

INA20x-Q1 汽车级 -16V 至 +80V 支持低侧或高侧检测的高速 电压输出电流检测放大器，内置比较器和参考电压源

1 特性

- 符合汽车应用要求
- 具有符合 AEC-Q100 标准的下列特性：
 - 器件温度等级 1：-40°C 至 125°C 环境工作温度范围
 - 器件 HBM ESD 分类等级 H2
 - 器件 CDM ESD 分类等级 C3B
- 电流检测放大器：
 - 共模范围：-16V 至 +80V
 - 过温条件下的最大误差为 3.5%
 - 带宽：500kHz (INA200-Q1)
 - 有三种增益可供选择：
 - 20V/V (INA200-Q1)
 - 50V/V (INA201-Q1)
 - 100V/V (INA202-Q1)
- 集成式开漏比较器
 - 锁存功能
 - 0.6V 内部电压基准
- 静态电流：1800 μ A (最大值)
- 锁存性能超过 100mA，符合 JESD78 规范
- 封装：VSSOP-8

2 应用

- 电动助力转向 (EPS) 系统
- 车身控制模块
- 制动系统
- 电子稳定控制 (ESC) 系统

3 说明

INA200-Q1、INA201-Q1 和 INA202-Q1 (INA20x-Q1) 是具有电压输出的低侧或高侧电流分流监控器。INA20x-Q1 器件可在 -16V 至 +80V 的共模电压下检测分流器上的压降。INA20x-Q1 具有三种输出电压标度：20V/V、50V/V 和 100V/V，带宽高达 500kHz。

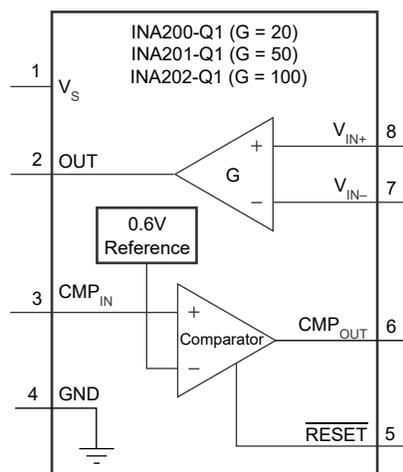
INA20x-Q1 还集成了一个开漏比较器和一个内部参考电压源，提供 0.6V 的阈值电压。外部电阻分压器设定电流跳闸点。该比较器具有锁存功能，通过将 RESET 引脚接地 (或置于开路) 可使其进入透明状态。

INA20x-Q1 由 2.7V 至 18V 的单电源供电，最大电源电流消耗为 1800 μ A。这些器件目前采用很小的 VSSOP-8 封装。所有器件的工作温度范围均为 -40°C 至 +125°C。

封装信息 (1)

器件型号	封装	封装尺寸(2)
INA200-Q1	DGG (VSSOP, 8)	3mm \times 4.9mm
INA201-Q1		
INA202-Q1		

- (1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的封装选项附录。
 (2) 封装尺寸 (长 \times 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



简化版原理图



内容

1 特性	1	8.1 概述.....	12
2 应用	1	8.2 功能方框图.....	12
3 说明	1	8.3 特性说明.....	13
4 器件比较	3	8.4 器件功能模式.....	13
5 引脚配置和功能	3	9 应用信息	14
6 规格	4	9.1 应用信息.....	14
6.1 绝对最大额定值.....	4	9.2 典型应用.....	18
6.2 ESD 等级.....	4	9.3 电源相关建议.....	21
6.3 建议运行条件.....	4	9.4 布局.....	22
6.4 热性能信息.....	4	10 器件和文档支持	24
6.5 电气特性：电流分流监控器.....	5	10.1 接收文档更新通知.....	24
6.6 电气特性：比较器.....	6	10.2 支持资源.....	24
6.7 电气特性：通用.....	6	10.3 商标.....	24
6.8 典型特性.....	7	10.4 静电放电警告.....	24
7 参数测量信息	11	10.5 术语表.....	24
7.1 迟滞.....	11	11 修订历史记录	24
8 详细说明	12	12 机械、封装和可订购信息	25

4 器件比较

表 4-1. 器件比较

器件	说明
INA193A-Q1	放大器性能与 INA200-Q1 相同，不带集成比较器
INA203-Q1	双路比较器，INA200-Q1 单路比较器的替代产品
INA282-Q1	汽车级 80V 双向高精度低侧或高侧电压输出电流分流监控器
INA300-Q1	汽车级 36V 低侧或高侧过流保护比较器
INA301	具有集成比较器的过流保护高速精密电流检测放大器

5 引脚配置和功能

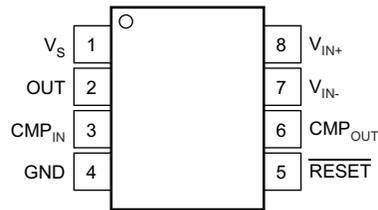


图 5-1. DGK 封装 8 引脚 VSSOP 顶视图

表 5-1. 引脚功能

引脚		I/O	说明
编号	名称		
1	V_s	模拟	电源
2	OUT	模拟输出	输出电压
3	CMP_{IN}	模拟输入	比较器输入
4	GND	模拟	接地
5	RESET	模拟输入	比较器复位引脚，低电平有效
6	CMP_{OUT}	模拟输出	比较器输出
7	V_{IN-}	模拟输入	负输入，连接到分流电阻的低侧
8	V_{IN+}	模拟输入	正输入，连接到分流电阻的高侧

6 规格

6.1 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
电源电压, V_S		2.7	18	V
电流分流监控器模拟输入, V_{IN+} , V_{IN-}	差分电压 ($V_{IN+} - V_{IN-}$)	-18	18	V
	共模 ⁽²⁾ , $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2$	-16	80	V
比较器模拟输入和复位引脚, CMP_{IN} 和 \overline{RESET} (2)		GND - 0.3	(V_S) + 0.3	V
模拟输出, OUT (2)		GND - 0.3	(V_S) + 0.3	V
比较器输出, CMP_{OUT} (2)		GND - 0.3	18	V
进入任一引脚的输入电流 ⁽²⁾			5	mA
工作温度, T_A		-40	125	°C
结温			150	°C
贮存温度, T_{stg}		-65	150	°C

- (1) 应力超出绝对最大额定值下面列出的值时可能会对器件造成永久损坏。这些列出的值仅仅是应力等级, 并不表示器件在这些条件下以及在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。
- (2) 如果该引脚处的电流不超过 5mA, 则此电压可能超出所示额定值。

6.2 ESD 等级

		值	单位
$V_{(ESD)}$ 静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 AEC Q100-002 标准 ⁽¹⁾	±2000	V
	充电器件模型 (CDM), 符合 AEC Q100-011 标准	±1000	

- (1) AEC Q100-002 指示应当按照 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范执行 HBM 应力测试。

6.3 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	-16	12	80	V
V_S	运行电源电压	2.7	12	18	V
T_A	自然通风条件下的工作温度范围	-40	25	125	°C

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		INA20x-Q1	单位
		DGK (VSSOP)	
		8 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	162.2	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	37.7	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	82.9	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	1.3	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	81.4	°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》应用报告 SPRA953。

6.5 电气特性：电流分流监控器

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 12\text{V}$, $V_{\text{CM}} = 12\text{V}$, $V_{\text{SENSE}} = V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-} = 100\text{mV}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$ 至 GND, $R_{\text{PULL-UP}} = 5.1\text{k}\Omega$ 从 CMP_{OUT} 连接至 V_S , 且 $\text{CMP}_{\text{IN}} = \text{GND}$ (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						
V_{SENSE} 满标度检测输入电压	$V_{\text{SENSE}} = V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-}$		0.15	$(V_S - 0.25) / \text{Gain}$	V	
V_{CM} 共模输入范围	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C	-16		80	V	
共模抑制 (CMR) 共模抑制	$V_{\text{IN}+} = -16\text{V}$ 至 80V	80	100		dB	
	$V_{\text{IN}+} = 12\text{V}$ 至 80V , $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C 。	100	123		dB	
V_{OS} 失调电压, RTI ⁽¹⁾	$T_A = 25^\circ\text{C}$		± 0.5	± 2.5	mV	
	$T_A = 25^\circ\text{C}$ 至 125°C			± 3	mV	
	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 25°C			± 3.5	mV	
dV_{OS}/dT 偏移电压 (RTI) 与温度间的关系	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C		5		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
PSR 偏移电压 (RTI) 与电源间的关系	$V_{\text{OUT}} = 2\text{V}$, $V_{\text{IN}+} = 18\text{V}$, 2.7V , $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C		2.5	100	$\mu\text{V}/\text{V}$	
I_B 输入偏置电流, $V_{\text{IN}-}$ 引脚	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C		± 9	± 16	μA	
输出 ($V_{\text{SENSE}} \geq 20\text{mV}$)						
G 增益	INA200-Q1		20		V/V	
	INA201-Q1		50		V/V	
	INA202-Q1		100		V/V	
增益误差	$V_{\text{SENSE}} = 20\text{mV}$ 至 100mV		$\pm 0.2\%$	$\pm 1\%$		
	$V_{\text{SENSE}} = 20\text{mV}$ 至 100mV , $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C			$\pm 2\%$		
总输出误差 ⁽²⁾	$V_{\text{SENSE}} = 120\text{mV}$, $V_S = 16\text{V}$		$\pm 0.75\%$	$\pm 2.2\%$		
	$V_{\text{SENSE}} = 120\text{mV}$, $V_S = 16\text{V}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C			$\pm 3.5\%$		
非线性误差 ⁽³⁾	$V_{\text{SENSE}} = 20\text{mV}$ 至 100mV		$\pm 0.002\%$			
R_O 输出阻抗			1.5		Ω	
C_{LOAD} 最大容性负载	无持续振荡		10		nF	
输出 ($V_{\text{SENSE}} < 20\text{mV}$)⁽⁴⁾						
输出	$-16\text{V} \leq V_{\text{CM}} < 0\text{V}$	INA20x-Q1	300		mV	
	$0\text{V} \leq V_{\text{CM}} \leq V_S$, $V_S = 5\text{V}$	INA200-Q1		0.4	V	
		INA201-Q1			1	V
		INA202-Q1			2	V
$V_S < V_{\text{CM}} \leq 80\text{V}$	INA20x-Q1	300		mV		
电压输出⁽⁵⁾						
输出摆幅可达正电源轨	$V_{\text{IN}-} = 11\text{V}$, $V_{\text{IN}+} = 12\text{V}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C		$(V_S) - 0.15$	$(V_S) - 0.25$	V	
输出摆幅可达 GND ⁽⁶⁾	$V_{\text{IN}-} = 0\text{V}$, $V_{\text{IN}+} = -0.5\text{V}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C		$(V_{\text{GND}})0.004$	$(V_{\text{GND}})0.05$	V	
频率响应						
BW 带宽	$C_{\text{LOAD}} = 5\text{pF}$	INA200-Q1	500		kHz	
		INA201-Q1	300		kHz	
		INA202-Q1	200		kHz	
相位裕度	$C_{\text{LOAD}} < 10\text{nF}$		40		度	
SR 压摆率			1		$\text{V}/\mu\text{s}$	
稳定时间 (1%)	$V_{\text{SENSE}} = 10\text{mV}_{\text{PP}}$ 至 100mV_{PP} , $C_{\text{LOAD}} = 5\text{pF}$		2		μs	
噪声, RTI						
电压噪声密度			40		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	

