

# TMAG5273 I<sup>2</sup>C インターフェイス搭載、低消費電力、3次元リニア ホール効果 センサ

## 1 特長

- 次のような電力モードを構成可能:
  - 2.3mA アクティブ モード電流
  - 1µA のウェークアップおよびスリープ モード電流
  - 5nA 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:
  - TMAG5273x1: ±40mT、±80mT
  - TMAG5273x2: ±133mT、±266mT
- 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
- 感度ドリフト 5% (標準値)
- 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
- 20kSPS の 1 軸変換レート
- ノイズ除去用に最大 32 個の平均化を設定可能
- I<sup>2</sup>C または専用 INT ピンによる変換トリガ
- 巡回冗長検査 (CRC) 機能を持つ I<sup>2</sup>C インターフェイスを最適化:
  - 最大 1MHz の I<sup>2</sup>C クロック速度
  - 特別な I<sup>2</sup>C フレーム読み取りによりスループット向上
  - I<sup>2</sup>C アドレスは出荷時にプログラム済み、また、ユーザー設定も可能
- 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
- 1.7V ~ 3.6V 電源電圧 V<sub>CC</sub> 範囲
- 動作温度範囲: -40°C ~ +125°C

## 2 アプリケーション

- 電気メーター
- 電子スマートロック
- スマートサーモスタット
- ジョイスティックとゲーム用コントローラ
- ドローンのペイロード制御
- ドアセンサおよび窓センサ
- 磁気近接センサ
- 移動型ロボットのモーター制御
- 電動自転車

## 3 説明

TMAG5273 は、幅広い産業用およびパーソナル エレクトロニクス アプリケーション向けに設計された 3 軸 (3D) リニア ホール エフェクト 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。高精度アナログ信号チェーンと内蔵の 12 ビット ADC により、測定したアナログ磁界値をデジタル値に変換します。I<sup>2</sup>C インターフェイスは、多様な動作 V<sub>CC</sub> 範囲に対応すると同時に、低電圧マイコンとのシームレスなデータ通信を提供します。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。

TMAG5273 は I<sup>2</sup>C インターフェイスを通じて構成でき、磁気軸と温度測定を組み合わせ使用できます。さらに、このデバイスは各種の電力オプション (ウェークアップおよびスリープ モードを含む) を設定できるため、設計者はシステム レベルのニーズに基づいてシステムの消費電力を最適化できます。複数のセンサ変換方式と I<sup>2</sup>C 読み出しフレームにより、スループットと精度を最適化できます。低消費電力のウェークアップおよびスリープ モード時に、専用の INT ピンはシステム割り込みとして機能でき、マイクロコントローラによって新しいセンサ変換をトリガすることもできます。

内蔵の角度計算エンジン (CORDIC) は、軸上と軸外の両方の角度測定トポロジについて、360° の角度位置情報を提供します。角度の計算は、ユーザーが選択した 2 つの磁気軸を使用して行います。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。



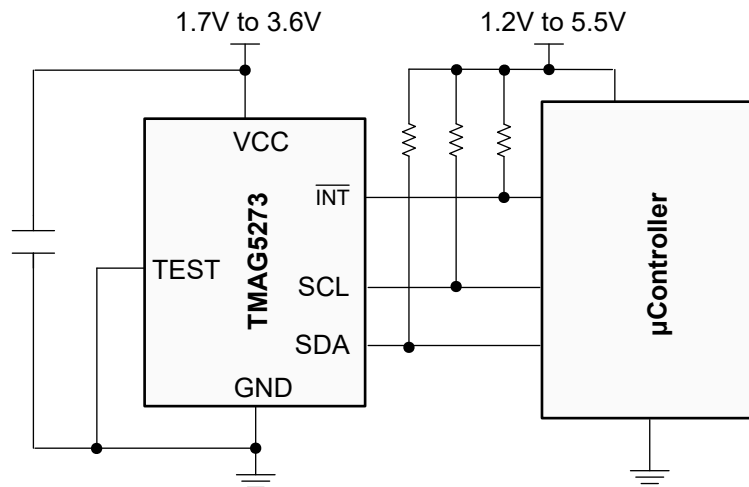
TMAG5273 は、出荷時にプログラムされた 4 つの異なる I<sup>2</sup>C アドレスで供給されます。また、このデバイスは、ユーザーが構成可能な I<sup>2</sup>C アドレス レジスタを変更することにより、追加の I<sup>2</sup>C アドレスにも対応できます。各発注用部品は、システム キャリブレーション時の磁石の強さおよび部品の配置に適した 2 つの磁界範囲のうちの 1 つを選択するように構成できます。

このデバイスは、-40°C～+125°Cの広い周囲温度範囲で正常に動作します。

### パッケージ情報

部品番号	パッケージ <sup>(1)</sup>	パッケージ サイズ <sup>(2)</sup>
TMAG5273	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

<b>1 特長</b> .....	1	6.3 機能説明.....	13
<b>2 アプリケーション</b> .....	1	6.4 デバイスの機能モード.....	18
<b>3 説明</b> .....	1	6.5 プログラミング.....	20
<b>4 ピン構成および機能</b> .....	4	<b>7 アプリケーションと実装</b> .....	29
<b>5 仕様</b> .....	5	7.1 使用上の注意.....	29
5.1 絶対最大定格.....	5	7.2 代表的なアプリケーション.....	33
5.2 ESD 定格.....	5	7.3 設計のベスト プラクティス.....	41
5.3 推奨動作条件.....	5	7.4 電源に関する推奨事項.....	41
5.4 熱に関する情報.....	6	7.5 レイアウト.....	41
5.5 電気的特性.....	6	<b>8 レジスタ マップ</b> .....	43
5.6 温度センサ.....	7	8.1 TMAG5273 のレジスタ.....	43
5.7 A1、B1、C1、D1 の磁気特性.....	8	<b>9 デバイスおよびドキュメントのサポート</b> .....	54
5.8 A2、B2、C2、D2 の磁気特性.....	9	9.1 ドキュメントのサポート.....	54
5.9 磁気温度補償特性.....	9	9.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法.....	54
5.10 I2C インターフェイスのタイミング.....	10	9.3 サポート・リソース.....	54
5.11 電源投入および変換時間.....	10	9.4 商標.....	54
5.12 代表的特性.....	11	9.5 静電気放電に関する注意事項.....	54
<b>6 詳細説明</b> .....	12	9.6 用語集.....	54
6.1 概要.....	12	<b>10 改訂履歴</b> .....	54
6.2 機能ブロック図.....	12	<b>11 メカニカル、パッケージ、および注文情報</b> .....	55

## 4 ピン構成および機能

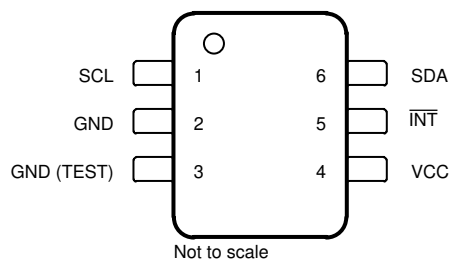


図 4-1. DBV パッケージ、6 ピン SOT-23 (上面図)

表 4-1. ピンの機能

ピン		タイプ	説明
名称	番号		
SCL	1	IO	シリアル クロック。
GND	2	グラウンド	グラウンド基準。
GND (TEST)	3	入力	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。
VCC	4	電源	電源。
INT	5	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、 <b>MASK_INTB = 1b</b> に設定します。
SDA	6	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) <sup>(1)</sup>

		最小値	最大値	単位
V <sub>CC</sub>	主電源電圧	-0.3	4	V
I <sub>OUT</sub>	出力電流、SDA、 $\overline{\text{INT}}$	0	10	mA
V <sub>OUT</sub>	出力電圧、SDA、 $\overline{\text{INT}}$	-0.3	7	V
V <sub>IN</sub>	入力電圧、SCL、SDA、 $\overline{\text{INT}}$	-0.3	7	V
B <sub>MAX</sub>	磁束密度		制限なし	T
T <sub>J</sub>	接合部温度	-40	150	°C
T <sub>stg</sub>	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 <sub>(ESD)</sub>	静電放電	人体モデル (HBM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 に準拠、すべてのピン <sup>(1)</sup>	±2000	V
		デバイス帯電モデル (CDM)、JEDEC 仕様 JS-002 に準拠、すべてのピン <sup>(2)</sup>	±500	

- (1) JEDEC のドキュメント JEP155 に、500V HBM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。  
(2) JEDEC のドキュメント JEP157 に、250V CDM では標準の ESD 管理プロセスで安全な製造が可能であると規定されています。

### 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<sub>CC</sub> 範囲内 (特に記述のない限り)

		最小値	公称値	最大値	単位
V <sub>CC</sub>	主電源電圧	1.7		3.6	V
V <sub>OUT</sub>	出力電圧、SDA、 $\overline{\text{INT}}$	0		5.5	V
I <sub>OUT</sub>	出力電流、SDA、 $\overline{\text{INT}}$			2	mA
V <sub>IH</sub>	入力 HIGH 電圧、SCL、SDA、 $\overline{\text{INT}}$	0.7			V <sub>CC</sub>
V <sub>IL</sub>	入力 LOW 電圧、SCL、SDA、 $\overline{\text{INT}}$			0.3	V <sub>CC</sub>
$\Delta V_{CC}/\Delta t^{(1)}$	電源電圧ランプレート	3			V/ms
T <sub>A</sub>	自由気流での動作温度	-40		125	°C

- (1) V<sub>CC</sub> ランプレートが推奨電源電圧ランプレートよりも遅い場合は、パワーアップ後またはパワーアップリセット後にウェークアップおよびスリープのサイクルを実行して、スリープモード中の I2C アドレスのグリッチを回避します。この操作は、スタンバイモードまたは連続モードで動作している場合は不要です。

## 5.4 熱に関する情報

熱評価基準 <sup>(1)</sup>		TMAG5273	単位
		DBV (SOT-23)	
		6ピン	
$R_{\theta JA}$	接合部から周囲への熱抵抗	162	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	接合部からケース (上面) への熱抵抗	81.6	°C/W
$R_{\theta JB}$	接合部から基板への熱抵抗	50.1	°C/W
$\Psi_{JT}$	接合部から上面への特性パラメータ	30.7	°C/W
$\Psi_{JB}$	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 ノ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
<b>SDA, <math>\overline{INT}</math></b>						
$V_{OL}$	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	出力を無効化、 $V_{OZ} = 5.5V$			$\pm 100$	nA
$t_{FALL\_INT}$	$\overline{INT}$ 出力立ち下がり時間	$R_{PU} = 10K\Omega$ , $C_L = 20pF$ , $V_{PU} = 1.65V \sim 5.5V$		6		ns
$t_{INT (INT)}$	パルス モード中の $\overline{INT}$ 割り込み時間	$INT\_MODE = 001b$ または $010b$		10		$\mu s$
$t_{INT (SCL)}$	SCL 割り込み時間	$INT\_MODE = 011b$ または $100b$		10		$\mu s$
<b>DC 電源セクション</b>						
$V_{CCUV}$	$V_{CC}$ の低電圧スレッシュホールド		1.39	1.5	1.6	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、 $LP\_LN = 0b$		2.3		mA
$I_{ACTIVE}$	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、 $LP\_LN = 1b$		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			5		nA

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<sub>CC</sub> 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>ウェークアップおよびスリープ (W&amp;S) モード時の平均電力</b>						
I <sub>CC_DCM</sub>	W&S モードの消費電流 ウェークアップ間隔 1ms LP_LN = 0b	磁気 1 チャンネル変換 V <sub>CC</sub> = 3.3V		160		μA
		磁気 1 チャンネル変換 V <sub>CC</sub> = 1.8V		156		μA
		磁気 4 チャンネル変換 V <sub>CC</sub> = 3.3V		240		μA
		磁気 4 チャンネル変換 V <sub>CC</sub> = 1.8V		233		μA
	W&S モードの消費電流 ウェークアップ間隔 5000ms LP_LN = 0b	磁気 1 チャンネル変換 V <sub>CC</sub> = 3.3V		1.21		μA
		磁気 1 チャンネル変換 V <sub>CC</sub> = 1.8V		1.00		μA
		磁気 4 チャンネル変換 V <sub>CC</sub> = 3.3V		1.22		μA
		磁気 4 チャンネル変換 V <sub>CC</sub> = 1.8V		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<sub>CC</sub> 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 <sub>SENS_RANGE</sub>	温度検出範囲		-40		170 <sup>(1)</sup>	°C
T <sub>ADC_T0</sub>	T <sub>SENS_T0</sub> の温度結果の 10 進値 (16 ビットフォーマットから)			17508		
T <sub>SENS_T0</sub>	T <sub>ADC_T0</sub> の基準温度			25		°C
T <sub>ADC_RES</sub>	温度センシング分解能 (16 ビット形式)			58		LSB/°C
NRMS_T	RMS (1 シグマ) 温度ノイズ	CONV_AVG = 000b		0.4		°C
NRMS_T	RMS (1 シグマ) 温度ノイズ	CONV_AVG = 101b		0.2		°C

(1) 推奨動作条件表に記載された動作周囲温度の上限を超えないでください

## 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 <sub>IN</sub>	x、y、z のリニア磁気範囲	_RANGE = 0b		±40		mT
		_RANGE = 1b		±80		mT
SENS	感度、x、y、または z 軸	_RANGE = 0b、±40mT		820		LSB/mT
		_RANGE = 1b、±80mT		410		LSB/mT
SENS <sub>ER</sub>	感度誤差、x、y、z 軸	T <sub>A</sub> = 25°C		±5.0%	±20.0%	
SENS <sub>ER_DR</sub>	25°C からの感度誤差ドリフト x、y、z 軸			±5.0%		
SENS <sub>LER</sub>	感度直線性誤差 T <sub>A</sub> = 25°C	x、y 軸		±0.10%		
		Z 軸		±0.10%		
SENS <sub>MS</sub>	感度ミスマッチ T <sub>A</sub> = 25°C	X-Y 軸		±0.50%		
		Y-Z 軸または X-Z 軸		±1.0%		
SENS <sub>MS_DR</sub>	感度のミスマッチドリフト	X-Y 軸		±5%		
		Y-Z 軸または X-Z 軸		±15%		
B <sub>off</sub>	オフセット	T <sub>A</sub> = 25°C		±300	±1000	μT
B <sub>off_TC</sub>	オフセットのドリフト			±3.0	±10.0	μT/°C
N <sub>RMS</sub>	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ CONV_AVG = 000b T <sub>A</sub> = 25°C	LP_LN = 0b x、y 軸		125		μT
		LP_LN = 1b x、y 軸		110		μT
	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ CONV_AVG = 101b T <sub>A</sub> = 25°C	LP_LN = 0b x、y 軸		22		μT
		LP_LN = 1b x、y 軸		22		μT
	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ CONV_AVG = 000b T <sub>A</sub> = 25°C	LP_LN = 0b z 軸		68		μT
		LP_LN = 1b z 軸		66		μT
	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ CONV_AVG = 101b T <sub>A</sub> = 25°C	LP_LN = 0b z 軸		11		μT
		LP_LN = 1b z 軸		9		μT
A <sub>ERR</sub>	角度誤差 CONV_AVG = 101b T <sub>A</sub> = 25°C	y-z 軸		±1.0		度
		x-z 軸		±1.0		度
		x-y 軸		±0.5		度

## 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 <sub>IN</sub>	x、y、z のリニア磁気範囲	_RANGE = 0b		±133		mT
		_RANGE = 1b		±266		mT
SENS	感度、x、y、または z 軸	_RANGE = 0b、±133mT		250		LSB/mT
		_RANGE = 1b、±266mT		125		LSB/mT
SENS <sub>ER</sub>	感度誤差。x、y、z 軸	T <sub>A</sub> = 25°C		±5.0%	±20.0%	
SENS <sub>ER_DR</sub>	感度誤差ドリフト。x、y、z 軸			±5.0%		
SENS <sub>LER</sub>	感度直線性誤差 T <sub>A</sub> = 25°C	x、y 軸		±0.10%		
		Z 軸		±0.10%		
SENS <sub>MS</sub>	感度ミスマッチ T <sub>A</sub> = 25°C	X-Y 軸		±0.50%		
		Y-Z 軸または X-Z 軸		±1.0%		
SENS <sub>MS_DR</sub>	感度のミスマッチ ドリフト	X-Y 軸		±5%		
		Y-Z 軸または X-Z 軸		±15%		
B <sub>off</sub>	オフセット	T <sub>A</sub> = 25°C		±300	±1000	μT
	オフセットのドリフト			±3.0	±10	μT/°C
N <sub>RMS</sub>	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ CONV_AVG = 000b T <sub>A</sub> = 25°C	LP_LN = 0b x、y 軸		147		μT
		LP_LN = 1b x、y 軸		145		μT
	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ CONV_AVG = 101b T <sub>A</sub> = 25°C	LP_LN = 0b x、y 軸		24		μT
		LP_LN = 1b x、y 軸		24		μT
	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ CONV_AVG = 000b T <sub>A</sub> = 25°C	LP_LN = 0b z 軸		89		μT
		LP_LN = 1b z 軸		88		μT
	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ CONV_AVG = 101b T <sub>A</sub> = 25°C	LP_LN = 0b z 軸		15		μT
		LP_LN = 1b z 軸		15		μT
A <sub>ERR</sub>	角度誤差 CONV_AVG = 101b T <sub>A</sub> = 25°C	y-z 軸		±1.0		度
		x-z 軸		±1.0		度
		x-y 軸		±0.50		度

