

TMAG5173-Q1 I²C インターフェイス搭載、高精度 3D ホール・エフェクト・センサ

1 特長

- 位置センシング速度と精度を最適化する高精度リニア 3D ホール エフェクト センサ:
 - 感度室温誤差、X、Y、Z 軸: $\pm 2.5\%$ (最大値)
 - 感度ミスマッチの温度ドリフト X-Y 軸: $\pm 2\%$ (最大値)
 - X-Y 角度測定室温誤差: $\pm 1.1^\circ$ (最大値)
 - X-Y 角度の測定温度ドリフト: $\pm 1.2^\circ$ (最大値)
 - 1 軸で 20kSPS の変換レート
- 機能安全準拠:
 - 機能安全アプリケーション向けに開発
 - ISO 26262 システムの設計に役立つ資料を利用可能
 - ASIL D までの決定論的対応能力
 - ASIL B または SIL 2 までのハードウェア完全性
- 車載アプリケーション用に AEC-Q100 認定済み:
 - 温度グレード 1: $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$
- 次のような電力モードを構成可能:
 - 8nA (代表値) のスリープ モード電流
- X、Y、Z 軸で線形磁気感度範囲を選択可能:
 - TMAG5173x1-Q1: $\pm 40\text{mT}$, $\pm 80\text{mT}$
 - TMAG5173x2-Q1: $\pm 133\text{mT}$, $\pm 266\text{mT}$
- ユーザー定義の磁気および温度スレッショルド通過からの割り込み信号
- ユニポーラおよびオムニポーラ スイッチ機能を構成可能
- ゲインおよびオフセット調整付き角度 CORDIC 計算機能を内蔵
- ノイズ低減のための平均化フィルタを構成可能
- 巡回冗長検査 (CRC) 機能を持つ I²C インターフェイス:
 - 最大 1MHz の I²C クロック速度
- I²C または専用 INT ピンによる変換トリガ
- 各種磁石タイプに対応する温度補償機能を内蔵
- 温度センサ内蔵
- 2.3V \sim 3.6V の電源電圧範囲
- I²C および INT ピンの公差: 5.5V (最大値)

2 アプリケーション

- ステアリング・コラム制御
- ステアリング・ホイール制御
- シフト・システム
- 電動アシスト自転車
- アクチュエータ
- ドア・モジュール

- パワー・シート
- 磁気近接スイッチ

3 説明

TMAG5173-Q1 は、幅広い車載用および産業用アプリケーション向けに設計された高精度リニア 3D ホール効果センサです。このデバイスは x、y、z 軸に 3 つの独立したホール効果センサを内蔵しています。高精度アナログ シグナル チェーンは、狭い設計公差が必要なアプリケーションをサポートします。内蔵安全性メカニズムにより、堅牢な機能安全システム設計が可能になります。このデバイスは、1D 線形測定、2D 角度測定、3D ジョイスティック測定、磁気スレッショルドのクロス検出、およびユーザーが構成可能なさまざまなスイッチ機能アプリケーションで用いることができます。デジタル フィルタ オプションを使用すると、最大 32 倍のセンサ データを統合し、ノイズ性能を向上させることができます。I²C インターフェイスは、多様な動作 V_{CC} 範囲に対応すると同時に、マイクロコントローラとのシームレスなデータ通信を確保します。このデバイスには温度センサが内蔵されており、特定の磁界における熱履歴の確認または温度補償の計算など、各種システム機能に利用できます。

TMAG5173-Q1 は、システムの消費電力と動作速度を最適化するため、複数の動作モード (ウェイクアップおよびスリープ モードを含む) に対応しています。アクティブ モードでは、デバイスは連続変換を自律的に実行します。スタンバイ モードでは、マイクロコントローラは INT ピンまたは I²C 通信を使用して、新しい変換をトリガできます。スリープ モード中、デバイスの消費電力は非常に低く、構成レジスタの値は保持されます。

内蔵の角度計算エンジン (CORDIC) は、軸上と軸外の両方のトポロジについて、角度分解能が $1/16^\circ$ で 360° の全角度位置情報を提供します。角度の計算は、ユーザー構成レジスタの選択に基づいて、X-Y、Y-Z、または Z-X プレーンのいずれかに対して実行されます。このデバイスは磁気ゲインとオフセット補正機能を搭載しており、システムの機械的誤差の原因による影響を緩和します。

TMAG5173-Q1 はユーザー レジスタを介して構成することにより、磁気軸と温度チャネル変換を自由に組み合わせで使用できます。このデバイスは、複数の I²C 読み取りフレームをサポートし、巡回冗長性検査と診断ステータス通信にも対応しています。



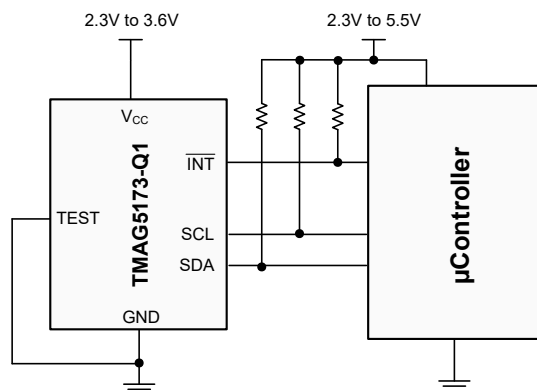
TMAG5173-Q1 は、出荷時にプログラムされた 4 つの異なる I²C アドレスで供給されます。また、このデバイスは、ユーザーが構成可能な I²C アドレスレジスタを変更することにより、追加の I²C アドレスにも対応できます。各発注用部品は、システム キャリブレーション時の磁石の強さおよび部品の配置に適した 2 つの磁界範囲のうちの 1 つを選択するように構成できます。

このデバイスは、-40°C～+125°Cの広い周囲温度範囲にわたって安定して動作します。

パッケージ情報

部品番号	パッケージ ⁽¹⁾	パッケージ サイズ ⁽²⁾
TMAG5173-Q1	DBV (SOT-23, 6)	2.9mm × 2.8mm

- (1) 利用可能なパッケージについては、データシートの末尾にあるパッケージ オプションについての付録を参照してください。
- (2) パッケージ サイズ (長さ × 幅) は公称値であり、該当する場合はピンも含まれます。



アプリケーション ブロック図

目次

1 特長	1	6.2 機能ブロック図	13
2 アプリケーション	1	6.3 機能説明	14
3 説明	1	6.4 デバイスの機能モード	19
4 ピン構成および機能	4	6.5 プログラミング	21
5 仕様	5	6.6 TMAG5173-Q1 のレジスタ	30
5.1 絶対最大定格.....	5	7 アプリケーションと実装	44
5.2 ESD 定格.....	5	7.1 アプリケーション情報.....	44
5.3 推奨動作条件.....	5	7.2 代表的なアプリケーション.....	48
5.4 熱に関する情報.....	5	7.3 設計のベスト プラクティス.....	53
5.5 電気的特性.....	6	7.4 電源に関する推奨事項.....	53
5.6 温度センサ.....	7	7.5 レイアウト.....	53
5.7 A1、B1、C1、D1 の磁気特性.....	8	8 デバイスおよびドキュメントのサポート	55
5.8 A2、B2、C2、D2 の磁気特性.....	9	8.1 ドキュメントのサポート.....	55
5.9 磁気温度補償特性.....	10	8.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法.....	55
5.10 I ² C インターフェイスのタイミング.....	11	8.3 サポート・リソース.....	55
5.11 起動時間.....	11	8.4 商標.....	55
5.12 タイミング図.....	12	8.5 静電気放電に関する注意事項.....	55
5.13 代表的特性.....	12	8.6 用語集.....	55
6 詳細説明	13	9 改訂履歴	55
6.1 概要.....	13	10 メカニカル、パッケージ、および注文情報	56

4 ピン構成および機能

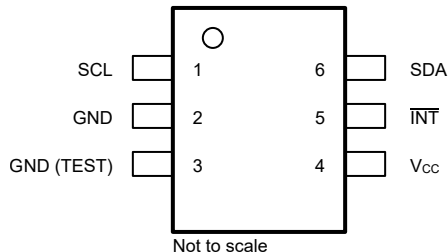


図 4-1. DBV パッケージ、6 ピン SOT-23 (上面図)

表 4-1. ピンの機能

ピン		タイプ	説明
番号	名称		
1	SCL	IO	シリアル クロック。
2	GND	GND	グラウンド
3	GND (TEST)	I	TI テスト ピン。アプリケーションではグラウンドに接続します。
4	V _{CC}	P	電源電圧
5	INT	IO	割り込み入力/出力。使用しない場合、およびグラウンドに接続する場合は、MASK_INTB = 1b に設定します。
6	SDA	IO	シリアル データ。

5 仕様

5.1 絶対最大定格

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り) ⁽¹⁾

		最小値	最大値	単位
V _{CC}	主電源電圧	-0.3	4	V
I _{OUT}	出力電流、SDA、 $\overline{\text{INT}}$	0	10	mA
V _{OUT}	出力電圧、SDA、 $\overline{\text{INT}}$	-0.3	7	V
V _{IN}	入力電圧、SCL、SDA、 $\overline{\text{INT}}$	-0.3	7	V
B _{MAX}	磁束密度		制限なし	T
T _J	接合部温度	-40	150	°C
T _{stg}	保存温度	-65	170	°C

- (1) 「絶対最大定格」の範囲外の動作は、デバイスの永続的な損傷の原因となる可能性があります。「絶対最大定格」は、これらの条件において、または「推奨動作条件」に示された値を超える他のいかなる条件でも、本製品が正しく動作することを意味するものではありません。「絶対最大定格」の範囲内であっても「推奨動作条件」の範囲外で使用すると、デバイスが完全に機能しない可能性があり、デバイスの信頼性、機能、性能に影響を及ぼし、デバイスの寿命を縮める可能性があります。

5.2 ESD 定格

			値	単位
V _(ESD)	静電放電	人体モデル (HBM)、AEC Q100-002 に準拠 ⁽¹⁾	±2000	V
		荷電デバイス モデル (CDM)、AEC Q100-011 準拠	±700	
		その他のピン	±500	

- (1) AEC Q100-002 は、HBM ストレス試験を ANSI / ESDA / JEDEC JS-001 仕様に従って実施しなければならないと規定しています。

5.3 推奨動作条件

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

推奨 V_{VCC} 範囲内 (特に記述のない限り)

		最小値	公称値	最大値	単位
V _{VCC}	主電源電圧	2.3		3.6	V
V _{OUT}	出力電圧、SDA、 $\overline{\text{INT}}$	0		5.5	V
I _{OUT}	出力電流、SDA、 $\overline{\text{INT}}$			2	mA
V _{IH}	入力 HIGH 電圧、SCL、SDA、 $\overline{\text{INT}}$	0.7			V _{VCC}
V _{IL}	入力 LOW 電圧、SCL、SDA、 $\overline{\text{INT}}$			0.3	V _{VCC}
T _A	自由気流での動作温度	-40		125	°C

5.4 熱に関する情報

熱評価基準 ⁽¹⁾		TMAG5173-Q1	単位
		DBV (6-SOT23)	
		6 ピン	
R _{θJA}	接合部から周囲への熱抵抗	162	°C/W
R _{θJC(top)}	接合部からケース (上面) への熱抵抗	81.6	°C/W
R _{θJB}	接合部から基板への熱抵抗	50.1	°C/W
Ψ _{JT}	接合部から上面への特性パラメータ	30.7	°C/W

熱評価基準 ⁽¹⁾		TMAG5173-Q1	単位
		DBV (6-SOT23)	
		6 ピン	
Ψ_{JB}	接合部から基板への特性パラメータ	49.8	°C/W

(1) 従来および最新の熱評価基準の詳細については、『[半導体および IC パッケージの熱評価基準](#)』アプリケーション レポートを参照してください。

5.5 電気的特性

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

推奨 V_{CC} 範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
SDA、\overline{INT}						
V_{OL}	出力 low 電圧、SDA、 \overline{INT} ピン	$I_{OUT} = 2mA$	0		0.4	V
I_{OZ}	出力リーク電流、SDA、 \overline{INT} ピン	出力はディセーブル $V_{OZ} = 5.5V$			± 100	nA
t_{FALL_INT}	\overline{INT} 出力立ち下がり時間	$R_{PU} = 10k\Omega$ $C_L = 20pF$ $V_{PU} = 1.7V \sim 5.5V$		6		ns
$t_{INT}(\overline{INT})$	パルス モード中の \overline{INT} 割り込み時間	INT_MODE = 001b または 010b		10		μs
$t_{INT}(SCL)$	SCL 割り込み時間	INT_MODE = 011b または 100b		10		μs
DC 電源セクション						
V_{CCUV}	V_{CC} での低電圧スレッシュホールド		1.9	2.1	2.2	V
I_{ACTIVE}	アクティブ モード電流 x、y、z、または熱センサのアクティブ変換	LP_LN = 0b		2.4		mA
		LP_LN = 1b		3.0		mA
$I_{STANDBY}$	スタンバイ モード電流	デバイスがトリガ モードで、変換は開始されていません		0.45		mA
I_{SLEEP}	スリープ モード電流			8		nA
ウェークアップおよびスリープ (W&S) モード時の平均電力						
I_{CC_DCM}	W&S モードの消費電流、LP_LN = 0b、 1 回の平均化	ウェークアップ間隔 1ms、磁気 1 チャンネル変換、 $V_{CC} = 3.6V$		160		μA
		ウェークアップ間隔 1ms、磁気 1 チャンネル変換、 $V_{CC} = 2.3V$		156		μA
		ウェークアップ間隔 1ms、4 チャンネル変換、 $V_{CC} = 3.6V$		240		μA
		ウェークアップ間隔 1ms、4 チャンネル変換、 $V_{CC} = 2.3V$		233		μA
		ウェークアップ間隔 1000ms、磁気 1 チャンネル変換、 $V_{CC} = 3.6V$		1.21		μA
		ウェークアップ間隔 1000ms、磁気 1 チャンネル変換、 $V_{CC} = 2.3V$		1.00		μA
		ウェークアップ間隔 1000ms、4 チャンネル変換、 $V_{CC} = 3.6V$		1.22		μA
		ウェークアップ間隔 1000ms、4 チャンネル変換、 $V_{CC} = 2.3V$		1.02		μA

5.6 温度センサ

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

推奨 V_{CC} 範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
T_{SENS_RANGE}	温度検出範囲		-40		150	°C
T_{SENS}	温度出力 ⁽¹⁾	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$	23	25	27	°C
T_{SENS_RES}	温度センシング分解能 (16 ビット形式)			58		LSB/°C
T_{SENS_T0}	T_{ADC_T0} の基準温度			25		°C
T_{ADC_T0}	T_{SENS_T0} の温度結果の 10 進値			17508		
T_{SENS_ER}	温度誤差 ⁽¹⁾	$T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$		± 0.5	± 3.5	°C
$NRMS_T$	RMS (1 シグマ) 温度ノイズ	CONV_AVG = 101b		0.05		°C
		CONV_AVG = 000b		0.3		°C

(1) 温度データは $T_CH_EN = 1h$ で、かつ少なくとも 1 つの磁気チャネルがイネーブルで収集されます

5.7 A1、B1、C1、D1 の磁気特性

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
B _{IN_A1_X_Y}	リニア磁気範囲 ⁽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}	感度、x、y、または z 軸	±40mT レンジ	844		LSB/mT	
		±80mT レンジ	425		LSB/mT	
SENS _{ER_PC_25C_A1}	感度誤差、x、y、z 軸	T _A = 25°C	±0.4%	±2.5%		
SENS _{ER_PC_TEMP_A1}	25°C からの感度温度ドリフト;x、y、z 軸 ⁽²⁾		±2.0%	±4.8%		
SENS _{LER_XY_A1}	感度直線性誤差、x、y 軸	T _A = 25°C	±0.10%			
SENS _{LER_Z_A1}	感度直線性誤差、Z 軸	T _A = 25°C	±0.10%			
SENS _{MS_XY_A1}	X-Y 軸間の感度ミスマッチ	T _A = 25°C	±0.40%	±2.1%		
SENS _{MS_Z_A1}	Y-Z 軸または X-Z 軸間の感度ミスマッチ	T _A = 25°C	±0.40%	±2.0%		
SENS _{MS_DR_XY_A1}	25°C からの感度ミスマッチ温度ドリフト;x-y 軸 ⁽²⁾		±0.4%	±2.0%		
SENS _{MS_DR_Z_A1}	25°C の値からの感度ミスマッチ温度ドリフト;y-z 軸または x-z 軸 ⁽²⁾		±0.4%	±5.4%		
SENS _{LDR_A1}	感度寿命ドリフト、x、y、z 軸	T _A = 25°C	±1.0%	±3.74%		
B _{off_A1}	オフセット	T _A = 25°C	±100	±700	μT	
B _{off_TC_A1}	−40°C ～ 25°C でのオフセット温度ドリフト ⁽²⁾		±1.2	±7.85	μT/°C	
	25°C ～ 125°C でのオフセット温度ドリフト ⁽²⁾		±1.0	±5.85	μT/°C	
B _{off_DR_A1}	オフセット寿命ドリフト	T _A = 25°C	±100		μT	
N _{RMS_XY_A1}	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ (x 軸または y 軸) 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 シグマ) 磁気ノイズ (z 軸) 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}	360 度全回転での x-z 軸または y-z 軸 角度誤差、40mT レンジ、TEMPCO = 0h、T _A = 25°C ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b	±0.4	±1.2	度	
A _{ERR_X_Y_101_A1}	360 度全回転での x-y 軸角度誤差、 80mT レンジ、TEMPCO = 0h、T _A = 25°C ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b	±0.35	±1.1	度	

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
A _{DR_X_Z_101_A1}	360 度全回転での 25°C からの x-z 軸または y-z 軸角度温度ドリフト、40mT レンジ、TEMPCO = 0h ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		±0.9	±2.5	度
A _{DR_X_Y_101_A1}	360 度全回転での 25°C からの x-y 軸角度温度ドリフト、80mT レンジ、TEMPCO = 0h ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		±0.4	±1.2	度

- (1) アプリケーションでは、リニア磁気範囲の 90% までの使用にとどめてください
(2) 温度ドリフトは、-40°C から 125°C までの全動作温度範囲に対して規定されています。中間温度でのドリフトは、85°C でのドリフト = $\sqrt{((85 - 25) / (125 - 25)) \times (\text{ドリフト})}$ 、同様に -20°C でのドリフト = $\sqrt{((25 - (-20)) / (25 - (-40))) \times (\text{ドリフト})}$ の例を用いて推定できます。
(3) 角度計算は、磁石の傾きや磁石のずれなど、システムの機械的誤差のキャリブレーションを行った後、軸上で実行します。

5.8 A2、B2、C2、D2 の磁気特性

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
B _{IN_A2_X_Y}	リニア磁気範囲 ⁽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}	感度、x、y、または z 軸	±133mT レンジ		263		LSB/mT
		±266mT レンジ		132		LSB/mT
SENS _{ER_PC_25C_A2}	感度誤差、x、y、z 軸	T _A = 25°C		±0.8%	±3.3%	
SENS _{ER_PC_TEMP_A2}	25°C からの感度温度ドリフト;x、y、z 軸 ⁽²⁾			±3.0%	±5.5%	
SENS _{LER_XY_A2}	感度直線性誤差、x、y 軸	T _A = 25°C		±0.10%		
SENS _{LER_Z_A2}	感度直線性誤差、Z 軸	T _A = 25°C		±0.10%		
SENS _{MS_XY_A2}	X-Y 軸間の感度ミスマッチ	T _A = 25°C		±0.5%	±2.3%	
SENS _{MS_Z_A2}	Y-Z 軸または X-Z 軸間の感度ミスマッチ	T _A = 25°C		±1.50%	±4.3%	
SENS _{MS_DR_XY_A2}	25°C からの感度ミスマッチ温度ドリフト;x-y 軸 ⁽²⁾			±0.5%	±2.0%	
SENS _{MS_DR_Z_A2}	25°C の値からの感度ミスマッチ温度ドリフト;y-z 軸または x-z 軸 ⁽²⁾			±4.5%	±8.0%	
SENS _{LDR_A2}	感度寿命ドリフト、x、y、z 軸	T _A = 25°C		±1.5%	±4.9%	
B _{off_A2}	オフセット	T _A = 25°C		±100	±700	μT
B _{off_TC_A2}	−40°C ～ 25°C でのオフセット温度ドリフト値 ⁽²⁾			±1.2	±7.0	μT/°C
	25°C ～ 125°C でのオフセット温度ドリフト値 ⁽²⁾			±1.2	±6.8	μT/°C
B _{off_DR_A2}	オフセット寿命ドリフト	T _A = 25°C		±100		μT
N _{RMS_XY_A2}	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ (x 軸または y 軸)	LP_LN = 0 b 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

