TPS389C03-Q1 具有 Q&A 看门狗功能的多通道过压和欠压 I²C 可编程电压监控器和监测器

1 特性

- 具有符合 AEC-Q100 标准的下列特性：
  - 器件温度等级 1：-40°C 至 +125°C
  - 器件 HBM ESD 分类等级 2
  - 器件 CDM ESD 分类等级 C7B
- 功能安全型
  - 可帮助进行 ISO 26262 系统设计的文档
  - 系统可满足 ASIL D 级要求
  - 硬件可满足 ASIL D 要求
- 用于监测 SoC 软件运行的 Q&A 看门狗
  - 通过 I²C 实现可编程开/关看门狗定时（1ms 至 864ms）
  - SoC 启动初始化的启动延迟（2ms 至 3.46s）
  - WDO 置为有效前的可编程最大违例计数（高达 7）
  - 看门狗禁用引脚 (WDE)
- 监控先进的 SOC
  - 3 通道，具有 3 个遥感引脚（TPS389C03-Q1）
  - 输入电压范围：2.6V 至 5.5V
  - 欠压锁定 (UVLO)：2.6V
  - 高阈值精度：
  - ±5 mV（–40°C 至 +125°C）
  - 内置 ADC，可提供电压读数
  - 固定窗口阈值电平
    - 5mV 阶跃（0.2V 至 1.475V）
    - 其他范围内阶跃为 20 mV
- 微型封装和最低元件成本
  - 3mm × 3mm QFN 封装
  - 用户可通过 I²C 调节电压阈值电平
  - 用户可通过 I²C 调节毛刺抑制和迟滞电平
- 专为安全应用设计
  - 错误信号监测 (ESM)
    - 通过 I²C 实现可编程 ESM 延迟（1ms 至 864ms）
  - 循环冗余校验 (CRC)
  - 数据包错误检查 (PEC)
  - 低电平有效开漏 NIRQ、NRST 和 WDO 输出

2 应用

- 高级驾驶辅助系统 (ADAS)
- 传感器融合
  - 3 级至 5 级自主平台

3 说明

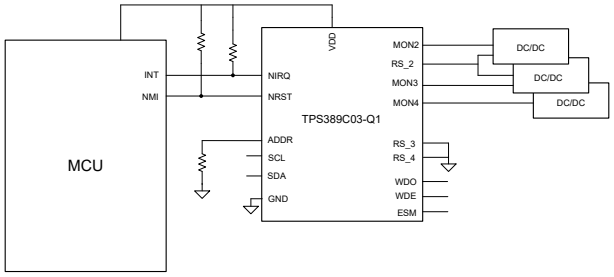
TPS389C03-Q1 器件是一款集成式多通道窗口监测复位 IC，具有 3 个遥感引脚，采用 16 引脚 3mm × 3mm QFN 封装。

这款高精度多通道电压监控器非常适合采用低电压电源轨的系统，具有非常小的电源容差裕度，并且内置毛刺抑制功能和噪声滤波器，进一步消除了错误信号所导致的错误复位。该 TPS389C03-Q1 器件不需要使用任何外部电阻器来设置过压和欠压复位阈值，因此进一步优化了整体精度、成本和大小，并提高了安全系统的可靠性。I²C 功能可方便用户灵活选择阈值、复位延迟、毛刺干扰滤波器以及引脚功能。该器件可提供 CRC 错误检查功能，并具有用于电压读数的内置 ADC，从而实现冗余错误检查。该器件具有内置 Q&A 看门狗和错误信号监测器，可实现独立的看门狗使能和看门狗输出功能。

封装信息

器件型号	封装 (1)	封装尺寸(2)
TPS389C03-Q1	RTE（WQFN，16）	3mm × 3mm

(1) 有关所有可用封装，请参阅 节 12。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。



TPS389C03-Q1 典型电路

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

内容

1 特性.....1
2 应用.....1
3 说明.....1
4 器件比较.....3
5 引脚配置和功能.....5
6 规格.....6
6.1 绝对最大额定值.....6
6.2 ESD 等级.....6
6.3 建议运行条件.....6
6.4 热性能信息.....7
6.5 电气特性.....7
6.6 时序要求.....9
7 详细说明.....12
7.1 概述.....12
7.2 功能方框图.....12
7.3 特性说明.....13
7.4 器件功能模式.....45
8 寄存器映射.....47
8.1 寄存器概览.....47
9 应用和实施.....118
9.1 应用信息.....118
9.2 典型应用.....119
9.3 电源相关建议.....131
9.4 布局.....131
10 器件和文档支持.....133
10.1 器件命名规则.....133
10.2 文档支持.....136
10.3 接收文档更新通知.....136
10.4 支持资源.....136
10.5 商标.....136
10.6 静电放电警告.....136
10.7 术语表.....136
11 修订历史记录.....136
12 机械、封装和可订购信息.....137

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较

图 4-1 显示了器件命名规则。有关当前发布型号的配置的更多详细信息，请参阅表 4-1 和表 4-2。表 10-2 提供了寄存器配置和所存储数据值的更深入说明。

表 4-3 提供了可用器件功能和相应器件型号的汇总。如需了解其他选项的详细信息和供货情况，请联系 TI 销售代表或访问 TI 的在线 E2E 论坛；最低订购量适用。

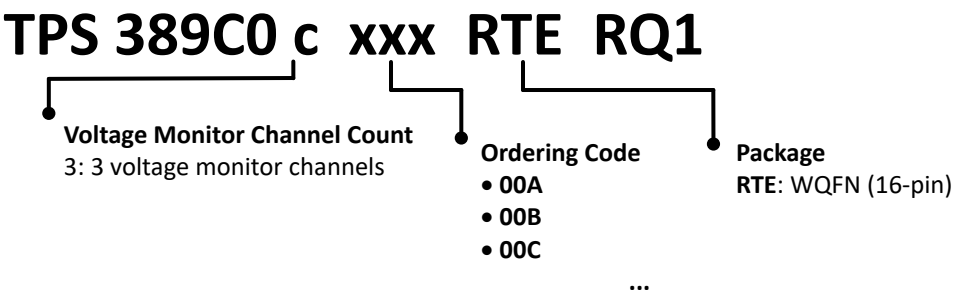


图 4-1. TPS389C03-Q1 器件命名规则

表 4-1. TPS389C0x-Q1 器件阈值表

订购代码	监控通道数	阈值	VMON2 (V)	VMON3 (V)	VMON4 (V)
TPS389C0300CRTERQ1	3	UV_HF/OV_HF	4.56/5.44	3.02/3.6	0.2/1.475
		UV_LF/OV_LF	4.56/5.44	3.02/3.6	0.2/1.475
TPS389C03A26RTERQ1	3	UV_HF/OV_HF	3.0/3.6	1.7/1.9	1.1/1.31
		UV_LF/OV_LF	3.16/3.44	1.72/1.88	1.145/1.25

表 4-2. TPS389C0x-Q1 器件配置表

订购代码	功能	调节	OV/UV 去抖	LF 截止频率	BIST	PEC	WD 打开时间 (ms)	WD 关闭时间 (ms)	最大 WD 违例计数	I2c 上拉电压 (v)
TPS389C0300CRTERQ1	监控 LF/HF	4/4/1	102.4 us	1kHz	POR 时	禁用	30	30	2	3.3V
TPS389C03A26RTERQ1	监控 LF/HF	4/4/1	102.4 us	1kHz	POR 时	启用	100	100	7	3.3V

表 4-3. 多通道监控器汇总表

规格	TPS38900x-Q1	TPS389R0x-Q1 (1)	TPS38800x-Q1 (1)	TPS388R0x-Q1 (1)	TPS389C0x-Q1	TPS388C0x-Q1 (1)
硬件 ASIL 等级	D	D	B	B	D	B
监控通道数	4 至 8	4 至 7	4 至 8	4 至 7	3 至 6	3 至 6
监控范围	0.2 至 5.5V	0.2 至 5.5V	0.2 至 5.5V	0.2 至 5.5V	0.2 至 5.5V	0.2 至 5.5V
比较器监控（HF 故障）	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ADC 监控（LF 故障）	✓	✓	x	x	✓	x
看门狗	x	x	x	x	问答	窗口
电压遥测	✓	✓	x	x	✓	x
监控干扰滤波	✓	✓	✓	✓	✓	✓
序列记录	✓	x	✓	x	✓	✓
NIRQ 引脚	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NRST 引脚	x	✓	x	✓	✓	✓
SYNC 引脚	✓	x	x	x	x	x
WDO 引脚	x	x	x	x	✓	✓
WDI 引脚	x	x	x	x	x	✓
ESM 引脚	x	x	x	x	✓	x

(1) 预发布，有关其他选项的详细信息和供货情况，请联系 TI 销售代表或访问 TI 的 E2E 论坛

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5 引脚配置和功能

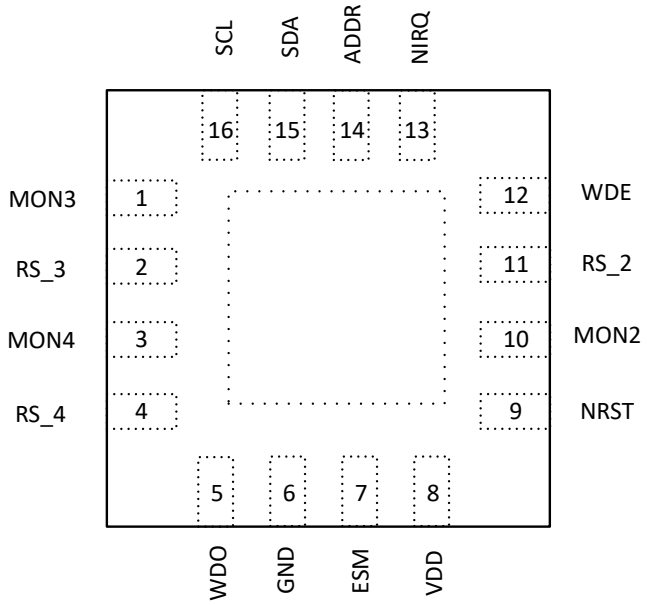


图 5-1. RTE 封装
16 引脚 WQFN
TPS389C03-Q1（顶视图）

表 5-1. 引脚功能

引脚		I/O	说明
编号	TPS389C03-Q1 名称		
1	MON3	I	电压监控通道 3
2	RS_3	I	通道 3 的遥感
3	MON4	I	电压监控通道 4
4	RS_4	I	通道 4 的遥感
5	WDO	O	看门狗错误的漏极开路引脚
6	GND	-	电源地
7	ESM	I	错误信号监控器
8	VDD	-	电源轨
9	NRST	O	漏极开路复位引脚
10	MON2	I	电压监控通道 2
11	RS_2	I	通道 2 的遥感
12	WDE	I	看门狗启用
13	NIRQ	O	低电平有效开漏中断输出
14	ADDR	I	I^2C 地址选择引脚
15	SDA	I/O	I^2C 数据引脚
16	SCL	I	I^2C 时钟引脚
17	GND	-	裸露的电源地焊盘

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）[(1)]

		最小值	最大值	单位
电压	VDD	-0.3	6	V
电压	NIRQ、NRST、WDO、ESM、WDE	-0.3	6	V
电压	SCL、SDA	-0.3	VDD+0.3	V
电压	ADDR	-0.3	2	V
电压	MONx	-0.3	6	V
电流	NIRQ、NRST、WDO		±10	mA
温度[(2)]	持续总功率耗散	请参阅“热性能信息”		
	工作结温，T_J	-40	150	°C
	自然通风工作温度范围，T_A	-40	125	°C
	贮存温度，T_{stg}	-65	150	°C

(1) 应力超出“绝对最大额定值”下所列的值可能会对器件造成永久损坏。这些只是应力额定值，并不意味着器件能够在该等条件下以及在除建议工作条件以外的任何其他条件下正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。
(2) 由于该器件的耗散功率较低，因此假设 $T_J = T_A$。

6.2 ESD 等级

				值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准[(1)]		±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011	所有引脚	±500	
			转角引脚	±750	

(1) AEC Q100-002 指示应当按照 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范执行 HBM 应力测试

6.3 建议运行条件

		最小值	标称值	最大值	单位
VDD	电源引脚电压	2.6		5.5	V
NIRQ、NRST、WDO、ESM、WDE	引脚电压	0		5.5	V
$I_{NIRQ,NRST,WDO}$	引脚电流	0		±5	mA
ADDR	地址引脚电压	0		1.8	V
MONx	监测引脚	0		5.5	V
SCL、SDA	引脚电压	0		VDD	V
R_{UP} [(1)]	上拉电阻（开漏配置）	1		100	kΩ
T_J	结温（自然通风温度）	-40		125	℃

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.4 热性能信息

热指标[1]		TPS389C03-Q1 RTE (WQFN) 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	53.4	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	51.4	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	17.2	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.3	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	20.7	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	3.9	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅半导体和 IC 封装热指标应用报告。

6.5 电气特性

2.6V ≤ VDD≤ 5.5V，NIRQ 电压 = 10kΩ 至 V_{DD}，NIRQ 负载 = 10pF，并且在自然通风条件下的工作温度范围（–40°C 至 125°C）内测得（除非另有说明）。典型值为 T_J = 25°C 下的值，在典型条件 VDD = 3.3V 下。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
常用参数						
VDD	输入电源电压		2.6		5.5	V
VDD_{UVLO}	上升阈值		2.67		2.81	V
	下降阈值		2.48		2.6	V
V_{POR}	上电复位电压[2]				1.65	V
I_{DD_Active}	流入 VDD 引脚的电源电流	VDD≤5.5V		1550	2000	μA
V_{MONX}	MON 电压范围		0.2		5.5	V
I_{MONX}	输入电流 MONx 引脚	V_{MON} = 5V			20	μA
VMON_LF	1x 模式（无调节）		0.2		1.475	V
	4x 模式		0.8		5.5	V
VMON_HF	1x 模式（无调节）		0.2		1.475	V
	4x 模式		0.8		5.5	V
阈值 Granularity_LF	1x 模式（无调节）			5		mV
	4x 模式			20		mV
阈值 Granularity_HF	1x 模式（无调节）			5		mV
阈值 Granularity_HF	4x 模式			20		mV
Accuracy_HF	VMON	0.2V≤V_{MONX}≤1.0V	-6		6	mV
		1.0V<V_{MONX}≤1.475V	-7.5		7.5	mV
		1.475V<V_{MONX}≤2.95V	-0.6		0.6	%
		V_{MONX}>2.95V	-0.7		0.7	%
V_{HYS_HF}	UV、OV 引脚上的迟滞（迟滞与跳闸点((UV),(OV)) 相关）[1]	0.2V≤V_{MONX}≤1.475V		5	11	mV
		1.475V<V_{MONX}≤2.95V		9	16	
		VMONX>2.95V		17	28	mV
MON_OFF	关闭电压阈值	受监控的 V_{MON} 下降沿	140		215	mV

6.5 电气特性（续）

2.6V ≤ VDD≤ 5.5V，NIRQ 电压 = 10kΩ 至 V_{DD}，NIRQ 负载 = 10pF，并且在自然通风条件下的工作温度范围（–40°C 至 125°C）内测得（除非另有说明）。典型值为 T_J = 25°C 下的值，在典型条件 VDD = 3.3V 下。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
NIRQ	置于低电平有效时的导通电阻	漏极开路		12	17	Ω
V_{OL}	低电平输出电压-NIRQ	NIRQ，5.5V/5mA			100	mV
$I_{lkg(OD)}$	开漏输出漏电流-NIRQ	NIRQ 引脚处于高阻抗状态，VNIRQ = 5.5，未置为有效			90	nA
NRST	置于低电平有效时的导通电阻	漏极开路		10	15	Ω
V_{OL}	低电平输出电压-NRST	NRST，5.5V/5mA			100	mV
$I_{lkg(OD)}$	开漏输出漏电流-NRST	NRST 引脚处于高阻抗状态，VNRST = 5.5，未置为有效			600	nA
WDO	置于低电平有效时的导通电阻	漏极开路		12	17	Ω
V_{OL}	低电平输出电压-WDO	WDO，5.5V/5mA			100	mV
$I_{lkg(OD)}$	开漏输出漏电流-WDO	WDO 引脚处于高阻抗状态，VNRST = 5.5，未置为有效			500	nA
ESM_L	逻辑低电平输入				0.24 x VDD	V
ESM_H	逻辑高电平输入	VDD>4.5	0.55 x VDD			V
		VDD<4.5	0.6 x VDD			V
Ilkg(ESM)	漏电流	ESM=5.5V			75	μA
WDE_L	逻辑低电平输入				0.36	V
WDE_H	逻辑高电平输入		1.26			V
Ilkg(WDE)	漏电流	WDE=5.5V			5	μA
I_{ADDR}	ADDR 引脚电流			20		μA
I2C ADDR	（十六进制格式）	R=5.36k		0x30		
		R=16.2k		0x31		
		R=26.7k		0x32		
		R=37.4k		0x33		
		R=47.5k		0x34		
		R=59.0k		0x35		
		R=69.8k		0x36		
		R=80.6k		0x37		
TSD	热关断			155		℃
TSD Hys	热关断迟滞			25		℃
RS	遥感范围		-100		100	mV
ADC 规格						
Vin	输入范围		0.2		5.5	V
分辨率	1x 模式	0.2V≤VMON≤1.475V		5		mV
	4x 模式	VMON>1.475V		20		mV
f_S	采样速率			125		ksps
Accuracy_LF	VMON，1x 模式 mode	0.2V≤VMON≤1.475V	-12		+12	mV
	VMON，4x 模式	VMON>1.475V	-40		+40	mV
I2C 电气规格						

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性（续）

2.6V ≤ VDD≤ 5.5V，NIRQ 电压 = 10kΩ 至 V_{DD}，NIRQ 负载 = 10pF，并且在自然通风条件下的工作温度范围（–40°C 至 125°C）内测得（除非另有说明）。典型值为 T_J = 25°C 下的值，在典型条件 VDD = 3.3V 下。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{HYS_LF}	迟滞 LF 故障，1x 模式	0.2V≤VMON≤1.475V		10	15	mV
	迟滞 LF 故障，4x 模式	VMON>1.475V		40	55	mV
C_B	SDA 和 SCL 的容性负载				400	pF
SDA、SCL	低电平阈值	DEV_CONFIG.SOC_IF=0			0.84	V
SDA、SCL	高电平阈值	DEV_CONFIG.SOC_IF=0	2.31			V

(1) 迟滞与跳闸点（$V_{IT-(UV)}$、$V_{IT+(OV)}$）相关。
(2) V_{POR} 是受控输出状态下的最小 V_{DDX} 电压电平。

6.6 时序要求

2.6V ≤ VDD ≤ 5.5V，NIRQ 电压 = 10kΩ 至 VDD，NIRQ 负载 = 10pF，并且在自然通风条件下的工作温度范围（–40°C 至 125°C）内（除非另有说明）。典型值为 T_J = 25°C 下的值，在典型条件 VDD = 3.3V 下。

			最小值	标称值	最大值	单位
常用参数						
t_{BIST}	具有 BIST 时的 POR 就绪时间，TEST_CFG.AT_POR=1	包括 OTP 负载			12	ms
tNBIST	不具有 BIST 时的 POR 就绪时间，TEST_CFG.AT_POR=0	包括 OTP 负载			2	ms
BIST	BIST 时间，TEST_CFG.AT_POR=1 或 TEST_CFG.AT_SHDN=1				10	ms
t_{I2C_ACT}	从 BIST 完成开始激活 I2C				0	µs
$t_{d(nRST)}$	故障检测到 NRST 置为有效的延迟				25	µs
t_{WDO}	故障检测到 WDO 置为有效的延迟				25	µs
t_{NIRQ}	故障检测到 NIRQ 置为有效的延迟（OV/UV 故障除外）				25	µs
$t_{PD_NIRQ_1X}$	HF 故障传播检测延迟（默认抗尖峰脉冲滤波器）包括数字延迟	VIT_OV/UV +/- 100mV			650	ns
$t_{PD_NIRQ_4X}$	HF 故障传播检测延迟（默认抗尖峰脉冲滤波器）包括数字延迟	VIT_OV/UV +/- 400mV			750	ns
t_D	RESET 延时时间	I2C 寄存器延时时间 =000		200		µs
		I2C 寄存器延时时间 =001		1		ms
		I2C 寄存器延时时间 =010		10		ms
		I2C 寄存器延时时间 =011		16		ms
		I2C 寄存器延时时间 =100		20		ms
		I2C 寄存器延时时间 =101		70		ms
		I2C 寄存器延时时间 =110		100		ms
		I2C 寄存器延时时间 =111		200		ms

6.6 时序要求（续）

2.6V ≤ VDD ≤ 5.5V，NIRQ 电压 = 10kΩ 至 VDD，NIRQ 负载 = 10pF，并且在自然通风条件下的工作温度范围（–40°C 至 125°C）内（除非另有说明）。典型值为 T_J = 25°C 下的值，在典型条件 VDD = 3.3V 下。

			最小值	标称值	最大值	单位
t_{D_WD}	WDO 延迟	I2C 寄存器延时时间=000		1		ms
		I2C 寄存器延时时间=001		2		ms
		I2C 寄存器延时时间=010		5		ms
		I2C 寄存器延时时间=011		10		ms
		I2C 寄存器延时时间=100		20		ms
		I2C 寄存器延时时间=101		50		ms
		I2C 寄存器延时时间=110		100		ms
		I2C 寄存器延时时间=111		200		ms
$t_{debounce_ESM}$	去抖时间	I2C 寄存器延时时间=00		10		μs
		I2C 寄存器延时时间=01		25		
		I2C 寄存器延时时间=10		50		
		I2C 寄存器延时时间=11		100		
t_{GI_R}	通过 I2C 实现 UV 和 OV 去抖范围	FLT_HF(N)	0.1		102.4	μs

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.6 时序要求（续）

2.6V ≤ VDD ≤ 5.5V，NIRQ 电压 = 10kΩ 至 VDD，NIRQ 负载 = 10pF，并且在自然通风条件下的工作温度范围（–40°C 至 125°C）内（除非另有说明）。典型值为 T_J = 25°C 下的值，在典型条件 VDD = 3.3V 下。

			最小值	标称值	最大值	单位
I2C 时序特性						
f_{SCL}	串行时钟频率	标准模式			100	kHz
f_{SCL}	串行时钟频率	快速模式			400	kHz
f_{SCL}	串行时钟频率	超快速模式			1	MHz
t_{LOW}	SCL 低电平时间	标准模式	4.7			μs
t_{LOW}	SCL 低电平时间	快速模式	1.3			μs
t_{LOW}	SCL 低电平时间	超快速模式	0.5			μs
t_{HIGH}	SCL 高电平时间	标准模式	4			μs
t_{HIGH}	SCL 高电平时间	超快速模式	0.26			μs
$t_{SU;DAT}$	数据建立时间	标准模式	250			ns
$t_{SU;DAT}$	数据建立时间	快速模式	100			ns
$t_{SU;DAT}$	数据建立时间	超快速模式	50			ns
$t_{HD;DAT}$	数据保持时间	标准模式	10			ns
$t_{HD;DAT}$	数据保持时间	快速模式	10			ns
$t_{HD;DAT}$	数据保持时间	超快速模式	10			ns
$t_{SU;STA}$	启动或重复启动条件的建立时间	标准模式	4.7			μs
$t_{SU;STA}$	启动或重复启动条件的建立时间	快速模式	0.6			μs
$t_{SU;STA}$	启动或重复启动条件的建立时间	超快速模式	0.26			μs
$t_{HD:STA}$	启动或重复启动条件的保持时间	标准模式	4			μs
$t_{HD:STA}$	启动或重复启动条件的保持时间	快速模式	0.6			μs
$t_{HD:STA}$	启动或重复启动条件的保持时间	超快速模式	0.26			μs
t_{BUF}	STOP 与 START 条件之间的总线空闲时间	标准模式	4.7			μs
t_{BUF}	STOP 与 START 条件之间的总线空闲时间	快速模式	1.3			μs
t_{BUF}	STOP 与 START 条件之间的总线空闲时间	超快速模式	0.5			μs
$t_{SU;STO}$	停止条件的建立时间	标准模式	4			μs
$t_{SU;STO}$	停止条件的建立时间	快速模式	0.6			μs
$t_{SU;STO}$	停止条件的建立时间	超快速模式	0.26			μs
trDA	SDA 信号的上升时间	标准模式			1000	
trDA	SDA 信号的上升时间	快速模式	20		300	ns
trDA	SDA 信号的上升时间	超快速模式			120	ns
tfDA	SDA 信号的下降时间	标准模式			300	ns
tfDA	SDA 信号的下降时间	快速模式	1.4		300	ns
tfDA	SDA 信号的下降时间	超快速模式	6.5		120	ns
trCL	SCL 信号的上升时间	标准模式			1000	ns
trCL	SCL 信号的上升时间	快速模式	20		300	ns
trCL	SCL 信号的上升时间	超快速模式			120	ns
tfCL	SCL 信号的下降时间	标准模式			300	ns
tfCL	SCL 信号的下降时间	快速模式	6.5		300	ns
tfCL	SCL 信号的下降时间	超快速模式	6.5		120	ns
tSP	被抑制的 SCL 和 SDA 尖峰的脉冲宽度	标准模式、快速模式和超快速模式			50	ns

7 详细说明

7.1 概述

TPS389C03-Q1 系列器件具有三条通道，可在窗口配置中针对过压和/或欠压进行配置。TPS389C03-Q1 具有非常准确的窗口阈值电压
（最高 ±5mV）和多种电压阈值，这些阈值可在出厂时配置或在启动时由 I2C 命令设置。

TPS389C03-Q1 包括用于设置器件内部过压和欠压阈值的电阻器。要确保外部电阻器精度无需额外的裕度，因此这些内部电阻器可减少元件数量并极大地简化设计。

当受监控的电压超出安全窗口时，TPS389C03-Q1 可将低电平有效输出信号（NIRQ 和/或 NRST）置为有效。默认配置如下：针对过压和欠压故障启用中断、序列超时设置为 1ms、在 POR 时启用 BIST 以及过压和欠压去抖设置为 102.4μs。

7.2 功能方框图

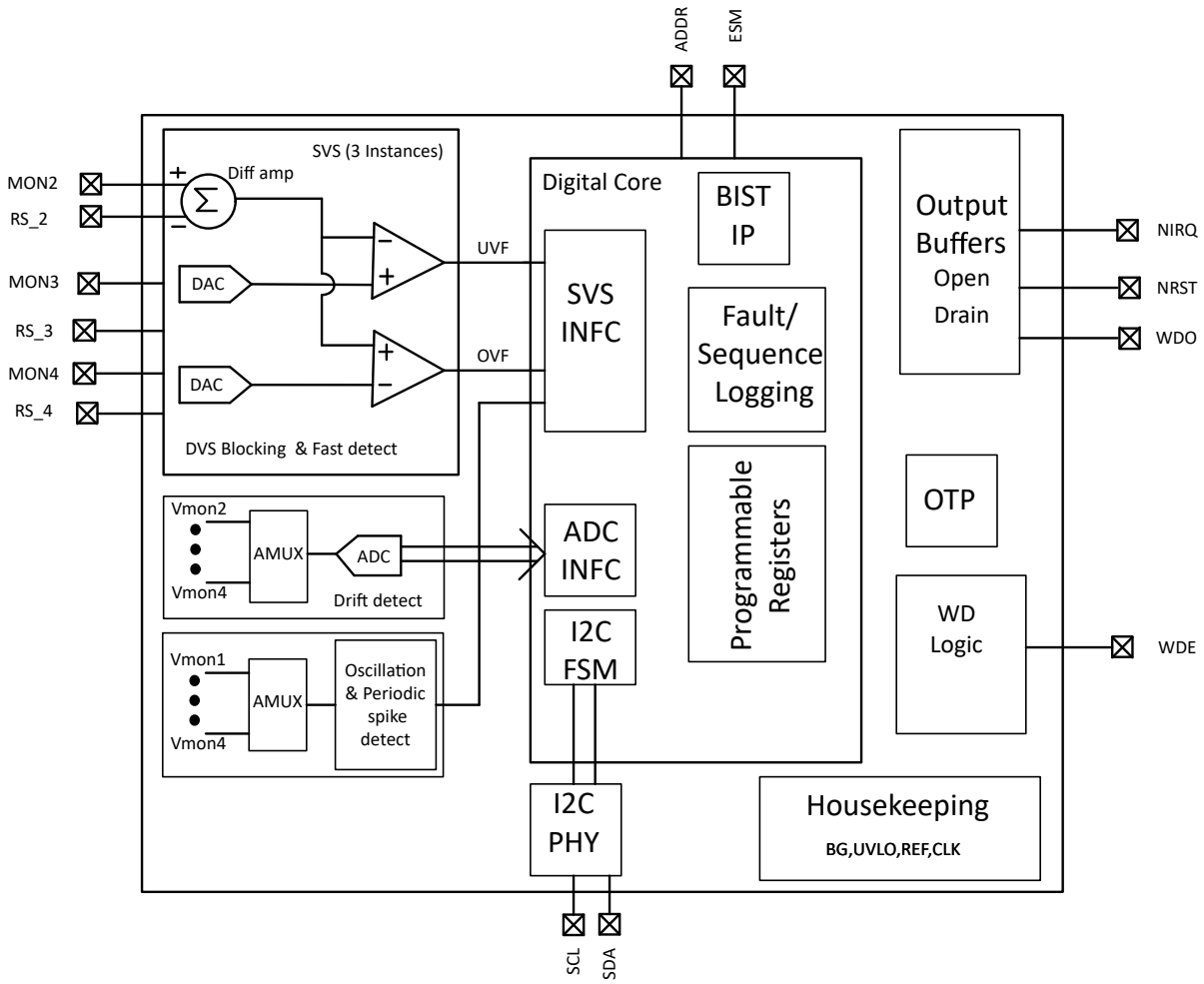


图 7-1. TPS389C03-Q1 方框图

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.3 特性说明

7.3.1 I²C

TPS389C03-Q1 器件遵循 I²C 协议（高达 1MHz）来管理与 MCU 或片上系统 (SoC) 等主机器件的通信。I²C 是使用时钟 (SCL) 和数据 (SDA) 两个信号实现的两线通信协议。主机器件是通信的主控制器。TPS389C03-Q1 器件在 I²C 协议定义的读取或写入操作期间通过数据线做出响应。SCL 和 SDA 信号均为开漏拓扑，可与其他器件一起用在有线或配置中，以共享通信总线。SCL 和 SDA 引脚都需要使用外部上拉电阻上拉到电源电压（建议使用 10kΩ 电阻）。

图 7-2 显示了用以传输 1 字节数据的 SCL 和 SDA 线之间的时序关系。SCL 线路始终由主机控制。要传输 1 个字节的数据，主机需要在 SCL 上发送 9 个时钟。8 个时钟用于数据，1 个时钟用于 ACK 或 NACK。SDA 线路由主机或 TPS389C03-Q1 器件根据读取或写入操作进行控制。图 7-3 和图 7-4 突出显示了通信协议流程以及哪个器件在实际通信期间的不同实例中控制 SDA 线。

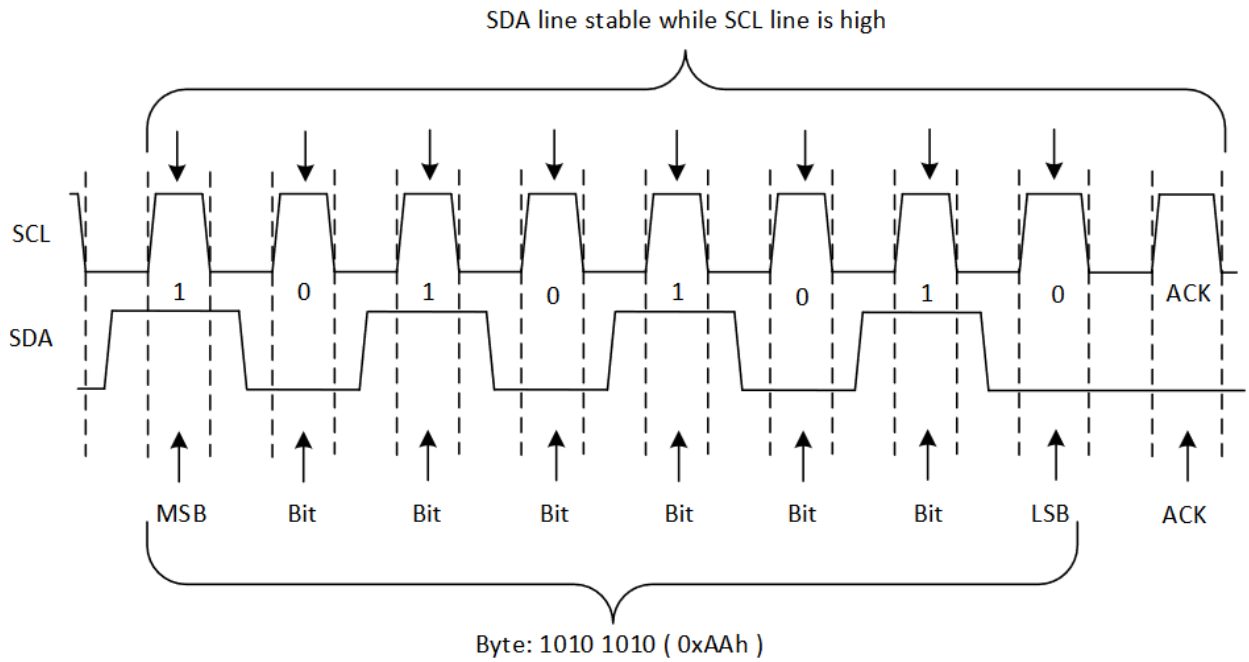


图 7-2. 1 字节数据传输的 SCL 至 SDA 时序

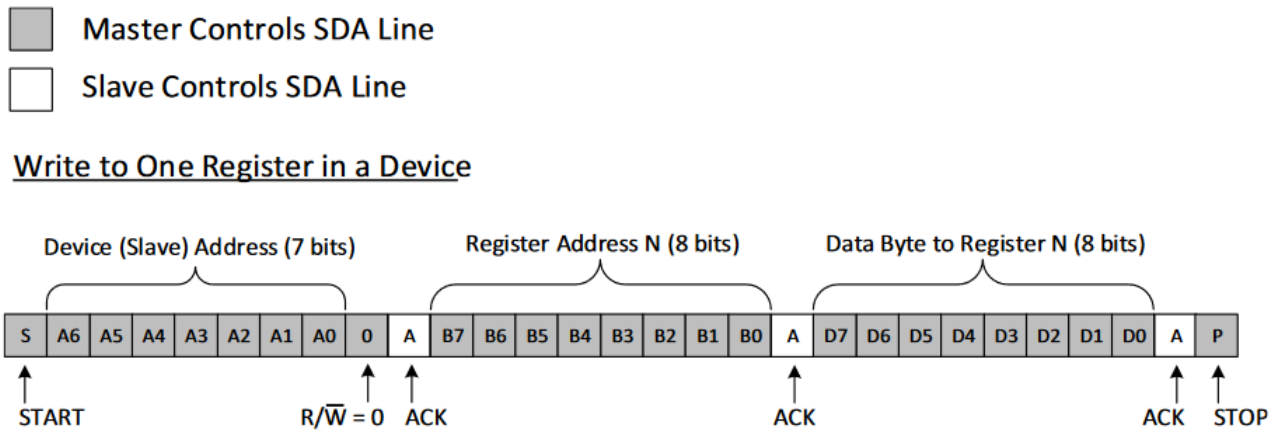


图 7-3. I²C 写入协议

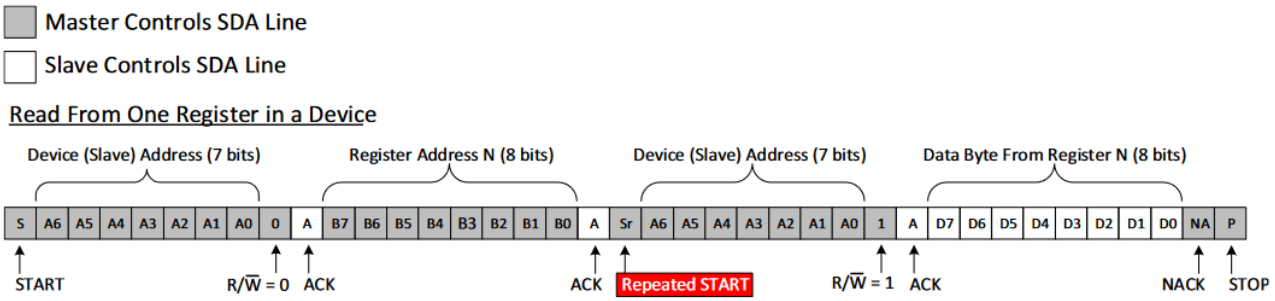


图 7-4. I²C 读取协议

在通过 I²C 协议发起通信之前，主机需要确认 I²C 总线可用于通信。监视 SCL 和 SDA 线，如果任何线路被拉至低电平，则 I²C 总线被占用。主机需要等待总线可用于通信。一旦总线可用于通信，主机即可通过发出一个 START 条件来启动读取或写入操作。I²C 通信完成后，通过发出 STOP 命令释放总线。图 7-5 显示了如何实现 START 和 STOP 条件。

