



高职高专电子类专业“十二五”规划教材

# 单片机 技术及应用

DANPIANJIJISHUJIYINGYONG

GAOZHIGAOZHUANDIANZILIEZHUANYESHIERWUGUIHUAJIAOCAI

主编 谭立新



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn



---

图书在版编目(CIP)数据

单片机技术及应用/谭立新主编. —长沙:中南大学出版社,2013.8  
ISBN 978-7-5487-0947-3

I. 单... II. 谭... III. 单片微型计算机—高等职业教育—教材  
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 199501 号

---

单片机技术及应用

谭立新 主编

---

责任编辑 陈应征

责任印制 周颖

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 长沙市华中印刷厂

---

开本 787×1092 1/16 印张 18.5 字数 463 千字

版次 2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

书号 ISBN 978-7-5487-0947-3

定价 32.00 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“十二五”重点建设项目——电子信息工程技术省级示范性特色专业建设项目的建设成果之一。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 单片机与常见的外围接口电路、外围扩展电路、内部结构原理及汇编语言、C 语言程序设计等知识融入案例设计中。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，基础篇以 6 个设计案例详细地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，并养成良好的职业态度，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、工业和信息化部职业教育教学指导委员会副主任委员、湖南信息职业技术学院信息工程系主任谭立新教授任主编，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，且编写了第 9 章和第 10 章；湖南信息职业技术学院雷道仲讲师协助主编整理与开发了相关程序源代码，并编写了第 3 章、第 7 章和第 11 章至第 14 章；湖南信息职业技术学院张卫兵讲师编写了第 4 章；湖南

信息职业技术学院何忠悦、张平华、徐红丽三位老师参与本书部分章节的编写与整理工作；湖南工程职业技术学院的易礼智讲师编写了本书的第5章和第6章；湖南科技职业技术学院易丽华讲师编写本书第1章，湖南高速铁路职业技术学院刘志斌老师编写了本书的第2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”课程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难免，恳请读者不吝指正。

# 目 录

第 1 章 C51 单片机内部结构及编程基础 .....	(1)
1.1 MCS-51 单片机概述 .....	(1)
1.2 MCS-51 单片机硬件资源介绍 .....	(5)
1.3 MCS-51 单片机存储系统 .....	(11)
1.4 MCS-51 单片机的复位操作 .....	(17)
1.5 MCS-51 单片机的最小系统 .....	(19)
1.6 MCS-51 汇编语言及其指令系统 .....	(19)
1.7 C 语言与 MCS-51 单片机 .....	(27)
1.8 单片机开发环境 Keil C51 .....	(36)
第 2 章 点阵 LED 电子显示屏的设计 .....	(38)
2.1 项目描述 .....	(38)
2.2 知识准备 .....	(38)
2.3 任务实现 .....	(53)
2.4 考核评价 .....	(60)
2.5 拓展提高 .....	(62)
第 3 章 模拟交通灯系统设计 .....	(63)
3.1 项目描述 .....	(63)
3.2 知识准备 .....	(63)
3.3 任务实现 .....	(79)
3.4 考核评价 .....	(88)
3.5 拓展提高 .....	(89)
第 4 章 数字电子时钟系统的设计 .....	(90)
4.1 项目描述 .....	(90)
4.2 知识准备 .....	(90)
4.3 任务实现 .....	(96)
4.4 考核评价 .....	(111)
4.5 拓展提高 .....	(111)

