



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



电子信息与电气学科规划教材

单片机原理及应用

——基于51与高速SoC51

夏路易 主编

田建艳 高文华 副主编

石栋华 董增寿 郝晓丽 参编



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
电子信息与电气学科规划教材

单片机原理及应用

——基于 51 与高速 SoC51

夏路易 主 编

田建艳 高文华 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书首先介绍简单易学的 51 单片机的工作原理、硬件设计与 C 程序设计,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。

本书第 1~5 章介绍 51 单片机结构、指令系统与汇编程序、C 程序设计以及中断、定时器、通信模块工作原理,51 单片机与 E²PROM 芯片、ADC 芯片、DAC 芯片的接口技术。第 6~8 章介绍 C8051F330 单片机的工作原理、功能模块与通信接口。第 9~10 章介绍单片机接口技术与智能仪器设计基础。书中还介绍了单片机实验电路硬件设计、详细电路与大量例题。

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。

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 / 夏路易主编. —北京:电子工业出版社, 2010.4

电子信息与电气学科规划教材

ISBN 978-7-121-10481-7

I. 单… II. 夏… III. ①单片微型计算机—理论—高等学校—教材②单片微型计算机—程序设计—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 037549 号

责任编辑:韩同平 特约编辑:李佩乾

印 刷: 北京京师印务有限公司
装 订:

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 印张:22.75 字数:582.4 千字

印 次:2010 年 4 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:36.00 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, 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。

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,以简单易学的 Atmel 公司的 AT89S51 单片机作为入门学习内容,介绍其基本工作原理、硬件设计与 C 程序设计,使读者快速入门单片机。再介绍 Silicon Laboratories 公司的增强型 51 内核单片机 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。

单片机技术是实践性很强的技术,必须通过多看电路图、多读程序、多编程序、多看单片机技术手册才能入门单片机。通过对本书介绍的 2 个单片机机型的学习,可使读者获取大量单片机知识以及单片机开发能力。

本书既可以作为单片机的入门教材,因为前 5 章介绍了 51 单片机;也可以作为智能电子产品开发教材,因为不仅介绍了新型 51 内核单片机,还介绍了智能产品设计举例,以及如何开发智能电子产品。

本书分为 10 章,内容有:

第 1 章介绍 51 单片机基础,通过本章的学习,读者可以了解 51 单片机的结构、引脚、存储器、最小系统与实验电路设计方面的基础知识,入门 51 单片机。

第 2 章介绍 51 单片机的指令系统与汇编程序设计,给出了汇编程序设计例题。学完该章后,可以读懂 51 单片机的汇编程序。

第 3 章介绍 51 单片机的 C 程序设计,主要介绍 C51 语言基础、构造数据类型、函数与程序结构等,给出 51 单片机的 C51 程序例题。学完该章后,读者可以编写 C51 程序。

第 4 章介绍 51 单片机的中断、定时器与通信接口,每部分都给出了 C 程序例题。

第 5 章介绍 E²PROM 芯片 24C02,ADC 芯片 TLC1549 与 DAC 芯片 TLC5615,给出了 51 单片机与这些芯片的接口程序例题。51 单片机增加 E²PROM、ADC 和 DAC 后,功能大增,具备了开发智能电子产品的功能。

第 6~8 章介绍 C8051F330 单片机的工作原理、硬件设计与 C 程序例题,使读者能够熟悉新型 51 单片机。众多公司采用这个系列单片机开发产品,学会了这款单片机,就拥有了到这些公司工作的机会。

第 9 章介绍智能电子产品中用到的模拟与数字接口技术。详细介绍了传感器信号调理电路、光隔离输入与功率输出电路。

第 10 章介绍智能仪表设计中用到的数字滤波、非线性修正、标度变换、频率周期测量算法、常用控制算法、调度机制、状态机及抗干扰方面的知识。通过 8 个设计例题介绍智能仪表的设计。

