

Alex Ji

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面的电芯电压、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 BQ79616 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 BQ79616 的反向唤醒基本原理	2
1.1 BQ79616 和 BQ79600 实现的反向唤醒的基本原理	2
1.2 BQ79616 的 OVUVOTUT 功能	2
1.3 BQ79600 实现反向唤醒的逻辑	4
2 如何配置 BQ79616 和 BQ79600 以实现反向唤醒功能	7
2.1 BQ79616 实现反向唤醒功能的配置	7
2.2 BQ79600 实现反向唤醒功能的配置	7
2.3 BQ79600 和 BQ79616 在进入休眠前的其他配置	8
3 基于 EVM 板的反向唤醒的测试	10
3.1 BQ79600 运行在 Sleep mode 下的反向唤醒测试	10
3.2 BQ79600 运行在 Shutdown mode 下的反向唤醒测试	13
4 总结	16
5 参考文档	16

插图清单

图 1-1. BQ79600/BQ79616 反向唤醒功能框图	2
图 1-2. BQ79616 OVUV 功能框图	3
图 1-3. BQ79616 OTUT 功能框图	3
图 1-4. BQ79616 温度采样电路	3
图 1-5. BQ79616 OVUV/CBDONE 在 Sleep mode 下的运行时序	4
图 1-6. BQ79616 OTUT/OTCB 在 Sleep mode 下的运行时序	4
图 1-7. image7_BQ79600 工作模式切换逻辑	5
图 1-8. image8_BQ79600 功能框图	6
图 3-1. EVM 板测试系统框图	10
图 3-2. BQ79600 运行在 Sleep mode 下实现 OVUVOTUT 的反向唤醒逻辑分析仪数据	12
图 3-3. BQ79600 运行在 Sleep mode 下实现 HB fail 的反向唤醒逻辑分析仪数据	12
图 3-4. BQ79600 运行在 Shutdown mode 下实现的反向唤醒逻辑分析仪数据	15
图 3-5. 逻辑分析仪数据放大图	15

1 BQ79616 的反向唤醒基本原理

1.1 BQ79616 和 BQ79600 实现的反向唤醒的基本原理

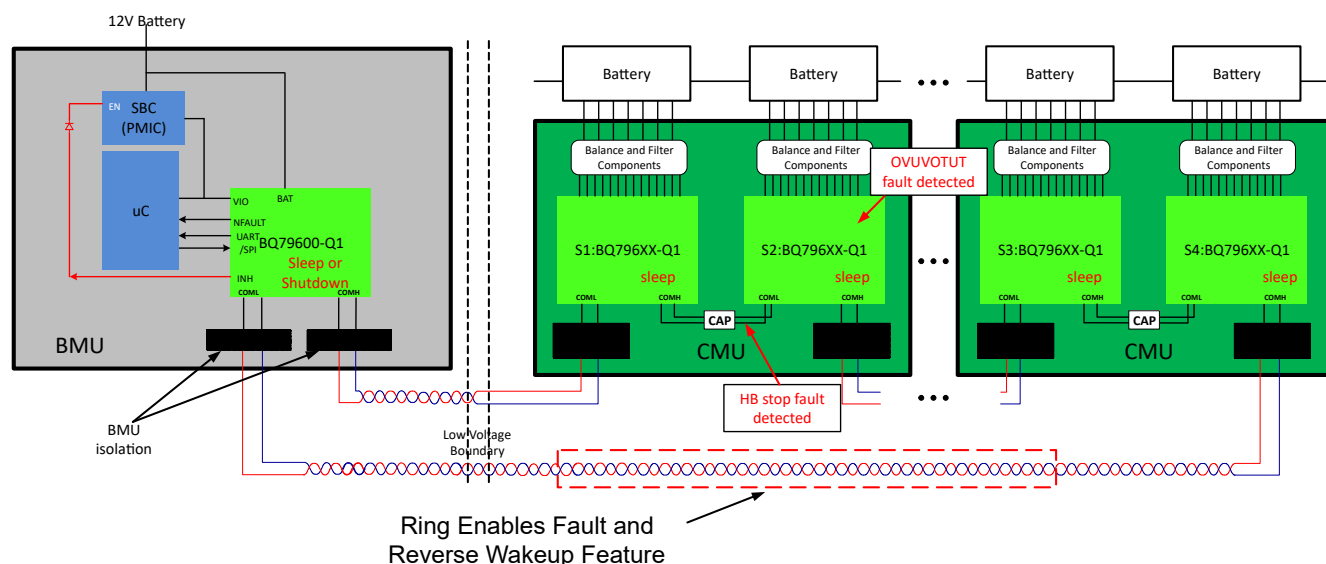


图 1-1. BQ79600/BQ79616 反向唤醒功能框图

上图传统 BMS 的反向唤醒系统框图，其中使用多个 BQ79616 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，BQ79616 必须工作在 Sleep mode 下。在 BQ79616 进入 Sleep mode 前需要配置好 OVUVOTUT 的报警阈值。进入 Sleep mode 后，BQ79616 的 TSREF 是常带电的，实时进行 OVUVOTUT 的故障诊断。同时，如果使能了心跳信号 Heartbeat tone 的诊断功能，BQ79616 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，BQ79616 会以 400ms 周期性发送 Heartbeat tone，一旦有 OVUVOTUT 故障或者 Heartbeat 丢失超过 1s，BQ79616 会立刻停止发送 Heartbeat tone 转而发送 Fault tone。其后方的 BQ79616 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，再通过 BQ79600 发送 Sleep2active tone 来唤醒 BQ79616。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 BQ79616 的 OVUVOTUT 功能

