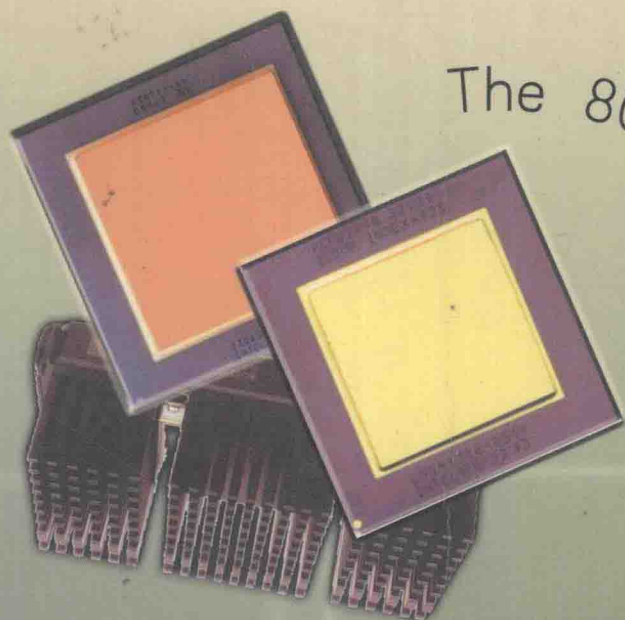


 万水电子技术丛书



The 8051 Single Chip Microcontroller

单芯片 8051 实务与应用

杨忠煌 黄博俊 李文昌 编著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

万水电子技术丛书

单芯片 8051 实务与应用

杨忠煌 黄博俊 李文昌 编著

Computer_Aid 工作室 改编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书是三位作者累积多年的实务教学经验的总结。本书针对“8051 单片机”学习上所出现的疑难问题,提出了一套完整的解决方案——单元式实习与模块式程序设计。特别作者细心地以单颗 8951 为架构来简化复杂的周边电路,对于读者了解 8051 的工作原理与相关应用,定能提供明显的帮助。

本书适合作为大专院校学生学习单片机的相关教材,本书也适合作为读者学习单芯片 8051 的参考书。

注:本书所附磁盘文件可从中国水利水电出版社网站 [www. waterpub. com. cn](http://www.waterpub.com.cn) 上下载。

本书中文简体字版由台湾全华科技图书股份有限公司独家授权出版。

图书在版编目(CIP)数据

单芯片 8051 实务与应用 / 杨忠煌, 黄博俊, 李文昌编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2001.5

(万水电子技术丛书)

ISBN 7-5084-0648-6

I. 单… II. ①杨…②黄…③李… III. 单片微型计算机—基本知识
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 029241 号

书 名	单芯片 8051 实务与应用
作 者	杨忠煌 黄博俊 李文昌 编著
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@public3.bta.net.cn (万水) sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 68359286 (万水)、63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 347 千字
版 次	2001 年 6 月第一版 2001 年 6 月北京第一次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

序

单芯片微电脑是将 CPU、内存以及 I/O 等组合制作在同一芯片上的微控制器，所以仅需要少量的外围电路即可独立工作。8051 单芯片是 Intel 公司于 1981 年以 8048 为基础，向上延伸所开发出来的单芯片。由于其功能强大、价格低廉，并且可以使用汇编语言或 C 语言开发程序软件，所以被广泛应用在工业控制上。

本书的目的在于介绍 MCS-51 的系统结构和实例，为了简洁明朗，书中所有实验电路均以 8951 为核心。全书分为十三章，第一章首先针对 MCS-51 单芯片的内部系统结构加以详细介绍；第二章介绍 MCS-51 的汇编语言指令；第三章为 8051 程序开发以及软件模拟器的使用介绍；第四章为基础 I/O，包括七段显示器和键盘扫描；第五章介绍 8051 外部中断 INT0、INT1；第六章介绍计时/计数器设计与各种模式练习；第七章为 MCS-51 串行口通信；第八章介绍 MCS-51 外接可编程外部界面元件 8255 的应用；第九章介绍 8×8 点矩阵 LED 的扫描方法；第十章针对文字型液晶显示器界面电路与自创字型作介绍；第十一章为电动机控制；第十二章为数字与模拟转换器，针对常用的 DAC 0800 与 ADC 0804 进行介绍；第十三章为系统集成应用，介绍扩展 RAM、ROM 或其他周边设备的电路；附录为河洛 ALL07 万用烧录器的使用介绍。各章节的安排并没有一定的顺序，学习时可以根据一定的顺序进行调整。各章均附加有习题，读者可以多做尝试增进编写程序的能力。

