

200 mA精密基准电压源的众多用途

作者：Michael Anderson

共享



LT6658不是普通的基准电压源或稳压器，因为它能同样出色地执行这两种功能。此外，由于架构布局独特，其作用不仅仅是提供精密电压和充足的电流。本文将讨论的以下电路展示了广泛的电路可能性。虽然本文说明了不少应用，但毫无疑问，肯定存在本文未明确实现的其他应用，LT6658对这些应用来说也会是非常有效的解决方案。作为一款既是基准电压源又是稳压器的产品，LT6658被称为Refulator™。

Refulator旨在用于需要精密基准电压源且能够为相关信号链器件（如数据转换器、放大器、桥式传感器和其他高性能电路器件）供电的设计。

简介

下面的主要规格和特性列表说明了LT6658的性能。基准电压源的主要规格包括10 ppm/°C的漂移和0.05%的初始精度。稳压器的主要规格包括0.25μV/mA的负载调整率，两路输出的拉电流为150 mA和50 mA。出色的PSRR、低噪声、输出跟踪和降噪引脚相结合，将基准电压源和稳压器二者的最佳特性整合到一个封装中。

双路输出：

- ▶ 拉电流：150 mA和50 mA
- ▶ 灌电流：20 mA/缓冲器
- ▶ 漂移：10 ppm/°C
- ▶ 精度：0.05%
- ▶ 负载调整率：0.25 μV/mA
- ▶ 输出跟踪：±150 μV
- ▶ PSRR：>100 dB (10 Hz)
- ▶ 0.1Hz至10 Hz噪声：1.5 ppm p-p
- ▶ 最大电源电压：36 V
- ▶ 降噪引脚
- ▶ 输出禁用引脚
- ▶ 电流保护
- ▶ 热保护
- ▶ 小尺寸
- ▶ 温度范围：-40°C至+125°C

LT6658的典型应用如图1所示。内部框图显示，带隙功能之后是可选滤波器功能，然后是两个缓冲器，其同相输入连接在一起。在此应用中，缓冲器的反相输入 $V_{OUT1,S}$ 和 $V_{OUT2,S}$ 连接到输出 $V_{OUT1,F}$ 和 $V_{OUT2,F}$ ，作为具有开尔文检测功能的电压跟随器。

LT6658与许多基准电压源和稳压器的不同之处在于，它具有一个A/B类输出级，能够主动灌电流和拉电流。此外，它还能驱动1μF至50μF或更高的容性负载。将1μF陶瓷电容与大电容并联放置在输出端时，大容性负载即可保持稳定。

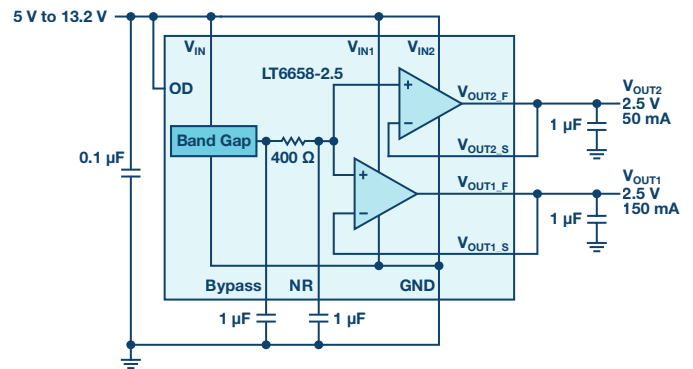


图1. LT6658典型应用。

调整输出缓冲器以使漂移最小，从而在工作和负载条件下实现出色的跟踪。完整数据手册及规格参见[此处](#)。

简单的输出配置和应用

由于反相输入可用，因此可将其配置为非单位增益，如图2所示。LT5400-4的匹配精度为0.01%，故LT6658的精度可保持不变。该示例提供精确的5 V和2.5 V电压轨，可用作±2.5 V稳压器应用，分离电源地由2.5 V输出提供。非单位增益可应用于两路输出，以产生1 V至6 V之间的任何输出电压。

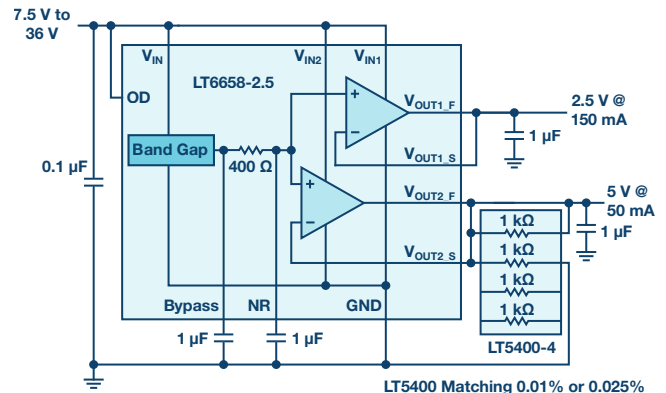


图2. 简单的非单位增益电路，产生±2.5 V分离电源及地。

利用反相输入可以从较高输出电压产生较低输出电压。图3演示了如何通过3.3 V输出产生1.8 V输出。由于同相输入连接到2.5 V，因此可以轻松产生较低的输出电压。 V_{OUT2_F} 的表达式为：

$$V_{OUT2_F} = 2.5 V \left(1 - \frac{R_{F1}R_{F2}}{R_{IN1}R_{IN2}} \right)$$

其中， R_{F1} 和 R_{F2} 是缓冲器反馈电阻， R_{IN1} 和 R_{IN2} 是缓冲器输入电阻。

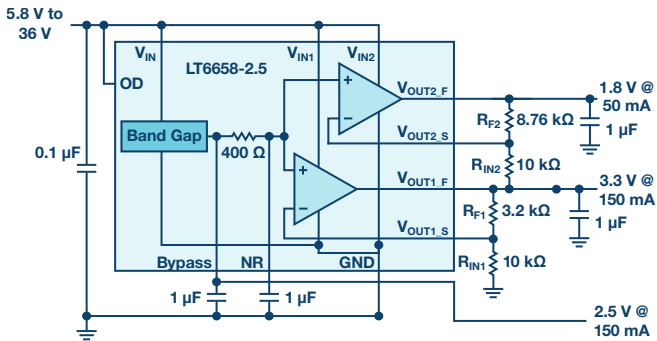


图3. 具增益和反相功能的应用。

此应用中唯一受影响的参数是精度，其取决于 R_F/R_{IN} 的比率。此外，该应用还演示了如何将BYPASS输出用作 ± 10 mA拉电流和灌电流输出。请注意，BYPASS引脚上的任何变化都会直接影响 V_{OUT1} 和 V_{OUT2} 输出。