本书中的例子没有用到复杂的 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。

本书介绍的 2 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 1~5 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田建艳（第 9、10 章）、石栋华（第 5 章）、郝晓丽（第 2、8 章），太原科技大学高文华（第 3 章）、董增寿（第 4 章），其余章节由夏路易编写。夏路易任主编，负责全书的组织、修改与定稿；田建艳、高文华任副主编，协助主编工作。

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：yiluxia@yahoo.com.cn

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

第 1 章 51 单片机技术基础	(1)
1.1 单片机基础	(1)
1.2 51 内核单片机	(3)
1.2.1 MCS-51 单片机的基本结构	(4)
1.2.2 AT89S51 单片机结构	(4)
1.2.3 51 单片机引脚	(6)
1.2.4 51 单片机的存储器	(9)
1.2.5 时序与指令周期	(14)
1.3 存储器扩展	(15)
1.4 单片机硬件设计	(17)
1.5 设计基于 AT89S51 的最小系统	(21)
1.5.1 从数据手册了解 AT89S51 单片机	(21)
1.5.2 AT89S51 最小系统硬件设计	(23)
1.6 采用 AT89S51 芯片的实验板	(24)
1.7 AT89ISP 软件	(26)
1.8 设计基于 STC89C51RC 单片机的最小系统	(27)
1.9 STC89C51 的编程软件	(30)
习题 1	(32)
第 2 章 51 单片机的指令系统与汇编程序	(33)
2.1 51 单片机的指令与指令系统	(33)
2.2 寻址方式	(33)
2.3 51 单片机指令	(35)
2.3.1 数据传送指令	(35)
2.3.2 算术运算指令	(36)
2.3.3 逻辑运算指令	(37)
2.3.4 控制转移指令	(38)
2.3.5 位操作指令	(39)
2.4 汇编语言程序设计	(40)
2.4.1 汇编语言简介	(40)
2.4.2 汇编器	(42)
2.4.3 汇编语言在 Keil 环境下汇编举例	(43)
2.5 汇编程序设计举例	(49)
习题 2	(53)
第 3 章 C51 程序设计	(54)
3.1 C51 程序与汇编程序的不同之处	(54)
3.2 C 语言基础知识	(55)

3.3	运算符	(62)
3.4	C 程序基本结构与流程控制	(65)
3.4.1	C 程序设计的 3 种基本结构	(65)
3.4.2	条件与分支结构	(66)
3.4.3	各种循环结构	(68)
3.5	C51 中的构造数据类型	(70)
3.5.1	数组	(71)
3.5.2	指针	(71)
3.5.3	结构体	(73)
3.5.4	共用体	(75)
3.5.5	枚举	(76)
3.5.6	用 typedef 重定义数据类型	(76)
3.6	函数	(77)
3.6.1	定义函数	(77)
3.6.2	调用函数	(79)
3.6.3	函数变量的作用域	(81)
3.7	编译预处理	(81)
3.8	C51 内部函数	(83)
3.9	C51 编译过程中用到的文件	(84)
3.10	获得错误与警告信息	(85)
3.11	C51 程序结构	(86)
3.12	AT89S51 单片机 C51 程序举例	(89)
	习题 3	(94)
第 4 章	51 单片机的中断、定时与串行通信	(95)
4.1	51 单片机的中断	(95)
4.1.1	中断原理	(95)
4.1.2	具有中断的汇编与 C 程序举例	(99)
4.2	51 单片机的定时器	(100)
4.2.1	定时器基础	(100)
4.2.2	定时器的 4 种工作方式	(102)
4.2.3	具有定时器的汇编与 C 程序举例	(105)
4.3	51 单片机的串行口和控制寄存器	(111)
4.3.1	串行口工作原理	(111)
4.3.2	RS-232 接口	(113)
4.3.3	单片机串口与 PC 通信举例	(114)
	习题 4	(119)
第 5 章	51 单片机连接 E²PROM、ADC 与 DAC 芯片	(120)
5.1	I ² C 总线	(120)
5.1.1	I ² C 总线简介	(120)
5.1.2	I ² C 接口的 E ² PROM 存储器芯片 24C02	(121)

