

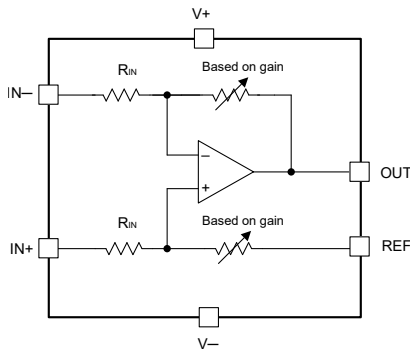
INA600 低功耗、2.7V 至 40V 衰减型差分放大器，具有 $>1\text{M}\Omega$ 输入阻抗，适用于成本优化型设计

1 特性

- 超高输入阻抗： $>1\text{M}\Omega$
- 电源电压范围：2.7V ($\pm 1.35\text{V}$) 至 40V ($\pm 20\text{V}$)
- 输入电压范围： $(V-) - 40\text{V}$ 至 $(V-) + 85\text{V}$
- 在有噪声的系统中进行精密电压监控：
 - CMRR：100dB (典型值， $G = 1/5$)
 - 增益误差： $\pm 0.01\%$ (典型值)
 - 增益漂移： $\pm 1\text{ppm}/^\circ\text{C}$ (典型值)
- 可用增益：
 - INA600A：1/5
 - INA600B：1/10
 - INA600C：1/12
 - INA600D：1/18
 - INA600E：1/24
 - INA600F：1/36
- -3dB 带宽： $\geq 200\text{kHz}$
- 驱动 400pF，过冲 $\leq 20\%$ (典型值)
- 低静态电流： $65\mu\text{A}$ (典型值)
- 额定温度范围： -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$

2 应用

- 电芯化成和测试设备
- 串式逆变器
- 电动汽车充电站电源模块
- 电池储能系统
- 电动工具
- 工业交流/直流电源
- 可穿戴健身和活动监测仪



INA600 简化版内部原理图

3 说明

INA600 是一款带有精密匹配电阻器的电压检测差分放大器，支持多种衰减增益选项。精密匹配集成式电阻器消除了对精密和低容差外部电阻器的需求，从而节省了 BOM 成本和布板空间。

INA600 具有 $>1\text{M}\Omega$ 的高输入阻抗和 $65\mu\text{A}$ 的低静态电流。该器件可处理高达 -40V 至 $+85\text{V}$ 的输入电压，能够以极高精度对电压进行衰减，并将其传递给低压 ADC，同时抑制共模误差，例如接地反弹、开关纹波、交流电源等。该器件实现了 $\pm 0.05\%$ 的最大增益误差和 $5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 的最大增益漂移，同时具备 89dB 的最小共模抑制比 ($G = 1/5$)。

这些规格的组合使 INA600 成为各种电平转换、差分转单端应用 (包括对电池或电源轨的电压监控) 的理想选择。INA600 可直接连接到低速模数转换器 (ADC)，因此是替代由普通放大器和分立式电阻器搭建的分立型差分放大器的理想选择。INA600 采用标准的 6 引脚 SOT-23 和 SC70 封装。

封装信息

器件型号 ⁽¹⁾	VERSION	封装 ⁽²⁾	封装尺寸 ⁽⁵⁾
INA600	A	DBV (SOT-23, 6)	2.9mm × 2.8mm
		DCK (SC70, 6) ⁽³⁾	2.1mm × 1.25mm
	B	DBV (SOT-23, 6)	2.9mm × 2.8mm
		DCK (SC70, 6) ⁽³⁾	2.1mm × 1.25mm
	C ⁽⁴⁾	DBV (SOT-23, 6) ⁽³⁾	2.9mm × 2.8mm
		DCK (SC70, 6) ⁽³⁾	2.1mm × 1.25mm
	D ⁽⁴⁾	DBV (SOT-23, 6) ⁽³⁾	2.9mm × 2.8mm
		DCK (SC70, 6) ⁽³⁾	2.1mm × 1.25mm
	E ⁽⁴⁾	DBV (SOT-23, 6) ⁽³⁾	2.9mm × 2.8mm
		DCK (SC70, 6) ⁽³⁾	2.1mm × 1.25mm
	F	DBV (SOT-23, 6)	2.9mm × 2.8mm
		DCK (SC70, 6) ⁽³⁾	2.1mm × 1.25mm

- (1) 请参阅 [器件比较](#)。
- (2) 有关更多信息，请参阅 [节 11](#)。
- (3) 此封装仅为预发布状态。
- (4) 此版本仅为预发布状态。
- (5) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



内容

1 特性	1	7.3 特性说明	21
2 应用	1	7.4 器件功能模式	24
3 说明	1	8 应用和实施	25
4 器件比较表	2	8.1 应用信息	25
5 引脚配置和功能	3	8.2 典型应用	26
6 规格	4	8.3 电源相关建议	28
6.1 绝对最大额定值.....	4	8.4 布局	29
6.2 ESD 等级.....	4	9 器件和文档支持	30
6.3 建议运行条件.....	4	9.1 器件支持.....	30
6.4 热性能信息.....	5	9.2 文档支持.....	30
6.5 电气特性 - INA600A.....	5	9.3 接收文档更新通知.....	30
6.6 电气特性 - INA600B.....	6	9.4 支持资源.....	30
6.7 电气特性 - INA600F.....	8	9.5 商标.....	30
6.8 典型特性.....	10	9.6 静电放电警告.....	30
7 详细说明	20	9.7 术语表.....	30
7.1 概述.....	20	10 修订历史记录	30
7.2 功能方框图.....	20	11 机械、封装和可订购信息	31

4 器件比较表

器件	VERSION	增益	编号 通道数	封装引线	
				SOT-23 DBV	SC70 DCK ⁽¹⁾
INA600	A	1/5	1	6	6
	B	1/10	1	6	6
	C ⁽²⁾	1/12	1	6	6
	D ⁽²⁾	1/18	1	6	6
	E ⁽²⁾	1/24	1	6	6
	F	1/36	1	6	6

(1) 封装仅为预发布状态。

(2) 版本仅为预发布状态。

5 引脚配置和功能

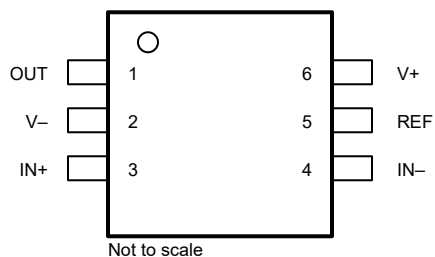


图 5-1. INA600 DBV 封装，6 引脚 SOT-23 (顶视图)

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
名称	SOT-23		
IN -	4	I	负 (反相) 输入
IN+	3	I	正 (同相) 输入
OUT	1	O	输出
REF	5	I	基准输入
V -	2	—	负电源
V+	6	—	正电源

(1) I = 输入，O = 输出。

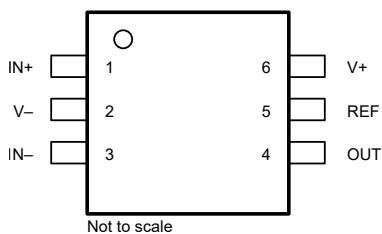


图 5-2. INA600 DCK 封装，6 引脚 SC70 (顶视图)

表 5-2. 引脚功能

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
名称	SC70		
IN -	3	I	负 (反相) 输入
IN+	1	I	同相 (非反相) 输入
OUT	4	O	输出
REF	5	I	基准输入
V -	2	—	负电源
V+	6	—	正电源

(1) I = 输入，O = 输出。

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, $V_S = (V+) - (V-)$	单电源		42	V
	双电源		±21	V
信号输入引脚	电压	$(V-) - 42$	$(V-) + 87$	V
	电流	-10	10	mA
输出短路 ⁽²⁾		持续		
工作温度, T_A		-55	150	°C
结温, T_J			150	
贮存温度, T_{stg}		-65	150	

- (1) 在 **绝对最大额定值** 范围外运行可能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** 下一定会正常运行。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) 对 $V_S/2$ 短路。

6.2 ESD 等级

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

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	最大值	单位
电源电压 $V_S = (V+) - (V-)$	单电源	2.7	40	V
	双电源	±1.35	±20	
输入电压范围	单电源/双电源	$(V-) - 40$	$(V-) + 85$	V
C_{BYP}	电源引脚上的旁路电容器 ⁽¹⁾	0.1		μF
额定温度	额定温度	-40	125	°C

- (1) 对于 C_{BYP} ，请在每个电源引脚和接地之间使用低 ESR 陶瓷电容器。对于单电源运行，只需一个 C_{BYP} 就足够了。确保 C_{BYP} 尽可能靠近器件放置，并且电源布线在到达电源引脚之前经过 C_{BYP} 。

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		INA600		单位
		DCK (SC70)	DBV (SOT-23)	
		6 引脚	6 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	待定	166.8	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	待定	85.0	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	待定	48.9	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	待定	24.7	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	待定	48.7	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	待定	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。

6.5 电气特性 - INA600A

对于 $V_S = (V_+) - (V_-) = 2.7V$ 至 $40V$ ($\pm 1.35V$ 至 $\pm 20V$), $T_A = 25^\circ C$, $V_{REF} = V_S/2$, $G = 1/5$, $R_L = 10k\Omega$, 连接到 $V_S/2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-})/2 = V_S/2$, $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0V$ 和 $V_{OUT} = V_S/2$ (除非另有说明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
偏移							
V _{OSO}	失调电压, RTO	V _S = 2.7V 和 40V	T _A = 25°C	±1.1	±4.5	mV	
	失调电压随温度变化的情况, RTO		T _A = -40°C 至 125°C		±5.0	mV	
	失调电压温漂, RTO ⁽¹⁾		T _A = -40°C 至 125°C	±2	±10	μV/°C	
PSRR	电源抑制比, RTO	V _S = 4V 至 40V	T _A = 25°C	2.5	10	μV/V	
PSRR	电源抑制比, RTO	V _S = 2.7V 至 40V	T _A = 25°C	3	15	μV/V	
输入阻抗							
R _{IN-DM}	差分电阻			2400		k Ω	
R _{IN-CM}	共模电阻			635		k Ω	
输入电压							
V _{CM}	输入共模范围	V _S = 2.7V		(V ₋) - 2.5	(V ₋) + 22.5	V	
V _{CM}	输入共模范围	V _S = 4.5V		(V ₋) - 25	(V ₋) + 50	V	
V _{CM}	输入共模范围	V _S = 9V 至 40V		(V ₋) - 40	(V ₋) + 85	V	
CMRR DC	共模抑制比, RTO	2.7V ≤ V _S < 4.5V	V _{CM} = (V ₋) - 2.5V 至 (V ₋) + 22.5V	91		dB	
CMRR DC	共模抑制比, RTO	4.5V ≤ V _S < 9V	V _{CM} = (V ₋) - 25V 至 (V ₋) + 50V	91		dB	
CMRR DC	共模抑制比, RTO	9 V ≤ V _S ≤ 40 V	V _{CM} = (V ₋) - 40V 至 (V ₋) + 85V	91	114	dB	
噪声电压							
e _{NI}	输出电压噪声密度	V _S = 40V	f = 1kHz	245		nV/ √ Hz	
			f = 10kHz	240			
E _{NI}	输出电压噪声		f _B = 0.1Hz 至 10Hz	13.5		μV _{PP}	
			f _B = 0.1Hz 至 150kHz	650		μV _{PP}	
增益							
GE	增益误差 ⁽²⁾	V _S = 2.7V, V _{REF} = V _{MID}	V _O = (V ₋) + 0.15V 至 (V ₊) - 0.15V	±0.003	±0.05	%	
	增益漂移与温度间的关系 ⁽²⁾	V _S = 2.7V, V _{REF} = V _{MID}	T _A = -40°C 至 125°C		±5	ppm/°C	
输出							
V _{OH}	正负电源轨余量	V _S = 40V, V _{REF} = V _S , R _L = 10kΩ 至 V _{MID}		80	150	mV	
V _{OL}		V _S = 40V, V _{REF} = V _S , R _L = 2kΩ 至 V _{MID}		400	650	mV	
C _L 驱动	负载电容驱动	V _O = 100mV 阶跃, 过冲 < 20%		200		pF	

6.5 电气特性 - INA600A (续)

对于 $V_S = (V+) - (V-) = 2.7V$ 至 $40V$ ($\pm 1.35V$ 至 $\pm 20V$) , $T_A = 25^\circ C$, $V_{REF} = V_S/2$, $G = 1/5$, $R_L = 10k\Omega$, 连接到 $V_S/2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-})/2 = V_S/2$, $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0V$ 和 $V_{OUT} = V_S/2$ (除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
Z_O	闭环输出阻抗	$f = 10kHz$	50		Ω
I_{SC}	短路电流	$V_S = 40V$	± 50		mA
频率响应					
BW	带宽, -3dB	$V_{IN} = 10mV_{pk-pk}$	225		kHz
THD + N	总谐波失真 + 噪声	$V_S = 40V$, $V_{REF} = 2.5V$, $V_O = 5V_{pp}$, $R_L = 100k\Omega$ $f = 1kHz$, 80kHz 测量 BW	0.03		%
EMIRR	电磁干扰抑制比	$f = 1GHz$, $V_{IN_EMIRR} = 100mV$, 差分模式	125		dB
SR	压摆率	$V_S = 40V$, $V_O = 1V$ 阶跃	0.32		V/ μs
t_S	趋稳时间	精度为 0.1% , $V_S = 40V$, $V_{OUT_STEP} = 1V$, $C_L = 10pF$	10		μs
t_S	趋稳时间	精度为 0.01% , $V_S = 40V$, $V_{OUT_STEP} = 1V$, $C_L = 10pF$	16		μs
t_S	趋稳时间	精度为 0.1% , $V_S = 40V$, $V_{OUT_STEP} = 5V$, $C_L = 10pF$	18		μs
t_S	趋稳时间	精度为 0.01% , $V_S = 40V$, $V_{OUT_STEP} = 5V$, $C_L = 10pF$	24		μs
	过载恢复	$V_S = 2.7V$, $V_{IN-} = 0V$, $V_{IN+} = 85V$ 和 $V_{REF} = V_S/2$	7.5		μs
参考输入					
REF - V_{IN}	输入电压范围	$V_S = 40V$, $V_{REF} = V_{MID}$	(V-)	(V+)	V
REF - G	以输出为基准的增益		1		V/V
REF - GE	基准增益误差 ⁽²⁾	$V_S = 40V$	± 0.002	± 0.05	%
电源					
V_S	电源电压	双电源	± 1.35	± 20	V
I_Q	静态电流	$V_S = 2.7V$	50		μA
I_Q	静态电流	$V_S = 40V$	65	90	μA
		$V_S = 40V$, $T_A = -40^\circ C$ 至 $125^\circ C$		95	

