INA226 具有警报功能的 36V、16 位、超高精度 I²C 输出电流、电压和功率监测器

1 特性

- 感测的总线电压范围：0V 至 36V
- 高侧或低侧检测
- 报告电流、电压和功率
- 高精度：
  - 增益误差：0.1%（最大值）
  - 失调电压：10 µV（最大值）
- 可配置均值计算选项
- 16 个可编程地址
- 由 2.7V 至 5.5V 电源供电
- 10 引脚 DGS (VSSOP) 封装

2 应用

- 机架式服务器
- 无线基础设施
- 高性能计算
- 电源管理
- 电池监控器和平衡器
- 电源
- 测试设备

3 说明

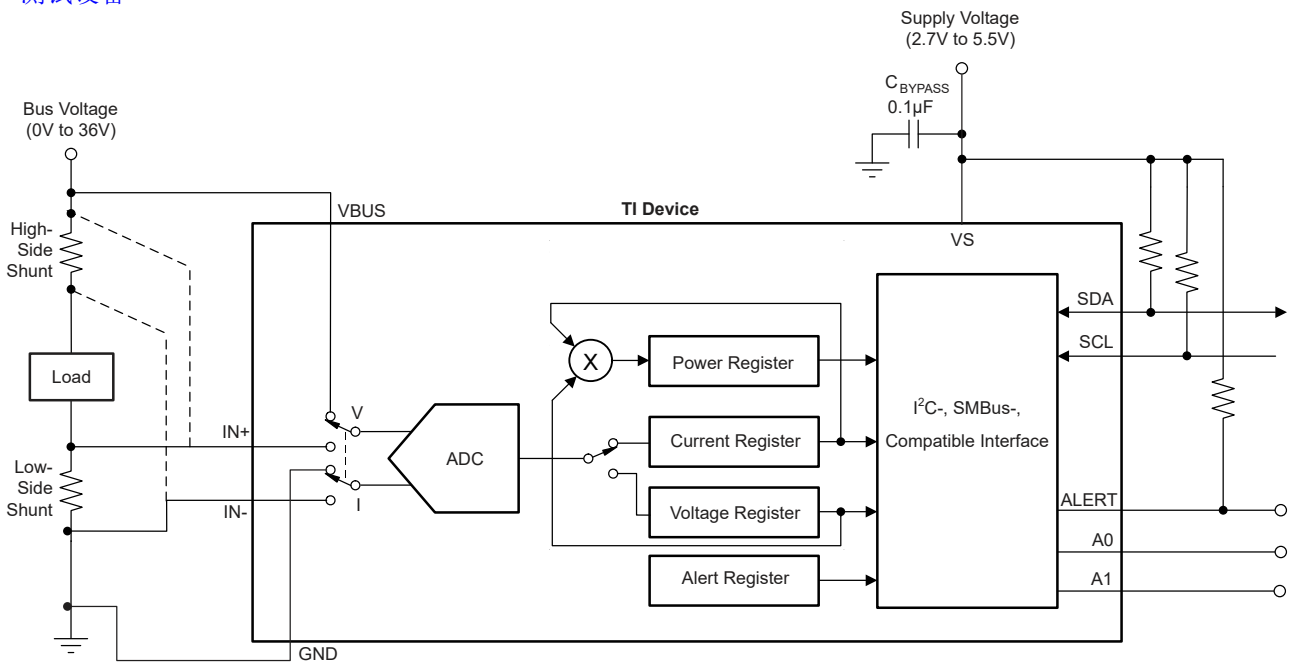
INA226 是具有 I2C™ 或 SMBUS 兼容接口的电流分流器和功率监测器。该器件同时监控分流压降和总线电源电压。可编程校准值、转换时间、和均值计算，与一个内部乘法器相组合，实现电流值（安培）和功率值（瓦）的直接读取。

INA226 可在 0V 至 36V 的共模总线电压范围内感测电流，与电源电压无关。该器件由一个 2.7V 至 5.5V 的单电源供电，汲取 330 µA 的典型电源电流。该器件的额定工作温度范围为 –40°C 至 125°C，I²C 兼容接口上具有多达 16 个可编程地址。

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
INA226	DGS（VSSOP，10）	3.00mm × 4.90mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。



高侧或低侧检测应用

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

内容

1 特性 1
2 应用 1
3 说明 1
4 引脚配置和功能 3
5 规格 4
5.1 绝对最大额定值 4
5.2 ESD 等级 4
5.3 建议运行条件 4
5.4 热性能信息 4
5.5 电气特性 5
5.6 典型特性 7
6 详细说明 10
6.1 概述 10
6.2 功能方框图 10
6.3 特性说明 10
6.4 器件功能模式 12
6.5 编程 14
7 寄存器 21
7.1 寄存器映射 21
8 应用和实施 27
8.1 应用信息 27
8.2 典型应用 27
8.3 电源相关建议 29
8.4 布局 29
9 器件和文档支持 30
9.1 器件支持 30
9.2 接收文档更新通知 30
9.3 支持资源 30
9.4 商标 30
9.5 静电放电警告 30
9.6 术语表 30
10 修订历史记录 30
11 机械、封装和可订购信息 31

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 引脚配置和功能

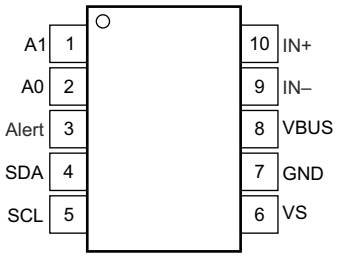


图 4-1. DGS 封装 10 引脚 VSSOP 顶视图

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型	说明
名称	编号		
A0	2	数字输入	地址引脚。连接到 GND、SCL、SDA 或 VS。表 6-2 显示了引脚设置和相应的地址。
A1	1	数字输入	地址引脚。连接到 GND、SCL、SDA 或 VS。表 6-2 显示了引脚设置和相应的地址。
警报	3	数字输出	多功能警报，漏极开路输出。
GND	7	模拟	接地。
IN+	10	模拟输入	连接到分流电阻器电源侧
IN –	9	模拟输入	连接到分流电阻器负载侧
SCL	5	数字输入	串行总线时钟线路，漏极开路输入。
SDA	4	数字 I/O	串行总线数据线路，漏极开路输入/输出。
VBUS	8	模拟输入	总线电压输入。
VS	6	模拟	电源，2.7V 至 5.5V。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）(1)

		最小值	最大值	单位
V_{VS}	电源电压		6	V
模拟输入，IN+，IN-	差动电压 (V_{IN+} – V_{IN-})(2)	-40	40	V
	共模电压 (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2	-0.3	40	
V_{VBUS}		-0.3	40	V
V_{SDA}		GND – 0.3	6	V
V_{SCL}		GND – 0.3	V_{VS} + 0.3	V
I_{IN}	到任一引脚的输入电流		5	mA
I_{OUT}	漏极开路数字输出电流		10	mA
T_J	结温		150	°C
T_{stg}	贮存温度范围	-65	150	°C

(1) 超出*绝对最大额定值*运行可能会对器件造成永久损坏。*绝对最大额定值*并不表示器件在这些条件下或在*建议运行条件*以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出*建议运行条件*但在*绝对最大额定值*范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。
(2) IN+ 和 IN – 的差动电压可能介于 –40V 至 40V 之间；但是，这些引脚上的电压不得超过 –0.3V 至 40V 的范围。

5.2 ESD 等级

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模式 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准，所有引脚(1)	±2500	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准，所有引脚(2)	±1000	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
V_{CM}	共模输入电压		12		V
V_{VS}	运行电源电压		3.3		V
T_A	自然通风条件下的工作温度	-40		125	°C

5.4 热性能信息

热指标(1)		INA226 DGS (VSSOP) 10 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	144.6	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	53.3	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	80.4	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	3.5	°C/W
Y_{JB}	结至电路板特征参数	78.9	°C/W

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

热指标(1)		INA226 DGS (VSSOP) 10 引脚	单位
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	不适用	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅半导体和 IC 封装热指标应用手册。

5.5 电气特性

T_A = 25°C，V_{VS} = 3.3V，V_{IN+} = 12V，V_{SENSE} = (V_{IN+} – V_{IN-}) = 0mV 且 V_{VBUS} = 12V，除非另有说明

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
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
CMRR	共模抑制	0V ≤ V_{IN+} ≤ 36V	126	140		dB
V_{OS}	分流偏移电压，RTI(2)			±2.5	±10	µV
	分流偏移电压、RTI(2) 与温度间的关系	–40°C ≤ T_A ≤ 125°C		0.02	0.1	µV/°C
PSRR	分流偏移电压、RTI(2) 与电源间的关系	2.7V ≤ VS ≤ 5.5V		±2.5		µV/V
V_{OS}	总线偏移电压，RTI(2)			±1.25	±7.5	mV
	总线偏移电压、RTI(2) 与温度间的关系	–40°C ≤ T_A ≤ 125°C		10	40	µV/°C
PSRR	总线偏移电压、RTI(2) 与电源间的关系			±0.5		mV/V
I_B	输入偏置电流（I_{IN+}、I_{IN-} 引脚）			0.1		nA
	VBUS 输入阻抗			830		kΩ
	输入泄漏电流(3)	（IN+ 引脚）+（IN- 引脚），省电模式		0.1	0.5	µA
直流精度						
	ADC 原生分辨率			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%	
	分流电压增益误差与温度间的关系	–40°C ≤ T_A ≤ 125°C		10	50	ppm/°C
	总线电压增益误差			0.02%	0.1%	
	总线电压增益误差与温度间的关系	–40°C ≤ T_A ≤ 125°C		10	50	ppm/°C
	差动非线性			±0.1		LSB
t_{CT}	ADC 转换时间	CT 位 = 000		140	154	µs
		CT 位 = 001		204	224	
		CT 位 = 010		332	365	
		CT 位 = 011		588	646	
		CT 位 = 100		1.1	1.21	ms
		CT 位 = 101		2.116	2.328	
		CT 位 = 110		4.156	4.572	
		CT 位 = 111		8.244	9.068	
SMBus						
	SMBus 超时(4)			28	35	ms
数字输入/输出						
	输入电容			3		pF
	输入泄漏电流	0V ≤ V_{SCL} ≤ V_{VS}，0V ≤ V_{SDA} ≤ V_{VS}，0V ≤ V_{Alert} ≤ V_{VS}，0V ≤ V_{A0} ≤ V_{VS}，0V ≤ V_{A1} ≤ V_{VS}		0.1	1	µA

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

T_A = 25°C，V_{VS} = 3.3V，V_{IN+} = 12V，V_{SENSE} = (V_{IN+} – V_{IN-}) = 0mV 且 V_{VBUS} = 12V，除非另有说明

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IH}	高电平输入电压		0.7 × V_{VS}		6	V
V_{IL}	低电平输入电压		-0.5		0.3 × V_{VS}	V
V_{OL}	低电平输出电压，SDA、警报	I_{OL} = 3mA	0		0.4	V
	磁滞			500		mV
电源						
	工作电源电压范围		2.7		5.5	V
I_Q	静态电流			330	420	μA
	静态电流，省电（关断）模式			0.5	2	μA
V_{POR}	上电复位阈值			2		V

(1) 虽然输入范围为 36V，但 ADC 缩放的满标量程为 40.96V。请参阅节 6.3.1。应用的电压切勿超过 36V。
(2) RTI = 以输入为参考。
(3) 对于本表顶部所示条件，输入泄漏电流为正（电流流入引脚）。在不同的输入条件下，可能会出现负泄漏电流。
(4) 只要 SCL 为低电平的时间超过 28ms，器件中的 SMBus 超时就会复位接口。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.6 典型特性

T_A = 25°C，V_{VS} = 3.3V，V_{IN+} = 12V，V_{SENSE} = (V_{IN+} – V_{IN-}) = 0mV 且 V_{VBUS} = 12V，除非另有说明。

