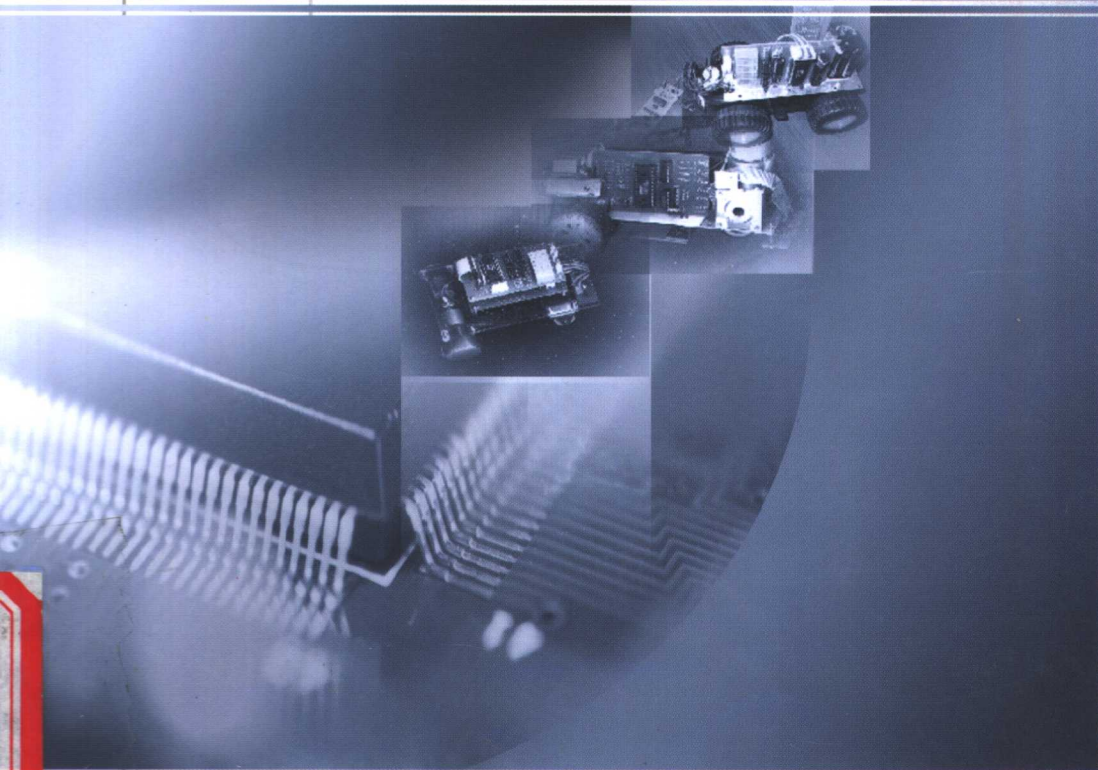


台湾义隆公司单片机图书



EM78 系列单片机

原理与应用设计



北京航空航天大学出版社

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

沈小丰 编著

EM78 系列单片机 原理与应用设计

沈小丰 编著

北京航空航天大学出版社

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

内 容 简 介

本书系统地介绍了 EM78 系列单片机的原理及应用。主要内容是:以 EM78447 芯片为例,在具体介绍 EM78447 的结构和指令系统的基础上,讲解了汇编程序的编制方法,给出了 EM78447 的典型程序,然后详细阐述了 EM78447 的输入/输出、软硬件仿真、定时计数器、中断、总线扩展以及 R-OPTION 功能、单片机开发的一般步骤、看门狗定时器功能、省电模式等。

书中给出了大量实例供读者进行实验或仿制,并按实例的不同类别,分别阐述其基本思想和接口方法,以期读者不仅能简单的模仿,更重要的是掌握其中的思想和方法,达到触类旁通、举一反三的目的。

本书资料翔实、应用性强。适用于 EM78 系列及其他类型单片机的使用和爱好者、进行单片机开发的广大工程技术人员和企业,也可作为高等院校有关专业的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

EM78 系列单片机原理与应用设计/沈小丰编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2002. 10
ISBN 7-81077-230-9

I. E… II. 沈… III. 单片微型计算机, EM78
IV. TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 058913 号

EM78 系列单片机原理与应用设计

沈小丰 编著

责任编辑 王晓冰

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话(010)82317024 传真(010)82328026

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

E-mail:pressell@publica.bj.cninfo.net

河北省涿州市新华印刷厂印制 各地书店经销

*

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:14.25 字数:319 千字

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 7-81077-230-9/TP·124 定价:20.00 元

