LIMA
羅 子 強
Sales Manager
S.Z.Mobile:137-1457-2551
MSN:luoziqiang@hotmail.com
QQ:810654678
AVAGO TECHNOLOGIES 光耦一级代理商
利瑪電子(新加坡)有限公司
Add:深圳市華強北電子科技大廈A座3908室
Tel:0755-8836 5152 Fax:0755-8836 4656
E-mail:lima@limaic.com
Website:www.limaic.com
Optocoupler World

# 基于高精度线性光耦
# 设

张传金，葛云
（中国矿业大学信息与电气

**摘要：**结合当前交流调速中广泛应用的交-直-
准确采样测量在整个控制系统中的重要性。本文在介绍高精度线性光耦芯片 HCNR201 的工作原理的基础上，提出了一种直流母线电压的检测方法，并给出了检测回路和供电回路的设计。电源电路采用单端反激式变换电路，详细介绍了电流型 PWM 控制器 UC3842 的工作原理，并分析了按电气上的隔离。最后给出了基于该电路的实验结果，证明了该直流母线电压测量方法线性度，精度高。

**关键词：** 线性光耦；电压检测；电源隔离

# Based on high precision linear optocoupler for DC voltage detection circuit

Zhangchuanjin, Geyuntao, Xujunjie
(School of Information and Electrical Engineering.CUMT, Xuzhou 221008, China)

**Abstract:** With the AC-DC-AC main circuit topology widely used in AC variable speed, analysis of its DC bus voltage sampling measurement accuracy in the importance of the whole control system. This paper introduces the high-precision linear optocoupler chip HCNR201 works based on, a DC bus voltage of the detection method, and gives the detection circuit and power supply circuit design. Power circuit designed by single-ended flyback coverter, details of current type PWM controller UC3842 works, and analyzed on by electrical isolation. Finally, the circuit based on the experimental results show that the DC bus voltage measurement linerity and high accuracy.

**Key words:** linear optocoupler；voltage detector；power supply isolation

## 0 引言

在现代交流调速中多采用变频调速，变频的基本方法可分为交—交变频和交—直—交变频两大类[1]。交—交变频由于受到输入电源频率的限制，调频范围较小且多用于大功率传动系统。交—直—交变频系统以其各方面的优势在交流传动系统中得到越来越多的应用。在交—直—交变频系统中，无论采用哪种逆变控制方式都需要将直流母线电压采集到控制系统中。使用霍尔电压传感器来实现直流母线电压的隔离检测是常用方法，但高性能的电压传感器造价较高。

本文给出一种性价比较高的直流电压检测方法，采用高精度线性光耦 HCNR201 进行母线电压的转换并实现直流母线高压侧与检测采样电路低压侧的电气隔离，由于线性光耦器件的输入端和输出端通过光耦合，因此不会将强电侧电磁干扰耦合到控制系统中。同时本文给出了检测电路的供电电路设计。通过实验证明了该电路的精确性和可靠性。

**作者简介：**张传金（1986-），男，硕士，主要研究方向：电力电子在电力系统中的应用. E-mail: chuanjin2359@yahoo.cn



利玛电子：AVAGO光耦 一级代理商

# 1 HCNR201 的构成和工作原理

HCNR201 是美国 HP 公司推出的高精度线性光耦，具有成本低，线性度搞，稳定度高等优点。通过外接不同的分立元件，可以实现不同的隔离转换电路。HCNR201 的内部结构如图 1 所示，包括一只高性能的 A1GaAs 型发光二极管（图 1 中的 LED）、两只性能相近的光电二极管（图 1 中的 PD1 和 PD2）。输入信号经过电压—电流转换，当 LED 中流过电流 $I_F$ 时，其所发的光会在 PD1 和 PD2 中感应出正比于 LED 发光强度的光电流 $I_{PD1}$ 和 $I_{PD2}$，其中 $I_F$、$I_{PD1}$、$I_{PD2}$ 满足一下关系

$$I_{PD1} = K_1 I_F \quad (1)$$

$$I_{PD2} = K_2 I_F \quad (2)$$

$$K = \frac{I_{PD2}}{I_{PD1}} \quad (3)$$

式中 $K_1$、$K_2$ 分别为出入、输出光电二极管的电流传输比，其典型值均为 0.5%左右。因为 $I_F$ 一般在 1~20mA 之间，所以 $I_{PD1}$、$I_{PD2}$ 一般在 50uA 以下，$K$ 被定义为传输增益，当一只 HCNR201 被制造出来后，其输出侧光电流（$I_{PD2}$）和输入侧光电流（$I_{PD1}$）之比就是一个恒定值 $K$ 约为 $1 \pm 0.05$。

