手持产品 Flash 单片机

BP45F0106

版本 : V1.40　日期 : 2020-01-16

www.holtek.com

目录

特性 6
CPU 特性 6
周边特性 6
概述 7
方框图 7
引脚图 8
引脚说明 8
H 桥引脚说明 10
互连信号描述 10
极限参数 10
直流电气特性 11
工作电压特性 11
工作电流特性 11
待机电流特性 11
交流电气特性 12
内部高速振荡器 – HIRC – 频率精确度 12
内部低速振荡器电气特性 – LIRC 12
工作频率特性曲线 13
系统上电时间电气特性 13
输入 / 输出口电气特性 14
存储器电气特性 15
LVR 电气特性 15
内部参考电压特性 15
A/D 转换器电气特性 16
上电复位特性 16
H 桥驱动器电气特性 17
系统结构 19
时序和流水线结构 19
程序计数器 20
堆栈 20
算术逻辑单元 – ALU 21
Flash 程序存储器 21
结构 21
特殊向量 22
查表 22
查表范例 22
在线烧录 – ICP 23
片上调试 – OCDS 24

数据存储器 25
结构 25
通用数据存储器 25
特殊功能数据存储器 25
特殊功能寄存器 27
间接寻址寄存器 – IAR0, IAR1 27
存储器指针 – MP0, MP1 27
累加器 – ACC 27
程序计数器低字节寄存器 – PCL 28
表格寄存器 – TBLP, TBHP, TBLH 28
状态寄存器 – STATUS 28
模拟 EEPROM 数据存储器 29
模拟 EEPROM 数据存储器结构 29
模拟 EEPROM 寄存器 30
擦除模拟 EEPROM 中的数据 33
写数据到模拟 EEPROM 33
从模拟 EEPROM 中读取数据 33
编程注意事项 33
振荡器 35
振荡器概述 35
系统时钟配置 35
内部高速 RC 振荡器 – HIRC 36
内部 32kHz 振荡器 – LIRC 36
工作模式和系统时钟 36
系统时钟 36
系统工作模式 37
控制寄存器 38
工作模式切换 39
待机电流的注意事项 42
唤醒 43
看门狗定时器 43
看门狗定时器时钟源 43
看门狗定时器控制寄存器 43
看门狗定时器操作 44
复位和初始化 45
复位功能 45
复位初始状态 47
输入 / 输出端口 50
上拉电阻 50
PA 口唤醒 51
输入 / 输出端口控制寄存器 51
输入 / 输出端口源电流选择 52
引脚共用功能 53

输入 / 输出引脚结构 55
编程注意事项 55
定时器模块 – TM 56
简介 56
TM 操作 56
TM 时钟源 56
TM 中断 56
TM 外部引脚 57
编程注意事项 57
标准型 TM – STM 59
标准型 TM 操作 59
标准型 TM 寄存器介绍 59
标准型 TM 工作模式 63
周期型 TM – PTM 73
周期型 TM 操作 73
周期型 TM 寄存器介绍 73
周期型 TM 工作模式 77
A/D 转换器 86
A/D 转换器简介 86
A/D 转换寄存器介绍 86
A/D 转换器参考电压 89
A/D 转换器输入信号 90
A/D 转换器操作 90
A/D 转换率及时序图 91
A/D 转换步骤 91
编程注意事项 92
A/D 转换功能 92
A/D 转换应用范例 93
中断 95
中断寄存器 95
中断操作 98
外部中断 99
多功能中断 99
A/D 转换器中断 99
TM 中断 100
时基中断 100
中断唤醒功能 101
编程注意事项 101
H 桥驱动器 102
H 桥控制 103
H 桥驱动器休眠模式 103
HBV_{DD} 欠压锁定 103
过流保护 – OCP 103
输出短路保护 – OSP 103

过温保护 – OTP 104
马达电流检测 104
功耗 104
元件 / 马达选择 104
应用电路 105
指令集 106
简介 106
指令周期 106
数据的传送 106
算术运算 106
逻辑和移位运算 106
分支和控制转换 107
位运算 107
查表运算 107
其它运算 107
指令集概要 108
惯例 108
指令定义 110
封装信息 122
24-pin SSOP (150mil) 外形尺寸 123

特性

CPU 特性

- 工作电压：
  - ♦ f_{SYS}=8MHz：1.8V~5.5V
- V_{DD}=5V，系统时钟为 8MHz 时，指令周期为 0.5μs
- 暂停和唤醒功能，以降低功耗
- 振荡器类型：
  - ♦ 内部高速 8MHz RC – HIRC
  - ♦ 内部低速 32kHz RC – LIRC
- 多种工作模式：快速模式、低速模式、空闲模式和休眠模式
- 内部集成的振荡器，无需外接元件
- 所有指令都可在 1 或 2 个指令周期内完成
- 查表指令
- 63 条功能强大的指令系统
- 6 层硬件堆栈
- 位操作指令

周边特性

- Flash 程序存储器：4K×15
- 数据存储器：128×8
- 模拟 EEPROM 存储器：32×15
- 看门狗定时器功能
- 16 个双向 I/O 口
- 可编程 I/O 源电流，用于 LED 应用
- 2 个与 I/O 口复用的外部中断输入
- 多个定时器模块用于时间测量、捕捉输入、比较匹配输出、PWM 输出及单脉冲输出功能
- 双时基功能，用于产生固定时间的中断信号
- 带内部参考电压 V_{VR} 的 8 个外部通道 10-bit 分辨精度 A/D 转换器
- 低电压复位功能
- 1 通道 H 桥驱动器
- 封装类型：24-pin SSOP

概述

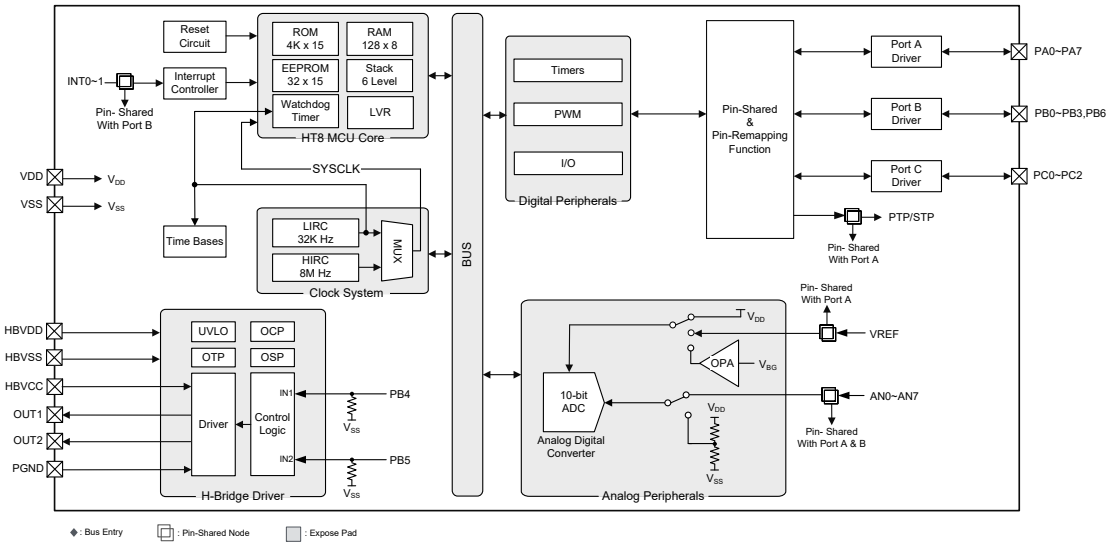
该单片机是一款具有 8 位高性能精简指令集的 Flash 单片机。该单片机具有一系列功能和特性，其 Flash 存储器可多次编程的特性给用户提供了极大的方便。存储器方面，还包含了一个 RAM 数据存储器和一个可用于存储序号、校准数据等非易失性数据的模拟 EEPROM 存储器。

在模拟特性方面，该单片机包含一个多通道 10 位 A/D 转换器。多个使用灵活的定时器模块可提供定时功能、脉冲产生功能及 PWM 产生功能。内部看门狗定时器等保护特性，外加优秀的抗干扰和 ESD 保护性能，确保单片机在恶劣的电磁干扰环境下可靠地运行。

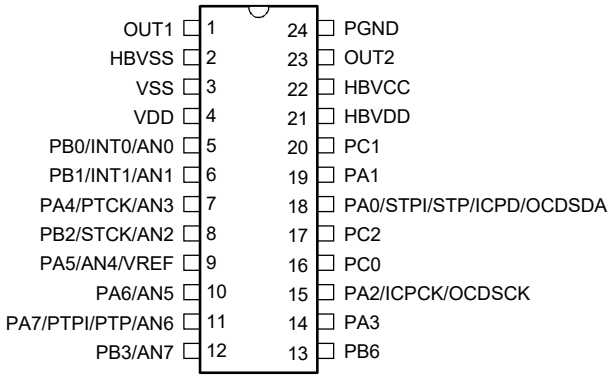
该单片机提供了内部高速和低速振荡器功能选项，这两个内建的系统振荡器无需外围元器件。其在不同工作模式之间动态切换的能力，为用户提供了一个优化单片机操作和减少功耗的手段。

外加 I/O 使用灵活，时基功能和 H 桥驱动器等其它特性，使该单片机可以广泛应用于电子测量、环境监控、手持式仪表、家用电器、电子控制工具、马达驱动等方面。

方框图



引脚图



BP45F0106/BP45V0106
24 SSOP-A

注：1. 若共用脚同时有多种输出，所需引脚共用功能通过引脚共用寄存器中相应的软件控制位决定。

2. OCDSCK 和 OCDSDA 引脚为片上调试功能 (OCDS) 专用引脚，仅存在于 BP45F0106 的 EV 芯片 BP45V0106 中。

引脚说明

每个引脚的功能如下表所述，而引脚配置的详细内容见规格书其它章节。

引脚名称	功能	OPT	I/T	O/T	说明
PA0/STPI/STP/ICPDA/OCDSDA	PA0	PAWU PAPU PAS0	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉电阻和唤醒功能
	STPI	PAS0	ST	—	STM 捕捉输入
	STP	PAS0	—	CMOS	STM 输出
	OCDSDA	—	ST	CMOS	OCDS 数据 / 地址引脚，仅用于 EV 芯片
	ICPDA	—	ST	CMOS	ICP 数据 / 地址引脚
PA1	PA1	PAWU PAPU	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉电阻和唤醒功能
PA2/OCDSCK/ICPCK	PA2	PAWU PAPU	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉电阻和唤醒功能
	OCDSCK	—	ST	—	OCDS 时钟引脚，仅用于 EV 芯片
	ICPCK	—	ST	—	ICP 时钟引脚
PA3	PA3	PAWU PAPU	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉电阻和唤醒功能
PA4/PTCK/AN3	PA4	PAWU PAPU PAS1	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉电阻和唤醒功能
	PTCK	PAS1	ST	—	PTM 时钟输入
	AN3	PAS1	AN	—	A/D 转换器外部输入通道 3

引脚名称	功能	OPT	I/T	O/T	说明
PA5/VREF/AN4	PA5	PAWU PAPU PAS1	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉电阻和唤醒功能
	VREF	PAS1	AN	—	A/D 转换器参考电压输入引脚
	AN4	PAS1	AN	—	A/D 转换器外部输入通道 4
PA6/AN5	PA6	PAWU PAPU PAS1	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉电阻和唤醒功能
	AN5	PAS1	AN	—	A/D 转换器外部输入通道 5
PA7/PTPI/PTP/ AN6	PA7	PAWU PAPU PAS1	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉电阻和唤醒功能
	PTPI	PAS1	ST	—	PTM 捕捉输入
	PTP	PAS1	—	CMOS	PTM 输出
	AN6	PAS1	AN	—	A/D 转换器外部输入通道 6
PB0/INT0/AN0	PB0	PBPU PBS0	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉功能
	INT0	INTEG INTC0 PBS0	ST	—	外部中断输入 0
	AN0	PBS0	AN	—	A/D 转换器外部输入通道 0
PB1/INT1/AN1	PB1	PBPU PBS0	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉功能
	INT1	INTEG INTC1 PBS0	ST	—	外部中断输入 1
	AN1	PBS0	AN	—	A/D 转换器外部输入通道 1
PB2/STCK/AN2	PB2	PBPU PBS0	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉功能
	STCK	PBS0	ST	—	STM 时钟输入
	AN2	PBS0	AN	—	A/D 转换器外部输入通道 2
PB3/AN7	PB3	PBPU PBS0	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉功能
	AN7	PBS0	AN	—	A/D 转换器外部输入通道 7
PB6	PB6	PBPU	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉功能
PC0~PC2	PC0~PC2	PCPU	ST	CMOS	通用 I/O 口，可通过寄存器设置上拉功能
VDD	VDD	—	PWR	—	正电源供电
VSS	VSS	—	PWR	—	负电源供电

注：I/T：输入类型；
OPT：通过寄存器选项来配置；
ST：施密特触发输入；
AN：模拟信号。
O/T：输出类型；
PWR：电源；
CMOS：CMOS 输出；

H 桥引脚说明

引脚名称	类型	说明
HBVDD	P	H 桥驱动器电源
HBVCC	P	H 桥驱动器马达电源
OUT1	O	H 桥输出 1
PGND	G	马达电流检测端 通过一个检测电阻连接到 HBVSS。若无需检测马达电流，则 PGND 引脚应直接连接到 HBVSS。
OUT2	O	H 桥输出 2
HBVSS	G	模拟地

注：I：输入
O：输出
P：电源
G：地

互连信号描述

有多个信号未连接到外部封装引脚。这些信号是 MCU 和 H 桥驱动器之间的互连线，如下表所示。

单片机信号	H 桥信号	功能	描述
PB4	IN1	PB4	通用 I/O 信号 可通过寄存器设置上拉电阻并始终使能下拉电阻。 内部连接到 H 桥驱动器输入 IN1。
		IN1	H 桥驱动器输入 1 内部连接到单片机 I/O PB4。
PB5	IN2	PB5	通用 I/O 信号 可通过寄存器设置上拉电阻并始终使能下拉电阻。 内部连接到 H 桥驱动器输入 IN2。
		IN2	H 桥驱动器输入 2 内部连接到单片机 I/O PB5。

注：内部信号 PB4 和 PB5 分别连接到 H 桥驱动器输入 IN1 和 IN2，需合理配置以控制 H 桥驱动器，详见“H 桥驱动器”章节。

极限参数

电源供应电压 ..... V_{SS}-0.3V~6.0V
端口输入电压 ..... V_{SS}-0.3V~V_{DD}+0.3V
储存温度 ..... -50°C~125°C
工作温度 ..... -40°C~85°C
I_{OH} 总电流 ..... -80mA
I_{OL} 总电流 80mA
总功耗 500mW

注：这里只强调额定功率，超过极限参数所规定的范围将对芯片造成损害，无法预期芯片在上述标示范围外的工作状态，而且若长期在标示范围外的条件下工作，可能影响芯片的可靠性。

直流电气特性

以下表格中参数测量结果可能受多个因素影响，如振荡器类型、工作电压、工作频率、引脚负载状况、温度和程序指令等等。

工作电压特性

Ta=-40°C~85°C

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
V_{DD}	工作电压 – HIRC	f_{SYS}=8MHz	1.8	—	5.5	V
	工作电压 – LIRC	f_{SYS}=32kHz	1.8	—	5.5	V

工作电流特性

Ta=-40°C~85°C

符号	工作模式	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V_{DD}	条件				
I_{DD}	低速模式 – LIRC	1.8V	f_{SYS}=32kHz	—	1.5	3.0	μA
		3V		—	3.0	5.0	
		5V		—	10.0	15.0	
	快速模式 – HIRC	1.8V	f_{SYS}=8MHz	—	0.5	1.0	mA
		3V		—	1.0	2.0	
		5V		—	2.0	3.0	

注：当使用该表格电气特性数据时，以下几点需注意：

1. 任何数字输入都设置为非浮空的状态。
2. 所有测量都在无负载且所有外围功能关闭的条件下进行。
3. 无直流电流路径。
4. 所有工作电流数值通过一个连续的 NOP 指令循环程序测得。

待机电流特性

Ta=-40°C~85°C

符号	待机模式	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V_{DD}	条件				
I_{STB}	低速模式	1.8V	WDT off	—	0.1	0.6	μA
		3V		—	0.2	0.8	
		5V		—	0.5	1.0	
		1.8V	WDT on	—	1.0	3.0	μA
		3V		—	3.0	5.0	
		5V		—	5.0	10.0	
	空闲模式 0 – LIRC	1.8V	f_{SUB} on	—	1.0	1.5	μA
		3V		—	2.5	4.0	
		5V		—	8.0	10.0	
	空闲模式 1 – HIRC	1.8V	f_{SUB} on, f_{SYS}=8MHz	—	240	350	μA
		3V		—	360	500	
		5V		—	600	800	

注：当使用该表格电气特性数据时，以下几点需注意：

1. 任何数字输入都设置为非浮空的状态。
2. 所有测量都在无负载且所有外围功能关闭的条件下进行。

3. 无直流电流路径。
4. 所有待机电流数值都是在 HALT 指令执行后测得，因此 HALT 后停止执行所有指令。

交流电气特性

以下表格中参数测量结果可能受多个因素影响，如振荡器类型、工作电压、工作频率和温度等等。

内部高速振荡器 – HIRC – 频率精确度

程序烧录时，烧录器会调整 HIRC 振荡器使其工作在用户选择的 HIRC 频率和工作电压 (3V 或 5V) 条件下。

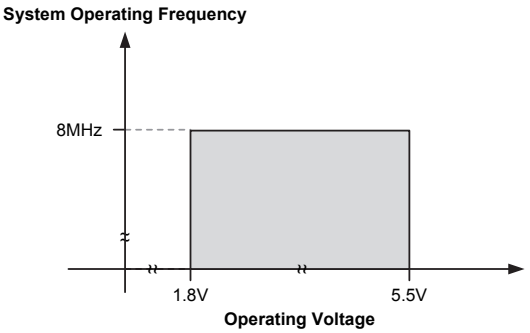
符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V_{DD}	温度				
f_{HIRC}	通过烧录器调整后的 8MHz HIRC 频率	3V/5V	25°C	-1%	8	+1%	MHz
			-40°C~85°C	-4%	8	+4%	
		2.2V~5.5V	25°C	-2.5%	8	+2.5%	
			-40°C~85°C	-5%	8	+5%	
		1.8V~5.5V	25°C	-5%	8	+3%	
			-40°C~85°C	-10%	8	+5%	

注：1. 烧录器可在 3V/5V 这两个可选的固定电压下对 HIRC 频率进行调整，在此提供 V_{DD}=3V/5V 时的参数值。
2. 3V/5V 表格列下面提供的是全压条件下的参数值。当应用电压范围是 1.8V~3.6V 时，建议烧录器电压固定在 3V；当应用电压范围是 3.3V~5.5V 时，建议烧录器电压固定在 5V。

内部低速振荡器电气特性 – LIRC

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V_{DD}	温度				
f_{LIRC}	LIRC 频率 (烧录器调整)	3V/5V	25°C	-1%	32	+1%	kHz
	LIRC 频率	1.8V~3.6V (trim @ 3V)	-10°C~50°C	-4%	32	+4%	
			-40°C~85°C	-6%	32	+6%	
		3.3V~5.5V (trim @ 5V)	-10°C~50°C	-4%	32	+4%	
			-40°C~85°C	-6%	32	+6%	
		2.2V~5.5V (trim @ 3V)	-40°C~85°C	-6%	32	+6%	
		1.8V~5.5V (trim @ 3V)	-40°C~85°C	-7%	32	+7%	
t_{START}	LIRC 启动时间	—	-40°C~85°C	—	—	100	μs

工作频率特性曲线



系统上电时间电气特性

Ta=-40°C~85°C

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V_{DD}	条件				
t_{SST}	系统启动时间 (从 f_{SYS} off 的状态下唤醒)	—	$f_{SYS}=f_H\sim f_H/64$, $f_H=f_{HIRC}$	—	16	—	t_{HIRC}
		—	$f_{SYS}=f_{SUB}=f_{LIRC}$	—	2	—	t_{LIRC}
	系统启动时间 (从 f_{SYS} on 的状态下唤醒)	—	$f_{SYS}=f_H\sim f_H/64$, $f_H=f_{HIRC}$	—	2	—	t_H
		—	$f_{SYS}=f_{SUB}=f_{LIRC}$	—	2	—	t_{SUB}
	系统速度切换时间 (快速模式 → 低速模式或 低速模式 → 快速模式)	—	f_{HIRC} off → on	—	16	—	t_{HIRC}
t_{RSTD}	系统复位延迟时间 (上电复位或 LVR 硬件复位)	—	RR_{POR}=5V/ms	42	48	54	ms
	系统复位延迟时间 (LVRC/WDTC 软件复位)	—	—				
	系统复位延迟时间 (WDT 溢出复位)	—	—	14	16	18	ms
t_{SRESET}	软件复位最小脉宽	—	—	45	90	120	μs

注：1. 系统启动时间里提到的 f_{SYS} on/off 状态取决于工作模式类型以及所选的系统时钟振荡器。更多相关细节请参考系统工作模式章节。

2. t_{HIRC} 等符号所表示的时间单位，是对应频率值的倒数，相关频率值在前面表格有说明。例如，$t_{HIRC}=1/f_{HIRC}$，$t_{LIRC}=1/f_{LIRC}$ 等等。

3. 若 LIRC 被选择作为系统时钟源且在休眠模式下 LIRC 关闭，则上面表格中对应 t_{SST} 数值还需加上 LIRC 频率表格里提供的 LIRC 启动时间 t_{START}。

4. 系统速度切换时间实际上是指新使能的振荡器的启动时间。

输入 / 输出口电气特性

Ta=-40°C~85°C

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V_{DD}	条件				
V_{IL}	I/O 口低电平输入电压	5V	—	0	—	1.5	V
		—	—	0	—	$0.2V_{DD}$	
V_{IH}	I/O 口高电平输入电压	5V	—	3.5	—	5.0	V
		—	—	$0.8V_{DD}$	—	V_{DD}	
I_{OL}	I/O 口灌电流	3V	$V_{OL}=0.1V_{DD}$	16	32	—	mA
		5V		32	65	—	
I_{OH}	I/O 口源电流	3V	$V_{OH}=0.9V_{DD}$, SLEDCn[m+1, m]=00B (n=0, 1; m=0, 2, 4, 6)	-0.7	-1.5	—	mA
		5V		-1.5	-2.9	—	
		3V	$V_{OH}=0.9V_{DD}$, SLEDCn[m+1, m]=01B (n=0, 1; m=0, 2, 4, 6)	-1.3	-2.5	—	mA
		5V		-2.5	-5.1	—	
		3V	$V_{OH}=0.9V_{DD}$, SLEDCn[m+1, m]=10B (n=0, 1; m=0, 2, 4, 6)	-1.8	-3.6	—	mA
		5V		-3.6	-7.3	—	
		3V	$V_{OH}=0.9V_{DD}$, SLEDCn[m+1, m]=11B (n=0, 1; m=0, 2, 4, 6)	-4	-8	—	mA
		5V		-8	-16	—	
R_{PH}	I/O 口上拉电阻	3V	LVPU=0 PxPU=FFH (Px: PA, PB, PC)	20	60	100	kΩ
		5V		10	30	50	
		3V	LVPU=1 PxPU=FFH (Px: PA, PB, PC)	6.67	15.00	23.00	
		5V		3.5	7.5	12.0	
R_{PL}	PB4 与 PB5 信号下拉电阻	3V	—	5	10	15	kΩ
		5V	—	5	10	15	
I_{LEAK}	I/O 口输入漏电流	5V	$V_{IN}=V_{DD}$ 或 $V_{IN}=V_{SS}$	—	—	±1	μA
I_{LEAK}	PB4 与 PB5 信号输入漏电流	5V	$V_{IN}=V_{SS}$	—	—	±1	μA
t_{TPI}	xTPI 输入引脚最小脉宽	—	—	0.3	—	—	μs
t_{TCK}	xTCK 输入引脚最小脉宽	—	—	0.3	—	—	μs
t_{INT}	外部中断输入最小输入脉宽	—	—	0.3	—	—	μs

注：R_{PH} 内部上拉电阻值的计算方法是：将引脚接地并设置为输入且使能上拉电阻功能，然后在特定电源电压下测量该引脚上的电流，最后电压除以测量的电流值从而得到此上拉电阻值。

存储器电气特性

Ta=-40°C~85°C，除非另有说明

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V_{DD}	条件				
Flash 程序存储器 / 模拟 EEPROM 存储器							
V_{DD}	读工作电压	—	—	1.8	—	5.5	V
	擦 / 写工作电压	—	Ta=25°C	1.8	—	5.5	
t_{DEW}	擦 / 写时间 – Flash 程序存储器	5.0V	Ta=25°C	—	2	3	ms
	擦 / 写时间 – 模拟 EEPROM 存储器	—	EWRTS[1:0]=00B, Ta=25°C	—	2	3	ms
		—	EWRTS[1:0]=01B, Ta=25°C	—	4	6	
		—	EWRTS[1:0]=10B, Ta=25°C	—	8	12	
		—	EWRTS[1:0]=11B, Ta=25°C	—	16	24	
E_P	电容耐久性	—	—	10K	—	—	E/W
t_{RETD}	ROM 数据保存时间	—	Ta=25°C	—	40	—	Year
RAM 数据存储器							
V_{DD}	读 / 写工作电压	—	—	V_{DDmin}	—	V_{DDmax}	V
V_{DR}	RAM 数据保存电压	—	单片机处于休眠模式	1.0	—	—	V

注：模拟 EEPROM 擦 / 写操作只有在 f_{SYS} 时钟频率大于等于 2MHz 时才可执行。

LVR 电气特性

Ta=-40°C~85°C

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V_{DD}	条件				
V_{LVR}	低电压复位电压	—	LVR 使能，电压选择 1.7V	-5%	1.7	+5%	V
I_{LVRBG}	工作电流	3V	LVR 使能，V_{LVR}=1.7V	—	—	15	μA
		5V		—	15	25	
t_{LVR}	产生 LVR 复位的低电压最短保持时间	—	—	120	240	480	μs
I_{LVR}	LVR 使能的额外电流	5V	VBGEN=0	—	—	25	μA

内部参考电压特性

Ta=-40°C~85°C

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V_{DD}	条件				
t_{BGS}	V_{BG} 开启稳定时间	—	无负载	—	—	50	μs
I_{BG}	Bandgap 参考电压使能的额外时间	—	VBGEN=1，LVR 除能	—	—	2	μA

注：V_{BG} 电压可用作 A/D 转换器内部 OPA 输入信号。

A/D 转换器电气特性

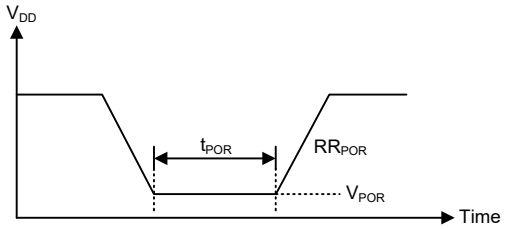
Ta=-40°C~85°C

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V_{DD}	条件				
V_{ADI}	A/D 转换器输入电压	—	—	0	—	V_{REF}	V
V_{REF}	A/D 转换器参考电压	—	—	1.6	—	V_{DD}	V
N_R	分辨率	—	—	—	—	10	Bit
DNL	非线性微分误差	—	V_{REF}=V_{DD}, t_{ADCK}=0.5μs	-1.5	—	+1.5	LSB
INL	非线性积分误差	—	V_{REF}=V_{DD}, t_{ADCK}=0.5μs	-2	—	+2	LSB
I_{ADC}	A/D 转换器使能的额外电流	1.8V	无负载，t_{ADCK}=0.5μs	—	300	420	μA
		3V		—	340	500	
		5V		—	500	700	
t_{ADCK}	A/D 转换器时钟周期	—	—	0.5	—	10.0	μs
t_{ON2ST}	A/D 转换器 On-to-Start 时间	—	—	4	—	—	μs
t_{ADS}	A/D 采样时间	—	—	—	4	—	t_{ADCK}
t_{ADC}	A/D 转换时间 (包括 A/D 采样和保持时间)	—	—	—	14	—	t_{ADCK}
OSRR	A/D 转换失调误差	—	V_{REF}=V_{DD}	-2	—	+2	LSB
I_{OPA}	OPA 使能的额外电流	3V	无负载	—	390	550	μA
		5V		—	500	650	
V_{OR}	OPA 最大输出电压范围	3V	—	V_{SS}+0.1	—	V_{DD}-0.1	V
		5V		V_{SS}+0.1	—	V_{DD}-0.1	
V_{VR}	OPA 固定输出电压	1.8V~5.5V	—	-5%	1.6	+5%	V

上电复位特性

Ta=-40°C~85°C

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V_{DD}	条件				
V_{POR}	上电复位电压	—	—	—	—	100	mV
RR_{POR}	上电复位电压速率	—	—	0.035	—	—	V/ms
t_{POR}	V_{DD} 保持为 V_{POR} 的最小时间	—	—	1	—	—	ms



H 桥驱动器电气特性

HBV_{DD}=HBV_{CC}=5V，Ta=25°C，除非另有说明

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
电源						
HBV_{DD}	电源电压	—	1.8	—	6.0	V
I_{DD}	电源工作电流	PWM=25kHz，OUT1 和 OUT2 Open	—	650	1000	μA
$I_{DD(STB)}$	电源待机电流	PB4=PB5='0'，充电泵开启	—	600	800	μA
$I_{DD(SLP)}$	电源休眠电流	PB4=PB5='0'，充电泵关闭	—	—	0.1	μA
HBV_{CC}	马达电源电压	—	—	—	7.5	V
I_M	HBV_{CC} 工作电流	PWM=25kHz，OUT1 和 OUT2 Open	—	0.25	0.60	mA
$I_{M(STB)}$	HBV_{CC} 待机电流	PB4=PB5='0'，充电泵开启	—	150	300	μA
H 桥电路						
R_{ON}	*HS+LS FET 导通电阻	HBV_{DD}=HBV_{CC}=3V，I_{OUT}=500mA	—	0.5	—	Ω
V_{CLAMP}	钳位二极管电压	I=300mA (HS 和 LS)	—	0.8	—	V
$I_{HS(OFF)}$	HS MOSFET 漏电流	PB4=PB5='0'，HBV_{CC}=7.5V，V_{OUT}=0V，测量 I (HBV_{CC})	—	—	0.1	μA
$t_{r(OUT)}$	输出上升时间	R_L=20Ω，10% 到 90% (图 1)	—	100	—	ns
$t_{f(OUT)}$	输出下降时间	R_L=20Ω，90% 到 10% (图 1)	—	30	—	ns
控制逻辑						
V_{IL}	输入逻辑低电平电压	HBV_{DD}=5V	0.80	—	—	V
		HBV_{DD}=1.8V	0.36	—	—	
V_{IH}	输入逻辑高电平电压	HBV_{DD}=5V	—	—	2.0	V
		HBV_{DD}=1.8V	—	—	0.9	
V_{HYS}	输入逻辑迟滞	—	—	0.1	—	V
t_{P1}	IN 到 OUT 传播延迟 (图 1)	R_L=20Ω，PBn 到 OUTx (高阻抗到高电平 / 低电平)	—	40	—	ns
t_{P2}		R_L=20Ω，PBn 到 OUTx (高电平 / 低电平到高阻抗)	—	120	—	ns
t_{P3}		R_L=20Ω，PBn 到 OUTx	—	40	—	ns
t_{P4}		R_L=20Ω，PBn 到 OUTx	—	120	—	ns
t_{SLPEN}	休眠模式进入时间	PB4=PB5='0'，直到充电泵关闭 (图 1)	—	10	—	ms
f_{PWM}	输入 PWM 频率	内部充电泵开启	—	—	200	kHz
充电泵						
t_{CP_ON}	充电泵开启时间	充电泵激活时间	—	11	—	ms
保护功能						
V_{UVLO+}	HBV_{DD} 开启的电压电平	HBV_{DD} 上升	—	—	1.8	V
V_{UVLO-}	HBV_{DD} 关闭的电压电平	HBV_{DD} 下降	1.5	—	—	V
I_{OCP}	过流保护阈值	有去毛刺时间，t_{DEG}	1.9	2.1		A
t_{DEG}	过流去毛刺时间	(图 2)	—	1.0	—	μs
t_{RETRY}	过流重试时间	(图 2)	—	1.0	—	ms
**I_{SCP}	短路保护阈值	无去毛刺时间 (图 3)	—	3.1	—	A

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
T_{SHD}	热关机保护阈值	—	—	150	—	˚C
T_{REC}	热恢复温度	—	—	120	—	˚C

注：* HS 表示上端，LS 下端。

**H 桥驱动器 为 OUTx 到地、OUTx 到电源或 OUT1 到 OUT2 路径提供了完整的短路保护。

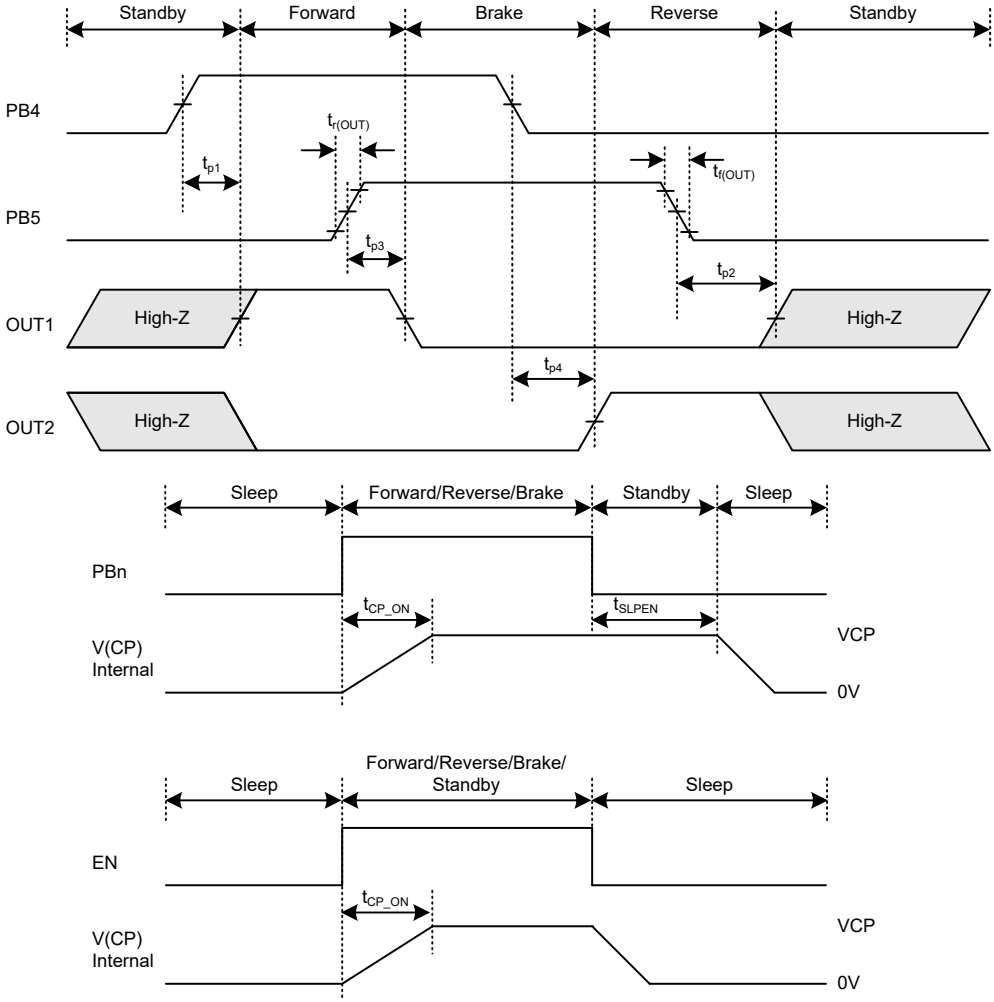


图 1. H 桥驱动器控制逻辑和休眠模式时序图

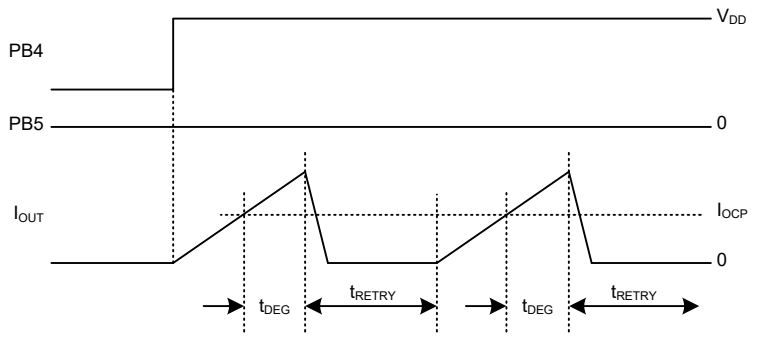


图 2. H 桥驱动器 OCP 响应

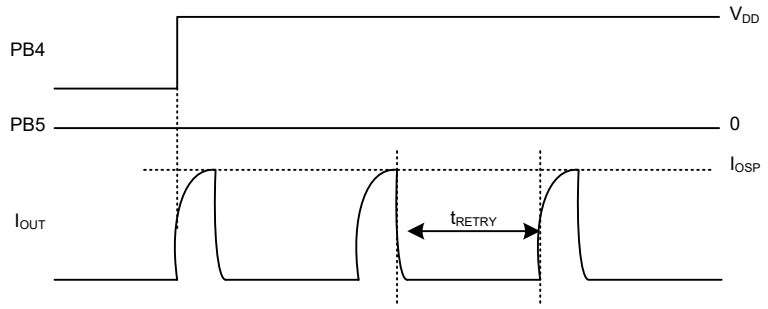


图 3. H 桥驱动器 OSP 响应

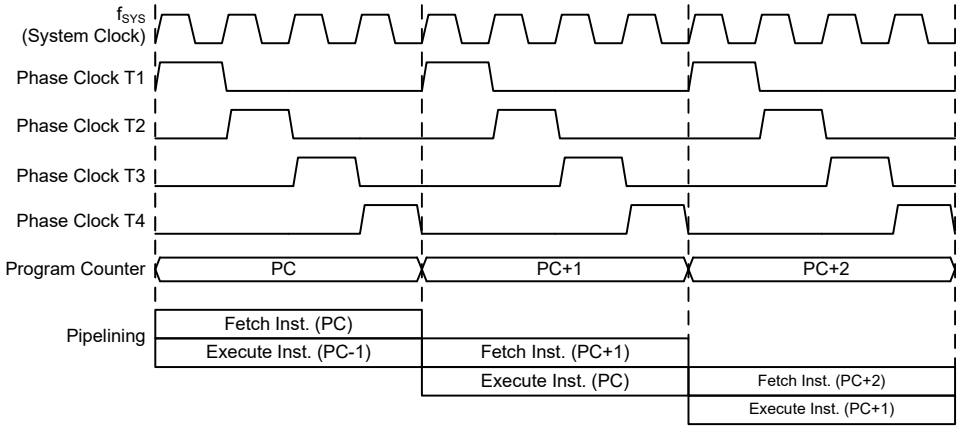
系统结构

内部系统结构是 Holtek 单片机具有良好性能的主要因素。由于采用 RISC 结构，此单片机具有高运算速度和高性能的特点。通过流水线的方式，指令的获取和执行同时进行，此举使得除了跳转和调用指令需多一个指令周期外，其它大部分指令都能分别在一个指令周期内完成。8 位 ALU 参与指令集中所有的运算，它可完成算术运算、逻辑运算、移位、递增、递减和分支等功能，而内部的数据路径则是以通过累加器和 ALU 的方式加以简化。有些寄存器在数据存储器中被实现，且可以直接或间接寻址。简单的寄存器寻址方式和结构特性，确保了在提供具有最大可靠度和灵活性的 I/O 和 A/D 控制系统时，仅需要少数的外部器件。使得该单片机适用于低成本和大量生产的控制应用。