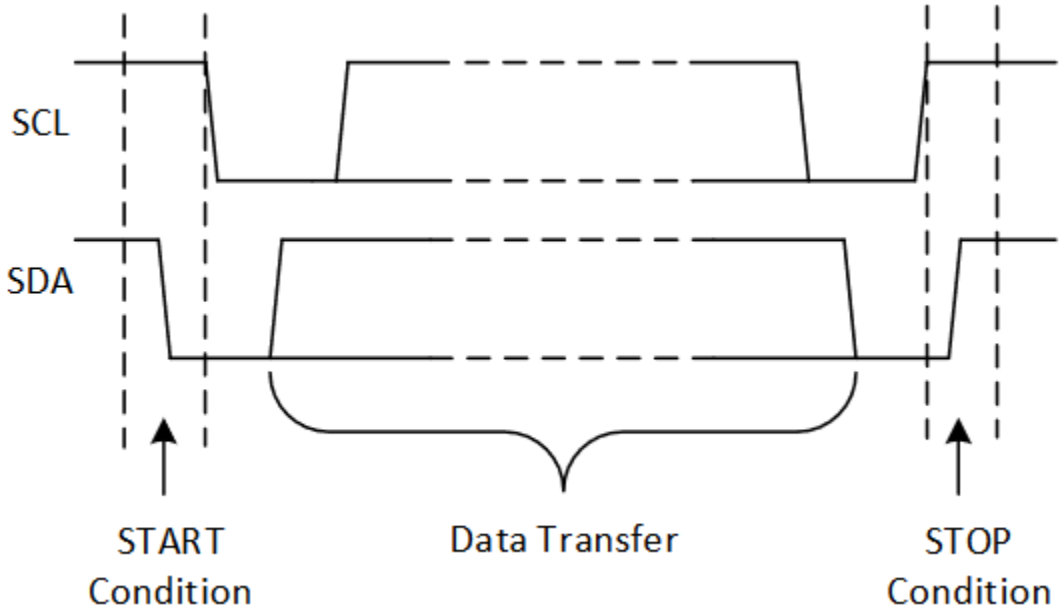


图 7-5. I²C START 和 STOP 条件

如果主机不提供所需的时钟数、SDA 线可能会卡在逻辑低电平。在这种情况下，主机在 SCL 线路上提供多个时钟，直到 SDA 线路变为高电平。此事件之后，主机必须发出 I²C 停止命令。此操作将释放 I²C 总线，其他器件可以使用 I²C 总线。

表 7-1 显示了使用 I²C 进行编程时可用的不同功能。

表 7-1. 用户可编程的 I²C 功能

功能	说明
OV/UV 的阈值 — HF	可在 0.2V 至 1.475V 范围内以 5mV 为步长进行调节，在 0.8V 至 5.5V 范围内以 20mV 为步长进行调节
OV/UV 的阈值 — LF	可在 0.2V 至 1.475V 范围内以 5mV 为步长进行调节，在 0.8V 至 5.5V 范围内以 20mV 为步长进行调节
电压监控调节	1 或 4
OV/UV 抗干扰度 — HF	0.1 µs 至 102.4 µs

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-1. 用户可编程的 I²C 功能（续）

功能	说明
低频截止滤波器	250Hz 至 4kHz
启用序列超时	1ms 至 4s
I²C 的数据包错误检查	启用与禁用
强制 NIRQ/NRST/WDO 置位	由 I²C 寄存器控制
独立通道 MON	启用或禁用
中断禁用功能	BIST、PEC、TSD、CRC
ESM Threshold	1ms 到 864ms
ESM 去抖	10us 至 100us
复位延迟	200us 至 200ms
最大违例计数	0 至 7
看门狗启动延迟乘法器	0 至 7
看门狗开窗口和闭窗口时间	1ms 到 864ms
看门狗输出延迟	200us 至 200ms（仅适用于非锁存 WDO）
OV/UV/ESM/WDT	可单独映射到 NIRQ、NRST 和 WDO

7.3.2 可屏蔽中断 (AMSK)

在上电的情况下，应用 AMSK_ON 寄存器。AMSK_ON 会屏蔽中断，直到 MON 电压超过 UVLF 阈值或序列超时到期，以更早的时间为准。在断电的情况下，应用 AMSK_OFF 寄存器。AMSK_ON 会屏蔽中断，直到 MON 电压低于 OFF 阈值，然后 OVLF 中断被激活。

表 7-2 总结了上电和断电的自动屏蔽操作。

表 7-2. 上电和断电的自动屏蔽操作

转换	已应用自动屏蔽	自动屏蔽应用于	自动屏蔽未激活	对于不在自动屏蔽中的 MON 通道，中断被激活
上电	AMSK_ON	IEN_UVLF、IEN_UVHF、IEN_OVHF	SEQ_TOUT 到期或电源轨超过 UVLF	上电时
断电	AMSK_OFF		在 SEQ_TOUT 到期前，自动屏蔽在切换中处于活跃状态	直到 SEQ_TOUT 到期

7.3.3 VDD

TPS389C03-Q1 设计为由电压范围为 2.6V 至 5.5V 的输入电源供电。此器件不需要输入电源电容器；但是，如果输入电源存在噪声，良好的模拟做法是在 VDD 引脚和 GND 引脚之间放置一个 1μF 电容器。

为了使器件能够正常工作，V_{DD} 需要至少在启动延迟 (t_{SD}+ t_D) 时间内恰好为或高于 $V_{DD(MIN)}$。

7.3.4 MON

TPS389C03-Q1 将两个具有精密基准电压的比较器和每个监控器 (MON) 通道的修整电阻分压器组合在一起。该配置可优化器件精度，因为精度和性能规格中考虑了所有电阻器容差。这两个比较器还包含内置迟滞，可提供抗噪性并保持稳定运行。

每个 MON 通道均可配置为低频 (LF) 和高频 (HF) 故障检测。HF 故障检测使用比较器，以阈值电压为基准测量 UV 和 OV。可以使用组 1 中与每个 MON 通道关联的 FLT_HF 寄存器为 HF 故障配置去抖滤波器，以实现抗干扰。

LF 故障检测测量 ADC 中的电压，该电压可用于监控电压漂移。可以针对各种用途配置 LF 检测阈值。例如，要进行漂移监控，OVLF 阈值可以设置为低于 OVHF 阈值。或者，可以将 OVLF 阈值设置为与 OVHF 阈值重叠，以实现冗余。使用 BANK1 中的 UV_HF、OV_HF、UV_LF 和 OV_LF 寄存器配置 LF 和 HF 故障。每个 MON 通道都有唯一的 UV_HF、OV_HF、UV_LF 和 OV_LF 寄存器。图 7-6 中的示意图展示了如何配置 LF 和 HF 故障的示例。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

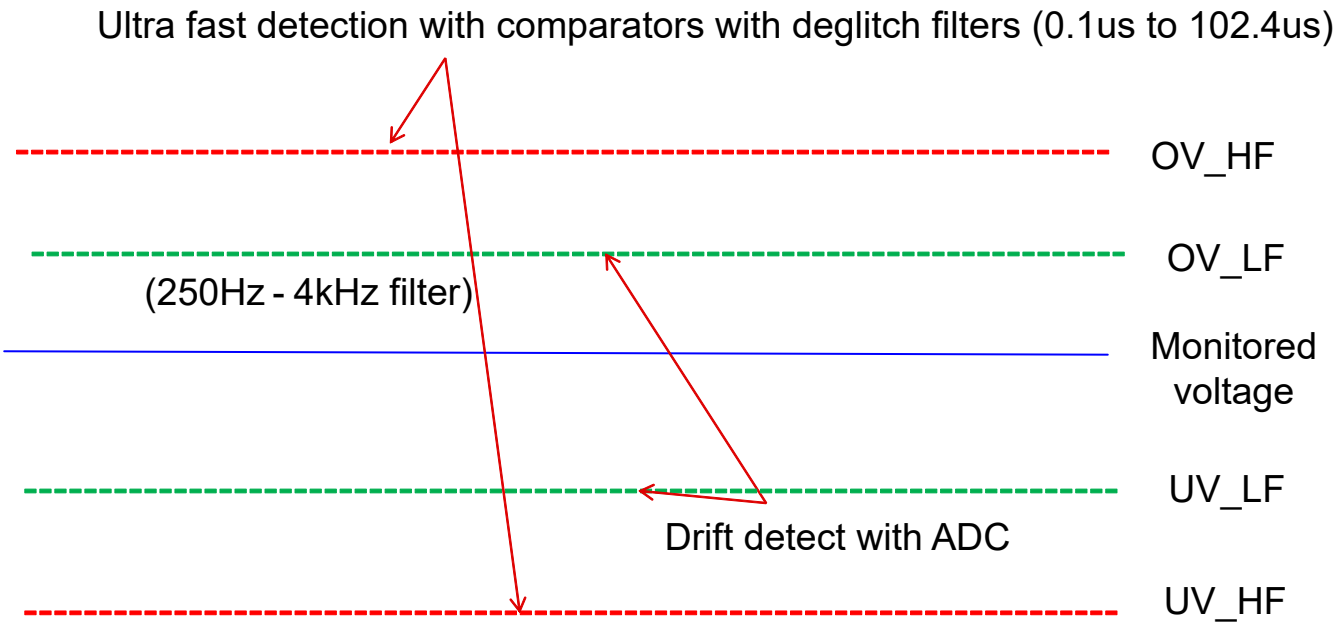


图 7-6. MON 通道状态图

尽管在大多数情况下不是必需的，但对于噪声应用，良好的模拟设计实践是在 MON 输入端放置一个 1nF 至 10nF 的旁路电容器，以便降低对受监控信号上瞬态电压的敏感度。也可以通过 I^2C 寄存器分别为每个 MON 设置特定的去抖时间和抗尖峰脉冲时间。

监测 VDD 电源电压时，MON 引脚可直接连接至 VDD。当 MON 引脚上的电压介于阈值的上限和下限之间时，输出 NIRQ 和 NRST 为高阻抗。

可以使用节 8 中介绍的寄存器映射中列出的相关寄存器调整 MON 通道设置。图 7-7 中的代码示例使用寄存器映射演示了如何重新配置 MON2。

```
ADDR 30
//              Go to Bank 1
WR F0 01
//              Check UVHF,OVHF thresholds for MON2 and MON3
RD 30 //MON2 UVHF
RD 31 //MON2 OVHF
RD 40 //MON3 UVHF
RD 41 //MON3 OVHF
//              Check UVLF,OVLF thresholds for MON2 and MON3
RD 32 //MON2 UVHF
RD 33 //MON2 OVHF
RD 42 //MON3 UVHF
RD 43 //MON3 OVHF
//             Example change OVHF threshold MON2 to 5.5V
WR 31 EB
//             Example change OVHF threshold MON2 to 5.48V
WR 31 EA
//             Example change OVHF threshold MON2 to 5.44V
WR 31 E8
//         Telemetry read the voltages being monitored
//              Go to Bank 0
WR F0 00
RD 41 // MON2 Voltage
RD 42 // MON3 Voltage
//      Simulate an OV fault on MON2
//              Go to Bank 1
WR F0 01
WR 31 C8 // Change OVHF threshold to 4.8V
//     NIRQ,NRST asserts (depends on mapping)
//     Clearing OVHF fault MON2
//              Go to Bank 0
WR F0 00
RD 16 // 02 READ SINCE OVHF on MON2
WR 16 02 // WRITE 1(bit 2) to clear
```

图 7-7. MON2 设置软件示例

7.3.5 NRST

当使用 TI_CONTROL 寄存器时，NRST 引脚具有可编程复位延迟时间，该时间可以在 0.2ms 至 200ms 范围内调节。NRST 是开漏输出，必须通过 1kΩ 至 100kΩ 上拉电阻器上拉。当器件上电且 POR 完成时，NRST 将置为低电平有效，直到 BIST 完成。在 BIST 之后，NRST 保持高电平（未置为有效），直到其由可映射的故障条件触发。如果 NRST 引脚拉至意外状态，则 NRST_MISMATCH 故障将置为有效。例如，如果 NRST 引脚处于高阻抗状态（逻辑高电平）并从外部拉至低电平，则 NRST_MISMATCH 故障将置为有效。在 NRST 切换期间，NRST 不匹配在 2μs 后激活，NRST 必须高于 0.6*VDD 才能被视为逻辑高电平状态。

使用 IEN_VENDOR 寄存器时，NRST 可以映射到看门狗故障及 ESM 故障。如果 NRST 映射到 ESM 故障，则 NRST 引脚在 ESM 延迟后置为有效，并在复位延迟 (t_D) 后置为无效。如果 NRST 映射到看门狗故障，则 NRST 引脚在看门狗故障期间置为有效，并在复位延迟 (t_D) 后置为无效。

NRST 还可以使用 FC_LF[n] 寄存器映射到 OVHF 和 UVHF 故障。如果受监控电压降至或升至超出编程的 OVHF 和 UVHF 阈值，则 NRST 将置为有效，将 NRST 引脚驱动为低电平。当受监控电压返回到有效窗口时，将启用一个复位延迟电路，使 NRST 在指定的复位延迟时间 (t_D) 内保持低电平。请注意，如果在 NRST 被置为有效时 NRST 未被 OVHF 和 UVHF 故障映射，则 NRST 置为无效；在重新映射时 NRST 被重新置为有效（假设电压仍处于有效窗口之外）。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

t_D 周期由 TI_CONTROL 寄存器中的 RST_DLY[2:0] 值决定。当复位延迟过后，NRST 引脚进入高阻抗状态，并使用上拉电阻器将 NRST 保持在高电平。上拉电阻器必须连接到适当的电压轨，以便在正确的接口电压下连接其他器件。为了保持适当的电压电平，在选择上拉电阻值时要考虑一些因素。上拉电阻值由输出逻辑低电压 (VOL)、容性负载和漏电流决定。

7.3.6 NIRQ

NIRQ 是一个具有锁存行为的中断错误输出，如果监测的电压降至或升至超出编程的 OVHF 和 UVHF 阈值，则 NIRQ 被置为有效。NIRQ 保持在其低电平状态，直到引起故障的操作不再存在，并且会向位写入 1 以清除，从而发出故障信号。来自故障报告寄存器的未映射 NIRQ 不会将 NIRQ 信号置为无效。在典型的 TPS389C03-Q1 应用中，NIRQ 输出连接到处理器（例如数字信号处理器 (DSP)、应用特定集成电路 (ASIC) 或其他处理器类型）的复位或使能输入。

TPS389C03-Q1 具有一个开漏低电平有效输出，此输出需要一个上拉电阻来将这些线路保持在高电平，从而达到所需的电压逻辑。将上拉电阻器连接到适当的电压轨，使输出端能够以正确的接口电压电平连接到其他器件。为了达到适当的电压电平，在选择上拉电阻值时要考虑一些因素。上拉电阻值由 V_{OL}、输出容性负载和输出漏电流决定。这些值在 节 6 中指定。开漏输出可以有线或逻辑形式与其他开漏信号（例如另一个 TPS389C03-Q1 NIRQ 引脚）连接。

7.3.7 ADC

TPS389C03Q-1 中使用的 ADC 以 1MHz 时钟频率运行，有效采样率为 1/8MHz (= 125kHz)。最初，ADC 以 12 位的分辨率 (1LSB = 0.41667mV) 进行记录，稍后将其舍入到 8 位数据以用于 I^2C 事务。(1LSB = 5mV) ADC 采用乒乓架构，在该架构中，每个通道的采样和转换都需要 2 µs，总共有 2 个采样通道。当 CH0 执行粗转换时，CH1 执行精细转换，反之亦然。

精细转换完成后，数字化 8 位数据将更新，每 8 µs 发生一次。启动每个 I^2C 事务以读取 8 位 MON_LVL 数据（特定通道的 ADC 数据），8 位数据暂停更新，直到 I^2C 事务完成。

电压调节是使用电阻梯完成的，但对于差分模式通道，使用斩波电路来获得两个电压的平均值 (VMON + VMON_RS)/2，因为 VMON_RS 可以为负值，并且无法转换为 ADC 代码。VMON – 以数字方式计算 VMON_RS，具体方法是从 VMON 减去 ((VMON + VMON_RS) /2) 然后乘以 2。

MONX 通道可配置为 1x（0.2V 至 1.475V）或 4x 模式（0.8V 至 5.5V）。对于配置为 1x 模式的差分模式通道（MON1 和 MON2），ADC 范围限制为高达 1.7V。要将 ADC 通道配置为高于 1.7V，请使用 4x 模式。

实时电压测量使用。

$$V_{lvl} = ((ADC[7:0] * 5mV) + 0.2) * (VRANGE_MULT) \quad (1)$$

1. ADC[7:0] 被转换为相应的十进制值。对应于 MON2 - MON4 的 ADC[7:0] 的值可从 表 8-1 中 BANK0 的寄存器 0x41 至 0x43 中读取。
2. VRANGE_MULT 对应于 表 8-26 中 BANK1 的寄存器 0x1F 中设置的所选监控电压倍增器。
3. VRANGE_MULT 设置为十进制值 1 或 4，具体取决于监测到的值。

7.3.8 数据包错误检查 (PEC)

TPS389C03-Q1 支持数据包错误检查 (PEC) 作为一种实现循环冗余校验 (CRC) 的方法。PEC 是一种动态 CRC，仅在启用后才在读取或写入事务期间发生。CRC 的初始值设置为 0x00 时，PEC 使用由多项式表示的 CRC-8：

$$C(x) = x^8 + x^2 + x + 1 \quad (2)$$

多项式用于捕获 I2C 通信中任何会导致数据和 PEC 字节不匹配的位翻转或噪声。PEC 计算包括传输中的所有字节，包括地址、命令和数据。PEC 计算不包括 ACK 或 NACK 位，或者启动、停止或重复启动条件。如果启用了 PEC，并且 TPS389C03-Q1 正在传输数据，则 TPS389C03-Q1 负责发送 PEC 字节。如果启用了 PEC，并且 TPS389C03-Q1 从 MCU 收到数据，则 MCU 负责发送 PEC 字节。如果需要更快的通信（例如对看门狗进行维护），则可以有效地使用所需的 PEC 功能来处理缺失的 PEC 信息并避免触发故障。图 7-8 和图 7-9 突出显示了需要 PEC 时的通信协议流程以及哪个器件在实际通信期间的不同实例中控制 SDA 线。

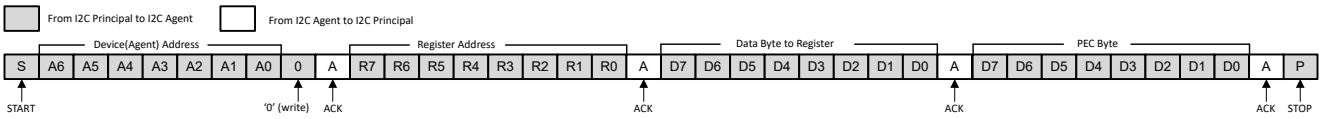


图 7-8. 采用 PEC 的单字节写入

图 7-9. 采用 PEC 的单字节读取

表 7-3 总结了与 PEC 写入命令相关的寄存器以及相应的器件行为。表 7-4 总结了与 PEC 读取命令相关的寄存器以及相应的器件行为。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-3. PEC 写入总结

EN_PEC	REQ_PEC	PEC_INT	中断状态
0	x	x	写入操作不需要 PEC 字节，不会将 NIRQ 置为有效。
1	0	x	缺少 PEC 字节的写入命令被视为有效，写入命令将执行并产生 I2C ACT。具有错误 PEC 的写入命令被视为错误，写入命令不会执行并产生 I2C NACK。不会将 NIRQ 置为有效。
1	1	0	缺少 PEC 会被视为错误，仅当提供了正确的 PEC 字节时才执行写入命令。尽管写入命令未执行，但 I2C 通信仍然以 ACT 进行响应。具有错误 PEC 的写入命令被视为错误，写入命令不会执行并产生 I2C NACK。不会将 NIRQ 置为有效。
1	1	1	缺少 PEC 会被视为错误，仅当提供了正确的 PEC 字节时才执行写入命令。尽管写入命令未执行，但 I2C 通信仍然以 ACT 进行响应。具有错误 PEC 的写入命令被视为错误，写入命令不会执行并产生 I2C NACK。当尝试使用 PEC 字节不正确或缺失的写入命令时，NIRQ 会被置为有效。

表 7-4. PEC 读取总结

EN_PEC	REQ_PEC	PEC_INT	中断状态
0	x	x	对于 I2C 读取操作，会以寄存器中存储的数据进行响应，对于 I2C 读取命令，不会以寄存器对应的 PEC 字节进行响应。
1	x	x	对于 I2C 读取操作，会以寄存器中存储的数据和对应的 PEC 字节进行响应。

7.3.9 Q&A 看门狗

问答看门狗需要在特定时间间隔内将特定数据从 MCU 发送至 TPS389C03-Q1。

TPS389C03-Q1 会生成问题，供 MCU 在开启和关闭窗口期间读取。问题读取为 BANK0 中 WD_STAT_QA 寄存器中的 ANSW_CNT[1:0] 和 TOKEN[3:0] 状态位的组合。读取问题后，MCU 使用图 7-10 中所示的逻辑公式计算参考应答，并通过将 8 位应答写入 BANK1 中的 WDT_ANSWER 寄存器进行响应。参考应答计算的代码示例如图 7-13 所示。对于典型应用，无需更改 BANK1 中 WDT_QA_CFG 寄存器的 FDBK[1:0] 的默认值 FDBK[1:0] = 00b。然而，如果需要不同的参考应答计算，则可以更改 FDBK[1:0]。节 7.3.9.1 详细介绍了问题生成和应答计算。

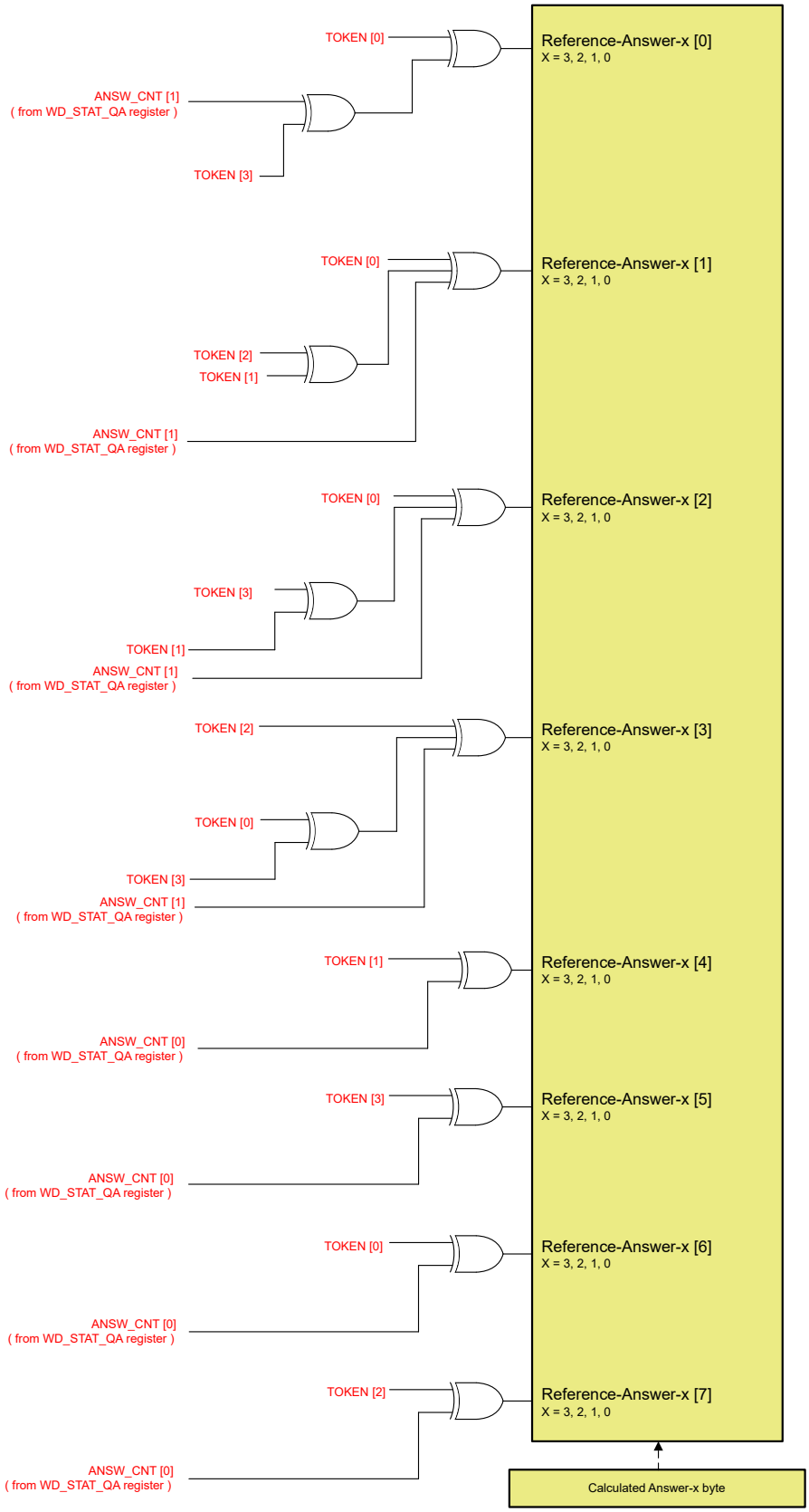


图 7-10. FDBK[1:0] = 00b 时的看门狗应答计算

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

在一个“事件”期间，TPS389C03-Q1 在关闭窗口中生成三个问题，在开启窗口中生成一个问题。MCU 必须在指定的关闭窗口内正确读取并回答所有三个问题，并在指定的开启窗口内正确读取并回答一个问题，“良好事件”才能发生。在事件开始时，ANSW_CNT[1:0] = 11b。正确回答问题后会使 ANSW_CNT[1:0] 递减，以生成下一个问题。良好事件发生后，ANSW_CNT[1:0] 复位为 ANSW_CNT[1:0] = 11b，并且 TOKEN[3:0] 的值更改，为下一个事件生成一组新问题。

错误回答问题后会使违例计数递增，将 ANSW_CNT[1:0] 复位为 ANSW_CNT[1:0] = 11b，并重新启动关闭窗口。使用 BANK1 中的 WDT_CFG 寄存器对最大违例计数 MAX_VIOLATION_COUNT[2:0] 进行编程。当违例计数达到最大值时，TPS389C03-Q1 WDO（锁存）为低电平，并根据故障映射将 NIRQ 和 NRST 置为低电平有效。请注意，如果在 NIRQ 置为有效时 NIRQ 未被看门狗故障报告映射，则 NIRQ 置为无效；在重新映射时 NIRQ 重新置为有效（假设故障已被清除）。如果违规计数尚未等于零，良好事件将使违规计数递减。当看门狗进入空闲状态时，违例计数会复位。当看门狗进入挂起状态时，违例计数保持不变。看门狗状态图如图 7-22 所示。

在事件中，关闭窗口时间是固定值，并且如果所有三个问题的回答速度都快于设置时间，则该时间不会改变。例如，如果关闭窗口时间设置为 10ms，并且在 5ms 内正确回答了三个问题，则 TPS389C03-Q1 在转换到开启窗口之前等待剩余的 5ms。在开启窗口期间，如果问题的回答速度快于所选的开启窗口时间，则 TPS389C03-Q1 会自动转换到下一个事件的关闭窗口。在关闭或开启窗口中问题回答错误会导致 TPS389C03-Q1 重新启动关闭窗口。

7.3.9.1 问题和令牌生成

会以 WD_STAT_WA 寄存器中 TOKEN[3:0] 和 ANSW_CNT[1:0] 状态位的组合形式向 MCU 提出问题。ANSW_CNT[1:0] 的默认值为 ANSW_CNT[1:0] = 11b，当问题得到正确回答时，该值会递减。当问题回答不正确或良好事件结束时，ANSW_CNT[1:0] 的值会复位为 ANSW_CNT[1:0] = 11b。

看门狗使用令牌计数器（图 7-12 中的 TOKEN_CNT[3:0] 位）和线性反馈移位寄存器 (LFSR) 生成 4 位 TOKEN[3:0]。如图 7-12 所示，可以使用 BANK1 中 WDT_QA_CFG 寄存器中的 POLY[1:0] 配置 LFSR 架构。在典型应用中，无需更改 POLY[1:0] 的默认值 00b。然而，如果需要不同的 LFSR 架构，可以配置 POLY[1:0]。图 7-11 中的示意图表明看门狗如何生成问题。

在看门狗启动状态期间，LFSR 用初始值 SEED[3:0] 设置，该值位于 BANK1 的 WDT_QA_CFG 寄存器中。SEED[3:0] 的默认值为 0000b。

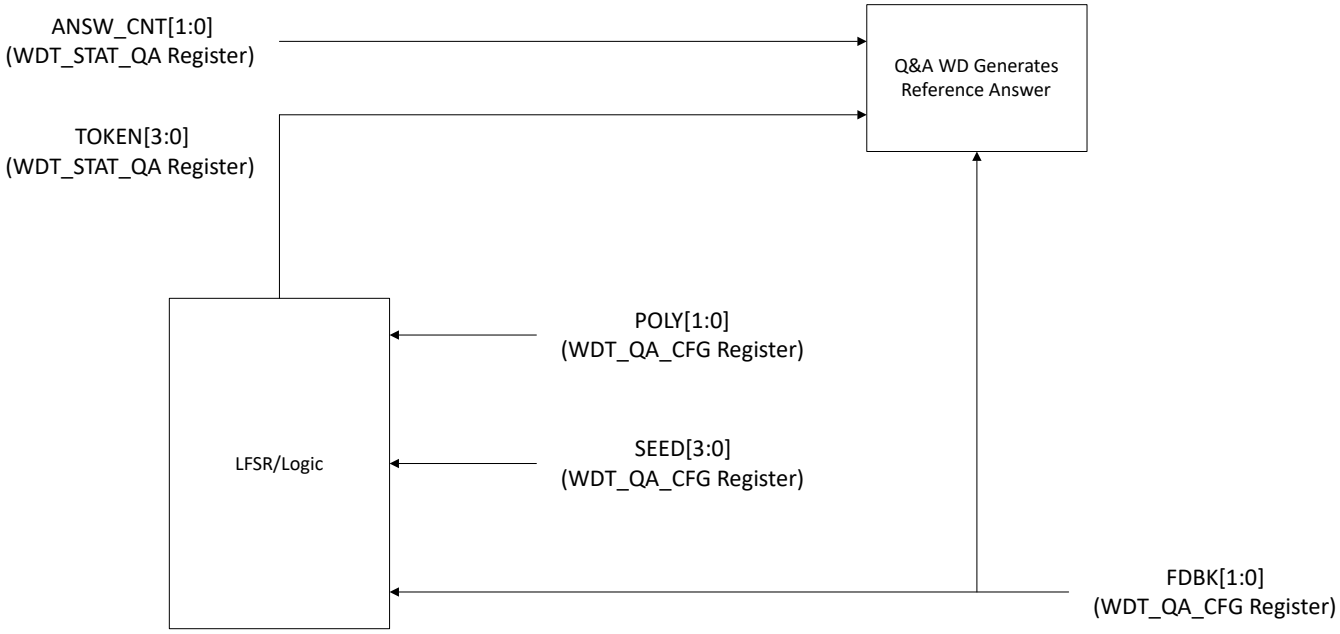
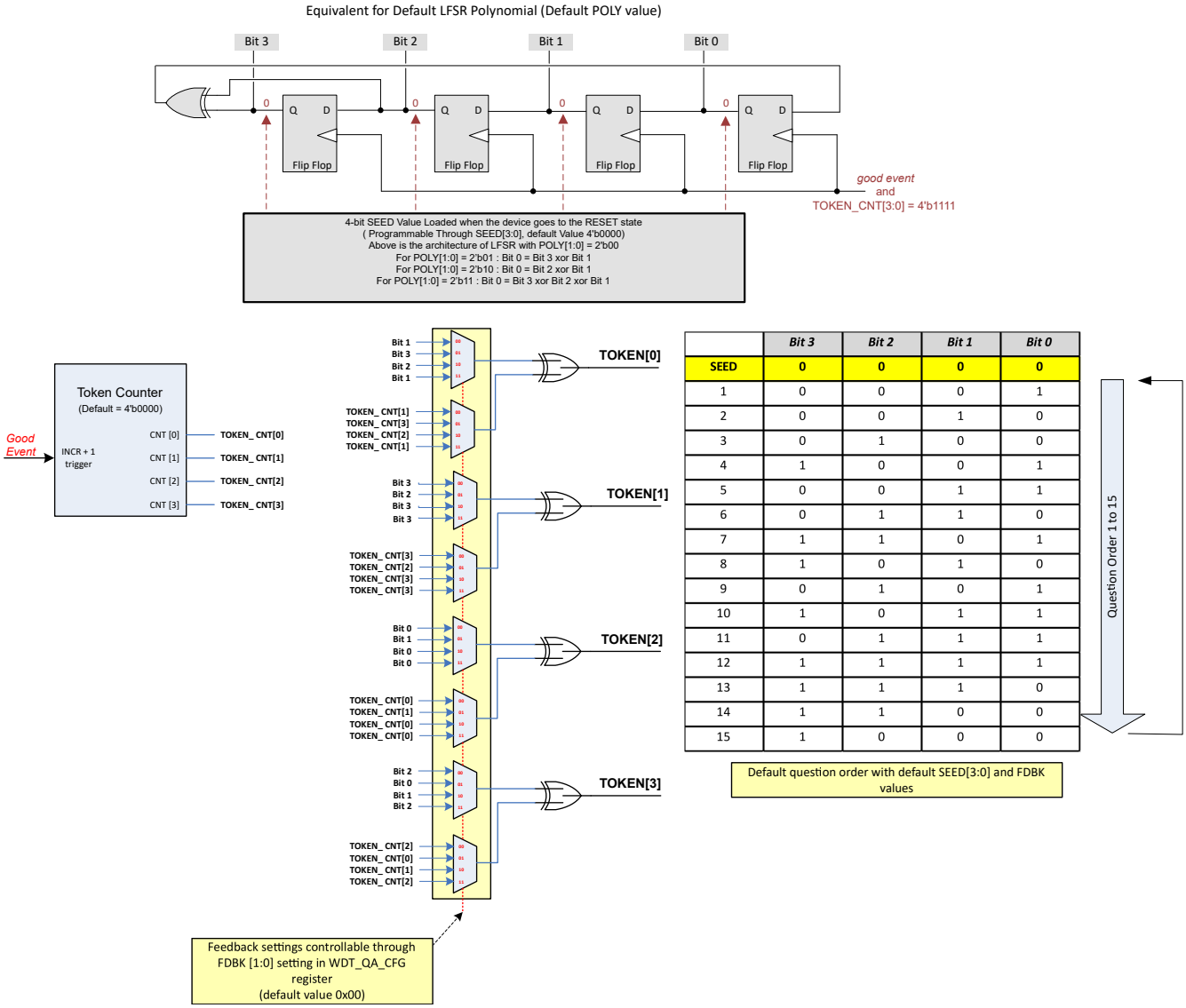


