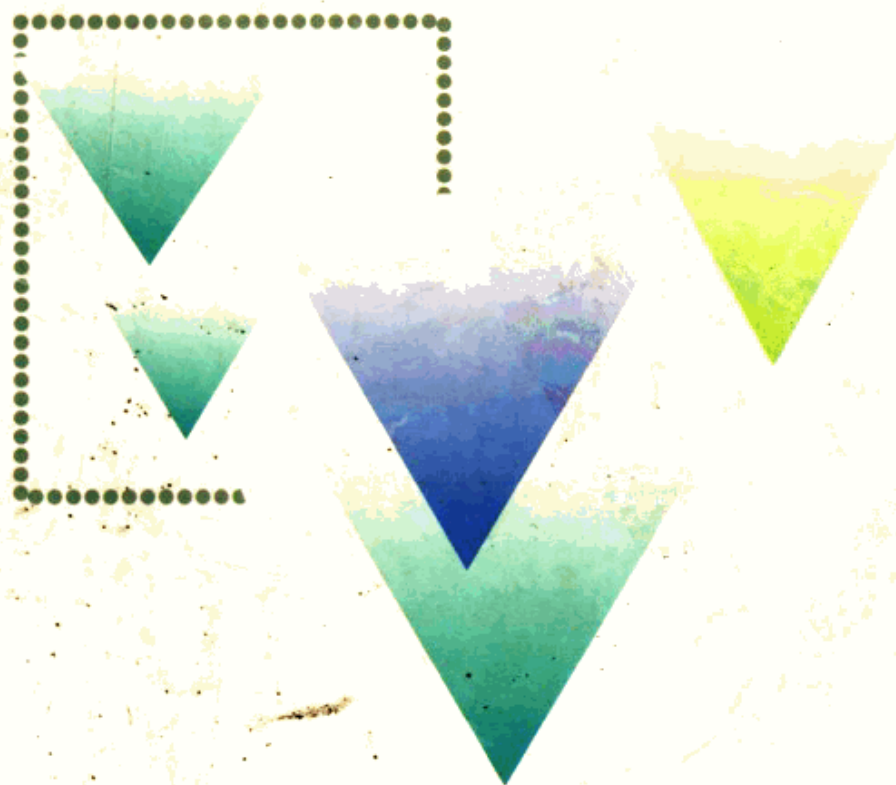


· 高等学校轻工专业教材 ·

单片机原理及 接口技术

于 凤 明 主 编



 中国轻工业出版社

高等学校轻工专业教材

单片机原理及接口技术

于凤明 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及接口技术/于凤明主编.-北京:中国轻工业出版社, 1998.9

ISBN 7-5019-2209-8

(高等学校轻工专业教材)

I. 单… II. 于… III. ①单片微型计算机-基本知识②单片微型计算机-接口 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 14429 号

责任编辑: 孟寿萱

责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云

版式设计: 智苏娅 责任校对: 郎静瀛

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 北京警官大学印刷厂

经销: 各地新华书店

版次: 1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 27

字数: 624 千字 印数: 1—3000

书号: ISBN 7-5019-2209-8/TS·038 定价: 42.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

内 容 简 介

本书系统地介绍了 MCS-51 单片机的组成原理和指令系统以及汇编语言程序设计,详细地介绍了系统的扩展、输入通道、交互通道和输出通道的接口技术,并对单片机应用系统设计也进行了较详细的叙述,同时给出了典型的设计实例,此外还介绍了具有代表性和通用性的单片机开发技术。

书后附录给出了应用系统设计中经常用到的指令表、典型产品引脚图、EPROM 固化电压参考表和常用的集成电路表,以便查阅和参考。

本书内容丰富,由浅入深、自成体系,实用性、工程性及全面性是其特色,既适合教学又适合于广大工程技术人员学习与参考。

前 言

本教材是根据轻工食品类专业教学指导委员会轻工自动化专业教学指导组 1996 年 11 月北京工作会议制定的“九五”教材建设规划中单片机原理及接口技术的教学基本内容和要求,并在结合编者多年的教学实践、科研成果和参考兄弟院校的有关教材及其他书刊、技术资料的基础上编写的。

本书共九章。第一、二章主要介绍了 MCS-51 单片机的结构原理、外特性和指令系统;第三章侧重讨论了基本程序设计方法和应用程序的设计方法以及串行通讯接口设计;第四章介绍了系统的地址空间分配,程序存储器 EPROM、E²PROM,数据存储器 SRAM 的扩展及总线驱动接口等;第五、六、七章重点介绍了输入通道配置与接口;交互通道配置与接口和输出通道配置与接口技术;第八章介绍了单片机应用系统的总体设计,硬、软件设计及可靠性设计等设计过程,并给出了连续控制和程序顺序控制的两个实例;第九章介绍了单片机的应用开发技术,侧重介绍汇编语言源程序的编辑、汇编过程和操作方法,同时介绍了模拟调试软件及应用,印制电路板的生成和硬件电路的调试;最后介绍了目标程序的反汇编和高级语言应用程序的生成过程。

