应用笔记

如何配置进入低功耗停止模式和待机模式及外部引脚唤醒

前言

KF32L/LS 提供多种模式供用户在不同工作场景下使用。包含两种运行模式、两种休眠模式及三种低功耗模式。

本应用笔记将以 KF32L530 为例介绍如何配置进入低功耗停止模式和待机模式。

本应用笔记使用的 KF32 IDE 与 KF32Lxxx 外设固件库及代码例程可以从 ChipON 官方网站 www.chipon-ic.com 下载。

Github：https://github.com/ChipON-FAE-AE
Gitee：https://gitee.com/Cucoo/BSP

目录

1. KF32L/LS 系列的低功耗特性.....3
2. 停止模式.....3
3. 待机模式.....4
4. 低功耗工作模式及电源域关系.....4
5. 备份域开启与关闭.....4
6. 低功耗模式下 IO 的配置.....5
7. 使用外部唤醒引脚唤醒.....6
8. 功耗测量图示.....6
9. 软件流程图.....7
10. 版本历史.....7

1. KF32L/LS 系列的低功耗特性

KF32L/LS 系列提供多种工作模式，内置两个电压调节器：主电压调制器 MR 和低功耗电压调制器 LPR，在不同模式下，客户可以根据不同的需求开启或关闭调节器。内置灵活的电压结构，可以灵活的配置关闭不需要的外设电压以达到省电的目的。

微控制器的功耗主要在运行动态功耗和休眠静态功耗，KF32L/LS 系列提供的低至 60uA/MHz 的运行动态功耗及低至 0.2uA 的 shutdown 模式。

KF32L/LS 系列提供一个带有侵入检测功能的备份区，此备份区可以用于保存数据。寄存器组在 VDD 电源被切断时，仍然可以通过 VBAT 维持供电。备份域内寄存器只会在初始上电复位时被复位，不会因为 VDD 掉电上电而复位（由 VBAT 保持）。

2. 停止模式

KF32L/LS 系列提供两种停止模式：Stop0 和 Stop1。

在 Stop0 模式下，CPU 停止运行，RAM 保持，FLASH 掉电；外设被允许使用低频时钟工作在停止模式，高频时钟和 PLL 被禁止，只允许使用内部低频时钟和外部低频时钟；所有 I/O 口均可被分配给相关外设或者保持状态。允许工作在停止模式下的外设中断和外部引脚中断，可以将单片机唤醒至正常运行模式或者低功耗运行模式。

在 Stop1 模式下，Vcore 域（包括内核、大部分外设和大部分 SRAM）和 FLASH 掉电；LP-SRAM 可以通过软件配置是否断电；小部分外设被允许工作在 Stop1 模式，只允许使用内部低频时钟和外部低频时钟；部分 I/O 口可被分配给相关外设或者保持状态。

STOP 模式下可运行工作的外设：

- LCD
- LP-TIMER
- LP-UART
- LP-CAN
- RTC

STOP 模式的唤醒方式：

- NRST 引脚复位（备份域被复位）
- IWDT 复位（备份域不复位）
- 外部唤醒引脚唤醒
- RTC 闹钟中断/节拍中断唤醒
- LCD
- LP-TIMER
- LP-UART
- LP-CAN

唤醒时间：

- 96us/2ms 可选

3. 待机模式

在待机模式下，CPU 停止运行且进入掉电状态，同时 FLASH /SRAM 也进入掉电状态；DPRAM_A 和 LPRAM 可以通过软件配置选择保持数据或者进入掉电状态；高频时钟和 PLL 被禁止使用，内部低频时钟和外部低频时钟被允许使用；少部分外设（BOR/RTC/IWDT）被允许工作在待机模式，其余模拟外设被禁止使用，以及数字外设均进入掉电状态；所有 I/O 口均可通过 I/O 口状态锁存位锁存需要的状态。

STOP 模式的唤醒方式：

NRST 引脚复位（备份域被复位）

IWDT 复位（备份域不复位）

外部唤醒引脚唤醒

RTC 闹钟中断/节拍中断唤醒

唤醒时间：

160us/4ms 可选

4. 低功耗工作模式及电源域关系

下图 1 低功耗模式下不同的电源被开启或关闭以降低功耗。

Pow-Mode/Pow- domain	Regulator		Vcore	Vflash		Vsram		Vpheri	VDD33	VBKP
	MR	LPR	CPU &PHERI_A &SRAM_A &IO_A	FLASH_1.2V	FLASH_1.8V	DP-SRAM_A	LP-SRAM	LP-PHERI &GPIOA	Main_Power	Backup_Power
Run	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Sleep	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
LPRUN	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
LPSleep	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Run_SRAM	OFF/ON	OFF/ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	ON
Stop0	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF/ON	ON	ON
Stop1	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF/ON	ON	ON	ON
Standby0 (with LP-SRAM)	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON
Standby1 (without LP-SRAM)	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON
Shutdown	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON

