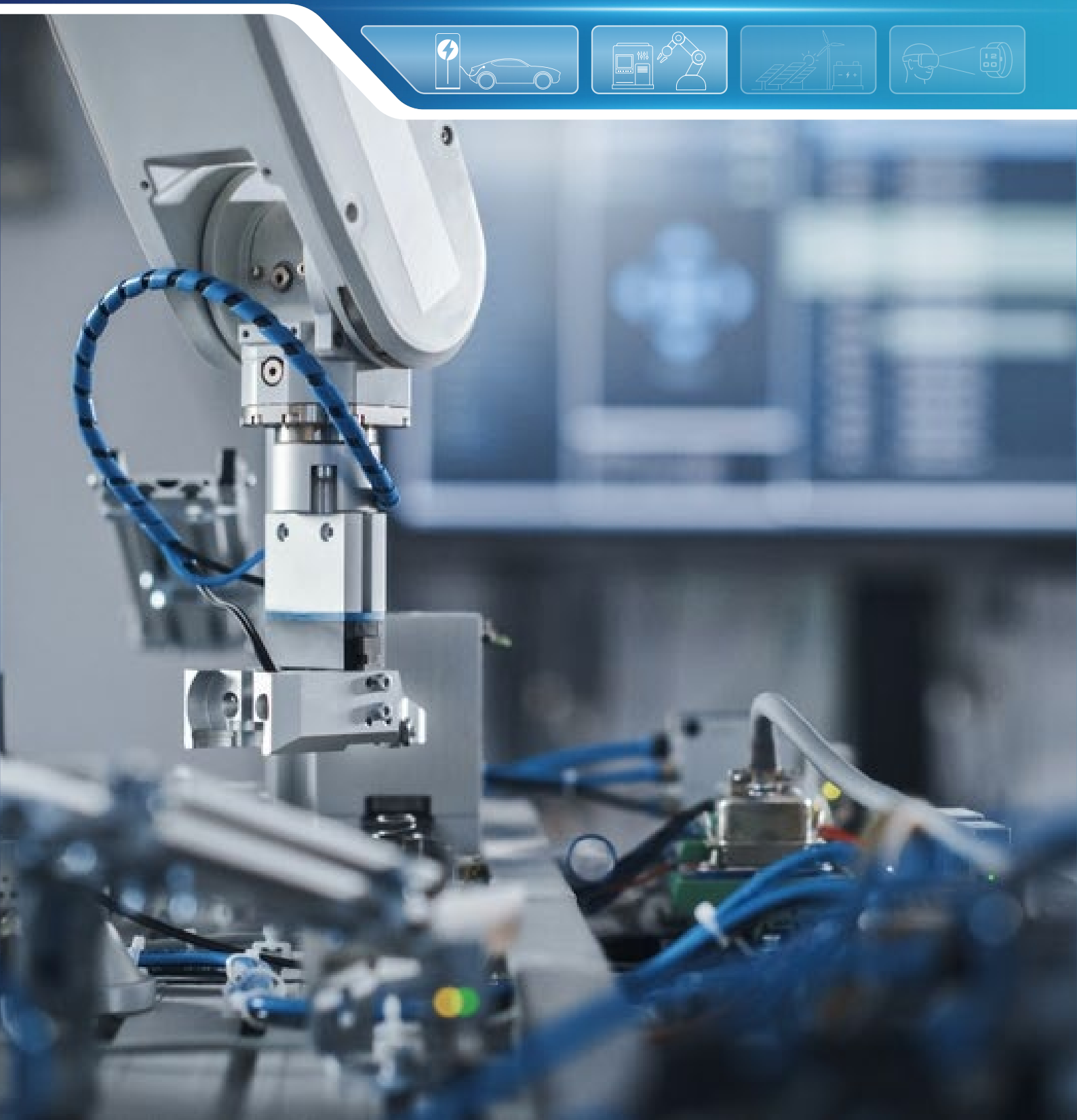


# 霍尔电流传感器的噪声与带宽评估测试

AN-12-0020

作者: Haijun Cao



# 霍尔电流传感器的噪声与带宽评估测试

## 摘要

NSM201x系列集成路径霍尔电流传感器可用于20A-100A的高精度电流采样。噪声和带宽参数是传感器在应用端的重要选择指标。比如在变频器应用领域要求传感器具有较低的噪声，而在一些高频应用中，如高功率密度的电源、MPPT中，要求系统更高的带宽和响应速度。本文就NSM201x系列集成路径霍尔电流传感器的噪声和带宽指标的测试以及评估方法进行介绍。

