

8 位 MCU
HR6P73BL/73HL/76L/77L

数 据 手 册

- 产品简介
- 数据手册
- 产品规格

上海海尔集成电路有限公司

2011 年 7 月 20 日

海尔 MCU 芯片使用注意事项

关于芯片的上/下电

海尔 MCU 芯片具有独立电源管脚。当 MCU 芯片应用在多电源供电系统时，应先对芯片上电，再对系统其它部件上电；反之，下电时，先对系统其它部件下电，再对 MCU 芯片下电。若操作顺序相反则可能导致芯片内部元件过压或过流，从而导致芯片故障或元件退化。具体可参照芯片的数据手册说明。

关于芯片的复位

海尔 MCU 芯片具有内部上电复位。对于不同的快速上/下电或慢速上/下电系统，内部上电复位电路可能失效，建议用户使用外部复位、下电复位、看门狗复位等，确保复位电路正常工作。在系统设计时，若使用外部复位电路，建议采用三极管复位电路、RC 复位电路。若不使用外部复位电路，建议采用复位管脚接电阻到电源，或采取必要的电源抖动处理电路或其它保护电路。具体可参照芯片的数据手册说明。

关于芯片的时钟

海尔 MCU 芯片具有内部和外部时钟源。内部时钟源会随着温度、电压变化而偏移，可能会影响时钟源精度；外部时钟源采用陶瓷、晶体振荡器电路时，建议使能起振延时；使用 RC 振荡电路时，需考虑电容、电阻匹配；采用外部有源晶振或时钟输入时，需考虑输入高/低电平电压。具体可参照芯片的数据手册说明。

关于芯片的初始化

海尔 MCU 芯片具有各种内部和外部复位。对于不同的应用系统，有必要对芯片寄存器、内存、功能模块等进行初始化，尤其是 I/O 管脚复用功能进行初始化，避免由于芯片上电以后，I/O 管脚状态的不确定情况发生。

关于芯片的管脚

海尔 MCU 芯片具有宽范围的输入管脚电平，建议用户输入高电平应在 V_{IHMIN} 之上，低电平应在 V_{ILMAX} 之下。避免输入电压介于 V_{IHMIN} 和 V_{ILMAX} 之间，以免波动噪声进入芯片。对于未使用的输入管脚，应通过电阻上拉至电源电平或下拉至地。对于未使用的管脚，建议用户设为输出状态，并通过电阻接至电源或地。对未使用的管脚处理因应用系统而异，具体遵循应用系统的相关规定和说明。

关于芯片的 ESD 防护措施

海尔 MCU 芯片具有满足工业级 ESD 标准保护电路。建议用户根据芯片存储/应用的环境采取适当静电防护措施。应注意应用环境的湿度；建议避免使用容易产生静电的绝缘体；存放和运输应在抗静电容器、抗静电屏蔽袋或导电材料容器中；包括工作台在内的所有测试和测量工具必须保证接地；操作者应该佩戴静电消除手腕环手套，不能用手直接接触芯片等。

关于芯片的 EFT 防护措施

海尔 MCU 芯片具有满足工业级 EFT 标准的保护电路。当 MCU 芯片应用在 PCB 系统时，需要遵守 PCB 相关设计要求，包括电源、地走线（包括数字/模拟电源分离，单/多点接地等等）、复位管脚保护电路、电源和地之间的去耦电容、高低频电路单独分别处理以及单/多层板选择等。

关于芯片的开发环境

海尔 MCU 芯片具有完整的软/硬件开发环境，并受知识产权保护。选择上海海尔集成电路有限公司或其指定的第三方公司的汇编器、编译器、编程器、硬件仿真器开发环境，必须遵循与芯片相关的规定和说明。

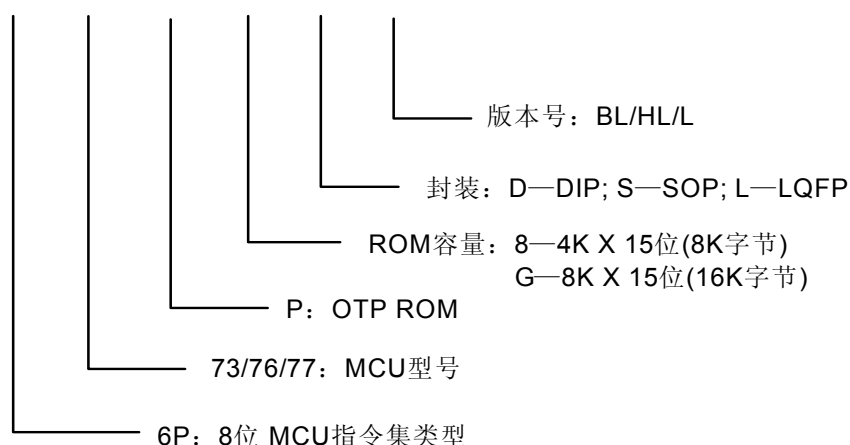
注：在产品开发时，如遇到不清楚的地方，请用下述联系方式与上海海尔集成电路有限公司联系。

产品订购信息

型号	程序存储器	数据存储器	封装
HR6P73P8SBL	OTP: 4K×15 位	SRAM: 384×8 位	SOP28
HR6P73P8DBL	OTP: 4K×15 位		SKDIP28
HR6P73PGSHL	OTP: 8K×15 位		SOP28
HR6P73PGDHL	OTP: 8K×15 位		SKDIP28
HR6P76PGSL	OTP: 8K×15 位	SRAM: 368×8 位	SOP28
HR6P76PGDL	OTP: 8K×15 位		SKDIP28
HR6P77PGLL	OTP: 8K×15 位		LQFP44
HR6P77PGDL	OTP: 8K×15 位		DIP40

*本文档中的所有 SKDIP28 封装均为 300mil 封装。

HR 6P No. X X X X



地 址: 中国上海市龙漕路 299 号天华信息科技园 2A 楼 5 层

邮 编: 200235

E-mail: support@ichaier.com

电 话: +86-21-60910333

传 真: +86-21-60914991

网 址: <http://www.ichaier.com>

版权所有©

上海海尔集成电路有限公司

本数据手册的信息在发行时是经过核实并且尽最大努力使之精确的。上海海尔集成电路有限公司不为由于使用本数据手册而可能带来的风险或后果负责。规格中的实例仅作为说明用途，上海海尔集成电路有限公司不担保或确认这些实例是合适的、不需进一步修改的、或推荐使用的。上海海尔集成电路有限公司保留不需要通知本数据手册读者而修改本数据手册的权利。如需得到最新的产品信息，请随时用上述联系方式与上海海尔集成电路有限公司联系。

修订历史

版本	修改日期	更改概要
V1.0	2008-01-30	初版
V2.0	2010-09-28	模板及命名修订
V2.1	2010-05-05	加强描述: 2.1, 2.2, 2.4.1, 3.2.1, 3.2.2, 5.2.2, 5.3.2.1, 5.3.2.2, 5.3.3.3, 6.3.2, 附录 1.1, 附录 1.2, 附录 2.1, 附录 2.2 错误修正: 1.4, 1.5.1, 1.5.2, 2.5, 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4, 4.1, 4.6, 5.1.4.4, 5.1.1.1, 5.1.1.2, 5.1.2.1, 5.1.2.2, 5.1.3.1, 5.1.3.2, 5.3.3.3, 5.4.1, 5.4.3, 5.4.4, 5.5.1, 5.5.5, 6.5.1, 6.6
V2.2	2010-07-20	加强描述: 1.1, 2.3, 2.4.1, 5.1.2.1, 5.1.3, 6.1.2, 6.1.3, 7.1, 7.2, 7.3, 附录 1.2, 附录 2.1, 2.4.1, 错误修正: 1.1, 3.2, 6.6

目 录

内容目录

第 1 章	芯片简介	11
1.1	概述	11
1.2	应用领域	13
1.3	结构框图	14
1.4	管脚分配图	15
1.4.1	28-pin	15
1.4.2	40-pin	15
1.4.3	44-pin	16
1.5	管脚说明	17
1.5.1	管脚封装对照表	17
1.5.2	管脚复用说明	18
第 2 章	内核特性	21
2.1	CPU内核概述	21
2.2	系统时钟和机器周期	21
2.3	指令集概述	21
2.4	程序计数器 (PC) 和硬件堆栈	21
2.4.1	程序计数器 (PC)	21
2.4.2	硬件堆栈	22
2.5	特殊功能寄存器	23
第 3 章	存储资源	25
3.1	程序存储器	25
3.1.1	概述	25
3.1.2	寻址方式	25
3.1.3	程序存储空间地址映射和堆栈示意图	25
3.2	数据存储器	26
3.2.1	数据存储空间地址映射	26
3.2.2	寻址方式	27
3.2.3	特殊功能寄存器空间	29
3.2.4	通用数据存储器	32
第 4 章	输入/输出端口	33
4.1	概述	33
4.2	结构框图	34
4.3	I/O MUX	35
4.4	I/O端口弱上拉	37
4.5	外部中断	38
4.5.1	外部端口中断 (PINT)	38
4.5.2	外部按键中断 (KINT)	38
4.6	特殊功能寄存器	39
第 5 章	外设	40
5.1	定时器/计数器模块 (Timer/Counter)	40
5.1.1	8 位定时器/计数器 (T8)	40

5.1.1.1	概述	40
5.1.1.2	工作模式	40
5.1.1.3	预分频器	41
5.1.1.4	中断标志	41
5.1.2	8位PWM时基定时器 (T8P)	41
5.1.2.1	概述	41
5.1.2.2	工作模式	41
5.1.2.3	预分频器和后分频器	41
5.1.2.4	中断标志	42
5.1.3	16位定时器/计数器 (T16N)	42
5.1.3.1	概述	42
5.1.3.2	工作模式	43
5.1.3.3	振荡器	43
5.1.4	定时器/计数器扩展模块 (TE)	44
5.1.4.1	概述	44
5.1.4.2	T16N捕捉功能扩展	44
5.1.4.3	T16N比较器功能扩展	45
5.1.4.4	T8P脉宽调制功能扩展	46
5.1.5	特殊功能寄存器	48
5.2	模/数转换器模块 (ADC)	52
5.2.1	概述	52
5.2.2	操作说明	52
5.2.3	特殊功能寄存器	53
5.3	串行接口 (SSI)	55
5.3.1	概述	55
5.3.2	SPI模式	55
5.3.2.1	SPI主控模式	56
5.3.2.2	SPI从动模式	57
5.3.3	IIC模式	58
5.3.3.1	总线接口特性	59
5.3.3.2	IIC主控方式	59
5.3.3.3	IIC从动方式	59
5.3.4	特殊功能寄存器	62
5.4	通用异步接收/发送器UART	66
5.4.1	概述	66
5.4.2	数据格式	66
5.4.3	UART异步发送器	67
5.4.4	UART异步接收器	68
5.4.5	UART增强模式	69
5.4.5.1	UART的同步应用	69
5.4.6	特殊功能寄存器	70
5.5	并行从动接口 (PSI)	72
5.5.1	概述	72
5.5.2	操作说明	72

5.5.2.1	PSI基本设置	72
5.5.2.2	PSI读出操作	72
5.5.2.3	PSI写入操作	73
5.5.3	特殊功能寄存器	73
第 6 章	特殊功能及操作特性	74
6.1	系统时钟及振荡器	74
6.1.1	概述	74
6.2	复位模块	75
6.2.1	概述	75
6.2.2	应用举例	75
6.2.3	特殊功能寄存器	76
6.3	中断处理	77
6.3.1	概述	77
6.3.2	操作说明	78
6.3.3	特殊功能寄存器	78
6.4	看门狗定时器	83
6.4.1	概述	83
6.5	低功耗操作	84
6.5.1	休眠	84
6.5.2	唤醒	84
6.6	芯片配置字	85
第 7 章	芯片封装图	86
7.1	28-pin 封装图	86
7.2	40-pin 封装图	88
7.3	44-pin 封装图	89
附录 1	指令集	90
附录 1.1	概述	90
附录 1.2	指令操作说明	90
附录 2	电气特性	92
附录 2.1	参数特性表	92
附录 2.2	参数特性图	95

图目录

图 1-1	HR6P73BL/73HL/76L/77L结构框图	14
图 1-2	HR6P73BL/73HL/76L (SKDIP28/SOP28) 顶视图	15
图 1-3	HR6P77L (DIP40) 顶视图	15
图 1-4	HR6P77L (LQFP44) 顶视图	16
图 3-1	程序区地址映射和堆栈示意图	25
图 3-2	数据区地址映射示意图	26
图 3-3	通用数据存储器地址映射示意图	32
图 4-1	输入/输出端口结构图A	34
图 4-2	输入/输出端口结构图B	34
图 5-1	T8 内部结构图	40
图 5-2	T8P内部结构图	41
图 5-3	T16N内部结构图	42
图 5-4	TE在捕捉功能扩展的内部结构图	44
图 5-5	TE在比较器功能扩展的内部结构图	45
图 5-6	TE在PWM功能扩展的内部结构图	46
图 5-7	PWM输出示意图	46
图 5-8	ADC内部结构图	52
图 5-9	ADC时序特征图	53
图 5-10	SPI结构框图	55
图 5-11	SPI主控模式流程图	56
图 5-12	SPI主控模式时序图 (CKP = 1)	56
图 5-13	SPI主控模式时序图 (CKP = 0)	57
图 5-14	SPI从动模式流程图	57
图 5-15	SPI从动模式时序图 (CKP = 1)	58
图 5-16	SPI从动模式时序图 (CKP = 0)	58
图 5-17	IIC模式结构框图	58
图 5-18	地址发送示意图	59
图 5-19	7 位地址方式发送数据的时序图	60
图 5-20	7 位地址方式接收数据的时序图	61
图 5-21	UART1 结构框图	66
图 5-22	UART 8 位数据格式	66
图 5-23	UART 9 位数据格式	66
图 5-24	UART发送器流程图	67
图 5-25	UART接收器流程图	68
图 5-26	UART同步模式 8 位数据格式	69
图 5-27	UART同步模式 9 位数据格式	69
图 5-28	PSI驱动模块框图	72
图 5-29	PSI读出操作时序图	73
图 5-30	PSI写入操作时序图	73
图 6-1	芯片系统时钟选择框图	74
图 6-2	芯片复位原理图	75
图 6-3	RC复位电路	76
图 6-4	三极管复位电路	76

图 6-5	看门狗定时器示意图.....	83
图 6-6	休眠模式唤醒示意图.....	85

表目录

表 1-1	管脚封装对照表	18
表 1-2	管脚说明	20
表 4-1	I/O端口结构信息表	34
表 4-2	I/O端口弱上拉	37
表 4-3	外部端口中断	38
表 4-4	外部按键中断	38
表 5-1	SSI管脚分配表	55
表 6-1	中断逻辑表	77
表 6-2	休眠唤醒表	84

第 1 章 芯片简介

1.1 概述

- ◆ 内核
 - ◇ 高性能哈佛型 RISC CPU 内核
 - ◇ 48 条精简指令
 - ◇ 工作频率为 DC ~ 16MHz
 - ◇ 8 级 PC 硬件堆栈
 - ◇ 复位向量位于 0000_H，默认中断向量位于 0004_H，支持中断向量表
 - ◇ 支持中断处理
 - ◇ 共 12 个中断源 (HR6P73BL/73HL/76L)
 - ◇ 共 13 个中断源 (HR6P77L)
- ◆ 存储资源
 - ◇ 4K x 15 位 OTP 程序存储器 (HR6P73BL)
 - ◇ 8K x 15 位 OTP 程序存储器 (HR6P73HL/76L/77L)
 - ◇ 384 x 8 位 SRAM 数据存储器 (HR6P73BL/73HL)
 - ◇ 368 x 8 位 SRAM 数据存储器 (HR6P76L/77L)
 - ◇ 程序存储器支持直接寻址和相对寻址
 - ◇ 数据存储器支持直接寻址和间接寻址
- ◆ I/O 端口
 - ◇ PA 端口 (PA0~PA5)
 - ◇ PB 端口 (PB0~PB7)
 - ◇ PC 端口 (PC0~PC7)
 - ◇ PD 端口 (PD0~PD7) (HR6P77L)
 - ◇ PE 端口 (PE0~PE2) (HR6P77L)
- ◆ 外设
 - ◇ 8 位定时器 T8
 - 定时器模式 (系统时钟) / 计数器模式 (外部信号)
 - 支持可配置预分频器
 - 支持中断产生
 - ◇ 8 位 PWM 时基定时器 T8P
 - 定时器模式 (系统时钟)
 - 支持可配置预分频器及可配置后分频器
 - 支持中断产生
 - 支持脉宽调制 (PWM) 输出扩展功能
 - ◇ 16 位定时器 T16N
 - 定时器模式 (系统时钟) / 计数器模式 (外部信号)

- 支持可配置预分频器
- 支持中断产生
- 支持捕捉器扩展功能
- 支持比较器扩展功能
- ◇ 串行接口 SSI (SPI 模式)
 - 支持主控模式和从动模式
 - 支持 SPI 时钟边沿选择, 支持半/全双工模式
 - 支持从最高位接收/发送
 - 支持中断产生
 - 主控模式, SPI 时钟可配
 - 从动模式, 支持休眠模式下工作, 并能唤醒休眠模式
- ◇ 串行接口 SSI (IIC 模式)
 - 支持主控模式和从动模式
 - 支持 7 位寻址和 10 位寻址
 - 支持从最高位接收/发送
 - 支持硬件检测总线冲突、开始信号和停止信号, 并支持中断产生
 - 工作速率兼容 100Kb/s 和 400Kb/s
- ◇ 通用异步收发器 UART
 - 支持异步全双工收发
 - 支持波特率发生器
 - 支持 8 位/9 位数据格式
 - 支持从最低位接收/发送
 - 支持中断产生
 - 支持同步主控发送增强模式
 - 支持同步主控接收增强模式
 - 支持同步从动发送增强模式
 - 支持同步从动接收增强模式
- ◇ 模拟数字转换器 ADC
 - 支持 5 通道模拟输入端 (HR6P73BL/73HL/76L)
 - 支持 8 通道模拟输入端 (HR6P77L)
 - 支持 8 位数字转换精度
 - 支持中断产生
- ◇ 并行从动接口 PSI (HR6P77L)
 - 支持从动模式
 - 支持 8 位数据总线
 - 支持从动 #CS, #RD, #WR 控制信号输入检测
 - 支持中断产生
- ◆ 特殊功能
 - ◇ 支持低功耗休眠模式及唤醒操作
 - ◇ 内嵌低电压检测复位电路
 - ◇ 支持外部复位
 - ◇ 支持独立硬件看门狗定时器

- ◇ 支持编程器编程
- ◇ 支持编程代码加密保护
- ◆ 设计及工艺
 - ◇ 完全静态设计
 - ◇ 低功耗、高速 OTP CMOS 工艺
 - ◇ 28 个管脚，采用 SOP/SKDIP 封装（HR6P73BL/73HL/76L）
 - ◇ 40 个管脚，采用 DIP 封装（HR6P77L）
 - ◇ 44 个管脚，采用 LQFP 封装（HR6P77L）
- ◆ 工作条件
 - ◇ 工作电压范围：3.5V ~ 5.5V
 - ◇ 工作温度范围：-40 ~ 85℃

