

XA1021

1K 一次性编程, 10 位 ADC 型 4 位单片机

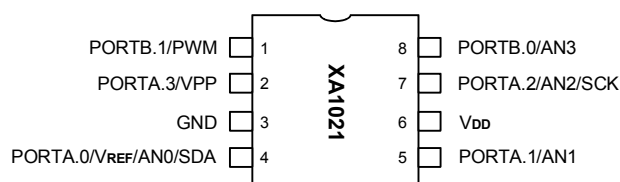
特性

- 10 位 ADC 型 4 位单片机
- OTP ROM: 1K X 16 位
- RAM: 124 X 4 位
 - 28 系统控制寄存器
 - 96 数据存储寄存器
- 工作电压:
 - fosc = 16MHz, V_{DD} = 3.3V - 5.5V
- 6 个双向 I/O 端口
- 4 层堆栈 (包括中断)
- 一个 8 位自动重载定时/计数器
- 预热计数器
- 中断源:
 - 模/数中断
 - 定时器 0 中断
 - 外部中断: PORTA (下降沿)
- 振荡器
 - 内建 RC 振荡器: 16MHz
- 指令周期时间 (16/fosc)
- 两种低功耗工作模式: HALT 和 STOP
- 复位
 - 内建上电复位 (POR)
 - 内建低电压复位 (LVR) (代码选项)
 - 内建看门狗定时器 (WDT) (代码选项)
- 4 通道 10 位模/数转换器 (ADC)
- 1 通道 9 位脉宽调制输出 (PWM)
- OTP 类型/代码保护
- 8 引脚 SOP 封装

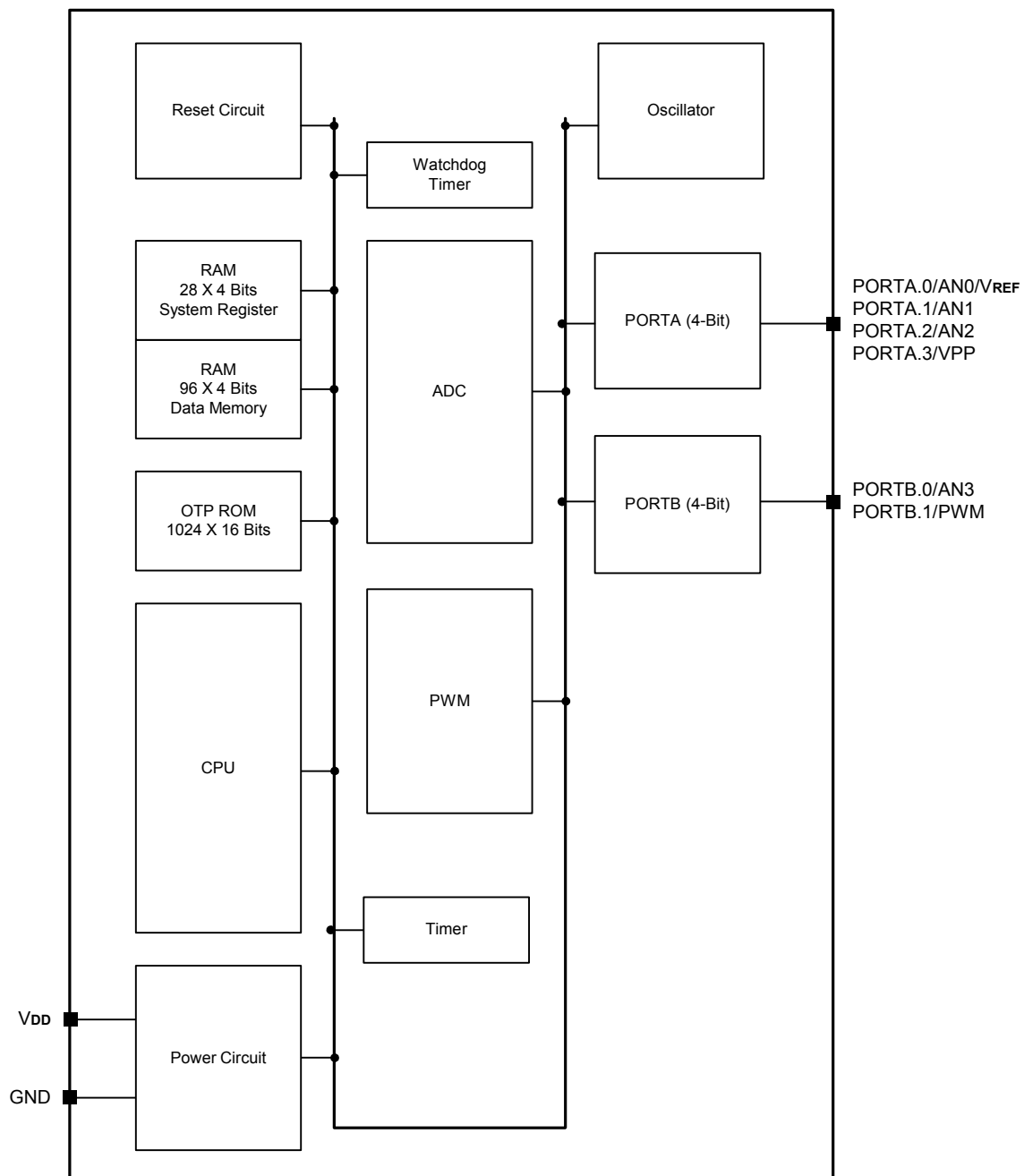
概述

XA1021 是一种先进的 CMOS 4 位单片机。该器件集成了 CPU 内核, RAM, ROM, 定时器, ADC, 高速 PWM 输出, 看门狗定时器, 低电压复位。XA1021 适应于电池包充电器应用。

引脚配置



方框图



引脚描述

引脚编号	引脚命名	引脚性质	说明
1	PORTB.1 /PWM	I/O O	可编程 I/O PWM 输出
2	PORTA.3	I/O I	可编程 I/O (开漏输出) 外部中断输入 (下降沿)
3	GND	P	接地引脚
4	PORTA.0 /AN0 /VREF	I/O I I	可编程 I/O ADC 输入通道 ADC 外部 VREF 输入端口
5	PORTA.1 /AN1	I/O I	可编程 I/O ADC 输入通道
6	VDD	P	电源引脚
7	PORTA.2 /AN2	I/O	可编程 I/O ADC 输入通道
8	PORTB.0 /AN3	I/O I	可编程 I/O ADC 输入通道

其中, I: 输入; O: 输出; P: 电源; Z: 高阻

OTP编程引脚说明 (OTP编程模式)

引脚编号	引脚命名	引脚性质	共用引脚	说明
6	VDD	P	VDD	编程电源 (+5.5V)
2	VPP	P	PORTA.3	编程高压电源 (+11V)
3	GND	P	GND	电源地
7	SCK	I	PORTA.2	编程时钟输入引脚
4	SDA	I/O	PORTA.0	编程数据引脚

其中, I: 输入; O: 输出; P: 电源; Z: 高阻

功能说明

1. CPU

CPU 包含以下功能模块: 程序计数器 (PC), 算术逻辑单元 (ALU), 进位标志 (CY), 累加器, 查表寄存器, 数据指针 (INX, DPH, DPM, 和 DPL) 和堆栈。

1.1. PC

程序计数器用于寻址程序 ROM。该计数器有 12 位: 页寄存器 (PC11), 和循环递增计数器 (PC10, PC9, PC8, PC7, PC6, PC5, PC4, PC3, PC2, PC1, PC0)。