## 目录

1. 噪声测试 .....	2
2. 时间参数测试 .....	4
2.1. 上升时间测试 .....	4
2.2. 响应时间测试 .....	5
2.3. 传播延迟时间测试 .....	6
2.4. 带宽测试 .....	7
3. 修订历史 .....	10

# 霍尔电流传感器的噪声与带宽评估测试

## 1. 噪声测试

霍尔电流传感器的噪声 (noise) 是在指定系统带宽下评估的输出噪声的均方根值，可以把输出电压噪声的均方根值 (Vrms) 等效到输入的电噪声均方根值 (Arms)。可以进一步地用噪声密度(noise density)来计算在某一个频率段内的噪声有效值。噪声密度是噪声随频率变化的曲线，单位为Vrms/ $\sqrt{\text{Hz}}$  (或者Arms/ $\sqrt{\text{Hz}}$ )，若要计算带宽为Bandwidth(BW)的噪声，可以用noise density\* $\sqrt{\text{BW}*\pi/2}$ 来进行计算。

这里以NSM2011系列为例，如Figure1手册所示标准的噪声密度来看，5v供电时，等效到输入噪声密度为260uArms/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 。假如我们选用NSM2011-30B5R型号：电流量程30A、双向电流版本，其灵敏度可以计算得到或者参考手册为66.67mV/A。推算到输出级电压噪声频谱密度理论上为：

输入电流噪声密度\*传感器灵敏度 = 260uArms/ $\sqrt{\text{Hz}}$ \*66.67mV/A = 0.01716mVrms/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 。

噪声密度 <sup>[1][2]</sup>	ND	260	uArms/ $\sqrt{\text{Hz}}$	TA = 25°C, CL=1nF, VCC= 5V
		370	uArms/ $\sqrt{\text{Hz}}$	TA = 25°C, CL=1nF, VCC= 3.3V

Figure 1 Noise specifications from NSM2011 Datasheet

NSM2011系列具有filter引脚带宽限制功能，其功能框图如Figure2所示。在一些噪声要求较高的应用中，客户可以通过选择在filter引脚接合适的电容来与内部4.7k电阻组成RC低通滤波器抑制带宽，进一步降低噪声。

低通滤波器的截至频率为：

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times 4.7k \times C}$$

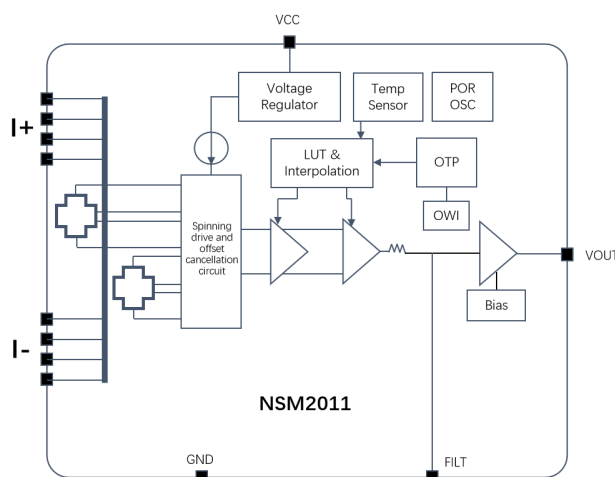


Figure 2 NSM2011 Block diagram

## 霍尔电流传感器的噪声与带宽评估测试

在这里分别选择在filter引脚不接电容和接1nF电容两种情况进行噪声的理论计算和测试。按照如上所述的带宽计算和噪声计算方法：filter端不接电容时，带宽默认400KHz，输出电压噪声13.6mVrms/89.75mVpeak-peak；filter端接1nF电容时，带宽限制在33.9KHz，输出电压噪声3.959mVrms/26.13mVpeak-peak。(Vpeak-peak = 6.6Vrms)。

