



普通高等教育“十三五”规划教材（计算机专业群）

单片机原理及应用 项目化教程（C语言版）

主 编 谢四连 王善伟 李石林

副主编 方智文 胡文明



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十三五”规划教材——计算机专业群

本教材由湖南人文科技学院资助出版

单片机原理及应用项目化教程 (C 语言版)

主 编 谢四连 王善伟 李石林

副主编 方智文 胡文明

内 容 提 要

本书以十一个项目的形式分别介绍了 51 单片机的基础知识、常用软件 Keil C 与 Proteus 的使用、单片机的输入/输出功能、数码管基础与矩阵键盘扫描、定时器与数码管动态显示、外部中断与串行通信、LCD1602 显示原理及实现、I²C 总线与 EEPROM、温度传感器 DS18B20 与蜂鸣器、A/D 与 D/A 转换、实时时钟 DS1302、红外与步进电机。

本书中的项目以由浅入深的形式对单片机的各个部分进行了介绍，每个部分都以具体的实例对内容进行巩固，几乎所有实例都配有电路图和具体分析，程序代码的编写规范已经过实际验证，部分章节后留有思考题，可以供同学们后续自学。

本书内容难易适中，编排合理，可作为各类工科院校自动化、电子信息工程、电子信息科学与技术、计算机、机电一体化等专业的单片机课程教材，也可作为从事电子技术、计算机应用与开发的工程技术人员的学习和参考用书，还可作为单片机自学者的入门用书。

本书配有电子教案，读者可以到中国水利水电出版社网站和万水书苑上免费下载，网址为 <http://www.waterpub.com.cn/softdown/> 和 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目 (C I P) 数据

单片机原理及应用项目化教程：C语言版 / 谢四连，王善伟，李石林主编. — 北京：中国水利水电出版社，2016.8

普通高等教育“十三五”规划教材. 计算机专业群
ISBN 978-7-5170-4504-5

I. ①单… II. ①谢… ②王… ③李… III. ①单片微型计算机—C语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP368.1②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第149289号

策划编辑：周益丹 责任编辑：李 炎 加工编辑：封 裕 封面设计：李 佳

书 名	普通高等教育“十三五”规划教材——计算机专业群 单片机原理及应用项目化教程 (C 语言版)
作 者	主 编 谢四连 王善伟 李石林 副主编 方智文 胡文明
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 14.75 印张 364 千字
版 次	2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	30.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

单片机作为微型计算机的一个重要分支,被广泛应用于工业过程的自动检测与控制等领域。目前,单片机作为嵌入式系统的入门课程在各工科院校中被广泛开设,长期以来,该课程存在原理难以理解、设计能力难以提高等问题。本书结合作者多年的教学成果,采用新思路、新方法编写而成,更加适合单片机初学者学习。

本书的主要特点:

1. 采用项目教学法,使学生在“做中学,学中做”

本书以十一个项目的形式分别介绍了 51 单片机的基础知识、常用软件 Keil C 与 Proteus 的使用、单片机的输入/输出功能、数码管基础与矩阵键盘扫描、定时器与数码管动态显示、外部中断与串行通信、LCD1602 显示原理及实现、I²C 总线与 EEPROM、温度传感器 DS18B20 与蜂鸣器、A/D 与 D/A 转换、实时时钟 DS1302。项目中涵盖了 51 系列单片机的重要知识点,各项目的编排采用了由浅入深、由易到难的顺序。

2. 采用 C 语言教学,突出单片机 C 程序的软件架构设计

本书中的所有实例都采用 C 语言编写,突出单片机 C 语言程序的软件架构设计思想。另外 C 语言具有运算速度快、编译效率高的特点,有良好的可移植性,而且可以直接实现对系统硬件进行控制,和单片机汇编语言相比,还具有不需要记指令,学生容易掌握与理解等优点。

3. 针对当今技术需求,讲解热点知识

本书突出了对当今热点知识的讲解,把重点放在定时器、中断、串行通信、键盘、LCD 显示、温度采集、A/D 与 D/A 转换、实时时钟、红外、步进电机、I²C 总线、EEPROM 等知识的应用上,突出了实时性与实用性。

本书的项目一由谢四连、王善伟共同编写,项目二、三、四、五、六由王善伟编写,项目七、八、九、十、十一由李石林编写,谢四连负责全书的统编定稿与审阅工作,方智文、胡文明负责全书的校对工作。

本书中所有项目的实例都是基于金沙滩工作室的 KST-51 单片机开发板设计的,感谢金沙滩工作室宋雪松老师等对本书出版的支持和内容上的指导。

本书的所有作者都是多年从事单片机原理及应用教学的老师,本书更是作者们多年教学经验的积累和总结,但仍难免存在错误和不足,恳请广大读者指正和谅解,您的指正是我们的期待,我们的联系方式:1635@huhst.edu.cn。

