

焊接电流给定信号线性光电耦合器 HCNR200 隔离传输电路分析

一、线性光电耦合器 HCNR200 简介

线性光电耦合器 HCNR200 的内部结构图如图 1 所示。

从图中可知：它由发光二极管 V_{LED} 、反馈光敏二极管 V_{PD1} 、输出光敏二极管 V_{PD2} 组成。

工作原理：1、2 脚作为隔离信号的输入端，其输入电流为 I_f ；3、4 脚用于反馈，其流经电流 I_{PD1} 用于调节 I_f 以补偿 V_{LED} 的非线性， $I_{PD1}=0.005I_f$ ；5、6 脚用于输出，其输出电流 I_{PD2} 与 V_{LED} 发出的伺服光通量成线性比例， $I_{PD2}=0.005I_f$ ，从而达到实现线性隔离的目的。

HCNR200 的输入输出信号的隔离首先是经过电压-电流转换，电压的变化体现在电流 I_f 上， I_{PD1} 和 I_{PD2} 基本与 I_f 成线性关系，输入发光

二极管 V_{LED} 与光敏二极管 V_{PD1} 的传输比 $K_1=\frac{I_{PD1}}{I_f}$ ，传输增益 $K_3=\frac{I_{PD2}}{I_{PD1}}$

≈ 1 ，再经过电流-电压转化，输出电压信号。

HCNR200 推荐使用参数范围

发光二极管平均输入电流 I_f :1—20mA

发光二极管峰值输入电流 I_f :35mA（脉宽 1ms，占空比为 50%）

反馈光敏二极管 V_{PD1} 反向电压：0—15V

输出光敏二极管 V_{PD2} 反向电压：0—15V

HCNR200 的电性能参数($T_A=25^{\circ}\text{C}$)

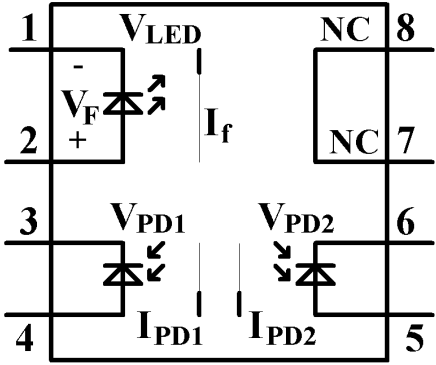


图 1 HCNR200 的内部结构图

名称	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
发光二极管的正向导通电压	V_F	1.3	1.6	1.85	V	$I_f=10\text{mA}$
发光二极管的反向击穿电压	BV_R	2.5	9		V	$I_f=100\text{ }\mu\text{A}$
传输增益	$K_3=\frac{I_{PD2}}{I_{PD1}}$	0.85	1.0	1.15		$5\text{nA}<I_{PD}<50\text{ }\mu\text{A}$ $0\text{V}<V_{PD}<15\text{V}$
K_3 的温度系数	$\Delta K_3/\Delta T_A$		-65		ppm/ $^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C}<T_A<85^{\circ}\text{C}$ $5\text{nA}<I_{PD}<50\text{ }\mu\text{A}$ $0\text{V}<V_{PD}<15\text{V}$
输入与光敏二极管的传输比	$K_1=\frac{I_{PD1}}{I_f}$	0.25	0.50	0.75	%	$I_f=10\text{mA}$ $0\text{V}<V_{PD}<15\text{V}$
K_1 的温度系数	$\Delta K_1/\Delta T_A$		-0.3		%/ $^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C}<T_A<85^{\circ}\text{C}$ $I_f=10\text{mA}$ $0\text{V}<V_{PD}<15\text{V}$

