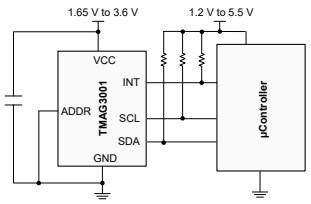
TMAG3001 WCSP で供給される、I²C インターフェイスおよびウェイクアップ検出機能搭載、低消費電力、3 次元リニアおよび角度ホール効果センサ

1 特長

- 次のような電力モードを構成可能:
  - アクティブ モード電流:2.1mA
  - ウェークアップおよびスリープ モード電流:0.45µA
  - スリープ モード電流:40nA
- X、Y、Z 軸で線形磁気感度範囲を選択可能:
  - TMAG3001A1 サンプル:±40mT、±80mT
  - TMAG3001A2:±120mT、±240mT
- ゲインおよびオフセット調整付きの角度計算機能を内蔵し、軸外の配置をサポート
- I²C または専用 $\overline{\text{INT}}$ ピンによる変換トリガ
- 以下に基づく割り込み信号
  - 磁気または角度スレッショルドの交差
  - 前回の測定からの変化
- 構成可能な 3 次元または角度スイッチ モード
- 低ノイズ用に最適化、最大 20kSPS の 1 軸変換レートをサポート
- 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
  - ADDR ピンにより同じバス上で 4 つのデバイスをイネーブル
- 複数の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
- 電源電圧 V_{CC} 範囲:1.65V ～ 3.6V
- 動作温度範囲:-40℃ ～ 125℃

2 アプリケーション

- 電子スマート ロック
- ドアや窓のセンサ
- 磁気近接センサ
- 移動型ロボットのモーター制御
- スマートウォッチ
- アクチュエータ
- 位置センサ
- 折りたたみ式のスマートフォンやタブレット
- ジョイスティックとゲーム用コントローラ



アプリケーション ブロック図

3 説明

TMAG3001 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 12 ビット A/D コンバータにより、磁界のアナログ測定値をデジタル値に変換します。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、低電圧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。

TMAG3001 は I²C 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て使用できます。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) に構成できるため、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 I²C 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 $\overline{\text{INT}}$ 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。このデバイスは、磁気または角度測定用の構成可能な低消費電力スイッチ モードも備えています。

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。

TMAG3001 は、4 つの異なる I²C アドレスの利用を可能にする、ADDR ピンを備えています。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対応する 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℃～125℃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)
TMAG3001	YBG (DSBGA、6)	0.83mm × 1.32mm

(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。

このリソースの元の言語は英語です。翻訳は概要を便宜的に提供するもので、自動化ツール (機械翻訳) を使用していることがあり、TI では翻訳の正確性および妥当性につきましては一切保証いたしません。実際の設計などの前には、ti.com で必ず最新の英語版をご参照くださいますようお願いいたします。

目次

1 特長 1
2 アプリケーション 1
3 説明 1
4 ピン構成および機能 3
5 仕様 4
5.1 絶対最大定格 4
5.2 ESD 定格 4
5.3 推奨動作条件 4
5.4 熱に関する情報 4
5.5 電気的特性 5
5.6 温度センサ 6
5.7 A1 の磁気特性 6
5.8 A2 の磁気特性 8
5.9 磁気温度補償特性 9
5.10 I²C インターフェイスのタイミング 9
5.11 起動時間 11
5.12 タイミング図 11
5.13 代表的特性 12
6 詳細説明 13
6.1 概要 13
6.2 機能ブロック図 13
6.3 機能説明 14
6.4 デバイスの機能モード 22
6.5 プログラミング 24
7 レジスタ マップ 40
7.1 TMAG3001 のレジスタ 40
8 アプリケーションと実装 60
8.1 アプリケーション情報 60
8.2 代表的なアプリケーション 70
8.3 設計のベスト プラクティス 73
8.4 電源に関する推奨事項 74
8.5 レイアウト 74
9 デバイスおよびドキュメントのサポート 75
9.1 ドキュメントのサポート 75
9.2 ドキュメントの更新通知を受け取る方法 75
9.3 サポート・リソース 75
9.4 商標 75
9.5 静電気放電に関する注意事項 75
9.6 用語集 75
10 改訂履歴 75
11 メカニカル、パッケージ、および注文情報 77

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 ピン構成および機能

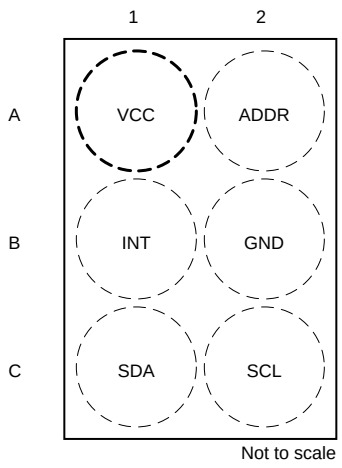


図 4-1. YBG (6-DSBGA) 上面図

表 4-1. ピンの機能

ピン		タイプ	説明
番号	名称		
A1	VCC	電源	電源。
A2	ADDR	入力	アドレス ピン。SDA、SCL、VCC、GND のいずれかに接続できます。
B1	$\overline{\text{INT}}$	IO	割り込み出力とトリガ入力。オープン ドレイン出力として使用する場合、プルアップ抵抗が必要です。トリガ入力として使用する場合、プルアップは不要です。
B2	GND	グランド	グランド基準。
C1	SDA	IO	シリアル データ。
C2	SCL	IO	シリアル クロック。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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、$\overline{INT}$	0	10	mA
V_{OUT}	出力電圧、SDA、$\overline{INT}$	-0.3	7	V
V_{IN}	入力電圧、SCL、SDA、ADDR、$\overline{INT}$	-0.3	7	V
B_{MAX}	磁束密度		制限なし	T
T_J	接合部温度	-40	150	℃
T_{stg}	保存温度	-65	170	℃

(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)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 準拠(1)		±2000	V
		デバイス帯電モデル (CDM)、ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 に準拠(2)	コーナー ピン (1、6、3、4)	±700	
			その他のピン	±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

		最小値	公称値	最大値	単位
V_{CC}	電源電圧	1.65		3.6	V
V_{OUT}	出力電圧、SDA、$\overline{INT}$	0		3.6	V
I_{OUT}	出力電流、SDA、$\overline{INT}$			4.5	mA
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)		TMAG3001 YBG (WCSP) 6 ピン	単位
$R_{\theta JA}$	接合部から周囲への熱抵抗	131.8	℃/W
$R_{\theta JC(top)}$	接合部からケース (上面) への熱抵抗	1.4	℃/W
$R_{\theta JC(bottom)}$	接合部からケース (底面) への熱抵抗	該当なし	℃/W
$R_{\theta JB}$	接合部から基板への熱抵抗	36.4	℃/W
Ψ_{JT}	接合部から上面への特性パラメータ	0.3	℃/W
Ψ_{JB}	接合部から基板への特性パラメータ	36.4	℃/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。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.5 電気的特性

自由気流での動作温度範囲内、V_{CC} = 1.65V ～ 3.6V (特に記述のない限り)。標準仕様は T_A = 25℃ かつ V_{CC} = 3.3V でのもの (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
I/O の特性						
V_{OL}	出力 low 電圧、SDA、$\overline{INT}$ ピン	I_{OUT} = 2mA	0		0.4	V
V_{IH}	入力 HIGH 電圧	V_{CC} = 1.65V～1.9V	0.7 × V_{CC}			V
		V_{CC} = 2.3V～3.6V	0.65 × V_{CC}			V
V_{IL}	入力 LOW 電圧	V_{CC} = 1.65V～1.9V			0.3 × V_{CC}	V
		V_{CC} = 2.3V～3.6V			0.35 × V_{CC}	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
$t_{FALL_\overline{INT}}$	$\overline{INT}$ 出力立ち下がり時間	R_{PU} = 10kΩ C_L = 20pF		6		ns
$t_{INT\ (\overline{INT})}$	パルス モード中の $\overline{INT}$ 割り込み時間	INT_Mode[2:0] = 1h または 2h		10		µs
$t_{INT\ (SCL)}$	SCL 割り込み時間	INT_Mode[2:0] = 3h または 4h		10		µs
C_{IN}	入力容量	f_s = 1MHz			7.5	pF
DC 電源セクション						
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 = 0h V_{CC} = 1.8V		2.1	3.5	mA
		LP_LN = 1h V_{CC} = 1.8V		2.8	4.5	mA
		LP_LN = 0h V_{CC} = 3.3V		2.4	4	mA
		LP_LN = 1h V_{CC} = 3.3V		3.0	4.8	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	1	mA
I_{SLEEP}	スリープ モード電流			40		nA
デューティ サイクル モード中の平均電力						
I_{CC_DCM}	W&S モードの消費電流 ウェークアップ間隔 5000ms LP_LN = 0h	磁気 1 チャネル変換 V_{CC} = 1.8V		0.4	1.1	µA
		磁気 1 チャネル変換 V_{CC} = 3.3V		0.5	1.3	µA
	W&S モードの消費電流 1ms のウェークアップ間隔 Conv_AVG[2:0] = 0h LP_LN = 0h	磁気 1 チャネル変換 V_{CC} = 3.3V		110	250	µA
		磁気 4 チャネル変換 V_{CC} = 3.3V		230	375	µA

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.6 温度センサ

自由気流での動作温度範囲内、V_{CC} = 1.65V ～ 3.6V (特に記述のない限り)。標準仕様は T_A = 25℃かつ V_{CC} = 3.3V でのもの (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		125	℃
T_{SENS_RES}	温度センシング分解能 (16 ビット形式)			58.2		LSB/℃
T_{ADC_T0}	室温 25°C での温度は、10 進の値です			17512		
T_{ERR}	温度誤差の精度	T_A = –40℃ ～ 125℃		±0.5	±5	℃
NRMS_T	RMS (1 シグマ) 温度ノイズ	Conv_AVG = 5h		0.05		℃
NRMS_T	RMS (1 シグマ) 温度ノイズ	Conv_AVG = 0h		0.3		℃

5.7 A1 の磁気特性

自由気流での動作温度範囲内、Conv_AVG = 5h および V_{CC} = 1.65V ～ 3.6V (特に記述のない限り)。標準仕様は T_A = 25℃かつ V_{CC} = 3.3V でのもの (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}	リニア磁気範囲	_RANGE = 0h		±37		mT
		_RANGE = 1h		±75		
SENS	感度、X、Y、Z 軸 LP_LN = 1h	±40mT 範囲		885		LSB/mT
		±80mT 範囲		446		
$SENS_{ERR}$	感度誤差、X、Y、Z 軸 LP_LN = 1h	T_A = 25℃		±1.8	±7.7	%
$SENS_{ERR_DR}$	感度ドリフト x、y、z X、Y、Z 軸	T_A = –40℃～25℃	-0.069		0.037	%/°C
		T_A = 25℃～85℃	-0.028		0.069	
		T_A = 85℃～125℃	-0.113		0.086	
$SENS_{LER}$	感度直線性誤差、X、Y 軸	T_A = 25℃		±0.11	±0.9	%
	感度直線性誤差、Z 軸			±0.30	±1.1	
$SENS_{DRLER}$	感度ドリフトの直線性誤差	X、Y 軸			3.5	%
		Z 軸			4.3	
$SENS_{MS}$	感度ミスマッチ、X-Y 軸:	T_A = 25°C LP_LN = 1h		±2.8	±6	%
	感度ミスマッチ、Y-Z 軸、X-Z 軸のいずれか			±3.5	±8.7	
$SENS_{MS_DR}$	感度ミスマッチのドリフト X-Y 軸	T_A = –40℃～25℃	-0.027		0.029	%/°C
		T_A = 25℃～85℃	-0.032		0.023	
		T_A = 85℃～125℃	-0.041		0.029	
	感度ミスマッチのドリフト X-Y 軸	T_A = –40℃～25℃	-0.054		0.027	
		T_A = 25℃～85℃	-0.063		0.023	
		T_A = 85℃～125℃	-0.067		0.036	
$SENS_{MS_DR_LIN}$	感度ミスマッチ ドリフトの直線性誤差	X-Y 軸			1.5	%
		Y-Z 軸または X-Z 軸			1.5	%
B_{off}	オフセット T_A = 25°C	範囲 = 0h		±85	±750	μT
		範囲 = 1h		±70	±650	μT
B_{off_DR}	25°C の値によるオフセット ドリフト	T_A = –40℃～25℃		±1	±9.3	μT/°C
		T_A = 25℃～125℃		±1	±9.6	μT/°C
$B_{off_DR_LIN}$	オフセット ドリフト直線性誤差	範囲 = 0h			0.06	%
		範囲 = 1h			0.04	%

