



Daveon Douglas

摘要

TAx5xxx-Q1 系列器件是用于汽车音频应用的多通道、高性能模数转换器和编解码器。本应用手册详细介绍了该系列的集成故障诊断功能，以及如何使用该系列器件进行稳健的系统设计。

内容

1 引言.....	2
2 诊断监控架构.....	3
3 监测到的故障.....	5
3.1 麦克风故障.....	5
3.2 线性输出故障.....	8
3.3 其他故障.....	9
4 启用诊断和编程阈值.....	12
4.1 DIAG_CFG0 寄存器 (页面 = 0x01 , 地址 = 0x46) [复位 = 0x00].....	12
4.2 DIAG_CFG1 寄存器 (页面 = 0x01 , 地址 = 0x47) [复位 = 0x37].....	13
4.3 DIAG_CFG2 寄存器 (页面 = 0x01 , 地址 = 0x48) [复位 = 0x87].....	13
5 故障诊断设置程序.....	14
6 故障报告.....	15
6.1 实时寄存器.....	15
6.2 锁存寄存器.....	18
6.3 故障滤波和响应时间.....	18
7 对故障作出响应.....	21
7.1 INT_CFG 寄存器 (页面 = 0x00 , 地址 = 0x42) [复位 = 0b].....	21
7.2 手动恢复序列.....	22
7.3 建议的故障寄存器读取顺序.....	23
8 使用 PurePath™ Console.....	23
8.1 高级选项卡.....	23
8.2 诊断演练.....	24
9 诊断监控寄存器.....	26
9.1 电压测量.....	26
9.2 MICBIAS 负载电流.....	26
9.3 内部芯片温度.....	26
10 总结.....	26
11 参考文献.....	26

插图清单

图 2-1. 交流耦合诊断.....	3
图 2-2. 直流耦合诊断.....	3
图 2-3. 具有直流诊断功能的交流耦合输入.....	4
图 2-4. 诊断监控架构.....	4
图 3-1. 输入短接至 GND 状况.....	5
图 3-2. 输入短路至 MICBIAS 条件.....	6
图 3-3. 输入开路条件.....	6
图 3-4. 输入短路状况.....	7
图 3-5. 输入过压条件.....	7

图 3-6. 当 VBAT > MICBIAS 时输入短接至 VBAT 条件.....	8
图 3-7. 当 VBAT < MICBIAS 时输入短接至 VBAT 条件.....	8
图 3-8. 虚拟接地输出配置.....	9
图 3-9. MICBIAS 负载电流条件.....	10
图 3-10. 电源回流示意图.....	11
图 5-1. 诊断设置程序.....	14
图 8-1. 高级模式选项卡.....	23
图 8-2. 诊断配置窗格.....	24
图 8-3. 去抖配置窗格.....	25
图 8-4. 锁存故障状态窗格.....	25

表格清单

表 3-1. DIAG_CFG11 寄存器字段说明.....	10
表 3-2. DIAG_CFG6 寄存器字段说明.....	10
表 3-3. DIAG_CFG7 寄存器字段说明.....	11
表 4-1. DIAG_CFG0 寄存器字段说明.....	12
表 4-2. DIAG_CFG1 寄存器字段说明.....	13
表 4-3. DIAG_CFG2 寄存器字段说明.....	13
表 6-1. CHx_LIVE 寄存器字段说明.....	15
表 6-2. IN_CH1_LIVE 寄存器字段说明.....	16
表 6-3. INT_LIVE0 寄存器字段说明.....	17
表 6-4. INT_LIVE1 寄存器字段说明.....	17
表 6-5. INT_LIVE2 寄存器字段说明.....	18
表 6-6. DIAG_CFG4 寄存器字段说明.....	19
表 6-7. DIAG_CFG5 寄存器字段说明.....	20
表 7-1. INT_CFG 寄存器字段说明.....	21
表 7-2. DIAG_CFG10 寄存器字段说明.....	22

商标

PurePath™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

汽车系统设计为能够在各种恶劣环境中运行。随着越来越多的电子器件集成到汽车系统中，系统复杂性和发生故障的可能性也随之增加。汽车音频系统通常使用多个麦克风，这些麦克风依赖于波束形成、有源噪声消除或语音识别等算法。这些算法依赖于来自麦克风的可靠数据，如果系统中的一个或多个麦克风发生故障，则处理的数据会不可靠，从而导致错误的计算结果。在这些汽车音频应用中，可将麦克风放置在远离 PCB 的位置，例如放置在轮毂、靠近发动机或在乘客车厢中的不同位置。由于麦克风放置在较远位置，因此需要使用线束与其他电子元件进行连接。虽然在制造过程中已经格外小心地防止出现故障，但随着时间的推移，这些线束会老化，从而导致麦克风连接出现故障。德州仪器 (TI) 推出的全新汽车音频数据转换器系列提供集成的诊断监控功能，可确定何时出现输入故障状况，从而有助于应对这一挑战。利用这些信息，系统可以选择如何响应和调整系统算法来处理错误。

2 诊断监控架构

典型的汽车音频应用倾向于使用驻极体电容式麦克风 (ECM)，以便于安装、连接、拾取方向性、防潮和防尘。这些 ECM 麦克风的工作电压介于 2V 至 10V 之间，并且电压摆幅较大。为了进行准确的故障检测，ADC 需要与麦克风引脚直接连接。对于交流耦合应用，设计需要将输入引脚数增加一倍，如图 2-1 所示。

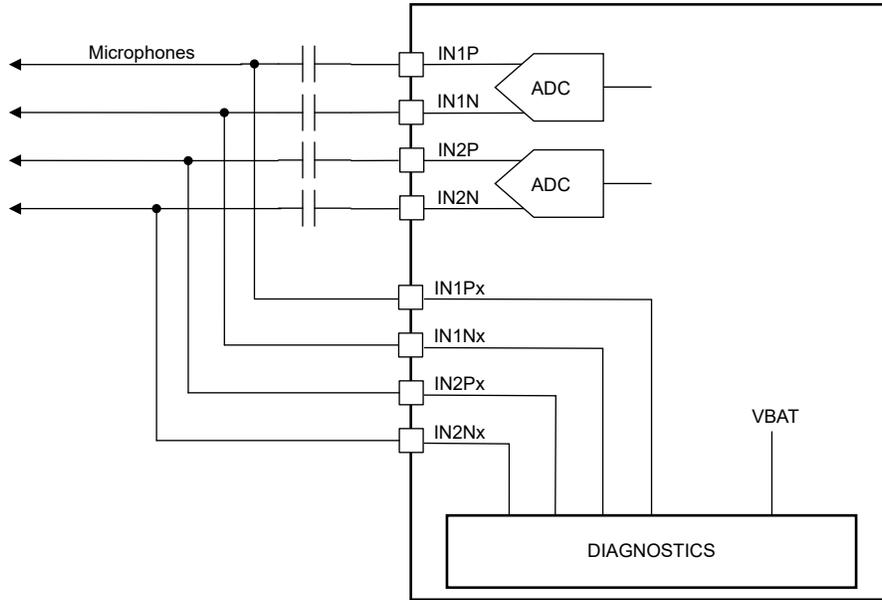


图 2-1. 交流耦合诊断

此配置还要求输入使用高压晶体管来直接处理 10VRMS 摆幅。这两个因素共同导致了解决方案的尺寸非常大。由于输入引脚加倍和晶体管的增加，TAx5xxx-Q1 系列使用直流耦合实现故障诊断，信号链前端有一个衰减器，让输入和诊断可以使用单个引脚运行。图 2-2 展示了此设计。

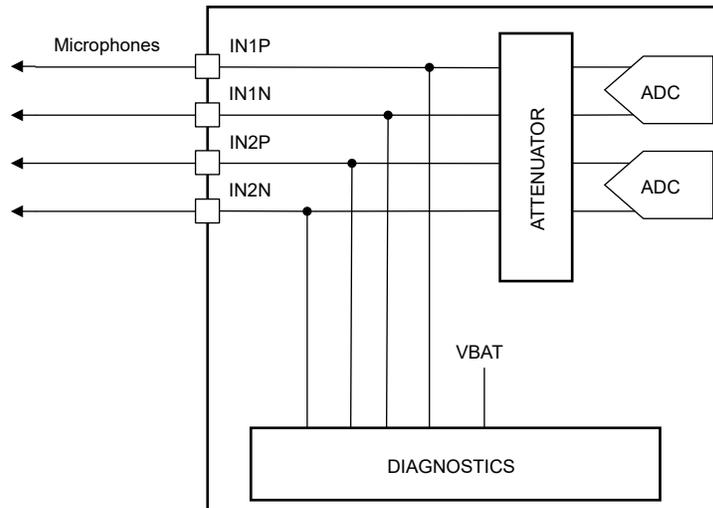


图 2-2. 直流耦合诊断

交流耦合也具有更高的输入摆幅和更多滤波灵活性等优势。对于需要交流耦合与故障诊断的应用，可以将一个通道用于交流耦合模拟输入并为直流耦合诊断指定另一个通道。图 2-3 所示的示例中，通道 1 具有交流耦合麦克风输入，通道 2 用于麦克风诊断。在此配置中，通道 1 上的故障记录在通道 2 的诊断寄存器中。不需要启用通道 2 的主 ADC，它仅用于诊断。

