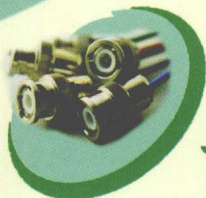
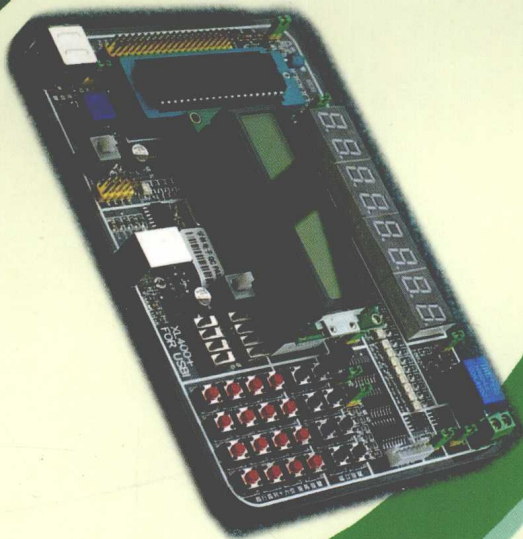


高职高专电子类 **十一五规划** 精品课程 **建设教材**

# 单片机应用技术

主 编：谭立新  
主 审：杨可以



GAOZHI GAOZHUAN  
DIANZILEI SHIYIWU GUIHUA  
JINGPIN KECHENG JIANSHE JIAOCAI

中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

# 单片机应用技术

主    编	谭立新			
主    审	杨可以			
副主编	雷道仲	何忠悦	何美生	王文海
参编人员	赵富廷	张新华	刘  锰	张卫兵
	郭建波	刘悦音	刘国联	徐伟杰
	郭稳涛	江  伟	龙  剑	舒  望

中南大学出版社

---

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术/谭立新主编. —长沙:中南大学出版社,2009  
ISBN 978-7-81105-972-4

I.单... II.谭... III.单片微型计算机 IV.TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 156220 号

---

单片机应用技术

主编 谭立新

---

责任编辑 李宗柏

责任印制 汤庶平

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

印 装 长沙市宏发印刷厂

---

开 本 787×1092 1/16 印张 19 字数 482 千字

版 次 2009年9月第1版 2009年9月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-81105-972-4

定 价 36.00 元

---

图书出现印装问题,请与经销商调换

## 前 言

本书是湖南省职业教育“十一五”重点建设项目:应用电子技术精品专业及应用电子技术实习实训基地的建设成果之一;也是中国教育学会“十一五”科研规划课题:基于轮式教育机器人的《单片机应用技术》课程开发的研究成果之一。

本书按照国家教育部“校企合作、工学结合”的原则,提出了以“两轮教育机器人”设计制作与程序开发为大型案例,围绕项目的构思、设计、实施、运行等设计制作过程,分解独立的工作任务进行教学与实践,将C51单片机外围引脚接口特性、外围扩展电路、内部结构原理和汇编语言、C语言程序设计等知识与能力通过“学中做、做中学”的教学方式,培养学生的职业意识和职业能力,达到学生能够自主开发小项目的培养目标。本书分为两个部分:基础篇与提高篇,基础篇介绍了单片机的知识体系;提高篇以轮式机器人为例,全面系统介绍了单片机的应用,打破了传统学科体系,以7个真实的工作项目为载体,对课程内容进行了重构,设计了7个主题教学单元(模块),将岗位要求的知识、技能和态度分解到7个难易不同的项目中,使整个教学与学习过程充满挑战和乐趣,大大提高了学生的学习效率。通过“一做、二讲、三练、四评、五拓展”培养学生的职业能力,养成良好的职业态度,形成规范的职业习惯。

“一做”,指项目制作。学生在教师的指导下一步一步完成项目的制作,培养技能,形成感性认识,并将安全生产、现场“8S”(整理、整顿、清扫、情节、素养、安全、环保、节能)管理融入项目制作的过程中,养成良好的职业态度,形成规范的职业习惯。

“二讲”,指相关知识介绍。教师针对本教学单元所涉及到的相关理论知识进行讲解、项目制作相关的其他方法等进行介绍,使学生对制作的项目形成理性认识,掌握相关知识点和相关方法。

“三练”,指强化训练。针对本教学单元要求掌握的技能、应具有的态度(敬业态度、团队协作、安全生产、“8S”管理等),进行强化训练,让学生熟练掌握相关技能,并养成两个好的职业态度,形成规范的职业习惯。

“四评”,指考核评价。针对上述三个环节,对学生完成和掌握的情况进行考核评价。不仅要考核学生对相关知识、技能的掌握情况,而且要考核学生安全生产、现场“8S”管理等职业习惯和规范,还要考核学生的团队协作、资料检索、实训报告撰写和答辩能力。

“五拓展”,指拓展提高。一是针对教学单元的重点内容布置相关的训练与练习,二是针对项目的制作方法、项目电路进行进一步的改进和优化,三是针对本教学单元相关的新技术、新方法、新材料、新产品等进行介绍。

本书由第四届湖南省普通高等学校教学名师、湖南省职业院校应用电子技术专业带头人、湖南省高校电子信息技术教学研究会常务理事、湖南信息职业技术学院信息工程系主任谭立新副教授任主编,提出了本书编著的基本思想,提供了轮式教育机器人的原始技术资料,并编著了第9~10章;湖南信息职业技术学院雷道仲讲师、何忠悦讲师协助主编整理与开发了相关程序源代码,并编著了第11~15章;湖南信息职业技术学院教师刘猛、张卫兵、