(1) 失调漂移具有不相关性。

(2) 最小值和最大值由表征特性指定。

6.6 电气特性 - INA600B

对于 $V_S = (V+) - (V-) = 2.7V$ 至 $40V$ ($\pm 1.35V$ 至 $\pm 20V$) , $T_A = 25^\circ C$, $V_{REF} = V_S/2$, $G = 1/10$, $R_L = 10k\Omega$, 连接到 $V_S/2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-})/2 = V_S/2$, $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0V$ 和 $V_{OUT} = V_S/2$ (除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
偏移					
V_{OSO}	失调电压, RTO	$V_S = 2.7V$ 和 $40V$	$T_A = 25^\circ C$	± 0.6	± 3.0 mV
	失调电压随温度变化的情况, RTO		$T_A = -40^\circ C$ 至 $125^\circ C$		± 3.5 mV
	失调电压温漂, RTO ⁽¹⁾		$T_A = -40^\circ C$ 至 $125^\circ C$	± 1.5	± 7 $\mu V/^\circ C$
PSRR	电源抑制比, RTO	$V_S = 4V$ 至 $40V$	$T_A = 25^\circ C$	2.5	10 $\mu V/V$
PSRR	电源抑制比, RTO	$V_S = 2.7V$ 至 $40V$	$T_A = 25^\circ C$	3	15 $\mu V/V$
输入阻抗					
R_{IN-DM}	差分电阻		2400		k Ω
R_{IN-CM}	共模电阻		635		k Ω
V_{CM}	输入共模范围	$V_S = 2.7V$	(V-) - 5	(V-) + 25	V
V_{CM}	输入共模范围	$V_S = 4.5V$	(V-) - 30	(V-) + 55	V
输入电压					
V_{CM}	输入共模范围	$V_S = 9V$ 至 $40V$	(V-) - 40	(V-) + 85	V

6.6 电气特性 - INA600B (续)

对于 $V_S = (V_+) - (V_-) = 2.7V$ 至 $40V$ ($\pm 1.35V$ 至 $\pm 20V$) , $T_A = 25^\circ C$, $V_{REF} = V_S/2$, $G = 1/10$, $R_L = 10k\Omega$, 连接到 $V_S/2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-})/2 = V_S/2$, $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0V$ 和 $V_{OUT} = V_S/2$ (除非另有说明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
CMRR DC	共模抑制比, RTO	$2.7V \leq V_S < 4.5V$	$V_{CM} = (V_-) - 5V$ 至 $(V_-) + 25V$	97			dB
CMRR DC	共模抑制比, RTO	$4.5V \leq V_S < 9V$	$V_{CM} = (V_-) - 30V$ 至 $(V_-) + 55V$	97			dB
CMRR DC	共模抑制比, RTO	$9V \leq V_S \leq 40V$	$V_{CM} = (V_-) - 40V$ 至 $(V_-) + 85V$	97	125		dB
噪声电压							
e_{NI}	输出电压噪声密度	$V_S = 40V$	$f = 1kHz$		145		$nV/\sqrt{Hz}$
			$f = 10kHz$		155		
E_{NI}	输出电压噪声		$f_B = 0.1Hz$ 至 $10Hz$		9		μV_{PP}
			$f_B = 0.1Hz$ 至 $150kHz$		400		μV_{PP}
增益							
GE	增益误差 ⁽²⁾	$V_S = 2.7V$, $V_{REF} = V_{MID}$	$V_O = (V_-) + 0.15V$ 至 $(V_+) - 0.15V$		± 0.003	± 0.05	%
	增益漂移与温度间的关系 ⁽²⁾	$V_S = 2.7V$, $V_{REF} = V_{MID}$	$T_A = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$			± 5	ppm/ $^{\circ}C$
输出							
V_{OH}	正负电源轨余量	$V_S = 40V$, $V_{REF} = V_S$, $R_L = 10k\Omega$ 至 V_{MID}			80	150	mV
V_{OL}		$V_S = 40V$, $V_{REF} = V_S$, $R_L = 2k\Omega$ 至 V_{MID}			400	650	mV
C_L 驱动	负载电容驱动	$V_O = 100mV$ 阶跃, 过冲 $< 20\%$			200		pF
Z_O	闭环输出阻抗	$f = 10kHz$			45		Ω
I_{SC}	短路电流	$V_S = 40V$			± 50		mA
频率响应							
BW	带宽, -3dB	$V_{IN} = 10mV_{pk-pk}$			250		kHz
THD + N	总谐波失真 + 噪声	$V_S = 40V$, $V_{REF} = 2.5V$, $V_O = 5V_{PP}$, $R_L = 100k\Omega$ $f = 1kHz$, 80kHz 测量 BW			0.03		%
EMIRR	电磁干扰抑制比	$f = 1GHz$, $V_{IN_EMIRR} = 100mV$, 差分模式			126		dB
SR	压摆率	$V_S = 40V$, $V_O = 1V$ 阶跃			0.22		V/ μs
t_S	趋稳时间	精度为 0.1%, $V_S = 40V$, $V_{STEP} = 1V$, $C_L = 10pF$			12		μs
t_S	趋稳时间	精度为 0.01%, $V_S = 40V$, $V_{STEP} = 1V$, $C_L = 10pF$			15		μs
	过载恢复	$V_S = 2.7V$, $V_{IN-} = 0V$, $V_{IN+} = 85V$ 和 $V_{REF} = V_S/2$			11		μs
参考输入							
REF - V_{IN}	输入电压范围	$V_S = 40V$, $V_{REF} = V_{MID}$		(V_-)		(V_+)	V
REF - G	以输出为基准的增益				1		V/V
REF - GE	基准增益误差 ⁽²⁾	$V_S = 40V$			± 0.002	± 0.05	%
电源							
V_S	电源电压	双电源		± 1.35		± 20	V
I_Q	静态电流	$V_S = 2.7V$			50		μA
I_Q	静态电流	$V_S = 40V$			65	90	μA
		$V_S = 40V$	$T_A = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$			95	

(1) 失调漂移具有不相关性。

(2) 最小值和最大值由表征特性指定。

6.7 电气特性 - INA600F

对于 $V_S = (V_+) - (V_-) = 2.7V$ 至 $40V$ ($\pm 1.35V$ 至 $\pm 20V$) , $T_A = 25^\circ C$, $V_{REF} = V_S/2$, $G = 1/36$, $R_L = 10k\Omega$, 连接到 $V_S/2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-})/2 = V_S/2$, $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0V$ 和 $V_{OUT} = V_S/2$ (除非另有说明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
偏移							
V _{OSO}	失调电压, RTO	V _S = 2.7V 和 40V	T _A = 25°C		±0.4	±2.0	mV
	失调电压随温度变化的情况, RTO		T _A = -40°C 至 125°C		±2.4	mV	
	失调电压温漂, RTO ⁽¹⁾		T _A = -40°C 至 125°C	±0.8	±4.0	μV/°C	
PSRR	电源抑制比, RTO	V _S = 4V 至 40V	T _A = 25°C		2.5	10	μV/V
PSRR	电源抑制比, RTO	V _S = 2.7V 至 40V	T _A = 25°C		3	15	μV/V
输入阻抗							
R _{IN-DM}	差分电阻	V _S = 4.5V 至 40V			2400		k Ω
R _{IN-CM}	共模电阻	V _S = 2.7V 至 4.5V			610		k Ω
V _{CM}	输入共模范围	V _S = 2.7V		(V ₋) - 20		(V ₋) + 30	V
输入电压							
V _{CM}	输入共模范围	V _S = 4.5V 至 40V		(V ₋) - 40		(V ₋) + 85	V
CMRR DC	共模抑制比, RTO	2.7V ≤ V _S < 4.5V	V _{CM} = (V ₋) - 20V 至 (V ₋) + 30V	109			dB
CMRR DC	共模抑制比, RTO	4.5 V ≤ V _S ≤ 40 V	V _{CM} = (V ₋) - 40V 至 (V ₋) + 85V	109	132		dB
噪声电压							
e _{NI}	输出电压噪声密度	V _S = 40V	f = 1kHz		70		nV/ √ Hz
			f = 10kHz		85		
E _{NI}	输出电压噪声		f _B = 0.1Hz 至 10Hz		5.5		μV _{PP}
			f _B = 0.1Hz 至 150kHz		200		μV _{PP}
增益							
GE	增益误差 ⁽²⁾	V _S = 2.7V , V _{REF} = V _{MID}	V _O = (V ₋) + 0.15V 至 (V ₊) - 0.15V		±0.003	±0.05	%
	增益漂移与温度间的关系 ⁽²⁾	V _S = 2.7V , V _{REF} = V _{MID}	T _A = -40°C 至 125°C			±5	ppm/°C
输出							
V _{OH}	正负电源轨余量	V _S = 40V , V _{REF} = V _S , R _L = 10kΩ 至 V _{MID}			80	150	mV
V _{OL}		V _S = 40V , V _{REF} = V _S , R _L = 2kΩ 至 V _{MID}			400	650	mV
C _L 驱动	负载电容驱动	V _O = 100mV 阶跃, 过冲 < 20%			200		pF
Z _O	闭环输出阻抗	f = 10kHz			35		Ω
I _{SC}	短路电流	V _S = 40V			±50		mA
频率响应							
BW	带宽, - 3dB	V _{IN} = 10mV _{pk-pk}			300		kHz
THD + N	总谐波失真 + 噪声	V _S = 40V , V _{REF} = 2.5V , V _O = 1V _{PP} , R _L = 100k Ω f = 1kHz, 80kHz 测量 BW			0.03		%
EMIRR	电磁干扰抑制比	f = 1GHz , V _{IN-EMIRR} = 100mV, 差分模式			130		dB
SR	压摆率	V _S = 40V , V _O = 1V 阶跃			0.14		V/μs
t _s	趋稳时间	精度为 0.1% , V _S = 40V , V _{OUT_STEP} = 1V , C _L = 10pF			17		μs
t _s	趋稳时间	精度为 0.01% , V _S = 40V , V _{OUT_STEP} = 1V , C _L = 10pF			22		μs
	过载恢复	V _S = 2.7V , V _{IN-} = 0V , V _{IN+} = 85V 和 and V _{REF} = V _S / 2			13		μs
参考输入							
REF - V _{IN}	输入电压范围	V _S = 40V , V _{REF} = V _{MID}		(V ₋)		(V ₊)	V
REF - G	以输出为基准的增益				1		V/V

6.7 电气特性 - INA600F (续)

对于 $V_S = (V_+) - (V_-) = 2.7V$ 至 $40V$ ($\pm 1.35V$ 至 $\pm 20V$) , $T_A = 25^\circ C$, $V_{REF} = V_S/2$, $G = 1/36$, $R_L = 10k\Omega$, 连接到 $V_S/2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-})/2 = V_S/2$, $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0V$ 和 $V_{OUT} = V_S/2$ (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
REF - GE	基准增益误差 ⁽²⁾	$V_S = 40V$		± 0.002	± 0.05	%
电源						
V_S	电源电压	双电源	± 1.35		± 20	V
I_Q	静态电流	$V_S = 2.7V$		50		μA
I_Q	静态电流	$V_S = 40V$		65	90	μA
		$V_S = 40V$, $T_A = -40^\circ C$ 至 $125^\circ C$			95	

- (1) 失调漂移具有不相关性。
(2) 最小值和最大值由表征特性指定。

6.8 典型特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = (V_+) - (V_-) = 2.7\text{V}$ 至 40V ($\pm 1.35\text{V}$ 至 $\pm 20\text{V}$), $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $V_{REF} = V_S / 2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2 = V_S / 2$, $V_{OUT} = V_S / 2$ 且 $G = 1/5$ (除非另有说明)

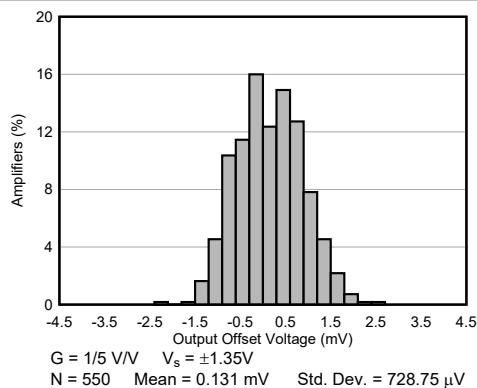


图 6-1. 以输出为基准的失调电压的典型分布 (INA600A, $V_S = \pm 1.35\text{V}$)

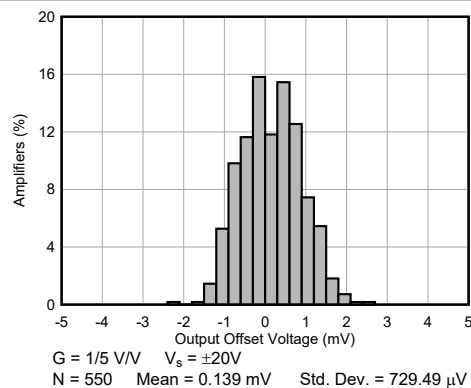


图 6-2. 以输出为基准的失调电压的典型分布 (INA600A, $V_S = \pm 20\text{V}$)

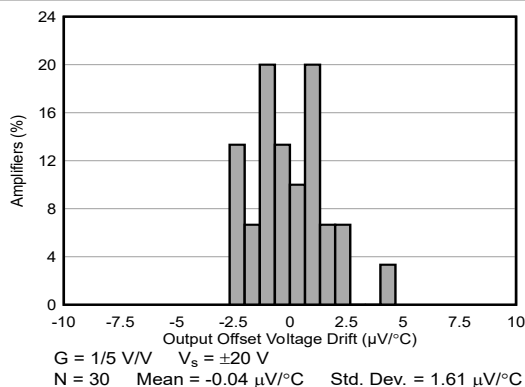


图 6-3. 输出失调电压漂移的典型分布 (INA600A)

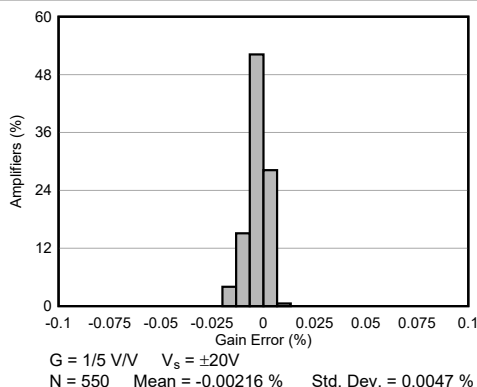


图 6-4. 增益误差的典型分布 (INA600A)

