

BQ79718 休眠下 OVUVOTUT 的反向唤醒应用指导

Alex Ji, Jaden Yue

摘要

新能源汽车的电池管理系统（BMS）除了在汽车正常工作状态下进行全方位的电芯电压、温度采样，并进行芯片自诊断以达到一定的功能安全等级（ASIL level）要求之外，还需要在车辆进入休眠模式低功耗的前提下，实现对车辆电池包的电压、温度监控。在出现过欠压或过欠温故障时可以及时唤醒 BMS 或者整车，进而进行对车辆的全方位检查。该应用指导将介绍基于 BQ79718 的休眠模式下的 OVUVOTUT 的反向唤醒的逻辑、配置以及注意事项。

内容

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | BQ79718 的反向唤醒基本原理 | 3 |
| 1.1 | BQ79718 和 BQ79600 实现的反向唤醒的基本原理..... | 3 |
| 1.2 | BQ79718 的 OVUVOTUT 功能..... | 4 |
| 1.3 | BQ79600 实现反向唤醒的逻辑..... | 6 |
| 2 | 如何配置 BQ79718 和 BQ79600 以实现反向唤醒功能 | 8 |
| 2.1 | BQ79718 实现返现唤醒功能的配置..... | 8 |
| 2.2 | BQ79600 实现返现唤醒功能的配置..... | 9 |
| 2.3 | BQ79600 和 BQ79718 在进入休眠前的其他配置..... | 10 |
| 3 | 基于 EVM 板的反向唤醒的测试 | 11 |
| 3.1 | BQ79600 运行在 Sleep mode 下的反向唤醒测试..... | 11 |
| 3.2 | BQ79600 运行在 Shutdown mode 下的反向唤醒测试..... | 14 |
| 4 | 总结 | 17 |
| | References | 17 |

Figures

| | | |
|------------|--|----|
| Figure 1. | BQ79600/BQ79718 反向唤醒功能框图..... | 3 |
| Figure 2. | BQ79718 OVUV 功能框图..... | 4 |
| Figure 3. | BQ79718 OTUT 功能框图..... | 4 |
| Figure 4. | BQ79718 温度采样电路..... | 5 |
| Figure 5. | BQ79718 OVUV/CBDONE 在 Sleep mode 下的运行时序..... | 5 |
| Figure 6. | BQ79718 OTUT/OTCB 在 Sleep mode 下的运行时序..... | 6 |
| Figure 7. | BQ79718 TSREF 在 Sleep mode 下的周期唤醒波形..... | 6 |
| Figure 8. | BQ79600 工作模式切换逻辑..... | 7 |
| Figure 9. | BQ79600 功能框图..... | 8 |
| Figure 10. | EVM 板测试系统框图..... | 11 |
| Figure 11. | BQ79600 运行在 Sleep mode 下实现的反向唤醒逻辑分析仪数据..... | 13 |

Figure 12. BQ79600 运行在 Shutdown mode 下实现的反向唤醒逻辑分析仪数据 **Error! Bookmark not defined.**

Figure 13. 逻辑分析仪数据放大图 17

1 BQ79718 的反向唤醒基本原理

1.1 BQ79718 和 BQ79600 实现的反向唤醒的基本原理

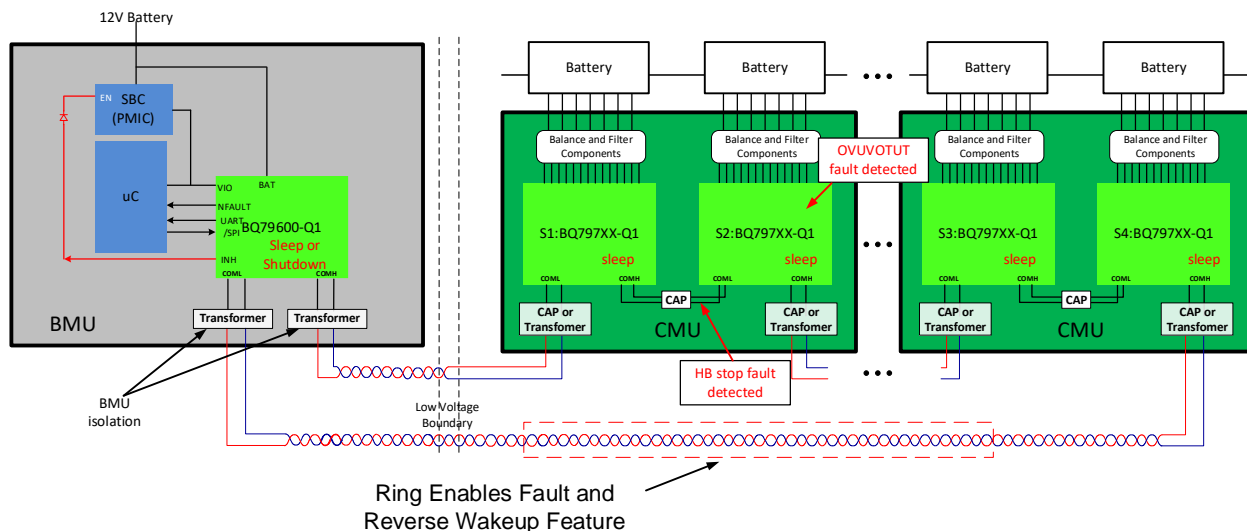


Figure 1. BQ79600/BQ79718 反向唤醒功能框图

上图为传统 BMS 的反向唤醒系统框图，其中使用多个 BQ79718 作为 AFE，完成对电池包所有电芯电压和温度的监控。使用 BQ79600 作为桥接芯片连接 AFE 和 MCU，进行通信数据的转换传递。其中 BMS 工作在低功耗模式下对电池包进行 OVUVOTUT 以及 Heartbeat 信号的监控，在电池包出现故障后反向唤醒 BMS 的功能，我们称之为 AFE 的反向唤醒功能。通常反向唤醒功能需要一个环形的菊花链。

