

# 高压应用连接低功耗控制器

作者：Thomas Kugelstadt, 德州仪器 (TI) 高级应用工程师

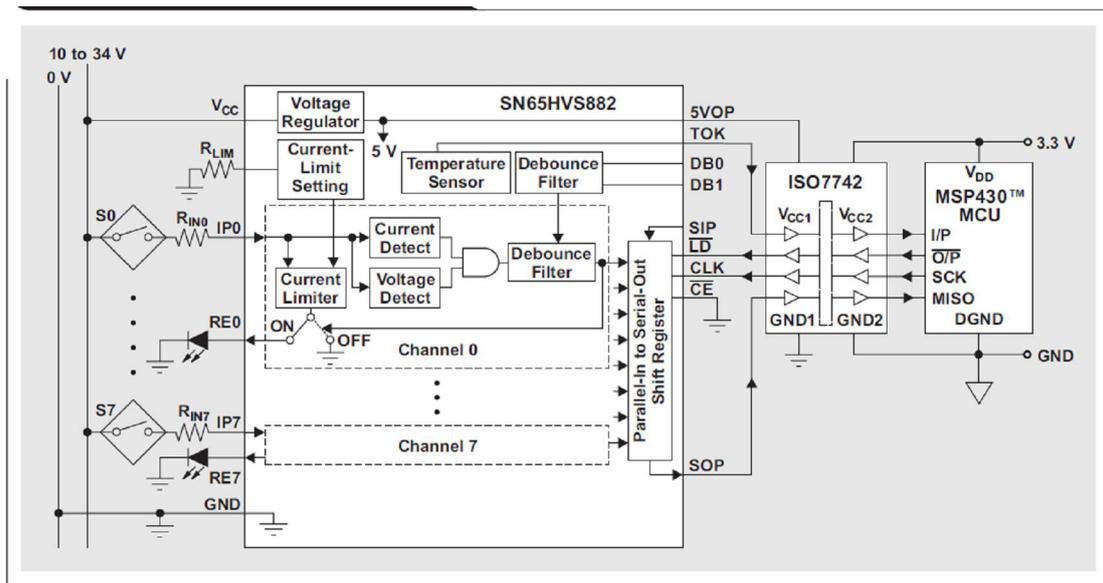
工业应用的一个常见要求是将高压电位（例如：传感器开关和 AC 整流器的信号输出等）连接到低压微控制器 (MCU) 和数字信号处理器的外围输入端口。数字输入数字输入串行器 (DIS) 器件为具有这种功能的新一代接口电路。它们可以感应低至 6 VDC 高到 300 VDC 的数字输入电压范围，并将其转换为 5-V 串行数据流，同时功耗比分立设计低近 80%。这种性能让 DIS 器件成为工业接口应用中最为高效且最具成本效益的解决方案。

本文将说明一个典型的工业接口设计中，DIS 及其结构的功能原理。

## 功能原理

观看下面图 1 所示完整接口设计的器件，我们可以更快地理解 DIS 的功能原理。10 到 34V 范围内的高压电源为传感器开关 S0 到 S7 以及 DIS 供电。每个传感器开关的开/关状态，均由器件的八个并联场输入探测，然后进行内部处理，并对一个并联输入、串联输出移位寄存器的低压输入有效。MCU 通过一个数字隔离器，DIS 的串行接口提供必要的控制信号。首先， $\overline{LD}$  输入端的负载脉冲将开关的状态信息锁存至移位寄存器中。接下来，施加于 CLK 输入的时钟信号串行地将 DIS 的寄存器内容通过隔离器移位至控制器寄存器中。

图 1 独立数字输入系统



S0 到 S7 包括各种各样的传感器开关，例如：接近开关、继电器触点、限制开关、按钮等等。尽管输入电阻  $R_{IN0}$  到  $R_{IN7}$  为可选，但在实施时它们可以服务于两种用途。一是在高压应用中，一些工业标准会要求输入电阻作为防止输入短路时出现火灾的安全预防措施。另一个用途是提升传感器开关的开/关阈值电压。