程序计数器装入与该条指令相关的数据。对于目标地址大于 2K 的 ROM 空间, 可通过无条件跳转指令 (JMP) 中设置页寄存器位的值实现跳转。

程序计数器只能寻址 4K 程序 ROM 空间 (参考 ROM 说明)。

1.2. ALU 和 CY

ALU 执行算术运算和逻辑操作。ALU 具有下述功能:

二进制加法/减法 (ADC, ADCM, ADD, ADDM, SBC, SBCM, SUB, SUBM, ADI, ADIM, SBI, SBIM)

加法/减法的十进制调整 (DAA, DAS)

逻辑操作 (AND, ANDM, EOR, EORM, OR, ORM, ANDIM, EORIM, ORIM)

条件跳转 (BA0, BA1, BA2, BA3, BAZ, BNZ, BC, BNC)

逻辑移位 (SHR)

进位标志 (CY) 记录 ALU 算术运算操作中的进位/借位状态。

在中断或子程序调用过程中, 进位标志被压入堆栈中并于执行 RTNI 指令时由堆栈中弹出。它不受 RTNW 指令的影响。

1.3. 累加器 (AC)

累加器是一个 4 位寄存器, 用于保存算术逻辑单元的运算结果。它和 ALU 一起, 完成与系统寄存器数据存储器之间的数据传送。

2. RAM

内建 RAM 由通用数据存储器 and 系统寄存器组成。由于 RAM 的静态特性, 数据存储器能在 CPU 进入 STOP 或者 HALT 方式后保持其中的数据不变。

2.1. RAM 寻址

用一条指令能直接访问数据存储器 and 系统寄存器。下列为存储器空间分配:

系统寄存器: \$000 - \$01F

数据存储器: \$020 - \$07F

1.4. 查表寄存器 (TBR)

通过查表指令 (TJMP) 和常数返回指令 (RTNW) 可以实现读取保存在程序存储器中的表格数据。查表指令执行时, 查表寄存器 TBR 和 AC 中存放的是待读取 ROM 的低 8 位地址。TJMP 指令指向的 ROM 地址为 $((PC11 - PC8) \times 2^8) + (TBR, AC)$ 。由 RTNW 指令将查表所得值返回至 (TBR, AC) 中。表格数据的第 7 位至第 4 位存放在 TBR 中, 第 3 位至第 0 位存放在 AC 中。

1.5. 数据指针

数据指针能直接寻址数据存储器。指针地址储存在寄存器 DPH (3 位), DPM (3 位) 和 DPL (4 位)。最大寻址范围为 3FFH。通过索引寄存器 (INX), 可以读写由 DPH, DPM 和 DPL 指定的数据存储器。

1.6. 堆栈

堆栈是一组寄存器, 在每次子程序调用或中断时能顺序保存 CY 和 PC (11-0) 中的值, 最高位保存 CY 值。其结构为 13 位 X 4 层。当遇到返回指令 (RTNI/RTNW) 时, 堆栈中的内容将按顺序返回到 PC 中。堆栈中的数据按照先进后出的方式处理。

注意:

堆栈嵌套包括子程序调用和中断请求子程序调用, 其最大值为 4 层。如果程序调用和中断请求的数量超过 4 层, 堆栈底部将溢出, 程序将无法正常运行。

2.2. 系统寄存器的配置

地址	第 3 位	第 2 位	第 1 位	第 0 位	读/写	说明
\$00	IEAD	IET0	-	IEP	读/写	中断允许标志寄存器
\$01	IRQAD	IRQT0	-	IRQP	读/写	中断请求标志寄存器
\$02	-	T0M.2	T0M.1	T0M.0	读/写	第 2-0 位: 定时器 0 模式寄存器
\$03	T0L.3	T0L.2	T0L.1	T0L.0	读/写	定时器 0 载入/计数器低位寄存器
\$04	T0H.3	T0H.2	T0H.1	T0H.0	读/写	定时器 0 载入/计数器高位寄存器
\$05	PA.3	PA.2	PA.1	PA.0	读/写	PORTA 数据寄存器
\$06	-	-	PB.1	PB.0	读/写	PORTB 数据寄存器
\$07	VREFS	CH1	CH0	ADCON	读/写	第 0 位: ADC 转换允许选择寄存器 第 2-1 位: ADC 转换通道选择寄存器 第 3 位: 内部/外部参考电压选择寄存器
\$08	ACR3	ACR2	ACR1	ACR0	读/写	第 3-0 位: ADC 端口配置控制寄存器
\$09	GO/DONE	TADC1	TADC0	ADCS	读/写	第 0 位: ADC 转换时间选择寄存器 第 2-1 位: ADC 时钟周期选择寄存器 第 3 位: ADC 转换控制/状态标志寄存器
\$0A	A2	A1	A0	-	只读	ADC 数据低位寄存器
\$0B	A6	A5	A4	A3	只读	ADC 数据中位寄存器
\$0C	-	A9	A8	A7	只读	ADC 数据高位寄存器
\$0D	-	-	-	-	-	保留
\$0E	TBR.3	TBR.2	TBR.1	TBR.0	读/写	查表寄存器
\$0F	INX.3	INX.2	INX.1	INX.0	读/写	索引寄存器
\$10	DPL.3	DPL.2	DPL.1	DPL.0	读/写	索引地址低位寄存器 (4 位)
\$11	-	DPM.2	DPM.1	DPM.0	读/写	索引地址中位寄存器 (3 位)
\$12	-	DPH.2	DPH.1	DPH.0	读/写	索引地址高位寄存器 (3 位)
\$13	PACR.3	PACR.2	PACR.1	PACR.0	读/写	PORTA 输入/输出控制寄存器
\$14	-	-	PBCR.1	PBCR.0	读/写	PORTB 输入/输出控制寄存器
\$15	PWMS	T0CK1	T0CK0	PWM_EN	读/写	第 0 位: PWM 输出允许选择寄存器 第 2-1 位: PWM 时钟选择寄存器 第 3 位: PWM 占空比的输出模式选择寄存器
\$16	PP.3	PP.2	PP.1	PP.0	读/写	PWM 周期低位寄存器
\$17	PP.7	PP.6	PP.5	PP.4	读/写	PWM 周期高位寄存器
\$18	-	-	-	PDF.0	读/写	PWM 占空比微调寄存器
\$19	PD.3	PD.2	PD.1	PD.0	读/写	PWM 占空比低位寄存器
\$1A	PD.7	PD.6	PD.5	PD.4	读/写	PWM 占空比高位寄存器
\$1B	-	PPACR.2	PPACR.1	PPACR.0	读/写	PORTA 上拉控制寄存器
\$1C	-	-	PPBCR.1	PPBCR.0	读/写	PORTB 上拉控制寄存器
\$1D	-	-	-	-	-	保留
\$1E	- WDT	WDT.2 -	WDT.1 -	WDT.0 -	读/写 只读	第 2-0 位: 看门狗定时器控制寄存器 第 3 位: 看门狗定时器溢出标志寄存器
\$1F	-	-	-	-	-	保留

3. ROM

ROM 能寻址 1024 X 16 位程序空间，地址由\$000 到\$3FF。

3.1. 矢量地址区 (\$000 到\$004)

程序顺序执行。从地址\$000 到\$004 的区域是为特殊中断服务程序保留的，作为中断服务的入口地址。

地址	指令	说明
\$000	JMP*	跳转至RESET服务程序
\$001	JMP*	跳转至 ADC 中断服务程序
\$002	JMP*	跳转至 TIMER0 中断服务程序
\$003	JMP*	-
\$004	JMP*	跳转至端口中断服务程序

