

doi: 10.7690/bgzd.2014.10.023

霍尔传感器温度补偿电路设计

罗志强, 阳桂蓉, 王进

(绵阳市维博电子有限责任公司传感器技术部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对霍尔传感器输出温度稳定性差的问题, 提出一种实现霍尔电势相对稳定的恒流补偿方法。该方法利用三极管结电压温漂特性来提高霍尔驱动电流, 补偿 GaAs 霍尔器件霍尔电势带来的负向温漂影响, 实现霍尔电势输出相对稳定。相比利用热敏电阻补偿方法, 该方法具有实现温度补偿更简单、补偿效果更好的特点。

关键词: 直测式原理; 霍尔传感器; 温度补偿; 恒流驱动

中图分类号: TP212 **文献标志码:** A

Temperature Compensation Circuit Design for Hall Sensors

Luo Zhiqiang, Yang Guirong, Wang jin

(Department of Sensor Technology, Mianyang Weibo Electronic Co., Ltd, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aiming at the output temperature poor stability of the Hall sensor, put forwards a kind of method of the constant current compensation to achieve the stable output Hall voltage. This method used temperature feature of the triode junction voltage to improve Hall drive current and compensate the inherent negative temperature feature of GaAs Hall device, and finally realize the stable output Hall voltage. Compared with the thermistor method, this method has the characteristics of simple to implement, and ideal in terms of compensation effect.

Keywords: the direct sensing principle; Hall sensor; temperature compensation; constant current drive

0 引言

霍尔传感器作为一种常用的磁敏检测器件, 广泛应用于电流检测领域。霍尔传感器主要利用霍尔元件霍尔效应原理实现电—磁—电转换, 达到输入与输出隔离作用。霍尔元件可采用多种半导体材料制作, 如 Ge(锗)、Si(硅)、InSb(铟化锡)、GaAs(砷化镓)、InAs(砷化铟)、InAsP 以及多层半导体异质结构量子阱材料等。半导体材料受温度改变输出变化明显, 成为影响霍尔传感器输出精度的主要方面。直测式原理霍尔传感器主要采用砷化镓类型霍尔元件, 其霍尔系数及器件等效输入输出阻抗都会随温度发生变化。目前对输出进行温度补偿方法有很多, 如不等位电势补偿、恒流补偿和恒压补偿等。但是, 市面上的霍尔传感器普遍存在输出温漂过大, 一般都超过 400 ppm/°C。如何提高霍尔传感器的精度是研究霍尔传感器的主要方向。笔者主要探讨一种实现直测式霍尔输出稳定的恒流补偿方法, 解决由霍尔器件本身带来的输出漂移问题。

1 直测式霍尔传感器原理

1.1 霍尔效应

在半导体薄片两端通以控制电流 I , 并在薄片的垂直方向施加磁感应强度为 B 的匀强磁场, 则在

垂直于电流和磁场的方向上, 将产生电势差为 V_H 的霍尔电压^[1]。通过测量霍尔电势的大小间接测量载流导体电流的大小, 具体原理如图 1。其中, 霍尔电势 V_H 的大小与控制电流 I_C 和磁通密度 B 的乘积成正比, 即:

$$V_H = K_H I_C B \approx K_H I_C \frac{NI_0 \mu_0}{l} \quad (1)$$

式中: K_H 为霍尔材料灵敏度系数; I_C 为霍尔器件驱动电流, I_0 为测试电流; l 为气隙长度; N 为导线匝数, 空气磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 。

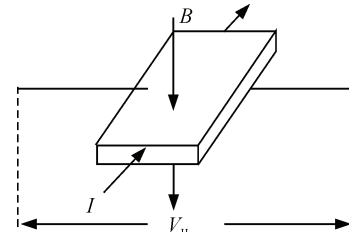


图 1 霍尔效应

2 直测式霍尔传感器温漂参数

2.1 霍尔传感器输出温漂系数

WB 系列霍尔传感器输出温漂系数定义: 霍尔传感器随着温度变化所引起传感器额定输出与常温 25 °C 额定输出之差与常温 25 °C 输出之比^[2-3], 即输出温漂系数 γ 可表示为:

收稿日期: 2014-05-07; 修回日期: 2014-07-07

作者简介: 罗志强(1978—), 男, 四川人, 本科, 工程师, 从事维博电量隔离传感器开发研究。

$$\gamma = \frac{V_{t_1} - V_{25^\circ\text{C}}}{(t_1 - 25^\circ\text{C}) V_{25^\circ\text{C}}} \times 10^6 \quad (2)$$

式中： t_1 为被测温度； $V_{25^\circ\text{C}}$ 为常温 25°C 测量的额定输出值； V_{t_1} 为被测试温度点额定输出。

2.2 直测式霍尔传感器输出温漂参数

由式 (1) 可知，影响霍尔传感器输出稳定的因素主要有霍尔材料灵敏度系数 K_H 、驱动电流 I_C 和聚磁环(材料、气隙及截面积)等。在聚磁环选择一定的情况下，霍尔电势仅与霍尔器件及恒流驱动方式有关。下面以恒流驱动的直测式霍尔传感器温度补偿为例进行分析说明。

