

AD7746的EMC保护

作者: Holger Grothe和Mary McCarthy

简介

AD7746是一款24位电容数字转换器(CDC)。该器件可直接测量浮地式容性传感器的电容,即传感器直接连接至AD7746输入引脚。

电磁干扰会使容性传感器周围的电场失真,从而改变电容测量值,影响转换结果。为了防止AD7746受此电磁干扰影响,需要使用某种外部滤波。然而,在信号路径中内置滤波器有一定难度,因为滤波器会降低电容数字转换的精度。本应用笔记讨论AD7746引脚上的外部滤波器可以实现的EMC性能,以及滤波器对AD7746精度的影响。

什么是EMC?

电磁兼容性(EMC)是指没有对环境造成电磁辐射并且能在电磁辐射环境中工作的能力。当达到这个目标时,所有的电子设备可以与其它设备一起正常工作。一个系统中包含多个EMC耦合路径:空间耦合、传导耦合、电感耦合和电容耦合(见表1)。

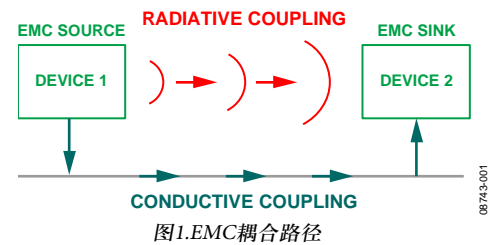


图1. EMC耦合路径

针对恶劣环境设计系统时,必须将EMC考虑在内且必须在设计阶段进行EMC测试。EMC测试分为不同的级别:系统级测试、子系统级测试和IC级测试。测试方法根据每个EMC测试级别进行定义。

对一个子系统或者一颗IC器件在EMC性能上的要求取决于器件的功能及其在系统中的位置。例如,在汽车应用中,如果一个器件与汽车电池或底盘连接,那么它必须有较高的EMC性能。如果器件局限于印制电路板(PCB)区域内,那么它对EMC级别的要求较少。

AD7746是一款集成电路:因此,依据国际标准IEC62132第4部分,用直接功率注入进行EMC测试。AD7746局限于PCB区域内并与传感器有局部连接。因此,电磁干扰的级别会较低。

目录

简介.....	1	轻型滤波器.....	6
什么是EMC?	1	轻中型滤波器.....	8
电容数字转换器的架构.....	3	中型滤波器.....	10
AD7746	3	中重型滤波器.....	12
EMC测试	4	重型滤波器.....	14
无外部滤波器时AD7746的EMC性能	5	EXC引脚	16
有外部滤波器时AD7746的EMC性能	5	EXC引脚上的DPI(无外部滤波器).....	16
CIN引脚.....	6	有外部滤波器时AD7746的EMC性能	16
		结论.....	18

电容数字转换器的架构

了解电容数字转换器(CDC)的架构有助于理解EMC是如何影响AD7746工作的。电容数字转换器利用开关电容技术构建电荷平衡电路来测量电容(见图2)。

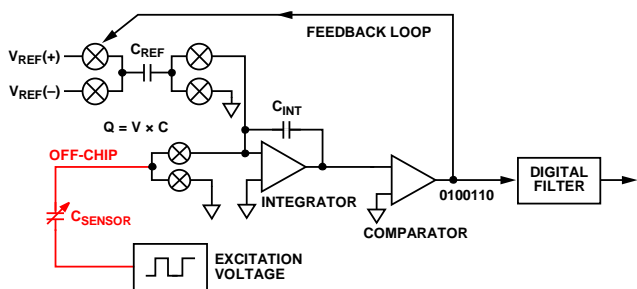


图2.CDC架构

检测电容 C_{SENSOR} 和内部参考电容 C_{REF} 以固定采样率进行开关，它们的电荷被泵入积分器。比较器检测积分器的输出并控制输入开关的相位来关闭反馈环路，从而平衡流过 C_{SENSOR} 和参考路径的电荷。

比较器输出的0和1组成的数据流随着环路平衡所需的电荷量而变化。电荷与电压和电容成比例。因为电压EXC和 V_{REF} 是固定值，所以0和1的密度代表输入电容 C_{SENSOR} 与参考电容 C_{REF} 的比值。片内数字滤波器从0和1组成的时域编码中提取信息形成数字结果。由于滤波是数字的，直流附近的响应在采样频率及其倍频附近重复。因此，片内数字滤波器在采样频率及其倍频附近没有提供抑制。

AD7746

AD7746使用二阶调制器和三阶sinc滤波器。默认情况下，激励频率即容性输入采样频率等于32 kHz。因此，片内滤波器响应在32 kHz及32 kHz的倍频处重复(见图3)。在噪声环境中，需要前端的某种附加滤波对32 kHz的倍频进行抑制。32 kHz信号用于激励和测量电容。这样，理想的外部滤波器应该允许32kHz信号无衰减地通过并在64kHz附近及更高的频率进行滤波。

理想的砖墙式滤波器能实现这一响应(见图5中绿线)。然而，因为CDC器件测量从激励引脚到容性输入引脚的电荷，所以外部滤波器只能使用无源器件。因此，实践中采用的是实际无源滤波器(参见图5中的蓝色)。此滤波器滚降较慢。必须在无衰减地通过32kHz与有衰减地通过32kHz倍频之间做出权衡取舍(见图4)。

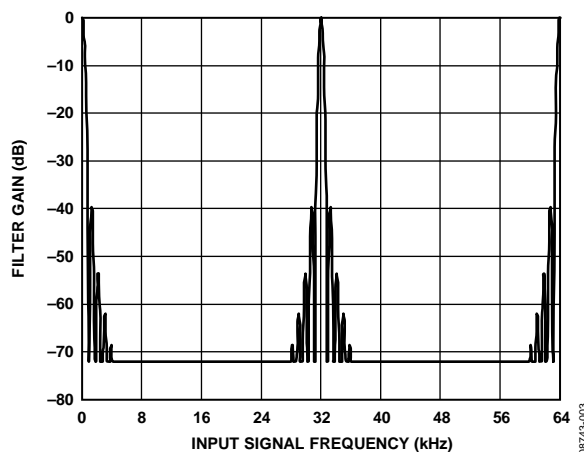


图3.AD7746滤波器响应

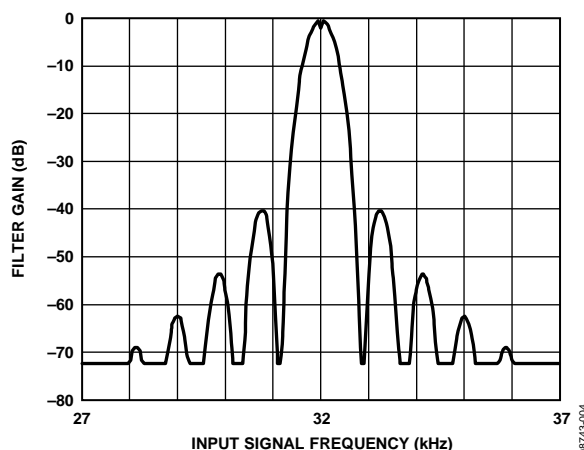


图4.32 kHz范围内的频率响应

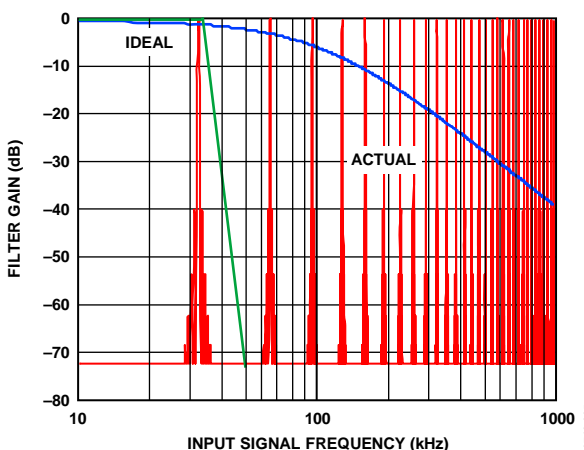


图5.抗混叠滤波器

EMC测试

对于EMC测试，使用图6所示DPI设置：这个图摘自IEC 62132第4部分。DPI测试设置包括一个RF信号发生器、一个RF放大器、一个定向耦合器(耦合器通过探头与一个RF功率计连接来测量到DUT的前向功率)。测量反射功率是可选的，因为在DPI扫描时前向功率水平必须保持不变。