*JMP 指令能由任意指令代替。

4. 初始状态

4.1. 系统寄存器初始状态

地址	第3位	第2位	第1位	第0位	上电复位/低电压复位	WDT 复位
\$00	IEAD	IET0	-	IEP	00-0	00-0
\$01	IRQAD	IRQT0	-	IRQP	00-0	00-0
\$02	-	T0M.2	T0M.1	T0M.0	-000	-uuu
\$03	T0L.3	T0L.2	T0L.1	T0L.0	xxxx	xxxx
\$04	T0H.3	T0H.2	T0H.1	T0H.0	xxxx	xxxx
\$05	PA.3	PA.2	PA.1	PA.0	0000	0000
\$06	-	-	PB.1	PB.0	--00	--00
\$07	VREFS	CH1	CH0	ADCON	0000	uuuu
\$08	ACR3	ACR2	ACR1	ACR0	0000	uuuu
\$09	GO/DONE	TADC1	TADC0	ADCS	0000	0uuu
\$0A	A2	A1	A0	-	xxxx	uuuu
\$0B	A6	A5	A4	A3	xxxx	uuuu
\$0C	-	A9	A8	A7	-xxx	-uuu
\$0D	-	-	-	-	----	----
\$0E	TBR.3	TBR.2	TBR.1	TBR.0	xxxx	uuuu
\$0F	INX.3	INX.2	INX.1	INX.0	xxxx	uuuu
\$10	DPL.3	DPL.2	DPL.1	DPL.0	xxxx	uuuu
\$11	-	DPM.2	DPM.1	DPM.0	-xxx	-uuu
\$12	-	DPH.2	DPH.1	DPH.0	-xxx	-uuu
\$13	PACR.3	PACR.2	PACR.1	PACR.0	0000	0000
\$14	-	-	PBCR.1	PBCR.0	--00	--00
\$15	PWMS	T0CK1	T0CK0	PWM_EN	0000	uuu0
\$16	PP.3	PP.2	PP.1	PP.0	xxxx	uuuu
\$17	PP.7	PP.6	PP.5	PP.4	xxxx	uuuu
\$18	-	-	-	PDF.0	---x	---u
\$19	PD.3	PD.2	PD.1	PD.0	xxxx	uuuu
\$1A	PD.7	PD.6	PD.5	PD.4	xxxx	uuuu
\$1B	-	PPACR.2	PPACR.1	PPACR.0	-000	-000
\$1C	-	-	PPBCR.1	PPBCR.0	--00	--00
\$1D	-	-	-	-	----	----
\$1E	WDT	WDT.2	WDT.1	WDT.0	0000	1000
\$1F	-	-	-	-	----	----

说明: x = 不定, u = 未更改, - = 未使用, 读出值为“0”。

4.2. 其它初始状态

其它	复位后
程序计数器 (PC)	\$000
CY	不定
累加器 (AC)	不定
数据存储器	不定

5. 系统时钟和振荡器

振荡器振荡产生的脉冲为 CPU 和片上电路提供系统时钟。

系统时钟 $f_{\text{sys}} = f_{\text{osc}}/16$

5.1. 指令周期

对于 16MHz 振荡器, 为 1MHz (= 1 μ s)。

6. I/O 端口

XA1021 提供 6 个可编程双向 I/O 端口。端口数据为寄存器 \$05 - \$06。端口控制寄存器 (\$13 - \$14) 控制端口为输入或者输出。每个 I/O 端口 (除 PORTA.3) 包含上拉电阻, 通过各自端口上拉电阻控制寄存器 (\$1B - \$1C) 相应的值来控制。

- 当端口被选择作为输入口, 写“1”到各自相对的端口数据寄存器 (\$1B - \$1C) 可以打开上拉电阻, 写“0”可以关闭上拉电阻。
- 不论各自端口上拉控制寄存器 (\$1B - \$1C) 相对应位的值是多少, 当端口作为输出端口时, 上拉电阻将会自动关闭。
- 当 PORTA.3 被选择作为输入端口, 它们可以通过下降沿触发端口中断 (若端口中断已经允许)。

系统寄存器 \$05 - \$06: 端口数据寄存器

地址	第 3 位	第 2 位	第 1 位	第 0 位	读/写	说明
\$05	PA.3	PA.2	PA.1	PA.0	读/写	PORTA 数据寄存器
\$06	-	-	PB.1	PB.0	读/写	PORTB 数据寄存器

系统寄存器 \$13 - \$14: 端口控制寄存器

地址	第 3 位	第 2 位	第 1 位	第 0 位	读/写	说明
\$13	PACR.3	PACR.2	PACR.1	PACR.0	读/写	PORTA 输入/输出控制寄存器
\$14	-	-	PBCR.1	PBCR.0	读/写	PORTB 输入/输出控制寄存器

PA (/B) CR.n, (n = 0, 1, 2, 3)

0: 设置为输入口。(初始值)

1: 设置为输出口。

系统寄存器 \$1B - \$1C: 上拉电阻控制寄存器

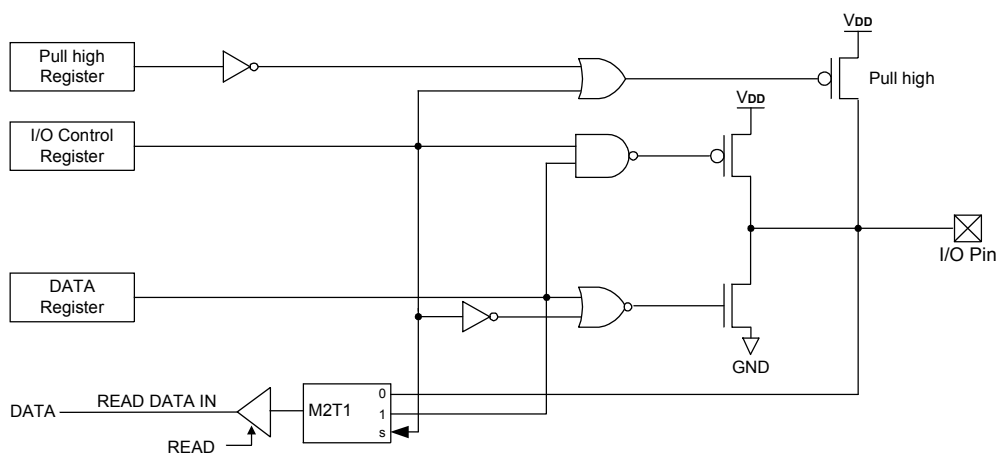
地址	第 3 位	第 2 位	第 1 位	第 0 位	读/写	说明
\$1B	-	PPACR.2	PPACR.1	PPACR.0	读/写	PORTA 输入/输出控制寄存器
\$1C	-	-	PPBCR.1	PPBCR.0	读/写	PORTB 输入/输出控制寄存器

PPA (/B) CR.n, (n = 0, 1, 2)

0: 禁止内部上拉电阻。(初始值)

1: 允许内部上拉电阻。

I/O 引脚的等效电路



在 XA1021，每个输出端口包含一个锁存器，用来保存输出数据。在输出模式下写端口数据寄存器 (PDR) 可以直接传输数据到相应的端口。

所有输入端口不包含锁存器，所以外部输入电平要一直保持到端口读取动作完成。

当某个端口被设置为输出时，对该端口位的读操作会读取锁存器内的数据，而非端口外部电平。

■ PORTA.0 - PORTA.2 共用为 ADC AN0-2 输入通道 (AN0-2)。

■ PORTA.0 共用为参考电压输入 (VREF)。

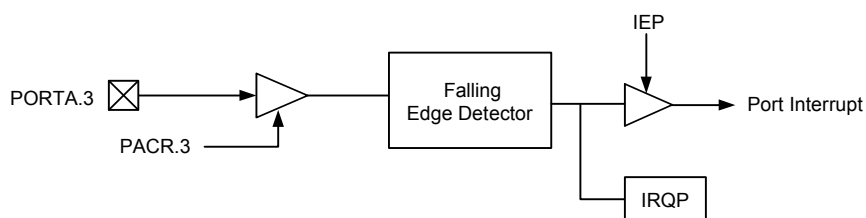
■ PORTB.0 共用为 ADC 输入通道 (AN3)。

■ PORTB.1 共用为 PWM 输出 (PWM)。

端口中断

PORTA.3 用作端口中断源。由于 PORTA.3 是位可编程的 I/O，因此只有 PORTA.3 用作数字输入端口时，数字信号引脚上 VDD 到 GND 的跳变才能产生端口中断。

