

LDO稳压器综合指南： 噪声、折衷方案、应用和趋势

Zhihong Yu，产品营销总监

摘要

本文介绍LDO稳压器选型时几个不太注意的关键参数。还针对特殊低噪声要求，将开关稳压器和LDO稳压器进行了比较。此外还讨论了行业趋势，以及介绍需要高性能LDO稳压器的应用。

简介

大多数电子设备电源提供的电压都高于电子设备的典型工作电压。例如，计算机的电源通过适配器插入110 V_{AC}/220 V_{AC}壁式插座，其消耗的电流小于1A。在各种功率半导体执行一系列降压转换后，计算机的处理器最终可能在低于1 V_{DC}的电压下工作，但其峰值电流可能较高。在此类例子中，包含许多电压范围从低于1V到12 V的不同内部电压轨。

低压差稳压器通常称为LDO稳压器，广泛用于各种电子应用，用于调节和控制从较高输入电压电源中输出的较低电压。虽然LDO稳压器通常出现在电源管理教科书的起始章节，并且一般都认为这是一种非常简单的器件，但在电路设计中选择LDO稳压器时，除了电压和电流额定值之外，还有一些技术特性也至关重要，而电路设计人员可能对此不甚了解。本文重点讨论LDO稳压器的低噪声要求，阐述了其他低噪声电源解决方案，并介绍了一些需要低噪声电源的关键应用。

噪声的来源及处理方法

LDO稳压器很少直接从输入电源转化后连接到其他电路——大多数情况下，这种使用方式的功率损耗会非常大。相反，设计人员通常使用AC-DC或DC-DC开关稳压器。当电源（电池或AC）为开关稳压器供电时，电源本身可能有噪声，并且可能会引入电缆中或PCB上的辐射以及其他效应产生的外部噪声。更糟糕的是，这种开关稳压器从来不存在理想的开关器件，所有开关事件都会产生尖峰和振铃，最终会成为内部噪声。开关稳压器可能远离负载放置，沿着其路径可能会引入额外的外部噪声。

由于LDO稳压器可提供较好的稳压性能并抑制输出纹波，或者电路中可能存在多个负载，需要不同的电压，所以电路中通常会添加LDO稳压器，用于降低稳压器输出电压并向负载供电。LDO稳压器将接收所有馈送至其输入端的噪声，并且本身也可能产生噪声，如果不进行处理，所有这些噪声都可能传递到负载（图1）。由于我们无法预测噪声的频谱和幅度，所以噪声很难仿真，因此它可能会干扰非常敏感的负载电路（这就是为什么更换电源后，音响发烧友可以分辨出音质的差异）。其他典型的敏感负载电路可能包括：射频放大器、时钟和时序IC、SERDES、精密模拟和图像传感器，以及医疗设备、测试仪器、电信、汽车和数据中心中可能存在的此类电路。

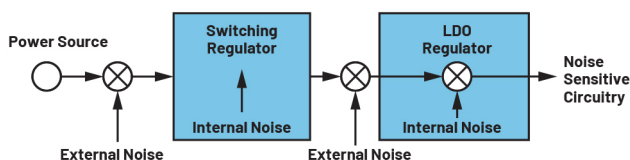


图1. 电源中存在噪声。

电路设计人员采用多种不同方法来降低电源中的噪声。在稳压器前后添加铁氧体磁珠或低通滤波器有助于滤除高频噪声；然而，这些元件可能尺寸较大且很昂贵。如果设计人员在完成最初的原型设计后，发现需要添加此类滤波器，就会很棘手。

一种有名的低噪声设计方法是使用ADI公司的Silent Switcher®开关稳压器。该产品系列所采用的降噪技术，对尺寸和效率都没有影响，也没有过多的元件。该系列专有设计现已发展到第三代。第一代Silent Switcher 1产品使用一对极性相反的开关环路来抵消磁场。第二代集成了精密电源电容，消除了PCB布局敏感性。第三代融合了Silent Switcher 1产品的功能特性，提供低频超低噪声和超快瞬态响应性能。Silent Switcher稳压器可支持高达65 V的输入电压和高达30 A的负载电流，并提供降压、升压或降压-升压拓扑功能。有关更多信息，请访问[Silent Switcher产品页面](#)。