最后,再次感谢所有帮助和关心我们的朋友,谢谢你们使用本书,并祝你们早日成功。

作 者
2016 年 5 月

目 录

前言

项目一 单片机介绍	1	3.2.2 软件设计思路	59
1.1 任务一：认识单片机	1	3.2.3 任务实施	60
1.1.1 单片机的基本概念	1	项目四 定时器与数码管动态显示	63
1.1.2 单片机的应用领域	2	4.1 任务一：定时器的使用	63
1.1.3 单片机的种类	3	4.1.1 定时器的初步认识	63
1.1.4 单片机的选择	5	4.1.2 定时器的寄存器	64
1.1.5 MCS-51 单片机识读	5	4.1.3 定时器初始化	67
1.1.6 单片机最小系统的组成	9	4.1.4 定时器中断	68
1.2 任务二：Keil 开发软件的使用	12	4.1.5 定时器的应用	73
1.2.1 Keil 软件安装	12	4.2 任务二：数码管动态显示	75
1.2.2 Keil 基本情况介绍	14	4.2.1 动态显示的基本原理	75
1.2.3 Keil 软件的使用	17	4.2.2 数码管动态显示应用	75
1.3 任务三：Proteus 仿真软件的使用	24	项目五 外部中断与串行通信	80
1.3.1 Proteus 软件安装	24	5.1 任务一：STC89C52 外部中断	80
1.3.2 Proteus 软件的使用	27	5.1.1 外部中断触发电路	80
项目二 输入/输出功能	38	5.1.2 外部中断初始化	81
2.1 任务一：输出功能——点亮 LED 灯	38	5.1.3 外部中断的应用	82
2.1.1 LED 灯介绍	38	5.2 任务二：串行通信	84
2.1.2 任务实施	39	5.2.1 串行口介绍	84
2.2 任务二：输入功能——按键检测	45	5.2.2 串行口初始化	89
2.2.1 键盘介绍	45	5.2.3 串口助手使用说明	90
2.2.2 MCS-51 单片机并行 I/O 接口结构	46	5.2.4 串行数据发送	91
2.2.3 独立按键扫描	49	5.2.5 串行数据接收	93
2.2.4 任务实施	51	项目六 LCD1602 显示原理及实现	95
项目三 数码管基础与矩阵键盘扫描	53	6.1 任务一：了解液晶显示器	95
3.1 任务一：认识数码管	53	6.1.1 1602 字符型液晶显示模块的 基本组成	95
3.1.1 数码管的基本介绍	53	6.1.2 LCD1602 字符型液晶显示器 引脚及功能	96
3.1.2 数码管真值表	54	6.1.3 LCD 指令码工作说明	97
3.1.3 数码管的静态显示	56	6.1.4 LCD 控制器接口时序说明	101
3.2 任务二：矩阵键盘扫描	58		
3.2.1 结构和工作原理	58		

6.1.5 LCD 初始化设置	103	9.1.3 PCF8591 的软件编程	139
6.1.6 LCD1602 简单实例	103	9.1.4 任务实施	140
6.2 任务二: LCD 显示时钟	106	9.2 任务二: 了解 D/A 转换	143
项目七 I ² C 总线与 EEPROM	110	项目十 实时时钟 DS1302	146
7.1 任务一: 认识 I ² C 总线	110	10.1 任务一: 了解 DS1302	146
7.1.1 I ² C 总线内部结构	110	10.1.1 DS1302 的特点	146
7.1.2 I ² C 时序	111	10.1.2 DS1302 的硬件电路	147
7.1.3 I ² C 数据传输格式	111	10.1.3 DS1302 寄存器介绍	149
7.1.4 I ² C 寻址模式	112	10.1.4 DS1302 通信时序介绍	150
7.2 任务二: 学习 EEPROM	118	10.2 任务二: 设计具有闹钟功能的 高精度时钟	151
7.2.1 EEPROM 读写操作时序	118	项目十一 红外与步进电机	170
7.2.2 EEPROM 跨页写操作时序	119	11.1 任务一: 了解红外遥控器	170
7.3 任务三: 设计计数器	119	11.1.1 红外光的基本原理	170
项目八 温度传感器 DS18B20 与蜂鸣器	125	11.1.2 红外遥控通信原理	170
8.1 任务一: 了解温度传感器 DS18B20	125	11.1.3 NEC 协议 (红外遥控器)	172
8.1.1 温度传感器 DS18B20 特性	125	11.2 任务二: 认识 28BYJ-48 型步进电机	177
8.1.2 应用范围	126	11.2.1 步进电机的分类	177
8.1.3 温度传感器 DS18B20 引脚定义	126	11.2.2 让电机转起来	179
8.1.4 温度传感器 DS18B20 工作原理	126	11.3 任务三: 用红外遥控器控制步进电机 正反转	182
8.2 任务二: 了解蜂鸣器	131	附录 A ASCII 码字符表	187
8.3 任务三: 制作温度报警器	132	附录 B 单片机 C 语言基础	191
项目九 A/D 与 D/A 转换	137	附录 C 单片机 C 语言技术规范	214
9.1 任务一: 了解 A/D 转换	137	参考文献	230
9.1.1 A/D 的主要指标	137		
9.1.2 PCF8591 的硬件接口	138		

项目一 单片机介绍

项目描述：单片机本身是一个裸机，不能执行任何操作，要使单片机正常工作必须辅以一定的外围硬件电路，并对其编程，将系统程序固化在芯片内。本项目主要介绍单片机的概念、能使单片机正常工作的最基本的硬件电路（即最小系统组成）、单片机的软件开发环境 Keil 及其使用步骤、单片机仿真软件 Proteus 及其使用方法。

1.1 任务一：认识单片机

目前，单片机已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，影碟机、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、医疗器械了。因此，认识单片机、学习单片机、掌握单片机的开发与应用是电子信息工程、自动控制等专业领域工程技术人员必备的知识。本项目将对单片机进行一个整体的介绍。

1.1.1 单片机的基本概念

单片微型计算机（Single-Chip Microcomputer），简称“单片机”，是将微处理器（CPU）、存储器（存放程序的 ROM 和存放数据的 RAM）、总线、定时器/计数器、输入/输出接口（I/O 口）和其他多种功能器件集成在一块芯片上的微型计算机。由于单片机的重要应用领域为智能化电子产品，一般需要将其嵌入仪器设备内，故单片机又称为嵌入式微控制器（Embedded Microcontroller）。单片机特别适合于控制领域，故又称为微控制器 MCU（Micro Control Unit）。中文“单片机”的称呼是由英文名称“Single-Chip Microcomputer”直接翻译而来的。单片机只要和适当的软件及外部设备相结合，便可成为一个单片机控制系统。