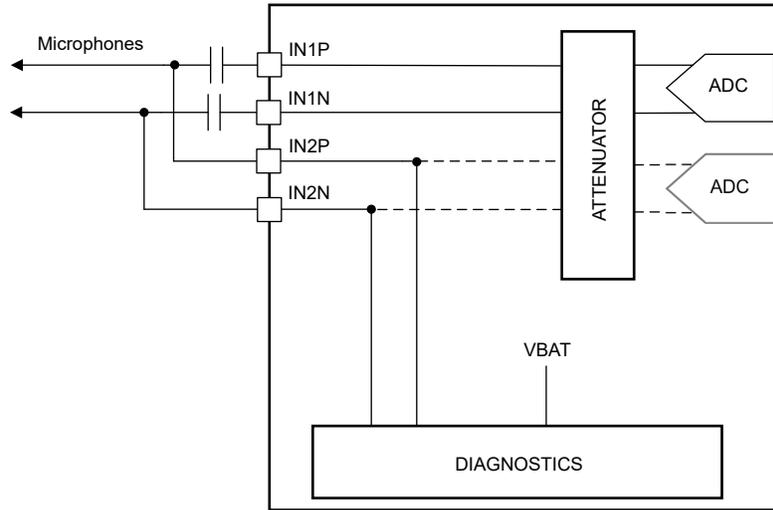


图 2-3. 具有直流诊断功能的交流耦合输入

图 2-3 展示了适用于故障监控信号链的 TA5xxx 诊断监控架构。

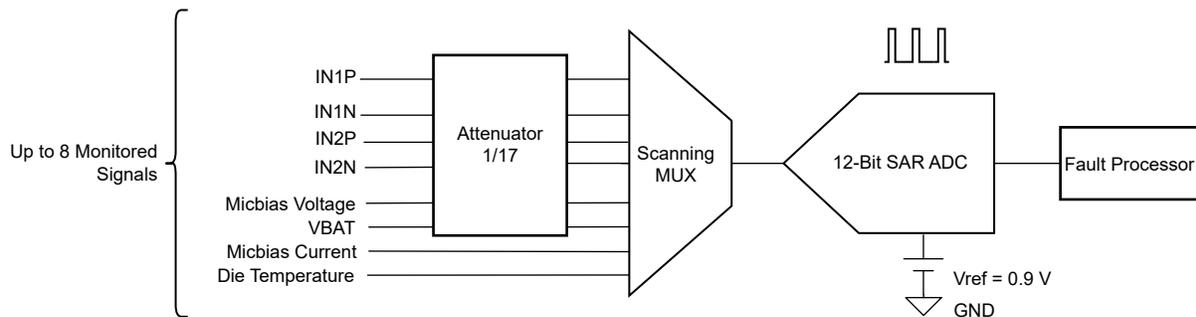


图 2-4. 诊断监控架构

监控所有输入引脚（2 通道器件为 4 个引脚）以及 MICBIAS 引脚电压、MICBIAS 负载电流、VBAT_IN 输入和内部芯片温度。输入引脚首先通过衰减器，衰减器会在信号到达扫描多路复用器 (MUX) 之前将信号缩小 17 倍。多路复用器以连续方式自动扫描已启用诊断的所有输入。扫描速率可在 DIAG_CFG3 寄存器（第 1 页，地址 0x49）中调节。扫描多路复用器选择输入后，收集输入的八个连续样本并求其平均值，从而提高噪声性能。请注意，禁用通道的诊断与禁用通道本身是独立的，并且仍可以在非活动通道上读取诊断。

3 监测到的故障

3.1 麦克风故障

根据系统部署情况，麦克风或与麦克风相关的连接会因为各种原因而出现故障。例如，麦克风本身在长时间暴露于极端环境条件、过度振动或撞击之后性能会下降。随着时间的推移，将麦克风连接至系统中其他电子元件的电缆也会因振动、冲击或极端温度而性能下降。

为了进行可靠的检测，Tax5xxx-Q1 监控输入引脚是否存在以下故障：

- 输入短接至地
- 输入短接至 MICBIAS
- 输入开路
- 输入引脚短接在一起
- 输入过压检测
- 输入短接至 VBAT

TAx5xxx-Q1 系列的输入诊断功能专为麦克风输入而设计，但也可用于直流耦合线路输入。

大多数故障支持用户可编程的检测阈值。可以单独启用、禁用或屏蔽故障。因为许多故障都取决于测量值，为了使诊断监控处于活动状态，必须打开 MICBIAS (即使未主动使用 MICBIAS)。在为 MICBIAS 和 PLL 上电后，建议等待至少 10ms，然后再启用故障诊断监控。每个故障读数均调整为 8 位精度，以便与阈值的可编程性相匹配。检测到故障后，可以将其设置为触发 GPIO 引脚上的中断或强制通道自动断电。后续章节将介绍前面提到的每个故障。

3.1.1 输入短接至地

如果测得的输入引脚电压低于编程阈值，则会触发此故障。此故障设置为在 0V 至 900mV 范围内触发，以 60mV 为增量。

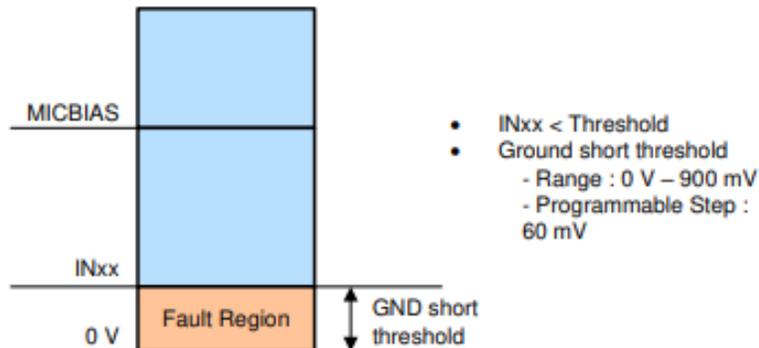


图 3-1. 输入短接至 GND 状况

3.1.2 输入短接至 MICBIAS

如果在输入引脚上测得的电压与在 MICBIAS 引脚上测得的电压之间的差值大于 0V 且小于编程的阈值，则会触发此故障。此故障设置为在 0V 至 450mV 范围内触发，可设定步长大小为 30mV。此故障使用在 MICBIAS 引脚测得的实际电压，该电压可能与设定的 MICBIAS 值略有不同。

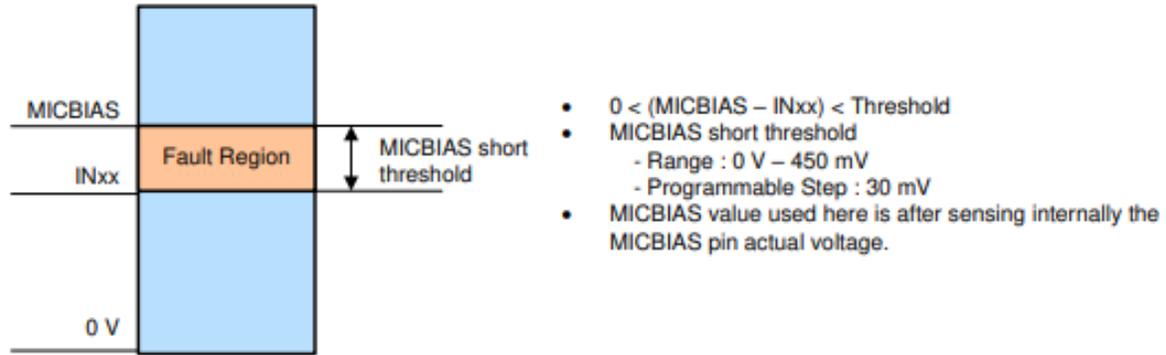


图 3-2. 输入短路至 MICBIAS 条件

3.1.3 输入开路

当检测到由前两个故障的组合导致的开路状况时，就会触发此故障。此故障会通过两种方式触发：

1. INxP 短接至 MICBIAS 且 INxM 短接至 GND
2. INxP 短接至 GND 且 INxM 短接至 MICBIAS

此故障依赖于为这两个相应故障设定的阈值。

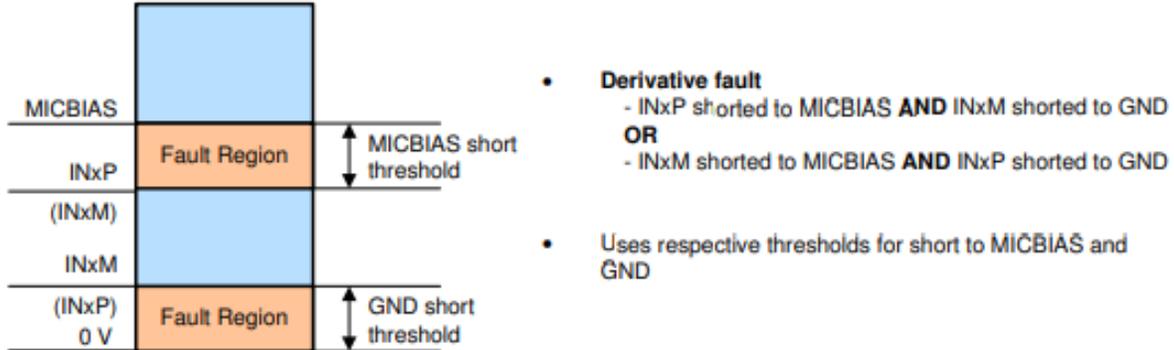


图 3-3. 输入开路条件

3.1.4 输入引脚短接在一起

当输入引脚之间差值的绝对值降低至低于设定的阈值时，就会触发此故障。此故障设置为在 0V 至 450mV 范围内触发，步长为 30mV。在典型的直流耦合应用中，麦克风的输入引脚之间存在差分直流失调电压。如果直流差分保持在设定的阈值以下，则可能会在应用中无意地触发此故障。

