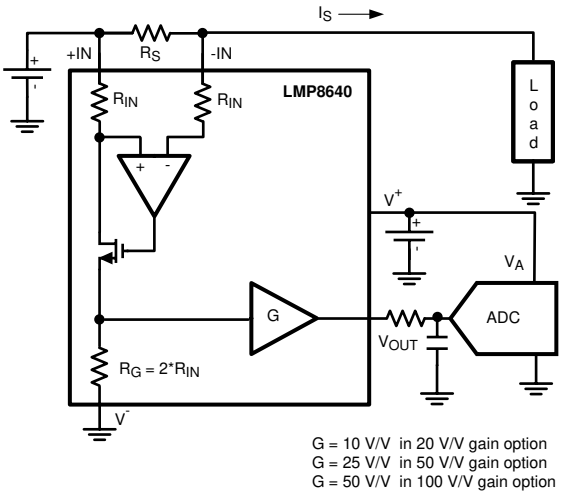
LMP8640-Q1/HV-Q1 高压电流检测精密放大器

1 特性

- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准：
  - 温度等级 1：-40°C 至 +125°C，T_A
- 功能安全型
  - 可提供用于功能安全系统设计的文档
- 高共模电压范围
  - LMP8640-Q1：-2V 至 42V
  - LMP8640HV-Q1：-2V 至 76V
- 电源电压范围：2.7V 至 12V
- 增益选项：20V/V；50V/V；100V/V
- 最大增益误差：0.25%
- 低失调电压：±900µV
- 输入偏置电流：13µA
- PSRR：85dB
- CMRR（2.1V 至 42V）：103dB
- 温度范围为：-40°C 至 125°C
- 6 引脚薄型 SOT-23 封装

2 应用

- 泵
- 车身电机
- ADAS
- 照明



典型应用

3 说明

LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 是精密电流检测放大器，可在高输入共模电压条件下检测到检测电阻器两端的小差动电压，电源电压范围为 2.7V 至 12V。

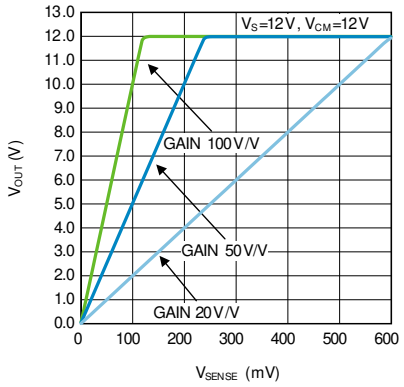
LMP8640-Q1 接受共模电压范围为 -2V 至 42V 的输入信号，而 LMP8640HV-Q1 接受共模电压范围为 -2V 至 76V 的输入信号。LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 具有固定增益，适用于要求在全温度范围保持精度的应用。LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 提供三种不同的固定增益 20V/V、50V/V、100V/V，增益误差低至 0.25%。输出经缓冲可提供低输出阻抗。这款高侧电流检测放大器非常适合检测和监测直流或电池供电系统中的电流，在全温度范围内具有出色的交流和直流规格，并可将电流检测环路中的误差保持在最低水平。LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 专为获得针对汽车应用的 AEC-Q100 等级 1 认证的 LMP8640x-Q1 采用 SOT-23-6 封装。

封装信息

器件型号(1)	封装	封装尺寸(2)
LMP8640-Q1	DDC（SOT23，6）	2.9mm x 2.8mm
LMP8640HV-Q1		

(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）。



输出电压与输入电压间的关系

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 器件比较.....3
5 引脚配置和功能.....3
6 规格.....4
6.1 绝对最大额定值.....4
6.2 ESD 等级.....4
6.3 建议运行条件.....4
6.4 热性能信息.....4
6.5 电气特性 2.7V.....5
6.6 电气特性 5V.....6
6.7 电气特性 12V.....8
6.8 典型特性.....9
7 详细说明.....13
7.1 概述.....13
7.2 功能方框图.....13
7.3 特性说明.....13
7.4 器件功能模式.....16
8 应用和实施.....17
8.1 应用信息.....17
8.2 典型应用.....17
8.3 应做事项和禁止事项.....19
8.4 电源相关建议.....19
8.5 布局.....19
9 器件和文档支持.....22
9.1 器件支持.....22
9.2 文档支持.....22
9.3 接收文档更新通知.....22
9.4 支持资源.....22
9.5 商标.....22
9.6 静电放电警告.....22
9.7 术语表.....22
10 修订历史记录.....22
11 机械、封装和可订购信息.....23

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较

表 4-1. 器件比较

器件名称	增益	认证	最大共模电压
LMP8640-Q1-T	x20	汽车 AEC-Q100，等级 1	-2V 至 +42V
LMP8640-Q1-F	x50	汽车 AEC-Q100，等级 1	-2V 至 +42V
LMP8640-Q1-H	x100	汽车 AEC-Q100，等级 1	-2V 至 +42V
LMP8640HV-Q1-T	x20	汽车 AEC-Q100，等级 1	-2V 至 +76V
LMP8640HV-Q1-F	x50	汽车 AEC-Q100，等级 1	-2V 至 +76V
LMP8640HV-Q1-H	x100	汽车 AEC-Q100，等级 1	-2V 至 +76V

5 引脚配置和功能

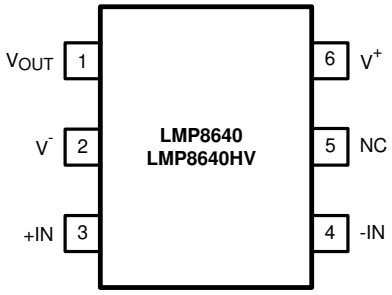


图 5-1. 6 引脚 SOT-23DDC0006A 封装（顶视图）

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型	说明
编号	名称		
1	V_{OUT}	输出	输出
2	V^-	电源	负电源电压
3	+IN	输入	正输入
4	– IN	输入	负输入
5	NC	-	内部未连接
6	V^+	电源	正电源电压

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 规格

6.1 绝对最大额定值

(1)(2)		最小值	最大值	单位
电源电压 ($V_S = V^+ - V^-$)		-0.3	13.2	V
差动电压 +IN- (-IN)		-6	6	V
引脚 +IN、-IN 上的电压	LMP8640HV-Q1	-6	80	V
	LMP8640-Q1	-6	60	V
V_{OUT} 引脚上的电压		V^-	V^+	V
T_J	结温 (3)	-40	150	°C
T_{stg}	贮存温度	-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) 有关焊接规范，请参阅 www.ti.com 和 http://www.ti.com/lit/SNOA549 上的产品文件夹。
(3) 在温度升高时，最大功率耗散必须降额，其值由 $T_{J(MAX)}$、θ_{JA} 和环境温度 T_A 决定。允许的最大功率耗散为 $P_{DMAX} = (T_{J(MAX)} - T_A)/\theta_{JA}$ 或“绝对最大额定值”中给出的数值，以较低者为准。

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)	所有引脚	±2000	V
	充电器件模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011 标准	所有引脚	±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

	最小值	最大值	单位
电源电压 ($V_S = V^+ - V^-$)	2.7	12	V
工作结温范围	-40	125	°C

6.4 热性能信息

热指标(1)		LMP8640-Q1 LMP8640HV-Q1 THIN SOT-23 6 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	151.5	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	92.4	
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	55.9	
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	41.1	
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	55.8	

(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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性 2.7V

除非另有说明，否则所有限值均在以下条件下经过验证：T_A = 25°C，V_S = V^+ – V^-，V_{SENSE} = +IN - (-IN)，V^+ = 2.7V，V^- = 0V，−2V < V_{CM} < 76V，R_L = 10MΩ。(1)