单片机的主要特点如下：

（1）高集成度，体积小，高可靠性

单片机将各功能部件集成在一块晶体芯片上，集成度很高，体积自然也是最小的。芯片本身是按工业测控环境要求设计的，内部布线很短，其抗工业噪音性能优于一般通用的 CPU。单片机程序指令、常数及表格等固化在 ROM 中不易破坏，许多信号通道均在一个芯片内，故可靠性高。

（2）控制功能强

为了满足对对象的控制要求，单片机的指令系统据有极丰富的条件分支转移能力，I/O 口的逻辑操作及位处理能力，非常适用于专门的控制功能。

（3）低电压，低功耗，便于生产便携式产品

单片机广泛使用于便携式系统，许多单片机内的工作电压仅为 1.8V~3.6V，而工作电流仅

为数百微安。

(4) 易扩展

片内具有计算机正常运行所必需的部件。芯片外部有许多供扩展用的三总线及并行、串行输入/输出管脚,很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(5) 优异的性能价格比

单片机的性能极高。为了提高速度和运行效率,单片机已开始使用 RISC 流水线和 DSP 等技术。单片机的寻址能力也已突破 64KB 的限制,有的已达到 1MB 和 16MB,片内的 ROM 容量可达 62MB, RAM 容量则可达 2MB。由于单片机的广泛使用,因而销量极大,各大公司的商业竞争更使其价格十分低廉,其性价比极高。

1.1.2 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,大致可分为以下几个范畴。

1. 工业控制与检测

单片机具有体积小、控制功能强、功耗低、环境适应能力强、扩展灵活和使用方便等优点,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、与计算机联网构成的二级控制系统等。

2. 智能仪器仪表

目前对仪器仪表的自动化和智能化要求越来越高。单片机被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。采用单片机控制可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)。

3. 消费类电子产品

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、彩电、其他音视频器材,再到电子称量设备和白色家电等。这些设备中嵌入了单片机后,其功能与性能大大提高,并实现了智能化、最优化控制。

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,为计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件。从调制解调器、手机、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、无线电对讲机等通信设备,基本上都实现了单片机智能控制。

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. 武器装备

在现代化的武器装备中,如飞机、军舰、坦克、导弹、鱼雷制导、智能武器装备、航天飞机导航系统等,都有单片机的嵌入。

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。

此外,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。

1.1.3 单片机的种类

单片机种类繁多,一般常用的有以下几种:

(1) 8051 单片机

最早由 Intel 公司推出的 8051/31 类单片机是世界上用量最大的几种单片机之一。由于 Intel 公司在嵌入式应用方面将重点放在了 186、386、奔腾等与 PC 类兼容的高档芯片的开发上,故将 80C51 内核使用权以专利互换或出让给世界许多著名 IC 制造厂商,如 Philips、NEC、Atmel、AMD、Dallas、Siemens、Fujitsu、OKI、华邦、LG 等。在保持与 80C51 单片机兼容的基础上,这些公司融入了自身的优势,扩展了针对不同测控对象要求的外围电路,如满足模拟量输入的 A/D、满足伺服驱动的 PWM、满足高速输入/输出控制的 HSL/HSO、满足串行扩展的总线 I²C、保证程序可靠运行的 WDT、引入使用方便且价廉的 Flash ROM 等,开发出了上百种功能各异的新品种。这样 80C51 单片机就变成了众多芯片制造厂商支持的大家族,统称为 80C51 系列单片机。客观事实表明,80C51 已成为 8 位单片机的主流,成了事实上的标准 MCU 芯片。

(2) Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机厂商,品种全、选择余地大、新产品多是其特点。在 8 位机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08。68HC05 有 30 多个系列,200 多个品种,产量已超过 20 亿片。16 位机 68HC16 也有十多个品种。32 位单片机的 683XX 系列也有几十个品种。Motorola 单片机特点之一是在同样速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低得多,因而使得高频噪声低、抗干扰能力强,更适合用于工业控制领域及恶劣的环境。

(3) Microchip 单片机

Microchip 单片机是市场份额增长最快的单片机。它的主要产品是 16C 系列 8 位单片机,CPU 采用 RISC 结构,仅 33 条指令,其高速度、低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力和低价位 OTP 技术等都体现出单片机产业的发展新趋势。且 Microchip 单片机以低价位著称,一般单片机价格都在一美元以下。由美国 Microchip 公司推出的 PIC 单片机系列产品,已有三种系列多种型号问世,从电脑的外设、家电控制、电讯通信、智能仪器、汽车电子到金融电子的各个领域都得到了广泛的应用。Microchip 单片机没有掩膜产品,全都是 OTP 器件(近年已推出 Flash 型单片机)。Microchip 强调节约成本的最优化设计,生产使用量大、档次低、价格敏感的产品。

(4) Atmel 单片机

Atmel 公司的 90 系列单片机是增强 RISC 内载 Flash ROM 的单片机,通常简称为“AVR 单片机”,90 系列单片机是基于新的精简指令 RISC 结构的。这种结构是在 20 世纪 90 年代开发出来的综合了半导体集成技术和软件性能的新结构,这种结构使得 AVR 单片机在 8 位微处理器市场上具有最高 MIPS 能力。AVR 单片机在一个时钟周期内可执行复杂的指令,1MHz 可实现 1MIPS 的处理能力。AVR 单片机工作电压为 2.7~6.0V,可以实现耗电最优化。AVR 单片机广泛应用于计算

