

# 变频驱动及电源设计中的隔离技术

## 应用简介

在电力电子设备上选用的元器件中，隔离器件是十分重要的器件类型之一，尤其在高电压及大功率应用中不可或缺。以变频驱动及电源设计为例，典型的隔离器件被用于功能性隔离和安全隔离等功能电路，分别用于实现高压功率电路和低压控制电路的隔离，以及控制电路及可能被人体触摸的接口电路的隔离。

## 使用隔离器件的原因

之所以需要在变频驱动及电源设计中使用隔离电路，其原因主要在于以下几方面：

- ▶ 降低噪声干扰—现代的电力电子变换器主要依靠功率半导体的PWM控制实现对输出电压及电流的控制。对于大功率应用来说，功率器件开关动作产生的 $di/dt$ 和 $dv/dt$ 信号变化，经由PCB布线的寄生参数或者其他电路的耦合通路，会在低压电路信号中产生较高的噪声，干扰电路正常工作。通过引入隔离器件，可以有效的分离功率电路和低压控制电路，减小控制电路的噪声。
- ▶ 器件耐压要求—通常变频驱动及电源设备的主功率电路连接到危险电压，比如典型的AC 220V/380V电路，经过整流后的直流电压也高达540V以上，且电网或负载本身电气上也具有很多不确定因素及异常工况，然而控制电路通常连接到安全地电压，因此功率电路与控制电路间需要隔离。
- ▶ 设备互联—这些设备通常还需要与其他控制器连接，形成网络化控制，然而，这些网络中的设备可能并不连接在同一个

地电平上，如果没有隔离器件的存在，这些信号链路上的器件可能因为不同的地电平之间的压差而损坏。另外，部分电路可能存在浪涌和雷击的影响下(比如较长的通讯信号线和码盘信号线等)，这部分电路也应该与主要电路隔离开，从而保护主要功能器件。

- ▶ 安规绝缘要求—电力电子设备的部分电路可能会和人体或导电外壳接触，这部分电路应当处于安全电压并与危险电压电路完全隔离开来以满足绝缘要求。比较典型的是设备的显示、键盘或者通讯接口，这些地方需要使用满足安规绝缘要求的隔离器件。

