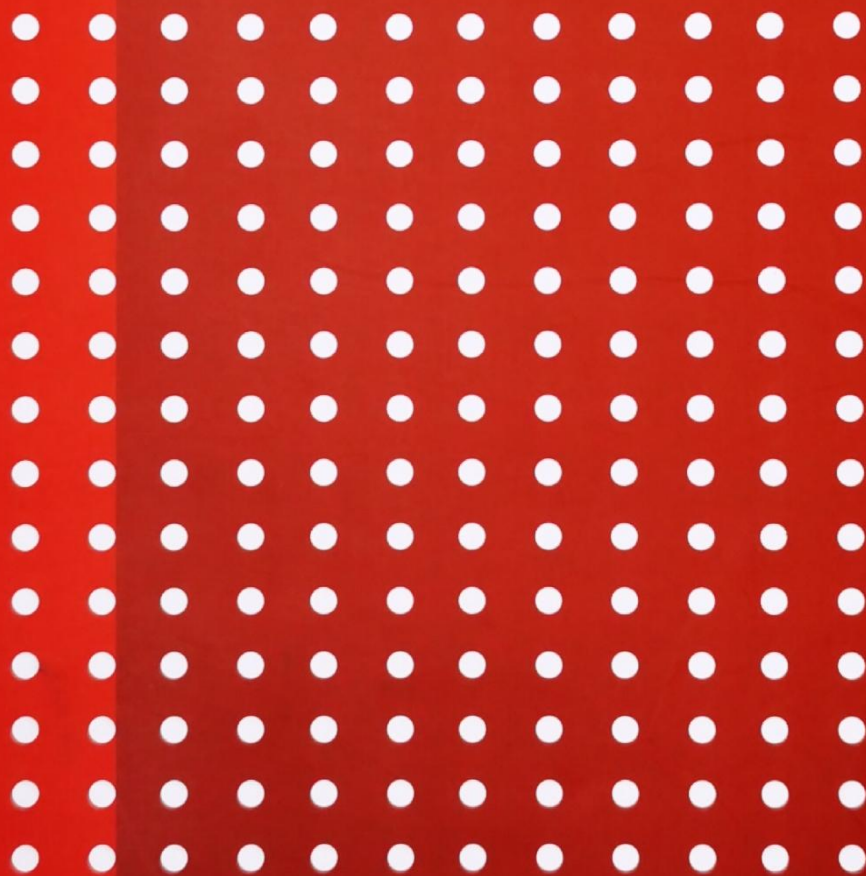


21世纪高等学校电子信息工程规划教材

单片机原理与接口技术 (C语言版)

周国运 主编

鲁庆宾 赵天翔 副主编



清华大学出版社



内 容 简 介

本书以应用最广泛的 MCS-51 增强型单片机为对象,系统地讲解了单片机结构与原理、编程方法、接口及应用。内容包括单片机软硬件开发工具, MCS-51 单片机结构原理、指令系统、单片机 C 语言及编程、中断、定时器、串行口、系统扩展接口、人机交互接口、开关量和模拟量接口,以及单片机应用实例。

本书从教学和初学者的角度讲解单片机的基本内容和应用,概念清晰准确;以 C 语言为主要编程语言,讲解、举例编程均用 C 语言(有汇编语言对照);以程序开发软件 Keil C、电路设计模拟运行调试软件 Proteus 为教学、学习和训练工具。理论与实践紧密结合。

本书适合作具有 C 语言基础的计算机、电子、通信、自动化、电气、测控技术与仪器等专业的本科学生的教材,也可以作为各种培训机构的教材,或供相关工程技术人员和自学者参考使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。 举报: 010-62782989, beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与接口技术: C 语言版/周国运主编. —北京: 清华大学出版社, 2014 (2021.9 重印)

(21 世纪高等学校电子信息工程规划教材)

