

**GigaDevice Semiconductor Inc.**

**ARM<sup>®</sup> Cortex<sup>®</sup>-M3/4/23/33 32-bit MCU**

**应用笔记**

**AN036**

## 目录

目录.....	2
图索引.....	3
表索引.....	4
1. 简介.....	5
2. I2C 总线锁死.....	6
2.1. I2C 总线锁死现象.....	6
2.2. I2C 总线锁死原因.....	6
3. I2C 总线锁死解决方法.....	8
3.1. 强制拉高 SDA 和 SCL.....	8
3.2. SCL 时钟信号释放总线.....	9
3.3. 测试结果.....	10
4. 版本历史.....	12

## 图索引

图 2-1. I2C 总线的起始和停止信号 .....	6
图 2-2. I2C 总线锁死时序.....	7
图 3-1. 强制拉高 SDA 和 SCL 测试 .....	10
图 3-2. SCL 时钟信号释放总线测试.....	11

## 表索引

表 3-1. GD 工程下强制拉高 SDA 和 SCL 的配置 .....	8
表 3-2. GD 工程下的 SCL 时钟信号释放总线配置.....	9
表 4-1. 版本历史.....	12

## 1. 简介

MCU 经常作为主机与 EEPROM 之间使用 I2C 进行通信，当 I2C 主机在通信的过程中发生异常复位时，会有概率出现再无法与 EEPROM 通信，我们称之为总线锁死。为解决此问题，本文提供了采用软件配置释放 I2C 总线的方法。

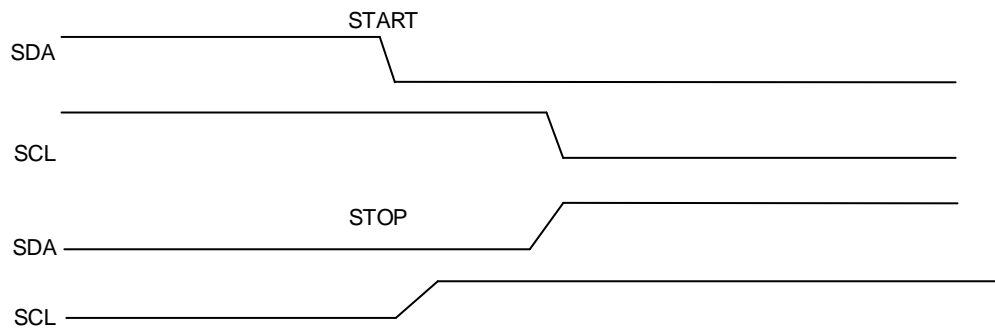
## 2. I2C 总线锁死

### 2.1. I2C 总线锁死现象

I2C 的主从机之间若要完成一次正常的通信任务，在建立通信之前，首先需要主机检测 I2C 总线的状态。当 I2C 总线的 SCL 和 SDA 线均为高电平时，I2C 总线为空闲状态，主机在 SCL 为高电平时，拉低 SDA 信号，从而产生一个 START 起始信号。

I2C 主从机在结束一次通信任务时，需要主机产生一个停止信号，即在 SCL 为高电平时，拉高 SDA 信号。

图 2-1. I2C 总线的起始和停止信号



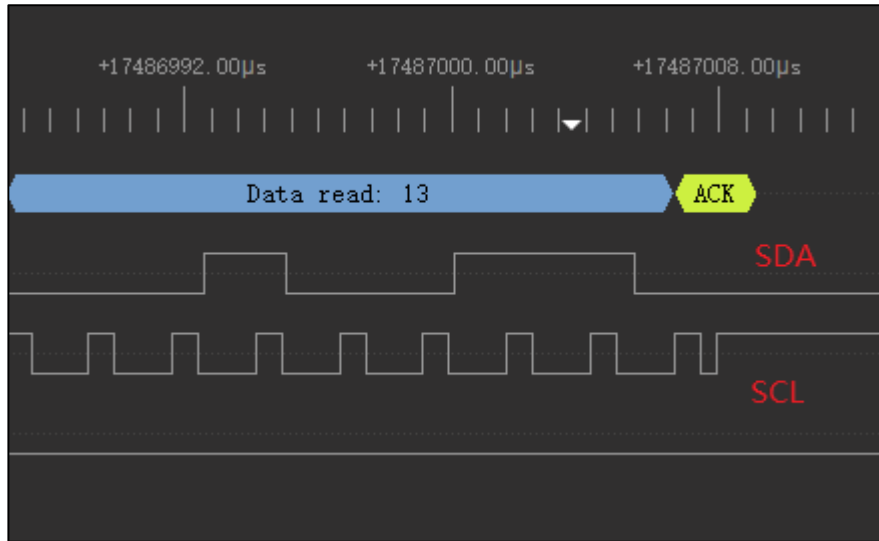
在正常情况下，I2C 总线协议能够保证总线正常的读写操作。但是，当 I2C 主设备复位时(看门狗动作，板上电源异常导致复位芯片动作，手动按钮复位等等)，而从机未复位，可能导致 I2C 总线死锁。在总线锁死的状态下，SCL 保持高电平状态，SDA 保持低电平状态。