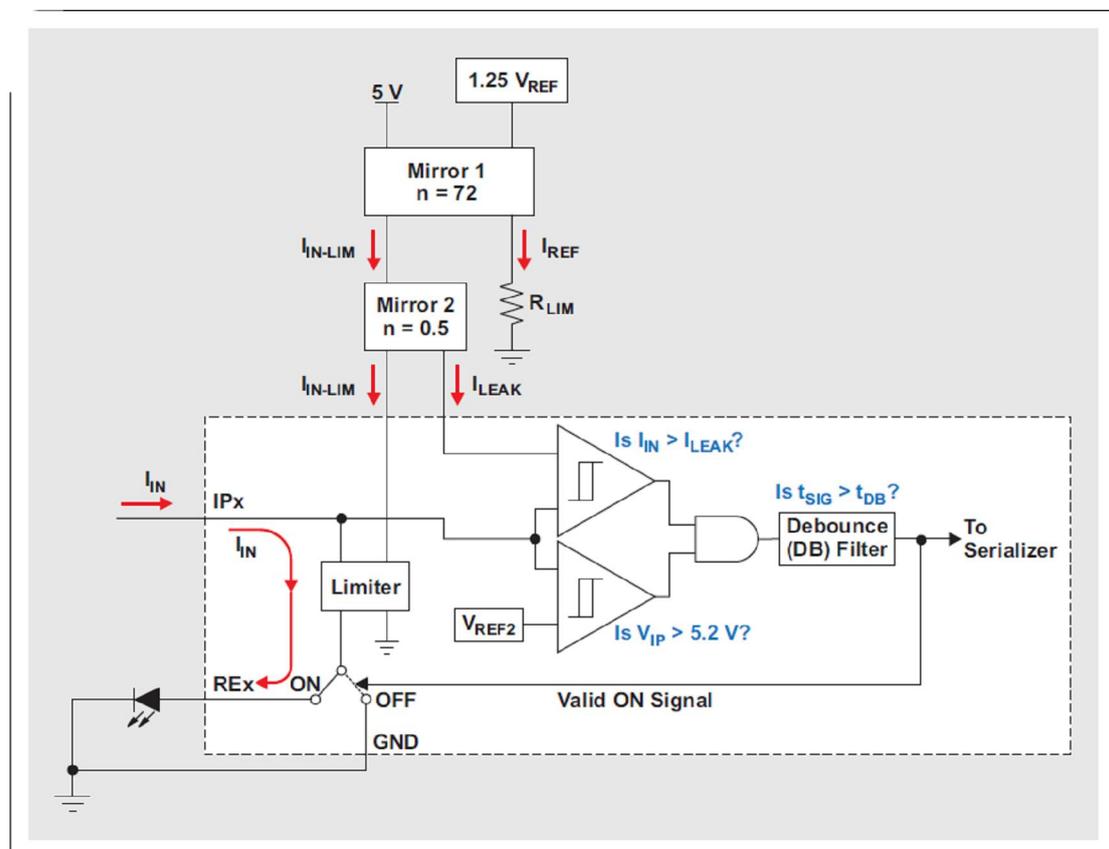
在内部，我们对每个输入信号都进行了信号强度和稳定性检查。电流比较器检测输入电流是否高于预定义的漏电阈值，而电压比较器检查输入电压是否高于内部确定的参考电压。如果两个比较器输出均为高逻辑电平，则可编程去抖动滤波器检查新的输入状态是否由除强噪声瞬态以外的短路引起，或者信号存在时间长于去抖动时间从而出现真输入信号。

就一个真输入信号而言，滤波器输出将相应逻辑电平提交给移位寄存器的并联输入，同时也对内部限流器的输出进行相应的开关操作。在关闭状态下（开关为打开状态），滤波器输出为低，而限流器的输出被切换至接地。在开启状态下，滤波器输出为高电平，限流器的输出连接至信号返回输出 (RE)。连接发光二极管 (LED) 至 RE 输出，可实现开关状态的可见指示。