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

自由気流での動作温度範囲内、Conv_AVG = 5h および V_{CC} = 1.65V ～ 3.6V (特に記述のない限り)。標準仕様は T_A = 25℃かつ V_{CC} = 3.3V でのもの (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}	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ (X 軸または Y 軸)	LP_LN = 0h Conv_AVG = 0h		105		μT
		LP_LN = 1h Conv_AVG = 0h		95		μT
		LP_LN = 0h Conv_AVG = 5h		17.5		μT
		LP_LN = 1h Conv_AVG = 5h		16		μT
N_{RMS}	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ (Z 軸)	LP_LN = 0h Conv_AVG = 0h		58		μT
		LP_LN = 1h Conv_AVG = 0h		53		μT
		LP_LN = 0h Conv_AVG = 5h		10		μT
		LP_LN = 1h Conv_AVG = 5h		9		μT
A_{ERR} (1)	角度誤差 T_A = 25°C LP_LN = 1h	X-Y 軸		0.4	±0.95	度
		X-Z 軸		0.43	±1.0	度
		Y-Z 軸		0.38	±0.90	度
	角度誤差 T_A = –40°C ～ 125°C LP_Ln = 1h	X-Y 軸			±2.3	度
		X-Z 軸			±1.5	度
		Y-Z 軸			±1.8	度
A_{NRMS} (1)	RMS (1 シグマ) 角度ノイズ (X-Y)	LP_LN = 1h		0.042		度
	RMS (1 シグマ) 角度ノイズ (X-Z または Y-Z)			0.036		度

(1) 角度の測定は、センサと位置を合わせた磁石を使用して行います

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.8 A2 の磁気特性

自由気流での動作温度範囲内、V_{CC} = 1.65V ～ 3.6V (特に記述のない限り)。標準仕様は T_A = 25℃ かつ V_{CC} = 3.3V でのもの (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}	リニア磁気範囲	_RANGE = 0h		±120		mT
		_RANGE = 1h		±240		
SENS	感度、X、Y、Z 軸 LP_LN = 1h	±120mT 範囲		273		LSB/mT
		±240mT 範囲		137		
$SENS_{ERR}$	感度誤差、X、Y、Z 軸 LP_LN = 1h	T_A = 25℃		±0.5	±6	%
$SENS_{ERR_DR}$	感度ドリフト x、y、z X、Y、Z 軸	T_A = –40℃～25℃	-0.063		0.042	%/°C
		T_A = 25℃～85℃	-0.018		0.072	
		T_A = 85℃～125℃	-0.071		0.046	
$SENS_{LER}$	感度直線性誤差、X、Y 軸	T_A = 25℃		±0.10	1.5	%
	感度直線性誤差、Z 軸	T_A = 25℃		±0.10	1.5	
$SENS_{DRLER}$	感度ドリフトの直線性誤差	X、Y 軸			2.5	%
		Z 軸			3.5	
$SENS_{MS}$	X-Y 軸間の感度ミスマッチ	T_A = 25°C LP_LN = 1h		±0.75	±4.5	%
	Y-Z 軸または X-Z 軸間の感度ミスマッチ			±0.55	±6.5	
$SENS_{MS_DR}$	感度ミスマッチのドリフト X-Y 軸	T_A = –40℃～25℃	-0.041		0.041	%/°C
		T_A = 25℃～85℃	-0.046		0.044	
		T_A = 85℃～125℃	-0.057		0.055	
	感度ミスマッチのドリフト X-Y 軸	T_A = –40℃～25℃	-0.063		0.024	
		T_A = 25℃～85℃	-0.074		0.035	
		T_A = 85℃～125℃	-0.083		0.070	
$SENS_{MS_DR_LIN}$	感度ミスマッチドリフト直線性誤差、X-Y 軸				3.2	%
	感度ミスマッチドリフト直線性誤差、Z 軸				3.5	
B_{off}	オフセット	T_A = 25°C 範囲 = 0h		±75	±600	μT
		T_A = 25°C 範囲 = 1h		±75	±750	
B_{off_DR}	25°C の値によるオフセット ドリフト	T_A = –40℃～25℃		±1	±9.1	μT/°C
		T_A = 25℃～125℃		±1	±8	
$B_{off_DR_LIN}$	オフセット ドリフト直線性誤差	範囲 = 0h			0.07	%
		範囲 = 1h			0.04	

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

自由気流での動作温度範囲内、V_{CC} = 1.65V ～ 3.6V (特に記述のない限り)。標準仕様は T_A = 25℃ かつ V_{CC} = 3.3V でのもの (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}	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ (X 軸または Y 軸)	LP_LN = 0h Conv_AVG = 0h		116		μT
		LP_LN = 1h Conv_AVG = 0h		106		
		LP_LN = 0h Conv_AVG = 5h		20		
		LP_LN = 1h Conv_AVG = 5h		19		
	RMS (1 シグマ) 磁気ノイズ (Z 軸)	LP_LN = 0h Conv_AVG = 0h		80		
		LP_LN = 1h Conv_AVG = 0h		77		
		LP_LN = 0h Conv_AVG = 5h		14.5		
		LP_LN = 1h Conv_AVG = 5h		14		
A_{ERR} (1)	角度誤差 T_A = 25°C Conv_AVG = 5h LP_LN = 1h	X-Z 軸		±0.35	±0.85	度
		X-Y 軸		±0.43	±1.4	
		Y-Z 軸		±0.17	±0.55	
	角度誤差 T_A = –40°C ～ 125°C Conv_AVG = 5h LP_LN = 1h	X-Z 軸			±1.4	
		X-Y 軸			±2.25	
		Y-Z 軸			±2.0	
A_{NRMS} (1)	RMS (1 シグマ) 角度ノイズ (X-Y)	LP_LN = 1h Conv_AVG = 5h		0.03		度
	RMS (1 シグマ) 角度ノイズ (X-Z または Y-Z)			0.025		

(1) 角度の測定は、X Y Z レジスタの出力値を使って、ゲインおよびオフセットの較正でセンサに位置合わせされた磁石で実行します。

5.9 磁気温度補償特性

自由気流での動作温度範囲内、V_{CC} = 1.65V ～ 3.6V (特に記述のない限り)。標準仕様は T_A = 25℃ かつ V_{CC} = 3.3V でのもの (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 = 0h		0		%/°C
		TEMPCO = 1h		0.12		%/°C
		TEMPCO = 2h		0.03		%/°C
		TEMPCO = 3h		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、V_{CC} = 1.65V ～ 3.6V (特に記述のない限り)。標準仕様は T_A = 25℃ かつ V_{CC} = 3.3V でのもの (特に記述のない限り)

		ファースト モード		ファースト 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

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

自由気流での動作温度範囲内、V_{CC} = 1.65V ～ 3.6V (特に記述のない限り)。標準仕様は T_A = 25℃ かつ V_{CC} = 3.3V でのもの (特に記述のない限り)

		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	
$t_{(HDSTA)}$	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。	0.1		0.1		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(1)	15	900	15	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 立ち上がり時間	20	300		120	ns
t_F	SDA、SCL 立ち下がり時間	20 × (V_{CC} / 5.5V)	300	20 × (V_{CC} / 5.5V)	120	ns
t_{LPF}	グリッチ抑制フィルタ	50		50		ns

(1) 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。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.11 起動時間

自由気流での動作温度範囲内、V_{CC} = 1.65V ～ 3.6V (特に記述のない限り)。標準仕様は T_A = 25℃ かつ V_{CC} = 3.3V でのもの (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		237	270	302	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		44	50	56	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		54	62	70	µs
$t_{measure}$	変換時間	CONV_AVG[2:0] = 0h オペレーティング モード[1:0] = 2h 1 チャネルのみイネーブル	44	50	56	µs
$t_{measure}$	変換時間	CONV_AVG[2:0] = 5h オペレーティング モード[1:0] = 2h 1 チャネルのみイネーブル	726	825	924	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		17	20	23	µs

(1) デバイスは、スタンバイまたは連続測定モードでのみ、コントローラから I2C 通信を認識します。本デバイスがスリープ モードの間、有効なターゲット アドレスでデバイスがウェークアップしますが、コントローラにアクノリッジが送信されません。ウェークアップ後のデバイスにアドレス指定する前に、スタートアップ時間を考慮します。