### 2.2. I2C 总线锁死原因

在 I2C 主机读写的过程中，有两种情况会导致总线锁死。

1. 主机在发送 START 信号后，控制 SCL 产生 8 个时钟脉冲，然后拉低 SCL 信号为低电平，在这个时候，从设备输出应答信号，将 SDA 信号拉为低电平。如果这个时候主机异常复位，SCL 就会被释放为高电平。此时，如果从机没有复位，就会继续 I2C 的应答，将 SDA 一直拉为低电平，直到 SCL 变为低电平，才会结束应答信号。而由于 I2C 主机复位后检测总线的状态，如果 SDA 信号为低电平，则 I2C 总线被占用，会一直等待 SCL 和 SDA 信号变为高电平。因此，在 I2C 主机等待从机释放 SDA 信号时，I2C 从机又在等待主机将 SCL 信号拉低以释放应答信号，两者相互等待，I2C 总线进入死锁状态。
2. 当 I2C 主机在读数据时，I2C 从机应答后输出数据，如果在这个时刻 I2C 主机异常复位，而此时 I2C 从机输出的数据位正好为 0，也会导致 I2C 总线进入死锁状态。

图 2-2. I2C 总线锁死时序



### 3. I2C 总线锁死解决方法

I2C 总线锁死状态下。通过复位从机也可实现释放总线。但 EEPROM 作为从机时，无法使用软件复位从机的方法，而在某些场合又无法使用硬件的方法进行复位。故需要在 I2C 主机在建立新的通信时，增加总线释放功能。由于总线锁死是概率性的，可以增加总线 BUSY 态超时功能。二者结合可以提高系统的鲁棒性。以下提供两种软件解决方法。

#### 3.1. 强制拉高 SDA 和 SCL

在 I2C 主机复位后，主机检测 I2C 总线一直为 BUSY 状态，且超过设定的时间，则总线被锁死。可通过将 I2C 的 SCL 和 SDA 引脚初始化成普通 GPIO 功能，配置成推挽输出。先拉高 SCL 信号，在拉高 SDA 信号，模拟产生一个 STOP 信号，然后再配置为 I2C 的引脚复用功能。GD32 工程下的软件配置如下表所示。

表 3-1. GD 工程下强制拉高 SDA 和 SCL 的配置

```
/*!
 *brief      reset i2c bus
 *param[in]  none
 *param[out] none
 *retval    none
 */
void i2c_bus_reset()
{
    GPIO_BC(GPIOB) |= GPIO_PIN_6 | GPIO_PIN_7;
    gpio_init(GPIOB,          GPIO_MODE_OUT_PP,          GPIO_OSPEED_50MHZ,
    GPIO_PIN_6|GPIO_PIN_7);
    __nop();
    __nop();
    __nop();
    __nop();
    __nop();
    GPIO_BOP(GPIOB) |= GPIO_PIN_6;
    __nop();
    __nop();
    __nop();
    __nop();
    __nop();
    GPIO_BOP(GPIOB) |= GPIO_PIN_7;
    gpio_init(GPIOB,  GPIO_MODE_AF_OD,  GPIO_OSPEED_50MHZ,  GPIO_PIN_6 |
    GPIO_PIN_7);
}
```



```

/*!
  \brief      check the I2C is or not busy
  \param[in]  none
  \param[out] none
  \retval     none
*/
void check_bus_status(void)
{
    while(i2c_flag_get(I2C0,I2C_FLAG_I2CBSY))
    {
        if(--time_out == 0){
            i2c_bus_reset();
        }
    }
}

```

### 3.2. SCL 时钟信号释放总线

在 I2C 主机中增加 I2C 总线恢复程序。每次 I2C 主设备复位后，如果检测到 SDA 数据线被拉低，则控制 I2C 中的 SCL 时钟线产生 9 个时钟脉冲(针对 8 位数据的情况)，这样 I2C 从设备就可以完成被挂起的操作，从死锁状态中恢复过来。

I2C 主机通过将 SCL 引脚初始化为普通 GPIO 功能，配置成推挽输出。保证连续发送 9 个时钟脉冲，为保证后续 I2C 正常通信，先将 I2C 模块复位，再置位，最后再配置为 I2C 的引脚复用功能。GD32 工程下的软件配置如下表所示。