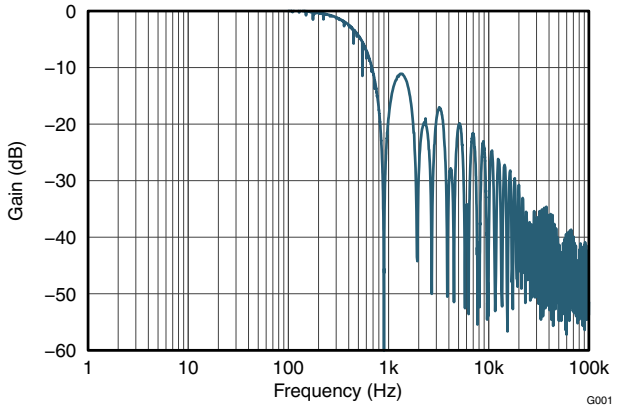


图 5-1. 频率响应

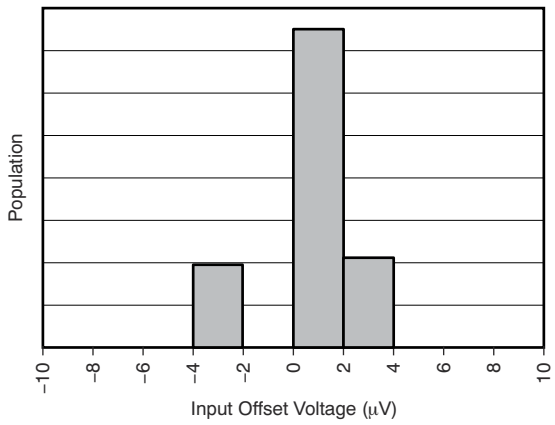


图 5-2. 分流输入偏移电压产生分布图

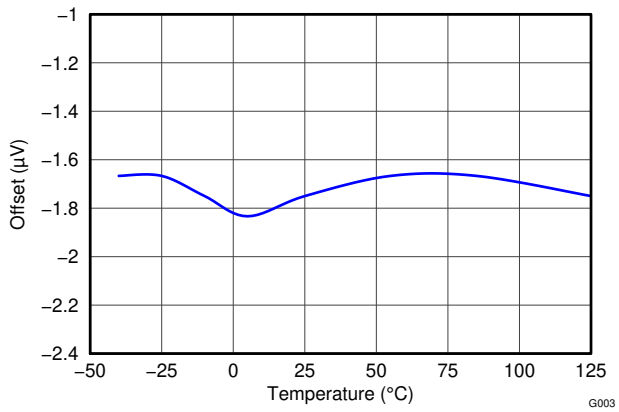


图 5-3. 分流输入偏移电压与温度间的关系

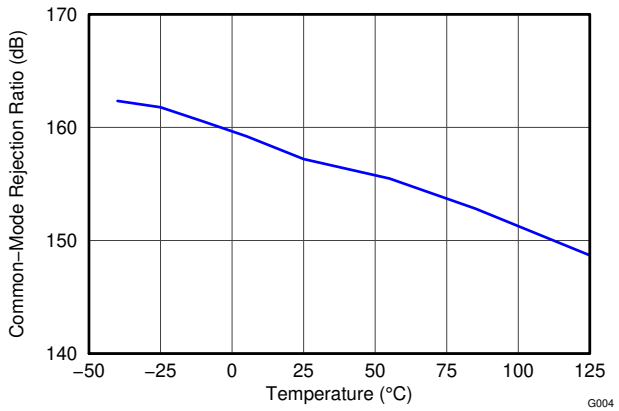


图 5-4. 分流输入共模抑制比与温度间的关系

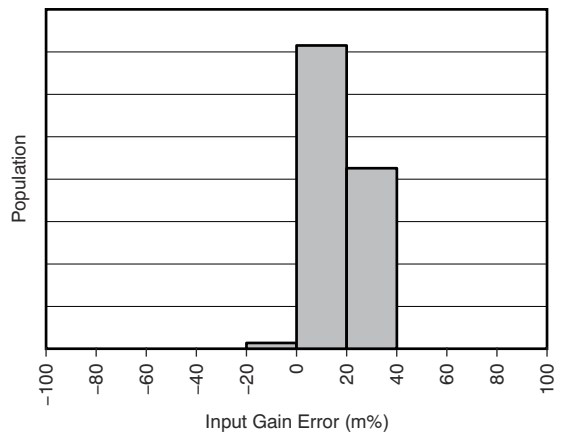


图 5-5. 分流输入增益误差产生分布图

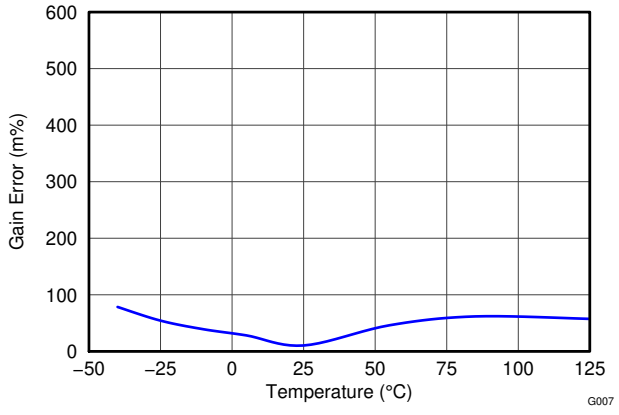


图 5-6. 分流输入增益误差与温度间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.6 典型特性（续）

T_A = 25°C，V_{VS} = 3.3V，V_{IN+} = 12V，V_{SENSE} = (V_{IN+} – V_{IN-}) = 0mV 且 V_{VBUS} = 12V，除非另有说明。

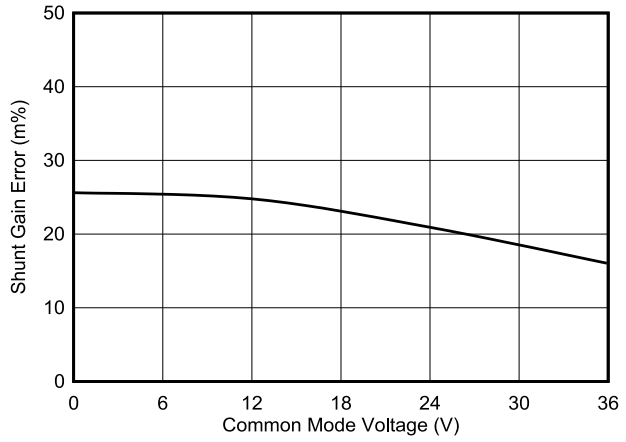


图 5-7. 分流输入增益误差与共模电压间的关系

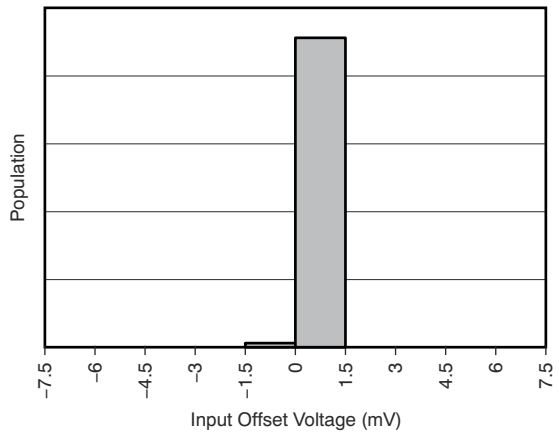


图 5-8. 总线输入偏移电压产生分布图

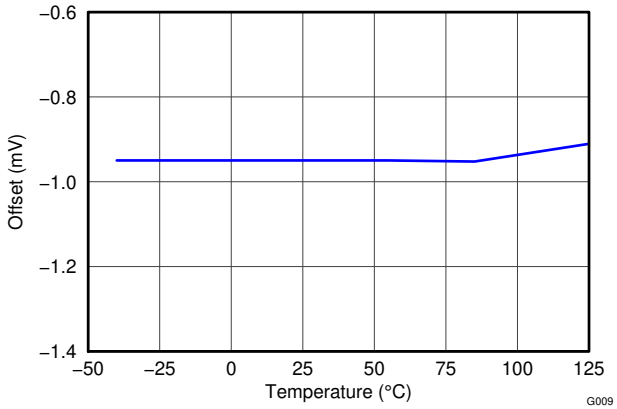


图 5-9. 总线输入偏移电压与温度间的关系

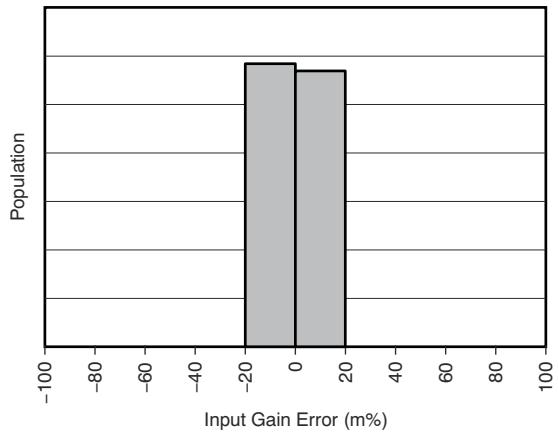


图 5-10. 总线输入增益误差产生分布图

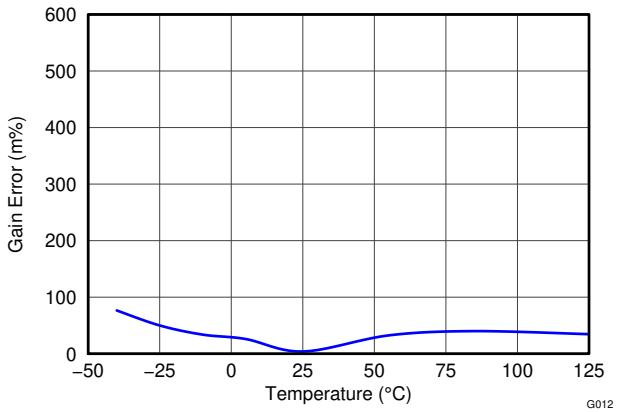


图 5-11. 总线输入增益误差与温度间的关系

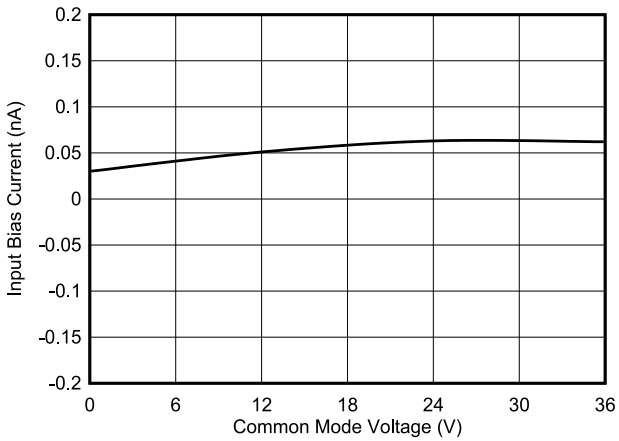


图 5-12. 输入偏置电流与共模电压间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5.6 典型特性（续）

T_A = 25°C，V_{VS} = 3.3V，V_{IN+} = 12V，V_{SENSE} = (V_{IN+} – V_{IN-}) = 0mV 且 V_{VBUS} = 12V，除非另有说明。