AD7746的所有引脚必须进行EMC测试。EXC、CIN和VDD引脚是最敏感的。因此，本应用笔记关注重点是这些引脚。根据IEC 62132第4部分，通过AC耦合(见图7)对CIN、EXC和VDD引脚逐一施加连续的RF频率。测试方法推荐使用6.8 nF的AC耦合电容。这个电容用在VDD引脚。然而，EXC和CIN引脚使用更小的电容(47 pF)，因为IEC 62132第4部分中建议的电容值超过了AD7746允许的最大接地电容。

根据IEC 62132第4部分，频率以1 MHz为步进从1 MHz增加到100 MHz，以10 MHz为步进从100 MHz增加到1000 MHz。ADI以50 mW为目标功率。每步均测量AD7746的误差和峰值噪声。

由于预计所用外部滤波器在低频时效果较差，且预计AD7746对32kHz(AD7746所用的主时钟频率)附近的频率及其倍频较敏感，因此ADI公司以200 Hz的较小步进在较低频率范围进行一次附加扫描。

对于所有EMC测试，AD7746配置如下：

- 差分模式
采样时钟 = 32 kHz
- 连续转换模式
增益 = 1
斩波禁用
激励电压 = VDD/2
转换时间 = 62.1 ms

使用一个固定4 pF电容来代替传感器。此电容产生接近满量程的转换。为了确保在RF干扰期间AD7746转换不超出范围，人为缩小输入电容。

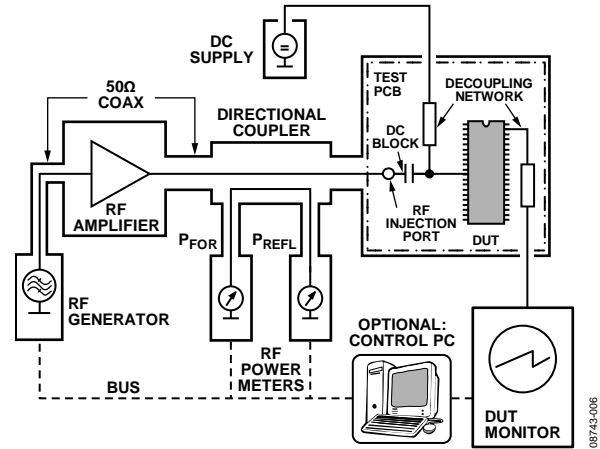


图6. DPI测试设置

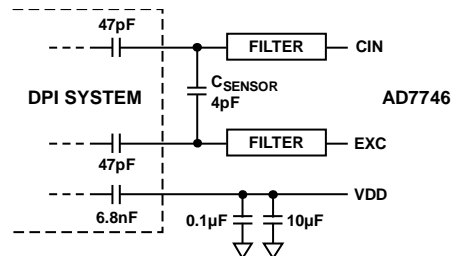


图7. AD7746与DPI系统的连接

在执行EMC测试前评估DPI系统所引入的噪声。表1显示当输入端不连接电容时、连接4pF电容时以及将DPI电缆连接至系统时，AD7746可实现的峰峰值分辨率。布线会降低AD7746的性能。

表1. DPI设备所引入的噪声

连接至AD7746	峰峰值分辨率
无负载电容	15.5 位
有负载电容	14 位
有负载电容和RF电缆	12 位

无外部滤波器时AD7746的EMC性能

为了确定AD7746的EMC性能，先在没有外部滤波器时进行EMC测试。所有引脚均经过EMC测试。CIN引脚最为敏感。请注意，以50mW为目标功率时，AD7746仍保持正常功能。当DPI信号消除时，器件绝不会闩锁并可恢复至预期精度。

CIN引脚上的DPI(无外部滤波器)

当施加至CIN的RF频率以1MHz为步进从1MHz扫描到100MHz并以10MHz为步进从100MHz扫描到1000MHz时，在低频、在160MHz至210MHz范围内以及超过680MHz频率时误差很明显。对于超过800MHz的RF频率，AD7746转换无效。

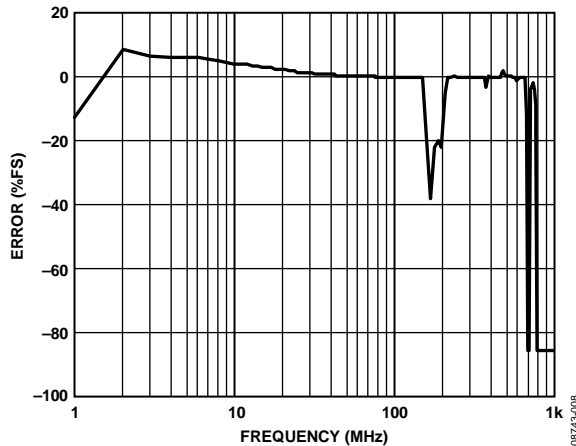


图8. 无外部滤波器时在引脚CIN以1 MHz为步进从1 MHz到100 MHz进行DPI测试，以及以10 MHz为步进从100 MHz到1000 MHz进行DPI测试的误差

峰峰值噪声在低频时大幅增加(参见图9)。在高频时，转换无效。

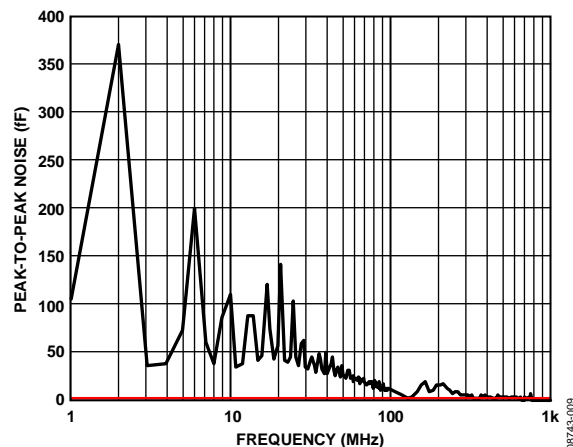


图9. 无外部滤波器时在引脚CIN以1 MHz为步进从1 MHz到100 MHz进行DPI测试，以及以10 MHz为步进从100 MHz到1 kHz进行DPI测试的峰峰值噪声

有外部滤波器时AD7746的EMC性能

选择外部滤波器

外部滤波器应该允许32kHz信号(AD7746采样频率)无衰减地通过并在64kHz附近及更高的频率进行滤波。理想的砖墙式滤波器能实现这一响应(见图5中绿线)。然而，因为CDC器件测量从激励引脚到容性输入引脚的电荷，所以外部滤波器只能使用无源器件。因此，实践中采用的是实际无源滤波器。

在对若干无源滤波器结构进行评估之后，选择了二阶滤波器用于CIN引脚，因为它在合理范围内使用少量非精密器件提供了良好的频率响应和滚降性能。评估了五种不同的二阶滤波器，分别为

- 轻型滤波器
- 轻中型滤波器
- 中型滤波器
- 中重型滤波器
- 重型滤波器

在五种滤波器中，轻型滤波器滚降最低。因此，它在64kHz及其倍频下抑制效果最差。但AD7746精度所受影响最少。相比之下，重型滤波器在64kHz及其倍频时抑制效果最好。但滤波器中所用R和C值更大，会影响AD7746的精度。

