

利用精密仪表放大器实现负压电流检测

摘要： ISDN、电信等系统需要一个负压电流检测放大器。本应用笔记介绍了一种设计负压电流检测放大器的方法。这种方法非常灵活，经过简单修改即可用于不同的负压电流检测。本文采用 MAX4460 单电源仪表放大器进行设计。

概述

监测正电源的电流时，通常使用高边检流放大器。然而，对于 ISDN、电信电源，通常需要一个工作在负电源的检流放大器。本应用笔记介绍了一种设计负压检流放大器的方法。

应用举例

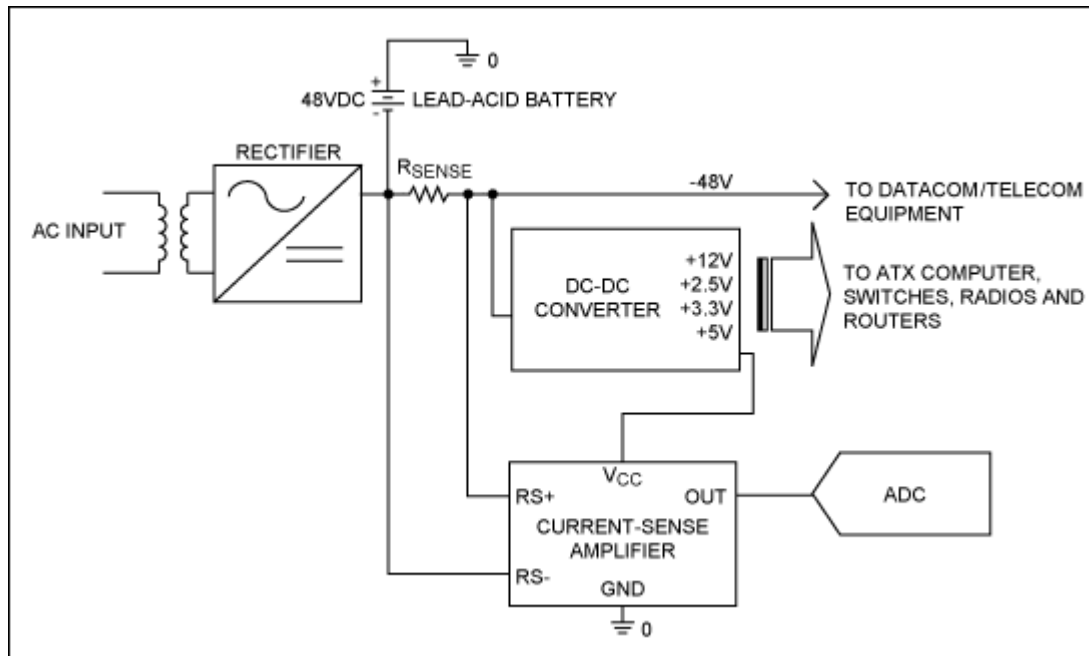


图 1. 电话局端交换系统的电源框图

图 1 是一个典型的电话交换系统的分布电源框图，整流器把交流电转换成直流电，整流后的直流输出为 48V 铅酸电池充电。电池通过电话线给用户电话供电，电池极性的连接使电源电压为负值(-48V)。负电源电压有助于减缓潮湿的电话线上由于电化反应所产生的腐蚀。电信网络可以利用几个 DC-DC 转换器从-48V 直流输入产生中等电源。这些中等电源可以用来给交换机、射频、路由器、ATX 计算机及其它电话交换机的电子设备供电。