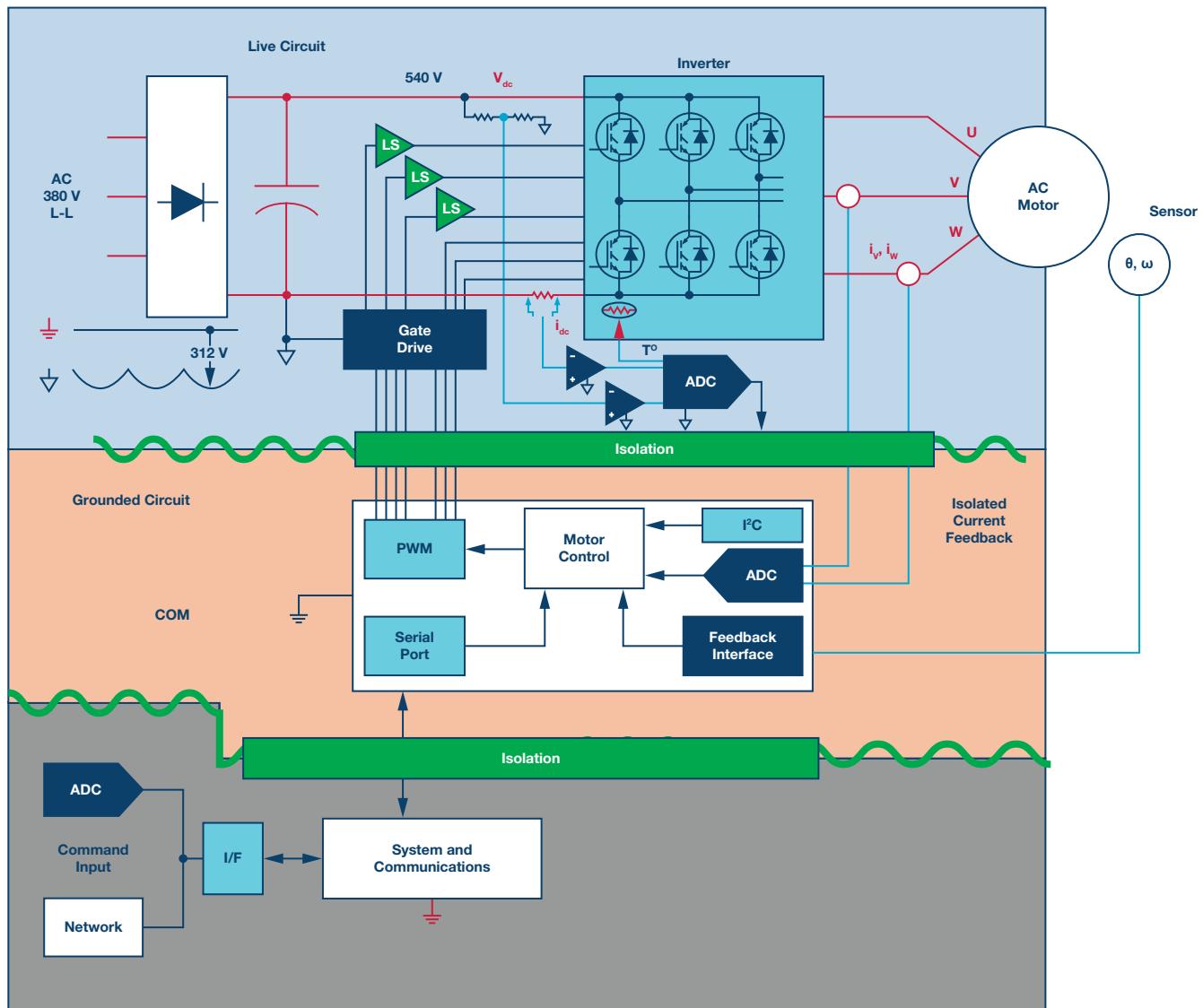
## 隔离电路的应用

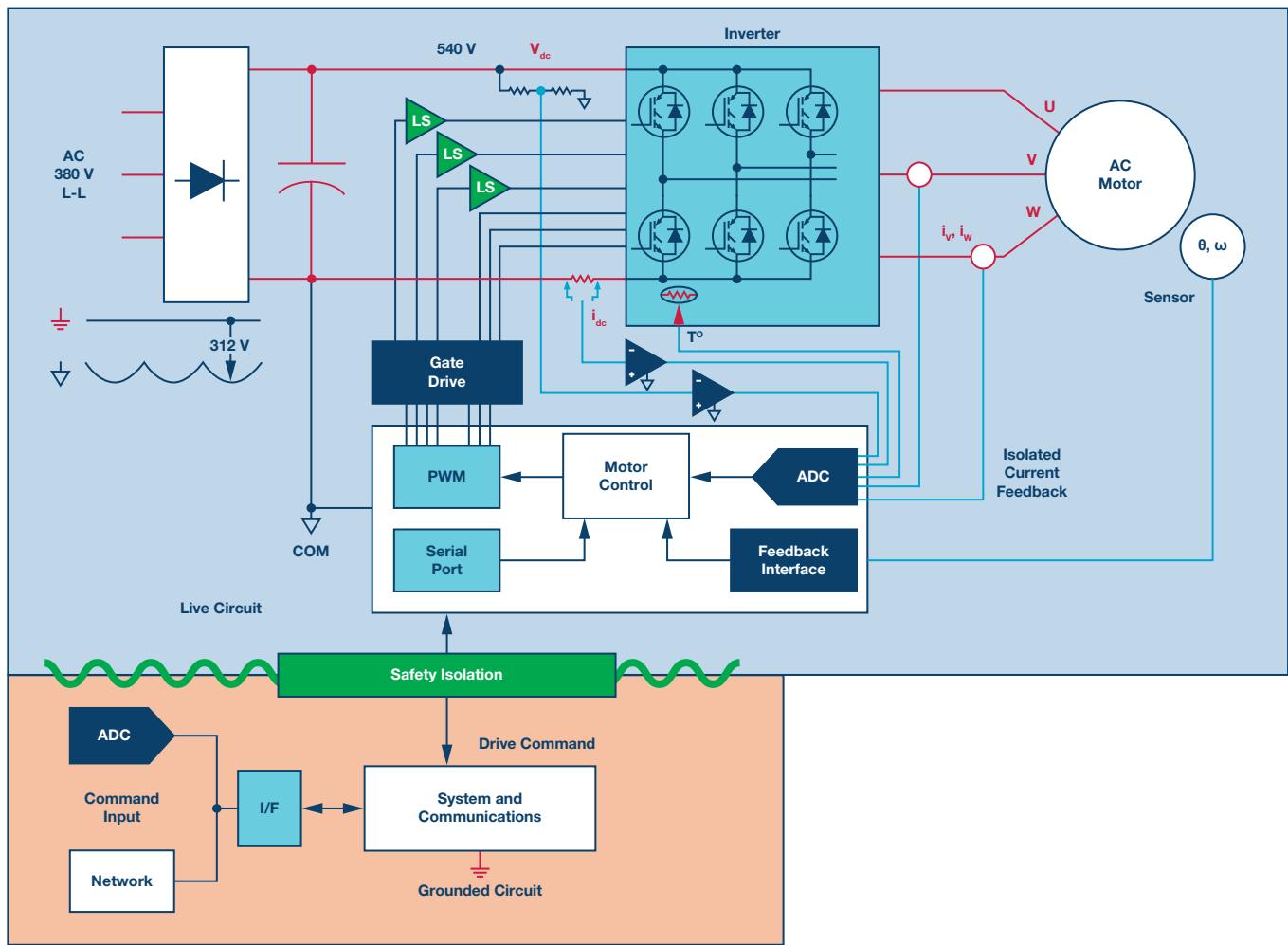
典型的变频驱动及电源系统架构中，通常电路可以被划分为三个部分，功率电路，控制电路，接口电路。由于这三部分电路的接地、电压等级不同，安规要求也不同，因此他们之间通常都需要使用隔离器件实现电气分离。

