

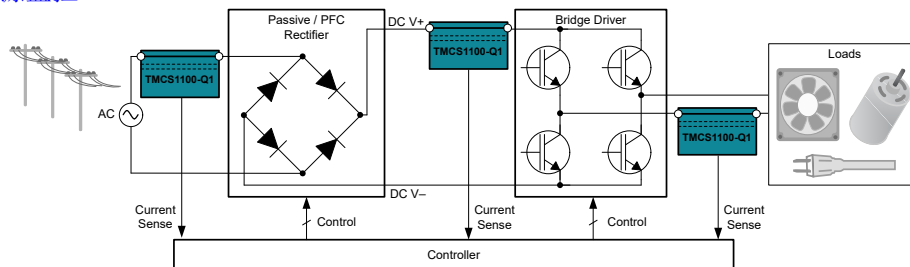
TMCS1100-Q1 AEC-Q100 具有 $\pm 600\text{V}$ 工作电压的 1% 高精度、基本型隔离、霍尔效应电流传感器

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
- 总体误差: 典型值 $\pm 0.4\%$, 最大值 $\pm 0.9\%$, -40°C 至 85°C
 - 灵敏度误差: $\pm 0.4\%$
 - 失调电压误差: 7mA
 - 温漂: $0.04\text{mA}/^{\circ}\text{C}$
 - 线性误差: 0.05%
- 使用寿命和环境漂移: $< \pm 0.5\%$
- 隔离额定值为 3kV_{RMS}
- 稳健的 600V 使用寿命内工作电压
- 双向和单向电流检测
- 外部基准电压
- 工作电源电压范围: 3V 至 5.5V
- 信号带宽: 80kHz
- 多个灵敏度选项:
 - TMCS1100A1-Q1: 50mV/A
 - TMCS1100A2-Q1: 100mV/A
 - TMCS1100A3-Q1: 200mV/A
 - TMCS1100A4-Q1: 400mV/A
- 安全相关认证
 - UL 1577 组件认证计划
 - IEC/CB 62368-1

2 应用

- 电机和负载控制
- 逆变器和 H 桥电流测量
- 功率因数校正
- 过流保护
- 直流和交流电源监控



典型应用

3 说明

TMCS1100-Q1 是一款电隔离霍尔效应电流传感器，能够测量直流或交流电流，并具有高精度、出色的线性度和温度稳定性。低漂移、温度补偿信号链可以在器件的温度范围内实现 $< 1\%$ 的满量程误差。

输入电流流经内部 $1.8\text{m}\Omega$ 导体时，此导体产生的磁场可由集成式霍尔效应传感器进行测量。这种结构省去了外部集中器并简化了设计。低导体电阻可更大限度减少功率损耗和热耗散。固有的电镀绝缘在电流路径与电路之间提供了 600V 使用寿命内工作电压和 3kV_{RMS} 基本型隔离。集成式电气屏蔽可提供出色的共模抑制和瞬态抗扰度。

输出电压与输入电流成正比，并具有四个灵敏度选项。固定的灵敏度允许 TMCS1100-Q1 使用单个 3V 至 5.5V 的电源运行，因此消除了比例式误差并提高了电源噪声抑制能力。当电流流入正输入引脚时，电流极性被视为正极。VREF 输入引脚提供了一个可变零电流输出电压，允许进行双向或单向电流检测。

TMCS1100-Q1 消耗的最大电源电流为 6mA ，所有灵敏度选项的额定工作温度范围均为 -40°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
TMCS1100-Q1	D (SOIC, 8)	$4.9\text{mm} \times 6\text{mm}$

(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)。



内容

1 特性	1	8 详细说明	23
2 应用	1	8.1 概述.....	23
3 说明	1	8.2 功能模块图.....	23
4 器件比较	3	8.3 特性说明.....	23
5 引脚配置和功能	3	8.4 器件功能模式.....	28
6 规格	4	9 应用和实现	29
6.1 绝对最大额定值.....	4	9.1 应用信息.....	29
6.2 ESD 等级.....	4	9.2 典型应用.....	33
6.3 建议运行条件.....	4	9.3 电源相关建议.....	36
6.4 热性能信息.....	4	9.4 布局.....	36
6.5 功率等级.....	5	10 器件和文档支持	39
6.6 绝缘规格.....	6	10.1 器件支持.....	39
6.7 安全相关认证.....	6	10.2 文档支持.....	39
6.8 安全限值.....	7	10.3 接收文档更新通知.....	39
6.9 电气特性.....	8	10.4 支持资源.....	39
6.10 典型特性.....	10	10.5 商标.....	39
7 参数测量信息	15	10.6 静电放电警告.....	39
7.1 精度参数.....	15	10.7 术语表.....	39
7.2 瞬态响应参数.....	18	11 修订历史记录	39
7.3 安全工作区.....	20	12 机械、封装和可订购信息	40

4 器件比较

表 4-1. 器件比较

产品	灵敏度	双向线性测量范围, $V_{REF} = V_S/2^{(1)}$		单向线性测量范围, $V_{REF} = V_{GND}^{(1)}$	
	$\Delta V_{OUT} / \Delta I_{IN+},$ IN -	$V_S = 5V$	$V_S = 3.3V$	$V_S = 5V$	$V_S = 3.3V$
TMCS1100A1-Q1	50mV/A	$\pm 46A^{(2)}$	$\pm 29A^{(2)}$	1A 至 96A ⁽²⁾	1A 至 62A ⁽²⁾
TMCS1100A2-Q1	100mV/A	$\pm 23A^{(2)}$	$\pm 14.5A$	0.5A 至 48A ⁽²⁾	0.5A 至 31A ⁽²⁾
TMCS1100A3-Q1	200mV/A	$\pm 11.5A$	$\pm 7.25A$	0.25A 至 24A ⁽²⁾	0.25A 至 15.5A
TMCS1100A4-Q1	400mV/A	$\pm 5.75A$	--	0.125A 至 12A	--

- (1) 线性范围受到相对于电源和接地端的摆幅的限制。
(2) 电流电平必须一直低于允许的持续直流/RMS 和瞬态峰值电流安全工作区, 以便不会超过器件热限值。请参阅 [安全工作区](#) 部分。

5 引脚配置和功能

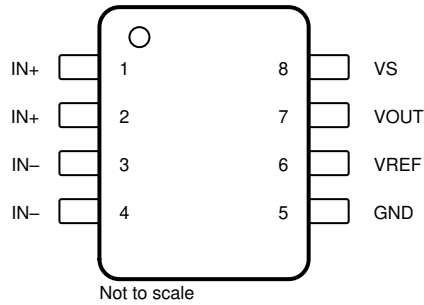


图 5-1. D 封装 8 引脚 SOIC 顶视图

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型	说明
编号	名称		
1	IN+	模拟输入	输入电流正引脚
2	IN+	模拟输入	输入电流正引脚
3	IN -	模拟输入	输入电流负引脚
4	IN -	模拟输入	输入电流负引脚
5	GND	模拟	接地
6	VREF	模拟输入	零电流输出电压基准
7	VOUT	模拟输出	输出电压
8	VS	模拟	电源

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
V_S	电源电压	GND - 0.3	6	V
	模拟输入	VREF	GND - 0.3 (V _S) + 0.3	V
	模拟输出	VOUT	GND - 0.3 (V _S) + 0.3	V
T_J	结温	-65	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。

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⁾	±2000
		充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101 ⁽²⁾	±1000

- (1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 允许在标准 ESD 控制流程下安全生产。

- (2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 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	标称值	最大值	单位
V_{IN+}, V_{IN-} ⁽¹⁾	输入电压	-600		600	V _{PK}
V_S	工作电源电压, TMCS1100A1-Q1 - TMCS1100A3-Q1	3	5	5.5	V
V_S	工作电源电压, TMCS1100A4-Q1	4.5	5	5.5	V
T_A ⁽²⁾	自然通风条件下的工作温度范围	-40		125	°C

- (1) V_{IN+} 和 V_{IN-} 是指输入电流引脚 IN+ 和 IN- 相对于引脚 5 (GND) 的电压。

- (2) 输入电流安全工作区受结温的限制。基于 TMCS1100EVM 的建议条件。输入电流额定值会因环境温度升高而降低。

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TMCS1100-Q1 ⁽²⁾	单位
		D (SOIC)	
		8 引脚	
R _{θJA}	结至环境热阻	36.6	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳（顶部）热阻	50.7	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	9.6	°C/W
Ψ _{JT}	结至顶部特征参数	-0.1	°C/W
Ψ _{JB}	结至电路板特征参数	11.7	°C/W
R _{θJC(bot)}	结至外壳（底部）热阻	不适用	°C/W

- (1) 有关新旧热性能指标的更多信息，请参阅 [半导体和 IC 封装热指标](#) 应用报告。

- (2) 当器件安装在 TMCS1100EVM 上时适用。更多详细信息，请参阅 [安全工作区](#) 部分。

6.5 功率等级

$V_S = 5.5V$, $V_{REF} = GND$, $T_A = 125^\circ C$, $T_J = 150^\circ C$, 器件焊接在 [TMCS1100EVM](#) 上。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
P_D	最大功耗 (两侧)				673	mW
P_{D1}	最大功耗 (电流输入, 侧 1)	$I_{IN} = 16A$			640	mW
P_{D2}	最大功耗 (侧 2)	$V_S = 5.5V$, $I_Q = 6mA$, 无 V_{OUT} 负载			33	mW

6.6 绝缘规格

参数		测试条件	值	单位
通用				
CLR	外部间隙 ⁽¹⁾	端子间的最短空间距离	4	mm
CPG	外部爬电距离 ⁽¹⁾	端子间的最短封装表面距离	4	mm
DTI	绝缘穿透距离	最小内部间隙	60	μm
CTI	相对漏电起痕指数	DIN EN 60112 ; IEC 60112	>400	V
	材料组		II	
	过压类别	额定市电电压 ≤ 150V _{RMS}	I-IV	
		额定市电电压 ≤ 300V _{RMS}	I-III	
V _{IORM}	最大重复峰值隔离电压	交流电压 (双极)	600	V _{PK}
V _{IOWM}	最大工作隔离电压	交流电压 (正弦波) ; 时间依赖型电介质击穿测试, 请参阅 绝缘寿命 。	424	V _{RMS}
		直流电压	600	V _{DC}
V _{IOTM}	最大瞬态隔离电压	V _{TEST} = V _{IOTM} = 4242V _{PK} , t = 60s (鉴定测试) ; V _{TEST} = 1.2 × V _{IOTM} = 5090V _{PK} , t = 1s (100% 生产测试)	4242	V _{PK}
V _{IOSM}	最大浪涌隔离电压 ⁽²⁾	符合 IEC 62368-1 的测试方法, 1.2/50μs 波形, V _{TEST} = 1.3 × V _{IOSM} = 7800V _{PK} (鉴定测试)	6000	V _{PK}
q _{pd}	视在电荷 ⁽³⁾	方法 a : I/O 安全测试子组 2/3 后, V _{ini} = V _{IOTM} = 4242V _{PK} , t _{ini} = 60s ; V _{pd(m)} = 1.2 × V _{IORM} = 700V _{PK} , t _m = 10s	≤5	pC
		方法 a : 环境测试子组 1 后, V _{ini} = V _{IOTM} = 4242V _{PK} , t _{ini} = 60s ; V _{pd(m)} = 1.2 × V _{IORM} = 700V _{PK} , t _m = 10s	≤5	
		方法 b3 : 常规测试 (100% 生产测试) 和预调节 (类型测试) V _{ini} = 1.2 × V _{IOTM} = 5090V _{PK} , t _{ini} = 1s ; V _{pd(m)} = 1.2 × V _{IOTM} = 5090V _{PK} , t _m = 1s	≤5	
C _{IO}	势垒电容, 输入至输出 ⁽⁴⁾	V _{IO} = 0.4 sin (2 π ft), f = 1MHz	0.6	pF
R _{IO}	隔离电阻, 输入至输出 ⁽⁴⁾	V _{IO} = 500V, T _A = 25°C	>10 ¹²	Ω
		V _{IO} = 500V, 100°C ≤ T _A ≤ 125°C	>10 ¹¹	Ω
		V _{IO} = 500V, T _S = 150°C	>10 ⁹	Ω
	污染等级		2	
UL 1577				
V _{ISO}	可承受的隔离电压	V _{TEST} = V _{ISO} , t = 60s (鉴定测试) ; V _{TEST} = 1.2 × V _{ISO} , t = 1s (100% 生产测试)	3000	V _{RMS}

- (1) 根据应用特定的设备隔离标准应用爬电距离和电气间隙要求。请注意保持电路板设计的爬电距离和间隙, 从而确保印刷电路板上隔离器的安装焊盘不会导致此距离缩短。在特定的情况下, 印刷电路板上的爬电距离和间隙变得相等。在印刷电路板上插入坡口或肋或同时应用这两项技术可帮助提高这些规格。
- (2) 在空气或油中执行测试, 以确定隔离栅的固有浪涌抗扰度。
- (3) 视在电荷是局部放电 (pd) 引起的电气放电。
- (4) 将隔离栅每一侧的所有引脚都连在一起, 构成一个双端子器件

6.7 安全相关认证

UL	
UL 1577 组件认证计划	根据 IEC 62368-1 CB 进行了认证
文件编号 : E181974	证书编号 : US-36733-UL

6.8 安全限值

安全限制旨在最大限度地减小在发生输入或输出电路故障时对隔离栅的潜在损害。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_S	安全输入电流 (1 侧) ⁽¹⁾			30	A
I_S	安全输入、输出或电源电流 (2 侧) ⁽¹⁾			0.68	
P_S	安全输入、输出或总功率 ⁽¹⁾			3.4	W
T_S	安全温度 ⁽¹⁾			150	°C

(1) 最高安全温度 T_S 与器件指定的最大结温 T_J 的值相同。 I_S 和 P_S 参数分别表示安全电流和安全功率。请勿超出 I_S 和 P_S 的最大限值。这些限值随着环境温度 T_A 而变化。

节 6.4 表中的结至空气热阻 $R_{\theta JA}$ 是安装在 TMCS1100EVM 上的器件热阻。可使用以下公式计算各参数值：

$T_J = T_A + R_{\theta JA} \times P$ ，其中， P 为器件所耗功率。

$T_{J(max)} = T_S = T_A + R_{\theta JA} \times P_S$ ，其中， $T_{J(max)}$ 为允许的最大结温。

$P_S = I_S \times V_I$ ，其中， V_I 为最大输入电压。

6.9 电气特性

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 5\text{V}$, $V_{\text{REF}} = 2.5\text{V}$ 条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输出						
	灵敏度 ⁽⁷⁾	TMCS1100A1-Q1	50		mV/A	
		TMCS1100A2-Q1	100		mV/A	
		TMCS1100A3-Q1	200		mV/A	
		TMCS1100A4-Q1	400		mV/A	
	灵敏度误差	$0.05\text{V} \leq V_{\text{OUT}} \leq V_{\text{S}} - 0.2\text{V}$, $T_{\text{A}} = 25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.7\%$		
	灵敏度误差, 包括寿命和环境漂移 ⁽⁵⁾	$0.05\text{V} \leq V_{\text{OUT}} \leq V_{\text{S}} - 0.2\text{V}$, $T_{\text{A}} = 25^{\circ}\text{C}$	-0.47%	$\pm 1.02\%$		
	灵敏度误差	$0.05\text{V} \leq V_{\text{OUT}} \leq V_{\text{S}} - 0.2\text{V}$, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.4\%$	$\pm 0.85\%$		
		$0.05\text{V} \leq V_{\text{OUT}} \leq V_{\text{S}} - 0.2\text{V}$, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1.15\%$		
	非线性误差	$V_{\text{OUT}} = 0.5\text{V}$ 至 $V_{\text{S}} - 0.5\text{V}$	$\pm 0.05\%$			
V_{OE}	输出电压失调误差 ⁽¹⁾	TMCS1100A1-Q1	± 0.4	± 3	mV	
		TMCS1100A2-Q1	± 0.6	± 5	mV	
		TMCS1100A3-Q1	± 0.8	± 8	mV	
		TMCS1100A4-Q1	± 2.2	± 19	mV	
	输出电压温漂	TMCS1100A1-Q1, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C	± 3.7	± 12	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	
		TMCS1100A2-Q1, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C	± 4	± 19	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	
		TMCS1100A3-Q1, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C	± 8.2	± 35	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	
		TMCS1100A4-Q1, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C	± 26	± 138	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	
I_{OS}	失调电压误差, $\text{RTI}^{(1) (3)}$	TMCS1100A1-Q1	± 8	± 60	mA	
		TMCS1100A2-Q1	± 6	± 50	mA	
		TMCS1100A3-Q1	± 4	± 40	mA	
		TMCS1100A4-Q1	± 5.5	± 47.5	mA	
	失调电压误差温度漂移, $\text{RTI}^{(3)}$	TMCS1100A1-Q1, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C	± 74	± 240	$\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$	
		TMCS1100A2-Q1, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C	± 40	± 190	$\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$	
		TMCS1100A3-Q1, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C	± 41	± 175	$\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$	
		TMCS1100A4-Q1, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C	± 65	± 345	$\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$	
PSRR	电源抑制比	TMCS1100A1-Q1 - TMCS1100A3-Q1, $V_{\text{S}} = 3\text{V}$ 至 5.5V , $V_{\text{REF}} = V_{\text{S}}/2$, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$	± 1	± 2	mV/V	
		TMCS1100A4-Q1, $V_{\text{S}} = 4.5\text{V}$ 至 5.5V , $V_{\text{REF}} = V_{\text{S}}/2$, $T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$	± 1	± 3	mV/V	
CMTI	共模瞬态抗扰度		50	kV/ μs		
CMRR	共模抑制比, $\text{RTI}^{(3)}$	直流到 60Hz	5	$\mu\text{A}/\text{V}$		
RVRR	基准电压抑制比, 以输出为基准	TMCS1100A1-Q1 - TMCS1100A3-Q1, $V_{\text{REF}} = 0.5\text{V}$ 至 4.5V	1	3.5	mV/V	
		TMCS1100A4-Q1, $V_{\text{REF}} = 0.5\text{V}$ 至 4.5V	1.5	8	mV/V	
	噪声密度, $\text{RTI}^{(3)}$	TMCS1100A1-Q1	380	$\mu\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$		
		TMCS1100A2-Q1	330	$\mu\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$		
		TMCS1100A3-Q1	300	$\mu\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$		
		TMCS1100A4-Q1	225	$\mu\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$		
输入						
R_{IN}	输入导体电阻	IN+ 至 IN-	1.8	m Ω		
	输入导体电阻温度漂移	$T_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$	4.4	$\mu\Omega/^{\circ}\text{C}$		
G	磁耦合系数	$T_{\text{A}} = 25^{\circ}\text{C}$	1.1	mT/A		