1.2 应用领域

本芯片可用于家电、电表、电动工具、汽车电子等领域。

1.3 结构框图

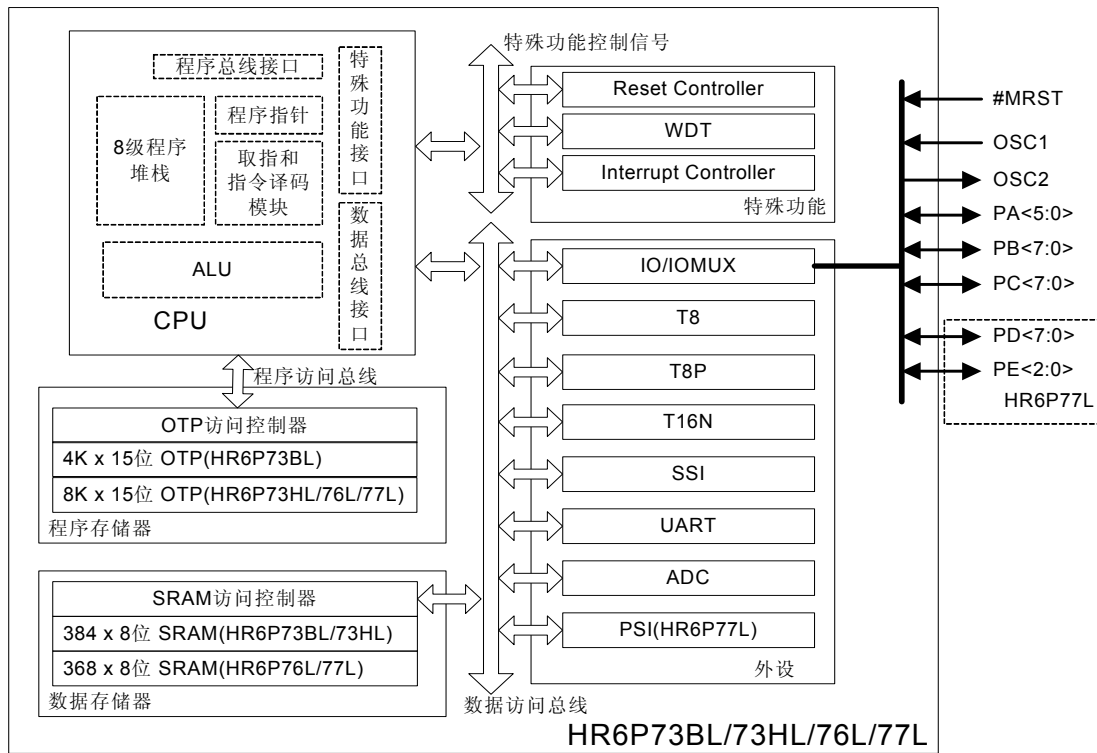


图 1-1 HR6P73BL/73HL/76L/77L 结构框图

注：#MRST 表示低电平有效。

1.4 管脚分配图

1.4.1 28-pin

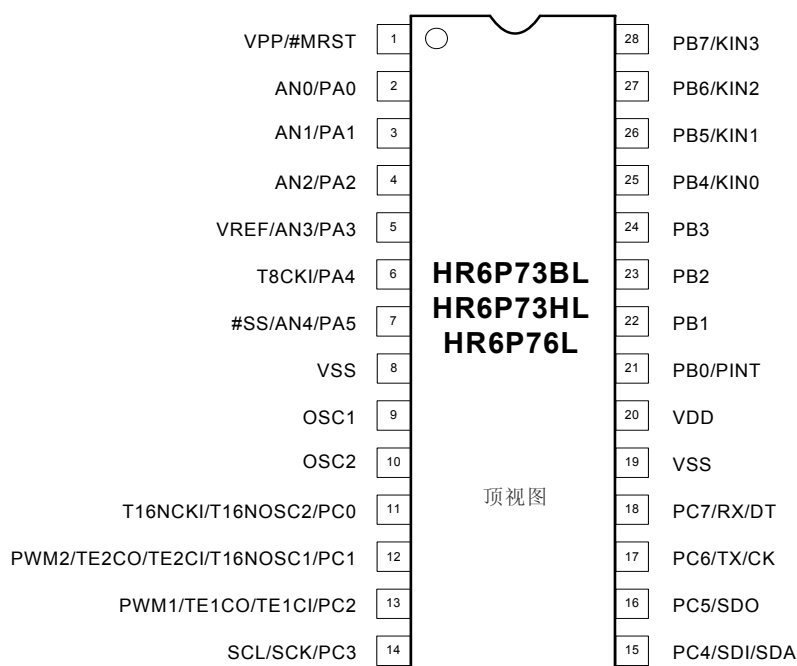


图 1-2 HR6P73BL/73HL/76L (SKDIP28/SOP28) 顶视图

1.4.2 40-pin

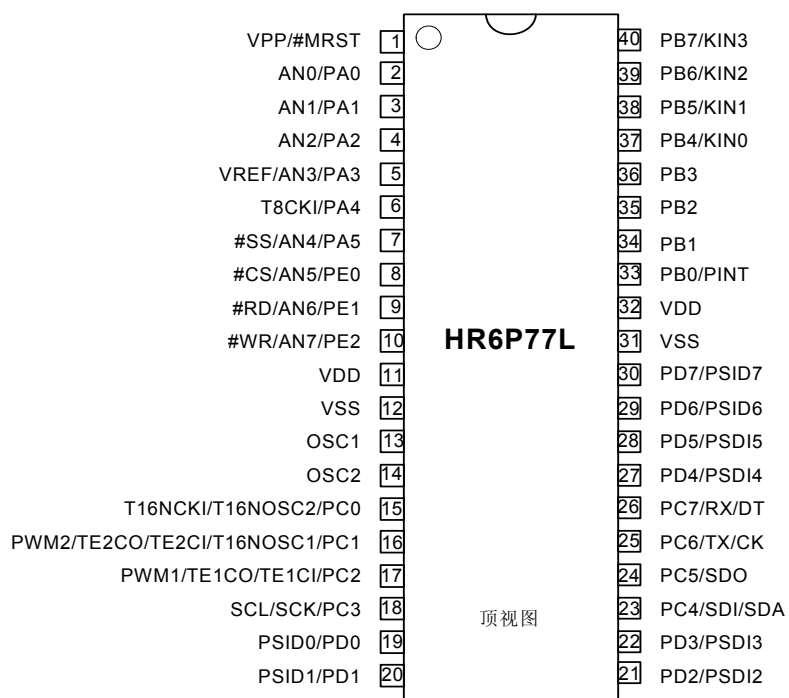


图 1-3 HR6P77L (DIP40) 顶视图

1.4.3 44-pin

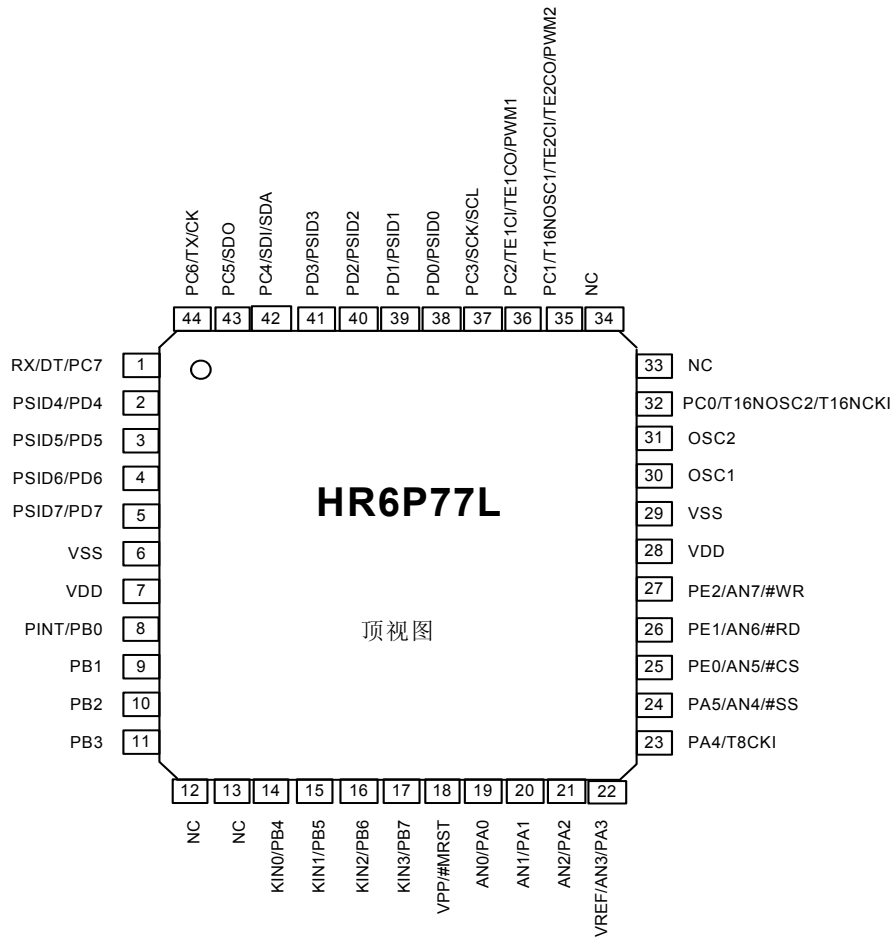


图 1-4 HR6P77L (LQFP44) 顶视图

注：#MRST，#SS 表示低电平有效。

1.5 管脚说明

1.5.1 管脚封装对照表

管脚名	HR6P73BL/73HL/76L	HR6P77L	
	SKDIP28/SOP28	DIP40	LQFP44
PA0/AN0	2	2	19
PA1/AN1	3	3	20
PA2/AN2	4	4	21
PA3/AN3/VREF	5	5	22
PA4/T8CKI	6	6	23
PA5/AN4/#SS	7	7	24
PB0/PINT	21	33	8
PB1	22	34	9
PB2	23	35	10
PB3	24	36	11
PB4/KIN0	25	37	14
PB5/KIN1	26	38	15
PB6/KIN2	27	39	16
PB7/KIN3	28	40	17
PC0/T16NOSC2/T16NCKI	11	15	32
PC1/T16NSOC1/TE2CI/TE2CO/PWM2	12	16	35
PC2/TE1CI/TE1CO/PWM1	13	17	36
PC3/SCK/SCL	14	18	37
PC4/SDI/SDA	15	23	42
PC5/SDO	16	24	43
PC6/TX/CK	17	25	44
PC7/RX/DT	18	26	1
PD0/PSID0	-	19	38
PD1/PSID1	-	20	39
PD2/PSID2	-	21	40
PD3/PSID3	-	22	41
PD4/PSID4	-	27	2
PD5/PSID5	-	28	3
PD6/PSID6	-	29	4
PD7/PSID7	-	30	5
PE0/AN5/#CS	-	8	25
PE1/AN6/#RD	-	9	26
PE2/AN7/#WR	-	10	27
#MRST/VPP	1	1	18
OSC1	9	13	30
OSC2	10	14	31

【续】

管脚名	HR6P73BL/73HL/76L	HR6P77L	
	SKDIP28/SOP28	DIP40	LQFP44
VDD	20	11,32	7,28
VSS	8,19	12,31	6,29
NC	-	-	12,13,33,34

表 1-1 管脚封装对照表

1.5.2 管脚复用说明

管脚名	管脚复用	A/D	端口说明	备注
PA0/AN0	PA0	D	通用 I/O	-
	AN0	A	ADC 模拟通道 0 输入	
PA1/AN1	PA1	D	通用 I/O	-
	AN1	A	ADC 模拟通道 1 输入	
PA2/AN2	PA2	D	通用 I/O	-
	AN2	A	ADC 模拟通道 2 输入	
PA3/AN3/VREF	PA3	D	通用 I/O	-
	AN3	A	ADC 模拟通道 3 输入	
	VREF	A	外部 A/D 参考电平输入	
PA4/T8CKI	PA4	D	通用 I/O	-
	T8CKI	D	T8 时钟输入	
PA5/AN4/#SS	PA5	D	通用 I/O	-
	AN4	A	ADC 模拟通道 4 输入	
	#SS	D	SPI 从动模式片选输入	
PB0/PINT	PB0	D	通用 I/O	可单独使能弱上拉
	PINT	D	外部端口中断输入	
PB1	PB1	D	通用 I/O	可单独使能弱上拉
PB2	PB2	D	通用 I/O	可单独使能弱上拉
PB3	PB3	D	通用 I/O	可单独使能弱上拉
PB4/KIN0	PB4	D	通用 I/O	可单独使能弱上拉
	KIN0	D	外部按键中断输入 0	
PB5/KIN1	PB5	D	通用 I/O	可单独使能弱上拉
	KIN1	D	外部按键中断输入 1	
PB6/KIN2	PB6	D	通用 I/O	可单独使能弱上拉
	KIN2	D	外部按键中断输入 2	
PB7/KIN3	PB7	D	通用 I/O	可单独使能弱上拉
	KIN3	D	外部按键中断输入 3	
PC0/T16NOSC2/T16NCKI	PC0	D	通用 I/O	-
	T16NOSC2	A	T16N 振荡器输出	
	T16NCKI	D	T16N 外部时钟输入	

【续 1】

管脚名	管脚复用	A/D	端口说明	备注
PC1/T16NSOC1/TE2CI/ TE2CO/PWM2	PC1	D	通用 I/O	-
	T16NOSC1	A	T16N 振荡器输入	
	TE2CI	D	TE2 捕捉输入	
	TE2CO	D	TE2 比较输出	
	PWM2	D	TE2 脉宽调制输出	
PC2/TE1CI/TE1CO/PWM1	PC2	D	通用 I/O	-
	TE1CI	D	TE1 捕捉输入	
	TE1CO	D	TE1 比较输出	
	PWM1	D	TE1 脉宽调制输出	
PC3/SCK/SCL	PC3	D	通用 I/O	-
	SCK	D	SPI 时钟 I/O	
	SCL	D	IIC 时钟 I/O	
PC4/SDI/SDA	PC4	D	通用 I/O	-
	SDI	D	SPI 数据输入	
	SDA	D	IIC 数据 I/O	
PC5/SDO	PC5	D	通用 I/O	-
	SDO	D	SPI 数据输出	
PC6/TX/CK	PC6	D	通用 I/O	-
	TX	D	UART 异步串行发送输出	
	CK	D	UART 同步串行时钟 I/O	
PC7/RX/DT	PC7	D	通用 I/O	-
	RX	D	UART 异步串行接收输入	
	DT	D	UART 同步串行数据 I/O	
PD0/PSID0	PD0	D	通用 I/O	仅 HR6P77L 支持
	PSID0	D	PSI 数据 I/O	
PD1/PSID1	PD1	D	通用 I/O	仅 HR6P77L 支持
	PSID1	D	PSI 数据 I/O	
PD2/PSID2	PD2	D	通用 I/O	仅 HR6P77L 支持
	PSID2	D	PSI 数据 I/O	
PD3/PSID3	PD3	D	通用 I/O	仅 HR6P77L 支持
	PSID3	D	PSI 数据 I/O	
PD4/PSID4	PD4	D	通用 I/O	仅 HR6P77L 支持
	PSID4	D	PSI 数据 I/O	
PD5/PSID5	PD5	D	通用 I/O	仅 HR6P77L 支持
	PSID5	D	PSI 数据 I/O	
PD6/PSID6	PD6	D	通用 I/O	仅 HR6P77L 支持
	PSID6	D	PSI 数据 I/O	
PD7/PSID7	PD7	D	通用 I/O	仅 HR6P77L 支持
	PSID7	D	PSI 数据 I/O	

【续 2】

管脚名	管脚复用	A/D	端口说明	备注
PE0/AN5/#CS	PE0	D	通用 I/O	仅 HR6P77L 支持
	AN5	A	ADC 模拟通道输入 5	
	#CS	D	PSI 片选输入	
PE1/AN6/#RD	PE1	D	通用 I/O	仅 HR6P77L 支持
	AN6	A	ADC 模拟通道输入 6	
	#RD	D	PSI 读控制输入	
PE2/AN7/#WR	PE2	D	通用 I/O	仅 HR6P77L 支持
	AN7	A	ADC 模拟通道输入 7	
	#WR	D	PSI 写控制输入	
#MRST/VPP	#MRST	-	主复位输入	-
	VPP	A	OTP 编程电压输入	
OSC1	OSC1	-	外部晶振输入	-
OSC2	OSC2	-	外部晶振输出	-
VDD	VDD	-	电源	-
VSS	VSS	-	地, 0V 参考点	-

表 1-2 管脚说明

注 1: A = 模拟, D = 数字;

注 2: #MRST, #SS, #CS, #RD, #WR 表示低电平有效;

注 3: 所有通用数据 I/O 均为 TTL 输入和 TTL 输出。

第 2 章 内核特性

2.1 CPU 内核概述

- ◆ 内核特性
 - ◇ 高性能哈佛型 RISC CPU 内核
 - ◇ 48 条精简指令，指令长度 15 位
 - ◇ 工作频率为 DC ~ 16MHz
 - ◇ 直接、间接和相对寻址三种寻址方式
 - ◇ 复位向量位于 0000_H，默认中断向量位于 0004_H，支持中断向量表
 - ◇ 支持中断处理
 - ◇ 共 12 个中断源（HR6P73BL/73HL/76L）
 - ◇ 共 13 个中断源（HR6P77L）

2.2 系统时钟和机器周期

本芯片系统时钟支持最大 16MHz。输入时钟通过片内时钟生成器产生四个不重叠的正交时钟 phase1 (p1)，phase2 (p2)，phase3 (p3) 和 phase4 (p4)。四个不重叠的正交时钟组成一个机器周期。

2.3 指令集概述

本芯片采用 HR6P 系列 48 条精简指令集系统。所有指令都是单字指令。

除了部分条件跳转与控制流程的指令需要两个机器周期来完成，其它指令的执行都是在一个机器周期中完成。4 个时钟振荡周期为一个机器周期，若单片机运行在 4MHz 振荡时钟时，一个机器周期的时间为 1 μ s。

具体指令集请参考《附录 1 指令集》。

2.4 程序计数器 (PC) 和硬件堆栈

2.4.1 程序计数器 (PC)

HR6P73BL 支持 12 位程序计数器(PC)，可寻址 4K 程序存储空间，地址范围 0000_H ~ 0FFF_H；HR6P73HL/76L/77L 支持 13 位程序计数器 (PC)，可寻址 8K 程序存储空间，地址范围 0000_H ~ 1FFF_H。超出地址范围会导致循环。复位后，PC 指向 0000_H。产生中断后，PC 会根据不同的中断向量模式指向相应的中断向量入口地址。

程序计数器 PC，其中 PC<7:0>可通过 PCRL 直接读写，而 PC<n:8>不能直接读写，只能通过 PCRH 来间接赋值。复位时，PCRL、PCRH 和 PC 都会被清零。PC 硬件堆栈操作不会影响 PCRH 寄存器的内容。

下面是执行各种指令时，PC 值的变化情况：

- ◇ 通过指令直接修改 PC 值时，对 PCRL 的赋值操作可直接修改 PC<7:0>，即 PC<7:0> = PCRL<7:0>；而 PC<n:8> = PCRH<n-8:0>。因此，修改 PC 值，应先修改 PCRH，再修改 PCRL；

- ◇ 执行以 PCRL 为目标寄存器的指令时, 写入 PCRL 的值为 8 位的运算结果, PC 值的高字节从 PCRH<4:0>寄存器装入;
- ◇ 执行 CALL, GOTO 指令时, PC 值低 11 位由指令中的 11 位立即数 (操作数) 提供, 而 PC 剩余高位由 PCRH<4:3>提供;
- ◇ 执行 LCALL 时, PC 值由指令中的立即数 (操作数) 提供, 即分支程序的入口地址值;
- ◇ 执行其它指令时, PC 值自动加 1。

注: n 为 11 (HR6P73BL); n 为 12 (HR6P73HL/76L/77L)。

应用例程: 以 PCRL 为目标寄存器的指令应用程序

```

.....
MOVI    pageaddr
MOVA    PCRH      ; 设置表格页面地址
MOVI    tableaddr ; 设置偏移量给 A 寄存器
LCALL   TABLE   ; 调用子程序方式查表
.....
TABLE
ADD     PCRL, F      ; PC 加上偏移量, 指向访问的地址
RETIA   0X01
RETIA   0X02
RETIA   0X03
.....

```

2.4.2 硬件堆栈

芯片内有 8 级硬件堆栈, 堆栈位宽与 PC 位宽相等, 用于 PC 的压栈和出栈。执行 CALL、LCALL 指令或一个中断被响应后, PC 自动压栈保护; 当执行 RET、RETIA 或 RETIE 指令时, 堆栈会将最近一次压栈的值返回至 PC。

硬件堆栈只支持 8 级缓冲操作, 即硬件堆栈只保存最近的 8 次压栈值, 对于连续超过 8 次的压栈操作, 第 9 次的压栈数据使得第 1 次的压栈数据丢失。同样, 超过 8 次的连续出栈, 第 9 次出栈操作, 可能使得程序流程不可控。

2.5 特殊功能寄存器

寄存器名称	选择寄存器 (BSET)		
地址	081 _H 181 _H		
复位值	1111 1111		
PS<2:0>	bit2-0	R/W	T8/WDT 分频比选择位 000: 1:2 001: 1:4 010: 1:8 011: 1:16 100: 1:32 101: 1:64 110: 1:128 111: 1:256
PSA	bit3	R/W	预分频器选择位 0: 预分频器用于 T8 1: 预分频器用于 WDT
T8SE	bit4	R/W	T8 时钟沿选择位 0: T8CKI 外部时钟上升沿计数 1: T8CKI 外部时钟下降沿计数
T8CS	bit5	R/W	T8 时钟源选择位 0: 内部系统时钟 4 分频 Fosc/4 1: T8CKI 外部时钟输入
INTEDG	bit6	R/W	INT 中断信号触发边沿选择位 0: PINT 端口的下降沿触发 1: PINT 端口的上升沿触发
#PBPU	bit7	R/W	PB 口弱上拉控制位 0: 使能 PB 口弱上拉电阻 1: 禁止 PB 口弱上拉电阻

寄存器名称		程序状态字寄存器 (PSW)	
地址	003 _H 083 _H 103 _H 183 _H		
复位值	0001 1xxx		
C	bit0	R/W	全进位和借位 0: 无进位或有借位 1: 有进位或无借位
DC	bit1	R/W	半进位和借位, 对加/减指令 0: 低四位无进位或低四位有借位 1: 低四位有进位或低四位无借位
Z	bit2	R/W	零标志位 0: 算术或逻辑运算的结果不为零 1: 算术或逻辑运算的结果为零
#PD	bit3	R/W	低功耗标志位 0: 执行 IDLE 指令后被清零 1: 上电复位或执行 CWDT 指令后被置 1
#TO	bit4	R/W	定时时间到标志位 0: 看门狗定时器溢出被清零 1: 上电复位或执行 CWDT、IDLE 指令后被置 1
RP<1:0>	bit6-5	R/W	寄存器空间选择位 (直接寻址) 00: 选择存储体组 0 (000 _H ~ 07F _H) 01: 选择存储体组 1 (080 _H ~ 0FF _H) 10: 选择存储体组 2 (100 _H ~ 17F _H) 11: 选择存储体组 3 (180 _H ~ 1FF _H)
IRP	bit7	R/W	寄存器空间选择位 (间接寻址) 0: 选择存储体组 0/存储体组 1 (000 _H ~ 0FF _H) 1: 选择存储体组 2/存储体组 3 (100 _H ~ 1FF _H)

第 3 章 存储资源

3.1 程序存储器

3.1.1 概述

HR6P73BL 的程序存储器为 4K x 15 位 OTP。程序计数器 PC 为 12 位字宽，可寻址 4K 空间，地址范围 0000_H ~ 0FFF_H，寻址超出 0FFF_H 就会导致循环。

HR6P73HL/76L/77L 的程序存储器为 8K x 15 位 OTP。程序计数器 PC 为 13 位字宽，可寻址 8K 空间，地址范围 0000_H ~ 1FFF_H，寻址超出 1FFF_H 就会导致循环。

复位向量位于 0000_H，中断向量入口地址位于 0004_H、000D_H 和 0021_H。

3.1.2 寻址方式

程序存储器支持直接寻址和相对寻址。

程序指针 PC 通过直接寻址，从程序存储器中获取执行指令。当程序执行相对跳转指令 JUMP 时，程序指针 PC 执行相对寻址。相对寻址范围为 PC+1+I。有符号立即数 I 为相对跳转指令的操作数，即-128~127。

3.1.3 程序存储空间地址映射和堆栈示意图

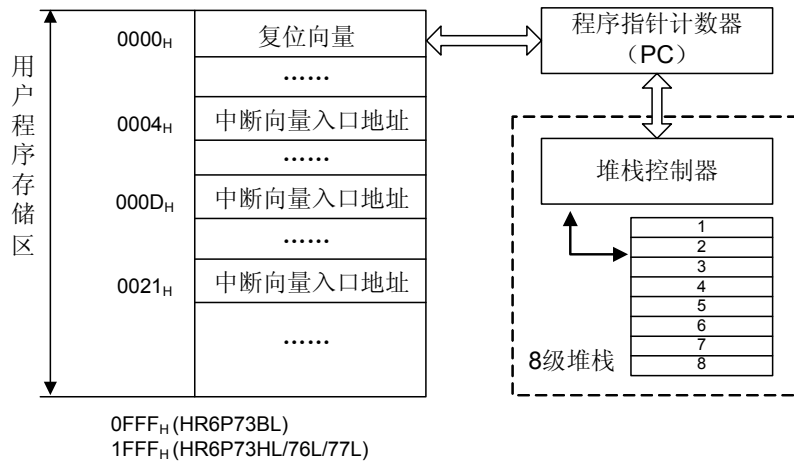


图 3-1 程序区地址映射和堆栈示意图

3.2 数据存储

3.2.1 数据存储空间地址映射

数据存储由特殊功能寄存器和通用数据寄存器构成，可分为 4 个存储体组（存储体组 0 ~ 3）。存储体组 0 由特殊功能寄存器空间 0 和通用数据寄存器空间 0 构成，存储体组 1 由特殊功能寄存器空间 1 和通用数据寄存器空间 1 构成，存储体组 2 由特殊功能寄存器空间 2 和通用数据寄存器空间 2 构成，存储体组 3 由特殊功能寄存器空间 3 和通用数据寄存器空间 3 构成。

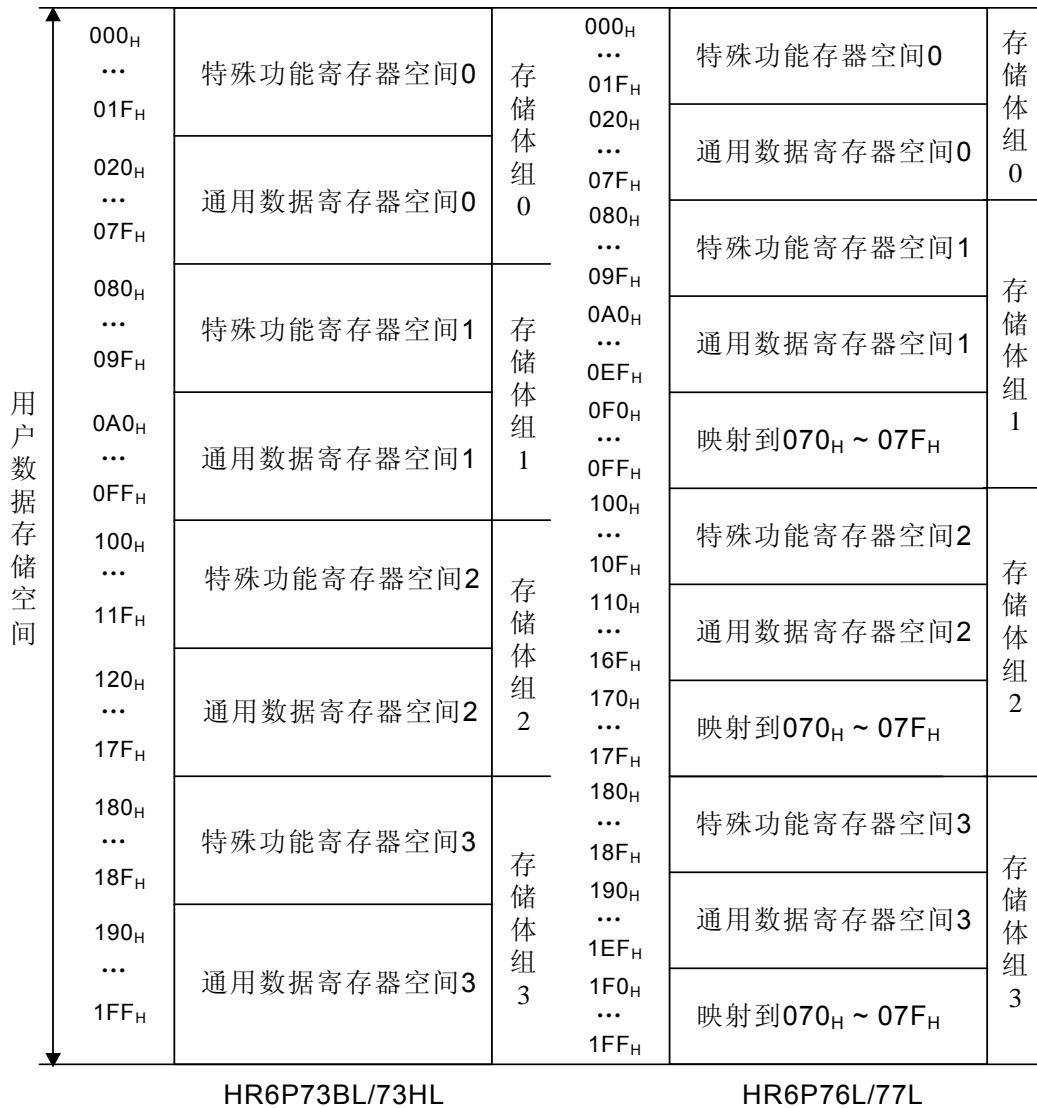


图 3-2 数据区地址映射示意图

3.2.2 寻址方式

数据存储器的寻址可以采用直接寻址和间接寻址。

直接寻址:

程序状态字寄存器 (PSW) 的 RP<1:0>位为直接寻址的高位地址, 用于在存储体组 0~3 中进行选择; 指令中的操作数为 7 位地址信息, 用于在所选的存储体组内直接寻址。

间接寻址:

程序状态字寄存器 (PSW) 的 IRP 位和索引寄存器 (IAA) 的最高位组成间接寻址的高位地址, 用于在存储体组 0~3 中进行选择; IAA 的低 7 位存放低位地址信息,

用于在所选的存储体组内寻址。间接寻址是通过 IAD 寄存器的读/写来完成的。

IAD 寄存器不是一个物理寄存器, 当对 IAD 寄存器进行读/写时, 实际上是访问 IAA 内容所指向的单元, 即 IAA 作为间接寻址的地址寄存器使用, IAD 作为间接寻址的数据存储器使用。若用间接寻址对 IAD 寄存器进行读操作, 返回结果为 00H; 进行写操作将视为空操作 (可能会影响状态位)。

应用例程: 采用间接寻址将存储体组 0 (020_H ~ 02F_H) 的寄存器清零。

```

.....
BCC   PSW, IRP   ; 选择存储体组 0, 1
MOVI  0X20       ; 对指针初始化
MOVA  IAA        ; IAA 指向 RAM
NEXT1:
CLR   IAD        ;
INC   IAA        ; 指针 IAA 内容加 1
JBS   IAA, 4     ; 到 2FH 完成否?
GOTO  NEXT1     ; 未完成, 循环到下一个单元清零
CONTINUE:
.....