## 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 <sub>00</sub>	温度補償 (X、Y、Z 軸)	MAG_TEMP_CO = 00b		0		%/°C
TC <sub>12</sub>	温度補償 (X、Y、Z 軸)	MAG_TEMP_CO = 01b		0.12		%/°C
TC <sub>20</sub>	温度補償 (X、Y、Z 軸)	MAG_TEMP_CO = 11b		0.2		%/°C

## 5.10 I2C インターフェイスのタイミング

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>I2C インターフェイスの高速モード プラス (V<sub>CC</sub> = 2.3V ~ 3.6V)</b>						
f <sub>I2C_fmp</sub>	I2C クロック (SCL) 周波数	LOAD = 50pF V <sub>CC</sub> = 2.3V ~ 3.6V			1000	KHz
t <sub>whigh_fmp</sub>	High 時間: SCL ロジック high の期間		350			ns
t <sub>wlo_wfmp</sub>	ロータイム: SCL ロジック low の期間		500			ns
t <sub>su_cs_fmp</sub>	SDA のデータ セットアップ時間		50			ns
t <sub>h_cs_fmp</sub>	SDA のデータ ホールド時間		120			ns
t <sub>icr_fmp</sub>	SDA、SCL 入力立ち上がり時間				120	ns
t <sub>icf_fmp</sub>	SDA、SCL 入力立ち下がり時間				55	ns
t <sub>h_ST_fmp</sub>	スタート状態のホールド時間		0.1			μs
t <sub>su_SR_fmp</sub>	再スタート条件のセットアップ時間		0.1			μs
t <sub>su_SP_fmp</sub>	STOP 条件のセットアップ時間		0.1			μs
t <sub>w_SP_SR_fmp</sub>	停止条件と始動条件の間のバス解放時間		0.2			μs
<b>I2C インターフェイスの高速モード (V<sub>CC</sub> = 1.7V ~ 3.6V)</b>						
f <sub>I2C</sub>	I2C クロック (SCL) 周波数	LOAD = 50pF V <sub>CC</sub> = 1.7V ~ 3.6V			400	KHz
t <sub>whigh</sub>	High 時間: SCL ロジック high の期間		600			ns
t <sub>wlow</sub>	ロータイム: SCL ロジック low の期間		1300			ns
t <sub>su_cs</sub>	SDA のデータ セットアップ時間		100			ns
t <sub>h_cs</sub>	SDA のデータ ホールド時間		0			ns
t <sub>icr</sub>	SDA、SCL 入力立ち上がり時間				300	ns
t <sub>icf</sub>	SDA、SCL 入力立ち下がり時間				300	ns
t <sub>h_ST</sub>	スタート状態のホールド時間		0.3			μs
t <sub>su_SR</sub>	再スタート条件のセットアップ時間		0.3			μs
t <sub>su_SP</sub>	STOP 条件のセットアップ時間		0.3			μs
t <sub>w_SP_SR</sub>	停止条件と始動条件の間のバス解放時間		0.6			μs

## 5.11 電源投入および変換時間

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 <sub>start_power_up</sub>	V <sub>CC</sub> 電源電圧が V <sub>CC_MIN</sub> を超えた後、スタンバイ モードに移行する時間			270		μs
t <sub>start_sleep</sub>	スリープ モードからスタンバイ モードに移行する時間 <sup>(1)</sup>			50		μs
t <sub>start_measure</sub>	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 <sub>measure</sub>	変換時間 1 チャネルのみ有効化 OPERATING_MODE = 10b	CONV_AVG = 000b <sup>(2)</sup>		50		μs
		CONV_AVG = 101b <sup>(3)</sup>		825		μs
t <sub>go_sleep</sub>	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ジックは送信されません。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してください。
- (2) CONV\_AVG = 000b での変換がイネーブルになるたびに、追加の磁気チャネルごとに 25μs を追加。CONV\_AVG = 000b のとき、変換時間は T\_CH\_EN ビット設定で変化しません。

(3) CONV\_AVG = 101b を使用した変換の場合、各チャンネルのデータは 32 回収集されます。CONV\_AVG = 101b で追加のチャンネルが有効になっている場合、 $32 \times 25\mu\text{s} = 800\mu\text{s}$  を  $t_{\text{measure}}$  に追加して、2 つのチャンネルの変換時間を計算します。

## 5.12 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)

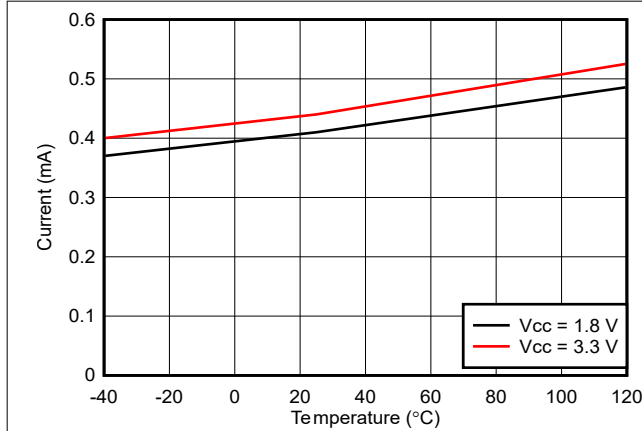


図 5-1. スタンバイ モードの ICC と温度との関係

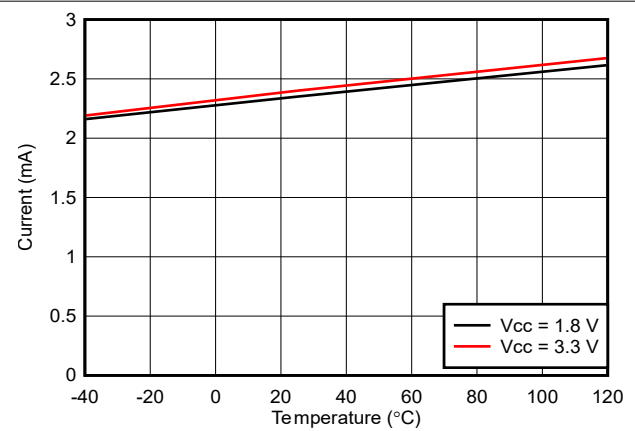


図 5-2. アクティブ モードの ICC と温度との関係

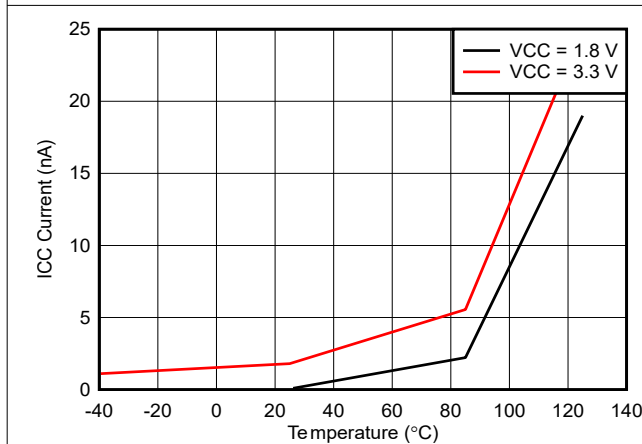


図 5-3. スリープ モードの ICC と温度との関係

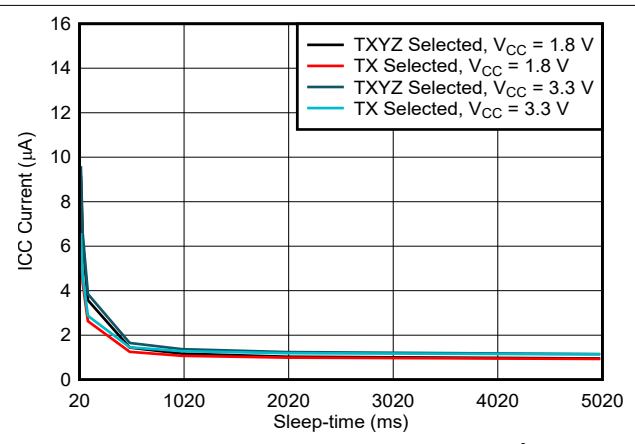


図 5-4. 平均 ICC と W&S モードのスリープ時間との関係

## 6 詳細説明

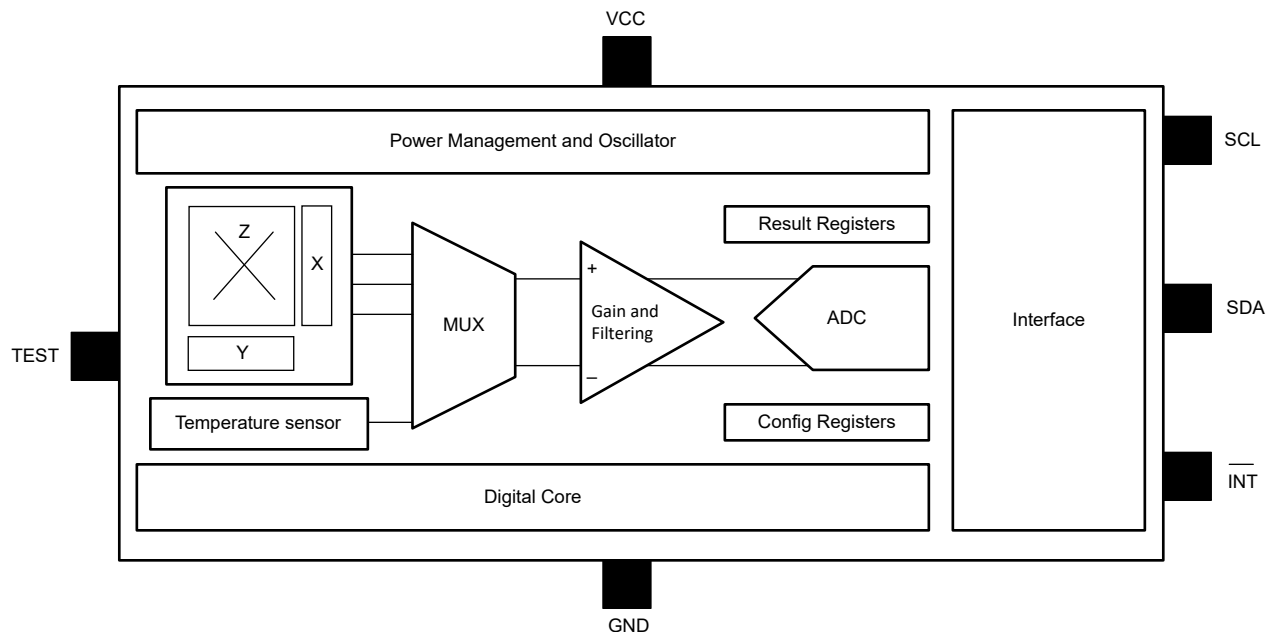
### 6.1 概要

TMAG5273 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。TMAG5273 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、TMAG5273 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、TMAG5273 は負の ADC コードを生成します。

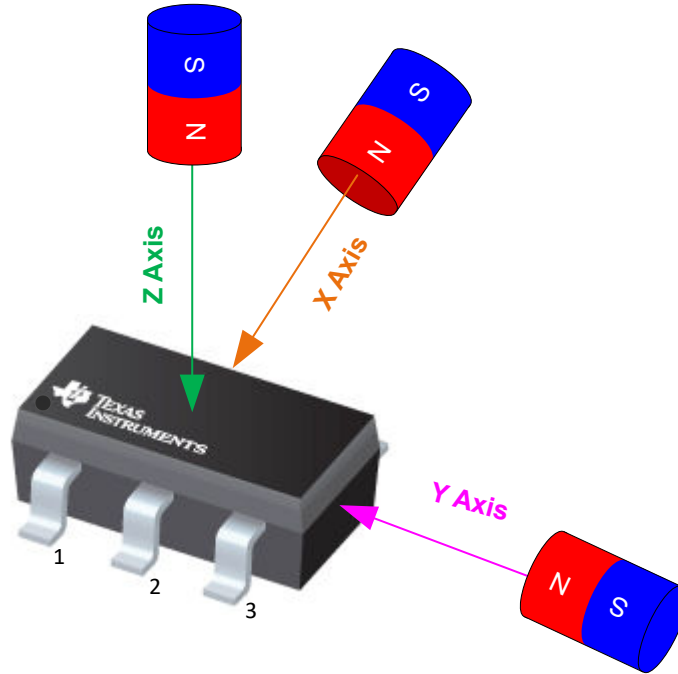


図 6-1. 感度の方向

### 6.3.2 センサの位置

図 6-2 に、TMAG5273 内の X、Y、Z ホール素子の位置を示します。

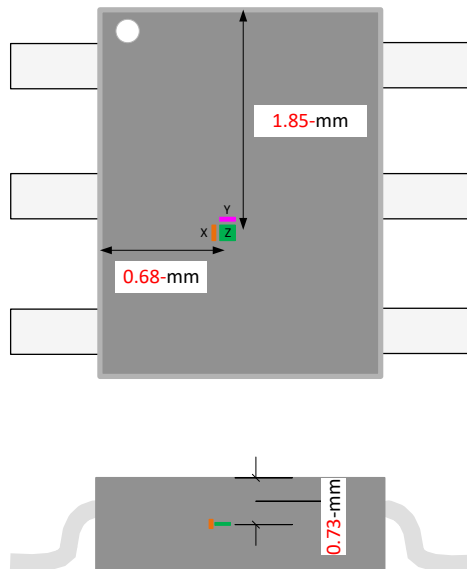


図 6-2. X、Y、Z ホール素子の位置

### 6.3.3 割り込み機能

TMAG5273 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を示します。ここでは、結果レジスタと SET\_COUNT は更新されません。

表 6-1. 変換完了後に結果レジスタと SET\_COUNT 更新

INT_MODE	モードの説明	I <sup>2</sup> C バスはビジーで、デバイスと通信していません		I <sup>2</sup> C バスはビジーで、デバイスと通信しています		I <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> 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 I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 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。

### SCL による割り込み

図 6-3 に、事前定義された間隔で交差するスレッシュホールドのウェークアップおよびスリープ モードにプログラムされた SCL ピンによる割り込み機能の例を示します。ウェークアップ間隔は、SLEEPTIME ビットを使用して設定できます。デバイスが磁気スレッシュホールドの交差を検出すると、TMAG5273 は SCL ピン経由で固定幅の割り込み信号をアサートし、スタンバイモードに戻ります。

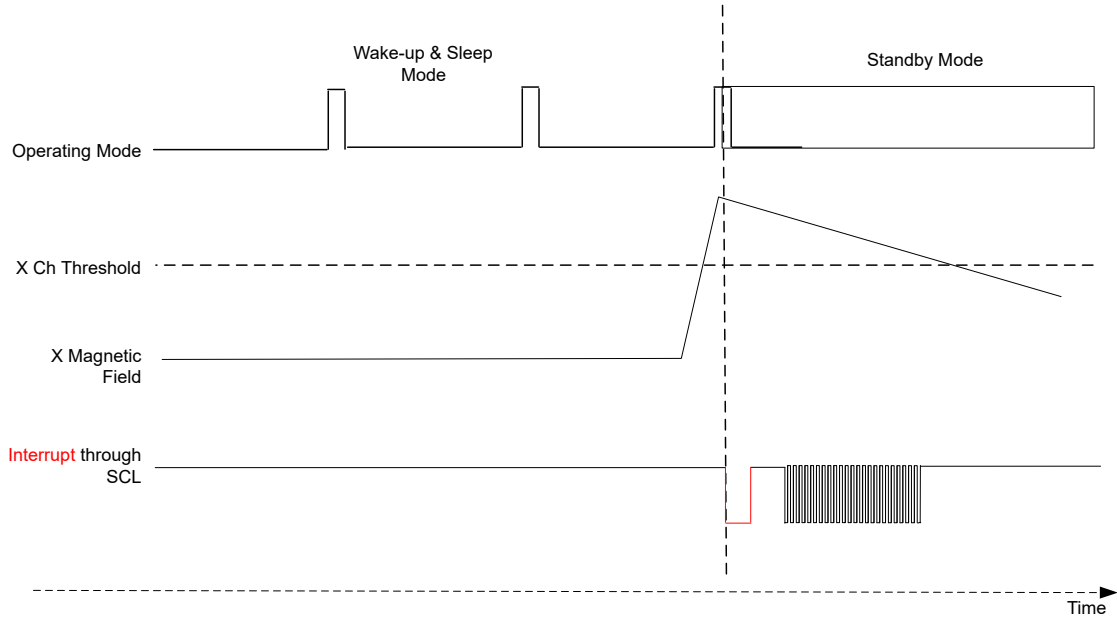


図 6-3. SCL による割り込み

### $\overline{\text{INT}}$ 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。磁気スレッシュホールドを検出するために、デバイスはウェークアップおよびスリープモード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。デバイスが磁気スレッシュホールドの交差を検出すると、TMAG5273 は  $\overline{\text{INT}}$  ピン経由で固定幅の割り込み信号をアサートし、スタンバイモードに戻ります。