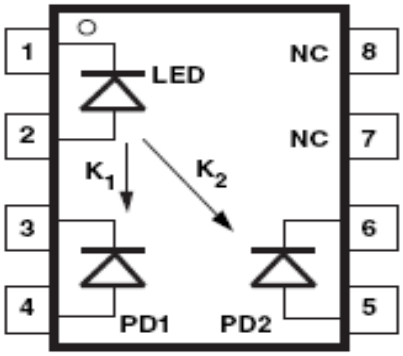


图 1 HCNR201 内部原理图

在使用时，可将第 3、4 引脚输出端与第 1、2 引脚输入端一起接入控制回路，其中第 3、4 引脚的光电二极管 PD1 起反馈作用，它可将产生的输出电流反馈到第 1、2 引脚的发光 LED 上，以对输入信号进行反馈控制。

# 2 直流母线电压检测及其电源电路设计

## 2.1 检测电路设计

直流母线电压的检测硬件电路如图 2 所示，电阻 R1 和 R2（均使用 0.1%的高精度电阻）构成分压电路，适当的选择 R1 和 R2 的阻值可以使直流母线侧的高电压转化为可供信号调理电路处理的低压信号。第一只运算放大器做了一级跟随电路，起到隔离缓冲并减小输出阻抗的作用[2] [3]。



利玛电子：AVAGO光耦一级代理商

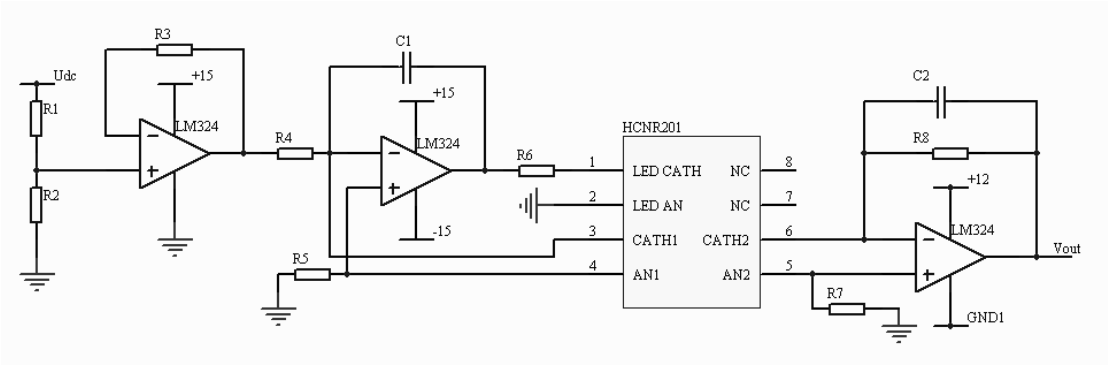


图 2 直流母线电压的检测电路

第二只和第三只运算放大器和 HCNR201 构成了信号调理和电气隔离电路，在电源回路中通过正激电路实现了±15 回路的电源地和+5 回路的电源地电气隔离，因此通过 HCNR201 后电气回路和控制回路不再有电器上的连接。同时为了提高检测电路的精度和线性度，检测电路中的运算放大器均采用高精度运算放大器 CAJ3140。

