

电流检测放大器共模阶跃响应

作者: Paul Blanchard和Anna Fe Briones

简介

电流检测放大器是ADI公司专用放大器的一种,用于存在大共模电压的情况下放大差分信号。电流检测放大器的一种典型应用是放大分流电阻上的电压。ADI公司提供多种电流检测放大器,这些器件可在低至1.8 V的电源电压下工作,并可耐受高达600 V的输入共模电压。

表1. ADI电流检测放大器的电源电压和输入共模电压

产品型号	V _{SUPPLY}		输入共模电压	
	最小值	最大值	最小值	最大值
AD8293G80	1.8 V	5.5 V	1.8 V	5.5 V
AD626	2.4 V	10 V	-24 V	24 V
AD8274	2.5 V	18 V	-40.5 V	40.5 V
AD8279	4 V	36 V	-45.3 V	40.5 V
AD8210	4.5 V	5.5 V	-2 V	65 V
AD8207	4.5 V	5.5 V	-4 V	65 V
AD8418/AD8418A	2.7 V	5.5 V	-2 V	70 V
AD628	4.5 V	36 V	-120 V	120 V
AD629	5 V	36 V	-270 V	270 V
AD8479	5 V	36 V	-600 V	600 V

很多应用采用分流电阻,其共模电压与时间成函数关系。具有可变共模电压的分流应用示例有:H电桥电机驱动器、电磁阀控制器、DC-DC开关转换器。这些应用中,电流检测放大器获得的共模电压以PWM方式变化,范围为电池电压到接地电压。

理想电流检测放大器不会对输入共模变化作出反应。但实际上,电流检测放大器具有有限的共模抑制能力,通常在直流下指定,数值约为100 $\mu\text{V}/\text{V}$ 或80 dB。

表2. ADI电流检测放大器的CMRR

产品型号	CMRR
ADA4830-1	65 dB
AD8270	76 dB
AD8210	80 dB
AD8207	80 dB
AD8203	82 dB
AD8418/AD8418A	86 dB
AD8207	90 dB
AD8210	100 dB
AD8211	120 dB
AD8293G80	140 dB

除了直流共模抑制比(CMRR)导致的输出误差外,此外还存在交流CMRR以及放大器共模阶跃响应相关的误差。本应用笔记重点讨论电流检测放大器的共模阶跃响应¹。

¹受美国专利第8624668号保护,其它专利正在申请中。

目录

简介.....	1	共模阶跃响应结果.....	4
修订历史.....	2	共模阶跃响应测量技术.....	4
共模阶跃响应.....	3	结论.....	6
共模阶跃响应测量.....	3	更多信息.....	6

修订历史

2014年6月—修订版0：初始版

共模阶跃响应

理想情况下，无论输入端实际值如何(即共模电压)，电流检测放大器根据其输入差异产生输出。然而，实际使用中，放大器输出可能在输入的不同共模电平下发生改变。随变化的共模输入而改变的输出称为共模阶跃响应。

在输入共模电压变化较大的应用中，放大器的共模阶跃响应可能尤为重要；当放大器从输入共模电压的改变中恢复时，放大器输出可能会由于新的共模电平导致产生新的失调而归于无效。因此，放大器较长的建立时间(以及这段时间内的较大误差)可能会严重降低放大器的动态性能。

共模阶跃响应测量

电流检测放大器非常难以实现极快速、极精确的共模阶跃响应。它需要具有非常稳定而快速的源、完全屏蔽的连接器以及正确设计的电路。该测量的基本功能框图如图1所示。

PWM输入

采用波形发生器产生0 Hz至100 kHz PWM信号频率，并将其用作MOSFET驱动器的输入信号。

MOSFET驱动器

该驱动器向MOSFET注入高电平电流以实现极高速开关性能，从而消除过多的热耗散。驱动器提供的电流范围为几百mA，甚至几A。

MOSFET

驱动器输出正电压，因此采用N沟道功率MOSFET。这类MOSFET能耐受高达100 V电压，上升和反向恢复时间典型值分别为35 ns和115 ns。此外，这些MOSFET还具有44 mΩ R_{ON} (足够保持信号完整度)，并可耗散高达130 W的功率。这些MOSFET的输出用作电流检测放大器的共模输入电压(V_{CM})。

