

AD7150的EMC保护

作者：Holger Grothe和Mary McCarthy

简介

AD7150是为近程应用而设计的电容转数字的转换器(CDC)。此器件测量两个电极之间的电容并将测量结果与阈值进行比较。如果输入电容发生改变(例如手靠近过来),就会设置一个输出标志,指示电容已超过阈值,表明有物体接近。

电磁干扰会使容性传感器周围的电场失真,从而改变电容值,影响转换结果。为了防止AD7150和容性传感器受到电磁干扰,需要使用一些外部滤波。然而,增加滤波器是有挑战性的,因为滤波器会降低电容数字转换的精度。本应用笔记讨论AD7150引脚上的外部滤波器能达到的EMC性能,以及滤波器对AD7150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。在一个系统中,会有几个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)。

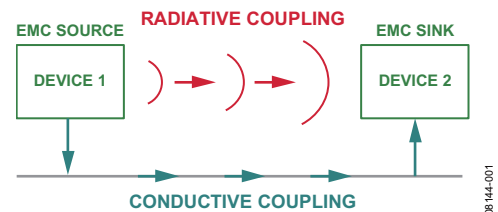


图1. EMC耦合路径

当一个系统针对严酷的环境设计时,必须考虑EMC并进行EMC测试。EMC测试有不同的级别: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。

子系统或者IC器件对EMC性能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区域内,那么它对EMC级别的要求较少。

AD7150是一个集成电路:因此,依据国际标准IEC62132第4部分,用直接电源注入进行EMC测试。AD7150用于近程传感,例如,无钥匙门禁。它局限于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	EMC测试	4
什么是EMC?	1	没有外部滤波器时AD7150的EMC性能	4
电容数字转换器的架构	3	选择外部滤波器	4
		结论	7

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AD7150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)。

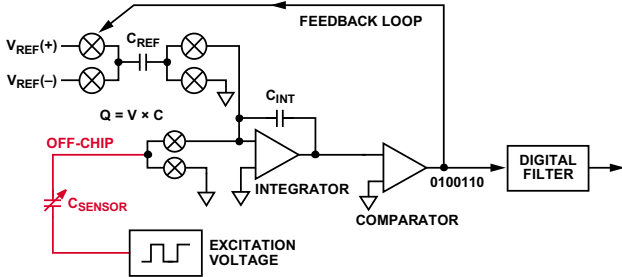


图2. CDC架构

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，它们的电荷被输送进入积分器。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。

AD7150

AD7150使用二阶调制器和三阶sinc滤波器。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，需要前端的一些附加滤波对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32 kHz信号无衰减的通过并在64 kHz及其更高的频率进行滤波。