机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通讯设备、家用电器、宇航设备等各个领域。

(5) NEC 单片机

NEC 单片机自成体系, 8 位单片机 78KB 系列产量最高, 也有 16 位、32 位单片机。16 位以上单片机采用内部倍频技术, 以降低外时钟频率。有的单片机采用内置操作系统。NEC 的销售策略着重于服务大客户, 并投入相当大的技术力量帮助大客户开发产品。

(6) 东芝单片机

东芝有从 4 位到 64 位的单片机, 门类齐全。4 位机在家电领域仍有较大的市场。8 位机主要有 870 系列、90 系列等, 该类单片机允许使用慢模式, 采用 32KB 时钟时功耗低至 $10\mu\text{A}$ 数量级。CPU 内部多组寄存器的使用, 使得中断响应与处理更加快捷。东芝的 32 位单片机采用 MIPS 3000A RISC 的 CPU 结构, 面向 VCD、数码相机、图像处理等市场。

(7) 富士通单片机

富士通有 8 位、16 位和 32 位单片机, 其中 8 位单片机主要有 3V 产品和 5V 产品, 3V 产品应用于消费类及便携设备, 如空调、洗衣机、冰箱、电表、小家电等, 5V 产品应用于工业及汽车电子。8 位单片机有 8L 和 8FX 两个系列, 是最常见的两个系列。16 位主流单片机有 MB90F387、MB90F462、MB90F548、MB90F428 等, 这些单片机主要是采用 64 脚或 100 脚 QFP 封装, 1 路或多路 CAN 总线, 并可外扩总线, 适用于电梯、汽车电子车身控制及工业控制等。32 位单片机采用 RISC 结构, 主要产品有: MB91101A, 它采用 100 脚 QFP 封装, 超低成本, 可外扩总线, 适用于 POS 机、银行税控打印机等; MB91F362GA, 它采用 208 脚 QFP 封装, 使用 CAN 总线, 可外扩总线, 适用于电力及工业控制等; MB91F364GA, 它采用 120 脚 LQFP 封装, 使用 CAN 总线, 具有 I^2C 等丰富通信接口, 支持低成本的在线仿真技术 (Accemic MDE), 广泛适用于要求高性能低成本的各种应用。富士通公司注重于服务大公司、大客户, 帮助大客户开发产品。

(8) LG 公司生产的 GMS90 系列单片机

LG 公司生产的 GMS90 系列单片机与 Intel MCS-51 系列 Atmel 89C51/52、89C2051 等单片机兼容, 采用 CMOS 技术, 具有高达 40MHz 的时钟频率, 应用于: 多功能电话、智能传感器、电度表、工业控制、防盗报警装置、各种计费器、各种 IC 卡装置、DVD、VCD、CD-ROM。

(9) 凌阳 16 位单片机

台湾凌阳科技公司 2001 年推出的第一代单片机, 具有高速度、低价、可靠、实用、体积小、功耗低和简单易学等特点。例如, SPCE061A 型单片机内嵌 32KB 闪存 Flash, 处理速度高, 尤其适用于数字语音播报和识别等应用领域, 是数字语音识别与语音信号处理的理想产品, 得到了广泛的应用。

凌阳 SPMC75 系列单片机是凌阳科技公司开发的具有自主知识产权的 16 位微控制器 (单片机), SPMC75 系列单片机集成了能产生变频电机驱动的 PWM 发生器、多功能捕获比较模块、BLDC 电机驱动专用位置检测接口、两相增量编码器接口等硬件模块, 以及多功能 I/O 口、同步和异步串行口、ADC、定时计数器等功能模块, 利用这些硬件模块支持, SPMC75 可以完成诸如家电用变频驱动器、标准工业变频驱动器、多环伺服驱动系统等复杂应用。

(10) Scenix 单片机

Scenix 公司推出的 8 位 RISC 结构 SX 系列单片机在技术上有其独到之处: SX 系列双时钟设置, 指令运行速度可达 50/75/100MIPS (每秒执行百万条指令, XXX M Instruction Per

Second), 具有虚拟外设功能, 采用柔性化 I/O 端口, 所有的 I/O 端口都可单独编程设定, 公司提供各种 I/O 的库函数, 用于实现各种 I/O 模块的功能, 如多路 UART (可编程全双工串行通信接口, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)、多路 A/D、PWM、SPI、DTMF、FS、LCD 驱动等。采用 EEPROM/Flash ROM, 可以实现在线系统编程。通过计算机 RS232C 接口, 采用专用串行电缆即可对目标系统进行在线实时仿真。

(11) EPSON 单片机

EPSON 单片机以低电压、低功耗和内置 LCD 驱动器特点著名于世, 尤其是 LCD 驱动部分做得很好, 广泛用于工业控制、医疗设备、家用电器、仪器仪表、通信设备和手持式消费类产品等领域。EPSON 已推出 4 位单片机 SMC62 系列、SMC63 系列、SMC60 系列和 8 位单片机 SMC88 系列。

(12) 华邦单片机

华邦公司的 W77/W78 系列 8 位单片机的管脚和指令集与 8051 兼容, 但每个指令周期只需要 4 个时钟周期, 速度提高了三倍, 工作频率最高可达 40MHz; 该单片机同时增加了看门狗定时器 (Watch Dog Timer)、6 组外部中断源、2 组 UART、2 组数据指示器 (Data Pointer) 及等待状态控制引脚 (Wait State Control Pin)。W741 系列的 4 位单片机带液晶驱动, 在线烧录, 保密性高, 具有低操作电压 (1.2V~1.8V)。

