

学子专区一

ADALM2000实验：磁性接近传感器

Andreea Pop，系统设计/架构工程师，
Antoniu Miclaus，系统应用工程师

目标

本次实验的目标是利用磁场生成和检测原理去构建简单的接近检测器，并观察检测器输出电压是如何随着电磁体越来越靠近传感器而增加的。

背景知识

简单的接近传感器可检测物体对象之间的距离，可用于多种应用，从简单的门窗开关检测到复杂的高精度绝对位置检测器，应用广泛。接近传感器可采用多种方式设计，其中一种涉及检测磁体（通常为永磁体，但也可能是电磁体）产生的磁场强度。在本次实验中，我们使用铁氧体磁芯螺线管产生磁场。螺线管是一种以圆柱形方式缠绕着磁芯（通常用于制造具有特定电感值的电感）或电磁体的线圈。

ADALP2000模拟部件套件中的100 μH 电感用于产生足够强的磁场，并且能够被该套件中集成的AD22151磁场传感器检测到。AD22151是一款线性磁场传感器，其输出电压与垂直施加于封装上表面的磁场成比例。AD22151磁场传感器的工作原理基于霍尔效应。在磁场环境下，当电流流经某个导体时，导体两端就会产生电压（霍尔电压），这种现象就是霍尔效应。运动电荷在磁场中受洛伦兹力作用会发生偏转，从而形成电场，产生霍尔电压。

材料

- ▶ ADALM2000主动学习模块
- ▶ 无焊试验板和跳线套件
- ▶ 四个100 Ω 电阻
- ▶ 一个100 μH 电感

- ▶ 一个AD22151磁场传感器
- ▶ 两个470 Ω 电阻
- ▶ 一个100 k Ω 电阻
- ▶ 一个0.1 μF 电容
- ▶ 一个10 μF 电容
- ▶ 一个200 k Ω 电阻
- ▶ 一个LED

硬件设置

首先，在无焊试验板上构建图1所示的电磁体电路。

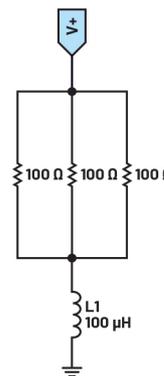


图1. 电磁体电路。

将包含AD22151磁场传感器的霍尔效应传感器电路（图2）添加到无焊试验板中。

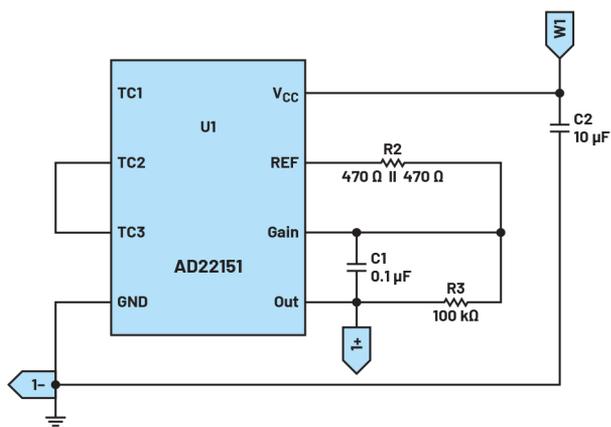


图2. 霍尔效应传感器电路。

试验板连接如图3所示。

程序步骤

使用信号发生器W1生成一个恒定的5 V信号，作为AD22151的V_{CC}输入。打开至5 V的正电源，为电磁体供电。当电磁体远离芯片且传感器附近不存在磁场时，示波器的通道1将显示AD22151的输出。

此电压相当于零高斯点，理想情况下为中点电源电压，采用5.0 V电源时为2.5 V，但由于传感器和运算放大器中的直流偏置要乘以运算放大器的闭环增益，所以该电压与中点电源电压不同。

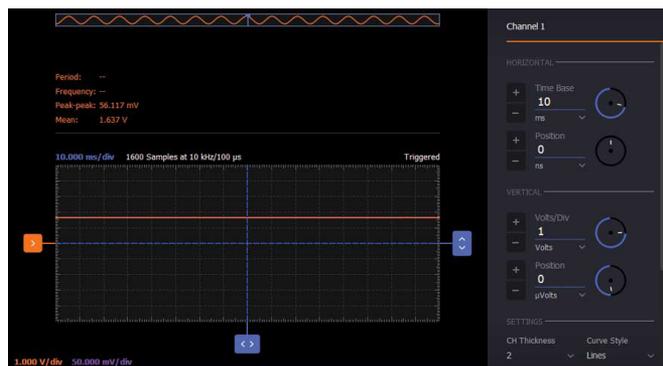


图4. 输出失调电压。

如果将电磁体更靠近芯片，输出电压随磁场强度成比例地增加。在图5中，可以看到电压如何随电磁体越来越靠近芯片而增大。当电磁体离芯片较远时，电压将再次降低，直至达到零高斯失调电压。

