Application Note

TPS65036X-Q1 系列看门狗应用指导

Zerong Chen, Scarlett Cao *Sales and Marketing/China Automotive*

摘要

PMIC(Power Management IC)作为面向车载 ADAS 摄像头、毫米波雷达、功能安全 MCU 推出的高集成车规级电源管理 IC，是车载充电机/牵引逆变器/底盘应用中 MCU 最佳供电方案，有利于满足高功率密度、小型化与轻量化，高集成度应用趋势要求。TPS65036X-Q1 系列为 TI 最新一代硬件层面可实现 ASIL-B 等级的 PMIC 产品，集成 3 路 BUCK+1 路 LDO 多路电源轨，支持灵活时序配置、全链路电压/温度/故障诊断与多层保护，内置三种可配置看门狗模式作为 MCU 运行状态监控核心安全机制，其丰富的监控和诊断功能可以在系统层面上实现 ASIL-D 等级要求，在功能安全应用开发过程中，看门狗相关配置与调试是关键部分，应用不当时容易导致系统进入非预期的安全状态。本文重点介绍了 TPS65036X-Q1 看门狗喂狗模式并提供对应寄存器的配置指导，包括不同喂狗模式下优缺点以及应用建议，如何基于 MCU 通过 I2C 设置喂狗逻辑的流程，以及在调试模式下看门狗相关配置策略，最后本文也介绍了如何利用图形用户界面（GUI）进行看门狗相关调试的具体操作步骤。

内容

1 引言 2
2 看门狗配置指南 3
2.1 基于 TPS65036X-Q1 的看门狗寄存器配置 3
2.2 基于 MCU 的 I2C 喂狗逻辑与配置 7
2.3 调试模式下的看门狗配置 8
2.4 基于图形用户界面（GUI）的看门狗测试 10
3 总结 13
4 参考文献 13

插图清单

图 1-1. TPS65036x-Q1 概述及与 MCU 连接示意图 2
图 2-1. WD_CONFIG 寄存器字段说明 3
图 2-2. 触发模式下看门狗最小脉冲时间说明 3
图 2-3. WD_LONGWIN_CFG 寄存器字段说明 5
图 2-4. 触发模式下看门狗—MCU 正常启动与正确喂狗触发时序 5
图 2-5. Q&A 模式下看门狗—MCU 正常启动与正确喂狗触发时序 6
图 2-6. WD_THR_CFG 寄存器字段说明 6
图 2-7. WD_ENABLE_REG 寄存器字段说 7
图 2-8. WD_MODE_REG 寄存器字段说明 9
图 2-9. TPS65036x-Q1 GUI 串口配置界面 10
图 2-10. TPS65036x-Q1 GUI 寄存器映射界面 11
图 2-11. TPS650366-Q1 GUI 器件编程界面 12

表格清单

表 2-1. TPS65036X-Q1 看门狗不同喂狗模式对比 4

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

1 引言

TPS65036X-Q1 系列芯片具备高集成度，高可拓展性及高功能安全等级等核心特性。如图 1-1 所示，该器件内部集成 3 个 BUCK 转换器与 1 个 LDO，Buck1 支持 4-35V 宽输入电压范围，输出电流峰值 2A，Buck2/3 以及 LDO 支持 3-5.5V 输入电压范围，Buck2/3 输出电流峰值为 2.7A。硬件可实现功能安全 ASIL-B，集成看门狗、ESM 错误信号监控、温度警告与热关断等功能。

看门狗是功能安全应用中对于 MCU 状态检测的核心安全机制之一，可实时监测 MCU 运行状态是否异常并输出指示信号，并针对不同等级异常事件实现应对机制差异化处理，保证系统进入对应安全状态。

TPS65036X-Q1 系列芯片内置看门狗可设置为引脚输入触发模式、软件触发模式以及 Q&A 模式，当 PMIC 运行过程中出现异常状况时，根据 mask 相关寄存器配置将触发复位信号，与之相连的 MCU 同步复位，避免 MCU 在异常状态下运行，下一章节会对这三种模式进行更详细的介绍。

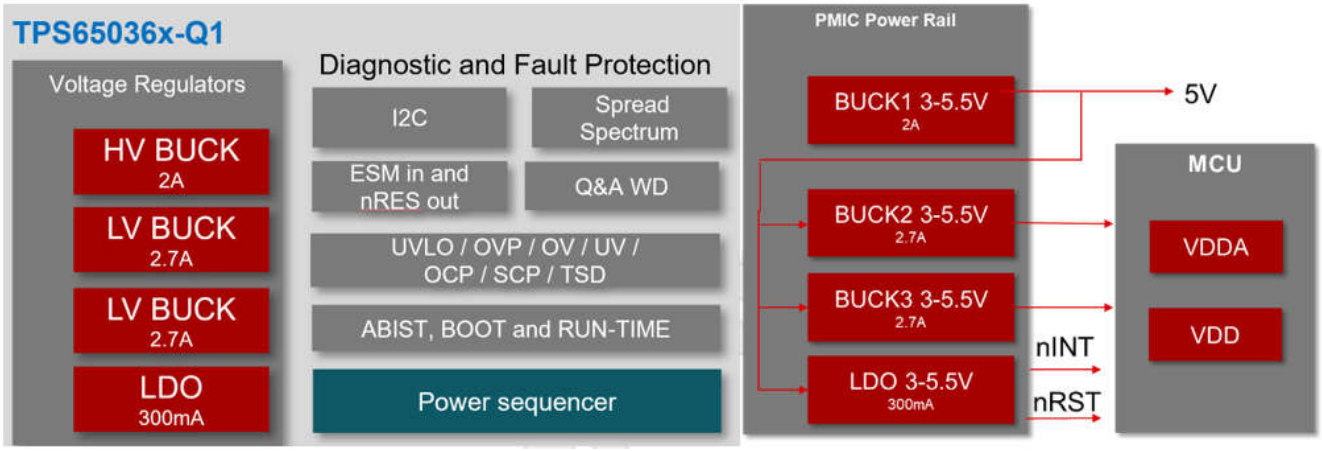


图 1-1. TPS65036x-Q1 概述及与 MCU 连接示意图

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

2 看门狗配置指南

2.1 基于 TPS65036X-Q1 的看门狗寄存器配置

2.1.1 喂狗模式介绍

当启用 PMIC 看门狗功能时，看门狗模块将对 MCU 的运行状态实施实时监控。如下 图 2-1 所示，通过配置寄存器 0x16，可将看门狗工作模式配置为如下三种模式。

