

21世纪高等学校应用型规划教材

单片机应用实训教程

张秋菊 刘继超 主编 鲁小利 宋晓华 副主编



化学工业出版社

21 世纪高等学校应用型规划教材

单片机应用实训教程

张秋菊 刘继超 主编
鲁小利 宋晓华 副主编

第 2 版 (11C) 吕毅斌并绘图



化学工业出版社

完全资源 资源更新

本书分为两大部分。第1部分为基础理论和基础实训,包括单片机概述、编程语言、单片机应用系统的开发环境和6个相互独立的基础实训内容,涵盖了单片机的输入输出、定时、中断、串行口等基本的常用功能模块。第2部分为综合实训,包括5个具有实用价值的实训内容。

本书既可以作为普通高等学校应用型院校电气信息类相关专业学生学习单片机的教材,也可以作为科研人员的参考资料。

21世纪高等学校应用型规划教材

单片机应用实训教程

主编 张秋菊 刘继超

副主编 李颖宋 陈小霞

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用实训教程 / 张秋菊, 刘继超主编. —北京: 化学工业出版社, 2015.9

21世纪高等学校应用型规划教材

ISBN 978-7-122-24737-7

I. ①单… II. ①张… 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(2015)第171053号

责任编辑: 郝英华

装帧设计: 张 辉

责任校对: 吴 静

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张10¼ 字数273千字 2015年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00元

版权所有 违者必究

《单片机应用实训教程》编写人员

主 编 张秋菊 刘继超

副 主 编 鲁小利 宋晓华

编写人员（以姓氏笔画为序）

王 凌 云彩霞 史迎春 白彦霞 邢艳芳

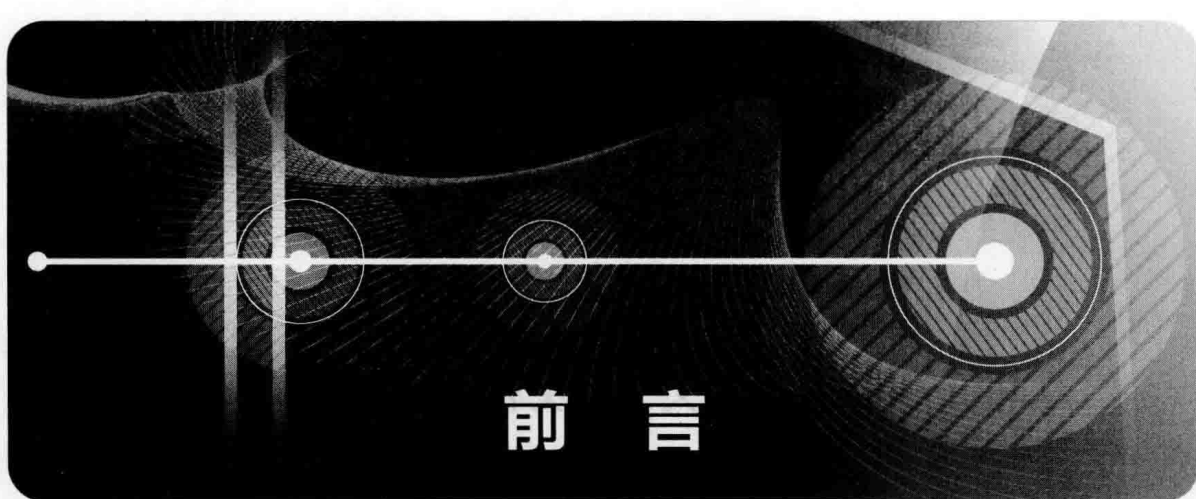
刘继超 李亮亮 张秋菊 宋丽辉 宋晓华

鲁小利 蔡小庆

主 审 莫德举

答 谢

2015年4月



前言

随着经济的发展,单片机的使用领域已十分广泛,如智能仪表、实时工控、通信设备、导航系统、家用电器等。因此,掌握单片机的应用技术具有重要意义。

本书分为两大部分。第1部分为基础理论和基础实训,包括单片机概述、编程语言、单片机应用系统的开发环境和6个相互独立的基础实训内容,涵盖了单片机的输入输出、定时、中断、串行口等基本的常用功能模块,对所涉及的知识点先以表格形式列出,再加以讲解。通过此部分的学习和训练,使学生从整体上掌握单片机的结构及开发流程、会熟练应用单片机。第2部分为综合实训,包括5个具有实用价值的实训内容,旨在进一步提高学生应用能力。

本书合理设计实训内容,将知识点包含在实训内容中,让学生能利用单片机进行应用系统的开发。

在讲解时,可以先顺序讲第1部分再讲第2部分。也可以讲完第1部分的单片机概述后就讲基础实训部分,讲基础实训部分时先讲解涉及的知识点(已以表格形式列出),再进行实训项目的仿真,最后讲第2部分。