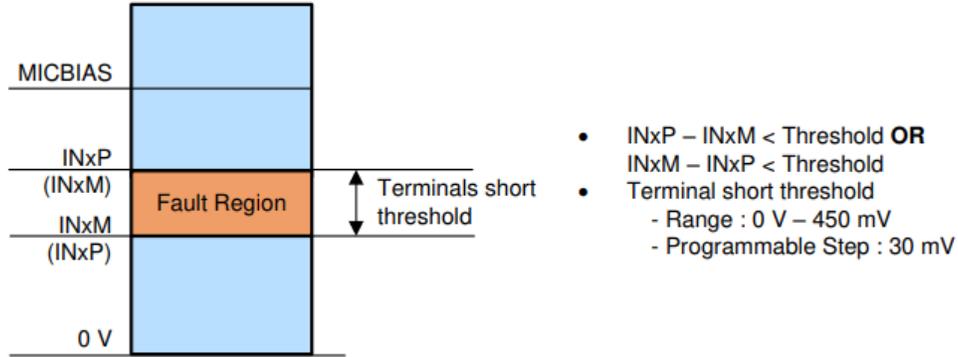


图 3-4. 输入短路状况

3.1.5 输入过压检测

当测得的输入引脚电压大于测量的 MICBIAS 电压时，会触发此故障。用户不可对此阈值进行编程。

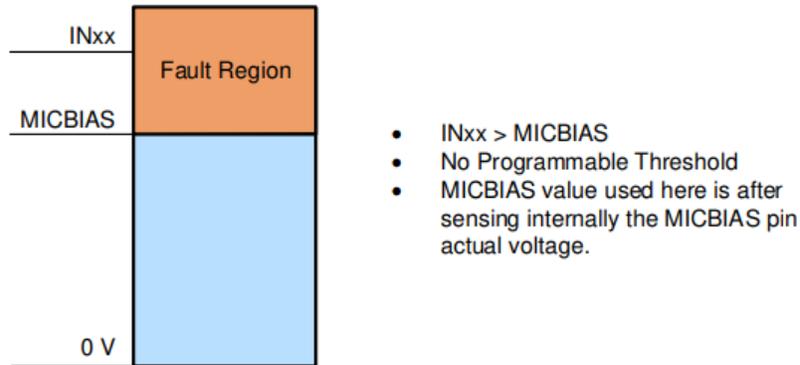


图 3-5. 输入过压条件

3.1.6 输入短接至 VBAT

当施加到 VBAT 引脚的电压与输入引脚之间差值的绝对值小于设定的阈值时，就会触发此故障。可编程范围为 0V 至 450mV，步长为 30mV。

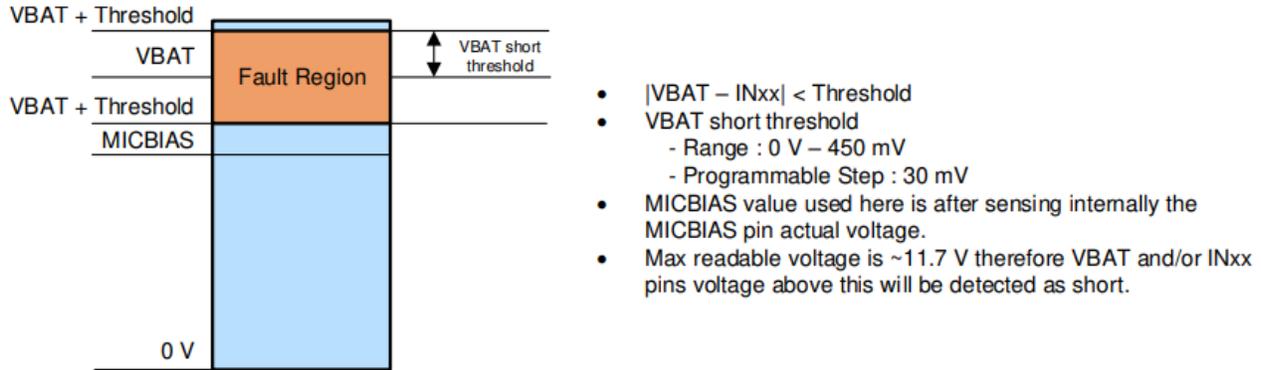


图 3-6. 当 VBAT > MICBIAS 时输入短接至 VBAT 条件

在大多数汽车应用中，电池电压应该不会下降至低于 MICBIAS，MICBIAS 的最大可编程值为 10V。只要 VBAT 大于 MICBIAS，则短接至 VBAT 故障也会导致出现过压故障。在极少数情况下，VBAT 会低于 MICBIAS。如果电池负载过大或在 VBAT_IN 之前使用了分压器，则会发生这种情况。在这些情况下，可能会错误地触发该故障，具体取决于 INxx 引脚上的信号电平。为了避免或更大限度地减少误检测，建议使用节 6.3 中所述的去抖和均值计算功能。这种特定条件下的去抖可以独立于其他故障进行编程，也可以完全禁用此故障的检测。

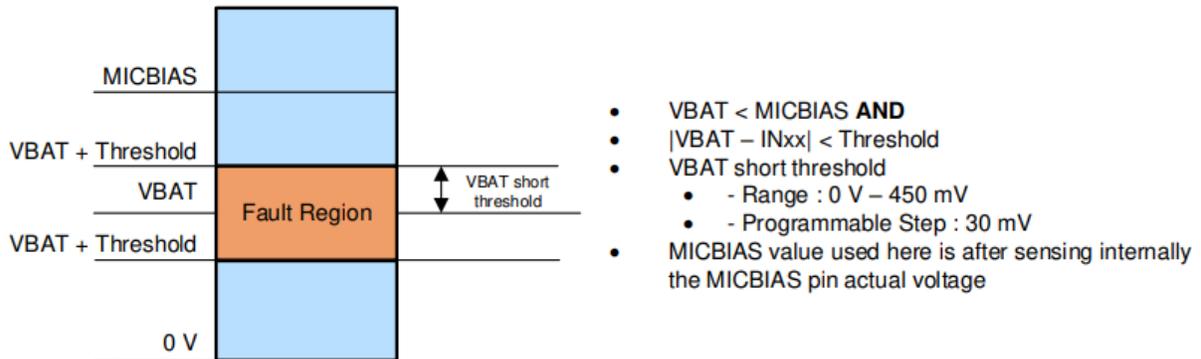


图 3-7. 当 VBAT < MICBIAS 时输入短接至 VBAT 条件

3.2 线性输出故障

强大的线性输出故障诊断对于提供出色的音频质量和系统可靠性至关重要。电磁干扰 (EMI)、电源波动和机械应力等各种因素都会影响连接的完整性。例如，车辆电气系统或附近器件产生的 EMI 会在音频连接中引起噪声。此外，温度变化和振动会导致连接器磨损，从而可能导致连接断续或故障。TAC5(3/4)1x-Q1 CODEC 内的诊断功能监视输出引脚是否存在以下故障。

- 过流
- 虚拟接地

3.2.1 输出过流

当 OUTx 的电流消耗大于 160mA、短接至电源或存在接地短路时，就会触发此故障。

3.2.2 虚拟接地

输出引脚之前是一个在 AVDD 运行的放大器，它会产生一个中点电压作为模拟输入信号的基准点。这个中点电压在图 3-8 中显示为 V_{ICM}（代表“内部共模”），称为虚拟接地。如果 OUTx 发生短路，将虚拟接地置于意想不到的高电压，则会触发故障。此外，在以下情况下会触发故障：

- 如果模拟输入信号共模高于 100mV，则会打破 R_{BYP} 的限制并将虚拟接地置于意想不到的高电压。这仅适用于器件输出配置为全差分的情况。
- 如果将器件配置为在旁路模式下具有 6dB 或 12dB 增益，且输入信号分别大于 -6dB 和 -12dB。这种情况适用于单端或全差分输出配置。
- 如果模拟输入电平超过相应输入配置的满量程输入信号范围。

通道 1 (P0_R100-R102) 和通道 2 (P0_R107-R109) 的输出寄存器的正确配置对于防止出现意想不到的虚拟接地故障检测至关重要。如果检测到虚拟接地故障，用户必须检查输出配置寄存器并验证是否符合输入信号和电压。

此外，图 3-8 展示了 DAC 输出级，如果在 OUTx 处测得的电压超过器件的设计限值，则会触发此故障。用户能够在 DAC_FLT_CFG (P0_R67) 中对器件进行编程，从而在检测到故障时关断 DAC 的回放路径。

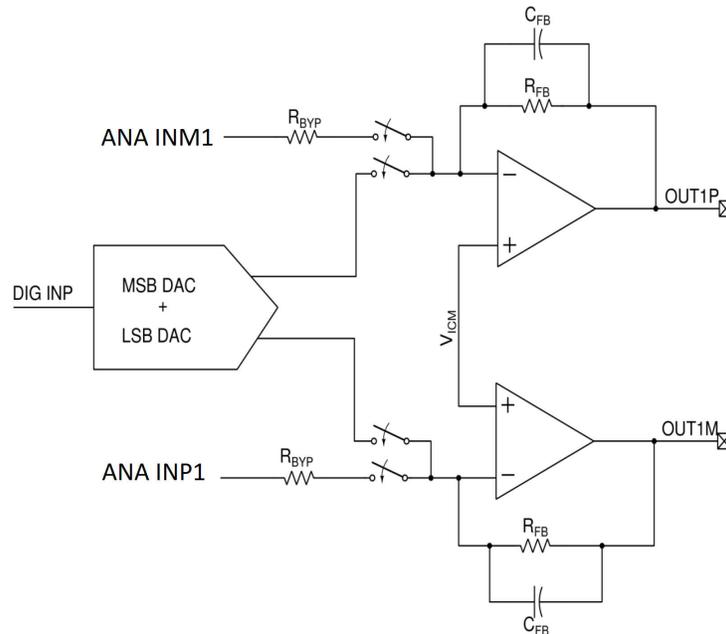


图 3-8. 虚拟接地输出配置

3.3 其他故障

3.3.1 MICBIAS 过压

如果 MICBIAS 引脚拉至高于 MICBIAS_CFG 寄存器 (P0_R115) 所设置的电压，则会触发 MICBIAS 过压故障。例如，如果 MICBIAS 短接至 VBAT，则会发生这种情况。触发此故障后，器件会在 INT_LTCH2 (P0_R59_D0) 和 INT_LIVE2 寄存器中设置过压状态标志。可以在 DIAG_CFG11 寄存器 (P1_R81) 中调整过压检测的阈值。

3.3.1.1 DIAG_CFG11 寄存器 (页面 = 0x01, 地址 = 0x51) [复位 = 0x40]

此寄存器是 MICBIAS 过压配置寄存器。

表 3-1. DIAG_CFG11 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7-5	SAFE BAND_MBIAS_OV_FLT[2:0]	R/W	010b	MBIAS 过压故障下限的安全带配置 0 = 无安全带 1 = 30mV 安全带 (9b 级别时为 1LSb) 2 = 60mV 安全带 (9b 级别时为 2LSb) 3-7 = $N \times 30mV$
4-0	RESERVED	R	00000b	保留位；仅写入复位值

