

TMAG5173-Q1 具有 I²C 接口的高精度 3D 霍尔效应传感器

1 特性

- 高精度线性 3D 霍尔效应传感器，可优化位置检测速度和精度：
 - 灵敏度室温误差，X、Y、Z 轴： $\pm 2.5\%$ (最大值)
 - X 与 Y 轴之间的灵敏度失配温漂： $\pm 2\%$ (最大值)
 - X-Y 角度测量室温误差： $\pm 1.1^\circ$ (最大值)
 - X-Y 角度测量温漂： $\pm 1.2^\circ$ (最大值)
 - 20kSPS 单轴转换率
- 符合功能安全标准：
 - 专为功能安全应用开发
 - [可帮助进行 ISO 26262 系统设计的文档](#)
 - 系统可满足 ASIL D 级要求
 - 硬件完整性高达 ASIL B 或 SIL 2 级
- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准：
 - 温度等级 1：-40°C 至 125°C
- 可配置的电源模式，包括：
 - 8nA (典型值) 睡眠模式电流
- X、Y 或 Z 轴上的线性磁场范围可选：
 - TMAG5173x1-Q1： $\pm 40\text{mT}$ 、 $\pm 80\text{mT}$
 - TMAG5173x2-Q1： $\pm 133\text{mT}$ 、 $\pm 266\text{mT}$
- 来自用户定义的磁性和温度阈值交叉的中断信号
- 可配置的单极和全极开关功能
- 具有增益和偏轴调节的集成角 CORDIC 计算
- 用于降低噪声的可配置均值滤波器
- 具有循环冗余校验 (CRC) 功能的 I²C 接口：
 - 最大 1MHz I²C 时钟速度
- 由 I²C 或专用 $\overline{\text{INT}}$ 引脚触发转换
- 多种磁体类型的集成温度补偿
- 内置温度传感器
- 2.3V 至 3.6V 电源范围
- I²C 和 $\overline{\text{INT}}$ 引脚容差：5.5V (最大值)

2 应用

- [转向柱控制](#)
- [方向盘控制](#)
- [换挡系统](#)
- [电动自行车](#)
- [传动器](#)
- [车门模块](#)
- [电动座椅](#)
- [磁接近开关](#)

3 说明

TMAG5173-Q1 是低功耗线性 3D 霍尔效应传感器，适用于各种汽车类和工业应用。此器件在 X、Y 和 Z 轴集成三个独立的霍尔效应传感器。精密模拟信号链支持需要极小设计容差的应用。集成的安全机制可实现稳健的功能安全系统设计。该器件可用于 1D 线性测量、2D 角度测量、3D 游戏手柄测量、磁性阈值交叉检测和多种用户可配置的开关功能应用。数字滤波器选项允许高达 32 倍的传感器数据集成，从而提高噪声性能。支持多个工作 V_{CC} 范围时，I²C 接口可确保使用微控制器实现无缝的数据通信。该器件集成了温度传感器，可用于多种系统功能，例如给定磁场的热预算检查或温度补偿计算。

TMAG5173-Q1 支持多种工作模式 (包括唤醒模式和睡眠模式)，以优化系统功耗和运行速度。在活动模式下，该器件会自主执行连续转换。在待机模式下，微控制器可以使用 $\overline{\text{INT}}$ 引脚或 I²C 通信来触发新的转换。在睡眠模式下，该器件消耗超低功耗并保留配置寄存器值。

集成角度计算引擎 (CORDIC) 为同轴和离轴拓扑提供完整的 360° 角度位置信息以及 1/16 度的角度分辨率。根据用户配置寄存器选择，对任何 X-Y、Y-Z 或 Z-X 平面执行角度计算。该器件具有磁增益和偏轴校正功能，可减轻系统机械误差源的影响。

可以通过用户寄存器配置 TMAG5173-Q1，以实现磁轴和温度通道转换的任意组合。该器件支持多个 I²C 读取帧以及循环冗余校验和诊断状态通信。



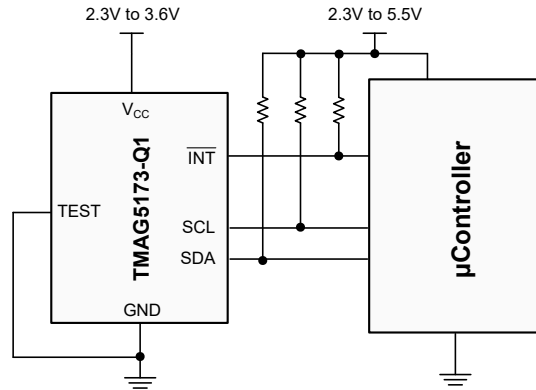
TMAG5173-Q1 具有四个不同的出厂编程 I²C 地址。通过修改用户可配置的 I²C 地址寄存器，该器件还支持其他 I²C 地址。每个可订购器件可配置为选择在系统校准期间适合磁体强度和元件放置的两个磁场范围之一。

该器件在 -40°C 至 +125°C 的宽环境温度范围内能够保持稳定一致的优异性能。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
TMAG5173-Q1	DBV (SOT-23, 6)	2.9mm × 2.8mm

- (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 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



应用方框图

内容

1 特性	1	6.2 功能方框图	13
2 应用	1	6.3 特性说明	14
3 说明	1	6.4 器件功能模式	19
4 引脚配置和功能	4	6.5 编程	21
5 规格	5	6.6 TMAG5173-Q1 寄存器	30
5.1 绝对最大额定值	5	7 应用和实施	43
5.2 ESD 等级	5	7.1 应用信息	43
5.3 建议运行条件	5	7.2 典型应用	47
5.4 热性能信息	5	7.3 优秀设计实践	51
5.5 电气特性	6	7.4 电源相关建议	51
5.6 温度传感器	6	7.5 布局	52
5.7 A1、B1、C1、D1 的磁特性	8	8 器件和文档支持	53
5.8 A2、B2、C2、D2 的磁特性	9	8.1 文档支持	53
5.9 磁温度补偿特性	10	8.2 接收文档更新通知	53
5.10 I ² C 接口时序	11	8.3 支持资源	53
5.11 上电时序	11	8.4 商标	53
5.12 时序图	12	8.5 静电放电警告	53
5.13 典型特性	12	8.6 术语表	53
6 详细说明	13	9 修订历史记录	53
6.1 概述	13	10 机械、封装和可订购信息	54

4 引脚配置和功能

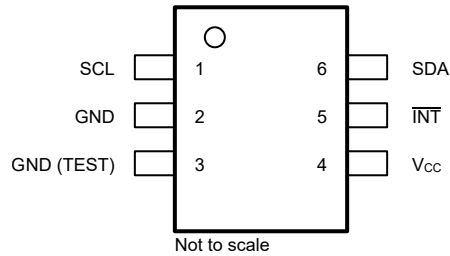


图 4-1. DBV 封装，6 引脚 SOT-23（顶视图）

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型	说明
编号	名称		
1	SCL	IO	串行时钟。
2	GND	GND	接地
3	GND (测试)	I	TI 测试引脚。连接到应用中的接地端。
4	V _{CC}	P	电源电压
5	INT	IO	中断输入/输出。如果未使用并接地，则设置 MASK_INTB = 1b。
6	SDA	IO	串行数据。

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
V _{CC}	主电源电压	-0.3	4	V
I _{OUT}	输出电流, SDA, $\overline{\text{INT}}$	0	10	mA
V _{OUT}	输出电压, SDA, $\overline{\text{INT}}$	-0.3	7	V
V _{IN}	输入电压, SCL, SDA, $\overline{\text{INT}}$	-0.3	7	V
B _{MAX}	磁通量密度		无限	T
T _J	结温	-40	150	°C
T _{stg}	贮存温度	-65	170	°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。

5.2 ESD 等级

			值	单位	
V _(ESD)	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 AEC Q100-002 标准 ⁽¹⁾	±2000	V	
		充电器件模型 (CDM), 符合 AEC Q100-011 标准	转角引脚 (1、6、3 和 4)		±700
			其他引脚		±500

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

5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

在建议的 V_{VCC} 范围内测得（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
V _{VCC}	主电源电压	2.3		3.6	V
V _{OUT}	输出电压, SDA, $\overline{\text{INT}}$	0		5.5	V
I _{OUT}	输出电流, SDA, $\overline{\text{INT}}$			2	mA
V _{IH}	输入高电压, SCL, SDA, $\overline{\text{INT}}$	0.7			V _{VCC}
V _{IL}	输入低电压, SCL, SDA, $\overline{\text{INT}}$			0.3	V _{VCC}
T _A	自然通风条件下的工作温度范围	-40		125	C

5.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TMAG5173-Q1	单位
		DBV (6-SOT23)	
		6 引脚	
R _{θJA}	结至环境热阻	162	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳 (顶部) 热阻	81.6	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	50.1	°C/W
Ψ _{JT}	结至顶部特征参数	30.7	°C/W
Ψ _{JB}	结至电路板特征参数	49.8	°C/W

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

5.5 电气特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

在建议的 V_{CC} 范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
SDA、INT						
V_{OL}	输出低电压，SDA， \overline{INT} 引脚	$I_{OUT} = 2\text{mA}$	0		0.4	V
I_{OZ}	输出漏电流，SDA， \overline{INT} 引脚	输出禁用 $V_{OZ} = 5.5\text{V}$			± 100	nA
t_{FALL_INT}	\overline{INT} 输出下降时间	$R_{PU} = 10\text{k}\Omega$ $C_L = 20\text{pF}$ $V_{PU} = 1.7\text{V}$ 至 5.5V		6		ns
$t_{INT}(\text{INT})$	脉冲模式下 \overline{INT} 中断持续时间	$\text{INT_MODE} = 001\text{b}$ 或 010b		10		μs
$t_{INT}(\text{SCL})$	SCL 中断持续时间	$\text{INT_MODE} = 011\text{b}$ 或 100b		10		μs
直流电源部分						
$V_{CC_{UV}}$	V_{CC} 的欠压阈值		1.9	2.1	2.2	V
I_{ACTIVE}	活动模式电流 X、Y、Z 或热传感器有效转换	$\text{LP_LN} = 0\text{b}$		2.4		mA
		$\text{LP_LN} = 1\text{b}$		3.0		mA
$I_{STANDBY}$	待机模式电流	器件处于触发模式，未开始转换		0.45		mA
I_{SLEEP}	睡眠模式电流			8		nA
唤醒和睡眠 (W&S) 模式期间的平均功耗						
I_{CC_DCM}	W&S 模式电流消耗、LP_LN = 0b、1 次均值计算	唤醒间隔 1ms，磁性单通道转换， $V_{CC} = 3.6\text{V}$		160		μA
		唤醒间隔 1ms，磁性单通道转换， $V_{CC} = 2.3\text{V}$		156		μA
		唤醒间隔 1ms，四通道转换， $V_{CC} = 3.6\text{V}$		240		μA
		唤醒间隔 1ms，四通道转换， $V_{CC} = 2.3\text{V}$		233		μA
		唤醒间隔 1000ms，磁性单通道转换， $V_{CC} = 3.6\text{V}$		1.21		μA
		唤醒间隔 1000ms，磁性单通道转换， $V_{CC} = 2.3\text{V}$		1.00		μA
		唤醒间隔 1000ms，四通道转换， $V_{CC} = 3.6\text{V}$		1.22		μA
		唤醒间隔 1000ms，四通道转换， $V_{CC} = 2.3\text{V}$		1.02		μA

5.6 温度传感器

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

在建议的 V_{CC} 范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
T_{SENS_RANGE}	温度检测范围		-40		150	$^{\circ}\text{C}$
T_{SENS}	温度输出 ⁽¹⁾	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$	23	25	27	$^{\circ}\text{C}$
T_{SENS_RES}	温度检测分辨率（16 位格式）			58		LSB/ $^{\circ}\text{C}$
T_{SENS_T0}	T_{ADC_T0} 的参考温度			25		$^{\circ}\text{C}$
T_{ADC_T0}	T_{SENS_T0} 的温度结果十进制值			17508		
T_{SENS_ER}	温度误差 ⁽¹⁾	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C		± 0.5	± 3.5	$^{\circ}\text{C}$

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)
 在建议的 V_{CC} 范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
NRMS_T	RMS (1 Σ) 温度噪声	CONV_AVG = 101b		0.05		°C
		CONV_AVG = 000b		0.3		°C

(1) 温度数据是在 T_CH_EN = 1h 且至少启用一个磁通道的情况下收集的

5.7 A1、B1、C1、D1 的磁特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
B _{IN_A1_X_Y}	线性磁场范围 ⁽¹⁾	x_y_RANGE = 0b		±40		mT
		x_y_RANGE = 1b		±80		mT
B _{IN_A1_Z}		z_RANGE = 0b		±40		mT
		z_RANGE = 1b		±80		mT
SENS _{A1}	灵敏度，X、Y 或 Z 轴	±40mT 范围		844		LSB/mT
		±80mT 范围		425		LSB/mT
SENS _{ER_PC_25C_A1}	灵敏度误差，X、Y 或 Z 轴	T _A = 25°C		±0.4%	±2.5%	
SENS _{ER_PC_TEMP_A1}	相对于 25°C 值的灵敏度温漂；X、Y 或 Z 轴 ⁽²⁾			±2.0%	±4.8%	
SENS _{LER_XY_A1}	灵敏度线性误差，X 或 Y 轴	T _A = 25°C		±0.10%		
SENS _{LER_Z_A1}	灵敏度线性误差，Z 轴	T _A = 25°C		±0.10%		
SENS _{MS_XY_A1}	X 与 Y 轴之间的灵敏度不匹配	T _A = 25°C		±0.40%	±2.1%	
SENS _{MS_Z_A1}	Y 与 Z 轴或 X 与 Z 轴之间的灵敏度不匹配	T _A = 25°C		±0.40%	±2.0%	
SENS _{MS_DR_XY_A1}	相对于 25°C 值的灵敏度失配温漂，X 与 Y 轴之间 ⁽²⁾			±0.4%	±2.0%	
SENS _{MS_DR_Z_A1}	相对于 25°C 值的灵敏度失配温漂；Y 与 Z 轴之间或 X 与 Z 轴之间 ⁽²⁾			±0.4%	±5.4%	
SENS _{LDR_A1}	灵敏度寿命漂移，X、Y 或 Z 轴	T _A = 25°C		±1.0%	±3.74%	
B _{off_A1}	偏移	T _A = 25°C		±100	±700	μT
B _{off_TC_A1}	相对于 -40°C 至 25°C 的温漂 ⁽²⁾			±1.2	±7.85	μT/°C
		相对于 25°C 至 125°C 的温漂 ⁽²⁾		±1.0	±5.85	μT/°C
B _{off_DR_A1}	偏移寿命漂移	T _A = 25°C		±100		μT
N _{RMS_XY_A1}	RMS (1 Σ) 磁噪声 (X 或 Y 轴) T _A = 25°C	LP_LN = 0b CONV_AVG = 000b		92		μT
		LP_LN = 1b CONV_AVG = 000b		82.5		μT
		LP_LN = 0b CONV_AVG = 101b		16.75		μT
		LP_LN = 1b CONV_AVG = 101b		15		μT
N _{RMS_Z_A1}	RMS (1 Σ) 磁噪声 (Z 轴) T _A = 25°C	LP_LN = 0b CONV_AVG = 000b		53		μT
		LP_LN = 1b CONV_AVG = 000b		48.8		μT
		LP_LN = 0b CONV_AVG = 101b		9.4		μT
		LP_LN = 1b CONV_AVG = 101b		8.6		μT
A _{ERR_X_Z_101_A1}	完整 360 度旋转中的 X-Z 或 Y-Z 角度误差，40mT 范围，TEMPCO = 0h，T _A = 25°C ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		±0.4	±1.2	度数
A _{ERR_X_Y_101_A1}	完整 360 度旋转中的 X-Y 角度误差，80mT 范围，TEMPCO = 0h，T _A = 25°C ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		±0.35	±1.1	度数
A _{DR_X_Z_101_A1}	完整 360 度旋转中相对于 25°C 值的 X-Z 或 Y-Z 角度温漂；40mT 范围，TEMPCO = 0h ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		±0.9	±2.5	度数

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
A _{DR_X_Y_101_A1}	完整 360 度旋转中相对于 25°C 值的 X-Y 角度温漂; 80mT 范围, TEMP _{CO} = 0h ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		±0.4	±1.2	度数

- 在应用中仅使用高达 90% 的线性磁范围
- 温漂规定适用于 -40°C 至 125°C 的整个运行温度范围。可以使用以下示例估算中间温度下的漂移: 85°C 下的漂移 = $\frac{85 - 25}{125 - 25} \times (\text{漂移值})$; 类似地, -20°C 下的漂移 = $\frac{25 - (-20)}{25 - (-40)} \times (\text{漂移值})$ 。
- 进行同轴角度计算之前, 先校准了包括磁体倾斜和磁体失准在内的系统机械误差。

5.8 A2、B2、C2、D2 的磁特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
B _{IN_A2_X_Y}	线性磁场范围 ⁽¹⁾	x_y_RANGE = 0b		±133		mT
		x_y_RANGE = 1b		±266		mT
B _{IN_A2_Z}		z_RANGE = 0b		±133		mT
		z_RANGE = 1b		±266		mT
SENS _{A2}	灵敏度, X、Y 或 Z 轴	±133mT 范围		263		LSB/mT
		±266mT 范围		132		LSB/mT
SENS _{ER_PC_25C_A2}	灵敏度误差, X、Y 或 Z 轴	T _A = 25°C		±0.8%	±3.3%	
SENS _{ER_PC_TEMP_A2}	相对于 25°C 值的灵敏度温漂; X、Y 或 Z 轴 ⁽²⁾			±3.0%	±5.5%	
SENS _{LER_XY_A2}	灵敏度线性误差, X 或 Y 轴	T _A = 25°C		±0.10%		
SENS _{LER_Z_A2}	灵敏度线性误差, Z 轴	T _A = 25°C		±0.10%		
SENS _{MS_XY_A2}	X 与 Y 轴之间的灵敏度不匹配	T _A = 25°C		±0.5%	±2.3%	
SENS _{MS_Z_A2}	Y 与 Z 轴或 X 与 Z 轴之间的灵敏度不匹配	T _A = 25°C		±1.50%	±4.3%	
SENS _{MS_DR_XY_A2}	相对于 25°C 值的灵敏度失配温漂, X 与 Y 轴之间 ⁽²⁾			±0.5%	±2.0%	
SENS _{MS_DR_Z_A2}	相对于 25°C 值的灵敏度失配温漂; Y 与 Z 轴之间或 X 与 Z 轴之间 ⁽²⁾			±4.5%	±8.0%	
SENS _{LDR_A2}	灵敏度寿命漂移, X、Y 或 Z 轴	T _A = 25°C		±1.5%	±4.9%	
B _{off_A2}	偏移	T _A = 25°C		±100	±700	μT
B _{off_TC_A2}	相对于 -40°C 至 25°C 值的温漂 ⁽²⁾			±1.2	±7.0	μT/°C
	相对于 25°C 至 125°C 值的温漂 ⁽²⁾			±1.2	±6.8	μT/°C
B _{off_DR_A2}	偏移寿命漂移	T _A = 25°C		±100		μT
N _{RMS_XY_A2}	RMS (1 Σ) 磁噪声 (X 或 Y 轴)	LP_LN = 0b CONV_AVG = 000b		113		μT
		LP_LN = 1b CONV_AVG = 000b		105		μT
		LP_LN = 0b CONV_AVG = 101b		20		μT
		LP_LN = 1b CONV_AVG = 101b		18.6		μT

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
N _{RMS_Z_A2}	RMS (1 Σ) 磁噪声 (Z 轴)	LP_LN = 0b CONV_AVG = 000b		81.7		μ T
		LP_LN = 1b CONV_AVG = 000b		78.4		μ T
		LP_LN = 0b CONV_AVG = 101b		13.9		μ T
		LP_LN = 1b CONV_AVG = 101b		14		μ T
A _{ERR_X_Z_101_A2}	完整 360 度旋转中的 X-Z 或 Y-Z 角度误差; TEMP_CO = 0h, T _A = 25°C ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		\pm 0.25	\pm 1.0	度数
A _{ERR_X_Y_101_A2}	完整 360 度旋转中的 X-Y 角度误差; , 133mT 范围, TEMP_CO = 0h, T _A = 25°C ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		\pm 0.4	\pm 1.6	度数
A _{DR_X_Z_101_A2}	完整 360 度旋转中相对于 25°C 值的 X-Z 或 Y-Z 角度温漂; 133mT 范围, TEMP_CO = 0h ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		\pm 1.6	\pm 2.9	度数
A _{DR_X_Y_101_A2}	完整 360 度旋转中相对于 25°C 值的 X-Y 角度温漂; 133mT 范围, TEMP_CO = 0h ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		\pm 0.4	\pm 1.4	度数

- 在应用中仅使用高达 90% 的线性磁范围
- 温漂规定适用于 -40°C 至 125°C 的整个运行温度范围。可以使用以下示例估算中间温度下的漂移: 85°C 下的漂移 = $\frac{(85 - 25)}{(125 - 25)} \times$ (漂移值); 类似地, -20°C 下的漂移 = $\frac{(25 - (-20))}{(25 - (-40))} \times$ (漂移值)。
- 进行同轴角度计算之前, 先校准了包括磁体倾斜和磁体失准在内的系统机械误差。