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 5\text{V}$, $V_{\text{REF}} = 2.5\text{V}$ 条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
I _{IN,max}	允许的持续 RMS 电流 ⁽⁴⁾	T _A = 25°C		30		A	
		T _A = 85°C		25		A	
		T _A = 105°C		22.5		A	
		T _A = 125°C		16		A	
V _{REF}	基准输入电压		V _{GND}		V _S	V	
	V _{REF} 输入电流	VREF = GND , VS		±1	±5	μA	
	V _{REF} 外部源阻抗	驱动 V _{REF} 的外部电路的最大源阻抗			5	kΩ	
电压输出							
Z _{OUT}	闭环输出阻抗	f = 1Hz 至 1kHz		0.2		Ω	
		f = 10kHz		2		Ω	
	最大容性负载	无持续振荡		1		nF	
	短路输出电流	VOUT 接地短路, 对 V _S 短路		90		mA	
	相对于 V _S 电源轨的摆幅	R _L = 10k Ω 至 GND , T _A = -40°C 至 +125°C	V _S - 0.02		V _S - 0.1	V	
	相对于 GND 的摆幅, 电流驱动	R _L = 10k Ω 至 GND , T _A = -40°C 至 +125°C	V _{GND} + 5		V _{GND} + 10	mV	
	相对于 GND 的摆幅, 零电流	TMCS1100A1-Q1 - TMCS1100A3-Q1 , R _L = 10k Ω 至 GND , T _A = - 40°C 至 +125°C , VREF = GND , I _{IN} = 0A		V _{GND} + 5		V _{GND} + 20	mV
		TMCS1100A4-Q1 , R _L = 10k Ω 至 GND , T _A = - 40°C 至 +125°C , VREF = GND , I _{IN} = 0A		V _{GND} + 20		V _{GND} + 55	mV
频率响应							
BW	带宽 ⁽⁶⁾	- 3dB 带宽		80		kHz	
SR	压摆率 ⁽⁶⁾	单个瞬态阶跃期间输出放大器的压摆率。		1.5		V/μs	
t _r	响应时间 ⁽⁶⁾	输入电流阶跃达到最终值的 90% 与传感器输出达到其最终值的 90% 之间的时间, 用于 1V 输出转换。		6.5		μs	
t _p	传播延迟 ⁽⁶⁾	输入电流阶跃达到最终值的 10% 与传感器输出达到其最终值的 10% 之间的时间, 用于 1V 输出转换。		4		μs	
t _{r,SC}	电流过载响应时间 ⁽⁶⁾	输入电流阶跃达到最终值的 90% 与传感器输出达到其最终值的 90% 之间的时间。输入电流阶跃振幅是满量程输出范围的两倍。		5		μs	
t _{p,SC}	电流过载传播延迟 ⁽⁶⁾	输入电流阶跃达到最终值的 10% 与传感器输出达到其最终值的 10% 之间的时间。输入电流阶跃振幅是满量程输出范围的两倍。		3		μs	
	电流过载恢复时间	从导致输出饱和条件的电流结束到有效输出的时间		15		μs	
电源							
I _Q	静态电流	T _A = 25°C		4.5	5.5	mA	
		T _A = -40°C 至 +125°C			6	mA	
	上电时间	从 V _S > 3V 到有效输出的时间		25		ms	

- (1) 排除外部磁场的影响。有关计算由外部磁场引起的误差的详细信息, 请参阅 [精度参数](#) 部分。
- (2) 排除相对于建议布局的布局偏差产生的磁耦合。有关更多信息, 请参阅 [布局](#) 部分。
- (3) $\text{RTI} =$ 以输入为参考。输出电压除以器件灵敏度, 以将信号与输入电流相关联。请参阅 [参数测量信息](#) 部分。
- (4) 受结温热限制。当器件安装在 [TMCS1100EVM](#) 上时适用。更多详细信息, 请参阅 [安全工作区](#) 部分。
- (5) 基于三批 AEC-Q100 认证应力测试结果的寿命和环境漂移规格。典型值是来自最坏情况应力测试条件的总体平均值 $+1\sigma$ 。最小值/最大值是被测器件总体平均值 $\pm 6\sigma$; 在 AEC-Q100 认证中进行测试的器件在所有应力条件下都保持在最小/最大限值内。有关更多详细信息, 请参阅 [寿命和环境稳定性](#)。
- (6) 有关器件频率和瞬态响应的详细信息, 请参阅 [瞬态响应](#) 部分。
- (7) 基于 [TMCS1100EVM](#) PCB 布局的中心化参数。请参阅 [布局](#) 部分。器件必须在最高结温以下运行。

6.10 典型特性

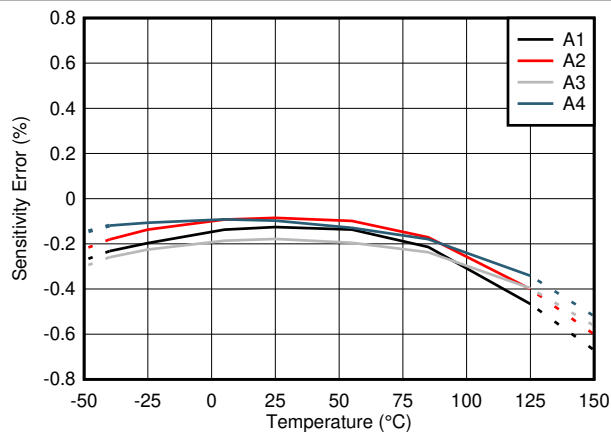


图 6-1. 灵敏度误差与温度间的关系

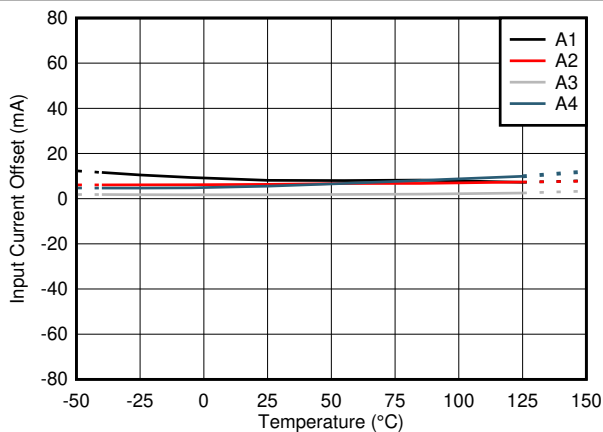


图 6-2. 输入失调电流与温度间的关系

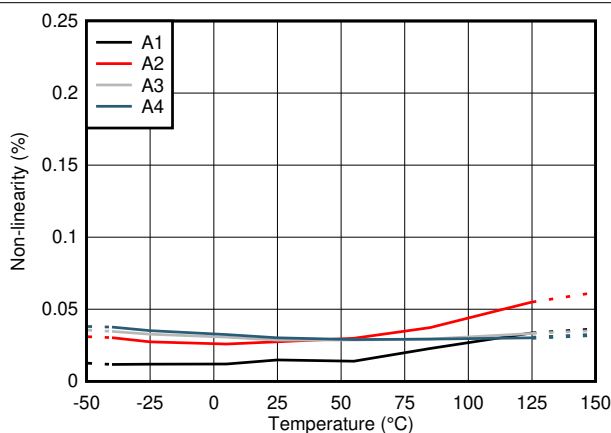


图 6-3. 非线性与温度间的关系

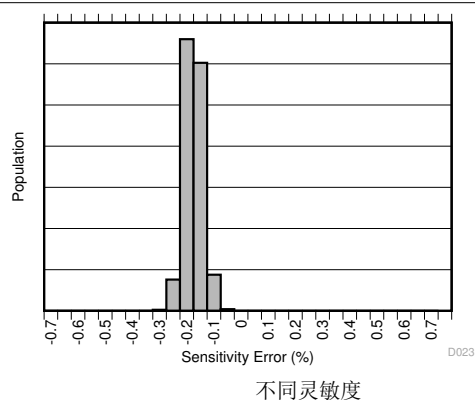


图 6-4. 灵敏度误差产生分布图

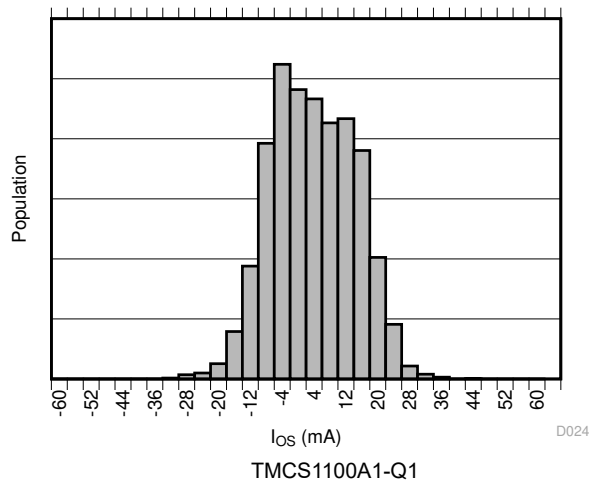


图 6-5. 输入偏移电流产生分布图

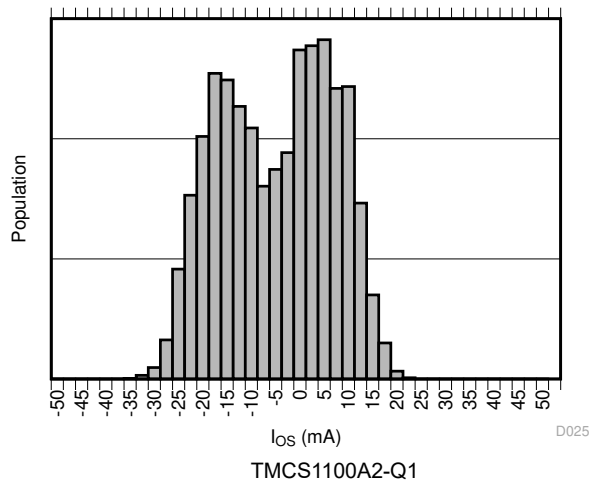


图 6-6. 输入偏移电流产生分布图

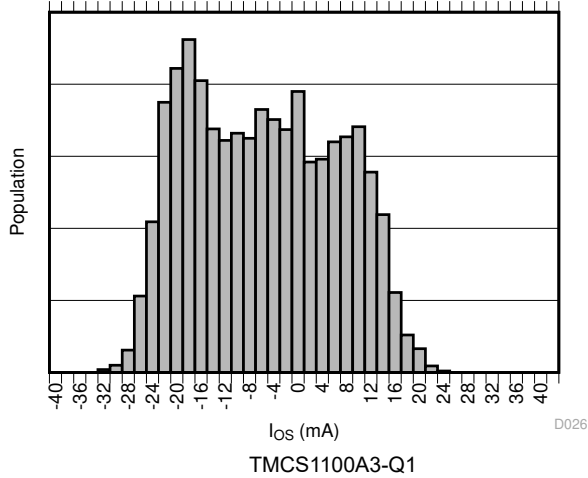


图 6-7. 输入偏移电流产生分布图

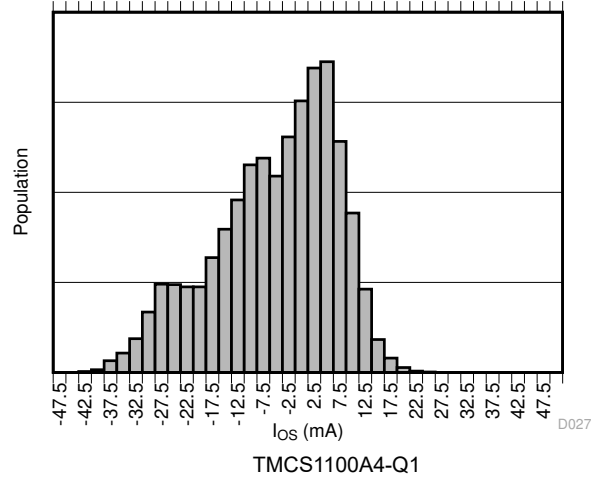


图 6-8. 输入偏移电流产生分布图

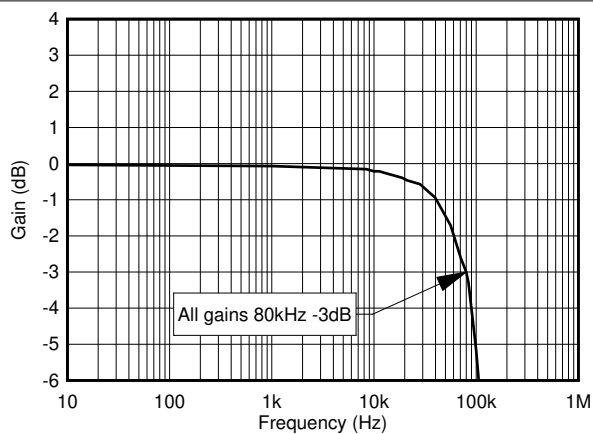


图 6-9. 灵敏度与频率间的关系 (所有增益都归一化为 1Hz)

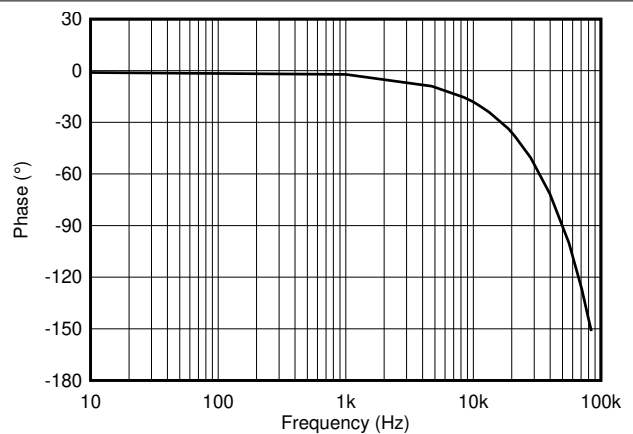


图 6-10. 相位与频率间的关系 (所有增益)

