

差分霍尔结构对共模磁场的抑制能力

AN-12-0049

作者：Haijun Cao



差分霍尔结构对共模磁场的抑制能力

摘要

本文介绍NSM201x系列集成路径霍尔电流传感器内部差分结构霍尔在测量电流时对于外部杂散磁场的抑制能力。

目录

1. 共模磁场抑制原理	2
2. 对周围载流导体产生的磁场进行抑制	4
3. 修订历史	7

差分霍尔结构对共模磁场的抑制能力

1. 共模磁场抑制原理

NSM201x系列集成路径霍尔电流传感器通过内部原边busbar通过被测电流，硅基芯片中集成的霍尔器件能感应被测电流产生的磁场，经过一系列调理放大电路转换成与电流大小成比例的输出电压通过副边输出。此技术不需要磁芯来聚集磁场，因此磁滞几乎为零，但是同时也易受外界杂散磁场的干扰进而产生测量误差。NSM201x系列采用差分双霍尔的结构来抵制共模的磁场干扰。

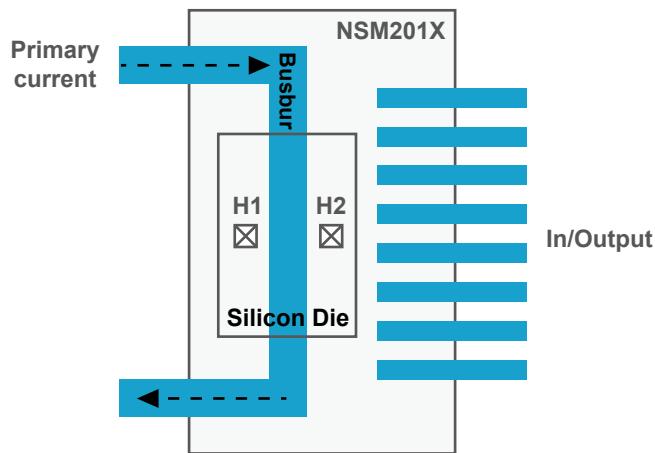


图 1.1 基于 NSM201x 的电流检测框图

可以用共模磁场抑制比CMFR来表征霍尔差分对抵御外界共模磁场的能力。NSM201x的数据手册中的CMFR > 40dB。

共模磁场抑制比 ^{[1][2]}	CMFR	>40	dB
---------------------------	------	-----	----

其基本原理如下，确保当内部的busbar或者载流体在通过电流时，两个霍尔原件上感受到的磁场极性相反。

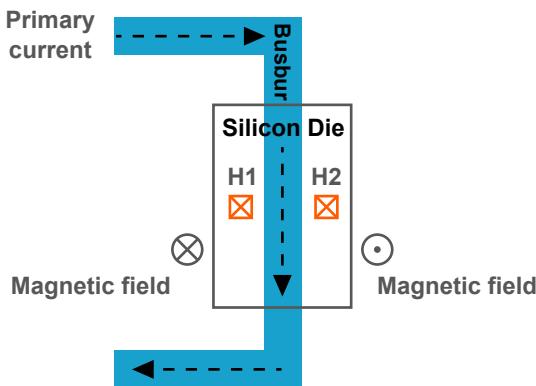


图 1.2 差分霍尔结构原理图

差分霍尔结构对共模磁场的抑制能力

如图所示为差分霍尔与busbar的位置关系示意。当给芯片busbar通入如图所示方向的电流I后，两个霍尔H1、H2分别感应到方向相反的磁场B。在这里我们假设霍尔H1感受到的磁场为B1，方向垂直于纸面向里，霍尔H2感受到的磁场为B2，方向垂直纸面向外。那么此时传感器输出电压 $V_{OUT} \propto B_1 - B_2$ 。

若两个霍尔元件H1和H2自身的耦合系数分别为C1和C2，单位是G/A，高斯每安培，那么上述的公式可以进一步表示为 $V_{OUT} \propto C_1 * I - (-C_2 * I)$ 。

