

# RK3576 系统待机配置指南

文件标识: RK-KF-YF-C02

发布版本: V1.0.0

日期: 2024-05-08

文件密级: ☐绝密 ☐秘密 ☐内部资料 ☒公开

## 免责声明

本文档按“现状”提供，瑞芯微电子股份有限公司（“本公司”，下同）不对本文档的任何陈述、信息和内容的准确性、可靠性、完整性、适销性、特定目的性和非侵权性提供任何明示或暗示的声明或保证。本文档仅作为使用指导的参考。

由于产品版本升级或其他原因，本文档将可能在未经任何通知的情况下，不定期进行更新或修改。

## 商标声明

“Rockchip”、“瑞芯微”、“瑞芯”均为本公司的注册商标，归本公司所有。

本文档可能提及的其他所有注册商标或商标，由其各自拥有者所有。

版权所有 © 2024 瑞芯微电子股份有限公司

超越合理使用范畴，非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

瑞芯微电子股份有限公司

Rockchip Electronics Co., Ltd.

地址: 福建省福州市铜盘路软件园A区18号

网址: [www.rock-chips.com](http://www.rock-chips.com)

客户服务电话: +86-4007-700-590

客户服务传真: +86-591-83951833

客户服务邮箱: [fae@rock-chips.com](mailto:fae@rock-chips.com)

## 前言

## 概述

本文档用于指导用户如何根据产品需求，配置 RK3576 系统待机模式。

## 产品版本

芯片名称	内核版本
RK3576	6.10

## 读者对象

本文档（本指南）主要适用于以下工程师：

技术支持工程师

软件开发工程师

## 修订记录

版本号	作者	修改日期	修改说明
V1.0.0	黄小东	2022-05-08	初始版本

## 目录

### RK3576 系统待机配置指南

1. 系统待机
  - 1.1 驱动文件
  - 1.2 DTS 节点
2. DTS 配置
  - 2.1 常规配置
  - 2.2 唤醒配置
  - 2.3 io retention 配置
  - 2.4 sleep pin 配置
  - 2.5 假关机配置
3. 打印信息
4. 典型配置案例
  - 4.1 logic断电模式
  - 4.2 pmu1断电模式
  - 4.3 uart1唤醒
  - 4.4 usb唤醒
  - 4.5 pwm唤醒
  - 4.6 mcu唤醒
  - 4.7 gpio唤醒

# 1. 系统待机

凡是带有 bl31 的 SoC 平台，系统待机（system suspend）的工作都在 bl31 中完成。因为各个平台的 bl31 对于系统待机实现各不相同，所以不同平台之间的待机配置选项/方法没有任何关联性和参考性，本文档仅适用于 RK3576 平台。

系统待机流程一般会有如下操作：关闭 power domain、模块 IP、时钟、PLL、ddr 进入自刷新、系统总线切到低速时钟（24M 或 32K）、vdd\_arm/vdd\_log断电、配置唤醒源等。为了满足不同产品对待机模式的需求，目前都是通过 DTS 节点把相关配置在开机阶段传递给 bl31。

## 1.1 驱动文件

```
./drivers/soc/rockchip/rockchip_pm_config.c
./drivers/firmware/rockchip_sip.c
./include/dt-bindings/suspend/rockchip-rk3576.h
```

## 1.2 DTS 节点

```
rockchip_suspend: rockchip-suspend {
    compatible = "rockchip,pm-config";
    status = "okay";
    // 休眠log开关配置，0：关闭打印， 1：打开打印
    rockchip,sleep-debug-en = <1>;
    // 常规配置
    rockchip,sleep-mode-config = <
        (0
         | RKPM_SLP_ARMOFF_LOGOFF
         | RKPM_SLP_PMU_PMUALIVE_32K
         | RKPM_SLP_PMU_DIS_OSC
         | RKPM_SLP_PMIC_LP
         | RKPM_SLP_32K_EXT
        )
    >;
    // 唤醒源配置
    rockchip,wakeup-config = <
        (0
         | RKPM_GPIO_WKUP_EN
        )
    >;
    // io retention功能配置
    rockchip,sleep-io-ret-config = <
        (0)
    >;
    // sleep pin配置
    rockchip,sleep-pin-config = <
        (0
         | RKPM_SLEEP_PIN0_EN
        )
    >;
};
```

```
(0)
    >;
};
```