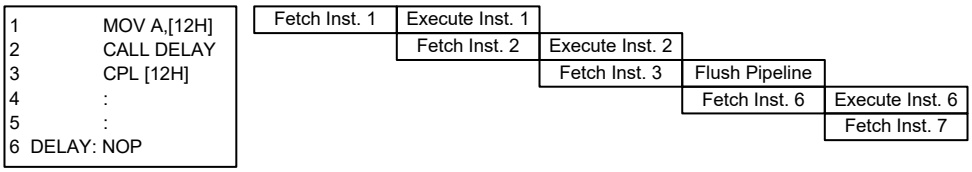
时序和流水线结构

主系统时钟由 HIRC 或 LIRC 振荡器提供，它被细分为 T1~T4 四个内部产生的非重叠时序。在 T1 时间，程序计数器自动加一并抓取一条新的指令。剩下的时间 T2~T4 完成译码和执行功能，因此，一个 T1~T4 时钟周期构成一个指令周期。虽然指令的抓取和执行发生在连续的指令周期，但单片机流水线结构会保证指令在一个指令周期内被有效执行。除非程序计数器的内容被改变，如子程序的调用或跳转，在这种情况下指令将需要多一个指令周期的时间去执行。

如果指令牵涉到分支，例如跳转或调用等指令，则需要两个指令周期才能完成指令执行。需要一个额外周期的原因是程序先用一个周期取出实际要跳转或调用的地址，再用另一个周期去实际执行分支动作，因此用户需要特别考虑额外周期的问题，尤其是在执行时间要求较严格的时候。



系统时序和流水线



指令捕捉

程序计数器

在程序执行期间，程序计数器用来指向下一个要执行的指令地址。除了“JMP”和“CALL”指令需要跳转到一个非连续的程序存储器地址之外，它会在每条指令执行完成以后自动加一。只有较低的 8 位，即所谓的程序计数器低字节寄存器 PCL，可以被用户直接读写。

当执行的指令要求跳转到不连续的地址时，如跳转指令、子程序调用、中断或复位等，单片机通过加载所需要的地址到程序寄存器来控制程序，对于条件跳转指令，一旦条件符合，在当前指令执行时取得的下一条指令将会被舍弃，而由一个空指令周期来取代。

程序计数器	
程序计数器高字节	PCL 寄存器
PC11~PC8	PCL7~PCL0

程序计数器

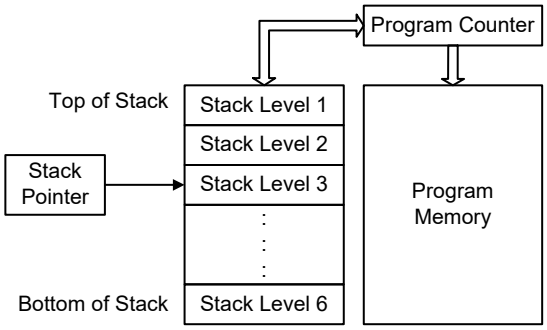
程序计数器的低字节，即程序计数器的低字节寄存器 PCL，可以通过程序控制，且它是可以读取和写入的寄存器。通过直接写入数据到这个寄存器，一个程序短跳转可直接执行，然而只有低字节的操作是有效的，跳转被限制在存储器的当前页中，即 256 个存储器地址范围内，当这样一个程序跳转要执行时，会插入一个空指令周期。程序计数器的低字节可由程序直接进行读取，PCL 的使用可能引起程序跳转，因此需要额外的指令周期。

堆栈

堆栈是一个特殊的存储空间，用来存储程序计数器中的内容。该单片机有 6 层堆栈，堆栈既不是数据部分也不是程序空间部分，而且它既不是可读取也不是可写入的。当前层由堆栈指针 (SP) 加以指示，同样也是不可读写的。在子程序调用或中断响应服务时，程序计数器的内容被压入到堆栈中。当子程序或中断响应结束时，返回指令 (RET 或 RETI) 使程序计数器从堆栈中重新得到它以前的值。当一个芯片复位后，堆栈指针将指向堆栈顶部。

如果堆栈已满，且有非屏蔽的中断发生，中断请求标志会被置位，但中断响应将被禁止。当堆栈指针减少 (执行 RET 或 RETI)，中断将被响应。这个特性提供程序设计者简单的方法来预防堆栈溢出。然而即使堆栈已满，CALL 指令仍然可以被执行，而造成堆栈溢出。使用时应避免堆栈溢出的情况发生，因为这可能导致不可预期的程序分支指令执行错误。

若堆栈溢出，则首个存入堆栈的程序计数器数据将会丢失。



算术逻辑单元 – ALU

算术逻辑单元是单片机中很重要的部分，执行指令集中的算术和逻辑运算。ALU 连接到单片机的数据总线，在接收相关的指令码后执行需要的算术与逻辑操作，并将结果存储在指定的寄存器，当 ALU 计算或操作时，可能导致进位、借位或其它状态的改变，而相关的状态寄存器会因此更新内容以显示这些改变，ALU 所提供的功能如下：

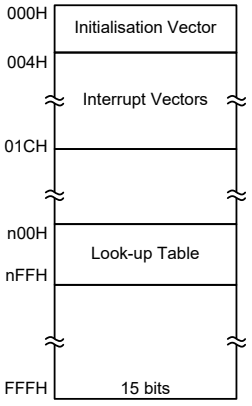
- 算术运算：ADD，ADDM，ADC，ADCM，SUB，SUBM，SBC，SBCM，DAA
- 逻辑运算：AND，OR，XOR，ANDM，ORM，XORM，CPL，CPLA
- 移位运算：RRA，RR，RRCA，RRC，RLA，RL，RLCA，RLC
- 递增和递减：INCA，INC，DECA，DEC
- 分支判断：JMP，SZ，SZA，SNZ，SIZ，SDZ，SIZA，SDZA，CALL，RET，RETI

Flash 程序存储器

程序存储器用来存放用户代码及储存程序。程序存储器为 Flash 类型意味着可以多次重复编程，方便用户使用同一芯片进行程序的修改。使用适当的单片机编程工具，此单片机提供用户灵活便利的调试方法和项目开发规划及更新。

结构

程序存储器的容量为 4K×15 位，程序存储器用程序计数器来寻址，其中也包含数据、表格和中断入口。数据表格可以设定在程序存储器的任何地址，由表格指针来寻址。



程序存储器结构

特殊向量

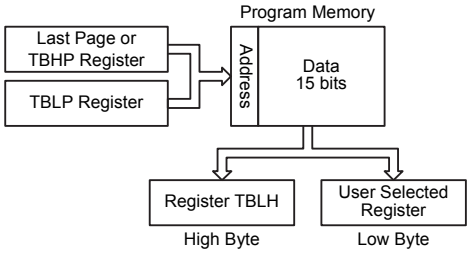
程序存储器内部某些地址保留用做诸如复位和中断入口等特殊用途。地址 000H 是芯片复位后的程序起始地址。在芯片复位之后，程序将跳到这个地址并开始执行。

查表

程序存储器中的任何地址都可以定义成一个表格，以便储存固定的数据。使用表格时，表格指针必须先行设定，其方式是将表格的地址放在表格指针寄存器 TBLP 和 TBHP 中。这两个寄存器定义表格总的地址。

在设定完表格指针后，表格数据可以使用如“TABRD [m]”或“TABRDL [m]”等指令分别从程序存储器查表读取。当这些指令执行时，程序存储器中表格数据低字节，将被传送到使用者所指定的数据存储器 [m]，程序存储器中表格数据的高字节，则被传送到 TBLH 特殊寄存器，而高字节中未使用的位将被读取为“0”。

下图是查表中寻址 / 数据流程：



查表范例

以下范例说明表格指针和表格数据如何被定义和执行。这个例子使用的表格数据用 ORG 伪指令储存在存储器中。ORG 指令的值“F00H”指向的地址是 4K 程序存储器中最后一页的起始地址。表格指针低字节寄存器的初始值设为 06H，这可保证从数据表格读取的第一笔数据位于程序存储器地址 F06H，即最后一页起始地址后的第六个地址。值得注意的是，假如“TABRD [m]”指令被使用，则表格指针指向 TBLP 和 TBHP 寄存器所指定的地址。在这个例子中，表格数据的高字节等于零，而当“TABRD [m]”指令被执行时，此值将会自动的被传送到 TBLH 寄存器。

TBLH 寄存器为只读寄存器，不能重新储存，若主程序和中断服务程序都使用表格读取指令，应该注意它的保护。使用表格读取指令，中断服务程序可能会改变 TBLH 的值，若随后在主程序中再次使用这个值，则会发生错误，因此建议避免同时使用表格读取指令。然而在某些情况下，如果同时使用表格读取指令是不可避免的，则在执行任何主程序的表格读取指令前，中断应该先除能，另外要注意的是所有与表格相关的指令，都需要两个指令周期去完成操作。

表格读取程序范例

```
tempreg1 db ?       ; temporary register #1
tempreg2 db ?       ; temporary register #2
:
:
mov a,06h           ; initialise low table pointer - note that this address
                    ; is referenced
mov tblp,a          ; to the last page or the page that tbhp pointed
mov a,0Fh           ; initialise high table pointer
mov tbhp,a
:
:
tabrd tempreg1      ; transfers value in table referenced by table pointer,
                    ; data at program memory address "F06H" transferred to
                    ; tempreg1 and TBLH
dec tblp            ; reduce value of table pointer by one
tabrd tempreg2      ; transfers value in table referenced by table pointer,
                    ; data at program memory address "F05H" transferred to
                    ; tempreg2 and TBLH
                    ; in this example the data "1AH" is transferred to
                    ; tempreg1 and data "0FH" to register tempreg2
                    ; the value "00H" will be transferred to the high byte
                    ; register TBLH
:
:
org 0F00h           ; sets initial address of program memory
dc 00Ah, 00Bh, 00Ch, 00Dh, 00Eh, 00Fh, 01Ah, 01Bh
```

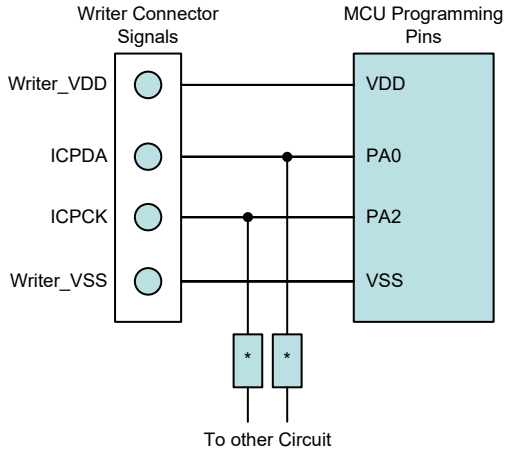
在线烧录 – ICP

Flash 型程序存储器的提供使用户得以便利地对同一芯片进行程序的更新和修改。另外，Holtek 单片机提供 4 线接口的在线烧录方式。用户可将进行过烧录或未经过烧录的单片机芯片连同电路板一起制成，最后阶段进行程序的更新和程序的烧录，在无需拔出再重新插入芯片的情况下方便地保持程序为最新版。

Holtek 烧录器引脚名称	MCU 在线烧录引脚名称	引脚说明
ICPDA	PA0	烧录串行数据 / 地址
ICPCK	PA2	烧录时钟
VDD	VDD	电源
VSS	VSS	地

程序存储器可以通过 4 线的接口在线进行烧录。其中一条线用于数据串行下载或上传、一条线用于串行时钟、剩下两条用于提供电源。芯片在线烧写的详细使用说明超出此文档的描述范围，将由专门的参考文献提供。

烧录过程中，用户必须确保 ICPDA 和 ICPCK 这两个引脚没有连接至其它输出脚。



注：* 可能为电阻或电容。若为电阻则其值必须大于 1kΩ，若为电容则其必须小于 1nF。

片上调试 – OCDS

EV 芯片 BP45V0106 用于 BP45F0106 单片机仿真。EV 芯片提供片上调试功能 (OCDS) 用于开发过程中的单片机调试。除了片上调试功能外，单片机和 EV 芯片在功能上几乎是兼容的。用户可将 OCDSDA 和 OCDSCK 引脚连接至 Holtek HT-IDE 开发工具，从而实现 EV 芯片对单片机的仿真。OCDSDA 引脚为 OCDS 数据 / 地址输入 / 输出脚，OCDSCK 引脚为 OCDS 时钟输入脚。当用户用 EV 芯片进行调试时，OCDSDA 和 OCDSCK 引脚上的其它共用功能在 EV 芯片无效。由于这两个 OCDS 引脚与 ICP 引脚共用，因此在线烧录时仍用作 Flash 存储器烧录引脚。关于 OCDS 功能的详细描述，请参考“Holtek e-Link for 8-bit MCU OCDS 用户手册”文件。

Holtek e-Link 引脚名称	EV 芯片引脚名称	引脚说明
OCDSDA	OCDSDA	片上调试串行数据 / 地址输入 / 输出
OCDSCK	OCDSCK	片上调试时钟输入
VDD	VDD	电源
VSS	VSS	地

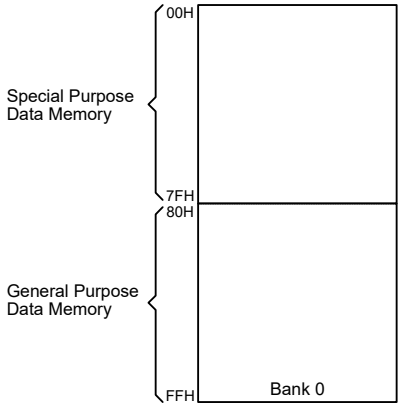
数据存储器

数据存储器是内容可更改的 8 位 RAM 内部存储器，用来储存临时数据。

结构

数据存储器分为两种类型，第一种是特殊功能数据存储器。这些寄存器有固定的地址且与单片机的正确操作密切相关。大多特殊功能寄存器都可在程序控制下直接读取和写入，但有些被加以保护。第二种数据存储器是做一般用途使用，都可在程序控制下进行读取和写入。

此单片机数据存储器的起始地址是“00H”。特殊功能数据存储器地址范围为 00H~7FH，而通用数据存储器地址范围为 80H~FFH。



数据存储器结构

通用数据存储器

所有的单片机程序需要一个读 / 写的存储区，让临时数据可以被储存和再使用，该 RAM 区域就是通用数据存储器。这个数据存储区可让使用者进行读取和写入的操作。使用位操作指令可对个别的位做置位或复位的操作，极大地方便了用户在数据存储器内进行位操作。

特殊功能数据存储器

这个区域的数据存储器是存放特殊寄存器的，这些寄存器与单片机的正确操作密切相关，大多数的寄存器可进行读取和写入，只有一些是被写保护而只能读取的，相关细节的介绍请参看有关特殊功能寄存器的部分。要注意的是，任何读取指令对存储器中未定义的地址进行读取将返回“00H”。

	Bank 0
00H	IAR0
01H	MP0
02H	IAR1
03H	MP1
04H	
05H	ACC
06H	PCL
07H	TBLP
08H	TBLH
09H	TBHP
0AH	STATUS
0BH	LVPUC
0CH	INTEG
0DH	INTC0
0EH	INTC1
0FH	RSTFC
10H	MFI0
11H	MFI1
12H	
13H	
14H	PA
15H	PAC
16H	PAPU
17H	PAWU
18H	PB
19H	PBC
1AH	PBPU
1BH	PC
1CH	PCC
1DH	PCPU
1EH	
1FH	
20H	SADOL
21H	SADOH
22H	SADC0
23H	SADC1
24H	ECR
25H	EAR
26H	ED0L
27H	ED0H
28H	ED1L
29H	ED1H
2AH	ED2L
2BH	ED2H
2CH	ED3L
2DH	ED3H
2EH	LVRC
2FH	VBGC
30H	SCC
31H	HIRCC
32H	
33H	WDTC
34H	PSCR
35H	TB0C
36H	TB1C
37H	
38H	
39H	
3AH	PAS0
3BH	PAS1
3CH	PBS0
3DH	SLEDC0
3EH	SLEDC1
3FH	

	Bank 0
40H	
41H	STMC0
42H	STMC1
43H	STMDL
44H	STMDH
45H	STMAL
46H	STMAH
47H	PTMC0
48H	PTMC1
49H	PTMDL
4AH	PTMDH
4BH	PTMAL
4CH	PTMAH
4DH	PTMRPL
4EH	PTMRPH
4FH	
50H	
51H	
52H	
53H	
54H	
55H	
56H	
57H	
58H	
59H	
5AH	
5BH	
5CH	
5DH	
5EH	
5FH	
60H	
61H	
62H	
63H	
64H	
65H	
66H	
67H	
68H	
69H	
6AH	
6BH	
6CH	
6DH	
6EH	
6FH	
70H	
71H	
72H	
73H	
74H	
75H	
76H	
77H	
78H	
79H	
7AH	
7BH	
7CH	
7DH	
7EH	
7FH	

: Unused, read as 00H

特殊功能数据存储器结构

特殊功能寄存器

大部分特殊功能寄存器的细节将在相关功能章节描述，但有几个寄存器需在此章节单独描述。

间接寻址寄存器 – IAR0, IAR1

间接寻址寄存器 IAR0 和 IAR1 的地址虽位于数据存储区，但其并没有实际的物理地址。间接寻址的方法使用这些间接寻址寄存器和存储器指针做数据操作，以取代定义实际存储器地址的直接存储器寻址方法。在间接寻址寄存器 IAR0 和 IAR1 上的任何动作，将对存储器指针 MP0 和 MP1 所指定的存储器地址产生对应的读 / 写操作。它们总是成对出现，IAR0 和 MP0 可以访问 Bank 0，而 IAR1 和 MP1 可以访问任何 Bank。因为这些间接寻址寄存器不是实际存在的，直接读取将返回“00H”的结果，而直接写入此寄存器则不做任何操作。

存储器指针 – MP0, MP1

该单片机提供两个存储器指针，即 MP0 和 MP1。由于这些指针在数据存储器中能像普通的寄存器一般被操作，因此提供了一个寻址和数据追踪的有效方法。当对相关间接寻址寄存器进行任何操作时，单片机指向的实际地址是由存储器指针 MP0 所指定的地址，此时间接寻址寄存器 IAR0 用于访问 Bank 0 中的数据，而 MP1 和 IAR1 可访问所有的 Bank。直接寻址只能在 Bank 0 中使用，而 MP1 和 IAR1 可用于间接访问所有 Bank。

以下例子说明如何清除一个具有 4 个 RAM 地址的内容，它们已事先定义成地址 adres1 到 adres4。

间接寻址程序举例

```
data .section 'data'
adres1 db ?
adres2 db ?
adres3 db ?
adres4 db ?
block  db ?
code .section at 0 code
org 00h
start:
    mov a,04h              ; setup size of block
    mov block,a
    mov a,offset adres1    ; Accumulator loaded with first RAM address
    mov mp0,a              ; setup memory pointer with first RAM address
loop:
    clr IAR0               ; clear the data at address defined by MP0
    inc mp0                ; increase memory pointer
    sdz block              ; check if last memory location has been cleared
    jmp loop
continue:
    :
```

在上面的例子中有一点值得注意，即并没有确定 RAM 地址。

累加器 – ACC

对任何单片机来说，累加器是相当重要的，且与 ALU 所完成的运算有密切关系，所有 ALU 得到的运算结果都会暂时存在 ACC 累加器里。若没有累加器，ALU 必须在每次进行如加法、减法和移位的运算时，将结果写入到数据存储器，这样会造成程序编写和时间的负担。另外数据传送也常常牵涉到累加器的临时

储存功能，例如在使用者定义的一个寄存器和另一个寄存器之间传送数据时，由于两寄存器之间不能直接传送数据，因此必须通过累加器来传送数据。

程序计数器低字节寄存器 – PCL

为了提供额外的程序控制功能，将程序计数器低字节规划在数据存储器的特殊功能区域内，通过对此寄存器进行操作，便可直接跳转到其它程序地址。直接给 PCL 寄存器赋值将导致程序直接跳转到程序存储器的某一地址，然而由于寄存器只有 8 位长度，因此只允许在本页的程序存储器范围内进行跳转。注意，当执行此操作时，会插入一个空指令周期。

表格寄存器 – TBLP, TBHP, TBLH

这三个特殊功能寄存器用于对存储在程序存储器中的表格进行操作。TBLP 和 TBHP 为表格指针，指向表格数据存储的地址。它们的值必须在任何表格读取指令执行前预先设定，由于它们的值可以被如“INC”或“DEC”的指令所改变，这就提供了一种简便的方法对表格数据进行读取。表格读取数据指令执行之后，表格数据高字节存储在 TBLH 中。其中要注意的是，表格数据低字节会被传送到使用者指定的地址。

状态寄存器 – STATUS

这 8 位的状态寄存器由零标志位 (Z)、进位标志位 (C)、辅助进位标志位 (AC)、溢出标志位 (OV)、暂停标志位 (PDF) 和看门狗定时器溢出标志位 (TO) 组成。这些算术 / 逻辑操作和系统运行标志位是用来记录单片机的运行状态。

除了 TO 和 PDF 标志外，状态寄存器中的位像其它大部分寄存器一样可以被改变。任何数据写入到状态寄存器将不会改变 TO 或 PDF 标志位。另外，执行不同的指令后，与状态寄存器有关的运算可能会得到不同的结果。TO 标志位只会受系统上电、看门狗溢出或执行“CLR WDT”或“HALT”指令影响。PDF 标志位只会受执行“HALT”或“CLR WDT”指令或系统上电影响。

Z、OV、AC 和 C 标志位通常反映最近运算的状态。

- C：当加法运算的结果产生进位，或减法运算的结果没有产生借位时，则 C 被置位，否则 C 被清零，同时 C 也会被带进位的移位指令所影响。
- AC：当低半字节加法运算的结果产生进位，或低半字节减法运算的结果没有产生借位时，AC 被置位，否则 AC 被清零。
- Z：当算术或逻辑运算结果是零时，Z 被置位，否则 Z 被清零。
- OV：当运算结果高两位的进位状态异或结果为 1 时，OV 被置位，否则 OV 被清零。
- PDF：系统上电或执行“CLR WDT”指令会清零 PDF，而执行“HALT”指令则会置位 PDF。
- TO：系统上电或执行“CLR WDT”或“HALT”指令会清零 TO，而当 WDT 溢出则会置位 TO。

另外，当进入一个中断程序或执行子程序调用时，状态寄存器不会自动压入到堆栈保存。假如状态寄存器的内容是重要的且子程序可能改变状态寄存器的话，则需谨慎的去做正确的储存。

- **STATUS 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	TO	PDF	OV	Z	AC	C
R/W	—	—	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	—	0	0	x	x	x	x

"x"：未知

Bit 7~6　未定义，读为"0"

Bit 5　**TO**：看门狗溢出标志位
0：系统上电或执行"CLR WDT"或"HALT"指令后
1：看门狗溢出发生

Bit 4　**PDF**：暂停标志位
0：系统上电或执行"CLR WDT"指令后
1：执行"HALT"指令

Bit 3　**OV**：溢出标志位
0：无溢出
1：运算结果高两位的进位状态异或结果为 1

Bit 2　**Z**：零标志位
0：算术或逻辑运算结果不为 0
1：算术或逻辑运算结果为 0

Bit 1　**AC**：辅助进位标志位
0：无辅助进位
1：在加法运算中低四位产生了向高四位进位，或减法运算中低四位不发生从高四位借位

Bit 0　**C**：进位标志位
0：无进位
1：如果在加法运算中结果产生了进位，或在减法运算中结果不发生借位
进位标志位 C 也受循环移位指令的影响。

模拟 EEPROM 数据存储器

该单片机内建模拟 EEPROM 数据存储器。由于其非易失的存储结构，即使在电源掉电的情况下存储器内的数据仍然保存完好。这种存储区扩展了存储器空间，对设计者来说增加了许多新的应用机会。模拟 EEPROM 可以用来存储产品编号、校准值、用户特定数据、系统配置参数或其它产品信息等。

模拟 EEPROM 数据存储器结构

该单片机的模拟 EEPROM 数据存储器容量为 32×15 位。该模拟 EEPROM 以页为单位进行擦操作，以 4 字为单位进行写操作，以 1 字为单位进行读操作。页的大小为 16 个字。注意，在执行写操作之前必须先执行擦操作。

操作	格式
擦除	16 字 / 页
写入	4 字 / 次
读取	1 字 / 次
注：页大小为 16 字。	

模拟 EEPROM 擦 / 写 / 读格式

擦除页	EAR4	EAR[3:0]
0	0	xxxx
1	1	xxxx

“x”：无关

擦除页序号及选择

写单位	EAR[4:2]	EAR[1:0]
0	000	xx
1	001	xx
2	010	xx
3	011	xx
4	100	xx
5	101	xx
6	110	xx
7	111	xx

“x”：无关

写单位序号及选择

模拟 EEPROM 寄存器

内部模拟 EEPROM 数据存储器的操作可通过一系列寄存器控制，分别为地址寄存器 EAR、数据寄存器 ED0L/ED0H~ED3L/ED3H 和一个控制寄存器 ECR。

寄存器名称	位							
	7	6	5	4	3	2	1	0
EAR	—	—	—	EAR4	EAR3	EAR2	EAR1	EAR0
ED0L	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ED0H	—	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
ED1L	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ED1H	—	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
ED2L	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ED2H	—	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
ED3L	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ED3H	—	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
ECR	EWRTS1	EWRTS0	EEREN	EER	EWREN	EWR	ERDEN	ERD

模拟 EEPROM 寄存器列表

- **EAR 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	EAR4	EAR3	EAR2	EAR1	EAR0
R/W	—	—	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	—	—	0	0	0	0	0

Bit 7~5　未定义，读为“0”

Bit 4~0　**EAR4~EAR0**：模拟 EEPROM 地址 bit 4 ~ bit 0

- **ED0L 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~0 **D7~D0**：第一个模拟 EEPROM 数据 bit 7 ~ bit 0

- **ED0H 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
R/W	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 未定义，读为“0”

Bit 6~0 **D14~D8**：第一个模拟 EEPROM 数据 bit 14 ~ bit 8

- **ED1L 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~0 **D7~D0**：第二个模拟 EEPROM 数据 bit 7 ~ bit 0

- **ED1H 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
R/W	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 未定义，读为“0”

Bit 6~0 **D14~D8**：第二个模拟 EEPROM 数据 bit 14 ~ bit 8

- **ED2L 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~0 **D7~D0**：第三个模拟 EEPROM 数据 bit 7 ~ bit 0

- **ED2H 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
R/W	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 未定义，读为“0”

Bit 6~0 **D14~D8**：第三个模拟 EEPROM 数据 bit 14 ~ bit 8

- **ED3L 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~0 **D7~D0**：第四个模拟 EEPROM 数据 bit 7 ~ bit 0

- **ED3H 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
R/W	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 未定义，读为“0”

Bit 6~0 **D14~D8**：第四个模拟 EEPROM 数据 bit 14 ~ bit 8

- **ECR 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	EWRTS1	EWRTS0	EEREN	EER	EWREN	EWR	ERDEN	ERD
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~6 **EWRTS1~EWRTS0**：模拟 EEPROM 擦 / 写时间选择
00：2ms
01：4ms
10：8ms
11：16ms

Bit 5 **EEREN**：模拟 EEPROM 擦使能位
0：除能
1：使能
此位为模拟 EEPROM 擦使能位，向模拟 EEPROM 执行擦操作之前需将此位置高。将此位清零时，则禁止向模拟 EEPROM 执行擦操作。

Bit 4 **EER**：模拟 EEPROM 擦控制位
0：擦周期结束
1：开启擦周期
此位为模拟 EEPROM 擦控制位，由应用程序将此位置高将激活擦周期。擦周期结束后，硬件自动将此位清零。当 EEREN 未先置高时，此位置高无效。

Bit 3 **EWREN**：模拟 EEPROM 写使能位
0：除能
1：使能
此位为模拟 EEPROM 写使能位，向模拟 EEPROM 执行写操作之前需将此位置高。将此位清零时，则禁止向模拟 EEPROM 执行写操作。

Bit 2 **EWR**：模拟 EEPROM 写控制位
0：写周期结束
1：开启写周期
此位为模拟 EEPROM 写控制位，由应用程序将此位置高将激活写周期。写周期结束后，硬件自动将此位清零。当 EWREN 未先置高时，此位置高无效。

Bit 1 **ERDEN**：模拟 EEPROM 读使能位
0：除能
1：使能

此位为模拟 EEPROM 读使能位，向模拟 EEPROM 执行读操作之前需将此位置高。将此位清零时，则禁止向模拟 EEPROM 执行读操作。

Bit 0 **ERD**：模拟 EEPROM 读控制位
0：读周期结束
1：开启读周期
此位为模拟 EEPROM 读控制位，由应用程序将此位置高将激活读周期。读周期结束后，硬件自动将此位清零。当 ERDEN 未先置高时，此位置高无效。

注：1. 在同一条指令中 EEREN、EER、EWREN、EWR、ERDEN 和 ERD 不能同时置为“1”。
2. 应注意，当读 / 写 / 擦操作成功启动后，CPU 将停止运行。
3. 在执行擦或写操作之前，先确保 f_{SYS} 时钟频率大于等于 2MHz 且 f_{SUB} 时钟已稳定。
4. 需确保读 / 写 / 擦操作已执行完毕后才可执行其它操作。

擦除模拟 EEPROM 中的数据

擦除模拟 EEPROM 中的数据，要擦除的页地址需先放入 EAR 寄存器中。需注意的是擦除操作每次擦除一页，每页包含 16 个字，因此擦除页地址仅由 EAR 寄存器中的 EAR4 位来指定，与 EAR3~EAR0 值无关。之后将 ECR 寄存器中的擦使能位 EEREN 先置为高以使能擦功能，然后 ECR 寄存器中的 EER 位需立即置高以开始擦操作，这两条指令必须在两个指令周期内连续执行。总中断位 EMI 在擦周期开始前应当被清零，在一个有效的擦启动步骤完成之后再将其使能。注意当擦操作成功启动，CPU 将停止运行。当擦周期结束，CPU 将恢复执行应用程序。而 EER 位将自动被硬件清零，以告知用户数据已被擦除。执行完擦操作后，模拟 EEPROM 被擦除页的内容将全为“0”。

写数据到模拟 EEPROM

写数据至模拟 EEPROM，要写入的数据需依序存入 ED0L/ED0H~ED3L/ED3H 寄存器对中，所需的写单位地址放入 EAR 寄存器中。需注意的是写入操作每次写入 4 字，因此每次写入地址仅由 EAR 寄存器中的 EAR4~EAR2 位来指定，与 EAR1~EAR0 值无关。之后将 ECR 寄存器中的写使能位 EWREN 先置为高以使能写功能，然后 ECR 寄存器中的 EWR 位需立即置高以开始写操作，这两条指令必须在两个指令周期内连续执行。总中断位 EMI 在写周期开始前应当被清零，在一个有效的写启动步骤完成之后再将其使能。注意当写操作成功启动，CPU 将停止运行。当写周期结束，CPU 将恢复执行应用程序。而 EWR 位将自动被硬件清零，以告知用户数据已被写入模拟 EEPROM。

从模拟 EEPROM 中读取数据

从模拟 EEPROM 中读取数据，要读取的数据的地址需先放入 EAR 寄存器中。ECR 寄存器中的读使能位 ERDEN 先置为高以使能读功能。若 ECR 寄存器中的 ERD 位被置高，一个读周期将开始。注意当读操作成功启动后，CPU 将停止运行。当读周期结束，CPU 将恢复执行应用程序。而 ERD 位将自动被硬件清零，以告知用户已从模拟 EEPROM 中读取到数据。读到的数据在其它读、写或擦操作执行前将一直保留在 ED0H/ED0L 寄存器对中。

编程注意事项

必须注意的是数据不会无意写入模拟 EEPROM。在没有写动作时写使能位被正常清零可以增强保护功能。尽管没有必要，写一个简单的读回程序以检查新写入的数据是否正确还是应该考虑的。EWREN 或 EEREN 位置位后，ECR 寄存器中的 EWR 或 EER 位需立即置位，以确保写或擦周期正确地执行。写或擦周期开始前总中断位 EMI 应先清零，在一个有效的写或擦启动步骤完成之后再将此位重新使能。注意，单片机不应在模拟 EEPROM 执行读、写或擦操作完全完成之前进入空闲或休眠模式，否则模拟 EEPROM 读、写或擦操作将失败。

程序举例

擦除模拟 EEPROM 的一个数据页 – 轮询法

```
MOV A, 00H          ; Erase time=2ms (40H for 4ms, 80H for 8ms, C0H for 16ms)
MOV ECR, A
CLR EMI
SET EEREN           ; set EEREN bit, enable erase operation
SET EER             ; start Erase Cycle – set EER bit – executed immediately
                    ; after setting EEREN bit
SET EMI
BACK:
SZ  EER             ; check for erase cycle end
JMP BACK
:
```

写数据到模拟 EEPROM – 轮询法

```
MOV A, EEPROM_ADRES         ; user-defined address
MOV EAR, A
MOV A, EEPROM_DATA0_L       ; user defined data
MOV ED0L, A
MOV A, EEPROM_DATA0_H
MOV ED0H, A
MOV A, EEPROM_DATA1_L
MOV ED1L, A
MOV A, EEPROM_DATA1_H
MOV ED1H, A
MOV A, EEPROM_DATA2_L
MOV ED2L, A
MOV A, EEPROM_DATA2_H
MOV ED2H, A
MOV A, EEPROM_DATA3_L
MOV ED3L, A
MOV A, EEPROM_DATA3_H
MOV ED3H, A
MOV A, 00H                  ; Write time=2ms (40H for 4ms, 80H for 8ms, C0H
                            ; for 16ms)
MOV ECR, A
CLR EMI
SET EWREN                   ; set EWREN bit, enable write operation
SET EWR                     ; start Write Cycle – set EWR bit – executed
                            ; immediately after setting EWREN bit
SET EMI
BACK:
SZ  EWR                     ; check for write cycle end
JMP BACK
:
```