---

<b>第5章 简易电压表的设计</b> .....	(112)
5.1 项目描述 .....	(112)
5.2 知识准备 .....	(112)
5.3 任务实现 .....	(122)
5.4 考核评价 .....	(130)
5.5 拓展提高 .....	(131)
<b>第6章 数控直流电源设计</b> .....	(132)
6.1 项目描述 .....	(132)
6.2 知识准备 .....	(132)
6.3 任务实现 .....	(142)
6.4 考核评价 .....	(151)
6.5 拓展提高 .....	(152)
<b>第7章 彩灯控制器设计</b> .....	(153)
7.1 项目描述 .....	(153)
7.2 知识准备 .....	(153)
7.3 任务实现 .....	(162)
7.4 考核评价 .....	(171)
7.5 拓展提高 .....	(172)
<b>第8章 基于C51单片机的伺服电机控制</b> .....	(173)
8.1 项目描述 .....	(173)
8.2 知识准备 .....	(173)
8.3 设计案例 .....	(174)
8.4 相关知识 .....	(181)
8.5 拓展提高 .....	(188)
<b>第9章 基于C51单片机的触觉导航模块</b> .....	(189)
9.1 项目描述 .....	(189)
9.2 知识准备 .....	(189)
9.3 设计案例 .....	(190)
9.4 相关知识 .....	(197)
9.5 拓展提高 .....	(202)
<b>第10章 基于C51单片机的红外导航模块</b> .....	(204)
10.1 项目描述 .....	(204)
10.2 知识准备 .....	(204)

---

10.3 设计案例 .....	(205)
10.4 相关知识 .....	(211)
10.5 拓展提高 .....	(217)
<b>第 11 章 基于 C51 单片机的 LCD 显示模块 .....</b>	<b>(218)</b>
11.1 项目描述 .....	(218)
11.2 知识准备 .....	(218)
11.3 设计案例 .....	(219)
11.4 相关知识 .....	(226)
11.5 拓展提高 .....	(229)
<b>第 12 章 基于 C51 单片机的超声波导航模块 .....</b>	<b>(230)</b>
12.1 项目描述 .....	(230)
12.2 知识准备 .....	(230)
12.3 设计案例 .....	(231)
12.4 相关知识 .....	(240)
12.5 拓展提高 .....	(246)
<b>第 13 章 基于 C51 单片机的“串行通信”模块 .....</b>	<b>(247)</b>
13.1 项目描述 .....	(247)
13.2 知识准备 .....	(247)
13.3 设计案例 .....	(248)
13.4 相关知识 .....	(257)
13.5 拓展提高 .....	(262)
<b>第 14 章 基于 C51 单片机的温度检测模块 .....</b>	<b>(263)</b>
14.1 描述项目 .....	(263)
14.2 知识准备 .....	(263)
14.3 设计案例 .....	(263)
14.4 相关知识 .....	(275)
14.5 拓展提高 .....	(281)
<b>附 录 .....</b>	<b>(282)</b>
附录 1: Proteus 菜单命令 .....	(282)
附录 2: Keil $\mu$ Vision2 IDE 界面菜单栏、命令工具栏和快捷方式 .....	(285)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(290)</b>



# 第1章 C51 单片机内部结构及编程基础

## 1.1 MCS-51 单片机概述

### 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块芯片上,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。

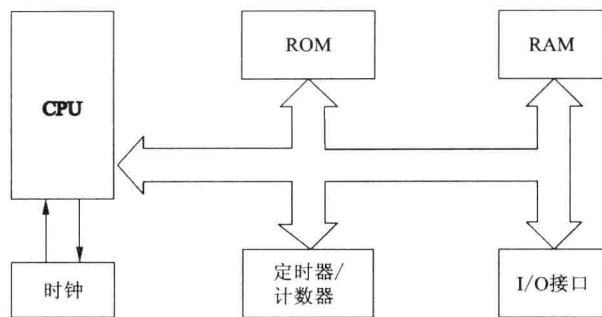


图 1.1 单片机结构框图

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,用这样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、计算机网络和通信以及医用设备等领域。它以无与伦比的高性能、低价位优势赢得了广大电子开发者的喜爱。

诚然, 单片机的应用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, 日本的著名电气公司 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 转换器的单片机。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,再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。