## 2. DTS 配置

目前已支持的配置选项都定义在:

```
./include/dt-bindings/suspend/rockchip-rk3576.h
```

### 2.1 常规配置

属性

```
rockchip,sleep-mode-config = <...>;
```

配置项

```
// 断电vdd_arm, 且DDR控制器断电, 需要硬件电路设计上能支持
#define RKPM_SLP_ARMOFF_DDRPD          BIT(2)
// 断电vdd_arm和vdd_log, 需要硬件电路设计上能支持
#define RKPM_SLP_ARMOFF_LOGOFF         BIT(3)
// 断电vdd_arm和vdd_log, 且PMU1电源域断电, 需要硬件电路设计上能支持
#define RKPM_SLP_ARMOFF_PMUOFF         BIT(4)

// 休眠时使用32K时钟源作为系统时钟
#define RKPM_SLP_PMU_PMUALIVE_32K      BIT(9)
// 关闭24M晶振, 最低功耗模式时可启用, 需要配合RKPM_SLP_PMU_PMUALIVE_32K使用
#define RKPM_SLP_PMU_DIS_OSC           BIT(10)
// 休眠时的32K时钟源是否选用外部的32K钟源, 不配该选项则默认选用内部32K时钟源, 需要配合
RKPM_SLP_PMU_PMUALIVE_32K使用
#define RKPM_SLP_32K_EXT                BIT(24)
// 休眠定时唤醒功能, 用于测试使用
#define RKPM_SLP_TIME_OUT_WKUP         BIT(25)
// 休眠时输出pmu状态机波形, 用于debug使用
#define RKPM_SLP_PMU_DBG                BIT(26)
```

注意事项

- 需要根据具体产品对唤醒源的需求进行相关配置, 比如usb唤醒, 那休眠时就不能将usb的电源和时钟关闭, 所以不能配置RKPM\_SLP\_ARMOFF\_LOGOFF、RKPM\_SLP\_PMU\_DIS\_OSC、RKPM\_SLP\_PMU\_PMUALIVE\_32K等选项。
- RKPM\_SLP\_PMU\_DBG: 使能该配置后, 待机时 PMU 状态机会通过 GPIO0\_B0 一直输出特定波形信号, 用于反馈当前 PMU 状态机内部状态, 该功能仅用于休眠唤醒测试和debug。
- RKPM\_SLP\_TIME\_OUT\_WKUP: 使能该配置后, 待机后1s左右会自动唤醒, 且只有pmu内部timer才能唤醒系统, 该配置只用于休眠唤醒测试和debug。