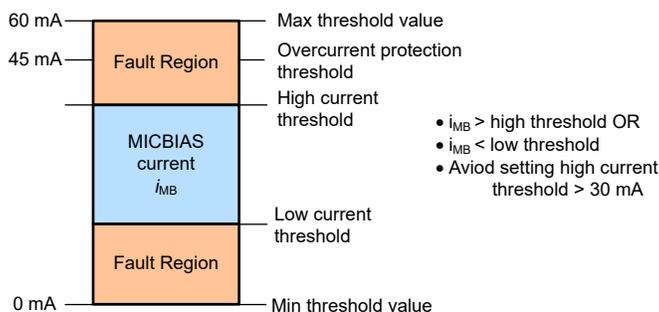
(1) R/W = 读取和写入；R = 读取

3.3.2 MICBIAS 过流

MICBIAS 引脚具有集成的过流保护电路，可保护器件，避免因电流消耗过大而损坏。MICBIAS 引脚可以持续吸收的电流最大为 30mA。尽管触发过流保护故障的确切电流因器件而异，但可能触发故障的最小阈值为 45mA。触发过流保护后，该器件会在 INT_LTCH2 (P1_R59_D3 位) 寄存器中设置过流状态标志，并限制 MICBIAS 引脚的输出电流。

3.3.3 MICBIAS 负载电流

除了过流保护，还有一个内部电流传感器监控器件的 MICBIAS 引脚上的负载。可以对此功能进行编程，以便在电流超过最大编程值或降至低于最小预期负载时触发故障。请注意，设定的阈值仅用于故障检测，而不会限制 MICBIAS 引脚提供的电流。高电流阈值和低电流阈值的可编程范围为 0mA 至 30mA (默认的下限阈值和上限阈值分别为 2.6mA 和 18mA)，增量为 0.117mA。这些阈值在 DIAG_CFG6 (第 1 页，地址 0x4C) 和 DIAG_CFG7 (第 1 页，地址 0x4D) 中进行编程。该器件仅设定在 30mA 以下运行，因此不建议将高负载电流阈值设置为大于 30mA。


图 3-9. MICBIAS 负载电流条件

3.3.3.1 DIAG_CFG6 寄存器 (页面 = 0x01 , 地址 = 0x4C) [复位 = 0xA2]

这是用于设置高电流阈值的 MICBIAS 诊断配置寄存器。

表 3-2. DIAG_CFG6 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7-0	MBIAS_HIGH_CURR_TH RS[7:0]	R/W	10100010b	MICBIAS 高电流故障诊断的阈值 默认值 $\cong 18mA$ $Nd = ((0.9 \times (N \times 16) / 4095) - 0.2) \times 48.46154 (mA)$

(1) R/W = 读取或写入

3.3.3.2 DIAG_CFG7 寄存器

这是用于设置低电流阈值的 MICBIAS 诊断配置寄存器。

表 3-3. DIAG_CFG7 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7-0	MBIAS_LOW_CURR_TH RS[7:0]	R/W	01001000b	MICBIAS 低电流故障诊断的阈值 默认值 $\cong 2.6\text{mA}$ $Nd = ((0.9 \times (N \times 16) / 4095) - 0.2) \times 48.46154 \text{ (mA)}$

(1) R/W = 读取或写入

3.3.4 过热故障

过热保护电路会监控芯片温度，并在芯片结温超过支持的水平时设置 INT_LTCH0 (P1_R52_D5) 寄存器中的状态标志。触发此故障的确切电平因器件而异，但不会在指定的工作范围内发生故障，旨在保护 IC 免受损坏。

3.3.5 电源回流

由于汽车系统内的电路很复杂，连接很容易相互短接，从而损害音频系统的完整性。例如，MICBIAS 引脚可能会短接至主电池电源 VBAT，并将 MICBIAS 驱动至更高的电压，因而意外地通过 MICBIAS 引脚将电流反向输送回来。如果意外地短接至另一个电源，传统的 MICBIAS 无法同步电流，因此这种意外事件会导致系统出现可靠性问题。TAx5x1x-Q1 在音频器件内集成了重要的保护功能，可防止回流损害器件的完整性。

如图 3-10 所示，MICBIAS 引脚监控偏置电压的任何变化，并具有集成电路，可在发生回流的情况下调整电流以与更高电压同步。回流或电源电压的突然变化（例如，电压尖峰或骤降）会通过 MICBIAS 引脚、升压、HVDD 和麦克风传播。这些引脚受到保护，可以防止反向电流和短接到高于设定最大阈值的电压，从而为麦克风提供稳定的偏置电压并为 TAx5xxx-Q1 提供干净电源。

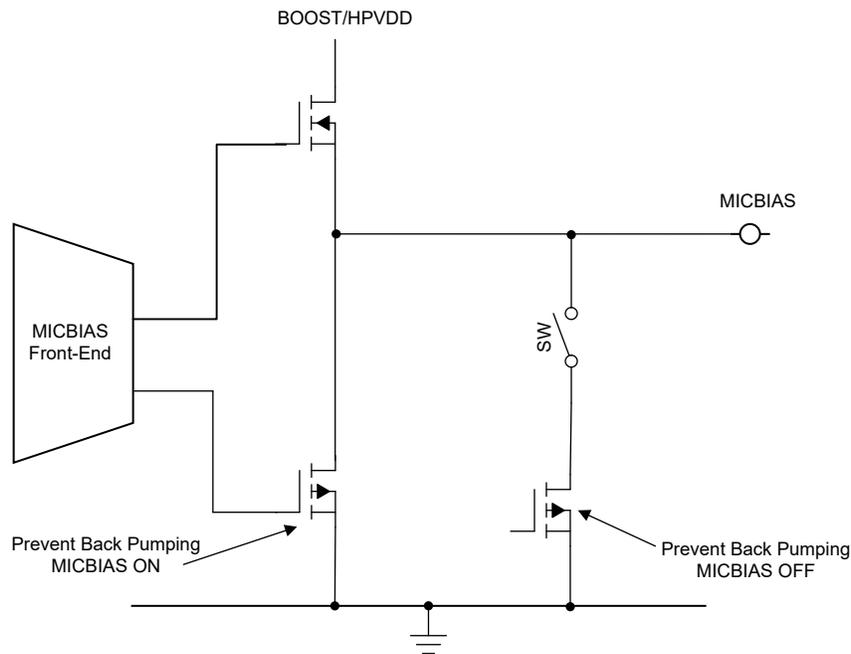


图 3-10. 电源回流示意图

4 启用诊断和编程阈值

主诊断配置寄存器是寄存器 70 至 74。这些寄存器控制扫描哪些通道的故障以及每个故障的阈值。这些寄存器中的第一个寄存器 `DIAG_CFG0 (P1_R70)` 让用户可以分别在每个输入通道上启用或禁用诊断监控。`DIAG_CFG0` 的位 4 控制交流耦合通道上的诊断监控。尽管使用交流耦合时无法诊断麦克风连接性，但诊断确实提供了 ADC 的引脚电平监测，从而可确定在 PCB 电平下是否发生了任何短路。`DIAG_CFG0` 的位 5 控制是否在单端输入通道上监视 `INxM` 引脚。在 `INxM` 保持在恒定电压但未接地的伪差分输入配置中，此功能很有用。如果接地连接位置远离电路板，或用于检测接地失效情况，也可以使用此功能。

4.1 `DIAG_CFG0` 寄存器 (页面 = 0x01 , 地址 = 0x46) [复位 = 0x00]

此寄存器是输入故障诊断设置的配置寄存器 0。

表 4-1. `DIAG_CFG0` 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7	<code>IN_CH1_DIAG_EN</code>	R/W	0b	通道 1 输入 (<code>IN1P</code> 和 <code>IN1M</code>) 诊断扫描 0b = 禁用诊断 1b = 启用诊断
6	<code>IN_CH2_DIAG_EN</code>	R/W	0b	通道 2 输入 (<code>IN2P</code> 和 <code>IN2M</code>) 诊断扫描 0b = 禁用诊断 1b = 启用诊断
5	<code>INCL_SE_INM</code>	R/W	0b	单端配置的 <code>INxM</code> 引脚 诊断扫描选择 0b = 诊断不包括单端通道的 <code>INxM</code> 引脚 1b = 诊断包括单端通道的 <code>INxM</code> 引脚
4	<code>INCL_AC_COUP</code>	R/W	0b	交流耦合通道引脚 诊断扫描选择 0b = 诊断不包括交流耦合通道的 <code>INxP</code> 和 <code>INxM</code> 引脚 1b = 诊断包括交流耦合通道的 <code>INxP</code> 和 <code>INxM</code> 引脚
3	RESERVED	R/W	0b	保留位；仅写入复位值
2	RESERVED	R/W	0b	保留位；仅写入复位值
1	RESERVED	R/W	0b	保留位；仅写入复位值
0	RESERVED	R/W	0b	保留位；仅写入复位值

(1) R/W = 读取或写入

由于使用了直流耦合输入、有广泛的麦克风可供选择以及可以灵活地设置这些麦克风的偏置方式，因此不同应用场景的预期信号电平存在差异。由于可以根据具体需求和应用场景对阈值进行编程，因此可以将每个故障设定在一个合理的水平并针对应用进行定制。这些阈值的默认值设置为最常用的值。用户可以使用 `DIAG_CFG1` 来配置用于 `INxP` 到 `INxM` 端子短路检测和 `VBAT_IN` 短路检测的阈值。