根据运算放大器“虚短”和“虚断”的特性，按照图 2 所示电路可得

$$I_{PD1} = U_{IN} \frac{R_2}{(R_1 + R_2)(R_4 + R_5)} \tag{4}$$

$$I_{PD2} = U_{OUT} \frac{1}{R_7 + R_8} \tag{5}$$

联立等式（3）、（4）、（5）得

$$U_{OUT} = U_{IN} \frac{KR_2(R_7 + R_8)}{(R_1 + R_2)(R_4 + R_5)} \tag{6}$$

由（6）式可以看出，输入电压和输出电压之间存在着正比的关系，只要适当的选取各电阻的阻值，就可以得到一定比例的隔离输出电压。

## 2.2 电源电路的设计

在光耦器件两端要实现电气隔离，因此检测回路中的 U1,U2 和 U3 的电源必须进行隔离。电源电路的硬件设计如图 3 所示，主电路采用单端反激式变换电路，在直流母线侧对 UC3842 提供工作电压，为提高电源的开关频率，采用 MOSFET 作为功率开关管，在 UC3842 的控制下，将能量传递到输出侧。为抑制电压尖峰，在高频变压器原边设置了 RCD 缓冲电路。直流母线电压经过 UC3842 控制，在变压器的副边利用 78 系列稳压芯片，输出±15 和+5 电压并实现电气隔离[4] [5] 。



利玛电子：AVAGO光耦 一级代理商

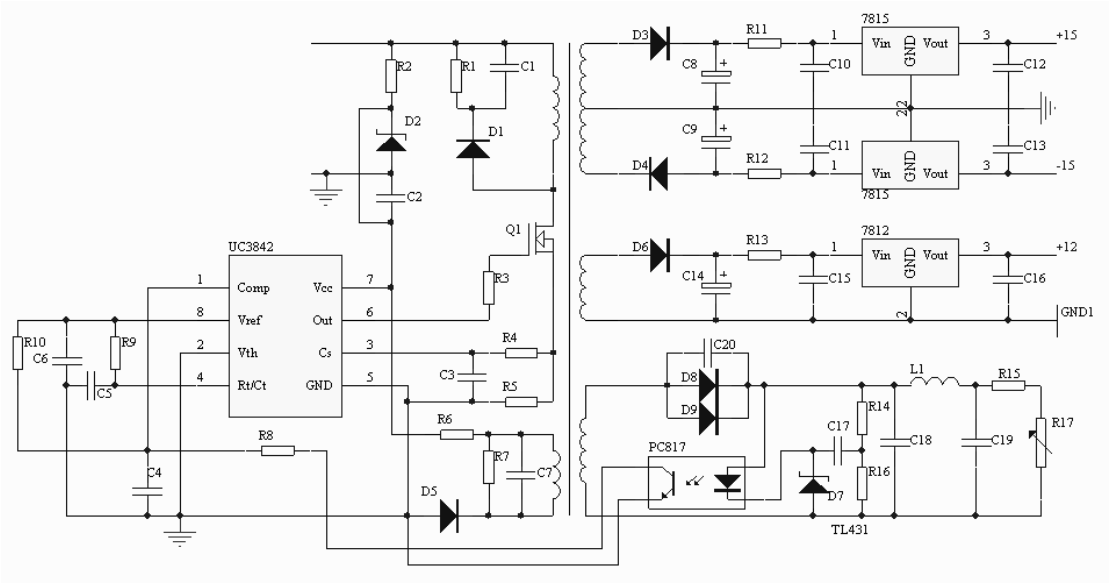


图 3 隔离电源电路

辅助电源的工作原理：

如图 3 所示，脚 7 是其电源端，芯片工作的开启电压为 16V，欠压锁定电压为 10V，上限为 34V，这里设定 20V 给它供电，由 220V 交流经过后，再由电阻分压后提供。

脚 3 接振荡电路，产生所需频率的锯齿波，外界 R3、C1 振荡电路。脚 8 是其内部基准电压，给光耦副边的三极管提供偏压。脚 2 及脚 1 为内部电压比较器的反相输入端和输出端，它们之间接一个的电阻构成比例调节器，这里采用比例调节而不用 PI 调节的目的是为了保证反馈回路的响应速度。脚 6 是输出端，经过一个限流电阻，限流后驱动功率 MOSFET。

脚 3 是电流比较器同相输入端，接电流取样信号输入，即电流内环，由 $R_5$、Rf 以及脚 3 组成。如图 2.9 所示，从脚 3 引入的电流反馈信号与脚 1 的电流误差信号比较，产生一个 PEWM（脉宽调制）波，由于电流比较器输入端设置了 1V 的电流阈值，当电流过大而使电阻 Rf 上的电压超过 1V（即引脚 3 电平大于 1V）时，将关断 PWM 脉冲，反之则保持此脉冲。