要实现反向唤醒功能，需要在 BQ79616 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。

BQ79616 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 BCI 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。

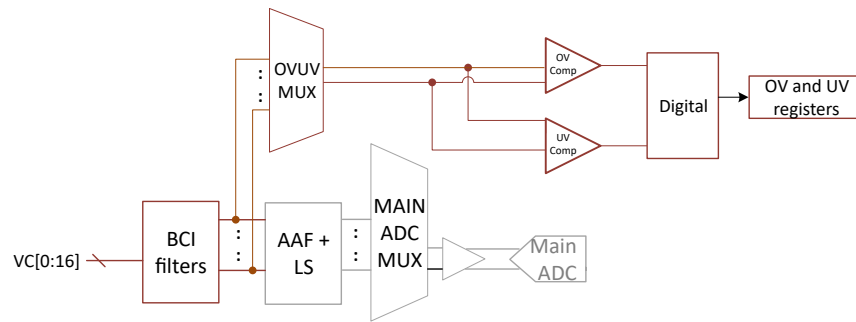


图 1-2. BQ79616 OVUV 功能框图

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%。

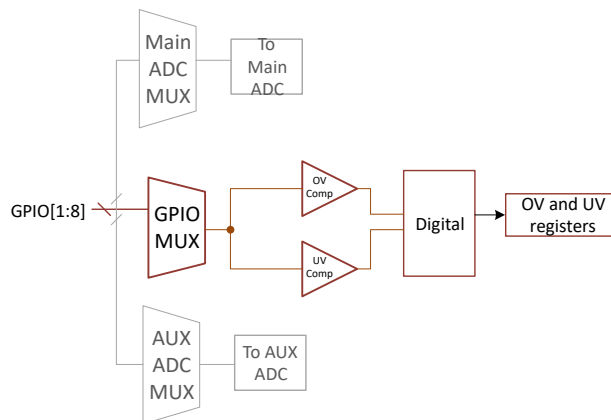


图 1-3. BQ79616 OTUT 功能框图

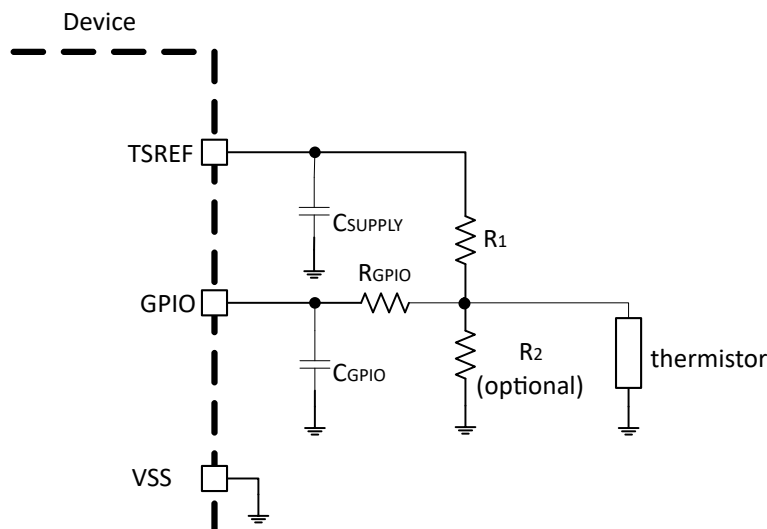


图 1-4. BQ79616 温度采样电路

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 0x00C/D。
4. OVUVOTUT 的控制寄存器：OVUV_CTRL 0x32C，OTUT_CTRL 0x32D

BQ79616 在 Sleep mode 实时对 OVUVOTUT、OTCB、CBDONE 进行周期检测，如 图 1-5 所示，OV 检测和 UV 检测是同时进行的，不同点在于 UV 检测中间会穿插 VCB_DONE 均衡截至电压检测。如 图 1-6 所示，OT 检测和 UT 检测也是交替进行的，OTCB 均衡过温穿插在 OT 的序列中进行。

在诊断过程中，如果监控到了 OVUVOTUT 的任何一个故障，BQ79616 将发送 fault tone 给 BQ79600，由 BQ79600 反向唤醒 MCU。