图 7-11. 看门狗问题生成

在良好事件结束时，令牌计数器会递增，由于图 7-12 中所示的多路复用器和逻辑组合，token[3:0] 的值发生变化。



	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
SEED	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	1	0	0
4	1	0	0	1
5	0	0	1	1
6	0	1	1	0
7	1	1	0	1
8	1	0	1	0
9	0	1	0	1
10	1	0	1	1
11	0	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	0
14	1	1	0	0
15	1	0	0	0

A. 值 0000b 是一个特殊种子且等同于 0001b，在上电期间包括默认加载 0000b。

图 7-12. 看门狗问题和令牌生成

一旦令牌计数器达到最大值 1111b，该计数器会复位并向 LFSR 提供一个时钟脉冲。时钟脉冲将存储在 LFSR 中的值左移，这会更改 TOKEN[3:0] 的值。在 SEED[3:0] = 0000b 的特殊情况下，LFSR 的位 0 在令牌计数器首次复位时递增。随后的令牌计数器复位提供左移 LFSR 的典型时钟脉冲。如图 7-12 中所列，左移时，种子周期的值在 1 到 15 之间循环。

可以使用 FDBK[1:0]（BANK1 中的 WDT_QA_CFG 寄存器）来配置生成 TOKEN[3:0] 的多路复用器器件。无需更改 FDBK[1:0] 的默认值 00b，需要重点注意的是，更改 FDBK[1:0] 也会改变计算参考应答所需的逻辑公式。下面列出了不同的参考应答逻辑公式：

对于 FDBK[1:0] = 00b：

- 参考应答[0] = TOKEN[0] XOR (TOKEN[3] XOR ANSW_CNT[1])

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

- 参考应答[1] = TOKEN[0] XOR (TOKEN[1] XOR TOKEN[2]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[2] = TOKEN[0] XOR (TOKEN[3] XOR TOKEN[1]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[3] = TOKEN[2] XOR (TOKEN[0] XOR TOKEN[3]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[4] = TOKEN[1] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[5] = TOKEN[3] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[6] = TOKEN[0] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[7] = TOKEN[2] XOR ANSW_CNT[0]

对于 FDBK[1:0] = 01b：

- 参考应答[0] = TOKEN[1] XOR (TOKEN[2] XOR ANSW_CNT[1])
- 参考应答[1] = TOKEN[1] XOR (TOKEN[1] XOR TOKEN[1]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[2] = TOKEN[3] XOR (TOKEN[2] XOR TOKEN[1]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[3] = TOKEN[1] XOR (TOKEN[3] XOR TOKEN[3]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[4] = TOKEN[0] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[5] = TOKEN[2] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[6] = TOKEN[3] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[7] = TOKEN[1] XOR ANSW_CNT[0]

对于 FDBK[1:0] = 10b：

- 参考应答[0] = TOKEN[2] XOR (TOKEN[1] XOR ANSW_CNT[1])
- 参考应答[1] = TOKEN[2] XOR (TOKEN[0] XOR TOKEN[1]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[2] = TOKEN[1] XOR (TOKEN[1] XOR TOKEN[1]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[3] = TOKEN[0] XOR (TOKEN[2] XOR TOKEN[3]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[4] = TOKEN[2] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[5] = TOKEN[1] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[6] = TOKEN[2] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[7] = TOKEN[0] XOR ANSW_CNT[0]

对于 FDBK[1:0] = 11b

- 参考应答[0] = TOKEN[3] XOR (TOKEN[0] XOR ANSW_CNT[1])
- 参考应答[1] = TOKEN[3] XOR (TOKEN[3] XOR TOKEN[1]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[2] = TOKEN[1] XOR (TOKEN[0] XOR TOKEN[1]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[3] = TOKEN[3] XOR (TOKEN[1] XOR TOKEN[3]) XOR ANSW_CNT[1]
- 参考应答[4] = TOKEN[3] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[5] = TOKEN[0] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[6] = TOKEN[1] XOR ANSW_CNT[0]
- 参考应答[7] = TOKEN[3] XOR ANSW_CNT[0]

图 7-13 中包含 FDBK[1:0] = 00b 时的应答计算示例代码。

```
Expression:
Locals.Answer[7] = Locals.WDT_status_Bin[2] ^ Locals.WDT_status_Bin[4],
Locals.Answer[6] = Locals.WDT_status_Bin[0] ^ Locals.WDT_status_Bin[4],
Locals.Answer[5] = Locals.WDT_status_Bin[3] ^ Locals.WDT_status_Bin[4],
Locals.Answer[4] = Locals.WDT_status_Bin[1] ^ Locals.WDT_status_Bin[4],
Locals.Answer[3] = Locals.WDT_status_Bin[2] ^( Locals.WDT_status_Bin[0] ^ Locals.WDT_status_Bin[3])^ Locals.WDT_status_Bin[5],
Locals.Answer[2] = Locals.WDT_status_Bin[0] ^( Locals.WDT_status_Bin[3] ^ Locals.WDT_status_Bin[1])^ Locals.WDT_status_Bin[5],
Locals.Answer[1] = Locals.WDT_status_Bin[0] ^( Locals.WDT_status_Bin[2] ^ Locals.WDT_status_Bin[1])^ Locals.WDT_status_Bin[5],
Locals.Answer[0] = Locals.WDT_status_Bin[0] ^( Locals.WDT_status_Bin[3] ^ Locals.WDT_status_Bin[5]),

Locals.Final_Answer = 128* Locals.Answer[7] + 64*Locals.Answer[6]+32*Locals.Answer[5]  + 16*Locals.Answer[4]+8*Locals.Answer[3]  + 4*Locals.Answer[2]+2*Locals.Answer[1]  + Locals.Answer[0],



Locals.Question[4*Locals.X + 0] = Locals.REG_READ[0],
Locals.Answer_val [4*Locals.X + 0] = Locals.Final_Answer
```

图 7-13. FDBK[1:0] = 00b 时的看门狗应答计算代码

7.3.9.2 Q&A 看门狗开启和关闭窗口延迟

TPS389C03-Q1 提供的开启窗口和关闭窗口延迟精度为 ±5%，可以分别通过寄存器 0xAC 和 0xAB 调整窗口延迟。在复位事件期间，开启和关闭窗口延迟的编程值（默认 OTP 或用户更改）不会改变。表 7-5 列出了延迟时间和相关寄存器值。

表 7-5. 开启和关闭窗口延迟

寄存器值	时间	注释
0-31	1-32 ms	1ms 步进
32-63	34-96 ms	2ms 步进
64-255	100-864 ms	4ms 步进

使用 WDT_Startup_DLY_MULTIPLIER[2:0]（寄存器 0xAA）、关闭窗口延迟和开启窗口延迟来计算启动延迟。请注意，更改关闭窗口延迟或开启窗口延迟会改变产生的启动延迟。根据方程式 3 计算总启动延迟。

$$t_{Startup} = (WDT_Startup_DLY_MULTIPLIER+1)*(WDT_OPEN+WDT_CLOSE) \quad (3)$$

7.3.9.3 Q&A 看门狗状态寄存器

读取状态寄存器 0x37 以确定看门狗工作状态。表 7-6 提供了工作状态及相关值。读取时会清除寄存器 0x37 的 ST_WDUV 和 ST_WDEXP 位。

表 7-6. Q&A 看门狗工作状态

工作状态	状态说明	值
空闲	WD 正在等待以清除故障或 WDE 为低电平。违例计数会复位。	0x00
断开	WD 开启窗口。	0x01
关闭	WD 关闭窗口。	0x02
启动	WD 启动窗口。	0x03

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-6. Q&A 看门狗工作状态（续）

工作状态	状态说明	值
挂起	WDE 为高电平且另一个故障将与 WD 无关的输出引脚置为有效，或者 I^2C MR 位设置为 1。违例计数保持不变。	0x04

7.3.9.4 Q&A 看门狗时序

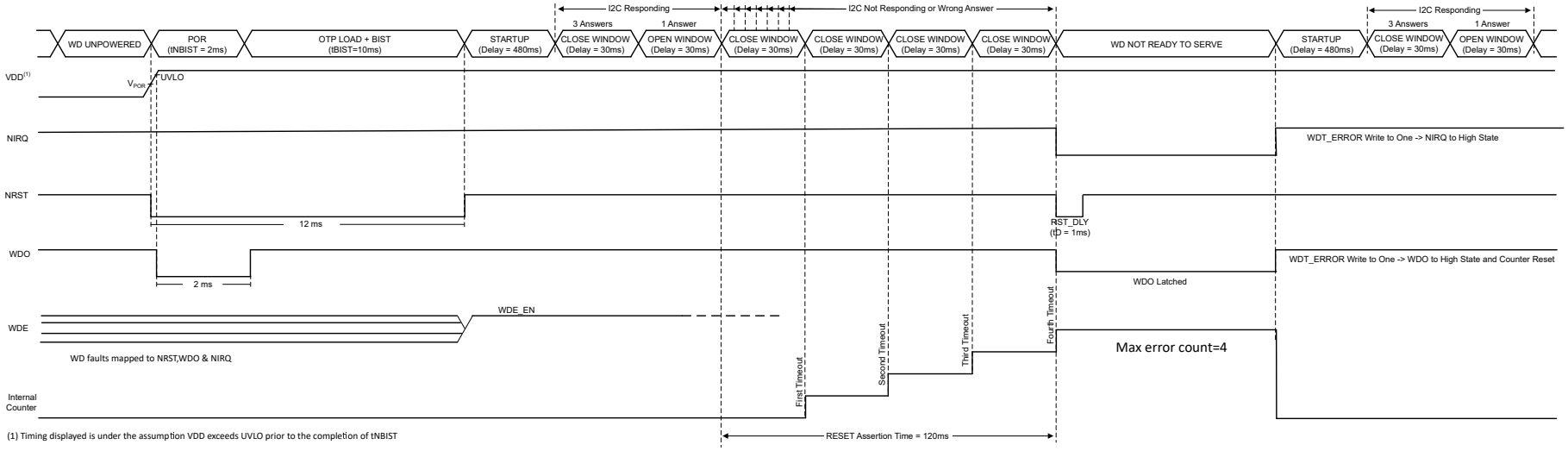


图 7-14. TPS389C03 关闭窗口错误 WDO 已锁存

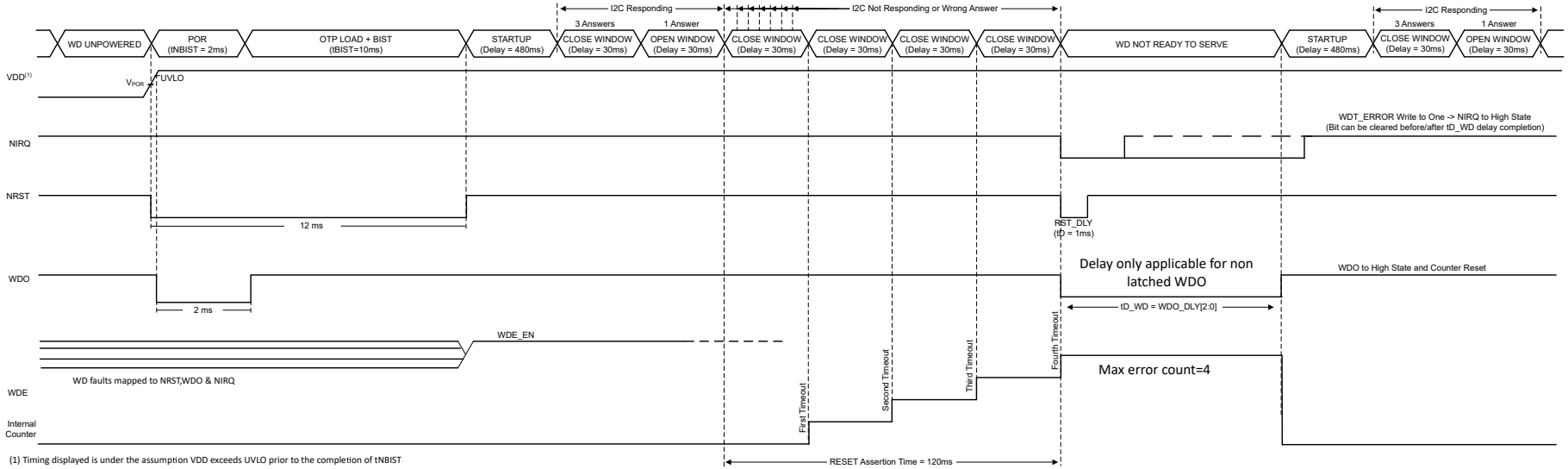


图 7-15. TPS389C03 关闭窗口错误 WDO 延迟

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

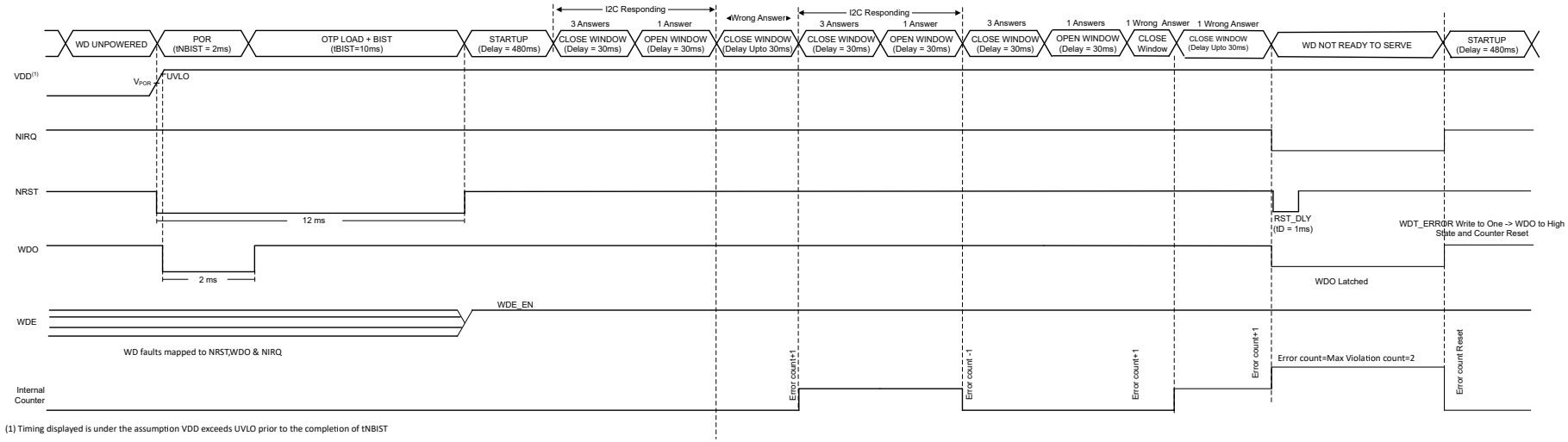


图 7-16. TPS389C03 关闭窗口错误 WDO 延迟，已达到最大违例计数

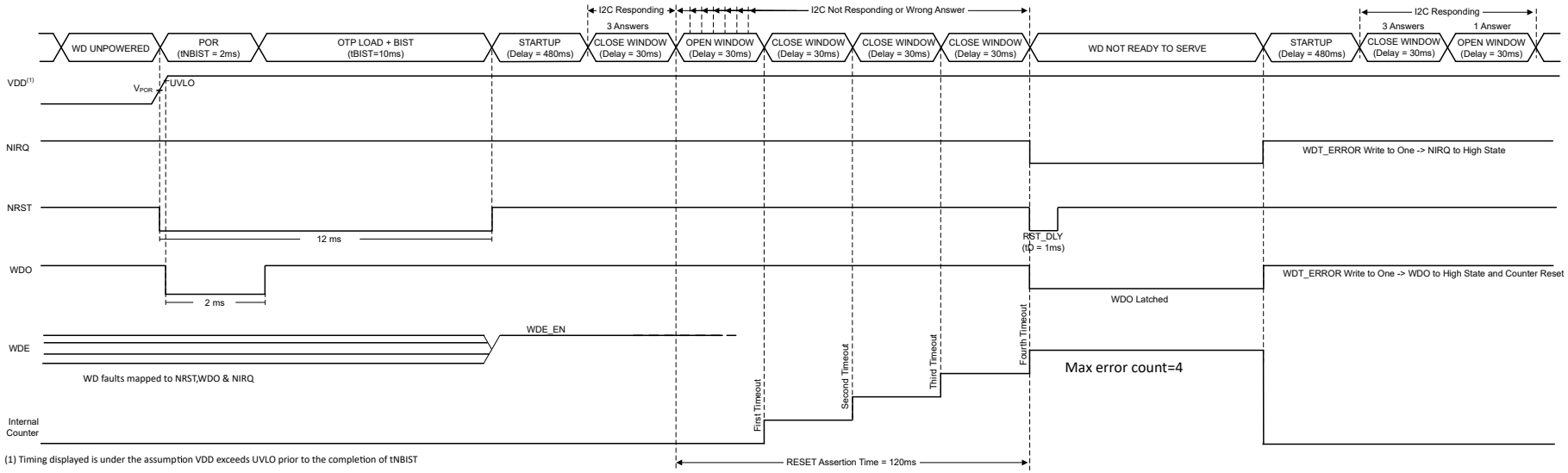


图 7-17. TPS389C03 开启窗口错误 WDO 已锁存

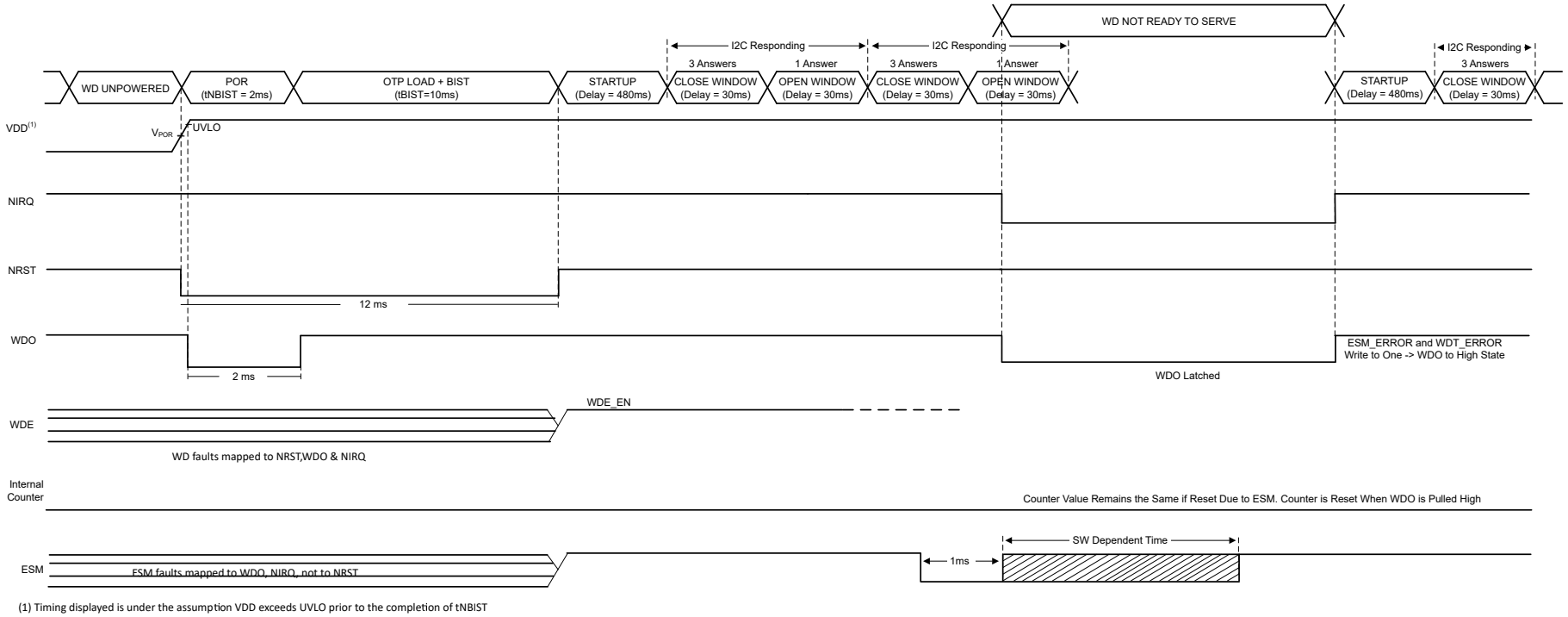
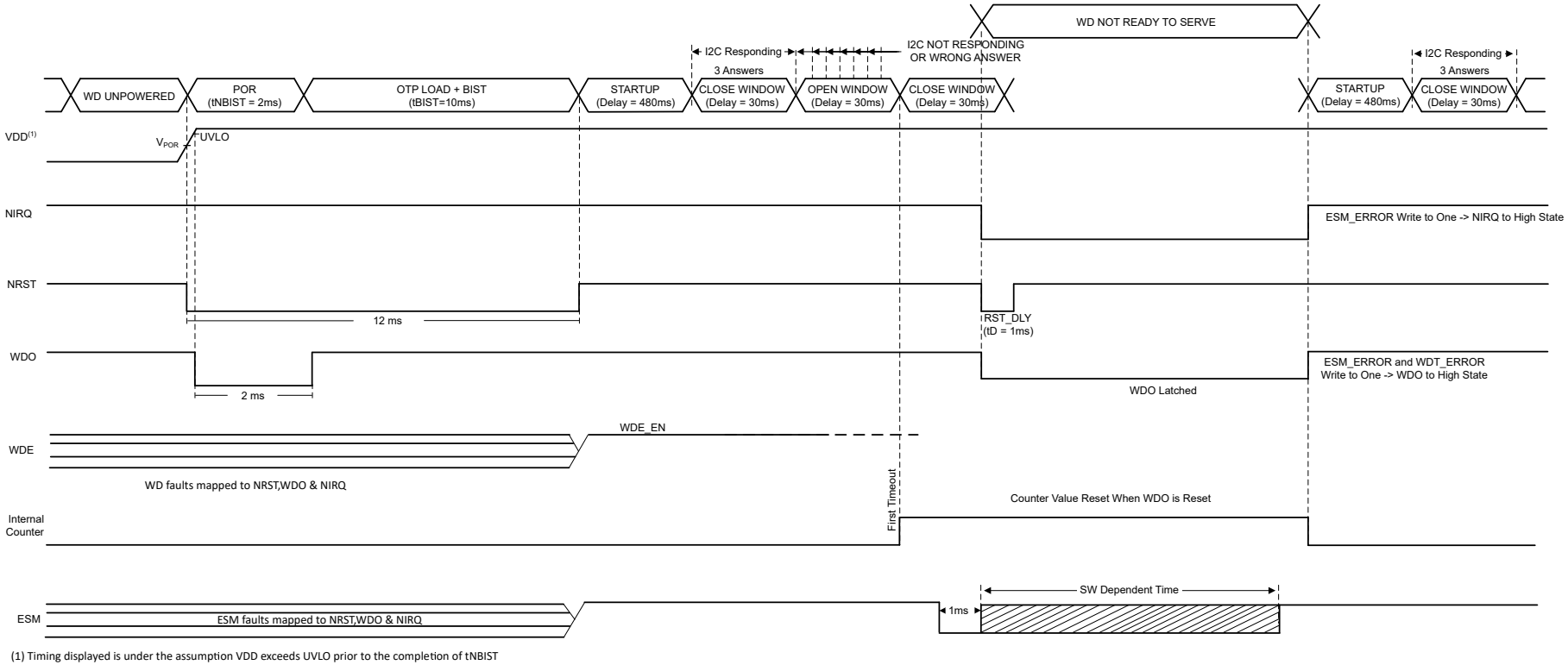


图 7-18. TPS389C03 ESM 错误，无 WD 故障

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated



(1) Timing displayed is under the assumption VDD exceeds UVLO prior to the completion of tNBIST

图 7-19. WD 超时后的 TPS389C03 ESM 错误

7.3.9.5 Q&A 看门狗状态机和测试程序

图 7-21 和图 7-20 中所示的流程图介绍了 MCU 的 Q&A 看门狗的工作原理。表 7-6 引用了图 7-22 中绘制的相关状态机示意图，并介绍了 Q&A 看门狗各状态之间的转换。

图 7-23 至图 7-25 中的单个测试程序演示了如何测试看门狗。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

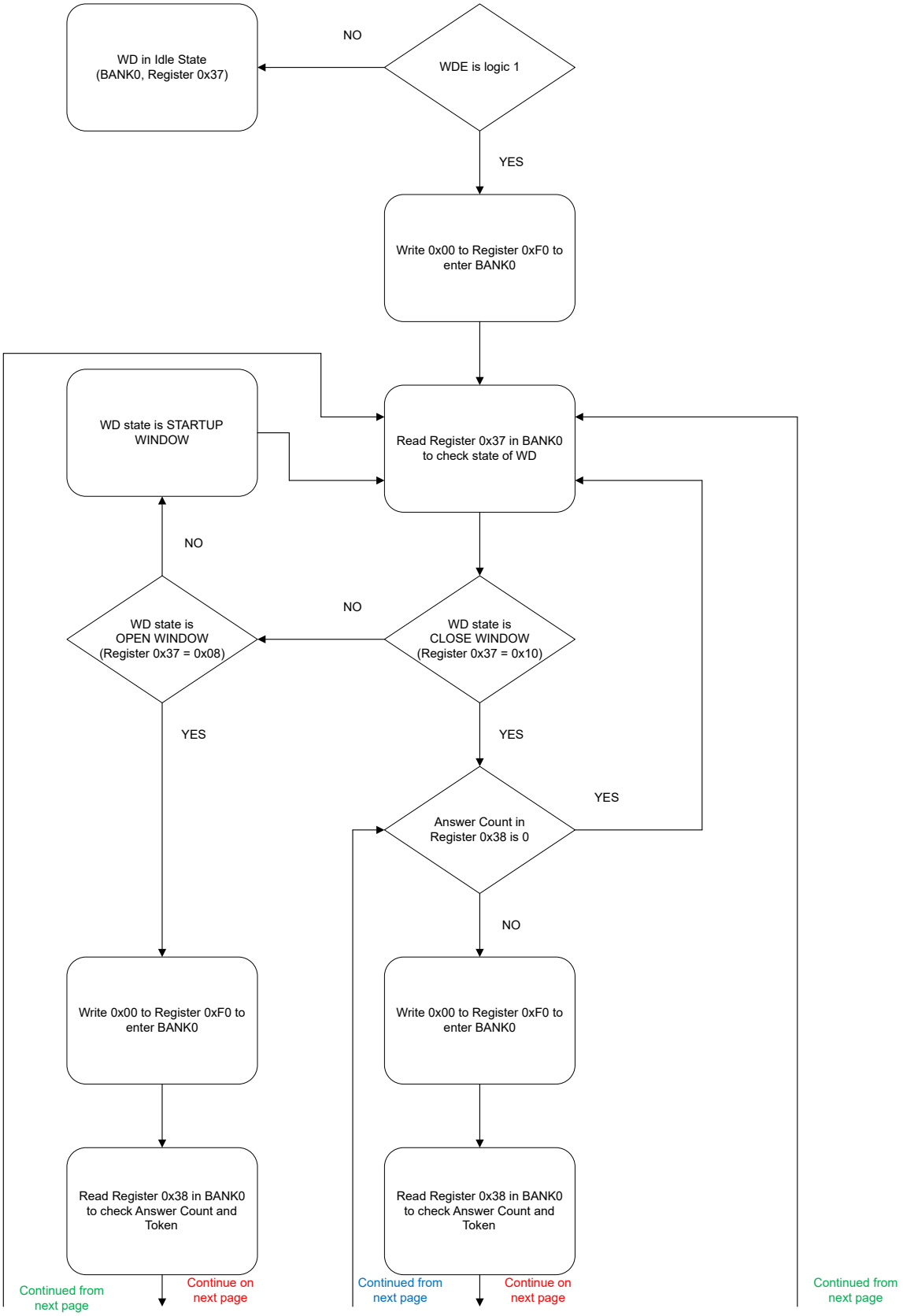


图 7-20. Q&A 看门狗工作原理流程图第 1 页

图 7-21. Q&A 看门狗工作原理流程图第 2 页

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

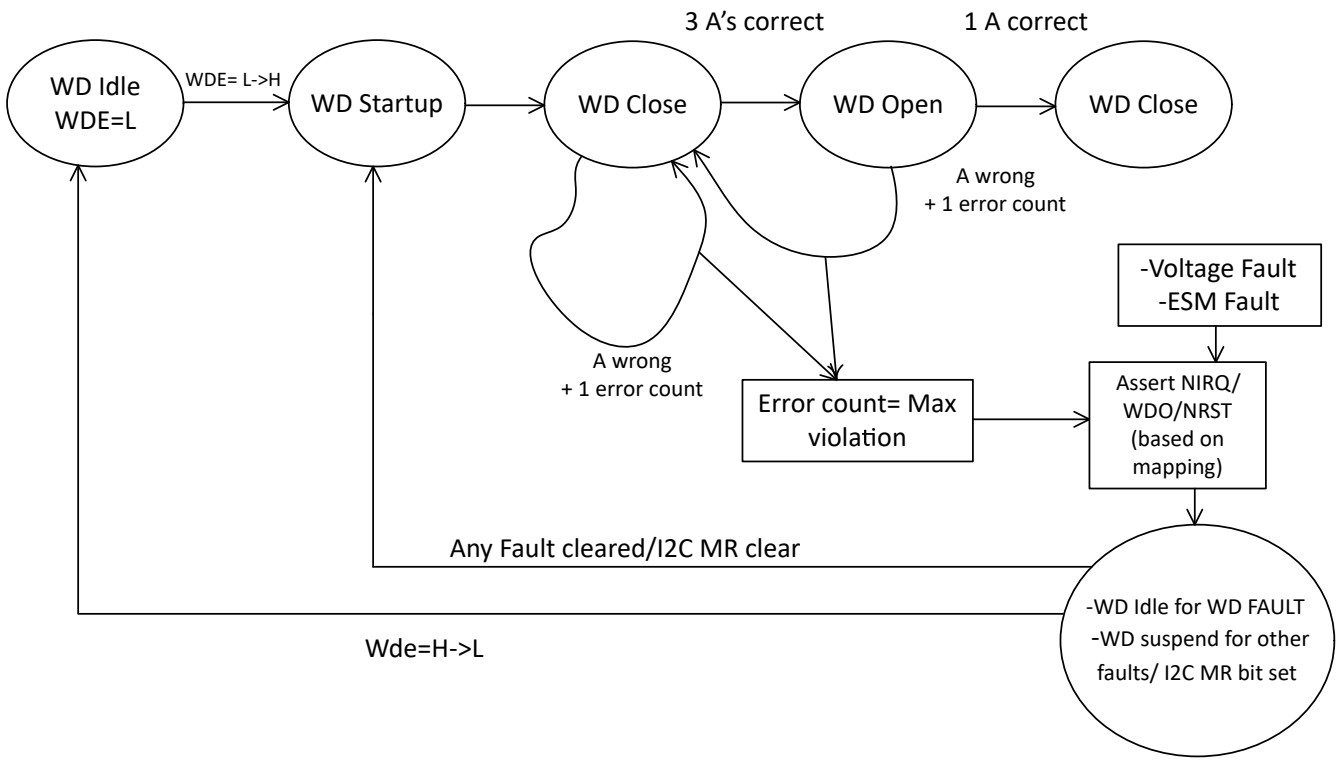


图 7-22. Q&A 看门狗状态示意图

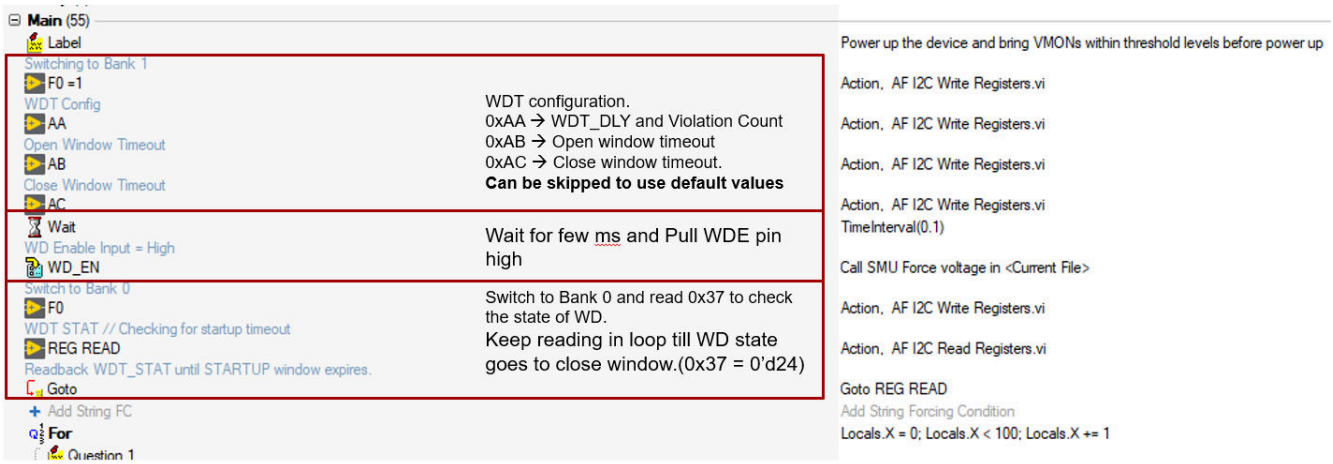


图 7-23. Q&A 看门狗测试程序第 1 页

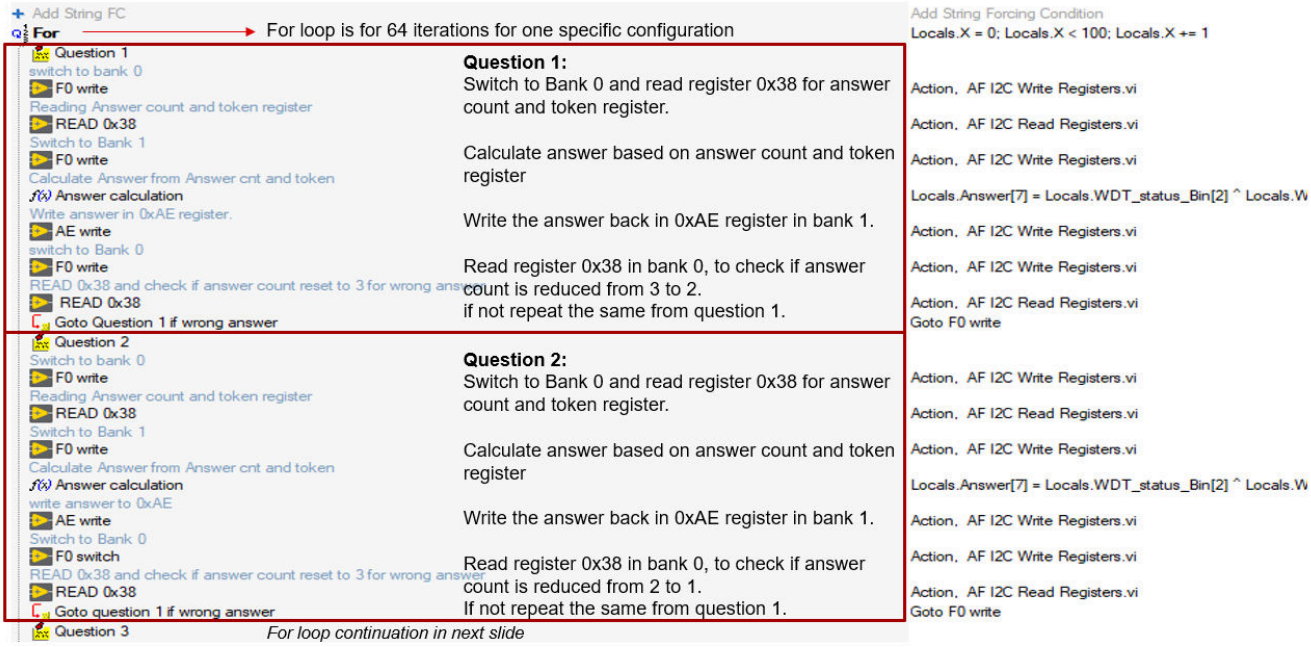


图 7-24. Q&A 看门狗测试程序第 2 页

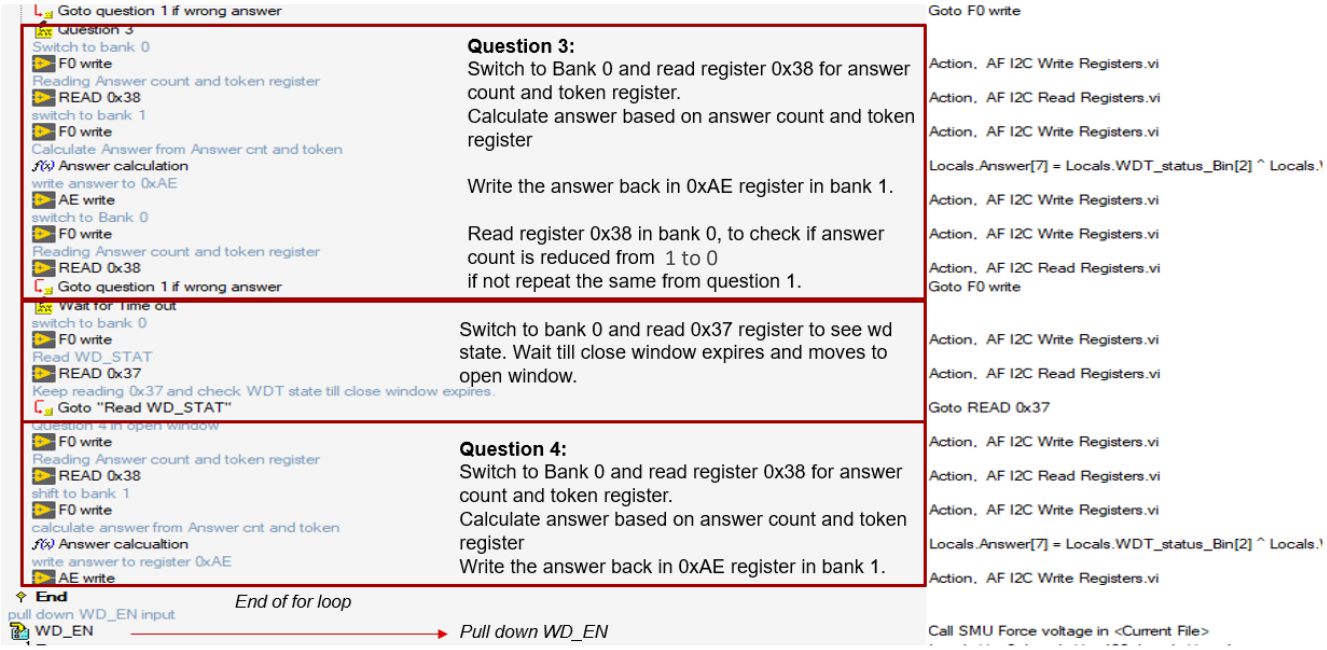


图 7-25. Q&A 看门狗测试程序第 3 页

7.3.10 错误信号监测 (ESM)