5.9 磁温度补偿特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
TC	温度补偿 (X、Y、Z 轴)	TEMP_CO = 00b		0		%/°C
		TEMP_CO = 01b		0.12		%/°C
		TEMP_CO = 10b		0.03		%/°C
		TEMP_CO = 11b		0.2		%/°C

5.10 I²C 接口时序

最小值和最大值规格适用于 -40°C 至 125°C 温度范围且 V_{CC} = 2.3V 至 3.6V (除非另有说明) (1)

		快速模式		快速+模式		单位
		最小值	最大值	最小值	最大值	
f _(SCL)	SCL 运行频率	1	400	1	1000	kHz
t _(BUF)	停止和启动条件之间的总线空闲时间	1.3		0.5		μs
t _(SUSTA)	重复启动条件建立时间	0.6		0.26		μs
t _(HDSTA)	重复启动条件后的保持时间。 在此周期后,生成第一个时钟。	0		0		μs
t _(SUSTO)	停止条件建立时间	0.6		0.26		μs
t _(HDDAT)	数据保持时间(2)	0	900	0	150	ns
t _(SUDAT)	数据设置时间	100		50		ns
t _(LOW)	SCL 时钟低电平周期	1.3		0.5		μs
t _(HIGH)	SCL 时钟高电平周期	0.6		0.26		μs
t _R	SDA 和 SCL 下降时间	20	300		120	ns
t _F	SDA 和 SCL 下降时间	20 x (V _{CC} / 5.5V)	300	20 x (V _{CC} / 5.5V)	120	ns
t _{LPF}	毛刺信号抑制滤波器	50		50		ns

(1) 主机和器件的 V_{CC} 值相同。此类数值基于在初始发布期间对测试样本的统计分析。

(2) 对于快速模式, t_(HDDAT) 最大值可达 0.9μs, 比 t_(VDAT) 最大值要小一个转换时间。

5.11 上电时序

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t _{start_power_up}	V _{CC} 电源电压超过 V _{CC_MIN} 后进入待机模式所需的时间			270		μs
t _{start_sleep}	从睡眠模式进入待机模式所需的时间(1)			50		μs
t _{start_measure}	从待机模式进入连续测量模式所需的时间			70		μs
t _{measure}	转换时间	CONV_AVG = 000b , OPERATING_MODE = 10b , 仅启用一个通道		50		μs
		CONV_AVG = 101b , OPERATING_MODE = 10b , 仅启用一个通道		825		μs
t _{go_sleep}	SCL 变为高电平后进入睡眠模式所需的时间			20		μs

(1) 在待机或连续测量模式期间, 器件仅识别来自主器件的 I²C 通信。当器件处于睡眠模式时, 有效的辅助地址将唤醒器件, 但不会向主器件发送确认。在唤醒后寻址器件之前, 需要考虑启动时间。

5.12 时序图

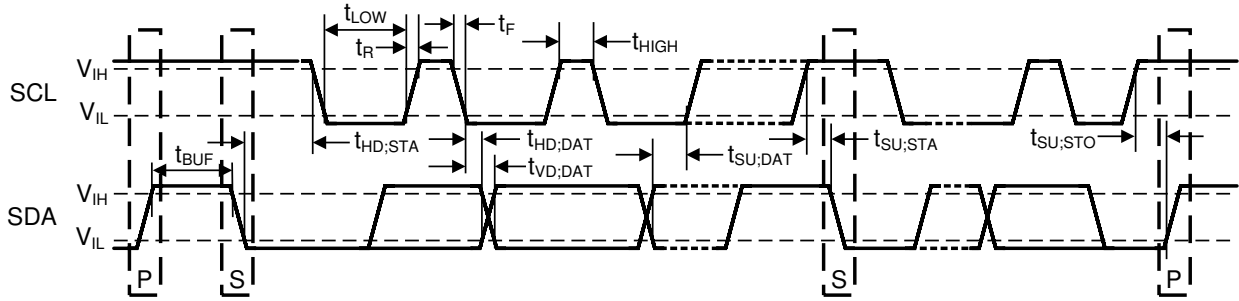


图 5-1. I2C 时序图

5.13 典型特性

测试条件为： $T_A = 25^\circ\text{C}$ (典型值) (除非另有说明)

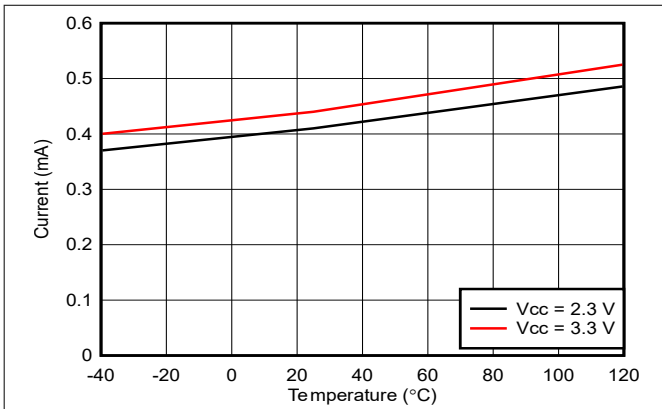


图 5-2. 待机模式 I_{CC} 与温度间的关系

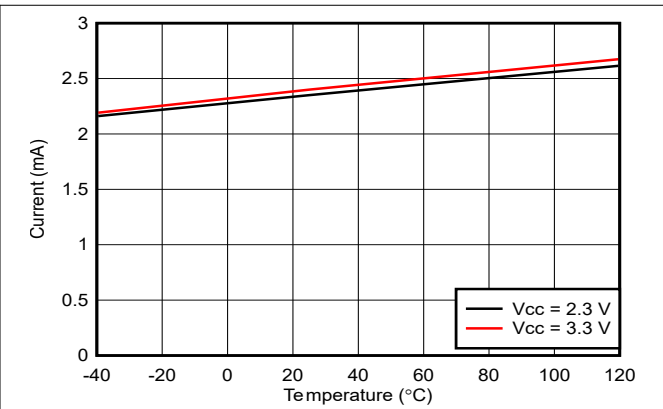


图 5-3. 活动模式 I_{CC} 与温度间的关系

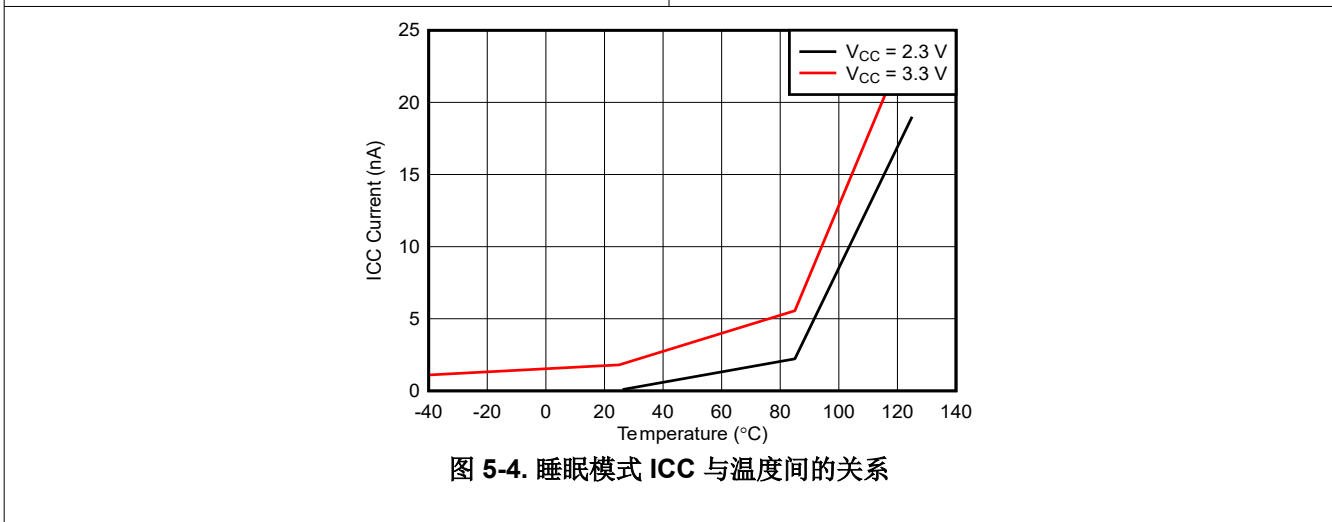


图 5-4. 睡眠模式 I_{CC} 与温度间的关系

6 详细说明

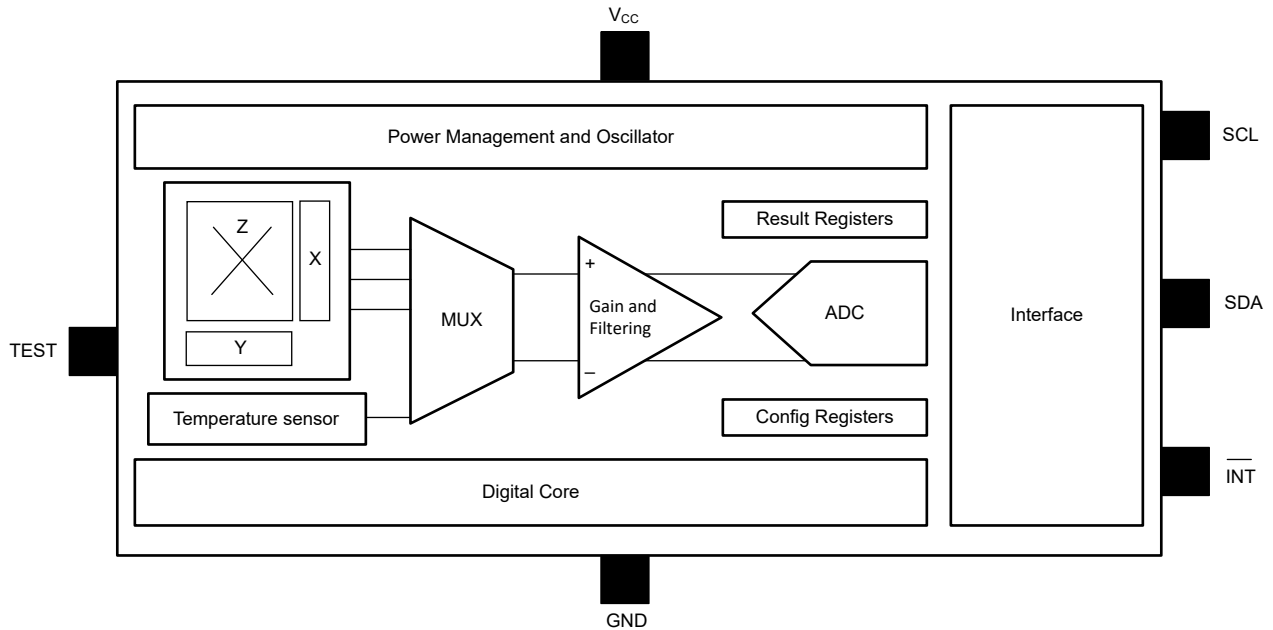
6.1 概述

TMAG5173-Q1 IC 基于德州仪器 (TI) 的霍尔效应技术和精密混合信号电路。输出信号 (原始 X、Y、Z 磁数据和温度数据) 可通过 I²C 接口访问。

该 IC 包含以下功能块和构建块：

- 电源管理和振荡器模块包含一个低功耗振荡器、偏置电路、欠压检测电路和一个快速振荡器。
- 传感和温度测量模块包含霍尔偏置、带多路复用器的霍尔传感器、噪声滤波器、积分器电路、温度传感器和 ADC。霍尔效应传感器数据和温度数据通过同一 ADC 进行多路复用。
- 接口模块包含 I²C 控制电路、ESD 保护电路和所有 I/O 电路。TMAG5173-Q1 支持多个 I²C 读取帧以及集成循环冗余校验 (CRC)。

6.2 功能方框图



6.3 特性说明

6.3.1 磁通量方向

如 图 6-1 所示，TMAG5173-Q1 在靠近磁体北极时生成正 ADC 代码。同样，如果磁体南极从同一方向接近，TMAG5173-Q1 会生成负 ADC 代码。

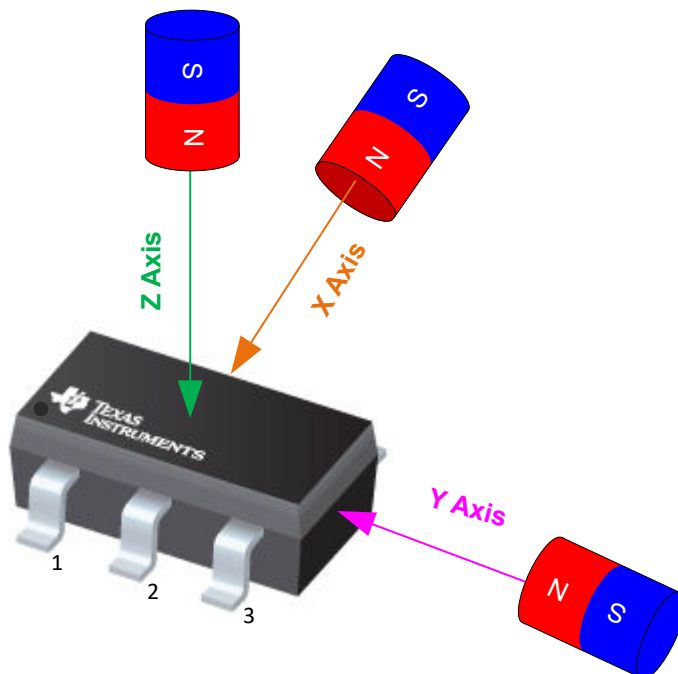


图 6-1. 灵敏度方向

6.3.2 传感器位置

图 6-2 展示了 X、Y、Z 霍尔元件在 TMAG5173-Q1 中的位置。

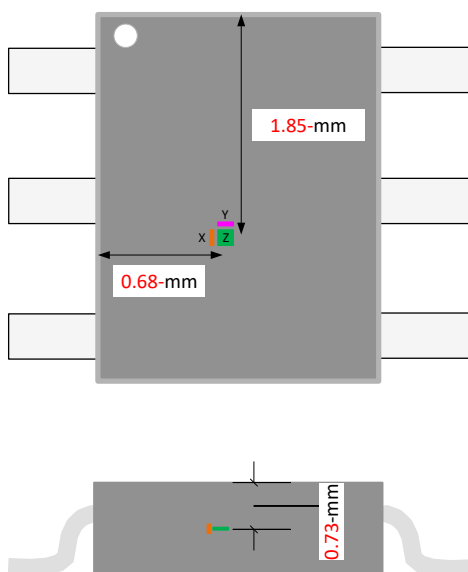


图 6-2. X、Y、Z 霍尔元件的位置

6.3.3 中断功能

TMAG5173-Q1 通过 $\overline{\text{INT}}$ 或 SCL 引脚支持灵活且可配置的中断功能。表 6-1 展示了在不同转换完成事件下，结果寄存器和 SET_COUNT 位的更新情况。

表 6-1. 转换完成后的结果寄存器和 SET_COUNT 更新

INT_MODE	模式说明	I ² C 总线繁忙，未在与器件通信		I ² C 总线繁忙并正在与器件通信		I ² C 总线不忙	
		结果更新？	SET_COUNT 更新？	结果更新？	SET_COUNT 更新？	结果更新？	SET_COUNT 更新？
000b	无中断	是	是	否	否	是	是
001b	通过 $\overline{\text{INT}}$ 实现中断	是	是	否	否	是	是
010b	通过 $\overline{\text{INT}}$ 实现中断，I ² C 繁忙时除外	是	是	否	否	是	是
011b	通过 SCL 实现中断	是	是	否	否	是	是
100b	通过 SCL 实现中断，I ² C 繁忙时除外	否	否	否	否	是	是

备注

当将 SCL 引脚用于中断功能时，TI 不建议与多个辅助器件共用同一条 I²C 总线。如果同一 I²C 总线中存在其他目标器件，SCL 中断可能会破坏与其他次级器件的事务。

6.3.3.1 通过 SCL 实现中断

图 6-3 展示了通过 SCL 引脚实现中断功能的示例，其中器件编程为在磁性阈值交叉事件时生成中断。当检测到磁性阈值交叉时，器件会通过 SCL 引脚置位固定宽度的中断信号。

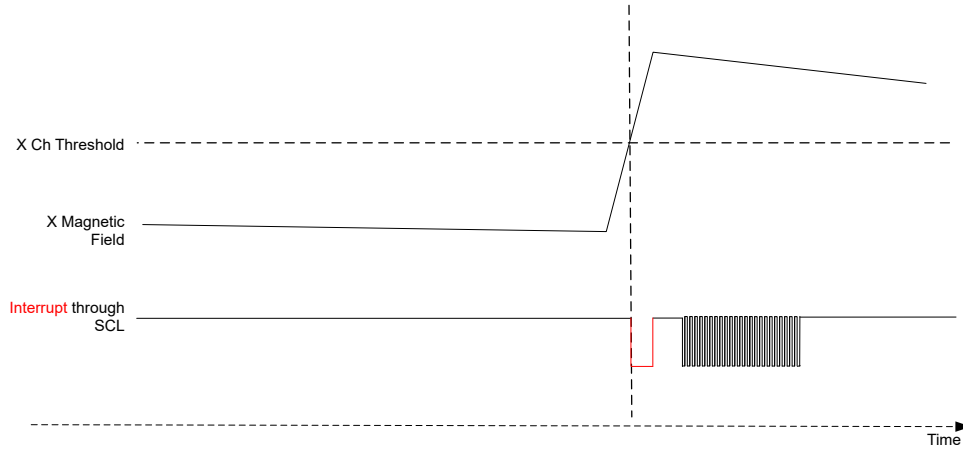


图 6-3. 通过 SCL 实现中断

6.3.3.2 通过 $\overline{\text{INT}}$ 实现固定宽度中断

图 6-4 展示了通过 $\overline{\text{INT}}$ 引脚实现固定宽度中断功能的示例。器件编程为在发生磁性阈值交叉事件时生成中断。INT_STATE 寄存器位设置为 1b。当检测到磁性阈值交叉时，器件会通过 $\overline{\text{INT}}$ 引脚置位固定宽度的中断信号。

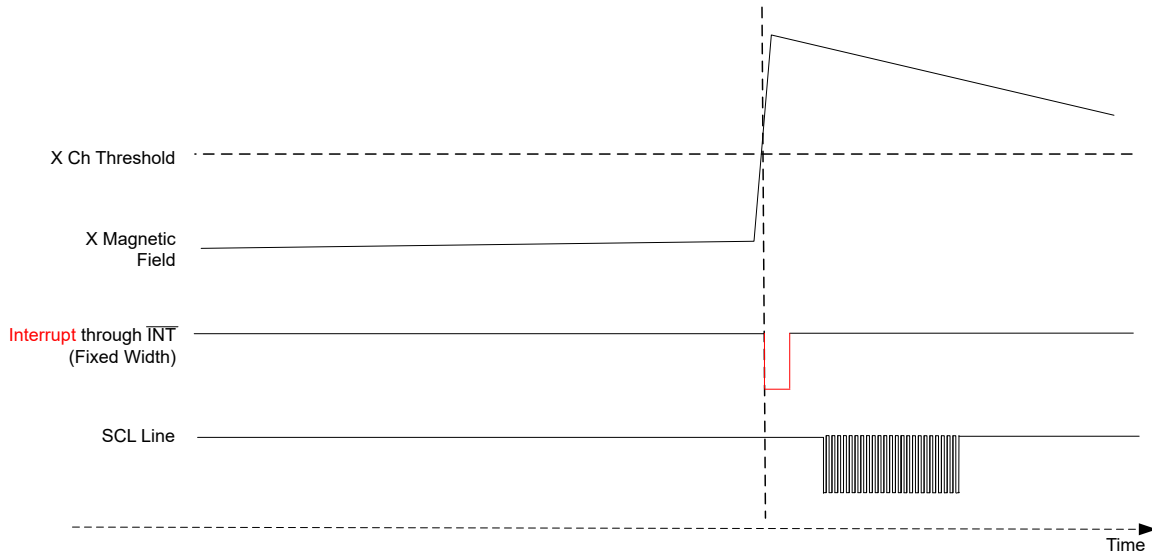


图 6-4. 通过 $\overline{\text{INT}}$ 实现固定宽度中断

6.3.3.3 通过 $\overline{\text{INT}}$ 实现锁存中断

图 6-5 展示了通过 $\overline{\text{INT}}$ 引脚实现锁存中断功能的示例。器件编程为在发生磁性阈值交叉事件时生成中断。INT_STATE 寄存器位设置为 0b。当检测到磁性阈值交叉时，器件会通过 $\overline{\text{INT}}$ 引脚置位锁存中断信号。只有在器件通过 SCL 线收到有效地址后，锁存中断才会清除。