从模拟 EEPROM 中读取数据 – 轮询法

```
MOV  A, EEPROM_ADRES        ; user defined address
MOV  EAR, A
SET  ERDEN                  ; set ERDEN bit, enable read operation
SET  ERD                    ; start Read Cycle - set ERD bit
BACK:
SZ   ERD                    ; check for read cycle end
JMP  BACK
CLR  ECR                    ; disable Emulated EEPROM read if no more read
                            ; operations are required
MOV  A, ED0L                ; move read data to register
MOV  READ_DATA_L, A
MOV  A, ED0H
MOV  READ_DATA_H, A
```

注：对于每一个读操作，即使地址是连续的，都必须重新设置地址寄存器，接着再将 ERD 位置高开启一个读周期。

振荡器

不同的振荡器选择可以让使用者在不同的应用需求中实现更大范围的功能。振荡器的灵活性使得在速度和功耗方面可以达到最优化。振荡器操作是通过相关的控制寄存器完成的。

振荡器概述

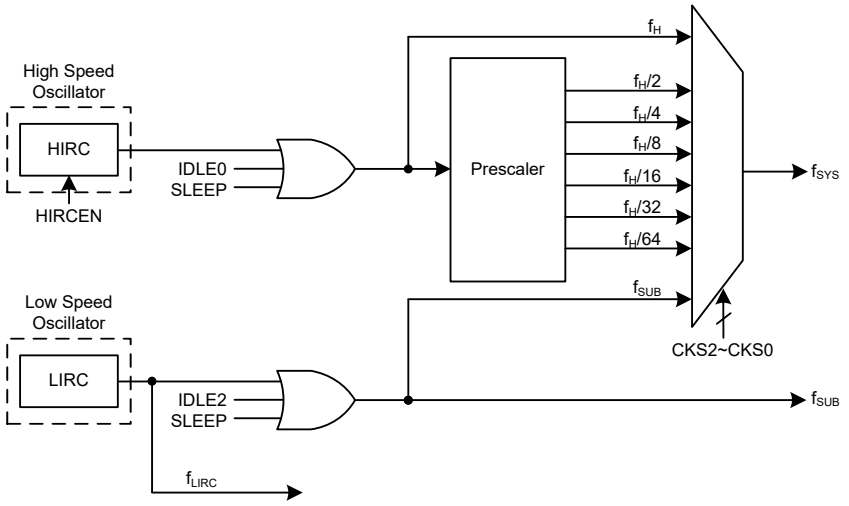
振荡器除了作为系统时钟源，还作为看门狗定时器和时基中断的时钟源。集成的内部振荡器不需要任何外围器件。它们提供的高速和低速系统振荡器具有较宽的频率范围。较高频率的振荡器提供更高的性能，但要求有更高的功率，反之亦然。动态切换快慢系统时钟的能力使单片机具有灵活而优化的性能 / 功耗比，此特性对功耗敏感的应用领域尤为重要。

类型	名称	频率
内部高速 RC	HIRC	8MHz
内部低速 RC	LIRC	32kHz

振荡器类型

系统时钟配置

该单片机有两个系统振荡器，包括一个高速振荡器和一个低速振荡器。高速振荡器为内部 8MHz 高速振荡器 HIRC，低速振荡器为内部 32kHz 低速振荡器 LIRC。使用高速或低速振荡器作为系统时钟的选择是通过设置 SCC 寄存器中的 CKS2~CKS0 位决定的，系统时钟可动态选择。



系统时钟配置

内部高速 RC 振荡器 – HIRC

内部 RC 振荡器是一个集成的系统振荡器，无需其它外部器件。内部 RC 振荡器频率固定为 8MHz。芯片在制造时进行调整且内置频率补偿电路，使得振荡频率因 V_{DD}、温度以及芯片制程工艺不同的影响减至最低程度。该内部时钟无需额外的引脚。

内部 32kHz 振荡器 – LIRC

内部 32kHz 系统振荡器是一个完全集成的低频 RC 振荡器，它的典型频率值为 32kHz 且无需外部元件。芯片在制造时进行调整且内置频率补偿电路，使得振荡器因电源电压、温度及芯片制程工艺不同的影响减至最低。

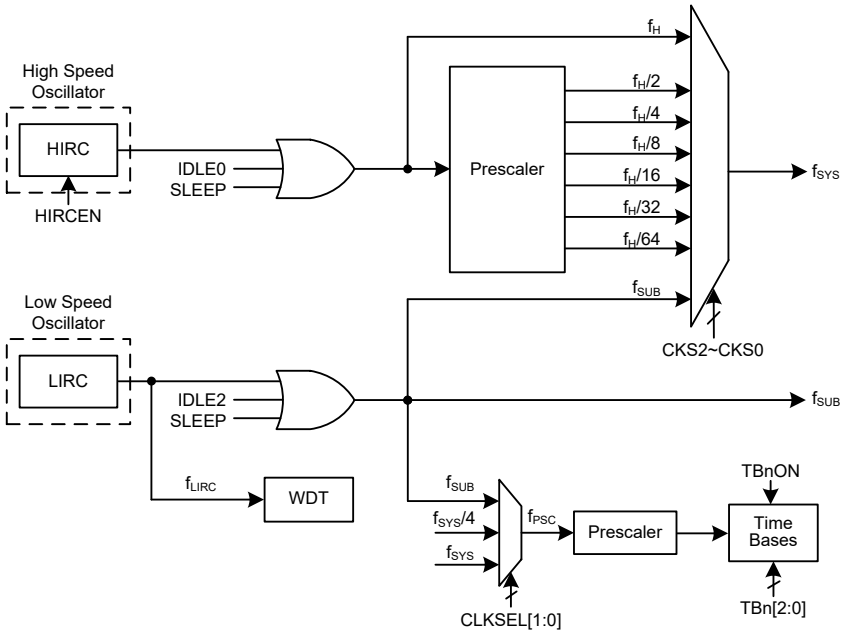
工作模式和系统时钟

现今的应用要求单片机具有较高的性能及尽可能低的功耗，这种矛盾的要求在便携式电池供电的应用领域尤为明显。高性能所需要的高速时钟将增加功耗，反之亦然。此单片机提供高、低速两种时钟源，它们之间可以动态切换，用户可通过优化单片机操作来获得最佳性能 / 功耗比。

系统时钟

此单片机为 CPU 和外围功能操作提供了多种不同的时钟源。用户使用寄存器编程可获取多种时钟，进而使系统时钟获取最大的应用性能。

主系统时钟可来自高频时钟源 f_H 或低频时钟源 f_{SUB}，通过 SCC 寄存器中的 CKS2~CKS0 位进行选择。高频时钟来自 HIRC 振荡器。低频系统时钟源来自 LIRC 振荡器。其它系统时钟还有高速系统振荡器的分频 $f_H/2$~$f_H/64$。



单片机时钟选项

注：当系统时钟源 f_{SYS} 由 f_H 到 f_{SUB} 转换时，可以通过设置相应的高速振荡器使能控制位，选择停止以节省耗电，或者继续振荡，为外围电路提供 f_H~$f_H/64$ 频率的时钟源。

系统工作模式

单片机有 6 种不同的工作模式，每种有它自身的特性，根据应用中不同的性能和功耗要求可选择不同的工作模式。单片机正常工作有两种模式：快速模式和低速模式。剩余的 4 种工作模式：休眠模式、空闲模式 0、空闲模式 1 和空闲模式 2 用于单片机 CPU 关闭时以节省耗电。

工作模式	CPU	寄存器设置			f_{SYS}	f_H	f_{SUB}	f_{LIRC}
		FHIDEN	FSIDEN	CKS2~CKS0				
快速模式	On	x	x	000~110	f_H~$f_H/64$	On	On	On
低速模式	On	x	x	111	f_{SUB}	On/Off(1)	On	On
空闲模式 0	Off	0	1	000~110	Off	Off	On	On
				111	On			
空闲模式 1	Off	1	1	xxx	On	On	On	On
空闲模式 2	Off	1	0	000~110	On	On	Off	On
				111	Off			
休眠模式	Off	0	0	xxx	Off	Off	Off	On/Off(2)

“x”：无关

注：1. 在低速模式中，f_H 开启或关闭由相应的振荡器使能位控制。
2. 在休眠模式中，f_{LIRC} 开启或关闭由 WDT 功能使能或除能控制。

快速模式

这是主要的工作模式之一，单片机的所有功能均可在此模式中实现且系统时钟由一个高速振荡器提供。该模式下单片机正常工作的时钟源来自 HIRC 振荡器。高速振荡器频率可被分为 1~64 的不等比率，实际的比率由 SCC 寄存器中的 CKS2~CKS0 位选择。单片机使用高速振荡器分频作为系统时钟可减少工作电流。

低速模式

此模式的系统时钟虽为较低速时钟源，但单片机仍能正常工作。该低速时钟源可来自 f_{SUB}，而 f_{SUB} 来自 LIRC 振荡器。

休眠模式

执行 HALT 指令后且 SCC 寄存器中的 FHIDEN 和 FSIDEN 位都为低时，系统进入休眠模式。在休眠模式中，CPU 停止运行，f_{SUB} 停止为外围功能提供时钟。若看门狗定时器功能使能，f_{LIRC} 继续运行。

空闲模式 0

执行 HALT 指令后且 SCC 寄存器中的 FHIDEN 位为低、FSIDEN 位为高时，系统进入空闲模式 0。在空闲模式 0 中，CPU 停止，但低速振荡器会开启以驱动一些外围功能。

空闲模式 1

执行 HALT 指令后且 SCC 寄存器中的 FHIDEN 和 FSIDEN 位都为高时，系统进入空闲模式 1。在空闲模式 1 中，CPU 停止，但高速和低速振荡器都会开启以确保一些外围功能继续工作。

空闲模式 2

执行 HALT 指令后且 SCC 寄存器中的 FHIDEN 位为高、FSIDEN 位为低时，系统进入空闲模式 2。在空闲模式 2 中，CPU 停止，但高速振荡器会开启以确保一些外围功能继续工作。

控制寄存器

寄存器 SCC 和 HIRCC 用于控制系统时钟和相应的振荡器配置。

寄存器名称	位							
	7	6	5	4	3	2	1	0
SCC	CKS2	CKS1	CKS0	—	—	—	FHIDEN	FSIDEN
HIRCC	—	—	—	—	—	—	HIRCF	HIRCEN

系统工作模式控制寄存器列表

- **SCC 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	CKS2	CKS1	CKS0	—	—	—	FHIDEN	FSIDEN
R/W	R/W	R/W	R/W	—	—	—	R/W	R/W
POR	0	0	0	—	—	—	0	0

Bit 7~5 **CKS2~CKS0**：系统时钟选择位

000：f_H
001：$f_H/2$
010：$f_H/4$
011：$f_H/8$
100：$f_H/16$
101：$f_H/32$
110：$f_H/64$
111：f_{SUB}

这三位用于选择系统时钟源。除了 f_H 或 f_{SUB} 提供的系统时钟源外，也可使用高频振荡器的分频作为系统时钟。

Bit 4~2　未定义，读为“0”

Bit 1　**FHIDEN**：CPU 关闭时高频振荡器控制位
0：除能
1：使能
此位用来控制在执行 HALT 指令关闭 CPU 后高速振荡器是开启还是停止。

Bit 0　**FSIDEN**：CPU 关闭时低频振荡器控制位
0：除能
1：使能
此位用来控制在执行 HALT 指令关闭 CPU 后低速振荡器是开启还是停止。

- **HIRCC 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	—	HIRCF	HIRCEN
R/W	—	—	—	—	—	—	R	R/W
POR	—	—	—	—	—	—	0	1

Bit 7~2　未定义，读为“0”

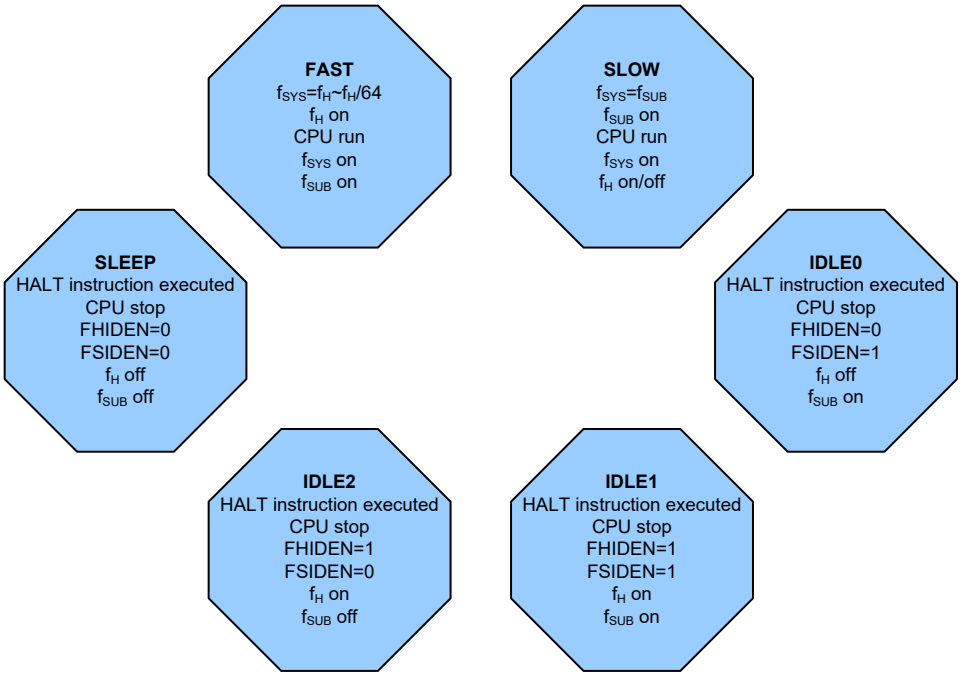
Bit 1　**HIRCF**：HIRC 振荡器稳定标志位
0：HIRC 未稳定
1：HIRC 稳定
此位用于表明 HIRC 振荡器是否稳定。HIRCEN 位置高使能 HIRC 振荡器，HIRCF 位会先被清零，在 HIRC 稳定后会被置高。

Bit 0　**HIRCEN**：HIRC 振荡器使能控制位
0：除能
1：使能

工作模式切换

单片机可在各个工作模式间自由切换，使得用户可根据所需选择最佳的性能 / 功耗比。用此方式，对单片机工作的性能要求不高的情况下，可使用较低频时钟以减少工作电流，在便携式应用上延长电池的使用寿命。

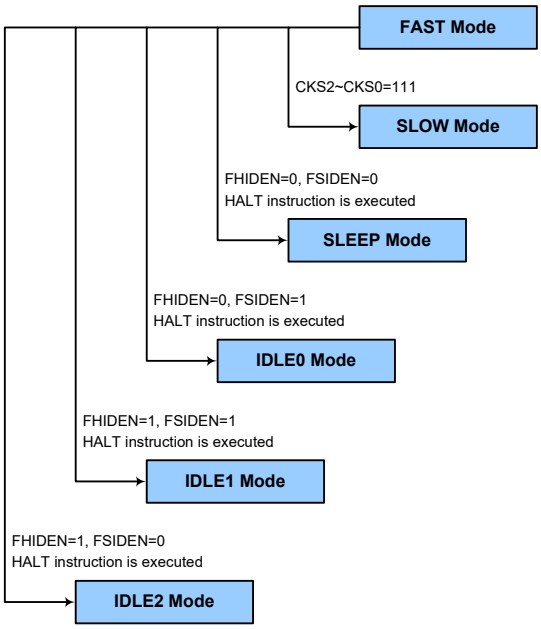
简单来说，快速模式和低速模式间的切换仅需设置 SCC 寄存器中的 CKS2~CKS0 位即可实现，而快速模式 / 低速模式与休眠模式 / 空闲模式间的切换经由 HALT 指令实现。当 HALT 指令执行后，单片机是否进入空闲模式或休眠模式由 SCC 寄存器中的 FHIDEN 和 FSIDEN 位决定的。



快速模式切换到低速模式

系统运行在快速模式时使用高速系统振荡器，因此较为耗电。可通过设置 SCC 寄存器中的 CKS2~CKS0 位为“111”使系统时钟切换至运行在低速模式下。此时将使用低速系统振荡器以节省耗电。用户可在对性能要求不高的操作中使用此方法以减少耗电。

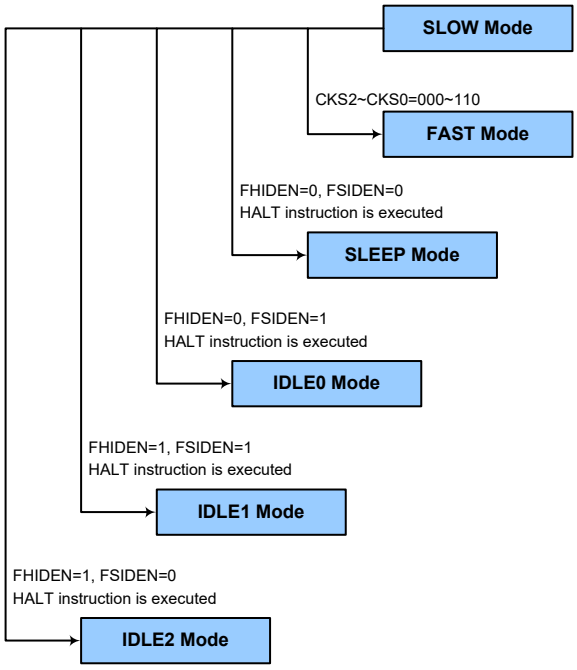
低速模式的系统时钟源自 LIRC 振荡器，因此要求此振荡器在所有模式切换动作发生前稳定下来。



低速模式切换到快速模式

在低速模式时系统时钟来自 f_{SUB}。切换回快速模式时，需设置 CKS2~CKS0 位为“000”~“110”使系统时钟从 f_{SUB} 切换到 f_H~f_H/64。

然而，如果在低速模式下 f_H 因未使用而关闭，那么从低速模式切换到快速模式时，它需要一定的时间来重新起振和稳定，可通过检测 HIRCC 寄存器中的 HIRCF 位进行判断，所需的高速系统振荡器稳定时间在系统上电时间电气特性中有说明。



进入休眠模式

进入休眠模式的方法仅有一种，即应用程序中执行“HALT”指令前需设置 SCC 寄存器中的 FHIDEN 和 FSIDEN 位都为“0”。在这种模式下，除了 WDT 以外的所有时钟和功能都将关闭。在上述条件下执行该指令后，将发生的情况如下：

- 系统时钟停止运行，应用程序停止在“HALT”指令处。
- 数据存储器中的内容和寄存器将保持当前值。
- 输入 / 输出口将保持当前值。
- 状态寄存器中暂停标志 PDF 将被置起，看门狗溢出标志 TO 将被清零。
- 如果 WDT 功能使能，WDT 将被清零并重新开始计数。如果 WDT 功能除能，WDT 将被清零并停止计数。

进入空闲模式 0

进入空闲模式 0 的方法仅有一种，即应用程序中执行“HALT”指令前需设置 SCC 寄存器中的 FHIDEN 位为“0”且 FSIDEN 位为“1”。在上述条件下执行该指令后，将发生的情况如下：

- f_H 时钟停止运行，应用程序停止在“HALT”指令处，但 f_{SUB} 时钟将继续运行。
- 数据存储器中的内容和寄存器将保持当前值。

- 输入 / 输出口将保持当前值。
- 状态寄存器中暂停标志 PDF 将被置起，看门狗溢出标志 TO 将被清零。
- 如果 WDT 功能使能，WDT 将被清零并重新开始计数。如果 WDT 功能除能，WDT 将被清零并停止计数。

进入空闲模式 1

进入空闲模式 1 的方法仅有一种，即应用程序中执行“HALT”指令前需设置 SCC 寄存器中的 FHIDEN 和 FSIDEN 位都为“1”。在上述条件下执行该指令后，将发生的情况如下：

- f_H 和 f_{SUB} 时钟开启，应用程序停止在“HALT”指令处。
- 数据存储器中的内容和寄存器将保持当前值。
- 输入 / 输出口将保持当前值。
- 状态寄存器中暂停标志 PDF 将被置起，看门狗溢出标志 TO 将被清零。
- 如果 WDT 功能使能，WDT 将被清零并重新开始计数。如果 WDT 功能除能，WDT 将被清零并停止计数。

进入空闲模式 2

进入空闲模式 2 的方法仅有一种，即应用程序中执行“HALT”指令前需设置 SCC 寄存器中的 FHIDEN 位为“1”且 FSIDEN 位为“0”。在上述条件下执行该指令后，将发生的情况如下：

- f_H 时钟开启，f_{SUB} 时钟关闭，应用程序停止在“HALT”指令处。
- 数据存储器中的内容和寄存器将保持当前值。
- 输入 / 输出口将保持当前值。
- 状态寄存器中暂停标志 PDF 将被置起，看门狗溢出标志 TO 将被清零。
- 如果 WDT 功能使能，WDT 将被清零并重新开始计数。如果 WDT 功能除能，WDT 将被清零并停止计数。

待机电流的注意事项

由于单片机进入休眠或空闲模式的主要原因是将单片机的电流降低到尽可能低，可能到只有几个微安的级别 (空闲模式 1 和空闲模式 2 除外)，所以如果要将电路的电流降到最低，电路设计者还应有其它的考虑。应该特别注意的是单片机的输入 / 输出引脚。所有高阻抗输入脚都必须连接到固定的高或低电平，因为引脚浮空会造成内部振荡并导致耗电增加。这也应用于有不同封装的单片机，因为它们可能含有未引出的引脚，这些引脚也必须设为输出或带有上拉电阻的输入。

另外还需注意单片机设为输出的 I/O 引脚上的负载。应将它们设置在有最小拉电流的状态或将它们和其它的 CMOS 输入一样接到没有拉电流的外部电路上。还应注意的是，如果选择 LIRC 振荡器，会导致耗电增加。

在空闲模式 1 和空闲模式 2 中，高速振荡器开启。若外围功能时钟源来自高速振荡器，额外的待机电流也可能会有几百微安。

唤醒

单片机进入休眠模式或空闲模式后，系统时钟将停止以降低功耗。然而单片机再次唤醒，原来的系统时钟重新起振、稳定且恢复正常工作需要一定的时间。

系统进入休眠或空闲模式之后，可以通过以下几种方式唤醒：

- PA 口下降沿
- 系统中断
- WDT 溢出

执行 HALT 指令后单片机将进入空闲或休眠模式，PDF 将被置位。系统上电或执行清除看门狗的指令，PDF 将被清零。若系统由看门狗计数器溢出唤醒，将会启动看门狗复位并置位 TO 标志，这种复位只会重置程序计数器和堆栈指针，其它标志保持原有状态。

PA 口中的每个引脚都可以通过 PAWU 寄存器使能下降沿唤醒功能。PA 端口唤醒后，程序将在“HALT”指令后继续执行。如果系统是通过中断唤醒，则有两种可能发生。第一种情况是：相关中断除能或是中断使能且堆栈已满，则程序会在“HALT”指令之后继续执行。这种情况下，唤醒系统的中断会等到相关中断使能或有堆栈层可以使用之后才执行。第二种情况是：相关中断使能且堆栈未满，则中断可以马上执行。如果在进入休眠或空闲模式之前中断标志位已经被设置为“1”，则相关中断的唤醒功能将无效。

看门狗定时器

看门狗定时器的功能在于防止如电磁的干扰等外部不可控制事件，所造成的程序不正常动作或跳转到未知的地址。

看门狗定时器时钟源

WDT 定时器时钟源 f_{LIRC} 由内部低速振荡器 LIRC 提供。内部振荡器 LIRC 的频率大约为 32kHz，这个特殊的内部时钟周期会随 V_{DD}、温度和制程的不同而变化。看门狗定时器的时钟源可分频为 2^8~2^{15} 以提供更大的溢出周期，分频比由 WDTC 寄存器中的 WS2~WS0 位来决定。

看门狗定时器控制寄存器

WDTC 寄存器用于控制 WDT 功能的溢出周期，功能使能 / 除能和单片机复位操作。

- **WDTC 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	WE4	WE3	WE2	WE1	WE0	WS2	WS1	WS0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	1	0	1	0	1	1	1

Bit 7~3 **WE4~WE0**：WDT 功能软件控制
10101：除能
01010：使能
其它值：单片机复位
如果由于不利的环境因素使这些位变为其它值，单片机将复位。复位动作发生在 t_{SRESET} 延迟时间后，且 RSTFC 寄存器的 WRF 位将置为“1”。

Bit 2~0 **WS2~WS0**：WDT 溢出周期选择位
000：$[(2^8-2^0)\sim2^8]/f_{LIRC}$
001：$[(2^9-2^1)\sim2^9]/f_{LIRC}$
010：$[(2^{10}-2^2)\sim2^{10}]/f_{LIRC}$
011：$[(2^{11}-2^3)\sim2^{11}]/f_{LIRC}$
100：$[(2^{12}-2^4)\sim2^{12}]/f_{LIRC}$
101：$[(2^{13}-2^5)\sim2^{13}]/f_{LIRC}$
110：$[(2^{14}-2^6)\sim2^{14}]/f_{LIRC}$
111：$[(2^{15}-2^7)\sim2^{15}]/f_{LIRC}$
这三位控制 WDT 时钟源的分频比，从而实现对 WDT 溢出周期的控制。

- **RSTFC 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	LVRF	LRF	WRF
R/W	—	—	—	—	—	R/W	R/W	R/W
POR	—	—	—	—	—	x	0	0

“x”：未知

Bit 7~3 未定义，读为“0”

Bit 2 **LVRF**：LVR 功能复位标志位
详见低电压复位章节。

Bit 1 **LRF**：LVR 控制寄存器软件复位标志位
详见低电压复位章节。

Bit 0 **WRF**：WDT 控制寄存器软件复位标志位
0：未发生
1：发生
当 WDT 控制寄存器软件复位发生时，此位被置为“1”，且只能通过应用程序清零。

看门狗定时器操作

当 WDT 溢出时，它产生一个单片机复位的动作。这也就意味着正常工作期间，用户需在应用程序中看门狗溢出前有策略地清看门狗定时器以防止其产生复位，可使用清除看门狗指令实现。无论什么原因，程序失常跳转到一个未知的地址或进入一个死循环，清除指令都不能被正确执行，此种情况下，看门狗将溢出以使单片机复位。看门狗定时器控制寄存器 WDTC 中的 WE4~WE0 位可提供使能 / 除能控制以及控制看门狗定时器复位操作。当 WE4~WE0 设置为“10101B”时除能 WDT 功能，而当设置为“01010B”时使能 WDT 功能。如果 WE4~WE0 设置为除“01010B”和“10101B”以外的值时，单片机将在 t_{SRESET} 延迟时间后后复位。上电后这些位初始化为“01010B”。

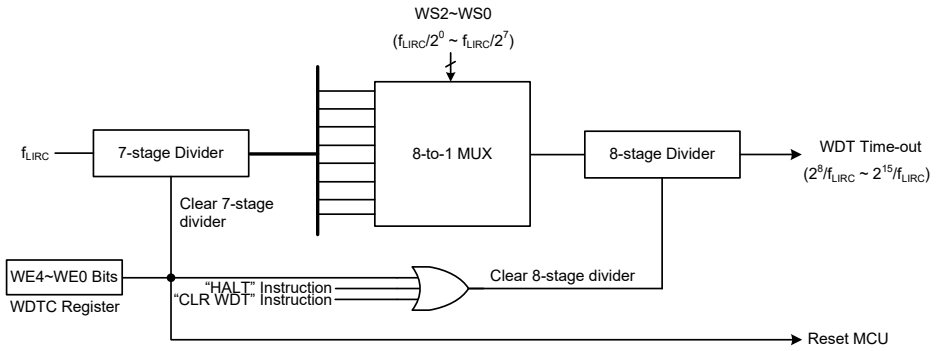
WE4~WE0	WDT 功能
10101B	除能
01010B	使能
其它值	单片机复位

看门狗定时器功能控制

程序正常运行时，WDT 溢出将导致单片机复位，并置位状态标志位 TO。若系统处于休眠或空闲模式，当 WDT 发生溢出时，状态寄存器中的 TO 应置位，仅 PC 和堆栈指针复位。有三种方法可以用来清除 WDT 的内容。第一种是 WDTC 寄存器软件复位，即将 WE4~WE0 位设置成除了 01010B 和 10101B 外的任意值；第二种是通过软件清除指令，而第三种是通过“HALT”指令。

该单片机只使用一条清看门狗指令“CLR WDT”。因此只要执行“CLR WDT”便清除 WDT。

当设置分频比为 2^{15} 时，溢出周期最大。时钟源为 32kHz LIRC 振荡器，分频比为 2^{15} 时最大溢出周期约 1s，分频比为 2^8 时最小溢出周期约 8ms。



看门狗定时器

复位和初始化

复位功能是任何单片机中基本的部分，使得单片机可以设定一些与外部参数无关的先置条件。最重要的复位条件是在单片机首次上电以后，经过短暂的延迟，内部硬件电路使得单片机处于预期的稳定状态并开始执行第一条程序指令。上电复位以后，在程序执行之前，部分重要的内部寄存器将会被设定为预先设定的状态。程序计数器就是其中之一，它会被清为零，使得单片机从最低的程序存储器地址开始执行程序。

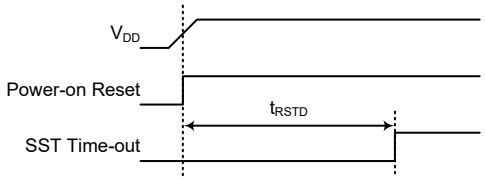
另一种复位为低电压复位即 LVR 复位，在电源供应电压低于一定阈值的时候，系统会产生完全复位。看门狗定时器溢出也是单片机复位方式之一。不同方式的复位操作会对寄存器产生不同的影响。

复位功能

单片机的几种内部复位方式将在此处做具体介绍。

上电复位

这是最基本且不可避免的复位，发生在单片机上电后。除了保证程序存储器从开始地址执行，上电复位也使得其它寄存器被设定在预设条件。所有的输入 / 输出端口控制寄存器在上电复位时会保持高电平，以确保上电后所有引脚被设定为输入状态。

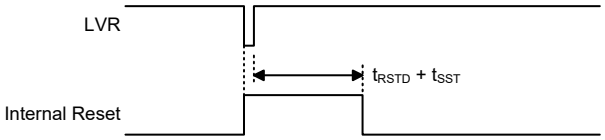


上电复位时序图

低电压复位 – LVR

单片机具有低电压复位电路，用来监测它的电源电压，并在电压低于一定预设值的时候提供单片机复位。LVR 功能可通过 LVRC 控制寄存器进行使能或除能。

若 LVRC 控制寄存器设置为使能 LVR，则 LVR 功能将在休眠 / 空闲模式外的工作模式下始终使能，并会设置一个电源复位低电压，V_{LVR}。例如在更换电池的情况下，单片机供应的电压可能会在 0.9V~V_{LVR} 之间，这时 LVR 将会自动复位单片机且 RSTFC 寄存器中的 LVRF 标志位置位。LVR 包含以下的规格：有效的 LVR 信号，即在 0.9V~V_{LVR} 的低电压状态的时间，必须超过 LVR 电气特性中 t_{LVR} 参数的值。如果低电压存在不超过 t_{LVR} 参数的值，则 LVR 将会忽略它且不会执行复位功能。若 LVS7~LVS0 位设置为 01011010B，LVR 功能使能且 LVR 电压 V_{LVR} 固定为 1.7V，若 LVS7~LVS0 位设置为 10100101B，则 LVR 功能除能。若 LVS7~LVS0 字段的值由于不利的环境因素如噪声而发生改变，单片机将在一段延迟时间 t_{SRESET} 后复位，此时 RSTFC 寄存器中的 LRF 位将被置为 1。上电后该寄存器的默认值为 01011010B。注意当单片机进入空闲或休眠模式，LVR 功能将自动除能。



低电压复位时序图

- **LVRC 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	LVS7	LVS6	LVS5	LVS4	LVS3	LVS2	LVS1	LVS0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	1	0	1	0	1	0	1

Bit 7~0 **LVS7~LVS0**：LVR 电压选择
01011010：1.7V
10100101：LVR 除能
其它值：单片机复位 – 寄存器复位为 POR 值
若低电压情况发生且满足以上定义的低电压复位值，则单片机复位。当低电压状态保持时间大于 t_{LVR} 后，响应复位。此时复位后的寄存器内容保持不变。
除了以上定义的 01011010B 和 10100101B 外，其它值也能导致单片机复位。需要经过一段延迟时间 t_{SRESET} 才响应复位。但此时寄存器内容将复位为 POR 值。

- **RSTFC 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	LVRF	LRF	WRF
R/W	—	—	—	—	—	R/W	R/W	R/W
POR	—	—	—	—	—	x	0	0

“x”：未知

Bit 7~3 未定义，读为“0”

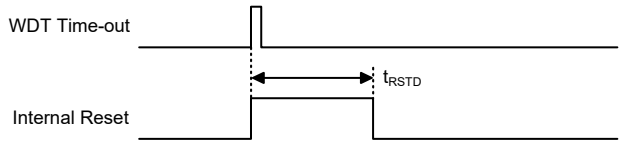
Bit 2 **LVRF**：LVR 复位标志位
0：未发生
1：发生
此位在出现指定低电压复位情况时被置位且仅能由应用程序清零。

Bit 1 **LRF**：LVR 控制寄存器 LVRC 软件复位标志位
0：未发生
1：发生
当 LVRC 寄存器的值不属于任何具体定义的 LVR 电压寄存器值时此位被置位。该复位方式与软件复位功能很相似。此位只能由应用程序清零。

Bit 0 **WRF**：WDT 控制寄存器软件复位标志位
详见看门狗定时器控制寄存器章节。

正常运行时看门狗溢出复位

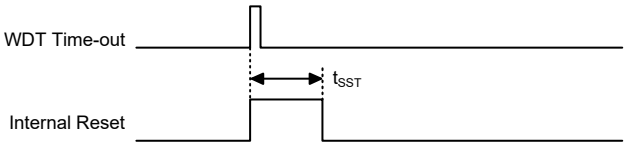
在快速模式或低速模式发生看门狗溢出复位时，看门狗溢出标志位 TO 将被设为“1”。



正常运行时看门狗溢出复位时序图

休眠或空闲时看门狗溢出复位

休眠或空闲模式时看门狗溢出复位和其它种类的复位有些不同，除了程序计数器与堆栈指针将被清零及 TO 位被设为“1”外，绝大部份的条件保持不变。图中 t_{SST} 的详细说明请参考系统上电时间电气特性。



休眠或空闲时看门狗溢出复位时序图

复位初始状态

不同的复位形式以不同的方式影响复位标志位。这些标志位，即 PDF 和 TO 位存放在状态寄存器中，由休眠或空闲模式功能或看门狗计数器等几种控制器操作控制。复位标志位如下所示：

TO	PDF	复位条件
0	0	上电复位
1	u	快速模式或低速模式时的 WDT 溢出复位
1	1	空闲模式或休眠模式时的 WDT 溢出复位

“u”：不变

在单片机上电复位之后，各功能单元初始化的情形，列于下表。

项目	复位后情况
程序计数器	清除为零
中断	所有中断被除能
看门狗定时器，时基	都清为零，且 WDT 重新计数
定时器模块	所有定时器模块关闭
输入 / 输出口	I/O 口设为输入模式
堆栈指针	堆栈指针指向堆栈顶端

不同的复位形式对单片机内部寄存器的影响是不同的。为保证复位后程序能正常执行，了解寄存器在特定条件复位后的设置是非常重要的。下表即为不同方式复位后内部寄存器的状况。由于该单片机存在多种封装类型，该表格反映的是较大封装的情况。

寄存器	上电复位	WDT 溢出 (正常运行)	WDT 溢出 (空闲 / 休眠)
IAR0	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
MP0	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
IAR1	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
MP1	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
ACC	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
PCL	0000 0000	0000 0000	0000 0000
TBLP	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
TBLH	-xxx xxxx	-uuu uuuu	-uuu uuuu
TBHP	---- xxxx	---- uuuu	---- uuuu
STATUS	--00 xxxx	--1u uuuu	--11 uuuu
LVPUC	---- ---0	---- ---0	---- ---u
INTEG	---- 0000	---- 0000	---- uuuu
INTC0	-000 0000	-000 0000	-uuu uuuu
INTC1	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
RSTFC	---- -x00	---- -uuu	---- -uuu
MFI0	--00 --00	--00 --00	--uu --uu
MFI1	--00 --00	--00 --00	--uu --uu
PA	1111 1111	1111 1111	uuuu uuuu
PAC	1111 1111	1111 1111	uuuu uuuu
PAPU	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
PAWU	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
PB	-111 1111	-111 1111	-uuu uuuu
PBC	-111 1111	-111 1111	-uuu uuuu
PBPU	-000 0000	-000 0000	-uuu uuuu
PC	---- -111	---- -111	---- -uuu
PCC	---- -111	---- -111	---- -uuu
PCPU	---- -000	---- -000	---- -uuu
SADOL	xx-- ----	xx-- ----	uu-- ---- (ADRFS=0)
			uuuu uuuu (ADRFS=1)
SADOH	xxxx xxxx	xxxx xxxx	uuuu uuuu (ADRFS=0)
			---- --uu (ADRFS=1)
SADC0	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
SADC1	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
ECR	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
EAR	---0 0000	---0 0000	---u uuuu
ED0L	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
ED0H	-000 0000	-000 0000	-uuu uuuu

