

TI 高精度设计： 经验证的设计

0.1Hz 至 10Hz 噪声滤波器



TI 高精度设计

TI 高精度设计是由 TI 模拟产品专家创建的模拟解决方案。 经验证的设计提供理论分析、器件选型、仿真、完整的印刷电路板 (PCB) 电路原理图 & 布局布线、物料清单和可使用电路经测试过的性能。 还讨论了满足可替代设计目标的电路修改。

设计资源

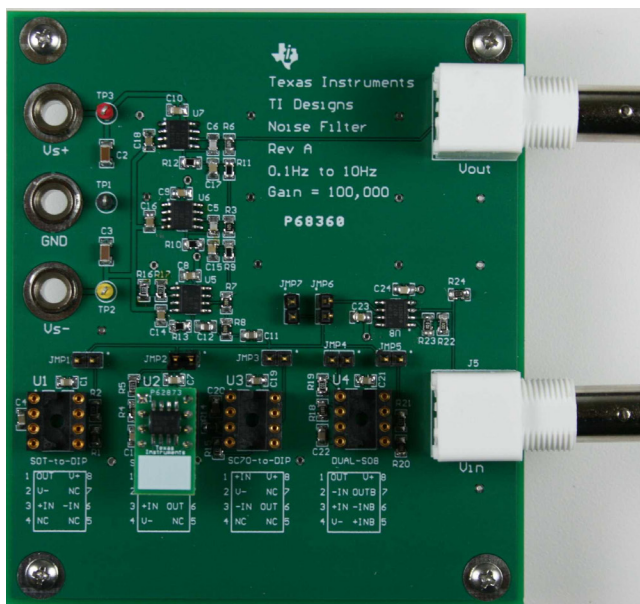
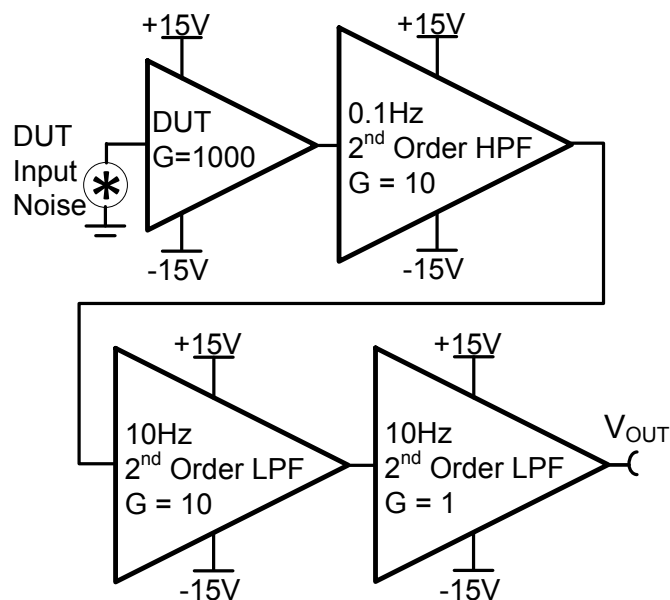
[设计存档](#) 全部设计文件
[TINA-TI™](#) SPICE 仿真器
[OPA827](#) 产品文件夹

电路描述

这个电路被设计为将低频噪声 (0.1Hz 至 10Hz) 放大至可由示波器轻松测量的电平幅度。 它采用一个 0.1Hz 二阶的高通滤波器和一个 10Hz 四阶的低通滤波器来实现这个功能。 0.1Hz 至 10Hz 噪声测量是放大器数据手册中常见的关键参数。 这个设计用于简化 0.1Hz 至 10Hz 噪声测量，常用于不同封装类型的运算放大器。



[咨询模拟产品专家](#)
[WEBENCH® 设计中心](#)
[TI 高精度设计库](#)



这个 TI 参考设计末尾的一个重要声明解决了授权使用、知识产权问题和其他重要的免责声明和信息。

TINA-TI 是德州仪器 (TI) 的商标
 WEBENCH 是德州仪器 (TI) 的注册商标

1 设计总结

此设计要求如下：

- 电源电压： $\pm 15\text{V}$ 直流，或 $\pm 2.5\text{V}$ 直流
- 输入：噪声 (nV) - 由放大器确定准确的幅度
- 输出：噪声 (mV) - 大到能在示波器上读出来
- 总增益： 100dB, 100,000V/V
- 滤波器增益： 40dB, 100V/V

Table 1 中总结了设计目标和性能。 Figure 1 图示了此设计电路测试到滤波器的响应。

表 1： 滤波器经测量和模拟得到的性能

	理想值	标称值 仿真值	经蒙特卡洛仿真得 到的下限值	经蒙特卡洛仿真得 到的上限值	测试的
0.1Hz 处的增益幅度 (V/V)	70.07	70.98	59.56	77.05	67.9
10Hz 处的增益幅度 (V/V)	70.07	70.06	61.56	76.57	67.5
1Hz 处的增益幅度 (V/V)	100	99.68	96	100.68	98.75

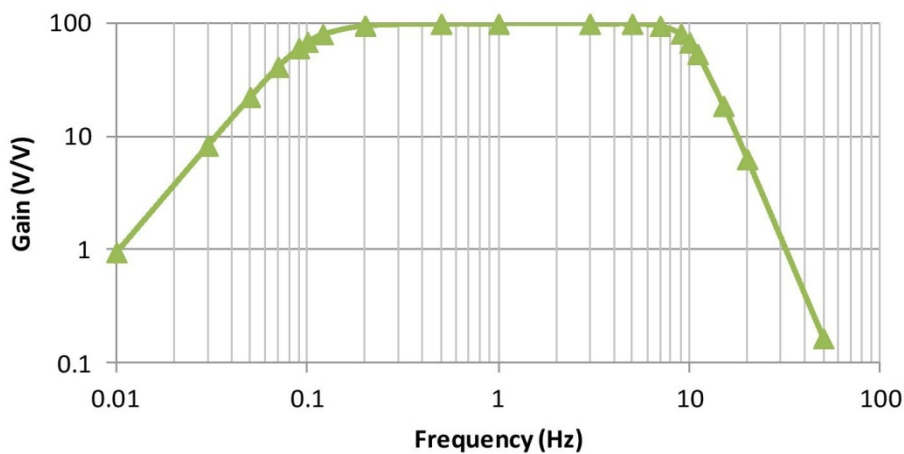


图 1： 测试得到的滤波器响应

2 工作原理

这个电路的目的是将低频噪声放大至可被典型示波器测量到的电平幅度。这个测量值是放大器数据手册中的常见关键参数。这些测量中采用的标准带宽为 0.1Hz 至 10Hz。很多高精度放大器大概有参考于输入噪声为 100nVpp 数量级的总噪声。这个电路的增益将设计为使得输出到示波器输入端的信号在 10mVpp 或更大的值。请注意，当直接用 BNC 接头连接时，很多示波器分辨率可达到 1mV/格的显示精度。此测试器件 (DUT) 处于高增益工作状态，此时它是主要的噪声源，而级联滤波器电路内的噪声不是很明显。这个级联滤波器的目的是为了具有低噪声、精确的滤波器截止频率和精确的增益。

低频噪声规格总是以 DUT 等效的输入噪声为参考。在 Figure 2 中显示的示例中，示波器测得的噪声为 10mVpp。通过用输出噪声除以总增益计算得到 RTI 噪声。在这个示例中，总增益为 100,000 ($10 \times 1,000$)，所以用输出噪声除以总增益得到 RTI 噪声 ($V_{n-RTI} = 10\text{mV} / 100,000 = 100\text{nVpp}$)。

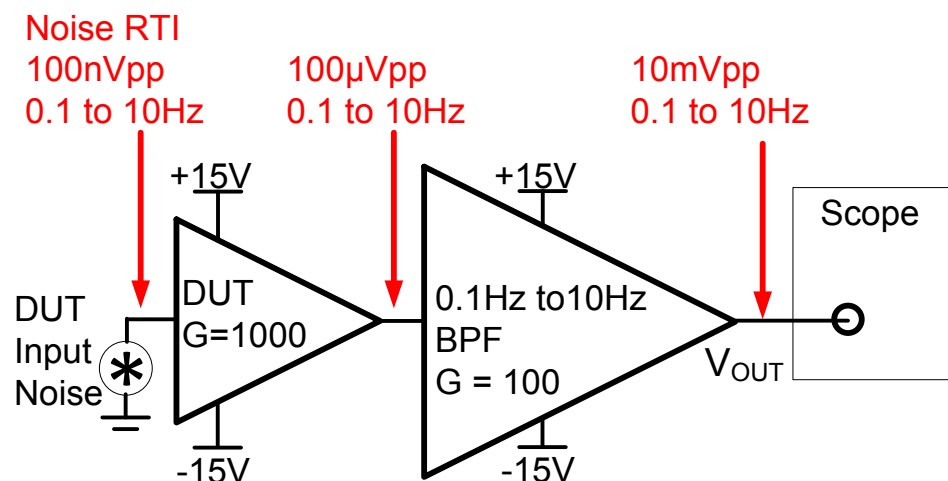


图 2: 简化的方框图

2.1 详细的原理图

Figure 3 中显示这个设计电路更完整的原理图。第一级是在测试器件 (DUT)。在这个器件上配有插槽以实现不同封装器件的轻松测试。跟随 DUT 的三个级联电路组成一个 0.1Hz (二阶) 至 10Hz (四阶) 带通滤波器。目的是将 OPA827 上的低频电压噪声放大至可由示波器容易读出的电平幅度。0.1Hz 至 10Hz 的带宽选择是一个业界标准。

