

Application Note

了解 TAS5431-Q1 负载诊断



Trevor Finnigan

摘要

在汽车音频应用中，可靠的负载诊断对于检测接线故障和监测扬声器完整性至关重要。TAS5431-Q1 汽车级 D 类放大器集成了负载诊断功能，可检测常见的接线和负载故障。本应用报告详细介绍了这些功能及其使用方法。

内容

1 简介.....	2
2 TAS5431-Q1 负载诊断.....	3
2.1 检测到的负载故障类型.....	3
2.2 诊断序列、时序和故障响应.....	3
2.3 寄存器报告.....	5
2.4 使用示波器测量负载诊断波形.....	5
2.5 通过软件对负载诊断进行故障排除.....	8
2.6 应用级注意事项.....	9
3 总结.....	10
4 参考资料.....	10

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

TAS5431-Q1 是一款符合汽车标准的单声道 D 类音频放大器，其集成了负载诊断功能，用于监测接线和扬声器负载的完整性。图 1-1 显示了该器件及相关微处理器的典型应用示意图。

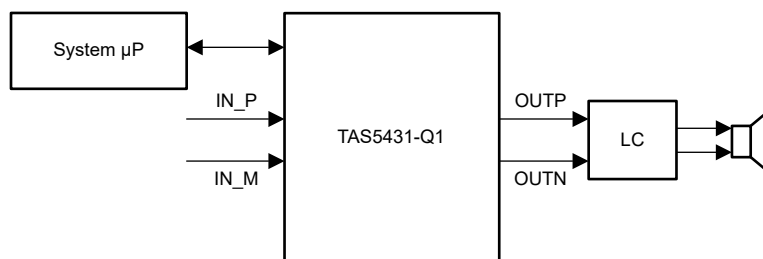


图 1-1. 简化版应用示意图

这些集成的诊断功能可检测四种类型的扬声器或接线故障，并在适用的情况下通过 I²C 和 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚将故障状态报告给系统微处理器。本应用报告详细介绍了放大器的负载诊断功能，包括监测到的故障类型、诊断序列和相关时序，以及放大器对各种故障状况的响应。

2 TAS5431-Q1 负载诊断

2.1 检测到的负载故障类型

TAS5431-Q1 负载诊断功能可监测以下扬声器状况：

- GND 短路
- PVDD 短路
- 负载短路
- 负载开路

2.2 诊断序列、时序和故障响应

在以下情况会执行负载诊断序列：

- $\overline{\text{STANDBY}}$ 引脚置为无效时
- 从直流检测、过流、过压*、欠压或过热事件进行故障恢复后立即执行

*注意：每发生两次过压 (OV) 事件后就会运行负载诊断

假设不存在故障的情况下，测试序列包含四个阶段，总时长约为 229ms：

1. 放电阶段 (约 75ms)
2. 斜升阶段 (约 52ms)
3. 检查阶段 (约 50ms)
4. 斜降阶段 (约 52ms)

在检查阶段，提供的 10mA 电流从 OUTP 经负载流至 OUTM，并测量差分电压以确定负载状态。有关负载诊断故障检测阈值的规格，请参阅 [TAS5431-Q1 数据表](#)。

完成负载诊断序列且未检测到任何故障时，音频输出开始。如果检测到故障，或者存在较大输出电容，检查阶段可能会最多重复五次，致使单个负载诊断序列的最长持续时间约为 429ms。对故障的响应取决于所存在的故障类型：

负载开路：

- 音频保持启用状态。
- 仅更新故障寄存器状态。

负载短路、对 PVDD 短路、接地短路：

- 输出强制进入高阻态
- 负载诊断无限重复，直至故障清除
- 更新故障寄存器状态
- $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚置为有效

负载诊断序列处于活动状态时，*状态和负载诊断寄存器 (0x02)* 的 D5 位将置为有效。在退出负载诊断序列并开始音频输出（通过诊断检查或检测到负载开路）之前，该位不会置为无效。如果存在任何其他负载诊断故障，该位在故障存在且负载诊断序列重复的整个期间保持置为有效。

