



电子信息与电气学科规划教材

单片机技术

基础教程与实践

夏路易 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

电子信息与电气学科规划教材

单片机技术基础教程与实践

夏路易 编著



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

学习单片机的关键在入门，本书的目的就是使读者入门，具有读懂单片机 C 程序、看懂单片机电路、看明白单片机芯片手册的能力。

本书以 51 单片机为例，介绍了单片机结构、C 语言编程、Keil 软件使用等基本知识；串行通信、外扩模块等基本应用；单片机实现数字电路、状态机与顺序控制等基本技术；增强型 51 内核单片机；单片机最小系统设计与硬件设计技术。各章均有大量完整的例题，用于锻炼读者读程序、编程序的能力。附录中给出了本书配套实验装置制作的详细资料，使读者自制实验电路成为可能。

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

单片机技术基础教程与实践 / 夏路易编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.1
(电子信息与电气学科规划教材)

ISBN 978-7-121-05659-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 196800 号

责任编辑: 韩同平 特约编辑: 刘汝辉

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂
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: 24.5 字数: 627.2 千字

印 次: 2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 35.00 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 zlts@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

单片机广泛应用于军事、工业、民用等各个领域,使当今社会进入智能化时代;每时每刻都有大量基于单片机的产品被设计出来,满足社会各方面的需求。

在单片机大量应用的今天,社会需求大量的真正掌握单片机硬件、软件技术的设计人才,单片机技术是综合性技术,入门需要掌握的知识较多,因此入门单片机技术还是有些难度的。于是出现了学习单片机的人多,但入门单片机的人少的现象。

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、多看单片机芯片手册才能入门单片机,具备开发单片机产品的能力。

编写本书的目的就是帮助更多的读者入门单片机技术,具有看懂单片机程序、看懂单片机电路、看懂单片机芯片手册的能力。本书具有如下特点:

- (1) 选择用量大、资料多、各学校教学中大量采用的 51 单片机作为入门学习机型。
- (2) 选择 C 语言作为单片机编程语言。
- (3) 介绍 RS-232 接口、RS-485 接口、单总线、I²C 总线、SPI 总线为主的通信技术。
- (4) 介绍液晶、温度测量、实时时钟等常用芯片。
- (5) 介绍单片机实现数字电路、状态机、梯形图与 SFC 图,帮助读者学会工业顺序控制器的制作。
- (6) 介绍单片机最小系统及各种实验板电路设计,帮助读者学会单片机硬件设计。
- (7) 大量难易程度不同的完整例题,满足初学者入门的需求。
- (8) 介绍增强型 51 内核单片机 P89LPC935,帮助读者入门该单片机,为开发复杂单片机系统,进一步学习先进单片机做准备。

本书分为 12 章,内容编排如下:

第 1 章介绍 51 单片机结构,通过本章的学习可以了解 51 单片机的结构、引脚、存储器、定时器和中断方面的知识。

第 2 章介绍 51 单片机的 C 语言程序设计,主要介绍 C 语言基础知识、结构、函数,以及 C51 等方面的知识。

第 3 章介绍 Keil 软件的使用。通过举例,可以使读者很快熟悉 Keil 开发环境。

第 4 章介绍简单的 51 单片机 C 语言程序例题,目的是使读者通过单片机 I/O 引脚控制、按键输入和定时器方面的例题熟悉 51 单片机结构、Keil 开发环境和单片机的 C 语言程序设计。

第 5 章介绍如何使用 51 单片机实现数字电路,举例说明用单片机实现组合电路与时序电路。

第 6 章介绍 51 单片机实现串行通信,重点介绍 51 单片机异步串行通信原理、RS-232 接口、SPI 总线通信和 RS-485 通信。

第 7 章介绍 51 单片机实现扫描数码管显示,扫描键盘与 LED 点阵显示,通过例题使读者熟悉它们的原理与 C 语言程序设计。

第 8 章介绍基于单总线通信的测温芯片 DS18B20,基于 I²C 总线的 24C02 芯片、点阵字符液晶 1602 和实时时钟 DS1302 芯片的原理,并通过大量例题,使读者熟悉 51 单片机与

这些芯片的接口程序设计。

第9章介绍51单片机实现有限状态机,并给出大量例题,目的是使读者了解状态机的概念,并掌握单片机实现状态机的程序设计。

第10章介绍广泛用于PLC程序设计的梯形图与SFC图,并给出用C语言实现梯形图与SFC图的程序设计例题,目的是使读者可以开发广泛用于工业控制的基于51单片机的顺序控制器。