输出电压可以调整为2.5 V到6 V之间的值，如图4所示。调整可以利用机械或数字调整电位计完成。数字调整对校正ADC和DAC误差特别有帮助。调整电位计可以组合起来以产生同一输出电压，或者输出电压可以独立加以控制。

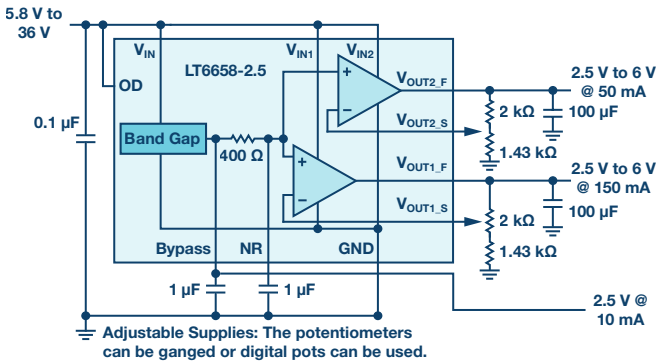


图4. 可调增益。

两个输出缓冲器提供了灵活性，一路输出可提供必要的电压，另一路输出可提供精密电流源，如图5所示。

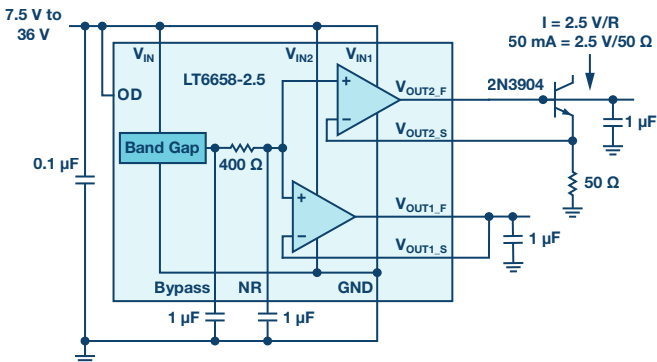


图5. 精密电压源和精密电流源应用。

请注意，输出 V_{OUT2_F} 引脚将比检测线路高一个 V_{BE} 。应调整电源电压以适应 V_{OUT2_F} 上的较高输出电压。每路输出都有一个独立电源输入，因此可以分别驱动这些输出以改善通道隔离性能，或适应不同输出电压而不会消耗过多功率。

当基准电压源和振荡出现在同一句话里时，通常意味着不良行为发生。然而，为了突出说明LT6658的独特架构，图6a显示了多谐振荡器电路，图6b为所产生的波形。这里，2.2 μ F电容和1 k Ω 电阻设置时间常数。400 Ω 外部正反馈电阻和400 Ω 内部电阻设置迟滞并影响输出频率，其关系式大致为 $f = 1/2.2 RC$ 。内部电阻的值为400 $\Omega \pm 15\%$ ，这会影响输出频率。

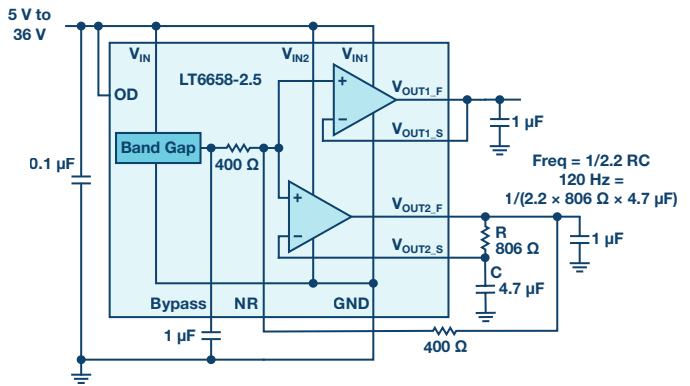


图6a. 多谐振荡器应用。

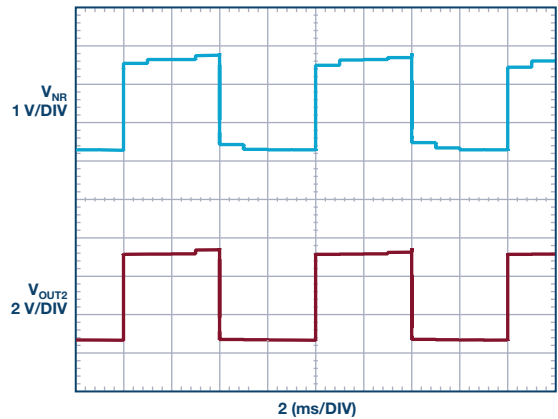


图6b. 多谐振荡器输出。

此电路示例显示输出电压摆幅略小于4 V，输出低电压低至0.9 V，输出高电压达到 $V_{IN} - 2.5$ V。此示例中的 V_{IN} 为6 V，输出未满载。当 V_{IN} 提高到8.5 V以上时，输出将箝位在6 V左右，输出占空比将降至约40%。

电流流过400 Ω 内部电阻，NR引脚的电压会发生变化，导致 V_{OUT1} 也与 V_{OUT2} 同步振荡。

另一个通常与基准电压源无关的动态电路是音频放大器。两路A/B类输出可以配置来驱动8 Ω 和16 Ω 扬声器，如图7所示。单端源驱动 V_{OUT1} 的反相输入，继而驱动 V_{OUT2} 的反相输入。带隙基准设置精密共模电压，而输出用作差分驱动器。要提高高压摆率，LT6658上应使用最小输出电容。

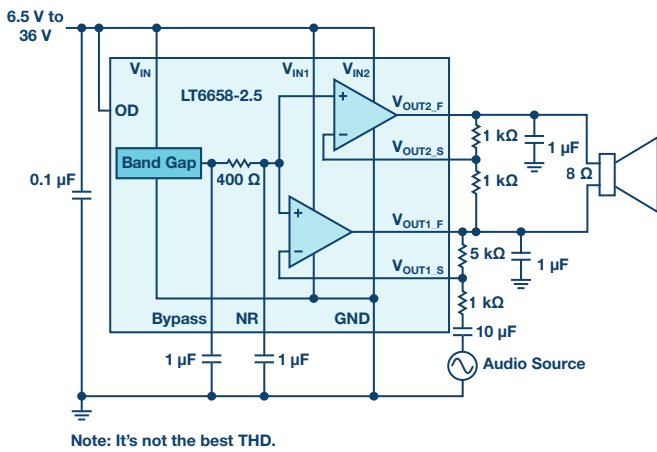


图7. 音频应用电路。

通过增加互补分立BJT输出器件，图8中的电路可以提供更多功率。该电路仅显示一个放大器电路，但两路输出可以驱动两个扬声器以产生立体声。虽然有更好的音频放大器选择，但这些应用展示了LT6658架构的灵活性。