由于各院校课程设置及教学时数的不同,对本教材可根据教学需要科学地进行调整,灵活掌握。建议在修完数字电子技术和微机原理课后,即开设本课程,为后续课的教学提供尽可能多的基本知识和技能。

本教材适用于高等学校工业自动化、自动控制、测控技术与仪器、电气装备及控制、计算机及应用等专业本科及专科的教学。

全书由齐齐哈尔大学工学院(原齐齐哈尔轻工业学院)于凤明主编。天津轻工业学院宋蕴兴编写第一章和附录,北京轻工业学院石芹侠编写第二、四、七章,于凤明编写第三、八、九章,西北轻工业学院党宏社编写第五、六章。

全书由西北轻工业学院方一清副教授主审。审稿中所提出的许多宝贵意见,对于提高本书的质量起了重要作用,借此表示诚挚的谢意。

尽管编者已尽了最大努力,限于学识水平及时间仓促,书中不妥以至差错之处在所难免,欢迎读者批评指正。

于凤明
于齐齐哈尔大学工学院
1997 年 10 月

目 录

绪论.....	(1)
第一章 MCS-51 单片机的硬件结构	(4)
第一节 概述.....	(4)
第二节 MCS-51 系列单片机硬件结构	(5)
第三节 定时器/计数器	(25)
第四节 串行接口	(29)
第五节 中断系统	(37)
思考题及习题	(45)
第二章 MCS-51 指令系统	(46)
第一节 MCS-51 指令系统概述	(46)
第二节 寻址方式	(50)
第三节 数据传送类指令	(53)
第四节 算术运算类指令	(57)
第五节 逻辑运算及移位类指令	(61)
第六节 控制转移类指令	(64)
第七节 布尔变量操作类指令	(69)
思考题及习题	(72)
第三章 汇编语言程序设计	(74)
第一节 基本程序设计方法	(74)
第二节 应用程序设计方法	(90)
第三节 串行通讯接口与程序设计	(97)
思考题及习题.....	(137)
第四章 单片机系统扩展技术.....	(138)
第一节 单片机系统扩展概述.....	(138)
第二节 程序存储器的扩展.....	(143)
第三节 数据存储器的扩展.....	(153)
第四节 并行输入/输出口的扩展	(159)
第五节 单片机的总线驱动能力及扩展方法.....	(176)
思考题及习题.....	(179)
第五章 输入通道配置与接口.....	(180)
第一节 传感器与变送器.....	(180)
第二节 A/D 转换器与接口技术	(191)
思考题及习题.....	(220)

第六章 交互通道配置与接口	(221)
第一节 键盘及接口.....	(221)
第二节 显示器与接口.....	(225)
第三节 键盘/显示器接口设计实例	(238)
第四节 微型打印机与接口.....	(253)
思考题及习题.....	(267)
第七章 输出通道配置与接口	(269)
第一节 单片机应用系统的输出通道.....	(269)
第二节 D/A 转换器的基本原理、性能指标及分类	(270)
第三节 D/A 转换芯片及应用接口	(275)
思考题及习题.....	(288)
第八章 单片机应用系统设计	(289)
第一节 应用系统的设计过程.....	(289)
第二节 多路智能温湿度测控仪设计.....	(301)
第三节 可编程顺序控制器设计.....	(322)
第九章 单片机的应用开发技术	(336)
第一节 汇编语言源程序的编辑.....	(336)
第二节 汇编语言源程序的汇编.....	(342)
第三节 MCS-8051/8096 的宏汇编	(347)
第四节 应用程序的模拟调试软件.....	(361)
第五节 应用程序的模拟调试.....	(372)
第六节 目标程序的反汇编.....	(382)
第七节 印制电路板绘制及硬件电路调试.....	(387)
第八节 高级语言与应用程序生成.....	(394)
主要参考资料	(404)
附录	(405)
附录一 MCS-51 指令表	(405)
附录二 MCS-51 典型产品引脚图	(410)
附录三 常用 EPROM 的固化电压参考表	(413)
附录四 常用运算放大器一览表.....	(416)
附录五 存储器、A/D、D/A 及接口电路引脚图	(421)

