



## 高或者低侧测量， 双向电流/功率监视器，此监视器具有 I<sup>2</sup>C™ 接口

查询样品: [INA230](#)

### 特性

- 总线电压感测从 **0V 至 +28V**
- 高或者低侧感测
- 电流、电压、和功率报告
- 高精度：
  - **0.5%** 增益误差（最大值）
  - **50μV** 偏移（最大值）
- 可配置取平均选项
- 可编程警报阈值
- 电源运行电压：**2.7V 至 5.5V**
- 封装方式：**3mm x 3mm, 16 引脚四方扁平无引线 (QFN) 封装**

### 应用范围

- 智能电话
- 平板电脑
- 服务器
- 计算机
- 电源管理
- 电池充电器
- 电源
- 测试设备

### 说明

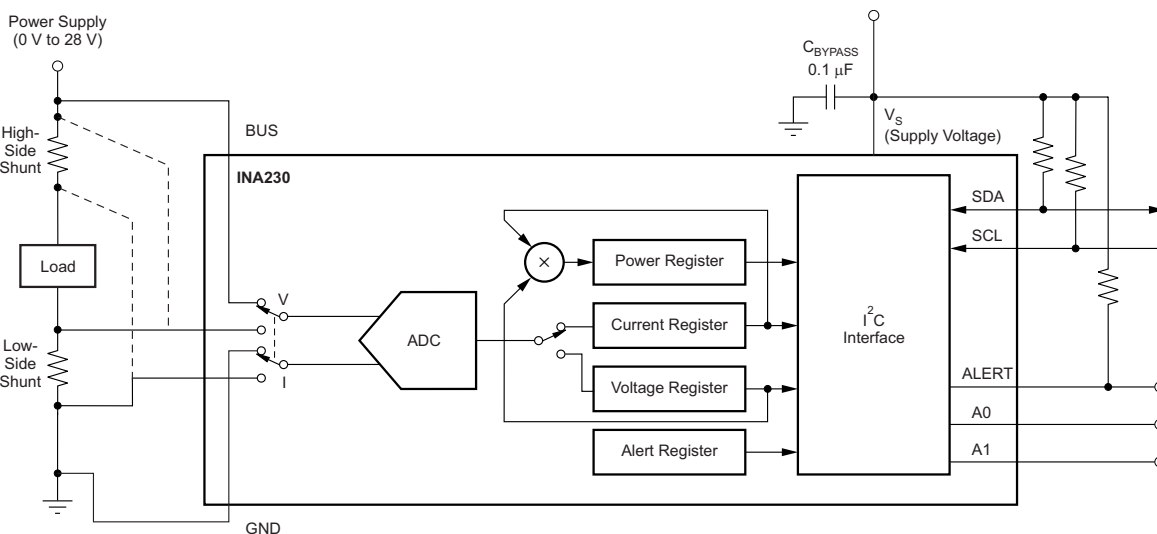
INA230 是一款具有 I<sup>2</sup>C 接口（特有 16 个可编程地址）的双向电流和功率监视器。INA230 监视分路电压压降和总线电源电压。可编程校准值、转换时间、和取平均值，与一个内部乘法器相组合，实现电流值（安培）和功率值（瓦）的直接读取。

INA230 感测总线（电压介于 0V 至 28V）上的电流，此器件由单一 2.7V 至 5.5V 电源供电，电源电流消耗 330μA（典型值）。INA230 额定运行温度范围为 -40°C 至 +125°C。

### 相关产品

说明	器件
具有看门狗、峰值保持、和快速比较器功能的电流/功率监视器	<a href="#">INA209</a>
小型封装内的零漂移、低成本、模拟电流分路监视器系列产品	<a href="#">INA210, INA211, INA212, INA213, INA214</a>
具有两线制接口的零漂移、双向电流功率监视器	<a href="#">INA219</a>
具有两线制接口的高或者低侧、双向电流/功率监视器	<a href="#">INA220</a>

### 高或者低侧感测



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.

I<sup>2</sup>C is a trademark of NXP Semiconductors.

All other trademarks are the property of their respective owners.



这些装置包含有限的内置 ESD 保护。

存储或装卸时，应将导线一起截短或将装置放置于导电泡棉中，以防止 MOS 门极遭受静电损伤。

### 封装信息

产品	封装-引线	封装指示符	封装标识
INA230	QFN-16	RGT	I230

### 绝对最大额定值

自然通风条件下的工作温度范围（除非另有说明）

		INA230	单位
电源电压, $V_S$		6	V
模拟输入, $IN+$ , $IN-$	差分电压 ( $V_{IN+}$ )-( $V_{IN-}$ )	-30 至 +30	V
	共模	-0.3 至 +30	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

**电气特性**

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

参数	条件	INA230			单位
		最小值	典型值	最大值	
<b>分流输入</b>					
分流电压输入范围		-81.92		81.9175	mV
共模抑制 (CMR)	$V_{IN+}=0\text{V}$ 至 $+28\text{V}$	100	120		dB
$V_{OS}$	分流偏移电压, RTI		$\pm 10$	$\pm 50$	$\mu\text{V}$
		$T_A=-40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$		0.1	0.5
电源抑制比 (PSRR)	与电源的关系		10		$\mu\text{V}/\text{V}$
<b>总线输入</b>					
总线电压输入范围		0		28	V
$V_{OS}$	总线偏移电压, RTI		$\pm 5$	$\pm 30$	mV
		$T_A=-40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$		10	40
PSRR	与电源间的关系		2		mV/V
	总线引脚输入阻抗		830		k $\Omega$
<b>输入</b>					
$I_{IN+}$ , $I_{IN-}$	输入偏置电流		10		$\mu\text{A}$
	输入泄漏	$(V_{IN+})+(V_{IN-})$ , 断电模式	0.1	0.5	$\mu\text{A}$
<b>DC 精度</b>					
	模数转换器 (ADC) 本地分辨率		16		位
1 LSB 阶跃幅度	分流电压		2.5		$\mu\text{V}$
	总线电压		1.25		mV
分流电压增益错误			0.2	0.5	%
	$T_A=-40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$		10	50	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
总线电压增益错误			0.2	0.5	%
	$T_A=-40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$		10	50	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
	微分非线性		$\pm 0.1$		LSB
ADC 转换时间	CT 位 = 000		140	154	$\mu\text{s}$
	CT 位 = 001		204	224	$\mu\text{s}$
	CT 位 = 010		332	365	$\mu\text{s}$
	CT 位 = 011		588	646	$\mu\text{s}$
	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
<b>系统管理总线 (SMBus)</b>					
	SMBus 超时		28	35	ms
<b>数字输入/输出</b>					
	输入电容		3		pF
	输入漏电流	$0 \leq V_{IN} \leq V_S$	0.1	1	$\mu\text{A}$
$V_{IH}$	高电平输入电压		$0.7(V_S)$	6	V
$V_{IL}$	低电平输入电压		-0.5	$0.3(V_S)$	V
$V_{OL}$	低电平输出电压 (SDA, ALERT) (串行数据, 警报)	$I_{OL}=3\text{mA}$	0	0.4	V
	滞后		500		mV

## 电气特性 (接下页)

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

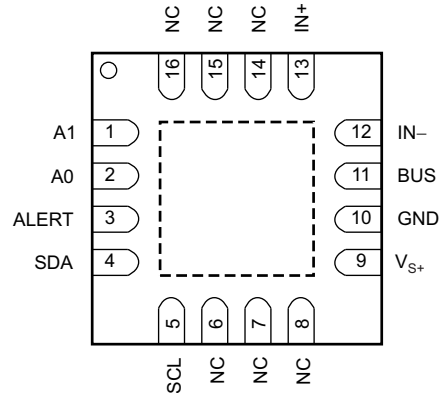
参数	条件	INA230			单位
		最小值	典型值	最大值	
电源					
运行电源电压		+2.7		+5.5	V
静态电流			330	420	$\mu\text{A}$
	省电模式		0.5	2	$\mu\text{A}$
加电复位阈值			2		V
温度					
额定温度		-40		+125	$^\circ\text{C}$

## 热性能信息

热度量		INA230		单位
		RGT (QFN)		
		10 引脚		
$\theta_{JA}$	结到环境热阻	46.1		$^\circ\text{C}/\text{W}$
$\theta_{JCTop}$	结至芯片外壳 (顶部) 热阻	58.4		
$\theta_{JB}$	结至电路板热阻	19.1		
$\psi_{JT}$	结至顶部的特征参数	1.3		
$\psi_{JB}$	结至电路板的特征参数	19.1		
$\theta_{JCbott}$	结至芯片外壳 (底部) 热阻	4.7		