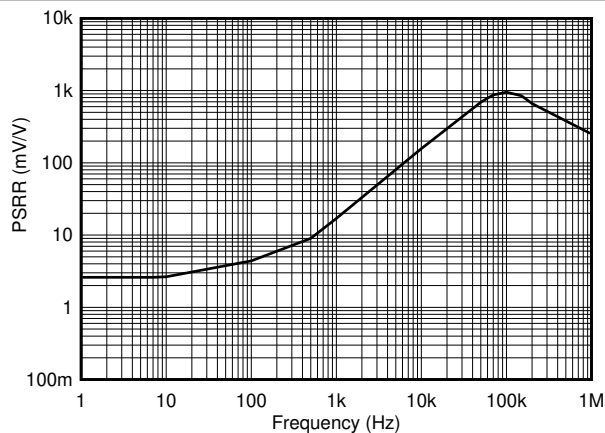


图 6-11. PSRR 与频率间的关系

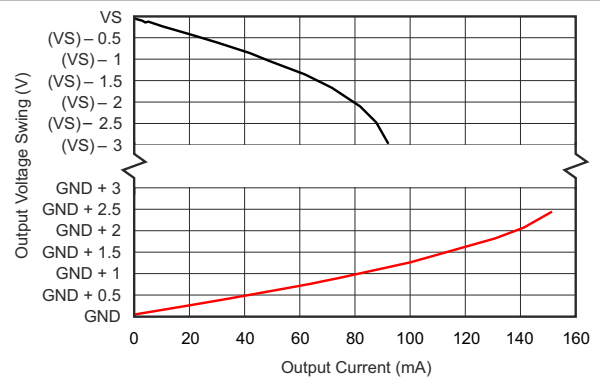


图 6-12. 输出摆幅与输出电流间的关系

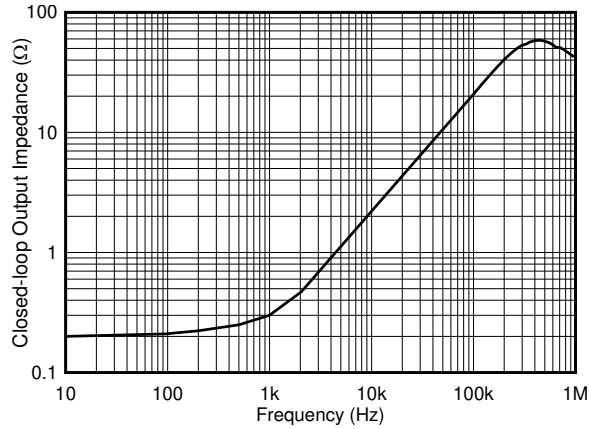


图 6-13. 输出阻抗与频率间的关系

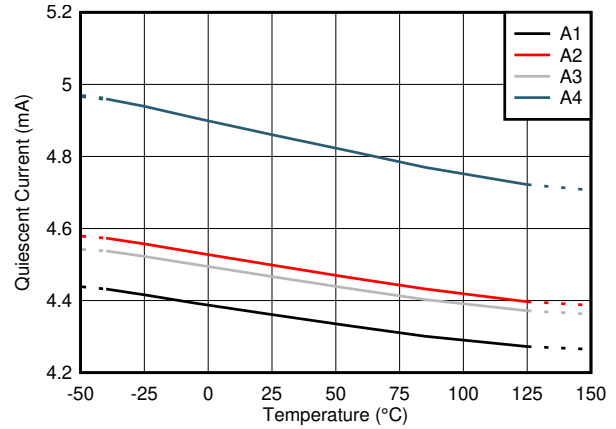


图 6-14. 静态电流与温度间的关系

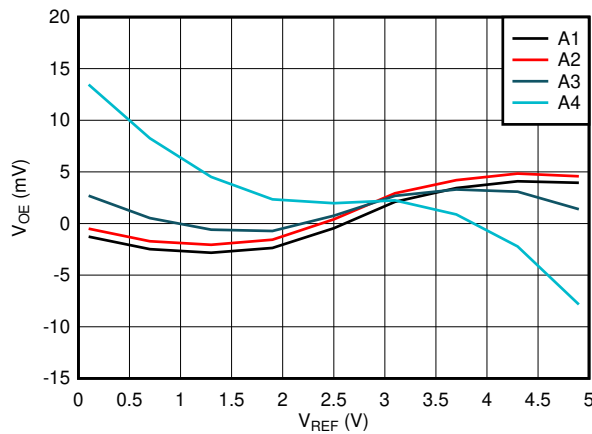
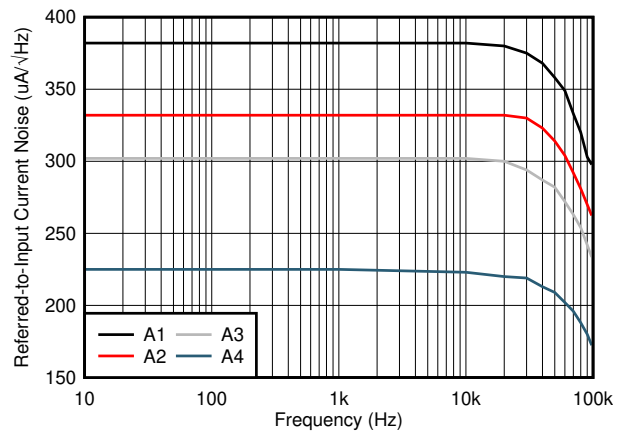
图 6-15. 输出电压失调与 V_{REF} 间的关系

图 6-16. 以输入为基准的噪声与频率间的关系

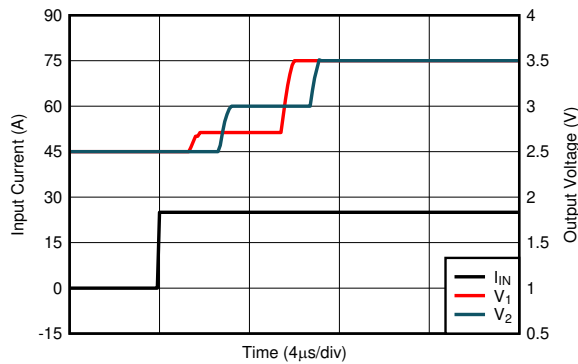


图 6-17. 电压输出阶跃 (上升)

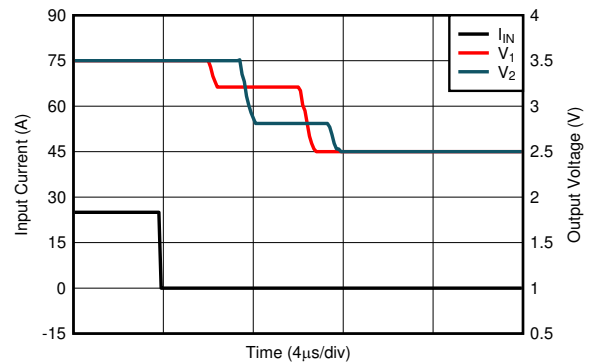


图 6-18. 电压输出阶跃 (下降)

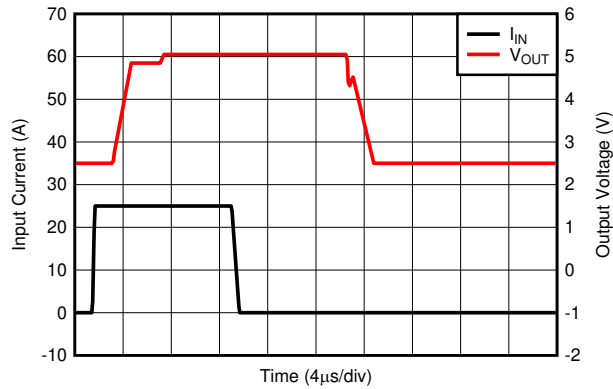


图 6-19. 电流过载响应

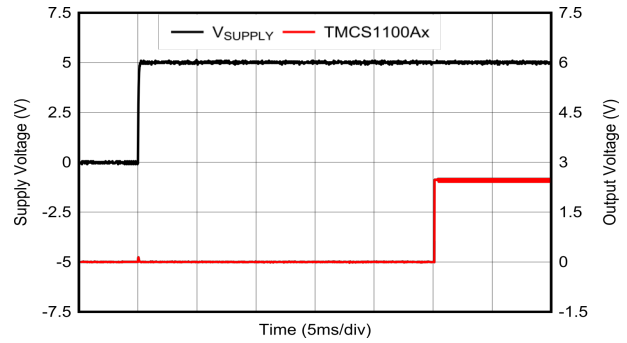


图 6-20. 启动瞬态响应

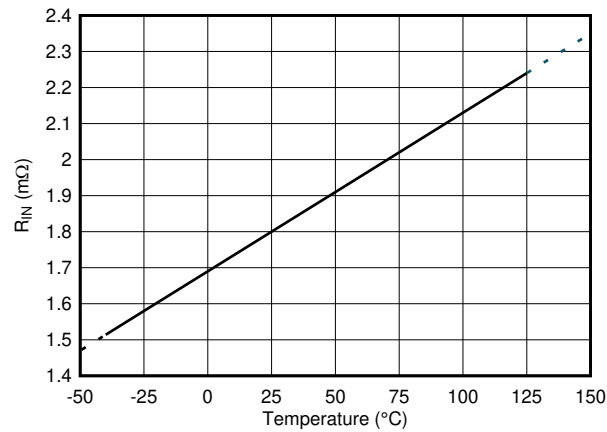


图 6-21. 输入导体电阻与温度间的关系

6.10.1 绝缘特性曲线

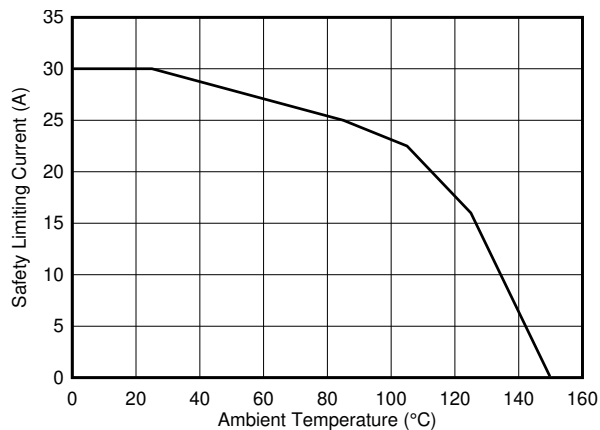


图 6-22. 安全限制电流的热降额曲线，侧 1

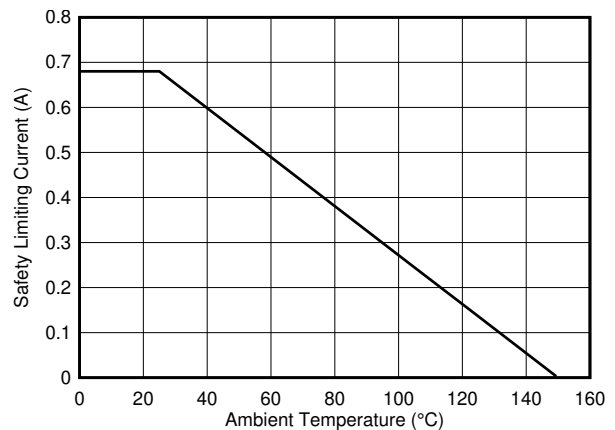


图 6-23. 安全限制电流的热降额曲线，侧 2

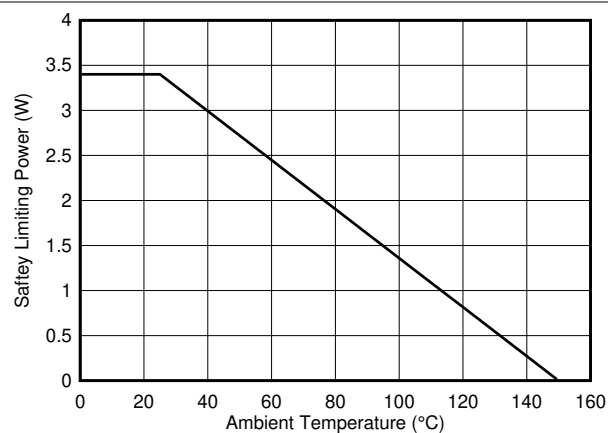


图 6-24. 安全限制功率的热降额曲线

7 参数测量信息

7.1 精度参数

方程式 1 给出了 TMCS1100-Q1 的理想一阶传递函数，其中输出电压是输入电流的线性函数。器件的精度通过传递函数参数中的误差项以及引入简化线性模型中未包含的额外误差项的非理想性来量化。有关总误差的示例计算（包括所有器件误差项），请参阅[总误差计算示例](#)。

$$V_{OUT} = S \times I_{IN} + V_{REF} \quad (1)$$

其中

- V_{OUT} 为模拟输出电压。
- S 为器件的理想灵敏度。
- I_{IN} 为隔离的输入电流。
- V_{REF} 为施加到基准电压输入的电压。

其中

- V_{OUT} 为模拟输出电压。
- S 为器件的理想灵敏度。
- I_{IN} 为隔离的输入电流。
- $V_{OUT,0A}$ 为器件型号的零电流输出电压。

7.1.1 灵敏度误差

灵敏度是输入导体电流的变化引起的传感器输出电压的成比例变化。该灵敏度是传感器一阶传递函数的斜率，如图 7-1 所示。TMCS1100-Q1 的灵敏度在出厂时经过测试和校准，确保达到高精度。

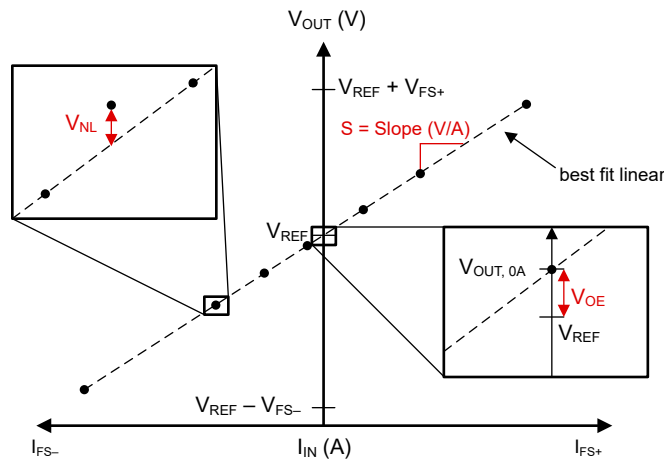


图 7-1. 灵敏度、失调电压和非线性误差

相对于理想灵敏度的偏差可通过灵敏度误差进行量化，定义为最佳拟合测量灵敏度相对于理想灵敏度的变化百分比。当在一个温度范围内指定时，这是该范围内任何温度下的最坏情况灵敏度误差。

$$e_S = [(S_{fit} - S_{ideal}) / S_{ideal}] \times 100\% \quad (2)$$

其中

- e_S 是灵敏度误差。
- S_{fit} 是最佳拟合灵敏度。
- S_{ideal} 是理想灵敏度。

7.1.2 偏移量误差和偏移量误差漂移

失调误差是器件中流过零输入电流时相对于理想输出电压的偏差。失调误差可以称为电压误差 V_{OE} （对于输出而言），也可以称为电流失调误差 I_{OS} （对于输入而言）。不过，失调误差是单误差源，只能在误差计算中包含一次。

TMCS1100-Q1 的输出电压失调误差是零电流输出电压相对于 V_{REF} 引脚电压的误差，如方程式 3 所示。

$$V_{OE} = V_{OUT,0A} - V_{REF} \quad (3)$$

其中

- $V_{OUT,0A}$ 是零输入电流下的器件输出电压。

失调误差包含、霍尔传感器的磁偏移以及信号链的任何失调电压误差。

输入参考 (RTI) 失调误差是输出电压失调误差除以器件的灵敏度，如方程式 4 所示。将失调误差以器件的输入为基准，以便更轻松的计算总误差并直接与输入电流电平进行比较。无论怎么计算， V_{OE} 和 I_{OS} 量化的误差源都是相同的，并且必须在误差计算中包含一次。

$$I_{OS} = \frac{V_{OE}}{S} \quad (4)$$

失调误差漂移是环境温度每变化一摄氏度时以输入为基准的失调误差变化。该参数以 $\mu A/^{\circ}C$ 为单位进行报告。若要将温漂转换为给定温度变化的绝对失调量，请将漂移乘以温度变化值并转换为百分比，如方程式 5 所示。

$$e_{I_{OS}, \Delta T}(\%) = \frac{I_{OS, 25^{\circ}C} + I_{OS, drift} \left(\frac{\mu A}{^{\circ}C} \right) \times \Delta T}{I_{IN}} \quad (5)$$

其中

- $I_{OS, drift}$ 是指定的以输入为基准的器件温漂。
- ΔT 是相对于 $25^{\circ}C$ 的温度范围。

7.1.3 非线性误差

非线性是指输出电压相对于与输入电流的线性关系的偏差。如图 7-1 所示，非线性电压是指基于测量参数的相对于最佳拟合线的最大电压偏差，可通过方程式 6 进行计算。

$$V_{NL} = V_{OUT,MEAS} - (I_{MEAS} \times S_{fit} + V_{OUT,0A}) \quad (6)$$

其中

- $V_{OUT,MEAS}$ 为相对于最佳拟合的最大偏差处的电压输出。
- I_{MEAS} 为相对于最佳拟合的最大偏差处的输入电流。
- S_{fit} 为器件的最佳拟合灵敏度。
- $V_{OUT,0A}$ 为器件的零电流输出电压。

TMCS1100-Q1 的非线性误差 (e_{NL}) 是指指定为满量程输出范围 (V_{FS}) 百分比的非线性电压，如方程式 7 所示。

$$e_{NL} = 100\% \times \frac{V_{NL}}{V_{FS}} \quad (7)$$

7.1.4 电源抑制比

电源抑制比 (PSRR) 是电源电压变化导致的器件自标称 5V 的偏移量变化。所关注的输入电流处的误差贡献可以通过方程式 8 计算得出。

$$e_{PSRR}(\%) = \frac{PSRR \times (V_S - 5)}{(S \div I_{IN})} \quad (8)$$

其中

- V_S 是工作电源电压。
- S 是器件灵敏度。

7.1.5 共模抑制比

共模抑制比 (CMRR) 量化了器件隔离输入电压变化导致的有效输入电流误差。由于电流信号存在磁耦合和电隔离，TMCS1100-Q1 对输入共模电压具有非常高的抑制能力。可以通过方程式 9 来计算输入共模变化的误差百分比贡献。

$$e_{CMRR}(\%) = \frac{CMRR \times V_{CM}}{I_{IN}} \quad (9)$$

其中

- V_{CM} 是器件输入端的最大工作交流或直流电压。

7.1.6 基准电压抑制比

施加到 V_{REF} 引脚上的电压设置了 TMCS1100-Q1 的零电流输出电压。理想情况下，零电流输出电压直接跟踪 V_{REF} 。轻微的内部失配可能会导致轻微的误差。当基准电压偏离电源的一半时，器件传递函数中会引入额外的有效输出失调误差。基准电压抑制比 (RVRR) 是指该偏差导致的输出失调电压的有效变化。可以通过方程式 10 来计算基准电压抑制导致的误差。

$$e_{V_{REF}}(\%) = \left| \frac{RVRR \times \left(V_{REF} - \frac{V_S}{2} \right)}{\frac{S}{I_{IN}}} \right| \quad (10)$$