(1) 偏移电压是根据在 20mV 和 100mV V_{SENSE} 下的输出测量值推算得出。

(2) 总输出误差包括增益误差和 V_{OS} 的影响。

INA200-Q1, INA201-Q1, INA202-Q1

ZHCS170D - APRIL 2011 - REVISED APRIL 2025

- (3) 线性度采用最佳直线拟合。
- (4) 有关此操作的详细信息，请参阅 节 8.4 中 精度变化 部分的内容。
- (5) 具体请参阅图 6-7。
- (6) 根据设计确定。

6.6 电气特性：比较器

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 12\text{V}$, $V_{\text{CM}} = 12\text{V}$, $V_{\text{SENSE}} = 100\text{mV}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$ 至 GND, $R_{\text{PULL-UP}} = 5.1\text{k}\Omega$ 从 CMP_{OUT} 连接至 V_S (除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
失调电压					
阈值	$T_A = 25^\circ\text{C}$	590	608	620	mV
	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C	586		625	mV
迟滞 ⁽¹⁾	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C		-8		mV
输入偏置电流⁽²⁾					
CMP_{IN} 引脚			0.005	10	nA
	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C			15	nA
输入电压范围					
CMP_{IN} 引脚		0 至 $V_S - 1.5$			V
输出 (开漏)					
大信号差分电压增益	$\text{CMP}_{\text{OUT}} = 1\text{V}$ 至 4V , $R_L \geq 15\text{k}\Omega$, 连接至 5V	200			V/mV
I_{LKG} 高电平泄漏电流 ^{(3) (4)}	$V_{\text{ID}} = 0.4\text{V}$, $V_{\text{OH}} = V_S$		0.0001	1	μA
V_{OL} 低电平输出电压 ⁽³⁾	$V_{\text{ID}} = -0.6\text{V}$, $I_{\text{OL}} = 2.35\text{mA}$		220	300	mV
响应时间					
响应时间 ⁽⁵⁾	R_L 接至 5V , $C_L = 15\text{pF}$, 输入电压阶跃为 100mV , 过驱电压为 5mV		1.3		μs
RESET					
$\overline{\text{RESET}}$ 阈值 ⁽⁶⁾			1.1		V
逻辑输入阻抗			2		$\text{M}\Omega$
最小 $\overline{\text{RESET}}$ 脉冲宽度			1.5		μs
$\overline{\text{RESET}}$ 传播延迟			3		μs

- (1) 磁滞是指比较器非反相输入的下降沿的阈值 (阈值规范适用于非反相输入的上升沿) ; 请参阅图 7-1。
- (2) 根据设计确定。
- (3) V_{ID} 是指比较器输入端的差分电压。
- (4) 无论 V_S 为何, 都可以将开漏输出拉至 2.7V 至 18V 的范围内。
- (5) 指定的比较器响应时间指的是输入阶跃函数与输出超过 1.4V 那一刻之间的间隔。
- (6) $\overline{\text{RESET}}$ 输入有一个内部 $2\text{M}\Omega$ (典型值) 下拉电阻。 $\overline{\text{RESET}}$ 开路, 变为低电平状态, 比较器以透明模式运行。

6.7 电气特性：通用

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 12\text{V}$, $V_{\text{CM}} = 12\text{V}$, $V_{\text{SENSE}} = 100\text{mV}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$ 至 GND, $R_{\text{PULL-UP}} = 5.1\text{k}\Omega$ 从 CMP_{OUT} 连接至 V_S , $\text{CMP}_{\text{IN}} = 1\text{V}$ (除非另有说明)

一般参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源					
I_Q 静态电流	$V_{\text{OUT}} = 2\text{V}$		1350	1800	μA
	$V_{\text{SENSE}} = 0\text{mV}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C			1850	μA
比较器上电复位阈值 ⁽¹⁾			1.5		V

- (1) 只要 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚开路或接地, $\text{INA}20\text{x-Q1}$ 器件就会以定义的复位状态通过比较器上电。只要电源电压低于此处显示的电压, 比较器就会处于复位状态。比较器会根据其输入端电压是否高于该电源电压来呈现一种状态。如果上电时 $\overline{\text{RESET}}$ 为高电平, 则比较器输出会变为高电平, 并且需要复位才能在适当的情况下呈现低电平状态。

6.8 典型特性

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 12\text{V}$, $V_{IN+} = 12\text{V}$ 且 $V_{SENSE} = 100\text{mV}$ 时测得 (除非另有说明)

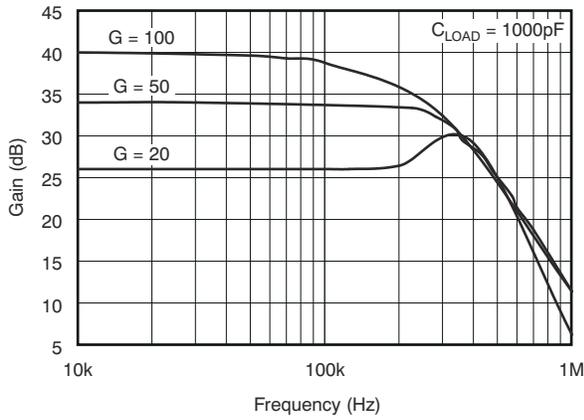


图 6-1. 增益与频率间的关系

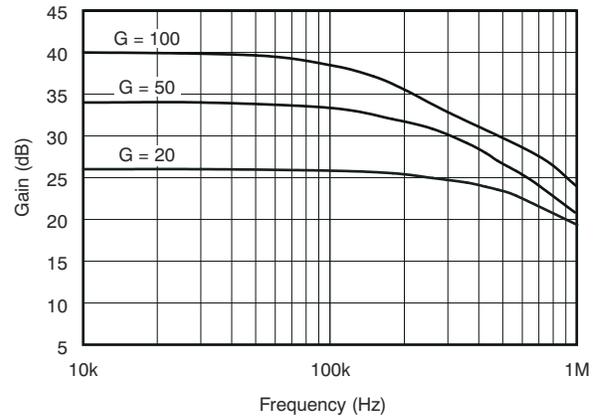


图 6-2. 增益与频率间的关系

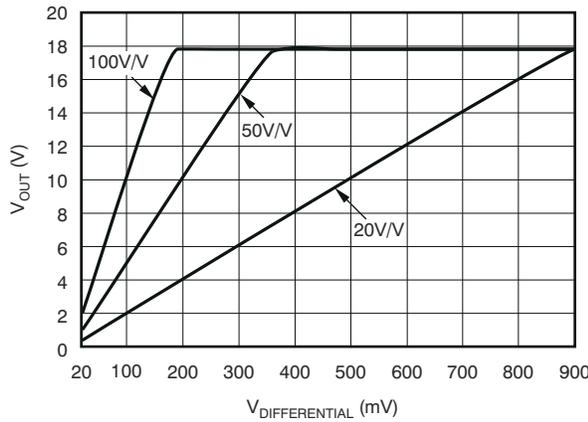


图 6-3. 增益图

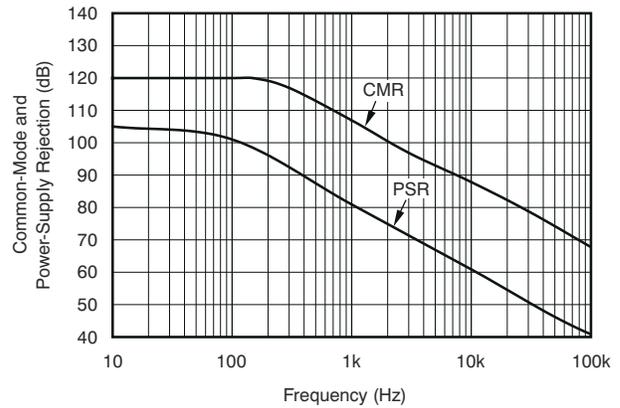


图 6-4. 共模抑制和电源抑制与频率间的关系

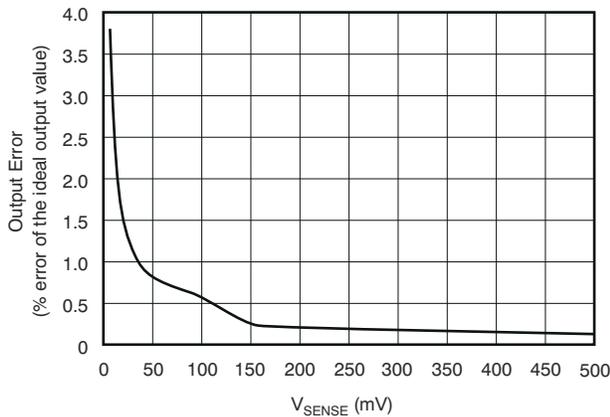


图 6-5. 增益误差与 V_{SENSE} 的关系

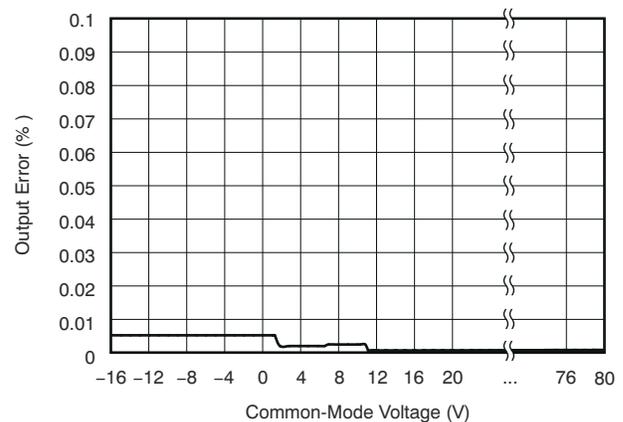


图 6-6. 输出误差与共模电压间的关系

6.8 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 12\text{V}$, $V_{IN+} = 12\text{V}$ 且 $V_{SENSE} = 100\text{mV}$ 时测得 (除非另有说明)