单片机自 20 世纪 70 年代产生以来, 在短短几十年的时间内得到了飞速的发展, 随着工艺技术的不断发展, 新的单片机将会不断出现。

1.1.4 单片机的选择

当今单片机琳琅满目, 产品性能各异。如何选择好单片机是项目开发首要解决的问题。单片机的选择可依据以下几方面。

(1) 单片机的基本参数及其内部资源: 如程序存储器容量, I/O 引脚数量, AD 或 DA 通道数量及转换精度等。

(2) 单片机的增强功能: 例如看门狗、RTC、EEPROM、扩展 RAM、CAN 总线接口、I²C 接口、SPI 接口等。

(3) Flash 和 OTP (一次性可编程) 相比较, 最好是 Flash。

(4) 封装: 一般来说贴片的比直插的体积小, 抗干扰性强, 但是价格要贵一些。

(5) 工作温度范围: 工业级还是商业级, 如果设计户外产品, 必须选用工业级。

(6) 工作电压范围: 例如电视机遥控器, 使用两节干电池供电, 至少应该能在 1.8~3.6V 电压范围内工作。

(7) 功耗: 能够满足设计要求的前提下功耗越低越好。

(8) 性价比高。

(9) 供货渠道畅通: 尽量选用市场上容易购买到的单片机。

(10) 有服务商: 像 Microchip 公司主推 PIC 单片机, 周立功公司主推 Philips 单片机, 双龙公司主推 AVR 单片机, 这些公司都提供了很多有用的技术资料, 起码烧写器有地方买。

1.1.5 MCS-51 单片机识读

自从 Intel 公司 20 世纪 80 年代推出 MCS-51 系列单片机以后, 世界上许多著名的半导体

厂商 (如 Atmel、Philips、Dallas、Motorola、Microchip、TI 等) 相继生产了与这个系列兼容的单片机, 使产品型号不断增加, 品种不断丰富, 功能不断增强。从系统结构上讲, 所有的 MCS-51 系列单片机都是以 Intel 公司最早的典型产品 8051 为核心。

1. MCS-51 单片机内部结构

MCS-51 单片机由中央处理器 (CPU)、程序存储器 (ROM/EPROM)、数据存储器 (RAM)、定时/计数器、I/O 接口、中断系统等组成。其内部结构如图 1.1 所示。

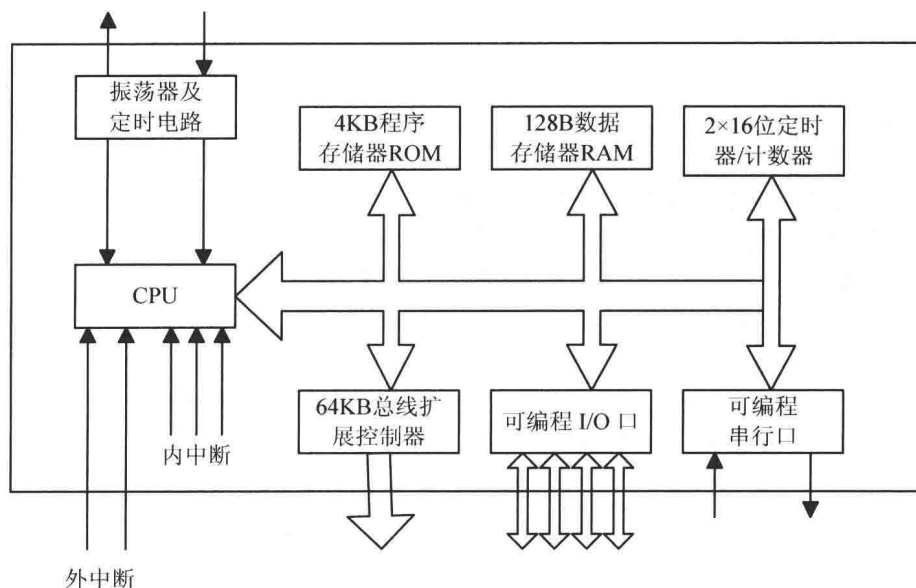


图 1.1 MCS-51 单片机内部结构框图

MCS-51 内部结构原理图如图 1.2 所示。

(1) 中央处理单元 (CPU)

中央处理单元是单片机的核心部件, 包括运算器、控制器和寄存器, 其功能是对数据进行算术逻辑运算, 产生控制信号, 负责数据的输入与输出。另外, 51 系列单片机的 CPU 中还包含了一个专门处理一位二进制数的布尔处理器, 用于进行位操作。

(2) 片内程序存储器

8051 共有 4096 个 8 位掩膜 ROM, 用以存放程序、原始数据和表格, 但是也有些单片机内部本身不附带 ROM, 如 8031、80C31。

(3) 片内数据存储器

RAM 用以存放可以读写的数据, 如运算中间结果、最终结果以及显示的数据等。8051 内部有 128 个 8 位数据存储单元和 128 个专用寄存器单元, 它们是统一编址的, 专用寄存器只能用于存放控制指令数据, 用户只能访问, 不能用于存放用户数据, 所以用户能使用的数据存储单元只有 128 个。

(4) 并行接口

51 系列单片机提供了 4 个 8 位并行接口 (P0~P3), 每个 I/O 口都可以用来输入, 也可用来输出, 实现数据的并行输入/输出。

(5) 串行接口

51 单片机有一个全双工的串行接口, 可以实现单片机之间或其他设备之间的串行通信。该串行口的功能较强, 既可以作为全双工异步通信收发器使用, 也可以作为同步移位器使用。51 系列单片机的串行口有 4 种工作方式, 可以通过编程选定。

