories 公司 (美国芯科实验室有限公司): C8051F007, C8051F020, C8051330 等。

SST 公司 (美国 SST 公司): SST89C54, SST89C58, SST89E564RD 等。

Winbond 公司 (台湾华邦公司): W78C51D, W78C52D 等。

51 内核单片机被广泛应用于从家用电器到武器装备等各种应用系统, 尤其是 Philips、Silicon Laboratories、Atmel 等制造商给 51 内核系列单片机加入了大量的外围模块, 例如 I²C 总线接口、ADC、PWM、DMA、DAC 等, 而且不少芯片的工作频率达到了 40MHz, 内核工作电压下降到 1.5V, 这些功能的增加使得 51 内核单片机得到了新生, 形成新一代 51 内核系列单片机产品。

由于 51 内核产品众多, 特别是这些产品都提供了大量的资料, 所以得到了人们的喜爱, 使初学者能够收到事半功倍的学习效果。虽然除了 51 内核单片机外还有很多种类的单片机, 但人们多数还是喜欢 51 内核单片机, 特别是钟情于功能最少的 51 单片机 AT89S51。到目前为止, 国内大学的单片机教学几乎还是以 51 内核单片机为主作为典型教学使用。

本书主要介绍 Atmel 公司的 AT89S51 单片机与 Silicon Labs 公司的 C8051F330 单片机, 因此读者不仅能够学习 8051 的基本原理, 还能够学会使用新型 51 单片机。

1.3 单片机的常用术语

单片机从出现到现在, 人们使用了很多术语, 下面简单解释。

(1) 计算机

在单片机发展的最初阶段, 单片机也被称为计算机。计算机是一种能够按照指令对各种数据进行自动加工和处理的电子设备。通常由输入/输出设备、存储器、运算逻辑部件和控制

器（称为 CPU）组成。按照规模分为大、中、小、微型计算机。

(2) 中央处理器 (CPU)

CPU 是 Central Processing Unit（中央处理器）的缩写，它是计算机中最重要的部件，由运算器和控制器组成。

(3) 微处理器 (μP)

微处理器是采用微米级大规模集成电路技术制作的 CPU。微处理器已经发展了 30 多年，从 4 位（字长）、8 位、16 位、32 位到 64 位微处理器，可以说计算机的发展是随着微处理器的发展而前进的。

图 1-1 给出了微处理器示意图。图中，程序计数器用于生成程序指令的地址；指令寄存器用于保存正在执行的指令；指令译码与控制单元用于确定所需的操作，并执行操作；算术逻辑单元用于实现数据运算；通用寄存器用于临时存储数据。

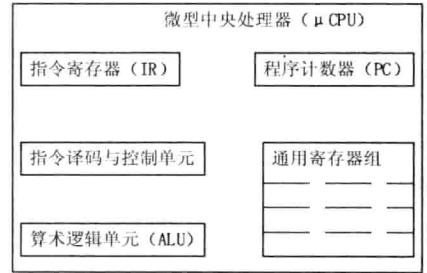


图 1-1 微处理器示意图

CPU 主要做两件事情：取指令、执行指令。

(4) 微型计算机

微型计算机（微机）是以微处理器为核心，再配上半导体存储器、接口电路与外部设备等构成的。微型计算机示意图如图 1-2 所示。

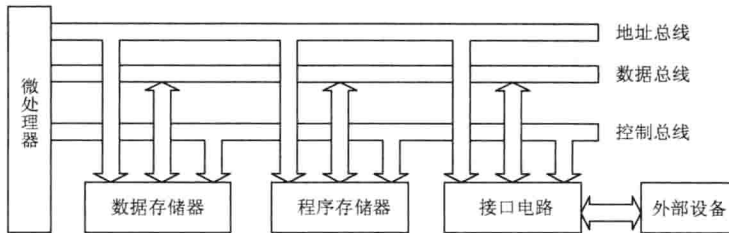


图 1-2 微型计算机示意图

图 1-2 中，数据存储器用于存储数据，常用随机存储器（RAM）实现。

程序存储器用于存储程序，常用 E^2PROM 、FLASH 等存储器实现。

接口电路用于连接外部设备与 CPU，以实现某种功能。

外部设备是指硬盘、显示器、打印机等设备。

地址总线是单向传输总线，用于传输存储器或外部设备的地址，常有 16 位、32 位、64 位等。

数据总线是双向传输总线，用于在 CPU 与存储器、外部设备等之间传输数据。数据总线与微处理器字长有关，常有 8 位、16 位、32 位等。

控制总线用于控制存储器、接口电路以及外部设备的读、写和片选等操作。

(5) 微控制器

在前述微型机的基础上，增加中断、定时器、串行接口和输入/输出模块等电路，并将所有电路集成到一个芯片，就是微控制器（MCU）。人们又称其为单片机，就是所有资源都在一个芯片上组成的用于控制的计算机。

