

高职高专“十三五”规划教材

项目引导 单片机应用教程

主编 王丽艳 李黎 杨飞



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专“十三五”规划教材

项目引导单片机应用教程

主 编 王丽艳 李 黎 杨 飞

副主编 王 翔 武兰江 郭 琳

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以项目为引导,用任务驱动的方法将单片机的各知识点贯穿于每个项目中。全书共10个项目,包含24个学习任务,主要内容包括认识单片机、流水灯控制、水塔水位控制、电子秒表的设计、交通灯控制、简易电子琴的制作、单片机驱动步进电机运行、智能IC卡读写器设计、单片机常用的测控电路、综合实训等。

本书可作为高职高专院校电气自动化、电子信息、机电类等相关专业的教材,也可作为单片机开发工程技术人员的培训教材以及电子设计爱好者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

项目引导单片机应用教程/王丽艳,李黎,杨飞主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2015.10
高职高专“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3842-3

I. ①项… II. ①王… ②李… ③杨… III. ① 单片微型计算机—教材 IV. ① TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 240362 号

策划编辑 胡华霖

责任编辑 阎彬 曹锦

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2015年10月第1版 2015年10月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 14.5

字 数 344千字

印 数 1~3000册

定 价 25.00元

ISBN 978-7-5606-3842-3/TP

XDUP 4134001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

前 言

单片机作为一种高集成度的芯片，因其体积小、控制功能强、性价比高等特点被广泛应用于过程及工业控制、计算机外部设备、智能化家电等方面。“单片机应用技术”课程是一门应用性较强的课程，本书就是为该课程编写的配套教材。

本书的特点如下：

1. 遵循“兴趣是最好的动力”，采用项目式编写模式，以大量应用实例为中心，按照单片机系统的实际工作过程依次展开项目。

2. 以 MCS-51 兼容单片机为主线，充分利用单片机在线仿真和调试功能，大幅度降低读者的实践门槛，有利于真正掌握和应用单片机。

3. 考虑到高等职业教育的特点，以够用为原则，采用工学结合的模式，提高读者的实际动手能力，实现“教、学、做”一体化。

4. 参照单片机装调工的技能要求，将内容与职业标准、技能证书相对应，为读者考取单片机类证书提供方便。

本书由王丽艳、李黎、杨飞任主编，王翔、武兰江、郭琳任副主编，张景松任主审。

在本书编写过程中，李明、于壤、张南杰等同志给予了大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。同时，向所参阅图书和资料的作者表示诚挚的谢意。

由于时间有限，书中不足之处在所难免，敬请专家、同行、读者批评指正。

编 者

2015 年 5 月

目 录

项目一 认识单片机	1
任务一 构建单片机最小应用系统	1
任务二 简易信号灯的软件设计	25
习题 1	41
项目二 流水灯控制	43
任务一 画出流水灯控制的原理图	43
任务二 单片机实现流水灯程序的设计	62
习题 2	66
项目三 水塔水位控制	67
任务一 单片机的寻址方式	67
任务二 单片机指令系统	71
任务三 汇编语言程序设计	88
任务四 水塔水位控制系统	91
习题 3	99
项目四 电子秒表的设计	101
任务一 认识 LED 数码管	101
任务二 静态显示电路及程序设计	103
任务三 动态显示电路及程序设计	105
任务四 LED 显示在秒表上的应用	110
习题 4	115
项目五 交通灯控制	116
任务一 中断系统的构成及应用	116
任务二 单片机实现交通灯程序的设计	128
习题 5	136
项目六 简易电子琴的制作	137
任务一 MCS-51 系列单片机的定时/计数器应用	137
任务二 制作简易电子琴	143

习题 6	151
项目七 单片机驱动步进电机运行	152
任务一 了解步进电机的构造及工作原理	152
任务二 利用单片机驱动步进电机运行	154
习题 7	162
项目八 智能 IC 卡读写器设计	163
任务一 了解智能 IC 卡的工作原理	163
任务二 设计并制作一个智能 IC 卡	164
习题 8	178
项目九 单片机常用的测控电路	179
任务一 循环渐变控制	179
任务二 利用 D/A 转换芯片完成输入端电压检测	189
习题 9	196
项目十 综合实训	198
任务一 单片机控制的汽车倒车系统	198
任务二 单片机控制的电梯系统模型	206
附录 A MCS-51 单片机指令表	218
附录 B ASCII 码表	222
参考文献	226