另一种常用方法是使用低噪声LDO稳压器。典型框图如图2所示。低噪声LDO稳压器设计为精密电流基准，后接高性能电压缓冲器。此类器件具有以下三个主要特性：PSRR、总积分输出噪声和噪声谱密度。

PSRR表示输入电压引起的输出电压波动（图3）。它在特定频率下以对数形式表示，并随不同负载和输入/输出电压而变化。本质上，我们不希望输入噪声出现在输出端，因此使用具有较高PSRR的LDO稳压器至关重要。由于高频PSRR可以通过在LDO稳压器

前后添加小型低通滤波器来改善，因此在选择IC时应着重考虑较低频率下的PSRR。选择器件时，请记住每20 dB的差异会造成抑制纹波性能好100倍或差100倍。

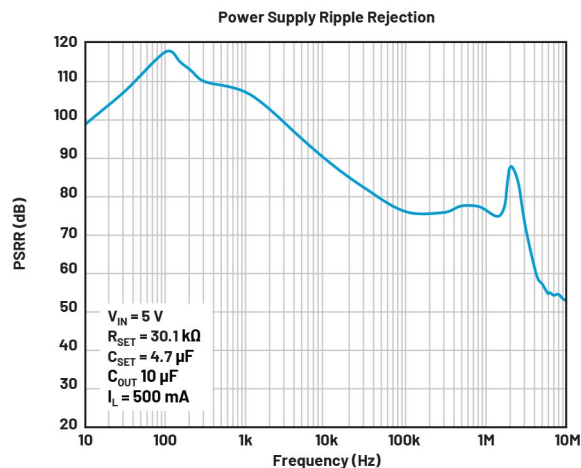


图3. 低噪声LDO稳压器的典型PSRR。

下一个重要的因素是噪声密度与频率的关系，如图4所示。有些与通信相关的应用对工作频谱有相关规定；因此，必须控制噪声才能通过认证测试。还有一些传感器应用，其中会检测和处

理某一低频下的环境信号。因此，设计人员应检查目标频率周围的频谱噪声密度曲线。

最后一个重要因素是总输出噪声，它是在有限频率范围内累加的噪声谱密度的均方根值。对于模数或数模转换电路，LDO稳压器从DC到系统带宽的所有噪声都会累加在一起，从而影响系统精度。因此，总输出噪声对于此类应用非常重要。图5显示了LT3045的积分输出噪声，它比锂离子电池更干净。

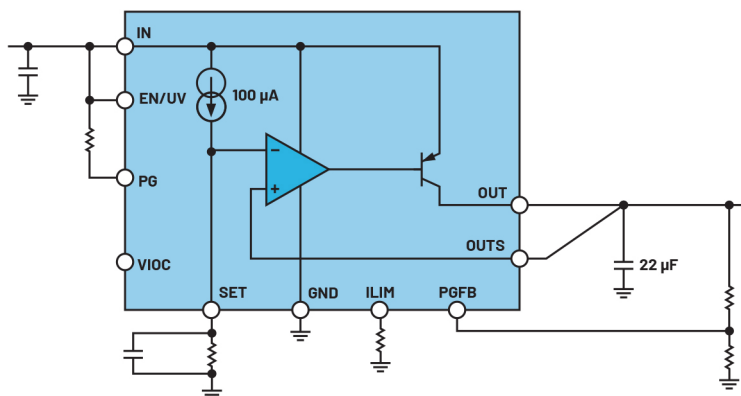


图2. 典型低噪声LDO稳压器框图。

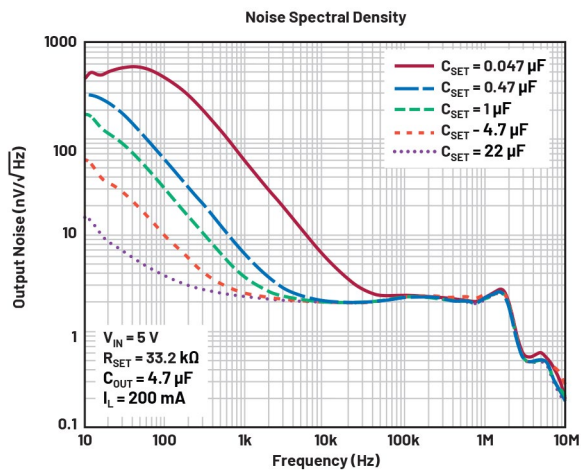


图4. 噪声密度与频率的关系。

折衷方案

几乎所有需要配备至少一个高级处理器和其他电路的应用，都需要提供包含多个输出轨的复杂电源。设计人员有多种方案可以选择，例如PMIC（多路输出、单芯片）IC、多个单路输出稳压器或多个LDO稳压器。如果部分或全部输出轨需要低噪声，那么就很难做出明确的选择。