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
N _{RMS_Z_A2}	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ (z 軸)	LP_LN = 0b CONV_AVG = 000b		81.7		μT
		LP_LN = 1b CONV_AVG = 000b		78.4		μT
		LP_LN = 0b CONV_AVG = 101b		13.9		μT
		LP_LN = 1b CONV_AVG = 101b		14		μT
A _{ERR_X_Z_101_A2}	360 度全回転での x-z 軸または y-z 軸 角度誤差; TEMPCO = 0h、T _A = 25°C ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		±0.25	±1.0	度
A _{ERR_X_Y_101_A2}	360 度全回転での x-y 軸角度誤差; 133mT レンジ、TEMPCO = 0h、T _A = 25°C ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		±0.4	±1.6	度
A _{DR_X_Z_101_A2}	360 度全回転での 25°C からの x-z 軸ま たは y-z 軸角度温度ドリフト、133mT レン ジ、TEMPCO = 0h ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		±1.6	±2.9	度
A _{DR_X_Y_101_A2}	360 度全回転での 25°C からの x-y 軸角 度温度ドリフト、133mT レンジ、 TEMPCO = 0h ⁽³⁾	CONV_AVG = 101b		±0.4	±1.4	度

- (1) アプリケーションでは、リニア磁気範囲の 90% までの使用にとどめてください
- (2) 温度ドリフトは、-40°C から 125°C までの全動作温度範囲に対して規定されています。中間温度でのドリフトは、85°C でのドリフト = $\sqrt{((85 - 25) / (125 - 25)) \times (\text{ドリフト})}$ 、同様に -20°C でのドリフト = $\sqrt{((25 - (-20)) / (25 - (-40))) \times (\text{ドリフト})}$ の例を用いて推定できます。
- (3) 角度計算は、磁石の傾きや磁石のずれなど、システムの機械的誤差のキャリブレーションを行った後、軸上で実行します。

5.9 磁気温度補償特性

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
TC	温度補償 (X、Y、Z 軸)	TEMPCO = 00b		0		%/°C
		TEMPCO = 01b		0.12		%/°C
		TEMPCO = 10b		0.03		%/°C
		TEMPCO = 11b		0.2		%/°C

5.10 I²C インターフェイスのタイミング

最小値と最大値の仕様は、-40°C ~ 125°C、V_{CC} = 2.3V ~ 3.6V での値です (特に記述のない限り)⁽¹⁾

		ファスト モード		ファスト モード プラス		単位
		最小値	最大値	最小値	最大値	
f _(SCL)	SCL 動作周波数	1	400	1	1000	kHz
t _(BUF)	STOP 条件と START 条件の間でのバス開放時間	1.3		0.5		μs
t _(SUSTA)	再スタート条件のセットアップ時間	0.6		0.26		μs
t _(HDSTA)	反復 START 条件の後のホールド時間。 この期間の後で、最初のクロックが生成されます。	0		0		μs
t _(SUSTO)	ストップ条件のセットアップ時間	0.6		0.26		μs
t _(HDDAT)	データ ホールド時間 ⁽²⁾	0	900	0	150	ns
t _(SUDAT)	データ セットアップ時間	100		50		ns
t _(LOW)	SCL クロックの Low 期間	1.3		0.5		μs
t _(HIGH)	SCL クロックの High 期間	0.6		0.26		μs
t _R	SDA、SCL 立ち下がり時間	20	300		120	ns
t _F	SDA、SCL 立ち下がり時間	20 x (V _{CC} / 5.5V)	300	20 x (V _{CC} / 5.5V)	120	ns
t _{LPF}	グリッチ抑制フィルタ	50		50		ns

(1) ホストとデバイスの V_{CC} 値は同じです。値は、初期リリース時にテストされたサンプルの統計分析に基づいています。

(2) 最大 t_(HDDAT) は、ファスト モードでは 0.9μs で、最大 t_(VDAT) よりも遷移時間の分だけ短くなります。

5.11 起動時間

自由気流での動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

パラメータ		テスト条件	最小 値	標準 値	最大 値	単位
t _{start_power_up}	V _{CC} 電源電圧が V _{CC_MIN} を超えた後、スタンバイ モードに移行する時間			270		μs
t _{start_sleep}	スリープ モードからスタンバイ モード ⁽¹⁾ に移行する時間			50		μs
t _{start_measure}	スタンバイ モードから連続測定モードに移行する時間			70		μs
t _{measure}	変換時間	CONV_AVG = 000b、 OPERATING_MODE = 10b、 1 つのチャンネルのみを有効化		50		μs
		CONV_AVG = 101b、 OPERATING_MODE = 10b、 1 つのチャンネルのみを有効化		825		μs
t _{go_sleep}	SCL が high になった後、スリープ モードに移行する時間			20		μs

(1) デバイスは、スタンバイ モードまたは連続測定モードでのみ、プライマリからの I²C 通信を認識します。デバイスがスリープ モードの間、有効なセカンダリ アドレスでデバイスがウェークアップしますが、プライマリにアクロリッジは送信されません。ウェークアップ後のデバイスをアドレス指定する前に、スタートアップ時間を考慮する必要があります。

5.12 タイミング図

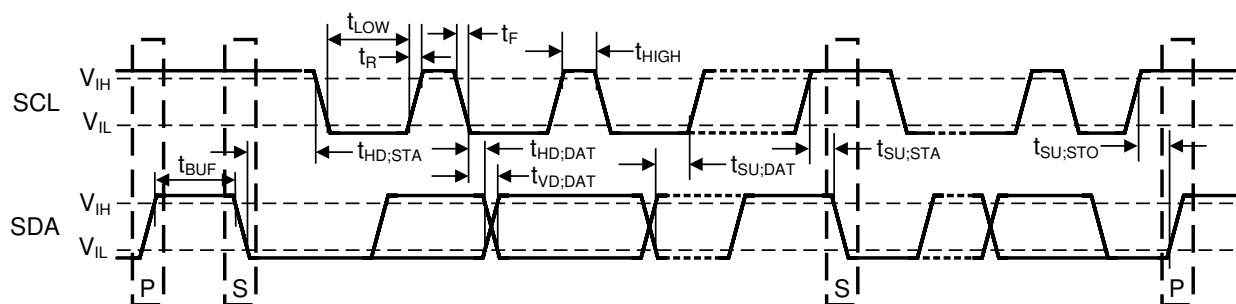


図 5-1. I2C タイミング図

5.13 代表的特性

$T_A = 25^\circ\text{C}$ での代表例 (特に記述のない限り)

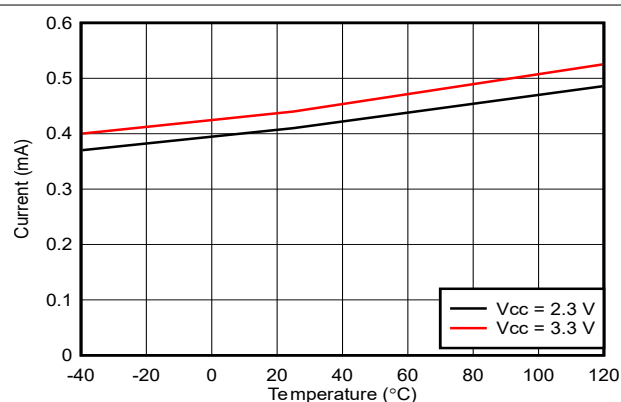


図 5-2. スタンバイ モードの ICC と温度との関係

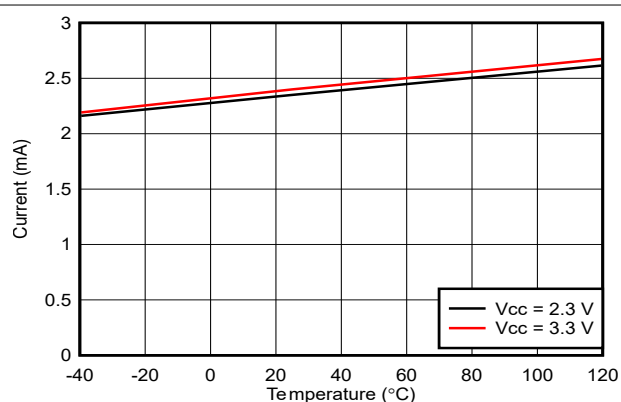


図 5-3. アクティブ モードの ICC と温度との関係

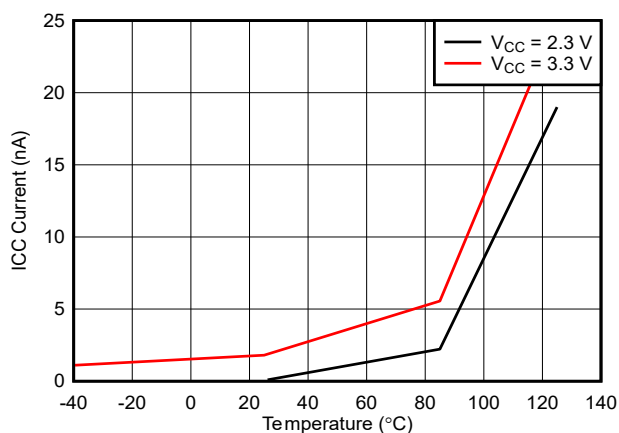


図 5-4. スリープ モードの ICC と温度との関係

6 詳細説明

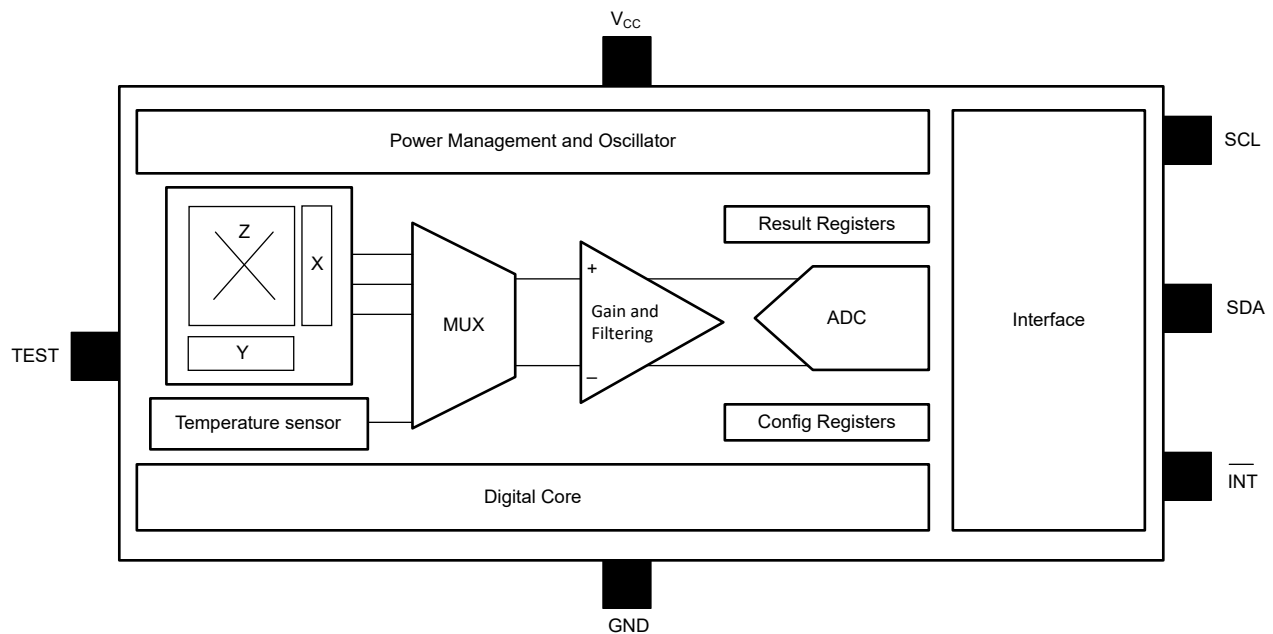
6.1 概要

TMAG5173-Q1 IC は、テキサス インストルメンツのホール効果技術と高精度ミックスド シグナル回路をベースにしています。出力信号 (未加工の X、Y、Z の磁気データと温度データ) は、 I^2C インターフェイスからアクセスできます。

IC は、次の機能ブロックと構築ブロックで構成されています。

- パワー マネージメントおよび発振器ブロックには、低消費電力発振器、バイアス回路、低電圧検出回路、および高速発振器が含まれています。
- センシングおよび温度測定ブロックには、ホール バイアス、マルチプレクサ付きホール センサ、ノイズ フィルタ、積分回路、温度センサ、ADC が含まれています。ホール効果センサ データと温度データは、同じ ADC を介して多重化されます。
- インターフェイス ブロックには、 I^2C 制御回路、ESD 保護回路、およびすべての I/O 回路が含まれています。TMAG5173-Q1 は、統合した巡回冗長性検査 (CRC) と連動して、複数の I^2C 読み取りフレームに対応しています。

6.2 機能ブロック図



6.3 機能説明

6.3.1 磁束の方向

図 6-1, に示すように、TMAG5173-Q1 は近接した磁気の N 極に反応して、正の ADC コードを生成します。同様に、S 極の磁気が同じ方向から近づく場合、TMAG5173-Q1 は負の ADC コードを生成します。

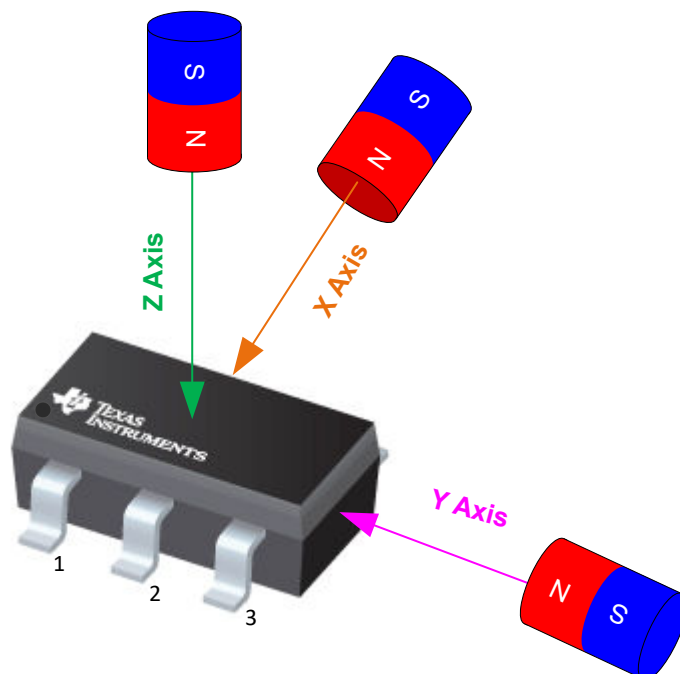


図 6-1. 感度の方向

6.3.2 センサの位置

図 6-2 に、TMAG5173-Q1 内の X、Y、Z ホール素子の位置を示します。

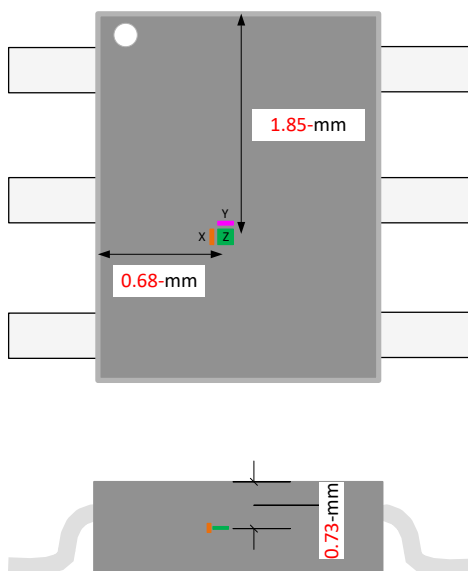


図 6-2. X、Y、Z ホール素子の位置

6.3.3 割り込み機能

TMAG5173-Q1 は、 $\overline{\text{INT}}$ と SCL ピンのいずれかによる柔軟で構成可能な割り込み機能をサポートしています。表 6-1 に、結果レジスタと SET_COUNT ビットが更新される各種の変換完了イベントと、ビットが更新されない完了イベントを示します。

表 6-1. 変換完了後の結果レジスタと SET_COUNT の更新

INT_MODE	モードの説明	I ² C バスはビジーで、デバイスと通信していません		I ² C バスはビジーで、デバイスと通信しています		I ² C バスはビジーではありません	
		結果を更新しますか？	SET_COUNT を更新しますか？	結果を更新しますか？	SET_COUNT を更新しますか？	結果を更新しますか？	SET_COUNT を更新しますか？
000b	割り込みなし	あり	あり	なし	なし	あり	あり
001b	$\overline{\text{INT}}$ 経由の割り込み	あり	あり	なし	なし	あり	あり
010b	I ² C ビジー時を除く、 $\overline{\text{INT}}$ 経由の割り込み	あり	あり	なし	なし	あり	あり
011b	SCL による割り込み	あり	あり	なし	なし	あり	あり
100b	I ² C ビジー時を除く、SCL 経由の割り込み	なし	なし	なし	なし	あり	あり

注

割り込み機能に SCL ピンを使用する場合、同じ I²C バスを複数のセカンダリ デバイスと共有することは推奨しません。SCL 割り込みは、同じ I²C バスに存在する場合、他のセカンダリ デバイスとのトランザクションを破壊する可能性があります。

6.3.3.1 SCL による割り込み

図 6-3 に、磁気スレッショルド交差イベント時に割り込みを発生するようデバイスがプログラムされている場合の、SCL ピンによる割り込み機能の例を示します。磁気スレッショルドの交差が検出されると、デバイスは SCL ピンを経由して固定幅の割り込み信号をアサートします。

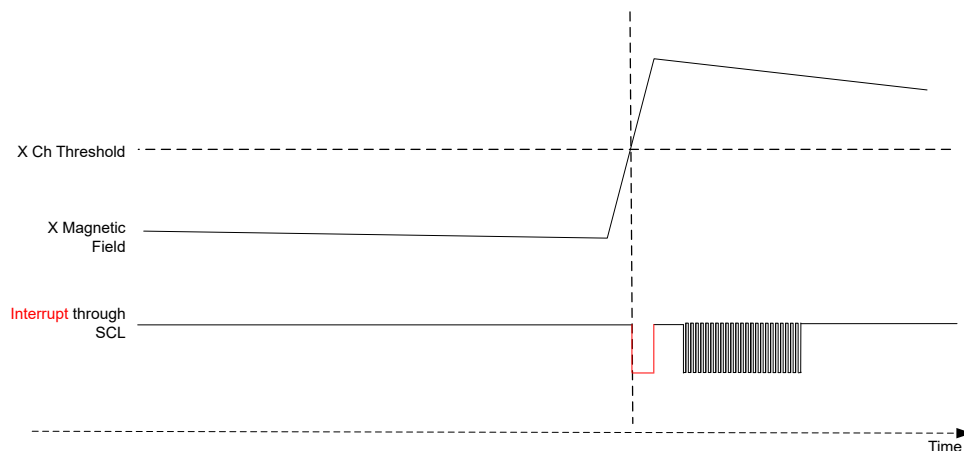


図 6-3. SCL による割り込み

6.3.3.2 $\overline{\text{INT}}$ による固定幅割り込み

$\overline{\text{INT}}$ ピンによる固定幅割り込み機能の例を、図 6-4 に示します。本デバイスは、磁気スレッショルドの交差イベント時に割り込みを生成するようにプログラムされています。INT_STATE レジスタ ビットが 1b に設定されます。磁気スレッショルドの交差が検出されると、デバイスは $\overline{\text{INT}}$ ピンを経由して固定幅の割り込み信号をアサートします。