```

应用例程: 采用间接寻址方式把数据 5A_H 写入存储体组 1 中 0B0_H ~ 0B7_H 内。

```

.....
BCC   PSW, IRP   ; 选择存储体组 0, 1
MOVI  0XB0       ; 对指针初始化
MOVA  IAA        ; IAA 指向 RAM
NEXT1:

```

MOVI	0X5A	;	对 A 寄存器赋值 5A _H
MOVA	IAD	;	间接寻址赋值
INC	IAA	;	指针 IAA 内容加 1
MOVI	0XB8	;	对 A 寄存器赋值 B8 _H
XOR	IAA, 0	;	IAA 值与 B8H 异或
JBS	PSW, Z	;	判断 IAA 值是否为 B8 _H
GOTO	NEXT1	;	IAA 值不是 B8 _H , 继续循环

CONTINUE:

.....

3.2.3 特殊功能寄存器空间

特殊功能寄存器主要由特殊功能寄存器空间 0~3 构成，具体特殊功能寄存器空间的分布，请参考下面表格：

特殊功能寄存器空间 0：

地址	寄存器名称	功能说明	备注
00 _H	IAD	间接寻址数据寄存器	-
01 _H	T8	T8 寄存器	-
02 _H	PCRL	低 8 位程序计数器	-
03 _H	PSW	程序状态字寄存器	-
04 _H	IAA	间接寻址地址寄存器	-
05 _H	PA	PA 端口电平状态寄存器	-
06 _H	PB	PB 端口电平状态寄存器	-
07 _H	PC	PC 端口电平状态寄存器	-
08 _H	PD	PD 端口电平状态寄存器	仅 HR6P77L 支持
09 _H	PE	PE 端口电平状态寄存器	仅 HR6P77L 支持
0A _H	PCRH	高 8 位程序计数器	-
0B _H	INTC0	中断控制寄存器 0	-
0C _H	INTF0	中断标志寄存器 0	-
0D _H	INTF1	中断标志寄存器 1	-
0E _H	T16NL	低 8 位 T16N 计数器	-
0F _H	T16NH	高 8 位 T16N 计数器	-
10 _H	T16NC	T16N 控制寄存器	-
11 _H	T8P	T8P 寄存器	-
12 _H	T8PC	T8P 控制寄存器	-
13 _H	SSIB	SSI 数据缓存寄存器	-
14 _H	SSIC	SSI 控制寄存器	-
15 _H	TE1L	低 8 位 TE1 缓冲寄存器	-
16 _H	TE1H	高 8 位 TE1 缓冲寄存器	-
17 _H	TE1C	TE1 控制寄存器	-
18 _H	RXS	UART 接收状态寄存器	-
19 _H	TXR	UART 发送数据寄存器	-
1A _H	RXR	UART 接收数据寄存器	-
1B _H	TE2L	低 8 位 TE2 缓冲寄存器	-
1C _H	TE2H	高 8 位 TE2 缓冲寄存器	-
1D _H	TE2C	TE2 控制寄存器	-
1E _H	ADCR	ADC 转换寄存器	-
1F _H	ADCC0	ADC 控制寄存器 0	-

特殊功能寄存器空间 1:

地址	寄存器名称	功能说明	备注
80 _H	IAD	间接寻址数据寄存器	-
81 _H	BSET	选择寄存器	-
82 _H	PCRL	低 8 位程序计数器	-
83 _H	PSW	程序状态字寄存器	-
84 _H	IAA	间接寻址地址寄存器	-
85 _H	PAT	PA 端口输入输出控制寄存器	-
86 _H	PBT	PB 端口输入输出控制寄存器	-
87 _H	PCT	PC 端口输入输出控制寄存器	-
88 _H	PDT	PD 端口输入输出控制寄存器	仅 HR6P77L 支持
89 _H	PET	PE 端口输入输出控制寄存器	仅 HR6P77L 支持
8A _H	PCRH	高 8 位程序计数器	-
8B _H	INTC0	中断控制寄存器 0	-
8C _H	INTE0	中断使能寄存器 0	-
8D _H	INTE1	中断使能寄存器 1	-
8E _H	PCON	电源控制寄存器	-
8F _H	INTC1	中断控制寄存器 1	-
90 _H	-	-	-
91 _H	-	-	-
92 _H	T8PP	T8P 周期寄存器	-
93 _H	SSIA	SSI 地址寄存器 (IIC 从动模式)	-
94 _H	SSIS	SSI 状态寄存器	-
95 _H	-	-	-
96 _H	-	-	-
97 _H	-	-	-
98 _H	TXS	UART 发送状态寄存器	-
99 _H	BRR	UART 波特率寄存器	-
9A _H	-	-	-
9B _H	-	-	-
9C _H	-	-	-
9D _H	-	-	-
9E _H	-	-	-
9F _H	ADCC1	ADC 控制寄存器 1	-

特殊功能寄存器空间 2:

地址	寄存器名称	功能说明	备注
100 _H	IAD	间接寻址数据寄存器	-
101 _H	T8	T8 寄存器	-
102 _H	PCRL	低 8 位程序计数器	-
103 _H	PSW	程序状态字寄存器	-
104 _H	IAA	间接寻址地址寄存器	-
105 _H	-	-	-
106 _H	PB	PB 端口电平状态寄存器	-
107 _H	-	-	-
108 _H	-	-	-
109 _H	-	-	-
10A _H	PCRH	高 8 位程序计数器	-
10B _H	INTC0	中断控制寄存器 0	-
10C _H	-	-	-
10D _H	-	-	-
10E _H	-	-	-
10F _H	-	-	-

特殊功能寄存器空间 3:

地址	寄存器名称	功能说明	备注
180 _H	IAD	间接寻址数据寄存器	-
181 _H	BSET	选择寄存器	-
182 _H	PCRL	低 8 位程序计数器	-
183 _H	PSW	程序状态字寄存器	-
184 _H	IAA	间接寻址地址寄存器	-
185 _H	-	-	-
186 _H	PBT	PB 端口输入输出控制寄存器	-
187 _H	-	-	-
188 _H	-	-	-
189 _H	-	-	-
18A _H	PCRH	高 8 位程序计数器	-
18B _H	INTC0	中断控制寄存器 0	-
18C _H	-	-	-
18D _H	-	-	-
18E _H	-	-	-
18F _H	-	-	-

3.2.4 通用数据存储器

HR6P73BL/73HL 的通用数据存储器为 384 x 8 位 SRAM，地址映射到 4 个存储体组中。所在地址范围为 020_H ~ 07F_H（存储体组 0）、0A0_H ~ 0FF_H（存储体组 1）、110_H ~ 17F_H（存储体组 2）、190_H ~ 1FF_H（存储体组 3）。

HR6P76L/77L 的通用数据存储器为 368 x 8 位 SRAM，地址映射到 4 个存储体组中。所在地址范围为 020_H ~ 07F_H（存储体组 0）、0A0_H ~ 0FF_H（存储体组 1）、110_H ~ 17F_H（存储体组 2）、190_H ~ 1FF_H（存储体组 3）。其中，0F0_H ~ 0FF_H、170_H ~ 17F_H、1F0_H ~ 1FF_H 的地址空间被映射到与 070_H ~ 07F_H 相同的物理存储空间。

通用数据存储器用于指令运行中存放数据或控制信息，其内容在上电复位后是不确定的，未掉电的其它复位后，将保存复位前的内容。

通用数据存储器能够直接寻址，也可通过索引寄存器 IAA 间接寻址。

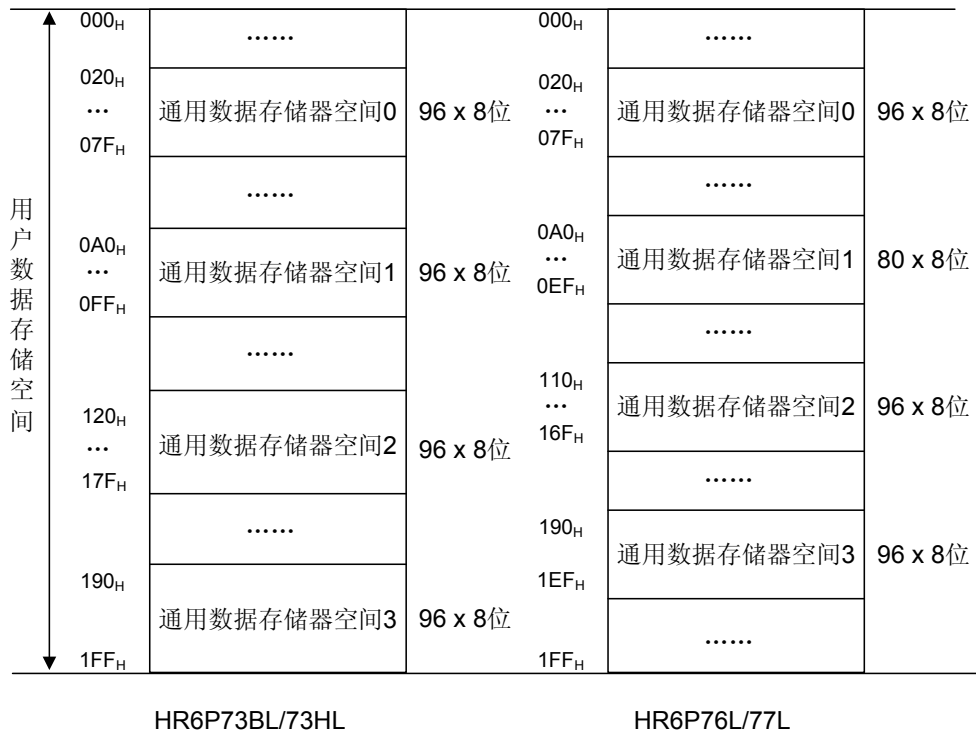


图 3-3 通用数据存储器地址映射示意图

第 4 章 输入/输出端口

4.1 概述

HR6P73BL/73HL/76L 支持 22 个 I/O 端口。

HR6P77L 支持 33 个 I/O 端口。

所有 I/O 端口都是 TTL 输入和 TTL 输出驱动器。每个端口都有相应的控制寄存器 PxT 来进行输入/输出控制。若 PxT 置 1，则 I/O 端口为输入状态，若 PxT 置 0，则 I/O 端口为输出状态。

当 I/O 管脚处于输出状态时，其电平由 Px 寄存器决定。1 为高电平，0 为低电平。

当 I/O 管脚处于输入状态时，其电平状态可由 Px 寄存器读取。

支持管脚复用。详细介绍和设置可参考《管脚说明》和《I/O MUX》章节。

4.2 结构框图

管脚	0	1	2	3	4	5	6	7	备注
PA	A	A	A	A	A	A	-	-	-
PB	B	B	B	B	B	B	B	B	-
PC	A	A	A	A	A	A	A	A	-
PD	A	A	A	A	A	A	A	A	仅 HR6P77L 支持
PE	A	A	A	-	-	-	-	-	仅 HR6P77L 支持

表 4-1 I/O 端口结构信息表

注：A 表示端口结构图 A，B 表示端口结构图 B。两种结构图如下。

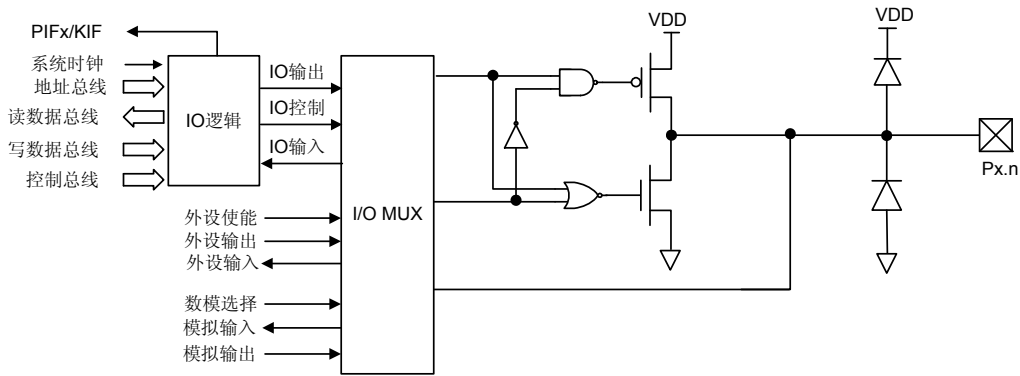


图 4-1 输入/输出端口结构图 A

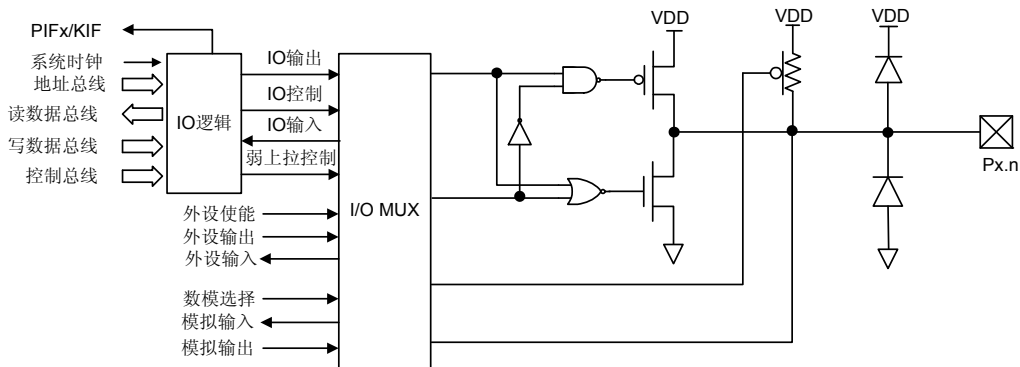


图 4-2 输入/输出端口结构图 B

4.3 I/O MUX

管脚名	管脚复用	PAT	外设使能	备注
PA0	PA0	-	-	
	AN0	1	ANSEL<2:0>=0xx/x0x	
PA1	PA1	-	-	
	AN1	1	ANSEL<2:0>=0xx/x0x	
PA2	PA2	-	-	
	AN2	1	ANSEL<2:0>=0xx	
PA3	PA3	-	-	
	AN3	1	ANSEL<2:0>=000/010/100	
	VREF	1	ANSEL<2:0>=001/011/101	
PA4	PA4	-	-	
	T8CKI	1	T8CS=1	
PA5	PA5	-	-	
	AN4	1	ANSEL<2:0>=0xx	
	#SS	1	SSIM=0100	

管脚名	管脚复用	PBT	外设使能	备注
PB0	PB0	-	-	
	PINT0	1	PIE=1	
PB1	PB1	-	-	
PB2	PB2	-	-	
PB3	PB3	-	-	
PB4	PB4	-	-	
	KIN0	1	KIE=1	
PB5	PB5	-	-	
	KIN1	1	KIE=1	
PB6	PB6	-	-	
	KIN2	1	KIE=1	
PB7	PB7	-	-	
	KIN3	1	KIE=1	

管脚名	管脚复用	PCT	外设使能	备注
PC0	PC0	-	-	
	T16NOSC2	-	T16NOSCEN=1	
	T16CKI	1	T16NCS=1	
PC1	PC1	-	-	
	T16NOSC1	-	T16NOSCEN=1	
	TE2CI	1	TE2M=01xx	
	TE2CO	0	TE2M=100x	
	PWM2	0	TE2M=11xx	
PC2	PC2	-	-	
	TE1CI	1	TE1M=01xx	
	TE1CO	0	TE1M=100x	
	PWM1	0	TE1M=11xx	
PC3	PC3	-	-	
	SCK	-	SSIEN=1 SSIM=00xx/010x	
	SCL	-	SSIEN=1 SSIM=011x/1011/111x	
PC4	PC4	-	-	
	SDI	1	SSIEN=1 SSIM=00xx/010x	
	SDA	-	SSIEN=1 SSIM=011x/1011/111x	
PC5	PC5	-	-	
	SDO	0	SSIEN=1 SSIM=00xx/010x	
PC6	PC6	-	-	
	TX	0	SPEN=1 SYNC=0	
	CK	-	SPEN=1 SYNC=1	
PC7	PC7	-	-	
	RX	1	SPEN=1 SYNC=0	
	DT	-	SPEN=1 SYNC=1	

管脚名	管脚复用	PDT	外设使能	备注
PD0	PD0	-	-	仅 HR6P77L 支持
	PSID0	-	PSIM=1	
PD1	PD1	-	-	仅 HR6P77L 支持
	PSID1	-	PSIM=1	
PD2	PD2	-	-	仅 HR6P77L 支持
	PSID2	-	PSIM=1	
PD3	PD3	-	-	仅 HR6P77L 支持
	PSID3	-	PSIM=1	
PD4	PD4	-	-	仅 HR6P77L 支持
	PSID4	-	PSIM=1	
PD5	PD5	-	-	仅 HR6P77L 支持
	PSID5	-	PSIM=1	
PD6	PD6	-	-	仅 HR6P77L 支持
	PSID6	-	PSIM=1	
PD7	PD7	-	-	仅 HR6P77L 支持
	PSID7	-	PSIM=1	

管脚名	管脚复用	PET	外设使能	备注
PE0	PE0	-	-	仅 HR6P77L 支持
	AN5	1	ANSEL<2:0>=00x	
	#CS	-	PSIM=1	
PE1	PE1	-	-	仅 HR6P77L 支持
	AN6	1	ANSEL<2:0>=00x	
	#RD	-	PSIM=1	
PE2	PE2	-	-	仅 HR6P77L 支持
	AN7	1	ANSEL<2:0>=00x	
	#WR	-	PSIM=1	

4.4 I/O端口弱上拉

管脚	0	1	2	3	4	5	6	7
PA	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	-	-
PB	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
PC	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持
PD	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持
PE	不支持	不支持	不支持	-	-	-	-	-

表 4-2 I/O 端口弱上拉

4.5 外部中断

4.5.1 外部端口中断 (PINT)

I/O 端口支持外部端口中断 PINT，对外部端口输入信号的边沿进行检测，当检测到相应的边沿后中断标志 PIF 置“1”，若 PIE 使能，则产生外部端口中断。通过 INTEDG 选择上升沿触发还是下降沿触发中断。

管脚名	中断名	中断使能	端口输入	触发选择	中断标志
PB0	PINT	PIE	PINT	INTEDG	PIF

表 4-3 外部端口中断

4.5.2 外部按键中断 (KINT)

I/O 端口各支持外部按键中断 KINT。按键中断支持 4 个按键输入端 KIN<3:0>。按键中断由 KIE 使能，任何一个未屏蔽的按键输入发生电平变化，都会使中断标志 KIF 置“1”，若 KIE 使能，则产生外部按键中断。

管脚名	中断名	中断使能	端口输入	中断标志
PB4	KINT	KIE	KIN0	KIF
PB5	KINT	KIE	KIN1	KIF
PB6	KINT	KIE	KIN2	KIF
PB7	KINT	KIE	KIN3	KIF

表 4-4 外部按键中断

4.6 特殊功能寄存器

寄存器名称		端口电平状态寄存器 (PA/PB/PC/PD/PE)	
地址			PA: 005 _H PB: 006 _H , 106 _H PC: 007 _H PD: 008 _H PE: 009 _H
复位值			xxxx xxxx
Px<7:0>	bit7-0	R/W	Px 口电平状态 0: 低电平 1: 高电平

寄存器名称		端口输入输出控制寄存器 (PAT/PBT/PCT/PDT)	
地址			PAT: 085 _H PBT: 086 _H , 186 _H PCT: 087 _H PDT: 088 _H
复位值			1111 1111
PxT<7:0>	bit7-0	R/W	Px 口输入输出状态 0: 输出状态 1: 输入状态

寄存器名称		PE 端口输入输出控制寄存器 (PET)	
地址			PET: 089 _H
复位值			0000 0111
PET<2:0>	bit2-0	R/W	PE 口输入输出状态 0: 输出状态 1: 输入状态
-	bit3	R/W	-
PSIM	bit4	R/W	PSI 功能使能位 0: 禁止 PSI 功能, PD/PE 端口作 I/O 功能 1: 使能 PSI 功能, PD/PE 端口作 PSI 功能
WOF	bit5	R/W	写入溢出标志位 0: 未发生写入溢出 1: 发生写入溢出
RF	bit6	R/W	读出缓冲器满标志位 0: 缓冲器内的数据被读出 1: 缓冲器内的数据未被读出
WF	bit7	R/W	写入缓冲器满标志位 0: 缓冲器内未写入新数据 1: 缓冲器内写入新的数据

第 5 章 外设

5.1 定时器/计数器模块 (Timer/Counter)

本芯片包含 1 组 8 位定时器/计数器 (T8)、1 组 PWM 时基定时器 (T8P) 和 1 组 16 位定时器 (T16N)。此外, 芯片还包含 2 组定时器扩展模块 (TE1 和 TE2)。

5.1.1 8 位定时器/计数器 (T8)

5.1.1.1 概述

- 支持系统时钟 4 分频 ($F_{osc}/4$) 和外部计数时钟 (T8CKI)
- 支持定时器模式和计数器模式
- 支持 1 组可配置预分频器
- 支持 1 组计数器, 可以对系统时钟 4 分频/预分频输出进行计数或对外部时钟边沿进行计数
- 休眠模式下不可用
- 支持溢出中断

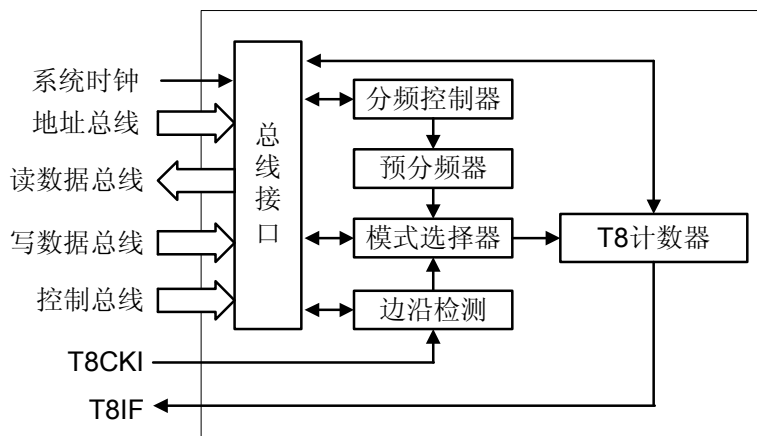


图 5-1 T8 内部结构图

5.1.1.2 工作模式

T8 通过 T8CS 位 (BSET<5>) 的设置来选择工作模式。

设置 T8CS 为 0, T8 为定时器模式, 使用系统时钟 4 分频。不使用预分频器时, T8 寄存器的递增周期为一个机器周期, 即 $F_{osc}/4$ 。当使用预分频器时, T8 寄存器的递增周期为预分频器的输出信号周期。

设置 T8CS 为 1, T8 为计数器模式, 使用外部时钟。时钟信号是从 T8CKI 端口输入, 通过 T8SE 位 (BSET<4>) 的设置来选择对外部时钟的上升沿或下降沿计数。当 T8SE 位为 0 时, 选择上升沿计数; T8SE 位为 1 时, 选择下降沿计数。T8 寄存器在外部时钟的上升沿或下降沿递增。通过内部相位时钟 p2 和 p4 采样, 来实现 T8CKI 与内部相位时钟的同步。因此, T8CKI 保持高电平或者低电平时间至少 4 个时钟周期。

5.1.1.3 预分频器

通过 PSA 位的设置 (BSET<3>) 来选择预分频是否被分配给 T8。当预分频器分配给 T8 时, 任何对 T8 寄存器的操作都会把预分频器的计数值清零, 但不改变预分频器的分频比。预分频器的计数值无法读写, 分频比可由 PS<2:0> (BSET<2:0>) 来配置。

5.1.1.4 中断标志

T8 提供了一个溢出中断标志。当 T8 寄存器递增计数, 计数值由 FF_H 变为 00_H 时, T8 寄存器发生溢出, T8IF 位 (INTC0<2>) 置 1, 如果 T8IE 位 (INTC0<5>) 使能, 则产生 T8 溢出中断。如果 T8IE 不使能, 则屏蔽这个中断。在重新使能这个中断之前, 为了避免误触发中断, T8IF 位必须软件清零。在 CPU 进入休眠模式后, 该中断将不再响应。

5.1.2 8 位PWM时基定时器 (T8P)

5.1.2.1 概述

- 支持系统时钟 4 分频(Fosc/4)
- 支持定时器模式
- 支持 1 组可配置预分频器和 1 组可配置后分频器
- 支持 1 组计数器, 可以对系统时钟 4 分频/预分频输出进行计数
- 支持 1 组周期寄存器, 存放计数周期
- 计数器同周期寄存器比较, 当匹配时, 可产生匹配信号, 并清零计数器
- 通过定时器/计数器扩展模块, 支持 PWM 输出功能