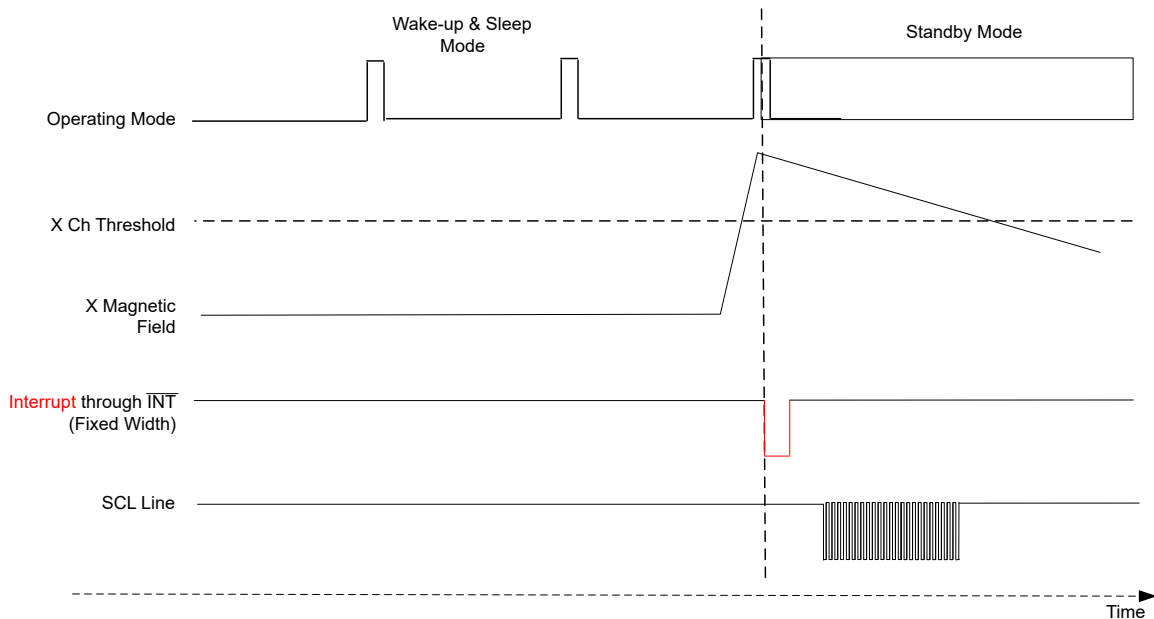


図 6-4.  $\overline{\text{INT}}$  による固定幅割り込み

## INT によるラッチ割り込み

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。磁気スレッシュホールドを検出するために、デバイスはウェークアップおよびスリープモード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。デバイスが磁気スレッシュホールドの超過を検出すると、TMAG5273 は INT ピンを介してラッチされた割り込み信号をアサートし、スタンバイモードに戻ります。割り込みラッチは、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にのみクリアされます。

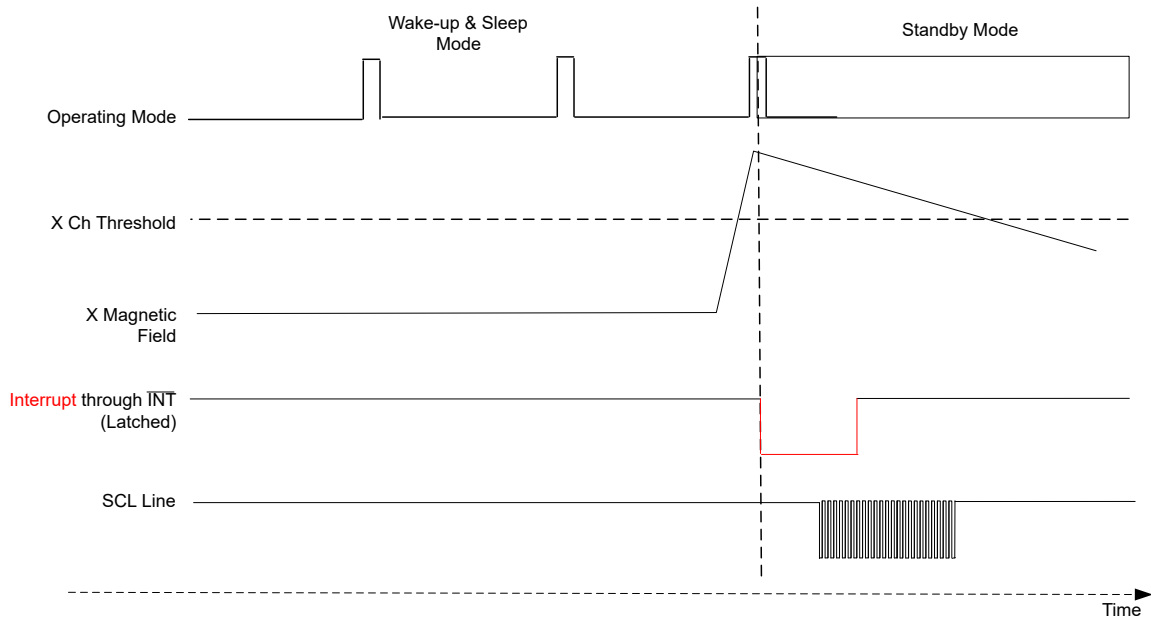


図 6-5. INT によるラッチ割り込み

### 6.3.4 デバイスの I<sup>2</sup>C アドレス

[表 6-2](#) に、TMAG5273 の工場出荷時にプログラムされたデフォルトの I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C アドレスを割り当てることができます。

表 6-2. I<sup>2</sup>C デフォルト アドレス

デバイスバージョン	磁気範囲	I <sup>2</sup> C アドレス (7MSB ビット)	I <sup>2</sup> C 書き込みアドレス (8 ビット)	I <sup>2</sup> C 読み取りアドレス (8 ビット)
TMAG5273A1	±40mT、±80 mT	35h	6Ah	6Bh
TMAG5273B1		22h	44h	45h
TMAG5273C1		78h	F0h	F1h
TMAG5273D1		44h	88h	89h
TMAG5273A2	±133mT、±266 mT	35h	6Ah	6Bh
TMAG5273B2		22h	44h	45h
TMAG5273C2		78h	F0h	F1h
TMAG5273D2		44h	88h	89h

### 6.3.5 磁気範囲の選択

表 6-3 に、TMAG5273 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	TMAG5273A1	TMAG5273A2	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

TMAG5273 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、TMAG5273 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

TMAG5273 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。VCC 電源が「推奨動作条件 (ROC)」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

TMAG5273 は、最初の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、デバイスはプライマリ デバイス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、センサ データ変換を開始したり、省電力モードに移行したり、 $I^2C$  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。 $I^2C$  コマンドまたは  $\overline{INT}$  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、[電源投入および変換時間](#)の表で  $T_{start\_power\_up}$  として示されています。

### 6.4.2 スリープモード

TMAG5273 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維持します。デバイスはスリープ モード中、変換結果データを保持しません。プライマリは、 $I^2C$  インターフェイスまたは  $\overline{INT}$  ピンを介して、デバイスをスリープ モードからウェイクアップできます。 $I^2C$  インターフェイスによるスリープ モードからスタンバイ モードへの遷移中、 $\overline{INT}$  ピンにより一時的に割り込みが挿入されます。[RESULT\\_STATUS](#) ビットを 0h に設定して、本デバイスがスタンバイ モードに完全に遷移すると、変換が完了していないことを示す  $\overline{INT}$  ピンは、回復します。デバイスがスリープ モードからスタンバイ モードへ移行するまでに必要な時間は、 $T_{start\_sleep}$  として定義されます。

### 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、TMAG5273 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。このデバイスは、[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、TMAG5273 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  $I^2C$  バスまたは  $\overline{INT}$  ピンを使用していつでも TMAG5273 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、[電源投入および変換時間](#)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、TMAG5273 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、結果レジスタは I2C ラインを介してアクセスできます。デバイスが連続測定モードからスタンバイモードへ移行する時間は、電源投入および変換時間の表の  $T_{start\_sleep}$  として示されています。

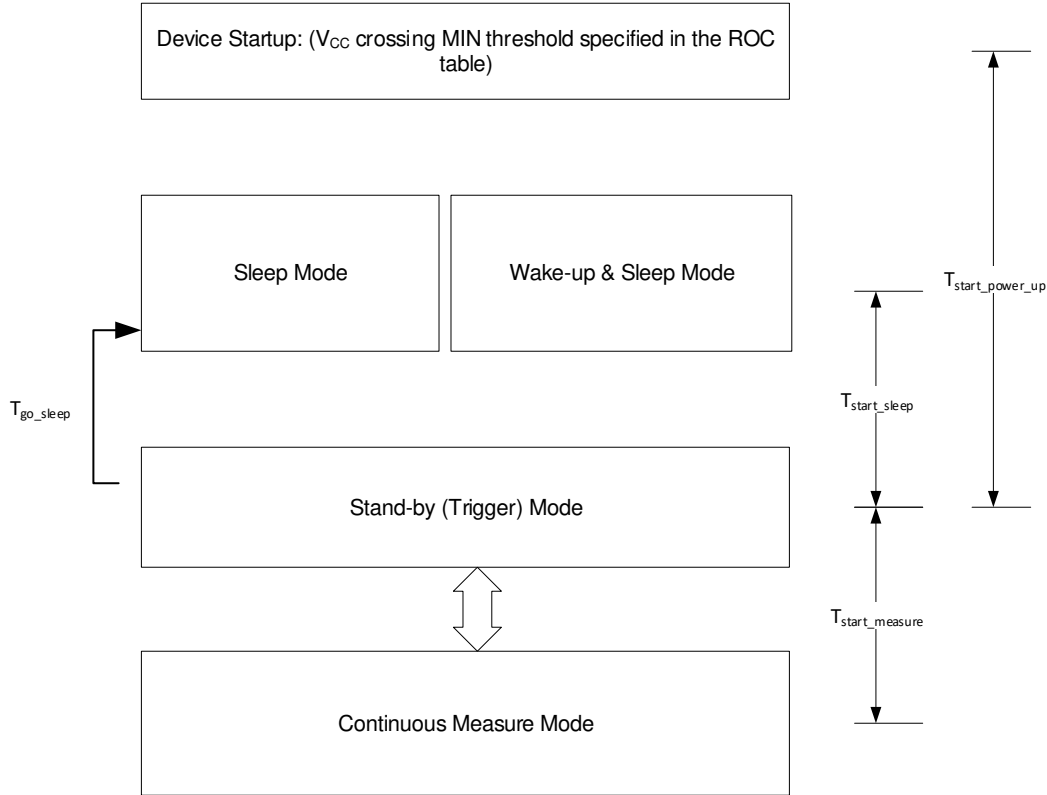


図 6-6. TMAG5273 パワーアップシーケンス

表 6-5 に、TMAG5273 のさまざまなデバイス動作モードを示します。

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	備考
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 <sup>2</sup> 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	1ms、5ms、10ms、15ms、20ms、30ms、50ms、100ms、500ms、1000ms、2000ms、5000ms、20000ms 間隔をサポート。
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	プライマリ デバイスは、ウェイクアップおよびスリープモードでサポートされていない他の省電力間隔を実現するために、スリープモードを使用できます。

## 6.5 プログラミング

### 6.5.1 I<sup>2</sup>C インターフェイス

TMAG5273 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、I<sup>2</sup>C インターフェイスを提供します。

#### 6.5.1.1 SCL

SCL は、I<sup>2</sup>C 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、I<sup>2</sup>C インターフェイスの双方向データラインです。

#### 6.5.1.3 I<sup>2</sup>C 読み取り / 書き込み

TMAG5273 は、各種のアプリケーションを対象とする、複数の I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 書き込み

図 6-7 に、TMAG5273 がサポートしている標準的な I<sup>2</sup>C 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。

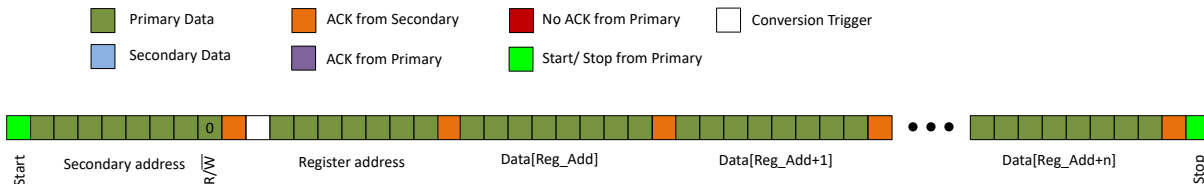


図 6-7. 標準 I<sup>2</sup>C 書き込み

##### 6.5.1.3.2 ゼネラル コール書き込み

図 6-8 に、TMAG5273 がサポートする、ゼネラル コール I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C デバイスを 1 つの I<sup>2</sup>C 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 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 つのコマンド バイトの後、プライマリ デバイスは、I<sup>2</sup>C 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。

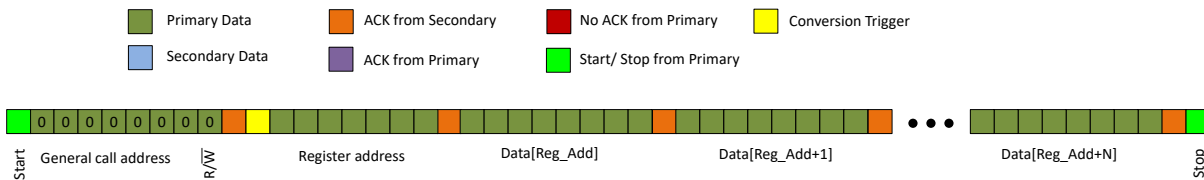


図 6-8. ゼネラル コール I<sup>2</sup>C 書き込み

### 6.5.1.3.3 標準 3 バイト I<sup>2</sup>C 読み取り

図 6-9 および 図 6-10 に、TMAG5273 がサポートしている標準的な I<sup>2</sup>C 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/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/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、プライマリからの各 ACK に応じて、連続するレジスタ データを順次送信します。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。

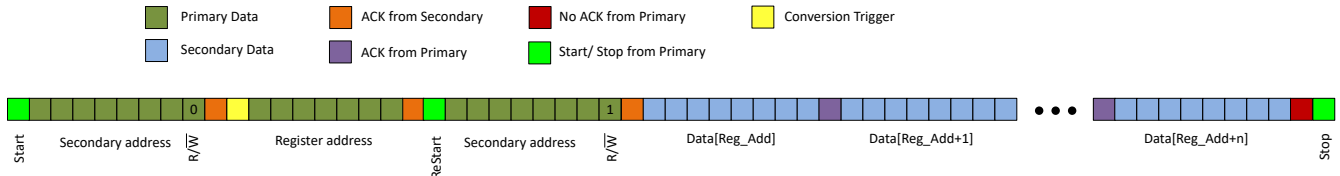


図 6-9. 標準的な 3 バイト I<sup>2</sup>C 読み取り (CRC 無効化、CRC\_EN = 0b)

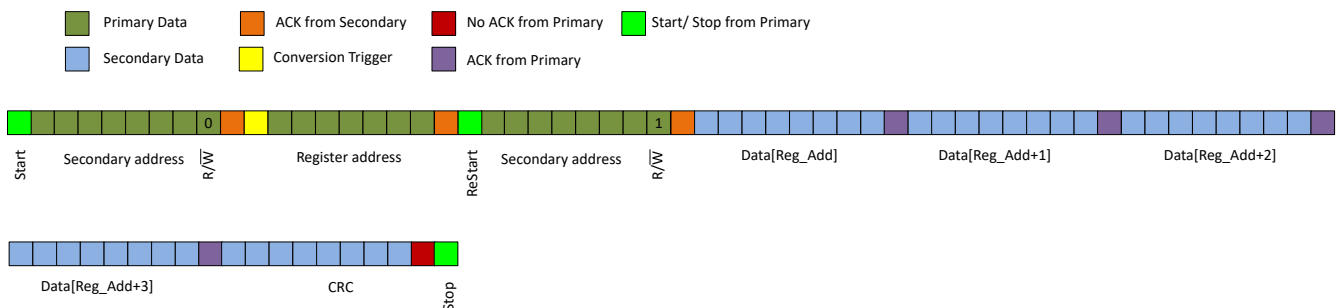


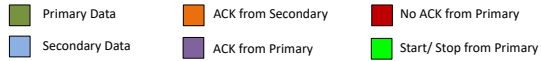
図 6-10. 標準的な 3 バイト I<sup>2</sup>C 読み取り (CRC 有効化、CRC\_EN = 1b)

### 6.5.1.3.4 16 ビット データ用 1 バイト I<sup>2</sup>C 読み取りコマンド

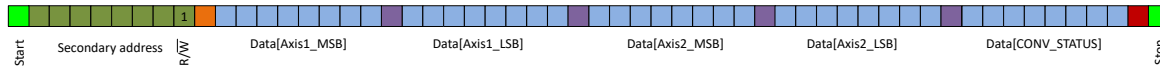
図 6-11 および 図 6-12 に、TMAG5273 がサポートしている 1 バイトの I<sup>2</sup>C 読み取りコマンドの例を示します。このモードを有効にするには、I<sup>2</sup>C\_RD = 01b を選択します。コマンド バイトには、7 ビットのセカンダリ デバイス アドレスと、R/W ビットの 1 が含まれています。このモードでは、MAG\_CH\_EN ビットおよび T\_CH\_EN ビットの設定により、デバイスは有効にされているチャンネルの 16 ビット データおよび CONV\_STATUS レジスタ データ バイトを送信します。CRC が有効にされている場合、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。