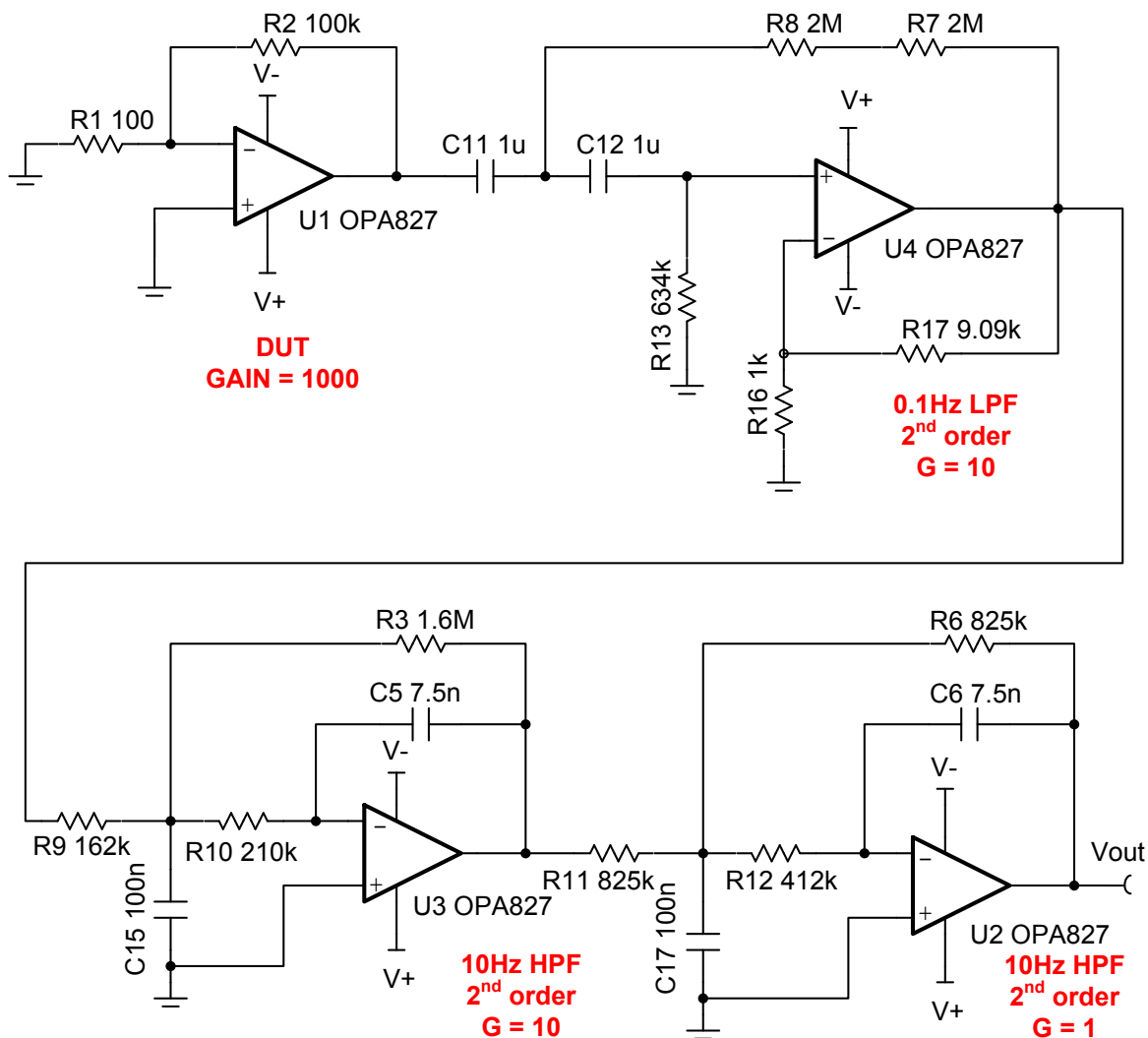


图 3 完整的电路原理图

2.2 第一级 - DUT

这个电路的用途是测量运算放大器的低频噪声。第一级是我们希望测试的运算放大器，被称为测试器件 (DUT)。如 Figure 4 中所示，DUT 是一个高增益 (1000x) 电路以确保其噪声是整个电路的主要噪声源，跟随的后级运放电路噪声可忽略。设置增益的并联电阻组合被选择为最大限度地减少电阻热噪声 ($R_{eq} = 100k\Omega \parallel 100\Omega = 99.9\Omega$)。Figure 5 显示电阻和热噪声之间的关系。在这个电路中，由等效电阻 $R_{eq} = 99.9\Omega$ 产生的噪声大约为 1.1nV。

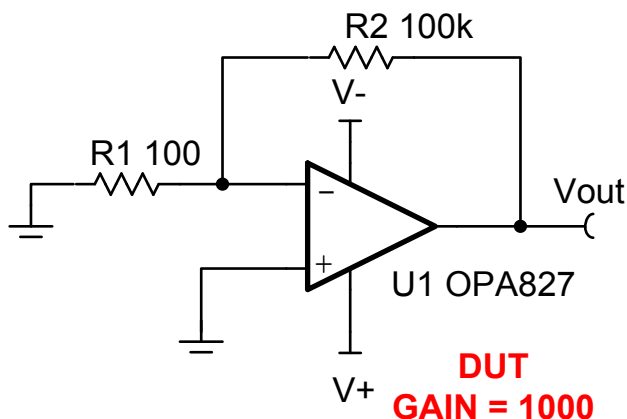


图 4: 第一级 - 在测试器件放大噪声的增益为 1000

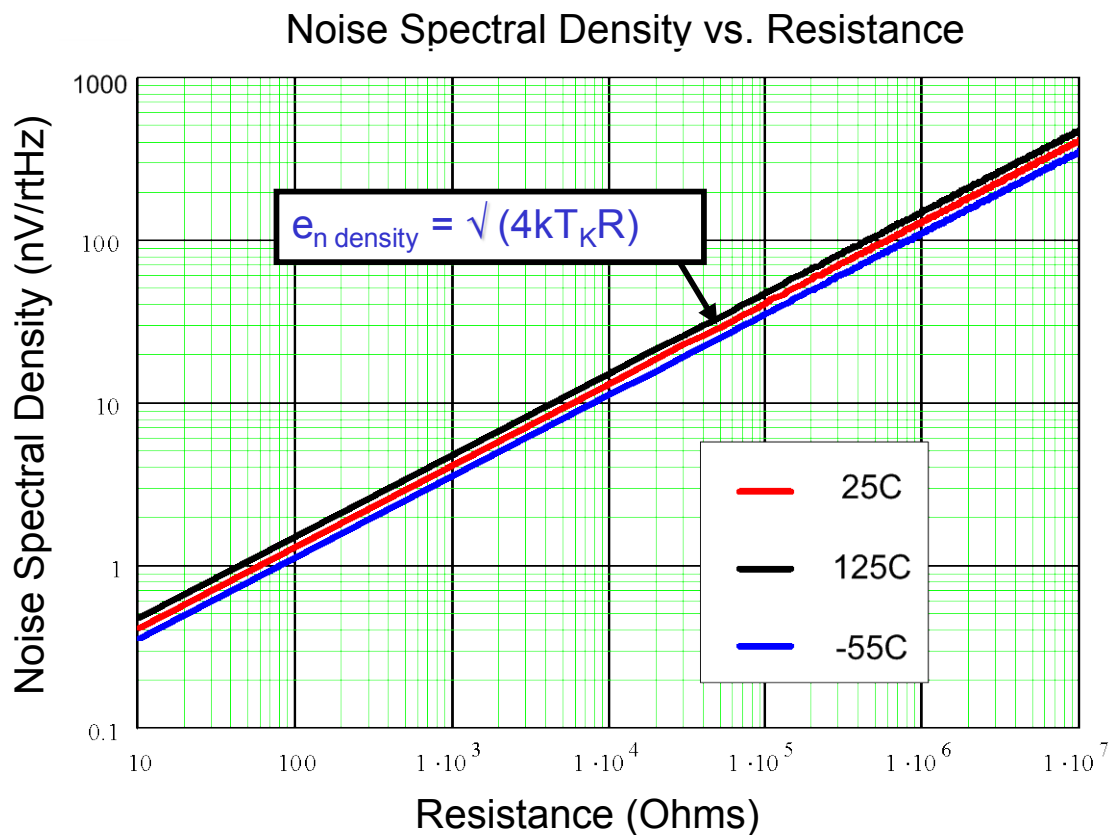
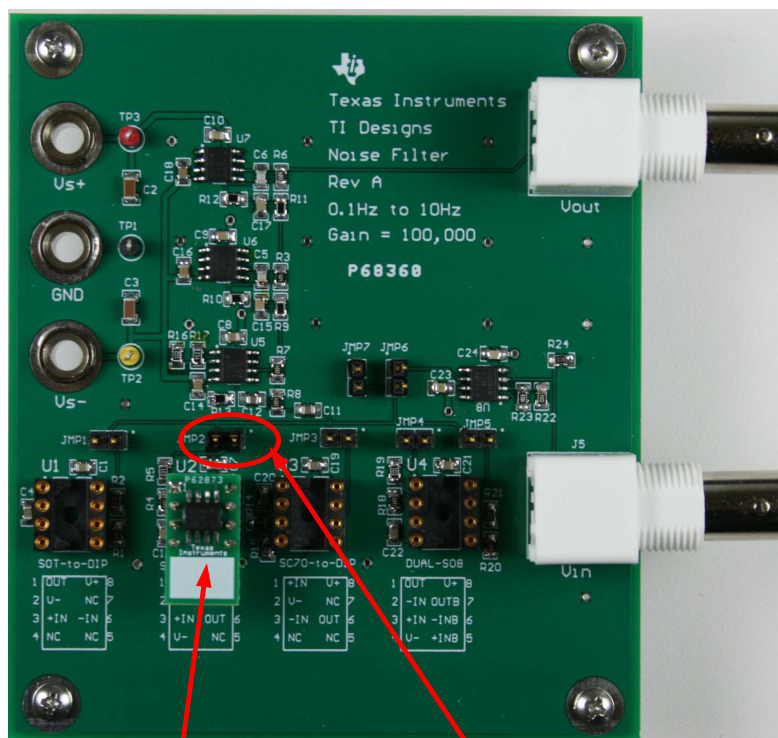


图 5: 噪声频谱密度与输入电阻之间的关系

第一级使用双列直插 (DIP) 插槽能方便更换所要的在测试器件 DUT 型号。 第一级有四个不同的插槽，这些插槽可适用于各种常见封装（如：SOT，S08，SC70 和 双路 S08）的 DIP 适配器卡。 Dip 插槽下方的 PCB 丝印，显示了针对每个插槽的引脚配置。 Figure 6 显示插槽 U2 上安装了一个 DIP 适配器的 PCB。跳线 JMP2 被用来选择 U2 的输出。 Figure 7 显示 DIP 适配器卡。 DIP 适配器卡的 gerber 文件包含在 TI-Design 文件夹内。 此外，所有常见的 DIP 适配器卡都包含在 DIP-ADAPTOR-EVM 里。



DIP Sockets allow the installation of different types of amplifiers. The devices are soldered to DIP adaptor cards.

