



电池供电型应用的一个常见设计目标是降低模拟信号链的功耗，该信号链通常由传感器、放大器和模数转换器 (ADC) 组成。由于传感器在上电时的延迟较长，因此可以始终保持开启状态。对于 ADC，功耗往往由转换周期决定，通常以突发模式运行 ADC，实现更短的转换周期，从而降低功耗。现在有两种用于降低功耗的放大器选择，本文档将详细讨论这些放大器。

主要选择通常是选择静态电流 (功率) 较低的放大器，并在整个 ADC 采集和转换周期内使放大器保持开启状态。虽然这乍看起来很有吸引力，但此处的主要权衡是这些低功耗放大器往往具有会影响精度的更高本底热噪声，以及会影响输出驱动的更高输出阻抗。表 1 展示了一些低功耗放大器的典型数据。

表 1. 常开、低功耗放大器规格

通用器件型号	静态电流 I_{Q_ON} (μA)	带宽 (MHz)	1kHz 时的本底热噪声 (nV / \sqrt{Hz})	低频累积噪声 0.1 至 10 Hz (μV_{p-p})	1kHz 时的输出阻抗 ($k\Omega$)
TLV8801	0.45	0.006	450	12	90
TLV8541	0.50	0.008	264	8.6	8
TLV379	4	0.090	83	2.8	28
TLV9041	10	0.350	66	6.5	7

如表 1 所示，放大器的静态电流越低，本底热噪声越高。如果信号频率远低于 100Hz，这种较高的热噪声是可以接受的，因为与本底热噪声相比，这些放大器的低频噪声变得更占主导地位。如果信号频率高于 1kHz，一个稍好的次要选择是使用具有较低本底热噪声和关断功能的放大器，来提高信噪比并保持较低的功耗。通过定期启用放大器在需要时进行测量，同时在剩余时间内禁用放大器，可以实现较低的功耗。必须在 ADC 采集周期结束之前启用放大器，以便在 ADC 转换周期开始前及时获得稳定的信号。这种使用关断放大器进行周期性测量的技术称为占空比。

表 2. 占空比放大器：TLV90x1S 与 OPAx310S 规格对比

通用器件型号	带宽 (MHz)	启用时间 (μs)	静态电流使能模式 - I_{Q_ON} (μA)	静态电流禁用模式 - I_{Q_SHDN} (μA)	1kHz 时的本底热噪声 (nV / \sqrt{Hz})
TLV9001S	1	70	60	0.500	27
TLV9061S	10	10	538	0.500	10
OPA310S	3	1	165	0.265	13

启用模式、禁用模式下的放大器静态电流以及启用和禁用时间是决定放大器占空比时的平均功耗的主要规格。表 2 展示了这些关断放大器的启用时间与带宽成反比。OPA310S 明显是这种趋势的例外情况。该器件在 3MHz 带宽下可实现 $1 \mu s$ 的更短启用时间，同时在启用时消耗 $165 \mu A$ 的更低静态电流，在禁用时消耗 $265 nA$ 的电流。除了具有 $13 nV / \sqrt{Hz}$ 的更低本底热噪声之外，OPA310S 还成为采用占空比技术实现节能的系统的绝佳选择。

为了实现更好的节能效果，必须缩短放大器导通时间，从而减少占空比 (%)，进而降低平均静态电流。更低的平均静态电流可直接降低能耗，从而延长电池寿命。表 3 总结了这些放大器可实现的最小占空比值，假设必须每 1ms 进行一次测量，精度为 0.01%。放大器的总导通时间是开启放大器所需时间和输出稳定至 ADC 精度所需时间的总和 (假设在本例中为 0.01%)。

方程式 1 至方程式 3 描述了总导通时间、总关断时间和最小占空比 (D)。

$$\text{Total ON time } (\mu\text{s}) = \text{Enable time } (\mu\text{s}) + \text{Settling time } 0.01\% (\mu\text{s}) \quad (1)$$

$$\text{Total OFF time } (\mu\text{s}) = 1000 (\mu\text{s}) + \text{Total ON time } (\mu\text{s}) \quad (2)$$

$$\text{Minimum Duty Cycle, } D(\%) = \frac{\text{Total ON time } (\mu\text{s})}{1000 (\mu\text{s})} \times 100 \quad (3)$$

表 3. 占空比比较 : TLV90x1S 与 OPA310S

通用器件型号	启用时间 (μs)	建立时间 0.01% (μs)	总导通时间 (μs)	总关断时间 (μs)	最小占空比 (D) (%)
TLV9001S	70	3	73	927	7.30
TLV9061S	10	1	11	989	1.10
OPA310S	1	1.6	2.6	997.4	0.26

OPA310S (具有更快的启用时间和建立时间) 有助于实现更短的总导通时间, 从而实现比其他占空比放大器更短的占空比。表 4 概述了在 1ms 时间范围内满足 0.01% 建立时间要求的平均电流消耗, 以及本底热噪声 (性能参数)。

$$\text{Average Quiescent Current in 1 ms } (\mu\text{A}) = I_{Q_ON} \times \frac{D}{100} + I_{Q_OFF} \times \left(1 - \frac{D}{100}\right) \quad (4)$$

表 4. 所有放大器静态电流比较

类型	通用器件型号	1ms 内的平均静态电流 (μA)	1kHz 时的本底热噪声 ($\text{nV} / \sqrt{\text{Hz}}$)
常开	TLV8541	0.50	265
常开	TLV9041	10	66
占空比	TLV9001S	4.84	27
占空比	TLV9061S	6.41	10
占空比	OPA310S	0.69	13