要实现反向唤醒功能，BQ79600 可以工作在 Sleep mode 或者使能 Sniff 功能后的 Shutdown mode。BQ79600 工作在 Sleep mode 下的功耗相较 Shutdown mode 下要大一些，Shutdown mode 节省了功耗但失去了 BQ79600 到第一个 AFE 和最后一个 AFE 之间正反向两根通信线的诊断功能。

与 BQ79600 不同，BQ79718 必须工作在 Sleep mode 下。在 BQ79718 进入 Sleep mode 前需要配置好 OVUVOTUT 的报警阈值以及检测周期。进入 Sleep mode 后，BQ79718 会周期性的唤醒 TSREF 并进行 OVUVOTUT 的故障诊断。同时，如果使能了心跳信号 Heartbeat tone 的诊断功能，BQ79718 还可以通过诊断心跳信号来判断其前面 AFE 以及中间通信线的好坏。在无故障状态下，BQ79718 会以 400ms 周期性发送 Heartbeat tone，一旦有 OVUVOTUT 故障或者 Heartbeat 丢失超过 1s，BQ79718 会立刻停止发送 Heartbeat tone 转而发送 Fault tone。其后方的 BQ79718 接收到 Fault tone 之后，也会立刻开始发送 Fault tone，最后将 Fault tone 传递到 BQ79600。

BQ79600 的通信口接收到 Fault tone 之后，会拉高 INH 电平。INH 电平经过分压电阻分压后作为 SBC/PMIC 的硬线唤醒信号来唤醒 SBC/PMIC。然后 MCU 会被 SBC/PMIC 唤醒，MCU 被唤醒后先将 BQ79600 唤醒，然后通过 BQ79600 发送 Sleep2active tone 来唤醒 BQ79718。BMS 被唤醒后会进行故障诊断，得到具体故障后，按照故障等级的危害性来执行对应的措施。

1.2 BQ79718 的 OVUVOTUT 功能

要实现反向唤醒功能，需要在 BQ79718 进入 Sleep mode 前配置好 OVUVOTUT 的功能，以实现其在 Sleep mode 下对电池包的电压、温度的监控。进入 Sleep mode 后，其他模块会被关闭，只有 OVUVOTUT 模块和通信模块继续运行。Sleep mode 下芯片的功耗主要包括保护模块和通信模块的功耗。

BQ79718 的 OVUV 功能实现逻辑如下图所示。通过寄存器配置好 OVUV 阈值后，芯片的 OVUV DAC 会产生对应的模拟电压给到比较器的输入端。比较器的另一端通过一个 MUX 和 level shifter 连接到电芯电压。当电芯电压超过配置的阈值后，OVUV 故障会被置位。

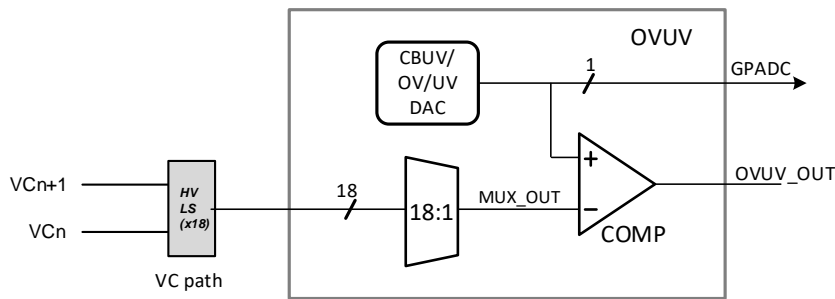


Figure 2. BQ79718 OVUV 功能框图

同样的道理，OTUT 的功能实现逻辑如下图所示。GPIO 端口采集的上拉电阻与 NTC 的分压与 OTUT 阈值通过比较器比较，出现 OTUT 事件后会置位 OTUT 故障位。其中 OTUT 的阈值是通过百分比的形式进行配置的，阈值百分比配置为 50% 的意思是 NTC 在某个温度下的阻值 (thermistor) 与上拉电阻等 (R1, R2) 分压后，输入给 GPIO 的电压等于 TSREF 电压的 50%。

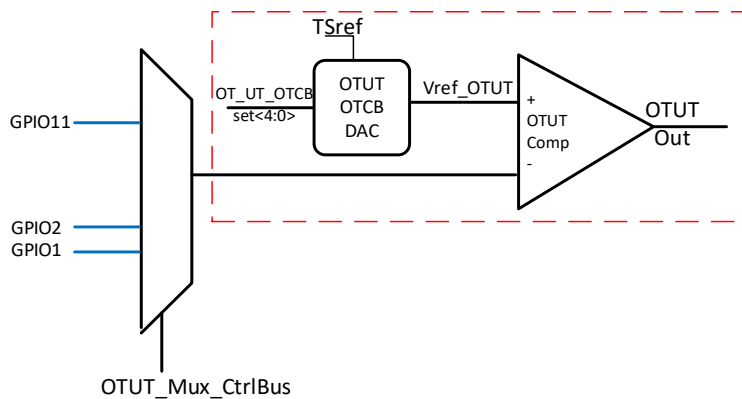


Figure 3. BQ79718 OTUT 功能框图

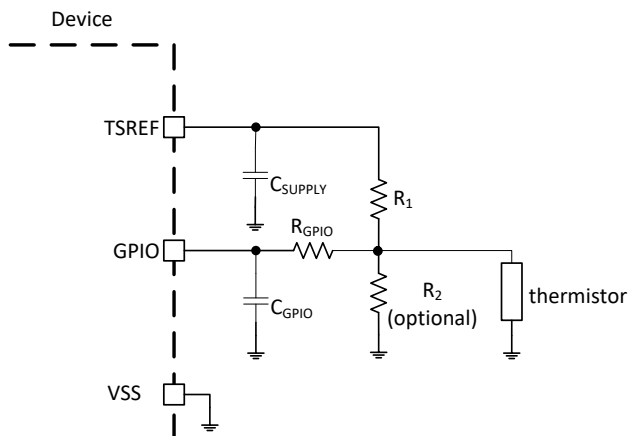


Figure 4. BQ9718 温度采样电路

OVUVOTUT 配置有关的寄存器有:

- 1, OVUV 阈值配置寄存器: OV_THRESH 0x009, UV_THRESH 0x00A。
- 2, OTUT 阈值配置寄存器: OTUT_THRESH 0x00B。
- 3, UV 屏蔽寄存器: UV_DISABLE1/2/3 0x00C/D/E。
- 4, OVUVOTUT 的控制寄存器: OVUV_CTRL1/2 0x334/335, OTUT_CTRL1/2 0x336/337
- 5, Sleep mode 下的检测周期配置寄存器: DEV_CONF1 0x002.