二、HCNR200 隔离传输电路分析

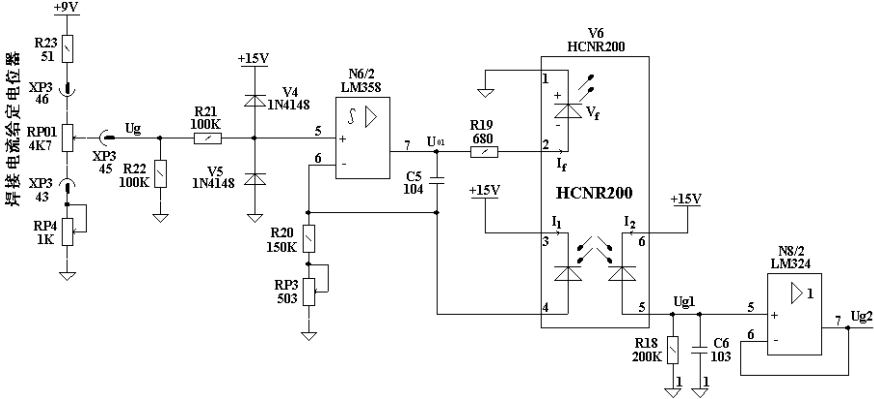


图 2 HCNR200 隔离传输电路

1 电路的组成—由线性光电耦合器 HCNR200、运算放大器 LM358 和 LM324 等组成。

2 电路的作用—对焊接电流给定信号进行隔离并线性输出。

3 电路的工作原理分析：

1) 焊接电流给定信号 U_g

设焊接电流给定电位器 RP01 的调节系数为 m ($m=0\sim 1$)，为了便于分析设焊接电流给定微调电位器 RP4 的调节系数为 0.5，即 RP4 处于中间位置。

$$U_g = \frac{(4.7m + 0.5) // R22}{R23 + 4.7(1-m) + (4.7m + 0.5) // R22} \times 9V$$

当 $m=0$ 即焊接电流给定信号最小时：

$$U_{gmin} \approx 0.85V$$

当 $m=1$ 即焊接电流给定信号最大时：

$$U_{gmax} \approx 8.9V$$

焊接电流给定信号 U_g 的调节范围：0.85~8.9V。

2) 隔离传输电路

和光电耦合器一样，线性光电耦合器真正隔离的是电流而非电压，要想真正隔离电压，需要在输入和输出处增加运算放大器等辅助电路。下面就针对 HCNR20 隔离传输电路进行分析，对电路中如何实现反馈以及电压-电流、电流-电压转换进行推导与说明。

由于 C5 与 N6/2 运算放大器构成了一个积分电路，C5 起负反馈作用，同时具有抗干扰功能即滤掉焊接电流给定信号中的干扰信号，避免 HCNR200 中的发光二极管(V_{LED})受到意外的冲击而损坏。积分电路是同相端输入，即运算放大器输入端存在“虚短”和“虚断”现象，也就是说对于运算放大器有： $U_+ = U_-$ ， $I_+ = I_- = 0$ 。

对于图 2 在运算放大器 N6/2 达到平衡状态后有：

$$U_g = U_+ = U_-，I_+ = I_- = 0。$$

$$I_1 = \frac{U_g}{R20 + m_1 \cdot RP3} \quad (\text{电压信号转换成电流信号})$$

由于 HCNR200 传输增益 $K_3 = \frac{I_{PD2}}{I_{PD1}} \approx 1$ ，那么

$$I_1 = \frac{U_g}{R20 + m_1 \cdot RP3} \approx I_2 \quad (m_1 \text{ 是电位器 RP3 的调节系数，} m_1 = 0 \sim 1)$$