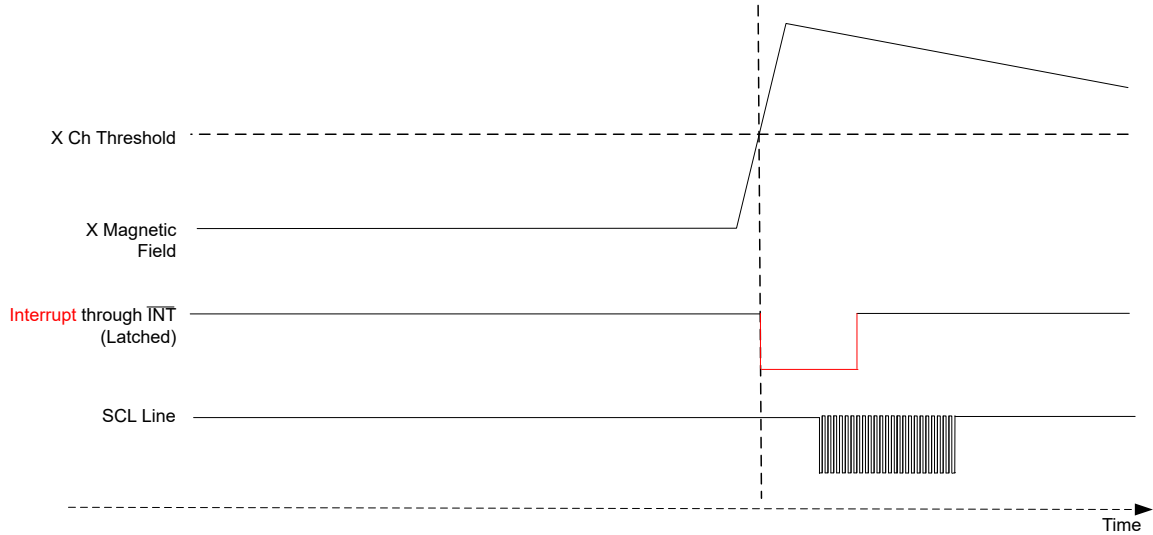


图 6-5. 通过 $\overline{\text{INT}}$ 实现锁存中断

6.3.4 器件 I²C 地址

表 6-2 展示了 TMAG5173-Q1 的默认出厂编程 I²C 地址。上电后，需要使用出厂默认的 I²C 地址对器件进行寻址。如果需要，主器件可以在上电后通过 I2C_ADDRESS 寄存器位分配新的 I²C 地址。

表 6-2. I²C 默认地址

器件版本	磁场范围	I ² C 地址 (7 个 MSB 位)	I ² C 写入地址 (8 位)	I ² C 读取地址 (8 位)
TMAG5173A1	±40mT , ±80mT	35h	6Ah	6Bh
TMAG5173B1		22h	44h	45h
TMAG5173C1		78h	F0h	F1h
TMAG5173D1		44h	88h	89h
TMAG5173A2	±133mT , ±266mT	35h	6Ah	6Bh
TMAG5173B2		22h	44h	45h
TMAG5173C2		78h	F0h	F1h
TMAG5173D2		44h	88h	89h

6.3.5 磁场范围选择

表 6-3 展示了 TMAG5173-Q1 器件的磁场范围选择。X、Y 和 Z 轴范围可以通过 X_Y_RANGE 和 Z_RANGE 寄存器位进行选择。

表 6-3. 磁场范围选择

	范围寄存器设置	TMAG5173A1	TMAG5173A2	备注
X、Y 轴磁场	X_Y_RANGE = 0b	±40mT	±133mT	
	X_Y_RANGE = 1b	±80mT	±266mT	更好的 SNR 性能
Z 轴磁场	Z_RANGE = 0b	±40mT	±133mT	
	Z_RANGE = 1b	±80mT	±266mT	更好的 SNR 性能

6.3.6 更新速率设置

TMAG5173-Q1 提供多种更新速率，为系统设计人员提供了设计灵活性。可以通过 CONV_AVG 寄存器位选择不同的更新速率。表 6-4 展示了 TMAG5173-Q1 的不同更新速率设置。

表 6-4. 更新速率设置

工作模式	寄存器设置	更新速率			备注
		单轴	两轴	三轴	
X、Y、Z 轴	CONV_AVG = 000b	20.0kSPS	13.3kSPS	10.0kSPS	最快的更新速率
X、Y、Z 轴	CONV_AVG = 001b	13.3kSPS	8.0kSPS	5.7kSPS	
X、Y、Z 轴	CONV_AVG = 010b	8.0kSPS	4.4kSPS	3.1kSPS	
X、Y、Z 轴	CONV_AVG = 011b	4.4kSPS	2.4kSPS	1.6kSPS	
X、Y、Z 轴	CONV_AVG = 100b	2.4kSPS	1.2kSPS	0.8kSPS	
X、Y、Z 轴	CONV_AVG = 101b	1.2kSPS	0.6kSPS	0.4kSPS	最佳 SNR 情况

6.4 器件功能模式

TMAG5173-Q1 支持多种功能模式，适用于各种应用，如图 6-6 中所述。通过在 OPERATING_MODE 寄存器位中设置相应的值来选择特定的功能模式。在 V_{CC} 电源超过 *建议运行条件 (ROC)* 表中指定的最小阈值后，器件开始上电。

6.4.1 待机 (触发) 模式

TMAG5173-Q1 上电后会进入待机模式。在此模式下，数字电路和振荡器处于激活状态，器件已准备好接受微控制器的命令。根据命令，器件可以启动新的转换，进入节能模式或通过 I²C 接口开始数据传输。可以通过 I²C 命令或 INT 引脚触发新的转换。在此模式下，器件会将刚刚的转换结果数据保存在相应的结果寄存器中。上电时序表中将器件从上电模式切换到待机模式所需的时间列为 T_{start_power_up}。INT 引脚可用于触发新的转换或为微控制器生成中断。TI 不建议通过 INT 引脚同时使用这两个功能。

6.4.2 睡眠模式

TMAG5173-Q1 支持超低功耗睡眠模式，在该模式下器件可保留重要的用户配置设置。在该模式下，器件不会保留转换结果数据。微控制器可以通过 I²C 通信或 INT 引脚将器件从睡眠模式唤醒。上电时序表中将器件从睡眠模式切换到待机模式所需的时间列为 T_{start_sleep}。

6.4.3 唤醒和睡眠 (W&S) 模式

在此模式下，TMAG5173-Q1 可配置为进入睡眠状态并以特定的时间间隔唤醒，然后根据 SLEEPTIME 寄存器位设置测量传感器数据。该器件可以设置为通过 INT_CONFIG_1 寄存器生成中断。转换完成并且满足中断条件时，TMAG5173-Q1 会退出 W&S 模式并进入待机模式。在器件进入待机模式之前，最后测得的数据存储在相应的结果寄存器中。如果不满足中断条件，器件会继续处于 W&S 模式，并以指定的时间间隔唤醒和测量数据。主器件可以通过 I²C 总线或 INT 引脚随时唤醒处于 W&S 模式的 TMAG5173-Q1。在 W&S 模式期间，结果中断功能不可用。上电时序表中将器件从 W&S 模式切换到待机模式所需的时间列为 T_{start_sleep}。

6.4.4 连续测量模式

在此模式下，TMAG5173-Q1 会根据 SENSOR_CONFIG 和 DEVICE_CONFIG 寄存器设置持续测量传感器数据。在此模式下，可通过 I²C 线路访问结果寄存器。上电时序表中将器件从待机模式切换到连续测量模式所需的时间列为 $T_{\text{start_measure}}$ 。

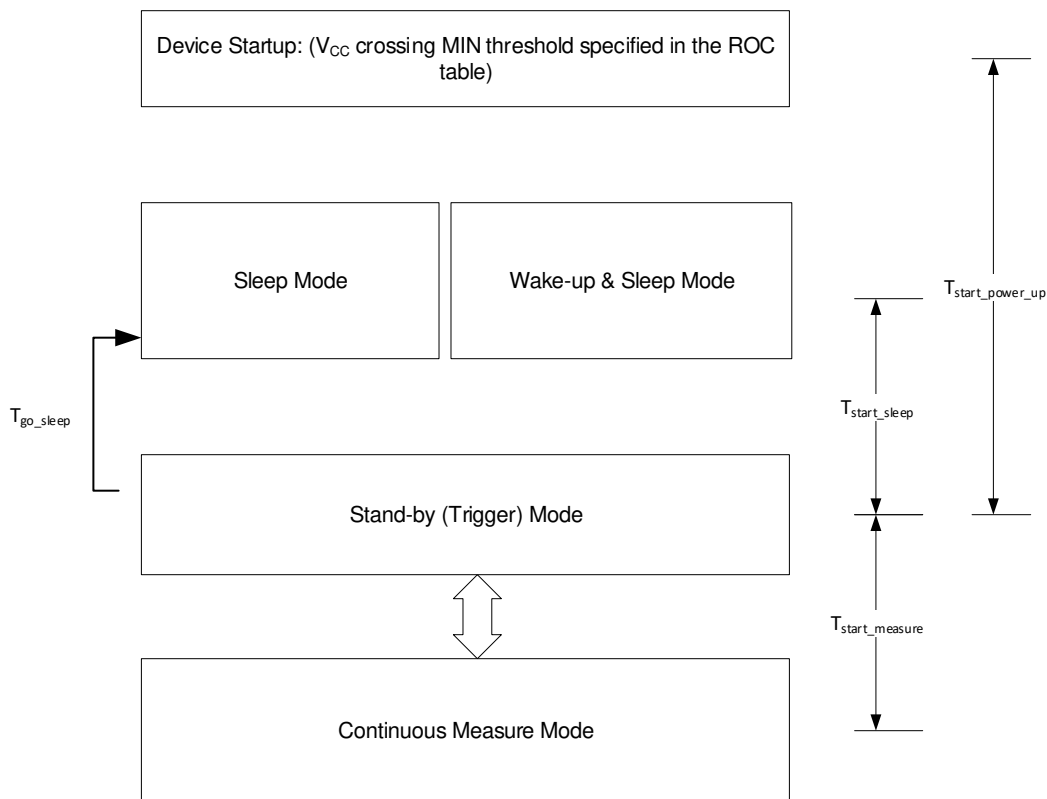


图 6-6. TMAG5173-Q1 工作模式

图 6-6 展示了 TMAG5173-Q1 的各种工作模式以及在模式之间转换时的时间基准。

表 6-5. 工作模式

工作模式	器件功能	访问用户寄存器	保留用户配置
连续测量模式	连续测量 X、Y、Z 轴或温度数据	是	是
待机模式	器件已准备好接受 I ² C 命令并开始有效转换	是	是
唤醒和睡眠模式	以特定的间隔唤醒以测量 X、Y、Z 轴或温度数据	否	是
睡眠模式	器件保留关键配置设置，但不保留测量数据	否	是

6.5 编程

6.5.1 I²C 接口

TMAG5173-Q1 提供了 I²C 接口，这是一种两线制接口，用于连接各种低速器件，例如微控制器、模数转换器和数模转换器、I/O 接口和嵌入式系统中的其他类似外设。

6.5.1.1 SCL

SCL 是用于通过 I²C 总线同步所有数据传输的时钟线路。

6.5.1.2 SDA

SDA 是 I²C 接口的双向数据线。

6.5.1.3 I²C 读取/写入

TMAG5173-Q1 支持针对不同应用的多个 I²C 读取和写入帧。I2C_RD 和 CRC_EN 位提供多个读取帧，以优化所选应用的读取时间、数据分辨率和数据完整性。

6.5.1.3.1 标准 I²C 写入

图 6-7 展示了 TMAG5173-Q1 支持的标准 I²C 二字节写入命令示例。起始字节包含 7 位辅助器件地址和 R/W 命令位“0”。第二个字节的 MSB 包含转换触发位。在该触发位写入“1”可在寄存器地址解码完成后开始新的转换。第二个字节的七个 LSB 位包含写入命令的起始寄存器地址。在两个命令字节之后，主器件开始发送要写入相应寄存器地址的数据。每个连续写入字节会发送辅助器件中连续寄存器地址对应的数据。

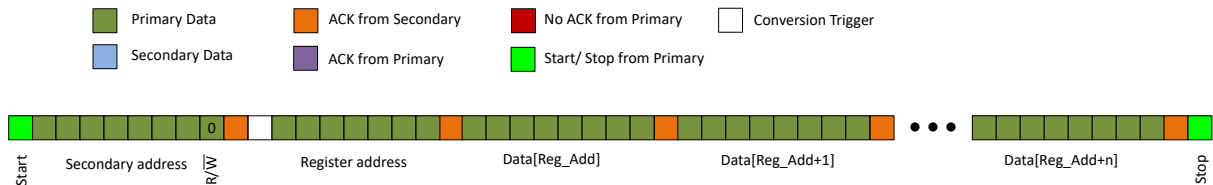


图 6-7. 标准 I²C 写入

6.5.1.3.2 通用广播写入

图 6-8 展示了 TMAG5173-Q1 支持的通用广播 I²C 写入命令示例。此命令对于同时配置 I²C 总线上的多个 I²C 器件非常有用。起始字节包含 8 位“0”。第二个字节的 MSB 包含转换触发位。在该触发位写入“1”可在寄存器地址解码完成后开始新的转换。第二个字节的七个 LSB 位包含写入命令的起始寄存器地址。在两个命令字节之后，主器件开始发送要写入 I²C 总线上所有辅助器件所对应的寄存器地址的数据。每个连续写入字节为辅助器件中的连续寄存器地址发送数据。

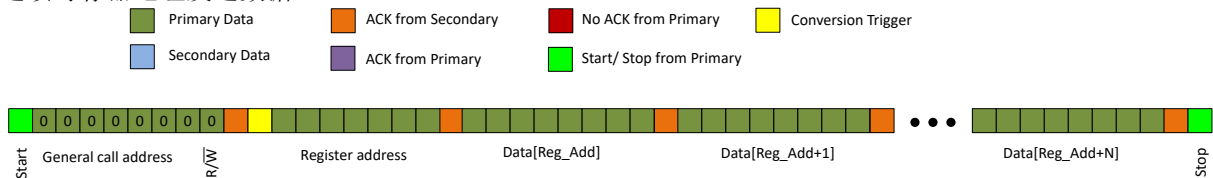


图 6-8. 通用广播 I²C 写入

6.5.1.3.3 标准 3 字节 I²C 读取

图 6-9 和图 6-10 展示了 TMAG5173-Q1 支持的标准 I²C 三字节读取命令示例。起始字节包含 7 位辅助器件地址和 R/W 命令位“0”。第二个字节的 MSB 包含转换触发命令位。在该触发位写入“1”可在寄存器地址解码完成后开始新的转换。第二个字节的七个 LSB 位包含写入命令的起始寄存器地址。从辅助器件收到 ACK 信号后，主器件会再次发送辅助地址以及 R/W 命令位“1”。辅助器件开始发送相应的寄存器数据。该辅助器件它将发送连续的寄存器数据以及来自主器件的每个连续 ACK。如果启用了 CRC，辅助器件会根据最近传输的四个寄存器字节的 CRC 计算结果来发送第五个 CRC 字节。

备注

在标准的 3 字节读取命令中，如果数据长度大于 4 字节，则 TMAG5173-Q1 不支持 CRC。针对需要 CRC 的较大数据流启动连续读取命令。

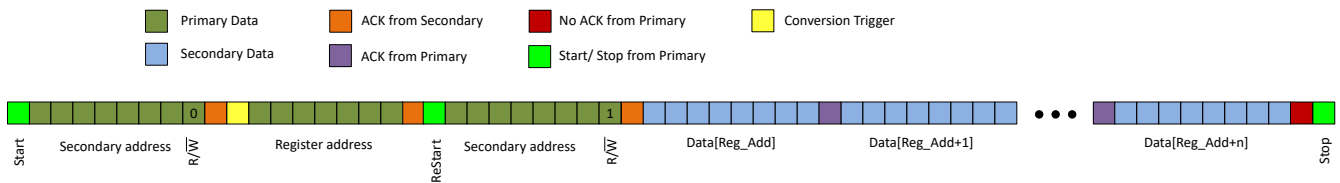


图 6-9. CRC 禁用且 CRC_EN = 0b 时的标准 3 字节 I²C 读取

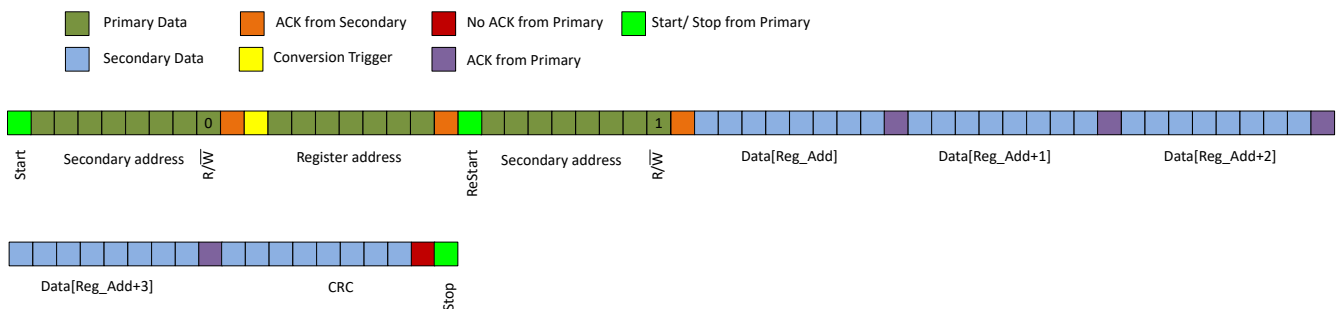


图 6-10. CRC 启用且 CRC_EN = 1b 时的标准 3 字节 I²C 读取

6.5.1.3.4 16 位数据的 1 字节 I²C 读取命令

图 6-11 和图 6-12 展示了 TMAG5173-Q1 支持的 1 字节 I²C 读取命令示例。选择 I2C_RD = 01b 可启用此模式。命令字节包含 7 位辅助器件地址和 R/W 位上的 1。在此模式下，根据 MAG_CH_EN 和 T_CH_EN 位设置，该器件发送已启用通道的 16 位数据和 CONV_STATUS 寄存器数据字节。如果启用了 CRC，该器件会根据命令字节和当前数据包中发送的数据计算出的 CRC 值，发送一个额外的 CRC 字节。如果启用了多个通道，发送的数据会采用以 T、X、Y 和 Z 为顺序的连续数据字节形式。



图 6-11. CRC 禁用且 CRC_EN = 0b 时 16 位数据的 1 字节 I²C 读取命令

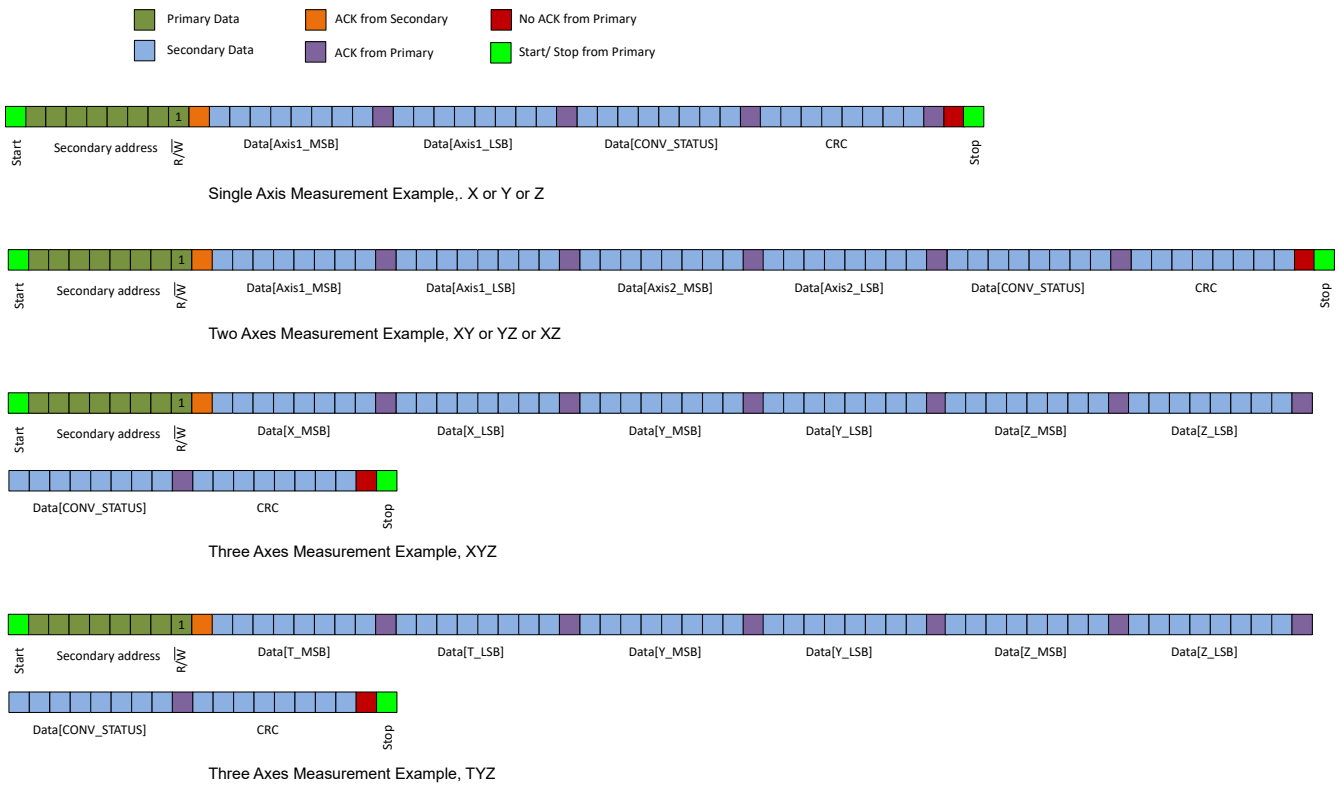


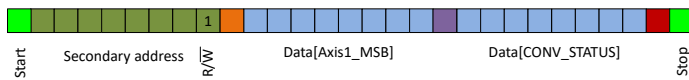
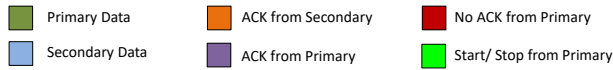
图 6-12. CRC 启用且 CRC_EN = 1b 时 16 位数据的 1 字节 I²C 读取命令