## 2.2 唤醒配置

### 属性

```
rockchip,wakeup-config = <...>;
```

### 配置项

```
// 支持所有的中断唤醒（经过GIC管理的休眠可唤醒中断），一般由cpu0运行休眠流程，需要时只配
RKPM_CPU0_WKUP_EN即可
#define RKPM_CPU0_WKUP_EN      BIT(0)
#define RKPM_CPU1_WKUP_EN      BIT(1)
#define RKPM_CPU2_WKUP_EN      BIT(2)
#define RKPM_CPU3_WKUP_EN      BIT(3)
#define RKPM_CPU4_WKUP_EN      BIT(4)
#define RKPM_CPU5_WKUP_EN      BIT(5)
#define RKPM_CPU6_WKUP_EN      BIT(6)
#define RKPM_CPU7_WKUP_EN      BIT(7)
// GPIO0唤醒
#define RKPM_GPIO_WKUP_EN      BIT(8)
// SDMMC唤醒
#define RKPM_SDMMC_WKUP_EN      BIT(9)
// SDIO唤醒
#define RKPM_SDIO_WKUP_EN      BIT(10)
// USB_DEV唤醒
#define RKPM_USB_WKUP_EN        BIT(11)
// UART1唤醒
#define RKPM_UART_WKUP_EN       BIT(12)
// MCU唤醒
#define RKPM_MCU_WKUP_EN        BIT(13)
// PMU_TIMER唤醒
#define RKPM_TIMER_WKUP_EN      BIT(14)
// 支持所有的中断唤醒（不经过GIC管理），不推荐使用
#define RKPM_SYSINT_WKUP_EN     BIT(15)
// pwm唤醒，一般用于红外唤醒使用
#define RKPM_PWM_WKUP_EN        BIT(16)
// tsadc唤醒
#define RKPM_TSADC_WKUP_EN      BIT(17)
// hptimer唤醒
#define RKPM_HPTIMER_WKUP_EN    BIT(18)
// saradc唤醒
#define RKPM_SARADC_WKUP_EN     BIT(19)
// PMU内部timer唤醒（默认1s），用于测试和debug
#define RKPM_TIMEOUT_WKUP_EN    BIT(20)
```

### 注意事项

- RKPM\_GPIO\_WKUP\_EN（首选）：

GPIO0~4 中仅支持 GPIO0 这组 pin 脚作为唤醒源，该模式下 GPIO0 上的 pin 脚中断信号被直接送往 PMU 状态机，不经过 GIC。在硬件设计上，建议用户把需要的唤醒源尽量都放到 GPIO0 这组 pin 脚上。

- RKPM\_CPU0\_WKUP\_EN（次选）：

支持所有在 kernel 阶段用 `enable_irq_wake()` 注册到 GIC 的可唤醒中断，适用的唤醒中断源数量比 `RKPM_GPIO_WKUP_EN` 更多。但这种方式相当于把唤醒源的管理权分散交给了 kernel 各个模块，待机时系统有可能被不期望的中断唤醒。

- `RKPM_TIMEOUT_WAKEUP_EN`:

PMU 内部的 timer 唤醒，默认 1s 超时产生中断，一般仅用于开发阶段测试休眠唤醒使用。

## 2.3 io retention 配置

在 `vdd_logic` 断电的休眠场景下，用户如果仍想维持某个 io 的电平，则可以配置该属性。

属性

```
rockchip,sleep-io-ret-config = <
    (0
    | RKPM_VCCIO0_RET_EN
    ...
    )
>;
```

配置项

```
// 支持配置以下九个io域
#define RKPM_VCCIO0_RET_EN    BIT(0)
#define RKPM_VCCIO1_RET_EN    BIT(1)
#define RKPM_VCCIO2_RET_EN    BIT(2)
#define RKPM_VCCIO3_RET_EN    BIT(3)
#define RKPM_VCCIO4_RET_EN    BIT(4)
#define RKPM_VCCIO5_RET_EN    BIT(5)
#define RKPM_VCCIO6_RET_EN    BIT(6)
#define RKPM_VCCIO7_RET_EN    BIT(7)
#define RKPM_PMUIO1_RET_EN    BIT(8)
```

注意事项:

- 用户想要维持某个 io 的电平时，要配置上这个 io 所在的 io 域，且该 io 域的电源不能断电，否则无法维持电平。

## 2.4 sleep pin 配置

`sleep pin` 用于休眠时关闭电源，用户需根据实际的硬件设计进行相应配置。

属性

```
rockchip,sleep-pin-config = <
    (0
    | RKPM_SLEEP_PIN0_EN
    ...
    )
    (0
    | RKPM_SLEEP_PIN0_ACT_LOW
    ...
    )
>;
```