电路说明

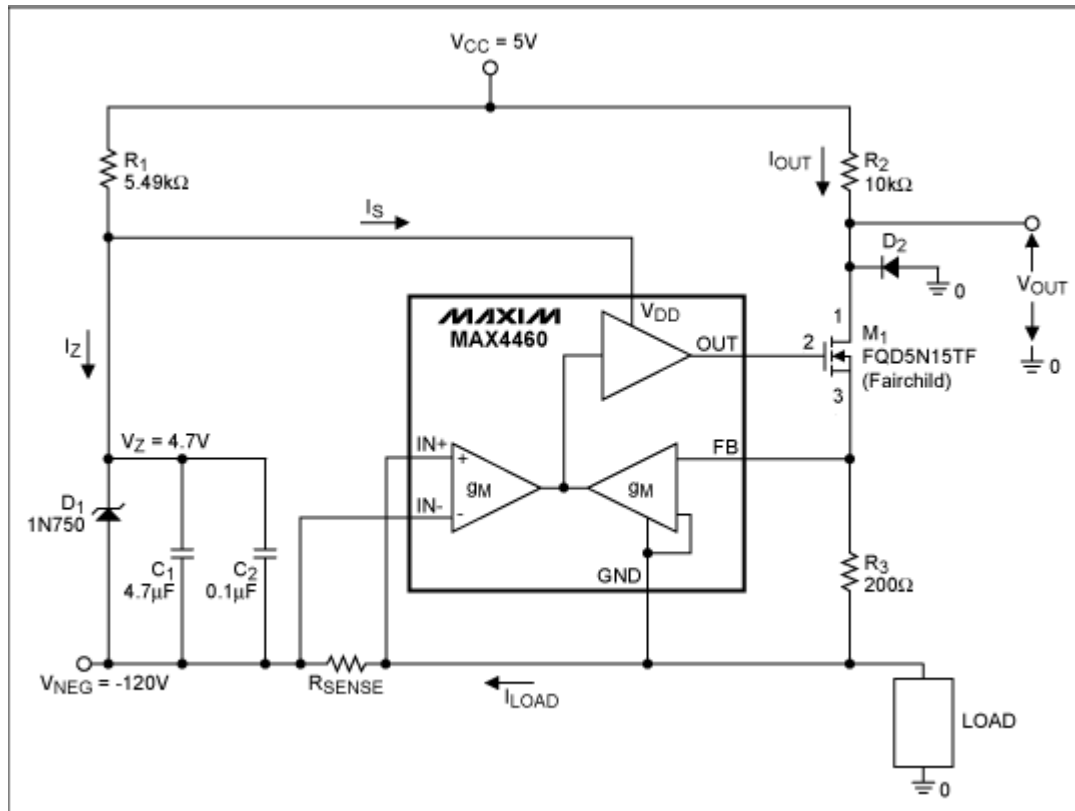


图2. 利用 MAX4460 实现负电源检流放大器

图2所示电路提供了一种负电源电流检测的原理框图,利用 MAX4460 或 MAX4208 仪表放大器,配合一些分立元件实现。

齐纳二极管 D_1 在保证仪表放大器具有足够的供电电压的前提下为其提供过压保护。被监测电流通过检流电阻 R_{SENSE} 流入负电源。仪表放大器必需采用单电源供电并具有地电位检测能力。

MAX4460 的输出提供 MOSFET M_1 的栅极驱动,负反馈环路确保电阻 R_3 两端的电压等于 R_{SENSE} 两端的电压 V_{SENSE} 。相应地,由 R_3 建立与负载电流成正比的电流:

$$I_{OUT} = (I_{LOAD} \times R_{SENSE})/R_3 = V_{SENSE}/R_3 \quad (\text{式 1})$$

R_2 的选择需保证输出电压在后级电路(通常是 ADC)所要求的电压范围内。漏源击穿电压需要高于两个电源电压的和(这里为+125V)。如果 ADC 不是高阻输入,则在输出 V_{OUT} 端需要加一个额外的缓冲放大器。如果在故障情况下,检测电流上升到额定值以上,输入电压变成负值。二极管 D_2 可以将输出端的负压限制到一个二极管的压降,为后级 ADC 提供保护。

设计步骤

上述设计可以很容易地用于高压、负电源的电流检测。选择-120V 作为负电源,按照以下步骤设计,即可获得不同电源电压下的电流检测放大器。

1. 选择齐纳管

给齐纳管提供一个偏压，使其工作在传输特性上动态电阻较低的工作点(例如，在其进入反向击穿的区域)，这样可以消除 PSRR 误差。图 3 给出了一个标准齐纳管在反偏配置下齐纳电流与齐纳电压之间的关系曲线。数据表明齐纳电压在靠近击穿电压的位置不是很稳定。通常将偏置点设置在额定功率规定的最大电流的 25%。这个偏置点具有较低动态电阻，而且不会消耗很大功率。按照下式选择电阻 R_1 ，使电路工作在所要求的偏置点：