1	WD_TRIGGER_SEL	R/W	1h	Trigger Source for Watchdog trigger if WD_MODE_SELECT is set to 0. 0h = Software Trigger (WD_TRIGGER Bit will be used as trigger Source) 1h = Pin will be used as Trigger
0	WD_MODE_SELECT	R/W	1h	Watchdog Mode configuration bit. Configurable while WD is in LONG-WINDOW. 0h = Trigger mode (pulse on GPIO or nINT/MODE pin depending on configuration) 1h = Q and A mode (via I2C)

图 2-1. WD_CONFIG 寄存器字段说明

- 引脚输入触发模式: 对应配置为寄存器 0x16=0x02，通过 MCU 给芯片 GPIO 或 nINT/MODE 引脚提供触发信号，该触发信号为最小脉冲宽度为 t_{WD_pulse} 的脉冲信号。如下图 2-2 所示。喂狗信号输入引脚可通过以下寄存器配置：

  Register 0x24-GPIO_SEL[1:0]=01-给 GPIO 引脚提供喂狗信号；

  Register 0x25-NINT_GPI_SEL[1:0]=01-给 nINT/MODE 引脚提供喂狗信号。

20.3.1	t_{WD_PULSE}	Minimum pulse (deglitched) time for trigger mode watchdog input	Trigger mode watchdog is multiplexed function. t_{WD_PULSE} is applicable for pin 21 when NINT_ GPI_SEL = 01 and for pin 13 when GPIO_SEL = 01	28	30	32	µs

图 2-2. 触发模式下看门狗最小脉冲时间说明

  - **优势**
    1. 喂狗逻辑独立于 I2C 通信，支持通过外部电路提供喂狗信号，便于产线测试验证；
    2. MCU 软件实现逻辑简单，根据窗口时间要求提供喂狗信号，开发调试便捷；
  - **劣势**
    1. 占用 MCU GPIO 硬件引脚资源，需要 PCB 布线；
    2. PMIC 仅检测是否提供喂狗信号，无法校验 MCU 逻辑计算异常；

- 软件触发模式: 对应配置为寄存器 0x16=0x00，MCU 通过 I2C 给 PMIC 寄存器 0x07-WD_TRIGGER[7] 位写值提供触发信号， MCU 向 WD_TRIGGER[7] 位写入任意值即可触发，等效于硬件触发模式下引脚收到有效脉冲，相比硬件触发模式无需占用 MCU 硬件资源，通过 I2C 写值即可。
  - **优势**
    1. 不占用 MCU 额外 GPIO 资源，节省 PCB 布线；
    2. 无需修改硬件电路，仅保留 I2C 通信链路即可实现喂狗；
    3. 软件实现简单，根据窗口时间要求给相关寄存器写任意值即可；
  - **劣势**
    1. 喂狗依赖 I2C 总线，I2C 通信故障会导致看门狗超时复位；
    2. PMIC 仅检测相关寄存器写操作是否执行即提供喂狗信号，不校验 MCU 内部运算逻辑；

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- Q&A 模式: 对应配置为寄存器 0x16-WD_MODE_SELECT[0]=1，MCU 通过 I2C 读寄存器 0x61-WD_QUESTION[3:0] 位获取问题，MCU 根据该问题执行一系列固定运算得到 32 位回答，回答拆分为 4 个字节：回答-3、回答-2、回答-1 和回答-0，给寄存器 0x0E-WD_ANSWER[7:0] 位依次写入四个回答字节以提供问题的正确回答。相比触发模式提供更严格的监控和故障检测能力，不仅能够检测 MCU 计算逻辑和通信是否正常，还能防止恶意代码篡改 MCU 行为，重复发送无效信号欺骗看门狗，进一步提升安全性。

  对于 Q&A 模式下，MCU 需要在长窗口对寄存器 0x48 进行如下配置：

  WD_QA_LFSR[5:4]: 默认值为 00，用于配置 4 位 LFSR(线性反馈移位寄存器)多项式方程

  WD_QUESTION-SEED[3:0]: 默认值为 1010，即 LFSR 初始值，其会根据多项式方程自动更新数值，生成一个新的伪随机数，用于生成问题

  WD_QA_FDBK[7:6]: 默认值为 00，用于生成问题与参考回答字节

  - **优势**
    1. 可同步检测 I2C 通信、MCU 逻辑运算、窗口时序是否正常，故障覆盖率更高；
    2. 内置伪随机 LFSR 生成动态问题，防止 MCU 异常发送重复回答，提升安全性；
  - **劣势**
    1. 软件实现复杂，代码开发与验证工作量大；
    2. 单次喂狗需 4 次 I2C 写操作，总线占用率高于触发模式；
    3. 调试难度更高，回答/时序错误均会触发喂狗失败；

    如下表 2-1 所示为三种喂狗模式对比

表 2-1. TPS65036X-Q1 看门狗不同喂狗模式对比

模式	硬件资源占用	I2C 依赖度	防欺骗能力	适用功能安全等级
引脚触发	占用 GPIO	低	弱	ASIL-B
软件触发	无额外引脚	高	中	ASIL-B
Q&A	无额外引脚	高	强	ASIL-D

2.1.2 看门狗启动与时序

PMIC 供电正常并进入 ACTIVE 模式后，NRSTOUT 引脚被拉高，看门狗随之进入长窗口状态，允许 MCU 在相对较长时间内完成喂狗操作，避免因初始化延时导致看门狗误判故障并触发复位。当长窗口状态结束后，看门狗仍未检测到喂狗信号，视为 bad event-没有在长窗口状态下喂狗即触发喂狗超时中断-寄存器 0x62-WD_LONGWIN_TIMEOUT[0] 位-置 1。进而触发器件复位(WARM RESET)， NRST 引脚被拉低。