BQ9718 为了实现在 Sleep mode 下更低的功耗, 增加了 OVUVOTUT 周期检测的功能, 用户可以通过寄存器配置实现 0.5s、1s、2s、4s 的周期诊断, 具体的 OVUVOTUT 的各个通道的运行时序如 Figure5 和 Figure6 所示。

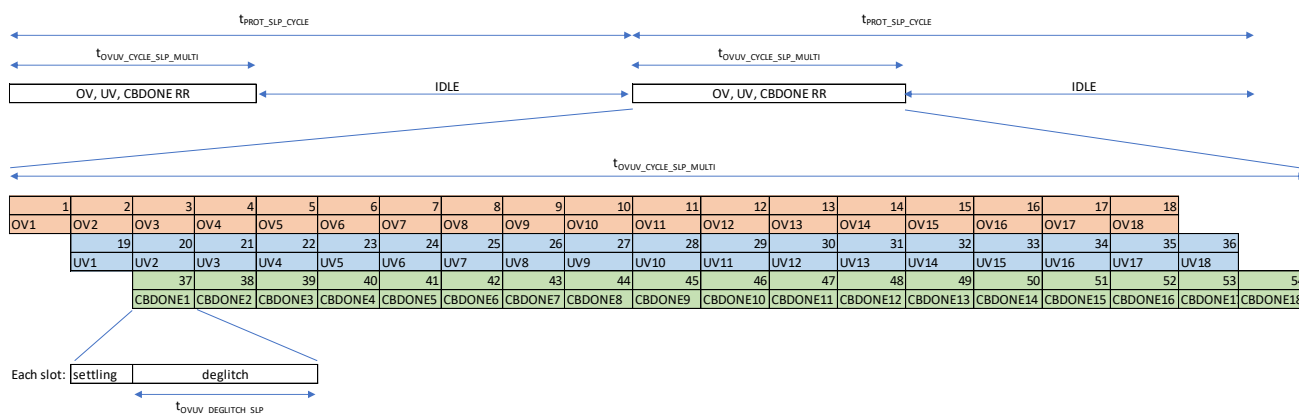


Figure 5. BQ9718 OVUV/CBDONE 在 Sleep mode 下的运行时序

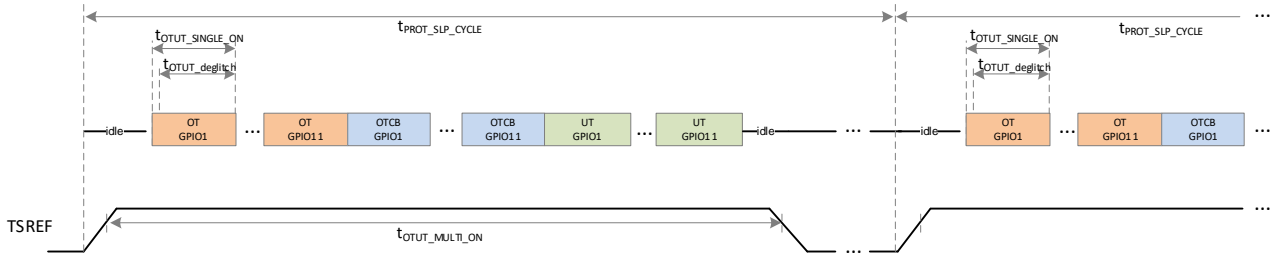


Figure 6. BQ79718 OTUT/OTCB 在 Sleep mode 下的运行时序

区别于 BQ79616 的 Sleep mode 下 TSREF 常带电的模式，BQ79718 的 TSREF 在 Sleep mode 大部分时间是没有电压的，TSREF 仅会按照前面寄存器配置的周期循环的被拉高，然后进行 OVUVOTUT 的诊断。完成诊断后 TSREF 将会拉低。TSREF 周期唤醒的示波器波形如 Figure7 蓝色信号所示，总共拉高时间大概在 10ms 左右。