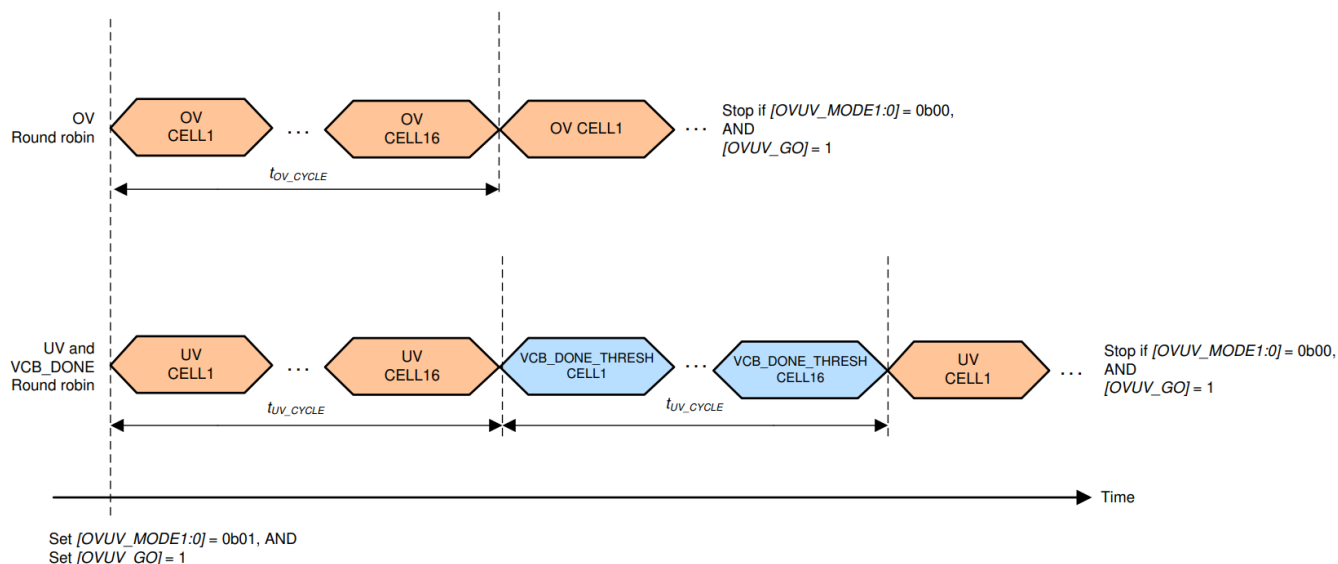


图 1-5. BQ79616 OVUV/CBDONE 在 Sleep mode 下的运行时序

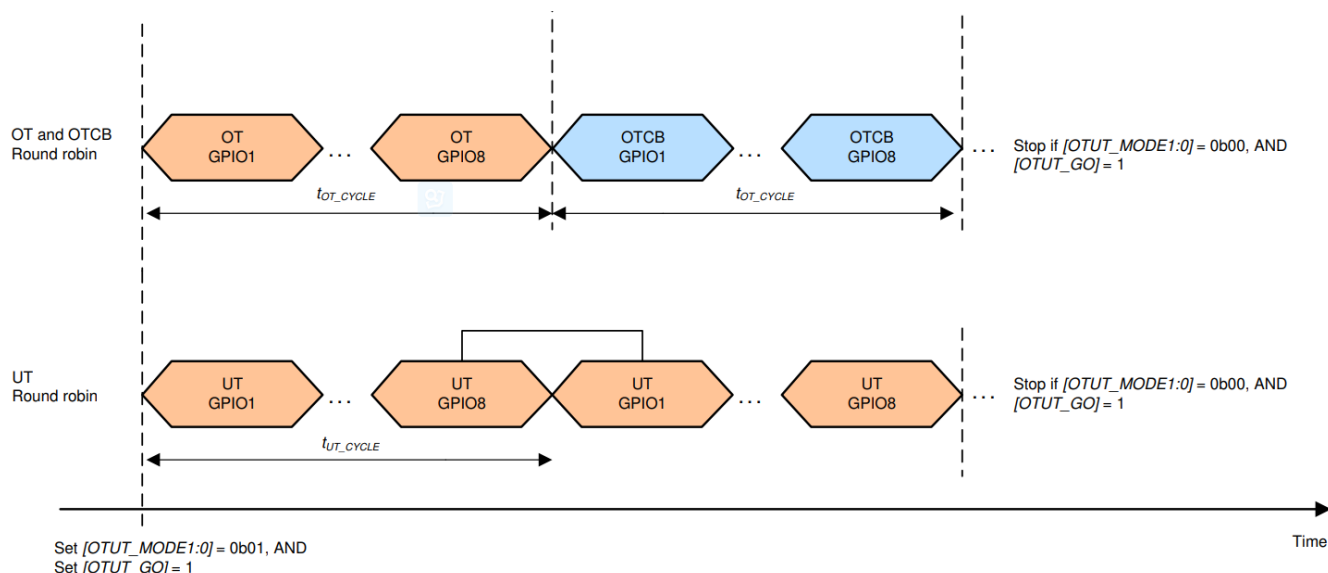


图 1-6. BQ79616 OTUT/OTCB 在 Sleep mode 下的运行时序

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 BQ79616，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。