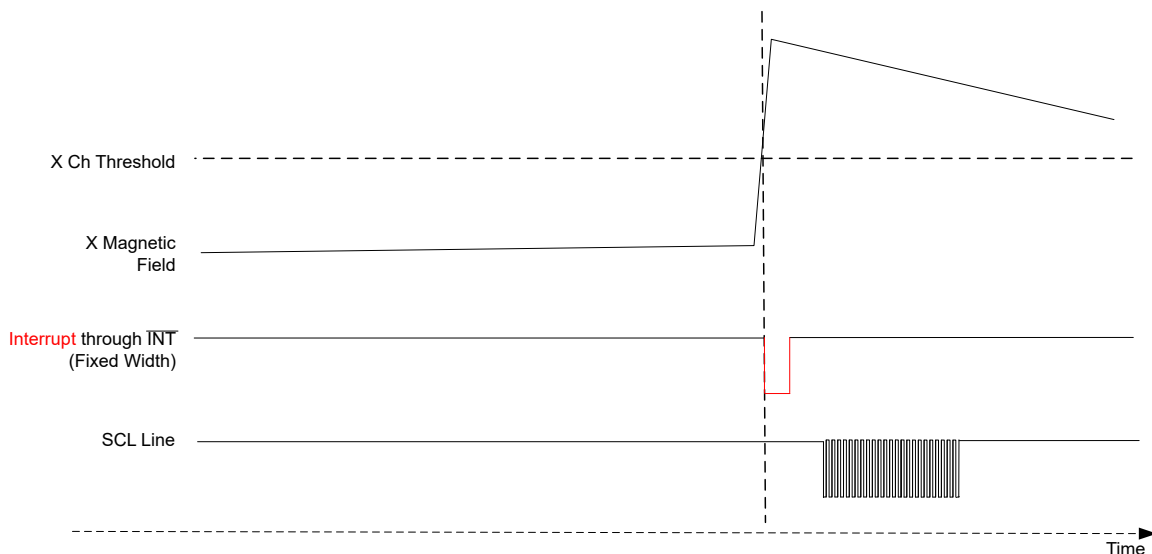


図 6-4. $\overline{\text{INT}}$ による固定幅割り込み

6.3.3.3 $\overline{\text{INT}}$ によるラッチ割り込み

$\overline{\text{INT}}$ ピンによるラッチ割り込み機能の例を、図 6-5 に示します。本デバイスは、磁気スレッショルドの交差イベント時に割り込みを生成するようにプログラムされています。INT_STATE レジスタ ビットが 0b に設定されます。磁気スレッショルドの交差が検出されると、デバイスは $\overline{\text{INT}}$ ピンを経由してラッチ割り込み信号をアサートします。ラッチ割り込みは、デバイスが SCL ラインを介して有効なアドレスを受信した後でのみクリアされます。

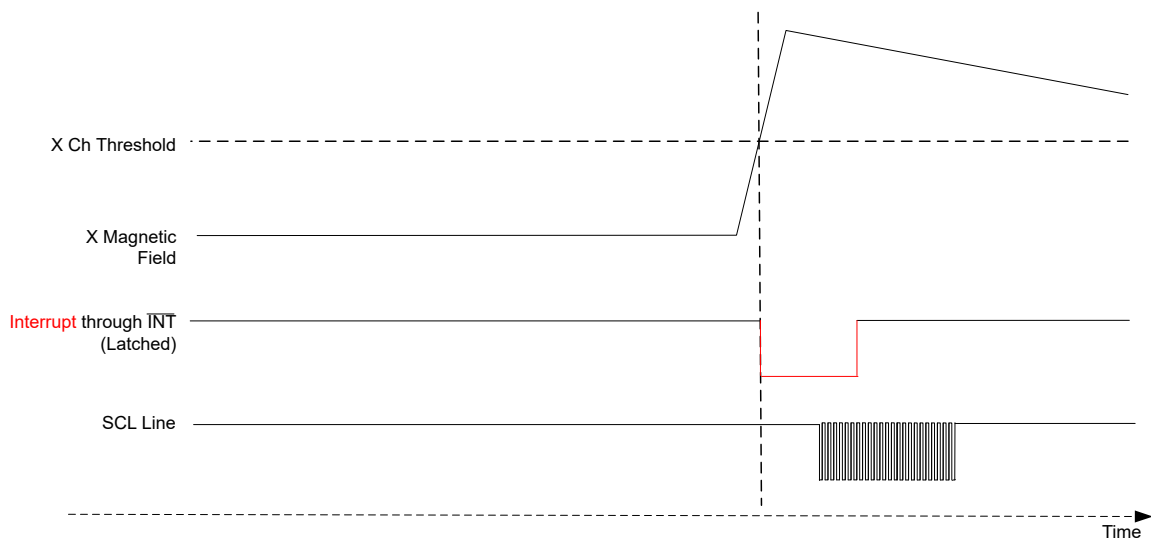


図 6-5. $\overline{\text{INT}}$ によるラッチ割り込み

6.3.4 デバイスの I²C アドレス

表 6-2 に、TMAG5173-Q1 の工場出荷時にプログラムされたデフォルトの I²C アドレスを示します。このデバイスは、起動後に出荷時デフォルトの I²C アドレスでアドレス指定する必要があります。必要に応じて、起動後に、プライマリが I2C_ADDRESS レジスタビットを使用して、新しい I²C アドレスを割り当てることができます。

表 6-2. I²C デフォルト アドレス

デバイス バージョン	磁気範囲	I ² C アドレス (7MSB ビット)	I ² C 書き込みアドレス (8 ビット)	I ² C 読み取りアドレス (8 ビット)
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 磁気範囲の選択

表 6-3 に、TMAG5173-Q1 デバイスの磁気レンジの選択を示します。X、Y、Z 軸の範囲は、X_Y_RANGE および Z_RANGE レジスタ ビットで選択できます。

表 6-3. 磁気範囲の選択

	レンジレジスタ設定	TMAG5173A1	TMAG5173A2	備考
X、Y 軸フィールド	X_Y_RANGE = 0b	±40mT	±133mT	
	X_Y_RANGE = 1b	±80mT	±266mT	より優れた SNR 性能
Z 軸フィールド	Z_RANGE = 0b	±40mT	±133mT	
	Z_RANGE = 1b	±80mT	±266mT	より優れた SNR 性能

6.3.6 更新レートの設定

TMAG5173-Q1 は、複数の更新レートを備え、システム設計の柔軟性を高めることができます。各種の更新レートを選択するには、CONV_AVG レジスタ ビットを使用します。表 6-4 に、TMAG5173-Q1 のさまざまなアップデートレート設定を示します。

表 6-4. 更新レートの設定

動作 モード	レジスタ設定	更新レート			備考
		単軸	2 つの軸	3 つの軸	
X、Y、Z 軸	CONV_AVG = 000b	20.0kSPS	13.3kSPS	10.0kSPS	最速の更新レート
X、Y、Z 軸	CONV_AVG = 001b	13.3kSPS	8.0kSPS	5.7kSPS	
X、Y、Z 軸	CONV_AVG = 010b	8.0kSPS	4.4kSPS	3.1kSPS	
X、Y、Z 軸	CONV_AVG = 011b	4.4kSPS	2.4kSPS	1.6kSPS	
X、Y、Z 軸	CONV_AVG = 100b	2.4kSPS	1.2kSPS	0.8kSPS	
X、Y、Z 軸	CONV_AVG = 101b	1.2kSPS	0.6kSPS	0.4kSPS	最善の SNR ケース

6.4 デバイスの機能モード

TMAG5173-Q1 は、[図 6-6](#) で説明されているように、広範なアプリケーション向けに複数の機能モードをサポートしています。特定の機能モードは、**OPERATING_MODE** レジスタ ビットの対応する値を設定することによって選択されます。 V_{CC} 電源が **推奨動作条件 (ROC)** の表に規定されている最小スレッショルドを超えると、デバイスは起動を開始します。

6.4.1 スタンバイ (トリガ) モード

TMAG5173-Q1 は、電源投入後にスタンバイ モードに移行します。このモードでは、デジタル回路と発振器がオンになり、デバイスはマイコンからのコマンドを受け入れる準備ができています。デバイスは、コマンドに基づいて、新たな変換を開始したり、省電力モードに移行したり、**I²C** インターフェイス経由でデータ転送を開始したりできます。**I²C** コマンドまたは **INT** ピンにより新しい変換をトリガできます。このモードでは、デバイスは過去の変換結果データを対応する結果レジスタに保持します。デバイスが起動からスタンバイ モードに移行するまでの時間は、**起動時間の表** で $T_{start_power_up}$ として示されています。**INT** ピンを使用すると、マイコンの新しい変換をトリガしたり、割り込みを生成したりできます。テキサス インスツルメンツでは、**INT** ピンを同時に使用して両方の機能を使用することは推奨していません。

6.4.2 スリープモード

TMAG5173-Q1 は超低消費電力のスリープ モードをサポートしており、デバイスが重要なユーザー構成設定を保持します。このモードでは、デバイスは変換結果データを保持しません。マイコンは、**I²C** 通信または **INT** ピンにより、デバイスをスリープ モードからスタンバイ モードにウェイクアップできます。デバイスがスリープ モードからスタンバイ モードに移行する時間は、**起動時間の表** で T_{start_sleep} として示されています。

6.4.3 ウェイクアップおよびスリープ (W&S) モード

このモードでは、TMAG5173-Q1 は、特定の間隔でスリープおよびウェイクアップに移行するように構成し、**SLEEPTIME** レジスタ ビット設定に基づいてセンサ データを測定するように構成できます。本デバイスは、**INT_CONFIG_1** レジスタにより、割り込みを生成するように設定できます。変換が完了し、割り込み条件が満たされると、TMAG5173-Q1 は **W&S** モードを終了し、スタンバイ モードに移行します。デバイスがスタンバイ モードに移行する前に、最後に測定されたデータが対応する結果レジスタに保存されます。割り込み条件が満たされていない場合、デバイスは **W&S** モードにとどまり、指定された間隔でウェイクアップしてデータを測定します。プライマリは、**W&S** モード中は **I²C** バスまたは **INT** ピンを使用していつでも TMAG5173-Q1 をウェイクアップできます。**W&S** モードでは、結果割り込み機能は使用できません。デバイスが **W&S** モードからスタンバイ モードに移行する時間は、**起動時間の表** の T_{start_sleep} として示されています。

6.4.4 連続測定モード

このモードでは、TMAG5173-Q1 は SENSOR_CONFIG レジスタおよび DEVICE_CONFIG レジスタの設定ごとにセンサ データを連続的に測定します。このモードでは、I²C ライン経由で結果レジスタにアクセスできます。デバイスがスタンバイ モードから連続測定モードに移行する時間は「起動時間」の表で $T_{start_measure}$ と記載されています。

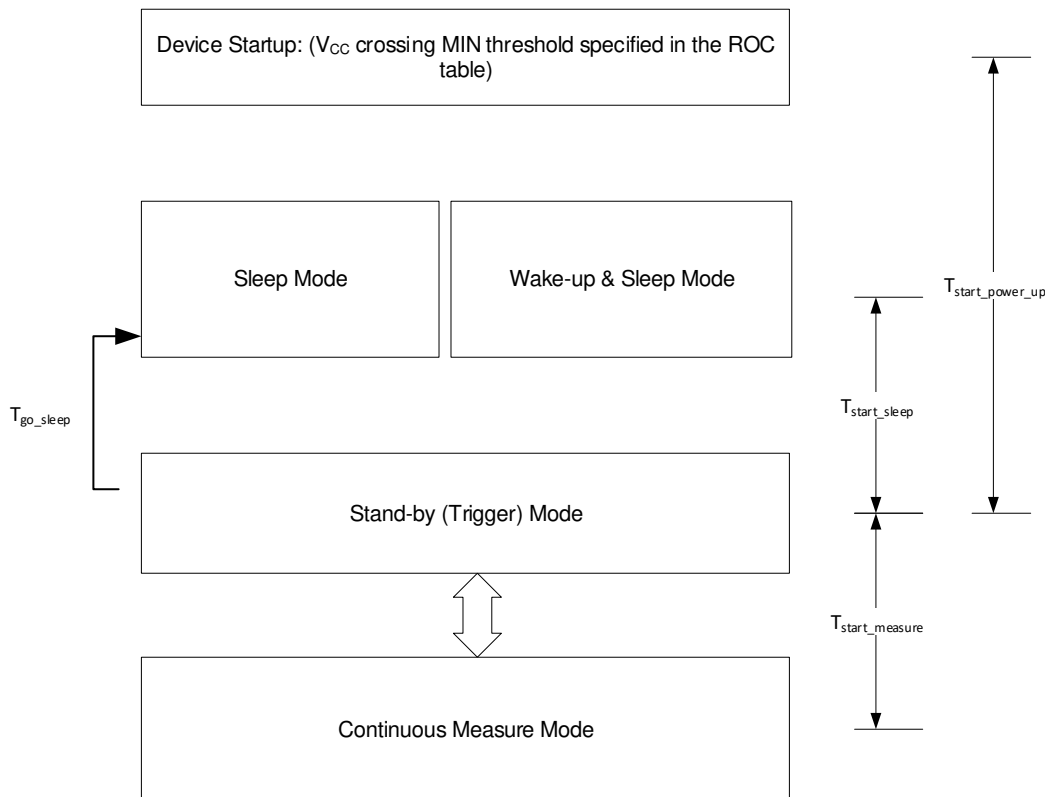


図 6-6. TMAG5173-Q1 動作モード

図 6-6 に、TMAG5173-Q1 の動作モードと、1 つのモードから別のモードに遷移するための時間基準を示します。

表 6-5. 動作モード

動作モード	デバイスの機能	ユーザー レジスタへのアクセス	ユーザー 設定を保持します
連続測定モード	x、y、z 軸、または温度データを連続的に測定します	あり	あり
スタンバイ モード	デバイスは、I ² C コマンドを受け入れて、アクティブ変換を開始する準備ができています	あり	あり
ウェイクアップおよびスリープモード	特定の間隔でウェイクアップし、x、y、z 軸、または温度データを測定します	なし	あり
スリープ モード	デバイスは主要な設定を保持しますが、測定データは保持されません	なし	あり

6.5 プログラミング

6.5.1 I²C インターフェイス

TMAG5173-Q1 は、組み込みシステムにおける、マイコン、A/D コンバータおよび D/A コンバータ、I/O インターフェイス、その他の同様のペリフェラルなど、低速デバイスを接続するための 2 線式インターフェイスである、I²C インターフェイスを提供します。

6.5.1.1 SCL

SCL は、I²C バス上でのすべてのデータ転送を同期するために使用されるクロックラインです。

6.5.1.2 SDA

SDA は、I²C インターフェイスの双方向データラインです。

6.5.1.3 I²C 読み取り / 書き込み

TMAG5173-Q1 は、各種のアプリケーションを対象とする、複数の I²C 読み取り/書き込みフレームをサポートしています。I2C_RD ビットおよび CRC_EN ビットは、選択されたアプリケーションの読み取り時間、データ分解能、データ整合性を最適化するために、複数の読み取りフレームを提供します。

6.5.1.3.1 標準 I²C 書き込み

図 6-7 に、TMAG5173-Q1 がサポートしている標準的な I²C 2 バイト書き込みコマンドの例を示します。開始バイトには、7 ビットのセカンダリ デバイス アドレスと、R/W コマンド ビット 0 が含まれています。2 番目のバイトの MSB には、変換トリガ ビットが含まれています。レジスタ アドレスのデコードの完了後に、新しい変換を開始するにはこのトリガ ビットに 1 を書き込みます。2 番目のバイトの 7LSB ビットには、書き込みコマンドの開始レジスタ アドレスが含まれます。2 バイトのコマンドの後、プライマリ デバイスは対応するレジスタ アドレスに書き込まれるデータの送信を開始します。各書き込みバイトは、セカンダリ デバイスの連続するレジスタ アドレスのデータを送信します。

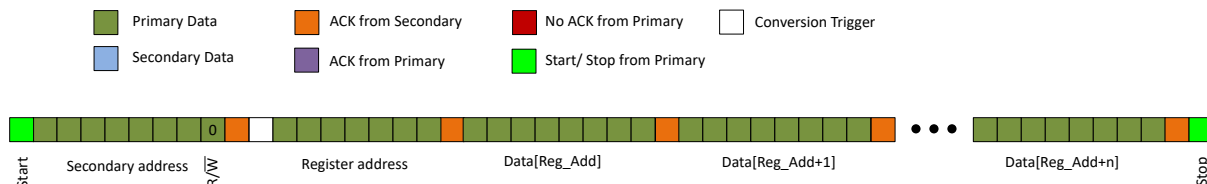


図 6-7. 標準 I²C 書き込み

6.5.1.3.2 ゼネラル コール書き込み

図 6-8 に、TMAG5173-Q1 がサポートする、ゼネラル コール I²C 書き込みコマンドの例を示します。このコマンドは、複数の I²C デバイスを 1 つの I²C バスに同時に構成する場合に役立ちます。開始バイトには 8 ビットの 0 が含まれています。2 番目のバイトの MSB には、変換トリガ ビットが含まれています。レジスタ アドレスのデコードの完了後に、新しい変換を開始するにはこのトリガ ビットに 1 を書き込みます。2 番目のバイトの下位 7 ビットには、書き込みコマンドの開始レジスタ アドレスが含まれます。2 つのコマンド バイトの後、プライマリ デバイスは、I²C バス内のすべてのセカンダリ デバイスの対応するレジスタ アドレスに書き込まれるデータを送信し始めます。書き込みバイトごとに、セカンダリ デバイスの連続するレジスタ アドレスのデータが送信されます。

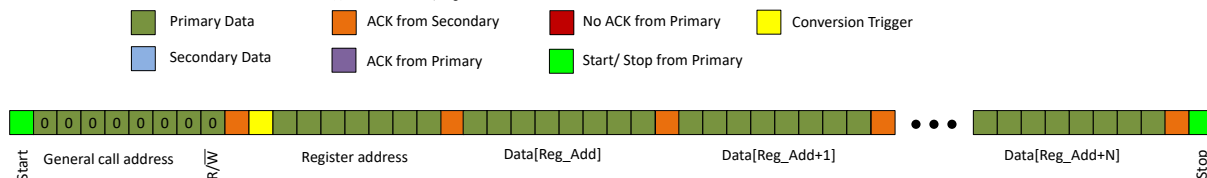


図 6-8. ゼネラル コール I²C 書き込み

6.5.1.3.3 標準 3 バイト I²C 読み取り

図 6-9 および 図 6-10 に、TMAG5173-Q1 がサポートしている標準的な I²C 3 バイト読み取りコマンドの例を示します。開始バイトには、7 ビットのセカンダリ デバイス アドレスと、 R/\overline{W} コマンド ビット 0 が含まれています。2 番目のバイトの MSB には、変換トリガ コマンド ビットが含まれています。レジスタ アドレスのデコードの完了後に、新しい変換を開始するにはこのトリガ ビットに 1 を書き込みます。2 番目のバイトの 7LSB ビットには、書き込みコマンドの開始レジスタ アドレスが含まれます。セカンダリから ACK 信号を受信すると、プライマリは R/\overline{W} コマンド ビットを 1 として セカンダリ アドレスに再度送信します。セカンダリは、対応するレジスタ データの送信を開始します。セカンダリは、プライマリからの各 ACK を含む連続したレジスタ データを送信します。CRC が有効化されている場合、直近の 4 レジスタ バイトに対する CRC 計算に基づいて、セカンダリは 5 番目の CRC バイトを送信します。