如果在诊断期间发生与诊断无关的故障（电压故障、热故障、过流故障），则器件会提前退出诊断，这可能会导致扬声器输出发出砰砰声或咔嗒声。

图 2-1 总结了诊断序列、时序和故障响应。

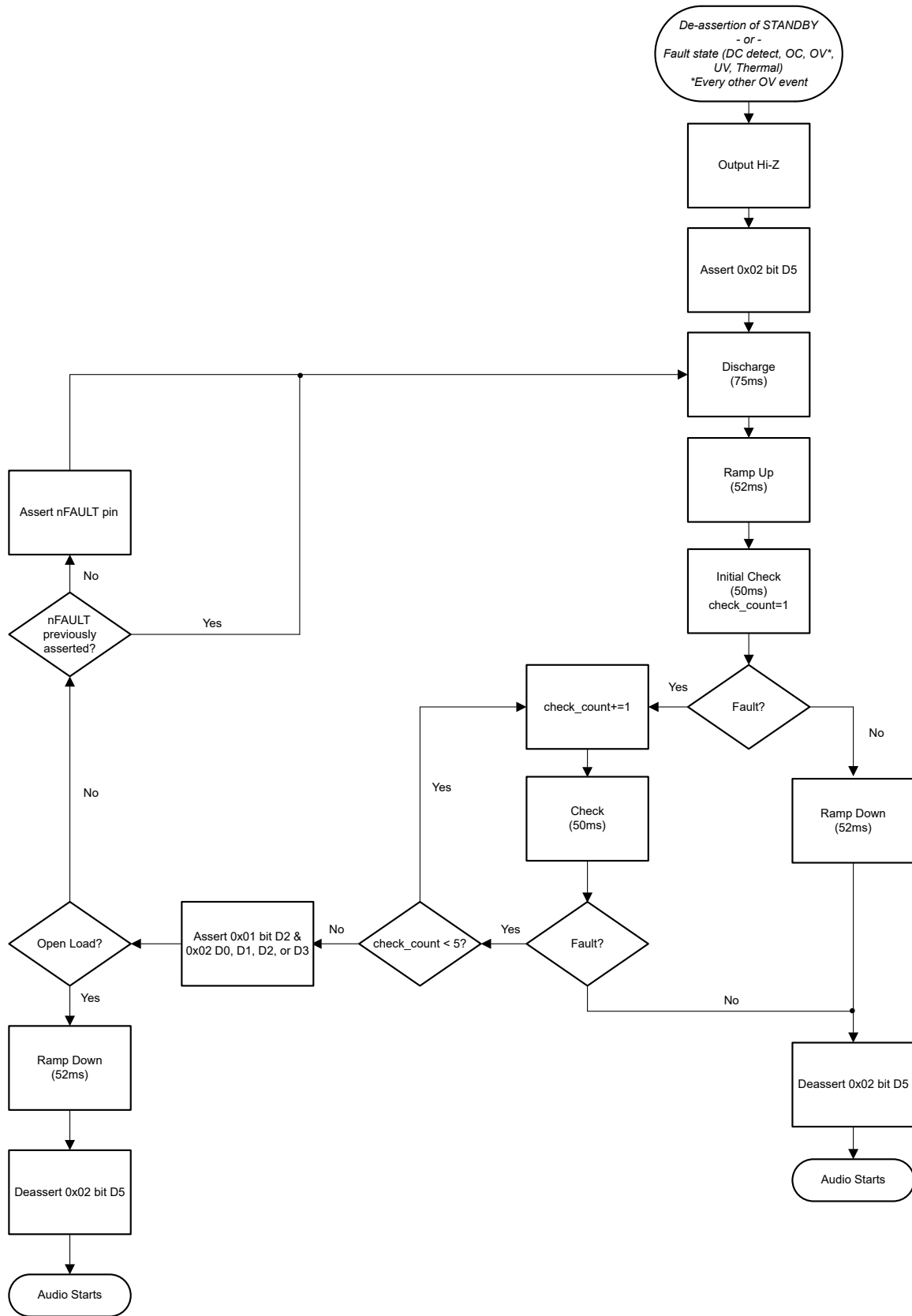


图 2-1. 诊断序列、时序和故障响应的流程图

2.3 寄存器报告

如果负载诊断检测到存在故障，则故障寄存器 (0x01) 的 D3 位将置为有效。状态和负载诊断寄存器 (0x02) 中进一步详细介绍了具体故障，如表 2-1 中所列

