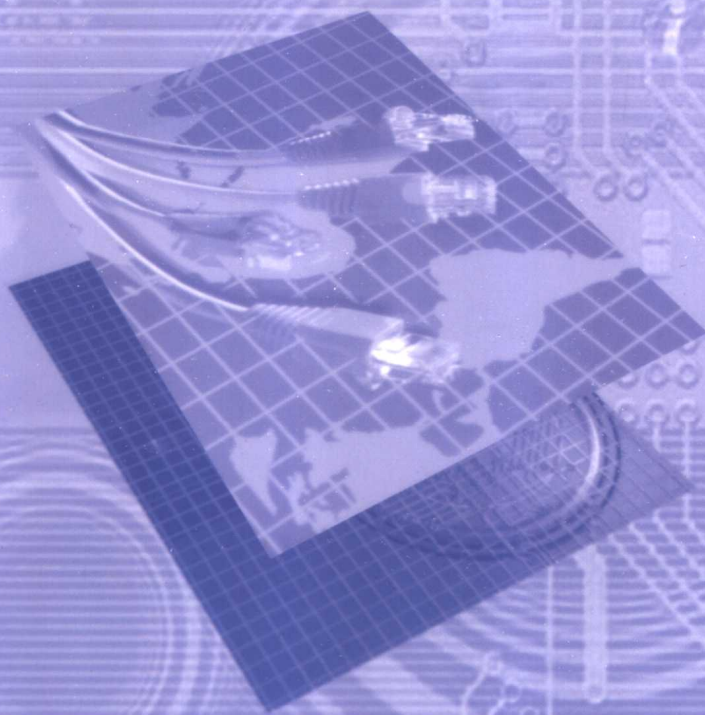


高等学校规划教材
普通高等教育电气工程实践技术系列教材

单片机控制工程 实践技术

付家才 主编



化学工业出版社
教材出版中心

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机控制工程实践技术/付家才主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 3

高等学校规划教材

ISBN 7-5025-5033-X

I. 单… II. 付… III. 单片机控制工程-高等学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 013979 号

高等学校规划教材
普通高等教育电气工程实践技术系列教材
单片机控制工程实践技术

付家才 主编

杨庆江 赵金亮 副主编

王慕坤 主审

责任编辑: 唐旭华

文字编辑: 徐卿华

责任校对: 凌亚男

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 459 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5033-X/G · 1342

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

根据教育部本科应用型人才培养目标的精神,为满足本科电类相关专业实践能力培养的需要,在化工出版社大力支持下,我们组织编写了一套电气工程实践技术系列教材,涵盖电子、电机、电气控制、工业控制、单片机、DSP、应用电子、EDA 等内容。

本套教材立足于本科教育人才培养目标,遵循主动适应社会发展需要,突出应用性和针对性,着重加强工程实践能力、工程设计能力的培养原则,与专业基础课、专业课的理论教材相配套,作为理论教材的扩展和延伸。这套教材集设计、制作、工程实践操作、工程应用、工程训练等能力培养为一体,体系新颖,内容可选择性强。本套教材的特点归纳为:内容先进性、教学适用性、灵活选择性、突出实用性、强调实践性。本套教材取材上充分考虑了内容的先进性,以新技术、新元件、新材料充实到各门实践教材中;在整体规划上尽力保证与专业基础课、专业课内容的衔接,与理论教材的配套,体现了专业的系统性和完整性,利于课程的整合;为适应电类各专业的需要,对选用实践教材进行多种方案组合;为便于学生学习,本套教材中既注意到一般设计方法和过程介绍,同时对工业设计和过程也进行了具体的介绍,作为通向现场的一座桥梁。本套教材很多内容来源于科研和生产实践,通过对科研和生产单位的广泛调研,搜集了大量有实用意义的资料,使内容更加贴近现场,贴近实践。本套教材既注重工程设计能力的传授,以动手能力、工程实践能力为培养主线,重点放在电气操作技能的训练上,培养学生分析和解决实际问题的能力;又遵循循序渐进的原则,由基础实践技能到综合实践技能,采用由浅入深、深入浅出的培养方法。

本套教材有《工业控制工程实践技术》、《电子工程实践技术》、《电机工程实践技术》、《电气控制工程实践技术》、《单片机控制工程实践技术》、《DSP 控制工程实践技术》、《EDA 工程实践技术》、《应用电子工程实践技术》8 本。

《单片机控制工程实践技术》在编写上充分考虑了电类及相关专业学生的学习特点,具有如下特色。

(1) 注重实用性

考虑到电类及相关专业学生的不同层次基础不同,在内容的前后安排上由浅入深,循序渐进。本书精选了实践题目,偏重实用性、趣味性,在注意提高学生学习兴趣的同时,也提高了学生的实践能力和创新能力。

(2) 内容自成体系

本书不受各种不同版本单片机理论教材的制约,以实践教学为主自成体系,内容上突出理论指导实践、实践验证理论的教学方法。

(3) 注重能力培养

工程实践教学是培养学生能力最好和最直接的环节。本书通过学习用仿真器编程的方法,利用单片机最小系统板控制各种被控对象,寓教于乐。从多种途径全面提高学生的实践能力。

全书共分 8 章。第 1 章介绍 8051 系列单片机概况,第 2 章介绍 8051 单片机指令系统,第 3 章介绍单片机的基本应用,第 4 章介绍单片机基本外设的设计,第 5 章介绍单片机应用系统开发,第 6 章介绍单片机应用举例,第 7 章介绍单片机工业控制应用,第 8 章介绍单片