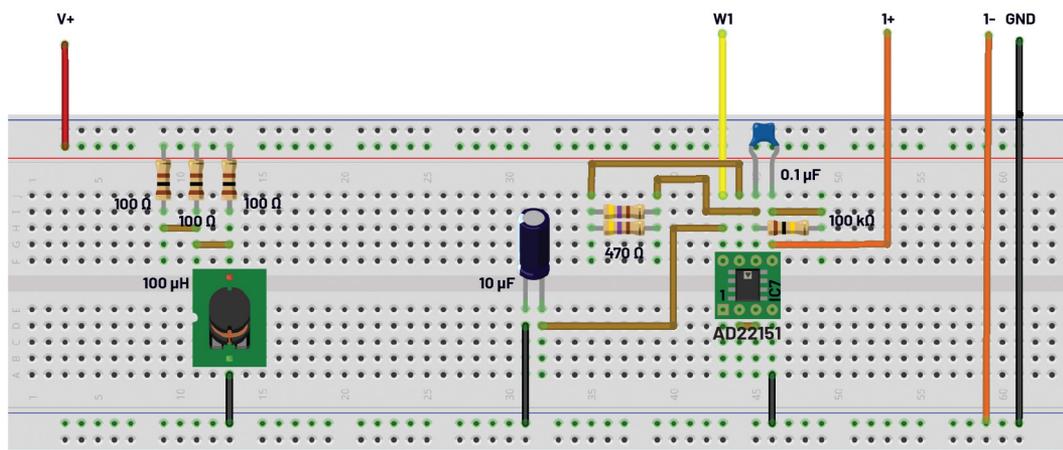


图3. 磁性接近传感器试验板连接。

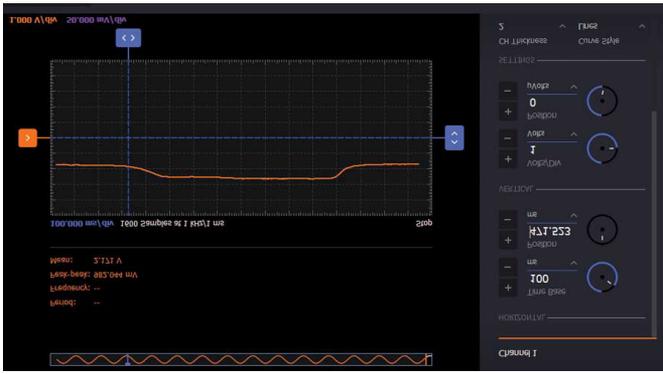


图5. 输出电压变化。

我们可以在5.0 V电源和引脚6的运算放大器求和节点之间添加一个电阻R4，以改变输出失调电压。这样在无外加磁场的情况下，能够使传感器输出电压尽可能接近其线性范围的下限。接下来，我们来计算R4值。

我们指定 V_{CC} 为AD22151的电源电压， V_{MID} 为中点电源电压。

在通道2使用电压表工具测量 V_{CC} 。要计算R4，必须清楚运算放大器求和节点的输入和输出电流。通过R2的电流定义为 I_{R2} 。在理想情况下，此电流为零，因为其每侧的电压为 V_{MID} ，但零场内部霍尔效应传感器输出电压与内部缓冲电压 V_{REF} 之间会存在一个较小的失调电压。对于低增益电路，此电压在许多情况下可忽略不计，但在高增益电路中（如本例）我们必须加以考虑。

使用电压表测量并记录引脚7处的电压，并将其定义为 V_{REF} 。使用电压表测量并记录引脚6处的电压，并将其定义为 V_{CH} ；此为运算放大器输入端的共模电压，并且由负反馈驱动至非常接近内部霍尔效应传感器的输出。计算R2两端的电压：

$$V_{R2} = V_{REF} - V_{CH} \quad (1)$$

流经R2的电流为：

$$I_{R2} = V_{R2}/235 \Omega \quad (2)$$

计算流经反馈电阻R3的电流时可考虑电磁体远离芯片时的传感器输出电压，相当于传感器的零高斯点。将此电压定义为 $V_{OUT,Z}$ ，然后计算电流：

$$I_{R3} = (V_{CH} - V_{OUT,Z})/100 \text{ k}\Omega \quad (3)$$

计算将 $V_{OUT,Z}$ 从其当前电平降至较低电平（本例中为0.5 V）所需的电压偏移量。请注意，这是一个负值，计算公式如下：

$$V_{SHIFT} = 0.5 \text{ V} - V_{OUT,Z} \quad (4)$$

通过反馈电阻R3使 $V_{OUT,Z}$ 偏移至0.5 V所需的额外电流 I_{SHIFT} 的计算公式如下：

$$I_{SHIFT} = V_{SHIFT}/100 \text{ k}\Omega \quad (5)$$

请注意，这是一个负值，因为 V_{SHIFT} 为负数。通过R4（用于产生所需失调电压）流入求和节点的电流(I_{R4})与 I_{SHIFT} 的方向相反，因此可以写成 $I_{R4} = -I_{SHIFT}$ ，为正值。