表 2-1. 与负载诊断故障关联的状态和负载诊断寄存器子集

位	条件
D3	检测到开路负载
D2	检测到短路负载
D1	输出接地短路
D0	输出对 PVDD 短路

2.4 使用示波器测量负载诊断波形

对故障场景进行故障排除时，使用示波器有助于了解负载诊断序列中实际发生的情况。如节 2.2 所示，在负载诊断检查阶段，提供的 10mA 电流从 OUTP 经负载流至 OUTM，并通过 IC 测量差分电压以确定负载状态。由于差分电压测量的基准点是 IC 的引脚，因此务必将示波器探头尽可能靠近 IC 引脚放置。直接在扬声器处进行探测会导致结果不准确，因为这样会绕过扬声器导线产生的压降。

以下一组图展示了在通过测试条件下和各种故障条件下诊断序列的预期波形。

图 2-2 展示了 8 Ω 负载上通过测试的波形。可以看到，诊断序列在 **STANDBY** 置为无效时开始，完成该序列需要约 229ms。在 50ms 检查阶段，电压差为 80mV，这是 10mA 拉电流流过 8 Ω 负载的预期结果。**FAULT** 引脚在序列的整个期间保持置为无效状态。

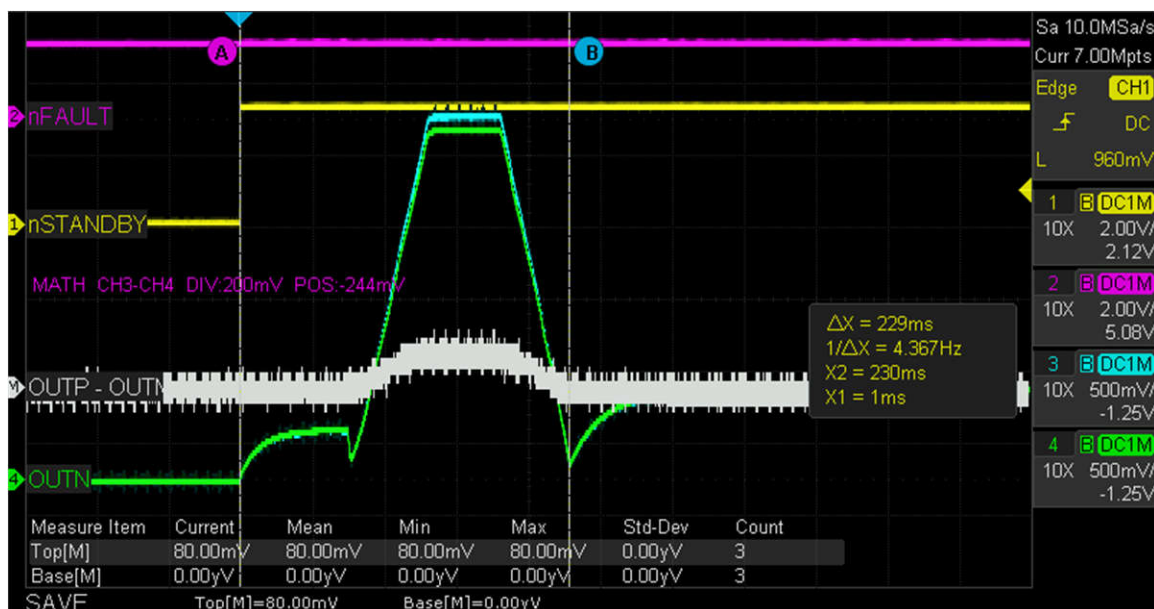


图 2-2. 8 Ω 负载正常运行时的示波器波形

图 2-3 展示了存在负载开路故障时的诊断序列波形。可以看到，诊断序列在 **STANDBY** 置为无效时开始，完成该序列需要约 428ms，其中检查阶段持续 250ms。观察到的差分电压为 5.6V，相当于 560 Ω ，超过了数据表中规定的开路检测阈值。**FAULT** 引脚在序列的整个期间保持置为无效状态。