4.2 DIAG_CFG1 寄存器 (页面 = 0x01 , 地址 = 0x47) [复位 = 0x37]

此寄存器是输入故障诊断设置的配置寄存器 1。

表 4-2. DIAG_CFG1 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7-4	DIAG_SHT_TERM[3:0]	R/W	0011b	INxP 和 INxM 端子短路检测阈值 0d = INxP 和 INxM 端子短路检测阈值为 0mV 1d = INxP 和 INxM 端子短路检测阈值为 30mV 2d = INxP 和 INxM 端子短路检测阈值为 60mV 10d 至 13d = INxP 和 INxM 端子短路检测阈值根据配置确定 14d = INxP 和 INxM 端子短路检测阈值为 420mV 15d = INxP 和 INxM 端子短路检测阈值为 450mV
3-0	DIAG_SHT_VBAT_IN[3:0]	R/W	0111b	短接至 VBAT_IN 检测阈值 0d = 短接至 VBAT_IN 检测阈值为 0mV 1d = 短接至 VBAT_IN 检测阈值为 30mV 2d = 短接至 VBAT_IN 检测阈值为 60mV 10d 至 13d = 短接至 VBAT_IN 检测阈值根据配置确定 14d = 短接至 VBAT_IN 检测阈值为 420mV 15d = 短接至 VBAT_IN 检测阈值为 450mV

(1) R/W = 读取或写入

同样，DIAG_CFG2 让用户可以配置用于短接至地检测和短接至 MICBIAS 的阈值。

4.3 DIAG_CFG2 寄存器 (页面 = 0x01 , 地址 = 0x48) [复位 = 0x87]

此寄存器是输入故障诊断设置的配置寄存器 2。

表 4-3. DIAG_CFG2 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7-4	DIAG_SHT_GND[3:0]	R/W	1000b	短接至 GND 检测阈值 0d = 短接至 GND 检测阈值为 0mV 1d = 短接至 GND 检测阈值为 60mV 2d = 短接至 GND 检测阈值为 120mV 10d 至 13d = 短接至 GND 检测阈值根据配置确定 14d = 短接至 GND 检测阈值为 840mV 15d = 短接至 GND 检测阈值为 900mV
3-0	DIAG_SHT_MICBIAS[3:0]	R/W	0111b	短接至 MICBIAS 检测阈值 0d = 短接至 MICBIAS 检测阈值为 0mV 1d = 短接至 MICBIAS 检测阈值为 30mV 2d = 短接至 MICBIAS 检测阈值为 60mV 10d 至 13d = 短接至 MICBIAS 检测阈值根据配置而定 14d = 短接至 MICBIAS 检测阈值为 420mV 15d = 短接至 MICBIAS 检测阈值为 450mV

(1) R/W = 读取或写入

DIAG_CFG4 包含高级监控功能设置。位 0 控制阈值调节。将位 0 设置为高电平可使配置阈值的值加倍，从而有效地将 450mV 阈值的范围扩展到 900mV。此设置适用于所有诊断阈值。有关 DIAG_CFG4 寄存器定义，请参阅 [节 6.3.2.1](#)。

5 故障诊断设置程序

图 5-1 展示了设置故障诊断的建议流程。以下各节更详细地说明了每项功能。一些应用并不使用所有功能，或者依赖于配置寄存器中的默认值。用户必须至少为 MICBIAS 上电并启用通道诊断。

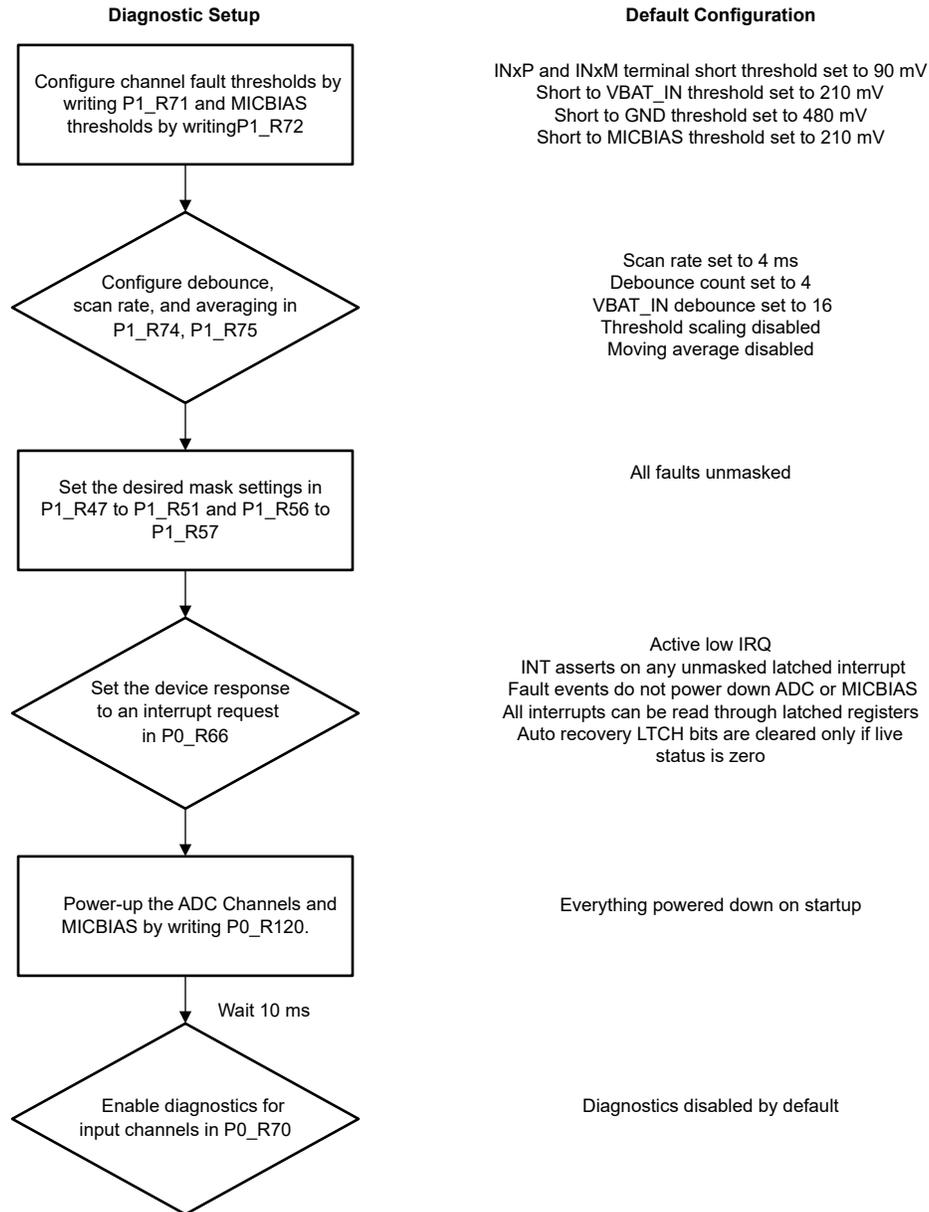


图 5-1. 诊断设置程序

6 故障报告

根据故障检测所用的设置，在实时和锁存状态寄存器中报告故障。

6.1 实时寄存器

实时寄存器 P1_R61 至 P1_R67 在每次新扫描时会持续更新，并报告诊断处理器记录的最新测量值。CHx_LIVE 寄存器 (P1_R61) 包含当前故障的摘要，让用户可以确定哪些通道存在活动故障。

6.1.1 CHx_LIVE 寄存器 (页面 = 0x01 , 地址 = 0x3D) [复位 = 0b]

此寄存器是用于通道电平诊断摘要的实时中断状态寄存器。

表 6-1. CHx_LIVE 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7	STS_CHx_LIVE	R	0b	输入 CH1_LIVE 的状态 0b = 输入通道 1 中未发生故障 1b = 输入通道 1 中发生故障
6	STS_CHx_LIVE	R	0b	输入 CH2_LIVE 的状态 0b = 输入通道 2 中未发生故障 1b = 输入通道 2 中发生故障
5	STS_CHx_LIVE	R	0b	输出 CH1_LIVE 的状态 0b = 输出通道 1 中未发生故障 1b = 输出通道 1 中发生故障
4	STS_CHx_LIVE	R	0b	输出 CH2_LIVE 的状态 0b = 输出通道 2 中未发生故障 1b = 输出通道 2 中发生故障
3	STS_CHx_LIVE	R	0b	“当 VBAT_IN 低于 MICBIAS 时，检测到短接至 VBAT_IN 故障” 故障状态 0b = 当 VBAT_IN 低于 MICBIAS 时，任何通道中均未出现短接至 VBAT_IN 故障 1b = 当 VBAT_IN 低于 MICBIAS 时，至少一个通道出现短接至 VBAT_IN 故障
2	RESERVED	R	0b	保留位；仅写入复位值
1	RESERVED	R	0b	保留位；仅写入复位值
0	RESERVED	R	0b	保留位；仅写入复位值

(1) R = 读取

相应的 CH_LIVE 寄存器 P0_R63 和 P0_R64 包含在给定通道上发生的具体故障的详细信息。节 6.1.2 展示了 CH1_LIVE 寄存器以供参考。

6.1.2 CH1_LIVE 寄存器 (页面 = 0x01 , 地址 = 0x3E) [复位 = 0h]

此寄存器是用于通道 1 故障诊断的实时中断状态寄存器

表 6-2. IN_CH1_LIVE 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7	IN_CH1_LIVE	R	0b	输入通道 1 开路输入 0b = 无开路输入 1b = 开路输入
6	IN_CH1_LIVE	R	0b	输入通道 1 输入短接 0b = 无输入短接 1b = 输入相互短接
5	IN_CH1_LIVE	R	0b	输入通道 1 INP 短接至 GND 0b = INP 未短接至 GND 1b = INP 短接至 GND
4	IN_CH1_LIVE	R	0b	输入通道 1 INM 短接至 GND 0b = INM 未短接至 GND 1b = INM 短接至 GND
3	IN_CH1_LIVE	R	0b	输入通道 1 INP 短接至 MICBIAS 0b = INP 未短接至 MICBIAS 1b = INP 短接至 MICBIAS
2	IN_CH1_LIVE	R	0b	输入通道 1 INM 短接至 MICBIAS 0b = INM 未短接至 MICBIAS 1b = INM 短接至 MICBIAS
1	IN_CH1_LIVE	R	0b	输入通道 1 INP 短接至 VBAT_IN 0b = INP 未短接至 VBAT_IN 1b = INP 短接至 VBAT_IN
0	IN_CH1_LIVE	R	0b	输入通道 1 INM 短接至 VBAT_IN 0b = INM 未短接至 VBAT_IN 1b = INM 短接至 VBAT_IN