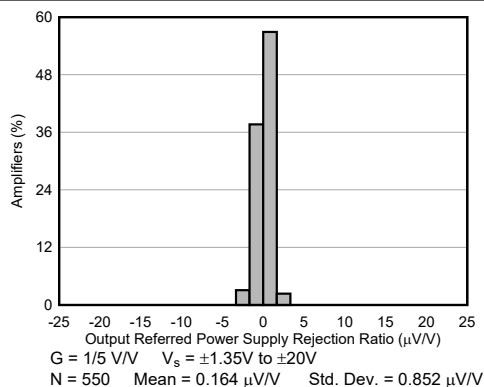


图 6-5. PSRR 的典型分布 (INA600A)

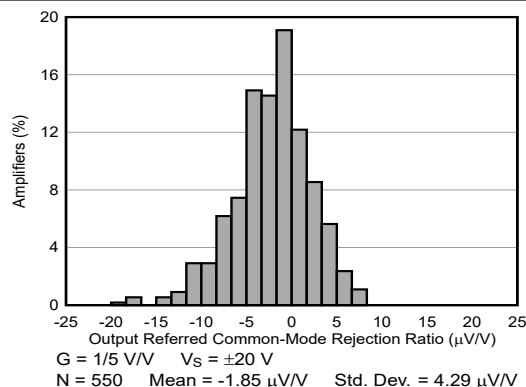


图 6-6. CMRR 的典型分布 (INA600A)

6.8 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = (V_+) - (V_-) = 2.7\text{V}$ 至 40V ($\pm 1.35\text{V}$ 至 $\pm 20\text{V}$), $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $V_{REF} = V_S / 2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2 = V_S / 2$, $V_{OUT} = V_S / 2$ 且 $G = 1/5$ (除非另有说明)

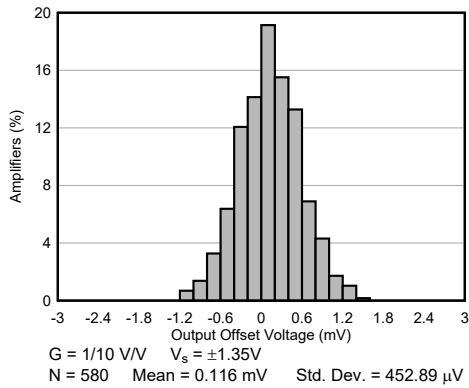


图 6-7. 以输出为基准的失调电压的典型分布 (INA600B, $V_S = \pm 1.35\text{V}$)

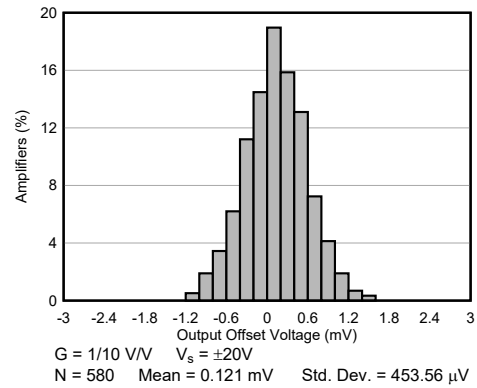


图 6-8. 以输出为基准的失调电压的典型分布 (INA600B, $V_S = \pm 20\text{V}$)

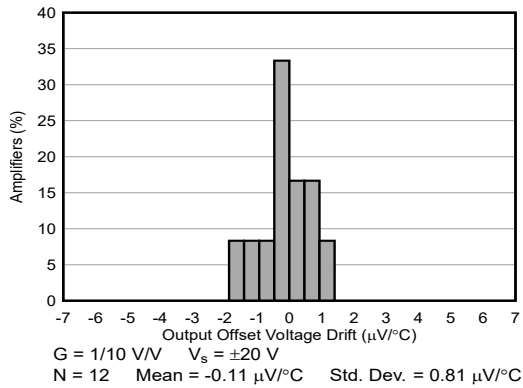


图 6-9. 输出失调电压漂移的典型分布 (INA600B)

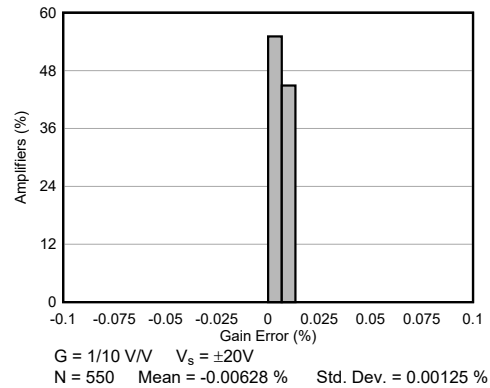


图 6-10. 增益误差的典型分布 (INA600B)

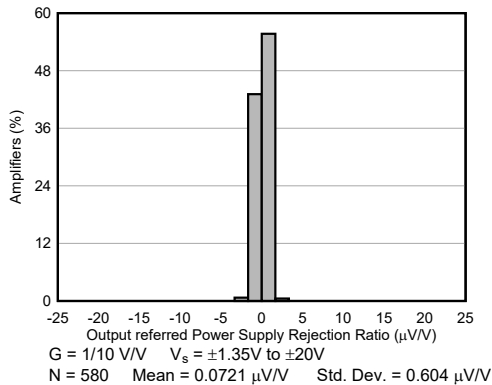


图 6-11. PSRR 的典型分布 (INA600B)

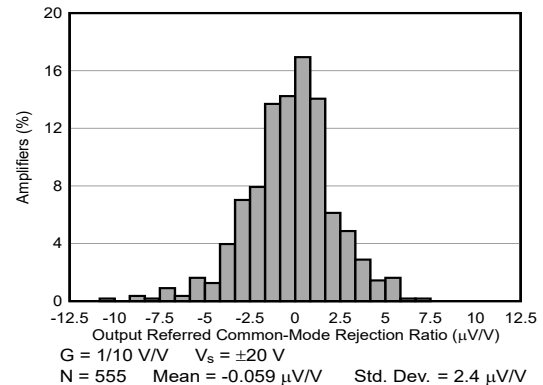


图 6-12. CMRR 的典型分布 (INA600B)

6.8 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = (V_+) - (V_-) = 2.7\text{V}$ 至 40V ($\pm 1.35\text{V}$ 至 $\pm 20\text{V}$), $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $V_{REF} = V_S / 2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2 = V_S / 2$, $V_{OUT} = V_S / 2$ 且 $G = 1/5$ (除非另有说明)

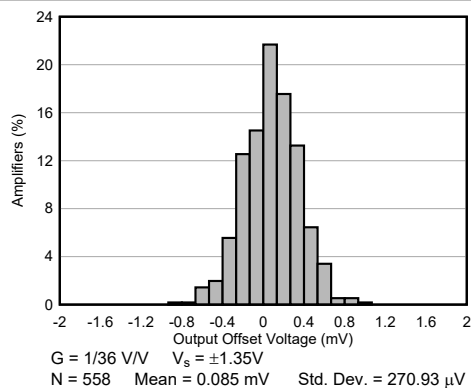


图 6-13. 以输出为基准的失调电压的典型分布 (INA600F, $V_S = \pm 1.35\text{V}$)

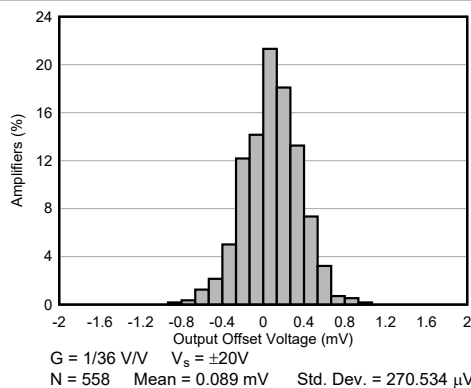


图 6-14. 以输出为基准的失调电压的典型分布 (INA600F, $V_S = \pm 20\text{V}$)

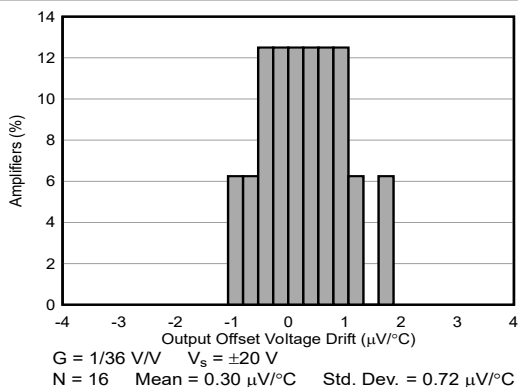


图 6-15. 输出失调电压漂移的典型分布 (INA600F)

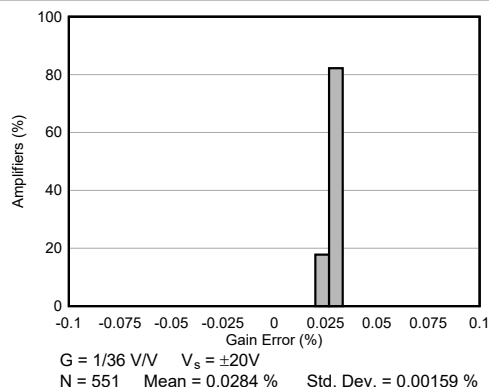


图 6-16. 增益误差的典型分布 (INA600F)

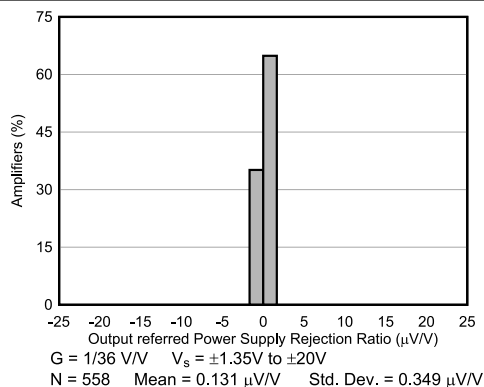


图 6-17. PSRR 的典型分布 (INA600F)

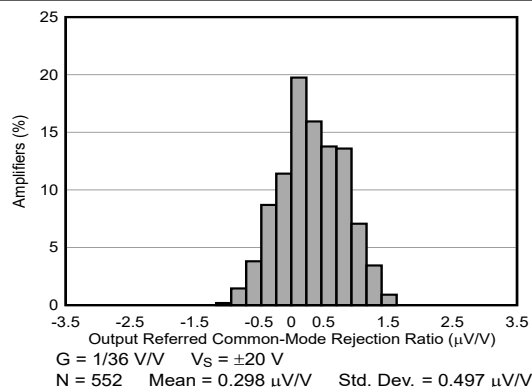


图 6-18. CMRR 的典型分布 (INA600F)

6.8 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = (V_+) - (V_-) = 2.7\text{V}$ 至 40V ($\pm 1.35\text{V}$ 至 $\pm 20\text{V}$), $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $V_{REF} = V_S / 2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2 = V_S / 2$, $V_{OUT} = V_S / 2$ 且 $G = 1/5$ (除非另有说明)

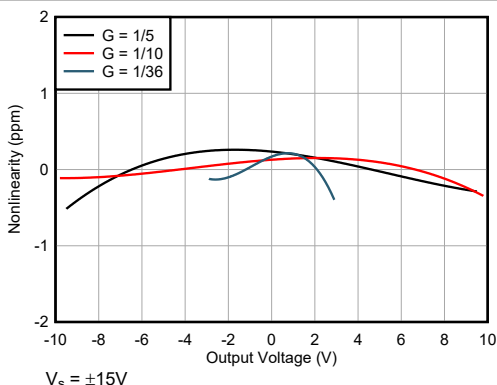


图 6-19. 非线性度与输出电压间的关系, 所有增益

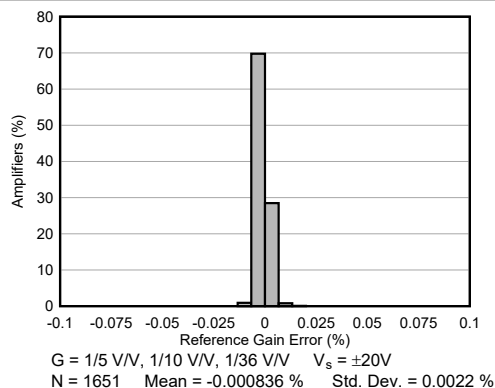


图 6-20. 基准增益误差的典型分布, 所有增益

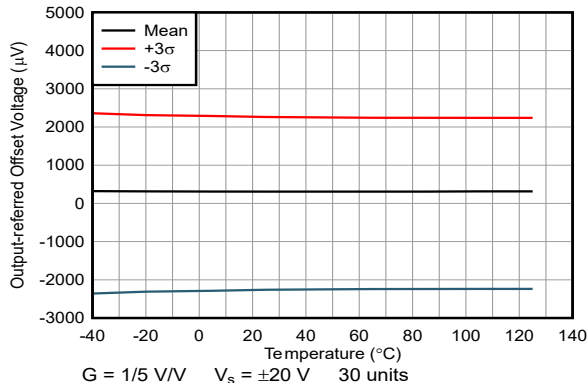


图 6-21. 以输出为基准的失调电压与温度间的关系 (INA600A)

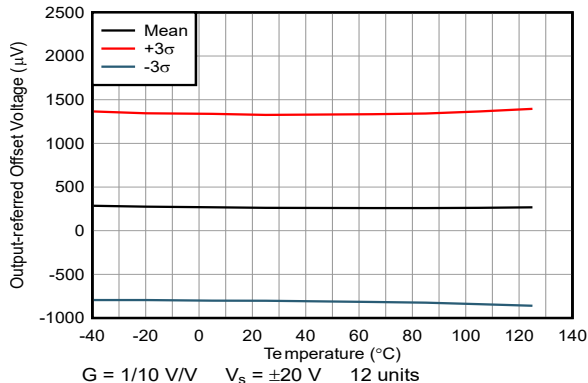


图 6-22. 以输出为基准的失调电压与温度间的关系 (INA600B)