绪 论

单片微型计算机简称单片机，由于它的结构与指令功能都是按照工业控制要求设计的，故又称单片微控制器。目前国外已开始把它称作单片微型计算机。它是 70 年代中期发展起来的，80 年代初在我国刚刚起步，但它一出现就引起科技界的普遍关注，各高等院校已相继开设了单片机课程，有力地推动了单片机技术的普及。目前单片机技术正以惊人的速度向前发展。

一、单片机的发展过程

单片机的生产与发展和微处理器相仿，也经历了四个阶段：

第一阶段（1971~1974 年）：美国 Intel 公司首先推出 Intel 4004 4 位微处理器，1972 年 4 月 Intel 公司又研制成功了功能较强的 8 位微处理器 Intel 8008。这些微处理器虽然还不能称为单片机，但从此拉开了研制单片机的序幕。

第二阶段（1974~1978 年）：初级单片机阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表，这个系列单片机内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器，寻址范围不大于 4K，且无串行口。

第三阶段（1978~1983 年）：高性能单片机阶段。此阶段推出的单片机普遍带有串行口，有多级中断处理系统、16 位定时器/计数器。片内 ROM、RAM 容量加大，且寻址范围可达 64K 字节，有的片内还带有 A/D 转换器接口。代表型号有 Intel 公司的 MCS-51，Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。这类单片机是目前国内外产品的主流，其中 MCS-51 系列产品由于其优良的性能价格比，特别适合我国国情。

第四阶段（1983~现在）：8 位单片机巩固发展及 16 位单片机推出阶段。其主要特征是一方面不断完善高档 8 位单片机，改善其结构，以满足不同的需要；另一方面发展 16 位单片机及专用单片机。

二、单片机的发展趋势

为了不断提高单片机的技术性能，以满足不同用户的要求，各公司相继推出了以下新技术：

（1）采用双 CPU 结构以提高处理能力。如 Rockwell 公司的 R6500/21 和 R65C29 单片机采用了双 CPU 结构，其中每一个 CPU 都是增强型的 6502。

（2）增加数据总线宽度。如 NEC 公司的 μ PD-7800 系列单片机将 ALU 做成一个 16 位运算部件，内部采用 16 位数据总线，它的处理能力明显优于一般的 8 位单片机。

（3）采用流水线结构。通常的计算机采用的是存储器运行方式，这种顺序取指与执行指令的串行操作，限制了处理速度，根本的解决方法是采用并行操作。

流水线技术是一种同时进行若干操作的并行处理方式，以指令队列形式出现在 CPU

中,从而具有很高的运算速度。这类单片机的运算速度要比标准的单片机高出 10 倍以上,适合作数字信号处理用。例如 TMS320 系列信号处理单片机, NEC 公司的 μ PD-7720 系列单片机等。

(4) 串行总线结构。飞利浦公司开发了一种新型总线,该总线有两种形式: I²C 总线 (Intel-ICBUS) 和 DDB 总线 (Digital Data BUS)。均采用三条数据总线代替现行的 8 位数据总线,从而大大地减少了单片机引线,降低了单片机的成本。飞利浦公司的 SCC84C4、SCC83C351 等众多单片机中使用了这种总线。

总之,单片机的发展趋势是:功能强、可靠性高、体积小、性能价格比高、使用方便、易于产品化。

三、单片机的应用领域

单片机的应用特点是面广量大。国际上从 70 年代、国内从 80 年代以来,单片机的应用已遍及各个领域,对技术改造和新产品的开发起着重要的推动作用。一般地讲,单片机可分为单机应用和多机应用。

1. 单机应用

(1) 测控系统 应用单片机可以构成各种实时测量与控制系统。将测量技术、自动控制技术和单片机技术相结合,充分发挥数据处理和实时控制功能,使系统工作于最佳状态,提高系统的生产效率和产品的质量。在工业生产、航空航天、通讯、遥测、遥控等各种运动控制和过程控制的实时系统中都可以用单片机作为控制器。

(2) 智能仪表 采用单片机的软件编程技术,使测控仪表中的数字滤波、误差修正和线性化处理等硬件软件化方法,改造测量仪表和控制仪表,促进仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化及柔性化方向发展,进而构成测量与控制一体化的智能仪表。

(3) 机电一体化 机电一体化是机械工业的发展方向,它的目标是集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品。单片机的出现促进了机电一体化的发展。单片机作为机电产品中的控制器,能充分发挥其体积小、可靠性高、功能强等优点,大大强化了机器的功能,提高了机器的自动化、智能化程度。

(4) 家用电器 家用电器涉及到千家万户,生产规模大。例如洗衣机、音响设备、高级玩具等,配上单片机后其身价倍增。

2. 多机应用

单片机的多机应用系统,可分为功能集散系统、并行多机控制及局部网络系统。

(1) 功能集散系统 多功能集散系统是为了满足工程系统多种功能要求而设置的多机系统。例如一个加工中心的控制系统,除完成机床加工运行控制外,还要控制对刀系统、坐标指示、刀库管理、状态监视、伺服驱动等机构。

