



高/低侧测量、 双向电流/功率监控器，具有 I²C™ 接口

查询样品: [INA226](#)

特性

- 0V 至 +36V 感应总线电压
- 高/低侧传感
- 报告电流、电压和电源
- 高准确度:
 - 0.1% 增益误差 (最大值)
 - 10μV 偏移 (最大值)
- 可配置平均选项
- 16 个可编程地址
- 在 2.7V 至 5.5V 电源范围内工作
- MSOP-10 封装

应用

- 服务器
- 电信设备
- 计算机
- 电源管理
- 电池充电器
- 电源
- 测试设备

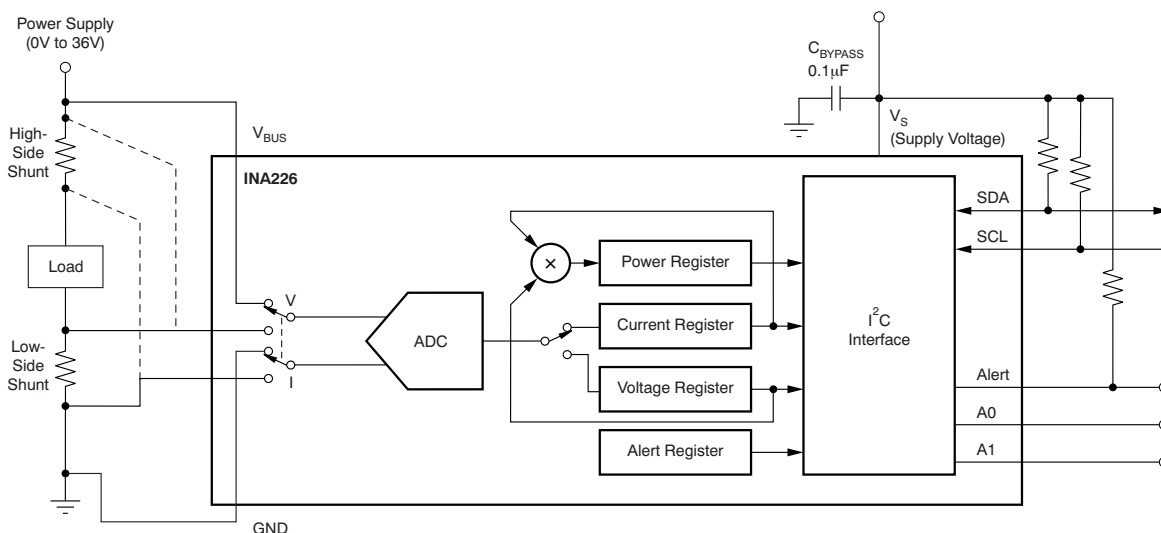
说明

INA226 是电流并联和功率监控器，具有 I²C 接口。INA226 监控并联压降和总线电源电压。可编程校准值、转换时间和平均法，结合了内部乘法器，可直接读出电流（安）和功率（瓦）。

当 INA226 从 +2.7V 至 +5.5V 的电源获得功率时，可感应到 0V 至 +36V 的总线电流，从而绘制出 330μA 的典型电源电流。INA226 的规定工作温度范围为 -40°C 至 +125°C。I²C 接口，具有 16 个可编程地址。

相关产品

| 说明 | 器件 |
|----------------------------|--|
| 带看门狗、峰值保持和高速比较器功能的电流/功率监控器 | INA209 |
| 小封装的零漂移、低成本、模拟电流并联监控器系列 | INA210 、 INA211 、 INA212 、 INA213 、 INA214 |
| 具有双线接口的零漂移、双向电流/功率监控器 | INA219 |
| 具有双线接口的高/低侧、双向电流/功率监控器 | INA220 |



高/低侧传感



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

I²C is a trademark of NXP Semiconductors.

All other trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated
English Data Sheet: [SBOS547](#)



This integrated circuit can be damaged by ESD. Texas Instruments recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

封装信息⁽¹⁾

| 产品 | 封装-引线 | 封装指示符 | 封装标识 |
|-------------|---------|-------|------|
| INA226AIDGS | MSOP-10 | DGS | 226 |

(1) 要获得最新的封装和订货信息，请参阅本文档末尾的封装选项附录，或者访问[INA226 产品文件夹](#)，此文件夹位于[www.ti.com](#)内。

最大绝对额定值⁽¹⁾

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）。

| | | INA226 | 单位 |
|---------------------|----------------------------|----------------------|----|
| 电源电压， V_S | | 6 | V |
| 模拟输入， $IN+$ ， $IN-$ | 差分电压 $(VIN+)-(VIN-)^{(2)}$ | -40 至 +40 | V |
| | 共模 | -0.3 至 +40 | V |
| SDA | | GND -0.3 至 +6 | V |
| SCL | | GND -0.3 至 $V_S+0.3$ | V |
| 到任一引脚的输入电流 | | 5 | mA |
| 开漏数字输出电流 | | 10 | mA |
| 存储温度 | | -65 至 +150 | °C |
| 结温 | | +150 | °C |
| ESD 额定值 | 人体模型 (HBM) | 2500 | V |
| | 充电设备模型 (CDM) | 1000 | V |
| | 机器模型 (MM) | 150 | V |

(1) 超过这些额定值的应力有可能造成永久损坏。长时间处于最大绝对额定情况下会降低设备的可靠性。这些只是应力额定值，在这些值或者任何超过那些所标明的条件下的功能运行并未注明。

(2) $VIN+$ 和 $VIN-$ 也许有一个 -40V 至 +40V 的差分电压；然而，这些引脚上的电压一定不能超过 -0.3 V 至 +40 V 的电压范围。

电气特性：V_S=+3.3V

黑体字应用在额定温度范围上的限值，T_A=-40°C 至 +125°C。

在 T_A=+25°C，VIN+=12V，V_{SENSE}=(VIN+ - VIN-)=0mV，V_{BUS}=12V 时测得，除非额外注明。

| 参数 | 条件 | INA226 | | | 单位 |
|-------------------------------|---|----------------------|-------|----------------------|---------|
| | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | |
| 输入 | | | | | |
| 分流电压输入范围 | | -81.9175 | | 81.92 | mV |
| 总线电压输入范围 ⁽¹⁾ | | 0 | | 36 | V |
| 共模抑制 | 共模抑制比 (CMRR) V _{IN+} =0V 至 +36V | 126 | 140 | | dB |
| 分流偏移电压，RTI ⁽²⁾ | V _{OS} | | ±2.5 | ±10 | μV |
| 与温度间的关系 | | | 0.02 | 0.1 | μV/°C |
| 与电源间的关系 | 电源抑制比 (PSRR) V _S =+2.7V 至 +5.5V | | 2.5 | | μV/V |
| 总线偏移电压，RTI ⁽²⁾ | V _{OS} | | ±1.25 | ±7.5 | mV |
| 与温度间的关系 | | | 10 | 40 | μV/°C |
| 与电源间的关系 | PSRR | | 0.5 | | mV/V |
| 输入偏置电流 | I _{IN+} ，I _{IN-} | | 10 | | μA |
| V _{BUS} 输入阻抗 | | | 830 | | kΩ |
| 输入泄漏 ⁽³⁾ | (VIN+ 引脚) + (VIN- 引脚) ， 省电模式 | | 0.1 | 0.5 | μA |
| DC 精度 | | | | | |
| 模数转换器 (ADC) 本地分辨率 | | | 16 | | 位 |
| 1 个最低有效位 (LSB) 阶跃幅度 | 分流电压 | | 2.5 | | μV |
| | 总线电压 | | 1.25 | | mV |
| 分流电压增益误差 | | | 0.02 | 0.1 | % |
| 与温度间的关系 | | | 10 | 50 | ppm/ °C |
| 总线电压增益误差 | | | 0.02 | 0.1 | % |
| 与温度间的关系 | | | 10 | 50 | ppm/ °C |
| 微分非线性 | | | ±0.1 | | LSB |
| ADC 转换时间 | CT 位 = 000 | | 140 | 154 | μs |
| | CT 位 = 001 | | 204 | 224 | μs |
| | CT 位 = 010 | | 332 | 365 | μs |
| | CT 位 = 011 | | 588 | 646 | μs |
| | CT 位 = 100 | | 1.1 | 1.21 | ms |
| | CT 位 = 101 | | 2.116 | 2.328 | ms |
| | CT 位 = 110 | | 4.156 | 4.572 | ms |
| | CT 位 = 111 | | 8.244 | 9.068 | ms |
| 系统管理总线 (SMBus) | | | | | |
| SMBus 超时 ⁽⁴⁾ | | | 28 | 35 | ms |
| 数字输入/输出 | | | | | |
| 输入电容 | | | 3 | | pF |
| 输入漏电流 | 0≤V _{IN} ≤V _S | | 0.1 | 1 | μA |
| 输入逻辑电平： | | | | | |
| V _{IH} | | 0.7(V _S) | | 6 | V |
| V _{IL} | | -0.5 | | 0.3(V _S) | V |
| 输出逻辑电平 | | | | | |
| V _{OL} 串行数据 (SDA)，警报 | I _{OL} =3mA | 0 | | 0.4 | V |
| 滞后 | | | 500 | | mV |

(1) 虽然输入范围为 36V，ADC 缩放的满刻度范围是 40.96V。请见 [基本 ADC 功能](#) 部分。不要采用大于 36V 的电压。

(2) RTI = 以输入为基准。

(3) 对于显示在这个表底部的条件，输入漏电流是正的（电流流进引脚）。在不同的输入条件下，会出现负的泄漏电流。

(4) 只要 SCL 处于低电平的时间超过 28ms，INA226 内的 SMBus 超时就将接口复位。

电气特性：V_S=+3.3V (continued)

黑体字应用在额定温度范围上的限值，T_A=-40°C 至 +125°C。

在 T_A=+25°C，VIN+=12V，V_{SENSE}=(VIN+ - VIN-)=0mV，V_{BUS}=12V 时测得，除非额外注明。

| 参数 | 条件 | INA226 | | | 单位 |
|-----------|----|--------|-----|------|----|
| | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | |
| 电源 | | | | | |
| 运行电源电压 | | +2.7 | | +5.5 | V |
| 静态电流 | | | 330 | 420 | μA |
| 静态电流、省电模式 | | | 0.5 | 2 | μA |
| 加电复位阈值 | | | 2 | | V |
| 温度范围 | | | | | |
| 额定温度 | | -40 | | +125 | °C |

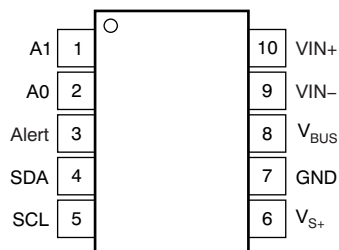
热性能信息

| 热度量 ⁽¹⁾ | | INA226 | 单位 |
|--------------------|--------------|--------|------|
| | | DGS | |
| | | 10 引脚 | |
| θ _{JA} | 结到环境热阻 | 171.4 | °C/W |
| θ _{JCtop} | 结至芯片外壳（顶部）热阻 | 42.9 | |
| θ _{JB} | 结至电路板热阻 | 91.8 | |
| ψ _{JT} | 结至顶部的特征参数 | 1.5 | |
| ψ _{JB} | 结至电路板的特征参数 | 90.2 | |
| θ _{JCbot} | 结至芯片外壳（底部）热阻 | 不可用 | |

(1) 有关传统和新的热度的更多信息，请参阅 IC 封装热量应用报告 [SPRA953](#)。

引脚配置

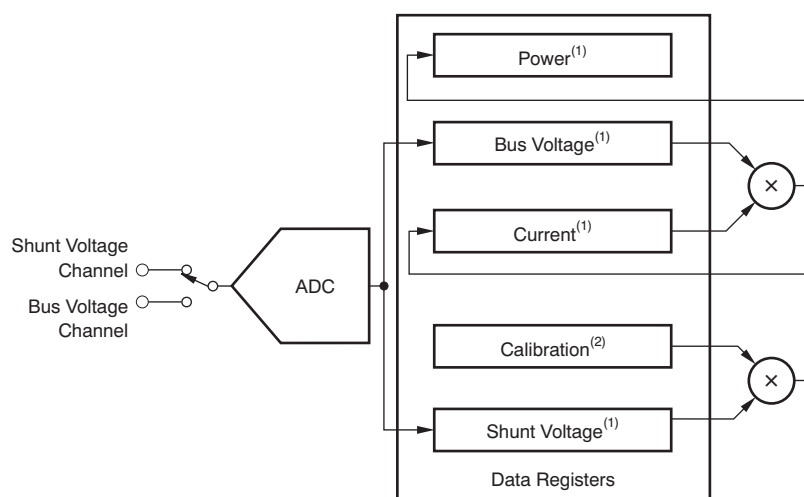
DGS 封装
微型小外形尺寸 (MSOP)-10
(顶视图)



