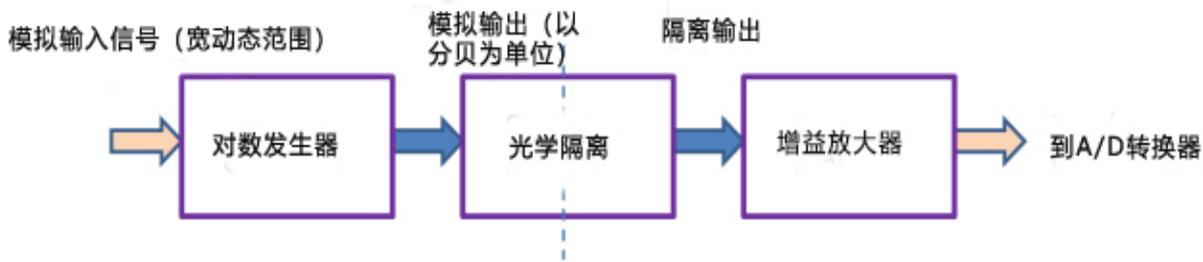


使用高线性度光耦的隔离对数放大器

Broadcom Inc.

介绍

具有对数功能的对数放大器可用于压缩宽动态范围信号，被测量以分贝 (dB) 为单位，可用于视频、医疗、测试和测量系统等各种应用。对数放大器可用于搭建适合某些模拟设计的紧凑、易于使用且经济的电路。由于工业应用中存在高电压，因此必须通过电流隔离来保护设备和操作电机的人员。高线性度光 (电) 耦 (合器) 可用于电机控制驱动器、开关电源和逆变器系统中的电流感测和电压监控。通常添加光耦以隔离应用电路的前端模块中的模拟信号。光耦将放置在模拟输入和A/D转换器之间，以隔离模拟输入与混合信号ADC和其它数字电路。



使用高线性光耦的光隔离

在电机驱动器的IGBT出现故障时，使用Broadcom光耦进行隔离将保护控制部分（如MCU）免受IGBT高压侧的损伤。Broadcom的高线性度光耦HCNR201/200为需要良好稳定性、线性、带宽和低成本的各种应用中的模拟信号隔离提供了出色的解决方案。该光耦由1个LED和两个紧密匹配的光电二极管（PD1和PD2）组成。传输增益是重要参数，它决定了两个光电二极管的匹配程度。HCNR201的传输增益更紧致，为5%；HCNR200的传输增益为15%。由于光电二极管掌控着紧致的传输增益，Broadcom高线性度光耦几乎消除了LED的非线性和漂移特性，在整个工作温度范围内实现了0.07%的非线性。下面说明使用HCNR201/200的隔离增益放大器电路的示例，且

光耦以光伏模式连接，因为光电二极管两端的电压基本为0V。

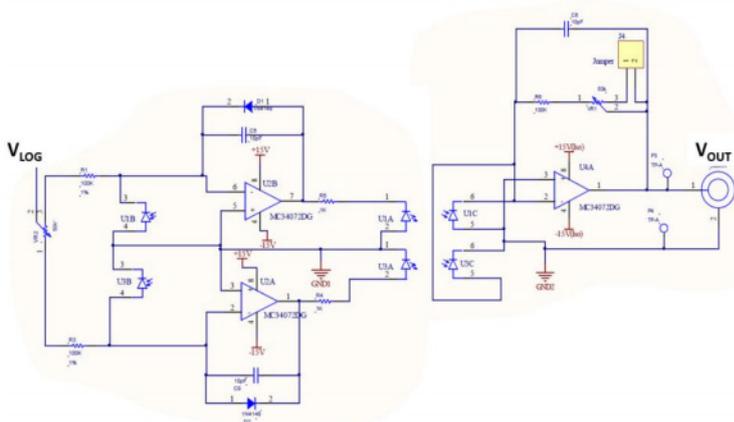


图1: HCNR201/200双极模拟输入隔离电路

上述双极性输入电压电路使用两个高线性度光耦（U1和U3）。由光电二极管（U1B），R1、D1、C5、R5和LED（U1A）组成的电路的上半部分用于正输入电压。由光电二极管（U3B）、R3、D2、C9和R4以及LED（U3A）

