

模拟隔离放大器

模拟隔离技术

在许多应用中，传感器与接收数据的系统之间最好不要有直接的(“电流”)电气连接，这点有时甚至非常重要。这样可能是为了防止系统一半产生的危险电压或电流给另一半造成损坏的可能，或者是为了断开难以处理的接地环路。这即是所谓的“隔离”系统，而无电流连接却允许信号通过的布局则称为隔离栅。

隔离栅的保护是双向的，可能是其中一个方向需要保护，甚至可能两个方向都需要保护。一种明显的应用是，传感器可能意外遇到高电压，必须对其驱动的系统进行保护。或者，传感器可能需要与后级产生的意外高电压隔离开来，以保护其工作环境：例如防止传感器火花引起爆炸性气体点火，以及保护正在接受ECG、EEG或EMG监护的病人免受电击危害。ECG的情况比较有意思，因为可能需要进行双向保护：对病人必须采取保护防止意外电击；但是，如果病人的心脏停止跳动，则在利用除颤器尝试恢复心脏跳动时，必须保护ECG机，使其免受施加给病人的极高电压(>7.5 kV)影响。下面的图1总结了(模拟和数字)隔离放大器的各种应用。

- ◆ **Sensor is at a High Potential Relative to Other Circuitry
(or may become so under Fault Conditions)**
- ◆ **Sensor May Not Carry Dangerous Voltages, Irrespective
of Faults in Other Circuitry
(e.g. Patient Monitoring and Intrinsically Safe Equipment
for use with Explosive Gases)**
- ◆ **To Break Ground Loops**

图1：隔离放大器应用

就像电场、磁场或电磁辐射可能导致干扰或无用信息耦合一样，在隔离系统的设计中，可以利用这些现象来传输所需信息。

最常见的隔离放大器采用变压器，其中利用的是磁场；另一常见类型则采用小型高电压电容，其中利用的是电场。光隔离器由一个LED和一个光电管构成，通过光(一种电磁辐射)来提供隔离。不同的隔离器具有不同的性能：有些具有足够的线性度能够跨越隔离栅传输高精度模拟信号。而在其他隔离器中，则可能需要将信号转换成数字形式，然后再进行传输，以保持精度不变(请注意，这是一种常见的电压频率转换器应用)。

变压器能够实现12-16位的模拟精度和数百kHz的带宽，但其最大额定电压很少超过10 kV，而且往往比这要低得多。容性耦合隔离放大器具有较低的精度(最大值可能为12位)、低一些的带宽和额定电压——但其成本较低。光隔离器速度快、成本低，可以支持极高的额定电压(较常见的额定值为4-7 kV)，但其模拟线性度很差，通常不适合精密模拟信号的直接耦合。

在选择隔离系统时，线性度和隔离电压不是唯一需要考虑的因素。工作功率当然也很重要。输入和输出电路都需要供电，而且除非隔离栅的隔离端有电池(虽有可能，但并不方便)，否则必须提供某种形式的隔离电源。对于采用变压器隔离的系统，可以轻松地使用变压器(信号变压器或其它)来提供隔离电源，但通过容性或光学方式传输有意义的功率量是不现实的。采用这些隔离形式的系统必须以其它方式获得隔离电源——这是优先选择变压器隔离型隔离放大器的主要因素：它们几乎无一例外都包含一个隔离电源。

隔离放大器具有一个输入电路，该电路与电源和输出电路存在电隔离。另外，器件的输入端和其余部分之间电容极小。因此，直流电流和最小交流耦合根本不可能存在。隔离放大器设计用于应用与需要安全而精确地测量低频电压或电流(最高约为100 kHz)，但存在高共模电压(数千伏特)且具有高共模抑制特性时它们也适用于在高噪声环境中通过线路接收以高阻抗形式传输的信号；以及通用测量中的安全保障，其中，直流和线路频率泄漏必须维持在远远低于某些必要最小值的水平。主要应用为与医疗设备、传统电厂和核电厂、自动测试设备以及工业过程控制系统相关的电气环境。

