

**GigaDevice Semiconductor Inc.**

关于 **USB** 挂起与唤醒的流程说明

应用笔记

**AN077**

# 目录

目录.....	2
图索引.....	3
表索引.....	4
1. 前言.....	5
2. <b>USB D 挂起与唤醒</b> .....	6
2.1. 挂起条件.....	6
2.2. 挂起流程.....	6
2.3. 普通唤醒.....	6
2.4. 远程唤醒.....	7
3. <b>USB FS 挂起与唤醒</b> .....	9
3.1. 挂起条件.....	9
3.2. 挂起流程.....	9
3.3. 普通唤醒.....	9
3.4. 远程唤醒.....	9
4. 版本历史.....	11

## 图索引

图 2-1. USBD 设备普通唤醒中断流程.....	6
图 2-2. USBD 设备远程唤醒中断流程.....	7
图 3-1. USBFS 设备普通唤醒中断流程.....	9
图 3-2. USBFS 设备远程唤醒中断流程.....	10

## 表索引

表 1-1. 适用产品.....	5
表 4-1. 版本历史.....	11

## 1. 前言

本应用笔记主要介绍了 USB 设备的挂起与唤醒流程，分为 USBD 和 USBFS 两种外设进行讲述。因 USBHS 与 USBFS 的相关流程并无太大差异，故不单独进行介绍。本文适用的产品型号，详见[表 1-1. 适用产品](#)。

表 1-1. 适用产品

类型	外设	型号	
MCU	USB D	GD32F103xx	
		GD32F150xx	
		GD32F303xx	
		GD32E503xx	
		GD32EPRTxx	
		GD32L233xx	
	USBFS	GD32F105xx/GD32F107xx	
		GD32F205xx/GD32F207xx	
		GD32F305xx/GD32F307xx/GD32F403xx	
		GD32F350xx	
		GD32F4xx	
		GD32E103xx/GD32E113xx	
		GD32C103xx/GD32C113xx	
		GD32VF103xx	
		GD32W515xx	
		USBHS	GD32F4xx
			GD32E505xx/GD32E507xx/GD32E508xx

特别说明，唤醒是相对于挂起来说的。设备处于挂起状态时，任何总线上的活动（非空闲信号）都可以把设备唤醒，从而退出低功耗模式，这种功能称之为“普通唤醒”。

同样，设备也可以唤醒主机，比如电脑待机时通过 USB 键盘来唤醒电脑主机，这种功能称之为“远程唤醒”。

## 2. USB 挂起与唤醒

### 2.1. 挂起条件

正常情况下，USB 主机每隔一段时间就会下发一个 SOF 包(全速设备间隔为 1ms，高速设备间隔为 125us)。根据 USB 协议，若 USB 线处于 Idle 状态超过 3ms，设备会把它作为一个 Suspend 信号，并要求设备在 10ms 内进入挂起状态。

### 2.2. 挂起流程

当 USB 主机进入睡眠状态后，不再下发 SOF，ESOFIF 将会置位，触发 ESOF 中断：

- 首次 ESOFIF 置位：ISR 软件清除该标志
- 第二次 ESOFIF 置位：ISR 软件清除该标志
- 第三次 ESOFIF 置位：SPSIF 同时被置位，进入 Suspend 中断服务函数中，MCU 进入低功耗状态。ESOF 标志仍处于置位状态。

### 2.3. 普通唤醒

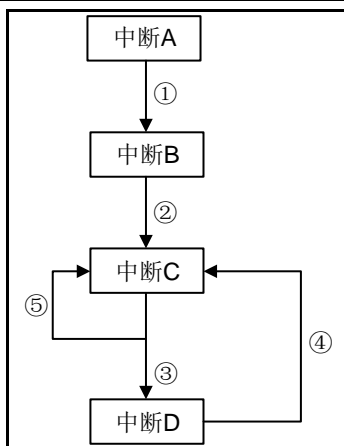
以 USB HID Keyboard 设备为例，手动调节 USB 主机为睡眠模式后，USB 总线处于 Idle 状态。等待一段时间后，GD32-EVAL Device 进入 Suspend 状态，MCU 进入低功耗模式。当用户操作 USB 主机上连接的其他 USB 设备，引起主机唤醒，USB 总线上会出现非 Idle 信号，进而唤醒 GD32-EVAL 设备。