由于 N8/2 运算放大器构成一个跟随器电路，那么

$$U_{g1} = U_{g2} = U_+ = U_-，I_+ = I_- = 0。$$

$$U_{g1} = U_{g2} = I_2 \cdot R18 = \frac{U_g}{R20 + m_1 \cdot RP3} \cdot R18 \quad (\text{电流信号转换成电压信号})$$

$$\frac{U_{g2}}{U_g} = \frac{R18}{R20 + m_1 \cdot RP3}$$

当 $R18 > R20 + m_1 \cdot RP3$ 时， $U_{g2} > U_g$ ，即焊接电流给定信号隔离线性放大输出；

当 $R18 = R20 + m_1 \cdot RP3$ 时， $U_{g2} = U_g$ ，即焊接电流给定信号隔离线性等值输出；

当 $R18 < R20 + m_1 \cdot RP3$ 时， $U_{g2} < U_g$ ，即焊接电流给定信号隔离线性缩小输出。

实际电路中 U_{g2} 最大等于 U_g 。

三、HCNR200 隔离传输电路中运算放大器和电阻的选取

1) 运算放大器的选取

HCNR200 是电流驱动,其 LED 的平均稳定工作电流要求为 $1\sim 20\text{mA}$, 因此运放 N6/2 的输出电流至少也应达到 20mA , 能达到这种输出电流能力的运算放大器一般其输出级为双极型, 因此选双极型的运算放大器比较合适。同时, 根据输入电压范围, 也要求运放有相应的共模输入和输出能力。该电路中由于采用单电源供电方式, 选用 LM358 即可。

2) 电阻的选用

由图 2 可知:

$$I_f = (U_{o1} - V_f) / R_{19} \leq 20\text{mA} \text{ (平均值)}$$

式中 V_f 为 HCNR200 中发光二极管 V_{LED} 的正向管压降(典型值为 1.6V)。

由于运算放大器输入端存在“虚短”和“虚断”现象那么对于 N6/2 有:

$$I_f = \frac{U_-}{R_{20} + m_1 \cdot RP3} \quad (m_1 \text{ 是电位器 } RP3 \text{ 的调节系数, } m_1=0\sim 1)$$

因为 $I_1 = 0.005I_f$ ($K_1 = \frac{I_{PD1}}{I_f} = 0.5\%$), 所以

$$(U_{o1} - V_f) / R_{19} = 200 \frac{U_-}{R_{20} + m_1 \cdot RP3} = \frac{U_g}{R_{20} + m_1 \cdot RP3}$$

那么

$$U_{o1} - V_f = 200 \frac{U_g}{R_{20} + m_1 \cdot RP3} R_{19}$$

令 $R_{20} + m_1 RP3 = 200R_{19}$, 则

$$U_{o1} = U_g + V_f$$

$$\text{因为 } R_{19} = \frac{U_{o1} - V_f}{I_f} = \frac{U_g}{I_f} \approx 200 \frac{U_g}{I_1}$$

R_{19} 的取值范围与发光二极管 V_{LED} 的平均输入电流有关。HCNR200 的平均输入电流 I_f $1\sim 20\text{mA}$

R_{19} 的取值范围是: $445\Omega \sim 8.9\text{K}\Omega$

那么 $R_{20} + m_1 RP3$ 的取值范围是: $89\text{K}\Omega \sim 1780\text{K}\Omega$ 。

$$U_{g2} = I_2 R_{18}$$

$$U_g = I_1 (R_{20} + m_1 RP3)$$

因为是该电路是线性光电耦合器模拟信号隔离电路, 那么

$$K_3 = I_2 / I_1 \approx 1,$$

$$\frac{U_{g2}}{U_g} = \frac{R_{18}}{R_{20} + m_1 \cdot RP3}$$

R_{18} 的取值范围与 $R_{20} + m_1 RP3$ 有关, 主要取决于焊接电流给定信号隔离输出的电压信号是放大或等值、缩小。

由于元器件参数的离散性, $I_1 \approx 0.005 I_f$, $K_3 = I_2 / I_1 \approx 1$, 所以 R_{18} 、 R_{19} 、 R_{20} 尚需在估算值附近调整, 电位器 $RP3$ 用于调整隔离输出电压信号的幅值大小, 元器件参数调整的原则是尽可能获得最佳线性度。