### 输入结构

要将一个 DIS 结构用于各种应用，我们必须知道其输入的电流和电压大小  $I_{Px}$  以及其开关阈值。为此，图 2 显示了一个通道输入级的更详细结构图。在传感器开关的关闭到开启转换过渡期间，两个重要的参数是器件输入的正向电压阈值  $V_{IP-ON}$ ，以及其选择的限流  $I_{IN-LIM}$ 。

图 2 单通道输入级的简化结构图



$V_{IP-ON}$  内部固定为 5.2 V，但可以通过一个外部精确电阻  $R_{LIM}$ ，来对  $I_{IN-LIM}$  进行调节。请注意，限流设定会同样影响所有的器件输入。通过一个电流反射镜，由参考电流  $I_{REF}$  推导出  $I_{IN-LIM}$ ，得到  $I_{IN-LIM}=72 \times I_{REF}$ 。  $I_{REF}$  由内部带隙参考与

电阻值  $R_{LIM}$  ( $I_{REF}=V_{REF}/R_{LIM}$ ) 的比决定。因此，限流可以表示为  $R_{LIM}$  的函数：

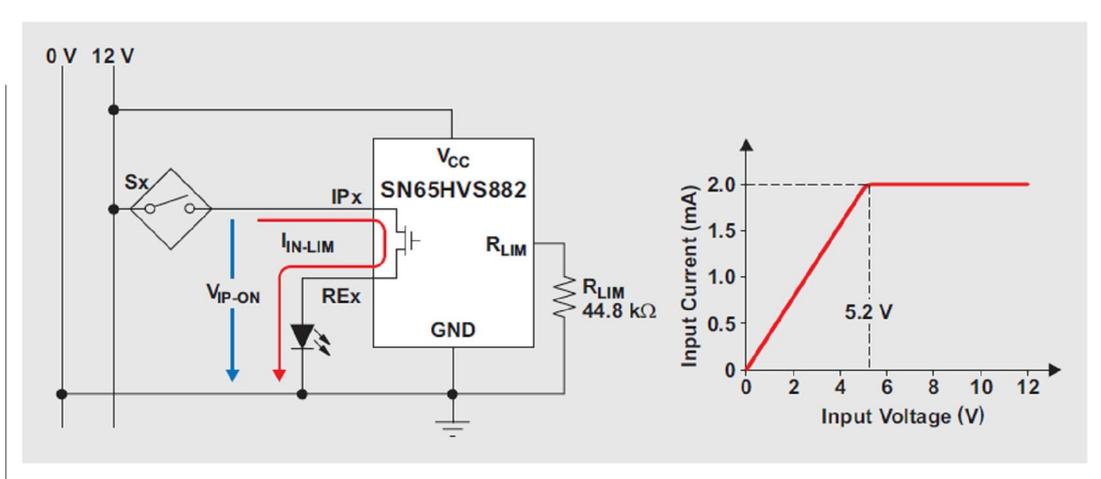
$$I_{IN-LIM} = 72 \times \frac{1.25 \text{ V}}{R_{LIM}} = \frac{90 \text{ V}}{R_{LIM}} \quad (1)$$

求解  $R_{LIM}$ ，得到理想限流的要求电阻值：

$$R_{LIM} = \frac{90 \text{ V}}{I_{IN-LIM}} \quad (2)$$

对于一些使用 12-V 电源的低压应用来说，唯一要求进行的计算是通过  $R_{LIM}$  设定限流。因为器件输入可以承受高达 34 V 的电压，所以直接将 12-V 电源切换为一个数字输入不会损坏器件。 $V_{IP-ON} = 5.2 \text{ V}$  时，“开”阈值基本位于 12-V 输入电压范围中间。图 3 显示了这种简单电路设计的示意图。低电流 LED 指示器要求一个  $I_{IN-LIM}=2\text{mA}$  的正向电流，通过方程式 2 确定  $R_{LIM}$  为 45 k $\Omega$ ，最接近值为 44.8 k $\Omega$ ，只差 1%。