2.3 霍尔系数 K_H 温漂曲线

从不同材料霍尔器件技术资料对比可知：砷化镓(GaAs)霍尔器件输出霍尔电势线性优于锑化铟(InSb)^[4]，因此直测原理的霍尔传感器设计普遍选择 GaAs 霍尔器件实现磁电转换。GaAs 能承受 200°C 高温，材料相对昂贵。下面以旭化成公司生产的 GaAs 霍尔元件 HG-106A 温度特性给予说明。从文献[5]给的技术参数可知，HG-106A 霍尔电势 V_H 温度系数为 $-0.06\%/^\circ\text{C}$ 。从图 2 可知，在驱动电流 I_C 和磁感应强度 B 一定情况下，其主要影响输出温漂温漂因素为霍尔系数 K_H 。

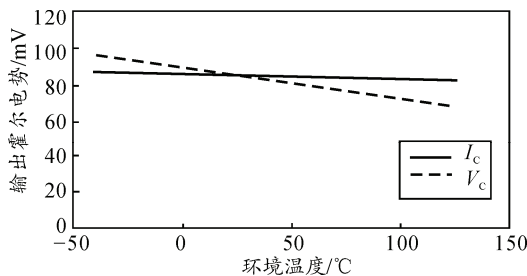


图 2 霍尔电势温度变化曲线

3 直测式霍尔传感器温度补偿电路设计

3.1 传统恒流温度补偿电路

由式 (1) 可知，为使输出霍尔电势 V_H 稳定，必须减少由霍尔器件 K_H 带来的负向漂移影响，可通过对应提高驱动电流 I_C 实现 $K_H I_C$ 恒定。常见的通过热敏电阻分流实现恒流补偿方法如图 3^[1]。分流电阻阻值 r_0 及所需的温度系数 β 由式 (3) 计算得到。

$$r_0 = \frac{(\delta - \beta - \alpha)}{\alpha} R_{in} \quad (3)$$

其中 R_{in} 为霍尔器件输入电阻，其温度系数为 δ ，霍尔电势温度系数为 α 。这种方法在一定温度系数电阻的选择方面实现起来比较困难。下面介绍一种利用三极管的温漂特性进行驱动电路补偿的方法。

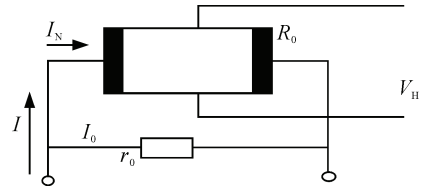


图 3 恒流温度补偿电路

3.2 采用三极管进行驱动电流补偿电路设计

通过测试发现三极管的输出温漂曲线近似如图 4 所示。其中，三极管输出约 0.6V ，为便于观察将其放大 6 倍。从图 4 可知，可以利用三极管在一定温度条件下 ($-40\sim 80^\circ\text{C}$) 基极与集电极的 PN 结电压 V_{bc} 随温度一次曲线线性变化特性来补偿霍尔驱动电流的正向漂移特性，具体原理如图 5 所示。下面给予简单分析推导。

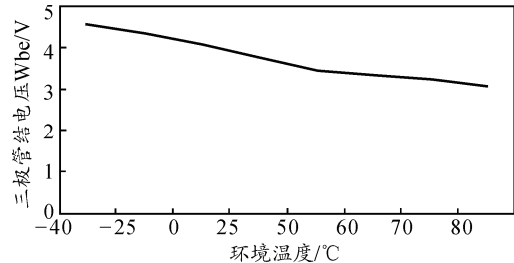


图 4 三极管输出温漂曲线

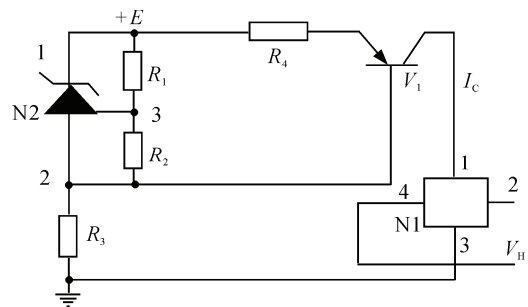


图 5 三极管恒流补偿电路

假设霍尔器件输出霍尔电势温漂系数为 $\alpha(\text{mV}/^\circ\text{C})$ ，三极管输出电压温漂系数为 $b(\text{mV}/^\circ\text{C})$ 。图 5 中，三端稳压器 N2 的 1 脚和 2 脚电压为 $+E$ ，三极管 V1 输出电流为 I_C 。 I_C 计算表达式为：

$$I_C = \frac{+E - V_{BE}}{R_4} \quad (4)$$

使用环境温度从 $-40\sim 80^\circ\text{C}$ 变化，单只三极管的总漂移量计算可表示为：

$$dV = b \times \{80^\circ\text{C} - (-40^\circ\text{C})\} = b \times 120^\circ\text{C} \quad (5)$$

此时需补偿的驱动电流 I_C 漂移比例为：

$$k_1 = \alpha \times \{80^\circ\text{C} - (-40^\circ\text{C})\} = \alpha \times 120^\circ\text{C} \quad (6)$$

结合式 (4)~式 (6)，此时的 $+E$ 应该满足：

$$+E - V_{BE} = I_C R_4 = \frac{dV}{k_1} \quad (7)$$