机工程实践方法。

本书由付家才教授主编，杨庆江、赵金宪任副主编。第1章、第2章由赵金宪编写，第3章～第6章由杨庆江编写，第7章由曹政才编写，第8章由付家才编写。胡丹、刘远义、孟娇茹做了大量的文字录入和绘图工作。全书由付家才策划和统稿。

本书由王慕坤教授主审，在审阅中提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2004 年 1 月

目 录

1 8051 系列单片机概述	1
1.1 8051 单片机原理	1
1.1.1 8051 单片机简介	1
1.1.2 8051 单片机内部结构与外部端子	2
1.1.3 8051 单片机的中央处理器	4
1.1.4 存储器	8
1.1.5 输入/输出端口	12
1.2 定时器/计数器	17
1.2.1 定时器/计数器的内部结构与功能	17
1.2.2 工作方式	19
1.2.3 基本应用	21
1.3 中断系统	23
1.3.1 中断系统结构	23
1.3.2 中断控制寄存器	25
1.3.3 中断响应过程	28
1.3.4 基本应用	30
1.4 串行接口	33
1.4.1 串行接口结构与功能	33
1.4.2 串行接口的工作模式	35
1.4.3 基本应用	38
1.5 ATME189 系列单片机	41
1.5.1 89 系列单片机简介	41
1.5.2 89 系列典型单片机结构	42
本章小结	44
习题与思考题	44
2 8051 单片机指令系统	46
2.1 8051 单片机指令系统简介	46
2.1.1 8051 系列单片机指令系统基本格式	46
2.1.2 8051 系列单片机指令符号	46
2.1.3 8051 系列单片机指令分类	46
2.2 8051 单片机指令集	47
2.2.1 数据传送类指令	47
2.2.2 算术运算类指令	48
2.2.3 逻辑运算类指令	48
2.2.4 位操作类指令	49

2.2.5 控制转移类指令·····	49
本章小结 ·····	50
习题与思考题 ·····	50
3 单片机的基本应用 ·····	52
3.1 输入输出的应用·····	52
3.1.1 输出端口的应用·····	52
3.1.2 输入端口的应用·····	55
3.2 定时器与计数器的应用·····	57
3.2.1 定时器 0 在模式 0 的应用·····	57
3.2.2 定时器 0 在模式 1 的应用·····	59
3.2.3 定时器 0 在模式 2 的应用·····	60
3.2.4 定时器 0 在模式 3 的应用·····	61
3.3 串口的应用·····	62
3.3.1 串行输出端口扩充·····	62
3.3.2 串行输入端口扩充·····	64
3.3.3 两个 8051 的单工通信·····	65
3.4 中断的应用·····	67
3.4.1 外部中断 (INT0/INT1) 的应用·····	67
3.4.2 两个中断 (INT0, INT1) 同时存在·····	68
3.4.3 广告灯左移·····	70
3.4.4 计时中断与外部中断同时存在·····	72
3.5 存储器及其扩展技术·····	73
3.5.1 基本知识·····	74
3.5.2 扩展外部 ROM·····	75
3.5.3 扩展 E ² PROM·····	76
3.5.4 扩展 RAM·····	80
3.5.5 同时扩展外部 ROM 和外部 RAM·····	82
3.6 微型打印机·····	82
3.6.1 基本知识·····	82
3.6.2 与单片机的接口·····	82
3.6.3 打印程序实例·····	85
本章小结 ·····	90
习题与思考题 ·····	90
4 单片机基本外设的设计 ·····	91
4.1 键盘的设计·····	91
4.1.1 按键去抖问题·····	91
4.1.2 独立式键盘及其接口·····	92
4.1.3 矩阵式键盘及其接口·····	93
4.1.4 键盘扫描控制方式·····	95
4.2 模/数转换器与单片机的接口·····	95

4.2.1	ADC0809 的应用	95
4.2.2	12 位 A/D 转换器 ADC1210 的应用	98
4.3	数/模转换器与单片机的接口	99
4.3.1	DAC0832 的应用	99
4.3.2	12 位 DAC1208 的应用	101
4.3.3	应用举例	103
本章小结		105
习题与思考题		105
5	单片机应用系统开发	106
5.1	单片机应用系统开发过程	106
5.1.1	总体设计	106
5.1.2	硬件设计	107
5.1.3	资源分配	110
5.2	仿真器	111
5.2.1	仿真器种类	111
5.2.2	仿真器的选择	112
5.2.3	伟福仿真器简介	113
本章小结		123
习题与思考题		123
6	单片机应用举例	124
6.1	音乐的应用	124
6.1.1	单片机产生音调的基础知识	124
6.1.2	歌曲生日快乐歌的设计	126
6.1.3	歌曲兰花草的设计	129
6.1.4	简易电子琴的设计	131
6.2	点矩阵显示器的应用	133
6.2.1	点矩阵的种类及结构	133
6.2.2	一个 5×7 点矩阵显示	135
6.2.3	4 个字的字幕机分批显示	137
6.2.4	4 个字的字幕机数据分批显示并左移	139
6.2.5	一个中文字幕机依序显示 8 个字	141
6.2.6	两个中文字字幕机分批显示	144
6.2.7	两个中文字的字幕机数据分批显示并左移	147
6.3	8 位串行 LED 显示驱动器芯片及应用程序	149
6.3.1	硬件描述	149
6.3.2	应用电路及程序	153
6.4	时钟芯片 DS1302 及应用程序	155
6.4.1	硬件描述	155
6.4.2	典型应用电路	159
6.5	A/D 转换器 TLC548~549 及应用程序	161