前 言

台湾义隆电子股份有限公司(以下简称台湾义隆公司)推出的单片机具有产品系列丰富、性价比很高的特点,正是这两个特点,推动了该产品在大陆的广泛应用。但由于其他种种原因,义隆公司单片机的文字资料在大陆较少见到。

1999年在杭州召开的全国单片机年会上,作者得到台湾义隆公司的部分资料,即萌生了在大陆推出义隆公司单片机应用书籍的想法。从1999年开始,作者利用业余时间对义隆公司的EM78系列单片机进行了资料整理、构思选例、软件仿真、硬件接口及硬件仿真、写稿、绘图等一系列的工作,历时两年,总算将《EM78系列单片机原理与应用设计》一书写完。

在成书过程中,北京航空航天大学出版社给了作者以热情的鼓励和支持,台湾义隆公司向作者提供了大量资料,台湾环群科技股份有限公司为作者的研究和EM78系列单片机的培训提供了仿真器和编程器等设备。为此,作者向以上这些单位表示诚挚的感谢。

两年来,作者的一些朋友和学生曾先后为本书的完稿及EM78系列单片机的培训出了不少力,他们有:常春、郭琳、李文昊、杨斌、潘锋、李小贝、邓志辉、沈钰、周明山、吴志勇等,作者在此一并向这些朋友表示感谢,并衷心感谢所有关心本书出版工作的人。

由于作者水平有限,本书的缺点和错误在所难免,恳请广大读者不吝批评指正。

沈小丰

湖北大学物理学与电子技术学院(430062)

2002年夏

目 录

第 1 章 EM78 系列单片机的概述

1.1 EM78 系列单片机的家族	1
1.2 EM78447 单片机的引脚	3
1.2.1 电源部分	4
1.2.2 振荡电路	4
1.2.3 复位电路	5
1.2.4 定时计数器	5
1.2.5 输入/输出引脚	6
1.2.6 外部中断	6
1.3 EM78 系列单片机的存储器	6
1.3.1 程序存储器和堆栈	7
1.3.2 数据存储器 RAM 的结构	9
1.3.3 工作寄存器	10
1.3.4 特殊功能寄存器	12
1.3.5 结构选择寄存器	14

第 2 章 EM78447 单片机的指令

2.1 EM78 系列单片机的指令及寻址方法	16
2.1.1 指 令	16
2.1.2 指令寻址方法	17
2.2 EM78 系列单片机的语句格式	18
2.2.1 语句格式	18
2.2.2 EM78 汇编语言的书写规定和几条伪指令	19
2.3 分类指令	20
2.3.1 数据传送类指令	21
2.3.2 数据运算类指令	22
2.3.3 转移类指令	28
2.3.4 控制类指令	33

2.3.5 位操作类指令·····	35
-------------------	----

第3章 EM78 系列单片机的程序和仿真

3.1 程序的结构·····	38
3.1.1 程序的总体结构·····	38
3.1.2 程序模块的内部结构·····	39
3.2 常用程序举例·····	43
3.3 WSIM 仿真软件 ·····	52
3.3.1 认识 WSIM 仿真软件 ·····	52
3.3.2 软件仿真示例·····	55

第4章 输入/输出的基本操作

4.1 I/O 口的寄存器 ·····	59
4.1.1 工作寄存器 R5、R6、R7 ·····	59
4.1.2 I/O 口的控制寄存器 ·····	59
4.2 简单的 I/O 口线实例 ·····	64
4.3 硬件仿真·····	69
4.3.1 认识和连接硬件仿真器·····	69
4.3.2 EM78447ICE - WR 的仿真软件 ·····	70
4.3.3 硬件仿真步骤·····	70

第5章 基本口线输入

5.1 基本口线输入分类·····	78
5.2 独立式口线输入·····	80
5.2.1 独立式开关输入·····	80
5.2.2 独立式按键输入·····	81
5.3 行列式口线输入·····	83
5.3.1 行列式键盘输入·····	84
5.3.2 行列式开关输入·····	87