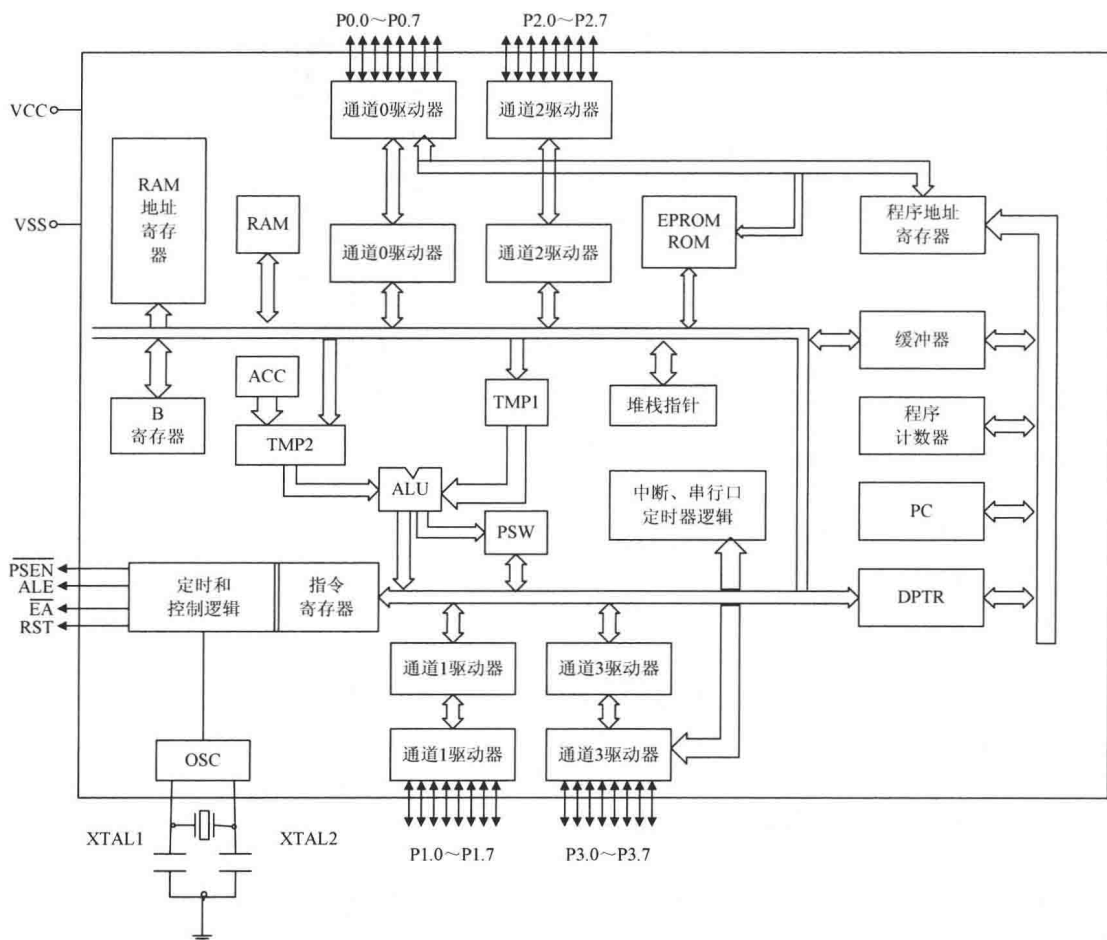


图 1.2 单片机内部结构原理图

(6) 定时器/计数器

51 子系列单片机共有 2 个 16 位的定时器/计数器 (52 子系列有 3 个), 每个定时器/计数器既可以设置成计数方式, 也可以设置为定时方式, 并以其计数或定时结果对计算机进行控制。