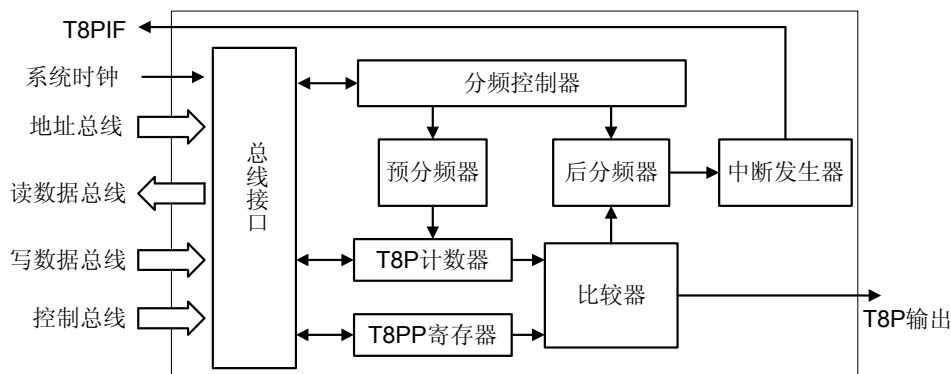


图 5-2 T8P 内部结构图

注: T8PP 为 T8P 周期寄存器。

5.1.2.2 工作模式

T8P 支持定时器模式, 使用系统时钟 4 分频 (Fosc/4)。通过定时器/计数器扩展模块, 可以实现 PWM 输出, 请参考《T8P 脉宽调制功能扩展》章节。

5.1.2.3 预分频器和后分频器

T8P 包括 1 个可配置预分频器和 1 个可配置后分频器。预分频器的计数值无法读写, 分频比可由 CKPS<1:0> (T8PC<1:0>) 来配置。后分频器的计数值也无法读写, 分频比可由 TOUTPS<3:0> (T8PC<6:3>) 来配置。修改 T8P

的控制寄存器或计数器都会把预分频器和后分频器的计数值清零。

5.1.2.4 中断标志

T8P 支持 1 组周期寄存器和 1 组计数器，都可以由用户配置。当 T8P 计数器的计数值递增到与周期寄存器的值相等时，产生一次匹配信号。后分频器会对这一匹配信号进行计数，当满足后分频器的设定值时，T8PIF 置 1，如果 T8PIE 使能，则产生 T8P 中断，如果 T8PIE 不使能，则屏蔽该中断。在重新使能这个中断之前，为了避免误触发中断，T8PIF 位必须软件清零。在 CPU 进入休眠模式后，该中断将不再响应。

5.1.3 16 位定时器/计数器 (T16N)

5.1.3.1 概述

- 支持系统时钟 4 分频 ($F_{osc}/4$) 和外部计数时钟 (T16NCKI)
- 支持定时器模式和计数器模式
- 支持同步计数模式和异步计数模式
- 支持 2 组计数器 (T16NL 和 T16NH)，可以对系统时钟 4 分频/预分频输出进行计数或对外部时钟边沿进行计数
- 支持可配置预分频器
- 支持溢出中断。异步计数模式，休眠模式下，中断可唤醒 CPU
- 通过定时器/计数器扩展模块，支持捕捉功能
- 通过定时器/计数器扩展模块，支持比较器功能

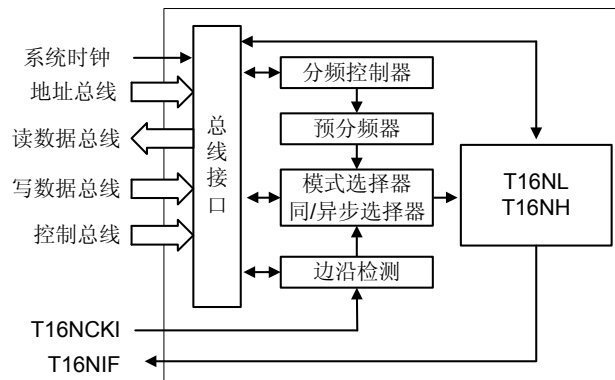


图 5-3 T16N 内部结构图

5.1.3.2 工作模式

T16N 通过 T16NCS (T16NC<1>) 的设置来选择工作模式。在计数模式时, 通过 T16NSYNC (T16NC<2>) 设置来选择同步计数模式或异步计数模式。

1. T16N 定时器模式

当 T16NCS = 0 时, T16N 工作在定时器方式, 此时 T16N 的时钟信号是系统时钟 4 分频。

注: 若要给 T16NL 寄存器赋值 FFH, 必须关闭 T16N。

2. T16N 同步计数器模式

当 T16NCS = 1, T16NSYNC = 0 时, T16N 工作在同步计数方式下。因为外部时钟需要与系统时钟 4 分频 p4 同步, 所以外部时钟必须满足一定的要求。当预分频比是 1:1 时, 外部时钟的输入与预分频器的输出相同, 所以要求 T16NCKI 端口上输入脉冲信号的高或低电平时间至少保持 4Tosc (一个机器周期)。

T16N 在同步计数器方式时, 如果单片机进入了休眠模式, 虽然外部的时钟输入仍在工作, 但因为时钟同步模块也进入休眠模式, 所以 T16N 无法工作。

注: 同步计数模式下, 外部时钟输入高电平/低电平要大于 1 个机器周期, 小于 1 个机器周期的脉冲可能会丢失。

3. T16N 异步计数器模式

当 T16NCS = 1, T16NSYNC = 1 时, T16N 工作在异步计数方式下。T16N 异步计数器在休眠期间继续工作并在溢出时产生中断, 并且这个中断能够唤醒 CPU。

4. T16N 扩展功能

通过定时器/计数器扩展模块, T16N 可以支持捕捉功能和比较器两种扩展功能, 请参考《T16N 捕捉功能扩展》和《T16N 比较器功能扩展》章节。

5.1.3.3 振荡器

当 T16N 用作计数器模式时 (同步或异步), T16N 不能使用振荡器。

当使能 T16N 振荡器时, T16NOSC1 和 T16NOSC2 可外接 32KHz ~ 100KHz 振荡器。

注: T16N 振荡器关闭时 (T16NOSCEN 为 0), 振荡器反馈电阻被关断。

5.1.4 定时器/计数器扩展模块 (TE)

5.1.4.1 概述

HR6P73BL/73HL/76L/77L 均包含 2 组 TE。

TE 支持 3 种功能扩展模式：T16N 捕捉功能扩展、T16N 比较器功能扩展和 T8P 脉宽调制功能扩展，通过设置 TExM<3:0> 选择相应的扩展模式。

注：1 组 TE 不能同时设置多个功能扩展。

5.1.4.2 T16N捕捉功能扩展

当 TE 设置成捕捉功能扩展时，T16N 与 TE 一起对 TExCI 端口进行实时监测。T16N 作为计数器，TE 作为捕捉器。当 TExCI 端口的状态变化符合捕捉条件时，TE 将 T16N 的计数值捕捉到 TEx 寄存器 (TExH:TExL) 中，并产生 TE 中断 (即将 TExIF 置 1)。

TE 支持 4 种捕捉条件：捕捉每 1 个下降沿脉冲，捕捉每 1 个上升沿脉冲，捕捉每 4 个上升沿脉冲以及捕捉每 16 个上升沿脉冲。

当选择了捕捉条件，同时也选择了相应的预分频器设置。预分频计数器，在禁止 TE 模块或改变 TE 工作模块时，都会被清零。修改捕捉预分频的分频比时，此时预分频计数器不会被清零。因此，首次捕捉可以从一个非零预分频计数器开始。当捕捉条件满足时，产生的中断标志位必须由软件清除，而捕捉到的 TEx 寄存器的值如果没有被及时读取，那么在下一次捕捉条件满足时，新的捕捉值会覆盖原来的值。

在初始化 TExCI 端口时，必须将相应的 TExCI 端口所在的管脚设置成输入状态。在初始化 T16N 时，必须将其设置成定时器模式或者同步计数模式。

TE 模式改变时，也许会导致错误中断产生。因此为了避免产生错误中断，用户在改变模式时应该保持 TExIE 为 0，并且将标志位 TExIF 清零。

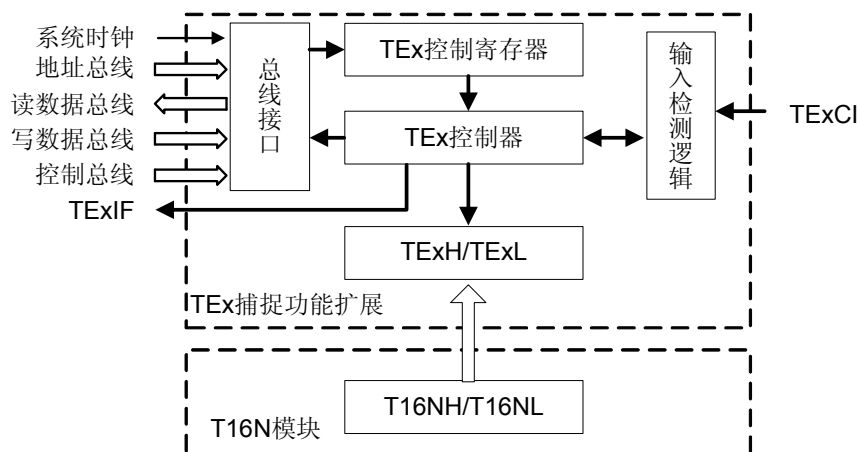


图 5-4 TE 在捕捉功能扩展的内部结构图

5.1.4.3 T16N比较器功能扩展

当 TE 设置成比较功能扩展时，T16N 与 TE 一起实现比较器功能。T16N 作为计数器进行递增计数，TE 存放比较内容。当 T16N 中的计数值与 TEx 寄存器 (TExH:TExL) 中存放的比较内容相同时，TE 产生比较匹配，并执行相应的比较匹配事件，及 TE 中断 (即：将 TExIF 置 1)。

比较匹配事件可由 TExC 寄存器中的 TExM<3:0>位设置，支持以下几种事件：

- TExCO 端口输出高电平
- TExCO 端口输出低电平
- TExCO 端口输出保持不变
- 特殊事件触发

在初始化 TExCO 端口时，必须将相应的 TExCO 端口所在的管脚设置成输出状态。

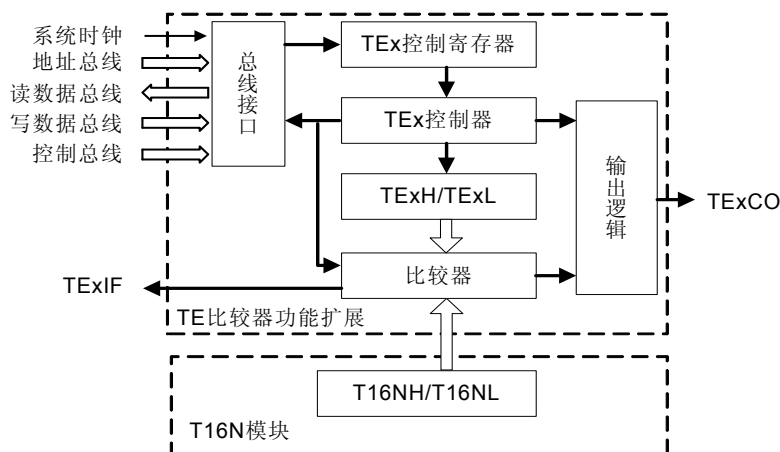


图 5-5 TE 在比较器功能扩展的内部结构图

5.1.4.4 T8P脉宽调制功能扩展

当 TE 设置成 PWM 功能扩展时，PWMx 端口可产生 10 位分辨率的 PWM 输出。

在初始化 PWMx 端口时，必须将相应的 PWMx 端口所在的管脚设置成输出状态。

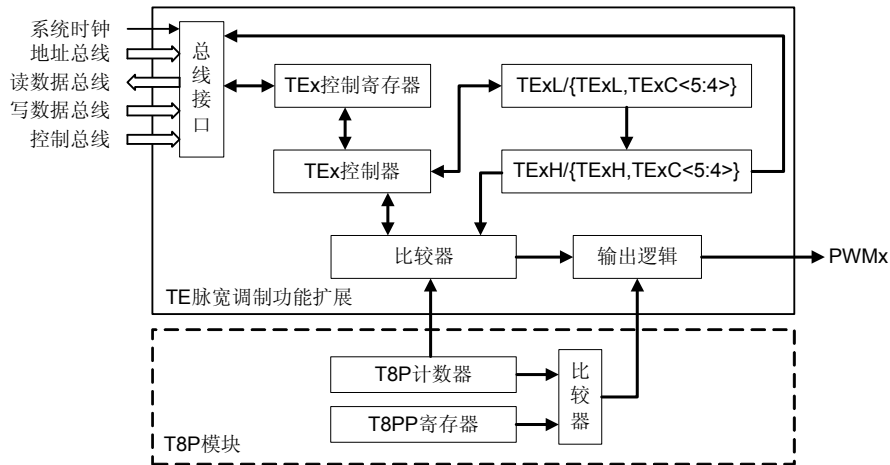


图 5-6 TE 在 PWM 功能扩展的内部结构图

对于 PWM 输出，波形如下图所示：

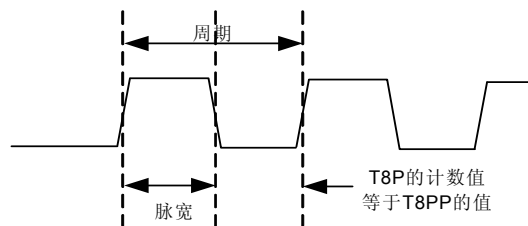


图 5-7 PWM 输出示意图

PWM 的周期由 PWM 时基定时器 T8P 提供。T8P 从 0 开始递增计数，当计数值等于 T8PP 时，完成了 PWM 的计数周期。满足计数周期时，将会进行如下操作：TEx 端口被置 1（但如果 PWM 的占空比为 0%，TE1 端口将不会置 1）；TExL 被锁存到 TExH；T8P 被清零。

PWM 脉宽由写入 TExL 寄存器和 TExC<5:4> 位的值来决定。TExL:TExC<5:4> 在任何时候都是可写的，但是 TExL 值要到 T8PP 与 T8P 相等后才锁存到 TExH（即周期完成）。如果 PWM 脉宽值比 PWM 周期要长，TEx 端口将不会清零。在 PWM 方式下，TExH 是一个只读寄存器。

对 TExC 寄存器清零将会强迫 PWMx 输出锁存器为低电平，而不是 I/O 端口的输出电平值。

PWM 公式如下：

$$\text{PWM 周期} = [(T8PP)+1] \times 4 \times T_{osc} \times (T8P \text{ 预分频比})$$

$$\text{PWM 频率} = 1/(\text{PWM 周期})$$

PWM 脉宽 = (TEXL:TEXC<5:4>) × TOSC × (T8P 预分频比)

PWM 占空比 = (TEXL:TEXC<5:4>)/4[(T8PP)+1]

给定 PWM 频率，PWM 的最大分辨率可计算为：

$$\text{分辨率} = \frac{\log\left(\frac{F_{osc}}{F_{pwm} * F_{ckps}}\right)}{\log 2}$$

F_{CKPS} 是 T8P 预分频器的分频比。

应用例程：对 PWM 的运行进行设定可产生周期为 256μs，占空比为 50%脉冲波形

(主时钟采用 4MHz)

```

.....
MOVI    0XFF          ; 将 0XFF 送至 A
BSS     PSW, RP0
BCC     PSW, RP1
MOVA    T8PP          ; 设置 PWM 周期
BCC     PCT, 2        ; 设置 PC2 为输出口
MOVI    0X80          ; 设置 PWM 脉宽
MOVA    TEL
MOVI    0X0C
MOVA    T8PC
MOVI    0X0C          ; 设置为 PWM 方式
MOVA    TE1C
.....

```

5.1.5 特殊功能寄存器

寄存器名称		T8 寄存器 (T8)	
地址	001 _H 101 _H		
复位值	XXXX XXXX		
T8<7:0>	bit7-0	R/W	T8 计数器 00 _H ~ FF _H

寄存器名称		T8P 寄存器 (T8P)	
地址	011 _H		
复位值	XXXX XXXX		
T8P<7:0>	bit7-0	R/W	T8P 计数器 00 _H ~ FF _H

寄存器名称		T8P 控制寄存器 (T8PC)	
地址	012 _H		
复位值	0000 0000		
T8PCKPS<1:0>	bit1-0	R/W	T8P 预分频器分频比选择位 00: 分频比为 1:1 01: 分频比为 1:4 1x: 分频比为 1:16
T8PON	bit2	R/W	T8P 使能位 0: 关闭 T8P 1: 使能 T8P
TOUTPS<3:0>	bit6-3	R/W	T8P 后分频器分频比选择位 0000: 分频比为 1:1 0001: 分频比为 1:2 0010: 分频比为 1:3 ... 1111: 分频比为 1:16
-	bit7	-	-

寄存器名称		T8P 周期寄存器 (T8PP)	
地址	092 _H		
复位值	1111 1111		
T8PP<7:0>	bit7-0	R/W	T8P 周期寄存器 00 _H ~ FF _H

寄存器名称		低 8 位 T16N 计数器 (T16NL)	
地址		00E _H	
复位值		XXXX XXXX	
T16NL<7:0>	bit7-0	R/W	T16N 低 8 位计数器 00 _H ~ FF _H

寄存器名称		高 8 位 T16N 计数器 (T16NH)	
地址		00F _H	
复位值		XXXX XXXX	
T16NH<7:0>	bit7-0	R/W	T16N 高 8 位计数器 00 _H ~ FF _H

寄存器名称		T16N 控制寄存器 (T16NC)	
地址		010 _H	
复位值		0000 0000	
T16NON	bit0	R/W	T16N 使能位 0: 关闭 T16N 1: 打开 T16N
T16NCS	bit1	R/W	T16N 时钟源选择位 0: 工作于定时方式 (用系统时钟 4 分频, Fosc/4) 1: 对 T16NIO1 端口 (上升沿) 输入的外部时钟信号计数
T16NSYNC	bit2	R/W	T16N 外部时钟输入同步控制位 0: T16NCS = 1: 与外部时钟输入同步 T16NCS = 0: T16N 工作于定时器方式下, 未用此位 1: T16NCS = 1: 不与外部时钟输入同步 T16NCS = 0: T16N 工作于定时器方式下, 未用此位
T16NOSCEN	bit3	R/W	T16N 振荡器使能 0: 不使能 T16N 振荡器 1: 使能 T16N 振荡器
T16NCKPS<1:0>	bit5-4	R/W	T16N 输入预分频选择位 00 = 1:1 01 = 1:2 10 = 1:4 11 = 1:8
-	bit7-6	R/W	-

寄存器名称		低 8 位 TE1 缓冲寄存器 (TE1L)	
地址		015 _H	
复位值		XXXX XXXX	
TE1L<7:0>	bit7-0	R/W	TE1 低 8 位比较寄存器 00 _H ~ FF _H

寄存器名称		高 8 位 TE1 缓冲寄存器 (TE1H)	
地址		016 _H	
复位值		XXXX XXXX	
TE1H<7:0>	bit7-0	R/W	TE1 高 8 位比较寄存器 00 _H ~ FF _H

寄存器名称		TE1 控制寄存器 (TE1C)	
地址		017 _H	
复位值		0000 0000	
TE1M<3:0>	bit3-0	R/W	TE1 工作方式选择位 0000 = 关闭 TE 模块 (即 TE1 复位) 0100 = 捕捉每 1 个脉冲下降沿 (捕捉功能扩展) 0101 = 捕捉每 1 个脉冲上升沿 (捕捉功能扩展) 0110 = 捕捉每 4 个脉冲上升沿 (捕捉功能扩展) 0111 = 捕捉每 16 个脉冲上升沿 (捕捉功能扩展) 1000 = 匹配时输出 1 (比较器功能扩展) 1001 = 匹配时输出 0 (比较器功能扩展) 1010 = 匹配时产生软件中断 (比较器功能扩展, TE1IF = 1, T16NIO1 端口不受影响) 1011 = 触发特别事件 (TE 清零 T16N, T16NIO1 端口没影响) 11xx = PWM 功能扩展
PWM1Y- PWM1X	bit5-4	R/W	10 位 PWM 工作循环周期低 2 位 00 ~ 11
-	bit7-6	-	-

寄存器名称		低 8 位 TE2 缓冲寄存器 (TE2L)	
地址		01B _H	
复位值		XXXX XXXX	
TE2L<7:0>	bit7-0	R/W	TE2 低 8 位比较寄存器 00 _H ~ FF _H

寄存器名称		高 8 位 TE2 缓冲寄存器 (TE2H)	
地址		01C _H	
复位值		XXXX XXXX	
TE2H<7:0>	bit7-0	R/W	TE2 高 8 位比较寄存器 00 _H ~ FF _H

寄存器名称		TE2 控制寄存器 (TE2C)	
地址		01D _H	
复位值		0000 0000	
TE2M<3:0>	bit3-0	R/W	TE2 工作方式选择位 0000 = 关闭 TE 模块 (即 TE2 复位) 0100 = 捕捉每 1 个脉冲下降沿 (捕捉功能扩展) 0101 = 捕捉每 1 个脉冲上升沿 (捕捉功能扩展) 0110 = 捕捉每 4 个脉冲上升沿 (捕捉功能扩展) 0111 = 捕捉每 16 个脉冲上升沿 (捕捉功能扩展) 1000 = 匹配时输出 1 (比较器功能扩展) 1001 = 匹配时输出 0 (比较器功能扩展) 1010 = 匹配时产生软件中断 (比较器功能扩展, TE2IF = 1, T16NIO2 端口不受影响) 1011 = 触发特别事件 (TE 清零 T16N, T16NIO2 端口没影响, 如果 ADC 使能, 能启动 ADC 转换) 11xx = PWM 功能扩展
PWM2Y- PWM2X	bit5-4	R/W	10 位 PWM 工作循环周期低 2 位 00 ~ 11
-	bit7-6	-	-

5.2 模/数转换器模块 (ADC)

5.2.1 概述

本芯片带有 8 位 A/D 转换模块，此模块能将一个模拟信号转换成相对应的 8 位数字信号。HR6P73BL/73HL/76L 有 5 个 A/D 通道模拟输入端，HR6P77L 有 8 个 A/D 通道模拟输入端。

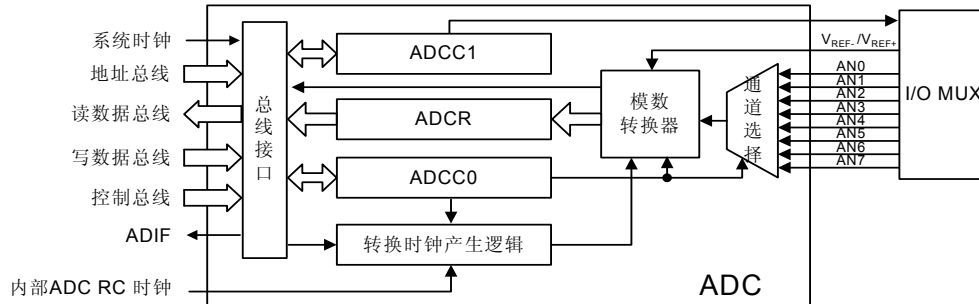


图 5-8 ADC 内部结构图

5.2.2 操作说明

以下通过 A/D 转换的程序和 ADC 时序特征图来说明 ADC 的操作步骤。

应用例程：A/D 转换程序

```

.....
BCC   PSW, RP1
BSS   PSW, RP0           ; 选择存储体组 1
MOVI  0X00              ;
MOVA  ADCC1             ; 设置 A/D 通道模拟输入
BSS   INTE0, ADIE       ; 使能 A/D 中断
BCC   PSW, RP0           ; 选择存储体组 0
MOVI  0X01              ; 打开 A/D 转换器，选中通道 0
MOVA  ADCC0             ; PA0 作为 A/D 输入
BCC   INTF0, ADIF       ; 清 A/D 中断标志
BSS   INTC0, PEIE       ; 使能外围功能部件中断
BSS   INTC0, GIE        ; 使能总中断
; 为了确保所需要的采样时间，延时一段时间后才能启动 A/D 转换
BSS   ADCC0, GO
.....
    
```

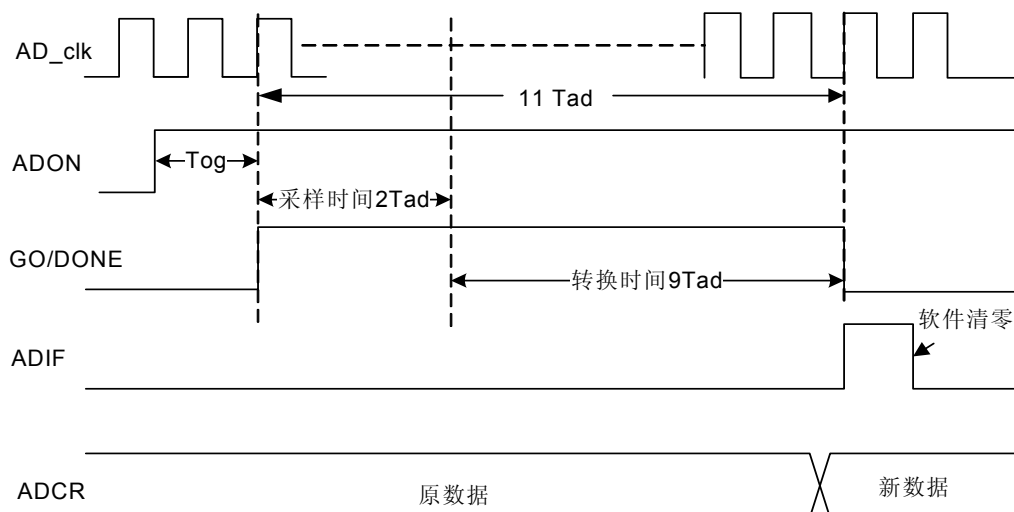


图 5-9 ADC 时序特征图

注 1: T_{ad} 为 ADC 时钟周期;