郭建波编写了第1~3章；长沙航空职业技术学院刘悦音副教授、王文海副教授编写了第4章及附录；湖南化工职业技术学院教师徐伟杰、湖南机电职业技术学院教师郭稳涛、湖南交通工程职业学院龙剑编写了第5章；湖南交通工程职业技术学院教师江伟、株洲职业技术学院教师舒望编写了第6章；湖南经贸科技职业技术学院教师何美生、湖南铁路科技职院刘国联编写了第7章，河南周口职业技术学院赵富廷、张新华编写了第8章。

本书可作为高等职业教育二年级及以上学生学习《单片机应用技术》的主导教材或辅助教材，也可以作为电子信息类工程技术人员作为设计开发小型机器人与智能电子玩具的参考资料。本书提高篇的相关控制程序已申请计算机软件著作权，各院校可在教学中使用，但不得作为商业用途。在编写本书基础篇部分时，参考了多部单片机原理及相关方面的著作，在此谨向这些书的著作者表示感谢！并在参考文献中一一列出。

由于单片机技术发展迅速，编著者水平所限，书中错误和不当之处，恳请读者不吝指正。

**编著者**

2009年7月于湘江之滨

## 目 录

## 基础篇

<b>第1章 MCS-51 单片机硬件结构及指令系统</b> .....	(1)
1.1 单片机技术概述 .....	(1)
1.2 MCS-51 单片机的基本组成 .....	(5)
1.3 MCS-51 单片机引脚定义及功能 .....	(8)
1.4 MCS-51 存储器结构 .....	(10)
1.5 MCS-51 单片机的复位操作 .....	(16)
1.6 MCS-51 单片机的最小系统 .....	(18)
1.7 C 语言与 MCS-51 单片机 .....	(19)
1.8 MCS-51 指令系统 .....	(27)
1.9 思考与练习 .....	(35)
<b>第2章 单片机开发设计流程</b> .....	(36)
2.1 PROTEUS 的单片机系统仿真 .....	(36)
2.2 KEIL $\mu$ Vision2 IDE 环境入门 .....	(50)
2.3 ISP、IAP 技术及应用 .....	(60)
2.4 思考与练习 .....	(66)
<b>第3章 并口 I/O 端口</b> .....	(67)
3.1 并行 I/O 端口 .....	(67)
3.2 并行 I/O 口的应用 .....	(72)
3.3 并行 I/O 口的扩展 .....	(73)
3.4 思考与练习 .....	(75)
<b>第4章 中断系统</b> .....	(76)
4.1 中断概述 .....	(76)
4.2 MCS-51 单片机中断控制系统 .....	(76)
4.3 中断程序举例 .....	(80)
4.4 思考与练习 .....	(82)
<b>第5章 定时器原理及应用</b> .....	(83)
5.1 单片机定时/计数器(Timer/Counter)概述 .....	(83)

5.2	与定时/计数器有关的特殊功能寄存器 .....	(83)
5.3	定时/计数器的工作方式 .....	(85)
5.4	定时/计数器的应用 .....	(87)
5.5	思考与练习 .....	(96)
<b>第 6 章</b>	<b>单片机接口技术 .....</b>	<b>(97)</b>
6.1	MCS-51 单片机与键盘的接口技术 .....	(97)
6.2	单片机与 LED 数码管接口技术 .....	(106)
6.3	LCD 显示器及其接口 .....	(112)
6.4	思考与练习 .....	(126)
<b>第 7 章</b>	<b>串行通信技术 .....</b>	<b>(127)</b>
7.1	串行通信基础 .....	(127)
7.2	串行通信的基本概念 .....	(128)
7.3	80C51 的串行口 .....	(131)
7.4	单片机串行口应用举例 .....	(137)
7.5	思考与练习 .....	(144)
<b>第 8 章</b>	<b>单片机总线技术 .....</b>	<b>(145)</b>
8.1	I <sup>2</sup> C 总线器件及其应用 .....	(145)
8.2	单总线器件及应用实例 .....	(151)
8.3	SPI 总线简介 .....	(167)
8.4	思考与练习 .....	(174)
<b>提 高 篇</b>		
<b>第 9 章</b>	<b>基于 C51 单片机的伺服电机控制 .....</b>	<b>(175)</b>
9.1	模块功能描述 .....	(175)
9.2	必备知识 .....	(175)
9.3	设计案例 .....	(176)
9.4	相关知识 .....	(184)
9.5	思考练习与拓展训练 .....	(190)
<b>第 10 章</b>	<b>基于 C51 单片机的触觉导航模块 .....</b>	<b>(191)</b>
10.1	模块功能描述 .....	(191)
10.2	必备知识 .....	(191)
10.3	设计案例 .....	(192)
10.4	相关知识 .....	(199)
10.5	思考练习与拓展训练 .....	(205)