备注

在 16 位数据的 1 字节读取命令中，在启用了 CRC 时，最多只能发送三个通道的数据。如果禁用了 CRC，则此限制不适用。

6.5.1.3.5.8 位数据的 1 字节 I²C 读取命令

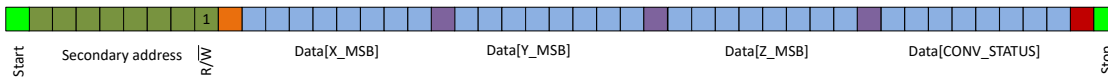
图 6-13 和图 6-14 展示了 TMAG5173-Q1 支持的 1 字节 I²C 读取命令示例。选择 I2C_RD = 10b 可启用此模式。命令字节包含 7 位辅助器件地址和 R/W 位上的 1。在此模式下，根据 MAG_CH_EN 和 T_CH_EN 位设置，该器件发送已启用通道的 8 位数据和 CONV_STATUS 寄存器数据字节。如果启用了 CRC，该器件会根据命令字节和当前数据包中发送的数据计算出的 CRC 值，发送一个额外的 CRC 字节。如果启用了多个通道，发送的数据会采用以 T、X、Y 和 Z 为顺序的连续数据字节形式。



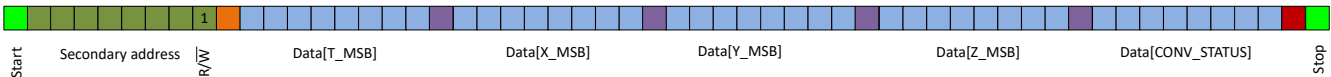
Single Axis Measurement Example, X or Y or Z



Two Axes Measurement Example, XY or YZ or XZ



Three Axes Measurement Example, XYZ



All Sensors Measurement Example, TXYZ

图 6-13. CRC 禁用且 CRC_EN = 0b 时 8 位数据的 1 字节 I²C 读取命令

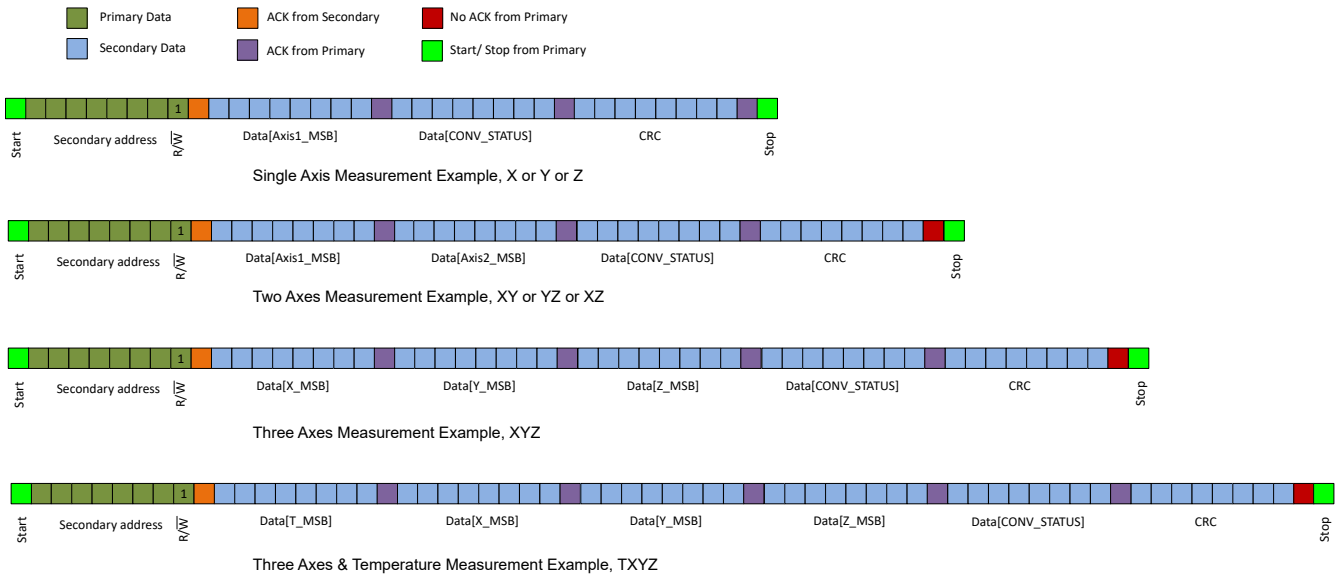


图 6-14. CRC 启用且 CRC_EN = 1b 时 8 位数据的 1 字节 I²C 读取命令

备注

在 8 位数据的 1 字节读取命令中，可以无限制地发送任何通道组合。

6.5.1.3.6 I²C 读取 CRC

TMAG5173-Q1 在 I²C 读取期间支持可选的 CRC。CRC 可通过 CRC_EN 寄存器位启用。CRC 是对由 I²C 读取类型决定的数据串执行的。CRC 信息作为数据字节之后的单字节发送。代码由多项式 $x^8 + x^2 + x + 1$ 生成。初始 CRC 位为 FFh。

可以使用以下公式来计算 CRC：

$$d = \text{数据输入}, c = \text{初始 CRC (FFh)} \tag{1}$$

$$\text{newcrc}[0] = d[7] \wedge d[6] \wedge d[0] \wedge c[0] \wedge c[6] \wedge c[7] \tag{2}$$

$$\text{newcrc}[1] = d[6] \wedge d[1] \wedge d[0] \wedge c[0] \wedge c[1] \wedge c[6] \tag{3}$$

$$\text{newcrc}[2] = d[6] \wedge d[2] \wedge d[1] \wedge d[0] \wedge c[0] \wedge c[1] \wedge c[2] \wedge c[6] \tag{4}$$

$$\text{newcrc}[3] = d[7] \wedge d[3] \wedge d[2] \wedge d[1] \wedge c[1] \wedge c[2] \wedge c[3] \wedge c[7] \tag{5}$$

$$\text{newcrc}[4] = d[4] \wedge d[3] \wedge d[2] \wedge c[2] \wedge c[3] \wedge c[4] \tag{6}$$

$$\text{newcrc}[5] = d[5] \wedge d[4] \wedge d[3] \wedge c[3] \wedge c[4] \wedge c[5] \tag{7}$$

$$\text{newcrc}[6] = d[6] \wedge d[5] \wedge d[4] \wedge c[4] \wedge c[5] \wedge c[6] \tag{8}$$

$$\text{newcrc}[7] = d[7] \wedge d[6] \wedge d[5] \wedge c[5] \wedge c[6] \wedge c[7] \tag{9}$$

以下示例展示了基于各种输入数据计算出的 CRC 字节：

- I²C 数据 00h : CRC = F3h
- I²C 数据 FFh : CRC = 00h
- I²C 数据 80h : CRC = 7Ah

I2C 数据 4Ch : CRC = 10h

I2C 数据 E0h : CRC = 5Dh

I2C 数据 00000000h : CRC = D1h

I2C 数据 FFFFFFFFh : CRC = 0Fh

6.5.2 数据定义

6.5.2.1 磁传感器数据

X、Y 和 Z 磁传感器数据存储在 `x_MSB_RESULT` 和 `x_LSB_RESULT` 寄存器中。图 6-15 显示了每个传感器输出以 16 位二进制补码格式存储在两个 8 位寄存器中。数据可以结合 MSB 和 LSB 寄存器以 16 位格式检索，也可以通过 MSB 寄存器以 8 位格式检索。当 `Conv_AVG = 0h` 时，ADC 输出会将 16 位结果寄存器的 12 个 MSB 位以及四个 LSB 加载为零。当 `Conv_AVG ≠ 0h` 时，所有 16 位都用于存储结果。

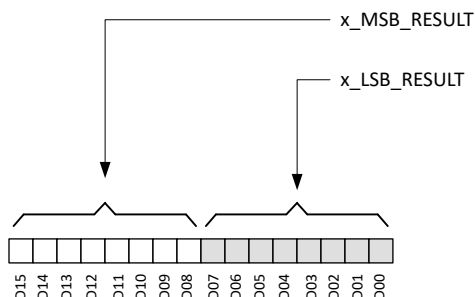


图 6-15. 磁传感器数据定义

每个磁场范围的 LSB 大小为：

- 40mT : 844LSB/mT
- 80mT : 425LSB/mT
- 133mT : 263LSB/mT
- 266mT : 132LSB/mT

表 6-6. 16 位 X、Y、Z 磁传感器数据格式。显示小数点后三位。

磁场 (mT)				x_CH_RESULT	
范围 = 40mT	范围 = 80mT	范围 = 133mT	范围 = 266mT	二进制	十六进制
-38.824	-77.101	-124.593	-248.242	1000 0000 0000 0000	8000h
-19.412	-38.551	-62.297	-124.121	1100 0000 0000 0000	C000h
-0.001	-0.002	-0.004	-0.008	1111 1111 1111 1111	FFFFh
0	0	0	0	0000 0000 0000 0000	0000h
0.001	0.002	0.004	0.008	0000 0000 0000 0001	0001h
19.412	38.551	62.297	124.121	0100 0000 0000 0000	4000h
38.823	77.099	124.589	248.235	0111 1111 1111 1111	7FFFh

6.5.2.2 温度传感器数据

TMAG5173-Q1 可测量从 -40°C 到 170°C 的温度。`T_MSB_RESULT` 和 `T_LSB_RESULT` 寄存器会存储温度传感器数据。图 6-16 展示了以 16 位二进制补码格式存储在两个 8 位寄存器中的传感器输出。数据可以结合 MSB 和 LSB 寄存器以 16 位格式检索，也可以通过 MSB 寄存器以 8 位格式检索。

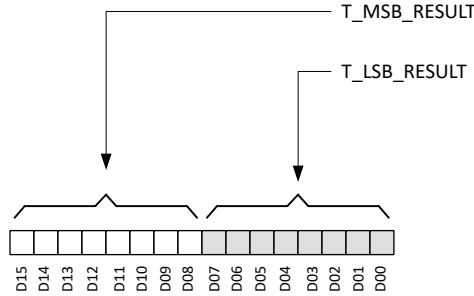


图 6-16. 温度传感器数据定义

对于 16 位数据，可以使用 [方程式 10](#) 来计算测量的温度（以摄氏度为单位），而对于 8 位数据，可以使用 [方程式 11](#) 来计算测量的温度。

$$T = T_{\text{SENS}_T0} + \frac{T_{\text{ADC}_T} - T_{\text{ADC}_T0}}{T_{\text{ADC}_\text{RES}}} \quad (10)$$

$$T = T_{\text{SENS}_T0} + \frac{256 \times \left(T_{\text{ADC}_T} - \frac{T_{\text{ADC}_T0}}{256} \right)}{T_{\text{ADC}_\text{RES}}} \quad (11)$$

其中

- T 是测得的温度，以摄氏度为单位。
- T_{SENS_T0}，如 [电气特性](#) 表中所列
- T_{ADC_RES} 是每摄氏度的 ADC 代码变化
- T_{ADC_T0}，如 [电气特性](#) 表中所列
- T_{ADC_T} 是温度 T 下测得的 ADC 代码

表 6-7. 16 位温度数据格式（显示小数点后两位）

温度 (°C)	TEMP_RESULT	
	二进制	十六进制
-40	0011 0101 1010 1010	35AAh
-25	0011 1001 0001 0000	3910h
0	0011 1110 1011 1010	3EBAh
25	0100 0100 0110 0100	4464h
25.02	0100 0100 0110 0101	4465h
85	0101 0001 1111 1100	51FCh
125	0101 1011 0000 1100	5B0Ch

6.5.2.3 角度和幅度定义

TMAG5173-Q1 会根据 ANGLE_EN 寄存器位设置来计算相对于一对磁轴的角度。图 6-17 展示了存储在 ANGLE_RESULT_MSB 和 ANGLE_RESULT_LSB 寄存器中的角度信息。位 D04 至 D12 存储 0 至 360 度的角度整数。位 D00 至 D03 存储角度分数。三个 MSB 始终填充为 b000。

例如：354.50 度角会填充为 0001 0110 0010 1000b，而 17.25 度角会填充为 000 0001 0001 0100b。

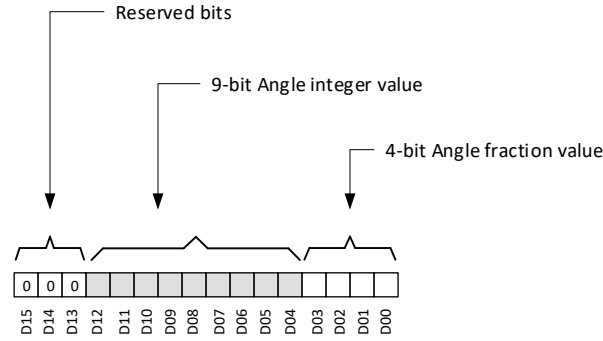


图 6-17. 角度数据定义

表 6-8. 13 位角度数据格式

角度 (°)	ANGLE_RESULT[12:0]	
	二进制	十六进制
0	0 0000 0000 0000	000h
0.0625	0 0000 0000 0001	001h
90	0 0101 1010 0000	5A0h
180	0 1011 0100 0000	B40h
270	1 0000 1110 0000	10E0h
360	1 0110 1000 0000	1680h

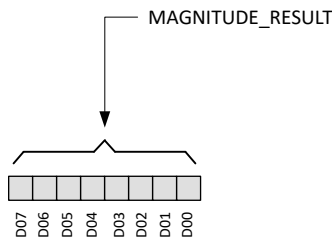
在角度计算过程中，使用 [方程式 12](#) 来计算产生的矢量幅度。

$$M = \sqrt{MADC_{Ch1}^2 + MADC_{Ch2}^2} \tag{12}$$

其中

- $MADC_{Ch1}$ 和 $MADC_{Ch2}$ 是为角度计算选择的两个磁通道对应的 ADC 代码。

[图 6-18](#) 展示了 MAGNITUDE_RESULT 寄存器中存储的幅度值。对于同轴角度测量，幅度值应在整个 360° 测量范围内保持恒定。



在角度计算过程中，MAGNITUDE_RESULT 寄存器会存储产生的矢量幅度。MAGNITUDE_RESULT 是一个无符号 8 位值，其 LSB 大小取决于器件的范围。

- 40mT : 3.296875LSB/mT
- 80mT : 1.66015625LSB/mT
- 133mT : 1.02735375LSB/mT
- 266mT : 0.515625LSB/mT

表 6-9. 8 位幅度数据格式 (仅显示小数点后三位)

幅度 (mT)				MAGNITUDE_RESULT[7:0]	
范围 = 40mT	范围 = 80mT	范围 = 133mT	范围 = 266mT	二进制	十六进制
0	0	0	0	0000 0000	00h
0.303	0.602	0.973	1.939	0000 0001	01h
4.550	9.035	14.601	29.091	0000 1111	0Fh
32.152	63.849	103.179	205.576	1010 1010	6Ah
54.900	109.026	176.183	351.030	1011 0101	B5h

图 6-18. 幅度结果数据定义

6.5.2.4 磁传感器偏移校正

TMAG5173-Q1 支持对一对磁轴进行偏移校正 (请参阅图 6-19)。MAG_OFFSET_CONFIG_1 和 MAG_OFFSET_CONFIG_2 寄存器以二进制补码数据格式存储要校正的偏移值。例如, 如果特定轴的未校正波形的值超过 +2mT, 则在相应的偏移校正寄存器中输入偏移校正值 -2mT。传感器的选择和顺序在 ANGLE_EN 寄存器位设置中定义。这些偏移校正寄存器的默认值设置为零。

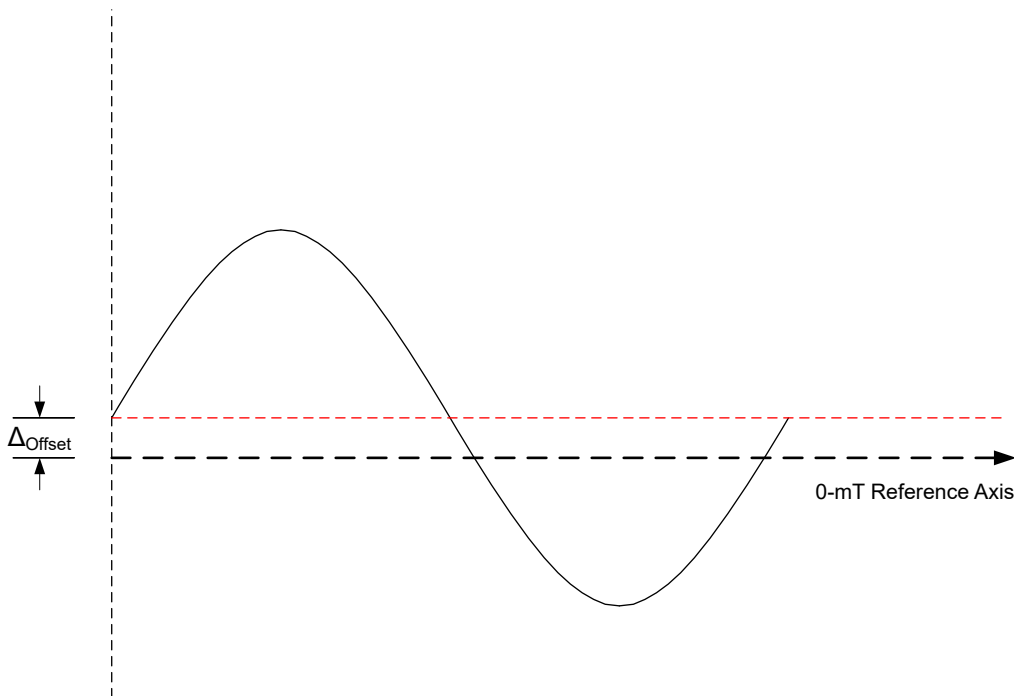


图 6-19. 磁传感器数据偏移校正

偏移校正存储为 8 位二进制补码格式, LSB 大小由磁场范围定义:

- 40mT : 52.75LSB/mT
- 80mT : 26.5625LSB/mT
- 133mT : 16.4375LSB/mT
- 266mT : 8.25LSB/mT

表 6-10. 8 位磁传感器偏移校正数据格式 (显示小数点后两位)

磁场偏移 (mT)				MAG_OFFSET_CONFIG_x[7:0]	
范围 = 40mT	范围 = 80mT	范围 = 133mT	范围 = 266mT	二进制	十六进制
-2.43	-4.82	-7.79	-15.52	1000 0000	80h
-1.02	-2.03	-3.29	-6.55	1100 1010	4Ah
-0.02	-0.04	-0.06	-0.12	1111 1111	FFh
0	0	0	0	0000 0000	00h
0.02	0.04	0.06	0.12	0000 0001	01h
1.02	2.03	3.29	6.55	0011 0110	36h
2.41	4.78	7.73	15.39	0111 1111	7Fh