注 2: T_{og} 为 A/D 转换使能--启动等待时间, 必须大于等于 0。

5.2.3 特殊功能寄存器

寄存器名称		ADC 控制寄存器 0 (ADCC0)	
地址	01F _H		
复位值	0000 0000		
ADON	bit0	R/W	A/D 转换使能位 0: 关闭 A/D 转换器 1: 运行 A/D 转换器
-	bit1	-	-
GO/DONE	bit2	R/W	A/D 转换状态位 0: A/D 未进行转换, 或 A/D 转换已完成 1: A/D 转换正在进行, 该位置 1 启动 A/D 转换
CHS<2:0>	bit5-3	R/W	A/D 模拟通道选择位 000 = 通道 0 (AN0) 001 = 通道 1 (AN1) 010 = 通道 2 (AN2) 011 = 通道 3 (AN3) 100 = 通道 4 (AN4) 101 = 通道 5 (AN5) (HR6P77L) 110 = 通道 6 (AN6) (HR6P77L) 111 = 通道 7 (AN7) (HR6P77L)
ADCS<1:0>	bit7-6	R/W	ADC 时钟选择位 00 = $F_{osc}/2$ 01 = $F_{osc}/8$ 10 = $F_{osc}/32$ 11 = RC 时钟 (250KHz)

寄存器名称		ADC 转换寄存器 (ADCR)	
地址	01E _H		
复位值	XXXX XXXX		
ADCR<7:0>	bit7-0	R/W	转换结果 00 _H ~ FF _H

寄存器名称		ADC 控制寄存器 1 (ADCC1)	
地址	9F _H		
复位值	0000 0000		
ANSEL<2:0>	bit2-0	R/W	A/D 转换端口功能选择位 位值说明见下表
-	bit7-3	-	-

ANSEL	PA5	PA3	PA2	PA1	PA0	PE2	PE1	PE0	VREF
000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD
001	A	VREF	A	A	A	A	A	A	PA3
010	A	A	A	A	A	D	D	D	VDD
011	A	VREF	A	A	A	D	D	D	PA3
100	D	A	D	A	A	D	D	D	VDD
101	D	VREF	D	A	A	D	D	D	PA3
110	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD
111	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD

注：A 表示模拟输入，D 表示数字输入/输出。

5.3 串行接口 (SSI)

5.3.1 概述

串行接口 SSI 提供了 2 种串行传输模式，SPI 模式和 IIC 模式，分别兼容标准的 SPI 和 IIC 总线协议。SPI 模式可以配置成主控和从动方式，和片外 SPI 设备进行通讯。IIC 模式也可配置成主控（软件支持）和从动方式，和片外 IDC 设备进行通讯。

SSI 由 1 组发送/接收移位寄存器和一个数据缓冲寄存器组成。

管脚名	SPI 模式		IIC 模式	
	主控模式	从动模式	主控模式	从动模式
PC6	SCK (O)	SCK (I)	-	SCL
PC7	SDI	SDI	-	SDA
PC4	SDO	SDO	-	-
PA5	-	#SS	-	-

表 5-1 SSI 管脚分配表

注：SSI 的 IIC 主控模式需要软件 I/O 模拟，所以管脚可以由软件选择。

5.3.2 SPI 模式

SPI 模式时，数据从 MCU 端口移进/移出，发送/接收从最高位 Bit7 开始。一旦 8 位数据被接收完毕，数据缓冲器满标志 BF 和中断标志位 SSIIF 将置 1。任何在数据发送/接收期间写入数据缓冲寄存器的值都将被忽略，同时写冲突检测位 WCOL (SSIC<7>) 将被置 1。用户必须对 WCOL 位清零以便确定写入 SSIB 是否成功完成。在接收数据时，数据缓冲寄存器在下一个数据字节被写入之前应该被读出。缓冲器满标志位 BF 表示什么时候 SSIB 寄存器已被所接收的数据装入（发送完成）。当 SSIB 被读时，满标志位 BF 自动清零。

通过用 SSIC 寄存器 (SSIC<5:0>) 和 SSIS<7:6>控制位来初始化下列 SPI 的工作方式。

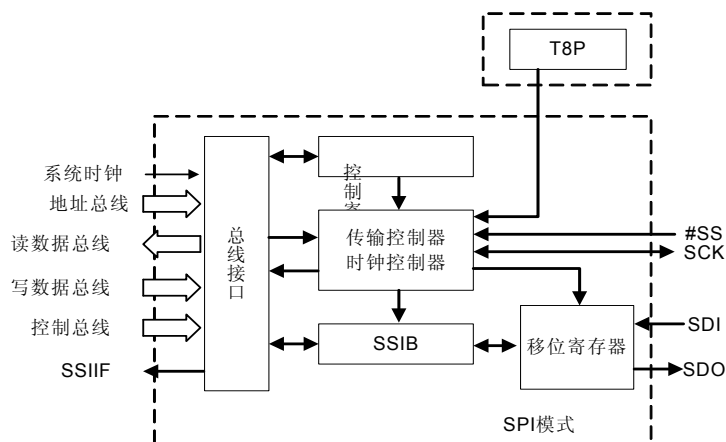


图 5-10 SPI 结构框图

5.3.2.1 SPI主控模式

当 SPI 配置成主控模式时，SCK 处于输出状态。串行时钟边沿可由 CKP（SSIC<4>）进行选择。

SPI 通讯速率由用户编程设定。设定方式有如下 4 种：Fosc/4，Fosc/16，Fosc/64，T8P 输出/2。

初始化 SPI 的流程如下：

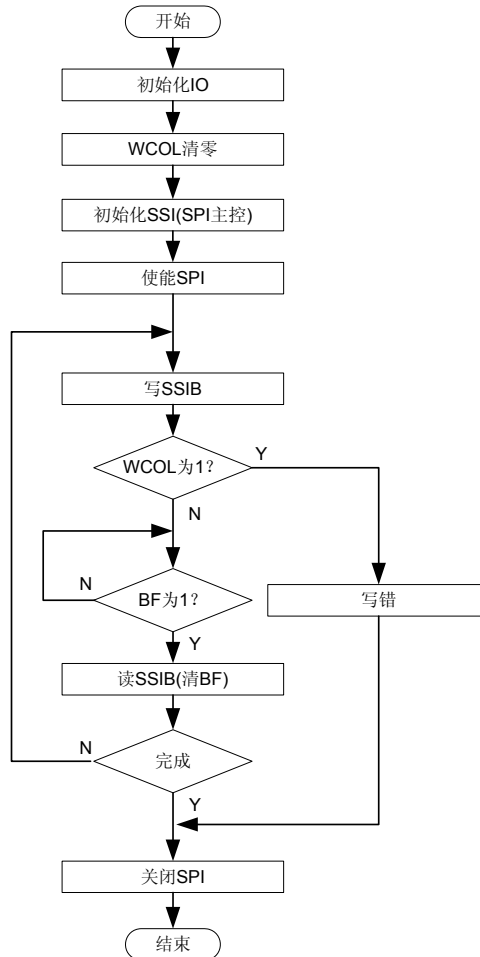


图 5-11 SPI 主控模式流程图

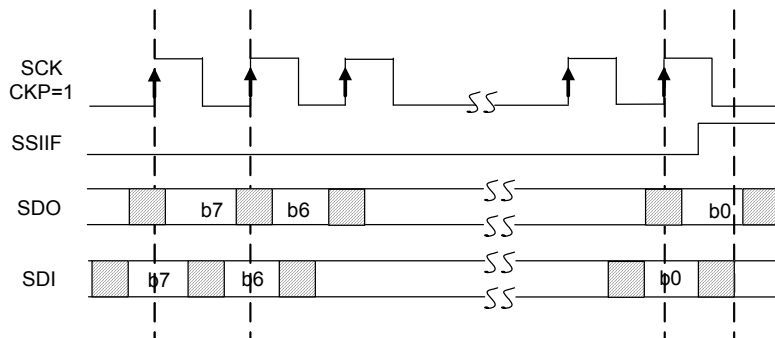


图 5-12 SPI 主控模式时序图 (CKP = 1)

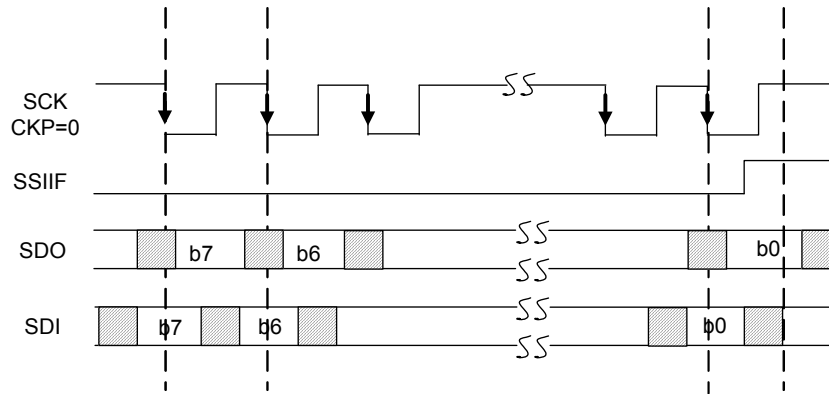


图 5-13 SPI 主控模式时序图 (CKP = 0)

5.3.2.2 SPI从动模式

当 SPI 配置成从动模式时，SCK 处于输入状态，管脚#SS 可以设置作为 SPI 的从动片选。当管脚#SS 为低电平时，SPI 将响应片外设备的发送和接收，当管脚#SS 为高电平时，SDO 端口会变成高阻输出。串行时钟输出的极性可由 CKP(SSIC<4>)进行选择。SPI 可以在休眠状态下继续工作，并可在发送完成后将 CPU 唤醒。可以根据需要外接上拉或下拉电阻。

初始化 SPI 的流程如下：

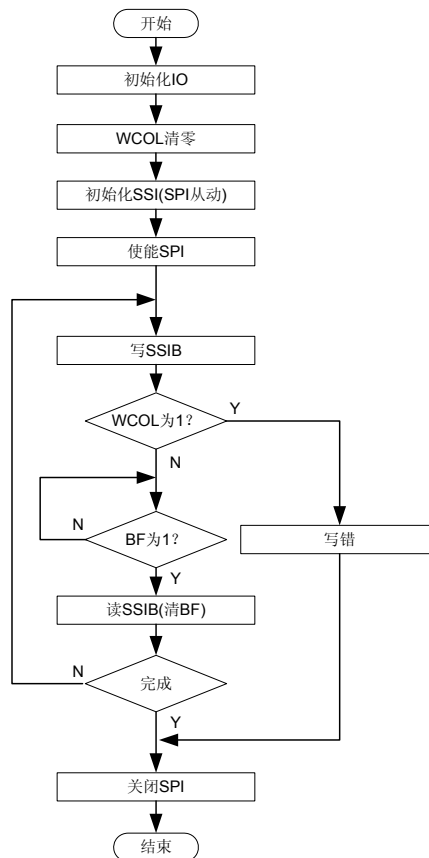


图 5-144 SPI 从动模式流程图

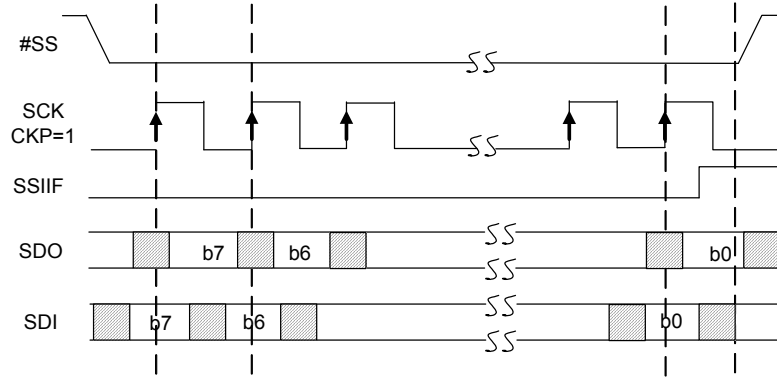


图 5-15 SPI 从动模式时序图 (CKP=1)

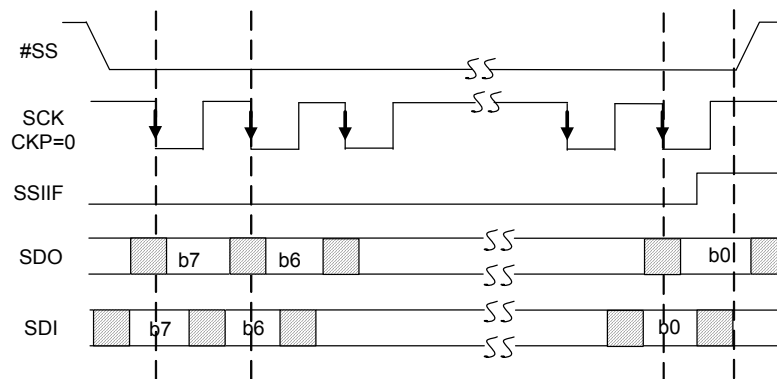


图 5-16 SPI 从动模式时序图 (CKP=0)

注：更多 SPI 总线应用例程可参考 HR 系列应用笔记。

5.3.3 IIC模式

SSI 配置成 IIC 模式时 SCL 作为串行时钟线,SDA 作为数据线。状态寄存器(SSIS)提供数据传输的状态,主要提供 IIC 传输的启动和结束位的检测,检测接收到是数据还是地址,检测是读操作还是写操作,检测下一字节是否是完整的 10 位地址;移位寄存器用于芯片输入输出数据的移位,高位在前。在接收的数据准备好之前,SSIB 用于保存移入移位寄存器的数据;地址寄存器 SSIA 在 IIC 从动方式下,用于存放片外 IIC 主控设备寻呼的地址。在 10 位地址方式下,用户先写入地址的高字节,在高字节匹配后,再装入地址的低字节。

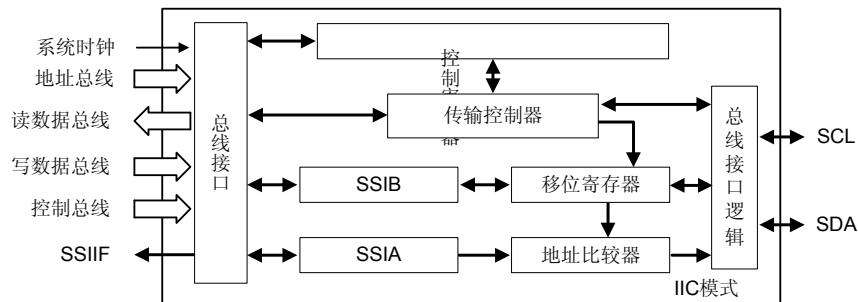


图 5-177 IIC 模式结构框图

5.3.3.1 总线接口特性

- 工作速率可以兼容 100Kb/s 和 400Kb/s 两种标准
- 支持主控器工作模式（软件支持）和从动器工作模式
- 支持 7 位/10 位寻址方式
- 硬件支持自动检测总线冲突、启动信号和停止信号，并产生中断标志
- 支持多机通讯方式，以及时钟仲裁和总线仲裁功能

5.3.3.2 IIC主控方式

IIC 主控方式由软件支持实现。SCL/SDA 的管脚电平状态是通过改变相应 I/O 口的输入输出状态来实现的。当 I/O 处于输出状态时，SCL/SDA 的电平被驱动为低电平，当 I/O 处于输入状态时，管脚电平是由片外从动设备和上拉电阻共同决定的。若片外设备驱动相应管脚为低电平，则管脚电平依然为低，否则相应管脚会被上拉电阻驱动为高电平。通过这一原理，软件就可以发送 IIC 总线需要的起始信号、停止信号、应答信号以及发送/接收数据。

三种情况会引起中断标志被置 1：启动状态；停止状态；发送/接收数据字节。

5.3.3.3 IIC从动方式

在从动方式下，当收到的地址匹配时或匹配的地址传送的数据被接收时，硬件会产生一个应答脉冲 ACK，并把在 SSISR 中接收到的数据装入 SSIB 缓冲器中。

在传送的数据被接收之前，如果缓冲区满同时标志位 BF 已经被置 1，或者溢出标志位 SSIOV 已经被置 1，则 SPI 不会产生 ACK 应答脉冲。

在这两种情况下，移位寄存器 SSISR 的值将不被装入缓冲器 SSIB 中，但是中断标志位 SSIIF 将被置 1。BF 标志通过读 SSIB 寄存器来清除，SSIOV 溢出标志位通过软件来清除。

IIC 有 7 位和 10 位地址格式，地址都是从高位到低位发送的。

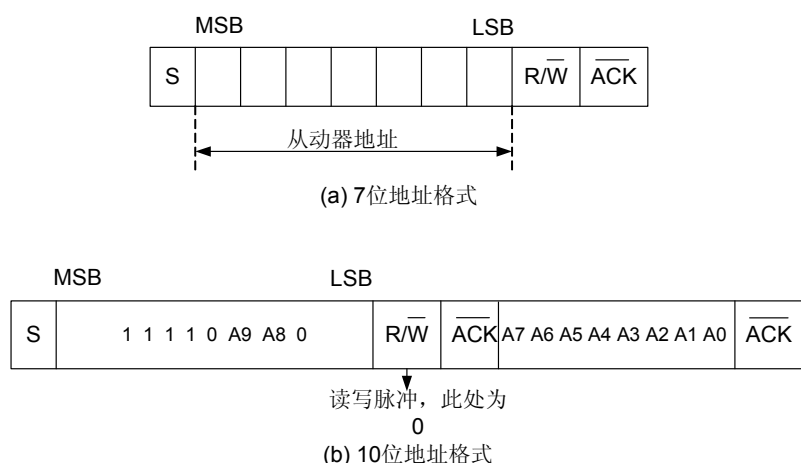


图 5-188 地址发送示意图

以下介绍 IIC 从动方式下的具体操作。

◇ 寻址

当 SSI 工作时，它就等待检测到启动信号后，起始位之后 8 位数据在 SCL 的上升沿逐个被移入 SSISR 寄存器。在 SCL 的第 8 个脉冲的下降沿，把 SSISR<7:1> 与地址寄存器 SSIA 的数值作比较，如果收到的地址与自身的地址相符，然后进行：把 SSISR 的值装入 SSIB；置 BF 为 1；产生 ACK 脉冲信号；在 SCL 时钟的第 9 个脉冲的下降沿把 SSIIF 中断标志位置 1，如果中断使能，便产生中断。

◇ 发送数据

当地址匹配并且地址字节的读写位为 1 时，意味着主器件要从从器件处读取数据。状态寄存器 SSIS 中的读写位被置 1，开始数据发送过程。IIC 从模式在接收到匹配的 7 位地址和一位读写码后，在 SCL 的第 9 个时钟脉冲产生应答信号，同时时钟线 SCL 保持低电平。发送的数据必须送入 SSIB 和 SSISR 寄存器，然后通过把 SSIC 的 CKP 置 1，使能 SCL 线工作。在 SCL 时钟的下降沿，8 位数据依次串行输出，确保在 SCL 高电平期间 SDA 数据有效。每传送一个数据的字节，都会在 SCL 的第 9 个时钟下降沿把中断标志位 SSIIF 置 1，发出中断请求。SSIIF 中断标志位必须用软件清零。

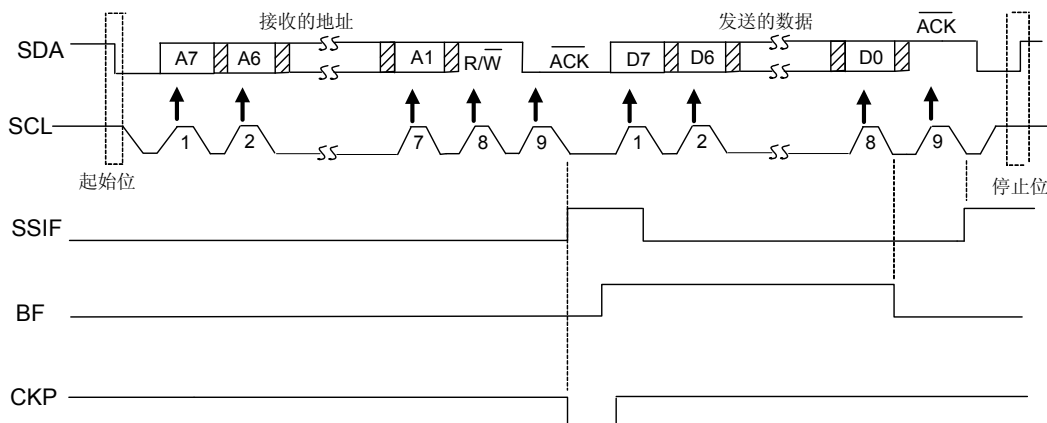


图 5-19 7 位地址方式发送数据的时序图

作为从动发送器，从主控接收器发出的 ACK 应答信号在 SCL 输入时钟的第 9 个上升沿被锁存。若 SDA 为高电平，表示无应答信号，数据传输已完成。从动器件再继续检测下一个启动信号何时发生，为下一次发送作准备。

◇ 接收数据

在寻址过程中，主器件发送的 8 位数据中高 7 位是地址码，最后一位是读/写控制位。当读写位为 0 时，SSIS 中的读写位被清零，并把接收到的地址装入 SSIB。如果发生地址字节接收溢出状态，则从动器件不会产生应答信号 ACK。每个数据传输字节都会使中断标志 SSIIF 置 1 而发出中断请求，所以可以用中断相应的方式来读取数据，而 SSIIF 标志必须用软件清零。状态寄存器 SSIS 是用于确定数据字节的状态。

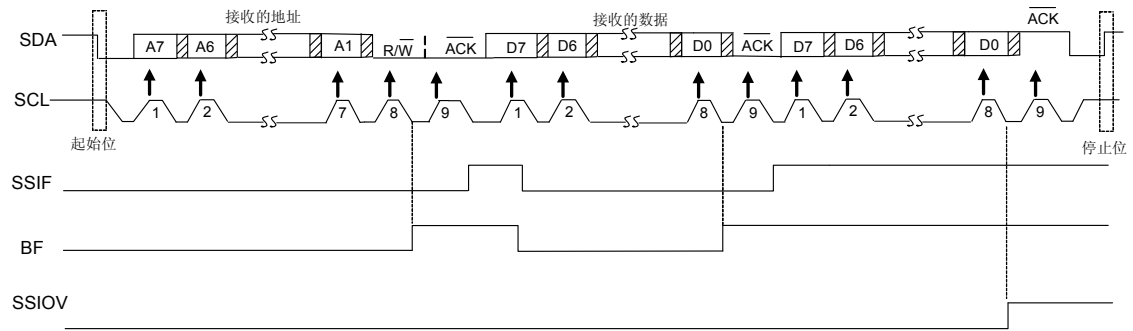


图 5-20 7 位地址方式接收数据的时序图

注：更多 IIC 总线应用例程可参考 HR 系列应用笔记。

5.3.4 特殊功能寄存器

寄存器名称				SSI 数据缓存寄存器 (SSIB)
地址				013 _H
复位值				XXXX XXXX
SSIB<7:0>	bit7-0	R/W	数据缓存寄存器 00 ~ FF _H	

寄存器名称				SSI 地址寄存器 (IIC 从动模式) (SSIA)
地址				093 _H
复位值				0000 0000
SSIA<7:0>	bit7-0	R/W	IIC 模式, 从模式地址 00 ~ FF _H	

寄存器名称				SSI 状态寄存器 (SPI 模式) (SSIS)
地址				094 _H
复位值				0000 0000
BF	bit0	R	缓冲器填满状态位 接收 (发送无效) 0: 表示数据发送正在进行, SSIB 空; 1: 接收完成, SSIB 被填满	
UA	bit1	R	SPI 无效	
R/W	bit2	R	SPI 无效	
S	bit3	R	SPI 无效	
P	bit4	R	SPI 无效	
D/A	bit5	R/W	SPI 无效	
-	bit7-6	-	-	

寄存器名称	SSI 状态寄存器 (IIC 模式) (SSIS)		
地址	094 _H		
复位值	0000 0000		
BF	bit0	R	缓冲器填满状态位 接收 0: 表示数据发送正在进行, SSIB 空; 1: 接收完成, SSIB 满 发送 0: 表示数据发送已经完成, SSIB 空 1: 接收未完成, SSIB 满
UA	bit1	R	修正地址 (仅用于 10 位地址模式) 0: 用户不需要更新 SSIA 寄存器中的地址 1: 用户需要更新 SSIA 寄存器中的地址
R/W	bit2	R	读/写位信息 0: 写访问 1: 读访问
S	bit3	R	开始位 0: 未检测到起始位 1: 检测到起始位
P	bit4	R	停止位 0: 最后未检测到停止位 1: 最后检测到停止位
D/A	bit5	R/W	数据/地址位 0: 最后收到的字节是地址 1: 最后收到的字节是数据
-	bit7-6	-	-

