

仪表放大器输入RFI保护

保护仪表放大器不受RFI影响

在实际应用中，必须处理日益增多的射频干扰(RFI)，对于信号传输线路较长且信号强度较低的情况尤其如此，这是仪表放大器的典型应用，因为其本身具有共模抑制能力，所以该器件能从较强共模噪声和干扰中提取较弱的差分信号。但有个潜在问题却往往被忽视，即仪表放大器中存在的射频整流问题。当存在强射频干扰时，集成电路的内部结点可能对干扰进行整流，然后以直流输出失调误差表现出来。

仪表放大器输入端的共模信号通常被其共模抑制的性能衰减了。但遗憾的是，射频整流仍然会发生，因为即使最好的仪表放大器在信号频率高于20 kHz时，实际上也不能抑制共模噪声。放大器的输入级可能对强射频信号进行整流，然后以直流失调误差表现出来。一旦经过整流后，在仪表放大器输出端的低通滤波器将无法消除这种误差。如果射频干扰为间歇性，那么它会导致测量误差，但无法被觉察到。

共模(CM)和差模(DM) RC输入滤波器

对于仪表放大器的器件级应用需进行适当的滤波，通用方法如图1所示。在此电路中，仪表放大器可以是数种器件之一。仪表放大器前相对复杂的平衡RC滤波器负责执行所有高频滤波。仪表放大器则通过其增益设置电阻(图中未显示)设置为应用所需的增益。

注意，该滤波器针对CM($R1-C1$ 和 $R2-C2$)以及差模(DM)信号($R1+R2$ 和 $C3$ 与串联的 $C1-C2$ 并联)提供完全平衡的滤波。如果 $R1-R2$ 和 $C1-C2$ 匹配不佳， V_{IN} 处的某些输入共模信号将转换为仪表放大器输入端的差模信号。因此， $C1$ 和 $C2$ 的匹配精度至少应达到5%。此外， $R1$ 和 $R2$ 应该采用1%金属薄膜电阻，以便帮助实现这一匹配精度。

此处假设 V_{IN} 引脚处的源阻抗小于 $R1-R2$ ，并且相互匹配。在此类滤波器中，所选的 $C3$ 应该至少比 $C1$ 或 $C2$ ($C3 \geq 10C1, 10C2$)大10倍，以抑制因 $R1-C1$ 和 $R2-C2$ 时间常数不匹配所引起的CM-DM转换而导致的杂散差分信号。

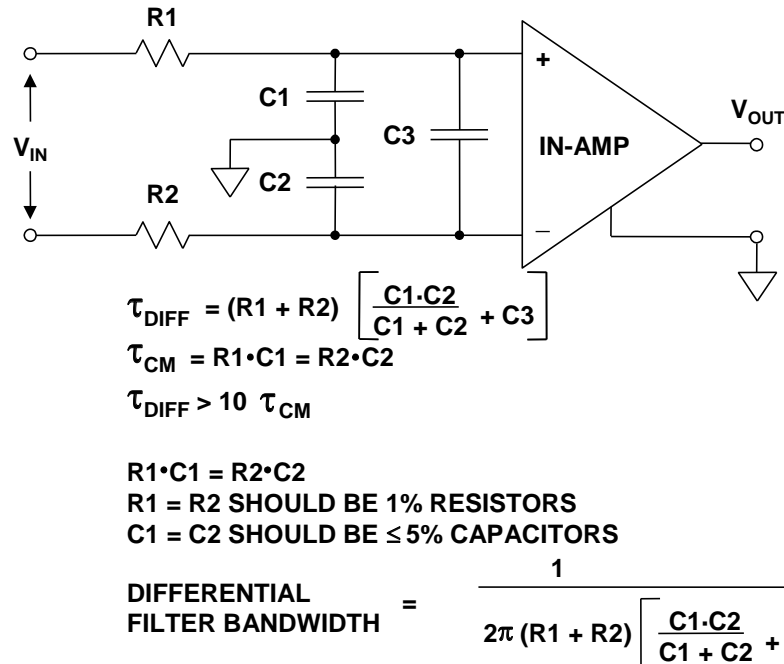


图1：代码跃迁噪声(折合到输入端噪声)及其对ADC传递函数的影响

假设 $C3 \gg C1$ ，由此得到CM滤波器带宽为 $1/2\pi R1 \cdot C1$ ，而DM滤波器带宽则大约为 $1/4\pi R1 \cdot C3$ 。