引脚说明

| MSOP-10 (DGS) | | 说明 |
|------------------|------------------|---|
| 引脚编号 | 名称 | |
| 1 | A1 | 地址引脚。连接到 GND，SCL，SDA，或 V _S 。Table 7 显示了引脚配置和相应的地址。 |
| 2 | A0 | 地址引脚。连接到 GND，SCL，SDA，或 V _S 。Table 7 显示了引脚配置和相应的地址。 |
| 3 | 警报 | 多用途警报、开漏输出。 |
| 4 | SDA | 串行总线数据线路、开漏输入/输出。 |
| 5 | SCL | 串行总线时钟线路、开漏输入。 |
| 6 | V _{S+} | 电源，2.7V 至 5.5V。 |
| 7 | GND | 接地。 |
| 8 | V _{BUS} | 总线电压输入。 |
| 9 | VIN- | 负差分分流电压。连接到分流电阻器的负值一侧。 |
| 10 | VIN+ | 正差分分流电压。连接到分流电阻器的正值一侧。 |

寄存器方框图



(1) 只读

(2) 读取/写入

Figure 1. INA226 寄存器方框图

典型特性

在 $T_A=+25^{\circ}\text{C}$, $V_S=3.3\text{V}$, $V_{IN+}=12\text{V}$, $V_{SENSE}=(V_{IN+} - V_{IN-})=0\text{mV}$, $V_{BUS}=12\text{V}$ 时测得, 除非额外注明。

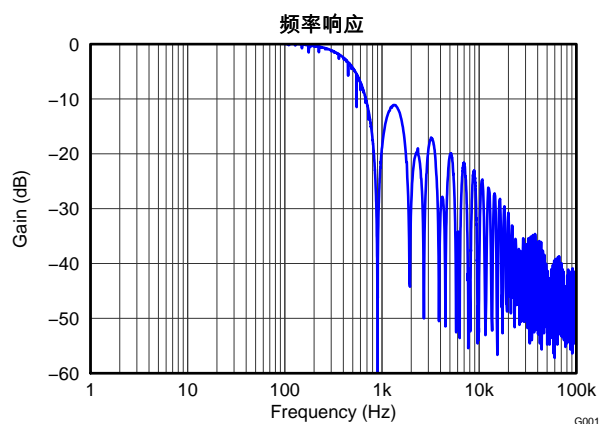


Figure 2.

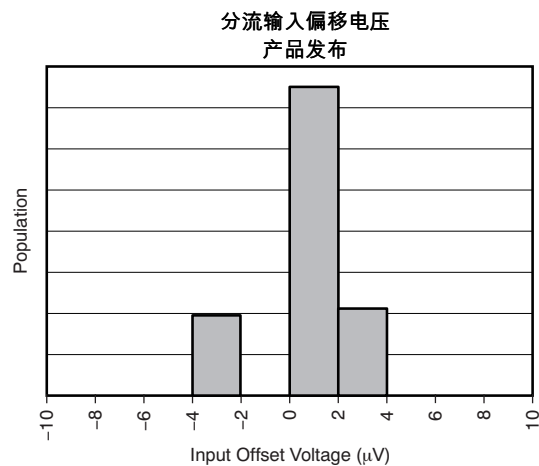


Figure 3.

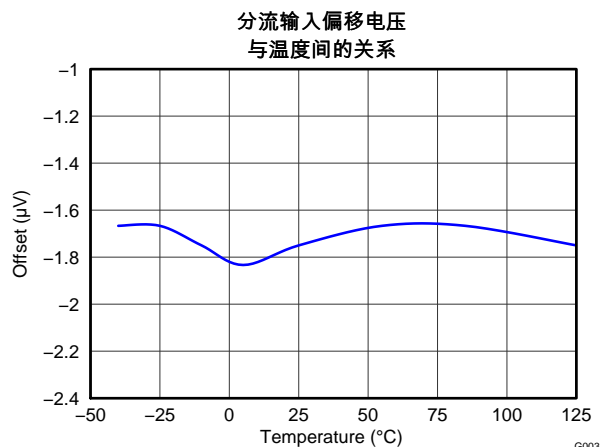


Figure 4.

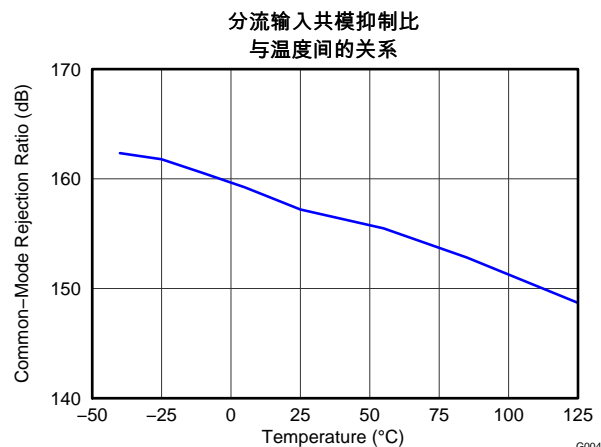


Figure 5.

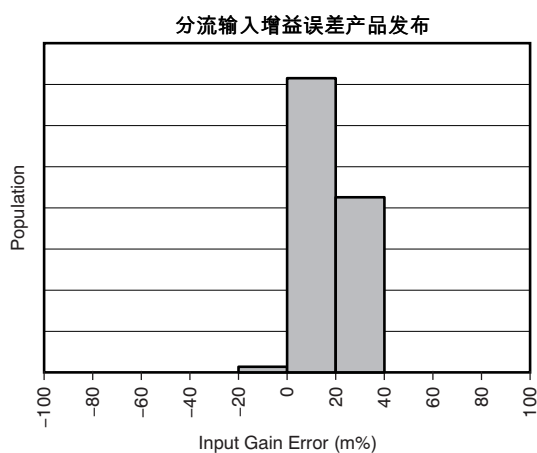


Figure 6.

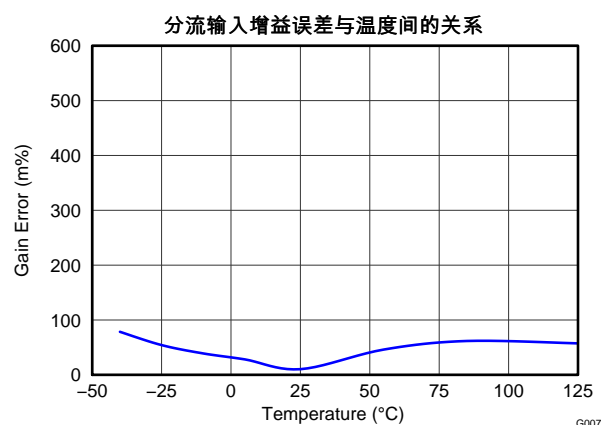


Figure 7.

典型特性 (continued)

在 $T_A=+25^{\circ}\text{C}$, $V_S=3.3\text{V}$, $V_{IN+}=12\text{V}$, $V_{SENSE}=(V_{IN+} - V_{IN-})=0\text{mV}$, $V_{BUS}=12\text{V}$ 时测得, 除非额外注明。

分流输入增益误差
与共模电压间的关系

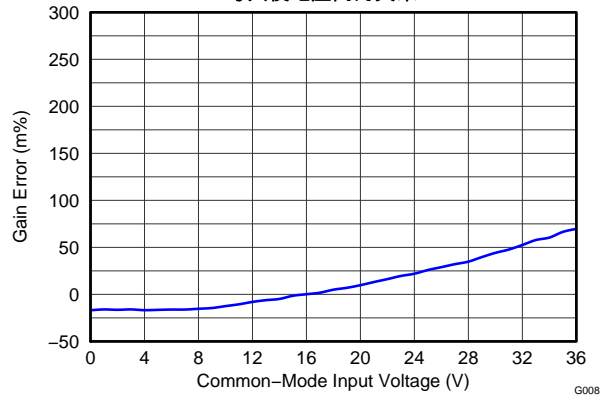


Figure 8.

总线输入偏移电压
产品发布

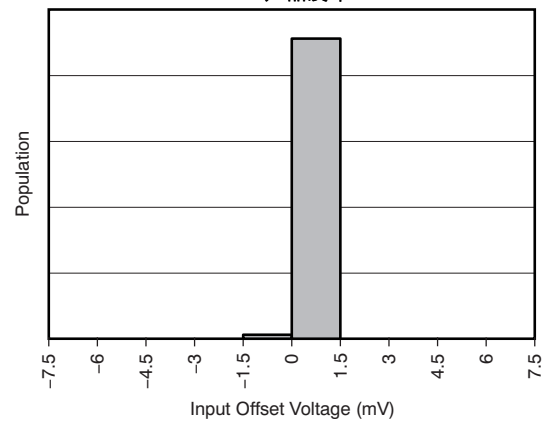


Figure 9.

总线输入偏移电压与温度间的关系

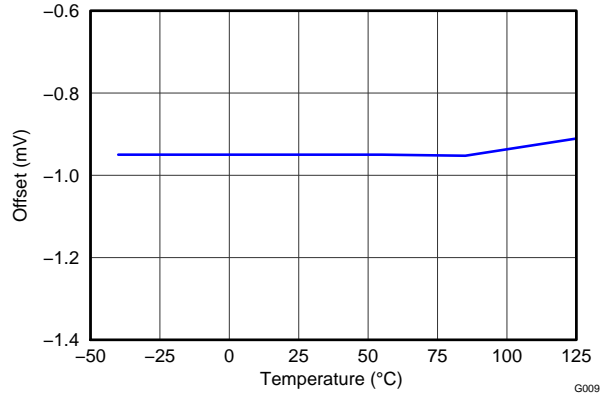


Figure 10.

总线输入增益误差产品发布

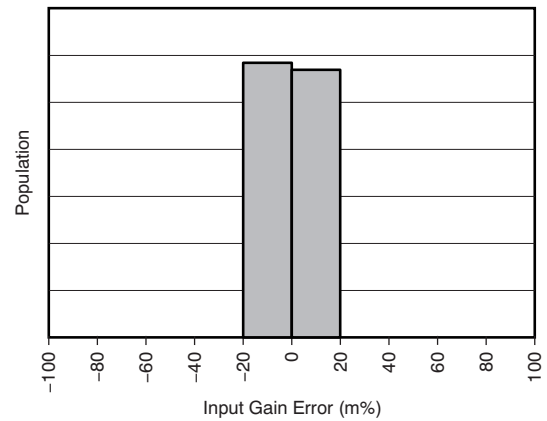


Figure 11.

总线输入增益误差与温度间的关系

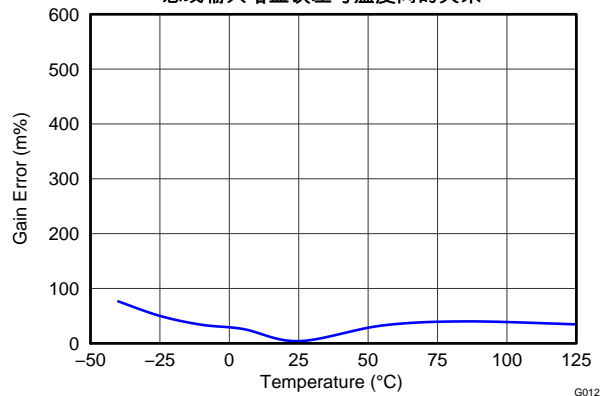


Figure 12.

输入偏置电流与共模电压间的关系

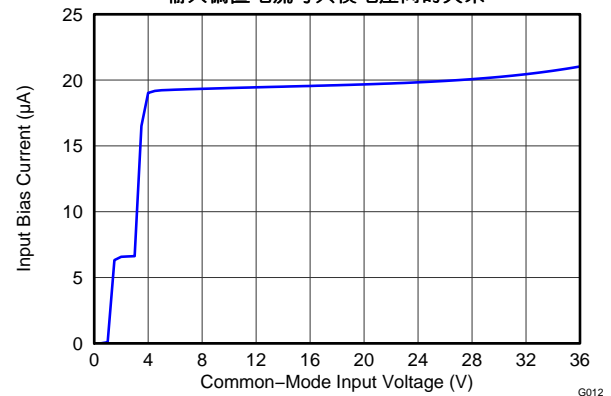


Figure 13.

