

· 电路与控制 ·

## 基于线性光耦 HCNR201 双极性信号隔离电路

杨居朋<sup>1,2</sup>, 王军民<sup>1,3</sup>, 刘迪仁<sup>1,3</sup>

(1. 长江大学 油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 湖北 荆州 434023; 2. 长江大学 电子信息学院, 湖北 荆州 434023;  
3. 长江大学 地球物理与石油资源学院, 湖北 荆州 434023)

**摘要:**在瞬变电磁勘探中,需要在高压强电磁环境下采集电磁信号进行反褶积运算.如果模拟量与数字量之间没有电气隔离,那么高压很容易窜入低压器件并将其烧毁.设计了一个基于高精度线性光耦器件 HCNR201 双极性信号隔离转换电路,并介绍了高精度线性光耦器件 HCNR201 的主要特性及工作原理.应用于实际仪器的实验结果表明,该电路具有良好的线性度、准确度和适用性.

**关键词:**线性光耦; HCNR201; 隔离; 双极性信号转换

**中图分类号:** TN256

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-1255(2009)06-0051-04

## Design of Isolated Circuit of Bipolar Signal Based on Linear Optocoupler HCNR201

YANG Ju-peng<sup>1,2</sup>, WANG Jun-min<sup>1,3</sup>, LIU Di-ren<sup>1,3</sup>

(1 Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources, MOE (Yangtze University), Jingzhou 434023, China; 2 School of Electronics and Information, Yangtze University, Jingzhou 434023, China;  
3 School of Geophysics and Oil Resources, Yangtze University, Jingzhou 434023, China)

**Abstract:** Data acquisition in transient electromagnetic method (TEM) is in a high voltage and strong electromagnetic field. If there is not electric isolation between analog quantity and digital amount, the high voltage is easy to entry in the low voltage device and destroy it. A bipolar signal isolation circuit was designed based on the features of the high-linearity optocoupler HCNR201, and the working principle and the features of the high-linearity optocoupler HCNR201 were introduced. The experimental results show the circuit has the better linearity, high accuracy and practicability in TEM system.

**Key words:** analog optocoupler; HCNR201; isolation; bipolar signal conversion

在瞬变电磁勘探中,需要在高压强电磁环境下采集发射源信号进行反褶积运算.如果模拟量与数字量之间没有电气隔离,那么高压很容易窜入低压器件并将其烧毁.且各干扰信号会随着采集信号进入采集系统,这些干扰信号的叠加会降低信号的信噪比<sup>[1,2]</sup>,不利于以后的信号处理.因此在高压强电磁环境下进行信号采集必须使采集系统与采集信号实现有效的电气隔离.光电隔离可以避免高压窜入

低压的采集系统,且光电耦合器输入阻抗小于干扰源的内阻,因而使叠加于被测信号上的干扰信号被极大地衰减,从而保证采集信号的准确度.线性光耦 HCNR201 为一模拟信号光电隔离器件,可以较好地实现模拟量与数字量之间的隔离,输出跟随输入变化,线性度达 0.01%,并且可以避免内部外部电路因接地不同而带来的误差.目前,基于该器件对单极性信号隔离的电路比较多<sup>[3-5]</sup>.双极性信号高线性

收稿日期: 2009-09-30

基金项目: 国家自然科学基金重大仪器专项项目(40727001)

作者简介: 杨居朋(1985-),男,山东济宁人,硕士研究生,研究方向为信号采集与智能仪器.

度隔离比单极性信号高线性度隔离复杂,这方面的研究也比较少.基于该器件工作原理特性,设计出一种基于线性光耦 HCNR201 双极性信号的隔离电路.

## 1 HCNR201 简介

HCNR201 的原理如图 1 所示.它由发光二极管  $D1$ 、反馈光电二极管  $D2$ 、输出光电二极管  $D3$  组成.当  $D1$  通过驱动电流  $I_f$  时,发出红外光(伺服光通量).该光分别照在  $D2$ 、 $D3$  上,反馈光电二极管  $D2$  吸收光通量的一部分,从而产生控制电流  $I_1$

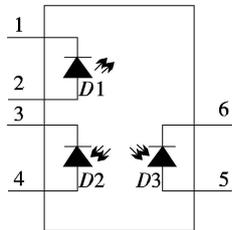


图 1 HCNR201 结构图

( $I_1 = 0.005I_f$ )。该电流用来调节  $I_f$  以补偿  $D1$  的非线性.输出光电二极管  $D3$  产生的输出电流  $I_2$  与  $D1$  发出的伺服光通量成线性比例.令伺服电流增益  $K_1 = I_1/I_f$ , 正向增益  $K_2 = I_2/I_f$ , 则传输增益  $K_3 = K_2/K_1 = I_2/I_1$ ,  $K_3$  的典型值为 1. 该器件的非线性度为 0.01%, 带宽大于 1 MHz, 额定隔离电压为 8 000 V. 但不可以无限期在任意温度下隔离 8 000 V 电压. 其连续运行隔离电压为 1 414 V.