Condition	Bandwidth	Noise (refer to output)
No filter capacitor	400KHz	13.6mVrms/89.75mVpeak-peak
Filter capacitor = 1nF	33.9KHz	3.959mVrms/26.13mVpeak-peak

实际用示波器去测量两种情况下的输出噪声，如Figure 3所示：filter不加任何电容，内部信号链带宽在400kHz，输出峰峰值噪声为：93mVpeak-peak；Figure 4中filter加了1nF电容，信号链带宽在34kHz左右，输出峰峰值噪声为：23mVpeak-peak，符合理论的计算。值得注意的是，手册中噪声密度参数的测试条件里在输出Vout加有1nF的电容，除了filter引脚可以限制带宽降低噪声外，一般输出引脚的电容也可以在一定程度上降低噪声。另外传感器的电源上的噪声可能会被引入，表现在输出电压上，尤其是在使用比例输出版本的时候。若实际测试中发现实测噪声与理论计算噪声值不符合时，请注意这些测试条件。

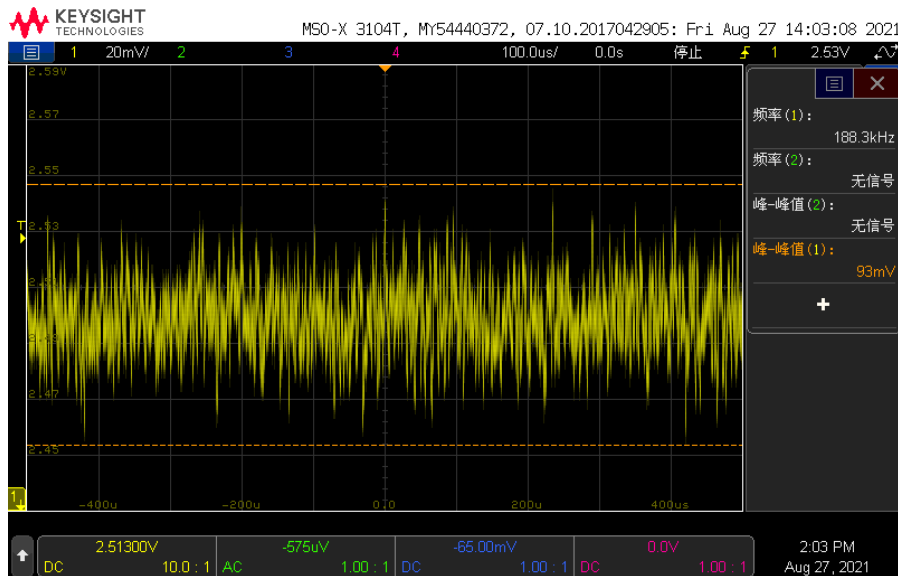


Figure 3 Vout noise (No filter capacitor)

# 霍尔电流传感器的噪声与带宽评估测试

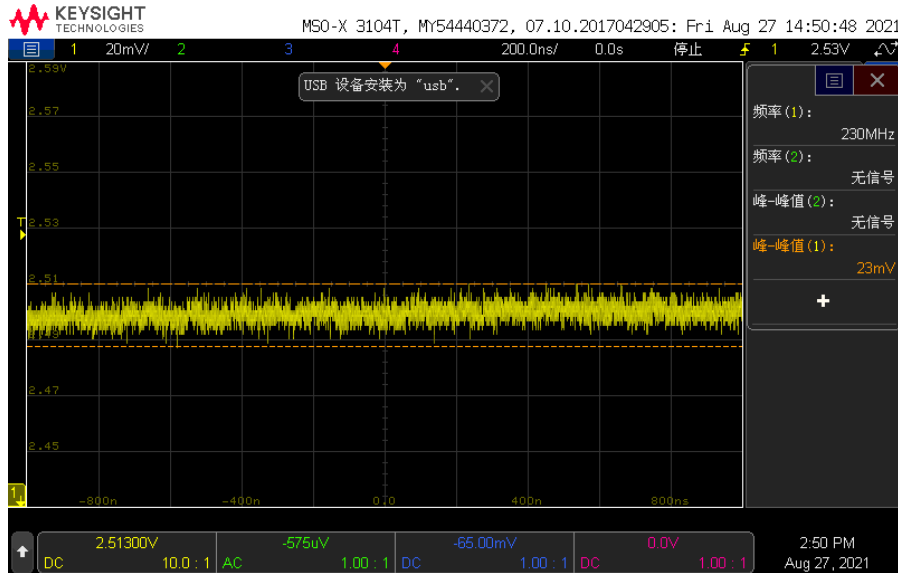


Figure 4 Vout noise (filter capacitor = 1nF)