USB 普通唤醒过程中会触发一系列中断，主要存在以下四个中断：

- A. USBD\_WKUP\_IRQ
- B. USBD\_LP\_IRQ.Suspend
- C. USBD\_LP\_IRQ.ESOF
- D. USBD\_LP\_IRQ.Wakeup

主机发出 Resume 信号后，先触发中断 A，唤醒 MCU；接着，从之前 MCU 停止的位置(中断 B 处)，继续执行下去；因为挂起时，ESOF 标志也处于置位状态，所以接着会执行中断 C；紧接着，进入 D 中断，在此中断里恢复 MCU 时钟；继续进入中断 C，直到正常通信。

图 2-1. USB 设备普通唤醒中断流程



注意：配置 USBD\_LP\_IRQ、USBD\_WKUP\_IRQ 优先级时，后者抢占优先级必须高于前者。

## 2.4. 远程唤醒

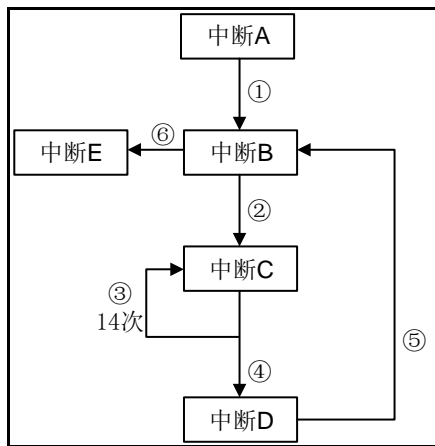
以 USB HID Keyboard 设备为例，手动调节 USB 主机为睡眠模式后，USB 总线处于 Idle 状态。等待一段时间后，GD32 Device 进入 Suspend 状态，MCU 进入低功耗模式。当用户按下 EVAL 板上的唤醒按键触发 EXTI 中断，唤醒 MCU，接着在 EXTI ISR 中向 USB 总线上发出 Resume 信号唤醒 Host。当恢复信号发送完成后，设备会再次接收到 SOF 包和其他信息。

USBD 远程唤醒过程中触发一系列的中断，主要存在以下五个中断：

- A. KEY\_EXTI\_IRQ
- B. USBD\_LP\_IRQ.Suspend
- C. USBD\_LP\_IRQ.EEOF
- D. USBD\_WKUP\_IRQ
- E. USBD\_LP\_IRQ.Wakeup

当唤醒按键按下之后，进入 A 中断处理函数，重配 MCU 时钟，启动 Resume 信号；接着，从之前 MCU 停止的位置(中断 B 处)，继续执行下去；因为挂起时，EEOF 标志也处于置位状态，所以接着会执行中断 C；接着会继续执行 C(共 14+1 次)，Resume 发送结束，在 C 中断里关闭 Resume 信号。经测试，之后会进行两轮挂起、唤醒中断 D→B→E，中间会夹杂 C 中断。

图 2-2. USBD 设备远程唤醒中断流程



**注意：**配置 USBD\_LP\_IRQ、USBW\_WKUP\_IRQ、KEY\_EXTI\_IRQ 优先级时，后两个中断的抢占优先级必须高于第一个，并且后两个中断的抢占优先级无高低之分。



### 3. USBFS 挂起与唤醒

#### 3.1. 挂起条件

详细内容参考章节 [2.1](#)。

#### 3.2. 挂起流程

当 USB 主机进入睡眠状态后，检测到 USB 总线空闲 3ms，将产生早期挂起中断(ESP)，并在 3ms 后产生挂起中断(SP)，在 SP ISR 中进入 MCU 低功耗。

#### 3.3. 普通唤醒

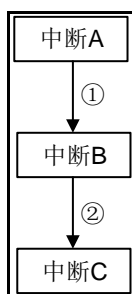
以 USB HID Keyboard 设备为例，手动调节 USB 主机为睡眠模式后，USB 总线处于 Idle 状态。等待一段时间后，GD32-EVAL Device 进入 Suspend 状态，MCU 进入低功耗模式。当用户操作 USB 主机上连接的其他 USB 设备，引起主机唤醒，USB 总线上会出现非 Idle 信号，进而唤醒 GD32-EVAL 设备。

USBFS 普通唤醒过程中会触发一系列的中断，主要存在以下三个中断：

- A. USBFS\_WKUP\_IRQ
- B. USBFS\_IRQ.Suspend
- C. USBFS\_IRQ.Wakeup

主机发出 Resume 信号后，先触发中断 A 唤醒 MCU，恢复 MCU 和 USB 时钟；接着，从之前 MCU 停止的位置(中断 B 处)，继续执行；之后，进入中断 C，恢复 USB 状态。

