

高职高专机电及电气类专业“十二五”规划教材

单片机技术及应用 项目化教程

▶ 郭晓凤 张松林 史丹青 张霖 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专机电及电气类专业“十二五”规划教材

单片机技术及应用项目化教程

郭晓凤 张松林 史丹青 张 霖 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以够用为原则,简化了单片机理论的难度和深度,侧重对学生单片机应用能力的培养和技能的训练。全书共设置了六个项目,分别为单片机最小系统、单片机并行 I/O 口的应用、键盘及显示接口的应用、串行通信接口及应用、模/数转换接口及应用和综合应用项目。所有教学内容紧密结合高职高专教学的特点,密切贴合实际工作岗位的能力需求,真正实现了理论与实践相结合。

本书可作为高职高专电子信息、自动化、计算机控制、机电一体化、通信等专业学生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机技术及应用项目化教程/郭晓凤等编著. —西安:西安电子科技大学出版社, 2014.2

高职高专机电及电气类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3339-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 018436 号

策 划 邵汉平

责任编辑 邵汉平 董柏娴

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 西安文化彩印厂

版 次 2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 10.5

字 数 245 千字

印 数 1~3000 册

定 价 20.00 元

ISBN 978-7-5606-3339-8/TP

XDUP 3631001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和江苏省教育厅《高等职业教育课程改革与建设的实施意见》的文件要求,本着“以服务为宗旨、以就业为导向、以能力为本位”的指导思想,以培养高素质技能型人才为目标,通过广泛的企业调研,以具体的岗位工作任务和职业能力要求为基础,切实实施项目化教学改革之后,编者编写了这本《单片机技术及应用项目化教程》。

本书共设有六个学习项目:项目一主要介绍单片机最小系统的构成,单片机的应用、分类、引脚、内部结构,单片机系统的开发流程及其相关的开发软件系统;项目二通过四个具体的任务实施介绍了单片机并行 I/O 口的结构特点及其应用,并介绍了单片机汇编语言指令系统和程序结构;项目三介绍了单片机键盘的分类、特点,显示器的分类、应用;项目四介绍了单片机串行通信接口的结构、工作方式和应用;项目五介绍了模/数转换接口及应用;项目六是一个综合应用项目。每个项目又分为多个任务,每个任务既具有完整性又有循序渐进的特点,知识链接以“相关知识”的形式出现,每个任务都是一个单片机系统开发过程,通过应用 Proteus 绘制硬件电路图,再应用 Keil μ Vision3 编写软件程序,最后通过交互式仿真与调试完成软硬件联调。通过对多个任务的学习,读者最终能够达到掌握相关项目知识和能力的目的。

项目一和项目二由郭晓凤编写,项目三和项目四由史丹青和张霖编写,项目五和项目六由张松林编写,全书由郭晓凤统稿。

本书可作为高职高专电子信息、自动化、计算机控制、机电一体化、通信等专业学生的教材。

由于作者水平有限,书中难免有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者
2013 年 11 月

目 录

项目一 单片机最小系统	1
任务 1 认识单片机	1
任务 2 制作单片机最小系统	10
任务 3 单片机应用系统的开发流程	14
思考与习题	30
项目二 单片机并行 I/O 口的应用	32
任务 1 点亮发光二极管	32
任务 2 发光二极管闪烁	39
任务 3 流水灯的设计	43
任务 4 多模式流水灯的设计	45
思考与习题	51
项目三 键盘及显示接口的应用	53
任务 1 八路抢答器的设计与制作	53
任务 2 数字秒表的设计	58
任务 3 密码锁的设计	67
任务 4 简单的 LED 点阵显示——用 LED 点阵模拟显示电梯的楼层	78
扩展任务 液晶显示器接口设计——用字符液晶向朋友问好	81
思考与习题	85
项目四 串行通信接口及应用	86
任务 1 两个单片机之间的沟通任务	86
任务 2 单片机与计算机的沟通——交通灯远程控制系统	92
扩展任务 实时发送动态密码——银行动态密码的获取	94
思考与习题	98
项目五 模/数转换接口及应用	99
任务 1 数字电压表的设计	99
任务 2 简易数控电源	112
思考与习题	134
项目六 综合应用项目	135
任务 1 远程报警装置的设计	135

任务2 出租车计费器的设计	146
思考与习题	158
附录 MCS-51 单片机汇编指令集	159
参考文献	161

项目一 单片机最小系统



知识学习目标:

- 了解单片机的发展概况、特点及应用;
- 掌握单片机的内部结构、组成及工作原理;
- 掌握单片机最小系统硬件电路的构成;
- 了解单片机应用系统的开发流程。



实践训练目标:

- 认识常见型号单片机芯片,并能简要描述其功能;
- 会根据 PCB 板焊接制作单片机最小系统,并能进行功能测试;
- 会使用单片机系统硬件电路设计工具;
- 会使用单片机系统软件编译工具。

任务1 认识单片机

知识目标: 了解单片机的发展概况、特点及应用,掌握单片机的内部结构、组成及工作原理,掌握单片机存储器的结构分布。

能力目标: 通过了解单片机的内部资源、封装及引脚,认识常见型号单片机芯片,并能简要描述其功能。

1. 单片机的概念

单片微型计算机简称单片机。它把组成微型计算机的中央处理器(CPU)、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、I/O 接口电路、定时/计数器及串行通信接口等功能部件制作在一块集成芯片中,构成一个完整的微型计算机。国际上通常称单片机为微控制器(MCU),又称为嵌入式微控制器(EMCU)。

2. 单片机的发展概况

单片机诞生至今,已发展成上百种系列的近千个品种。单片机的发展大致分为如下 5 个阶段。

(1) 单片机的诞生: 从 1971 年美国 Intel 公司研制的 4 位微处理器 Intel 4004, 到 1972 年该公司研制的功能较强的 8 位微处理器 Intel 8008, 及 1974 年美国 Fairchild 公司研制的

8 位微处理器 F8，拉开了研制单片机的序幕。

(2) 单片机的初级阶段：以 1976 年 Intel 公司研制的 MCS-48 为代表，这个系列的单片机内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时/计数器、RAM、ROM 等，资源少、无软件，只能保证最基本的控制功能。这一阶段的单片机产品还有 Motorola 公司的 6801 系列和 Zilog 公司的 Z8 系列。

(3) 单片机的完善阶段：以 Intel 公司的 MCS-51 系列为代表，在这一阶段推出的单片机中普遍带有串行口、多级中断处理系统、16 位定时/计数器，同时加大了片内 RAM、ROM 的容量，其寻址范围可达 64 KB，有的片内还带有 A/D 转换器接口。由于这类单片机的应用领域极其广泛，各大公司竞相研制，共约有几十个系列、300 多个品种。其中，MCS-51 系列单片机因其优良的性能价格比处于主导地位。

(4) 单片机向微控制器过渡阶段：以 Intel 公司的 MCS-96 系列 16 位单片机为代表。与 8 位机相比，其数据宽度增加了一倍，实时处理能力更强，主频更高，RAM 增加到了 232 B，ROM 则达到了 8 KB，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。但由于 16 位机价格太高，其应用受到一定的限制。而 MCS-51 因其高性价比，得到了广泛应用，致使知名芯片制造公司推出了许多与 MCS-51 兼容的 8 位单片机，一方面进一步巩固和发展了 8 位单片机的主流地位，另一方面强化了微控制器的特征。

(5) 微控制器全面发展阶段：随着单片机在各个领域的广泛应用，世界各大单片机研制公司相继推出了高速、大寻址范围、强运算能力的通用型或专用型的单片机，如 Intel 公司研制的 80960 超级 32 位单片机，Motorola 公司推出的 MC68HC 系列单片机，Microchip 公司推出的一种完全不兼容 MCS-51 的新一代 PIC 系列单片机，促使单片机进入一个可广泛选择和全面发展应用的时期。

3. 单片机的特点

单片机具有以下特点：

(1) 体积小，成本低，运用灵活，易于产品化，能方便地组成各种智能化的控制设备和仪器，做到机电一体化。

(2) 单片机的存储器 ROM 和 RAM 是严格区分的，即把开发成功的程序固化在 ROM 中，而把少量的随机数据存放在 RAM 中。这样，小容量的数据存储器能以高速 RAM 形式集成在单片机内，以加速单片机的执行速度。

(3) 采用面向控制的指令系统。为满足控制的需要，单片机有更强的逻辑控制能力，特别是具有很强的位处理能力。

(4) 单片机的 I/O 引脚通常是多功能的。由于单片机芯片上引脚数目有限，为了解决实际引脚数和需要的信号线的矛盾，采用了引脚功能复用的方法。引脚处于何种功能，可由指令来设置或由机器状态来区分。

(5) 单片机的外部扩展能力强。在内部的各种功能部分不能满足应用需求时，均可在外部进行扩展(如扩展 ROM、RAM，I/O 接口，定时器/计数器，中断系统等)，与许多通用的微机接口芯片兼容，给应用系统设计带来极大的方便和灵活性。