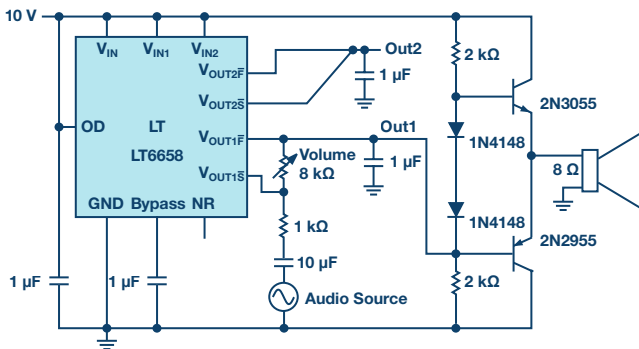


图8. 采用分立BJT的音频应用电路。

应变计应用

LT6658可用作稳压器和基准电压源，如以下应变计应用所示（图9）。LT6658为四个LTC2440提供基准电压和电源电压，2.5 V电压轨为四个应变计提供偏置。每个应变计消耗7.5 mA电流，总计消耗30 mA，完全在V_{OUT2}的50 mA输出规格以内，并能提供ADC基准输入。V_{OUT1}为每个LTC2440提供8 mA电流，总计32 mA。

图10显示了具有三个称重传感器的桥式电路应用。即使总负载电阻仅为82Ω，需要60 mA电流，LT6658仍能精确稳定地工作。高增益缓冲器将维持一个能够驱动称重传感器的精密电压。第二路输出可以驱动另一个应变计或向下游ADC转换器供电。

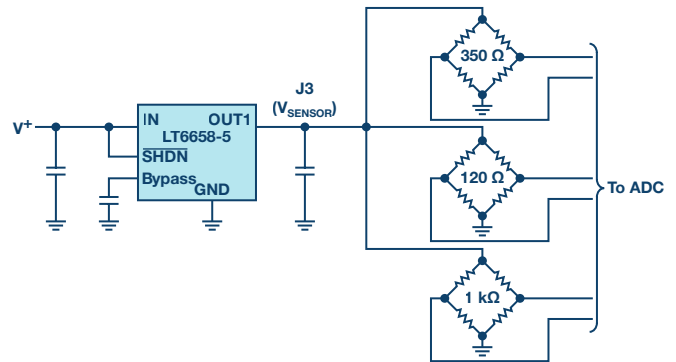


图10. 桥式电路应用。

数据采集应用

对于使用DAC的精密应用（基准电流取决于数字码），必须特别注意电路板布局和寄生电阻。采用LTC2641时，为了维持INL < 0.1 LSB，负载调整率需要小于19 ppm/mA。此外，基准输出阻抗和PCB电阻需要小于48 mW。LT6658的直流输出电阻约为0.2 mW，这为PCB电阻留下了47.8 mW的误差预算。

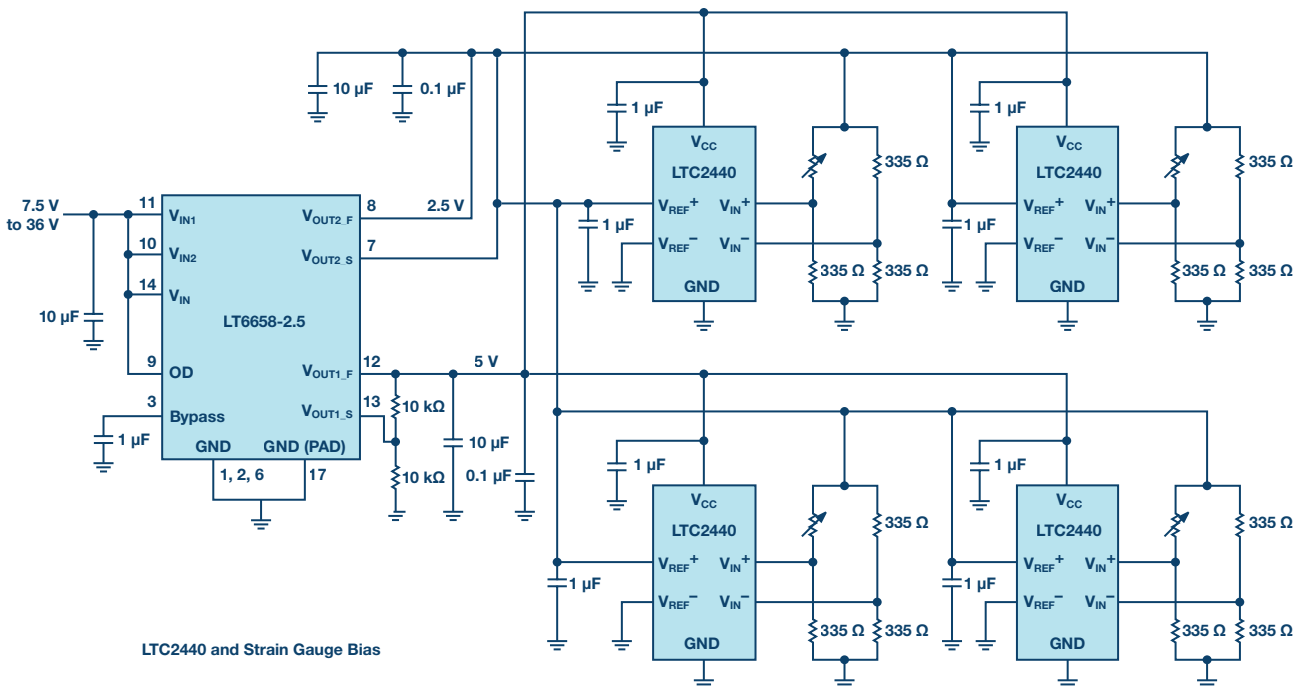
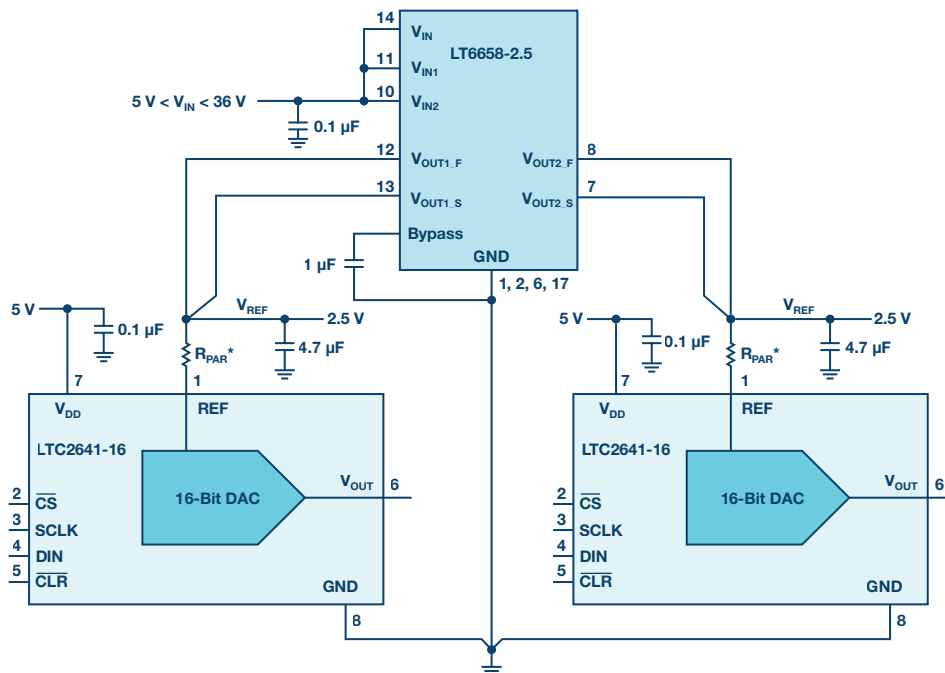