作者多年的教学经验发现，学生对于 8051 程序的开发没有信心。因此，本书即以单个 8951 为结构来简化周边电路，以期能够带领学生进入 8051 世界。学习之道不外乎多做、多试、多问、多感受，才能体会微电脑的精髓，也才可以将 8051 的功能发挥得淋漓尽致。

感谢刘有顺先生，全华科技图书公司电子编辑部郭家铭先生不辞辛劳协助打字排版及校对，才使本书顺利出版。笔者才疏学浅，惟恐有疏漏不周之处，尚祈各界读者不吝指正。

杨忠煌

黄博俊 谨识于万能技术学院

李文昌

注：本书由 Computer_Aid 工作室改编。在改编过程中，我们尽可能将繁体字版中的不合适的内容和格式改写为简体字版。改写的原则是：需要改编的尽可能进行改编，对于可改可不改的部分，不予改写。虽然我们尽自己的努力进行改写，但难免有所遗漏，敬请见谅。

目 录

序

第一章 MCS-51 单芯片微电脑系统结构	1
1.1 单芯片微电脑简介	1
1.2 MCS-51 系列简介	1
1.3 MCS-51 单芯片引脚功能	3
1.4 MCS-51 的复位动作	5
1.5 MCS-51 的时钟输入与机械周期	6
1.6 MCS-51 内部结构	8
1.6.1 指令译码器 (Instruction Decoder)	8
1.6.2 程序计数器 (Program Counter, PC)	8
1.6.3 算术逻辑单元 (Arithmetic & Logic Unit, ALU)	9
1.6.4 程序内存 (Program Memory)	9
1.6.5 数据存储器 (Data Memory)	10
1.7 特殊功能缓存器	12
1.7.1 累加器 ACC	14
1.7.2 B 缓存器	14
1.7.3 程序状态字组	14
1.7.4 数据指针缓存器	14
1.7.5 堆栈指针缓存器	14
1.8 输出/输入端口	16
1.9 省电模式	18
习题一	19
第二章 指令介绍	20
2.1 寻址模式 (Addressing Mode)	20
2.2 8051 指令集	25
习题二	38
第三章 程序发展及软件仿真	40
3.1 程序开发流程	40
3.2 语法介绍	40
3.3 X51 编译器操作说明	43
3.4 L51 连结器操作说明	43

3.5	8051 软件仿真使用手册	44
3.6	AVSIM51 界面说明	44
3.7	功能键	47
3.8	命令说明	48
3.9	实例演练	51
	习题三	56
第四章	基本 I/O	57
4.1	基本输出	57
4.2	七段显示器静态显示方法	59
4.3	七段显示器扫描式显示方法	63
4.4	基本输入	66
4.5	键盘扫描与七段显示器	69
	习题四	73
第五章	外部中断	75
5.1	8051 中断结构	75
5.2	8051 中断规划	78
5.3	外部中断软件仿真	81
5.4	INT0 中断实习	84
5.5	中断优先权实习	86
	习题五	89
第六章	计时/计数器设计	90
6.1	计时/计数器原理	90
6.1.1	计时/计数器模式控制寄存器 TMOD	90
6.1.2	计时/计数器控制寄存器 TCON	90
6.1.3	模式 0——13 位计时/计数器	91
6.1.4	模式 1——16 位计时/计数器	93
6.1.5	模式 2——具有重新加载的 8 位计时/计数器	93
6.1.6	模式 3——计时/计数器 0 为两组独立 8 位计时/计数器，计时/计数器 1 停止动作	94
6.2	计时/计数器规划	95
6.3	计时/计数器软件仿真	96
6.4	定时器 0 在模式 0 的实习	98
6.5	定时器 0 在模式 1 的实习	100
6.6	定时器 0 在模式 2 的实习	103
6.7	定时器 0 在模式 3 的实习	105