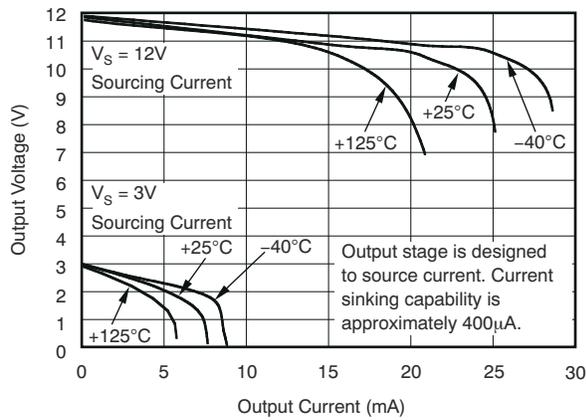


图 6-7. 正输出电压摆幅与输出电流间的关系

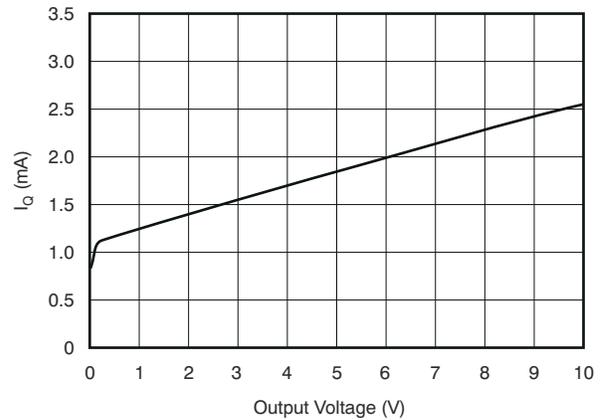


图 6-8. 静态电流与输出电压间的关系

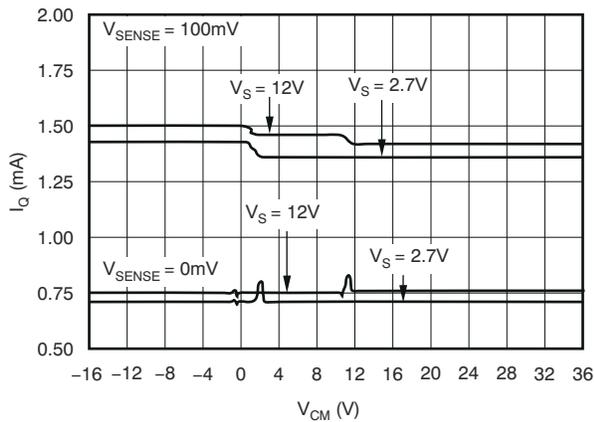


图 6-9. 静态电流与共模电压间的关系

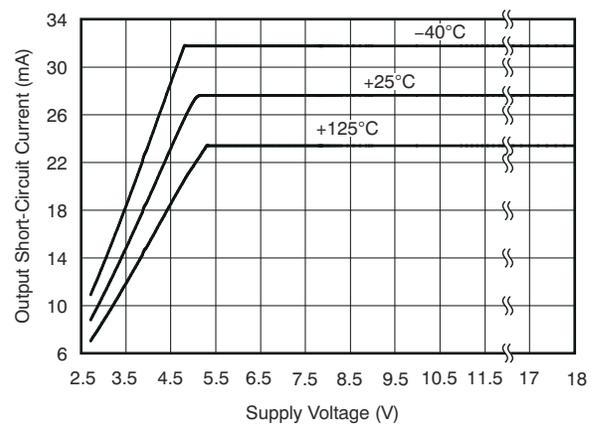


图 6-10. 输出短路电流与电源电压间的关系

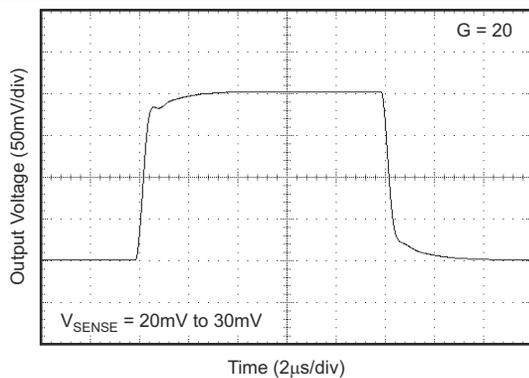


图 6-11. 阶跃响应

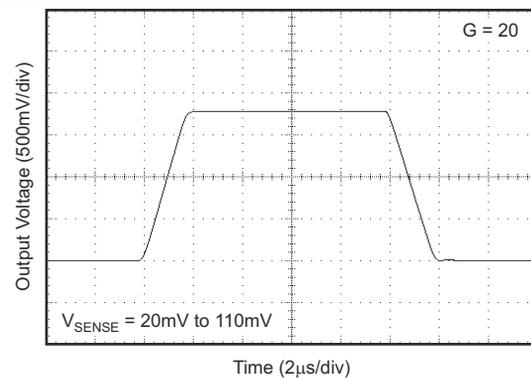


图 6-12. 阶跃响应

6.8 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 12\text{V}$, $V_{IN+} = 12\text{V}$ 且 $V_{SENSE} = 100\text{mV}$ 时测得 (除非另有说明)

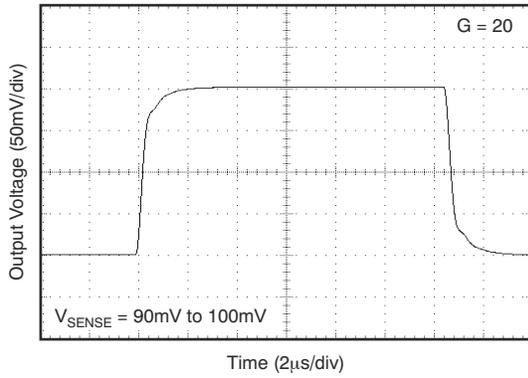


图 6-13. 阶跃响应

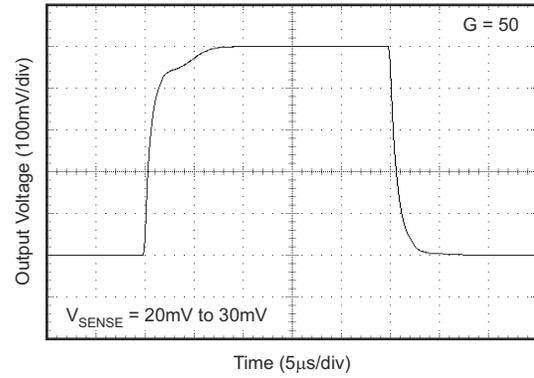


图 6-14. 阶跃响应

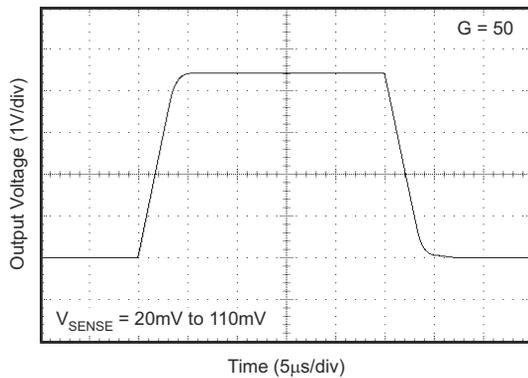


图 6-15. 阶跃响应

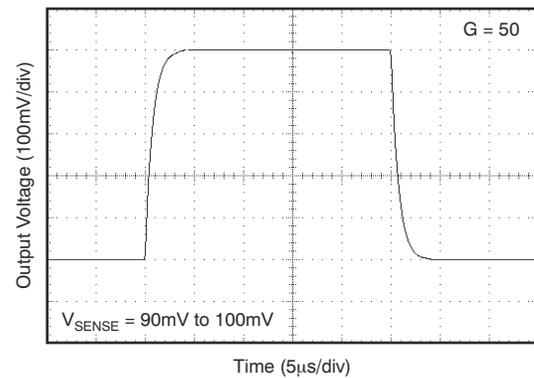


图 6-16. 阶跃响应

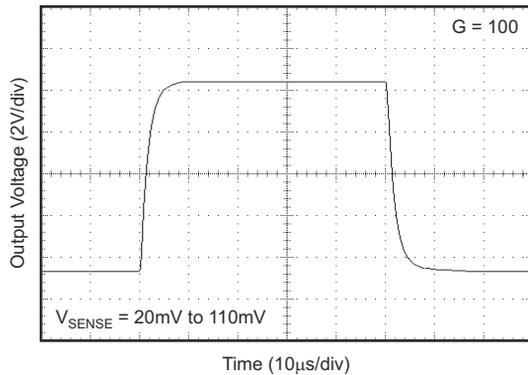


图 6-17. 阶跃响应

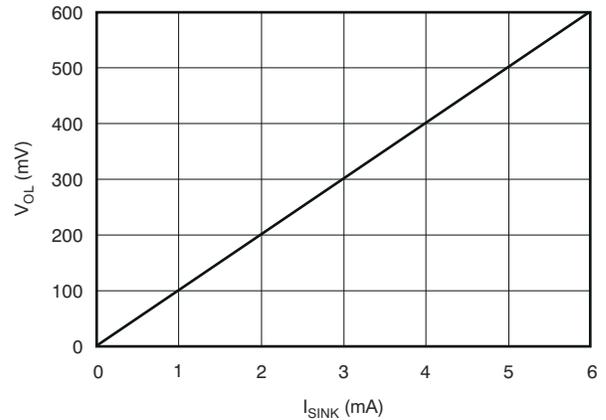


图 6-18. 比较器 V_{OL} 与 I_{SINK} 关系图

6.8 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 12\text{V}$, $V_{IN+} = 12\text{V}$ 且 $V_{SENSE} = 100\text{mV}$ 时测得 (除非另有说明)