(2) 并行多机控制系统 并行多机控制系统主要解决工程应用系统的快速性、可靠性问题,以便构成大型实时工程应用系统。工业生产过程的 DCS 系统就是典型实例,它具有快速并行数据采集与处理、实时图像处理等功能,构成集散型控制系统。

(3) 局部网络系统 单片机网络系统的出现,使单片机应用跨上了一个新的台阶。目前单片机构成的网络系统主要是分布式测、控系统。单片机主要用于系统中的通讯控制

以及构成各种测、控子系统。

典型的分布式测控系统有两种类型：树状网络系统与位总线（BIT BUS）网络系统。

位总线分布式测控系统是 Intel 公司于 1984 年推出的一个典型的通用分布式微型计算机控制系统。构成该系统的核心芯片是 Intel 公司的 RUPI-44 系列单片机 8044/8744/8344。它是一个双单片机结构，其中一个为 8051/8751，另一个用以构成 SDLC/HDLC 串行接口部件（SIU）。片内程序存储器中装有加电诊断、任务管理、数据传送和对用户透明的并行、串行通讯服务程序。

四、MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机是高性能的单片机。近年来 Intel 公司在提高该系列产品性能方面做了不少工作，相继推出了不少新产品。

MCS-51 的典型产品为 8051，其内部资源有：

- 8 位 CPU；
- 4K 字节 ROM 程序存储器；
- 128 字节 RAM 数据存储器；
- 32 条 I/O 线；
- 两个 16 位的定时器/计数器；
- 一个全双工异步串行口；
- 五个中断源，两个中断优先级；
- 64K 字节程序存储空间；
- 64K 字节外部数据存储空间；
- 片内振荡器，频率范围为 1.2MHz~12MHz。

MCS-51 系列单片机采用模块式结构，其系列中各种增强型单片机都是以 8051 为核心，加上一定的新功能部件进行扩展后组成，从而使它们完全兼容。

MCS-51 系列单片机三个基本型产品是 8051/8751/8031。其中 8031 内部无 ROM，但外接一片 EPROM 就相当于 8051；8751 内部有 4K 字节的 EPROM，用户可以将程序固化在 EPROM 中。

8052/8752/8032 是在 8051/8751/8031 单片机基础上进行了扩展的改进型，片内数据存储器增至 256 字节，程序存储器增至 8K 字节，定时器/计数器增至 3 个 16 位定时器/计数器，有 6 个中断源。

80C51/87C51/80C31 是低功耗的 CHMOS 工艺芯片，允许电源电压波动范围较大，为 $5V \pm 20\%$ ，并有三种功耗控制方式。

80C252/87C252/83C252 是在 8052 的基础上，采用 CHMOS 工艺，并将 MCS-96 系列中的一些高速输出、脉宽调制（PWM）、上/下定时器/计数器移植进来，构成新一代高性能的 MCS-51 系列新产品。

本书将重点介绍的是 8051 单片机，读者重点掌握其组成原理、系统扩展及相应接口技术和应用系统的设计方法。

第一章 MCS-51 单片机的硬件结构

第一节 概 述

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司 1980 年推出的高性能 8 位单片机, 在国内外得到广泛应用。其芯片型号已有几十种之多, 并不断推出新品种。MCS-51 单片机的型号分类如图 1-1 所示。

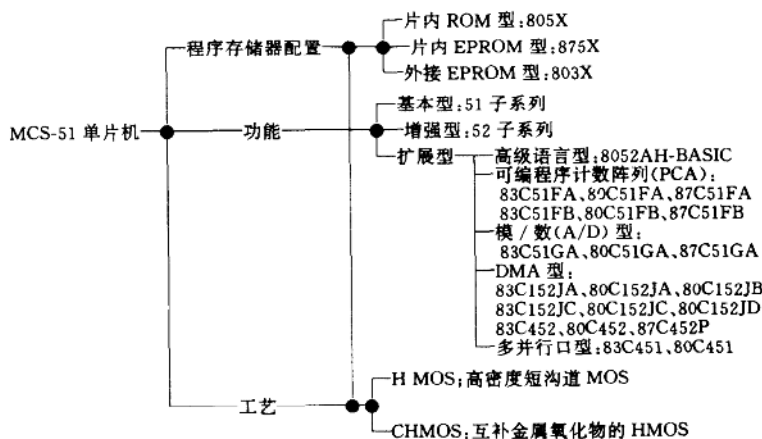


图 1-1 MCS-51 系列单片机型号分类

一、按程序存储器配置进行型号分类

MCS-51 单片机内部包含有程序存储器和数据存储器。片内数据存储器的配置基本相同, 而程序存储器的配置则有所不同, 其基本分类是:

- (1) 片内 ROM 型 内部含有掩膜 ROM 存储器。程序是用户委托芯片制造商用掩膜工艺固化到 ROM 中去, 使用者无法将程序直接写入片内, 也不能修改 ROM 中的程序。
- (2) 片内 EPROM 型 内部含有紫外线可擦除电可编程的只读存储器 EPROM。使用者可以自行将程序写入或擦除, 使用方便, 但价格较高。
- (3) 外接 EPROM 型 内部不含有程序存储器 (ROM), 必须外接程序存储器才能构成完整的单片机系统。这类芯片价格低, 扩展存储器容量灵活, 得到广泛应用。

二、按功能进行型号分类

MCS-51 系列单片机按功能分为: 基本型、增强型 (如表 1-1 所示) 和扩展型 (图 1-1)。

1. 基本型

51 系列 (8051/8751/8031) 属于基本型, 其技术性能指标见表 1-1。

表 1-1 MCS-51 系列单片机分类表

子系列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	寻址范围	I/O 特性			中断源
	无	ROM	EPROM				计数器	并行口	串行口	
51 子系列	8031	8051	8751	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
52 子系列	8032	8052	8752	8KB	256B	2×64KB	3×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8KB	256B	2×64KB	3×16	4×8	1	6

2. 增强型

52 系列 (8052/8752/8032) 属于增强型。其功能在 51 系列基础上有所增强, 具体表现在:

- (1) 片内 ROM 从 4KB 增至 8KB;
- (2) 片内 RAM 从 128 字节增至 256 字节;
- (3) 定时器/计数器从 2 个增至 3 个;
- (4) 中断源从 5 个增至 6 个。

3. 扩展型

随着单片机应用的深入发展, 为满足不同用户的特殊需要, 在完全兼容的前提下, 在片内扩展一些具有专门用途的功能。这些具有扩展功能的芯片, 为用户提供更方便、可靠的使用条件。

三、按工艺进行型号分类

MCS-51 系列单片机采用两种半导体工艺。

(1) HMOS 工艺 它是高密度短沟道 MOS 工艺, 特点是高速度和高密度。

(2) CHMOS 工艺 互补金属氧化物的 HMOS 工艺, 它是 CMOS 和 HMOS 工艺的结合。除具有 HMOS 的特点外, 还具有 CMOS 低功耗的特点。如 8051 的功耗为 630mW, 而 80C51 只有 120mW。此类芯片适用于低功耗的设备和环境。

MCS-51 系列单片机型号中凡带有字母“C”的为 CHMOS 芯片, 其他型号一般为 HMOS 芯片。

第二节 MCS-51 系列单片机硬件结构

尽管 MCS-51 系列单片机的型号很多, 但其基本结构和主要功能是不同的。下面重

点介绍典型产品 8051。

一、MCS-51 单片机的基本组成

8051/8751 芯片内部结构的主要区别是含有 ROM/EPROM 的不同,而 8031 内部没有 ROM,除此之外,其他功能和外部引脚完全相同。8051 内部结构如图 1-2 所示。

由图可见,8051 内部主要组成是:运算器、控制器、并行 I/O 口、片内存储器、串行 I/O 口、中断控制、定时器/计数器等。下面简要介绍各部分的功能。

1. 运算器 ALU

运算器具有 8 位二进制数的算术逻辑运算功能,包括加、减、乘、除等基本运算和逻辑“与”、“或”、“异或”、循环、求补、清零等基本操作。运算数据通常经过暂存器 TMP1、TMP2 或累加器 ACC 进入 ALU 进行运算。运算结果一般送回 ACC,同时将运算结果的状态信息传递给程序状态字寄存器 PSW。

具有一位的布尔处理功能,实现对位 (bit) 变量的操作。包括置位、清零、求补、逻辑“与”、“或”、测试转移等。此时,PSW 中的进位标志 Cy 作为布尔处理器,起到一位累加器的作用。

2. 控制器

控制器由程序计数器 PC、指令寄存器 IR、指令译码器 ID、振荡器及时钟电路等组成。

(1) 程序计数器 PC 作为 16 位的地址指针,指出将要执行的下一条指令的地址。

(2) 指令寄存器 IR 保存当前执行指令的代码。

(3) 指令译码器 ID 对指令代码进行译码产生相应的控制信号,控制单片机各部件去执行指令规定的操作。

(4) 振荡器及定时控制电路 8051 单片机内部有振荡电路,与外接石英晶体和频率微调电容配合,构成单片机的定时电路,产生时钟脉冲信号,作为单片机工作的时间基准。