再当外界产生共模磁场干扰时，除了方向相反的磁场B1和B2外，两个霍尔原件上还会感应到相同大小、方向的磁场BEXT。此时 $V_{OUT} \propto (C_1 * I + B_{EXT}) - (-C_2 * I + B_{EXT}) = C_1 * I + C_2 * I = (C_1 + C_2) * I$ ，因此外界共模磁场BEXT就被消除了，输出电压与原边输入电流成正比。

在评估共模磁场抑制比参数时，控制亥姆霍兹线圈仪器来产生100G的局部匀强磁场，芯片原边不通电流，直接将其放置于这个局部匀强磁场之中，磁场垂直作用于霍尔盘，这个距离非常近。看这100G的磁场对于芯片零点输出的变化影响。

比如NSM2011-50B5R型号在没有这100G磁场时，芯片零点输出为2.499V，加了100G磁场后变为2.501V，那么这2mV的输出变化根据芯片灵敏度40mV/A折算到原边输入相当于此时原边通了 $2mV / (40mV/A) = 0.05A$ 的电流而产生的影响。而这100G磁场根据此霍尔盘的耦合系数 (4G/A) 来折算相当于 $100G / (4G/A) = 25A$ 的电流在此霍尔上产生的影响，而差分的霍尔结构会将此影响进行消除。用CMFR来表示对共模磁场干扰的抑制能力，计算得 $CMFR = 20\lg(25A / 0.05A) = 53dB$ 。在NSM201x系列传感器进行CMFR参数评估时，3sigma值大于40dB。

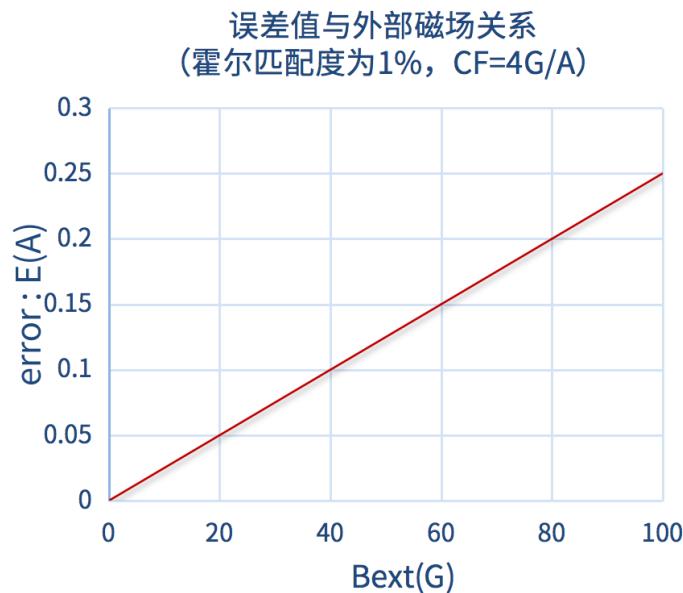
制造工艺中，一般霍尔器件的匹配度为1%，将共模磁场抑制比限制在40dB左右，换句话说外部干扰磁场经过差分霍尔的抑制作用后，相当于将此磁场减小了100倍。那么外部均匀干扰磁场在传感器产生的静态输出误差E（原边电流为0时）可表示：

$$E = \frac{B_{ext}}{100} \times \frac{1}{C_F} \quad \text{单位为安培A。}$$

可以理解为原边不通电流时，因外部干扰磁场影响而产生的等效电流。 B_{ext} 为外部均匀干扰磁场大小， C_F 为霍尔的耦合系数，上述C1与C2之和。

进一步地，可以得到输出误差值与外部磁场大小的关系（CF为一定值）

差分霍尔结构对共模磁场的抑制能力



2. 对周围载流导体产生的磁场进行抑制

在电流传感器应用的场合中，临近传感器的载流导体通常是外部干扰磁场的主要来源，比如其他相位的电流走线或者接地回路。而假如这些走线方向使得差分霍尔器件上产生不均匀磁场，将直接影响其共模磁场抑制的效果。如图2.1所示为最理想的外部导体走线方向，即与差分霍尔的连线呈平行状态，这样可使得导体产生的磁场被霍尔感应到为近乎相等的磁场，此时干扰磁场就被得到消除。图2.2则为最恶劣的走线方向，在使用NSM201x系列电流传感器应用布局布线时，应避免这种情况。

