

前言

本应用笔记描述了 PY32 系列产品低功耗特性和配置方法，客户可以按照设计方案和此应用笔记可以快速的选择低功耗模式，使得产品的性能和功耗达到最佳的平衡

重要提示：本文档并不取代 PY32 系列的数据手册，本文给出的数据仅作参考，请参考相关的数据手册来获取有效的最新特性数据

在本文档中，PY32 仅指表 1 中列出的产品系列。

表 1. 适用产品

类型	产品系列
微型控制器系列	PY32F030、PY32F003、PY32F002A

目录

1 低功耗模式配置流程	3
1.1 低功耗模式开关.....	3
1.2 进入 Sleep mode 配置流程.....	3
1.2.1 WFI 模式进入 Sleep 流程:.....	3
1.2.2 Return from ISR 模式进入 Sleep 流程.....	4
1.2.3 WFE 模式进入 Sleep 流程.....	4
1.3 进入 Stop mode 配置流程.....	4
1.3.1 WFI 模式进入 Stop 流程.....	4
1.3.2 Return from ISR 模式进入 Stop 流程.....	5
1.3.3 WFE 模式进入 Stop 流程.....	5
附录 1: 低功耗模式说明	6
1.4 Sleep mode.....	6
1.5 Stop mode.....	6
1.6 各种工作模式下的功能.....	6
附录 2: 低功耗模式下的电流和唤醒时间	8
1.7 sleep 模式电流.....	8
1.8 stop 模式电流.....	8
1.9 低功耗模式唤醒.....	9
2 版本历史	10

1 低功耗模式配置流程

1.1 低功耗模式开关

进入低功耗和对应模式唤醒如下表所示，用户可根据自己的唤醒方式来配置为对应的进入低功耗流程

表 3- 1 低功耗模式开关

模式	进入	唤醒源	唤醒时钟	对时钟的影响	Voltage regulator	
					MR	LPR
Sleep (sleep-now or sleep-on-exit)	WFI or Return from ISR	任何中断	与进入 sleep 之前一样	CPU 时钟停止，对其他时钟和时钟源没影响。	开 ⁽¹⁾	关
	WFE	唤醒事件				
Stop	SLEEPDEEP bit WFI or Return from ISR or WFE Note: 系统时钟不能选择 LSI 或 LSE	任何配置为唤醒的 EXTI Line (EXTI 寄存器配置)、IWDG、NRST	HSISYS HSI 保持进入 stop 前的频率配置，不分频	HSI、PLL 关闭; HSE 关闭; LSI 和 LSE 可选择开或者关; LPTIMER、RTC、IWDG: 由软件配置是否工作; 低功耗唤醒和部分 RCC 等模块保持工作; 其余模块的时钟关闭。	软件配置开关	软件配置开关, 如果开, 输出电压 1.2/1.0v 可配置

注 1: 软件要配置 VR 的状态为 MR 模式, 才能进入 sleep 模式。

1.2 进入 Sleep mode 配置流程

1.2.1 WFI 模式进入 Sleep 流程:

- 暂停 SysTick 定时器 (如有初始化)
- 清除 SCB->SCR 寄存器的 SLEEPDEEP 位
- 执行函数 _WFI()

参考代码:

```
HAL_SuspendTick();
HAL_PWR_EnterSLEEPMode(PWR_STOPENTRY_WFI);
HAL_ResumeTick();
```

1.2.2 Return from ISR 模式进入 Sleep 流程

- 配置中断源
- 清除 SCB->SCR 寄存器的 SLEEPDEEP 位
- 设置 SCB->SCR 寄存器的 SLEEPONEXIT 位
- 等待到中断，执行中断函数后进入低功耗

参考代码：

```
Configure_EXTI();//配置中断源
CLEAR_BIT(SCB->SCR, ((uint32_t)SCB_SCR_SLEEPDEEP_Msk));
SET_BIT(SCB->SCR, ((uint32_t)SCB_SCR_SLEEPONEXIT_Msk));
while(1)
{
    ;
}
```

