

## iMEMS®加速度计和陀螺仪的相位与频率响应

作者: Harvey Weinberg

### 简介

在相位和频率响应对系统正常工作至关重要的应用中，通常会使用惯性传感器。此应用笔记将讨论ADI公司的iMEMS加速度计及陀螺仪(ADXLxxx和ADXRSxxx系列器件)的相位及频率响应性能。

### 基本概念

一般而言，ADI公司的iMEMS惯性传感器的频率和相位响应取决于其输出滤波器响应。由于输出滤波器通常由用户指定的外围器件决定，因此可以根据不同的应用确定相位和频率响应。这是两种不同架构特性的结果：

- 开环架构——一般而言，不对传感器波束使用强制反馈。
- 相对高的波束谐振频率波束。

为说明这一点，图1显示ADXRS150陀螺仪设置为2KHz带宽时，5Hz到80Hz的相位响应。图2显示ADXL203设置为2KHz带宽时，5Hz到100Hz的相位响应。两种情况下，可以看出相位响应曲线较为平坦。

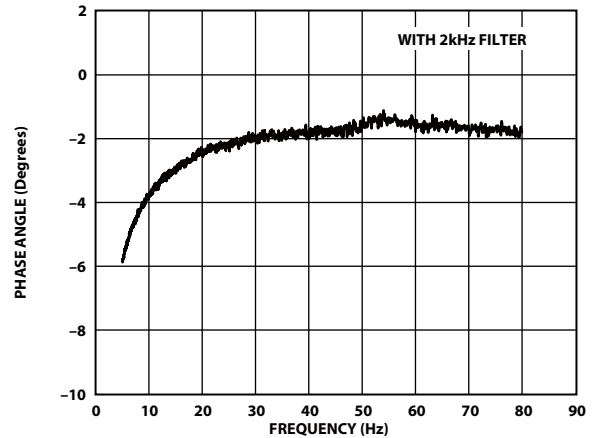


图1. ADXRS150相位响应

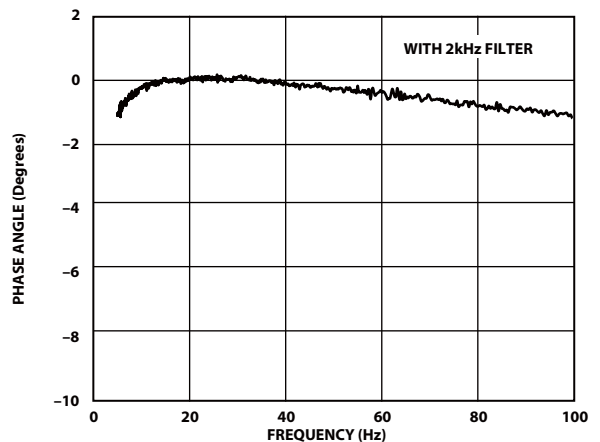


图2. ADXL203相位响应

## 一阶滤波器

所有的ADXL系列低g值(<20g)加速度计通常采用一个单极点RC滤波器，其中有一个内部电阻及一个外部电容。用户通过所选的电容值设定带宽，从而间接设置相位响应。一阶(RC)系统的相位响应定义为：

$$\text{相位响应} = -\text{ARCTAN}(\omega RC)$$

其中：

$$\omega = 2\pi f$$

一般而言，可以假设一阶滤波器在其-3dB转折频率处有-45°的相位响应。

图3显示100Hz一阶低通滤波器的频率响应。所有ADXLxxx系列的低g值加速度计(即ADXL103/ADXL203、ADXL202E/ADXL210E和ADXL311)具有相同的响应性能。

ADXRxxxx系列陀螺仪看似具有双极点滤波器响应(两个级联的单极滤波器)，但事实并非如此。第一个极点是由 $R_{\text{SEN1}}$ 、 $R_{\text{SEN2}}$ 和 $C_{\text{MID}}$ 并联组成RC滤波器。这一极点用来抑制较高的时钟信号噪声(artifact)，以免造成输出放大器的过载，所以一般会选择较高的转折频率，10倍于所需的整体带宽(以40Hz陀螺仪响应为例，第一极点应该设在400Hz)。因此该极点对相位响应的影响极小(约为-5°)。

第二极点通常用于设置陀螺仪的实际带宽。它是一个典型的单极点RC滤波器(R是180K的内部 $R_{\text{OUT}}$ 电阻，C是外部的 $C_{\text{OUT}}$ )。100Hz带宽的相位响应与图3中所示的单极点加速度计十分相似。

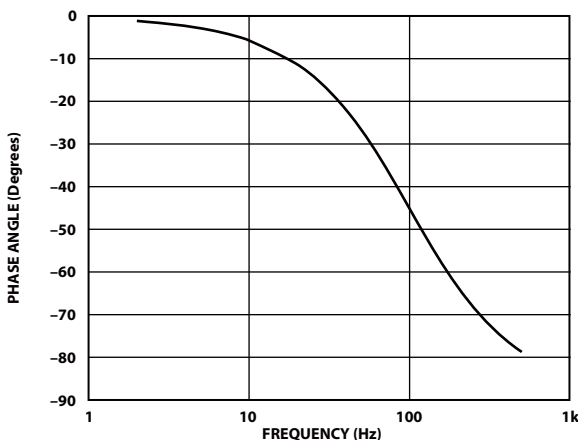


图3. 100Hz一阶低通滤波器相位响应

## 二阶滤波器

所有ADXLxxx系列高g值(>20g)加速度计使用内部双极点开关电容贝塞尔滤波器。由于滤波器完全内置，因此用户不能调整或改变相位响应。

一般来说，双极点贝塞尔滤波器在小于-3dB转折频率25%时的相位响应会小于-10°，在-3dB转折频率的相位响应为-90°。400Hz贝塞尔滤波器的相位响应如图4所示。

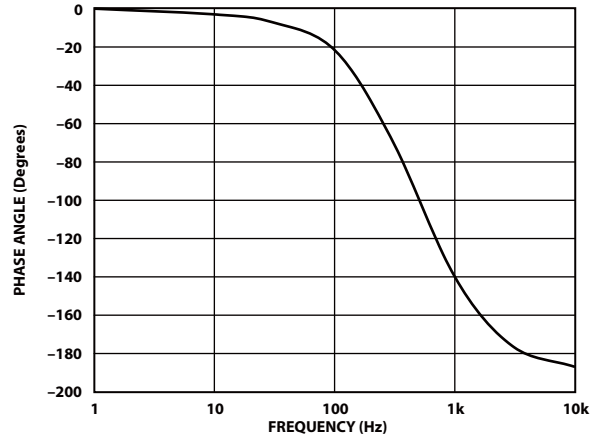


图4. 400Hz二阶低通滤波器相位响应

当然，用户也可以给高g值加速度计增加一个外部滤波器。在这种情况下，假如外部滤波器的截止频率比内部双极点滤波器低很多(超过10倍)，外部滤波器的相位响应将主导内部滤波器。

## 结论

ADI公司iMEMS内部传感器的相位响应基本上取决于输出滤波器。大多数器件输出滤波器的转折频率取决于用户采用的器件，因此用户可以根据具体应用调整相位响应。具有内部滤波器的器件则可直接建模为理想滤波器。