(1) R = 读取

除了通道寄存器外，还有包含各种故障的中断寄存器。这些寄存器中的第一个 INT_LIVE0 (P1_R60) 包含升压保护故障标志以及 ASI 总线时钟错误和 PLL 锁定状态。PLL 锁定状态不是故障，但提供了一种方法来监视 PLL 状态何时发生变化。有关 ASI 总线时钟错误的更多信息，请参阅器件数据表。

6.1.3 INT_LIVE0 寄存器 (页面 = 0x01 , 地址 = 0x3C) [复位 = 00]

此寄存器是实时中断读回寄存器 0。

表 6-3. INT_LIVE0 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7	INT_LIVE0	R	0b	时钟错误导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
6	INT_LIVE0	R	0b	PLL 锁定导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
5	INT_LIVE0	R	0b	升压过热导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
4	INT_LIVE0	R	0b	升压过流导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
3	INT_LIVE0	R	0b	升压 MO 导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
2	RESERVED	R	0b	保留位；仅写入复位值
1	RESERVED	R	0b	保留位；仅写入复位值
0	RESERVED	R	0b	保留位；仅写入复位值

(1) R = 读取

INT_LIVE1 (P1_R66) 包含器件的每个 INxP 引脚的过压故障状态。同样，INT_LIVE2 (P1_R67) 包含与器件的自我保护功能无关的 MICBIAS 故障。

6.1.4 INT_LIVE1 寄存器 (页面 = 0x00 , 地址 = 0x42) [复位 = 0x00]

此寄存器是实时中断读回寄存器 1。

表 6-4. INT_LIVE1 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7	INT_LIVE1	R	0b	通道 1 INP 过压 0b = 无 INP 过压故障 1b = 发生了 INP 过压故障
6	INT_LIVE1	R	0b	通道 1 INM 过压 0b = 无 INM 过压故障 1b = 发生了 INM 过压故障
5	INT_LIVE1	R	0b	通道 2 INP 过压 0b = 无 INP 过压故障 1b = 发生了 INP 过压故障
4	INT_LIVE1	R	0b	通道 2 INM 过压 0b = 无 INM 过压故障 1b = 发生了 INM 过压故障
3	RESERVED	R	0b	保留位；仅写入复位值
2	RESERVED	R	0b	保留位；仅写入复位值
2	RESERVED	R	0b	保留位；仅写入复位值
1	RESERVED	R	0b	保留位；仅写入复位值
0	RESERVED	R	0b	

(1) R = 读取

6.1.5 INT_LIVE2 寄存器 (页面 = 0x00 , 地址 = 0x43) [复位 = 0x00]

表 6-5. INT_LIVE2 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7	INT_LIVE2	R	0b	GPA 高阈值故障导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
6	INT_LIVE2	R	0b	GPA 低阈值故障导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
5	INT_LIVE2	R	0b	VAD 上电检测导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
4	INT_LIVE2	R	0b	VAD 下电检测导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
3	INT_LIVE2	R	0b	Micbias 短路情况导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
2	INT_LIVE2	R	0b	MICBIAS 高电流故障导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
1	INT_LIVE2	R	0b	MICBIAS 低电流故障导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断
0	INT_LIVE2	R	0b	MICBIAS 过压故障导致的中断 0b = 无中断 1b = 中断

(1) R = 读取

6.2 锁存寄存器

锁存寄存器设置为镜像实时寄存器。通道在 P1_R54 至 P1_R57 中报告每个诊断故障的锁存状态，并在 CHx_LTCH (P1_R53) 中报告所有通道的锁存汇总。当实时故障寄存器中的相关位从 0 转换为 1 且满足故障过滤寄存器中设置的条件时，对锁存寄存器进行锁存。锁存寄存器中的任何位从 0 转换为 1 均会触发中断请求。默认情况下，仅当不再存在故障且相关的实时寄存器报告 0 时，才会在读取后将锁存寄存器清零，否则寄存器保持锁存状态。还有一个额外模式，无论相关的实时寄存器状态如何，都将锁存寄存器清零。此功能对于识别唯一故障非常有用，因为每个故障仅生成一个中断。通过将 INT_CFG 寄存器中的 LTCH_CLR_ON_READ 位设置为 1 来启用此功能。

6.2.1 清除锁存寄存器

如前所述，器件中的大多数锁存寄存器在读取后会自行清除和复位。然而，某些寄存器存在映射，因而只有在读取另一个锁存寄存器时才会清除这些寄存器。表现出此行为的寄存器在寄存器映射中包含一个描述，指明需要读取寄存器才能清除该位。此行为适用于通道锁存寄存器中的 INxM 短接至 VBAT_IN 故障以及 INT_LTCH1 中的 INxP 和 INxM 过压状态位。建议在检测到故障时读取所有锁存寄存器，以便验证所有位是否都已清除。为了验证没有遗漏故障，节 7.3 提供了建议的读取序列。

6.3 故障滤波和响应时间

DIAG_CFG4 和 DIAG_CFG5 寄存器包含多个设置，让用户可以根据故障状况调整器件的响应时间。这些设置控制多路复用器多久会切换一次来检查故障，以及在锁存到相关锁存寄存器之前故障必须存在多长时间。

6.3.1 去抖

可以应用去抖滤波器来进行诊断测量。这种去抖类似于模拟电路中通常使用的开关去抖。在启用去抖的情况下，发生故障情况后，器件在计数到设定数量的连续值（在故障阈值范围内）之前，不会触发故障。去抖可设定为 4、8 或 16 个计数来滤除瞬态事件。当 VBAT_IN 小于 MICBIAS 时，所有故障都共享相同的去抖设置，但 VBAT_IN

短路除外。由于在这种情况下，正常工作条件下更有可能发生错误触发，因此可以将此故障的去抖设置独立设定为 8 或 16 个计数。DIAG_CFG4 寄存器 (第 1 页, 地址 0x4A) 中包含去抖设置。

6.3.2 扫描速率

启用诊断后，故障诊断信号链会不断扫描输入通道。这种多路复用会自动进行，但可以在 DIAG_CFG4 中调整扫描通道的速率。重复率可设置为 1ms、4ms、8ms，或设置为尽可能快地连续扫描。默认扫描速率为 4ms。扫描速率是一个扫描周期结束与下一个扫描周期开始之间的时间。诊断 ADC 的采样速率通常比扫描速率快得多，因此扫描速率实际上是两次故障读取之间的时间。建议使用连续背对背扫描模式，以便为录音通道提供最短的响应时间和最大的信号完整性。这种选择会使诊断 ADC 以与音频 ADC 相同的采样速率进行采样，并消除因诊断采样中的不连续性引起的少量耦合失真。诊断信号链的功耗随扫描重复率而变化。在背对背连续扫描中，与 4ms 扫描速率设置相比，AVDD 电流预计会增加约 2.5mA。因此，除非系统特别容易发生故障且需要快速响应，否则不建议在功耗敏感型应用中持续扫描。

6.3.2.1 DIAG_CFG4 寄存器 (页面 = 0x01, 地址 = 0x4A) [复位 = 0xB8]

此寄存器是输入故障诊断设置的配置寄存器 4。

表 6-6. DIAG_CFG4 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7-6	REP_RATE[1:0]	R/W	10b	故障监控扫描重复率 0d = 所选通道输入引脚连续背对背扫描，没有任何空闲时间 1d = 所选通道输入引脚扫描的故障监控重复率为 1ms 2d = 所选通道输入引脚扫描的故障监控重复率为 4ms 3d = 所选通道输入引脚扫描的故障监控重复率为 8ms
5-4	RESERVED	R/W	11b	保留位；仅写入复位值
3-2	FAULT_DBNCE_SEL[1:0]	R/W	10b	所有故障的去抖计数 (当 VBAT_IN < MICBIAS 时的 VBAT_IN 短接除外) 0b = 使用 16 次去抖来滤除错误故障检测 1b = 使用 8 次去抖来滤除错误故障检测 2b = 使用 4 次去抖来滤除错误故障检测 3b = 无去抖计数
1	VSHORT_DBNCE	R/W	0b	VBAT_IN 短接去抖计数 0b = 使用 16 次去抖来滤除错误故障检测 1b = 使用 8 次去抖来滤除错误故障检测
0	DIAG_2X_THRES	R/W	0b	诊断阈值范围缩放 0d = 阈值与配置的阈值相同 1d = 所有配置的阈值都放大 2 倍

(1) R/W = 读取或写入

6.3.3 移动平均值

为了实现更可靠的检测，故障监测可以基于诊断信号的移动平均值。启用此设置后，每个新样本会与前一组样本进行平均，如果发生故障，锁存寄存器不会锁存，直至样本的平均值超过设定的阈值。此设置充当简单的 FIR 滤波器，可避免因系统中的瞬态事件而触发故障。如果同时使用去抖和移动平均值，则直至连续样本的移动平均值超过设定的阈值，并保持在该阈值范围内达到设定的去抖次数之后，锁存寄存器才会进行锁存。移动平均值可设置为对新数据和旧数据施加同样的权重，或者适当地偏斜，为旧数据赋予 0.75 的权重，而为新数据赋予 0.25 的权重，从而进一步提高瞬态抗扰度。移动平均值设置对于所有输入通道都是通用的，但可以针对 MICBIAS 负载电流和过热故障独立启用或禁用，从而针对这些故障更快地作出响应。DIAG_CFG5 寄存器 (第 1 页, 地址 0x4B) 中包含了移动平均值设置。

6.3.3.1 DIAG_CFG5 寄存器 (页面 = 0x01, 地址 = 0x4B) [复位 = 0h]

此寄存器是输入故障诊断设置的配置寄存器 5。

表 6-7. DIAG_CFG5 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7-6	DIAG_MOV_AVG_CFG[1:0]	R/W	00b	移动平均值配置 0d = 禁用移动平均值 1d = 启用移动平均值, 新旧数据权重均为 0.5 2d = 启用移动平均值, 旧数据权重为 0.75, 新数据权重为 0.25 3d = 保留
5	MOV_AVG_DIS_MBIAS_LOAD	R/W	0b	MICBIAS 负载通道的移动平均值配置 0b = 为 MICBIAS 负载通道启用移动平均值 1b = 为 MICBIAS 负载通道禁用移动平均值
4	MOV_AVG_DIS_TEMP_SENS	R/W	0b	温度检测通道的移动平均配置 0b = 为温度检测通道启用移动平均值 1b = 为温度检测通道禁用移动平均值
3	MOV_AVG_DIS_GPA	R/W	0b	GPA 通道的移动平均值配置 0b = 为 GPA 通道启用移动平均值 1b = 为 GPA 通道禁用移动平均值
2-0	RESERVED	R	000b	保留位; 仅写入复位值