5.1.3 读写 I ² C 接口存储器 24C04 举例	(123)
5.2 AD 转换器 TLC1549	(125)
5.2.1 TLC1549 简介	(125)
5.2.2 TLC1549 芯片应用举例	(129)
5.3 DAC 转换器 TLC5615	(131)
5.3.1 TLC5615 简介	(131)
5.3.2 89S51 单片机驱动 TLC5615 芯片举例	(133)
习题 5	(135)
第 6 章 C8051F330 单片机技术基础	(136)
6.1 C8051F330 单片机特点	(136)
6.2 C8051F330 单片机的 CIP-51 内核	(137)
6.3 C8051F330 单片机的存储器结构	(139)
6.4 C8051F330 单片机的电源管理方式	(143)
6.5 C8051F330 单片机的复位源	(143)
6.6 C8051F330 单片机的时钟电路	(147)
6.7 C8051F330 单片机实验板设计	(151)
习题 6	(155)
第 7 章 C8051F 单片机功能模块工作原理	(156)
7.1 C8051F330 单片机的输入/输出端口	(156)
7.2 C8051F330 单片机的中断	(166)
7.3 C8051F330 单片机的定时器	(173)
7.3.1 定时器 0 与定时器 1	(174)
7.3.2 定时器 2	(180)
7.3.3 定时器 3	(184)
7.4 C8051F330 单片机的 Flash 存储器	(188)
7.5 C8051F330 单片机的 10 位模数转换器 ADC0	(197)
7.6 C8051F330 单片机的 10 位电流模式 DAC (IDA0)	(206)
7.7 C8051F330 单片机的电压基准	(212)
7.8 C8051F330 单片机的模拟电压比较器	(213)
7.9 C8051F330 单片机的可编程计数器阵列	(217)
习题 7	(236)
第 8 章 C8051F330 单片机的通信接口	(238)
8.1 串行外设接口 (SPI0)	(238)
8.2 异步通信接口 UART0	(244)
8.3 SMBus 接口	(252)
习题 8	(260)
第 9 章 51 内核单片机的接口技术	(261)
9.1 模拟量接口技术	(261)
9.1.1 单电源运放工作原理	(261)
9.1.2 测量模拟电压与电流的接口电路	(266)

9.1.3	温度测量接口技术	(272)
9.1.4	应力测量接口技术	(278)
9.2	模拟量输出电路	(280)
9.3	光耦隔离输入技术	(281)
9.4	功率输出接口技术	(282)
习题 9		(287)
第 10 章	基于 51 内核单片机的智能仪表设计基础	(289)
10.1	电子系统智能化与智能仪表	(289)
10.1.1	什么是电子系统智能化?	(289)
10.1.2	智能仪表概述	(289)
10.2	智能仪表中的数据处理算法	(291)
10.2.1	常用软件滤波算法	(291)
10.2.2	热电阻与热电偶的非线性校正算法	(293)
10.2.3	标度变换	(295)
10.3	周期与频率测量算法	(296)
10.4	控制算法	(298)
10.4.1	位式控制算法	(298)
10.4.2	PID 控制算法	(300)
10.5	软件任务的编程实现	(306)
10.6	智能仪表抗干扰技术	(313)
10.7	简易智能仪表设计举例	(315)
10.7.1	基于 PT100 传感器测温的智能测温仪表	(315)
10.7.2	采用 K 型热电偶测温的智能测温仪表	(323)
10.7.3	采用热敏电阻 KTY81 测温的智能测温仪表	(329)
10.7.4	数显压力控制仪表设计	(333)
10.7.5	采用 C8051F330 单片机的数显转速表	(336)
10.7.6	电机工作电流与电压监测报警电路设计	(339)
10.7.7	全自动反冲洗滤水器控制电路设计	(341)
10.7.8	全自动豆浆机控制电路设计	(346)
10.7.9	智能电子产品开发过程	(352)
习题 10		(353)
参考文献		(355)