(6) 抗干扰能力强，适用温度范围宽，在各种恶劣的环境下都能可靠地工作，这是其

他类型计算机无法比拟的。

(7) 可以方便地实现多机和分布式控制,使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

4. 单片机的应用

单片机的应用范围十分广泛,主要的应用领域如下:

(1) 工业控制方面的应用:单片机可以构成各种工业控制系统、数据采集系统等。如数控机床、自动生产线控制、电机控制、温度控制、航空航天导航系统、电梯智能控制等。

(2) 仪器仪表方面的应用:如智能仪器、医疗器械、数字示波器、各种物理量的测量仪器等。

(3) 计算机外部设备与智能接口方面的应用:如图形终端机、传真机、复印机、打印机、绘图仪、磁盘/磁带机、程控交换机、通信终端等。

(4) 商用产品方面的应用:如自动售货机、电子收款机、电子秤等。

(5) 家用电器方面的应用:如微波炉、电视机、空调、洗衣机、录像机、音响设备等。

单片机在工业、农业、商业、金融、教育、科研、国防等领域有着十分广泛的应用。

5. MCS-51 单片机的封装及引脚功能

1) MCS-51 单片机的封装

单片机的种类繁多,封装形式各异。MCS-51 单片机的封装主要有 DIP、PLCC 及 LQFP 三种形式,如有 20 引脚封装的 AT89C2051,44 引脚贴片型封装的 STC89C52RC(如图 1-1 所示),40 引脚 DIP 封装的 AT89S51(如图 1-2 所示)等。

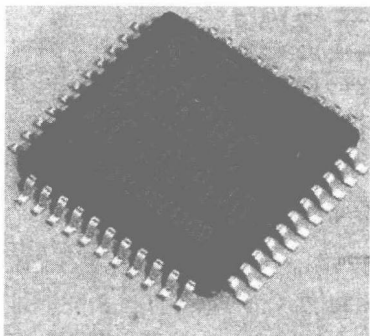


图 1-1 STC89C52RC 的实物图

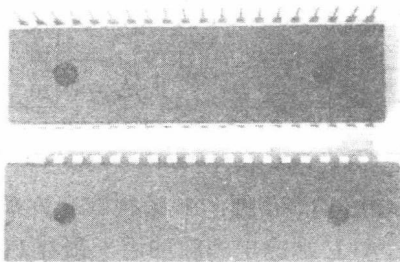


图 1-2 AT89S51 的实物图

2) MCS-51 单片机的引脚分布及功能

以如图 1-2 所示 AT89S51 单片机为例,介绍其引脚分布及功能。

AT89S51 共 40 个引脚,如图 1-3 所示,大致分为如下四类。

(1) 电源引脚。

V_{CC} (40 脚): 电源端,接+5 V 电源。

V_{SS} (20 脚): 接地端(GND)。

(2) 时钟电路引脚。

XTAL1(19 脚): 外接晶振输入端。

XTAL2(18 脚): 外接晶振输出端。

(3) 控制线引脚。

RESET/V_{PD}(9 脚): 复位端/备用电源输入端。在单片机正常工作状态下, 当 RESET 端出现持续两个机器周期以上的高电平时, 单片机实现复位操作。V_{PD} 端可外接备用电源, 以便在 V_{CC} 掉电或电压降到一定值时向单片机供电。

EA/V_{PP}(31 脚): 片外程序存储器选择输入端/Flash 存储器编程电源端。EA 端为访问外部程序存储器的地址允许输入端, 当访问片外 ROM 时, EA 必须保持低电平。V_{PP} 端是对 AT89S51 片内 Flash 存储器编程时作为编程允许电源 +12 V 的输入端。