<b>第 11 章 基于 C51 单片机的红外导航模块</b> .....	(206)
11.1 模块功能描述 .....	(206)
11.2 必备知识 .....	(206)
11.3 设计案例 .....	(207)
11.4 相关知识 .....	(213)
11.5 思考练习与拓展训练 .....	(219)
<b>第 12 章 基于 C51 单片机的 LCD 显示模块</b> .....	(221)
12.1 模块功能描述 .....	(221)
12.2 必备知识 .....	(221)
12.3 设计案例 .....	(222)
12.4 相关知识 .....	(229)
12.5 思考练习与拓展训练 .....	(233)
<b>第 13 章 基于 C51 单片机的超声波导航模块</b> .....	(234)
13.1 模块功能描述 .....	(234)
13.2 必备知识 .....	(234)
13.3 设计案例 .....	(235)
13.4 相关知识 .....	(243)
13.5 思考练习与拓展训练 .....	(249)
<b>第 14 章 基于 C51 单片机的“串行通信”模块</b> .....	(251)
14.1 功能模块描述 .....	(251)
14.2 必备知识 .....	(251)
14.3 设计案例 .....	(252)
14.4 相关知识 .....	(261)
14.5 思考练习与拓展训练 .....	(266)
<b>第 15 章 基于 C51 单片机的温度检测模块</b> .....	(267)
15.1 模块功能描述 .....	(267)
15.2 必备知识 .....	(267)
15.3 设计案例 .....	(267)
15.4 相关知识 .....	(279)
15.5 思考练习与拓展训练 .....	(285)
<b>附录</b> .....	(286)
附录 1 Proteus 菜单命令 .....	(286)
附录 2 Keil $\mu$ Vision2 IDE 界面菜单栏命令工具栏和快捷方式 .....	(290)
<b>参考文献</b> .....	(296)



# 第1章 MCS-51 单片机硬件结构及指令系统

## 1.1 单片机技术概述

### 1.1.1 单片机简介

单片机是一种集成电路芯片,采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力(如算术运算、逻辑运算、数据传送、中断处理)的微处理器(CPU)、随机存取数据存储器(RAM)、只读程序存储器(ROM)、输入/输出电路(I/O),可能还包括定时/计数器、串行通信口(SCI)、显示驱动电路(LCD或LED驱动电路)、脉宽调制电路(PWM)、模拟多路转换器及A/D转换器等电路集成到一片芯片上,构成一个最小而又完善的计算机系统。它们之间相互连接的结构框图如图1-1所示。这些电路能在软件的控制下准确、迅速、高效地完成程序设计者事先规定的任务。

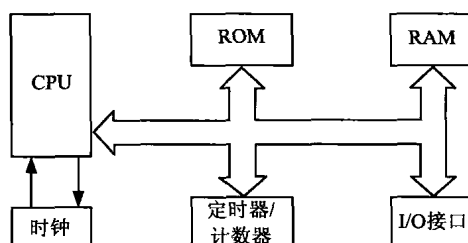


图 1-1 单片机结构框图

由此看来,单片机有着微处理器所不具备的功能,它可单独地完成现代工业控制所要求的智能化控制功能,这是单片机最大的特征。

然而单片机又不同于单板机,芯片在没有开发前,它只是具备功能极强的超大规模集成电路,如果赋予它特定的程序,它便是一个最小的、完整的微型计算机控制系统,它与单板机或个人电脑(PC)有着本质的区别。单片机的应用属于芯片级应用,需要用户了解单片机芯片的结构和指令系统,以及其他集成电路应用技术和系统设计所需要的理论与技术,用这种特定的芯片设计应用程序,从而使该芯片具备特定的功能。

不同的单片机有着不同的硬件特征和软件特征,即它们的技术特征均不尽相同,硬件特征取决于单片机芯片的内部结构,用户要使用某种单片机,必须了解该型产品是否满足需要的功能和应用系统所要求的特性指标。这里的技术特征包括功能特性、控制特性和电气特性等等,这些信息需要从生产厂商的技术手册中得到。软件特征是指指令系统特性和开发支持环境,指令特性即我们熟悉的单片机的寻址方式、数据处理和逻辑处理方式、输入输出特性及对电源的要求等等。开发支持的环境包括指令的兼容及可移植性、支持软件(包含可支持

开发应用程序的软件资源)及硬件资源。要想利用某型号单片机开发自己的应用系统,掌握其结构特征和技术特征是必需的。

单片机的应用极为广泛,它涉及智能仪器仪表、工业控制、计算机网络、通信以及医用设备等领域。它以无与伦比的高性能、低价位赢得了广大电子开发者的喜爱。

诚然,单片机的应用,其意义远不限于它的应用范畴或由此带来的经济效益,更重要的是它已从根本上改变了传统的控制方法和设计思想,是控制技术的一次革命,是一个重要的里程碑。

### 1.1.2 单片机发展概况

单片机诞生于20世纪70年代。所谓单片机是利用大规模集成电路技术把中央处理单元(Center Processing Unit,也即常说的CPU)和数据存储器(RAM)、程序存储器(ROM)及其I/O通信口集成在一块芯片上,构成一个最小的计算机系统,而现代的单片机则加上了中断单元、定时单元及A/D转换等更复杂、更完善的电路,使得单片机的功能越来越强大,应用更广泛。

20世纪70年代,微电子技术正处于发展阶段,集成电路属于中等规模发展时期,各种新材料新工艺尚未成熟,单片机仍处在初级的发展阶段,元件集成规模还比较小,功能比较简单,一般均把CPU、RAM,有的还包括了一些简单的I/O口集成到芯片上,像Farichild公司就属于这一类型,它还需配上外围的其他处理电路才能构成完整的计算系统。类似的单片机还有Zilog公司的Z80微处理器。