寄存器	上电复位	WDT 溢出 (正常运行)	WDT 溢出 (空闲 / 休眠)
ED1L	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
ED1H	-000 0000	-000 0000	-uuu uuuu
ED2L	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
ED2H	-000 0000	-000 0000	-uuu uuuu
ED3L	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
ED3H	-000 0000	-000 0000	-uuu uuuu
LVRC	0101 1010	0101 1010	uuuu uuuu
VBGC	---- 0---	---- 0---	---- u---
SCC	000- --00	000- --00	uuu- --uu
HIRCC	---- --01	---- --01	---- --uu
WDTC	0101 0111	0101 0111	uuuu uuuu
PSCR	---- -000	---- -000	---- -uuu
TB0C	0--- -000	0--- -000	u--- -uuu
TB1C	0--- -000	0--- -000	u--- -uuu
PAS0	---- --00	---- --00	---- --uu
PAS1	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
PBS0	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
SLEDC0	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
SLEDC1	---- --00	---- --00	---- --uu
STMC0	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
STMC1	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
STMDL	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
STMDH	---- --00	---- --00	---- --uu
STMAL	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
STMAH	---- --00	---- --00	---- --uu
PTMC0	0000 0---	0000 0---	uuuu u---
PTMC1	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
PTMDL	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
PTMDH	---- --00	---- --00	---- --uu
PTMAL	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
PTMAH	---- --00	---- --00	---- --uu
PTMRPL	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
PTMRPH	---- --00	---- --00	---- --uu

注：“u”表示不改变
“x”表示未知
“-”表示未定义

输入 / 输出端口

Holtek 单片机的输入 / 输出口控制具有很大的灵活性。大部分引脚可在用户程序控制下被设定为输入或输出。所有引脚的上拉电阻设置以及指定引脚的唤醒设置也都由软件控制，这些特性也使得此类单片机在广泛应用上都能符合开发的需求。

该单片机提供 PA~PC 双向输入 / 输出口。这些寄存器在数据存储器有特定的地址。所有 I/O 口用于输入输出操作。作为输入操作，输入引脚无锁存功能，也就是说输入数据必须在执行“MOV A, [m]”，T2 的上升沿准备好，m 为端口地址。对于输出操作，所有数据都是被锁存的，且保持不变直到输出锁存被重写。

寄存器名称	位							
	7	6	5	4	3	2	1	0
PA	PA7	PA6	PA5	PA4	PA3	PA2	PA1	PA0
PAC	PAC7	PAC6	PAC5	PAC4	PAC3	PAC2	PAC1	PAC0
PAPU	PAPU7	PAPU6	PAPU5	PAPU4	PAPU3	PAPU2	PAPU1	PAPU0
PAWU	PAWU7	PAWU6	PAWU5	PAWU4	PAWU3	PAWU2	PAWU1	PAWU0
PB	—	PB6	PB5	PB4	PB3	PB2	PB1	PB0
PBC	—	PBC6	PBC5	PBC4	PBC3	PBC2	PBC1	PBC0
PBPU	—	PBPU6	PBPU5	PBPU4	PBPU3	PBPU2	PBPU1	PBPU0
PC	—	—	—	—	—	PC2	PC1	PC0
PCC	—	—	—	—	—	PCC2	PCC1	PCC0
PCPU	—	—	—	—	—	PCPU2	PCPU1	PCPU0
LVPUC	—	—	—	—	—	—	—	LVPU

“—”：未定义，读为“0”

I/O 逻辑功能寄存器列表

上拉电阻

许多产品应用在端口处于输入状态时需要外加一个上拉电阻来实现上拉的功能。为了免去外部上拉电阻，当引脚规划为数字输入时，可由内部连接到一个上拉电阻。这些上拉电阻可通过相应的上拉控制寄存器 PxPU 和寄存器 LVPUC 来设置，它用一个 PMOS 晶体管来实现上拉电阻功能。PxPU 寄存器用于确定是否使能上拉功能，而 LVPUC 寄存器用于为低电压电源供电应用选择上拉电阻值。

需要注意的是，当 I/O 引脚设为数字输入或 NMOS 输出时，上拉功能才会受 PxPU 控制开启，其它状态下上拉功能不可用。

- **PxPU 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PxPU7	PxPU6	PxPU5	PxPU4	PxPU3	PxPU2	PxPU1	PxPU0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

PxPUn：I/O Px 口引脚上拉电阻控制位
0：除能
1：使能

PxPUn 位用于控制上拉电阻功能。这里的 x 可以是端口 A、B 和 C。但是，每个 I/O 端口实际有效位可能不同。

应注意 PB4 和 PB5 信号，其各自包含一个内部下拉电阻，若使能其上拉电阻将导致额外耗电。此两信号分别内部连接到 H 桥驱动器输入 IN1 和 IN2，应正确配置以控制 H 桥驱动器。

- **LVPUC 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	—	—	LVPU
R/W	—	—	—	—	—	—	—	R/W
POR	—	—	—	—	—	—	—	0

Bit 7~1　未定义，读为“0”

Bit 0　**LVPU**：低电压电源供电时上拉电阻选择
0：所有引脚上拉电阻为 60kΩ (typ.) @ 3V
1：所有引脚上拉电阻为 15kΩ (typ.) @ 3V
该寄存器用于为低电压电源供电的应用选择上拉电阻值。应注意，LVPUC 寄存器中的 LVPU 位仅在通过置位相关上拉控制位使能相应引脚上拉功能后有效。上拉功能除能时此位选择无效。

PA 口唤醒

当使用暂停指令“HALT”迫使单片机进入休眠或空闲模式，单片机的系统时钟将会停止以降低功耗，此功能对于电池及低功耗应用很重要。唤醒单片机有很多种方法，其中之一就是使 PA 口的其中一个引脚从高电平转为低电平。这个功能特别适合于通过外部开关来唤醒的应用。PA 口的每个引脚可以通过设置 PAWU 寄存器来单独选择是否具有唤醒功能。

需要注意的是，只有当引脚功能被设置为通用 I/O 功能输入类型且单片机处于空闲 / 休眠模式时，唤醒功能才会受 PAWU 控制开启，其它状态下此唤醒功能不可用。

- **PAWU 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PAWU7	PAWU6	PAWU5	PAWU4	PAWU3	PAWU2	PAWU1	PAWU0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

PxWUn：PA 口引脚唤醒功能控制
0：除能
1：使能

输入 / 输出端口控制寄存器

每一个输入 / 输出口都具有各自的控制寄存器，即 PAC~PCC，用来控制输入 / 输出状态。从而每个 I/O 引脚都可以通过软件控制，动态的设置为 CMOS 输出或输入。所有的 I/O 端口的引脚都各自对应于 I/O 端口控制的某一位。若 I/O 引脚要实现输入功能，则对应的控制寄存器的位需要设置为“1”。这时程序指令可以直接读取输入脚的逻辑状态。若控制寄存器相应的位被设定为“0”，则此引脚被设置为 CMOS 输出。当引脚设置为输出状态时，程序指令读取的是输出端口寄存器的内容。注意，如果对输出口做读取动作时，程序读取到的是内部输出数据锁存器中的状态，而不是输出引脚上实际的逻辑状态。

- **PxC 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PxC7	PxC6	PxC5	PxC4	PxC3	PxC2	PxC1	PxC0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	1	1	1	1	1	1	1	1

PxCn：I/O Px 口引脚类型选择位
0：输出
1：输入

PxCn 位用于控制引脚类型。这里的 x 可以是端口 A、B 和 C。但是，每个 I/O 端口实际有效位可能不同。

应注意 PB4 和 PB5 信号，其各自包含一个内部下拉电阻，若使能其上拉电阻将导致额外耗电。此两信号分别内部连接到 H 桥驱动器输入 IN1 和 IN2，应正确配置以控制 H 桥驱动器。

输入 / 输出端口源电流选择

通过配置相应的引脚源电流选择位，单片机的每个 I/O 口可支持不同的源电流。用户可参考输入 / 输出口电气特性章节为不同应用选择所需的源电流。

寄存器名称	位							
	7	6	5	4	3	2	1	0
SLEDC0	SLEDC07	SLEDC06	SLEDC05	SLEDC04	SLEDC03	SLEDC02	SLEDC01	SLEDC00
SLEDC1	—	—	—	—	—	—	SLEDC11	SLEDC10

I/O 端口源电流选择寄存器列表

- **SLEDC0 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SLEDC07	SLEDC06	SLEDC05	SLEDC04	SLEDC03	SLEDC02	SLEDC01	SLEDC00
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~6 **SLEDC07~SLEDC06**：PB6~PB4 源电流选择
00：Level 0 (最小)
01：Level 1
10：Level 2
11：Level 3 (最大)

Bit 5~4 **SLEDC05~SLEDC04**：PB3~PB0 源电流选择
00：Level 0 (最小)
01：Level 1
10：Level 2
11：Level 3 (最大)

Bit 3~2 **SLEDC03~SLEDC02**：PA7~PA4 源电流选择
00：Level 0 (最小)
01：Level 1
10：Level 2
11：Level 3 (最大)

Bit 1~0 **SLEDC01~SLEDC00**：PA3~PA0 源电流选择
00：Level 0 (最小)
01：Level 1
10：Level 2
11：Level 3 (最大)

- **SLEDC1 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	—	SLEDC11	SLEDC10
R/W	—	—	—	—	—	—	R/W	R/W
POR	—	—	—	—	—	—	0	0

Bit 7~2　未定义，读为“0”

Bit 1~0　**SLEDC11~SLEDC10**：PC2~PC0 源电流选择
00：Level 0 (最小)
01：Level 1
10：Level 2
11：Level 3 (最大)

引脚共用功能

引脚的多功能可以增加单片机应用的灵活性。有限的引脚个数将会限制应用设计，而引脚的多功能将会解决很多此类问题。此外，这些多功能引脚功能可以通过一系列寄存器进行设定。

引脚共用功能选择寄存器

封装中有限的引脚个数会对某些单片机功能造成影响。然而，引脚功能共用和引脚功能选择，使得小封装单片机具有更多不同的功能。单片机包含端口 x 输出功能选择寄存器，记为 PxSn，可以用来选择所需引脚功能。

要注意的最重要一点是，确保所需的引脚共用功能被正确地选择和取消。对于大部分共用功能，要选择所需的引脚共用功能，首先应通过相应的引脚共用控制寄存器正确地选择该功能，然后再配置相应的外围功能设置以使能外围功能。但是，在设置相关引脚控制位时，一些数字输入引脚如 xTCK、xTPI 和 INTn，与对应的通用 I/O 口共用同一个引脚共用设置选项。要选择这个引脚功能，除了上述的必要的引脚共用控制和外围功能设置外，还必须将其对应的端口控制寄存器位设置为输入。要正确地取消引脚共用功能，首先应除能外围功能，然后再修改相应的引脚共用控制寄存器以选择其它的共用功能。

寄存器名称	位							
	7	6	5	4	3	2	1	0
PAS0	—	—	—	—	—	—	PAS01	PAS00
PAS1	PAS17	PAS16	PAS15	PAS14	PAS13	PAS12	PAS11	PAS10
PBS0	PBS07	PBS06	PBS05	PBS04	PBS03	PBS02	PBS01	PBS00

引脚共用功能选择寄存器列表

- **PAS0 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	—	PAS01	PAS00
R/W	—	—	—	—	—	—	R/W	R/W
POR	—	—	—	—	—	—	0	0

Bit 7~2　未定义，读为“0”

Bit 1~0　**PAS01~PAS00**：PA0 引脚共用功能选择
00：PA0/STPI
01：PA0/STPI
10：PA0/STPI
11：STP

- **PAS1 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PAS17	PAS16	PAS15	PAS14	PAS13	PAS12	PAS11	PAS10
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~6 **PAS17~PAS16**：PA7 引脚共用功能选择
00：PA7/PTPI
01：PA7/PTPI
10：PTP
11：AN6

Bit 5~4 **PAS15~PAS14**：PA6 引脚共用功能选择
00：PA6
01：PA6
10：PA6
11：AN5

Bit 3~2 **PAS13~PAS12**：PA5 引脚共用功能选择
00：PA5
01：PA5
10：VREF
11：AN4

Bit 1~0 **PAS11~PAS10**：PA4 引脚共用功能选择
00：PA4/PTCK
01：PA4/PTCK
10：PA4/PTCK
11：AN3

- **PBS0 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PBS07	PBS06	PBS05	PBS04	PBS03	PBS02	PBS01	PBS00
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~6 **PBS07~PBS06**：PB3 引脚共用功能选择
00：PB3
01：PB3
10：PB3
11：AN7

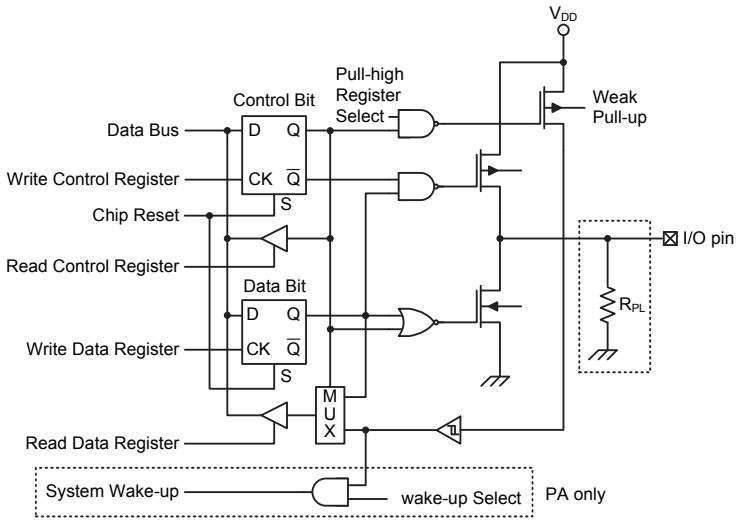
Bit 5~4 **PBS05~PBS04**：PB2 引脚共用功能选择
00：PB2/STCK
01：PB2/STCK
10：PB2/STCK
11：AN2

Bit 3~2 **PBS03~PBS02**：PB1 引脚共用功能选择
00：PB1/INT1
01：PB1/INT1
10：PB1/INT1
11：AN1

Bit 1~0 **PBS01~PBS00**：PB0 引脚共用功能选择
00：PB0/INT0
01：PB0/INT0
10：PB0/INT0
11：AN0

输入 / 输出引脚结构

下图为输入 / 输出引脚逻辑功能的内部结构图。输入 / 输出引脚的准确逻辑结构图可能与此图不同，这里只是为了方便对 I/O 引脚逻辑功能的理解提供一个参考。由于存在诸多的引脚共用结构，在此不方便提供所有类型引脚功能结构图。



注：下拉电阻 R_{PL} 仅存在于 PB4 和 PB5 信号。

逻辑功能输入 / 输出端口结构

编程注意事项

在编程中，最先要考虑的是端口的初始化。复位之后，所有的输入 / 输出数据及端口控制寄存器都将被设为逻辑高。所有输入 / 输出引脚默认为输入状态，而其电平则取决于其它相连接电路以及是否选择了上拉电阻。如果端口控制寄存器将某些引脚设定为输出状态，这些输出引脚会有初始高电平输出，除非端口数据寄存器在程序中被预先设定。设置哪些引脚是输入及哪些引脚是输出，可通过设置正确的值到对应的端口控制寄存器，或使用指令“SET [m].i”及“CLR [m].i”来设定端口控制寄存器中个别的位。注意，当使用这些位控制指令时，系统即将产生一个读 - 修改 - 写的操作。单片机需要先读入整个端口上的数据，修改个别的位，然后重新把这些数据写入到输出端口。

PA 口的每个引脚都带唤醒功能。单片机处于休眠或空闲模式时，有很多方法可以唤醒单片机，其中之一就是通过 PA 任一引脚电平从高到低转换的方式，可以设置 PA 口一个或多个引脚具有唤醒功能。

定时器模块 – TM

控制和测量时间在任何单片机中都是一个很重要的部分。该单片机提供几个定时器模块 (简称 TM)，来实现和时间有关的功能。定时器模块是包括多种操作的定时单元，提供的操作有：定时 / 事件计数器，捕捉输入，比较匹配输出，单脉冲输出以及 PWM 输出等功能。每个定时器模块有两个独立中断。每个 TM 外加的输入输出引脚，扩大了定时器的灵活性，便于用户使用。

这里只介绍各种 TM 的共性，更多详细资料请参考独立的标准型和周期型定时器章节。

简介

该单片机包含两个 TM，即标准型 TM 和周期型 TM，分别命名为 STM 和 PTM。虽然性质相似，但不同 TM 特性复杂度不同。本章介绍标准型和周期型 TM 的共性，更多详细资料分别见后面各章。两种类型 TM 的特性和区别见下表。

功能	STM	PTM
定时 / 计数器	√	√
捕捉输入	√	√
比较匹配输出	√	√
PWM 输出	√	√
单脉冲输出	√	√
PWM 对齐方式	边沿对齐	边沿对齐
PWM 调节周期 & 占空比	占空比或周期	占空比或周期

TM 功能概要

TM 操作

两种不同类型的 TM 提供从简单的定时操作到 PWM 信号产生等多种功能。理解 TM 操作的关键是比较 TM 内独立运行的计数器的值与内部比较器的预置值。当计数器的值与比较器的预置值相同时，则比较匹配，TM 中断信号产生，清零计数器并改变 TM 输出引脚的状态。用户选择内部时钟或外部引脚输入时钟来驱动内部 TM 计数器。

TM 时钟源

驱动 TM 计数器的时钟源很多。通过设置 xTM 控制寄存器的 xTCK2~xTCK0 位选择所需的时钟源，其中的“x”可为 S 或 P，代表不同的 TM 类型。该时钟源来自系统时钟 f_{SYS} 或内部高速时钟 f_H 或 f_{SUB} 时钟源或外部 xTCK 引脚输入时钟。xTCK 引脚时钟源允许外部信号作为 TM 时钟源或用于事件计数。

TM 中断

标准型和周期型 TM 都有两个内部中断，分别是内部比较器 A 或比较器 P，当比较匹配发生时产生 TM 中断。当 TM 中断产生时，计数器清零并改变 TM 输出引脚的状态。

TM 外部引脚

无论哪种类型的 TM，都有两个 TM 输入引脚，即 xTCK 和 xTPI。其中一个 TM 输入引脚 xTCK，通过设置 xTMC0 寄存器中的 xTCK2~xTCK0 位，可作为 TM 时钟源输入脚。外部时钟源可通过该引脚来驱动内部 TM。xTCK 引脚可选择上升沿有效或下降沿有效。当 xTM 工作在单脉冲输出模式，xTCK 引脚还可用作外部触发输入引脚。

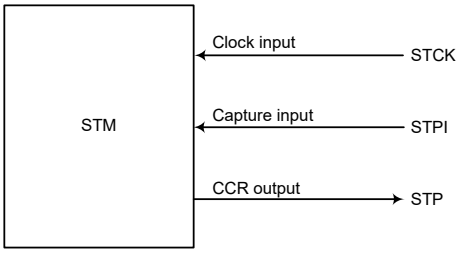
另一个 xTM 引脚 xTPI 为捕捉输入引脚，可通过设置 xTMC1 寄存器中的 xTIO1~xTIO0 位来选择有效边沿为上升沿，下降沿或双沿。对于周期型 TM，除 PTPI 引脚外，PTCK 引脚也可在 PTM 捕捉输入模式中作为捕捉输入引脚。

TM 各自有一个输出引脚，xTP。若工作在比较匹配输出模式且比较匹配发生时，xTP 引脚会由 TM 控制切换到高电平或低电平或翻转。若工作在 PWM 输出模式，xTP 引脚被 TM 用来产生 PWM 输出波形。

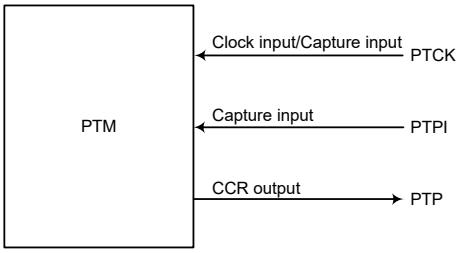
由于 TM 输入 / 输出引脚与其它功能共用同一引脚，在使用 TM 功能前，用户需要先通过引脚共用功能选择寄存器对相应位进行设置以选择 TM 引脚功能。更多引脚共用功能选择详见引脚共用功能章节。

STM		PTM	
输入	输出	输入	输出
STCK, STPI	STP	PTCK, PTPI	PTP

TM 外部引脚



STM 功能引脚控制方框图

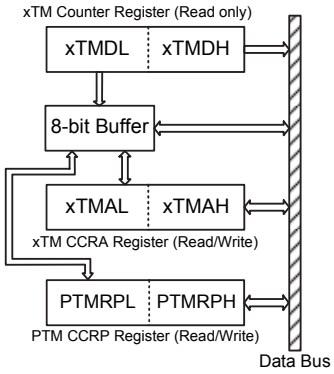


PTM 功能引脚控制方框图

编程注意事项

TM 计数寄存器和捕捉 / 比较寄存器 CCRA、CCRP，皆含有低字节和高字节结构。高字节可直接访问，低字节则仅能通过一个内部 8-bit 的缓存器进行访问。值得注意的是 8-bit 缓存器的存取数据及相关低字节的读写操作仅在其相应的高字节读取操作执行时发生。

CCRA 和 CCRP 寄存器访问方式如下图所示，读写这些成对的寄存器需通过特殊的方式。建议使用“MOV”指令按照以下步骤访问 CCRA 或 CCRP 低字节寄存器，xTMAL 或 PTMRPL，否则可能导致无法预期的结果。

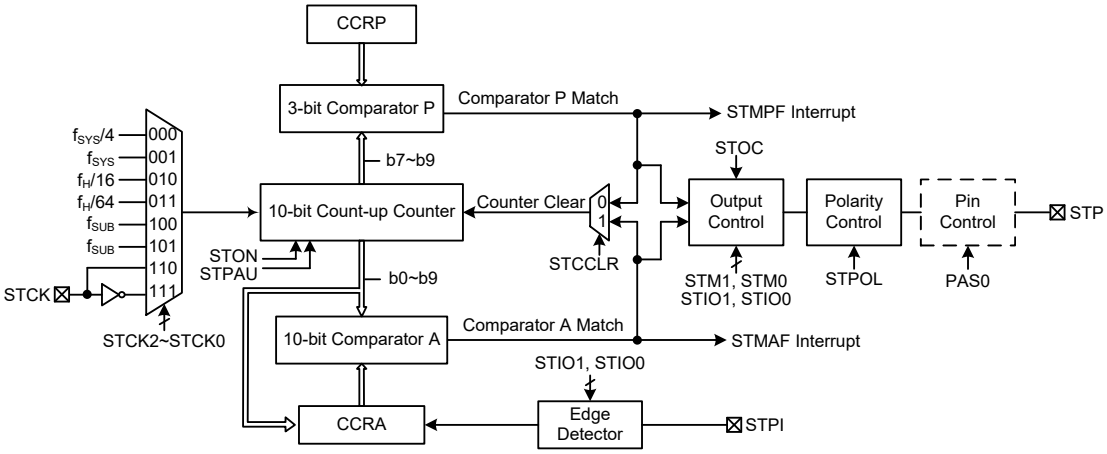


读写流程如下步骤所示：

- 写数据至 CCRA 或 CCRP
  - ♦ 步骤 1. 写数据至低字节寄存器 xTMAL 或 PTMRPL
    – 注意，此时数据仅写入 8-bit 缓存器。
  - ♦ 步骤 2. 写数据至高字节寄存器 xTMAH 或 PTMRPH
    – 注意，此时数据直接写入高字节寄存器，同时锁存在 8-bit 缓存器中的数据写入低字节寄存器。
- 由计数器寄存器和 CCRA 或 CCRP 中读取数据
  - ♦ 步骤 1. 由高字节寄存器 xTMDH、xTMAH 或 PTMRPH 读取数据
    – 注意，此时高字节寄存器中的数据直接读取，同时由低字节寄存器读取的数据锁存至 8-bit 缓存器中。
  - ♦ 步骤 2. 由低字节寄存器 xTMDL、xTMAL 或 PTMRPL 读取数据
    – 注意，此时读取 8-bit 缓存器中的数据。

标准型 TM – STM

标准型 TM 包括 5 种工作模式，即比较匹配输出、定时 / 事件计数器、捕捉输入、单脉冲输出和 PWM 输出模式。标准型 TM 可由两个外部输入脚控制并驱动一个外部输出脚。



10-bit 标准型 TM 方框图

标准型 TM 操作

标准型 TM 的核心是一个由用户选择的内部时钟源驱动的 10-bit 向上计数器，它还包括两个内部比较器即比较器 A 和比较器 P。这两个比较器将计数器的值与 CCRP 和 CCRA 寄存器中的值进行比较。CCRP 是 3 位宽度，与计数器的高 3 位比较；而 CCRA 是 10 位的，与计数器的所有位比较。

通过应用程序改变 10-bit 计数器值的唯一方法是使 STON 位发生上升沿跳变清除计数器。此外，计数器溢出或比较匹配也会自动清除计数器。上述条件发生时，通常情况下会产生 STM 中断信号。标准型 TM 可工作在不同的模式，可由包括来自输入脚的不同时钟源驱动，也可以控制一个输出脚。所有工作模式的设定都是通过设置相关寄存器来实现的。

标准型 TM 寄存器介绍

标准型 TM 的所有操作由一系列寄存器控制。一对只读寄存器用来存放 10-bit 计数器的值，一对读 / 写寄存器存放 10-bit CCRA 的值，剩下两个控制寄存器设置不同的操作和控制模式以及 3 位 CCRP 的值。

寄存器名称	位							
	7	6	5	4	3	2	1	0
STMC0	STPAU	STCK2	STCK1	STCK0	STON	STRP2	STRP1	STRP0
STMC1	STM1	STM0	STIO1	STIO0	STOC	STPOL	STDPX	STCCLR
STMDL	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
STMDH	—	—	—	—	—	—	D9	D8
STMAL	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
STMAH	—	—	—	—	—	—	D9	D8

10-bit 标准型 TM 寄存器列表

- **STMC0 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	STPAU	STCK2	STCK1	STCK0	STON	STRP2	STRP1	STRP0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 **STPAU**：STM 计数器暂停控制位
0：运行
1：暂停
通过设置此位为高可使计数器暂停，清零此位恢复正常计数器操作。当处于暂停条件时，STM 保持上电状态并继续耗电。当此位由低到高转换时，计数器将保留其剩余值，直到此位再次改变为低电平，并从此值开始继续计数。

Bit 6~4 **STCK2~STCK0**：STM 计数器时钟选择位
000：$f_{SYS}/4$
001：f_{SYS}
010：$f_H/16$
011：$f_H/64$
100：f_{SUB}
101：f_{SUB}
110：STCK 上升沿时钟
111：STCK 下降沿时钟
此三位用于选择 STM 的时钟源。外部引脚时钟源可被选择在上升沿或下降沿有效。f_{SYS} 是系统时钟，f_H 和 f_{SUB} 是其它的内部时钟源，细节方面请参考振荡器章节。

Bit 3 **STON**：STM 计数器 On/Off 控制位
0：Off
1：On
此位控制 STM 的总开关功能。设置此位为高则使能计数器使其运行，清零此位则除能 STM。清零此位将停止计数器并关闭 STM 以减少耗电。当此位经由低到高转换时，内部计数器将复位清零，当此位由高到低转换时，内部计数器将保持其剩余值直到此位再次变高。若 STM 处于比较匹配输出模式或 PWM 输出模式或单脉冲输出模式时，当 STON 位经由低到高转换时，STM 输出脚将复位至 STOC 位指定的初始值。

Bit 2~0 **STRP2~STRP0**：STM CCRP 3-bit 寄存器，与 STM 计数器 bit 9~bit 7 比较
比较器 P 匹配周期
000：1024 个 STM 时钟
001：128 个 STM 时钟
010：256 个 STM 时钟
011：384 个 STM 时钟
100：512 个 STM 时钟
101：640 个 STM 时钟
110：768 个 STM 时钟
111：896 个 STM 时钟
此三位设定内部 CCRP 3-bit 寄存器的值，然后与内部计数器的高三位进行比较。如果 STCCLR 位清为 0 时，选中该比较结果清除内部计数器。清零 STCCLR 位，内部计数器在比较器 P 比较匹配发生时被重置；由于 CCRP 只与计数器高三位比较，比较结果是 128 时钟周期的倍数。CCRP 被清零时，会使得计数器在最大值溢出。

- **STMC1 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	STM1	STM0	STIO1	STIO0	STOC	STPOL	STDPX	STCCLR
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~6 **STM1~STM0**：选择 STM 工作模式位
00：比较匹配输出模式
01：捕捉输入模式
10：PWM 输出模式或单脉冲输出模式
11：定时 / 计数器模式
这两位设置 STM 需要的工作模式。为了确保操作可靠，STM 应在 STM1 和 STM0 位有任何改变前先关掉。在定时 / 计数器模式，STM 输出脚状态未定义。

Bit 5~4 **STIO1~STIO0**：选择 STM 功能位
比较匹配输出模式
00：无变化
01：输出低
10：输出高
11：输出翻转
PWM 输出模式 / 单脉冲输出模式
00：PWM 输出无效状态
01：PWM 输出有效状态
10：PWM 输出
11：单脉冲输出
捕捉输入模式
00：在 STPI 上升沿输入捕捉
01：在 STPI 下降沿输入捕捉
10：在 STPI 双沿输入捕捉
11：输入捕捉除能
定时 / 计数器模式
未使用
此两位用于决定在一定条件达到时 STM 输出脚如何改变状态。这两位值的选择取决于 STM 运行在哪种模式下。
在比较匹配输出模式下，STIO1 和 STIO0 位决定了当比较器 A 比较匹配发生时 STM 输出脚如何改变状态。当比较器 A 比较匹配发生时 STM 输出脚能设为切换高、切换低或翻转当前状态。若此两位同时为 0 时，这个输出将不会改变。STM 输出脚的初始值通过 STOC 位设置取得。注意，由 STIO1 和 STIO0 位得到的输出电平必须与通过 STOC 位设置的初始值不同，否则当比较匹配发生时，STM 输出脚将不会发生变化。在 STM 输出脚改变状态后，通过 STON 位由低到高电平的转换复位至初始值。
在 PWM 输出模式，STIO1 和 STIO0 用于决定比较匹配条件发生时怎样改变 STM 输出脚的状态。PWM 输出功能通过这两位的变化进行更新。仅在 STM 关闭时改变 STIO1 和 STIO0 位的值是很有必要的。若在 STM 运行时改变 STIO1 和 STIO0 的值，PWM 输出的值是无法预料的。

Bit 3 **STOC**：STM STP 输出控制位
比较匹配输出模式
0：初始低
1：初始高
PWM 输出模式 / 单脉冲输出模式
0：低有效
1：高有效
这是 STM 输出脚输出控制位。它取决于 STM 此时正运行于比较匹配输出模式还是 PWM 模式 / 单脉冲输出模式。若 STM 处于定时 / 计数器模式，则其不受影响。在比较匹配输出模式时，比较匹配发生前其决定 STM 输出脚的逻辑电平

值。在 PWM 输出模式时，其决定 PWM 信号是高有效还是低有效。在单脉冲输出模式时，其决定当 STON 位由低转高时 STM 输出脚的逻辑电平值。

Bit 2 **STPOL**：STM STP 输出极性控制位
0：同相
1：反相
此位控制 STM 输出脚的极性。此位为高时 STM 输出脚反相，为低时 STM 输出脚同相。若 STM 处于定时 / 计数器模式时其不受影响。

Bit 1 **STDPX**：STM PWM 周期 / 占空比控制位
0：CCRP – 周期；CCRA – 占空比
1：CCRP – 占空比；CCRA – 周期
此位决定 CCRA 与 CCRP 寄存器哪个被用于 PWM 波形的周期和占空比控制。

Bit 0 **STCCLR**：选择 STM 计数器清零条件
0：STM 比较器 P 匹配
1：STM 比较器 A 匹配
此位用于选择清除计数器的方法。标准型 TM 包括两个比较器 - 比较器 A 和比较器 P。这两个比较器每个都可以用作清除内部计数器。STCCLR 位设为高，计数器在比较器 A 比较匹配发生时被清除；此位设为低，计数器在比较器 P 比较匹配发生或计数器溢出时被清除。计数器溢出清除的方法仅在 CCRP 被清除为 0 时才能生效。STCCLR 位在 PWM 输出模式、单脉冲输出模式或捕捉输入模式时未使用。

- **STMDL 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R	R	R	R	R	R	R	R
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~0 **D7~D0**：STM 计数器低字节寄存器 bit 7 ~ bit 0
STM 10-bit 计数器 bit 7 ~ bit 0

- **STMDH 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	—	D9	D8
R/W	—	—	—	—	—	—	R	R
POR	—	—	—	—	—	—	0	0

Bit 7~2 未定义，读为“0”

Bit 1~0 **D9~D8**：STM 计数器高字节寄存器 bit 1~bit 0
STM 10-bit 计数器 bit 9~bit 8

- **STMAL 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~0 **D7~D0**：STM CCRA 低字节寄存器 bit 7 ~ bit 0
STM 10-bit CCRA bit 7 ~ bit 0

- **STMAH 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	—	D9	D8
R/W	—	—	—	—	—	—	R/W	R/W
POR	—	—	—	—	—	—	0	0

Bit 7~2　未定义，读为“0”

Bit 1~0　**D9~D8**：STM CCRA 高字节寄存器 bit 1 ~ bit 0
STM 10-bit CCRA bit 9 ~ bit 8

标准型 TM 工作模式

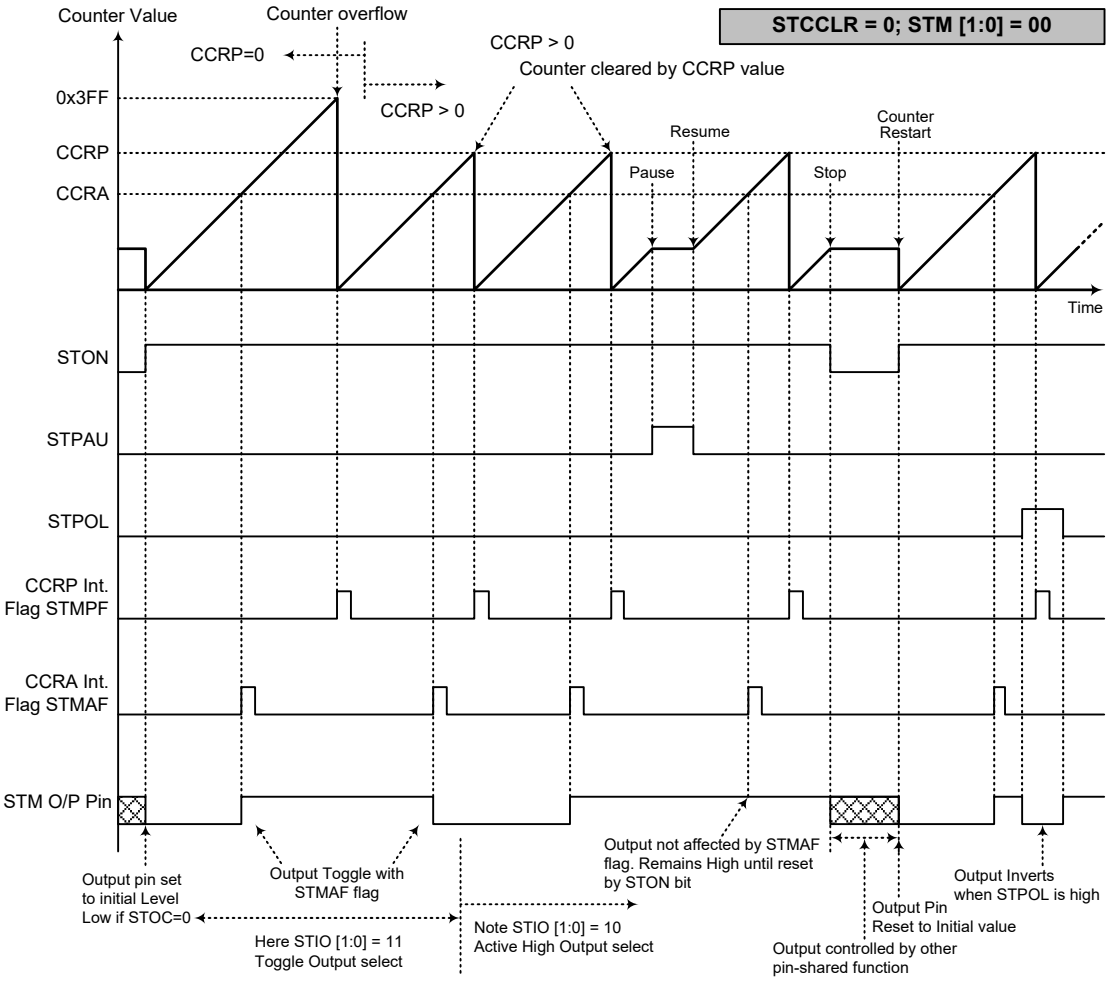
标准型 TM 有五种工作模式，即比较匹配输出模式，PWM 输出模式，单脉冲输出模式，捕捉输入模式或定时 / 计数器模式。通过设置 STMC1 寄存器的 STM1 和 STM0 位选择任意模式。