从教科书中我们很容易了解到，开关稳压器通常比LDO稳压器效率更高，而LDO稳压器电路更容易设计。在现实世界中，情况有点复杂。以ADI公司的AD9162为例。它是一款广泛用于电信和仪器仪表系统的IC。它总共需要10个电源轨，按照4:2:4的比例分为模拟电源、数字电源和SERDES电源。虽然其中一些电源轨可以合并，但我们至少需要六个电源。值得注意的是，器件上的模拟1.2 V电源对噪声最为敏感，其次是模拟2.5 V和模拟-1.2 V电源。

我们考虑使用多个Silent Switcher稳压器，例如最新发布的18 V/2 A额定值LT8622S或5 V/3 A额定值LTC3307B。这种方式有望满足低噪声要求，且不用增加外部滤波器。

然而，如果所有电源轨均由Silent Switcher稳压器供电，那么系统尺寸和成本会略微较高。另一种方法是使用PMIC和反相稳压器作为第一级，该方法具备高效率、低成本、解决方案尺寸小和低噪声等所有优点。例如采用四路输出PMIC，如LTM4644、LTC3370、ADP5054（用于12 V总线），而LT8330/ADP5073用于反相稳压器。然后，在除1.2 V V_D 之外的所有敏感电压轨上，每个输出轨后面都接有低噪声LDO稳压器（图6）。

如果需要更高的电压或更高的电流额定值，ADI还提供Silent Switcher四路输出的PMIC芯片，例如LT8692S、LT8686S、LT8685S和LT7200S。

设计人员还可以考虑保留3.3 $V_{I/O}$ 和-1.2 V_A 上的低噪声LDO稳压器，并用四个单通道Silent Switcher稳压器替换PMIC和后面的LDO稳压器。

表1汇总列出了低噪声解决方案选型标准，供设计人员在设计时参考。一般而言，当输入源噪声很大、负载电流较低、需要超低输出纹波或需要超低噪声时，ADI公司建议使用超低噪声LDO稳压器。

对于5 A+的负载电流，设计人员几乎都会首选低噪声PMIC或开关稳压器（尽管LDO稳压器也可以并联以支持高电流）。

对于2 A至5 A的负载电流，设计人员可酌情选择ADP7158/ADP7159、LT3073、MAX38907等LDO稳压器或各种Silent Switcher稳压器。