错误信号监测 (ESM) 引脚用于监测 SOC 或微控制器的错误输出。可以在微控制器中配置将 ESM 引脚被置为低电平有效所需发生的内部错误类型。一旦 ESM 引脚置为低电平有效，就无法依赖微控制器的操作或结果。ESM 引脚具有可编程的阈值延迟（组 1_0x09E_Threshold），以可防止意外的误跳闸。ESM 引脚还具有可配置去抖（组 1_0x09F_ESM_DEB）。当 TPS389C03-Q1 的 ESM 引脚置为低电平有效时，ESM_ERROR 由 INT_VENDOR 寄存器中的位进行标记。默认情况下，ESM 引脚通过内部 100k 下拉电阻拉至低电平，因此如果 ESM 引脚上没

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

有施加外部源，则默认情况下会标记 ESM_ERROR。请注意，下拉电阻器仅在施加 VDD 后才有效，否则该引脚为悬空。

表 7-7. ESM 阈值延迟时间

寄存器值	时间	注释
0-31	1-32 ms	1ms 步进
32-63	34-96 ms	2ms 步进
64-255	100-864 ms	4ms 步进

表 7-8 至表 7-14 中列出的配置展示了 TPS389C03-Q1 在映射到不同故障输出（如 NRST、NIRQ 和 WDO）时如何响应。映射到 NIRQ 的故障始终是锁存行为。请注意，如果在 NIRQ 置为有效（锁存）时 NIRQ 未被 ESM 映射，则 NIRQ 置为无效；NIRQ 在重新映射时被重新置为有效（假设 ESM_ERROR 位未被清除）。根据 OTP 设置，映射到 WDO 的故障可以被锁存或具有相关的 WDO 延迟。如果将 ESM 功能作为一种复位方法，建议将 ESM 映射到 WDO 以避免 NRST 切换。如果 WDE 在运行时被拉至低电平，建议将 ESM 故障仅映射到 NIRQ。

当 ESM 映射到 WDO 时，不会在 WDT_ERROR 位中标记 ESM 故障和产生的 WDO 置为有效。不过，建议向 INT_VENDOR（表 8-11）寄存器中的 WDT_ERROR 位和 ESM_ERROR 位写入 1，以清除所有锁存输出。也可以通过切换 WDE 引脚将 WDO 输出置为无效。请注意，如果在 WDO 置为有效（锁存）时 ESM 未被 WDO 映射，则 WDO 保持置为有效状态直到向 WDT_ERROR 位和 ESM_ERROR 位写入 1。

表 7-8. 映射到 WDO、NIRQ 和 NRST 的 ESM

	WDE	WDO	NIRQ	NRST
ESM 故障	高	ESM 延迟后，WDO 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	ESM 延迟后，NIRQ 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	ESM 延迟后，NRST 置为有效并在复位延迟后置为无效。在 WDO 置为无效之前未检查 ESM 引脚的状态。
	低	ESM 故障未将 WDO 置为有效。	ESM 延迟后，NIRQ 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	ESM 延迟后，NRST 置为有效并在复位延迟后置为无效。ESM 延迟后已检查 ESM 引脚的状态。如果 ESM 保持低电平，则 NRST 切换。

表 7-9. 映射到 NIRQ 和 NRST 的 ESM

	WDE	WDO	NIRQ	NRST
ESM 故障	高	未置为有效。	ESM 延迟后，NIRQ 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	ESM 延迟后，NRST 置为有效并在复位延迟后置为无效。ESM 延迟后已检查 ESM 引脚的状态。如果 ESM 保持低电平，则 NRST 切换。
	低	未置为有效。	ESM 延迟后，NIRQ 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	ESM 延迟后，NRST 置为有效并在复位延迟后置为无效。ESM 延迟后已检查 ESM 引脚的状态。如果 ESM 保持低电平，则 NRST 切换。

表 7-10. 映射到 WDO 和 NIRQ 的 ESM

	WDE	WDO	NIRQ	NRST
ESM 故障	高	ESM 延迟后，WDO 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	ESM 延迟后，NIRQ 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	未置为有效。
	低	未置为有效。	ESM 延迟后，NIRQ 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	未置为有效。

表 7-11. 映射到 WDO 和 NRST 的 ESM

	WDE	WDO	NIRQ	NRST
ESM 故障	高	ESM 延迟后，WDO 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	未置为有效。	ESM 延迟后，NRST 置为有效并在复位延迟后置为无效。在 WDO 置为无效之前未检查 ESM 引脚的状态。
	低	未置为有效。	未置为有效。	ESM 延迟后，NRST 置为有效并在复位延迟后置为无效。ESM 延迟后已检查 ESM 引脚的状态。如果 ESM 保持低电平，则 NRST 切换。

表 7-12. 映射到 NRST 的 ESM

	WDE	WDO	NIRQ	NRST
ESM 故障	高	未置为有效。	未置为有效。	ESM 延迟后，NRST 置为有效并在复位延迟后置为无效。ESM 延迟后已检查 ESM 引脚的状态。如果 ESM 保持低电平，则 NRST 切换。
	低	未置为有效。	未置为有效。	ESM 延迟后，NRST 置为有效并在复位延迟后置为无效。ESM 延迟后已检查 ESM 引脚的状态。如果 ESM 保持低电平，则 NRST 切换。

表 7-13. 映射到 NIRQ 的 ESM

	WDE	WDO	NIRQ	NRST
ESM 故障	高	未置为有效。	ESM 延迟后，NIRQ 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	未置为有效。
	低	未置为有效。	ESM 延迟后，NIRQ 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	未置为有效。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-14. 映射到 WDO 的 ESM

	WDE	WDO	NIRQ	NRST
ESM 故障	高	ESM 延迟后，WDO 置为有效并设置 ESM 故障。I2C 写入以清除和置为无效。	未置为有效。	未置为有效。
	低	ESM 故障未将 WDO 置为有效。	未置为有效。	未置为有效。

7.3.10.1 ESM 时序

图 7-26 至图 7-29 中的时序图显示了已锁存 WDO 故障引脚的行为。映射到 NRST 的故障具有基于（组 1_0x9F_RST_DLY）的相关复位延迟。在每幅示意图中，假设的系统配置是，一旦微控制器复位，微控制器会在 ESM 故障清除或 ESM 引脚为高电平时重新启动。

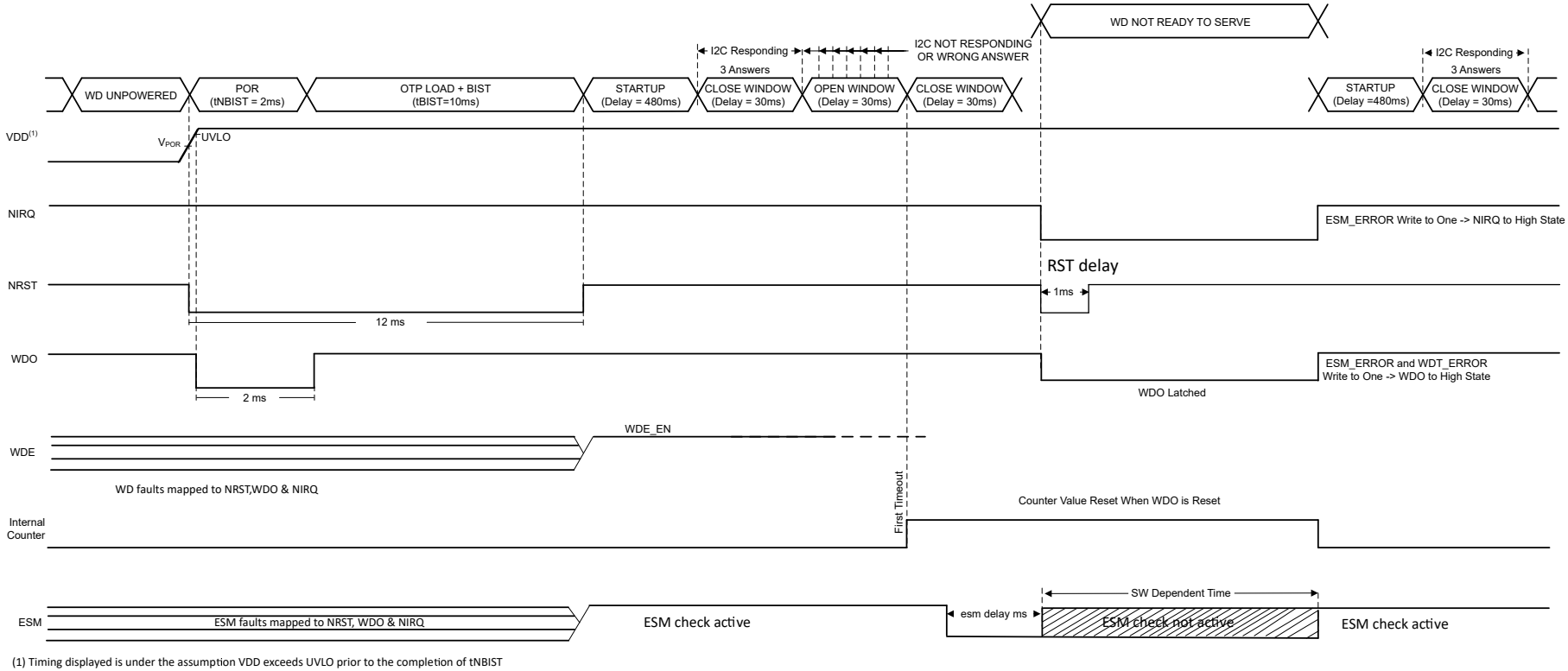
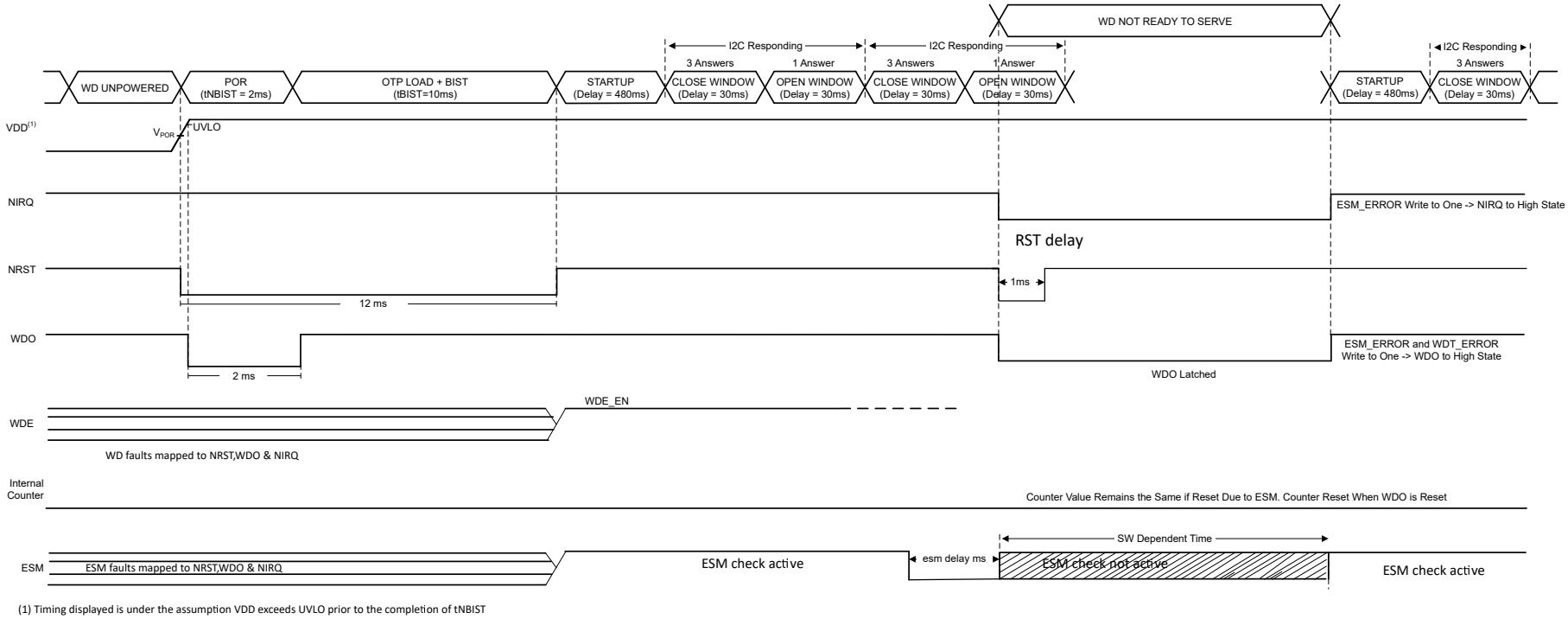


图 7-26. WD 错误后跟 ESM 故障（WD 启用）

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated



(1) Timing displayed is under the assumption VDD exceeds UVLO prior to the completion of tNBIST

图 7-27. ESM 故障（WD 启用）

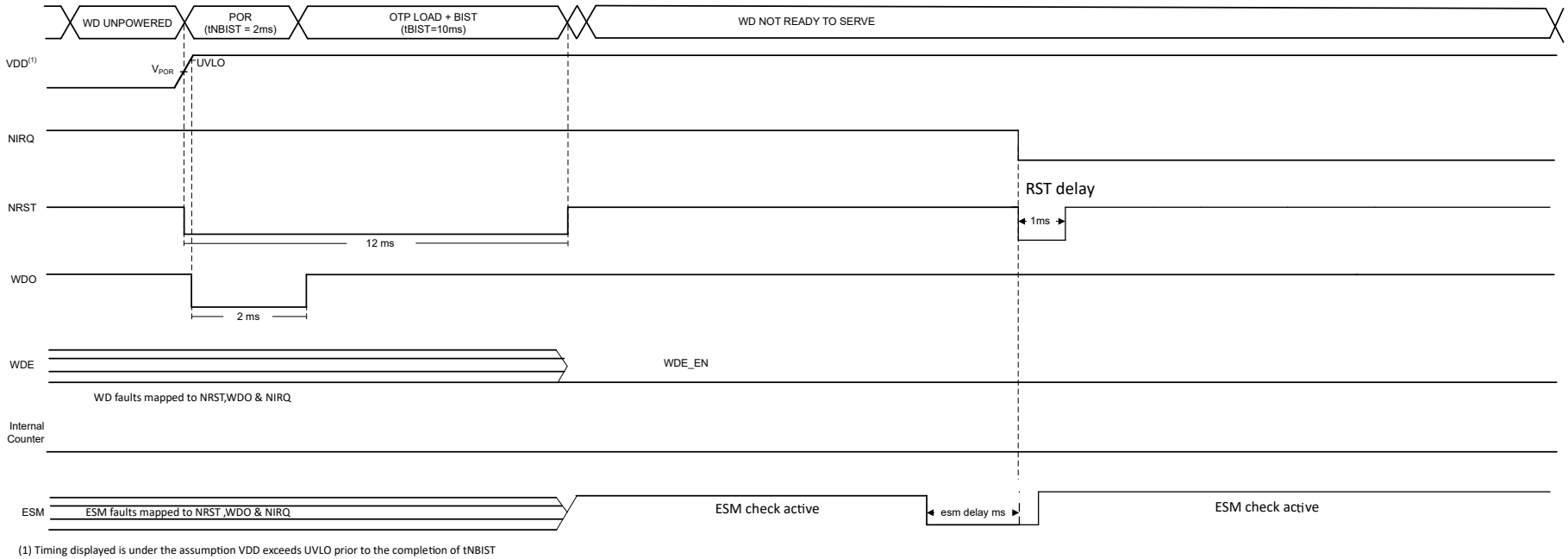


图 7-28. 瞬态 ESM 故障（WD 禁用）

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

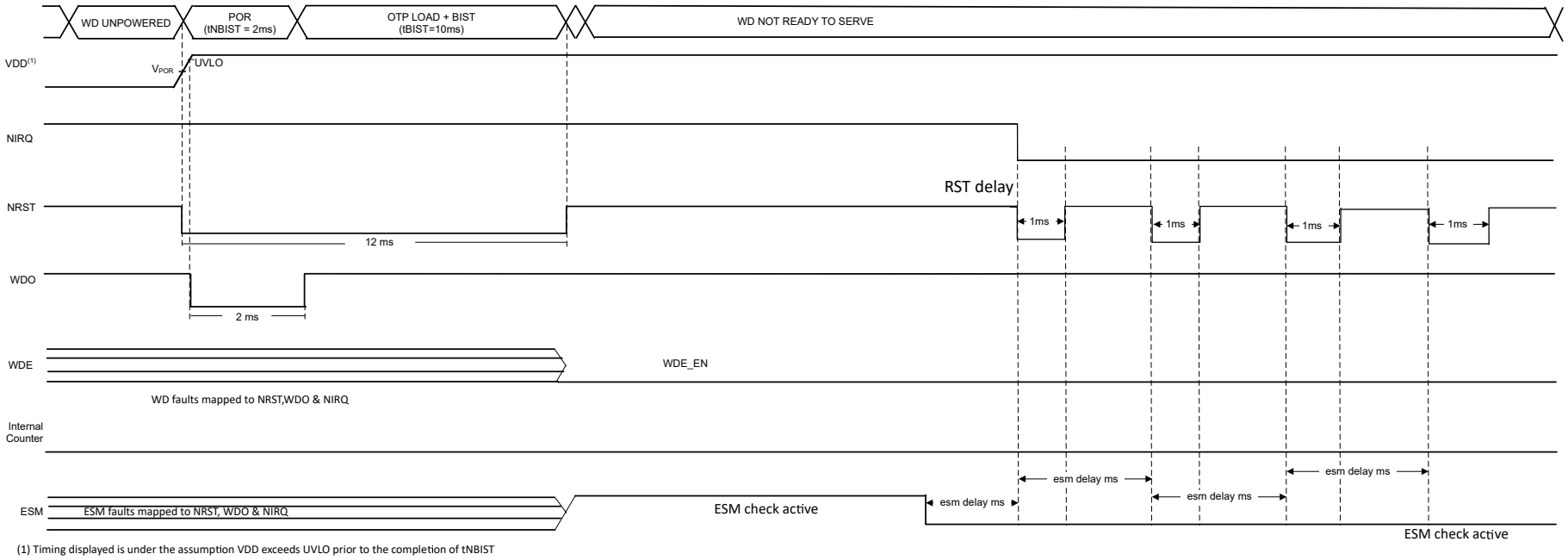


图 7-29. 永久性 ESM 故障（WD 禁用）

7.3.11 寄存器保护

TPS389C03-Q1 具有通过寄存器 PROT1 0xF1h 和 PROT2 0xF2h 启用的寄存器保护功能。寄存器 PROT1 和 PROT2 的构成如表 7-15 中所示。

表 7-15. PROT1 寄存器说明

寄存器	位	7	6	5	4	3	2	1	0
PROT1 (0xF1)	R/W	RSVD	RSVD	WRKC	RSVD	CFG	IEN	MON	SEQ
PROT2 (0xF2)	R/W	RSVD	RSVD	WRKC	RSVD	CFG	IEN	MON	SEQ

为了对寄存器组进行写保护，主机必须在寄存器 PROT1 和 PROT2 中设置相关位。寄存器组分为如表 7-16 所示的类别。寄存器组仅适用于组 1 中的寄存器。如表 7-16 中所示，与 ESM 和看门狗相关的寄存器不受任何寄存器组保护。

表 7-16. 写保护寄存器组摘要

寄存器名称	PROT 组	寄存器名称	PROT 组
VMON_CTL	WRKC	ESM	不适用
VMON_MISC	CFG	TI_CONTROL	不适用
TEST_CFG	CFG	AMSK_ON	IEN
IEN_UVHP	IEN	AMSK_OFF	IEN
IEN_UVLP	IEN	SEQ_TOUT_MSB	SEQ
IEN_OVHP	IEN	SEQ_TOUT_LSB	SEQ
IEN_OVLP	IEN	SEQ_UP_THLD	SEQ
IEN_CONTROL	IEN	SEQ_DN_THLD	SEQ
IEN_TEST	IEN	WDT_CFG	不适用
IEN_VENDOR	IEN	WDT_CLOSE	不适用
VIN_CH_EN	CFG	WDT_OPEN	不适用
VRANGE_MULT	CFG	WDT_QA_CFG	不适用
MON2 设置	MON[2]	WDT_ANSWER	不适用
MON3 设置	MON[3]	BANK_SEL	不适用
MON4 设置	MON[4]		

如果需要单独的监控器保护，这可以通过使用寄存器 PROT_MON (0xF3) 来实现，如表 7-17 所示。

表 7-17. PROT_MON 寄存器说明

寄存器	位	7	6	5	4	3	2	1	0
PROT_MON (0xF3)	R/W	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	MON[4]	MON[3]	MON[2]	RSVD

寄存器 PROT_MON 选择在对 PROT1 和 PROT2 寄存器进行写入以保护 MON 组后受到保护的监控器通道。默认情况下，寄存器 PROT_MON 设置为值 0xFF，当通过寄存器 PROT1 和 PROT2 设置 MON 保护时，这会对所有监控器应用保护。如果用户不希望对特定监控器通道应用保护，则必须在设置 PROT1 和 PROT2 之前将与相关监控器通道对应的位设置为 0 值。

启动时，寄存器 PROT1 和 PROT2 被设置为默认值 0x00。一旦在 PROT1 或 PROT2 中将某个位设置为 1，该位就会变为只读状态，并且无法通过写入命令清除。要复位 PROT1 和 PROT2，用户可以利用 VMON_CTL 寄存器的 RESET_PROT 位 3。RESET_PROT 是 WRKC 寄存器组的一部分，因此，如果用户希望使用 RESET_PROT 的功能，则在配置 PROT1 和 PROT2 保护寄存器时不得应包括 WRKC 保护。如果在配置 PROT1 和 PROT2 时启用了 WRKC 保护，则保护寄存器只能通过器件下电上电进行复位。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.4 器件功能模式

TPS389C03-Q1 有三种在运行过程中可以进入的关键功能模式。在没有为器件加电时，器件处于关闭状态，此时监控通道和看门狗处于非活动状态。一旦 VDD 大于 UVLO，器件会在 BIST 和 OTP 加载完成后进入活动状态。在活动状态期间，器件能够进行全面监控并且看门狗处于活动状态。如果发生 BIST 故障，在 OTP 加载期间进行双错检测 (DED)、出现热关断或地址引脚故障，则器件将进入失效防护模式。进入失效防护模式后，NRST 和 NIRQ 会置位为低电平有效。要退出失效防护状态，必须对 TPS389C03-Q1 进行下电上电。读取 BANK0 中的寄存器 0x30 可提供有关器件状态的信息。有关详细信息，请参阅表 8-12。图 7-30 中的状态图说明每个每个状态的变化情况。

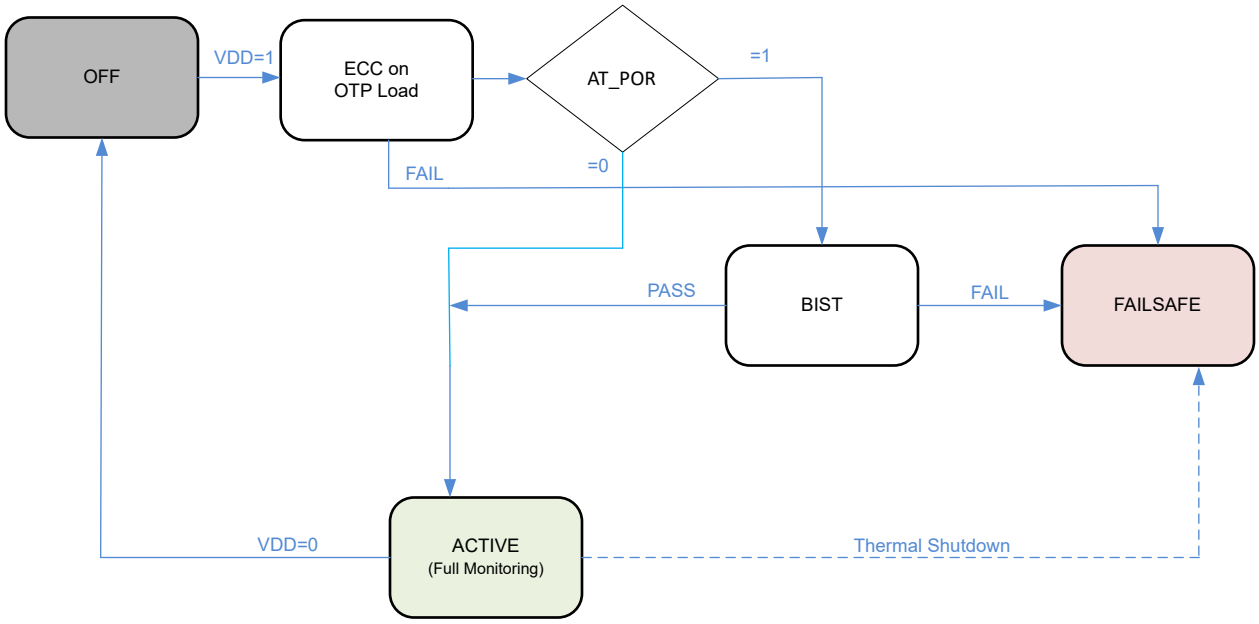


图 7-30. TPS389C03-Q1 状态图

7.4.1 内置自检和配置负载

如果 TEST_CFG.AT_POR=1，则在上电复位 (POR) 时执行内置自检 (BIST)。

从 OTP 加载配置由 ECC（支持 SEC-DED）提供辅助。这是为了防止数据完整性问题并更大程度地提高系统可用性。

在 BIST 期间，NIRQ 置为无效（在故障情况下置为有效），输入引脚被忽略，并且 I^2C 块在 SDA 和 SCL 置为无效时处于不活动状态。BIST 包括满足技术安全要求的器件测试。一旦 BIST 成功完成，I^2C 将立即激活，并且器件在从 OTP 加载配置数据后进入活动状态。如果 BIST 失败和/或 ECC 报告双重错误检测 (DED)，NIRQ 置为低电平有效，NRST 置为低电平有效，器件进入失效防护状态。表 8-13 中的 TEST_INFO 寄存器提供有关测试覆盖范围和结果的信息。此外，看门狗和 ESM 也在逻辑 BIST 中进行了介绍，并在 BIST_L 中进行了验证。

BIST 成功/失败时的详细行为由 INT_TEST 和 IEN_TEST 寄存器控制。通过以下方式报告 BIST 结果：

- NIRQ 引脚：被拉低，具体取决于测试结果以及 IEN_TEST 中的 BIST_C 和 BIST 位
- INT_TEST 寄存器中的 I_BIST_C 和 BIST 位，具体取决于 IEN_TEST 设置
- VMON_STAT.ST_BIST_C 寄存器位
- TEST_INFO[3:0] 寄存器位

7.4.1.1 BIST 执行注意事项

POR 时，TPS389C03-Q1 需要根据 TEST_CFG.AT_POR 寄存器位的值来决定是否运行 BIST。假设在 BIST 检查 ECC 逻辑之后执行该寄存器上的 ECC，则在运行 BIST 之前无法验证其数据完整性。

通过将 1 写入 BANK1 寄存器 0x9F 中的 ENTER_BIST 位，可以在正常运行期间手动触发 BIST。不建议在 TPS389C03-Q1 将故障置为有效时使用 BIST。

7.4.2 TPS389C03-Q1 上电

TPS389C03-Q1 上电时，可选择执行 BIST（取决于 TEST_CFG.AT_POR 寄存器位）；完成 BIST 并从 OTP 加载配置（由 ECC 提供辅助，支持 SEC-DED）后，I^2C 和故障报告（通过 NIRQ）会立即变为激活状态。

配置加载 ECC 和 BIST 结果的详细信息在 TEST_INFO 寄存器中报告。

检测到 VDD 上升沿超过 UVLO 时，TPS389C03-Q1 将启动序列超时计时器。在序列超时结束前，会屏蔽 UV 故障。

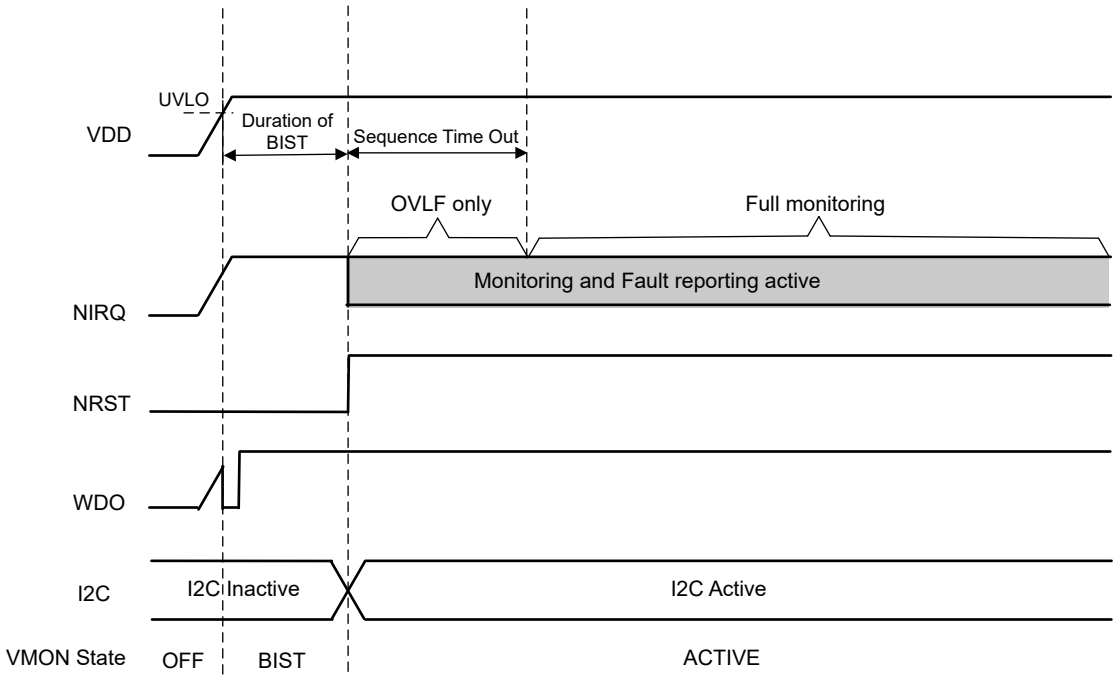


图 7-31. TPS389C03-Q1 上电信令和内部状态

BIST 完成可通过中断或寄存器轮询来检测：

- 中断：如果 IEN_TEST.BIST_C=1，会设置 INT_TEST.I_BIST_C 标志并且 NIRQ 置为有效
- 轮询：可以轮询 VMON_STAT 寄存器来读取 ST_BIST_C 位