图9. LT6658用作应变计应用的基准电压源和稳压器。



* R_{PAR} is the parasitic resistance of the board trace and should be $>0.048 \Omega$ to maintain good INL.

图11. LT6658驱动两个数字码相关的DAC基准输入。

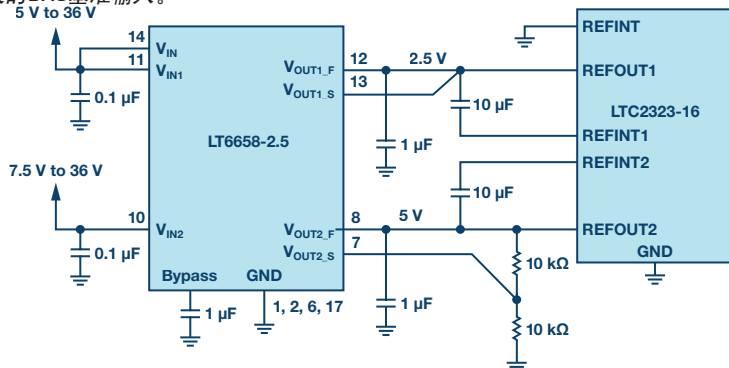


图12. LT6658驱动具有独立基准电压的双通道ADC LTC2323-16。

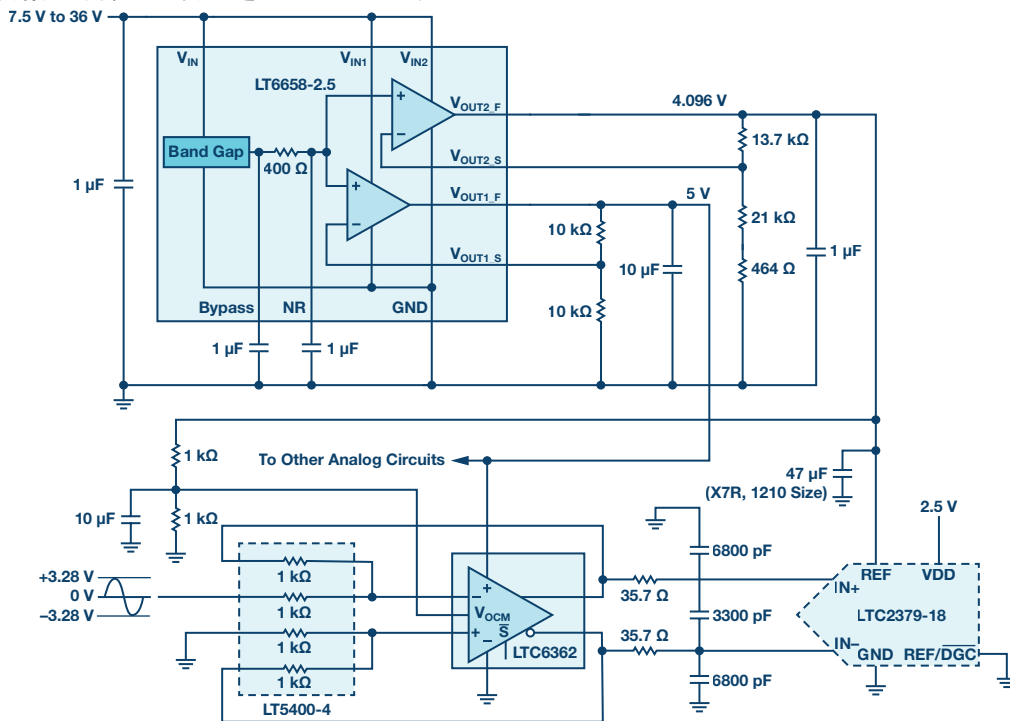


图13. 18位数据采集应用。

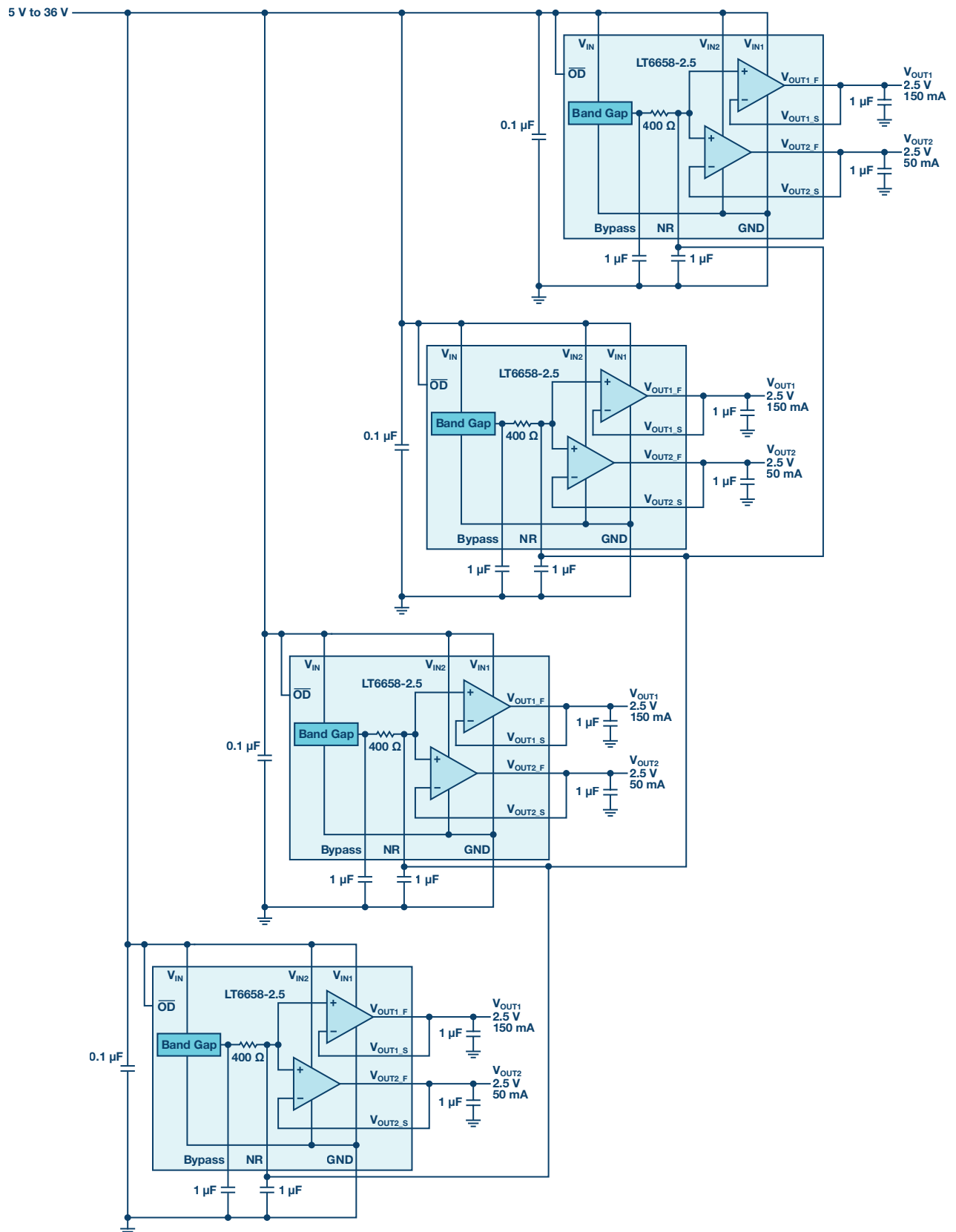


图14. 并联NR引脚以实现具有输出跟踪功能的多通道电源。

图11显示了使用两个精密16位DAC LTC2641的应用。LTC2641的基准电流取决于数字码，因此两个DAC基准输入需要单独的基准电压源。LT6658输出缓冲器出色的跟踪能力意味着DAC也有出色的跟踪能力。

如果只需要一个DAC，LT6658的第二路输出可以为DAC和其他精密模拟电路提供输入电压。

LTC2323-16是一款双通道16位ADC，具有独立的基准输入。每个ADC可以有不同的基准电压。图12显示了一种配置，其中2.5 V和5 V基准电压驱动不同的基准输入。同样，LT6658输出缓冲器出色的跟踪能力使得转换结果也有很好的跟踪能力。