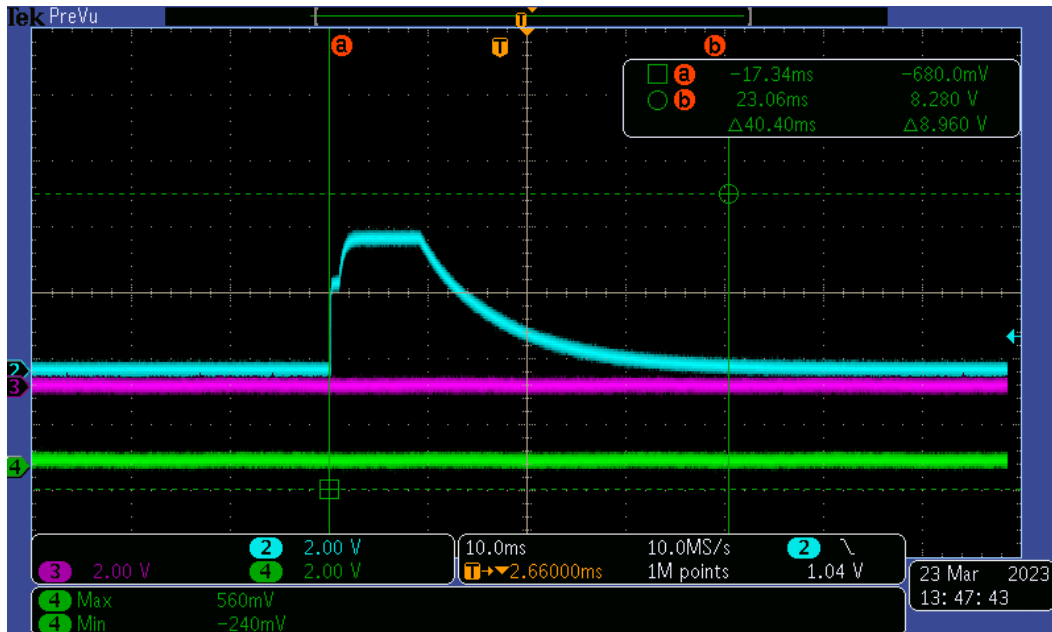


Figure 7. BQ79718 TSREF 在 Sleep mode 下的周期唤醒波形

1.3 BQ79600 实现反向唤醒的逻辑

在反向唤醒的过程中，BQ79600 可以工作在 Sleep mode 或使能 Sniff 功能后的 Shutdown mode 中。

如果 BQ79600 工作在 Sleep mode 下实现反向唤醒，BQ79600 需要使能 INH 功能，而 Heartbeat tone 功能可以选择性打开。进入 Sleep mode 后，BQ79600 的通信模块时刻监控是否收到 Fault tone，一旦检测到 Fault tone，BQ79600 会把 INH 引脚拉高，INH 作为硬线唤醒信号唤醒 BMS 的 SBC 或者 PMIC 电源管理芯片。SBC/PMIC 被唤醒后，会继续唤醒 MCU，MCU 进而唤醒 BQ79600 和 BQ79718，进行数据交互后确认反向唤醒的原因。如下图所示的，BQ79600 会从 Sleep mode 进入 active mode。

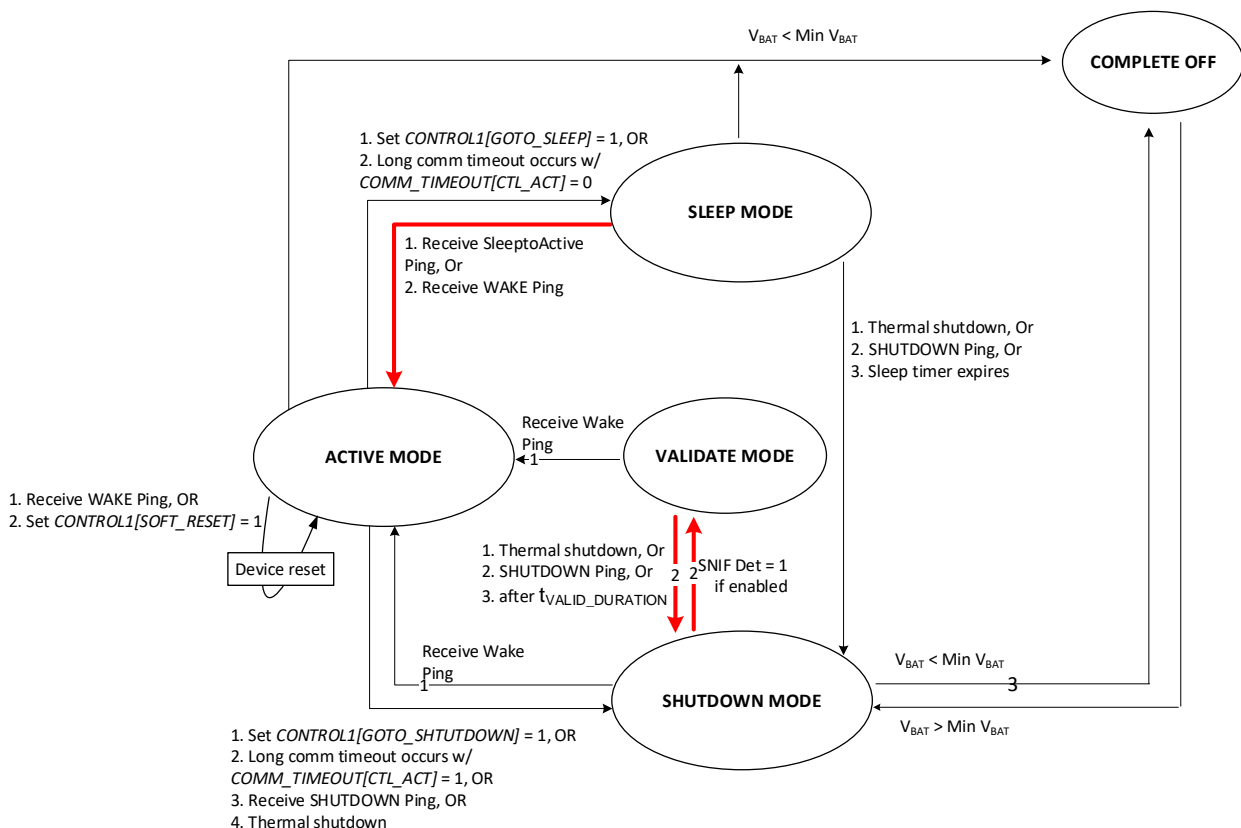


Figure 8. BQ79600 工作模式切换逻辑

BQ79600 也可以工作在 Shutdown mode 下，前提是进入 Shutdown mode 前使能 Sniff 功能。如上图所示的 Shutdown mode、VALIDATE mode 和 ACTIVE mode 的切换逻辑，当电池系统中发生故障，Fault tone 传递给 BQ79600 时，第一个 Fault tone 会触发 SNIF Det=1 的逻辑，进而促使 BQ79600 进入 VALIDATE mode。进入 VALIDATE mode 后，CVDD 会被拉高，但此时并不会立刻拉高 INH。芯片会等待 t_{VALID_DURATION} 的时间，如果有第二个 Fault tone 被检测到，BQ79600 会拉高 INH 来反向唤醒 BMS。否则 BQ79600 会从 VALIDATE mode 切换回 Shutdown mode，CVDD 被拉低，芯片继续等待下一个 Fault tone。