本书由张秋菊、刘继超主编,鲁小利、宋晓华副主编。具体分工如下:第1部分第1章由鲁小利编写;第2章、第3章的3.1~3.4节、第5章的5.1~5.3节、5.5节由张秋菊编写;第5章的第5.4节由邢艳芳编写;第4章由宋晓华编写;第5章的第5.6节由张秋菊、云彩霞编写。第2部分第6、7章由刘继超编写;第8章由蔡小庆编写;第9章由王凌编写;第10章由李亮亮、白彦霞编写;宋丽辉、史迎春参与了程序调试工作;全书由莫德举主审。

本书相关电子课件可免费提供给使用本书作为教材的高等院校使用,如有需要请联系: cipedu@163.com。

由于水平有限,书中难免出现疏漏之处,恳请读者指正。

编者
2015年6月

目 录

第 1 部分 基础理论及基础实训

第 1 章 单片机概述

1.1 单片机简介	2
1.1.1 单片机发展历史	2
1.1.2 单片机发展的主要阶段	3
1.1.3 单片机应用范围	3
1.2 单片机的种类	4
1.3 单片机的主要性能和结构	5
1.3.1 单片机的内部结构	5
1.3.2 单片机的外部管脚	10
1.4 单片机最小系统	12
1.4.1 复位电路	12
1.4.2 时钟电路	12
习题	13

第 2 章 单片机程序设计语言

2.1 汇编语言程序设计	14
2.1.1 指令格式及寻址方式	14
2.1.2 传送指令	15
2.1.3 转移指令	17
2.1.4 移位指令	20
2.1.5 查表指令	21
2.1.6 算术运算指令	22
2.1.7 逻辑运算指令	23
2.1.8 位操作指令	24
2.1.9 伪指令	26
2.2 C51 程序设计	26

2.2.1 特殊功能寄存器的读写	26
2.2.2 I/O 口的读写	27
2.2.3 中断服务子程序的设计	28
2.2.4 应用实例	28
习题	29

第3章 单片机内部模块及常用外设

3.1 单片机的中断系统	30
3.1.1 中断源	30
3.1.2 中断标志位	30
3.1.3 中断允许寄存器	31
3.1.4 中断优先级	32
3.1.5 CPU 响应中断过程	32
3.2 单片机的定时器/计数器	35
3.3 单片机的串口结构	40
3.3.1 单片机串口结构	40
3.3.2 串行口控制寄存器 SCON	41
3.3.3 专用寄存器 PCON	42
3.3.4 串行口的工作方式	42
3.3.5 波特率选择	43
3.4 数码显示器	43
3.4.1 LED 数码显示器的结构	43
3.4.2 LED 数码显示器的显示段码	43
3.4.3 LED 数码显示器的接口电路	44
习题	45

第4章 单片机应用系统开发工具

4.1 PROTEUS 简介	46
4.2 PROTEUS 的使用	47
4.2.1 进入 PROTEUS ISIS	47
4.2.2 工作界面	47
4.2.3 绘图主要操作	50
4.2.4 电路图线路的绘制	52
4.2.5 实例	53
4.3 Keil uVision4 软件的介绍	58
4.4 Keil uVision4 软件的使用	59

第5章 基础实训

5.1 开关控制发光二极管	69
5.2 发光二极管的闪烁	70
5.3 流水灯	71
5.4 电机的驱动	73

附录 直流电机	78
一、直流电动机结构及工作原理	79
二、直流电动机驱动原理及驱动芯片	80
三、直流电动机的调速原理	82
5.5 倒计时器的设计	83
5.6 双机通信	86
习题	88

第2部分 综合实训

第6章 避障小车的设计

6.1 任务描述及分析	92
6.2 系统整体设计	93
6.3 所需器件清单及器件工作原理	94
6.3.1 模块功能介绍	94
6.3.2 超声波测距模块	95
6.3.3 超声波发射电路	95
6.3.4 超声波回波检测电路	96
6.3.5 显示模块	96
6.3.6 温度补偿模块	97
6.3.7 蜂鸣器报警模块	98
6.3.8 直流电机驱动电路	99
6.4 任务的实现	99
6.5 实物	100

第7章 基于单片机的交通灯控制系统

7.1 任务描述及分析	112
7.2 系统整体设计	112
7.3 所需器件清单及器件工作原理	114
7.4 任务的实现	115
7.4.1 硬件设计	115
7.4.2 程序代码	115

第8章 温度监测系统的设计

8.1 任务描述及分析	119
8.2 系统整体设计	119
8.3 所需器件的工作原理	120
8.3.1 单片机电路	120
8.3.2 温度传感器 DS18B20	120
8.3.3 数码管电路	125
8.4 任务的实现	125