第6章 基本口线输出

6.1 口线输出的基本问题·····	91
6.1.1 输出的驱动·····	91
6.1.2 口线输出的逻辑关系·····	93

6.1.3 口线输出的可靠性	93
6.2 与 LED 数码管的接口	94
6.3 与 LCD 的接口	100
6.4 电机的简单控制	103
第 7 章 定时计数器	
7.1 定时计数器的结构	108
7.1.1 定时计数器的总体结构	108
7.1.2 预分频器	109
7.2 定时计数器的使用	110
7.2.1 定时计数器的启动和溢出	110
7.2.2 定时计数器的使用	111
7.3 计数器应用示例	111
7.4 定时器应用示例	114
第 8 章 中断的使用	
8.1 EM78447 的中断	118
8.1.1 中断的种类	118
8.1.2 中断标志位的操作	120
8.1.3 中断的响应方式	120
8.1.4 中断的返回	120
8.1.5 中断子程序中寄存器的使用	120
8.2 定时计数器中断的使用示例	121
8.3 外部中断的使用示例	132
8.4 软件中断	136
8.5 综合示例	138
第 9 章 串行总线接口	
9.1 串行总线的基本概念	144
9.1.1 同步串行总线	144
9.1.2 异步串行总线	145
9.2 I ² C 总线接口	146
9.3 其他同步串行总线	153
9.4 异步串行接口总线	164

第 10 章 并行总线接口

10.1 并行总线及接口编程方法·····	168
10.2 简单的并行总线接口实例·····	169
10.3 典型并行总线器件的接口和编程·····	177

第 11 章 单片机开发的相关问题

11.1 单片机的开发·····	190
11.1.1 单片机开发的一般步骤·····	190
11.1.2 基本开发工具·····	192
11.2 单片机的看门狗定时器·····	193
11.2.1 看门狗定时器的功能·····	193
11.2.2 看门狗定时器的使用·····	194
11.3 单片机的省电模式·····	195
11.3.1 睡眠状态 1·····	195
11.3.2 睡眠状态 2·····	199

附录 1 EM78 指令速查表·····	202
----------------------	-----

附录 2 EM78447 的寄存器简要说明·····	205
----------------------------	-----

附录 3 本书用英语单词及缩写·····	209
----------------------	-----

参考文献·····	217
-----------	-----

第 1 章 EM78 系列单片机的概述

EM78 系列单片机是台湾义隆公司推出的 8 位单片机。多年来,它们已被广泛地应用在家用电器、工业控制、仪器等方面,其优良的结构和性能已为用户所认同。本章将对 EM78 系列单片机的基本情况进行概述。

1.1 EM78 系列单片机的家族

义隆公司开发的 EMC 系列单片机都具有先进的单片机结构、优越的数据处理性能、灵活的功能选择设计和通俗易懂的指令系统等特点。

EMC 系列单片机可分为通用型和专用型两种。

通用型单片机将众多功能集于一身,其中包括算术逻辑单元(ALU)、只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、输入/输出(I/O)、堆栈、中断控制器、定时/计数器、看门狗(WDT)、复位电路、振荡电路等。这类单片机是真正意义上的单片机小系统,适合小批量一般用途的产品开发。

专用型单片机产品有外接液晶显示的玩具专用型、来电显示专用型、电话专用型等。这类单片机主要适用于大批量的定型产品。

学习和开发单片机,主要使用通用型单片机。EMC 系列的通用型单片机又分 4 位单片机和 8 位单片机两种。下面介绍 EM78 系列的 8 位单片机。

表 1.1 中列出了几种主要的 EM78 系列通用型 8 位单片机。

下面以 EM78P447SAP 来说明义隆单片机型号命名方法:

EM78P447SAP 的第一、二字符“EM”是 EMC 公司的标志字头;

EM78P447SAP 的第三、四字符“78”是 EMC 公司的一种单片机系列号输出三角波等,预置任意值,自动扫描实现电压变化;

EM78P447SAP 的第五字符“P”是指该芯片为一次性编程(OTP, One Time Program)型芯片,如果此字符为“M”则表示为闪速存储器(Flash)型芯片,如果此处无标注则为掩模(MASK)型芯片;

EM78P447SAP 的第六、七、八字符“447”是该芯片的类型名;

EM78P447SAP 的第九字符“S”是该芯片为改进的第二版(second);

EM78P447SAP 的第十字符“A”是区分该芯片为 28 引线或 32 引线,“A”为 28 引线,“B”为 32 引线;