## 2.时间参数测试

电流传感器的相关时间参数测试包括了上升时间、响应时间、传播延时时间以及系统的带宽测试。

### 2.1.上升时间测试

如Figure5所示，上升时间(Rising time)定义为当原边通入阶跃电流时，输出Vout的值从10%Vout max上升到90%Vout max的时间。

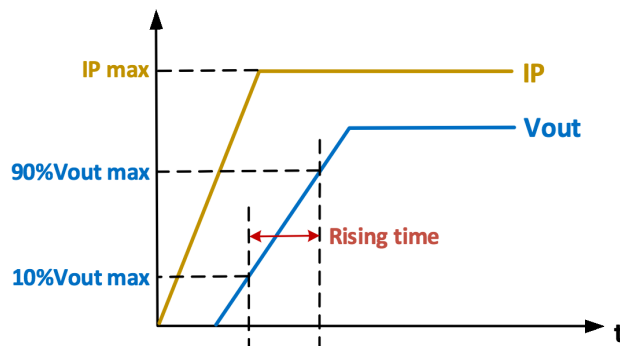


Figure 5 Rising time

## 霍尔电流传感器的噪声与带宽评估测试

这里以NSM2015-50B5F型号的实际测试波形为例。蓝色：原边输入阶跃电流、红色：输出Vout。Rising time = 1.38us。

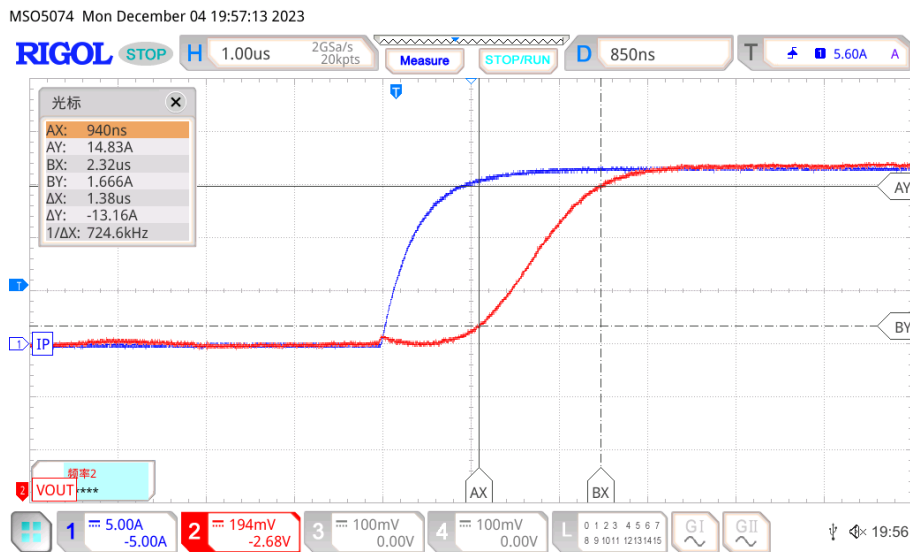


Figure 6 Rising time test wave for NSM2015-50B5F

### 2.2. 响应时间测试

如Figure 7所示，响应时间(Response time)定义为90%的原边电流到90%的输出信号的时间。

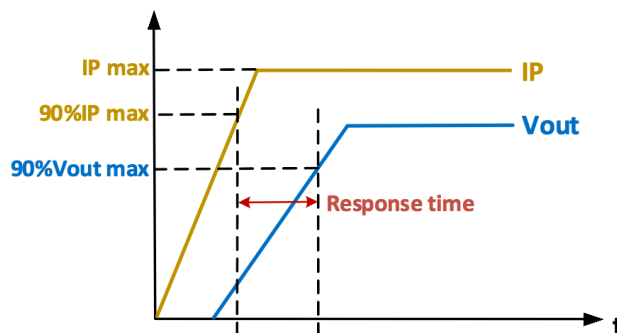


Figure 7 Response time

## 霍尔电流传感器的噪声与带宽评估测试

这里以NSM2015-50B5F型号的实际测试波形为例。蓝色：原边输入阶跃电流、红色：输出Vout。  
Response time = 1.5us。



Figure 8 Response time test wave for NSM2015-50B5F