## 引脚配置

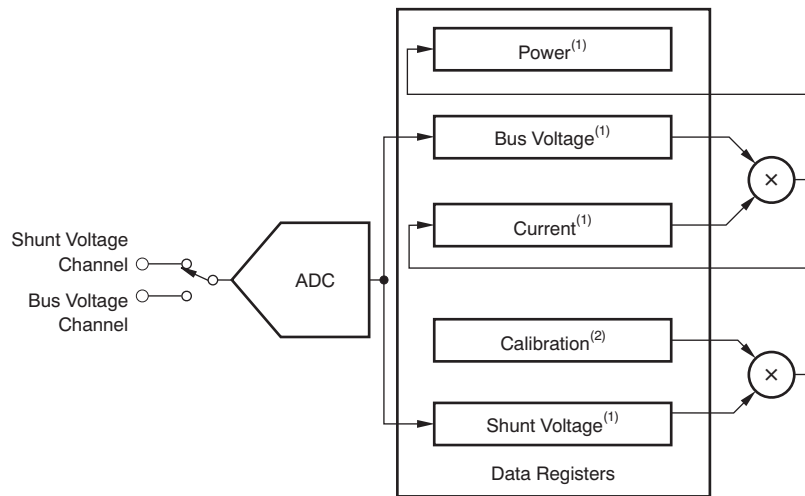
**RGT 封装**  
四方扁平无引线封装 (QFN)-16  
(顶视图)



## 引脚说明

引脚		模拟/数字输入/输出	说明
名称	编号		
A0	2	数字输入	地址引脚。连接到 GND, SCL, SDA, 或 $V_S$ 。显示了引脚配置和相应的地址。
A1	1	数字输入	地址引脚。连接到 GND, SCL, SDA, 或 $V_S$ 。显示了引脚配置和相应的地址。
警报	3	数字输出	多用途警报、开漏输出。
GND	10	模拟	接地
NC	6, 7, 8, 14, 15, 16	—	无内部连接
SCL	5	数字输入	串行总线时钟线路、开漏输入。
SDA	4	数字输入/输出	串行总线数据线路, 开漏输入/输出。
总线	11	模拟输入	总线电压输入
IN-	12	模拟输入	负差分分流电压输入。连接到分流电阻器的负载一侧。
IN+	13	模拟输入	正差分分流电压输入。连接到分流电阻器的电源一侧。
$V_S$	9	模拟	电源, 2.7V 至 5.5V。
散热垫			这个散热垫可被连接至接地或者保持悬空。

寄存器方框图



- (1) 只读
- (2) 读取/写入

Figure 1. 寄存器方框图

典型特性

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

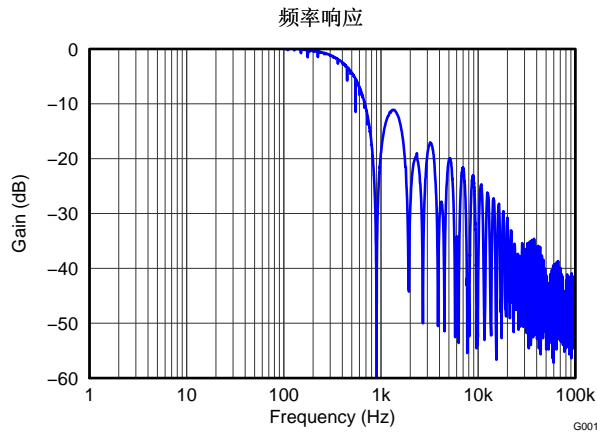


Figure 2.

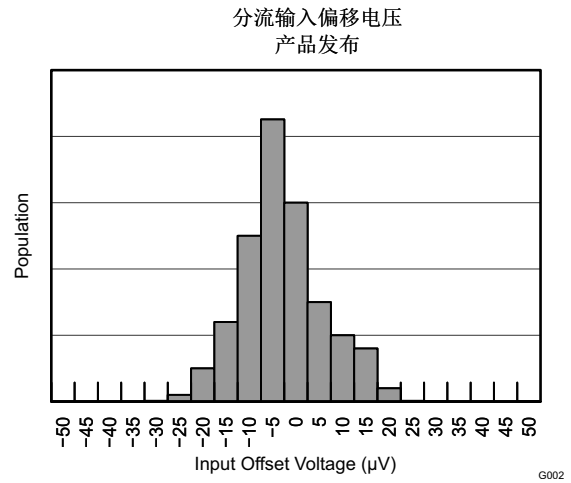


Figure 3.

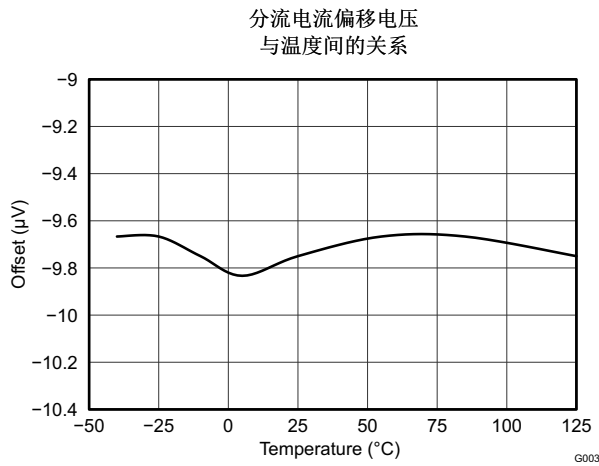


Figure 4.

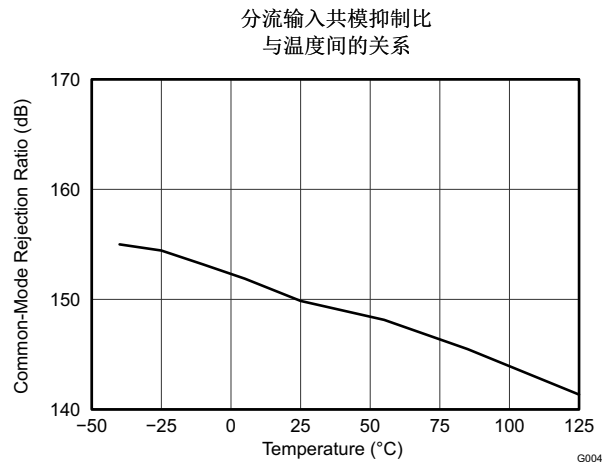


Figure 5.

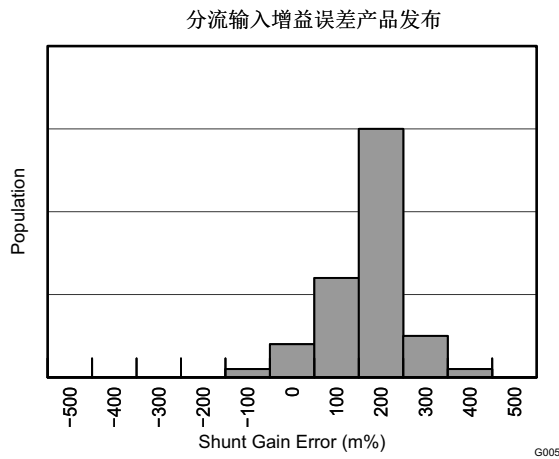


Figure 6.

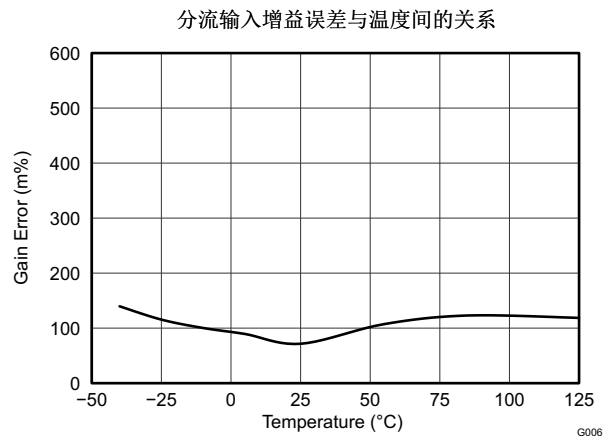


Figure 7.

典型特性 (continued)

在  $T_A=+25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_S=+3.3\text{ V}$ ,  $V_{IN+}=12\text{ V}$ ,  $V_{SENSE}=(V_{IN+}-V_{IN-})=0\text{mV}$ , 以及  $V_{BUS}=12\text{V}$  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

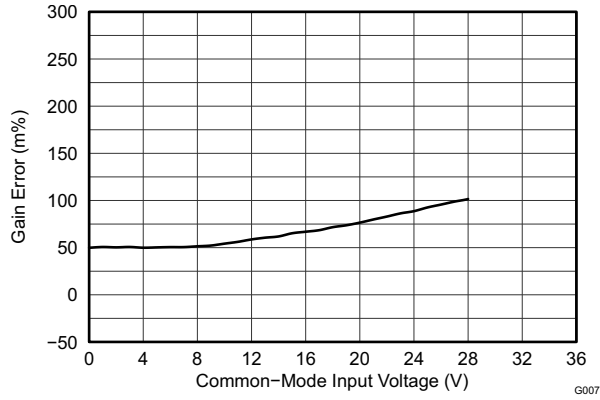


Figure 8.