6.6 TMAG5173-Q1 寄存器

表 6-11 列出了 TMAG5173-Q1 寄存器的存储器映射寄存器。表 6-11 中未列出的所有寄存器偏移地址都应视为保留的位置，并且不应修改寄存器内容。

表 6-11. TMAG5173-Q1 寄存器

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
0h	DEVICE_CONFIG_1	配置器件工作模式	节 6.6.1
1h	DEVICE_CONFIG_2	配置器件工作模式	节 6.6.2
2h	SENSOR_CONFIG_1	传感器器件工作模式	节 6.6.3
3h	SENSOR_CONFIG_2	传感器器件工作模式	节 6.6.4
4h	X_THR_CONFIG	X 阈值配置	节 6.6.5
5h	Y_THR_CONFIG	Y 阈值配置	节 6.6.6
6h	Z_THR_CONFIG	Z 阈值配置	节 6.6.7
7h	T_CONFIG	温度传感器配置	节 6.6.8
8h	INT_CONFIG_1	配置器件工作模式	节 6.6.9
9h	MAG_GAIN_CONFIG	配置器件工作模式	节 6.6.10
Ah	MAG_OFFSET_CONFIG_1	配置器件工作模式	节 6.6.11
Bh	MAG_OFFSET_CONFIG_2	配置器件工作模式	节 6.6.12
Ch	I2C_ADDRESS	I2C 地址寄存器	节 6.6.13
Dh	DEVICE_ID	器件裸片的 ID	节 6.6.14
Eh	MANUFACTURER_ID_LSB	制造商 ID 低位字节	节 6.6.15
Fh	MANUFACTURER_ID_MSB	制造商 ID 高位字节	节 6.6.16
10h	T_MSB_RESULT	转换结果寄存器	节 6.6.17
11h	T_LSB_RESULT	转换结果寄存器	节 6.6.18
12h	X_MSB_RESULT	转换结果寄存器	节 6.6.19
13h	X_LSB_RESULT	转换结果寄存器	节 6.6.20
14h	Y_MSB_RESULT	转换结果寄存器	节 6.6.21
15h	Y_LSB_RESULT	转换结果寄存器	节 6.6.22
16h	Z_MSB_RESULT	转换结果寄存器	节 6.6.23
17h	Z_LSB_RESULT	转换结果寄存器	节 6.6.24
18h	CONV_STATUS	转换状态寄存器	节 6.6.25
19h	ANGLE_RESULT_MSB	转换结果寄存器	节 6.6.26

表 6-11. TMAG5173-Q1 寄存器 (续)

偏移	首字母缩写词	寄存器名称	部分
1Ah	ANGLE_RESULT_LSB	转换结果寄存器	节 6.6.27
1Bh	MAGNITUDE_RESULT	转换结果寄存器	节 6.6.28
1Ch	DEVICE_STATUS	Device_Diag 状态寄存器	节 6.6.29

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 6-12 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 6-12. TMAG5173-Q1 访问类型代码

访问类型	代码	说明
读取类型		
R	R	读取
写入类型		
W	W	写入
W1CP	W 1C P	写入 1 以清除 需要访问权限
复位或默认值		
-n		复位后的值或默认值

6.6.1 DEVICE_CONFIG_1 寄存器 (偏移 = 0h) [复位 = 00h]

表 6-13 展示了 DEVICE_CONFIG_1。

返回到汇总表。

表 6-13. DEVICE_CONFIG_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	CRC_EN	R/W	0h	启用发送 I2C CRC 字节。 0h = CRC 禁用 1h = CRC 启用
6-5	MAG_TEMPCO	R/W	0h	磁体温度系数。 0h = 0 %/°C (无温度补偿) 1h = 0.12 %/°C (NdFe) 2h = 0.03 %/°C (SmCo) 3h = 0.20 %/°C (陶瓷)
4-2	CONV_AVG	R/W	0h	支持对传感器数据进行额外采样, 以降低噪声影响 (或提高分辨率)。 0h = 1x 平均值, 10.0kSPS (3 个轴) 或 20kSPS (1 个轴) 1h = 2x 平均值, 5.7kSPS (3 个轴) 或 13.3kSPS (1 个轴) 2h = 4x 平均值, 3.1kSPS (3 个轴) 或 8.0kSPS (1 个轴) 3h = 8x 平均值, 1.6kSPS (3 个轴) 或 4.4kSPS (1 个轴) 4h = 16x 平均值, 0.8kSPS (3 个轴) 或 2.4kSPS (1 个轴) 5h = 32x 平均值, 0.4kSPS (3 个轴) 或 1.2kSPS (1 个轴)
1-0	I2C_RD	R/W	0h	定义 I2C 读取模式。 0h = 标准 I2C 3 字节读取命令 1h = 用于读取 16 位传感器数据和转换状态的 1 字节 I2C 读取命令 2h = 用于读取 8 位传感器 MSB 数据和转换状态的 1 字节 I2C 读取命令 3h = 保留

6.6.2 DEVICE_CONFIG_2 寄存器 (偏移 = 1h) [复位 = 00h]

表 6-14 展示了 DEVICE_CONFIG_2。

返回到[汇总表](#)。

表 6-14. DEVICE_CONFIG_2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	THR_HYST	R/W	0h	为中断功能选择阈值区间，或为开关功能选择迟滞。例如，在 40mT 范围内，当 THR_HYST 设置为 2h 时，阈值区间或迟滞值为 $((40/(2^1)) * 8 = 0.156\text{mT})$ 。 0h = 获取每个 x_THR_CONFIG 寄存器的二进制补码值以创建相应轴的磁阈值 1h = 获取 x_THR_CONFIG 寄存器的 7 个 LSB 位以创建两个具有相同幅度的相反磁阈值 (一个北极和另一个南极)。 2h = 8LSB 阈值区间，12 位分辨率 3h = 16LSB 阈值区间，12 位分辨率 4h = 32LSB 阈值区间，12 位分辨率 5h = 64LSB 阈值区间，12 位分辨率 6h = 128LSB 阈值区间，12 位分辨率 7h = 256LSB 阈值区间，12 位分辨率
4	LP_LN	R/W	0h	在低有效电流模式和低噪声模式之间选择。 0h = 低有效电流模式 1h = 低噪声模式
3	I2C_GLITCH_FILTER	R/W	0h	I2C 干扰滤波器。 0h = 干扰滤波器开启 1h = 干扰滤波器关闭
2	TRIGGER_MODE	R/W	0h	根据已配置的寄存器选择启动单次转换的条件。正在运行的转换会在执行触发之前完成。冗余触发将被忽略。TRIGGER_MODE 仅在 OPERATING_MODE 中明确提及的模式期间可用。 0h = 转换从 I2C 命令位开始，默认设置 1h = 转换通过 INT 引脚上的触发信号开始
1-0	OPERATING_MODE	R/W	0h	选择器件工作模式。 0h = 待机模式 (在触发事件时开始新的转换) 1h = 睡眠模式 2h = 连续测量模式 3h = 唤醒和睡眠模式 (W&S 模式)

6.6.3 SENSOR_CONFIG_1 寄存器 (偏移 = 2h) [复位 = 00h]

表 6-15 展示了 SENSOR_CONFIG_1。

返回到[汇总表](#)。

表 6-15. SENSOR_CONFIG_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-4	MAG_CH_EN	R/W	0h	启用磁通道的数据采集。 0h = 所有磁通道关闭，默认设置 1h = X 通道启用 2h = Y 通道启用 3h = X、Y 通道启用 4h = Z 通道启用 5h = Z、X 通道启用 6h = Y、Z 通道启用 7h = X、Y、Z 通道启用 8h = XYX 通道启用 9h = YXY 通道启用 Ah = YZY 通道启用 Bh = XZX 通道启用 Ch = X、Y、Z 与正极 AFE 诊断检查 Dh = X、Y、Z 与负极 AFE 诊断检查 Eh = 霍尔电阻检查 + ADC 检查 Fh = 霍尔偏移检查 +ADC 检查
3-0	SLEEPTIME	R/W	0h	选择 OPERATING_MODE = 11b 时转换之间处于低功耗模式的时间 0h = 1ms 1h = 5ms 2h = 10ms 3h = 15ms 4h = 20ms 5h = 30ms 6h = 50ms 7h = 100ms 8h = 500ms 9h = 1000ms Ah = 2000ms Bh = 5000ms Ch = 20000ms

6.6.4 SENSOR_CONFIG_2 寄存器 (偏移 = 3h) [复位 = 00h]

表 6-16 展示了 SENSOR_CONFIG_2。

返回到[汇总表](#)。

表 6-16. SENSOR_CONFIG_2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	RESERVED	R	0h	保留
6	THRX_COUNT	R/W	0h	中断置为有效之前的阈值交叉次数。 0h = 1 阈值交叉 1h = 4 阈值交叉
5	MAG_THR_DIR	R/W	0h	选择阈值检查的方向。当 THR_HYST > 001b 时，该位被忽略。 0h = 为高于阈值的字段设置中断 1h = 为低于阈值的字段设置中断
4	MAG_GAIN_CH	R/W	0h	为在 MAG_GAIN_CONFIG 寄存器中输入的幅度增益校正选择轴。 0h = 选择第一个通道进行增益调整 1h = 选择第二个通道进行增益调整
3-2	ANGLE_EN	R/W	0h	启用两个选定磁通道之间的角度计算、磁增益和偏移校正。 0h = 角度计算、幅度增益和偏移校正未启用 1h = X 1st, Y 2nd 2h = Y 1st, Z 2nd 3h = X 1st, Z 2nd

表 6-16. SENSOR_CONFIG_2 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
1	X_Y_RANGE	R/W	0h	从 2 个不同的选项中选择 X 轴和 Y 轴磁场范围。 0h = ±40mT (TMAG5173A1) 或 ±133mT (TMAG5173A2), 默认设置 1h = ±80mT (TMAG5173A1) 或 ±266mT (TMAG5173A2)
0	Z_RANGE	R/W	0h	从 2 个不同的选项中选择 Z 轴磁场范围。 0h = ±40mT (TMAG5173A1) 或 ±133mT (TMAG5173A2), 默认设置 1h = ±80mT (TMAG5173A1) 或 ±266mT (TMAG5173A2)

6.6.5 X_THR_CONFIG 寄存器 (偏移 = 4h) [复位 = 00h]

表 6-17 展示了 X_THR_CONFIG。

返回到[汇总表](#)。

表 6-17. X_THR_CONFIG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	X_THR_CONFIG	R/W	0h	用于限制检查的 8 位二进制补码 X 轴阈值代码。可能的阈值输入范围可以是 -128 至 127。对于 A1, 阈值 (以 mT 为单位) 的计算方式为 $(40(1+X_Y_RANGE)/128)*X_THR_CONFIG$, 而对于 A2, 则为 $(133(1+X_Y_RANGE)/128)*X_THR_CONFIG$ 。默认值 0h 表示无阈值比较。

6.6.6 Y_THR_CONFIG 寄存器 (偏移 = 5h) [复位 = 00h]

表 6-18 展示了 Y_THR_CONFIG。

返回到[汇总表](#)。

表 6-18. Y_THR_CONFIG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	Y_THR_CONFIG	R/W	0h	用于限制检查的 8 位二进制补码 Y 轴阈值代码。可能的阈值输入范围可以是 -128 至 127。对于 A1, 阈值 (以 mT 为单位) 的计算方式为 $(40(1+X_Y_RANGE)/128)*Y_THR_CONFIG$, 而对于 A2, 则为 $(133(1+X_Y_RANGE)/128)*Y_THR_CONFIG$ 。默认值 0h 表示无阈值比较。

6.6.7 Z_THR_CONFIG 寄存器 (偏移 = 6h) [复位 = 00h]

表 6-19 展示了 Z_THR_CONFIG。

返回到[汇总表](#)。

表 6-19. Z_THR_CONFIG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	Z_THR_CONFIG	R/W	0h	用于限制检查的 8 位二进制补码 Z 轴阈值代码。可能的阈值输入范围可以是 -128 至 127。对于 A1，阈值 (以 mT 为单位) 的计算方式为 $(40(1+Z_RANGE)/128)*Z_THR_CONFIG$ ，而对于 A2，则为 $(133(1+Z_RANGE)/128)*Z_THR_CONFIG$ 。默认值 0h 表示无阈值比较。

6.6.8 T_CONFIG 寄存器 (偏移 = 7h) [复位 = 00h]

表 6-20 展示了 T_CONFIG。

返回到[汇总表](#)。

表 6-20. T_CONFIG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-1	T_THR_CONFIG	R/W	0h	用户输入的温度阈值代码。有效温度阈值范围为 -41°C 至 170°C，-41°C 的阈值代码为 1Ah，而 170°C 的阈值代码为 34h。分辨率为 8°C/LSB。默认值 0h 表示无阈值比较。
0	T_CH_EN	R/W	0h	启用温度通道的数据采集。 0h = 温度通道禁用 1h = 温度通道启用

6.6.9 INT_CONFIG_1 寄存器 (偏移 = 8h) [复位 = 00h]

表 6-21 展示了 INT_CONFIG_1。

返回到[汇总表](#)。

表 6-21. INT_CONFIG_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	RSLT_INT	R/W	0h	在转换结果完成时启用中断响应。 0h = 当配置的转换完成时中断不会被置为有效 1h = 当配置的转换完成时中断会被置为有效
6	THRSLD_INT	R/W	0h	在预定义的阈值交叉上启用中断响应。 0h = 超过阈值时中断不会被置为有效 1h = 超过阈值时中断会被置为有效
5	INT_STATE	R/W	0h	\overline{INT} 中断被锁存或发出脉冲。 0h = \overline{INT} 中断被锁存，直到由对器件寻址的主器件清除 1h = \overline{INT} 中断脉冲持续 10us

表 6-21. INT_CONFIG_1 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
4-2	INT_MODE	R/W	0h	中断模式选择。 0h = 无中断 1h = 通过 $\overline{\text{INT}}$ 实现中断 2h = 通过 $\overline{\text{INT}}$ 实现中断, I2C 总线忙时除外。 3h = 通过 SCL 实现中断 4h = 通过 SCL 实现中断, I2C 总线忙时除外。 5h = 在连续测量模式期间使用单极开关功能 (如果启用多个阈值, 则仅支持一个磁场转换并按 X、Y、Z 的顺序选择第一个磁场)。此模式会覆盖任何中断功能 (INT 触发器也会被禁用), 并根据 x_THRX_CONFIG 和 THR_HYST 设置实现霍尔开关功能。为此模式选择 THR_HYST > 001b。 6h = 在连续测量模式期间使用全极开关功能 (如果启用多个阈值, 则仅支持一个磁场转换并按 X、Y、Z 的顺序选择第一个磁场)。此模式会覆盖任何中断功能 (INT 触发器也会被禁用), 并根据 x_THRX_CONFIG 和 THR_HYST 设置实现霍尔开关功能。为此模式选择 THR_HYST > 001b。 7h = 无效 - 默认为 000b 模式
1	RESERVED	R	0h	保留
0	MASK_INTB	R/W	0h	$\overline{\text{INT}}$ 连接至 GND 时屏蔽 $\overline{\text{INT}}$ 引脚。 0h = $\overline{\text{INT}}$ 引脚启用 1h = $\overline{\text{INT}}$ 引脚禁用 (用于唤醒和触发功能)

6.6.10 MAG_GAIN_CONFIG 寄存器 (偏移 = 9h) [复位 = 00h]

表 6-22 展示了 MAG_GAIN_CONFIG。

返回到[汇总表](#)。

表 6-22. MAG_GAIN_CONFIG 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	GAIN_VALUE	R/W	0h	由主器件确定的 8 位增益值, 用于调整霍尔轴增益。根据 MAG_GAIN_CH 和 ANGLE_EN 寄存器位的设置来选择特定轴。二进制 8 位输入会根据公式 “[用户输入的十进制值]/256”, 被解释为 0 到 1 之间的小数值。器件会将增益值 0 解释为 1。

6.6.11 MAG_OFFSET_CONFIG_1 寄存器 (偏移 = Ah) [复位 = 00h]

表 6-23 展示了 MAG_OFFSET_CONFIG_1。

返回到[汇总表](#)。

表 6-23. MAG_OFFSET_CONFIG_1 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	OFFSET_VALUE_1ST	R/W	0h	由主器件输入的 8 位二进制补码数, 用于在角度计算期间调整第 1 个轴的偏移。第 1 个轴在 ANGLE_EN 寄存器位中定义。可能的十进制形式有效输入范围为 -128 至 127。偏移值通过将位分辨率 (uT/LSB) 与输入的值相乘来计算。

6.6.12 MAG_OFFSET_CONFIG_2 寄存器 (偏移 = Bh) [复位 = 00h]

表 6-24 展示了 MAG_OFFSET_CONFIG_2。

返回到[汇总表](#)。

表 6-24. MAG_OFFSET_CONFIG_2 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	OFFSET_VALUE_2ND	R/W	0h	由主器件输入的 8 位二进制补码数，用于在角度计算期间调整第 2 个轴的偏移。第 2 个轴在 ANGLE_EN 寄存器位中定义。可能的十进制形式有效输入范围为 -128 至 127。偏移值通过将位分辨率 (uT/LSB) 与输入的值相乘来计算。

6.6.13 I2C_ADDRESS 寄存器 (偏移 = Ch) [复位 = 6Ah]

表 6-25 展示了 I2C_ADDRESS。

返回到[汇总表](#)。

表 6-25. I2C_ADDRESS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-1	I2C_ADDRESS	R/W	35h	7 位默认出厂 I2C 地址会在首次上电期间从 OTP 加载。如果需要新的 I2C 地址，请将这些位更改为新设置 (每次下电上电时，都需要再次写入这些位，以避免返回默认的出厂地址)。
0	I2C_ADDRESS_UPDATE_EN	R/W	0h	启用户户定义的新 I2C 地址。 0h = 禁用 I2C 地址更新 1h = 启用通过位 (7:1) 更新 I2C 地址

6.6.14 DEVICE_ID 寄存器 (偏移 = Dh) [复位 = 04h]

DEVICE_ID 如表 6-26 所示。

返回到[汇总表](#)。

表 6-26. DEVICE_ID 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-2	RESERVED	R	1h	保留
1-0	VER	R	0h	器件版本指示器。DEVICE_ID 的复位值取决于可订购器件型号。 0h = ±40mT 和 ±80mT 范围 1h = 保留 2h = ±133mT 和 ±266mT 范围 3h = 保留

6.6.15 MANUFACTURER_ID_LSB 寄存器 (偏移 = Eh) [复位 = 49h]

表 6-27 展示了 MANUFACTURER_ID_LSB。

返回到[汇总表](#)。

表 6-27. MANUFACTURER_ID_LSB 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	MANUFACTURER_ID_[7:0]	R	49h	唯一的制造商 ID LSB 位。

6.6.16 MANUFACTURER_ID_MSB 寄存器 (偏移 = Fh) [复位 = 54h]

表 6-28 展示了 MANUFACTURER_ID_MSB。

返回到[汇总表](#)。

表 6-28. MANUFACTURER_ID_MSB 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	MANUFACTURER_ID_[15:8]	R	54h	唯一的制造商 ID MSB 位。

6.6.17 T_MSB_RESULT 寄存器 (偏移 = 10h) [复位 = 00h]

表 6-29 展示了 T_MSB_RESULT。

返回到[汇总表](#)。

表 6-29. T_MSB_RESULT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	T_CH_RESULT [15:8]	R	0h	T 通道数据转换结果，MSB 8 位。

6.6.18 T_LSB_RESULT 寄存器 (偏移 = 11h) [复位 = 00h]

表 6-30 展示了 T_LSB_RESULT。

返回到[汇总表](#)。

表 6-30. T_LSB_RESULT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	T_CH_RESULT [7:0]	R	0h	T 通道数据转换结果，LSB 8 位。

6.6.19 X_MSB_RESULT 寄存器 (偏移 = 12h) [复位 = 00h]

表 6-31 展示了 X_MSB_RESULT。

返回到[汇总表](#)。

表 6-31. X_MSB_RESULT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	X_CH_RESULT [15:8]	R	0h	X 通道数据转换结果，MSB 8 位。

6.6.20 X_LSB_RESULT 寄存器 (偏移 = 13h) [复位 = 00h]

表 6-32 展示了 X_LSB_RESULT。

返回到[汇总表](#)。

表 6-32. X_LSB_RESULT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	X_CH_RESULT [7:0]	R	0h	X 通道数据转换结果，LSB 8 位。

6.6.21 Y_MSB_RESULT 寄存器 (偏移 = 14h) [复位 = 00h]

表 6-33 展示了 Y_MSB_RESULT。

返回到[汇总表](#)。

表 6-33. Y_MSB_RESULT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	Y_CH_RESULT [15:8]	R	0h	Y 通道数据转换结果，MSB 8 位。

6.6.22 Y_LSB_RESULT 寄存器 (偏移 = 15h) [复位 = 00h]

表 6-34 展示了 Y_LSB_RESULT。

返回到[汇总表](#)。

表 6-34. Y_LSB_RESULT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	Y_CH_RESULT [7:0]	R	0h	Y 通道数据转换结果，LSB 8 位。

6.6.23 Z_MSB_RESULT 寄存器 (偏移 = 16h) [复位 = 00h]

表 6-35 展示了 Z_MSB_RESULT。

返回到[汇总表](#)。

表 6-35. Z_MSB_RESULT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	Z_CH_RESULT [15:8]	R	0h	Z 通道数据转换结果，MSB 8 位。

6.6.24 Z_LSB_RESULT 寄存器 (偏移 = 17h) [复位 = 00h]

表 6-36 展示了 Z_LSB_RESULT。

返回到[汇总表](#)。

表 6-36. Z_LSB_RESULT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	Z_CH_RESULT [7:0]	R	0h	Z 通道数据转换结果，LSB 8 位。