图 3 开关“开”状态： $V_{IP-ON}=5.2 \text{ V}$ ， $I_{IN-LIM}=90 \text{ V}/R_{LIM}$



但是，对于一些使用 24V 或更高电压电源的高压设计来说，需要一个输入电阻来将“开”阈值升至输入电压范围的中间。图 4 显示了这种情况，我们假设输入电流限制为 2 mA。现在，输入电阻将器件的输入电压  $V_{IP}$  隔离于场输入电压  $V_{IN}$ ，从而将实际“开”阈值升至  $V_{IN-ON}=V_{IP-ON}+R_{IN} \times I_{IN-LIM}$ 。插入  $V_{IP-ON}$  的指定 5.2-V 阈值，然后通过方程式 1 表示  $I_{IN-LIM}$ ，得到。 $V_{IN-ON}=5.2 \text{ V}+R_{IN} \times 90 \text{ V}/R_{LIM}$ 。求解  $R_{IN}$ ，得到理想“开”阈值的要求输入电阻值：

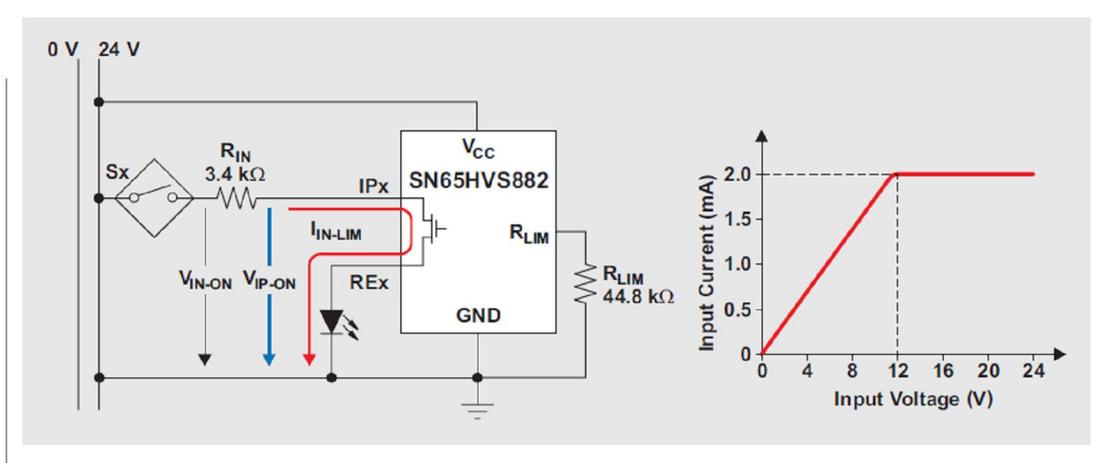
$$R_{IN} = (V_{IN-ON} - 5.2 \text{ V}) \times \frac{R_{LIM}}{90 \text{ V}} \quad (3)$$

要将图 4 所示电路的“开”阈值设定为  $V_{IN-ON}=12\text{V}$ ，可以通过方程式 3 计算输入电阻：

$$R_{IN} = (12\text{ V} - 5.2\text{ V}) \times \frac{44.8\text{ k}\Omega}{90\text{ V}} = 3.385\text{ k}\Omega,$$