Jumpers allow the selection of the different sockets.

图 6： 第一级使用配插槽 DIP 适配器卡和跳线选择。

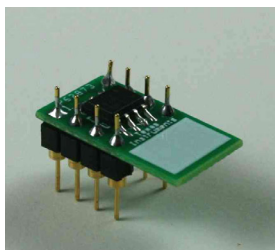


图 7： DIP 适配器板

Figure 8 显示是如何通过跳线在第一级中选择不同器件封装槽位的。跳线一次只能被连接至一个输出，以防止将两个运算放大器输出连接在一起。

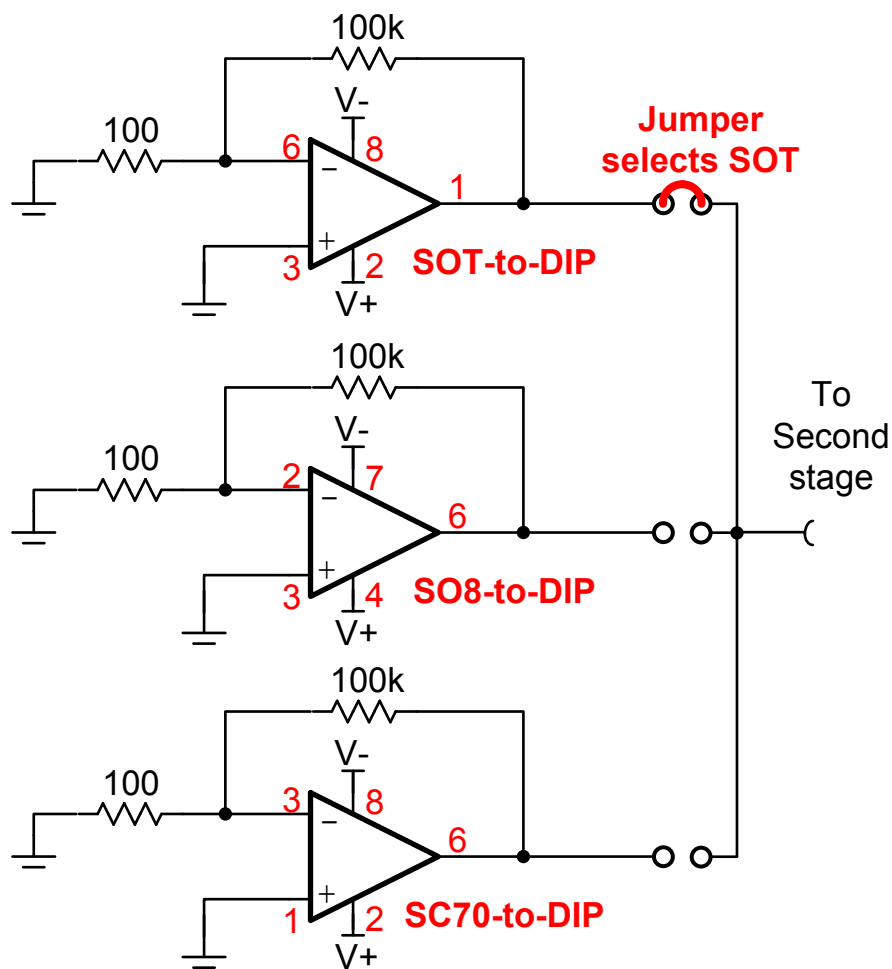


图 8: 第一级使用跳线来选择不同封装类型。

2.3 2nd 级 0.1Hz HPF

第二级是一个增益为 10 的高通滤波器 (Figure 9)。德州仪器 (TI) 公司的软件工具 Filter-pro™ 用来设计此类型滤波器。可选择二个阶的 Butterworth, Sallen-Key, 高通滤波器等滤波器。选用最大平坦幅度的 Butterworth 频率响应。Sallen-Key 拓扑结构被使用, 这是因为它产生更多合理的器件值; 也就是说, 电容和电阻在可用的范围内, 以选用低成本高精度器件。

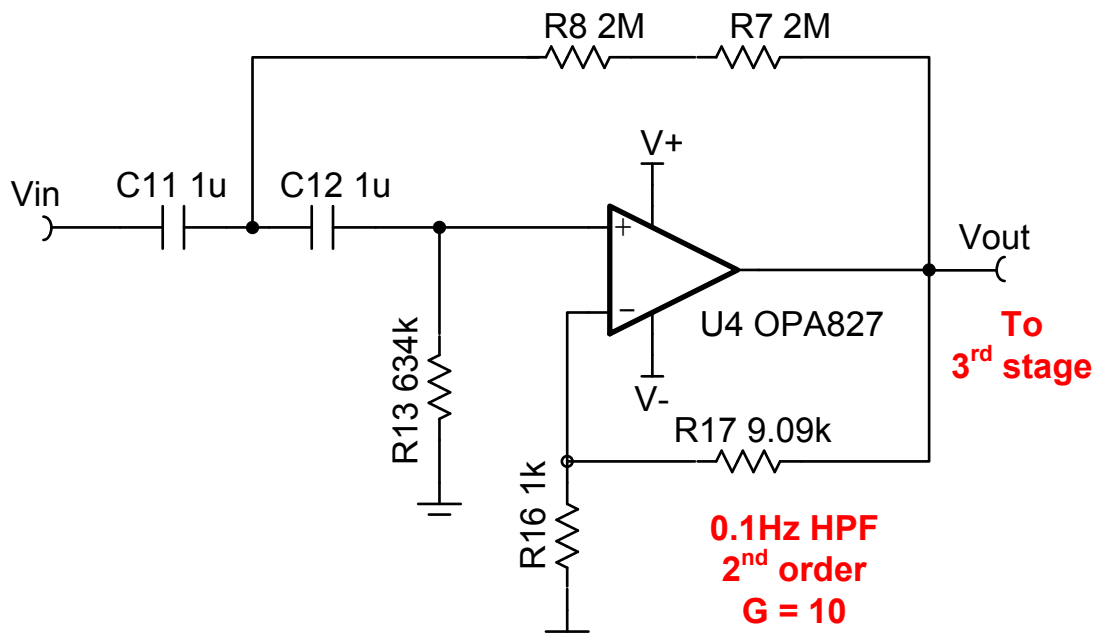


图 9: 第二级 - 0.1Hz, 2 阶高通滤波器, 增益 = 10

2.4 3rd 级 10Hz LPF

第三级是增益为 10 的 10Hz 低通滤波器 (Figure 10)。此滤波器为一个二阶 Butterworth 多反馈高通滤波器。Butterworth 频率响应被选为最大平坦幅度。多反馈拓扑结构被使用，这是因为它产生更多合理的器件值；也就是说，电容和电阻在可用的范围内，以选用低成本高精度器件。

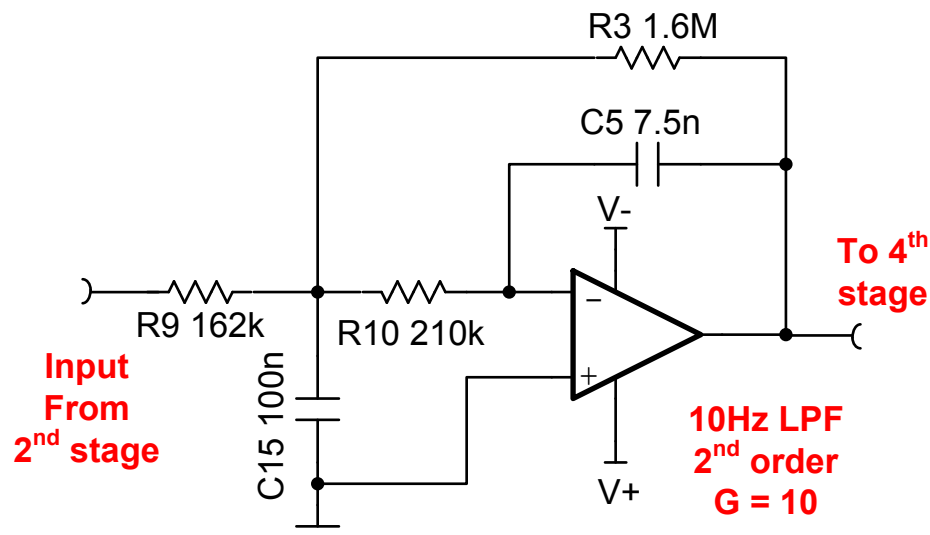


图 10: 第三级 - 10Hz, 2 阶低通滤波器, 增益 = 10

2.5 4th 级 10Hz LPF

第四级是一个增益为 1 的 10Hz 低通滤波器 (Figure 11)。它与第三级相似，但是增益为 1。第三级和第四级的目标是创建一个 4th 阶低通滤波器。此滤波器被设计为一个二阶，Butterworth，多反馈，高通滤波器。Butterworth 频率响应被设计为最大平坦幅度。多反馈拓扑结构被使用，这是因为它产生更多合理的器件值；比如说，电容和电阻可选用有效的参数值，以实现低成本高精度器件选型。