典型特性 (continued)

在 $T_A=+25^{\circ}\text{C}$, $V_S=3.3\text{V}$, $V_{IN+}=12\text{V}$, $V_{SENSE}=(V_{IN+}-V_{IN-})=0\text{mV}$, $V_{BUS}=12\text{V}$ 时测得, 除非额外注明。

输入偏置电流与温度间的关系

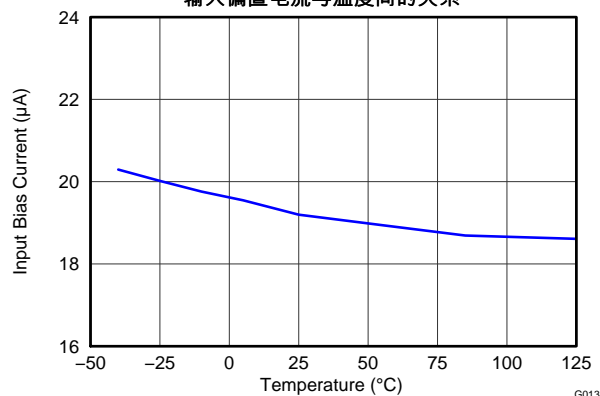


Figure 14.

输入偏置电流与温度的关系, 关断时

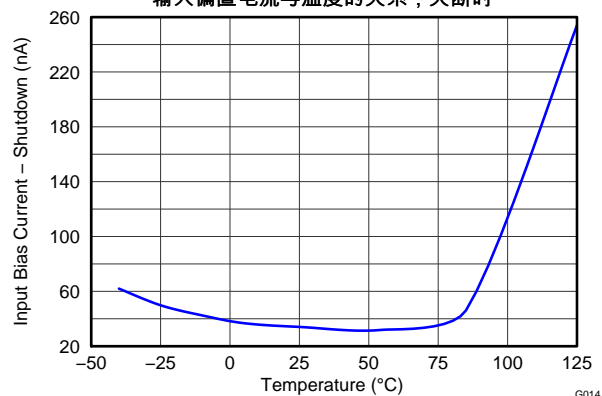


Figure 15.

有效 I_Q 与温度间的关系

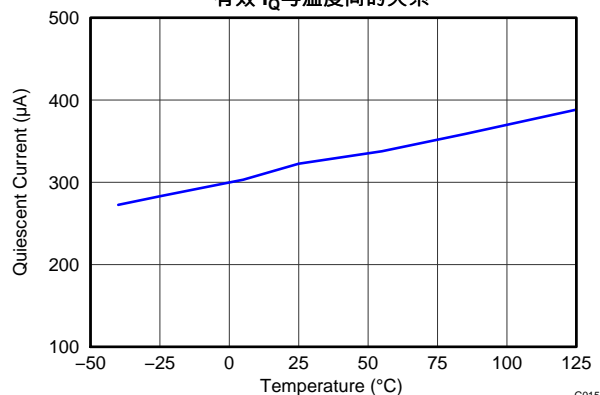


Figure 16.

关断 I_Q 与温度间的关系

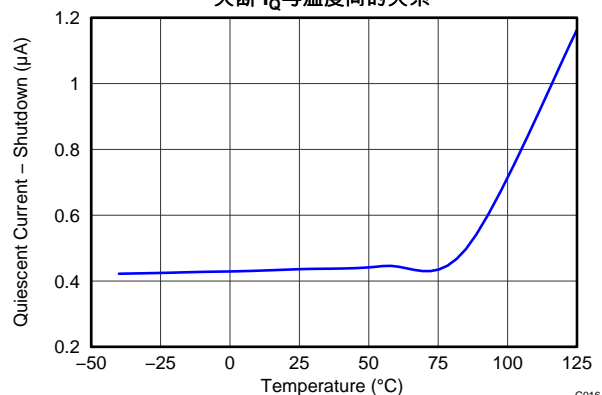


Figure 17.

有效 I_Q 与 I^2C 时钟频率间的关系

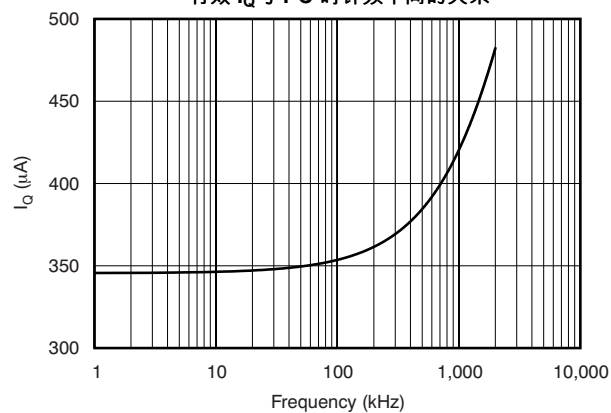


Figure 18.

关断 I_Q 与 I^2C 时钟频率间的关系

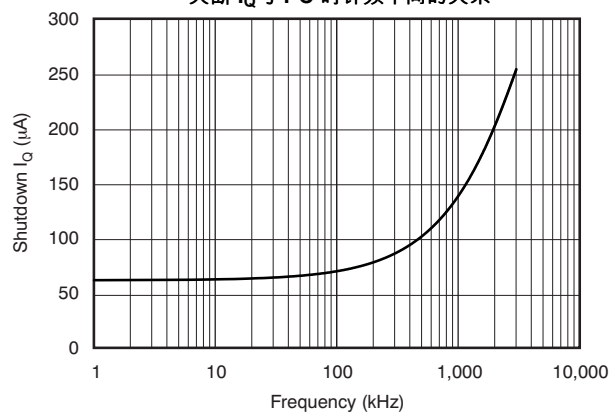


Figure 19.

应用信息

INA226 是一个数字电流分流监控器，此监控器有一个 I²C 和 SMBus 兼容接口。这个器件提供精密控制系统中准确决策所需的数字电流、电压、和功率读数。可编程寄存器可实现对测量解决方案以及持续与触发操作的灵活配置。详细的寄存器信息出现在这个数据表的底部，从 Table 2 开始。INA226 的方框图请见 [寄存器方框图](#)。

INA226 典型应用

[首页图表](#)显示了一个针对 INA226 的典型应用电路。为了实现电源旁通，将一个 0.1μF 的陶瓷电容器尽可能地放置在电源和接地引脚附近。

基本模数转换器 (ADC) 功能

INA226 在所用的电源总线上执行两次测量。从流经一个分流电阻器的负载电流上逐渐形成的电压生成了一个分流电压，此电压在 VIN+ 和 VIN- 引脚上测量。通过将这个电压连接至 V_{BUS} 引脚，此器件还能够测量电源总线电压。差分分流电压以 VIN- 引脚为基准点进行测量，而总线电压测量的基准点为接地。

INA226 通常由一个范围为 2.7V 至 5.5V 的独立电源供电。被监控的总线的电压变化范围为 0V 至 36V。请注意，基于针对总线电压寄存器的固定 1.25mV LSB，一个满刻度寄存器将引起一个 40.96V 的电压值。应用到 **INA226** 输入引脚上的实际电压值不应超过 **36V**。由于共模输入范围和电源电压互相独立，所以无需专门考虑电源排序；因此，总线电压与电源电压可在对方关闭时出现。

如注释中所述，INA226 进行两次测量，分流电压和总线电压。然后，基于校准寄存器的值，它将这些测量值转换为电流值，然后再计算功率。编辑校准寄存器的附加信息请参考 [配置/测量/计算示例](#) 部分。

INA226 有两个运行模式，持续模式和触发模式，这些模式确定转换之后 ADS 如何运行。当 INA226 处于正常运行模式中时（也就是说，配置寄存器中的 MODE（模式）位被设定为 '111'），它按顺序持续转换一个分流电压读数和总线电压读数。在分流电压读数之后，电流值被计算（按照 [Equation 3](#)）。然后这个电流值被用于计算功率结果（使用 [Equation 4](#)）。随后，这些值被存储在一个累加器中，测量/校准序列重复进行，直到达到配置寄存器中平均数集的数量。在每一个序列之后，测得的和计算所得值的现有集合被附加到之前采集到的值上。一旦所有这些平均计算完成，分流电压、总线电压、电流、和功率的最终值在相应的寄存器中进行更新并可被读取。这些值仍然保存在数据输出寄存器中，直到它们被下一个完全完成的转换结果所取代。对数据输出寄存器的读取并不会影响一个正在进行中的转换。

配置寄存器中模式控制位还允许选择模式来只转换分流电压或者总线电压，这是为了使用户能够配置监控功能以进一步适应特定应用的需要。

所有的电流和功率计算都在后台执行并不会增加转换时间。

在触发模式中，将被触发的转换模式中的任一个写入配置寄存器（也就是说，配置寄存器的 MODE 位被设定为 '001', '010', '011'）会触发一个单次转换。这个动作会产生一个测量的单一集合；因此，为了触发另外一个单次转换，配置寄存器必须被第二次写入，即使在模式不发生变化的情况下也是如此。

除了两个转换模式（持续和触发）之外，INA226 还有一个省电模式，此省电模式减少静态电流并关闭到 INA226 的电流输入，这样就减少了器件不被使用时的漏电源的影响。从省电模式完全恢复需要 40ms。INA226 的寄存器可在器件处于省电模式的情况下被写入和读取。器件保持在省电模式中，直到其中一个激活模式设置被写入到配置寄存器中。

虽然可随时读取 INA226，并且来自最后一次转换的数据依然可用，但是提供了转换准备就绪标志位（屏蔽/使能寄存器，CVRF 位）以帮助协调单次或者触发转换。转换准备就绪标志位在所有转换、平均值计算、和乘法操作之后被设定。

在以下情况下，转换准备就绪标志位被清除：

1. 写入配置寄存器，除非为省电模式配置 MODE 位的时候；或者
2. 读取状态寄存器时。

功率计算

如 [Figure 20](#) 所示，在分流电压和总线电压测量之后计算电流和功率值。在一个分流电压测量之后，基于校准寄存器内值的集合计算电流。如果校准寄存器内没有被载入的值，存储的电流值为零。在总线电压测量之后，基于之前计算出的电流值和测得的总线电压值，计算功率值。如果校准寄存器内没有被载入的值，那么存储的功率值为零。此外，这些计算在后台执行，并不会增加总体转换时间。这些电流和功率值被认为是中间值（除非取平均数操作被设定为 1）并且被存储在一个内部累加寄存器内，而非相应的输出寄存器。每次测得样本之后，新计算出的电流和功率值被添加到这个累加寄存器内，直到测得所有样本并根据配置寄存器内设定的平均数的数量对这些样本取平均值。

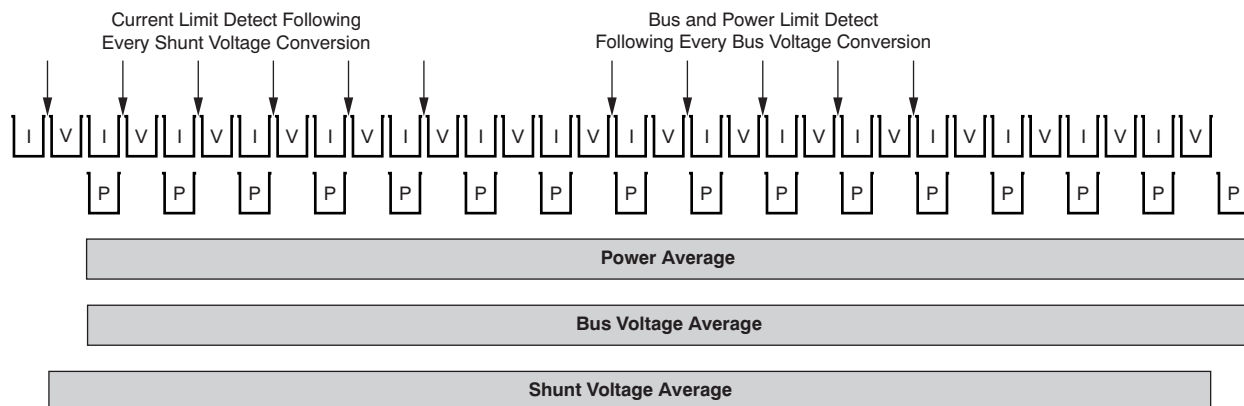


Figure 20. 功率计算方案

除了每个样本之后电流和功率的累加，分流电压和总线电压的测量值也被采集。一旦测得了所有样本并且相应的电流和功率计算已经完成，针对这些参数每一个的累加的均值被载入相应的输出寄存器，从这里可读取这些值。