组成的电路的下半部分用于负输入电压。二极管D1和D2通过在输入信号的正和负部分期间保持两个放大器正常工作来帮助减少交叉失真。输入端的平衡控制VR2可用于调整正负输入电压的相对增益。增益控制VR1可用于调整放大器的整体传输增益。电容器C5、C6和C9是用于稳定性的补偿电容器。

$$V_{LOG} = I_{PD1} \times (R_1 + V_{R2}) \quad \text{--- (1)}$$

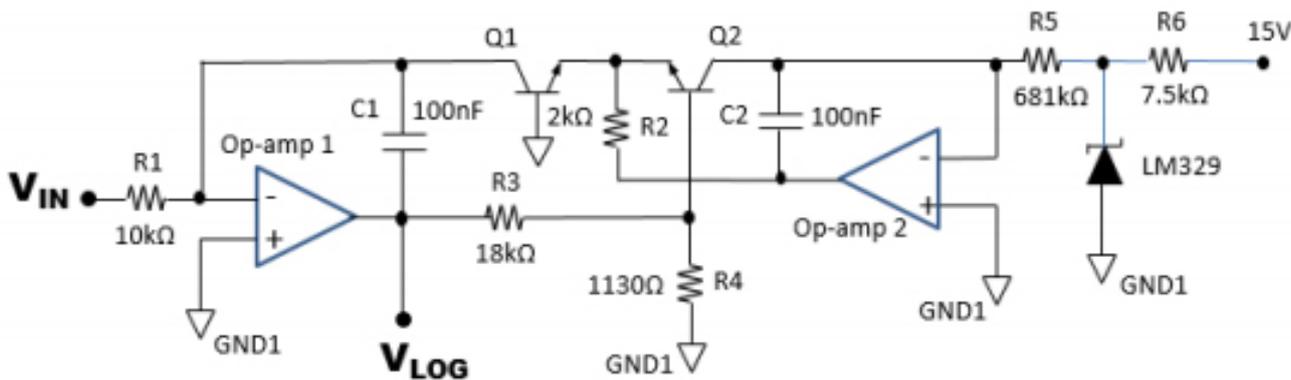
$$V_{OUT} = I_{PD2} \times (R_6 + V_{R1}) \quad \text{--- (2)}$$

$$V_{OUT} / V_{LOG} = K_3 \times (R_6 + V_{R1}) / (R_1 + V_{R2})$$

K_3 是HCNR201/200的转移增益。 $K_3 = I_{PD2} / I_{PD1}$ 。 I_{PD2} 是流过光电二极管PD2的电流； I_{PD1} 是流过光电二极管PD1的电流。因此，如果 $R_1 + V_{R2} = R_6 + V_{R1}$ ，则放大器的增益将为1，输出信号将跟随输入信号。

对数发生器

对于牵涉大动态范围信号的应用，则难以同时处理小幅度 and 大幅度信号。因此，它需要一个用于信号压缩的对数放大器。用于对数函数发生器的简单电路如图2所示。该电路由一对匹配的晶体管Q1、Q2和运算放大器构成。晶体管Q1和Q2将用作反相运算放大器的反馈元件。电路输出VLOG是输入信号VIN的对数值。借助齐纳二极管



LM329，Q2的集电极电流是固定的，因此 V_{BE2} 也是固定的。只有 V_{BE1} 会受输入信号 V_{IN} 的影响。

$$V_{LOG} = (R_3 + R_4) \times (V_{BE2} - V_{BE1}) / R_4 \quad \text{--- (1)}$$

对于Q1和Q2的不同集电极电流， V_{BE} 的差值由下式决定：

$$\Delta V_{BE} = -(kT/q) \times \log_e (I_{CQ1} / I_{CQ2}) \quad \text{--- (2)}$$

将等式 (2) 代入 (1)， V_{BE2} 和 V_{BE1} 的差值为 ΔV_{BE}

$$V_{LOG} = -(kT/q) \times ((R_3 + R_4)/R_4) \times \log_e (I_{CQ1} / I_{CQ2}) \quad \text{--- (3)}$$

ICQ1和ICQ2公式如下：

$$I_{CQ1} = V_{IN} / R_1 \quad \text{--- (4)}$$

$$I_{CQ2} = V_Z / R_5 \quad \text{--- (5)}$$

将等式 (4) 和 (5) 代入 (3)：

$$V_{LOG} = -(kT/q) \times ((R_3 + R_4)/R_4) \times \log_e \times (V_{IN} \times R_5) / (V_Z \times R_1) \quad \text{--- (6)}$$