砖墙式滤波器能实现这一响应。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。

实际上，无源滤波器有更慢的滚降。必须在32 kHz无衰减地通过与32 kHz倍频的衰减之间折衷(见图4)。

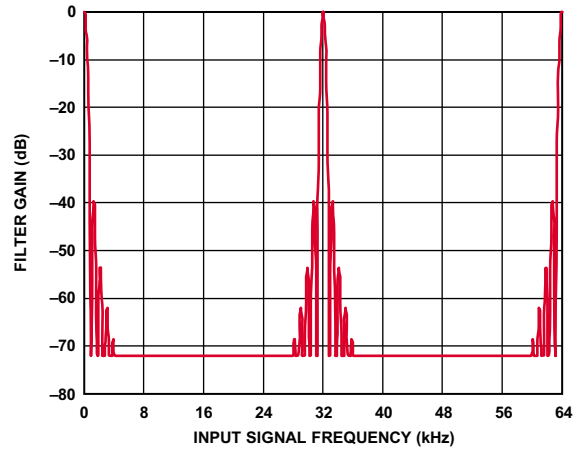


图3 AD7150滤波器响应

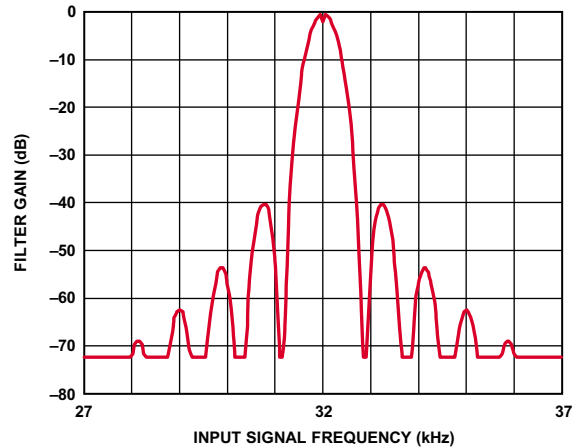


图4 32 kHz范围内的频率响应

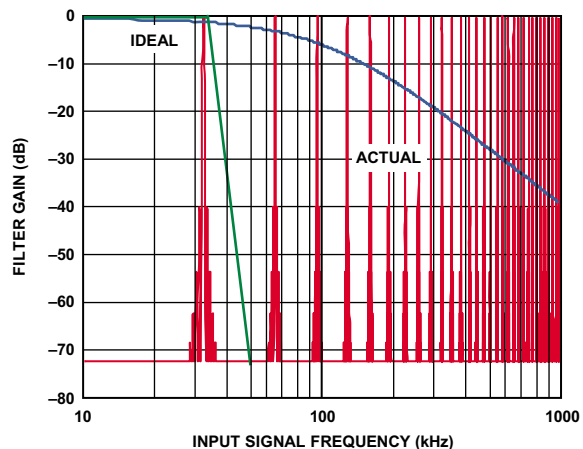


图5 抗混叠滤波器

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扫描时前向功率必须保持不变

AD7150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AD7150允许的最大接地电容。

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。如果在频率扫描时注入50 mW功率后AD7150没有误触发，就认为测试通过。如果注入50 mW功率后出现误触发，就认为测试失败。如果器件在任一频率没有通过50 mW目标功率测试，那么器件没有误触发的最大RF功率就确定了。

DPI测试在更低频率范围从1 MHz到3 MHz以更小的200 Hz为步进重复进行。因为AD7150对32 kHz信号及其倍频信号敏感，所以进行这个测试，外部EMC滤波器在这个频率范围内效率较低。

对所有EMC测试，AD7150的输入范围设置为2 pF，灵敏度设为十进制的10。

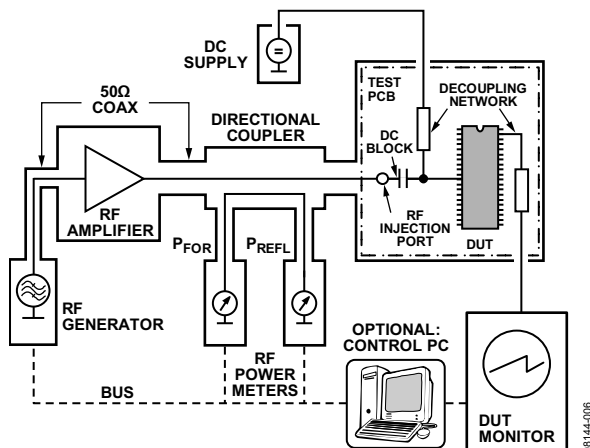


图6 DPI测试设置

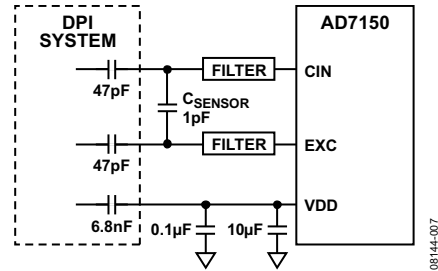


图7 AD7150与DPI系统的连接

没有外部滤波器时AD7150的EMC性能

为了确定AD7150的EMC性能，先对AD7150在没有外部滤波器时进行EMC测试。由于CIN引脚是最敏感的，所以在DPI测试中使用这个引脚。如图8，引起误触发的功率远低于50 mW的目标。