EM78P447SAP 的最后字符“P”是该芯片的封装形式,如“P”表示 DIP 封装,“M”表示“SOIC”封装,“S”表示“SSOP”封装。

表 1.1 EM78 系列通用型 8 位单片机一览表

型 号	ROM /位	RAM /字节	I/O	中 断 (外/内)	计数器	引 脚	电 压 /V	备 注
EM78P153	512×13	32	12	3(1/2)	1	14	2.2~6.0	内含 RC 振荡
EM78P156	1K×13	48	12	3(1/2)	1	18	2.5~5.5	低电压复位
EM78P256	2K×13	48	12	3(1/2)	1	18	2.5~5.5	
EM78P456	4K×13	48	12	3(1/2)	1	18	2.5~5.5	
EM78P447 EM78M447	4K×13	148	20/24	2(1/1)	1	28/32	2.5~5.5	
EM78450	4K×13	147	35	3(1/2)	2	40	2.2~6.0	仅掩模型
EM78P451	4K×13	147	35	3(1/2)	2	40,42,44	2.3~5.5	含 SPI 接口
EM78P458/9	4K×13	96	16	6(1/5)	3	20/24	2.2~6.0	含 AD、PWM
EM78P805/6	8K×13	0.6K	36	9	3	80/100	2.5~6.0	含 LCD 驱动、DTMF 接收、FSK 电路
EM78P811/60	16K×13	2.8K	32	8(4/4)	3	80/100	2.5~6.0	含 LCD 驱动、DTMF 接收、FSK 电路
EM78P565/7	4~16K×13	0.5K	24~36	12	3	32~44	2.5~6.0	含 DTMF、AD、DA 电路
EM78P257	2K×13	80	15/17	4(1/3)	4	18/20	2.1~5.5	红外、鼠标应用电路

在表 1.1 列出的型号中,除 EM78450 在系列号 78 与类型号 450 之间无任何字母表示是掩模(MASK)版本、EM78M447 表示是可多次写入的版本(Flash)外,其他都是一次性编程(OTP)型。一次性编程芯片可以用普通的编程器编程,但其编程过程具有不可逆性,一旦某一位由“1”通过编程改写成“0”,则这一位不可能再变回为“1”。表中的 OTP 型芯片,都有对应的掩模芯片,例如 EM78447 即是 EM78P447 的掩模版本,它们之间除程序烧录到芯片中去的方法不同外,其功能和使用方法基本相同,因此以后可以暂时忽略它们之间的区别。

因为 EM78447 实际可代表 EM78P447、EM78M447 等多种芯片,所以本书以 EM78447 为主介绍 EM78 系列单片机的应用及接口设计,弄清了 EM78447,也就掌握了 EM78 系列单片机的基本原理。

下面将 EM78447 的主要性能介绍如下:

- 采用 8 位数据总线和 13 位指令总线独立分离的 Harvard 结构设计。
- 采用 RISC 指令集,58 条指令全部是单字节,其中 99.9 % 为单周期指令(对程序计数器 PC 指针进行写操作除外)。
- 4K×13 位的程序存储器(有 OTP、掩模、MTP 版本)。

- 148 个通用数据寄存器可直接寻址使用。
- 9 个特殊功能寄存器。
- 具有一个结构选择寄存器用于设置振荡器的工作方式等。
- 具有五级堆栈令程序嵌套更自由。
- 3 个双向三态 I/O 口(EM78447A:20 个 I/O, EM78447B:24 个 I/O), 可分别设置为上拉或集电极开路等。
- 具有 2 个硬件中断和 1 个软件中断。
- 两种工作模式: 正常工作模式 1.5 mA/5 V(4 M), 15 μ A/3 V(32 K);
休眠模式 1 μ A/5 V(可由 I/O 唤醒)。
- 具有 R-OPTION 功能, 即用电阻的上拉、下拉来选择内部程序的执行。
- 一个带 8 位预置器的 8 位定时/计数器, 一个看门狗定时器(WDT)。
- 采用先进的加密方法保证用户代码不被外人读出。
- 工作电压为 2.5~5.5 V; 工作频率为 DC~20 MHz; 工作温度为 0~70 $^{\circ}$ C。

1.2 EM78447 单片机的引脚

EM78447 单片机是典型的 EM78 单片机, 掌握了 EM78447A/B 单片机的特点, 就基本掌握了 EM78 系列单片机的特点。

EM78447 单片机又分为 EM78447A(28 脚)和 EM78447B(32 脚)两种。其引脚见图 1.1, 下面对 EM78447 的引脚功能进行说明。