长窗口喂狗超时中断引起的复位结束后，系统自动返回 ACTIVE 工作状态，重新启动长窗口。若寄存器 0x5F-RESET_CNT[7:4]位-复位计数值达到寄存器 0x3D-RESET_CNT_THR[7:4]-复位阈值，芯片将执行 ORDERLY SHUTDOWN，进入安全状态(SAFE state)，并清除复位计数值。

这里需要注意的是，其他中断引发的复位，在复位计数达到阈值后，芯片同样会执行 ORDERLY SHUTDOWN，进入安全状态，电源轨按照配置的下电顺序关闭(过热关断中断是所有电源轨同时关闭)，清除复位计数值。若寄存器 0x5F-RECOV_CNT[3:0] 位-安全状态计数值没有超过寄存器 0x3D-RECOV_CNT_THR[3:0] 位-安全状态阈值，芯片将返回到 INIT 状态，电源轨开启。若超过安全状态阈值，芯片将保持在安全状态无法恢复，直到电源重启。

此外，长窗口时间间隔(t_{LONG_WINDOW}) 由寄存器 0x47-WD_LONGWIN[7:0] 位配置： WD_LONGWIN[7:0]=0 对应 81ms。WD_LONGWIN[7:0]=1 对应 126ms，此后以 126ms 为步长递增，直至 WD_LONGWIN[7:0] =64 时对应 8064ms；后续增量调整为 4.032s，WD_LONGWIN[7:0]=65 对应 12.096s，直至 WD_LONGWIN[7:0]=255 对应 12.9696 min，注意：看门狗相关配置仅允许在长窗口状态下修改。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

Bit	Field	Type	Reset	Description
7-0	WD_LONGWIN	R/W	FFh	These bits are for programming the duration of Watchdog Long Window (see Watchdog chapter). These bits can be only be written when the watchdog is in the Long Window.

图 2-3. WD_LONGWIN_CFG 寄存器字段说明

当 PMIC 在长窗口状态完成喂狗操作后，将退出长窗口进入到看门狗序列中。每个看门狗序列均以窗口 1 启动，随后进入窗口 2。MCU 可在看门狗序列启动前，通过寄存器 0x45-WD_WIN1[6:0] 位和寄存器 0x46-WD_WIN2[6:0] 位分别配置窗口 1 ($t_{WINDOW1}$) 和窗口 2 ($t_{WINDOW2}$) 的时长。PMIC 内部逻辑将 0x00 解释为 0.55 ms，数值每加 1 时间增加 0.55 ms，窗口时间计算公式如下(时间误差范围为±5%)：

$$t_{WINDOW1} = (\text{WD_WIN1}\,[6:0]\ + 1) \times 0.55ms \quad (1)$$

$$t_{WINDOW2} = (\text{WD_WIN2}\,[6:0]\ + 1) \times 0.55ms \quad (2)$$

当发生以下事件之一时，看门狗将结束当前序列并启动下一个序列：

- 引脚输入触发模式
  1. MCU 在窗口 2 时间内给 PMIC GPIO 或 nINT/MODE 引脚提供最小脉冲宽度为 t_{WD_pulse} 的喂狗号(视为 good event-寄存器 0x63-WD_FIRST_OR[5] 位-置 1)
  2. MCU 在窗口 1 时间内给 PMIC GPIO 或 nINT/MODE 引脚提供最小脉冲宽度为 t_{WD_pulse} 的喂狗号(视为 bad event-在窗口 1 提前喂狗-寄存器 0x62-WD_TRIG_EARLY[2] 位-置 1)
  3. 当前看门狗序列(窗口 1+窗口 2)时间结束后，看门狗仍未检测到喂狗信号(视为 bad event-没有在窗口 2 喂狗即喂狗超时-寄存器 0x62-WD_TIMEOUT[1] 位-置 1)
- 软件触发模式
  1. MCU 在窗口 2 时间内给 PMIC 寄存器 0x07-WD_TRIGGER[7]写值提供喂狗信号(视为 good event-寄存器 0x63-WD_FIRST_OR[5] 位-置 1)
  2. MCU 在窗口 1 时间内给 PMIC 寄存器 0x07-WD_TRIGGER[7]写值提供喂狗信号(视为 bad event-在窗口 1 提前喂狗-寄存器 0x62-WD_TRIG_EARLY[2] 位-置 1)
  3. 当前看门狗序列(窗口 1+窗口 2)时间结束后，看门狗仍未检测到喂狗信号(视为 bad event-没有在窗口 2 喂狗即喂狗超时-寄存器 0x62-WD_TIMEOUT[1] 位-置 1)