图 1：不同工作模式及电源域

5. 备份域开启与关闭

低功耗的寄存器都存放于备份域，操作之前需要打开备份域使能 **OSC_CTL0** 的 bit0 位，备份域退出复位 **PM_CTL0** 的 bit22 位，备份域数据区允许读写 **PM_CTL0** 的 bit7 位。

对备份域的寄存器进行操作之前，需要将对应使能位置“1”，并退出复位模式。对数据区域进行读写前需要将允许读写位置“1”，否则将会读到错误数据及写入失败。

备份域读写在电压降低时受到频率限制，在电压降低时，需要同步降低读写备份域的时钟频率。

OSC_CTL0 振荡器控制寄存器 0（偏移地址：0x000）

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
复位值	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R/W						R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W		R/W	R/W	R/W				R/W	R/W	R/W	R/W	R/W		R/W		R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
位名						LFCKDIV <2:0>			HFCKDIV <3:0>					SCKDIV <2:0>						PLLCKS	HFCKS <2:0>			HFCKEN		LFCKS		LFCKEN	SCKS <2:0>			PMWREN

表 35-4PM_CTL0 功耗模式控制寄存器 0（偏移地址：0x000）

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
复位值	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R/W	R/W		R/W	R/W	R/W		R/W	R/W		R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W					R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
位名	IOLATCH		LSIEN	LSEEN	LSEEXEN		MRBGEN	LDO18EN		BKPREGCLR	IWDTCLR	DPRAMASEL	LPRAMSEL	LP4MEN	LSECONF	IWDTRMSEL	PORDELAYSEL	BKPPORDELAYSEL	PHERIIOSEL					HSIEN	BKPWR	OCALLOCK	LPREN	NRSTEN	MEMSEL	LPMS2	LPMS1	LPMS0

6. 低功耗模式下 IO 的配置

所有 I/O 口均可通过 I/O 口状态锁存位锁存需要的状态。将 IO 口状态固定后，配置 **PM_CTL0** 的 bit31 置“1”进行锁存配置。唤醒以后，将 IO 口状态配置恢复到休眠前状态，再将 **PM_CTL0** 的 bit31 清“0”，可以在休眠状态直至唤醒状态保持 IO 口上的电平状态。

注：1.PC5、PC6 为编程口，若使用 I/O 的锁存功能，芯片在唤醒的时候是复位从头运行，PC6 在启动运行的时候若电平状态不为高则会主动判断此时是否进入下载模式，判断进入下载模式需要约 9ms 的时间。若唤醒频次较高，会导致功耗的增加。为了跳过判断模式，需要在锁存时将这 PC6 引脚配置为数字输出高模式。一般情况下，不建议将 PC6 引脚进行引脚复用。

2.PB3 为上电启动的引脚选择，默认为上拉开启，需要在进入低功耗前需要将此引脚上拉功能关闭。

7. 使用外部唤醒引脚唤醒

外部引脚可以将 MCU 从休眠下唤醒。通过配置 **PM_CTL2** 的 WKPxEN 位使能/禁止对应的外部引脚；通过配置 **PM_CTL2** 的 WKPxP 位选择。通过唤醒引脚唤醒后，唤醒后 MCU 从复位处运行唤醒后可以通过 **PM_CTL2** 读取有效唤醒引脚。

