

## 电流测量的基本原理：第 2 部分 - 电流检测放大器

**51ELEC**

元器件工程，研发系统工程，可靠性工程

4 人赞同了该文章

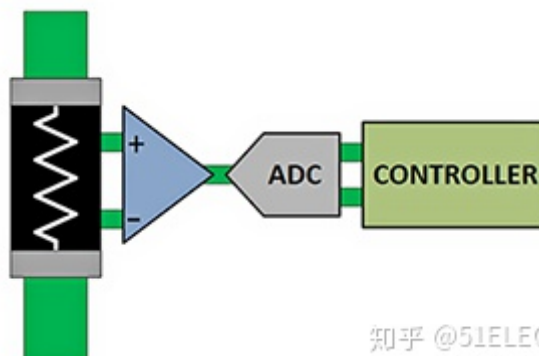


电流检测电阻器，也称为分流器，是测量电流的首选技术。为了不对电流产生不利影响，分流器的电阻值较小，在两端产生成比例的小电压。因此，设计人员必须利用放大此小电压的电路，通过模数转换器 (ADC) 进行上游转换。

分流电阻器两端的小电压通常必须从数十或数百毫伏增加到零点几伏。此任务通常由运算放大器或电流检测放大器来执行。电流检测放大器是一种专用运算放大器，集成了激光微调的精密电阻网络，用以设置增益。通常，放大器电压增益大约为 20 到 60 级，有时甚至更大。

电流检测放大器在同一封装中可能包含或不包含分流电阻器。对于高功率应用，优选外部分流电阻器，因为功率耗散会产生热量。

用于监控电流的最常见信号链配置包括分流电阻器、模拟前端 (AFE)、模数转换器和系统控制器 (图 1)。AFE (例如运算放大器或专用电流检测放大器) 将分流电阻器两端产生的小差分电压转换为 ADC 可用的电压。



知乎 @51ELEC

片来源：Texas Instruments)

将分流电阻器连接到电路中用于低压侧和高压侧电流测量有两种基本方法。两种方法各有不同的优势和劣势。

## 低压侧电流测量

低压侧电流测量将分流电阻器放置在有源负载和接地之间。用于低压侧电流测量的最合适电路如图 2 所示。该电路使用 Texas Instruments [INA181](#) 电流检测放大器，但许多其他放大器也可用于低压侧测量。

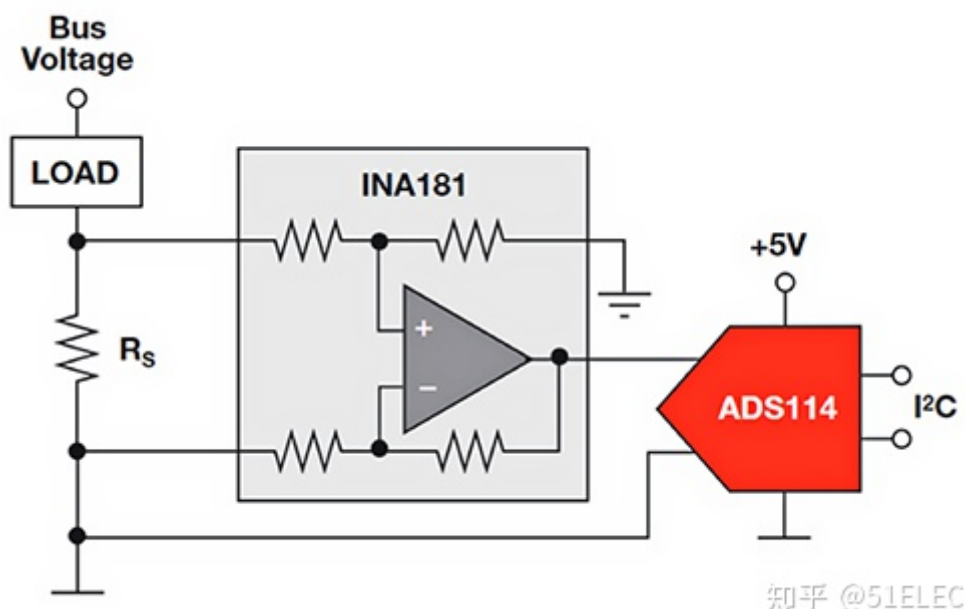


图 2：使用 Texas Instruments INA181 的低压侧电流测量电路将电流检测电阻器放置在有源负载和接地之间。（图片来源：Texas Instruments）

低压侧电流测量很容易实现，因为分流电阻器两端的检测电压以接地为参考。此配置允许电流检测放大器为低压部分，因为被检测的电压为仅高于接地参考的毫伏量级。在此配置中，检测电压不会在更高的电压上工作，因此不需要共模抑制。低压侧测量法是最简单、实现成本最低的方法。