参数		测试条件	最小值(3)	典型值(2)	最大值(3)	单位
V_{OS}	输入失调电压	V_{CM} = 2.1V	-900		900	μV
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围	-1160		1160	
TCV_{OS}	输入失调电压漂移(4) (6)	V_{CM} = 2.1V			2.6	μV/°C
I_B	输入偏置电流 (7)	V_{CM} = 2.1V，V_{SENSE} = 0V		12	20	μA
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围，V_{SENSE} = 0V			27	
e_{ni}	输入电压噪声(6)	f > 10kHz		117		nV/ √Hz
增益 A_V	增益 LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T			20		V/V
	增益 LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F			50		
	增益 LMP8640-Q1-H LMP8640HV-Q1-H			100		
	增益误差	V_{CM} = 2.1V	-0.25%		0.25%	
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围	-0.51%		0.51%	
	全温度范围的精度(6)	V_{CM} = 2.1V，全温度范围			26.2	ppm/℃
PSRR	电源抑制比	V_{CM} = 2.1V，2.7V < V^+ < 12V，	85			dB
CMRR	共模抑制比	LMP8640HV-Q1 2.1V < V_{CM} < 42V LMP8640-Q1 2.1V < V_{CM}< 42V	103			dB
		LMP8640HV-Q1 2.1V < V_{CM} < 76V	95			
		-2V <V_{CM} < 2V，	60			
BW	固定增益 LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T(6)	DC V_{SENSE} = 67.5mV， C_L = 30pF，R_L= 1MΩ		950		kHz
	固定增益 LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F(6)	DC V_{SENSE} =27mV， C_L = 30pF，R_L= 1MΩ		450		
	固定增益 LMP8640-Q1-H LMP8640HV-Q1-H(6)	DC V_{SENSE} = 13.5mV， C_L = 30pF，R_L= 1MΩ		230		
SR	压摆率(5)(6)	V_{CM} = 5V，C_L = 30pF，R_L = 1MΩ， LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T V_{SENSE} = 100mVpp， LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F V_{SENSE} = 40mVpp， LMP8640-Q1-H LMP8640HV-Q1-H V_{SENSE} =20mVpp，		1.4		V/μs
R_{IN}	差动模式输入阻抗(6)			4		kΩ
I_S	电源电流	V_{CM} = 2.1V		420	600	μA
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围			800	
		V_{CM} = -2V		2000	2500	
		V_{CM} = -2V，全温度范围			2750	
V_{OUT}	最大输出电压	V_{CM} = 2.1V	2.65			V
	最小输出电压	LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T V_{CM} = 2.1V			18.2	mV
		LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F V_{CM} = 2.1V			40	
		LMP8640-Q1-H LMP8640HV-Q1-H V_{CM} = 2.1V			80	

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

除非另有说明，否则所有限值均在以下条件下经过验证：T_A = 25°C，V_S = V^+ – V^-，V_{SENSE} = +IN - (-IN)，V^+ = 2.7V，V^- = 0V，−2V < V_{CM} < 76V，R_L = 10MΩ。(1)

参数		测试条件	最小值(3)	典型值(2)	最大值(3)	单位
C_{LOAD}	最大输出电容负载(6)			30		pF

(1) 电气表值仅适用于所示温度下的工厂测试条件。工厂测试条件会使器件的自发热大受限制，使得 T_J = T_A。在 T_J > T_A 的内部自发热条件下，某些参数性能规格（如电气表中所示）未加规定。“绝对最大额定值”表示结温限值，超过这些限值，器件将会发生机械性或电气性的永久损坏。
(2) 典型值表示评定特性时最有可能达到的参数标准。实际典型值会随时间推移而变化，而且还会受具体应用和配置的影响。已发货生产材料未进行这些典型值测试，无法确保符合这些典型值。
(3) 限值在 25℃ 下经过 100% 生产测试。使用统计质量控制 (SQC) 方法通过相关性验证了整个工作温度范围内的限值。
(4) 通过将极端温度下 V_{OS} 的变化除以总温度变化来确定失调电压温度漂移。
(5) 指定的数值是上升和下降压摆率的平均值，在 90% 至 10% 的条件下测得。
(6) 此参数根据设计和/或表征验证，而未经生产测试。
(7) 正向偏置电流对应流入器件的电流。本规格不包括由于拓扑反馈作用而在正输入端产生的约为 Vsense/4KΩ 的输入信号相关电流。

6.6 电气特性 5V

除非另有说明，否则所有限值均在以下条件下经过验证：T_A = 25°C，V_S = V^+ – V^-，V_{SENSE} = +IN - (-IN)，V^+ = 5V，V^- = 0V，−2V < V_{CM} < 76V，R_L = 10MΩ。(1)

参数		测试条件	最小值(3)	典型值(2)	最大值(3)	单位
V_{OS}	输入失调电压	V_{CM} = 2.1V	-900		900	μV
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围	-1160		1160	
TCV_{OS}	输入失调电压漂移(4) (6)	V_{CM} = 2.1V			2.6	μV/°C
I_B	输入偏置电流 (7)	V_{CM} = 2.1V，V_{SENSE} = 0V		13	21	μA
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围，V_{SENSE} = 0V			28	
e_{ni}	输入电压噪声(6)	f > 10kHz		117		nV/ √Hz
增益 A_V	增益 LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T			20		V/V
	增益 LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F			50		
	增益 LMP8640-Q1-H LMP8640HV-Q1-H			100		
	增益误差	V_{CM} = 2.1V	-0.25%		0.25%	
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围	-0.51%		0.51%	
	全温度范围的精度(6)	−40°C 至 125°C，V_{CM} = 2.1V			26.2	ppm/℃
PSRR	电源抑制比	V_{CM} = 2.1V，2.7V < V^+ < 12V，	85			dB
CMRR	共模抑制比	LMP8640HV-Q1 2.1V < V_{CM} < 42V LMP8640-Q1 2.1V < V_{CM}< 42V	103			dB
		LMP8640HV-Q1 2.1V < V_{CM} < 76V	95			
		-2V <V_{CM} < 2V，	60			
BW	固定增益 LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T(6)	DC V_{SENSE} = 67.5 mV， C_L = 30pF，R_L = 1MΩ		950		kHz
	固定增益 LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F(6)	DC V_{SENSE} = 27mV， C_L = 30pF，R_L = 1MΩ		450		
	固定增益 LMP8640-Q1-H LMP8640HV-Q1-H(6)	DC V_{SENSE} = 13.5mV， C_L = 30pF，R_L = 1MΩ		230		
SR	压摆率(5)(6)	V_{CM} =5V，C_L = 30pF，R_L = 1MΩ， LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T V_{SENSE} = 200mVpp， LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F V_{SENSE} = 80mVpp， LMP8640-Q1-H LMP8640HV-Q1-H V_{SENSE} = 40mVpp，		1.6		V/μs
R_{IN}	差动模式输入阻抗(6)			4		kΩ

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

除非另有说明，否则所有限值均在以下条件下经过验证：T_A = 25°C，V_S = V^+ – V^-，V_{SENSE} = +IN - (-IN)，V^+ = 5V，V^- = 0V，−2V < V_{CM} < 76V，R_L = 10MΩ。(1)

参数		测试条件	最小值(3)	典型值(2)	最大值(3)	单位
I_S	电源电流	V_{CM} = 2.1V		500	722	μA
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围			922	
		V_{CM} = -2V		2050	2500	
		V_{CM} = -2V，全温度范围			2750	
V_{OUT}	最大输出电压	V_{CM} = 2.1V	4.95			V
	最小输出电压	LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T V_{CM} = 2.1V			18.2	mV
		LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F V_{CM} = 2.1V			40	
		LMP8640-Q1-H LMP8640HV-Q1-H V_{CM} = 2.1V			80	
C_{LOAD}	最大输出电容负载(6)			30		pF

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.7 电气特性 12V

除非另有说明，所有限值均在以下条件下得到保证：T_A = 25°C，V_S= V^+ – V^-，V_{SENSE} = +IN - (-IN)，V^+ = 12V，V^- = 0V，−2V < V_{CM} < 76V，R_L = 10MΩ。(1)

参数		测试条件	最小值(3)	典型值(2)	最大值(3)	单位
V_{OS}	输入失调电压	V_{CM} = 2.1V	-900		900	μV
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围	-1160		1160	
TCV_{OS}	输入失调电压漂移(4) (6)	V_{CM} = 2.1V			2.6	μV/°C
I_B	输入偏置电流 (7)	V_{CM} = 2.1V，V_{SENSE} = 0V		13	22	μA
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围，V_{SENSE} = 0V			28	
e_{ni}	输入电压噪声(6)	f > 10kHz		117		nV/ √Hz
增益 A_V	增益 LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T			20		V/V
	增益 LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F			50		
	增益 LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F			100		
	增益误差	V_{CM} = 2.1V	-0.25%		0.25%	
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围	-0.51%		0.51%	
	全温度范围的精度(6)	−40°C 至 125°C，V_{CM}= 2.1V			26.2	ppm/℃
PSRR	电源抑制比	V_{CM} = 2.1V，2.7V < V^+ < 12V，	85			dB
CMRR	共模抑制比	LMP8640HV-Q1 2.1V < V_{CM} < 42V LMP8640-Q1 2.1V < V_{CM}< 42V	103			dB
		LMP8640HV-Q1 2.1V < V_{CM} < 76V	95			
		-2V < V_{CM} < 2V，	60			
BW	固定增益 LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T(6)	DC V_{SENSE} = 67.5mV， C_L = 30pF，R_L= 1MΩ		950		kHz
	固定增益 LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F(6)	DC V_{SENSE} =27mV， C_L = 30pF，R_L= 1MΩ		450		
	固定增益 LMP8640-Q1-H LMP8640HV-Q1-H(6)	DC V_{SENSE} = 13.5mV， C_L = 30pF，R_L= 1MΩ		230		
SR	压摆率(5)(6)	V_{CM} = 5V，C_L = 30pF，R_L = 1MΩ， LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T V_{SENSE} = 100mVpp， LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F V_{SENSE} = 40mVpp， LMP8640-Q1-H LMP8640HV-Q1-H V_{SENSE} =20mVpp，		1.8		V/μs
R_{IN}	差动模式输入阻抗(6)			4		kΩ
I_S	电源电流	V_{CM} = 2.1V		720	1050	μA
		V_{CM} = 2.1V，全温度范围			1250	
		V_{CM} = -2V		2300	2800	
		V_{CM} = -2V，全温度范围			3000	
V_{OUT}	最大输出电压	V_{CM} = 2.1V	11.85			V
	最小输出电压	LMP8640-Q1-T LMP8640HV-Q1-T V_{CM} = 2.1V			18.2	mV
		LMP8640-Q1-F LMP8640HV-Q1-F V_{CM} = 2.1V			40	
		LMP8640-Q1-H LMP8640HV-Q1-H V_{CM} = 2.1V			80	
C_{LOAD}	最大输出电容负载(6)			30		pF