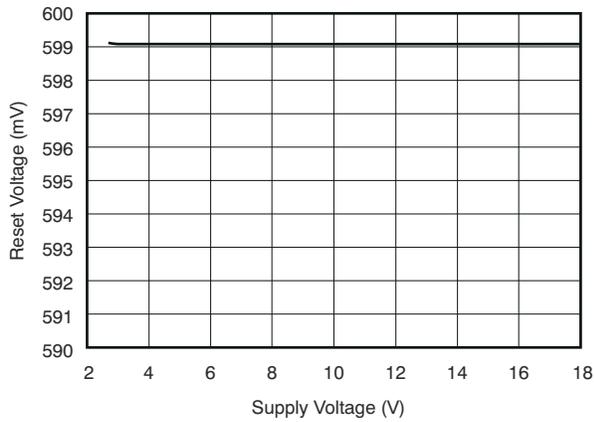


图 6-19. 比较器跳闸点与电源电压关系图

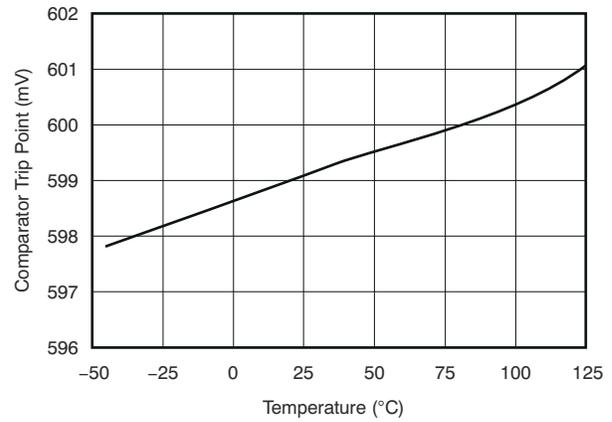


图 6-20. 比较器跳闸点与温度关系图

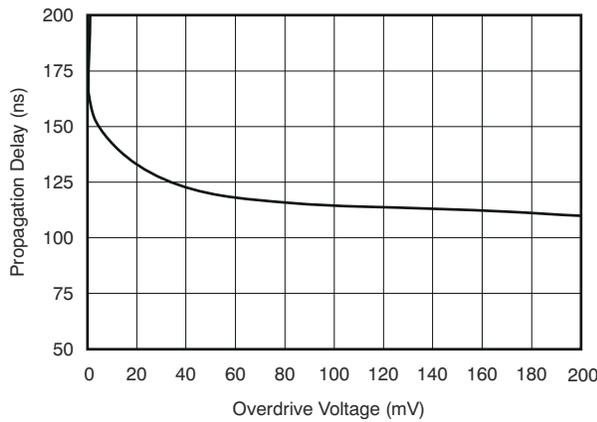


图 6-21. 比较器传播延迟与过驱电压关系图

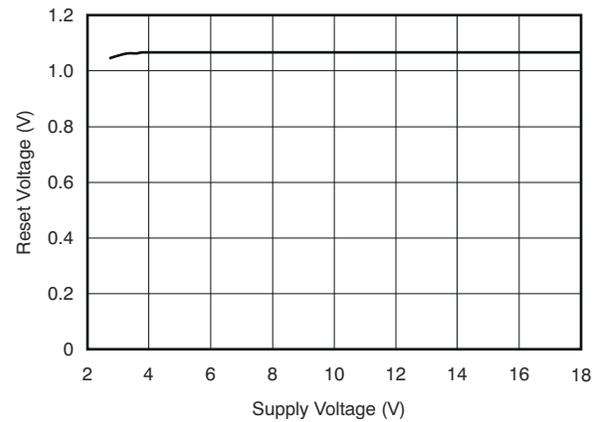


图 6-22. 比较器复位电压与电源电压关系图

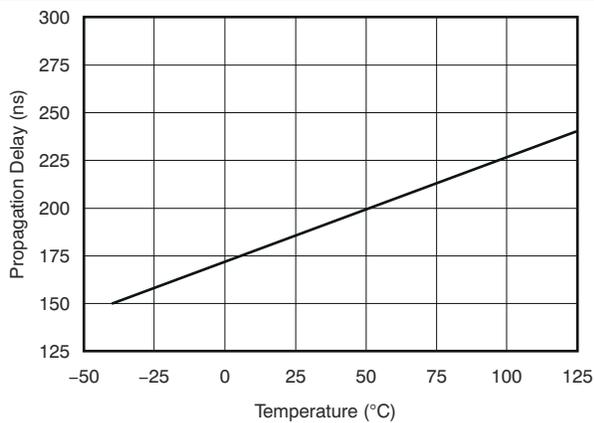


图 6-23. 比较器传播延迟与温度关系图

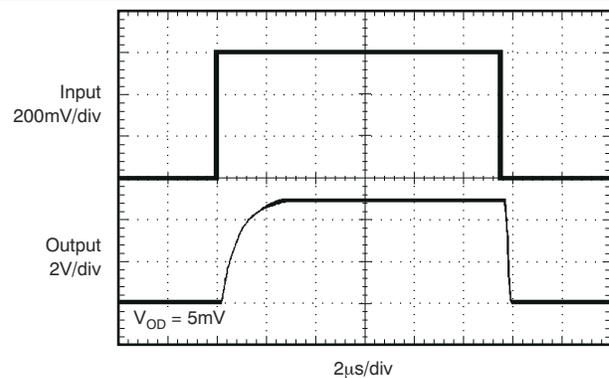


图 6-24. 比较器传播延迟

7 参数测量信息

7.1 迟滞

图 7-1 展示了典型的比较器磁滞。

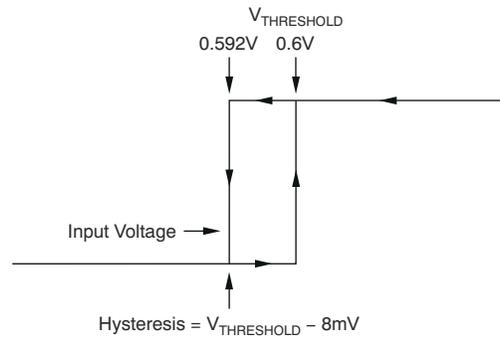


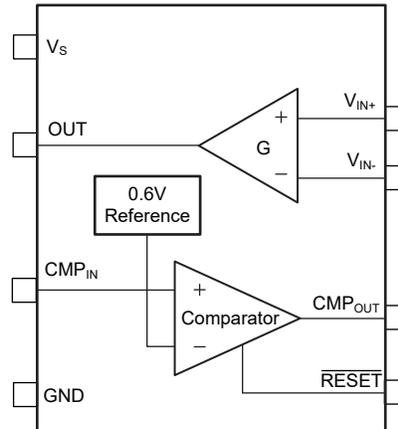
图 7-1. 典型比较器滞后

8 详细说明

8.1 概述

INA20x-Q1 电流分流监控器可在 -16V 至 +80V 的宽共模电压范围内运行。这些器件在负输入端集成了一个具有 0.6V 内部参考电压的开漏比较器。使用从电流分流监控器输出端到比较器正输入端的外部分压器来设置过流检测的正输入值。该比较器具有锁存功能，但通过将 **RESET** 引脚接地（或置于开路）可使其进入透明状态。

8.2 功能方框图



8.3 特性说明

8.3.1 比较器

INA200-Q1、INA201-Q1 和 INA202-Q1 器件均使用开漏比较器。该比较器通常具有 2mV 的偏移电压，典型响应时间为 1.3 μ s。 $\overline{\text{RESET}}$ 引脚锁存并复位比较器的输出。请参阅图 8-1。

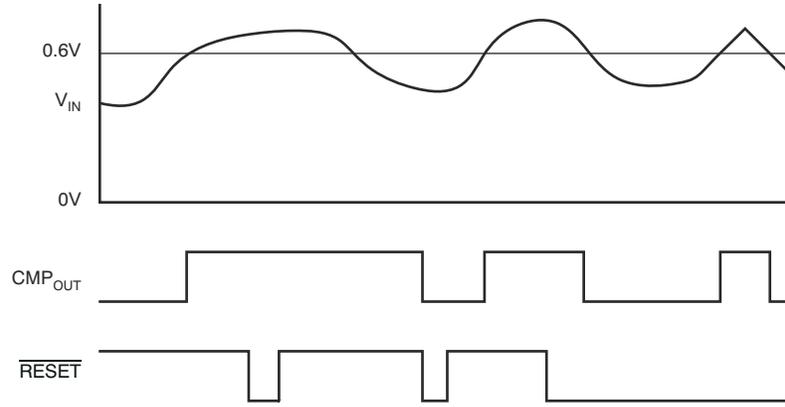


图 8-1. 比较器的锁存能力

8.3.2 输出电压范围

INA20x-Q1 的输出精度在电源引脚 V_S 设定的输出电压摆幅范围内有效。当使用增益为 100 倍的 INA202-Q1 时最能体现该性能：分流电阻产生 100mV 满标度输入时，需要 10V 的输出电压摆幅，且此时供电电压必须满足 10V 输出需求。

8.4 器件功能模式

INA20x-Q1 具有单一功能模式，可在电源电压大于 2.7V 时工作。共模电压必须介于 -16 V 与 +80V 之间。INA20x-Q1 的最大电源电压为 18V。

9 应用信息

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。

9.1 应用信息

INA20x-Q1 系列专为实现应用中过流条件检测和电流监控的便捷配置而设计。该器件单独针对单个阈值的过流检测。但是、该器件还可以与其他器件和电路配对、以创建更复杂的监控功能块。

9.1.1 基本连接

图 9-1 显示了 INA200-Q1、INA201-Q1 和 INA202-Q1 的基本连接。尽可能靠近分流电阻器连接输入引脚 V_{IN+} 和 V_{IN-} ，从而更大幅度地减小与分流电阻串联的任何电阻。

为了确保稳定，需要使用电源旁路电容器。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。将旁路电容器连接到接近器件引脚的位置。

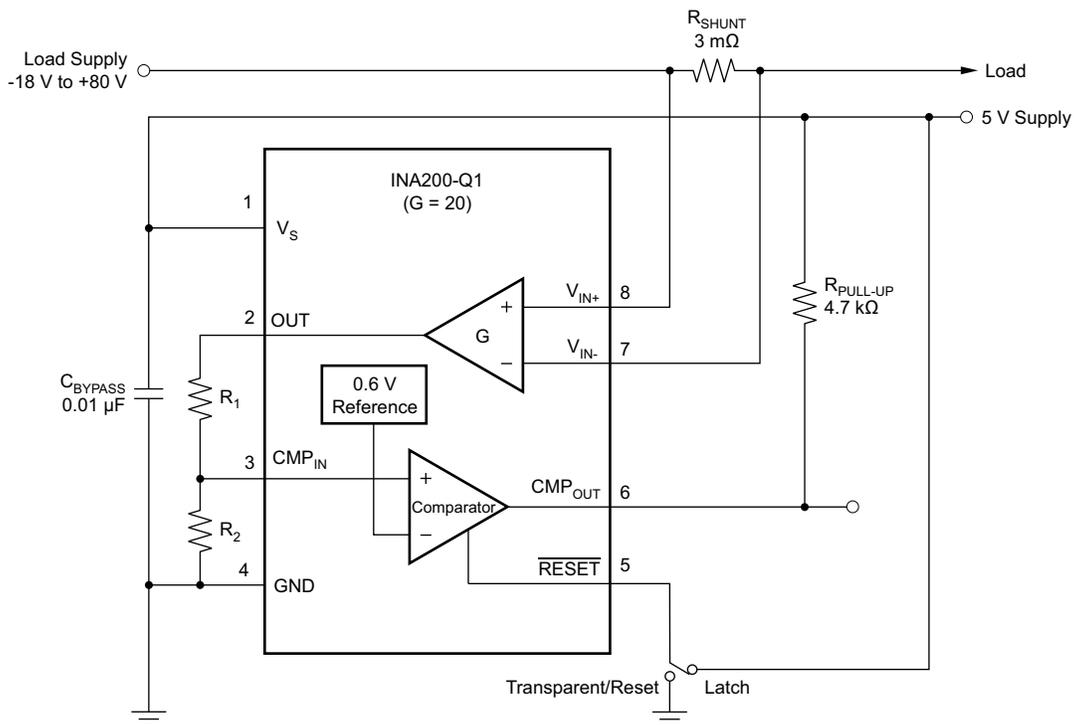


图 9-1. INA200-Q1 基本连接

9.1.2 选择 R_S

分流电阻器 R_S 的取值取决于具体应用，需要在小信号测量精度与测量线路中允许的最大电压损耗之间进行权衡。较高的 R_S 值可最大限度地降低偏移的影响，从而在较低电流下提供较高的精度，而较低的 R_S 值可最大限度地减少电源线路中的电压损耗。在大多数应用中，通过选择能够提供 50mV 至 100mV 的满量程分流电压范围的 R_S 值，可以获得最佳性能。可提供精确测量的最大输入电压为 500mV，而输出电压受电源限制。

9.1.3 输入滤波

INA20x-Q1 系列的输出端显然是一个滤波位置，但该位置抵消了内部缓冲器的低输出阻抗所具有的优势。仅有的另一个滤波选择是 INA20x-Q1 的输入引脚，但内部 $5k\Omega + 30\%$ 的输入阻抗会使输入滤波设计复杂化，如图 9-2 所示。应采用尽可能小的电阻阻值，以同时减小增益初始偏移和公差影响。方程式 1 列出了对初始增益的影响：

$$\text{Gain Error \%} = 100 - \left[100 \times \frac{5k\Omega}{5k\Omega + R_{\text{FILT}}} \right] \quad (1)$$

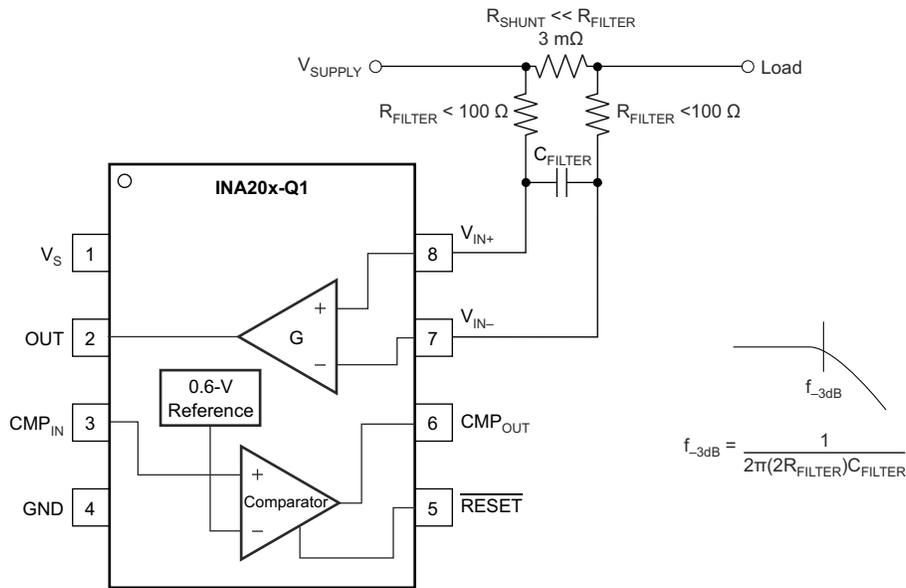


图 9-2. 输入滤波器

要计算对增益误差的总体影响，请将 $5k\Omega$ 替换为 $5k\Omega - 30\%$ (或者 $3.5k\Omega$) 或者 $5k\Omega + 30\%$ (或者 $6.5k\Omega$)。也可以将 R_{FILT} 的容差极值代入到公式中。如果在输入端使用一对 100Ω 1% 电阻器，则初始增益误差为 1.96%。在这种情况下，最坏情况下的容差条件始终出现在内部 $5k\Omega$ 电阻器达到下限值 ($3.5k\Omega$) 和 R_{FILT} 达到上限值 (+3%) 时。