总线输入偏移电压  
产品发布

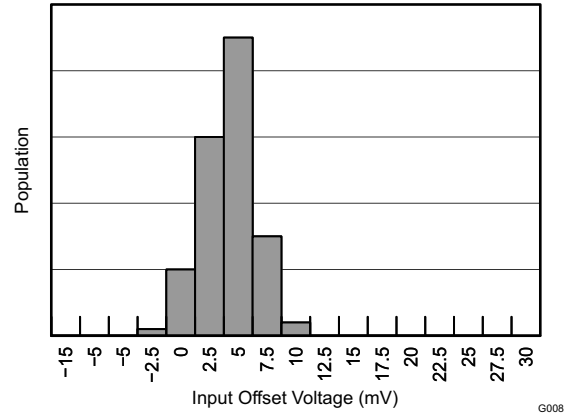


Figure 9.

总线输入偏移电压与温度间的关系

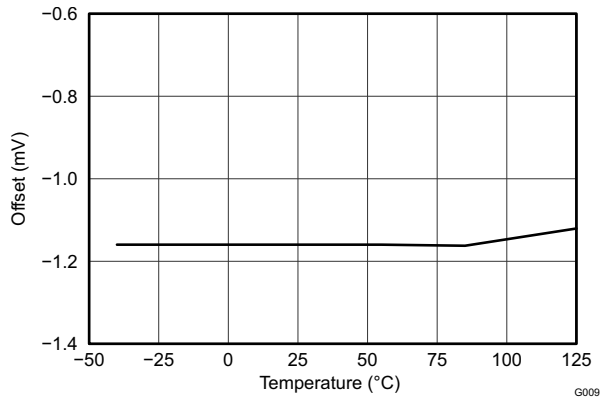


Figure 10.

总线输入增益误差产品发布

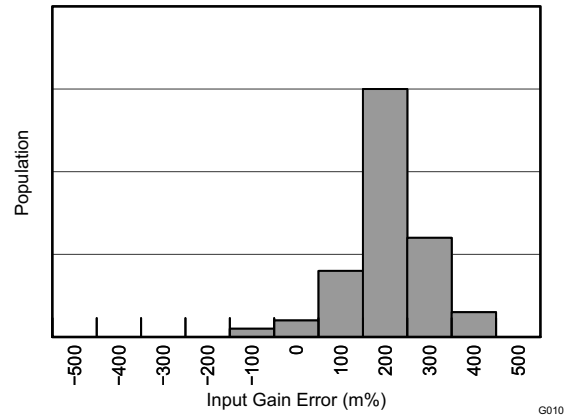


Figure 11.

总线输入增益误差与温度间的关系

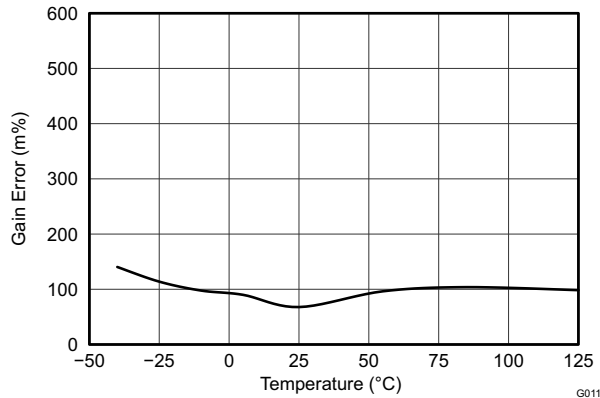


Figure 12.

输入偏置电流与共模电压间的关系

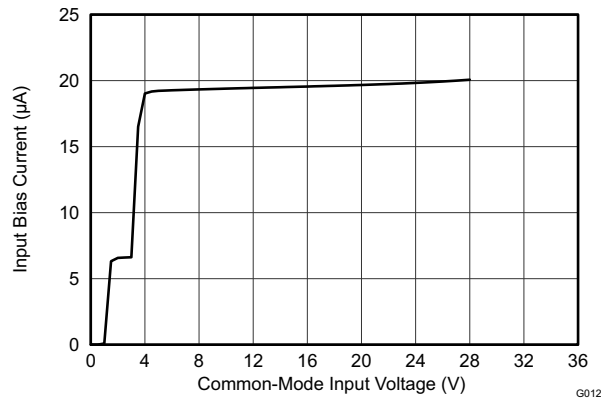


Figure 13.

典型特性 (continued)

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

输入偏置电流与温度间的关系

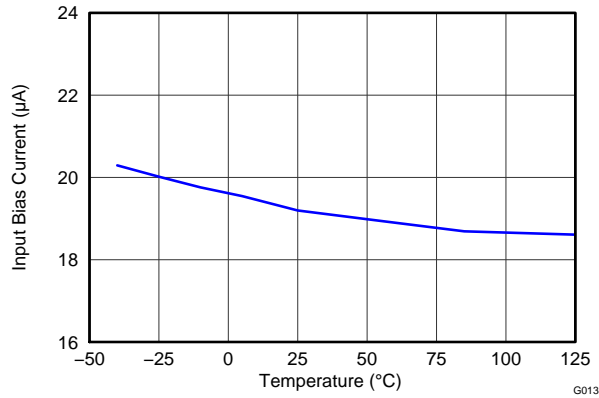


Figure 14.

输入偏置电流与温度的关系、关断时

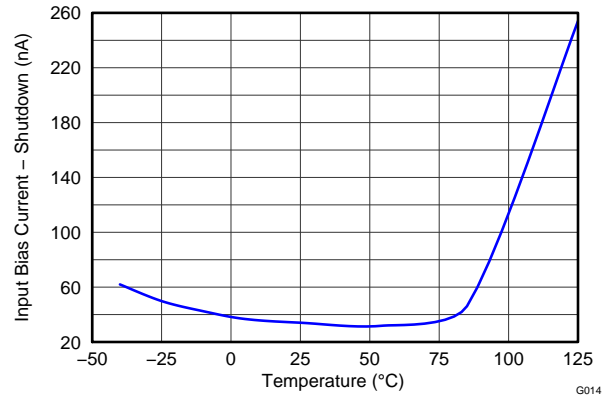


Figure 15.

有效  $I_Q$  与温度间的关系

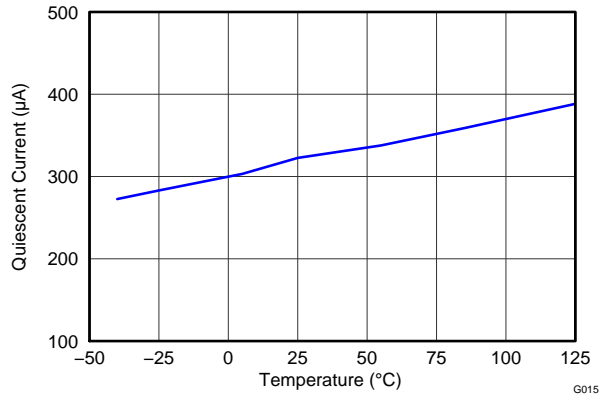


Figure 16.

关断  $I_Q$  与温度间的关系

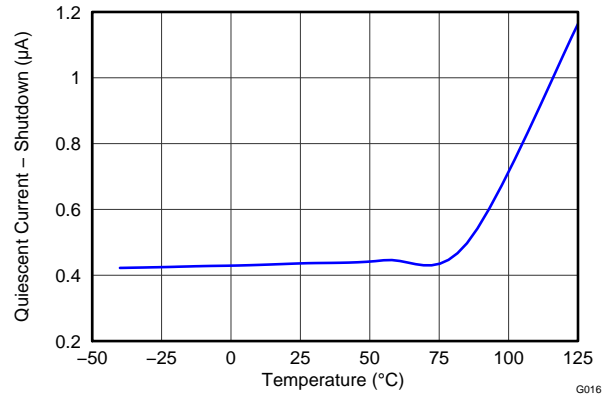


Figure 17.

有效  $I_Q$  与  $I^2C$  时钟频率间的关系

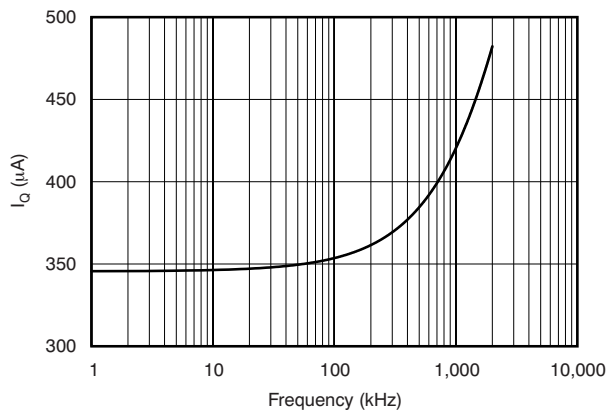


Figure 18.