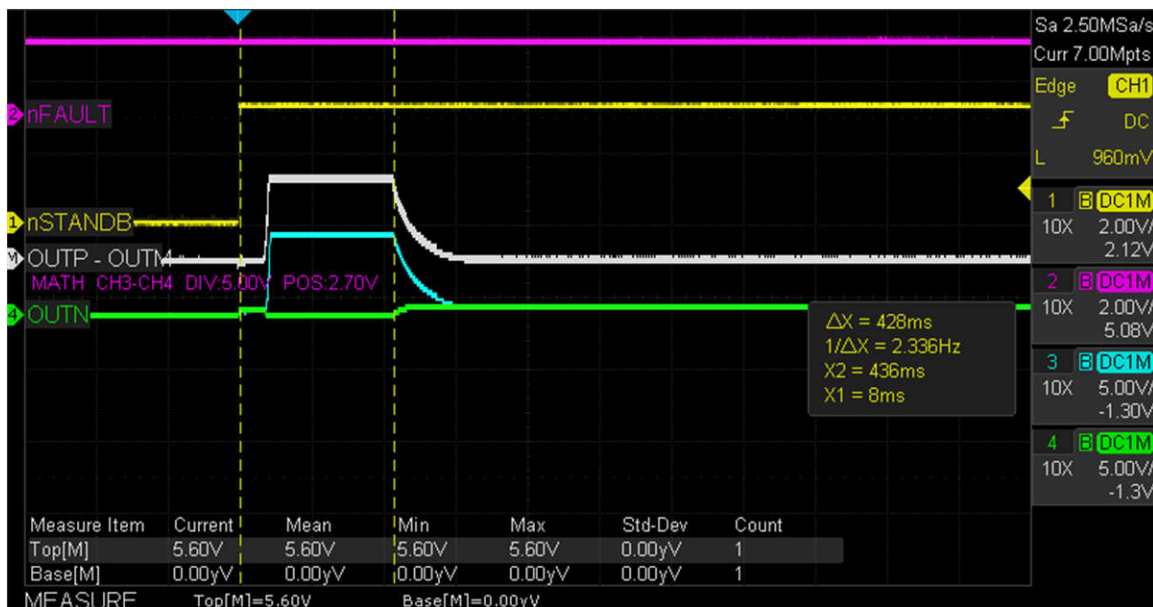


图 2-3. 负载开路条件下的示波器波形

图 2-4、图 2-5 和图 2-6 分别展示了负载短路、扬声器线接地短路和扬声器线对电源短路的波形。在所有三个波形中均可看到，初始诊断序列在 **STANDBY** 置为无效时开始，每一轮诊断需要约 428ms 完成。第一个诊断序列完成后，**FAULT** 被置为有效，并且由于故障持续存在，其保持置为有效状态。只要故障仍然存在，该故障序列就会无限重复。