(1) R/W = 读取或写入; R = 读取

如果未使用移动平均值功能, 则可以通过使用扫描速率乘以去抖设置来计算故障响应时间。例如, 去抖为 8, 扫描速率为 4ms, 那么在锁存相应故障寄存器之前要求故障存在 32ms。这种行为有助于滤除瞬态行为, 例如麦克风的启动响应。如果使用了移动平均值功能, 则确切的响应时间取决于故障性质和导致故障的输入信号振幅。在特别嘈杂的应用中, 此设置非常有用, 在这些应用中, 麦克风在一段时间内容容易出现饱和现象。将扫描速率设置为可连续提供超快的响应。确切的响应时间取决于许多因素。为了简化计算, 以下公式显示了如何计算背对背扫描模式下的有效响应时间。

$$Response\ Time = (450 \times N + 1000) \times DIAG_CLK_PERIOD \quad (1)$$

其中

- N 是为使用页 0、寄存器 70d 的诊断扫描启用的通道数 (1 至 2)
- $DIAG_CLK_PERIOD$ 是用于诊断状态机的时钟周期

诊断时钟周期取决于是否存在有效时钟以及采样速率。对于 48kHz 的所有 ASI 采样速率倍数和约数, 诊断时钟频率为 6.144MHz。同样, 对于 44.1kHz 的所有 ASI 采样速率倍数和约数, 频率为 5.644MHz。如果不存在时钟或时钟中有错误, 则诊断时钟默认为使用内部片上振荡器生成的 5MHz (典型值) 时钟。

实时寄存器始终报告最新的读数, 并且不受去抖或移动平均值设置的影响。INT_LTCH0 中的故障也不受这些滤波器设置的影响。

7 对故障作出响应

默认情况下，检测到故障后，就会生成一个内部中断请求 (IRQ)。用户可以使用 INT_MASKx 寄存器控制哪些故障会生成中断。将屏蔽位设置为 1 表示屏蔽相应的故障，并且不再触发中断，但只要 INT_CFG 寄存器中的 LTCH_READ_CFG 位设置为 0，就会在锁存寄存器中记录故障。INT_CFG 中的设置适用于所有通道的故障。

内部 IRQ 信号可以是任何 GPIO 引脚上的输出，用于提示主机处理器存在故障情况。如果 TAxx-Q1 上的 GPIO 引脚用于另一项功能，或主机处理器上没有可用的 GPI 引脚，则用户还可以选择定期轮询故障寄存器。

INT_CFG (P0_R66) 寄存器中的设置决定了器件如何处理中断。用户可以使用 INT_POL 位对 GPIO 上输出的中断极性进行编程。INT_EVENT 位设置在发生特定事件时触发中断的频率。PD_ON_FLT_CFG 位控制发生故障时是否自动关断 MICBIAS 和受影响的 ADC 通道。用户可以选择仅在发生未屏蔽的故障时关断，或者无论屏蔽设置如何，在检测到任何故障时都关断。PD_ON_FLT_RCV_CFG 位设置在中断不再有效后器件是自动重新上电，还是等待来自主机的手动编程。有关手动恢复模式的更多信息，请参阅第 7.2 节。请注意，ASI 总线时钟错误始终会关断 ADC 通道，并且在解决错误后器件就会恢复。

7.1 INT_CFG 寄存器 (页面 = 0x00 , 地址 = 0x42) [复位 = 0b]

该寄存器是中断配置寄存器。

表 7-1. INT_CFG 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7	INT_POL	R/W	0b	中断极性 0b = 低电平有效 (IRQZ) 1b = 高电平有效 (IRQ)
6-5	INT_EVENT[1:0]	R/W	00b	中断事件配置 0d = INT 在发生任何未屏蔽的锁存中断事件时置为有效 1d = INT 在发生任何未屏蔽的实时中断事件时置为有效 2d = 在发生任何未屏蔽的锁存中断事件时，INT 每 4ms (典型值) 置为有效一次且每次持续 2ms (典型值) 3d = 在发生任何未屏蔽的中断事件时，INT 在每个脉冲上置为有效一次且每次持续 2ms (典型值)
4-3	PD_ON_FLT_CFG[1:0]	R/W	00b	发生 Chx 和 MCBIAS 故障时的关断配置 0d = 关断时不考虑故障 1d = 关断时仅考虑未屏蔽的故障 2d = 关断时考虑所有故障 3d = 保留
2	LTCH_READ_CFG	R/W	0b	中断锁存寄存器读回配置 0b = 所有中断都可以通过 LTCH 寄存器读取 1b = 只有未屏蔽的中断可以通过 LTCH 寄存器读取
1	PD_ON_FLT_RCV_CFG	R/W	0b	发生故障时关断 ADC 通道的配置 0b = 自动恢复，在故障消失时 ADC 通道重新上电 1b = 手动恢复，故障消失时 ADC 通道不会重新上电
0	LTCH_CLR_ON_READ	R/W	0b	用于将 LTCH 寄存器位清零的配置 0 = 仅当实时状态为零时，才在寄存器读取时将 LTCH 寄存器位清零 1 = 无论实时状态如何，在寄存器读取时都将 LTCH 寄存器位清零

(1) R/W = 读取或写入

除了屏蔽设置之外，DIAG_CFG10 (P1_R80) 还允许用户选择在发生哪些 MICBIAS 故障时关断 MICBIAS 和所有 ADC 通道。

7.1.1 DIAG_CFG10 寄存器 (页面 = 0x01 , 地址 = 0x50) [复位 = 0x88]

此寄存器是 MICBIAS 诊断配置寄存器 10。

表 7-2. DIAG_CFG10 寄存器字段说明

位	字段	类型 ⁽¹⁾	复位	说明
7	PD_MBIAS_SHRT_CKT_FLT	R/W	1b	短路故障期间 MICBIAS 的断电配置 0b = 发生故障时无变化 1b = 发生故障时禁用 MICBIAS
6	PD_MBIAS_HIGH_CURR_FLT	R/W	0b	高电流故障期间 MICBIAS 的断电配置 0b = 发生故障时无变化 1b = 发生故障时禁用 MICBIAS
5	PD_MBIAS_LOW_CURR_FLT	R/W	0b	低电流故障期间 MICBIAS 的断电配置 0b = 发生故障时无变化 1b = 发生故障时禁用 MICBIAS
4	PD_MBIAS_OV_FLT	R/W	0b	高电压故障期间 MICBIAS 的断电配置 0b = 发生故障时无变化 1b = 发生故障时禁用 MICBIAS
3	PD_MBIAS_OT_FLT	R/W	1b	过热故障期间 MICBIAS 的断电配置 0b = 发生故障时无变化 1b = 发生故障时禁用 MICBIAS
2	MAN_RCV_PD_FLT_CHK	R/W	0b	手动恢复 (自行清除位) 0b = 无效 1b = 重新检查故障状态并在通道没有任何故障时对其重新上电。
1	MBIAS_FLT_AUTO_REC_EN	R/W	0b	出现故障时 MICBIAS 断电 自动恢复的启用情况 0d = 禁用 在发生 MICBIAS 故障时自动恢复 1d = 启用 自动恢复
0	MICBIAS_SHRT_CKT_DE T_DIS	R/W	0b	MICBIAS 短路故障检测配置 0b = 启用 1b = 禁用

(1) R/W = 读取或写入

7.2 手动恢复序列

在某些应用中，在发生故障且 MICBIAS 和 ADC 通道关闭后，需要先等待主机处理器的输入，然后再恢复电源。为此，可以将 INT_CFG (P0_R66) 中的 PD_ON_FLT_RCV_CFG 位设置为 1 以启用手动恢复模式。在此模式下，器件会等待向 DIAG_CFG10 (P1_R80) 寄存器中的 MAN_RCV_PD_FLT_CHK 位写入 1，然后再开始启动序列。启动手动恢复的正确顺序如下：

1. 移除系统中导致 MICBIAS 故障的所有触发器或事件。
2. 重置 P1_80 中的 PD_MBIAS_HIGH_CURR_FLT 和 PD_MBIAS_LOW_CURR_FLT 位。
3. 设置 MAN_RCV_PD_FLT_CHK (P1_R80)。
4. 等待至少 10ms。
5. 根据需要设置 P0_R58 中的 PD_MBIAS_HIGH_CURR_FLT 和 PD_MBIAS_LOW_CURR_FLT 位。

请勿跳过此序列中的第 2 步，否则即使故障不再存在，器件也可能无法正常启动。

7.3 建议的故障寄存器读取顺序

发生故障且生成中断后，就可以使用诊断寄存器来确定是否存在故障。因为锁存寄存器是瞬态的，并且不再反映在实时寄存器中，因此对于大多数应用来说，锁存寄存器用于识别故障。在读取锁存寄存器时，建议读取每个锁存故障寄存器，以便确认已检测到所有错误并相应地复位锁存。寄存器读取的确切顺序取决于应用和屏蔽设置。以下序列是推荐的默认序列，可以避免缺失故障。

1. 读取 INT_LTCH0 寄存器来确定是否发生了任何时钟、PLL、过热或过流故障。
2. 读取 CHx_LTCH 寄存器，确定哪个输入通道出现故障（如果有）。
3. 如果通道发生故障，则先读取 INT_LTCH1 寄存器来确定是否发生了过压故障。
4. 读取步骤 1 中所确定通道的相关 IN_CH_LTCH 寄存器，从而确定发生了哪些其他故障。