7.1.7 外部磁场误差

TMCS1100-Q1 不具备杂散磁场抑制功能，因此来自相邻大电流引线或附近磁体的外部磁场可能会影响输出测量。器件的总灵敏度 (S) 包括输入电流到磁场的初始转换 (量化为磁耦合系数 (G))，以及霍尔元件和经过出厂校准以提供最终灵敏度的模拟电路灵敏度。输出电压与输入电流成正比，其系数为方程式 11 定义的器件灵敏度。

$$S = G \times S_{\text{Hall}} \times A_V \quad (11)$$

其中

- S 是以 mV/A 为单位的 TMCS1100-Q1 灵敏度。
- G 是以 mT/A 为单位的磁耦合系数。
- S_{Hall} 是以 mV/mT 为单位的霍尔板灵敏度。
- A_V 是以 V/V 为单位的校准模拟电路增益。

除了引线框电流产生的磁场外，霍尔传感器和信号链还测量了一个外部磁场 B_{EXT} ，该磁场作为额外输入项添加到总输出电压函数中：

$$V_{\text{OUT}} = B_{\text{EXT}} \times S_{\text{Hall}} \times A_V + I_{\text{IN}} \times G \times S_{\text{Hall}} \times A_V \times V_{\text{OUT},0A} \quad (12)$$

从方程式 12 可以看出，外部磁场的影响是方程式 13 展示的额外等效输入电流信号 $I_{B_{\text{EXT}}}$ 。这种有效的附加输入电流不依赖于霍尔效应或模拟电路灵敏度，因此所有增益型号都因外部磁场而具有等效的以输入为基准的电流误差。

$$I_{B_{\text{EXT}}} = \frac{B_{\text{EXT}}}{G} \quad (13)$$

这一额外的电流误差会产生由方程式 14 定义的百分比误差。

$$e_{B_{\text{EXT}}}(\%) = \frac{\left| \frac{B_{\text{EXT}}}{G} \right|}{I_{\text{IN}}} \quad (14)$$

7.2 瞬态响应参数

TMCS1100-Q1 的瞬态响应受到瞬态响应中定义的 250kHz 采样率的影响。图 7-2 显示了 TMCS1100-Q1 对足以产生 1V 输出变化的输入电流阶跃的响应。可以将典型的 4μs 采样窗口作为一个周期性阶跃进行观察。该采样窗口支配了器件的响应，并且由于输入阶跃和采样窗口间隔的对齐，响应会具有一些概率性质。

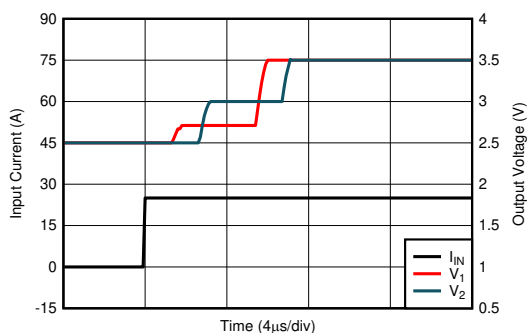


图 7-2. 瞬态阶跃响应

7.2.1 压摆率

压摆率 (SR) 定义为单个积分阶跃输出转换的 V_{OUT} 变化率，如图 7-3 所示。该器件通常需要两个采样窗口才能达到最终值的 90% 完全稳定，因此该压摆率不等于完全输出摆幅的 10%-90% 转换时间。

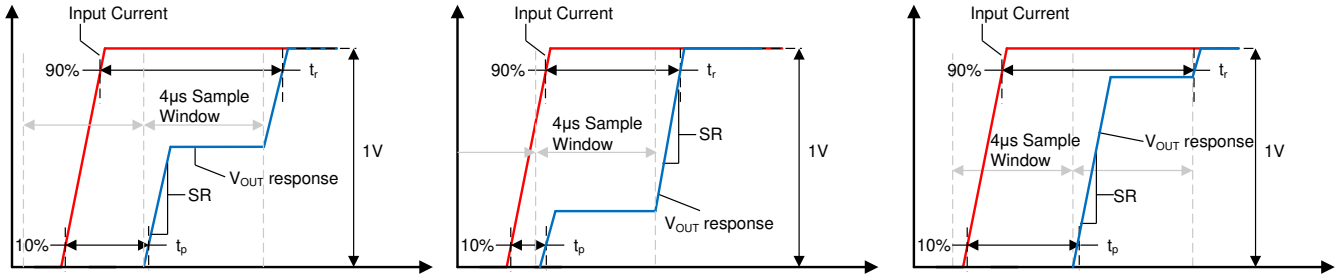


图 7-3. 小电流输入阶跃瞬态响应

7.2.2 传播延迟和响应时间

传播延迟是输入电流波形达到最终值的 10% 和 V_{OUT} 达到最终值的 10% 之间的时长。该传播延迟在很大程度上取决于输入电流阶跃的对齐情况和 TMCS1100-Q1 的采样周期，如图 7-3 中几种不同采样窗口的情况所示。

响应时间是输入电流达到最终值的 90% 和输出达到最终值的 90% 之间的时长，这使输入电流阶跃足以在输出上引起 1V 转换。图 7-3 展示了 TMCS1100-Q1 在三种不同时间情形下的响应时间。除非在一个采样窗口开始时直接出现阶跃输入，否则响应时间将包括两个采样间隔。

7.2.3 电流过载参数

电流过载响应参数是 TMCS1100-Q1 针对与短路或故障事件相一致的输入电流阶跃的瞬态行为。测试振幅是器件满量程范围的两倍，或 10V/灵敏度 (V/A)。在这些条件下，由于输入幅度信号较高，TMCS1100-Q1 输出的响应速度会比输入电流阶跃较小的情况下更快。响应时间和传播延迟的测量方式与小输入电流阶跃的情况类似，如图 7-4 所示。

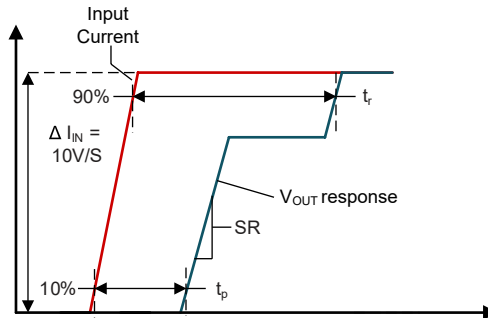


图 7-4. 电流负载瞬态响应

电流过载恢复时间是器件输出退出饱和状态并恢复正常运行所需的时间。图 6-19 展示了器件在电流过载恢复期间的瞬态响应。

7.2.4 CMTI，共模瞬态抗扰度

CMTI 是指器件在不干扰输出信号的情况下承受输入电压上升/下降阶跃的能力。该器件规定了最大共模转换速率，在该速率下，输出信号不会受到持续时间超过 1µs 的大于 200mV 电压的干扰。在共模转换之后，通过足够的滤波或消隐时间，可以支持比指定 CMTI 更高的边沿速率。

7.3 安全工作区

TMCS1100-Q1 的隔离式输入电流安全工作区 (SOA) 受到输入导体中功率耗散导致的自发热的限制。根据使用案例, SOA 受到诸多条件的限制, 包括超过最大结温、引线框中的焦耳加热或在极高电流下的引线框熔断。这些机制取决于脉冲持续时间、振幅和器件热状态。

当前的 SOA 在很大程度上取决于系统级板的热环境和设计。多个热变量控制着热量从器件到周围环境的传递, 包括气流、环境温度以及印刷电路板 (PCB) 结构和设计。所有额定值均适用于 [TMCS1100EVM](#) 在指定的环境温度条件下没有气流。器件使用配置文件必须满足系统运行时的热环境连续传导和短期瞬态 SOA 能力。

7.3.1 持续直流或正弦交流电流

器件封装和 PCB 的最长热时间常数为秒级; 因此, 对于任何频率高于 1Hz 的持续直流或正弦交流周期波形, 都可以根据 RMS 持续电流电平进行评估。连续电流能力强烈依赖于运行时的预期工作环境温度范围。[图 7-5](#) 显示了 [TMCS1100EVM](#) 上的器件最大持续电流处理能力。由于从结到环境的热传递减少以及引线框中的功率耗散增加, 在较高的环境温度下电流能力会下降。通过改进应用的热设计, SOA 可以在更高的温度下支持更大的电流。使用更大更重的铜电源平面、在电路板上提供气流或在器件区域添加散热结构都有助于提高热性能。

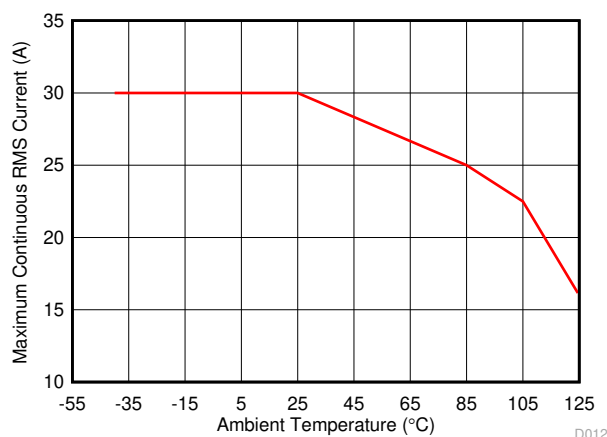


图 7-5. 最大连续 RMS 电流与环境温度间的关系

7.3.2 重复脉冲电流 SOA

对于在高电流和无电流之间传输脉冲电流的应用，允许的能力受到引线框中短时间发热的限制。TMCS1100-Q1 在某些条件下可以承受更高的电流范围，但是，对于重复的脉冲事件，电流电平必须同时满足脉冲电流 SOA 和 RMS 持续电流约束条件。脉冲持续时间、占空比和环境温度都会影响重复脉冲事件的 SOA。图 7-6、图 7-7、图 7-8 和图 7-9 根据 TMCS1100EVM 的测试结果说明了重复应力水平，在该测试结果下，参数性能和隔离完整性在多个环境温度的后应力下不受影响。在高占空比或长脉冲持续时间下，对于由方程式 15 定义的 RMS 值，该限值接近持续电流 SOA。

$$I_{IN, RMS} = I_{IN, P} \times \sqrt{D} \quad (15)$$

其中

- $I_{IN, RMS}$ 为 RMS 输入电流电平
- $I_{IN, P}$ 为脉冲峰值输入电流
- D 为脉冲占空比

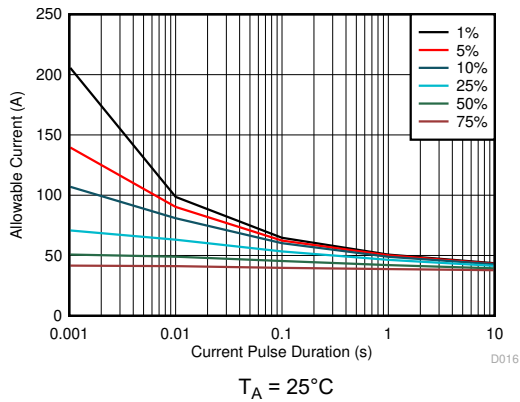


图 7-6. 最大重复脉冲电流与脉冲持续时间间的关系

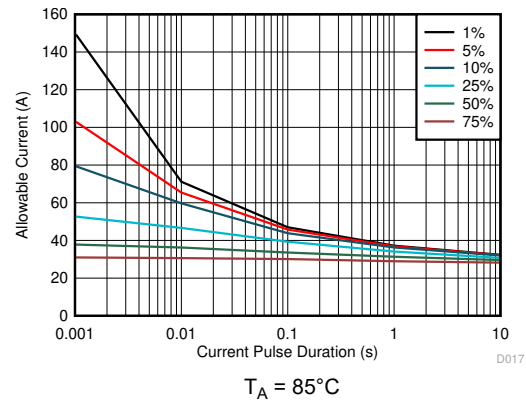


图 7-7. 最大重复脉冲电流与脉冲持续时间间的关系

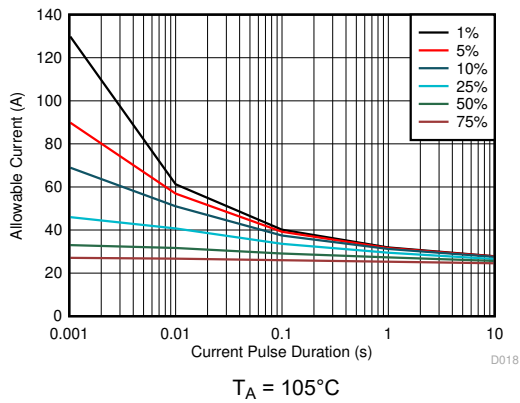


图 7-8. 最大重复脉冲电流与脉冲持续时间间的关系

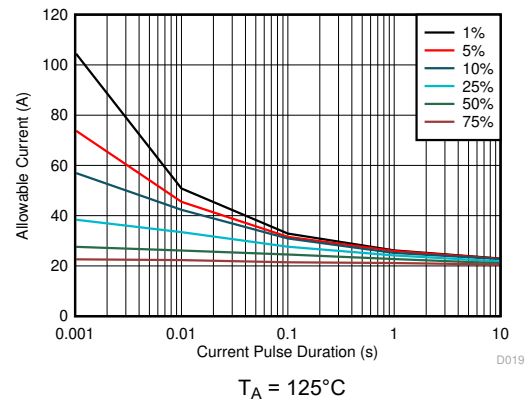


图 7-9. 最大重复脉冲电流与脉冲持续时间间的关系

7.3.3 单粒子电流能力

TMCS1100-Q1 可以容忍持续时间较短的单个较高电流事件，因为结温不会在脉冲持续时间内达到热平衡。图 7-10 展示了器件在单电流脉冲事件中的短路持续时间曲线，其中引线框电阻在承受应力后发生变化。可在引线框熔断事件之前达到该电平，但该电平必须被视为短期 SOA 的上限。对于持续时间较长的脉冲，电流能力接近给定环境温度下的连续 RMS 限值。

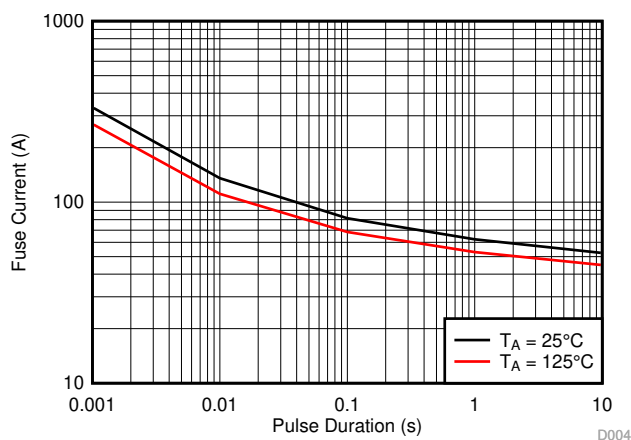


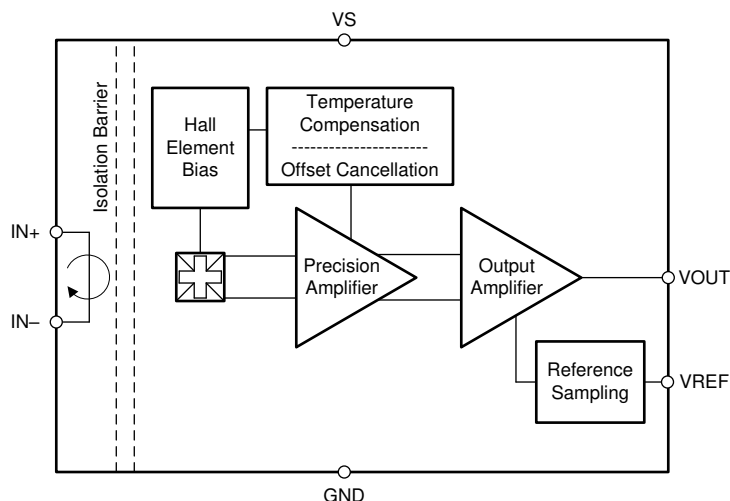
图 7-10. 单脉冲引线框能力

8 详细说明

8.1 概述

TMCS1100-Q1 是一款精密霍尔效应电流传感器，具有 600V 基本隔离工作电压、整个温度范围内小于 1% 的满量程误差以及可进行单向和双向电流检测的外部基准电压。输入电流流过隔离式输入电流引脚之间的导体。该导体在室温下具有 $1.8\text{m}\Omega$ 的电阻从而实现低功率耗散，并在 TMCS1100EVM 与其他可行的电流测量方法相比，低欧姆值引线框路径降低了功耗，并且在高压侧不需要任何外部无源器件、隔离式电源或控制信号。输入电流产生的磁场由霍尔传感器检测到并由精密信号链放大。该器件可用于交流和直流电流测量，其带宽为 80kHz。有多种固定灵敏度器件型号可用于广泛选择线性检测范围，并且 TMCS1100-Q1 可以在 3V 至 5.5V 的低电压电源下运行。TMCS1100-Q1 针对高精度和温度稳定性进行了优化，在整个工作温度范围内对失调电压和灵敏度进行了补偿。