注

標準の 3 バイト読み取りコマンドでは、データ長が 4 バイトよりも長い場合、TMAG5173-Q1 は CRC をサポートしません。CRC を必要とするより大きなデータ ストリームに対して、連続する読み取りコマンドを開始します。

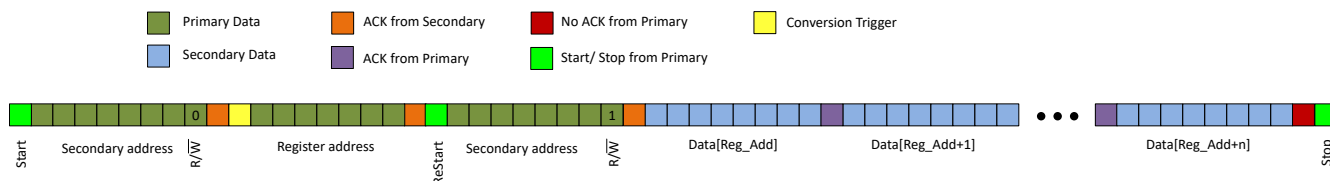


図 6-9. 標準的な 3 バイト I²C 読み取り (CRC 無効化、CRC_EN = 0b)

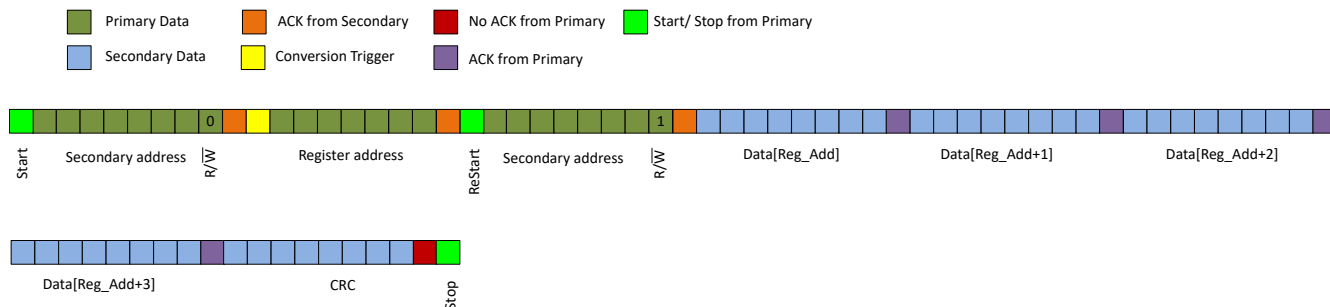


図 6-10. 標準的な 3 バイト I²C 読み取り (CRC 有効化、CRC_EN = 1b)

6.5.1.3.4 16 ビット データ用 1 バイト I²C 読み取りコマンド

図 6-11 および 図 6-12 に、TMAG5173-Q1 がサポートしている 1 バイトの I²C 読み取りコマンドの例を示します。このモードを有効にするには、I2C_RD = 01b を選択します。コマンド バイトには、7 ビットのセカンダリ デバイス アドレスと、 R/\overline{W} ビットの 1 が含まれています。このモードでは、MAG_CH_EN ビットおよび T_CH_EN ビットの設定により、デバイスは有効にされているチャンネルの 16 ビット データおよび CONV_STATUS レジスタ データ バイトを送信します。CRC が有効にされている場合、デバイスは、コマンド バイトの CRC 計算結果および現在のパケットで送信されたデータに基づいて、追加の CRC バイトを送信します。複数のチャンネルが有効にされている場合、送信されるデータは、連続するデータ バイトの T、X、Y、Z シーケンスに従います。



図 6-11. 16 ビット データに対する 1 バイト I²C 読み取りコマンド (CRC 無効化、CRC_EN = 0b)

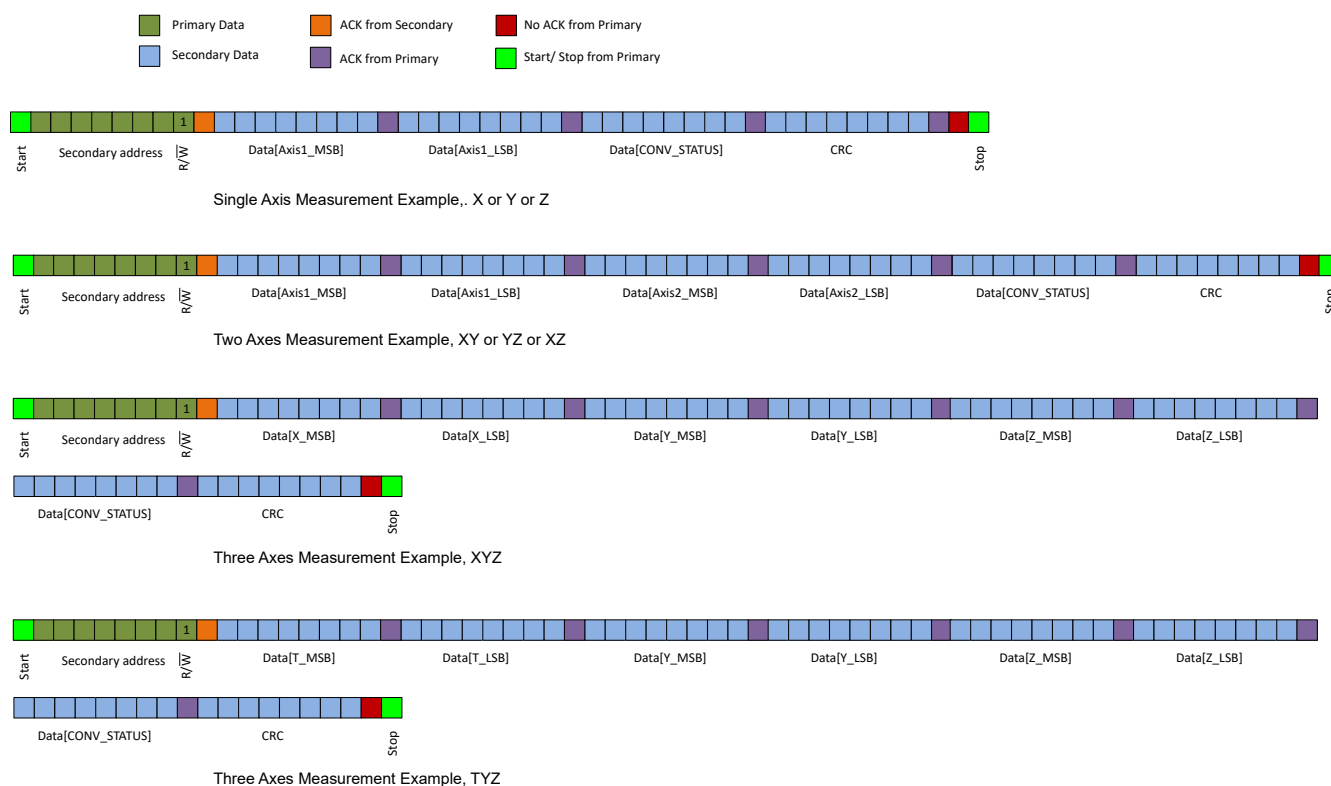


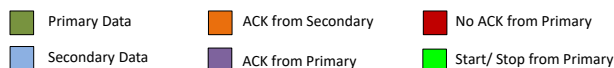
図 6-12. 16 ビット データに対する 1 バイト I²C 読み取りコマンド (CRC 有効化、CRC_EN = 1b)

注

16 ビット データ用の 1 バイト読み取りコマンドでは、CRC が有効にされている場合、最大 3 チャンネルのデータのみが送信されます。CRC がディセーブルの場合、この制約は適用されません。

6.5.1.3.5 8 ビット データ用 1 バイト I²C 読み取りコマンド

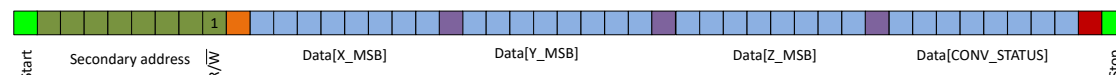
図 6-13 および図 6-14 に、TMAG5173-Q1 がサポートしている 1 バイトの I²C 読み取りコマンドの例を示します。このモードを有効にするには、I2C_RD = 10b を選択します。コマンド バイトには、7 ビットのセカンダリ デバイス アドレスと、R/W ビットの 1 が含まれています。このモードでは、MAG_CH_EN ビットおよび T_CH_EN ビットの設定により、デバイスは有効にされているチャンネルの 8 ビット データおよび CONV_STATUS レジスタ データ バイトを送信します。CRC が有効にされている場合、デバイスは、コマンド バイトの CRC 計算結果および現在のパケットで送信されたデータに基づいて、追加の CRC バイトを送信します。複数のチャンネルが有効にされている場合、送信されるデータは、連続するデータバイトの T、X、Y、Z シーケンスに従います。



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

図 6-13. 8 ビット データに対する 1 バイト I²C 読み取りコマンド (CRC 無効化、CRC_EN = 0b)

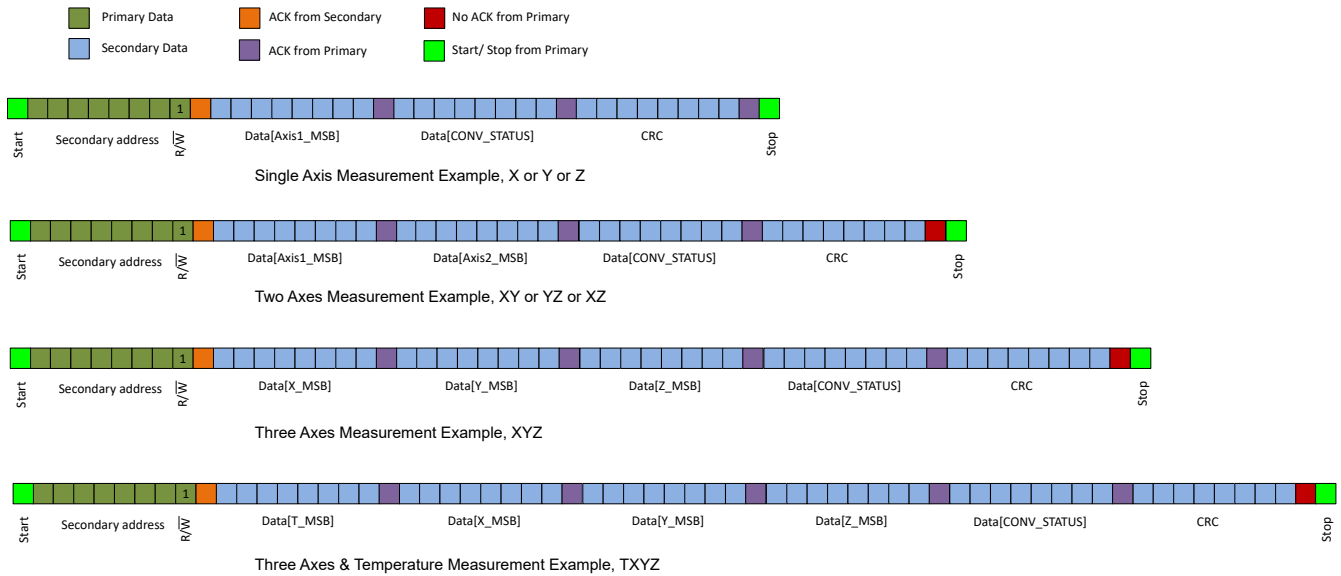


図 6-14. 8 ビット データに対する 1 バイト I²C 読み取りコマンド (CRC 有効化、CRC_EN = 1b)

注

8 ビット データ用の 1 バイト読み取りコマンドでは、チャンネルの任意の組み合わせを制限なしで送信できます。

6.5.1.3.6 I²C 読み取り CRC

TMA5173-Q1 は、I²C 読み出し中のオプションの CRC をサポートします。CRC をイネーブルするには、CRC_EN レジスタビットを使用します。CRC は、I²C 読み取りタイプによって決定されるデータ文字列に対して実行されます。CRC 情報は、データ バイトの後に 1 バイトとして送信されます。このコードは、多項式 $x^8 + x^2 + x + 1$ によって生成されます。初期 CRC ビットは Ffh です。

CRC の計算には、次の式を使うことができます。

$$d = \text{Data Input, } c = \text{Initial CRC (FFh)} \quad (1)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

以下の例に、各種入力データに基づいて計算された CRC バイトを示します。

I²C データ 00h: CRC = F3h

I²C データ FFh: CRC = 00h

I2C データ 80h: CRC = 7Ah

I2C データ 4Ch: CRC = 10h

I2C データ E0h: CRC = 5Dh

I2C データ 00000000h: CRC = D1h

I2C データ FFFFFFFFh: CRC = 0Fh

6.5.2 データの定義

6.5.2.1 磁気センサ データ

x、y、z 磁気センサ データは、x_MSB_RESULT レジスタおよび x_LSB_RESULT レジスタに保存されます。図 6-15 に、各センサ出力を 16 ビット 2 の補数形式で、2 つの 8 ビット レジスタに保存する例を示します。データは、MSB レジスタと LSB レジスタの両方を組み合わせた 16 ビット形式、または MSB レジスタから 8 ビット形式で取得できます。Conv_AVG = 0h の場合、ADC 出力は 16 ビットの結果の 12MSB ビットと、4LSB ビットをゼロとしてロードします。Conv_AVG ≠ 0h の場合、16 ビットすべてを使用して結果を格納します。

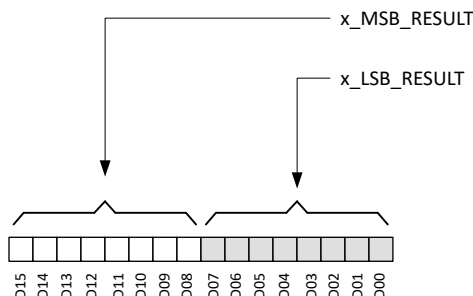


図 6-15. 磁気センサ データの定義

各磁気範囲の LSB サイズは次のとおりです。

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

表 6-6. 16 ビット x、y、z 磁気センサ データ フォーマット。小数点以下 3 位までを表示。

磁界 (mT)				x_CH_RESULT	
レンジ = 40mT	レンジ = 80mT	レンジ = 133mT	レンジ = 266mT	2 進数	16 進数
-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 温度センサ データ

TMAG5173-Q1 は、-40°C から 170°C までの温度を測定します。T_MSB_RESULT レジスタおよび T_LSB_RESULT レジスタが温度センサ データを保存します。図 6-16 に、センサ出力を 16 ビット 2 の補数形式で、2 つの 8 ビット レジスタ

タに保存する例を示します。データは、MSB レジスタと LSB レジスタの両方を組み合わせた 16 ビット形式、または MSB レジスタから 8 ビット形式で取得できます。

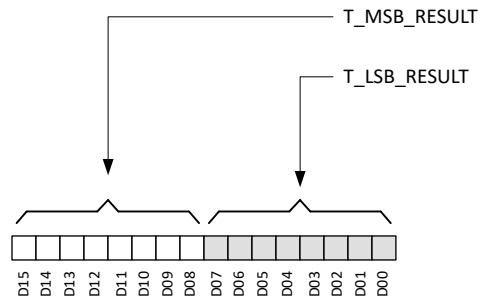


図 6-16. 温度センサ データの定義

式 10 を使って 16 ビット データの測定温度を摂氏 (°C) で計算し、式 11 を使って 8 ビット データの測定温度を摂氏 (°C) で計算します。

$$T = T_{\text{SENS_T0}} + \frac{T_{\text{ADC_T}} - T_{\text{ADC_T0}}}{T_{\text{ADC_RES}}} \quad (10)$$

$$T = T_{\text{SENS_T0}} + \frac{256 \times \left(T_{\text{ADC_T}} - \frac{T_{\text{ADC_T0}}}{256} \right)}{T_{\text{ADC_RES}}} \quad (11)$$

ここで、

- T は、摂氏で測定される温度です
- T_{SENS_T0} は電気特性の表に記載されています。
- t_{ADC_RES} は、ADC コードの摂氏温度単位の変化です
- T_{ADC_T0} は電気特性の表に記載されています。
- T_{ADC_T} は、温度 T について測定された ADC コードです。

表 6-7. 16 ビットの温度データ フォーマット (小数点以下 2 位までを表示)

温度 (°C)	TEMP_RESULT	
	2 進数	16 進数
-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 角度と大きさのデータの定義

TMA5173-Q1 は、ANGLE_EN レジスタ ビットの設定に基づいて、1 対の磁気軸からの角度を計算します。図 6-17 に、ANGLE_RESULT_MSB レジスタおよび ANGLE_RESULT_LSB レジスタに保存されている角度情報を示します。ビット D04 ~ D12 には、0 ~ 360 度の角度整数値が格納されます。ビット D00 ~ D03 には分数角度値が格納されます。3 つの上位ビットには常に b000 が割り当てられます。

たとえば、354.50 度の角度は 0001 0110 0010 1000b に、17.25 度の角度は 000 0001 0001 0100b に設定されます。

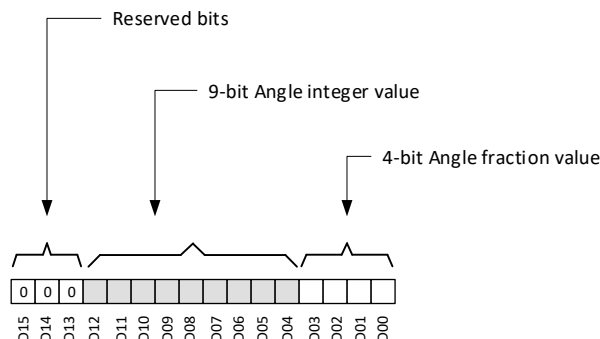


図 6-17. 角度データの定義

表 6-8. 13 ビットの角度データ形式

角度 (°)	ANGLE_RESULT[12:0]	
	2 進数	16 進数
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

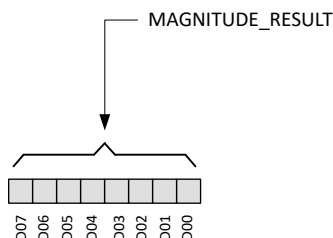
角度計算では、式 12 を使用して結果のベクトルの大きさを計算します。

$$M = \sqrt{\text{MADC}_{\text{Ch1}}^2 + \text{MADC}_{\text{Ch2}}^2} \quad (12)$$

ここで、

- MADC_{Ch1} 、 MADC_{Ch2} は、角度計算用に選択された 2 つの磁気チャネルの ADC コードです。

図 6-18 は、MAGNITUDE_RESULT レジスタに保存されている大きさの値を示します。軸上の角度測定では、360 度の測定全体にわたって大きさの値が一定に保たれる必要があります。



角度計算中、MAGNITUDE_RESULT レジスタは、結果ベクトルの大きさを格納します。MAGNITUDE_RESULT は符号なしの 8 ビットの値で、LSB サイズはデバイスの範囲によって異なります。

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

表 6-9. 8 ビットの大きさのデータ フォーマット (小数点以下 3 位までのみを表示)

大きさ (mT)				MAGNITUDE_RESULT[7:0]	
レンジ = 40mT	レンジ = 80mT	レンジ = 133mT	レンジ = 266mT	2 進数	16 進数
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

図 6-18. 大きさの結果データの定義

6.5.2.4 磁気センサ オフセット補正

TMAG5173-Q1 では、1 対の磁気軸のオフセット補正が可能です (図 6-19 を参照)。MAG_OFFSET_CONFIG_1 レジスタおよび MAG_OFFSET_CONFIG_2 レジスタには、2 の補数データフォーマットで、訂正されるオフセット値が保存されます。たとえば、特定の軸の補正されていない波形に +2mT だけ高い値がある場合は、対応するオフセット補正レジスタに -2mT のオフセット補正値を入力します。センサの選択と順序は、ANGLE_EN レジスタ ビット設定で定義されます。これらのオフセット補正レジスタのデフォルト値はゼロに設定されます。