与占空比 TLV9061 相比, OPA310S 的静态电流降低了 89%, 而本底热噪声仅增加了 $3\text{nV} / \sqrt{\text{Hz}}$ 。与常开 TLV8541 相比, OPA310S 的噪声降低了 95%, 而平均静态电流仅增加了 $0.19 \mu\text{A}$ 。这些改进使得 OPax310S 系列非常适合于需要一定程度噪声性能的功耗敏感型应用。上述比较针对静态功耗, 因为动态功耗可能会因应用中放大器输出负载的不同而异。只要动态功耗比静态功耗更低, 上述比较就适用。

OPax310S 器件还提供更高的可靠性, 并在连接到传感器时避免故障。与放大器相比, 这些传感器通常需要不同的电源电压, 因此需要仔细控制电源时序。如果操作不正确, 可能会导致放大器输入端产生传感器负载, 放大器输出端产生故障信号。与大多数放大器的传统输入 ESD 结构相比, OPax310S 的失效防护输入 ESD 结构可在这方面提供帮助, 如图 1 所示。

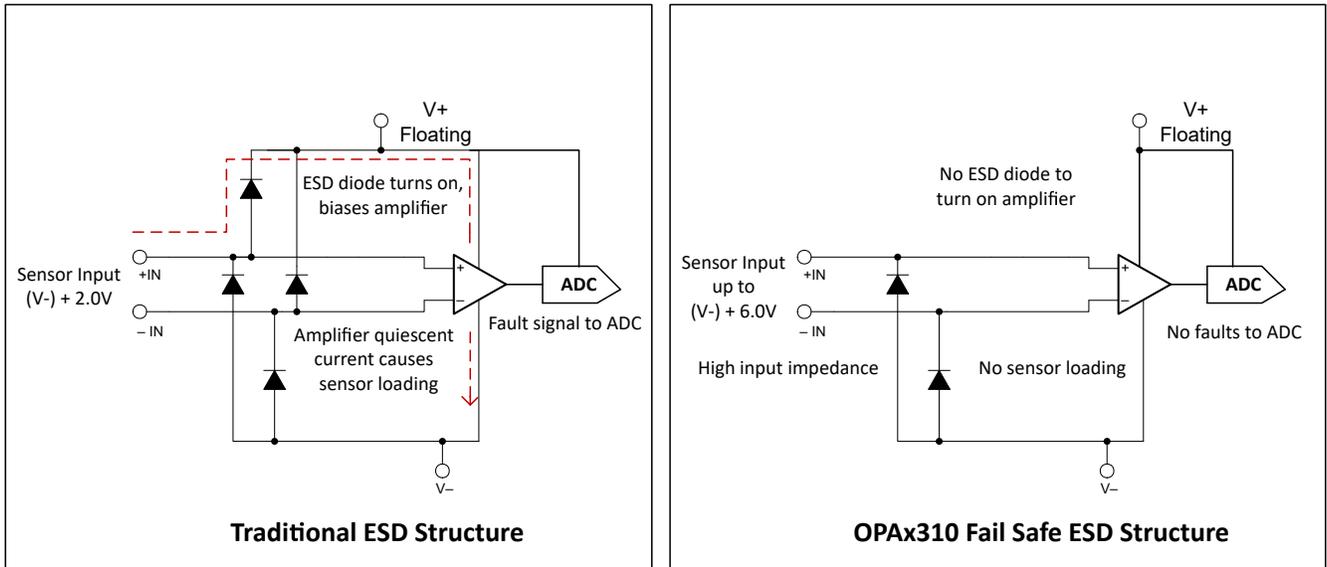


图 1. ESD 结构比较

具有传统输入 ESD 结构的放大器具有从输入端到正电源轨的 ESD 保护二极管。借助此结构，在放大器电源存在之前从传感器发出的任何输入信号都可能会导通 IN 和 V+ 引脚之间的 ESD 保护二极管并使其正向偏置。进而导致传感器输出电压充当电源电压并为放大器提供静态电流（也称为反向供电）。这会导致放大器输入端的传感器负载过重，随后在放大器输出端产生故障信号。

OPAx310S 不同于 TLV90xxS，因为 OPAx310S 在 IN 和 V+ 引脚之间没有任何保护 ESD 二极管。在电源时序控制期间，这可以避免放大器输入端可能产生的传感器负载和放大器输出端可能产生的故障信号。实际上，无论 V+ 引脚上的电压是多少，由传感器驱动时的 OPAx310S 输入都可以从 V- 变为高达 6V。此外，OPAx310S 器件可通过这些失效防护输入实现 8kV HBM（人体放电模型）和 1.5kV CDM（充电器件模型）的稳健 ESD 性能。

有关这种稳健行为的详细测量结果，请参阅[运算放大器 ESD 保护结构](#)应用报告。因此，快速启用时间与 OPAx310S 系列的失效防护 ESD 结构相结合，该器件因而成为与高输出阻抗传感器和突发模式 ADC 配对的理想选择。OPAx310S 系列可提供具有关断和不具有关断功能的单通道、双通道和四通道。表 5 展示了包含关断功能的器件选项。

表 5. OPAx310S 关断器件选项

器件	通道	封装类型和引脚	封装尺寸
OPA4310SIRTER	4	WQFN-16	3.00mm × 3.00mm
OPA2310SIRUGR	2	X2QFN-10	1.50mm × 2.00mm
OPA310SIDCKR	1	SC70-6	1.25mm × 2.00mm
OPA310SIDBVR	1	SOT-23-6	1.60mm × 2.90mm

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司