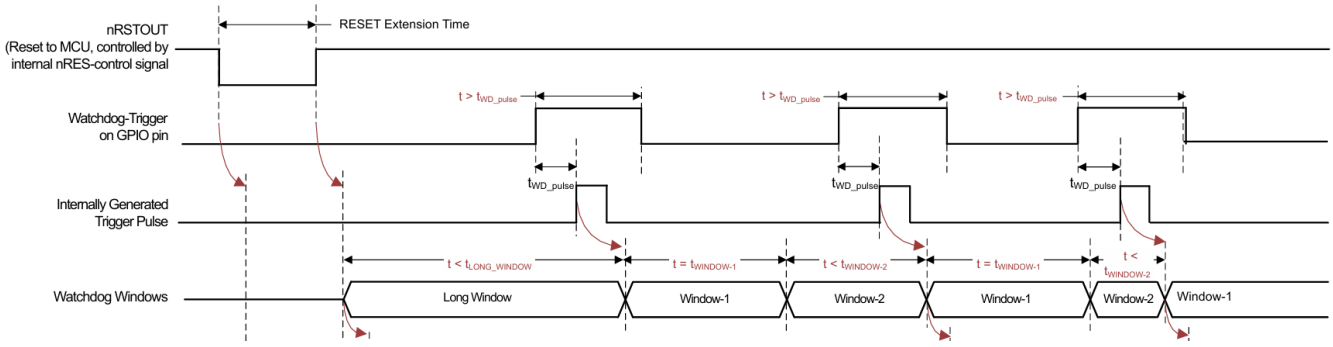


图 2-4. 触发模式下看门狗—MCU 正常启动与正确喂狗触发时序

- Q&A 模式
  1. MCU 给寄存器 0x0E-WD_ANSWER[7:0]依次写入四个回答字节提供喂狗信号，回答正确且在在窗口 1 时间内写入回答-3、回答-2、回答-1，在窗口 2 时间内写入回答-0 (视为 good event-寄存器 0x63-WD_FIRST_OR[5] 位-置 1)
  2. MCU 给寄存器 0x0E-WD_ANSWER[7:0]写入回答字节提供喂狗信号，回答错误 (视为 bad event-回答错误-寄存器 0x62-WD_ANSW_ERR[5] 位-置 1)
  3. MCU 在窗口 1 时间内给寄存器 0x0E-WD_ANSWER[7:0]依次写入四个回答字节提供喂狗信号(视为 bad event-在窗口 1 提前喂狗-寄存器 0x62-WD_ANSW_EARLY[3] 位-置 1)

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4. MCU 没有在窗口 1 时间内给寄存器寄存器 0x0E-WD_ANSWER[7:0]依次写入回答-3、回答-2、回答-1(视为 bad event-喂狗时序错误-寄存器 0x62-WD_SEQ_ERR[4] 位-置 1)
5. 当前看门狗序列(窗口 1+窗口 2)时间结束后，看门狗仍未检测到四个回答字节提供喂狗信号(视为 bad event-喂狗超时-寄存器 0x62-WD_TIMEOUT[1] 位-置 1)

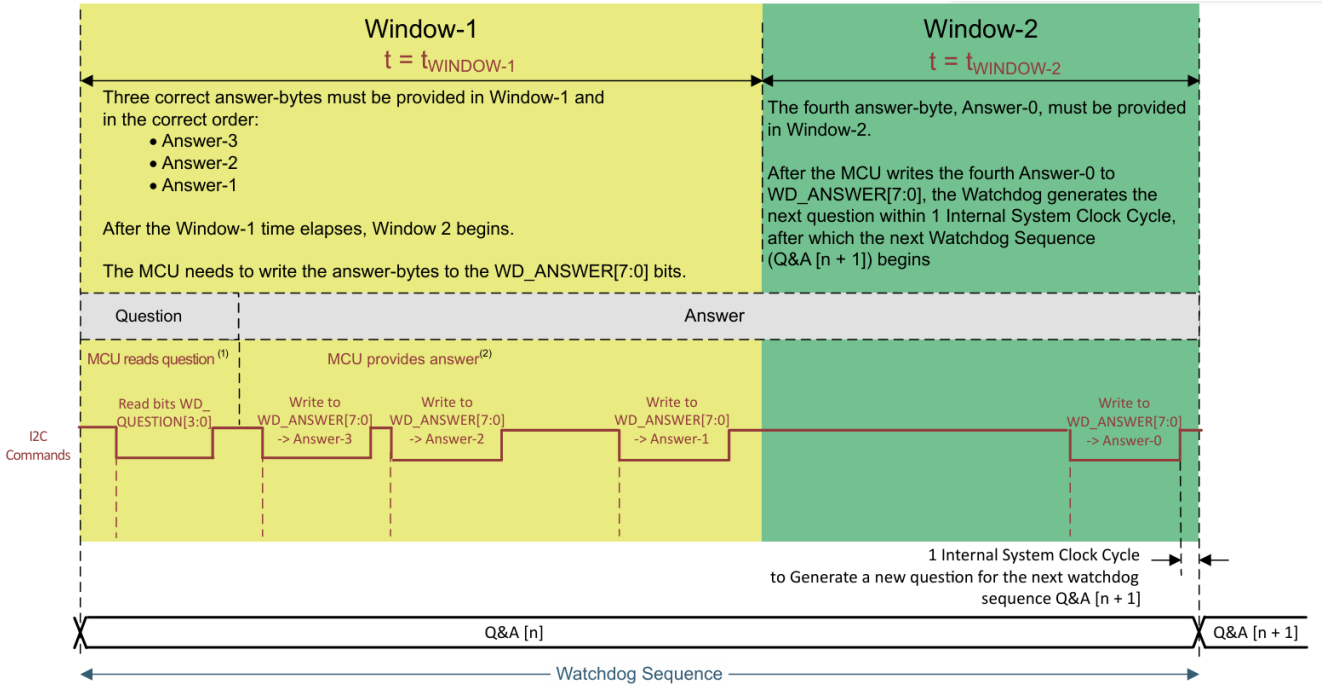


图 2-5. Q&A 模式下看门狗—MCU 正常启动与正确喂狗触发时序

在当前看门狗序列喂狗成功之后，即系统检测到 good event：此时寄存器 0x63-WD_FIRST_OK[5] 位-被置 1 后，MCU 方可通过 I2C 给寄存器 0x56-WD_FIRST_NOK_INT[4] 位-置 1，完成清除中断位操作使得 NRSTOUT 能够被拉高。

2.1.3 看门狗失败计数器与动作设置

PMIC 可通过寄存器 0x63-WD_FAIL_CNT[3:0] 位配置喂狗失败计数器，用于实现分级响应，区分偶发故障与持续故障，当喂狗失败次数达到一定阈值时先发出中断信号提醒系统进行紧急处理(如保存关键数据、记录故障信息等)，避免立即复位造成数据丢失。

该计数器在发生 bad event 时递增，在检测到 good event 时递减。同时，PMIC 包含两个可配置阈值：通过配置寄存器 0x49，可设置喂狗失败中断阈值与复位阈值，一是通过 WD_FAIL_TH[5:3] 位配置喂狗失败中断对应喂狗失败次数阈值，二是通过 WD_RST_TH[2:0] 位配置喂狗失败复位对应喂狗失败次数阈值，取值范围为 0 至 7。若系统对看门狗喂狗失败中断检测及复位响应速度要求较高，可配置较小阈值。

5-3	WD_FAIL_TH	R/W	7h	Configuration bits for the 1st threshold of the watchdog fail counter, device pulls NINT pin low. See Watchdog chapter. These bits can be only be written when the watchdog is in the Long Window.
2-0	WD_RST_TH	R/W	7h	Configuration bits for the 2nd threshold of the watchdog fail counter , WARM RESET DONE and NINT pin pulled low. See Watchdog chapter. These bits can be only be written when the watchdog is in the Long Window.