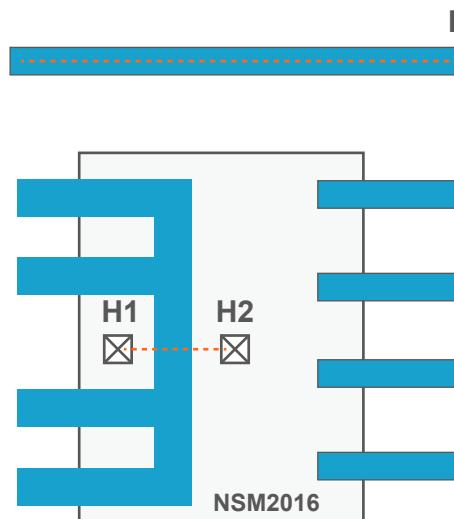


图 2.1 最理想的外部载流导体走线方向

差分霍尔结构对共模磁场的抑制能力

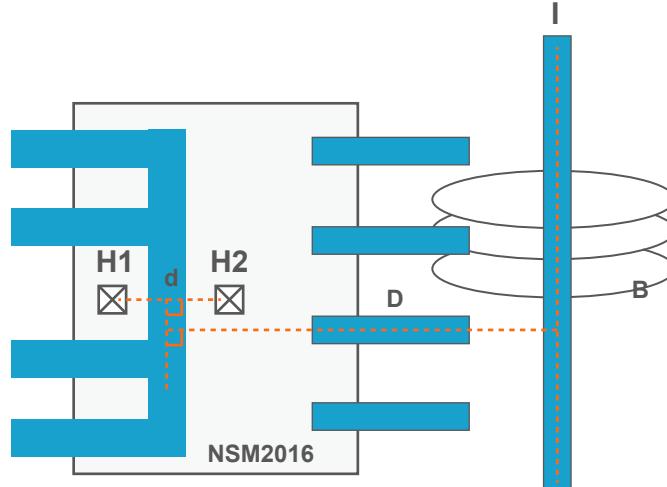


图2.2 最恶劣的外部载流导体走线方向

在这里我们假设，载流直线导体所通电流为I，那么其周围产生的磁场为B，方向符合右手螺线定则。

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}, \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}, \text{ 为真空磁导率; } R \text{ 为点到导线的垂直距离。}$$

按照上式，两个霍尔元件上感受到的磁场分别为

$$B_1 = \frac{2I}{D + \frac{d}{2}} \quad B_2 = \frac{2I}{D - \frac{d}{2}} \quad \text{其中I的单位为安培A; 距离D为载流导体到霍尔连线中间点的垂直}$$

距离，d为两个霍尔之间的距离，单位为毫米mm；B1 B2的单位为高斯G。

将干扰的磁场转化为静态输出误差为：

$$E = \frac{B_1 - B_2}{C_F} = 2I \times \left(\frac{1}{D + \frac{d}{2}} - \frac{1}{D - \frac{d}{2}} \right) \times \frac{1}{C_F}, \quad \text{单位安培A}$$