低压侧电流测量的缺点在于，由于分流电阻器的放置，负载不再以接地为参考，导致负载的低压侧高于接地电压几毫伏。

如果负载和接地之间存在短路，则无接地参考可能成为一个问题。例如，如果金属封闭负载（例如电动机）的接地参考外壳存在绕组短路，则会发生此类短路。电流检测电阻器可能无法检测到此类短路。



适的放大器进行低压侧测量时，包含接地的共模电压范围就成为一项重要的标准。

进行低压侧电流测量还有一个重要方面。请注意，图 2 中的 Texas Instruments [ADS114](#) ADC 直接接地，该 ADC 的低压侧输入节点靠近 INA181 电流检测放大器的输入接地参考连接。

对于使用低阻分流电阻器上产生的小电压（通过的是高负载电流）进行的电流检测，务必记住所有接地可能不并处于相同的电势。当地面网络或接地平面承载与许多电源应用关联的高电流时，系统中的一个接地点和另一个接地点之间很容易发生毫伏级别的电势差。作为预防措施，必须将相关接地参考接线保持在彼此非常接近的位置，以最大限度地减小接地参考之间的电压差。

要消除此误差源，ADC 的接地参考引脚必须靠近电流检测电阻器的低压侧和电流检测放大器的低压侧输入端。连接点是接地平面的重要部分，绝不能图方便。为确保无误，直接在原理图上记下此要求，并显示接地参考的星形连接，以确保真正强调了这一点。

同样，当电流检测电阻器两端的电压很小时，电流检测放大器的输入补偿电压会不成比例地影响放大精度。因此，最好选择输入补偿电压非常低的放大器。以上图 2 所示的 INA181 放大器的输入补偿电压为  $\pm 150$  微伏，适用于无共模电压的低压侧测量配置。

尽管有几个缺点，但如果负载不需要参考接地，并且负载和接地之间的内部短路不是问题，也不需要电流测量电路进行检测，那么低压侧电流测量配置就是一个很好的选择。

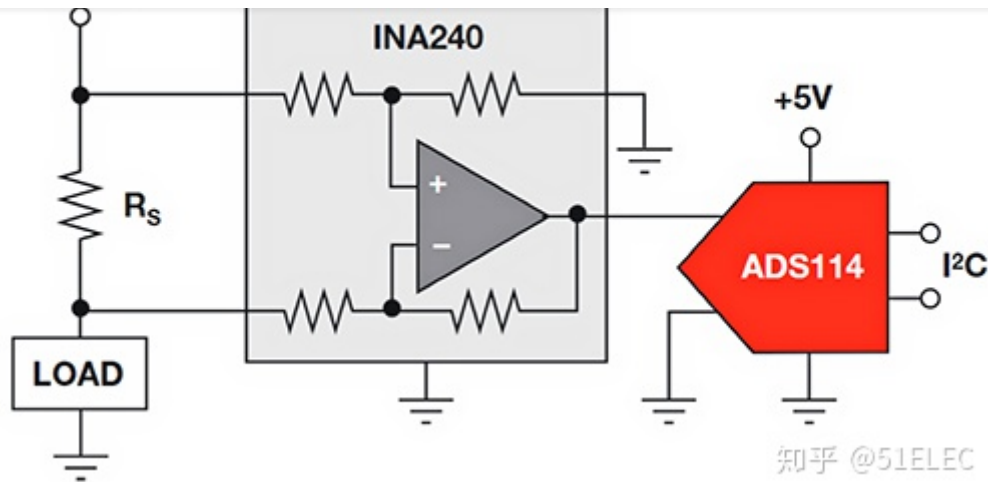
但是，对于必须满足功能安全要求的设计，高压侧电流测量技术更适合。

## 高压侧电流测量

高压侧电流测量将分流电阻器插入电源和有源负载之间，如图 3 所示，使用 Texas Instruments [INA240](#) 电流检测放大器作为 AFE。该器件的共模输入电压可以远超其供电电压，使其成为高压侧电流测量的理想选择。



知乎

首发于  
能源与电源技术

知乎 @51ELEC

图 3：高压侧电流测量电路将电流检测电阻器放置在电源和有源负载之间。（图片来源：Texas Instruments）

与低压侧测量相比，高压侧电流测量具有两个关键优势。首先，很容易检测负载内部对接地产生的短路，因为产生的短路电流将流过分流电阻器，在其两端产生电压。其次，这种测量技术不参考接地，因此流过接地平面的高电流产生的差分接地电压不会影响测量。但是，将 ADC 的接地参考连接小心地放置在放大器接地附近仍然是一种好的做法。