6.6.25 CONV_STATUS 寄存器 (偏移 = 18h) [复位 = 10h]

表 6-37 展示了 CONV_STATUS。

返回到[汇总表](#)。

表 6-37. CONV_STATUS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	SET_COUNT	R	0h	转换数据集的滚动计数。
4	POR	R/W1CP	1h	器件已上电或已经过上电复位。当主机写回“1”时，该位清零。 0h = 无 POR 1h = 发生 POR
3-2	RESERVED	R	0h	保留

表 6-37. CONV_STATUS 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
1	DIAG_STATUS	R	0h	检测到任何内部诊断失败，包括 V _{CC} UV、内部存储器 CRC 错误、 $\overline{\text{INT}}$ 引脚错误和内部时钟错误。 0h = 无诊断失败 1h = 检测到诊断失败
0	RESULT_STATUS	R	0h	转换数据缓冲器已准备好被读取。 0h = 转换数据未完成 1h = 转换数据已完成

6.6.26 ANGLE_RESULT_MSB 寄存器 (偏移 = 19h) [复位 = 00h]

表 6-38 展示了 ANGLE_RESULT_MSB。

返回到[汇总表](#)。

表 6-38. ANGLE_RESULT_MSB 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	ANGLE_RESULT_MSB	R	0h	角度测量结果，单位为度。结合 ANGLE_RESULT_MSB 和 ANGLE_RESULT_LSB 位后，数据以 13 个 LSB 位的形式表示 0 至 360 度范围内的值。为角度的小数部分分配的 4 个 LSB 位，格式为 (xxxx/16)。

6.6.27 ANGLE_RESULT_LSB 寄存器 (偏移 = 1Ah) [复位 = 00h]

表 6-39 展示了 ANGLE_RESULT_LSB。

返回到[汇总表](#)。

表 6-39. ANGLE_RESULT_LSB 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	ANGLE_RESULT_LSB	R	0h	角度测量结果，单位为度。结合 ANGLE_RESULT_MSB 和 ANGLE_RESULT_LSB 位后，数据以 13 个 LSB 位的形式表示 0 至 360 度范围内的值。为角度的小数部分分配的 4 个 LSB 位，格式为 (xxxx/16)。

6.6.28 MAGNITUDE_RESULT 寄存器 (偏移 = 1Bh) [复位 = 00h]

表 6-40 展示了 MAGNITUDE_RESULT。

返回到[汇总表](#)。

表 6-40. MAGNITUDE_RESULT 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	MAGNITUDE_RESULT	R	0h	角度测量期间产生的矢量幅度。在 360 度同轴角度测量期间，该值应保持恒定。幅度 (单位为 mT) 可以使用 $(MAGNITUDE_RESULT * 256) / (LSB/mT)$ 来计算，其中 LSB/mT 按照磁特性表中指定 16 位格式计算。

6.6.29 DEVICE_STATUS 寄存器 (偏移 = 1Ch) [复位 = 10h]

表 6-41 展示了 DEVICE_STATUS。

返回到[汇总表](#)。

表 6-41. DEVICE_STATUS 寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-5	RESERVED	R	0h	保留
4	INTB_RB	R	1h	指示器件从 \overline{INT} 引脚读回的电平。DEVICE_STATUS 的复位值取决于上电时 INT 引脚的状态。 0h = \overline{INT} 引脚被驱动为低电平 1h = \overline{INT} 引脚状态为高电平
3	OSC_ER	R/W1CP	0h	指示是否检测到振荡器错误。当主机写回“1”时，该位清零。 0h = 未检测到振荡器错误 1h = 检测到振荡器错误

表 6-41. DEVICE_STATUS 寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
2	INT_ER	R/W1CP	0h	指示是否检测到 $\overline{\text{INT}}$ 引脚错误。当主机写回“1”时，该位清零。 0h = 未检测到 $\overline{\text{INT}}$ 错误 1h = 检测到 $\overline{\text{INT}}$ 错误
1	OTP_CRC_ER	R/W1CP	0h	指示是否检测到 OTP CRC 错误。当主机写回“1”时，该位清零。 0h = 未检测到 OTP CRC 错误 1h = 检测到 OTP CRC 错误
0	VCC_UV_ER	R/W1CP	0h	指示是否检测到 V _{CC} 欠压。当主机写回“1”时，该位清零。 0h = 未检测到 V _{CC} UV 1h = 检测到 V _{CC} UV

7 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。

7.1 应用信息

7.1.1 选择灵敏度选项

选择可测量所需磁通密度范围的最高 TMAG5173-Q1 灵敏度选项，从而尽可能地扩大 ADC 输入范围。

与距离很近的极小磁体相比，尺寸更大的磁体和距离更远的感应距离通常可以实现更好的位置精度，因为磁通密度随着磁体的接近而呈指数级增长。TI 在 ti.com 上的 [TMAG5173-Q1 产品文件夹](#) 下创建了一个在线工具，用于帮助实现简单的磁体计算。

7.1.2 磁体的温度补偿

TMAG5173-Q1 温度补偿旨在直接补偿 MAG_TEMPCO 寄存器位中指定的几个磁体的平均温度漂移。随着温度升高，磁体的剩余感应 (B_r) 通常会减少；对于 NdFeB 磁体，温度每升高 1°C，剩余感应会减少 0.12%，而对于铁氧体磁体，温度每升高 1°C，剩余感应会减少 0.20%。如果不需要器件温度补偿，则将 MAG_TEMPCO 位设置为默认值 00b。

7.1.3 传感器转换

根据 MAG_CH_EN 和 CONV_AVG 寄存器位设置，可以采用多种转换方案。

7.1.3.1 连续转换

通过将 `OPERATING_MODE` 设置为 `10b`，可以将 `TMAG5173-Q1` 设置为连续转换模式。图 7-1 展示了几个连续转换示例。输入磁场会分两步处理。第一步，器件旋转霍尔传感器元件，并集成采样数据。第二步，ADC 模块将模拟信号转换为数字位并存储在相应的结果寄存器中。当 ADC 开始处理第一个磁性样本时，旋转模块可以开始处理另一个磁性样本。在此模式下，每次新转换开始时都会获取温度数据。该温度数据用于补偿磁性热漂移。

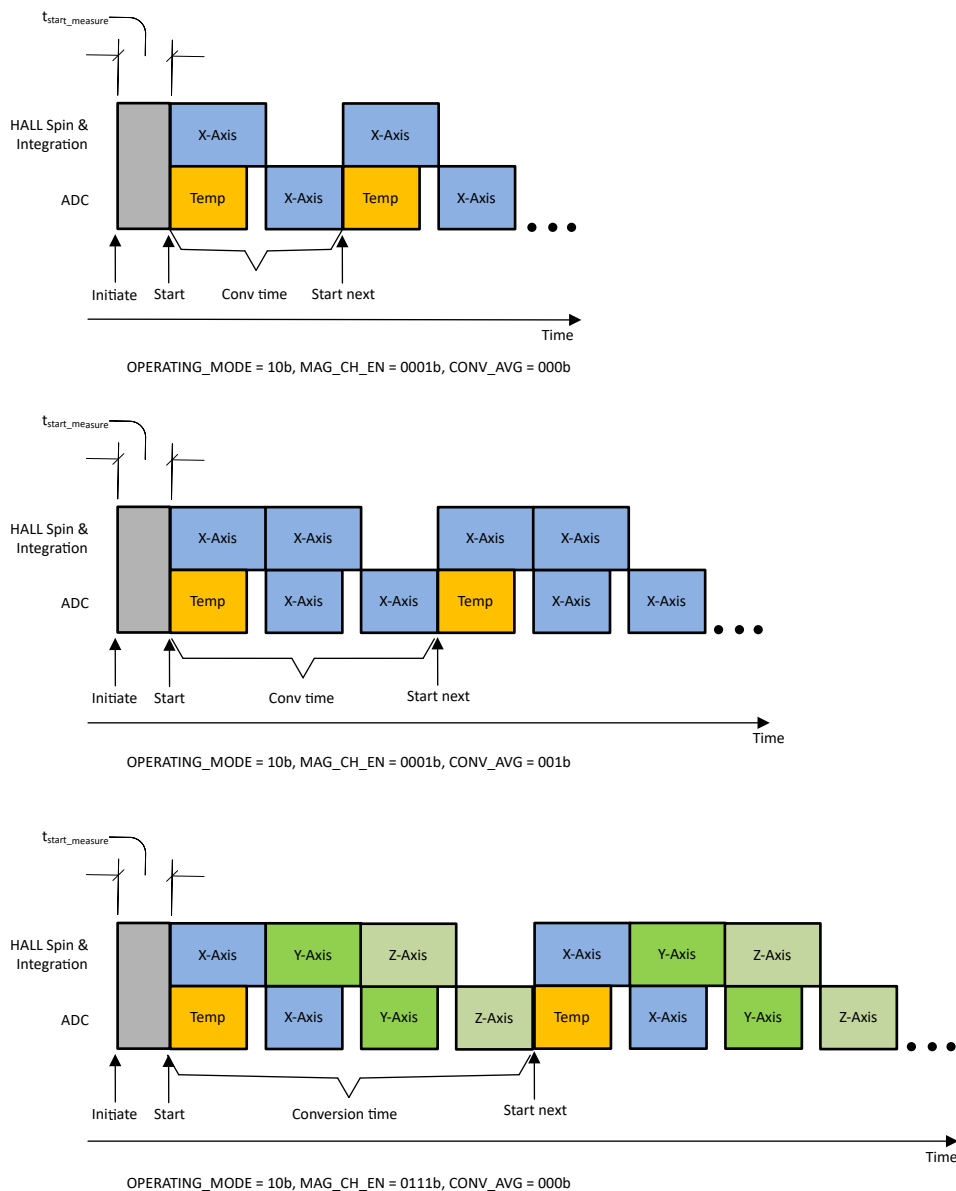


图 7-1. 连续转换模式

7.1.3.2 触发器转换

`TMAG5173-Q1` 支持在 `OPERATING_MODE` 设置为 `00b` 时进行触发器转换。触发事件可通过 `I2C` 命令或 \overline{INT} 信号启动。图 7-2 展示了温度传感器、X 传感器、Y 传感器和 Z 传感器激活时的触发器转换示例。

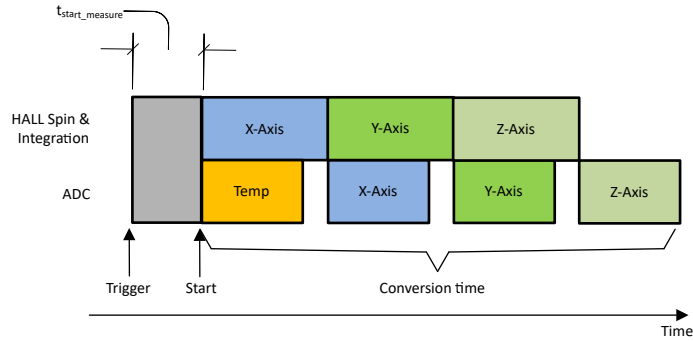


图 7-2. 温度传感器、X 传感器、Y 传感器和 Z 传感器的触发器转换

7.1.3.3 伪同步采样

在绝对角度测量中，需要来自多个轴的应用传感器数据，才能计算出精确的角度。在不同时间通过同一信号链收集的磁场数据会在角度计算中引入误差。TMAG5173-Q1 提供伪同步采样数据收集模式来消除此误差。图 7-3 展示了一个示例，其中 MAG_CH_EN 设置为 1011b 来收集 XZX 数据。方程式 13 展示了 X 和 Z 传感器数据的时间戳相同。

$$t_z = \frac{t_{x1} + t_{x2}}{2} \quad (13)$$

其中

- t_{x1} 、 t_z 和 t_{x2} 是 X、Z、X 传感器数据完成的时间戳，如图 7-3 中定义。

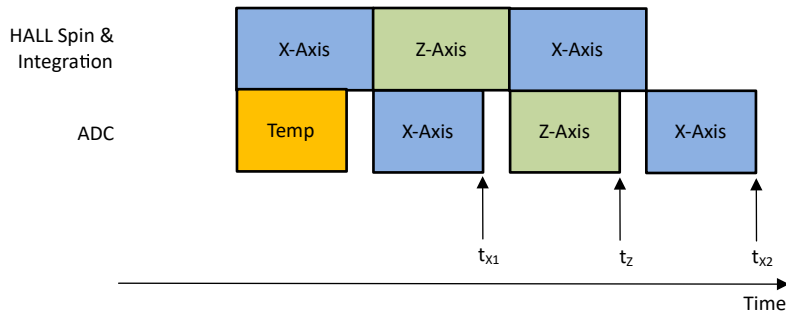


图 7-3. XZX 磁场转换

TMAG5173-Q1 的垂直 X、Y 传感器比水平 Z 传感器表现出更多噪声。伪同步采样可用于在采集两组垂直传感器数据时根据一组水平传感器数据均衡本底噪声，就像 XZX 或 YZY 模式示例中那样。

7.1.4 磁体限值检查

TMAG5173-Q1 可同时对单个轴或多个轴进行磁体限值检查。图 7-4 至图 7-7 展示了磁场高于、低于、退出磁带和进入磁带时的磁体限制交叉检测事件示例。如果磁场保持在图中的阴影区域，则器件将在每次新的转换时继续生成中断。MAG_THR_DIR 和 THR_HYST 寄存器位帮助选择不同的限制交叉模式。

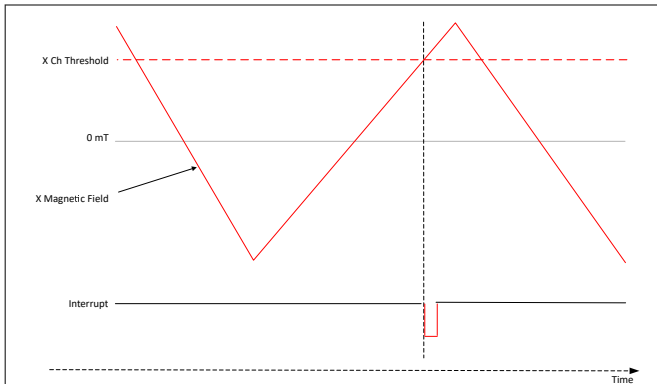


图 7-4. MAG_THR_DIR = 0b 且 THR_HYST = 000b 时的磁体上限交叉检查

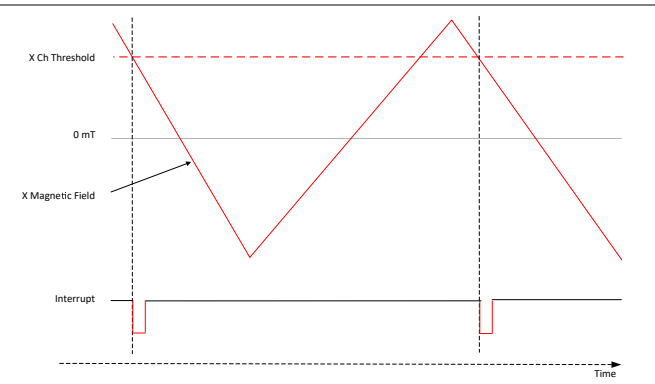


图 7-5. MAG_THR_DIR = 1b 且 THR_HYST = 000b 时的磁体下限交叉检查

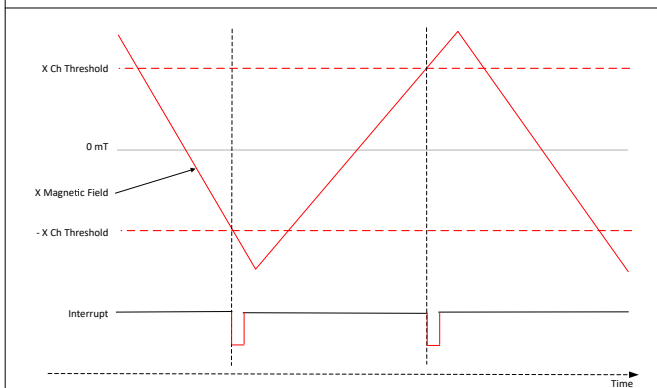


图 7-6. MAG_THR_DIR = 0b 且 THR_HYST = 001b 时的磁场带外检查

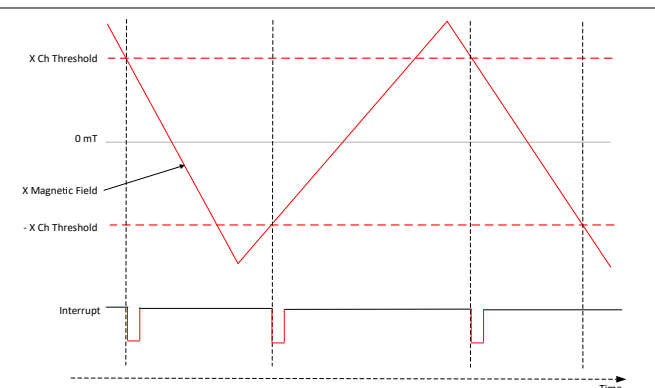


图 7-7. MAG_THR_DIR = 1b 且 THR_HYST = 001b 时的磁场带内检查

7.1.5 磁性阈值区间交叉检测

表 7-1 展示了 TMAG5173-Q1 支持的不同阈值区间宽度选项。对于更大的阈值区间，请使用 A2 可订购产品。磁性阈值区间可用于创建可编程磁性开关和锁存迟滞。

表 7-1. 阈值区间宽度 (阈值上限 - 阈值下限)，单位为 mT

THR_HYST 代码	±40mT 选项	±80mT 选项	±133mT 选项	±266mT 选项
	A1/B1/C1/D1 可订购产品		A2/B2/C2/D2 可订购产品	
010b	0.156	0.312	0.52	1.04
011b	0.312	0.625	1.04	2.08
100b	0.625	1.25	2.08	4.15
101b	1.25	2.5	4.16	8.30
110b	2.5	5.0	8.30	16.63
111b	5.0	10.0	16.63	33.25

7.1.6 线性测量过程中的误差计算

TMAG5173-Q1 提供了多个独立的配置，可在 X、Y 和 Z 轴上执行线性位置测量。要计算线性测量过程中的预期误差，必须了解每个单独误差源的贡献。相关误差源包括灵敏度误差、偏移量、噪声、跨轴灵敏度、迟滞、非线性度、不同温度下的漂移、整个生命周期内的漂移等。对于像 TMAG5173-Q1 这样的 3 轴霍尔解决方案，跨轴灵敏度和迟滞误差源无关紧要。可以使用 方程式 14 来估算室温条件下的线性测量误差。

$$\text{Error}_{\text{LM}_25\text{C}} = \frac{\sqrt{(B \times \text{SENS}_{\text{ER}})^2 + B_{\text{off}}^2 + N_{\text{RMS}_25}^2}}{B} \times 100\% \quad (14)$$

其中

- $\text{Error}_{\text{LM}_25\text{C}}$ 是 25°C 条件下线性测量过程中的总误差，以 % 表示。
- B 是输入磁场。
- SENS_{ER} 是 25°C 时的灵敏度误差，以十进制数表示。例如，对于 5% 的灵敏度误差，请输入 0.05。
- B_{off} 是 25°C 时的偏移误差。
- N_{RMS_25} 是 25°C 时的 RMS 噪声。

在许多应用中，室温下的系统级校准可以消除 25°C 时的偏移误差和灵敏度误差。除了可以在微控制器中取平均值外，还可以通过在器件内部最多除以 32 取平均值来降低噪声误差。可以使用 [方程式 15](#) 来估算室温下校准后整个温度范围内的线性测量误差。

$$\text{Error}_{\text{LM}_\text{Temp}} = \frac{\sqrt{(B \times \text{SENS}_{\text{DR}})^2 + B_{\text{off_DR}}^2 + N_{\text{RMS}_\text{Temp}}^2}}{B} \times 100\% \quad (15)$$

其中

- $\text{Error}_{\text{LM}_\text{Temp}}$ 是执行室温校准后线性测量过程中整个温度范围内的总误差，以 % 表示。
- B 是输入磁场。
- SENS_{DR} 是 25°C 时的灵敏度漂移，以十进制数表示。例如，对于 5% 的灵敏度漂移，请输入 0.05。
- $B_{\text{off_DR}}$ 是 25°C 时的温漂值。
- $N_{\text{RMS}_\text{Temp}}$ 是整个温度范围内的 RMS 噪声。

如果未执行室温校准，整个温度范围内的总误差计算也必须考虑室温下的灵敏度误差和偏移误差（请参阅 [方程式 16](#)）。

$$\text{Error}_{\text{LM}_\text{Temp_NCal}} = \frac{\sqrt{(B \times \text{SENS}_{\text{ER}})^2 + (B \times \text{SENS}_{\text{DR}})^2 + B_{\text{off}}^2 + B_{\text{off_DR}}^2 + N_{\text{RMS}_\text{Temp}}^2}}{B} \times 100\% \quad (16)$$

其中

- $\text{Error}_{\text{LM}_\text{Temp_NCal}}$ 是在未进行室温校准的情况下，线性测量过程中整个温度范围内的总误差，以 % 表示。