TMAG5273

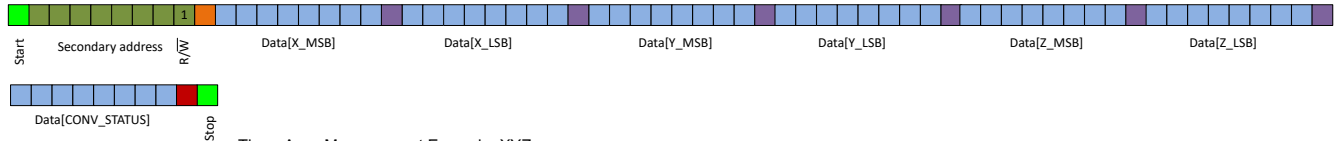
JAJSJS6C – JUNE 2021 – REVISED APRIL 2026



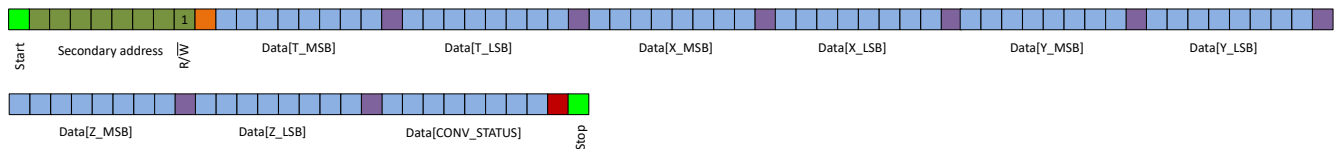
Single Axis Measurement Example, X or Y or Z



Two Axes Measurement Example, XY or YZ or XZ

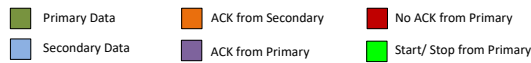


Three Axes Measurement Example, XYZ

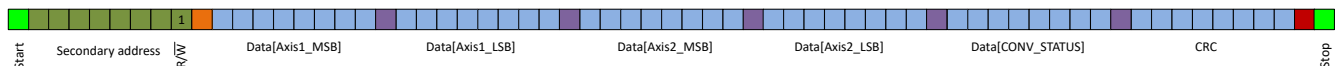


All Sensors Measurement Example, TXYZ

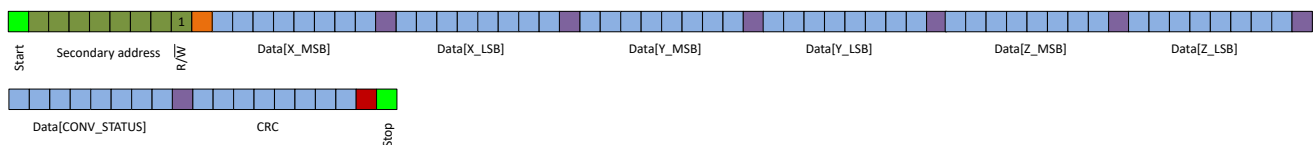
図 6-11. 16 ビット データに対する 1 バイト I<sup>2</sup>C 読み取りコマンド (CRC 無効化、CRC\_EN = 0b)



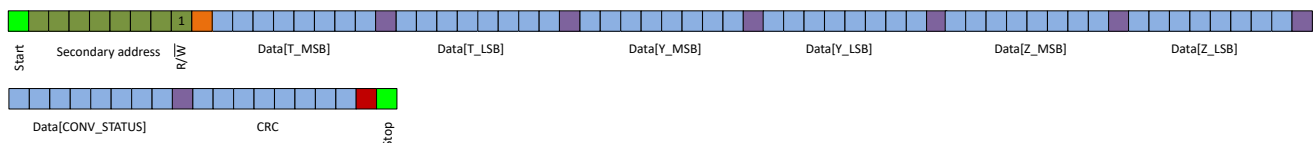
Single Axis Measurement Example, X or Y or Z



Two Axes Measurement Example, XY or YZ or XZ



Three Axes Measurement Example, XYZ

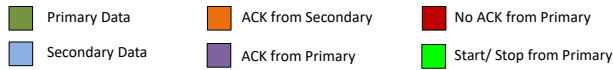


Three Axes Measurement Example, TYZ

図 6-12. 16 ビット データに対する 1 バイト I<sup>2</sup>C 読み取りコマンド (CRC 有効化、CRC\_EN = 1b)

### 6.5.1.3.5 8 ビット データ用 1 バイト I<sup>2</sup>C 読み取りコマンド

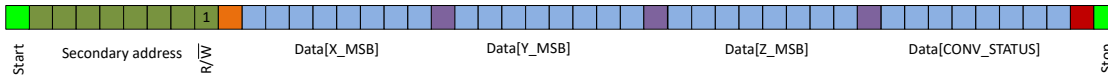
図 6-13 および図 6-14 に、TMAG5273 がサポートしている 1 バイトの I<sup>2</sup>C 読み取りコマンドの例を示します。このモードを有効にするには、I2C\_RD = 10b を選択します。コマンド バイトには、7 ビットのセカンダリ デバイス アドレスと、R/W ビットの 1 が含まれています。このモードでは、MAG\_CH\_EN ビットおよび T\_CH\_EN ビットの設定により、デバイスは有効にされているチャンネルの 8 ビット データおよび CONV\_STATUS レジスタ データ バイトを送信します。CRC が有効にされている場合、デバイスは、コマンド 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。



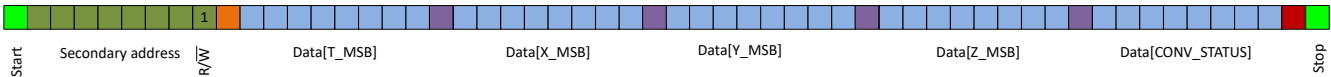
Single Axis Measurement Example, X or Y or Z



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 I<sup>2</sup>C 読み取りコマンド (CRC 無効化、CRC\_EN = 0b)

TMAG5273

JAJSJS6C – JUNE 2021 – REVISED APRIL 2026

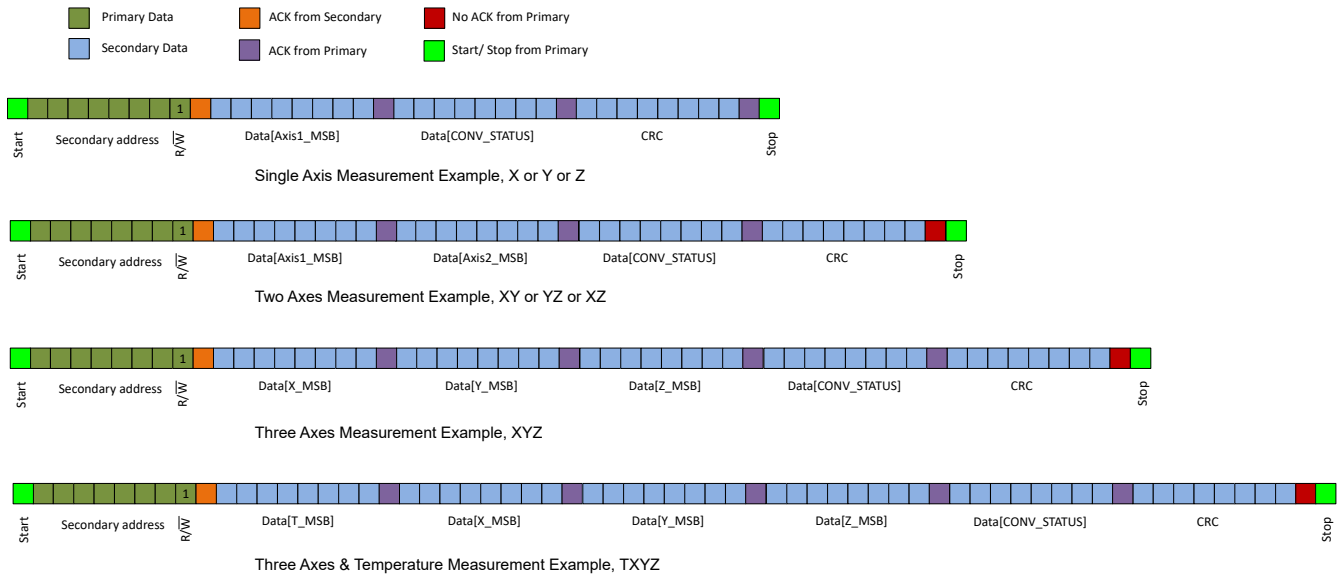


図 6-14. 8 ビット データに対する 1 バイト I<sup>2</sup>C 読み取りコマンド (CRC 有効化、CRC\_EN = 1b)

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 I<sup>2</sup>C 読み取り CRC

TMAG5273 は、I<sup>2</sup>C 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、I<sup>2</sup>C 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。I<sup>2</sup>C バス上に複数のデバイスがある場合、デバイス間で通信を切り替えた直後は、最初の CRC が不正となる場合があります。

CRC の計算には、次の式を使うことができます。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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。

I<sup>2</sup>C データ 00h: CRC = F3h

I<sup>2</sup>C 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。

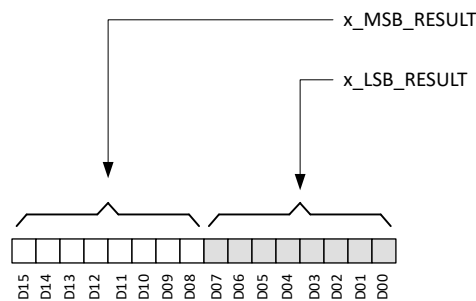


図 6-15. 磁気センサ データの定義

測定された磁界は、16 ビットデータには式 10 を使用し、8 ビットデータには式 11 を使用して計算できます。

$$B = \frac{-(D_{15} \times 2^{15}) + \sum_{i=0}^{14} D_i \times 2^i}{2^{16}} \times 2|B_R| \quad (10)$$

ここで、

- B は mT 単位の磁界。
- $D_i$  は、図 6-15 に示すデータビットです。
- $B_R$  は、対応するチャンネルの磁気レンジ (mT 単位) です。

$$B = \frac{-(D_{15} \times 2^7) + \sum_{i=0}^6 D_i \times 8 \times 2^i}{2^8} \times 2|B_R| \quad (11)$$

### 6.5.2.2 温度センサ データ

TMAG5273 は、 $-40^{\circ}\text{C}$  から  $170^{\circ}\text{C}$  までの温度を測定します。温度センサ データは、T\_MSB\_RESULT レジスタと T\_LSB\_RESULT レジスタに保存されます。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。

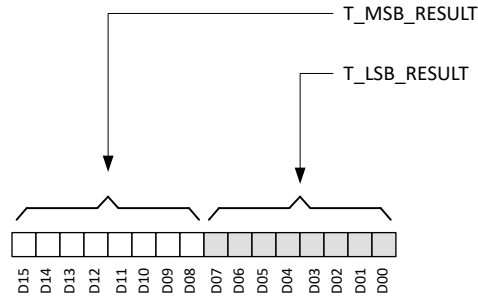


図 6-16. 温度センサ データの定義

測定された温度 (°C) は、16 ビット データの場合は式 12 を用いて、8 ビット データの場合は式 13 を用いて算出できます。

$$T = T_{\text{SENS\_T0}} + \frac{T_{\text{ADC\_T}} - T_{\text{ADC\_T0}}}{T_{\text{ADC\_RES}}} \quad (12)$$

ここで、

- T は、摂氏で測定される温度です
- $T_{\text{SENS\_T0}}$  は電気的特性の表に記載されています。
- $t_{\text{ADC\_RES}}$  は、ADC コードの摂氏温度単位の変化です。
- $T_{\text{ADC\_T0}}$  は電気的特性の表に記載されています。
- $T_{\text{ADC\_T}}$  は、温度 T について測定された ADC コードです。

$$T = T_{\text{SENS\_T0}} + \frac{256 \times \left( T_{\text{ADC\_T}} - \frac{T_{\text{ADC\_T0}}}{256} \right)}{T_{\text{ADC\_RES}}} \quad (13)$$

### 6.5.2.3 角度と大きさのデータの定義

TMAG5273 は、`ANGLE_EN` レジスタ ビットの設定に基づいて、一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 D04D12 には、0 ~ 360 度の角度整数値が格納されます。ビット D00D03 には分数角度値が格納されます。3MSB には常に b000 が割り当てられます。この角度は、式 14 を使用して計算できます。

$$A = \sum_{i=4}^{12} D_i \times 2^{i-4} + \frac{\sum_{i=0}^3 D_i \times 2^i}{16} \quad (14)$$

ここで、

- A は度単位で測定される角度です。
- $D_i$  は、図 6-17 に示すデータビットです。

例えば、354.50 度は 0001 0110 0010 1000b として表され、17.25 度は 000 0001 0001 0100b として表されます。

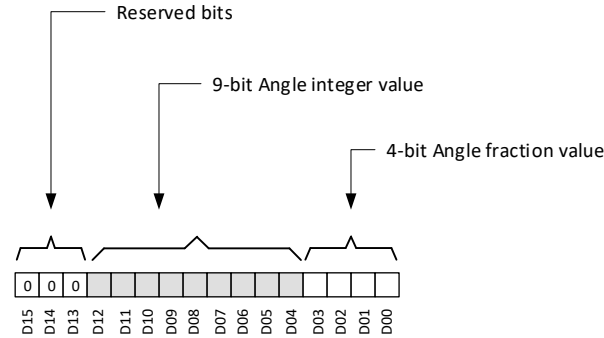


図 6-17. 角度データの定義

角度計算では、式 15 を使用して結果のベクトルの大きさを計算します。

$$M = \sqrt{\text{MADC}_{\text{Ch1}}^2 + \text{MADC}_{\text{Ch2}}^2} \quad (15)$$

ここで、

- $\text{MADC}_{\text{Ch1}}$ 、 $\text{MADC}_{\text{Ch2}}$  は、角度計算用に選択された 2 つの磁気チャンネルの 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、 $360^\circ$  の測定全体にわたって振幅の値が一定に保たれる必要があります。

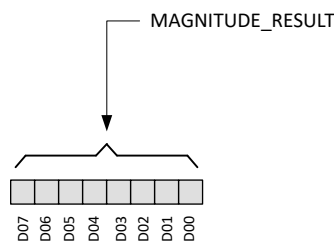


図 6-18. 大きさの結果データの定義

#### 6.5.2.4 磁気センサ オフセット補正

TMAG5273 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  $+2\text{mT}$  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  $-2\text{mT}$  のオフセット補正值を入力します。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。

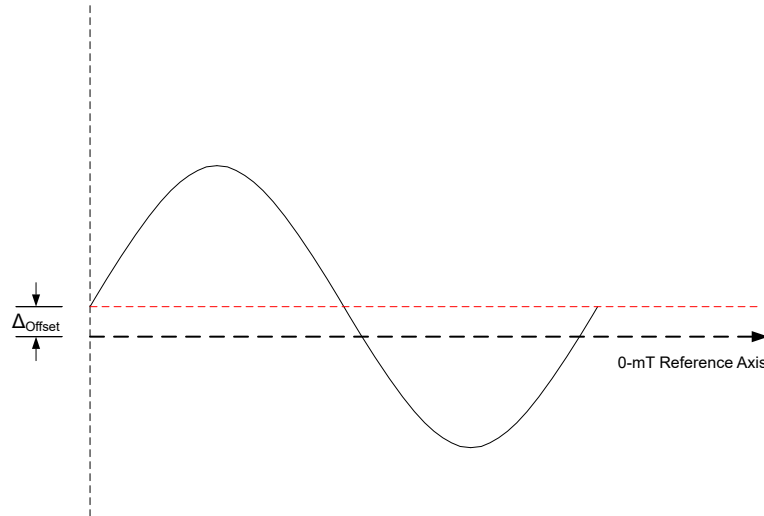


図 6-19. 磁気センサ データ オフセット補正

各軸のオフセット量は、式 16 を使用して計算できます。たとえば、 $\pm 40\text{mT}$  のレンジ、MAG\_OFFSET\_CONFIG\_1 を 1000 0000b、MAG\_OFFSET\_CONFIG\_2 を 0001 0000b に設定すると、最初の軸のオフセット補正は  $-2.5\text{mT}$ 、2 番目の軸は  $0.312\text{mT}$  になります。

$$\Delta_{\text{Offset}} = \frac{-(D_7 \times 2^7) + \sum_{i=0}^6 D_i \times 2^i}{2^{12}} \times 2|B_R| \quad (16)$$

ここで、

- $\Delta_{\text{Offset}}$  は、mT 単位で適用されるオフセット補正の量です。
- $D_i$  は、MAG\_OFFSET\_CONFIG\_1 レジスタまたは MAG\_OFFSET\_CONFIG\_2 レジスタのデータビットです。
- $B_R$  は、対応するチャンネルの磁気レンジ (mT 単位) です。

目標オフセット補正用に、MAG\_OFFSET\_CONFIG\_1 または MAG\_OFFSET\_CONFIG\_2 の値を式 17 を使って計算できます。

$$\text{MAG\_OFFSET} = \frac{2^{12} \times \Delta_{\text{Offset}}}{2|B_R|} \quad (17)$$

ここで、

- MAG\_OFFSET は、MAG\_OFFSET\_CONFIG\_1 レジスタまたは MAG\_OFFSET\_CONFIG\_2 レジスタに入力される 10 進値です。
- $\Delta_{\text{Offset}}$  は、mT 単位で適用されるオフセット補正の量です。
- $B_R$  は、対応するチャンネルの磁気レンジ (mT 単位) です。

## 7 アプリケーションと実装

### 注

以下のアプリケーションのセクションにある情報は、TI の製品仕様に含まれるものではなく、TI はその正確性も完全性も保証いたしません。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。また、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 使用上の注意