此外,单片机在工商、金融、科研、教育和国防航空航天等领域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,互成互补,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,像电池供电的应用场合。因此,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,还要求其体积要小。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,单片机获得了飞速的发展,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 的新一代 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,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 uPC7811 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。包括中国的台湾 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,分得一杯羹。

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 位单片机仍以其价格低廉、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 单片机硬件资源介绍

### 1.2.1 MCS-51 内部结构框图

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。

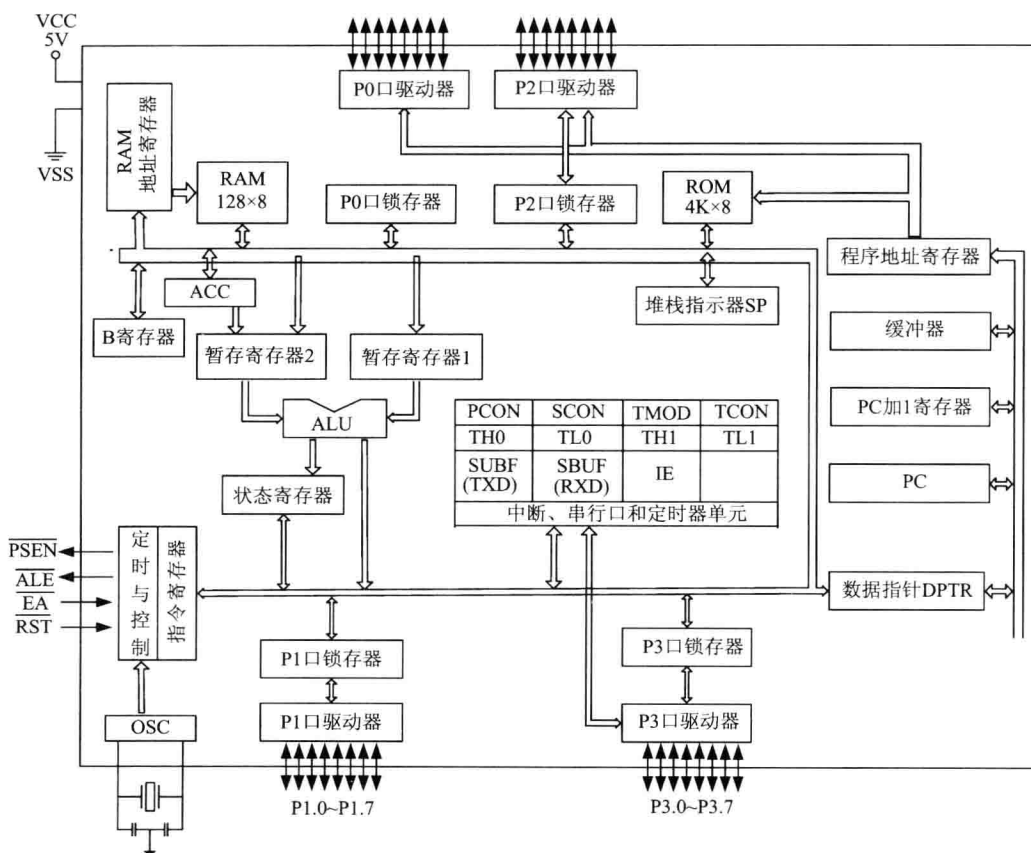


图 1.2 8051 内部结构图

### 1.2.2 MCS-51 内部结构介绍

#### 1. 中央处理器(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个字节单元和低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,有时也称为片内ROM。

## 3. 时钟电路与时序

### 1) 时钟电路

8051片内有一个由高增益的反相放大器所构成的自激振荡电路,XTAL1和XTAL2分别为振荡电路的输入端和输出端。时钟可以由内部方式产生或外部方式产生。

内部方式时钟电路如图1.3所示,在XTAL1和XTAL2引脚之间外接定时元件,内部振荡电路就产生自激振荡。定时元件通常采用石英晶体和微调电容组成的并联谐振回路。振荡频率取决于石英晶体的振荡频率,晶体可以在1.2MHz到12MHz之间选择,典型的晶振频率一般为6MHz和12MHz,电容值在10~30PF之间选择,电容的大小可起频率微调作用。