6.5.1	硬件描述	161
6.5.2	应用电路	163
6.6	A/D 转换器 TLC2543 及应用程序	164
6.6.1	硬件描述	164
6.6.2	TLC2543 的接口电路	169
6.7	D/A 转换器 TLC5615 及应用程序	171
6.7.1	硬件描述	171
6.7.2	典型接口	172
6.8	模拟数字转换器的应用	174
6.8.1	ADC0804 基本应用	174
6.8.2	单点温度控制	176
6.8.3	两点间温度控制	178
6.8.4	多点温度开关控制	180
6.8.5	4 位数数字温度计	182
6.8.6	室内温度控制	185
6.8.7	DVM 数字电压表	189
6.8.8	键盘设定温度控制	191
6.9	液晶显示驱动器 HD61202 及应用子程序	196
6.9.1	硬件描述	196
6.9.2	驱动程序编写	199
6.10	时钟芯片及应用程序	201
6.10.1	硬件描述	201
6.10.2	典型应用	204
6.11	时钟芯片 MC146818 的应用	207
6.11.1	硬件描述	207
6.11.2	可调时钟	211
6.11.3	可调万年历	217
本章小结		226
习题与思考题		226
7	单片机在工业控制中的应用	227
7.1	数字式热敏电阻温度计	227
7.1.1	热敏电阻的特点	227
7.1.2	负温度系数热敏电阻的特性	227
7.1.3	基本电路	228
7.1.4	程序设计	228
7.1.5	热敏电阻应用电路设计的几个关键性问题	231
7.2	单片机在温度数据采集系统中的应用	231
7.2.1	系统硬件设计	232
7.2.2	系统软件设计	235
7.3	直流电机单片机调速系统	241

7.3.1	调速系统实现数字化的必要性	241
7.3.2	数字化的实现	241
7.3.3	系统硬件组成原理	242
7.3.4	软件部分说明	245
7.4	脉宽调制型异步电动机变频调速的单片机控制	246
7.4.1	脉宽调制 (PWM)	246
7.4.2	系统硬件电路图	247
7.4.3	系统软件设计	252
7.5	步进电动机微机控制	254
7.5.1	步进电动机的概述	254
7.5.2	步进电动机单片机控制	258
本章小结		269
习题与思考题		269
8	单片机工程实践方法	271
8.1	单片机工程实践的内容	271
8.1.1	单片机工程实践的目的与要求	271
8.1.2	单片机工程实践的教学过程	272
8.2	设计实践	272
8.2.1	波形产生及变换类	272
8.2.2	测量电路类	275
8.2.3	电源及报警类	277
8.2.4	控制器类	279
8.2.5	工业控制类	281
8.2.6	显示及计时类	283
8.2.7	实用电路类	285
参考文献		287

1 8051 系列单片机概述

1.1 8051 单片机原理

1.1.1 8051 单片机简介

8051 单片机是 Intel 公司于 1980 年在原有 8048 的基础上, 改正缺点并增强其功能发展起来的高档 8 位单片机。它由中央处理器 (CPU)、内存单元及输入/输出单元组成, 依靠地址总线、数据总线与控制总线, 使 CPU 与内存单元及 I/O 单元相连, 构成完整的微电脑系统。由于其结构功能优化、易扩展、可靠性高、功耗低, 在许多领域都得到了广泛的应用, 其功能特性如下。

- ① 8 位 CPU。
- ② 内含 4KB 的程序存储器与 128B 的数据存储器。
- ③ 程序存储器、数据存储器各可扩充至 64KB。
- ④ 一组全双工串行口。
- ⑤ 二组 16 位计时、计数器。
- ⑥ 5 个具有可编程为 2 层中断优先权的中断源。
- ⑦ 具有单一位逻辑运算能力。
- ⑧ 32 条 I/O 引线。
- ⑨ 最高工作频率可达 12MHz。

8051 单片机的主要特性如表 1-1 所示。

表 1-1 8051 单片机的主要特性

型 号	片内存储器字节		片外存储器直接寻址范围字节		I/O 口线		中断源	定时器/计数器	晶振 /MHz
	ROM/ EPROM	RAM	RAM	EPROM	并行	串行			
8051	4KB/	128B	64KB	64KB	4×8	1	5	2×16	2~12
8751	/4KB	128B	64KB	64KB	4×8	1	5	2×16	2~12
8031	—	128B	64KB	64KB	4×8	1	5	2×16	2~12
8052AH	8KB/	256B	64KB	64KB	4×8	1	6	3×16	2~12
8752AH	/8KB	256B	64KB	64KB	4×8	1	6	3×16	2~12
8032AH	—	256B	64KB	64KB	4×8	1	6	3×16	2~12
80C51BH	4KB/	128B	64KB	64KB	4×8	1	5	2×16	2~12
80C31BH	—	128B	64KB	64KB	4×8	1	5	2×16	2~12
87C51BH	/4KB	128B	64KB	64KB	4×8	1	5	2×16	2~12
80C252	8KB/	256B	64KB	64KB	4×8	1	7	3×16	2~12
87C252	/8KB	256B	64KB	64KB	4×8	1	7	3×16	2~12
8052AH-BASIC	8KB/	256B	64KB	64KB	4×8	1	6	3×16	2~12