## 2 双极性信号隔离电路设计

基于 HCNR201 的特性设计了一种双极性信号隔离电路如图 2 所示.该电路由互补的两部分组成,光耦 1 用于正极性信号的隔离,光耦 2 用于负极性信号的隔离.在隔离电路中,  $R_2$  调节初级运放  $A1$  输入偏置电流的大小,  $C_1$  起反馈作用,同时滤除了电路中的毛刺信号,避免 HCNR201 的铝砷化镓发光二极管 LED 受到意外冲击.  $R_1$  可以控制 LED 的发光强度,从而对控制通道增益起了一定作用<sup>[6]</sup>.

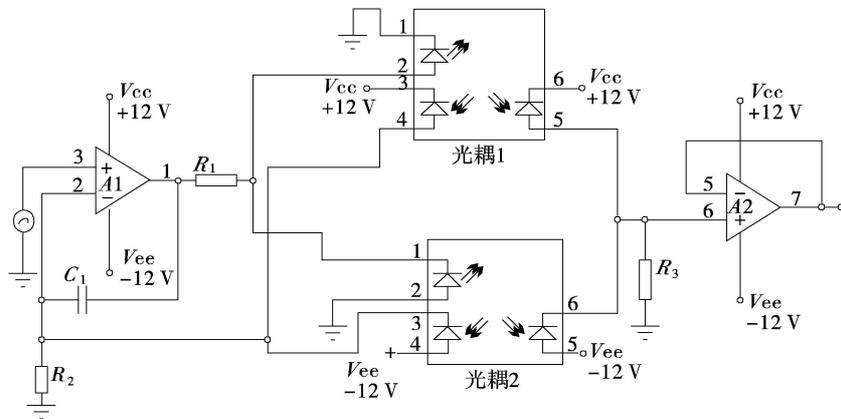


图 2 双极性信号隔离电路

### 2.1 隔离电路原理分析

该电路由互补电路组成,正极性信号隔离电路与负极性信号隔离电路原理相同,只是信号输入方向和电压极性相反.因此只以正极性信号隔离电路做为分析,其隔离电路如图 3 所示.在图 3 中,  $I_1 = K_1 \cdot I_f$ ,  $I_2 = K_2 \cdot I_f$ , 其中  $K_1$ 、 $K_2$  为伺服电流增益和正向增益.由电路可知

$$V_{in} = I_1 \cdot R_2 = K_1 \cdot I_f \cdot R_2 \quad (1)$$

$$V_{out} = I_2 \cdot R_3 = K_2 \cdot I_f \cdot R_3 \quad (2)$$

则电路电压增益为

$$G = V_{out}/V_{in} = (K_2 \cdot I_f \cdot R_3)/(K_1 \cdot I_f \cdot R_2) \quad (3)$$

在线性光耦 HCNR201 中  $K_2 = K_1$ . 所以

$$G = R_3/R_2 \quad (4)$$

从式(4)可以看出,该隔离电路的电压增益只与电阻  $R_3$  和  $R_2$  有关,与光耦的电流传输特性无关,从而实现电压信号隔离.

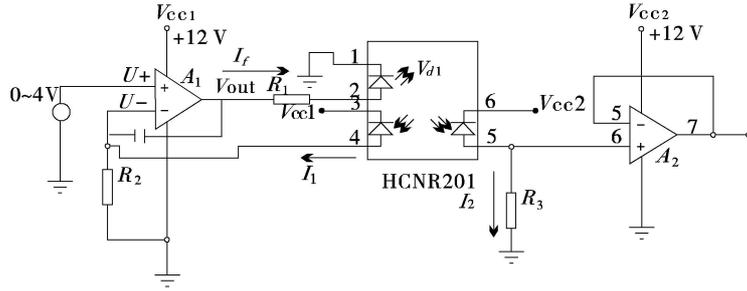


图 3 正极性信号隔离电路

2.2 运算放大器 A1、A2 的选择

HCNR201 是电流驱动,其工作电流要求 1~20 mA,因此运放 A1 的驱动电流必须可以达到 20 mA. 由于隔离信号为双极性,则设计中采用双电源供电的 LM358 运算放大器,其输出电流可达 40 mA. 运放 A2 组成一电压跟随电路,实现输出电路的阻抗匹配. 设计中运放 A2 也选用双电源供电的 LM358 运算放大器.