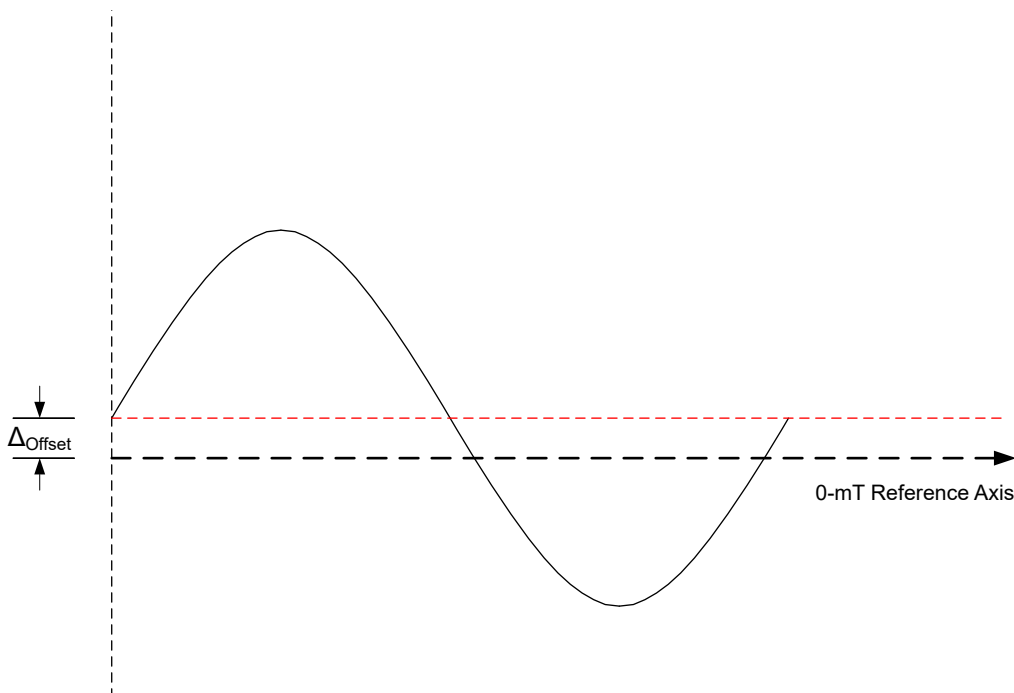


図 6-19. 磁気センサ データ オフセット補正

オフセット補正は LSB サイズが磁気レンジによって定義された 8 ビットの 2 の補数フォーマットで保存されます。

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

表 6-10. 8 ビット磁気センサのオフセット補正データ フォーマット (小数点以下 2 位までを表示)

磁気オフセット (mT)				MAG_OFFSET_CONFIG_x[7:0]	
レンジ = 40mT	レンジ = 80mT	レンジ = 133mT	レンジ = 266mT	2 進数	16 進数
-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 のレジスタ

TMAG5173-Q1 レジスタのメモリマップされたレジスタを、表 6-11 に示します。表 6-11 にないレジスタ オフセット アドレスはすべて予約済みと見なして、レジスタの内容は変更しないでください。

表 6-11. TMAG5173-Q1 のレジスタ

オフセット	略称	レジスタ名	セクション
0h	DEVICE_CONFIG_1	デバイスの動作モードを構成	セクション 6.6.1
1h	DEVICE_CONFIG_2	デバイスの動作モードを構成	セクション 6.6.2
2h	SENSOR_CONFIG_1	センサーデバイスの動作モード	セクション 6.6.3
3h	SENSOR_CONFIG_2	センサーデバイスの動作モード	セクション 6.6.4
4h	X_THR_CONFIG	X スレッシュホールド設定	セクション 6.6.5
5h	Y_THR_CONFIG	Y スレッシュホールド設定	セクション 6.6.6
6h	Z_THR_CONFIG	Z スレッシュホールド設定	セクション 6.6.7
7h	T_CONFIG	温度センサ設定	セクション 6.6.8
8h	INT_CONFIG_1	デバイスの動作モードを構成	セクション 6.6.9
9h	MAG_GAIN_CONFIG	デバイスの動作モードを構成	セクション 6.6.10
Ah	MAG_OFFSET_CONFIG_1	デバイスの動作モードを構成	セクション 6.6.11
Bh	MAG_OFFSET_CONFIG_2	デバイスの動作モードを構成	セクション 6.6.12
Ch	I2C_ADDRESS	I2C アドレス レジスタ	セクション 6.6.13
Dh	DEVICE_ID	デバイス ダイの ID	セクション 6.6.14
Eh	MANUFACTURER_ID_LSB	メーカー ID 下位バイト	セクション 6.6.15
Fh	MANUFACTURER_ID_MSB	メーカー ID 上位バイト	セクション 6.6.16
10h	T_MSB_RESULT	変換結果レジスタ	セクション 6.6.17
11h	T_LSB_RESULT	変換結果レジスタ	セクション 6.6.18
12h	X_MSB_RESULT	変換結果レジスタ	セクション 6.6.19
13h	X_LSB_RESULT	変換結果レジスタ	セクション 6.6.20
14h	Y_MSB_RESULT	変換結果レジスタ	セクション 6.6.21
15h	Y_LSB_RESULT	変換結果レジスタ	セクション 6.6.22
16h	Z_MSB_RESULT	変換結果レジスタ	セクション 6.6.23
17h	Z_LSB_RESULT	変換結果レジスタ	セクション 6.6.24
18h	CONV_STATUS	変換ステータス レジスタ	セクション 6.6.25
19h	ANGLE_RESULT_MSB	変換結果レジスタ	セクション 6.6.26

表 6-11. TMAG5173-Q1 のレジスタ (続き)

オフセット	略称	レジスタ名	セクション
1Ah	ANGLE_RESULT_LSB	変換結果レジスタ	セクション 6.6.27
1Bh	MAGNITUDE_RESULT	変換結果レジスタ	セクション 6.6.28
1Ch	DEVICE_STATUS	Device_Diag ステータス レジスタ	セクション 6.6.29

表の小さなセルに収まるように、複雑なビット アクセス タイプを記号で表記しています。[表 6-12](#) に、このセクションでアクセス タイプに使用しているコードを示します。

表 6-12. TMAG5173-Q1 のアクセス タイプ コード

アクセス タイプ	コード	説明
読み取りタイプ		
R	R	読み出し
書き込みタイプ		
W	W	書き込み
W1CP	W 1C P	1 を書き込んで クリア 特権アクセスが必要
リセットまたはデフォルト値		
-n		リセット後の値またはデフォルト値

6.6.1 DEVICE_CONFIG_1 レジスタ (オフセット = 0h) [リセット = 00h]

DEVICE_CONFIG_1 を [表 6-13](#) に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-13. DEVICE_CONFIG_1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7	CRC_EN	R/W	0h	送信される I2C CRC バイトを有効化します。 0h = CRC を無効化 1h = CRC を有効化
6-5	MAG_TEMPCO	R/W	0h	磁石の温度係数 0h = 0%/°C (温度補償なし) 1h = 0.12%/°C (NdBF _e) 2h = 0.03%/°C (SmCo) 3h = 0.20%/°C (セラミック)
4-2	CONV_AVG	R/W	0h	センサ データの追加サンプリングを可能にし、ノイズの影響を低減 (または分解能を向上) 0h = 1 回平均、10.0kSPS (3 軸) または 20kSPS (1 軸) 1h = 2 回平均、5.7kSPS (3 軸) または 13.3kSPS (1 軸) 2h = 4 回平均、3.1kSPS (3 軸) または 8.0kSPS (1 軸) 3h = 8 回平均、1.6kSPS (3 軸) または 4.4kSPS (1 軸) 4h = 16 回平均、0.8kSPS (3 軸) または 2.4kSPS (1 軸) 5h = 32 回平均、0.4kSPS (3 軸) または 1.2kSPS (1 軸)
1-0	I2C_RD	R/W	0h	I2C 読み取りモードを定義します 0h = 標準 I2C 3 バイト読み取りコマンド 1h = 16 ビット センサ データおよび変換ステータスの 1 バイト I2C 読み取りコマンド 2h = 8 ビット センサの MSB データおよび変換ステータスの 1 バイト I2C 読み取りコマンド 3h = 予約済み

6.6.2 DEVICE_CONFIG_2 レジスタ (オフセット = 1h) [リセット = 00h]

DEVICE_CONFIG_2 を表 6-14 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-14. DEVICE_CONFIG_2 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-5	THR_HYST	R/W	0h	<p>割り込み機能のスレッシュホールド帯域、またはスイッチ機能のヒステリシスを選択します。たとえば、40mT のレンジで THR_HYST が 2h に設定されている場合、スレッシュホールド帯域またはヒステリシス値は、$((40/(2^4))) * 8 = 0.156 \text{ mT}$ です。</p> <p>0h = 各 x_THR_CONFIG レジスタの 2 の補数値を使用して、対応する軸の磁気スレッシュホールドを作成</p> <p>1h = x_THR_CONFIG レジスタの 7LSB ビットを使用して、同じ大きさの 2 つの逆方向の磁気スレッシュホールド (1 つは N、もう 1 つは S) を生成。</p> <p>2h = 8LSB スレッシュホールド帯域、12 ビット分解能</p> <p>3h = 16LSB スレッシュホールド帯域、12 ビット分解能</p> <p>4h = 32LSB スレッシュホールド帯域、12 ビット分解能</p> <p>5h = 64LSB スレッシュホールド帯域、12 ビット分解能</p> <p>6h = 128LSB スレッシュホールド帯域、12 ビット分解能</p> <p>7h = 256LSB スレッシュホールド帯域、12 ビット分解能</p>
4	LP_LN	R/W	0h	<p>低アクティブ電流モードと低ノイズ モードの間でモードを選択します。</p> <p>0h = 低アクティブ電流モード</p> <p>1h = 低ノイズ モード</p>
3	I2C_GLITCH_FILTER	R/W	0h	<p>I2C グリッチ フィルタ。</p> <p>0h = グリッチ フィルタ オン</p> <p>1h = グリッチ フィルタ オフ</p>
2	TRIGGER_MODE	R/W	0h	<p>すでに構成されたレジスタに基づいて、1 回の変換を開始する条件を選択します。トリガを実行する前に、実行中の変換が完了します。冗長トリガは無視されます。TRIGGER_MODE は、OPERATING_MODE に明示的に記述されたモードでのみ使用できます。</p> <p>0h = 変換は I2C コマンドビットで開始。デフォルト</p> <p>1h = 変換は INT ピンのトリガ信号で開始</p>
1-0	OPERATING_MODE	R/W	0h	<p>デバイスの動作モードを選択します。</p> <p>0h = スタンバイ モード (トリガ イベントで新しい変換を開始)</p> <p>1h = スリープ モード</p> <p>2h = 連続測定モード</p> <p>3h = ウェークアップおよびスリープ モード (W&S モード)</p>

6.6.3 SENSOR_CONFIG_1 レジスタ (オフセット = 2h) [リセット = 00h]

SENSOR_CONFIG_1 を表 6-15 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-15. SENSOR_CONFIG_1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-4	MAG_CH_EN	R/W	0h	磁気軸チャンネルのデータ アクイジションを有効にします。 0h = すべての磁気チャンネルがオフ。デフォルト 1h = X チャンネルを有効化 2h = Y チャンネルを有効化 3h = X、Y チャンネルを有効化 4h = Z チャンネルを有効化 5h = Z、X チャンネルを有効化 6h = Y、Z チャンネルを有効化 7h = X、Y、Z チャンネルを有効化 8h = XYX チャンネルを有効化 9h = YXY チャンネルを有効化 Ah = YZY チャンネルを有効化 Bh = XZX チャンネルを有効化 Ch = X、Y、Z (正の AFE 診断チェック付き) Dh = X、Y、Z (負の AFE 診断チェック付き) Eh = ホール抵抗チェック + ADC チェック Fh = ホール オフセット チェック +ADC チェック
3-0	SLEEPTIME	R/W	0h	OPERATING_MODE = 11b で、変換と変換の間に低消費電力モードで 費やされる時間を選択 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 レジスタ (オフセット = 3h) [リセット = 00h]

SENSOR_CONFIG_2 を表 6-16 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-16. SENSOR_CONFIG_2 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7	予約済み	R	0h	予約済み
6	THRX_COUNT	R/W	0h	割り込みがアサートされるまでのスレッシュホールド交差の数。 0h = 1 回のスレッシュホールド交差 1h = 4 回のスレッシュホールド交差
5	MAG_THR_DIR	R/W	0h	スレッシュホールド チェックの方向を選択しますこのビットは THR_HYST > 001b の場合は無視されます。 0h = スレッシュホールドを超えるフィールドの割り込みをセット 1h =スレッシュホールドを下回るフィールドの割り込みをセット
4	MAG_GAIN_CH	R/W	0h	MAG_GAIN_CONFIG レジスタに入力された振幅ゲイン補正值の軸を選 択します 0h =ゲイン調整のため最初のチャンネルを選択 1h =ゲイン調整のため 2 番目のチャンネルを選択

表 6-16. SENSOR_CONFIG_2 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
3-2	ANGLE_EN	R/W	0h	選択した 2 つの磁気チャネル間の角度計算、磁気ゲイン、オフセット補正を有効にします。 0h = 角度計算なし、振幅ゲイン、オフセット補正を有効化 1h = X 1 番目、Y 2 番目 2h = Y 1 番目、Z 2 番目 3h = X 1 番目、Z 2 番目
1	X_Y_RANGE	R/W	0h	x 軸と y 軸の磁気レンジを、2 つのオプションから選択します。 0h = ±40mT (TMAG5173A1) または ±133mT (TMAG5173A2)。デフォルト 1h = ±80mT (TMAG5173A1) または ±266mT (TMAG5173A2)
0	Z_RANGE	R/W	0h	z 軸の磁気レンジを 2 つのオプションから選択します。 0h = ±40mT (TMAG5173A1) または ±133mT (TMAG5173A2)。デフォルト 1h = ±80mT (TMAG5173A1) または ±266mT (TMAG5173A2)

6.6.5 X_THR_CONFIG レジスタ (オフセット = 4h) [リセット = 00h]

表 6-17 に、X_THR_CONFIG を示します。

概略表に戻ります。

表 6-17. X_THR_CONFIG レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	X_THR_CONFIG	R/W	0h	制限チェック用の 8 ビットで 2 の補数の x 軸スレッショルド コード。可能なスレッショルドの入力範囲は、-128 ~ 127 です。mT 単位のスレッショルド値は、A1 に対して $(40(1+X_Y_RANGE)/128)*X_THR_CONFIG$ 、A2 に対して $(133(1+X_Y_RANGE)/128)*X_THR_CONFIG$ として計算されます。デフォルトの 0h は、スレッショルドの比較がないことを意味します。

6.6.6 Y_THR_CONFIG (オフセット = 5h) [リセット = 00h]

表 6-18 に、Y_THR_CONFIG を示します。

概略表に戻ります。

表 6-18. Y_THR_CONFIG レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	Y_THR_CONFIG	R/W	0h	制限チェック用の 8 ビットで 2 の補数の y 軸スレッショルド コード。可能なスレッショルドの入力範囲は、-128 ~ 127 です。mT 単位のスレッショルド値は、A1 に対して $(40(1+X_Y_RANGE)/128)*Y_THR_CONFIG$ 、A2 に対して $(133(1+X_Y_RANGE)/128)*Y_THR_CONFIG$ として計算されます。デフォルトの 0h は、スレッショルドの比較がないことを意味します。

6.6.7 Z_THR_CONFIG (オフセット = 6h) [リセット = 00h]

表 6-19 に、Z_THR_CONFIG を示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-19. Z_THR_CONFIG レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	Z_THR_CONFIG	R/W	0h	制限チェック用の 8 ビットで 2 の補数の z 軸スレッシュホールド コード。可能なスレッシュホールドの入力範囲は、-128 ~ 127 です。mT 単位のスレッシュホールド値は、A1 に対して $(40(1+Z_RANGE)/128)*Z_THR_CONFIG$ 、A2 に対して $(133(1+Z_RANGE)/128)*Z_THR_CONFIG$ として計算されます。デフォルトの 0h は、スレッシュホールドの比較がないことを意味します。

6.6.8 T_CONFIG レジスタ (オフセット = 7h) [リセット = 00h]

表 6-20 に、T_CONFIG を示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-20. T_CONFIG レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-1	T_THR_CONFIG	R/W	0h	ユーザーが入力した温度スレッシュホールド コード。有効な温度スレッシュホールドの範囲は -41C ~ 170C で、スレッシュホールド コードは -41C = 1Ah および 170C = 34h です。分解能は 8 °C/LSB です。デフォルトの 0h は、スレッシュホールドの比較がないことを意味します。
0	T_CH_EN	R/W	0h	温度チャンネルのデータ アクイジションを有効にします。 0h = 温度チャンネルを無効化 1h = 温度チャンネルを有効化

6.6.9 INT_CONFIG_1 レジスタ (オフセット = 8h) [リセット = 00h]

INT_CONFIG_1 を表 6-21 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-21. INT_CONFIG_1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7	RSLT_INT	R/W	0h	変換結果完了時に割り込み応答を有効にします 0h = 設定された変換セットが完了しても割り込みをアサートしない 1h = 設定された変換セットが完了すると割り込みをアサート
6	THRSLD_INT	R/W	0h	事前定義されたスレッシュホールド 交差で割り込み応答を有効にします。 0h = スレッシュホールドを超えても割り込みをアサートしない 1h = スレッシュホールドを超えると割り込みをアサート
5	INT_STATE	R/W	0h	\overline{INT} 割り込みのラッチまたはパルス駆動。 0h = プライマリがデバイスをアドレス指定することによって \overline{INT} 割り込みがラッチ 1h = 10μs の \overline{INT} 割り込みパルス

表 6-21. INT_CONFIG_1 レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
4-2	INT_MODE	R/W	0h	割り込みモード選択。 0h = 割り込みなし 1h = $\overline{\text{INT}}$ を通じて割り込み 2h = I2C バスがビジーでない場合に $\overline{\text{INT}}$ を通じて割り込み。 3h = SCL を通じて割り込み 4h = I2C バスがビジーでない場合に SCL を通じて割り込み。 5h = 連続測定モードでのユニポーラ スイッチ機能 (1 つの磁界変換のみをサポートし、複数のスレッシュホールドが有効な場合、X、Y、Z の順序で最初の磁界を選択)。このモードは、割り込み機能 (INT トリガも無効化) をオーバーライドし、x_THRX_CONFIG 設定と THR_HYST 設定に基づいたホール スイッチ機能のみを実装します。このモードにするには、001b より大きな THR_HYST を選択します。 6h = 連続測定モードでのオムニポーラ スイッチ機能 (1 つの磁界変換のみをサポートし、複数のスレッシュホールドが有効な場合、X、Y、Z の順序で最初の磁界を選択)。このモードは、割り込み機能 (INT トリガも無効化) をオーバーライドし、x_THRX_CONFIG 設定と THR_HYST 設定に基づいたホール スイッチ機能のみを実装します。このモードにするには、001b より大きな THR_HYST を選択します。 7h = 無効。000b のモードにデフォルト設定
1	予約済み	R	0h	予約済み
0	MASK_INTB	R/W	0h	$\overline{\text{INT}}$ ピンを GND に接続する場合に、 $\overline{\text{INT}}$ ピンをマスクします。 0h = $\overline{\text{INT}}$ ピンを有効化 1h = $\overline{\text{INT}}$ ピンを無効化 (ウェークアップおよびトリガ機能の場合)

6.6.10 MAG_GAIN_CONFIG (オフセット = 9h) [リセット = 00h]

表 6-22 に、MAG_GAIN_CONFIG を示します。

概略表に戻ります。

表 6-22. MAG_GAIN_CONFIG レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	GAIN_VALUE	R/W	0h	ホール軸ゲインを調整するためにプライマリによって決定される 8 ビットのゲイン値。特定の軸が、MAG_GAIN_CH レジスタ ビットおよび ANGLE_EN レジスタ ビットの設定に基づいて選択されます。8 ビットのバイナリ入力値は、「ユーザーが 10 進数 / 256 で入力した値」という式に基づいて、0 から 1 の間の小数値として解釈されます。ゲイン値 0 は、本デバイスによって 1 と解釈されます。