请注意，以50 mW为目标功率时，AD7150仍保持正常功能。尽管器件在这个功率测试时有误触发，但它不会被锁死。

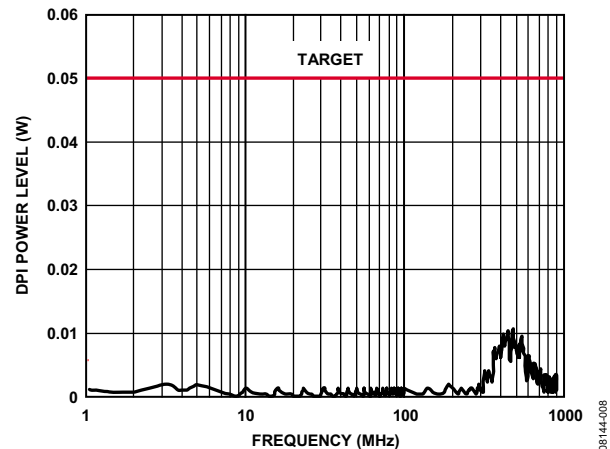


图8. 没有外部滤波器时在引脚CIN以1 MHz为步进从1 MHz到100 MHz，以10 MHz为步进从100 MHz到1000 MHz的DPI测试

选择外部滤波器

砖墙式滤波器有最佳的滤波器响应——对32 kHz信号无衰减，对64 kHz附近及更高的频率有抑制。因为AD7150不能与有源器件一起使用，所以在CIN和EXC引脚上对不同种类的无源滤波器进行了评估。

在对几个无源滤波器结构进行评估之后，二阶滤波器被选来用在CIN引脚，因为它使用合理的少量非精密器件提供了很好的频率响应和滚降性能。

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0.1 μF陶瓷电容与一个10 μF钽电容并联到GND)。用这些去耦电容可以达到期望的EMC性能。

选择这些器件是EMC性能和AD7150近程检测精度最好的折衷。虽然AD7150的精度降低了，但它仍然能在近程应用中使用。

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值如图9所示。一个1 pF陶瓷电容用在容性传感器的位置。二阶滤波器的截止频率是72.76 kHz，在32 kHz的相移是-48°，在32 kHz的衰减是-1.62 dB。

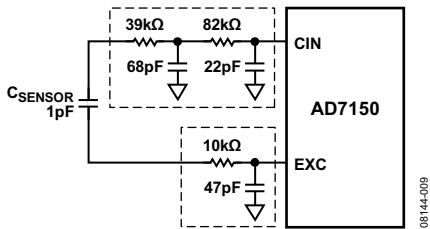


图9. AD7150前端的无源滤波器

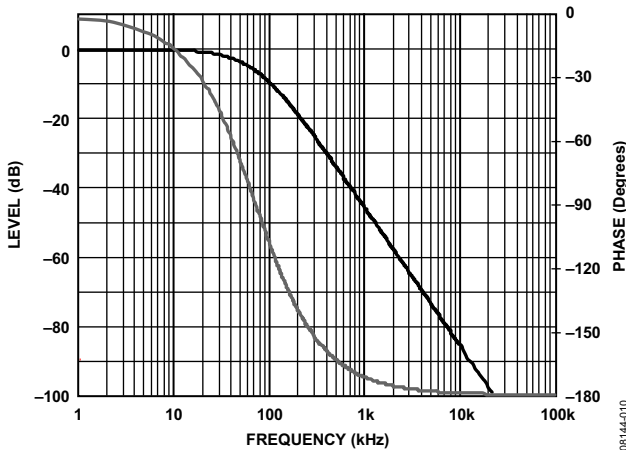


图10. 二阶无源滤波器的频率响应

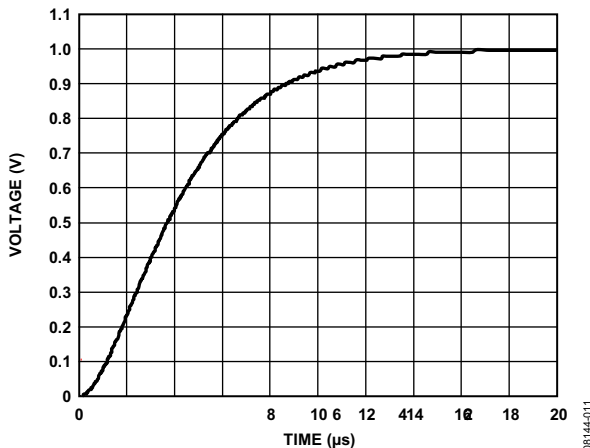


图11. 二阶无源滤波器的阶跃响应

有外部滤波器时AD7150的性能

与CIN和EXC引脚连接的外部滤波器影响AD7150转换的精度。图12表明输入到输出传递函数的变化。有外部滤波器时，失调误差为0.724 pF，当使用2 pF输入电容时增益误差为-0.859 pF(相当于-42.9%)。电源抑制降低到40 fF/V。