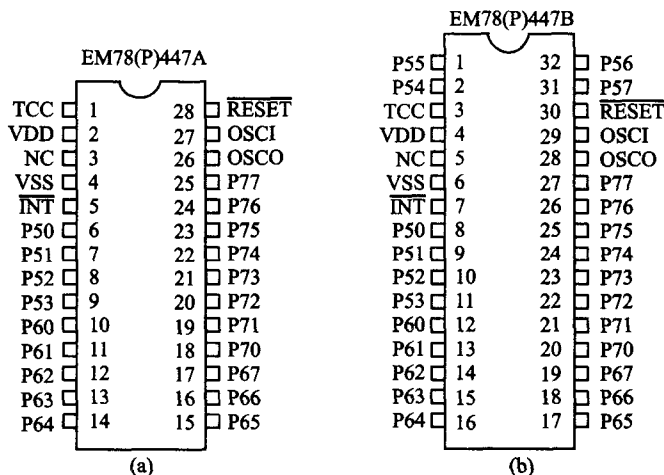


图 1.1 EM78447 引脚图

1.2.1 电源部分

VSS:接地脚。

VDD:电源输入接脚,可输入电源电压为 2.5~5.5 V。

电源的特点是输入电压范围宽,耗电省。在 4 M 晶振,5 V 电源电压的条件下,工作电流 1.5 mA;在 32 K 晶振,3.3 V 电源电压的条件下,工作电流 15 μ A;待机状态时,电流为 1 μ A。

1.2.2 振荡电路

单片机必须有时钟信号才能正常工作,EM78P447 的时钟信号可以由 RC 振荡、晶振低频、晶振高频或外部输入振荡信号的方式产生,实际工作时使用哪种方式,可以通过结构选择寄存器中的 MS、HLF、HLP 来选择。

1. RC 振荡形式

若结构选择寄存器的 MS=0,则选择 RC 振荡器形式,此时系统时钟的频率由外部的电阻和电容来决定。在这种模式下 OSCI 引脚接 RC 振荡的输入;OSCO 为时钟输出脚,它的输出为 1 个指令周期的时钟信号。RC 振荡器的接法如图 1.2 所示。

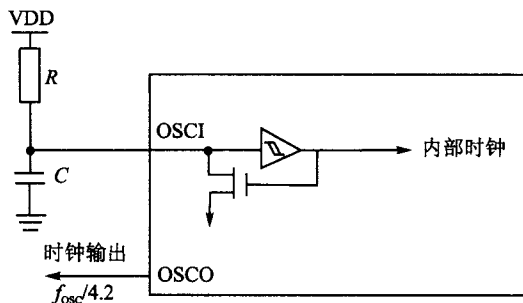


图 1.2 外接 RC 振荡器电路

虽然使用 RC 振荡器可降低电路成本,但必须注意其振荡频率会受电源电压和温度的影响,所以对需要精确时间的电路,最好不使用 RC 振荡器形式。

表 1.2 列出了典型的 RC 值在特定电源电压和 25 $^{\circ}$ C 的温度下的平均振荡频率 f_{osc} 。

表 1.2 典型 RC 值在特定电源电压下的平均振荡频率 f_{osc} (25 $^{\circ}$ C)

C/pF	20	20	20	20	100	100	100	100	300	300	300	300
R/k Ω	3.3	5.1	10	100	3.3	5.1	10	100	3.3	5.1	10	100
f_{osc} (5 V)/kHz	3 200	2 220	1 280	150	1 130	758	409	51	472	310	165	17.5
f_{osc} (3 V)/kHz	2 470	1 830	1 140	143	974	675	376	43.7	420	283	153	17.0

2. 低频晶振方式

当结构选择寄存器的 $MS=1$ 、 $HLF=0$ 、 $HLP=0$ ，即为低频晶振方式。这种方式振荡器处于低频、低电压工作条件下，最大频率不超过 4 MHz，单片机工作在低功耗下。

3. 高频晶振方式

当结构选择寄存器的 $MS=1$ 、 $HLF=1$ 、 $HLP=1$ ，即为高频晶振方式。这种方式振荡器处在高速工作条件下，所以最小振荡频率不小于 1 MHz。在这种模式下，功耗将大于低频振荡方式。

低频晶振和高频晶振的接线参见图 1.3，晶振和电容的配合值见表 1.3。

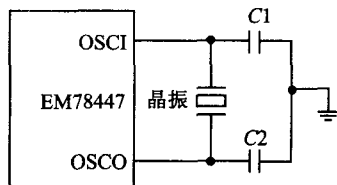


图 1.3 晶体振荡接线图

表 1.3 晶振和陶瓷谐振器匹配的电容选值表

器件	陶瓷谐振器			石英晶振						
方式	高频晶振方式 HXT			低频晶振方式 LXT			高频晶振方式 HXT			
频率	455 kHz	2.0 MHz	4.0 MHz	32.768 kHz	100 kHz	200 kHz	455 kHz	1.0 MHz	2.0 MHz	4.0 MHz
C1/pF	10~150	20~40	10~30	25	25	25	20~40	15~30	15	15
C2/pF	100~150	20~40	10~30	15	25	25	20~150	15~30	15	15