第11章介绍如何设计51单片机的最小系统,重点讨论基于AT89S51和STC89C51单片机的最小系统设计的诸多问题,编程软件的使用、外围电路的设计以及详细的实验板电路图,目的是使读者熟悉单片机硬件设计。

第12章主要介绍51内核单片机P89LPC935的结构、时钟、复位、中断、引脚,定时器、串行通信等基本内容,以及基于LPC935的最小系统设计与实验电路设计,给出了学习该单片机编程的C程序例题,通过这些例题,读者可以入门LPC935单片机编程。

在附录A中给出了本书各章相关实验电路的详细资料,读者可以根据实际情况自制51单片机实验装置,为学习本书、入门单片机技术提供实践条件。

本书中的例子没有用到复杂的C语法,都是完整的例子,全部通过调试并加了注释,虽然有些例子的部分内容有些重复,占用了一些篇幅,但是考虑到读者学习的方便,还是保留了例子的完整性。

本书适合作为单片机课程的教材,具体教学安排如下:

32学时:课堂教学16学时,第1,2,3章内容需要12学时,第11章需要4学时;实验教学16学时,主要是第4章的例题。其他内容自学。

40学时:课堂教学22学时,第1,2,3,5,6章内容需要18学时,第11章需要4学时;实验教学18学时,主要是第4,5,6章中的例题与作业。其他内容自学。

48学时:课堂教学30学时,第1,2,3,5,6,7,8章内容需要26学时,第11章需要4学时;实验教学18学时,主要是第4~8章中的例题与作业。其他内容自学。

56学时:课堂教学32学时,第1~3章和第5~12章内容需要32学时,实验教学24学时,主要是第4~12章中的例题与作业。

本书配有免费电子课件和一些扩展资料,可以登录www.huaxin.edu.cn免费下载。

本书在编写过程中,参考了广州周立功单片机发展有限公司的网站、大虾电子网、51单片机学习网、平凡单片机工作室、NXP、Atmel、Keil等网站的资料,以及51单片机相关的参考书,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!

(作者电子邮件: yiluxia@yahoo.com.cn)

作者

于太原理工大学

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 99se 软件辅助设计，其电气图形符号及其元件值的标注单位与软件一致，与规范有差别。
- 程序中 P0_0 是助记符（代表变量、地址），正文、图以及程序的说明和解释中 P0.0 是引脚，即引脚 P0.0 的地址是 P0_0。就是说在程序中只要用#include 语句声明了 At89x51.H 头文件，就可以直接使用助记符 P0_0 代替地址 0x80，或者说代替 P0 口的第 0 引脚 P0.0。对于 P2, P3，也是如此。

目 录

第 1 章 51 单片机的结构	(1)
1.1 51 内核单片机简介	(1)
1.2 51 单片机的结构特点	(2)
1.3 详细内部结构框图	(3)
1.4 51 单片机引脚说明	(4)
1.5 51 单片机的存储器	(7)
1.6 51 单片机的指令时序	(12)
1.7 51 单片机的定时器	(12)
1.7.1 定时器基础	(12)
1.7.2 四种工作方式	(14)
1.8 51 单片机的中断	(17)
习题	(22)
第 2 章 51 单片机 C 程序简介	(23)
2.1 51 单片机的存储器空间	(23)
2.2 C 语言基础知识	(24)
2.3 运算符	(30)
2.4 C 程序结构	(33)
2.5 函数	(37)
2.6 其他 C 语句	(41)
2.6.1 编译预处理	(41)
2.6.2 用 typedef 重定义数据类型	(42)
2.7 C51 编译过程中用到的文件	(43)
2.8 Intel HEX 文件的格式	(44)
2.9 获得错误与警告信息	(45)
习题	(46)
第 3 章 Keil C51 软件的使用	(47)
习题	(54)
第 4 章 C51 程序设计举例	(56)
4.1 C51 简单程序设计	(57)
4.2 具有定时器的 C51 程序设计	(72)
第 5 章 51 单片机实现数字电路	(97)
习题	(103)
第 6 章 51 单片机串行通信	(105)
6.1 异步串行通信	(105)
6.1.1 概述	(105)
6.1.2 RS-232 接口	(110)