习题六	107
第七章 串行端口通讯	109
7.1 MCS-51 串行端口中断	109
7.1.1 串行端口的模式 0	109
7.1.2 串行端口处于模式 1	111
7.1.3 串行端口处于模式 2	113
7.1.4 串行端口处于模式 3	115
7.1.5 串行端口的波特率规划	115
7.1.6 多处理器的通讯	117
7.2 RS232 适配卡介绍	118
7.3 8250 芯片介绍	121
7.3.1 8250 的设置	121
7.3.2 RS232 卡 BIOS 设定	125
7.4 PC 发送数据到 8051 实习	127
7.5 8051 发送数据到 PC 实习	131
7.6 PC 与 8051 双向发送数据实习 (半双工)	136
7.7 PC 与 8051 双向发送数据实习 (全双工)	141
习题七	147
第八章 MCS-51 外接 8255 的应用	148
8.1 前言	148
8.2 8255 功能介绍	148
8.2.1 8255 方块图	148
8.2.2 8255 引脚说明	149
8.3 8255 的控制字组	151
8.4 8255 的工作模式	153
8.5 8255 输出端口应用实习	157
8.6 8255 输入端口应用实习	160
8.7 多个 8255 的应用实习	161
习题八	168
第九章 8×8 点矩阵 LED	171
9.1 等效电路与外观	171
9.2 点矩阵 LED 扫描法介绍	172
9.3 点扫描法	172
9.4 列扫描法	175
9.5 8×8 点矩阵动态显示文字	177

习题九	181
第十章 LCD 液晶显示模块	182
10.1 20×2 LCD 接口规格	182
10.1.1 LCD 模块的引脚	182
10.1.2 LCD 内部结构图	183
10.1.3 LCM 工作时序图	187
10.1.4 LCD 指令句柄	187
10.1.5 LCD 复位及初始化	191
10.2 以文字型 LCD 显示字符	192
10.3 以文字型 LCD 显示自创字型	196
习题十	201
第十一章 电动机控制	203
11.1 步进电动机的工作原理及特性	203
11.2 步进电动机静态测试	205
11.3 步进电动机驱动电路	205
11.3.1 简易驱动电路	205
11.3.2 步进电动机驱动 IC——FT5754	206
11.3.3 步进电动机驱动 IC——PMM8713	208
11.4 直流电动机控制——TA7257P	210
11.5 FT5754 驱动步进电动机实习	212
11.6 PMM8713 驱动步进电动机实习	213
11.7 直流电动机控制实习	215
习题十一	216
第十二章 数字与模拟转换实习	218
12.1 前言	218
12.2 数字模拟转换器 (DAC)	218
12.3 DAC 0800	222
12.4 DAC 基本实习	225
12.4.1 DAC 输出——直流电压的基本实习	225
12.4.2 DAC 输出——锯齿波实习	226
12.4.3 DAC 输出——1KHz 方波实习	227
12.5 模拟至数字转换器 (ADC)	229
12.6 ADC 0804	233
12.7 ADC 0804 的基本实习	235
习题十二	238

第十三章 系统集成应用	240
13.1 前言	240
13.2 集成系统规格	240
13.3 CPU 及栓锁电路	241
13.4 译码电路	243
13.5 扩接内存	246
13.5.1 DS1643 介绍	248
13.5.2 DS1643 时间设定	249
13.6 外围扩充电路	250
13.7 串行传输	253
13.8 扩充接口	254
13.9 扩充接口范例说明	255
13.9.1 扩充外围 8255 输入/输出实习	255
13.9.2 扩充外围文字型 LCD 控制实习	258
13.9.3 RTC 控制实习——由 LCD 显示	263
附录	269

第一章 MCS-51 单芯片微电脑系统结构

1.1 单芯片微电脑简介

微电脑是由中央处理器（CPU）、内存单元及输入/输出单元所组成。依靠地址总线、数据总线与控制总线，CPU 可与内存单元及 I/O 单元相连，构成完整的微电脑系统，如图 1-1 所示。