### 2.3.传播延迟时间测试

如Figure 9所示，传播延迟时间（Propagation delay time）定义为原边电流的20%到输出的20%的时间。

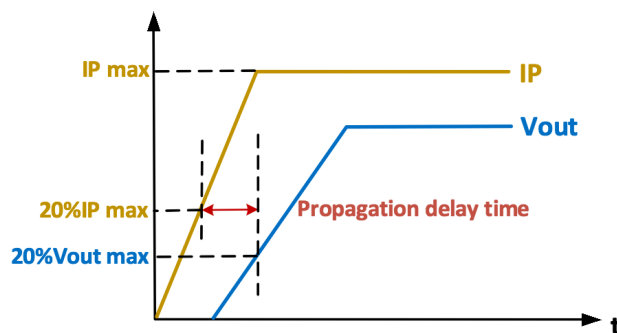


Figure 9 Propagation delay time

## 霍尔电流传感器的噪声与带宽评估测试

这里以NSM2015-50B5F型号的实际测试波形为例。蓝色：原边输入阶跃电流、红色：输出Vout。Propagation delay time = 1.11us。

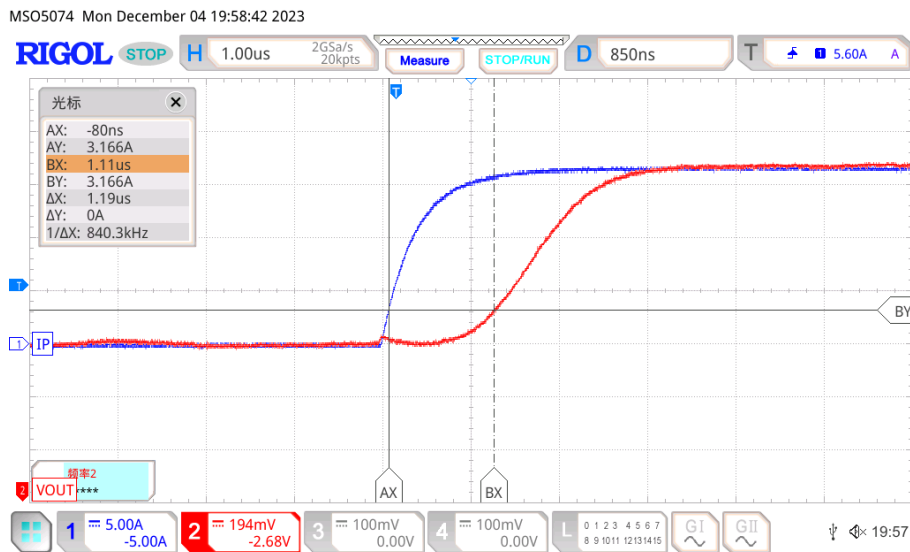


Figure 10 Propagation delay time test wave for NSM2015-50B5F

### 2.4. 带宽测试

在进行带宽测试实验前，可用输出信号的上升时间rising time来近似计算系统的带宽大小，两者之间的关系可以表示为：

$$f(-3dB) \approx \frac{0.35}{\text{rising time}}$$

以NSM2015-50B5F型号的输出信号上升时间1.01us来近似估算系统带宽大约在346KHz。

实际带宽测试系统如Figure 11所示，网络分析仪NETWORK ANALYZER输出一个扫频的信号给功率放大器，将放大后的信号提供给传感器输入，此时用电流探头对输入电流信号进行监测并将其传输到网络分析仪的通道1或者(A)，将传感器输出信号传输至网络分析仪的通道2或者B。网络分析仪对两通道的信号进行计算可得到被测系统输入与输出信号之间的幅值、相位关系。