项目一 认识单片机

知识目标

- (1) 掌握单片机的概念。
- (2) 掌握 MCS-51 单片机的外部引脚功能。
- (3) 掌握 MCS-51 单片机的内部结构及组成。
- (4) 熟练掌握单片机中数的表示方法。
- (5) 熟练掌握单片机系统开发常用仿真编程软件 Keil C51。

能力目标

- (1) 熟练掌握单片机系统开发常用仿真编程软件 Keil C51。
- (2) 熟悉炜煌程序下载软件的使用。
- (3) 熟悉数在单片机中的表示及数的常用编码。
- (4) 在 Proteus 中调试实现 8 个 LED 发光二极管循环亮、灭。

任务一 构建单片机最小应用系统

1.1.1 单片机概述

1. 单片机的基本概念

微处理器(Micro Processor, MP)就是传统计算机的 CPU,是集成在同一块芯片上的具有运算和逻辑功能控制的中央处理器。它是构成微型计算机系统的核心部件。

微型计算(Micro Computer, MC)是以微处理器为核心,再配上存储器、输入/输出(Input/Output, I/O)接口和中断系统等构成的整体。它们可集中装在同一块或数块印制电路板上,一般不包括外围设备和软件。

微型计算机系统(Micro Computer System, MCS)是指以微型计算机为核心,配上外围设备、电源和软件等构成的能独立工作的完整的计算机系统。

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer, SCM)简称为单片机,是将微处理器、存储器、I/O 接口和中断系统集成在同一块半导体芯片上,具有完整功能的微型计算机,该芯片就是其硬件。由于它的结构及功能均是按照工业控制要求设计的,因此其确切的名

应是单片机微控制器(Single Chip Microcontroller, SCM)。

单片机结构上的设计,在硬、软件系统及 I/O 接口控制能力等方面都有独到之处,具有较强且有效的功能。因此,无论是从其组成还是从逻辑功能上来看,单片机都有微机系统的含义。但是,单片机毕竟只是一个芯片,只有外加接口芯片、输入/输出设备等才可以构成实用的单片机应用系统。图 1-1 所示为单片机实物图。

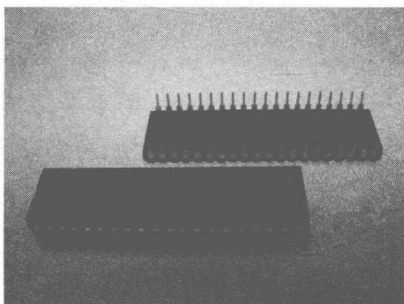


图 1-1 单片机实物图

位、字节、字及字长都是计算机中常用的名词术语。

(1) 位(Bit)。

位是指一个二进制位,它是计算机中信息存储的最小单位。位用 b 表示。

(2) 字节(Byte)。

字节指相邻的 8 个二进制位,通常存储器是以字节为单位存储信息的。字节用 B 表示。

(3) 字(Word)及字长。

字是计算机内部进行数据传递、处理的基本单元。一个字所包含的二进制位数称为字长。字用 W 表示。在一般的计算机中,定义一个字长为 2 字节。

字节和字长的区别:由于常用的英文字符用 8 位二进制就可以表示,因此通常将 8 位称为一个字节;而字长的长度是不固定的,对于不同的 CPU,字长的长度也是不一样的。8 位的 CPU 一次只能处理一个字节,而 32 位的 CPU 一次就能处理 4 个字节,同理,字长为 64 位的 CPU 一次可以处理 8 个字节。

2. 单片机的发展与应用

1) 单片机的发展阶段

单片机诞生于 20 世纪 70 年代末,其发展历史可划分为以下几个阶段:

第一阶段(1974 年至 1976 年):单片机发展初级阶段,即单片微型计算机阶段。该阶段主要寻求最佳的单片形态嵌入式系统的最佳体系结构。因受工艺和集成度的限制,此阶段单片机采用双芯片形式。

第二阶段(1976 年至 1978 年):低性能单片机发展阶段,该阶段是 SCM 诞生的时代。此时的单片机由一块芯片构成,是真正的“单片机”,但其功能不强,I/O 口种类和数量很少,其 ROM 和 RAM 也很有限,只能应用于比较简单的场合。

第三阶段(1978 年至 1982 年):单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出

了完善、典型的单片机系列 MCS-51,它具有外部 8 位总线结构, CPU 外围功能单元的集中管理模式,指令系统趋于丰富和完善。

第四阶段(1982 年至 1990 年): 8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段,也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机,将一些用于测控系统的模/数(A/D)转换器、程序运行监视器、脉宽调制等纳入单片机中,体现了单片机的微控制特征。