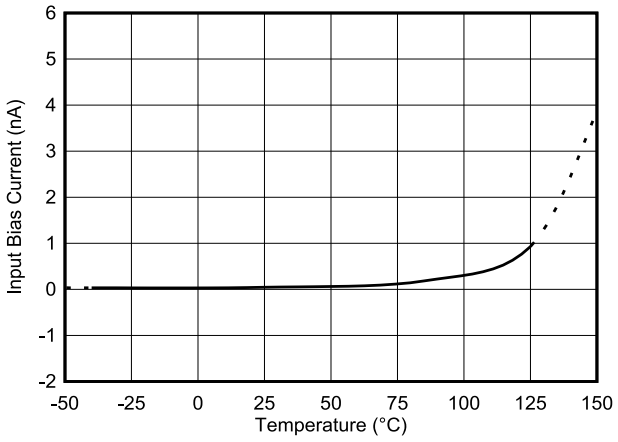


图 5-13. 输入偏置电流与温度间的关系

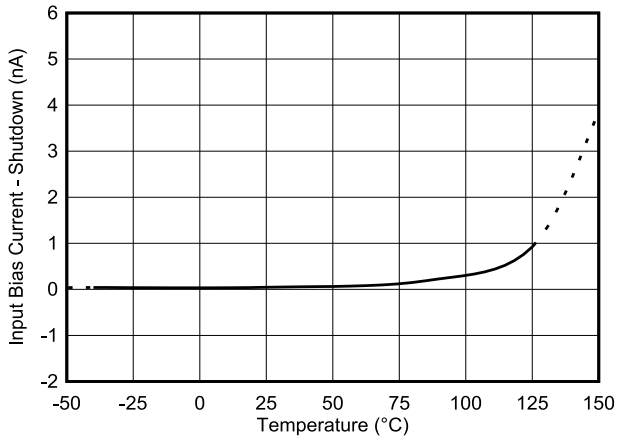


图 5-14. 输入偏置电流与温度（关断）间的关系

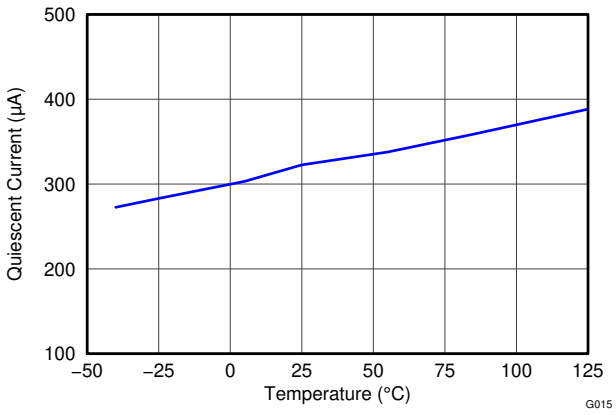


图 5-15. 工作 I_Q 与温度间的关系

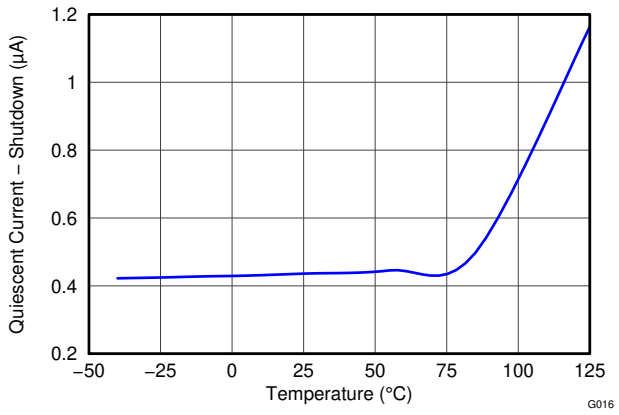


图 5-16. 关断 I_Q 与温度间的关系

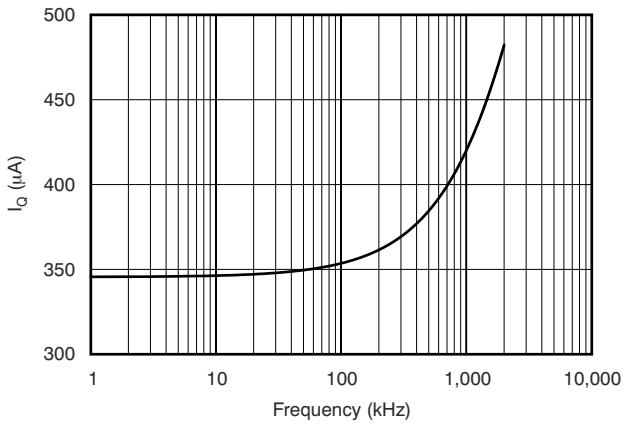


图 5-17. 工作 I_Q 与 I^2C 时钟频率间的关系

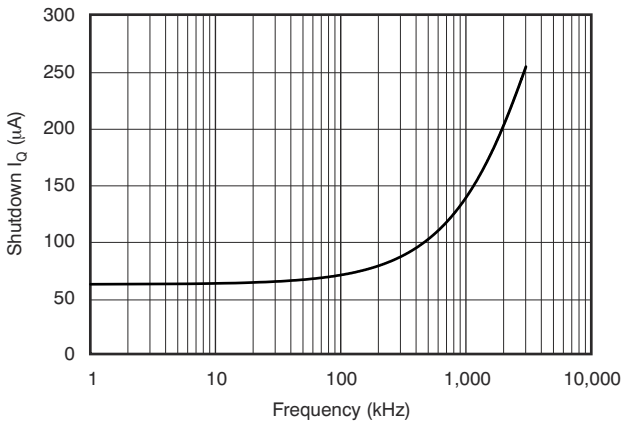


图 5-18. 关断 I_Q 与 I^2C 时钟频率间的关系

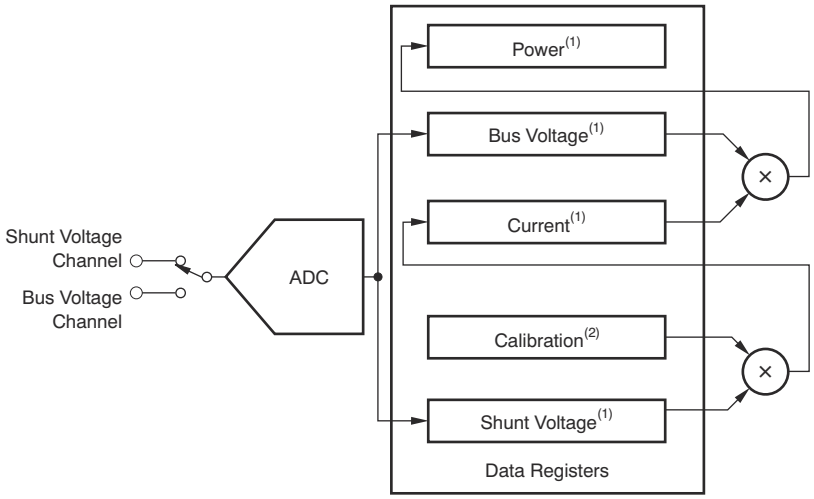
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 详细说明

6.1 概述

INA226 是一款具有 I²C 和 SMBus 兼容接口的数字电流检测放大器。该器件提供精密控制系统中的精确决策所需的数字电流、电压和功率读数。可编程寄存器允许灵活配置测量分辨率，以及连续与触发工作模式。详细的寄存器信息见本数据表末尾。有关 INA226 器件的方框图，请参阅*功能方框图*部分。

6.2 功能方框图



(1) 只读
(2) 读取/写入

6.3 特性说明

6.3.1 基本 ADC 功能

INA226 器件在相关的电源总线上执行两次测量。负载电流流过分流电阻器所产生的电压形成分流电压，可在 IN+ 和 IN – 引脚处进行测量。该器件还可以通过将电源电压连接到 VBUS 引脚来测量电源总线电压。差动分流电压以 IN – 引脚为基准进行测量，而总线电压以接地端为基准进行测量。

该器件通常由独立电源供电，电压范围为 2.7V 至 5.5V。被监控的总线的电压范围为 0V 至 36V。根据总线电压寄存器的固定 1.25mV LSB，满标度寄存器会产生 40.96V 值。

备注

请勿向输入引脚施加超过 36V 的实际电压。

电源时序方面没有特殊注意事项，因为共模输入范围和电源电压相互独立；因此，总线电压可以在电源电压关闭时存在，反之亦然。

该器件进行两项测量：分流电压和总线电压。然后，器件根据校准寄存器值将这些测量值转换为电流，并随后计算功率。有关校准寄存器编程的更多信息，请参阅*对校准寄存器进行编程*部分。

该器件有两种工作模式：连续模式和触发模式，这些模式决定了 ADC 在这些转换之后如何工作。当器件处于正常工作模式（即配置寄存器 (00h) 的 MODE 位设置为“111”）时，器件会连续转换一个分流电压读数，然后转换一个总线电压读数。获取分流电压读数后，（按照方程式 3）计算电流值。然后（通过方程式 4）使用该电流值计算功率结果。这些值随后存储在一个累加器中，而测量/计算序列会重复进行，直到达到配置寄存器 (00h) 中设定的均值数量。在每个序列之后，当前测得和计算的一组值会追加到先前收集的值中。在完成所有均值计算后，会

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

在相应的寄存器中更新分流电压、总线电压、电流和功率的最终值，随后可供读取。这些值将保存在数据输出寄存器中，直到这些值被下一个完全完成的转换结果所取代。读取数据输出寄存器不会影响正在进行中的转换。

转换寄存器 (00h) 中的模式控制还允许选择仅转换分流电压或总线电压的模式，从而进一步允许用户配置监控功能以适应特定应用要求。

所有电流和功率计算都在后台执行，不影响转换时间。

在触发模式下，将任意触发的转换模式写入配置寄存器 (00h) (即配置寄存器的 (00h) MODE 位设置为 ‘001’、‘010’ 或 ‘011’) 会触发单次转换。该操作会生成一组测量值；因此，要触发另一次单次转换，即使模式未变，也必须再次写入配置寄存器 (00h)。

除了连续和触发两种工作模式外，该器件还具有省电模式，可降低静态电流并关断流入器件输入端的电流，从而在器件不使用时减少电源消耗的影响。从省电模式完全恢复需要 40µs。当器件处于省电模式时，仍可对其寄存器进行读写。器件保持省电模式，直到其中一种激活模式设置被写入到配置寄存器 (00h) 中。

尽管可随时读取器件，且上次转换的数据仍然可用，但仍提供了转换就绪标志位 (屏蔽/使能寄存器，CVRF 位) 以帮助协调单次或触发转换。转换就绪标志 (CVRF) 位在完成所有转换、均值计算和乘法运算后置位。

在以下情况下，将清除转换就绪标志 (CVRF) 位：

- 写入配置寄存器 (00h)，但将 MODE 位配置为省电模式时除外；或
- 读取屏蔽/使能寄存器 (06h)

6.3.1.1 功率计算

电流和功率在分流电压和总线电压测量之后计算，如图 6-1 所示。电流是根据校准寄存器中设置的值进行分流电压测量后计算得出的。如果校准寄存器中没有加载值，则存储的电流值为零。功率在总线电压测量之后根据先前的电流计算和总线电压测量进行计算。如果校准寄存器中没有加载值，则存储的功率值也为零。同样，这些计算在后台执行，不会增加总转换时间。这些电流和功率值被视为中间结果 (除非均值计算设置为 1) ，并存储在内部累加寄存器中，而不是相应的输出寄存器中。在每个测得的样本之后，新计算出的电流和功率值被追加到该累加寄存器中，直到所有样本均已测量并根据配置寄存器 (00h) 中设置的均值数量进行了均值计算。

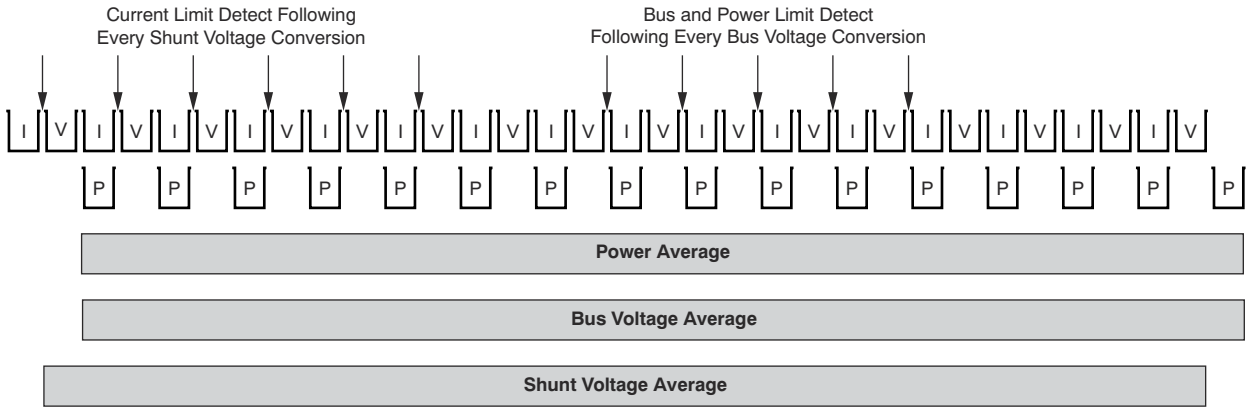


图 6-1. 功率计算方案

除了每个样本之后累加的电流和功率外，还会采集分流和总线电压测量值。在所有样本均已测量并完成相应的电流和功率计算后，每个参数的累加均值随后被加载到相应的输出寄存器中，之后便可从这里读取均值。

6.3.1.2 警报引脚

INA226 有一个警报限值寄存器 (07h)，可以对警报引脚进行编程，以在必要时响应用户定义的单一事件或转换就绪通知。屏蔽/使能寄存器允许用户从五个可用功能中选取一个来监控和/或设置转换就绪位，以控制警报引脚的响应。基于要监控的功能，用户然后向警报限值寄存器输入一个值，以设置将警报引脚置为有效的相应阈值。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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一个用户定义的阈值。可被监控的五个警报功能如下：

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

警报引脚为漏极开路输出。当在屏蔽/使能寄存器中选择的警报功能超过编程到警报限值寄存器中的值时，这个引脚就会置为有效。每次只能启用和监控这些警报功能中的一个。如果启用了多个警报功能，则最高有效位位置中的所选功能优先并对警报限制寄存器值做出响应。例如，如果同时选择了分流电压超限和分流电压欠限功能，当分流电压寄存器超过警报限值寄存器中的值时，警报引脚将置为有效。

也可以在警报引脚处监测器件的转换就绪状态，以便在器件完成前一个转换并准备好开始新的转换时通知用户。转换就绪位可以连同一个警报功能一起在警报引脚上进行监控。如果某一警报功能和转换就绪位都被使能，以在警报引脚上进行监控，则在警报引脚置为有效之后，必须读取屏蔽/使能寄存器来确定警报来源。通过读取屏蔽/使能寄存器中的转换就绪标志（CVRF，位 3）和警报功能标志（AFF，位 4），即可确定警报来源。如果不需要转换就绪特性，并且 CNVR 位未置位，那么基于已使能的警报功能，警报引脚只对一个超过的警报限值做出响应。

如果未使用警报功能，警报引脚可保持悬空，不会影响器件的运行。

请参阅图 6-1，了解将警报限值寄存器中的值与相应的转换值进行比较时的相对时序。例如，如果使能的警报功能为分流电压超限 (SOL)，则在每次并联电压转换之后，比较警报限值寄存器中的值与测得的分流电压，以确定测量值是否超过所编程的限值。只要测得的电压超过编程到警报限值寄存器内的值，AFF 位（屏蔽/使能寄存器中的位 4）就会置为高电平。除了 AFF 位被置为有效外，按照警报极性位（APOL，屏蔽/使能寄存器的位 1），警报引脚也会置为有效。如果使能了警报锁存，在配置寄存器 (00h) 被写入或者屏蔽/使能寄存器被读取之前，AFF 和警报引脚将保持有效。