对于EXC引脚，用一阶滤波器足以达到期望的EMC性能。最后，VDD引脚使用标准去耦电容(一个0.1μF陶瓷电容与一个10μF钽电容并联到GND)。用这些去耦电容可以达到期望的EMC性能。

CIN引脚

轻型滤波器

连接到CIN引脚的二阶滤波器和连接到EXC引脚的一阶滤波器的元件值如图10所示。使用一个3.995pF电容来代替容性传感器。二阶滤波器的截止频率是455kHz，在32 kHz的相移是-8.4°，在1 MHz的衰减是-15.5 dB。

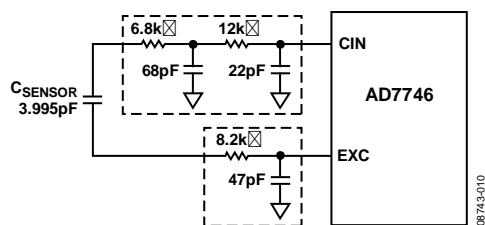


图10. AD7746前端的无源滤波器

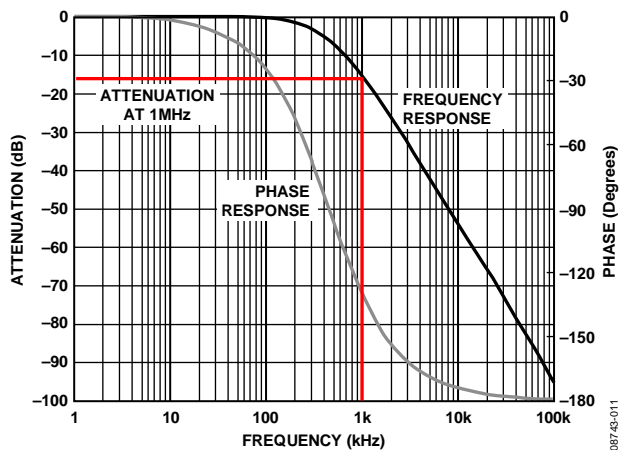


图11.轻型滤波器的频率响应/相位响应

采用轻型滤波器时AD7746的性能

与CIN和EXC引脚连接的外部滤波器影响AD7746的转换精度。图12表明输入到输出传递函数的变化。使用外部滤波器时，失调误差为0.05 pF(1.21% FS)，而增益误差为-0.014 pF(-0.34% FS)。

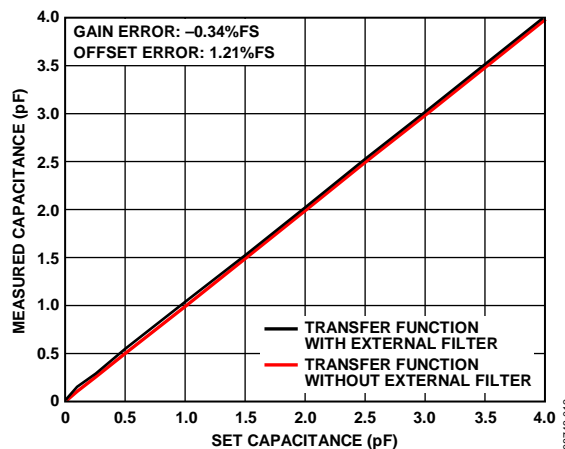


图12.有外部滤波器和无外部滤波器时AD7746的输入到输出传递函数

采用轻型滤波器时的EMC性能

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100MHz并以10 MHz为步进从100MHz扫描到1000 MHz时，在低频下存在容性传感器读数误差。该误差在低频下一般为1.2% FS。在更高频，误差一般降低至0.015% FS。当以200Hz为步进在1 MHz至5 MHz范围内进行DPI测试(参见图14)时，器件对32kHz倍频附近的窄带频率有一定敏感性，测得最大误差为2.2% FS。

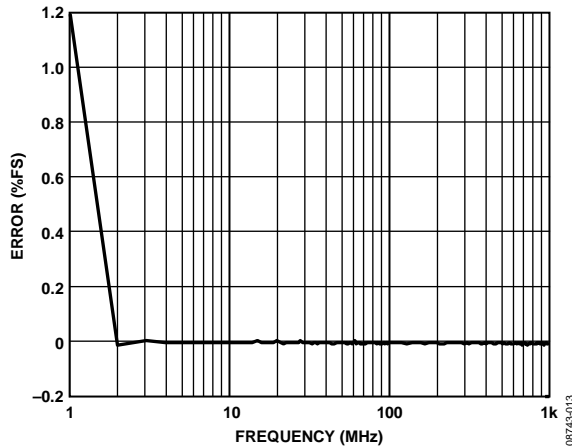


图13.CIN FS误差：从1 MHz到1000 MHz的扫描

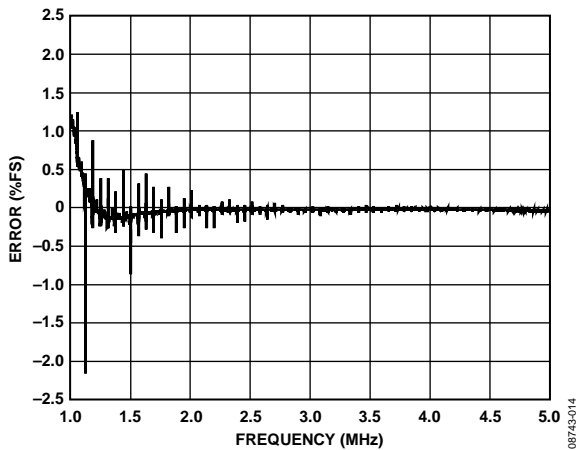


图14.CIN FS误差：以200Hz为步进从1MHz到5MHz的精细扫描

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100MHz扫描到1000MHz(参见图15)时，峰峰值(p-p)噪声在1 MHz至2 MHz时最高(3.8 fF)。在740 MHz和820 MHz时，p-p噪声为2.6 fF。在所有其他频率时该噪声均低于2.5 fF。

红线表示当不施加RF频率时的峰峰值噪声。当以200 Hz为步进在1 MHz至5 MHz范围内重复DPI测试(参见图16)时，可看到器件对32 kHz倍频附近的窄带频率有一定敏感性。峰峰值噪声在1 MHz附近最高，为620 fF。