总体DM滤波器带宽应至少为输入信号带宽的100倍。滤波器元件应对称安装在具有较大面积接地层的电路板上，并且应该靠近仪表放大器的输入端，以便获得最佳性能。

图2显示了一系列适合各种不同仪表放大器的此类滤波器。RC元件应根据不同仪表放大器进行定制，具体如表中所示。选择这些滤波器元件是为了实现低EMI/RFI灵敏度和低噪声增长的合理平衡(与无滤波器的相应仪表放大器相比)。

要测试配置的EMI/RFI灵敏度，可以向输入电阻施加1 V p-p CM信号，如上所述。当AD620等常用仪表放大器在增益为1000下工作时，20 MHz范围内观测到的最大RTI输入失调电压漂移为1.5 μV 。在AD620滤波器示例中，差分带宽约为400 Hz。

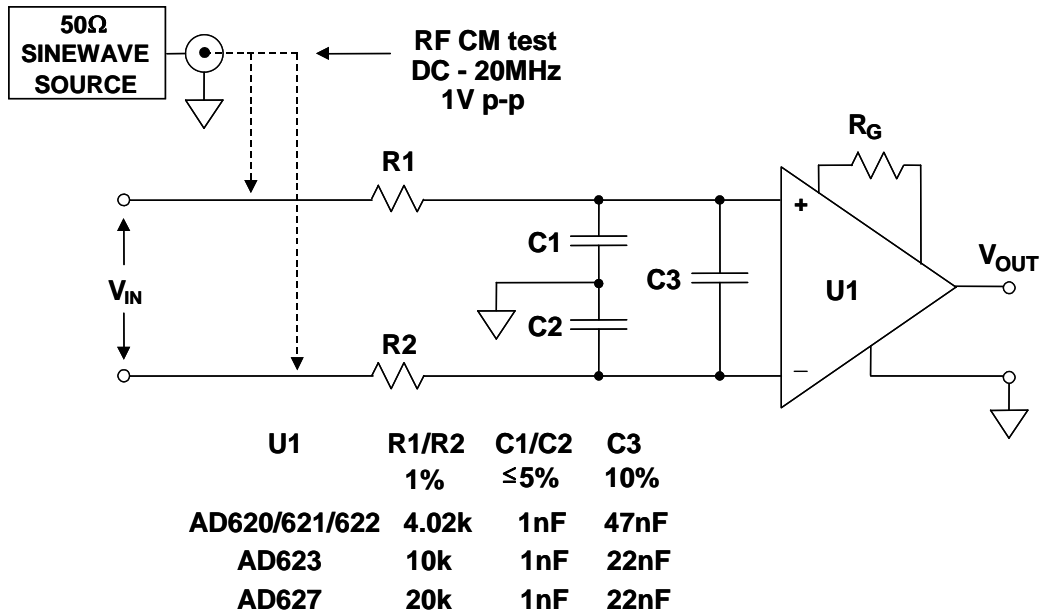


图2: 灵活的共模和差模RC EMI/RFI滤波器对AD620系列、AD623、AD627及其它仪表放大器有效

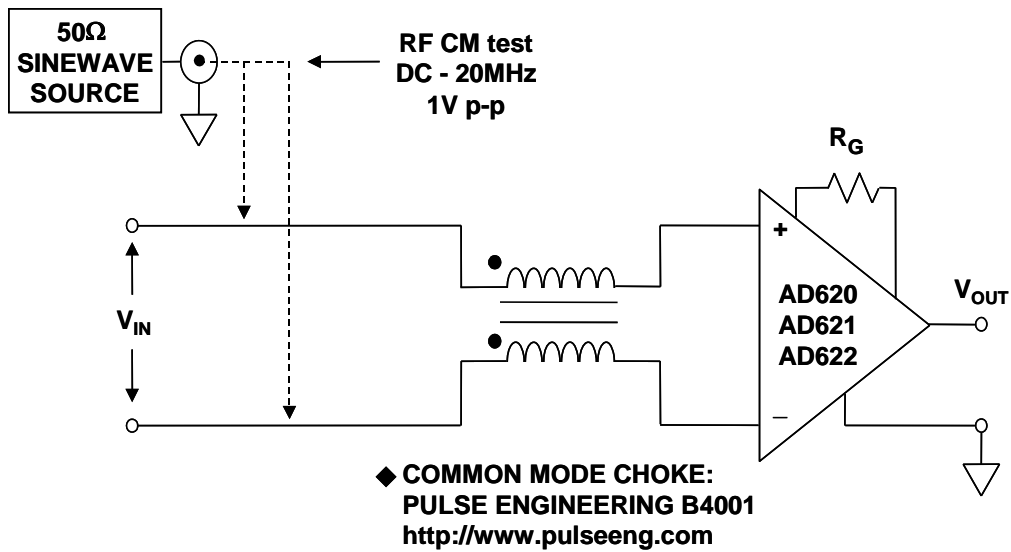
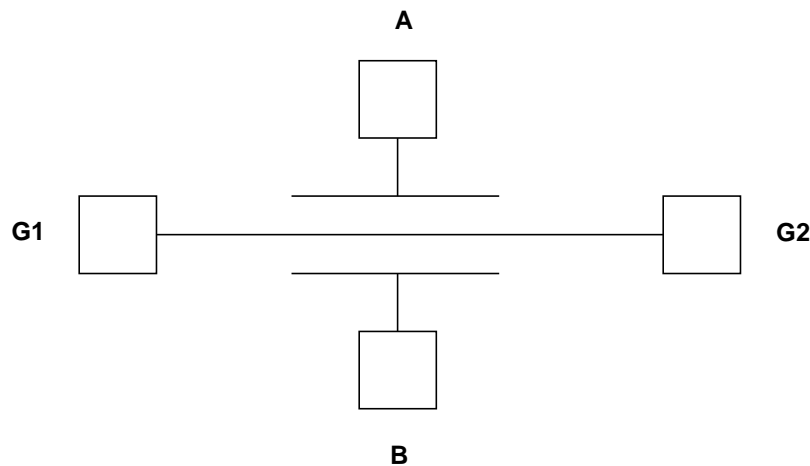


图3: 针对简单和最低噪声EMI/RFI滤波器操作, 共模扼流圈对AD620系列仪表放大器有效