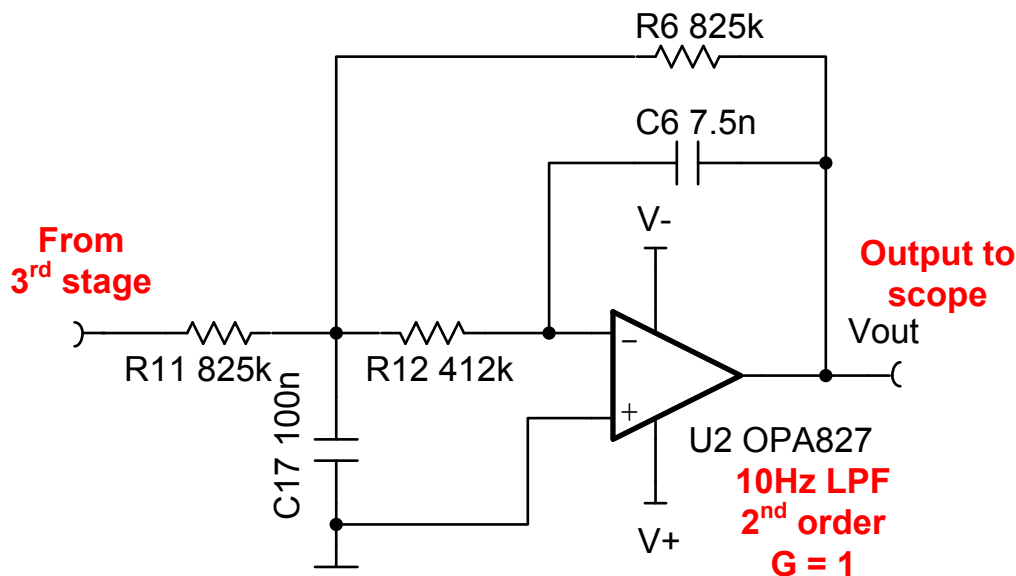


图 11: 第四级 - 10Hz, 2 阶低通滤波器, 增益 = 1

3 器件选型

3.1 运算放大器选型

三级滤波器内使用的运算放大器被选择用来最大限度地减小噪声、偏置电流和失调漂移。此目的是确保此滤波器不会给在侧器件 DUT 带来任何的噪声或漂移。使用一个低漂移放大器的原因是失调漂移和偏置电流漂移可以很容易地被误叠加在 0.1Hz 至 10Hz 范围内的噪声。此外，需要注意的是，这个滤波器有比较大的输入阻抗（如：大于 100K），所以需要低偏置电流来避免引入大的失调和漂移。由于 DUT 工作于高增益状态，所以放大器是否为超高精度并不十分关键；但是，建议在使用较低 DUT 增益的情况下使用一个高精度运算放大器。这个设计中用到的级联滤波器电路选用 OPA827。

3.2 无源器件选型

对于这个电路，具有良好的增益精度和精确的截止频率很重要。截止频率的精度由滤波器电路中的电阻和电容参数容限决定。总的来说，限制因素是电容器的参数容限。COG / NP0 类型电容器具有最佳精度（1% 至 5%）。这些类型的电容器也具有最佳温度和电压系数。不幸的是，这些电容器只适用于较小的电容值范围（如：C < 0.47uF）。作为一个可替代的电容器选型，在需要较大电容值时可使用具有高电压额定值（即 50V 或更大值）和较小参数容限值（即 5% 或更佳）的 X7R 电容器。请注意，具有较大额定值的电容器将具有一个较小的电压系数。为了最大限度地减少增益误差，选择参数容限值为 1% 或更佳的电阻器。

4 仿真

Figure 12 中显示的 TINA-TI™ 电路原理图包括了这个电路设计过程所用到的电路参数值。

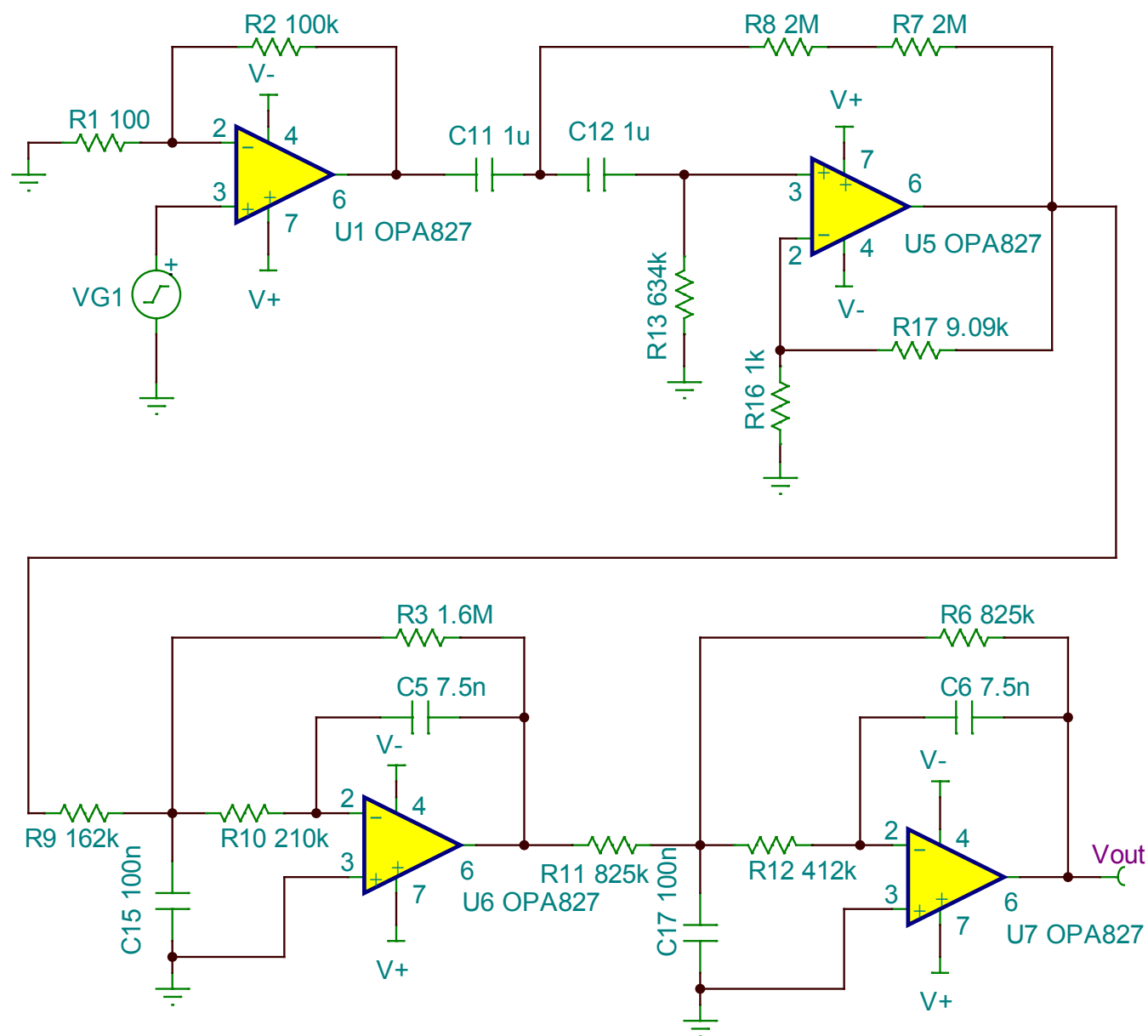


图 12: TINA-TI™ Spice 电路原理图

4.1 交流传递函数

Figure 13 中显示此滤波器（2 级，3 级 和 4 级）的经仿真获得的直流传递函数。 Figure 14 是蒙特卡洛分析的结果。 蒙特卡洛分析使用电阻器和电容器参数容限来进行统计分析，分析结果符合滤波器传递函数的预期变化。 Table 2 总结了蒙特卡洛分析的结果，并将其与测试的结果相比较。

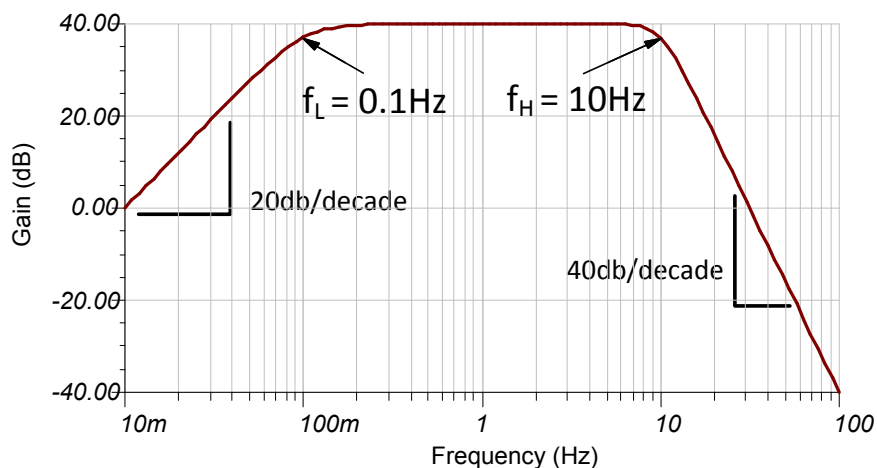


图 13: 只针对滤波器的增益与频率之间的关系（最大增益 = 40dB，或 100x）

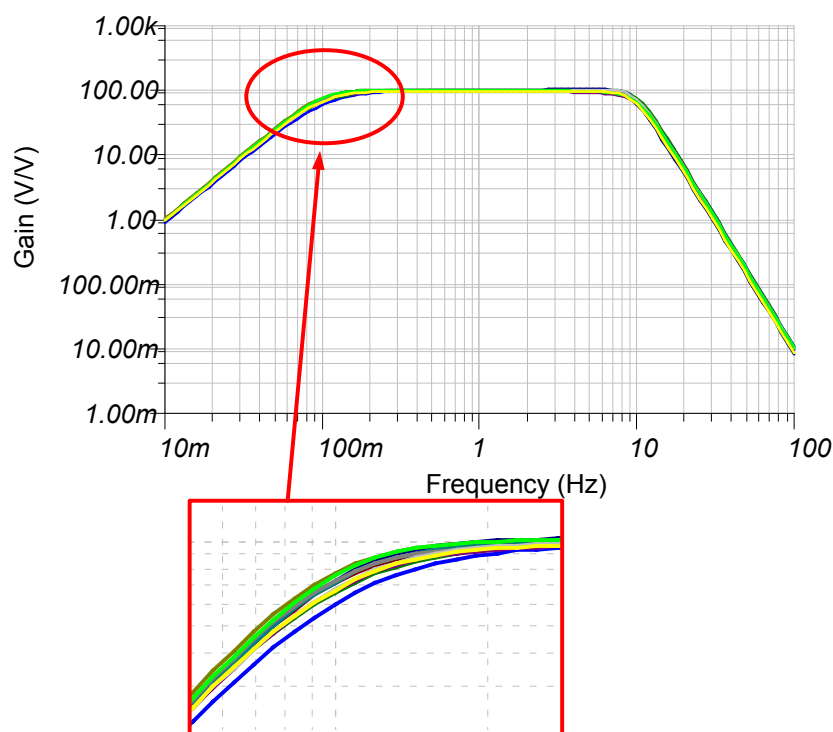


图 14: 频率响应的蒙特卡洛分析

表 2: 包括统计变化的仿真结果

	理想值	标称值 仿真	仿真得到的蒙特卡 洛下限值	仿真得到的蒙特卡 洛上限值	测试的
0.1Hz 处的幅度	70.07	70.98	59.56	77.05	67.9
10Hz 处的幅度	70.07	70.06	61.56	76.57	67.5
1Hz 处的幅度	100	99.68	96	100.68	98.75