5.12 タイミング図

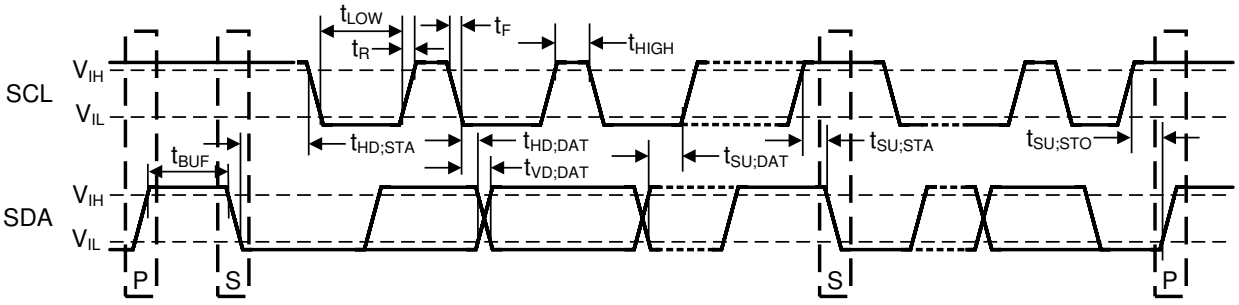


図 5-1. I²C のタイミング図

5.13 代表的特性

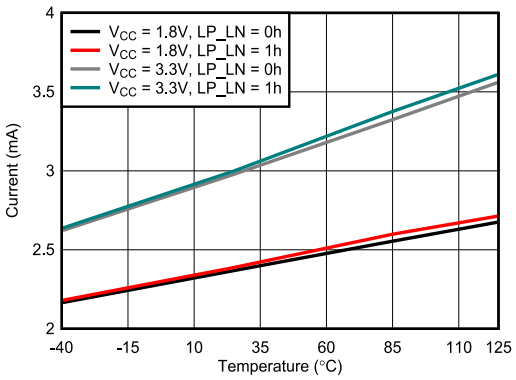


図 5-2. I_{ACTIVE} vs 温度

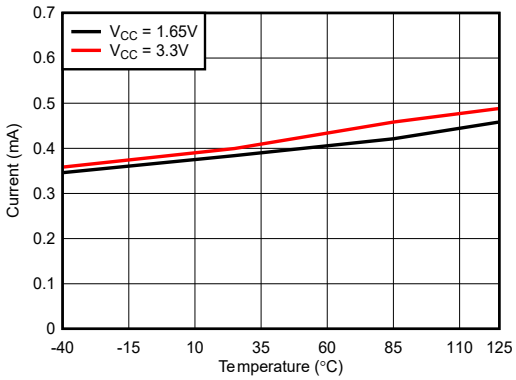


図 5-3. $I_{STANDBY}$ vs 温度

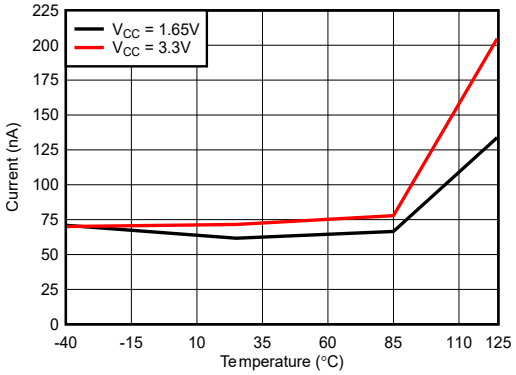


図 5-4. I_{SLEEP} vs 温度

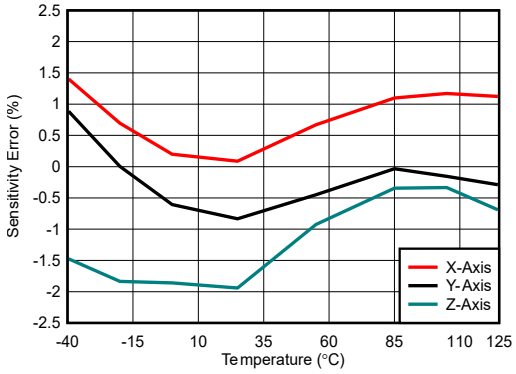


図 5-5. A2 の感度誤差 vs 温度、V_{CC} = 1.8V

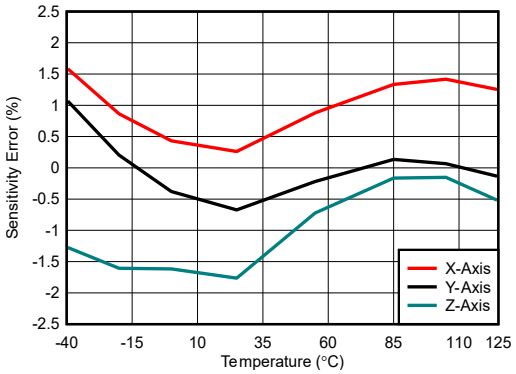


図 5-6. A2 の感度誤差 vs 温度、V_{CC} = 3.3V

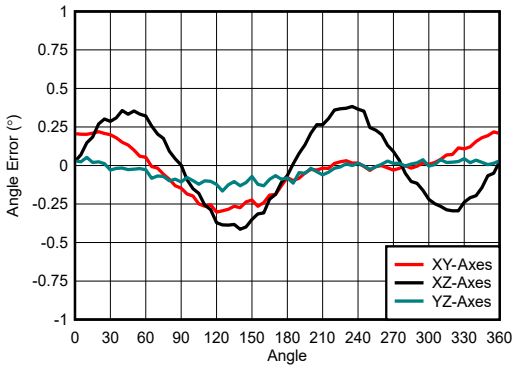


図 5-7. A2 の角度誤差 vs 角度、V_{CC} = 3.3V、T_A = 25°C

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6 詳細説明

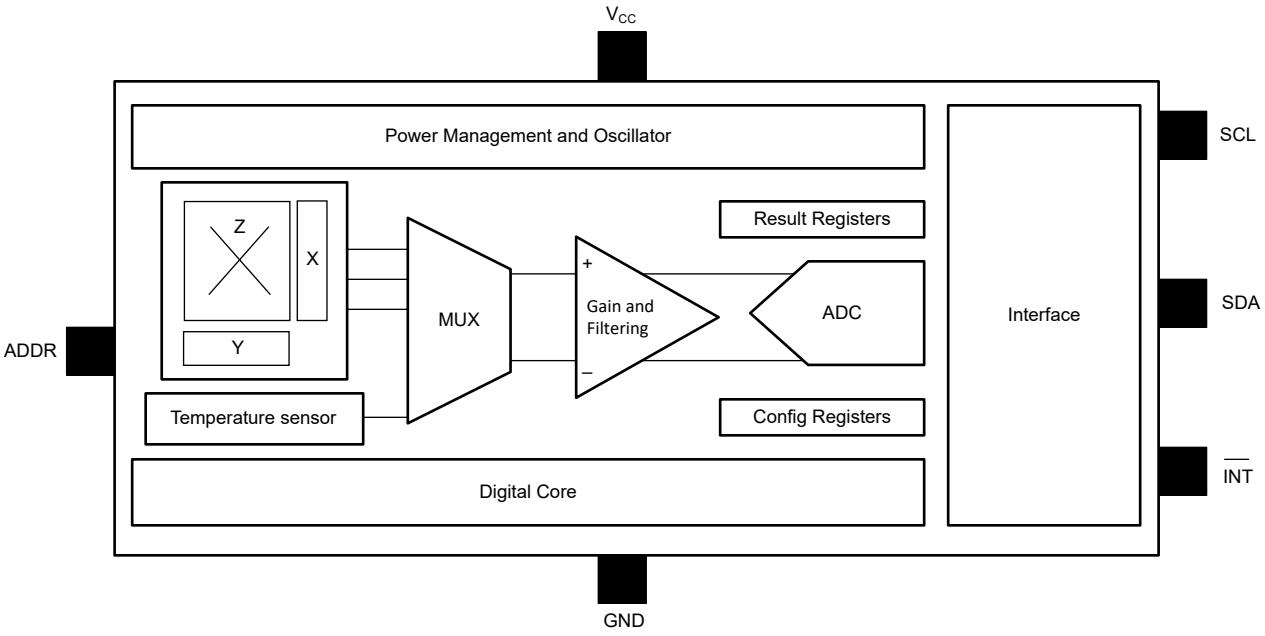
6.1 概要

TMAG3001 IC は、テキサス インスツ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、I²C 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。

- 電源管理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、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、I²C 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。TMAG3001 は、統合した巡回冗長性検査 (CRC) と連動して、複数の I²C 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、TMAG3001 は Y 軸と Z 軸の近接した磁石の N 極、X 軸の近接した S 極に応答して、正の ADC コードを生成します。同様に、反対側の磁極が同じ方向から近づく場合、TMAG3001 は負の ADC コードを生成します。

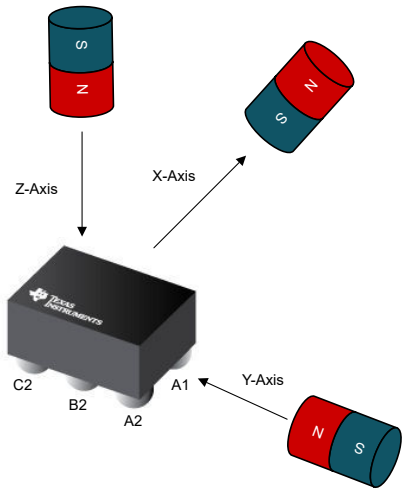


図 6-1. 感度の方向

6.3.2 センサの位置

図 6-2 に、内の X、Y、Z ホール素子の位置を示します TMAG3001。ダイの中心から Z 要素の中心までの距離が表示されます。Z 要素の中心から X 要素の中心までの距離は、X 方向に 0.10mm です。Z 要素の中心から Y 要素の中心までの距離は、Y 方向で 0.099mm です。

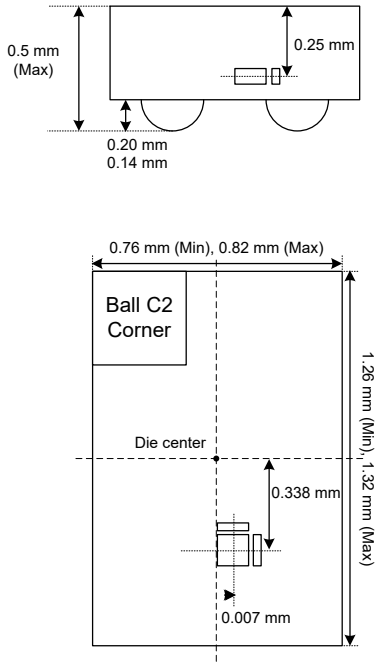


図 6-2. X、Y、Z ホール素子の位置

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.3.3 割り込み機能

TMAG3001 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。$\overline{\text{INT}}$ ピンはオープン ドレイン出力として動作します。$\overline{\text{INT}}$ ピンを割り込み出力に使用する場合、INTB_POL ビットおよび INT_POL_EN ビットは、割り込みイベント時に出力レベルを選択します。表 6-1 に、デバイスがサポートしている各種割り込みモードを示します。

表 6-1. 割り込みモード

INT_MODE	モードの説明	出力ピン
0h	割り込みなし	なし
1h	$\overline{\text{INT}}$ 経由の割り込み	$\overline{\text{INT}}$
2h	$\overline{\text{INT}}$ 経由の割り込み	$\overline{\text{INT}}$
3h	SCL による割り込み	SCL
4h	I²C ビジー時を除く、SCL 経由の割り込み	SCL
5h	$\overline{\text{INT}}$ によるユニポーラ スイッチ モード	$\overline{\text{INT}}$
6h	$\overline{\text{INT}}$ によるオムニポーラ スイッチ モード	$\overline{\text{INT}}$

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 ビットは更新されません。割り込みイベントの作成に使用される結果レジスタは、I²C バスがビジーでない場合にのみ更新されます。

表 6-2. 変換完了後に結果レジスタと SET_COUNT 更新

出力ピン	INT_MODE	I²C バスはビジーで、デバイスと通信していません		I²C バスはビジーでデバイスと通信しています		I²C 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？
$\overline{\text{INT}}$		あり	あり	いいえ	いいえ	あり	あり
SCL	SCL による割り込み	あり	あり	いいえ	いいえ	あり	あり
SCL	I²C ビジー時を除く、SCL 経由の割り込み	いいえ	いいえ	いいえ	いいえ	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 バスを複数のターゲット 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、他のターゲット 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ョ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。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 ピン経由で固定幅の割り込み信号をアサートし、コントローラが割り込みイベントをアドレス指定できるようになるまで一定の時間低消費電力待機状態に維持されます。以下の図は、待ち状態でコントローラが割り込みイベントに応答し、デバイスをウェークアップおよびスリープ モードに戻す場合の例を示しています。

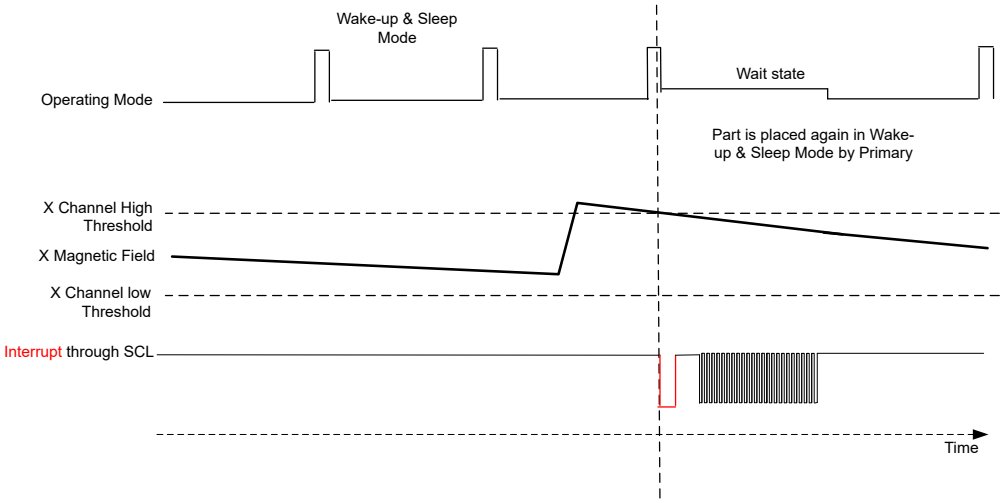


図 6-3. SCL による割り込み

$\overline{\text{INT}}$ 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。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。デバイスが磁気スレッショルドを検出するために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る場合、コントローラが割り込みイベントをアドレス指定できるようになるまで、デバイスは設定された時間低消費電力待機状態に維持されます。ウェイト状態のときは、最新の結果が保存され、I^2C バスからアクセス可能になります。コントローラが待機時間中に結果レジスタを読み取らない場合、デバイスは低消費電力状態に移行し、ウェークおよびスリープ モードのままになります。