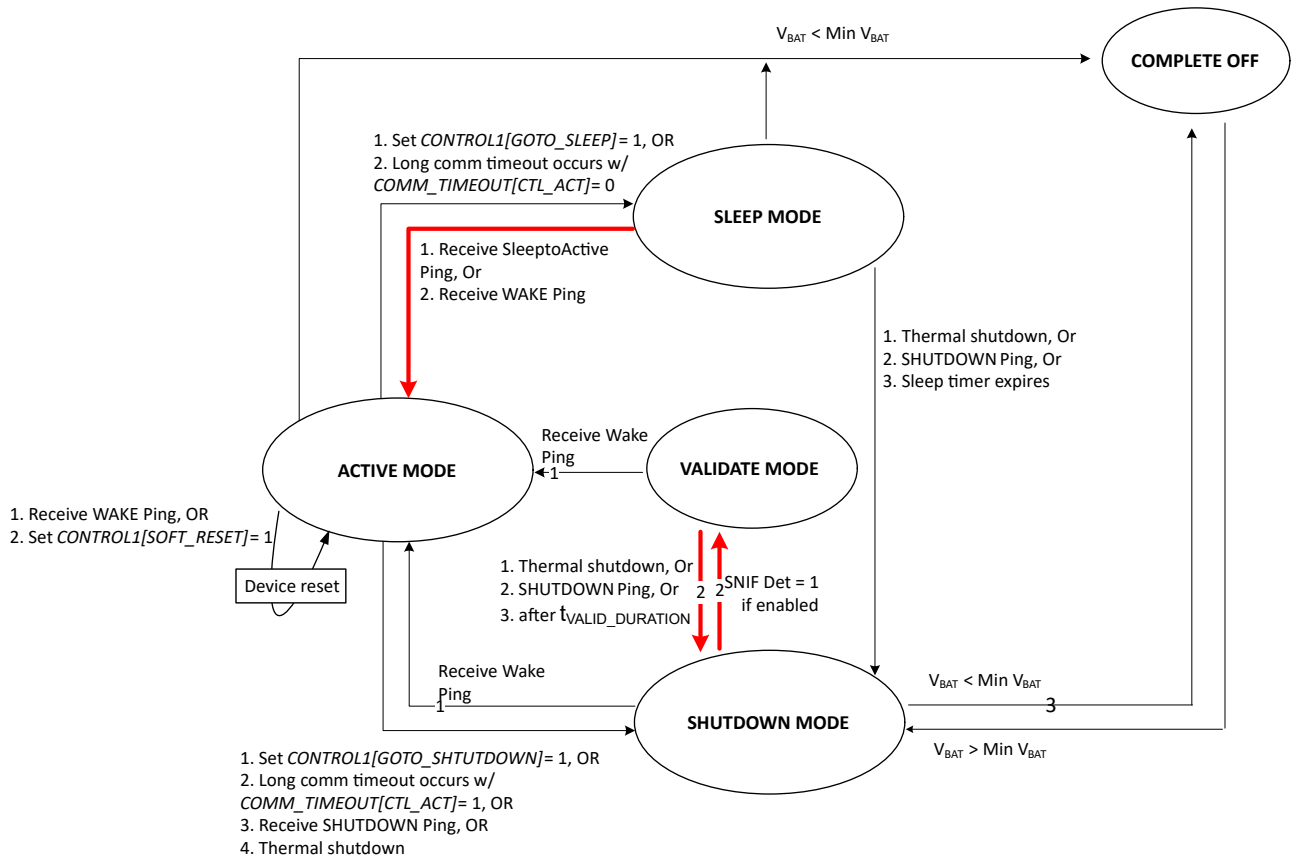


图 1-7. image7_BQ79600 工作模式切换逻辑

BQ79600 也可以工作在 Shutdown mode 下，前提是进入 Shutdown mode 前使能其 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 `tVALID_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。

备注

BQ79600 使能 Sniff 功能并进入 Shutdown mode 后，BQ79600 将不再发送 Heartbeat tone 给 S1 BQ79616，因此需要把 S1 BQ79616 的 Heartbeat tone 故障检测屏蔽掉。

INH 的使能原理如 图 1-8 所示，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。

备注

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 BQ79616 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。