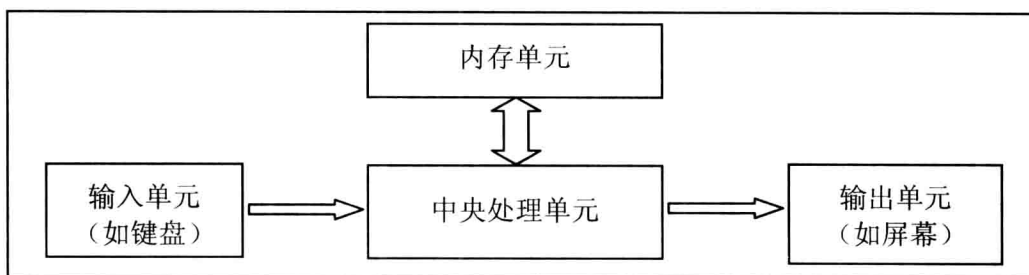


图 1-1 微电脑系统基本结构

单芯片微电脑为将 CPU、内存及 I/O 等组合制作于同一芯片内的微控制器，所以仅需少量外围电路即可独立工作。单芯片微电脑具有电路简单及不占空间的优点，主要应用于工业控制及民用消费性产品上，如汽车遥控器、防盗器、冷气机及工厂自动化等。

1.2 MCS-51 系列简介

8051 单芯片是 INTEL 公司于 1980 年在原有 8048 的基础上，改进缺点并增强其功能所发展出来的。

MCS-51 系列依其电路结构可分为四种版本：

- ◆ 芯片内不含程序内存（ROMless）
- ◆ 芯片内含程序内存（PROM）
- ◆ 芯片内含程序内存（EPROM）
- ◆ 芯片内含程序内存（EEPROM）

其芯片编号如表 1-1 所示。

表 1-1 MCS-51 系列单片机

版 本	组件 名称	RAM	ROM	I/O 脚	计时/ 计数器	中断
ROMless	8031	128 byte	0	32 PIN	2	5
ROM	8051	128 byte	4K ROM	32 PIN	2	5
EPROM	8751	128 byte	4K EPROM	32 PIN	2	5
EEPROM	8951	128 byte	4K EEPROM	32 PIN	2	5

该如何选用单芯片的版本呢？很简单，通常在程序开发阶段，常常需要修改程序，故可选用单芯片内含程序内存 **EPROM** 的版本，只是需要以紫外线照射约 15~20 分钟，方可再重新烧录，其寿命约可烧录 10 次；**EEPROM** 为新型的产品，采用电压清除的方式，只要将芯片置于烧录器上，按清除键（Erase）即可将原有程序清除，为最简单又最省时的版本，其寿命约可烧录 1000 次；若程序发展已至成熟阶段，则可采用 **ROM** 版本，直接将程序烧录于其中，可降低成本。

一般而言，单芯片微电脑只含有少量的内存及 I/O 点。但麻雀虽小五脏俱全，在控制用途上已足足有余。**MCS-51** 的内部方块如图 1-2 所示，其功能特性如下所述：

- ◆ 8 位 CPU
- ◆ 内含 4K Bytes 的程序内存
- ◆ 内含 128 Bytes 的数据存储器
- ◆ 程序内存可外部扩充至 64K Bytes
- ◆ 数据存储器可外部扩充至 64K Bytes
- ◆ 一组全双工（Full Duplex）的串行口
- ◆ 二组 16 位计时/计数器
- ◆ 五个具有可编程为 2 层中断优先权的中断来源
- ◆ 具有单一位逻辑运算能力
- ◆ 32 条双向且可被独立寻址的 I/O
- ◆ 具有时钟振荡电路，最高工作频率可达 12MHz