备注

本节不考虑系统机械振动、磁体温度梯度、地磁场、非线性度、寿命漂移等误差源。在计算总系统误差预算时，用户必须考虑这些额外的误差源。

7.1.7 角度测量过程中的误差计算

TMAG5173-Q1 提供片上 CORDIC 来测量相对于两个磁轴中任何一个的角度数据。也可以使用线性磁轴数据通过外部 CORDIC 来计算角度。要计算角度测量期间的预期误差，必须了解每个单独误差源的贡献。相关误差源包括灵敏度误差、偏移量、噪声、轴间不匹配、非线性度、不同温度下的漂移、整个生命周期内的漂移等。可以使用 [角度误差计算工具](#) 估算角度测量期间的总误差。

7.2 典型应用

由于采用非接触式设计且能够进行可靠的测量，磁性 3D 传感器非常受欢迎，特别是在需要在恶劣环境中进行长期测量的应用中。TMAG5173-Q1 可在各种工业和个人电子产品应用中提供设计灵活性。本节将详细讨论三个常见应用示例。

7.2.1 角度测量

由于采用非接触式设计且能够进行可靠的测量，磁性角度传感器非常受欢迎，特别是在需要在恶劣环境中进行长期测量的应用中。TMAG5173-Q1 提供了片上角度计算器，可根据任意两个磁轴进行角度测量。两个相关轴可以在 `ANGLE_EN` 寄存器位中选择。该器件提供完整的 360 度角度输出。在角度计算中会考虑多个误差源，包括灵敏度误差、偏移误差、线性误差、噪声、机械振动、温度漂移等。

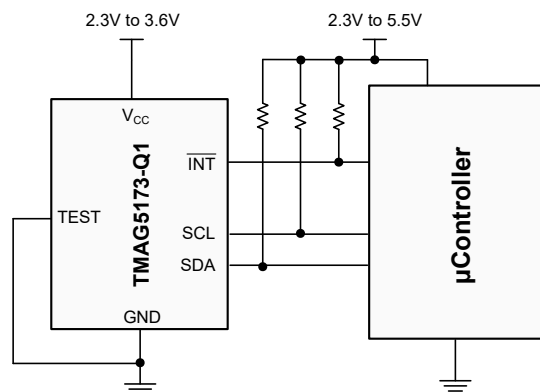


图 7-8. TMAG5173-Q1 角度测量应用示意图

7.2.1.1 设计要求

此设计示例使用表 7-2 中列出的参数。

表 7-2. 设计参数

设计参数	同轴测量	离轴测量
器件	TMAG5173A1-Q1	TMAG5173A1-Q1
V _{CC}	3.3V	3.3V
器件位置	磁体正下方	在磁体的相邻侧
磁体	圆柱磁体：4.7625mm 直径，12.7mm 厚，钕磁体 N52，Br = 1480	圆柱磁体：4.7625mm 直径，12.7mm 厚，钕磁体 N52，Br = 1480
磁场范围选择	根据传感器可能检测到的最强磁场，为两个轴选择相同的范围	根据传感器可能检测到的最强磁场，为两个轴选择相同的范围
RPM	<600	<600
所需精度	360° 旋转时小于 2°	360° 旋转时小于 2°

7.2.1.2 详细设计过程

为了准确测量角度，必须通过在 `MAG_GAIN_CONFIG` 寄存器中选择适当的增益调整值来对两个轴的振幅进行标准化。增益调整值是介于 0 和 1 之间的十进制小数。要计算此小数值，必须遵循以下步骤：

- 将器件设置为 32 倍平均模式，并将轴完整旋转 360 度。
- 记录完整 360 度旋转对应的两个轴传感器 ADC 代码。
- 完整 360 度旋转的归一化图如图 7-10 或图 7-11 所示。
- 测量每个轴的最大峰峰值 ADC 代码增量： A_X 和 A_Y 。
- 如果 $A_X > A_Y$ ，请将 `MAG_GAIN_CH` 寄存器位设置为 0b。计算 X 轴的增益调整值： $G_X = \frac{A_Y}{A_X}$
- 如果 $A_X < A_Y$ ，请将 `MAG_GAIN_CH` 寄存器位设置为 1b。计算 Y 轴的增益调整值： $G_Y = \frac{1}{G_X}$
- `GAIN_VALUE` 寄存器位中的目标二进制增益设置可以根据公式 G_X 或 $G_Y = \text{GAIN_VALUE}_{\text{decimal}} / 256$ 来计算。

示例 1：如果 $A_X = A_Y = 60,000$ ，`GAIN_VALUE` 寄存器位会设置为默认 0000 0000b。

示例 2：如果 $A_x = 60,000$ 且 $A_y = 45,000$ ，则 $G_x = 45,000/60,000 = 0.75$ 。将 MAG_GAIN_CH 设置为 0b 并将 GAIN_VALUE 设置为 1100 0000b。

示例 3：如果 $A_x = 45,000$ 且 $A_y = 60,000$ ，则 $G_x = (60,000/45,000) = 1.33$ 。由于 $G_x > 1$ ，增益调整需要在 $G_y = 1/G_x$ 的情况下应用于 Y 轴。将 MAG_GAIN_CH 设置为 1b 并将 GAIN_VALUE 设置为 1100 0000b。

7.2.1.2.1 角度测量的增益调整

常见的测量拓扑包括同轴或离轴角度测量中的角度位置测量，如图 7-9 所示。尽可能选择同轴测量拓扑，因为这样可以实现磁场和器件测量范围的最佳优化。TMAG5173-Q1 提供了片上增益调整选项，以应对机械位置错位问题。

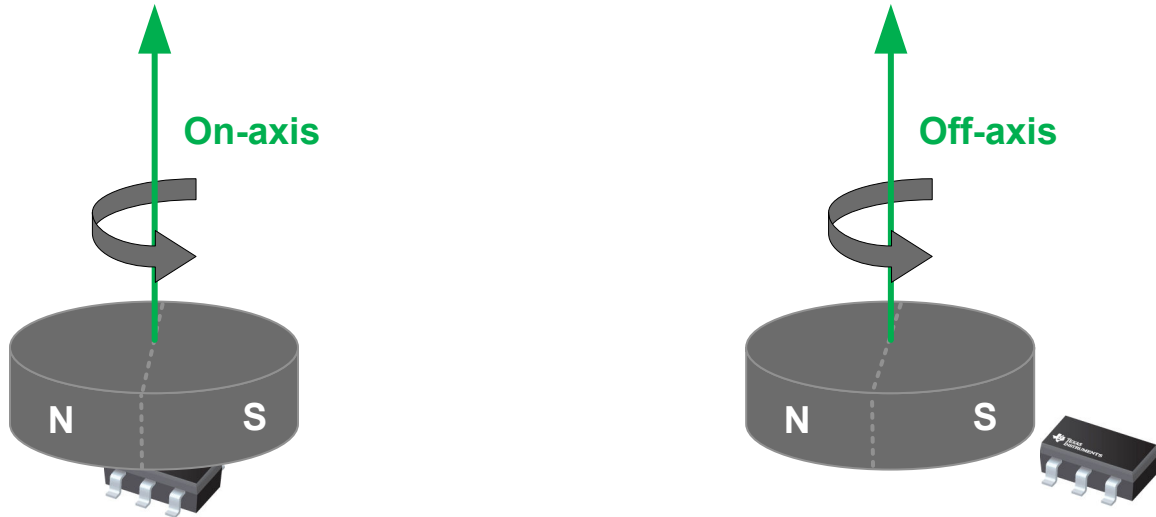


图 7-9. 同轴角度测量与离轴角度测量

7.2.1.3 应用曲线

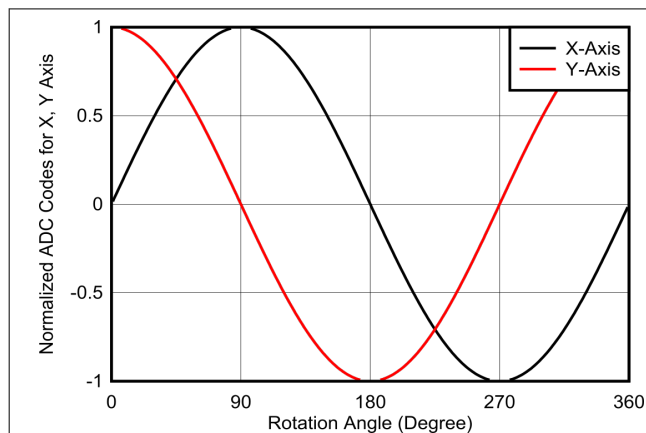


图 7-10. 进行同轴测量时 360 度全方位旋转的 X 和 Y 传感器数据

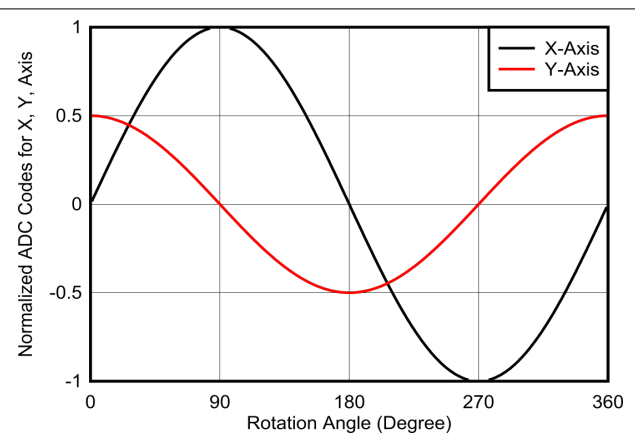


图 7-11. 进行离轴测量时 360 度全方位旋转的 X 和 Y 传感器数据

7.2.2 I²C 地址扩展

TMAG5173-Q1 具有四个不同的出厂编程 I²C 地址。该器件还支持通过配置 I2C_ADDRESS 寄存器来指定额外的 I²C 地址。该寄存器使用七位，可提供 128 个不同的地址。在选择单个 I²C 总线中的最大传感器数量之前，应考虑总线负载、最大时钟频率、微控制器提供的 GPIO 等系统限制。

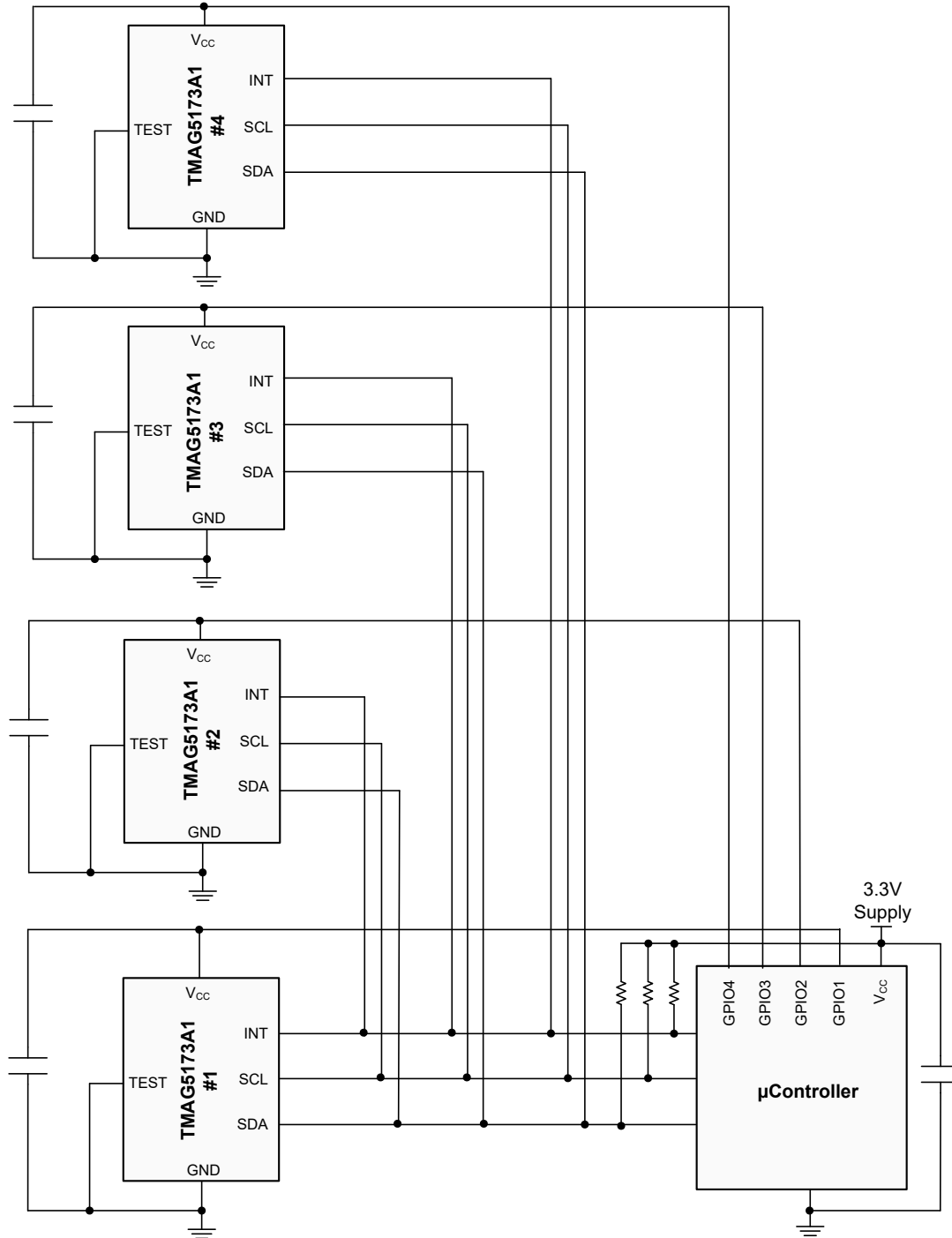


图 7-12. TMAG5173-Q1 I²C 地址扩展应用示意图

7.2.2.1 设计要求

此设计示例使用表 7-2 中列出的参数。

表 7-3. 设计参数

参数	设计目标
可订购器件	TMAG5173A1-Q1
V _{CC}	3.3V

表 7-3. 设计参数 (续)

参数	设计目标
同一总线上的器件数	4 (同样的方法可用于扩展 I ² C 总线上的传感器数量)
设计目标	优化 GPIO 数量和元件数量
每个传感器的电流电源	5mA, 由微控制器 GPIO 提供

7.2.2.2 详细设计过程

选择具有 5mA 电流供电能力的 GPIO。图 7-12 展示了 SCL、SDA 线路和 $\overline{\text{INT}}$ 引脚可以共享。但是，当 $\overline{\text{INT}}$ 引脚由多个传感器共享时，必须对该引脚的功能进行分析。例如，如果传感器配置为通过 $\overline{\text{INT}}$ 引脚生成中断，微控制器需要读取所有传感器以确定发送中断的具体传感器。按顺序执行以下步骤，将新的 I²C 地址分配给图 7-13 中所示的四个 TMAG5173-Q1：

- 打开 GPIO#1 并等待 $t_{\text{start_power_up}}$ 时长。
- 使用出厂编程的地址对器件 1 寻址。写入 I2C_ADDRESS 寄存器以分配新地址。
- 打开 GPIO#2 并等待 $t_{\text{start_power_up}}$ 时长。
- 使用出厂编程的地址对器件 2 寻址。写入 I2C_ADDRESS 寄存器以分配新的唯一地址。
- 打开 GPIO#3 并等待 $t_{\text{start_power_up}}$ 时长。
- 使用出厂编程的地址对器件 3 寻址。写入 I2C_ADDRESS 寄存器以分配新的唯一地址。
- 打开 GPIO#4 并等待 $t_{\text{start_power_up}}$ 时长。
- 使用出厂编程的地址对器件 4 寻址。写入 I2C_ADDRESS 寄存器以分配新的唯一地址。

如果发生断电或上电复位情况，请重复上述步骤。

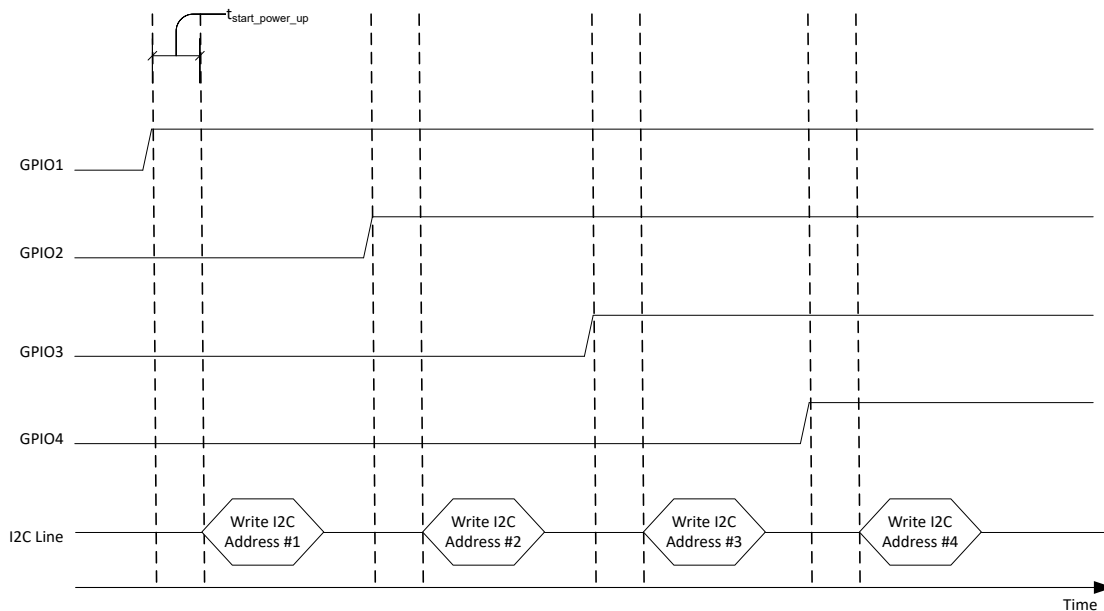


图 7-13. 四个传感器的上电时序和 I²C 地址分配

7.3 优秀设计实践

TMAG5173-Q1 会在转换结束时更新结果寄存器。结果寄存器的 I²C 读取必须与转换更新时间同步，以避免在结果寄存器更新时读取结果数据。对于时序预算有严格要求的应用，可以在转换完成时使用 $\overline{\text{INT}}$ 信号通知主器件。

7.4 电源相关建议

必须使用靠近器件的去耦电容器以最小电感提供局部能量。TI 建议使用容值至少为 0.01 μF 的陶瓷电容器。将 TEST 引脚接地。

7.5 布局

7.5.1 布局指南

磁场在没有明显干扰的情况下穿过大多数非铁磁材料。将霍尔效应传感器嵌入塑料或铝制外壳中来感应外部磁体是惯常的做法。磁场也很容易穿过大多数印刷电路板 (PCB)，这使得将磁体放置在 PCB 另一侧成为可能。

7.5.2 布局示例

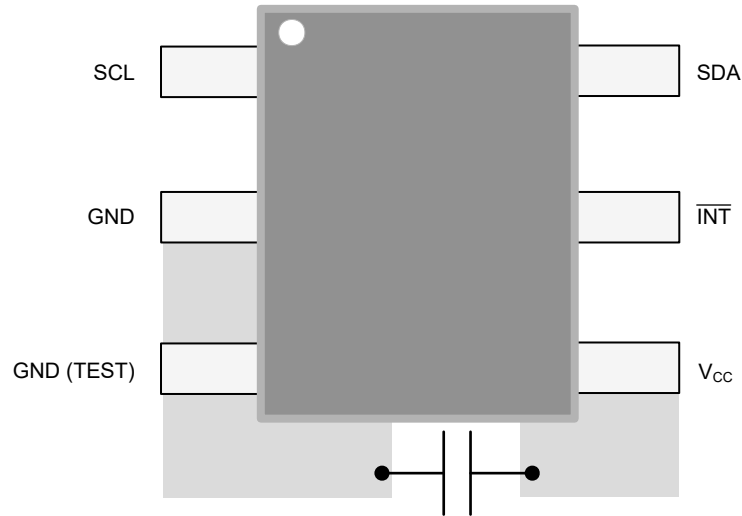


图 7-14. TMAG5173-Q1 布局示例

8 器件和文档支持

8.1 文档支持

8.1.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI), [HALL-ADAPTER-EVM 用户指南 \(SLYU043\)](#)
- 德州仪器 (TI), [TMAG5173 评估模块用户指南 \(SLYU058\)](#)
- 德州仪器 (TI), [使用多轴线性霍尔效应传感器进行角度测量 应用手册 \(SBAA463\)](#)
- 德州仪器 (TI), [利用霍尔效应传感器测量旋转运动的绝对角度 应用简报 \(SBAA503\)](#)
- 德州仪器 (TI), [使用霍尔效应传感器针对篡改和移动终点位置检测实现限制检测 应用简报 \(SBOA514\)](#)