AD210 3端口隔离器

在基本的2端口隔离器中，输出和电源电路相互之间并无隔离。下面图2显示的是一个3端口隔离器(输入、电源、输出)。请注意，该图中输入电路、输出电路和电源相互之间都是隔离的。该图代表的是一款独立隔离器[AD210](#)的电路架构。

这类隔离器要求采用双引脚直流电源供电(PWR、PWR COM)。内部振荡器(50 kHz)将直流电源转换成交流，再由变压器耦合至屏蔽输入部分，然后转换成直流，以供输入级和辅助功率输出使用。

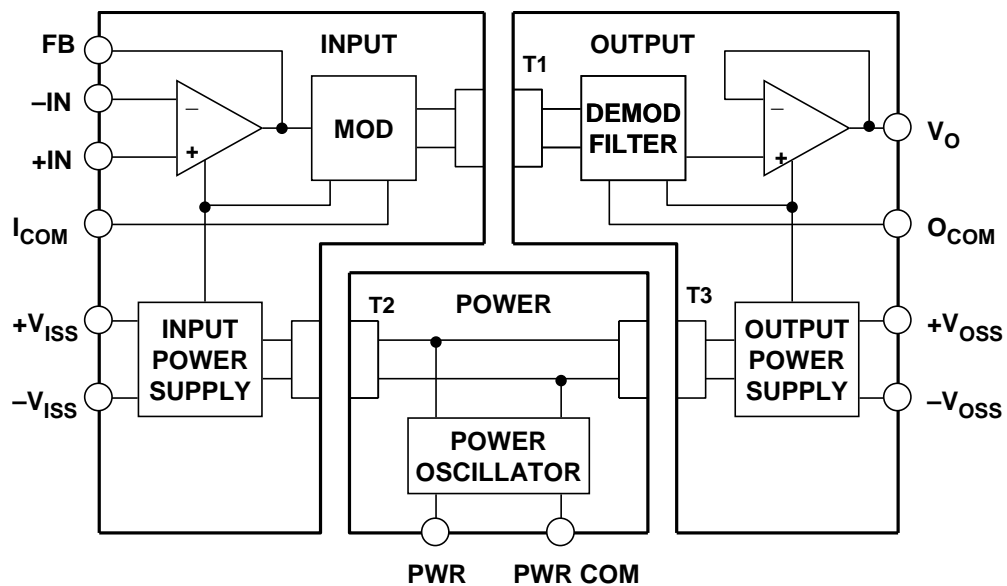


图2: AD210 3端口隔离放大器

交流载波同样由输入级放大器输出进行调制，再由变压器耦合至输出级，接着由一个相位敏感解调器解调(以载波为基准)，经过滤波后利用从载波获得的隔离直流电源进行缓冲。

AD210允许用户利用外部电阻和输入部分的运算放大器来选择1至100范围内的增益。其带宽为20 kHz，隔离电压为2500 V rms(连续)和 ± 3500 V峰值(连续)。AD210是一款3端口隔离放大器，因此电源电路同时与输入级和输出级隔离，可以连接至二者之一(或者都不连)，功能不会发生任何变化。它利用变压器隔离来实现3500 V隔离和12位精度。AD210的主要规格特性如下图3所示。

- ◆ Transformer Coupled
- ◆ High Common Mode Voltage Isolation:
 - 2500V RMS Continuous
 - ± 3500 V Peak Continuous
- ◆ Wide Bandwidth: 20kHz (Full Power)
- ◆ 0.012% Maximum Linearity Error
- ◆ Input Amplifier: Gain 1 to 100
- ◆ Isolated Input and Output Power Supplies, ± 15 V, ± 5 mA