第9章 单片机对键盘的控制

9.1 独立按键控制数码管显示	133
9.1.1 任务描述及分析	134
9.1.2 任务的实现	134
9.2 矩阵键盘控制数码管	135
9.2.1 任务描述及分析	137
9.2.2 键盘扫描原理	138
9.2.3 任务的实现	140

第10章 万年历的设计

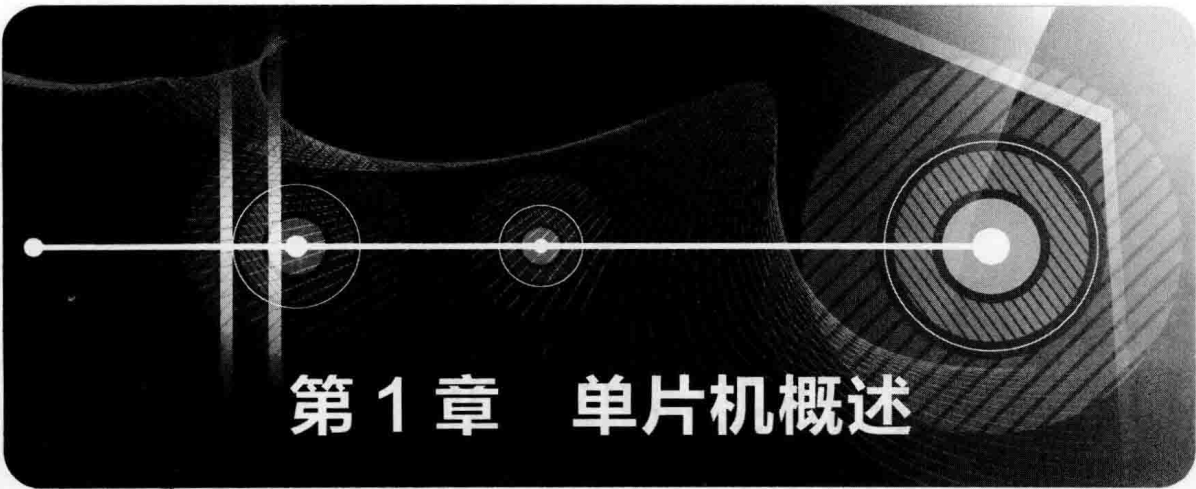
10.1 实训项目功能描述	147
10.2 实训项目功能分析	147
10.2.1 显示模块	147
10.2.2 时钟模块	148
10.2.3 实时环境温度采集模块	148
10.2.4 报警模块	148
10.2.5 设置模块	148
10.3 实训项目所需器件清单及器件工作原理	149
10.4 实训项目的实现	150
10.4.1 硬件设计	150
10.4.2 软件设计	150

参考文献

第 1 部分

基础理论及基础实训





第1章 单片机概述

1.1 单片机简介

单片微型计算机简称单片机 (Single Chip Microcomputer), 常用英文字母的缩写 MCU 表示, 是典型的嵌入式微控制器 (MicroController Unit)。

单片机是一种集成电路芯片, 是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器CPU、随机存储器RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 口和中断系统、定时器/计数器等 (有些还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路) 集成到一块硅片上构成的一个小而完善的微型计算机系统, 在工业控制领域广泛应用。从 20 世纪 80 年代, 由当时的 4 位、8 位单片机, 发展到现在的 300MB 的高速单片机。

由于单片机在工业控制领域的广泛应用, 单片机由仅有 CPU 的专用处理器芯片发展而来。最早的设计理念是通过将大量外围设备和CPU集成在一个芯片中, 使计算机系统更小, 更容易集成进复杂的而对体积要求严格的控制设备当中。

现代人类生活中所用的几乎每件有电子器件的产品中都会集成有单片机。手机、电话、计算器、家用电器、电子玩具、掌上电脑以及鼠标等电子产品中都含有单片机。汽车上一般配备 40 多片单片机, 复杂的工业控制系统上甚至可能有数百片单片机在同时工作! 单片机的数量远远超过PC 机和其他计算机的总和。

1.1.1 单片机发展历史

单片机诞生于 1971 年, 经历了 SCM、MCU、SoC 三大阶段, 早期的 SCM 单片机都是 8 位或 4 位的。其中最成功的是Intel的8051, 此后在 8051 上发展出了MCS51系列单片机系统。基于这一系统的单片机直到现在还在广泛使用, 因为简单可靠而性能不错获得了很大的好评, 在很多方面单片机比专用处理器更适合应用于嵌入式系统。事实上, 单片机是世界上数量最多的处理器, 随着单片机家族的发展壮大, 单片机和专用处理器的发展便分道扬镳。随着工业控制领域要求的提高, 开始出现了 16 位单片机, 但因为性价比不理想并未得到很广泛的应用。20 世纪 90 年代后随着消费电子产品大发展, 单片机技术得到了巨大提高。随着 INTEL i960 系列特别是后来的 ARM 系列的广泛应用, 32 位单片机迅速取代 16 位单片机的高端地位, 并且进入主流市场。而传统的 8 位单片机的性能也得到了飞速提高, 处理能力比起 20 世纪 80 年代提高了数百倍。高端的 32 位 Soc 单片机主频已经超过 300MHz, 性能直追 90 年代中