端口中断可以用来将 CPU 从 HALT 或者 STOP 模式唤醒。



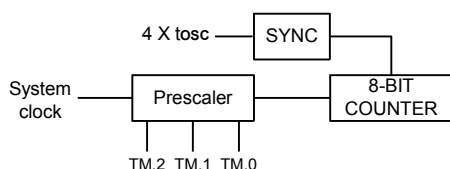
端口中断模块示意图

7. 定时器

8 位 Timer 有下述特性:

- 8 位递增计数
- 自动重载
- 8 级预分频
- 计数值由\$FF 到\$00 时, 产生溢出中断请求

Timer 框图:

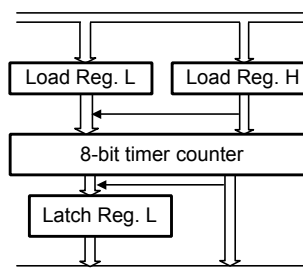


Timer 功能:

- 可编程定时功能
- 计数值可读

7.1. Timer0 结构和操作

Timer0 由一个 8 位只写载入寄存器 (TL0L, TL0H) 和一个 8 位只读计数器 (TC0L, TC0H) 构成。每个计数器由低四位和高四位组成。将数据写入载入寄存器 (TL0L, TL0H) 就可以初始化 Timer。



当高 4 位载入寄存器被写入或 Timer 计数值由\$FF 到\$00 溢出时, Timer 将自动载入预设值。

由于寄存器的高 4 位控制 Timer 的读写操作, 使用中请根据以下步骤操作:

- 写操作
 - 先写低 4 位,
 - 再写高 4 位以更新计数器。
- 读操作
 - 先读高 4 位,
 - 再读低 4 位。

7.2. Timer0 模式寄存器

通过设置 Timer 模式寄存器 (T0M) 可以使 Timer 工作在不同的模式。

系统时钟经过预分频器分频后, 进入计数器。Timer 模式寄存器中 TOM.2-0 用于设定分频比。

表 1. Timer0 模式寄存器 (\$02)

T0M.2	T0M.1	T0M.0	预分频器分频比	时钟源
0	0	0	$/2^{11}$	系统时钟
0	0	1	$/2^9$	系统时钟
0	1	0	$/2^7$	系统时钟
0	1	1	$/2^5$	系统时钟
1	0	0	$/2^3$	系统时钟
1	0	1	$/2^2$	系统时钟
1	1	0	$/2^1$	系统时钟
1	1	1	$/2^0$	系统时钟

8. 中断

XA1021 有三个中断源:

- ADC 中断
- Timer0 中断
- PORTA.3 中断 (下降沿)

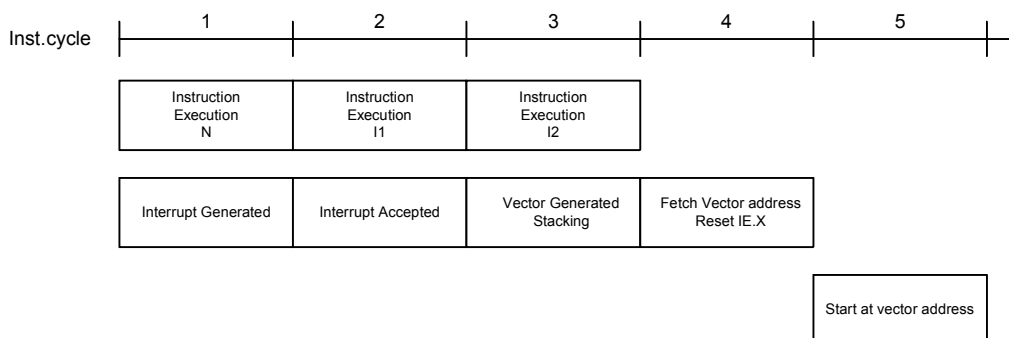
中断控制标志位和中断服务

中断控制标志为系统寄存器的\$00 和\$01。这两个寄存器能够由软件访问和设置。芯片上电复位后, 这些标志位被清 0。

系统寄存器

地址	第 3 位	第 2 位	第 1 位	第 0 位	读/写	说明
\$00	IEAD	IET0	-	IEP	读/写	中断允许标志寄存器
\$01	IRQAD	IRQT0	-	IRQP	读/写	中断请求标志寄存器

当 IEx 设置为 1 且有中断请求时 (IRQx 为 1) 中断被激活并且根据中断优先级产生相应的中断矢量地址。当发生中断时, PC 和 CY 标志将被保存在堆栈存储器中, 同时程序跳转至中断服务矢量地址处执行。在中断发生后, 所有中断允许标志 (IEx) 自动复位为 0, 因此在 IRQx = 1 时 IEx 标志再次设置为 1 时, 将可能再次产生中断。



中断服务流程图

中断嵌套

在 CPU 中断服务期间, 用户可以在中断返回前设置任何中断允许标志。中断服务流程图中标示下个中断和将要发生的下一个中断嵌套。如果中断请求已经产生且执行允许 IE 使能的指令 N, 那么在两个指令周期后将执行中断程序。但是, 如果指令 I1 或指令 I2 清除中断请求或允许标志, 那么中断服务将被取消。

ADC 中断

当系统寄存器\$00 (IEAD) 的第 3 位设置为“1”, ADC 中断允许。当完成 A/D 转换后, 将产生一个中断请求 (IRQAD = 1), 如果 ADC 中断允许 (IEAD = 1), 将启动一次 ADC 中断服务程序。该 ADC 中断能用来将 CPU 从 HALT 方式中唤醒。

定时器中断

Timer0 的计数时钟是以系统时钟为基准的。Timer 计数值由\$FF 到\$00 溢出时将产生一个内部中断请求 (IRQT0 = 1), 如果中断允许标志被允许 (IET0 = 1) 则进入定时器中断服务程序。定时器中断同样也能用于从 HALT 模式唤醒 CPU。

端口下降沿中断

只有数字输入端口可以产生端口中断。模拟输入不能产生中断请求。

PORTA.3 输入引脚上的下降沿将产生中断请求 (IRQP = 1)。端口中断可以用来将 CPU 从 HALT 或者 STOP 模式唤醒。

9. 模/数转换器 (ADC)

XA1021 内建有一个 4 通道的 10 位逐次逼近型模/数转换器 (ADC)。

ADC 控制寄存器: 这些寄存器定义了模/数转换模拟通道数设置, 转换通道选择, 参考电压选择, 模/数转换时钟选择, 模/数转换启动控制位和结束标志。模/数转换结果寄存器为只读寄存器。

模/数转换的步骤:

- 设置模拟通道数和选择参考电压。(如果使用外部参考电压, 切记任何模拟输入电压值不能大于 V_{REF})。
- 运行模/数转换器, 选择需转换的信号通道。
- 设置模/数转换时钟源。
- 置 $GO/DONE = 1$, 启动模/数转换。