每次总线电压转换后，总线电压警报功能就会将测得的电压值与警报限值寄存器相比较，如果超过了限制阈值，则将 AFF 位和警报引脚置为有效。

每次总线电压测量转换后，功率超限警报功能也会与限制阈值进行比较，如果超过了限制阈值，则将 AFF 位和警报引脚置为有效。

6.4 器件功能模式

6.4.1 均值计算和转换时间注意事项

INA226 器件具有针对分流电压和总线电压测量的可编辑转换时间 (t_{CT})。针对这些测量的转换时间可在最快 140 µs 到最长 8.244ms 之间进行选择。结合转换时间设置与可编程的均值计算模式，可以配置器件来在指定应用中优化可用的时序要求。例如，如果系统要求每 5ms 读取一次数据，则可将器件配置为：分流电压和总线电压测量的转换时间均设置为 588 µs，均值计算模式设置为 4。这个配置使得数据大约每 4.7ms 更新一次。该器件还可以配置来为分流电压和总线电压测量提供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。这种情况可以使总线电压测量所占用的时间相对于分流电压测量有所减少。分流电压转换时间可设定为 4.156ms，总线电压转换时间设定为 588 µs，并且均值计算模式设定为 1。这个配置还会使得数据大约每 4.7ms 更新一次。

需要在转换时间与所用均值计算模式的设置之间进行一些权衡。通过有效地过滤信号，均值计算特性能够大大提升测量精度。通过这种方法，器件可以减少测量中可能由噪声耦合到信号中而引起的噪声。更多的均值数量使器件能够更有效地降低测量中的噪声分量。

所选转换时间也会影响测量精度。图 6-2 显示了多种转换时间，以展示噪声对测量的影响。为了获得尽可能高的测量精度，应根据系统的时序要求，结合使用最长的允许转换时间和最大的均值数量。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

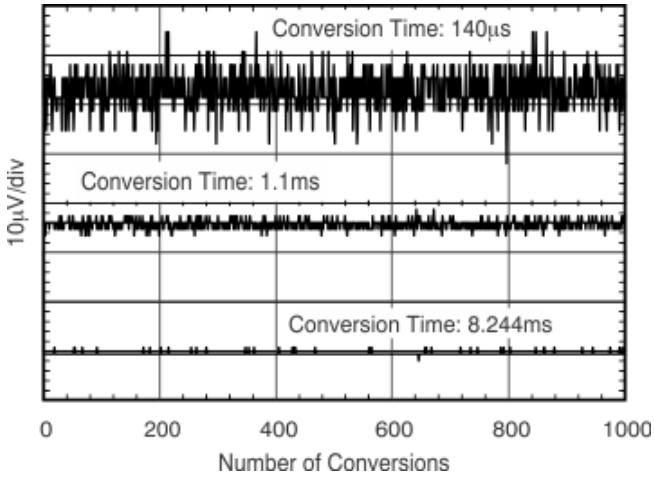


图 6-2. 噪声与转换时间的关系

6.4.2 滤波和输入考虑

测量电流通常会产生较多噪声，这种噪声难以定义。INA226 器件提供了多种滤波选项，允许在配置寄存器 (00h) 中独立选择转换时间和均值数量。分流电压和总线电压测量的转换时间可以独立设置，从而为监控电源总线提供更高的配置灵活性。

内部 ADC 基于一个三角积分 (ΔΣ) 前端，其典型采样率为 500kHz (±30%)。此架构具有良好的固有噪声抑制能力；但是，在采样率谐波或非常接近采样率谐波处发生的瞬变可能会引起问题。这些信号的频率为 1MHz 或更高，因此，可通过在此器件的输入处加入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器成为可能，而这对测量精度的影响可以忽略。通常，仅当瞬态恰好出现在 500kHz (±30%) 采样率（大于 1MHz）的谐波上时，才需要对器件输入进行滤波。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。该电容器的建议值介于 0.1µF 和 1µF 之间。图 6-3 显示了在输入端添加滤波器的器件。

对于器件输入，过载条件是另外一个考虑因素。器件输入在输入端可承受 40V 的额定电压。差分电压过大，会使分流器负载侧对地短路，此类事件会导致分流器上出现满电源电压（只要电源或者储能电容器支持该电压）。消除对地短路可能导致电感反冲，该电感反冲可能超过器件的 40V 差动和共模额定值。电感反冲电压应由具有足够储能电容的齐纳类型瞬变吸收器件（通常称为*瞬变吸收器*）来控制。请参阅 TI 设计 *电流分流监控器的瞬态稳健性* (TIDU473)，该文档介绍了一种高侧电流分流监控器，用于测量电流通过电流检测电阻器时在其两端产生的电压。

对于在分流器的一侧或两侧没有大型储能电解质的应用，施加到输入上的电压的过量 dV/dt 可能会导致输入过应力条件。硬物理短路是造成该事件的最可能原因，尤其是在没有大型电解电容器的应用中。之所以出现这个问题，是因为过量的 dV/dt 可能会在提供大电流的系统中激活器件的 ESD 保护功能。测试表明，在器件的每个输入端添加 10Ω 电阻器，可在高达器件的 40V 额定值范围内充分保护输入免受这种 dV/dt 故障影响。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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

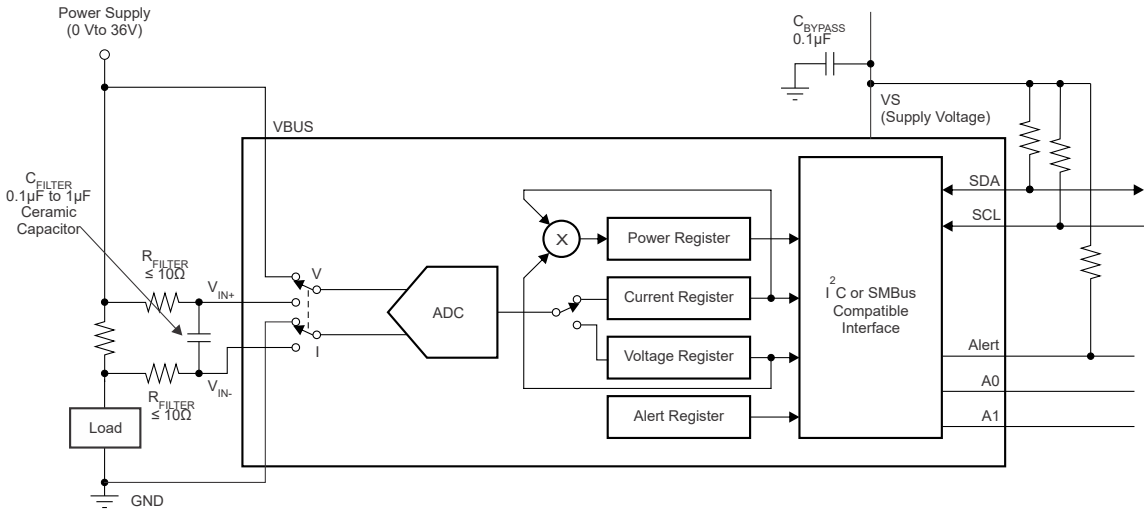


图 6-3. 输入滤波

6.5 编程

INA226 的一个重要方面是，器件本身并不直接测量电流或功率。该器件测量的是施加在 IN+ 和 IN- 输入引脚之间的差动电压，以及施加在 VBUS 引脚上的电压。为了使器件能够报告电流和功率值，用户必须对电流寄存器 (04h) 的分辨率以及应用中用于产生输入引脚间差动电压的分流电阻值进行编程。功率寄存器 (03h) 在内部被设置为所编程 Current_LSB 的 25 倍。Current_LSB 和分流电阻值均用于计算校准寄存器值，器件根据该值以及测得的分流电压和总线电压来计算相应的电流和功率值。

根据方程式 1 计算校准寄存器值。该公式包含 Current_LSB 项，即电流寄存器 (04h) 的 LSB 的编程值。用户使用该值将电流寄存器 (04h) 中的值转换为以安培为单位的实际电流。通过使用基于最大预期电流的最小允许 Current_LSB，可获得电流寄存器 (04h) 的最高分辨率，如方程式 2 所示。虽然该值可提供最高分辨率，但我们通常会为 Current_LSB 选择略高于该值的最接近整数，以简化将电流寄存器 (04h) 和功率寄存器 (03h) 分别转换为安培和瓦特的计算。R_{SHUNT} 项是用于在输入引脚间产生差动电压的外部分流电阻器的值。

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

其中

- 0.00512 是一个内部固定值，用于验证缩放比例是否得到适当保持

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

对校准寄存器进行编程后，电流寄存器 (04h) 和功率寄存器 (03h) 将根据相应的分流电压和总线电压测量结果进行更新。在对校准寄存器进行编程之前，电流寄存器 (04h) 和功率寄存器 (03h) 保持为零。

6.5.1 对校准寄存器进行编程

图 8-1 显示了一个标称 10A 负载，其在 2mΩ 分流电阻器上产生 20mV 的差动电压。INA226 的总线电压在外部 VBUS 输入引脚处测量，在本例中该引脚连接到 IN– 引脚以测量输送到负载的电压电平。在本例中，VBUS 引脚的测量值低于 12V，这是因为分流电阻两端存在压降，导致 IN- 引脚的电压为 11.98V。

在本例中，假设最大预期电流为 15A，使用方程式 2 计算得出 Current_LSB 为 457.7μA/位。使用 500μA/位或 1mA/位的 Current_LSB 值可显著简化从电流寄存器 (04h) 和功率寄存器 (03h) 到安培和瓦特的转换。在本例中，为 Current_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

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

了少量的分辨率。在本例中，使用 Current_LSB 值 1mA/位和 2mΩ 分流电阻器，根据方程式 1 计算得到校准寄存器值为 2,560，即 A00h。

然后，通过将分流电压寄存器 (01h) 内容的十进制值乘以校准寄存器的十进制值，再除以 2,048，计算出电流寄存器 (04h) 值，如方程式 3 所示。在本例中，分流电压寄存器包含值 8,000（表示 20mV），将其乘以校准寄存器值 2,560，再除以 2,048，得到电流寄存器 (04h) 的十进制值 10,000，即 2710h。将这个值乘上 1mA/位得到示例中规定的原始 10A 电平。

$$\text{Current} = \frac{\text{ShuntVoltage} \times \text{CalibrationRegister}}{2048} \tag{3}$$

总线电压寄存器 (02h) 的 LSB 固定为 1.25mV/位，这意味着 VBUS 引脚上的 11.98V 电压会产生寄存器值 2570h，即十进制等效值 9,584。请注意，总线电压寄存器 (02h) 的 MSB 始终为零，因为 VBUS 引脚只能测量正电压。

然后，根据方程式 4 中的定义，将电流寄存器的十进制值 10,000 乘以总线电压寄存器 (02h) 的十进制值 9,584，再除以 20,000，计算出功率寄存器 (03h) 值。在本例中，功率寄存器 (03h) 的结果为 12B8h，即十进制等效值 4,792。将此结果与功率 LSB（[1 × 10^{-3} Current_LSB] 的 25 倍）相乘得到一个（4792 × 25mW/位）的功率计算值，或者 119.82W。功率 LSB 与 Current_LSB 的固定比率为 25。在本例中，编程的 1mA/位 Current_LSB 会产生 25mW/位的功率 LSB。该比率在内部编程，以验证功率计算的缩放是否在可接受范围内。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。

$$\text{Power} = \frac{\text{Current} \times \text{BusVoltage}}{20000} \tag{4}$$

表 6-1 列出了配置、测量和计算该器件电流和功率值的步骤。

表 6-1. 计算电流和功率

STEP	寄存器名称	地址	目录	十进制	LSB	值 (1)
第 1 步	配置寄存器	00h	4127h	—	—	—
第 2 步	分流寄存器	01h	1F40h	8000	2.5μV	20mV
第 3 步	总线电压寄存器	02h	2570h	9584	1.25mV	11.98V
第 4 步	校准寄存器	05h	A00h	2560	—	—
第 5 步	电流寄存器	04h	2710	10000	1mA	10A
第 6 步	功率寄存器	03h	12B8h	4792	25mW	119.82W

(1) 条件：负载 = 10A，V_{CM} = 12V，R_{SHUNT} = 2mΩ 且 V_{VBUS} = 12V。

6.5.2 对功率测量引擎进行编程

6.5.2.1 校准寄存器和缩放

校准寄存器使用户能够将电流寄存器 (04h) 和功率寄存器 (03h) 缩放到给定应用中最有用的值。例如，可设置校准寄存器，使得电流寄存器 (04h) 或功率寄存器 (03h) 在预期满标度点生成尽可能大的数字。这种方法在校准寄存器公式中使用先前计算出的最小 Current_LSB，从而获得最高分辨率。校准寄存器还可选择采用以下任一形式提供电流寄存器 (04h) 和功率寄存器 (03h) 中的值：提供所测值的直接十进制等效值，或为每个相应寄存器生成一个经过舍入的 LSB 值。做出这些选择后，校准寄存器还提供了执行终端用户系统级校准的可能性。使用外部电流表确定精确电流后，可根据测得的 INA226 电流结果调整校准寄存器的值，以消除整体系统误差，如方程式 5 所示。

$$\text{Corrected_Full_Scale_Cal} = \text{trunc}\left[\frac{\text{Cal} \times \text{MeasShuntCurrent}}{\text{Device_Current}}\right] \tag{5}$$