Note: BQ79600 使能 Sniff 功能并进入 Shutdown mode 后，BQ79600 将不再发送 Heartbeat tone 给 S1 BQ79718，因此需要把 S1 BQ79718 的 Heartbeat tone 故障检测屏蔽掉。

INH 的使能原理如 Figure 9，BQ79600 功能框图所示，在 COMH/L 检测到 Fault tone 后，INH 与 BAT 之间的开关管会被打开，INH 会被上拉到 BAT。如果 BAT 供电是 12V，需要在 INH 后面使用电阻分压的方式降压到 5V 或 3V 以唤醒 SBC/PMIC。

Note: BQ79600 工作在 Sleep mode 下的功耗相较 Shutdown mode 下要大一些。Shutdown mode 节省了功耗但是失去了 BQ79600 到第一个 BQ79718 直接通信线的诊断。因为在休眠过程中，处于 Shutdown mode 的 BQ79600 不再发出和检测 Heartbeat tone。

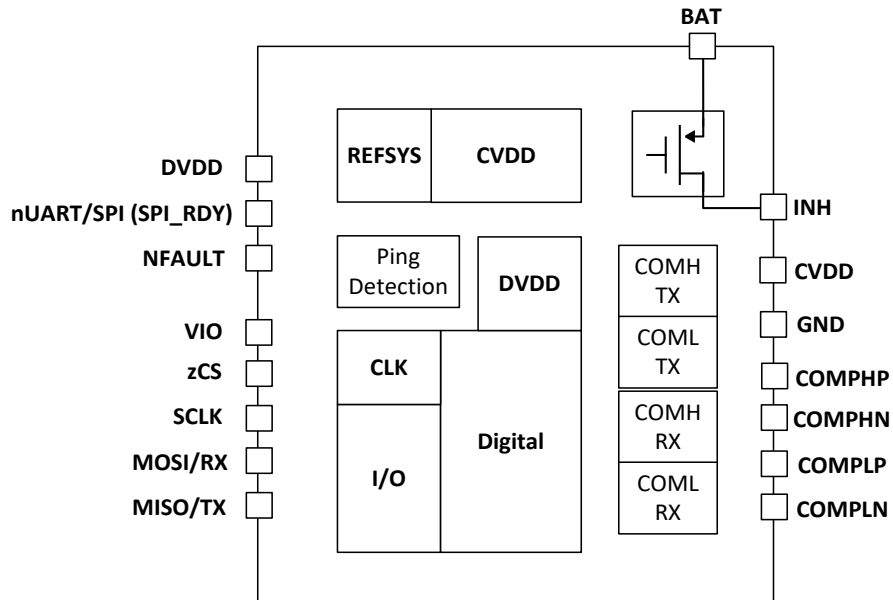


Figure 9. BQ79600 功能框图

2 如何配置 BQ79718 和 BQ79600 以实现反向唤醒功能

在进行 BQ79718 和 BQ79600 的反向唤醒的配置前，需要先将两个芯片唤醒并编址，然后分别对其进行配置。

2.1 BQ79718 实现返现唤醒功能的配置

BQ79718 的配置可以分为三部分：1，Heartbeat 和 Fault tone 的配置。2，休眠诊断周期的配置。3，OVUVOTUT 的有效通道和阈值配置。

其中，如果 BQ79600 使用 Sleep mode 运行反向唤醒，那么 Heartbeat 和 Fault tone 的配置以及休眠诊断周期的配置例程如下：

```
#718,enable Heartbeat and Fault tone and Sleep cycle=0.5s
```

```
B0 00 02 03 67 85
```

如果 BQ79600 使用 Shutdown mode，需要额外屏蔽掉第一颗 BQ79718 的 Heartbeat tone 检测机制：

```
#mask HB Fault of S1, as 600 will not send out tone under Shutdown mode
```

```
91 01 00 0F 87 F7 33 2F
```

然后，OVUVOTUT 的有效通道、阈值以及诊断周期的配置的例程如下：

```
#OV threshold=2700mV
```

```
B0 00 09 00 20 B4
```

```
#UV threshold=1200mV
```

```

B0 00 0A 00 20 44
#UT 72%,OT 10%
B0 00 0B 00 21 D4
#UV disable, all channel enable
B2 00 0C 00 00 00 18 99
#GPIO config, only GPIO5/6/7/8 are ADC input and OVUV ratiometric
B5 00 1E 00 00 09 09 00 00 2D F8
#OVUV lock for diag
B0 03 34 00 C0 24
#OVUV go Round robin with all cells
B0 03 35 03 81 B5
#OTUT lock for diag
B0 03 36 00 C1 44
#OTUT go Round robin with all cells
B0 03 37 03 80 D5

```

以上例程完成了对 BQ79718 OVUVOTUT 的配置，其中 OV 阈值为 2700mV，UV 阈值为 1200mV，OT 阈值为 10%，UV 阈值为 72%。使能了 Heartbeat 和 Fault tone 信号，休眠模式下的诊断周期为 0.5s。

需要额外说明一下 OTUT 的配置。有些情况下芯片需要同时检测板外电池包的温度和板内均衡电阻的温度，而这两个位置的温度保护阈值一般是不相同的，均衡电阻温度保护阈值会高于电池包温度保护阈值。因此有两种方式解决该问题：1，使用不同 NTC 以匹配相同的温度保护阈值。2，使用不同上下拉匹配电阻 R1/R2，以实现相同 GPIO 电压保护阈值的前提下实现对两个温度的报警。

2.2 BQ79600 实现返现唤醒功能的配置

BQ79600 的配置需要按照 Sleep mode 和 Shutdown mode 来进行。运行在 Sleep mode 下的配置，需要使能 BQ79600 的 Heartbeat tone 和 TONE_RX_EN。也需要使能 INH 功能。

Note: BQ79600 在每次唤醒后需要对 INH 需要进行一次复位，然后再使能 INH，否则前一次拉高的 INH 会一直处于拉高状态。

下面是 BQ79600 Sleep mode 的配置：

```

#600, enable HB and TONE_RX_EN
90 00 20 01 35 24 50
#If flip 0x2001 or 0x2020, Fault_reg will be 0x04, to reset this Fault,CONF_MON_GO must be 1
every time and then reset RST_REG.