关断  $I_Q$  与  $I^2C$  时钟频率间的关系

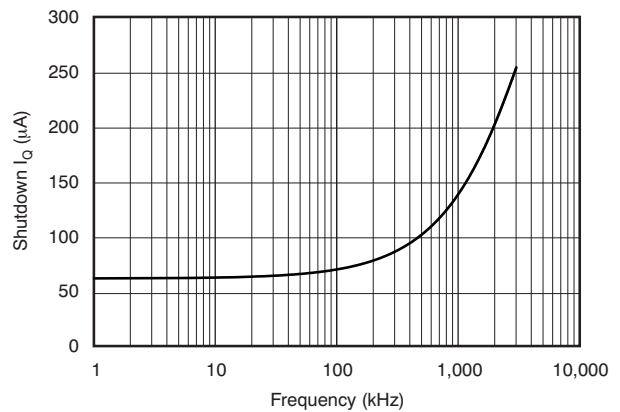


Figure 19.

## 应用信息

INA230 是一个数字电流分流监控器，此监控器有一个 I<sup>2</sup>C 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，从开始。INA230 的方框图请见。

### INA230 典型应用

上一页的 [图](#)显示了一个针对 INA230 的典型应用电路。为了实现电源旁通，将一个 0.1 $\mu$ F 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

INA230 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信号，此信号在 IN+ 和 IN- 引脚上测量。通过将这个电压连接至 BUS (总线) 引脚，此器件还能够测量电源总线电压。差分分流电压以 IN- 引脚为基准点进行测量，而总线电压测量的基准点为接地。

INA230 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 28V。注释：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。然而，应用到 INA230 输入引脚上的实际电压值不应超过 28V。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独立出现。

如注释中所述，INA230 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。

INA230 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 INA230 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一个总线电压读数。在读取分流电压之后，电流值按照进行计算。然后在在中用这个电流值计算功率结果。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。请注意，电流和功率计算是基于校准寄存器中设定的值。如果校准寄存器未被编辑，那么电流和功率计算的值为零。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。所有这些平均计算完成后，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值所取代。对数据输出寄存器的读取并不会影响一个正在进行的转换。

配置寄存器中模式控制位还允许选择特定模式来只转换分流电压或者总线电压，这是为了使监控功能配置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。为了触发另外一个单次转换，配置寄存器必须被再次写入，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，INA230 还有一个省电模式，此省电模式减少静态电流并关闭到 INA230 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。INA230 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 INA230，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 (CVRF 位，屏蔽/使能寄存器) 以帮助协调单次或者触发转换。CVRF 位在所有转换、平均值计算、和乘法操作在一个单周期内完成之后被设定。

在以下情况下，CVRF 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。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（除非平均计算被设定为 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。

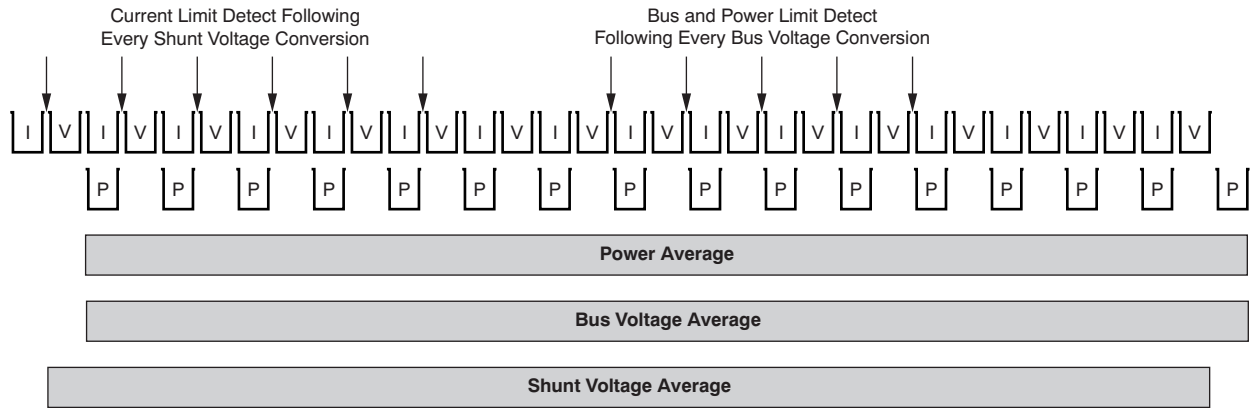


Figure 20. 功率计算方案

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搜集起来。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。

### 平均计算和转换时间考虑

INA230 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  $140\mu\text{s}$  到最长  $8.244\text{ms}$  之间进行选择。转换时间设置，与可编辑平均模式一起，使得 INA230 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  $5\text{ms}$  读取一次，那么可将 INA230 的转换时间设定为  $500\mu\text{s}$ ，并且平均模式被设定为 4。这个配置使得数据大约每  $4.7\text{ms}$  更新一次。INA230 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  $4.156\text{ms}$ ，总线电压转换时间设定为  $588\mu\text{s}$ ，并且平均模式被设定为 1。这个配置也使得数据大约每  $4.7\text{ms}$  更新一次。

在转换时间的设置和使用的平均模式间可找到折中办法。通过有效地过滤信号，平均特性能够大大提升测量精度。这个方法使得 INA230 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 INA230 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。

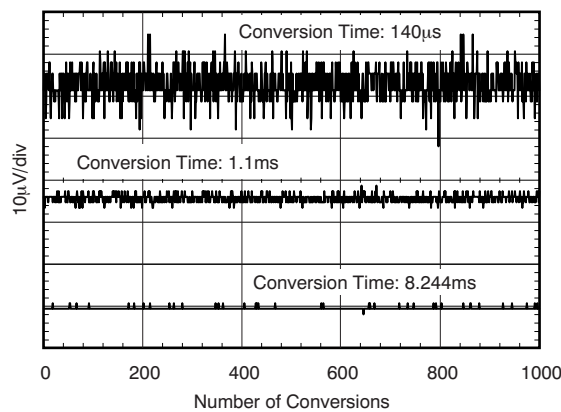


Figure 21. 噪声与转换时间间的关系

## 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，INA230 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态会引起一些问题。由于这些信号的频率为 1MHz 或者更高，可在 INA230 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 ( $\pm 30\%$ ) 采样率的（大于 1MHz）谐波上的时候才需要过滤 INA230 输入。使用尽可能低的串联电阻值（通常为 10 $\Omega$  或者更少）和一个陶瓷电容器的滤波器。对这个电容器的建议电容值为 0.1 $\mu\text{F}$  至 1.0 $\mu\text{F}$ 。显示了在输入上增加了一个额外滤波器的 INA230。

对于 INA230 输入，过载情况是另外一个考虑因素。INA230 输入在输入上的额定耐受电压为 30V。一个大差分情况也许是分流器的负载一侧短接至地造成的。此类事件会导致分流器上的满电源电压（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 INA230 的 30V 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。

对于在分路器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 INA230 内的 ESD 保护。测试已显示与 INA230 每个输入串联的 10 $\Omega$  额外电阻器有效地保护这些输入不受这个高达 INA230 的 30V 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。

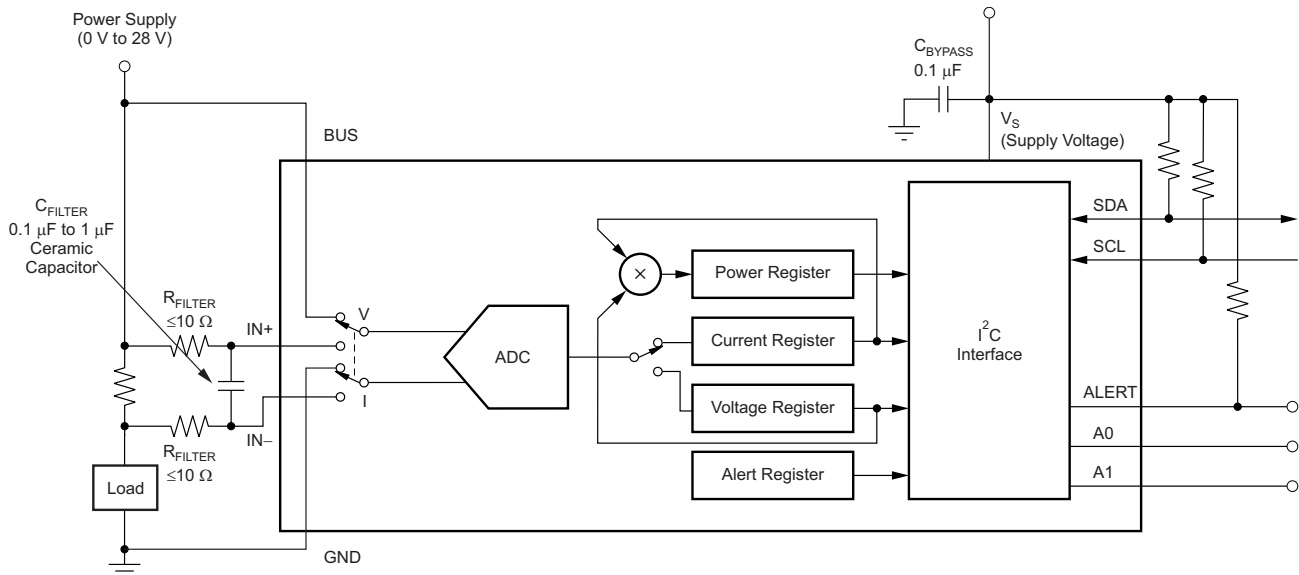


Figure 22. 带有输入滤波的 INA230

## ALERT PIN (警报引脚)

INA230 有一个单一警报限值寄存器 (07h)，此寄存器允许对 ALERT 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/使能寄存器允许从五个可用功能中选取一个功能来监控并且/或者设定转换准备就绪位 (CNVR，屏蔽/使能寄存器) 来控制值 ALERT 引脚响应。基于被监控的功能，一个值将随后被输入警报限值寄存器去设定相应的将 ALERT 引脚置为有效的门限值。