取平均值操作和转换时间考虑

INA226 有针对分流电压和总线电压测量的可编辑转换时间。针对这些测量的转换时间可在最快 140 μ s 到最长 8.244ms 之间进行选择。转换时间设置，与可编辑取平均值模式一起，使得 INA226 能够被配置成在一个指定的应用中优化可用的时序要求。例如，如果一个系统要求数据每 5ms 读取一次，那么可将 INA226 的转换时间设定为 588 μ s，并且取平均数模式被设定为 4。这个配置使得数据大约每 4.7ms 更新一次。INA226 还可针对分流电压和总线电压测量被配置成一个不同的转换时间设置。此类方法在总线电压往往相对稳定的应用中比较常见。相对于分流电压测量，这个情况减少了总线电压测量所花费的时间。分流电压转换时间可被设定为 4.156ms，总线电压转换时间设定为 588 μ s，并且取平均值模式被设定为 1。这个配置也使得数据大约每 4.7ms 更新一次。

在转换时间的设置和使用的取平均值模式间可找到折中办法。通过有效地过滤信号，取平均值特性能够大大提升测量精度。这个方法使得 INA226 能够减少测量中的噪声，此类噪声也许是由耦合进入信号的噪声导致的。更多的平均数的数量使得 INA226 在减少测量的噪声成分中更加高效。

所选择的转换时间也会对测量精度有所影响。在 Figure 21 中可以看到所产生的影响。这里显示的多个转换时间说明了噪声对于测量的影响。为了实现尽可能高的精准测量，基于系统的时序要求，应该使用一个可允许的最长转换时间和平均数的最高数量的组合。

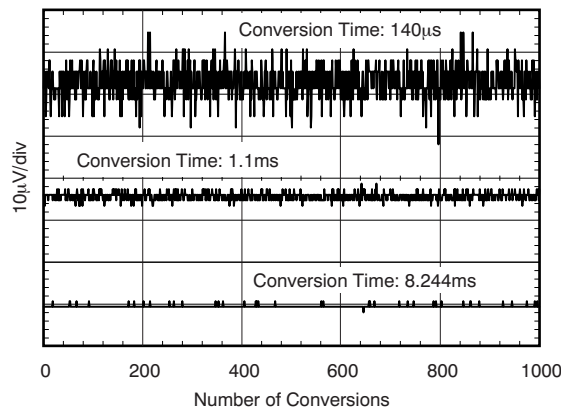


Figure 21. 噪声与转换时间间的关系

滤波和输入考虑

对电流的测量通常是一个会产生较多噪声的任务，而且很难定义所产生的噪声。通过允许在配置寄存器中独立选择转换时间和平均数的数量，INA226 为滤波提供了几个选项。可为分流电压和总线电压测量独立设定转换时间以使对电源总线监控的配置更加灵活。

内部 ADC 基于一个三角积分 ($\Delta\Sigma$) 前端，此前端有一个 500kHz ($\pm 30\%$) 的典型采样率。这个架构有比较好的固有噪声抑制；然而，在采样率谐波上或者其附件出现的瞬变会引起一些问题。由于这些信号的频率为 1MHz 或者更高，可通过在 INA226 的输入上混合进滤波来管理这些信号。高频使得在滤波器上使用低值串联电阻成为可能，而这对测量准确度的影响可以忽略。总的来说，只有当瞬态恰好出现在 500kHz ($\pm 30\%$) 采样率（大于 1MHz）的谐波上的时候才需要过滤 INA226 输入。使用尽可能低的串联电阻值（通常为 10Ω 或者更少）和一个陶瓷电容器的滤波器。最这个电容器的建议电容值为 $0.1\mu\text{F}$ 至 $1.0\mu\text{F}$ 。Figure 22 显示了在输入上增加了一个额外滤波器的 INA226。

对于 INA226 输入，过载情况是另外一个考虑因素。INA226 输入在输入上的额定耐受电压为 40V。一个大差分情况也许是分流的负载一侧短接至地。此类事件会导致分流上的满电源电压（只要电源或者储能电容器支持）。请牢记，拆除一个到接地的短接会导致超过 INA226 的 40V 差分 and 共模额定值的电感反冲。电感反冲最好由具有足够储能电容值的齐纳 (zener) 类型瞬态吸收器件（通常被称为瞬变电压抑制器 (transzorb)）来控制。

对于在分路的一侧或者两侧都没有较大的储能电解电容器的应用中，一个输入过应力情况有可能由一个应用到输入上的电压的过多 dV/dt 而导致。一个硬物理短路最有可能引起这一事件，特别是在没有大型电解电容器出现的应用中更是如此。出现这个问题是因为过多的 dV/dt 会激活处于提供大电流系统中的 INA226 内的 ESD 保护。测试显示为 INA226 每一个输入添加的 10Ω 串联电阻有效地保护这些输入不受这个高达 INA226 的 40V 额定值的 dV/dt 故障的影响。按照注释中给出的范围选择这些电阻器对准确度产生的影响最小。

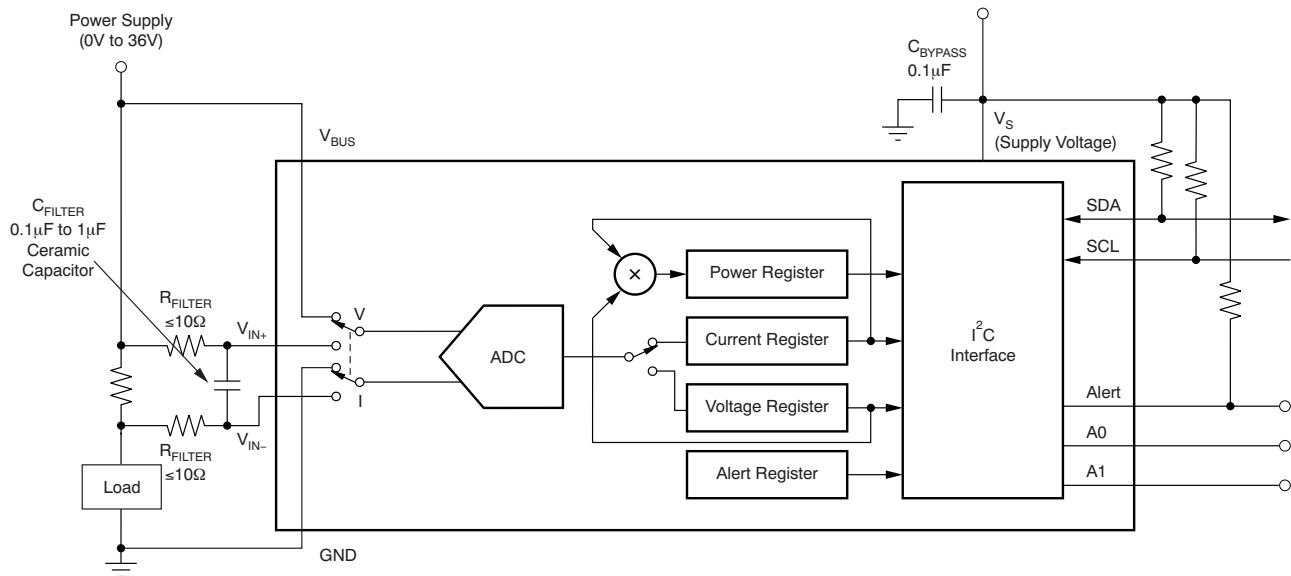


Figure 22. 带有输入滤波的 INA226

ALERT PIN (警报引脚)

INA226 有一个单一警报限值寄存器 (07h)，此寄存器允许对警报引脚进行编辑，如果需要，此引脚能够对一个单一用户定义的事件或者一个转换准备好通知做出响应。 屏蔽/使能寄存器允许用户从五个可用功能中选取一个功能来进行监控并且/或者设定转换准备就绪位来控制值警报引脚响应。 基于被监控的功能，一个值将随后被用户输入警报限值寄存器去设定相应的将警报引脚置为有效的门限值。

警报引脚可实现对几个可用警报功能中的某一个进行监控，从而确定是否已经超过了用户定义的阈值。 可被监控的五个警报功能如下：

- 分流电压超限 (SOL)
- 分流电压未超限 (SUL)
- 总线电压超限 (BOL)
- 总线电压未超限 (BUL)
- 功率超限 (POL)

ALERT 引脚是一个开漏输出。 当在屏蔽/使能寄存器中选择的警报功能超过在警报限值寄存器中设定的值时，这个引脚被置为有效。 每次只能启用和监控这些警报功能中的一个。 如果多个警报功能被启用，在最高有效位位置选择的功能获得优先级并对警报限值寄存器值做出响应。 例如，如果分流电压超限和分流电压未超限都被选，当分流电压超限寄存器超过警报限值寄存器中的值的时候，警报引脚被置成有效。

器件的转换准备就绪状态也可在警报引脚上被监控，从而在器件完成之前的转换并且已经准备好开始一个新转换时通知用户。 转换准备就绪可与警报功能中的一个在警报引脚上被监控。 如果一个警报功能和转换准备就绪都被启用为在 警报引脚上被监控，那么在警报引脚被置成有效后，屏蔽/使能寄存器必须在警报之后被读取以确定警报源。 通过读取转换准备就绪标志 (CVRF)，位 D3，屏蔽/使能寄存器中的警报功能标志 (AFF)，位 D4，可确定警报源。 如果不需要转换准备就绪特性，并且 CNVR 位未被设定，那么基于启用的警报功能，警报引脚只对一个超过警报限值的情况做出响应。

如果警报功能未被使用，警报引脚可保持悬空，从而不会影响器件的运行。

何时进行警报限值寄存器中的值与相应的被转换的值比较的相关时序请参考Figure 20。 例如，如果被启用的警报功能为分流电压超限 (SOL)，在每次分流电压转换之后，警报限值寄存器中的值与测得的分流电压相比较以确定是否测量值已经超过设定的限值。 只要测得的电压超过警报限值寄存器内设定的值，AFE，屏蔽/启用寄存器的位 4 就被置为高电平有效。 除了 AFE 位被置为有效，按照警报极性位 (APOL，屏蔽/使能寄存器的位 1)，警报引脚也被置为有效。 如果警报锁存被启用，AFE 和警报引脚在配置寄存器被写入或者屏蔽/使能寄存器被读取之前保持有效。

总线电压警报功能在每次总线电压转换后将测得的电压值与警报限值寄存器相比较，如果超过了限值门限的话，此功能就将 AFE 位和警报引脚置为有效。

功率超限警报功能也是在每次总线电压测量值转换之后将计算得到的功率值与警报限值寄存器内的值相比较，如果超过了限值门限的话，就将 AFE 位和 ALERT 引脚置为有效。

编辑 INA226

INA226 的一个重要方面就是它并不一定测量电流或者功率。INA226 测量在 VIN+ 与 VIN- 输入引脚间应用的差分电压，以及应用到 VBUS 引脚上的电压。为了使 INA226 能够报告电流和功率值，用户必须设定电流寄存器分辨率的值以及出现在应用中的分流电阻器的值以逐渐形成输入引脚间应用的差分电压。功率寄存器被内部设定为设定的 Current_LSB 的 25 倍。在计算校准寄存器值的时候，要使用 Current_LSB 与分流电阻器的值。根据测得的分流电压和总线电压值，INA226 使用这个值来计算相应的电流和功率值。