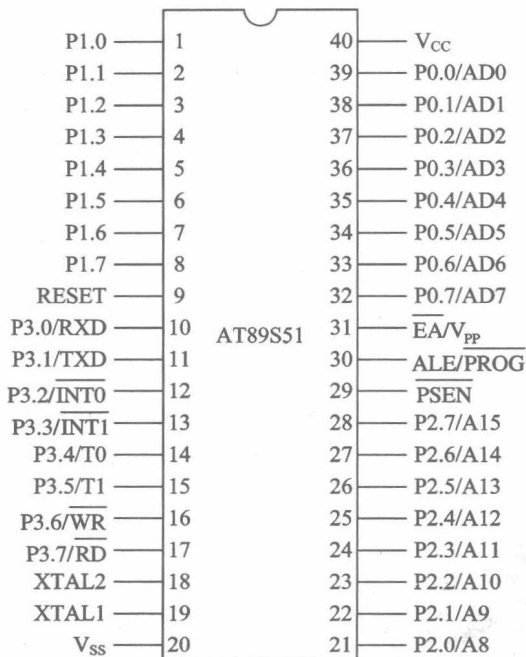


图 1-3 AT89S51 的引脚分布图

ALE/PROG(30 脚): 地址锁存允许端/编程脉冲输入端。当访问外部程序存储器或数据存储器时, ALE 端输出的脉冲用于锁存 P0 口(即 P0.0~P0.7)分时送出的低 8 位地址(下降沿有效)。当不访问外部存储器时, 该端以时钟频率的 1/6 输出固定的正脉冲信号, 可用作外部定时脉冲源。对内部 Flash 存储器编程期间, 该引脚用于输入编程脉冲。

PSEN(29 脚): 读片外程序存储器选通信号输出端。当 AT89S51 从外部程序存储器取指令时, PSEN 端产生负脉冲, 作为外部 ROM 的选通信号。在访问外部 RAM 或片内 ROM 时, 不产生有效的 PSEN 非信号。

(4) I/O 引脚(P0~P3 口)。

P0 口(32~39 脚): 引脚分布为 P0.7/AD7~P0.0/AD0, 是 8 位双向 I/O 口, 也是地址/数据总线复用口。当 P0 口作输入/输出口用时, 必须外接上拉电阻, 它可驱动 8 个 LSTTL 门电路。当访问片外存储器时, P0 口用作地址/数据分时复用口线。

P1 口(1~8 脚): 引脚分布为 P1.0~P1.7, 是 8 位准双向 I/O 口, 内部带上拉电阻, 可驱动 4 个 LSTTL 门电路。

P2 口(21~28 脚): 引脚分布为 P2.0/A8~P2.7/A15, 是 8 位准双向 I/O 口, 内部带上拉

电阻,可驱动4个LSTTL门电路。当访问片外存储器时,P2口用作高8位地址总线。

P3口(10~17脚):引脚分布为P3.0~P3.7,是8位准双向I/O口,内部带上拉电阻,可驱动4个LSTTL门电路。P3口的每一个引脚可作为一般I/O口用,此外还具有第二功能,其第二功能如表1-1所示。

表 1-1 P3 口的第二功能

引 脚	第二功能	功 能 说 明
P3.0	RXD	串行口数据接收端
P3.1	TXD	串行口数据发送端
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	外部中断输入 0
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	外部中断输入 1
P3.4	T0	定时/计数器 0 外部计数输入端
P3.5	T1	定时/计数器 1 外部计数输入端
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	外部数据存储器写信号
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	外部数据存储器读信号

6. MCS-51 单片机的内部结构

以 AT89S51 单片机为例介绍其内部结构,如图 1-4 所示。

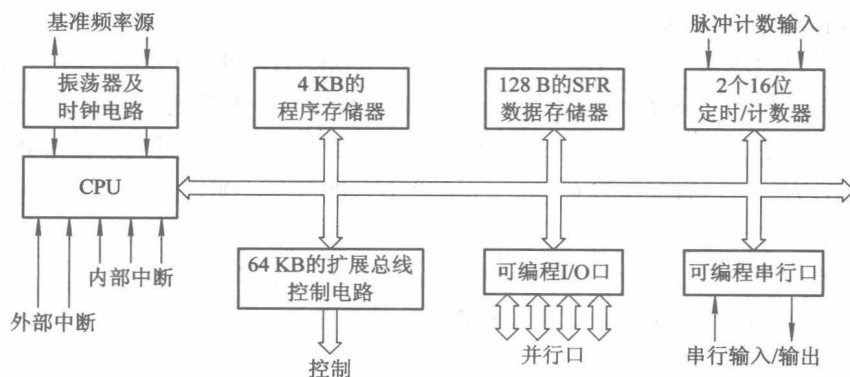


图 1-4 AT89S51 的内部结构图

AT89S51 单片机内部集成有 1 个 8 位中央处理器(CPU)、128 B 的数据存储器(RAM)、128 B 的特殊功能寄存器(SFR)、4 KB 的程序存储器(ROM)、1 个时钟电路、2 个 16 位定时/计数器、5 个中断源、4 个 8 位并行 I/O 口 P0~P3、1 个全双工串行口、64 KB 的扩展总线控制电路等,它们通过地址总线(AB)、数据总线(DB)和控制总线(CB)连接在一起。

1) 中央处理器(CPU)