ALERT 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 SOL 和 SUL 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，ALERT 引脚被置成有效。

器件的转换准备就绪状态也可在 ALERT 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。转换准备就绪位 (CVRF) 可与警报功能中的一个在 ALERT 引脚上被监控。如果一个警报功能和 CNVR 位都被启用为在 ALERT 引脚上被监控，那么在 ALERT 引脚被置成有效时，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 CVRF 位 (D3)，屏蔽/使能寄存器中的 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，ALERT 引脚只对一个超过的警报限值做出响应。

如果警报功能未被使用，ALERT 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。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 位 (D4，屏蔽/启用寄存器) 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, D1，屏蔽/使能寄存器)，ALERT 引脚也被置为有效。如果警报锁存被启用，AFE 位和 ALERT 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 (BOL 和 BUL，屏蔽/使能寄存器) 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 ALERT 引脚置为有效。

功率超限警报功能 (POL，屏蔽/使能寄存器) 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。

借助于警报功能的将设定的警报限定值与每个相应的转换结果相比较，在一个转换周期内，即使信号的平均值并未超过警报限值，也有可能发出一个警报。基于这个中间转换的警报的触发可比更新的平均输出数据寄存器更快地检测到范围之外的事件。通过使用警报功能，这可被用于为快速变化的情况创建警报限值，并通过平均输出值的软件监控为持续时间更长的情况创建限值。

## 编辑 INA230

INA230 的一个重要方面就是它并不一定测量电流或者功率。INA230 测量在 IN+ 与 IN- 输入引脚间应用的差分电压，以及应用到 BUS 引脚上的电压。为了使 INA230 能够报告电流和功率值，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，这个值将使差分电压逐渐形成。功率寄存器被内部设定为电流寄存器内设定的最低有效位 (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，INA230 使用这个值来计算相应的电流和功率值。

根据，可计算出校准寄存器的值。这个等式包含数据项 Current\_LSB，它是电流寄存器内 LSB 设定的值。就是这个值被用于将电流寄存器中的值转换为实际的电流值（安培）。如所示，通过使用基于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。R<sub>SHUNT</sub> 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。中的值 0.00512 是一个确保缩放被适当保持的固定值。

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

$$Current\_LSB = \frac{Maximum\ Expected\ Current}{2^{15}} \quad (2)$$

在校准寄存器已经被程序设定后，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，如图所示，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。INA230 的总线电压在 BUS 输入引脚上测得；在这个示例中，BUS 被连接到 IN- 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 IN- 引脚上的电压为 11.98V，BUS 引脚上的测量值小于 12V。

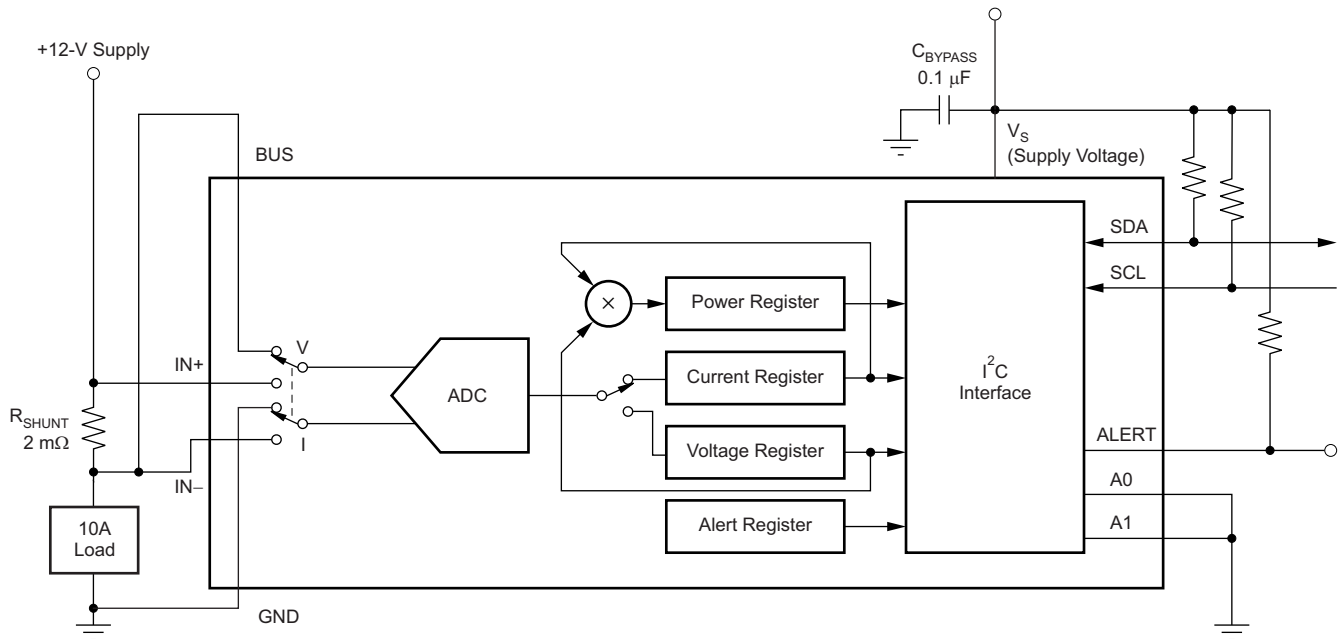


Figure 23. 示例电路配置

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 Current\_LSB 选择的值为 1mA/位。使用为 Current\_LSB 设定的这个值为处理器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 的示例中使用会生成一个为 2560，或者 A00h 的校准寄存器的值。

然后，如图所示，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十进制值 10000，或者 2710h。将这个值乘以 1mA/位得到示例中规定的最初 10A 电平。

$$\text{Current} = \frac{\text{ShuntVoltage} \cdot \text{CalibrationRegister}}{2048} \quad (3)$$

针对总线电压寄存器 (02h) 的 LSB 为一个值为 1.25mV/位的定值。这个定值意味着 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 BUS 引脚只能测量正电压。

然后，如中定义的那样，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。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 ( $[1 \times 10^{-3} \text{ Current\_LSB}]$  的 25 倍) 相乘得到一个 (4792x25mW/位) 的功率计算值，或者 119.8W。功率寄存器 LSB 与电流寄存器 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/位的电流寄存器 LSB 会生成一个值为 25mW/位的功率寄存器 LSB。这个比率被内部设定以确保功率计算的调整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 ( $12V_{\text{CM}} - 20\text{mV}$  分流压降) 乘上值为 10A 的负载电流，得到的结果为 119.8W。

$$\text{Power} = \frac{\text{Current} \cdot \text{BusVoltage}}{20,000} \quad (4)$$

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**

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	20mV
步骤 3	总线	02h	2570h	9584	1.25mV	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	119.8W

## 编辑 INA230 功率测量引擎

### 校准寄存器和缩放

校准寄存器可实现电流和功率寄存器内值的缩放，从而可以为一个给定应用设定最有用的值。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计算出的最小 **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，如所示，根据测得的 INA230 的电流结果，可对校准寄存器的值进行调整以消除全部系统误差。

$$\text{Corrected\_Full\_Scale\_Cal} = \text{trunc} \left( \frac{\text{Cal} \times \text{MeasShuntCurrent}}{\text{INA230\_Current}} \right) \quad (5)$$

## 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 INA230 进行任何编辑即可使用。

如果不对 INA230 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 INA230 设置

寄存器的缺省加电状态显示在这个数据表的 [INA230 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在 [配置/测量/计算示例](#) 部分中给出并根据进行计算。

## 寄存器信息

INA230 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。对 INA230 寄存器进行了汇总；这些寄存器的说明请参考。

**Table 2. 寄存器集的汇总**

指针地址 十六进制	寄存器名称	功能	加电复位		类型
			二进制	十六进制	
00	配置	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/W
01	分流电压	分流电压测量数据	00000000 00000000	0000	R
02	总线电压	总线电压测量数据	00000000 00000000	0000	R
03	功率	包含被传送到负载的计算出的功率值。	00000000 00000000	0000	R
04	电流	包含流经分流电阻器的经计算的电流值。	00000000 00000000	0000	R
05	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/W
06	屏蔽/使能	警报配置和转换中继标志	00000000 00000000	0000	R/W
07	警报限值	包含与所选警报功能相比较的限定值。	00000000 00000000	0000	R/W
FF	芯片编号	包含唯一的芯片标识号。	ASCII	ASCII	R