不同的应用需求下有不同的隔离方案，这主要取决于这几个因素：

- ▶ 功率电路的电压等级。
- ▶ 绝缘和安规标准要求(典型的标准，IEC61800-5-1, IEC62040-1-1, IEC 60747-5-5, VDE 0884-10, UL1577等)。
- ▶ 各个隔离部分选用器件的方案以及系统成本。

## 隔离系统框图





从系统架构设计的角度来看，尽可能减少需要隔离的信号通道数，减少高绝缘等级器件的使用，降低成本，是设计的主要方向，以下是几种典型的系统架构：

▶ 功率电路、控制电路、接口电路之间均有隔离：功率电路和控制电路之间采用隔离型功率半导体驱动芯片，隔离型的电流电压检测等。控制电路和接口电路之间采用数字输入输出信号的隔离芯片，隔离型的ADC和DAC芯片等

通常这种系统架构被用于具有较丰富接口的变频驱动及电源系统，或是大功率设备。这些应用中功率电路和控制电路之间的信号较为固定，主要包含PWM信号，电流电压反馈信号，以及IO控制信号，故障反馈信号等。而控制电路包含的接口电路较丰富，比如0 V至10 V，4 mA至20 mA模拟量输入输出信号，0 V至24 V数字量输入输出信号，继电器控制，RS-232/RS-485通讯，以太网，USB,CAN等，并且控制电路信号时常会根据系统应用环境变化而更改设计或开发选配件。因此，在功率电路、控制电路和接口电路之间分别设计隔离电路，一

方面可以降低成本，因为功率和控制部分之间通常只需要满足功能绝缘要求且信号种类比较固定，而接口电路的隔离信号数量通常较多较不确定，分成两个隔离层可以降低对隔离器件的选型难度和成本；另一方面，对于大功率应用来说，这样也保证了控制电路及接口电路不易受功率电路干扰。

此外，如果功率电路和控制电路之间的隔离已经满足了产品对应的全部安规及绝缘耐压要求，那么控制电路和接口电路之间可以省去隔离。出于成本或器件选型考虑，也可以通过两层隔离电路的灵活组合达到双重绝缘的效果。