ISBN 978-7-302-34946-4

I. ①单… II. ①周… III. ①单片微型计算机—基础理论 ②单片微型计算机—接口技术
IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 321309 号

责任编辑: 付弘宇

封面设计: 常雪影

责任校对: 焦丽丽

责任印制: 沈 露

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-83470235

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-83470236

印 装 者: 北京嘉实印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 19.5

字 数: 470 千字

版 次: 2014 年 3 月第 1 版

印 次: 2021 年 9 月第 13 次印刷

印 数: 16801~18300

定 价: 59.00 元

产品编号: 055859-02

目 录

第 1 章 单片机及其开发工具	1
1.1 单片机的基本概念	1
1.2 单片机的发展	1
1.2.1 单片机的发展历史	1
1.2.2 单片机技术的发展	3
1.3 单片机的特点及应用	4
1.3.1 单片机的特点	4
1.3.2 单片机的应用	5
1.4 常用单片机简介	5
1.4.1 MCS-51 系列单片机	5
1.4.2 ATME189 系列单片机	6
1.4.3 STC 系列单片机	8
1.4.4 常见的其他系列单片机	8
1.5 单片机程序开发软件 Keil C 简介	9
1.5.1 Keil C 集成工具	10
1.5.2 Keil C 操作方法	10
1.5.3 Keil C 程序开发方法	13
1.5.4 Keil C 调试运行方法	17
1.6 单片机系统模拟软件 Proteus 简介	20
1.6.1 Proteus ISIS 操作方法	21
1.6.2 Proteus ISIS 原理图设计方法	25
1.6.3 Proteus ISIS 原理图设计举例	28
1.6.4 Proteus ISIS 电路模拟运行方法	30
思考题与习题	30
第 2 章 MCS-51 单片机的结构与原理	32
2.1 MCS-51 单片机的内部结构及 CPU	32
2.1.1 MCS-51 单片机的结构及特点	32
2.1.2 MCS-51 单片机的内部原理结构	33
2.1.3 MCS-51 单片机的 CPU	33
2.2 MCS-51 单片机的引脚与总线结构	36

2.2.1	MCS-51 单片机的引脚信号及功能	36
2.2.2	MCS-51 单片机的外部总线结构	39
2.3	MCS-51 单片机的存储器结构	40
2.3.1	程序存储器结构	41
2.3.2	片内数据存储器结构	44
2.3.3	片外数据存储器结构	45
2.4	MCS-51 单片机的时钟及 CPU 时序	45
2.4.1	时钟电路及时钟信号	46
2.4.2	CPU 时序	47
2.5	MCS-51 单片机的复位	47
2.5.1	复位状态	48
2.5.2	复位电路	49
2.6	MCS-51 单片机的低功耗工作方式	49
2.6.1	低功耗工作结构及控制	50
2.6.2	空闲工作方式	50
2.6.3	掉电工作方式	51
2.7	MCS-51 单片机的输入/输出端口	51
2.7.1	P1 口	53
2.7.2	P2 口	53
2.7.3	P3 口	54
2.7.4	P0 口	55
2.7.5	端口负载能力和接口要求	56
	思考题与习题	56
第 3 章 MCS-51 指令系统及汇编程序设计		58
3.1	汇编语言概述	58
3.1.1	指令和机器语言	59
3.1.2	汇编语言	59
3.1.3	汇编语言格式	61
3.2	MCS-51 单片机寻址方式	61
3.2.1	立即数寻址	61
3.2.2	寄存器寻址	62
3.2.3	直接寻址	63
3.2.4	寄存器间接寻址	64
3.2.5	变址寻址	64
3.2.6	位寻址	64
3.2.7	指令寻址	65
3.2.8	寻址空间及指令中符号注释	65
3.3	MCS-51 单片机指令系统	66