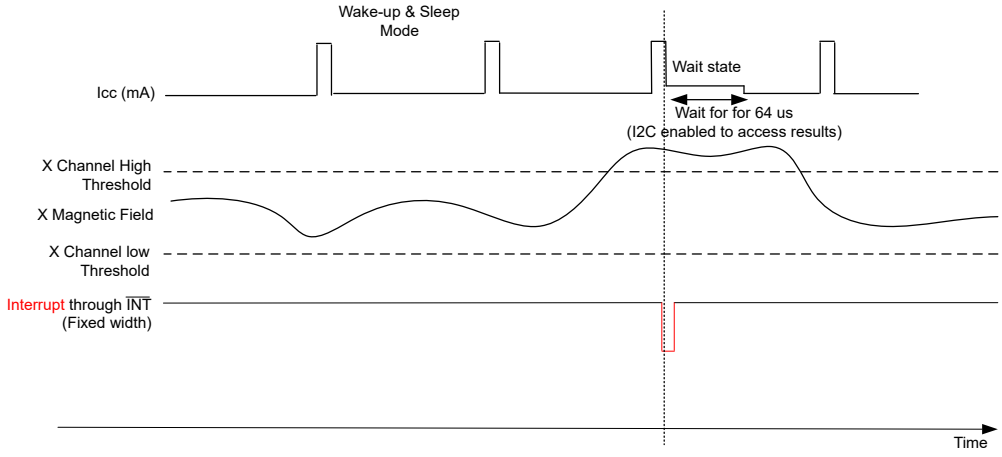


図 6-4. $\overline{\text{INT}}$ による固定幅割り込み

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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。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を上回ることが検出されると、本デバイスは、INT ピンを経由してラッチされた割り込み信号をアサートし、CONFIG モードに戻ります。割り込みラッチは、バス上で有効な標準 I²C 3 バイト読み出しが行われた後、または特定のデバイス アドレスへの有効な I²C 書き込みまたは 1 バイトの I²C 読み出しが行われた後にクリアされます。デバイスが磁気スレッショルドを検出するために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る場合、コントローラが割り込みイベントをアドレス指定できるようになるまで、デバイスは設定された時間低消費電力待機状態に維持されます。コントローラが待ち状態に移行すると、デバイスは待ち状態のままになり、I²C がアクティブに保持されます。

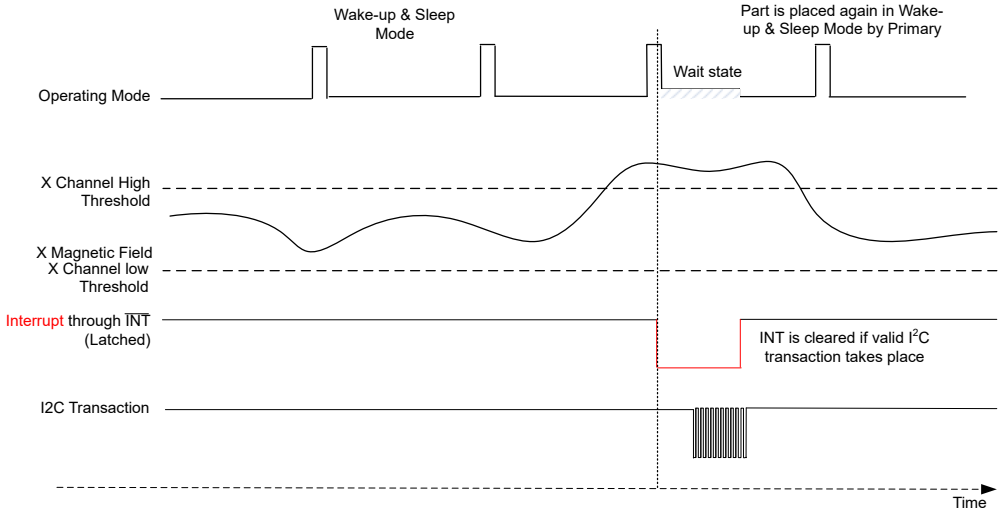


図 6-5. INT によるラッチ割り込み

INT によるユニポーラ スイッチ

TMAG3001 は、INT ピンによるスイッチ モードをサポートしています。この場合、本デバイスはスマート スイッチとして動作し、磁気または角度スレッショルドの交差に敏感になるよう構成できます。デバイスは、スタンバイ、アクティブ、ウェークアップ、およびスリープ モードのこのユニポーラ スイッチ モードに移行できます。本デバイスがスイッチとして構成されており、低消費電力のウェークアップおよびスリープ モードに移行した場合、割り込みイベントが検出されても、デバイスは低消費電力のウェークアップおよびスリープモードに維持されます。図 6-6 に、INT ピンによるスイッチモード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、INT ピンの状態が変化します。

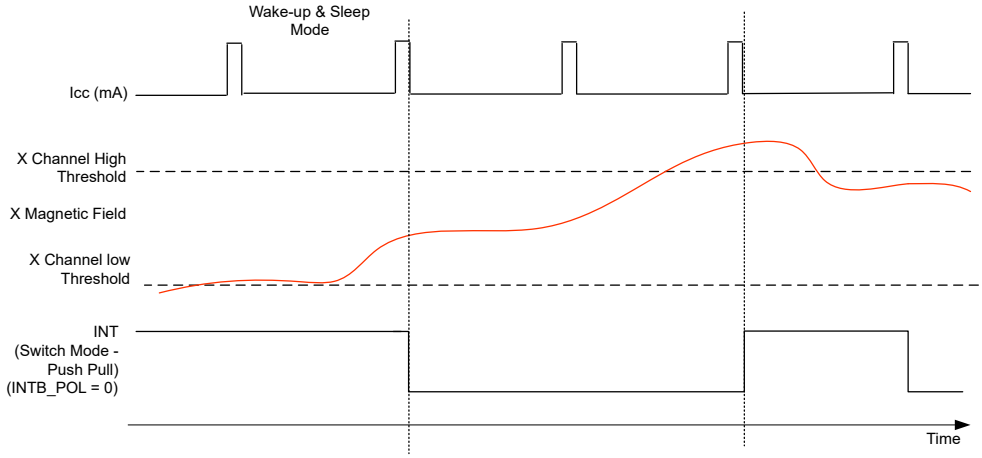


図 6-6. INT によるユニポーラ スイッチ

INT によるオムニポーラ スイッチ

TMAG3001 は、INT ピンによるオムニポーラ スイッチ モードをサポートしています。このモードでは、デバイスはスマート スイッチとして動作し、磁気スレッショルド交差の影響を受けやすいよう構成できます。INT ピンによるオムニポーラ スイッチ モード割り込み機能の例を、図 6-7 に示します。磁気スレッショルドの交差が検出されると、INT ピンの状態が変化します。デバイスがオムニポーラ スイッチとして構成されている場合、割り込みイベントが検出されても、デバイスは低消費電力のウェークアップおよびスリープ モードに維持されます。

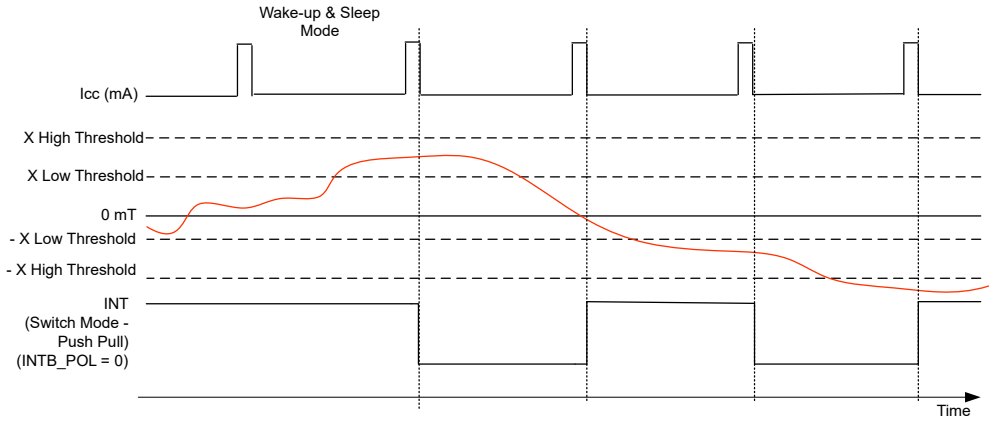


図 6-7. INT によるオムニポーラ スイッチ

6.3.4 変更時にウェークアップ

TMAG3001 では、相対的な磁気制限値による、磁界と角度測定のいずれかのチェックが可能になります。相対測定のみが対象であるアプリケーションでは、WOC_SEL ビットを介して応答するようにデバイスを構成できます。このモードでは、デバイスはいずれかの磁気軸と角度出力のどちらかを監視し、INT_Mode[2:0] ビットに基づく割り込み応答を提供することでシステムをウェークアップします。割り込み応答が得られたとき、新しいセンサ測定値が、連続する測定用の基準スレッショルドとして使用されます。INT_Mode[2:0] がユニポーラまたはオムニポーラ スイッチ モードに設定されている場合、または THR_SEL ≠ 0h の場合、変更時にウェークアップ機能はディセーブルになります。本デバイスは、スタンドバイ、アクティブ、またはウェイクおよびスリープ モードで、変更時にウェークアップ応答を提供するように構成できます。デバイスがウェークおよびスリープ モードのときに、変更時にウェークアップ割り込みが発生した後にホストがデバイスから読み取る場合、ホストは変換を開始してから、ウェイクおよびスリープ モードに再移行し、結果を保存する必要があります。

WOC_SEL が 2h に設定されている場合、デバイスは MAG_CH_EN に応じて、有効な磁気軸のうち最初の磁気軸のみについて出力測定値の変化を監視します。たとえば、MAG_CH_EN が 5h に設定されている場合、変更時にウェークアップするために Z チャネルのみが監視されます。MAG_CH_EN が 9h に設定されている場合、Y チャネルのみが変更時にウェークアップに監視されます。このモードでは、デバイスの応答を図 6-8 に示します。この例では、MAG_CH_EN は 1h に設定されており、デバイスは X 磁界に応答します。基準スレッショルドの新しい値は、スレッショルドを超えたときにセンサ出力値に設定されます。ヒステリシスは、THR_HYST ビットを使用して設定します。新しい測定値が、設定されたヒステリシス値だけ前の測定値よりも大きく変化すると、割り込み応答が返されます。ここでは、INT_Mode[2:0] は INT ピンによる割り込み応答を行うため 1h に、INT_State は 1h に設定されて固定割り込み応答を提供しています。

磁気軸測定による変化時にウェイクアップ機能により、正から負の磁界に、またはその逆に遷移したときに割り込みがトリガされます。角度による変更時にウェークアップ機能は、0° から 359°、または 359° から 0° への角度遷移を 359° の正味変化として扱い、スレッショルド設定と比較します。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