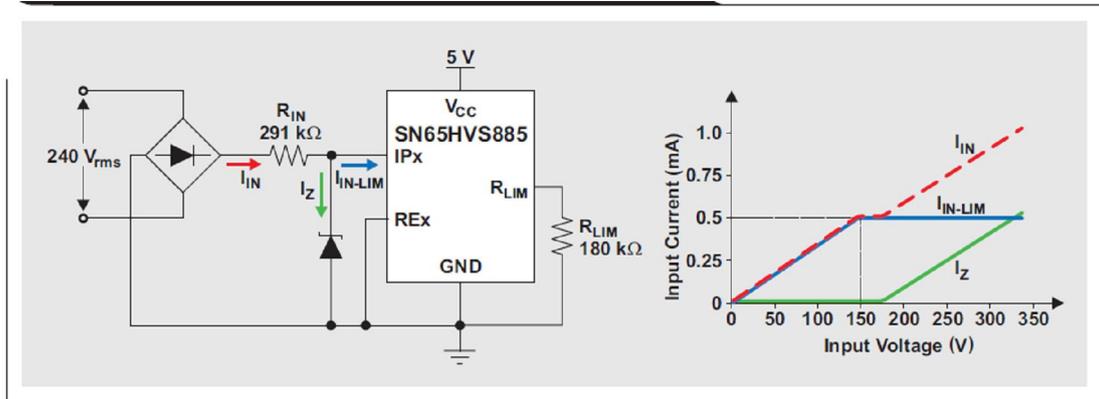
最接近值为 3.4 kΩ，只差 1%。

图 4 开关“开”状态： $V_{IN-ON}=12\text{ V}$ ， $I_{IN-LIM}=2\text{ mA}$



这种简单的设计方法可适用于高达 60V 的输入电压。但是，高电压会使  $V_{IP}$  升至其规定最大值 34 V 以上，因此要求一个齐纳二极管类钳位组件来防止器件输入出现过压应力。图 5 给出了一个电源电压检测器的例子，其通常用于构建自动化系统。此处，240 V<sub>rms</sub> 的 AC 电源电压被整流，从而产生一个 340 VDC 的峰值输入。在这种高压条件下，必需最小化输入电阻的  $I^2R$  损耗。因此，只需通过使  $R_{LIM}=90\text{ V}/0.5\text{ mA}=180\text{ k}\Omega$ ，可将限流设定为 0.5 mA。

图 5 开关“开”状态： $V_{IN-ON}=150\text{ V}$ ， $I_{IN-LIM}=0.5\text{ mA}$



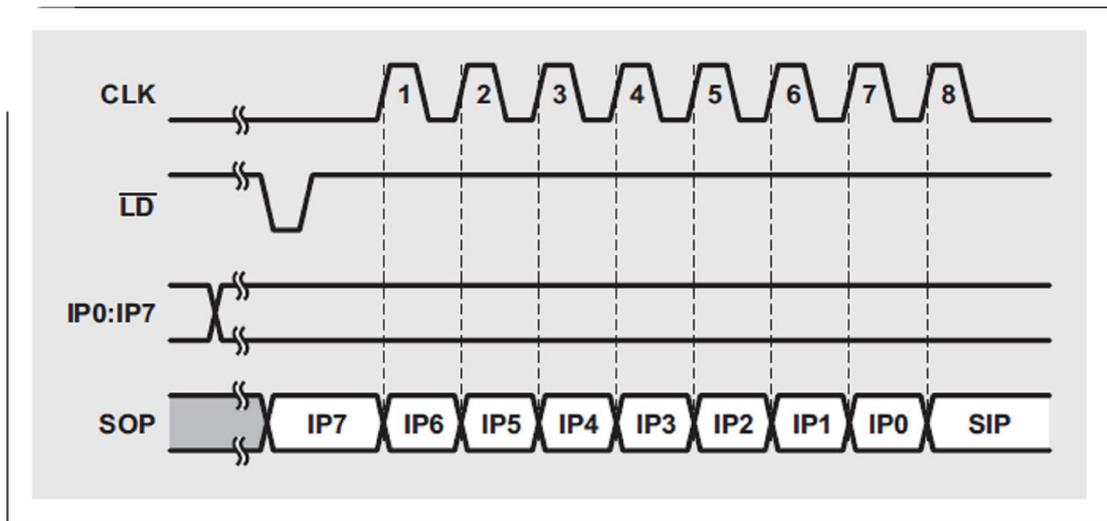
通过使  $R_{IN} = (150\text{ V} - 5.2\text{ V}) \times 180\text{ k}\Omega / 90\text{ V} = 289.6\text{ k}\Omega$ ，其只差 1% 的最接近值为 291 kΩ，可将“开”阈值设定为 150 V。 $V_{IN-ON}=150\text{ V}$  时， $V_{IP-ON}=5.2\text{ V}$ ，电流限制开始生效。超出“开”阈值以后， $V_{IP}$  线性上升，直到达到约 30 V 的齐纳电压为止。这时，齐纳二极管开始箝制；齐纳电流  $I_Z$  加到限流 ( $I_{IN-LIM}$ )，组成总输入电流  $I_{IN}$ 。