在由多片单片机组成的系统中,为了各单片机之间时钟信号的同步,应当引入唯一的公用外部脉冲信号作为各单片机的振荡脉冲外部方式的时钟电路,如图1.4所示,XTAL1接地,XTAL2接外部振荡器,对外部振荡信号无特殊要求,只要保证脉冲宽度,一般采用频率低于12MHz的方波信号。

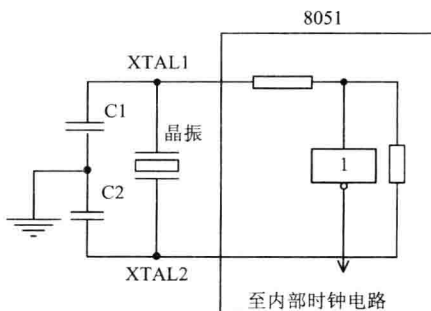


图 1.3 内部方式时钟电路

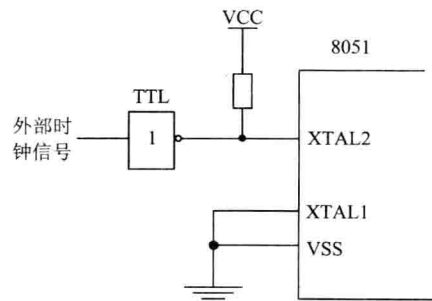


图 1.4 外部方式时钟电路

时钟电路产生的振荡脉冲经过触发器进行二分频之后,才成为单片机的时钟脉冲信号。请读者特别注意时钟脉冲与振荡脉冲之间的二分频关系,否则会造成概念上的错误。

## 2) 时序

时序是用定时单位来说明的。MCS-51 的时序定时单位共有 4 个，从小到大依次是：节拍、状态、机器周期和指令周期。如图 1.5 所示，下面分别加以说明。

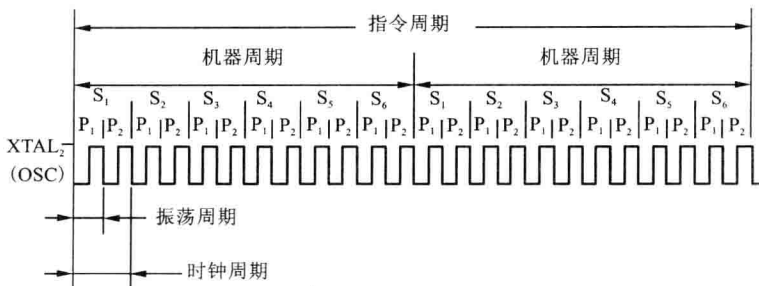


图 1.5 时序定时单位说明图

### (1) 节拍(振荡周期)与状态(时钟周期)

把振荡脉冲的周期定义为节拍(用 P 表示)。振荡脉冲经过二分频后,就是单片机的时钟信号的周期定义为状态(用 S 表示)。

这样,一个状态就包含两个节拍,其前半周期对应的叫节拍叫节拍 1( $P_1$ ),后半周期对应的节拍 2( $P_2$ )。

### (2) 机器周期

MCS-51 采用定时控制方式,因此它有固定的机器周期。规定一个机器周期的宽度为 6 个状态,并依次表示为  $S_1 \sim S_6$ 。由于一个状态又包括两个节拍,因此一个机器周期总共有 12 个节拍,分别记作  $S_1 P_1 S_1 P_2 \dots S_6 P_2$ 。由于一个机器周期共有 12 个振荡脉冲周期,因此,机器周期就是振荡脉冲的十二分频。