图 2-6. WD_THR_CFG 寄存器字段说明

无论触发模式还是 Q&A 模式，检测到 bad event 发生时即判定为喂狗失败，芯片寄存器 0x63-WD_BAD_EVENT[6] 位-置 1，同时 WD_FAIL_CNT[3:0] 位喂狗失败计数器加 1；若喂狗操作正确， 喂狗失败计数器减 1。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

当 WD_FAIL_CNT[3:0]超过 WD_FAIL_TH[5:3]时，寄存器 0x62-WD_FAIL_INT[6] 喂狗失败中断位-置 1， NINT 引脚被拉低；当 WD_FAIL_CNT[3:0]超过 WD_FAIL_TH[5:3] + WD_RST_TH[2:0]时，寄存器 0x62-WD_RST_INT[7] 喂狗失败复位位-置 1，NINT 引脚被拉低，同时 NRST 引脚也被拉低。

通常情况下根据功能安全应用要求，当启用看门狗功能且发生喂狗失败中断时，PMIC 需复位 MCU，对应的寄存器配置为：Register 0x0F=0x03。

1	WD_RST_EN	R/W	1h	Watchdog reset configuration bit: This bit can be only be written when the watchdog is in the Long Window. 0h = No warm reset when WD_FAIL_CNT is more than (WD_FAIL_TH + WD_RST_TH) 1h = Warm reset when WD_FAIL_CNT is more than (WD_FAIL_TH + WD_RST_TH).
0	WD_EN	R/W	1h	Watchdog activation configuration bit: This bit can be only be written when the watchdog is in the Long Window. 0h = watchdog deactivated. 1h = watchdog activated.

图 2-7. WD_ENABLE_REG 寄存器字段说

2.2 基于 MCU 的 I2C 喂狗逻辑与配置

2.2.1 触发模式下喂狗相关配置示例

1. **解锁 PMIC 寄存器：**
   - 寄存器 0x09 写入 0x9B (回读应为: 0x09=0x00)
2. **设置喂狗模式为引脚输入触发模式或软件触发模式：**
   - 寄存器 0x16 写入 0x02(引脚输入触发模式)
   - 寄存器 0x16 写入 0x00(软件触发模式)
3. **设置长窗口，窗口 1，窗口 2 时长，例如此处配置为：**
   - 寄存器 0x47 写入 0xFF (注：长窗口时间建议设置为 0xFF 即 12.96 min，确保 MCU 完成初始化设置，通过 I2C 修改寄存器的操作能在长窗口内完成)
   - 寄存器 0x45 写入 0x36 (对应 30.25ms = (54+1)*0.55ms)
   - 寄存器 0x46 写入 0x7F (对应 70.40ms = (127+1)*0.55ms)
4. **在引脚输入触发模式下，需配置哪个引脚作为喂狗信号输入源：**
   - 寄存器 0x24-GPIO_SEL[1:0] 位写入 01- GPIO 引脚作为喂狗信号输入
   - 寄存器 0x25-NINT_GPI_SEL[1:0] 位写入 01-nINT/MODE 引脚作为喂狗信号输入
5. **清除所有中断相关寄存器位，避免芯片启动期间产生非预期中断：**
   - 寄存器 0x50 写入 0Xf0, 0x51 写入 0X77, 0x52 写入 0X77, 0x53 写入 0XFF, 0x54 写入 0X5E
   - 寄存器 0x55 写入 0x01, 0x56 写入 0x1F, 0x57 写入 0x1A, 0x58 写入 0x38
6. **重置喂狗失败相关寄存器位：**
   - 寄存器 0x62 写入 0xFF
7. **设置 WD_PWRHOLD 与 WD_RETURN_LONGWIN 位为 0，使看门狗退出长窗口后正常启动看门狗序列**
   - 寄存器 0x10 写入 0x00
8. **MCU 给 PMIC 发送喂狗信号：**
   - 在引脚输入触发模式下，MCU 需发送脉宽至少为 t_{WD_pulse} 的脉冲信号作为喂狗信号。考虑窗口时间误差，脉冲周期需满足：大于(WD_WIN1[6:0] +1) × 0.55 ms × 1.05，且小于(WD_WIN1[6:0] + 1 + WD_WIN2[6:0] + 1) × 0.55 ms × 0.95。
   - 在软件触发模式下，MCU 需向寄存器 0x07-WD_TRIGGER [7]位写入任意值 考虑窗口时间误差范围，写入时间间隔需满足大于(WD_WIN1[6:0] +1) × 0.55 ms × 1.05，且小于(WD_WIN1[6:0] + 1 + WD_WIN2[6:0] + 1) × 0.55 ms × 0.95
9. **建议等待（窗口 1+窗口 2+窗口 1）的时长，确保 PMIC 已完成当前看门狗序列，即在长窗口以及窗口 2 喂狗。**

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

10. **重置 WD_FIRST_NOK_INT 中断位，用于指示已检测到寄存器 0x63-WD_FIRST_OK[5] 位被置 1**
    - 寄存器 0x56-WD_FIRST_NOK_INT[4] 位写入 1