期的专用处理器，而普通的型号出厂价格跌落至 1 美元，最高端的型号也只有 10 美元。

当代单片机系统已经不再只在裸机环境下开发和使用，大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用在全系列的单片机上。而在作为掌上电脑和手机核心处理的高端单片机甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。

1.1.2 单片机发展的主要阶段

(1) 早期阶段

SCM即单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer) 阶段，主要是寻求最佳的单片形态嵌入式系统的最佳体系结构。“创新模式”获得成功，奠定了 SCM 与通用计算机完全不同的发展道路。在开创嵌入式系统独立发展道路上，Intel 公司功不可没。

(2) 中期发展

MCU即微控制器 (Micro Controller Unit) 阶段，主要的技术发展方向是：不断扩展满足嵌入式应用时对象系统要求的各种外围电路与接口电路，凸显其对象的智能化控制能力。它所涉及的领域都与对象系统相关，因此，发展 MCU 的重任不可避免地落在电气、电子技术厂家。从这一角度来看，Intel 逐渐淡出 MCU 的发展也有其客观因素。在发展 MCU 方面，最著名的厂家当数 Philips 公司。Philips 公司以其在嵌入式应用方面的巨大优势，将 MCS-51 从单片微型计算机迅速发展到了微控制器。因此，当我们回顾嵌入式系统发展道路时，不要忘记 Intel 和 Philips 的历史功绩。

(3) 当前趋势

SoC嵌入式系统(System on Chip)式的独立发展之路，向 MCU 阶段发展的重要因素，就是寻求应用系统在芯片上的最大化解解决，因此，专用单片机的发展自然形成了 SoC 化趋势。随着微电子技术、IC 设计、EDA 工具的发展，基于 SoC 的单片机应用系统设计会有较大的发展。因此，对单片机的理解可以从单片微型计算机、单片微控制器延伸到单片应用系统。

1.1.3 单片机应用范围

单片机渗透到我们生活的各个领域，几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。导弹的导航装置，飞机上各种仪表的控制，计算机的网络通信与数据传输，工业自动化过程的实时控制和数据处理，广泛使用的各种智能 IC 卡，民用豪华轿车的安全保障系统，录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制，以及程控玩具、电子宠物等，这些都离不开单片机。更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械以及各种智能机械了。因此，单片机的学习、开发与应用造就一批计算机应用与智能化控制的科学家、工程师。

单片机广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域，大致可分如下几个方面。

(1) 智能仪器

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点，广泛应用于仪器仪表中，结合不同类型的传感器，可实现诸如电压、电流、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化，且功能比起采用电子或数字电路更加强大，例如精密的测量设备（电压表、功率计、示波器、各种分析仪）。

(2) 工业控制

用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统、通信系统、信号检测系统、无线感知系统、测控系统、机器人等应用控制系统。例如工厂流水线的智能化管理，电梯智能

化控制、各种报警系统，与计算机联网构成二级控制系统等。

(3) 家用电器

家用电器广泛采用了单片机控制，从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电、其他音响视频器材，再到电子称量设备和白色家电等。

(4) 网络和通信

现代的单片机普遍具备通信接口，可以很方便地与计算机进行数据通信，为在计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件，通信设备基本上都实现了单片机智能控制，从电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信，再到日常工作中随处可见的移动电话，集群移动通信，无线电对讲机等。

(5) 设备领域

单片机在医用设备中的用途亦相当广泛，例如医用呼吸机、各种分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

(6) 模块化系统

某些专用单片机设计用于实现特定功能，从而在各种电路中进行模块化应用，而不要求使用人员了解其内部结构。如音乐集成单片机，看似简单的功能，微缩在纯电子芯片中（有别于磁带机的原理），就需要复杂的类似于计算机的原理。如：音乐信号以数字的形式存于存储器中（类似于 ROM），由微控制器读出，转化为模拟音乐电信号（类似于声卡）。在大型电路中，这种模块化应用极大地缩小了体积，简化了电路，降低了损坏、错误率，也便于更换。

(7) 汽车电子

单片机在汽车电子中的应用非常广泛，例如汽车中的发动机控制器，基于 CAN 总线的汽车发动机智能电子控制器、GPS 导航系统、ABS 防抱死系统、制动系统、胎压检测等。