当振荡脉冲频率为 12 MHz 时,一个机器周期为  $1 \mu\text{s}$ 。

当振荡脉冲频率为 6 MHz 时,一个机器周期为  $2 \mu\text{s}$ 。

### (3) 指令周期

指令周期是最大的时序单位,执行一条指令所需要的时间称为指令周期。它一般由若干个机器周期组成。不同的指令,所需要的机器周期数也不相同。通常,包含一个机器周期的指令称为单周期指令,包含两个机器周期的指令称为双周期指令,等等。

指令的运算速度和指令所包含的机器周期有关,机器周期数越少的指令执行速度越快。MCS-51 单片机通常可以分为单周期指令、双周期指令和四周期指令等三种。四周期指令只有乘法(MUL)和除法(DIV)指令两条,其余均为单周期和双周期指令。

单片机执行任何一条指令时都可以分为取指令阶段和执行指令阶段。MCS-51 的取指/执行时序如图 1.6 所示。

由图可见,ALE 引脚上出现的信号是周期性的,在每个机器周期内两次出现高电平。第一次出现在  $S_1 P_2$  和  $S_2 P_1$  期间,第二次出现在  $S_4 P_2$  和  $S_5 P_1$  期间。ALE 信号每出现一次,CPU 就进行一次取指操作,但由于不同指令的字节数和机器周期数不同,因此取指令操作也随指令不同而有小的差异。

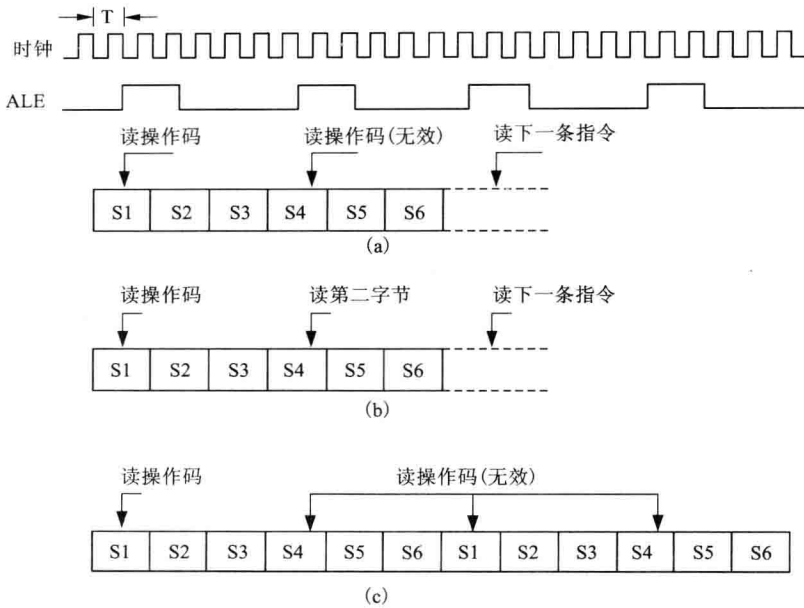


图 1.6 MCS-51 单片机的取指/执行时序

(a) 单字节单周期指令；(b) 双字节单周期指令；(c) 单字节双周期指令

按照指令字节数和机器周期数，8051 的 111 条指令可分为六类，分别是：单字节单周期指令、单字节双周期指令、单字节四周期指令、双字节单周期指令、双字节双周期指令、三字节双周期指令。

图 1.6(a)(b) 所示分别给出了单字节单周期和双字节单周期指令的时序。单周期指令的执行始于  $S_1P_2$ ，这时操作码被锁存到指令寄存器内。若是双字节则在同一机器周期的  $S_4$  读第二字节。若是单字节指令，则在  $S_4$  仍有读出操作，但被读入的字节无效，且程序计数器 PC 并不增量。