#### 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 TMAG5273 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 の TMAG5273 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

TMAG5273 温度補償は、[MAG\\_TEMP\\_CO](#) 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必要ない場合は、[MAG\\_TEMP\\_CO](#) 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](#) 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

TMAG5273 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 ブロックは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。

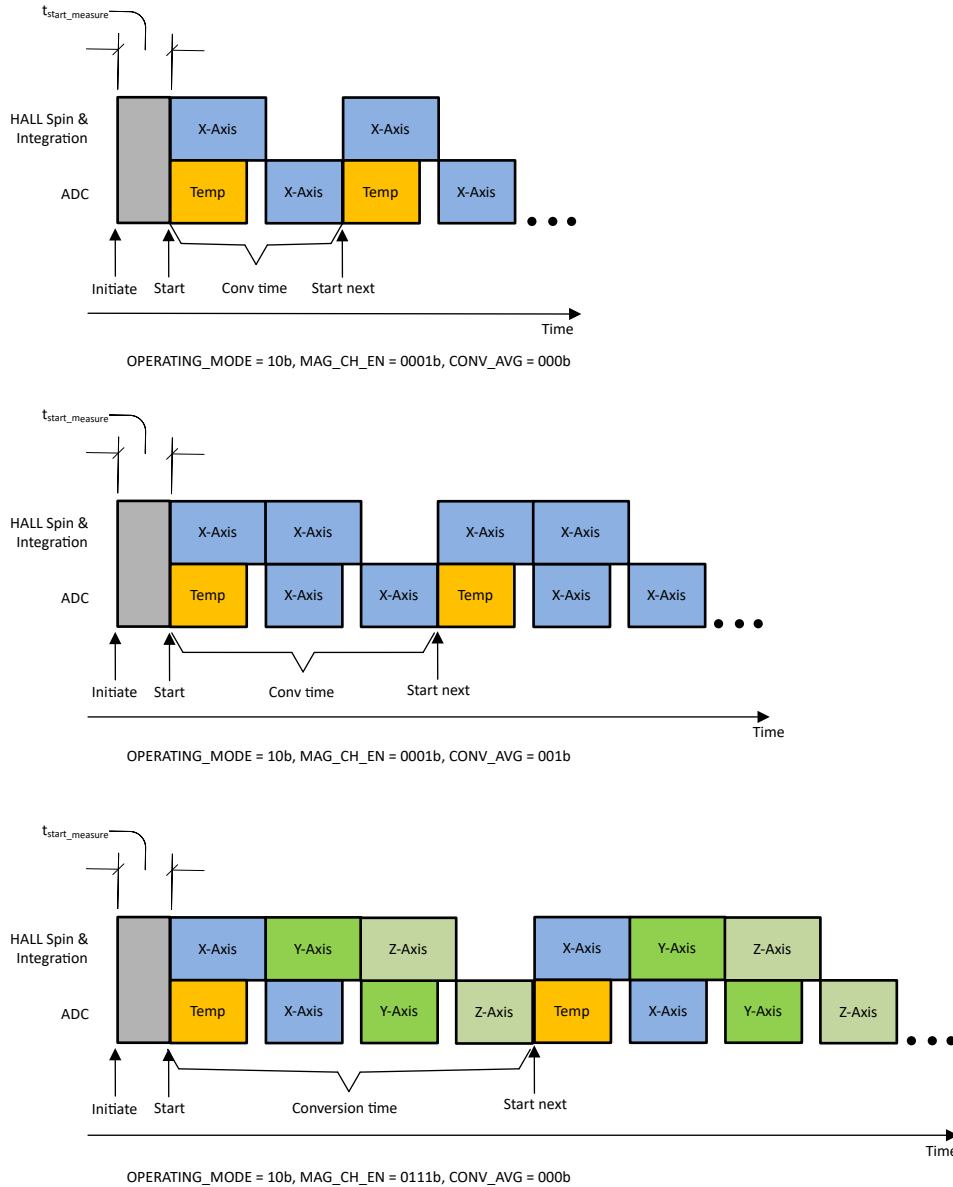


図 7-1. 連続変換の例

### 7.1.3.2 トリガ変換

TMAG5273 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、I<sup>2</sup>C コマンドまたは  $\overline{INT}$  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。

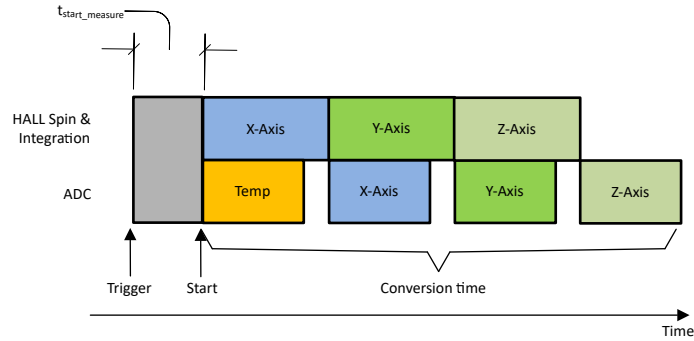


図 7-2. 温度、X、Y、Z センサのトリガ変換

### 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。TMAG5273 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 18 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。

$$t_z = \frac{t_{x1} + t_{x2}}{2} \quad (18)$$

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。

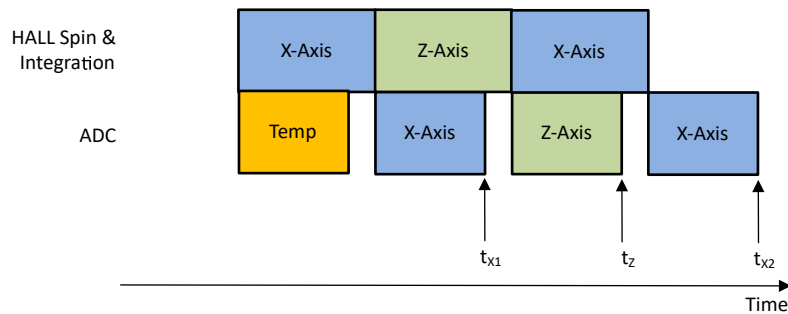


図 7-3. XZX 磁界変換

TMAG5273 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

TMAG5273 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。磁場が図の網掛け領域内にある限り、デバイスは新しい変換ごとに割り込みを生成します。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。

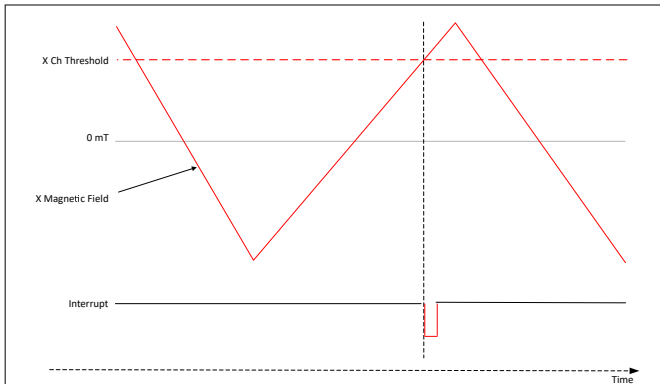


図 7-4. MAG\_THR\_DIR = 0b, THR\_HYST = 000b での  
上限交差磁気チェック

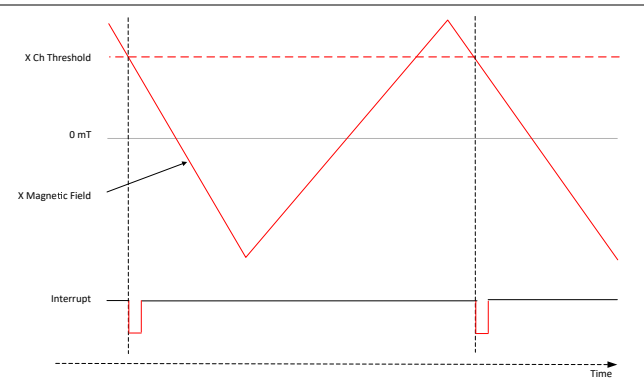


図 7-5. MAG\_THR\_DIR = 1b, THR\_HYST = 000b での  
下限交差磁気チェック

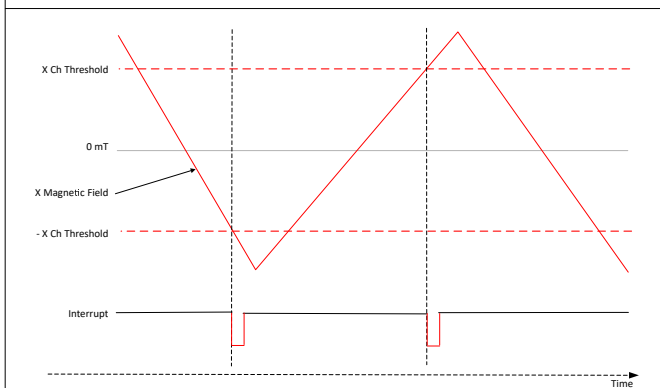


図 7-6. MAG\_THR\_DIR = 0b, THR\_HYST = 001b での  
帯域外磁気チェック

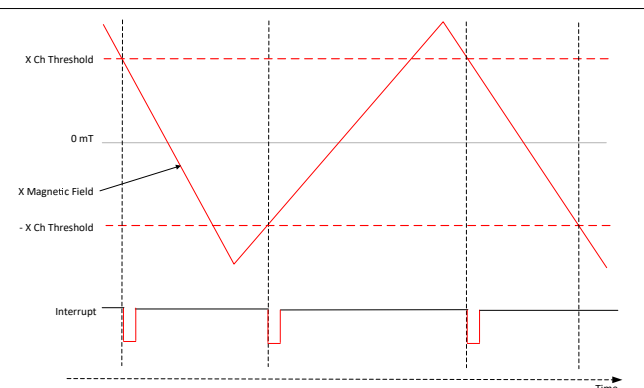


図 7-7. MAG\_THR\_DIR = 1b, THR\_HYST = 001b での  
帯域内磁気チェック

### 7.1.5 リニア測定中の誤差の計算

TMAG5273 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。TMAG5273 などの 3 軸ホール センサの場合、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 19 を使用します。

$$\text{Error}_{\text{LM}_25\text{C}} = \frac{\sqrt{(B \times \text{SENS}_{\text{ER}})^2 + B_{\text{off}}^2 + N_{\text{RMS}_25}^2}}{B} \times 100\% \quad (19)$$

ここで、

- 誤差  $\text{LM}_{25\text{C}}$  は、 $25^\circ\text{C}$  での線形測定中の合計誤差 (%) です。
- $B$  は入力磁界です。
- $\text{SENS}_{\text{ER}}$  は、 $25^\circ\text{C}$  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。
- $B_{\text{off}}$  は  $25^\circ\text{C}$  でのオフセット誤差です。
- $N_{\text{RMS}_25}$  は  $25^\circ\text{C}$  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、 $25^\circ\text{C}$  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 20 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。

$$\text{Error}_{\text{LM\_Temp}} = \frac{\sqrt{(B \times \text{SENS}_{\text{DR}})^2 + B_{\text{off\_DR}}^2 + N_{\text{RMS\_Temp}}^2}}{B} \times 100\% \quad (20)$$

ここで、

- $\text{Error}_{\text{LM\_Temp}}$  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。
- $\text{SENS}_{\text{DR}}$  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 21 を参照)。

$$\text{Error}_{\text{LM\_Temp\_NCal}} = \frac{\sqrt{(B \times \text{SENS}_{\text{ER}})^2 + (B \times \text{SENS}_{\text{DR}})^2 + B_{\text{off}}^2 + B_{\text{off\_DR}}^2 + N_{\text{RMS\_Temp}}^2}}{B} \times 100\% \quad (21)$$

ここで、

- $\text{Error}_{\text{LM\_Temp\_NCal}}$  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。

### 7.1.6 角度測定中の誤差の計算

TMAG5273 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。TMAG5273 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 磁気改ざん検出

磁気的な改ざんの影響を受けやすいことから、電力量計には外部磁場を検出するための磁気センサが組み込まれていることが多く、サービスの遮断や改ざんに対する罰金の適用など、適切な対応が取られます。図 7-8 は、3 つの方向のいずれかで永久磁石によって磁気改ざんが発生する可能性があることを示しています。磁気改ざんの別の手法として、AC 電源から給電される外部コイルによって生成される場合があります。TMAG5273 は柔軟な動作モードと、改ざんを検出するための 3 つの独立したホール センサを構成できます。

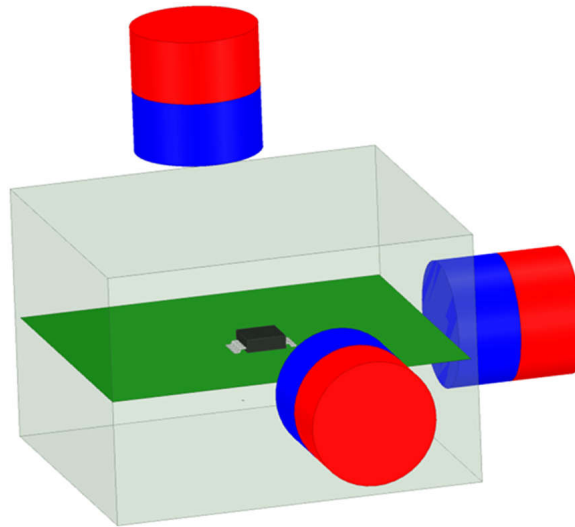


図 7-8. TMAG5273 磁気改ざん検出

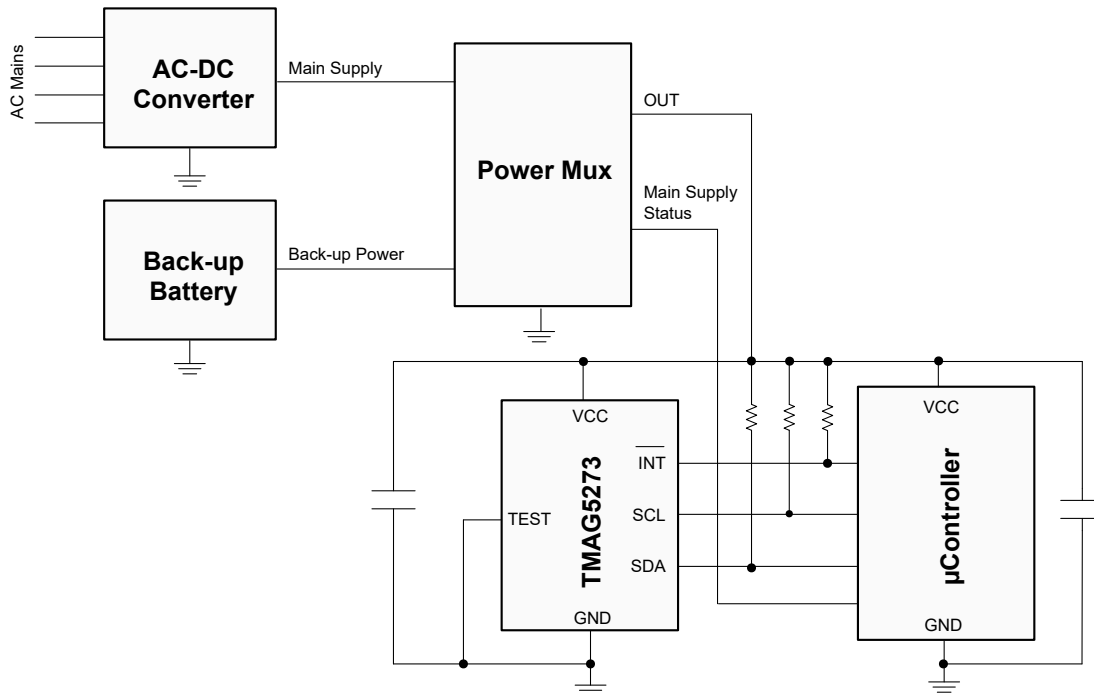


図 7-9. TMAG5273 改ざん検出用アプリケーション図

7.2.1.1 設計要件

この設計例では、表 7-3 の設計パラメータを使用します。

表 7-1. 設計パラメータ

設計パラメータ	AC 電源動作時	バックアップ バッテリでの動作時
デバイス	TMAG5273A2	TMAG5273A2
VCC	3.3V	3.6V ~ 1.7V
動作モード	連続測定モード	ウェイクアップおよびスリープ モード

表 7-1. 設計パラメータ (続き)

設計パラメータ	AC 電源動作時	バックアップ バッテリでの動作時
設計目標	未加工の磁気データを読み取り、改ざんの大きさと種類 (AC または DC 磁界) を判定します	磁気改ざんが発生した場合は、マイコンをウェークアップします
改ざんを検出するためのタイミング バジエット	<100ms	<5s
望ましいバッテリー寿命	該当なし	5 年

### 7.2.1.2 詳細な設計手順

AC 電源ラインからの給電をデフォルトとする電源マルチプレクサを選択します。停電時には、電源マルチプレクサが自動的にバックアップ バッテリへ切り替わり、システムに給電します。AC/DC レギュレータまたはマルチプレクサからのステータス信号により、停電イベントがマイコンに通知されます。マイコンは、ステータス信号を受信すると、ウェークアップおよびスリープ モードで動作するように TMAG5273 を設定します。TMAG5273 は、あらかじめ設定された間隔でウェークアップし、磁場を測定します。改ざんが検出されない場合、デバイスはこのサイクルを繰り返します。改ざんが発生した場合、デバイスはウェークアップおよびスリープ モードを終了して、マイコンに割り込み信号を送信できます。