系统寄存器\$07

地址	第 3 位	第 2 位	第 1 位	第 0 位	读/写	说明
\$07	VREFS	CH1	CH0	ADCON	读/写	第 0 位: ADC 转换允许选择寄存器 第 2-1 位: ADC 转换通道选择寄存器 第 3 位: 内部/外部参考电压选择寄存器
	X	X	X	0	读/写	禁止 ADC 工作
	X	X	X	1	读/写	允许 ADC 工作
	X	0	0	X	读/写	ADC 通道 AN0
	X	0	1	X	读/写	ADC 通道 AN1
	X	1	0	X	读/写	ADC 通道 AN2
	X	1	1	X	读/写	ADC 通道 AN3
	0	X	X	X	读/写	内部参考电压 ($V_{REF} = V_{DD}$)
	1	X	X	X	读/写	外部参考电压

系统寄存器\$08: (模/数转换端口配置控制寄存器)

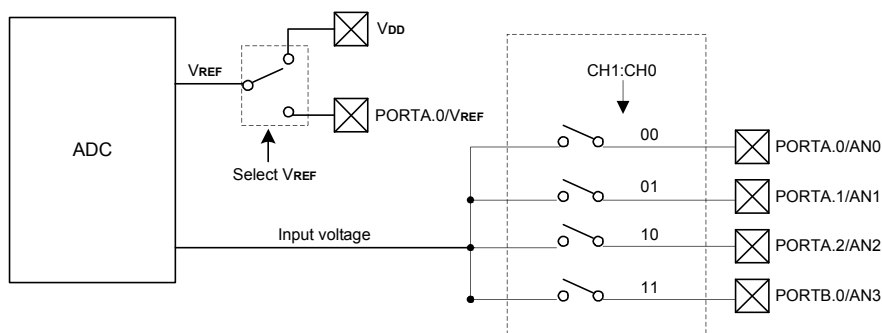
地址	第 3 位	第 2 位	第 1 位	第 0 位	读/写	说明
\$08	ACR3	ACR2	ACR1	ACR0	读/写	第 3-0 位: 模/数转换端口配置控制寄存器
	X	X	X	0	读/写	PORTA.0 作为 I/O
	X	X	X	1	读/写	PORTA.0 作为 ADC 通道 AN0
	X	X	0	X	读/写	PORTA.1 作为 I/O
	X	X	1	X	读/写	PORTA.1 作为 ADC 通道 AN1
	X	0	X	X	读/写	PORTA.2 作为 I/O
	X	1	X	X	读/写	PORTA.2 作为 ADC 通道 AN2
	0	X	X	X	读/写	PORTB.0 作为 I/O
	1	X	X	X	读/写	PORTB.0 作为 ADC 通道 AN3

系统寄存器\$09: (模/数转换控制寄存器)

地址	第3位	第2位	第1位	第0位	读/写	说明
\$09	GO/ DONE	TADC1	TADC0	ADCS	读/写	第0位: ADC 转换时间控制寄存器 第2-1位: ADC 时钟周期选择寄存器 第3位: ADC 状态标志寄存器
	X	X	X	0	读/写	A/D 转换时间 = 15 t _{AD}
	X	X	X	1	读/写	A/D 转换时间 = 114 t _{AD}
	X	0	0	X	读/写	ADC 转换时钟周期 t _{AD} = t _{SYS} (t _{SYS} = t _{OSC} /16)
	X	0	1	X	读/写	ADC 转换时钟周期 t _{AD} = 2 t _{SYS} (t _{SYS} = t _{OSC} /16)
	X	1	0	X	读/写	ADC 转换时钟周期 t _{AD} = 4 t _{SYS} (t _{SYS} = t _{OSC} /16)
	X	1	1	X	读/写	ADC 转换时钟周期 t _{AD} = 8 t _{SYS} (t _{SYS} = t _{OSC} /16)
	0	X	X	X	读/写	ADC 转换完成
	1	X	X	X	读/写	置“1”启动 A/D 转换, 转换过程中保持 GO/DONE = 1

系统寄存器\$0A - \$0C: (模/数转换结果寄存器)

地址	第3位	第2位	第1位	第0位	读/写	说明
\$0A	A2	A1	A0	-	只读	ADC 数据低位寄存器
\$0B	A6	A5	A4	A3	只读	ADC 数据中位寄存器
\$0C	-	A9	A8	A7	只读	ADC 数据高位寄存器



模/数转换器示意图

注意:

- 正确选择 ADC 转换时钟周期 t_{AD}, 保证 1μs ≤ t_{AD} ≤ 33.4μs。
- 当完成 ADC 转换后, 将产生模/数转换中断 (如果模/数转换中断允许)。
- 模拟输入通道必须将其对应的 PXCR (X = A, B) 位作为输入。
- 如果 I/O 端口已被选择为模拟输入端, 那么 I/O 功能和上拉电阻被禁止。
- 当模/数转换转换完成后, GO/DONE 位由硬件自动清零。
- 在转换过程中将 GO/DONE 位清零会中止当前的转换过程。
- 尚未完成转换过程而将 GO/DONE 位清零的模/数转换将不会更新 ADC 转换结果寄存器内容。
- 在下一个 A/D 转换开始前需要等待 16-t_{OSC} 的时间。
- ADC 能在 HALT 方式下继续工作, 但在执行“STOP”指令后自动停止工作。
- ADC 能将 CPU 从 HALT 方式下唤醒 (如果 ADC 中断允许)。

10. 脉宽调制 (PWM)

XA1021 包含一个 9 位 PWM 模块。PWM 模块可以产生周期和占空比分别可以调整的脉宽调制波形。PWM 模块的工作模式由 PWMC 寄存器来设置。PWM 输出的周期由 PWMP 寄存器来设置。而 PWM 输出波形的占空比由 PWMD 寄存器来设置。

系统寄存器\$15: PWM 控制寄存器 (PWMC)

地址	第 3 位	第 2 位	第 1 位	第 0 位	读/写	说明
\$15	PWMS	TCK1	TCK0	PWM_EN	读/写	第 0 位: PWM 输出允许设置寄存器 第 2-1 位: PWM 时钟选择寄存器 第 3 位: PWM 占空比的输出模式设置寄存器
	X	X	X	0	读/写	PWM 功能关闭 (初始值)
	X	X	X	1	读/写	PWM 功能打开
	X	0	0	X	读/写	PWM 时钟 = tosc (初始值)
	X	0	1	X	读/写	PWM 时钟 = 2tosc
	X	1	0	X	读/写	PWM 时钟 = 4tosc
	X	1	1	X	读/写	PWM 时钟 = 8tosc
	0	X	X	X	读/写	PWM 占空比输出普通模式 (高电平有效) (初始值)
	1	X	X	X	读/写	PWM 占空比输出反转模式 (低电平有效)

PWM 输出引脚与 PORTB.1 共用。

系统寄存器\$16 - \$17: PWM 周期控制寄存器 (PWMP)

地址	第 3 位	第 2 位	第 1 位	第 0 位	读/写	说明
\$16	PP.3	PP.2	PP.1	PP.0	读/写	PWM 周期低位寄存器
\$17	PP.7	PP.6	PP.5	PP.4	读/写	PWM 周期高位寄存器

PWM 输出周期 = [PP.7, PP.0] X PWM 时钟。

当[PP.7, PP.0] = 00H, 如果 PWMS 位设置为 0, PWM 输出低电平。

当[PP.7, PP.0] = 00H, 如果 PWMS 位设置为 1, PWM 输出高电平。

系统寄存器\$18 - \$1A: PWM 占空比控制寄存器 (PWMD)