精密信号处理和调理可能涉及多个集成电路。在图13所示例子中，LT6658为18位转换器提供电源电压和基准电压。容性SAR转换器不断对内部电容阵列进行充电和放电。SAR转换器的动态基准电流可能会严重破坏基准电压源。LT6658可以通过提供精密电压来保持稳定，而第二路输出可以提供精密功率。此外，LT6658具有为多个基准输入提供电压的电流驱动能力。换句话说，LT6658具有强大的基准扇出能力。

前述应用中的缓冲器为精密电路提供基准电压。一个合理的担忧是，一个缓冲器的输出上的活动是否会影响另一个缓冲器的输出。当NR引脚上有一个10 μ F电容时，在DC到1 kHz时，电源抑制能力大于100 dB。这是当V_{IN1}和V_{IN2}引脚连接在一起的时候。关于交流PSRR的详细信息，参见LT6658数据手册。在DC至100 Hz时，输出电源的通道间隔离大于130 dB。

具有跟踪功能的多通道输出电压

多个LT6658的NR引脚可以连接在一起，形成一个具有跟踪功能的多通道精密电源。在图14所示例子中，四个LT6658的NR引脚连接在一起。由此产生的电源有八路跟踪输出。也就是说，由于所有NR引脚都连接在一起，因此每一个LT6658的输出缓冲器都将跟踪温度。图15a显示了精密调整的输出如何在很宽温度范围内进行跟踪。该图中的七条迹线与第一个V_{OUT1}有关。这证明了输出缓冲器的低失调电压和低温漂移特性。

NR引脚连接在一起，缓冲器的输入电压相同，C_{NR}电容器将组合成更大的值，从而减小带隙电路的噪声带宽。输出缓冲器产生的噪声密度频谱如图15b所示，噪声以输出缓冲器噪声为主，带隙噪声在小于10 Hz的频率滚降。