4.2 经仿真获得的噪声

Figure 15 是 OPA827 被用作 DUT 时的电路总积分噪声。这个结果是等效的 RMS 输出噪声。为了获得峰值噪声的估算值，需将这个值乘以 6（请见等式 (1)）。Figure 16 和 Table 3 蒙特卡洛分析结果符合预期变化。蒙特卡洛分析考虑了所有电容和电阻参数容限范围内的波动。

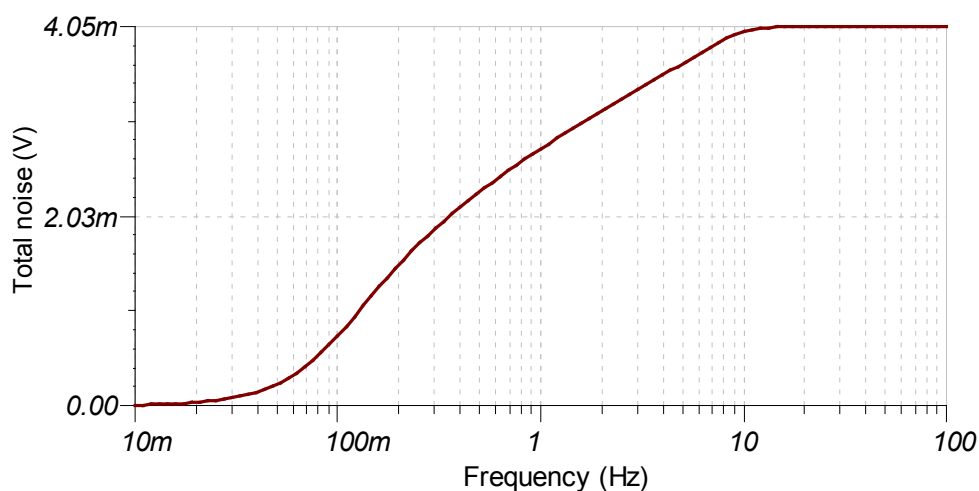


图 15: OPA827 总的噪声为滤波放大器和 DUT

$$\begin{aligned}
 V_{out_{pp}} &= 6 * V_{out_{rms}} = 6 * (4.05mV_{rms}) \\
 &= 24.3mV_{pp}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

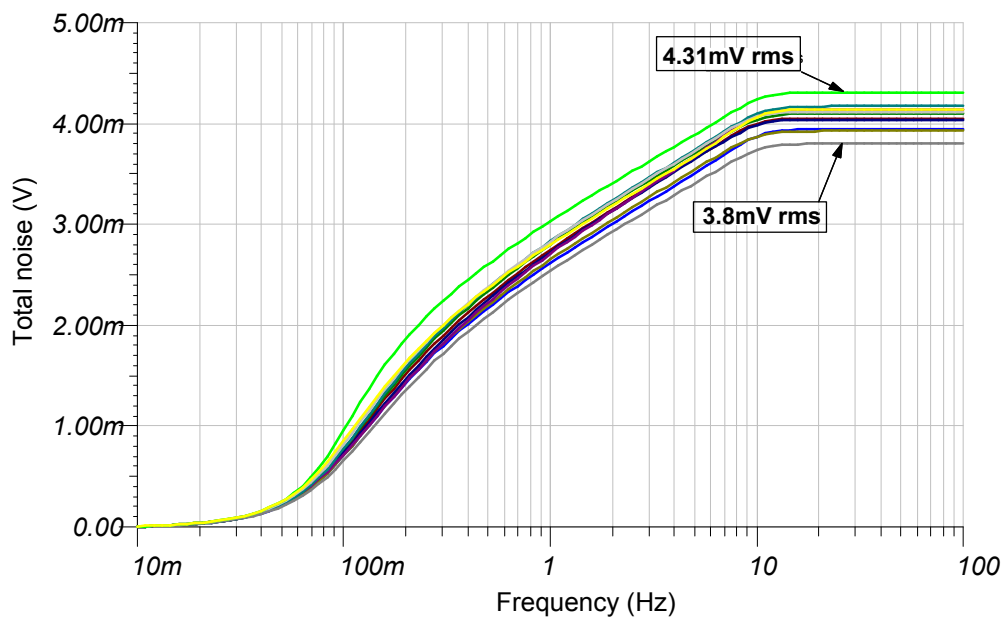


图 16: 使用蒙特卡洛分析时, OPA827 总的噪声波动范围

表 3: 基于蒙特卡洛分析总的噪声波动范围总结

	数据手册	标称值 仿真值	蒙特卡洛仿真的 下限值	蒙特卡洛仿真的下 限值	测试的
OPA827 0.1Hz 至 10Hz	250nVpp 41.7nVrms	243nVpp 40.5nVrms	228nVpp 38nVrms	258nVpp 43.1nVpp	250nVpp 41.7nVrms

在章节 8 中可找到 PCB 电路原理图和物料清单。

这个设计遵循了高精度 PCB 布局布线的常用规则。例如，PCB 走线长度尽量被设计为最短，特别是对于输入信号。

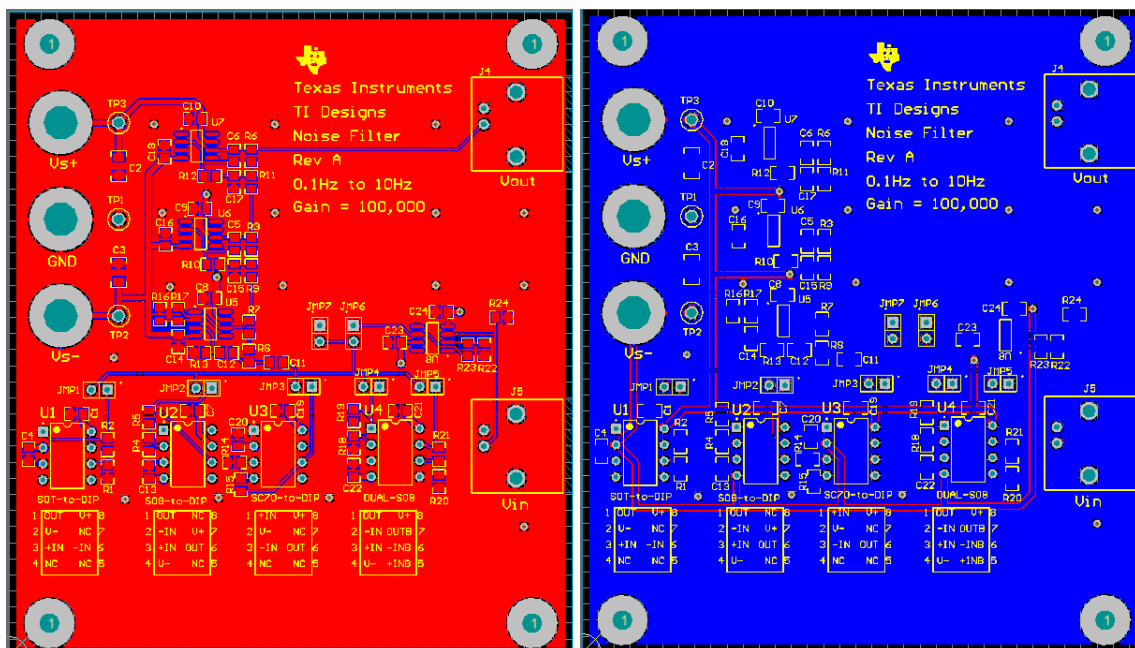


图 17: PCB 布局布线 (左上角, 右下角)

6 验证 & 测试性能

6.1 在 0.1Hz 至 10Hz 噪声测试中常见的预防措施

Figure 18 是测试装置以确认 0.1Hz 至 10Hz 滤波器工作。这个测试装置设计为扫描不同频率的输入信号，以测试该滤波器的增益与频率响应之间的关系。这个设置只用于最初测试和电路板特性分析。初始测试后，Figure 19 中的装置将被用来测试 0.1Hz 至 10Hz 噪声。

采用一个屏蔽环境来获得这个测试的最佳结果是十分重要。Figure 20 是一个可采用的屏蔽装置。这是一个具有 BNC 和在板上端有 banana 接头连接的金属漆罐。这个屏蔽环境能有效地滤除 60Hz 以下和其他累积的噪声。它也通过保护电路板不受空气湍流影响而最大限度地减少了温度漂移。整个屏蔽接地并且尽可能减小空气间隙（缝隙天线）也很重要。如果使用了一个漆罐，请确保盖子和罐体密封良好。也许有必要在漆罐盖子的边缘填上沙子，以确保盖子和罐体进行良好的电接触。