1.1.2 8051 单片机内部结构与外部端子

(1) 内部结构

8051 单片机的内部结构如图 1-1 所示，按功能可分为八个部分，即微处理器（CPU）、程序存储器（ROM 或 EPROM）、数据存储器（RAM）、定时器/计数器、特殊功能寄存器（SFR）、中断系统、I/O 口（P0 口、P1 口、P2 口、P3 口）和串行口等。这八个部分由片内总线有机连接起来，形成一个功能强大的单片微型计算机系统。

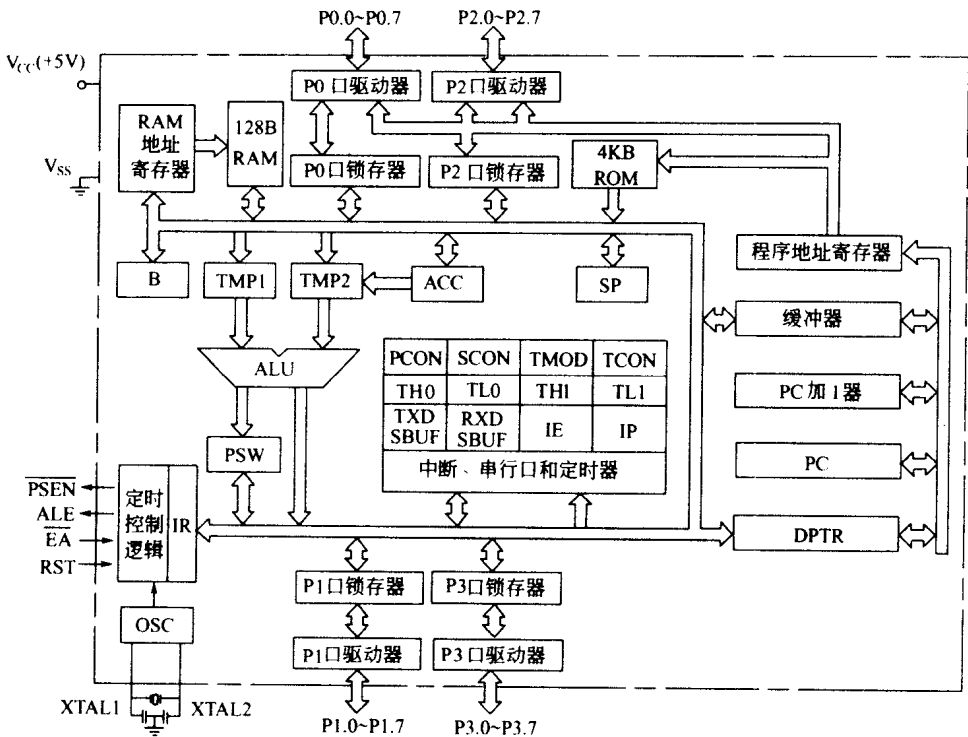


图 1-1 8051 单片机内部结构框图

- ① 微处理器 8051 系列单片机内部有一个 8 位的微处理器（CPU），其中含一个位处理器，不仅可处理字节数据，还可以进行位变量的处理。
- ② 程序存储器 用以存放程序、一些原始数据和表格。对于 8051 系列单片机，8031 无此部件；8051 为 4KB 的 ROM；8751 为 4KB 的 EPROM。片外均可扩展至 64KB ROM。
- ③ 数据存储器 用以存放可以读/写的数。片内为 128B，片外可扩展至 64KB。
- ④ 定时器/计数器 两个 16 位的定时器/计数器，具有四种工作方式，可以设置成计数方式，用以对外部事件进行计数，也可以设置成定时方式，利用内部时钟定时，并可以根据计数或定时的结果实现单片机控制。
- ⑤ 特殊功能寄存器 21 个特殊功能寄存器（SFR）离散地分布在高 128B 的数据存储器 RAM 中，用于对片内各功能部件进行管理、控制。
- ⑥ 中断控制系统 具有 5 个中断源，两个优先级。
- ⑦ 并行 I/O 口 有 4 个可编程的 8 位并行 I/O 口，即 P0 口、P1 口、P2 口、P3 口，每个 I/O 口既可以用作输入，也可以用作输出。
- ⑧ 串行口 有一个全双工串行口，具有四种工作方式，用以实现单片机之间或单片机

与外部设备之间的串行通信。

(2) 外部端子及其功能

8051 系列单片机为采用标准 40 线双列直插式封装的集成电路芯片，端子如图 1-2 所示。端子分为端口线、电源线和控制线三类。

① 端口线 P0.0~P0.7 (32~39 端)：P0 口是一个 8 位双向三态 I/O 口线。在访问外部存储器时，它分时提供低 8 位地址和双向数据线，故称地址/数据线。

P1.0~P1.7 (1~8 端)：P1 口是一个 8 位准双向 I/O 口线。当 P1 口作为通用 I/O 使用时，其功能与 P0 口相同，也用于传送用户的输入/输出数据。

P2.0~P2.7 (21~28 端)：P2 口是一个 8 位准双向 I/O 口线。在访问外部存储器时，它输出高 8 位地址。

P3.0~P3.7 (10~17 端)：P3 是一个 8 位准双向 I/O 口线，既可作为一般 I/O 口使用，同时又兼有第二功能，用于特殊信号输入/输出和控制信号，属控制总线，各端子的第二功能如表 1-2 所示。