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.5.3 电流分流监控器简单用法（无需编程）

如果仅需读取分流压降和总线电压，且使用默认上电复位配置并连续转换分流和总线电压，则可直接使用该器件，无需任何编程。

如果不对器件校准寄存器进行编程，器件将无法提供有效的电流或功率值，因为这些输出都是使用加载到校准寄存器中的值推导得出的。

6.5.4 默认设置

寄存器的默认加电状态见本数据表的*寄存器映射*部分。这些寄存器是易失性的，如果编程为与表 7-1 中所示默认值不同的值，则必须在每次器件加电时重新编程。有关对校准寄存器进行编程的详细信息，请参阅*编程*部分，具体可根据方程式 1 进行计算。

6.5.5 总线概述

INA226 提供与 I²C 和 SMBus 接口的兼容性。I²C 与 SMBus 协议互相兼容。

本数据表通篇以 I²C 接口作为主要示例，仅当讨论两种系统之间的差异时才规定使用 SMBus 协议。SCL 和 SDA 两条线路将器件连接到总线。SCL 和 SDA 均为漏极开路连接。

发起数据传输的器件称为*控制器*，而受控制器控制的器件为*目标器件*。总线必须由生成串行时钟 (SCL)、控制总线访问并生成开始和停止条件的控制器器件控制。

为了寻址特定器件，控制器在 SCL 为高电平时将数据信号线路 (SDA) 从高逻辑电平拉至低逻辑电平，从而发起开始条件。总线上的所有目标器件在 SCL 的上升沿移入目标地址字节，最后一位表明希望进行的是读取还是写入操作。在第九个时钟脉冲期间，被寻址的目标器件会生成一个应答位并将 SDA 下拉为低电平，对控制器做出响应。

随后开始数据传输，发送 8 位数据，后跟一个*应答*位。在数据传输期间，SDA 必须保持稳定，同时 SCL 为高电平。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。

传输完所有数据后，控制器会生成一个停止条件，该停止条件通过在 SCL 为高电平时将 SDA 从低电平拉至高电平来指示。该器件包含 28ms 接口超时，以防止总线锁死。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.5.5.1 串行总线地址

要与 INA226 通信，控制器必须首先使用目标地址字节来对目标器件进行寻址。目标地址字节包括 7 个地址位和 1 个方向位，这个方向位表明这个操作将是读取还是写入操作。

该器件具有两个地址引脚：A0 和 A1。表 6-2 列出了 16 个可能地址中每一个地址的引脚逻辑电平。该器件在每个总线通信上对引脚 A0 和 A1 的状态进行采样。在接口上发生任何活动之前确定引脚状态。

表 6-2. 地址引脚和目标地址

A1	A0	目标地址
GND	GND	1000000
GND	VS	1000001
GND	SDA	1000010
GND	SCL	1000011
VS	GND	1000100
VS	VS	1000101
VS	SDA	1000110
VS	SCL	1000111
SDA	GND	1001000
SDA	VS	1001001
SDA	SDA	1001010
SDA	SCL	1001011
SCL	GND	1001100
SCL	VS	1001101
SCL	SDA	1001110
SCL	SCL	1001111

6.5.5.2 串行接口

INA226 在 I^2C 总线和 SMBus 上均仅作为目标器件运行。与总线的连接使用漏极开路 SDA 和 SCL 线路实现。SDA 和 SCL 引脚特有的集成式峰值抑制滤波器和施密特触发器可大大减少输入峰值和总线噪声的影响。尽管此器件将峰值抑制功能集成到数字 I/O 线路中，但采用适当的布局技术有助于更大限度地减少进入通信线路的耦合量。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他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。使用屏蔽通信线路可以减少意外噪声耦合到数字 I/O 线路中的可能性，这类噪声可能会被错误地解释为开始或停止命令。

INA226 支持针对快速模式（1kHz 至 400kHz）和高速模式（1kHz 至 2.94MHz）的传输协议。在发送的所有数据字节中，首先发送最高有效字节。

6.5.5.3 对 INA226 进行写入和读取

通过向 INA226 上特定寄存器的指针写入适当的值，可实现对该寄存器的访问。有关寄存器和对应地址的完整列表，请参阅表 7-1。寄存器指针的值（如图 6-7 所示）是在 R/$\overline{W}$ 位为低电平时在目标地址字节之后传输的第一个字节。对此器件的每次写入操作都需要一个寄存器指针值。

写入寄存器的过程从控制器传输的第一个字节开始。这个字节为目标地址，其中 R/$\overline{W}$ 位为低电平。然后，器件确认接收到一个有效地址。控制器传输的下一个字节是将数据写入到的寄存器地址。此寄存器地址值将寄存器指针更新为指向所需的寄存器。下两个字节被写入由寄存器指针进行寻址的寄存器。器件确认收到每个数据字节。控制器可以通过生成启动或停止条件来终止数据传输。

从器件读取时，写入操作存储在寄存器指针中的最后一个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。要完成此写入，应在 R/$\overline{W}$ 位为低电平时发出一个目标地址字节，后跟寄存器指针字节。无需额外的数据。然后，控制器生成一个启动条件，并在 R/$\overline{W}$ 位为高电平时发送目标地址字节，以启动读取命令。下一个字节由目标器件发送，是寄存器指针所指示的寄存器的最

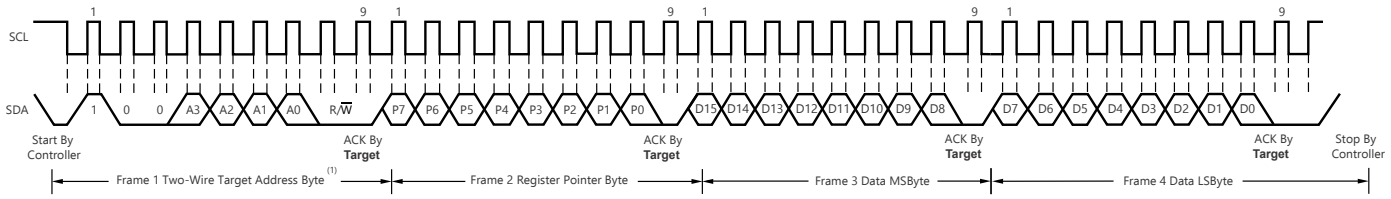
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

高有效字节。该字节后跟一个来自控制器的*确认*；然后目标器件发送最低有效字节。控制器确认收到数据字节。控制器可在接收任何数据字节时生成*非确认*，或生成启动或停止条件，来终止数据传输。如果需要从同一寄存器进行重复的读取操作，则不必一直发送寄存器指针字节，因为器件将保留寄存器指针的值，直到该值被下一个写入操作更改。

图 6-4 显示了写入操作时序图。图 6-5 显示了读取操作时序图。

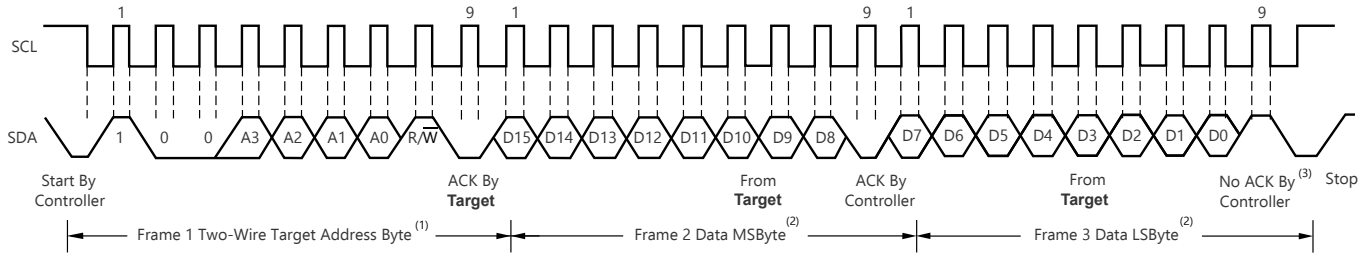
备注

首先发送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 引脚的设置可确定目标地址字节的值。请参阅表 6-2。

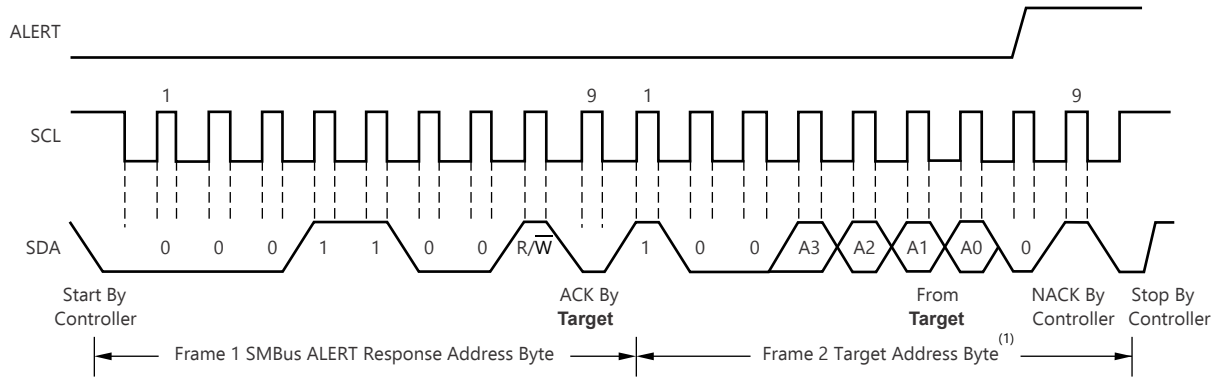
图 6-4. 写入字格式的时序图



1. 通过 A0 和 A1 引脚的设置可确定目标地址字节的值。请参阅表 6-2。
2. 从最后寄存器指针位置开始读取数据。如果需要一个全新的寄存器，必须更新寄存器指针。请参阅图 6-7。
3. 也可能发送控制器的 ACK。

图 6-5. 读取字格式的时序图

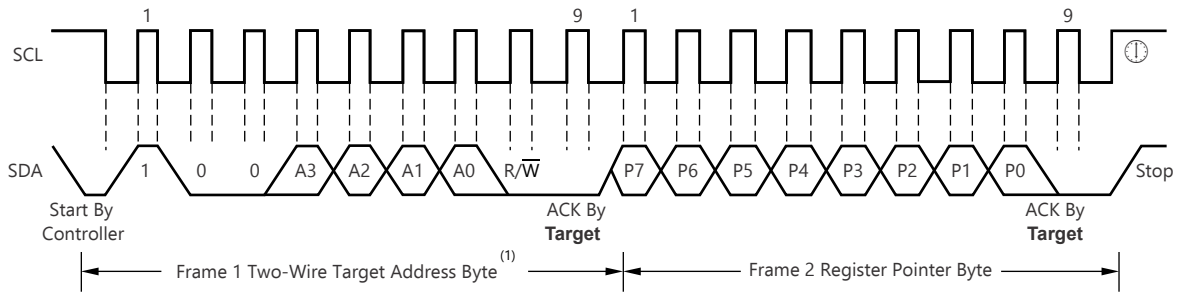
图 6-6 显示了针对 SMBus 警报响应操作的时序图。图 6-7 说明了典型的寄存器指针配置。



1. 通过 A0 和 A1 引脚的设置可确定目标地址字节的值。请参阅表 6-2。

图 6-6. SMBus 警报的时序图

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated



1. 通过 A0 和 A1 引脚的设置可确定目标地址字节的值。请参阅表 6-2。

图 6-7. 典型寄存器指针设定

6.5.5.3.1 高速 I²C 模式

当总线空闲时，SDA 和 SCL 线路都被上拉电阻拉至高电平。控制器生成一个启动条件，后跟一个有效的串行字节，其中包含高速 (HS) 控制器代码 *00001XXX*。该传输在不高于 400kHz 的快速 (400kHz) 模式和标准 (100kHz) (F/S) 模式上进行。器件不对 HS 控制器代码进行确认，但的确会识别该代码并切换其内部滤波器以支持 2.94MHz 运行。

然后，控制器生成重复启动条件（重复启动条件与启动条件具有相同的时序）。在这个重复的启动条件之后，协议与 F/S 模式一致，除非允许的传输速度高达 2.94 MHz。在 HS 模式下，应使用重复开始条件而不是停止条件来保护总线。停止条件结束 HS 模式并切换器件的所有滤波器以支持 F/S 模式。