除了元件数较少之外，去除电阻后，基于扼流圈的滤波器还具有低噪声特性。不过，关键是要选择合适的共模扼流圈。上文图3所示电路中使用的扼流圈是Pulse Engineering B4001。G = 1000时，DC至20 MHz范围内测得的最大RTI失调漂移为4.5 μ V。针对该滤波器，用户既可以采用B4001等现成扼流圈，也可以自行构建扼流圈。线圈的平衡非常重要，因此建议使用双线。当然，磁芯材料必须能在预期频带内工作。注意，与图1中的RC系列滤波器不同，单纯的扼流圈滤波器不提供差分滤波。可以选择添加差模滤波功能，即在扼流圈之后的第二级添加图1中的R1-C3-R2连接。

采用X2Y®电容的共模滤波器

图4显示X2Y电容的连接图。这类器件尺寸非常小，配有三个引脚并具有四个外部连接——A、B、G1和G2。



See www.x2y.com for manufactures of x2y capacitors

图4：X2Y®电容静电模型

G1和G2引脚在器件内部相连。X2Y电容的内部板结构形成一种集成电路，具有一些有趣的特性。从静电角度来看，三个电节点构成两个电容，这两个电容共享G1和G2引脚。制造工艺会自动严格匹配这两个电容。此外，X2Y结构包含有效的自动变压器/共模扼流圈。因此，当共模滤波器使用这类器件时，与类似RC滤波器相比，高于滤波器转折频率的共模信号衰减幅度更大。因此，通常无需电容C3，进而节省了成本和电路板空间。