```

ZHCAG49

```
90 00 20 00 20 E4 0F
```

```
#600,reset INH
```

```
90 00 20 02 03 A4 B6
```

```
#600,enable INH
```

```
90 00 20 02 00 E4 B7
```

下面是 BQ79600 Shutdown mode 的配置:

```
#enable snif
```

```
90 00 20 01 94 E5 E8
```

```
#600, enable HB and TONE_RX_EN
```

```
90 00 20 01 35 24 50
```

```
#if flip 0x2001 or 0x2020, Fault_reg will be 0x04, to reset this Fault,CONF_MON_GO must be 1 every time and then reset RST_REG.
```

```
90 00 20 00 20 E4 0F
```

```
#600,reset INH
```

```
90 00 20 02 03 A4 B6
```

```
#600,enable INH
```

```
90 00 20 02 00 E4 B7
```

2.3 BQ79600 和 BQ79718 在进入休眠前的其他配置

使用上面两小节的配置，可以成功的把 BQ79600 和 BQ79718 配置成反向唤醒的状态，下面需要进行进入休眠前的准备工作，

- 1, 对于 BQ79718, 屏蔽掉休眠状态下不想要报错的故障位, 唤醒芯片后在按照需求重新配置。
- 2, 复位 BQ79718 和 BQ79600 的所有的故障寄存器。
- 3, 芯片进入 Sleep 或者 Shutdown mode。

例程如下:

```
#718 mask all Fault except OVUVOTUT, Heartbeat and Fault tone
```

```
B1 00 0F 87 F3 4B AC
```

```
#718, reset all Fault
```

```
B1 03 40 FF FF 58 3A
```

```
#600,reset all Fault
```

```
90 00 20 30 FF B1 97
```

```
#all 718, go to Sleep
```

```
B0 03 09 04 D1 77
```

如果 BQ79600 使用 Sleep mode，使用下面指令：

```
#BQ79600 go to Sleep mode
```

```
90 00 03 09 04 13 8E
```

如果 BQ79600 使用 Shutdown mode，使用下面指令：

```
#BQ79600 go to Shutdown mode
```

```
90 00 03 09 08 13 8B
```

3 基于 EVM 板的反向唤醒的测试

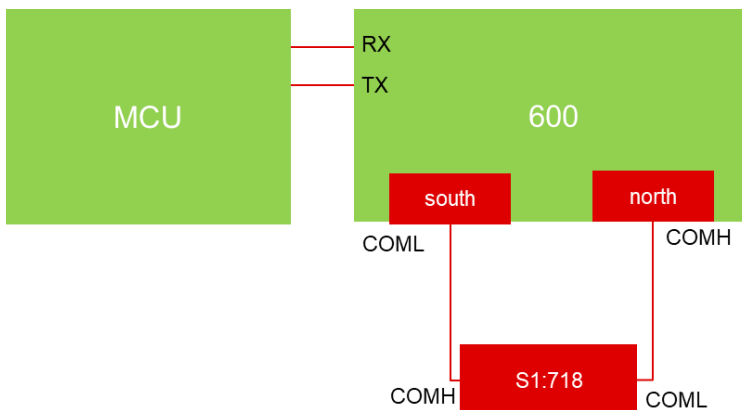


Figure 10. EVM 板测试系统框图

上图为测试的系统框图，其中 BQ79600 为桥接芯片，BQ79718 作为 AFE。

3.1 BQ79600 运行在 Sleep mode 下的反向唤醒测试

先进行 BQ79600 Sleep mode 下的反向唤醒测试。这里不需要屏蔽第一个 AFE 的 Heartbeat 检测，将系统唤醒并编址后运行如下代码：

```
#718,mask all Fault except OVUVOTUT, Heartbeat and Fault tone
```

```
B1 00 0F 87 F3 4B AC
```

```
#718,enable Heartbeat and Fault tone and Sleep cycle=0.5s
```

```
B0 00 02 03 67 85
```

```
#600, enable HB and TONE_RX_EN
```

ZHCAG49

90 00 20 01 35 24 50

#if flip 0x2001 or 0x2020, Fault_reg will be 0x04, to reset this Fault,CONF_MON_GO must be 1 every time and then reset RST_REG.

90 00 20 00 20 E4 0F

#600,reset INH

90 00 20 02 03 A4 B6

#600,enable INH

90 00 20 02 00 E4 B7

#=====718 OVUV configuration.

#OV threshold=2700mV

B0 00 09 00 20 B4

#UV threshold=1200mV

B0 00 0A 00 20 44

#UT 72%,OT 10%

B0 00 0B 00 21 D4

#UV disable, No

B2 00 0C 00 00 00 18 99

#GPIO config, only GPIO5/6/7/8 are ADC input and OVUV ratiometric

B5 00 1E 00 00 09 09 00 00 2D F8

#OVUV lock for diag

B0 03 34 00 C0 24

#OVUV go Round robin with all cells

B0 03 35 03 81 B5

#OTUT lock for diag

B0 03 36 00 C1 44

#OTUT go Round robin with all cells

B0 03 37 03 80 D5

#=====

#718, reset all Fault

B1 03 40 FF FF 58 3A

#600,reset all Fault

90 00 20 30 FF B1 97

#600 and 718, go to Sleep

D0 03 09 04 CF 77

运行实例代码后，在 BQ79718 和 BQ79600 均处于 Sleep mode 下，调整电芯电压或者温度或者断开通信线来触发 OVUVOTUT 或者 Heartbeat 故障。测试结果的逻辑分析仪数据如 Figure11 所示：