3. 内部数据存储器

8051 片内共有 256 个字节的 RAM 单片,其中低 128 个单元,用户可以进行数据的读写操作,称为数据存储器区;高 128 个单元,一般不用于存放数据,作为专用寄存器区。

4. 内部程序存储器

8051 内部共有 4KB 的掩膜 ROM,用于存放程序、表格或原始常数。

5. 并行 I/O 口

8051 内部有四个 8 位并行输入/输出 (I/O) 口: P0、P1、P2、P3,用于实现数据的输入或输出操作。

6. 定时器/计数器

8051 有两个 16 位的定时器/计数器,各有数种工作方式的定时或计数功能。

7. 串行口

8051 是有一个全双工的异步串行口,实现数据的串行传送。

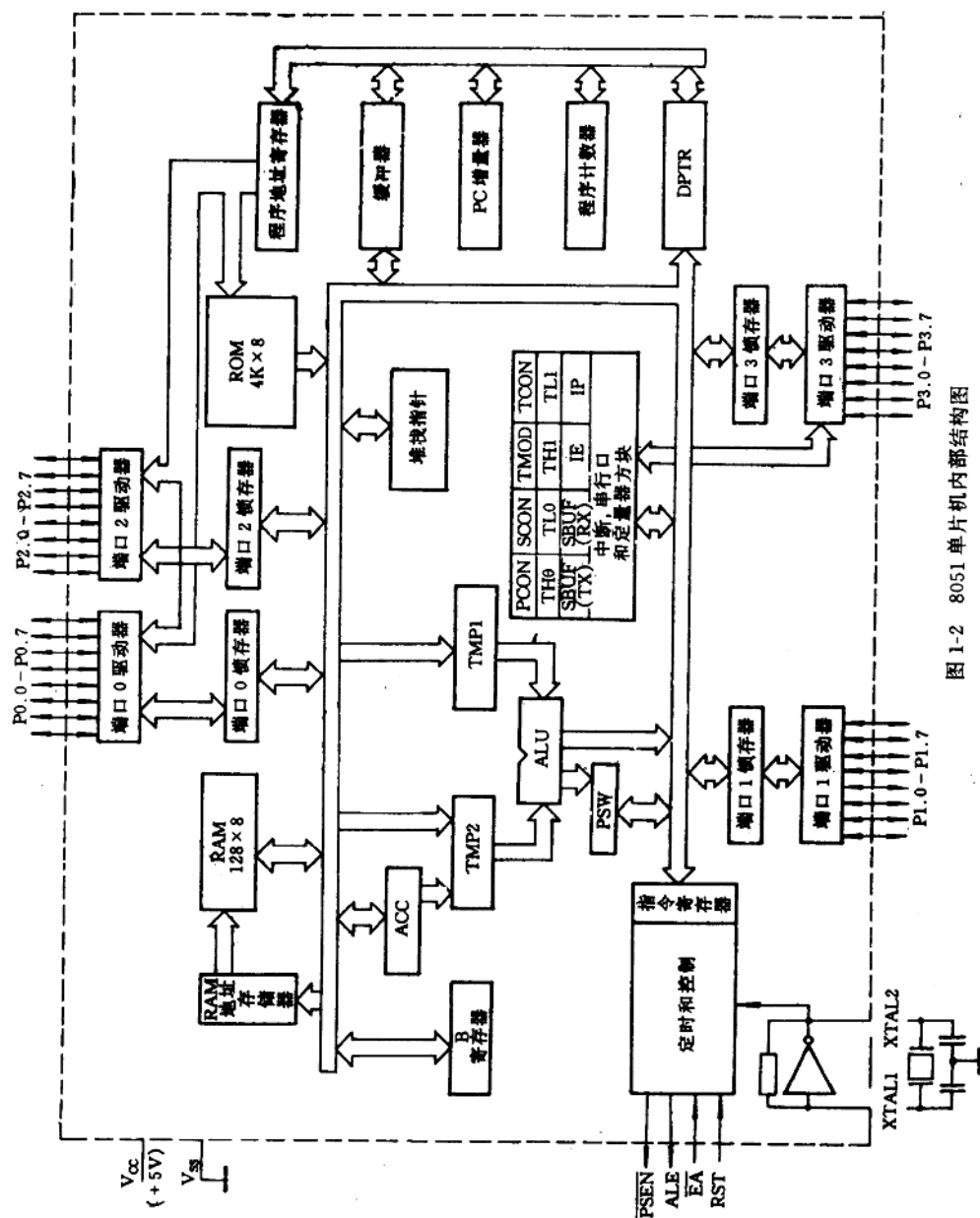


图 1-2 8051 单片机内部结构图

8. 中断控制

8051 具有两个优先级的 5 个中断源, 以满足控制应用的需要。

二、MCS-51 单片机的引脚与功能

MCS-51 系列单片机芯片引脚有三种类型。其一是 40 脚 DIP 或 44 脚 PLCC 封装, 其二是 48 脚 DIP 或 52 脚 PLCC 封装, 其三是 68 脚 PLCC 封装。其中 44 (52) 脚 PLCC 封装与 40 (48) 脚 DIP 封装功能完全相同, 只是引脚排列顺序不同, 标有 NC 的引脚是空脚。芯片引脚见附录二。通常 8051 采用标准的 40 脚双列直插式封装, 引脚排列如图 1-3 所示。

1. 控制信号引脚

(1) RST/V_{PD} (复位信号/备用电源) RST 是复位信号输入端, 此脚出现两个机器周期高电平信号时, 将使单片机复位。

V_{PD} 作为第二功能引脚是备用电源输入端。当主电源 V_{CC} 电压下降到低于规定电平时, 备用电源经此端向内部 RAM 提供电压, 以保护内部 RAM 中的信息不丢失。

(2) PSEN 外部程序存储器读选通信号, 输出、低电平有效。

从外部程序存储器取指令 (或常数) 时, 每个机器周期 PSEN 两次有效 (访问片外数据存储器除外)。可以驱动 8 个 LS 型 TTL 负载。