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性

除非另有说明：T_A = 25°C，V_S = V^+ - V^-，V_{SENSE} = +IN - (-IN)，R_L = 10MΩ。

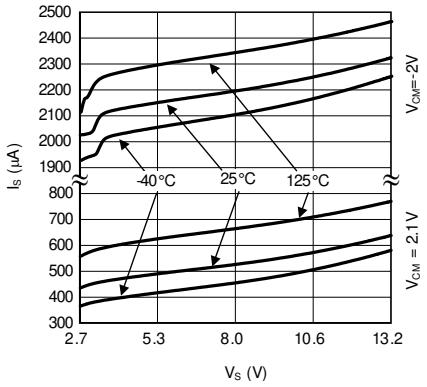


图 6-1. 电源电流与电源电压间的关系

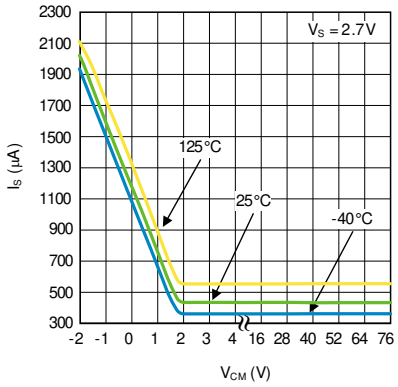


图 6-2. 电源电流与 V_{CM}

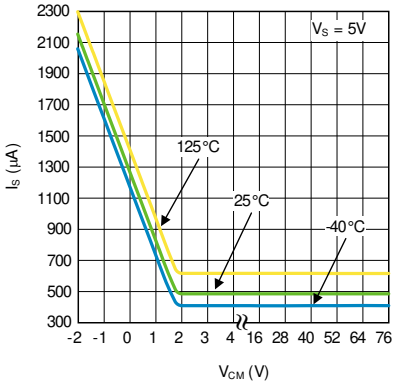


图 6-3. 电源电流与 V_{CM}

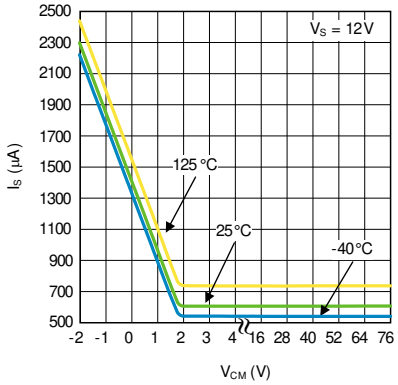


图 6-4. 电源电流与 V_{CM}

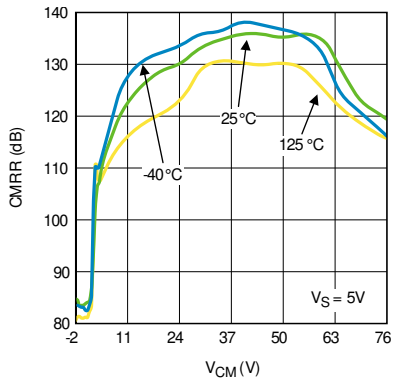


图 6-5. CMRR 与 V_{CM} 间的关系（增益 20V/V）

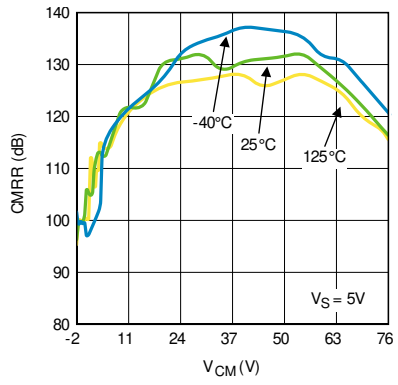


图 6-6. CMRR 与 V_{CM} 间的关系（增益 50V/V）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性 (续)

除非另有说明：T_A = 25°C，V_S = V^+ - V^-，V_{SENSE} = +IN - (-IN)，R_L = 10MΩ。

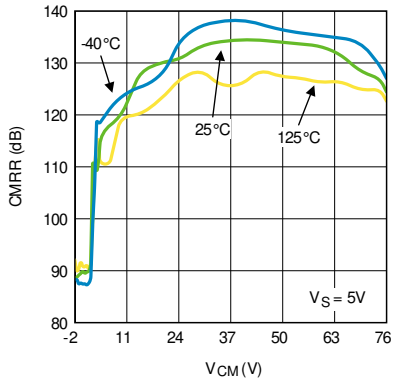


图 6-7. CMRR 与 V_{CM} 间的关系（增益 100V/V）

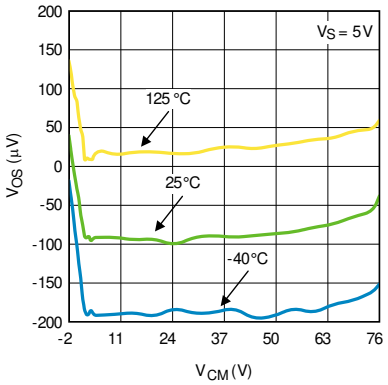


图 6-8. 输入电压失调与 V_{CM} 间的关系

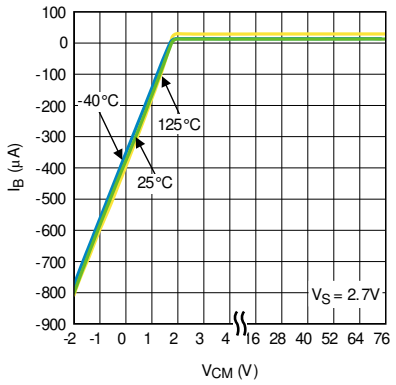


图 6-9. Ibias 与 V_{CM} 间的关系

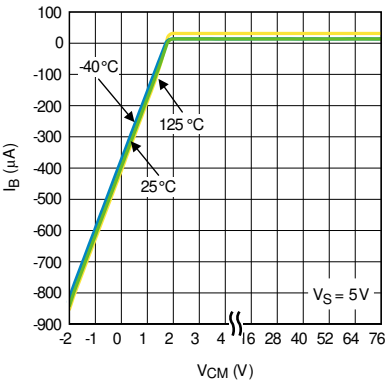


图 6-10. Ibias 与 V_{CM} 间的关系

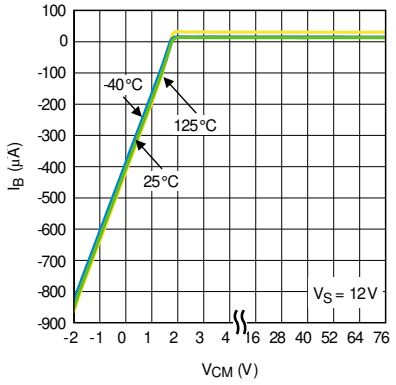


图 6-11. Ibias 与 V_{CM} 间的关系

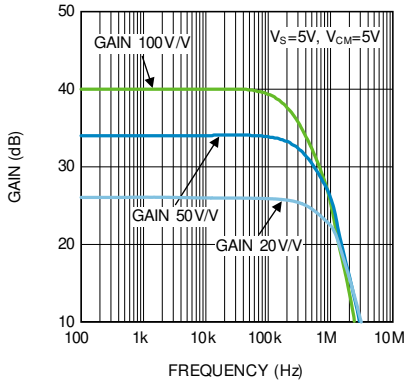


图 6-12. 增益与频率之间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性 (续)