6.2	单片机异步串行通信编程基础	(112)
6.3	51 单片机的串行通信口	(114)
6.3.1	51 单片机的串行口	(115)
6.3.2	51 单片机异步串行口通信例题	(117)
6.4	SPI 总线通信	(120)
6.4.1	SPI 总线介绍	(120)
6.4.2	51 单片机实现 SPI 总线输出数据	(122)
6.4.3	有关 SPI 总线的例题	(123)
6.5	RS-485 通信	(125)
6.5.1	RS-485 通信概述	(125)
6.5.2	RS-485 接口通信的例题	(128)
	习题	(139)
第 7 章	51 单片机的键盘与数码显示电路	(140)
7.1	扫描数码管显示	(140)
7.2	扫描键盘	(142)
7.3	点阵发光二极管显示	(146)
	习题	(150)
第 8 章	51 单片机的常用外扩芯片	(151)
8.1	单总线	(151)
8.1.1	单总线介绍	(151)
8.1.2	DS18B20 工作原理	(152)
8.1.3	DS18B20 程序设计	(155)
8.1.4	DS18B20 测量温度的例题	(158)
8.2	I ² C 总线	(167)
8.2.1	I ² C 总线介绍	(167)
8.2.2	I ² C 接口存储器 24C02	(172)
8.2.3	51 单片机的 I ² C 仿真程序	(174)
8.2.4	I ² C 接口存储器例题	(176)
8.3	1602 液晶显示器	(180)
8.3.1	1602 液晶显示器工作原理	(180)
8.3.2	51 单片机控制 1602 液晶显示例题	(187)
8.4	实时时钟芯片 DS1302	(195)
8.4.1	DS1302 工作原理	(195)
8.4.2	实际使用 DS1302 的例题	(202)
	习题	(210)
第 9 章	51 单片机实现状态机	(211)
9.1	有限状态机基础	(211)
9.1.1	时钟同步有限状态机	(212)
9.1.2	状态图	(214)
9.2	状态机的 C 语言描述	(215)

9.2.1 C 语言描述状态机的格式	(215)
9.2.2 描述状态机的 C 程序完整格式	(216)
9.3 状态机示例程序	(217)
9.4 灯开关类例题	(222)
9.5 电器控制类例题	(227)
9.6 交通灯类例题	(232)
9.7 秒表例题	(235)
习题	(236)
第 10 章 51 单片机实现顺序控制	(238)
10.1 梯形图	(238)
10.1.1 梯形图简介	(238)
10.1.2 基本术语	(239)
10.1.3 常用梯形图程序的 C 语言描述	(240)
10.2 顺序功能图 (SFC) 设计方法	(252)
10.2.1 SFC 图基础	(252)
10.2.2 SFC 图结构	(253)
10.2.3 C 语言描述 SFC 图	(254)
10.3 51 单片机实现 SFC 图的例题	(257)
10.4 51 单片机实现梯形图的例题	(263)
习题	(286)
第 11 章 51 单片机最小系统设计	(288)
11.1 单片机最小系统设计应该考虑的问题	(288)
11.2 设计 51 单片机最小系统	(293)
11.2.1 从数据手册了解 AT89S51 单片机	(293)
11.2.2 AT89S51 最小系统硬件设计	(296)
11.3 设计基于 STC89C51RC 单片机的最小系统	(298)
11.4 采用 AT89S51 芯片的实验板	(300)
11.5 AT89ISP 软件的简单使用	(303)
11.6 采用 STC89C51RC 单片机的实验板	(305)
11.7 STC89C51 的编程软件	(306)
11.8 51 单片机的扩展实验电路实验板	(308)
11.9 51 单片机外围电路设计	(310)
11.9.1 按键输入电路	(310)
11.9.2 扫描按键电路	(311)
11.9.3 光耦合隔离输入电路	(311)
11.9.4 常用 LED 电路	(312)
11.9.5 输出驱动接口	(315)
11.9.6 单片机实现开关量控制器	(318)
习题	(320)
第 12 章 51 内核单片机 P89LPC935 入门	(321)