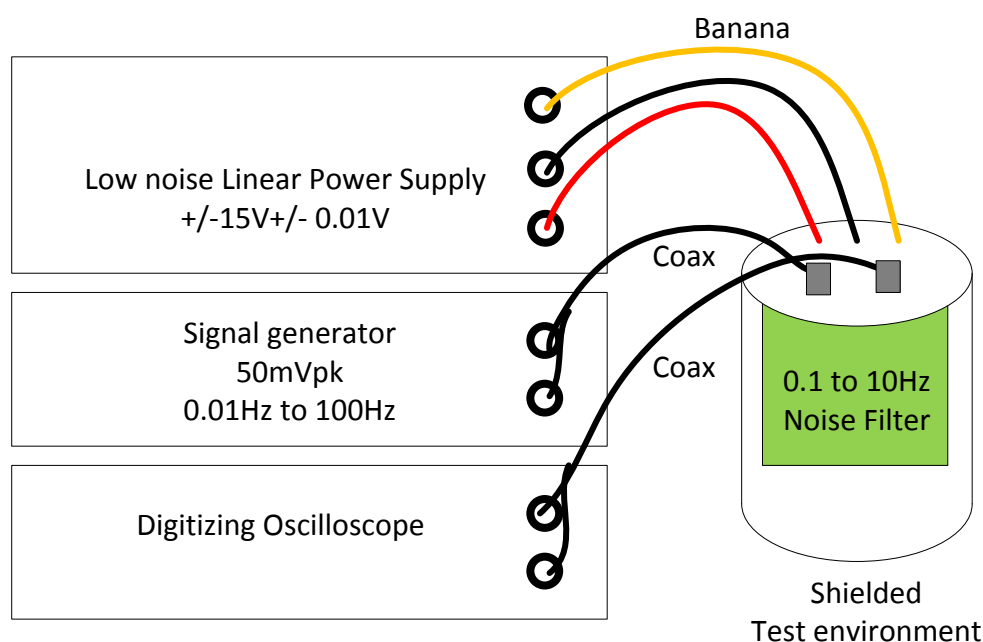


图 18: V-to-I (电压电路转换) 电路板的测试设置

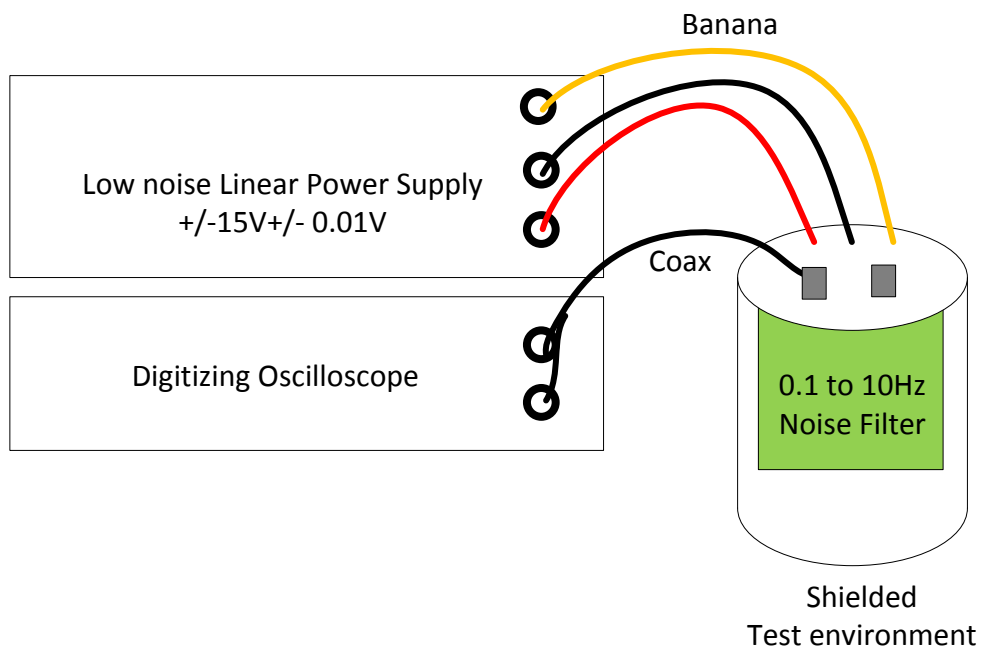


图 19: 0.1Hz 至 10Hz 噪声的测试装置

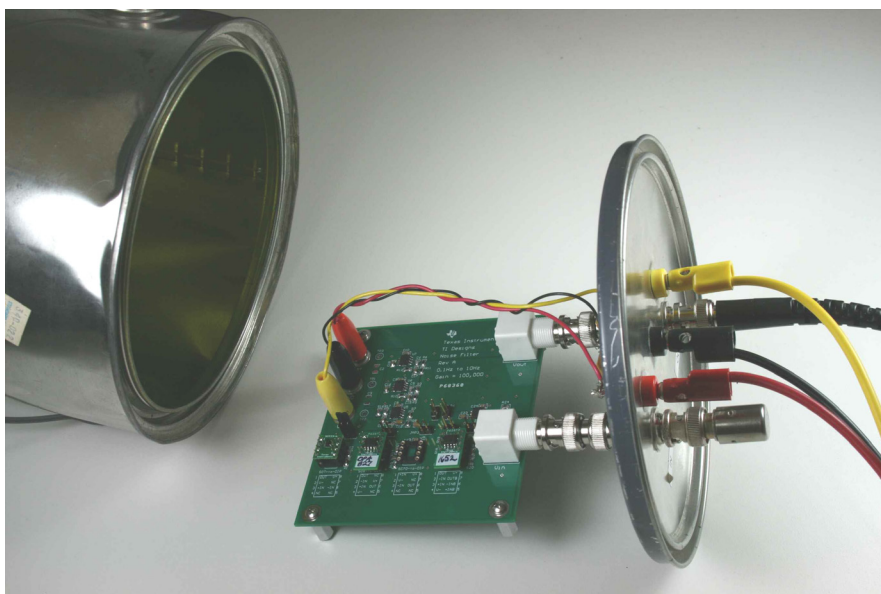


图 20: 被用来测量噪声的屏蔽环境

6.2 传递函数

在测量输出响应的同时，通过收集在电压 V_{IN} 在 0.03Hz 至 50Hz 的输入频率范围获取的数据。这个测试只适用于滤波器（在 PCB 上， V_{in} 接至 J5，而 V_{out} 接至 J4）。Figure 21 显示的测试结果单位为 V/V。Table 4 总结了在特定频率上测试的误差。

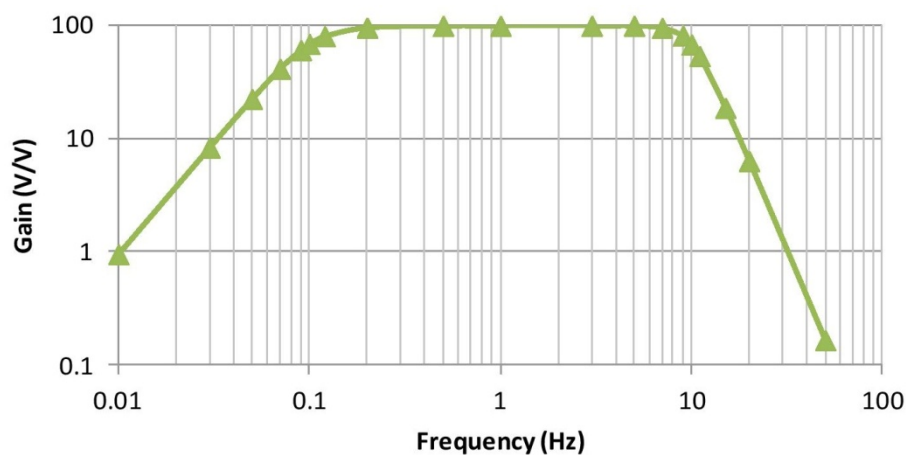


图 21： 测试的滤波器响应

表 4： 关键频率处测试到的误差总结

	理想值	标称值	仿真得到的蒙特卡洛 洛下限值	仿真得到的蒙特卡洛 洛上限值	测试的
0.1Hz 处的幅度 (V/V)	70.07	70.98	59.56	77.05	67.9
10Hz 处的幅度 (V/V)	70.07	70.06	61.56	76.57	67.5
1Hz 处的幅度 (V/V)	100	99.68	96	100.68	98.75

6.3 测得的示波器输出

这个电路的目的是通过示波器噪声测试的方法测试出在数据手册中标出的 0.1Hz 至 10Hz 噪声值。

Figure 22 是基于 OPA277 的 0.1Hz 至 10Hz 噪声测量值，以及其频谱密度。可在手算时使用频谱密度曲线，以确认 0.1Hz 至 10Hz 的测量值是正确的。等式 (2) 和 (3) 显示具有 0.1Hz 至 10Hz 滤波器的 OPA277 的预期噪声的计算。等式 (1) 将闪烁噪声标准化为 1Hz，而等式 (3) 对 0.1Hz 至 10Hz 范围内的噪声进行积分。在参考 1 中给出了这些等式推导和用法的更多细节。在这个情况下，测得的结果低于预期值 ($E_{n\text{-meas}} = 150\text{nV}$, $E_{n\text{-calc}} = 218\text{nV}$)。等式 (4) 显示如何用示波器读数除以增益来获得 RTI 噪声。