图 3-1. USBFS 设备普通唤醒中断流程



注意：配置 USBFS\_IRQ、USBFS\_WKUP\_IRQ 优先级时，后者抢占优先级必须高于前者。

#### 3.4. 远程唤醒

以 USB HID Keyboard 设备为例，手动调节 USB 主机为睡眠模式后，USB 总线处于 Idle 状态。等待一段时间后，GD32 Device 进入 Suspend 状态，MCU 进入低功耗模式。当用户按下

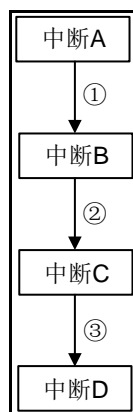
EVAL 板上的唤醒按键触发 EXTI 中断，唤醒 MCU，接着在 EXTI ISR 中向 USB 总线上发出 Resume 信号唤醒 Host。当恢复信号发送完成后，设备会再次接收到 SOF 包和其他信息。

USBFS 远程唤醒过程中触发一系列的 interrupts，主要存在以下四个 interrupts：

- A. KEY\_EXTI\_IRQ
- B. USBFS\_WKUP\_IRQ
- C. USBFS\_IRQ.Suspend
- D. USBFS\_IRQ.Wakeup

当唤醒按键按下之后，进入 A 中断处理函数中，重配 MCU 时钟，启动 Resume 信号，持续 5ms 之后，关闭 Resume 信号，此时 USB 主机已被唤醒；接着，主机会恢复 USB 信号，进而触发 interrupt B(因为 B 中断优先级高于 C，故会先执行 B)；接着，从挂起前 MCU 停止运行的位置(interrupt C 处)，继续执行下去；然后，执行 D 中断。

图 3-2. USBFS 设备远程唤醒中断流程



注意：

1. 配置 USBFS\_IRQ、USBFS\_WKUP\_IRQ、KEY\_EXTI\_IRQ 优先级时，后两个 interrupts 的抢占优先级必须高于第一个，并且后两个 interrupts 的抢占优先级无高低之分。
2. 当 USBFS\_WKUP\_IRQ 抢占优先级高于 KEY\_EXTI\_IRQ 时，则 interrupt B 会抢占一次 interrupt A，即 interrupt 执行顺序为 A→B→A→C→D。

## 4. 版本历史

表 4-1. 版本历史

版本号.	说明	日期
1.0	首次发布	2022 年 09 月 15 日

## Important Notice

This document is the property of GigaDevice Semiconductor Inc. and its subsidiaries (the "Company"). This document, including any product of the Company described in this document (the "Product"), is owned by the Company under the intellectual property laws and treaties of the People's Republic of China and other jurisdictions worldwide. The Company reserves all rights under such laws and treaties and does not grant any license under its patents, copyrights, trademarks, or other intellectual property rights. The names and brands of third party referred thereto (if any) are the property of their respective owner and referred to for identification purposes only.

The Company makes no warranty of any kind, express or implied, with regard to this document or any Product, including, but not limited to, the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. The Company does not assume any liability arising out of the application or use of any Product described in this document. Any information provided in this document is provided only for reference purposes. It is the responsibility of the user of this document to properly design, program, and test the functionality and safety of any application made of this information and any resulting product. Except for customized products which has been expressly identified in the applicable agreement, the Products are designed, developed, and/or manufactured for ordinary business, industrial, personal, and/or household applications only. The Products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems designed or intended for the operation of weapons, weapons systems, nuclear installations, atomic energy control instruments, combustion control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, life-support devices or systems, other medical devices or systems (including resuscitation equipment and surgical implants), pollution control or hazardous substances management, or other uses where the failure of the device or Product could cause personal injury, death, property or environmental damage ("Unintended Uses"). Customers shall take any and all actions to ensure using and selling the Products in accordance with the applicable laws and regulations. The Company is not liable, in whole or in part, and customers shall and hereby do release the Company as well as its suppliers and/or distributors from any claim, damage, or other liability arising from or related to all Unintended Uses of the Products. Customers shall indemnify and hold the Company as well as its suppliers and/or distributors harmless from and against all claims, costs, damages, and other liabilities, including claims for personal injury or death, arising from or related to any Unintended Uses of the Products.

Information in this document is provided solely in connection with the Products. The Company reserves the right to make changes, corrections, modifications or improvements to this document and Products and services described herein at any time, without notice.