AT89S51 单片机的中央处理器(CPU)由运算器和控制器组成。

运算器:由算术逻辑运算部件(ALU)、累加器(ACC)、寄存器(B)、程序状态寄存器(PSW)、十进制调整电路、布尔处理器等组成。其功能主要是进行算术运算、逻辑运算、数据传送和位处理等操作,并将运算结果的状态送至状态寄存器(PSW)。

控制器:控制单片机系统完成各种操作,包括时钟电路、复位电路、定时控制逻辑、程

序计数器(PC)、数据指针(DPTR)、堆栈指针(SP)、指令寄存器(IR)、指令译码器(ID)和信息传送控制部件等部分,它可以根据不同指令产生的操作时序控制单片机各部分工作。其工作过程为,以主振频率为基准,由定时控制逻辑发出 CPU 时序,将 IR 中的指令取出送 ID 进行译码,再由信息传送控制部件发出一系列控制信号,控制单片机各部分运行,完成指令功能。

2) 存储器

单片机的存储器分两种:程序存储器和数据存储器。单片机存储器采用哈佛结构,它将程序存储器和数据存储器分开编址,各自有自己的寻址方式。

(1) 程序存储器:用于存放已编写好的程序及数据表格,常用类型有 ROM、EPROM、E²PROM、Flash 等。AT89S51 中采用的就是 Flash,其存储容量为 4 KB。

程序存储器的存储空间配置如图 1-5 所示。

AT89S51 单片机有 64 KB 的程序存储器。其中:内部有 4 KB,地址范围为 0000H~0FFFH;片外最多可扩展空间为 60 KB,地址范围为 1000H~FFFFH。片内与片外程序存储器的最大寻址范围为 0000H~FFFFH。由于单片机的程序存储器采用片内、片外统一编址,则地址范围为 0000H~0FFFH 的程序存储器可在单片机内部或外部,通过单片机外围引脚 $\overline{EA}$ 的状态来区分。如果 $\overline{EA}$ 接高电平(即 $\overline{EA} = 1$),则表示 0000H~0FFFH 在片内程序存储器中;如果 $\overline{EA}$ 接低电平(即 $\overline{EA} = 0$),则表示 0000H~0FFFH 在片外程序存储器中。且程序从片内程序存储器开始执行,PC 值超出片内 ROM 容量时,会自动转向片外程序存储器中的程序。

需要指出的是,在 64 KB 的 ROM 中,0003H、000BH、0013H、001BH 和 0023H 5 个单元地址在 AT89S51 单片机中是系统专用的,用户不能更改。

(2) 数据存储器:用于存放输入/输出数据、中间运算结果,常用类型为 RAM。AT89S51 中的数据存储器较小,存储容量仅为 128 B。若存储器空间不够用,可以外部扩展。

数据存储器的存储空间配置如图 1-6 所示。数据存储器又分为片内 RAM 和片外 RAM 两部分。片内 RAM 的容量为 256 B,地址范围为 0000H~00FFH;片外 RAM 的容量为 64 KB,地址范围为 0000H~FFFFH。片内、片外 RAM 是两个独立的地址空间,分别单独编址。使用片内和片外数据存储器时,采用不同的指令加以区别。在访问片内数据存储器时,可使用 MOV 指令;在访问片外数据存储器时,可使用 MOVX 指令。

片内数据存储器分为低 128 B 数据存储器和高 128 B 数据存储器。低 128 B 数据存储器分为工作寄存器区、位寻址区和用户 RAM 区,而高 128 B 数据存储器为特殊功能寄存器(SFR)区。

低 128 B 数据存储器的地址空间分配如下:

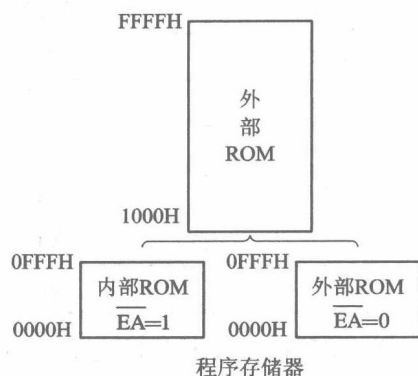


图 1-5 程序存储器的存储空间配置

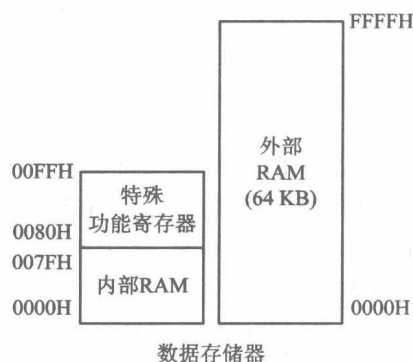


图 1-6 数据存储器的存储空间配置

① 工作寄存器区：地址范围为 0000H~001FH，共 32 个存储单元，分为四组，每组有 8 通用寄存器 R0~R7。每组均可作为 CPU 当前的工作寄存器，可通过程序状态字(PSW)的 RS1、RS0 两位进行当前工作状态的设置，如表 1-2 所示。当复位时，自动选中第 0 组工作寄存器。一旦选中了一组，其他三组的地址空间只用于数据存储器，不能作为寄存器，如果有需要必须重新设置。

表 1-2 工作寄存器组选择表

RS1	RS0	寄存器组	片内 RAM 地址	通用寄存器名称
0	0	0 组	00H~07H	R0~R7
0	1	1 组	08H~0FH	R0~R7
1	0	2 组	10H~17H	R0~R7
0	1	3 组	18H~1FH	R0~R7

② 位寻址区：地址范围为 0020H~002FH，共 16 个字节，每个字节 8 位，共 128 位，其地址编码为 0000H~007FH，这些地址单元构成了位寻址区，如表 1-3 所示。位寻址区既可采用位寻址方式访问，也可采用字节寻址方式访问。

表 1-3 位寻址区地址分配表

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

③ 用户 RAM 区：地址范围为 30H~7FH，共 80 个单元，可作为堆栈或数据缓冲使用。高 128 B 数据存储器为 SFR 区。AT89S51 单片机中共有 21 个 SFR 并分布在 80H~FFH 地址范围中，如表 1-4 所示。SFR 只能采用直接寻址及位寻址。

表 1-4 特殊功能寄存器表

SFR 助记符	位 名 称	地 址
B	B 寄存器★	F0H
ACC	累加器★	E0H
PSW	程序状态字★	D0H
IP	中断优先级控制寄存器★	B8H
IE	中断允许控制寄存器★	A8H
TH0	定时器 0 高八位	8CH
TL0	定时器 0 低八位	8AH
TH1	定时器 1 高八位	8DH
TL1	定时器 1 低八位	8BH
TMOD	定时器方式选择寄存器	89H
TCON	定时器控制寄存器★	88H
SCON	串行口控制寄存器★	98H
PCON	电源控制及波特率选择寄存器	87H
SBUF	串行口数据缓冲寄存器	99H
P0	并行输入/输出口 0★	80H
P1	并行输入/输出口 1★	90H
P2	并行输入/输出口 2★	A0H
P3	并行输入/输出口 3★	B0H
DPH	数据指针高八位	83H
DPL	数据指针低八位	82H
SP	堆栈指针寄存器	81H

注：带“★”的 SFR 表示可以进行位操作，其地址的尾数是“0”或“8”。

• 累加器 ACC

累加器 ACC(简称 A 寄存器或累加器 A)是一个具有特殊用途的 8 位寄存器，主要用来存放一个操作数或存放运算的结果。累加器 ACC 是 CPU 中使用最频繁的寄存器，MCS-51 指令系统中多数指令的执行都通过它进行。

• 寄存器 B

寄存器 B 也是一个 8 位寄存器，在乘法和除法运算中用作 ALU 的输入之一。其他情况下，B 可作为一个工作寄存器使用。

• 程序状态字(Program State Word, PSW)

程序状态字(PSW)是一个 8 位寄存器，用来保存指令执行结果的状态信息，为后续指令的执行提供状态条件。其各位定义如下：

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P

CY: 进位标志位, 又称为“位累加器”。

AC: 辅助进位标志位。

F0: 用户通用状态标志位。

RS1、RS0: 当前工作寄存器区选择位。

OV: 溢出标志位。

—: 保留位。

P: 奇偶标志位。

- 堆栈指针(Stack Pointer, SP)

堆栈是指用户在单片机内部 RAM 中开辟的、遵循“先进后出”原则、只能从一端存取数据的一个存储区。把存取数据的一端称为栈顶, 用一个专用 8 位寄存器 SP 来表示, 称为堆栈指针。MCS-51 的堆栈是向上(即向地址增加的方向)生成的, 堆栈指针 SP 的初始值称为栈底。在堆栈操作过程中, SP 始终指向堆栈的栈顶。

- 数据指针寄存器(DPTR)