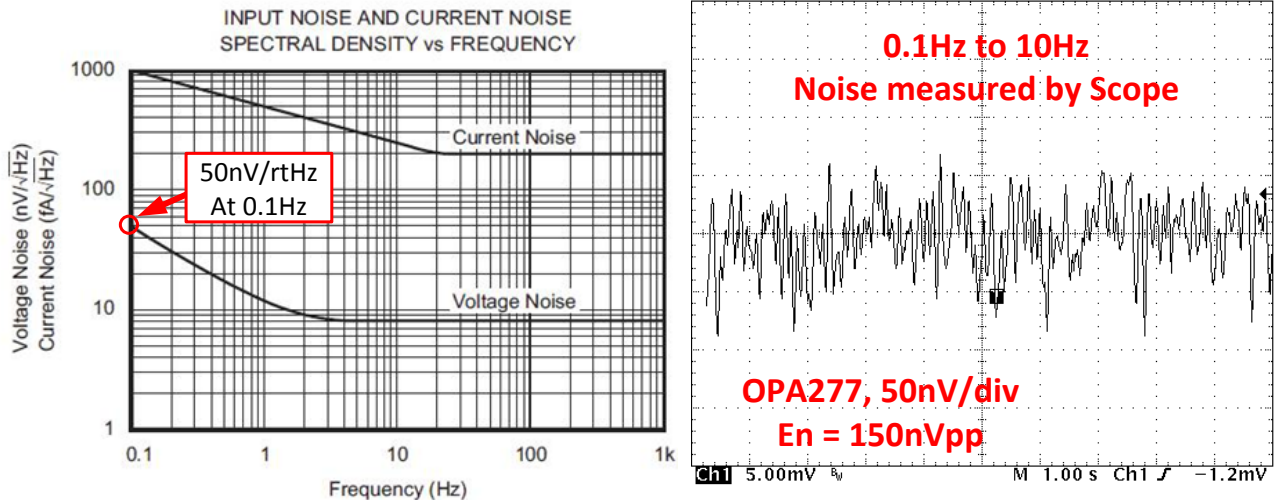


图 22: 针对 OPA277 的示波器噪声输出和电压噪声频谱密度

$$e_{\text{fnorm}} = e_{\text{at}_f} \sqrt{f} = \left(50 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}} \right) \sqrt{0.1\text{Hz}} = 15.8\text{nV} \quad (2)$$

$$E_{\text{n277-calc}} = 6 * 15.8\text{nV} * \ln \left(\sqrt{\frac{10\text{Hz}}{0.1\text{Hz}}} \right) = 218\text{nVpp} \quad (3)$$

$$E_{\text{n277-meas}} = \frac{V_{\text{Scope-pp}}}{100,000} = \frac{15\text{mVpp}}{100,000} = 150\text{nVpp} \quad (4)$$

Figure 23 是如何使用频谱密度曲线和手算来预计测得滤波器输出的第二个示例。式子 (5), 和 (6) 显示了手工计算获得的滤波器输出噪声。图 24 显示两个额外的测得结果, 但是并未显示手算结果。式子 (7) 显示如何用示波器读数除以增益来获得 RTI 噪声。

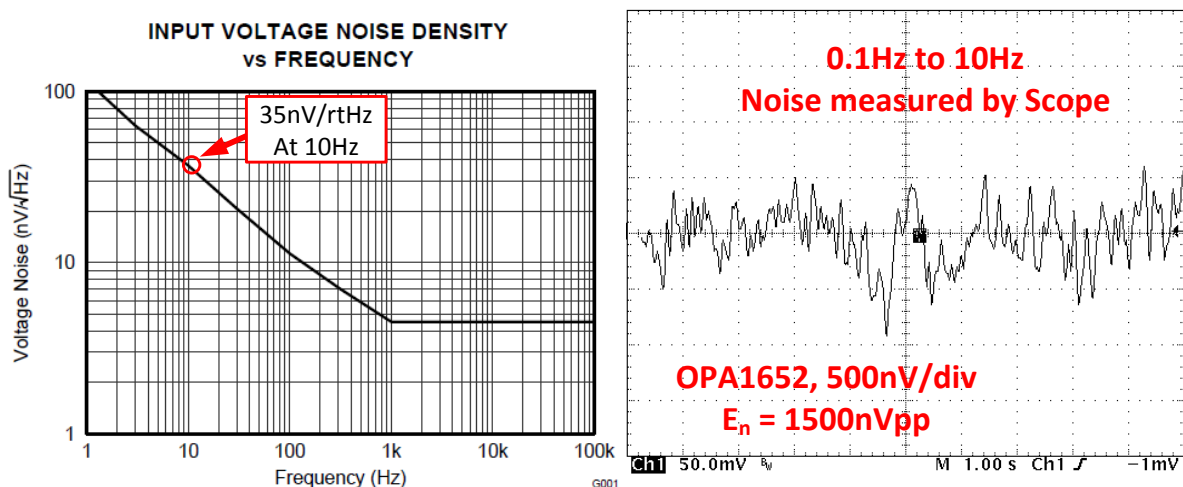


图 23: OPA1652 的示波器噪声输出和电压噪声频谱密度

$$e_{\text{fnorm}} = e_{\text{at}_f} \sqrt{f} = \left(35 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}} \right) \sqrt{10\text{Hz}} = 111\text{nV} \quad (5)$$

$$E_{\text{n1652}} = 6 * 111\text{nV} * \ln \left(\frac{10\text{Hz}}{\sqrt{0.1\text{Hz}}} \right) = 1530\text{nVpp} \quad (6)$$

$$E_{\text{n1652-meas}} = \frac{V_{\text{Scope-pp}}}{100,000} = \frac{150\text{mVpp}}{100,000} = 1500\text{nVpp} \quad (7)$$

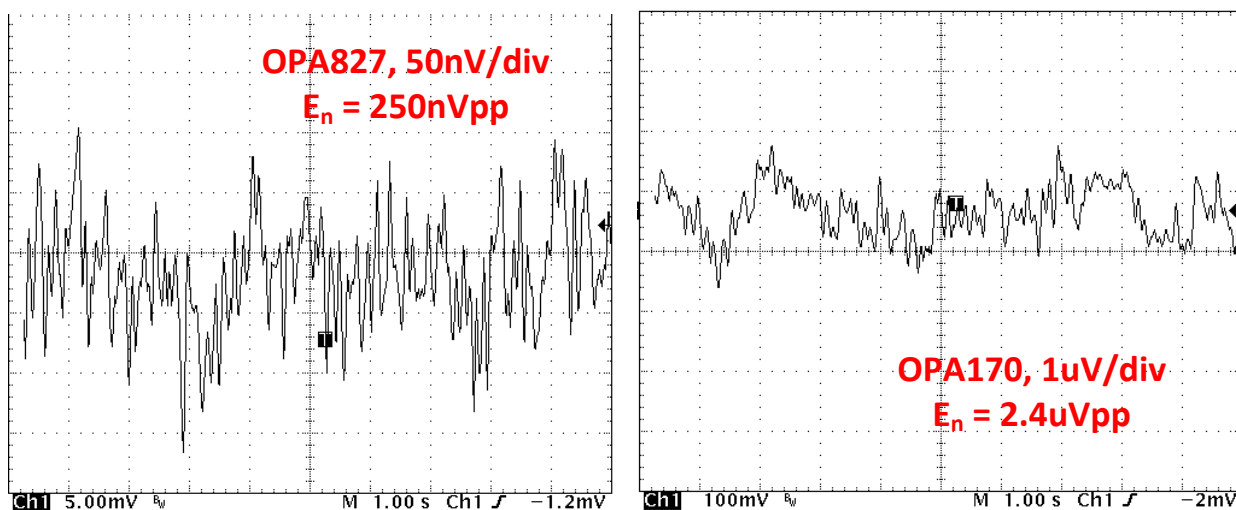


图 24: 针对 OPA827 和 OPA170 测得的 0.1Hz 至 10Hz 噪声

6.4 测得的结果总结

Table 5 汇总了四个使用滤波器电路板进行测试放大器噪声的测试示例结果。数据手册中典型的 0.1Hz 至 10Hz 噪声技术规格用于比较。总的来说，此电路运行良好。

表 5： 5 个示例的数据手册技术规格与测试结果的对比

运算放大器	数据手册噪声技术规格	测试值
OPA827	250nVpp	250nVpp
OPA277	220nVpp	150nVpp
OPA170	2.0uVpp	2.4uVpp
OPA1652	1.5uVpp	1.5uVpp

7 修改

7.1 选择不同的放大器

这个设计中的滤波器电路例子所采用的运放是 OPA827。其它适用于此滤波器设计的放大器在 Table 6 中给出。任何放大器都可作为 DUT 被测试。同样的测试装置可被用于 5V 放大器（例如，OPA333）。在一些场景下采用 $\pm 2.5V$ 供电的放大器，以避免共模限制。

表 6：放大器的简单比较

放大器	最大电源电压 (V)	最大失调电压 (μV)	最大失调漂移 ($\mu V/C$)	带宽 (MHz)	偏置电流 (pA)
OPA827	36	150	2	22	10
OPA277	36	20	0.15	1	2800
OPA188	36	25	0.085	1	1400
OPA333	5.5	10	0.05	0.35	200
OPA335	5.5	5	0.05	2	200

7.2 不同的 DUT 增益

DUT 的增益被设定为 1,000 来放大噪声，使其可被测试到，并且也确保第一个的 DUT 是主要的噪声源。在某些情况下，改变第一级的增益也许有用。

8 关于作者

Arthur Kay 是 TI 的一名应用工程师，他是放大器、基准、和混合信号器件技术应用专家。Arthur 特别关注诸如桥式传感器信号调节的工业应用。Arthur 已经出版了一本与放大器噪声相关的书和系列文章。在从事应用工程工作之前，他是一名 Burr-Brown and Northrop Grumman 公司的半导体测试工程师。Arthur 从佐治亚理工学院获得电子工程硕士学位（1993），从克利夫兰州立大学获得电子工程学士学位（1992）。