当LM329的 $V_z = 6.9V$ 、 $R_5 = 681\text{ k}\Omega$ 、 $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ 时，对数放大器电路的增益由 R_3 和 R_4 组成的分压器 $(R_3+R_4) / R_4$ 设定，系数为 $1V/\text{decade}$ (10倍率)。

kT/q 等于 $0.02568V @ 25^\circ\text{C}$ (室温)，其中 k 是玻尔兹曼常数 ($1.38064852 \times 10^{-23}\text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)， T 是以开尔文为单位的温度， q 是电子的电荷 ($1.60217662 \times 10^{-19}$ 库仑)。

V_{BE1} 是双极晶体管Q1的基极-发射极电压； V_{BE2} 是双极晶体管Q2的基极-发射极电压。 I_{CQ1} 是双极晶体管Q1的集电极电流； I_{CQ2} 是双极晶体管Q2的集电极电流。 V_z 是齐纳二极管电压。



评估板

这个评估板是通过级联图2和图1中的电路构建的。元件U1和U3 是两个高线性度光耦，提供输入和输出电路之间的隔离。

结果

直流性能

图3显示了不同直流输入电压范围为 0.1mV 至 10V 时，输出电压与输入电压的关系图。理论结果基于公式6计算。实际测量结果基于分别由图1和图2中的级联隔离和对数电路搭建的评估板。

AC性能

图4显示了具有 $1\text{V}_p\text{-p}$ AC输入信号 (橙色波形) 的输出电压信号 (紫色波形)。输入交流信号位于 1Vdc 上，因此

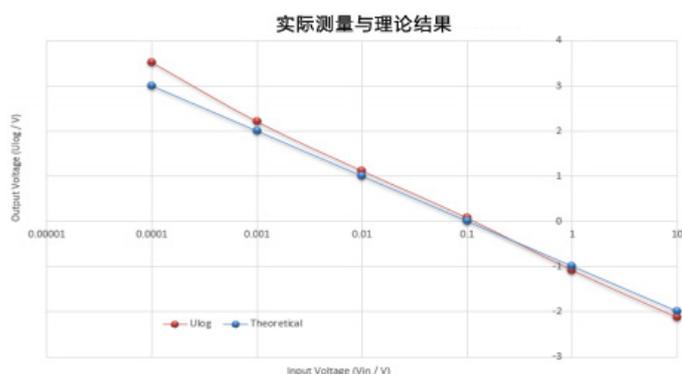


图3 Vout vs Vin 对比图 (直流输入信号)

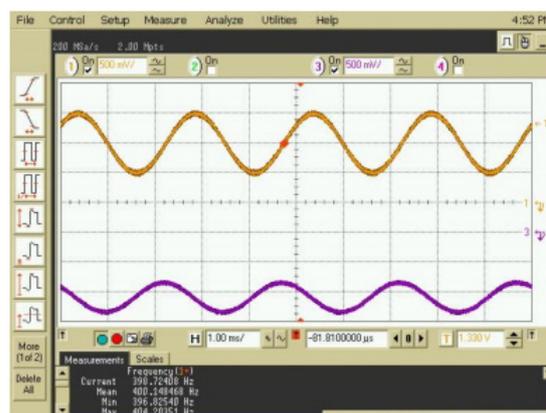


图4 Vout vs Vin 对比图 (AC输入信号)

从图3中可以看出输出为-1Vdc。基于-3dB截止频率，发现输出信号为0.5Vp-p，为输入信号的一半。因此，该电路的带宽（-3dB）为400Hz。对于AC性能，瞬时输入AC信号电平不得小于或等于0V，因为0V和负输入的对数值未定义。如果施加小于或等于0V的输入AC信号，则将对数值限幅为最大值。

摘要

对数放大器用于安全隔离起着重要作用的数字通信系统、分析、医学测试和仪器等应用。这些类型的工业应用需测量宽动态范围的物理量，因此使用对数放大器将动态输出与信号的线性输入范围相匹配。HCNR201/200高线性度光耦将提供光隔离，以确保数据完整性并保护操作人员免受高电压的伤害。

参考

- [1] 使用对数放大器的NTC热敏电阻的电隔离评估，Yevgen Polonskiy， - 土耳其安塔利亚，2014年9月21日至24日。
- [2] 应用笔记AN-30对数转换器，应用报告，德州仪器 - 2013年5月
- [3] HCNR201、HCNR200高线性度模拟光耦，数据表AV02-0886EN，Broadcom。2014年7月1日
- [4] HCNR201/200，高线性度模拟光耦评估板用户手册，AV02-1134EN，Broadcom。2008年4月2日