2) 单片机的应用领域

单片机的应用极为广泛,已深入到国民经济的各个领域,对各行业的技术改造和产品的更新换代起着积极的推动作用。单片机的应用领域主要有以下几个方面:

(1) 生产自动化。生产自动化不但能够降低劳动强度,而且可以提高经济效益,改善产品质量,广泛应用于机械、汽车、电子、石油、化工、食品等工农业生产领域,自动化生产线、机械手、数控机床等自动化设备都能用单片机实现其智能化的自动控制功能。

(2) 实时测控。测控系统的作业环境往往比较恶劣,干扰繁杂,并且要求实时测量与控制,如工业窑炉的温度、酸度、化学成分的测量和控制等。单片机工作稳定、可靠,抗干扰能力强,体积小,使用灵活,适用于各种恶劣环境,最宜承担测控工作。

(3) 智能化产品。现代工业产品的一个重要发展趋势是不断提高其智能化程度,而智能化的提高离不开单片机的参与。传统的机电产品与单片机结合后,可简化产品结构、升级产品功能并实现控制智能化。单片机与机械技术结合后,可实现机电一体化,是机械工业的发展方向。单片机在家电产品上更得到普遍应用,出现了程控洗衣机、电脑空调机等。为提高汽车的动力性、经济性、舒适性、稳定性,减少污染排放,现代汽车上都大量使用了单片机。

(4) 智能化仪表。用单片机改造、设计、制造仪器仪表,大大促进了仪表的数字化、智能化、多功能化、综合化和柔性化等,并能同时提高仪器仪表的精度和准确度,简化结构,减小体积。

(5) 信息通信技术。多机系统(各种网络)中各计算机之间的通信联系,计算机与其外围设备(键盘、打印机、传真机、复印机等)之间的协作等都有单片机的参与。

(6) 科学研究。小到实验测控台,大到卫星、运载火箭,单片机都发挥着极其重要的作用。

(7) 国防现代化。各种军事装备、管理通信系统中都有单片机的身影。例如,数字化部队的武器、通信等装备都大量应用了单片机。

3) 单片机的应用特点

(1) 面向控制的应用。由于单片机内部采用了微控制技术,其结构及功能均按自动控制的要求设计,因而单片机主要应用于控制领域。微控制技术从根本上改变了传统的控制系统设计思想,它通过单片机编程方法实现了原来由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能,是对传统控制方式的一次革命。

传统控制系统的控制功能都是通过电气元件和线路连接等硬件手段实现的,一经完成,这些控制功能很难更改。若要改变控制功能,必须重新连接电路,十分不便。而微控制

技术是由硬件和软件共同实现的,只要改变程序的内容就可在硬件线路基本功能的基础上实现多种功能。例如,对于彩灯的控制,若由传统控制系统实现,则线路完成之后,彩灯的闪烁变换方式也就确定了;而由单片机系统控制,不改变线路连接,只简单地改变程序即可实现多种不同的彩灯闪烁方式。

(2) 在线应用。在线应用就是以单片机代替常规模拟或数字控制电路,使其成为测控系统的一部分,在被控对象工作过程中实行实时检测及控制。在线应用为实时测控提供了可能和方便。

(3) 嵌入式应用。单片机在应用时通常装入各种智能化产品之中,所以又称为嵌入式微控制器(Embedded Micro Controller Unit, EMCU)。单片机应用系统就是典型的嵌入式系统。

嵌入式系统是作为其他系统的组成部分使用的。通用计算机系统由于有限的可靠性、较高的价位及庞大的体积,限制了其在嵌入式系统中的广泛应用,尤其限制了以嵌入式系统作为核心控制产品的发展。单片机以较小的体积、现场运行环境的高可靠性满足了许多对象的嵌入式应用要求。在嵌入式系统中,单片机是最重要也是应用最多的智能核心器件。

将单片机系统嵌入对象体系中后,单片机就成为对象体系的专用指挥中心。嵌入式系统的广泛应用和不断发展的美好前景,极大地影响着每个人的学习、工作和生活。

4) 单片机的应用系统

单片机应用系统按扩展及配置状况,可分为最小系统、典型系统等。

单片机最小系统是指单片机嵌入一些简单的控制对象(如开关状态的输入/输出控制等),并能维护单片机运行的控制系统。该系统成本低,结构简单,其功能完全取决于单片机芯片技术的发展水平。