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8 寄存器映射

8.1 寄存器概览

寄存器映射旨在通过寄存器组支持多达 3 个通道，具有以下组织：

- 组 0 - 状态寄存器组摘要
  - 供应商信息和使用情况寄存器（独立于组）
  - 中断寄存器
  - 状态寄存器
  - 组选择寄存器（独立于组）
  - 保护寄存器（独立于组）
  - 器件配置寄存器（独立于组）
- 组 1 - 配置寄存器组摘要
  - 供应商信息和使用情况寄存器（独立于组）
  - 控制寄存器（器件全局寄存器）
  - 监视配置寄存器（通道专用寄存器）
  - 序列配置寄存器（器件全局寄存器和通道特定寄存器）
  - 组选择寄存器（独立于组）
  - 保护寄存器（独立于组）
  - 器件配置寄存器（独立于组）

无论当前组选择如何，均可在同一地址访问组独立寄存器。访问其他寄存器需要选择适当的组。

所有寄存器为 8 位宽，在引导时加载了此处描述的默认值或在出厂时编程的 OTP 值。未使用的寄存器地址被保留供将来使用并支持多达 3 个通道。

否定对受保护寄存器（请参阅 PROT1/2 详细信息）、无效寄存器或具有无效数据的有效寄存器的写访问。

如果在寄存器映射中找到的默认值列为“X”，则可以在 TPS389C0300CRTERQ1 OTP 配置中找到该值。

8.1.1 BANK0 寄存器

表 8-1 列出了 BANK0 寄存器的存储器映射寄存器。表 8-1 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的位置，并且不应修改寄存器内容。

表 8-1. BANK0 寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
10h	INT_SRC	全局中断源状态寄存器。	节 8.1.1.1
11h	INT_MONITOR	电压监控中断状态寄存器。	节 8.1.1.2
12h	INT_UVHF	高频通道欠压中断状态寄存器。	节 8.1.1.3
14h	INT_UVLF	低频通道欠压中断状态寄存器。	节 8.1.1.4
16h	INT_OVHF	高频通道过压中断状态寄存器	节 8.1.1.5
18h	INT_OVLF	低频通道过压中断状态寄存器	节 8.1.1.6
22h	INT_CONTROL	控制和通信中断状态寄存器。	节 8.1.1.7
23h	INT_TEST	内部测试和配置加载中断状态寄存器。	节 8.1.1.8
24h	INT_VENDOR	供应商特定内部中断状态寄存器。	节 8.1.1.9
30h	VMON_STAT	内部操作和其他非关键条件的状态标志。	节 8.1.1.10
31h	TEST_INFO	内部自检和 ECC 信息。	节 8.1.1.11
32h	OFF_STAT	通道 OFF 状态。	节 8.1.1.12
37h	WDT_STAT	看门狗状态	节 8.1.1.13
38h	WD_STAT_QA	看门狗应答计数和令牌	节 8.1.1.14
41h	MON_LVL[2]	通道 2 电压电平。	节 8.1.1.15
42h	MON_LVL[3]	通道 3 电压电平。	节 8.1.1.16
43h	MON_LVL[4]	通道 4 电压电平。	节 8.1.1.17
F0h	BANK_SEL	组选择。	节 8.1.1.18
F1h	PROT1	锁定或解锁寄存器更改。必须与 PROT2 匹配。	节 8.1.1.19
F2h	PROT2	锁定或解锁寄存器更改。必须与 PROT1 匹配。	节 8.1.1.20
F3h	PROT_MON	与 PROT1 和 PROT2 协同锁定 MON 寄存器。	节 8.1.1.21
F9h	I2CADDR	I2C 地址	节 8.1.1.22
FAh	DEV_CFG	I2C 接口电压电平状态。	节 8.1.1.23

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 8-2 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 8-2. BANK0 访问类型代码

访问类型	代码	说明
读取类型		
R	R	读取
写入类型		
W	W	写入
W1C	W 1C	写入 1 以清零
复位或默认值		
-n		复位后的值或默认值

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.1 INT_SRC 寄存器（偏移 = 10h）[复位 = 00h]

表 8-3 中显示了 INT_SRC。

返回到汇总表。

全局中断源状态寄存器。

表 8-3. INT_SRC 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	F_OTHER	R	0h	供应商内部定义的故障。INT_Vendor 中报告了详细信息。表示 INT_Vendor 中所有位的或运算值。 0 = 未检测到供应商定义的故障 1 = 检测到供应商定义的故障
6-3	RESERVED	R	0h	保留
2	测试	R	0h	内部测试或配置负载故障。INT_TEST 中报告了详细信息。表示 INT_TEST 中所有位的或运算值。 0 = 未检测到测试/配置故障 1 = 检测到测试/配置故障
1	控制	R	0h	控制状态或通信故障。INT_CONTROL 中报告了详细信息。表示 INT_CONTROL 中所有位的或运算值。 0 = 未检测到状态或通信故障 1 = 检测到状态或通信故障
0	MONITOR	R	0h	电压监控故障。INT_MONITOR 中报告了详细信息。表示 INT_MONITOR 中所有位的或运算值。 0 = 未检测到电压故障 1 = 检测到电压故障

8.1.1.2 INT_MONITOR 寄存器（偏移 = 11h）[复位 = 00h]

表 8-4 中显示了 INT_MONITOR。

返回到汇总表。

电压监控中断状态寄存器。

表 8-4. INT_MONITOR 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R	0h	保留
3	OVLF	R	0h	ADC 基于测量报告的过压低频故障。INT_OVLF 中报告了详细信息。表示 INT_OVLF 中所有位的或运算值。 0 = 未检测到 OVLF 故障 1 = 检测到 OVLF 故障
2	OVHF	R	0h	基于比较器的监控所报告的过压高频故障。INT_OVHF 中报告了详细信息。表示 INT_OVHF 中所有位的或运算值。 0 = 未检测到 OVHF 故障 1 = 检测到 OVHF 故障
1	UVLF	R	0h	ADC 基于测量报告的欠压低频故障。INT_UVLF 中报告了详细信息。表示 INT_UVLF 中所有位的或运算值。 0 = 未检测到 UVLF 故障 1 = 检测到 UVLF 故障
0	UVHF	R	0h	基于比较器的监控所报告的欠压高频故障。INT_UVHF 中报告了详细信息。表示 INT_UVHF 中所有位的或运算值。 0 = 未检测到 UVHF 故障 1 = 检测到 UVHF 故障

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.3 INT_UVHF 寄存器（偏移 = 12h）[复位 = 00h]

表 8-5 中显示了 INT_UVHF。

返回到汇总表。

高频通道欠压中断状态寄存器。

表 8-5. INT_UVHF 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W1C	0h	保留
3	F_UVHF[4]	R/W1C	0h	MON4 欠压高频故障。如果 MON4 高频信号低于 UVHF[4]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON4 UVHF 故障（或中断在 IEN_UVHF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON4 UVHF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 UVHF 故障条件同时被清除（MON4 高频信号高于 UVHF[4]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
2	F_UVHF[3]	R/W1C	0h	MON3 欠压高频故障。如果 MON3 高频信号低于 UVHF[3]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON3 UVHF 故障（或中断在 IEN_UVHF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON3 UVHF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 UVHF 故障条件同时被清除（MON3 高频信号高于 UVHF[3]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
1	F_UVHF[2]	R/W1C	0h	MON2 欠压高频故障。如果 MON2 高频信号低于 UVHF[2]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON2 UVHF 故障（或中断在 IEN_UVHF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON2 UVHF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 UVHF 故障条件同时被清除（MON2 高频信号高于 UVHF[2]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
0	RESERVED	R/W1C	0h	保留

8.1.1.4 INT_UVLF 寄存器（偏移 = 14h）[复位 = 00h]

表 8-6 中显示了 INT_UVLF。

返回到汇总表。

低频通道欠压中断状态寄存器。

表 8-6. INT_UVLF 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W1C	0h	保留
3	F_UVLF[4]	R/W1C	0h	MON4 欠压低频故障。如果 MON4 低频信号低于 UVLF[4]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON4 的 UVLF 故障（或中断在 IEN_UVLF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON4 的 UVLF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 UVLF 故障条件同时被清除（MON4 低频信号高于 UVLF[4]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
2	F_UVLF[3]	R/W1C	0h	MON3 欠压低频故障。如果 MON3 低频信号低于 UVLF[3]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON3 的 UVLF 故障（或中断在 IEN_UVLF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON3 的 UVLF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 UVLF 故障条件同时被清除（MON3 低频信号高于 UVLF[3]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
1	F_UVLF[2]	R/W1C	0h	MON2 欠压低频故障。如果 MON2 低频信号低于 UVLF[2]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON2 的 UVLF 故障（或中断在 IEN_UVLF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON2 的 UVLF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 UVLF 故障条件同时被清除（MON2 低频信号高于 UVLF[2]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
0	RESERVED	R/W1C	0h	保留

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.5 INT_OVHF 寄存器（偏移 = 16h）[复位 = 00h]

表 8-7 中显示了 INT_OVHF。

返回到汇总表。

高频通道过压中断状态寄存器

表 8-7. INT_OVHF 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W1C	0h	保留
3	F_OVHF[4]	R/W1C	0h	MON4 过压高频故障。如果 MON4 高频信号高于 OVHF[4]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON4 OVHF 故障（或中断在 IEN_OVHF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON4 OVHF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 OVHF 故障条件同时被清除（MON4 高频信号低于 OVHF[4]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位
2	F_OVHF[3]	R/W1C	0h	MON3 过压高频故障。如果 MON3 高频信号高于 OVHF[3]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON3 OVHF 故障（或中断在 IEN_OVHF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON3 OVHF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 OVHF 故障条件同时被清除（MON3 高频信号低于 OVHF[3]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位
1	F_OVHF[2]	R/W1C	0h	MON2 过压高频故障。如果 MON2 高频信号高于 OVHF[2]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON2 OVHF 故障（或中断在 IEN_OVHF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON2 OVHF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 OVHF 故障条件同时被清除（MON2 高频信号低于 OVHF[2]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位
0	RESERVED	R/W1C	0h	保留

8.1.1.6 INT_OVLF 寄存器（偏移 = 18h）[复位 = 00h]

表 8-8 中显示了 INT_OVLF。

返回到汇总表。

低频通道过压中断状态寄存器

表 8-8. INT_OVLF 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W1C	0h	保留
3	F_OVLF[4]	R/W1C	0h	MON4 过压低频故障。如果 MON4 低频信号高于 OVLF[4]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON4 的 OVLF 故障（或中断在 IEN_OVLF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON4 的 OVLF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 OVLF 故障条件同时被清除（MON4 低频信号低于 OVLF[4]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
2	F_OVLF[3]	R/W1C	0h	MON3 过压低频故障。如果 MON3 低频信号高于 OVLF[3]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON3 的 OVLF 故障（或中断在 IEN_OVLF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON3 的 OVLF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 OVLF 故障条件同时被清除（MON3 低频信号低于 OVLF[3]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
1	F_OVLF[2]	R/W1C	0h	MON2 过压低频故障。如果 MON2 低频信号高于 OVLF[2]，则跳闸。 0 = 未检测到 MON2 的 OVLF 故障（或中断在 IEN_OVLF 寄存器中禁用） 1 = 检测到 MON2 的 OVLF 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 OVLF 故障条件同时被清除（MON2 低频信号低于 OVLF[2]）时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
0	RESERVED	R/W1C	0h	保留

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.7 INT_CONTROL 寄存器（偏移 = 22h）[复位 = 00h]

表 8-9 中显示了 INT_CONTROL。

返回到汇总表。

控制和通信中断状态寄存器。

表 8-9. INT_CONTROL 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	RESERVED	R/W1C	0h	保留
4	F_CRC	R/W1C	0h	运行时寄存器 CRC 故障： 0 = 未检测到故障（或 IEN_CONTROL.RT_CRC 已禁用） 1 = 检测到寄存器 CRC 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。Write-1-to-clear（写入 1 以清除）将清除该位。如果检测到相同的故障，将在下一次寄存器 CRC 检查期间再次设置该位
3	F_NIRQ	R/W1C	0h	中断引脚故障（故障位始终启用；无使能位可用）： 0 = 未在 NIRQ 引脚上检测到故障 1 = 在 NIRQ 引脚上检测到电源低电阻路径 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 NIRQ 故障条件同时被清除时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
2	F_TSD	R/W1C	0h	热关断故障： 0 = 未检测到 TSD 故障（或 IEN_CONTROL.TSD 已禁用） 1 = 检测到 TSD 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 TSD 故障条件同时被清除时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位
1	RESERVED	R/W1C	0h	保留
0	F_PEC	R/W1C	0h	数据包错误检查故障： 0 = 未发生 PEC 不匹配（或 IEN_CONTROL.PEC 已禁用） 1 = 已发生 PEC 不匹配，或 VMON_MISC.REQ_PEC=1 且写入事务中缺少 PEC 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。Write-1-to-clear（写入 1 以清除）将清除该位。如果检测到相同的故障，将在下一个 I2C 事务期间再次设置该位。

8.1.1.8 INT_TEST 寄存器（偏移 = 23h）[复位 = 00h]

表 8-10 中显示了 INT_TEST。

返回到汇总表。

内部测试和配置加载中断状态寄存器。

表 8-10. INT_TEST 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W1C	0h	保留
3	ECC_SEC	R/W1C	0h	在加载 OTP 配置时纠正了 ECC 单比特错误： 0 = 未校正单比特错误（或 IEN_TEST.ECC_SEC 已禁用） 1 = 已校正单比特错误 Write-1-to-clear（写入 1 以清除）将清除该位。如果检测到相同的故障，将在下次加载 OTP 配置期间再次设置该位。
2	ECC_DED	R/W1C	0h	在加载 OTP 配置时检测到 ECC 双比特错误： 0 = OTP 加载时未检测到双比特错误 1 = OTP 加载时检测到双比特错误 故障位始终处于启用状态（没有关联的中断使能位）。器件将在双重错误检测时移至失效防护模式。
1	BIST_Complete_INT	R/W1C	0h	内置自检完成指示： 0 = BIST 未完成（或 IEN_TEST.BIST_C 已禁用） 1 = BIST 完成 Write-1-to-clear（写入 1 以清除）将清除该位。将在完成下一次 BIST 执行时再次设置该位
0	BIST_Fail_INT	R/W1C	0h	内置自检故障： 0 = 未检测到 BIST 故障（或 IEN_TEST.BIST 已禁用） 1 = 检测到 BIST 故障 Write-1-to-clear（写入 1 以清除）将清除该位。如果检测到故障，将在下一次 BIST 执行期间再次设置该位

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.9 INT_VENDOR 寄存器（偏移 = 24h）[复位 = 00h]

表 8-11 中显示了 INT_VENDOR。

返回到汇总表。

供应商特定内部中断状态寄存器。

表 8-11. INT_VENDOR 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	Self-Test_CRC	R/W1C	0h	启动寄存器 CRC 自检 0 = 自检通过 1 = 自检失败 Write-1-to-clear（写入 1 以清除）
6	LDO_OV_Error	R/W1C	0h	内部 LDO 过压错误。 0 = 未检测到内部 LDO 过压故障 1 = 检测到内部 LDO 过压故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 LDO 故障条件同时被清除时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
5	NRST_MISMATCH	R/W1C	0h	指示因驱动状态和读回导致错误。在 NRST 切换期间，NRST 不匹配将在 2 μs 之后有效，NRST 必须超过 0.6*VDD 才会被视为处于逻辑高电平状态。 0 = 在 NRST 引脚上未检测到故障 1 = 因驱动状态和读回导致错误。 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 NRST 故障条件同时被清除时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
4	Freq_DEV_Error	R/W1C	0h	指示内部频率错误。 0 = 未检测到内部频率故障 1 = 检测到内部频率故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当频率故障条件同时被清除时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
3	SHORT_DET	R/W1C	0h	检测到地址引脚短路。 0 = 未检测到地址引脚短路故障 1 = 检测到地址引脚短路故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当地址引脚短路故障条件同时被清除时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
2	OPEN_DET	R/W1C	0h	检测到地址引脚开路。 0 = 未检测到地址引脚开路故障 1 = 检测到地址引脚开路故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当地址引脚开路故障条件同时被清除时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
1	ESM_ERROR	R/W1C	0h	指示 ESM 故障。 0 = 未检测到 ESM 故障 1 = 检测到 ESM 故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当 ESM 故障条件同时被清除时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。
0	WDT_ERROR	R/W1C	0h	指示看门狗故障 0 = 未检测到看门狗故障 1 = 检测到看门狗故障 恢复故障条件时不清除该位。它只能由主机通过 write-1-to-clear（写入 1 以清除）来清除。仅当看门狗故障条件同时被清除时，Write-1-to-clear（写入 1 以清除）才会清除该位。

8.1.1.10 VMON_STAT 寄存器（偏移 = 30h）[复位 = 7Eh]

表 8-12 中显示了 VMON_STAT。

返回到汇总表。

内部操作和其他非关键条件的状态标志。

表 8-12. VMON_STAT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	FAILSAFE	R	0h	1 = 器件进入失效防护状态
6	ST_BIST_C	R	1h	内置自检状态： 0 = BIST 未完成 1 = BIST 完成
5	ST_VDD	R	1h	状态 VDD
4	ST_NIRQ	R	1h	状态 NIRQ 引脚
3	RESERVED	R	0h	保留
2	运行	R	1h	1 = 器件处于有效运行状态
1	RESERVED	R	0h	保留
0	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.11 TEST_INFO 寄存器（偏移 = 31h）[复位 = 00h]

表 8-13 中显示了 TEST_INFO。

返回到汇总表。

内部自检和 ECC 信息。

表 8-13. TEST_INFO 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	RESERVED	R	0h	保留
5	ECC_SEC	R	0h	OTP 配置负载上的 ECC 单比特错误更正状态。 0 = 未应用错误更正 1 = 已应用单比特错误更正
4	ECC_DED	R	0h	OTP 配置负载上 ECC 双比特错误检测的状态。 0 = 未检测到双比特错误 1 = 检测到双比特错误
3	BIST_VM	R	0h	BIST 的易失性存储器测试输出状态。 0 =易失性存储器测试通过 1 = 易失性存储器测试失败
2	BIST_NVM	R	0h	BIST 的非易失性存储器测试输出状态。 0 = 非易失性存储器测试通过 1 = 非易失性存储器测试失败
1	BIST_L	R	0h	BIST 的逻辑测试输出状态。 0 = 逻辑测试通过 1 = 逻辑测试失败
0	BIST_A	R	0h	BIST 的模拟测试输出状态。 0 = 模拟测试通过 1 = 模拟测试失败

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.12 OFF_STAT 寄存器（偏移 = 32h）[复位 = 00h]

表 8-14 中显示了 OFF_STAT。

返回到汇总表。

通道 OFF 状态。

表 8-14. OFF_STAT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R	0h	保留
3	MON[4]	R	0h	表示每个通道的 OFF 状态： 0 = 通道 4 NOT OFF 1 = 通道 4 OFF（低于 OFF 阈值）
2	MON[3]	R	0h	表示每个通道的 OFF 状态： 0 = 通道 3 NOT OFF 1 = 通道 3 OFF（低于 OFF 阈值）
1	MON[2]	R	0h	表示每个通道的 OFF 状态： 0 = 通道 2 NOT OFF 1 = 通道 2 OFF（低于 OFF 阈值）
0	RESERVED	R	0h	保留

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.13 WDT_STAT 寄存器（偏移 = 37h）[复位 = 00h]

表 8-15 中显示了 WDT_STAT。

返回到汇总表。

看门狗状态

表 8-15. WDT_STAT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	RESERVED	R	0h	保留
5-3	WD_STATE	R	0h	表示看门狗状态。 000 = WD 空闲状态 001 = WD 开启状态 010 = WD 关闭状态 011 = WD 启动状态 100 = WD 挂起状态
2	ST_WDEXP	R	0h	如果关闭窗口在写入 3 个应答之前到期或者开启窗口到期，将设置标志。 1 = 关闭窗口或开启窗口到期（读取时清除位）
1	RESERVED	R	0h	保留
0	ST_WDUV	R	0h	如果关闭窗口中有额外应答（关闭窗口中有 4 个应答）或者关闭窗口中有错误应答或者开启窗口中有错误应答，将设置标志。 1 = 额外或错误应答（读取时清除位）

8.1.1.14 WD_STAT_QA 寄存器（偏移 = 38h）[复位 = 3Ch]

表 8-16 中显示了 WD_STAT_QA。

返回到汇总表。

看门狗应答计数和令牌

表 8-16. WD_STAT_QA 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	RESERVED	R	0h	保留
5-4	ANSW_CNT[1:0]	R	3h	表示实时应答计数
3-0	TOKEN[3:0]	R	Ch	表示实时令牌。启用看门狗会将令牌值设置为 0。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.15 MON_LVL[2] 寄存器（偏移 = 41h）[复位 = 00h]

表 8-17 中显示了 MON_LVL[2]。

返回到汇总表。

通道 2 电压电平。

表 8-17. MON_LVL[2] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	ADC[7:0]	R	0h	以十六进制表示 MON2 电压遥测值

8.1.1.16 MON_LVL[3] 寄存器（偏移 = 42h）[复位 = 00h]

表 8-18 中显示了 MON_LVL[3]。

返回到汇总表。

通道 3 电压电平。

表 8-18. MON_LVL[3] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	ADC[7:0]	R	0h	以十六进制表示 MON3 电压遥测值

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.17 MON_LVL[4] 寄存器（偏移 = 43h）[复位 = 00h]

表 8-19 中显示了 MON_LVL[4]。

返回到汇总表。

通道 4 电压电平。

表 8-19. MON_LVL[4] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	ADC[7:0]	R	0h	以十六进制表示 MON4 电压遥测值

8.1.1.18 BANK_SEL 寄存器（偏移 = F0h）[复位 = 00h]

表 8-20 中显示了 BANK_SEL。

返回到汇总表。

组选择。

表 8-20. BANK_SEL 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-1	RESERVED	R/W	0h	保留
0	BANK_Select	R/W	0h	表示组选择。 0 = 组 0 1 = 组 1

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.19 PROT1 寄存器（偏移 = F1h）[复位 = 00h]

表 8-21 展示了 PROT1。

返回到汇总表。

锁定或解锁寄存器更改。必须与 PROT2 匹配。

表 8-21. PROT1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	RESERVED	R/W	0h	保留
5	WRKC	R/W	0h	表示保护 WRKC 组不受写入影响。需同时设置 PROT1 和 PROT2 以提供保护。 0 = 可以更改寄存器 1 = 无法更改寄存器
4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	CFG	R/W	0h	表示保护 CFG 组不受写入影响。需同时设置 PROT1 和 PROT2 以提供保护。 0 = 可以更改寄存器 1 = 无法更改寄存器
2	IEN	R/W	0h	表示保护 IEN 组不受写入影响。需同时设置 PROT1 和 PROT2 以提供保护。 0 = 可以更改寄存器 1 = 无法更改寄存器
1	MON	R/W	0h	表示保护 MON 组不受写入影响。需同时设置 PROT1 和 PROT2 以提供保护。 0 = 可以更改寄存器 1 = 无法更改寄存器
0	SEQ	R/W	0h	表示保护 SEQ 组不受写入影响。需同时设置 PROT1 和 PROT2 以提供保护。 0 = 可以更改寄存器 1 = 无法更改寄存器

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.20 PROT2 寄存器（偏移 = F2h）[复位 = 00h]

表 8-22 展示了 PROT2。

返回到汇总表。

锁定或解锁寄存器更改。必须与 PROT1 匹配。

表 8-22. PROT2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	RESERVED	R/W	0h	保留
5	WRKC	R/W	0h	表示保护 CFG 组不受写入影响。需同时设置 PROT1 和 PROT2 以提供保护。 0 = 可以更改寄存器 1 = 无法更改寄存器
4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	CFG	R/W	0h	表示保护 CFG 组不受写入影响。需同时设置 PROT1 和 PROT2 以提供保护。 0 = 可以更改寄存器 1 = 无法更改寄存器
2	IEN	R/W	0h	表示保护 IEN 组不受写入影响。需同时设置 PROT1 和 PROT2 以提供保护。 0 = 可以更改寄存器 1 = 无法更改寄存器
1	MON	R/W	0h	表示保护 MON 组不受写入影响。需同时设置 PROT1 和 PROT2 以提供保护。 0 = 可以更改寄存器 1 = 无法更改寄存器
0	SEQ	R/W	0h	表示保护 SEQ 组不受写入影响。需同时设置 PROT1 和 PROT2 以提供保护。 0 = 可以更改寄存器 1 = 无法更改寄存器

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.21 PROT_MON 寄存器（偏移 = F3h）[复位 = 1Fh]

表 8-23 中显示了 PROT_MON。

返回到汇总表。

与 PROT1 和 PROT2 协同锁定 MON 寄存器。

表 8-23. PROT_MON 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	MON[4]	R/W	1h	与 PROT1 和 PROT2 一起保护 MON4 不受写入影响。 0 = 可以进行更改 1 = 无法进行更改
2	MON[3]	R/W	1h	与 PROT1 和 PROT2 一起保护 MON3 不受写入影响。 0 = 可以进行更改 1 = 无法进行更改
1	MON[2]	R/W	1h	与 PROT1 和 PROT2 一起保护 MON2 不受写入影响。 0 = 可以进行更改 1 = 无法进行更改
0	RESERVED	R/W	0h	保留

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.22 I2CADDR 寄存器（偏移 = F9h）[复位 = 30h]

表 8-24 展示了 I2CADDR。

返回到汇总表。

I2C 地址

表 8-24. I2CADDR 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	RESERVED	R/W	0h	保留
6-3	ADDR_NVM[3:0]	R	6h	表示来自内部 OTP 的 I2C 地址。默认值为十六进制 30。此外，如果 I2C 通信失败，则为失效防护模式的默认 I2C 地址
2-0	ADDR_STRAP[2:0]	R	0h	表示 ADDR 引脚上电阻值的 I2C 地址。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.1.23 DEV_CFG 寄存器（偏移 = FAh）[复位 = 00h]

表 8-25 中显示了 DEV_CFG。

返回到汇总表。

I2C 接口电压电平状态。

表 8-25. DEV_CFG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	RESERVED	R	0h	保留

8.1.2 BANK1 寄存器

表 8-26 列出了 BANK1 寄存器的存储器映射寄存器。表 8-26 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的位置，并且不应修改寄存器内容。

表 8-26. BANK1 寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
10h	VMON_CTL	VMON 器件控制寄存器。	节 8.1.2.1
11h	VMON_MISC	其他 VMON 配置。	节 8.1.2.2
12h	TEST_CFG	内置自检 (BIST) 执行配置。	节 8.1.2.3
13h	IEN_UVHF	高频通道欠压中断使能寄存器	节 8.1.2.4
14h	IEN_UVLF	低频通道欠压中断使能寄存器。	节 8.1.2.5
15h	IEN_OVHF	高频通道过压中断使能寄存器。	节 8.1.2.6
16h	IEN_OVLF	低频通道过压中断使能寄存器。	节 8.1.2.7
1Bh	IEN_CONTROL	控制和通信故障中断使能寄存器。	节 8.1.2.8
1Ch	IEN_TEST	内部测试和配置加载故障中断使能寄存器	节 8.1.2.9
1Dh	IEN_VENDOR	供应商特定内部中断使能寄存器。	节 8.1.2.10
1Eh	MON_CH_EN	通道电压监控启用。	节 8.1.2.11
1Fh	VRANGE_MULT	通道电压监控范围/调节。	节 8.1.2.12
30h	UV_HF[2]	通道 2 高频通道欠压阈值。	节 8.1.2.13
31h	OV_HF[2]	通道 2 高频通道过压阈值。	节 8.1.2.14
32h	UV_LF[2]	通道 2 低频通道欠压阈值。	节 8.1.2.15
33h	OV_LF[2]	通道 2 低频通道过压阈值。	节 8.1.2.16
34h	FLT_HF[2]	高频阈值比较器输出的通道 2 UV 和 OV 去抖。	节 8.1.2.17
35h	FC_LF[2]	通道 2 低频路径 G 截止频率（-3dB 点）。该寄存器更改可编程 LPF 的滤波器属性，使总频率响应 G 满足这些截止频率。	节 8.1.2.18
40h	UV_HF[3]	通道 3 高频通道欠压阈值。	节 8.1.2.19
41h	OV_HF[3]	通道 3 高频通道过压阈值。	节 8.1.2.20
42h	UV_LF[3]	通道 3 低频通道欠压阈值。	节 8.1.2.21
43h	OV_LF[3]	通道 3 低频通道过压阈值。	节 8.1.2.22
44h	FLT_HF[3]	高频阈值比较器输出的通道 3 UV 和 OV 去抖。	节 8.1.2.23
45h	FC_LF[3]	通道 3 低频路径 G 截止频率（-3dB 点）。该寄存器更改可编程 LPF 的滤波器属性，使总频率响应 G 满足这些截止频率。	节 8.1.2.24
50h	UV_HF[4]	通道 4 高频通道欠压阈值。	节 8.1.2.25
51h	OV_HF[4]	通道 4 高频通道过压阈值。	节 8.1.2.26
52h	UV_LF[4]	通道 4 低频通道欠压阈值。	节 8.1.2.27
53h	OV_LF[4]	通道 4 低频通道过压阈值。	节 8.1.2.28
54h	FLT_HF[4]	高频阈值比较器输出的通道 4 UV 和 OV 去抖。	节 8.1.2.29
55h	FC_LF[4]	通道 4 低频路径 G 截止频率（-3dB 点）。该寄存器更改可编程 LPF 的滤波器属性，使总频率响应 G 满足这些截止频率。	节 8.1.2.30
9Eh	ESM	用于将故障置为有效的 ESM 阈值时间。	节 8.1.2.31
9Fh	TI_CONTROL	通过 I2C/ESM 抗尖峰脉冲/复位延迟实现手动 BIST/WD EN/手动复位	节 8.1.2.32
A1h	AMSK_ON	上电转换时自动屏蔽 UVLF、UVHF 和 OVHF 中断。	节 8.1.2.33
A2h	AMSK_OFF	断电转换时自动屏蔽 UVLF、UVHF 和 OVHF 中断。	节 8.1.2.34

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 8-26. BANK1 寄存器（续）

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
A5h	SEQ_TOUT_MSB	上电和断电期间的 UV 故障超时。	节 8.1.2.35
A6h	SEQ_TOUT_LSB	上电和断电期间的 UV 故障超时。	节 8.1.2.36
A8h	SEQ_UP_THLD	为上电而释放 AMSK 的阈值（VMON 视为开启）。	节 8.1.2.37
A9h	SEQ_DN_THLD	为断电而释放 AMSK 的阈值（VMON 视为关闭）。	节 8.1.2.38
AAh	WDT_CFG	WD 的最大违例计数和启动窗口的延迟乘法器。	节 8.1.2.39
ABh	WDT_CLOSE	闭窗口时间。	节 8.1.2.40
ACh	WDT_OPEN	开窗口时间。	节 8.1.2.41
ADh	WDT_QA_CFG	看门狗的反馈/多项式/种子。	节 8.1.2.42
AEh	WDT_ANSWER	看门狗的应答。	节 8.1.2.43
F0h	BANK_SEL	组选择。	节 8.1.2.44

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 8-27 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 8-27. BANK1 访问类型代码

访问类型	代码	说明
读取类型		
R	R	读取
写入类型		
W	W	写入
复位或默认值		
-n		复位后的值或默认值

8.1.2.1 VMON_CTL 寄存器（偏移 = 10h）[复位 = 20h]

表 8-28 中显示了 VMON_CTL。

返回到汇总表。

VMON 器件控制寄存器。

表 8-28. VMON_CTL 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	RESERVED	R/W	0h	保留
4	FORCE_WDO_LOW	R/W	0h	强制 WDO 置为有效
3	RESET_PROT	R/W	0h	Reset_Prot = 读取 0、写入 1 以清除保护寄存器
2-1	RESERVED	R/W	0h	保留
0	FORCE_NIRQ_LOW	R/W	0h	强制 NIRQ 置为有效

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.2 VMON_MISC 寄存器（偏移 = 11h）[复位 = X0h]

表 8-29 中显示了 VMON_MISC。

返回到汇总表。

其他 VMON 配置。

表 8-29. VMON_MISC 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	RESERVED	R/W	0h	保留
6-4	WDO_DLY[2:0]	R/W	0h	WDO_Delay（不适用于锁存的 WDO）
3-2	RESERVED	R/W	0h	保留
1	REQ_PEC	R/W	Xh	需要 PEC。 0 = 不需要 PEC 1 = 需要 PEC
0	EN_PEC	R/W	Xh	启用 PEC。 0 = 不启用 PEC 1 = 启用 PEC

8.1.2.3 TEST_CFG 寄存器（偏移 = 12h）[复位 = X0h]

表 8-30 中显示了 TEST_CFG。

返回到汇总表。

内置自检 (BIST) 执行配置。

表 8-30. TEST_CFG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-3	RESERVED	R/W	0h	保留
2	AT_SHDN	R/W	Xh	在 SHDN 时运行 BIST
1	AT_POR[1]	R/W	Xh	在 POR 时在第二位运行 BIST 以实现冗余
0	AT_POR[0]	R/W	Xh	在 POR 时运行 BIST

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.4 IEN_UVHF 寄存器（偏移 = 13h）[复位 = X0h]

表 8-31 中显示了 IEN_UVHF。

返回到汇总表。

高频通道欠压中断使能寄存器

表 8-31. IEN_UVHF 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	MON[4]	R/W	Xh	MON4 UVHF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
2	MON[3]	R/W	Xh	MON3 UVHF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
1	MON[2]	R/W	Xh	MON2 UVHF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
0	RESERVED	R/W	0h	保留

8.1.2.5 IEN_UVLF 寄存器（偏移 = 14h）[复位 = X0h]

表 8-32 中显示了 IEN_UVLF。

返回到汇总表。

低频通道欠压中断使能寄存器。

表 8-32. IEN_UVLF 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	MON[4]	R/W	Xh	MON4 UVLF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
2	MON[3]	R/W	Xh	MON3 UVLF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
1	MON[2]	R/W	Xh	MON2 UVLF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
0	RESERVED	R/W	0h	保留

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.6 IEN_OVHF 寄存器（偏移 = 15h）[复位 = X0h]

表 8-33 中显示了 IEN_OVHF。

返回到汇总表。

高频通道过压中断使能寄存器。

表 8-33. IEN_OVHF 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	MON[4]	R/W	Xh	MON4 OVHF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
2	MON[3]	R/W	Xh	MON3 OVHF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
1	MON[2]	R/W	Xh	MON2 OVHF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
0	RESERVED	R/W	0h	保留

8.1.2.7 IEN_OVLF 寄存器（偏移 = 16h）[复位 = X0h]

表 8-34 中显示了 IEN_OVLF。

返回到汇总表。

低频通道过压中断使能寄存器。

表 8-34. IEN_OVLF 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	MON[4]	R/W	Xh	MON4 OVLF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
2	MON[3]	R/W	Xh	MON3 OVLF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
1	MON[2]	R/W	Xh	MON2 OVLF 中断使能， 0 = 禁用， 1 = 启用
0	RESERVED	R/W	0h	保留

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.8 IEN_CONTROL 寄存器（偏移 = 1Bh）[复位 = X0h]