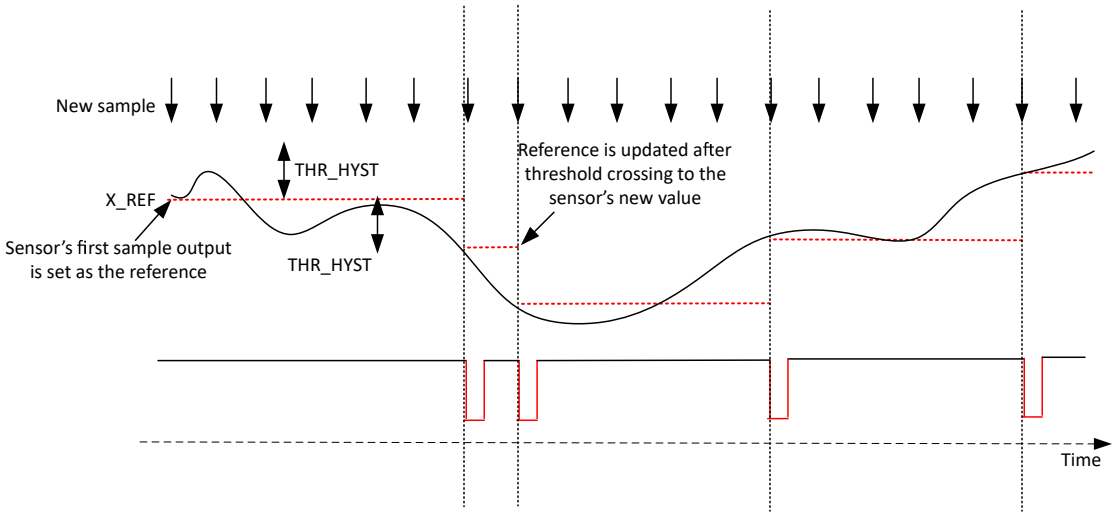


図 6-8. 磁気軸測定による変更時にウェークアップ、WOC_SEL = 2h、INT_STATE = 1h

図 6-9 は、WOC_SEL = 1h のときのデバイスの応答をに示します。ここで、デバイスは ANGLE_EN ビットを使用して設定された角度測定に対して応答します。現在の測定値のスレッショルドは、前の測定値と、ANG_HYS ビットを使用して設定されたヒステリシスに基づいて設定されます。新しい測定値が、設定されたヒステリシス値だけ前の測定値よりも大きく変化すると、割り込み応答が返されます。

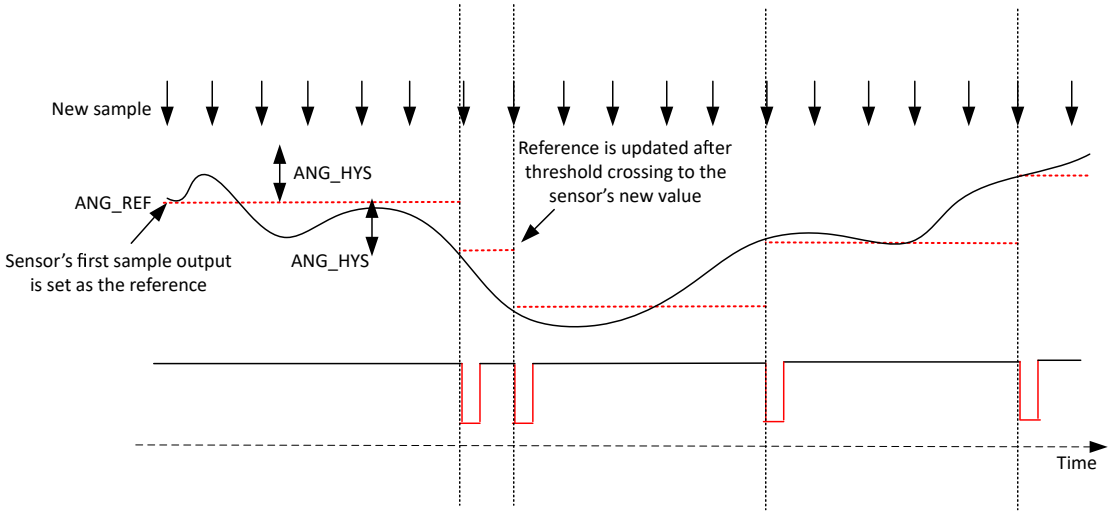


図 6-9. 角度測定による変更時にウェークアップ、WOC_SEL = 1h、INT_STATE = 1h

表 6-3. 関連する変更時にウェークアップレジスタ設定

	WOC_SEL 設定	THR_SEL 設定	INT_MODE 設定	ヒステリシスの設定
変更時にウェークアップ (角度)	WOC_SEL = 1h	THR_SEL = 0h	INT_MODE ≠ 5h, 6h	Angle_HYS
変化時にウェイクアップ (磁界)	WOC_SEL = 2h	THR_SEL = 0h	INT_MODE ≠ 5h, 6h	THR_HYST

6.3.5 デバイスの I²C アドレス

表 6-4 に、出荷時にプログラムされたデフォルトの TMAG3001 I²C アドレスと、各デバイス バージョンの ADDR ピンを使用して取得可能な 4 つの異なるアドレス オプションを示します。ADDR ピンは、スタンバイ モードまたは連続モード (Operating _Mode[1:0] = 0h または 2h) でのみサンプリングされます。I2C_Address_Update_EN が 1h に設定されている場合、TMAG3001 は I2C_Address[6:0] をデバイス アドレスとして使用します。Operating _Mode[1:0] = 1h または 3h を使用する場合、I2C_Address[6:0] ビット フィールドを目的の I²C アドレスに更新し、I2C_Address_Update_En を 1h に設定する必要があります。I2C_Address_Update_EN ビットを 1h に設定すると、最大 128 の固有アドレスを割り当てることができます。

次の表に加えて、TMAG3001 はゼネラル コールの I²C アドレス 00h をサポートしています。

表 6-4. I²C デフォルト アドレス

デバイス バージョン	磁気範囲	ADDR ピンの接続	I²C アドレス (7MSB ビット)	I²C 書き込みアドレス (8 ビット)	I²C 読み取りアドレス (8 ビット)
TMAG3001Ax	±40mT、±80mT、±120mT、±240mT	GND	34h	68h	69h
		VCC	35h	6Ah	6Bh
		SDA	36h	6Ch	6Dh
		SCL	37h	6Eh	6Fh

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

Operating _Mode[1:0] で ADDR 指定の I²C アドレスを使用する手順の例をここに示します。システム構成の必要に応じて I2C_Address[6:0] を調整します。

- SDA に接続された ADDR で TMAG3001 を起動します
- レジスタ 0Ch (I2C_Address) に 6Dh を書き込み、デバイスがパワーダウンされるまでの 7 ビット I2C_Address[6:0] を 36h に設定します。
- 必要に応じて Operating _Mode[1:0] を設定します

6.3.6 磁気範囲の選択

TMAG3001 デバイスの磁気範囲の選択を表 6-5 に示します。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 6-5. 磁気範囲の選択

	レンジ レジスタ設定	TMAG3001A1	TMAG3001A2	備考
X、Y 軸フィールド	X_Y_RANGE = 0h	±40mT	±120mT	高解像度
	X_Y_RANGE = 1h	±80mT	±240mT	広い範囲
Z 軸フィールド	Z_RANGE = 0h	±40mT	±120mT	高解像度
	Z_RANGE = 1h	±80mT	±240mT	広い範囲

6.3.7 更新レートの設定

TMAG3001 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[2:0] レジスタ ビットを使用します。表 6-6 に、TMAG3001 のさまざまなアップデート レート設定を示します。

表 6-6. 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[2:0] = 0h	20.0kSPS	13.3kSPS	10.0kSPS	最速の更新レート
X、Y、Z 軸	Conv_AVG[2:0] = 1h	13.3kSPS	8.0kSPS	5.7kSPS	
X、Y、Z 軸	Conv_AVG[2:0] = 2h	8.0kSPS	4.4kSPS	3.1kSPS	
X、Y、Z 軸	Conv_AVG[2:0] = 3h	4.4kSPS	2.4kSPS	1.6kSPS	
X、Y、Z 軸	Conv_AVG[2:0] = 4h	2.4kSPS	1.2kSPS	0.8kSPS	
X、Y、Z 軸	Conv_AVG[2:0] = 5h	1.2kSPS	0.6kSPS	0.4kSPS	最善の SNR ケース

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.4 デバイスの機能モード

TMAG3001 は、図 6-10 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[1:0] レジスタ ビットの対応する値を設定することで選択されます。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。いずれかの動作モード中は、継続的な変換中に変換をトリガすることは無視されます。進行中の変換は再開されません。

6.4.1 スタンバイ (トリガ) モード

TMAG3001 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、デバイスはコントローラ 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、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 $\overline{\text{INT}}$ ピンにより新しい変換をトリガできます。I²C トリガを使用する場合、トリガ ビットが SCL ラインにクロックが供給された直後に変換が開始されます。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。本デバイスが電源オンからスタンバイ モードに移行するまでの時間は、$T_{start_power_up}$ によって示されます。

6.4.2 スリープ モード

TMAG3001 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。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。コントローラは、I²C 通信または $\overline{\text{INT}}$ ピンにより、デバイスをスリープ モードからウェークアップできます。I²C 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、$\overline{\text{INT}}$ 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 $\overline{\text{INT}}$ ピンは、回復します。ユーザーは、この割り込みを防止するため、デバイスがスリープ モードに移行する前に MASK_INTB ビットを 1h に設定してから、$\overline{\text{INT}}$ ピンが必要な場合は、ウェークアップ後に MASK_INTB ビットを 0h に戻すことができます。本デバイスがスリープ モードからスタンバイ モードに移行するために要する時間は、T_{start_sleep} と示されます。

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、TMAG3001 は、特定の間隔でスリープとウェイクアップするように構成し、SLEEP_TIME 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、TMAG3001 は W&S モードを終了し、一定の時間待ち状態に移行します。この状態では、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。待ち状態でコントローラが割り込みイベントに応答しない場合、デバイスは (W&S) モードを継続します。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、指定された間隔でデータをウェークアップして測定します。コントローラは、W&S モード中は I²C バスまたは $\overline{\text{INT}}$ ピンを使用していつでも TMAG3001 をウェークアップできます。デバイスが W&S モードからスタンドバイ モードに移行するまでに要する時間は、T_{start_sleep} となります。

割り込み後に TMAG3001 から読み出すと、デバイスはスタンバイ モードになります。割り込み後に I²C 読み出しが実行される場合、TMAG3001 をウェークアップおよびスリープ モードに戻す必要があります。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.4.4 連続測定モード

このモードでは、TMAG3001 は Sensor_Config 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までの時間は、$T_{start_measure}$ で示されます。