1.2.3 WFE 模式进入 Sleep 流程

- 暂停 SysTick 定时器（如有初始化）
- 清除 SCB->SCR 寄存器的 SLEEPDEEP 位
- 执行函数 _SEV()
- 执行函数 _WFI()
- 执行函数 _WFI()

参考代码：

```
HAL_SuspendTick();//失能 SysTick(SysTick 产生中断会直接退出 SLEEP 模式)
HAL_PWR_EnterSLEEPMode(PWR_STOPENTRY_WFE);//进入睡眠模式
HAL_ResumeTick();//使能 SysTick
```

1.3 进入 Stop mode 配置流程

1.3.1 WFI 模式进入 Stop 流程

- 设置 SCB->SCR 寄存器的 SLEEPDEEP 位
- 开启 PWR 模块的时钟
- 根据应用需求，设置/清除 PWR->CR1 寄存器的 LPR 位选择供电电压
- 执行函数 _WFI()

参考代码：

```
__HAL_RCC_PWR_CLK_ENABLE();//开启 PWR 模块的时钟
```

```
HAL_PWR_EnterSTOPMode(PWR_LOWPOWERREGULATOR_ON, PWR_STOPENTRY_WFI);
```

1.3.2 Return from ISR 模式进入 Stop 流程

- 配置中断源（中断源为 EXTI line）
- 设置 SCB->SCR 寄存器的 SLEEPDEEP 位
- 设置 SCB->SCR 寄存器的 SLEEPONEXIT 位
- 开启 PWR 模块的时钟
- 根据应用需求，设置/清除 PWR->CR1 寄存器的 LPR 位选择供电电压
- 等待到中断，执行中断函数后进入低功耗

参考代码：

```
Configure_EXTI();
SET_BIT(SCB->SCR, ((uint32_t)SCB_SCR_SLEEPDEEP_Msk));
SET_BIT(SCB->SCR, ((uint32_t)SCB_SCR_SLEEPONEXIT_Msk));
while(1)
{
    ;
}
```

1.3.3 WFE 模式进入 Stop 流程

- 设置 SCB->SCR 寄存器的 SLEEPDEEP 位
- 开启 PWR 模块的时钟
- 根据应用需求，设置/清除 PWR->CR1 寄存器的 LPR 位选择供电电压
- 执行函数 _SEV()
- 执行函数 _WFI()
- 执行函数 _WFI()

参考代码：

```
__HAL_RCC_PWR_CLK_ENABLE();
HAL_PWR_EnterSTOPMode(PWR_LOWPOWERREGULATOR_ON, PWR_STOPENTRY_WFE);
```

附录 1: 低功耗模式说明

1.4 Sleep mode

Sleep 模式下会关闭 CPU 的时钟 (NVIC,) CPU 时钟关闭 (NVIC, SysTick 等工作), 外设可以配置为保持工作。(建议只使能必须工作的模块, 在模块工作结束后关闭该模块)。

1.5 Stop mode

在该模式下 SRAM 和寄存器的内容保持, 高速时钟 PLL、HSI 和 HSE 关闭, VDD 域下大部分模块的时钟都被停掉。

1.6 各种工作模式下的功能

表 1- 1 各工作模式下的功能

Peripheral	Run	Sleep	Stop	
			VR@LPR or VR@MR	Wakeup ability
CPU	Y	-	-	-
Flash memory	Y	Y	-(2)	-
SRAM	Y	O(3)	-(4)	-
Brown-out reset (BOR)	Y	Y	O	O
PVD	O	O	O	O
DMA	O	O	-	-
HSI	O	O	-	-
HSE	O	O	-	-
LSI	O	O	O	-
LSE	O	O	O	-
PLL	O	O	-	-
HSE Clock Security System (CSS)	O	O	-	-
LSE Clock Security System (CSS)	O	O	O	O
RTC	O	O	O	O
USART1	O	O	-	-
USART2	O	O	-	-
I2C	O	O	-	-

SPI1	O	O	-	-
SPI2	O	O	-	-
ADC	O	O	-	-
COMP1/COMP2	O	O	O	O
Temperature sensor	O	O	-	-
Timers(TIM1/TIM3 /TIM14/TIM16/TIM17)	O	O	-	-
LPTIM	O	O	O	O
IWDG	O	O	O	O
WWDG	O	O	-	-
SysTick timer	O	O	-	-
CRC	O	O	-	-
GPIOs	O	O	O	O