由于读取 INT_LTCH1 中的过压寄存器会清除 IN_CHX_LTCH 寄存器中的短接至 VBAT_IN 位，因此如果短路是瞬态短路，可能无法检测到短接至 VBAT_IN 故障。因为只要 VBAT_IN > MICBIAS（在大多数应用中就是这种情况），任何短接至 VBAT_IN 故障也会触发过压故障，所以最好检测过压故障。此外，短接至 VBAT_IN 在本质上不太可能是瞬态的，并且仍然可以在相应的锁存或实时寄存器中读取，具体取决于 LTCH_CLR_ON_READ 设置。

8 使用 PurePath™ Console

使用 TA5x1x-Q1 评估模块 (EVM) 和 PurePath™ Console 3 图形用户界面 (GUI) 轻松地配置输入故障诊断功能。用户可以使用 PurePath Console 3 来配置诊断编程阈值、去抖、启用或屏蔽故障，并在 EVM 具有集成电路来直接触发这些输入通道时自动监测输入和 MICBIAS 故障的状态。

[TA5x1xQ15B5EVM-K 评估模块 EVM 用户指南](#) 包含有关测试各种诊断设置的说明。

8.1 高级选项卡

从 ti.com/mysecuresoftware 下载 GUI 和 TA5x1x-Q1 应用后，导航至页面右上角的 **Advanced** 选项卡。启用 **Diagnostics** 高级模式选项卡，然后点击 **Apply**。

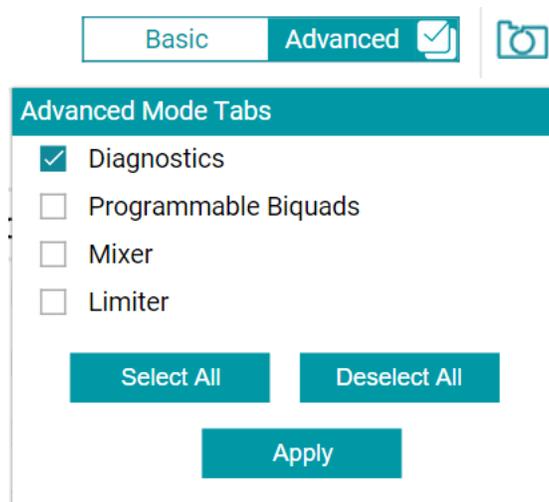


图 8-1. 高级模式选项卡

8.2 诊断演练

8.2.1 诊断配置

图 8-2 展示了 *Advanced Mode* 选项卡的一个部分，用户可以使用 0mV 至 450mV 的可编程阈值来调整监控的输入故障。在初始化时单点滑块设置为每个故障的默认阈值。

1. 用户可以使用 *Threshold Range Scale* 复选框将所有配置阈值缩放两倍。
2. 选中 *INxM pins of Single Ended Configuration* 复选框时，在诊断扫描中不包括 INxM 引脚。
3. 选中 *AC Coupled channel pins* 复选框时，将器件配置为在诊断扫描中包括交流耦合通道。启用此框时将使用一个通道进行直流诊断，而另一个通道具有交流耦合 MIC 输入，如图 2-3 所示。

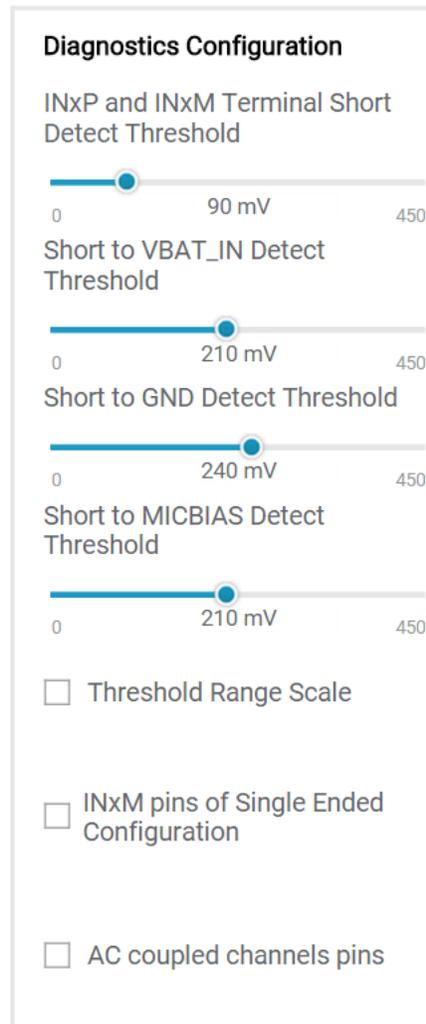


图 8-2. 诊断配置窗格

8.2.2 去抖配置

图 8-3 展示了 *Advanced Mode* 选项卡的一个部分，在此部分中，用户可为 0、4、8 或 16 个计数设置去抖来滤除瞬态事件。此设置将为除 VBAT_IN 短路以外的所有故障配置去抖，VBAT_IN 短路可独立编程为 8 或 16 个计数。

Debounce Configuration

Debounce count

4 ▼

VBAT_IN short debounce count

16 ▼

图 8-3. 去抖配置窗格

8.2.3 锁存故障状态

TAx5x1xQ1 GUI 全面汇总了输入故障和麦克风故障。GUI 有多个选项，让用户可以选择要屏蔽诊断的故障中断或通道以及是自动更新还是手动更新。

Latched Fault Status Auto Update Manual Update

SUMMARY			
CHANNEL	CH1	CH2	Fault Interrupt Mask
Open Inputs	●	●	<input type="checkbox"/>
Inputs Shorted	●	●	<input type="checkbox"/>
INP Short to GND	●	●	<input type="checkbox"/>
INM Short to GND	●	●	<input type="checkbox"/>
INP Short to MICBIAS	●	●	<input type="checkbox"/>
INM Short to MICBIAS	●	●	<input type="checkbox"/>
INP Short to VBAT	●	●	<input type="checkbox"/>
INM Short to VBAT	●	●	<input type="checkbox"/>
INP Overvoltage	●	●	<input type="checkbox"/>
INM Overvoltage	●	●	<input type="checkbox"/>
Channel Interrupt Mask	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Fault Diagnostics Interrupt Mask

MICBIAS Faults

Short Circuit	●
High Current	●
Low Current	●
Over Voltage	●

图 8-4. 锁存故障状态窗格

9 诊断监控寄存器

除了锁存和实时故障寄存器，用于故障计算的原始数据还存储在诊断监控寄存器 (P1_R86 至 P1_R113) 中。这些寄存器提供每个输入通道、VBAT_IN 和 MICBIAS 的电压读数以及 MICBIAS 负载和内部芯片温度。MICBIAS 负载和芯片温度寄存器具有独特的传递函数，在以下各节中会进行详细说明。这些寄存器可用于绕过片上故障处理，并根据原始数据开发独特的故障算法。在系统调试期间，这些寄存器也很有用。

9.1 电压测量

用于故障计算的原始通道电压数据存储为二进制格式的 12 位 SAR ADC 代码，并可从相关的第 1 页寄存器中读取。数据按如下方式打包，先将 MSB 字节放入一个寄存器中，然后在第二个寄存器中打包 LSB 半字节，并附加 4 位通道 ID。以下公式用于将原始数据转换为输入源电压。

$$VIN(V) = \left(\left(0.9 \times \frac{READ_DATA}{4095} \right) - 0.211764 \right) \times 17 \quad (2)$$

通过 DIAGDATA_CFG 寄存器 (第 1 页 : 0x55)，用户可以选择在寄存器读回期间 SAR 数据寄存器是持续更新还是暂停更新。默认情况下，在读取寄存器时数据更新会暂停。如果使用了移动平均值功能，则必须持续更新数据。

9.2 MICBIAS 负载电流

MICBIAS 加载数据划分到两个第 1 页寄存器。DIAG_MON_MSB_MBIAS (第 1 页，地址 0x58) 包含 MICBIAS 负载电流的 MSB 数据字节。DIAG_MON_LSB_MBLD (第 1 页，地址 0x57) 包含 MICBIAS 负载电流的 LSB 数据半字节。支持的监控范围为 0mA 至 50mA。以下公式显示了如何将这个原始二进制数据转换为 MICBIAS 负载电流。

$$MICBIAS \text{ Load Current (mA)} = \left(\left(0.9 \times \frac{READ_DATA}{4095} \right) - 0.2 \right) \times 48.46154 \quad (3)$$

MICBIAS 负载电流测量未针对增益和偏移误差进行修整，仅用作想要粗略估算负载条件的应用的辅助功能。精度与 0.117mA 的阈值步长大小大致相同。如果需要精密负载监控，建议使用外部传感器。

9.3 内部芯片温度

通过内部二极管可粗略测量器件芯片温度。此温度监测与过热故障检测电路所用的监测不同。支持的监测范围为 -40°C 至 150°C，可以使用以下公式计算温度。

$$Temperature(^{\circ}C) = 0.1141 \times (3565 - READ_DATA) - 40 \quad (4)$$

芯片温度测量未针对增益和偏移误差进行修整，仅用作想要粗略估算芯片温度的应用的辅助功能。未指定芯片温度传感器的精度，该精度会因电路板布局布线而异。但是，传感器的粗略表征通常会显示 $\pm 5^{\circ}C$ 的精度。如果需要精密的温度读数，建议使用外部传感器。

10 总结

TAx5xxx-Q1 系列器件具有嵌入式高级诊断功能，旨在增强汽车音频系统的可靠性和性能。本应用手册深入探讨该器件的主要方面，包括各种输入和输出故障、虚拟接地故障和电源回流保护方法。此外，本文档还概述了如何配置该器件系列的寄存器、如何正确检测和响应各种故障，以及如何与 PurePath™ Console 图形用户界面 (GUI) 进行交互，为工程师和设计人员提供了全面的指导。

11 参考文献

- 德州仪器 (TI)，[TAA5412-Q1 具有集成麦克风偏置和输入故障诊断功能的汽车级、2 通道、768kHz 音频 ADC 数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[TAx5x1xQ15B5EVM-K 评估模块 EVM 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI)，[PCM6xx0-Q1 故障诊断功能 应用手册](#)

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司