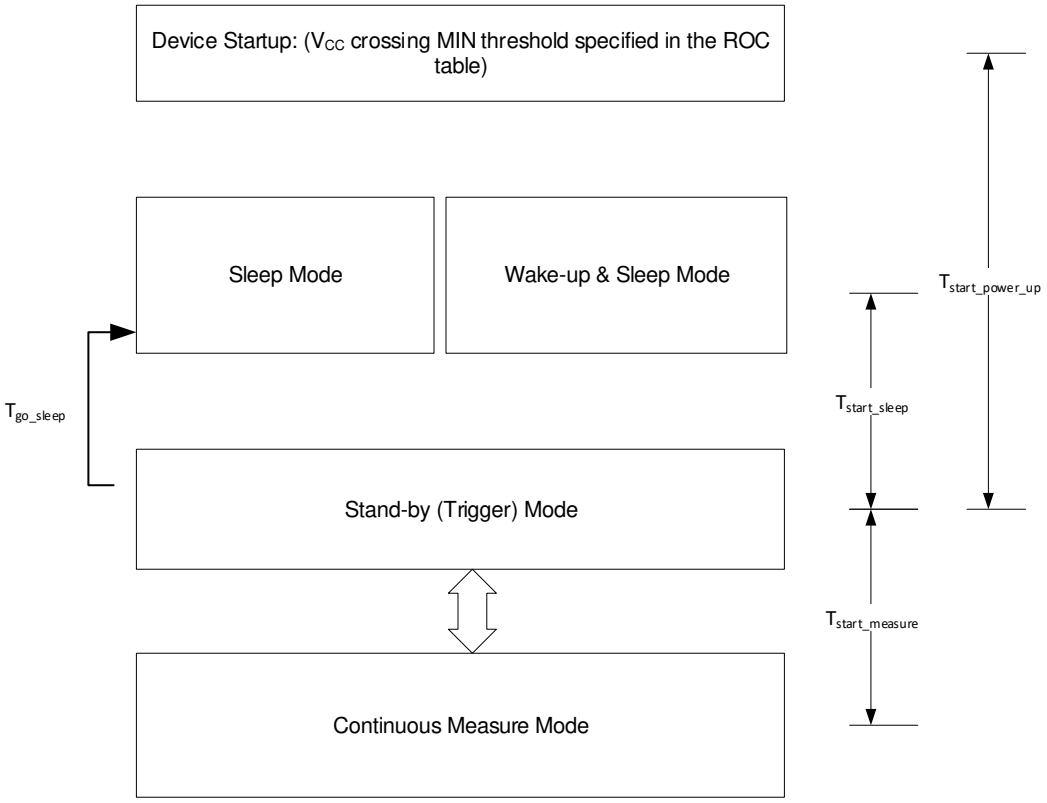


図 6-10. TMAG3001 パワーアップ シーケンス

表 6-7 に、TMAG3001 のさまざまなデバイス動作モードを示します。

表 6-7. 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、I²C 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	特定の間隔でウェークアップし、x、y、z 軸、または温度データを測定します	いいえ	あり	1、5、10、15、20、30、50、100、500、1000、2000、5000、および 20000ms の間隔がサポートされています。
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	いいえ	あり	コントローラ デバイスでスリープ モードを使用することで、ウェークアップおよびスリープ モードではサポートされていないその他の省電力間隔を実装できます。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.5 プログラミング

6.5.1 I²C インターフェイス

TMAG3001 には標準の双方向 I²C インターフェイスがあり、このデバイスのステータスを構成または読み取りするためにコントローラ デバイスによって制御されます。I²C バスの各ターゲットには特定のデバイス アドレスがあり、同じ I²C バスにある他のターゲット デバイスと区別できます。多くのターゲット デバイスでは、スタートアップ時にデバイスの動作を設定するための構成が必要です。これは通常、一意のレジスタ アドレスを持つターゲットの内部レジスタ マップにコントローラがアクセスするときに行われます。デバイスには 1 つまたは複数のレジスタがあり、データの保存、書き込み、読み取りが行われます。I²C トランザクションの開始ビットでは、変換結果レジスタが最新の完了した変換にロックされ、結果が中間トランザクションに変化することを防止します。I²C トランザクション中に変換が完了すると、デバイスは停止 STOP 条件の直後に結果レジスタを新しい値で更新します。TMAG3001 は、最大 1MHz のトランスミッション データレートに対応しています。

物理的な I²C インターフェイスは、シリアル クロック (SCL) ラインとシリアル データ (SDA) ラインで構成されます。SDA ラインと SCL ラインの両方を、プルアップ抵抗経由で電源に接続する必要があります。プルアップ抵抗のサイズは、I²C ラインの容量と通信周波数によって決まります。詳細については、『*I²C のプルアップ抵抗の計算*』アプリケーション ノートを参照してください。データ転送は、バスがアイドル状態でないときにのみ開始できます。STOP 条件の後に SDA ラインと SCL ラインの両方が High になると、バスはアイドルと見なされます。

コントローラがターゲット デバイスにアクセスするための、一般的な手順を以下に示します。

1. コントローラがデータをターゲットに送信する場合:
   - コントローラのトランスミッタは START 条件を送信し、ターゲットのレシーバをアドレス指定します。
   - コントローラのトランスミッタは、ターゲットのレシーバに書き込むため必要なレジスタを送信します。
   - コントローラのトランスミッタは、ターゲットのレシーバにデータを送信します。
   - コントローラのトランスミッタは、STOP 条件で転送を終了します。
2. コントローラがターゲットからデータを受信または読み取る場合:
   - コントローラのレシーバは START 条件を送信し、ターゲットのトランスミッタをアドレス指定します。
   - コントローラのレシーバは、ターゲットのトランスミッタから読み出すため必要なレジスタを送信します。
   - コントローラのレシーバは RESTART 条件を送信し、ターゲットのトランスミッタをアドレス指定します。
   - コントローラのレシーバは、ターゲットのトランスミッタからデータを受信します。
   - コントローラのレシーバは、STOP 条件で転送を終了します。

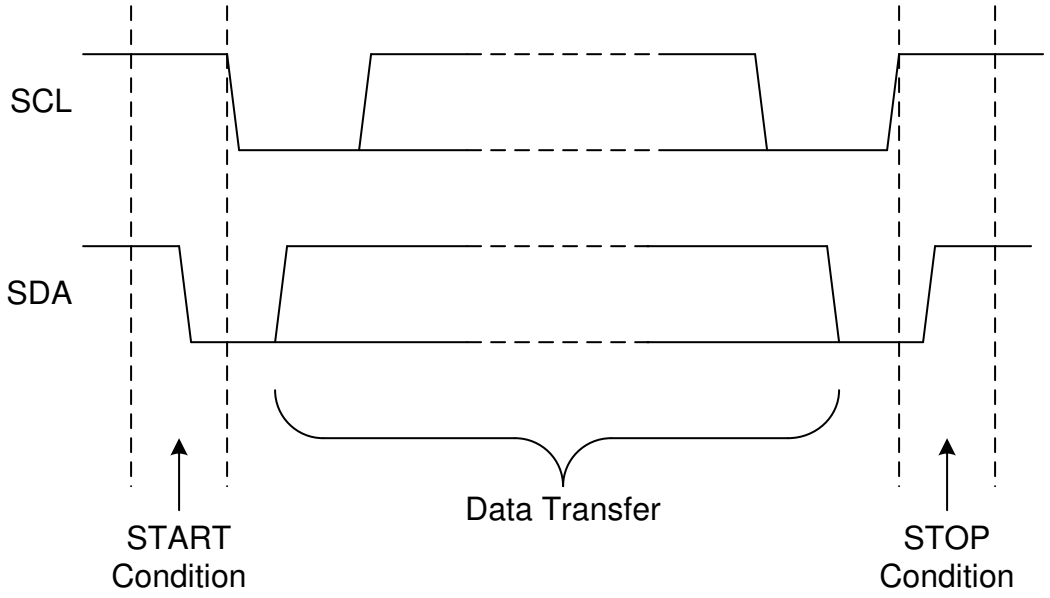


図 6-11. START 条件と STOP 条件の定義

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

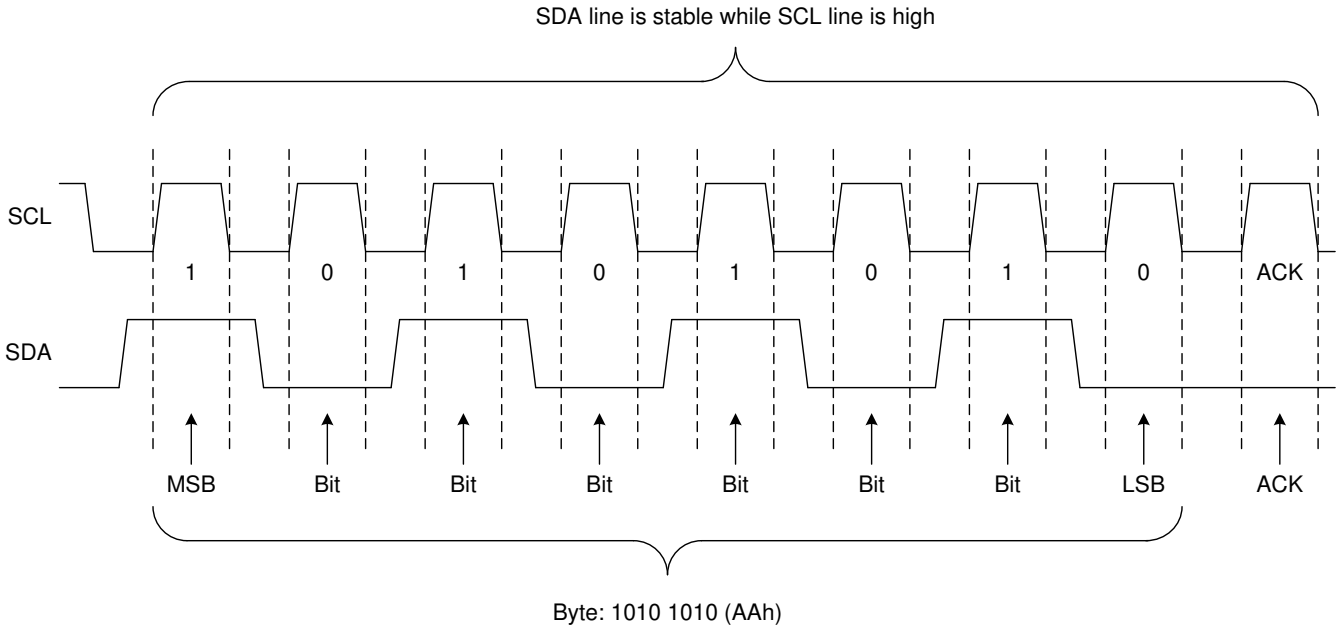


図 6-12. ビット転送

6.5.1.1 変換トリガ

TMAG3001 は、変換トリガ ビットを使用して新しい変換を開始できます。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ビットに 1 を書き込みます。制御レジスタの最後の 7 ビットには、レジスタのポインタ アドレスが含まれます。

制御レジスタの構造を図 6-13 に示します。

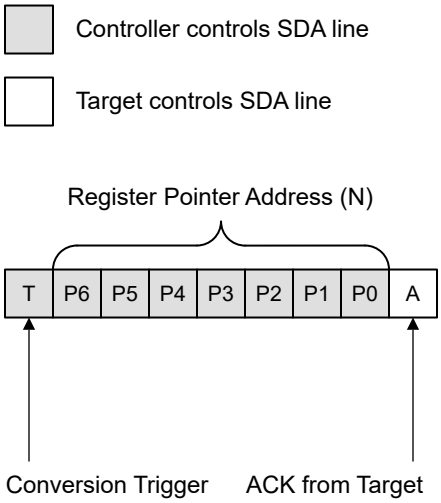


図 6-13. 制御レジスタ

6.5.1.2 バス トランザクション

データはターゲット デバイスとの間で送受信する必要があり、ターゲット デバイスのレジスタとの間で読み取りまたは書き込みすることで、この処理を実現できます。

レジスタは、ターゲットのメモリの情報を含む場所で、構成情報が含まれていることも、サンプリングされたデータをコントローラに返送するため保持していることもあります。コントローラは、これらのレジスタに情報を書き込んで、ターゲット デバイスにタスクの実行を指示する必要があります。

I2C_RD[1:0] および CRC_EN 設定により、以下のセクションに示すように、I²C 読み取りトランザクションの実行方法を変更できます。I2D_RD[1:0] が 0h または 3h に設定されている場合、標準 I²C 読み取りのみが使用できます。I2C_RD[1:0] が 1h または 2h に設定されている場合、対応する読み取りコマンドのみ使用できます。

レジスタ マップ外のレジスタを読み出すと、デバイスは 00h を返します。書き込みトランザクション中の設定変更は、最後のエッジの後に処理されます

6.5.1.2.1 3 チャンネル I²C 書き込み

コントローラが I²C バスに書き込むときは、ターゲットのアドレスを指定して START 条件をバスに送信し、最後のビット (R/W ビット) を 0b に設定して書き込みを行うことを示します。ターゲットはアクノリッジを行い、準備が整っていることをコントローラに通知します。その後、コントローラは制御レジスタ データのターゲットへの送信を開始し、必要なすべてのデータを送信し終えたら、STOP 条件で送信を終了します。デバイスは各バイトの後、レジスタ アドレス ポインタを自動的にインクリメントします。