# 霍尔电流传感器的噪声与带宽评估测试

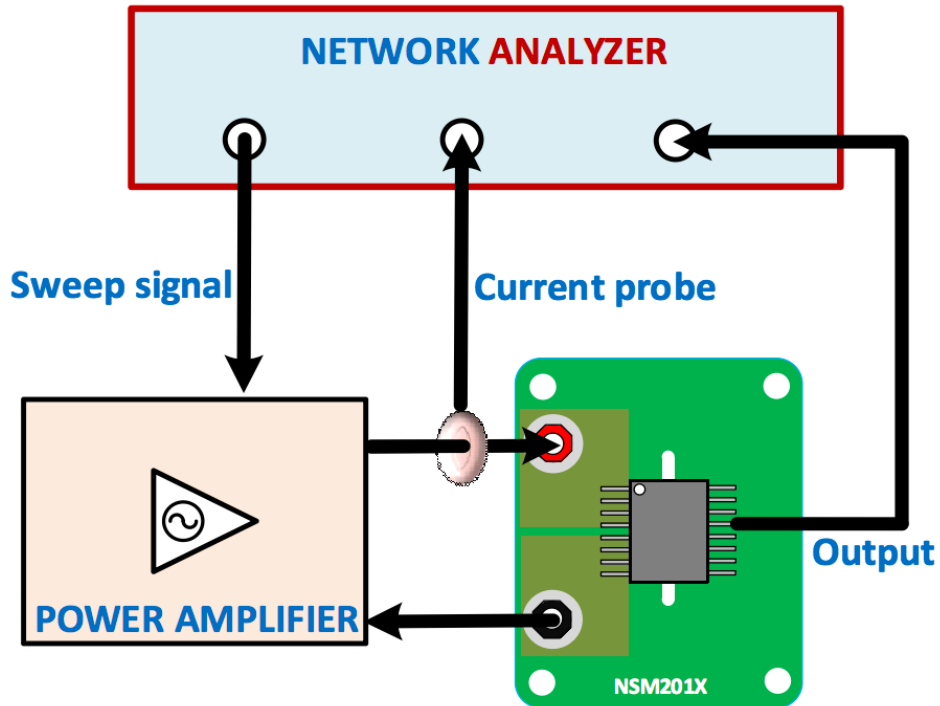


Figure 11 current sensor spectrum test platform

NSM2015的实际测试结果如图所示，经过网络分析仪计算，其幅频、相频曲线如Figure 12和13所示，-3dB带宽大约在320KHz左右，也与理论带宽估算值符合。