▶ 功率电路和控制电路共地，接口电路隔离设计：在小功率或低压应用中，如果设备对外接口电路比较简单，可以使用功率电路和控制电路共地的方案，这样可以省去一部分隔离电路，虽然可能到时接口电路隔离等级要求增高，例如需要达到加强绝缘，但总系统成本及电路复杂度相比两级隔离仍有降低。

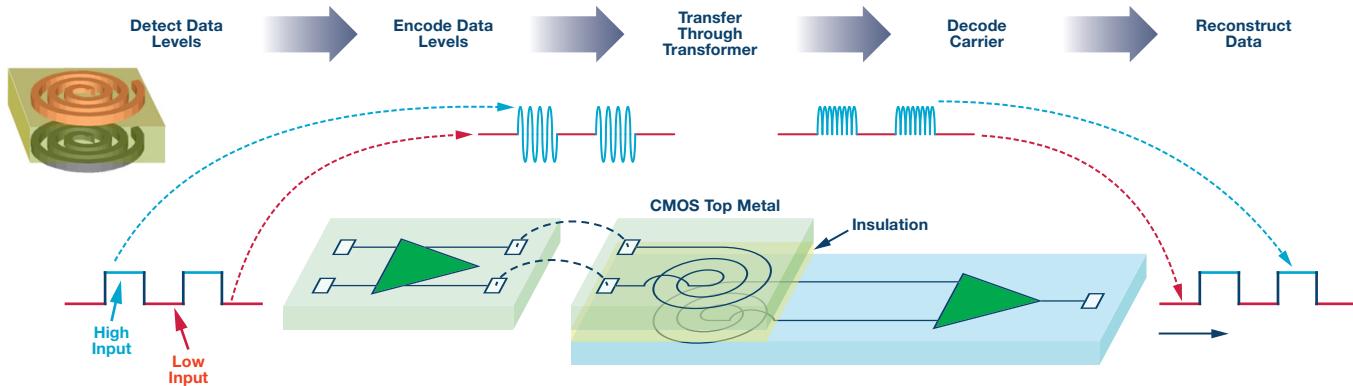
## ADI在隔离应用中的优势及重要产品

### ► ADI的隔离技术*iCoupler*<sup>®</sup>

*iCoupler*磁耦隔离发送信息是通过变压器来穿越隔离带，原边电流变化引起变压器的次级侧的电流变化。隔离材料为聚酰亚胺。20 μm的聚酰亚胺材料能在400 V rms等级下工作达50年，浪涌等级大于6 kV，可满足VDE加强隔离要求。*iCoupler*磁耦隔离产品的优势主要在于：

- 高电压高温绝缘的可靠度*iCoupler*磁耦合隔离产品在400 V rms的持续工作电压下能工作至少50年的时间，采用的是CMOS工艺，工作环境能够达到125°C。
- 共模噪声抑制能力-能有高达100 kV/μs的抗共模瞬变抑制能力，相比传统光耦器件，更适合电机、电源及逆变器应用。
- 电磁干扰(EMI) CISPR 22 B 等级
- 抗高电压浪涌能力-能超过VDE V 0884-10加强绝缘所要求的10 kV pk浪涌性能。
- 传输速率和效率-磁隔离具有150 Mbps传输速率，50 ns低传输延迟，通道一致性好，且器件功耗低。
- 器件集成度-ADI磁隔离产品集成了多通道的隔离及其他功能，能够从系统上降低体积和成本。并且还有集成了隔离DCDC电源的隔离产品。