除非另有说明：T_A = 25°C，V_S = V^+ - V^-，V_{SENSE} = +IN - (-IN)，R_L = 10MΩ。

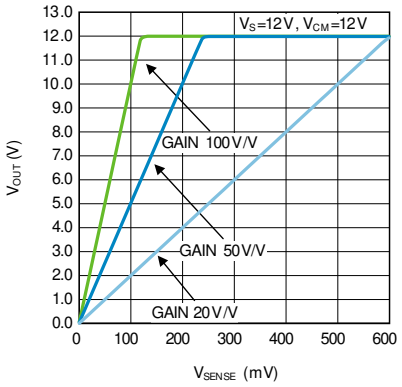


图 6-13. 输出电压与 V_{SENSE} 间的关系

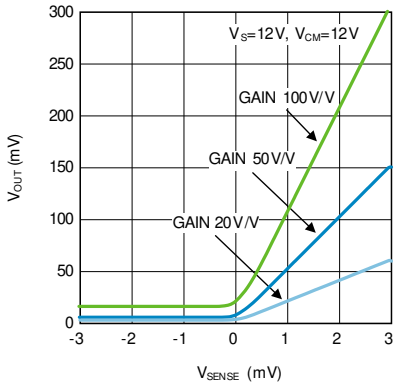


图 6-14. 输出电压与 V_{SENSE} 间的关系（放大接近 0V）

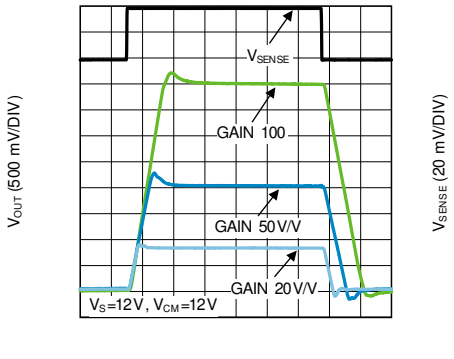


图 6-15. 大阶跃响应

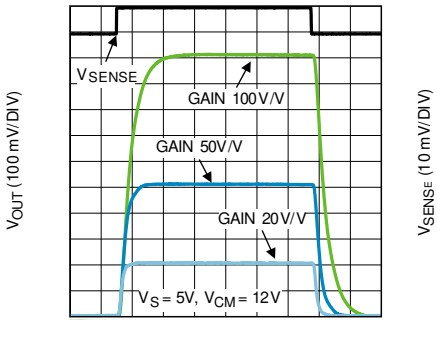


图 6-16. 小阶跃响应

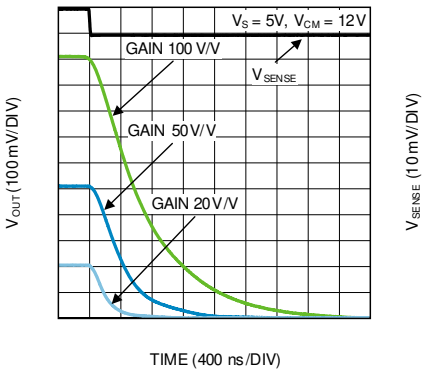


图 6-17. 趋稳时间（下降）

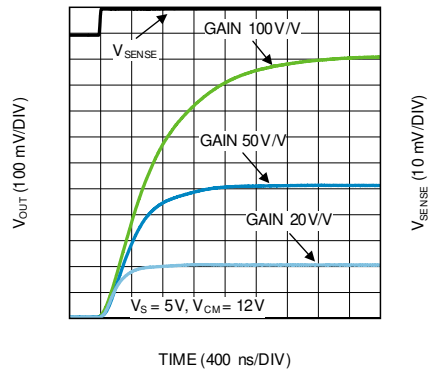


图 6-18. 趋稳时间（上升）

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.8 典型特性 (续)

除非另有说明：T_A = 25°C，V_S = V^+ - V^-，V_{SENSE} = +IN - (-IN)，R_L = 10MΩ。

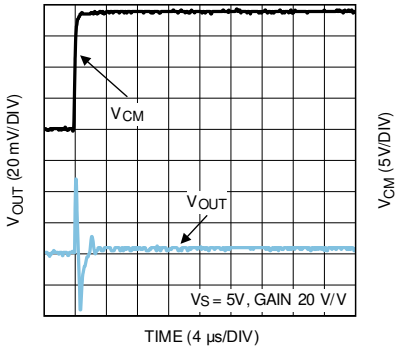


图 6-19. 共模阶跃响应（上升）

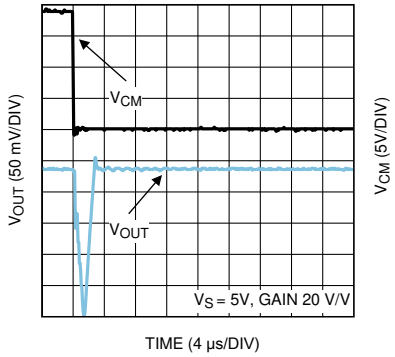


图 6-20. 共模阶跃响应（下降）

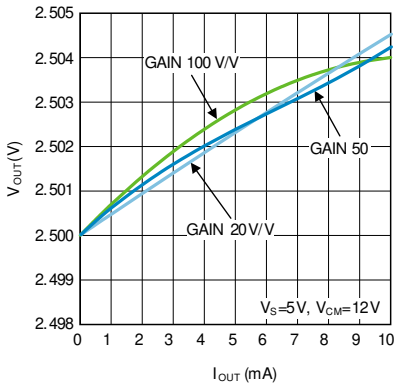


图 6-21. 负载调整率（灌电流）

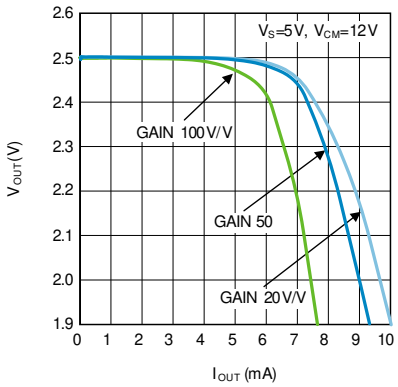


图 6-22. 负载调整率（拉电流）

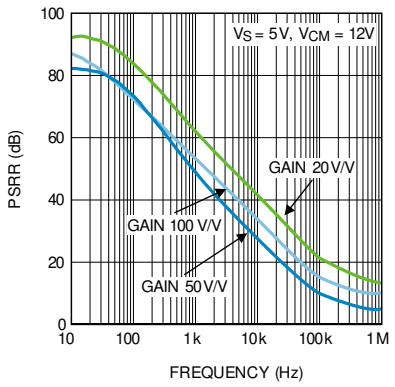


图 6-23. AC PSRR 与频率间的关系

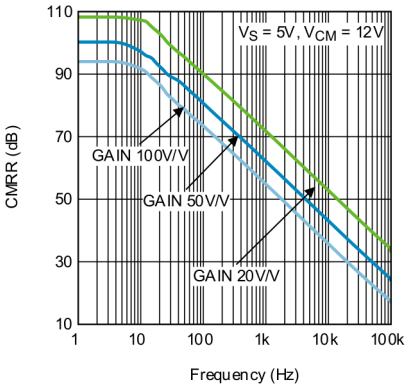


图 6-24. AC CMRR 与频率间的关系

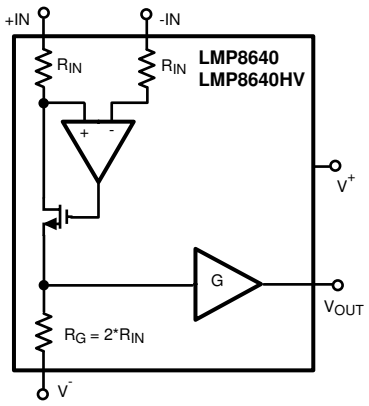
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 详细说明

7.1 概述

LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 均为单电源高侧电流检测放大器，具有 20V/V、50V/V、100V/V 的固定增益，共模电压范围为 -2V 至 42V (LMP8640-Q1) 或 -2V 至 76V (LMP8640HV-Q1) 并具有缓冲电压输出。

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

如图 7-1 所示，流过检测电阻器 R_S 的电流在 R_S 上产生等于 V_{SENSE} 的压降。现在 -IN 引脚上的电压比 +IN 的电压低，其低出的量与 V_{SENSE} 电压成比例。