3.3.1	数据传送指令	66
3.3.2	算术运算指令	71
3.3.3	逻辑操作指令	74
3.3.4	控制程序转移指令	76
3.3.5	位操作指令	80
3.4	MCS-51 单片机伪指令	82
3.5	汇编语言程序设计	84
3.5.1	简单程序设计	84
3.5.2	分支程序设计	85
3.5.3	循环程序设计	86
3.5.4	子程序设计	88
	思考题与习题	90
第 4 章 单片机 C 语言及程序设计		93
4.1	C51 概述	93
4.1.1	C 语言编程的优势	93
4.1.2	C51 与 ANSI C 的区别	94
4.1.3	C51 扩充的关键字	95
4.2	C51 数据类型及存储	96
4.2.1	C51 的数据类型	96
4.2.2	C51 数据的存储	97
4.3	C51 一般变量的定义	98
4.3.1	C51 变量的定义格式	98
4.3.2	C51 变量的存储类型	99
4.3.3	C51 变量的存储区	99
4.3.4	C51 变量定义举例	100
4.3.5	C51 变量的存储模式	101
4.3.6	C51 变量的绝对定位	102
4.3.7	C51 设备变量的概念	102
4.4	C51 特殊功能寄存器的定义	103
4.4.1	8 位特殊功能寄存器的定义	103
4.4.2	16 位特殊功能寄存器的定义	103
4.5	C51 位变量的定义	104
4.5.1	bit 型位变量的定义	104
4.5.2	sbit 型位变量的定义	105
4.6	C51 指针与结构体的定义	106
4.6.1	通用指针	106
4.6.2	存储器专用指针	107
4.6.3	指针变换	108

4.6.4	C51 指针应用	108
4.6.5	C51 结构体定义	112
4.7	C51 的输入/输出	113
4.7.1	基本输入/输出函数	113
4.7.2	格式输出函数 printf	114
4.7.3	格式输入函数 scanf	116
4.8	C51 函数的定义	116
4.8.1	C51 函数定义的一般格式	117
4.8.2	C51 中断函数的定义	118
4.9	C51 与汇编语言混合编程	118
4.9.1	在 C51 函数中嵌入汇编程序	119
4.9.2	C51 程序与汇编程序混合编程	124
	思考题与习题	124
第 5 章	MCS-51 单片机中断系统	127
5.1	中断系统概述	127
5.1.1	中断的基本概念	127
5.1.2	中断的功能	128
5.2	中断系统结构、原理及控制	128
5.2.1	中断系统结构与原理	129
5.2.2	中断通道和中断源	130
5.2.3	外中断触发方式	130
5.2.4	中断请求标志	132
5.2.5	中断允许控制	133
5.2.6	中断优先级控制	134
5.3	中断响应及处理过程	135
5.3.1	中断响应	136
5.3.2	中断处理和中断返回	137
5.4	外部中断应用举例	140
5.4.1	中断应用程序结构	143
5.4.2	外部中断应用举例	143
	思考题与习题	145
第 6 章	MCS-51 单片机定时器/计数器	145
6.1	单片机定时器/计数器的结构及原理	145
6.1.1	单片机定时器/计数器结构	146
6.1.2	单片机定时器/计数器的工作原理	146
6.2	定时器/计数器 T0、T1	146
6.2.1	T0、T1 的特殊功能寄存器	146