ADI提供基于*iCoupler*技术的通用数字信号隔离器件以及RS-232,



## 主要产品

产品型号	描述	特性	优势
<b>数字信号隔离</b>			
ADuM1100/ ADuM120x/ ADuM130x/ ADuM140x	1-4通道数字信号隔离器	2.5 kV rms隔离, -40°C至+125°C, 部分产品具有反向传输通道	最高90 Mbps数据速率
ADuM14x	4通道数字信号隔离器	新一代产品, 3.75 kV rms隔离, -40°C至+125°C, 部分产品具有反向传输通道	CMTI 100 kV/μs, 极低传输延迟(13 ns), 最高150 Mbps数据速率
<b>隔离检测</b>			
AD7403	隔离式Σ-Δ ADC	20 MHz外部时钟, 二阶调制器, 16位无失码, 失调漂移: 1.6 μV/°C (典型值), 典型值88 dB SNR, 片内集成数字隔离, 片内参考, 830 V rms隔离工作电压, -40°C至+125°C	14位ENOB, ±320 mV输入范围, UL1577, CSA60950, VDE0884-10认证
AD7401A	隔离式Σ-Δ ADC	20 MHz外部时钟, 二阶调制器, 16位无失码, 失调漂移: 1 μV/°C (典型值), 典型值88 dB SNR, 片内集成数字隔离, 片内参考, 630 V rms加强绝缘隔离工作电压, -40°C至+125°C	14位ENOB, ±250mV输入范围, UL1577, CSA60950, VDE0884-10认证

RS-485, USB, CAN, SPI, I<sup>2</sup>C等通讯收发器、运放, ADC, 驱动器等一系列器件。

### ► 隔离电流及电压采样

ADI针对隔离的电流电压采样有多样的产品，基于Sigma-delta ADC技术的AD740x隔离式Σ-Δ调制器系列尤其适合用于变频驱动或电源的输出电流采样。目前，系统设计人员更倾向于从霍尔效应传感器改成使用分流电阻，将霍尔效应传感器替换为分流电阻的系统设计人员往往会选择隔离式放大器，并继续使用之前在基于霍尔效应传感器的设计中使用的模数转换器(ADC)。这种情况下，无论模数转换性能如何，设计性能都会受到隔离式放大器的限制。

将隔离式放大器和ADC替换为隔离式Σ-Δ调制器可消除性能瓶颈，并大大改善设计，通常可将其从9到10位精度的反馈提升到12位水平。此外，还可配置处理Σ-Δ调制器输出所需的数字滤波器，以实现快速过流保护(OCP)环路，从而无需模拟过流保护电路。

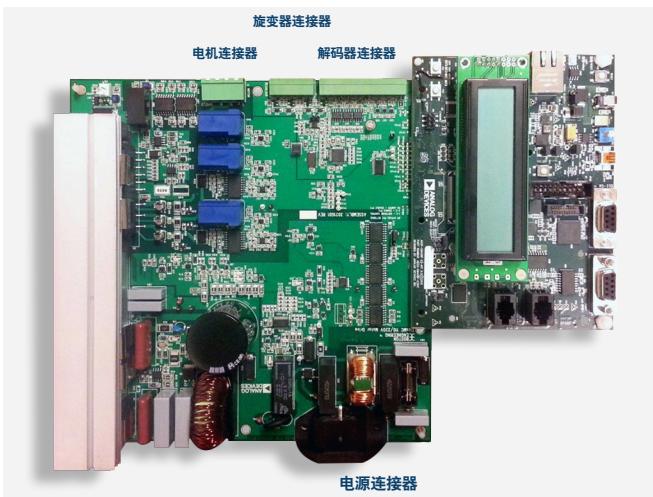
### ► IGBT/MOSFET功率半导体隔离驱动

IGBT/MOSFET功率半导体驱动电路是变频驱动及电源系统电路的关键环节之一，为减少功率半导体开关损耗，缩短短路保护时间，提高系统的可靠性，驱动电路需要具备更高的性能。ADI公司的ADuM413x以及ADuM3223/ADuM4223/ADuM7223系列隔离驱动芯片具备仅仅50ns的驱动信号传输延迟，以及高达100 kV/μs的CMTI指标。