图 1.6(c) 给出了单字节双周期指令的时序，两个机器周期内进行 4 次读操作码操作。因为是单字节指令，后三次读操作都是无效的。

#### 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

MCS-51 单片机设有 4 个 8 位并行 I/O 端口：P0、P1、P2 和 P3 口，每一个 I/O 口都能独立地用作输入或输出。P0 口为三态双向口，负载能力能驱动 8 个 LSTTL 门电路。P1、P2、P3 口为准双向口，负载能力为 4 个 LSTTL 门电路。P0 ~ P3 口用作输入口时，均须先写入“1”；用作输出口时，P0 口应外接上拉电阻。

#### 6. 串行口

MCS-51 单片机有一全双工异步串行通信接口，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，除了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，用于扩展并行口。

### 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。均为可屏蔽中断，其中断系统内部设有一个专用寄存器 IE，用于控制 CPU 对各中断源的开放或屏蔽。每个中断源可以通过编程设定为高优先级或低优先级中断，因此可以实现中断二级嵌套。同一优先级级别的几个中断源同时向 CPU 发出请求，此时 CPU 将通过内部硬件查询逻辑，按照自然优先级顺序确定先响应哪个中断请求。

### 8. 总线

MCS-51 单片机属总线型结构，通过地址/数据总线可以与存储器(RAM, EPROM)、并行 I/O 接口芯片相连接。

在访外部存储器时，P2 口输出高 8 位地址，P0 口输出低 8 位地址，由 ALE(地址锁存允许)信号将 P0 口(地址/数据总线)上的低 8 位锁存到外部地址锁存器中，从而为 P0 口接受数据作准备。

在访问外部程序存储器(即执行 MOV<sub>C</sub> 指令)时，PSEN(外部程序存储器允许)信号有效。在访问外部数据存储器(即执行 MOV<sub>X</sub> 指令)时，由 P3 口自动产生读/写(RD/WR)信号，通过 P0 口对外部数据存储器单元进行读/写操作。

MCS-51 单片机所产生的地址、数据和控制信号使得与外部存储器和并行 I/O 接口芯片连接简单、方便。

### 1.2.3 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 1.7 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

- VSS(20 脚)地线。
- VCC(40 脚) +5V 电源。

#### 2. 控制信号引脚

- RST/VPD(9 脚)当振荡器运行时，在此引脚上加上持续两个机器周期以上的高电平，当高电平跳变为低电平后，将使单片机复位，实现初始化。当电源故障，电压降到下限值时，备用电源经此引脚向内部 RAM 提供电压，以保持内部 RAM 中的信息不丢失。

- ALE/PROG(30 脚)正常操作时为 ALE 功能(地址锁存控制信号)，在系统扩展时，用于把 P0 口输出的低 8 位地址锁存起来，以

实现低位地址和数据的隔离。此外，ALE 引脚以不变的频率(振荡器频率的 1/6)周期性地输出正脉冲信号。可用作外部时钟或定时脉冲使用。但要注意，每当访问外部数据存储器时，将跳过一个 ALE 脉冲。ALE 端可以驱动(吸收或输出电流)八个 LSTTL 门电路。对于

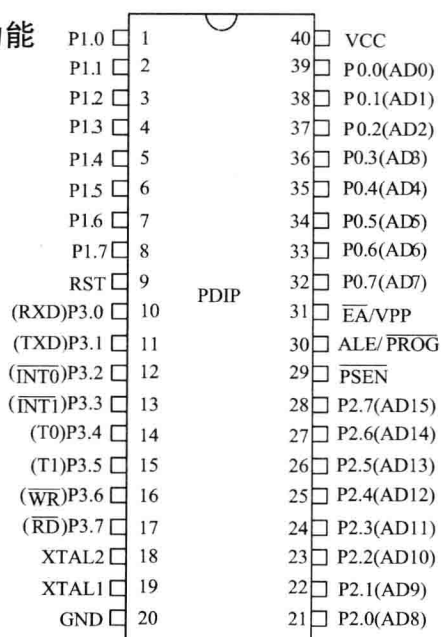


图 1.7 8051 引脚图