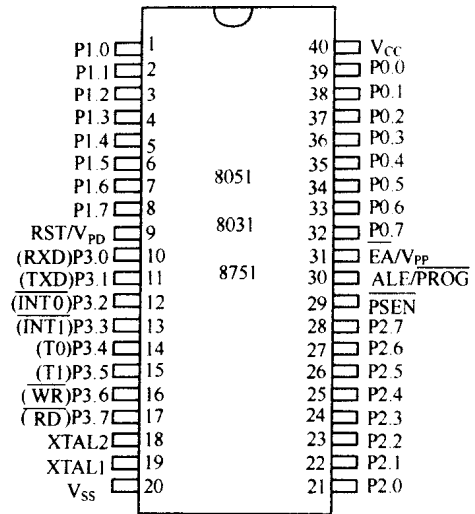


图 1-2 8051 系列单片机端子

表 1-2 P3 口各端子的第二功能

P3 口的位	第二功能	注 释	P3 口的位	第二功能	注 释
P3.0	RXD	串行口数据接收口	P3.4	T0	定时器/计数器 0 计数输入
P3.1	TXD	串行数据发送口	P3.5	T1	定时器/计数器 1 计数输入
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	外中断 0 输入	P3.6	$\overline{\text{WR}}$	外部 RAM 写选通信号
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	外中断 1 输入	P3.7	$\overline{\text{RD}}$	外部 RAM 读选通信号

所谓准双向 I/O 口，是指 P1 口、P2 口和 P3 口片内均有固定的上拉电阻。P0 口片内无上拉电阻，由两个 MOS 管串接，既可断开漏极输出，又可以处于高阻状态，因此称为双向三态 I/O 口。

② 电源线 V_{cc} 为 +5V 电源线， V_{ss} 为接地线。

③ 控制线 $\overline{\text{PSEN}}$ (29 端)：程序存储允许输出端。在执行访问外部的指令 MOV_C 时，此端输出负脉冲，用于为片外程序存储器芯片的选通。其他情况下，输出均为高电平封锁状态。

$\text{ALE}/\overline{\text{PROG}}$ (30 端)：地址锁存允许信号输出端。在访问外部数据存储器或程序存储器时，用它来锁存 P0 口的低 8 位地址信号。不访问外存储器时，该端有 1/6 的时钟振荡频率正脉冲信号输出，但不能用该端作时钟源或定时信号端。该端子的第二功能 $\overline{\text{PROG}}$ 是对片内带有 4KB 的 8751 固化程序时，作为编程脉冲输入端。

$\overline{\text{EA}}/V_{pp}$ (31 端)：程序存储器地址允许输入端。若 $\overline{\text{EA}}=1$ ，则执行片内程序存储器指令，但 PC 值大于 0FFFH 时，将自动转向执行片外程序存储器指令；若 $\overline{\text{EA}}=0$ ，则只执行片外存储器指令。对 8031 单片机， $\overline{\text{EA}}$ 必须接低电平。在 8751 中，当对片内 EPROM 编程时，该端接 21V 的编程电压。

RST/V_{pd} (9 端)：复位/备用电源输入端。高电平有效，可以使单片机处于复位（即初始化）工作状态。此外，还可作为备用电源输入端。当主电源 V_{cc} 发生故障而降低到规定低

电平时，RST/V_{PD}线上的备用电源自动投入使用，以保证片内 RAM 中信息不丢失。

XTAL1、XTAL2（19 和 18 端）：反向振荡放大器的输入和输出端。

1.1.3 8051 单片机的中央处理器

中央处理器（CPU）又称为微处理器，它是单片机的核心部件，它的主要功能是产生控制信号，把数据从存储器或输入口传送到 CPU 或反向传送，还可以对输入数据进行算术逻辑运算以及位操作处理。中央处理器由运算部件和控制部件等组成。

（1）运算部件

CPU 的运算部件包括算术运算逻辑单元 ALU、累加器 A、寄存器 B、暂存器 TMP₁ 及 TMP₂ 和程序状态寄存器 PSW 等。

运算部件的功能主要是实现算术运算、逻辑运算、位变量处理和数据传送等操作。

① 算术逻辑运算单元 ALU 8051 单片机的 ALU 是一个功能极强的运算器，它既可以进行加、减、乘、除四则运算，也可以进行与、或、非、异或、求补、置 1 等逻辑运算，还具有数据传送、移位、判断和程序转移等功能。此外，它还具有一般微型计算机 ALU 所不具备的功能，即位处理、位检测等功能。ALU 为用户提供了丰富的指令系统和极快的指令执行速度，因此，8051 系列单片机特别适用于实时逻辑控制。

② 累加器 ACC 累加器 ACC，又称为 A，是一个 8 位的寄存器，它是 CPU 中工作最繁忙的寄存器，专门用来存放操作数或运算结果。在 CPU 执行某种运算前，两个操作数中的一个通常应放在累加器 ACC 中，运算完成后累加器 ACC 中便可得到运算结果。例如以下的 2+3 加法程序。

```
MOV    A, #02H    ; A←2
ADD     A, #03H    ; A←A+03H
```