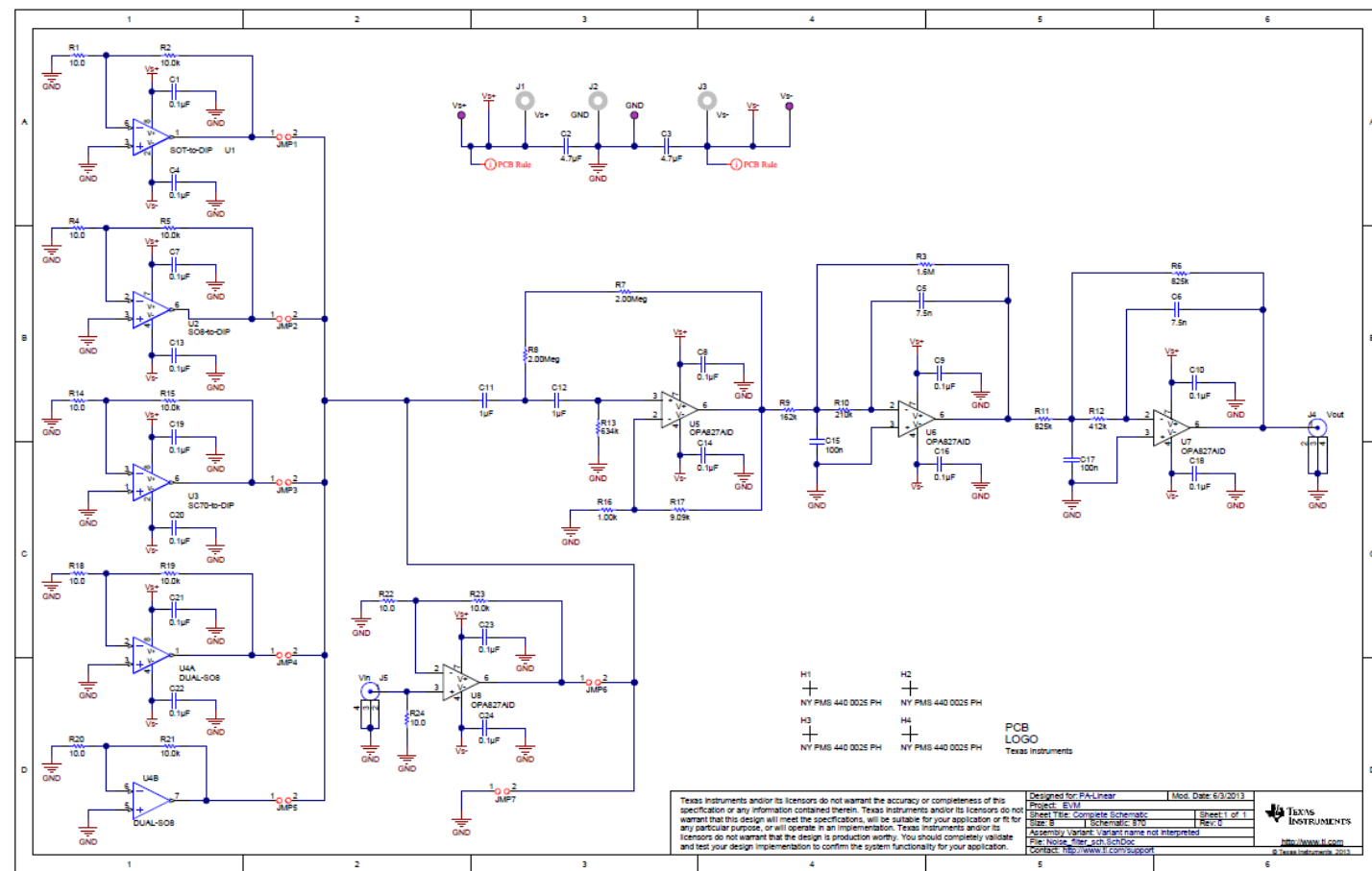
9 致谢 & 参考书目

- [1] Kay, A., 《运算放大器噪声》，Newnes, 2012 年，第 5 章
- [2] DIP 适配器评估模块 (EVM)，工具，德州仪器 (TI)，<http://www.ti.com/tool/dip-adapter-evm>
- [2] Filter Pro，工具，德州仪器 (TI)，<http://www.ti.com/tool/filterpro>

Appendix A. 附录

A.1 电气原理图和物料清单

分别在图表 A-1 和图表 A-2 中显示了这个设计的电气电路原理图和物料清单。



图表 A-1: 电气原理图

A.2 物料清单

Item	Qty	Value	Designator	Description	Manufacturer	Manufacturer Part No.	Supplier Part No.
1	14	0.1uF	C1, C4, C7, C8, C9, C10, C13, C14, C16, C18, C19, C20, C21, C22	CAP, CERM, 0.1uF, 50V, +/-5%, X7R, 0805	AVX	08055C104JAT2A	478-3352-1-ND
2	2	4.7uF	C2, C3	CAP, CERM, 4.7uF, 16V, +/-20%, X7R, 1206	TDK	C3216X7R1C475M160AB	445-5994-1-ND
3	2	7.5n	C5, C6	CAP CER 7500PF 50V 5% NP0 0805	TDK	GRM2195C1H752JA01D	490-1639-1-ND
4	2	1uF	C11, C12	CAP, CERM, 1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0805	TDK	C2012X6S1H105K085AB	445-14501-1-ND
5	2	0.1uF	C15, C17	CAP CER 1UF 50V 10% X6S 0805	TDK	C2012X6S1H105K085AB	445-14501-1-ND
6	4		H1, H2, H3, H4	Machine Screw, Round, #4-40 x 1/4, Nylon, Philips panhead	B&F Fastener	NY PMS 440 0025 PH	H542-ND
7	1	Vs+	J1	Standard Banana Jack, Uninsulated, 5.5mm	Keystone	575-4	575-4K-ND
8	1	GND	J2	Standard Banana Jack, Uninsulated, 5.5mm	Keystone	575-4	575-4K-ND
9	1	Vs-	J3	Standard Banana Jack, Uninsulated, 5.5mm	Keystone	575-4	575-4K-ND
10	2		J4, J5	CONN BNC JACK R/A 75 OHM PCB	TE Connectivity	1-1478032-0	A97560-ND
11	5		JMP1, JMP2, JMP3, JMP4, JMP5, JMP6, JMP7	CONN HEADER 50POS .100" SGL GOLD (cut as needed)	Samtec Inc	TSW-150-07-G-S	SAM1029-50-ND
12	5	10	R1, R4, R14, R18, R20	RES 10.0 OHM 1/10W 0.1% 0805	TE Connectivity	1-1614884-7	A103143CT-ND
13	5	10.0k	R2, R5, R15, R19, R21	RES 10K OHM 1/8W .1% 0805 SMD	Panasonic	ERA-6AEB103V	P10KDACT-ND
14	1	1.6M	R3	RES 1.6M OHM 1/10W 0.1% 0805	TE Connectivity	1-1614959-2	A103800CT-ND
15	2	825k	R6, R11	RES 825K OHM 1/8W 0.5% 0805 SMD	Panasonic	ERA-6AED8253V	P825KBNCT-ND
16	2	2.00Meg	R7, R8	RES, 2.00Meg ohm, 1%, 0.125W, 0805	Vishay-Dale	CRCW08052M00FKEA	541-2.00MCCT-ND
17	1	162k	R9	RES 162K OHM 1/8W .1% 0805 SMD	Vishay-Dale	ERA-6AEB1623V	P162KDACT-ND
18	1	210k	R10	RES 210K OHM 1/8W .1% 0805 SMD	Panasonic	ERA-6AEB2103V	P210KDACT-ND
19	1	412k	R12	RES 412K OHM 1/8W .1% 0805 SMD	Panasonic	ERA-6AEB4123V	P412KDACT-ND
20	1	634k	R13	RES 634K OHM 1/8W .1% 0805 SMD	Panasonic	ERA-6AEB6343V	P634KDACT-ND
21	1	1.00k	R16	RES, 1.00k ohm, 1%, 0.125W, 0805	Panasonic	ERA-6AEB102V	P1.0KDACT-ND
22	1	9.09k	R17	RES 9.09K OHM 1/8W .1% 0805 SMD	Panasonic	ERA-6AEB9091V	P9.09KDACT-ND
23	0		R23	Optional for gain set, Do Not Populate for Gain=1			
24	1	0	R22	RES 0.0 OHM 1/8W JUMP 0805 SMD	Panasonic	ERJ-6GEY0R00V	P0.0ACT-ND
25	1	GND	TP1	Test Point, TH, Compact, Red	Keystone	5124	5005K-ND
26	1	Vs-	TP2	Test Point, TH, Compact, Red	Keystone	5124	5005K-ND
27	1	Vs+	TP3	Test Point, TH, Compact, Red	Keystone	5124	5005K-ND
28	3		U5, U6, U7, U8	IC OPAMP JFET 22MHZ SGL 8VSSOP	Texas Inst.	OPA827AID	296-24280-1-ND

图表 A-2: 物料清单

针对 TI 参考设计的重要声明

德州仪器公司 ("TI") 参考设计只用于帮助设计人员 ("客户") 开发包含 TI 半导体产品的系统 (在这里也指"组件")。客户理解并同意他们对设计客户系统和产品中的独立分析、评估和判断负责。

TI 参考设计已经使用标准实验室条件和工程实践创建。TI 未采取任何测试, 除非那些在已发布文档中针对一个特定参考设计所专门描述的测试。TI 也许会对它的参考设计进行修正、提高、改进和其它改变。

客户被授权使用具有每个特定参考设计中确认的 TI 组件的 TI 参考设计, 并且在他们的终端产品开发中修改参考设计。然而, 在这里不授予任何其它 TI 知识产权的直接或隐含、默许或其它方式的许可, 和任何第三方技术或知识产权的许可, 其中包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权、或者与采用了 TI 产品或服务的任何集成、机器或工艺相关的知识产权。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

TI 参考设计"按原样"提供。对于参考设计或者包括精度和完整性在内的直接、隐含或者法律规定的参考设计的使用, TI 不作出任何保证或声明。TI 不对任何隐含的适销性、针对特定用途的适用性、平静受益权、无干扰享有权, 以及与 TI 参考设计或其使用相关的任何第三方知识产权的非侵权作出任何保证。TI 不对任何与 TI 参考设计中提供的产品组合相关的或基于这些产品组合的第三方侵权声明负责, 并且不应为客户提供辩护或赔偿。不论是何原因造成任何实际的、特殊的、意外的、相应发生的或间接的损坏, 并且不论 TI 是否已经告知了 TI 参考设计的任何使用或 TI 参考设计的客户使用所造成的此类损坏的可能性, TI 都不应对此负责。

TI 保留根据 JESD46 最新标准, 对所提供的半导体产品和服务进行更正、增强、改进或其它更改的权限, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减少与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

对于 TI 数据手册、数据表或参考设计中的 TI 信息, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。第三方信息可能受到其它限制条件的制约。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其在其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在客户的安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。借助于这样的组件, TI 的目标是帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或"增强型塑料"的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的组件。客户认可并同意, 对还未指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 将不承担任何责任。

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为 有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予 的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务 的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它 知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况 下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件 或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其在应用中使用的 TI 产品 相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见 故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因 在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特 有的可满足适用的功能安全性标准 and 要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使 用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同 意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独 力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要 求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity	德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道1568号, 中建大厦32楼邮政编码: 200122
Copyright © 2014, 德州仪器半导体技术(上海)有限公司