产品型号	描述	特性	优势
<b>隔离驱动</b>			
ADuM4135	隔离型IGBT栅极驱动	4安培峰值驱动能力, 500 V rms和1200 V dc工作电压, -40°C至+125°C	50 ns传输延迟, 原副边UVLO保护, Desat保护, 故障软关断, 米勒箝位, UL, CSA, VDE认证
ADuM4223	隔离型MOSFET、IGBT栅极驱动	4安培峰值驱动能力, 高开关频率可达1 MHz, 上下桥臂隔离: 537 V峰值和800 V峰值(差分输入), -40°C至+125°C	高低桥臂隔离, UL, CSA, VDE认证
<b>通讯隔离</b>			
ADM3251E	隔离式RS-232收发器	460 kbps数据传输率, 2.5 kV耐压	隔离的RS-232和集成式dc/dc转换器, ±15 kV ESD保护, UL, CSA, VDE认证
ADM2687E	隔离式RS-485/RS-422收发器	半双工或全双工, 500 kbps数据传输率, 5 kV耐压, 5 V或3.3 V工作电压	隔离的RS-485和集成式dc/dc转换器, ±15 kV ESD保护, 具备失效保护功能
ADuM4160	隔离型USB收发器	支持USB2.0, 全速/慢速模式, 5 kV耐压, 5 V或3.3 V工作电压	双向传输, 具备短路保护功能
ADM3054	隔离型CAN总线收发器	满足ISO11898标准, 1Mbps数据传输率, 5 kV耐压, 5 V或3.3 V工作电压	具备短路保护功能
ADuM4150	隔离型SPI总线收发器	支持最高40 MHz SPI时钟, 5 kV耐压	具备时钟信号延迟补偿功能
ADuM2250	隔离型I²C总线收发器	支持1 MHz时钟, 双向通讯, 5 kV耐压, 5 V或3.3 V工作电压	支持热插拔, UL, CSA认证
<b>隔离运放</b>			
ADuM4190	隔离误差放大器	5 kV耐压, 400 kHz带宽, 3 V至20 V电源, -40°C至+125°C	全温度范围1%精度
<b>隔离电源</b>			
ADuM5000/ ADuM6000	隔离型DCDC变换器	500 mW, 400 mW, 5 V或3.3 V输出, 2.5 kV/5 kV耐压	过热保护, UL, CSA, VDE认证

## 参考设计和演示板

HV MPC平台

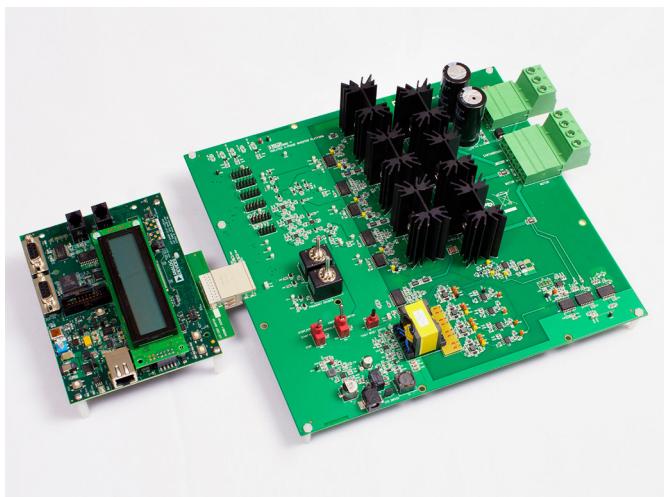


Boston Engineering设计 [www.boston-engineering.com](http://www.boston-engineering.com)。

技术文章/应用笔记

- ▶ ADI数字隔离产品选型及设计资源指南—[www.analog.com/  
Digital\\_Isolator\\_Product\\_Selection\\_and\\_Resource\\_Guide.pdf](http://www.analog.com/Digital_Isolator_Product_Selection_and_Resource_Guide.pdf)
  - ▶ 电机驱动系统中的门极驱动和电流反馈信号隔离技术—[www.analog.com/Gate-Drive-and-Current-Feedback-Signal-Isolation-in-Industrial-Motor-Drives.pdf](http://www.analog.com/Gate-Drive-and-Current-Feedback-Signal-Isolation-in-Industrial-Motor-Drives.pdf)
  - ▶ *iCoupler*隔离产品集成*isoPower*: 使用微型变压器实现隔离的信号和功率传输—[www.analog.com/isoPower.pdf](http://www.analog.com/isoPower.pdf)
  - ▶ 交流电机驱动系统中的数字隔离(MS-2488)—[www.analog.com/  
cn/ms-2488.pdf](http://www.analog.com/cn/ms-2488.pdf)