1976年Intel公司推出了MCS-48单片机,这个时期的单片机才是真正的8位单片微型计算机,并推向市场。它以体积小、功能全、价格低赢得了广泛的应用,为单片机的发展奠定了基础,成为单片机发展史上重要的里程碑。

在MCS-48的带领下,其后,各半导体公司相继研制和发展了自己的单片机,像Zilog公司的Z8系列。到了20世纪80年代初,单片机已发展到了高性能阶段,像Intel公司的MCS-51系列, Motorola公司的6801和6802系列, Rokwell公司的6501及6502系列等,此外,日本著名的电气公司NEC和HITACHI都相继开发了具有自己特色的专用单片机。

20世纪80年代,世界各大公司均竞相研制出品种多、功能强的单片机,约有几十个系列300多个品种,此时的单片机均属于真正的单片化,大多集成了CPU、RAM、ROM、数目繁多的I/O接口、多种中断系统,甚至还有一些带A/D转换器。功能越来越强大, RAM和ROM的容量也越来越大,寻址空间甚至可达64KB,可以说,单片机发展到了一个全新阶段,应用领域更广泛,许多电子产品均走向利用单片机控制的智能化发展道路。

### 1.1.3 单片机的应用领域

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,大致可分为如下几个范畴。

#### 1. 在智能仪器仪表上的应用

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、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素含量和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、智能化和微型化，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(功率计、示波器和各种分析仪)。

#### 2. 在工业控制中的应用

用单片机可以构成形式多样的控制系统和数据采集系统，例如工厂流水线的智能化管理、电梯智能化控制和各种报警系统，与计算机联网构成二级控制系统等。

#### 3. 在家用电器中的应用

可以这样说，现在的家用电器基本上都采用了单片机控制，从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电和其他音响视频器材，再到电子称量设备，五花八门，无所不在。

#### 4. 在计算机网络和通信领域中的应用

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，现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制，从手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统和列车无线通信，到日常工作中随处可见的移动电话、集群移动通信和无线电对讲机等。

#### 5. 单片机在医用设备领域中的应用

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；等等。

此外，单片机在工商、金融、科研、教育、国防和航空航天等领域也都有着十分广泛的用途。

### 1.1.4 单片机的发展趋势

现在可以说单片机是百花齐放、百家争鸣的时期，世界上各大芯片制造公司都推出了自己的单片机，从8位、16位到32位，数不胜数，应有尽有。有与主流MCS-51系列兼容的，也有不兼容的，但它们各具特色，达到互补，为单片机的应用提供了广阔的天地。

纵观单片机的发展过程，可以预示单片机如下的发展趋势。

#### 1. 低功耗 CMOS 化

MCS-51系列的8031推出时的功耗达630mW，而现在的单片机普遍都在100mW左右，随着对单片机功耗的要求越来越低，现在的各个单片机制造商基本上都采用了CMOS(互补金属氧化物半导体工艺)。像80C51就采用了HMOS(高密度金属氧化物半导体工艺)和CHMOS(互补高密度金属氧化物半导体工艺)。CMOS虽然功耗较低，但由于其物理特征决定其工作速度不够高，而CHMOS则具备了高速和低功耗的特点，这些特征，更适合于在要求低功耗，如电池供电的应用场合。所以这种工艺将是今后一段时期单片机发展的主要途径。

#### 2. 微型单片化

现在常规的单片机普遍都是将中央处理器(CPU)、随机存取数据存储器(RAM)、只读程序存储器(ROM)、并行和串行通信接口、中断系统、定时电路和时钟电路集成在一块芯片上，增强型的单片机集成了如A/D转换器、PWM(脉冲宽度调制电路)、WDT(看门狗)，有些单片机将LCD(液晶)驱动电路都集成在单一的芯片上，这样单片机包含的单元电路就更多，功能就更强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做，制造出具有自己特色的单片机芯片。

此外，现在的产品普遍要求体积小、重量轻，这就要求单片机除了功能强和功耗低外，

还要求体积要小。现在的许多单片机都具有多种封装形式,其中 SMD(表面封装)越来越受欢迎,使得由单片机构成的系统正朝微型化方向发展。

### 3. 主流与多品种共存

现在虽然单片机的品种繁多,各具特色,但仍以 80C51 为核心的单片机占主流,兼容其结构和指令系统的有 Philips 公司的产品,Atmel 公司的产品和中国台湾的 Winbond 系列单片机,所以以 80C51 为核心的单片机占据了半壁江山。而 Microchip 公司的 PIC 精简指令集(RISC)也有着强劲的发展势头,中国台湾的 HOLTEK 公司近年的单片机产量与日俱增,以其低价质优的优势,占据了一定的市场份额。此外还有 Motorola 公司的产品、日本几大公司的专用单片机。在一定的时期内,这种情形将得以延续,将不存在某个单片机一统天下的垄断局面,走的是依存互补、相辅相成和共同发展的道路。

### 4. 功能更强大

1982 年以后,16 位单片机问世,代表产品是 Intel 公司的 MCS-96 系列,16 位单片机比起 8 位机,数据宽度增加了一倍,实时处理能力更强,主频更高,集成度达到了 12 万只晶体管,RAM 增加到了 232 字节,ROM 则达到了 8KB,并且有 8 个中断源,同时配置了多路的 A/D 转换通道、高速的 I/O 处理单元,适用于更复杂的控制系统。