## 配置项

```
// 支持以下三个sleep pin
#define RKPM_SLEEP_PIN0_EN          BIT(0)  /* GPIO0_A3 */
#define RKPM_SLEEP_PIN1_EN          BIT(1)  /* GPIO0_A4 */
#define RKPM_SLEEP_PIN2_EN          BIT(2)  /* GPIO0_A5 */

// 如果是拉低sleep pin来关闭电源，则配置下面对应项，默认拉高sleep pin
#define RKPM_SLEEP_PIN0_ACT_LOW     BIT(0)  /* GPIO0_A3 */
#define RKPM_SLEEP_PIN1_ACT_LOW     BIT(1)  /* GPIO0_A4 */
#define RKPM_SLEEP_PIN2_ACT_LOW     BIT(2)  /* GPIO0_A5 */
```

## 注意事项

- rk3576默认配置是拉高sleep pin0。

## 2.5 假关机配置

有些产品关机时无法断电，需要使用休眠场景来代替关机场景以降低功耗

### 属性

```
// 0：关闭假关机模式， 1：开启假关机模式。
rockchip,virtual-poweroff = <...>;

// 配置关机时的唤醒中断号，系统收到唤醒中断信号后重启开机
rockchip,virtual-poweroff-irqs = < xx xx xx ...>;
```

## 注意事项

- 如果不配置rockchip,virtual-poweroff-irqs，默认会把pwm0 channel0作为唤醒源。

## 3. 打印信息

如下简要介绍系统待机和唤醒时的 bl31 打印信息含义。为注释方便，如下对一些打印内容进行分行，不同的待机功耗模式同样也会带来不同的打印，所有打印信息内容以实际显示为主。

### 属性



```
// 0: 休眠时不会打印log, 1: 休眠时会打印log
rockchip,sleep-debug-en = <...>;
```

## RK3576 系统待机打印

```
// 休眠所用bl31版本及commit信息
INFO:      BL31: v2.3():v2.3-775-gacfc4fb4bd:derrick.huang, fwver: v1.05

// 休眠模式配置及休眠次数打印
INFO:      enter: cfg=0x1020608, sleeptimes:1

// 休眠模式打印
INFO:      deep
INFO:      armoff_logoff
INFO:      pmu_pmualive_32k
INFO:      pmu_dis_osc
INFO:      pmic_low_power
INFO:      32k ext
INFO:      io_ret (0x8)
INFO:      sleep_pin: 0x1 0x0
INFO:      GPIO POWER INFO:
INFO:      not config

// 休眠gpio中断配置状态打印
INFO:      GPIO0_INTEN: 0xffff 0xffff 0xfd9e 0xffff 0x0 0xd408611e
INFO:      GPIO1_INTEN: 0xffff 0xffff 0xffff 0xffff 0x0 0xef03f600
INFO:      GPIO2_INTEN: 0xffff 0xffff 0xffff 0xffff 0x0 0x9fdb0c20
INFO:      GPIO3_INTEN: 0xffff 0xffff 0xffff 0xffff 0x0 0xaf8c3ec4
INFO:      GPIO4_INTEN: 0xffff 0xffff 0xffff 0xffff 0x0 0xfe92c7d7

// 休眠系统中断状态打印
INFO:      IRQ_EN: 77
INFO:      IRQ_EN: 108
INFO:      IRQ_EN: 135
INFO:      IRQ_EN: 132
INFO:      IRQ_EN: 189
INFO:      IRQ_EN: 185
INFO:      IRQ_EN: 201
INFO:      IRQ_EN: 197
INFO:      IRQ_EN: 193
INFO:      IRQ_EN: 312
INFO:      IRQ_PED: 268

// 休眠关键寄存器信息打印
INFO:      PMU1_PWR_CON(0x2101) PMU1_CRU_PWR_CON(0x22f) PMU1_WAKEUP_INT_CON(0x100)
PMU2_BUS_IDLE_ST(0x7ffff) PMU2_PWR_GATE_ST(0x3ffffc1)
PMU2_BUS_IDLE_CON(0x0 0x3ff8)
PMU2_PWR_GATE_CON(0x3e 0x0)
PMU2_VOL_GATE_CON(0x31 0x200)
PMU1_DDR_PWR_CON(0x2b 0x2b)
PMU1_PLLPD_CON(0xfff)
INFO:      PMU0_PWR_CON(0x0) PMU0_WAKEUP_INT_CON(0x0)
PMU0_DDR_RET_CON(0x0 0x0) PMU0_GRF_OS_REGS17(0xe707d445)
PMU0GRF_SOC_CON5(0x64)
```