HV MPC平台



ADI设计。

- ▶ *i*soPower设备辐射控制推荐设计(AN-0971)—[www.analog.com/cn/an-0971.pdf](http://www.analog.com/cn/an-0971.pdf)
  - ▶ *i*Coupler设备辐射控制推荐设计(AN-1109)—[www.analog.com/cn/an-1109.pdf](http://www.analog.com/cn/an-1109.pdf)
  - ▶ 降低ADM2582E/ADM2587E RS-485/RS-422收发器辐射影响的PCB设计指导(AN-1349)—[www.analog.com/an-1349.pdf](http://www.analog.com/an-1349.pdf)
  - ▶ *i*Coupler隔离技术在RS-485中的应用(AN-727)—[www.analog.com/cn/an-727.pdf](http://www.analog.com/cn/an-727.pdf)
  - ▶ *i*Coupler隔离技术在RS-232中的应用(AN-740)—[www.analog.com/cn/an-740.pdf](http://www.analog.com/cn/an-740.pdf)

- ▶ iCoupler隔离技术在CAN总线中的应用(AN-770)—[www.analog.com/cn/an-770.pdf](http://www.analog.com/cn/an-770.pdf)
- ▶ I<sup>2</sup>C隔离接口(AN-913)—[www.analog.com/cn/an-913.pdf](http://www.analog.com/cn/an-913.pdf)

## Circuits from the Lab®实验室电路

实验室电路是经过特别设计和测试的子系统级构建模块，方便设计人员轻松快捷地实现系统集成。

- ▶ 采用隔离式Σ-Δ型调制器、隔离式DC/DC转换器和有源滤波器的新型模拟/模拟隔离器—[www.analog.com/cn/cn-0185](http://www.analog.com/cn/cn-0185)
- ▶ 采用隔离驱动器的H桥驱动电路—[www.analog.com/cn/cn-0196](http://www.analog.com/cn/cn-0196)
- ▶ USB HUB隔离电路—[www.analog.com/cn/cn-0158](http://www.analog.com/cn/cn-0158)
- ▶ 符合EMC要求的RS-485收发器保护电路—[www.analog.com/cn/cn-0313](http://www.analog.com/cn/cn-0313)
- ▶ 更多实验室电路请访问—[www.analog.com/cn/circuits](http://www.analog.com/cn/circuits)

## 更多信息请访问ADI电机控制网站

[www.analog.com/cn/motorcontrol](http://www.analog.com/cn/motorcontrol)

## 中文技术论坛

[ezchina.analog.com/welcome](http://ezchina.analog.com/welcome)

## 亚洲技术支持中心

4006-100-006

### 模拟与其他线性产品

[china.support@analog.com](mailto:china.support@analog.com)

### 嵌入式处理与DSP产品

[processor.china@analog.com](mailto:processor.china@analog.com)

### 免费样片申请

[www.analog.com/cn/sample](http://www.analog.com/cn/sample)

### 在线购买

[www.analog.com/cn/buy](http://www.analog.com/cn/buy)

### ADI在线技术论坛

[ezchina.analog.com](http://ezchina.analog.com)

### 网址

[www.analog.com/cn/cic](http://www.analog.com/cn/cic)



关注ADI官方微信

**全球总部**  
One Technology Way  
P.O. Box 9106, Norwood, MA  
02062-9106 U.S.A.  
Tel: (1 781) 329 4700  
Fax: (1 781) 461 3113

**大中华区总部**  
上海市浦东新区张江高科园区  
祖冲之路2290号展想广场5楼  
邮编：201203  
电话：(86 21) 2320 8000  
传真：(86 21) 2320 8222

**深圳分公司**  
深圳市福田中心区  
益田路与福华三路交汇处  
深圳国际商会中心  
4205-4210室  
邮编：518048  
电话：(86 755) 8202 3200  
传真：(86 755) 8202 3222

**北京分公司**  
北京市海淀区  
上地东路5-2号  
京蒙高科大厦5层  
邮编：100085  
电话：(86 10) 5987 1000  
传真：(86 10) 6298 3574

**武汉分公司**  
湖北省武汉市东湖高新区  
珞瑜路889号光谷国际广场  
写字楼B座2403-2405室  
邮编：430073  
电话：(86 27) 8715 9968  
传真：(86 27) 8715 9931

©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. BR13781sc-0/10/15

[analog.com/cn](http://analog.com/cn)



超越一切可能™