20 世纪 90 年代以后,单片机获得了飞速发展,世界各大半导体公司相继开发了功能更为强大的单片机。美国 Microchip 公司发布了一种完全不兼容 MCS-51 新一代 PIC 系列单片机,引起了业界的广泛关注,特别是它的产品只有 33 条精简指令集,使人们从 Intel 公司的 111 条复杂指令集中走出来。PIC 单片机获得了快速的发展,在业界中占有一席之地。

随后的事情,熟悉单片机的人士都比较清楚了,更多的单片机机种蜂拥而至, Motorola 公司相继发布了 MC68HC 系列单片机,日本的几个著名公司都研制出了性能更强的产品,但日本的单片机一般均用于专用系统控制,而不像 Intel 等公司投放到市场形成通用单片机。例如 NEC 公司生产的单片机,其代表作  $\mu$ PC7811 是一种性能相当优异的单片机。Motorola 公司的 MC68HC05 系列以其高速低价等特点赢得了不少用户。

Zilog 公司的 Z8 系列产品代表作是 Z8671,内含 BASIC Debug 解释程序,极大地方便了用户。而美国的 COP800 系列单片机则采用先进的哈佛结构。Atmel 公司则把单片机技术与先进的 Flash 存储技术完美地结合起来,发布了性能相当优秀的 AT89 系列单片机。包括中国台湾的 HOLTEK 和 Winbond 等公司也纷纷加入了单片机发展行列,凭着他们廉价的优势,分享一杯羹。

1990 年美国 Intel 公司推出了 80960 超级 32 位单片机引起了计算机界的轰动,产品相继投放市场,成为单片机发展史上又一个重要的里程碑。

此期间,单片机园地里,单片机品种异彩纷呈,争奇斗艳。有 8 位、16 位甚至 32 位机,但 8 位单片机仍以它的价格低廉、品种齐全、应用软件丰富、支持环境充分和开发方便等特点而占着主导地位。而 Intel 公司凭着他们雄厚的技术、性能优秀的机型和良好的基础,目前仍是单片机的主流产品。只不过在 20 世纪 90 年代中期,Intel 公司忙于开发个人电脑微处理器,已没有足够的精力继续发展自己创导的单片机技术,而由 Philips 等公司继续发展 C51 系列单片机。