デバイスを連続測定モードに設定し、バッテリー バックアップ モード時の手順数を最小化するために、以下の手順を実行します：

- [DEVICE\\_CONFIG\\_1](#) レジスタを 1h に設定します。
- [SENSOR\\_CONFIG\\_1](#) レジスタを 79h に設定します。
- [T\\_CONFIG](#) レジスタを 1h に設定します。
- [INT\\_CONFIG\\_1](#) レジスタを A4h に設定します。
- [DEVICE\\_CONFIG\\_2](#) レジスタを 22h に設定します。
- 変換完了を示すために、 $\overline{\text{INT}}$  信号が Low にアサートされるのを待ちます。 $\overline{\text{INT}}$  が Low になると、16 ビットの T、X、Y、Z レジスタを一つの読み取りコマンドで読み取ります (図 7-10 を参照)。

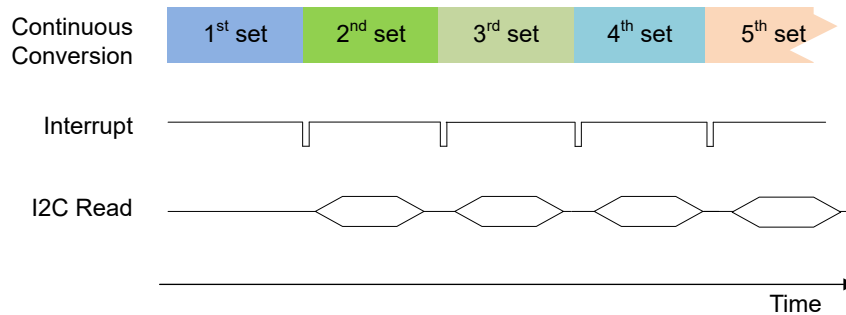


図 7-10. AC ライン電源による連続変換

停電時には、センサをウェークアップおよびスリープ モードに設定するために、以下の手順のみを実行します：

- [INT\\_CONFIG\\_1](#) レジスタを 64h に設定します。
- [DEVICE\\_CONFIG\\_2](#) レジスタを 23h に設定します。
- スレッシュホールド検出が発生しても、 $\overline{\text{INT}}$  信号は Low にアサートされ、マイコンはウェークアップされます。 $\overline{\text{INT}}$  が Low になると、16 ビットの T、X、Y、Z レジスタを一つの読み取りコマンドで読み取ります (図 7-11 を参照)。

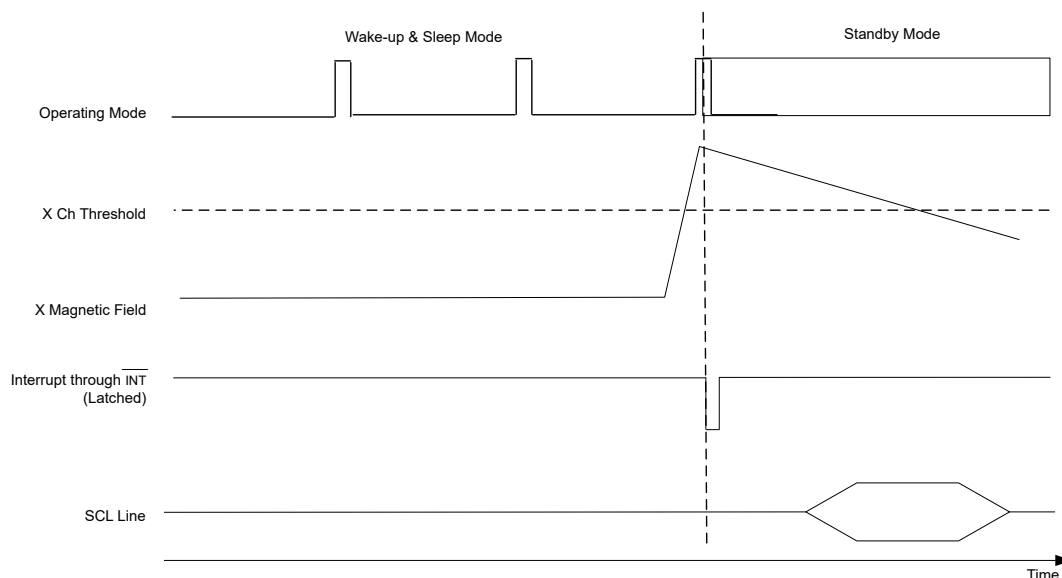


図 7-11. バックアップ バッテリ使用時のウェークアップおよびスリープ モード動作

### 7.2.1.3 アプリケーション曲線

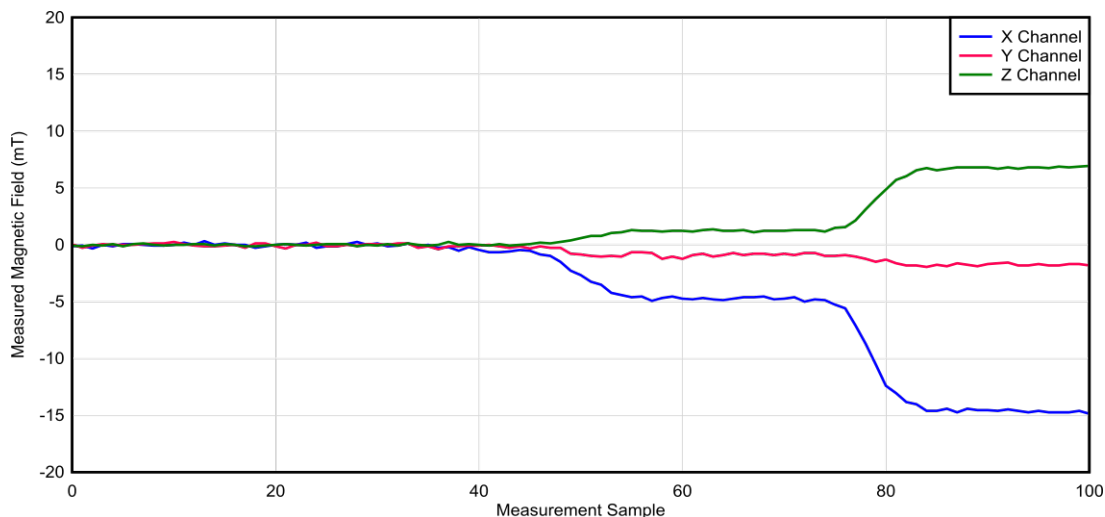


図 7-12. 連続変換中の改ざん検出

### 7.2.2 I<sup>2</sup>C のアドレス拡張

TMAG5273 は、出荷時にプログラムされた 4 つの異なる I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 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 I<sup>2</sup>C 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。

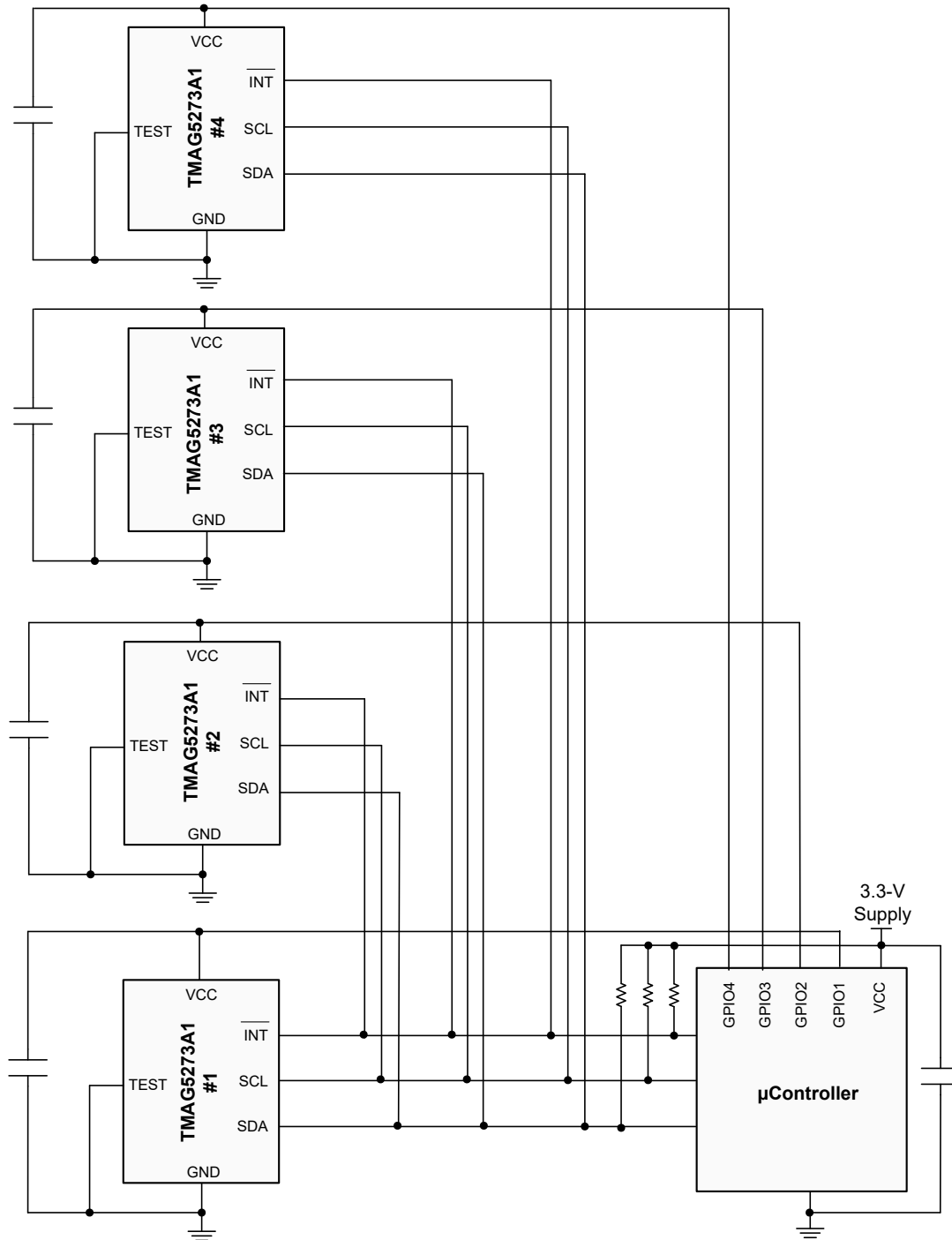


図 7-13. TMAG5273I<sup>2</sup>C のアドレス拡張のアプリケーション図

### 7.2.2.1 設計要件

この設計例では、表 7-3 の設計パラメータを使用します。

表 7-2. 設計パラメータ

パラメータ	設計目標
注文可能製品	TMAG5273A1
VCC	3.3V

表 7-2. 設計パラメータ (続き)

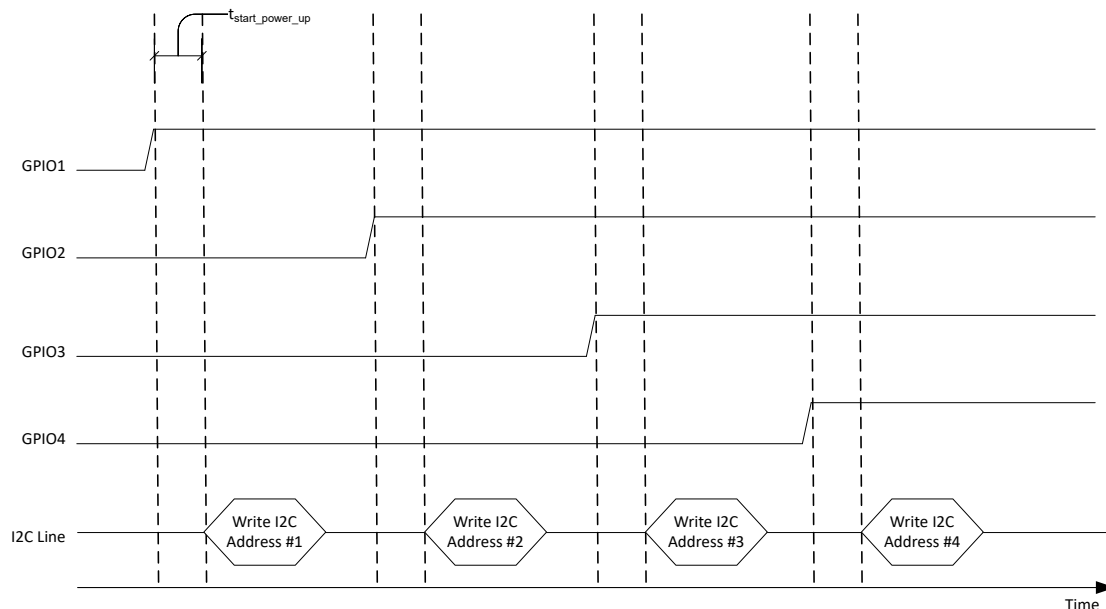
パラメータ	設計目標
同じバス内のデバイス数	4 (I <sup>2</sup> C バスに接続するセンサの数を増やす目的で同じ方法を使用可能)
設計目標	GPIO 数と部品数を最適化します
センサごとの電流供給	5mA、マイコン GPIO から供給されます

## 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 7-13 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 7-14 に示す 4 つの TMAG5273 に新しい I<sup>2</sup>C 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するには、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するには、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するには、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するには、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 7-14. 4 つのセンサの起動時間と I<sup>2</sup>C アドレス アロケーション

### 7.2.3 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。TMAG5273 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。

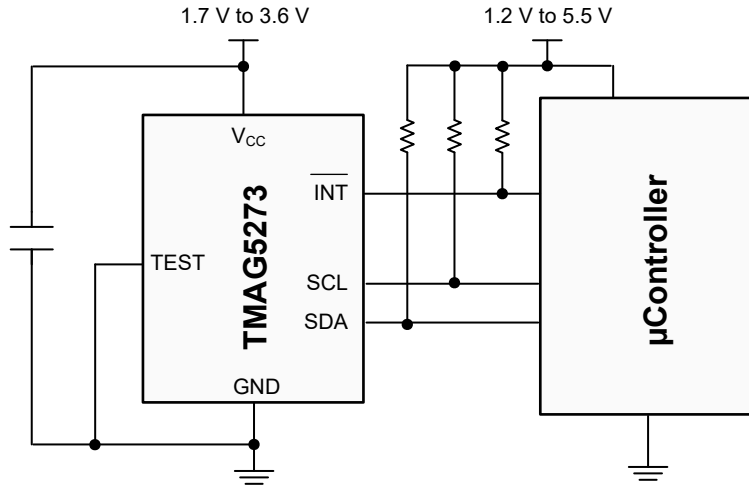


図 7-15. TMAG5273 角度測定のアプリケーション図

#### 7.2.3.1 設計要件

この設計例では、表 7-3 の設計パラメータを使用します。

表 7-3. 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	TMAG5273A1	TMAG5273A1
VCC	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

#### 7.2.3.2 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 7-17 または図 7-18 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 ビットでの目標の 2 進ゲイン設定は、 $G_X$  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。

### 7.2.3.2.1 角度測定のゲイン調整

一般的な測定トポロジとして、図 7-16 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。TMAG5273 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。

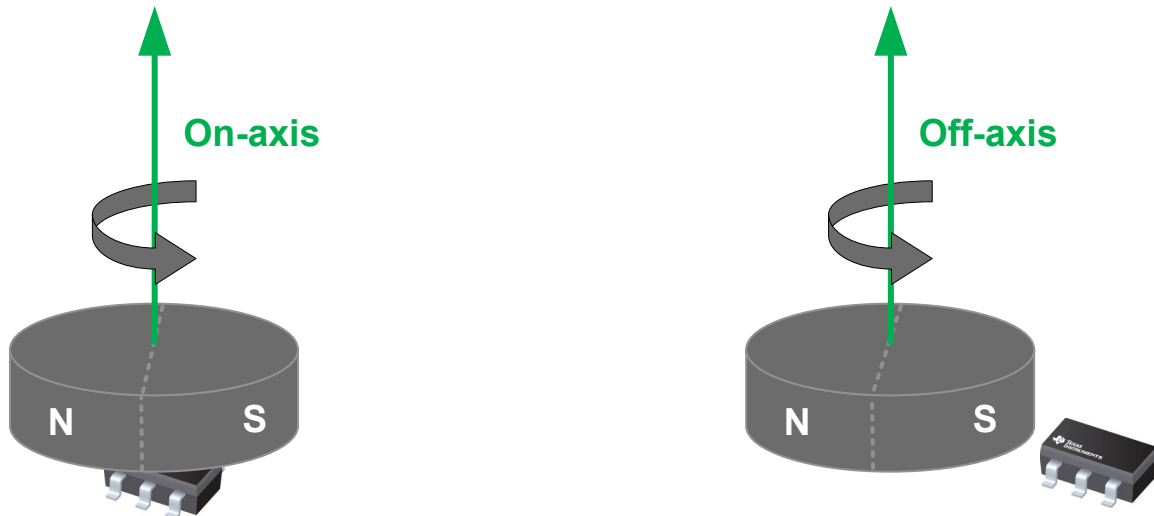


図 7-16. 軸上と軸外の角度の測定値

### 7.2.3.3 アプリケーション曲線

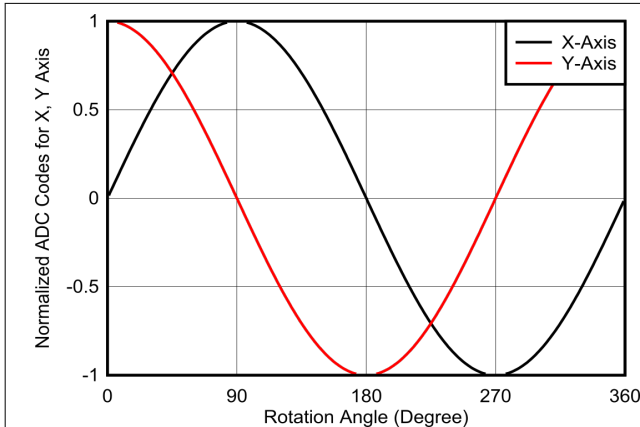


図 7-17. 軸上測定用に 360 度の回転全体を実現する X および Y センサ データ

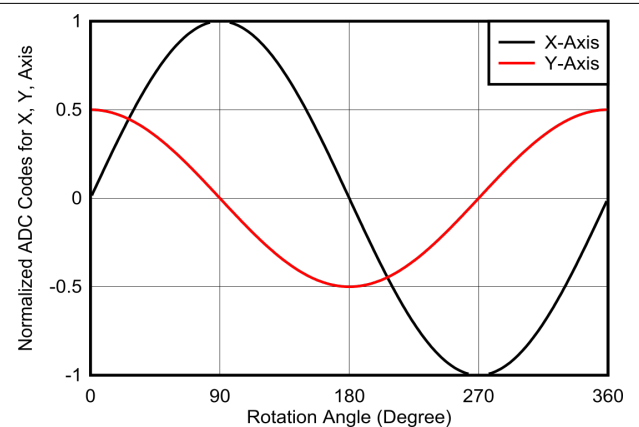


図 7-18. 360 度の回転全体で軸外測定を行う X および Y センサ データ

## 7.3 設計のベスト プラクティス

TMAG5273 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 I<sup>2</sup>C 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  $\overline{INT}$  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。TI では、0.01 $\mu$ F 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 ピンはグラウ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、大きく乱される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