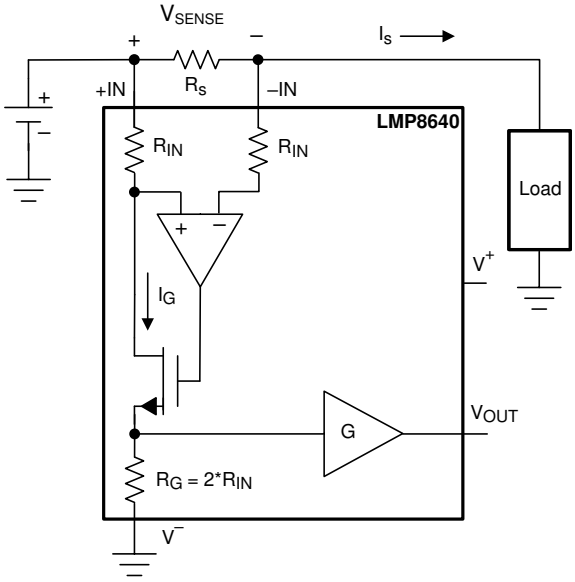


图 7-1. 简单电流监测器

误差放大器的低偏置电流使得流过 R_{IN-} 时产生的压降很小，因此内部误差放大器的负输入与 -IN 输入基本处于相同电位。每个 R_{IN} 电阻器的阻值各为 4kΩ。

误差放大器检测各输入端间的电压误差，并驱动 MOSFET 栅极导通更多电流，增加 R_{IN+} 两端的压降，直到伺服放大器的正输入端与负输入端匹配。此时，R_{IN+} 两端的压降与 V_{SENSE} 匹配。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

与 I_S 成比例的电流 I_G 流经以下关系：

$$I_G = V_{SENSE}/R_{IN} = R_S \times I_S/R_{IN} \quad (1)$$

I_G 还流经内部增益电阻器 R_G，从而产生的压降等于：

$$V_{RG} = I_G \times R_G = (V_{SENSE}/R_{IN}) \times R_G = ((R_S \times I_S)/ R_{IN}) \times R_G \quad (2)$$

$$V_{OUT} = 2 \times (R_S \times I_S) \times G, \quad (3)$$

其中 G = 10V/V、25V/V 或 50V/V，具体取决于所选增益选项。

然后 R_G 上的电压由输出增益级以 增益放大，以产生 20、50 和 100 倍的最终总增益。输出级具有低阻抗驱动器，使 LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 能够轻松与其他 IC（ADC、多路复用器、微控制器 (μC)⋯）连接。无需外部缓冲。

7.3.1 检测电阻器选型

为分流电阻器 R_S 选定的阻值取决于具体应用。分流电阻器在电流检测系统中发挥着重要作用，必须谨慎选择。选择分流电阻器时需要考虑在小信号精度、功耗以及分流器上的电压损耗之间进行权衡。

在检测到小电流的应用中，应选择更大的 R_S 值，以更大限度地减小比例输出电压的误差。较高的电阻器阻值可改善电流检测放大器输入端的信噪比 (SNR)，从而提供更准确的输出。

类似地，当检测到高电流时，R_S 中的功率损耗可能很大，因此需要使用较小的 R_S 值。在这种情况下必须考虑 R_s 电阻器的额定功率。LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 的低输入失调支持使用小检测电阻器来降低功耗，同时仍提供良好的输入动态范围。输入动态范围是可测量的最大信号与可检测最小信号之间的比值，其中输入失调通常是主要限制因素。

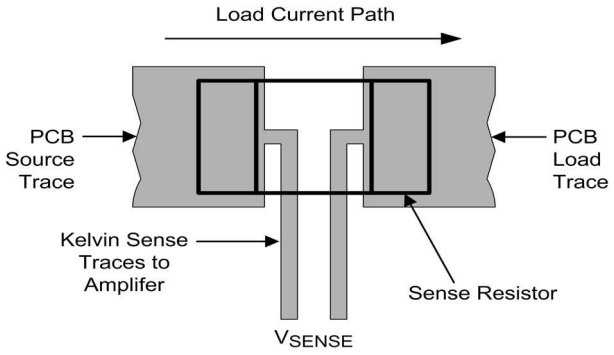


图 7-2. 与两端子电阻器的开尔文（4 线制）连接示例

必须使用“开尔文”或“4 线制”连接技术将放大器输入端直接连接到检测电阻器焊盘。输入走线路径（包括连接器和过孔）必须完全相同，以使这些误差相等并相互抵消。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.3.1.1 电阻器额定功率和散热问题

检测电阻器耗散的功率可通过以下公式计算：

$$P_D = I_{MAX}^2 \times R_S \quad (4)$$

其中

- P_D 为电阻器耗散的功率，以瓦特为单位
- I_{MAX} 为最大负载电流，以安培为单位
- R_S 为检测电阻器阻值，以欧姆为单位。

电阻器的额定功率必须大于预期最大功率 (P_D)，并留有余量以进行温度降额。请务必遵守电阻器制造商提供的各项功率降额曲线。

在较高温度下运行电阻器也会影响精度。电阻器发热时，电阻通常会升高，从而导致测量值发生变化。检测电阻器必须尽可能多地散热，通过使用散热器或与电阻器焊盘连接的大面积覆铜来消除这些热量。开启后读数的轻微漂移通常可追溯到检测电阻器发热。

7.3.1.2 使用 PCB 走线作为检测电阻器

将已知 PCB 走线面积或铜面积的电阻用作检测电阻器虽然是一种诱人的策略，但对于精密测量，不建议采用此策略。

铜的温度系数通常为 3,300-4,000ppm/°K（每 °C 0.33% 至 0.4%），并且可能随 PCB 工艺而变化。

典型表面贴装检测电阻器的温度系数在 50ppm/°C 至 500ppm/°C 范围内，可提供比铜走线更好的测量一致性和精度。也有 0.1 至 50ppm 范围内的专用低温度系数电阻器，但成本要高得多。

7.3.2 检测线路输入

检测线路必须连接到电阻器上不与主电流路径共享的点，如上文图 7-2 所示。为了实现最低漂移，放大器的安装位置必须远离任何发热器件，这些器件可能包括检测电阻器。走线必须是从检测电阻器焊盘到放大器输入引脚焊盘的一段连续的铜走线，理想情况下应位于同一覆铜层，并尽量减少过孔或连接器。如果电阻会产生任何显著的热梯度，则这在检测电阻周围可能非常重要。检测线路中的过孔必须由连续镀铜形成，并且必须避免布线穿过连接器。延长检测线路比将放大器置于恶劣环境中更好。

为了更大限度地减少噪声拾取和热误差，必须将输入走线视为高速差动信号对，并在同一铜层上将直接路径紧密布线到输入引脚。输入走线不需要“阻抗匹配”，但必须遵循关于过孔、间距和等长的相同匹配规则。输入走线必须远离数字线路、开关电源或电机驱动线路等噪声源。请记住，这些输入走线可能包含高压，并且必须在与其他走线和层之间留出适当的走线间隙。由于检测走线仅承载放大器偏置电流（室温下典型值约为每个输入端 12μA），因此连接的输入走线可以是相距较近的细走线。这有助于布线或满足所需间距。

请注意，由于器件拓扑的性质，正输入偏置电流随 V_{SENSE} 变化，在典型 12μA 偏置电流之上还会增加约等于 V_{SENSE}/4kΩ 的额外电流。负输入偏置电流不在反馈路径中，并且不随 V_{SENSE} 变化。必须避免较高或不匹配的源阻抗，因为这种不平衡会在输入电压上产生额外误差。

7.3.3 串联电阻对检测线路的影响

由于输入级在内部使用 4KΩ 精密电阻器将输入引脚上的电压转换为电流，因此与该输入引脚串联添加的任何电阻都会改变此电阻，进而改变增益。

如果添加一个与输入端串联的电阻，则该输入端的增益无法与另一个输入端的增益保持同步，从而导致恒定的增益误差。

不建议使用外部电阻改变增益，因为外部电阻器不具备与内部薄膜电阻器相同的热匹配特性。任何添加的电阻都会严重降低失调和 CMRR 性能。建议总走线电阻小于 10Ω。

如果为了滤波而特意添加电阻器，则必须在两个输入端添加等值的电阻，且用户必须意识到增益会发生轻微改变。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7.4 器件功能模式

7.4.1 低共模电压下的偏置电流

在低于 +2V 的共模电压下，输入偏置电流开始反向，并在约 +1.8V 处穿过零点。这可以在图 6-9 至图 6-11 的输入偏置电流图中看到。图中的负电流表示电流从输入*流出*并*流入*负载。图中显示了每个输入的电流，因此实际“偏置”电流是图中值的两倍。取决于平衡点，该总电流可高达 1mA。