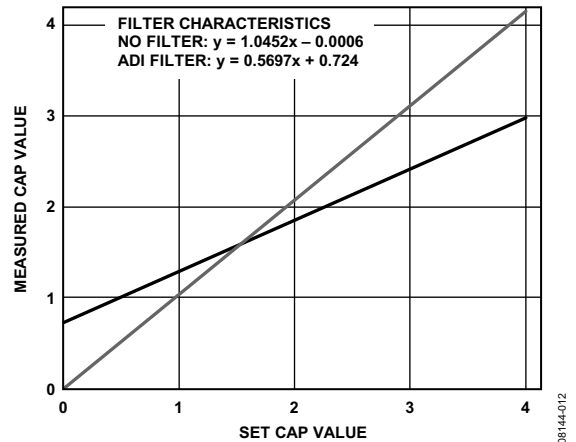


图12. 有外部滤波器和无外部滤波器时AD7150的输入到输出传递函数

有外部滤波器时AD7150的EMC性能

在CIN引脚上的DPI

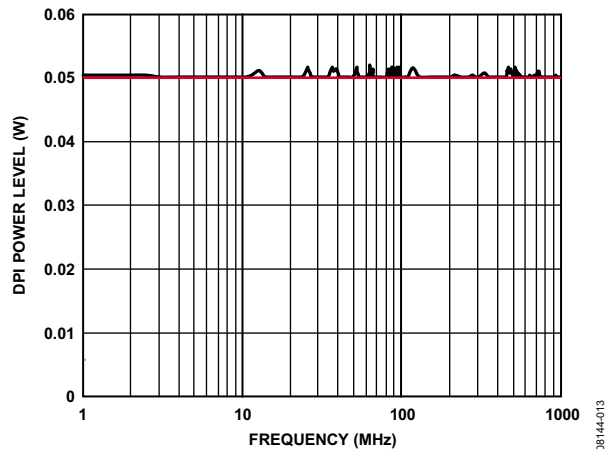


图13. CIN引脚：从1 MHz 到1000 MHz扫描

当RF频率以1MHz为步进从1MHz扫描到100MHz和以10MHz为步进从100MHz扫描到1000MHz时，如图13所示，AD7150的输出端没有误触发出现。如图14，当以200Hz为步进，从1MHz到3MHz重复DPI测试时，外部无源滤波器在1.9MHz以上频率有全面的抗干扰性能。在低频时，外部滤波器不太有效——对32kHz倍频附近的窄带频率仍然有一些敏感性。

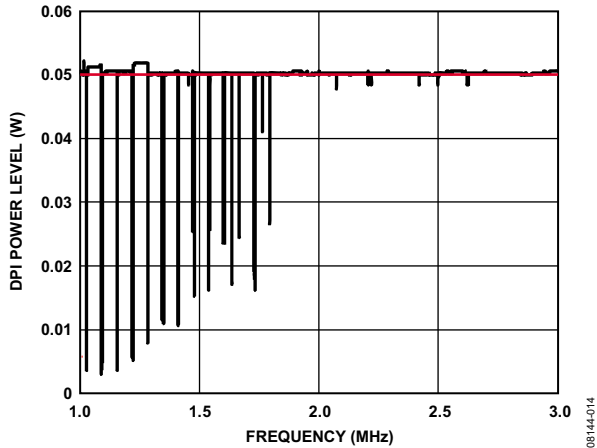


图14. CIN引脚：以200Hz为步进从1MHz到3MHz的精细扫描

在EXC引脚上的DPI

在EXC引脚上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，如图15所示，AD7150的输出端没有误触发出现。如图16，当以200Hz为步进，从1MHz到3MHz重复DPI测试时，仍然没有误触发出现。这样，当EXC引脚连接一阶滤波器时可以达到较高的EMC性能。