寄存器名称	SSI 控制寄存器 (SPI 模式) (SSIC)		
地址	014 _H		
复位值	0000 0000		
SSIM<3:0>	bit3-0	R/W	同步串行端口模式选择位 0000 = SPI 主控模式, SCK(O) = Fosc/4 0001 = SPI 主控模式, SCK(O) = Fosc/16 0010 = SPI 主控模式, SCK(O) = Fosc/64 0011 = SPI 主控模式, SCK(O) = T8P OUTPUT/2 0100 = SPI 从动模式, SCK(I), 管脚#SS 使能 0101 = SPI 从动模式, SCK(I), 管脚#SS 不使能 0110 ~1111 = IIC 模式
CKP	bit4	R/W	时钟极性选择位 0: 上升沿发送, 下降沿接收, 时钟空闲状态是低电平 1: 下降沿发送, 上升沿接收, 时钟空闲状态是高电平
SSIEN	bit5	R/W	同步串行口使能位, 当使能时, SPI 端口必须作为输入或输出 0: 串行口不使能时, SCK、SDO 和 SDI 当作 I/O 端口 1: 串行口使能并且 SCK, SDO 和 SDI 当作串行口端口
SSIOV	bit6	R/W	同步串行口溢出标志位 0: 没有接收溢出 1: 当 SSIB 寄存器仍保持当前未读出的数据时又有新的数据被接收, 发生溢出, 在 SSISR 中的数据会丢失。溢出仅在从动模式状态下发生。为了避免溢出发生, 即使仅仅传送数据, 用户也需先读出 SSIB 内的数据。主控模式下, 溢出未设置, 因为每次传送时 SSIB 寄存器都被初始化
WCOL	bit7	R/W	写冲突标志位 0: 没有写冲突 1: 正在传送前一数据时又有数据写入到 SSIB 寄存器 (必须用软件清零)

注: SSIC<5>位 SSIEN 决定 SPI 是否工作; SSIC<3:0>控制 IIC 的工作方式。当 SSIEN 位置 1 后, 都将迫使 SCL 和 SDA 端口成为开集电极方式, 并要求 PCT 的设置把这些端口定义为输入状态。

寄存器名称		SSI 控制寄存器 (IIC 模式) (SSIC)	
地址	14 _H		
复位值	0000 0000		
SSIM<3:0>	bit3-0	R/W	同步串行端口模式选择位 0000 ~ 0101 = SPI 模式 0110 = IIC 从动方式, 7 位地址 0111 = IIC 从动方式, 10 位地址 1011 = IIC 主控方式 (软件控制 I/O) 1110 = IIC 从动方式, 起始/停止/7 位地址中断 1111 = IIC 从动方式, 起始/停止/10 位地址中断
CKP	bit4	R/W	时钟极性选择位 0: 保持时钟线为低电平 (确保数据建立时间) 1: 使能时钟工作
SSIEN	bit5	R/W	同步串行口使能位, 当使能时, SPI 端口必须作为输入或输出 0: 禁止串行口工作, 并设定 SDA 和 SCL 为普通 I/O 口 1: 使能串行口工作, 并设定 SDA 和 SCL 为串行口
SSIOV	bit6	R/W	同步串行口溢出标志位 0: 表示未发生溢出 1: 表示 SSIB 中仍保持前一个数据时, 又收到新的数据
WCOL	bit7	R/W	写冲突标志位 0: 没有写冲突 1: 正在传送前一数据时又有数据写入到 SSIB 寄存器 (必须用软件清零)

5.4 通用异步接收/发送器UART

5.4.1 概述

UART 通用异步接收/发送器是兼容 RS-232/RS-442/RS-485 的通讯接口。支持全/半双工模式。UART 结构框图如下：

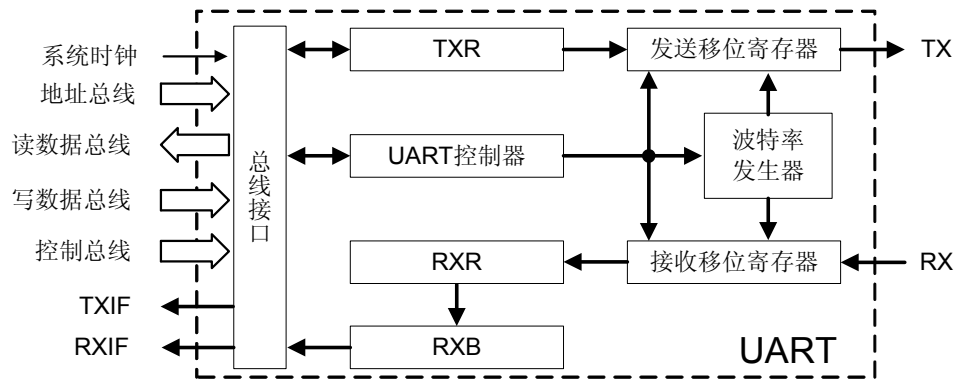


图 5-21 UART1 结构框图

5.4.2 数据格式

UART 模块每帧数据由 1 位起始位，8 位/9 位数据位和 1 位停止位组成。在没有数据发送/接收时，管脚处于高电平状态。发送 8 位/9 位数据可以通过 TX9 设置，接收 8 位/9 位数据可以通过 RX9 设置。

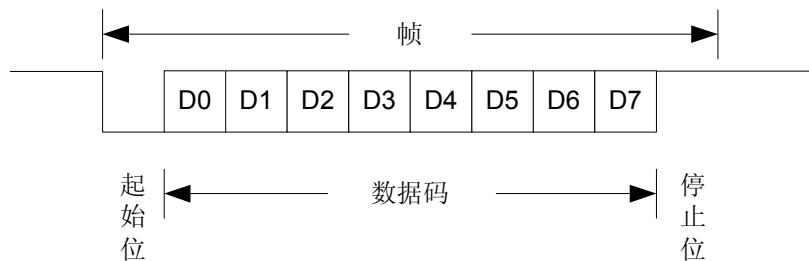


图 5-222 UART 8 位数据格式

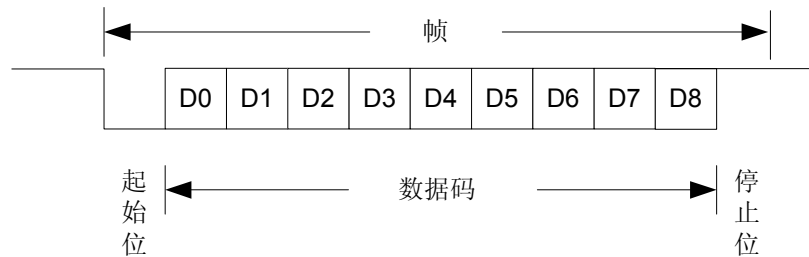


图 5-233 UART 9 位数据格式

5.4.3 UART异步发送器

异步发送器发送数据时，起始位 Start 和结束位 Stop 由芯片内部产生，用户只需要使能异步发送器，并将所要发送的数据写入 TXR 和 TX9D 内，就能实现异步发送，异步发送器还可以实现数据连续发送。操作流程图如下：

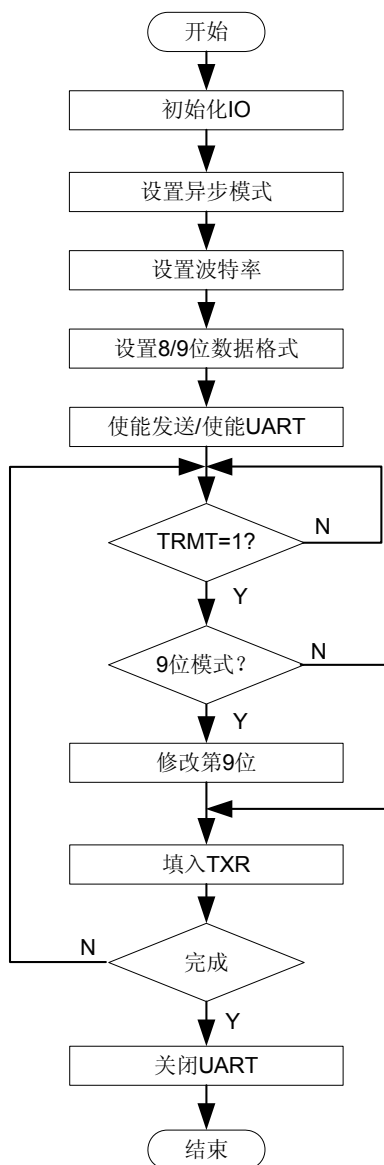


图 5-244 UART 发送器流程图

5.4.4 UART异步接收器

异步接收器接收数据时，用户可以查询 RXIF 中断标志位，来判断是否收到完整的一帧数据，并通过读取 RXR 和 RX9D 获得数据。芯片内部提供 2 级 9 位 FIFO 作为 RXR，若用户在第三个数据接收完毕前，未读取 RXR，则溢出标志位 OERR 将置 1。FERR 在用户未接收到结束位 Stop 时置 1。操作流程图如下：

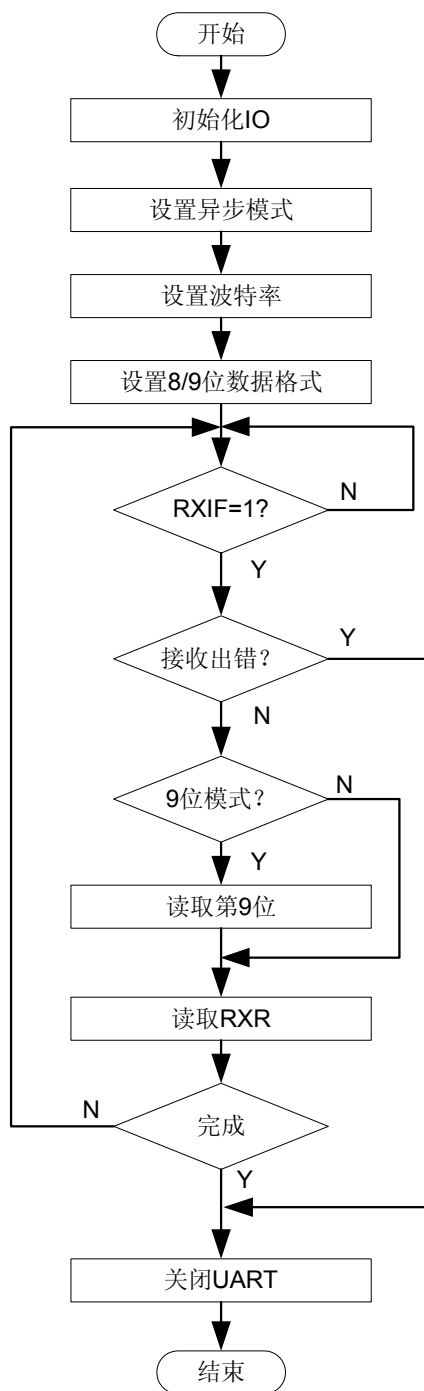


图 5-255 UART 接收器流程图

5.4.5 UART增强模式

5.4.5.1 UART的同步应用

UART 支持异步接收/发送器外，还支持 4 种同步模式应用：

- 主控发送模式
- 主控接收模式
- 从动发送模式
- 从动接收模式

同步模式时，UART 通过 CK 端口发送/接收时钟同步信号，并通过 DT 端口接收/发送数据。此时，每帧数据没有起始位和停止位。主控发送/接收时，CK 时钟同步信号由 UART 发送，而从动发送/接收时，UART 接收 CK 端口的时钟同步信号。

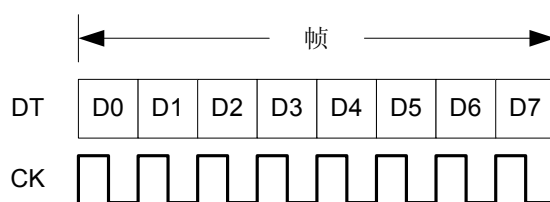


图 5-266 UART 同步模式 8 位数据格式



图 5-277 UART 同步模式 9 位数据格式

5.4.6 特殊功能寄存器

寄存器名称		UART 发送状态寄存器 (TXS)	
地址	098 _H		
复位值	0000 0010		
TX9D	bit0	R/W	第 9 位发送数据 0: 第 9 位数据为 0 1: 第 9 位数据为 1
TRMT	bit1	R	发送移位寄存器 (TSR) 空标志位 0: TSR 不空 1: TSR 空
BRGH	bit2	R/W	波特率选择位 异步模式 (同步模式无效) 0: 低速波特率 1: 高速波特率
-	bit3	-	-
SYNC	bit4	R/W	同步/异步选择位 0: 异步模式 1: 同步模式
TXEN	bit5	R/W	发送器使能位 0: 禁止 1: 使能
TX9	bit6	R/W	发送数据格式选择位 0: 8 位数据格式 1: 9 位数据格式
CSRC	bit7	R/W	主控/从动选择位 (异步无效, 置 0) 0: 从动模式 1: 主控模式

寄存器名称		UART 接收状态寄存器 (RXS)	
地址	018 _H		
复位值	0000 000x		
RX9D	bit0	R	第 9 位接收数据 0: 第 9 位数据为 0 1: 第 9 位数据为 1
OERR	bit1	R	接收溢出标志位 0: 无溢出错误 1: 有溢出错误 (RXCON<0>置 0 可清除)
FERR	bit2	R	帧格式错标志位 0: 无帧格式错误 1: 帧格式错 (读 RXR, 该位被刷新)
-	bit3	R/W	-
RXCON<1:0>	bit5-4	R/W	接收器控制位 00: 关闭接收器 x1: 连续接收 10: 单字节接收 (同步主控模式, 接收完成后, 必须再设置才能继续收)
RX9	bit6	R/W	接收数据格式选择位 0: 8 位数据格式 1: 9 位数据格式
SPEN	bit7	R/W	端口设置位 0: I/O 端口 1: UART 端口

寄存器名称		UART 波特率寄存器 (BRR)	
地址	099 _H		
复位值	0000 0000		
BRR<7:0>	bit7-0	R/W	UART 波特率设置 00 _H ~ FF _H

注: UART 波特率计算公式如下:

SYNC = 0, BRGH = 0 时: $F_{osc} / (64 (BRR<7:0>+1))$

SYNC = 0, BRGH = 1 时: $F_{osc} / (16 (BRR<7:0>+1))$

SYNC = 1, BRGH = 0 时: $F_{osc} / (4 (BRR<7:0>+1))$

5.5 并行从动接口 (PSI)

5.5.1 概述

HR6P77L 支持并行从动接口 (PSI)，用来和片外设备进行并行通讯。

- 支持 8 位数据总线 PSID<7:0>
- 支持从动片选#CS 输入端
- 支持从动读控制#RD 输入端
- 支持从动写控制#WR 输入端
- 支持读写完成中断

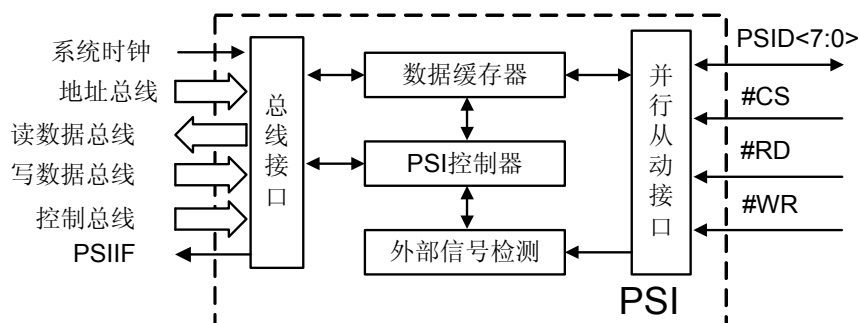


图 5-288 PSI 驱动模块框图

注：#CS，#RD 和#WR 控制信号由片外主控设备提供。

5.5.2 操作说明

5.5.2.1 PSI基本设置

设置 PSIM 配置相应的 I/O 管脚复用功能。当 PSIM 置“0”时，管脚被配置成 I/O 功能。当 PSIM 置“1”时，管脚被配置成 PSID<7:0>，#CS，#RD 和#WR。此时#CS，#RD 和#WR 处于输入状态，PSID<7:0>根据读写操作改变输入输出状态。PSID<7:0>所在 I/O 端口的电平状态寄存器作为 PSI 数据缓存器。

5.5.2.2 PSI读出操作

当 PSI 检测到#CS 和#RD 下降沿后，PSI 执行读出操作，并将 RF 标志清零，同时将 PSI 数据缓存器的值输出给片外主控设备。当 PSI 检测到#RD 上升沿后，在 p4 时钟将 PSI 中断标志置“1”，并产生中断。当 PSI 数据缓存器写入新的值后，RF 标志置“1”。

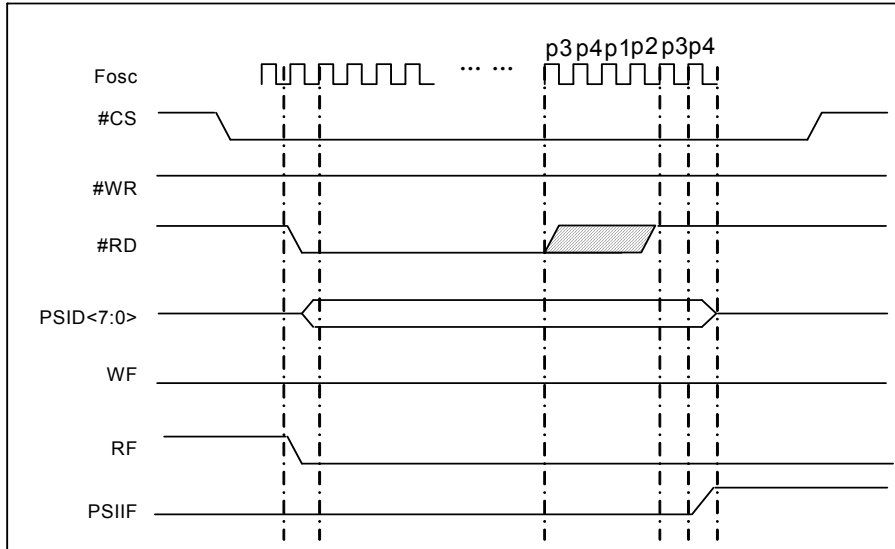


图 5-299 PSI 读出操作时序图

5.5.2.3 PSI 写入操作

当 PSI 检测到#CS 和#WR 下降沿后，PSI 执行写入操作，并将片外主控设备的输入值写入 PSI 数据缓存器内。当 PSI 检测到#WR 上升沿后，在 p4 时钟将 WF 置“1”，同时将 PSI 中断标志置“1”，并产生中断。当 PSI 数据缓存器的值被 CPU 读出后，WF 标志置“0”。

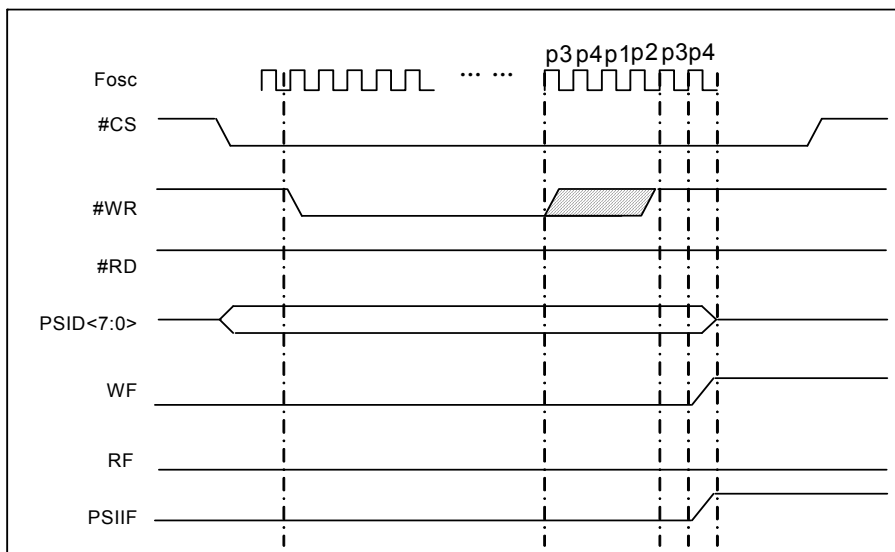


图 5-30 PSI 写入操作时序图

5.5.3 特殊功能寄存器

可参考 PET 寄存器描述。

第 6 章 特殊功能及操作特性

6.1 系统时钟及振荡器

6.1.1 概述

HR6P73BL/73HL/76L/77L 支持晶体/陶瓷振荡器 HS 模式,不同的频率建议采用不同的振荡器外围元件。

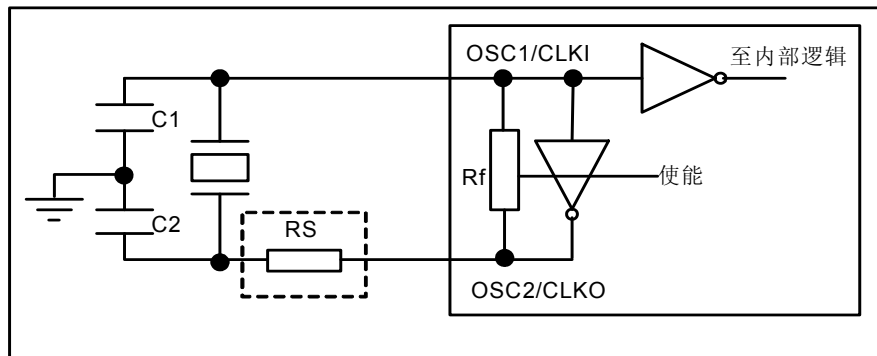


图 6-1 芯片系统时钟选择框图

注 1: RS 为可选配置。

注 2: C1, C2 的电容参数参考范围为 15 ~ 33pF, 此数据可根据晶振频率大小、外围电路微调。

6.2 复位模块

6.2.1 概述

本芯片有四种复位类型：

- ◇ 上电复位 POR
- ◇ 低电压检测复位 BOR
- ◇ 外部端口#MRST 复位（低电平有效）
- ◇ 看门狗定时器 WDT 溢出复位

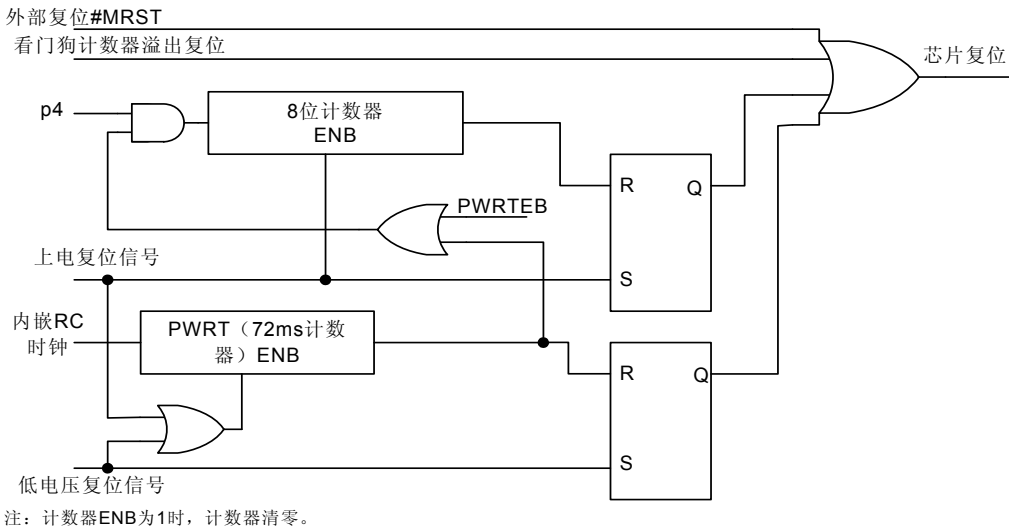


图 6-2 芯片复位原理图

6.2.2 应用举例

- ◇ 应用举例一

采用下图所示的复位电路，其中 $47\text{K}\Omega \leq R1 \leq 100\text{K}\Omega$ ，电容 C1 (0.1 μF)，R2 为限流电阻， $0.1\text{K}\Omega \leq R2 \leq 1\text{K}\Omega$ 。

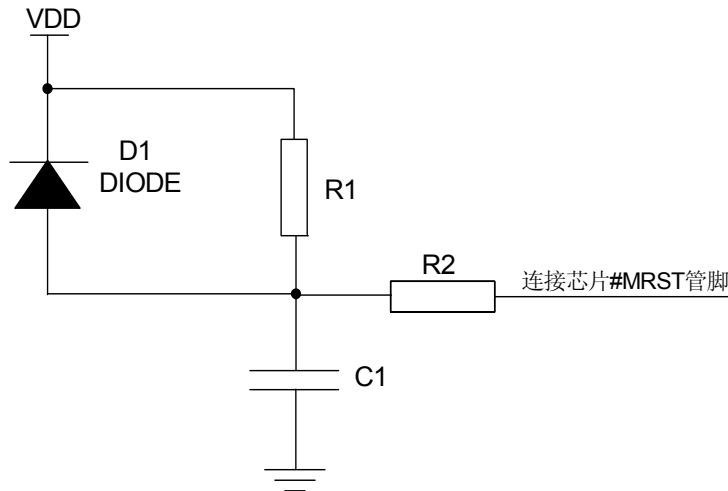


图 6-3 RC 复位电路

◇ 应用举例二

采用 PNP 三极管的复位电路，如下图所示，通过 R1 (2KΩ) 和 R2 (10KΩ) 分压作为基极输入，发射极接 VDD，集电极一路通过 R3 (20KΩ) 接地，另一路通过 R4 (1KΩ) 和 C1 (0.1μF) 接地，C1 另一端作为#MRST 输入。