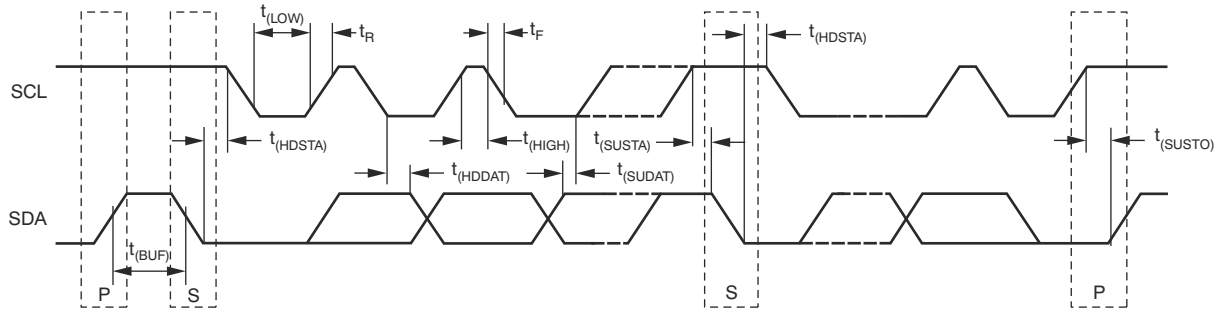


图 6-8. 总线时序图

表 6-3. 总线时序图定义 (1)

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	2.94	MHz
停止条件和开始条件之间的总线空闲时间	$t_{(BUF)}$	600		160		ns
重复开始条件后的保持时间。 在此周期后，生成第一个时钟。	$t_{(HDSTA)}$	100		100		ns
重复开始条件建立时间	$t_{(SUSTA)}$	100		100		ns
停止条件建立时间	$t_{(SUSTO)}$	100		100		ns
数据保持时间	$t_{(HDDAT)}$	10	900	10	100	ns
数据设置时间	$t_{(SUDAT)}$	100		20		ns
SCL 时钟低电平周期	$t_{(LOW)}$	1300		200		ns
SCL 时钟高电平周期	$t_{(HIGH)}$	600		60		ns
数据下降时间	t_F		300		80	ns
时钟下降时间	t_F		300		40	ns
时钟上升时间	t_R		300		40	ns

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 6-3. 总线时序图定义 (1) （续）

参数		快速模式		高速模式		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	
SCLK ≤ 100kHz 时的时钟/数据上升时间	t_R		1000			ns

(1) 对器件一次性样本的统计分析得出的值。最小值和最大值不作保证，且未经量产测试。

6.5.5.4 SMBus 警报响应

INA226 设计为响应 SMBus 警报响应地址。SMBus 警报响应为简单目标器件提供了一种快速故障识别方法。当警报出现时，控制器可以广播警报响应目标地址 (0001 100) (读取/写入位设为高电平)。在此警报响应之后，任何生成警报的目标器件都会通过应答警报响应并在总线上发送其地址来标识自身。

警报响应能够同时激活几个不同的目标器件，这一点与 I^2C 通用广播相似。如果多于一个目标器件试图进行响应，那么采用总线仲裁规则。失败的器件不会生成应答，在中断清除前会继续将警报线路保持为低电平。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 寄存器

7.1 寄存器映射

INA226 使用一组寄存器来保存配置设置、测量结果、最小和最大限值以及状态信息。表 7-1 总结了器件寄存器；可参阅*功能方框图*部分了解各寄存器的说明。

所有 16 位器件寄存器均由两个 8 位字节组成，通过 I²C 接口进行访问。

表 7-1. 寄存器组摘要

指针地址	寄存器名称	功能	上电复位		类型(1)
十六进制			二进制	十六进制	
00h	配置寄存器	所有寄存器复位、分流电压和总线电压 ADC 转换时间及均值计算、工作模式。	01000001 00100111	4127	R/ W
01h	分流电压寄存器	分流电压测量数据。	00000000 00000000	0000	R
02h	总线电压寄存器	总线电压测量数据。	00000000 00000000	0000	R
03h	功率寄存器(2)	包含计算得出的输送到负载的功率值。	00000000 00000000	0000	R
04h	电流寄存器(2)	包含计算得出的流经分流电阻器的电流值。	00000000 00000000	0000	R
05h	校准寄存器	设置电流和功率测量的满标量程和 LSB。整体系统校准。	00000000 00000000	0000	R/ W
06h	屏蔽/使能寄存器	警报配置和转换就绪标志。	00000000 00000000	0000	R/ W
07h	警报限值寄存器	包含要与所选警报功能进行比较的限值。	00000000 00000000	0000	R/ W
FEh	制造商 ID 寄存器	包含唯一制造商标识号。	0101010001001001	5449	R
FFh	芯片 ID 寄存器	包含唯一裸片标识号。	0010001001100000 或 0010001001100001	2260 或 2261(3)	R

(1) 类型：**R** = 只读，**R/ W** = 读取/写入。
(2) 因为校准寄存器默认为“0”，所以电流寄存器 (04h) 和功率寄存器 (03h) 默认为“0”，在编程校准寄存器之前电流和功率值均为零。
(3) 裸片 COO：2260 = 美国或日本，2261 = 美国

7.1.1 配置寄存器 (00h)（读取/写入）

表 7-2. 配置寄存器 (00h)（读取/写入）说明

位编号	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
位名称	RST	—	—	—	AVG2	AVG1	AVG0	VBUSCT2	VBUSCT1	VBUSCT0	VSHCT2	VSHCT1	VSHCT0	MODE3	MODE2	MODE1
POR 值	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1

配置寄存器设置可控制器件的工作模式。这个寄存器可控制分流电压和总线电压测量的转换时间设置，以及使用的均值计算模式。控制测量信号选择的工作模式也在配置寄存器中编辑。

可随时读取配置寄存器，而不会影响或改变器件设置或正在进行的转换。写入配置寄存器会暂停正在进行的任何转换，直到写入序列完成，从而根据配置寄存器 (00h) 的新内容启动新的转换。这种暂停可防止下一次完成的转换所用条件出现任何不确定性。

RST： **复位位**

位 15 将该位设置为“1”会生成一个与上电复位相同的系统复位。将所有寄存器复位为默认值；该位会自行清除。

AVG： **均值计算模式**

位 9 – 11 确定采集和均值计算的样本数量。表 7-3 展示了所有 AVG 位设置及每个位设置对应的均值数量。

表 7-3. AVG 位设置 [11:9] 组合

AVG2 D11	AVG1 D10	AVG0 D9	均值数量(1)
0	0	0	1

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-3. AVG 位设置 [11:9] 组合（续）

AVG2 D11	AVG1 D10	AVG0 D9	均值数量(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) 默认为阴影值。

VBUSCT： **总线电压转换时间**

位 6 – 8

设置总线电压测量的转换时间。表 7-4 展示了 VBUSCT 位选项及每个位设置对应的转换时间。

表 7-4. VBUSCT 位设置 [8:6] 组合

VBUSCT2 D8	VBUSCT1 D7	VBUSCT0 D6	转换时间(1)
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) 默认为阴影值。

VSHCT： **分流电压转换时间**

位 3 – 5

设置分流电压测量的转换时间。表 7-5 展示了 VSHCT 位选项及每个位设置对应的转换时间。

表 7-5. VSHCT 位设置 [5:3] 组合

VSHCT2 D8	VSHCT1 D7	VSHCT0 D6	转换时间(1)
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) 默认为阴影值。

模式： **运行模式**

位 0-2

选择连续、触发或省电运行模式。这些位默认为连续分流和总线测量模式。模式设置如表 7-6 所示。

表 7-6. 模式设置 [2:0] 组合

MODE3 D2	MODE2 D1	MODE1 D0	模式(1)
0	0	0	省电（关断）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 7-6. 模式设置 [2:0] 组合（续）

MODE3 D2	MODE2 D1	MODE1 D0	模式(1)
0	0	1	分流电压，触发
0	1	0	总线电压，触发
0	1	1	分流和总线，触发
1	0	0	省电（关断）
1	0	1	分流电压，连续
1	1	0	总线电压、连续
1	1	1	分流和总线，连续

(1) 默认为阴影值。

7.1.2 分流电压寄存器 01h（只读）

分流电压寄存器存储分流电压读数，即 V_{SHUNT}。负数以二进制补码格式表示。通过对绝对值二进制数进行补数操作并加 1 来生成一个负数的二进制补码。MSB = “1”表示负数。

示例：对于 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÷2.5μV)=32000
3. 将这个值转换为二进制 = 0111 1101 0000 0000
4. 最这个二进制结果作补数操作 = 1000 0010 1111 1111
5. 将“1”添加到补码以创建二进制补码结果 = 1000 0011 0000 0000 = 8300h

如果均值计算处于使能状态，该寄存器将显示均值。

满标量程 = 81.92mV（十进制 = 7FFF）；LSB：2.5μV。

表 7-7. 分流电压寄存器 (01h)（只读）说明

位 #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
位名称	SIGN	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

7.1.3 总线电压寄存器 02h（只读）

总线电压寄存器存储最新的总线电压读数 VBUS。

如果均值计算处于使能状态，该寄存器将显示均值。

满标量程 = 40.96V（十进制 = 7FFF）；LSB = 1.25mV。

表 7-8. 总线电压寄存器 (02h)（只读）说明

位 #	D15(1)	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) D15 始终为零，因为总线电压只能为正。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.1.4 功率寄存器 (03h)（只读）

如果均值计算处于使能状态，该寄存器将显示均值。

功率寄存器的 LSB 在内部编程为等于所编程 Current_LSB 值的 25 倍。

根据方程式 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，以瓦特为单位记录功率。

表 7-9. 功率寄存器 (03h)（只读）说明

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

7.1.5 电流寄存器 (04h)（只读）

如果均值计算处于使能状态，该寄存器将显示均值。

根据方程式 3，将分流电压寄存器中的十进制值乘以校准寄存器的十进制值，可以得出电流寄存器的值。

表 7-10. 电流寄存器 (04h)（只读）说明

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

7.1.6 校准寄存器 (05h)（读取/写入）

该寄存器为器件提供分流电阻器的值，此分流电阻器用于产生测量的差动电压。该寄存器还设定电流寄存器的分辨率。对该寄存器进行编程可设置 Current_LSB 和 Power_LSB。该寄存器也用于整体系统校准。有关对校准寄存器进行编程的更多信息，请参阅*对校准寄存器进行编程*。

表 7-11. 校准寄存器 (05h)（读取/写入）说明

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

7.1.7 屏蔽/使能寄存器 (06h)（读取/写入）

屏蔽/使能寄存器选择要使能何种功能，以控制警报引脚及其工作方式。如果使能了多个功能，则最高有效位位置的警报功能 (D15-D11) 具有优先权，并响应警报限值寄存器。

表 7-12. 屏蔽/使能寄存器 (06h)（读取/写入）

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 将该位置为高电平可将警报引脚配置为：如果转换后的分流电压测量值超过警报限值寄存器中编程的值，则将警报引脚置为有效。

SUL： **分流电压欠压**

位 14 将该位置为高电平可将警报引脚配置为：如果转换后的分流电压测量值降至警报限值寄存器中编程的值以下，则将警报引脚置为有效。

BOL： **总线电压过压**

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

位 13 将该位置为高电平可将警报引脚配置为：如果转换后的总线电压测量值超过警报限值寄存器中编程的值，则将警报引脚置为有效。

BUL： **总线电压欠压**

位 12 将该位置为高电平可将警报引脚配置为：如果转换后的总线电压测量值降至警报限值寄存器中编程的值以下，则将警报引脚置为有效。

POL： **功率超限**

位 11 将该位置为高电平可将警报引脚配置为：如果在总线电压测量后计算的功率超过警报限值寄存器中编程的值，则将警报引脚置为有效。

CNVR： **转换就绪**

位 10 当转换就绪标志位（位 3）被置为有效表明此器件已经为下次转换做好准备时，将该位设置为高电平将把警报引脚置为有效。

AFF： **警报功能标志**

位 4 虽然警报引脚一次只能监控一个警报功能，但也可以使能转换就绪标志来将警报引脚置为有效。通过在警报发生后读取警报功能标志，用户能够确定警报功能是否为警报来源。

当警报锁存使能位设置为锁存模式时，仅当读取屏蔽/使能寄存器时，才会清除警报功能标志位。当警报锁存使能位设置为透明模式时，在下一次不会导致警报条件的转换之后，才会清除警报功能标志位。

CVRF： **转换就绪标志**

位 3 虽然可随时读取此器件，并且来自上次转换的数据可用，但提供的转换就绪标志位可帮助协调单次或触发转换。转换就绪标志位在所有转换、均值计算和乘法运算完成之后置位。在以下情况下，将清除转换就绪标志位：

1.)写入配置寄存器（断电选择除外）

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，该位被置为 '1'。该位指示电流和功率数据可能无效。

APOL： **警报极性位；设置警报引脚极性。**

位 1 1 = 反相（高电平有效集电极开路）
0 = 正常（低电平有效集电极开路）（默认）

LEN： **警报锁存使能；配置警报引脚和警报标志位的锁存特性。**

位 0 1 = 使能锁存
0 = 透明（默认）

当警报锁存使能位设置为透明模式时，如果故障已被清除，则 ALERT 引脚和标志位复位为空闲状态。当警报锁存使能位设置为锁存模式时，故障发生后警报引脚和警报标志位保持有效，直到屏蔽/使能寄存器被读取。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.1.8 警报限值寄存器 (07h) (读取/写入)