计算R4的值，注意R4两端电压为 V_{CC} 与 V_{CH} 之差，计算公式如下：

$$R4 = (V_{CC} - V_{CH})/I_{R4} \quad (6)$$

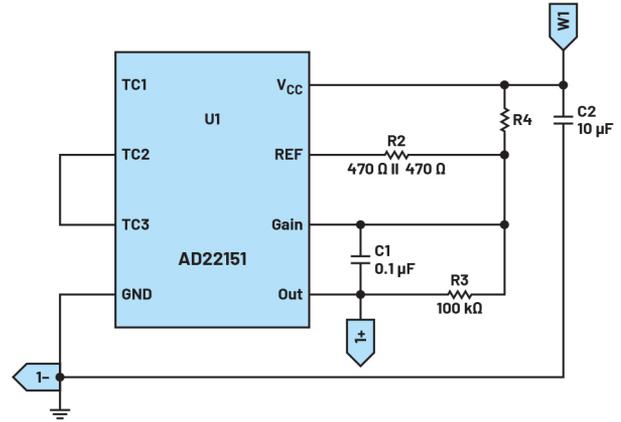


图6. 包含电阻R4（可改变失调电压）的电路。

从套件中选择一个最接近R4计算值的电阻。四舍五入产生的误差会导致更高的输出电压。将R4置于电路中，如图6中的原理图所示。此外，图8中也显示了如何将此电阻置于试验板上。在这种情况下，套件中可用的最接近阻值为200 kΩ。在示波器的通道1，可以看到输出失调电压已降至其线性范围的下限，接近所需的0.5 V电平。

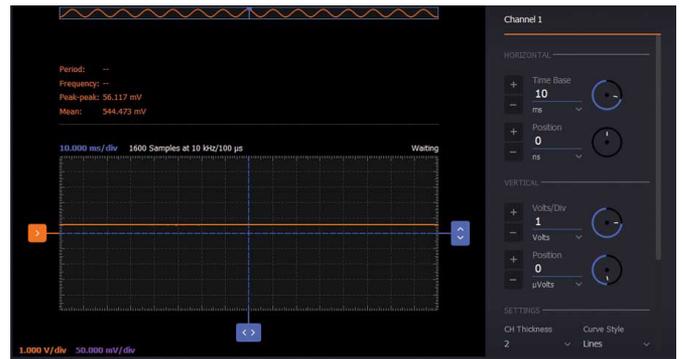


图7. 输出失调电压已降低。

带LED指示灯的磁性接近传感器

可将接近传感器输出端的LED用作视觉指示器。可按照图8中所示进行连接。将100 Ω电阻置于LED的阳极和传感器输出端之间。这可以限制通过LED的电流。将阴极连接至GND。您会发现，电磁体越靠近芯片，LED灯越亮，因为磁场会使传感器的输出电压升高。

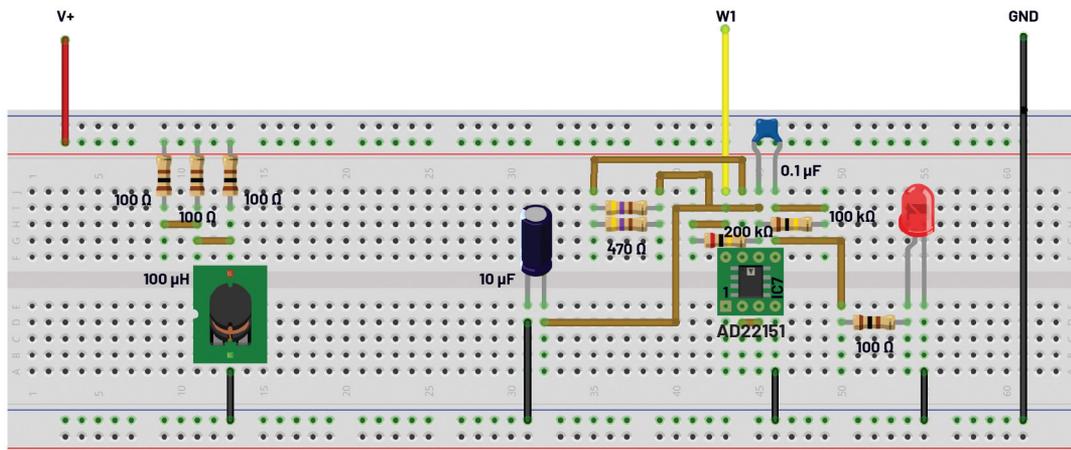


图8. 带LED指示灯的磁性接近传感器。

问题:

1. 如果改变电感值，电路响应将如何变化？

2. 为什么要降低输出失调电压？

您可以在[学子专区论坛](#)上找到问题答案。



作者简介

Andreea Pop自2019年起担任ADI公司的系统设计/架构工程师。她毕业于克卢日-纳波卡理工大学，获电子与通信学士学位和集成电路与系统硕士学位。



作者简介

Antoniu Miclaus现为ADI公司的系统应用工程师，从事ADI教学项目工作，同时为Circuits from the Lab®、QA自动化和流程管理开发嵌入式软件。他于2017年2月在罗马尼亚克卢日-纳波卡加盟ADI公司。他目前是贝碧思鲍耶大学软件工程硕士项目的理学硕士生。他拥有克卢日-纳波卡科技大学电子与电信工程学士学位。