电流检测放大器

该放大器可在大共模电压存在的情况下放大小差分信号。本应用笔记中测试的电流检测放大器具有高达+80 V共模电压，采用+5 V单电源供电。

共模阶跃响应

电流检测放大器输出产生共模阶跃响应波形。该响应可能在上升沿或下降沿表现为带有正尖峰或负尖峰的波形，具体取决于起主要作用的是反相输入还是同相输入。

共模阶跃响应的简化原理图如图2所示。本原理图中，采用的电流检测放大器为AD8210。

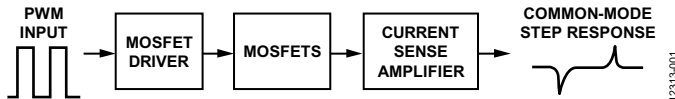


图1. 功能框图

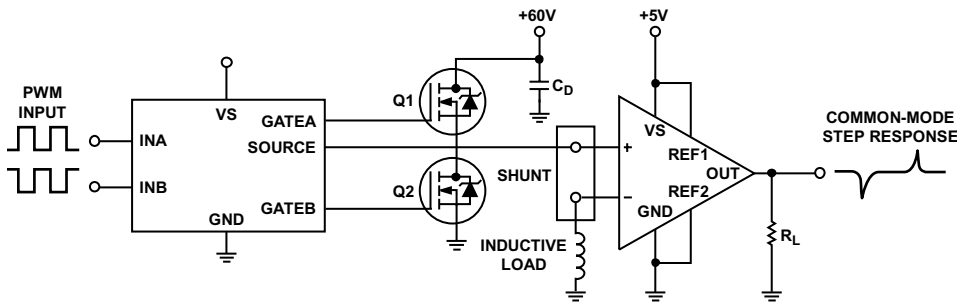


图2. 电流检测放大器共模阶跃响应测量简化原理图
(未显示去耦和所有连接)

共模阶跃响应结果

对分流电路中配置的多个ADI电流检测放大器进行评估，然后与竞争对手提供的最受欢迎的电流检测放大器进行比较。AD8210是进行评估的第一款单电源双向电流检测放大器，可耐受-2 V至+65 V共模电压。该器件的基准电压引脚(V_{REF})用来调节输出失调，固定增益为20。

此外，还评估了双向差动放大器AD8207；该放大器配置为分流放大器。+5 V电源时，它能耐受-4 V至+65 V共模电压；+3.3 V电源时，它能耐受-4 V至+35 V共模电压。该器件还具有零漂移内核，可提供低于500 nV/°C的典型失调漂移，以及低于10 ppm/°C的典型增益漂移。它还具有20的固定增益。

另外，还评估了AD8418和AD8418A。这两个电流检测放大器具有零漂移内核，能在整个工作温度范围内实现0.1 μ V/°C典型失调漂移，共模电压范围为-2 V至+70 V。这两款放大器完全符合汽车应用规范，集成EMI滤波器和专利电路，在脉冲宽度调制(PWM)类输入共模电压下具有高输出精度。

图3显示+60 V输入共模电压下，ADI各种电流检测放大器与竞争对手产品的波形比较。

共模阶跃响应测量技术

为了产生精确的电流检测放大器共模阶跃响应，应考虑连接、所用的元器件以及元器件位置。

连接

连接器引脚——比如电源、波形发生器输入/输出、示波器探头和其他接口连接器上的引脚——应尽可能靠近受测器件(DUT)，避免在导线中引起噪声和干扰。

接地连接应当只在一点处相交，称为单点接地，从而避免由于系统中具有不同接地电位导致接地环路问题。

示波器探头接地不使用鳄鱼夹，而是采用探头顶端接地(形状像线圈)并将其插入探头。如果探头顶端不可用，则用固体导线或单股导线做成一个线圈，然后焊接到探测点旁边(电流检测放大器的输入和输出引脚)，以便仅测量所需信号，消除可能导致干扰振铃或尖峰的感性噪声。