(7) 中断系统

51 系列单片机共有 5 个中断源 (52 系列有 6 个), 分为 2 个优先级, 每个中断源的优先级都可以通过编程进行控制。

(8) 时钟电路

51 单片机芯片内部有时钟电路, 用以产生整个单片机运行的脉冲序列, 但需要外接石英晶体和微调电容, 允许的最高振荡频率为 12MHz。

2. 引脚功能说明

MCS-51 单片机引脚结构如图 1.3 所示。

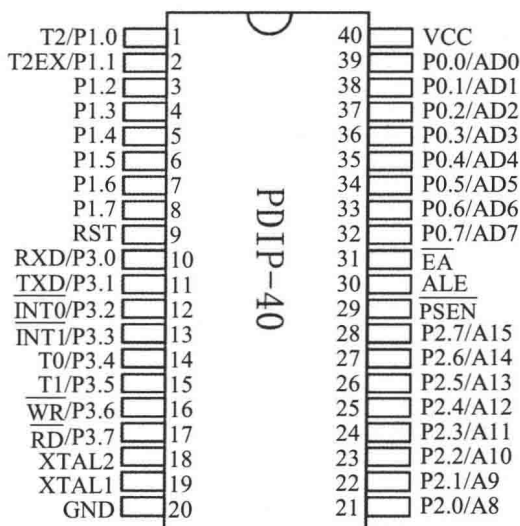


图 1.3 MCS-51 单片机引脚图

(1) 电源引脚 VCC 和 GND

VCC (40 脚): 电源端, 接+5V。

GND (20 脚): 接地端。

(2) 时钟电路引脚 XTAL1 和 XTAL2

XTAL1 (19 脚): 接外部晶振和微调电容的一端, 在片内它是振荡器倒相放大器的输入端, 若使用外部 TTL 时钟时, 该引脚必须接地。

XTAL2 (18 脚): 接外部晶振和微调电容的另一端, 在片内它是振荡器倒相放大器的输出端, 若使用外部 TTL 时钟时, 该引脚为外部时钟的输入端。

(3) ALE (30 脚): 地址锁存允许

系统扩展时, ALE 用于控制地址锁存器锁存 P0 口输出的低 8 位地址, 从而实现数据与低位地址的复用。

(4) $\overline{\text{PSEN}}$ (29 脚): 是读外部程序存储器的选通信号, 低电平有效。

(5) $\overline{\text{EA}}/\text{VPP}$ (31 脚): 片外程序存储器地址允许输入端。当为高电平时, CPU 执行片内程序存储器指令, 但当 PC 中的值超过 0FFFFH 时, CPU 将自动转向执行片外程序存储器指令。当为低电平时, CPU 只执行片外程序存储器指令。

(6) RST (9 脚): 复位信号输入端。该信号在高电平时有效, 在输入端保持两个机器周期的高电平后, 就可以完成复位操作。

(7) 四个输入/输出端口 P0、P1、P2 和 P3

P0 口 (P0.0~P0.7): P0 口是一个 8 位漏极开路的双向 I/O 口。作为输出口, 每位能驱动八个 TTL 逻辑电平。对 P0 端口写“1”时, 引脚用作高阻抗输入端。

当访问外部程序和数据存储器时, P0 口也被作为低 8 位地址/数据复用。在这种模式下, P0 具有内部上拉电阻。

在 Flash 编程时, P0 口用来接收指令字节;在程序校验时,输出指令字节。程序校验时,需要外部上拉电阻。

P1 口 (P1.0~P1.7): 它是一个内部带上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口, P1 口的驱动能力为 4 个 LS 型 TTL 负载。通常, P1 口是提供给用户使用的 I/O 口。Flash ROM 编程和程序校验期间, P1 接收低 8 位地址。同时 P1.5、P1.6、P1.7 具有第二功能, 如表 1.1 所示。

表 1.1 P1.5、P1.6、P1.7 的第二功能

端口引脚	第二功能
P1.5	MOSI (用于 ISP 编程)
P1.6	MISO (用于 ISP 编程)
P1.7	SCK (用于 ISP 编程)

P2 口 (P2.0~P2.7): P2 口是一个带内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口, P2 口的输出缓冲级可驱动 (吸收或输出电流) 4 个 TTL 逻辑门电路。对端口写 “1”, 通过内部的上拉电阻把端口拉到高电平, 此时 P2 口可作输入口。P2 口作输入口使用时, 因为内部存在上拉电阻, 某个引脚被外部信号拉低时会输出一个电流 (IIL)。

在访问外部程序存储器或 16 位地址的外部数据存储器时, P2 口送出高 8 位地址数据。在访问 8 位地址的外部数据存储器时, P2 口线上的内容, 即特殊功能寄存器 (SFR) 区 P2 寄存器的内容, 在整个访问期间不改变。

Flash 编程或校验时, P2 口亦接收高位地址和其他控制信号。

P3 口 (P3.0~P3.7): P3 口是一组带内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口。P3 口输出缓冲级可驱动 (吸收或输出电流) 4 个 TTL 逻辑门电路。对 P3 口写入 “1” 时, 它们被内部上拉电阻拉高并可作为输入端口。作输入端时, 被外部拉低的 P3 口将用上拉电阻输出电流 (IIL)。

P3 口除了作为一般的 I/O 口外, 更重要的用途是它的第二功能, 如表 1.2 所示。

P3 口还接收一些用于闪速存储器编程和程序校验的控制信号。

表 1.2 P3 口的第二功能

引脚	功能	引脚	信号名称
P3.0	串行数据接收口 (RXD)	P3.4	定时器/计数器 0 的外部输入口 (T0)
P3.1	串行数据发送口 (TXD)	P3.5	定时器/计数器 1 的外部输入口 (T1)
P3.2	外部中断 0 ($\overline{\text{INT0}}$)	P3.6	外部 RAM 写选通信号 ($\overline{\text{WR}}$)
P3.3	外部中断 1 ($\overline{\text{INT1}}$)	P3.7	外部 RAM 读选通信号 ($\overline{\text{RD}}$)

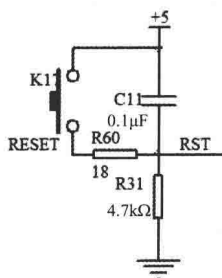
1.1.6 单片机最小系统的组成

所谓单片机最小系统, 是指用最少的元件能使单片机工作起来的一个最基本的组成电路。那么拿到一块单片机芯片, 想要使用它, 怎么办呢? 首先要知道怎样连线。对 51 系列单片机来说, 最小系统一般应该包括: 电源、晶振电路、复位电路等。同时, 单片机要正常运行, 还必须具备电源正常、时钟正常、复位正常三个基本条件。单片机最小系统电路如图 1.4 所示。