第 1 章 51 单片机技术基础

1.1 单片机基础

1973 年 Intel 公司开发出多片微型计算机 8080 以后,很多公司也推出类似产品:摩托罗拉公司推出 6800, Zilog 公司推出了 Z80 等产品。多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)。

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 ROM、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。

MCS-48 系列单片机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呼为单片机。

1980 年 Intel 公司又推出 MCS-51 系列单片机的第一个产品 8051,随后 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 内核的产品,这些产品基于 8051 单片机,但又各具特点,满足不同需求。本书介绍 8051 单片机与 Silicon Labs 公司的产品 C8051F330,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. 关于单片机的一些术语

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

它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。

微处理器如图 1-1 所示。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。

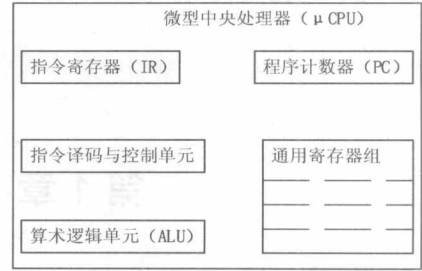


图 1-1 微处理器示意图

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，如图 1-2 所示。

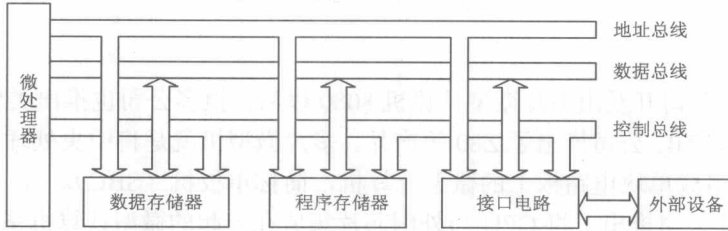


图 1-2 微型计算机示意图

图中，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 E²PROM、FLASH 等存储器实现。接口电路用于连接外部设备与 CPU。

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、接口电路与外部设备的读、写和片选等操作。

2. 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。

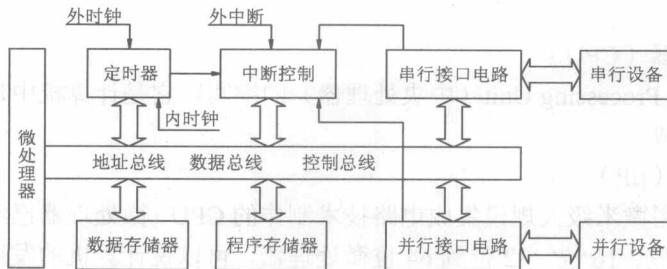


图 1-3 一般单片机的结构

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、串并行接口电路的请求，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。

3. 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。

单片机的应用范围大致可分为两类：一类是智能化产品（工业、测控、数据采集、农业、家用、汽车、建筑、医疗等各方面），另一类是计算机扩展产品（MP3、MP4、手机、通信、网络等），要开发这样的产品，需要硬件、软件与相关专业知识。单片机使当今社会进入了电子系统智能化时代。

1.2 51 内核单片机

单片机常根据其内部的 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。

51 内核单片机约有几十家厂商生产，产品有几百种。

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为：

Analog Devices 公司：ADuC812, ADuC845 等。

Atmel 公司：AT89S51, AT89S52, AT89S8252 等。

Cypress Semiconductor 公司：EZ-USB (AN21XX), EZ-USB FX (CY7C646XX) 等。

Philips 公司：P87C51RC2, P87C51RD2, P89LPC935, P89LPC936 等。

Silicon Laboratories 公司：C8051F007, C8051F020, C8051330 等。

SST 公司：SST89C54, SST89C58, SST89E564RD 等。

Winbond 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，特别是具有大量的资料，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，但人们还是喜欢 51 单片机，特别是钟情于功能最少的 51 单片机 AT89S51。到目前为止，几乎国内大学的单片机教学都采用 51 单片机。