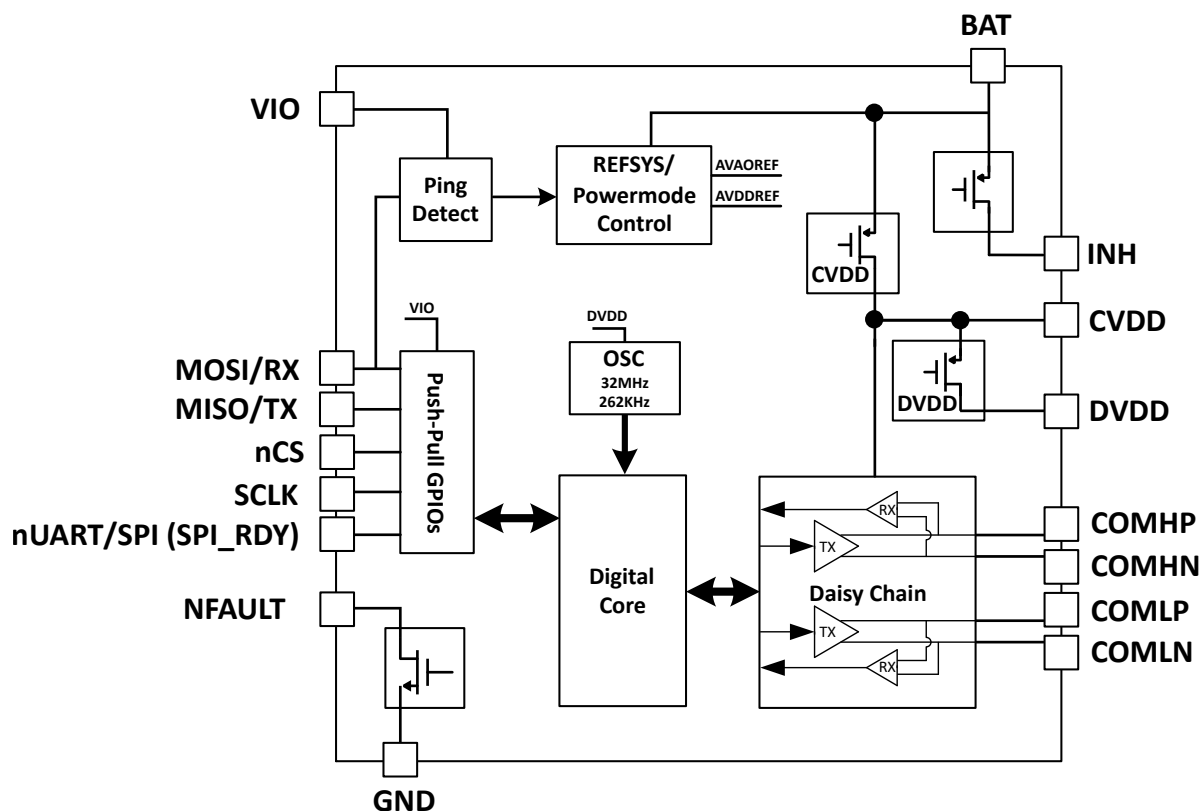


图 1-8. image8_BQ79600 功能框图

2 如何配置 BQ79616 和 BQ79600 以实现反向唤醒功能

在进行 BQ79616 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 BQ79616 实现反向唤醒功能的配置

BQ79616 的配置可以分为两部分：1，Heartbeat 和 Fault tone 的配置。2，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：

#使能 BQ79616 的 Heartbeat and Fault tone

90 01 00 02 03 A4 80

如果 BQ79600 使用 Shutdown mode，需要额外屏蔽掉第一颗 BQ79616 的 Heartbeat tone 检测机制：

#屏蔽 S1 AFE 的 HB Fault, 因为 BQ79600 进入 Shutdown 模式后不再发送 Heartbeat tone

90 01 00 17 04 EB D2

然后，OVUVOTUT 的有效通道、阈值以及诊断周期的配置的例程如下：

配置过压阈值，OV threshold=2700mV

90 01 00 09 02 62 70

配置欠压阈值，UV threshold=1200mV

90 01 00 0A 00 E3 41

配置使能通道，CELL9-16 ENABLE

90 01 00 0C 00 E0 E1

配置使能通道，CELL0-8 ENABLE

90 01 00 0D 00 E1 71

配置过、欠温阈值，UT=66%,OT=10%

90 01 00 0B 00 E2 D1

开启 OVUV 比较，OVUV-GO Round robin with all cells

90 01 03 2C 05 C9 22

开启 OTUT 比较，OTUT-GO Round robin with all cells

90 01 03 2D 05 C8 B2

以上例程完成了对 BQ79616 OVUVOTUT 的配置，其中 OV 阈值为 2700mV，UV 阈值为 1200mV，OT 阈值为 10%，UT 阈值为 66%。使能了 Heartbeat 和 Fault tone 信号。

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 实现反向唤醒功能的配置

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。

备注

BQ79600 在每次唤醒后需要对 INH 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：

#使能 BQ79600 的 HB 和 TONE_RX_EN

90 00 20 01 35 24 50

#如果对 0x2001 或 0x2020 进行操作，必须发送一次 CONF_MON_GO 同时复位 RST_REG.

90 00 20 00 20 E4 0F

#复位 BQ79600 的 INH

90 00 20 02 03 A4 B6

#重新使能 BQ79600 的 INH

90 00 20 02 00 E4 B7

下面是 BQ79600 Shutdown mode 的配置：

#使能 BQ79600 的 snif 功能

90 00 20 01 94 E5 E8

#使能 BQ79600 的 HB 和 TONE_RX_EN

90 00 20 01 35 24 50

#如果对 0x2001 或 0x2020 进行操作，必须发送一次 CONF_MON_GO 同时复位 RST_REG.

90 00 20 00 20 E4 0F

#复位 BQ79600 的 INH

90 00 20 02 03 A4 B6

#重新使能 BQ79600 的 INH

90 00 20 02 00 E4 B7

2.3 BQ79600 和 BQ79616 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 BQ79616 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 BQ79616，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 BQ79616 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：