警报限值寄存器包含用于与屏蔽/使能寄存器中选择的寄存器进行比较的值，以确定是否超出了限值。

表 7-13. 警报限值寄存器 (07h) (读取/写入) 说明

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

7.1.9 制造商 ID 寄存器 (FEh) (只读)

制造商 ID 寄存器存储制造商的唯一标识号。

表 7-14. 制造商 ID 寄存器 (FEh) (只读) 说明

位 #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
位名称	ID15	ID14	ID13	ID12	ID11	ID10	ID9	ID8	ID7	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0
POR 值	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1

ID： **制造商 ID 位**

位 0-15　　存储制造商标识位

7.1.10 裸片 ID 寄存器 (FFh) (只读)

裸片 ID 寄存器存储裸片的唯一标识号和版本 ID。

表 7-15. 裸片 ID 寄存器 (FFh) (只读) 说明

位 #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
位名称	DID11	DID10	DID9	DID8	DID7	DID6	DID5	DID4	DID3	DID2	DID1	DID0	RID3	RID2	RID1	RID0
POR 值	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

DID： **器件 ID 位**

位 4-15　　存储器件标识位

RID： **裸片版本 ID 位**

位 0-3　　存储器件版本标识位

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客 户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

8.1 应用信息

INA226 是具有 I2C™ 兼容接口的电流分流器和功率监测器。该器件同时监控分流压降和总线电源电压。可编程校准值、转换时间、和均值计算，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。

8.2 典型应用

8.2.1 高侧检测电路应用

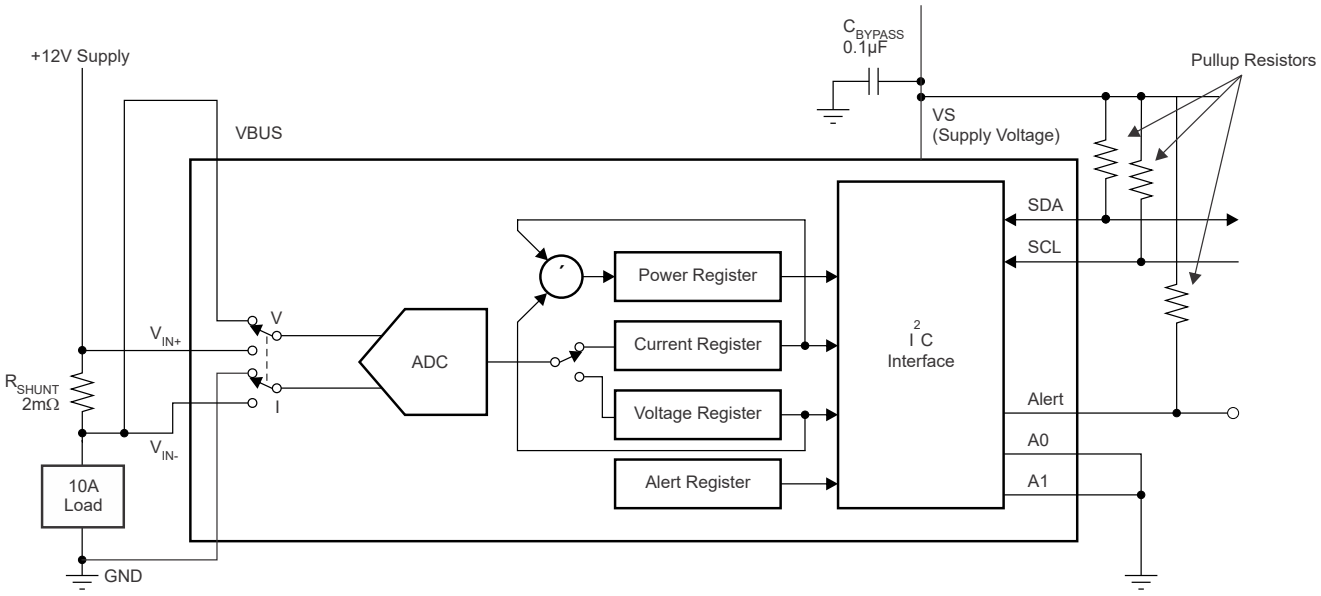


图 8-1. 典型电路配置，INA226

8.2.1.1 设计要求

INA226 测量电流通过电流检测电阻器 (R_{SHUNT}) 时在其两端产生的电压。该器件还测量总线电源电压，并在校准后可计算功率。该器件具有警报功能。可以对警报引脚进行编程，以响应用户定义的事件或转换就绪通知。该设计说明了警报引脚对设定阈值的响应能力。

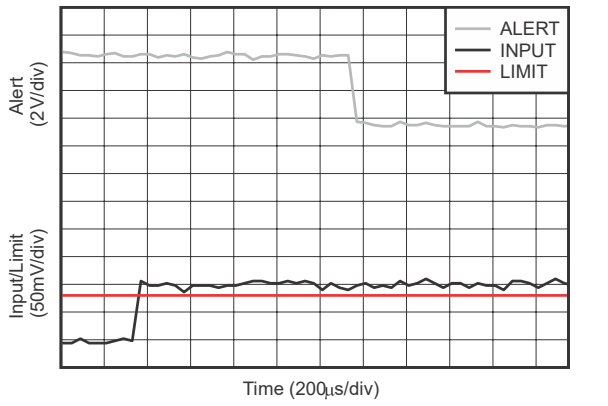
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.1.2 详细设计过程

警报引脚可配置为响应*警报引脚*部分所述的五种警报功能之一。警报引脚必须通过上拉电阻器上拉至 V_{VS} 引脚电压。配置寄存器根据所需的转换时间和均值计算进行设置。屏蔽/使能寄存器设置为识别所需的警报功能，警报限值寄存器设置为用于比较的限值。

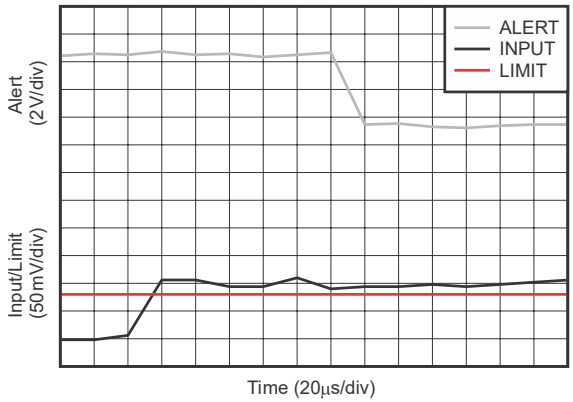
8.2.1.3 应用曲线

图 8-2 显示了在转换时间 (t_{CT}) 为 1.1ms 且均值计算设置为 1 的情况下，警报引脚对于 80mV 分流电压超限的响应。图 8-3 显示了对于同一限值的响应，但转换时间缩短至 140µs。



请参阅 表 8-1　　t_{CT} = 1.1ms
请参阅 表 8-3　　请参阅 表 8-4

图 8-2. 警报响应



请参阅 表 8-2　　t_{CT} = 140µs
请参阅 表 8-3　　请参阅 表 8-4

图 8-3. 警报响应

表 8-1. 图 8-2 的配置寄存器 (00h) 设置 (值 = 4025h)

位 #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
位名称	RST	—	—	—	AVG2	AVG1	AVG0	VBUSCT2	VBUSCT1	VBUSCT0	V_{SH}CT2	V_{SH}CT1	V_{SH}CT0	MODE3	MODE2	MODE1
POR 值	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1

表 8-2. 图 8-3 的配置寄存器 (00h) 设置 (值 = 4005h)

位 #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
位名称	RST	—	—	—	AVG2	AVG1	AVG0	VBUSCT2	VBUSCT1	VBUSCT0	V_{SH}CT2	V_{SH}CT1	V_{SH}CT0	MODE3	MODE2	MODE1
POR 值	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

表 8-3. 图 8-2 和 图 8-3 的屏蔽/使能寄存器 (06h) 设置 (值 = 8000h)

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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 8-4. 图 8-2 和 图 8-3 的警报限值寄存器 (07h) 设置 (值 = 7D00)

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	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.3 电源相关建议

器件的输入电路可以在共模电压超出其电源电压 V_{VS} 的情况下准确地测量信号。例如，施加到 V_{VS} 电源终端的电压可以为 5V，而监测到的负载电源电压（共模电压）可以高达 36V。另请注意，无论器件加电与否，该器件的输入终端都可以耐受 0V 至 36V 完整范围的电压。

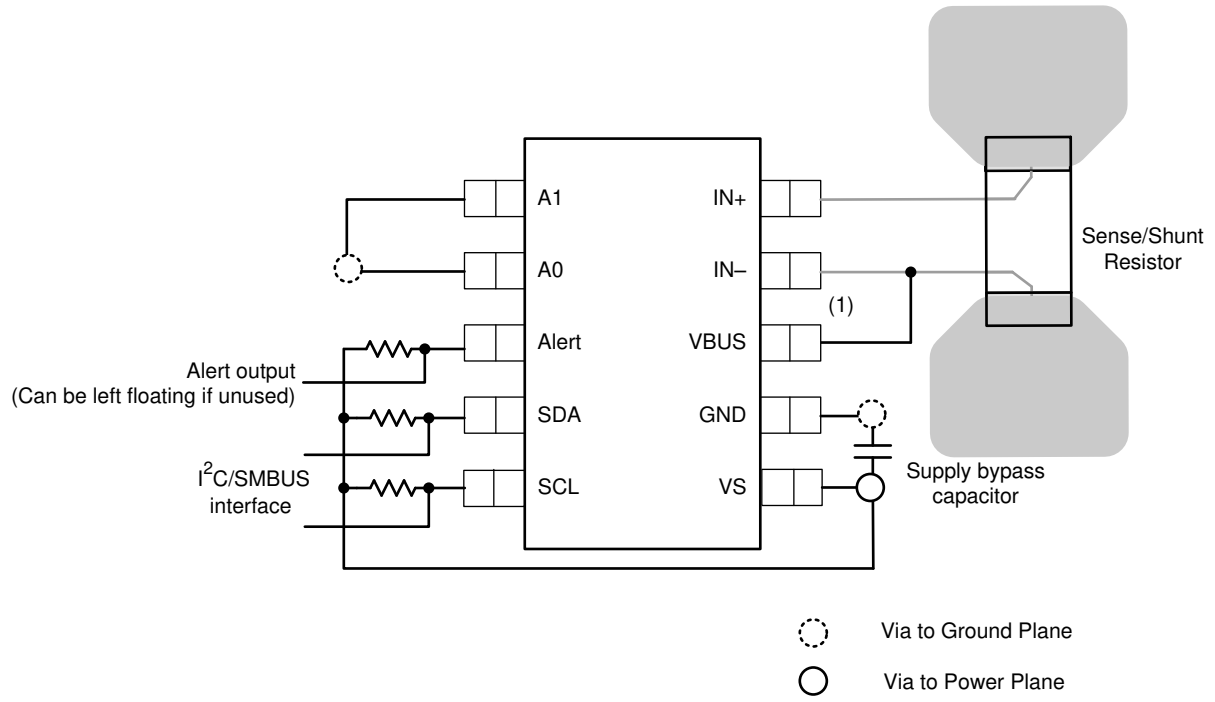
将所需的电源旁路电容器尽可能靠近器件的电源端子和接地端子放置以提供稳定性。电源旁路电容器的容值通常为 0.1 μF。采用高噪声或高阻抗电源的应用可能需要额外的去耦电容器来抑制电源噪声。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

使用开尔文连接或 4 线连接将输入引脚（IN+ 和 IN-）连接到检测电阻器。这些连接技术可确保在输入引脚之间仅检测电流检测电阻阻抗。电流检测电阻布线不良通常会导致在输入引脚之间存在额外的电阻。鉴于电流检测电阻的欧姆值非常低，任何额外的高载流阻抗都会导致严重的测量误差。电源旁路电容器的位置应尽可能靠近电源引脚和接地引脚。

8.4.2 布局示例



(1) 将 VBUS 引脚连接到电源轨。

图 8-4. INA226 布局示例

9 器件和文档支持

9.1 器件支持

9.1.1 开发支持

- INA226EVM 评估板和软件教程 (SBOU113)

9.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

9.3 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

9.4 商标

I2C™ is a trademark of I2C Technologies, Ltd.
TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

9.5 静电放电警告

静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

9.6 术语表

TI 术语表　　本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision B (September 2024) to Revision C (August 2026)	Page
• 将文档中所有旧术语实例更新为“控制器”和“目标”	1
• 更新了*寄存器映射*部分中的*寄存器组摘要*表，以包含新的材料二进制和十六进制值	21