8.2 功能模块图



8.3 特性说明

8.3.1 电流输入

TMCS1100-Q1 的输入电流通过 IN+ 和 IN- 引脚流经封装引线框的隔离侧。流经封装的电流会产生与输入电流成正比的磁场，该磁场可由电隔离的精密霍尔传感器 IC 进行测量。由于霍尔传感器芯片上的静电屏蔽，仅测量由输入电流产生的磁场，从而限制输入电压开关直通至电路。该配置支持直接测量具有高压瞬变的电流，而不会在电流传感器输出上产生信号失真。引线框导体在 25°C 时的标称电阻为 $1.8\text{m}\Omega$ ，并具有电气特性表中定义的典型正温度系数。

8.3.2 输入隔离

由于 TMCS1100-Q1 结构，输入导体和霍尔传感器裸片之间的分离提供了封装引脚 1-4 和引脚 5-8 之间的固有电隔离。绝缘能力是根据认证机构的定义，使用绝缘规格表中定义的业界通用测试方法定义的。器件寿命工作电压评估遵循基本绝缘的 VDE 0884-11 标准，要求时间依赖型电介质击穿 (TDDb) 数据预测故障率低于 1000ppm，并且绝缘寿命至少为 20 年。VDE 标准还要求工作电压有 20% 的额外安全裕度，绝缘寿命有 30% 的裕度，这意味着 TMCS1100-Q1 在 509V_{RMS} 下的最短要求寿命为 26 年。

图 8-1 展示了隔离栅在器件整个寿命期间承受高压应力的固有能力和 TDDb 数据，此类器件的固有能力和 424V_{RMS}，寿命超过 100 年。工作环境和污染程度等其他因素会进一步限制终端系统中元件的工作电压。

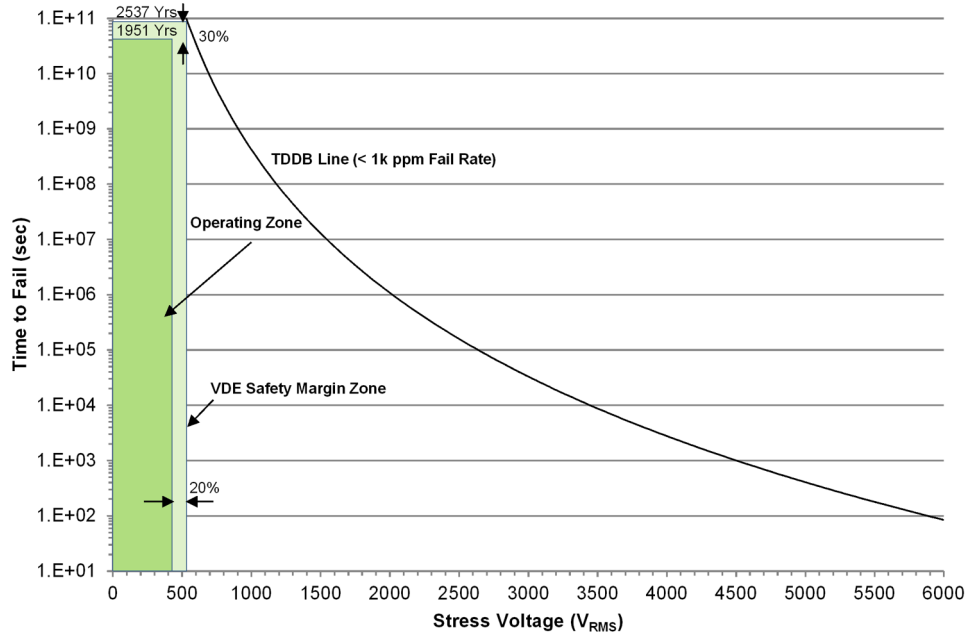


图 8-1. 绝缘寿命

8.3.3 高精度信号链

TMCS1100-Q1 使用具有专有传感器线性化技术的精密、低漂移信号链，可在器件的整个温度范围内提供高度精确和稳定的电流测量。该器件在工厂经过全面测试和校准，解决了器件或封装工艺偏差中的任何偏差。完整的信号链可提供固定灵敏度电压输出，该输出与通过隔离输入引线框的电流成正比。

8.3.3.1 温度稳定性

TMCS1100-Q1 包含专有的温度补偿技术，可显著改善整个温度范围内的参数漂移。该补偿技术考虑了环境温度、自发热和封装应力的变化。零漂移信号链架构和霍尔传感器温度稳定方法可实现稳定的灵敏度并最大限度地减少温度范围内的失调误差，并在所需的工作条件下显著提高系统级性能。

图 8-2 显示了整个器件环境温度范围内的失调电压误差。图 8-3 显示了典型的灵敏度。没有其他外部元件引入误差源；因此，随温度变化的高固有精度和稳定性直接转化为系统级性能。由于这种高精度，即使没有经过校准的系统也可以达到小于总误差 1% 的电流检测能力。

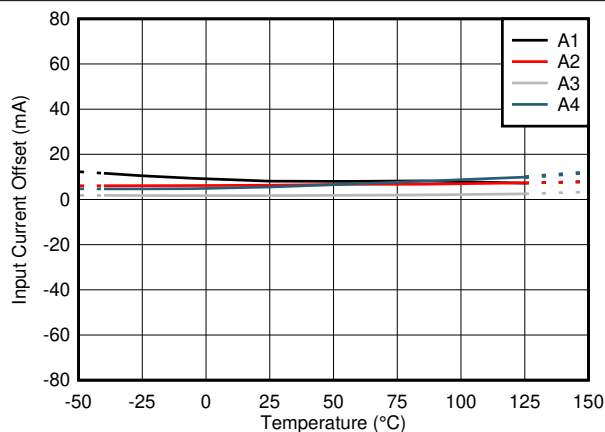


图 8-2. 整个温度范围内的失调误差漂移

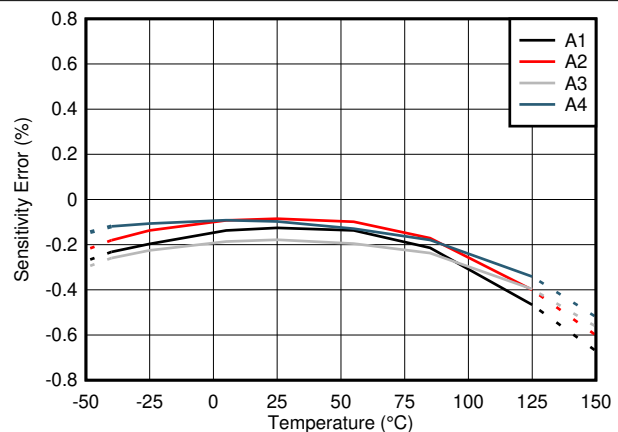


图 8-3. 整个温度范围内的灵敏度漂移

8.3.3.2 寿命和环境稳定性

TMCS1100-Q1 中用于降低温度漂移的相同补偿技术也大大降低了老化、应力和环境条件导致的寿命漂移。由于高工作温度下的老化现象，典型的磁传感器会遭受高达 2% 至 3% 的灵敏度漂移。TMCS1100-Q1 极大地改善了寿命漂移，[电气特性](#) 表针对在三次 AEC-Q100 认证期间在最坏情况应力测试后测量的总灵敏度误差进行了阐述。AEC-Q100 认证规定的所有其他应力测试产生的灵敏度误差低于指定的值，处于[电气特性](#)表中指定的范围内。图 8-4 显示了在进行最坏情况应力测试（即 130°C 和 85% 相对湿度 (RH) 条件下的高加速应力测试 (HAST)）后的总灵敏度误差，而图 8-5 和图 8-6 显示了在进行 AEC-Q100 规定的 1000 小时、125°C 高温工作寿命应力测试后的灵敏度和失调电压误差漂移。该测试模拟了典型的器件寿命操作，表明与典型的磁传感器相比，老化导致的可能的器件性能变化得到了极大的改善。

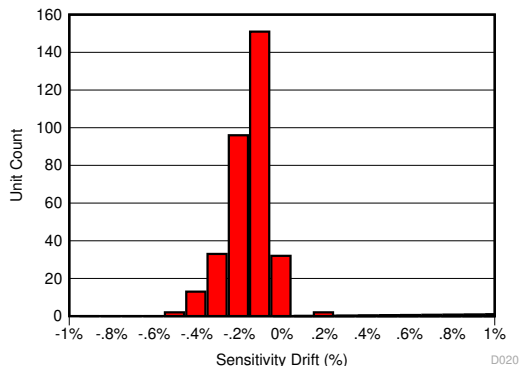


图 8-4. 130°C、85% RH HAST 后的灵敏度误差

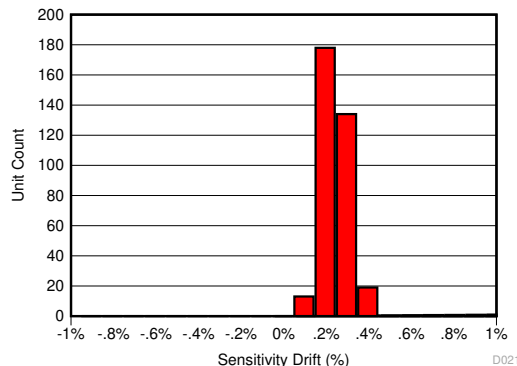


图 8-5. AEC-Q100 高温工作寿命应力测试后的灵敏度误差漂移

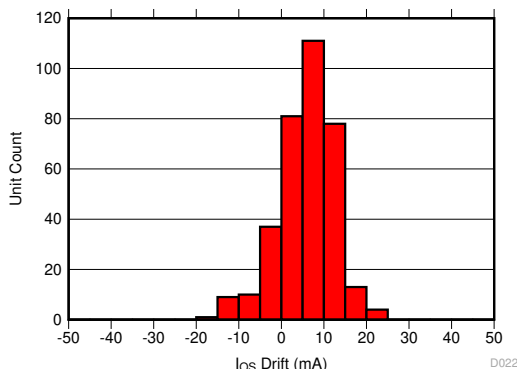


图 8-6. AEC-Q100 高温工作寿命应力测试后的以输入为基准的失调漂移

8.3.3.3 频率响应

TMCS1100-Q1 信号链由于离散时间采样而具有线性模拟系统中的非典型频谱响应。250kHz 的采样间隔意味着有效奈奎斯特频率为 125kHz，这将频谱响应限制在该频率以下。比该频率更高的频率成分会被混叠到更低的频谱中。

TMCS1100-Q1 带宽由受采样频率限制的整个信号链的 -3dB 频谱响应定义。下面的图 8-7 和图 8-8 展示了频率范围内的归一化增益和相位图，所有型号都具有相同的带宽和相位响应。超过 3dB 带宽水平的信号成分仍将通过信号链进行显著的基频传输，但失真水平会增加，如 所示。

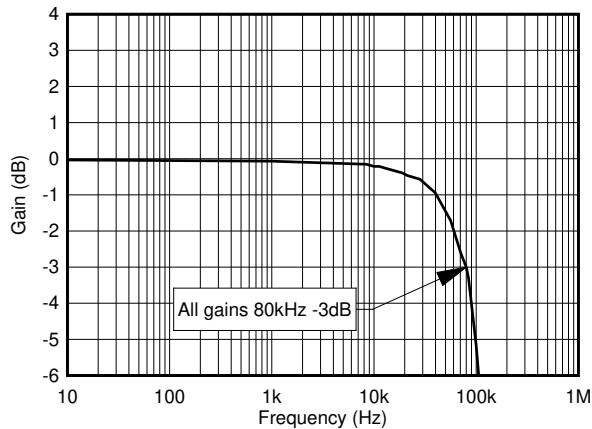


图 8-7. 归一化增益, 所有型号

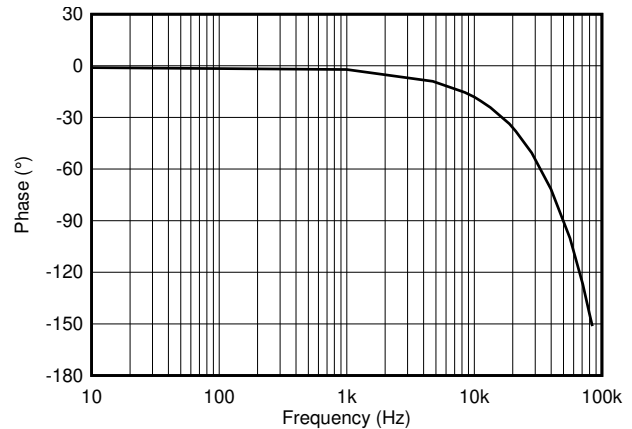


图 8-8. 归一化相位, 所有型号

8.3.3.4 瞬态响应

TMCS1100-Q1 信号链包括一个精密模拟前端, 后跟一个采样积分器。在每个积分周期结束时, 信号传播到输出端。输出可能要到第二个积分周期才能稳定到最终信号, 具体取决于输入电流变化相对于采样窗口的对齐情况。图 8-9 展示了对 10kHz 正弦波输入电流的典型输出波形响应。对于缓慢变化的输入电流信号, 输出是具有积分采样窗口相位延迟的离散时间表示。添加一个 100kHz 的一阶滤波器可有效地使输出波形变得平滑, 而对相位响应的影响极小。

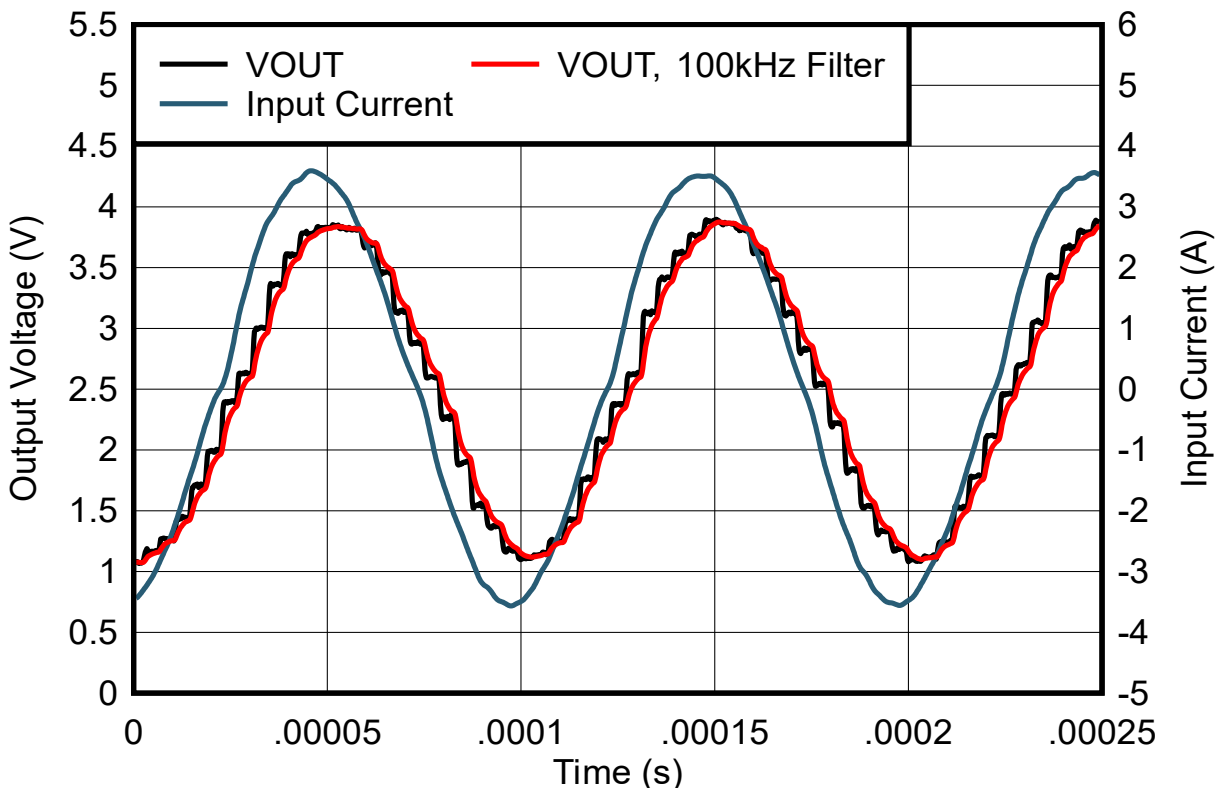


图 8-9. 对 10kHz 正弦波输入电流的响应行为

图 8-10 展示了一个输入电流阶跃事件的两个瞬态波形, 但这两个波形在采样间隙的不同时间发生。在这两种情况下, 输出的完整转换需要两个采样间隔才能达到最终输出值。当前事件相对于采样窗口的时序决定了第一个和第二个采样间隔的比例幅度。

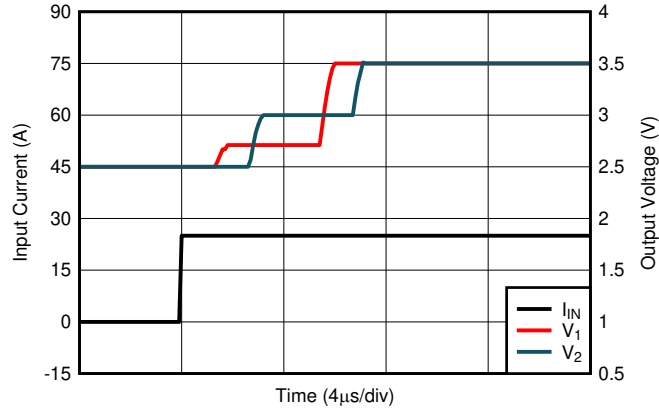


图 8-10. 对足以产生 1V 输出摆幅的输入电流阶跃的瞬态响应

输出值实际上是采样窗口的平均值；因此，足够大的电流瞬态可以在第一个采样响应中将输出电压驱动到接近满量程范围。在发生短路或故障事件的情况下，该条件很可能为真。图 8-11 展示了两倍于满量程可测量范围的输入电流阶跃，其中两个输出电压响应说明了采样窗口的影响。输入电流转换的相对时序和大小决定了第一次输出转换的时间和幅度。在任何一种情况下，总响应时间都略长于一个积分周期。