虽然这不会影响绝大多数应用，但可能导致具有非线性负载（如 LED 或二极管隔离负载）的 MOSFET 开关设计“悬浮”在地电位上方，直至负载泄漏和偏置电流达到平衡。一个小接地电阻器（位于负载电源侧）即可泄放该电流。

7.4.2 无电源电压时施加输入电压

在 LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 断电 (V+ = 0V) 时，可以将完整的额定输入共模电压范围施加到各输入端。当 LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 断电时，R_{IN} 电阻器被 MOSFET 在内部断开，泄漏电流非常低（亚 µA 级）。

6V 输入差动限制仍然适用，因此请保持两个输入端之间的电压差小于 6V。输入端与接地之间也存在齐纳钳位二极管，因此不要超过“绝对最大额定值”中规定的输入限值。

7.4.3 驱动 ADC

模数转换器的输入级可使用一个电阻器和一个接地电容来建模。因此，如果电压源没有低阻抗，则会产生振幅测量误差。在这种情况下，需要一个缓冲器来驱动 ADC。LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 具有内部输出缓冲器，能够直接驱动高达 30pF 的电容负载或 ADC 的输入级。建议在 LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 的输出端添加外部低通 RC 滤波器，以降低噪声并限制电流检测测量的带宽。

如果 LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 的电源电压高于 ADC 电源电压，必须注意防止 LMP8640-Q1 和 LMP8640HV-Q1 输出对 ADC 输入进行过驱动。

这可以通过串联电阻（驱动 ADC 时必须存在）和连接到 ADC 电源的钳位二极管来实现。二极管将 ADC 输入钳制到安全水平。不要完全依赖计算出的最大输出电压。正常条件之外的瞬态或故障条件可能导致输出摆动到高于预期的电压。

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

LMP8640-Q1 或 LMP8640HV-Q1 可放大电流检测电阻器两端产生的电压。

8.2 典型应用

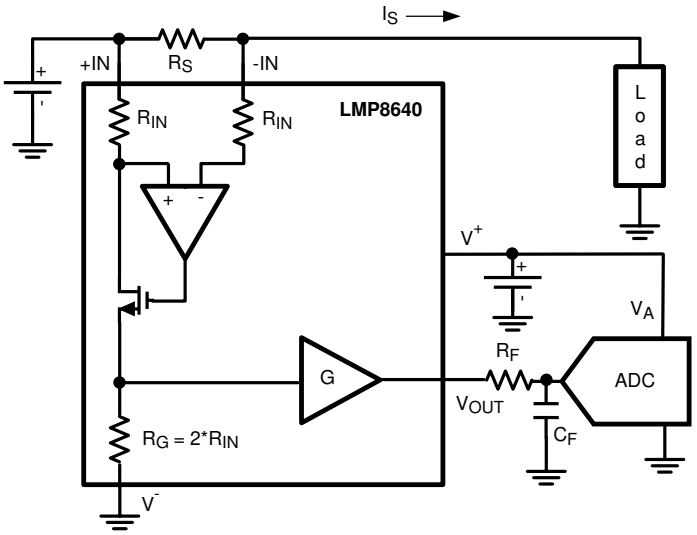


图 8-1. 典型应用示例

8.2.1 设计要求

在本例中，电流监测应用需要测量流入负载的电流（峰值电流为 10A），分辨率为 10mA，精度为 0.5%。

10 位模数转换器接受的最大输入电压为 4.1V。为了不在分流电阻器上消耗过多功率，该电阻需要小于 10mΩ。下方的表 8-1 总结了其他设计条件。

表 8-1. 示例设计要求

工作条件	值	
	最小值	最大值
电源电压	5V	5.5V
共模电压	48V	70V
温度	0°C	70°C
信号带宽	50kHz	

8.2.2 设计流程

8.2.2.1 第一步 – 选择 LMP8640-Q1 或 LMP8640HV-Q1

应用所需的共模电压意味着 LMP8640HV-Q1 为正确的选择（共模电压高达 76V）。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.2.2.2 第二步 – 增益选项选择

我们可以在三种增益选项（20 V/V、50 V/V、100 V/V）之间进行选择。考虑到 ADC 的最大输入电压 (4.1V)，分流电阻器上的最大检测电压根据以下公式评估：

$$V_{SENSE} = (MAX\ Vin\ ADC) / Gain \quad (5)$$

因此，最大 V_{SENSE} 分别为 205mV、82mV 和 41mV。然后根据最大监测电流评估分流电阻：

$$R_S = (max\ V_{SENSE}) / I_MAX \quad (6)$$

对于每个增益选项，最大分流电阻分别为：20.5mΩ、8.2mΩ 和 4.1mΩ。

一个工程制约条件要求 RS < 10mΩ，因此 20.5mΩ 被排除，50V/V 和 100V/V 增益选项仍然可用。

8.2.2.3 第三步 – 分流电阻器选型

此时，根据增益、失调、CMRR 和 PSRR 的校准进行误差预算计算，有助于选择分流电阻器。在下表中，考虑“电气特性”表中 5V 电源下的值，计算每个误差源的贡献量。

表 8-2. 分辨率计算

误差源	R_S = 4.1mΩ	R_S = 8.1mΩ
在 VCM 范围中间校准的 CMRR	77.9 µV	77.9 µV
在 5V 下校准的 PSRR	8.9 µV	8.9 µV
总误差（各贡献的平方和）	78 µV	78 µV
分辨率（总误差/R_S）	19.2mA	9.6mA

表 8-3. 精度计算

误差源	R_S = 4.1mΩ	R_S = 8.1mΩ
Tc Vos	182 µV	182 µV
噪声	216 µV	216 µV
增益漂移	75.2 µV	151 µV
总误差（各贡献的平方和）	293 µV	320 µV
精度 100 ×（Max_V_{SENSE}/总误差）	0.7%	0.4%

从上表可以清楚地看出，8.2mΩ 分流电阻器能够满足项目约束条件。在 10A 电流下，分流器上消耗的功率为 820mW。

8.2.3 应用曲线

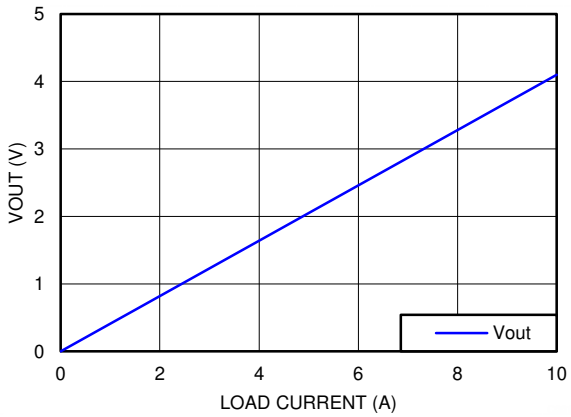


图 8-2. 使用 8.2mΩ 电阻器的应用示例结果

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.3 应做事项和禁止事项

务必正确旁路电源。

在驱动电容负载、电缆、长走线、多路复用器和 ADC 输入时，务必在输出端添加串联电阻。

不要超过输入共模范围。

8.4 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^+ 的情况下准确地测量信号。例如，施加到电源电压端的电压可能为 5V，而监测到的负载电源电压（共模电压）可能高达 +76V。需要电源旁路电容器来保证稳定性，并且该电容器必须尽可能靠近器件的电源和接地端放置。该电源旁路电容器靠近 V^+ 引脚放置，典型容值为 0.1 µF。电容器的额定电压必须至少为最大预期施加电压的两倍。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。

8.5 布局

8.5.1 布局指南

- 对检测电阻器采用 4 线制（开尔文）连接。连接到电阻器上避开直接高电流路径的点（请参阅图 8-3）。
- 不要将部分检测走线路径与负载电流“共享”。
- 在输入走线周围保持适当的间隙和间距，因为走线电压可能高于周围走线和平面（最高 76V）。
- 来自检测电阻器焊盘的输入走线必须遵循相同路径，紧密并排，并且最好位于同一铜层上。
- 输入走线中使用的过孔必须为连续的镀铜过孔，以避免形成热电偶。
- 避免将输入线布线穿过跳线和连接器。即使最好的连接器也会引入热误差（“热电偶”）。如果无法避免“热电偶”，则每条输入走线必须具有相同数量的“热电偶”。
- 使放大器远离发热器件。输入引脚上的铜-焊料-引线接合处会形成一个热电偶。两个输入引脚上的铜量必须相等。
- 避免输入引脚上出现温度梯度。各输入引脚必须与热源保持等距。
- 将 LMP8640 放置在温度尽可能稳定的区域，并远离高速气流。相比将放大器置于不太理想的环境中，小心地延长输入走线效果更好。
- 为检测电阻器提供尽可能多的铜走线面积以便散热，因为该电阻器的阻值会随温度发生微小变化。有关进一步的布局指南，另请参阅电阻器制造商的数据表或应用手册。
- 电源旁路电容器必须尽可能靠近电源和接地端放置。建议使用容值为 0.1 µF 的旁路电容器。可以添加额外的去耦电容以补偿噪声或高阻抗电源。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