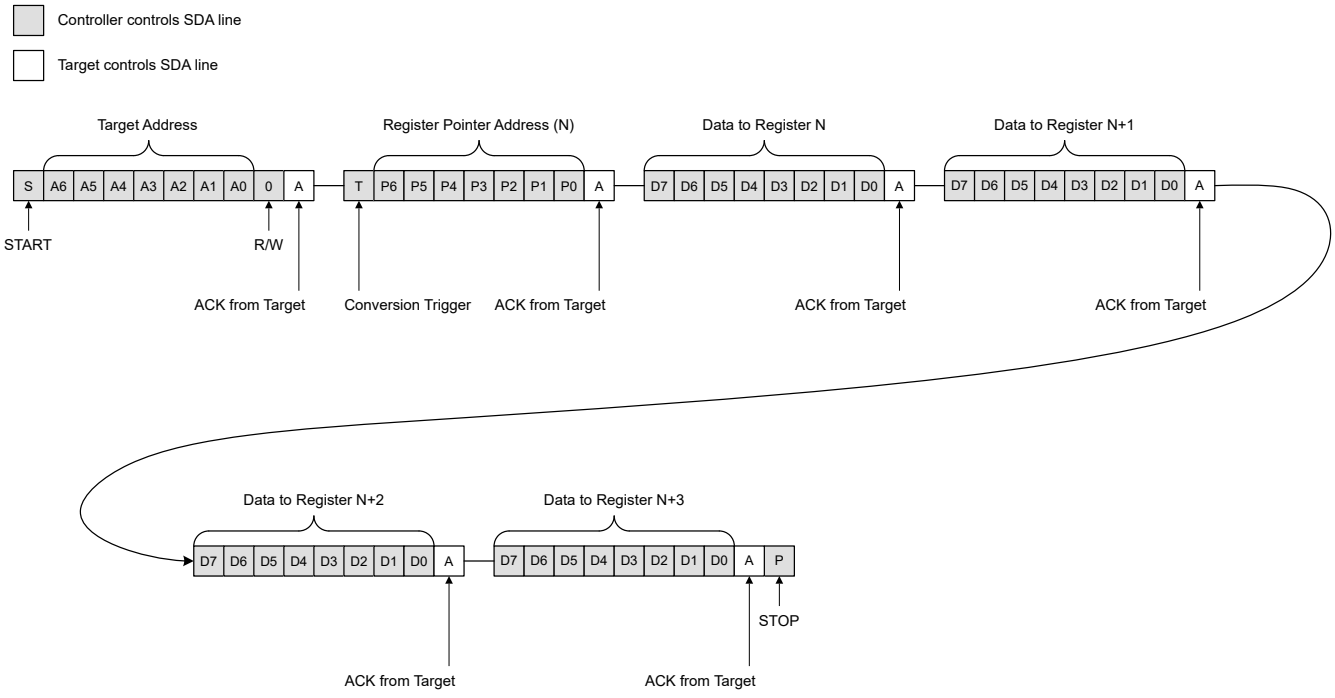


図 6-14. 標準 I²C 書き込み

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.5.1.2.2 ゼネラル コール書き込み

TMAG3001 は、ゼネラル コール I²C 書き込みコマンドをサポートしています。これにより、複数のデバイスを同時に構成できます。

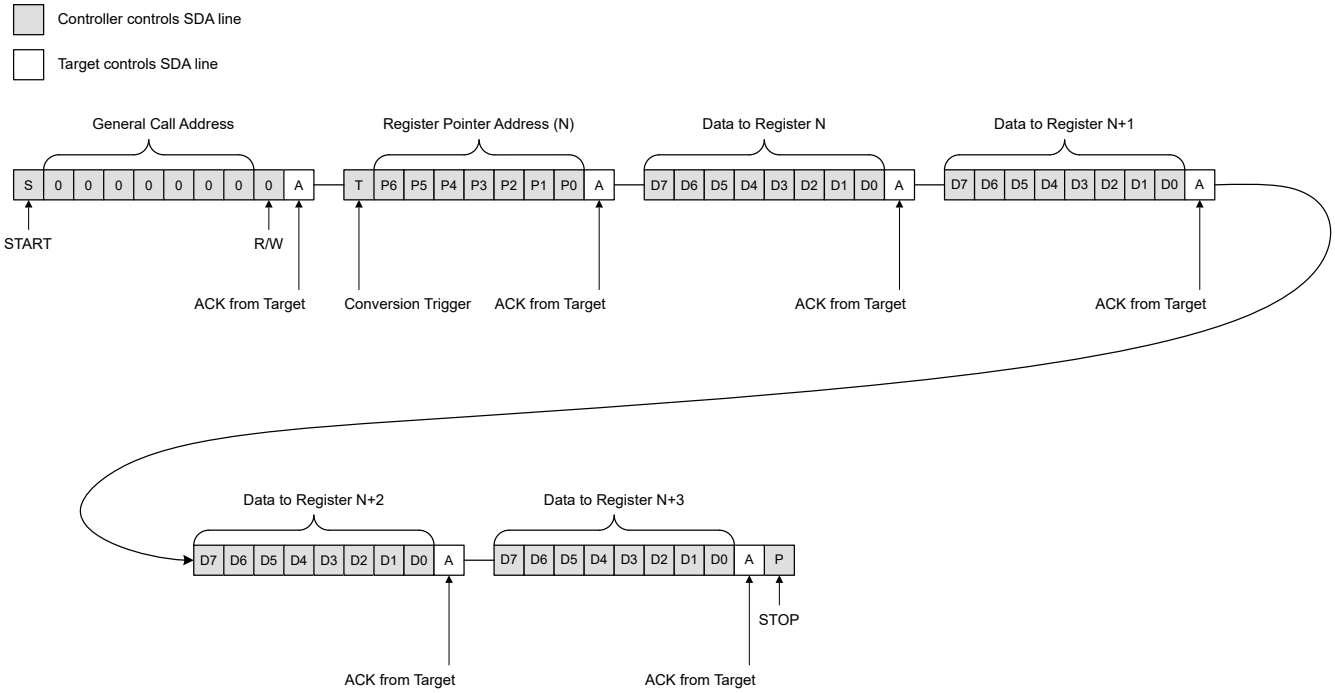


図 6-15. ゼネラル コール I²C 書き込み

6.5.1.2.3 標準 I²C 読み取りし

コントローラが読み取り動作を行うときは、START 条件を送信してから、R/W ビットが 0b にセットされたターゲット アドレスを送信します (書き込みを意味します)。ターゲットは書き込み要求をアクノリッジし、コントローラは変換トリガ ビットおよびレジスタ ポインタ アドレスとともにコントロール バイトを送信します。制御レジスタの後で、コントローラは再起動を開始してから、R/W ビットを 1b に設定したターゲット アドレスを送信します (読み取りを意味します)。コントローラは引き続きクロック パルスを送信しますが、SDA ラインを解放して、ターゲットがデータを送信できるようにします。データのすべてのバイトが終了すると、コントローラは ACK をターゲットに送信し、さらに多くのデータを送信する準備ができたことをターゲットに通知します。コントローラは、予期された数のバイトを受信した後、NACK を送信してターゲットに信号停止するよう通知してから、SDA ラインを解放します。その後で、コントローラは STOP 条件を引き起こします。