比较匹配输出模式

要工作在此模式，STMC1 寄存器中的 STM1 和 STM0 位需要设置为“00”。当工作在该模式，一旦计数器使能并开始计数，有三种方法来清零，分别是：计数器溢出，比较器 A 比较匹配发生和比较器 P 比较匹配发生。当 STCCLR 位为低，有两种方法清除计数器。一种是比较器 P 比较匹配发生，另一种是 CCRP 所有位设置为零并使得计数器溢出。此时，比较器 A 和比较器 P 的请求标志位 STMAF 和 STMPF 将分别置位。

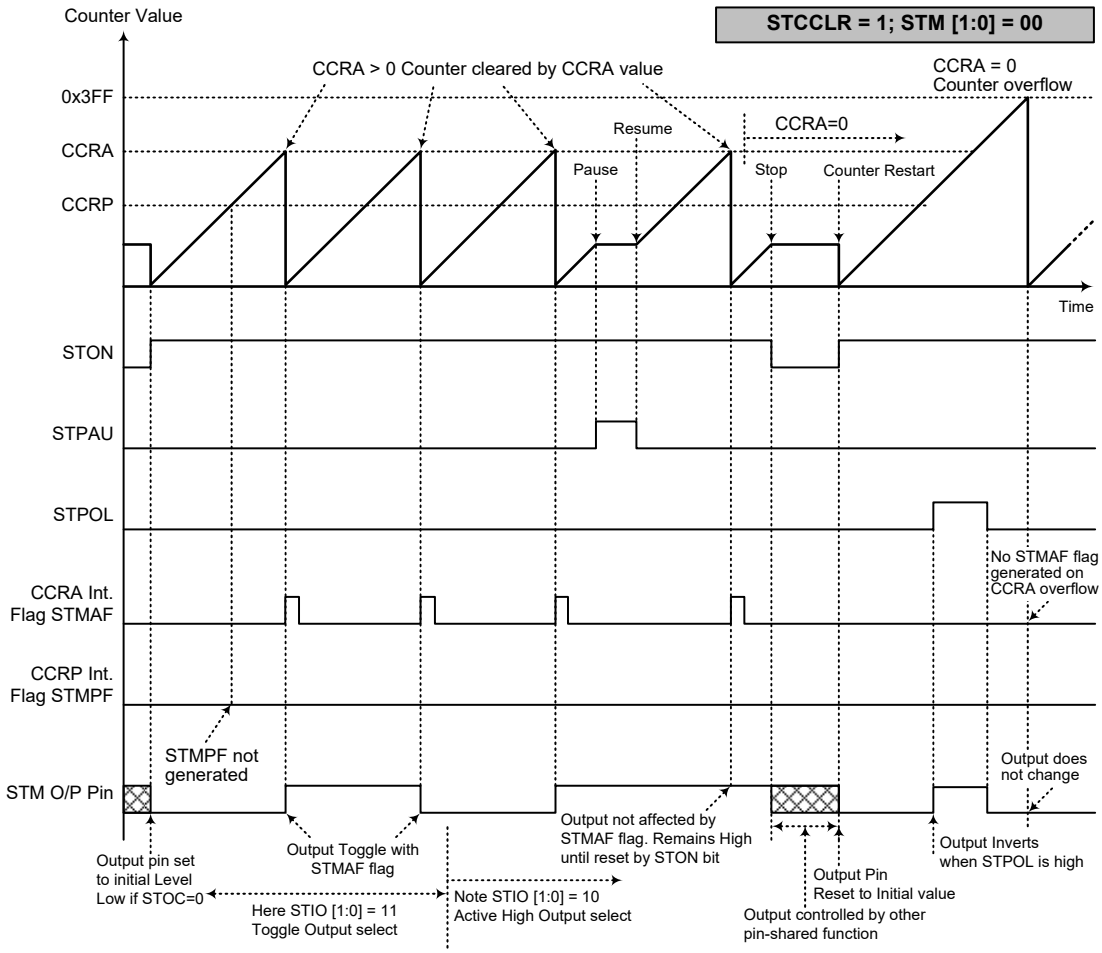
如果 STMC1 寄存器的 STCCLR 位设置为高，当比较器 A 比较匹配发生时计数器被清零。此时，即使 CCRP 寄存器的值小于 CCRA 寄存器的值，仅产生 STMAF 中断请求标志。所以当 STCCLR 为高时，不会产生 STMPF 中断请求标志。在比较匹配输出模式中，CCRA 不可被清零。如果 CCRA 被清零，当计数达到最大值 3FFH 时，计数器溢出，但此时不会产生 STMAF 请求标志。

正如该模式名所言，当比较匹配发生后，STM 输出脚状态改变。当比较器 A 比较匹配发生后 STMAF 标志产生时，STM 输出脚状态改变。比较器 P 比较匹配发生时产生的 STMPF 标志不影响 STM 输出脚。STM 输出脚状态改变方式由 STMC1 寄存器中 STIO1 和 STIO0 位决定。当比较器 A 比较匹配发生时，STIO1 和 STIO0 位决定 STM 输出脚输出高，低或翻转当前状态。STM 输出脚初始值，在 STON 位由低到高电平的变化后通过 STOC 位设置。注意，若 STIO1 和 STIO0 位同时为 0 时，引脚输出不变。



比较匹配输出模式 – STCCLR=0

注：1. STCCLR=0，比较器 P 匹配将清除计数器
2. STM 输出引脚仅由 STMAF 标志位控制
3. 输出引脚在 STON 上升沿复位至初始值



比较匹配输出模式 – STCCLR=1

注：1. STCCLR=1，比较器 A 匹配将清除计数器
2. STM 输出引脚仅由 STMAF 标志位控制
3. 输出引脚在 STON 上升沿复位至初始值
4. 当 STCCLR=1 时，不产生 STMPF 标志位

定时 / 计数器模式

要工作在此模式，STMC1 寄存器中的 STM1 和 STM0 应设置为 11。定时 / 计数器模式操作方式与比较匹配输出模式相同，产生相同的中断标志位。唯一不同的就是在定时 / 计数器模式中未使用 STM 输出引脚。因此，比较匹配输出模式中的描述和时序图可以帮助理解此功能。该模式中未使用的 STM 输出脚用作普通 I/O 脚或其它引脚共用功能。

PWM 输出模式

要工作在此模式，STMC1 寄存器中的 STM1 和 STM0 位需要设置为“10”，且 STIO1 和 STIO0 位也需要设置为“10”。STM 的 PWM 功能在马达控制，加热控制，照明控制等方面十分有用。给 STM 输出脚提供一个频率固定但占空比可调的信号，将产生一个有效值等于 DC 均方根的 AC 方波。

由于 PWM 波形的周期和占空比可调，其波形的选择就极其灵活。在 PWM 模式中，STCCLR 位不影响 PWM 周期。CCRA 和 CCRP 寄存器决定 PWM 波形，一个用来清除内部计数器并控制 PWM 波形的频率，另一个用来控制占空比。哪个寄存器控制频率或占空比取决于 STMC1 寄存器的 STDPX 位。因此，PWM 波形的频率和占空比受 CCRA 和 CCRP 寄存器中的值控制。

当比较器 A 或比较器 P 比较匹配发生时，将产生 CCRA 或 CCRP 中断标志。STMC1 寄存器中的 STOC 位决定 PWM 波形的极性，STIO1 和 STIO0 位使能 PWM 输出或将 STM 输出脚置为逻辑高或逻辑低。STPOL 位对 PWM 输出波形的极性取反。

- **10-bit STM，PWM 输出模式，边沿对齐模式，STDPX=0**

CCRP	1~7	0
Period	CCRP×128	1024
Duty	CCRA	

若 f_{SYS}=8MHz，TM 时钟源为 f_{SYS}/4，CCRP=2 且 CCRA=128，

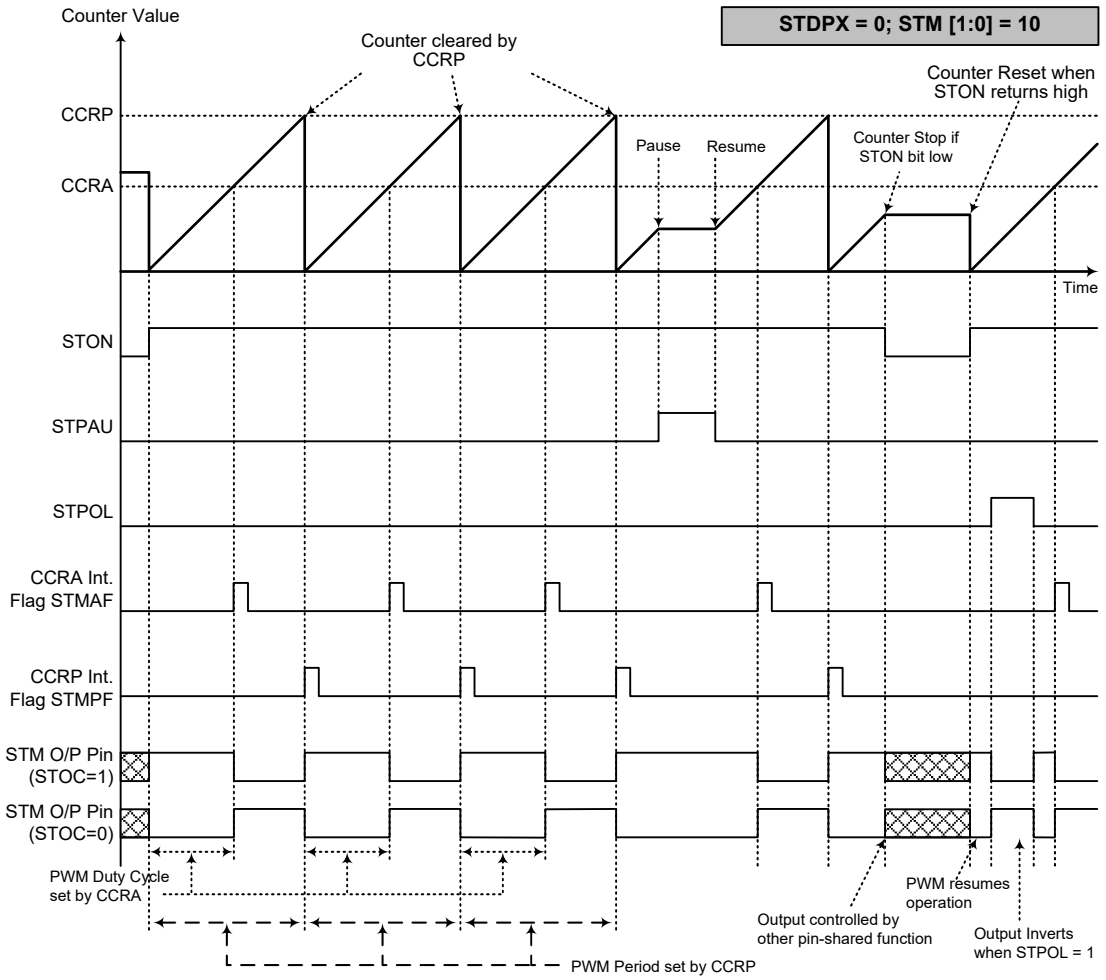
STM PWM 输出频率 = (f_{SYS}/4)/(2×128)=f_{SYS}/1024=7.8125kHz，duty=128/(2×128)=50%。

若 CCRA 所定义的 Duty 值等于或大于 Period 值，则 PWM 输出占空比为 100%。

- **10-bit STM，PWM 输出模式，边沿对齐模式，STDPX=1**

CCRP	1~7	0
Period	CCRA	
Duty	CCRP×128	1024

PWM 的输出周期由 CCRA 寄存器的值与 STM 的时钟共同决定，PWM 的占空比由 CCRP 的值决定。



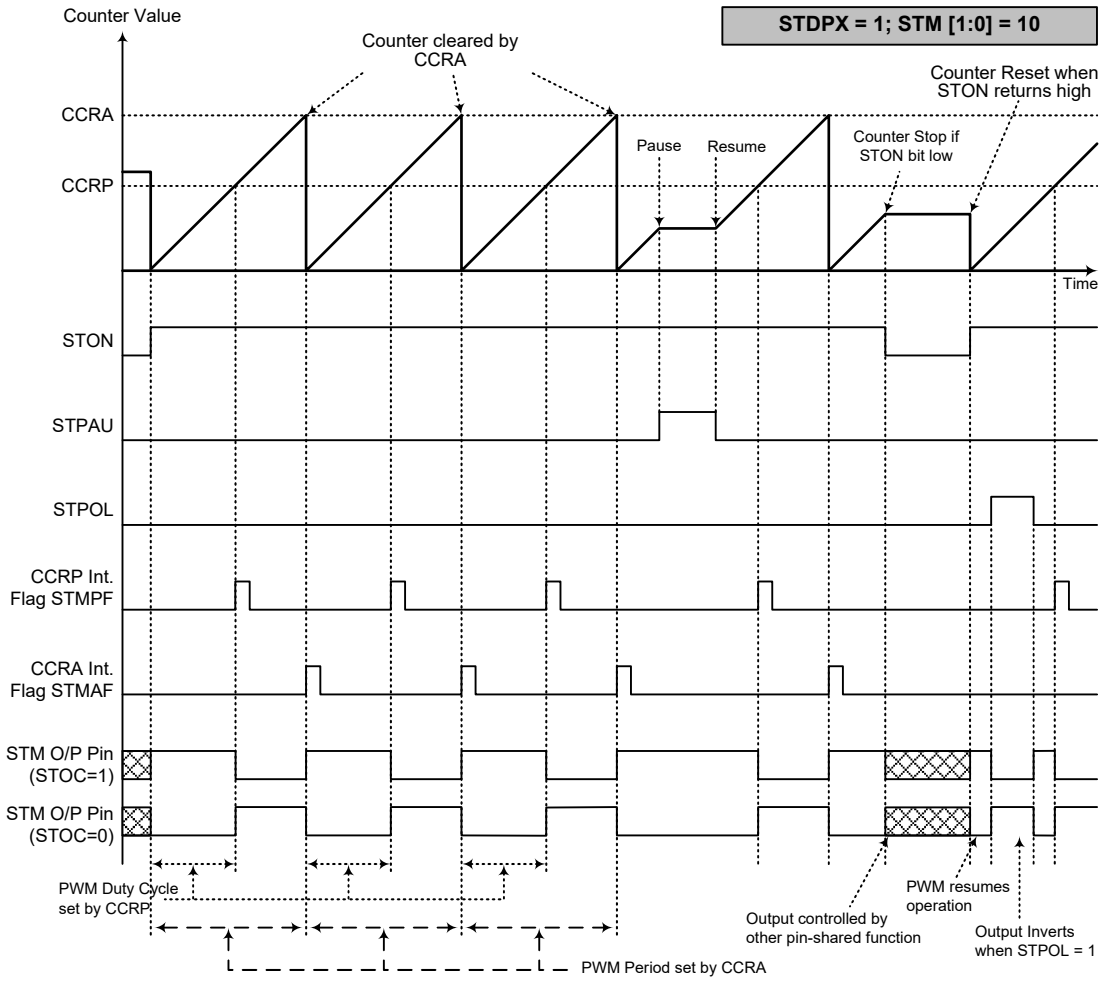
PWM 输出模式 – STDPX=0

注：1. STDPX=0 – 计数器由 CCRP 清除

2. 计数器清除设置 PWM 周期

3. 即使当 STIO[1:0]=00 或 01 时，内部 PWM 功能继续运行

4. STCCLR 对 PWM 操作无影响



PWM 输出模式 – STDPX=1

注：1. STDPX=1 – 计数器由 CCRA 清除

2. 计数器清除设置 PWM 周期

3. 即使当 STIO[1:0]=00 或 01 时，内部 PWM 功能继续运行

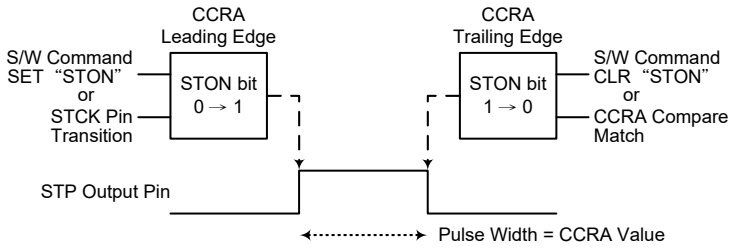
4. STCCLR 对 PWM 操作无影响

单脉冲输出模式

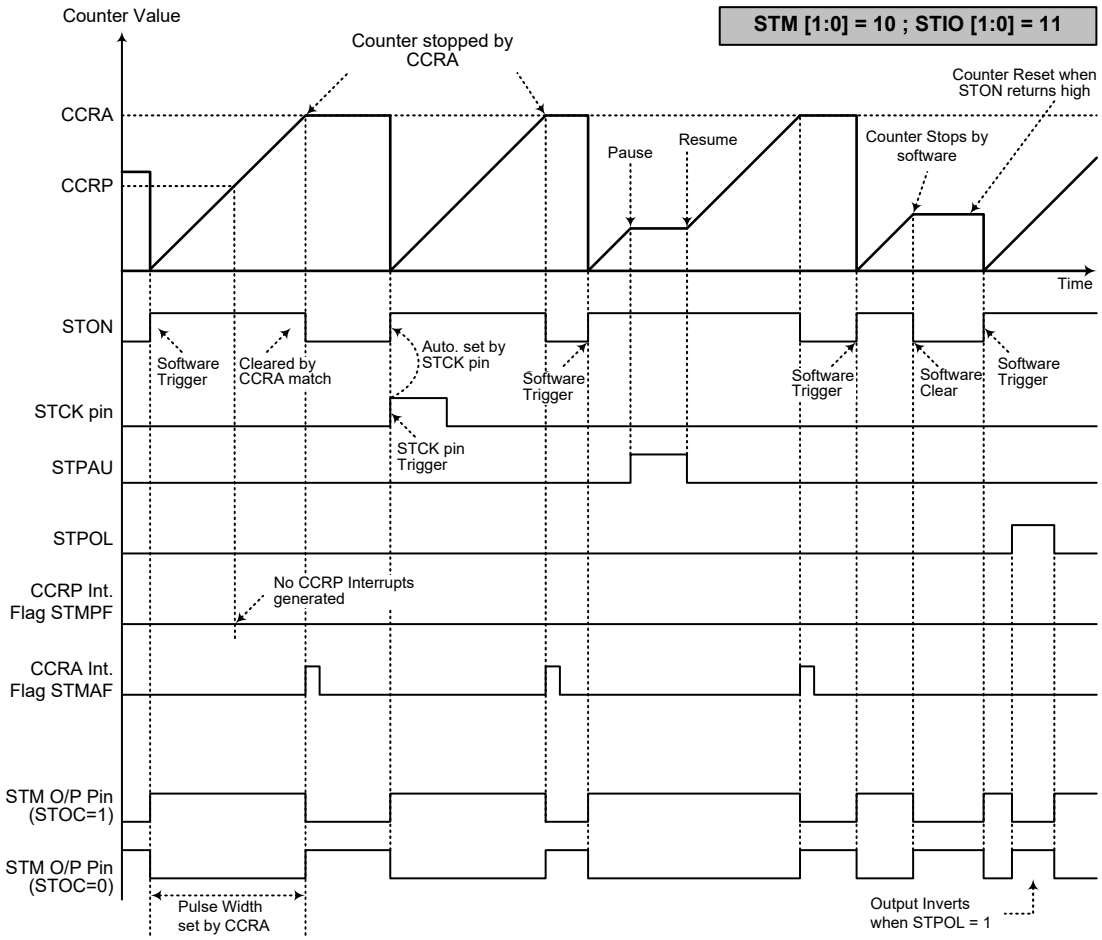
要工作在此模式，STMC1 寄存器中的 STM1 和 STM0 位需要设置为“10”，同时 STIO1 和 STIO0 位需要设置为“11”。正如模式名所言，单脉冲输出模式，在 STM 输出脚将产生一个单脉冲输出。

脉冲输出可以通过应用程序控制 STON 位由低到高的转变来触发。而处于单脉冲输出模式时，STON 位可在 STCK 引脚发生有效边沿跳转时自动由低转变为高，进而开始单脉冲输出。当 STON 位转变为高电平时，计数器将开始运行，并产生脉冲前沿。当脉冲有效时 STON 位保持高电平。通过应用程序使 STON 位清零或比较器 A 比较匹配发生时，产生脉冲后沿。

但比较器 A 的比较匹配也会自动清除 STON 位，从而产生单脉冲输出边沿跳转。此时 CCRA 的值可用于控制脉冲宽度。比较器 A 的比较匹配也能产生一个 STM 中断信号。当计数器重新启动，STON 位从低到高转换时，计数器将被复位回 0。在单脉冲输出模式下，CCRP 寄存器，STCCLR 位和 STDPX 位未使用。



单脉冲产生示意图



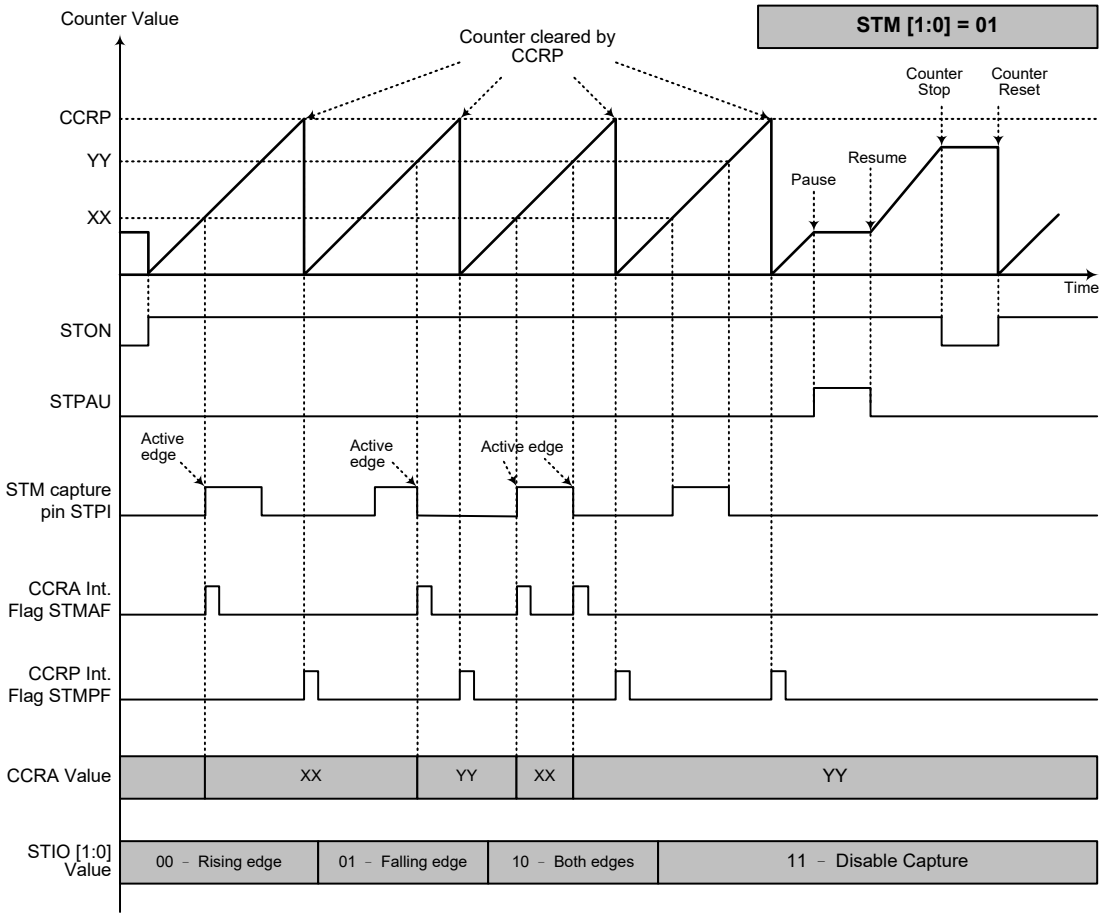
单脉冲输出模式

注：1. 通过 CCRA 匹配停止计数器
2. CCRP 未使用
3. 通过 STCK 脚或设置 STON 位为高来触发脉冲
4. STCK 脚有效沿会自动置位 STON
5. 单脉冲输出模式中，STIO[1:0] 需置为“11”，且不能更改

捕捉输入模式

要工作在此模式，STMC1 寄存器中的 STM1 和 STM0 位需要设置为“01”。此模式使能外部信号捕捉并保存内部计数器当前值，因此被用于诸如脉冲宽度测量的应用中。STPI 脚上的外部信号，通过设置 STMC1 寄存器的 STIO1 和 STIO0 位选择有效边沿类型，即上升沿，下降沿或双沿有效。通过应用程序将 STON 位由低到高转变时，计数器启动。

当 STPI 脚出现有效边沿转换时，计数器当前值被锁存到 CCRA 寄存器，并产生 STM 中断。无论 STPI 引脚发生何种事件，计数器将继续工作直到 STON 位发生下降沿跳变。当 CCRP 比较匹配发生时计数器复位至零；CCRP 的值通过这种方式控制计数器的最大值。当比较器 P CCRP 比较匹配发生时，也会产生 STM 中断。记录 CCRP 溢出中断信号的值可以测量脉宽。通过设置 STIO1 和 STIO0 位选择 STPI 引脚为上升沿，下降沿或双沿有效。如果 STIO1 和 STIO0 位都设置为高，无论 STPI 引脚发生哪种边沿转换都不会产生捕捉操作，但应注意计数器将会继续运行。STCCLR 和 STDPX 位在此模式中未使用。

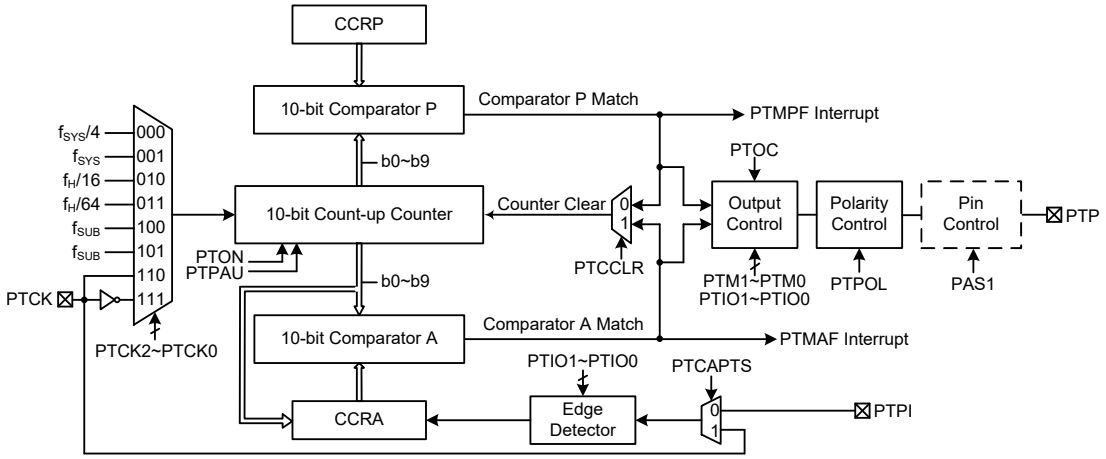


捕捉输入模式

注：1. STM[1:0]=01，有效边沿通过 STIO[1:0] 字段设置
2. STM 捕捉输入引脚有效边沿将计数器的值传到 CCRA 中
3. STCCLR 和 STDPX 位未使用
4. 无输出功能 – STOC 和 STPOL 位未使用
5. CCRP 决定计数器的值，且当 CCRP 等于 0 时计数器有一个最大计数值

周期型 TM – PTM

周期型 TM 包括 5 种工作模式，即比较匹配输出、定时 / 事件计数器、捕捉输入、单脉冲输出和 PWM 输出模式。该周期型 TM 可由两个外部输入引脚控制且可驱动一个外部输出引脚。



10-bit 周期型 TM 方框图

周期型 TM 操作

周期型 TM 是 10 位宽度。周期型 TM 核心是一个由用户选择的内部或外部时钟源驱动的 10 位向上计数器，它还包括两个内部比较器即比较器 A 和比较器 P。这两个比较器将计数器的值与 CCRA 和 CCRP 寄存器中的值进行比较。CCRP 和 CCRA 是 10 位的，与计数器的所有位比较。

通过应用程序改变 10 位计数器值的唯一方法是使 PTON 位发生上升沿跳变清除计数器。此外，计数器溢出或比较匹配也会自动清除计数器。上述条件发生时，通常情况会产生 PTM 中断信号。周期型 TM 可工作在不同的模式，可由包括来自输入脚的不同时钟源驱动，也可以控制输出脚。所有工作模式的设定都是通过设置相关寄存器来实现的。

周期型 TM 寄存器介绍

周期型 TM 的所有操作由一系列寄存器控制。一对只读寄存器用来存放 10 位计数器的值，两对读 / 写寄存器存放 10 位 CCRA 和 CCRP 的值。剩下两个控制寄存器用来设置不同的操作和控制模式。

寄存器名称	位							
	7	6	5	4	3	2	1	0
PTMC0	PTPAU	PTCK2	PTCK1	PTCK0	PTON	—	—	—
PTMC1	PTM1	PTM0	PTIO1	PTIO0	PTOC	PTPOL	PTCAPTS	PTCCLR
PTMDL	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
PTMDH	—	—	—	—	—	—	D9	D8
PTMAL	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
PTMAH	—	—	—	—	—	—	D9	D8
PTMRPL	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
PTMRPH	—	—	—	—	—	—	D9	D8

10-bit 周期型 TM 寄存器列表

- **PTMC0 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PTPAU	PTCK2	PTCK1	PTCK0	PTON	—	—	—
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	—	—	—
POR	0	0	0	0	0	—	—	—

Bit 7 **PTPAU**：PTM 计数器暂停控制位
0：运行
1：暂停
通过设置此位为高可使计数器暂停，清零此位恢复正常计数器操作。当处于暂停状态时，PTM 保持上电状态并继续耗电。当此位由低到高转变时，计数器将保留其剩余值，直到此位再次改变为低电平，并从此值开始继续计数。

Bit 6~4 **PTCK2~PTCK0**：选择 PTM 计数时钟位
000：$f_{SYS}/4$
001：f_{SYS}
010：$f_H/16$
011：$f_H/64$
100：f_{SUB}
101：f_{SUB}
110：PTCK 上升沿
111：PTCK 下降沿
此三位用于选择 PTM 的时钟源。外部引脚时钟源能被选择在上升沿或下降沿有效。f_{SYS} 是系统时钟，f_H 和 f_{SUB} 是其它的内部时钟源，细节方面请参考振荡器章节。

Bit 3 **PTON**：PTM 计数器 On/Off 控制位
0：Off
1：On
此位控制 PTM 的总开关功能。设置此位为高则使能计数器使其运行，清零此位则除能 PTM。清零此位将停止计数器并关闭 PTM 减少耗电。当此位经由低到高转变时，内部计数器将复位清零；当此位经由高到低转换时，内部计数器将保持其剩余值，直到此位再次改变为高电平。
若 PTM 处于比较匹配输出模式，PWM 输出模式或单脉冲输出模式时，当 PTON 位经由低到高转换时，PTM 输出脚将复位至 PTOC 位指定的初始值。

Bit 2~0 未定义，读为“0”

- **PTMC1 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PTM1	PTM0	PTIO1	PTIO0	PTOC	PTPOL	PTCAPTS	PTCCLR
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~6 **PTM1~PTM0**：PTM 工作模式选择位
00：比较匹配输出模式
01：捕捉输入模式
10：PWM 输出模式或单脉冲输出模式
11：定时 / 计数器模式
这两位设置 PTM 需要的工作模式。为了确保操作可靠，PTM 应在 PTM1 和 PTM0 位有任何改变前先关掉。在定时 / 计数器模式，PTM 输出引脚未定义。

Bit 5~4 **PTIO1~PTIO0**：PTM 功能选择位
比较匹配输出模式
00：无变化
01：输出低
10：输出高
11：输出翻转

PWM 输出模式 / 单脉冲输出模式
00：PWM 输出无效状态
01：PWM 输出有效状态
10：PWM 输出
11：单脉冲输出

捕捉输入模式
00：在 PTPI 或 PTCK 上升沿输入捕捉
01：在 PTPI 或 PTCK 下降沿输入捕捉
10：在 PTPI 或 PTCK 双沿输入捕捉
11：输入捕捉除能

定时 / 计数器模式
未使用

此两位用于决定在一定条件达到时 PTM 输出如何改变状态。这两位值的选择取决于 PTM 运行在哪种模式下。

在比较匹配输出模式下，PTIO1 和 PTIO0 位决定当从比较器 A 比较匹配输出发生时 PTM 输出脚如何改变状态。当从比较器 A 比较匹配输出发生时 PTM 输出脚能设为切换高、切换低或翻转当前状态。若此两位同时为 0 时，这个输出将不会改变。PTM 输出脚的初始值通过 PTMC1 寄存器的 PTOC 位设置取得。注意，由 PTIO1 和 PTIO0 位得到的输出电平必须与通过 PTOC 位设置的初始值不同，否则当比较匹配发生时，PTM 输出脚将不会发生变化。在 PTM 输出脚改变状态后，通过 PTON 位由低到高电平的转换复位至初始值。

在 PWM 输出模式，PTIO1 和 PTIO0 用于决定比较匹配条件发生时怎样改变 PTM 输出脚的状态。PWM 输出功能通过这两位的变化进行更新。仅在 PTM 关闭时改变 PTIO1 和 PTIO0 位的值是很有必要的。若在 PTM 运行时改变 PTIO1 和 PTIO0 的值，PWM 输出的值是无法预料的。

Bit 3 **PTOC**：PTM PTP 输出控制位

比较匹配输出模式
0：初始低
1：初始高

PWM 输出模式 / 单脉冲输出模式
0：低有效
1：高有效

这是 PTM 输出脚输出控制位。它取决于 PTM 此时正运行于比较匹配输出模式还是 PWM 输出模式 / 单脉冲输出模式。若 PTM 处于定时 / 计数器模式，则其不受影响。在比较匹配输出模式时，比较匹配发生前其决定 PTM 输出脚的逻辑电平值。在 PWM 输出模式时，其决定 PWM 信号是高有效还是低有效。在单脉冲输出模式时，其决定在 PTON 位由低变高时 PTM 输出脚的逻辑电平值。

Bit 2 **PTPOL**：PTM PTP 输出极性控制位
0：同相
1：反相

此位控制 PTP 输出脚的极性。此位为高时 PTM 输出脚反相，为低时 PTM 输出脚同相。若 PTM 处于定时 / 计数器模式时其不受影响。

Bit 1 **PTCAPTS**：选择 PTM 捕捉触发源
0：来自 PTPI 引脚
1：来自 PTCK 引脚

Bit 0 **PTCCLR**：选择 PTM 计数器清零条件位
0：PTM 比较器 P 匹配
1：PTM 比较器 A 匹配

此位用于选择清除计数器的方法。周期型 PTM 包括两个比较器 - 比较器 A 和比较器 P，两者都可以用作清除内部计数器。PTCCLR 位设为高，计数器在比较器 A 比较匹配发生时被清除；此位设为低，计数器在比较器 P 比较匹配发生或计数器溢出时被清除。计数器溢出清除的方法仅在 CCRP 被清除为 0 时才能生效。PTCCLR 位在 PWM 输出模式、单脉冲输出模式或捕捉输入模式时未使用。

- **PTMDL 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R	R	R	R	R	R	R	R
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~0 **D7~D0**：PTM 计数器低字节寄存器 bit 7 ~ bit 0
PTM 10-bit 计数器 bit 7 ~ bit 0

- **PTMDH 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	—	D9	D8
R/W	—	—	—	—	—	—	R	R
POR	—	—	—	—	—	—	0	0

Bit 7~2 未定义，读为“0”
Bit 1~0 **D9~D8**：PTM 计数器高字节寄存器 bit 1 ~ bit 0
PTM 10-bit 计数器 bit 9 ~ bit 8

- **PTMAL 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~0 **D7~D0**：PTM CCRA 低字节寄存器 bit 7 ~ bit 0
PTM 10-bit CCRA bit 7 ~ bit 0