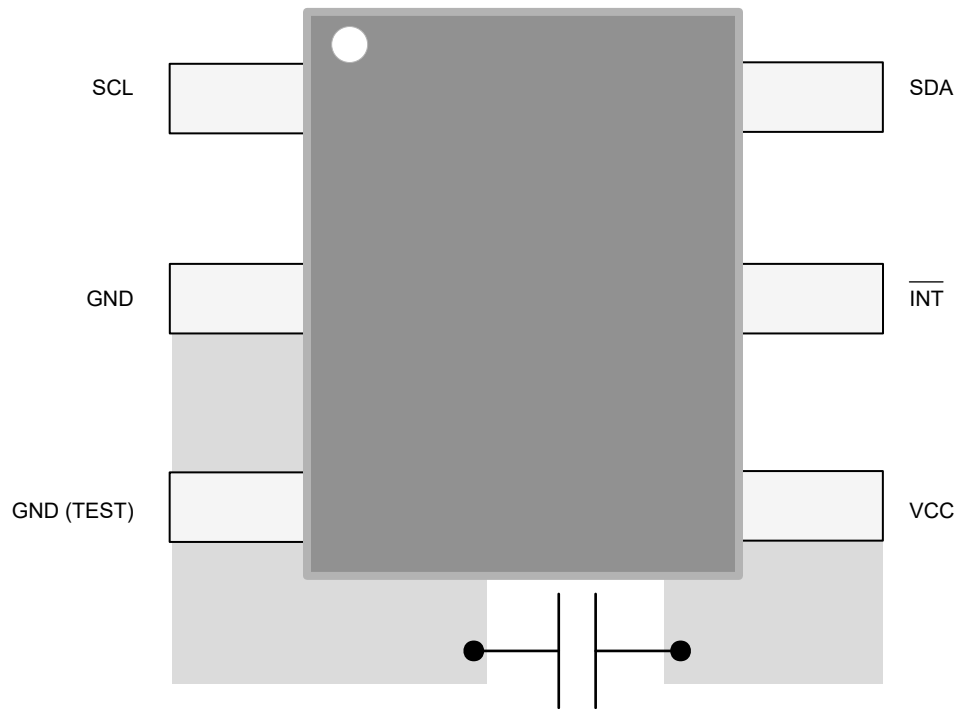


図 7-19. TMAG5273 のレイアウト例

## 8 レジスタ マップ

### 8.1 TMAG5273 のレジスタ

表 8-1 に、TMAG5273 レジスタの一覧を示します。表 8-1 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、レジスタの内容は変更しないでください。

ユーザー構成レジスタ

表 8-1. TMAG5273 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	表示
1h	DEVICE_CONFIG_2	デバイスの動作モードを構成	表示
2h	SENSOR_CONFIG_1	センサーデバイスの動作モード	表示
3h	SENSOR_CONFIG_2	センサーデバイスの動作モード	表示
4h	X_THR_CONFIG	X スレッシュホールド設定	表示
5h	Y_THR_CONFIG	Y スレッシュホールド設定	表示
6h	Z_THR_CONFIG	Z スレッシュホールド設定	表示
7h	T_CONFIG	温度センサ設定	表示
8h	INT_CONFIG_1	デバイスの動作モードを構成	表示
9h	MAG_GAIN_CONFIG	デバイスの動作モードを構成	表示
Ah	MAG_OFFSET_CONFIG_1	デバイスの動作モードを構成	表示
Bh	MAG_OFFSET_CONFIG_2	デバイスの動作モードを構成	表示
Ch	I2C_ADDRESS	I2C アドレス レジスタ	表示
Dh	DEVICE_ID	デバイスダイの ID	表示
Eh	MANUFACTURER_ID_LSB	メーカー ID 下位バイト	表示
Fh	MANUFACTURER_ID_MSB	メーカー ID 上位バイト	表示
10h	T_MSB_RESULT	変換結果レジスタ	表示
11h	T_LSB_RESULT	変換結果レジスタ	表示
12h	X_MSB_RESULT	変換結果レジスタ	表示
13h	X_LSB_RESULT	変換結果レジスタ	表示
14h	Y_MSB_RESULT	変換結果レジスタ	表示
15h	Y_LSB_RESULT	変換結果レジスタ	表示
16h	Z_MSB_RESULT	変換結果レジスタ	表示
17h	Z_LSB_RESULT	変換結果レジスタ	表示
18h	CONV_STATUS	変換ステータス レジスタ	表示
19h	ANGLE_RESULT_MSB	変換結果レジスタ	表示
1Ah	ANGLE_RESULT_LSB	変換結果レジスタ	表示
1Bh	MAGNITUDE_RESULT	変換結果レジスタ	表示
1Ch	DEVICE_STATUS	Device_Diag ステータス レジスタ	表示

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 8-2 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 8-2. TMAG5273 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		

表 8-2. TMAG5273 のアクセス タイプ コード (続き)

アクセス タイプ	コード	説明
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

### 8.1.1 DEVICE\_CONFIG\_1 レジスタ (オフセット = 0h) [リセット = 0h]

DEVICE\_CONFIG\_1 を表 8-3 に示します。

概略表に戻ります。

表 8-3. 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	I2C CRC バイトの送信をイネーブル 0h = CRC ディスエーブルを 1h = CRC をイネーブル
6-5	MAG_TEMPCO	R/W	0h	磁石の温度係数 0h = 0% (温度補償なし) 1h = 0.12%/°C (NdBFe) 2h = 予約済み 3h = 0.2%/°C (セラミック)
4-2	CONV_AVG	R/W	0h	センサー データの加サンプリングを有効にし、ノイズの影響を低減 (または分解能を向上) します 0h = 1× 平均、10.0 kSPS (3 軸) または 20kSPS (1 軸) 1h = 2× 平均、5.7 kSPS (3 軸) または 13.3kSPS (1 軸) 2h = 4× 平均、3.1kSPS (3 軸) または 8.0kSPS (1 軸) 3h = 8× 平均、1.6kSPS (3 軸) または 4.4kSPS (1 軸) 4h = 16× 平均、0.8kSPS (3 軸) または 2.4kSPS (1 軸) 5h = 32× 平均、0.4kSPS (3 軸) または 1.2kSPS (1 軸)
1-0	I2C_RD	R/W	0h	I2C の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用の 1 バイト I2C 読み取りコマンド 2h = 8 ビット センサ MSB データおよび変換ステータス用の 1 バイト I2C 読み取りコマンド 3h = 予約済み

### 8.1.2 DEVICE\_CONFIG\_2 レジスタ (オフセット = 1h) [リセット = 0h]

DEVICE\_CONFIG\_2 を表 8-4 に示します。

概略表に戻ります。

表 8-4. 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	割り込み機能のスレッシュホールドを選択します 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生成します 1h = x_THR_CONFIG レジスタの 7LSB を使用して、同一の大きさと反対方向の 2 つの磁気スレッシュホールド (北極および南極) を生成します。 2h = 予約済み 3h = 予約済み 4h = 予約済み 5h = 予約済み 6h = 予約済み 7h = 予約済み
4	LP_LN	R/W	0h	低消費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 0h = 低消費動作電流モード 1h = 低ノイズ モード
3	I2C_GLITCH_FILTER	R/W	0h	I2C グリッチ フィルタ 0h = グリッチ フィルタ有効 1h = グリッチ フィルタ無効
2	TRIGGER_MODE	R/W	0h	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。 0h = 変換は I2C コマンド ビットで開始。デフォルト 1h = 変換は INT ピンのトリガ信号で開始
1-0	OPERATING_MODE	R/W	0h	デバイスがウェークアップおよびスリープ モードからスタンバイ モードに移る場合、動作モードに基づいて動作モードを選択し、その値を更新します。 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) 1h = スリープ モード 2h = 連続測定モード 3h = ウェークアップおよびスリープ モード (W&S モード)

### 8.1.3 SENSOR\_CONFIG\_1 レジスタ (オフセット = 2h) [リセット = 0h]

SENSOR\_CONFIG\_1 を表 8-5 に示します。

概略表に戻ります。

表 8-5. 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取得を有効にします 0h = すべての磁気チャンネル無効、デフォルト 1h = X チャンネル有効 2h = Y チャンネル有効 3h = X、Y チャンネル有効 4h = Z チャンネル有効 5h = Z、X チャンネル有効 6h = Y、Z チャンネル有効 7h = X、Y、Z チャンネル有効 8h = XYX チャンネル有効 9h = YXY チャンネル有効 Ah = YZY チャンネル有効 Bh = XZX チャンネル有効 Ch = 予約済み Dh = 予約済み Eh = 予約済み Fh = 予約済み

表 8-5. SENSOR\_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
3-0	SLEEPTIME	R/W	0h	OPERATING_MODE = 11b の場合、変換間における低消費電力モードの待機時間を選択します 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

## 8.1.4 SENSOR\_CONFIG\_2 レジスタ (オフセット = 3h) [リセット = 0h]

SENSOR\_CONFIG\_2 を表 8-6 に示します。

概略表に戻ります。

表 8-6. 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	THR_X_COUNT	R/W	0h	割り込みがアサートされるまでのスレッショルド超過回数を指定します 0h = 1 回のスレッショルド超過 1h = 4 回のスレッショルド超過
5	MAG_THR_DIR	R/W	0h	スレッショルド チェックの方向を選択します THR_HYST > 001b の場合、このビットは無視されます 0h = スレッショルドを上回るフィールドの割り込みを設定 1h = スレッショルドを下回る磁場に対して割り込みを設定します
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 = ゲイン調整のために最初のチャンネルを選択します 1h = ゲイン調整のため 2 番目のチャンネルを選択します
3-2	ANGLE_EN	R/W	0h	選択した 2 つの磁気チャンネル間で、角度計算、磁気ゲイン、およびオフセット補正を有効にします 0h = 角度計算、ゲイン補正、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 (TMAG5273A1) または ±133mT (TMAG5273A2)、デフォルト 1h = ±80mT (TMAG5273A1) または ±266mT (TMAG5273A2)
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 (TMAG5273A1) または ±133mT (TMAG5273A2)、デフォルト 1h = ±80mT (TMAG5273A1) または ±266mT (TMAG5273A2)

## 8.1.5 X\_THR\_CONFIG レジスタ (オフセット = 4h) [リセット = 0h]

表 8-7 に、X\_THR\_CONFIG を示します。

概略表に戻ります。

表 8-7. 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 軸スレッシュヨルド コード。スレッシュヨルドの設定可能範囲は +/-128 です。mT 単位のスレッシュヨルド値は、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、スレッシュヨルドの比較がないことを意味します。

### 8.1.6 Y\_THR\_CONFIG (オフセット = 5h) [リセット = 0h]

表 8-8 に、Y\_THR\_CONFIG を示します。

概略表に戻ります。

表 8-8. 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 軸スレッシュヨルド コード。スレッシュヨルドの設定可能範囲は +/-128 です。mT 単位のスレッシュヨルド値は、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、スレッシュヨルドの比較がないことを意味します。

### 8.1.7 Z\_THR\_CONFIG (オフセット = 6h) [リセット = 0h]

表 8-9 に、Z\_THR\_CONFIG を示します。

概略表に戻ります。

表 8-9. 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 軸スレッシュヨルド コード。スレッシュヨルドの設定可能範囲は +/-128 です。mT 単位のスレッシュヨルド値は、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、スレッシュヨルドの比較がないことを意味します。

### 8.1.8 T\_CONFIG レジスタ (オフセット = 7h) [リセット = 0h]

表 8-10 に、T\_CONFIG を示します。

概略表に戻ります。

表 8-10. 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ヨルド コード。有効な温度スレッシュヨルド範囲は -41C ~ 170C で、-41C = 1Ah および 170C = 34h のスレッシュヨルド コードです。分解能は 8°C/LSB です。デフォルトの 0h は、スレッシュヨ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 = 温度チャネルが無効化 1h = 温度チャネルが有効化

### 8.1.9 INT\_CONFIG\_1 レジスタ (オフセット = 8h) [リセット = 0h]

INT\_CONFIG\_1 を表 8-11 に示します。

概略表に戻ります。

表 8-11. 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	変換完了時に割り込み応答をイネーブルします 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ます 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します
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ません 1h = スレッシュホールドを超えると割り込みをアサートします
5	INT_STATE	R/W	0h	$\overline{\text{INT}}$ 割り込みのラッチまたはパルス駆動。 0h = $\overline{\text{INT}}$ 割り込みは、プライマリがデバイスにアドレスしてクリアするまでラッチされます 1h = $\overline{\text{INT}}$ 割り込みは 10us のパルス出力になります
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 = 予約済み 6h = 予約済み 7h = 予約済み
1	予約済み	R	0h	予約済み
0	MASK_INTB	R/W	0h	$\overline{\text{INT}}$ が GND に接続されている場合に $\overline{\text{INT}}$ ピンをマスク 0h = $\overline{\text{INT}}$ ピンはイネーブル 1h = $\overline{\text{INT}}$ ピンをディスエーブル (ウェークアップおよびトリガ機能の場合)

### 8.1.10 MAG\_GAIN\_CONFIG (オフセット = 9h) [リセット = 0h]

表 8-12 に、MAG\_GAIN\_CONFIG を示します。

概略表に戻ります。

表 8-12. 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。

### 8.1.11 MAG\_OFFSET\_CONFIG\_1 レジスタ (オフセット = Ah) [リセット = 0h]

MAG\_OFFSET\_CONFIG\_1 を表 8-13 に示します。

概略表に戻ります。

表 8-13. 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	プライマリによって設定される、第一軸のオフセット値を調整するための 8 ビット 2 の補数オフセット値です。有効なオフセット設定値の範囲は $\pm 128$ です。オフセット値は、ビット分解能に入力された値を乗算することによって計算されます。

### 8.1.12 MAG\_OFFSET\_CONFIG\_2 レジスタ (オフセット = Bh) [リセット = 0h]

MAG\_OFFSET\_CONFIG\_2 を表 8-14 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 8-14. 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	プライマリによって設定される、二番目の軸のオフセット値を調整するための 8 ビット 2 の補数オフセット値です。有効なオフセット設定値の範囲は $\pm 128$ です。オフセット値は、ビット分解能に入力された値を乗算することによって計算されます。

### 8.1.13 I2C\_ADDRESS レジスタ (オフセット = Ch) [リセット = 6Ah]

I2C\_ADDRESS を表 8-15 に示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 8-15. 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

### 8.1.14 DEVICE\_ID レジスタ (オフセット = Dh) [リセット = xh]

表 8-16 に、DEVICE\_ID の詳細を示します。

[概略表](#)に戻ります。

表 8-16. 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	Xh	予約済み
1-0	VER	R	Xh	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 = 予約済み 1h = $\pm 40\text{mT}$ 、 $\pm 80\text{mT}$ の範囲 2h = $\pm 133\text{mT}$ 、 $\pm 266\text{mT}$ の範囲 3h = 予約済み

### 8.1.15 MANUFACTURER\_ID\_LSB レジスタ (オフセット = Eh) [リセット = 49h]

表 8-17 に、MANUFACTURER\_ID\_LSB を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-17. 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	8 ビットの一意なメーカー ID

### 8.1.16 MANUFACTURER\_ID\_MSB レジスタ (オフセット = Fh) [リセット = 54h]

表 8-18 に、MANUFACTURER\_ID\_MSB を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-18. 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	8 ビットの一意なメーカー ID