#屏蔽 BQ79616 的所有除了 OVUVOTUT, Heartbeat and Fault tone

91 01 00 16 87 73 E2 8B

#复位 BQ79616 所有的 fault

91 01 03 31 FF FF 71 61

#复位 BQ79600 所有的 fault

90 00 20 30 FF B1 97

#所有 BQ79616 进入 sleep mode

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

上图为测试的系统框图，其中 BQ79600 为桥接芯片，BQ79616 为 AFE。

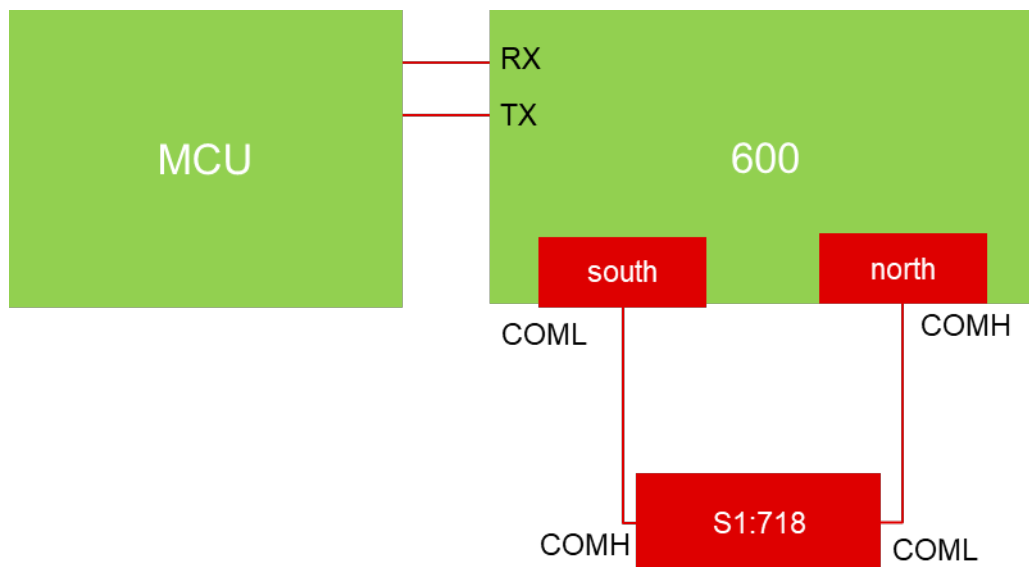


图 3-1. EVM 板测试系统框图

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：

#首先要唤醒所响芯片，进行编址并对 GPIO 进行配置，测试使用 GPIO4 作为 OT 通道

#GPIO4 配置为 ADC input 和 OTUT

```
90 01 00 0F 08 E1 D7
```

#使能 TSREF

```
90 01 03 0A 01 D2 81
```

#ADC_GO，使能 GPIO 配置

```
90 01 03 0D 0E 90 B5
```

#使能 BQ79616 的 Heartbeat and Fault tone

```
90 01 00 02 03 A4 80
```

#配置过压阈值，OV threshold=2700mV

```
90 01 00 09 02 62 70
```

#配置欠压阈值，UV threshold=1200mV

```
90 01 00 0A 00 E3 41
```

#使能 9 到 16 通道，CELL9-16 ENABLE

```
90 01 00 0C 00 E0 E1
```

#使能 1 到 8 通道，CELL0-8 ENABLE

```
90 01 00 0D 00 E1 71
```

#配置过、欠温阈值，UT 66%,OT 10%

90 01 00 0B 00 E2 D1

OVUV-GO Round robin with all cells

90 01 03 2C 05 C9 22

OTUT-GO Round robin with all cells

90 01 03 2D 05 C8 B2

#使能 BQ79600 的 HB 和 TONE_RX_EN

90 00 20 01 35 24 50

#如果对 0x2001 或 0x2020 进行操作, 必须发送一次 CONF_MON_GO 同时复位 RST_REG.

90 00 20 00 20 E4 0F

#复位 BQ79600 的 INH

90 00 20 02 03 A4 B6

#重新使能 BQ79600 的 INH

90 00 20 02 00 E4 B7

#屏蔽 BQ79616 的所有除了 OVUVOTUT, Heartbeat and Fault tone

91 01 00 16 87 73 E2 8B

#复位 BQ79616 所有的 fault

91 01 03 31 FF FF 71 61

#复位 BQ79600 所有的 fault

90 00 20 30 FF B1 97

#所有 BQ79616 进入 sleep mode

B0 03 09 04 D1 77

#BQ79600 go to Sleep mode

90 00 03 09 04 13 8E

运行实例代码后, 在 BQ79616 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 图 3-3 所示。通过断开通信线来触发 Heartbeat 故障, 如 图 3-4 所示。