8.5.2 布局示例

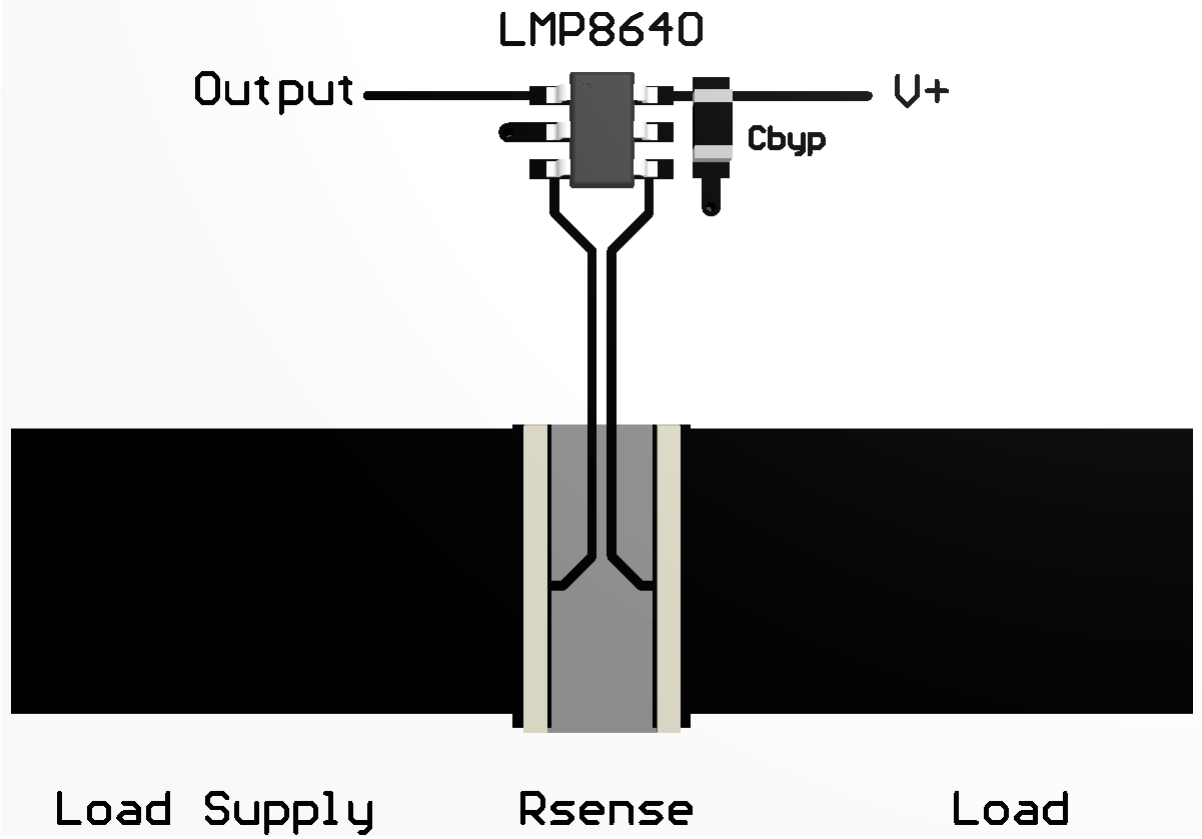


图 8-3. 布局示例 - 与两端电阻器的开尔文连接

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

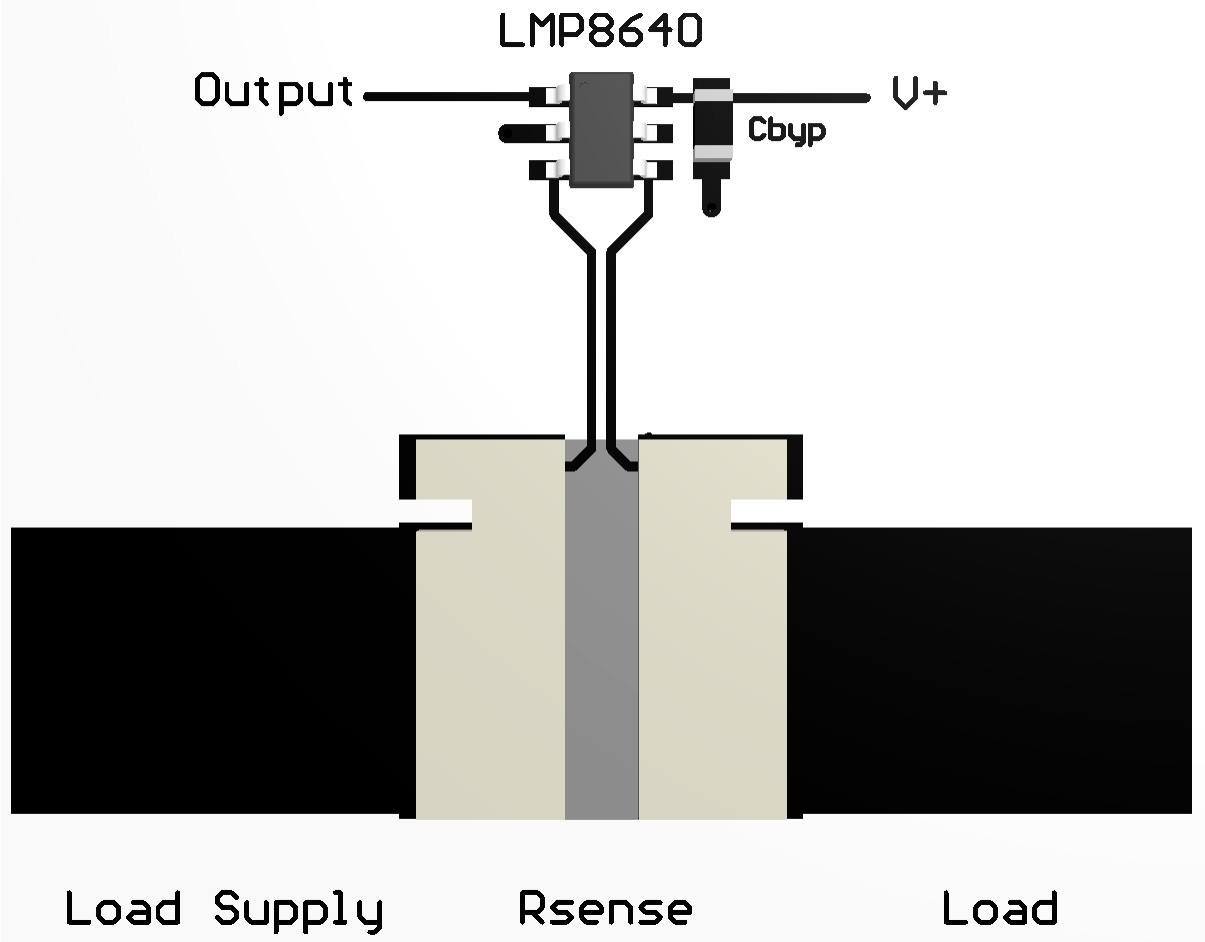


图 8-4. 布局示例 - 四线制（开尔文）电阻器连接

9 器件和文档支持

9.1 器件支持

9.1.1 开发支持

- LMP8640HV-F 评估板，http://www.ti.com/tool/lmp8640hv-feval
- LMP8640HV-H 评估板，http://www.ti.com/tool/lmp8640hv-heval
- LMP8640HV-T 评估板，http://www.ti.com/tool/lmp8640hv-teval
- TINA-TI 基于 SPICE 的模拟仿真程序，http://www.ti.com/tool/tina-ti

9.2 文档支持

9.2.1 相关文档

如要查看相关文件，请参阅以下内容：

- 德州仪器 (TI)，AN-1975 LMP8640/LMP8645 评估板用户指南
- 德州仪器 (TI)，焊接绝对最大额定值应用手册

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.
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