采用三端可控基准源 TL431 反馈误差电压，并将误差电压放大，驱动线性光耦合器的原边发光二极管，而处在电源高压端的光耦副边三极管得到反馈电压，输入到 UC3842 的内部误差放大器（脚 1 和脚 2），进而调整开关管的开通、关断时间。TL431 的参考端（REF）和阳极（ANODE）间是稳定的 2.5V 基准电压，它将取样电阻上的电压稳在 2.5V 时，流过 TL431 的电流增大，经 $R_{16}$，$R_{17}$ 分压后得到的取样电压（即 R—A 间的电压）大于 2.5V 时，流过 TL431 的电流增大，其阴极电压下降，光耦的原边二极管发光，传递到副边的光敏三极管，进而使得开关管的导通时间减少，从而降低输出电压。

UC3842 是一种单端输出电流控制型电路，其最大的优点就是外接元件很少，外电路装配非常简单，其原理方框图如图 4 所示。



利玛电子：AVAGO光耦 一级代理商

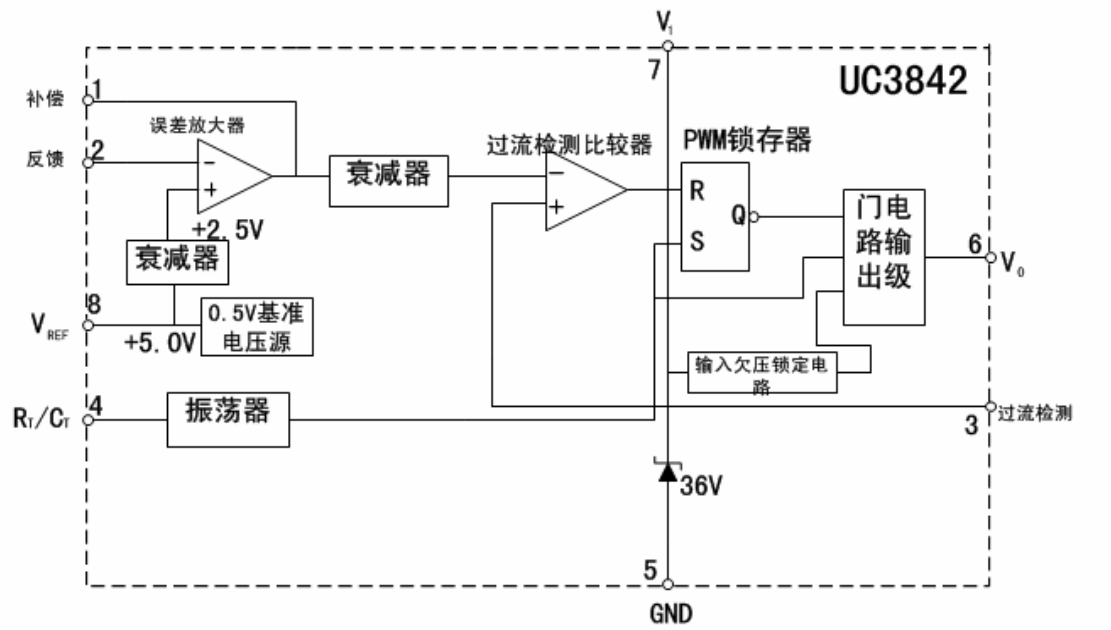


图 4 UC3842 内部框图及其引脚图

它有两个控制闭合环路，一个是输出电压反馈误差放大器，用于同基准电压比较厚产生误差电压；另一个是电感（变压器初级）中电流在反抗电阻上产生的电压与误差电压进行比较产生的脉宽，这些都是在时钟所限定的固定频率下工作。由于误差信号实际控制着峰值电感电流，故称其为电流脉宽调制器。其管脚功能如下：

引脚 1 外接阻容网络，以补偿误差放大的频率特性。

引脚 2 为反馈端，将外接取样电路送来的取样电压经该引脚到内部的误差放大器的反向输入端的基准电压进行比较，产生误差电压，该误差电压控制脉冲电压调制电路，从而使开关电源的输出保持稳定。

引脚 3 为过流保护输入端，当开关电源的输出过载或者开关功率管被击穿，检测电路输入的电流超过最大允许的电流。UC3842 的内部电路动作，停止输出脉冲从而保护系统的其他电路，避免故障进一步扩大。

