

doi:10.1631/FITEE.1400349

题目：一种联合调制反馈和温度补偿改善闭环 MEMS 电容式加速度计漂移的方法

目的：根据 Allan 方差定义，分析引起闭环 MEMS 电容式加速度计中长期漂移的因素，研究相应的消除和补偿方法，实现降低漂移、提高闭环 MEMS 加速度计稳定性的目的。

创新点：首先设计利用载波调制反馈电压信号的方法，避开并滤除反馈通道上的低频噪声，降低 Allan 方差的偏置不稳定性；然后在反馈通道上加入参考信号，利用该参考信号经过模拟部分后被解调的相位来表征温度，进行温度补偿，进一步降低 Allan 方差的长期漂移。

方法：首先，根据 Allan 方差的偏置不稳定性定义，其影响因素来自于闭环系统的低频噪声。根据文献资料和作者之前的实验测试情况，大部分低频噪声来自于反馈通道，因反馈信号是低频电压信号。为降低反馈通道低频噪声，设计载波调制反馈信号及通过高通滤波器滤除低频噪声的方案 MFA(图 4)。经测试，采用 MFA 的输出噪声和 1 小时的稳定性明显优于反馈信号直接反馈的方案 DFA(图 10-12)。在 MFA 基础上，继续增加一个参考信号，该信号通过整个系统的模拟部分后被数字系统解调，其相位信息携带了外界温度变化信息，从而可利用该相位信息进行实时温度补偿(图 5、6)。对温度补偿方案进行静态温度范围测试(图 16)，补偿后的温度系数是补偿前的 1/46；在快速动态温度变化下(图 17)，实时补偿结果是未补偿的 1/8，显示了较好的补偿特性。温度补偿后的 Allan 方差长期漂移获得明显降低，而偏置不稳定性略微升高(图 18、19)。总体上看，利用 MFA 和温度补偿，闭环 MEMS 电容式加速度计的整体漂移特性得到较好抑制。

结论：针对闭环 MEMS 电容式加速度计漂移问题，提出载波调制反馈和新型温度补偿方案。两种方案能够在同一闭环系统中同时使用，分别降低了偏置不稳定性和长期温度漂移，1 h 的 Allan 方差显示，偏置不稳定性约为 13 μg ，100 s 积分时间的漂移为 17 μg ，温度系数降到 0.1 $\text{mg}/^\circ\text{C}$ ，显示了较好的稳定性。

关键词：偏置漂移；闭环 MEMS 加速度计；调制反馈；温度补偿