数据指针寄存器(DPTR)是一个 16 位的专用寄存器, 其高位字节寄存器用 DPH 表示, 低位字节寄存器用 DPL 表示。DPTR 既可作为一个 16 位寄存器 DPTR 来处理, 也可作为两个独立的 8 位寄存器 DPH 和 DPL 来处理。

DPTR 主要用来存放 16 位地址, 可通过它访问 64 KB 外部数据存储器或外部程序存储空间。

- 程序计数器(Program Counter, PC)

PC 是 CPU 的最基本部件, 它是一个独立的 16 位程序计数器, 但不属于特殊功能寄存器, 不可以访问, 在物理结构上是独立的, 用于存放下一条待执行指令的地址。

PC 的基本工作过程可以描述为: PC 中的数作为指令地址输出给程序存储器, 程序存储器按此地址输出指令字节, 同时 PC 本身自动加 1, 指向下一条指令。但在执行转移、调用类指令或响应中断等操作时, PC 的工作过程将有所不同。

MCS-51 的 PC 是一个 16 位寄存器, 其寻址范围是 64 KB(即 216 B)。在 MCS-51 指令系统中有一类基址加变址寻址的指令, PC 可用作该类指令的基本地址寄存器。

3) 输入/输出(I/O)接口

AT89S51 的输入/输出接口包括 4 个 8 位并行口(P0~P3), 共 32 根口线。其具体结构及功能见项目二任务 1 的知识链接部分。

4) 其他内部资源

AT89S51 内部还有 2 个 16 位定时/计数器、中断系统和 1 个全双工串行口。

定时/计数器: 可以通过对系统时钟计数实现定时, 也可对外部事件的脉冲进行计数。

中断系统: 有 5 个中断源, 其中外部中断源 2 个(由单片机的外围引脚 $\overline{\text{INT0}}$ 、 $\overline{\text{INT1}}$ 引入)、内部中断源 3 个(分别由 2 个定时/计数器及串行口产生)。可以对 5 个中断源进行中断允许和中断优先级的控制。

全双工串行口: 一个可编程全双工串行通信接口, 具有通用异步接收/发送器(UART)的全部功能, 可以同时进行数据的接收和发送, 还可以作为一个同步移位寄存器使用。

任务2 制作单片机最小系统

知识目标：掌握构成单片机最小系统的复位电路和时钟电路。

能力目标：能够识读单片机最小系统装配图，并能按照工艺要求焊接制作、测试单片机最小系统。

1. 单片机最小系统的构成

单片机最小系统是指在尽可能少的外部条件下，能使单片机独立工作的系统。以 AT89S51 为例，由 AT89S51 外接时钟电路和复位电路即可构成单片机最小系统，如图 1-7 所示。