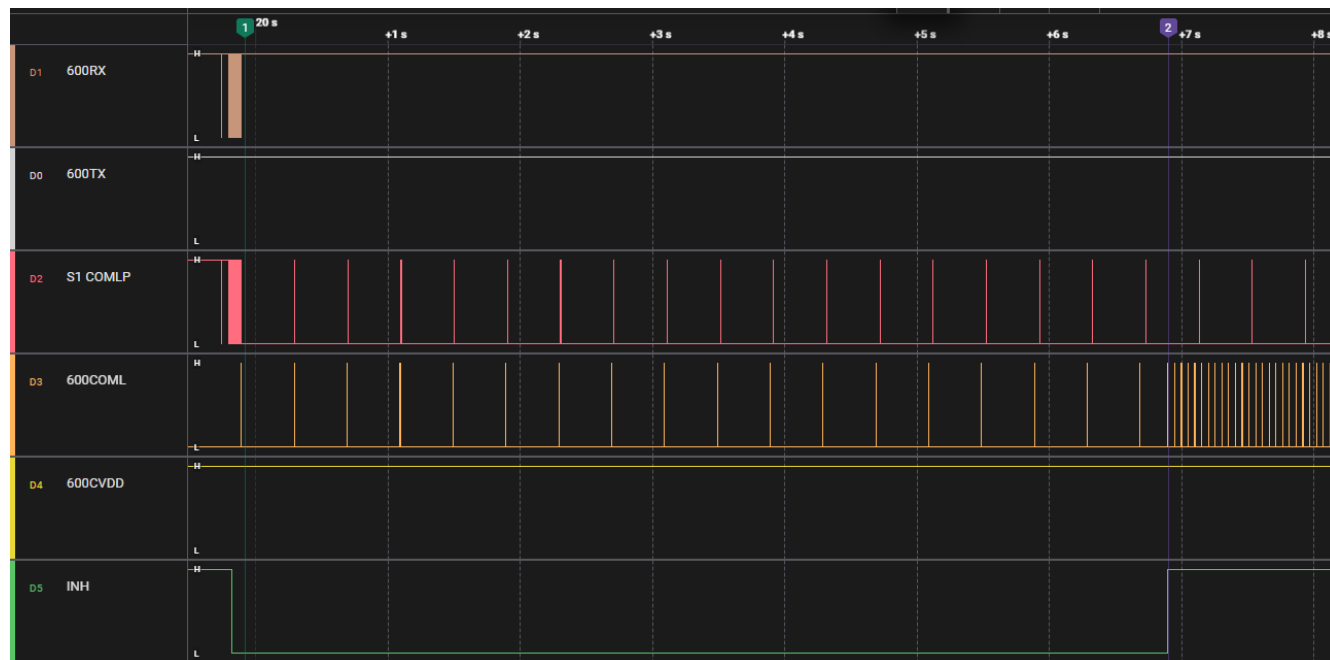


图 3-2. BQ79600 运行在 Sleep mode 下实现 OVUVOTUT 的反向唤醒逻辑分析仪数据

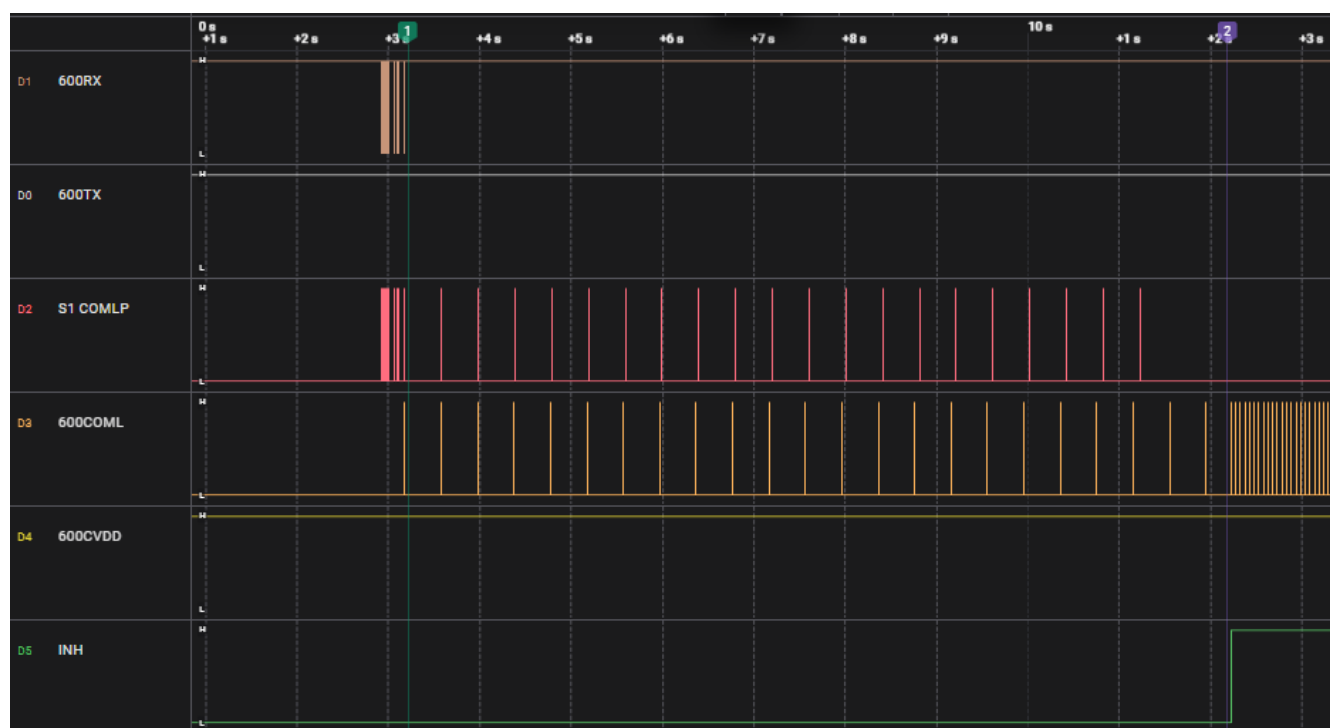


图 3-3. BQ79600 运行在 Sleep mode 下实现 HB fail 的反向唤醒逻辑分析仪数据

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 BQ79616 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 我 BQ79600 的 INH 引脚。

可以看到，

1. 在 t_1 时刻，BQ79616 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 BQ79616。BQ79616 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 BQ79616 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：

#首先要唤醒所哟芯片，进行编址并对 GPIO 进行配置，测试使用 GPIO4 作为 OT 通道

#GPIO4 配置为 ADC input 和 OTUT

90 01 00 0F 08 E1 D7

#使能 TSREF

90 01 03 0A 01 D2 81

#ADC_GO，使能 GPIO 配置

90 01 03 0D 0E 90 B5

#使能 BQ79616 的 Heartbeat and Fault tone

90 01 00 02 03 A4 80

OV threshold=2700mV

90 01 00 09 02 62 70

UV threshold=1200mV

90 01 00 0A 00 E3 41

CELL9-16 ENABLE

90 01 00 0C 00 E0 E1

CELL0-8 ENABLE

90 01 00 0D 00 E1 71

UT 66%,OT 10%

90 01 00 0B 00 E2 D1

OVUV-GO Round robin with all cells

90 01 03 2C 05 C9 22

OTUT-GO Round robin with all cells

90 01 03 2D 05 C8 B2

#使能 BQ79600 的 HB 和 TONE_RX_EN

90 00 20 01 35 24 50

#如果对 0x2001 或 0x2020 进行操作，必须发送一次 CONF_MON_GO 同时复位 RST_REG.