总之，单片机在工商、金融、科研、教育、电力、通信、物流和国防航空航天等领域都有着十分广泛的用途。

1.2 单片机的种类

单片机作为计算机发展的一个重要分支，根据其发展情况，从不同角度，单片机大致可以分为通用型/专用型、总线型/非总线型及工控型/家电型。

(1) 通用型与专用型

按单片机适用范围来区分，可分为通用型和专用型。通用型单片机不是为某种专门用途设计的，例如 80C51；专用型单片机是针对一类产品甚至某一个产品设计生产的，例如，为了满足电子体温计的要求，在片内集成 ADC 接口等功能的温度测量控制电路。

(2) 总线型与非总线型

按单片机是否提供并行总线来区分，可分为总线型和非总线型。总线型单片机普遍设置有并行地址总线、数据总线、控制总线，这些引脚用以扩展并行外围器件。而另外许多单片机已把所需要的外围器件及外设接口集成一片内，因此在许多情况下可以不要并行扩展总线，大大节省封装成本和芯片体积，这类单片机称为非总线型单片机。

(3) 工控型与家电型

工控型与家电型是按照单片机大致应用的领域进行区分的。一般而言，工控型寻址范围大，运算能力强；用于家电的单片机多为专用型，通常是小封装、低价格，外围器件和外设接口集成度高。

显然，上述分类并不是唯一的和严格的。例如，80C51 类单片机既是通用型又是总线型，

还可以作工控用。

1.3 单片机的主要性能和结构

1.3.1 单片机的内部结构

单片机由 5 个基本部分组成，包括中央处理器 CPU、存储器、输入/输出接口、定时器/计数器、中断系统，本书以 8051 系列单片机（以下简称 51 单片机）为例进行介绍，8051 系列单片机内部结构如图 1-1 所示。

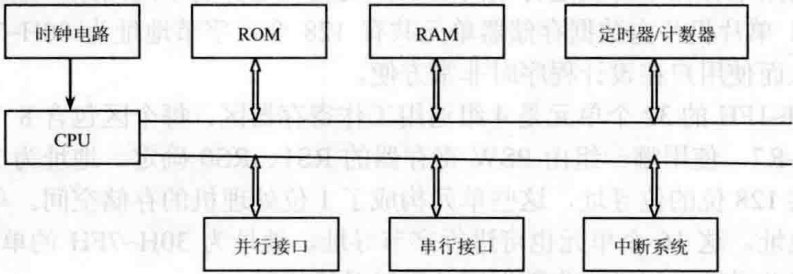


图 1-1 8051 系列单片机内部结构图

(1) 中央处理器（CPU）

中央处理器又称 CPU，由运算器和控制器两大部分组成。

① 运算器。运算器由运算部件——算术逻辑单元（Arithmetic & Logical Unit, ALU）、累加器和寄存器几部分组成。ALU 的作用是把传来的数据进行算术或逻辑运算，输入来源为两个 8 位数据，分别来自累加器和数据寄存器。ALU 能对这两个数据进行加、减、与、或、比较大小等操作，最后将结果存入累加器。例如，两个数 6 和 7 相加，在相加之前，操作数 6 放在累加器中，7 放在数据寄存器中，当执行加法指令时，ALU 即把两个数相加并把结果 13 存入累加器，取代累加器原来的内容 6。

运算器有两个功能：执行各种算术运算；执行各种逻辑运算，并进行逻辑测试，如零值测试或两个值的比较。

运算器所执行的全部操作都是由控制器发出的控制信号来指挥的，并且，一个算术操作产生一个运算结果，一个逻辑操作产生一个判决。

② 控制器。控制器由程序计数器、指令寄存器、指令译码器、时序发生器和操作控制器等组成，是发布命令的“决策机构”，即协调和指挥整个单片机系统的操作。其主要功能有：

- a. 从内存中取出一条指令，并指出下一条指令在内存中的位置；
- b. 对指令进行译码和测试，并产生相应的操作控制信号，以便于执行规定的动作；
- c. 指挥并控制 CPU、内存和输入/输出设备之间数据流动的方向。

中央处理器内通过内部总线把 ALU、计数器、寄存器和控制部分互联，并通过外部总线与外部的存储器、输入/输出接口电路联接。外部总线又称为系统总线，分为数据总线、地址总线和控制总线。通过输入/输出接口电路，实现与各种外围设备连接。

(2) 中断系统

单片机片内的中断系统主要用于实时测控，即要求单片能及时地响应和处理单片机外部或内部事件所提出来的中断请求。51 单片机的中断系统具有 5 个中断源，2 级中断优先权，可实现 2 级中断服务程序嵌套。每一个中断源可以用软件独立的控制：允许中断或关中断状态，且每一个中断源的中断级别均可用软件来设置。

5 个中断请求源分别是:

- ① $\overline{\text{INT0}}$: 外部中断请求 0, 由 $\overline{\text{INT0}}$ 引脚输入, 中断请求标志位为 IE0 。
- ② $\overline{\text{INT1}}$: 外部中断请求 1, 由 $\overline{\text{INT1}}$ 引脚输入, 中断请求标志位为 IE1 。
- ③ 定时器/计数器 T0 溢出中断请求, 中断请求标志位为 TF0 。
- ④ 定时器/计数器 T1 溢出中断请求, 中断请求标志位为 TF1 。
- ⑤ 串行接口中断请求, 中断请求标志位为 TI 和 RI 。

(3) 数据存储器 (RAM)

数据存储器用来存储单片机运行期间的工作变量、运算的中间结果、数据暂存和缓冲、标志位等。8051 单片机片内数据存储器单元共有 128 个, 字节地址为 $00\text{H}\sim 7\text{FH}$, 有很丰富的操作指令, 从而使用户在设计程序时非常方便。

地址为 $00\text{H}\sim 1\text{FH}$ 的 32 个单元是 4 组通用工作寄存器区, 每个区包含 8 个 8 位工作寄存器, 编号为 $\text{R0}\sim\text{R7}$, 使用哪一组由 PSW 寄存器的 RS1 、 RS0 确定。地址为 $20\text{H}\sim 2\text{FH}$ 的 16 个单元可进行共 128 位的位寻址, 这些单元构成了 1 位处理机的存储空间。单元中的每一位都有自己的位地址, 这 16 个单元也可进行字节寻址。地址为 $30\text{H}\sim 7\text{FH}$ 的单元为用户 RAM 区, 只能进行字节寻址, 用于作为数据缓冲区以及堆栈区。

(4) 程序存储器 (ROM)

程序存储器用来存储程序, 8051 为 4KB ROM。如果片内只读存储器的容量不够, 就需要扩展片外只读存储器, 最多可外扩至 64KB。

(5) 定时器/计数器

51 单片机片内有 2 个可编程的 16 位定时器/计数器 T0 、 T1 , 具有定时器和计数器两种工作模式。

① 计数器工作模式: 计数功能是对外来脉冲进行计数。有 T0 (P3.4) 和 T1 (P3.5) 两个输入引脚, 分别是这两个计数器的计数输入端。每当计数器的计数输入引脚的脉冲发生负跳变时, 计数器加 1。

② 定时器工作模式: 定时功能也是通过计数器的计数来实现的, 不过此时计数器的计数脉冲来自单片机内部, 即每个机器周期产生 1 个计数脉冲, 也就是每经过 1 个机器周期的时间, 计数器加 1。如果单片机采用 12MHz 晶体, 则计数频率为 1MHz, 即每经过 $1\mu\text{s}$ 的时间计数器加 1。这样可以根据计算值计算出定时时间, 也可根据定时时间的要求计算出计数器的初值。

51 单片机的定时器/计数器具有 4 种工作方式 (方式 0、方式 1、方式 2 和方式 3), 其控制字均在相应的特殊功能寄存器中, 通过对它的特殊功能寄存器进行编程, 用户可方便地选择定时器/计数器 2 种工作模式和 4 种工作方式。这 4 种工作方式分别为: 方式 0, 为 13 位定时器/计数器; 方式 1, 为 16 位定时器/计数器; 方式 2, 为 8 位的常数自动重新装载定时器/计数器; 方式 3, 仅适用于 T0 , T0 分为 2 个 8 位计数器, T1 停止计数。

(6) 串行接口

51 单片机内部有一个功能强大的全双工异步通信串行接口。所谓全双工就是双机之间串行接收、发送数据可同时进行。所谓异步通信, 就是收发双方没有同步时钟来控制收发双方的同步传送, 而是靠双方各自的时钟来控制数据的异步传送。要传送的串行数据在发方是以数据帧形式一帧一帧地发送, 通过传输线由收方一帧一帧地接收。8051 单片机的串行接口有 4 种工作方式, 波特率可由软件设置片内的定时器/计数器来控制。每当串行接口接收或发送 1B 完毕, 均可发出中断请求。串行接口除了可用来进行串行通信外, 还可以非常方便地用来

扩展并行 I/O 接口。

(7) 并行接口

8051 单片机共有 4 个并行 8 位 I/O 口 (Port)，分别记作为 P0~P3 端口，共有 32 根端口线，端口的每一位均有锁存器、输出驱动器和输入缓冲器所组成。P0~P3 的端口寄存器属于特殊功能寄存器。这 4 个端口除了按字节寻址之外，还可以按位寻址。