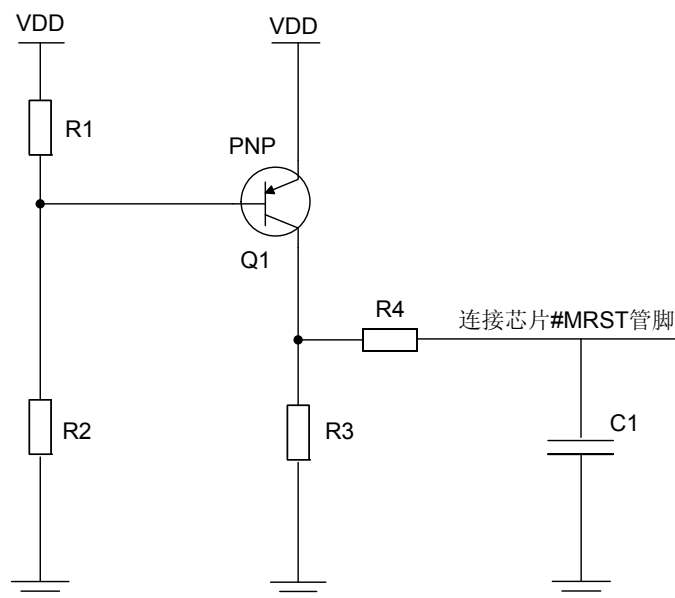


图 6-4 三极管复位电路

6.2.3 特殊功能寄存器

寄存器名称		电源控制寄存器 (PCON)	
地址	8E _H		
复位值	0000 000x		
#BOR	bit0	R/W	低电压检测复位状态位 0: 低电压检测复位发生 (低电压检测复位后, 必须用软件置位) 1: 无低电压检测复位发生
#POR	bit1	R/W	上电复位状态位 0: 上电复位发生 (上电复位后, 必须用软件置位) 1: 无上电复位发生
-	bit7-2	-	-

6.3 中断处理

6.3.1 概述

HR6P73BL/73HL/76L 支持 12 个中断源，HR6P77L 支持 13 个中断源。

其中断向量入口位于 0004_H、000D_H 和 0021_H。每个中断源都有各自的中断使能位和中断标志位。

序号	中断名	中断标志	中断使能	外设使能	全局使能	备注
1	软中断	SOFTIF	-	-	GIE	-
2	KINT	KIF	KIE	-	GIE	-
3	PINT	PIF	PIE	-	GIE	-
4	T8INT	T8IF	T8IE	-	GIE	-
5	T8PINT	T8PIF	T8PIE	PEIE	GIE	-
6	T16NINT	T16NIF	T16NIE	PEIE	GIE	-
7	ADINT	ADIF	ADIE	PEIE	GIE	-
8	TXINT	TXIF	TXIE	PEIE	GIE	-
9	RXINT	RXIF	RXIE	PEIE	GIE	-
10	SSIINT	SSIIF	SSIIE	PEIE	GIE	-
11	TE1INT	TE1IF	TE1IE	PEIE	GIE	-
12	TE2INT	TE2IF	TE2IE	PEIE	GIE	-
13	PSIINT	PSIIF	PSIIE	PEIE	GIE	仅 HR6P77L 支持

表 6-1 中断逻辑表

6.3.2 操作说明

每个硬件中断源都有各自的中断使能和中断标志位，因此初始化相应的硬件中断时，需要先设定当前中断的优先级，然后清除中断标志位，再使能当前中断。若使能前不先清除中断标志则有可能发生误进中断的情况。除了每个中断支持中断使能外，本芯片还提供了一个全局中断。因此在初始化所有需要的中断后，请使能全局中断。

中断现场保护是中断程序中一个很重要的组成部分。由于指令系统中没有 PUSH（压栈）和 POP（出栈）指令，所以只能用其它指令实现数据保存。通常需要保存的数据包括：工作寄存器 A，乘法缓存器 B，程序状态字寄存器 PSW，PCRH 寄存器和需要保存的用户数据存储器的数据。

6.3.3 特殊功能寄存器

寄存器名称	中断控制寄存器 0 (INTC0)		
地址	00B _H 08B _H 10B _H 18B _H		
复位值	0000 000x		
KIF	bit0	R/W	外部按键中断标志位 0: 外部按键端口无电平变化 1: 外部按键端口有电平变化（必须用软件清零）
PIF	bit1	R/W	外部端口中断标志位 0: 外部端口上无中断信号 1: 外部端口上有中断信号（必须用软件清零）
T8IF	bit2	R/W	T8 溢出中断标志位 0: T8 计数未溢出 1: T8 计数溢出（必须用软件清零）
KIE	bit3	R/W	外部按键中断使能位 0: 禁止外部按键中断 1: 使能外部按键中断
PIE	bit4	R/W	外部端口中断使能位 0: 禁止外部端口中断 1: 使能外部端口中断
T8IE	bit5	R/W	T8 溢出中断使能位 0: 禁止 T8 中断 1: 使能 T8 中断
PEIE	bit6	R/W	外围中断使能位 0: 禁止外围接口中断 1: 使能未屏蔽的外围接口中断
GIE	bit7	R/W	全局中断使能位 0: 禁止所有的中断 1: 使能所有未屏蔽的中断

寄存器名称		中断使能寄存器 0 (INTE0)	
地址	08C _H		
复位值	0000 0000		
T16NIE	bit0	R/W	T16N 中断使能位 0: 禁止 T16N 中断 1: 使能 T16N 中断
T8PIE	bit1	R/W	T8P 中断使能位 0: 禁止 T8P 中断 1: 使能 T8P 中断
TE1IE	bit2	R/W	TE1 中断使能位 0: 禁止 TE1 中断 1: 使能 TE1 中断
SSIIE	bit3	R/W	SSI 中断使能位 0: 禁止 SSI 中断 1: 使能 SSI 中断
TXIE	bit4	R	串行通讯接口 UART 发送中断使能位 0: 禁止 UART 发送中断 1: 使能 UART 发送中断
RXIE	bit5	R	串行通讯接口 UART 接收中断使能位 0: 禁止 UART 接收中断 1: 使能 UART 接收中断
ADIE	bit6	R/W	ADC 中断使能位 0: 禁止 ADC 中断 1: 使能 ADC 中断
PSIIE	bit7	R/W	PSI 从动通讯中断使能位 0: 禁止 PSI 中断 1: 使能 PSI 中断

寄存器名称		中断标志寄存器 0 (INTF0)	
地址		00C _H	
复位值		0000 0000	
T16NIF	bit0	R/W	T16N 中断标志位 0: T16N 计数器计数未发生溢出 1: T16N 计数器计数溢出 (必须软件清零)
T8PIF	bit1	R/W	T8P 中断标志位 0: T8P 计数器计数未发生溢出 1: T8P 计数器计数溢出 (必须软件清零)
TE1IF	bit2	R/W	TE1 中断标志位 0: 未捕捉匹配信号 (捕捉器扩展功能) 未比较匹配 (比较器扩展功能) 未用 (PWM 扩展功能) 1: 捕捉匹配信号 (捕捉器扩展功能) 比较匹配 (比较器扩展功能) (必须软件清零) 未用 (PWM 扩展功能)
SSIIF	bit3	R/W	SSI 中断标志位 0: SSI 还未发送或接收完毕数据 1: SSI 发送或接收完毕数据
TXIF	bit4	R	串行通讯接口 UART 发送中断标志位 0: 发送缓冲区满 (发送未完成) 1: 发送缓冲区空 (发送完成), 写 TXR 清零
RXIF	bit5	R	串行通讯接口 UART 接收中断标志位 0: 接收缓冲区空 (接收未完成) 1: 接收缓冲区满 (接收完成), 读 RXR 清零
ADIF	bit6	R/W	ADC 中断标志位 0: 正在进行 A/D 转换 1: A/D 转换已完成 (必须用软件清零)
PSIIF	bit7	R/W	PSI 中断标志位 0: 未发生并行从动通讯 1: 发生并行从动通讯 (必须用软件清零)

寄存器名称		中断使能寄存器 1 (INTE1)	
地址		08D _H	
复位值		0000 0000	
TE2IE	bit0	R/W	TE2 中断使能位 0: 禁止 TE2 中断 1: 使能 TE2 中断
-	bit7-1	-	-

寄存器名称		中断标志寄存器 1 (INTF1)	
地址		00D _H	
复位值		0000 0000	
TE2IF	bit0	R/W	TE2 中断标志位 0: 未捕捉匹配信号 (捕捉器扩展功能) 未比较匹配 (比较器扩展功能) 未用 (PWM 扩展功能) 1: 捕捉匹配信号 (捕捉器扩展功能) 比较匹配 (比较器扩展功能) (必须软件清零) 未用 (PWM 扩展功能)
-	bit7-1	-	-

寄存器名称		中断控制寄存器 1 (INTC1)	
地址		08F _H	
复位值		0000 0000	
INTV<1:0>	bit1-0	R/W	中断向量表选择位, 说明如下表
-	bit2	-	-
SOFTIF	bit3	R/W	软中断标志位 0: 无软中断 1: 有软中断
INTVEN	bit4	R/W	中断向量表及软中断使能位 0: 中断向量表及软中断不使能, 中断入口地址位于 0004 _H 1: 中断向量表及软中断使能
-	bit7-5	-	-

中断向量分配表

位值 向量	00	01	10	11
0004 _H	软中断 外部端口中断 外部按键中断	软中断 外部端口中断	软中断 SSI 中断 UART 接收中断 UART 发送中断 PSI 中断	软中断 T8 中断 T16N 中断 T8P 中断 TE1 中断 TE2 中断 ADC 中断
000D _H	T8 中断 T16N 中断 T8P 中断 TE1 中断 TE2 中断 ADC 中断	T8 中断 T16N 中断 T8P 中断 TE1 中断 TE2 中断 ADC 中断 外部按键中断	外部端口中断 外部按键中断	SSI 中断 UART 接收中断 UART 发送中断 PSI 中断
0021 _H	SSI 中断 UART 接收中断 UART 发送中断 PSI 中断	SSI 中断 UART 接收中断 UART 发送中断 PSI 中断	T8 中断 T16N 中断 T8P 中断 TE1 中断 TE2 中断 ADC 中断	外部端口中断 外部按键中断

6.4 看门狗定时器

6.4.1 概述

当芯片配置字选择使能 WDTEN（配置字 CONFIG1<3>）时，看门狗开始工作，为了防止看门狗超时溢出引起不必要的芯片复位，必须在程序中用 CWDT 指令对 WDT 计数器定时清零；芯片配置字选择不使能 WDTEN 时，看门狗定时器停止工作。通过 PSA 位的设置（BSET<3>）来选择预分频是否被分配给 WDT。

没有预分频时，WDT 复位周期约为 18ms。

下图为 WDT 功能示意图，内部 RC 时钟正常工作条件下约为 13KHz。

具体可参考《附录 参数特性图》章节的相关图示。

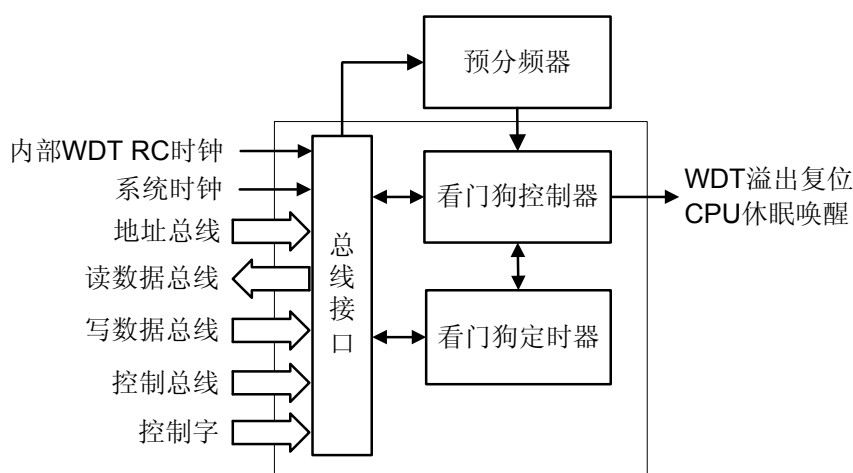


图 6-5 看门狗定时器示意图

6.5 低功耗操作

6.5.1 休眠

通过执行一条指令 IDLE，即可进入休眠状态。进入休眠状态之后：

- ◇ 主时钟振荡器停振
- ◇ 所有 I/O 端口将保持进入 IDLE 前的状态
- ◇ PSW 寄存器中的#PD 位被清零，#TO 位被置 1

在休眠模式下，为了降低功耗，所有 I/O 管脚都应保持为 VDD 或 VSS。为了避免输入管脚悬空而引入开关电流，应在外部将高阻输入的 I/O 管脚拉为高电平或低电平。#MRST 管脚必须处于逻辑高电平。

6.5.2 唤醒

当芯片处于休眠状态时，可以通过以下方式唤醒：

序号	唤醒源	中断使能	外设使能	备注
1	#MRST	-	-	外部复位
2	WDT	-	-	WDT 溢出
3	KINT	KIE	-	-
4	PINT	PIE	-	-
5	T16NINT	T16NIE	PEIE	异步计数模式
6	ADINT	ADIE	PEIE	A/D 时钟源为 RC 振荡器
7	RXINT	RXIE	PEIE	UART 同步从动接收模式
8	TXINT	TXIE	PEIE	UART 同步从动发送模式
9	SSIINT	SSIIE	PEIE	SPI 同步从动模式

表 6-2 休眠唤醒表

芯片从休眠模式唤醒，需要注意以下两点：

1、中断唤醒与全局中断使能无关。在休眠模式下，若外设产生中断信号，即使全局中断使能 GIE 为 0，休眠模式依然会被唤醒，只是唤醒后不会执行中断程序。

2、当唤醒事件发生后，芯片需要在主时钟运行 1024 个周期后才执行 IDLE 下一条指令。

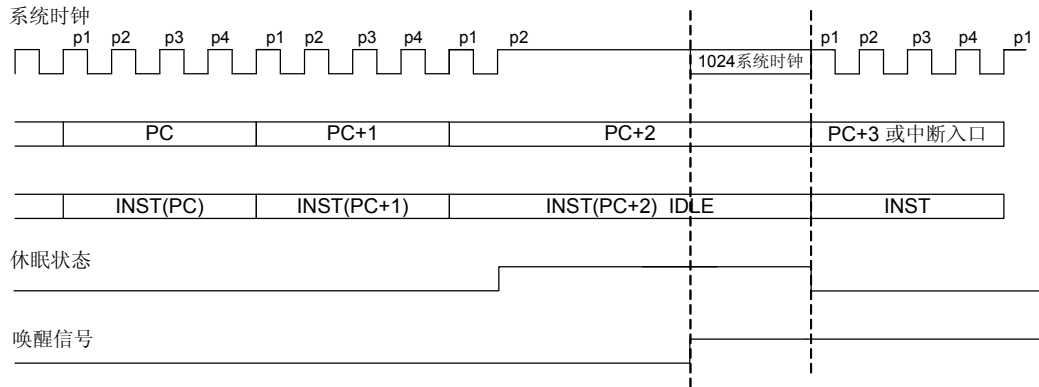


图 6-6 休眠模式唤醒示意图

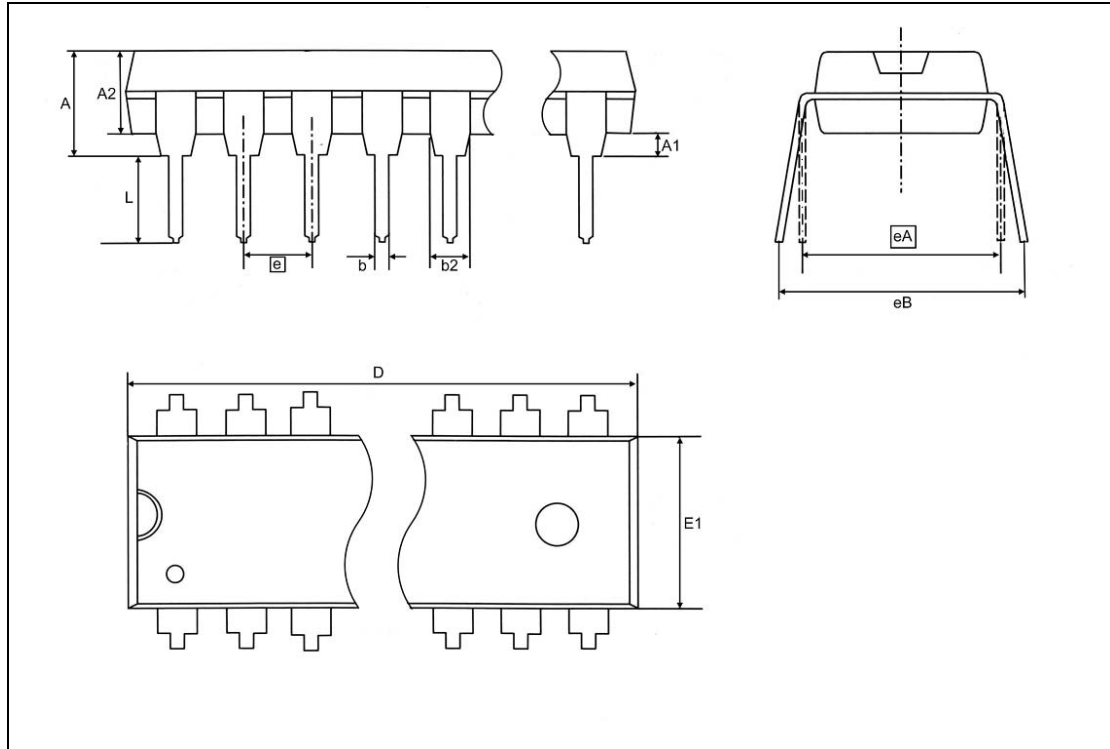
6.6 芯片配置字

寄存器名称	芯片配置字 (CONFIG)	
地址	8000 _H	
-	bit1-0	-
WDTEN	bit2	硬件看门狗使能位 0: 禁止 1: 使能
#PWRTEB	bit3	上电定时器使能位 0: 使能 1: 禁止
-	bit7-4	-
BORVS<1:0>	bit9-8	低电压选择位 00 = 3.9V 01 = 3.2V 10 = 2.8V 11 = 2.3V
-	bit13-10	-
#CP	bit14	代码保护使能位 (任何一位为 0 时使能代码保护) 0: 使能 1: 禁止
-	bit15	-

第 7 章 芯片封装图

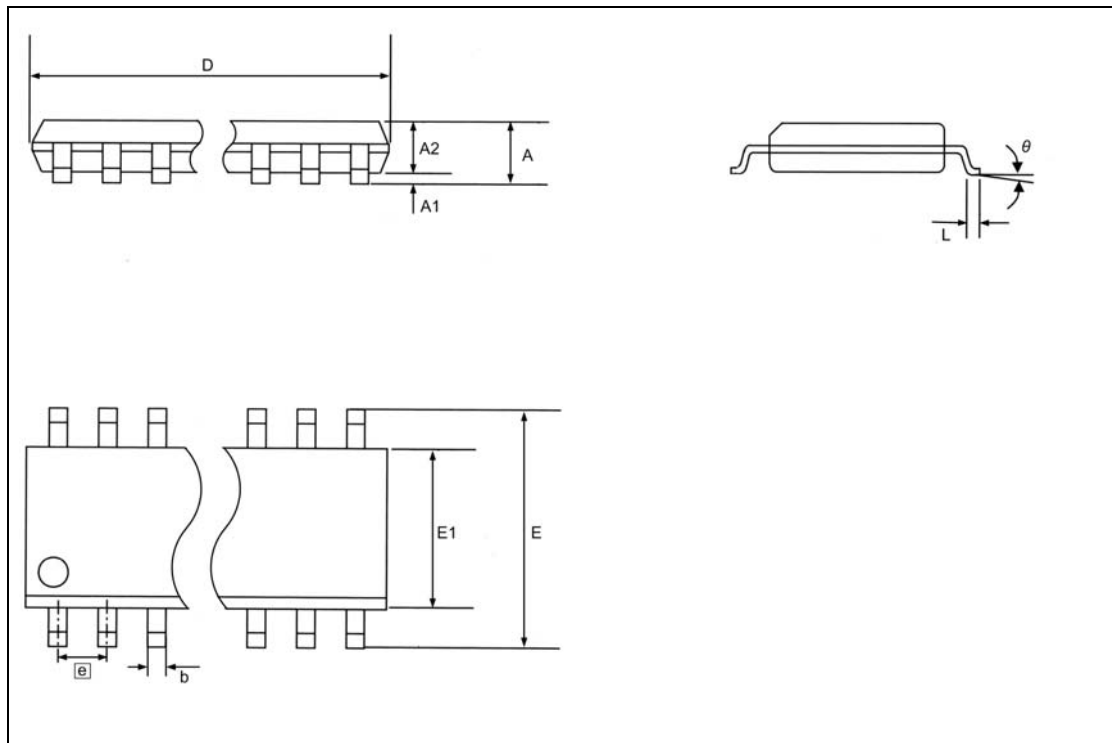
7.1 28-pin 封装图

SKDIP28



封装: SKDIP28						
标号	公制 (mm)			英制 (inch)		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	3.50	3.70	3.90	0.137	0.146	0.154
A1	0.42	-	-	0.016	-	-
A2	3.10	3.30	3.50	0.122	0.130	0.138
b	0.44	-	0.53	0.017	-	0.021
b2	-	1.52	-	-	0.060	-
D	35.10	35.30	35.50	1.382	1.391	1.399
E1	7.10	7.30	7.50	0.279	0.287	0.300
e	-	2.54	-	-	0.100	-
eA	7.67	7.87	8.07	0.302	0.310	0.318
eB	7.67	-	9.00	0.302	-	0.355
L	2.40	-	-	0.126	-	-

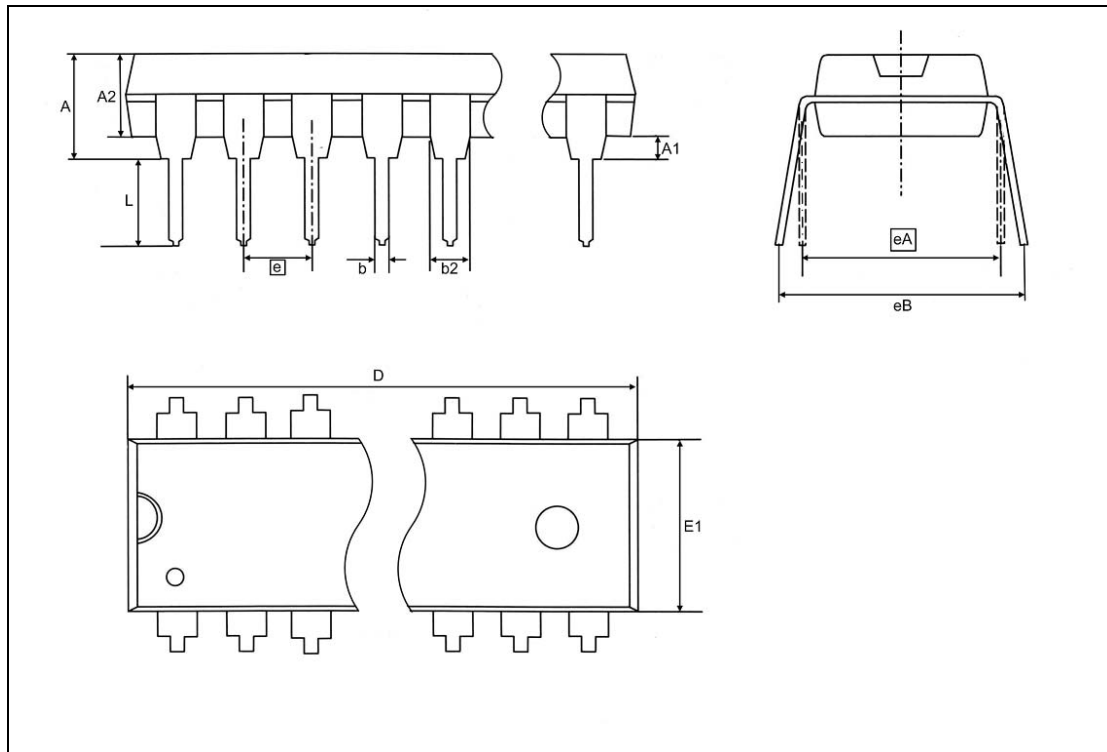
SOP28



封装: SOP28						
标号	公制 (mm)			英制 (inch)		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	2.30	2.50	2.70	0.090	0.098	0.107
A1	0.10	0.20	0.30	0.003	0.007	0.012
A2	2.10	2.30	2.50	0.082	0.090	0.099
D	17.89	18.09	18.29	0.704	0.712	0.721
E	10.10	10.30	10.50	0.397	0.405	0.414
E1	7.30	7.50	7.70	0.287	0.295	0.304
b	-	0.40	-	-	0.016	-
e	-	1.27	-	-	0.05	-
L	0.75	0.85	0.95	0.029	0.033	0.038
θ	0°	-	8°	0°	-	8°