根据 Equation 1，可计算出校准寄存器的值。这个等式包含数据项 Current_LSB。这个是电流寄存器内为 LSB 设定的值。用户用这个值将电流寄存器中的值转换为实际的电流值（安培）。通过使用基于 Equation 2 所示的最大预期电流的最小允许的 Current_LSB，可获得针对电流寄存器的最高分辨率。虽然这个值产生最高分辨率，但是通常为 Current_LSB 选择一个高于这个值的最接近的约整数来将电流寄存器和功率寄存器的转换分别简化为安培值和瓦特值。数据项 RSHUNT 是用于在输入引脚上逐渐生成差分电压的外部分流器的值。Equation 1 中的值 0.00512 是一个确保缩放被适当保持的固定值。

$$CAL = \frac{0.00512}{Current_LSB \cdot R_{SHUNT}} \quad (1)$$

$$Current_LSB = \frac{\text{电流最小值} \quad \text{最大预期电流}}{2^{15}} \quad (2)$$

一旦校准寄存器已经被程序设定，根据对应的分流电压和总线电压测量值，电流寄存器和功率寄存器进行相应的更新。在校准寄存器被设定前，电流和功率寄存器保持为零。

配置/测量/计算示例

在这个例子中，如Figure 23所示，一个 10A 的标称负载值在一个 2mΩ 分流电阻上创建一个 20mV 的差分电压。INA226 的总线电压在外部 V_{BUS} 输入引脚上测得；在这个示例中，它被连接到 VIN- 引脚来测量传送到负载的电压电平。对于这个示例，由于分流电阻器上的压降导致 VIN- 引脚上的电压为 11.98V，V_{BUS} 引脚上的测量值小于 12V。

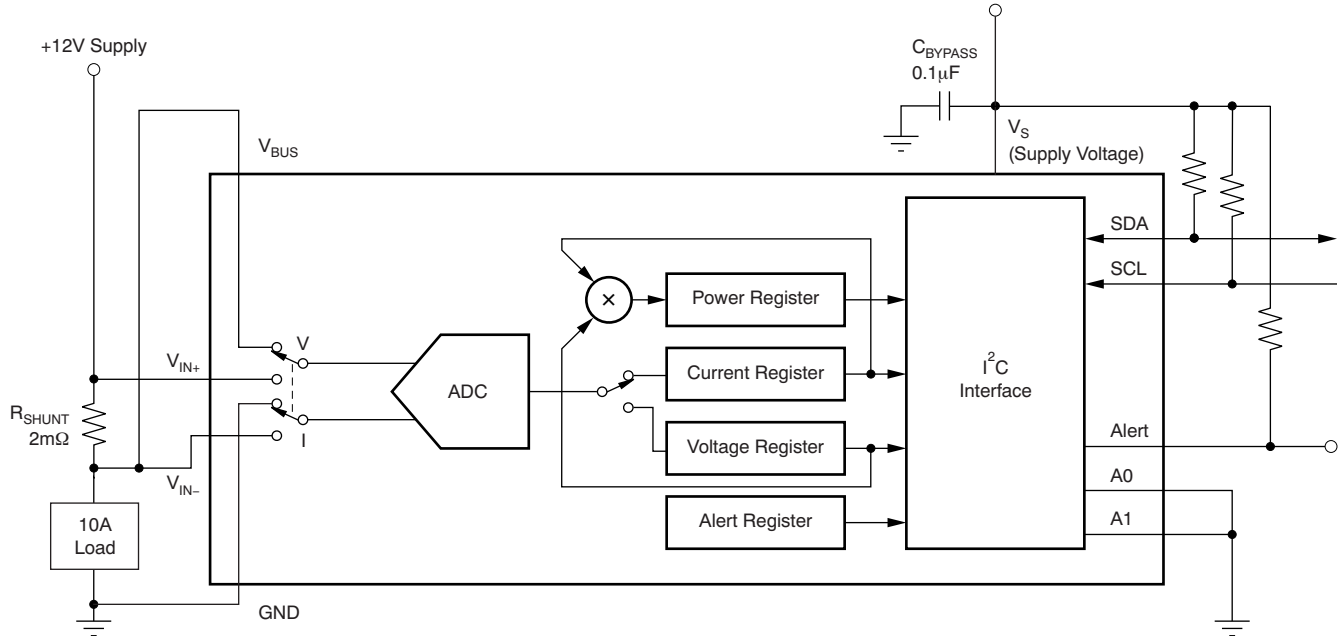


Figure 23. 示例电路配置

对于这个示例，假定预计的最大电流值为 15A，使用Equation 2计算出的 Current_LSB 为 457.7μA/位。在 Current_LSB 上使用为 500μA/位或者 1mA/位的值能够大大简化电流寄存器和功率寄存器向安培值和瓦特值的转换。在这个例子中，为电流 LSB 选择的值为 1mA/位。使用为 Current_LSB 设定的这个值为用户一侧上的更简单的转换过程换取了少量的分辨率。在这个电流 LSB 为 1mA/位并且分流电阻器为 2mΩ 的示例中使用Equation 1会生成一个 2560，或者 A00h 的校准寄存器的值。

然后，如Equation 3所示，通过将分流电压寄存器内容的十进制值与校准寄存器的十进制值相乘后除以 2048 来计算电流寄存器 (04h)。对于本例，分流电压寄存器包含一个 8000 的值，将这个值与校准寄存器的值 2560 相乘，然后除以 2048 来为电流寄存器生成一个 10000 的十进制值，或者 2710h。将这个值乘以 1mA/位得到示例中规定的最初 10A 电平。

$$\text{Current} = \frac{\text{并联电压} \cdot \text{校准寄存器}}{\text{ShuntVoltage} \cdot \text{CalibrationRegister}} \quad (3)$$

针对总线电压寄存器 (02h) 的 LSB 为一个值为 1.25mV/位的定值，这意味着 V_{BUS} 引脚上出现的 11.98V 电压会生成一个 2570h 的寄存器值，或者值为 9584 的十进制等值。请注意总线电压寄存器的 MSB 一直为零，这是因为 V_{BUS} 引脚只能测量正电压。

然后，如Equation 4中定义的那样，将电流寄存器的十进制值，10000，与总线电压寄存器的十进制值，9584 相乘，再除以 20000 可计算出功率寄存器 (03h) 的值。对于这个例子，功率寄存器的结果为 12B8h，或者一个值为 4792 的十进制等值。将这个结果与功率 LSB ($[1 \times 10^{-3}$ 电流 LSB] 的 25 倍) 相乘得到一个 (4792x25mW/位) 的功率计算值，或者 119.82W。功率 LSB 与电流 LSB 有一个固定比率，即 25W/位与 1A/位的比。对于这个例子，一个设定的值为 1mA/位的电流 LSB 会生成一个值为 25mW/位的功率 LSB。这个比率被内部设定以确保功率计算的缩放在一个可以接受的范围内。手工计算被传送到负载的功率是将一个值为 11.98V 的总线电压 ($12V_{CM}$ -20mV 分流压降) 乘上值为 10A 的负载电流，得到的结果为 119.8W。

电流 母线电压

Power = $\frac{\text{Current} \cdot \text{BusVoltage}}{20,000}$

功率

(4)

Table 1显示了为这个器件配置、测量、和计算电流和功率的步骤。

Table 1. 配置/测量/计算示例⁽¹⁾

| 步骤 # | 寄存器名称 | 地址 | 内容 | 十进制 | LSB | 值 |
|------|-------|-----|-------|-------|---------|---------|
| 步骤 1 | 配置 | 00h | 4127h | — | — | — |
| 步骤 2 | 分流 | 01h | 1F40h | 8000 | 2.5μV | 20 mV |
| 步骤 3 | 总线 | 02h | 2570h | 9584 | 1.25 mV | 11.98V |
| 步骤 4 | 校准 | 05h | A00h | 2560 | — | — |
| 步骤 5 | 电流 | 04h | 2710 | 10000 | 1mA | 10A |
| 步骤 6 | 电源 | 03h | 12B8h | 4792 | 25mW | 119.82W |

(1) 条件：负载 = 10A， V_{CM} =12V， R_{SHUNT} =2mΩ，并且 V_{BUS} =11.98V

编辑 INA226 功率测量引擎

校准寄存器和缩放

校准寄存器使得能够对电流和功率寄存器的缩放进行设定以找到对于一个特定应用最有用的值。一个策略就是设定校准寄存器，这样在预计的满量程点上在电流寄存器或者功率寄存器中生成最大的可能值。这个方法根据之前在用于校准寄存器的等式中的计算得出的最小 Current_LSB 来产生最大的分辨率。校准寄存器也可被选中来提供电流寄存器和功率寄存器中的值，这些值或者直接提供测得值的十进制等值，或者为每一个相应的寄存器产生一个取整 LSB 值。这些选择完成之后，校准寄存器也为最终用户提供可能的系统级校准。通过使用一个外部电表对电流进行物理测量，可以知道准确的电流值。然后，根据测得的 INA226 的电流结果，可对校准寄存器的值进行调整以消除Equation 5所示的全部系统误差。

测量分流电流

Corrected_Full_Scale_Cal = trunc $\left[\frac{\text{Cal} \times \text{MeasShuntCurrent}}{\text{INA226_Current}} \right]$

校正后的满刻度 IA226A电流

(5)

简单电流分流监控器用法 (无需编程)

如果只需读取一个分流压降，并且总线电压为缺省加电复位配置以及分流电压和总线电压为持续转换模式的话，不用对 INA226 进行任何编辑即可使用。

如果不对 INA226 校准寄存器进行编辑，那么器件将不能提供一个有效的电流或者功率值，这是因为这些输出都是源自载入到校准寄存器的值。

缺省 INA226 设置

寄存器的缺省加电状态显示在这个数据表的 [INA226 寄存器说明](#) 部分。这些寄存器是易变的，如果寄存器被设定为一个 [Table 2](#) 所示的缺省值之外的一个值的话，这些寄存器必须在每次器件加电时被重新编程。设定校准寄存器的详细信息专门在 [配置/测量/计算示例](#) 部分中给出并根据 [Equation 1](#) 进行计算。

寄存器信息

INA226 使用一组寄存器来保存配置设置、测量结果、最小/最大限值、和状态信息。[Table 2](#) 对 INA226 寄存器进行了汇总；这些寄存器的说明请参考 [Figure 1](#)

Table 2. 寄存器设置的汇总

| 指针地址 十六进制 | 寄存器名称 | 功能 | 加电复位 | | 类型 ⁽¹⁾ |
|--------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|-------|-------------------|
| | | | 二进制 | 十六进制 | |
| 0 | 配置寄存器 | 所有寄存器复位、分流电压和总线电压 ADC 转换时间和取平均值、运行模式。 | 01000001 00100111 | 4127 | R/ \overline{W} |
| 1 | 分流电压 | 分流电压测量数据 | 00000000 00000000 | 0000 | R |
| 2 | 总线电压 | 总线电压测量数据 | 00000000 00000000 | 0000 | R |
| 3 | 电源 ⁽²⁾ | 包含被传送到负载的计算出的功率值。 | 00000000 00000000 | 0000 | R |
| 4 | 电流 ⁽²⁾ | 包含流经分流电阻器的经计算的电流值。 | 00000000 00000000 | 0000 | R |
| 5 | 校准 | 设定满量程范围以及电流和功率测数的 LSB。总系统校准。 | 00000000 00000000 | 0000 | R/ \overline{W} |
| 6 | 屏蔽/使能 | 警报配置和转换准备就绪标志。 | 00000000 00000000 | 0000 | R/ \overline{W} |
| 7 | 警报限值 | 包含与所选警报功能相比较的限定值。 | 00000000 00000000 | 0000 | R/ \overline{W} |
| FF | 芯片编号 | 包含唯一的芯片标识号。 | ASCII | ASCII | R |

(1) 类型：R = 只读，R/ \overline{W} = 读取/写入。

(2) 由于校准寄存器缺省为 '0'，电流寄存器缺省为 '0'，在校准寄存器被编辑前，产生一个为零的电流和功率值。

寄存器详细信息

所有 16 位 INA226 寄存器是两个由 I²C 接口连接的 8 位字节寄存器组成。

配置寄存器00h (读取/写入)

| 位 # | D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|---------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|-------|-------|
| 位 名称 | RST | — | — | — | AVG2 | AVG1 | AVG0 | V _{BUS} CT2 | V _{BUS} CT1 | V _{BUS} CT0 | V _{SH} CT2 | V _{SH} CT1 | V _{SH} CT0 | MODE3 | MODE2 | MODE1 |
| POR 值 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

配置寄存器设置控制 INA226 的运行模式。 这个寄存器控制针对分流电压和总线电压测量的转换时间设置，以及使用的取平均数模式。 控制测量信号选择的运行模式也在配置寄存器中编辑。

可随时读取配置寄存器而不会影响器件设置或者正在进行中的转换。 对配置寄存器的写入会在写入序列完成前暂时停止任一进行中的转换，这会开始一个配置寄存器新内容的新转换。 这个特性防止用于下次已完成的转换的条件中的任何不确定性。