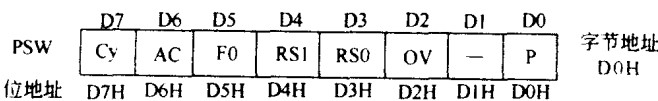
第一条指令是把加数 2 预先送入累加器 A；第二条指令执行后累加器 A 变为两数之和 5。

③ 寄存器 B 寄存器 B 是用来做乘法指令（MUL）及除法指令（DIV）运算的 8 位寄存器。该寄存器在做乘法或除法前，用来存放乘数或除数，在乘法或除法完成后用于存放乘积的高 8 位或除法的余数。不做乘除运算时，寄存器 B 也可以当作一般用途寄存器使用。现以乘法运算为例加以说明。

```
MOV     A, #03H    ; A←3
MOV     B, #04H    ; B←4
MUL     A, B        ; BA←A×B=3×4
```

前两条指令是传送数据；第三条乘法指令执行完后，积的高 8 位自动在 B 中形成，低 8 位自动在 A 中形成。

④ 程序状态寄存器（PSW） 程序状态寄存器 PSW 是 8 位标志寄存器，用来存放指令执行后的有关状态，以供程序查询和判别。PSW 中各位状态通常是在指令执行过程中自动形成的，但也可以由用户根据需要采用传送指令加以改变。PSW 各标志位定义如下。



其中各位的具体含义如下。

Cy: 进位标志位。在进行加减运算时, 若运算结果最高位有进位或借位, 则 $Cy=1$; 否则 $Cy=0$ 。此外, 在进行位操作时, Cy 作为位操作累加器。

AC: 辅助进位标志位。在进行加减运算时, 若低半字节向高半字节有进位或借位, 则 $AC=1$; 否则 $AC=0$ 。AC 还作为 BCD 码运算调整时的判别位。

F0: 用户标志位。由用户置位、复位, 作为软件标志。

RS1、RS0: 寄存器选择位。通过软件用于选择片内 4 个工作寄存器组的任意一组。RS1、RS0 与片内这 4 个工作寄存器组的对应关系如表 1-3 所示。

表 1-3 RS1、RS0 对工作寄存器组的选择

RS1, RS0	工作寄存器组	片内 RAM 地址	RS1, RS0	工作寄存器组	片内 RAM 地址
00	0	00H~07H	10	2	10H~17H
01	1	08H~0FH	11	3	18H~1FH

OV: 溢出标志位。可以指示运算过程中是否发生了溢出, 由机器自动形成。若机器在执行运算指令过程中, 其运算结果超出了目的寄存器 A 所能表示的带符号数的范围 ($-128 \sim +127$), 则 OV 标志位自动置 1; 否则 $OV=0$ 。因此, 根据执行运算指令后的 OV 状态就可以判断累加器 A 中的结果是否正确。

P: 奇偶标志位。反映累加器 A 中内容的奇偶性, 若 A 中有奇数个“1”, 则 P 置 1; 否则 $P=0$ 。

例 1-1 程序执行前 $F0=0$, $RS1RS0=00B$, 请问机器执行完如下程序后, PSW 中各位的状态是什么?

MOV A, #2FH

ADD A, #3CH

解 上述加法指令执行时的人工算式是

$$\begin{array}{r}
 00101111B \\
 + 00111100B \\
 \hline
 001101011B
 \end{array}$$

式中, 最高位无进位, 故 $CP=0$, $Cy=0$; 次高位无进位, 故 $CS=0$; 低半字节对高半字节有进位, 故 $AC=1$, $P=1$; OV 状态由如下关系式确定。

$$OV = CP \oplus CS = 0 \oplus 0 = 0$$

所以

$$PSW = 01000001B = 41H$$

(2) 控制部件

控制部件是 CPU 的神经中枢, 它包括程序计数器 PC、数据指针 DPTR、堆栈指针 SP、指令寄存器、指令译码器、时钟电路、复位电路、定时控制逻辑等功能单元电路。它的主要功能是对逐条指令进行译码, 并通过定时和控制电路在规定的时刻发出 CPU 内部和外部所需的各种控制信号, 使单片机系统各相关部件有序地协调工作, 完成指令规定的操作。

① 程序计数器 PC 程序计数器 PC 是一个 16 位加 1 计数器。用于存放将要执行的指令地址, 当一条指令按照 PC 所指的地址从存储器中取出后, PC 会自动加 1, 即指向下一条指令。它的编码范围是 $0000H \sim FFFFH$, 共 64K。

② 数据指针 DPTR 由于 8051 单片机可以外接 64K 的数据存储器、程序存储器和 I/O 接口电路, 故单片机内设置了 16 位的数据指针 DPTR。它可以用来存放片外 RAM 和 ROM

地址，也可以用来存放片内 ROM 地址。它的高 8 位为 DPH，低 8 位为 DPL。例如，若要将片外 RAM 的 1FFF 单元中的数 x 放入累加器 A，则可采用如下程序：

```
MOV    DPTR, #1FFFFH      ; DPTR←1FFFFH
MOVX   A, @DPTR           ; A←x
```

③ 堆栈指针 SP 堆栈指针 SP 是一个 8 位寄存器，专门在片内 RAM 128 个字节中开辟栈区，并随时跟踪栈顶地址。它是按先进后出的原则存取数据的，开机复位后，单片机栈底地址为 07H。例如，若要将数压入堆栈，可采用如下程序。

```
MOV    SP, #70H           ; SP←70H
MOV    A, #x               ; A←x
PUSH   A                   ; SP←SP+1, SP←A
```