① P0 端口。图 1-2 所示为 P0 端口 8 位中的一位的结构电路原理图。P0 的字节地址为 80H，位地址为 80H~87H。由图可见，P0 端口由锁存器、输入缓冲器、切换开关、一个与非门、一个与门及场效应管驱动电路构成。P0 口在实际应用中，绝大多数情况都是作为单片机的地址/数据线来使用，当传送地址或者数据时，CPU 发出控制信号，打开上面的与门，使多路转接开关 MUX 打向上边，使内部地址/数据线与下面的场效应晶体管处于反向接通状态。这时的输出驱动电路由于上下两个 FET 处于反向，形成推挽式电路结构，大大地提高了带负载能力。而当输入数据时，数据信号则直接从引脚通过输入缓冲器进入内部总线。

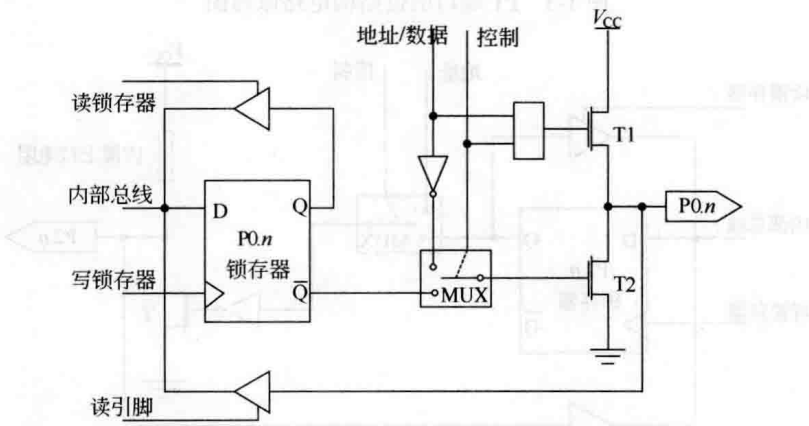


图 1-2 P0 端口的位结构电路原理图

另外，P0 端口也可作为通用的 I/O 口使用。这时 CPU 发出的控制信号为低电平，封锁了与门，并将输出驱动电路的上拉场效应晶体管截止，而多路转接开关 MUX 打向下边，与 D 锁存器的 Q 端接通。

当 P0 口作为输出口使用的时候，来自 CPU 的“写入”脉冲加在 D 锁存器的 CP 端，内部总线上的数据写入 D 锁存器，并向端口引脚 P0.X 输出。但要注意，由于输出电路是漏极开路，必须外接上拉电阻才能输出高电平。

② P1 端口。图 1-3 所示为 P1 端口 8 位中的一位的结构电路原理图。P1 端口的字节地址为 90H，位地址为 90H~97H。P1 端口只能作为通用 I/O 口使用，所以在电路结构上与 P0 端口有一些不同，主要有两点区别：一是因为 P1 端口只传送数据，所以不再需要多路转接开关 MUX；二是由于 P1 端口用来传送数据，因此输出电路中有上拉电阻，这样电路的输出不是三态的，所以 P1 端口是准双向口。

③ P2 端口。图 1-4 所示为 P2 端口 8 位中的一位的结构电路原理图。P2 端口的字节地址为 A0H，位地址为 A0H~A7H。在实际应用中，P2 端口用于为系统提供高位地址，因此同 P0 端口一样，在端口电路中有一个多路转接开关 MUX。但 MUX 的 1 个输入端不再是“地址/数据”，而是单一的“地址”，这是因为 P2 端口只能作为地址线使用。而当 P2 端口作为高位地址线使用时，多路转接开关 MUX 应接向“地址”端。正因为只作为地址线使用，P2 端