6.2.2	T0、T1 的工作模式	148
6.2.3	T0、T1 的使用方法	150
6.3	定时器/计数器 T2	155
6.3.1	T2 的特殊功能寄存器	155
6.3.2	T2 的工作方式	156
6.4	定时器/计数器应用举例	160
	思考题与习题	168
第 7 章	MCS-51 单片机串行口	170
7.1	串行通信基础知识	170
7.1.1	数据通信	170
7.1.2	异步通信和同步通信	171
7.1.3	波特率	172
7.1.4	通信方向	172
7.1.5	串行通信接口种类	173
7.2	串行口结构及控制	173
7.2.1	MCS-51 单片机串行口结构	173
7.2.2	串行口特殊功能寄存器	174
7.2.3	波特率设计	176
7.3	串行口工作方式	178
7.3.1	串行口方式 0	178
7.3.2	串行口方式 1	180
7.3.3	串行口方式 2 和方式 3	181
7.4	串行口应用举例	182
7.4.1	串行口方式 0 应用	182
7.4.2	串行口方式 1、方式 3 应用	185
7.5	单片机与 PC 通信接口电路	189
7.5.1	接口芯片 MAX232 简介	189
7.5.2	单片机与 PC 串行通信接口电路	190
	思考题与习题	191
第 8 章	单片机系统扩展接口技术	193
8.1	接口的基本概念	193
8.1.1	单片机应用系统构成	193
8.1.2	接口的概念	194
8.1.3	接口的基本功能	194
8.1.4	接口的结构	194
8.1.5	端口及编址	195
8.2	用并行方式扩展数据存储器	196

8.2.1	MCS-51 单片机三总线结构	196
8.2.2	常用的数据存储器	197
8.2.3	单片机访问片外 RAM 的操作时序	198
8.2.4	扩展数据存储器	199
8.3	用简单芯片扩展并行 I/O 口	200
8.3.1	扩展 I/O 口常用的门电路芯片	200
8.3.2	简单扩展 I/O 口举例	200
8.4	用可编程芯片扩展并行 I/O 口	201
8.4.1	8255A 的结构	202
8.4.2	8255A 的引脚定义	203
8.4.3	8255A 的控制字	203
8.4.4	8255A 的工作方式	205
8.4.5	8255A 的应用举例	205
8.5	用串行方式扩展数据存储器	207
8.5.1	I ² C 总线	207
8.5.2	I ² C 总线扩展存储器	211
思考题与习题		214
第 9 章 单片机人机交互接口技术		216
9.1	键盘接口技术	216
9.1.1	键盘基本问题	216
9.1.2	键盘结构及处理程序	217
9.1.3	中断扫描方式	222
9.2	LED 显示器及接口技术	222
9.2.1	LED 显示器结构及原理	222
9.2.2	LED 显示器显示方式	223
9.2.3	LED 显示器与单片机的接口及程序	224
9.3	LCD 显示器及接口技术	226
9.3.1	字符式 LCD LM016L	226
9.3.2	点阵式 LCD AMPIRE12864	229
思考题与习题		234
第 10 章 单片机模拟量、开关量接口技术		236
10.1	A/D 转换器及接口技术	236
10.1.1	并行接口 A/D 转换器 ADC0809 及接口技术	236
10.1.2	串行接口 A/D 转换器 TLC2543 及接口技术	240
10.1.3	单片机片内 A/D 转换器及应用	244
10.2	D/A 转换器及接口技术	246
10.2.1	并行接口 D/A 转换器 DAC0832 及接口技术	246
10.2.2	串行接口 D/A 转换器 TLC5615 及接口技术	250

10.3 开关量输出接口技术	252
10.3.1 光电耦合器件接口技术	252
10.3.2 继电器接口技术	253
10.3.3 直流电机控制接口技术	254
10.3.4 步进电机控制接口技术	255
思考题与习题	256
第 11 章 单片机应用实例	258
11.1 单片机应用开发方法	258
11.1.1 总体设计	258
11.1.2 硬件设计	259
11.1.3 软件设计	260
11.1.4 系统调试与测试	261
11.2 基于单片机的计算器设计	261
11.2.1 系统电路设计	261
11.2.2 系统功能设计	262
11.2.3 系统程序设计	263
11.3 基于单片机的万年历设计	266
11.3.1 实时时钟芯片 DS1302 简介	266
11.3.2 数字温度传感器 DS18B20 简介	269
11.3.3 系统电路设计	274
11.3.4 系统功能设计	275
11.3.5 系统程序设计	275
课程设计题目	278
附录 A ASCII 码表	279
附录 B MCS-51 指令表	280
附录 C C51 库函数	284
C.1 寄存器头文件	284
C.2 字符函数	284
C.3 一般 I/O 函数	285
C.4 标准函数	287
C.5 数学函数	288
C.6 内部函数	289
C.7 字符串函数	290
C.8 绝对地址访问函数	292
附录 D LCD1602 字符表	293
参考文献	294