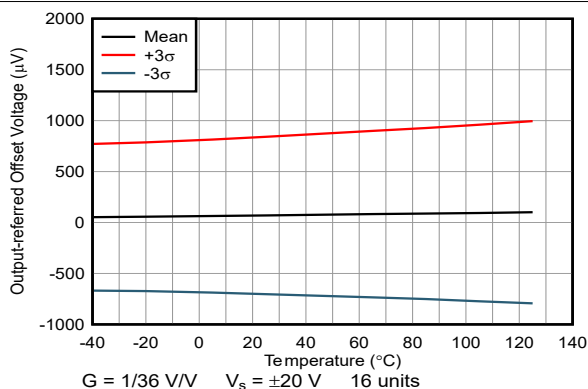


图 6-23. 以输出为基准的失调电压与温度间的关系 (INA600F)

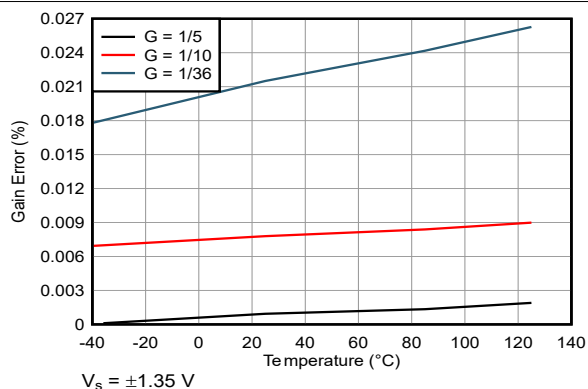


图 6-24. 增益误差与温度间的关系

6.8 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = (V_+) - (V_-) = 2.7\text{V}$ 至 40V ($\pm 1.35\text{V}$ 至 $\pm 20\text{V}$), $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $V_{REF} = V_S / 2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2 = V_S / 2$, $V_{OUT} = V_S / 2$ 且 $G = 1/5$ (除非另有说明)

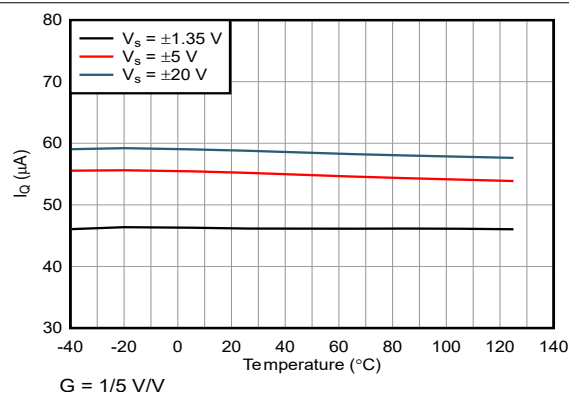


图 6-25. 静态电流与温度间的关系

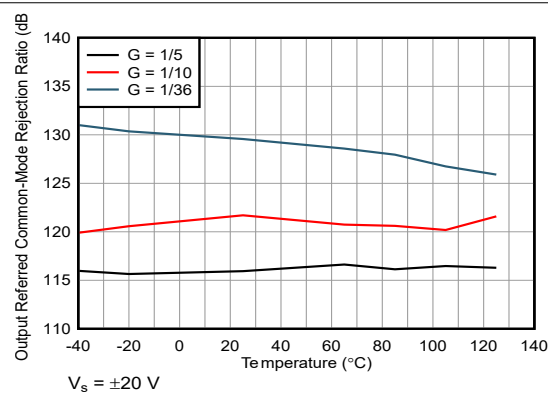


图 6-26. CMRR 与温度间的关系

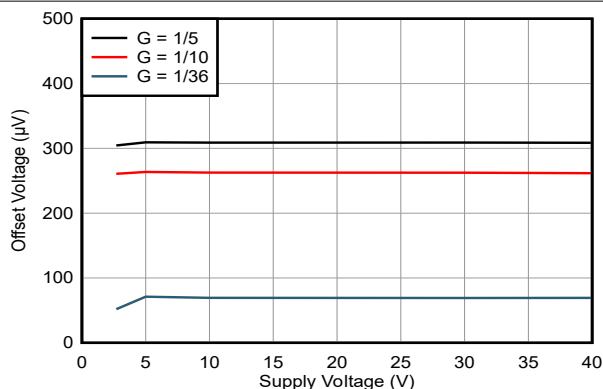


图 6-27. 失调电压与电源电压间的关系

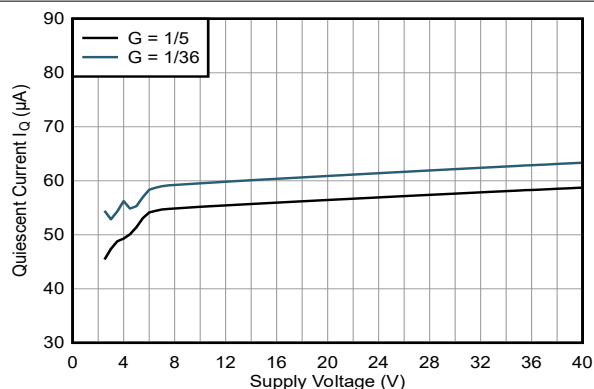


图 6-28. 静态电流与电源电压间的关系

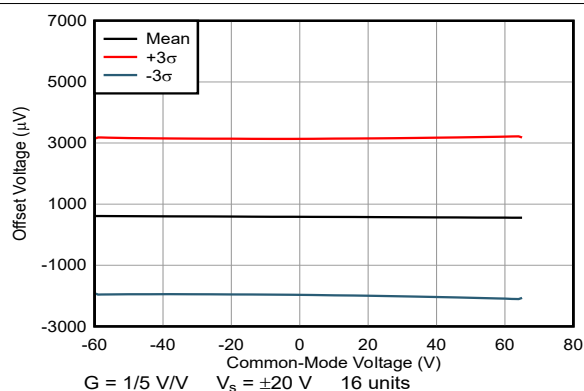


图 6-29. 以输出为基准的失调电压与共模电压间的关系(INA600A)

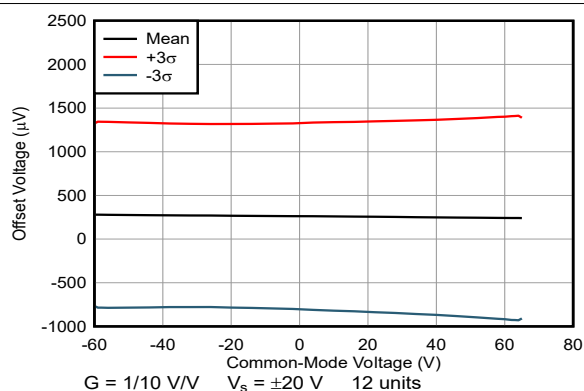


图 6-30. 以输出为基准的失调电压与共模电压间的关系(INA600B)

6.8 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = (V_+ - V_-) = 2.7\text{V}$ 至 40V ($\pm 1.35\text{V}$ 至 $\pm 20\text{V}$), $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $V_{REF} = V_S / 2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2 = V_S / 2$, $V_{OUT} = V_S / 2$ 且 $G = 1/5$ (除非另有说明)

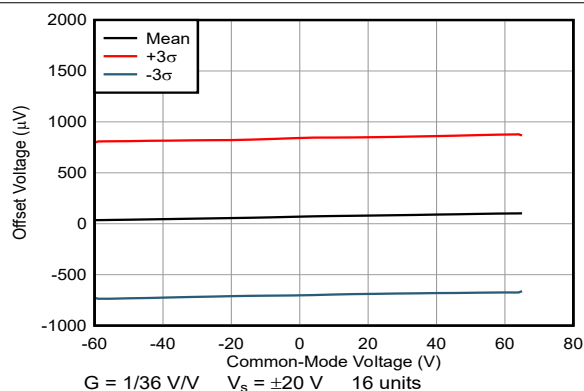


图 6-31. 以输出为基准的失调电压与共模电压间的关系(INA600F)

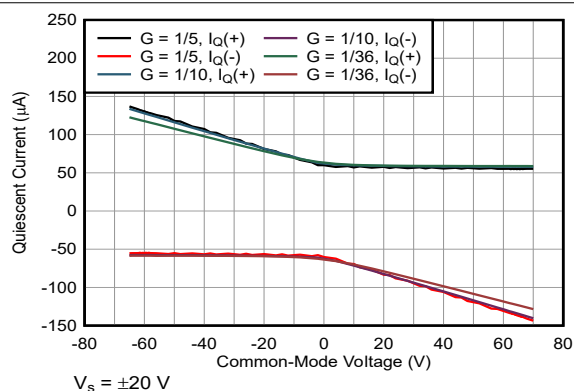


图 6-32. 静态电流与共模电压间的关系

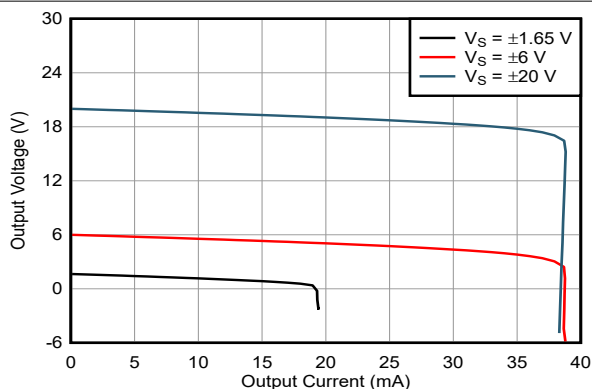


图 6-33. 输出电压摆幅与输出电流 (拉电流) 间的关系

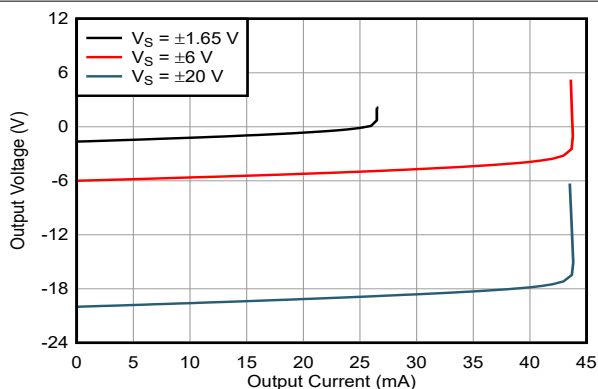


图 6-34. 输出电压摆幅与输出电流 (灌电流) 间的关系

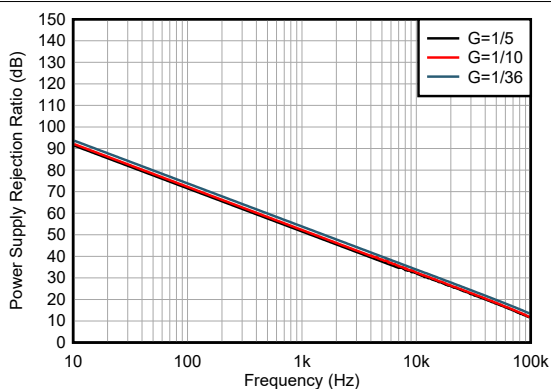


图 6-35. 负电源抑制比与频率间的关系, 所有增益

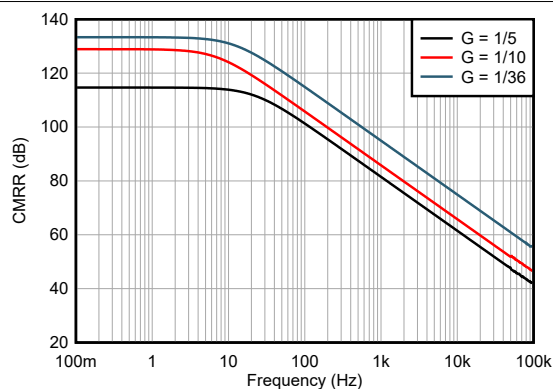


图 6-36. 以输出为基准的 CMRR 与频率间的关系, 所有增益

6.8 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = (V_+) - (V_-) = 2.7\text{V}$ 至 40V ($\pm 1.35\text{V}$ 至 $\pm 20\text{V}$), $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $V_{REF} = V_S / 2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2 = V_S / 2$, $V_{OUT} = V_S / 2$ 且 $G = 1/5$ (除非另有说明)

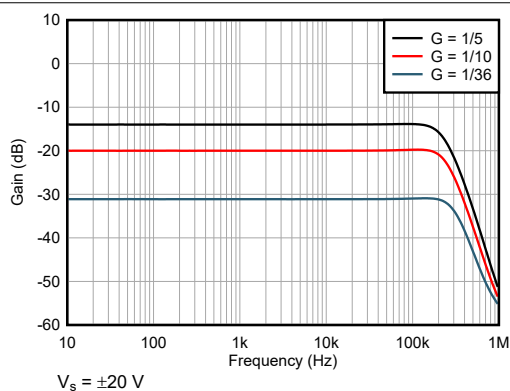


图 6-37. 闭环增益与频率间的关系

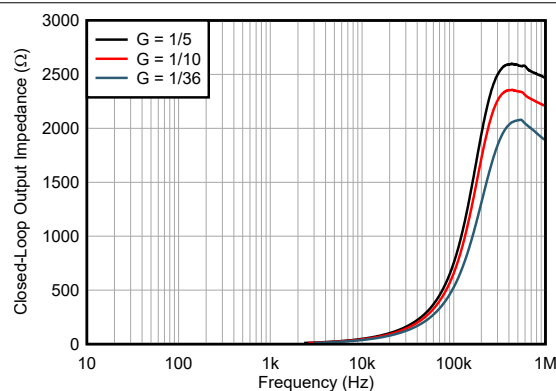


图 6-38. 闭环输出阻抗与频率间的关系

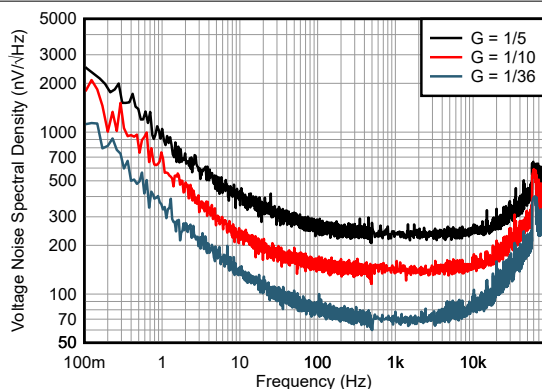


图 6-39. 以输出为基准的电压噪声频谱密度

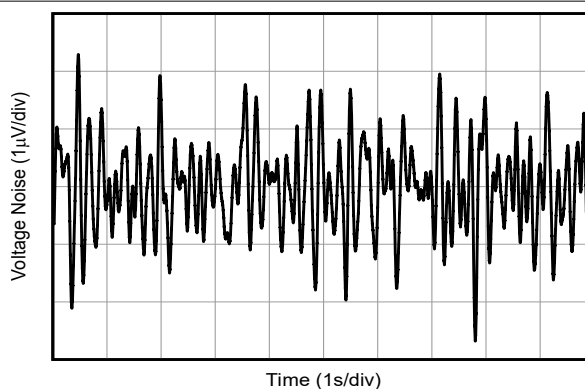


图 6-40. 以输出为基准的 0.1Hz 至 10Hz 时域电压噪声 (INA600A)