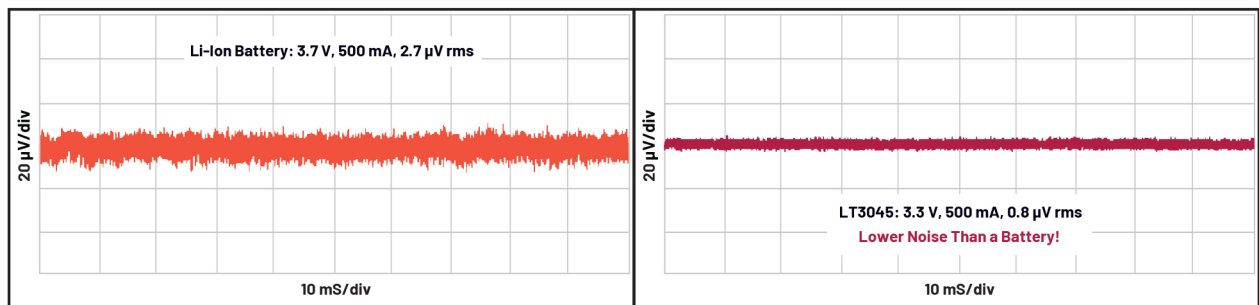


图5. 积分输出噪声（10 Hz至100 kHz）；低噪声LDO稳压器LT3045比电池更干净。

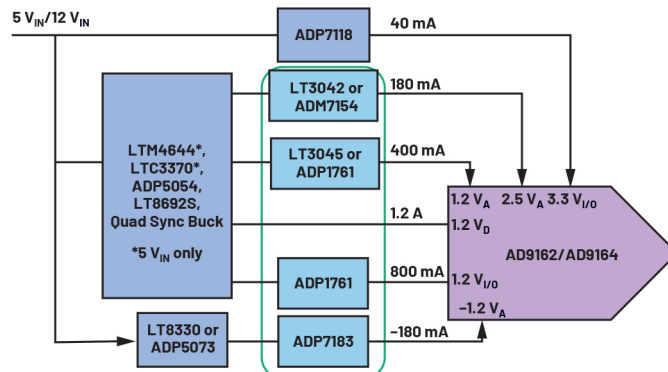


图6. 为噪声敏感型DAC供电的低噪声电源解决方案。

表1. 低噪声电源解决方案选型参考

	PMIC	开关稳压器	LDO稳压器
低噪声特性	Silent Switcher 2	Silent Switcher 1, Silent Switcher 2, Silent Switcher 3	超低噪声
Volts/Amps	最高42 V、5 A	最高65 V、30 A	-20 V至+20 V, 最高5 A
动态响应	快速	快速	慢速
效率	高	高	低
解决方案尺寸	小	中	小
拓扑结构	降压	降压, 升压, 降压-升压	LDO稳压器
纹波	中	中	低
噪声	低	较低	最低
成本	中	中	低

应用

ADI公司是低噪声LDO稳压器的领军企业。最近收购Linear Technologies和Maxim Integrated后, 该系列产品得到进一步加强。ADI公司提供丰富的超低噪声LDO稳压器产品, 该类产品额定电压范围为-20 V至+20 V, 电流范围为100 mA至5 A。

拥有数百个客户, 以下是一些典型的应用示例:

- ▶ 由于传感器信号处理要求超低噪声, 一家著名的DSLR相机制造商选择低噪声LDO稳压器为其图像传感器供电
- ▶ 亚马逊最畅销热像仪制造商之一选择低噪声LDO稳压器为其红外传感器供电, 因为这种稳压器是市场上噪声很低的解决方案
- ▶ 一家汽车一级高级驾驶员辅助系统(ADAS)客户选择低噪声LDO稳压器为其雷达和射频电路供电 (ADI还为该客户提供符合AEC认证的完整电源解决方案)



作者简介

Zhihong Yu目前是ADI公司的产品营销总监。他在电源管理、模拟和混合信号半导体领域拥有超过16年的专业经验。他领导开展了40多种集成电路的定义和开发。在加入ADI公司之前, 他曾在Renesas Electronics、Monolithic Power Systems和Infineon Technologies从事不同的工程和业务工作。

- ▶ 由于噪声低且解决方案尺寸很小, 一家内窥镜客户选择了低噪声LDO稳压器
- ▶ 一家半导体自动测试设备(ATE)客户选择ADI电源模块和LDO稳压器为其ASIC供电
- ▶ 一家游戏耳机客户选择低噪声LDO稳压器为其音频DAC供电
- ▶ 由于要求低纹波, 一家打印机客户选择了低噪声LDO稳压器
- ▶ 由于要求高PSRR和低纹波特性, 一家流量计客户选择了低噪声LDO稳压器
- ▶ 一家大规模MIMO客户选择低噪声LDO稳压器为其GaN功率放大器供电

一般来说, 低噪声电源对大多数敏感应用都至关重要。设计人员表示, 他们更愿意默认选择低噪声电源IC, 从而在设计中提供额外的裕量。如果您在设计中遇到任何干扰问题, 也许首先应检查电源部分。

先进LDO稳压器的未来

ADI公司提供各种超低噪声、超高PSRR LDO稳压器。ADI公司还设计和销售数百种其他LDO稳压器, 这些稳压器具有高击穿电压、低静态电流、自适应引脚等不同特性, 支持上游DC-DC跟踪LDO稳压器负载等。尽管如此, 市场仍然需要性能更好、具有更多特性的LDO稳压器。还有客户要求我们提供噪声更低、多通道、具有数字配置能力、瞬态响应更快以及其他各种特性的LDO稳压器。虽然LDO稳压器看起来仍是一种简单的器件, 但它永远不会消失, 而且会像所有其他半导体器件一样不断演进。如有任何疑问或需要支持, 请随时咨询当地的ADI销售办事处。如需了解具有附加功能的LDO稳压器信息, 请参阅[LDO线性稳压器参数搜索](#)和[LDO Plus产品系列](#)。