2.3 电阻 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 和 R<sub>3</sub> 的取值

由运放 A1(电路图如图 3 所示)虚断特性知

$$U_+ = U_- = V_{in} \quad (5)$$

由电路图 3 可知

$$I_f = (V_{out} - V_{d1}) / R_1 \quad (6)$$

其中, V<sub>d1</sub> 为发光二极管 D1 的正向压降.

$$I_1 = U_- / R_2 = V_{in} / R_2 \quad (7)$$

由于 I<sub>1</sub> = 0.005 I<sub>f</sub><sup>[6]</sup>, 则式(6)、式(7)可化简为

$$V_{in} / R_2 = 0.005 (V_{out} - V_{d1}) / R_1 \quad (8)$$

当 R<sub>1</sub> = 0.005 R<sub>2</sub> 时, V<sub>out</sub> - V<sub>d1</sub> = V<sub>in</sub>, 即 I<sub>f</sub> = V<sub>in</sub> / R<sub>1</sub>, 则 R<sub>1</sub> = V<sub>in</sub> / I<sub>f</sub> (9)

设计中 V<sub>in</sub> = -4~+4 V, 由于 MORNSUN 电源隔离器提供电源, 因此 V<sub>cc</sub> = +12 V, V<sub>ee</sub> = -12 V, 为满足 I<sub>f</sub> 取值范围 1~20 mA, R<sub>1</sub> = V<sub>in</sub> / I<sub>f</sub> = 4 / (20 × 10<sup>-3</sup>) = 200 Ω, R<sub>2</sub> = R<sub>1</sub> / 0.005 = 40 kΩ, R<sub>3</sub> = R<sub>2</sub> = 40 kΩ.

2.4 隔离电路试验结果

该电路首先在 protuse 进行仿真实验, 其输入信号为峰峰 2 V 的正弦波, (如图 2) 当只用光耦 1 进行信号隔离时, 其输出波形如图 4 所示, 由图 4 知光耦 1 只隔离正极性的信号, 对负极性信号无隔离作

用. 当只用光耦 2 进行信号隔离时, 其输出波形如图 5 所示, 由图 5 知光耦 2 对正极性信号无隔离作用. 当用光耦 1 和光耦 2 组成的互补电路(如图 2)进行信号隔离时, 其输出波形如图 6 所示, 由图 6 知该互补电路可实现对双极性信号的隔离.