1.2.1 MCS-51 单片机的基本结构

Intel 公司 MCS-51 单片机的基本结构如图 1-4 所示。该单片机具有如下资源：

- (1) 一个 8 位算术逻辑单元与累加器、寄存器、PC 和定时控制单元组成的 CPU。
- (2) 4 组，共 32 个 I/O 口，每口 8 个引脚，可单独寻址，其中 P0、P2 口具有地址/数据总线功能。
- (3) 两个 16 位定时/计数器（简称为定时器）。
- (4) 全双工串行通信口。
- (5) 5 个中断源，具有两个中断优先级。
- (6) 128B 内置 RAM。
- (7) 具有 64KB 可寻址数据和代码区。
- (8) 各个模块采用内部总线（地址、数据和控制）与 CPU 连接。
- (9) 开放总线接口，P0 口分时作为 8 位数据总线与 8 位地址总线，P2 口作为地址总线高 8 位。

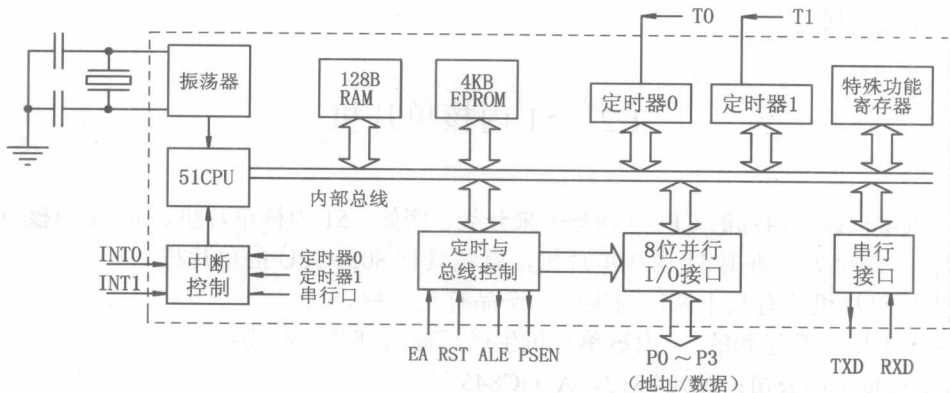


图 1-4 MCS-51 单片机的基本结构

表 1-1 MCS-51 系列的其他型号及资源

型号	程序存储器	数据存储器	计数器
8051	4KB	128B	2
8031	0	128B	2
8751	4KB	128B	2
8052	8KB	256B	3
8032	0	256B	3

每个 MCS-51 单片机处理周期包括 12 个时钟周期（又称为 1 个机器周期），每 12 个时钟（1 个机器）周期用来完成一个操作，例如取指令等。指令执行时间为时钟频率除以 12 后取倒数，如果系统时钟是 12MHz，则相当于执行每条指令所需要的时间为 $1\mu\text{s}$ 。