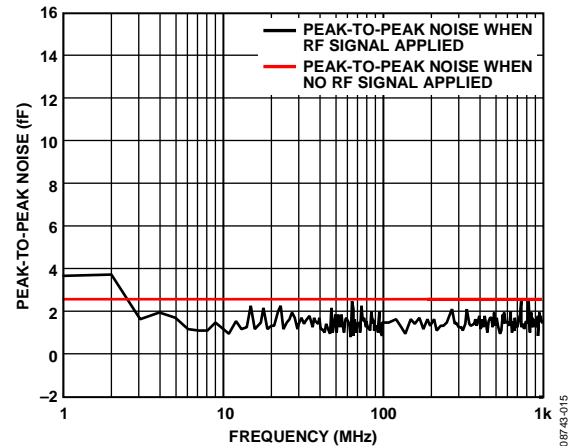


图15.CIN峰峰值噪声：从1 MHz到1000 MHz的扫描

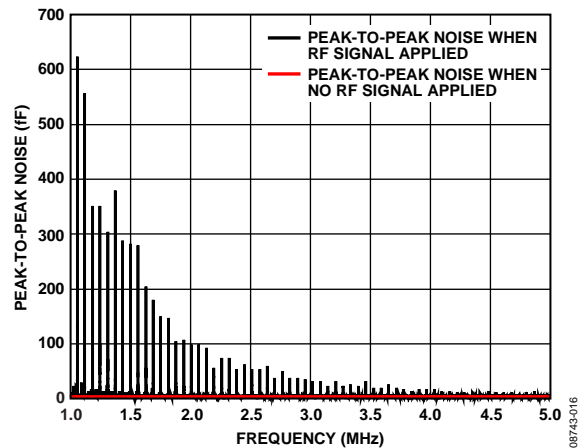


图16.CIN峰峰值噪声：以200Hz为步进从1MHz到5MHz的精细扫描

轻中型滤波器

连接到CIN引脚的二阶滤波器和连接到EXC引脚的一阶滤波器的元件值如图17所示。

使用一个固定3.995 pF电容来代替容性传感器。二阶滤波器的截止频率是359 kHz，在32 kHz的相移是-10.5°，在1 MHz的衰减是-19 dB。

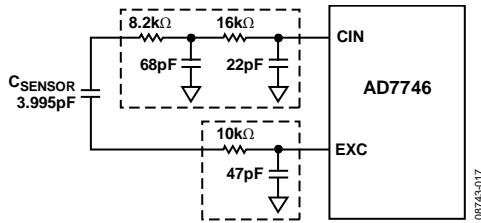


图17. AD7746前端的无源滤波器

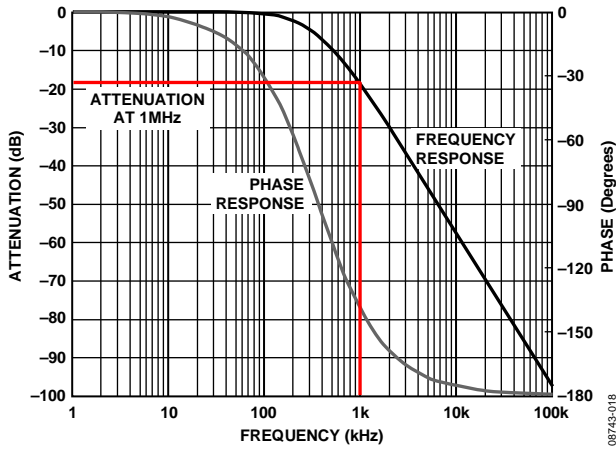


图18. 轻中型滤波器的频率响应

采用轻中型滤波器时AD7746的性能

与CIN和EXC引脚连接的外部滤波器影响AD7746的转换精度。图19表明输入到输出传递函数的变化。使用外部滤波器时，失调误差为0.28 pF(6.84% FS)，而增益误差为-0.16 pF(-3.90% FS)。

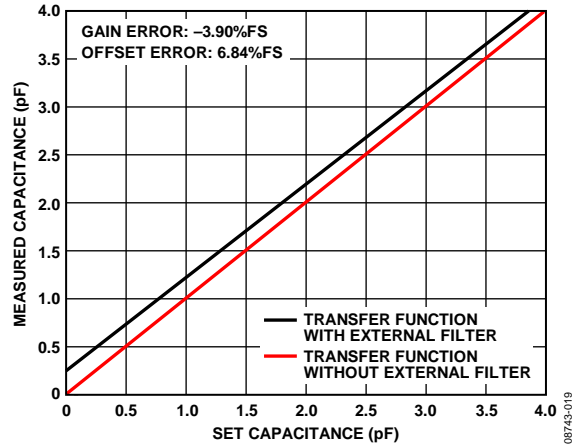


图19. 有外部轻中型滤波器和无外部轻中型滤波器时AD7746的输入到输出传递函数

采用轻中型滤波器时的EMC性能

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100 MHz扫描到1000 MHz扫描(参见图20), 在1 MHz至2 MHz之间存在容性传感器读数误差。在1 MHz时误差最大, 为0.7%。超过2MHz时, 测得最大误差为0.013%。当以200 Hz为步进在1 MHz至5 MHz范围内重复DPI测试(图21)时, 器件在32 kHz倍频附近的敏感度降低, 测得最大误差为0.8% FS。

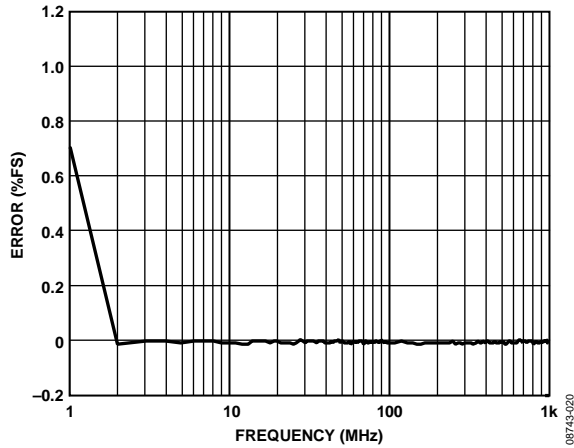


图20. CIN FS误差: 从1 MHz到1000 MHz的扫描

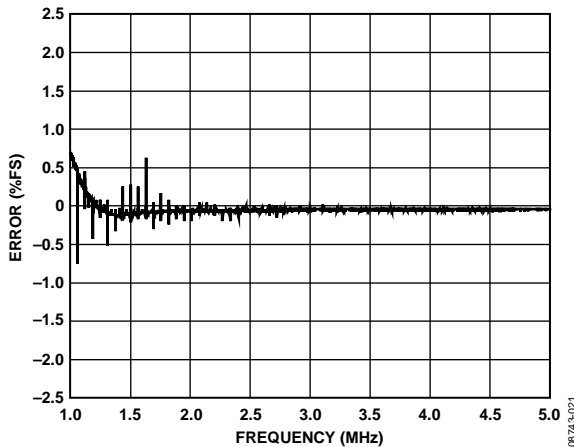


图21. CIN FS误差: 以200Hz为步进从1MHz到5MHz的精细扫描

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100MHz扫描到1000MHz(参见图22)时, 峰峰值噪声在1 MHz时最高(4.6 fF)。当以200 Hz为步进在1 MHz至5MHz范围内重复DPI测试(图23)时, 峰峰值噪声在1 MHz附近最高, 为430fF。噪声随RF频率增加而逐渐降低。

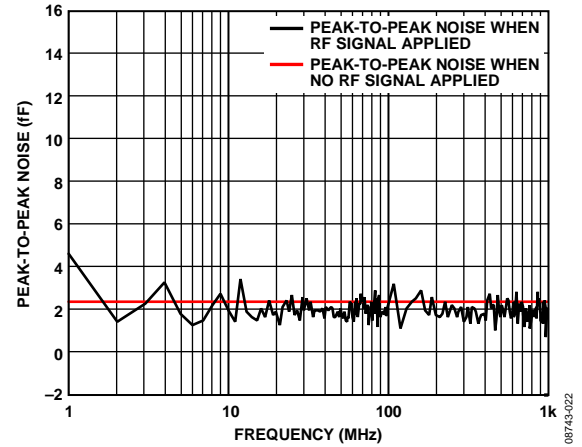


图22. CIN峰峰值噪声: 从1 MHz到1000 MHz的扫描

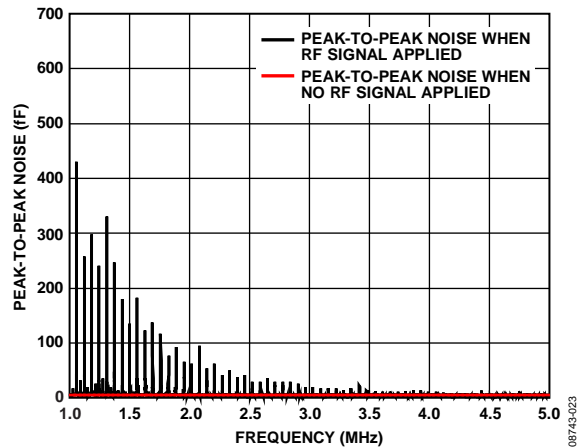


图23. CIN峰峰值噪声: 以200Hz为步进从1MHz到5MHz的精细扫描

中型滤波器

连接到CIN引脚的二阶滤波器和连接到EXC引脚的一阶滤波器的元件值如图24所示。使用一个3.995 pF电容来代替容性传感器。二阶滤波器的截止频率是205 kHz，在32 kHz的相移是-18.4°，在1 MHz的衰减是-28 dB。