口的输出用不着三态的，所以 P2 端口也是准双向口。

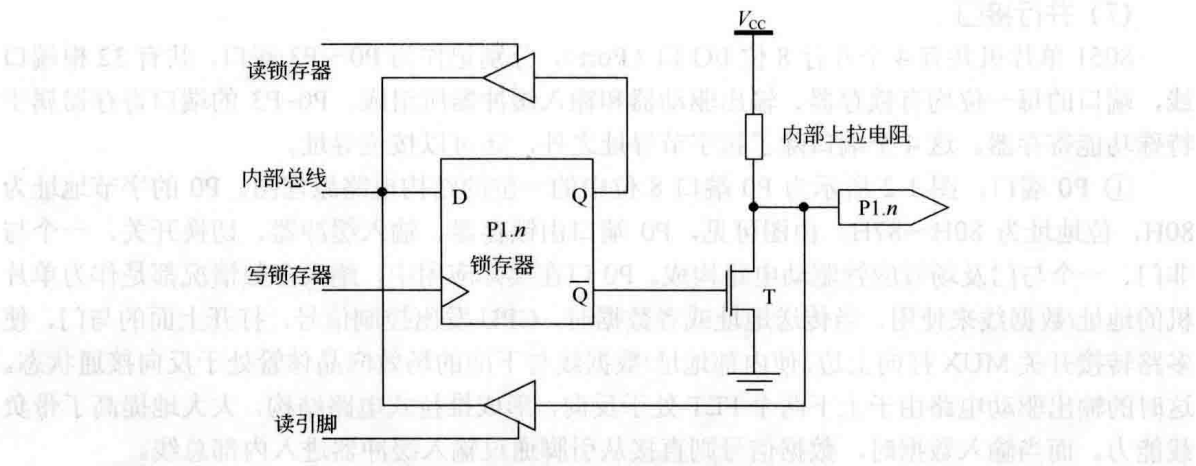


图 1-3 P1 端口的位结构电路原理图

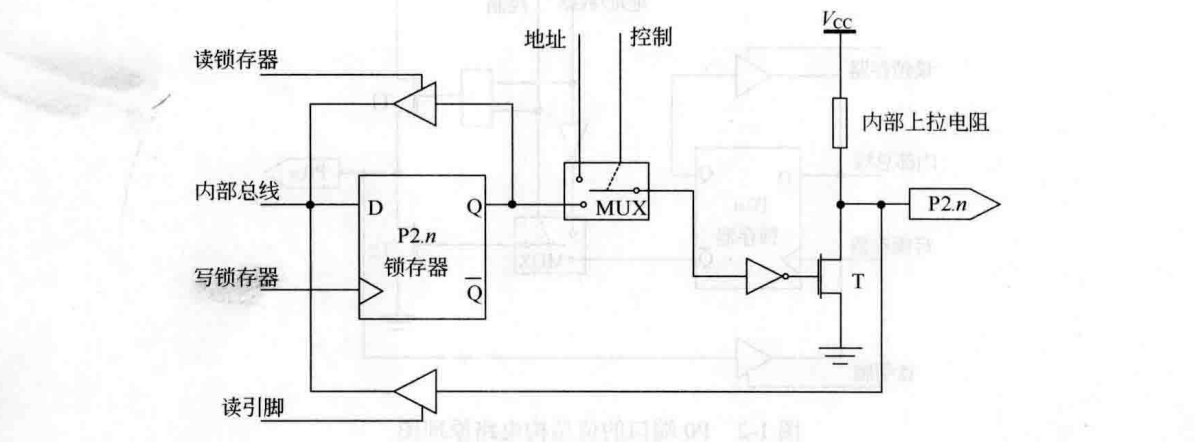


图 1-4 P2 端口的位结构电路原理图

④ P3 端口。图 1-5 所示为 P3 端口 8 位中的一位的结构电路原理图。P3 端口的字节地址为 B0H，位地址为 B0H~B7H。由于单片机的引脚有限，因此 P3 端口电路中增加了引脚的第二功能。P3 端口的某一引脚除了作为通用的 I/O 使用，又可根据需要，使用它的第二功能，具体如表 1-1 所示。

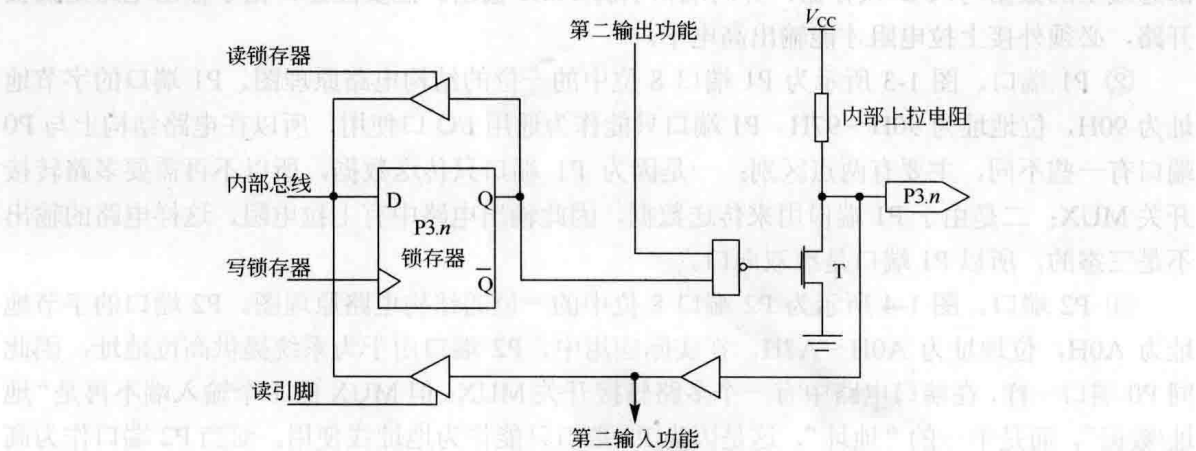


图 1-5 P3 端口的位结构电路原理图