90 00 20 00 20 E4 0F

```
#复位 BQ79600 的 INH
90 00 20 02 03 A4 B6

#重新使能 BQ79600 的 INH
90 00 20 02 00 E4 B7

#enable snif
90 00 20 01 94 E5 E8

#屏蔽 BQ79616 的所有除了 OVUVOTUT, Heartbeat and Fault tone
91 01 00 16 87 73 E2 8B

#mask HB fault of S1
90 01 00 17 77 AA 37

#复位 BQ79616 所有的 fault
91 01 03 31 FF FF 71 61

#复位 BQ79600 所有的 fault
90 00 20 30 FF B1 97

#所有 BQ79616 进入 sleep mode
B0 03 09 04 D1 77

# 600 go to shutdown
90 00 03 09 08 13 8B
```

运行实例代码后，BQ79616 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 图 3-4、图 3-5 所示：

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 BQ79616 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。



图 3-4. BQ79600 运行在 Shutdown mode 下实现的反向唤醒逻辑分析仪数据

可以看到，

1. 在 t_0 时刻，BQ79616 进入 Sleep mode，BQ79600 进入 Shutdown mode，CVDD 被拉低。
2. 在 t_1 时刻之前，BQ79616 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 BQ79616 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。

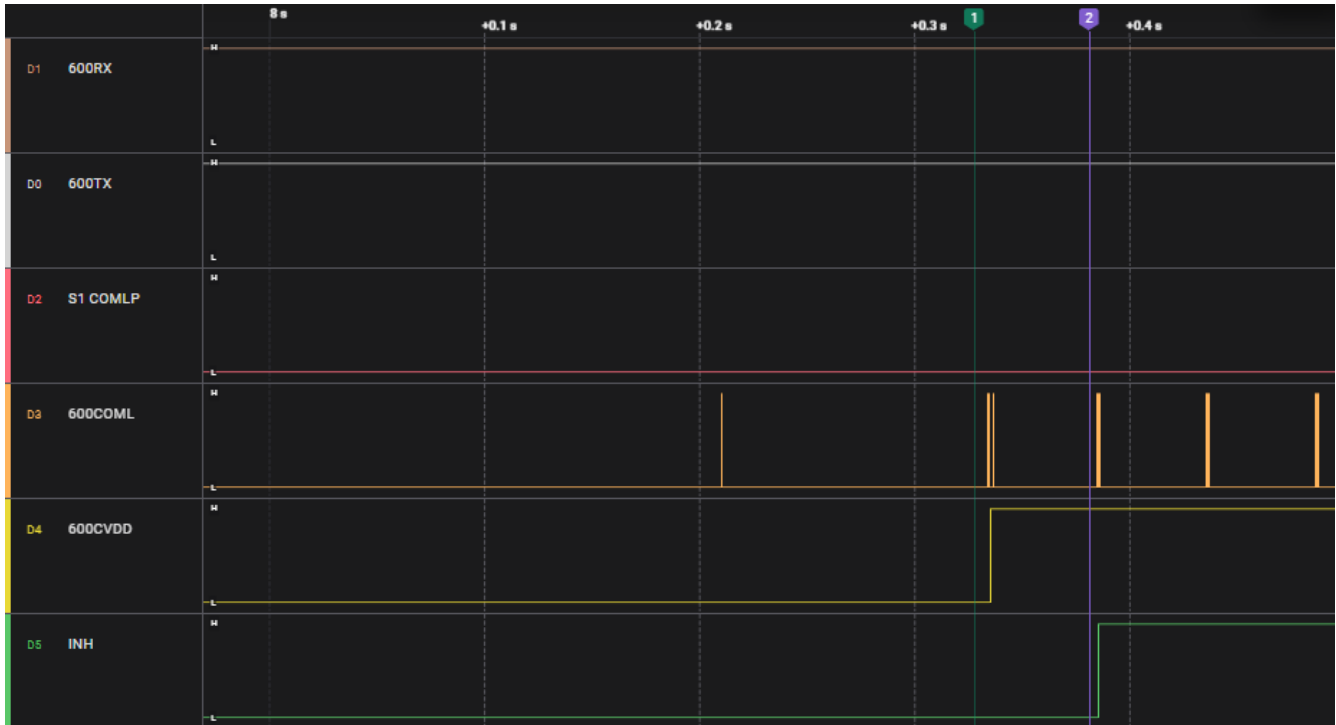


图 3-5. 逻辑分析仪数据放大图

4 总结

本文介绍了 BQ79600 和 BQ79616 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 BQ79616 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。

5 参考文档

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. [BQ79616-Q1 datasheet](#) 功能安全合规型汽车类 16 节串联电池监测器

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月