图3: AD210隔离放大器的关键技术规格

电机控制隔离放大器应用

下面图4所示为一种采用AD210的典型隔离放大器应用。在一个用于电机控制的电流检测系统中，AD210与一个AD620仪表放大器配合使用。AD210的输入端(已隔离)可以直接连接至一条110V或230V的电力线，且无需采用保护机制。输入部分的 $\pm 15\text{ V}$ 隔离电源为AD620供电，AD620则检测电流检测电阻上的小压降。AD210输入级运算放大器连接作为单位增益跟随器，从而将其误差贡献降至最小。该隔离系统会忽略110 V或230 V rms共模电压。

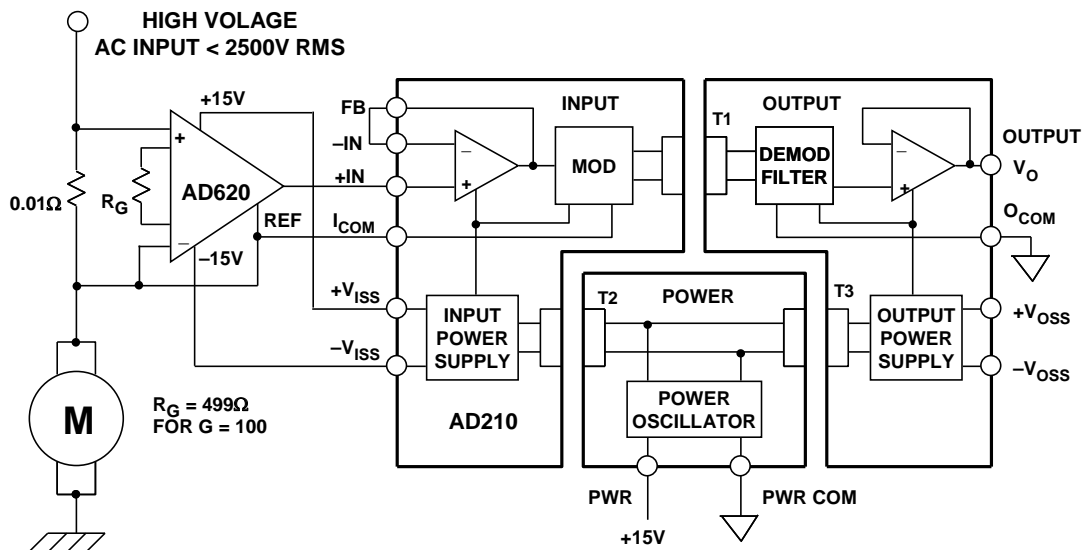


图4：电机控制电流检测应用

在该系统中，AD620前置放大器用作系统调整控制点，将产生并输出与电机电流成比例的电压，具体比例取决于检测电阻值以及由AD620的 R_G 设置的增益。AD620还可提高整个系统的精度，因为AD210 V_{OS} 为15 mV，而AD620的该值则为30 μV (漂移也较少)。请注意，如果可以接受较高的直流失调和漂移，则可省略AD620，并将AD210连接成增益100的方式。

受这类载波供电隔离系统的性质影响，在某些工作环境下，有些残余的交流载波成分会叠加于恢复的输出直流信号上。发生这种情况时，可以在输出级之后放置一个低阻抗无源RC滤波器(如果下一级具有高输入阻抗，例如该滤波器无负载)。请注意，许多高输入阻抗采样ADC都是这种情况，实际上，该ADC表现为一个小电容。150 Ω 的电阻和1 nF的电容可提供约1 kHz的截止频率。另请注意，电容应为薄膜型(如聚丙烯)，以减少误差。

AD215 2端口隔离器

[AD215](#)是一款高速2端口隔离放大器，用于隔离和放大宽带模拟信号。它采用创新的电路和变压器设计，不仅具有宽带动态特性，同时仍保留直流特性。AD215框图如下图5所示。