表 8-35 中显示了 IEN_CONTROL。

返回到汇总表。

控制和通信故障中断使能寄存器。

表 8-35. IEN_CONTROL 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	RESERVED	R/W	0h	保留
4	RT_CRC_Int	R/W	0h	寄存器运行时 CRC（循环冗余校验）错误中断是对寄存器映射内容执行的静态 CRC。如果启用，则无需读取或写入任何数据即可进行此 CRC 校验。此 CRC 的目的是识别寄存器映射内容中是否发生了静态位翻转或随机错误。这是使用 CRC-8 多项式执行的安全机制，在读取或写入操作下，寄存器映射内容将发生变化，并且多项式将在更改后使用新值重新计算。中断在组 0 的 INT_CONTROL_F_CRC 寄存器中报告。 0 = 禁用中断映射， 1 = 启用中断映射
3	RESERVED	R/W	0h	保留
2	TSD_INT	R/W	Xh	热关断中断。 0 = 禁用， 1 = 启用
1	RESERVED	R/W	0h	保留
0	PEC_INT	R/W	Xh	PEC 错误中断。 0 = 禁用， 1 = 启用

8.1.2.9 IEN_TEST 寄存器（偏移 = 1Ch）[复位 = X0h]

表 8-36 中显示了 IEN_TEST。

返回到汇总表。

内部测试和配置加载故障中断使能寄存器

表 8-36. IEN_TEST 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	ECC_SEC	R/W	Xh	SEC 错误中断。 0 = 禁用， 1 = 启用
2	RESERVED	R/W	0h	保留
1	BIST_Complete_INT	R/W	Xh	BIST 完成中断。 0 = 禁用， 1 = 启用
0	BIST_Fail_INT	R/W	Xh	BIST 失败中断。 0 = 禁用， 启用 = 1

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.10 IEN_VENDOR 寄存器（偏移 = 1Dh）[复位 = X0h]

表 8-37 中显示了 IEN_VENDOR。

返回到汇总表。

供应商特定内部中断使能寄存器。

表 8-37. IEN_VENDOR 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	Startup Self-Test_CRC	R/W	0h	Startup Self-Test_CRC 中断。 0 = 禁用中断映射， 1 = 启用中断映射
6	RESERVED	R/W	0h	保留
5	NRST_MISMATCH	R/W	0h	NRST 不匹配中断。 0 = 禁用中断映射， 1 = 启用中断映射
4	ESM_TO_WDO	R/W	0h	将 ESM 故障映射到 WDO。 0 =未映射 1 =已映射
3	ESM_TO_NIRQ	R/W	Xh	将 ESM 故障映射到 NIRQ。 0 =未映射 1 =已映射
2	WDT_TO_NIRQ	R/W	Xh	将看门狗故障映射到 NIRQ。 0 =未映射 1 =已映射
1	ESM_TO_NRST	R/W	Xh	将 ESM 故障映射到 NRST。 0 =未映射 1 =已映射
0	WDT_TO_NRST	R/W	Xh	将看门狗故障映射到 NRST。 0 =未映射 1 =已映射

8.1.2.11 MON_CH_EN 寄存器（偏移 = 1Eh）[复位 = X0h]

表 8-38 中显示了 MON_CH_EN。

返回到汇总表。

通道电压监控启用。

表 8-38. MON_CH_EN 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	MON[4]	R/W	Xh	启用 MON4 监控。 0 = 禁用， 1 = 启用
2	MON[3]	R/W	Xh	启用 MON3 监控。 0 = 禁用， 1 = 启用
1	MON[2]	R/W	Xh	启用 MON2 监控。 0 = 禁用， 1 = 启用
0	RESERVED	R/W	0h	保留

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.12 VRANGE_MULT 寄存器（偏移 = 1Fh）[复位 = X0h]

表 8-39 中显示了 VRANGE_MULT。

返回到汇总表。

通道电压监控范围/调节。

表 8-39. VRANGE_MULT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	MON[4]	R/W	Xh	MON4 标量。 0 = 1x， 1 = 4x
2	MON[3]	R/W	Xh	MON3 标量。 0 = 1x， 1 = 4x
1	MON[2]	R/W	Xh	MON2 标量。 0 = 1x， 1 = 4x
0	RESERVED	R/W	0h	保留

8.1.2.13 UV_HF[2] 寄存器（偏移 = 30h）[复位 = X0h]

表 8-40 中显示了 UV_HF[2]。

返回到汇总表。

通道 2 高频通道欠压阈值。

表 8-40. UV_HF[2] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的高频分量的欠压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.14 OV_HF[2] 寄存器（偏移 = 31h）[复位 = X0h]

表 8-41 中显示了 OV_HF[2]。

返回到汇总表。

通道 2 高频通道过压阈值。

表 8-41. OV_HF[2] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的高频分量的过压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

8.1.2.15 UV_LF[2] 寄存器（偏移 = 32h）[复位 = X0h]

表 8-42 中显示了 UV_LF[2]。

返回到汇总表。

通道 2 低频通道欠压阈值。

表 8-42. UV_LF[2] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的低频分量的欠压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.16 OV_LF[2] 寄存器（偏移 = 33h）[复位 = X0h]

表 8-43 中显示了 OV_LF[2]。

返回到汇总表。

通道 2 低频通道过压阈值。

表 8-43. OV_LF[2] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的低频分量的过压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

8.1.2.17 FLT_HF[2] 寄存器（偏移 = 34h）[复位 = X0h]

表 8-44 中显示了 FLT_HF[2]。

返回到汇总表。

高频阈值比较器输出的通道 2 UV 和 OV 去抖。

表 8-44. FLT_HF[2] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	OV_DEB[3:0]	R/W	0h	高频监控路径的过压比较器输出去抖时间（在输出处于稳定状态达到去抖时间之前不要置为有效）。 0000b = 0.1µs 1000b = 25.6µs 0001b = 0.2µs 1001b = 51.2µs 0010b = 0.4µs 1010b = 102.4µs 0011b = 0.8µs 1011b = 102.4µs 0100b = 1.6µs 1100b = 102.4µs 0101b = 3.2µs 1101b = 102.4µs 0110b = 6.4µs 1110b = 102.4µs 0111b = 12.8µs 1111b = 102.4µs
3-0	UV_DEB[3:0]	R/W	Xh	高频监控路径的欠压比较器输出去抖时间（在输出处于稳定状态达到去抖时间之前不要置为有效）。 0000b = 0.1µs 1000b = 25.6µs 0001b = 0.2µs 1001b = 51.2µs 0010b = 0.4µs 1010b = 102.4µs 0011b = 0.8µs 1011b = 102.4µs 0100b = 1.6µs 1100b = 102.4µs 0101b = 3.2µs 1101b = 102.4µs 0110b = 6.4µs 1110b = 102.4µs 0111b = 12.8µs 1111b = 102.4µs

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.18 FC_LF[2] 寄存器（偏移 = 35h）[复位 = X0h]

表 8-45 中显示了 FC_LF[2]。

返回到汇总表。

通道 2 低频路径 G 截止频率（-3dB 点）。该寄存器更改可编程 LPF 的滤波器属性，使总频率响应 G 满足这些截止频率。

表 8-45. FC_LF[2] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	RESERVED	R/W	0h	保留
4	OVHF_TO_NRST	R/W	0h	将 MON2 OVHF 故障映射到 NRST 0 = 未映射， 1 = 已映射
3	UVHF_TO_NRST	R/W	Xh	将 MON2 UVHF 故障映射到 NRST 0 = 未映射， 1 = 已映射
2-0	Cut_off_Freq[2:0]	R/W	Xh	LF 故障滤波器的 MON2 截止频率 000 = 无效 001 = 无效 010 = 250Hz 011 = 500Hz 100 = 1kHz 101 = 2kHz 110 = 4kHz 111 = 无效

8.1.2.19 UV_HF[3] 寄存器（偏移 = 40h）[复位 = X0h]

表 8-46 中显示了 UV_HF[3]。

返回到汇总表。

通道 3 高频通道欠压阈值。

表 8-46. UV_HF[3] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的高频分量的欠压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.20 OV_HF[3] 寄存器（偏移 = 41h）[复位 = X0h]

表 8-47 中显示了 OV_HF[3]。

返回到汇总表。

通道 3 高频通道过压阈值。

表 8-47. OV_HF[3] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的高频分量的过压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

8.1.2.21 UV_LF[3] 寄存器（偏移 = 42h）[复位 = X0h]

表 8-48 中显示了 UV_LF[3]。

返回到汇总表。

通道 3 低频通道欠压阈值。

表 8-48. UV_LF[3] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的低频分量的欠压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.22 OV_LF[3] 寄存器（偏移 = 43h）[复位 = X0h]

表 8-49 中显示了 OV_LF[3]。

返回到汇总表。

通道 3 低频通道过压阈值。

表 8-49. OV_LF[3] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的低频分量的过压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

8.1.2.23 FLT_HF[3] 寄存器（偏移 = 44h）[复位 = X0h]

表 8-50 中显示了 FLT_HF[3]。

返回到汇总表。

高频阈值比较器输出的通道 3 UV 和 OV 去抖。

表 8-50. FLT_HF[3] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	OV_DEB[3:0]	R/W	0h	高频监控路径的过压比较器输出去抖时间（在输出处于稳定状态达到去抖时间之前不要置为有效）。 0000b = 0.1µs 1000b = 25.6µs 0001b = 0.2µs 1001b = 51.2µs 0010b = 0.4µs 1010b = 102.4µs 0011b = 0.8µs 1011b = 102.4µs 0100b = 1.6µs 1100b = 102.4µs 0101b = 3.2µs 1101b = 102.4µs 0110b = 6.4µs 1110b = 102.4µs 0111b = 12.8µs 1111b = 102.4µs
3-0	UV_DEB[3:0]	R/W	Xh	高频监控路径的欠压比较器输出去抖时间（在输出处于稳定状态达到去抖时间之前不要置为有效）。 0000b = 0.1µs 1000b = 25.6µs 0001b = 0.2µs 1001b = 51.2µs 0010b = 0.4µs 1010b = 102.4µs 0011b = 0.8µs 1011b = 102.4µs 0100b = 1.6µs 1100b = 102.4µs 0101b = 3.2µs 1101b = 102.4µs 0110b = 6.4µs 1110b = 102.4µs 0111b = 12.8µs 1111b = 102.4µs

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.24 FC_LF[3] 寄存器（偏移 = 45h）[复位 = X0h]

表 8-51 中显示了 FC_LF[3]。

返回到汇总表。

通道 3 低频路径 G 截止频率（-3dB 点）。该寄存器更改可编程 LPF 的滤波器属性，使总频率响应 G 满足这些截止频率。

表 8-51. FC_LF[3] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	RESERVED	R/W	0h	保留
4	OVHF_TO_NRST	R/W	0h	将 MON3 OVHF 故障映射到 NRST 0 = 未映射， 1 = 已映射
3	UVHF_TO_NRST	R/W	Xh	将 MON3 UVHF 故障映射到 NRST 0 = 未映射， 1 = 已映射
2-0	Cut_off_Freq[2:0]	R/W	Xh	LF 故障滤波器的 MON3 截止频率 000 = 无效 001 = 无效 010 = 250Hz 011 = 500Hz 100 = 1kHz 101 = 2kHz 110 = 4kHz 111 = 无效

8.1.2.25 UV_HF[4] 寄存器（偏移 = 50h）[复位 = X0h]

表 8-52 中显示了 UV_HF[4]。

返回到汇总表。

通道 4 高频通道欠压阈值。

表 8-52. UV_HF[4] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的高频分量的欠压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.26 OV_HF[4] 寄存器（偏移 = 51h）[复位 = X0h]

表 8-53 中显示了 OV_HF[4]。

返回到汇总表。

通道 4 高频通道过压阈值。

表 8-53. OV_HF[4] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的高频分量的过压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

8.1.2.27 UV_LF[4] 寄存器（偏移 = 52h）[复位 = X0h]

表 8-54 中显示了 UV_LF[4]。

返回到汇总表。

通道 4 低频通道欠压阈值。

表 8-54. UV_LF[4] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的低频分量的欠压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.28 OV_LF[4] 寄存器（偏移 = 53h）[复位 = X0h]

表 8-55 中显示了 OV_LF[4]。

返回到汇总表。

通道 4 低频通道过压阈值。

表 8-55. OV_LF[4] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	受监控通道的低频分量的过压阈值。 8 位值的解释取决于寄存器 VRANGE_MULT 中的调节设置。 当调节 = 1x 时，8 位值代表 0.2V 至 1.475V 范围， 1 LSB = 5mV。 当调节 = 4x 时，8 位值代表 0.8V 至 5.9V 范围，1 LSB = 20mV。

8.1.2.29 FLT_HF[4] 寄存器（偏移 = 54h）[复位 = X0h]

表 8-56 中显示了 FLT_HF[4]。

返回到汇总表。

高频阈值比较器输出的通道 4 UV 和 OV 去抖。

表 8-56. FLT_HF[4] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	OV_DEB[3:0]	R/W	0h	高频监控路径的过压比较器输出去抖时间（在输出处于稳定状态达到去抖时间之前不要置为有效）。 0000b = 0.1µs 1000b = 25.6µs 0001b = 0.2µs 1001b = 51.2µs 0010b = 0.4µs 1010b = 102.4µs 0011b = 0.8µs 1011b = 102.4µs 0100b = 1.6µs 1100b = 102.4µs 0101b = 3.2µs 1101b = 102.4µs 0110b = 6.4µs 1110b = 102.4µs 0111b = 12.8µs 1111b = 102.4µs
3-0	UV_DEB[3:0]	R/W	Xh	高频监控路径的欠压比较器输出去抖时间（在输出处于稳定状态达到去抖时间之前不要置为有效）。 0000b = 0.1µs 1000b = 25.6µs 0001b = 0.2µs 1001b = 51.2µs 0010b = 0.4µs 1010b = 102.4µs 0011b = 0.8µs 1011b = 102.4µs 0100b = 1.6µs 1100b = 102.4µs 0101b = 3.2µs 1101b = 102.4µs 0110b = 6.4µs 1110b = 102.4µs 0111b = 12.8µs 1111b = 102.4µs

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.30 FC_LF[4] 寄存器（偏移 = 55h）[复位 = X0h]

表 8-57 中显示了 FC_LF[4]。

返回到汇总表。

通道 4 低频路径 G 截止频率（-3dB 点）。该寄存器更改可编程 LPF 的滤波器属性，使总频率响应 G 满足这些截止频率。

表 8-57. FC_LF[4] 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	RESERVED	R/W	0h	保留
4	OVHF_TO_NRST	R/W	0h	将 MON4 OVHF 故障映射到 NRST 0 = 未映射， 1 = 已映射
3	UVHF_TO_NRST	R/W	Xh	将 MON4 UVHF 故障映射到 NRST 0 = 未映射， 1 = 已映射
2-0	Cut_off_Freq[2:0]	R/W	Xh	LF 故障滤波器的 MON4 截止频率 000 = 无效 001 = 无效 010 = 250Hz 011 = 500Hz 100 = 1kHz 101 = 2kHz 110 = 4kHz 111 = 无效

8.1.2.31 ESM 寄存器（偏移 = 9Eh）[复位 = X0h]

表 8-58 中显示了 ESM。

返回到汇总表。

用于将故障置为有效的 ESM 阈值时间。

表 8-58. ESM 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	THRESHOLD[7:0]	R/W	Xh	表示 ESM 延迟时间的阈值（1ms 至 864ms）

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.32 TI_CONTROL 寄存器（偏移 = 9Fh）[复位 = X0h]

表 8-59 中显示了 TS_CONTROL。

返回到汇总表。

通过 I2C/ESM 抗尖峰脉冲/复位延迟实现手动 BIST/WD EN/手动复位

表 8-59. TS_CONTROL 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	ENTER_BIST	R/W	0h	手动 BIST。 1 = 进入 BIST
6	WDT_EN	R/W	0h	看门狗 EN 与硬件 WD_EN 引脚一起使用。 1 =启用看门狗， 0 =禁用看门狗
5	I2C_MR	R/W	0h	手动复位。 1 = 将 NRST 置为低电平有效
4-3	ESM_DEB[1:0]	R/W	Xh	ESM 去抖滤波器 00 = 10µs 01 = 25µs 10 = 50µs 11 = 100µs
2-0	RST_DLY[2:0]	R/W	Xh	复位延迟 000 = 200µs 001 = 1ms 010 = 10ms 011 = 16ms 100 = 20ms 101 = 70ms 110 = 100ms 111 = 200ms

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.33 AMSK_ON 寄存器（偏移 = A1h）[复位 = X0h]

表 8-60 中显示了 AMSK_ON。

返回到汇总表。

上电转换时自动屏蔽 UVLF、UVHF 和 OVHF 中断。

表 8-60. AMSK_ON 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	MON[4]	R/W	Xh	MON4 上电时自动屏蔽。 0 = 禁用 1 = 启用
2	MON[3]	R/W	Xh	MON3 上电时自动屏蔽。 0 = 禁用 1 = 启用
1	MON[2]	R/W	Xh	MON2 上电时自动屏蔽。 0 = 禁用 1 = 启用
0	RESERVED	R/W	0h	保留

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.34 AMSK_OFF 寄存器（偏移 = A2h）[复位 = X0h]

表 8-61 中显示了 AMSK_OFF。

返回到汇总表。

断电转换时自动屏蔽 UVLF、UVHF 和 OVHF 中断。

表 8-61. AMSK_OFF 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	MON[4]	R/W	Xh	MON4 断电时自动屏蔽。 0 = 禁用 1 = 启用
2	MON[3]	R/W	Xh	MON3 断电时自动屏蔽。 0 = 禁用 1 = 启用
1	MON[2]	R/W	Xh	MON2 断电时自动屏蔽。 0 = 禁用 1 = 启用
0	RESERVED	R/W	0h	保留

8.1.2.35 SEQ_TOUT_MSB 寄存器（偏移 = A5h）[复位 = X0h]

表 8-62 中显示了 SEQ_TOUT_MSB。

返回到汇总表。

上电和断电期间的 UV 故障超时。

表 8-62. SEQ_TOUT_MSB 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	MILLISEC[15:8]	R/W	Xh	序列超时 MSB

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.36 SEQ_TOUT_LSB 寄存器（偏移 = A6h）[复位 = X0h]

表 8-63 中显示了 SEQ_TOUT_LSB。

返回到汇总表。

上电和断电期间的 UV 故障超时。

表 8-63. SEQ_TOUT_LSB 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	MILLISEC[7:0]	R/W	Xh	序列超时 LSB

8.1.2.37 SEQ_UP_THLD 寄存器（偏移 = A8h）[复位 = X0h]

表 8-64 中显示了 SEQ_UP_THLD。

返回到汇总表。

为上电而释放 AMSK 的阈值（VMON 视为开启）。

表 8-64. SEQ_UP_THLD 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	MON[4]	R/W	Xh	对于 MON4，AMSK 会在 UVLF 或 OFF 阈值时释放。 0 = OFF 阈值、 1 = UVLF 阈值
2	MON[3]	R/W	Xh	对于 MON3，AMSK 会在 UVLF 或 OFF 阈值时释放。 0 = off 阈值、 1 = UVLF 阈值
1	MON[2]	R/W	Xh	对于 MON2，AMSK 会在 UVLF 或 OFF 阈值时释放。 0 = OFF 阈值、 1 = UVLF 阈值
0	RESERVED	R/W	0h	保留

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.38 SEQ_DN_THLD 寄存器（偏移 = A9h）[复位 = X0h]

表 8-65 中显示了 SEQ_DN_THLD。

返回到汇总表。

为断电而释放 AMSK 的阈值（VMON 视为关闭）。

表 8-65. SEQ_DN_THLD 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	RESERVED	R/W	0h	保留
3	MON[4]	R/W	Xh	对于 MON4，AMSK 会在 UVLF 或 OFF 阈值时释放。 0 = OFF 阈值、 1 = UVLF 阈值
2	MON[3]	R/W	Xh	对于 MON3，AMSK 会在 UVLF 或 OFF 阈值时释放。 0 = OFF 阈值、 1 = UVLF 阈值
1	MON[2]	R/W	Xh	对于 MON2，AMSK 会在 UVLF 或 OFF 阈值时释放。 0 = OFF 阈值、 1 = UVLF 阈值
0	RESERVED	R/W	0h	保留

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.39 WDT_CFG 寄存器（偏移 = AAh）[复位 = X0h]

表 8-66 展示了 WDT_CFG。

返回到汇总表。

WD 的最大违例计数和启动窗口的延迟乘法器。

表 8-66. WDT_CFG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	RESERVED	R/W	0h	保留
6-4	MAX_VIOLATION_COUNT	R/W	0h	看门狗的最大违例计数 000 = 0 001 = 1 010 = 2 011 = 3 100 = 4 101 = 5 110 = 6 111 = 7
3	RESERVED	R/W	0h	保留
2-0	WDT_Startup_DLY_MULTIPLIER[2:0]	R/W	Xh	看门狗启动延迟乘法器 000 = 0 001 = 1 010 = 2 011 = 3 100 = 4 101 = 5 110 = 6 111 = 7

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.40 WDT_CLOSE 寄存器（偏移 = ABh）[复位 = X0h]

表 8-67 展示了 WDT_CLOSE。

返回到汇总表。

闭窗口时间。

表 8-67. WDT_CLOSE 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	CLOSE[7:0]	R/W	Xh	闭窗口时间（1ms 至 864ms）

8.1.2.41 WDT_OPEN 寄存器（偏移 = ACh）[复位 = X0h]

表 8-68 展示了 WDT_OPEN。

返回到汇总表。

开窗口时间。

表 8-68. WDT_OPEN 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	OPEN[7:0]	R/W	Xh	开窗口时间（1ms 至 864ms）

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.42 WDT_QA_CFG 寄存器（偏移 = ADh）[复位 = 00h]

表 8-69 中显示了 WDT_QA_CFG。

返回到汇总表。

看门狗的反馈、多项式/种子。

表 8-69. WDT_QA_CFG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	FDBK[1:0]	R/W	0h	用于计算应答的反馈
5-4	POLY[1:0]	R/W	0h	用于计算应答的多项式
3-0	SEED[3:0]	R/W	0h	用于计算应答的种子

8.1.2.43 WDT_ANSWER 寄存器（偏移 = AEh）[复位 = 00h]

表 8-70 中显示了 WDT_ANSWER。

返回到汇总表。

看门狗的应答。

表 8-70. WDT_ANSWER 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	ANSWER[7:0]	R/W	0h	答案

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.2.44 BANK_SEL 寄存器（偏移 = F0h）[复位 = 00h]

表 8-71 中显示了 BANK_SEL。

返回到汇总表。

组选择。

表 8-71. BANK_SEL 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-1	RESERVED	R/W	0h	保留
0	BANK_Select	R/W	0h	表示组选择。 0 = 组 0 1 = 组 1

9 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定各元件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计是否能够实现，以确保系统功能。

9.1 应用信息

现代 SOC 和 FPGA 器件通常具有多个电源轨，可为 IC 内的不同模块供电。准确的电压电平和时序要求很常见，必须满足这些要求才能让此类器件正常运行。通过结合使用 TPS389C03-Q1 和多通道电压序列发生器，可以满足目标 SOC 或 FPGA 器件的加电和断电时序控制要求以及内核电压要求。此设计侧重于使用 TPS389C03-Q1 来满足 SOC 的时序要求。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

9.2 典型应用

9.2.1 汽车类多通道序列发生器和监视器

图 9-1 显示了 TPS389C03-Q1 的典型应用。TPS389C03-Q1 用于为目标 SOC 器件提供适当的电压监控。多通道电压监控器 TPS389C03-Q1 用于在电压轨加电和断电时监控电压轨，以确保两种情况下都发生了正确的序列。安全微控制器还用于向 TPS389C03-Q1 和序列发生器提供 ACT、NIRQ 和 I²C 命令。来自安全微控制器的 ACT 信号会确定 TPS389C03-Q1 何时进入活动或 SHDN 状态，而 TPS389C03-Q1 的 NIRQ 引脚充当中断引脚，该引脚在发生故障时置位。主机微控制器可以通过向受影响的寄存器写入 1 来清除故障。为简单起见，图 9-1 未显示安全微控制器的电源轨。

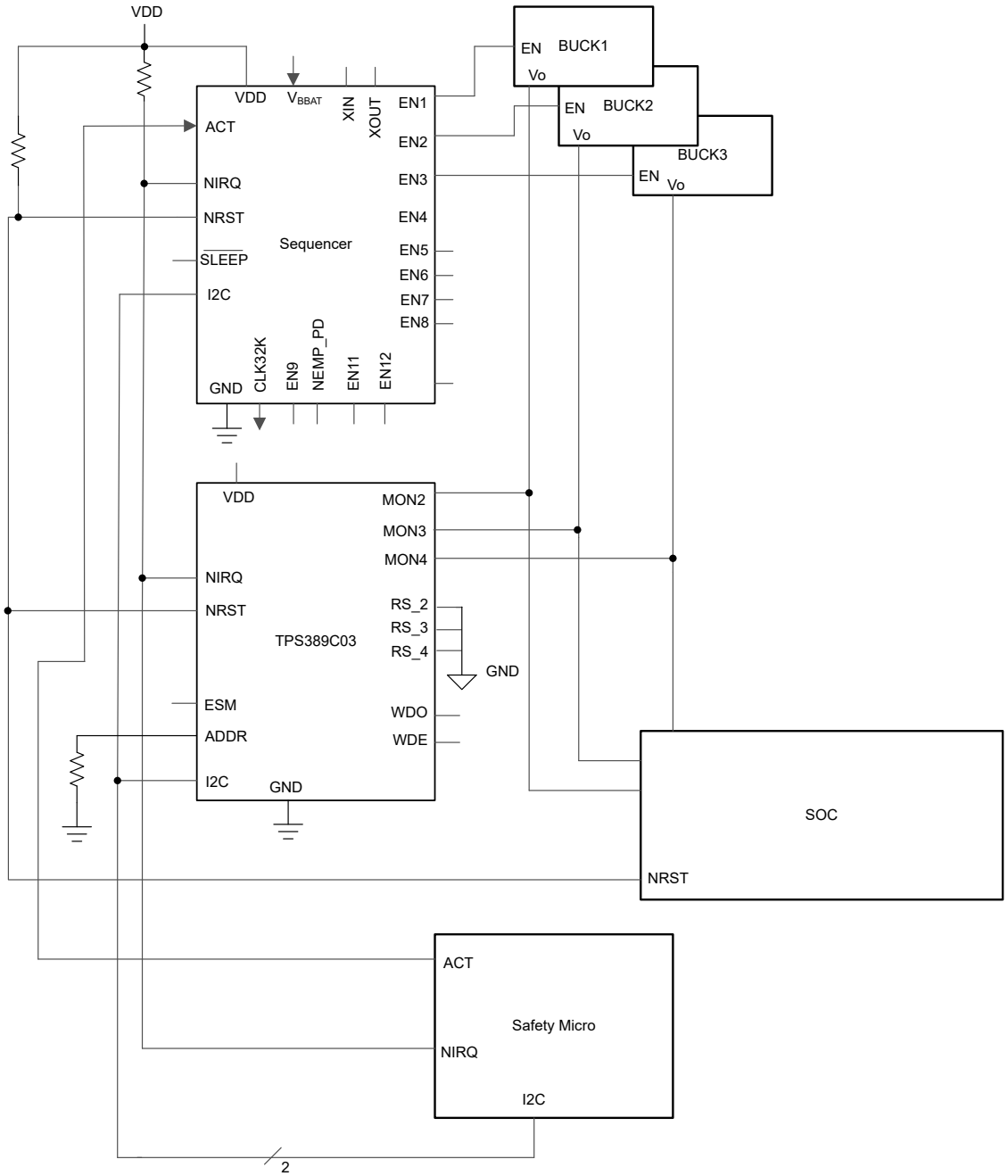


图 9-1. TPS389C03-Q1 电压监控器设计方框图

9.2.2 设计要求

- 在此设计中，需要正确监控由直流/直流转换器提供的三个不同电压轨。
- 将通过一个外部硬件中断信号来报告时序控制中检测到的所有故障。
- 所有检测到的故障将记录在内部寄存器中，并可通过 I^2C 访问外部处理器。

9.2.3 详细设计过程

- TPS389C03-Q1 器件选项使用过压、欠压的默认值进行了预编程。
- NIRQ 引脚需要一个 1kΩ 至 100kΩ 范围内的上拉电阻器。
- NRST 引脚需要一个 1kΩ 至 100kΩ 范围内的上拉电阻器。
- WDO 引脚需要一个 1kΩ 至 100kΩ 范围内的上拉电阻器。
- SDA 和 SCL 线路需要 10kΩ 范围内的上拉电阻器。
- 安全微控制器用于清除通过 NIRQ 中断引脚以及 INT_SCR1 和 INT_SCR2 寄存器报告的故障中断。中断标志只能由主机微控制器通过 write-1-to-clear 操作清零；如果故障条件不再存在，中断标志不会自动清除。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