6.6.11 MAG_OFFSET_CONFIG_1 レジスタ (オフセット = Ah) [リセット = 00h]

MAG_OFFSET_CONFIG_1 を表 6-23 に示します。

概略表に戻ります。

表 6-23. MAG_OFFSET_CONFIG_1 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	OFFSET_VALUE_1ST	R/W	0h	角度計算時に 1 番目の軸のオフセットを調整するためにプライマリによって入力された、8 ビットの 2 の補数。1 番目の軸は ANGLE_EN レジスタ ビットで定義されます。10 進数で使用可能な有効入力範囲は -128 ~ 127 です。オフセット値は、ビット分解能 ($\mu\text{T}/\text{LSB}$) に入力された値を乗算することによって計算されます。

6.6.12 MAG_OFFSET_CONFIG_2 レジスタ (オフセット = Bh) [リセット = 00h]

MAG_OFFSET_CONFIG_2 を表 6-24 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-24. MAG_OFFSET_CONFIG_2 レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	OFFSET_VALUE_2ND	R/W	0h	角度計算時に 2 番目の軸のオフセットを調整するためにプライマリによって入力された、8 ビットの 2 の補数。2 番目の軸は ANGLE_EN レジスタビットで定義されます。10 進数で使用可能な有効入力範囲は-128 ~ 127 です。オフセット値は、ビット分解能 (μT/LSB) に入力された値を乗算することによって計算されます。

6.6.13 I2C_ADDRESS レジスタ (オフセット = Ch) [リセット = 6Ah]

I2C_ADDRESS を表 6-25 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-25. I2C_ADDRESS レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-1	I2C_ADDRESS	R/W	35h	最初の電源投入時に、7 ビットのデフォルトの工場出荷時 I2C アドレスが OTP からロードされます。新しい I2C アドレスが必要な場合は、これらのビットを新しい設定に変更します (デフォルトの出荷時アドレスに戻らないように、パワー サイクルごとにこれらのビットを再度書き込む必要があります)。
0	I2C_ADDRESS_UPDATE_EN	R/W	0h	新しいユーザー定義の I2C アドレスを有効にします。 0h = I2C アドレスの更新を無効化 1h = I2C アドレスのビット (7:1) による更新を有効化

6.6.14 DEVICE_ID レジスタ (オフセット = Dh) [リセット = 04h]

表 6-26 に、DEVICE_ID の詳細を示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-26. DEVICE_ID レジスタ フィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-2	予約済み	R	1h	予約済み
1-0	VER	R	0h	デバイス バージョン インジケータ。DEVICE_ID のリセット値は、注文可能な型番によって異なります。 0h = ±40mT レンジおよび ±80mT レンジ 1h = 予約済み 2h = ±133mT レンジおよび ±266mT レンジ 3h = 予約済み

6.6.15 MANUFACTURER_ID_LSB レジスタ (オフセット = Eh) [リセット = 49h]

表 6-27 に、MANUFACTURER_ID_LSB を示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-27. MANUFACTURER_ID_LSB レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	MANUFACTURER_ID_[7:0]	R	49h	一意のメーカー ID LSB ビット。

6.6.16 MANUFACTURER_ID_MSB レジスタ (オフセット = Fh) [リセット = 54h]

表 6-28 に、MANUFACTURER_ID_MSB を示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-28. MANUFACTURER_ID_MSB レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	MANUFACTURER_ID [15:8]	R	54h	一意のメーカー ID MSB ビット。

6.6.17 T_MSB_RESULT レジスタ (オフセット = 10h) [リセット = 00h]

表 6-29 に、T_MSB_RESULT を示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-29. T_MSB_RESULT レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	T_CH_RESULT [15:8]	R	0h	T チャネルのデータ変換結果、MSB 8 ビット。

6.6.18 T_LSB_RESULT レジスタ (オフセット = 11h) [リセット = 00h]

表 6-30 に、T_LSB_RESULT を示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-30. T_LSB_RESULT レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	T_CH_RESULT [7:0]	R	0h	T チャネルのデータ変換結果、LSB 8 ビット。

6.6.19 X_MSB_RESULT レジスタ (オフセット = 12h) [リセット = 00h]

表 6-31 に、X_MSB_RESULT を示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-31. X_MSB_RESULT レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	X_CH_RESULT [15:8]	R	0h	X チャネルのデータ変換結果、MSB 8 ビット。

6.6.20 X_LSB_RESULT レジスタ (オフセット = 13h) [リセット = 00h]

表 6-32 に、X_LSB_RESULT を示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 6-32. X_LSB_RESULT レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	X_CH_RESULT [7:0]	R	0h	X チャネルのデータ変換結果、LSB 8 ビット。

6.6.21 Y_MSB_RESULT レジスタ (オフセット = 14h) [リセット = 00h]

表 6-33 に、Y_MSB_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

表 6-33. Y_MSB_RESULT レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	Y_CH_RESULT [15:8]	R	0h	Y チャンネルのデータ変換結果、MSB 8 ビット。

6.6.22 Y_LSB_RESULT レジスタ (オフセット = 15h) [リセット = 00h]

表 6-34 に、Y_LSB_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

表 6-34. Y_LSB_RESULT レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	Y_CH_RESULT [7:0]	R	0h	Y チャンネルのデータ変換結果、LSB 8 ビット。

6.6.23 Z_MSB_RESULT レジスタ (オフセット = 16h) [リセット = 00h]

表 6-35 に、Z_MSB_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

表 6-35. Z_MSB_RESULT レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	Z_CH_RESULT [15:8]	R	0h	Z チャンネルのデータ変換結果、MSB 8 ビット。

6.6.24 Z_LSB_RESULT レジスタ (オフセット = 17h) [リセット = 00h]

表 6-36 に、Z_LSB_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

表 6-36. Z_LSB_RESULT レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	Z_CH_RESULT [7:0]	R	0h	Z チャンネルのデータ変換結果、LSB 8 ビット。

6.6.25 CONV_STATUS レジスタ (オフセット = 18h) [リセット = 10h]

表 6-37 に、CONV_STATUS を示します。

概略表に戻ります。

表 6-37. CONV_STATUS レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-5	SET_COUNT	R	0h	変換データ セットのローリング カウント
4	POR	R/W1CP	1h	デバイスの電源が投入されました。またはパワーオンリセットが発生しました。ホストが 1 を書き込むと、このビットはクリアされます。 0h = POR の発生なし 1h = POR が発生
3-2	予約済み	R	0h	予約済み

表 6-37. CONV_STATUS レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
1	DIAG_STATUS	R	0h	V _{CC} UV、内部メモリ CRC エラー、 $\overline{\text{INT}}$ ピン エラー、内部クロック エラーなど、内部診断の失敗を検出します。 0h = 診断失敗なし 1h = 診断失敗を検出
0	RESULT_STATUS	R	0h	変換データ バッファを読み取る準備ができました。 0h = データ変換は完了していない 1h = データ変換は完了

6.6.26 ANGLE_RESULT_MSB レジスタ (オフセット = 19h) [リセット = 00h]

表 6-38 に、ANGLE_RESULT_MSB を示します。

概略表に戻ります。

表 6-38. ANGLE_RESULT_MSB レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	ANGLE_RESULT_MSB	R	0h	角度の測定結果の単位は度です。ANGLE_RESULT_MSB ビットと_LSB ビットを組み合わせた後、データは 13LSB ビットで 0 ~ 360 度の範囲で表示されます。(xxxx/16) の形式で角度の分数に割り当てられた 4LSB ビットです。

6.6.27 ANGLE_RESULT_LSB レジスタ (オフセット = 1Ah) [リセット = 00h]

表 6-39 に、ANGLE_RESULT_LSB を示します。

概略表に戻ります。

表 6-39. ANGLE_RESULT_LSB レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	ANGLE_RESULT_LSB	R	0h	角度の測定結果の単位は度です。ANGLE_RESULT_MSB ビットと_LSB ビットを組み合わせた後、データは 13LSB ビットで 0 ~ 360 度の範囲で表示されます。(xxxx/16) の形式で角度の分数に割り当てられた 4LSB ビットです。

6.6.28 MAGNITUDE_RESULT レジスタ (オフセット = 1Bh) [リセット = 00h]

表 6-40 に、MAGNITUDE_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

表 6-40. MAGNITUDE_RESULT レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-0	MAGNITUDE_RESULT	R	0h	角度測定時の結果ベクトルの大きさ。この値は、360 度の軸上角度測定中は一定になっている必要があります。mT 単位の大きさは (MAGNITUDE_RESULT*256)/(LSB/mT) として計算できます。ここで、LSB/mT は、磁気特性表に規定されている 16 ビット形式で計算されます。

6.6.29 DEVICE_STATUS レジスタ (オフセット = 1Ch) [リセット = 10h]

表 6-41 に、DEVICE_STATUS を示します。

概略表に戻ります。

表 6-41. DEVICE_STATUS レジスタのフィールドの説明

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
7-5	予約済み	R	0h	予約済み
4	INTB_RB	R	1h	デバイスが INT ピンから読み取っているレベルを示します。DEVICE_STATUS のリセット値は、パワーアップ時の INT ピンのステータスによって異なります。 0h = INT ピンが LOW に駆動 1h = INT ピンのステータスが HIGH

表 6-41. DEVICE_STATUS レジスタのフィールドの説明 (続き)

ビット	フィールド	タイプ	リセット	説明
3	OSC_ER	R/W1CP	0h	発振器エラーが検出されたかどうかを示します。ホストが 1 を書き込むと、このビットはクリアされます。 0h = 発振器エラーの検出なし 1h = 発振器エラーを検出
2	INT_ER	R/W1CP	0h	$\overline{\text{INT}}$ ピン エラーが検出されたかどうかを示します。ホストが 1 を書き込むと、このビットはクリアされます。 0h = $\overline{\text{INT}}$ エラーの検出なし 1h = $\overline{\text{INT}}$ エラーを検出
1	OTP_CRC_ER	R/W1CP	0h	OTP CRC エラーが検出されたかどうかを示します。ホストが 1 を書き込むと、このビットはクリアされます。 0h = OTP CRC エラーの検出なし 1h = OTP CRC エラーを検出
0	VCC_UV_ER	R/W1CP	0h	V _{CC} 低電圧が検出されたかどうかを示します。ホストが 1 を書き込むと、このビットはクリアされます。 0h = V _{CC} UV の検出なし 1h = V _{CC} UV を検出

7 アプリケーションと実装

注

以下のアプリケーション情報は、TI の製品仕様に含まれるものではなく、TI ではその正確性または完全性を保証いたしません。個々の目的に対する製品の適合性については、お客様の責任で判断していただくことになります。お客様は自身の設計実装を検証しテストすることで、システムの機能を確認する必要があります。

7.1 アプリケーション情報

7.1.1 感度オプションの選択

ADC の入力範囲が最大化されるように、必要な磁束密度の範囲を測定できる、最高 TMAG5173-Q1 感度のオプションを選択します。

一般に、磁石のサイズが大きく、センシング距離が長いほど、磁石との近接距離にある非常に小さい磁石よりも、より高い位置精度が得られます。これは、磁石との近接によって磁束密度が指数関数的に増加するためです。TI は、[ti.com](https://www.ti.com) の [TMAG5173-Q1 製品フォルダー](#) に簡単な磁気計算を支援するオンライン ツールを作成しました。

7.1.2 磁石の温度補償

TMAG5173-Q1 の温度補償は、MAG_TEMPCO レジスタ ビットの指定に従って、複数の磁石の平均温度ドリフトを直接補償するように設計されています。一般に磁石の残留インダクタンス (B_r) は、SmCo では $0.12\%/^{\circ}\text{C}$ 、温度が上昇するとフェライト磁石では $0.20\%/^{\circ}\text{C}$ 減少します。デバイス温度補償が不要な場合は、MAG_TEMPCO ビットをデフォルトの 00b に設定します。

7.1.3 センサ変換

MAG_CH_EN および CONV_AVG のレジスタ ビットの設定に基づいて、複数の変換方式を採用できます。

7.1.3.1 連続変換

TMA5173-Q1 は、OPERATING_MODE が 10b に設定されている場合、連続変換モードに設定できます。図 7-1 に、連続変換の例をいくつか示します。入力磁界は 2 段階で処理されます。最初のステップでデバイスはホール センサ素子を回転し、サンプリングされたデータを統合します。2 番目のステップでは、ADC ブロックがアナログ信号をデジタルビットに変換し、対応する結果レジスタに保存します。ADC が最初の磁気サンプルの処理を開始する間、スピン ブロックは別の磁気サンプルの処理を開始できます。このモードでは、新しい変換の開始時に温度データが取得されます。この温度データを使用して、磁気温度ドリフトを補償します。

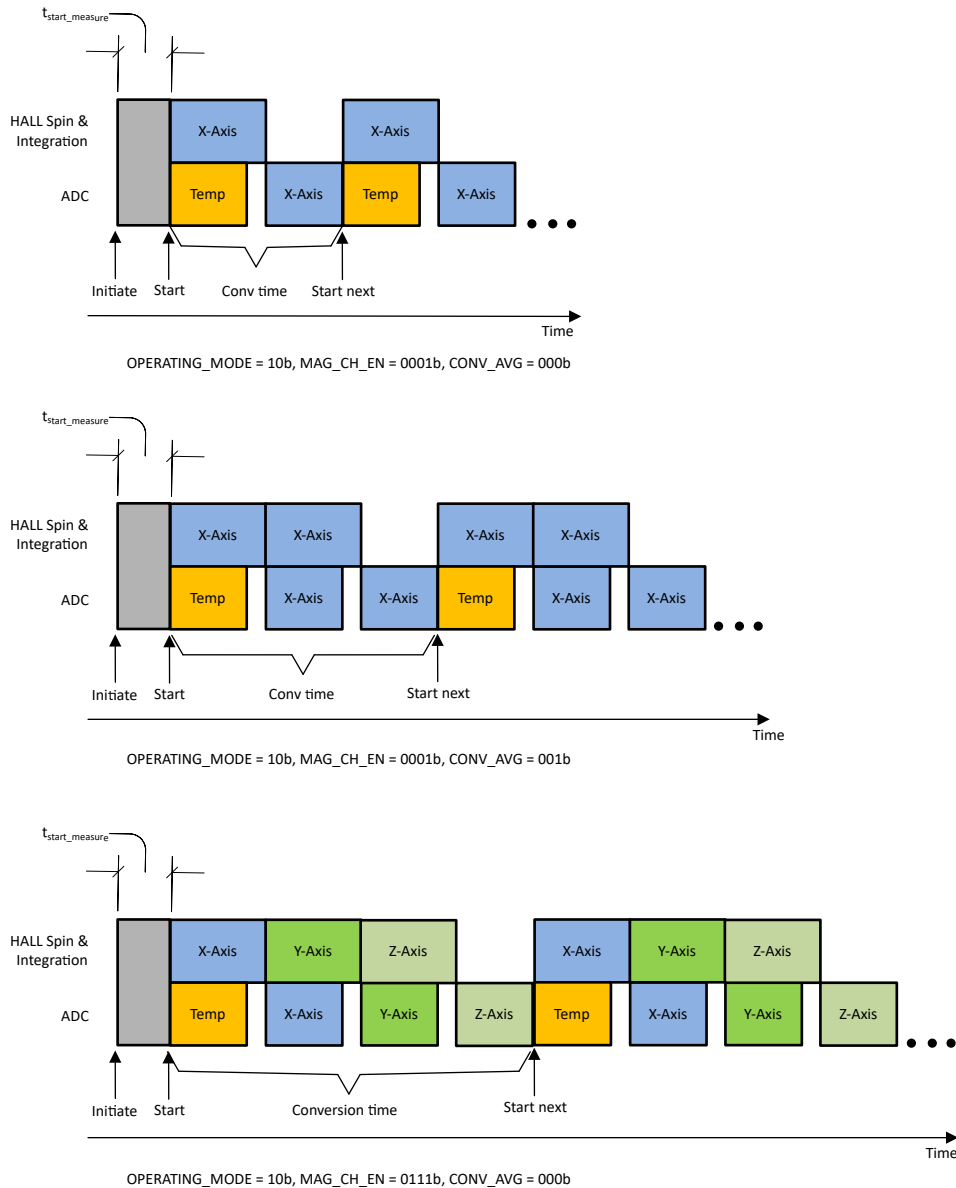


図 7-1. 連続変換の例

7.1.3.2 トリガ変換

TMA5173-Q1 は、OPERATING_MODE を 00b に設定することによってトリガ変換をサポートします。トリガイベントは、I²C コマンドまたは INT 信号により開始できます。温度、X、Y、Z の各センサがアクティブになった状態でのトリガ変換の例を、図 7-2 に示します。

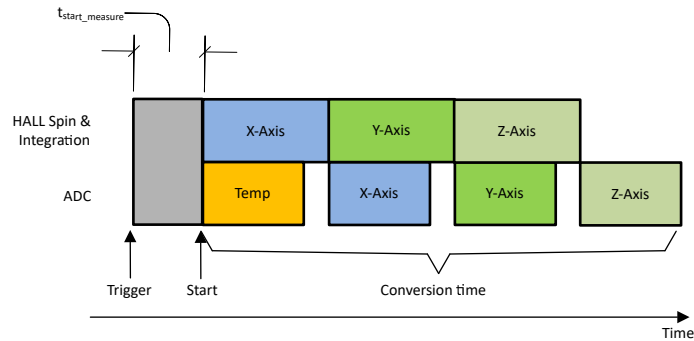


図 7-2. 温度、X、Y、Z センサのトリガ変換

7.1.3.3 疑似同時サンプリング

絶対角度測定では、正確な角度を計算するには、複数の軸からのアプリケーション センサ データが必要です。同じシグナル チェーンを使用して異なる時間に収集された磁界データは、角度計算に誤差を生じさせます。TMAG5173-Q1 は、疑似同時サンプリング データ収集モードを備えているため、この誤差を除去できます。図 7-3 に、MAG_CH_EN が 1011b に設定されて XZX データを収集する例を示します。式 13 は、X センサと Z センサのデータのタイム スタンプが同じであることを示しています。

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

ここで、

- t_{x1} 、 t_z 、 t_{x2} は、図 7-3 で定義されているように、X、Z、X センサのデータ完了のタイム スタンプです。

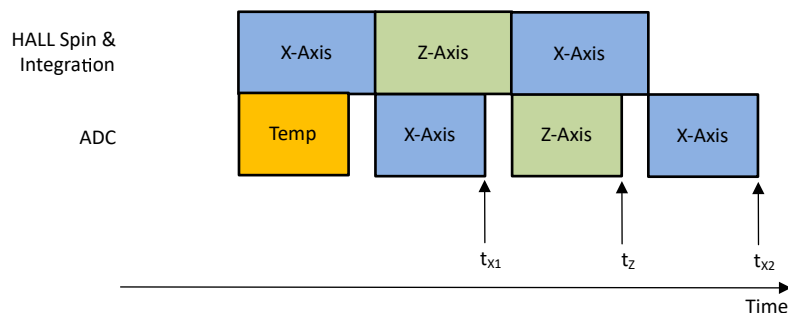


図 7-3. XZX 磁界変換

TMAG5173-Q1 の垂直方向の X、Y センサは、水平方向の Z センサよりもノイズが多くなります。疑似同時サンプリング は、XZX モードや YZY モードの例のように、1 組の水平センサーデータに対して 2 組の垂直センサー データを収集するときにノイズ フロアを均等化するために使用できます。