## 1.2 MCS-51 单片机的基本组成

### 1.2.1 MCS-51 内部结构框图

如图 1-2 所示为 MCS-51 系列单片机内部框图, 该框图包含下列功能部件。

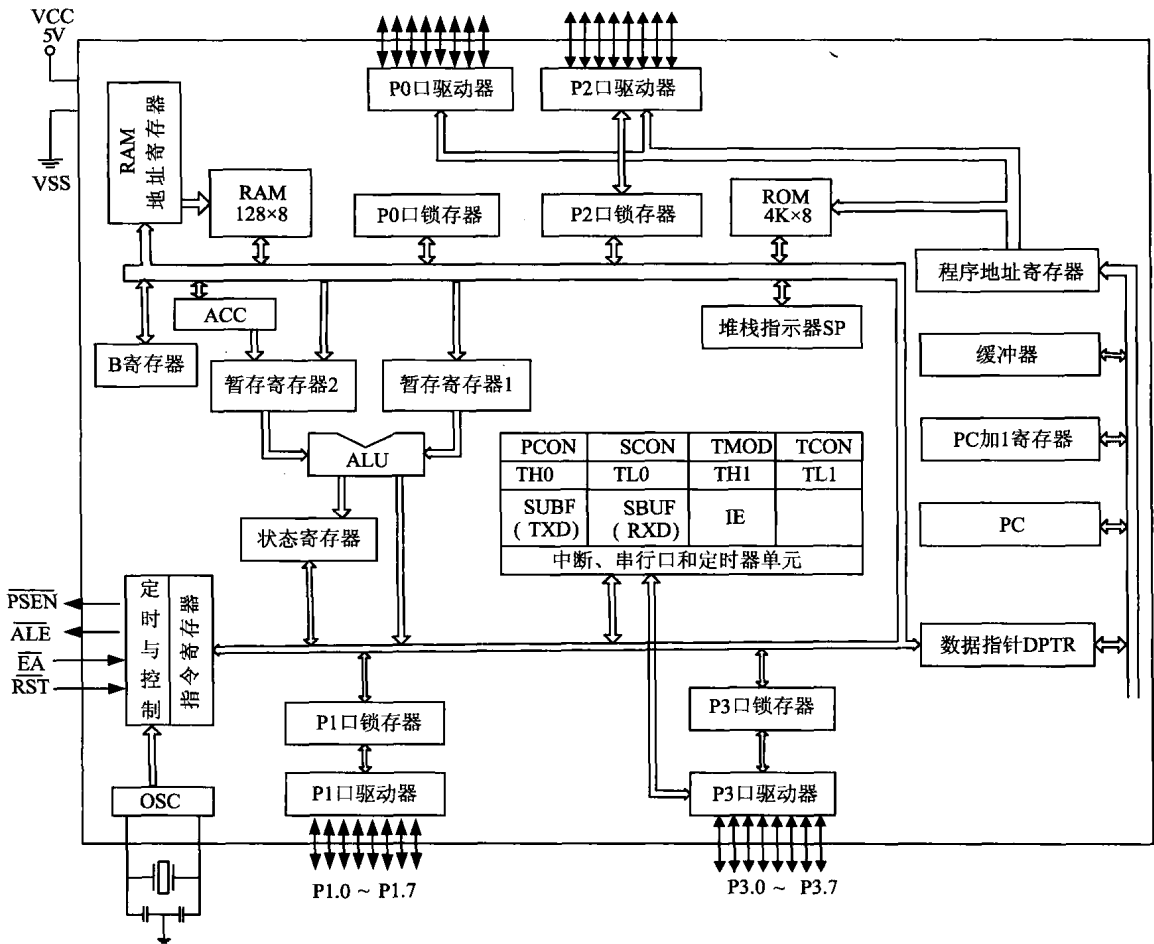


图 1-2 8051 内部结构图

### 1.2.2 MCS-51 内部资源介绍

#### 1. CPU

CPU 是单片机的核心部件, 它由运算器和控制器等部件组成。运算器以 ALU 为核心, 用于进行算术运算和逻辑运算, 可以对半字节 (4 位)、单字节等数据进行操作。例如能完成加、减、乘、除、加 1、减 1、BCD 码十进制调整、比较等算术运算和与、或、异或、求补、循环等逻辑操作, 操作结果的状态信息送至状态寄存器。而控制器是 CPU 的大脑中枢, 它在时钟信号的同步作用下对指令进行译码, 使单片机系统的各部件按时序协调有序地工作。

## 2. 存储器

8051 单片机芯片内部共有 256 个字节单元 RAM 存储器和 4KB 字节单元的 ROM 存储器。其中 RAM 存储器又分为高 128 字节单元和低 128 个字节单元。而高 128 个存储单元中的一部分被特殊功能寄存器 (Special Function Register, 简称 SFR) 占用, 其余单元用户不能使用。这些特殊功能寄存器的功能已有专门规定, 用户不得随意赋值。只有低 128 个字节单元可以作为随机存取单元供用户使用, 这些单元主要用于存放随机存取的数据及运算的中间结果。通常所说的内 RAM, 就是指低 128 个字节单元。而 ROM 存储器主要用于存放程序、原始数据和表格内容, 称为程序存储器, 也称为片内 ROM。

## 3. 定时与控制部件

### (1) 时钟电路

8051 芯片内部有一个高增益反相放大器, 用于构成振荡电路。反相放大器的输入端 (XTAL1) 和输出端 (XTAL2) 用于外接石英晶体和微调电容构成振荡电路, 图 1-3 所示为内部时钟方式电路, 图中 C1 和 C2 对频率起微调作用, 其容量取值范围在 20 ~ 33pF 之间; 晶体可在 1.2MHz ~ 12MHz 之间选择, 常用的有 6MHz、11.0592MHz、12MHz 三种。

如果要使用外部时钟时, 则外部时钟信号应接在 8051 单片机的 XTAL2 引脚, 而 XTAL1 则接地, 图 1-4 为外部方式时钟电路。

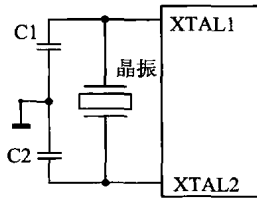


图 1-3 内部方式时钟电路

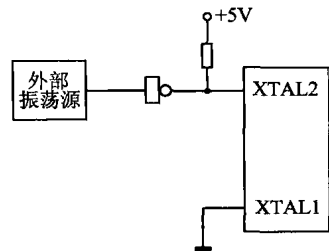


图 1-4 外部方式时钟电路

### (2) 时序单位

MCS-51 单片机的基本时序单位共有如下 4 个。

- 时钟周期: 时钟周期又称为振荡周期, 是 4 个时序中最小的时序单位, 它的周期随振荡电路的时钟频率的改变而改变。一旦时钟电路确定, 那么时钟周期也就固定不变了。
- 状态周期: 一个状态周期等于两个时钟周期。如图 1-5 中 P1 和 P2 便构成一个状态周期。
- 机器周期: 1 个机器周期等于 6 个状态周期 (12 振荡周期) 如图 1-5 中 S1 ~ S6 便构成一个机器周期。
- 指令周期: 指令周期是指执行一条指令所需的时间。一个指令周期由 1 ~ 4 个机器周期组成。

了解这些时序单位对于我们运用好单片机有着十分重要的意义, 比如: 我们要编写定时程序时, 我们就要知道机器周期和时钟周期才能计算出定时初值。下面我们以单片机外接 6MHz 晶振频率为例来说明这四种时序单位的大小及关系。

$$\text{时钟周期} = \frac{1}{f_{\text{osc}}} = \frac{1}{6\text{MHz}} = 0.1666\mu\text{s}$$

$$\text{状态周期} = \frac{2}{f_{\text{osc}}} = \frac{2}{6\text{MHz}} = 0.3332\mu\text{s}$$

$$\text{机器周期} = \frac{12}{f_{\text{osc}}} = \frac{12}{6\text{MHz}} = 2\mu\text{s}$$