9.2.4 应用曲线

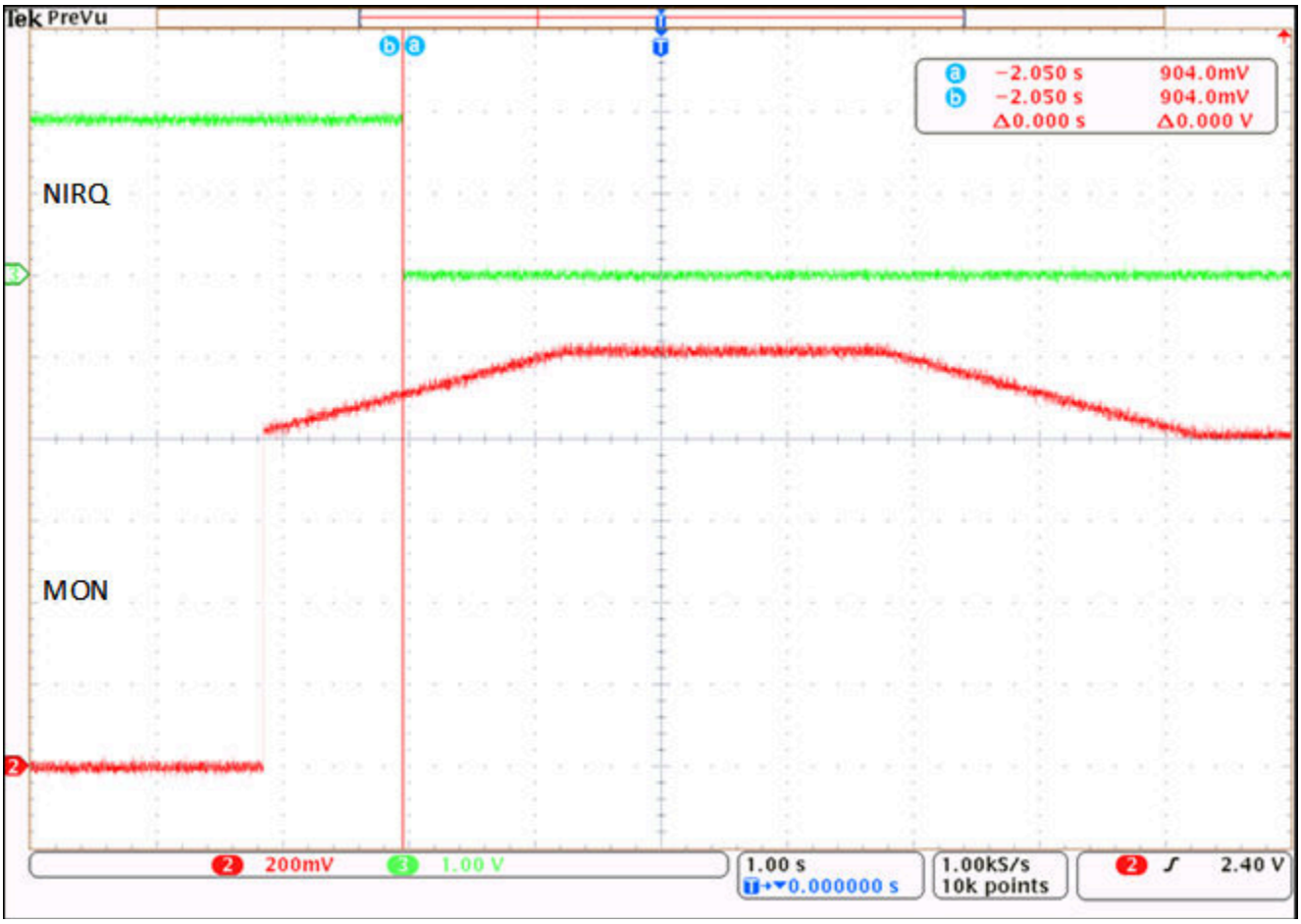


图 9-2. 发生过压故障后触发 NIRQ

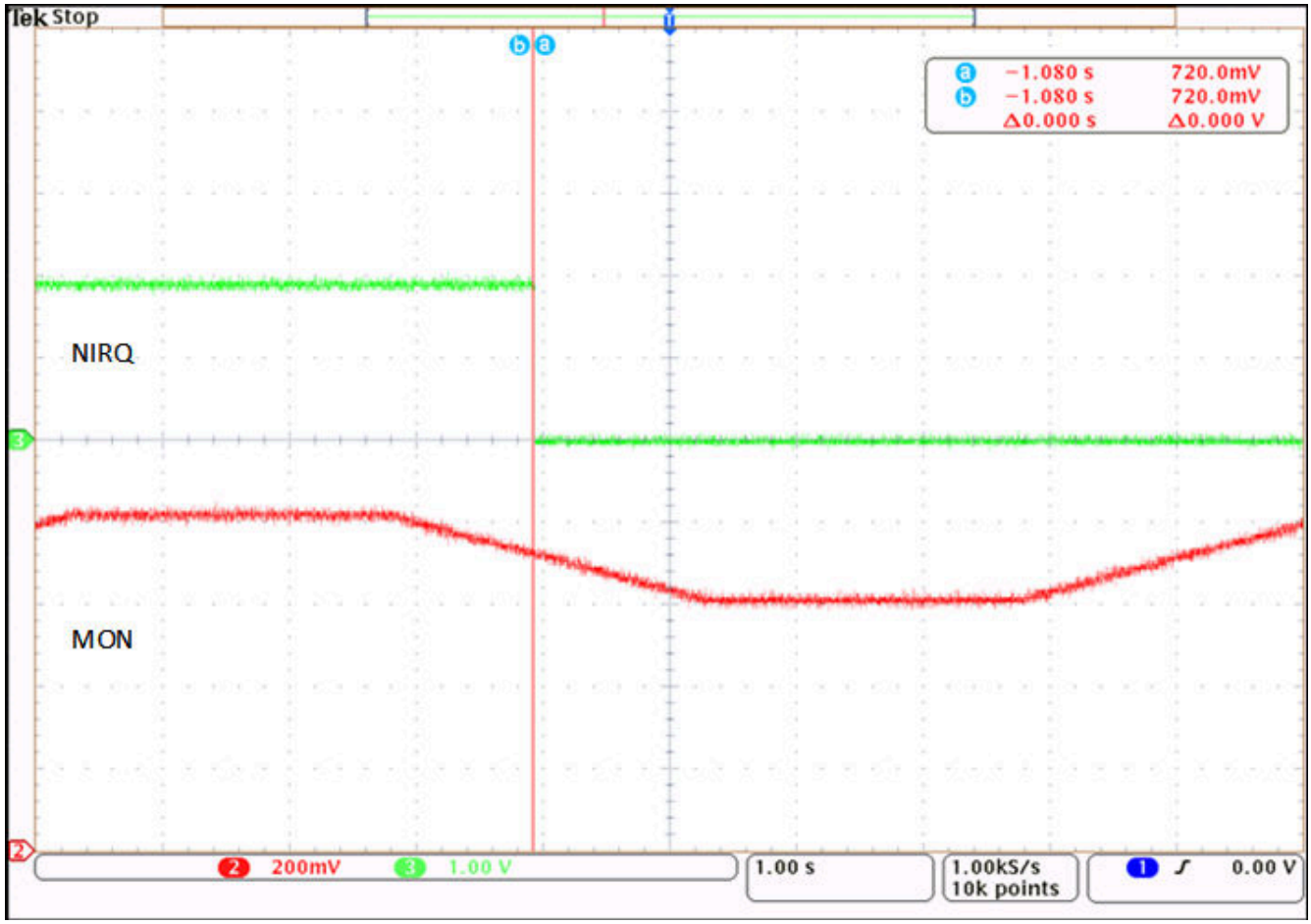


图 **9-3.** 发生欠压故障后触发 **NIRQ**

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

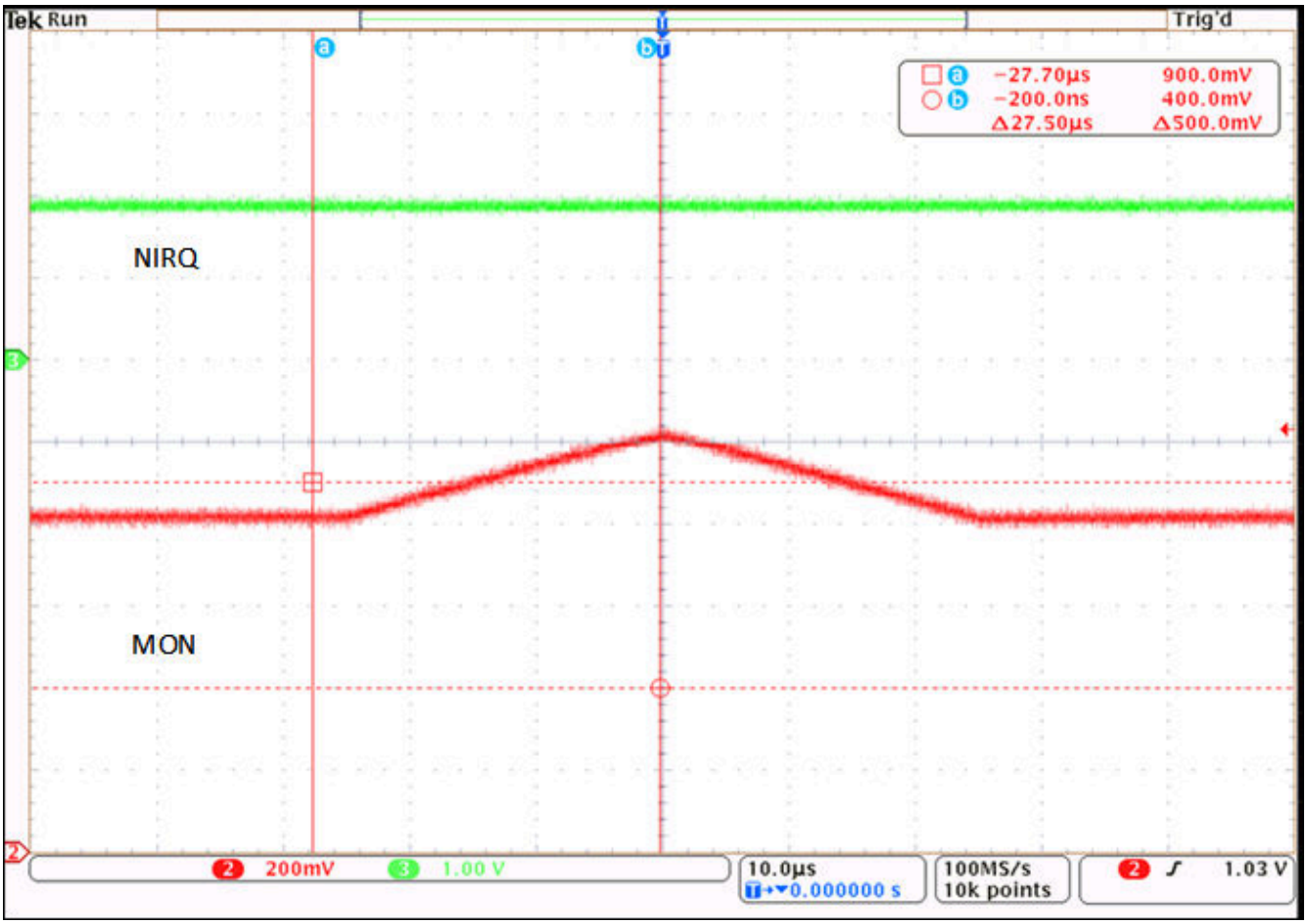


图 9-4. 使用 51.2 µs OV 去抖滤波器时，发生过压故障时不触发 NIRQ

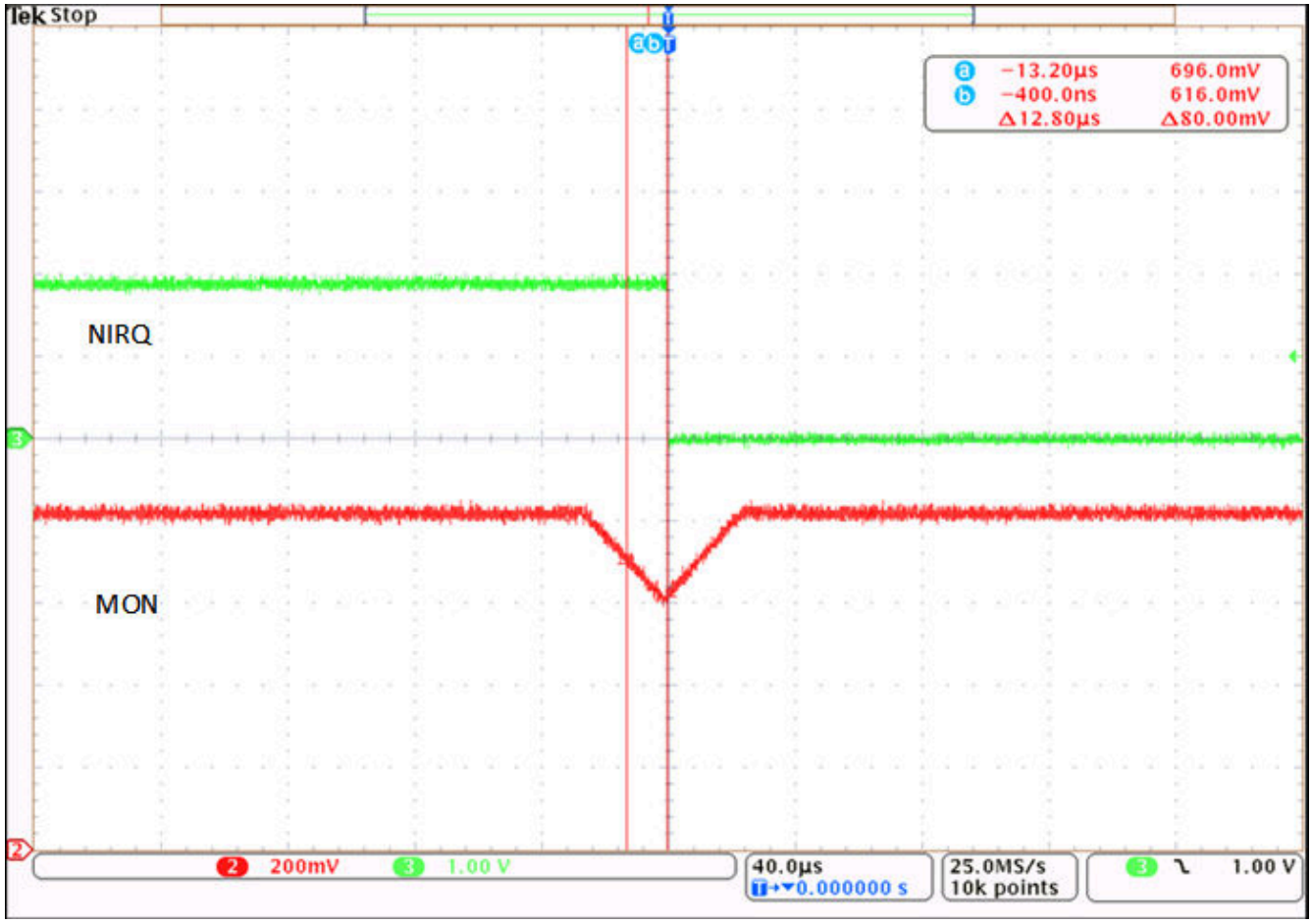


图 9-5. 使用 12.8 µs UV 去抖滤波器时，发生欠压故障时触发 NIRQ

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

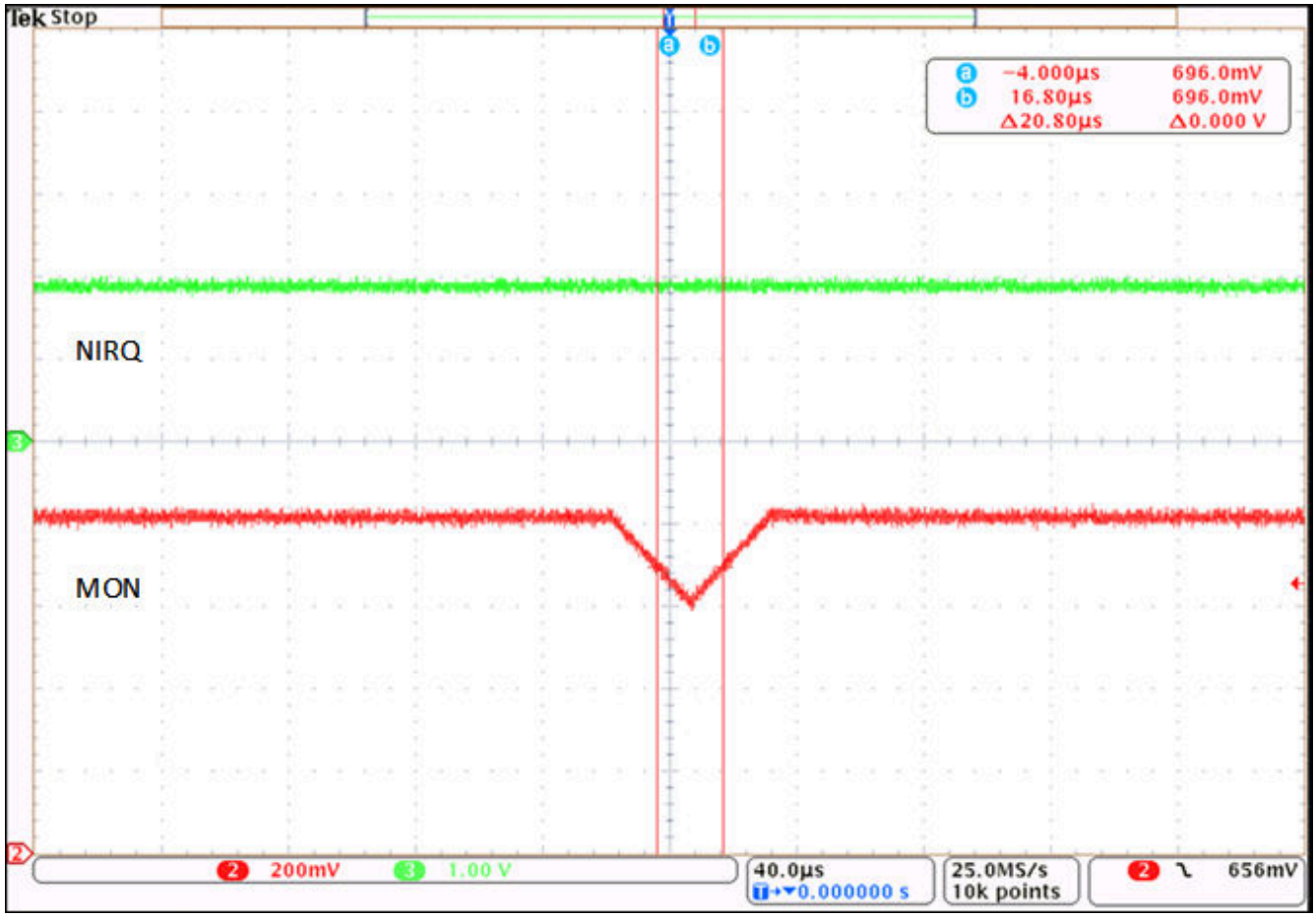


图 9-6. 使用 25 µs UV 去抖滤波器时，发生欠压故障时不触发 NIRQ

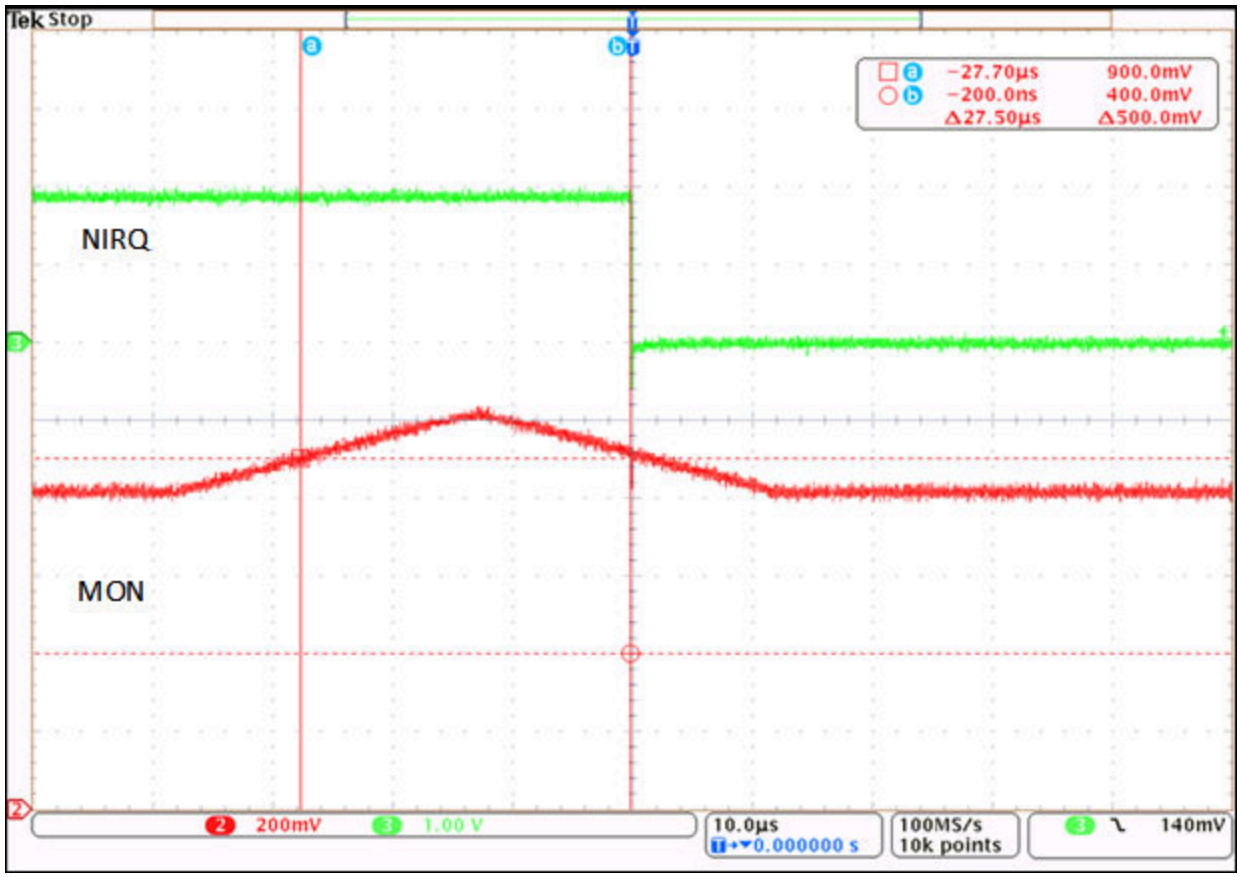


图 9-7. 使用 25 µs OV 去抖滤波器时，发生过压故障时触发 NIRQ

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

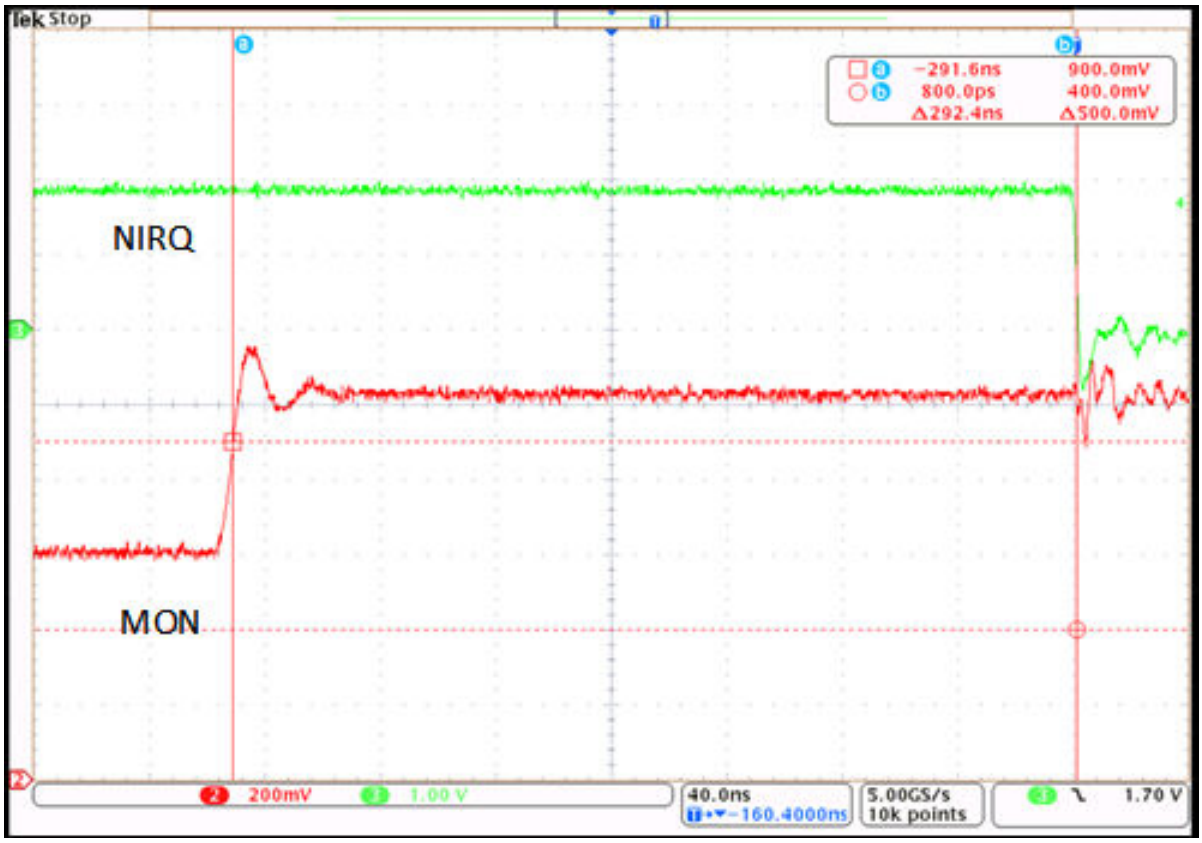


图 **9-8.** 过压故障导致的 **NIRQ** 传播延迟

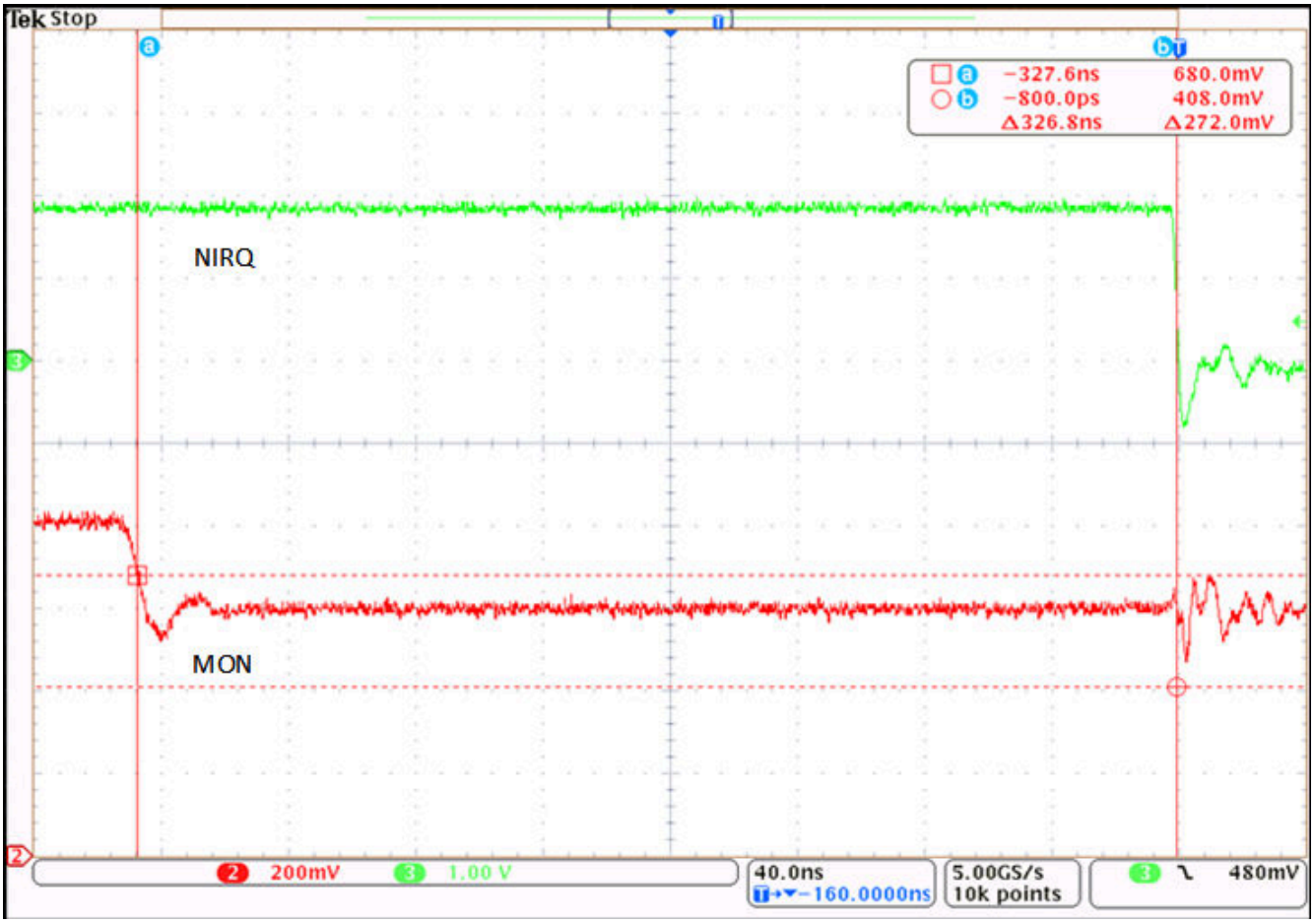


图 **9-9.** 欠压故障导致的 **NIRQ** 传播延迟

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

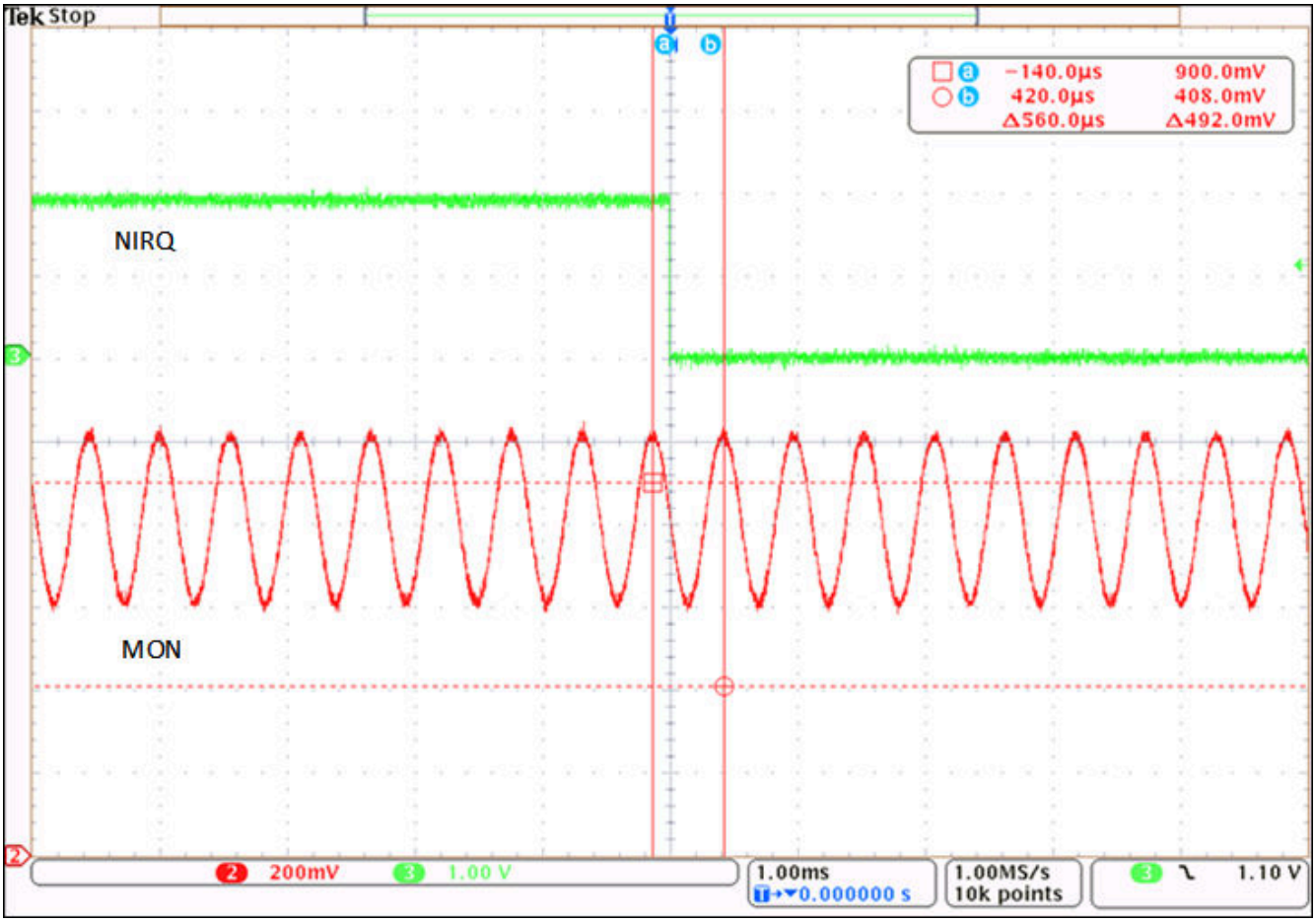


图 **9-10. 1kHz** 低通滤波器设置。使用具有 **0.8V** 直流分量的 **1.8kHz** 信号和 **200mVp-p** 交流信号时触发 **NIRQ**。**OV** 和 **UV** 阈值设置为 **0.9V** 和 **0.7V**。从 **2kHz** 开始降低频率，直到 **NIRQ** 引脚变为低电平。

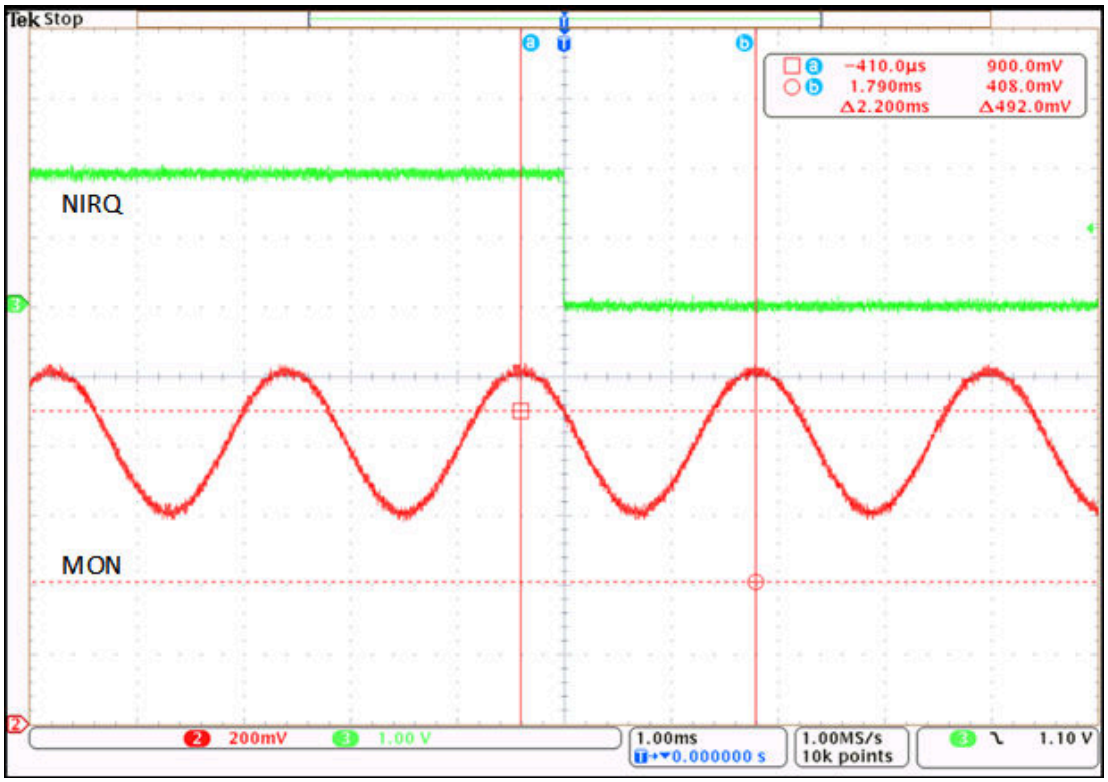


图 9-11. 250Hz 低通滤波器设置。使用具有 0.8V 直流分量的 455Hz 信号和 200mVp-p 交流信号时触发 NIRQ。OV 和 UV 阈值设置为 0.9V 和 0.7V。从 500Hz 开始降低频率，直到 NIRQ 引脚变为低电平。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

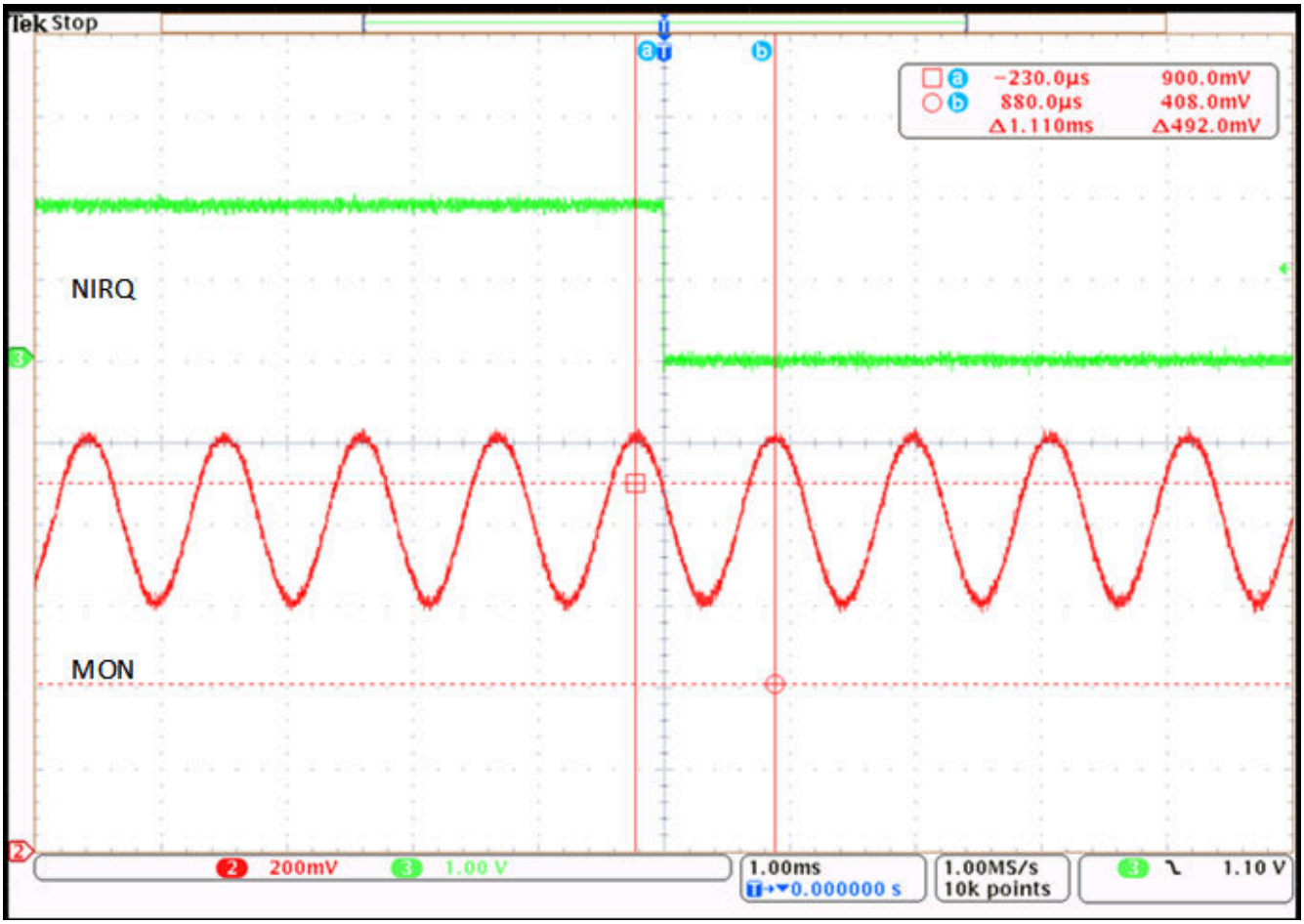


图 9-12. 500Hz 低通滤波器设置。使用具有 0.8V 直流分量的 0.9kHz 信号和 200mVp-p 交流信号时触发 NIRQ。OV 和 UV 阈值设置为 0.9V 和 0.7V。从 1kHz 开始降低频率，直到 NIRQ 引脚变为低电平。

9.3 电源相关建议

9.3.1 电源指南

该器件设计为由电压范围为 2.6V 至 5.5V 的输入电源供电。此器件的 VDD 引脚具有 6V 的绝对最大额定值。良好的模拟实践是根据输入电压电源噪声，在 VDD 引脚和 GND 引脚之间放置一个 0.1µF 至 1µF 的电容器。如果为 VDD 供电的电压电源易受任何超过最大规格的大电压瞬变的影响，则必须采取额外的预防措施。有关详情，请参阅 SNVA849。

9.4 布局

9.4.1 布局指南

- 外部元件应尽量靠近器件放置。该配置可防止发生寄生误差。
- 避免对 VDD 电源节点使用长布线。VDD 电容器以及从电源到电容器的寄生电感可以形成 LC 电路，并产生峰值电压高于最大 VDD 电压的振铃。
- 避免使用较长的布线将电压输入到 MON 引脚。长布线会增加寄生电感并导致监控和诊断不准确。
- 如果 MON2 和/或 MON3 和/或 MON4 需要差分电压检测，则将 RS_2/3/4 引脚连接到测量点。如果 RS_2/3/4 未连接到测量点，则将 RS_2/3/4 连接到器件的 GND 引脚。
- 敏感的模拟布线不能与数字布线平行。尽可能避免数字布线与模拟布线交叉，仅在绝对必要时可垂直交叉布线。
- 对于 WD_EN 和 ESM 等逻辑引脚，请确保根据相关功能的器件逻辑电平施加正确的上拉/下拉电压。