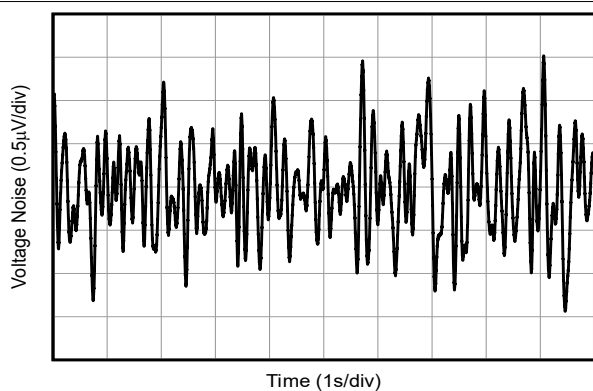


图 6-41. 以输出为基准的 0.1Hz 至 10Hz 时域电压噪声 (INA600B)

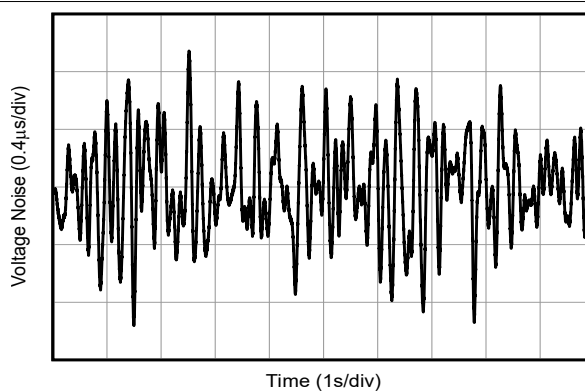


图 6-42. 以输出为基准的 0.1Hz 至 10Hz 时域电压噪声 (INA600F)

6.8 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = (V_+ - V_-) = 2.7\text{V}$ 至 40V ($\pm 1.35\text{V}$ 至 $\pm 20\text{V}$), $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $V_{REF} = V_S / 2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2 = V_S / 2$, $V_{OUT} = V_S / 2$ 且 $G = 1/5$ (除非另有说明)

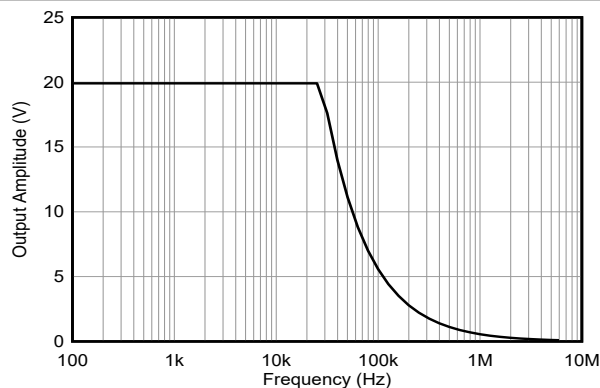


图 6-43. 最大输出电压与频率间的关系

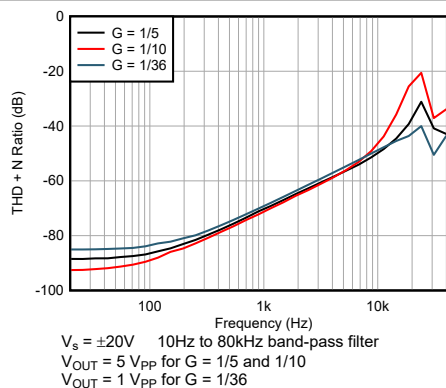
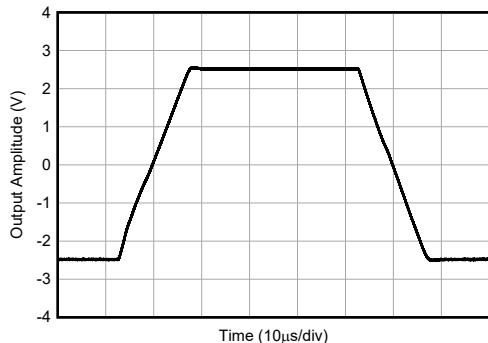
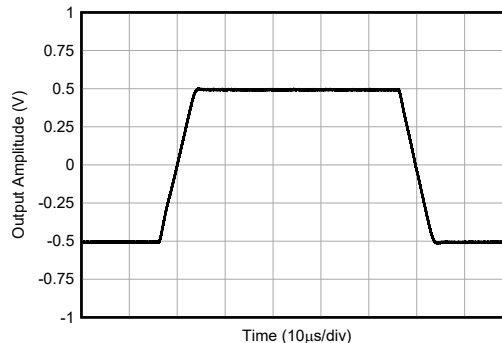


图 6-44. THD + N 频率



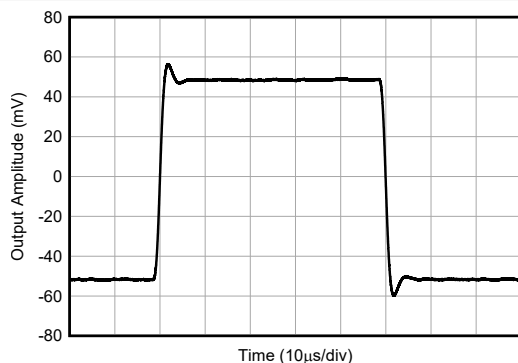
$G = 1/5\text{ V/V}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $C_L = 100\text{pF}$

图 6-45. 大信号阶跃响应 (INA600A)



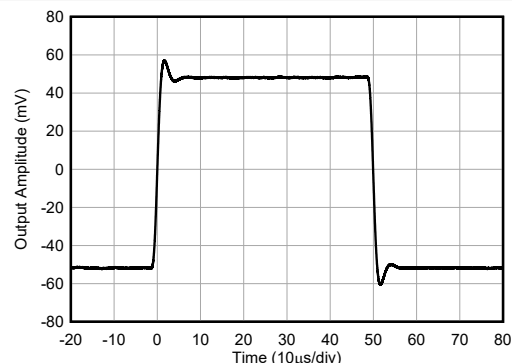
$G = 1/36\text{ V/V}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $C_L = 100\text{pF}$

图 6-46. 大信号阶跃响应 (INA600F)



$G = 1/5\text{ V/V}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $C_L = 100\text{pF}$

图 6-47. 小信号阶跃响应 (INA600A)



$G = 1/10\text{ V/V}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $C_L = 100\text{pF}$

图 6-48. 小信号阶跃响应 (INA600B)

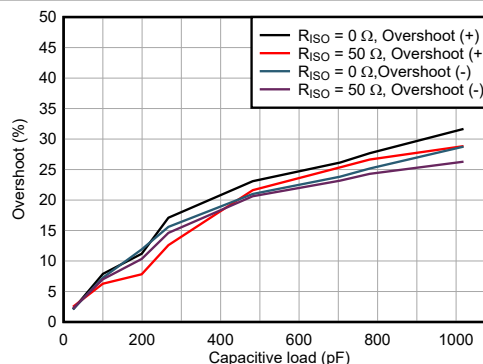
6.8 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = (V_+ - V_-) = 2.7\text{V}$ 至 40V ($\pm 1.35\text{V}$ 至 $\pm 20\text{V}$), $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $V_{REF} = V_S / 2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2 = V_S / 2$, $V_{OUT} = V_S / 2$ 且 $G = 1/5$ (除非另有说明)



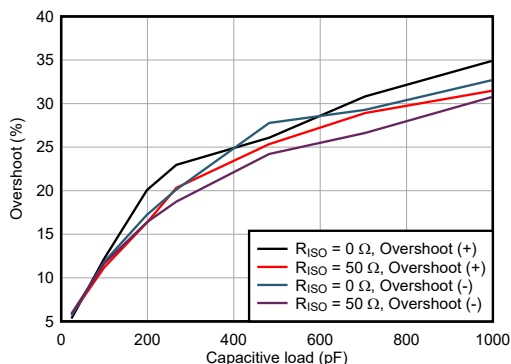
$G = 1/36 \text{ V/V}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $C_L = 100\text{pF}$

图 6-49. 小信号阶跃响应 (INA600F)



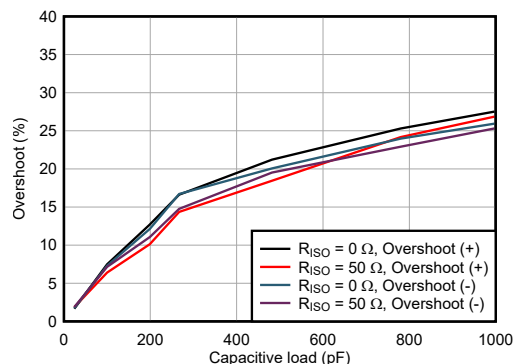
$G = 1/5 \text{ V/V}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $V_{OUT} = 100 \text{ mV}_{PP}$

图 6-50. 小信号过冲与容性负载间的关系 (INA600A)



$G = 1/10 \text{ V/V}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $V_{OUT} = 100 \text{ mV}_{PP}$

图 6-51. 小信号过冲与容性负载间的关系 (INA600B)



$G = 1/36 \text{ V/V}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $V_{OUT} = 100 \text{ mV}_{PP}$

图 6-52. 小信号过冲与容性负载间的关系 (INA600F)

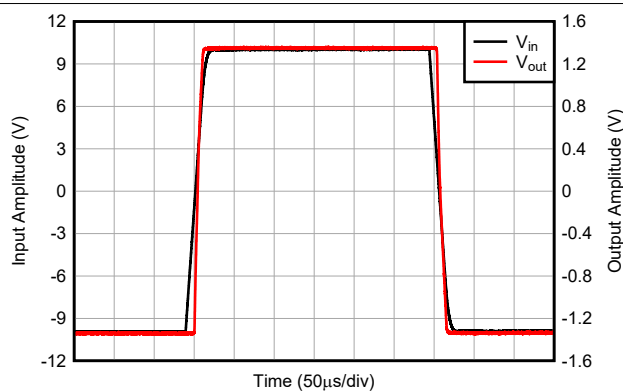


图 6-53. 过载恢复 (INA600A)

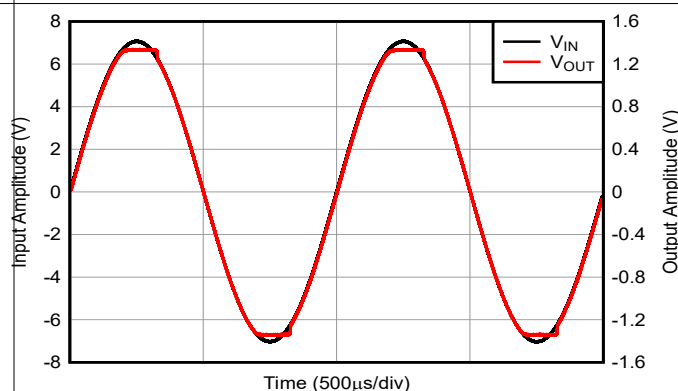


图 6-54. 无相位反转 (INA600A)

6.8 典型特性 (续)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = (V_+) - (V_-) = 2.7\text{V}$ 至 40V ($\pm 1.35\text{V}$ 至 $\pm 20\text{V}$), $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-}) = 0\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $V_{REF} = V_S / 2$, $V_{CM} = (V_{IN+} + V_{IN-}) / 2 = V_S / 2$, $V_{OUT} = V_S / 2$ 且 $G = 1/5$ (除非另有说明)

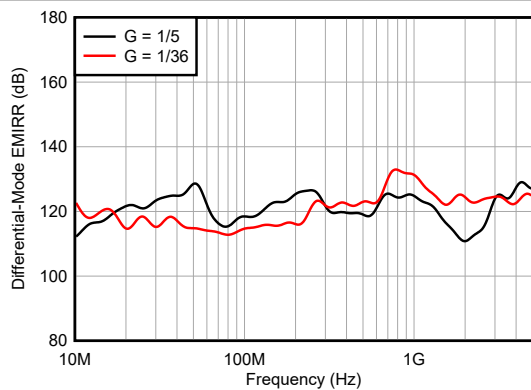


图 6-55. 差模 EMIRR 与频率间的关系 (INA600A 和 INA600F)

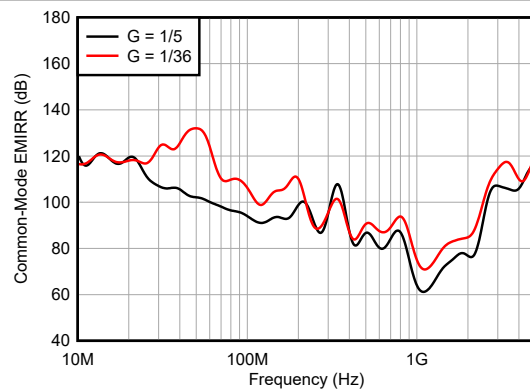


图 6-56. 共模 EMIRR 与频率间的关系 (INA600A 和 INA600F)

7 详细说明

7.1 概述

INA600 是一款带有精密匹配电阻器的电压检测差分放大器，支持多种衰减增益选项。精密匹配集成式电阻器消除了对精密和低容差外部电阻器的需求，从而节省了物料清单 (BOM) 成本和布板空间。该器件实现了 $\pm 0.05\%$ 的最大增益误差和 $5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 的最大增益漂移，以及同时具备 92dB 的最小共模抑制比 ($G = 1/5$)。INA600 在 8 位至 10 位系统中使用时，通常不需要校准。在系统级进一步校准偏移电压和增益误差有助于提高系统分辨率和精度，从而能够在更高分辨率的系统中使用。

$> 1\text{M}\Omega$ 的高输入阻抗以及仅 $65\mu\text{A}$ 的静态电流，使 INA600 在单节电池监控应用中非常有用。以负电源轨为基准，该器件可处理 -40V 至 $+85\text{V}$ 的输入电压，并能高精度地对电压进行衰减。该器件可抑制接地弹跳、开关纹波、交流市电等共模误差，并能够将衰减电压连接到低压、低速 ADC。多数误差 (包括失调电压、失调电压漂移、共模抑制比、噪声) 均以输出端为基准。这样可以轻松计算靠近模数转换器 (ADC) 的信噪比 (SNR) 和有效位数 (ENOB)。