## RK3576 系统唤醒打印

```
// 唤醒流程步骤打印
012abcdef3456789
987654fedcba3210

// 唤醒源
INFO:      wake up status: 0x100
INFO:      GPIO0 interrupt wakeup: 0x40

// gpio唤醒的话会打印出具体的gpio
INFO:      gpio0_a6
```

## 4. 典型配置案例

### 4.1 logic断电模式

该模式可以支持vdd\_logic断电，降低休眠功耗。

配置如下

```
rockchip_suspend: rockchip-suspend {
    compatible = "rockchip,pm-config";
    status = "okay";
    rockchip,sleep-debug-en = <1>;
    rockchip,sleep-mode-config = <
        (0
        | RKPM_SLP_ARMOFF_LOGOFF
        | RKPM_SLP_PMU_PMUALIVE_32K
        | RKPM_SLP_PMU_DIS_OSC
        | RKPM_SLP_PMIC_LP
        | RKPM_SLP_32K_EXT
        )
    >;
    rockchip,wakeup-config = <
        (0
        | RKPM_GPIO_WKUP_EN
        )
    >;
    rockchip,sleep-io-ret-config = <
        (0)
    >;
    rockchip,sleep-pin-config = <
        (0
        | RKPM_SLEEP_PIN0_EN
        )
        (0)
    >;
};
```

## 4.2 pmu1断电模式

该模式在logic断电基础上关掉pd pmu1，且支持关掉PMUIO1电源，功耗比logic断电模式低。

配置如下

```
rockchip_suspend: rockchip-suspend {
    compatible = "rockchip,pm-config";
    status = "okay";
    rockchip,sleep-debug-en = <1>;
    rockchip,sleep-mode-config = <
        (0
         | RKPM_SLP_ARMOFF_PMUOFF
         | RKPM_SLP_PMU_PMUALIVE_32K
         | RKPM_SLP_PMU_DIS_OSC
         | RKPM_SLP_PMIC_LP
         | RKPM_SLP_32K_EXT
        )
    >;
    rockchip,wakeup-config = <
        (0
         | RKPM_GPIO_WKUP_EN
        )
    >;
    rockchip,sleep-io-ret-config = <
        (0)
    >;
    rockchip,sleep-pin-config = <
        (0
         | RKPM_SLEEP_PIN0_EN
        )
        (0)
    >;
};
```

## 4.3 uart1唤醒

如果产品有uart唤醒需求，则应尽量选择uart1。因为uart1在pd\_pmu1中，可以在logic断电的情况下支持uart1唤醒，这样功耗更低。

配置如下

```
rockchip_suspend: rockchip-suspend {
    compatible = "rockchip,pm-config";
    status = "okay";
    rockchip,sleep-debug-en = <1>;
    rockchip,sleep-mode-config = <
        (0
         | RKPM_SLP_ARMOFF_LOGOFF
         | RKPM_SLP_PMIC_LP
        )
    >;
    rockchip,wakeup-config = <
        (0
```

```

        | RKPM_GPIO_WKUP_EN
        | RKPM_UART_WKUP_EN
    )
>;
rockchip,sleep-io-ret-config = <
    (0)
>;
rockchip,sleep-pin-config = <
    (0
        | RKPM_SLEEP_PIN0_EN
    )
    (0)
>;
};