地址	第 3 位	第 2 位	第 1 位	第 0 位	读/写	说明
\$18	-	-	-	PDF.0	读/写	PWM 占空比微调寄存器
\$19	PD.3	PD.2	PD.1	PD.0	读/写	PWM 占空比低位寄存器
\$1A	PD.7	PD.6	PD.5	PD.4	读/写	PWM 占空比高位寄存器

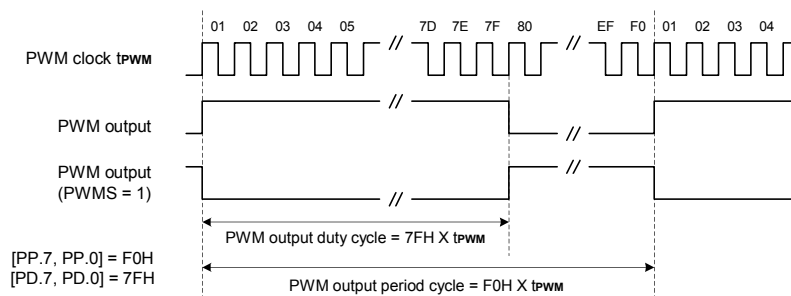
PWM 输出占空比 = [PD.7, PD.0] X PWM 时钟。

如果[PP.7, PP.0] ≤ [PD.7, PD.0], 当 PWMS 位设置为 0, PWM 输出高电平。

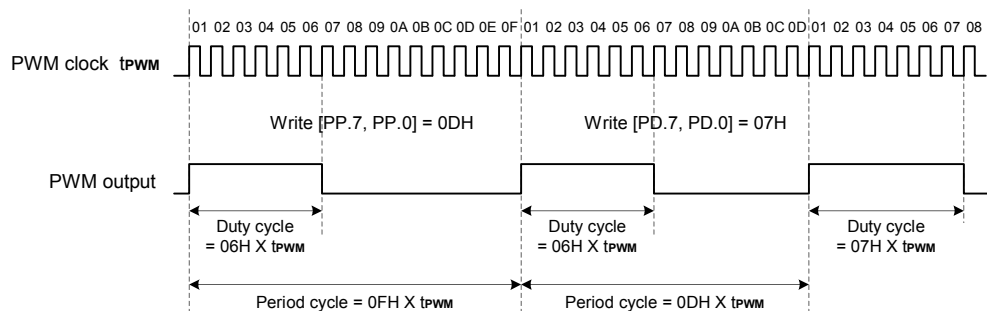
如果[PP.7, PP.0] ≤ [PD.7, PD.0], 当 PWMS 位设置为 1, PWM 输出低电平。

编程注意事项:

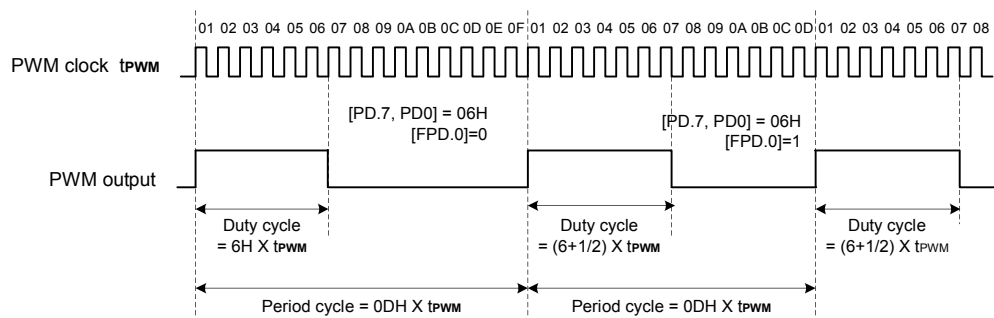
1. 选择 PWM 模块时钟源。
2. 通过写适当的值到 PWM 周期控制寄存器 (PWMP) 设置 PWM 周期: 首先设置低 4 位, 然后设置高 4 位。
3. 通过写适当的值到 PWM 占空比控制寄存器 (PWMD) 设置 PWM 占空比: 先设置微调位, 然后设置低 4 位, 最后设置高 4 位。
4. 通过写 PWM 控制寄存器 (PWMC) 的 PWMS 位选择 PWM 占空比的输出模式。
5. 为了输出适当的 PWM 波形, 通过写 PWM 控制寄存器 (PWMC) 中的 PWM 位为“1”来允许 PWM 模块工作。
6. 如果 PWM 周期或者占空比需要改变, 操作流程如同步骤 2 或者步骤 3 说明。修改后的重载计数器的值在下一个周期开始有效。



PWM 输出举例



PWM 输出周期或者占空比周期变化举例



PWM 输出微调举例

11. 低电压复位 (LVR)

LVR 用于监控电源电压并产生芯片内部复位。它一般用于交流供电电路或有大负载的电路，这些电路工作时负载的启动会引起器件工作电压暂时低于电路的最低允许工作电压。

LVR 功能可以通过代码选项永久开启或禁止。

当 LVR 功能开启时其功能如下：

- 当 $V_{DD} \leq V_{LVR}$ 时产生系统复位。
- 当 $V_{DD} > V_{LVR}$ 时释放系统复位。

这里， V_{DD} ：电源电压， V_{LVR} ：LVR 检测电压。

12. 看门狗定时器 (WDT)

看门狗定时器是一个递减计数器，拥有独立内建 RC 振荡器作为时钟源，因此在 STOP 模式下仍会持续运行。当定时器溢出时，WDT 将复位 CPU。通过代码选项可以允许或禁止该功能。WDT 控制位 (\$1E 第 2-0 位) 用来选择不同的溢出时间。定时器溢出后，WDT 溢出标志 (\$1E 第 3 位) 将由硬件自动设置为“1”。通过读或者写系统寄存器 \$1E，WDT 会在溢出前重新开始计数。

系统寄存器 \$1E：看门狗定时器 (WDT)

地址	第 3 位	第 2 位	第 1 位	第 0 位	读/写	说明
\$1E	WDT	WDT.2	WDT.1	WDT.0	读/写 只读	第 2-0 位：看门狗定时器控制寄存器 第 3 位：看门狗定时器溢出标志寄存器
	X	0	0	0	读/写	WDT 溢出周期为 4096ms
	X	0	0	1	读/写	WDT 溢出周期为 1024ms
	X	0	1	0	读/写	WDT 溢出周期为 256ms
	X	0	1	1	读/写	WDT 溢出周期为 128ms
	X	1	0	0	读/写	WDT 溢出周期为 64ms
	X	1	0	1	读/写	WDT 溢出周期为 16ms
	X	1	1	0	读/写	WDT 溢出周期为 4ms
	X	1	1	1	读/写	WDT 溢出周期为 1ms
	0	X	X	X	只读	未发生 WDT 溢出复位
	1	X	X	X	只读	WDT 溢出，发生 WDT 复位

注意：看门狗定时器溢出周期是当 $V_{DD} = 5V$ 时的参考值。

13. HALT 和 STOP 模式

在执行 HALT 指令后，CPU 将进入待机模式 1 (HALT)。在 HALT 模式下，CPU 将停止工作。但是其周边电路 (Timer, ADC...) 将继续工作。

在执行 STOP 指令后，CPU 将进入待机模式 2 (STOP)。在 STOP 模式下，除了看门狗定时器电路外，整个芯片 (包括振荡器) 将停止工作。

在 HALT 模式下，发生任何中断 CPU 将被唤醒。

在 STOP 模式下，发生端口中断 CPU 将被唤醒。

当通过任何中断，CPU 从 HALT/STOP 被唤醒，将会首先执行相关中断服务子程序。然后才会执行 HALT/STOP 的下一条指令。

14. 预热计数器

本芯片内建振荡器预热计数器，它能消除振荡器在下列情况下起振时的不稳定状态：

14.1. 上电复位

在 RC 振荡器模式下， $f_{osc} = 16\text{MHz}$ ，预热计数器预分频比为 $1/2^{15}$ (32768)。

14.2. 由 STOP 模式唤醒, WDT 复位, LVR 复位

在 RC 振荡器模式下， $f_{osc} = 16\text{MHz}$ ，预热计数器预分频比为 $1/2^8$ (256)。

15. 代码选项**15.1. 看门狗定时器**

OP_WDT:

0 = 关闭 (初始值)

1 = 打开

15.2. Low Voltage Reset

OP_LVR:

0 = 关闭 (初始值)

1 = 打开

OTP在系统烧写时注意事项

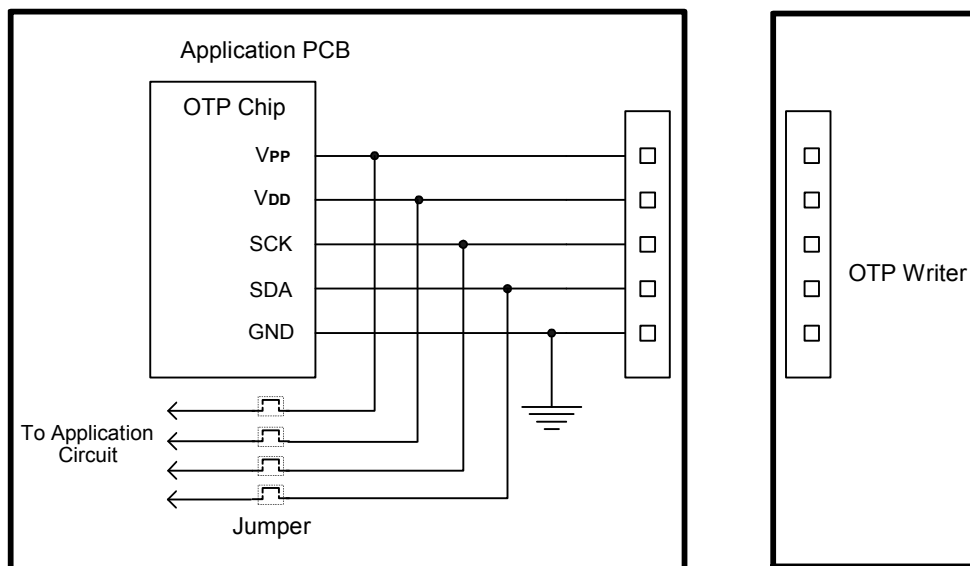
OTP在系统编程时注意事项只对OTP芯片有效。

对于用户采用 COB (Chip on Board) 组装方式时, OTP 芯片可以使用在系统编程 (In System Programming) 方式编程。

使用在系统编程方式编程时, 用户必须在印制板 (PCB) 上预留出 OTP 芯片的编程接口, 以便连接 OTP 编程器进行编程。

在此模式下, 用户可在OTP芯片编程前将包括OTP芯片在内的所有器件组装在PCB上后, 再对OTP芯片进行编程。当然也可以先将OTP芯片组装到PCB上, 对OTP芯片编程完成后再组装其它器件。

为了提高 OTP 编程的可靠性, 在编程操作时 OTP 编程信号线必须直接连接到 OTP 编程器上, 不允许有其它器件或外加电路与之并联。所以在 PCB 上必须预留 4 组跳线或分割焊盘, 将 OTP 编程接口 (VDD, VPP, SDA, SCK) 与应用电路分隔开, 如下图所示:



具体操作步骤如下:

- (1) 在 OTP 芯片编程前将 4 组跳线断开。
- (2) 将 OTP 芯片的编程接口连接到 OTP 编程器, 完成代码编程。
- (3) 将用户板与 OTP 烧写器编程器断开, 将 4 组跳线短接。

有关 OTP 编程的更多详细资料, 请参见 OTP 编程器的用户手册。

指令集

所有的指令都是单周期和单字的指令。具有面向存储器的操作特性。

1. 以下为算术和逻辑指令

1.1. 累加器类型

助记符	指令代码	功能	标志位改变
ADC X (, B)	00000 0bbb xxx xxxx	$AC \leftarrow Mx + AC + CY$	CY
ADCM X (, B)	00000 1bbb xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx + AC + CY$	CY
ADD X (, B)	00001 0bbb xxx xxxx	$AC \leftarrow Mx + AC$	CY
ADDM X (, B)	00001 1bbb xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx + AC$	CY
SBC X (, B)	00010 0bbb xxx xxxx	$AC \leftarrow Mx + -AC + CY$	CY
SBCM X (, B)	00010 1bbb xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx + -AC + CY$	CY
SUB X (, B)	00011 0bbb xxx xxxx	$AC \leftarrow Mx + -AC + 1$	CY
SUBM X (, B)	00011 1bbb xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx + -AC + 1$	CY
EOR X (, B)	00100 0bbb xxx xxxx	$AC \leftarrow Mx \oplus AC$	
EORM X (, B)	00100 1bbb xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx \oplus AC$	
OR X (, B)	00101 0bbb xxx xxxx	$AC \leftarrow Mx AC$	
ORM X (, B)	00101 1bbb xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx AC$	
AND X (, B)	00110 0bbb xxx xxxx	$AC \leftarrow Mx \& AC$	
ANDM X (, B)	00110 1bbb xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx \& AC$	
SHR	11110 0000 000 0000	$0 \rightarrow AC [3], AC[0] \rightarrow CY;$ AC 右移 1 位	CY

1.2. 立即数类型

助记符	指令代码	功能	标志位改变
ADI X, I	01000 iiiii xxx xxxx	$AC \leftarrow Mx + I$	CY
ADIM X, I	01001 iiiii xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx + I$	CY
SBI X, I	01010 iiiii xxx xxxx	$AC \leftarrow Mx + -I + 1$	CY
SBIM X, I	01011 iiiii xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx + -I + 1$	CY
EORIM X, I	01100 iiiii xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx \oplus I$	
ORIM X, I	01101 iiiii xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx I$	
ANDIM X, I	01110 iiiii xxx xxxx	$AC, Mx \leftarrow Mx \& I$	

1.3. 十进制调整

助记符	指令代码	功能	标志位改变
DAA X	11001 0110 xxx xxxx	AC, Mx <- 加法的十进制调整	CY
DAS X	11001 1010 xxx xxxx	AC, Mx <- 减法的十进制调整	CY

2. 传输指令

助记符	指令代码	功能	标志位改变
LDA X (, B)	00111 0bbb xxx xxxx	AC ← Mx	
STA X (, B)	00111 1bbb xxx xxxx	Mx ← AC	
LDI X, I	01111 iiii xxx xxxx	AC, Mx ← I	

3. 控制指令

助记符	指令代码	功能	标志位改变
BAZ X	10010 xxxx xxx xxxx	PC ← X, 如果 AC = 0	
BNZ X	10000 xxxx xxx xxxx	PC ← X, 如果 AC ≠ 0	
BC X	10011 xxxx xxx xxxx	PC ← X, 如果 CY = 1	
BNC X	10001 xxxx xxx xxxx	PC ← X, 如果 CY ≠ 1	
BA0 X	10100 xxxx xxx xxxx	PC ← X, 如果 AC (0) = 1	
BA1 X	10101 xxxx xxx xxxx	PC ← X, 如果 AC (1) = 1	
BA2 X	10110 xxxx xxx xxxx	PC ← X, 如果 AC (2) = 1	
BA3 X	10111 xxxx xxx xxxx	PC ← X, 如果 AC (3) = 1	
CALL X	11000 xxxx xxx xxxx	ST ← CY, PC + 1 PC ← X (不包括 p)	
RTNW H, L	11010 000h hhh llll	PC ← ST; TBR ← hhhh, AC ← llll	
RTNI	11010 1000 000 0000	CY, PC ← ST	CY
HALT	11011 0000 000 0000		
STOP	11011 1000 000 0000		
JMP X	1110p xxxx xxx xxxx	PC ← X (包括 p)	
TJMP	11110 1111 111 1111	PC ← (PC11-PC8) (TBR) (AC)	
NOP	11111 1111 111 1111	空操作	