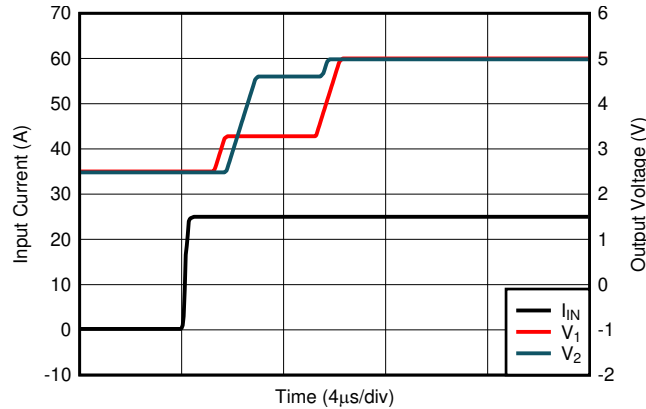


图 8-11. 对大输入电流阶跃的瞬态响应

8.3.4 外部基准电压输入

在 VREF 引脚上在外部向 TMCS1100-Q1 提供的基准电压决定了零电流输出电压 $V_{OUT,0A}$ 。该零电流输出电平和灵敏度决定了器件的可测量输入电流范围，并允许进行单向或双向检测，如绝对最大额定值表所述。图 8-12 说明了 TMCS1100A2-Q1 在不同的 V_{REF} 电压 0V、1.25V 和 2.5V 下的传递函数。通过改变器件的零电流输出电压，可以修改可测量输入电流的动态范围。

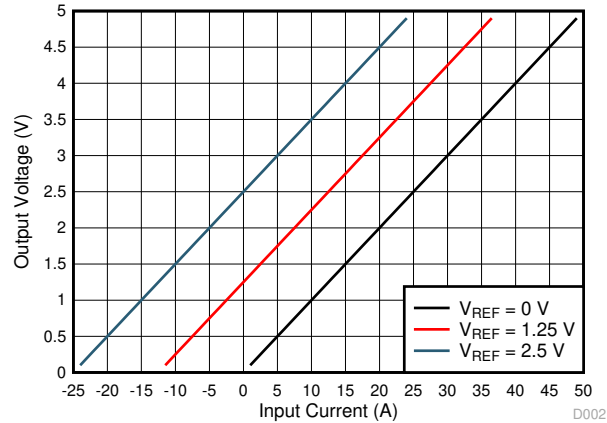


图 8-12. 不同 VREF 电压下输出电压与输入电流间的关系

该引脚上的输入电压可以由任何外部电压源或电位（例如分立式精密基准、分压器、ADC 基准或接地）提供。VREF 引脚由内部电路以大约 1MHz 的频率进行采样，然后进行缓冲并提供给器件的信号链。外部基准将观察到大概 1μA 的视在直流负载。为了防止由于采样趋稳而导致的误差，请将源阻抗保持在 [电气特性](#) 表中指定的水平以下。

8.3.5 电流检测可测量范围

可对 TMCS1100-Q1 进行配置，从而支持基于 VREF 引脚上的外部电压的双向或单向可测量电流范围。输出电压受到相对于电源或接地的 V_{OUT} 摆幅的限制。可以通过 [方程式 16](#) 和 [方程式 17](#) 来计算相对于 V_S 和 GND 的线性输出摆幅范围。

$$V_{OUT,max} = V_S - \text{Swing}_{VS} \quad (16)$$

$$V_{OUT,min} = \text{Swing}_{GND} \quad (17)$$

重新排列器件的传递函数可求解输入电流并代入 V_{OUT,max} 和 V_{OUT,min} 即可得出 [方程式 18](#) 和 [方程式 19](#) 所示的最大和最小可测量输入电流范围。

$$I_{IN,MAX+} = (V_{OUT,max} - V_{REF}) / S \quad (18)$$

$$I_{IN,MAX-} = (V_{REF} - V_{OUT,min}) / S \quad (19)$$

其中

- I_{IN,MAX+} 是最大线性可测量正输入电流。
- I_{IN,MAX-} 是最大线性可测量负输入电流。
- S 是器件型号的灵敏度。

将 V_{REF} 设置为输出摆幅范围的中间值可进行双向测量，而将 V_{REF} 设置为近地值可进行单向测量。通过适当调整相对于整个输出电压范围的 V_{REF} 电位可实现具有不均匀正负输入电流范围的自定义范围。

8.4 器件功能模式

8.4.1 断电行为

由于器件固有的电隔离，只要任何引脚都不超过 [绝对最大额定值](#) 表中的限值，几乎就不必考虑将器件断电。隔离电流输入和低压信号链可以在操作行为中解耦，因为只要不超过隔离栅能力，其中的任何一者都可以在另一者关闭的情况下通电。可以在隔离式输入仍连接到有源高压信号或系统时关闭低压电源。

9 应用和实现

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

TMCS1100-Q1 的主要特性集可在任何需要隔离式电流测量的应用中提供显著的优势。

- 电隔离提供高隔离工作电压和出色的输入电压瞬变抗扰度。
- 基于霍尔效应的测量简化了系统级设计，无需高压 (HV) 侧电源。
- 通过低阻抗导体的输入电流路径将功耗降至最低。
- 出色的精度和低温度漂移消除了对多点校准的需求，并且不会牺牲系统性能。
- 外部基准输入可更大限度地提高具有自定义动态范围的单向或双向测量的灵活性，并提高系统级精度。
- 宽工作电源电压范围使单个器件能够在很宽的电压电平范围内工作。

这些优势提高了系统级性能，同时更大限度地降低了任何必须对隔离电流进行精密电流测量的应用的复杂性。以下部分详细说明了具体示例和设计要求。

9.1.1 总误差计算示例

可以针对任意器件条件和电流电平计算总误差。考虑的误差源必须包括以输入为基准的失调电流、电源抑制、输入共模抑制、灵敏度误差、非线性、 V_{REF} 至 V_{OUT} 增益误差以及任何外部场引起的误差。有些误差源是误差的重要驱动因素，而有些则对当前误差的影响不大，因此应以百分比形式比较每一个误差源。失调电压 ([方程式 20](#))、 $CMRR$ ([方程式 22](#))、 $PSRR$ ([方程式 21](#))， V_{REF} 增益误差 ([方程式 23](#)) 和外部场误差 ([方程式 24](#)) 均以输入为基准，因此将其除以实际输入电流 I_{IN} 即可计算出百分比误差。对于灵敏度误差和非线性误差的计算，可以使用 [电气特性](#) 表中明确指定的百分比限值。

$$e_{I_{OS}}(\%) = \frac{I_{OS}}{I_{IN}} \quad (20)$$

$$e_{PSRR}(\%) = \left| \frac{\frac{PSRR * (V_S - 5)}{S}}{I_{IN}} \right| \quad (21)$$

$$e_{CMRR}(\%) = \left| \frac{CMRR * V_{CM}}{I_{IN}} \right| \quad (22)$$

$$e_{V_{REF}}(\%) = \left| \frac{\frac{RVRR * (V_{REF} - \frac{V_S}{2})}{S}}{I_{IN}} \right| \quad (23)$$

$$e_{B_{EXT}}(\%) = \left| \frac{\frac{B_{EXT}}{G}}{I_{IN}} \right| \quad (24)$$

在计算整个温度范围内的误差贡献时，只有输入失调电流和灵敏度误差贡献显著变化。若要确定给定温度范围 (ΔT) 内的失调误差，请使用 [方程式 25](#) 计算总失调误差电流。针对 -40°C 至 85°C 和 -40°C 至 125°C 都规定了灵敏度误差。必须根据应用工作环境温度范围使用相应的规格。

$$e_{I_{OS},\Delta T}(\%) = \frac{I_{OS,25^{\circ}\text{C}} + I_{OS,\text{drift}}\left(\frac{\mu\text{A}}{^{\circ}\text{C}}\right) \times \Delta T}{I_{IN}} \quad (25)$$

为了准确计算器件的总预期误差，必须参考工作条件来理解上述每个单独分量的贡献。为了考虑统计上不相关的各个误差源，必须使用平方和根 (RSS) 误差计算公式来计算总误差。对于 TMCS1100-Q1，只有以输入为基准的失调电流 (I_{OS})、CMRR 和 PSRR 具有统计相关性。这些误差项合并到 RSS 计算公式中从而反映该性质，如 [方程式 26](#) (对于室温) 和 [方程式 27](#) (对于给定的温度范围) 所示。通过使用适当的误差项规范，可以应用相同的方法来计算总误差的典型值。

$$e_{\text{RSS}}(\%) = \sqrt{(e_{I_{OS}} + e_{\text{PSRR}} + e_{\text{CMRR}})^2 + e_{V_{\text{REF}}}^2 + e_{B_{\text{EXT}}}^2 + e_S^2 + e_{\text{NL}}^2} \quad (26)$$

$$e_{\text{RSS},\Delta T}(\%) = \sqrt{(e_{I_{OS},\Delta T} + e_{\text{PSRR}} + e_{\text{CMRR}})^2 + e_{V_{\text{REF}}}^2 + e_{B_{\text{EXT}}}^2 + e_{S,\Delta T}^2 + e_{\text{NL}}^2} \quad (27)$$

总误差计算公式对实际输入电流有很强的依赖性；因此，应始终计算所需动态范围内的总误差。这些曲线在高电流电平下逐渐接近灵敏度和非线性误差，而在低电流电平下由于失调误差项与分母中的输入电流而接近无穷大。任何电流测量系统的关键品质因数都包括满量程电流下的总误差百分比，以及误差保持在某个关键水平以下的输入电流动态范围。[图 9-1](#) 说明了室温下以及整个温度范围内，TMCS1100A2 在 V_S 为 5V 时 RSS 最大总误差与输入电流的函数关系。

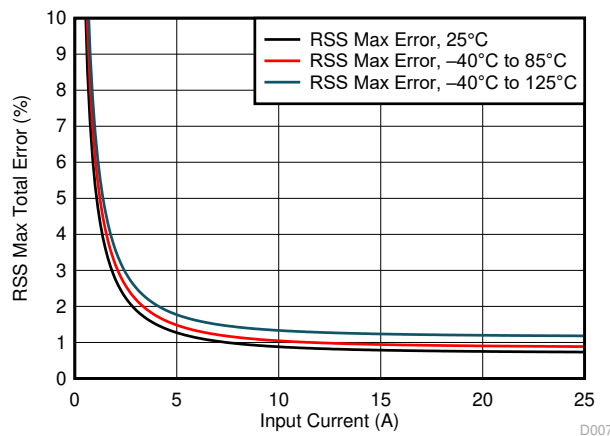


图 9-1. RSS 误差与输入电流间的关系

9.1.1.1 室温误差计算

对于室温总误差计算，应忽略温度和漂移规格。例如，假设有一个 TMCS1100-Q1 A1，其电源电压 (V_S) 为 3.3V， V_{REF} 为 1.5V，最坏情况共模偏移为 600V，可计算特定于工作点的参数。考虑由于 $30\mu\text{T}$ 的外部磁场引起的测量误差，大致相当于地球的磁场强度。器件在规定条件下的满量程电流范围略大于 28A；因此，可计算 25A 和 12.5A 的误差来突出误差对输入电流电平的依赖性。[表 9-1](#) 展示了在指定条件以及室温下的各个误差分量和 RSS 最大总误差计算式。相对于其他误差，来自 CMRR 的额外误差可以忽略不计，在计算总误差时通常不予考虑。

表 9-1. 总误差计算：室温示例

误差分量	符号	等式	I _{IN} = 25A 时的最大总误差百分比	I _{IN} = 12.5A 时的最大总误差百分比
输入失调电压误差	e _{IOS}	$e_{IOS}(\%) = \frac{I_{OS}}{I_{IN}}$	0.24%	0.48%
PSRR 误差	e _{PSRR}	$e_{PSRR}(\%) = \left \frac{\frac{PSRR * (V_S - 5)}{S}}{I_{IN}} \right $	0.27%	0.54%
CMRR 误差	e _{CMRR}	$e_{CMRR}(\%) = \left \frac{CMRR * V_{CM}}{I_{IN}} \right $	0.01%	0.02%
V _{REF} 误差	e _{VREF}	$e_{VREF}(\%) = \frac{\left \frac{RVRR * (V_{REF} - \frac{V_S}{2})}{S} \right }{I_{IN}}$	0.04%	0.08%
外部磁场误差	e _{BEXT}	$e_{BEXT}(\%) = \frac{\left \frac{B_{EXT}}{G} \right }{I_{IN}}$	0.11%	0.22%
灵敏度误差	e _S	在 电气特性 中指定	0.7%	0.7%
非线性误差	e _{NL}	在 电气特性 中指定	0.05%	0.05%
RSS 总误差	e _{RSS}	$e_{RSS}(\%) = \sqrt{e_{IOS}^2 + e_{PSRR}^2 + e_{CMRR}^2 + e_{VREF}^2 + e_{BEXT}^2 + e_S^2 + e_{NL}^2}$	0.88%	1.28%

9.1.1.2 整个温度范围内的误差计算

若要计算任何特定温度范围内的总误差，必须使用 [方程式 26](#) 和 [方程式 27](#) 来计算 RSS 最大总误差，这与室温示例类似。[室温误差计算](#)中示例的条件已替换为下面的表 9-2 中 -40°C 至 85°C 温度范围的相应公式和误差分量。

表 9-2. 总误差计算：-40°C 至 85°C 示例

误差分量	符号	等式	I _{IN} = 25A 时的最大总误差百分比	I _{IN} = 12.5A 时的最大总误差百分比
输入失调电压误差	e _{IOS, ΔT}	$e_{IOS, \Delta T}(\%) = \frac{I_{OS, 25^\circ C} + I_{OS, drift} \left(\frac{\mu A}{^\circ C} \right) \times \Delta T}{I_{IN}}$	0.28%	0.56%
PSRR 误差	e _{PSRR}	$e_{PSRR}(\%) = \left \frac{\frac{PSRR * (V_S - 5)}{S}}{I_{IN}} \right $	0.27%	0.54%
CMRR 误差	e _{CMRR}	$e_{CMRR}(\%) = \left \frac{CMRR * V_{CM}}{I_{IN}} \right $	0.01%	0.02%

表 9-2. 总误差计算：-40°C 至 85°C 示例（续）

误差分量	符号	等式	I _{IN} = 25A 时的最大总误差百分比	I _{IN} = 12.5A 时的最大总误差百分比
V _{REF} 误差	e _{VREF}	$e_{V_{REF}}(\%) = \frac{\left \frac{RVRR * (V_{REF} - \frac{V_S}{2})}{S} \right }{I_{IN}}$	0.04%	0.08%
外部磁场误差	e _{Bext}	$e_{B_{EXT}}(\%) = \frac{\left \frac{B_{EXT}}{G} \right }{I_{IN}}$	0.11%	0.22%
灵敏度误差	e _{S, ΔT}	在 电气特性 中指定	0.85%	0.85%
非线性误差	e _{NL}	在 电气特性 中指定	0.05%	0.05%
RSS 总误差	e _{RSS, ΔT}	$e_{RSS, \Delta T}(\%) = \sqrt{\left(e_{OSAT} + e_{PSRR} + e_{CMRR} \right)^2 + e_{V_{REF}}^2 + e_{B_{EXT}}^2 + e_{S, \Delta T}^2 + e_{NL}^2}$	1.03%	1.43%

9.2 典型应用

电感负载电流（例如电机相位）的内嵌式检测为控制系统带来了显著的性能优势，能够以极少的后处理实现先进的控制算法和诊断。内嵌式检测面临的主要挑战是电流传感器受到驱动负载的全高压电源电平 PWM 瞬态的影响。封装内霍尔效应电流传感器拓扑的固有隔离有助于应对该挑战，能够提供高共模抗扰度以及高压电机驱动电平和低压控制电路之间的隔离。图 9-2 说明了 TMCS1100-Q1 在此类应用中的使用，驱动由三相电机提供的电感负载。