位说明

- RST :**
位 15

复位位
将这个位设置为 '1' 生成一个与加电复位一样的系统复位。 所有寄存器被复位为缺省值；这个位自我清除。
- AVG :**
位 9-11

取平均数模式
设定采集的样本数量并一起取平均值。 [Table 3](#)汇总了 AVG 位设置和针对每一个位的平均数的相关数量。

Table 3. AVG 位设置 [11:9]⁽¹⁾

| AVG2 D11 | AVG1 D10 | AVG0 D9 | 平均数的 数量 |
|-------------|-------------|------------|------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 4 |
| 0 | 1 | 0 | 16 |
| 0 | 1 | 1 | 64 |
| 1 | 0 | 0 | 128 |
| 1 | 0 | 1 | 256 |
| 1 | 1 | 0 | 512 |
| 1 | 1 | 1 | 1024 |

(1) 深色值为缺省值：

V_{BUSCT} : 总线电压转换时间

位 6-8 为总线电压测量设定转换时间。Table 4显示了 V_{BUSCT} 位选项和针对每一个位的相关转换时间。

Table 4. V_{BUSCT} 位设置 [8:6]⁽¹⁾

| V _{BUSCT2} D8 | V _{BUSCT1} D7 | V _{BUSCT0} D6 | 转换时间 |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 140μs |
| 0 | 0 | 1 | 204μs |
| 0 | 1 | 0 | 332μs |
| 0 | 1 | 1 | 588μs |
| 1 | 0 | 0 | 1.1ms |
| 1 | 0 | 1 | 2.116ms |
| 1 | 1 | 0 | 4.156ms |
| 1 | 1 | 1 | 8.244ms |

(1) 深色值为缺省值。

V_{SHCT} : 分流电压转换时间

位 3-5 为分流电压测量设定转换时间。Table 5显示了 V_{SHCT} 位选项和针对每一个位的相关转换时间。

Table 5. V_{SHCT} 位设置 [5:3]⁽¹⁾

| V _{SHCT2} D5 | V _{SHCT1} D4 | V _{SHCT0} D3 | 转换时间 |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 140μs |
| 0 | 0 | 1 | 204μs |
| 0 | 1 | 0 | 332μs |
| 0 | 1 | 1 | 588μs |
| 1 | 0 | 0 | 1.1ms |
| 1 | 0 | 1 | 2.116ms |
| 1 | 1 | 0 | 4.156ms |
| 1 | 1 | 1 | 8.244ms |

(1) 值为缺省值。

模式 : 操作模式

位 0-2 选择连续的、触发的、或者省电运行模式。这些位缺省为持续分流和总线测量模式。模式设置显示在Table 6中。

Table 6. 模式设置 [2:0]⁽¹⁾

| MODE3 D2 | MODE2 D1 | MODE1 D0 | 模式 |
|-------------|-------------|-------------|------------|
| 0 | 0 | 0 | 省电 |
| 0 | 0 | 1 | 分流电压、触发模式 |
| 0 | 1 | 0 | 总线电压、触发模式 |
| 0 | 1 | 1 | 分流和总线、触发模式 |
| 1 | 0 | 0 | 省电 |
| 1 | 0 | 1 | 分流电压、持续模式 |
| 1 | 1 | 0 | 总线电压、持续模式 |
| 1 | 1 | 1 | 分流和总线、持续模式 |

(1) 值为缺省值。

数据输出寄存器

分流电压寄存器 01h (只读)

分流电压寄存器存储分流器电压读数, V_{SHUNT} 。负数被表示为补码格式。通过对绝对值二进制数进行补数操作并加 1 来生产一个负数的补码。扩展符号, 通过设置 MSB='1' 来表示一个负数。

例子: 对于一个 $V_{SHUNT}=-80mV$ 的值:

1. 取绝对值: 80mV
2. 将这个值转变为一个完整的十进制数 ($80mV \div 2.5\mu V$)=32000
3. 将这个值转换为二进制 = 111 1101 0000 0000
4. 将这个二进制结果作补数操作 = 000 0010 1111 1111
5. 将这个补数加 '1' 来生成补码 = 000 0011 0000 0000
6. 扩展符号并创建 16 位字: 1000 0011 0000 0000=8300h

如果取平均数操作被启用, 那么这个寄存器显示平均后的值。 满量程范围 = 81.92mV (十进制数 = 7FFFF) ; LSB: 2.5 μV 。

| 位 # | D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 位名称 | 符号 | SD14 | SD13 | SD12 | SD11 | SD10 | SD9 | SD8 | SD7 | SD6 | SD5 | SD4 | SD3 | SD2 | SD1 | SD0 |
| POR 值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

总线电压寄存器 02h (只读) ⁽¹⁾

总线电压寄存器存储最近一次总线电压的读数, V_{BUS} 。

如果取平均数功能被启用, 那么这个寄存器显示平均值。 满量程范围 = 40.96V (十进制数 = 7FFF) ; LSB=1.25mV。

| 位 # | D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 位名称 | — | BD14 | BD13 | BD12 | BD11 | BD10 | BD9 | BD8 | BD7 | BD6 | BD5 | BD4 | BD3 | BD2 | BD1 | BD0 |
| POR 值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(1) 由于总线电压只能为正, 所以 D15 一直为零。

功率寄存器 03h (只读)

如果取平均数功能被启用, 那么这个寄存器显示平均值。

| 位 # | D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 位名称 | PD15 | PD14 | PD13 | PD12 | PD11 | PD10 | PD9 | PD8 | PD7 | PD6 | PD5 | PD4 | PD3 | PD2 | PD1 | PD0 |
| POR 值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

功率寄存器 LSB 被内部设定为 Current_LSB 设定值的 25 倍。

按照 Equation 4, 功率寄存器通过将电流寄存器的十进制值与总线电压寄存器的十进制值相乘来记录以瓦特为单位的功率值。

电流寄存器 04h (只读)

如果取平均数功能被启用，这个寄存器显示平均值。

| 位 # | D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-------|-------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 位名称 | CSIGN | CD14 | CD13 | CD12 | CD11 | CD10 | CD9 | CD8 | CD7 | CD6 | CD5 | CD4 | CD3 | CD2 | CD1 | CD0 |
| POR 值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

按照Equation 3，通过将分流电压寄存器中的十进制值与校准寄存器的十进制值相乘可计算出电流寄存器中的值。

校准寄存器 05h (读取/写入)

这个寄存器为 INA226 提供了分流电阻值，这个给出的电阻值用来创建测得的差分电压。它还设定电流寄存器的分辨率。通过编辑这个寄存器可设定电流 LSB 和功率 LSB。这个寄存器也被用于总体系统校准。编辑校准寄存器的更多信息，请见配置/测量/计算示例。

| 位 # | D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 位名称 | — | FS14 | FS13 | FS12 | FS11 | FS10 | FS9 | FS8 | FS7 | FS6 | FS5 | FS4 | FS3 | FS2 | FS1 | FS0 |
| POR 值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

屏蔽/使能寄存器 06h (读取/写入)

屏蔽/选择寄存器选择被启用的控制 ALERT 引脚的功能，以及引脚的运行方式。如果启用了多个功能，那么最高有效位警报功能 (D15-D11) 取得优先权并对警报限值寄存器做出响应。

| 位 # | D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|----|----|----|----|-----|------|-----|------|-----|
| 位名称 | SOL | SUL | BOL | BUL | POL | CNVR | — | — | — | — | — | AFF | CVRF | OVF | APOL | LEN |
| POR 值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

SOL : 分流电压过压
位 15 当分流电压寄存器超过警报限值寄存器中的值的时候，将这个位设为高电平将把警报引脚配置为有效。

SUL : 分流电压欠压
位 14 当分流电压寄存器压降低于警报限值寄存器中的值的时候，将这个位设为高电平将把警报引脚配置为有效。

BOL : 总线电压过压
位 13 当总线电压寄存器超过警报限值寄存器中的值的时候，将这个位设为高电平将把警报引脚配置为有效。

BUL : 总线电压欠压
位 12 当总线电压寄存器压降低于警报限值寄存器中的值的时候，将这个位设为高电平将把警报引脚配置为有效。

POL : 超限功率
位 11 当功率寄存器超过警报限值寄存器中的值的时候，将这个位设为高电平将把警报引脚配置为有效。

CNVR : 转换准备就绪
位 10 当转换准备就绪标志位，位 3，被置为有效表明此器件已经为下次转换做好准备时，将这个位设置为高电平将把警报引脚配置为有效。

AFF : 警报功能标志
位 4 虽然在 ALERT 引脚上一次只能监控一个警报功能，转换准备就绪也可被启用来使 ALERT 引脚生效。在一个警报之后读取警报功能标志位使用户能够确定报警源是否为警报功能。
当警报锁存使能位被设定为锁存模式时，只有当屏蔽/使能寄存器被读取时，警报功能标志位才被清除。当警报锁存使能位被设定为透明模式时，在下一个不会导致警报条件的转换之后警报功能标志位才被清除。

- CVRF :** 转换准备就绪标志
- 位 3 虽然可随时读取 INA226，并且来自最后一次转换的数据可用，被提供的转换准备就绪位有助于协调单次或者触发转换。这个转换位在所有转换、平均计算、和乘法运算完成后被设定。在下列单次模式的情况下，转换位被清除：
- 1.) 写入配置寄存器（除了省电或者禁用选择）
 - 2.) 读取屏蔽/使能寄存器
- OVF :** 数学溢出标志
- 位 2 如果算术运算导致一个溢出错误的话，这个位被置为 '1'。它表示电流和功率值也许是无效的。
- APOL :** 警报极性位；设定警报引脚极性。
- 位 1 1 = 被反相（高电平有效开采集器）
0 = 正常（低电平有效开采集器）（缺省值）
- LEN :** 警报锁存启用；配置警报引脚和标志位的锁存特性。
- 位 0 1 = 锁存被启用
0 = 透明（缺省值）
- 当警报锁存使能位被置为透明模式时，当故障被清除时，警报引脚和标志位被复位为它们的闲置状态。当警报锁存使能位被置为锁存模式时，警报引脚和标志位在一个故障后保持有效，直到屏蔽/使能寄存器被读取。

警报限值寄存器 07h（读取/写入）

警报限值寄存器包含用于与在屏蔽/使能寄存器中选择的寄存器相比较的值来确定是否超过一个限值。

| 位 # | D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 位名称 | AUL15 | AUL14 | AUL13 | AUL12 | AUL11 | AUL10 | AUL9 | AUL8 | AUL7 | AUL6 | AUL5 | AUL4 | AUL3 | AUL2 | AUL1 | AUL0 |
| POR 值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

总线概述

INA230 提供与 I²C 和 SMBus 接口的兼容性。I²C 与 SMBus 协议互相兼容。

在整个这个数据表中，I²C 的接口被用作主要示例，只有当讨论两个系统的差异时才指定 SMBus 协议。两条双向线路，SCL 和 SDA，将 INA226 连接至总线。SCL 和 SDA 均为开漏连接。

发起一个数据传输的器件被称为一个主器件，而受主控器件控制的器件为从器件。总线必须由一个生成串行时钟 (SCL)、控制总线访问、并生成开始和停止条件的主器件控制。

为了寻址一个特定的器件，主器件通过在 SCL 为高电平时将一个数据信号线路 (SDA) 的逻辑电平从高拉为低启动一个开始条件。所有总线上的从器件移入 SCL 上升沿上的从地址字节内，最后一位表明希望进行的读取或者写入操作。在第九个时钟脉冲期间，通过生成一个确认位 (ACK) 并将 SDA 下拉为低电平，被寻址的从器件对主器件做出响应。

然后数据传输被发起并且 8 位数据被发出，随后是一个确认位。在数据传输期间，SDA 必须在 SCL 为高电平的同时保持稳定。SCL 为高电平时 SDA 上的任何变化会被认为是一个开始或者停止条件。

一旦所有数据已被传送，主器件生成一个停止条件，这个停止条件被指示为在 SCL 为高电平的同时通过将 SDA 逻辑电平从低拉为高。INA226 在它的接口上包括一个 28ms 超时来防止锁住总线。

串行总线地址

为了与 INA226 通信，主器件必须首先通过一个从器件地址字节来进行从器件寻址。从器件地址字节包括 7 个地址位和 1 个方向位，这个方向位表明这个动作是读取还是写入操作。

INA226 有两个地址引脚：A0 和 A1。Table 7 描述了 16 个可能地址中每一个地址的引脚逻辑电平。每次总线通信时，对 A0 和 A1 引脚的状态进行采样并且应该在对接口采取任何操作前对这两个引脚的状态进行设定。