12.1	LPC935 单片机简介	(321)
12.2	时钟	(325)
12.3	复位	(327)
12.4	中断	(328)
12.5	I/O 口	(330)
12.6	定时器 0/1	(332)
12.7	串行通信模块	(335)
12.8	用户配置字、引导向量与状态位	(339)
12.9	LPC935 单片机中的其他模块简介	(341)
12.10	设计基于 LPC935 单片机的最小系统	(345)
12.10.1	LPC935 单片机的编程	(345)
12.10.2	LPC935 最小系统硬件设计	(348)
12.10.3	采用 LPC935 单片机的实验板	(349)
12.10.4	LPC935 单片机的编程软件	(350)
12.10.5	与 LPC935 单片机实验板配套的实验板	(351)
12.11	51 内核单片机 LPC935 的 C 程序例题	(352)
12.11.1	LPC935 单片机 C 程序基本例题	(352)
12.11.2	LPC935 单片机 C 程序扩展例题	(358)
	习题	(369)
附录 A	制作实验电路板	(370)
A.1	制作 51 单片机最小系统实验板	(370)
A.2	其他外扩实验电路制作	(373)
A.3	制作 LPC935 单片机实验电路板	(376)
	参考文献	(380)

第 1 章 51 单片机的结构

1.1 51 内核单片机简介

将微处理器（CPU）、存储器、I/O 接口电路和相应的实时控制器件集成在一块芯片上的单片微型计算机，简称单片机。在世界上其他国家，人们又称单片机为微控制器（MCU）。单片机的结构框图如图 1-1 所示。



图 1-1 单片机的结构框图

单片机常根据其内部的 CPU 来分类，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 8051 CPU 的单片机。

目前单片机有几千种，51 内核的单片机是其中的一种，约有几十家生产厂商，产品有几百种。

Keil 公司的 Keil C51 软件支持 65 家公司生产的 51 内核单片机产品。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, ADuC814, ADuC816, ADuC824, ADuC831, ADuC845 等。

Atmel公司：AT89S51, AT89S52, AT89S53, AT89S8252 等。

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

Hynix Semiconductor公司：GMS97C1051, GMS97C2051, GMS97C51等。

Infineon公司：XC866, XC886-6FF, XC886-8FF等。

Maxim公司：MAX7651, MAX7652等。

Philips公司：P87C51RC2, P87C51RD2, P89LPC924, P89LPC935, P89LPC936等。

Silicon Laboratories, Inc. 公司：C8051F007, C8051F010, C8051F011, C8051F020, C8051F021等。

SST公司：SST89C54, SST89C58, SST89C59, SST89E554RC, SST89E564RD等。

STMicroelectronics公司：uPSD3212A, uPSD3212C, uPSD3212CV, uPSD3233B, uPSD3233BV等。

TI公司：MSC1200Y2, MSC1200Y3, MSC1201Y2, MSC1201Y3等。

Winbond公司：W78C51D, W78C52D, W78C54, W78C58, W78E516B, W78E51B等。

由于 51 内核产品众多，具备有大量的资料，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，但人们还是青睐 51 内核系列单片机，特别是钟情于功能最少的 51 单片机 AT89S51。

1.2 51 单片机的结构特点

51 内核系列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, Infineon, Silicon Laboratories Inc, Analog Devices 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了 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。

以 Ateaml 公司的 AT89S51 单片机为例，51 单片机最基本的结构特点如下。

(1) 一个 8 位算术逻辑单元 (CPU)。

(2) 4 组，共 32 个 I/O 口，每口 8 个引脚，可单独寻址（每个引脚有专用指令，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。

(5) 6 个中断源，具有两个中断优先级。

(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 1.085μs。51 单片机的结构框图如图 1-2 所示。51 单片机的 PDIP 封装外形如图 1-3 所示。