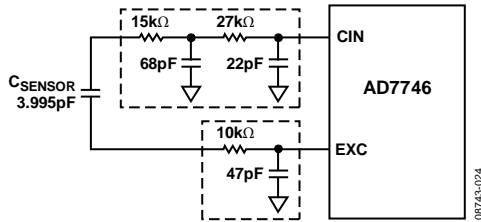


图24.AD7746前端的无源滤波器(中型滤波器)

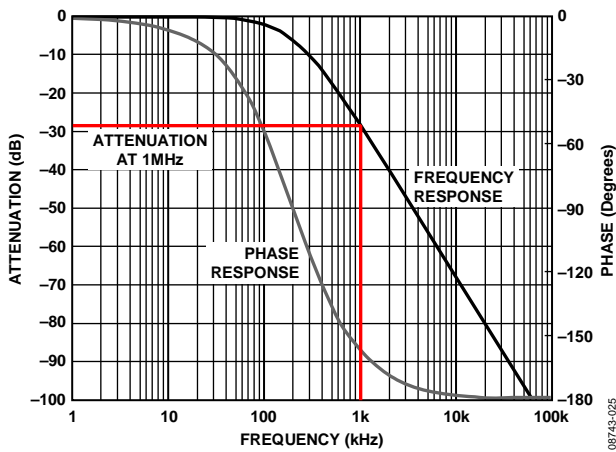


图25.中型滤波器的频率响应

采用中型滤波器时AD7746的性能

与CIN和EXC引脚连接的外部滤波器影响AD7746的转换精度。图26表明输入到输出传递函数的变化。使用外部滤波器时，失调误差为0.83 pF(20.14% FS)，而增益误差为-0.62 pF(-15.19% FS)。

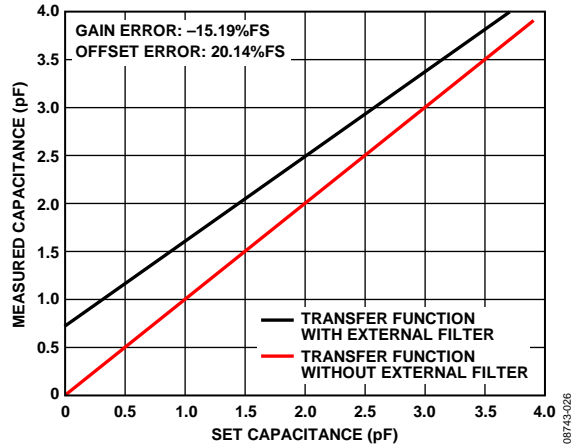


图26. 有外部中型滤波器和无外部中型滤波器时AD7746的输入到输出传递函数

采用中型滤波器时的EMC性能

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100 MHz扫描到1000 MHz(参见图27)时, 在1 MHz至2 MHz之间存在容性传感器读数误差。在1 MHz时误差最大, 为0.07%。超过2 MHz时, 测得最大满量程误差为0.02%。当以200Hz为步进在1MHz至5 MHz范围内重复DPI测试(参见图28)时, 器件对32 kHz倍频附近的频率仍有一定敏感性, 但测得最大满量程误差降低为0.35% FS。

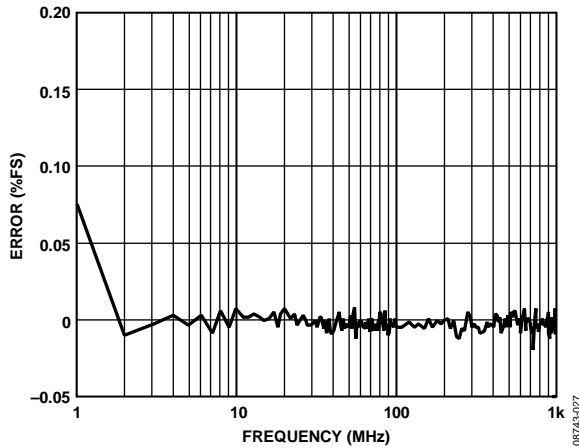


图27. CIN FS误差：从1 MHz到1000 MHz的扫描

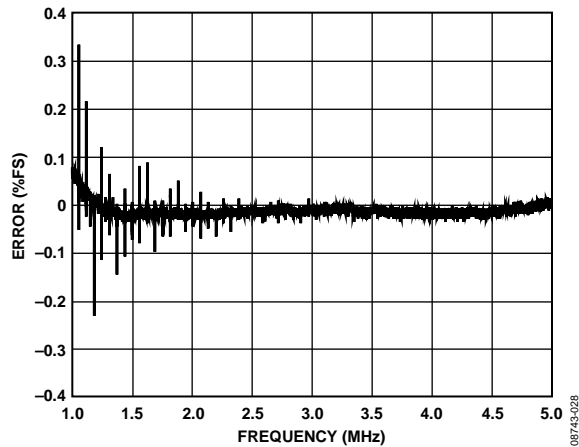


图28. CIN FS误差：以200Hz为步进从1MHz到5MHz的精细扫描

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100 MHz扫描到1000MHz扫描(参见图29), 峰峰值噪声在7 MHz时最高(5.22 fF)。当以200 Hz为步进在1 MHz至5 MHz范围内重复DPI测试(参见图30)时, 峰峰值噪声在1 MHz附近最高, 为140 fF。噪声随RF频率增加而逐渐降低。

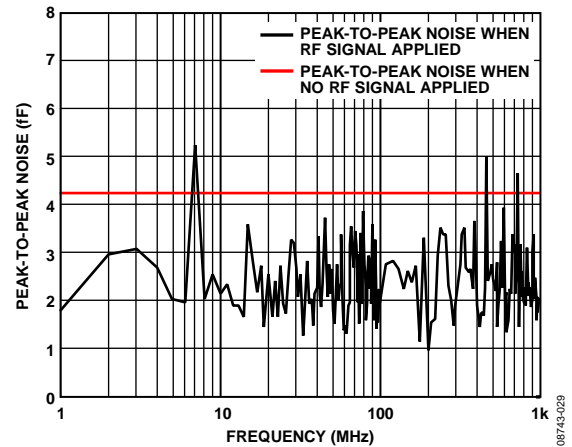


图29. CIN峰峰值噪声：从1 MHz到1000 MHz的扫描

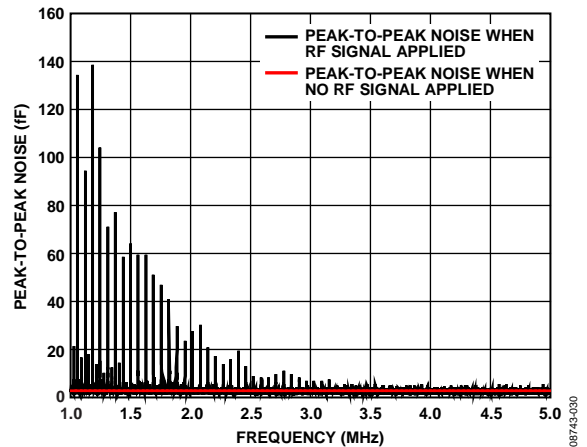


图30. CIN峰峰值噪声：以200Hz为步进从1MHz到5MHz的精细扫描

中重型滤波器

连接到CIN引脚的二阶中重型滤波器和连接到EXC引脚的一阶滤波器的元件值如图31所示。使用一个3.995 pF电容来代替容性传感器。二阶滤波器的截止频率是156 kHz，在32 kHz的相移是-23.6°，在1MHz的衰减是-33 dB。