4. 外接振荡方式

若振荡方式设为低频晶振或高频晶振方式，此时也可不按图 1.3 外接晶体，而采用外部输入时钟信号的形式，这时外部的时钟信号可以从 OSC1 引脚接入。

1.2.3 复位电路

复位脚 $\overline{RESET}$ 是一个带施密特触发器的输入引脚。复位脚 $\overline{RESET}$ 接地则 EM78P447 会被复位。

对一般不需要在程序运行时人为进行复位的应用电路，通常将 $\overline{RESET}$ 脚直接接高电平（电源正极 VDD）。使用者如需要利用 $\overline{RESET}$ 引脚来产生复位，则可按图 1.4 连接。

1.2.4 定时计数器

TCC 脚是一个带有施密特触发器的输入引脚。它用以向定时计数器输入外部脉冲，其详细内容参见第 7 章。当不用外部脉冲输入时，必须接到 VSS 或 VDD。

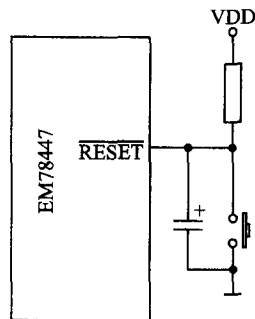


图 1.4 复位电路

1.2.5 输入/输出引脚

1. 输入/输出引脚

输入/输出引脚包含有 P5(EM78P447A 为 P50~P53 4 个;EM78P447B 为 P50~P57 8 个)引脚、P6(P60~P67)8 个引脚和 P7(P70~P77)8 个引脚。因此,EM78P447A 的 I/O 引脚为 20 个,EM78P447B 的 I/O 引脚为 24 个。对应的寄存器是 R5、R6 和 R7。

2. 所有引脚均为双向的 I/O 口

各引脚既可以设置成输入口,又可以设置成输出口;其设置必须由对应的 I/O 口方向控制寄存器完成。对应的 I/O 口方向控制寄存器分别是 IOC5、IOC6 和 IOC7。

3. 口线状态

设置成输入时,口线处于高阻状态;设置成输出时,口线处于高电平或低电平状态。

4. 上拉设置

P60~P67 口以及 P74、P75 这 10 根口线可设置为上拉(上拉即通过一个电阻接到高电平),由寄存器 CONT 的位 7 (PHEN 位)来决定。

5. 唤醒功能设置

P60~P67 口以及 P74、P75 这 10 根口线可设置为唤醒(wake-up)单片机的功能引脚,由寄存器 IOCE 的位 0 (WUE 位)来决定。

6. R - OPTION 功能

P70 和 P71 可由寄存器 IOCE 中的位 3 (ROC 位)来决定这两个引脚是否具有 R - OPTION 功能。R - OPTION 功能可将程序分成 4 块,单片机可以根据 P70 和 P71 在上电过程中的初始状态,决定上电后最先执行哪一块程序。

7. 开漏极输出

P76 和 P77 两引脚可由寄存器 IOCE 的位 6 (ODE 位)来决定是否为开漏极输出,以提高口线的驱动能力。

1.2.6 外部中断

INT 引脚为外部中断输入引脚,下降沿触发。外部信号能否引起中断,还由寄存器 CONT 中的位 6 (INT)位来控制。其详细内容参见第 8 章。

由以上说明可知,EM78P447 的接线非常简单:使用者只要将 VDD 接上适当的电压,VSS 接地,OSCI 及 OSCO 接晶振或电阻电容,RESET 接到 VDD,在不对外部进行计数时将 TCC 接地或接 VDD,然后将 I/O 引脚接到所要控制的电路,即完成所有硬件的接线。

1.3 EM78 系列单片机的存储器

要应用 EM78447 单片机,除了掌握它的外部引脚的接法外,还必须熟悉它的内部结构,

这样才能熟练地应用。

EM78447 在片内集成了一个 8 位算术逻辑运算单元 ALU 和工作寄存器 ACC、4 K 位 ROM、148 字节 RAM、20~24 个 I/O 口, 8 位预置器(PRESCALER)及 8 位计数器(TCC)、振荡器、看门狗、五级堆栈、中断控制器、指令寄存器、译码器和其他一些寄存器等。其内部框图如图 1.5 所示。