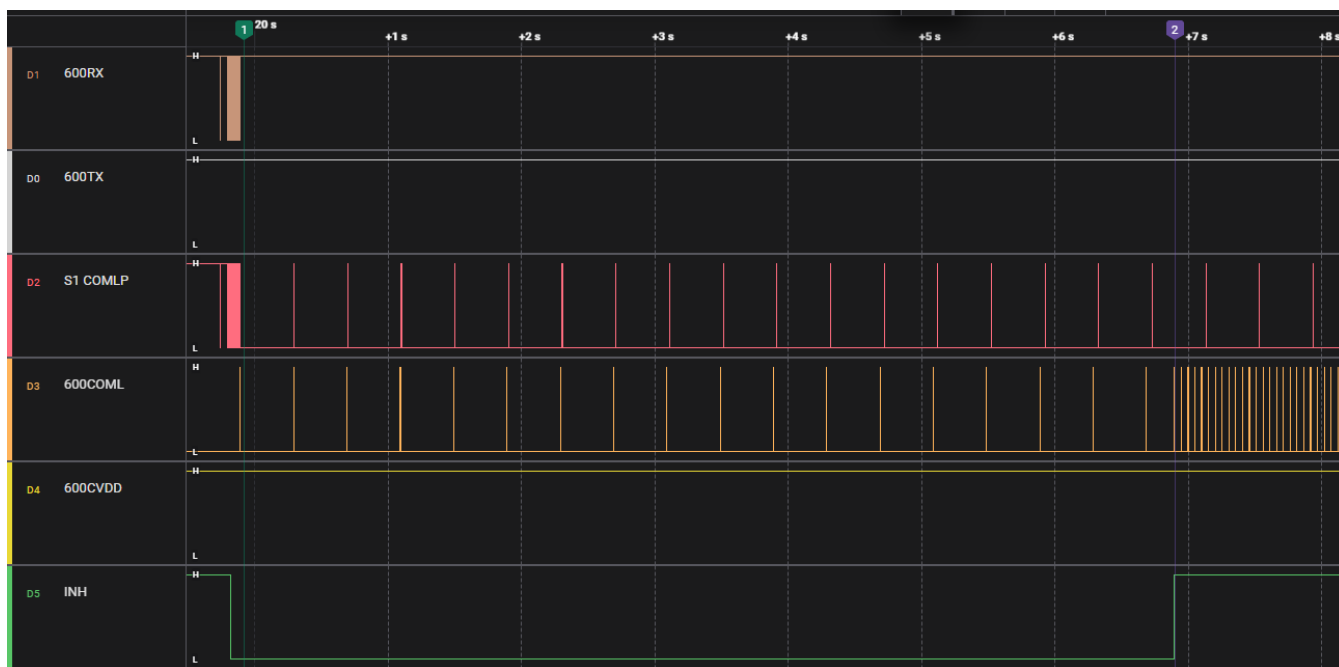


Figure 11. BQ79600 运行在 Sleep mode 下实现的反向唤醒逻辑分析仪数据

其中，

D0: 600TX 为 BQ79600 与 MCU 通信的 UART 的 TX 信号。

D1: 600RX 为 BQ79600 与 MCU 通信的 UART 的 RX 信号。

D2: S1 COMLP 为第一颗 BQ79718 的 COML 口。

D3: 600COML 为 BQ79600 的 COML 口。

D4: 600CVDD 为 BQ79600 的 CVDD 电压，用来表征 BQ79600 是否处于 active 状态。

D5: INH 为 BQ79600 的 INH 引脚。

可以看到，

1，在 t_1 时刻，BQ79718 进入 Sleep mode，BQ79600 进入 Sleep mode，CVDD 常高。

- 2, 在 t_2 时刻之前, BQ79600 每 400ms 发送 Heartbeat tone 给第一颗 BQ79718。BQ79718 也会每 400ms 发送一个 Heartbeat tone 给后面的芯片。
- 3, 在 t_2 时刻, 人为注入 OVUVOTUT 或者 Heartbeat tone fail 故障, 此时 BQ79718 检测到故障后, 立刻开始发送 Fault tone。
- 4, BQ79600 收到 Fault tone 后, 会立刻拉高 INH。

3.2 BQ79600 运行在 Shutdown mode 下的反向唤醒测试

下面进行 BQ79600 Shutdown mode 下的反向唤醒测试。需要使能 BQ79600 的 SNIF 功能, 同时需要屏蔽第一个 AFE 的 Heartbeat 检测, 将系统唤醒并编址后运行如下代码:

```
#wake up and autoaddress system firstly
#=====718 config=====
#718,mask all Fault except OVUVOTUT, Heartbeat and Fault tone
B1 00 0F 87 F3 4B AC
#mask HB Fault of S1, as 600 will not send out tone under Shutdown mode
91 01 00 0F 87 F7 33 2F
#718,enable Heartbeat and Fault tone and Sleep cycle=0.5s
B0 00 02 03 67 85
#=====600 config=====
#enable snif
90 00 20 01 94 E5 E8
#CONF_MON_GO=1, RST_REG=1
90 00 20 00 20 E4 0F
90 00 20 30 FF B1 97
#ENABLE INH
90 00 20 02 00 E4 B7
#600, enable HB and TONE_RX_EN
90 00 20 01 35 24 50
#if flip 0x2001 or 0x2020, Fault_reg will be 0x04, to reset this Fault,CONF_MON_GO must be 1
every time and then reset RST_REG.
90 00 20 00 20 E4 0F
#600,reset INH
```

```

90 00 20 02 03 A4 B6
#600,enable INH
90 00 20 02 00 E4 B7
#=====718 OVUV configuration.
#OV_THRESH 0x009
#UV_THRESH 0x00A
#OTUT_THRESH 0x00B
#UV_DISABLE1/2/3 0x00C/D/E
#OVUV_CTRL1/2 0x334/335
#OTUT_CTRL1/2 0x336/337
#OV threshold=2700mV
B0 00 09 00 20 B4
#UV threshold=1200mV
B0 00 0A 00 20 44
#UT 72%,OT 10%
B0 00 0B 00 21 D4
#UV disable, No
B1 00 0C 00 00 98 19
#GPIO config, only GPIO5/6/7/8 are ADC input and OVUV ratiometric
B5 00 1E 00 00 09 09 00 00 2D F8
#OVUV lock for diag
B0 03 34 00 C0 24
#OVUV go Round robin with all cells
B0 03 35 03 81 B5
#OTUT lock for diag
B0 03 36 00 C1 44
#OTUT go Round robin with all cells
B0 03 37 03 80 D5
#=====