单片机典型系统是单片机控制系统的一般模式,它是单片机要完成工业测控功能必须具备的硬件结构系统,其系统框图如图 1-2 所示。

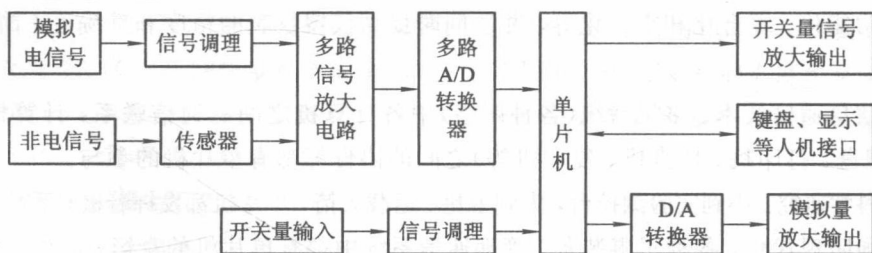


图 1-2 单片机典型系统框图

下面简要说明单片机典型系统框图中主要部分的作用。在该系统中,通过传感器把被控对象的物理量转换成标准的模拟电量。如把 $0\sim 500^{\circ}\text{C}$ 温度转换成 $4\sim 200\text{ mA}$ 标准直流电流输出。该输出经滤波器滤除掉输入通道的干扰信号,然后送入多路采样器。多路模拟采样开关分时地对多个模拟量进行采样、保持,使 A/D 转换器能将某时刻的模拟量转换成相应的数字量,并输入单片机。单片机对输入的数据进行运算处理后,输出相应的数字量,经数/模(D/A)转换器转换为模拟量,该模拟量经保持器控制相应的执行机构,对被控对象的相关参数进行调节,从而控制被调参数的物理量,使之按给定规律变化。

5) 单片机的发展趋势

(1) 微型化。芯片集成度的提高为单片机的微型化提供了可能。早期的单片机大量使用双列直插式封装,随着贴片工艺的出现,单片机也大量采用了各种符合贴片工艺的封装,大大减小了芯片的体积,为嵌入式系统提供了可能。

(2) 低功耗。现在单片机的功耗越来越小,特别是很多单片机都设置了多种工作方式,包括等待、暂停、睡眠、空闲、节电等。扩大电源电压范围及在较低电压下仍然能工作是当今单片机发展的目标之一。目前,一般单片机都可在 3.3~5.5 V 的条件下工作,一些厂家甚至生产出可以在 2.2~6 V 条件下工作的单片机。

(3) 高速化。早期 MCS-51 单片机的典型时钟频率为 12 MHz。目前,西门子公司 C500 系列单片机(与 MCS-51 兼容)的时钟频率为 36 MHz,EMC 公司的 EM78 系列单片机的时钟频率高达 40 MHz;更快的 32 位 100 MHz 的单片机产品也已出现。

(4) 集成更多资源。单片机在内部已集成了越来越多的部件,这些部件包括常用的电路,例如定时器、比较器、A/D 转换器、串行通信接口、Watchdog(看门狗)电路、LCD 控制器等。有的单片机为了构成控制网络或形成局部网,内部含有局部网络控制模块,甚至将网络协议固化在其内部。

(5) 通信及网络功能加强。在某些单片机内部,由于封装了局部网络控制模块,因此这类单片机十分容易构成网络。特别是在控制系统较为复杂时,构成一个控制网络十分有用。目前,将单片机嵌入式系统和 Internet 连接起来已是一种趋势。

(6) 专用型单片机发展加快。专用型单片机具有最大程度简化的系统结构,资源利用率最高,大批量使用有着可观的经济效益。

3. 单片机的种类

1) 单片机的主要生产厂商及产品

自 1975 年单片机诞生以来,其产品在近 40 年里得到了迅猛的发展,形成了多公司、多系列、多型号的局面。在国际上影响较大的公司为 Intel 公司、Philips 公司、Motorola 公司、ATMEL 公司、Microchip 公司、Zilog 公司的单片机,还有一些公司如 Siemens、OKI、Fairchild、Mostek 公司等,也生产各种类型的单片机。

(1) Intel 公司系列单片机。Intel 公司的系列单片机可分为 MCS-48、MCS-51、MCS-96 三个系列,每一系列芯片的 ROM 根据其型号一般分为片内掩膜 ROM、片内 EPROM 和外接 EPROM 三种方式,这是 Intel 公司的首创,现已成为单片机的统一规范。Intel 公司还推出了单芯片带 E²PROM 型单片机。片内掩膜 ROM 型单片机适合于已定型的产品,可以大批量生产。片内带 EPROM 型、外接 EPROM 型及片内带 E²PROM 型单片机适合于研制新产品和生产产品样机。