请注意，除了这些容差之外，还必须结合 INA20x-Q1 的指定精度。虽然本文通过组合电阻器值的极值来处理最坏情况下的精度条件，但最合适的做法是使用几何平均值或均方根来综合计算精度变化的总体影响。

9.1.4 由 V_{SENSE} 和共模电压导致的精度变化

INA20x-Q1 电流分流监控器的精度是两个主要变量的函数： V_{SENSE} ($V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-}$) 和共模电压 V_{CM} ，相对于电源电压 V_{S} 。 V_{CM} 的表达式为 $(V_{\text{IN}+} + V_{\text{IN}-}) / 2$ ；但在实践中， V_{CM} 实际上是 $V_{\text{IN}+}$ 处的电压，这是因为 V_{SENSE} 上的压降通常很小。

本节介绍了这些特定工作区域的精度：

- 正常情况 1： $V_{\text{SENSE}} \geq 20\text{mV}$ ， $V_{\text{CM}} \geq V_{\text{S}}$
- 正常情况 2： $V_{\text{SENSE}} \geq 20\text{mV}$ ， $V_{\text{CM}} < V_{\text{S}}$
- 低 V_{SENSE} 情况 1： $V_{\text{SENSE}} < 20\text{mV}$ ， $-16\text{V} \leq V_{\text{CM}} < 0$
- 低 V_{SENSE} 情况 2： $V_{\text{SENSE}} < 20\text{mV}$ ， $0\text{V} \leq V_{\text{CM}} \leq V_{\text{S}}$
- 低 V_{SENSE} 情况 3： $V_{\text{SENSE}} < 20\text{mV}$ ， $V_{\text{S}} < V_{\text{CM}} \leq 80\text{V}$

9.1.4.1 正常情况 1： $V_{\text{SENSE}} \geq 20\text{mV}$ ， $V_{\text{CM}} \geq V_{\text{S}}$

该运行区域可提供最高精度。在这里，使用两步法来表征和测量输入偏移电压。首先，方程式 2 决定增益。

$$G = \frac{V_{OUT1} - V_{OUT2}}{100mV - 20mV} \quad (2)$$

其中：

$V_{OUT1} = V_{SENSE} = 100mV$ 时的输出电压

$V_{OUT2} = V_{SENSE} = 20mV$ 时的输出电压

然后在 $V_{SENSE} = 100mV$ 时测量偏移电压并以电流分流监控器的输入 (RTI) 为基准，如 [方程式 3](#) 中所示。

$$V_{OSRTI} \text{ (Referred-To-Input)} = \left[\frac{V_{OUT1}}{G} \right] - 100mV \quad (3)$$

在 [典型特性](#) 中，[图 6-6](#) (输出误差与共模电压间的关系曲线) 表明此工作区域的最高精度。在该图中， $V_S = 12V$ ；当 $V_{CM} \geq 12V$ 时，输出误差最小。使用本例也可在 [电气特性：电流分流监控器](#) 表中创建 $V_{SENSE} \geq 20mV$ 的输出规格。

9.1.4.2 正常情况 2： $V_{SENSE} \geq 20mV$ ， $V_{CM} < V_S$

由于器件在共模工作区域内工作，此工作区域的精度略低于正常情况 1，如 [图 6-6](#) (输出误差与共模电压曲线) 所示。如前所述，此图中 $V_S = 12V$ 。 $V_{CM} < 12V$ 时，输出误差会随着 V_{CM} 降至 $12V$ 以下而增加，在最低负向 $V_{CM} = -16V$ 时，典型最大误差为 0.005%。

9.1.4.3 低 V_{SENSE} 情况 1： $V_{SENSE} < 20mV$ ， $-16V \leq V_{CM} < 0V$ ；以及 低 V_{SENSE} 情况 3： $V_{SENSE} < 20mV$ ， $V_S < V_{CM} \leq 80V$

INA20x-Q1 系列器件虽非专为这些区域的精确操作而设计，但在某些应用中仍可能会遇到这些条件。例如，当监控电源开启和关闭且 INA20x-Q1 仍保持 V_S 供电时，了解这些工作区域中的器件行为非常重要。

当 V_{SENSE} 接近 $0mV$ 时，这些 V_{CM} 区域中的器件输出精度会降低。当 $V_{SENSE} = 0mV$ 时，电流分流监控器输出端可能会出现大于正常值的偏移电压， V_{OUT} 的典型最大值 = $300mV$ 。当 V_{SENSE} 接近 $20mV$ 时， V_{OUT} 会精确地恢复到 [电气特性：电流分流监控器](#) 中指定的预期输出值。[图 9-3](#) 说明了使用 INA202-Q1 (增益 = 100) 时产生的影响。

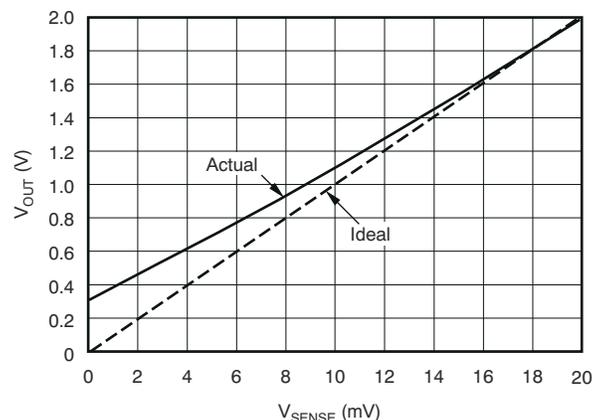
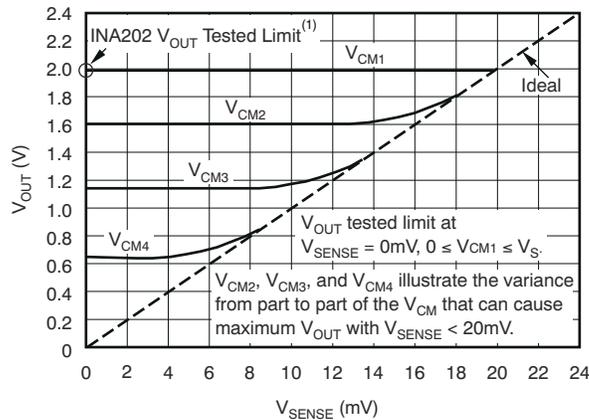


图 9-3. 低 V_{SENSE} 情况 1 和 3 的示例 (INA202-Q1，增益 = 100)

9.1.4.4 低 V_{SENSE} 情况 2 : $V_{SENSE} < 20\text{mV}$, $0\text{V} \leq V_{CM} \leq V_S$

对于 INA20x-Q1 系列而言, 该工作区域精度最低。为了实现宽输入共模电压范围, 这些器件并联使用两个运算放大器前端。一个运算放大器前端在正输入共模电压范围内运行, 另一个在负输入区域内运行。在这种情况下, 这两个内部放大器都不占主导地位, 整体环路增益非常低。在该区域内, V_{OUT} 接近 *正常情况 2* 的线性工作电压等级。当 V_{SENSE} 接近 0V 时, 这种偏离线性运算的现象最为明显。在该区域内, 随着 V_{SENSE} 接近 20mV , 器件运算会越来越接近 *正常情况 2* 所述的状态。图 9-4 说明了 INA202-Q1 的这一行为。要测试此情况下的 V_{OUT} 最大峰值, 请保持常量 V_S , 将 V_{SENSE} 设置为 0mV , 并从 0V 至 V_S 扫描 V_{CM} 。在此测试中, V_{OUT} 达到峰值时的确切 V_{CM} 值因器件而异, 但任何器件经测试得到的 V_{OUT} 最大峰值都小于指定的 V_{OUT} 测试限值。



NOTE: (1) INA200 V_{OUT} Tested Limit = 0.4V. INA201 V_{OUT} Tested Limit = 1V.

图 9-4. 低 V_{SENSE} 情况 2 的示例 (INA202-Q1, 增益= 100)

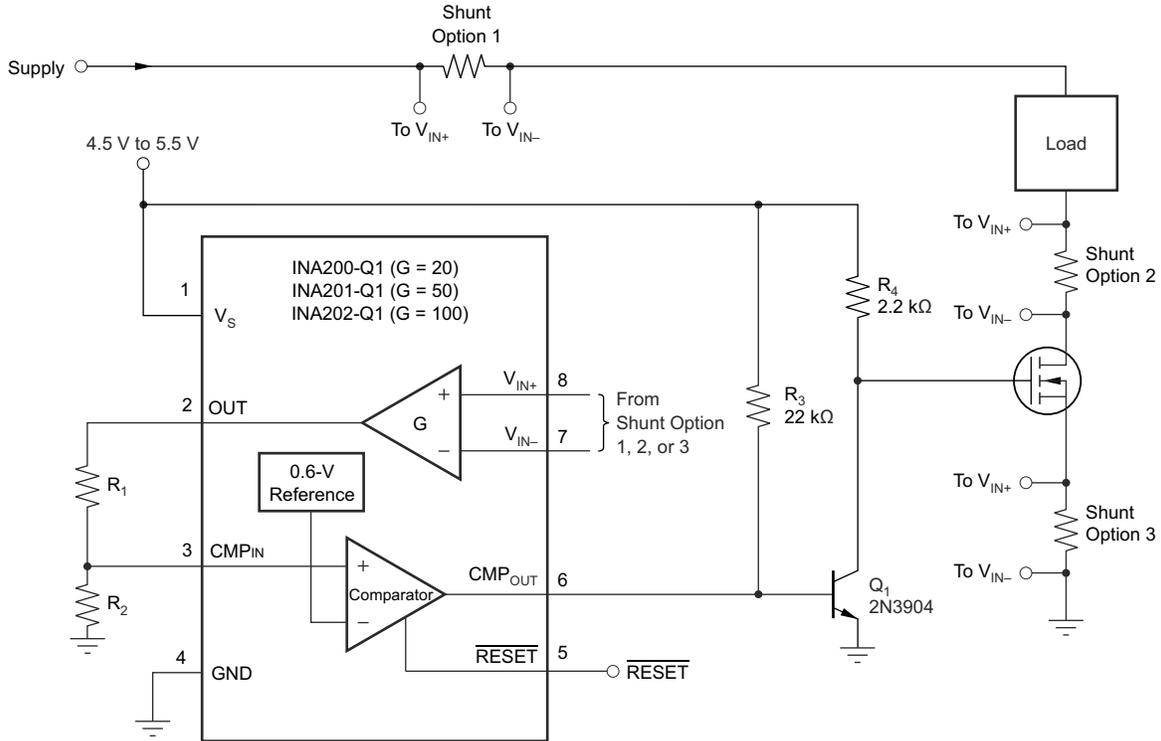
9.1.5 瞬态保护

INA20X-Q1 的共模电压范围为 -16V 至 $+80\text{V}$, 非常适合承受汽车故障情况, 例如从 12V 电池反接到高达 80V 的瞬态电压, 原因是在该范围内需要额外的保护元件。如果 INA20x-Q1 系列器件的输入端遭受超过其额定值的瞬态电压冲击, 则需要使用半导体瞬态吸收器 (如齐纳二极管) 进行外部瞬态吸收保护。除非是在使用半导体瞬态吸收器的情况下, 否则请勿使用金属氧化物压敏电阻 (MOV) 或电压相关电阻 (VDR)。请选择合适的瞬态吸收器, 以确保 INA20X-Q1 不会暴露在超过 80V 的瞬态电压下 (也就是说, 需要考虑瞬态吸收器的容差及其动态阻抗所产生的附加电压)。尽管 INA20x-Q1 内部采用了齐纳类型的 ESD 保护结构, 但并不适合在输入端串接外部电阻, 因为其内部增益电阻的偏差可达 $\pm 30\%$ 。 (如果增益精度不重要, 可以添加与 INA20x-Q1 输入端串联的电阻器, 在每个输入端连接两个相等的电阻器。)