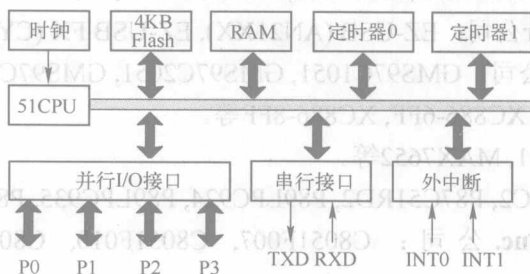


图 1-2 51 单片机的基本结构



图 1-3 51 单片机的 PDIP 封装外形

1.3 详细内部结构框图

51 单片机的内部结构框图如图 1-4 所示。

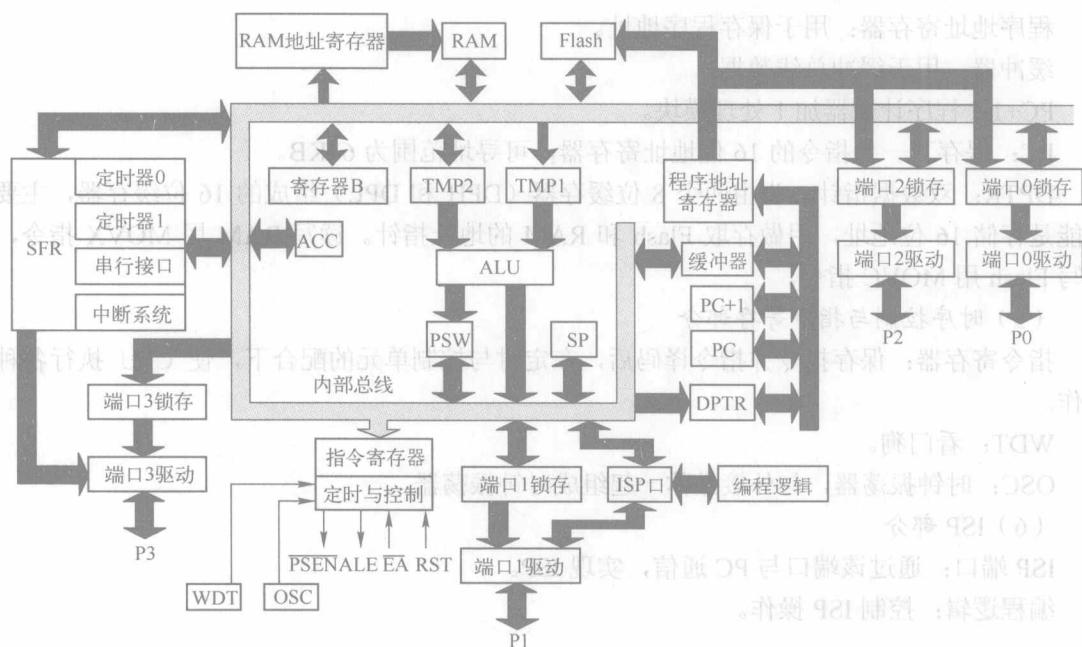


图 1-4 51 单片机内部结构框图

从图 1-4 中可看出，51 单片机组成结构中包含运算器、控制器、片内存储器、4 个 I/O 端口、串行接口、定时/计数器（简称定时器）、中断系统、振荡器等功能部件。

(1) I/O 端口部分

端口 0~3 驱动器与锁存器。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 与 RAM 地址寄存器：是片内随机存储器与随机存储器的地址寄存器。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 采用 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数据、地址、指令等的寄存器，栈指针用于指向堆栈的栈顶。

(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，常作为运算的第 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 1μs。

PSW: 程序状态字，用于记录与控制程序运行的的相关信息，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：用于缓冲总线数据。

PC+1: 程序计数器加 1 处理模块。

PC: 保存下一条指令的 16 位地址寄存器，可寻址范围为 64KB。

DPTR: 双数据指针，为由两个 8 位缓存器 (DPH 和 DPL) 组成的 16 位缓存器，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

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。

OSC: 时钟振荡器，与外接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 ISP。

编程逻辑：控制 ISP 操作。

1.4 51 单片机引脚说明

51 单片机的引脚排列如图 1-5 所示。下面分别介绍各个引脚的功能。

1. 主电源引脚

VCC (40 脚): 接+5V 电源正端。

VSS (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。任何引脚对地的电压范围是-1~7V。

2. 外接晶体引脚

石英晶体与内部的反相放大器组成 Pierce 振荡器，接线如图 1-6 所示。其中与非门与电阻 R1 组成反相放大器。

XTAL1 (19 脚): 接外部石英晶体的一端。在单片机内部，它是反相放大器的输入端，这个放大器构成了片内振荡器。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 引脚) 接外部石英晶体的另外一端。在单片机内部，它是反相放大器的输出端。