$$I_{R1} = (V_{CC} + |V_{NEG}| - V_Z) / R_1 = I_S + I_Z \quad (\text{式 2})$$

其中：

V_{CC} = 正电源电压

V_Z = 齐纳管稳定电压

$|V_{NEG}|$ = 负电源电压绝对值

I_S = MAX4460 的电源电流

I_Z = 流过齐纳管的电流

R_1 必须具有适当的额定功率，能够承受两端的高压。也可以利用串、并组合降低对电阻额定功率得要求。

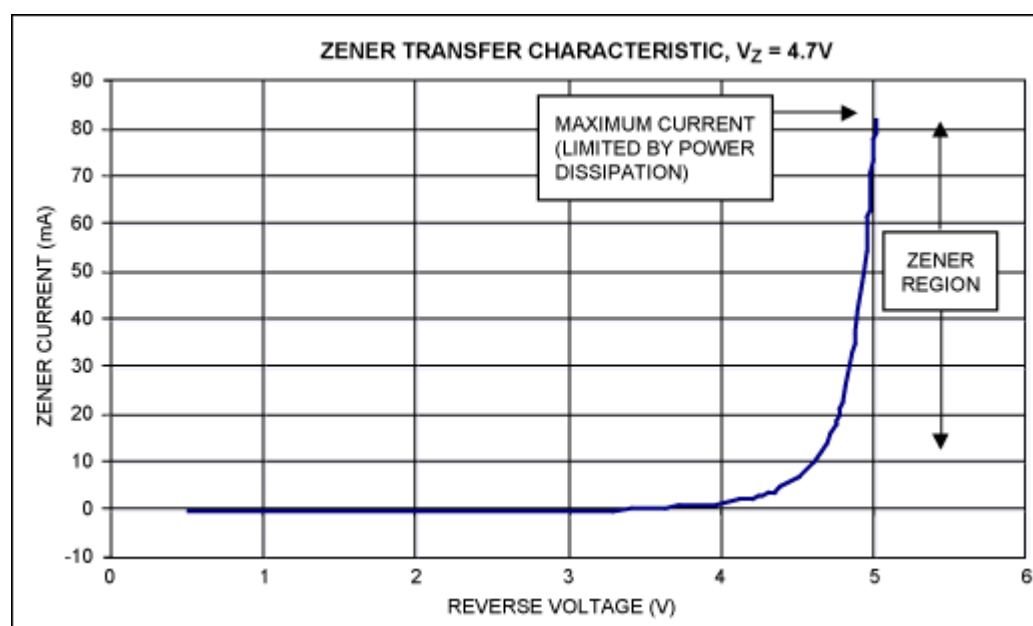


图 3. IN750 齐纳二极管的传输特性, $V_Z = 4.7V$

2. 选择功率晶体管

选择 n 沟道 MOSFET 或 JFET 时，需保证漏源之间的额定击穿电压大于 $|V_{NEG}| + V_{CC}$ 。这一点对于负压较高的情况非常重要。

3. 选择 R_{SENSE}

选择 R_{SENSE} 时，需保证满量程电压， R_{SENSE} 两端的检测电压，小于等于 100mV。

4a. 选择 R_3

R_3 的选择比较灵活，主要受以下 2 个条件的影响：

1. R_3 减小时，从式 1 可以看出，对于固定增益，功耗将增大。
2. FET 的热噪声和漏电流决定了选择 R_3 的上限。

4b. 选择 R_2

选择 R_2 和 R_3 的电阻比等于检流放大器的电压增益，输出电压为：

$$V_{OUT} = V_{CC} - I_{OUT} \times R_2 \quad (\text{式 3})$$

从式 1 和式 3 可以得到：

$$V_{OUT} = V_{CC} - (V_{SENSE} \times R_2/R_3)$$

对于 V_{SENSE} ：

$$\text{电压增益, } A_v = -R_2/R_3 \quad (\text{式 4})$$

负号表示输出电压与输入检测电压是反相关系。从式 4 可以求解得出 R_2 。

结果

图 4 给出了输出电压与检测电压的对应关系。以下典型参数用于检流放大器的推导： 输入失调电压 = $(5 - 4.9831)/49.942$

$$\begin{aligned} \text{输入失调电压} &= (5 - 4.9831)/49.942 \\ &= 338\mu\text{V} \end{aligned}$$

$$\text{增益} = -49.942$$

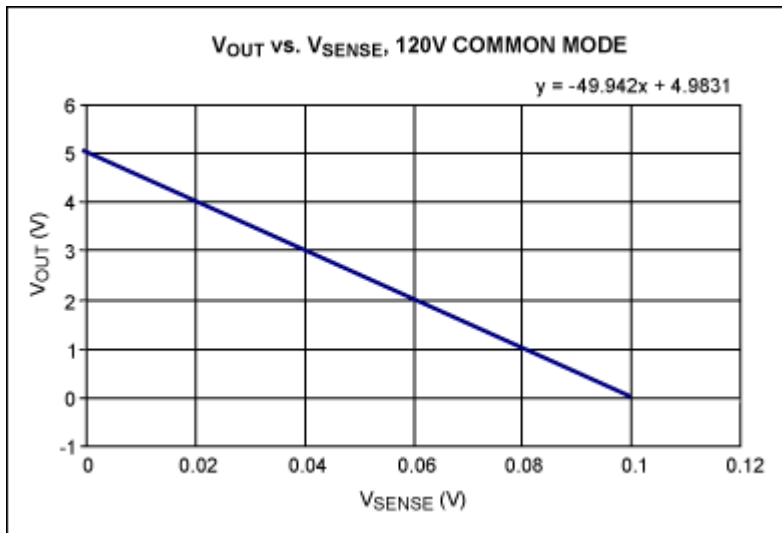


图4. 输出电压与检测电压的关系曲线, $T = +25^{\circ}\text{C}$

结论

本文介绍了用精密仪表放大器(如 MAX4460)实现负电源电流检测的方案。可以根据上述设计步骤重新设计电路,用于监测不同的负压电源。