9.2 典型应用

9.2.1 低侧开关过流关断

INA20x-Q1 会测量单向流经电阻分流器的电流，仅在差分输入电压超过阈值限值时才能检测到过流事件。当电流达到 R_1 和 R_2 分压器的设定限值时， CMP_{OUT} 的输出转换为高电平， Q_1 导通，拉低 Pass-FET 的栅极电压，从而关闭电流通路。



注意：在这种情况下， Q_1 用于反相比较器输出。

图 9-5. 低侧开关过流关断

9.2.1.1 设计要求

在这个设计示例中，请使用表 9-1 中显示的输入参数。

表 9-1. 设计参数

设计参数	示例值
电源电压, V_S	3.3V
R_2 / R_1	1.5
R_2	15k Ω
R_1	10k Ω
增益	20V/V (INA200-Q1)
分流电阻, R_{SHUNT}	50m Ω
所需跳闸电流, I_{TRIP}	1A

9.2.1.2 详细设计过程

图 9-5 显示了低侧开关过流关断应用的基本连接。尽可能靠近电流检测电阻器 (R_{SHUNT}) 连接输入引脚 +IN 和 IN -，从而更大幅度地减小与分流电阻串联的任何电阻。电流检测电阻器和输入引脚之间的额外电阻可能会导致测量误差。当输入电流流经该外部输入电阻时，分流电阻器上产生的电压可能与到达输入引脚的电压不同。将输入引脚连接到 图 9-5 中所示的三个分流器选项之一。

使用器件增益和分流电阻值计算所需跳闸电流的 OUT 引脚电压 V_{OUT_TRIP} ，如 方程式 4 所示：

$$V_{OUT_TRIP} = I_{TRIP} \times R_{SHUNT} \times Gain \quad (4)$$

其中

- I_{TRIP} = 所需的跳闸电流
- R_{SHUNT} = 分流电阻值

配置 R_1 和 R_2 ，使电流跳变点等于 0.6V 的参考电压，如 方程式 5 所示：

$$R_2 / (R_1 + R_2) \times V_{OUT_TRIP} = 0.6 \text{ V} \quad (5)$$

9.2.1.3 应用曲线

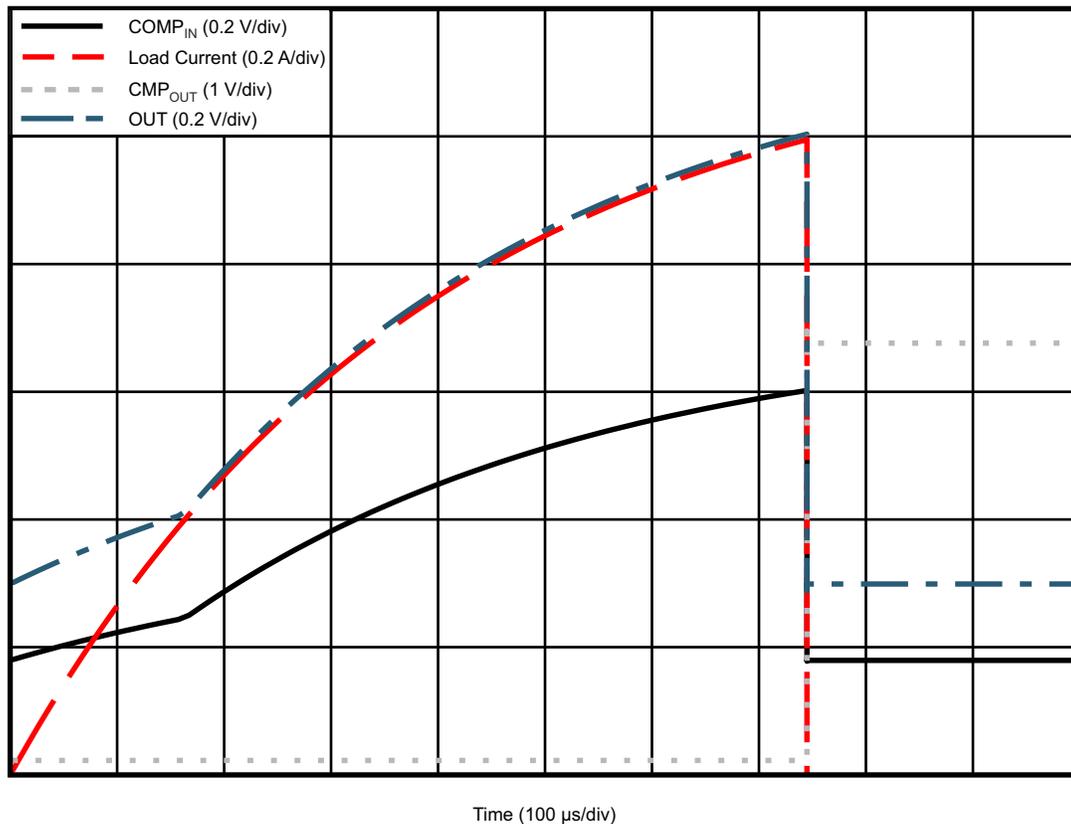
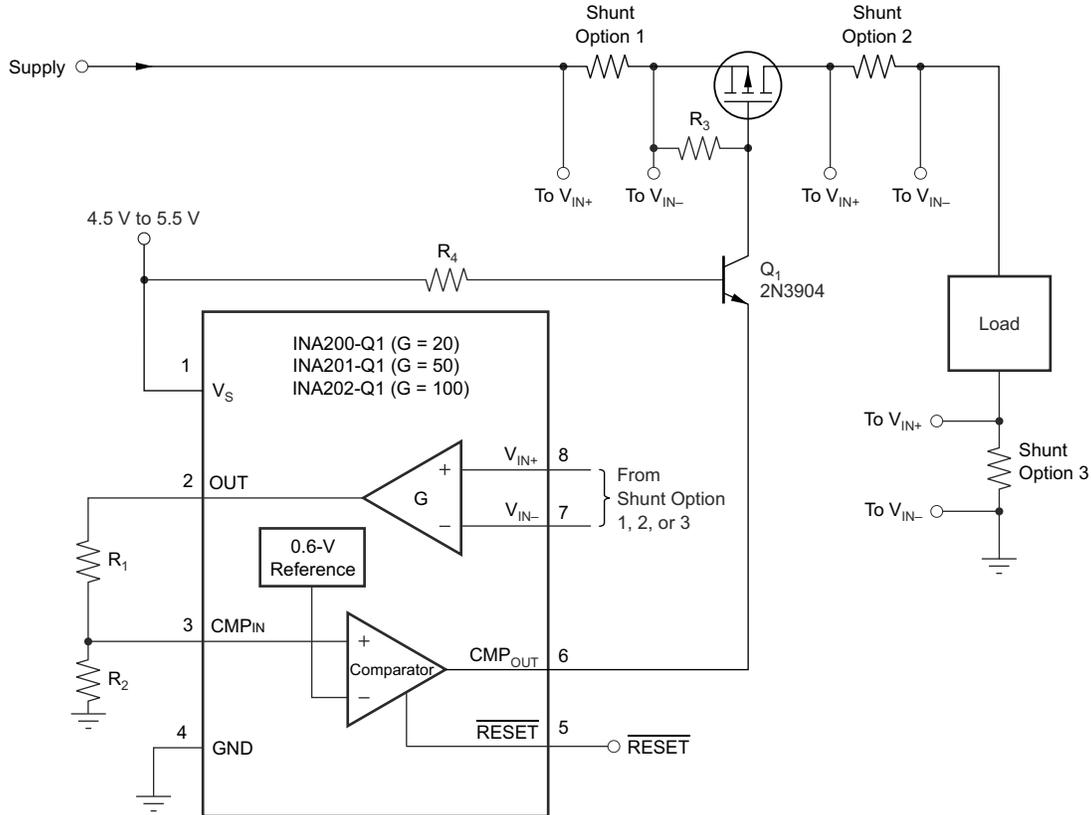


图 9-6. 低侧开关过流关断响应

9.2.2 高侧开关过流关断

图 9-7 显示了高侧开关过流关断应用的基本连接。发生过流事件时，高侧 PMOS 开关会断开。前面 [详细设计过程](#) 部分介绍了如何应用此应用示例。区别在于，本应用在总线高侧进行电流检测，而前一应用示例则在总线低侧检测电流。