## 寄存器详细信息

所有 16 位 INA230 寄存器由两个通过 I<sup>2</sup>C 接口连接的 8 位字节寄存器组成。

### 配置寄存器 (00h, 读取/写入)

BIT #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
位名称	RST	—	—	—	AVG2	AVG1	AVG0	V <sub>BUS</sub> CT2	V <sub>BUS</sub> CT1	V <sub>BUS</sub> CT0	V <sub>SH</sub> CT2	V <sub>SH</sub> CT1	V <sub>SH</sub> 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 INA230 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，以及使用的平均模式。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，这会开始一个根据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

<b>RST:</b> 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。
<b>AVG:</b> 位 9-11	平均模式 设定采集的样本数量并一起取平均值。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]**

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

**V<sub>BUSCT</sub>:** 总线电压转换时间  
 位 6-8 为总线电压测量设定转换时间。显示了 V<sub>BUSCT</sub> 位选项和针对每一个位的相关转换时间。

**Table 4. V<sub>BUSCT</sub> 位设置 [8:6]**

V <sub>BUSCT2</sub> (D8)	V <sub>BUSCT1</sub> (D7)	V <sub>BUSCT0</sub> (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

**V<sub>SHCT</sub>:** 分流电压转换时间  
 位 3-5 为分流电压测量设定转换时间。显示了 V<sub>SHCT</sub> 位选项和针对每一个位的相关转换时间。

**Table 5. V<sub>SHCT</sub> 位设置 [5:3]**

V <sub>SHCT2</sub> (D5)	V <sub>SHCT1</sub> (D4)	V <sub>SHCT0</sub> (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

**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。模式设置显示在中。

**Table 6. 模式设置 [2:0]**

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	分流器和总线、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	分流器和总线、持续模式

## 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<sub>SHUNT</sub>。负数被表示为两部分的补码格式。通过对绝对值二进制数做补数操作并加 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  $V_{SHUNT} = -80\text{mV}$  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  $(80\text{mV} \div 2.5\mu\text{V}) = 32000$
3. 将这个值转换为二进制 = 111 1101 0000 0000
4. 对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

如果平均操作被启用，那么这个寄存器显示平均后的值。 满量程范围 = 81.9175mV（十进制数 = 7FFFF）；LSB：2.5 $\mu\text{V}$ 。

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）

总线电压寄存器存储最近一次总线电压的读数， $V_{BUS}$ 。

如果平均功能被启用，那么这个寄存器显示平均值。 满量程范围 = 40.95875V（十进制数 = 7FFF）；LSB=1.25mV。不要在 BUS 引脚上应用超过 28V 的电压。

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

### 功率寄存器（03h，只读）

如果平均功能被启用，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，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)

如果平均功能被启用, 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, 通过将分流电压寄存器中的十进制与校准寄存器的十进制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 INA230 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。这个寄存器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寄存器 LSB 和功率寄存器 LSB。这个寄存器也被用于总体系统校准。编辑这个寄存器的更多信息, 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 当分流电压转换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 ALERT 引脚配置为有效。
- SUL:** 分流电压欠压  
位 14 当分流电压转换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 ALERT 引脚配置为有效。
- BOL:** 总线电压过压  
位 13 当总线电压转换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 ALERT 引脚配置为有效。
- BUL:** 总线电压欠压  
位 12 当总线电压转换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 ALERT 引脚配置为有效。
- POL:** 超限功率  
位 11 当功率计算值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 ALERT 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 (CVRF, 位 3) 被置为有效时, 将这个位设置为高电平将把 ALERT 引脚配置为有效, 这表明此器件已经为下次转换做好准备。
- 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, 转换准备就绪位 (CNVR, 位 10) 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有助于确定警报源是否为警报功能。  
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:** 转换就绪标志  
位 3 虽然可随时读取 INA320，并且来自最后一次转换的数据可用，被提供的这个位有助于协调单次或者触发转换。这个位在所有转换、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，这个位被清除：  
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 1 配置 ALERT 引脚和标志位的锁存特性。  
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  
位 0 配置 ALERT 引脚和标志位的锁存特性。  
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，ALERT 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，ALERT 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 I<sup>2</sup>C 和 SMBus 接口的兼容性。I<sup>2</sup>C 与 SMBus 协议互相兼容。

在整个这个数据表中，I<sup>2</sup>C 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 INA230 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来启动一个开始条件。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，被寻址的从器件从主器件做出响应。

然后数据传输被发起并且 8 位数据被发出，随后是一个 ACK。在数据传输期间，SDA 必须保持稳定，同时 SCL 为高电平。同 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，这个停止条件通过在 SCL 为高电平时将 SDA 逻辑电平从低拉为高来表示。INA230 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 INA230 通信，主器件必须首先使用一个相应的从地址字节来进行从器件寻址。从地址字节包括 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。

INA230 有两个地址引脚：A0 和 A1。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. INA230 地址引脚和从地址**

A1	A0	从地址
GND	GND	1000000
GND	V <sub>S</sub>	1000001
GND	SDA	1000010
GND	SCL	1000011
V <sub>S</sub>	GND	1000100
V <sub>S</sub>	V <sub>S</sub>	1000101
V <sub>S</sub>	SDA	1000110
V <sub>S</sub>	SCL	1000111
SDA	GND	1001000
SDA	V <sub>S</sub>	1001001
SDA	SDA	1001010
SDA	SCL	1001011
SCL	GND	1001100
SCL	V <sub>S</sub>	1001101
SCL	SDA	1001110
SCL	SCL	1001111

### 串行接口

在 I<sup>2</sup>C 和 SMBus 上 INA230 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耦合进入通信线路的数量。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。

INA230 支持针对快速（1kHz 至 400kHz）和高速（1kHz 至 3.4kHz）模式。在所有被发送的数据字节中最高有效字节被首先发送。

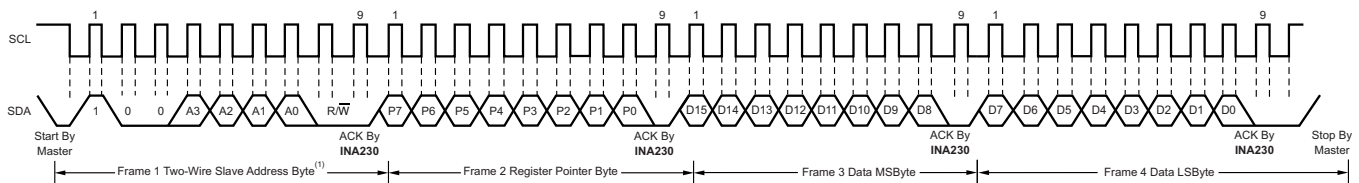
## 写入/读取 INA230

通过为寄存器指针写入适当的值，可实现到 INA230 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。寄存器指针的值（显示在中）是 R/W位为低电平的从地址字节之后被发送的第一个字节。到 INA230 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。这个字节为从地址，其中R/W位为低电平。然后，INA230 确认接收到一个有效地址。主器件发送的下一个字节是将要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。INA230 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。

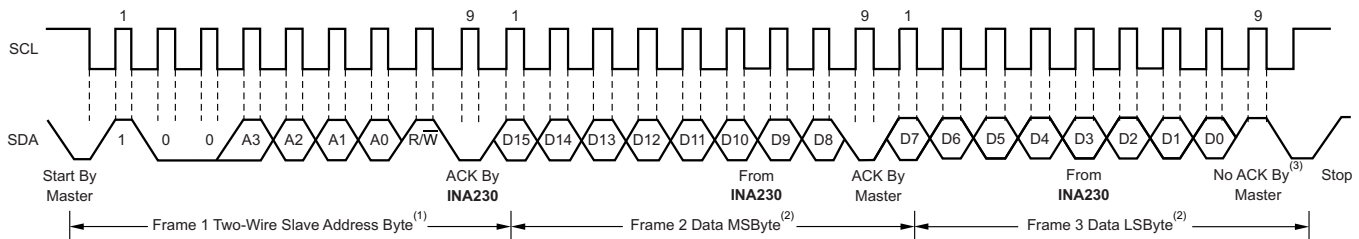
当从 INA230 进行读取操作时，一个写入操作存入寄存器指针的最后的值确定在读取操作期间应该读取哪一个寄存器。为了将寄存器指针更改为进行读取操作，必须在寄存器指针中写入一个新值。这个写入操作由发布一个从地址字节（其中 R/W位为低电平），随后是寄存器指针字节来完成。无需额外的数据。然后，主器件生成一个开始条件并发出从地址字节（其中 R/W位为高电平）来启动读取命令。从器件发送下一个字节，这个字节为寄存器指针标出的寄存器的最高有效字节。这个字节之后是来自主器件的 ACK；然后从器件发送最低有效字节。主器件确认接收到的数据字节。主器件可通过在接收任一数据字节之后生成一个不确认位 (NO ACK)，或者生成一个开始或者停止条件来终止数据传输。如果需要对同一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；INA230 保存寄存器指针的值，直到这个值被下一个写入操作所更改。