- **PTMAH 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	—	D9	D8
R/W	—	—	—	—	—	—	R/W	R/W
POR	—	—	—	—	—	—	0	0

Bit 7~2 未定义，读为“0”
Bit 1~0 **D9~D8**：PTM CCRA 高字节寄存器 bit 1 ~ bit 0
PTM 10-bit CCRA bit 9 ~ bit 8

- **PTMRPL 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~0 **D7~D0**：PTM CCRP 低字节寄存器 bit 7 ~ bit 0
PTM 10-bit CCRP bit 7 ~ bit 0

- **PTMRPH 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	—	D9	D8
R/W	—	—	—	—	—	—	R/W	R/W
POR	—	—	—	—	—	—	0	0

Bit 7~2　未定义，读为“0”

Bit 1~0　**D9~D8**：PTM CCRP 高字节寄存器 bit 1 ~ bit 0
PTM 10-bit CCRP bit 9 ~ bit 8

周期型 TM 工作模式

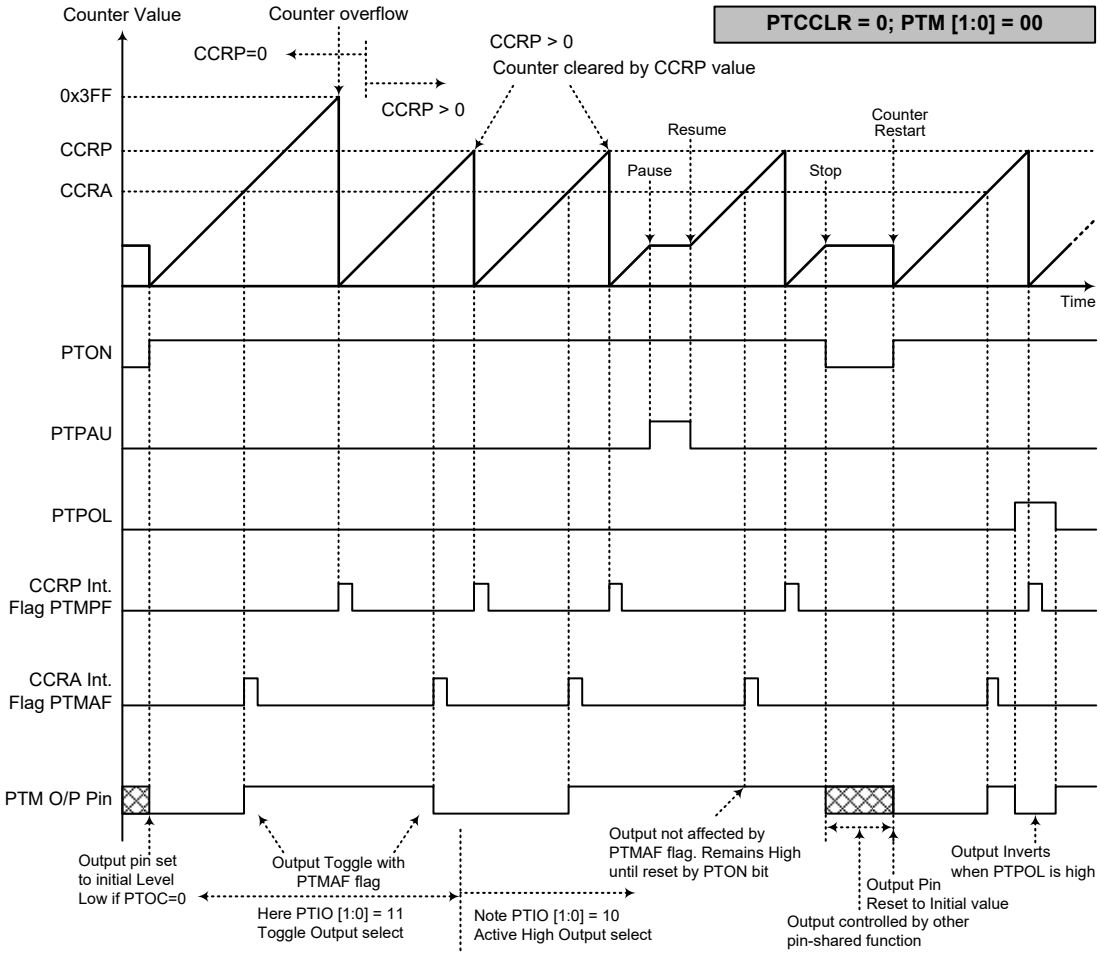
周期型 TM 有五种工作模式，即比较匹配输出模式、PWM 输出模式、单脉冲输出模式、捕捉输入模式或定时 / 计数器模式。通过设置 PTMC1 寄存器的 PTM1 和 PTM0 位选择任意模式。

比较匹配输出模式

为使 PTM 工作在此模式，PTMC1 寄存器的 PTM1 和 PTM0 位需要设置为“00”。当工作在该模式，一旦计数器使能并开始计数，有三种方法来清零，分别是：计数器溢出，比较器 A 比较匹配发生和比较器 P 比较匹配发生。当 PTCCLR 位为低，有两种方法清除计数器。一种是比较器 P 比较匹配发生，另一种是 CCRP 所有位设置为零并使得计数器溢出。此时，比较器 A 和比较器 P 的请求标志位 PTMAF 和 PTMPF 将分别置起。

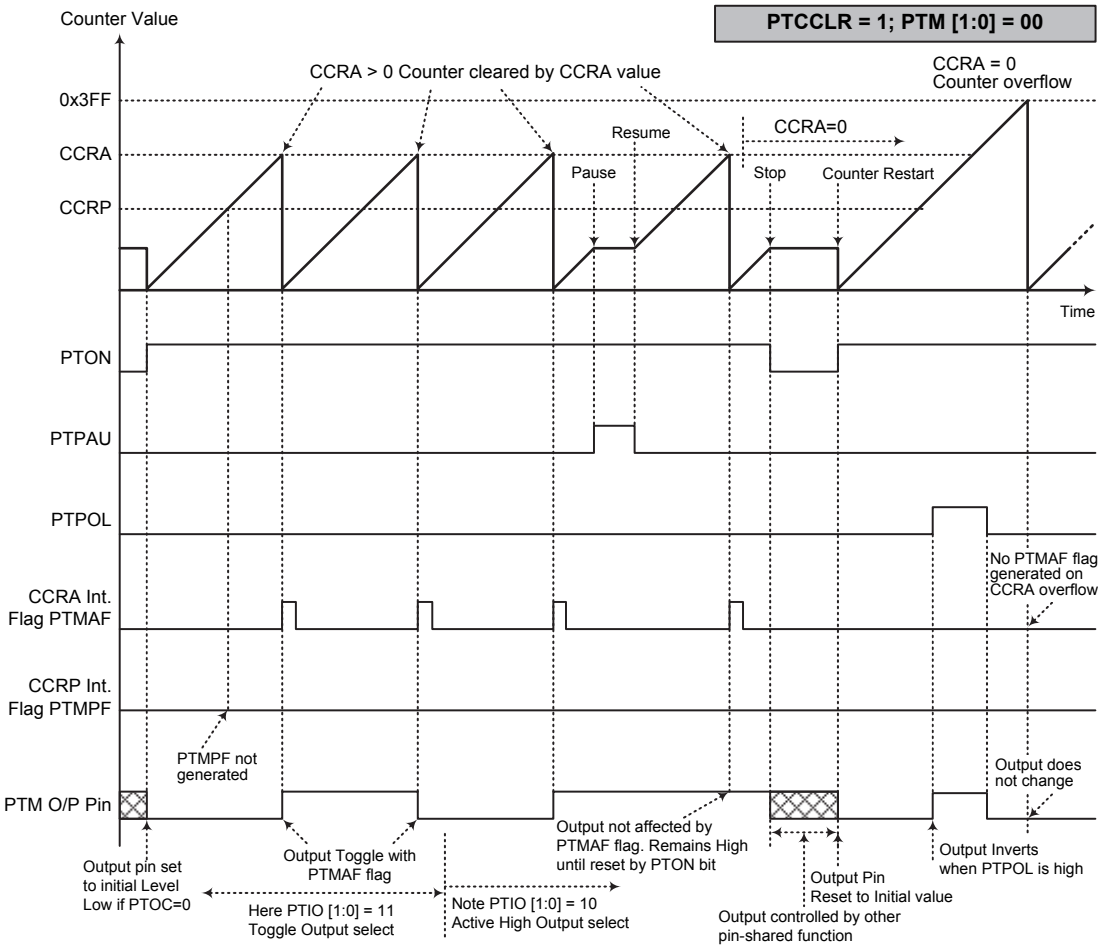
如果 PTMC1 寄存器的 PTCCLR 位设置为高，当比较器 A 比较匹配发生时计数器被清零。此时，即使 CCRP 寄存器的值小于 CCRA 寄存器的值，仅 PTMAF 中断请求标志产生。所以当 PTCCLR 为高时，不会产生 PTMPF 中断请求标志。在比较匹配输出模式中，CCRA 寄存器值不能清为“0”。如果 CCRA 位都清除为零，当计数器的值达到 10 位最大值 3FFH 时将溢出，但此时不会产生 PTMAF 中断请求标志。

正如该模式名所言，当比较匹配发生后，PTM 输出脚状态改变。当比较器 A 比较匹配发生后 PTMAF 中断请求标志产生时，PTM 输出脚状态改变。比较器 P 比较匹配发生时产生的 PTMPF 标志不影响 PTM 输出脚。PTM 输出脚状态改变方式由 PTMC1 寄存器中 PTIO1 和 PTIO0 位决定。当比较器 A 比较匹配发生时，PTIO1 和 PTIO0 位决定 PTM 输出脚输出高，低或翻转当前状态。PTM 输出脚初始值，在 PTON 位由低到高电平的变化后通过 PTOC 位设置。注意，若 PTIO1 和 PTIO0 位同时为 0 时，引脚输出不变。



比较器匹配输出模式 – PTCCLR=0

注：1. PTCCLR=0，比较器 P 匹配将清除计数器
2. PTM 输出脚仅由 PTMAF 标志位控制
3. 在 PTON 上升沿 PTM 输出脚复位至初始值



比较器匹配输出模式 – **PTCCLR=1**

注：1. PTCCLR=1，比较器 A 匹配将清除计数器
2. PTM 输出脚仅由 PTMAF 标志位控制
3. 在 PTON 上升沿 PTM 输出脚复位至初始值
4. 当 PTCCLR=1 时，不会产生 PTMPF 标志位

定时 / 计数器模式

为使 PTM 工作在此模式，PTMC1 寄存器的 PTM1 和 PTM0 位需要设置为“11”。定时 / 计数器模式与比较输出模式操作方式相同，并产生同样的中断请求标志。不同的是，在定时 / 计数器模式下 PTM 输出脚未使用。因此，比较匹配输出模式中的描述和时序图可以适用于此功能。该模式中未使用 PTM 外部引脚，这些引脚可通过引脚共用功能选择寄存器相应位设置用作普通 I/O 或其它引脚共用功能。

PWM 输出模式

为使 PTM 工作在此模式，PTMC1 寄存器的 PTM1 和 PTM0 位需要设置为“10”，且 PTIO1 和 PTIO0 位也需要设置为“10”。PTM 的 PWM 功能在马达控制，加热控制，照明控制等方面十分有用。给 PTM 输出脚提供一个频率固定但占空比可调的信号，将产生一个有效值等于 DC 均方根的 AC 方波。

由于 PWM 波形的周期和占空比可调，其波形的选择就极其灵活。在 PWM 模式中，PTCCLR 位对 PWM 周期无影响。CCRP 和 CCRA 寄存器都用于控制 PWM 方波。CCRP 寄存器通过清除内部计数从而控制 PWM 周期，CCRA 寄存器设置 PWM 的占空比。PWM 波形的周期和占空比由 CCRP 和 CCRA 寄存器的值控制。

当比较器 A 或比较器 P 比较匹配发生时，CCRA 和 CCRP 中断标志位分别产生。PTMC1 寄存器的 PTOC 位选择 PWM 波形的极性，PTIO1 和 PTIO0 位使能 PWM 输出或强制 PTM 输出脚为高电平或低电平。PTPOL 位用于 PWM 输出波形的极性反相控制。

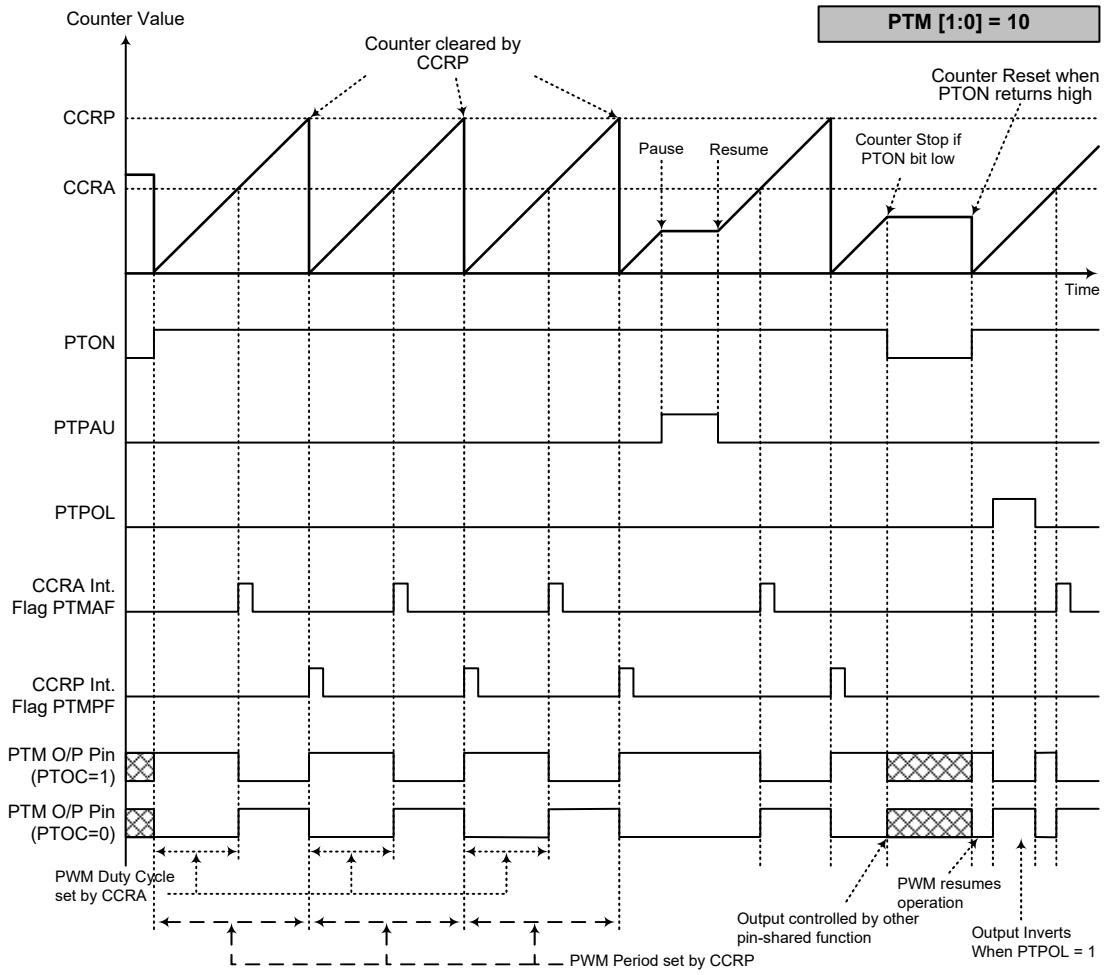
- **10-bit PTM，PWM 输出模式，边沿对齐模式**

CCRP	1~1023	0
Period	1~1023	1024
Duty	CCRA	

若 f_{SYS}=8MHz，PTM 时钟源选择 f_{SYS}/4，CCRP=512 且 CCRA=128，

PTM PWM 输出频率 = (f_{SYS}/4)/512=f_{SYS}/2048=4kHz，duty=128/512 =25%。

若由 CCRA 寄存器定义的 Duty 值等于或大于 Period 值，PWM 输出占空比为 100%。



PWM 输出模式

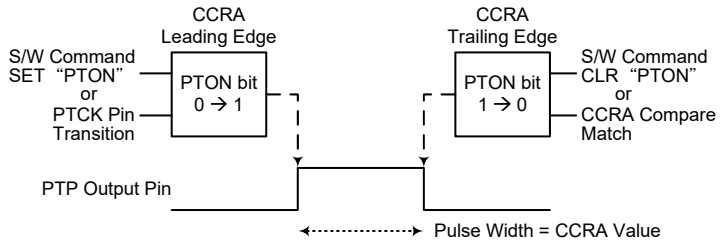
注：1. 计数器由 CCRP 清除
2. 计数器清零设置 PWM 周期
3. 当 PTIO[1:0]=00 或 01，PWM 功能不变
4. PTCCLR 位对 PWM 功能无影响

单脉冲输出模式

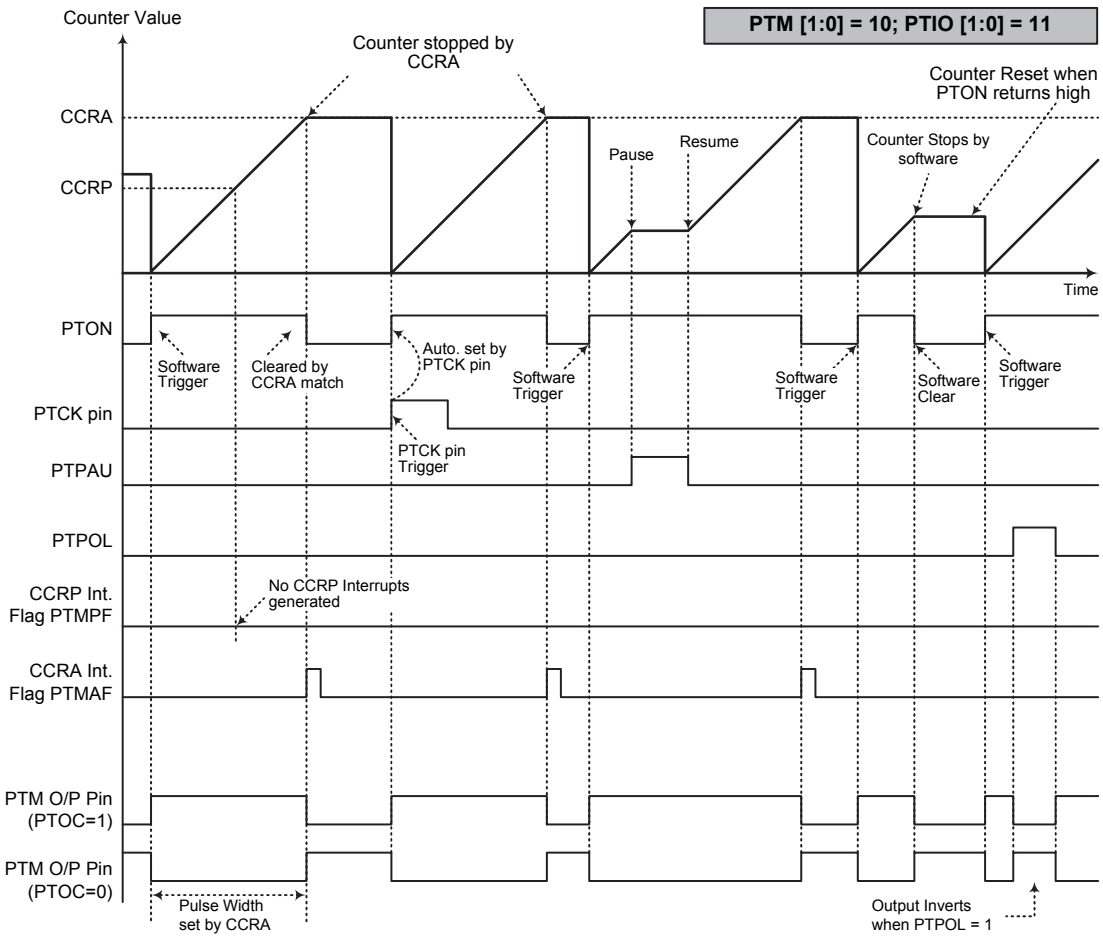
为使 PTM 工作在此模式，PTMC1 寄存器中的 PTM1 和 PTM0 位需要设置为“10”，并且相应的 PTIO1 和 PTIO0 需要设置为“11”。正如模式名所言，单脉冲输出模式，在 PTM 输出脚将产生一个脉冲输出。

通过应用程序控制 PTON 位由低到高的转变来触发脉冲前沿输出。而处于单脉冲输出模式时，PTON 位可在 PTCK 脚发生有效边沿跳转时自动由低转变为高，进而开始单脉冲输出。当 PTON 位转变为高电平时，计数器将开始运行，并产生脉冲前沿。当脉冲有效时，PTON 位保持高电平。通过应用程序将 PTON 位清零或比较器 A 比较匹配发生时，产生脉冲后沿。

而比较器 A 比较匹配发生时，会自动清除 PTON 位并产生单脉冲输出边沿跳变。CCRA 的值通过这种方式控制脉冲宽度。比较器 A 比较匹配发生时，也会产生 PTM 中断。PTON 位在计数器重启时会发生由低到高的转变，此时计数器才复位至零。在单脉冲输出模式中，CCRP 寄存器和 PTCCLR 位未使用。



单脉冲产生示意图



单脉冲输出模式

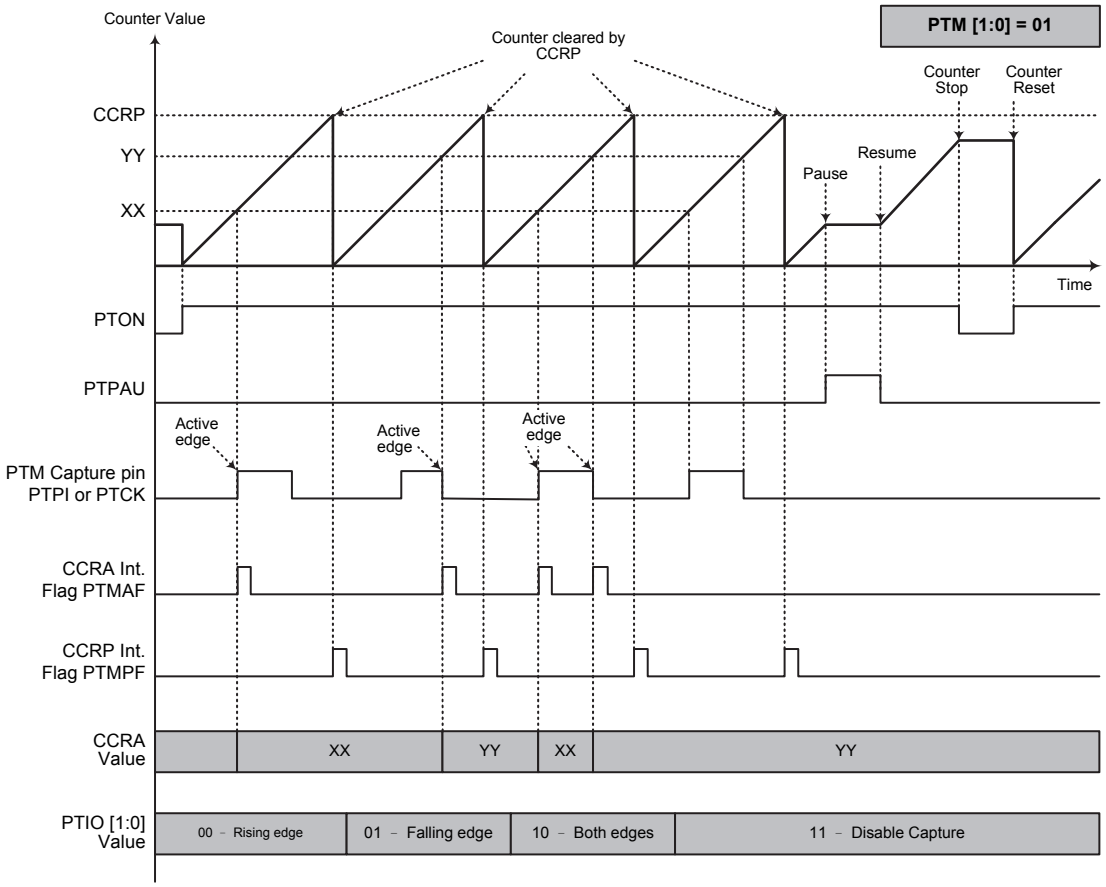
注：1. 通过 CCRA 匹配停止计数器
2. CCRP 未使用
3. 通过 PTCK 脚或设置 PTON 位为高来触发脉冲
4. PTCK 脚有效沿会自动置位 PTON
5. 单脉冲输出模式中，PTIO[1:0] 需置为“11”，且不能更改

捕捉输入模式

为使 PTM 工作在此模式，PTMC1 寄存器的 PTM1 和 PTM0 位需要设置为“01”。此模式使能外部信号捕捉并保存内部计数器当前值，因此被用于诸如脉冲宽度测量的应用中。PTPI 或 PTCK 引脚上的外部信号，通过设置 PTMC1 寄存器的 PTCAPTS 位选择。可通过设置 PTMC1 寄存器的 PTIO1 和 PTIO0 位选择有效边沿类型，即上升沿，下降沿或双沿有效。通过应用程序将 PTON 位由低到高转变时，计数器启动。

当 PTPI 或 PTCK 引脚出现有效边沿转换时，计数器当前值被锁存到 CCRA 寄存器，并产生 PTM 中断。无论 PTPI 或 PTCK 引脚发生哪种边沿转换，计数器将继续工作直到 PTON 位发生下降沿跳变。当 CCRP 比较匹配发生时计数器复位至零；CCRP 的值通过这种方式控制计数器的最大值。当比较器 P CCRP 比较匹配发生时，也会产生 PTM 中断。记录 CCRP 溢出中断信号的值可以测量长脉宽。通过设置 PTIO1 和 PTIO0 位选择 PTPI 或 PTCK 引脚为上升沿，下降沿或双沿有效。如果 PTIO1 和 PTIO0 位都设置为高，无论 PTPI 或 PTCK 引脚发生哪种边沿转换都不会产生捕捉操作，但计数器仍会继续运行。

当 PTPI 或 PTCK 引脚与其它功能共用，PTM 工作在输入捕捉模式时需多加注意。这是因为如果引脚被设为输出，那么该引脚上的任何电平转变都可能执行输入捕捉操作。PTCCLR，PTOC 和 PTPOL 位在此模式中未使用。



捕捉输入模式

注：1. PTM[1:0]=01 并通过 PTIO[1:0] 位设置有效边沿
2. PTM 捕捉输入脚的有效边沿将计数器的值转移到 CCRA 中
3. PTCCLR 位未使用
4. 无输出功能 – PTOC 和 PTPOL 位未使用
5. 计数器值由 CCRP 决定，在 CCRP 为“0”时，计数器计数值可达最大

A/D 转换器

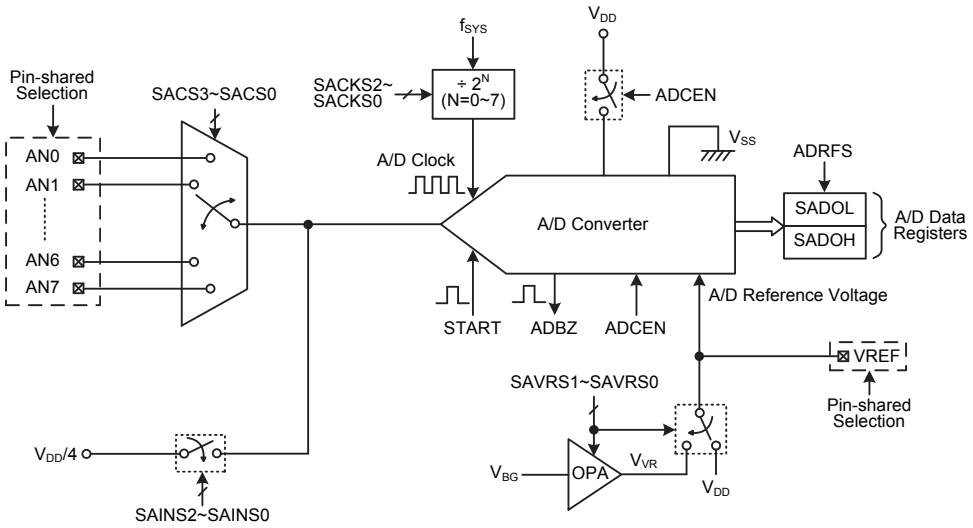
对于大多数电子系统而言，处理现实世界的模拟信号是共同的需求。为了完全由单片机来处理这些信号，首先需要通过 A/D 转换器将模拟信号转换成数字信号。将 A/D 转换器电路集成入单片机，可有效的减少外部器件，随之而来，具有降低成本和减少器件空间需求的优势。

A/D 转换器简介

此单片机包含一个多通道的 A/D 转换器，可以直接接入外部模拟信号 (来自传感器或其它控制信号) 或内部模拟信号 (来自 A/D 转换器电源除以 4 得到的内部电压)，并直接将这些信号转换成 10 位的数字量。当要转换外部模拟信号时，相应的引脚共用功能控制位需要先正确设置，再通过设置 SACS 字段和 SAINS 字段选择所需的通道。关于 A/D 输入信号选择的详细描述请参考“A/D 转换器控制寄存器”和“A/D 转换器输入信号”章节。

外部输入通道	内部输入信号	A/D 通道选择位
8：AN0~AN7	V_{DD}/4	SAINS2~SAINS0 SACS3~SACS0

下图显示了 A/D 转换器内部结构和相关的寄存器。



A/D 转换器结构

A/D 转换寄存器介绍

A/D 转换器的所有操作由五个寄存器控制。一对只读寄存器来存放 A/D 转换器 10 位转换值。两个控制寄存器设置 A/D 转换器的操作和控制功能。VBGC 寄存器中的 VBGEN 位用于控制内部 bandgap 参考电压，该电压可作为 OPA 输入信号。

寄存器名称	位							
	7	6	5	4	3	2	1	0
SADOL (ADRFS=0)	D1	D0	—	—	—	—	—	—
SADOL (ADRFS=1)	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SADOH (ADRFS=0)	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2
SADOH (ADRFS=1)	—	—	—	—	—	—	D9	D8
SADC0	START	ADBZ	ADCEN	ADRFS	SACS3	SACS2	SACS1	SACS0
SADC1	SAINS2	SAINS1	SAINS0	SAVRS1	SAVRS0	SACKS2	SACKS1	SACKS0
VBGC	—	—	—	—	VBGEN	—	—	—

A/D 转换寄存器列表

A/D 转换器数据寄存器 – SADOL, SADOH

此 A/D 转换器每次转换值为 10 位，需要两个数据寄存器存放转换结果，一个高字节寄存器 SADOH 和一个低字节寄存器 SADOL。在 A/D 转换完毕后，单片机可以直接读取这些寄存器以获得转换结果。由于只使用到 16 位中的 10 位，转换结果的数据存储格式由 SADC0 寄存器的 ADRFS 位控制，如下表所示。D0~D9 为 A/D 转换结果数据位，未使用的位读为“0”。当 A/D 转换器除能时，数据寄存器的值将保持不变。

ADRFS	SADOH								SADOL							
	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
0	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

A/D 转换器数据寄存器

A/D 转换器控制寄存器 – SADC0, SADC1

寄存器 SADC0 和 SADC1 用来控制 A/D 转换器的功能和操作。这些 8 位的寄存器定义包括选择连接至内部 A/D 转换器的模拟通道，数字化数据格式，A/D 时钟源，并控制和监视 A/D 转换器的忙碌状态。由于每个单片机只包含一个实际的模数转换电路，因此这些外部和内部模拟信号中的每一个都需要分别被发送到转换器。SADC1 寄存器中的 SAINS 字段和 SADC0 寄存器中的 SACS 字段用于选择外部模拟输入通道或内部模拟信号被连接到内部 A/D 转换器。

引脚共用功能选择寄存器的相关位用来定义 I/O 端口中的哪些引脚为 A/D 转换器的模拟输入，哪些引脚不作为 A/D 转换器输入。当引脚作为 A/D 转换器输入时，其原来的 I/O 或其它引脚共用功能消失，此外，其内部上拉电阻也将自动断开。

- **SADC0 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	START	ADBZ	ADCEN	ADRFS	SACS3	SACS2	SACS1	SACS0
R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 **START**：启动 A/D 转换位
0→1→0：启动 A/D 转换
此位用于启动 A/D 转换过程。

Bit 6 **ADBZ**：A/D 转换忙碌标志位
0：A/D 转换结束或未开始转换
1：A/D 转换中
此只读标志位用于表明 A/D 转换过程是否完成。当 START 位由低变为高再变为低时，ADBZ 位为高，表明 A/D 转换已启动。A/D 转换结束后，此位被清零。

Bit 5 **ADCEN**：A/D 转换器使能控制位
0：除能
1：使能
此位控制 A/D 内部功能。该位被置高将使能 A/D 转换器。如果该位设为低将关闭 A/D 转换器以降低功耗。当 A/D 转换器除能时，A/D 数据寄存器 SADOH 和 SADOL 的内容将保持不变。

Bit 4 **ADRFS**：A/D 转换数据格式选择位
0：A/D 转换数据格式 → SADOH=D[9:2]；SADOL=D[1:0]
1：A/D 转换数据格式 → SADOH=D[9:8]；SADOL=D[7:0]
此位控制存放在两个 A/D 数据寄存器中的 10 位 A/D 转换结果的格式。细节方面请参考 A/D 数据寄存器章节。

Bit 3~0 **SACS3~SACS0**：A/D 转换器外部模拟通道输入选择位
0000：AN0
0001：AN1
0010：AN2
0011：AN3
0100：AN4
0101：AN5
0110：AN6
0111：AN7
1000~1111：未定义，输入为浮空
此字段用于选择要转换的外部模拟输入通道。当选择外部模拟输入通道，则 SAINS 字段必须置为“000”或“101~111”。更多详细信息请参见“A/D 转换器输入信号选择”表格。

- **SADC1 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SAINS2	SAINS1	SAINS0	SAVRS1	SAVRS0	SACKS2	SACKS1	SACKS0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7~5 **SAINS2~SAINS0**：A/D 转换器输入信号选择位
000：外部信号 – 外部模拟通道输入，ANn
001：未使用，接地
010：未使用，接地
011：未使用，接地
100：内部信号 – 内部信号，$V_{DD}/4$
101~111：外部信号 – 外部模拟通道输入，ANn
当 SAINS2~SAINS0 字段被设为“100”时，选择转换内部模拟信号。当选择转换内部模拟信号时，应通过设置相关引脚共用功能控制位 SACS3~SACS0 为

“1000”~“1111”内的值，将外部输入切换为其它功能。否则，外部通道输入会和内部模拟信号一起连接至内部 A/D 转换器，这将导致不可逆的损害。

Bit 4~3 **SAVRS1~SAVRS0**：A/D 转换器参考电压选择位
00：外部 VREF 引脚
01：内部 A/D 转换器电源电压，V_{DD}
10：内部 OPA 输出电压，V_{VR}
11：外部 VREF 引脚
这两位用于选择 A/D 转换器参考电压。当 SAVRS1~SAVRS0 位为被设为“01”或“10”时，选择内部参考电压源。此时，外部 VREF 引脚需通过引脚共用控制位选择作为其它共用的引脚功能。否则，外部 VREF 输入电压会和内部参考电压一起连接至内部 A/D 转换器，导致不可预期的后果。

Bit 2~0 **SACKS2~SACKS0**：A/D 时钟源选择位
000：f_{SYS}
001：$f_{SYS}/2$
010：$f_{SYS}/4$
011：$f_{SYS}/8$
100：$f_{SYS}/16$
101：$f_{SYS}/32$
110：$f_{SYS}/64$
111：$f_{SYS}/128$
这三位用于选择 A/D 转换器的时钟源。

- **VBGC 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	VBGEN	—	—	—
R/W	—	—	—	—	R/W	—	—	—
POR	—	—	—	—	0	—	—	—

Bit 7~4 未定义，读为“0”

Bit 3 **VBGEN**：V_{BG} Bandgap 参考控制
0：除能
1：使能
当 LVR 功能使能或此位置高，Bandgap 电路使能。

Bit 2~0 未定义，读为“0”

A/D 转换器参考电压

A/D 转换器参考电压可来自 A/D 转换器电源电压 V_{DD}，内部运算放大器输出电压 V_{VR} 或外部参考源引脚 VREF，通过 SAVRS1 和 SAVRS0 位选择。当此字段设置为“01”，A/D 转换器参考电压来自电源电压 V_{DD}。当此字段设置为“10”，A/D 转换器参考电压来自内部运算放大器输出电压 V_{VR}。否则若此字段设置为“01”或“10”以外的值，A/D 转换器参考电压将来自 VREF 引脚。由于 VREF 引脚与其它功能共用，当选择 VREF 引脚作为参考电压源时，需合理设置相关引脚共用控制位选择 VREF 引脚功能且除能其它共用引脚功能。然而，当内部参考信号被选作参考电压时，相关的引脚共用控制位不可选择 VREF 参考电压输入功能，避免 VREF 引脚电压跟内部参考信号一起接入 A/D 转换器。模拟输入值一定不能超过所选的参考电压值。