- 对于 WDO、NIRQ 和 NRST 等开漏输出，请选择不会违反器件绝对最大额定值的上拉电阻值。

9.4.2 布局示例

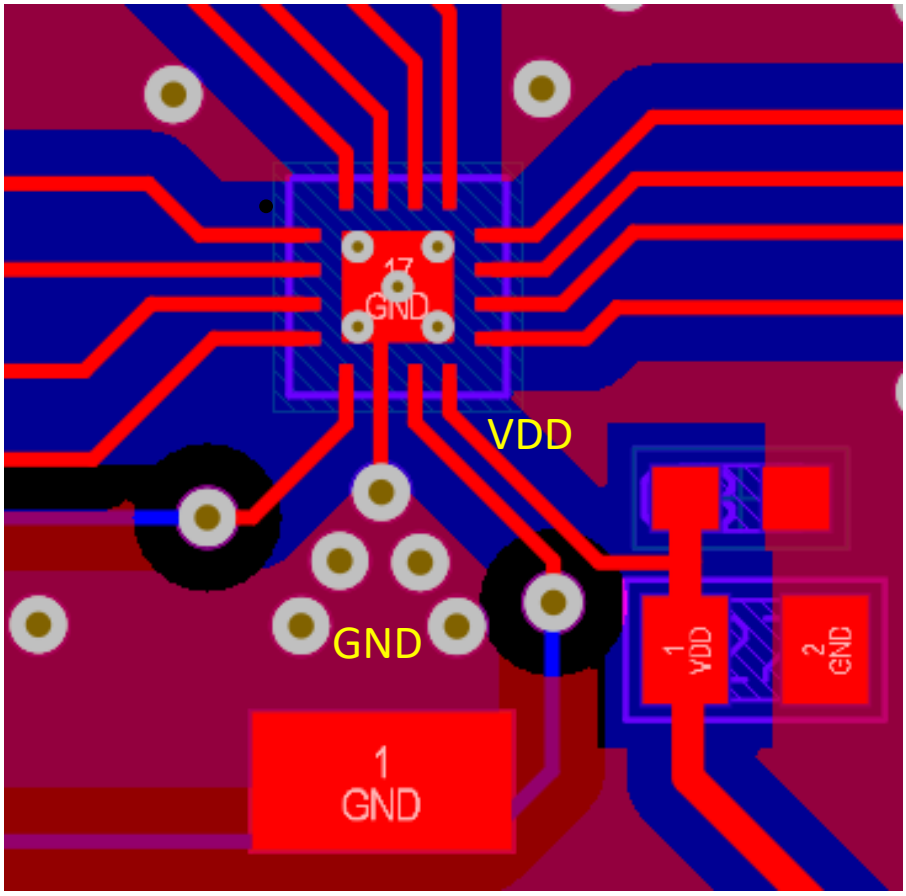


图 9-13. 建议布局

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

10 器件和文档支持

10.1 器件命名规则

表 10-1 显示了如何根据器件型号来解译器件的功能。

表 10-1. 器件阈值

订购代码	说明
TPS389C0300CRTERQ1	3 个监视器、Q&A 看门狗、ESM
TPS389C03A26RTERQ1	3 个监视器、Q&A 看门狗、ESM

表 10-2. TPS389C0300CRTERQ1 OTP 配置

ADDR	DATA	配置说明
0x00	0x28	DEVICE_MODEL[7:3] 和 VENDOR_ID[2:0]
0x01	0x43	SILICON_REV[7:6] 和 OTP_REV[5:0]
0x02	0xF1	通道已禁用。MON2、3、4 启用。
0x11	0x0C	WDO_DLY 不适用于锁存的 WDO 配置
0x12	0x03	在 POR 时运行 BIST
0x13	0x06	启用 UVHF Mon2、3
0x14	0x06	启用 UVLF Mon2、3
0x15	0x06	启用 OVHF Mon2、3
0x16	0x06	启用 OVLF Mon2、3
0x1B	0x04	启用热关断中断
0x1C	0x01	BIST 失败中断
0x1D	0x25	NRST 不匹配、WDT→NIRQ、WDT→NRST、ESM→WDO 未映射、ESM→NIRQ 未映射、ESM→NRST 未映射
0x1E	0x06	启用 Mon2、3
0x1F	0x06	Mon2、3 x4 调节
0x30	0xBC	Mon2 的 4.56V UVHF 阈值
0x31	0xE8	Mon2 的 5.44V OVHF 阈值
0x32	0xBC	Mon2 的 4.56V UVLF 阈值
0x33	0xE8	Mon2 的 5.44V OVLF 阈值
0x34	0xAA	102.4µs 去抖
0x35	0x1C	O VHF→NRST、UVHF→NRST、1kHz LF 截止
0x40	0x6F	Mon3 的 3.02V UVHF 阈值
0x41	0x8C	Mon3 的 3.6V OVHF 阈值
0x42	0x6F	Mon3 的 3.02V UVLF 阈值
0x43	0x8C	Mon3 的 3.6V OVLF 阈值
0x44	0xAA	102.4µs 去抖
0x45	0x1C	O VHF→NRST、UVHF→NRST、1kHz LF 截止
0X9E	0x01	ESM 阈值 = 2ms
0X9F	0x59	复位延迟 1ms，WD EN
0xA1	0x06	AMSK 开启（MON2、3）

表 10-2. TPS389C0300CRTERQ1 OTP 配置（续）

ADDR	DATA	配置说明
0xA2	0x06	AMSK 关闭（MON2、3）
0xA5,6	0x00	SEQ 超时 = 1ms
0xA8	0x06	将 Mon2、3 UVLF 定序开启
0xA9	0x06	将 Mon2、3 UVLF 定序关闭
0xAA	0x27	WD 违例计数 = 2、WD 延迟 = 7
0xAB	0x1D	WD 关闭 = 30ms
0xAC	0x1D	WD 开启 = 30ms
0xFA	0x00	3.3V I2C 接口

表 10-3. TPS389C03A26RTERQ1 OTP 配置

ADDR	DATA	配置说明
0x00	0x00	DEVICE_MODEL[7:3] 和 VENDOR_ID[2:0]
0x01	0x42	SILICON_REV[7:6] 和 OTP_REV[5:0]
0x02	0xF1	通道已禁用。MON2、3、4 启用。
0x11	0x0F	时间戳和序列覆盖，已启用 PEC。
0x12	0x03	在 POR 时运行 BIST
0x13	0x0E	启用 MON 2、3、4 的 UVHF 中断。
0x14	0x00	UVLF 中断禁用。
0x15	0x0E	启用 MON 2、3、4 的 OVHF 中断。
0x16	0x00	OVLF 中断禁用。
0x1B	0x14	启用热关断中断
0x1C	0x03	BIST 完成并且失败中断启用。
0x1D	0xAB	NRST 不匹配、ESM→NIRQ、ESM、WDT→NRST、ESM→WDO 未映射。
0x1E	0x0E	启用 MON 2、3、4。
0x1F	0x06	MON 2、3 x4 调节比例
0x30	0x6E	MON 2 的 3.0V UVHF 阈值
0x31	0x8C	MON 2 的 3.6V OVHF 阈值
0x32	0x76	MON 2 的 3.16V UVLF 阈值
0x33	0x84	MON 2 的 3.44V OVLF 阈值
0x34	0xAA	102.4µs 去抖
0x35	0x1C	OVHF、UVHF→NRST、1kHz LF 截止
0x40	0x2D	MON 3 的 1.7V UVHF 阈值
0x41	0x37	MON 3 的 1.9V OVHF 阈值
0x42	0x2E	MON 3 的 1.72V UVLF 阈值
0x43	0x36	MON 3 的 1.88V OVLF 阈值
0x44	0xAA	102.4µs 去抖
0x45	0x1C	OVHF、UVHF→NRST、1kHz LF 截止
0x50	0xB4	MON 4 的 1.1V UVHF 阈值
0x51	0xDE	MON 4 的 1.31V OVHF 阈值

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 10-3. TPS389C03A26RTERQ1 OTP 配置（续）

ADDR	DATA	配置说明
0x52	0xBD	MON 4 的 1.145V UVLF 阈值
0x53	0xD2	MON 4 的 1.25V OVLF 阈值
0x54	0xAA	102.4µs 去抖
0x55	0x1C	OVHF、UVHF→NRST、1kHz LF 截止
0X9E	0xFF	ESM 阈值 = 864ms
0X9F	0x5C	复位延迟 20ms，WD EN
0xA1	0x0E	AMSK 开启（MON 2、3、4）
0xA2	0x0E	AMSK 关闭（MON 2、3、4）
0xA5,6	0x31	SEQ 超时 = 50ms
0xA8	0x00	将 Mon 2、3、4 的关断阈值定序开启
0xA9	0x00	将 Mon 2、3、4 的关断阈值定序关闭
0xAA	0x71	WD 违例计数 = 7、WD 延迟 = 1
0xAB	0x40	WD 关闭 = 100ms
0xAC	0x40	WD 开启 = 100ms
0xFA	0x00	3.3V I2C 接口

10.2 文档支持

10.3 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

10.4 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

10.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

10.6 静电放电警告

静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

10.7 术语表

TI 术语表	本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision G (January 2025) to Revision H (April 2025)	Page
• 添加了 TPS389C03A26RTERQ1 的订购信息	3
• 添加了 TPS389C0300CRTERQ1 的 OTP 信息。	133

Changes from Revision F (June 2024) to Revision G (January 2025)	Page
• 修改了状态图以反映 OTP 加载和 BIST 的时序	45
• 将 PROT1 和 PROT2 寄存器的位 4 更改为保留位	47

Changes from Revision E (February 2024) to Revision F (June 2024)	Page
• 更新了 WDO 延迟典型值	9
• 删除了 $T_{HD;DAT}$ 最大限值，以符合 I^2C 标准	9
• 修改寄存器保护特性说明以删除 WRKS 保护组，因为这些组不适用于器件	44
• 对 BIST ESM 和看门狗覆盖范围的说明	45

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

Changes from Revision D (October 2023) to Revision E (February 2024)	Page
• 指定未映射故障报告输出时的器件行为	0
• 添加了器件摘要表表 4-1、表 4-2 和表 4-3	3
• 指定未映射故障报告输出时的器件行为	18
• 指定故障报告输出未映射时的器件行为	19
• 关于 PEC 运行的补充说明	20
• 阐明了看门狗窗口延迟精度	26
• 对 WDO 信号时序的说明	28
• 指定未映射故障报告输出时的器件行为	36
• 对 WDO 信号时序的说明	40
• 对 WDO 时序的说明	46

Changes from Revision C (May 2023) to Revision D (October 2023)	Page
• 量产数据发布	1

12 机械、封装和可订购信息

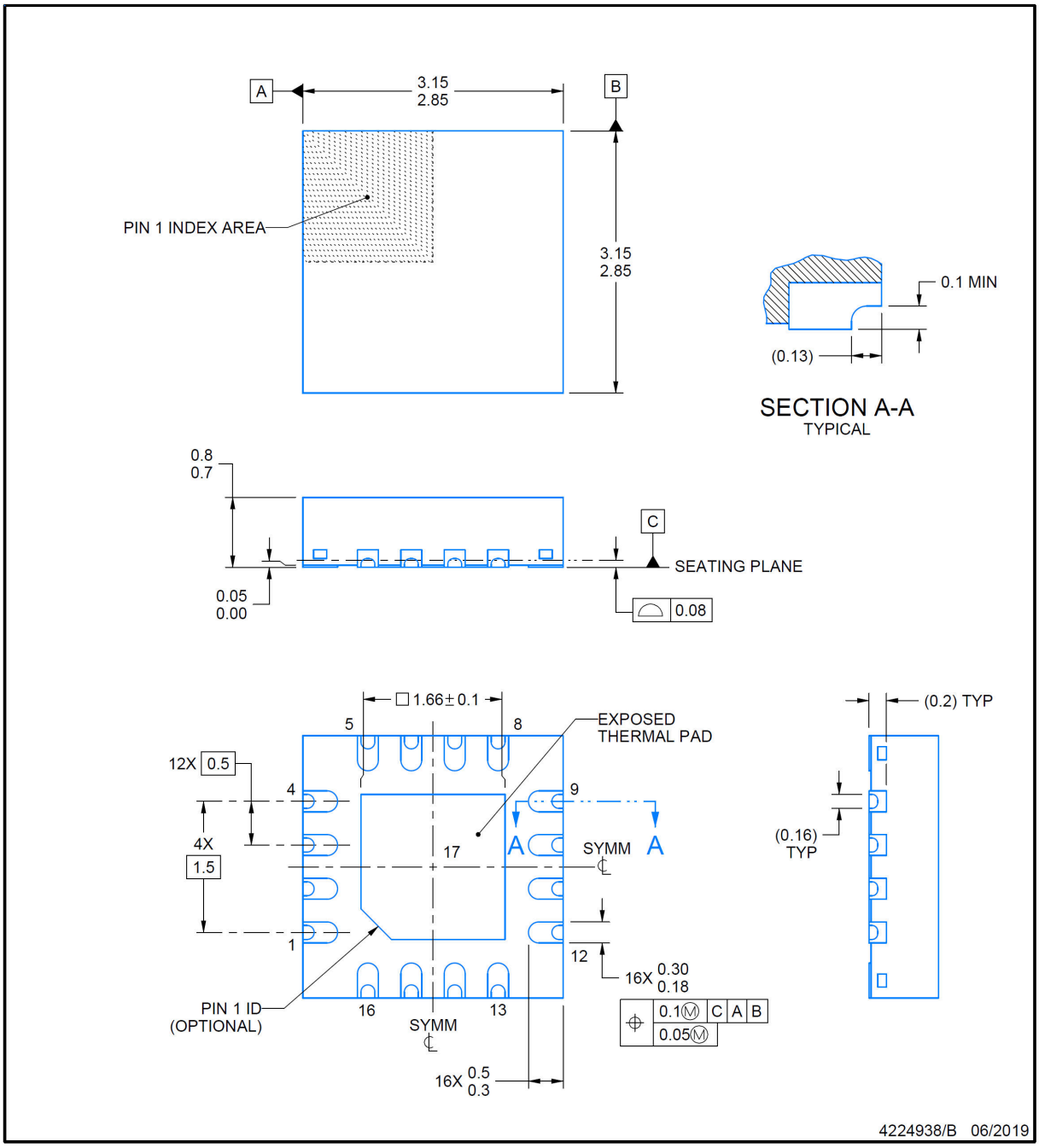
以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

PACKAGE OUTLINE

RTE0016K

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

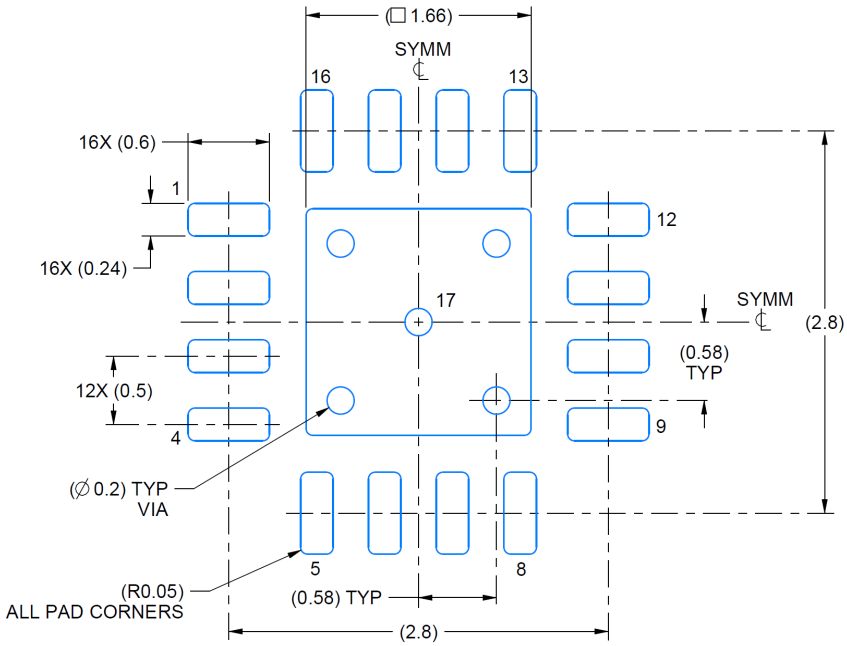
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

EXAMPLE BOARD LAYOUT

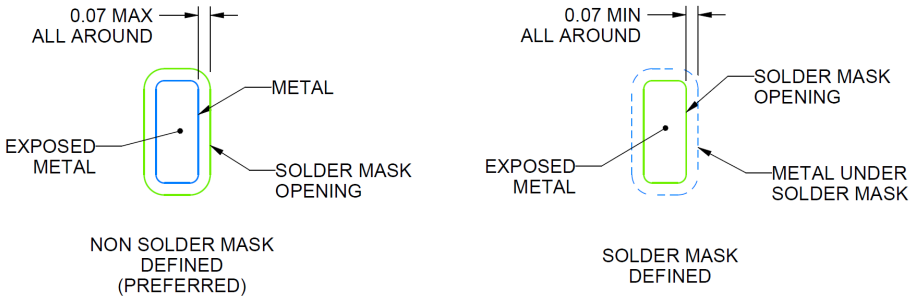
RTE0016K

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:20X



SOLDER MASK DETAILS

4224938/B 06/2019

NOTES: (continued)

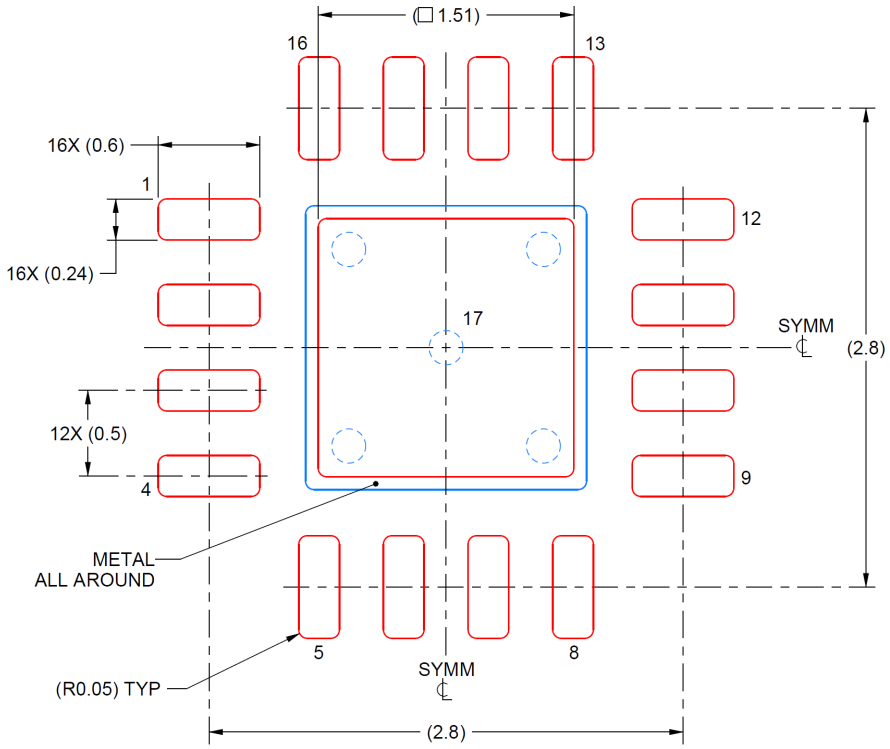
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RTE0016K

WQFN - 0.8 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 17:
84% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
SCALE:25X

4224938/B 06/2019

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
TPS389C0300CRTERQ1	Active	Production	WQFN (RTE) | 16	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	C030Q
TPS389C03A26RTERQ1	Active	Production	WQFN (RTE) | 16	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	T6ADJ

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

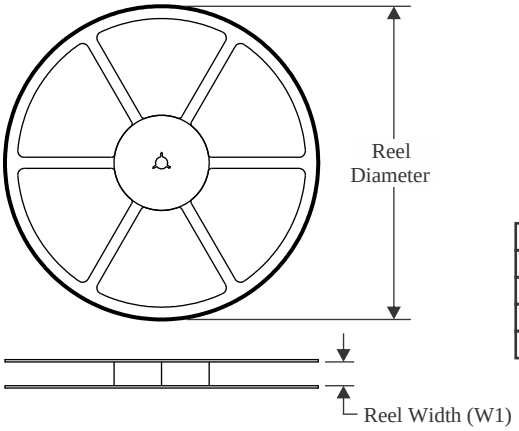
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

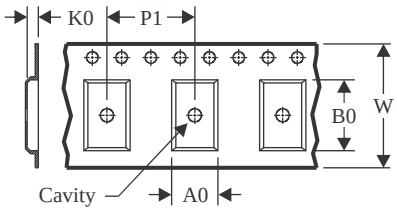
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

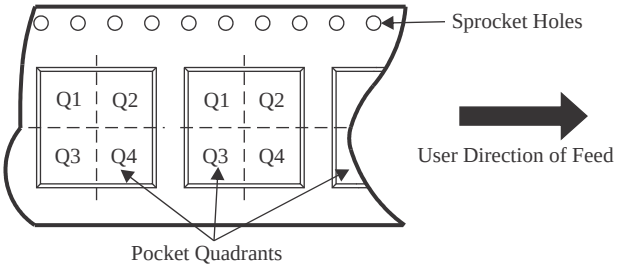


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

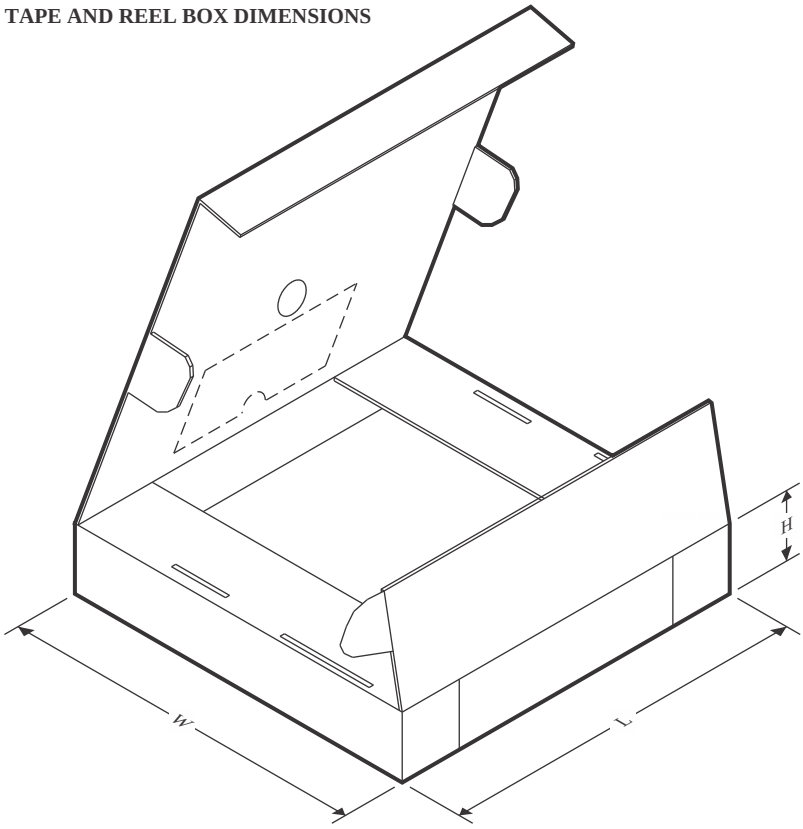
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TPS389C0300CRTERQ1	WQFN	RTE	16	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS389C03A26RTERQ1	WQFN	RTE	16	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS389C0300CRTERQ1	WQFN	RTE	16	3000	367.0	367.0	35.0
TPS389C03A26RTERQ1	WQFN	RTE	16	3000	367.0	367.0	35.0

GENERIC PACKAGE VIEW

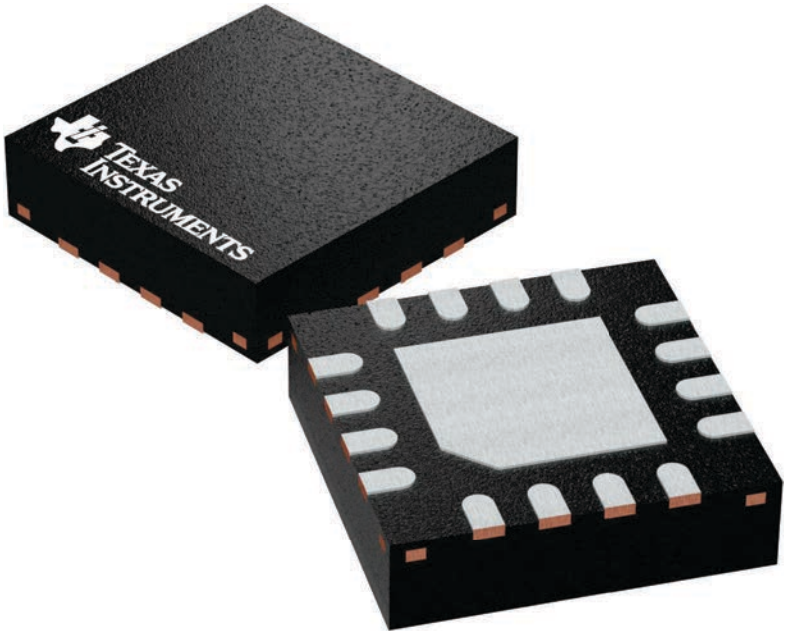
RTE 16

WQFN - 0.8 mm max height

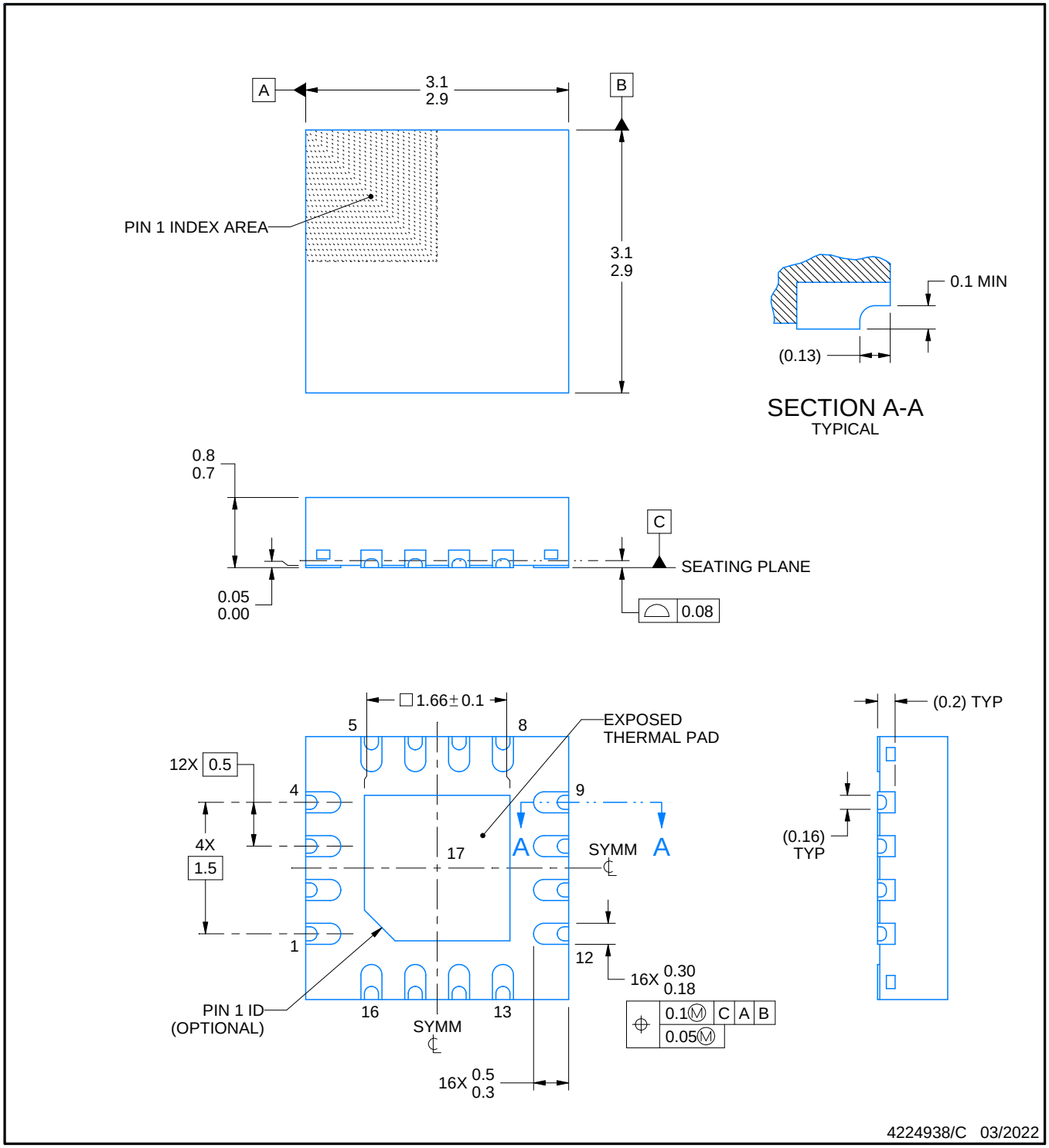
3 x 3, 0.5 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.

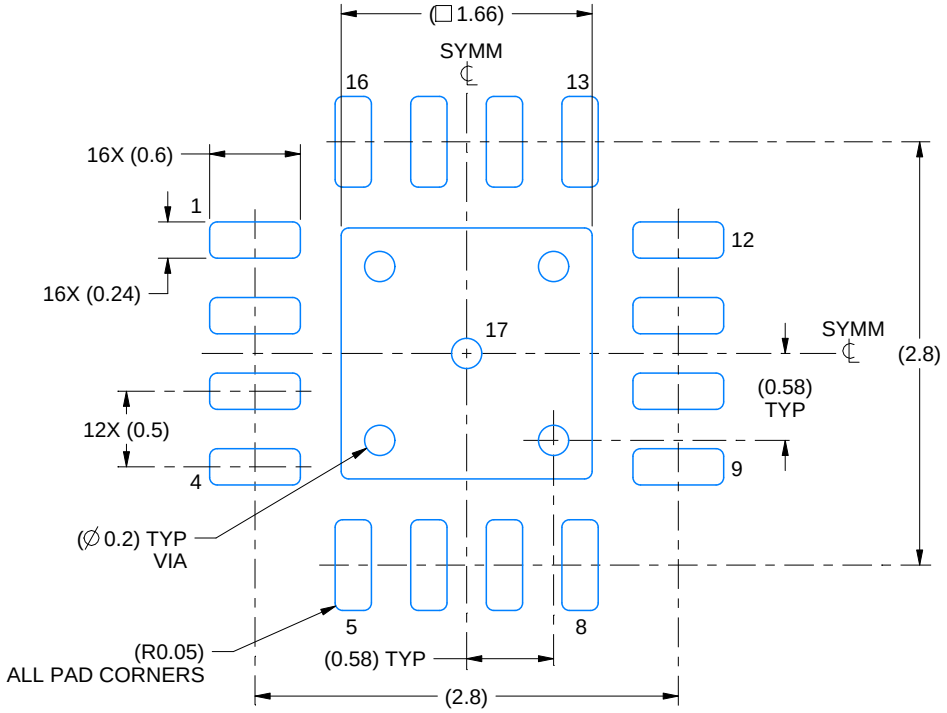


4225944/A

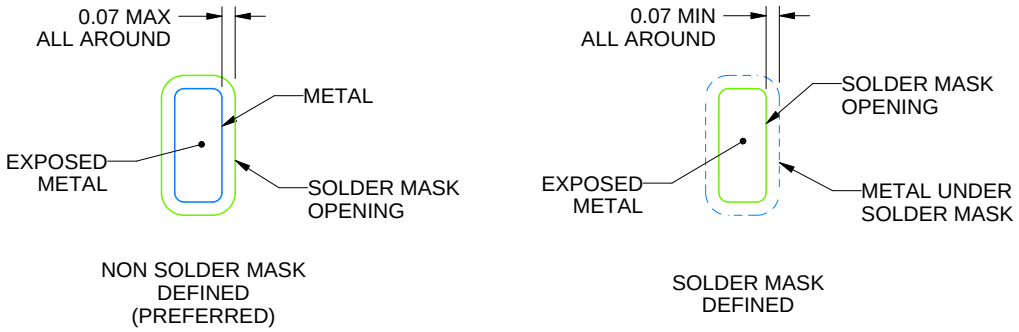


NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:20X

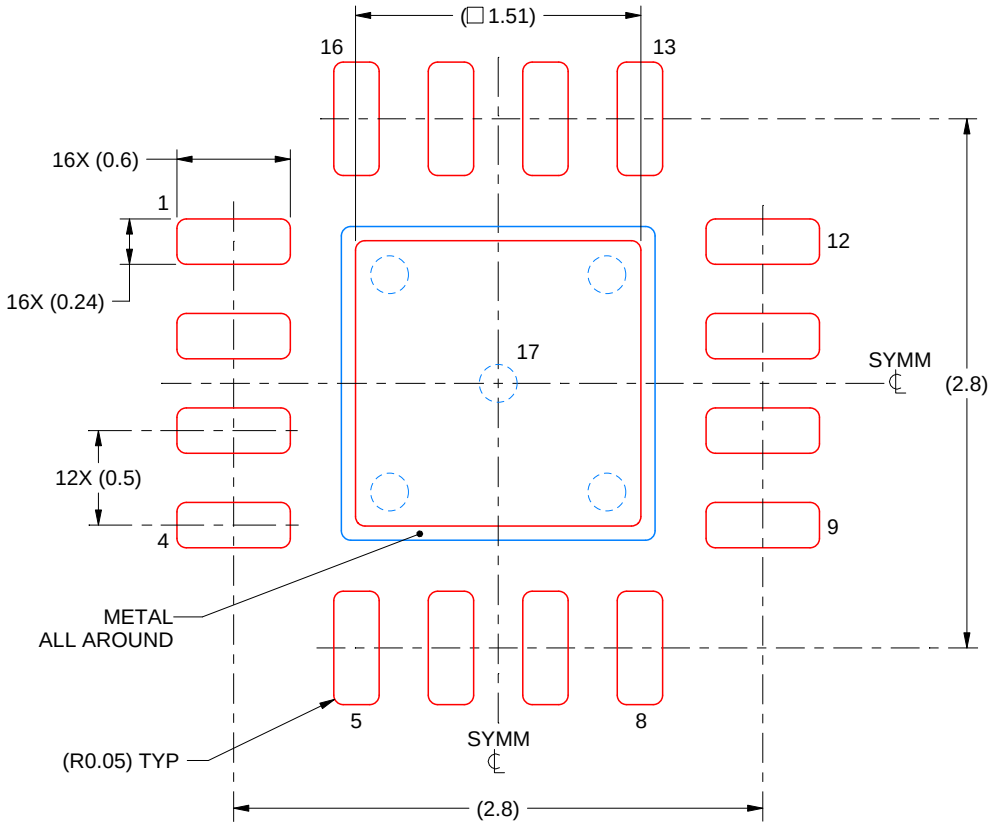


SOLDER MASK DETAILS

4224938/C 03/2022

NOTES: (continued)

4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 17:
84% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
SCALE:25X

4224938/C 03/2022

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款或 ti.com 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司