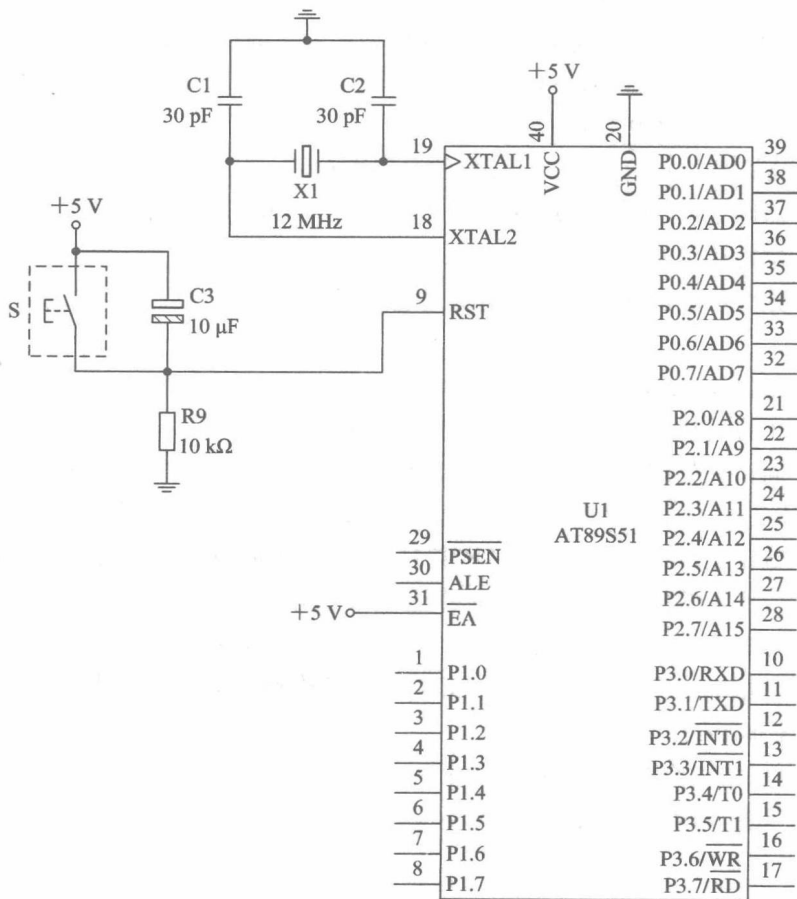


图 1-7 单片机最小系统原理图

1) 时钟电路

时钟电路用于产生单片机工作时所需的时钟信号。单片机在时钟信号控制下，各部件之间协调一致地工作。

根据 AT89S51 单片机产生时钟方式的不同，可将时钟电路分为内部时钟方式及外部时钟方式两种形式。其中，内部时钟电路是指在 XTAL1 和 XTAL2 引脚之间外接石英晶体振荡器及两个谐振电容构成，如图 1-8(a)所示。内部时钟电路的石英晶体振荡器频率一般选择

在 1.2~60 MHz 之间, 谐振电容采用 20~30 pF 的瓷片电容。外部时钟电路是指单片机的时钟信号由外部时钟信号提供, 由 XTAL1 引脚输入, 而 XTAL2 引脚悬空, 如图 1-8(b)所示。

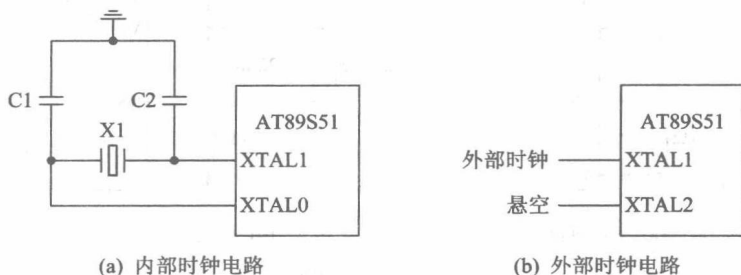


图 1-8 时钟电路

2) 单片机的时序

时序是指各信号之间的时间序列。CPU 在时序电路的控制下有节奏地执行着指令, 按照先后顺序完成各种操作。时序的基本单位有 4 个。

(1) 时钟周期。时钟电路产生的最小时序单位称为时钟周期, 它是由石英晶体振荡器的振荡频率决定的, 又称振荡周期。

(2) 状态周期。将石英晶体振荡器的振荡频率进行二分频, 就构成了状态周期。一个状态周期等于两个时钟周期。将这两个时钟周期称为两个节拍, 用 P1、P2 表示。

(3) 机器周期。机器周期是单片机执行一种基本操作所需要的时间单位。1 个机器周期由 6 个状态周期构成。6 个状态依次用 S1~S6 表示。

(4) 指令周期。单片机执行一条指令所需要的时间称为指令周期, 通常由 1~4 个机器周期组成。它是由不同指令来决定时间长短的, 一般 MCS-51 单片机的指令分为单机器周期、双机器周期和四机器周期指令。

例如, 石英晶体振荡器的频率为 12 MHz, 则其状态周期、机器周期和指令周期分别为

$$\text{状态周期} = 2 \times \text{时钟周期} = 2 \times \frac{1}{12 \times 10^6} = 0.167 \mu\text{s}$$

$$\text{机器周期} = 12 \times \text{时钟周期} = 1 \mu\text{s}$$

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

3) 复位电路

单片机复位就是对单片机进行初始化操作, 使程序从 0000H 开始执行。

(1) 复位电路的构成: 要实现复位操作, 只需在 AT89S51 单片机的 RST 引脚上保持 2 个机器周期以上的高电平信号就可以了。单片机的复位电路有两种形式: 上电复位和按钮复位。

上电复位是利用 RC 微分电路充电产生正脉冲来实现的, 如图 1-9(a)所示。上电瞬间, RST 端的电位与 V_{CC} 的相同, 随着电容上储能的增加, 电容电压也增大, 充电电流减少, RST 端的电位逐渐下降。这样在 RST 端就会建立一个脉冲电压, 调节电容与电阻的大小, 就可对脉冲持续的时间进行调节。通常, 晶振频率为 6 MHz 时, 复位电路元件参数为 22 μF 的电解电容和 1 k Ω 的电阻; 晶振频率为 12 MHz 时, 复位电路元件参数为 10 μF 的电解电容和 10 k Ω 的电阻。

按钮复位电路是将一个按钮开关和一个 0~200 Ω 的电阻并联于上电复位电路的电容上,