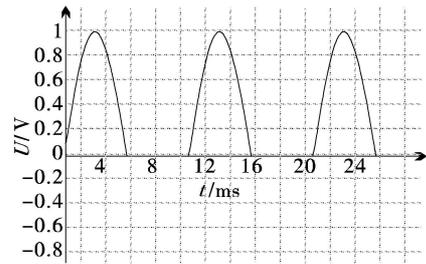


图 4 正极性信号输出

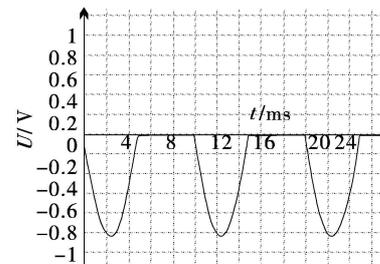


图 5 负极性信号输出

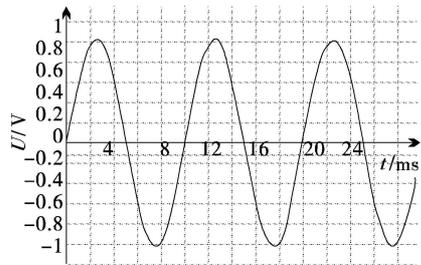


图 6 双极性信号输出

该电路已用于井中大功率瞬变电磁场采集仪器中, 所采集的井中大功率脉冲电磁场源发射电压与

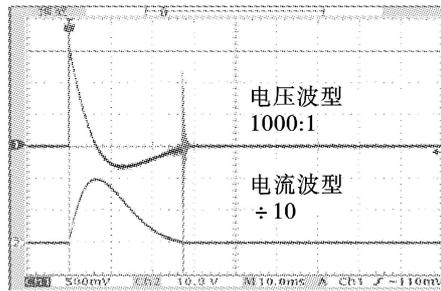


图7 井中大功率脉冲电磁场源的发射电压与电流波形

电流波形如图7所示,所采电压信号为分压后发射源电压,其分压比例为1 000:1.由图7可知最大电压为1.5 V,则发射源电压为1 500 V,所采集最低电压为-0.4 V,则发射源电压为-400 V.为方便对电流信号的采集,把电流信号经0.5  $\Omega$ 电阻变为电压进行采集,由图7知所采集最高电压20 V,流经放电线圈的电流为40 A,其电流波形与理论推导的波形相一致.经试验验证在强电压环境(1 500 ~ -400 V)下,连续对发射源信号进行采集,高压未烧毁采集卡.因此该隔离电路实现了对双极性信号隔离采集,且可隔离瞬变额定电压为8 000 V.

### 3 结 束 语

实验结果表明,应用线性光耦HCNR201组成

(上接第35页)

(1) 加工精度.加工精度须达到纳米级.普通的飞秒激光加工的精度还不能满足要求.高精集束电子流或其他高精度集束粒子流有可能成为理想的加工手段.

(2) 解决光敏元件的辐射耐受性问题.真空条件下直接面对太阳辐射的恶劣环境要求对器件或窗口材料的性能进行进一步的深入研究.潜在的解决形式如下:①进一步开发耐辐射光敏器件;②开发高一致性光学窗口材料;③采用算法精确处理器件和材料的一致性,减小误差.

(3) 数据处理帧频需要提高.提高AD转换器采样速度或改进算法.

#### 参考文献

- [1] 郁发新,孙琳琳.基于太阳矢量的皮卫星姿态角测量误差分析[J].吉林大学学报,2008,38(4):976-981.
- [2] 母方欣,方群,罗建军.基于最小二乘法的月球探测器

的双极性信号隔离电路线性度好、电路简单,有效地解决了高压强电磁对高速采集系统的影响,且由于光耦输入阻抗小,极大地衰减了叠加在采集信号上的干扰信号,提高了信号的信噪比,提高了信号处理的精确度.文中所设计的双极性隔离电路以其低成本、高稳定性、高线性度的优点可广泛应用在自动化仪表输入输出隔离、热电偶的隔离、数据通信、电压电流检测和测量、工业控制等领域.

#### 参考文献

- [1] 谭颖琦,范大鹏,陶溢.基于线性光耦HCNR200的DSP采集电路设计与实现[J].电测与仪表,2006(6):46-48.
- [2] 秦伟刚.光电耦合隔离技术与应用[J].仪器仪表学报,2006(6):2603-2604.
- [3] 张宝生,王念生.基于高线性度模拟光耦器件HCNR200模拟量隔离板[J].仪表技术,2005(5):59-60.
- [4] AN SANG HOU. A Wide Bandwidth Isolation Amplifier Design Using Current Conveyors[J]. Analog Integrated Circuits and Signal Processing, 2004, 40: 31-38.
- [5] 邱吉冰,赵伟.电流小信号隔离采集板的设计与实现[J].自动化仪表,2007(4):61-63.
- [6] 李海波,林辉.线性光耦在电流采样中的应用[J].光电器件,2003(11):37-38.
- [7] 自主导航[J].计算机仿真,2007,24(11):45-48.
- [3] 陈非凡,陈益峰.采用光学非线性补偿的两轴微型太阳敏感器[J].清华大学学报(自然科学版),2004,44(2):197-201.
- [4] 何丽,胡以华.太阳敏感器的原理与技术发展趋势[J].电子元件与材料,2006,25(9):5-8.
- [5] 朱鸿泰,孙胜利,陈桂林.CMOS APS在太阳敏感器中的应用研究[J].红外技术,2004,26(4):76-79.
- [6] 何丽,胡以华,杨勇.一种新的APS数字式太阳敏感器测姿算法[J].传感器世界,2007,13(6):6-10.
- [7] 樊巧云,江洁,张广军.小型CMOS太阳敏感器[J].光电工程,2007,34(2):133-137.
- [8] 丁天怀,毕研刚,王鹏.基于CMOS APS的微型数字式太阳敏感器[J].清华大学学报(自然科学版),2008,48(2):203.
- [9] 居戩之,韦晓茹,朱亚一,等.CCD像元光电转换效率不一致性补偿技术[J].传感器世界,2007(10):18-22.
- [10] 朱鸿泰,孙胜利,陈桂林.基于CMOS APS高精度太阳敏感器[J].传感器世界,2006(9):26-30.