2.2.2 Q&A 模式下喂狗相关配置示例

1. **解锁 PMIC 寄存器：**
    - 寄存器 0x09 写入 0x9B (回读应为: 0x09=0x00)
2. **设置喂狗模式为 Q&A 模式：**
    - 寄存器 0x16-WD_MODE_SELECT[0]=1 位写入 1
3. **设置长窗口，窗口 1，窗口 2 时长，例如此处配置为：**
    - 寄存器 0x47 写入 0xFF (注：长窗口时间建议设置为 0xFF 即 12.96 min，确保 MCU 完成初始化设置，通过 I2C 修改寄存器的操作能在长窗口内完成)
    - 寄存器 0x45 写入 0x36 (对应 30.25ms = (54+1)*0.55ms)
    - 寄存器 0x46 写入 0x7F (对应 70.40ms = (127+1)*0.55ms)
4. **在 Q&A 模式下，需配置以下寄存器用于生成问题与参考回答：**
    - 寄存器 0x48-WD_QA_LFSR[5:4]位写入 00(默认值)；
    - 寄存器 0x48- WD_QUESTION-SEED[3:0]位写入 1010(默认值)；
    - 寄存器 0x48- WD_QA_FDBK[7:6]位写入 00(默认值)
5. **重置所有与中断相关的寄存器位，以防芯片启动期间发生非预期中断：：**
    - 寄存器 0x50 写入 0Xf0, 0x51 写入 0X77, 0x52 写入 0X77, 0x53 写入 0XFF, 0x54 写入 0X5E
    - 寄存器 0x55 写入 0x01, 0x56 写入 0x1F, 0x57 写入 0x1A, 0x58 写入 0x38
6. **重置喂狗失败相关寄存器位：**
    - 寄存器 0x62 写入 0xFF
7. **设置 WD_PWRHOLD 与 WD_RETURN_LONGWIN 位为 0，使看门狗退出长窗口后正常启动看门狗序列：**
    - 寄存器 0x10 写入 0x00
8. **MCU 给 PMIC 发送喂狗信号：**
    - MCU 在正确的看门狗窗口内，按正确的顺序发送针对当前问题计算所得的正确答案
    - 在 Q&A 模式下，MCU 通过读取寄存器 0x61-WD_QUESTION[3:0] 位获取当前问题；随后，基于寄存器 0x48-WD_QA_FDBK[7:6] 位以及 0x61-WD_ANSW_CNT[5:4] 位的值，通过逻辑运算生成正确的答案字节 (即回答-3，回答-2，回答-1 与回答-0)
    - MCU 按照正确的时序和顺序（即在窗口 1 中发送 回答-3、回答-2 和 回答-1，在窗口 2 中发送 回答-0），通过向寄存器 0x0E-WD_ANSWER[7:0] 位写值，向看门狗提供四个正确答案字节
9. **建议等待（窗口 1+窗口 2+窗口 1）的时长，确保 PMIC 已完成当前看门狗序列，即在窗口 1 以及窗口 2 喂狗。**
10. **重置 WD_FIRST_NOK_INT 中断位，以指示已检测到寄存器 0x63-WD_FIRST_OK[5] 位被置 1：**
    - 寄存器 0x56-WD_FIRST_NOK_INT[4] 位写入 1

2.3 调试模式下的看门狗配置

当 MCU 中程序正常运行并执行喂狗操作时， PMIC 可正常接收喂狗信号。在实际应用开发中喂狗操作可能因软件调试、断点等因素无法正常运行，为避免调试时喂狗失败导致 MCU 重启，可采用如下方法：

方法 1：

- PMIC 支持通过 GPIO 引脚控制使看门狗保持在长窗口状态，通过配置寄存器 0x24-GPIO_SEL[1:0] 位，将 GPIO 引脚配置为输入模式，在 PMIC 上电前将该 GPIO 引脚外接上拉电源保证电平>V_{IH}=1.26V,，使寄存器 0x10-WD_PWRHOLD[2] 位-置 1。
- 需注意，若 MCU 程序中设置了寄存器 0x10 写入 0x00(芯片默认值也为 0x00)， PMIC 上电之后，MCU 程序运行会将 WD_PWRHOLD[2] 位重新置 0，PMIC 仍会退出长窗口进入窗口狗模式。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

2	WD_PWRHOLD	R/W	0h	Watchdog hold on. MCU can write this bit to 1. MCU needs to clear this bit to get out of the Long Window. 0h = watchdog goes out of the Long Window and starts the first watchdog-sequence when the configured Long Window time-interval elapses 1h = watchdog stays in Long Window

图 2-8. WD_MODE_REG 寄存器字段说明

方法 2：

- 在 PMIC 上电之前将作为喂狗信号输入的引脚外接下拉到 GND(此方法适用于引脚输入触发模式)。外部提供的喂狗信号将被下拉至低电平，PMIC 将保持在长窗口状态。
- 对 MCU 重新烧写程序时，需在长窗口时限内完成程序烧写，避免触发长窗口喂狗超时触发芯片复位。之后在 PMIC 重新上电之前，移除 GPIO 引脚的逻辑低电平，上电后 MCU 程序运行，将执行正常喂狗操作，PMIC 能够识别有效喂狗信号。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

2.4 基于图形用户界面（GUI）的看门狗测试

打开 TPS65036-GUI：将电脑与 EVM 板连接后刷新页面。点击"Options"并选择"Serial Port"，确认端口已正确识别(显示 Texas Instruments, Inc.)，将"Baud Rate"设置为 115200，点击左下角按钮 测试 EVM 板连接状态。