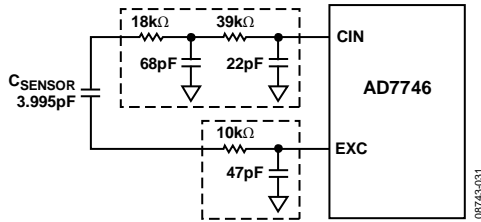


图31. AD7746前端的无源滤波器(中重型滤波器)

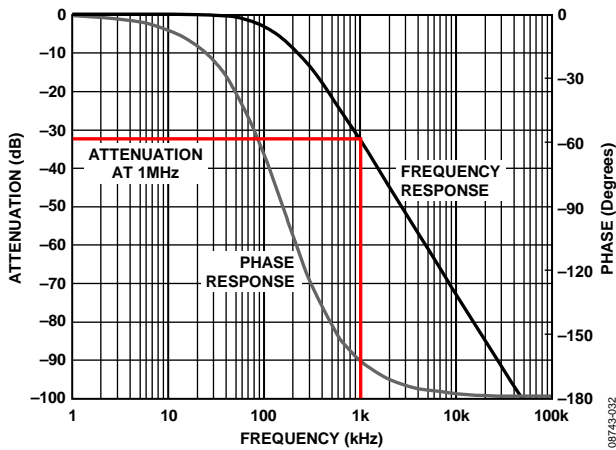


图32. 中重型滤波器的频率响应

采用中重型滤波器时AD7746的性能

与CIN和EXC引脚连接的外部滤波器影响AD7746的转换精度。图33表明输入到输出传递函数的变化。使用外部滤波器时，失调误差为0.83 pF(20.18% FS)，而增益误差为-0.83 pF(-20.23% FS)。

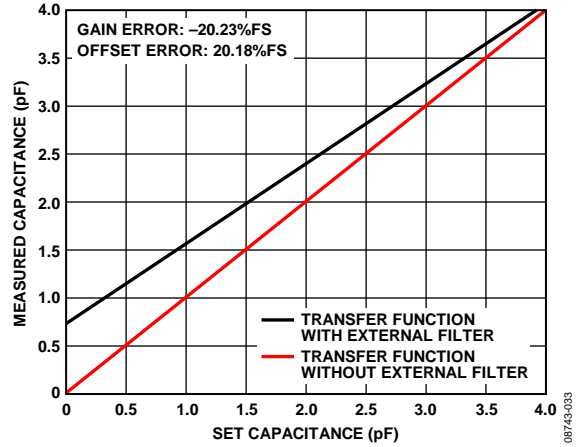


图33. 有外部中重型滤波器和无外部中重型滤波器时AD7746的输入到输出传递函数

采用中重型滤波器时AD7746的性能

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100 MHz扫描到1000 MHz(参见图34)时,测得满量程误差在1 MHz时最大,为0.021%。在其余范围内最大满量程误差为0.013%。当以200 Hz为步进在1 MHz至3 MHz范围内重复DPI测试(参见图35)时,测得最大满量程误差为0.2% FS。

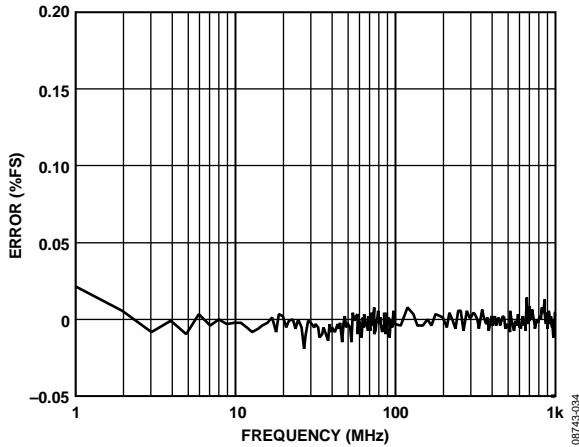


图34. CIN FS误差: 从1 MHz到1000 MHz的扫描

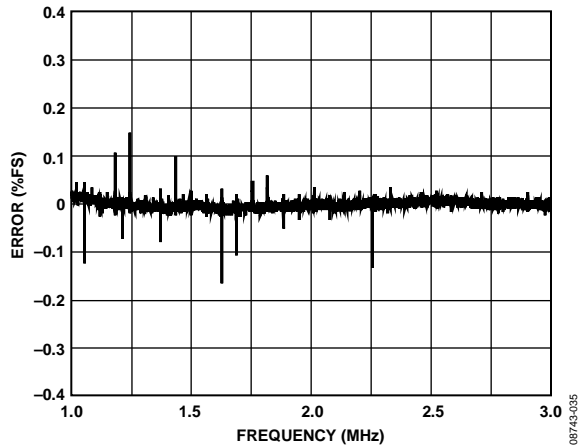


图35. CIN FS误差: 以200Hz为步进从1MHz到3MHz的精细扫描

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100 MHz扫描到1000MHz(参见图36)时,峰值噪声在84 MHz时最高(4.7 fF)。当以200 Hz为步进在1 MHz至3 MHz范围内重复DPI测试(参见图37)时,测得最大峰值噪声为82 fF。噪声随RF频率增加而逐渐降低。

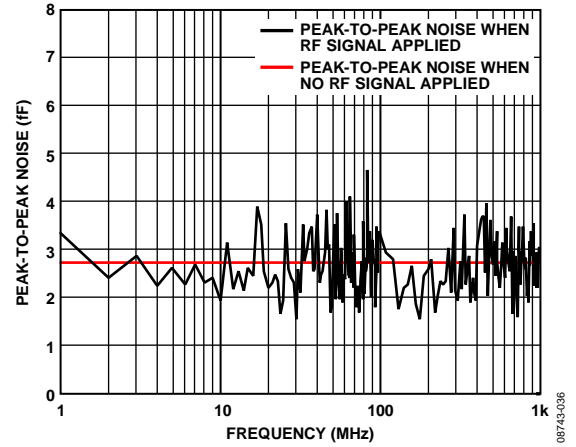


图36. CIN峰值噪声: 从1 MHz到1000 MHz的扫描

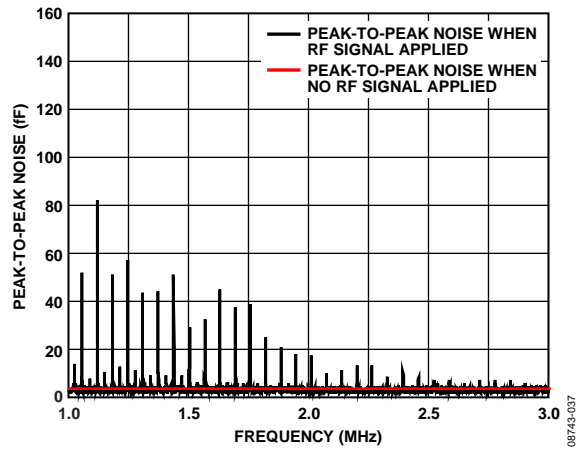


图37. CIN峰值噪声: 以200Hz为步进从1MHz到3MHz的精细扫描

重型滤波器

连接到CIN引脚的二阶中重型滤波器和连接到EXC引脚的一阶滤波器的值如图38所示。使用一个3.995 pF电容来代替容性传感器。二阶滤波器的截止频率是80 kHz，在32 kHz的相移是-44.8°，在1 MHz的衰减是-44 dB。