MCS-48 系列单片机是 1976 年推出的 8 位单片机,其典型产品为 8048。MCS-51 系列单片机是 Intel 公司 1980 年推出的高性能的 8 位单片机。与 MCS-48 系列相比,MCS-51 系列无论是在片内 RAM/ROM 容量、I/O 功能、种类和数量,还是在系统扩展能力方面均有很大改善,性能全面提高,其许多功能超过了 8085 CPU 和 Z80 CPU,成为当前工

业测控类应用系统的优选单片机。MCS-96 系列单片机是 Intel 公司 1983 年推出的 16 位单片机,其功能更加强大。

(2) Philips 公司单片机。Philips 公司生产与 MCS-51 兼容的 80C51 系列单片机,该单片机内具有 I²C 总线、A/D 转换器、定时监视器、CRT 控制器(OSD)、看门狗(WTD)电路、电源监测和时钟监测等丰富的外围部件。其某些产品的工作电压甚至可低至 1.8 V,并且扩大了接口功能,如设置高速口,扩展 I/O 数量,增加外部中断源,并将 ADC、PWM 作入片内。为提高运行速度,其单片机的时钟频率已提高至 16/24 MHz。Philips 公司的主要产品有 80C51、80C52、80C31、80C32、80C528、80C552、80C562、80C751 等。

Philips 单片机的独特之处是具有 I²C 总线,这是一种用于集成电路之间的串行通信总线。可以通过该总线对系统进行扩展,使单片机的系统结构更简单,体积更小。

(3) Motorola 公司单片机。Motorola 公司的单片机从应用角度可以分成两类:(高性能的)通用型单片机和(面向家用消费领域的)专用型单片机。

具有代表性的通用型单片机是 MC68HC11 系列,有几十种型号,其典型产品为 MC68HC11A8,具有准 16 位的 CPU、8KB ROM、256B RAM、512B E²PROM、16 位 9 功能定时器、38 位 I/O 口线、2 个串行口、8 位脉冲累加器、8 路 8 位 A/D 转换器、WTD 电路、17 个中断向量等功能,既可单片工作,也可以扩展方式工作。

专用型单片机性价比较高,应用时一般采用“单片”形式,原则上一块单片机就是整个控制系统。这类单片机无须外接存储器,如 MC68HC05/MC68HC04 系列。

(4) ATMEL 公司单片机。ATMEL 公司生产的 CMOS 型 51 系列单片机具有 MCS-51 内核,用 Flash ROM 代替 ROM 作为程序存储器。它具有价格低、编程方便等优点。例如,89C51 就是拥有 4KB FlashROM 的单片机。

ATMEL 公司生产的单片机主要有 89C51、89F51、89C52、89LV52、89C55 等。

(5) Microchip 公司单片机。Microchip 公司推出了 PIC16C5×系列的单片机,它的典型产品为 PIC16C57,具有 8 位 CPU、2KB×12 位 E²PROM 程序存储器、80B RAM、1 个 8 位定时/计数器、21 根 I/O 口线等硬件资源。指令系统采用 RISC 指令,其中 33 条基本指令,长度为 12 位,工作速度较快。Microchip 公司的主要产品有 PIC16C54、PIC16C55、PIC16C56 等。

(6) Zilog 公司单片机。Zilog 公司推出的 Z8 系列单片机是一种中档的 8 位单片机,它的典型产品为 Z8601,具有 8 位 CPU、2KB ROM、124B RAM、2 个 8 位定时/计数器、32 位 I/O 口线、1 个异步串行通信口、6 个中断向量等。Zilog 公司的主要产品型号有 Z8600/10、Z8601/11、Z8601/11、Z86C06、Z86C21、Z86C40、Z86C93 等。

2) MCS-51 系列单片机的分类

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司开发的非常成功的产品,具有性价比高、稳定、可靠、高效等特点。自从开放技术以来,不断有其他公司生产各种与 MCS-51 兼容或者具有 MCS-51 内核的单片机。它已成为当今 8 位单片机中具有事实“标准”意义的单片机,应用非常广泛。

本书以 8051 为核心,讲述 MCS-51 系列单片机。该系列单片机采用模块化设计,各

种型号的单片机都是在 8051(基本型)的基础上通过增、减部件的方式获得的。

MCS-51 系列单片机按照系列可分为以下几类:

(1) 8031/8051/8751。8031/8051/8751 这 3 种芯片常称为 8051 子系列,它们之间的区别仅在于片内程序存储器不同。8031 片内无程序存储器,8051 片内有 4 KB 的 EPROM,其他结构和性能相同。其中,8031 易于开发,价格低廉,应用广泛。

(2) 8032/8052/8752。8032/8052/8752 是 8031/8051/8751 的改进型,常称为 8052 子系列。其片内 ROM 和 RAM 比 8051 子系列各增加一倍,ROM 为 8 KB, RAM 为 256 B;另外还增加了一个定时/计数器和一个中断源。

(3) 80C31/80C51/87C51。这 3 个型号是 8051 子系列的 CHMOS 型芯片,可称为 80C31 子系列,两者功能兼容。CHMOS 型芯片的基本特点是高集成度和低功耗。

(4) 其他系列产品。其他系列产品有 80C52、80C54、80C58 等。

MCS-51 系列单片机按照功能可分为以下几类:

(1) 基本型。基本型主要有 8031、8051、8751、8031AH、8051AH、8751AH、8751BH、80C31BH、80C51BH、87C51BH 等。其中,后缀有 AH 或 BH 的单片机采用 HMOS 工艺制造;中间有一个 C 字母的单片机采用 CHMOS 工艺制造,具有低功耗的特点,支持节能模式。

(2) 增强型。增强型即增大内部存储器型。该型产品将内部的程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM 增加一倍,如 8032AH、8052AH、8752BH 等,其内部拥有 8 KB ROM 和 256 B RAM,属于 8052 子系列。

(3) 可编程计数阵列(PCA)型。可编程计数阵列型为型号中含有字母 F 的系列产品,如 80C51FA、83C51FA、87C51FA、83C51FB、87C51FB、83C51FC、87C51FC 等,均是采用 CHMOS 工艺制造的,具有比较/捕捉模块及增强的多机通信接口。

(4) A/D 型。A/D 型产品如 80C51GB、83C51GB、87C51GB 等还具有下列特点:8 路 8 位 A/D 转换模块,256 B 内部 RAM、2 个 PGA 监视定时器,A/D 和串行口中断,7 个中断源振荡器失效检测功能。

1.1.2 单片机原理与基本应用系统

下面以 AT89C51 为背景,介绍单片机的基本结构与基本工作原理。

1. 片内结构和引脚功能

AT89C51 单片机芯片内部集成了 CPU、RAM、ROM、定时/计数器和 I/O 等各功能部件,并由内部总线把这些部件连接在一起。AT89C51 单片机芯片采用了 40 引脚双列直插封装(Double in Line Package, DIP)方式,与其他 MCS-51 系列(简称 51 系列)单片机的引脚是兼容的,其 DIP 封装形式如图 1-3 所示。

要使用单片机,必须要搞清楚单片机的引脚号、引脚名及引脚功能。单片机引脚编号的方法是:把单片机有字的一面或标有字号字样的一面正对自己,然后把其上带有一个半圆形的缺口及有一个小圆点或小三角形标记的一端朝上,从左上角开始从上往下编号,第一个引脚就是 1 号,第二个引脚是 2 号,依次类推,直到左下角最后一个引脚为 20 号;右边引脚编号是从右下角开始的,第一个为 21 号,第二个为 22 号,依次类推,直到右上角引脚为 40 号。