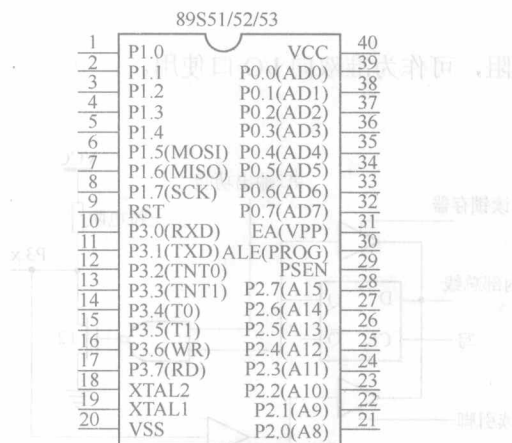


图 1-5 51 单片机的引脚排列

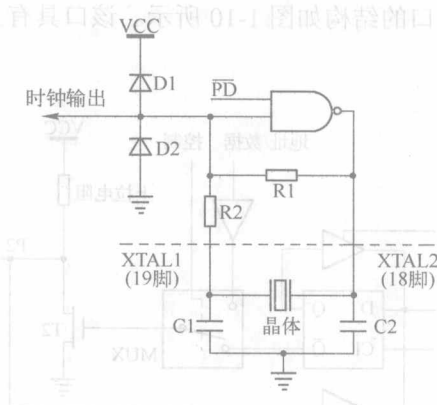


图 1-6 时钟振荡器接线图

3. 输入/输出引脚

(1) P0 口 (P0.0~P0.7) (引脚 39~32)

P0 口的结构如图 1-7 所示。该口具有漏极开路结构。

作为输出端使用时，需要外接上拉电阻（在作为 I/O 口使用时，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 (AB0~AB7)，也可作为数据总线 (DB0~DB7)。

P0 口可驱动 8 个 LSTTL（低功耗肖特基 TTL），其他端口可以驱动 4 个 LSTTL。1 个 LSTTL 负载为 0.4mA。

(2) P1 口 (P1.0~P1.7) (引脚 1~8)

P1 口的结构如图 1-8 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）。

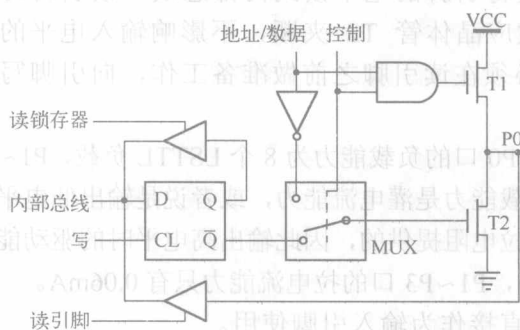


图 1-7 P0 口的结构

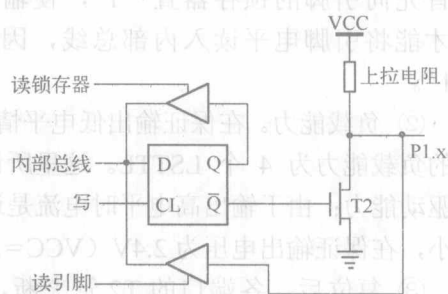


图 1-8 P1 口的结构

(3) P2 口 (P2.0~P2.7) (引脚 21~28)

P2 口的结构如图 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）。

在接有片外存储器时，P2 口作为高 8 位地址总线 (AB8~AB15)。

(4) P3 口 (P3.0~P3.7) 引脚 (10~17)

P3 口的结构如图 1-10 所示。该口具有上拉电阻, 可作为准双向 I/O 口使用。

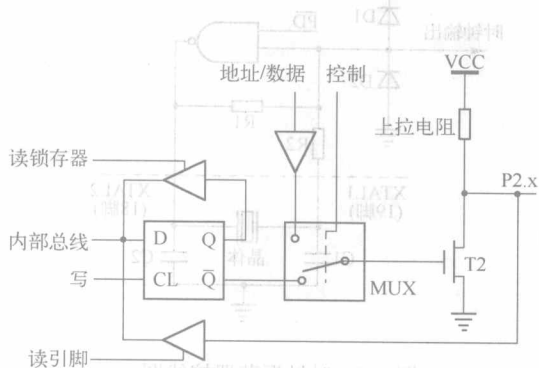


图 1-9 P2 口的结构

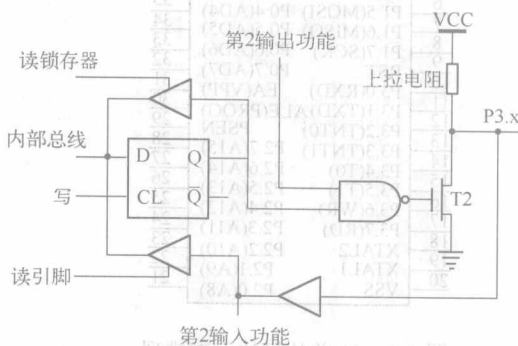


图 1-10 P3 口的结构

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 为串行输入口(RXD), P3.1 为串行输出口(TXD), P3.2 为外中断 0(INT0), P3.3 为外中断 1(INT1), P3.4 为定时/计数器 0 的外部输入口(T0), P3.5 为定时/计数器 1 的外部输入口(T1), P3.6 为外部数据存储器写选通(WR), P3.7 为外部数据存储器读选通(RD)。