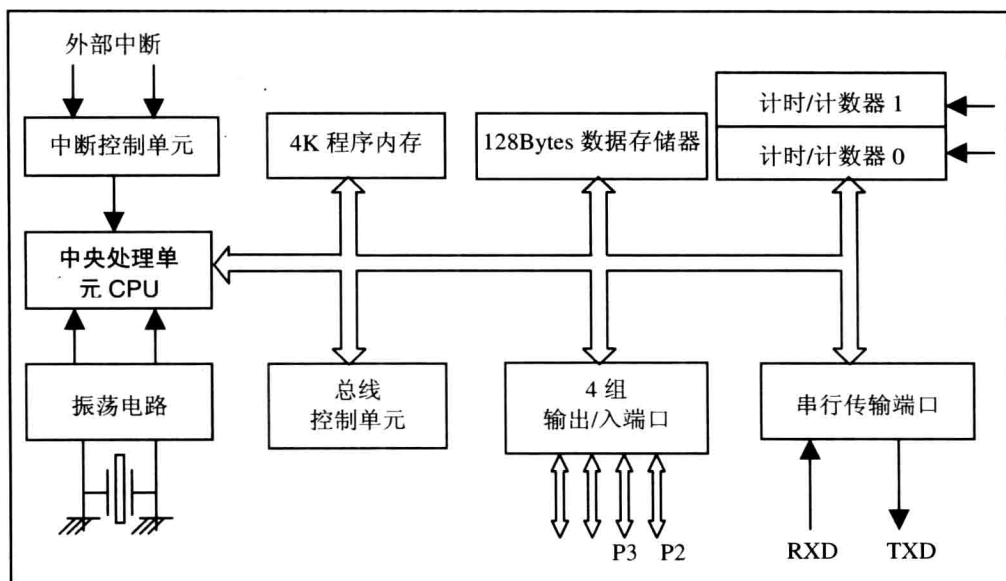


图 1-2 MCS-51 单芯片内部方块图

1.3 MCS-51 单芯片引脚功能

图 1-3 为 MCS-51/52 芯片的 40 支脚 DIP 包装的引脚图。其中，许多引脚是多用途的，信号名称后面括号中的数字为其引脚号码，现说明如下：

- ◆ VSS (20)：接地信号线
- ◆ VCC (40)：+5V 电源输入引脚
- ◆ XTAL1 (19)：反相振荡放大器的输入
- ◆ XTAL2 (18)：反相振荡放大器的输出
- ◆ RESET (9)：复位输入端，高态动作，在电源 ON 时应维持至少 2 个机械周期的高态电压。
- ◆ $\overline{\text{EA}}/\text{VPP}$ (31)：外部存取致能输入信号线 (External Access Enable)
 - 当 $\overline{\text{EA}}=0$ 时，内部程序内存无效，仅读取外部程序内存（如 8031）；当 $\overline{\text{EA}}=1$ 时使用芯片内部前 4K Bytes 程序内存（如 8051 / 8751 / 8951），并可外部扩展至 64K Bytes。
 - 烧录时，为 VPP 烧录电压输入端。
- ◆ P0.0~P0.7 (32~39)：端口 0，8 位输入/输出端口
 - 此端口为开汲极结构，当输出端口使用时，应外加提升电阻。
 - 若当输入端口使用，应先将“1”写入此口。

- 对外部内存进行存取时，可当多任务的低阶地址线（A0~A7）及数据总线（D0~D7）
- ◆ P1.0~P1.7（1~8）：端口 1，8 位输入/输出端口
 - 具有内部提升电阻的双向 I/O，每支脚可单独作输入或输出使用。
 - 若当输入口使用时，应先将“1”写入此口。