SAVRS[1:0]	参考源	说明
00, 11	VREF 引脚	来自外部 A/D 转换器参考引脚 VREF
01	V_{DD}	来自内部 A/D 转换器电源电压
10	V_{VR}	来自内部运算放大器输出电压

A/D 转换器参考电压选择

A/D 转换器输入信号

所有的 A/D 转换器模拟输入引脚都与 I/O 口及其它功能共用。使用引脚共用功能选择寄存器中的相应位，可以将它们设置为 A/D 转换器模拟输入脚或具有其它功能。如果对应的引脚作为 A/D 转换输入，那么它原来的引脚功能将除能。通过这种方式，引脚的功能可由程序来控制，灵活地切换引脚功能。如果将引脚设为 A/D 输入，则通过寄存器编程设置的所有上拉电阻会自动断开。请注意，端口控制寄存器不需要为使能 A/D 输入而先设定为输入模式，当 A/D 输入功能选择位使能 A/D 输入时，端口控制寄存器的状态将被重置。

若 SAINS2~SAINS0 位为“000”或“101~111”，则选择转换外部通道输入信号，具体通道编号由 SACS3~SACS0 位决定。若 SAINS2~SAINS0 位设置为“100”，则选择转换内部电压 $V_{DD}/4$。当选择内部模拟信号时，SACS3~SACS0 位应适当配置为“1000”~“1111”以关闭外部输入通道。否则内部模拟信号将与外部通道输入连接，造成不可预期的后果。

SAINS[2:0]	SACS[3:0]	输入信号	说明
000, 101~111	0000~0010	AN0~AN7	外部引脚模拟输入 ANn
	1000~1111	—	浮空，未选择外部通道
001~011	1000~1111	GND	未使用，接地
100	1000~1111	$V_{DD}/4$	内部电压信号 $V_{DD}/4$

A/D 转换器输入信号选择

A/D 转换器操作

SADC0 寄存器中的 START 位，用于启动 A/D 转换器。当单片机设置此位从逻辑低到逻辑高，然后再到逻辑低，就会开始一个模数转换周期。

SADC0 寄存器中的 ADBZ 位用于表明模数转换过程是否正在进行。A/D 转换成功启动后，ADBZ 位会被单片机自动置为“1”。在转换周期结束后，ADBZ 位会自动置为“0”。此外，也会置位中断控制寄存器内相应的 A/D 中断请求标志位，如果中断使能，就会产生对应的内部中断信号。A/D 内部中断信号将引导程序跳转到相应的 A/D 内部中断地址。如果 A/D 内部中断被禁止，可以让单片机轮询 SADC0 寄存器中的 ADBZ 位，检查此位是否被清零，作为另一种侦测 A/D 转换周期结束的方法。

A/D 转换器的时钟源为系统时钟 f_{SYS} 或其分频，而分频系数由 SADC1 寄存器中的 SACKS2~SACKS0 位决定。虽然 A/D 时钟源是由系统时钟 f_{SYS} 和 SACKS2~SACKS0 位决定，但可选择的 A/D 时钟源则有一些限制。由于允许的 A/D 时钟周期 t_{ADCK} 的范围为 0.5μs~10μs，所以选择系统时钟速度时就必须小心。例如，如果系统时钟速度为 8MHz 时，SACKS2~SACKS0 位不能设为“000”、“001”或“111”。必须保证设置的 A/D 转换时钟周期不小于时钟周期的最小值或大于时钟周期的最大值，否则将会产生不准确的 A/D 转换值。可参考下面的表格，应特别注意被标上星号 * 的数值是不允许的，因为这些值可能低于或大于特定的 A/D 时钟周期。

f_{SYS}	A/D 时钟周期 (t_{ADCK})							
	SACKS[2:0] = 000 (f_{SYS})	SACKS[2:0] = 001 (f_{SYS}/2)	SACKS[2:0] = 010 (f_{SYS}/4)	SACKS[2:0] = 011 (f_{SYS}/8)	SACKS[2:0] = 100 (f_{SYS}/16)	SACKS[2:0] = 101 (f_{SYS}/32)	SACKS[2:0] = 110 (f_{SYS}/64)	SACKS[2:0] = 111 (f_{SYS}/128)
1MHz	1μs	2μs	4μs	8μs	16μs *	32μs *	64μs *	128μs *
2MHz	500ns	1μs	2μs	4μs	8μs	16μs *	32μs *	64μs *
4MHz	250ns *	500ns	1μs	2μs	4μs	8μs	16μs *	32μs *
8MHz	125ns *	250ns *	500ns	1μs	2μs	4μs	8μs	16μs *

A/D 时钟周期范例

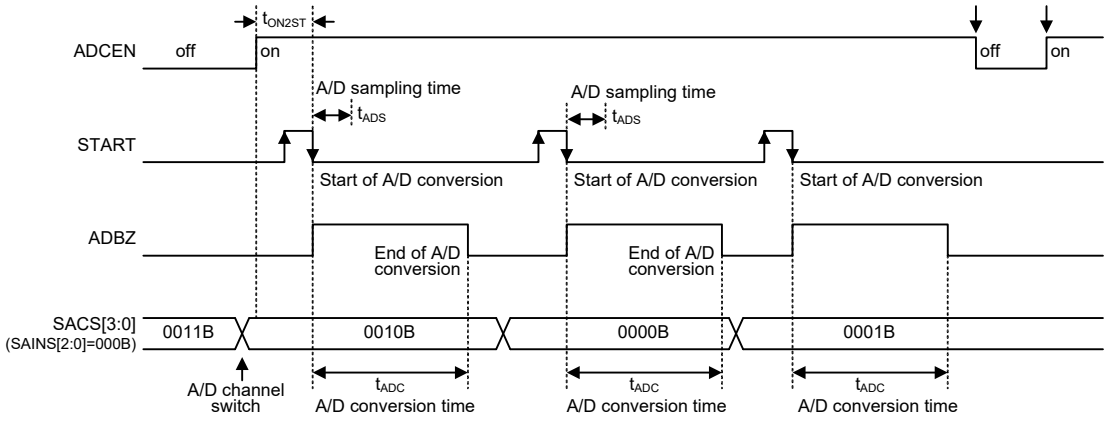
SADC0 寄存器中的 ADCEN 位用于控制 A/D 转换电路电源的开启和关闭。该位必须置高以开启 A/D 转换器电源。当设置 ADCEN 位为高开启 A/D 转换器内部电路时，在 A/D 转换成功开启前需一段延时。即使通过相关引脚共用控制位选择无引脚作为 A/D 输入，如果 ADCEN 设为“1”，那么仍然会产生功耗。因此在功耗敏感的应用中，当未使用 A/D 转换器功能时，建议设置 ADCEN 为低以减少功耗。

A/D 转换率及时序图

一个完整的 A/D 转换包含两部分，数据采样和数据转换。数据采样 t_{ADS} 需要 4 个 A/D 时钟周期，数据转换需要 10 个 A/D 时钟周期。因此一个完整的 A/D 转换时间，t_{ADC}，一共需要 14 个 A/D 时钟周期。

最大 A/D 转换率 = A/D 时钟周期 ÷ 14

下列时序图表示模数转换过程中不同阶段的图形与时序。由应用程序控制开始 A/D 转换过程后，单片机的内部硬件就会开始进行转换，在这个过程中，程序可以继续其它功能。A/D 转换时间为 14×t_{ADCK}，t_{ADCK} 为 A/D 时钟周期。



A/D 转换时序图 – 外部通道输入

A/D 转换步骤

下面概述实现 A/D 转换过程的各个步骤。

- 步骤 1
  通过 SADC1 寄存器中的 SACKS2~SACKS0 位，选择所需的 A/D 转换时钟。
- 步骤 2
  将 SADC0 寄存器中的 ADCEN 位置高使能 A/D 转换器。

- 步骤 3
  通过SADC1寄存器中的SAINS2~SAINS0位选择连接至内部A/D转换器的信号。
  若选择外部通道输入，接着执行步骤 4。
  若选择内部模拟信号，接着执行步骤 5。
- 步骤 4
  若通过 SAINS 字段选择 A/D 输入信号来自外部通道输入，应设置相关的引脚共用控制位将该引脚规划为 A/D 输入引脚。接着设置 SACS3~SACS0 位选择该外部通道接至 A/D 转换器。接着执行步骤 6。
- 步骤 5
  通过 SAINS 字段选择内部模拟信号前，应先通过配置 SACS3~SACS0 位为“1000”~“1111”将外部通道输入切换为不存在通道输入的选项。接着设置 SAINS 字段选择内部模拟信号。接着执行步骤 6。
- 步骤 6
  通过 SADC1 寄存器中的 SAVRS1~SAVRS0 位选择参考电压源。若选择 A/D 转换器电源电压或运算放大器输出电压，则外部参考输入引脚功能必须通过正确配置相应的引脚共用控制位除能。
- 步骤 7
  设置 SADC0 寄存器中的 ADRFS 位选择 A/D 转换器输出数据格式。
- 步骤 8
  如果要使用中断，则中断控制寄存器需要正确地设置，以确保 A/D 中断功能是激活的。总中断控制位 EMI 需要置位为“1”，以及 A/D 转换器中断位 ADE 也需要置位为“1”。
- 步骤 9
  现在可以通过设置 SADC0 寄存器中的 START 位从“0”到“1”再回到“0”，开始模数转换的过程。
- 步骤 10
  如果 A/D 转换正在进行中，ADBZ 位会被置为逻辑高。A/D 转换完成后，ADBZ位会被置为逻辑低，并可从SADOH和SADOL寄存器中读取输出数据。

注：若使用轮询 SADC0 寄存器中 ADBZ 位的状态的方法来检查转换过程是否结束时，则中断使能的步骤可以省略。

编程注意事项

在编程时，如果A/D转换器未使用，通过设置SADC0寄存器中的ADCEN为低，关闭A/D内部电路以减少电源功耗。此时，不考虑输入脚的模拟电压，内部A/D转换器电路不产生功耗。如果 A/D 转换器输入脚用作普通 I/O 脚，必须特别注意，输入电压为无效逻辑电平也可能增加功耗。

A/D 转换功能

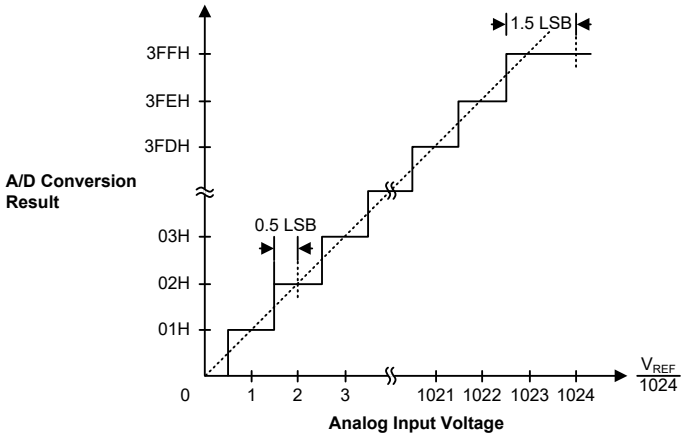
单片机含有一组 10 位的 A/D 转换器，它们转换的最大值可达 3FFH。由于模拟输入最大值等于实际 A/D 转换器参考电压值，V_{REF}，因此每一位可表示 V_{REF}/1024 的模拟输入值。

$$1\ LSB=V_{REF}\div 1024$$

通过下面的等式可估算 A/D 转换器输入电压值：

$$\text{A/D 输入电压} = \text{A/D 数字输出值} \times V_{REF}\div 1024$$

下图显示 A/D 转换器模拟输入值和数字输出值之间理想的转换功能。除了数字化数值 0，其后的数字化数值会在精确点之前的 0.5 LSB 处改变，而数字化数值的最大值将在 V_{REF} 之前的 1.5 LSB 处改变。注意，这里的 V_{REF} 电压指代的是通过 SAVRS 字段选择的实际 A/D 转换器参考电压。



理想的 A/D 转换功能

A/D 转换应用范例

下面两个范例程序用来说明怎样使用 A/D 转换。第一个范例是轮询 SADC0 寄存器中的 ADBZ 位来判断 A/D 转换是否完成；第二个范例则使用中断的方式判断。

范例 1：使用查询 ADBZ 的方式来检测转换结束

```
clr  ADE                    ; disable ADC interrupt
mov  a,03h                  ; select fSYS/8 as A/D clock and
mov  SADC1,a                ; select external channel input and external
                            ; reference input
mov  a,03h                  ; set PBS0 to configure pin AN0
mov  PBS0,a
mov  a,20h
mov  SADC0,a                ; enable A/D and connect AN0 channel to A/D
                            ; converter
:
:
start_conversion:
clr  START                  ; high pulse on start bit to initiate conversion
set  START                  ; reset A/D
clr  START                  ; start A/D
polling_EOC:
sz   ADBZ                   ; poll the SADC0 register ADBZ bit to detect end
                            ; of A/D conversion
jmp  polling_EOC            ; continue polling
mov  a,SADOL                ; read low byte conversion result value
mov  SADOL_buffer,a         ; save result to user defined register
mov  a,SADOH                ; read high byte conversion result value
mov  SADOH_buffer,a         ; save result to user defined register
:
:
jmp  start_conversion       ; start next A/D conversion
```

范例 2：使用中断的方式来检测转换结束

```
clr  ADE                    ; disable ADC interrupt
mov  a,03h                  ; select fSYS/8 as A/D clock and
mov  SADC1,a                ; select external channel input and external
                            ; reference input
mov  a,03h                  ; set PBS0 to configure pin AN0
mov  PBS0,a
mov  a,20h
mov  SADC0,a                ; enable A/D and connect AN0 channel to A/D
                            ; converter
:
:
Start_conversion:
clr  START                  ; high pulse on START bit to initiate conversion
set  START                  ; reset A/D
clr  START                  ; start A/D
clr  ADF                    ; clear ADC interrupt request flag
set  ADE                    ; enable ADC interrupt
set  EMI                    ; enable global interrupt
:
:
ADC_ISR:                    ; ADC interrupt service routine
mov  acc_stack,a            ; save ACC to user defined memory
mov  a,STATUS
mov  status_stack,a         ; save STATUS to user defined memory
:
:
mov  a, SADOL               ; read low byte conversion result value
mov  SADOL_buffer,a         ; save result to user defined register
mov  a, SADOH               ; read high byte conversion result value
mov  SADOH_buffer,a         ; save result to user defined register
:
:
EXIT_INT_ISR:
mov  a,status_stack
mov  STATUS,a               ; restore STATUS from user defined memory
mov  a,acc_stack            ; restore ACC from user defined memory
reti
```

中断

中断是单片机一个重要功能。当外部事件或内部功能如 TM 比较器 P 或比较器 A 匹配并且产生中断时，系统会暂时中止当前的程序而转到执行相对应的中断服务程序。此单片机提供多个外部中断和内部中断功能，外部中断由 INT0~INT1 引脚动作产生，而内部中断由各种内部功能产生，如定时器模块 (TM)、A/D 转换器和时基。

中断寄存器

中断控制基本上是在单片机发生一些情况时设置请求标志位，应用程序中中断使能位的设置是通过位于专用数据存储器中的一系列寄存器控制的。寄存器总的分为两类。第一类是 INTC0~INTC1 寄存器，用于设置基本的中断；第二类是 INTEG 寄存器，用于设置外部中断边沿触发类型。

寄存器中含有中断控制位和中断请求标志位。中断控制位用于使能或除能各种中断，中断请求标志位用于存放当前中断请求的状态。它们都按照特定的模式命名，前面表示中断类型的缩写，紧接着的字母“E”代表使能 / 除能位，“F”代表请求标志位。

功能	使能位	请求标志位	备注
总中断	EMI	—	—
INTn 引脚	INTnE	INTnF	n=0~1
A/D 转换器	ADE	ADF	—
时基	TBnE	TBnF	n=0~1
多功能中断	MFnE	MFnF	n=0~1
STM	STMPE	STMPF	—
	STMAE	STMAF	—
PTM	PTMPE	PTMPF	—
	PTMAE	PTMAF	—

中断寄存器位命名模式

寄存器名称	位							
	7	6	5	4	3	2	1	0
INTEG	—	—	—	—	INT1S1	INT1S0	INT0S1	INT0S0
INTC0	—	MF1F	MF0F	INT0F	MF1E	MF0E	INT0E	EMI
INTC1	ADF	INT1F	TB1F	TB0F	ADE	INT1E	TB1E	TB0E
MFI0	—	—	STMAF	STMPF	—	—	STMAE	STMPE
MFI1	—	—	PTMAF	PTMPF	—	—	PTMAE	PTMPE

中断寄存器列表

- **INTEG 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	INT1S1	INT1S0	INT0S1	INT0S0
R/W	—	—	—	—	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	—	—	—	0	0	0	0

Bit 7~4 未定义，读为“0”

Bit 3~2 **INT1S1~INT1S0**：INT1 中断边沿控制位
00：除能
01：上升沿
10：下降沿
11：双沿

Bit 1~0 **INT0S1~INT0S0**：INT0 中断边沿控制位
00：除能
01：上升沿
10：下降沿
11：双沿

- **INTC0 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	MF1F	MF0F	INT0F	MF1E	MF0E	INT0E	EMI
R/W	—	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	—	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 未定义，读为“0”

Bit 6 **MF1F**：多功能中断 1 请求标志位
0：无请求
1：中断请求

Bit 5 **MF0F**：多功能中断 0 请求标志位
0：无请求
1：中断请求

Bit 4 **INT0F**：INT0 中断请求标志位
0：无请求
1：中断请求

Bit 3 **MF1E**：多功能中断 1 控制位
0：除能
1：使能

Bit 2 **MF0E**：多功能中断 0 控制位
0：除能
1：使能

Bit 1 **INT0E**：INT0 中断控制位
0：除能
1：使能

Bit 0 **EMI**：总中断控制位
0：除能
1：使能

- **INTC1 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADF	INT1F	TB1F	TB0F	ADE	INT1E	TB1E	TB0E
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 7 **ADF**：A/D 转换器中断请求标志位
0：无请求
1：中断请求

Bit 6 **INT1F**：INT1 中断请求标志位
0：无请求
1：中断请求

Bit 5 **TB1F**：时基 1 中断请求标志位
0：无请求
1：中断请求

Bit 4 **TB0F**：时基 0 中断请求标志位
0：无请求
1：中断请求

Bit 3 **ADE**：A/D 转换器中断控制位
0：除能
1：使能

Bit 2 **INT1E**：INT1 中断控制位
0：除能
1：使能

Bit 1 **TB1E**：时基 1 中断控制位
0：除能
1：使能

Bit 0 **TB0E**：时基 0 中断控制位
0：除能
1：使能

- **MFI0 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	STMAF	STMPF	—	—	STMAE	STMPE
R/W	—	—	R/W	R/W	—	—	R/W	R/W
POR	—	—	0	0	—	—	0	0

Bit 7~6 未定义，读为“0”

Bit 5 **STMAF**：STM 比较器 A 匹配中断请求标志位
0：无请求
1：中断请求

Bit 4 **STMPF**：STM 比较器 P 匹配中断请求标志位
0：无请求
1：中断请求

Bit 3~2 未定义，读为“0”

Bit 1 **STMAE**：STM 比较器 A 匹配中断控制位
0：除能
1：使能

Bit 0 **STMPE**：STM 比较器 P 匹配中断控制位
0：除能
1：使能

- **MFI1 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	PTMAF	PTMPF	—	—	PTMAE	PTMPE
R/W	—	—	R/W	R/W	—	—	R/W	R/W
POR	—	—	0	0	—	—	0	0

Bit 7~6　未定义，读为“0”

Bit 5　**PTMAF**：PTM 比较器 A 匹配中断请求标志位
0：无请求
1：中断请求

Bit 4　**PTMPF**：PTM 比较器 P 匹配中断请求标志位
0：无请求
1：中断请求

Bit 3~2　未定义，读为“0”

Bit 1　**PTMAE**：PTM 比较器 A 匹配中断控制位
0：除能
1：使能

Bit 0　**PTMPE**：PTM 比较器 P 匹配中断控制位
0：除能
1：使能

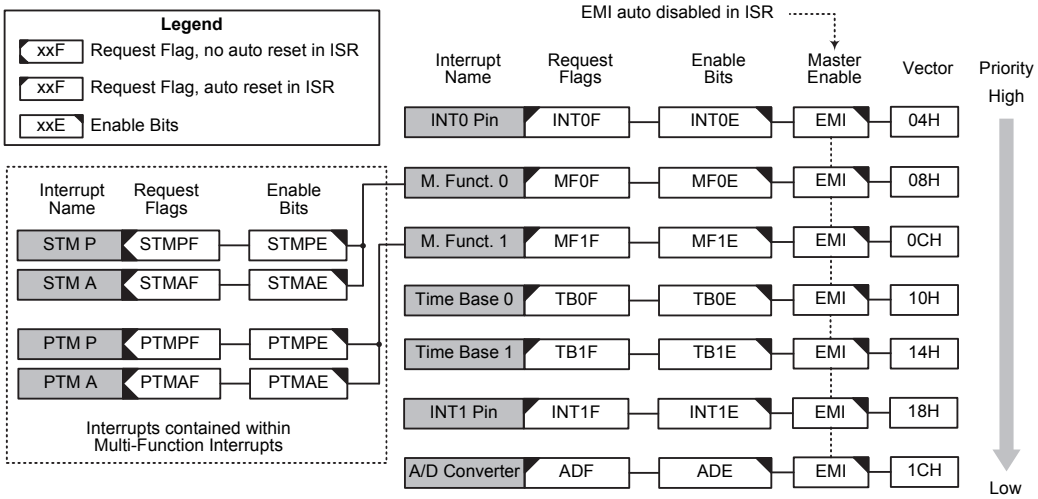
中断操作

若中断事件条件产生，如 TM 比较器 P 或比较器 A 匹配等等，相关中断请求标志将置起。中断标志产生后程序是否会跳转至相关中断向量执行是由中断使能位的条件决定的。若使能位为“1”，程序将跳至相关中断向量中执行；若使能位为“0”，即使中断请求标志置起中断也不会发生，程序也不会跳转至相关中断向量执行。若总中断使能位为“0”，所有中断都将除能。

当中断发生时，下条指令的地址将被压入堆栈。相应的中断向量地址加载至 PC 中。系统将从此向量取下条指令。中断向量处通常为“JMP”指令，以跳转到相应的中断服务程序。中断服务程序必须以“RETI”指令返回至主程序，以继续执行原来的程序。

各个中断使能位以及相应的请求标志位，以优先级的次序显示在下图。一些中断源有自己的向量，但有些中断共用多功能中断向量。一旦中断子程序被响应，系统将自动清零 EMI 位，所有其它的中断将被屏蔽，这个方式可以防止任何进一步的中断嵌套。其它中断请求可能发生在此期间，虽然中断不会立即响应，但是中断请求标志位会被记录。

如果某个中断服务子程序正在执行时，有另一个中断要求立即响应，那么 EMI 位应在程序进入中断子程序后置位，以允许此中断嵌套。如果堆栈已满，即使此中断使能，中断请求也不会被响应，直到 SP 减少为止。如果要求立刻动作，则堆栈必须避免成为储满状态。请求同时发生时，执行优先级如下流程图所示。所有被置起的中断请求标志都可把单片机从休眠或空闲模式中唤醒，若要防止唤醒动作发生，在单片机进入休眠或空闲模式前应将相应的标志置起。



中断结构

外部中断

通过 INTn 引脚上的信号变化可控制外部中断。当触发沿选择位设置好触发类型，INTn 引脚的状态发生变化，外部中断请求标志 INTnF 被置位时外部中断请求产生。若要跳转到相应中断向量地址，总中断控制位 EMI 和相应中断使能位 INTnE 需先被置位。此外，必须使用 INTEG 寄存器使能外部中断功能并选择触发沿类型。外部中断引脚和普通 I/O 口共用，如果相应寄存器中的中断使能位被置位，并且通过引脚共用寄存器选择外部中断脚，此引脚将被作为外部中断脚使用。此时该引脚必须通过设置控制寄存器，将该引脚设置为输入口。当中断使能，堆栈未满并且外部中断脚状态改变，将调用外部中断向量子程序。当响应外部中断服务子程序时，中断请求标志位 INTnF 会自动复位且 EMI 位会被清零以除能其它中断。注意，即使此引脚被用作外部中断输入，其上拉电阻仍保持有效。

寄存器 INTEG 被用来选择有效的边沿类型，来触发外部中断。可以选择上升沿还是下降沿或双沿触发都产生外部中断。注意 INTEG 也可以用来除能外部中断功能。

多功能中断

此单片机中有两个多功能中断，与其它中断不同，它没有独立源，但由其它现有的中断源构成，即 TM 中断。

当多功能中断中任何一种中断请求标志 MFnF 被置位，多功能中断请求产生。当中断使能，堆栈未满，包括在多功能中断中的任意一个中断发生时，将调用多功能中断向量中的一个子程序。当响应中断服务子程序时，相关的多功能请求标志位会自动复位且 EMI 位会自动清零以除能其它中断。

但必须注意的是，在中断响应时，虽然多功能中断标志会自动复位，但多功能中断源的请求标志位不会自动复位，必须由应用程序清零。

A/D 转换器中断

A/D 转换器中断由 A/D 转换动作的结束来控制。当 A/D 转换器中断请求标志被置位，即 A/D 转换过程完成时，中断请求发生。若要跳转到相应中断向量地址，总中断控制位 EMI 和 A/D 转换器中断使能位 ADE 需先被置位。当中断使能，

堆栈未满且 A/D 转换动作结束时，将调用 A/D 转换器中断向量子程序。当响应中断服务子程序时，相应的中断请求标志位 ADF 会自动复位且 EMI 位会被清零以除能其它中断。

TM 中断

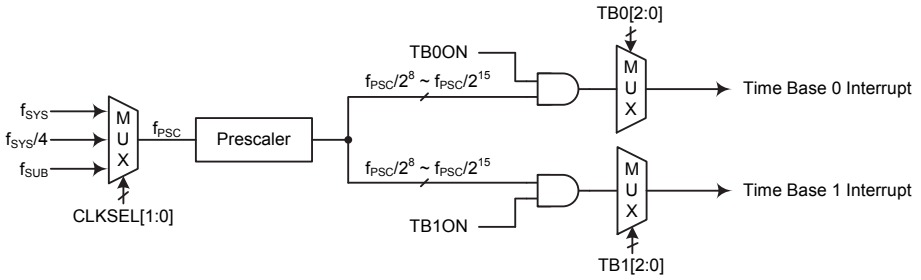
标准型和周期型 TM 各自有两个中断，分别来自比较器 P、A 匹配，都属于多功能中断。所有类型的 TM 都有两个中断请求标志位及两个使能位。当 TM 比较器 P、A 匹配情况发生时，相应 TM 中断请求标志被置位，TM 中断请求产生。

若要程序跳转到相应中断向量地址，总中断控制位 EMI、相应 TM 中断使能位和相关多功能中断使能位 MFnE 需先被置位。当中断使能，堆栈未满且 TM 比较器匹配情况发生时，可跳转至相关多功能中断向量子程序中执行。当 TM 中断响应，EMI 将被自动清零以除能其它中断，相关 MFnF 标志也可自动清除，但 TM 中断请求标志需在应用程序中手动清除。

时基中断

时基中断提供一个固定周期的中断信号，由各自的定时器功能产生溢出信号控制。当各自的中断请求标志 TBnF 被置位时，中断请求发生。若要跳转到相应的中断向量地址，总中断使能位 EMI 和时基使能位 TBnE 需先被置位。当中断使能，堆栈未满且时基溢出时，将调用相关的中断向量子程序。当响应中断服务子程序时，中断请求标志位 TBnF 会自动复位且 EMI 位会被清零以除能其它中断。

时基中断的目的是提供一个固定周期的中断信号。其时钟源 f_{PSC} 来自内部时钟源 f_{SYS}，$f_{SYS}/4$ 或 f_{SUB}。f_{PSC} 输入时钟首先经过分频器，分频率由程序设置 TBnC 寄存器相关位获取合适的分频值以提供更长的时基中断周期。控制时基中断周期的时钟源通过 PSCR 寄存器中的 CLKSEL1~CLKSEL0 位进行选择。



时基中断

- **PSCR 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	—	—	—	—	—	PSCEN	CLKSEL1	CLKSEL0
R/W	—	—	—	—	—	R/W	R/W	R/W
POR	—	—	—	—	—	0	0	0

Bit 7~3　未定义，读为“0”

Bit 2　**PSCEN**：分频器控制位
0：除能
1：使能
PSCEN 位为预分频器时钟使能 / 除能控制位。当预分频时钟未使用，应清零此位以减少额外功耗。

Bit 1~0 **CLKSEL1~CLKSEL0**：分频器 f_{PSC} 时钟源选择
00：f_{SYS}
01：$f_{SYS}/4$
1x：f_{SUB}

- **TBnC 寄存器**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	TBnON	—	—	—	—	TBn2	TBn1	TBn0
R/W	R/W	—	—	—	—	R/W	R/W	R/W
POR	0	—	—	—	—	0	0	0

Bit 7 **TBnON**：时基 n 控制位
0：除能
1：使能

Bit 6~3 未定义，读为“0”

Bit 2~0 **TBn2~TBn0**：选择时基 n 溢出周期位
000：$2^8/f_{PSC}$
001：$2^9/f_{PSC}$
010：$2^{10}/f_{PSC}$
011：$2^{11}/f_{PSC}$
100：$2^{12}/f_{PSC}$
101：$2^{13}/f_{PSC}$
110：$2^{14}/f_{PSC}$
111：$2^{15}/f_{PSC}$

中断唤醒功能

每个中断都具有将处于休眠或空闲模式的单片机唤醒的能力。当中断请求标志由低到高转换时唤醒动作产生，其与中断是否使能无关。因此，尽管单片机处于休眠或空闲模式且系统振荡器停止工作，如有外部中断脚上产生外部边沿跳变情况可能导致其相应的中断标志被置位，由此产生中断，因此必须注意避免伪唤醒情况的发生。若中断唤醒功能被除能，单片机进入休眠或空闲模式前相应中断请求标志应被置起。中断唤醒功能不受中断使能位的影响。

编程注意事项

通过禁止相关中断使能位，可以屏蔽中断请求，然而，一旦中断请求标志位被设定，它们会被保留在中断控制寄存器内，直到相应的中断服务子程序执行或请求标志位被软件指令清零。

建议在中断服务子程序中不要使用“CALL 子程序”指令。中断通常发生在不可预料的情况或是需要立刻执行的某些应用。假如只剩下一层堆栈且没有控制好中断，当“CALL 子程序”在中断服务子程序中执行时，将破坏原来的控制序列。

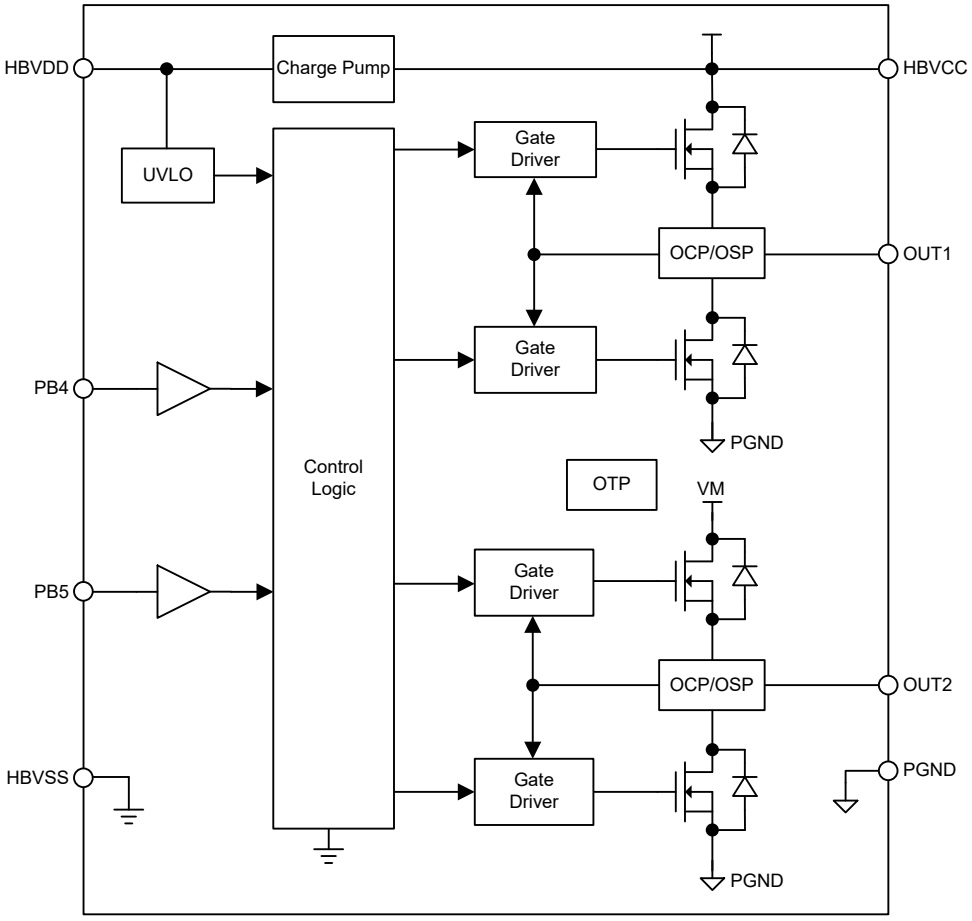
所有中断在休眠或空闲模式下都具有唤醒功能，当中断请求标志发生由低到高的转变时都可产生唤醒功能。若要避免相应中断产生唤醒动作，在单片机进入休眠或空闲模式前需先将相应请求标志置为高。

当进入中断服务程序，系统仅将程序计数器的内容压入堆栈，如果中断服务程序会改变状态寄存器或其它的寄存器的内容而破坏控制流程，应事先将这些数据保存起来。

若从中断子程序中返回可执行 RET 或 RETI 指令。除了能返回至主程序外，RETI 指令还能自动设置 EMI 位为高，允许进一步中断。RET 指令只能返回至主程序，清零 EMI 位，除能进一步中断。

H 桥驱动器

此驱动器是一个 1 通道 H 桥驱动器，可以驱动直流带刷马达或螺线管。由于 4 个内部的极低导通电阻的功率 MOSFET 并联了消火花二极管，此马达驱动器具有高效的马达驱动能力、精简的外部元件和出色的散热性能。独立的控制器和马达电源简化了系统电源域的设计。隔离马达电流检测引脚 PGND 是专门为了检测马达电流而设计的，通过该引脚连接一个电阻器到地即可实现。该驱动器还具有一系列的保护功能，包括过流和过温保护等，即使马达堵转或输出引脚间互相短路也可避免驱动器烧坏的情况发生。

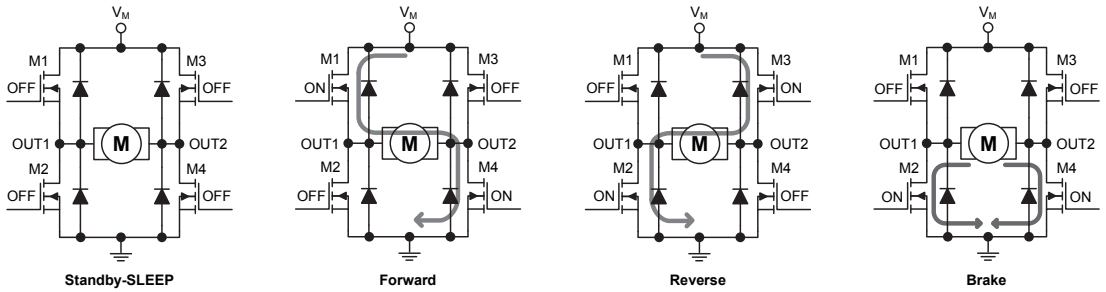


H 桥控制

根据 PB4 和 PB5 信号的状态，此驱动器将产生 4 种 H 桥输出状态：待机 / 休眠、正转、反转和制动。输入 / 输出操作真值表如下表所示。PB4 和 PB5 信号来自于单片机 I/O 信号。此二信号需藉由清除相关 I/O 口控制位设置为输出，以便适当地控制 H 桥驱动器功能。注意，PB4 和 PB5 控制输入信号不可浮空，已固定内接一个下拉电阻避免初次上电后浮空。

PB4	PB5	OUT1	OUT2	功能模式	H 桥状态			
					M1	M2	M3	M4
0	0	Z	Z	待机 / 休眠	OFF	OFF	OFF	OFF
0	1	L	H	反转	OFF	ON	ON	OFF
1	0	H	L	正转	ON	OFF	OFF	ON
1	1	L	L	制动	OFF	ON	OFF	ON