有关 I/O 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, 输出高电平电压时, 由于流出的电流大, 可能引脚电压很低, 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。

读引脚还可以是从引脚输入数据, 就是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~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更小, 在保证输出电压为 2.4V ($V_{CC}=5V$) 时, P1~P3 口的拉电流能力只有 0.06mA。

③ 复位后, 各端口的 T2 管夹断, 可以直接作为输入引脚使用。

4. RST (引脚 9)

典型的复位电路如图 1-11 所示。

该引脚为单片机的上电复位引脚, 高电平有效。当单片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,

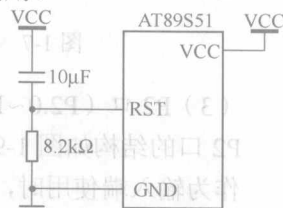


图 1-11 典型的复位电路

使单片机恢复到初始状态。

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 $1\sim 10\text{k}\Omega$ 的外部复位电阻。

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 $50\sim 300\text{k}\Omega$ ），所以可以不要外部下拉电阻，电容值可减小到 $1\mu\text{F}$ 。一般说来电源达到工作电压值的时间一般在 10ms 以内，时钟为 12MHz 时，起振时间小于 1ms 。

1.5 51 单片机的存储器

1. 程序存储器

51 单片机具有 64KB 程序存储器寻址空间，这些空间用于存放用户程序、数据和表格等信息。程序存储器都是用与 U 盘相同的 Flash 存储器构成的，如果使用 51 单片机内部的存储器保存用户程序，若要单片机正常运行，需要 EA 引脚接高电平，使 CPU 先从内部的存储器中读取程序，当 PC 值超过内部 ROM 的容量时，才会转向外部的程序存储器读取程序。例如，内部存储器为 4KB ，则 $\text{EA}=1$ 时，前面 4KB ($0000\text{H}\sim 0\text{FFFH}$) 使用内部存储器，而其后的 60KB ($1000\text{H}\sim \text{FFFFH}$) 使用外部存储器。

51 单片机程序存储器的示意图如图 1-12 所示。

AT89S51 单片机片内有 4KB 的程序存储单元，其地址为 $0000\text{H}\sim 0\text{FFFH}$ 。单片机启动复位后，程序计数器的内容为 0000H ，所以系统将从 0000H 单元开始执行程序。但在程序存储中有以下一些特殊的单元，使用中应加以注意：

$0000\text{H}\sim 0002\text{H}$ 单元：当第 9 脚（复位）为高电平时，单片机复位，程序计数器 PC 值为 0000H 。所以单片机从 0000H 单元开始执行程序。如果程序不是从 0000H 单元开始，则应在这三个单元中存放一条无条件转移指令，让程序计数器 PC 指向程序开始执行的地址处去执行用户编制的程序。

$03\text{H}\sim 000\text{AH}$ 单元：外部中断 0 中断地址区，当 INT0 （引脚 12）从高电平跳变到低电平时，CPU 接受外部中断 0，PC 将指向地址 03H 处执行程序。

$0\text{BH}\sim 0012\text{H}$ 单元：定时器 0 中断地址区，当 CPU 接受定时器 0 溢出中断时，PC 将指向 0BH 地址执行程序。

$13\text{H}\sim 001\text{AH}$ 单元：外部中断 1 中断地址区，当 INT1 （引脚 13）从高电平跳变到低电平时，CPU 接收外部中断 1，PC 将指向 13H 地址执行程序。

$1\text{BH}\sim 0022\text{H}$ 单元：定时器 1 中断地址区，当 CPU 接受定时器 1 溢出中断时，PC 将指向 1BH 地址执行程序。

$23\text{H}\sim 002\text{AH}$ 单元：串行中断地址区，当 CPU 接受到串行口的发送数据与接收数据中断后，PC 将指向地址 23H 执行程序。