**Table 7. INA226 地址引脚和
从器件地址**

| A1 | A0 | 从器件地址 |
|-----------------|-----------------|---------|
| GND | GND | 1000000 |
| GND | V _{S+} | 1000001 |
| GND | SDA | 1000010 |
| GND | SCL | 1000011 |
| V _{S+} | GND | 1000100 |
| V _{S+} | V _{S+} | 1000101 |
| V _{S+} | SDA | 1000110 |
| V _{S+} | SCL | 1000111 |
| SDA | GND | 1001000 |
| SDA | V _{S+} | 1001001 |
| SDA | SDA | 1001010 |
| SDA | SCL | 1001011 |
| SCL | GND | 1001100 |
| SCL | V _{S+} | 1001101 |
| SCL | SDA | 1001110 |
| SCL | SCL | 1001111 |

串行接口

在 I²C 和 SMBus 上 INA226 只能运行为一个从器件。通过开漏 I/O 线路，SDA 和 SCL，可实现到总线的连接。SDA 和 SCL 引脚特有集成的峰值抑制滤波器和施密特触发器来大大减少输入峰值和总线噪声的影响。虽然在数字 I/O 线路中集成有峰值抑制功能，应该采用合适的电路板布局来大大减少进入通信线路的耦合数量。这个引入的噪声会从两条通信线路本身之间的电容耦合信号边沿或者从其它出现在系统中的开关噪声源产生。在一个印刷电路板 (PCB) 上两层之间与接地并联的路由走线通常能减少通信线路间的耦合效应。建议将通信线路屏蔽来减少有害噪声耦合进入数字 I/O 线路的可能性，这些有害噪声有可能会被错误的理解为开始或者停止命令。

INA226 支持针对快速 (1kHz 至 400kHz) 和高速 (1kHz 至 3.4kHz) 模式的传输协议。在所有被发送的数据字节中最高有效字节被首先发送。

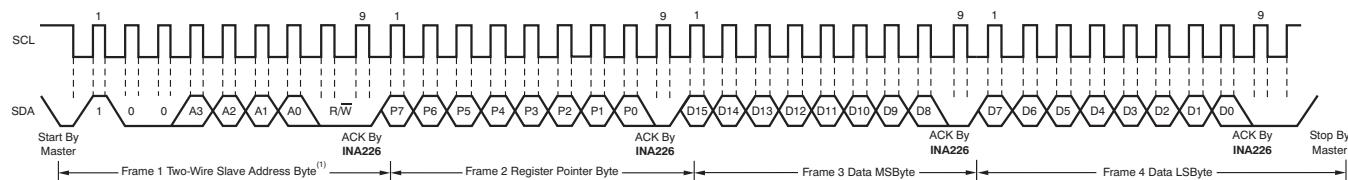
写入/读取 INA226

通过为寄存器指针写入适当的值，可实现到 INA226 上特定寄存器的访问。寄存器的完整列表和相对应的地址请参考 Table 2。寄存器指针的值（显示在 Figure 27 中）是 R/W 位为低电平的从器件地址字节之后被发送的第一个字节。到 INA226 的每次写入操作需要一个针对寄存器指针的值。

写入一个寄存器从主器件发送的第一个字节开始。这个字节为从器件地址，其中 R/\overline{W} 位为低电平。然后，INA226 确认接收到一个有效地址。主器件发送的下一个字节是将被写入的寄存器的地址。这个寄存器地址值将寄存器指针更新到所需的寄存器。下两个写入寄存器的字节由寄存器指针寻址。INA226 对接收到的每一个数据字节进行确认。通过生成一个开始或者停止条件，主器件可以终止数据传输。

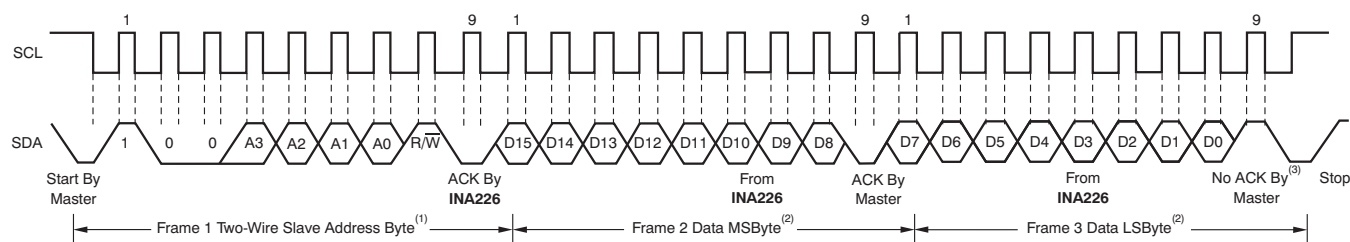
当从 INA226 进行读取操作时，一个写入操作存入寄存器指针的最后的值确定在读取操作期间应该读取哪一个寄存器。为了将寄存器指针更改为进行读取操作，必须在寄存器指针中写入一个新值。这个写入操作由发布一个从器件地址字节（其中 R/W 位为低电平），随后是寄存器指针字节来完成。无需额外的数据。然后，主器件生成一个开始条件并发出从器件地址字节（其中 R/W 位为高电平）来启动读取命令。从器件发送下一个字节，这个字节为寄存器指针标出的寄存器的最高有效字节。这个字节之后是一个来自主器件的确认；然后从器件发送最低有效字节。主器件确认接收到的数据字节。主器件可通过在接收任一数据字节之后生成一个不确认位 (NO ACK)，或者生成一个开始或者停止条件来终止数据传输。如果需要对一个寄存器进行重复的读取操作，无需一直发送寄存器指针字节；INA226 保持寄存器指针的值，直到这个值被下一个写入操作所更改。

Figure 24和Figure 25分别显示了写入和读取操作时序图。 请注意，首先发出的寄存器字节为最高有效字节，之后是最低有效字节。



(1) 通过 A0 和 A1 引脚的设置可确定从器件地址字节的值。请参考 Table 7。

Figure 24. 针对写入字格式的时序图



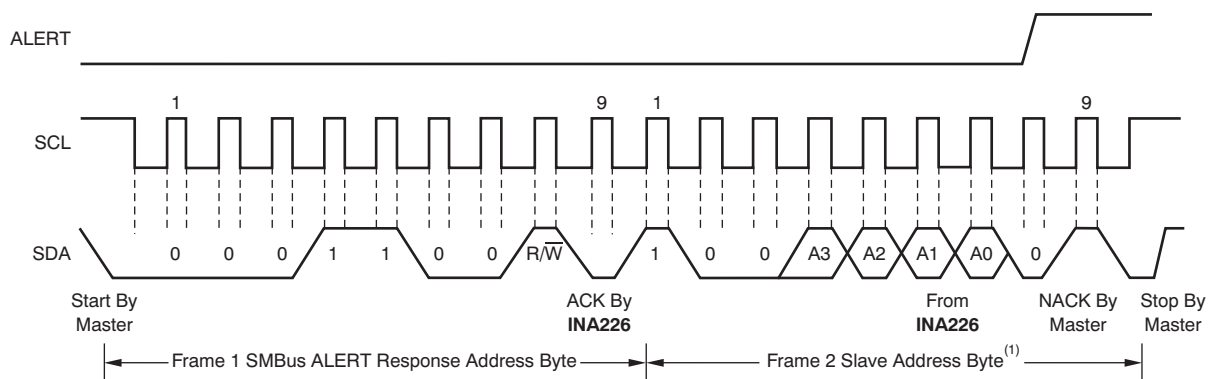
(1) 通过 A0 和 A1 引脚的设置可确定从器件地址字节的值。请参考Table 7。

(2) 从最后寄存器指针位置开始读取数据。如果需要一全新的寄存器，寄存器指针必须被更新。请见图表 23。

(3) 主器件的 ACK 也可被发出。

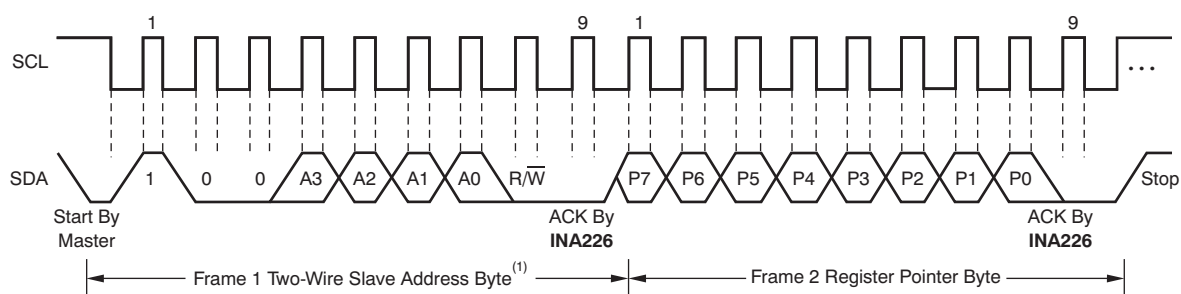
Figure 25. 读取字格式的时序图

Figure 26显示了针对 SMBus 警报响应操作的时序图。Figure 27说明了一个典型寄存器指针配置。



(1) 通过 A0 和 A1 引脚的设置可确定从器件地址字节的值。请参考Table 7。

Figure 26. SMBus ALERT 的时序图



(1) 通过 A0 和 A1 引脚的设置可确定从器件地址字节的值。请参考Table 7。

Figure 27. 典型寄存器指针设定

高速 I²C 模式

当总线空闲时，SDA 和 SCL 线路被上拉器件拉至高电平。主器件生成一个开始条件，随后是一个有效串行字节，此字节包含高速 (HS) 主器件代码 00001XXX。这个传输在不高于 400kHz 的快速 (400kHz) 和标准 (100kHz) (F/S) 模式上进行。INA226 不对 HS 主器件编码进行确认，但是会识别它并且打开其内部滤波器以支持 3.4MHz 运行。

然后，主器件生成一个重复的开始条件（一个重复的开始条件具有与开始条件一致的时序）。在这个重复的开始条件之后，协议与 F/S 模式一致，除非允许的传输速度高达 3.4MHz。除了使用一个停止条件，应该使用重复开始条件来保护 HS 模式中的总线。一个停止条件终止 HS 模式并打开 INA226 中的所有滤波器以支持 F/S 模式。

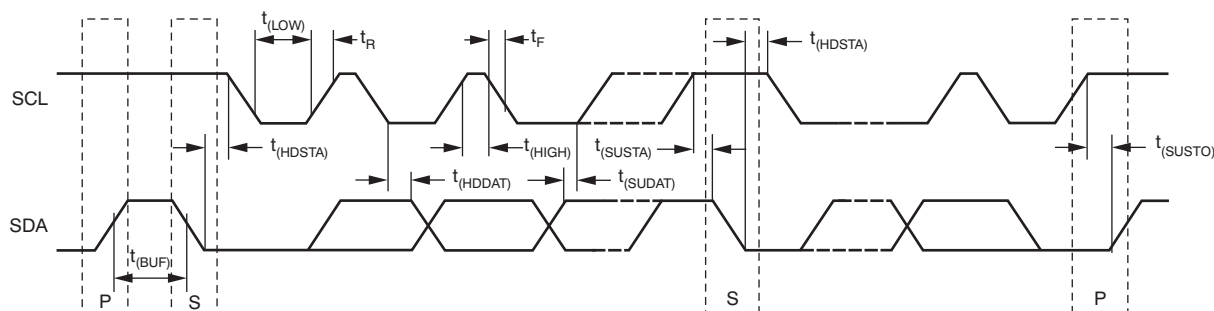


Figure 28. 总线时序图

总线时序图定义

| 参数 | | 快速模式 | | 高速模式 | | 单位 |
|---|---------------|-------|------|-------|-----|-----|
| | | 最小值 | 最大值 | 最小值 | 最大值 | |
| SCL 运行频率 | $f_{(SCL)}$ | 0.001 | 0.4 | 0.001 | 3.4 | MHz |
| 停止条件和开始条件之间的总线空闲时间 | $t_{(BUF)}$ | 600 | | 160 | | ns |
| 重复 START 条件之后的保持时间。 在这个周期后，第一个时钟被生成。 | $t_{(HDSTA)}$ | 100 | | 100 | | ns |
| 重复开始条件建立时间 | $t_{(SUSTA)}$ | 100 | | 100 | | ns |
| STOP 条件建立时间 | $t_{(SUSTO)}$ | 100 | | 100 | | ns |
| 数据保存时间 | $t_{(HDDAT)}$ | 0 | | 0 | | ns |
| 数据建立时间 | $t_{(SUDAT)}$ | 100 | | 10 | | ns |
| SCL 时钟低周期 | $t_{(低)}$ | 1300 | | 160 | | ns |
| SCL 时钟高周期 | $t_{(高)}$ | 600 | | 60 | | ns |
| 时钟/数据下降时间 | t_F | | 300 | | 160 | ns |
| 时钟/数据上升时间 | t_R | | 300 | | 160 | ns |
| 针对 $SCLK \leq 100$ kHz 的时钟/数据上升时间 | t_R | | 1000 | | | ns |