MCS-51 系列的其他型号及资源如表 1-1 所示。

1.2.2 AT89S51 单片机结构

AT89S51 单片机（简称 51 单片机）是 Atmel 公司生产的 51 内核单片机，其内部结构框图如图 1-5 所示。

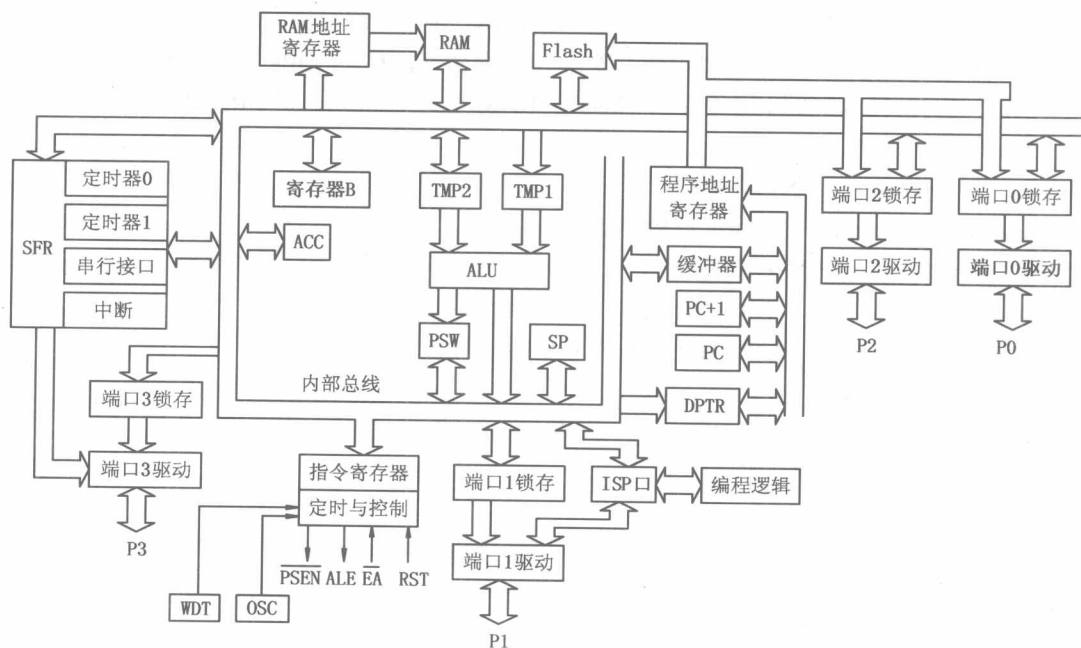


图 1-5 AT89S51 单片机内部结构框图

(1) I/O 端口

I/O 端口 P0、P1、P2、P3：通过这些端口，数据、地址、ISP 编程数据可以输出到单片机外，也可以从单片机外输入到单片机。

(2) 存储器部分

RAM：51 单片机具有 128 字节的片内 RAM，用于保存变量、中间运算结果等，部分 RAM 具有位寻址能力。

FLASH：片内 ROM，用于保存代码等。片内 ROM 由 FLASH 结构的存储器构成，具有 ISP 功能，容量随型号不同而不同。对于 AT89S51 单片机，FLASH 容量为 4KB。

SP：栈指针。堆栈是保存工作现场（寄存器）数据、地址、指令等的存储区。栈指针用于指向堆栈存储区的地址。

(3) 算术与逻辑运算部分

寄存器 B：用于乘除等操作的寄存器，常保存运算的第 2 操作数。

ACC：累加器，大部分单操作数指令均以 ACC 作为其操作数，多数双操作数指令也以累加器作为第一个操作数，通常操作结果也保存在累加器中。

TMP1、TMP2：暂存器，用于暂时保存数据。

ALU：8 位算术逻辑单元，用于处理各种算术运算和逻辑运算，在 12MHz 时钟时，多数指令的执行时间为 1 μ s。

PSW：程序状态字，用于保存与控制程序运行的相关信息，可以位寻址。

(4) 指令处理部分

程序地址寄存器：用于保存程序地址。

缓冲器：缓冲总线数据。

PC+1: 程序计数器加 1 处理模块。

PC: 保存下一条指令地址的 16 位地址寄存器, 可寻址范围为 64KB。

DPTR: 双数据指针, DPTR 为由两个 8 位寄存器 (DPH 和 DPL) 组成的 16 位寄存器, 主要功能是存储 16 位地址, 用做存取 Flash 和 RAM 的地址指针, 读写 RAM 用 MOVX 指令, 读写 Flash 用 MOVC 指令。