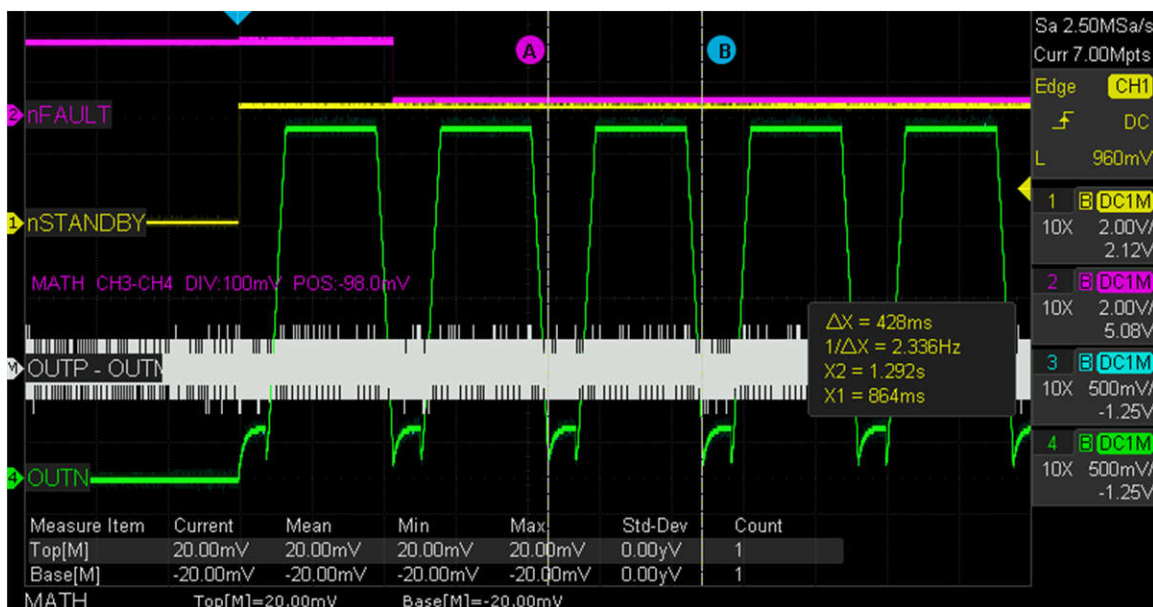


图 2-4. 负载短路条件下的示波器波形

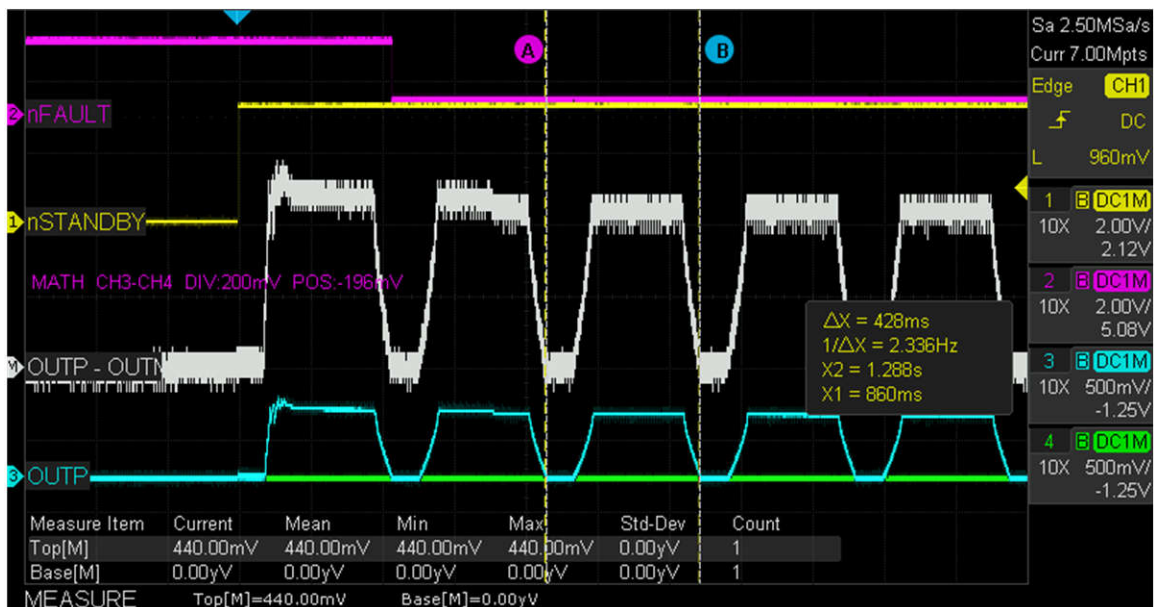


图 2-5. OUTN 接地短路时的示波器波形

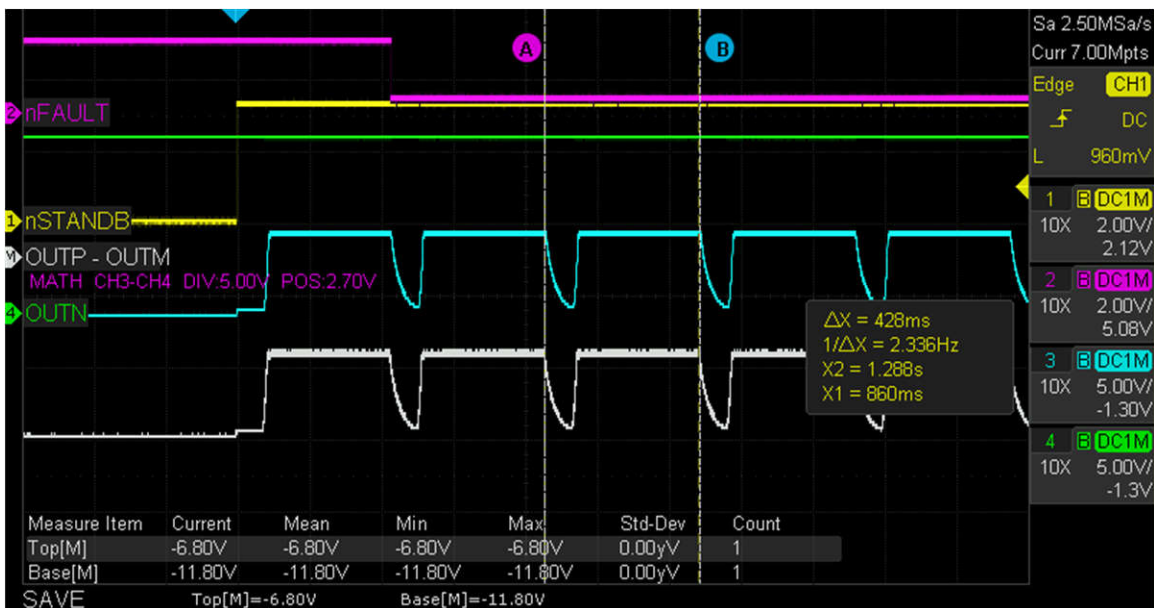


图 2-6. OUTN 对 PVDD 短路时的示波器波形

2.5 通过软件对负载诊断进行故障排除

PurePath Console 3 (PPC3) GUI 与 TAS5431Q1EVM 配合使用时，用户可轻松监测器件状态，包括负载诊断故障。**Device Monitor & Control** 选项卡提供了两个用于监测器件状态的选项：**Live** 和 **Latched**。**Live** 模式通过 I²C 持续跟踪诊断状态。使用此模式时，状态寄存器约每 510ms 轮询一次，并将器件的状态持续输出到 GUI。或者，也可以使用 **Latched** 模式按需捕获一次性状态。图 2-7 展示由于持续负载短路故障而导致持续运行负载诊断时，器件在 **Live** 模式下的 PPC3 GUI 输出快照。