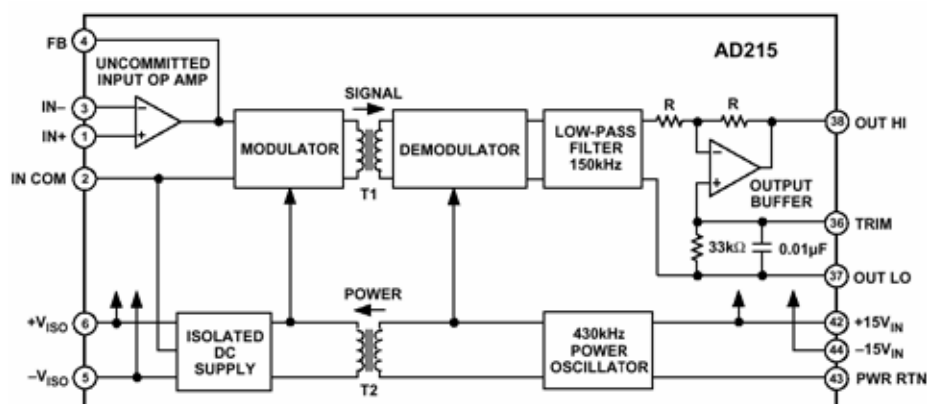


图5: [AD215](#) 120kHz低失真2端口隔离放大器

AD215在器件的输入端与输出端之间提供完整的电隔离，还包括用户可用的前端隔离双极性电源。该器件功能设计全面，输出端采用 $\pm 15\text{ V}$ 直流电源供电，无需用户提供隔离式DC/DC转换器。因此，设计人员可以将电路开销降至最低，从而降低整体系统设计复杂度与器件成本。

AD215设计注重提供最大的灵活性和易用性，可广泛用于必须在高共模电压(CMV)条件下测量快速模拟信号的各种应用。

AD215输入/输出范围为 $\pm 10\text{ V}$ ，额定增益范围为 1 V/V 至 10 V/V ，缓冲输出具有失调调整功能，用户可用的隔离前端电源可产生 $\pm 10\text{ mA}$ 电流的 $\pm 15\text{ V}$ 直流电压。下面图6总结了AD215的主要规格特性。

- ◆ Isolation voltage: 1500V rms
- ◆ Full power bandwidth: 120kHz
- ◆ Slew rate: 6V / μs
- ◆ Harmonic distortion: -80 dB @ 1kHz
- ◆ 0.005% maximum linearity error
- ◆ Gain range: 1 to 10
- ◆ Isolated input power supply: $\pm 15\text{ V}$ @ $\pm 10\text{ mA}$

图6: [AD215](#)隔离放大器的关键技术规格

参考文献:

1. Hank Zumbahlen, *Basic Linear Design*, Analog Devices, 2006, ISBN: 0-915550-28-1. Also available as [*Linear Circuit Design Handbook*](#), Elsevier-Newnes, 2008, ISBN-10: 0750687037, ISBN-13: 978-0750687034. Chapter 2.
2. Walter G. Jung, *Op Amp Applications*, Analog Devices, 2002, ISBN 0-916550-26-5, Also available as [*Op Amp Applications Handbook*](#), Elsevier/Newnes, 2005, ISBN 0-7506-7844-5. Chapter 2.
3. Charles Kitchin and Lew Counts, [*A Designer's Guide to Instrumentation Amplifiers, 3rd Edition*](#), Analog Devices, 2006.

Copyright 2009, Analog Devices, Inc. All rights reserved. Analog Devices assumes no responsibility for customer product design or the use or application of customers' products or for any infringements of patents or rights of others which may result from Analog Devices assistance. All trademarks and logos are property of their respective holders. Information furnished by Analog Devices applications and development tools engineers is believed to be accurate and reliable, however no responsibility is assumed by Analog Devices regarding technical accuracy and topicality of the content provided in Analog Devices Tutorials.