第一条指令是设置栈底地址为 70H；第二条指令是将数 x 送入累加器 A；第三条指令执行时先使 SP+1 变为 71H，然后把累加器 A 中的 x 取出按地址 71H 压入堆栈。如果要从堆栈中弹出数据，则可使用 POP 指令。

④ 指令寄存器 IR 指令寄存器 IR 是一个 8 位寄存器，它主要用于暂时存放需要译码的指令，等待译码。

⑤ 指令译码器 指令译码器的功能是将送来的指令转换为执行此项指令所需的电信号。定时控制电路根据指令译码器输出的电信号定时地产生执行该指令需要的各种控制信号，控制和指挥 CPU 内部和外部各功能部件有序地工作。

⑥ 时钟电路及 CPU 时序 时钟电路用于产生单片机工作所需要的时钟信号。单片机中，每一条指令的执行可分解为若干个基本的微操作，这些微操作所对应的脉冲信号在时间上有着严格的先后顺序，这种次序就是 CPU 时序。CPU 的时序是单片机的一个十分重要的概念。

a. 时钟电路。单片机内部有一个高增益反相放大器，反相放大器输入端为 XTAL1，输出端为 XTAL2，在 XTAL1 和 XTAL2 两端跨接石英晶体及两个微调电容就构成了振荡器，如图 1-3 (a) 所示。这种方式称为内部时钟源方式。时钟信号的频率主要由石英晶体的固有谐振频率确定，振荡频率范围为 2~12MHz， C_1 和 C_2 一般取 30pF，主要对其起微调作用。

8051 单片机的工作时钟也可以由外部信号提供，如图 1-3 (b) 所示。外部时钟信号由 XTAL2 端引入，XTAL1 接地，这种方式称为外部时钟源方式。

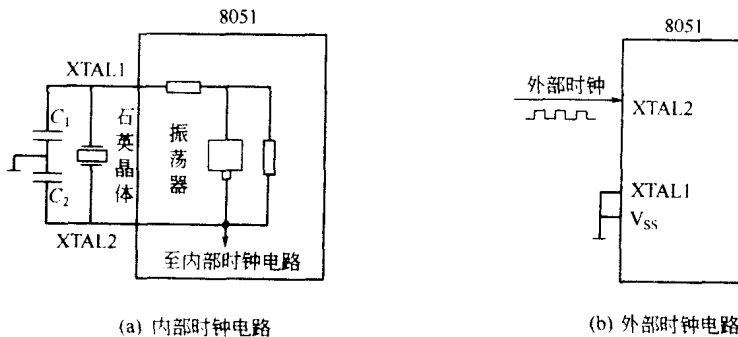


图 1-3 8051 时钟电路

b. CPU 的时序。为了便于分析 CPU 的时序，下面介绍几种周期信号。

振荡周期：是指为单片机提供定时信号的振荡源的周期。

时钟周期：又称为状态周期或S周期，是振荡周期的两倍，它分为P1节拍和P2节拍，P1节拍通常完成算术逻辑操作，而P2节拍通常完成内部寄存器之间的信号传送。

机器周期：一个机器周期由6个状态组成，每个状态由两相脉冲组成，即前面介绍的P1信号和P2信号，所以一个机器周期共有12个振荡脉冲。若把一条指令的执行过程划分成几个基本操作，完成一个基本操作所需的时间则为机器周期。

指令周期：是指CPU执行一条指令所占用的全部时间，通常由1~4个机器周期组成。

例如，若外接晶振为12MHz，则：振荡周期=1/12μs；时钟周期=1/6μs；机器周期=1μs；指令周期=1~4μs。

8051单片机大多数指令是单字节单周期，如INC；还有单字节双周期，如INC DPTR；此外还有双字节双周期的指令，如“ADD A, #data”；只有乘、除法指令占用的时间较长，为4个机器周期。图1-4列举了几种典型的取指和执行时序，其中，图1-4(a)和(b)分别给出了单字节单周期和双字节单周期指令的时序，它们都在S6P2结束时完成操作，图1-4(c)是单字节双周期时序，两个机器周期内进行了4次读操作，但由于是单字节指令，故