KF32 L/LS 系列共有五个外部引脚选用：

GPIO	唤醒引脚
PC6	WKUP1
PH14	WKUP2
PD4	WKUP3
PC7	WKUP4
PC8	WKUP5

8. 功耗测量图示

下图 2 为 STANDBY 休眠模式下保持 WKUP 唤醒功能电流示意图：

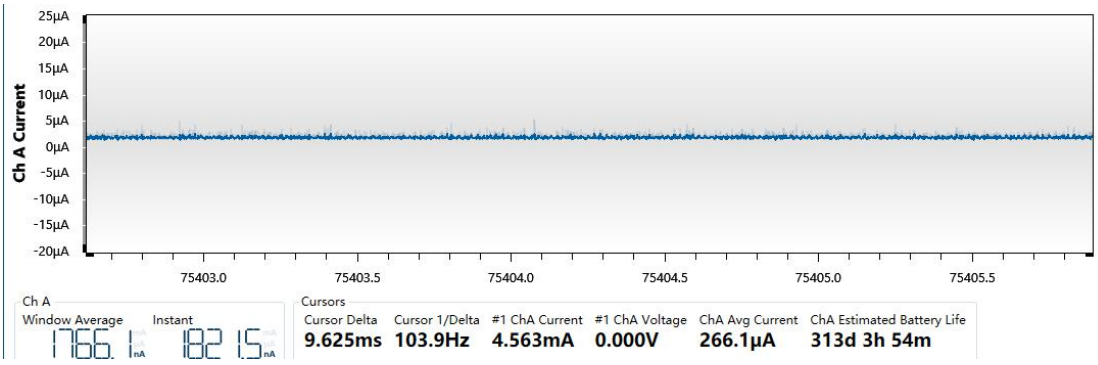

图 2：STANDBY 休眠模式电流

下图 3 为 STANDBY 休眠模式下使用 WKUP 唤醒，唤醒后保持 200ms 后继续休眠

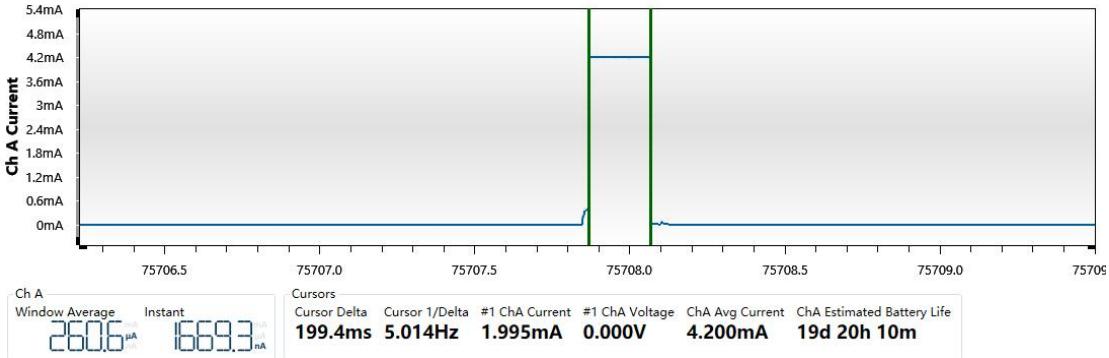

图 3：STANDBY 休眠模式 WKUP 唤醒

9. 软件流程图

例程代码 KF32L530_StandbyMode_With_WKUP 的软件流程图如下图 4。置于文章结束位置。

本应用笔记使用的 KF32 IDE 与 KF32Lxxx 外设固件库及代码例程可以从 ChipON 官方网站 www.chipon-ic.com 下载。

10. 版本历史

文档版本历史

日期	版本	变更
2021 年 1 月 20 日	V1.0	初始版本。

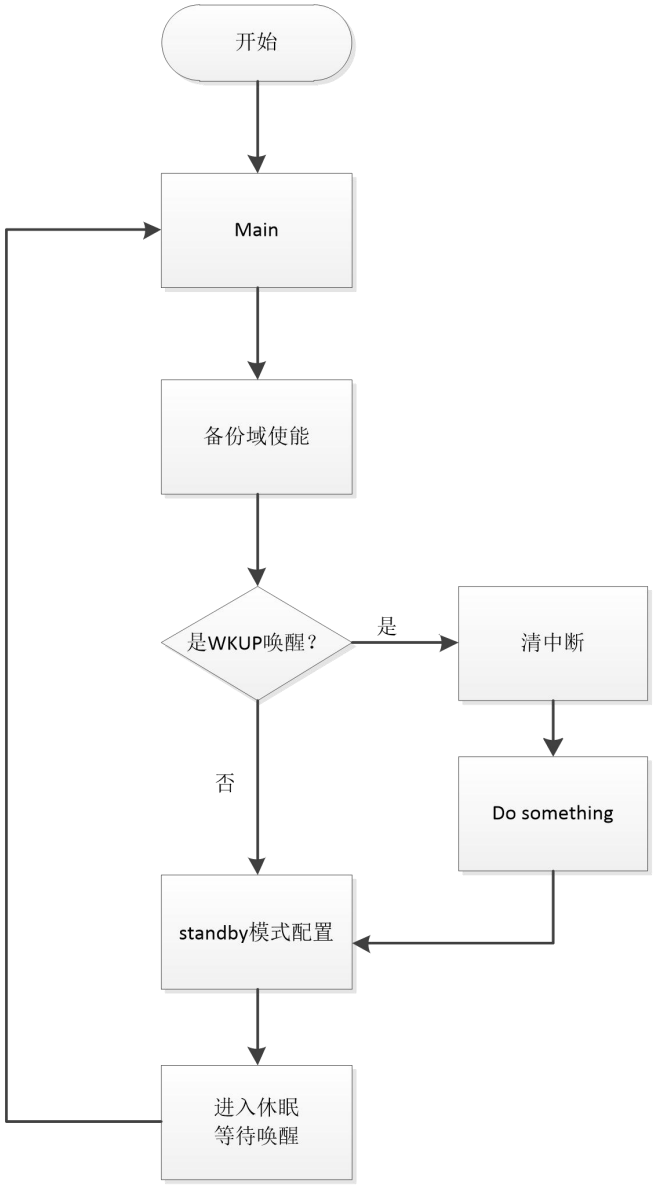

图 4：STANDBY 休眠模式软件流程图