## 串行接口

读取数字场输入的状态信息很容易，可以通过使用移位寄存器时序或者串行外围接口时序来进行。

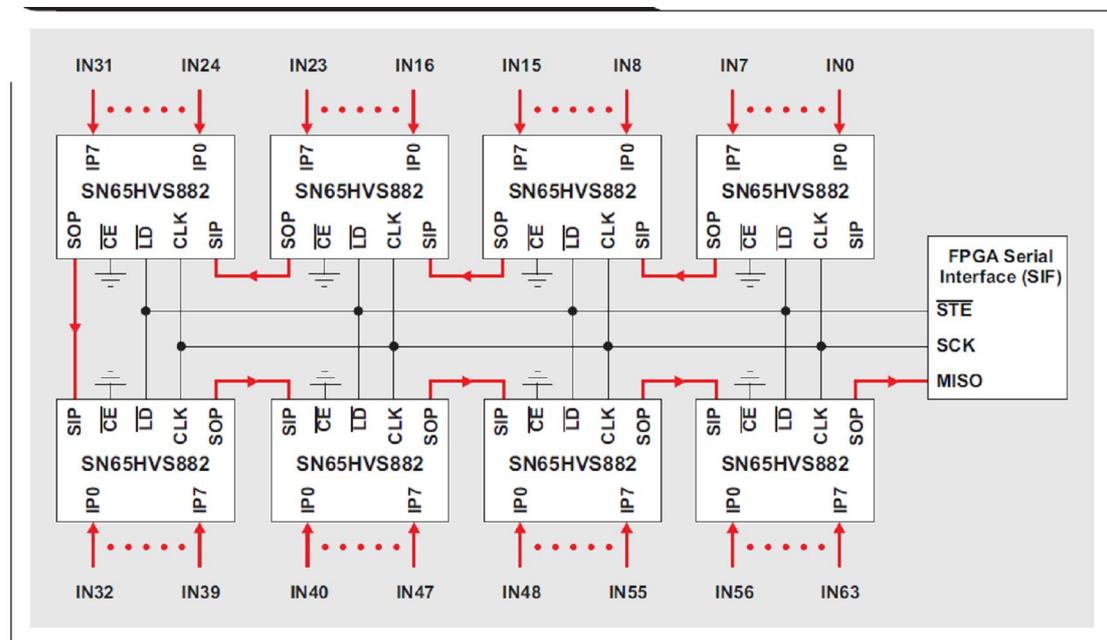
使用移位寄存器时序时，应用于负载输入 ( $\overline{LD}$ ) 的一个短低有源脉冲将数字输入状态信息锁存至移位寄存器中。CLK 的后续时钟信号由八个连续时钟周期组成，以串行方式将 DIS 寄存器的数据移位至 MCU 的输入寄存器中。所有数据移位均发生在时钟信号的上升沿（请参见图 6）。

图 6 使用移位寄存器时序的串行接口运行



通过菊花链方式多 DIS 器件，设计高通道数目的输入模块是可能的。这种情况下，主要器件的串行输出与下列器件的串行输入相连。图 7 显示了一个菊花链、64 通道数字输入模块的简图，其只要求三条接口线。