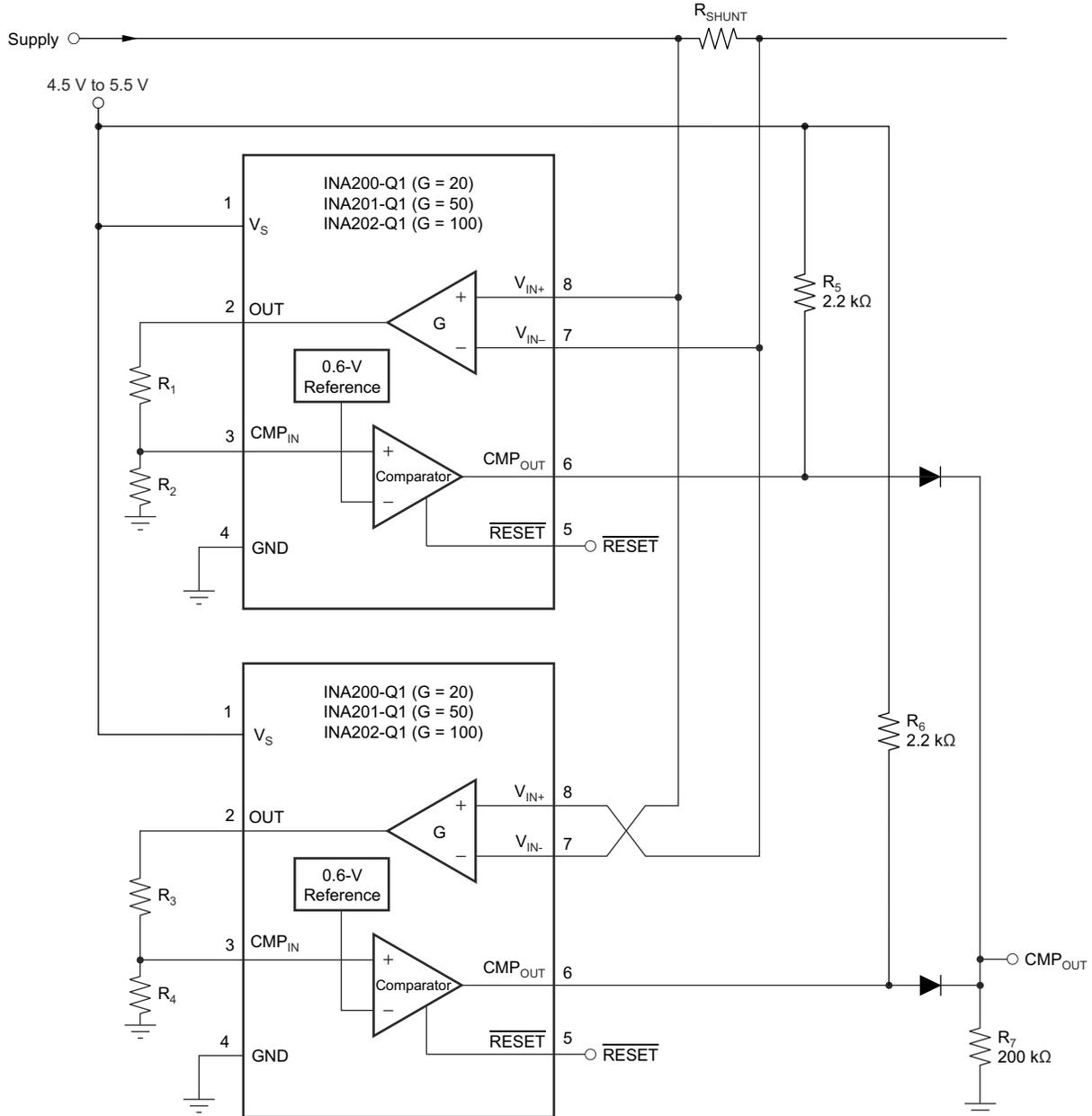


注意：Q 使用级联方式对比较器输出进行处理，以驱动高侧 FET（所示 2N3904 的耐压可达 60V）。分流器可以位于所示三个位置中的任何一个。在关断应用中使用锁存功能可防止跳变点发生振荡。

图 9-7. 高侧开关过流关断

9.2.3 双向过流比较器

图 9-8 显示了使用两个具有相同增益的 INA20x-Q1 器件的双向过流比较器的基本连接。



注意：可以为每个方向设置不同的限值。

图 9-8. 双向过流比较器

9.3 电源相关建议

INA20x-Q1 的输入电路能够准确地测量超过电源电压 V_S 的电压。例如， V_S 电源电压可以是 5V，负载电源电压可高达 80V。然而 OUT 引脚的输出电压范围受电源引脚电压的限制。

9.3.1 输出与电源电压上升斜率注意事项

图 9-9、图 9-10 和 图 9-11 显示了在给定电源电压上升过程中，高侧与低侧配置下的典型输出电压。加电期间输出端的这些波动可能需要控制器加入一个消隐时间来忽略这些杂散信号。

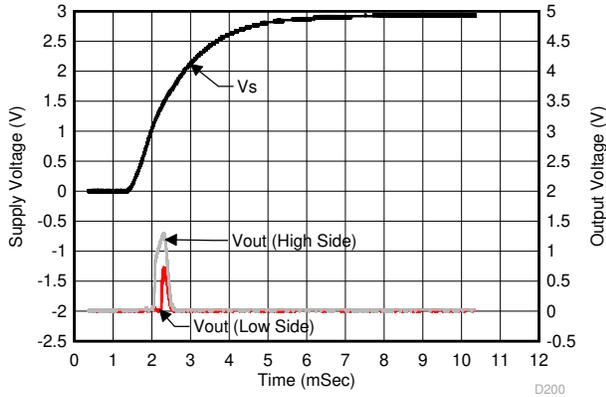


图 9-9. 模拟输出与电源电压上升斜率间的关系 (INA200)

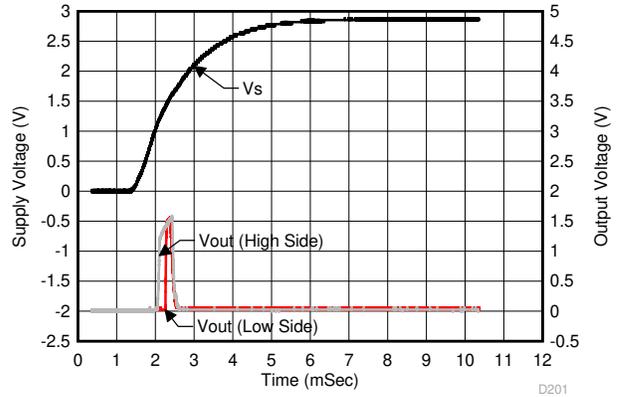


图 9-10. 模拟输出与电源电压上升斜率间的关系 (INA201)

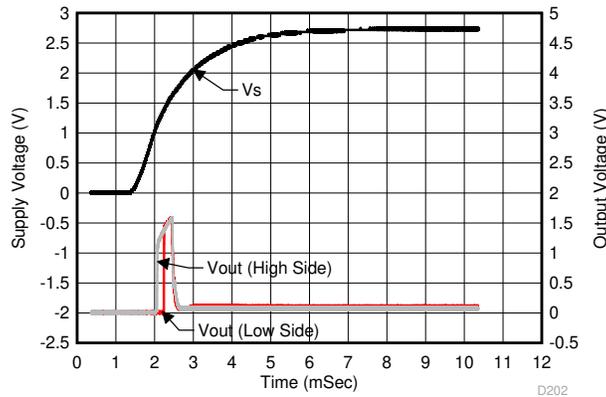


图 9-11. 模拟输出与电源电压上升斜率间的关系 (INA202)

9.4 布局

9.4.1 布局指南

- 使用开尔文连接或 4 线制连接将输入引脚连接到检测电阻器。这种连接技术可确保在输入引脚之间仅检测电流检测电阻的阻抗。电流检测电阻布线不良通常会会导致在输入引脚之间存在额外的电阻。鉴于电流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。建议使用容值为 $0.1 \mu\text{F}$ 的旁路电容器。在采用高噪声或高阻抗电源的应用中，增加去耦合电容可提供补偿作用。

9.4.2 布局示例

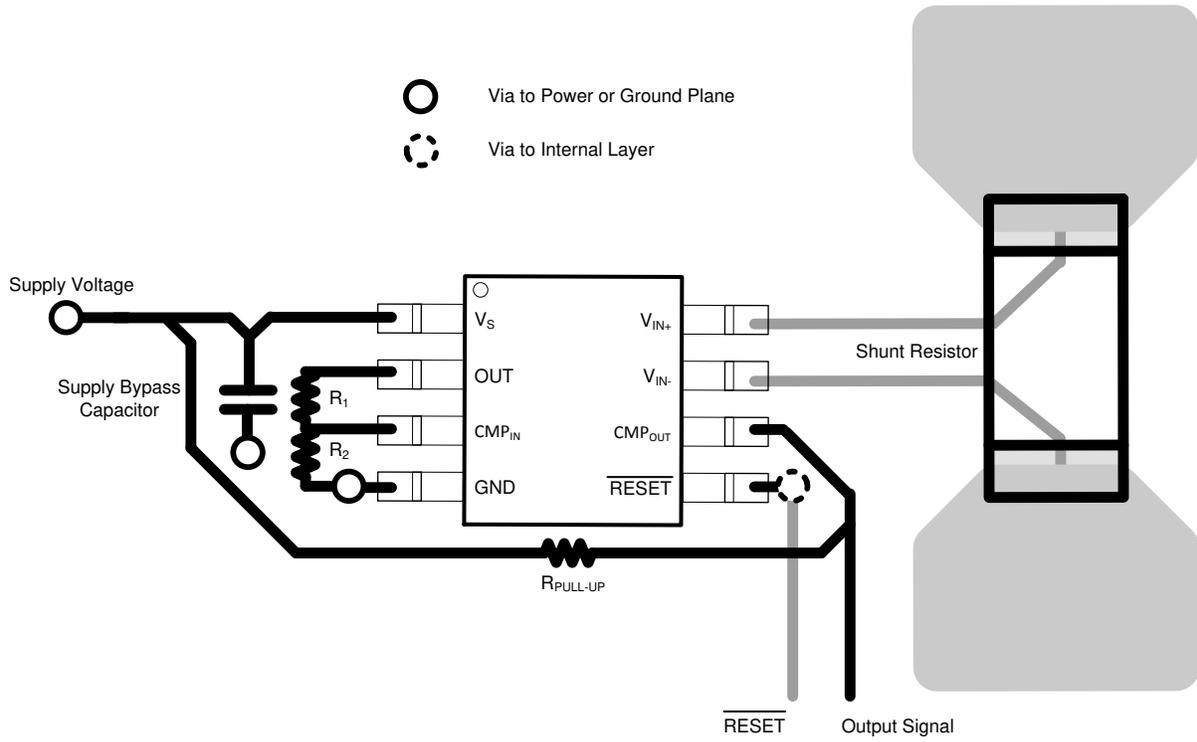


图 9-12. INA20x-Q1 布局示例

10 器件和文档支持

10.1 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。

10.2 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](#)。

10.3 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

10.4 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。

10.5 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。

11 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 C (April 2016) to Revision D (April 2025)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 将 <i>器件信息</i> 表更改为 <i>封装信息</i>	1
• 删除了 <i>设计要求</i> 中的句子：所有其他寄存器设置均为默认值.....	18
• 将 <i>设计参数表</i> 中的分流电阻器 R_{SHUNT} 值从 $5m\Omega$ 更改为 $50m\Omega$	18
• 在 <i>电源相关建议</i> 部分添加了 <i>输出与电源电压上升斜率注意事项</i> 小节.....	22

Changes from Revision B (November 2012) to Revision C (April 2016)	Page
• 添加了 <i>器件信息表</i> 、 <i>ESD 等级表</i> 和 <i>热性能信息表</i> ，以及 <i>特性说明</i> 部分、 <i>器件功能模式</i> 部分、 <i>应用和实</i> 部 分、 <i>电源相关建议</i> 部分、 <i>布局</i> 部分、 <i>器件和文档支持</i> 部分以及 <i>机械、封装和可订购信息</i> 部分.....	1
• 更新了数据表标题.....	1
• 更新了“特性”要点的措辞，使之更加清晰.....	1
• 将整个数据表中的 MSOP 更改为 VSSOP，以符合业界通用术语.....	1
• 更新了应用要点.....	1
• 为了清晰起见，更新了“说明”部分的文字.....	1
• 更改了数据表中的所有图片，以显示 Q1 器件的名称.....	1
• 更改了绝对最大额定值中的引脚名称以显示正确的名称.....	4
• 在 <i>绝对最大额定值表</i> 中添加了工作温度.....	4
• 将 <i>大信号差分电压增益</i> 参数条件中的 $CMP V_{OUT}$ 更改为 CMP_{OUT}	6
• 删除了图 27 中的封装名称.....	15

• 更改了图 28 的标题.....	15
• 将输入滤波部分第二段中的文本从“ $R_{FILT} - 3\%$ ”更改为“ $R_{FILT} + 3\%$ ”	15
• 将图 31 中的 $22k\Omega$ R_1 电阻器更改为 R_3	18

Changes from Revision A (September 2012) to Revision B (October 2012)

Page

• 将“混合生产”状态改为“量产数据”。	1
• 将器件图从双图改为单图.....	1
• 在特性要点中添加了 AEC-Q100 器件的相关信息.....	1
• 更新了应用要点.....	1
• 删除了引脚配置图中的 D 封装。	4

12 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。

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)
INA200AQDGKRQ1	Active	Production	VSSOP (DGK) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU NIPDAUAG	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	SHZ
INA200AQDGKRQ1.A	Active	Production	VSSOP (DGK) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAUAG	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	SHZ
INA201AQDGKRQ1	Active	Production	VSSOP (DGK) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU NIPDAUAG	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	QWV
INA201AQDGKRQ1.A	Active	Production	VSSOP (DGK) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAUAG	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	QWV
INA202AQDGKRQ1	Active	Production	VSSOP (DGK) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU NIPDAUAG	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	SIA
INA202AQDGKRQ1.A	Active	Production	VSSOP (DGK) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAUAG	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	SIA

⁽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.