日期	修订版本	注释
October 2026	*	初始发行版。将 SBOSB28G 中的汽车器件移至一份独立的数据表中

LMP8640-Q1 器件从 SBOSB28 “G”版本数据表移至当前的独立数据表中。从 SBOSB28 “G”版本修订为本文档的更改如下：

- 更新了整个文档中的表格、图和交叉引用的编号格式。
- 向数据表中新增了 LMP8640HV-Q1 器件
- 向特性章节添加了指向“功能安全型”文档的链接。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- 添加了“ESD 额定值”表，并将存储温度参数移至绝对最大额定值表中。
- 从 ESD 等级中删除了机器放电模型 ESD 额定值。
- 更新了热性能信息中的热信息。
- 将电气特性 2.7V 表中的差动模式输入阻抗更改为 4kΩ。
- 将电气特性 5V 表中的差动模式输入阻抗更改为 4kΩ。
- 将电气特性 12V 表中的差动模式输入阻抗更改为 4kΩ。

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)
LMP8640QMKX-T/NOPB	Active	Production	SOT-23-THIN (DDC) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	Call TI | Nipdau	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	AUAA
LMP8640QMKX-T/NOPB.A	Active	Production	SOT-23-THIN (DDC) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	AUAA
LMP8640QMKX-T/NOPB.B	Active	Production	SOT-23-THIN (DDC) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	AUAA

(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 LMP8640-Q1 :

- Catalog : LMP8640

NOTE: Qualified Version Definitions:

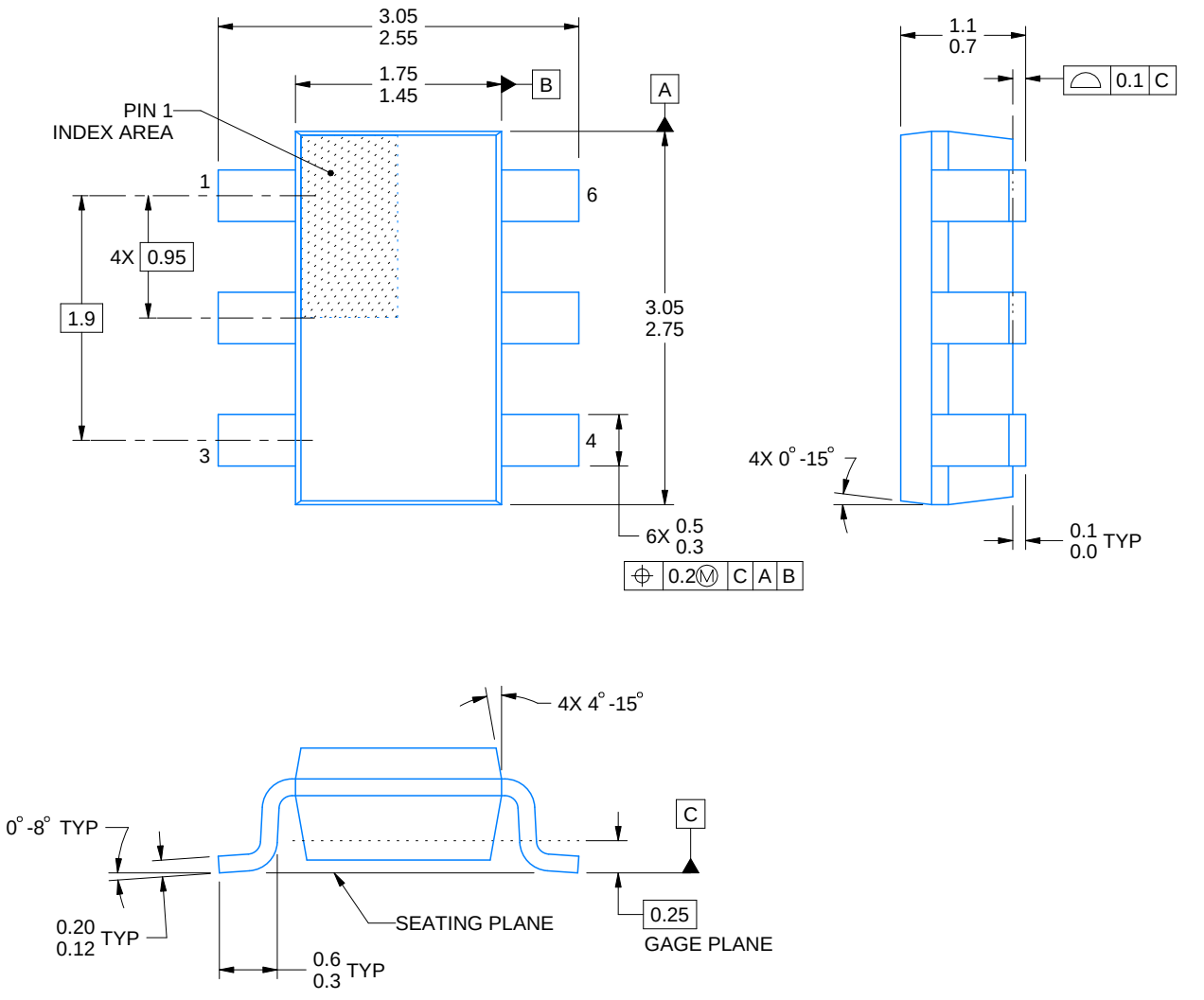
- Catalog - TI's standard catalog product

PACKAGE OUTLINE

DDC0006A

SOT-23 - 1.1 max height

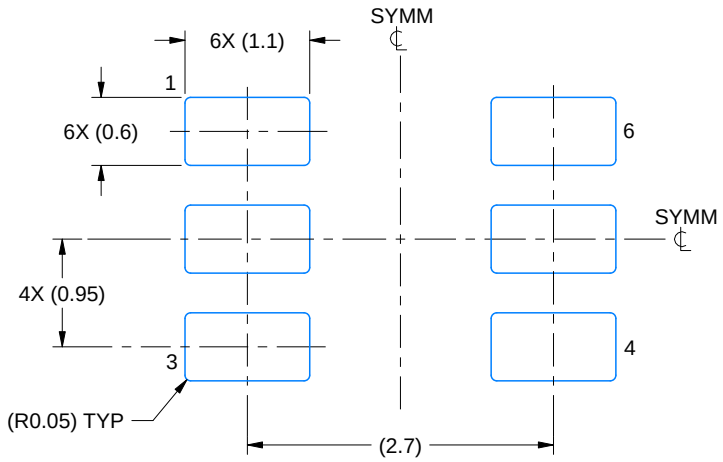
SMALL OUTLINE TRANSISTOR



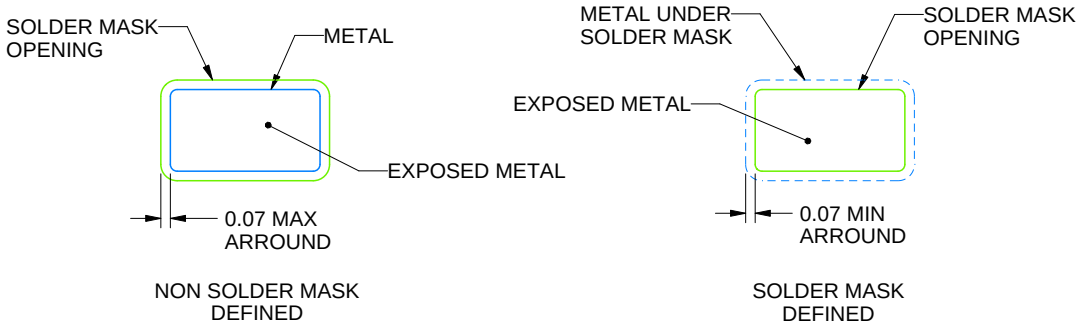
4214841/E 08/2024

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. Reference JEDEC MO-193.



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPLOSED METAL SHOWN
SCALE:15X

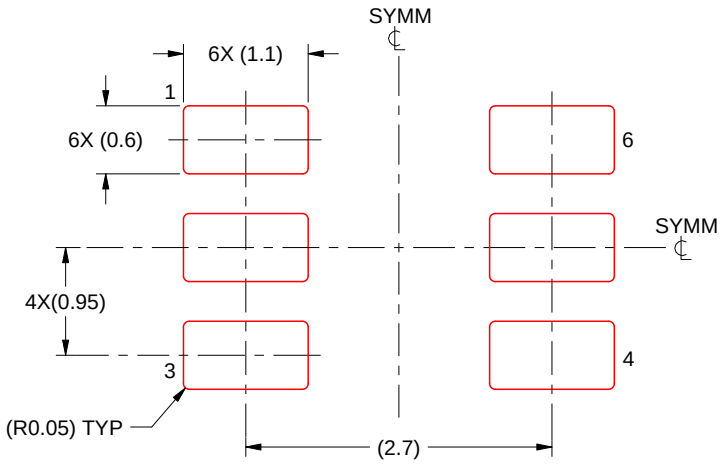


SOLDERMASK DETAILS

4214841/E 08/2024

NOTES: (continued)

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



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

4214841/E 08/2024

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
7. 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