和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。

Figure 24. 针对写入字格式的时序图



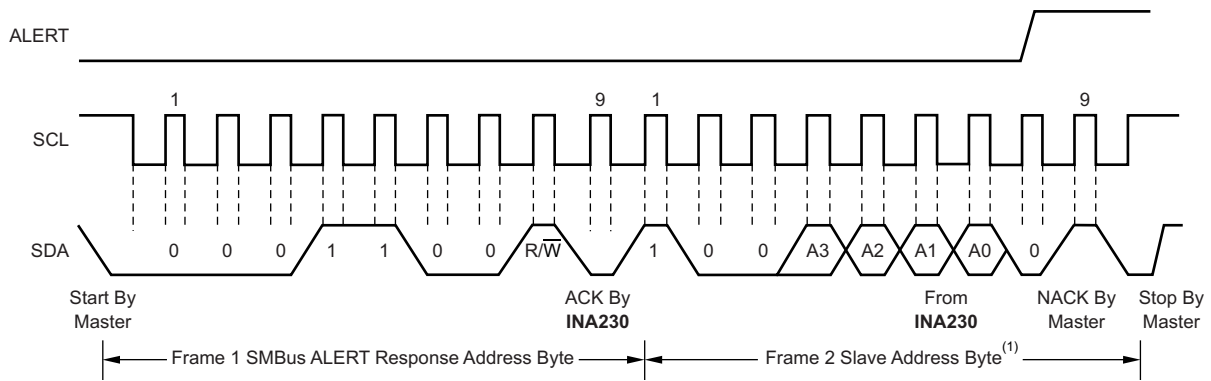
(1) 通过 A0 和 A1 引脚的设置可确定从器件地址字节的值。请参考。

(2) 从寄存器指针的最后位置开始读取数据。如果需要一全新的寄存器，寄存器指针必须被更新。请参考。

(3) 主器件的 ACK 也可被发出。

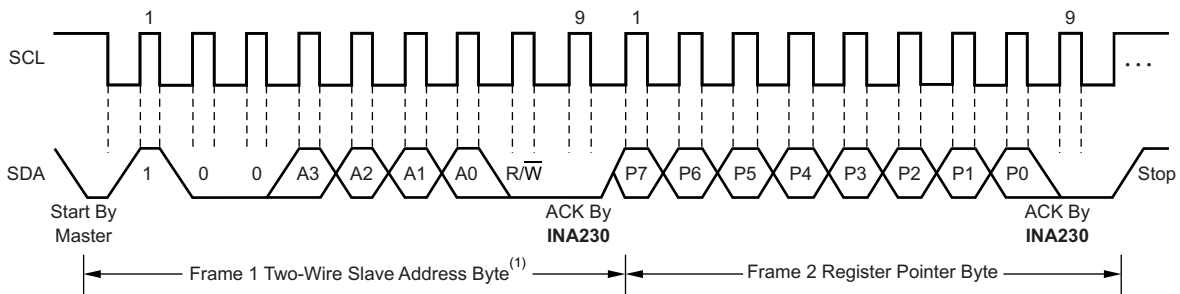
Figure 25. 读取字格式的时序图。

显示了针对 SMBus 警报响应操作的时序图。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地址字节的值。请参考。

Figure 26. SMBus 警报的时序图



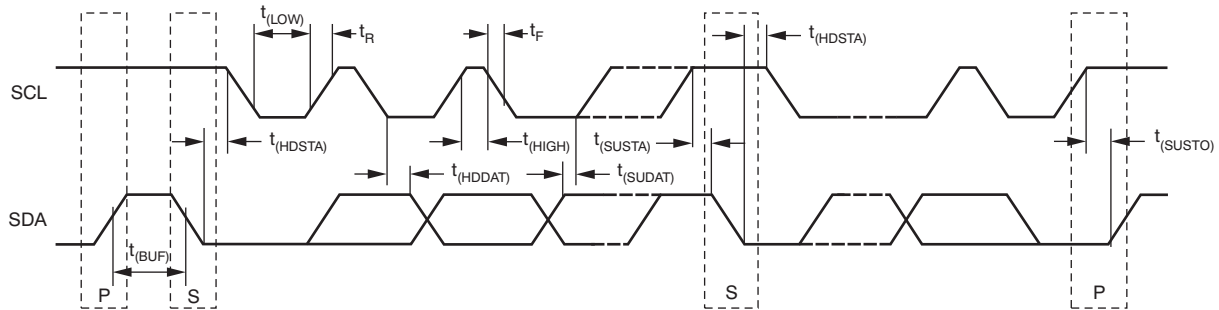
(1) 通过 A0 和 A1 引脚的设置可确定从器件地址字节的值。请参考。

Figure 27. 典型寄存器指针集合

## 高速 I<sup>2</sup>C 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。INA230 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。除了使用一个开始条件，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 INA230 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

INA230 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 I<sup>2</sup>C 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 ALERT 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 (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
INA230AIRGTR	ACTIVE	QFN	RGT	16	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	I230	<a href="#">Samples</a>
INA230AIRGTT	ACTIVE	QFN	RGT	16	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	I230	<a href="#">Samples</a>

(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) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device 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 Device Marking for that device.

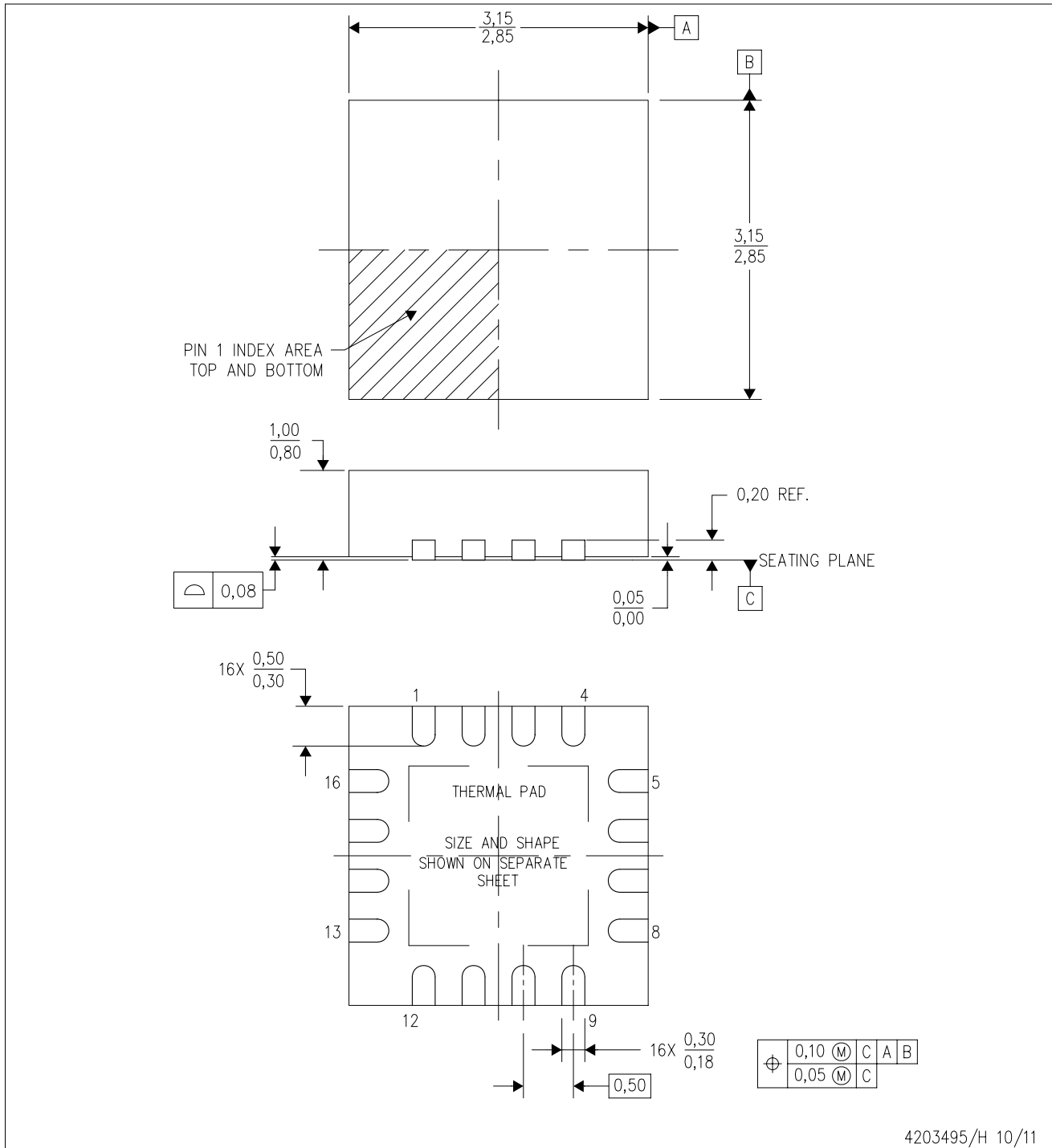
(6) Lead/Ball Finish - Orderable Devices may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead/Ball Finish values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

**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.

RGT (S-PVQFN-N16)

PLASTIC QUAD FLATPACK NO-LEAD



4203495/H 10/11

- NOTES:
- All linear dimensions are in millimeters. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M-1994.
  - This drawing is subject to change without notice.
  - Quad Flatpack, No-leads (QFN) package configuration.
  - The package thermal pad must be soldered to the board for thermal and mechanical performance.
  - See the additional figure in the Product Data Sheet for details regarding the exposed thermal pad features and dimensions.
  - Falls within JEDEC MO-220.