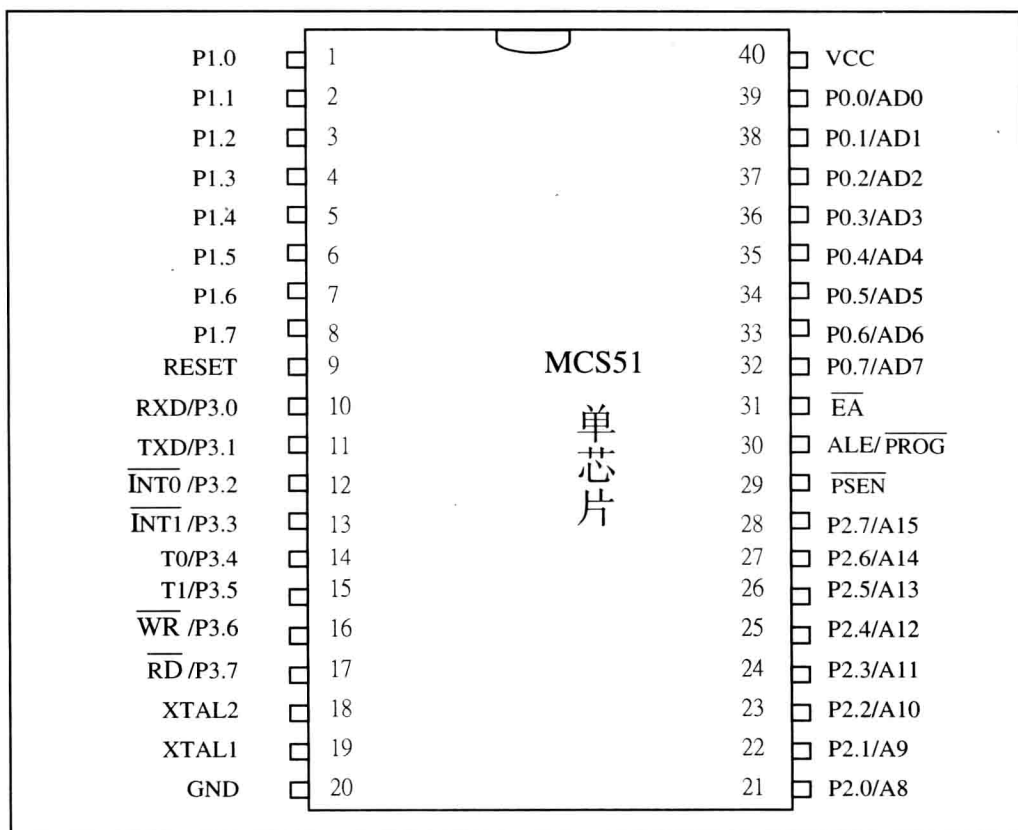


图 1-3 MCS-51 单芯片引脚图

- ◆ P2.0~P2.7（21~28）：端口 2，8 位输入/输出端口
 - 具有内部提升电阻的双向 I/O，与 P1 同。
 - 对外部内存进行存取时，可当多任务的高阶地址线（A8~A15）总线。
- ◆ P3.0~P3.7：端口 3，8 位输入/输出端口
 - 具有内部提升电阻的双向 I/O。
 - 具有双重功能，除当一般 I/O 外，每支脚的特殊功能如下：
 - RXD（P3.0）：串行端口信号输入脚
 - TXD（P3.1）：串行端口信号输出脚

$\overline{\text{INT0}}$ (P3.2): 外部中断 0 输入脚

$\overline{\text{INT1}}$ (P3.3): 外部中断 1 输入脚

T0 (P3.4): 计时 / 计数器 0 外部信号输入脚

T1 (P3.5): 计时 / 计数器 1 外部信号输入脚

$\overline{\text{WR}}$ (P3.6): 写入脉冲输出脚

$\overline{\text{RD}}$ (P3.7): 读取脉冲输出脚

- ◆ $\overline{\text{ALE/PROG}}$ (30): 地址锁存致能 (Address Latch Enable) 信号输出脚
 - 当 CPU 对外部装置作存取时, 此引脚输出脉冲的负缘用以锁住端口 0 送出的低地址。
 - 信号频率固定为振荡器工作频率的 1/6。
 - 烧录程序时, 为烧录脉冲的输入端。
- ◆ $\overline{\text{PSEN}}$ (29): 外部程序内存致能 (Program Store Enable)
 - CPU 存取外部程序内存时, 此引脚会产生负脉冲信号, 为外部 ROM 致能输出脚。
 - 如图 1-4 所示为 $\overline{\text{ALE}}$ 及 $\overline{\text{PSEN}}$ 引脚的使用说明。