操作真值表



H 桥功能模式

H 桥驱动器休眠模式

当 H 桥驱动器处于待机模式一段时间 t_{SLPEN} (典型值 10ms)，将进入休眠模式。此时所有功能块都将关闭以降低功耗，电流减小到超低的 0.1μA (最大值) 以下。当 PB4 或 PB5 信号被置高时，H 桥驱动器将退出休眠模式。

HBV_{DD} 欠压锁定

为了避免上电或电池电压较低时，发生 H 桥亚稳态输出的情况，H 桥驱动器提供了欠压锁定功能。在上电期间，当 HBV_{DD} 低于 V_{UVLO+} 时，H 桥输出将保持在高阻抗状态，控制输入会被忽略。当 HBV_{DD} 高于 V_{UVLO+} 时，H 桥输出仅由输入控制。当 HBV_{DD} 下降到低于 V_{UVLO-} 时，H 桥驱动器将再次被锁定。

过流保护 – OCP

H 桥驱动器具有一个完全集成的过流保护功能，可应用在每个内部功率 MOSFET。当马达电流大于过流保护阈值 I_{OCP} 且持续时间超过了去毛刺时间 t_{DEG} 时，所有功率 MOSFET 将立即关闭。在超过重试时间后，H 桥驱动器将解除保护，并恢复正常操作。

输出短路保护 – OSP

该 H 桥驱动器提供了完整的输出保护功能，例如输出引脚到地、到马达电源或彼此之间发生短路。H 桥驱动器将通过每一个功率 MOSFET 检测的电流，与无去毛刺时间的输出短路保护阈值 I_{OSP} 进行比较。这个电流阈值 I_{OSP} 设置为 I_{OCP} 的 1.5 倍。当 OSP 条件发生时，H 桥驱动器将关闭所有功率 MOSFET，在每个重试时间 t_{RETRY} 后都要检查输出状态，直到故障移除。

过温保护 – OTP

如果结温超过内部极限阈值 T_{SHD}，H 桥驱动器将关闭所有功率 MOSFET，直到温度下降到恢复温度 T_{REC} 以下。

马达电流检测

H 桥驱动器可以通过从 PGND 外接一个电阻到 HBVSS 来实现马达电流检测功能。建议 PGND 电压需保持在 0.5V 以下，以避免输入引脚 (如 MCU A/D 转换器输入) 上的保护二极管被开启。另外还建议电流检测电阻 R_S 需小于 0.5V/$I_{M(max)}$，其中 $I_{M(max)}$ 表示最大马达电流 (即马达堵转电流)。

功耗

H 桥驱动器的主要功耗是由内部功率 MOSFET 的导通电阻决定的。平均功耗可以通过以下公式估计：

$$P_{AVG} = R_{ON} \times (I_{OUT(RMS)})^2$$

其中 P_{AVG} 为 H 桥驱动器的平均功耗，R_{ON} 为上端和下端 MOSFET 的总导通电阻，$I_{OUT(RMS)}$ 为负载电流的均方根有效值。注意，R_{ON} 值会随着结温升高而增大。当环境温度升高或 H 桥驱动器发热增加时，H 桥驱动器的功耗也会增加。

元件 / 马达选择

马达注意事项

合适的马达电压取决于所需的转速和电源来源。较高的马达电压也会提高马达的电流速度。注意，马达堵转电流必须小于内部过电流保护阈值 I_{OCP}，以避免马达启转失败。

马达供应电容

建议 C2 至少使用 10μF 的电容值连接于 HBVCC 与 PGND 引脚间。这个电容有两个主要的功能：首先，它吸收马达释放的能量以减少过冲电压损坏。其次，当马达启动或正反转模式之间快速切换时，为马达提供了一瞬态电源以补偿，电池响应时间或长连接线带来的效应。

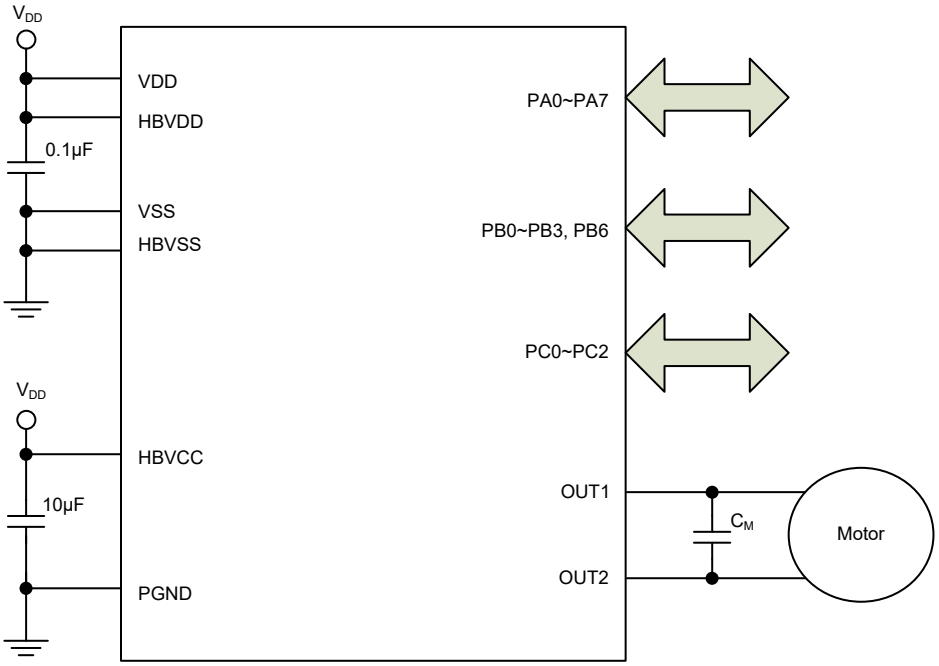
马达旁路电容

马达旁路电容 C_M 提供快速飞轮路径以释放马达的电感能量。对于大多数应用，电容值设置为 0.1μF。通常此电容已被内置在马达中，外部不需要额外增加。在一些应用中，当马达启动时，特别是低速马达中较大的内部马达电阻并联了旁路电容可能引发瞬间大电流，可能会误触发 OCP/OSP 反应，使得马达无法启动。有两种方法可以解决这个现象：减小旁路电容值或者加上一个 47Ω~100Ω 的电阻与旁路电容串联。

马达电流检测电阻

要慎重考虑所选择的马达电流检测电阻的功耗问题。如马达电流检测章节所述，PGND 最大电压应低于 0.5V。对于选定的最大马达电流 $I_{M(max)}$，电流检测电阻的最大功耗可由 $0.5V \times I_{M(max)}$ 计算。例如，如果 $I_{M(max)}$=1A，所选的电流检测电阻的额定功率应大于 0.5W。

应用电路


VDD
VDD
HBVDD
0.1μF
VSS
HBVSS
VDD
HBVCC
10μF
PGND
PA0~PA7
PB0~PB3, PB6
PC0~PC2
OUT1
OUT2
CM
Motor

指令集

简介

任何单片机成功运作的核心在于它的指令集，此指令集为一组程序指令码，用来指导单片机如何去执行指定的工作。在 Holtek 单片机中，提供了丰富且灵活的指令，共超过六十条，程序设计者可以事半功倍地实现它们的应用。

为了更加容易理解各种各样的指令码，接下来按功能分组介绍它们。

指令周期

大部分的操作均只需要一个指令周期来执行。分支、调用或查表则需要两个指令周期。一个指令周期相当于四个系统时钟周期，因此如果在 8MHz 的系统时钟振荡器下，大部分的操作将在 0.5μs 中执行完成，而分支或调用操作则将在 1μs 中执行完成。虽然需要两个指令周期的指令通常指的是 JMP、CALL、RET、RETI 和查表指令，但如果牵涉到程序计数器低字节寄存器 PCL 也将多花费一个周期去加以执行。即指令改变 PCL 的内容进而导致直接跳转至新地址时，需要多一个周期去执行，例如“CLR PCL”或“MOV PCL, A”指令。对于跳转指令必须注意的是，如果比较的结果牵涉到跳转动作将多花费一个周期，如果没有则需一个周期即可。

数据的传送

单片机程序中数据传送是使用最为频繁的操作之一，使用三种 MOV 的指令，数据不但可以从寄存器转移至累加器 (反之亦然)，而且能够直接移动立即数到累加器。数据传送最重要的应用之一是从输入端口接收数据或传送数据到输出端口。

算术运算

算术运算和数据处理是大部分单片机应用所必需具备的能力，在 Holtek 单片机内部的指令集中，可直接实现加与减的运算。当加法的结果超出 255 或减法的结果少于 0 时，要注意正确的处理进位和借位的问题。INC、INCA、DEC 和 DECA 指令提供了对一个指定地址的值加一或减一的功能。

逻辑和移位运算

标准逻辑运算例如 AND、OR、XOR 和 CPL 全都包含在 Holtek 单片机内部的指令集中。大多数牵涉到数据运算的指令，数据的传送必须通过累加器。在所有逻辑数据运算中，如果运算结果为零，则零标志位将被置位，另外逻辑数据运用形式还有移位指令，例如 RR、RL、RRC 和 RLC 提供了向左或向右移动一位的方法。不同的移位指令可满足不同的应用需要。移位指令常用于串行端口的程序应用，数据可从内部寄存器转移至进位标志位，而此位则可被检验，移位运算还可应用在乘法与除法的运算组成中。

分支和控制转换

程序分支是采取使用 JMP 指令跳转至指定地址或使用 CALL 指令调用子程序的形式，两者之不同在于当子程序被执行完毕后，程序必须马上返回原来的地址。这个动作是由放置在子程序里的返回指令 RET 来实现，它可使程序跳回 CALL 指令之后的地址。在 JMP 指令中，程序则只是跳到一个指定的地址而已，并不需如 CALL 指令般跳回。一个非常有用的分支指令是条件跳转，跳转条件是由数据存储器或指定位来加以决定。遵循跳转条件，程序将继续执行下一条指令或略过且跳转至接下来的指令。这些分支指令是程序走向的关键，跳转条件可能是外部开关输入，或是内部数据位的值。

位运算

提供数据存储器中单个位的运算指令是 Holtek 单片机的特性之一。这特性对于输出端口位的设置尤其有用，其中个别的位或端口的引脚可以使用“SET [m].i”或“CLR [m].i”指令来设定其为高位或低位。如果没有这特性，程序设计师必须先读入输出口的 8 位数据，处理这些数据，然后再输出正确的新数据。这种读入 - 修改 - 写出的过程现在则被位运算指令所取代。

查表运算

数据的储存通常由寄存器完成，然而当处理大量固定的数据时，它的存储量常常造成对个别存储器的不便。为了改善此问题，Holtek 单片机允许在程序存储器中建立一个表格作为数据可直接存储的区域，只需要一组简易的指令即可对数据进行查表。

其它运算

除了上述功能指令外，其它指令还包括用于省电的“HALT”指令和使程序在极端电压或电磁环境下仍能正常工作的看门狗定时器控制指令。这些指令的使用则请查阅相关的章节。

指令集概要

下表中说明了按功能分类的指令集，用户可以将该表作为基本的指令参考。

惯例

x：立即数
m：数据存储器地址
A：累加器
i：第 0~7 位
addr：程序存储器地址

助记符	说明	指令周期	影响标志位
算术运算			
ADD A,[m]	ACC 与数据存储器相加，结果放入 ACC	1	Z, C, AC, OV
ADDM A,[m]	ACC 与数据存储器相加，结果放入数据存储器	1 注	Z, C, AC, OV
ADD A, x	ACC 与立即数相加，结果放入 ACC	1	Z, C, AC, OV
ADC A,[m]	ACC 与数据存储器、进位标志相加，结果放入 ACC	1	Z, C, AC, OV
ADCM A,[m]	ACC 与数据存储器、进位标志相加，结果放入数据存储器	1 注	Z, C, AC, OV
SUB A, x	ACC 与立即数相减，结果放入 ACC	1	Z, C, AC, OV
SUB A,[m]	ACC 与数据存储器相减，结果放入 ACC	1	Z, C, AC, OV
SUBM A,[m]	ACC 与数据存储器相减，结果放入数据存储器	1 注	Z, C, AC, OV
SBC A,[m]	ACC 与数据存储器、进位标志的反相减，结果放入 ACC	1	Z, C, AC, OV
SBCM A,[m]	ACC 与数据存储器、进位标志相减，结果放入数据存储器	1 注	Z, C, AC, OV
DAA [m]	将加法运算中放入 ACC 的值调整为十进制数，并将结果放入数据存储器	1 注	C
逻辑运算			
AND A,[m]	ACC 与数据存储器做“与”运算，结果放入 ACC	1	Z
OR A,[m]	ACC 与数据存储器做“或”运算，结果放入 ACC	1	Z
XOR A,[m]	ACC 与数据存储器做“异或”运算，结果放入 ACC	1	Z
ANDM A,[m]	ACC 与数据存储器做“与”运算，结果放入数据存储器	1 注	Z
ORM A,[m]	ACC 与数据存储器做“或”运算，结果放入数据存储器	1 注	Z
XORM A,[m]	ACC 与数据存储器做“异或”运算，结果放入数据存储器	1 注	Z
AND A, x	ACC 与立即数做“与”运算，结果放入 ACC	1	Z
OR A, x	ACC 与立即数做“或”运算，结果放入 ACC	1	Z
XOR A, x	ACC 与立即数做“异或”运算，结果放入 ACC	1	Z
CPL [m]	对数据存储器取反，结果放入数据存储器	1 注	Z
CPLA [m]	对数据存储器取反，结果放入 ACC	1	Z
递增和递减			
INCA [m]	递增数据存储器，结果放入 ACC	1	Z
INC [m]	递增数据存储器，结果放入数据存储器	1 注	Z
DECA [m]	递减数据存储器，结果放入 ACC	1	Z
DEC [m]	递减数据存储器，结果放入数据存储器	1 注	Z
移位			
RRA [m]	数据存储器右移一位，结果放入 ACC	1	无
RR [m]	数据存储器右移一位，结果放入数据存储器	1 注	无
RRCA [m]	带进位将数据存储器右移一位，结果放入 ACC	1	C
RRC [m]	带进位将数据存储器右移一位，结果放入数据存储器	1 注	C

助记符	说明	指令周期	影响标志位
RLA [m]	数据存储器左移一位，结果放入 ACC	1	无
RL [m]	数据存储器左移一位，结果放入数据存储器	1 注	无
RLCA [m]	带进位将数据存储器左移一位，结果放入 ACC	1	C
RLC [m]	带进位将数据存储器左移一位，结果放入数据存储器	1 注	C
数据传送			
MOV A,[m]	将数据存储器送至 ACC	1	无
MOV [m],A	将 ACC 送至数据存储器	1 注	无
MOV A, x	将立即数送至 ACC	1	无
位运算			
CLR [m].i	清除数据存储器的位	1 注	无
SET [m].i	置位数据存储器的位	1 注	无
转移			
JMP addr	无条件跳转	2	无
SZ [m]	如果数据存储器为零，则跳过下一条指令	1 注	无
SZA [m]	数据存储器送至 ACC，如果内容为零，则跳过下一条指令	1 注	无
SZ [m].i	如果数据存储器的第 i 位为零，则跳过下一条指令	1 注	无
SNZ [m].i	如果数据存储器的第 i 位不为零，则跳过下一条指令	1 注	无
SIZ [m]	递增数据存储器，如果结果为零，则跳过下一条指令	1 注	无
SDZ [m]	递减数据存储器，如果结果为零，则跳过下一条指令	1 注	无
SIZA [m]	递增数据存储器，将结果放入 ACC，如果结果为零，则跳过下一条指令	1 注	无
SDZA [m]	递减数据存储器，将结果放入 ACC，如果结果为零，则跳过下一条指令	1 注	无
CALL addr	子程序调用	2	无
RET	从子程序返回	2	无
RET A, x	从子程序返回，并将立即数放入 ACC	2	无
RETI	从中断返回	2	无
查表			
TABRD [m]	读取特定页或者当前页的 ROM 内容，并送至数据存储器和 TBLH	2 注	无
TABRDL [m]	读取最后页的 ROM 内容，并送至数据存储器和 TBLH	2 注	无
其它指令			
NOP	空指令	1	无
CLR [m]	清除数据存储器	1 注	无
SET [m]	置位数据存储器	1 注	无
CLR WDT	清除看门狗定时器	1	TO, PDF
CLR WDT1	预清除看门狗定时器	1	TO, PDF
CLR WDT2	预清除看门狗定时器	1	TO, PDF
SWAP [m]	交换数据存储器的高低字节，结果放入数据存储器	1 注	无
SWAPA [m]	交换数据存储器的高低字节，结果放入 ACC	1	无
HALT	进入暂停模式	1	TO, PDF

注：1. 对跳转指令而言，如果比较的结果牵涉到跳转即需多达 2 个周期，如果没有发生跳转，则只需一个周期。

2. 任何指令若要改变 PCL 的内容将需要 2 个周期来执行。

3. 对于“CLR WDT1”或“CLR WDT2”指令而言，TO 和 PDF 标志位也许会受执行结果影响，“CLR WDT1”和“CLR WDT2”被连续地执行后，TO 和 PDF 标志位会被清除，否则 TO 和 PDF 标志位保持不变。

指令定义

ADC A, [m] Add Data Memory to ACC with Carry
指令说明 将指定的数据存储器、累加器内容以及进位标志相加，结果存放到累加器。
功能表示 ACC ← ACC + [m] + C
影响标志位 OV、Z、AC、C

ADCM A, [m] Add ACC to Data Memory with Carry
指令说明 将指定的数据存储器、累加器内容和进位标志位相加，结果存放到指定的数据存储器。
功能表示 [m] ←ACC + [m] + C
影响标志位 OV、Z、AC、C

ADD A, [m] Add Data Memory to ACC
指令说明 将指定的数据存储器和累加器内容相加，结果存放到累加器。
功能表示 ACC ← ACC + [m]
影响标志位 OV、Z、AC、C

ADD A, x Add immediate data to ACC
指令说明 将累加器和立即数相加，结果存放到累加器。
功能表示 ACC ← ACC + x
影响标志位 OV、Z、AC、C

ADDM A, [m] Add ACC to Data Memory
指令说明 将指定的数据存储器和累加器内容相加，结果存放到指定的数据存储器。
功能表示 [m] ←ACC + [m]
影响标志位 OV、Z、AC、C

AND A, [m] Logical AND Data Memory to ACC
指令说明 将累加器中的数据和指定数据存储器内容做逻辑与，结果存放到累加器。
功能表示 ACC ← ACC “AND” [m]
影响标志位 Z

AND A, x	Logical AND immediate data to ACC
指令说明	将累加器中的数据和立即数做逻辑与，结果存放到累加器。
功能表示	ACC ← ACC“AND”x
影响标志位	Z

ANDM A, [m]	Logical AND ACC to Data Memory
指令说明	将指定数据存储器内容和累加器中的数据做逻辑与， 结果存放到数据存储器。
功能表示	[m] ← ACC“AND”[m]
影响标志位	Z

CALL addr	Subroutine call
指令说明	无条件地调用指定地址的子程序，此时程序计数器先加 1 获得下一个要执行的指令地址并压入堆栈，接着载入指定 地址并从新地址继续执行程序，由于此指令需要额外的运 算，所以为一个 2 周期的指令。
功能表示	Stack ← Program Counter + 1 Program Counter ← addr
影响标志位	无

CLR [m]	Clear Data Memory
指令说明	将指定数据存储器的内容清零。
功能表示	[m] ← 00H
影响标志位	无

CLR [m].i	Clear bit of Data Memory
指令说明	将指定数据存储器的 i 位内容清零。
功能表示	[m].i ← 0
影响标志位	无

CLR WDT	Clear Watchdog Timer
指令说明	WDT 计数器、暂停标志位 PDF 和看门狗溢出标志位 TO 清零。
功能表示	WDT cleared TO & PDF ← 0
影响标志位	TO、PDF

CLR WDT1 Preclear Watchdog Timer
指令说明 PDF 和 TO 标志位都被清 0。必须配合 CLR WDT2 一起使用清除 WDT 计时器。当程序仅执行 CLR WDT1，而没有执行 CLR WDT2 时，PDF 与 TO 保留原状态不变。
功能表示 WDT ← 00H
TO & PDF ← 0
影响标志位 TO、PDF

CLR WDT2 Preclear Watchdog Timer
指令说明 PDF 和 TO 标志位都被清 0。必须配合 CLR WDT1 一起使用清除 WDT 计时器。当程序仅执行 CLR WDT2，而没有执行 CLR WDT1 时，PDF 与 TO 保留原状态不变。
功能表示 WDT ← 00H
TO & PDF ← 0
影响标志位 TO、PDF

CPL [m] Complement Data Memory
指令说明 将指定数据存储器中的每一位取逻辑反，
相当于从 1 变 0 或 0 变 1。
功能表示 [m] ← $[\overline{m}]$
影响标志位 Z

CPLA [m] Complement Data Memory with result in ACC
指令说明 将指定数据存储器中的每一位取逻辑反，相当于从 1 变 0 或 0 变 1，而结果被储存回累加器且数据存储器中的内容不变。
功能表示 ACC←$[\overline{m}]$
影响标志位 Z

DAA [m]	Decimal-Adjust ACC for addition with result in Data Memory
指令说明	将累加器中的内容转换为 BCD (二进制转成十进制) 码。如果低四位的值大于“9”或 AC=1，那么 BCD 调整就执行对原值加“6”，否则原值保持不变；如果高四位的值大于“9”或 C=1，那么 BCD 调整就执行对原值加“6”。BCD 转换实质上是根据累加器和标志位执行 00H，06H，60H 或 66H 的加法运算，结果存放到数据存储器。只有进位标志位 C 受影响，用来指示原始 BCD 的和是否大于 100，并可以进行双精度十进制数的加法运算。
功能表示	[m] ← ACC + 00H 或 [m] ← ACC + 06H 或 [m] ← ACC + 60H 或 [m] ← ACC + 66H
影响标志位	C

DEC [m]	Decrement Data Memory
指令说明	将指定数据存储器内容减 1。
功能表示	[m] ← [m] – 1
影响标志位	Z

DECA [m]	Decrement Data Memory with result in ACC
指令说明	将指定数据存储器的内容减 1，把结果存放回累加器并保持指定数据存储器的内容不变。
功能表示	ACC ← [m] – 1
影响标志位	Z

HALT	Enter power down mode
指令说明	此指令终止程序执行并关掉系统时钟，RAM 和寄存器的内容保持原状态，WDT 计数器和分频器被清“0”，暂停标志位 PDF 被置位 1，WDT 溢出标志位 TO 被清 0。
功能表示	TO ← 0 PDF ← 1
影响标志位	TO、PDF

INC [m]	Increment Data Memory
指令说明	将指定数据存储器的内容加 1。
功能表示	[m] ← [m] + 1
影响标志位	Z

INCA [m] Increment Data Memory with result in ACC
指令说明 将指定数据存储器的内容加 1，结果存放回累加器并保持指定的数据存储器内容不变。
功能表示 ACC ← [m] + 1
影响标志位 Z

JMP addr Jump unconditionally
指令说明 程序计数器的内容无条件地由被指定的地址取代，程序由新的地址继续执行。当新的地址被加载时，必须插入一个空指令周期，所以此指令为 2 个周期的指令。
功能表示 Program Counter ← addr
影响标志位 无

MOV A, [m] Move Data Memory to ACC
指令说明 将指定数据存储器的内容复制到累加器。
功能表示 ACC← [m]
影响标志位 无

MOV A, x Move immediate data to ACC
指令说明 将 8 位立即数载入累加器。
功能表示 ACC ← x
影响标志位 无

MOV [m], A Move ACC to Data Memory
指令说明 将累加器的内容复制到指定的数据存储器。
功能表示 [m] ← ACC
影响标志位 无

NOP No operation
指令说明 空操作，接下来顺序执行下一条指令。
功能表示 PC ← PC + 1
影响标志位 无

OR A, [m] Logical OR Data Memory to ACC
指令说明 将累加器中的数据和指定的数据存储器内容逻辑或，结果存放到累加器。
功能表示 ACC ← ACC “OR” [m]
影响标志位 Z

OR A, x	Logical OR immediate data to ACC
指令说明	将累加器中的数据和立即数逻辑或，结果存放到累加器。
功能表示	ACC ← ACC“OR”x
影响标志位	Z

ORM A, [m]	Logical OR ACC to Data Memory
指令说明	将存在指定数据存储器中的数据和累加器逻辑或， 结果放到数据存储器。
功能表示	[m] ← ACC“OR”[m]
影响标志位	Z

RET	Return from subroutine
指令说明	将堆栈寄存器中的程序计数器值恢复， 程序由取回的地址继续执行。
功能表示	Program Counter←Stack
影响标志位	无

RET A, x	Return from subroutine and load immediate data to ACC
指令说明	将堆栈寄存器中的程序计数器值恢复且累加器载入指定的 立即数，程序由取回的地址继续执行。
功能表示	Program Counter ← Stack ACC←x
影响标志位	无

RETI	Return from interrupt
指令说明	将堆栈寄存器中的程序计数器值恢复且中断功能通过设置 EMI 位重新使能。EMI 是控制中断使能的主控制位。如果 在执行 RETI 指令之前还有中断未被相应，则这个中断将 在返回主程序之前被相应。
功能表示	Program Counter ←Stack EMI ← 1
影响标志位	无

RL [m]	Rotate Data Memory left
指令说明	将指定数据存储器的内容左移 1 位，且第 7 位移到第 0 位。
功能表示	[m].(i+1) ← [m].i (i=0~6) [m].0 ← [m].7
影响标志位	无

RLA [m] Rotate Data Memory left with result in ACC

指令说明 将指定数据存储器的内容左移 1 位，且第 7 位移到第 0 位，结果送到累加器，而指定数据存储器的内容保持不变。

功能表示 ACC.(i+1) ← [m].i (i=0~6)
ACC.0 ←[m].7

影响标志位 无

RLC [m] Rotate Data Memory Left through Carry

指令说明 将指定数据存储器的内容连同进位标志左移 1 位，第 7 位取代进位标志且原本的进位标志移到第 0 位。

功能表示 [m].(i+1) ← [m].i (i=0~6)
[m].0 ← C
C ← [m].7

影响标志位 C

RLC A [m] Rotate Data Memory left through Carry with result in ACC

指令说明 将指定数据存储器的内容连同进位标志左移 1 位，第 7 位取代进位标志且原本的进位标志移到第 0 位，移位结果送回累加器，但是指定数据寄存器的内容保持不变。

功能表示 ACC.(i+1) ← [m].i (i=0~6)
ACC.0 ← C
C ← [m].7

影响标志位 C

RR [m] Rotate Data Memory right

指令说明 将指定数据存储器的内容循环右移 1 位且第 0 位移到第 7 位。

功能表示 [m].i ← [m].(i+1) (i=0~6)
[m].7 ← [m].0

影响标志位 无

RRA [m] Rotate Data Memory right with result in ACC

指令说明 将指定数据存储器的内容循环右移 1 位，第 0 位移到第 7 位，移位结果存放到累加器，而指定数据存储器的内容保持不变。

功能表示 ACC.i ← [m].(i+1) (i=0~6)
ACC.7 ← [m].0

影响标志位 无

RRC [m] Rotate Data Memory right through Carry
指令说明 将指定数据存储器的内容连同进位标志右移 1 位，第 0 位取代进位标志且原本的进位标志移到第 7 位。
功能表示 [m].i ← [m].(i+1) (i=0~6)
[m].7← C
C ← [m].0
影响标志位 C

RRCA [m] Rotate Data Memory right through Carry with result in ACC
指令说明 将指定数据存储器的内容连同进位标志右移 1 位，第 0 位取代进位标志且原本的进位标志移到第 7 位，移位结果送回累加器，但是指定数据寄存器的内容保持不变。
功能表示 ACC.i ← [m].(i+1) (i=0~6)
ACC.7 ← C
C ← [m].0
影响标志位 C

SBC A, [m] Subtract Data Memory from ACC with Carry
指令说明 将累加器减去指定数据存储器的内容以及进位标志的反，结果存放到累加器。如果结果为负，C 标志位清除为 0，反之结果为正或 0，C 标志位设置为 1。
功能表示 ACC ← ACC – [m] – $\overline{C}$
影响标志位 OV、Z、AC、C、SC、CZ

SBCM A, [m] Subtract Data Memory from ACC with Carry and result in Data Memory
指令说明 将累加器减去指定数据存储器的内容以及进位标志的反，结果存放到数据存储器。如果结果为负，C 标志位清除为 0，反之结果为正或 0，C 标志位设置为 1。
功能表示 [m] ← ACC – [m] – $\overline{C}$
影响标志位 OV、Z、AC、C、SC、CZ

SDZ [m] Skip if Decrement Data Memory is 0
指令说明 将指定的数据存储器的内容减 1，判断是否为 0，若为 0 则跳过下一条指令，由于取得下一个指令时会要求插入一个空指令周期，所以此指令为 2 个周期的指令。如果结果不为 0，则程序继续执行下一条指令。
功能表示 [m] ← [m] – 1，如果 [m]=0 跳过下一条指令执行
影响标志位 无

SDZA [m] Decrement data memory and place result in ACC, skip if 0
指令说明 将指定数据存储器内容减 1，判断是否为 0，如果为 0 则跳过下一条指令，此结果将存放到累加器，但指定数据存储器内容不变。由于取得下一个指令时会要求插入一个空指令周期，所以此指令为 2 个周期的指令。如果结果不为 0，则程序继续执行下一条指令。
功能表示 ACC ← [m] – 1，如果 ACC=0 跳过下一条指令执行
影响标志位 无

SET [m] Set Data Memory
指令说明 将指定数据存储器的每一位设置为 1。
功能表示 [m] ← FFH
影响标志位 无

SET [m].i Set bit of Data Memory
指令说明 将指定数据存储器的第 i 位置位为 1。
功能表示 [m].i ← 1
影响标志位 无

SIZ [m] Skip if increment Data Memory is 0
指令说明 将指定的数据存储器的内容加 1，判断是否为 0，若为 0 则跳过下一条指令。由于取得下一个指令时会要求插入一个空指令周期，所以此指令为 2 个周期的指令。如果结果不为 0，则程序继续执行下一条指令。
功能表示 [m] ←[m] + 1，如果 [m]=0 跳过下一条指令执行
影响标志位 无

SIZA [m] Skip if increment Data Memory is zero with result in ACC
指令说明 将指定数据存储器的内容加 1，判断是否为 0，如果为 0 则跳过下一条指令，此结果会被存放到累加器，但是指定数据存储器的内容不变。由于取得下一个指令时会要求插入一个空指令周期，所以此指令为 2 个周期的指令。如果结果不为 0，则程序继续执行下一条指令。
功能表示 ACC ←[m] + 1，如果 ACC=0 跳过下一条指令执行
影响标志位 无

SNZ [m].i Skip if bit i of Data Memory is not 0
指令说明 判断指定数据存储器的第 i 位，若不为 0，则程序跳过下一条指令执行。由于取得下一个指令时会要求插入一个空指令周期，所以此指令为 2 个周期的指令。如果结果为 0，则程序继续执行下一条指令。
功能表示 如果 [m].i≠0，跳过下一条指令执行
影响标志位 无

SUB A, [m] Subtract Data Memory from ACC
指令说明 将累加器的内容减去指定的数据存储器的数据，把结果存放到累加器。如果结果为负，C 标志位清除为 0，反之结果为正或 0，C 标志位设置为 1。
功能表示 ACC ← ACC – [m]
影响标志位 OV、Z、AC、C、SC、CZ

SUBM A, [m] Subtract Data Memory from ACC with result in Data Memory
指令说明 将累加器的内容减去指定数据存储器的数据，结果存放到指定的数据存储器。如果结果为负，C 标志位清除为 0，反之结果为正或 0，C 标志位设置为 1。
功能表示 [m] ← ACC – [m]
影响标志位 OV、Z、AC、C、SC、CZ

SUB A, x Subtract immediate Data from ACC
指令说明 将累加器的内容减去立即数，结果存放到累加器。如果结果为负，C 标志位清除为 0，反之结果为正或 0，C 标志位设置为 1。
功能表示 ACC ← ACC – x
影响标志位 OV、Z、AC、C、SC、CZ

SWAP [m] Swap nibbles of Data Memory
指令说明 将指定数据存储器的低 4 位和高 4 位互相交换。
功能表示 [m].3~[m].0 ↔ [m].7~[m].4
影响标志位 无

SWAPA [m] Swap nibbles of Data Memory with result in ACC
指令说明 将指定数据存储器的低 4 位与高 4 位互相交换，再将结果存放到累加器且指定数据寄存器的数据保持不变。
功能表示 ACC.3~ACC.0 ← [m].7~[m].4
ACC.7~ACC.4 ← [m].3~[m].0
影响标志位 无

SZ [m] Skip if Data Memory is 0

指令说明 判断指定数据存储器的内容是否为 0，若为 0，则程序跳过下一条指令执行。由于取得下一个指令时会要求插入一个空指令周期，所以此指令为 2 个周期的指令。如果结果不为 0，则程序继续执行下一条指令。

功能表示 如果 [m]=0，跳过下一条指令执行

影响标志位 无

SZA [m] Skip if Data Memory is 0 with data movement to ACC

指令说明 将指定数据存储器内容复制到累加器，并判断指定数据存储器的内容是否为 0，若为 0 则跳过下一条指令。由于取得下一个指令时会要求插入一个空指令周期，所以此指令为 2 个周期的指令。如果结果不为 0，则程序继续执行下一条指令。

功能表示 ACC ←[m]，如果 [m]=0，跳过下一条指令执行

影响标志位 无

SZ [m].i Skip if bit i of Data Memory is 0

指令说明 判断指定数据存储器的第 i 位是否为 0，若为 0，则跳过下一条指令。由于取得下一个指令时会要求插入一个空指令周期，所以此指令为 2 个周期的指令。如果结果不为 0，则程序继续执行下一条指令。

功能表示 如果 [m].i=0，跳过下一条指令执行

影响标志位 无

TABRD [m] Read table (specific page or current page) to TBLH and Data Memory

指令说明 将表格指针 (TBHP 和 TBLP，若无 TBHP 则仅 TBLP) 所指的程序代码低字节移至指定数据存储器且将高字节移至 TBLH。

功能表示 [m] ← 程序代码 (低字节)
TBLH ← 程序代码 (高字节)

影响标志位 无

TABRDL [m] Read table (last page) to TBLH and Data Memory

指令说明 将表格指针 TBLP 所指的程序代码低字节 (最后一页) 移至指定数据存储器且将高字节移至 TBLH。

功能表示 [m] ← 程序代码 (低字节)
TBLH ← 程序代码 (高字节)

影响标志位 无

XOR A, [m]	Logical XOR Data Memory to ACC
指令说明	将累加器的数据和指定的数据存储器内容逻辑异或，结果存放到累加器。
功能表示	ACC ← ACC“XOR”[m]
影响标志位	Z

XORM A, [m]	Logical XOR ACC to Data Memory
指令说明	将累加器的数据和指定的数据存储器内容逻辑异或，结果放到数据存储器。
功能表示	[m] ← ACC“XOR”[m]
影响标志位	Z

XOR A, x	Logical XOR immediate data to ACC
指令说明	将累加器的数据与立即数逻辑异或，结果存放到累加器。
功能表示	ACC ← ACC“XOR”x
影响标志位	Z

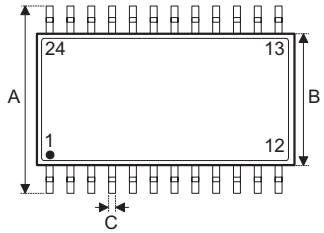
封装信息

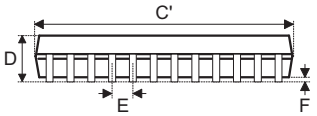
请注意，这里提供的封装信息仅作为参考。由于这个信息经常更新，提醒用户咨询 Holtek 网站 以获取最新版本的封装信息。

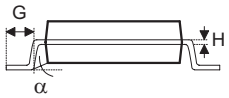
封装信息的相关内容如下所示，点击可链接至 Holtek 网站相关信息页面。

- 封装信息 (包括外形尺寸、包装带和卷轴规格)
- 封装材料信息
- 纸箱信息

24-pin SSOP (150mil) 外形尺寸







符号	尺寸 (单位：inch)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	0.236 BSC	—
B	—	0.154 BSC	—
C	0.008	—	0.012
C’	—	0.341 BSC	—
D	—	—	0.069
E	—	0.025 BSC	—
F	0.004	—	0.010
G	0.016	—	0.050
H	0.004	—	0.010
α	0°	—	8°

符号	尺寸 (单位：mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	—	6.00 BSC	—
B	—	3.90 BSC	—
C	0.20	—	0.30
C’	—	8.66 BSC	—
D	—	—	1.75
E	—	0.635 BSC	—
F	0.10	—	0.25
G	0.41	—	1.27
H	0.10	—	0.25
α	0°	—	8°