图5A所示为传统的RC共模滤波器，而图5B所示为采用X2Y器件的共模滤波器电路。图6比较了这两种滤波器的RF衰减性能。

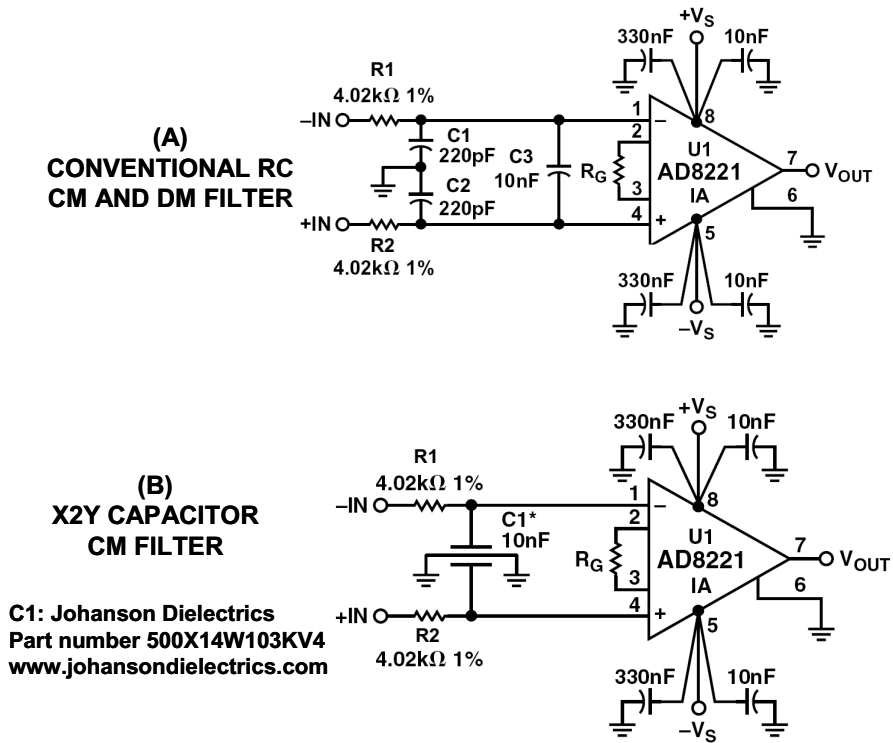


图5: 传统RC滤波器和X2Y CM滤波器

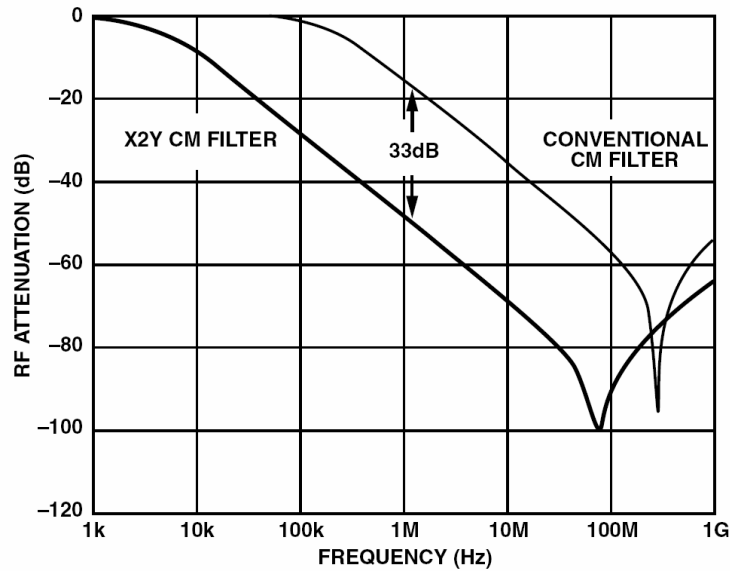


图6: X2Y共模滤波器与传统RC共模滤波器的RF衰减性能比较

参考文献

1. Hank Zumbahlen, *Basic Linear Design*, Analog Devices, 2006, ISBN: 0-915550-28-1. Also available as [*Linear Circuit Design Handbook*](#), Elsevier-Newnes, 2008, ISBN-10: 0750687037, ISBN-13: 978-0750687034. Chapter 2.
2. Walter G. Jung, [*Op Amp Applications*](#), Analog Devices, 2002, ISBN 0-916550-26-5, Also available as [*Op Amp Applications Handbook*](#), Elsevier/Newnes, 2005, ISBN 0-7506-7844-5. Chapter 2.
3. Charles Kitchin and Lew Counts, [*A Designer's Guide to Instrumentation Amplifiers, 3rd Edition*](#), Analog Devices, 2006.

Copyright 2009, Analog Devices, Inc. All rights reserved. Analog Devices assumes no responsibility for customer product design or the use or application of customers' products or for any infringements of patents or rights of others which may result from Analog Devices assistance. All trademarks and logos are property of their respective holders. Information furnished by Analog Devices applications and development tools engineers is believed to be accurate and reliable, however no responsibility is assumed by Analog Devices regarding technical accuracy and topicality of the content provided in Analog Devices Tutorials.