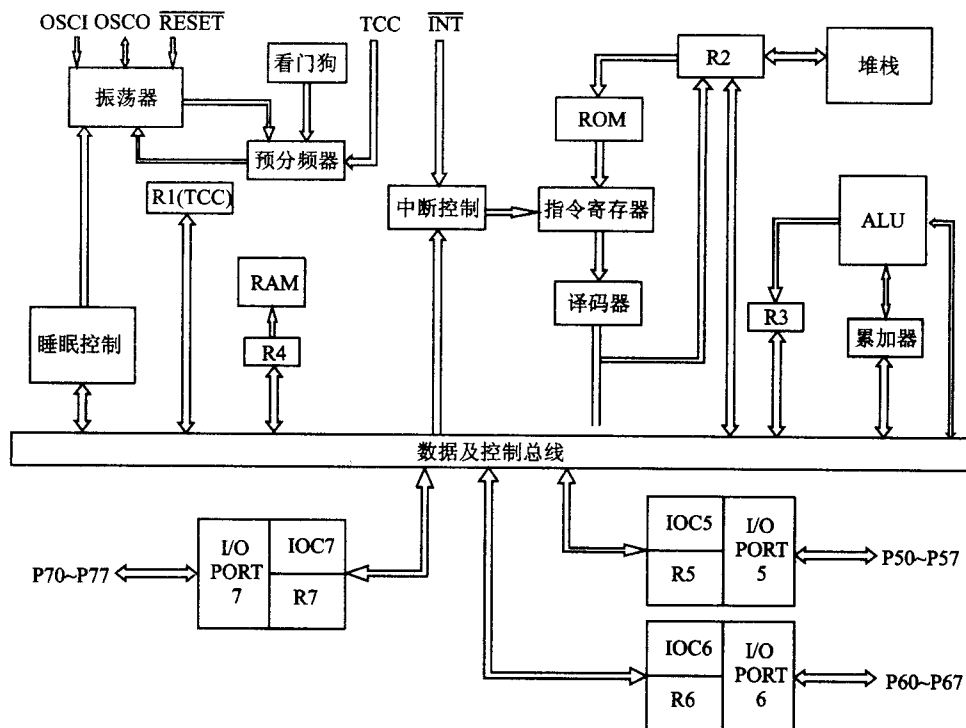


图 1.5 EM78447 内部框图

下面按功能分别讲解和分析其内部的结构。一般必须了解内部结构, 才能够进行正确的编程; 而对内部结构的进一步了解, 又需要在编程的过程中体会和完成。因此, 建议读者可先粗略读本章后面的内容, 不理解的地方暂时跳过, 到以后编程需要时再回过头来认真体会。

下面先介绍 EM78 的存储器。

1.3.1 程序存储器和堆栈

EM78447 内部程序存储器和堆栈示意图如图 1.6 所示。PC 指针(寄存器 R2)和堆栈的位数是 12 位, 因此它们可以对 $2^{12} = 4\,096 = 4\text{ K}$ 的空间寻址, 即 EM78447 的程序存储器的寻址范围是 4 K。

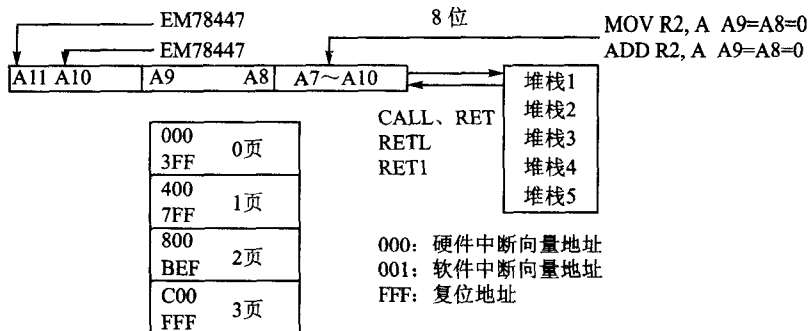


图 1.6 EM78447 内部程序存储器及堆栈示意图

1. 程序存储器

将程序存储器的 4 K 空间分为 4 页, 一个程序页面为 1 K。程序存储器的页面选择通过设定状态寄存器 R3 的位 6 (PS1)、位 5 (PS0) 来完成, 内容见表 1.4。

表 1.4 程序页面的选择

PS1 (R3. 6)	PS0 (R3. 5)	程序页面地址
0	0	0 页[000~3FF]
0	1	1 页[400~7FF]
1	1	2 页[800~BFF]
1	1	3 页[C00~FFF]