7.1.4 磁気制限値チェック

TMAG5173-Q1 では、単一軸または複数軸の磁気リミット チェックを同時に実行できます。図 7-4 ～ 図 7-7 に、磁界が上方に移動、下方に移動、磁気帯域を出る、および磁気帯域に入る場合の、磁気制限交差検出イベントの例を示します。磁界が図中の影の部分に残っている場合、デバイスは新しい変換を行うたびに割り込みを生成し続けます。MAG_THR_DIR レジスタ ビットおよび THR_HYST レジスタ ビットは、異なる制限交差モードを選択するのに役立ちます。

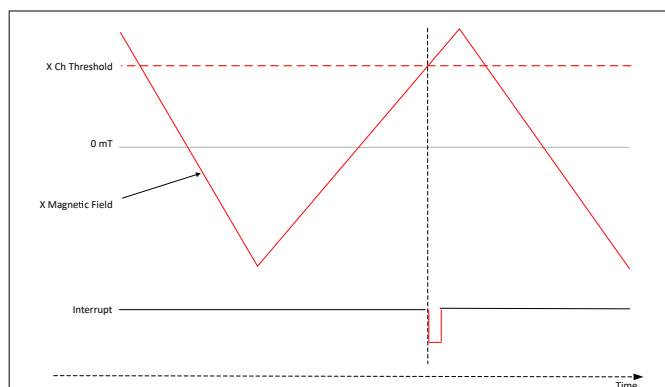


図 7-4. MAG_THR_DIR = 0b, THR_HYST = 000b での
上限交差磁気チェック

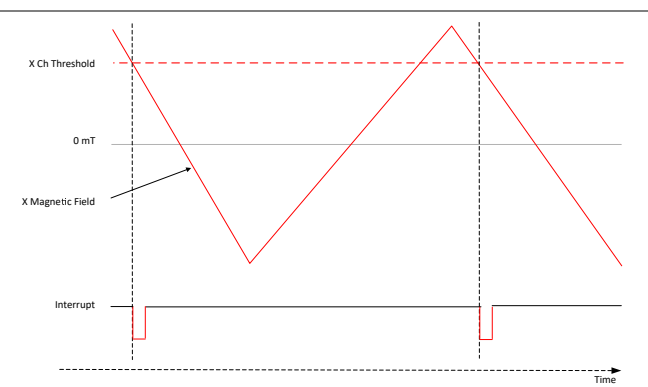


図 7-5. MAG_THR_DIR = 1b, THR_HYST = 000b での
下限交差磁気チェック

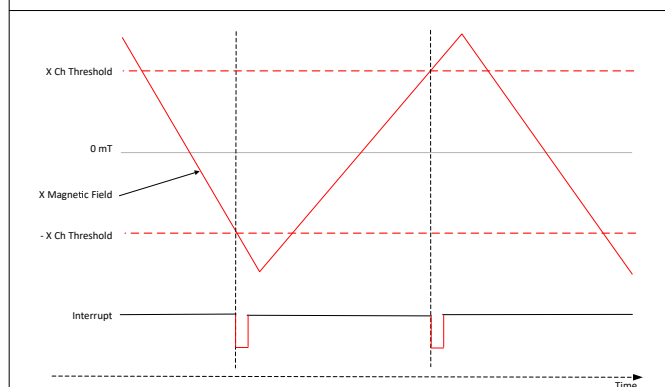


図 7-6. MAG_THR_DIR = 0b, THR_HYST = 001b での
帯域外磁気チェック

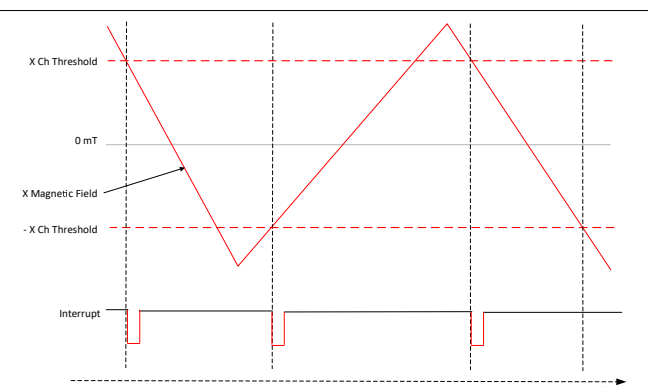


図 7-7. MAG_THR_DIR = 1b, THR_HYST = 001b での
帯域内磁気チェック

7.1.5 磁気スレッシュホールド帯域交差検出

表 7-1 に、TMAG5173-Q1 がサポートするさまざまなスレッシュホールド帯域幅オプションを示します。スレッシュホールド帯域がより大きい場合は、A2 を注文可能です。磁気スレッシュホールド帯域は、プログラマブルな磁気スイッチおよびラッチ ヒステリシスを作成するのに役立ちます。

表 7-1. スレッシュホールド帯域幅 (上側スレッシュホールド - 下側スレッシュホールド) (mT 単位)

THR_HYST コード	±40mT オプション	±80mT オプション	±133mT オプション	±266mT オプション
	A1/B1/C1/D1 を注文可能		A2/B2/C2/D2 を注文可能	
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 リニア測定中の誤差の計算

TMAG5173-Q1 は、X、Y、Z 軸について線形位置測定を行うため、独立した構成を提供します。リニア測定中に予測される誤差を計算するには、各誤差発生源からの寄与を把握する必要があります。関連する誤差発生源には、感度誤差、オフセット、ノイズ、クロス軸感度、ヒステリシス、非直線性、温度範囲全体のドリフト、寿命全体にわたるドリフトなどがあります。TMAG5173-Q1 などの 3 軸ホール ソリューションの場合、クロス軸感度とヒステリシス誤差の発生源はそれほど重要ではありません。室温での線形測定誤差の計算を推定するには、式 14 を使用します。

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

ここで、

- 誤差 $\text{LM}_{25\text{C}}$ は、 25°C での線形測定中の合計誤差 (%) です。
- B は入力磁界です。
- SENS_{ER} は、 25°C での 10 進数の感度エラーです。たとえば、感度誤差 5% に 0.05 と入力します。
- B_{off} は 25°C でのオフセット誤差です。
- N_{RMS_25} は 25°C での RMS ノイズです。

多くのアプリケーションにおいて、室温でのシステムレベルの較正により、 25°C でのオフセットと感度誤差を無効化できます。マイクロコントローラで実行可能な平均化に加えて、デバイスの最大 32 倍の内部平均化により、ノイズ誤差を低減できます。室温でのキャリブレーション後、式 15 を使用して、温度範囲全体にわたる線形測定誤差を推定します。

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

ここで、

- $\text{Error}_{\text{LM}_\text{Temp}}$ は、室温キャリブレーションの後、動作温度範囲全体にわたる線形測定中の合計誤差 (%) です。
- B は入力磁界です。
- SENS_{DR} は、 25°C での値からの感度ドリフトです。例として、感度ドリフト 5% に 0.05 を入力します。
- $B_{\text{off_DR}}$ は、 25°C の値からのオフセットドリフトです。
- $N_{\text{RMS_Temp}}$ は温度範囲全体での RMS ノイズです。

室温のキャリブレーションを実行しない場合、室温での感度とオフセット誤差も、温度範囲全体にわたる合計誤差の計算を考慮する必要があります (式 16 を参照)。

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

ここで、

- $\text{Error}_{\text{LM}_\text{Temp_NCal}}$ は、室温での較正を行わない温度範囲全体にわたる線形測定中の合計誤差 (%) です。

注

このセクションでは、システムの機械的振動、磁石の温度勾配、アース磁界、非線形性、寿命ドリフトなどの誤差発生源は考慮していません。ユーザーは、全体のシステム誤差バジェットを計算する際、これらの追加誤差発生源を考慮する必要があります。

7.1.7 角度測定中の誤差の計算

TMAG5173-Q1 は、2 つの磁気軸のいずれかからの角度データを測定するオンチップ CORDIC を備えています。線形磁気軸のデータを使用し、外部 CORDIC で角度を計算することができます。角度測定時に予測される誤差を計算するには、各誤差発生源による寄与を理解する必要があります。関連する誤差発生源には、感度誤差、オフセット、ノイズ、軸間の不一致、非線形性、温度範囲全体でのドリフト、寿命全体でのドリフトなどがあります。角度誤差計算ツールを使用して、角度測定中の合計誤差を推定します。

7.2 代表的なアプリケーション

磁気 3D センサは、非接触式で信頼性の高い測定が可能なので、特に過酷な環境で長期的な測定を必要とするアプリケーションで、非常に広く使用されています。TMAG5173-Q1 は、産業用とパーソナル エレクトロニクスの広範なアプリケーションで、設計の柔軟性を提供します。このセクションでは、3 つの一般的なアプリケーション例について詳細に説明します。

7.2.1 角度測定

磁気角度センサは、非接触式で信頼性の高い測定が可能なので、特に過酷な環境で長期的な測定を必要とするアプリケーションで、非常に広く使用されています。TMAG5173-Q1 は、いずれかの 2 つの磁気軸に基づいて角度測定を行うオンチップ角度計算機能を備えています。2 つの軸を **ANGLE_EN** レジスタ ビットで選択できます。このデバイスは、360 度のスケールで角度を出力できます。角度計算では、感度誤差、オフセット誤差、直線性誤差、ノイズ、機械的振動、温度ドリフトなど、複数の誤差発生源を考慮します。

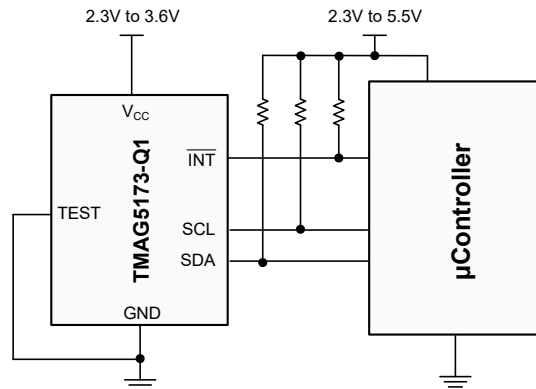


図 7-8. TMAG5173-Q1 角度測定のアプリケーション図

7.2.1.1 設計要件

この設計例では、表 7-2 の設計パラメータを使用します。

表 7-2. 設計パラメータ

設計パラメータ	軸上測定	軸外測定
デバイス	TMAG5173A1-Q1	TMAG5173A1-Q1
V _{CC}	3.3V	3.3V
デバイスの位置	磁石の直下	アプリケーション プロセッサに接続する必要があります
磁石	シリンダ: 直径 4.7625mm、厚さ 12.7mm、ネオジム N52、Br = 1480	シリンダ: 直径 4.7625mm、厚さ 12.7mm、ネオジム N52、Br = 1480
磁気範囲の選択	センサから検出される可能性のある最大の磁界に基づき、両方の軸に対して同じ範囲を選択します	センサから検出される可能性のある最大の磁界に基づき、両方の軸に対して同じ範囲を選択します
RPM	<600	<600
必要な精度	360° 回転で 2° 未満	360° 回転で 2° 未満

7.2.1.2 詳細な設計手順

角度を正確に測定するには、**MAG_GAIN_CONFIG** レジスタの適切なゲイン調整値を選択して、2 つの軸振幅を正規化する必要があります。ゲイン調整値は、0 ~ 1 の小数の 10 進数です。この分数値を計算するには、以下の手順に従う必要があります。

- デバイスを平均 32 倍モードに設定し、シャフトを 360 度回転させます。
- 360 度の全回転に対する 2 軸センサの ADC コードを記録します。
- 360 度の完全な回転の正規化されたプロットは、図 7-10 または図 7-11 に表されています。
- 各軸 A_X および A_Y について、最大ピーク ツー ピーク ADC コード デルタを測定します。

- $A_X > A_Y$ の場合、**MAG_GAIN_CH** レジスタ ビットを 0b に設定します。x 軸のゲイン調整値を計算します。 $G_X = \frac{A_Y}{A_X}$

- $A_X < A_Y$ の場合、**MAG_GAIN_CH** レジスタ ビットを 1b に設定します。y 軸のゲイン調整値を計算します。 $G_Y = \frac{1}{G_X}$

- GAIN_VALUE レジスタ ビットでのターゲットのバイナリ ゲイン設定は、 G_X または $G_Y = \text{GAIN_VALUE}_{\text{decimal}}/256$ の式から計算されます。

事例 1: $A_X = A_Y = 60,000$ の場合、GAIN_VALUE レジスタ ビットはデフォルトの 0000 0000b に設定されます。

事例 2: $A_X = 60,000$ 、 $A_Y = 45,000$ の場合、 $G_X = 45,000/60,000 = 0.75$ です。MAG_GAIN_CH を 0b に、GAIN_VALUE を 1100 0000b に設定します。

事例 3: $A_X = 45,000$ 、 $A_Y = 60,000$ の場合、 $G_X = (60,000/45,000) = 1.33$ となる。したがって、 $G_X > 1$ の場合、ゲイン調整を、 $G_Y = 1/G_X$ で y 軸に適用する必要があります。MAG_GAIN_CH を 1b に、GAIN_VALUE を 1100 0000b に設定します。

7.2.1.2.1 角度測定のゲイン調整

一般的な測定トポロジとして、図 7-9 に示す、軸上または軸外の角度測定における角度位置測定などがあります。軸上測定トポロジにより、磁界とデバイスの測定範囲を最適化できるため、可能な限り選択します。TMAG5173-Q1 は、機械的な位置のずれに対応するため、オンチップ ゲイン調整オプションを備えています。



図 7-9. 軸上と軸外の角度の測定値

7.2.1.3 アプリケーション曲線

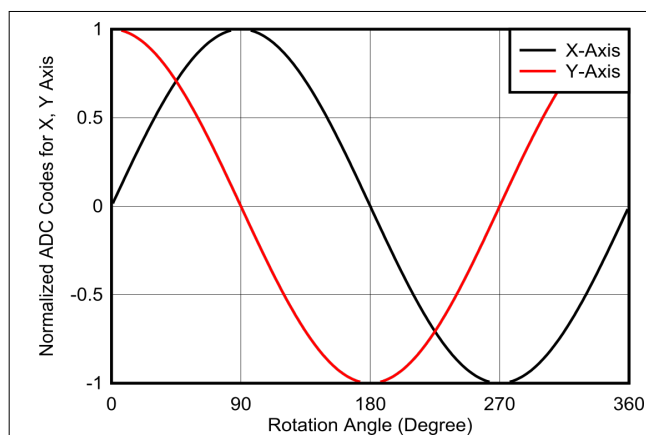


図 7-10. 軸上測定用に 360 度の回転全体を実現する X および Y センサ データ

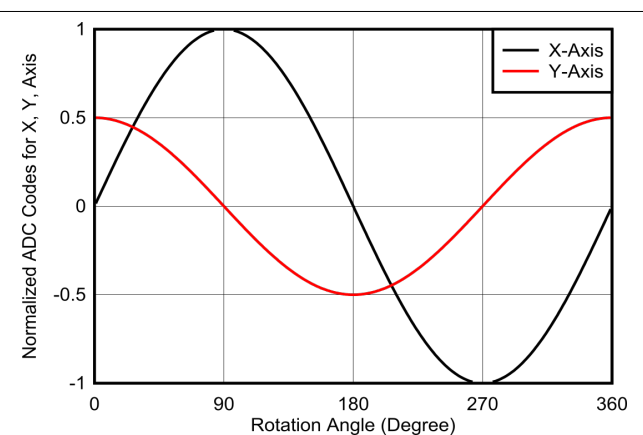


図 7-11. 360 度の回転全体で軸外測定を行う X および Y センサ データ

7.2.2 I²C のアドレス拡張

TMAG5173-Q1 は、出荷時にプログラムされた 4 つの異なる I²C アドレスで供給されます。また、このデバイスは、I2C_ADDRESS レジスタを設定することにより、追加の I²C アドレスにも対応できます。128 の異なるアドレスを選択する 7 つのビットがあります。単一の I²C バスの最大センサ数を選択する前に、バスの負荷、最大クロック周波数、マイコンから使用可能な GPIO などシステムの制限を考慮してください。

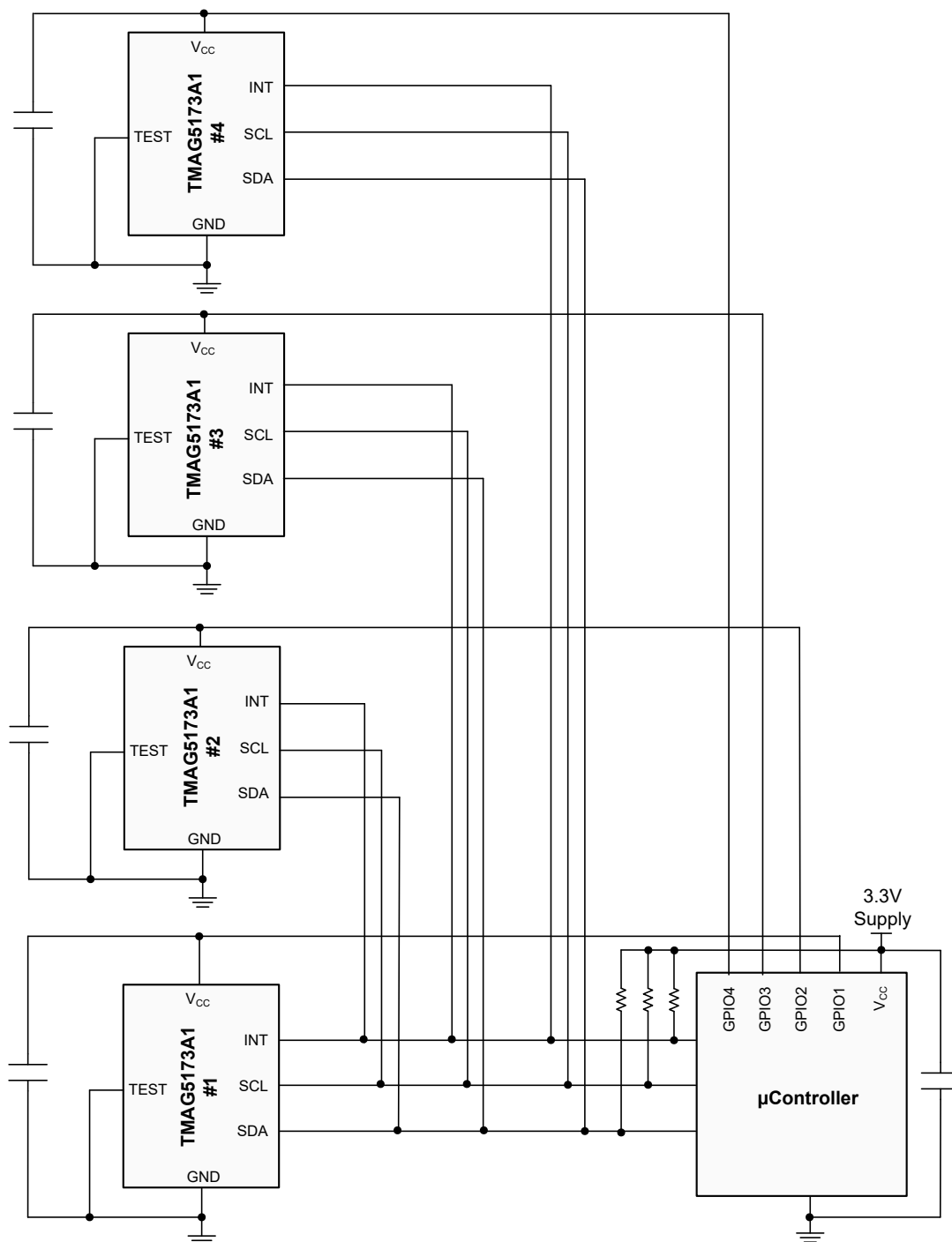


図 7-12. TMAG5173-Q1 I²C のアドレス拡張のアプリケーション図

7.2.2.1 設計要件

この設計例では、表 7-2 の設計パラメータを使用します。

表 7-3. 設計パラメータ

パラメータ	設計目標
注文可能製品	TMAG5173A1-Q1
V _{CC}	3.3V
同じバス内のデバイス数	4 (I ² C バスに接続するセンサの数を増やす目的で同じ方法を使用可能)
設計目標	GPIO 数と部品数を最適化します
センサごとの電流供給	5mA、マイコン GPIO から供給されます