注1. Y = Yes (使能); O = Optional (默认关闭, 可以软件使能); - = Not available

注2. Flash 不下电, 但无时钟提供, 进入最低功耗状态。

注3. SRAM 的时钟可以被开或者关。

注4. SRAM 不下电, 但无时钟提供, 进入最低功耗状态。

注5. 进入 stop 模式之前, 如果使能了 LSE CSS, 则当 LSE CSS 出现问题时, 会唤醒系统, 并进入 NMI 中断。

附录 2：低功耗模式下的电流和唤醒时间

1.7 sleep 模式电流

表 2- 1 sleep 模式电流

符号	条件				典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位	
	系统时钟	频率	外设时钟	FLASH sleep				
I _{DD} (sleep)	HSI	48MHz	ON	DISABLE	1.8	-	mA	
			OFF	DISABLE	1.1	-	mA	
		24MHz	ON	DISABLE	1	-	mA	
			OFF	DISABLE	0.6	-	mA	
		16MHz	ON	DISABLE	0.75	-	mA	
			OFF	DISABLE	0.5	-	mA	
		8MHz	ON	DISABLE	0.5	-	mA	
			OFF	DISABLE	0.35	-	mA	
		4MHz	ON	DISABLE	0.4	-	mA	
			OFF	DISABLE	0.35	-	mA	
		LSI	32.768kHz	ON	DISABLE	170	-	uA
				OFF	DISABLE	170	-	uA
		LSI	32.768kHz	ON	ENABLE	95	-	uA
				OFF	ENABLE	96	-	uA

1.8 stop 模式电流

表 2- 2 stop 模式电流

符号	条件					典型值 ⁽¹⁾	最大值	单位
	VCC	VDD	MR/LPR	LSI	外设时钟			
I _{DD} (stop)	1.7~5.5V	1.2V	MR	-	-	70	-	uA
		1.2V	LPR	ON	RTC+IWDG+LPTIM	6	-	
					IWDG	6	-	
					LPTIM	6	-	

					RTC	6	-	
				OFF	No	6	-	
		1.0V		ON	RTC+IWDG+LPTIM	4.5	-	
			IWDG		4.5	-		
			LPTIM		4.5	-		
			RTC		4.5	-		
				OFF	No	4.5	-	

1.9 低功耗模式唤醒

表 2- 3 低功耗模式唤醒时间

符号	参数 ⁽¹⁾		条件		典型值 ⁽²⁾	最大值	单位
$T_{WUSLEEP}$	Sleep 的唤醒时间		-		1.65		us
T_{WUSTOP}	Stop 的唤醒时间	MR 供电	Flash 中执行程序, HSI(24Mhz) 作为系统时钟		3.5		us
		LPR 供电	Flash 中执行程序, HSI 作为系统时钟	VDD=1.2V	6	us	
				VDD=1.0V	6		

唤醒时间的测量是从唤醒源触发开始至用户程序读取第一条指令。

2 版本历史

版本	日期	更新记录
V1.0	2022.06.10	初版
V1.1	2023.08.16	增加 002A 内容
V1.2	2023.08.24	更新声明



Puya Semiconductor Co., Ltd.

声 明

普冉半导体(上海)股份有限公司 (以下简称: "Puya") 保留更改、纠正、增强、修改 Puya 产品和/或本文档的权利, 恕不另行通知。用户可在下单前获取产品的最新相关信息。

Puya 产品是依据订单时的销售条款和条件进行销售的。

用户对 Puya 产品的选择和使用承担全责, 同时若用于其自己或指定第三方产品上的, Puya 不提供服务支持且不对此类产品承担任何责任。

Puya 在此不授予任何知识产权的明示或暗示方式许可。

Puya 产品的转售, 若其条款与此处规定不一致, Puya 对此类产品的任何保修承诺无效。

任何带有 Puya 或 Puya 标识的图形或字样是普冉的商标。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代并替换先前版本中的信息。

普冉半导体(上海)股份有限公司 - 保留所有权利