此例显示所有通道都配置为单位增益。输出电压可配置为各种输出电压值。这些器件虽然共用NR引脚和电源电压，但仍能保持出色的PSRR、负载隔离和负载调整率。

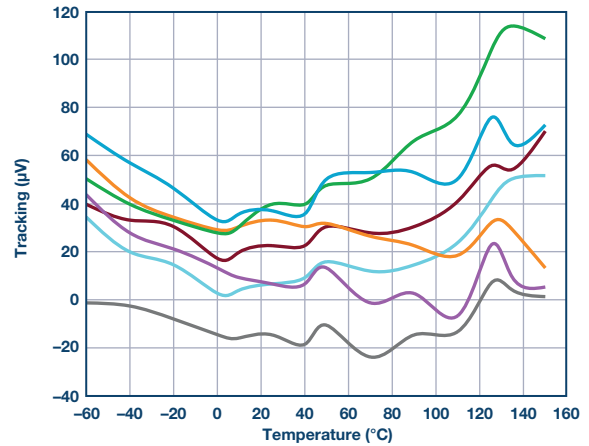


图15a. 跟踪。

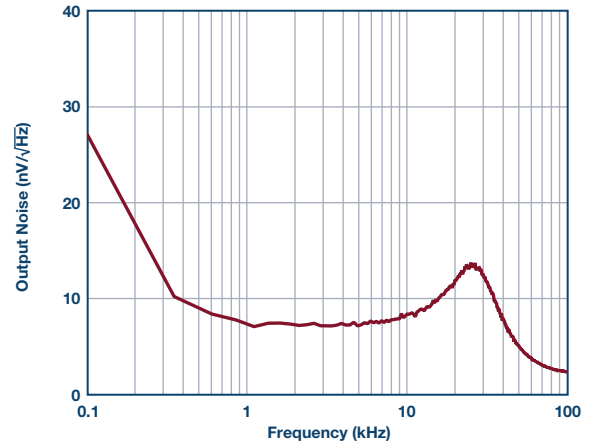


图15b. 输出电压噪声密度。

高电流、低温度系数电路

图16显示了LTC6655-2.5低噪声基准电压源如何过驱LT6658的NR引脚。结果得到一个双路输出、低温度系数(TC)、高电流基准电压源。该电路的一种变化是给其中一个通道增加增益并驱动LTC6655的V_{IN}引脚。LTC6655-2.5需要500 mV的裕量，因此LT6658的一个缓冲器至少要提供3 V输出。

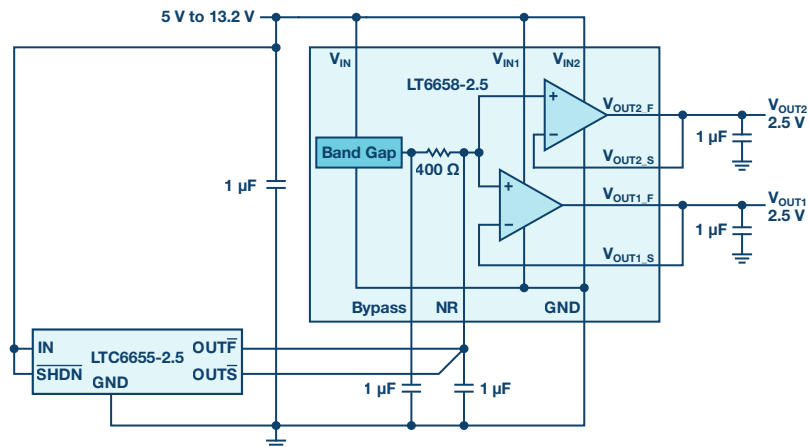


图16. 低漂移、高电流应用。

电源应用

缓冲器输出可以组合在一起，提供单路200 mA输出。电阻允许输出连接在一起而不会造成严重破坏。图17中电路的负载调整率受电阻值的限制，为3 ppm/mA。此外，器件的典型负载调整率为0.25 μ V/mA。电阻也可以调整以降低负载调整率。由于电阻值非常低，因此功耗不是问题。

电阻可以由印刷电路板走线构成。可以使用一两盎司的铜，或者配置0.01 Ω 电阻的组合。该电路灌电流的比率与拉电流相同。

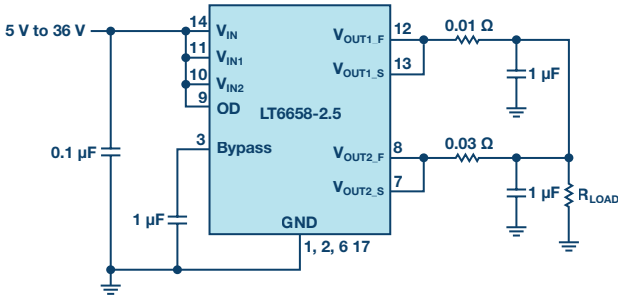


图17. 并联输出以提供200 mA输出。

两路输出会试图相互补偿，它们之间需要一定的电阻。两路输出之间的电压差可达 $\pm 70\mu$ V。使用所示的0.01 Ω 和0.03 Ω 值，输出缓冲器之间最多有几毫安的电流流过。随着电阻值增大，此共享电流会减小。但是，大隔离电阻意味着负载调整率误差较大，如表1所示。

表1. 负载调整率是输出电阻的函数。

R1 (Ω)	R2 (Ω)	负载调整率 (ppm/mA)
0.01	0.03	3
0.02	0.06	6
0.03	0.09	9
0.04	0.12	12
0.05	0.15	15

对于需要大量精密电流的应用，LT6658可与几个晶体管和镇流电阻结合使用，以产生精密、低噪声、5 A固定直流电源，如图18所示。

进行一些修改，即可从图18所示电路获得可变电源，如图19所示。有一篇博客文章讨论了这种设计，参见[此处](#)。

为RF电路供电

图20中的应用让LT6658提供电源，一路输出提高到3 V，另一路输出降低到1.4 V。它为I和Q信号放大器/滤波器和调制器提供电源。3 V输出为滤波器和调制器供电，1.4 V输出设置共模电压。LT6658的OD引脚用于使电路在发送和待机状态之间切换。