引脚 4 外接定时网络，外接的 R、C 器件用于确定锯齿波振荡电路的振荡周期。

引脚 5 为芯片的地，是所有其他引脚的公共参考点。

引脚 6 为开关脉冲的输出端，芯片根据反抗出入调节好宽度的脉冲从该引脚输出，驱动外接的开关功率管使之工作在开关状态从而达到稳定输出电压的目的。

引脚 7 为芯片的工作电源，开关电源启动的时候只需在该引脚上加上适当的电压，即可使芯片开始工作，电路工作后产生的低压引入该引脚维持芯片的正常工作。

引脚 8 为基准电压输出，外接电容可滤除高频干扰，输出的基准电压作为振荡器外接阻容允许放电的电源。

## 3 实验结果分析

本实验设计的直流电压检测范围为：0~400V，采用 PWM 可控整流电路[5]产生可变直流电压，电路图如图 5 所示。



利玛电子：AVAGO光耦一级代理商

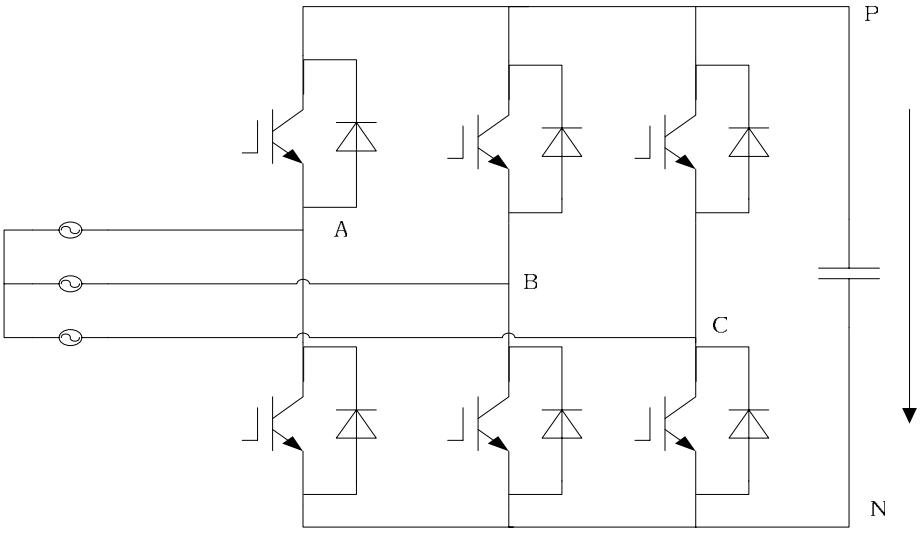


图 5 PWM 整流电路

电阻 R1，R2，R3 分别取值为 931k$\Omega$、47k$\Omega$、100k$\Omega$，配合第一只 CAJ3140 构成分压电路；HCNR201 的 $I_F$ 取典型值 10$mA$，电阻 R6 可取值为 680$\Omega$ 到 1.5k$\Omega$，由于 $I_F$ 太小会使 $I_{PD1}$、$I_{PD2}$ 更小，在一定程度上影响实验精度，所以本电路中 R6 取值为 1k$\Omega$，通过多次试验比较，证明这个值比较适合。由于 $I_{PD1}$ 小于 50 $\mu A$,故可取 R4 与 R5 的电阻值和为 330k$\Omega$ 左右，本电路中 R4 取值为 200k$\Omega$，R5 取值为 110k$\Omega$。R7 和 R8 的电阻值可以根据对输出电压大小的要求进行选择，本电路中均取 85k$\Omega$。

为了提高精度，本实验中用到的电阻值均以高精度数字型万用表测量为准。将 K=1 以及各个电阻值代入公式（4）计算输出电压理论值为

$$U_{OUT} = U_{IN}\frac{1\times 46.82\times(79.26+79.27)}{(931.2+46.82)(200+108.51)} = 0.0246U_{IN} \qquad (7)$$