INA600 提供六种衰减增益选项，共六个不同型号。INA600A 版本提供最低的衰减增益选项 $1/5$ ，而 INA600F 提供最高的衰减增益选项 $1/36$ 。INA600 的增益选项专为与各种差分 and 单端高压信号连接的电平转换应用而设计。差分信号包括 $\pm 24\text{V}$ 、 $\pm 12\text{V}$ 、 $\pm 10\text{V}$ 、 $\pm 5\text{V}$ 等。单端信号包括 0V 至 48V 、 0V 至 24V 、 0V 至 12V 、 0V 至 10V 、 0V 至 5V 等；这些高压信号可被电平转换至多种低压 (0V 至 5V 、 0V 至 3.3V 、 0V 至 2.5V 等) ADC 量程。这一特性适用于需监测多路高压信号和电源域的各类终端设备与应用场景。例如电池测试仪、太阳能串逆变器、电动工具、模拟输入模块及电池储能系统等。该器件还具有足够的带宽 ($\geq 200\text{kHz}$)，可直接驱动低速 ($\leq 10\text{kSPS}$) ADC。

INA600 专为机器人、移动电源和充电器等空间受限型应用而设计。因此，与采用分立元件搭建的差分放大器相比，该器件节省了宝贵的 PCB 面积。为便于在汽车和工业应用中使用，该器件提供标准引脚封装，如 SOT-23 和 SC70。

7.2 功能方框图

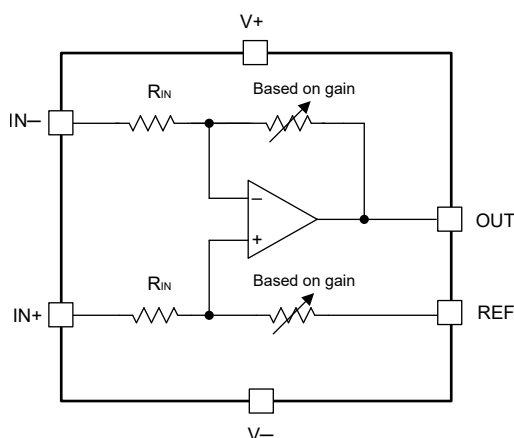


图 7-1. INA600 简化版内部原理图

7.3 特性说明

7.3.1 增益选项和电阻器

INA600 的增益值由反馈电阻器与输入电阻器之比给出。表 7-1 中提供了不同器件型号的增益选项。虽然输入电阻器和反馈电阻器的典型值如下表所示，但值得注意的是，这些值可以一起变化约 $\pm 15\%$ ，同时保持更严格的增益误差（容差）数，如电气特性表中所示。

表 7-1. 增益选择

器件	VERSION	输入电阻器	反馈电阻器	增益
INA600	A	1.2M Ω	240k Ω	1/5
	B	1.2M Ω	120k Ω	1/10
	C	1.2M Ω	100k Ω	1/12
	D	1.2M Ω	66.66k Ω	1/18
	E	1.2M Ω	50k Ω	1/24
	F	1.2M Ω	33.33k Ω	1/36

7.3.1.1 增益误差和漂移

INA600 中的增益误差由集成精密电阻器失配决定。增益误差是经过测试的参数，在所有增益配置下，其最大增益误差均小于或等于 $\pm 0.05\%$ 。INA600 的增益漂移受到集成电阻器温度系数失配的限制。在所有增益配置下，最大增益漂移均低于 5ppm/°C。这些集成电阻器已实现精密匹配，且采用低温度系数电阻材质。因此，与使用外部电阻器构建的分立差分放大器相比，该器件的整体增益漂移性能更优。增益漂移并非测试参数，其最大值是基于留有充分裕量的特性评估结果规定的。对于来自设置输出共模电压的基准引脚的输入，预计最大增益误差为 $\pm 0.05\%$ 。

7.3.2 输入共模电压范围

INA600 差分放大器会抑制输入共模。这种抑制能力主要依赖于内部电阻器的精密匹配。INA600 的输入电压范围通过一种特殊的设计技术大幅扩展，超出了供电电压范围。该技术使得输入电压范围不会受到增益配置或供电电压的过度限制。当电源电压不低于 9V 时，在所有增益配置下，输入电压范围均为负电源轨以下 -40V 至负电源轨以上 +85V。当供电电压低于 9V 时，请参阅电气特性表中对应增益选项的有效输入范围数值。

共模抑制比值以输出为基准，便于根据 ADC 满量程进行误差计算。例如，在 12V 电源电压下，INA600A 输入端的 1V 输入共模误差信号 ($G = 1/5$) 在 INA600A 输出端衰减至 2 μV 。在此示例中，当电源电压不低于 9V 时，典型 CMRR 规格（以输出端为基准）为 114dB。

7.3.3 EMI 抑制

INA600 使用集成电磁干扰 (EMI) 滤波来降低各种来源的 EMI 影响。这些来源涵盖无线通信设备以及混合使用模拟信号链和数字元件的高密度电路板。德州仪器 (TI) 可在从 10MHz 延伸至 6GHz 的宽频谱上准确地测量和量化运算放大器的抗扰度。运算放大器的 EMI 抑制比应用报告，可从 www.ti.com 下载此报告。该应用报告详细介绍了与运算放大器相关的 EMIRR 性能主题。

图 7-2 展示了对 INA600 进行差分 EMI 干扰测试的结果。图 7-3 展示了对 INA600 进行共模 EMI 干扰测试的结果。表 7-2 提供了 INA600 在实际应用中通常会遇到的特定频率下的 EMIRR IN+ 值。

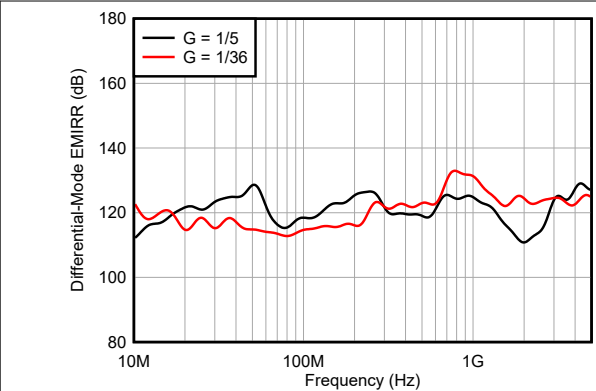


图 7-2. 以输出为基准的电磁干扰抑制比与频率间的关系 (差分输入)

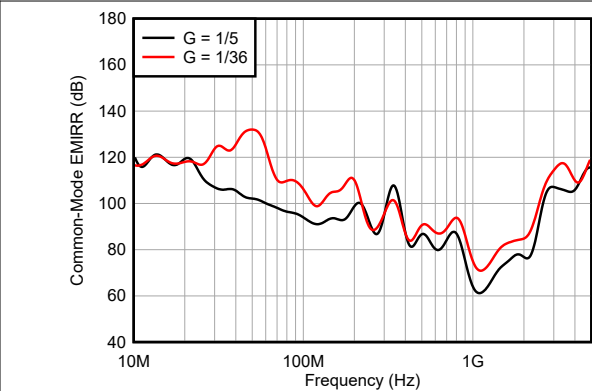


图 7-3. 以输出为基准的电磁干扰抑制比与频率间的关系 (共模输入)

表 7-2. 目标频率的 INA600 EMIRR

频率	应用或分配	EMIRR 差分 (G = 1/36)	EMIRR 共模 (G = 1/36)
400MHz	移动无线广播、移动卫星、太空操作、气象、雷达、超高频 (UHF) 应用	122dB	83dB
900MHz	全球移动通信系统 (GSM) 应用、无线电通信、导航、GPS (最高可达 1.6GHz)、GSM、航空移动通信及 UHF 应用	132dB	82dB
1.8GHz	GSM 应用、个人移动通信、宽带、卫星和 L 波段 (1GHz 至 2GHz)	121dB	84dB
2.4GHz	802.11b、802.11g、802.11n、Bluetooth®、个人移动通信、工业、科学和医疗 (ISM) 无线频段、业余无线电通信和卫星、S 波段 (2GHz 至 4GHz)	122dB	100dB
3.6GHz	无线电定位、航空通信和导航、卫星、移动通信、S 波段	123dB	118dB
5GHz	802.11a、802.11n、航空通信和导航、移动通信、太空和卫星运行、C 波段 (4GHz 至 8GHz)	125dB	118dB

7.3.4 典型规格与分布

设计人员在设计更稳定的电路时，常会对放大器的典型参数存在疑问。由于工艺技术和制造过程存在自然差异，因此放大器的每种规格都与理想值存在一定的偏差。放大器的失调电压便属于此类情况。这些偏差通常遵循高斯 (钟形曲线) 或正态分布。因此，即使电气特性表中未给出某参数的最小值或最大值，电路设计人员也可利用这一特性为系统设置余量。

图 7-4 展示了一个示例布局。在此图中， μ (即缪) 是分布的均值，而 σ (即西格玛) 是系统的标准偏差。对于呈此类分布的规格，约三分之二 (68.26%) 的器件其参数值会落在平均值的一个标准差范围内。均值的一个标准差是 $\mu - \sigma$ 至 $\mu + \sigma$ 。

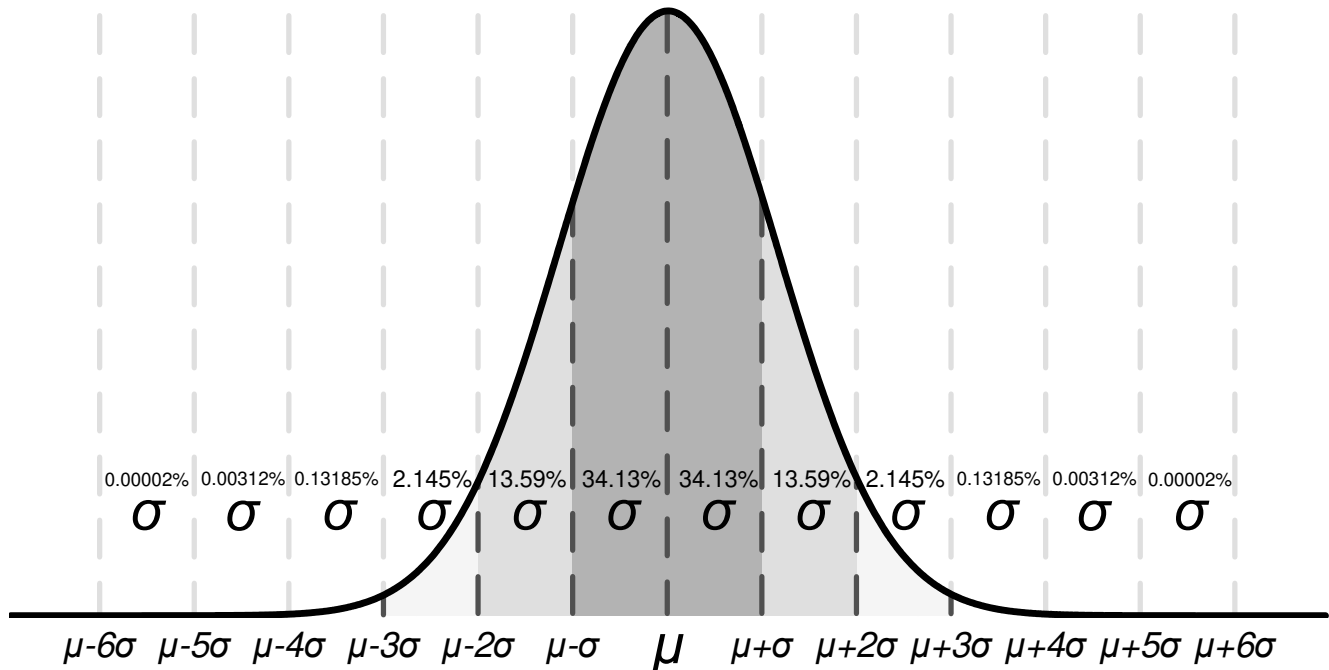


图 7-4. 理想的高斯分布

根据具体规格，[电气特性](#)表中典型值一列中列出的值会以多种不同的方式表示。一般，如果规格本身具有非零均值（例如增益带宽），那么典型值等于均值（ μ ）。某些规格（例如失调电压）的均值接近于零。在本例中，典型值等于均值加上一个标准偏差（ $\mu + \sigma$ ），这样才能最准确地表示典型值。

使用此图表来计算某器件中某一规格的近似概率。例如，INA600A 典型失调电压为 $1100\mu\text{V}$ 。因此，预计所有 INA600A 器件中有 68.2% 的器件具有 $-1100\mu\text{V}$ 至 $+1100\mu\text{V}$ 的失调电压。在 4σ ($\pm 4400\mu\text{V}$) 范围内，99.9937% 的器件其失调电压会小于 $\pm 4400\mu\text{V}$ 。也就是说，仅有 0.0063% 的器件会超出该范围，约相当于每 15,873 个器件中出现 1 个。

在最小值或最大值列中具有值的规格由 TI 核实，超过这些限值的器件会从生产材料中剔除。例如，INA600A 系列在 25°C 时的增益误差最大值为 $\pm 0.05\%$ 。尽管该误差对应 5σ 水平，TI 仍会对器件进行验证，将增益误差超出 $\pm 0.05\%$ 的器件从生产材料中剔除。该误差水平约为每 350 万个器件中出现 1 个，发生概率极低。

对于最小值或最大值列中无数值的规格，设计人员需根据应用场景选择足够余量的西格玛值。基于该值设计最坏情况。 6σ 值对应的情况约为每 5 亿个器件中出现 1 个，发生概率极低。该 6σ 值可作为宽余量选项，用于系统设计。[典型特性](#)部分显示了一些重要规格（如，失调电压、温漂、CMRR 和增益误差等）各项直方图。

对于增益误差漂移，INA600 系列不会根据最终测试指定最大值。相反，该值基于[电气特性](#)表中所述的特性。[图 6-4](#)中提到的相应分布的均值为 -0.00216% ，西格玛值为 0.0047% 。因此，对于增益误差，均值加 6σ 值计算约为 0.025% 。在按 6σ 保护带设计系统条件时，可采用该方法和数值估算最坏情况下的增益误差。但需注意，工艺差异及长期使用中的调整，可能导致典型平均值和标准差发生变化。除非根据最终测试在最小值或最大值规格列中指定了值，否则 TI 无法验证器件性能。