高压侧电流测量技术有一个主要缺点。如上所述，它要求电流检测放大器具有高共模抑制，因为在分流器两端产生的小电压恰好低于负载供电电压。根据系统设计，该共模电压可能非常大。图 3 中的 INA240 电流检测放大器具有 -4 至 80 伏的宽共模范围。

## 是否集成增益电阻器？

图 2 和图 3 显示了低压侧和高压侧电流测量配置，均采用带集成增益设定电阻器的电流检测放大器。这些集成电阻器具有许多设计优势，包括简化设计、减少电路板元器件和激光微调增益精度。使用此类放大器的一大缺陷是增益在出厂时就已永久性设定。如果增益设定适合既定应用，这就不是问题。但是，如果为了满足其他标准而选定分流电阻器的阻值，导致应用需要独特的增益，则运算放大器与分立电阻器相结合是更好的选择。

图 4 显示了一个用于高压侧电流测量的电流检测放大器电路，它基于 Microchip Technology MCP6H01 运算放大器和分立式增益设定电阻器。

知乎

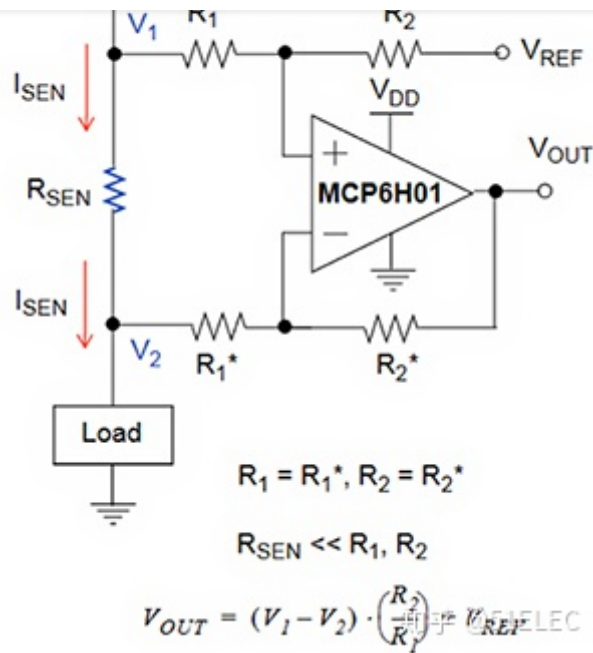
首发于  
能源与电源技术

图 4：采用分立电阻器和运算放大器的高压侧电流测量配置。（图片来源：Microchip Technology）

在该电路中，按  $R_2$  除以  $R_1$  的比率设定放大器增益。另请注意， $R_1^* = R_1$ ， $R_2^* = R_2$ ，并且分流电阻器  $R_{SEN}$  应该比  $R_1$  或  $R_2$  都小得多。这通常不是问题，因为对于电流非常高的应用来说，分流电阻器的值通常为毫欧量级甚至不到一毫欧。

图 4 中的公式清楚地表明，与采用具有内部增益设置电阻器的电流检测放大器相比，采用运算放大器和分立电阻器需要的元器件规格更高。

## 总结

电流检测放大器将分流电阻器两端产生的低电压转换为更适合 ADC 进行转换的较大电压。有两种适合的电流检测类型：低压侧和高压侧。低压侧测量将电流检测电阻器插入负载和接地之间，而高压侧测量则将电流检测电阻器插入电源和负载之间。低压侧和高压侧测量配置都有不同的优点和缺点，因此选择时需要考虑特定应用。

在测量电流时，可以使用专用电流检测放大器（在出厂时使用集成激光微调电阻器设置增益）或适合的运算放大器和分立电阻器。第一种选择减少了电路板元器件的数量并简化了 AFE 的设计。但是，如果 AFE 设计需要自定义增益以适应特定的分流电阻器阻值和 ADC 输入电压范围，则第二种选择更合适。

发布于 2019-10-09

电路 电流 电压



文章被以下专栏收录



能源与电源技术  
分享新能源与新电源相关技术

进入专栏

推荐阅读



为什么要有0欧姆电阻，它到底有什么作用？

非语

开关电源的光耦隔离四种接法

开关电源常用于反馈的光耦型号有 TLP521、PC817等。这里以 TLP521为例，介绍这类光耦的特性。TLP521的原边相当于一个发光二极管，原边电流If越大，光强越强，副边三极管的电流Ic越大。副...

高能立方模块电源

(1)  
100 V (

结点

者行子

还没有评论

写下你的评论...