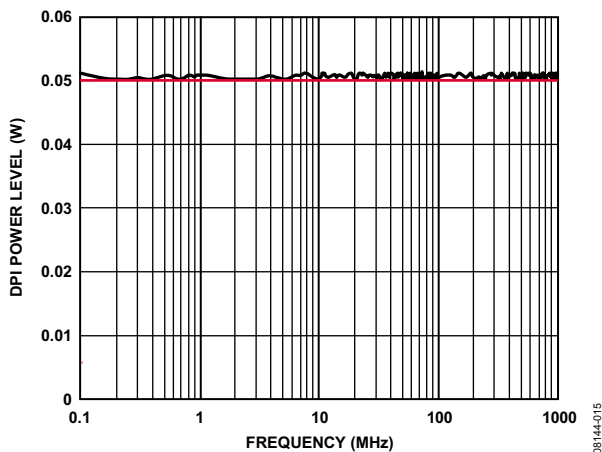


图15. EXC引脚：从1 MHz到1000 MHz扫描

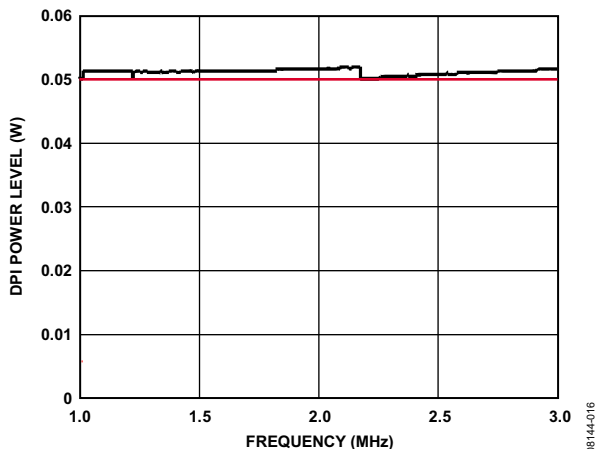


图16. EXC引脚：以200Hz为步进从1MHz到3MHz扫描

在VDD引脚上的DPI

在VDD引脚上也进行了DPI测试。当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，用标准去耦电容连接VDD引脚的AD7150没有误触发出现(见图17)。当频率以200Hz为步进从1MHz扫描到3MHz时，仍然没有误触发出现(见图18)。因此，去耦电容提供了高水平的EMC性能。

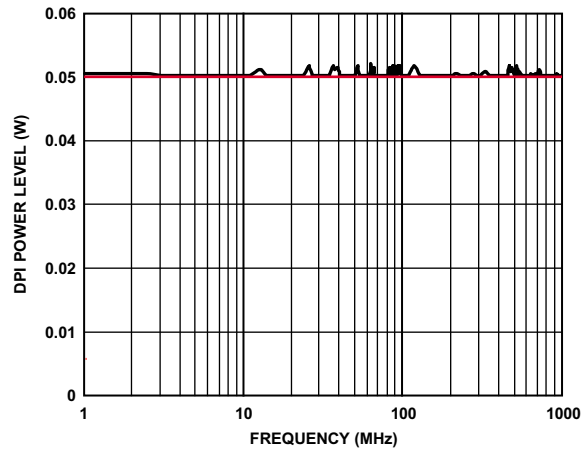


图17. VDD引脚在1MHz到1000MHz范围的DPI测试

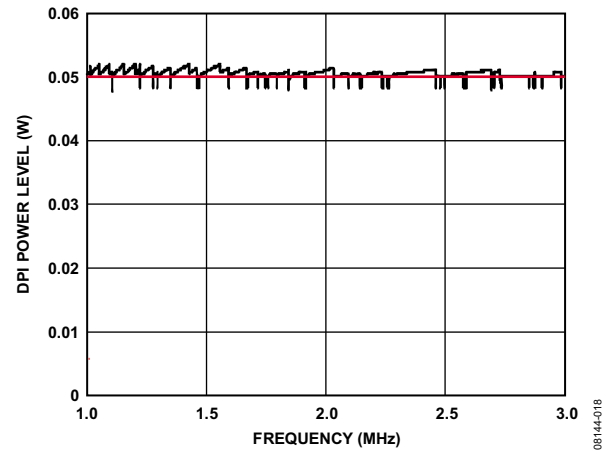


图18. VDD引脚以200Hz为步进从1MHz到3MHz扫描

结论

以目标功率50 mW对AD7150进行EMC测试时，器件没有栓锁。在有EMC干扰时，器件继续进行转换，EMC干扰取消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AD7150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，器件通过1.9MHz以上频率的EMC测试。当频率小于1.9MHz时，器件对32kHz倍频附近范围的频率表现出一些敏感性。

没有外部滤波器并且以50mW为目标功率水平时，AD7150

不能通过在IEC 62132第4部分中描述的EMC测试。然而，AD7150总能保持正常功能。50mW功率水平不会引起AD7150的栓锁。

当使用外部EMC滤波器时，AD7150仍能满足近程检测应用的需求。滤波器会导致AD7150精度的降低，然而其精度对于近程检测系统来说足够了。

本应用笔记中讨论的外部EMC滤波器优化了AD7150的EMC性能。如果使用不太标准的滤波器，AD7150的精度会降低一点儿。这是EMC性能与AD7150精度的折衷。

注释