```

```
#718, reset all Fault
B1 03 40 FF FF 58 3A
#600,reset all Fault
90 00 20 30 FF B1 97
#718, go to Sleep
B0 03 09 04 D1 77
#600, go to Shutdown
90 00 03 09 08 13 8B
```

运行实例代码后，BQ79718 处于 Sleep mode 下，BQ79600 处于 Shutdown mode 下，调整电芯电压或者温度或者断开通信线来触发 OVUVOTUT 或者 Heartbeat 故障。测试结果的逻辑分析仪数据如 Figure 12、13 所示：

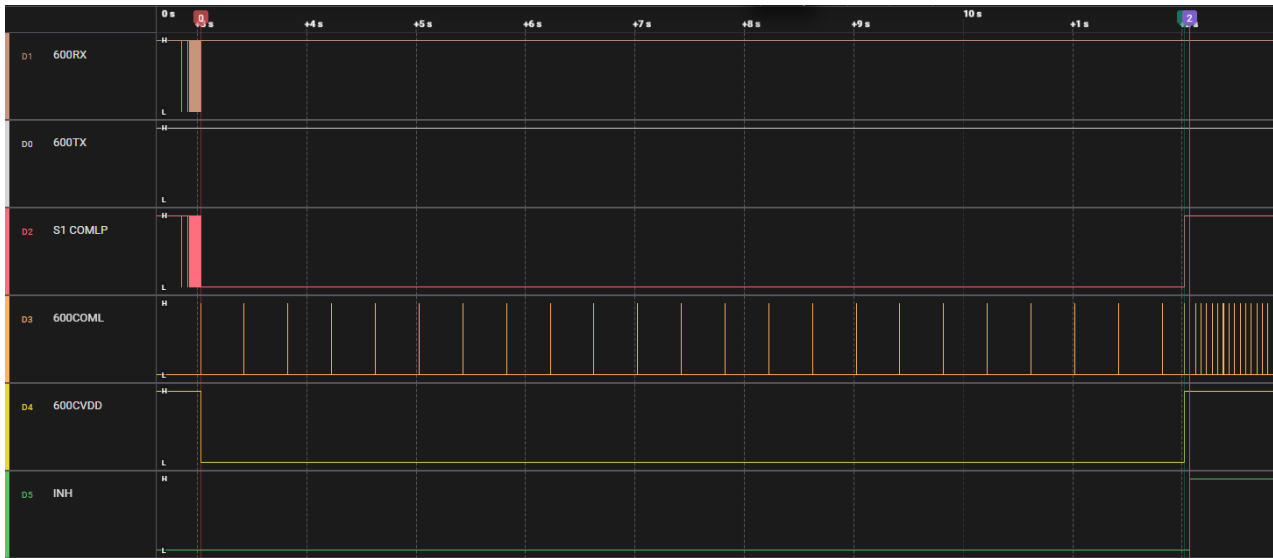


Figure 12. BQ79600 运行在 Shutdown mode 下实现的反向唤醒逻辑分析仪数据

其中：

- D0: 600TX 为 BQ79600 与 MCU 通信的 UART 的 TX 信号。
- D1: 600RX 为 BQ79600 与 MCU 通信的 UART 的 RX 信号。
- D2: S1 COMLP 为第一颗 BQ79718 的 COML 口。
- D3: 600COML 为 BQ79600 的 COML 口。
- D4: 600CVDD 为 BQ79600 的 CVDD 电压，用来表征 BQ79600 是否处于 active 状态。
- D5: INH 为 BQ79600 的 INH 引脚。

可以看到，

- 1, 在 t_0 时刻, BQ79718 进入 Sleep mode, BQ79600 进入 Shutdown mode, CVDD 被拉低。
- 2, 在 t_1 时刻之前, BQ79718 每 400ms 发送一个 Heartbeat tone 给后面的芯片。
- 3, 在 t_1 时刻, 人为注入 OVUVOTUT 或者 Heartbeat tone fail 故障, 此时 BQ79718 检测到故障后, 立刻开始发送 Fault tone。
- 4, BQ79600 收到 Fault tone 后, 会进入 VALIDATE 模式, 等待第二个 Fault tone。
- 5, 在 t_2 时刻, BQ79600 收到了第二个 Fault tone, INH 被拉高。



Figure 13. 逻辑分析仪数据放大图

4 总结

本文介绍了 BQ79600 和 BQ79718 组成的 BMS 是如何实现反向唤醒的。分别解释了两个芯片实现反向唤醒的工作逻辑。同时给出了具体的配置流程和对应的测试结果。想要使用 BQ79600 和 BQ79718 的反向唤醒的工程师可以理解其原理后, 对应的稍微修改配置程序即可实现反向唤醒功能。

References

1. [BQ79600-Q1 datasheet 具备自动主机唤醒功能且符合功能安全标准的汽车类 SPI/UART 通信接口](#)
2. [BQ79718-Q1 datasheet 功能安全合规型汽车类 18 节串联电池监测器](#)

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you fully indemnify TI and its representatives against any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#), [TI's General Quality Guidelines](#), or other applicable terms available either on ti.com or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may propose.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025