因此，[电气特性](#)表中的最大增益误差规格在 6σ 保护带之外放宽至 $\pm 0.05\%$ 。

7.3.5 电过应力

设计人员经常会问到关于运算放大器耐受电过应力的问题。这些问题侧重于器件输入，同时也会涉及电源引脚甚至输出引脚。这些不同引脚功能的每一个功能具有由独特的半导体制造工艺和连接到引脚的特定电路确定的电气过载限值。此外，这些电路均内置内部静电放电 (ESD) 保护功能，可在产品组装之前和组装过程中保护电路不受意外 ESD 事件的影响。

能够充分了解该基本 ESD 电路以及与电气过载事件的关联性会有所帮助。图 7-5 显示了 INA600 器件中包含的 ESD 电路。在输入引脚上，ESD 保护电路涉及局部高阻抗二极管结构，并且不会将 ESD 电流路由至电源 ESD 单元。在输出引脚上，两个电源轨都有反向偏置二极管。这些二极管结构将 ESD 电流路由回内部电源线，其中差分放大器内部有一个吸收电源 ESD 单元。在基准引脚上，ESD 保护是局部的，不会将电流路由至电源 ESD 单元。

所有 ESD 保护电路都旨在当电路正常工作时保持未运行状态。

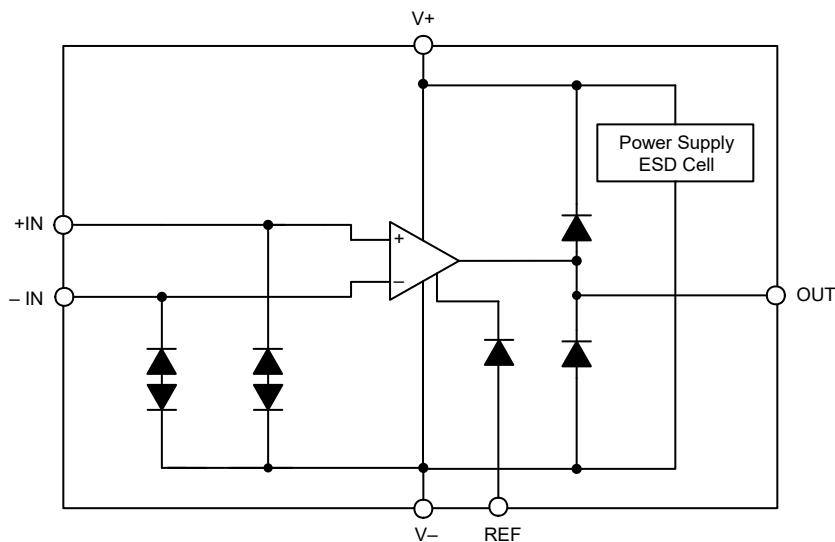


图 7-5. 等效内部 ESD 电路

7.4 器件功能模式

INA600 有一种功能模式。要电源电压处于建议的工作电压范围 2.7V ($\pm 1.35V$) 至 40V ($\pm 20V$) 内，器件就会上电，开始消耗静态电流，并正常工作。INA600 的工作温度范围为 -40°C 至 125°C 。

8 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

8.1 应用信息

8.1.1 基准引脚

INA600 的输出电压是根据基准引脚 (REF) 上的电压确定的。通常在双电源运行中，REF 引脚连接到系统地。但是，在单电源运行中，将输出信号偏移到精确的 $1/2V_s$ 电平很有用且也是必需的（例如，5.0V 电源环境中的 2.5V）。为实现这一电平转换，必须将一个电压源连接到 REF 引脚以对输出执行电平转换，以便 INA 可以驱动单电源 ADC。这是使用外部基准缓冲器实现的，该缓冲器配置为单位增益、电压跟随器配置，如图 8-1 所示。

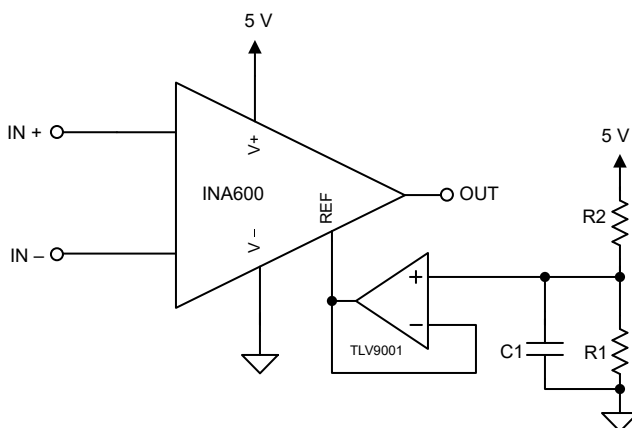


图 8-1. INA600 (采用外部基准缓冲器)

8.2 典型应用

8.2.1 使用差分放大器进行 48V 电池监控

INA600 是一款集成式差分放大器，可处理较大的差分电压，同时抑制较大的共模电压。该器件具有 65 μ A (典型值) 的低功耗，并且体积更小巧。

凭借上述规格，该器件适用于使用 48V 电池的应用，例如机器人、电动工具等。尽管电池监控 IC 通常用于执行包括电芯均衡、保护、电压和电流检测等复杂功能，这些系统在使用控制环驱动各类电机时，仍然需要对电池电压、内部直流母线电压以及负载电压进行基本监控。在这些情况下，可以使用下面所示的基于放大器的监控应用。

图 8-2 展示了一个示例电路，此电路监控 48V 电池电压并将该电压连接到使用 5V 电源供电的 ADC。在该应用中使用差分放大器的主要优势是消除了接地反弹，而接地反弹是测量电池电压时的共模信号。如果不抑制这些接地反弹信号，可能导致几毫伏至几十毫伏或几百毫伏范围的误差。

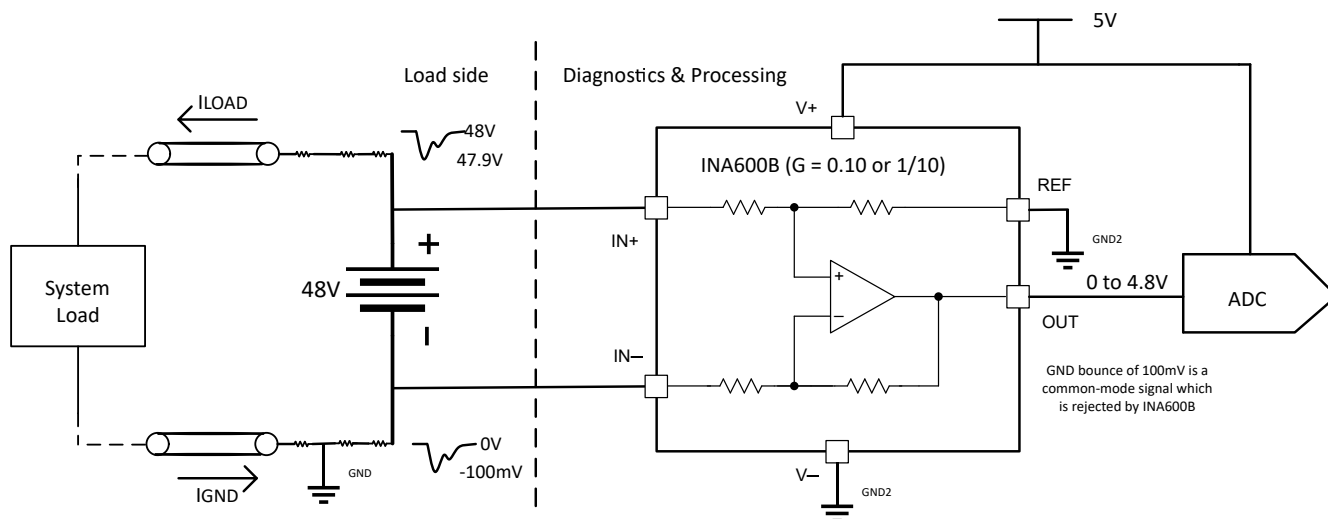


图 8-2. 48V 电池监控电路

8.2.1.1 设计要求

对于该应用，设计要求如表 8-1 所示。

表 8-1. 设计要求

说明	值
电池电压	$V_{BAT} = 48V$
电源电压	$V_S = 5V$
ADC 满标量程	$V_{ADC(fs)} = V_{OUT} = 5V$
静态电流	$125 \mu A$
ADC 分辨率	8 位
有效位数 (ENOB)	7.5 位
共模抑制比	80dB 或 10000 倍

8.2.1.2 详细设计过程

本节提供了 INA600B 差分放大器在给定设计要求下的基本计算。

首先，48V 电池电压需要衰减并连接到 5V 的 ADC 参考电压。这需要 $G = 1/10$ 或 $0.10V/V$ ，因此为应用选择了 INA600B。

$$\text{Gain} = \frac{V_{ADC}}{V_{BAT}} = \frac{5}{48} \text{ is approximately } 0.10 \quad (1)$$

在 5V 电源供电、增益为 1/10 的条件下，INA600 的最大共模输入范围为 $(V_-) + 55V$ ，具体数值可参考 INA600B 电气特性表。

这完全符合检测 48V 电池电压的要求，并且根据 INA600B 电气特性表，以输出为基准的共模抑制比 (CMRR) 最小值为 95dB。这对应于衰减因子 $\frac{1}{56234}$ 。这有助于将图 8-2 中所示的 100mV 共模误差衰减至 $2 \mu V$ 以下。

参考 INA600B 输出时，方程式 2 将共模误差、RTO 计算为约 $2 \mu V$ 。

$$CM_{Err_RTO} = \frac{100mV}{56231} \cong 2 \mu V \quad (2)$$

接下来，根据电气特性表，INA600B 的输入阻抗为 $1.2M \Omega$ 。假设电池满电压为 48V，流经电阻器的输入电流计算如下：

$$I_{RIN} = \frac{V_{BAT}}{R_{IN}} = \frac{48}{1.20M} = 40 \mu A \quad (3)$$

该流经电阻器的输入电流加上 $65 \mu A$ 的放大器静态电流，导致总电流消耗为 $105 \mu A$ ，这符合 $125 \mu A$ 的设计要求。

$$I_{total} = I_{RIN} + I_Q \quad (4)$$

下一步是计算应用中的其他误差源。根据电气特性表，当增益 = $0.2V/V$ 时，最大增益误差和失调电压误差分别为 0.05% 和 3.0mV。

$$\text{Total Error} = \sqrt{(0.0005 \times 48)^2 + 0.0030^2} = 24.2mV \quad (5)$$

对于 8 位 5V ADC， V_{LSB} 计算如下：

$$V_{LSB} = \frac{5}{2^8} = 19.5mV \quad (6)$$

计算得到的总误差为 24.2mV，约占 5V ADC 满量程电压的 1.25LSB，因此可实现接近 8 位（约为 7.998 位）的 ENOB，充分满足 7.5 位的要求。

请注意，此处并未计算温度范围内的误差，但可以根据应用的温度要求，按照 [电气特性](#) 表中提供的漂移规格，轻松地将其包括在误差分析中。这些漂移误差和噪声通常不会严重影响 8 位精度级别的性能。最后，失调电压和增益误差的校准可以将精度提高到 10-12 位以上，因为这些因素是应用中的主要误差源。

8.2.1.3 应用曲线

以下典型特性曲线适用于图 8-2 中的电路。

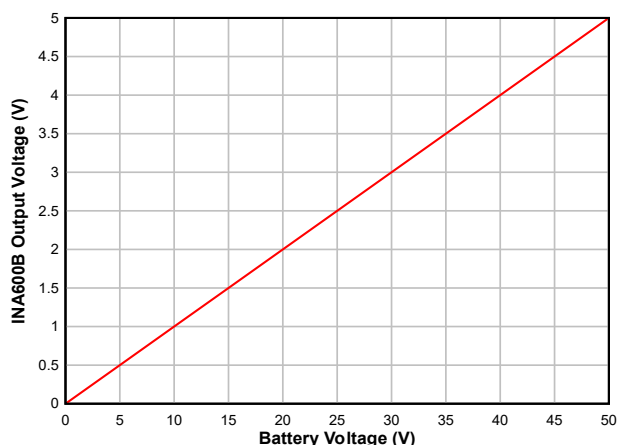


图 8-3. 电池输入电压与 INA600B 输出电压的关系

8.3 电源相关建议

INA600 的标称性能是在中点电源参考电压条件下规定的，范围为 ± 1.35 (2.7V) 至 $\pm 20V$ (40V)。该器件在使用非中点电源参考电压时也能保持良好性能。许多规格在 -40°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内适用。[电气特性](#) 表展示了由于工作电压或温度变化而可能表现出显著变化的参数。

在每个电源引脚和接地之间添加低 ESR 陶瓷旁路电容器 (C_{BYP})。对于单电源运行，只需一个 C_{BYP} 就足够了。将 C_{BYP} 尽可能靠近器件放置，以减少噪声或高阻抗电源产生的耦合误差。确认电源走线在到达放大器电源端子之前经过 C_{BYP} 。如需更多信息，请参阅[布局指南](#)。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

建议使用良好的布局实践。为了实现器件的理想运行性能，请使用以下 PCB 布局做法：

- 确保两条输入路径在源阻抗和电容方面匹配良好，以避免将共模信号转换为差分信号。
- 使用旁路电容器，通过提供模拟电路的本地低阻抗电源来减少耦合噪声。
 - 在每个电源引脚和接地端之间连接低等效串联电阻 (ESR) $0.1\mu\text{F}$ 陶瓷旁路电容器，并尽量靠近器件放置。
- 针对单电源应用， $V+$ 与接地端之间可以接入单个旁路电容器。
- 让输入迹线尽可能远离电源或输出迹线，以减少寄生耦合。如果上述迹线无法分离，则让敏感性迹线与有噪声迹线垂直交叉要远优于选择平行的布线方式。
- 外部元件应尽量靠近器件放置。
- 应使布线尽可能短。