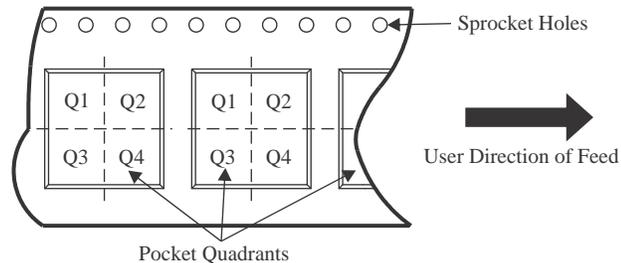
OTHER QUALIFIED VERSIONS OF INA200-Q1, INA201-Q1, INA202-Q1 :

- Catalog : [INA200](#), [INA201](#), [INA202](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Catalog - TI's standard catalog product

TAPE AND REEL INFORMATION

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
INA200AQDGKRQ1	VSSOP	DGK	8	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
INA201AQDGKRQ1	VSSOP	DGK	8	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
INA201AQDGKRQ1	VSSOP	DGK	8	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
INA202AQDGKRQ1	VSSOP	DGK	8	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
INA202AQDGKRQ1	VSSOP	DGK	8	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	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)
INA200AQDGKRQ1	VSSOP	DGK	8	2500	366.0	364.0	50.0
INA201AQDGKRQ1	VSSOP	DGK	8	2500	366.0	364.0	50.0
INA201AQDGKRQ1	VSSOP	DGK	8	2500	353.0	353.0	32.0
INA202AQDGKRQ1	VSSOP	DGK	8	2500	366.0	364.0	50.0
INA202AQDGKRQ1	VSSOP	DGK	8	2500	353.0	353.0	32.0

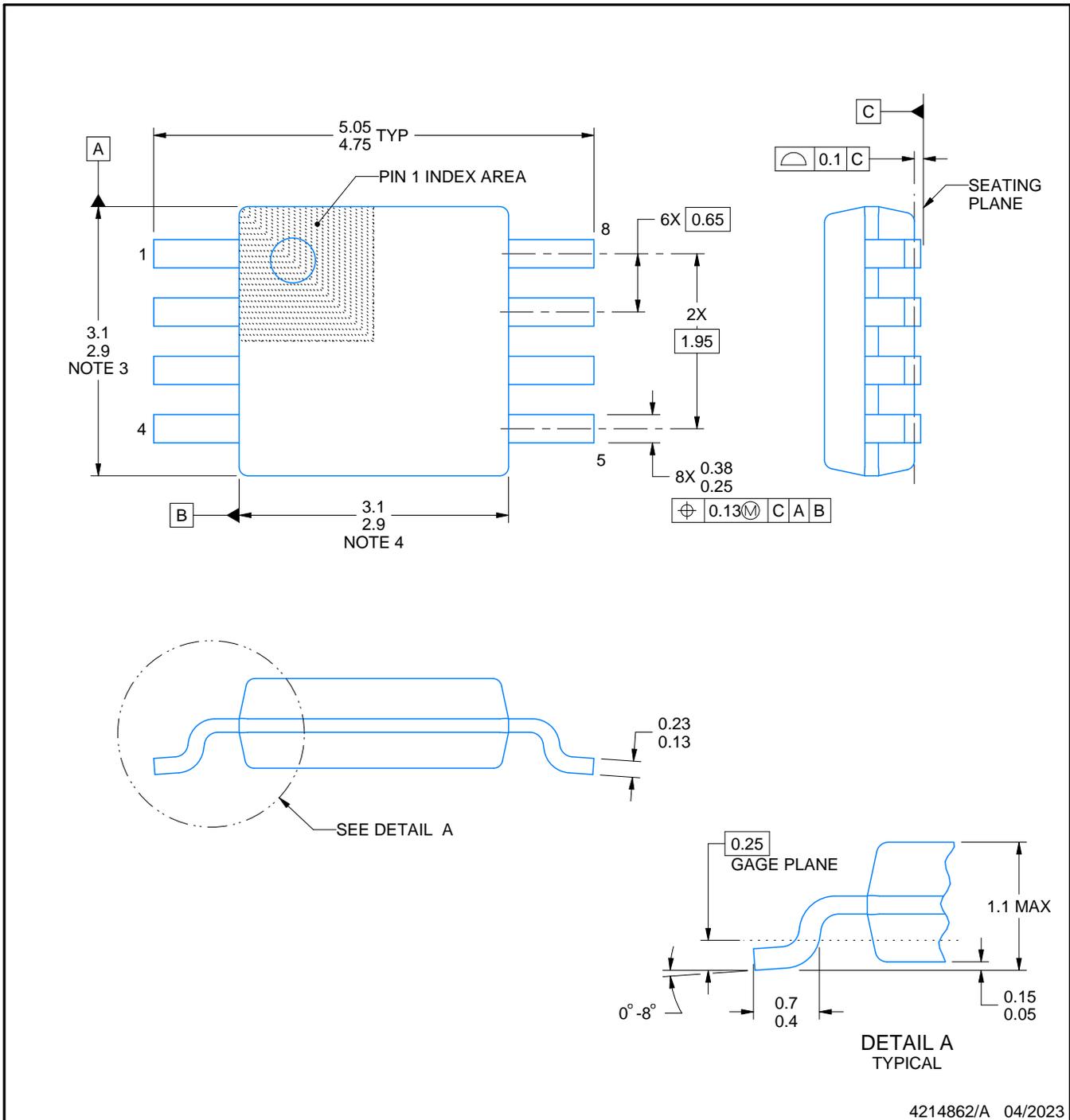
DGK0008A



PACKAGE OUTLINE

VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



NOTES:

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

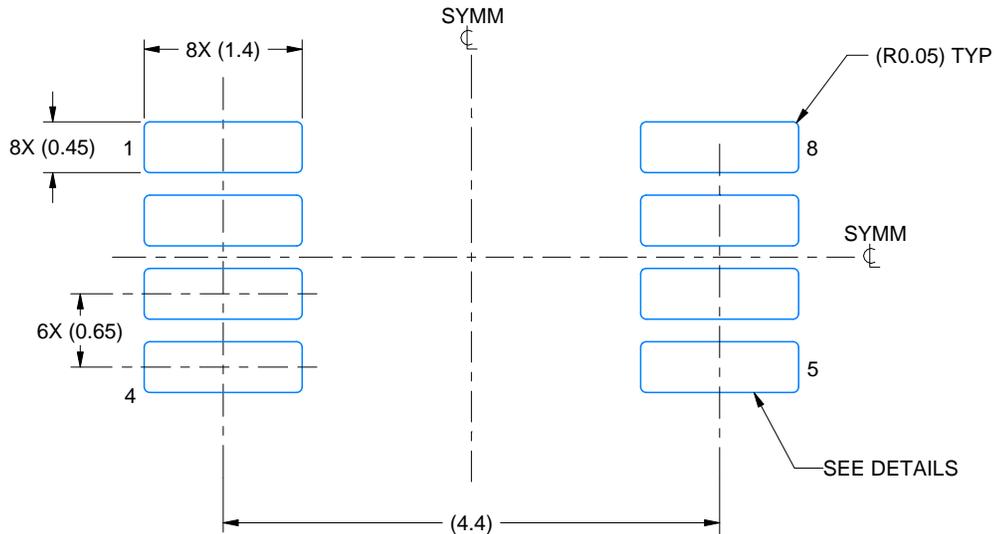
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or 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.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

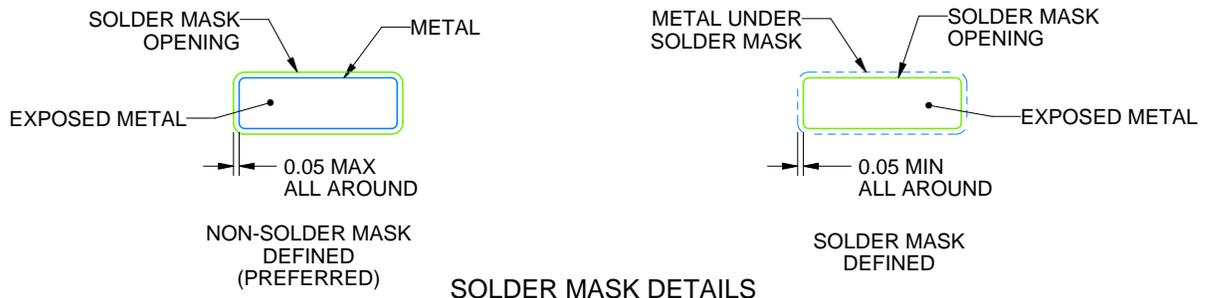
DGK0008A

™ VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 15X



SOLDER MASK DETAILS

4214862/A 04/2023

NOTES: (continued)

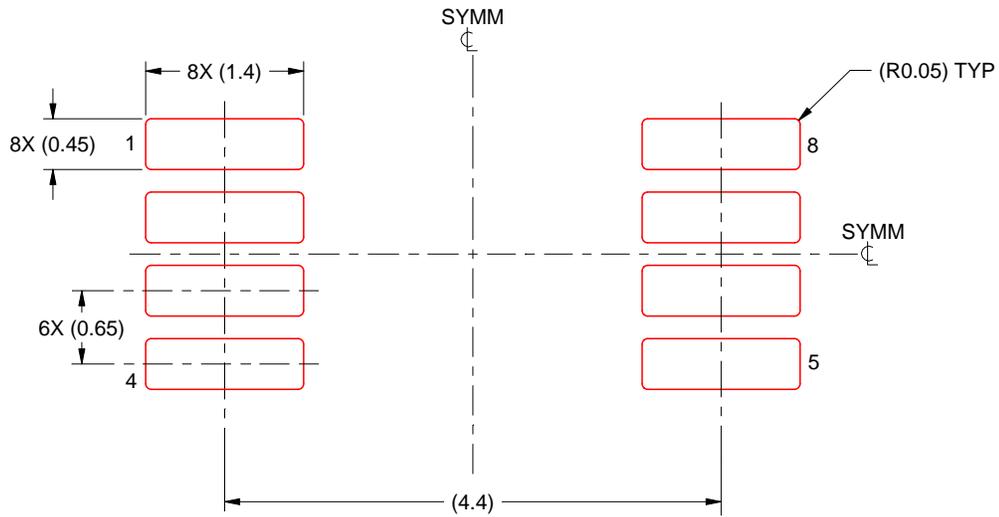
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.
9. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DGK0008A

TM VSSOP - 1.1 mm max height

SMALL OUTLINE PACKAGE



SOLDER PASTE EXAMPLE
SCALE: 15X

4214862/A 04/2023

NOTES: (continued)

11. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
12. 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