GATE=1 时,用软件对 TR1 置 1,当 $\overline{\text{INT1}}$ (P3.3) 引脚为高电平时启动 T1 运行,当 $\overline{\text{INT1}}$ 为低电平时停止 T1 运行。

TF0: 定时器 0 溢出标志位。其功能同 TF1 类似。

TR0: 定时器 0 运行控制位。其功能同 TR1 类似。

IE1、IT1、IE0、IT0: 外部中断请求标志及触发方式选择位,第 5 章已经讲过。

3. T0、T1 的计数寄存器 TLx 和 THx

TL0 和 TH0 是定时器/计数器 T0 的低 8 位和高 8 位计数寄存器,二者组合在一起组成 16 位的计数寄存器。不能按位寻址,复位值为 0。对其写,则为写入的初值;对其读,则为当前的计数值,用于计数和写入计数的初值。

TL1 和 TH1 是定时器/计数器 T1 的低 8 位和高 8 位计数寄存器,与 TL0、TH0 类似。

6.2.2 T0、T1 的工作模式

MCS-51 的 T0、T1 共有 4 种工作模式,前三种模式下两个定时器/计数器工作原理是相同的,只有模式 3 下两者才有差别。以下主要以 T0 为例进行介绍,T1 类似。

1. 模式 0

模式 0 是一个 13 位定时器/计数器。图 6-5 是以 T0 为例画出的模式 0 的结构图。

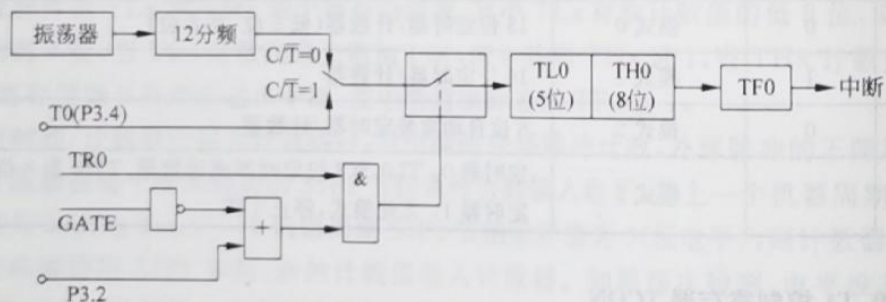


图 6-5 T0(T1)以模式 0 工作时的结构

图 6-5 中,由 TH0 中的 8 位和 TL0 中的低 5 位组成的 13 位计数器(TL0 中的高 3 位无效)。若 TL0 中的第 5 位有进位,直接进位到 TH0 中的最低位。例如初值若为 8067,即 1111110000011B,则 TH0=0FCH,TL0=03H(TH0 的高 8 位,TL0 的低 5 位)。

模式 0 这种 13 位计数,是为了与早期的产品 MCS-48 单片机兼容,现在一般不使用这种工作模式。

2. 模式 1

当设置 M1M0=01 时,定时器/计数器以模式 1 工作,其中的计数部件以 16 位计数。图 6-6 是以 T0 为例画出的模式 1 的结构图,T1 与其类似。