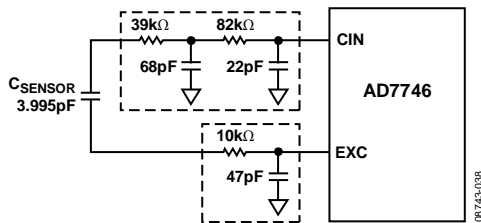


图38.AD7746前端的无源滤波器(重型滤波器)

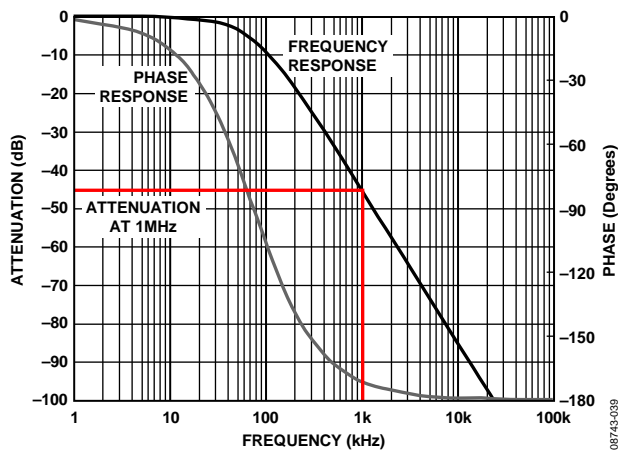


图39.重型滤波器的频率响应

采用重型滤波器时AD7746的性能

与CIN和EXC引脚连接的外部滤波器影响AD7746的转换精度。图40表明输入到输出传递函数的变化。使用外部滤波器时，失调误差为1.3 pF(32.05% FS)，而增益误差为-2.39 pF (-58.32% FS)。

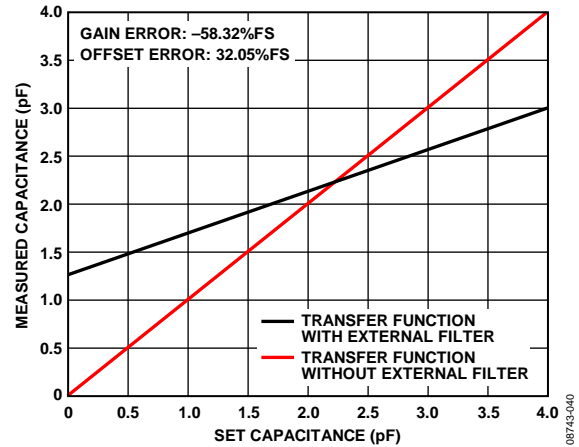


图40. 有外部中重型滤波器和无外部中重型滤波器时AD7746的输入到输出传递函数

采用重型滤波器时的EMC性能

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100 MHz扫描到1000 MHz(参见图41)时,测得最大满量程误差为0.01%。当以200 Hz为步进在1 MHz至3 MHz范围内重复DPI测试(参见图42)时,测得最大满量程误差为0.05% FS。

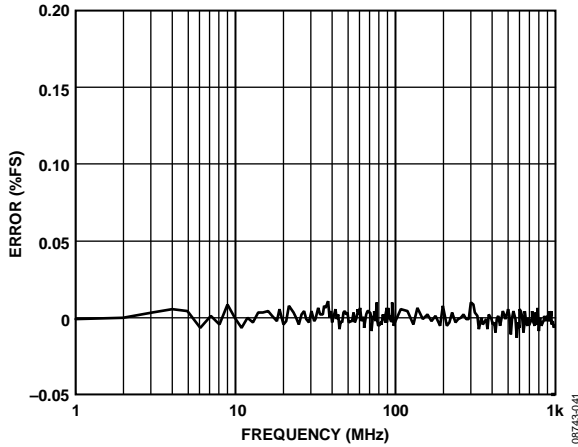


图41. CIN FS误差: 从1 MHz到1000 MHz的扫描

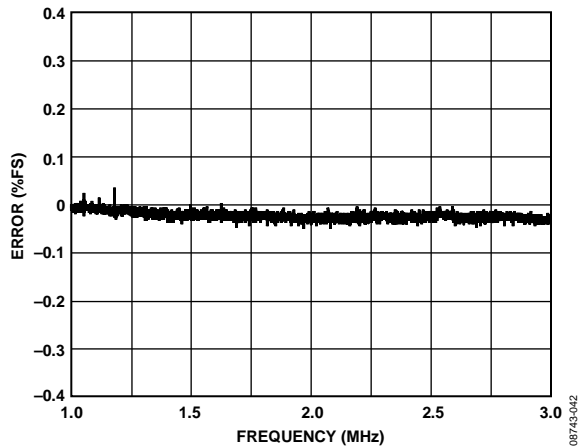


图42. CIN FS误差: 以200Hz为步进从1MHz到3MHz的精细扫描

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100 MHz扫描到1000MHz(参见图43)时,峰峰值噪声在84 MHz时最高(3.7 fF)。当以200 Hz为步进在1 MHz至3 MHz范围内重复DPI测试(参见图44)时,测得最大峰峰值噪声为30 fF。

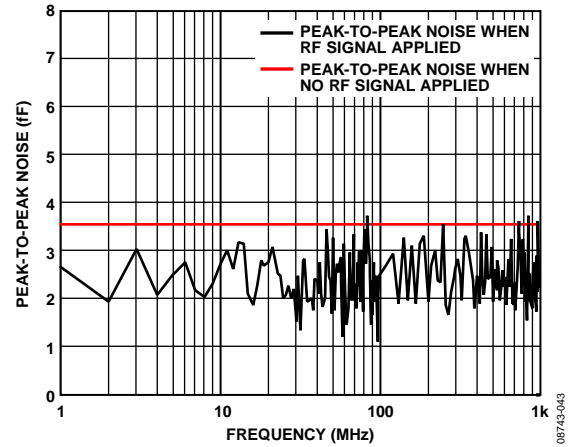


图43. CIN峰峰值噪声: 从1 MHz到1000 MHz的扫描

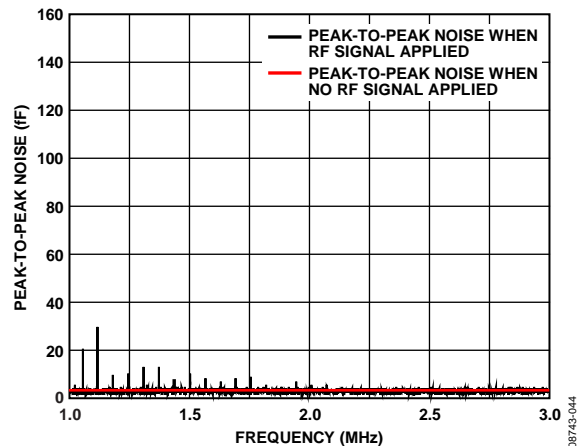


图44. CIN峰峰值噪声: 以200Hz为步进从1MHz到3MHz的精细扫描

EXC引脚

EXC引脚上的DPI(无外部滤波器)

AD7746 EXC引脚在没有外部滤波器的情况下经过EMC测试。请注意，以50 mW为目标功率时，AD7746仍保持正常功能。当DPI信号消除时，器件绝不会栓锁并恢复预期精度。

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100 MHz扫描到1000 MHz时，低频处误差为6%。频率高达700 MHz时，误差为40%。频率超过700 MHz时，误差增加。