Changes from Revision A (August 2015) to Revision B (September 2024)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式	1
• 删除了“ESD 等级”中的机器型号	4
• 更新了热指标值以匹配热模型	4
• 在 PSRR 规格的典型值前面添加了 ±	5
• 降低了输入偏置电流典型值	5
• 更新了*分流输入增益误差与共模电压间的关系*图和输入偏置电流曲线	7

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

Changes from Revision * (June 2011) to Revision A (August 2015) **Page**

- 添加了“处理额定值”表、“特性说明”部分、器件功能模式、“应用和实施”部分、“电源相关建议”部分、“布局”部分、“器件和文档支持”部分以及“机械、封装和可订购信息”部分..... 1

11 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
INA226AIDGSR	Active	Production	VSSOP (DGS) | 10	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU | NIPDAUAG | SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	226
INA226AIDGSR.A	Active	Production	VSSOP (DGS) | 10	2500 | LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	226
INA226AIDGSR.B	Active	Production	VSSOP (DGS) | 10	2500 | LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	226
INA226AIDGSRG4	Active	Production	VSSOP (DGS) | 10	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	226
INA226AIDGSRG4.A	Active	Production	VSSOP (DGS) | 10	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	226
INA226AIDGSRG4.B	Active	Production	VSSOP (DGS) | 10	2500 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	226
INA226AIDGST	Active	Production	VSSOP (DGS) | 10	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU | NIPDAUAG | SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	226
INA226AIDGST.A	Active	Production	VSSOP (DGS) | 10	250 | SMALL T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	226
INA226AIDGST.B	Active	Production	VSSOP (DGS) | 10	250 | SMALL T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	226

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

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

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part 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.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF INA226 :

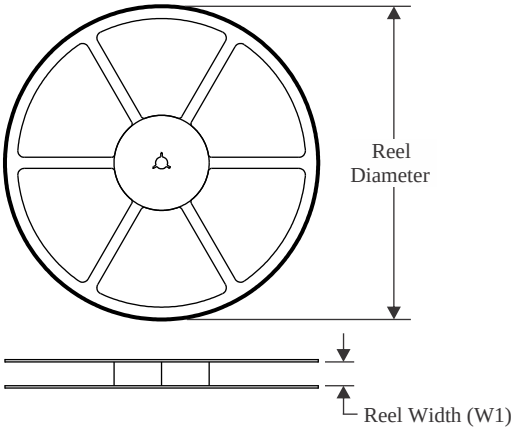
- Automotive : INA226-Q1

NOTE: Qualified Version Definitions:

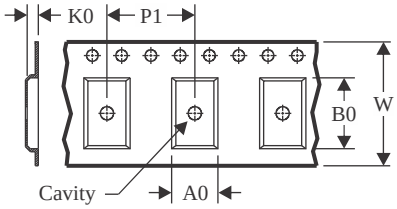
- Automotive - Q100 devices qualified for high-reliability automotive applications targeting zero defects

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

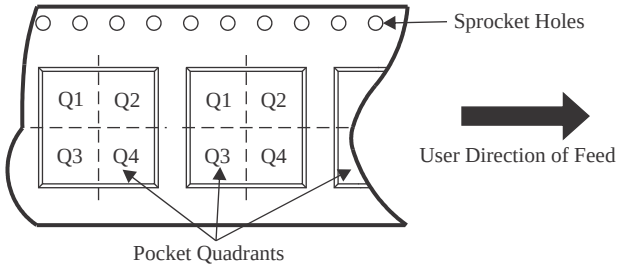


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

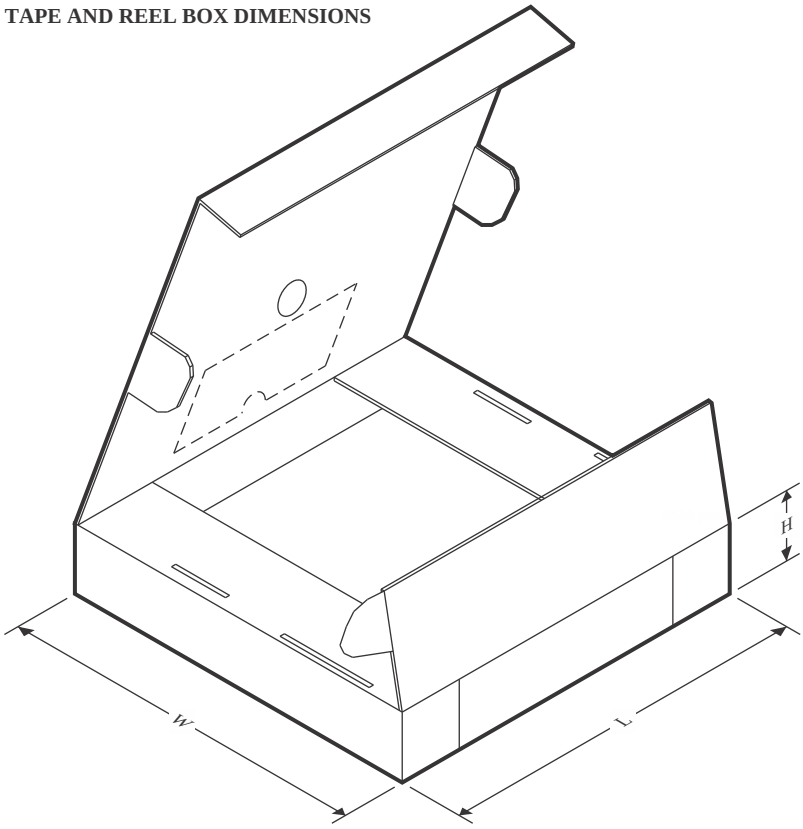
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
INA226AIDGSR	VSSOP	DGS	10	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
INA226AIDGSR	VSSOP	DGS	10	2500	330.0	12.4	5.25	3.35	1.25	8.0	12.0	Q1
INA226AIDGSR	VSSOP	DGS	10	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
INA226AIDGSRG4	VSSOP	DGS	10	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
INA226AIDGST	VSSOP	DGS	10	250	330.0	12.4	5.25	3.35	1.25	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

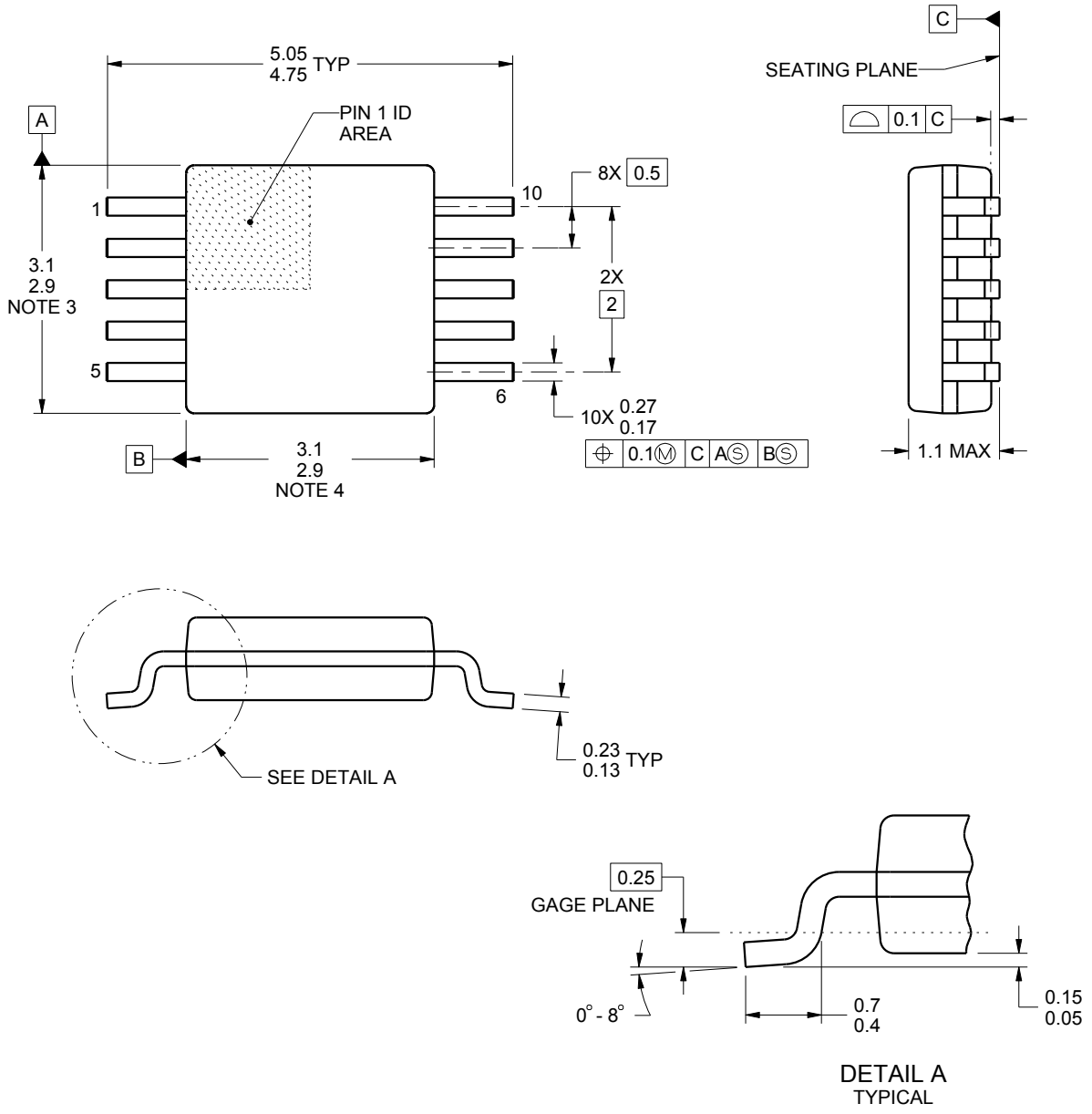
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
INA226AIDGSR	VSSOP	DGS	10	2500	353.0	353.0	32.0
INA226AIDGSR	VSSOP	DGS	10	2500	366.0	364.0	50.0
INA226AIDGSR	VSSOP	DGS	10	2500	366.0	364.0	50.0
INA226AIDGSRG4	VSSOP	DGS	10	2500	353.0	353.0	32.0
INA226AIDGST	VSSOP	DGS	10	250	366.0	364.0	50.0

PACKAGE OUTLINE

DGS0010A

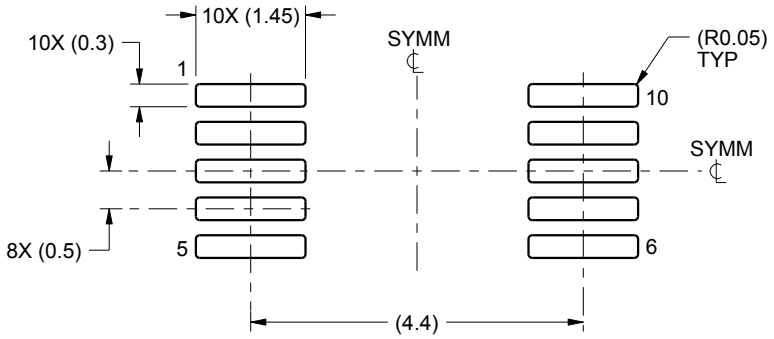
VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE

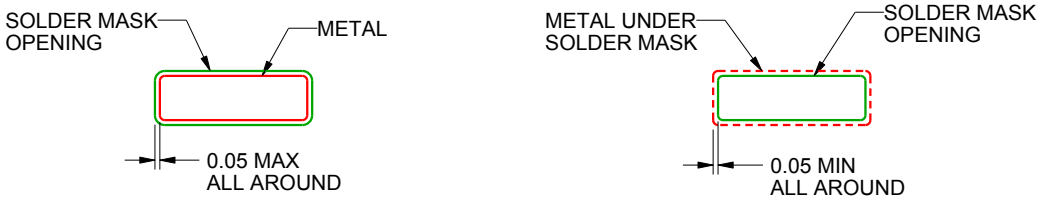


NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. This dimension does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.25 mm per side.
5. Reference JEDEC registration MO-187, variation BA.



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:10X

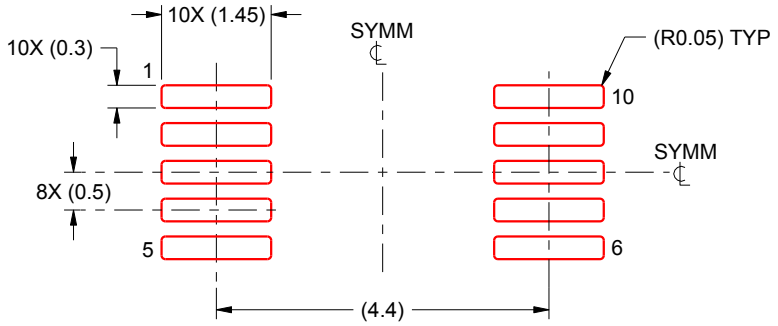


SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4221984/A 05/2015

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE:10X

4221984/A 05/2015

NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（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，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(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、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月