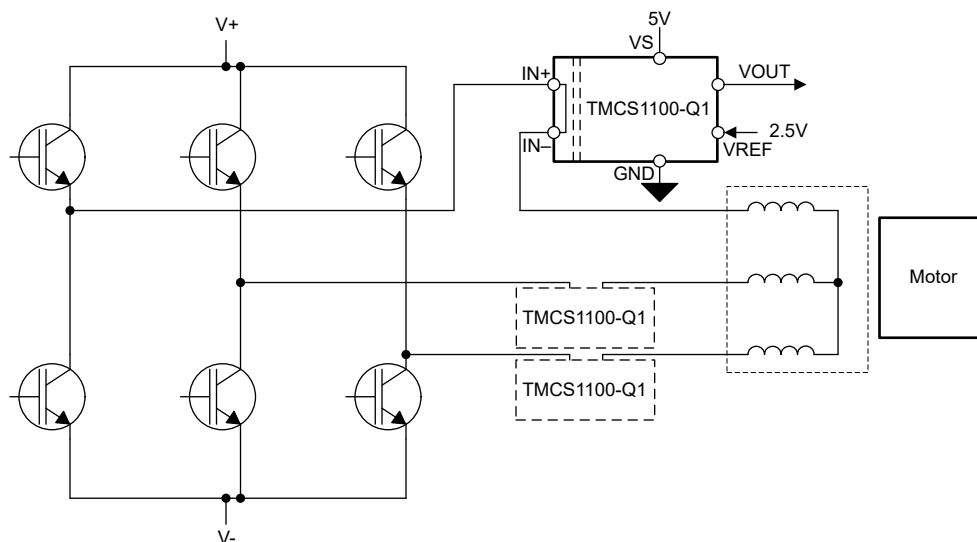


图 9-2. 内嵌式电机相电流检测

9.2.1 设计要求

对于三相电机应用的电流检测，要确保在预期电流范围内提供线性感测，并确保器件处于工作热约束范围内。可以为每个相位使用一个 TMCS1100-Q1，或者可以测量两个相位，并在电机控制器主机处理器上计算第三个相位。对于该示例，考虑 5V 的标称电源，但对于某些电源变化，至少要包含 4.9V。最大输出摆幅根据 TMCS1100-Q1 规格定义，并且需要 $\pm 20A$ 的满量程电流测量。

表 9-3. 示例应用设计要求

设计参数	示例值
$V_{S,nom}$	5V
$V_{S,min}$	4.9V
$I_{IN,FS}$	$\pm 20A$

9.2.2 详细设计过程

TMCS1100-Q1 应用设计过程有两个关键设计参数：所选的灵敏度版本 (A1-A4) 和基准电压输入。可以进一步考虑噪声和与 ADC 的集成，但这超出了本应用设计示例的范围。TMCS1100-Q1 传递函数实际上是一个跨阻，其可变失调电压由 V_{REF} 设置，后者由 [方程式 28](#) 定义。

$$V_{OUT} = I_{IN} \times S + V_{REF} \quad (28)$$

检测器件的设计首先侧重于更大幅度地提高器件的灵敏度，同时在预期的电流输入范围内保持线性测量。线性输出电压范围受 TMCS1100-Q1 相对于接地的线性摆幅（摆幅_{GND}）和相对于电源的摆幅（摆幅_{VS}）的限制。使用上述参数，最大线性输出电压范围是在 $V_{OUT,max}$ 和 $V_{OUT,min}$ 之间的范围，由 [方程式 29](#) 和 [方程式 30](#) 进行定义。

$$V_{OUT,max} = V_{S,min} - \text{Swing}_{V_S} \quad (29)$$

$$V_{OUT,min} = \text{Swing}_{GND} \quad (30)$$

对于双向电流检测应用，从 V_{REF} 至地和电源都需要有足够的线性输出电压范围。[表 9-4](#) 展示了该示例应用的设计参数以及计算得出的输出范围。

表 9-4. 示例应用设计参数

设计参数	示例值
摆幅 _{VS}	0.2V
摆幅 _{GND}	0.05V
$V_{OUT,max}$	4.7V
$V_{OUT,min}$	0.05V
$V_{OUT,max} - V_{OUT,min}$	4.65V

这些设计参数可产生 4.65V 的最大线性输出电压摆幅。若要确定 TMCS1100-Q1 的哪个灵敏度型号能够最充分地利用该线性范围，请通过 [方程式 31](#) 和 [方程式 32](#) 分别计算单向电流 ($I_{U,MAX}$) 和双向电流 ($I_{B,MAX}$) 的最大电流范围。

$$I_{U,MAX} = \frac{V_{OUT,max} - V_{OUT,min}}{S_{A<X>}} \quad (31)$$

$$I_{B,MAX} = \frac{V_{OUT,max} - V_{OUT,min}}{2 \times S_{A<X>}} \quad (32)$$

其中

- $S_{A<X>}$ 为相关 A1-A4 型号的灵敏度。

[表 9-5](#) 显示了具有相应灵敏度的 TMCS1100-Q1 的每个增益型号的此类计算。

表 9-5. 具有 4.65V 输出范围的最大满量程电流范围

灵敏度型号	灵敏度	$I_{U,MAX}$	$I_{B,MAX}$
TMCS1100A1-Q1	50mV/A	93A	±46.5A
TMCS1100A2-Q1	100mV/A	46.5A	±23.2A
TMCS1100A3-Q1	200mV/A	23.2A	±11.6A
TMCS1100A4-Q1	400mV/A	11.6A	±5.8A

通常，选择可提供所需满量程电流范围的最高灵敏度型号。对于本示例中的设计参数，适合选择灵敏度为 0.1V/A 的 TMCS1100A2-Q1，因为计算得出的最大线性可测量范围 $\pm 23.2\text{A}$ 足以满足所需的 $\pm 20\text{A}$ 满量程电流要求。

为应用选择合适的灵敏度型号后，可定义由 V_{REF} 输入引脚定义的零电流基准电压。通过操作 方程式 28 和使用由 $V_{\text{OUT,max}}$ 和 $V_{\text{OUT,min}}$ 定义的线性范围以及满量程输入电流 $I_{\text{IN,FS}}$ ，计算允许保持在线性测量范围内的最大和最小 V_{REF} 电压，如方程式 33 和方程式 34 所示。

$$V_{\text{REF,max}} = V_{\text{OUT,max}} - |I_{\text{IN,FS}}| \times S \quad (33)$$

$$V_{\text{REF,min}} = V_{\text{OUT,min}} + |I_{\text{IN,FS}}| \times S \quad (34)$$

V_{REF} 的任何值都可以在 $V_{\text{REF,max}}$ 和 $V_{\text{REF,min}}$ 之间选择，从而保持所需的线性检测范围。如果允许的 V_{REF} 范围不够宽或不包括所需的 V_{REF} 电压，则必须使用 TMCS1100-Q1 的较低灵敏度型号进行重复分析。通过使用所选的 V_{REF} 电压和最大线性电压范围（如方程式 35 和方程式 36 所示）可操作 方程式 28 从而求解任一方向上的最大允许电流。

$$I_{\text{MAX+}} = \frac{V_{\text{OUT,max}} - V_{\text{REF}}}{S} \quad (35)$$

$$I_{\text{MAX-}} = \frac{V_{\text{OUT,min}} - V_{\text{REF}}}{S} \quad (36)$$

表 9-6 显示了表 9-4 中示例设计参数的相应值。在这种情况下，选择了 2.5V 的 V_{REF} ，这样可使零电流输出为标称电源的一半。该示例 V_{REF} 设计值提供 -24.5A 至 $+22\text{A}$ 的线性输入电流检测范围，正电流定义为流入 IN+ 引脚的电流。

表 9-6. V_{REF} 限制和相关电流范围示例

参考参数	示例值	最大线性电流检测范围	
		$I_{\text{MAX+}}$	$I_{\text{MAX-}}$
$V_{\text{REF,min}}$	2.05V	26.5A	-20A
$V_{\text{REF,max}}$	2.7V	20A	-26.5A
所选 V_{REF}	2.5V	22A	-24.5A

为应用设计选择 V_{REF} 后，必须定义适当的源。可有多种实现方式，但可能包括：

- 来自电源电压的电阻分压器
- 来自 ADC 满量程基准的电阻分压器
- 专用或预先存在的电压基准 IC
- 来自系统微控制器的 DAC 或基准电压

每一个选项都有优势，必须权衡每个实现方式的误差项、噪声、简易性和成本。在当前设计示例中，这些选项中的任何一个都可能可用，因为 $2.5V$ V_{REF} 是电源的中轨，这是一种通用 IC 基准电压，并且可能已经在系统中提供。如果当前应用设计的主要考虑事项是最大限度地提高精度，同时最大限度地降低温度漂移和噪声，则必须选择专用电压基准。在这种情况下，可以选择 **LM4030C-2.5** 来优化系统精度，而不会显著增加成本。图 9-3 描述了所介绍的电流检测系统设计。

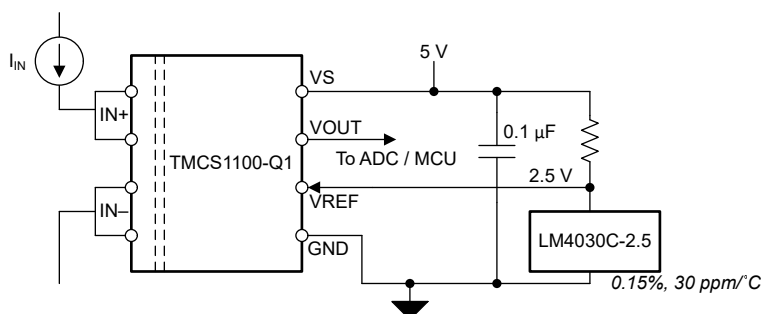


图 9-3. TMCS1100-Q1 电流检测系统设计示例

9.3 电源相关建议

TMCS1100-Q1 仅在低压隔离侧需要一个电源 (V_S)，该电源独立于隔离式电流输入来为模拟电路供电。 V_S 决定了模拟输出 V_{OUT} 的满量程输出范围，可提供在 $3V$ 到 $5.5V$ 之间的任何电压。为了滤除电源路径中的噪声，应在 V_S 和 GND 引脚之间放置一个容值为 $0.1\mu F$ 的低 ESR 去耦电容器，其位置应尽可能靠近器件的电源和接地引脚。为了补偿高噪声或高阻抗电源，应增加更多去耦电容。

TMCS1100-Q1 电源 V_S 可以独立于流过输入的电流进行定序。然而，在 V_S 达到建议的工作电压与模拟输出有效之间存在 $25ms$ 延迟（典型值）。在该延迟内， V_{OUT} 从高阻抗状态转换为主动驱动状态，在此期间，输出电压可在 GND 和 V_S 之间转换。如果必须避免这种行为，则必须在施加输入电流之前为 V_S 提供超过 $25ms$ 的稳定电源电压。

9.4 布局

9.4.1 布局指南

TMCS1100-Q1 可以在 **TMCS1100EVM** 上提供持续电流处理能力，该评估模块使用 $3oz$ 覆铜平面。这种电流能力从根本上受到最大器件结温和热环境的限制，主要是 PCB 布局和设计。为了最大限度地提高器件的电流处理能力和热稳定性，请注意 PCB 布局 and 结构以优化热性能。在 **TMCS1100EVM** 的设计和构造之外，努力提升热性能可以提高持续电流能力，因为到周围环境的热传递更高。提高 PCB 热性能的要点包括：

- 针对输入电流路径以及隔离的电源平面和信号使用大型铜平面。
- 使用较重的铜 PCB 结构。
- 通过分布在隔开的电流输入周围的散热过孔进行散热。
- 在 PCB 表面提供气流。

TMCS1100-Q1 可感测到外部磁场，因此请确保尽量减少靠近器件的相邻高电流引线。如果输入电流引线平行于封装的垂直轴，则输入电流引线可能为传感器添加额外的磁场。图 9-4 说明了进入 TMCS1100-Q1 的最佳输入电流布线。当电流接近器件的角度发生从 0° 至水平轴的偏离时，电流引线会为传感器添加一些额外的磁场，从而提高器件的有效灵敏度。如果电流必须平行于封装垂直轴，则应将布线远离封装，以最大限度地减少对器件灵敏度的影响。将输入电流路径直接端接在封装引线占位的下方，并为 IN+ 和 IN- 输入使用合并的铜输入引线。

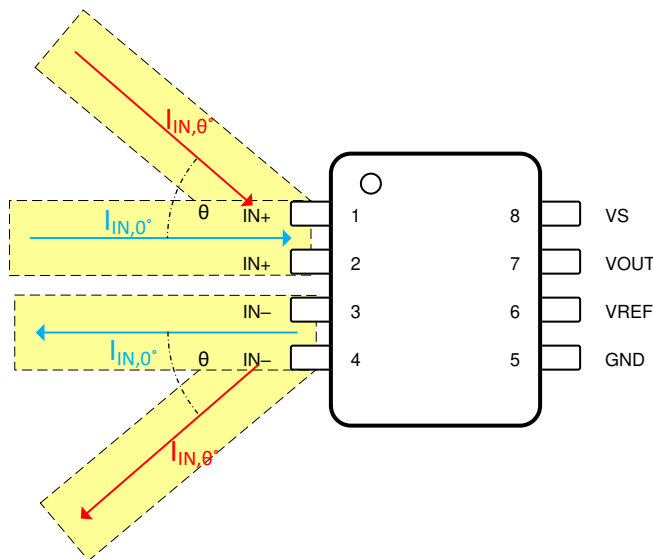


图 9-4. 输入电流引线产生的磁场

除了热和磁优化之外，请务必考虑 PCB 设计所需的爬电距离和间隙，以满足系统级隔离要求。如果可能，保持焊接模板之间所需的爬电距离，如图 9-5 所示。如果无法在板级保持两个隔离侧之间所需的 PCB 爬电距离，请在板上添加额外的插槽或凹槽。如果系统隔离级别所需的爬电距离和间隙比封装提供的更多，则可以使用二次成型化合物来封装整个器件和阻焊层以满足系统级要求。

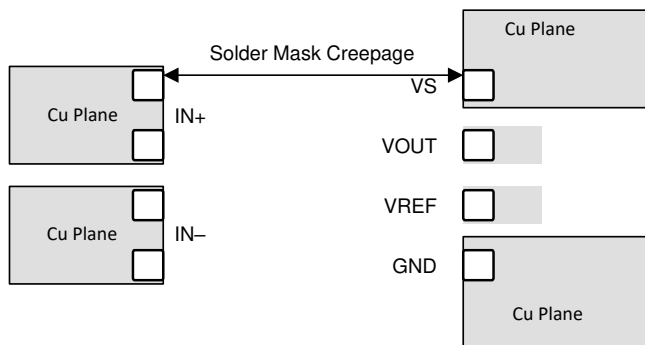


图 9-5. 满足系统爬电要求的布局

9.4.2 布局示例

图 9-6 中显示的示例布局来自 TMCS1100EVM 器件性能针对该布局的热和磁特性，提供从终端连接器到器件输入引脚的最佳电流，同时大型铜平面增强了热性能。

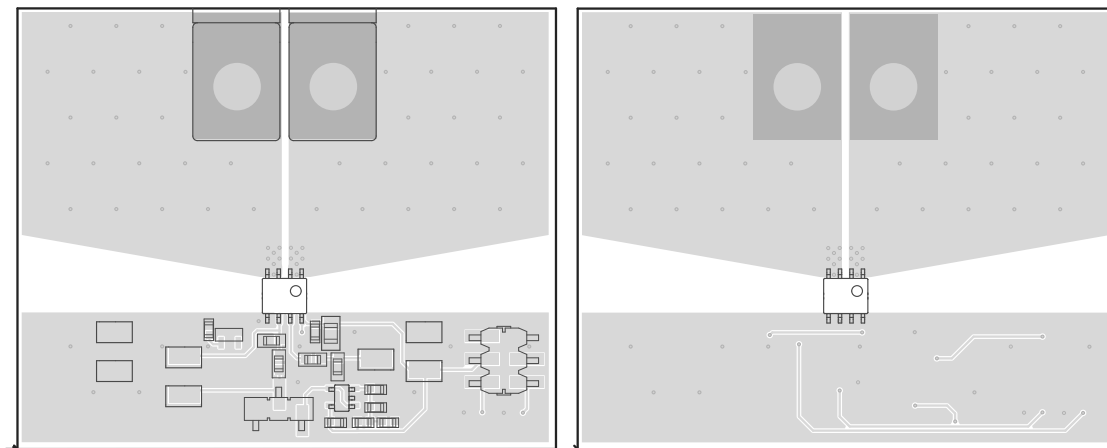


图 9-6. 建议的板顶部 (左侧) 和底部 (右侧) 平面布局

10 器件和文档支持

10.1 器件支持

10.1.1 开发支持

要获得开发工具支持，请参阅以下文档：

- [TMCS1100EVM](#)
- [TMCS1100 TI-TINA 模型](#)
- [TMCS1100 TINA-TI 参考设计](#)

10.2 文档支持

10.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，[TMCS1100EVM 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI)，[使用非比例式磁性电流传感器进行精密电流感测设计](#)
- 德州仪器 (TI)，[低漂移、高精度、内嵌式隔离磁性电机电流测量](#)
- 德州仪器 (TI)，[隔离相关术语](#)

10.3 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。

10.4 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](#)。

10.5 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。

10.6 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。

10.7 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。

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 * (June 2021) to Revision A (June 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
• 将启动瞬态响应图的 X 轴从：时间 (5μs/格) 更改为：时间 (5ms/格)	10

