

# 低固定增益差分放大器的噪声测量

作者: Angel Caballero

长期用于消费类电子产品的发光二极管 (LED), 最近也开始用于汽车照明领域, 用来提供信号功能、日间行驶灯和车内照明。随着这项照明技术日益普及, 制造商也在不断研究新的应用方式, 以便充分发挥LED前大灯和尾灯时尚美观的优势。由随机小电压构成的噪声可能很难测量, 实验室仪器本身的噪声使测量问题进一步复杂化。测量噪声时, 常常要使用专门的技术。例如, 放大器通常配置为高闭环增益, 以使放大输入噪声便于测量。但是, 低固定增益差分放大器的噪声测量面临着更大的问题, 它集成反馈和增益电阻, 不方便使用高增益配置。此外, 为了与频谱分析仪接口, 需要进行差分单端转换。第二级放大器可以提供增益并执行差分单端转换, 巧妙地解决上述两个问题。

图1显示可选增益 (1、2或3) 差分放大器ADA4950-1<sup>1</sup>后接低噪声、低失真运算放大器AD8099<sup>2</sup>。AD8099将差分输出转换为单端信号, 增益设为10。与ADA4950-1相比, AD8099的1nV/√Hz等效输入电压噪声可忽略不计。ADA4950-1的输出放大10倍, 其噪声也成比例放大。利用0.5pF补偿电容和10倍增益, AD8099具有足够的带宽来测量ADA4950-1的噪声; 在系统的频率响应开始滚降之前, 工作频率最高可达10 MHz。

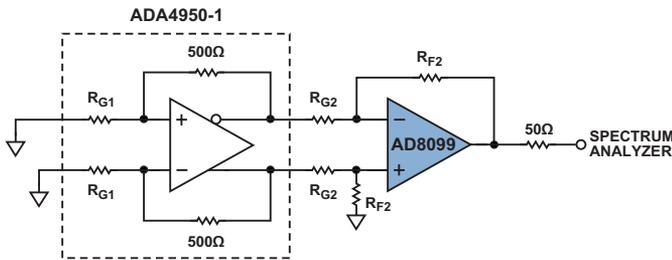


图1. 利用低噪声、低失真运算放大器AD8099测量可选增益差分放大器ADA4950-1的噪声

AD8099的输出电压为:

$$V_{OUT} = V_{OUT, DIFF} \times \frac{R_{F2}}{R_{G2}} \quad (1)$$

当输入接地时, 测得的AD8099噪声贡献视为测量系统的噪底, 然后测量包括ADA4950-1的总输出噪声, ADA4950-1的噪声即为RSS (和的平方根) 方法, 用总噪声减去AD8099的噪声贡献。如式2所示; 其中 $V_{n1}$ 为ADA4950-1的输出噪声,  $V_{n2}$ 为AD8099的输出噪声。

总输出噪声为:

$$V_{total}^2 = \left( V_{n1} \times \frac{R_{F2}}{R_{G2}} \right)^2 + V_{n2}^2 \quad (2)$$

为了精确测量系统噪声, 还采用了其它几项技术:

- 测量AD8099的噪声时, 其输入通过SMA连接器接地, SMA连接器的芯线对连接器的接地引脚短路。此外, SMA连接器焊在一起, 直接在连接器上形成共用接地连接, 而不是通过电路板。
- AD8099和ADA4950-1使用模拟控制电源。与数字控制电源相比, 模拟控制电源能更好地抑制60Hz电力线耦合的噪声和谐波。
- 所有邻近仪器均关闭, 除非测量需要使用。这可以最大程度减少由这些仪器控制器数字电路而产生的振荡, 这些振荡可以通过空气耦合至放大器。出于同样的原因, 使用4英尺电缆将电路板连接到频谱分析仪, 频谱分析仪会拾取显示器的刷新频率, 从而影响AD8099的输出。
- 为使AD8099的噪声贡献较小, 使用低值电阻 ( $R_F = 250\Omega$ ;  $R_G = 25\Omega$ ) 配置其增益。较低的值会引起AD8099振荡。当用短电缆将ADA4950-1与AD8099相连时, 在250 MHz时可观察到振荡。当使用1英尺电缆时, 振荡消失。

AD8099本身的噪声贡献非常小:

$$v_{OUT}^2 = \left[ \left( 1 + \frac{R_{F2}}{R_{G2}} \right) v_n \right]^2 + R_{F2}^2 (n_{i+}^2 + n_{i-}^2) + 2 \left( n_{RG2} \times \frac{R_{F2}}{R_{G2}} \right)^2 + 2n_{RF2}^2 + n_{s0}^2 \quad (3)$$

其中 $v_n$ 为输入电压噪声,  $n_{i+}$ 和 $n_{i-}$ 为AD8099的输入电流噪声。

因为需要一个大反馈电阻来放大该噪声, 但内部反馈电阻值无法改变, 所以不可能测量ADA4950-1的电流噪声。

图2所示的是测量结果, 测量100 kHz及以下的噪声使用的是Stanford Research Systems SR785, 测量100 kHz以上的噪声使用的是Agilent E4440 PSA频谱分析仪。

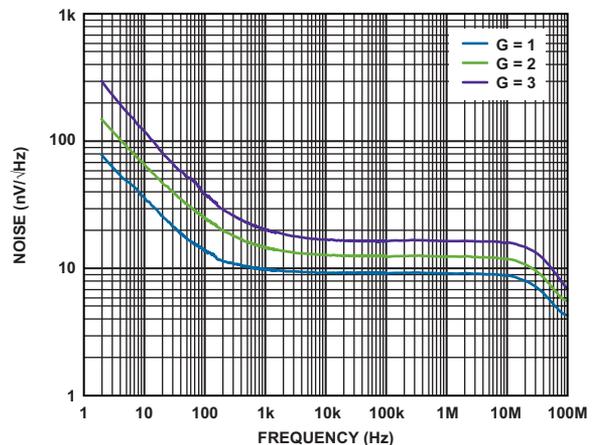


图2. 测试结果

## 参考文献

- 1 [www.analog.com/cn/amplifiers-and-comparators/differentialamplifiers/ada4950-1/products/product.html](http://www.analog.com/cn/amplifiers-and-comparators/differentialamplifiers/ada4950-1/products/product.html)
- 2 [www.analog.com/cn/amplifiers-and-comparators/operationalamplifiers-op-amps/ad8099/products/product.html](http://www.analog.com/cn/amplifiers-and-comparators/operationalamplifiers-op-amps/ad8099/products/product.html)