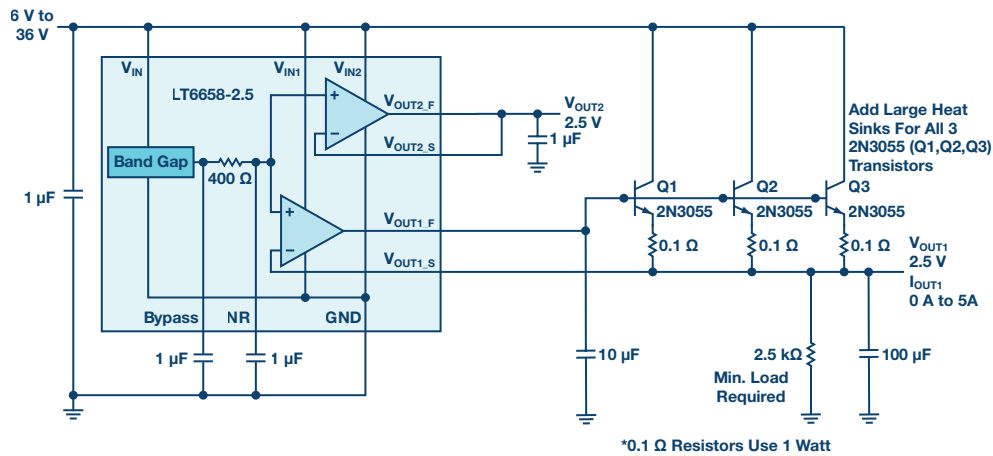


图18. 精密、低噪声、固定2.5 V、5 A电源电路。

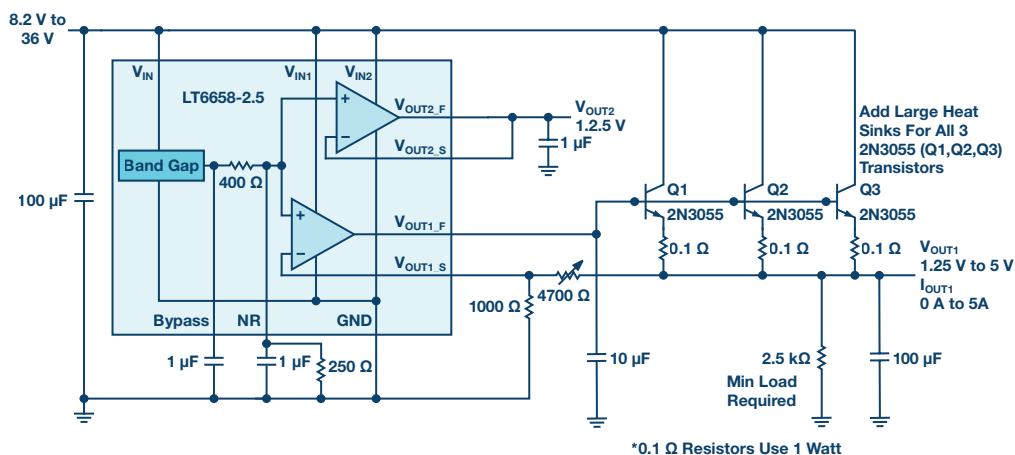


图19. 精密、低噪声、1 V至5 V可变、5 A电源。

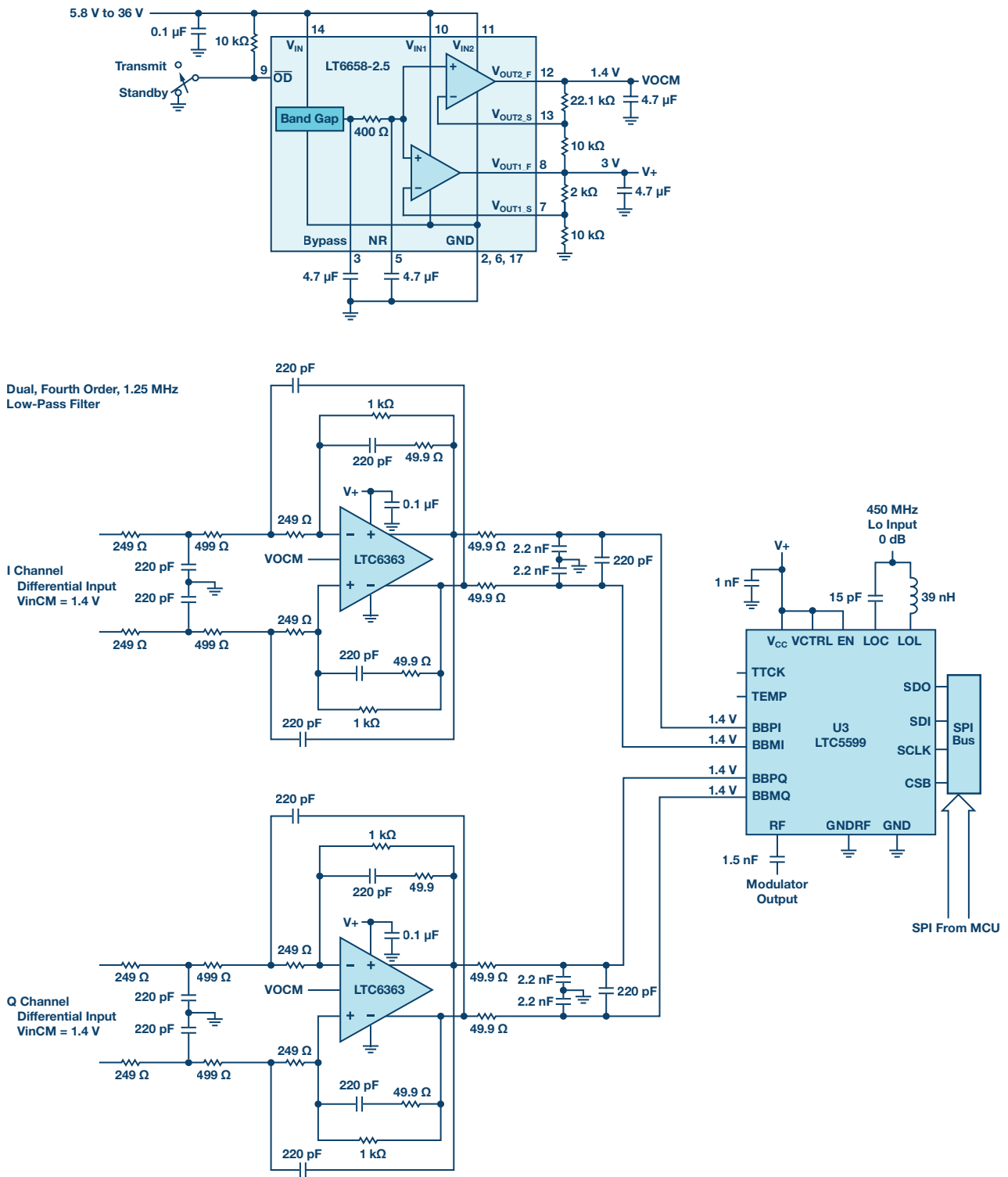


图20. 低功耗、低噪声I和Q信号放大器/滤波器和调制器。

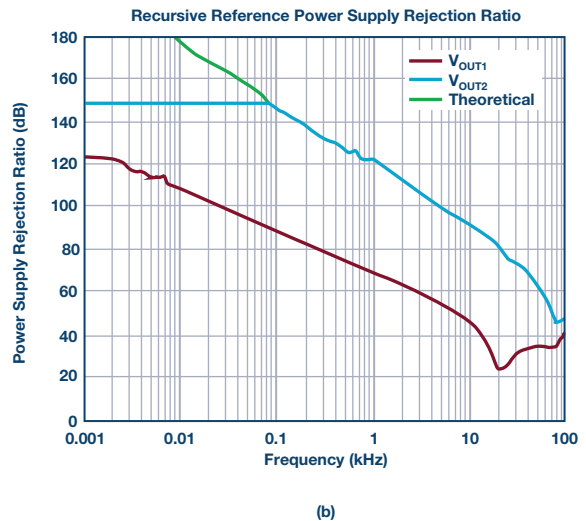
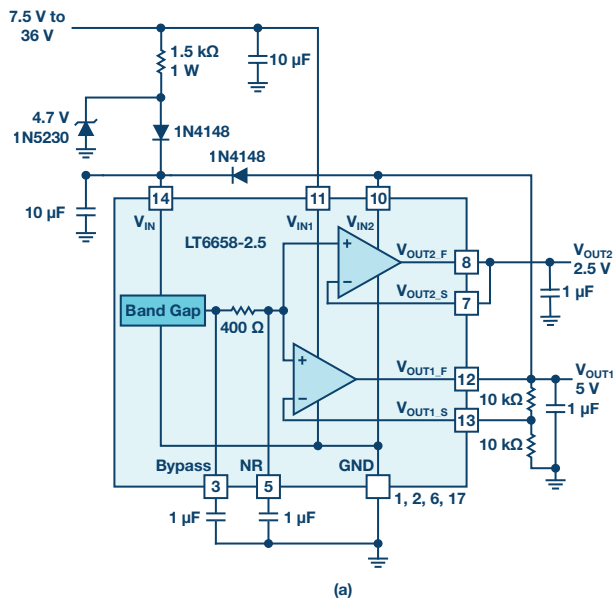


图21. a) 极端电源抑制电路; b) 递归基准电压源的交流电源抑制比。

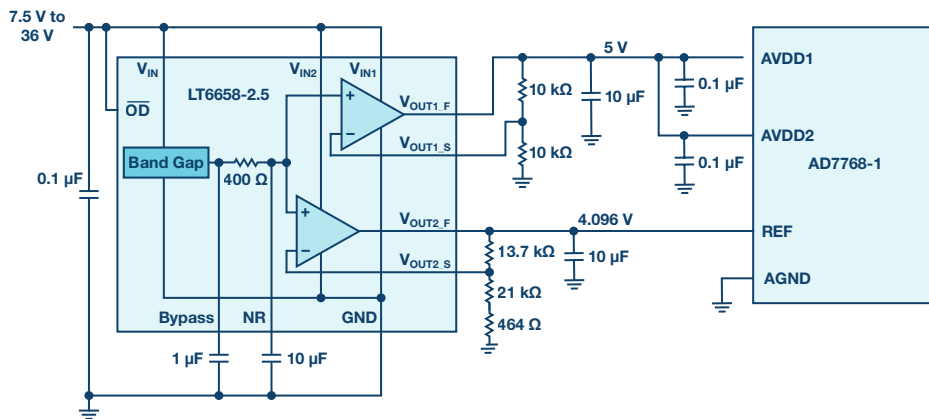


图22. 由LT6658供电的24位同步采样Σ-Δ转换器。

递归基准电压源

虽然LT6658具有出色的电源抑制性能,但图21将电源抑制性能提升到一个新的水平。图21所示的递归基准电压源在 V_{OUT2} 上产生一个输出,该输出与电源电压彻底隔离。 V_{IN1} 和 V_{IN} 由外部电源驱动,在 V_{OUT1} 上产生5 V电源。一旦激活, V_{OUT1} 便接管为 V_{IN} 供电的任务,随后 V_{IN2} 将这些电源输入与外部电源隔离。

如图21b中的曲线所示,在我们的测试设置限值下,可测量的低频电源抑制比超过140 dB。图中包含了一条理论曲线,其指示的是更有可能的电源抑制性能。

24位高分辨率ADC应用

AD7768-1是一款精密24位Σ-Δ转换器,专为宽带宽、高密度仪器仪表、能源和医疗健康设备而设计。AD7768-1是一款要求很高的转换器,需要低噪声、精密且稳定的基准电压源来驱动其基准输入引脚。对于此应用,LT6658的一路输出为模拟电源引脚AVDD1和AVDD2提供5 V电压,另一路输出为基准输入提供4.096 V电压。