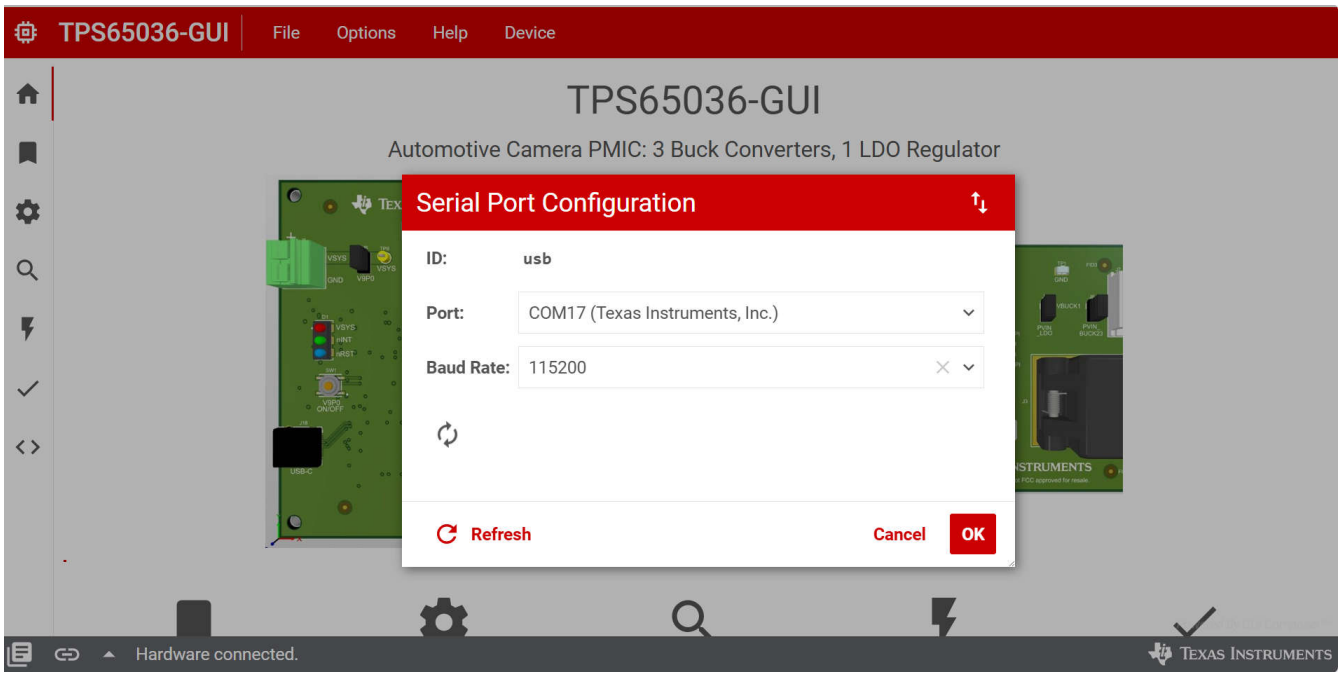


图 2-9. TPS65036x-Q1 GUI 串口配置界面

点击左侧对应图标  进入寄存器映射(Register Map)界面(如 图 2-10 所示)，通过点击"Read"按钮可读取 PMIC 寄存器各地址对应的数值，通过点击"Write"按钮可修改寄存器地址对应的数值，便于执行调试操作。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