### 8.1.17 T\_MSB\_RESULT レジスタ (オフセット = 10h) [リセット = 0h]

表 8-19 に、T\_MSB\_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-19. 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。

### 8.1.18 T\_LSB\_RESULT レジスタ (オフセット = 11h) [リセット = 0h]

表 8-20 に、T\_LSB\_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-20. 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。

### 8.1.19 X\_MSB\_RESULT レジスタ (オフセット = 12h) [リセット = 0h]

表 8-21 に、X\_MSB\_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-21. 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。

### 8.1.20 X\_LSB\_RESULT レジスタ (オフセット = 13h) [リセット = 0h]

表 8-22 に、X\_LSB\_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-22. 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。

### 8.1.21 Y\_MSB\_RESULT レジスタ (オフセット = 14h) [リセット = 0h]

表 8-23 に、Y\_MSB\_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-23. 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 チャネルのデータ変換結果、MSB 8 ビット。

### 8.1.22 Y\_LSB\_RESULT レジスタ (オフセット = 15h) [リセット = 0h]

表 8-24 に、Y\_LSB\_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-24. 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 チャネルのデータ変換結果、LSB 8 ビット。

### 8.1.23 Z\_MSB\_RESULT レジスタ (オフセット = 16h) [リセット = 0h]

表 8-25 に、Z\_MSB\_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-25. 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 チャネルのデータ変換結果、MSB 8 ビット。

### 8.1.24 Z\_LSB\_RESULT レジスタ (オフセット = 17h) [リセット = 0h]

表 8-26 に、Z\_LSB\_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-26. 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 チャネルのデータ変換結果、LSB 8 ビット。

### 8.1.25 CONV\_STATUS レジスタ (オフセット = 18h) [リセット = 10h]

表 8-27 に、CONV\_STATUS を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-27. 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 を書き込んだとき、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
1	DIAG_STATUS	R	0h	VCC の低電圧 (UV)、内部メモリの CRC エラー、 $\overline{\text{INT}}$ ピン エラー、内部クロック エラーを含む内部診断の異常を検出します。 0h = 診断異常なし 1h = 診断異常を検出
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ません 1h = データ変換は完了しています

### 8.1.26 ANGLE\_RESULT\_MSB レジスタ (オフセット = 19h) [リセット = 0h]

表 8-28 に、ANGLE\_RESULT\_MSB を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-28. 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。

### 8.1.27 ANGLE\_RESULT\_LSB レジスタ (オフセット = 1Ah) [リセット = 0h]

表 8-29 に、ANGLE\_RESULT\_LSB を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-29. 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。

### 8.1.28 MAGNITUDE\_RESULT レジスタ (オフセット = 1Bh) [リセット = 0h]

表 8-30 に、MAGNITUDE\_RESULT を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-30. 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	結果ベクトルの大きさ (角度測定中) 結果。この値は 360 度の測定中は一定である必要があります

### 8.1.29 DEVICE\_STATUS レジスタ (オフセット = 1Ch) [リセット = 10h]

表 8-31 に、DEVICE\_STATUS を示します。

概略表に戻ります。

**表 8-31. 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 $\overline{\text{INT}}$ 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 $\overline{\text{INT}}$ ピンのステータスによって異なります。 0h = $\overline{\text{INT}}$ ピンが low に駆動 1h = $\overline{\text{INT}}$ ピンのステータスが high
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 を書き込んだとき、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 を書き込んだとき、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 を書き込んだとき、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	VCC 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 = VCC UV は未検出 1h = VCC UV は検出済み

## 9 デバイスおよびドキュメントのサポート

### 9.1 ドキュメントのサポート

#### 9.1.1 関連資料

関連資料については、以下を参照してください。

- テキサス インスツルメンツ、『[HALL-ADAPTER-EVM ユーザー ガイド](#)』
- テキサス インスツルメンツ、『[TMAG5173 評価マニュアルユーザーガイド](#)』
- テキサスインスツルメンツ、その他のリソース:『[多軸リニア ホール効果センサによる角度測定](#)』アプリケーション ノート
- テキサスインスツルメンツ、『[ホール効果センサを使用する回転運動用の絶対角度測定](#)』アプリケーション ブリーフ
- テキサス インスツルメンツ、『[ホール効果センサを使用した、干渉および移動終了検出における、限界検出](#)』アプリケーション ブリーフ

### 9.2 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](http://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。

### 9.3 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。

### 9.4 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。

### 9.5 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。

### 9.6 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。

## 10 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision B (July 2024) to Revision C (April 2026)	Page
• 「電気的特性」表の VCC <sub>UV</sub> 仕様を更新し、脚注 (1) を削除 .....	6
• 「温度センサ」表の温度検出分解能を更新 .....	7
• A2_RANGE のテスト条件を 1b (±266 mT) に更新し、「磁気特性」を更新 .....	9
• I <sup>2</sup> C バス上に複数のデバイスを接続した場合の CRC 動作に関する注を追加.....	24
• DIAG_STATUS および VCC_UV_ER レジスタの説明を更新.....	43

<b>Changes from Revision A (September 2021) to Revision B (July 2024)</b>	<b>Page</b>
• 電気的特性のセクションの ICC_DCM パラメータのフォーマットを更新 .....	6
• 「A1 の磁気特性」のテスト条件のフォーマットを更新 .....	8
• 「A2 の磁気特性」のテスト条件のフォーマットを更新 .....	9
• 電源投入および変換時間のテスト条件のフォーマットを更新。 .....	10
• スリープ モードからスタンバイ モードへの移行中の INT 機能の情報を追加.....	18
• 以下の文を追加。結果割り込み機能は W&S モード中は使用できません.....	18
• 長いデータ ストリームに対する CRC サポートに関する例外注記を削除.....	21
• CRC がイネーブルのときの例外の注を削除.....	21
• DEVICE_ID レジスタのリセットを 1h から xh に変更.....	43

<b>Changes from Revision * (June 2021) to Revision A (September 2021)</b>	<b>Page</b>
• 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

## 11 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。

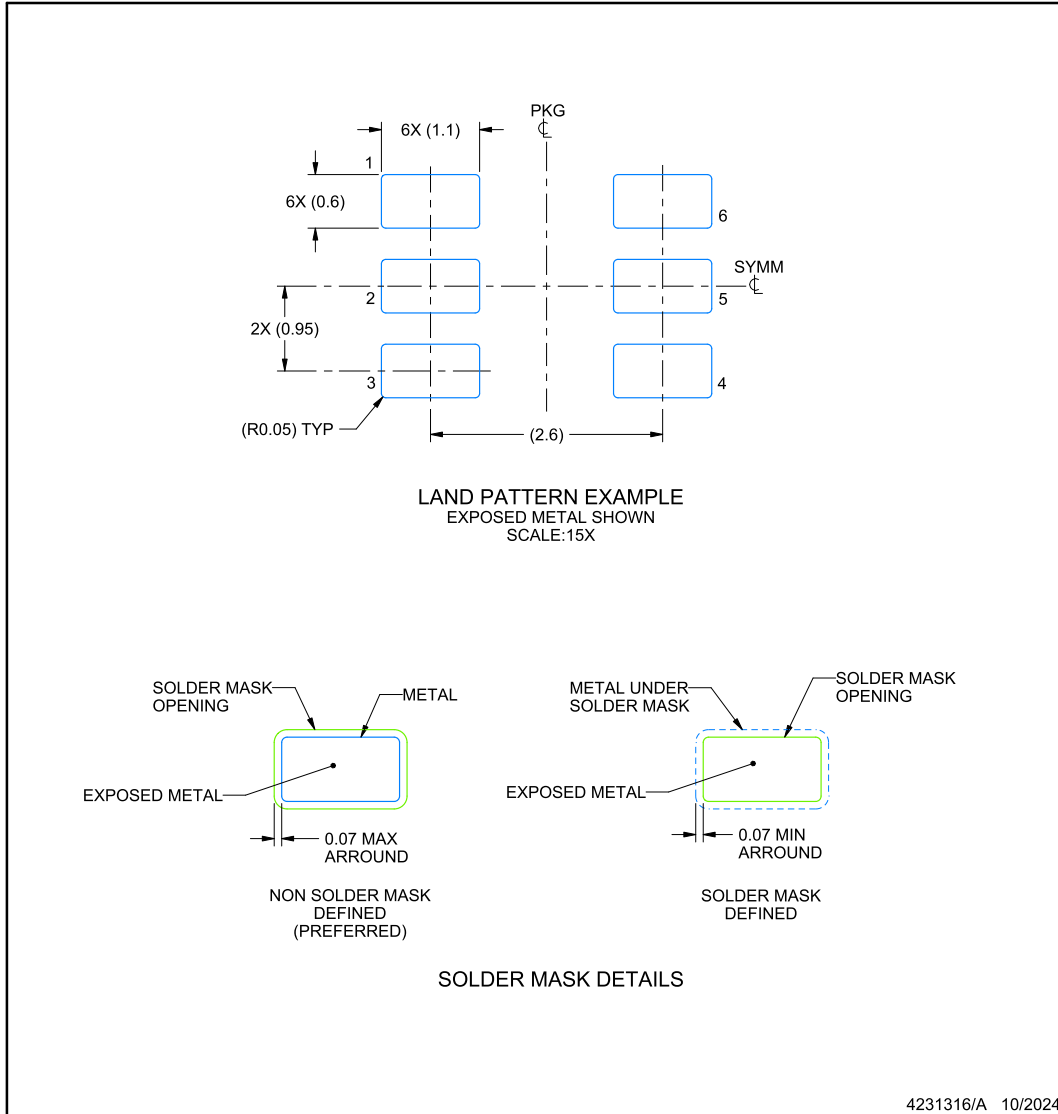


TMAG5173xxx/TMAG5273xxx  
**DBV0006A-C02**

**EXAMPLE BOARD LAYOUT**

**SOT-23 - 1.4 mm max height**

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



NOTES: (continued)

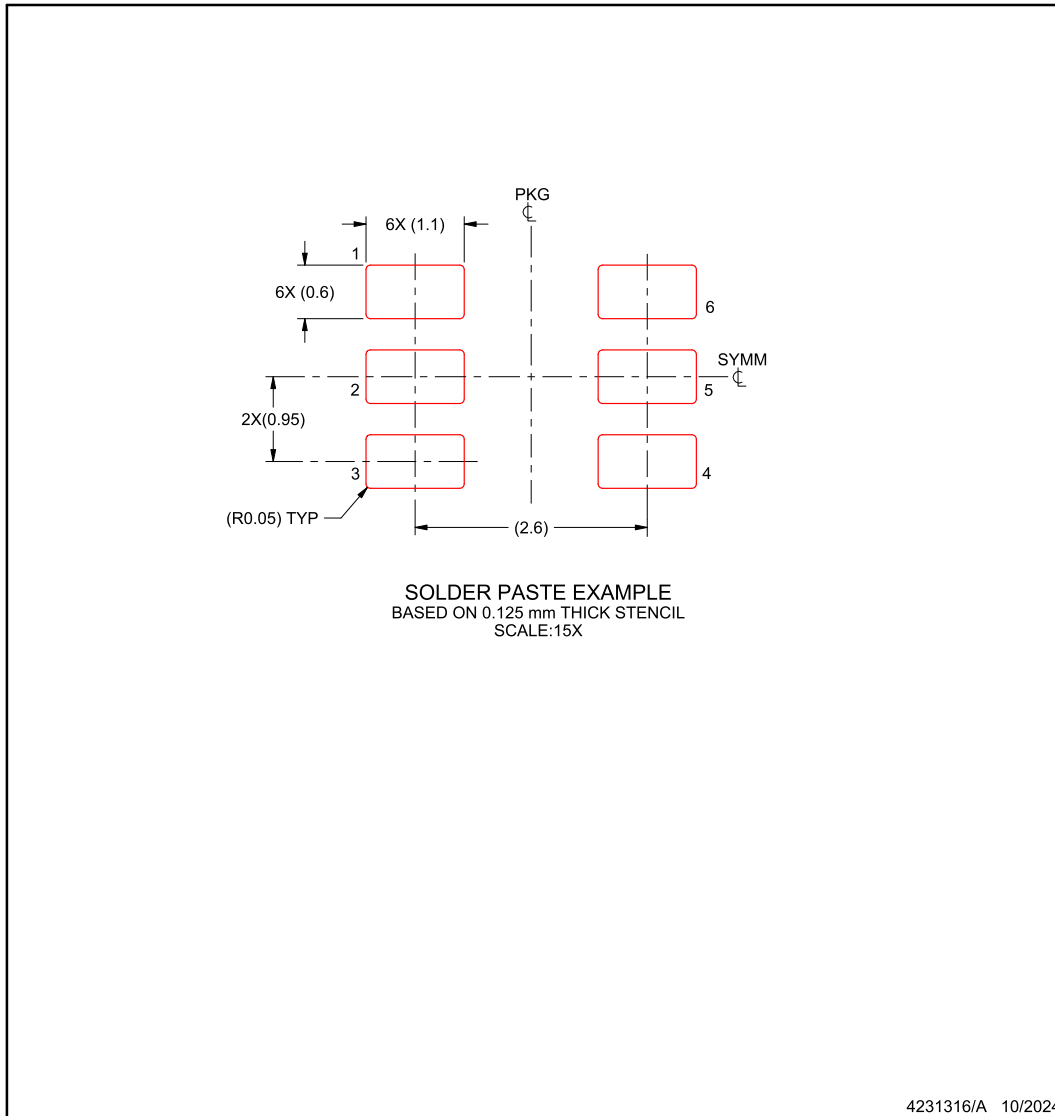
- 6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
- 7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

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)
<a href="#">TMAG5273A1QDBVR</a>	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52A1
TMAG5273A1QDBVR.A	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52A1
<a href="#">TMAG5273A2QDBVR</a>	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52A2
TMAG5273A2QDBVR.A	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52A2
<a href="#">TMAG5273B1QDBVR</a>	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52B1
TMAG5273B1QDBVR.A	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52B1
<a href="#">TMAG5273B2QDBVR</a>	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52B2
TMAG5273B2QDBVR.A	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52B2
<a href="#">TMAG5273C1QDBVR</a>	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52C1
TMAG5273C1QDBVR.A	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52C1
<a href="#">TMAG5273C2QDBVR</a>	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52C2
TMAG5273C2QDBVR.A	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52C2
<a href="#">TMAG5273D1QDBVR</a>	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52D1
TMAG5273D1QDBVR.A	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52D1
<a href="#">TMAG5273D2QDBVR</a>	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52D2
TMAG5273D2QDBVR.A	Active	Production	SOT-23 (DBV)   6	3000   LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	52D2

(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.

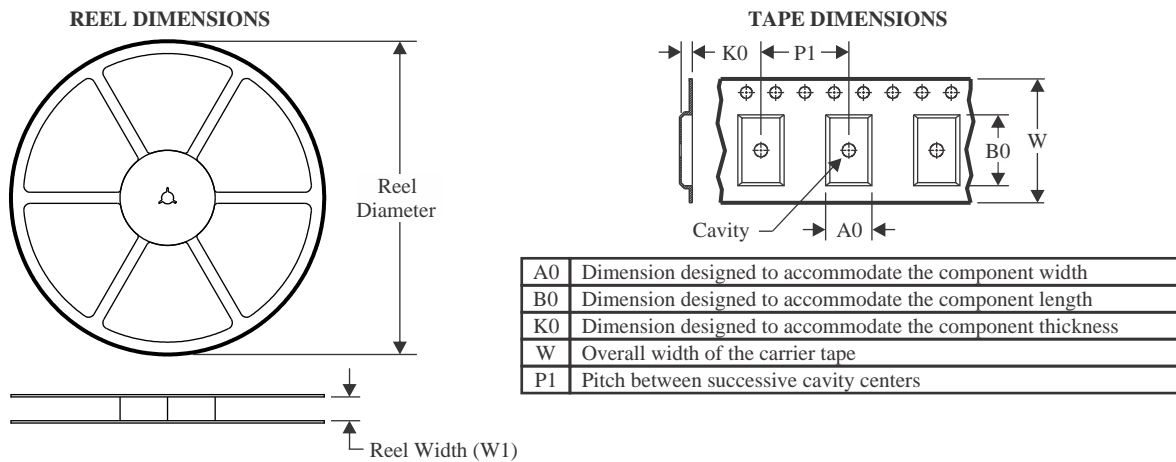
**(6) Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

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.

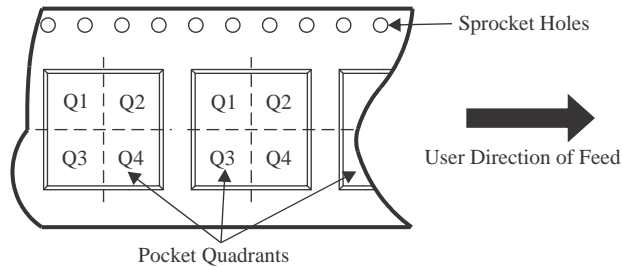
**Important Information and Disclaimer:**The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. 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
TMAG5273A1QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5273A2QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5273B1QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5273B2QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5273C1QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5273C2QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5273D1QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5273D2QDBVR	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)
TMAG5273A1QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5273A2QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5273B1QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5273B2QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5273C1QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5273C2QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5273D1QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5273D2QDBVR	SOT-23	DBV	6	3000	190.0	190.0	30.0

## 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、

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 © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日 : 2025 年 10 月