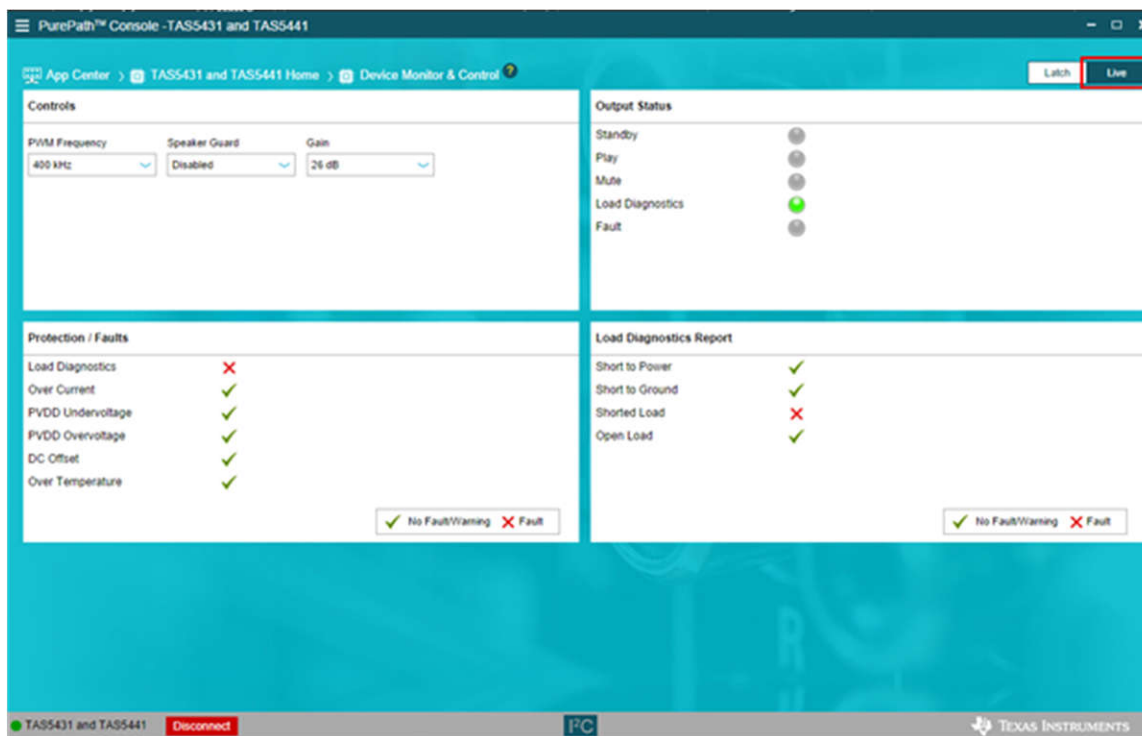


图 2-7. PurePath Console 3 **Device Monitor and Control** 窗口 **Live** 状态 (负载短路故障时)

也可以对包含 TAS5431-Q1 的 ECU 和/或车辆采用类似的方法。利用系统的微处理器，可以通过 I²C 定期或按需轮询 TAS5431-Q1 故障寄存器，以确定器件和负载的状态。这对于在原型测试和系统级诊断期间验证布线和扬声器的完整性非常有用。

2.6 应用级注意事项

为了在车辆中实现稳健的故障检测和性能，系统集成商必须考虑 TAS5431-Q1 负载诊断功能的预期行为。

系统固件必须考虑退出待机模式后启用音频前负载诊断的持续时间。如标称情况所示，负载诊断预计在约 229ms 内完成。但在发生间歇性故障的情况下（例如，后备箱猛然关闭，导致扬声器受到短暂的外部振动），诊断序列的单个周期可能需要长达约 429ms。如果在负载诊断完成之前启用了音频，则输出可能会被截断，和/或在退出负载诊断时会发出砰砰声。

理想的做法是将 TAS5431-Q1 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚连接到系统微处理器的 I/O。这样就可以将系统固件配置为持续监测该 I/O 引脚，以此作为一种形式的故障检测。检测到 $\overline{\text{FAULT}}$ 置为有效时，可以将系统微处理器配置为通过 I²C 轮询 TAS5431-Q1 故障寄存器。请注意，负载开路故障不会触发 $\overline{\text{FAULT}}$ 置为有效。

部分系统集成商可选择以固定时间间隔轮询 TAS5431-Q1 状态寄存器，这有助于了解负载状态。如果系统需要检测负载开路情况，则可以通过轮询进行此检测，因为该故障机制不会将 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚置为有效。某些应用可能会选择在退出待机模式后、启用音频前轮询故障状态寄存器，以确保器件不再执行负载诊断且未报告任何扬声器故障。此外，某些应用会轮询状态寄存器，如果在连续固定次数的状态读取中均检测到故障，则设置诊断故障代码 (DTC)。故障轮询和报告的具体实现取决于系统要求，须由系统集成商酌情自行决定。

最后，系统集成商务必注意 OUTx 引脚与 GND 之间的输出电容，并根据 TAS5431-Q1 数据表中所述的“建议运行条件”来设计系统。否则，即使系统不存在故障，也可能导致负载诊断检查阶段最多重复五次。

3 总结

TAS5431-Q1 D 类放大器集成了负载诊断功能，可检测四种常见的接线和负载故障。本应用手册中的信息使汽车工程师或系统集成商能够在应用中有效利用这些功能，从而提高整体系统稳健性。

4 参考资料

1. 德州仪器 (TI) , [TAS5431-Q1 带有负载突降和 I2C 诊断功能的 8W 单声道汽车数字音频放大器](#) , 数据表。

重要通知和免责声明

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

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

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月