8.2 接收文档更新通知

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

8.3 支持资源

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

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

8.4 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。

8.5 静电放电警告



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

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

8.6 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

9 修订历史记录

Changes from Revision A (September 2023) to Revision B (July 2025)	Page
• 在描述中添加了唤醒和睡眠模式.....	1
• 更新了 <i>电气特性表</i> 的格式.....	6
• 向 <i>电气特性表</i> 中添加了唤醒和睡眠模式电流消耗.....	6
• 更新了 <i>温度传感器表</i> 的格式.....	6
• 更新了 <i>A1、B1、C1、D1 磁特性表</i> 的格式.....	8
• 更新了 <i>A2、B2、C2、D2 磁特性表</i> 的格式.....	9
• 更新了 <i>磁温度补偿特性表</i> 的格式.....	10
• 更新了 <i>上电时序表</i> 的格式.....	11
• 添加了唤醒和睡眠功能模式.....	19
• 在图中添加了唤醒和睡眠模式，其中显示了 TMAG5173-Q1 工作模式.....	20
• 添加了磁传感器数据计算示例表.....	26

• 添加了温度传感器数据计算示例表.....	26
• 添加了角度和幅度数据计算示例表.....	27
• 添加了磁传感器偏移计算示例表.....	29
• 向 OPERATING_MODE 添加了唤醒和睡眠模式，并添加了 SLEEPTIME 寄存器.....	30
• 更改了 TMAG5173-Q1 角度测量应用示意图图像.....	48

Changes from Revision * (September 2022) to Revision A (September 2023)
Page

• 将数据表状态从“预告信息”更改为“量产数据”.....	1
-------------------------------	---

10 机械、封装和可订购信息

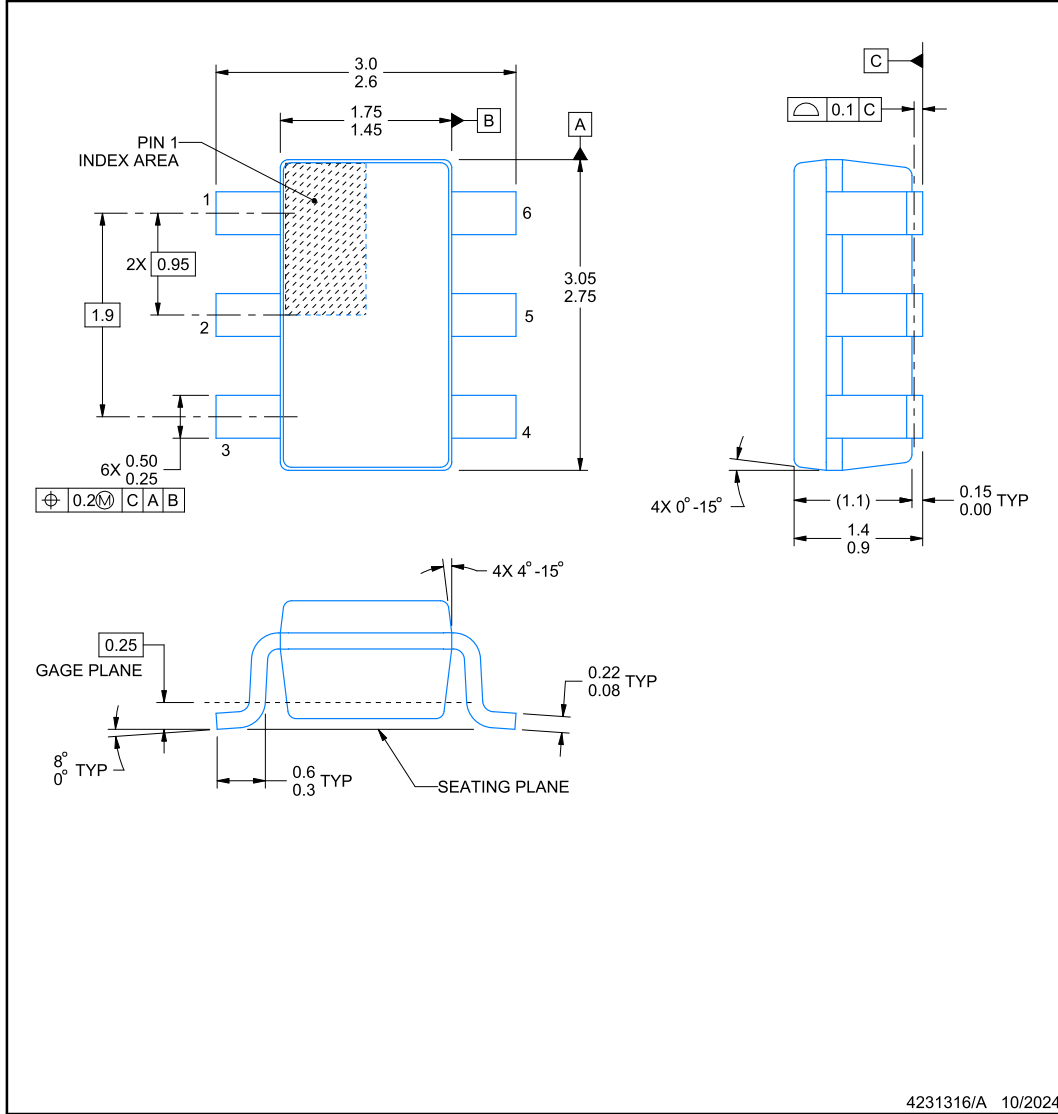
以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

TMAG5173xxx/TMAG5273xxx
DBV0006A-C02



PACKAGE OUTLINE
SOT-23 - 1.4 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



NOTES:

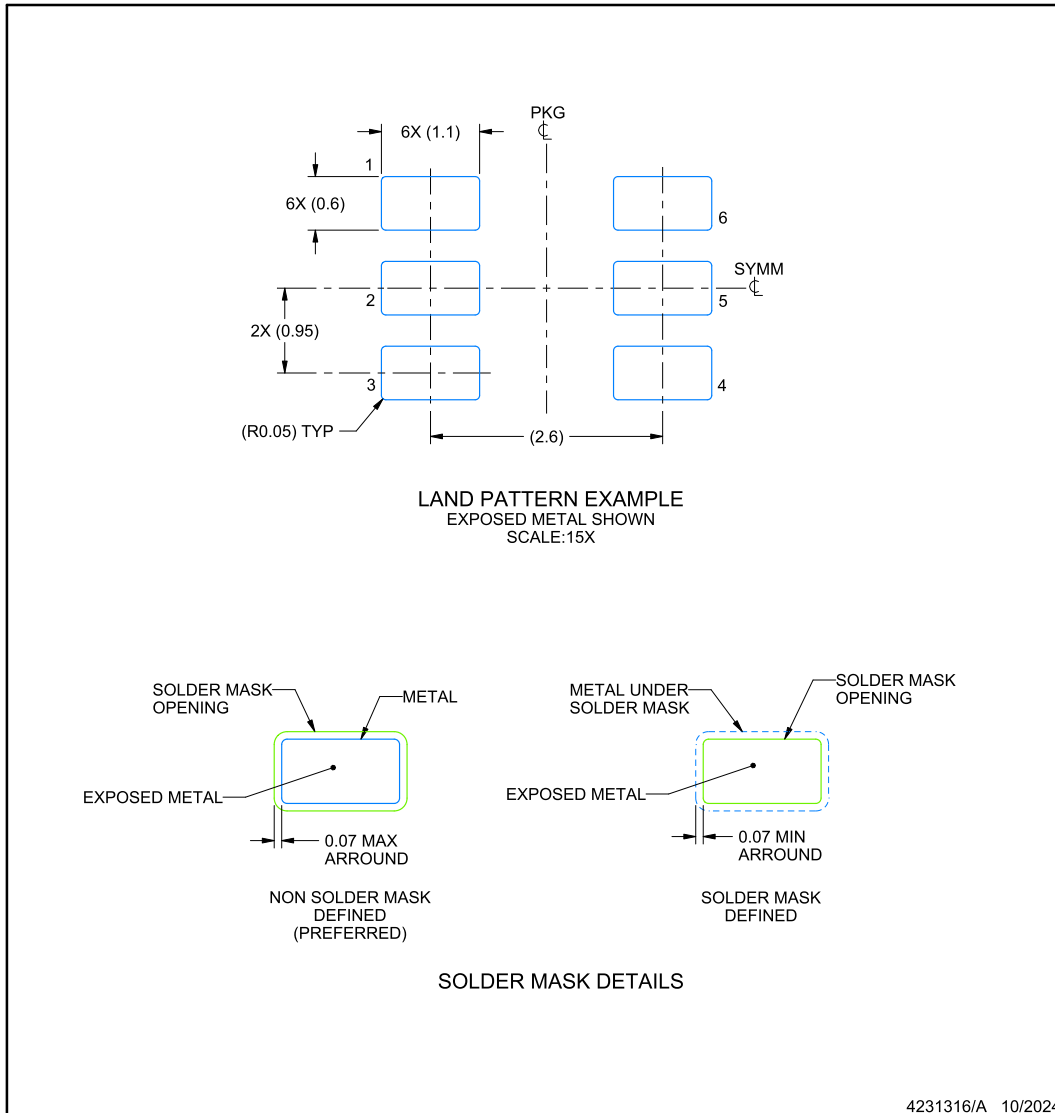
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. Body dimensions do not include mold flash or protrusion. Mold flash and protrusion shall not exceed 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.

TMAG5173xxx/TMAG5273xxx
DBV0006A-C02

EXAMPLE BOARD LAYOUT

SOT-23 - 1.4 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



NOTES: (continued)

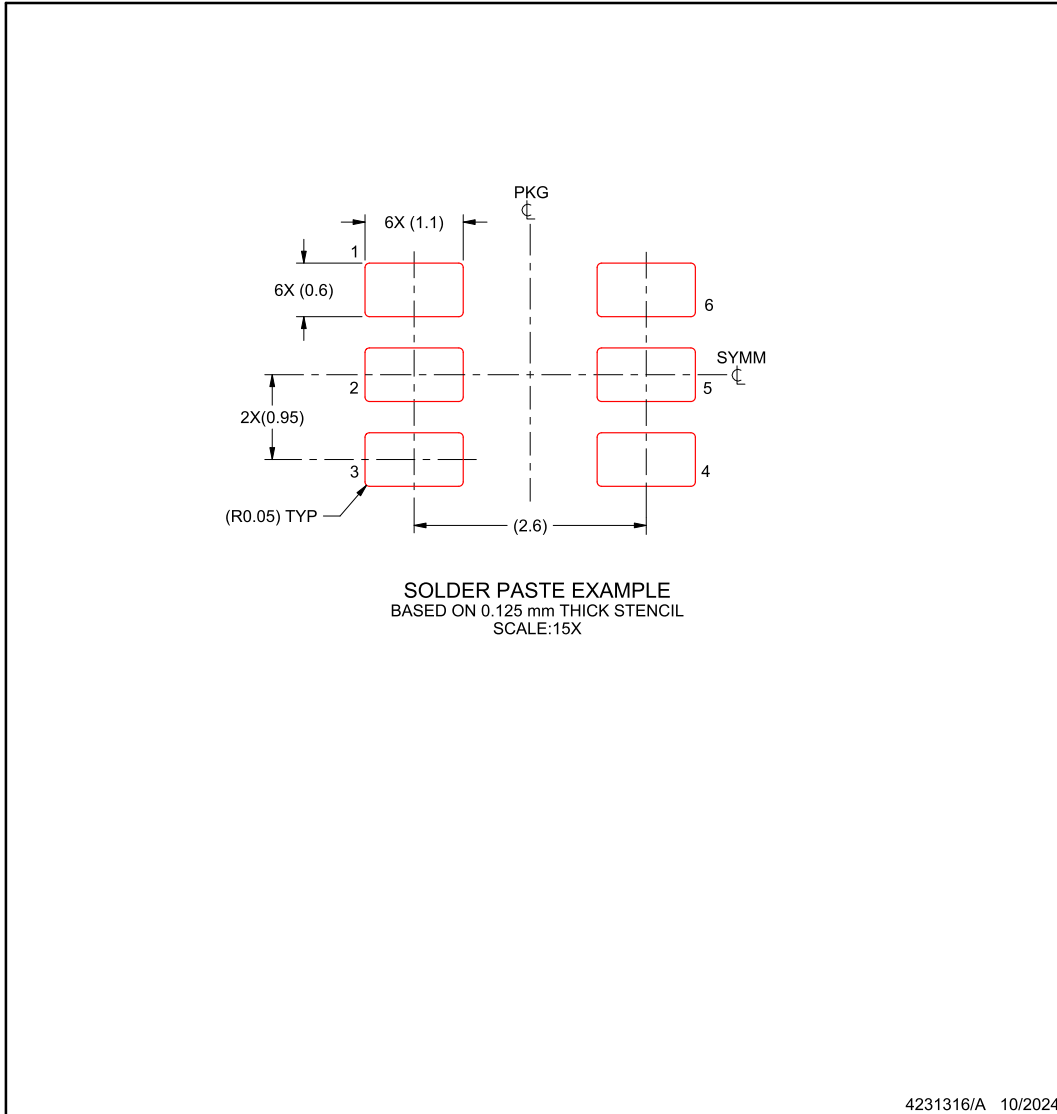
- 6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
- 7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

TMAG5173xxx/TMAG5273xxx
DBV0006A-C02

EXAMPLE STENCIL DESIGN

SOT-23 - 1.4 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



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)
TMAG5173A1QDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	3A1Q
TMAG5173A1QDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	3A1Q
TMAG5173A2QDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73A2
TMAG5173A2QDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73A2
TMAG5173B1QDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73B1
TMAG5173B1QDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73B1
TMAG5173B2QDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73B2
TMAG5173B2QDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73B2
TMAG5173C1QDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73C1
TMAG5173C1QDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73C1
TMAG5173C2QDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73C2
TMAG5173C2QDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73C2
TMAG5173D1QDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73D1
TMAG5173D1QDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73D1
TMAG5173D2QDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73D2
TMAG5173D2QDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 6	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	73D2

(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

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TMAG5173A1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5173A2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5173B1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5173B2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5173C1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5173C2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5173D1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5173D2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	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)
TMAG5173A1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5173A2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5173B1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5173B2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5173C1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5173C2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5173D1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5173D2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0

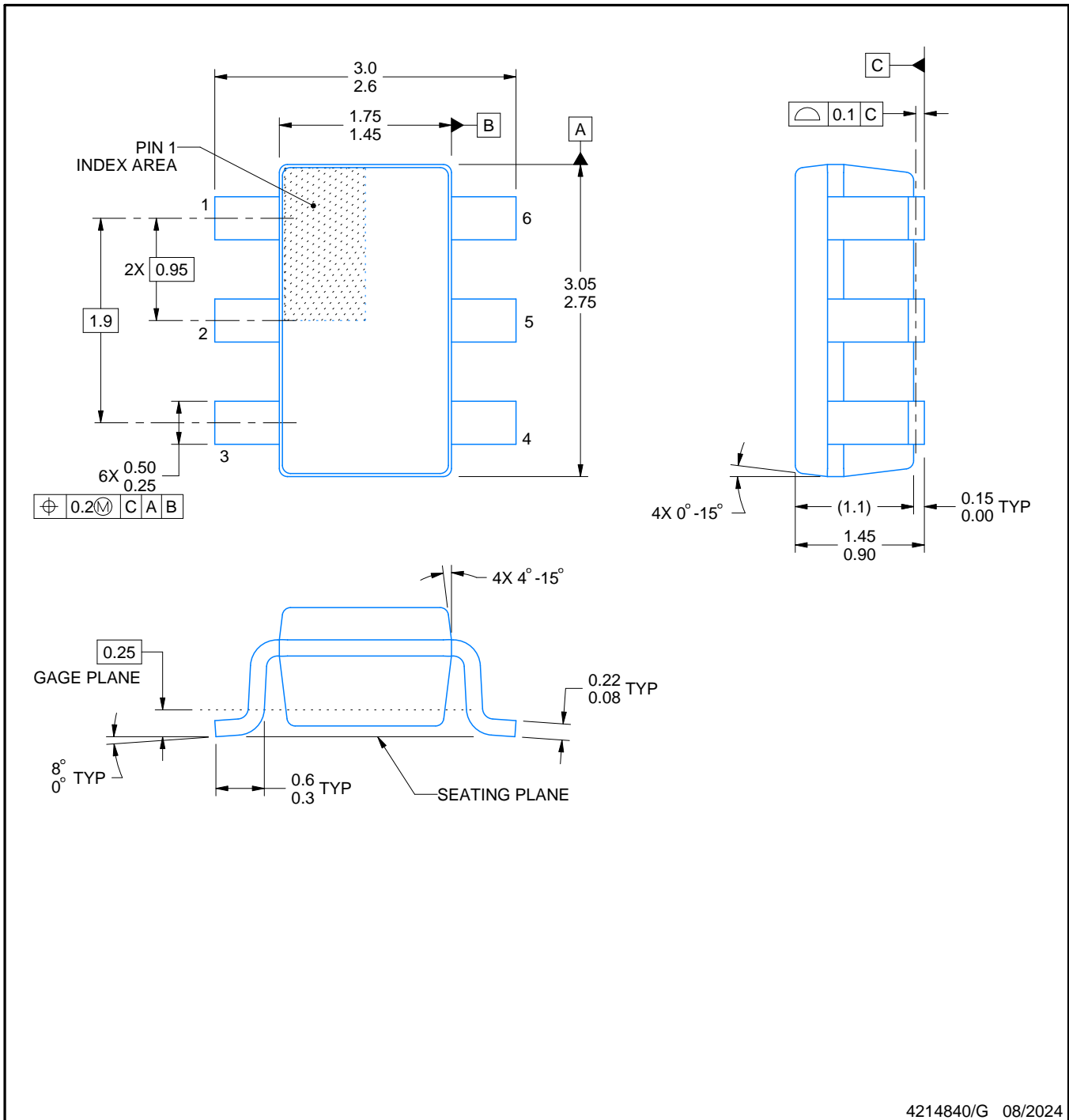
DBV0006A



PACKAGE OUTLINE

SOT-23 - 1.45 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



4214840/G 08/2024

NOTES:

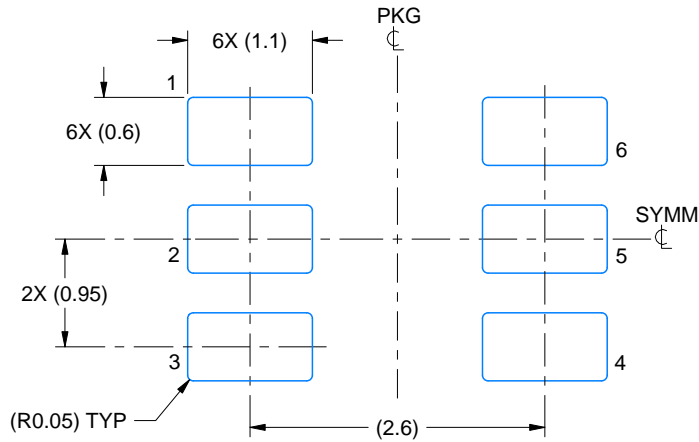
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. Body dimensions do not include mold flash or protrusion. Mold flash and protrusion shall not exceed 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

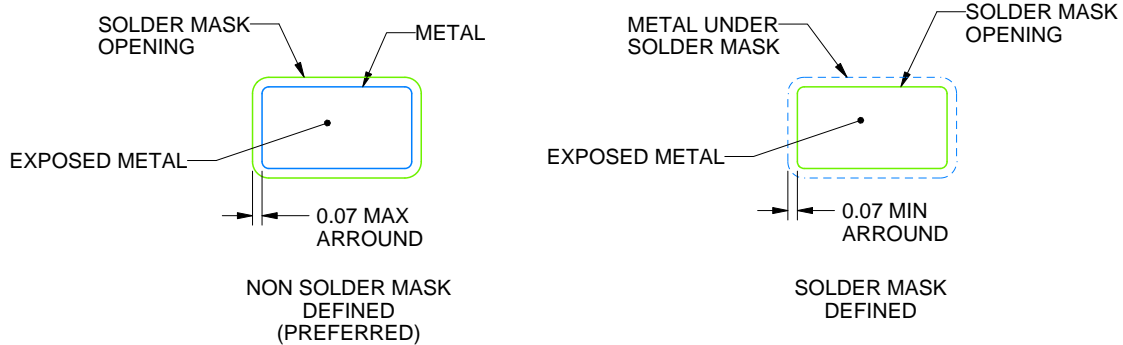
DBV0006A

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)

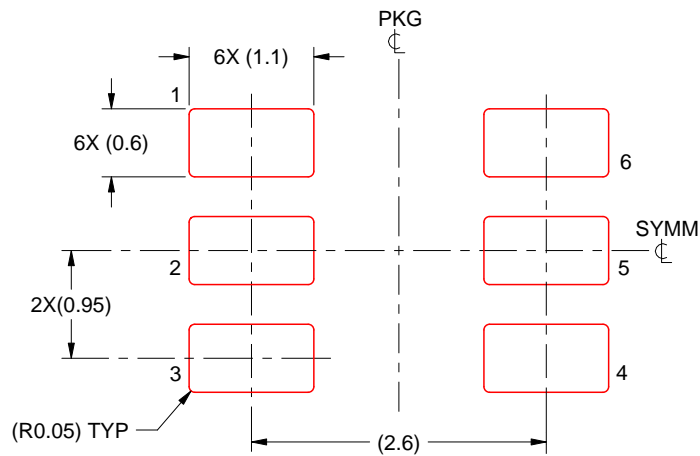
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

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