其中,

PC	程序计数器	I	立即数
AC	累加器	⊕	逻辑异或
-AC	累加器的反码		逻辑或
CY	进位标志位	&	逻辑与
Mx	数据存储器	bbb	RAM 页
p	ROM 页	B	RAM 页
ST	堆栈	TBR	查表寄存器

电气特性

极限参数*

直流供电电压.....	-0.3V to +7.0V
输入信号电压.....	-0.3V to V _{DD} + 0.3V
工作环境温度.....	-40°C to +85°C
存储温度.....	-55°C to +125°C

*注释

如果器件的工作条件超过左列“**极限参数**”的范围，将造成器件永久性破坏。只有当器件工作在说明书所规定的范围内时功能才能得到保障。器件在极限参数列举的条件下工作将会影响到器件工作的可靠性。

直流电气特性 (V_{DD} = 3.3 - 5.5V, GND = 0V, T_A = 25°C, 除非另有说明)

参数	符号	最小值	典型值*	最大值	单位	条件
工作电压	V _{DD}	3.3	5.0	5.5	V	f _{osc} = 16MHz (f _{sys} = 1MHz)
工作电流	I _{OP1}	-	3	4.5	mA	f _{osc} = 16MHz (f _{sys} = 1MHz), V _{DD} = 5.0V 所有输出引脚无负载, 执行 NOP 指令, WDT, ADC, LVR 关闭
待机电流 (HALT)	I _{SB1}	-	-	1.5	mA	f _{osc} = 16MHz (f _{sys} = 1MHz), V _{DD} = 5.0V 所有输出引脚无负载, CPU 关闭 (执行 HALT 指令), WDT, ADC, LVR 关闭
待机电流 (STOP)	I _{SB2}	-	-	1	μA	f _{osc} = 16MHz (f _{sys} = 1MHz), V _{DD} = 5.0V 所有输出引脚无负载 (包括所有数字输入引脚不浮动), CPU 关闭 (执行 STOP 指令), WDT 打开, ADC, LVR 关闭
WDT 电流	I _{WDT}	-	-	20	μA	f _{osc} = 16MHz (f _{sys} = 1MHz), V _{DD} = 5.0V 所有输出引脚无负载 (包括所有数字输入引脚不浮动), CPU 关闭 (执行 STOP 指令), WDT, ADC, LVR 关闭
输入低电压	V _{IL1}	GND	-	0.3 X V _{DD}	V	I/O 端口 (除 PORTA.3)
	V _{IL2}	GND	-	0.2 X V _{DD}	V	PORTA.3
输入高电压	V _{IH1}	0.7 X V _{DD}	-	V _{DD}	V	I/O 端口 (除 PORTA.3)
	V _{IH2}	0.8 X V _{DD}	-	V _{DD}	V	PORTA.3
输入漏电流	I _{IL}	-1	-	1	μA	I/O 端口, V _{IN} = GND 或 V _{DD} , V _{DD} = 5.0V
输出漏电流	I _{OL}	-1	-	1	μA	PORTA.3, V _{DD} = 5.0V, V _{OUT} = V _{DD}
输出高电压	V _{OH}	V _{DD} - 0.7	-	-	V	I/O 端口, PWM I _{OH} = -5mA (V _{DD} = 5.0V)
输出低电压	V _{OL}	-	-	GND + 0.6	V	I/O 端口, PWM I _{OL} = 5mA (V _{DD} = 5.0V)
上拉电阻	R _{PH}	-	30	-	KΩ	上拉电阻 (V _{DD} = 5.0V)

*: 典型值这一列数据为 5.0V, 25°C, 除非另有说明。

流过 V_{DD} 的最大电流值须小于 25mA。

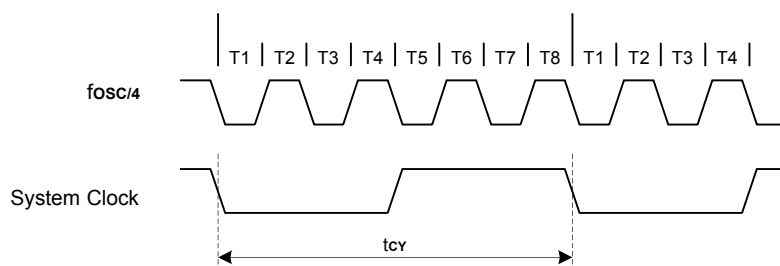
流过 GND 的最大电流值须小于 25mA。

交流电气特性 ($V_{DD} = 3.3V - 5.5V$, $GND = 0V$, $T_A = 25^\circ C$, 除非另有说明)

参数	符号	最小值	典型值*	最大值	单位	条件
WDT 时间	tWDT	1	-	-	ms	$V_{DD} = 5.0V$
频率漂移范围 (内建 RC)	-	15.2	16	16.8	MHz	内建 RC 振荡器, $V_{DD} = 5.0V$, $T_A = 5^\circ C - 45^\circ C$ 包括芯片间差异
频率稳定度 (内建 RC)	$ \Delta F /F$	-	-	2	%	内建 RC 振荡器, $T_A = 25^\circ C$, $ F(3.3V)-F(5V) /F(5V)$
指令周期时间	tCY	-	1	-	μs	fosc = 16MHz (fsys = 1MHz)

时序波形

系统时钟时序波形:



模/数转换器电气特性 ($V_{DD} = 3.3V - 5.5V$, $GND = 0V$, $T_A = 25^\circ C$, fosc = 16MHz (fsys = 1MHz), 除非另有说明)

参数	符号	最小值	典型值*	最大值	单位	条件
精度	NR	-	-	10	bit	$GND \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$
参考电压	VREF	2.4	-	V_{DD}	V	
A/D 输入电压	VAIN	GND	-	VREF	V	
A/D 输入电阻	RAIN	2000	-	-	k Ω	$V_{IN} = 5.0V$
VREF 输入电阻	RREF	180	-	-	k Ω	$V_{IN} = 5.0V$
差分非线性误差	EDNL	-	-	± 1	LSB	$V_{REF} = V_{DD} = 5.0V$
积分非线性误差	EINL	-	-	± 2	LSB	$V_{REF} = V_{DD} = 5.0V$, $GND \leq V_{AIN} \leq 4.5V$
满刻度误差	EF	-	-	± 5	LSB	$V_{REF} = V_{DD} = 5.0V$
偏移量误差	EZ	-	-	± 1	LSB	$V_{REF} = V_{DD} = 5.0V$
A/D 时钟周期	tAD	1	-	8	μs	fosc = 16MHz (fsys = 1MHz)
A/D 转换时间	tcNV1	-	15	-	tAD	设置 ADCS = 0
		-	114	-	tAD	设置 ADCS = 1

低电压复位电气特性 ($GND = 0V$, $T_A = 25^\circ C$, fosc = 16MHz (fsys = 1MHz), 除非另有说明)

参数	符号	最小值	典型值*	最大值	单位	条件
低电压复位电压	VLVR	3.3	-	3.7	V	LVR 有效

订购信息

产品编号	封装
XA1021/008MU	SOP8

产品规格更改记录

版本	记录	日期
1.0	初始版本	2011年12月