$$\text{指令周期} = (1 \sim 4) \text{ 机器周期} = 2 \sim 8\mu\text{s}$$

### (3) 8051 单片机指令时序

单片机每一条指令的执行都可以包括取指和执行指令两个过程,图 1-5 列举了几种典型指令的取指时序。通过这些时序的分析来加深对单片机执行指令过程的理解。

从图 1-5 中可知,ALE 信号在一个机器周期内两次有效,一次是 S1P2 与 S2P1 期间,另一次是在 S4P2 与 S5P1 期间。图 1-5(a)、(b)分别为 1 字节单机器周期指令和 1 字节双机器周期指令,这两种指令的共同特点是指令的执行都是从第一个机器周期的 S1P2 开始的,并且都在一个机器周期结束时完成所有的操作;所不同的是 1 字节单机器周期指令把在 ALE 第二次有效读得的操作码丢弃,同时封锁程序计数器 PC,而 1 字节双机器周期指令则是在 ALE 的第一次有效时读操作码,在 ALE 第二次有效时读操作数。

而(c)图为 1 字节双机器周期指令时序,该时序表明在两个机器周期内进行了 4 此读操作,由于是单字节指令,因此后面三次所读都是无效的,所以丢弃。

图(d)给出了访问片外 RAM 指令“MOVX A @ DPTR”的时序。该指令的执行过程为:在第一个机器周期的第一次 ALE 有效时读操作码,而将第一个机器周期 ALE 第二次有效时读得操作码丢弃,并且在第一个机器周期的 S5P1 开始送出外部 RAM 单元地址,随后,读或写选通有效,并在第二个机器周期的 S5P1 开始数据读、写操作。读写操作期间 ALE 不起作用,故无取指操作。

#### 4. 指令寄存器

指令寄存器中存放指令代码。CPU 执行指令时,由程序存储器中读取指令代码送入指令寄存器,经译码器译码后由定时与控制电路发出相应的控制信号,完成指令功能。

#### 5. 并行 I/O 口

如图 1-2 所示,MCS-51 单片机共有 4 个 8 位的准双向并行 I/O 端口,即 P0、P1、P2、P3,这些端口既可以作一般的输入/输出口使用,也还可以用作他用,如 P0 口在访问外部存储器时用于提供低 8 位地址,同时也作 8 位双向数据总线;P2 口提供高 8 位的地址信号,而 P3 口则经常以第二功能的形式出现,第二功能见后续表 1-1。

#### 6. 串行口

MCS-51 单片机有一全双工的串行口,用以实现单片机和其他设备之间的串行数据传送。该串行口功能较强,既可作为全双工异步通信收发器使用,也可作为同步移位寄存器使用。

#### 7. 中断控制系统

8051 单片机共有 5 个中断源,即 2 个外部中断源、2 个定时器/计数器中断源、1 个串行口中断源。全部中断源可以设定为高低 2 个优先级,用来满足控制应用的需要。