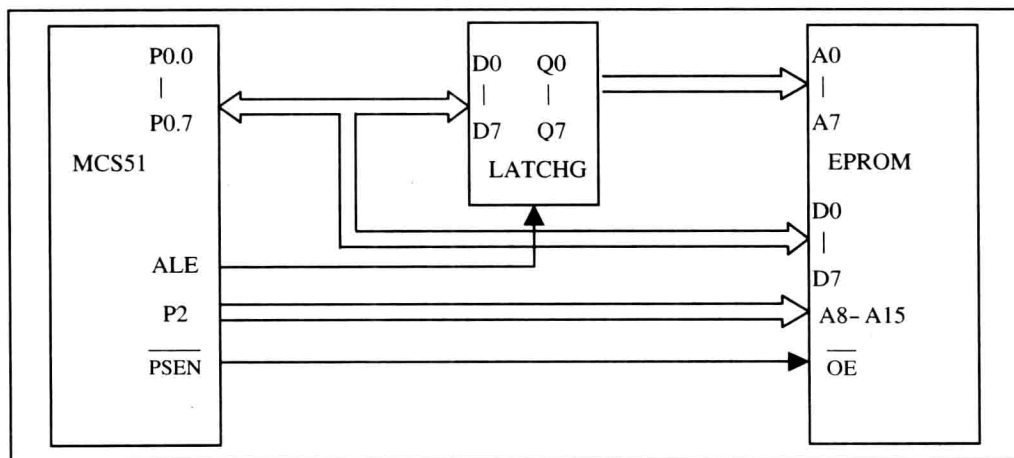


图 1-4 $\overline{\text{ALE}}$, $\overline{\text{PSEN}}$ 与外部 ROM 的连接图

1.4 MCS-51 的复位动作

MCS-51 的复位输入 RESET 脚为高电位动作, 其高电位时间至少需两个机械周期, 故复位电路的 RC 值不可随意选取。如图 1-5 所示, 为最简单的开机复位电路。电源 ON 时, 电容瞬间视为短路, 故 RESET 脚有 +5V 的高电位。然后历经 $RC=10\mu \times 8.2k$ 的充电时间后, RESET 脚降为低电位, 此时 CPU 由地址 0 开始执行程序。

电容器上的开关可达到手动复位的功能，按下开关，可强迫系统复位。

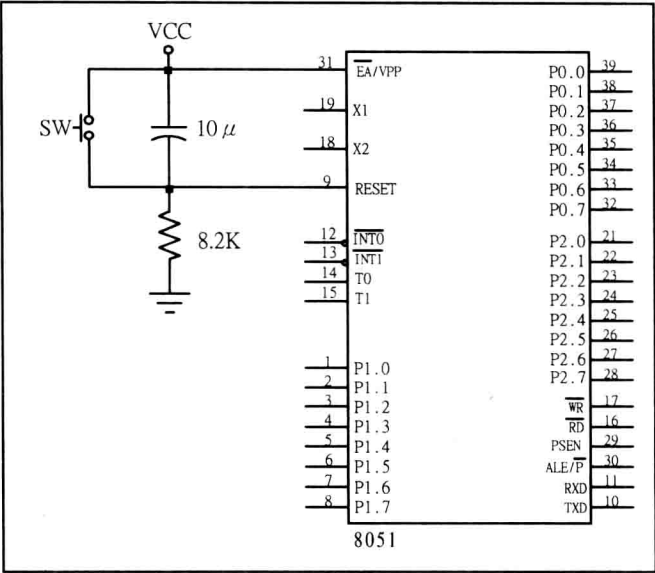


图 1-5 MCS-51 复位电路

当复位发生时，除 I/O、堆栈指针及 SBUF 外，内部电路会将特殊功能寄存器（SFR）全部写入 0，如表 1-2 所示。

表 1-2 SFR 的初始值

SFR	初 始 值	SFR	初 始 值
PC	0000H	TMOD	00H
ACC	00H	TCON	00H
B	00H	TH0	00H
PSW	00H	TL0	00H
SP	07H	TH1	00H
DPTR	0000H	TL1	00H
P0- P3	FFH	SCON	00H
IE (8051)	0xx00000B	SBUF	×
IP (8051)	xxx00000B	PCON	0xxxxxxxB

1.5 MCS-51 的时钟输入与机械周期

MCS-51 内含时钟振荡电路，若使用内部振荡器时，仅需在 18、19 脚之间接

一个石英振荡器，并各接一电容接地。如图 1-6 所示，常用的石英振荡频率有 3.58MHz、6MHz、11.0592MHz、12MHz，电容以 20p-30p 较合适。