表 3-2. GD 工程下的 SCL 时钟信号释放总线配置

```

/*!
  \brief      reset i2c bus
  \param[in]  none
  \param[out] none
  \retval     none
*/
void i2c_bus_reset()
{
    uint8_t l = 0;
    gpio_init(GPIOB, GPIO_MODE_OUT_PP, GPIO_OSPEED_50MHZ, GPIO_PIN_6);
    /* SCL output clock signal */
    for(l = 0; l < 10; l++){
        gpio_bit_reset(GPIOB, GPIO_PIN_6);
        delay_1us(2);
        gpio_bit_set(GPIOB, GPIO_PIN_6);
        delay_1us(2);
    }
}

```

```

/* reset I2C */
i2c_software_reset_config(I2C0, I2C_SRESET_RESET);
i2c_software_reset_config(I2C0, I2C_SRESET_SET);
gpio_init(GPIOB, GPIO_MODE_AF_OD, GPIO_OSPEED_50MHZ, GPIO_PIN_6 |
GPIO_PIN_7);
}

/*!
 \brief      check the I2C is or not busy
 \param[in]  none
 \param[out] none
 \retval     none
*/
void check_bus_status(void)
{
    while(i2c_flag_get(I2C0,I2C_FLAG_I2CBSY))
    {
        if(--time_out == 0){
            i2c_bus_reset();
        }
    }
}

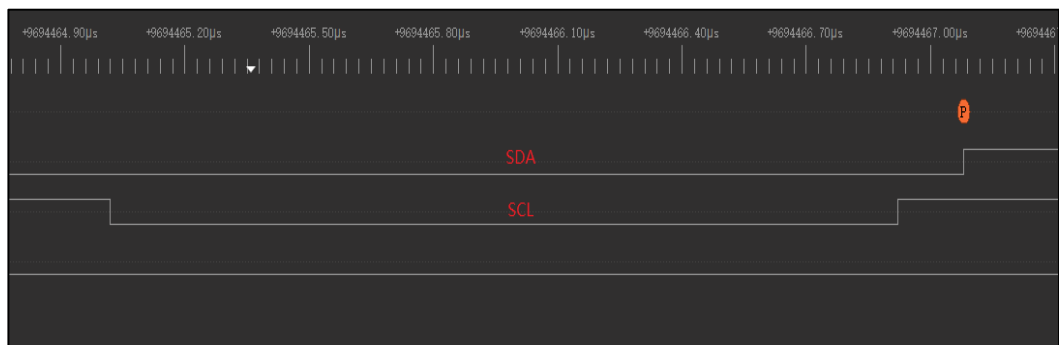
```

### 3.3. 测试结果

在 GD32F303 的平台上测试两种总线释放的方法。其测试结果如 [图 3-1. 强制拉高 SDA 和 SCL 测试](#)和 [图 3-2. SCL 时钟信号释放总线测试](#)所示。

强制拉高 SDA 和 SCL 测试如下图所示，I2C 总线锁死时，SDA 为低电平状态，SCL 为高电平状态。总线释放时，将 SCL 先拉低，再拉高，然后再将 SDA 拉高。最后 I2C 总线上出现 STOP 信号，总线被释放。主机可以开始建立新的通信。

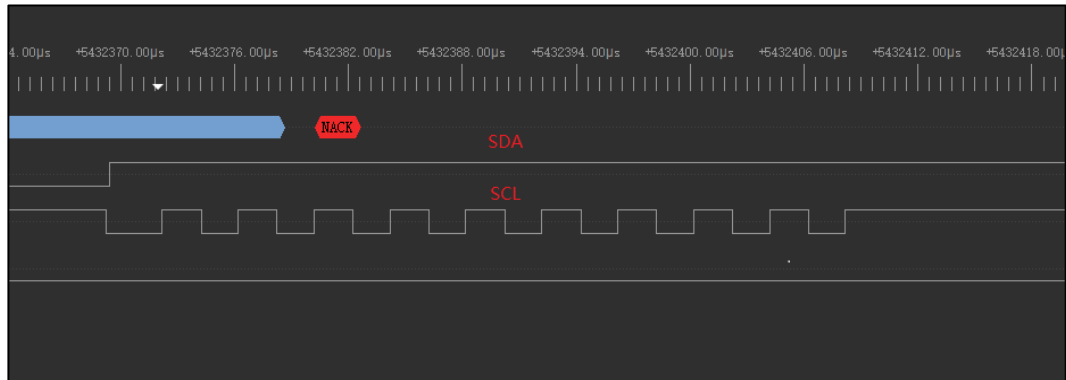
图 3-1. 强制拉高 SDA 和 SCL 测试



SCL 时钟信号释放总线测试如下图所示，I2C 总线锁死后，连续发送 9 个时钟信号，最后 SDA

和 SCL 均被拉高，主机检测到总线为空闲状态，可以开始建立新的通信。

图 3-2. SCL 时钟信号释放总线测试



## 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	2021 年 12 月 13 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.