(5) 时序控制与指令寄存部分

定时与控制单元: 产生接口与指令执行时序。

指令寄存器: 保存指令并指令译码后, 在定时与控制单元的配合下, 使 CPU 执行各种操作。

WDT: 看门狗。用于程序不运行时, 自动复位单片机。

OSC: 时钟振荡器, 与外接石英晶体一起组成时钟振荡器。

(6) ISP 部分

ISP 端口: 通过该端口与 PC 通信, 实现在系统编程 (ISP)。

编程逻辑: 控制 ISP 操作。

(7) 外围模块部分

该单片机的外围模块包括两个定时器、串行接口、4 个 I/O 口与外中断模块。

1.2.3 51 单片机引脚

51 单片机的 PDIP 封装的引脚排列如图 1-6 所示, 下面介绍各个引脚的功能。

1. 主电源引脚

V_{CC} (40 脚): 接+5V 电源正端。

V_{SS} (20 脚): 接+5V 电源的接地端。

电源电压范围是 4~5.5V, 最高电源电压为 6.6V。

任何引脚对地的极限电压范围是-1~+7V。

2. 外接晶体引脚

石英晶体与内部的反相器组成振荡器, 接线如图 1-7 所示。

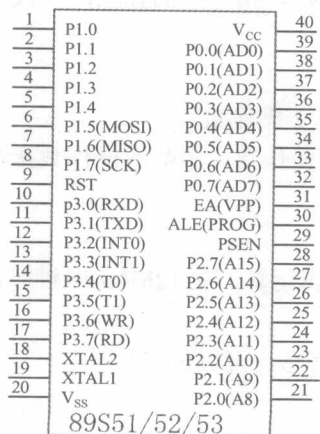


图 1-6 51 单片机的引脚排列

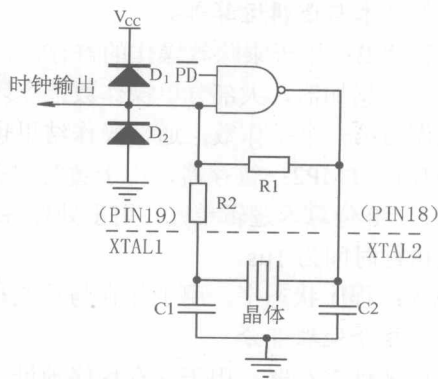


图 1-7 时钟振荡器接线图

XTAL1 (19 脚): 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 \overline{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 (18 脚): 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。

3. 输入/输出引脚

(1) P0 口 (P0.7~P0.0) (引脚 32~39)

P0 口电路如图 1-8 所示。该口具有漏极开路结构, 作为输出端使用, 需要外接上拉电阻。作为 I/O 口使用时, 需要 T1 管夹断; 若作为输入端使用, 需要先将“1”写入端口, 使 T2 管夹断。

P0 口可作为地址总线低 8 位 (A7~A0), 也可作为 8 位数据总线 (D7~D0)。

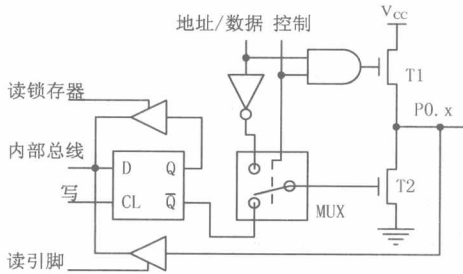


图 1-8 P0 口电路

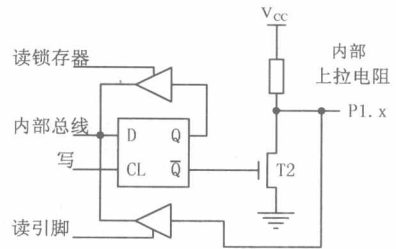


图 1-9 P1 口电路

(2) P1 口 (P1.7~P1.0) (引脚 8~1)

P1 口电路如图 1-9 所示。该口内部有上拉电阻, 因此可以作为准双向 I/O 口使用。作为输入端使用时, 需要先将“1”写入端口, 使 T2 管夹断。

(3) P2 口 (P2.7~P2.0) (引脚 28~21)

P2 口电路如图 1-10 所示。该口内部有上拉电阻, 因此可以作为准双向 I/O 口使用。作为输入端使用时, 需要先将“1”写入端口, 使 T2 管夹断。在接有片外存储器时, P2 口作为高 8 位地址总线 (A15~A8)。