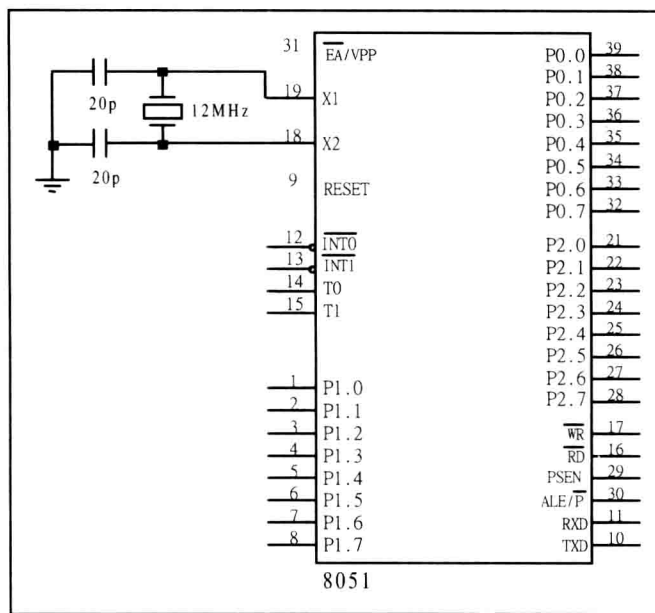


图 1-6 MCS-51 振荡电路

MCS-51 的机械周期 (Machine Cycle) 由 S1 至 S6 共 6 个状态所组成，每一状态又可细分为相 1 (P1) 与相 2 (P2)，故一个机械周期等于 12 个振荡周期，如图 1-7 所示。因此若振荡频率为 12MHz，则

$$\text{振荡周期} = \frac{1}{12\text{MHz}} = \frac{1}{12} \mu\text{s}$$

$$\text{机械周期} = 6 \text{ 态} \times 2 \text{ 相} \times \text{振荡周期} = 12 \times \frac{1}{12} \mu\text{s} = 1 \mu\text{s}$$

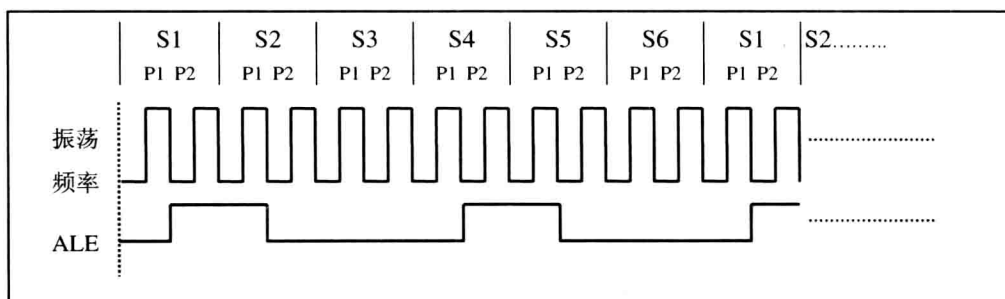
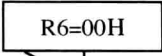
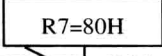
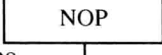
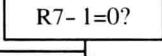
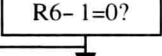


图 1-7 MCS-51 的机械周期

了解指令执行所花费的机械周期后，即可计算延迟时间。通常在程序中，为达

到延迟的目的，必须调用延迟子程序，以让 CPU 执行不做任何工作的指令。经由计算每一指令执行的机械周期及次数，即可求出延迟时间。

例如：假设执行下列 DELAY 子程序，需费时多久？(XTAL=12MHz)

程序	流程	执行次数	M.C.
DELAY: MOV R6,#00H		1	1
DL1: MOV R7,#80H		256	1
DL2: NOP		256 × 128	1
DJNZ R7,DL2		256 × 128	2
DJNZ R6,DL1		256	2
RET		1	2

$$\begin{aligned} \text{延迟时间} &= (1 \times 1) + (256 \times 1) + (256 \times 128 \times 1) + (256 \times 128 \times 2) + (256 \times 2) + (1 \times 2) \\ &= 99075 \text{ M.C.} = 99075 \times 1 \mu\text{s} = 0.099075\text{s} \approx 0.1\text{s} \end{aligned}$$

延迟时间的计算与振荡频率息息相关。若使用的振荡器频率越低，则执行相同子程序所需时间相对越久。至于需延迟多久，需要软件开发人员好好掌握。

1.6 MCS-51 内部结构

图 1-8 为 MCS-51 系列单芯片的内部细部方块图。本节将说明其特性，而比较重要且须详细说明的部分，则分别以独立的章节加以介绍。

1.6.1 指令译码器 (Instruction Decoder)

从内存读入任何程序指令的运算码 (op code)，都须经过指令译码器加以译码，并通过控制单元送出各种控制信号，使系统各部门间能互相协调，将数据做适当的传送与运算。

1.6.2 程序计数器 (Program Counter, PC)

程序计数器为一个 16 位的缓存器，用以储存程序在内存中，指令码被执行