利用上述电路，对一只 HCNR201 进行了实验，结果见表 1。

表 1 直流电压检测电路实验数据

| 母线电压 Uin（V） | 实测电压 Uout（V） | 理论电压 Uoutl（V） |
|---|---|---|
| 32.1 | 0.779 | 0.789 |
| 65.2 | 1.616 | 1.603 |
| 90.4 | 2.190 | 2.223 |
| 121.6 | 3.007 | 2.991 |
| 150.1 | 3.680 | 3.692 |
| 183.8 | 4.542 | 4.521 |
| 217.9 | 5.302 | 5.360 |
| 249.6 | 6.160 | 6.140 |
| 274.4 | 6.707 | 6.750 |
| 302.2 | 7.441 | 7.434 |
| 332.1 | 8.149 | 8.169 |
| 375.0 | 9.220 | 9.225 |
| 401.3 | 9.883 | 9.872 |



利玛电子：AVAGO光耦 一级代理商

MATLAB 对实验数据进行线性拟合，可以得到拟合曲线如图 6 所示，证明该检测电路有很好的线性度。

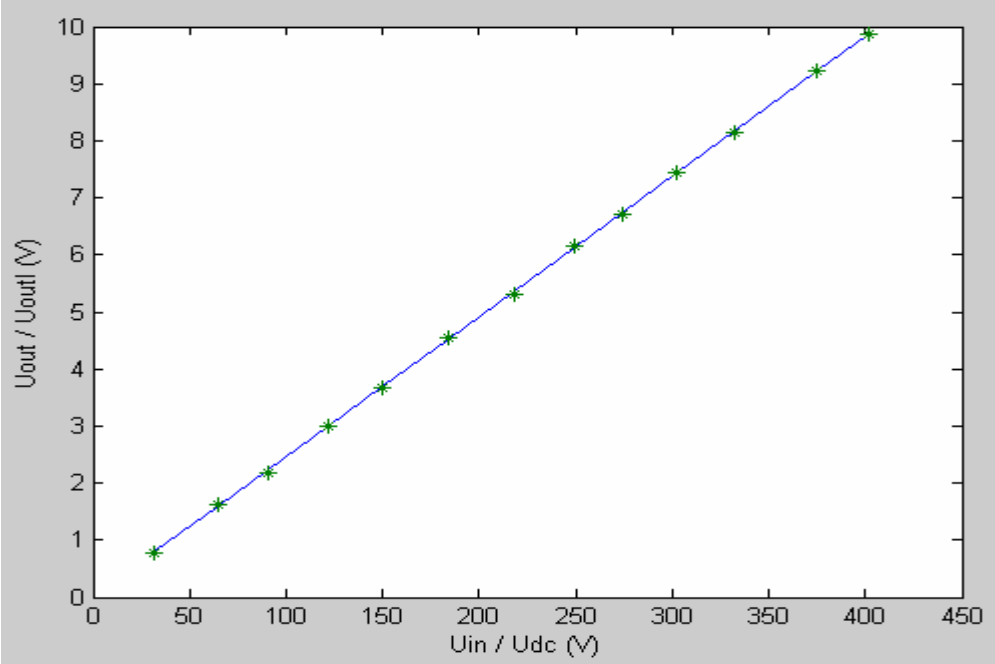


图 6 实验数据拟合结果

## 4 结论

本文给出了一种基于线性光耦 HCNR201 的直流电压检测方法，并根据此方法给出了检测电路和电源电路的设计。同时搭建了相应的实验电路，通过线性拟合对数据进行分析，证明了本文所提出的母线电压检测方法具有较高的检测精度和实用性。

**[参考文献] (References)**

[1] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统——运动控制（第三版）[M]. 北京：机械工业出版社，2004.
[2] 苏涛，昝小舒，周立新. 模拟光耦器件 HCNR201 及其在高精度电压检测中的应用[J]. 电测与仪表，2004，41（7）：54~56.
[3] 方佩敏. 高电压检测电路的设计[J]. 世界电子元器件. 2002，7.
[4] 刘俊，楚君，王玲. 一种基于 UC3844 的多路输出电源设计[J]. 电子工程师. 2007，33（9）：49~52.
[5] 何艳丽，陈鸣，王克城等. 基于 UC3842 的反激稳压电源的分析设计[J]. 电源技术应用. 2008,11（4）：17~21
[6] 张兴，张崇巍. PWM 整流器及其控制[M]. 北京：机械工业出版社. 2003.



利玛电子：AVAGO光耦 一级代理商