误差与距离D呈反比例函数关系。如图2.3所示为外部导体通不同大小电流时，误差与距离D的关系曲线。

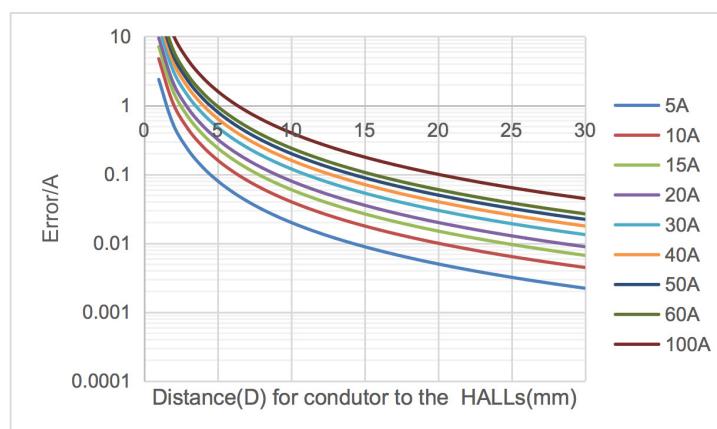


图2.3 (差分霍尔结构) 载流导体通不同大小电流时，误差与距离D的关系曲线

差分霍尔结构对共模磁场的抑制能力

在这里可以将未使用差分结构霍尔的情况和上述使用了差分霍尔的情况做一对比。假如只使用H1作为电路中的唯一霍尔器件，那么其感受到的外部磁场为

$$B_1 = \frac{2I}{D + \frac{d}{2}}, \text{ 转化为误差为}$$

$$E = \frac{B_1}{C_F} = 2I \times \frac{1}{D + \frac{d}{2}} \times \frac{1}{C_F}$$

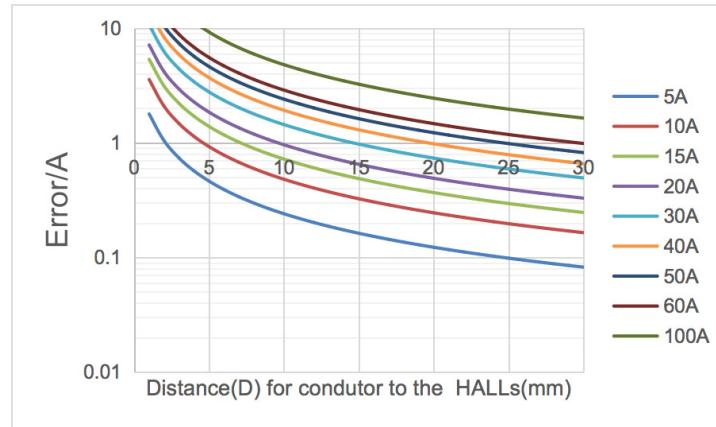


图 2.4 (单霍尔结构) 载流导体通不同大小电流时，误差与距离D的关系曲线

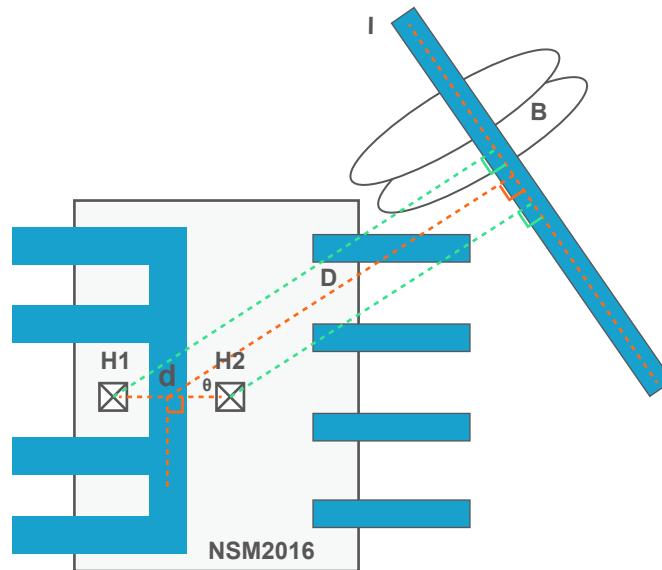


图 2.5 载流导体与霍尔元件成一定角度

介于上述两种最理想和最恶劣的情况，还需要考虑到一些中间的情况，比如当载流导体的垂直线与两个霍尔元件之间的连线呈 θ 度。那么此时载流导体 I 分别到两个霍尔 H1 和 H2 的距离（蓝线所示）分别为 $D + \frac{d}{2} \times \cos\theta$ 和 $D - \frac{d}{2} \times \cos\theta$ 可以得到这个时候具有夹角的干扰磁场在芯片中产生的输出误差为：

$$E = \frac{B_1 - B_2}{C_F} = 2I \times \left(\frac{1}{D + \frac{d}{2} \cos\theta} - \frac{1}{D - \frac{d}{2} \cos\theta} \right) \times \frac{1}{C_F}, \text{ 单位安培A}$$

差分霍尔结构对共模磁场的抑制能力

6.修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	创建应用笔记	Haijun Cao	2025/12/23

销售联系方式：sales@novosns.com; 获取更多信息：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）。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有