```

#### 注意事项

- uart1唤醒需要24M晶振保持工作，所以24M晶振电源不能关闭。

## 4.4 usb唤醒

如果产品有usb唤醒需求，则应尽量让usb的0.75V、1.8V、3.3V与pmu的电源合并供电。这样可以在logic断电的情况下支持usb唤醒，这样功耗更低。

#### 配置如下

```

rockchip_suspend: rockchip-suspend {
    compatible = "rockchip,pm-config";
    status = "okay";
    rockchip,sleep-debug-en = <1>;
    rockchip,sleep-mode-config = <
        (0
            | RKPM_SLP_ARMOFF_LOGOFF
            | RKPM_SLP_PMIC_LP
        )
    >;
    rockchip,wakeup-config = <
        (0
            | RKPM_GPIO_WKUP_EN
            | RKPM_USB_WKUP_EN
        )
    >;
    rockchip,sleep-io-ret-config = <
        (0)
    >;
    rockchip,sleep-pin-config = <
        (0
            | RKPM_SLEEP_PIN0_EN
        )
        (0)
    >;
};

```

#### 注意事项

- usb唤醒需要24M晶振保持工作，所以24M晶振电源不能关闭。

## 4.5 pwm唤醒

如果产品有红外唤醒需求，则需要使用pwm唤醒，应尽量把红外接到pwm0 channel0。因为pwm0在pd\_pmu1中，可以在logic断电的情况下支持pwm唤醒，这样功耗更低。

配置如下

```
rockchip_suspend: rockchip-suspend {
    compatible = "rockchip,pm-config";
    status = "okay";
    rockchip,sleep-debug-en = <1>;
    rockchip,sleep-mode-config = <
        (0
         | RKPM_SLP_ARMOFF_LOGOFF
         | RKPM_SLP_PMIC_LP
        )
    >;
    rockchip,wakeup-config = <
        (0
         | RKPM_GPIO_WKUP_EN
         | RKPM_PWM_WKUP_EN
        )
    >;
    rockchip,sleep-io-ret-config = <
        (0)
    >;
    rockchip,sleep-pin-config = <
        (0
         | RKPM_SLEEP_PIN0_EN
        )
        (0)
    >;
};
```

注意事项

- pwm唤醒需要24M晶振保持工作，所以24M晶振电源不能关闭。

## 4.6 mcu唤醒

如果产品需要pmu mcu在休眠时进行一些工作（比如中断过滤等），则需要使用mcu唤醒。

配置如下

```
rockchip_suspend: rockchip-suspend {
    compatible = "rockchip,pm-config";
    status = "okay";
    rockchip,sleep-debug-en = <1>;
    rockchip,sleep-mode-config = <
        (0
         | RKPM_SLP_ARMOFF_DDRPD
        )
    >;
```

```

        | RKPM_SLP_PMIC_LP
    )
>;
rockchip,wakeup-config = <
    (0
        | RKPM_GPIO_WKUP_EN
        | RKPM_MCU_WKUP_EN
    )
>;
rockchip,sleep-io-ret-config = <
    (0)
>;
rockchip,sleep-pin-config = <
    (0
        | RKPM_SLEEP_PIN0_EN
    )
    (0)
>;
};

```

#### 注意事项

- mcu唤醒需要24M晶振保持工作，所以24M晶振电源不能关闭。
- mcu唤醒不能关闭vdd\_logic。

## 4.7 gpio唤醒

如果产品有gpio0的唤醒需求，因为gpio0在pd\_pmu中，则使用logic断电模式的配置即可。

如果是gpio1~4的唤醒，则vdd\_logic不能断电，配置如下

```

rockchip_suspend: rockchip-suspend {
    compatible = "rockchip,pm-config";
    status = "okay";
    rockchip,sleep-debug-en = <0>;
    rockchip,sleep-mode-config = <
        (0
            | RKPM_SLP_ARMOFF_DDRPD
            | RKPM_SLP_PMIC_LP
        )
    >;
    rockchip,wakeup-config = <
        (0
            | RKPM_GPIO_WKUP_EN
            | RKPM_CPU0_WKUP_EN
        )
    >;
    rockchip,sleep-io-ret-config = <
        (0)
    >;
    rockchip,sleep-pin-config = <
        (0
            | RKPM_SLEEP_PIN0_EN
        )
        (0)
    >;
};

```

```
};
```

#### 注意事项

- gpio1~4唤醒需要24M晶振保持工作，所以24M晶振电源不能关闭