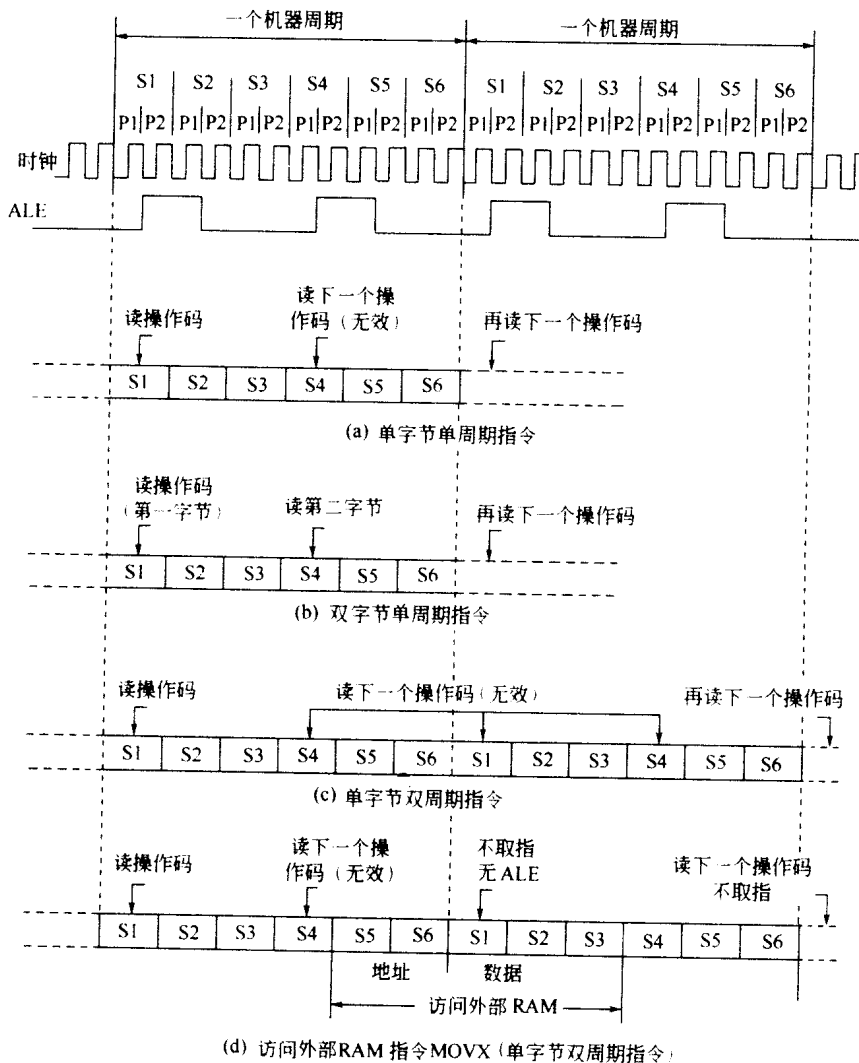


图 1-4 8051 系列单片机取指令、执行时序

后面 3 次读操作无效，图 1-4（d）是访问外部数据存储器指令 MOVX 的时序，它是一条单字节双周期指令，在第一个机器周期 S5 开始送出片外数据存储器的地址后，进行读/写数据。在此期间无 ALE 信号，所以第二周期不产生取指操作。

⑦ 复位电路 复位是单片机的一个重要工作状态。当单片机应用系统出现程序运行错误、系统操作错误而死机或单片机开机后进行初始化时常常需要复位操作，其作用是使 CPU 和单片机系统中其他相关部件都处于一个确定的初始状态，并从这一状态开始工作。8051 系列单片机复位期间不产生 ALE 和 PSEN 信号，同时，片内各寄存器状态如表 1-4 所示。

表 1-4 8051 系列单片机复位后各内部寄存器的状态

内部寄存器	复位状态	内部寄存器	复位状态	内部寄存器	复位状态
PC	0000H	IP	×××0000B	TH1	00H
ACC	00H	IE	0××00000B	TL1	00H
B	00H	TCON	00H	SCON	00H
PSW	00H	TMOD	00H	SBUF	不定
SP	07H	TH0	00H	PCON	0××××××××(HMOS)
DPTR	0000H	TL0	00H		0×××0000B(CHMOS)
P0~P3	FFH				

常见的复位电路如图 1-5 所示，其中图 1-5（a）为上电自动复位方式，图 1-5（b）为上电与按钮复位方式。上电瞬间，RC 电路充电，RST 端出现正脉冲，只要 RST 保持 10ms 以上的高电平信号，就能使单片机实现有效的复位。

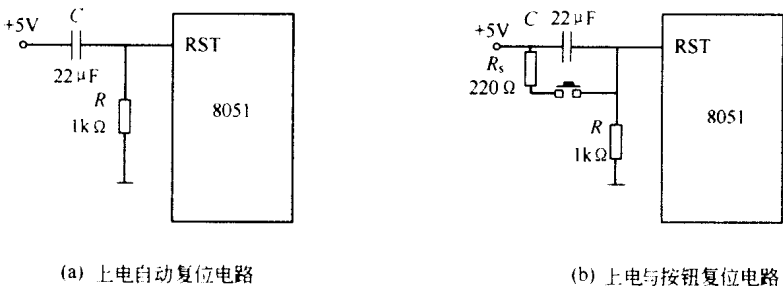


图 1-5 8051 系列单片机复位电路原理

1.1.4 存储器

将程序存储器与数据存储器的寻址空间分开是单片机存储器结构的一大特点。对 8051 系列（8031 和 8032 除外）单片机而言，有 4 个物理上相互独立的存储器空间：即片内数据存储器、片外数据存储器、片内程序存储器及片外程序存储器。

但从用户使用的角度上看，实际上存在 3 个独立的存储空间：即片内外统一编址的程序存储器（最大可扩展为 64KB）、256B 的片内数据存储器、片外数据存储器（最大可扩展为 64KB），8051 系列单片机存储器的配置如图 1-6 所示。

尽管数据存储器与程序存储器地址空间重叠，但不会造成混乱，原因是访问外部程序存储器时用 $\overline{\text{PSEN}}$ 信号选通，而访问外部数据存储器时，由 $\overline{\text{RD}}$ 信号读选通和 $\overline{\text{WR}}$ 信号写选通。

片外数据存储器与片内数据存储器地址空间重叠，但不会造成混乱。因为片内数据存储器通过 MOV 指令读写，此时，片外数据存储器读选通信号 $\overline{\text{RD}}$ 和写选通信号 $\overline{\text{WR}}$ 无效，而片