(3) ALE/PROG (地址锁存允许/编程脉冲) ALE 作为地址锁存允许控制信号, 在访问外部存储器时, 用于锁存 P0 口输出的低 8 位地址信号, 以实现低位地址和数据的隔离。通常 ALE 输出正脉冲的频率为晶振频率的 1/6, 但是在访问外部数据存储器时, 少一个 ALE 脉冲。

PROG 作为第二功能引脚, 是 EPROM 型单片机编程脉冲的输入端。

(4) EA/V_{PP} (访问程序存储器/编程电压) EA 作为访问程序存储器控制信号, 当 EA=1 (高电平) 时, 访问内部程序存储器, 执行片内 ROM 或 EPROM 中的程序, 寻址范围是 0000H—0FFFH; 当指令地址超过 0FFFH 时, 自动转向片外 ROM 取指令。当 EA=0 (低电平) 时, 访问外部程序存储器, 寻址范围是 0000H—FFFFH。对于无片内 ROM 的芯片 (8031), 此脚必须接地。

V_{PP} 作为第二功能输入端, 为 EPROM 型单片机提供编程 (固化) 电压。常用

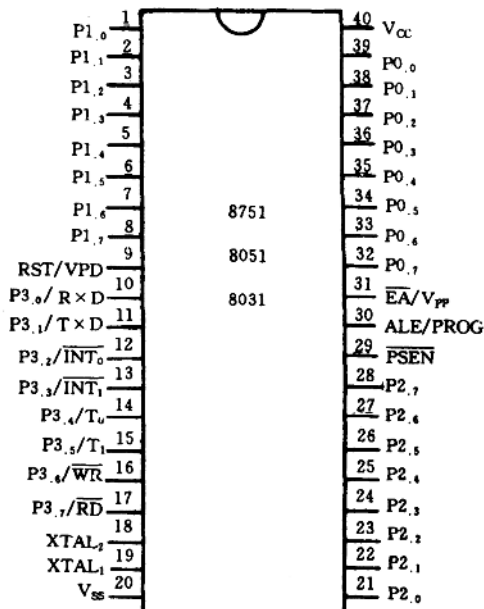


图 1-3 MCS-51 单片机芯片引脚图

EPROM 的固化电压值见附录三。

2. 时钟电路引脚 XTAL1、XTAL2

当使用芯片内部时钟时，这两根引脚用于外接石英晶体和微调电容；当使用外部时钟时，用于接外部时钟脉冲信号。

3. 电源和接地引脚 Vcc (+5V)、Vss (地)

4. 输入/输出 (I/O) 口

P0 口 (P0.₀—P0.₇) 是一个 8 位双向 I/O 口。访问外部存储器时，作为地址总线的低 8 位和数据总线复用口。作通用 I/O 口时，输出是漏极开路的，每根引脚可驱动 8 个 LS 型 TTL 负载；输入时应向锁存器写入“1”，使引脚处于高阻状态，保证信号正确输入。对 EPROM 型芯片 (8751) 进行编程和校验时，用于输入/输出数据。

P1 口 (P1.₀—P1.₇) 是一个具有内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口。每一位可驱动 4 个 LS 型 TTL 负载。作为输入口时，需先向 P1 口锁存器写入“1”，其相应引脚由内部电阻拉为高电平，即可实现信号的正确输入。对 EPROM 型芯片编程和校验时，用于接收低 8 位地址。