7.2.2.2 詳細な設計手順

5mA の電流供給能力がある GPIO を選択します。図 7-12 は、SCL、SDA ライン、 $\overline{\text{INT}}$ ピンを共有できることを示しています。ただし、複数のセンサと共有する場合、 $\overline{\text{INT}}$ ピンの機能を解析する必要があります。たとえば、センサが $\overline{\text{INT}}$ ピン経由で割り込みを生成するように構成されている場合、マイコンはすべてのセンサを読み取って、割り込みを送信する特定のセンサを判定する必要があります。以下の手順を順に実行し、図 7-13 に示す 4 つの TMAG5173-Q1 に新しい I²C アドレスを割り当てます。

- GPIO#1 をオンにし、 $t_{\text{start_power_up}}$ 時間が経過するまで待ちます。
- 工場出荷時にプログラムされたアドレスでデバイス #1 をアドレス指定します。新しいアドレスを割り当てるには、I2C_ADDRESS レジスタに書き込みます。
- GPIO#2 をオンにし、 $t_{\text{start_power_up}}$ 時間が経過するまで待ちます。
- 工場出荷時にプログラムされたアドレスでデバイス #2 をアドレス指定します。新しい一意のアドレスを割り当てるには、I2C_ADDRESS レジスタに書き込みます。
- GPIO#3 をオンにし、 $t_{\text{start_power_up}}$ 時間が経過するまで待ちます。
- 工場出荷時にプログラムされたアドレスでデバイス #3 をアドレス指定します。新しい一意のアドレスを割り当てるには、I2C_ADDRESS レジスタに書き込みます。
- GPIO#4 をオンにし、 $t_{\text{start_power_up}}$ 時間が経過するまで待ちます。
- 工場出荷時にプログラムされたアドレスでデバイス #4 をアドレス指定します。新しい一意のアドレスを割り当てるには、I2C_ADDRESS レジスタに書き込みます。

停電またはパワーアップリセット状態が発生した場合は、上記の手順を繰り返します。

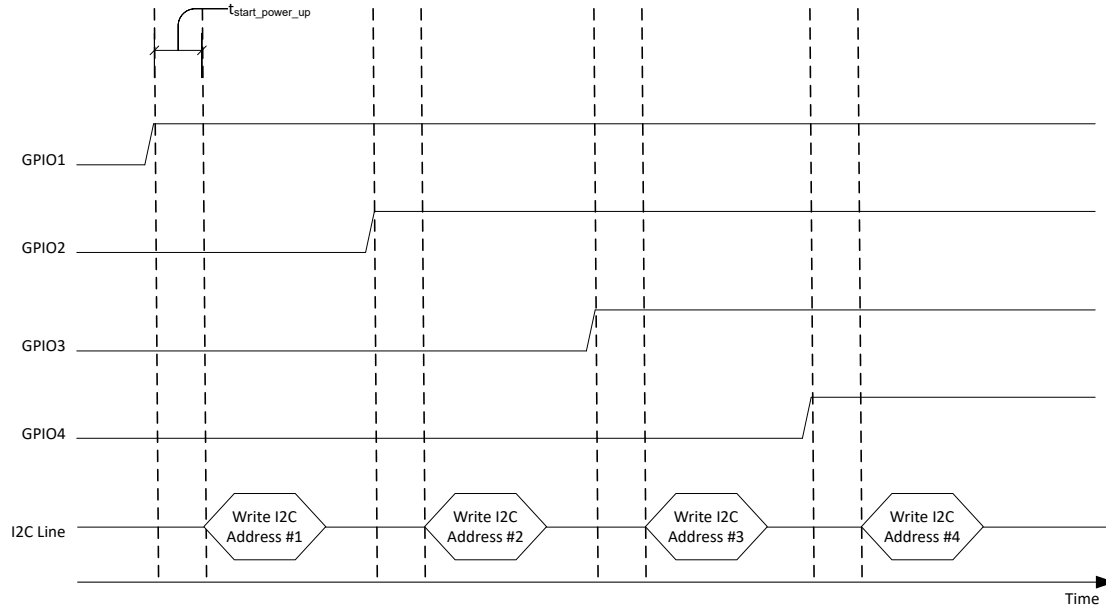


図 7-13. 4 つのセンサの起動時間と I²C アドレス アロケーション

7.3 設計のベスト プラクティス

TMAG5173-Q1 は、変換の終了時に結果レジスタを更新します。結果レジスタの更新中に結果データを読み取ることを避けるため、結果レジスタの I²C 読み出しは、変換更新時間と同期する必要があります。タイミング バジレットの厳しいアプリケーションでは、変換が完了すると $\overline{\text{INT}}$ 信号を使用してプライマリに通知します。

7.4 電源に関する推奨事項

局所的エネルギーを最小限のインダクタンスで供給するため、本デバイスの近くに配置したデカップリング コンデンサを使用する必要があります。0.01 μF 以上のセラミック コンデンサを使うことを推奨します。TEST ピンはグランドに接続してください。

7.5 レイアウト

7.5.1 レイアウトのガイドライン

磁界は、大きく乱されことなくほとんどの非強磁性物質を透過します。プラスチックまたはアルミニウム製の筐体内にホール エフェクト センサを組込み、外側の磁石を検出することはよく行われています。磁界はほとんどのプリント基板 (PCB) も簡単に透過するため、磁石を PCB の反対側に配置することも可能です。

7.5.2 レイアウト例

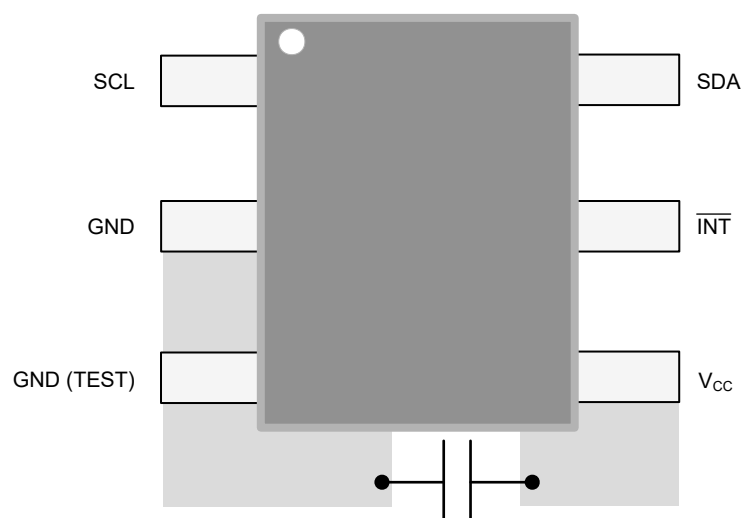


図 7-14. TMAG5173-Q1 のレイアウト例

8 デバイスおよびドキュメントのサポート

8.1 ドキュメントのサポート

8.1.1 Related Documentation

For related documentation see the following:

- Texas Instruments, [HALL-ADAPTER-EVM User's Guide](#) (SLYU043)
- Texas Instruments, [TMAG5173 Evaluation Manual user's guide](#) (SLYU058)
- Texas Instruments, [Angle Measurement With Multi-Axis Linear Hall-Effect Sensors application note](#) (SBAA463)
- Texas Instruments, [Absolute Angle Measurements for Rotational Motion Using Hall-Effect Sensors application brief](#) (SBAA503)
- Texas Instruments, [Limit Detection for Tamper and End-of-Travel Detection Using Hall-Effect Sensors application brief](#) (SBOA514)

8.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法

ドキュメントの更新についての通知を受け取るには、www.tij.co.jp のデバイス製品フォルダを開いてください。[通知] をクリックして登録すると、変更されたすべての製品情報に関するダイジェストを毎週受け取ることができます。変更の詳細については、改訂されたドキュメントに含まれている改訂履歴をご覧ください。

8.3 サポート・リソース

テキサス・インスツルメンツ E2E™ サポート・フォーラムは、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

8.4 商標

テキサス・インスツルメンツ E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

8.5 静電気放電に関する注意事項



この IC は、ESD によって破損する可能性があります。テキサス・インスツルメンツは、IC を取り扱う際には常に適切な注意を払うことを推奨します。正しい取り扱いおよび設置手順に従わない場合、デバイスを破損するおそれがあります。

ESD による破損は、わずかな性能低下からデバイスの完全な故障まで多岐にわたります。精密な IC の場合、パラメータがわずかに変化するだけで公表されている仕様から外れる可能性があるため、破損が発生しやすくなっています。

8.6 用語集

テキサス・インスツルメンツ用語集

この用語集には、用語や略語の一覧および定義が記載されています。

9 改訂履歴

Changes from Revision A (September 2023) to Revision B (July 2025)

Page

• ウェークアップおよびスリープ モードを説明に追加.....	1
• 電気的特性の表のフォーマットを更新.....	6
• 電気的特性の表にウェークアップおよびスリープ モードの消費電流を追加.....	6
• 温度センサの表のフォーマットを更新.....	7
• A1、B1、C1、D1 の磁気特性の表のフォーマットを更新.....	8
• A2、B2、C2、D2 の磁気特性の表のフォーマットを更新.....	9

• 磁気温度補償特性の表のフォーマットを更新.....	10
• 起動時間の表のフォーマットを更新.....	11
• ウェークアップおよびスリープ機能モードを追加.....	19
• 図に、TMAG5173-Q1 の動作モードを示すウェークアップおよびスリープ モードを追加.....	20
• 磁気センサのデータ計算例を示す表を追加.....	26
• 温度センサのデータ計算例を示す表を追加.....	26
• 角度と大きさのデータ計算の例を示す表を追加.....	27
• 磁気センサ オフセットの計算例を示す表を追加.....	29
• OPERATING_MODE にウェークアップおよびスリープ モードを追加し、SLEEPTIME レジスタを追加.....	30
• TMAG5173-Q1 角度測定のアプリケーション図の画像を変更.....	49

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

Page

• データシート ステータスを「事前情報」から「量産データ」に変更.....	1
--	---

10 メカニカル、パッケージ、および注文情報

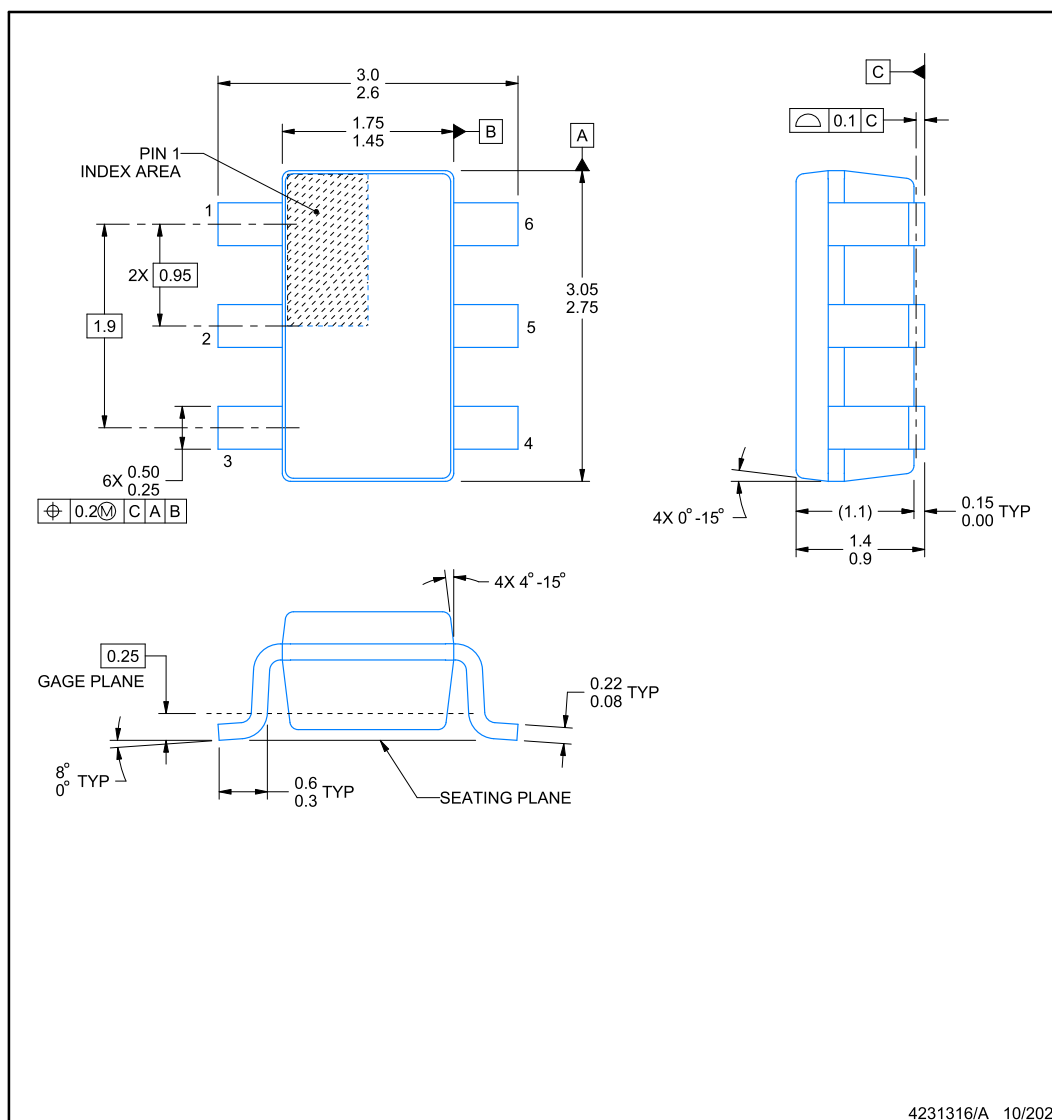
以降のページには、メカニカル、パッケージ、および注文に関する情報が記載されています。この情報は、指定のデバイスに使用できる最新のデータです。このデータは、予告なく、このドキュメントを改訂せずに変更される場合があります。本データシートのブラウザ版を使用されている場合は、画面左側の説明をご覧ください。

TMAG5173xxx/TMAG5273xxx
DBV0006A-C02



PACKAGE OUTLINE
SOT-23 - 1.4 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



NOTES:

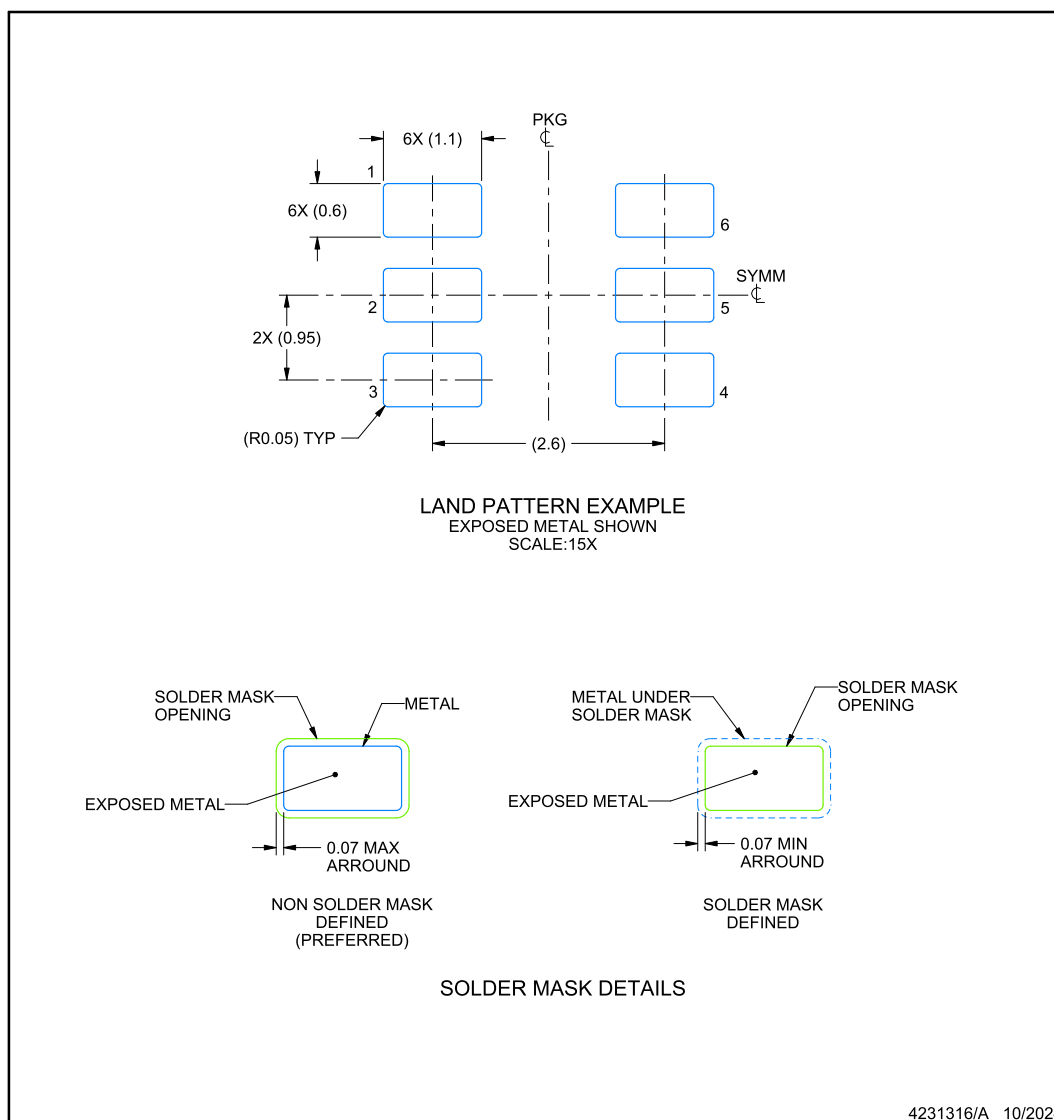
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. Body dimensions do not include mold flash or protrusion. Mold flash and protrusion shall not exceed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

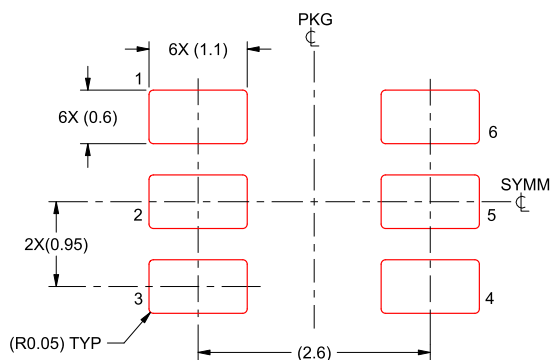
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

TMAG5173xxx/TMAG5273xxx
DBV0006A-C02

EXAMPLE STENCIL DESIGN

SOT-23 - 1.4 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



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

4231316/A 10/2024

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.

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
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



*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

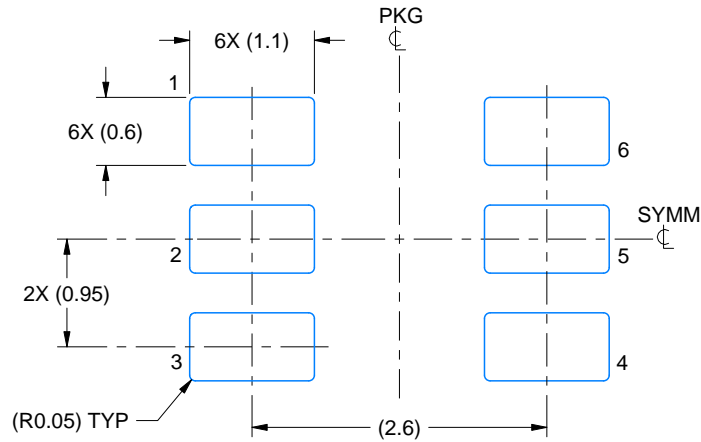
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TMAG5173A1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5173A2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5173B1QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5173B2QDBVRQ1	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5173C1QDBVRQ1	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

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.

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月