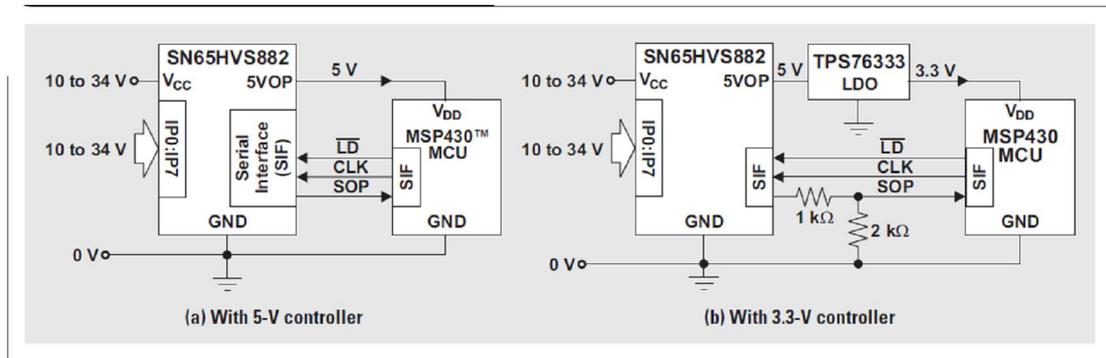
图 7 菊花链、64 通道数字输入模块



## 接口供电

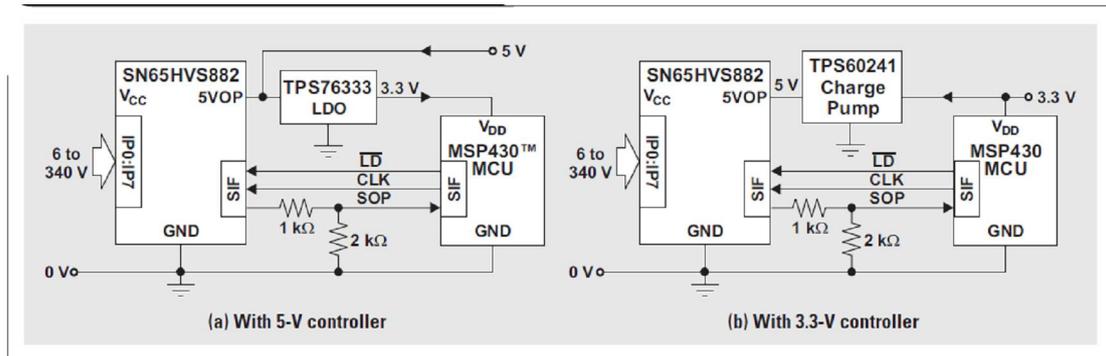
DIS 器件可用于各种电源配置。通过一个工业级 24-V 总线供电时，DIS 可以为数字隔离器和 MCU 提供 5-V 的稳定输出。就 5-V 控制器而言（图 8a），电源和串行接口 (SIF) 线的直连较简单。但是，3.3-V 控制器要求一个低压降稳压器 (LDO)，用于串行输出 (SOP) 线的电源线和分压器（请参见图 8b）。来自一个 DIS 的 3.3-V 控制器的控制信号得到了正确转换。

图 8 总线供电型数字输入系统



在一些没有总线电源的应用中，通过将 5-V 输出驱动为电源输入，同时让标准 VCC 电源引脚浮接，为 DIS 提供备用电源是可能的。图 9 显示了连接一个 3.3-V 控制器的两个备用电源选项。图 9a 中，5-V 系统电源直接为 DIS 供电，但要求一个 LDO 来为控制器供电。图 9b 中，一个 3.3-V 电源直接为控制器供电，但要求一个电荷泵将电源电压升至 DIS 的规定 5-V 电平。

图 9 备用电源式数字输入系统



## 重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合 TI 标准保修的适用规范。仅在 TI 保修的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的数据手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售 TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

可访问以下 URL 地址以获取有关其它 TI 产品和应用解决方案的信息:

### 产品

放大器	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">http://www.ti.com.cn/amplifiers</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">http://www.ti.com.cn/dataconverters</a>
DSP	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">http://www.ti.com.cn/dsp</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">http://www.ti.com.cn/interface</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">http://www.ti.com.cn/logic</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">http://www.ti.com.cn/power</a>
微控制器	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">http://www.ti.com.cn/microcontrollers</a>

### 应用

音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">http://www.ti.com.cn/audio</a>
汽车	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">http://www.ti.com.cn/automotive</a>
宽带	<a href="http://www.ti.com.cn/broadband">http://www.ti.com.cn/broadband</a>
数字控制	<a href="http://www.ti.com.cn/control">http://www.ti.com.cn/control</a>
光纤网络	<a href="http://www.ti.com.cn/optical network">http://www.ti.com.cn/optical network</a>
安全	<a href="http://www.ti.com.cn/security">http://www.ti.com.cn/security</a>
电话	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">http://www.ti.com.cn/telecom</a>
视频与成像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">http://www.ti.com.cn/video</a>
无线	<a href="http://www.ti.com.cn/wireless">http://www.ti.com.cn/wireless</a>

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2018 德州仪器半导体技术（上海）有限公司