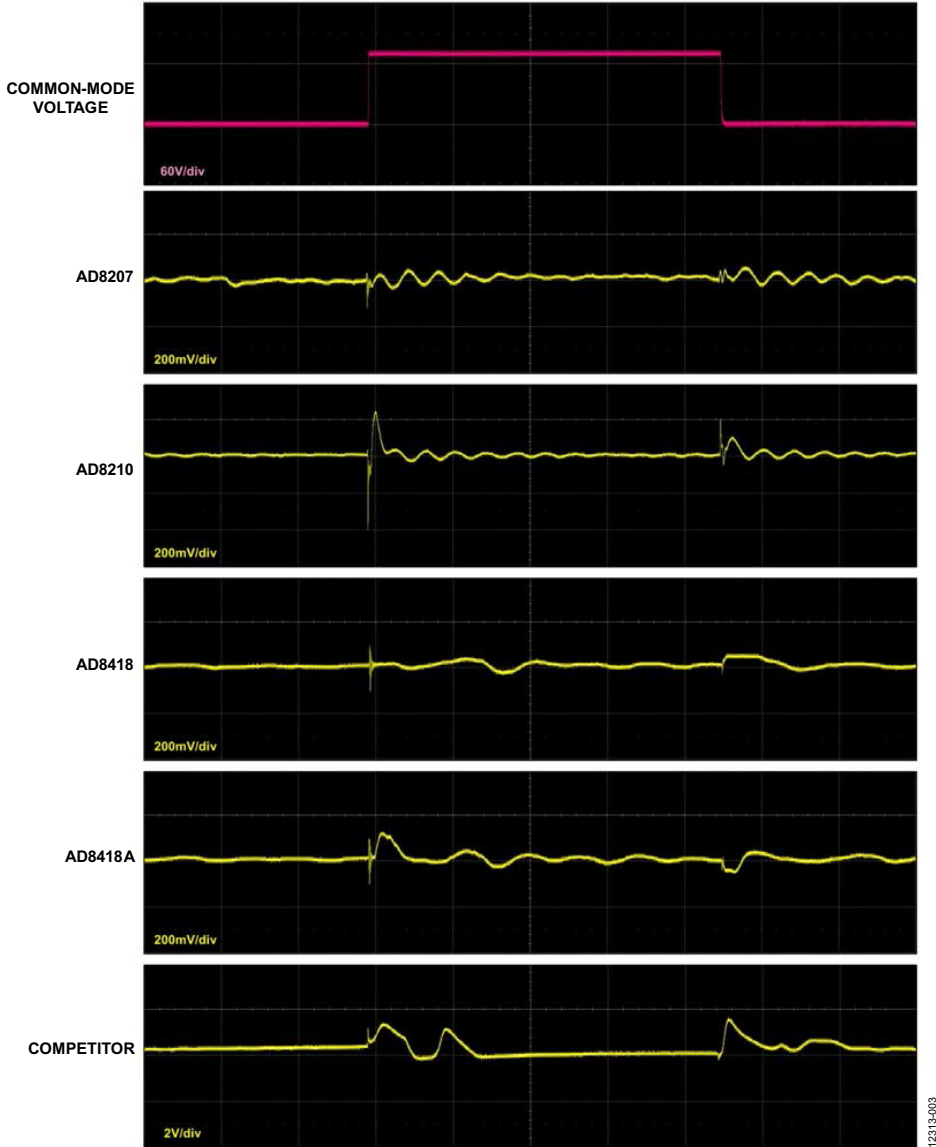


图3. 电流检测放大器的共模阶跃响应测量
(采用ADI产品以及采用竞争对手产品)

12313-003

使用的元器件

应在电源处加入一个旁路电容，降低电路中的纹波电压；不要想当然。陶瓷电容能够很好地完成这一工作，因为它们具有高稳定性、高效率以及低损耗。

由于本应用笔记中使用+60 V输入共模电压，MOSFET驱动器的负载电阻应当具有较大的额定功率，以便耐受高电流。

MOSFET应当具有较短的反向恢复时间，以便最大程度降低MOSFET二极管频繁充放电造成的损耗。

元件放置

MOSFET驱动器电路由包括MOSFET在内的分立式器件组成，而电流检测电路应当尽可能靠近MOSFET驱动器放置，以便最大程度降低交流阻抗，避免长走线产生噪声或干扰。

结论

测试和验证表明，ADI电流检测放大器的过冲或欠冲不足700 mV。竞争对手的产品过冲几乎达到2 V。就输入共模电压上升沿和下降沿来说，本应用笔记中描述的ADI电流检测放大器相比竞争对手的产品可以更快地稳定下来。此外，这些放大器可抑制高达+60 V的极高输入共模电压。由于相比竞争对手产品具有这些优势，ADI电流检测放大器对于防止电路故障、防止电池过度放电以及保持某些系统的正常运行非常有用；这些系统有：电池监控器、功率调节器、电动汽车、发生器和电机控制。

更多信息

更多有关本应用笔记第一页中所列自稳零型放大器的共模阶跃响应改进专利信息可在网上找到。

此外，下列数据手册可能会有帮助：

- [AD8210](#)
- [AD8207](#)
- [AD8418](#)
- [AD8418A](#)