# THERMAL PAD MECHANICAL DATA

RGT (S-PVQFN-N16)

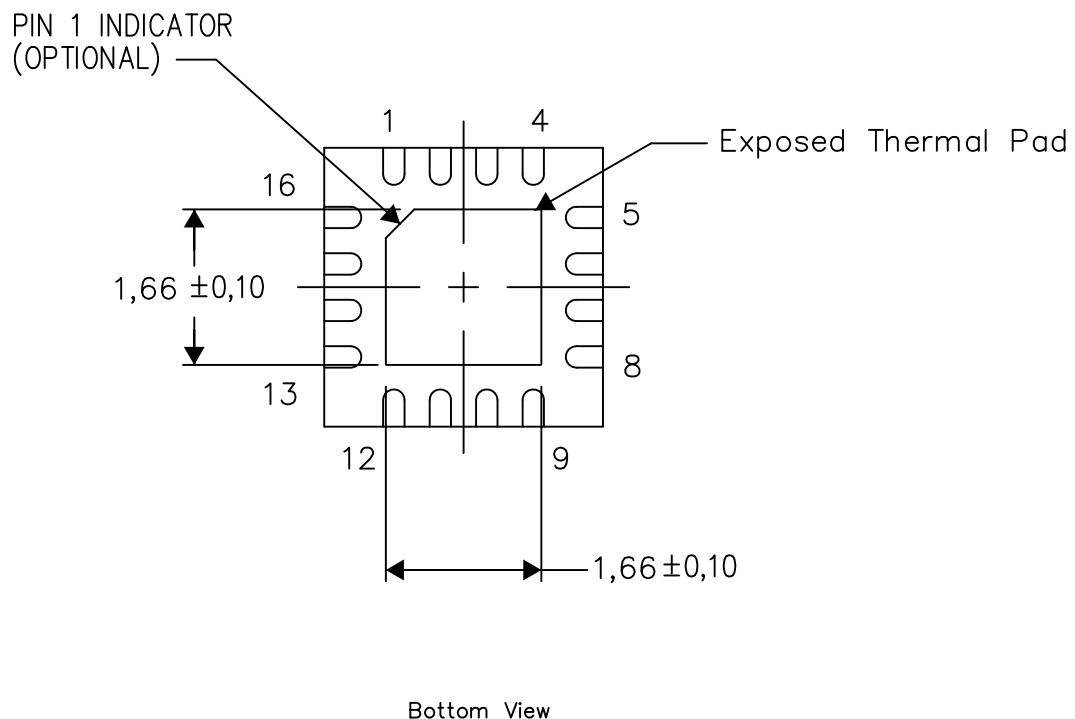
PLASTIC QUAD FLATPACK NO-LEAD

## THERMAL INFORMATION

This package incorporates an exposed thermal pad that is designed to be attached directly to an external heatsink. The thermal pad must be soldered directly to the printed circuit board (PCB). After soldering, the PCB can be used as a heatsink. In addition, through the use of thermal vias, the thermal pad can be attached directly to the appropriate copper plane shown in the electrical schematic for the device, or alternatively, can be attached to a special heatsink structure designed into the PCB. This design optimizes the heat transfer from the integrated circuit (IC).

For information on the Quad Flatpack No-Lead (QFN) package and its advantages, refer to Application Report, QFN/SON PCB Attachment, Texas Instruments Literature No. SLUA271. This document is available at [www.ti.com](http://www.ti.com).

The exposed thermal pad dimensions for this package are shown in the following illustration.



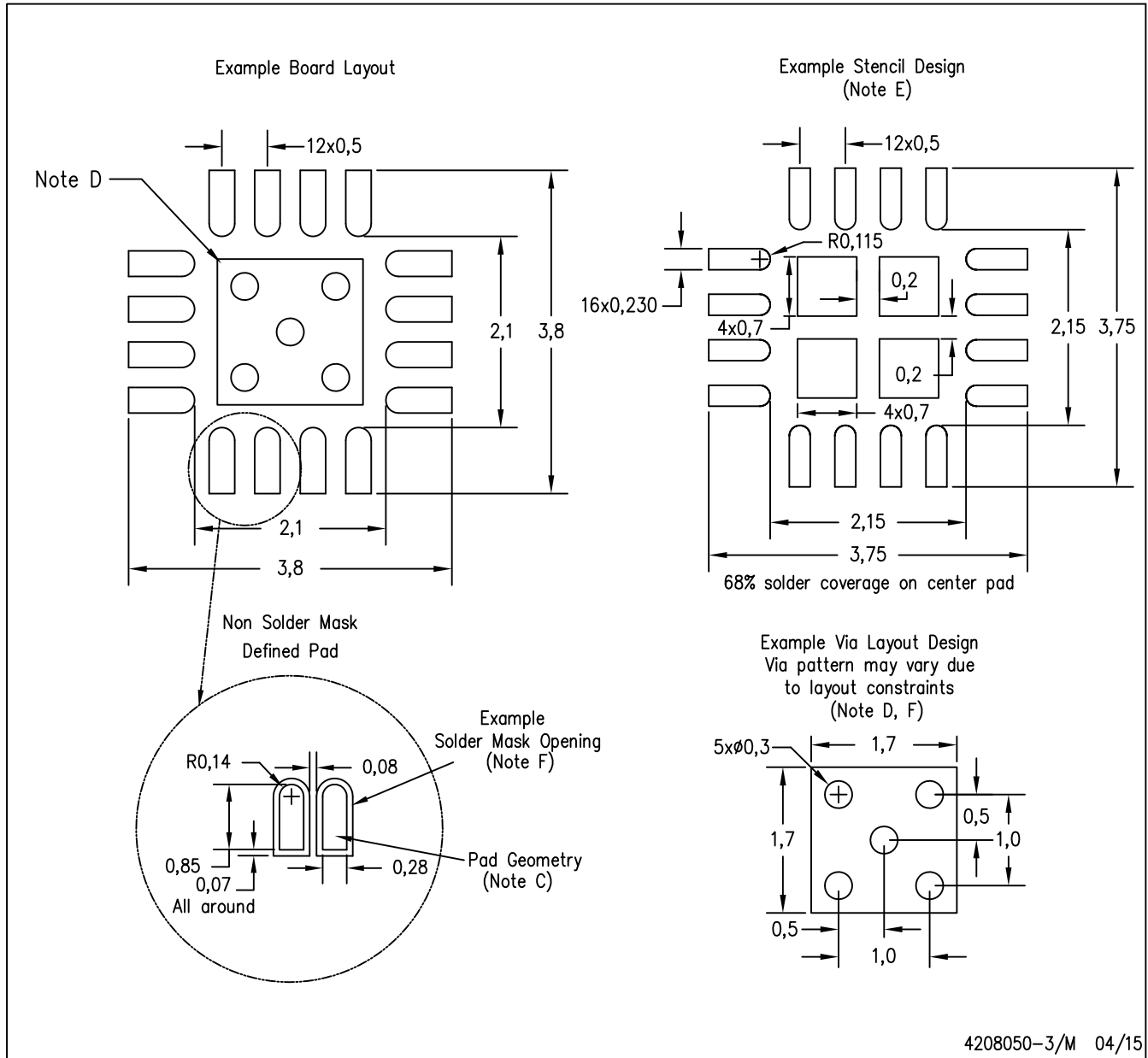
Exposed Thermal Pad Dimensions

4206349-10/Z 08/15

NOTE: All linear dimensions are in millimeters

RGT (S-PVQFN-N16)

PLASTIC QUAD FLATPACK NO-LEAD



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
  - B. This drawing is subject to change without notice.
  - C. Publication IPC-7351 is recommended for alternate designs.
  - D. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. Refer to Application Note, QFN/SON PCB Attachment, Texas Instruments Literature No. SLUA271, and also the Product Data Sheets for specific thermal information, via requirements, and recommended board layout. These documents are available at [www.ti.com](http://www.ti.com) <<http://www.ti.com>>.
  - E. 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 stencil design considerations.
  - F. Customers should contact their board fabrication site for minimum solder mask web tolerances between 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间接版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, 但他们将独立负责满足与其产品及其应用中使用 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和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, 并且由客户独立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	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com.cn/consumer-apps">www.ti.com.cn/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com.cn/energy">www.ti.com.cn/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP应用处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/omap">www.ti.com.cn/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>	德州仪器在线技术支持社区	<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2015, Texas Instruments Incorporated