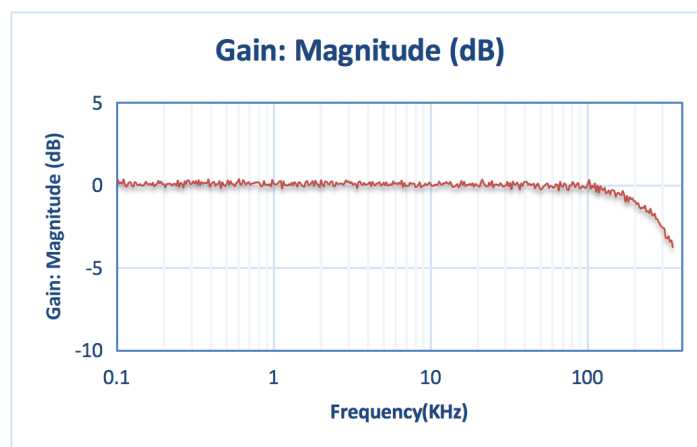


Figure 12 NSM2015 Amplitude frequency response curve

# 霍尔电流传感器的噪声与带宽评估测试

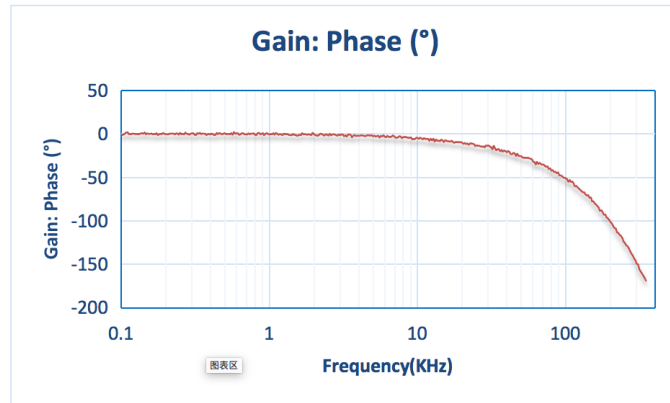


Figure 13 NSM2015 Phase frequency response curve

NSM2016的实际测试结果如图所示，经过网络分析仪计算，其幅频、相频曲线如Figure 14和15所示，-3dB带宽大约在380KHz左右。

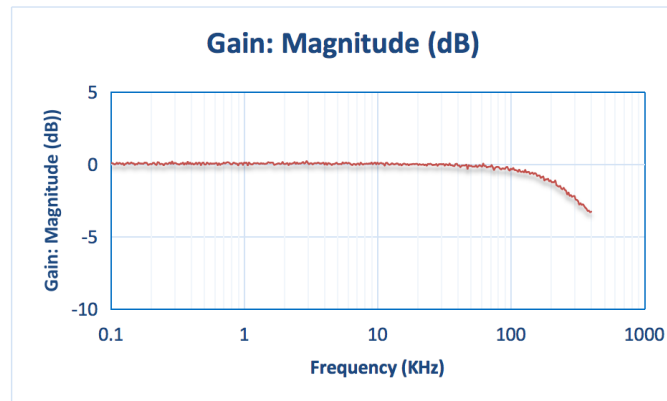


Figure 13 NSM2016 Amplitude frequency response curve

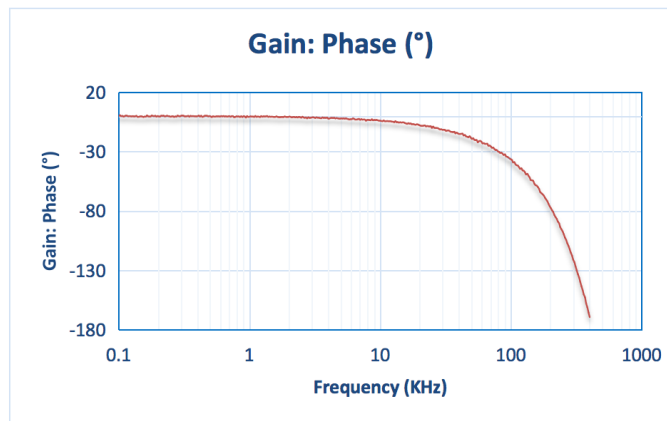


Figure 14 NSM2016 Phase frequency response curve

# 霍尔电流传感器的噪声与带宽评估测试

## 3. 修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	创建应用笔记	Haijun Cao	2023/10/15

销售联系方式: [sales@novosns.com](mailto:sales@novosns.com); 获取更多信息: [www.novosns.com](http://www.novosns.com)

### 重要声明

本文件中提供的信息不作为任何明示或暗示的担保或授权，包括但不限于对信息准确性、完整性，产品适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的陈述或保证。

客户应对其使用纳芯微的产品和应用自行负责，并确保应用的安全性。客户认可并同意：尽管任何应用的相关信息或支持仍可能由纳芯微提供，但将在产品及其产品应用中遵守纳芯微产品相关的所有法律、法规和相关要求。

本文件中提供的资源仅供经过技术培训的开发人员使用。纳芯微保留对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其他更改的权利。纳芯微仅授权客户将此资源用于开发所设计的整合了纳芯微产品的相关应用，不视为纳芯微以明示或暗示的方式授予任何知识产权许可。严禁为任何其他用途使用此资源，或对此资源进行未经授权的复制或展示。如因使用此资源而产生任何索赔、损害、成本、损失和债务等，纳芯微对此不承担任何责任。

有关应用、产品、技术的进一步信息，请与纳芯微电子联系（[www.novosns.com](http://www.novosns.com)）。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有