单片机有上千种，各有特点，一般单片机的结构如图 1-3 所示。

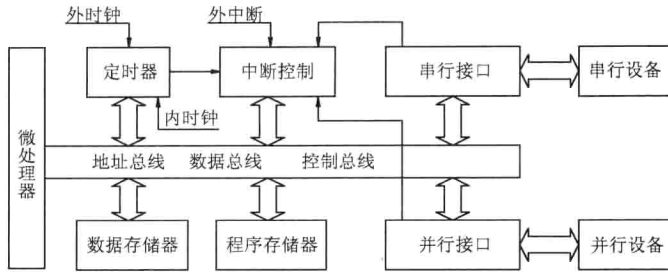


图 1-3 一般单片机的结构

图 1-3 中定时器用于产生时间间隔，为单片机实时控制提供基本功能。串行接口与并行接口是通信接口，用于与相同接口的设备通信。中断控制模块用于响应外部引脚、定时器、串并行接口的请求，停止微处理器（ μP ）正在执行的程序，使微处理器为请求中断的模块提供服务。

不同单片机具有不同的内部资源，可以满足各种各样的应用。实际中，要按照具体需要选择单片机。

(6) 嵌入式系统

单片机与其控制对象结合，构成的电子系统常称为嵌入式系统。嵌入式系统中单片机运行控制算法，使被控制对象智能化。

嵌入式操作系统是在单片机中运行的操作系统（就像 PC 上运行的 Windows 操作系统）。其作用是使单片机中运行的软件的可靠性更高，实时性更好。

1.4 单片机特点及应用

单片机以其优越的性能、较高的性价比等得到了广泛的应用，其产品已经深入到社会的各个领域，从应用的角度看，单片机具有以下一些特点：

(1) 成本低，体积小，易于产品化。作为产品元件的核心，单片机的低成本可以使产品的整体成本降低，使得单片机可以更广泛地应用在各种智能仪器仪表产品中。

(2) 可靠性好，对应用环境要求不高。由于单片机芯片本身是按照工业控制环境要求设计的，因此单片机可以在大多数恶劣的环境中工作，而且具有较高的可靠性。因此对于一般仪器仪表以及智能化产品而言，单片机是这类产品的最佳选择。

(3) 控制功能强。单片机本身作为数字逻辑芯片，具有较强的逻辑控制功能，相应的指令系统也有丰富的计算和控制能力，如具有逻辑运算和控制指令、位操作指令等，这对于检测和控制系统的而言尤其有用。

(4) 系统结构简单、扩展容易。单片机内部一般都集成有一定容量的 RAM、ROM 以及 I/O 接口，对于一般产品而言，使用单片机最小系统或者简单外接少量兼容接口芯片就可以开发出一个完整的产品。

如今，单片机已经广泛应用在社会各行各业的产品中，单片机的应用范围大致可分为两类：一类是智能化产品（主要用于工业、测控、数据采集、农业、家用、汽车、建筑、医疗等方面），另一类是计算机扩展产品（如 MP3、MP4、手机、通信、网络等），要开发这样的

产品，需要硬件设计、软件开发以及相关行业的专业知识。

单片机已使当今社会进入了电子系统智能化时代。

习题 1

- 1-1 什么是中央处理器（CPU）？
- 1-2 什么是微处理器（ μP ）？
- 1-3 什么是微控制器？什么是单片机？
- 1-4 单片机主要有哪些特点？
- 1-5 想想自己身边哪些设备和产品利用了单片机。

第2章 51 单片机结构及硬件系统设计基础

本章主要以 AT89S51 为例介绍 51 内核单片机的内部结构和外部结构特性,以及 AT89S51 的最小系统,通过本章的学习熟悉单片机为设计者提供的内部资源,为后续单片机的系统设计和实践操作打下基础。

2.1 单片机的基本结构

以 Atmel 公司的 AT89S51 单片机(以下简称 51 单片机)为例,51 单片机最基本的结构中包括如下资源:

- (1) 一个 8 位算术逻辑单元 (ALU, Arithmetic Logical Unit, 这里称 51CPU)。
- (2) 4 组 I/O 端口: P0~P3, 每个端口有 8 个 I/O, 共 32 个 I/O, 每个 I/O 都可以单独寻址 (I/O 有专用指令, 可以单独进行读/写操作)。
- (3) 两个 16 位定时/计数器。
- (4) 全双工串行通信口 (也称串行接口)。
- (5) 6 个中断源, 具有 2 个中断优先级。
- (6) 128 字节内置 RAM。
- (7) 独立的 4KB 可寻址数据和代码区 (该区容量随单片机型号不同而不同, 例如 AT89S52 单片机就具有 8KB 的容量)。

每个 51 单片机的处理周期包括 12 个时钟周期, 每 12 个时钟周期用来完成一个操作, 如取指令等。指令执行时间为时钟频率除以 12 后再取倒数。如果系统时钟频率是 11.059MHz, 则除以 12 后就得到了每秒执行的指令为 921583 条, 再取倒数将得到每条指令所需要的时间为 1.085 μ s。51 单片机的基本结构如图 2-1 所示。

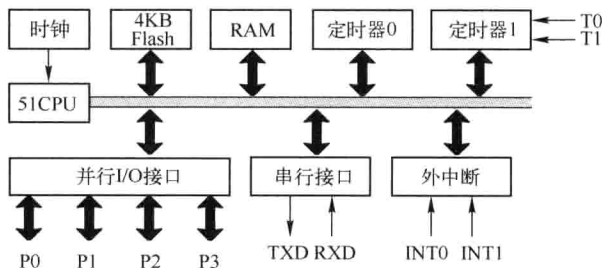


图 2-1 51 单片机的基本结构

2.2 单片机的引脚

51 单片机的 PDIP 封装的引脚排列如图 2-2 所示, PDIP 封装外形如图 2-3 所示。单片机共有 40 个引脚, 下面简单介绍各引脚的功能。

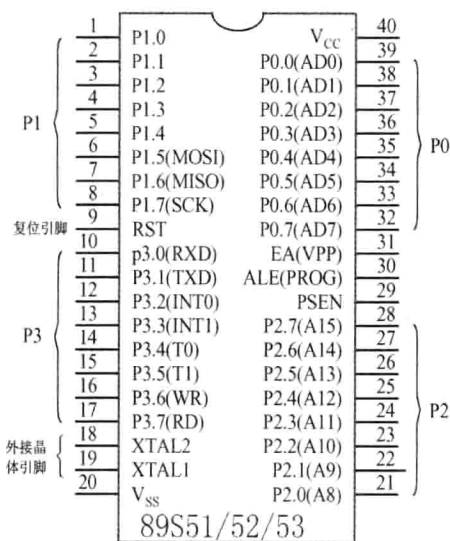


图 2-2 51 单片机的引脚排列



图 2-3 51 单片机的 PDIP 封装外形

1. 主电源引脚

单片机的主电源引脚有两个, 分别为 V_{CC} (引脚 40) 和 V_{SS} (引脚 20), 其中: V_{CC} 接+5V 电源正端, V_{SS} 接电源的接地端。电源电压范围是 4~5.5V, 最高可承受电压为 6.6V。

51 单片机任何引脚对地的极限电压范围是-1~+7V。

2. 外接晶体引脚

外接晶体 (也称外部晶振) 引脚有两个, 分别为 XTAL1 (引脚 19) 和 XTAL2 (引脚 18), 通常这两个引脚外部接一个石英晶体和两个电容 C1 和 C2, 用于为单片机输入振荡信号, 其接线如图 2-4 所示。

XTAL1 (引脚 19): 接外部石英晶体的一端, 在单片机内部, 它是一个与非门的输入端, 在 PD 信号为 1 时, 与非门与电阻 R1 构成了放大器。当采用外部时钟时, 该引脚作为外部振荡信号的输入端。

XTAL2 (引脚 18): 接外部石英晶体的另外一端。在单片机内部, 它是与非门的输出端。C1 和 C2 两个电容可选范围为 20~40pF。晶体的振荡频率范围为 0~24MHz。

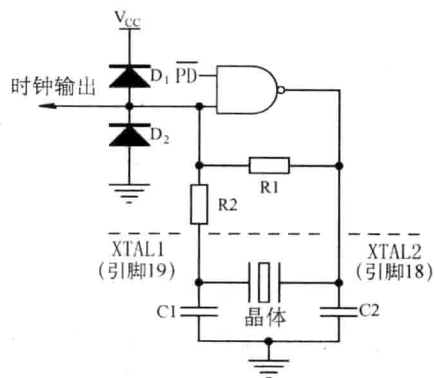


图 2-4 时钟振荡器接线图