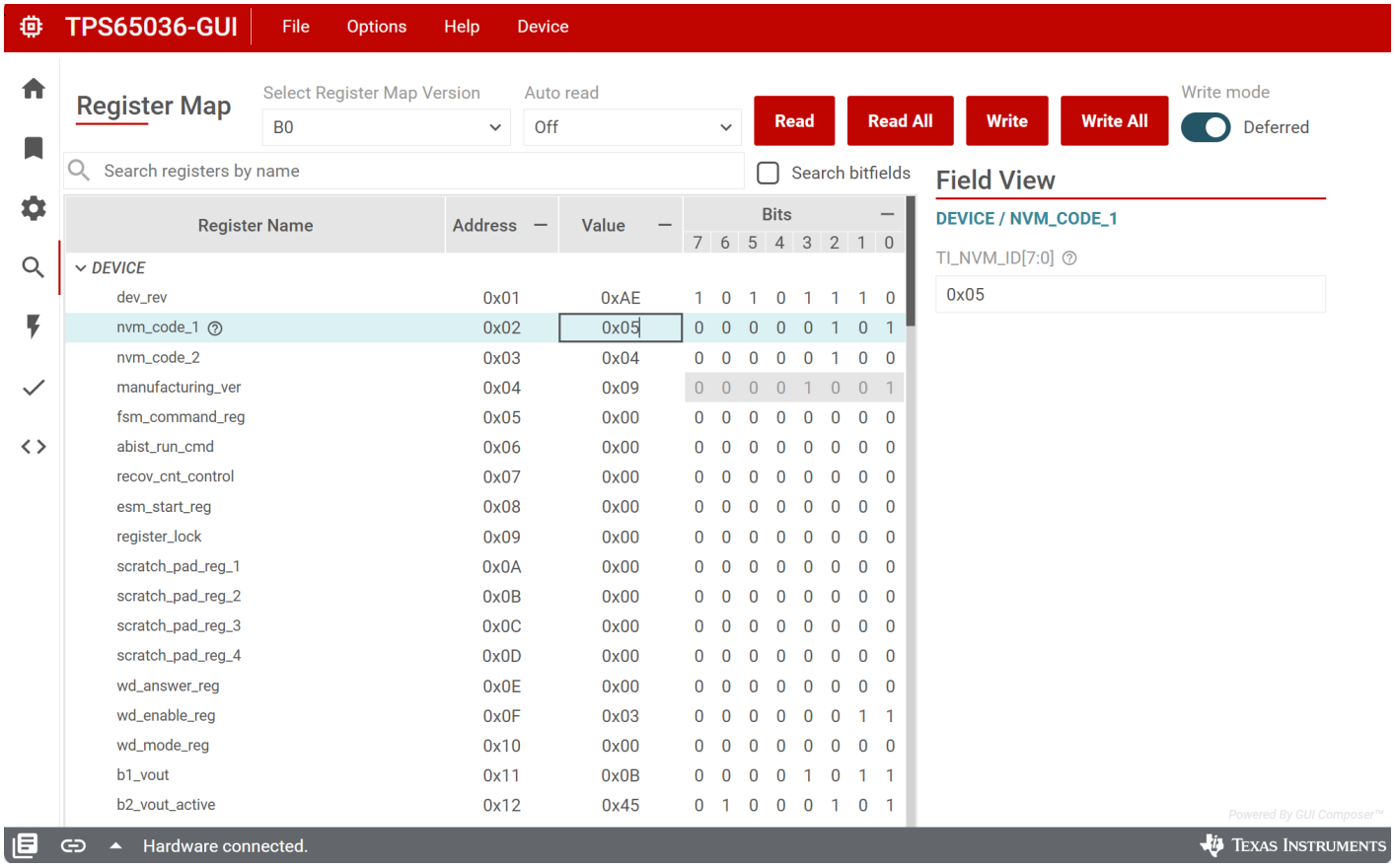


图 2-10. TPS65036x-Q1 GUI 寄存器映射界面

GUI 支持通过 EVM 板对 PMIC 空片进行程序烧录，验证 PMIC 当前看门狗配置是否符合功能安全应用要求。点击最左边对应图标 进入器件编程(Program Device)界面(如 图 2-11 所示)，依次点击"STEP 1""STEP 2""STEP 3" ，点击"File"并选择"Upload Register Map"，上传对应 OTP 配置文件后点击"STEP 4"。断开 EVM 板电源并重新上下电，重新连接 EVM 板并刷新 GUI 界面，通过点击"Read All"读取寄存器地址对应数值，验证 OTP 烧录是否成功。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

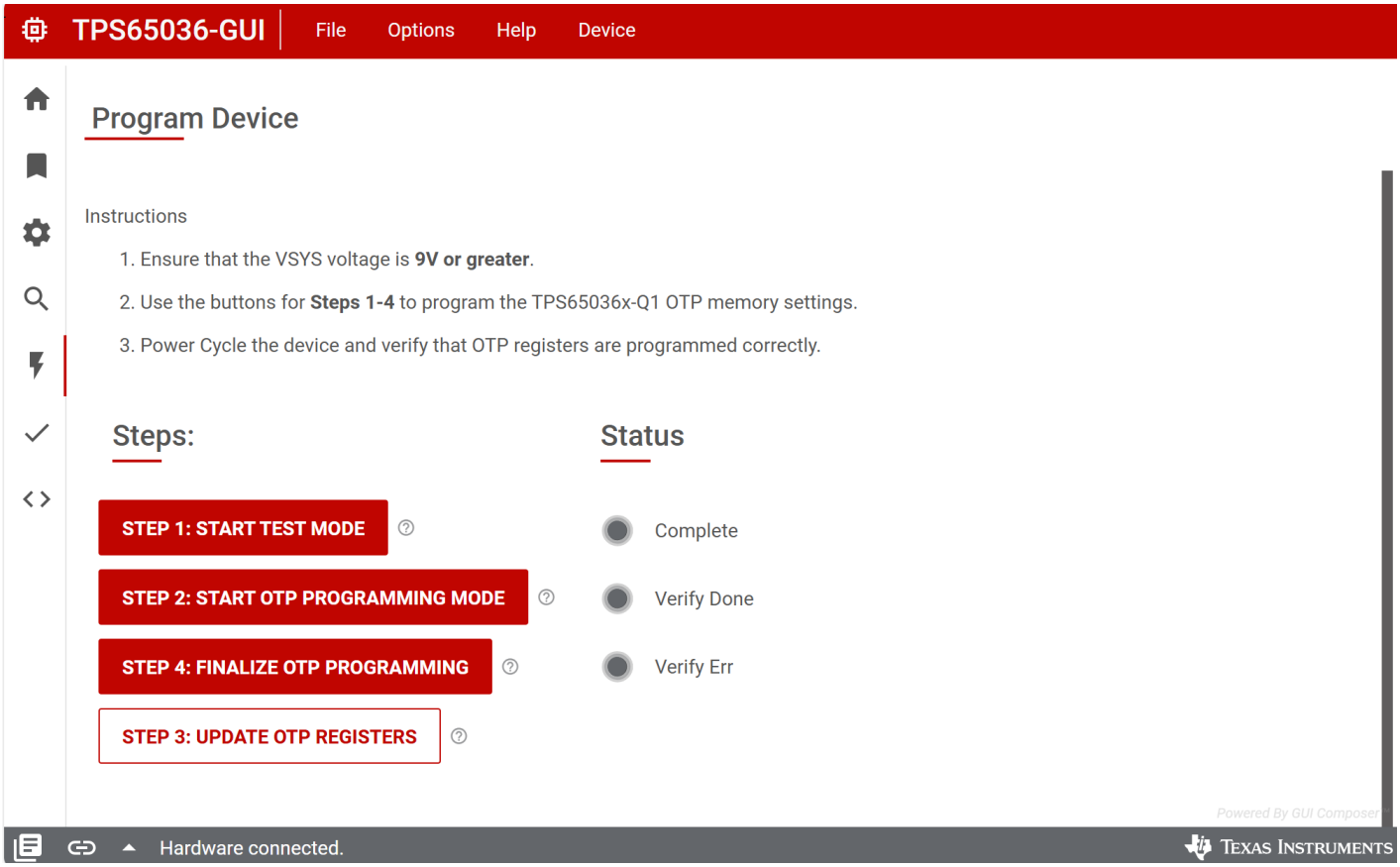


图 2-11. TPS650366-Q1 GUI 器件编程界面

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

3 总结

本文围绕 TI TPS65036X-Q1 系列看门狗应用指导，详细介绍 TPS65036X-Q1 看门狗喂狗模式以及各模式下的寄存器配置方法、基于 MCU 通过 I2C 设置喂狗逻辑相关流程、在调试模式下看门狗配置方法并说明如何使用 GUI 工具完成看门狗配置与调试。通过本配置指南，可实现 PMIC 与 MCU 高效协同，保障系统稳定、安全、可靠运行，满足功能安全应用相关要求，也为如何使用 TI TPS65036X-Q1 系列产品搭配 MCU 提供设计参考。

4 参考文献

1. Datasheet" TPS65036x-Q1 Automotive Camera, Radar and MCU PMIC "
2. Datasheet" F29H85x, F29P58x, and F29P32x Real-Time Microcontrollers "
3. Application Note" PMIC Power Design for C2000 F29 Series "
4. Technical Reference Manual" F29H85x and F29P58x Real-Time Microcontrollers "
5. EVM User's Guide" TPS650360EVM-SKT Evaluation Module "

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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出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