从图 6-6 中可以看出,定时器/计数器由 4 个部分组成:时钟源(内部或外部)、运行控制、计数部件、溢出标志。

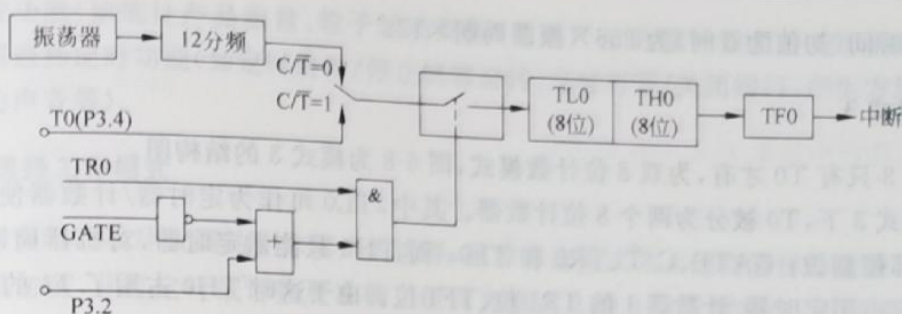


图 6-6 T0(T1)以模式 1 工作时的结构

(1) 时钟源：图中的左边上半部分。可以选择内部时钟源为定时功能、选择外部时钟源为计数功能，取决于 TMOD 中的 C/T 位。

(2) 运行控制：图中的下半部分。取决于 TR0、GATE 和外部控制引脚 $\overline{\text{INT0}}$ (P3.2)。

- 如果 GATE=0，则仅由 TR0 控制运行，TR0=1 则 T0 运行，TR0=0 则 T0 停止；
- 如果 GATE=1，则由 TR0 和引脚 $\overline{\text{INT0}}$ (P3.2) 共同控制，若设置 TR0=1，则由 P3.2 引脚控制运行，P3.2 为高则 T0 运行，P3.2 为低则 T0 停止。

(3) 计数部件：由 TL0、TH0 组成，是一个 16 位的加法计数器，对送来的脉冲进行计数，计数溢出后输出由低变高，设置溢出标志。

(4) 溢出标志：TF0。当计数部件溢出后对其置 1，向 CPU 请求中断。

模式 1 是常用的工作模式。模式 1 定时时间的计算公式如下：

$$\text{定时时间} = \text{计数值} \times \text{机器周期} = (2^{16} - \text{定时初值}) \times \text{振荡周期} \times 12 \quad (6-1)$$

最大定时时间(初值为 0 时)为 $2^{16} \times \text{振荡周期} \times 12$ 。

3. 模式 2

当设置 M1M0=10 时，定时器/计数器以模式 2 工作，模式 2 是 8 位初值自动重装模式，图 6-7 为模式 2 的结构图，与图 6-6 比较，区别仅是计数部件的结构。

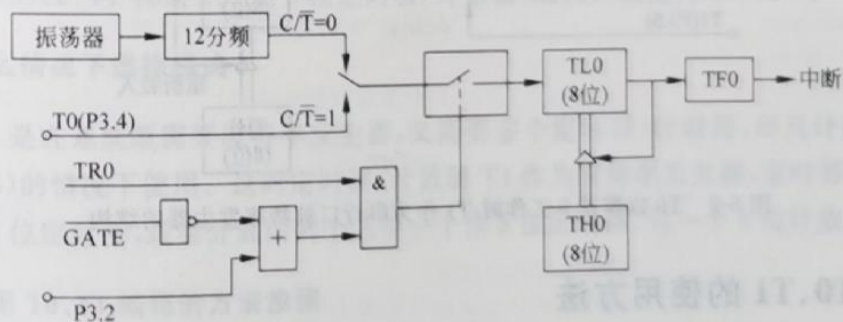


图 6-7 T0(T1)以模式 2 工作时的结构

计数部件：TL0 用于计数，TH0 用于保存初值，计数溢出时高电平信号打开缓冲门，把 TH0 中的初值装载到 TL0 中。

相对于模式 1，模式 2 初值自动重装非常方便，是一种首选工作模式，但计数范围较小。

模式 2 定时时间的计算公式如下：

$$\text{定时时间} = (2^8 - \text{定时初值}) \times \text{振荡周期} \times 12 \quad (6-2)$$

课件下载·样书申请



书 圈

清华大学出版社



官 方 微 信 号

ISBN 978-7-302-34946-4



9 787302 349464

01 >

定价: 59.00元