12 机械、封装和可订购信息

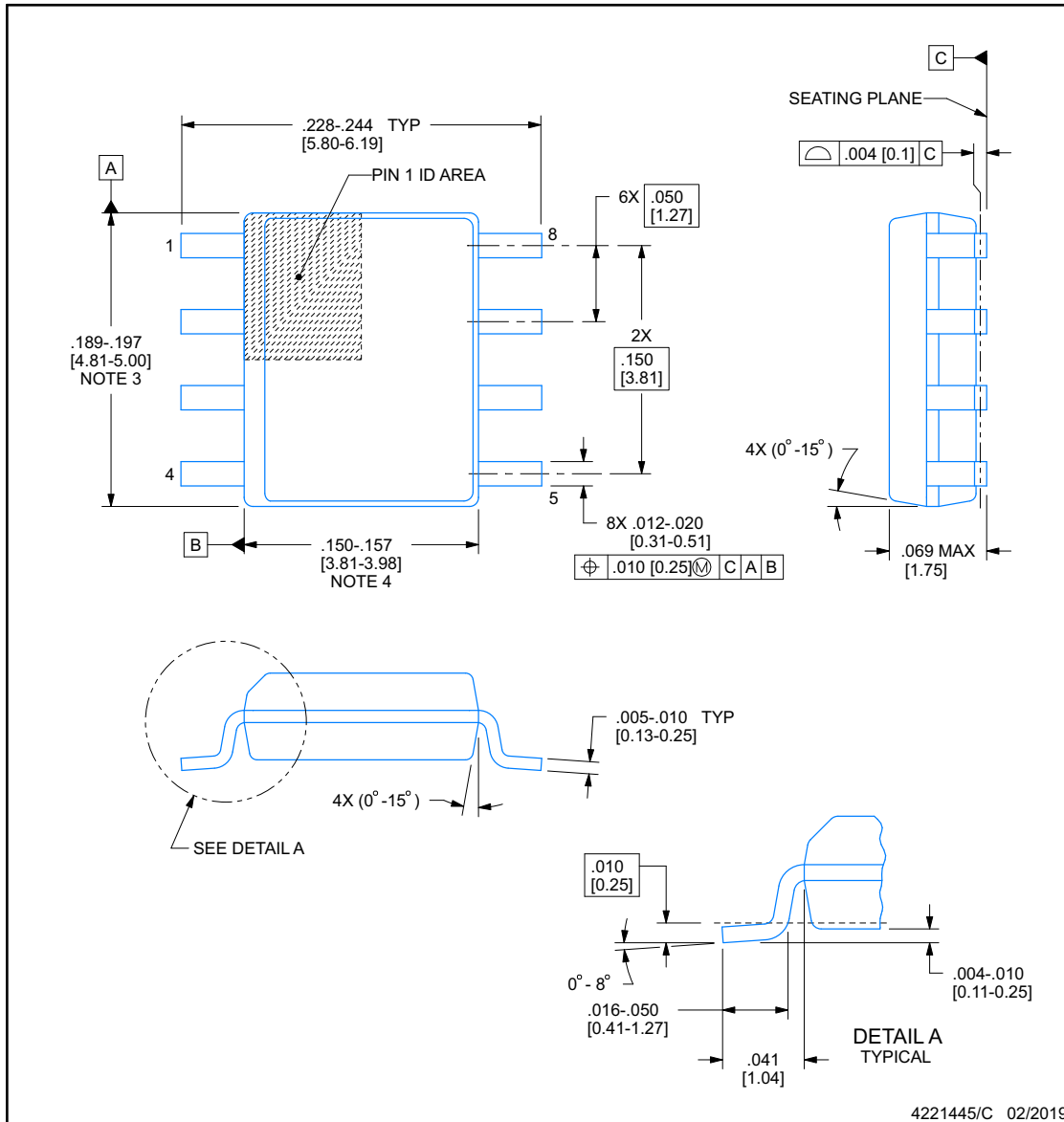
下述页面包含机械、封装和订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。



D0008B

PACKAGE OUTLINE
SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT

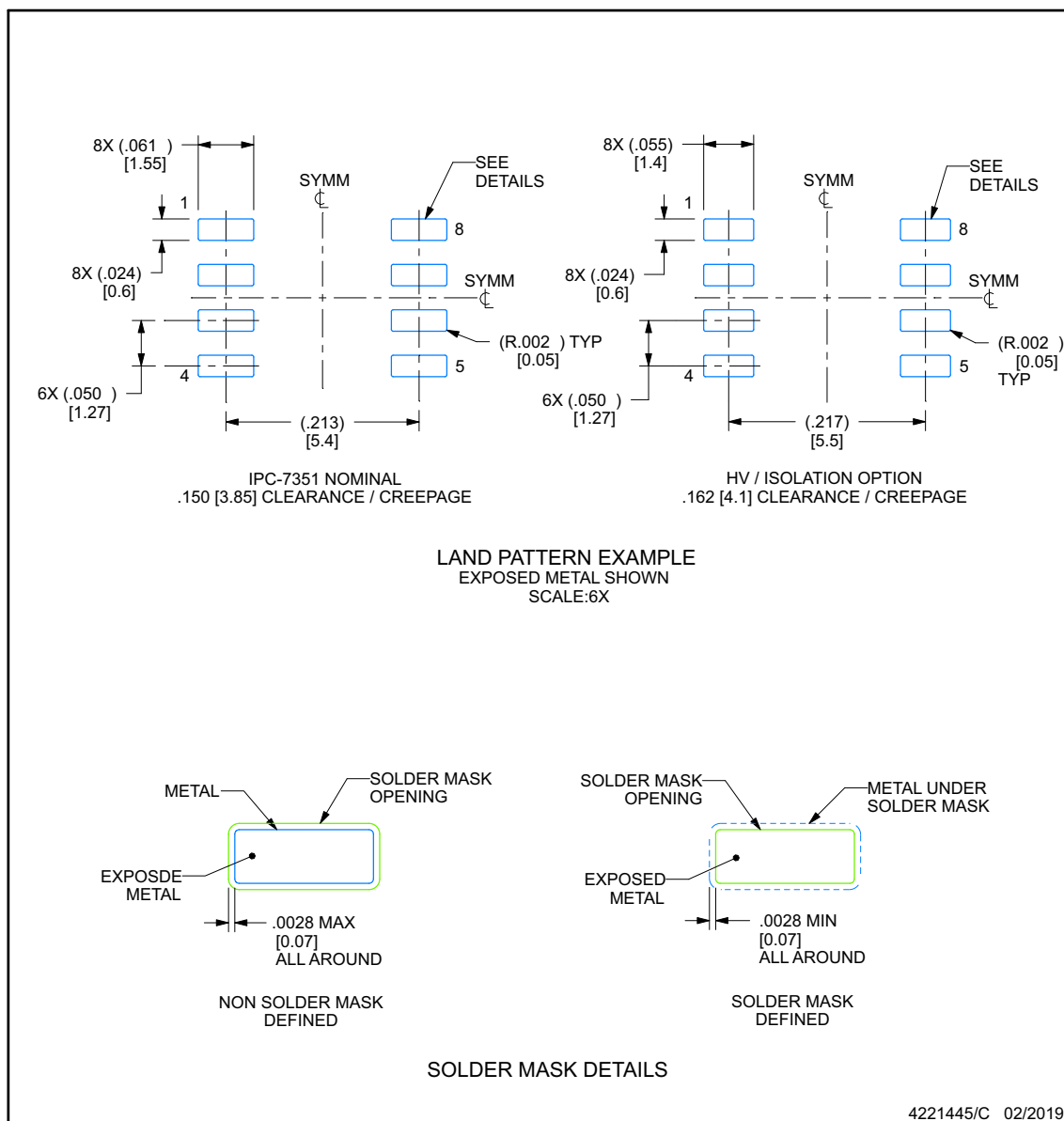


NOTES:

1. Linear dimensions are in inches [millimeters]. Dimensions in parenthesis are for reference only. Controlling dimensions are in inches. 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 .006 [0.15], per side.
4. This dimension does not include interlead flash.
5. Reference JEDEC registration MS-012, variation AA.

EXAMPLE BOARD LAYOUT**D0008B****SOIC - 1.75 mm max height**

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



4221445/C 02/2019

NOTES: (continued)

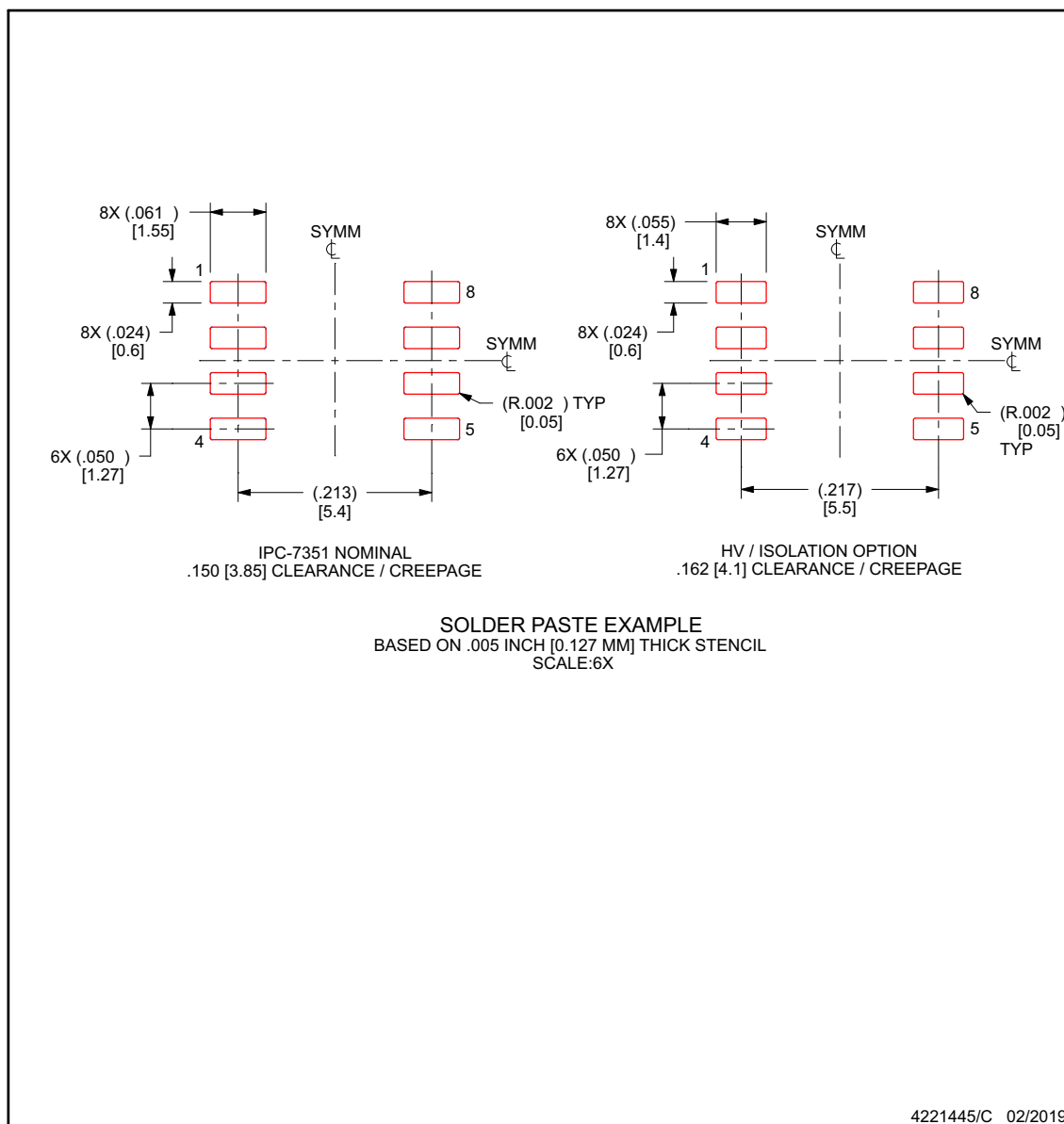
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

D0008B

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



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.

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)
TMCS1100A1QDRQ1	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	Q100A1
TMCS1100A1QDRQ1.A	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	Q100A1
TMCS1100A2QDRQ1	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	Q100A2
TMCS1100A2QDRQ1.A	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	Q100A2
TMCS1100A3QDRQ1	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	Q100A3
TMCS1100A3QDRQ1.A	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	Q100A3
TMCS1100A4QDRQ1	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	Q100A4
TMCS1100A4QDRQ1.A	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	SN	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	Q100A4

⁽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.

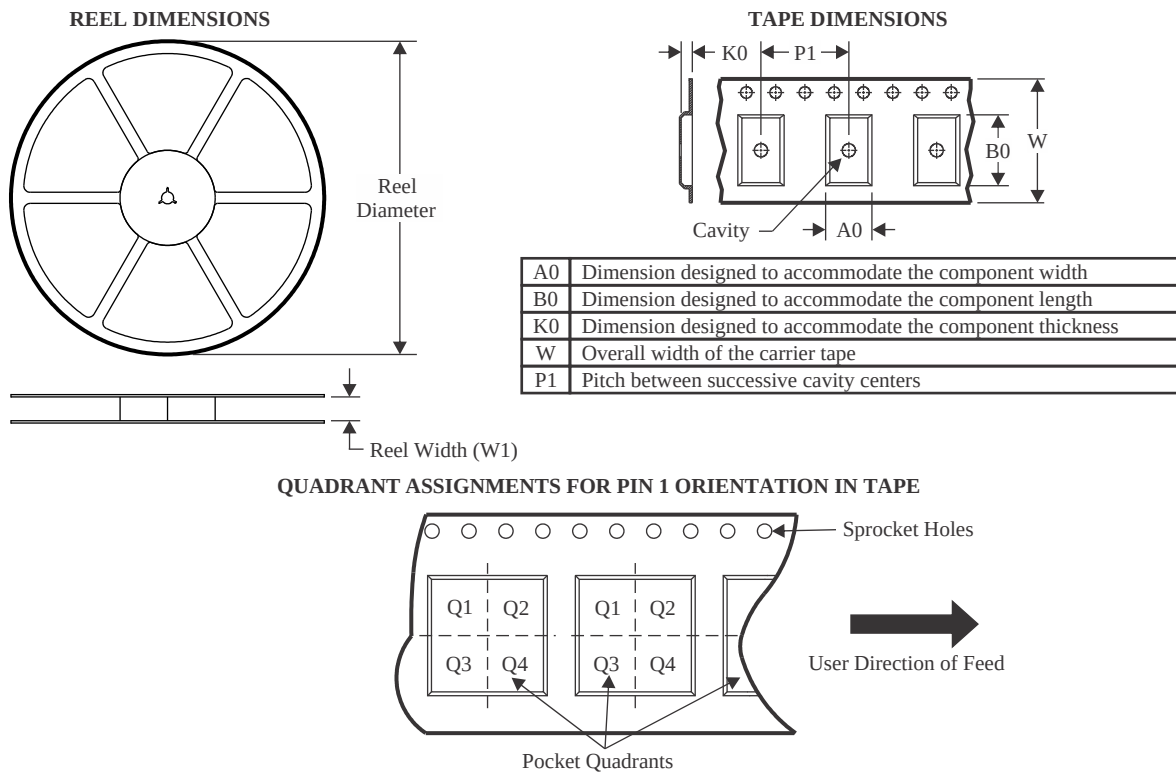
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF TMCS1100-Q1 :

- Catalog : [TMCS1100](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

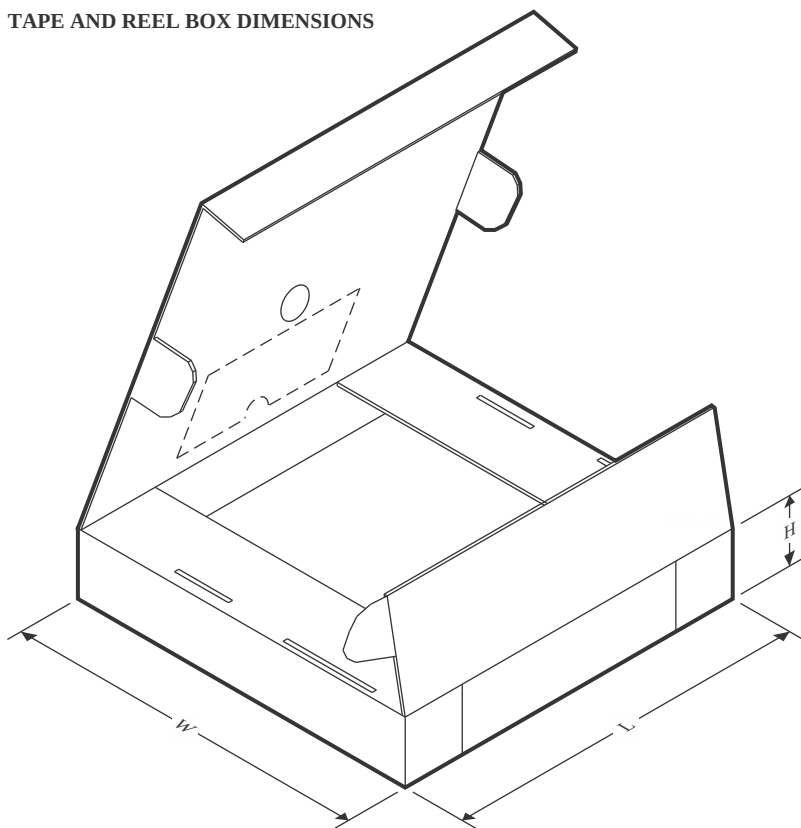
- Catalog - TI's standard catalog product

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
TMCS1100A1QDRQ1	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
TMCS1100A2QDRQ1	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
TMCS1100A3QDRQ1	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
TMCS1100A4QDRQ1	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	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)
TMCS1100A1QDRQ1	SOIC	D	8	2500	350.0	350.0	43.0
TMCS1100A2QDRQ1	SOIC	D	8	2500	350.0	350.0	43.0
TMCS1100A3QDRQ1	SOIC	D	8	2500	350.0	350.0	43.0
TMCS1100A4QDRQ1	SOIC	D	8	2500	350.0	350.0	43.0

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司