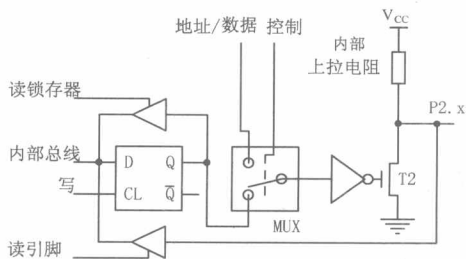


图 1-10 P2 口的电路图

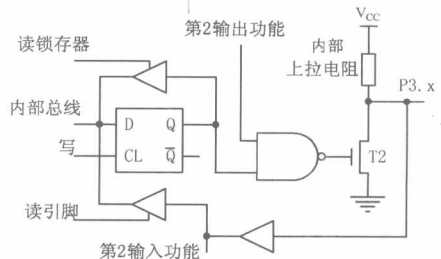


图 1-11 P3 口的电路图

(4) P3 口 (P3.7~P3.0) (引脚 17~10)

P3 口电路如图 1-11 所示。该口具有上拉电阻, 可作为准双向输入/输出端口使用。作为输入端使用时, 需要先将“1”写入端口, 使 T2 管夹断。

P3 口的每个引脚还有第 2 功能:

P3.0 串行输入(RXD)

P3.1 串行输出(TXD)

P3.2 外中断 0(INT0)

P3.3 外中断 1(INT1)

P3.4 定时/计数器 0 的外部输入(T0)

P3.5 定时/计数器 1 的外部输入(T1)

P3.6 外部数据存储器写选通(WR)

P3.7 外部数据存储器读选通(RD)

有关 I/O 端口的说明:

① 注意读端口与读引脚的区别。读端口时,就是将端口锁存器的内容读到内部总线,例如将端口内容取反操作,就是读端口操作,将端口内容读回,取反后再写到端口;另外由于端口的内阻很大,所以输出高电平电压时,若流出的电流大,使上拉电阻的压降大,则引脚电压会很低,甚至达到低电平电压,所以读引脚时,未必读到端口的实际状态,而读端口锁存器就可以读到端口的实际输出。

读引脚就是从引脚输入数据,即将引脚的电平读到内部总线。读引脚时需要首先向引脚的锁存器置“1”,使输出场效应晶体管 T2 夹断,不影响输入电平的时候才能将引脚电平读入内部总线,因此,必须在读引脚之前做准备工作,向引脚写入“1”。

② 负载能力

在保证输出低电平情况下, P0 口的负载能力为 8 个 LSTTL 负载, P1、P2 和 P3 口的负载能力为 4 个 LSTTL。这里所说的负载能力是灌电流能力,或者说是输出低电平时的驱动能力。由于输出高电平时电流是通过上拉电阻提供的,因此输出高电平时的驱动能力很小,在保证输出电压为 2.4V ($V_{CC}=5V$) 时, P1、P2 和 P3 口的拉电流能力只有 0.06mA。

③ 复位后,各端口的 T2 场效应管夹断,所有引脚都可以直接作为输入引脚使用。

4. RST 引脚

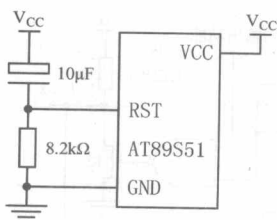


图 1-12 典型复位电路图

该引脚(引脚 9)为单片机的上电复位引脚,高电平有效。当单机电源电压达到单片机工作电压,同时单片机振荡器正常工作后,该引脚上必须持续两个机器周期的高电平,才可实现复位操作,使单片机恢复到初始状态。典型的复位电路如图 1-12 所示。

复位引脚具有双向功能,当上电时,外加电容与单片机内部下拉电阻形成复位电路使单片机复位;当单片机内部的看门狗(WDT)溢出时,该引脚输出高电平,不仅复位单片机,也复位单片机外部需要复位的芯片,以保持各芯片之间复位动作的一致性。

若需要 RST 引脚输出复位信号,则需要 1~10kΩ 的外部下拉复位电阻。

在只需要上电复位的系统中,由于单片机内部具有下拉复位电阻(阻值为 50~300kΩ),所以外部下拉电阻可以不要,电容值可减小到 1µF。一般说来电源达到工作电压值的时间在 10ms 以内,振荡器频率为 12MHz 时,起振时间小于 1ms。