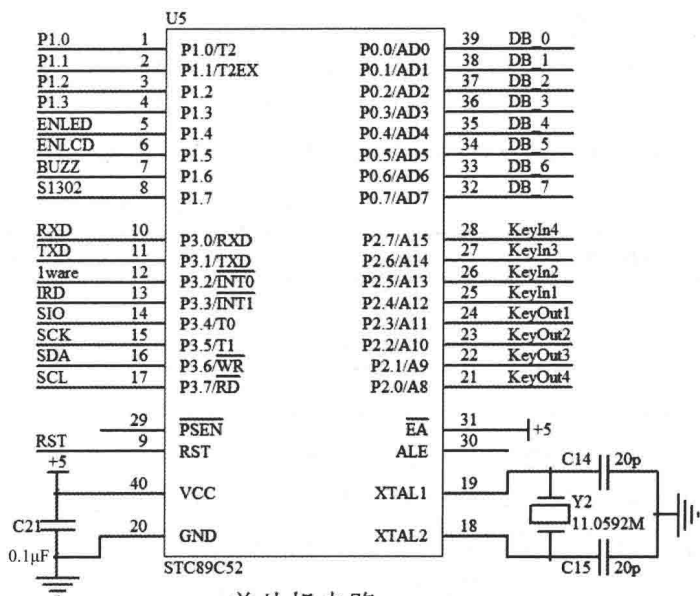
小知识:

电路图中放置在连线上
的字符叫做网络标号，
相同名字的网络标号表
示这两处地方在实际中
是连在一起的。

例如图中，R60 的右端
就是跟单片机的第 9 脚
连在一起的。



单片机复位电路



单片机电路

图 1.4 单片机最小系统电路

图 1.4 的最小系统电路节选自 KST-51 开发板原理图，下面根据该图来具体分析最小系统的三要素。

(1) 电源

电源是单片机工作的动力源泉。KST-51 开发板所选用的单片机为 STC89C52，它需要 5V 的供电系统，采用 USB 口输出的 5V 直流电源直接供电。从图 1.4 可以看到，供电电路在 40 脚和 20 脚的位置上，40 脚接的是+5V，通常也称为 VCC，代表的是电源正极，20 脚接的是 GND，代表的是电源的负极。

(2) 时钟电路

时钟电路为单片机产生时序脉冲，单片机所有运算与控制过程都是在统一的时序脉冲的驱动下进行的。如果单片机的时钟电路停止工作（晶振停振），那么单片机也就停止运行了。STC89C52 单片机的 18 脚和 19 脚是晶振引脚，接一个 11.0592MHz 的晶振（它每秒振荡 11059200 次），外加两个 20pF 的电容，电容的作用是帮助晶振起振，并维持振荡信号的稳定。

(3) 复位电路

在复位引脚（9 脚）持续出现 24 个振荡器脉冲周期（即 2 个机器周期）以上的高电平信号使单片机复位，此时，一些专用寄存器的状态值将恢复为初始值。单片机复位一般是 3 种情况：上电复位、手动复位、程序自动复位。

图 1.5 (a) 为上电复位电路，它是利用电容充电来实现的。在接电瞬间，RST 端的电位与 VCC 相同，随着充电电流的减少，RST 的电位逐渐下降。只要保证 RST 为高电平的时间大于 2 个机器周期，便能正常复位。

图 1.5 (b) 为按键复位电路。该电路除具有上电复位功能外，若要复位，只需按图 1.5 (b) 中的 RESET 键，此时电源 VCC 经电阻 R1、R2 分压，在 RST 端产生一个复位高电平。

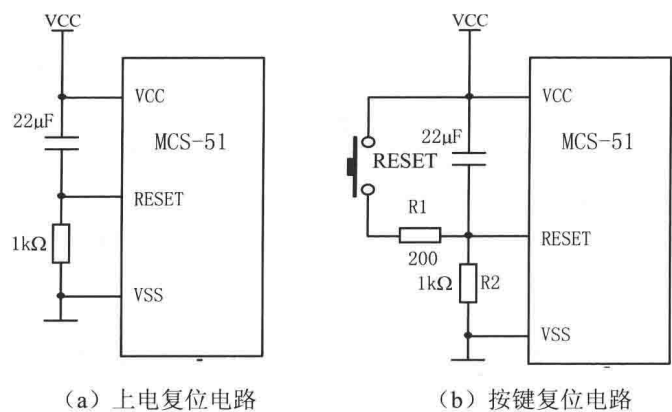


图 1.5 单片机常见的复位电路

复位后，内部各专用寄存器状态如表 1.3 所示。

表 1.3 各特殊功能寄存器初始状态

寄存器	状态	寄存器	状态
PC	0000H	TCON	00H
ACC	00H	TL0	00H
PSW	00H	TH0	00H
SP	07H	TL1	00H
DPTR	0000H	TH1	00H
P0~P3	FFH	SCON	00H
IP	xxx00000B	SBUF	不确定
IE	0xx00000B	PCON	0xxx0000B
TMOD	00H		

其中 x 表示无关位。请注意：

(1) 复位后 PC 值为 0000H，表明复位后程序从 0000H 开始执行。

(2) SP 值为 07H，表明堆栈底部在 07H。一般需重新设置 SP 值。

(3) P0~P3 口值为 FFH。P0~P3 口用作输入口时，必须先写入“1”。单片机在复位后，已使 P0~P3 口每一端线为“1”，为这些端线用作输入口做好了准备。

下面着重介绍一下复位对单片机的作用。

假如单片机程序有 100 行，当某一次运行到第 50 行的时候，突然停电了，这个时候单片机内部有的区域数据会丢失掉，有的区域数据可能还没丢失。那么下次打开设备的时候，我们希望单片机能正常运行，所以上电后，单片机要进行一个内部的初始化过程，这个过程就可以理解为上电复位，上电复位保证单片机每次都从一个固定的、相同的状态开始工作。这个过程类似于打开电脑电源开电脑的过程。

当程序运行时，如果遭受到意外干扰而导致程序死机，或者程序跑飞的时候，可以按下复位按键，让程序重新初始化重新运行，这个过程就叫做手动复位，类似于电脑的重启按钮。