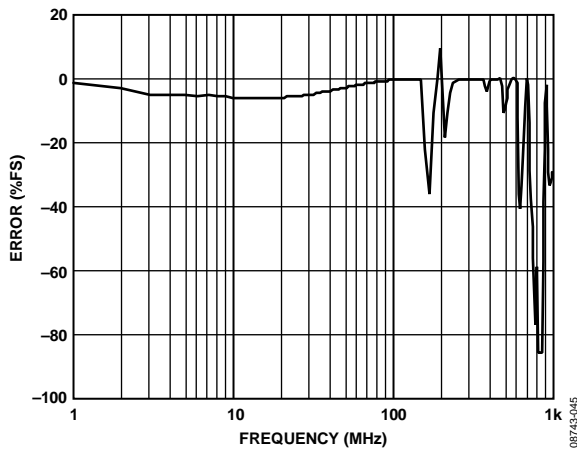


图45. EXC FS误差：从1 MHz到1000 MHz的扫描
(无外部滤波器)

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100 MHz扫描到1000 MHz(参见图46)时，最大峰峰值噪声为70 fF。

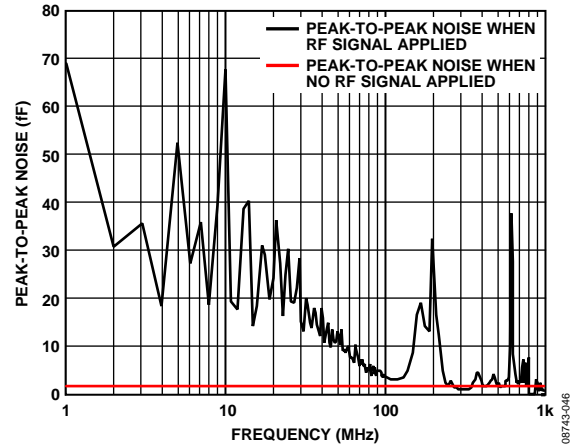


图46. EXC峰峰值噪声：从1 MHz到1000 MHz的扫描
(无外部滤波器)

选择外部滤波器

连接至EXC引脚的滤波器可防止RF频率进入AD7746。EXC引脚内部出现的任何信号均可内部耦合到CIN。一阶滤波器足以保护EXC引脚。但施加至EXC引脚的RF信号通过电容 C_{SENSOR} 耦合并出现在CIN上。

有外部滤波器时AD7746的EMC性能

EXC引脚上的DPI

图47显示在轻中型滤波器连接到CIN引脚时EXC引脚上的一阶滤波器元件值。

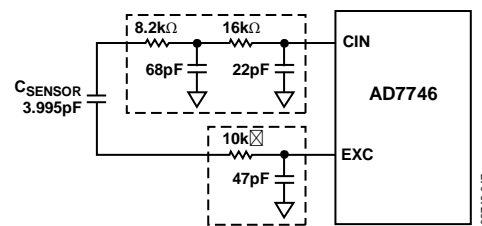


图47. 轻中型滤波器

当RF频率以1 MHz为步进从1 MHz扫描到100 MHz并以10 MHz为步进从100 MHz扫描到1000 MHz(参见图48)时,测得满量程误差在1 MHz时最大,为0.0431%。对于更高频率,误差小于0.008%。

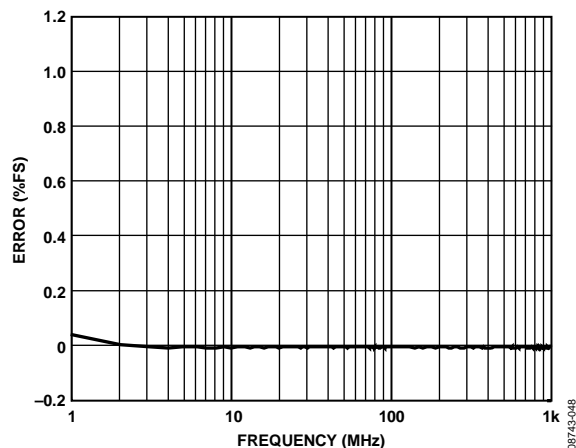


图48. EXC FS误差: 从1 MHz到1000 MHz的扫描
(外部滤波器)

当RF频率以1MHz为步进从1MHz扫描到100MHz并以10 MHz为步进从100MHz扫描到1000MHz(参见图49)时,峰峰值噪声在1 MHz时最高(5.8 fF)。对于更高频率,最大峰峰值噪声为2.5 fF。

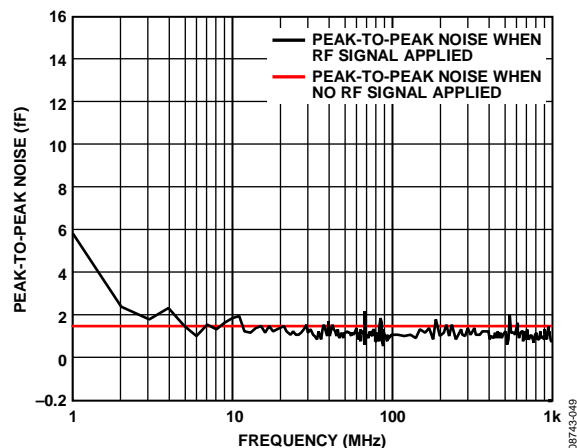


图49. EXC峰峰值噪声: 从1 MHz到1000 MHz的扫描
(外部滤波器)

结论

以目标功率50 mW对AD7746进行EMC测试时，器件没有白锁。当存在EMC干扰时，器件继续进行转换，EMC干扰消除后它能回到预期的精度。

在本应用笔记中，推荐用外部无源滤波器来提高AD7746的EMC性能。当CIN和EXC引脚连接外部滤波器并且VDD引脚使用标准去耦电容时，AD7746的EMC性能得到提高。评估了AD7746容性前端内的各种滤波器组合。每个滤波器在抗电磁干扰性能、电容分辨率、增益误差和失调误差方面表现不同。

低滤波水平的前端配置对电容输入性能影响较小。但在容性传感器电极处，只需少量接触电磁场就会造成电容性能下降。因此，这些滤波器适用于非恶劣EMC环境。如果要求系统在恶劣的汽车或工业环境内可靠运行，就必须进行谨慎的PCB布局，如短接AD7746和容性传感器或屏蔽整个传感器。这些配置应当用于高精度系统，如容性压力测量或湿度测量。

高滤波水平的前端配置在增益和失调误差方面对电容输入性能产生较大影响。这些滤波器适用于如下应用：绝对值并不十分重要，但关键系统性能有赖于在抗EMC性能和高电容分辨率之间取得良好平衡。这些配置应当用于雨量传感或近程传感等应用。表2总结了外部滤波器对AD7746性能和EMC性能的影响。

总之，应在EMC性能和AD7746性能之间求得最佳平衡(参见图50)。使用何种滤波器由系统应用环境以及系统对AD7746的性能要求决定。

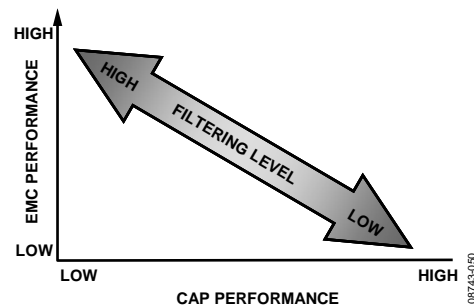


图50. EMC/AD7746性能平衡

表2.外部滤波器对AD7746性能和EMC性能的影响

滤波器类型	外部滤波器引起的误差		采用外部滤波器时的EMC性能	
	失调误差(FS百分比)	增益误差 (FS百分比)	FS误差 (FS百分比) ¹	峰峰值噪声(ff) ¹
轻型	1.21	-0.34	2.2	620
轻中型	6.84	-3.9	0.8	430
中型	20.14	-15.19	0.35	140
中重型	20.18	-20.23	0.2	82
重型	32.05	-58.32	0.05	30

¹该值是以200 Hz为步进从1 MHz精细扫描到3 MHz或5 MHz测得。

注释

注释