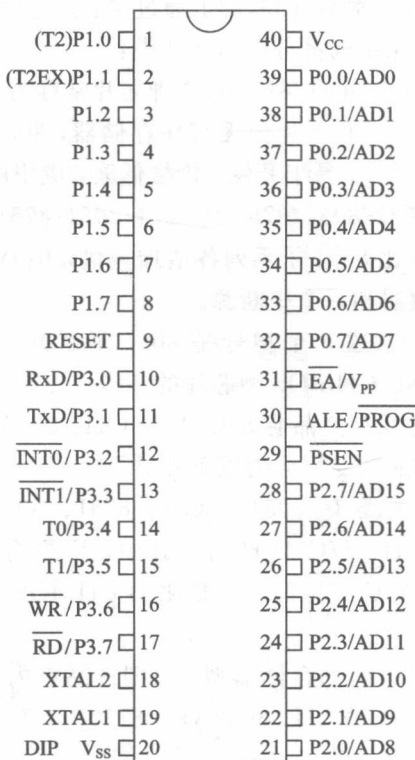


图 1-3 AT89C51 引脚排列

AT89C51 单片机一般采用双列直插 DIP 封装，共 40 个引脚。40 个引脚大致可分为 4 类，即电源、时钟、控制线和 I/O 口线。

(1) 电源：

V_{CC}——芯片电源，接+5 V。

V_{SS}——接地端。

(2) 时钟：

XTAL1、XTAL2——晶体振荡电路反相输入端和输出端。使用内部振荡电路时外接石英晶体。

(3) 控制线。

控制线共有 4 根，其中 3 根是复用线。所谓复用线是指其具有两种功能，正常使用时是一种功能，在某种条件下是另一种功能。

① RST/V_{PD}——复位/备用电源。

RST 功能：当正常工作时，RST(RESET)端为复位信号输入端，只要在该引脚上连续保持两个机器周期以上高电平，芯片即实现复位操作，复位后一切从头开始，CPU 从 0000H 开始执行指令。

V_{PD} 功能：在 V_{CC} 掉电的情况下，该引脚可接上备用电源，由 V_{PD} 向片内 RAM 供电，以保持片内 RAM 中的数据不丢失。

② EA/V_{PP}——内外 ROM 选择/片内 EPROM 编程电源。

$\overline{EA}$ 功能：在正常工作时， $\overline{EA}$ 为内外 ROM 选择端。80C51 单片机的寻址范围为 64 KB，其中 4 KB 在片内，60 KB 在片外(80C31 芯片无内 ROM，全部在片外)。当 $\overline{EA}$ 保持高电平时，先访问内 ROM，但当 PC(程序计数器)值超过 4 KB(0FFFH)时，将自动转向执行外 ROM 中的程序。当 $\overline{EA}$ 保持低电平时，则只访问外 ROM，不管芯片内是否有内 ROM；对 80C31 芯片，片内无 ROM，因此 $\overline{EA}$ 必须接地。

V_{PP} 功能：当把程序下载到内部 ROM 中时，才用到此功能，一般情况是用不到的。

(4) I/O 口线。

AT89C51 共有 4 个 8 位并行 I/O 端口，即 P0、P1、P2 和 P3 口，每个口 8 位，共 32 个引脚。4 个 I/O 口各有各的用途。在并行扩展外存储器(包括并行扩展 I/O 口)时，P0 口专用于分时传送 8 位地址信号和 8 位数据信号，P2 口专用于传送高 8 位地址信号。P3 口根据需要常用于第二功能，用于特殊信号输入/输出和控制信号(属控制总线)，如表 1-1 所示。真正可提供给用户使用的 I/O 口是 P1 口和一部分未用作第二功能的 P3 口端线。

表 1-1 P3 口第二功能

口线	第二功能	信号名称
P3.0	RXD	串行数据接收
P3.1	TXD	串行数据发送
P3.2	$\overline{INT0}$	外部中断 0 申请
P3.3	$\overline{INT1}$	外部中断 1 申请
P3.4	T0	定时/计数器 0 计数输入
P3.5	T1	定时/计数器 1 计数输入
P3.6	$\overline{WR}$	外部 RAM 写选通
P3.7	$\overline{RD}$	外部 RAM 读选通

2. AT89C51 存储空间配置和功能

1) 程序存储器(ROM)

不管是内部的还是外部的 ROM，开头的 0003H~002BH 空间地址是中断源的入口地址区，是专用单元，一般情况下用户不能用来存放其他程序。CPU 是根据 PC 值从 ROM 中取指令来执行的。PC 是一个 16 位的地址寄存器，CPU 每从 ROM 中读取一个字节，自动执行(PC)+1→PC，即 PC 指向下一个地址空间，因此一般情况下 CPU 是按 ROM 地址空间顺序从小到大依次执行的。只有执行的指令是转移类指令，CPU 才根据转移类指令所指示的新地址调整 PC 值，然后根据新的 PC 值从对应的地址空间中取指令来执行。当调用子程序或中断发生时，PC 值也会改变。

2) 内部数据存储器(内 RAM)

AT89C51 单片机内部有 128 字节 RAM 空间，地址范围为 00H~7FH。它被划分为 3 部分：工作寄存器区、位寻址区和数据缓冲区，如表 1-2 所示。

表 1-2 AT89C51 内部 RAM 地址空间、功能与数据操作方式

工作寄存器单元	工作寄存器注释
30H~7FH	数据缓冲区
20H~2FH	位寻址区(00H~7FH)
18H~1FH	工作寄存器 3 区
10H~17H	工作寄存器 2 区
08H~0FH	工作寄存器 1 区
00H~07H	工作寄存器 0 区