在1 kHz输入信号音和最快可用采样速率下,得到的FFT如图23所示。具体说来,4.096 V基准电压被分成488 nV的LSB。在测量结果中,任何噪声、纹波或馈通都会变得非常明显。

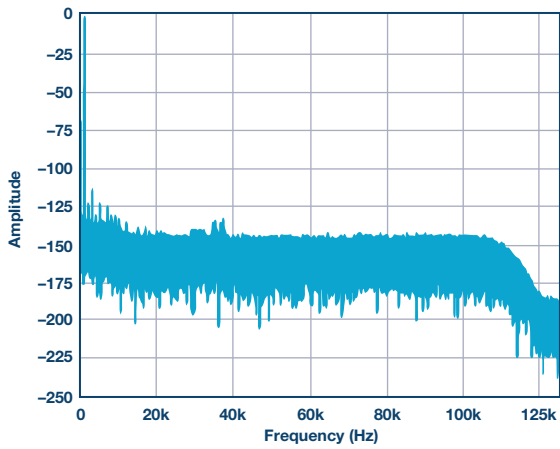


图23. AD7768-1和LT6658应用的FFT。

结论

本文结合若干应用考虑了LT6658的多功能性和灵活性。本文给出的应用使用2.5 V选项, 但还有其他五种电压选项可用, 即1.2 V、1.8 V、3 V、3.3 V和5 V。所有六种选项都有同样严格的特性, 并经过ADI公司因之闻名的严格测试。

Mike Anderson [michael.anderson@analog.com]是ADI公司高级IC设计工程师, 负责精密基准电压源和放大器等信号调理产品。他曾在Maxim Integrated Products担任高级技术人员和部门领导, 负责设计ADC和混合信号电路。1997年前, Mike在Symbios Logic担任原理IC设计工程师, 主要负责设计高速光纤通道电路。他获得普渡大学电气工程学士学位和电气工程硕士学位。Mike拥有16项专利, 偶尔发表文章。



Michael Anderson

该作者的其他文章:

[Refulator: 200 mA精密基准电压源的能力](#)
第52卷, 第2期

LT6658旨在满足那些希望从基准电压源获得更多电源电流的客户。两路输出似乎是明智的, 而且有前述架构。如上文所述, 此架构可用于各种应用。毫无疑问, 我们的客户会发现许多其他应用LT6658的创新方法。

有关LT6658功能的更多信息, 请访问我们的网站, 查看《模拟对话》文章[Refulator: 200 mA精密基准电压源的能力](#)。

致谢

文章中的电路由ADI公司的众多人才提供、构建和测试。感谢Philip Karantzalis、Noe Quintero、Niall McGinley、Robert Keily和Tom Westenberg。还要感谢Aaron Schultz和Catherine Chang对这篇文章提供的有益反馈。感谢Brendan Whelan的评论和支持。