8.4.2 布局示例

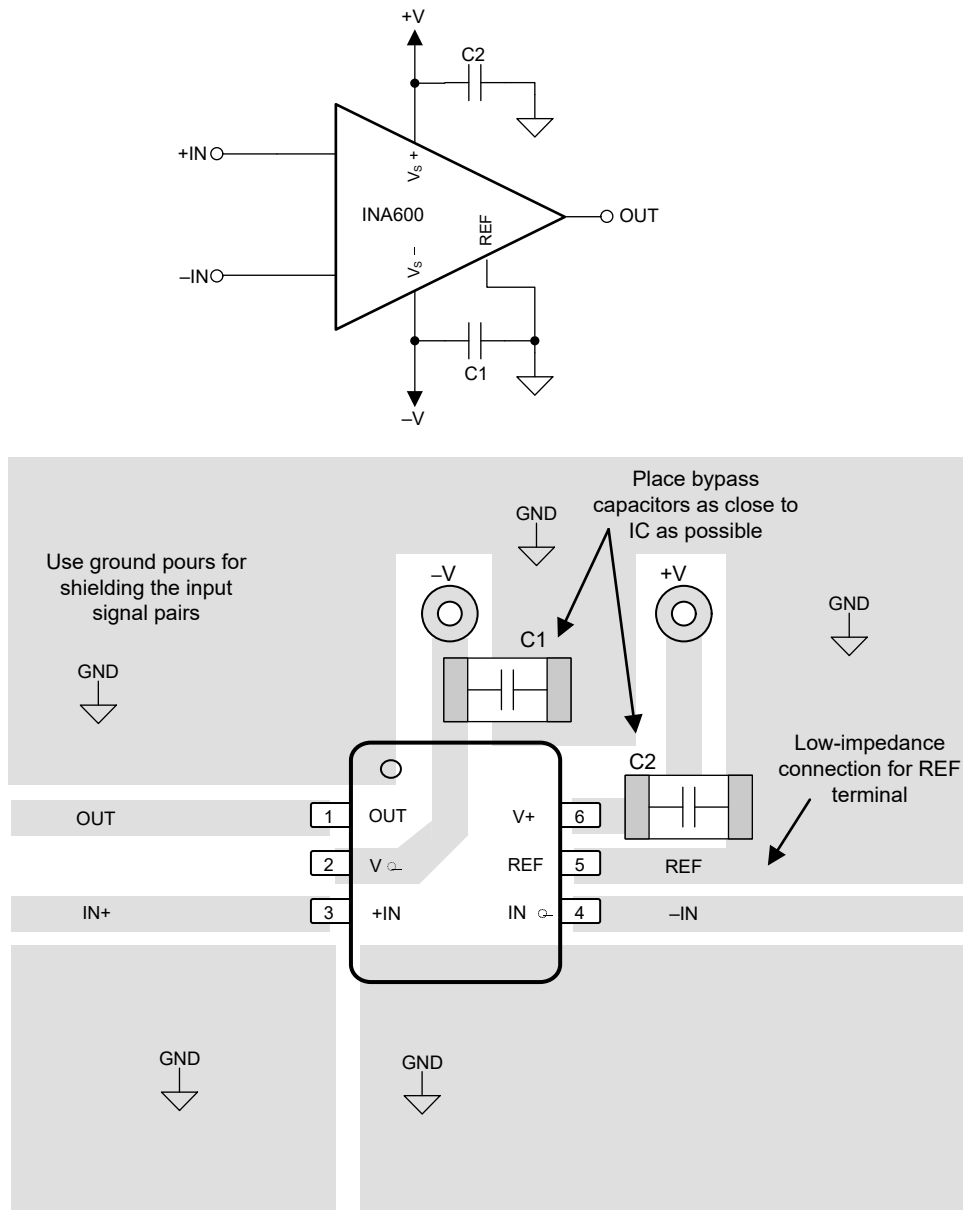


图 8-4. DBV 封装的原理图和相关 PCB 布局示例

9 器件和文档支持

9.1 器件支持

9.1.1 开发支持

- [基于 SPICE 的模拟仿真程序 - TINA-TI 软件文件夹](#)
- [模拟工程师计算器](#)

9.1.1.1 PSpice® for TI

PSpice® for TI 是可帮助评估模拟电路性能的设计和仿真环境。在进行布局和制造之前创建子系统设计和原型解决方案，可降低开发成本并缩短上市时间。

9.2 文档支持

9.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，[运算放大器的 EMI 抑制比 应用手册](#)

9.3 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。

9.4 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](#)。

9.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc.

PSpice® is a registered trademark of Cadence Design Systems, Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

9.6 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。

9.7 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 * (July 2025) to Revision A (August 2025)	Page
• 将 DBV 封装状态从 预告信息 更改为 量产数据	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。

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)
INA600AIDBVR	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	I600A
INA600BIDBVR	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	I600B
INA600FIDBVR	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	I600F

⁽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.

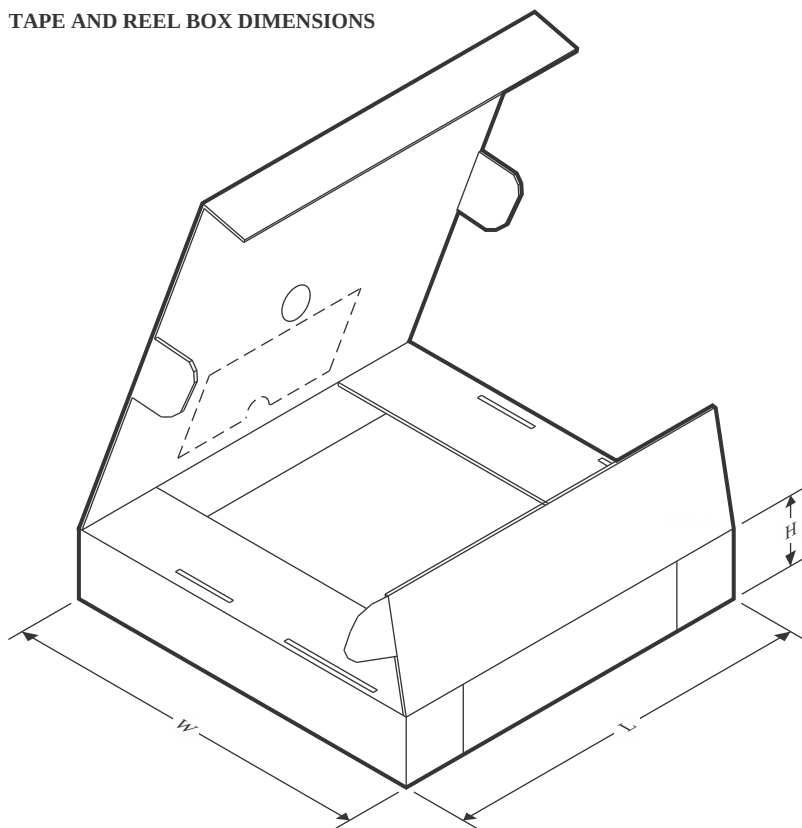
TAPE AND REEL INFORMATION



*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
INA600AIDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	180.0	8.4	3.2	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
INA600BIDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	180.0	8.4	3.2	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
INA600FIDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	180.0	8.4	3.2	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS

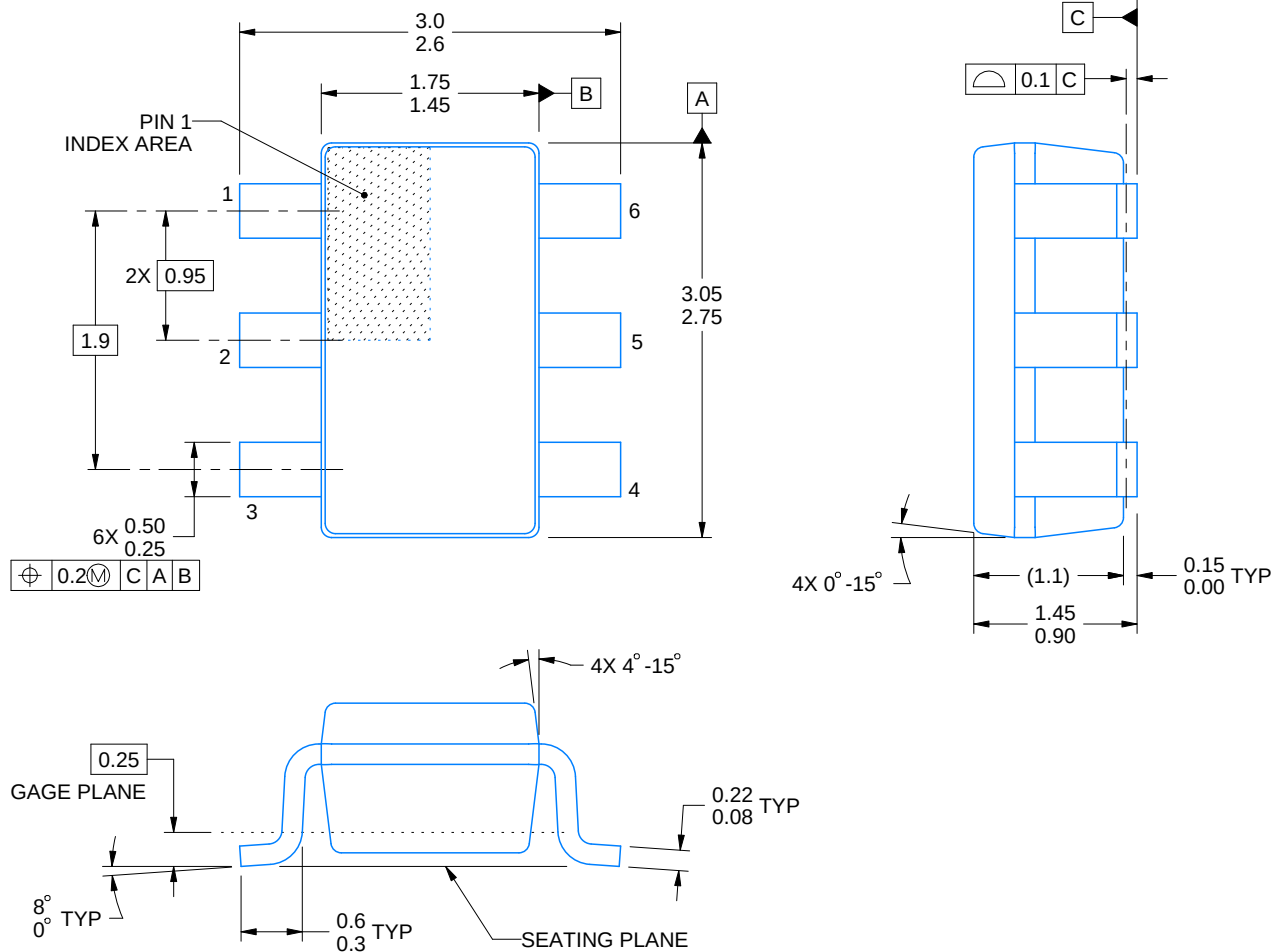


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
INA600AIDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	210.0	185.0	35.0
INA600BIDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	210.0	185.0	35.0
INA600FIDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	210.0	185.0	35.0

DBV0006A**PACKAGE OUTLINE****SOT-23 - 1.45 mm max height**

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



4214840/G 08/2024

NOTES:

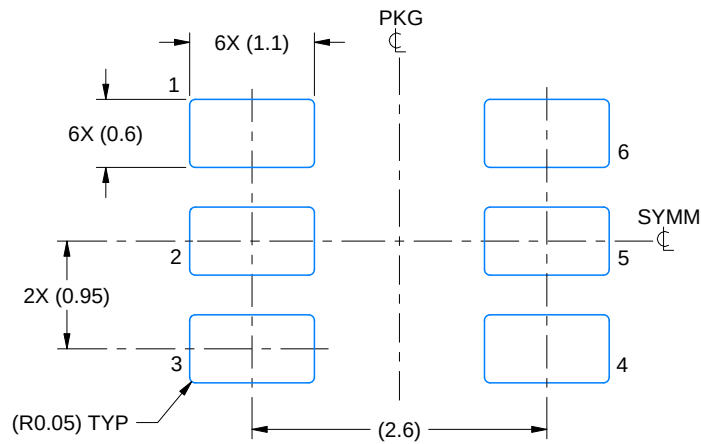
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. Body dimensions do not include mold flash or protrusion. Mold flash and protrusion shall not exceed 0.25 per side.
4. Leads 1,2,3 may be wider than leads 4,5,6 for package orientation.
5. Reference JEDEC MO-178.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

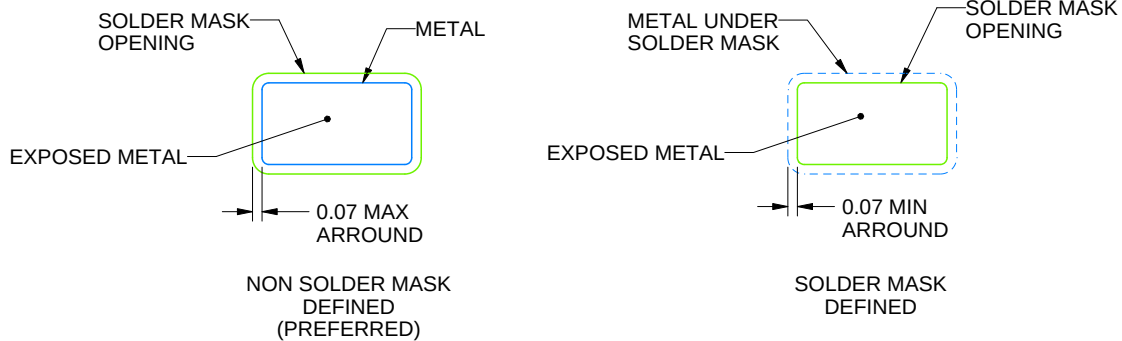
DBV0006A

SOT-23 - 1.45 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:15X



SOLDER MASK DETAILS

4214840/G 08/2024

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.

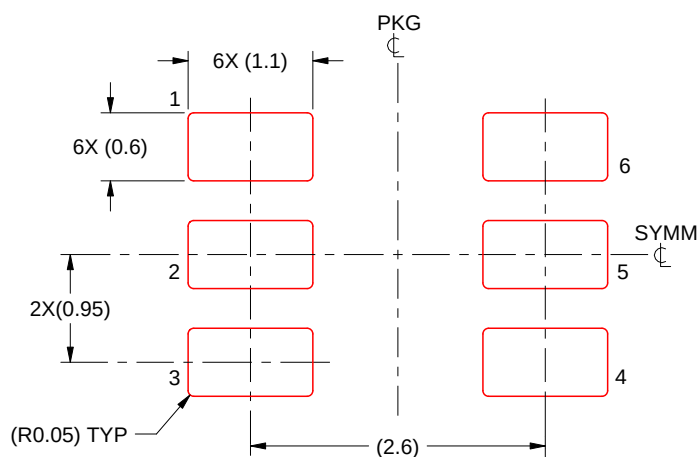
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DBV0006A

SOT-23 - 1.45 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE:15X

4214840/G 08/2024

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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月