(1) 工作寄存器区。

00H~1FH 共 32 个单元为工作寄存器区，每 8 个单元一组，分为 4 个区，依次为 0 区(00H~07H)、1 区(08H~0FH)、2 区(10H~17H)、3 区(18H~1FH)。但在每一时刻只有一个区作为当前的工作寄存器区，相应的空间单元作为工作寄存器使用。工作寄存器区的选择可通过程序状态字 PSW 中的 D4、D3 位实现。不是当前工作寄存器区的可以作为一般的 RAM 空间使用。对工作寄存器的操作都是 8 位二进制数的整体操作。

(2) 位寻址区。

20H~2FH 共计 16 个单元为位寻址区，每个单元的 8 位又有自己的位地址，如表1-3所示。16 个单元共计 128 个位，位地址的编号依次为 00H~7FH，要注意它们和内部 RAM128 个空间单元地址(字节地址)的区别。对位寻址区空间单元的操作有两种方法，既可以像其他 RAM 空间一样进行 8 位整体操作，也可以通过位地址对这些空间单元的某一位进行操作，有位的置 1、清 0、取反以及判断操作。

表 1-3 位寻址区的位地址映像表

单元地址	MSB 位地址 LSB							
2FH	7FH	7EH	7DH	7CH	7BH	7AH	79H	78H
2EH	77H	76H	75H	74H	73H	72H	71H	70H
2DH	6FH	6EH	6DH	6CH	6BH	6AH	69H	68H
2CH	67H	66H	65H	64H	63H	62H	61H	60H
2BH	5FH	5EH	5DH	5CH	5BH	5AH	59H	58H
2AH	57H	56H	55H	54H	53H	52H	51H	50H
29H	4FH	4EH	4DH	4CH	4BH	4AH	49H	48H
28H	47H	46H	45H	44H	43H	42H	41H	40H
27H	3FH	3EH	3DH	3CH	3BH	3AH	39H	38H
26H	37H	36H	35H	34H	33H	32H	31H	30H
25H	2FH	2EH	2DH	2CH	2BH	2AH	29H	28H
24H	27H	26H	25H	24H	23H	22H	21H	20H
23H	1FH	1EH	1DH	1CH	1BH	1AH	19H	18H
22H	17H	16H	15H	14H	13H	12H	11H	10H
21H	0FH	0EH	0DH	0CH	0BH	0AH	09H	08H
20H	07H	06H	05H	04H	03H	02H	01H	00H

位地址 00H~7FH 和内 RAM 字节地址 00H~7FH 编址相同,在读、写时不要出错。在 80C51 指令系统中有位操作指令地址和字节操作指令地址,位操作指令中的地址是位地址,字节操作指令中的地址是字节地址。

(3) 数据缓冲区。

30H~7FH 为数据缓冲区,用于存放数据和中间结果,起到数据缓冲的作用,这些空间数据的操作是 8 位的整体操作。

3) 特殊功能寄存器(SFR)

特殊功能寄存器(SFR)是一些有专门用途的寄存器。如 MCS-51 系列单片机的状态字、并行口、串行口、定时器和中断系统的寄存器等,它们离散地分布在 80H~FFH 地址范围内。表 1-4 所示为特殊功能寄存器地址映像表。这些寄存器中字节地址能被 8 整除的特殊功能寄存器可进行位寻址操作。可以位寻址的特殊功能寄存器中,每一位都有位地址,有的还有位定义名;不可以位寻址操作的特殊功能寄存器只有字节地址,无位地址。

表 1-4 特殊功能寄存器地址映像表

标识符		地 址									
串行数据缓冲器	SBUF									99H	
串行控制寄存器	SCON	9FH	9EH	9DH	9CH	9BH	9AH	99H	98H	(98H)	
		SM0	SM1	SM2	REW	TB8	RB8	TI	RI		
I/O 端口 1	P1	9FH	96H	95H	94H	93H	91H	91H	90H	(90H)	
		P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0		
定时/计数器 1 (高字节)	TH1									8DH	
定时/计数器 0 (高字节)	TH0									8CH	
定时/计数器 1 (低字节)	TL1									8BH	
定时/计数器 0 (低字节)	TL0									8AH	
定时/计数器 方式选择	TMOD	GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0	89H	
定时/计数器 控制寄存器	TCON	8FH	8EH	8DH	8CH	8BH	8AH	89H	88H	(88H)	
		TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0		
数据指针(高字节)	DPH									83H	
数据指针(低字节)	DPL									82H	
堆栈指针	SP									81H	