7.2 40-pin 封装图

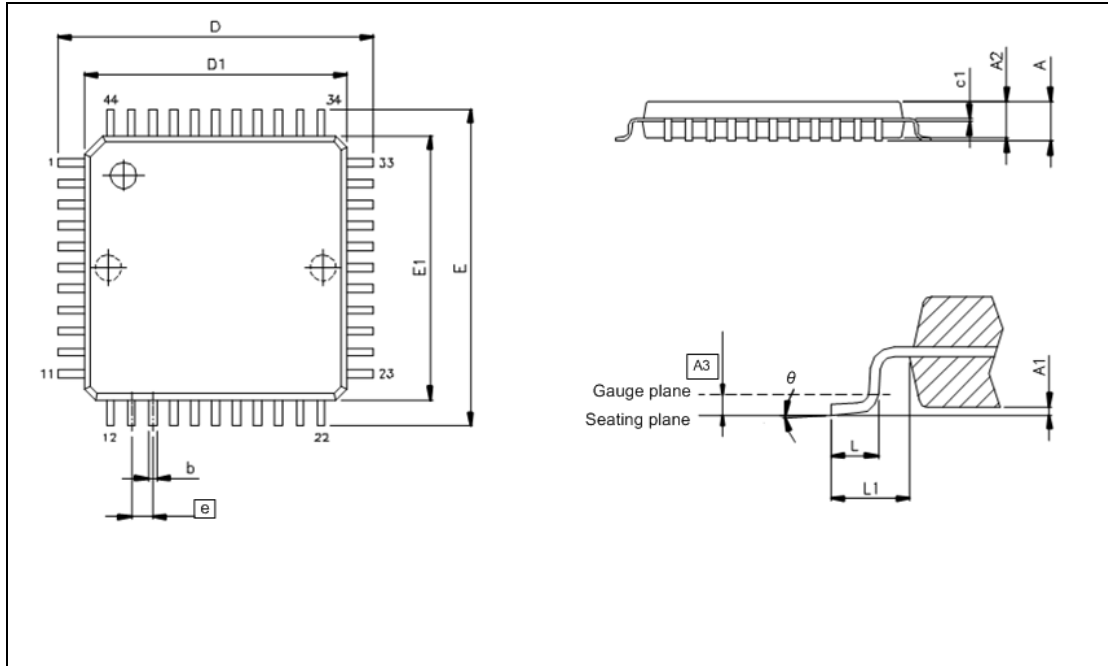
DIP40



封装: DIP40						
标号	公制 (mm)			英制 (inch)		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	4.064	-	5.59	0.160	-	0.220
A1	0.38	-	1.77	0.015	-	0.070
A2	3.71	3.91	4.11	0.146	0.154	0.162
b	0.38	0.46	0.508	0.015	0.018	0.020
b2	1.14	1.27	1.40	0.045	0.050	0.055
D	51.31	52.20	52.58	2.020	2.055	2.070
E1	13.46	13.84	14.15	0.530	0.545	0.557
e	-	2.54	-	-	0.100	-
eA	15.24	-	15.88	0.600	-	0.625
eB	15.88	-	16.89	0.625	-	0.665
L	2.54	-	5.08	0.100	-	0.200

7.3 44-pin 封装图

LQFP44



封装: LQFP44						
标号	公制 (mm)			英制 (inch)		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	1.45	1.55	1.65	0.057	0.061	0.065
A1	0.015	-	0.21	0.0005	-	0.0083
A2	1.30	1.40	1.50	0.050	0.055	0.060
A3	-	0.254	-	-	0.010	-
c1	-	0.127	-	-	0.005	-
D	11.75	12.52	13.30	0.462	0.493	0.524
D1	9.85	9.95	10.05	0.388	0.392	0.400
E	11.75	11.95	12.35	0.462	0.471	0.487
E1	9.85	9.95	10.05	0.388	0.392	0.396
b	0.25	0.30	0.35	0.009	0.012	0.014
e	-	0.8	-	-	0.032	-
L	0.42	-	0.72	0.016	-	0.029
L1	0.95	1.32	1.70	0.037	0.052	0.067
θ	0°	-	10°	0°	-	10°

附录1 指令集

附录1.1 概述

本芯片提供了 48 条精简指令。

汇编指令只是为了方便程序设计者使用，因此指令名称大多是由指令功能的英文缩写所组成的。这些指令所组成的程序经过编译器的编译与连接后，会被转换为相对应的指令码。转换后的指令码可以分为操作码（OP Code）与操作数（Operand）两个部分。操作码部分对应到指令本身。

芯片运行在 4MHz 振荡时钟时，一个机器周期的时间为 1μs。按照指令执行的机器周期数可将指令分为双周期指令和单周期指令。其中 CALL、MUL、GOTO、JUMP、LCALL、RET、RETIA、RETIE 为双周期指令；当满足跳转条件时，JBC、JBS、JDEC、JINC 指令为双周期指令，否则为单周期指令；其它指令为单周期指令。

附录1.2 指令操作说明

寄存器操作指令

序号	指令	影响状态位	操作
1	MOV R, F	Z	(R)→(目标)
2	MOVA R	-	(A)→(R)
3	MOVAB F	-	(B)→(A) 或(A)→(B)
4	MOVI I	-	I→(A)

程序控制指令

序号	指令	影响状态位	操作
5	CALL I	-	PC+1→TOS, I→PC<10:0> (PCRH<4:3>)→(PC<12:11>)
6	CWDT	#TO, #PD	00 _H →WDT, 0→WDT Prescaler, 1→#TO, 1→#PD
7	GOTO I	-	I→PC<10:0>, (PCRH<4:3>)→(PC<12:11>)
8	IDLE	#TO, #PD	00 _H →WDT, 0→WDT Prescaler, 1→#TO, 0→#PD
9	JBC R, M	-	Skip if R<M> = 0
10	JBS R, M	-	Skip if R<M> = 1
11	JDEC R, F	-	(R)-1→(目标), Skip if (目标) = 0
12	JINC R, F	-	(R)+1→(目标), Skip if (目标) = 0
13	JUMP I	-	I→PC<7:0> PCRH<4:0>→PC<12:8>
14	LCALL I	-	PC+1→TOS, I→PC<12:0>
15	NOP	-	No operation
16	RET	-	TOS→PC
17	RETIA I	-	I→(A), TOS→PC
18	RETIE	-	TOS→PC, 1→GIE

算术/逻辑运算指令

序号	指令	影响状态位	操作
19	ADD R, F	C, DC, Z	(R)+(A)→(目标)
20	ADDC R, F	C, DC, Z	(R)+(A)+C→(目标)
21	ADDCI I	C, DC, Z	I+(A)+C→(A)
22	ADDI I	C, DC, Z	I+(A)→(A)
23	AND R, F	Z	(A). AND. (R)→(目标)
24	ANDI I	Z	I. AND. (A)→(A)
25	BCC R, M	-	0→R<M>
26	BSS R, M	-	1→R<M>
27	CLR R	Z	(R) = 0
28	CLRA	Z	(A) = 0
29	COM R, F	Z	~(R)→(目标)
30	DAR R, F	C, DC, Z	(R) (BCD)
31	DAW	C, DC, Z	(A) (BCD)
32	DEC R, F	Z	(R)-1→(目标)
33	INC R, F	Z	(R)+1→(目标)
34	IOR R, F	Z	(A). OR. (R)→(目标)
35	IORI I	Z	I. OR. (A)→(A)
36	MUL R, F	-	(R). MUL. (A)→{B, 目标}
37	MULI I	-	I. MUL. (A)→{B, A}
38	RL R, F	C	←[C]←[R]→
39	RR R, F	C	←[C]→[R]→
40	SUB R, F	C, DC, Z	(R)-(A)→(目标)
41	SUBC R, F	C, DC, Z	(R)-(A)-(~C)→(目标)
42	SUBCI I	C, DC, Z	I-(A)-(~C)→(A)
43	SUBI I	C, DC, Z	I-(A)→(A)
44	SWAP R, F	-	(R<3:0>)→((目标)<7:4>), (R<7:4>)→((目标)<3:0>)
45	XOR R, F	Z	(A). XOR. (R)→(目标)
46	XORI I	Z	I. XOR. (A)→(A)

注 1: I—立即数, F—标志位, A—寄存器 A, B—寄存器 B, R—寄存器 R, M—寄存器 R 的第 M 位。

注 2: C—进位/借位, DC—半进位/半借位, Z—零标志位。

注 3: TOS—顶级堆栈。

注 4: 如果 F = 0, 则目标寄存器为寄存器 A; 如果 F = 1, 则目标寄存器为寄存器 R。

注 5: 48 条指令中另有两条 NOP 指令未在上表中描述。

附录2 电气特性

附录2.1 参数特性表

◆ 最大标称值

参数	符号	条件	标称值	单位
电源电压	VDD	-	-0.3 ~ 7.5	V
输入电压	V _{IN}	-	-0.3 ~ VDD + 0.3	V
输出电压	V _{OUT}	-	-0.3 ~ VDD + 0.3	V
存储温度	T _{STG}	-	-55 ~ 125	°C
操作温度	T _{OPR}	VDD: 3.5 ~ 5.5V	-40 ~ 85	°C

◆ 芯片功耗特性参数表

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	工作条件
芯片供电电压	VDD	3.5	-	5.5	V	全 VDD 范围
芯片静态电流	I _{DD}	-	250	500	uA	上电复位, VDD = 5V, 所有的 I/O 输入低电平, #MRST = 0, OSC1 低电平, OSC2 悬空。
休眠模式下 芯片电流	I _{PD}	-	-	50	uA	VDD = 5V, 进入休眠模式, 8MHz 时钟输入, BOR 不使能, WDT 不使能。
正常运行模式 芯片电流	I _{OP}	-	5	-	mA	VDD = 5V, 正常运行模式, 8MHz 时钟输入, 输出 I/O 端口悬空。
VDD 管脚的 最大输入电流	I _{MDD}	-	80	100	mA	25°C, VDD = 5V
VSS 管脚的 最大输出电流	I _{MSS}	-	120	-	mA	25°C, VDD = 5V
I/O 端口 灌电流	I _{OL}	-	15	-	mA	25°C, VDD = 5V V _{OL} = 0.5V
I/O 端口 拉电流	I _{OH}	-	10	-	mA	25°C, VDD = 5V V _{OH} = 4.4V

◆ 芯片输入端口特性表

芯片工作温度范围: $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
I/O 端口 输入高电平	V_{IH}	0.8VDD	-	VDD	V	$3.5\text{V} \leq \text{VDD} \leq 5.5\text{V}$
主复位信号 #MRST 输入高 电平		0.8VDD	-	VDD	V	
I/O 端口 输入低电平	V_{IL}	VSS	-	0.2VDD	V	
主复位信号 #MRST 输入低 电平		VSS	-	0.2VDD	V	
I/O 端口 输入漏电流	I_{IL}	-	-	+1	μA	$3.5\text{V} \leq \text{VDD} \leq 5.5\text{V}$ (端口处于高阻态)
主复位信号 #MRST 输入漏 电流		-	-	5	μA	$\text{VSS} \leq V_{PIN} \leq \text{VDD}$
I/O 端口 弱上拉电流	I_{WPU}	30	80	150	μA	$3.5\text{V} \leq \text{VDD} \leq 5.5\text{V}$ $V_{PIN} = \text{VSS}$

◆ 芯片输出端口特性表

芯片工作温度范围: $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
I/O 端口 输出高电平	V_{OH}	VDD-0.7	-	-	V	$3.5\text{V} \leq \text{VDD} \leq 5.5\text{V}$ $I_{OH} = -3.0\text{mA}$
I/O 端口 输出低电平	V_{OL}	-	-	0.6	V	$3.5\text{V} \leq \text{VDD} \leq 5.5\text{V}$ $I_{OL} = -8.5\text{mA}$

◆ 时钟要求

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
外部时钟频率	Fosc	DC	-	16M	Hz	高速振荡模式
时钟振荡频率		32K	-	16M	Hz	高速振荡模式
机器周期	T _{INST}	250	-	DC	ns	T _{INST} = 4/Fosc
外部时钟高电平和低电平时间	T _{OSSL} , T _{OSSH}	15	-	-	ns	高速振荡模式
外部时钟上升和下降时间	T _{OSR} , T _{OSF}	-	-	15	ns	高速振荡模式
WDT 溢出时间	T _{WDT}	12.8 (40K)	19.7 (26K)	42.7 (12K)	ms	不分频 VDD = 5V

◆ ADC 交流特性表

参数名	数值	数值	数值	单位
分辨率	-	-	8	bit
差分线性度 (DNL)	-	-	±1	LSB
积分线性度 (INL)	-	-	±1	LSB
失调误差 (Offset Error)	-	-	1	LSB
参考电压范围 (VREF)	3.5v	-	VDD+0.3	V
模拟电压输入范围 (Vin)	0	-	VREF	V
输入电容	-	10	-	pF
模拟输入推荐输入电阻	-	-	10K	Ω
转换时钟周期 (Tad)	1.5	-	-	μs

◆ AD 转换时间对照表

A/D 时钟源 选择	工作频率			
	16M	8M	4M	1M
Fosc/2	不推荐使用 1*	不推荐使用 1*	不推荐使用 1*	Tad = 2us
Fosc/8	不推荐使用 1*	不推荐使用 1*	Tad = 2us	Tad = 8us
Fosc/32	Tad = 2us	Tad = 4us	Tad = 8us	不推荐使用 2*
Frc	Tad = 2~6us	Tad = 2~6us	Tad = 2~6us	Tad = 2~6us

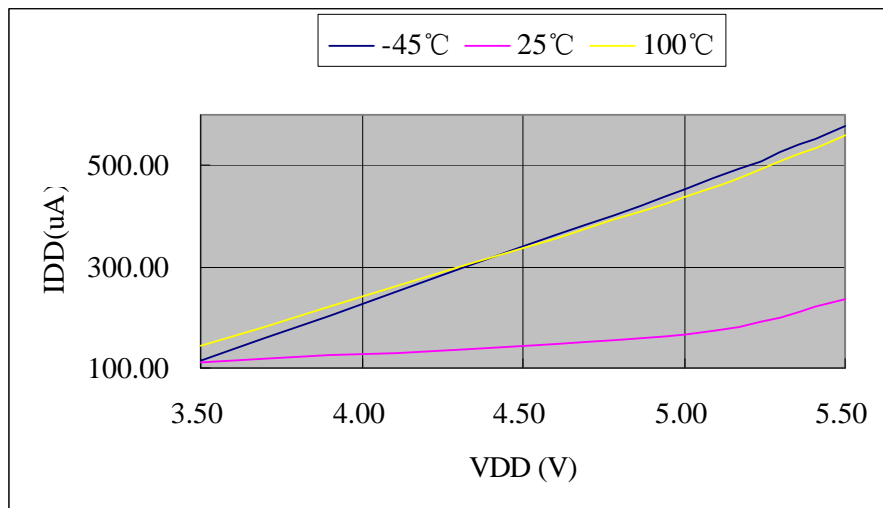
注 1*: Tad 值不满足设计要求不推荐使用;

注 2*: 转换时间太慢, 推荐选择其它分频设置。

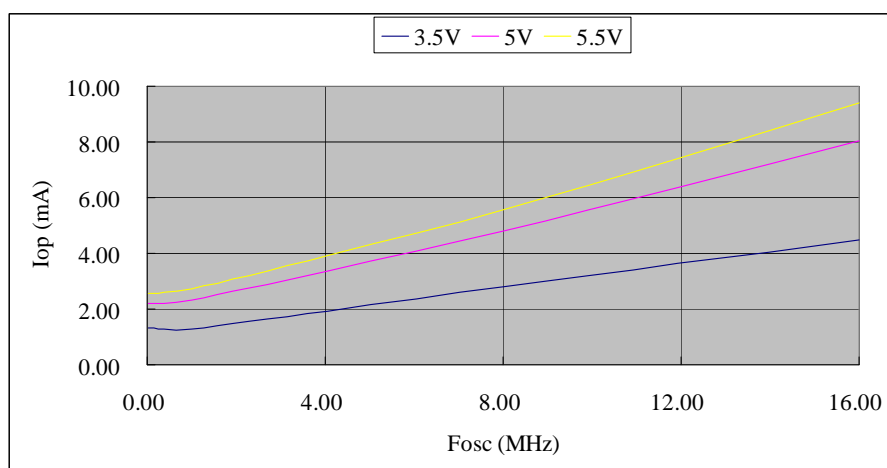
附录2.2 参数特性图

本节中所列图示未经过量产测试，仅作为设计参考之用。其中部分图示中所列的数据已超出指定的操作范围，此类信息也仅供参考，芯片只保证在指定的范围内正常工作。

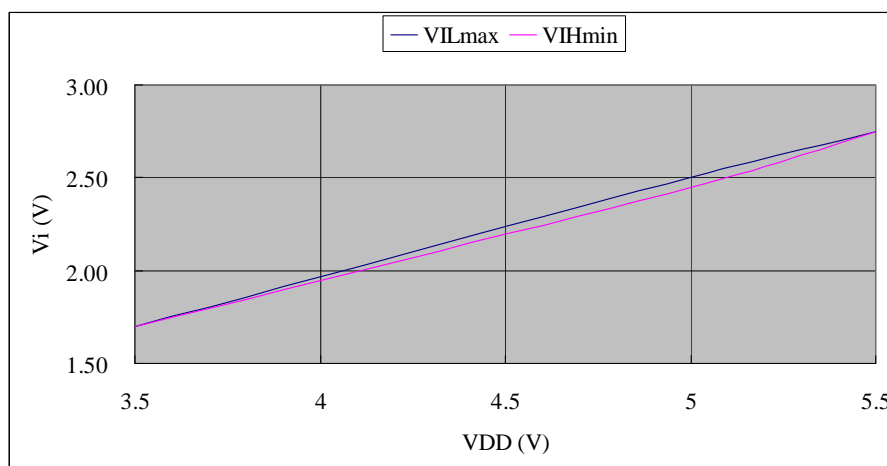
◆ 芯片静态电流随芯片电压变化特性图（室温 25℃）



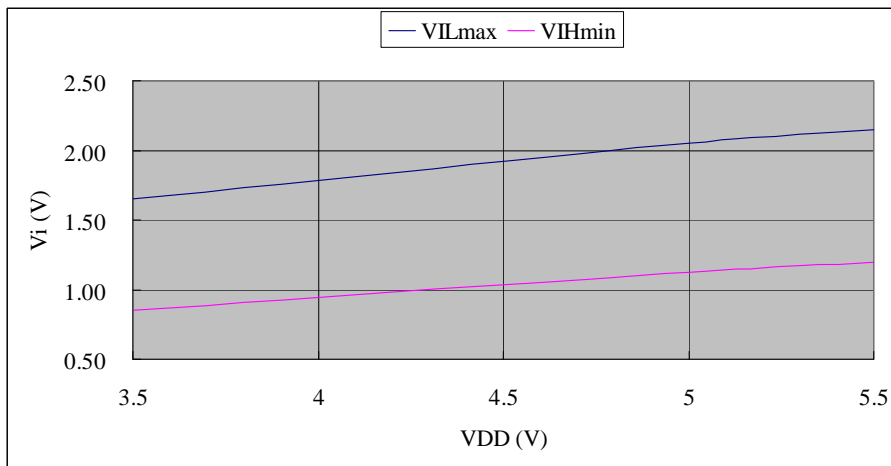
◆ 正常运行模式下芯片电流随时钟频率变化图（室温 25℃）



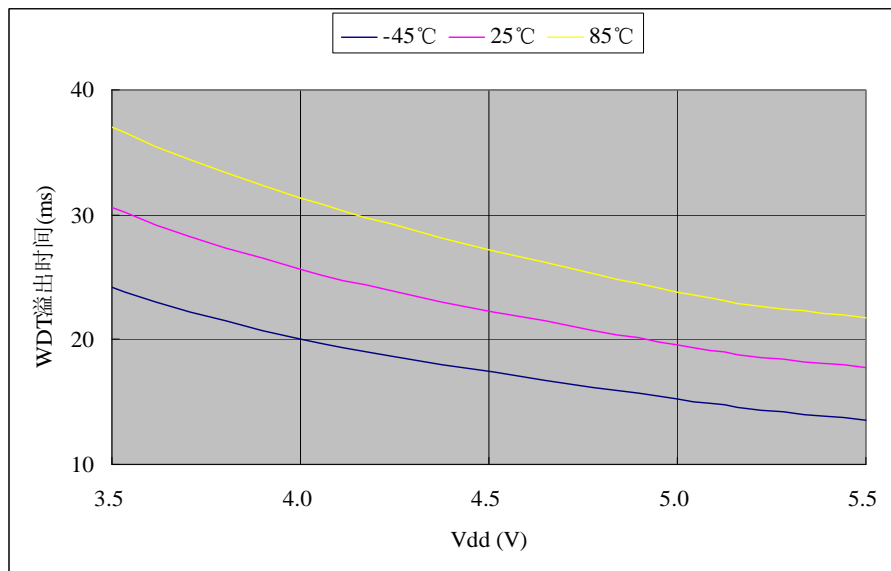
◆ 外部复位信号输入特性图（室温 25℃）



◆ I/O 端口信号输入特性图（室温 25°C）

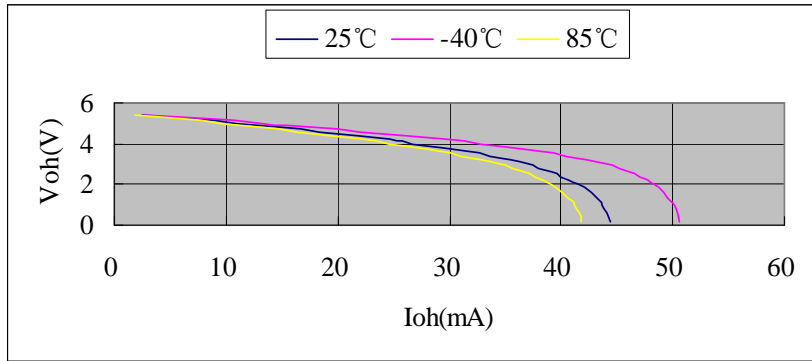


◆ WDT 溢出时间随电压温度变化曲线图

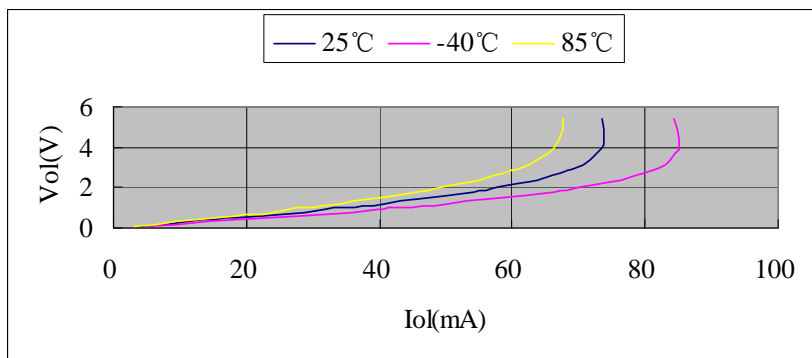


◆ I/O 端口信号输出特性图

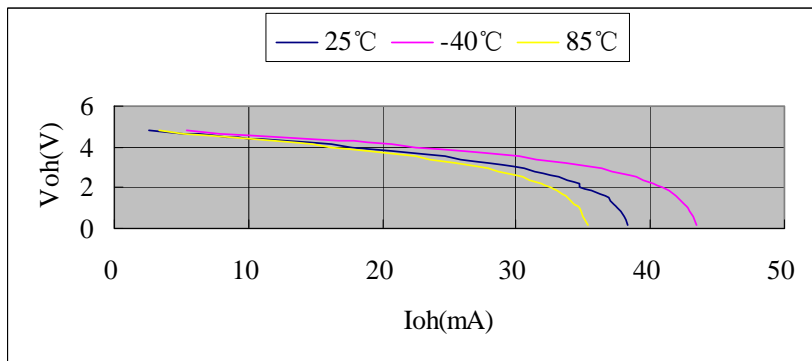
A: V_{OH} vs. I_{OH} @VDD = 5.5V



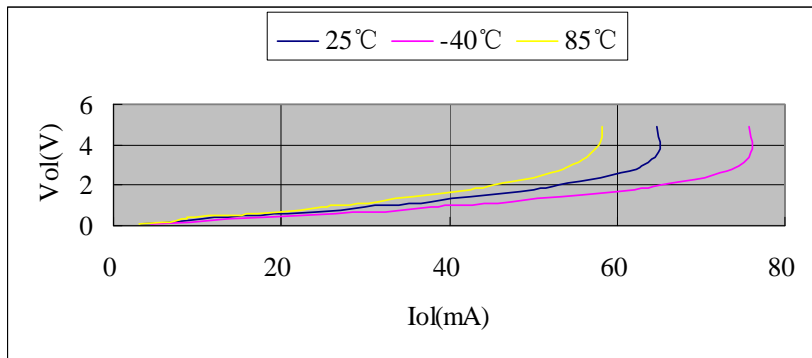
B: V_{OL} vs. I_{OL} @VDD = 5.5V



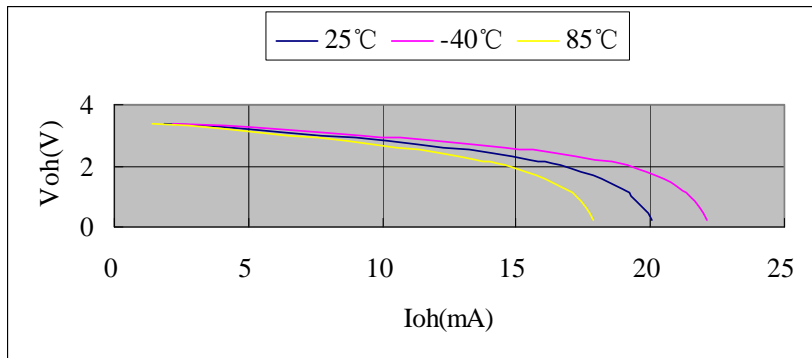
C: V_{OH} vs. I_{OH} @VDD = 5.0V



D: V_{OL} vs. I_{OL} @VDD = 5.0V



E: V_{OH} vs. I_{OH} @VDD = 3.5V



F: V_{OL} vs. I_{OL} @VDD = 3.5V