SMBus 警报响应

INA226 被设计用于响应 SMBus 警报响应地址。SMBus 警报响应为简单从器件提供一个快速故障识别。当一个警报出现时，主器件能够广播警报响应从器件地址 (0001 100) (其中读取/写入位被设定为高电平)。这个警报响应之后，任何生成警报的从器件通过确认警报响应并在总线上发送它们各自的地址来识别自身。

警报响应能够同时激活几个不同的从器件，这一点与 I²C 常规调用相似。如果多于一个从器件试图进行响应，那么采用总线仲裁规则来决定由谁进行响应。在仲裁中失败的器件不生成一个确认并且在中断被清除前将警报线路继续保持在低电平。

PACKAGING INFORMATION

| Orderable Device | Status (1) | Package Type | Package Drawing | Pins | Package Qty | Eco Plan (2) | Lead/Ball Finish | MSL Peak Temp (3) | Op Temp (°C) | Top-Side Markings (4) | Samples |
|------------------|---------------|--------------|--------------------|------|----------------|----------------------------|------------------|----------------------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| INA226AIDGSR | ACTIVE | VSSOP | DGS | 10 | 2500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU NIPDAUAG | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 226 | Samples |
| INA226AIDGST | ACTIVE | VSSOP | DGS | 10 | 250 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU NIPDAUAG | Level-2-260C-1 YEAR | -40 to 125 | 226 | Samples |

(1) The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

(3) MSL, Peak Temp. -- The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

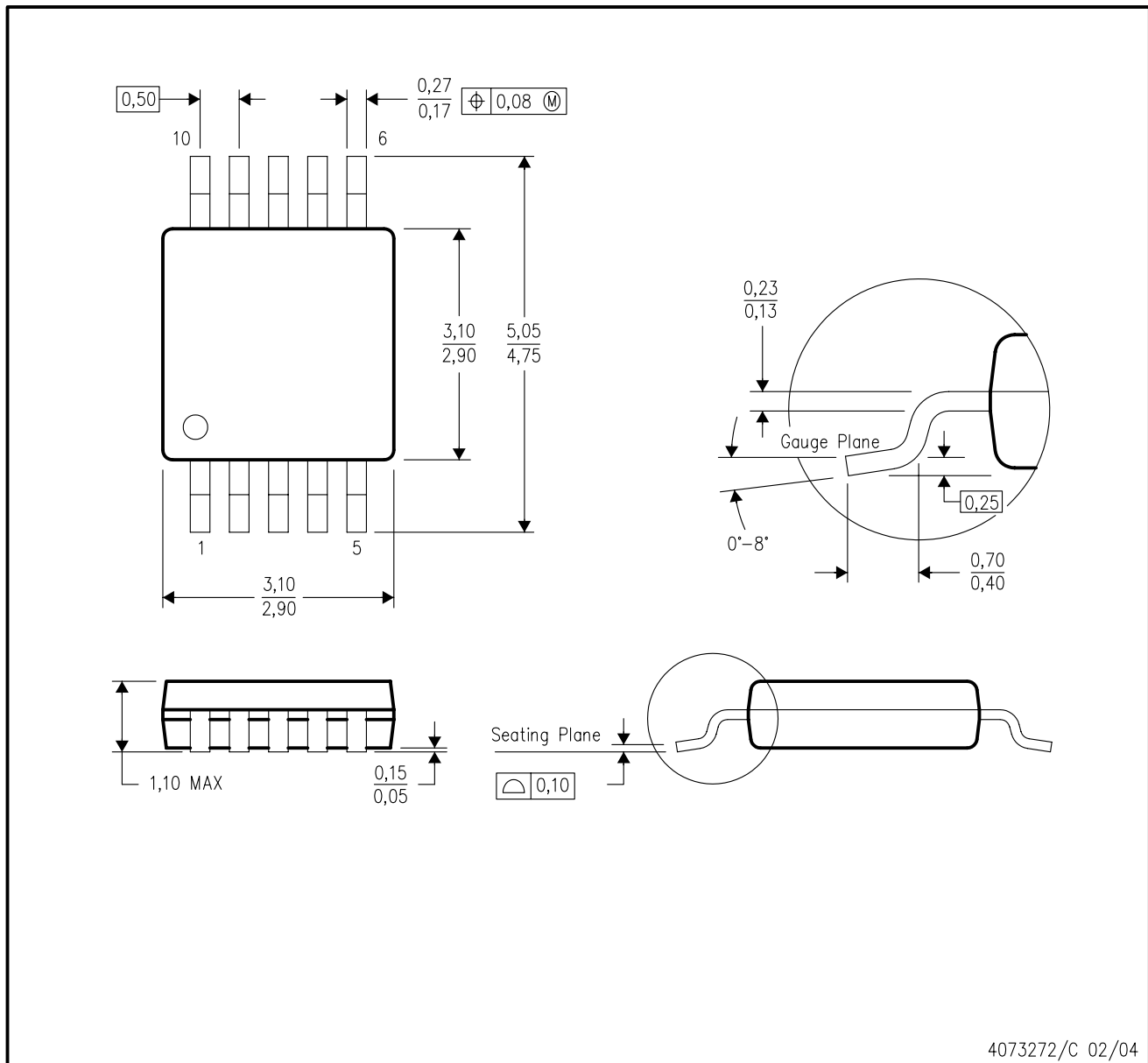
(4) Multiple Top-Side Markings will be inside parentheses. Only one Top-Side Marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Top-Side Marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

DGS (S-PDSO-G10)

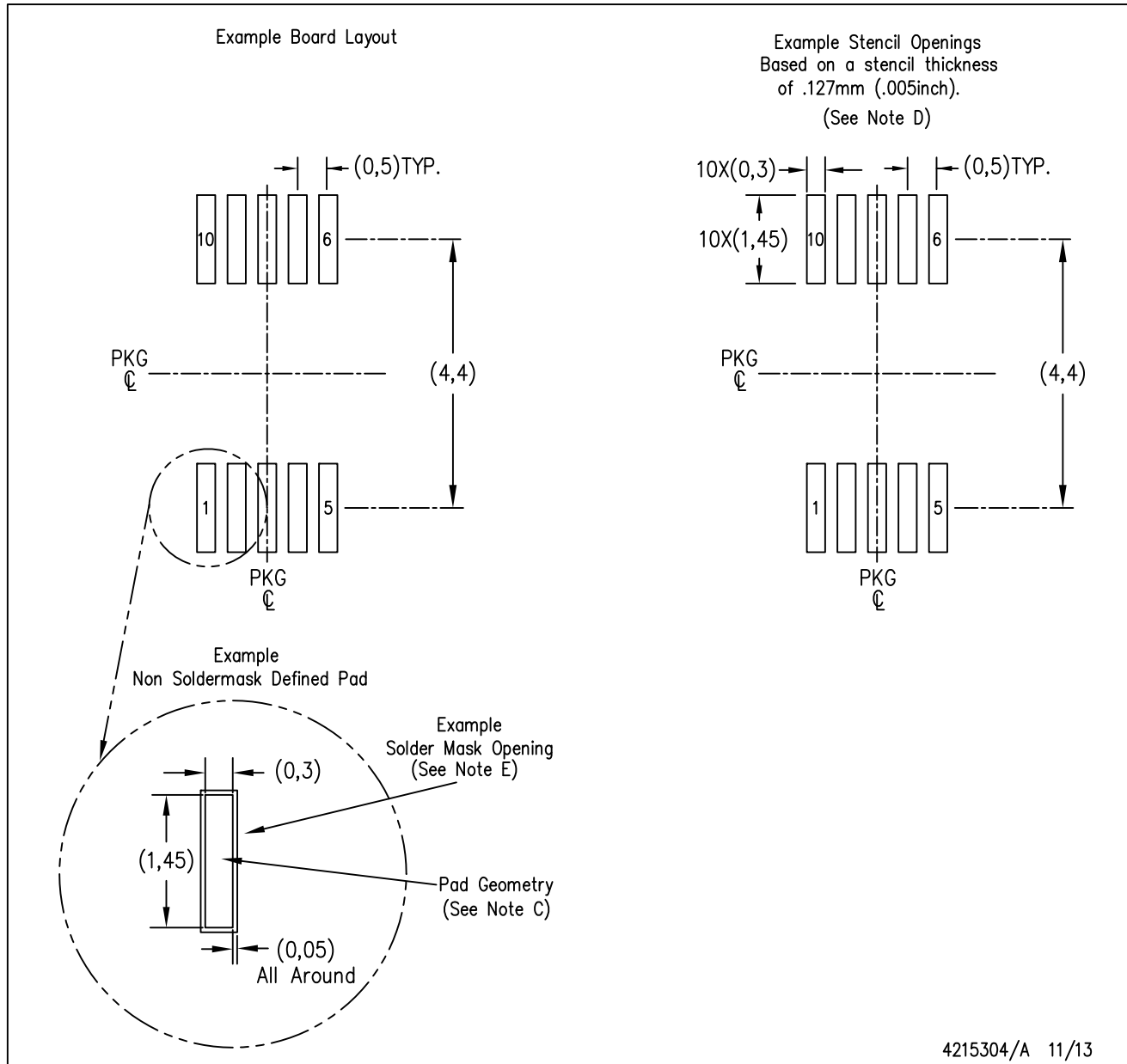
PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



- NOTES:
- All linear dimensions are in millimeters.
 - This drawing is subject to change without notice.
 - Body dimensions do not include mold flash or protrusion.
 - Falls within JEDEC MO-187 variation BA.

DGS (S-PDSO-G10)

PLASTIC SMALL OUTLINE PACKAGE



- NOTES:
- All linear dimensions are in millimeters.
 - This drawing is subject to change without notice.
 - Publication IPC-7351 is recommended for alternate designs.
 - Laser cutting apertures with trapezoidal walls and also rounding corners will offer better paste release. Customers should contact their board assembly site for stencil design recommendations. Refer to IPC-7525 for other stencil recommendations.
 - Customers should contact their board fabrication site for solder mask tolerances between and around signal pads.

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 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, 并有权根据 JESD48 最新标准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 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为 有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件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 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 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 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 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。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件 或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品 相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见 故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因 在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特 有的可满足适用的功能安全性标准 and 要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使 用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同 意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独 力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要 求, TI 不承担任何责任。

| | 产品 | | 应用 |
|---------------|--|--------------|--|
| 数字音频 | www.ti.com.cn/audio | 通信与电信 | www.ti.com.cn/telecom |
| 放大器和线性器件 | www.ti.com.cn/amplifiers | 计算机及周边 | www.ti.com.cn/computer |
| 数据转换器 | www.ti.com.cn/dataconverters | 消费电子 | www.ti.com.cn/consumer-apps |
| DLP® 产品 | www.dlp.com | 能源 | www.ti.com.cn/energy |
| DSP - 数字信号处理器 | www.ti.com.cn/dsp | 工业应用 | www.ti.com.cn/industrial |
| 时钟和计时器 | www.ti.com.cn/clockandtimers | 医疗电子 | www.ti.com.cn/medical |
| 接口 | www.ti.com.cn/interface | 安防应用 | www.ti.com.cn/security |
| 逻辑 | www.ti.com.cn/logic | 汽车电子 | www.ti.com.cn/automotive |
| 电源管理 | www.ti.com.cn/power | 视频和影像 | www.ti.com.cn/video |
| 微控制器 (MCU) | www.ti.com.cn/microcontrollers | | |
| RFID 系统 | www.ti.com.cn/rfidsys | | |
| OMAP应用处理器 | www.ti.com.cn/omap | | |
| 无线连通性 | www.ti.com.cn/wirelessconnectivity | 德州仪器在线技术支持社区 | www.deyisupport.com |

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 © 2013 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司