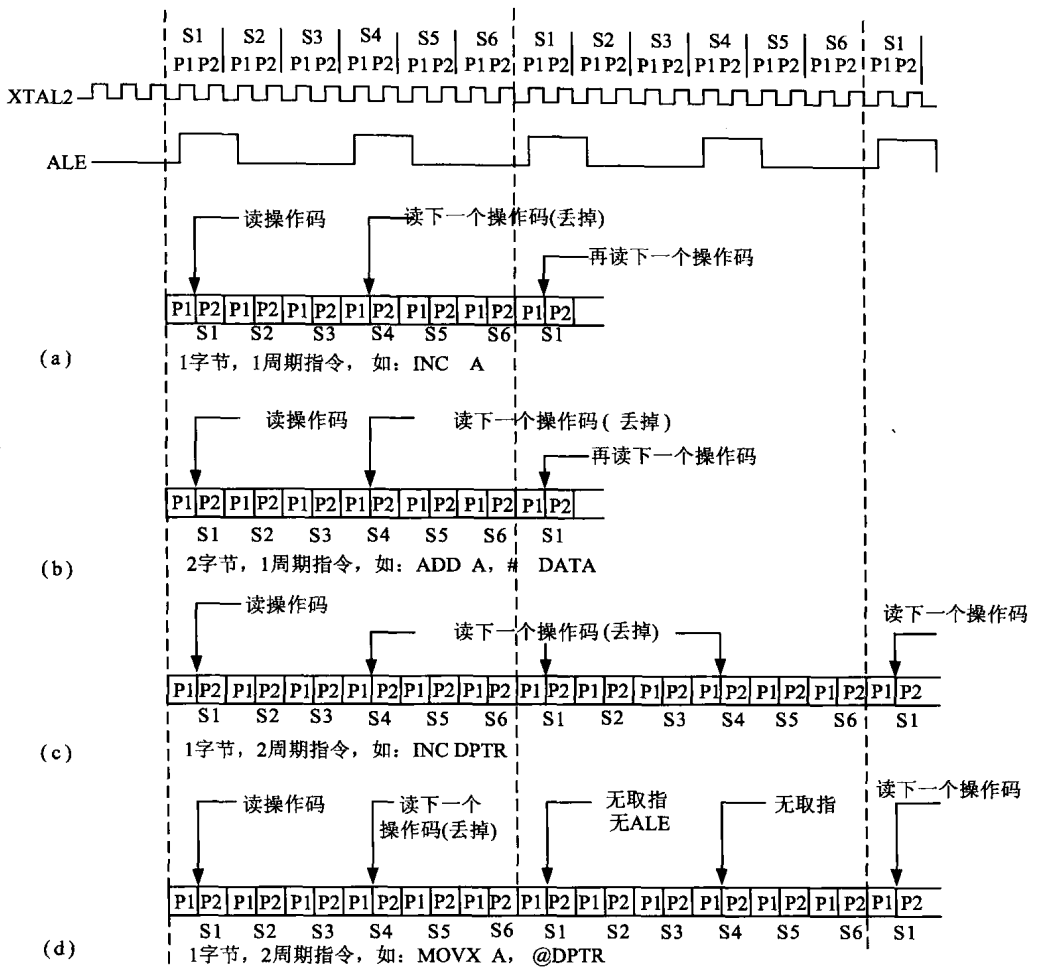


图 1-5 MCS-51 时序

### 1.3 MCS-51 单片机引脚定义及功能

MCS-51 单片机采用 40 引脚的双列直插封装方式, 如图 1-6 所示。其中有些引脚具有第二功能, 以下是关于引脚功能的介绍。

#### 1. 电源类引脚

- $V_{SS}$  (20 脚): 接地
- $V_{CC}$  (40 脚): 接 +5V 电源。

#### 2. 控制信号引脚

- RST (9 脚): RST 是复位信号输入端, 高电平有效。系统通电后在此引脚上至少要保持 2 个机器周期 (24 个时钟周期) 以上的高电平才能有效地完成复位操作。通常采用上电复位的方式。

- ALE/PROG (30 脚) ALE/PROG (30 脚): 地址锁存允许输出信号端。当 CPU 访问外部



存储器时, ALE 用来锁存 P0 口扩展地址低 8 位的地址信号。当不访问外部存储器时, ALE 端便以振荡频率的 1/6 周期性地发出正脉冲信号。因此, 它可用作对外输出时钟信号或定时信号。

- PSEN (29 脚): 该引脚的功能主要用于片外 ROM 读选通信号输出端。当从外部程序存储器取指令(或数据)期间, 在每个机器周期内两次有效。 $\overline{\text{PSEN}}$ 同样可以驱动 8 个 LS 型 TTL 负载。

- $\overline{\text{EA/VPP}}$  (31 脚):  $\overline{\text{EA}}$  为片内、外 ROM 选择控制引脚, 当 = 1 (接高电平) 时, 表示访问片内 ROM; = 0 (接地) 时, 表示访问片外 ROM。对于 EPROM 型单片机, 在 EPROM 编程期间, 此引脚接 12 ~ 25V 左右的编程电源。

- XTAL1 (19 脚): 振荡信号控制端, 外接晶体和微调电容的一个引脚, 当采用外部振荡器时, 此引脚接地。

- XTAL2 (18 脚): 振荡信号控制端, 是外接晶体和微调电容的另一端。当采用外部振荡器时, 此引脚接外部振荡器。

### 3. 并行 I/O 端口

MCS-51 有 4 个 8 位的准双向并行输入/输出引脚, 即: P0.0 ~ P0.7; P1.0 ~ P1.7; P2.0 ~ P2.7; P3.0 ~ P3.7。

- P0 口 (32-39 脚): 是一个 8 位漏极开路型双向 I/O 口。在访问外部存储器时, 它分时提供低 8 位地址和数据总线。当 P0 口作为通用输出时, 应外接上拉电阻 (10K), 而当 P0 口作为通用输入时, 应先向锁存器写入“1”使上下两个场效应管处于截止状态, 使外部输入信号不受影响, P0 口每位能驱动 8 个 LS 型 TTL 负载。

- P1 口 (1~8 脚): 是一个带有内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口。P1 口作为通用输入时, 仍需要先向锁存器写入“1”, 使场效应管截止, 再读取输入信号, P1 口能驱动(吸收或输出电流)4 个 LS 型 TTL 负载。

- P2 口 (21~28 脚): 是一个带有内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口。在访问外部存储器时, 它输出高 8 位地址。P2 口可以驱动(吸收或输出电流)4 个 LS 型 TTL 负载。

- P3 口 (10~17 脚): 是一个带有内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口。能驱动(吸收或输出电流)4 个 LS 型 TTL 负载。P3 口还用于第二功能请参看表 1-1。

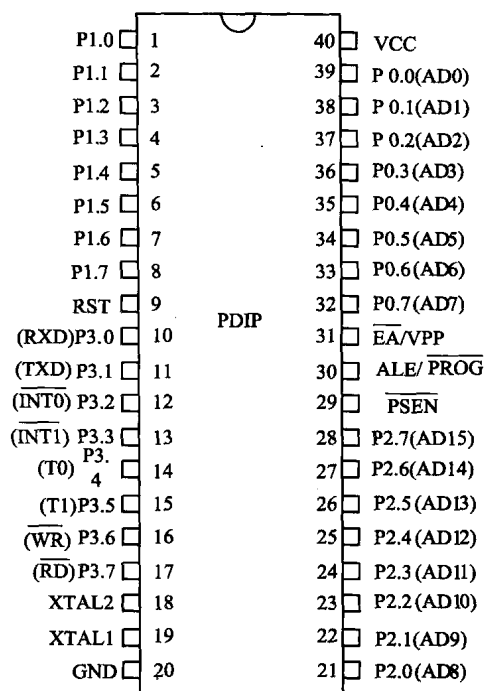


图 1-6 8051 引脚图