EM78447 可在同一页面内直接跳转(JMP)和调用子程序(CALL), 即 JMP 时装入目标地址至 PC 的低 10 位, CALL 时装入目标地址 PC 的低 10 位且 PC+1 压栈, 调用同 1 K 页面内的任何程序。

在 EM78447 中, 当需要跳转或调用不同页面的子程序时, 则须在调用前修改 R3 的 PS1、PS0, 执行 JMP 或 CALL 会将状态寄存器 R3 的 PS1、PS0 载入 PC 的 A11、A10 中。

对 PC(R2) 进行直接操作指令如“MOV R2, A”、“ADD R2, A”、“BC R2, 0”都将导致 PC 的第 9 位及第 10 位(A9、A8)被清零, 因此, 以上直接操作指令产生的任何跳转都限定在同一页面的前 256 个地址。

而 TBL 指令把存在 A 中的相对地址加至 R2 ($R2 + A \rightarrow R2$), 且 R2 的第 9、10 位(A9、A8)不变, 因此 TBL 指令所产生的跳转可至整个页面。

2. 堆 栈

EM78X447 有五级堆栈, 堆栈遵循后入先出的原则实现程序的嵌套调用。除程序的嵌套调用外, 堆栈不允许其他寄存器使用。由于堆栈只有五级, 因此只能实现多至五级的子程序(含中断子程序)嵌套调用。

通常堆栈的使用方法如下:

当 CALL 和中断响应时,PC+1 的值进入堆栈(压栈)。

当子程序或中断返回,执行 RET、RETL(带参数返回)、RETI(中断返回)指令,则将栈顶的值(堆栈 1)弹回到程序计数器 PC,同时将堆栈 2 的值拷贝到堆栈 1,堆栈 3 的值拷贝到堆栈 2,依次类推。

要注意的是:RET、RETL 和 RETI 指令并没有改变 R3 中的 PS0 和 PS1 位便返回到原来调用程序的页面,所以当从一次跨页的子程序调用返回时,一定要用指令恢复 R3 中原先的 PS0、PS1 值。

1.3.2 数据存储器 RAM 的结构

EM78447 的数据存储器分工作寄存器和特殊功能寄存器两大类,如图 1.7 所示。

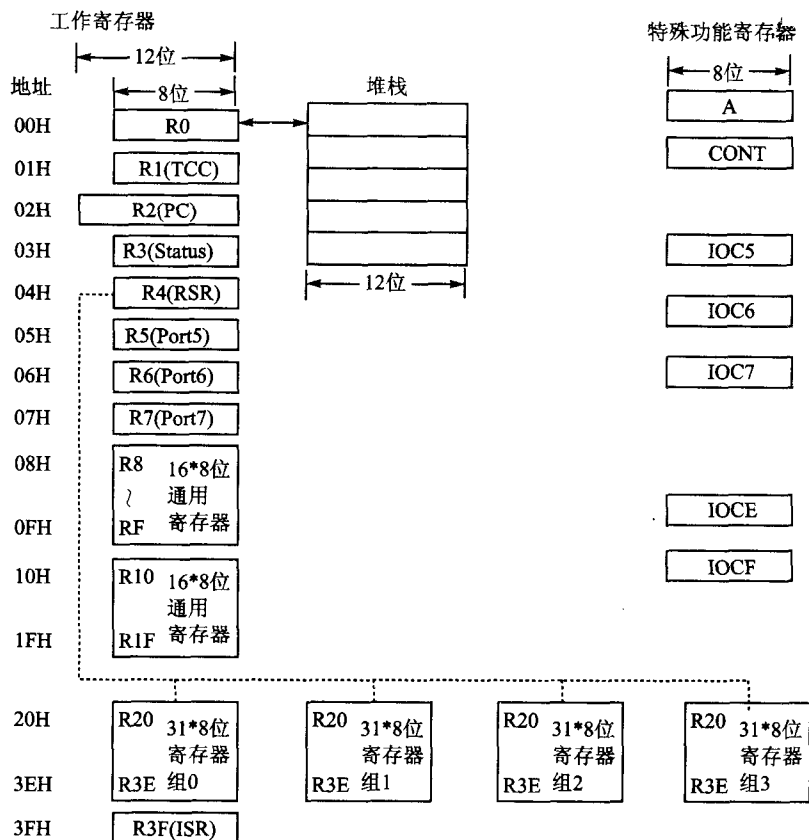


图 1.7 EM78447 的数据存储器