P2 口 (P2.₀—P2.₇) 是一个具有内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口。每一位可驱动 4 个 LS 型 TTL 负载。访问外部存储器时，输出地址总线的高 8 位地址。对 EPROM 型芯片编程和校验期间，用于接收高 8 位地址。

P3 口 (P3.₀—P3.₇) 是一个具有内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口。每一位可驱动 4 个 LS 型 TTL 型负载。作为通用 I/O 口时，功能与 P1 口相同。作为第二功能使用时，各位的作用如表 1-2 所示。

表 1-2 P3 口线的第二功能

口 线	第二功能	信 号 名 称
P3. ₀	PXD	串行数据接收
P3. ₁	TXD	串行数据发送
P3. ₂	$\overline{\text{INT0}}$	外部中断 0 请求
P3. ₃	$\overline{\text{INT1}}$	外部中断 1 请求
P3. ₄	T0	定时器/计数器 0 计数输入
P3. ₅	T1	定时器/计数器 1 计数输入
P3. ₆	$\overline{\text{WR}}$	外部 RAM 写选通
P3. ₇	$\overline{\text{RD}}$	外部 RAM 读选通

三、并行 I/O 端口与结构

8051 有四个 (P0—P3) 8 位并行输入/输出口，每一位主要由锁存器、输出驱动器和输入缓冲器等电路组成；每一根 I/O 端口线都能独立用作输入或输出。用作输出时数据可以锁存，用作输入时数据可以缓冲。P0—P3 口的结构和功能基本相同又各具特点，分别介绍如下。

1. P0 口

P0 口每一位的逻辑结构如图 1-4 所示。

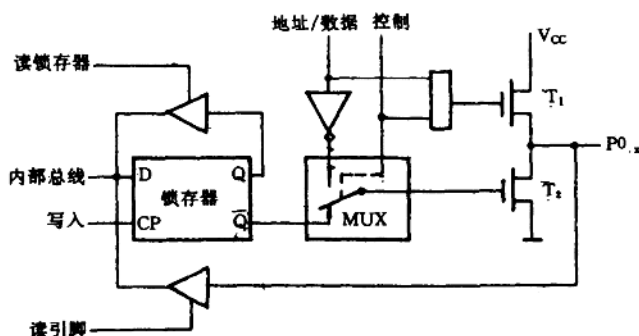


图 1-4 P0 口逻辑电路图

由图可见，P0 口由输出锁存器、两个三态缓冲器、输出控制电路和输出驱动电路等组成。其中，输出控制电路由与门、反相器和多路转换开关（MUX）组成。

P0 口既可作为通用 I/O 口使用，又可作为地址/数据总线复用。两种功能的切换由多路开关控制。

(1) P0 口用作通用 I/O 口。此时控制端为低电平，封锁与门，使输出驱动电路的上拉场效应管（FET）T1 截止，同时多路转换开关接通锁存器 Q 端。

当 P0 口输出时，内部的写脉冲加在 D 触发器的 CP 端，数据写入锁存器，并向端口引脚输出。此时 Q 端信号经输出驱动电路 T2 反相后，使引脚上产生与内部总线相同的数据。由于 T1 截止，输出是漏极开路电路，必须外接上拉电阻才能有高电平输出。

当 P0 口输入时，有两种工作情况：读引脚和读端口。与之对应的设有两个三态缓冲器。

所谓读引脚就是读芯片引脚的数据。此时外部输入数据经下方数据缓冲器进入内部数据总线。缓冲器的“读引脚”控制信号是由相应的“读”指令产生。读引脚时，应通过指令先将端口锁存器置“1”，然后再进行读引脚操作，否则可能读入出错。因为如果锁存器原来锁存数据为“0”，则输出场效应管 T2 栅极信号为“1”，使该管导通，引脚被钳位在低电平，从而无法读入高电平信号。

所谓读锁存器就是通过图 1-4 上面的缓冲器读锁存器 Q 端的状态。它与“读—改—写”指令相对应。这类指令的作用是先将接口的内容读回 CPU，经过运算修改，再写回接口。此时“接口的内容”是指锁存器而不是引脚的内容。如“ORL P0, A”指令就是先读入 P0 口锁存器中的数据，然后与累加器 A 的内容进行逻辑或操作，再把结果送回 P0 口。这类指令不直接读引脚而读锁存器是为了避免可能出现的错误。例如某位端口已处于输出“1”状态，端口负载是一个晶体管的基极，则晶体管导通，引脚电平也随之被拉低，这时直接读引脚只能读到“0”信号。但若读锁存器 Q 端，就能读回原来输出的