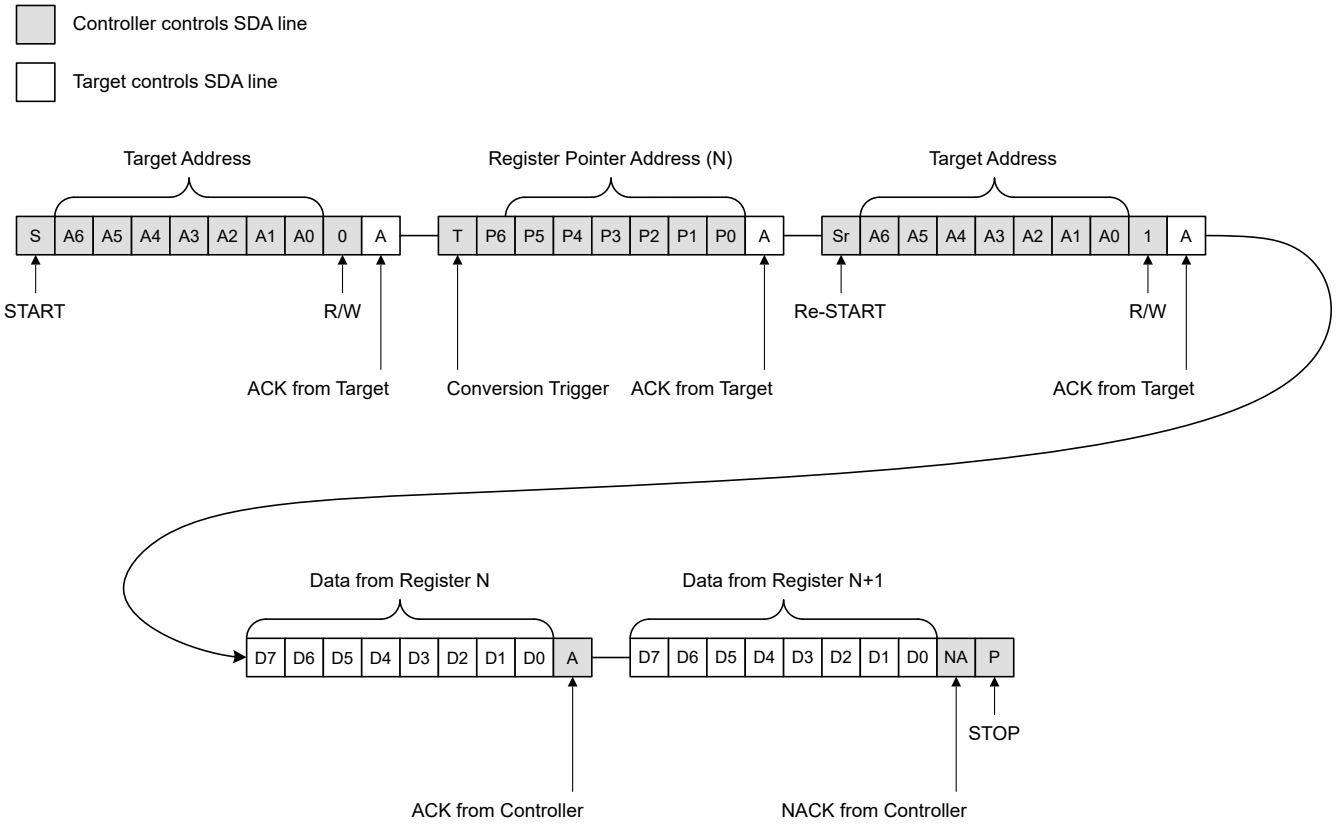


図 6-16. CRC ディセーブルでの標準 I²C 読み取り

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

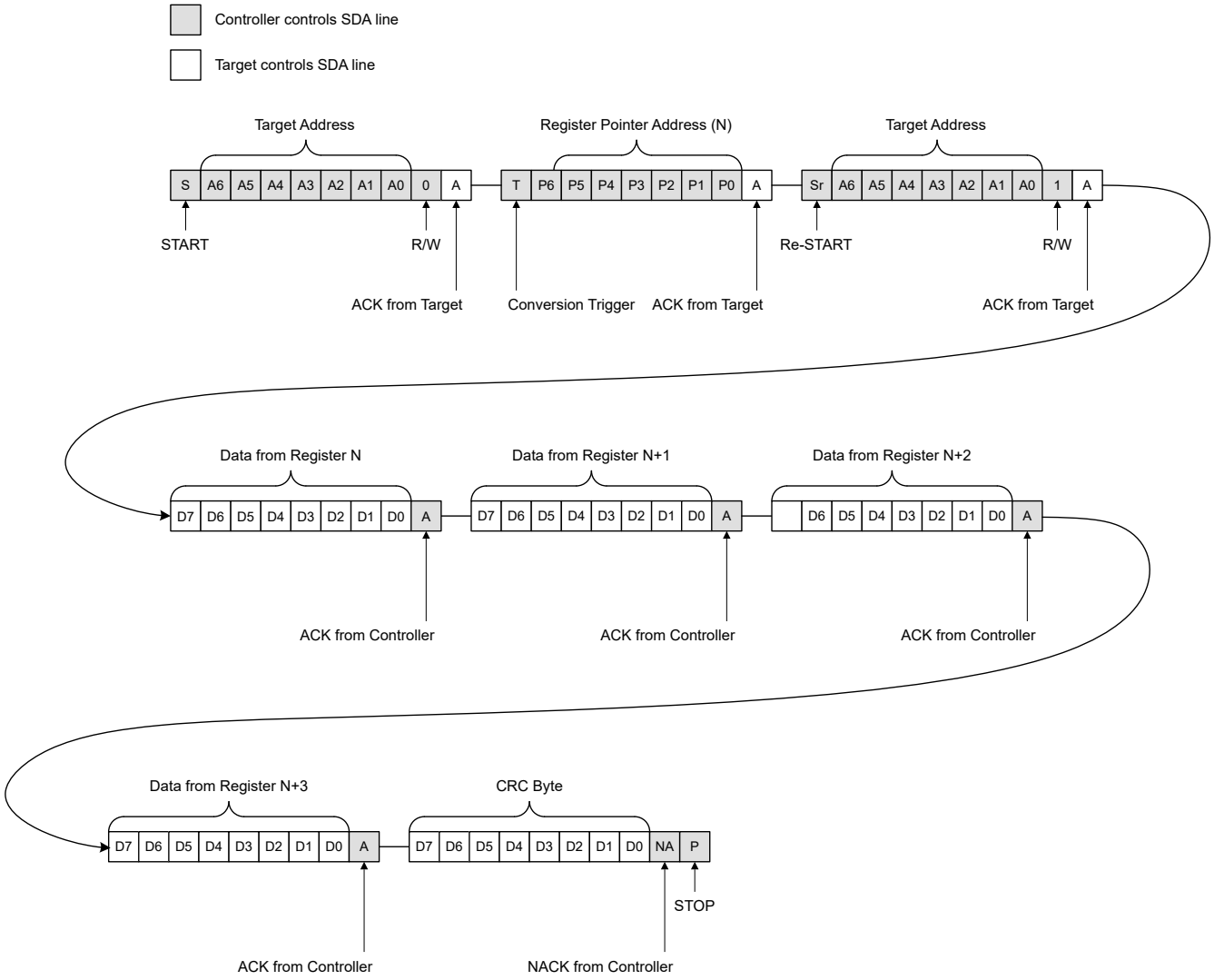


図 6-17. CRC がイネーブルな標準 I²C 読み取り

6.5.1.2.4 16 ビット データ用 I²C 読み取りコマンド

TMAG3001 では、MSB および LSB データに対して I2C_RD[1:0] = 1h のときに、制御レジスタに書き込んだり、アドレス ポインタをセットしたりせずに結果レジスタから読み取ることができます。複数のチャネルがイネーブルの場合、データは X 軸、Y 軸、Z 軸、Conv_Status の順に送信されます。チャネルがディセーブルの場合、そのチャネルはデータ シーケンスでスキップされます。

16 ビット データの読み取りコマンドでは、CRC がイネーブルされている場合、最大 3 チャ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。

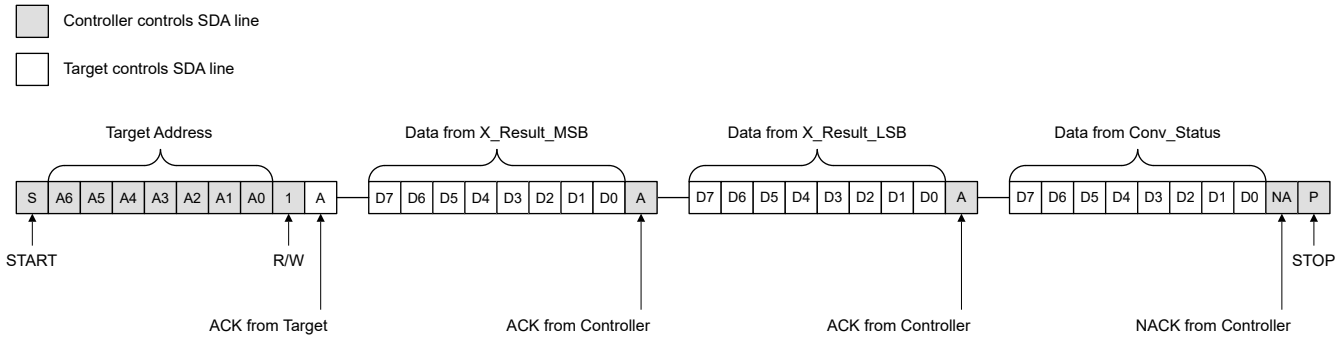


図 6-18. 16 ビット データに対する I²C 読み取りコマンド、CRC ディセーブル、X 軸イネーブル

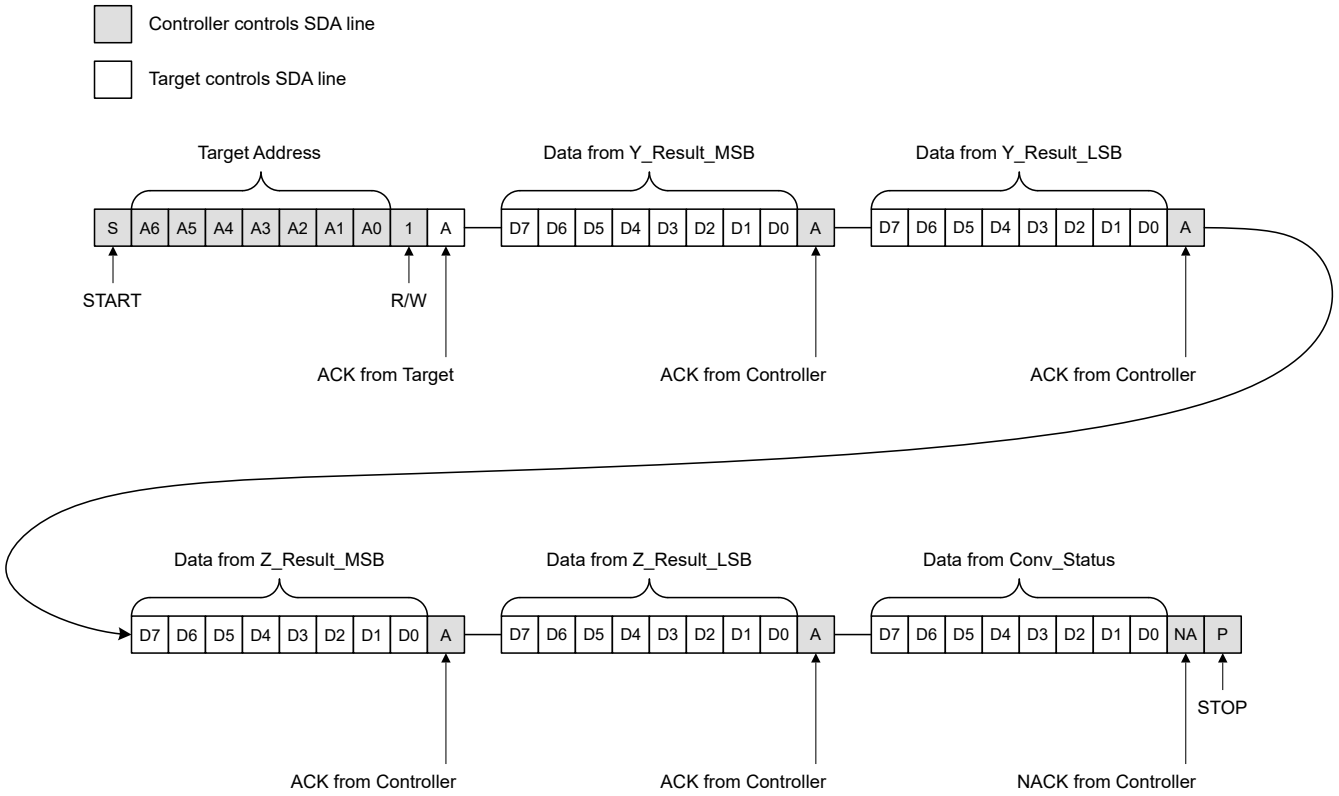


図 6-19. CRC ディセーブル、Y 軸と Z 軸がイネーブル、16 ビット データの I²C 読み取りコマンド

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

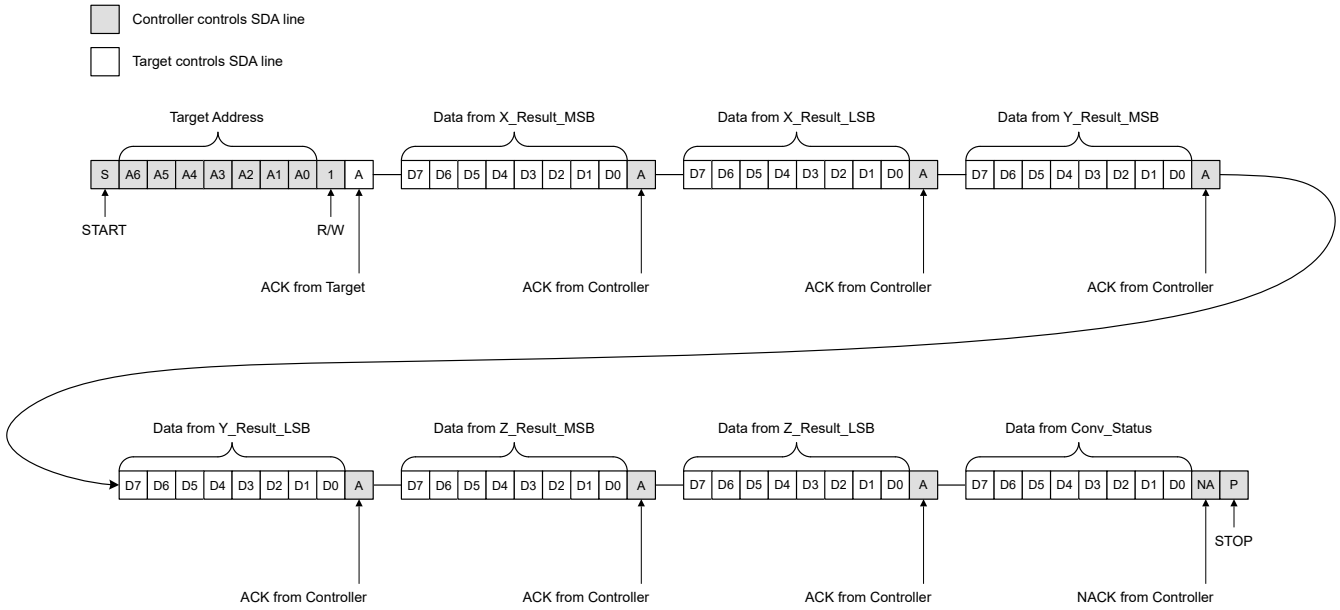


図 6-20. CRC ディセーブル、X、Y、Z 軸イネーブルによる 16 ビット データの I²C 読み取りコマンド

CRC 付きの X 軸のみが示されていますが、イネーブルされている他のチャネルは同じシーケンス形式を使用します。

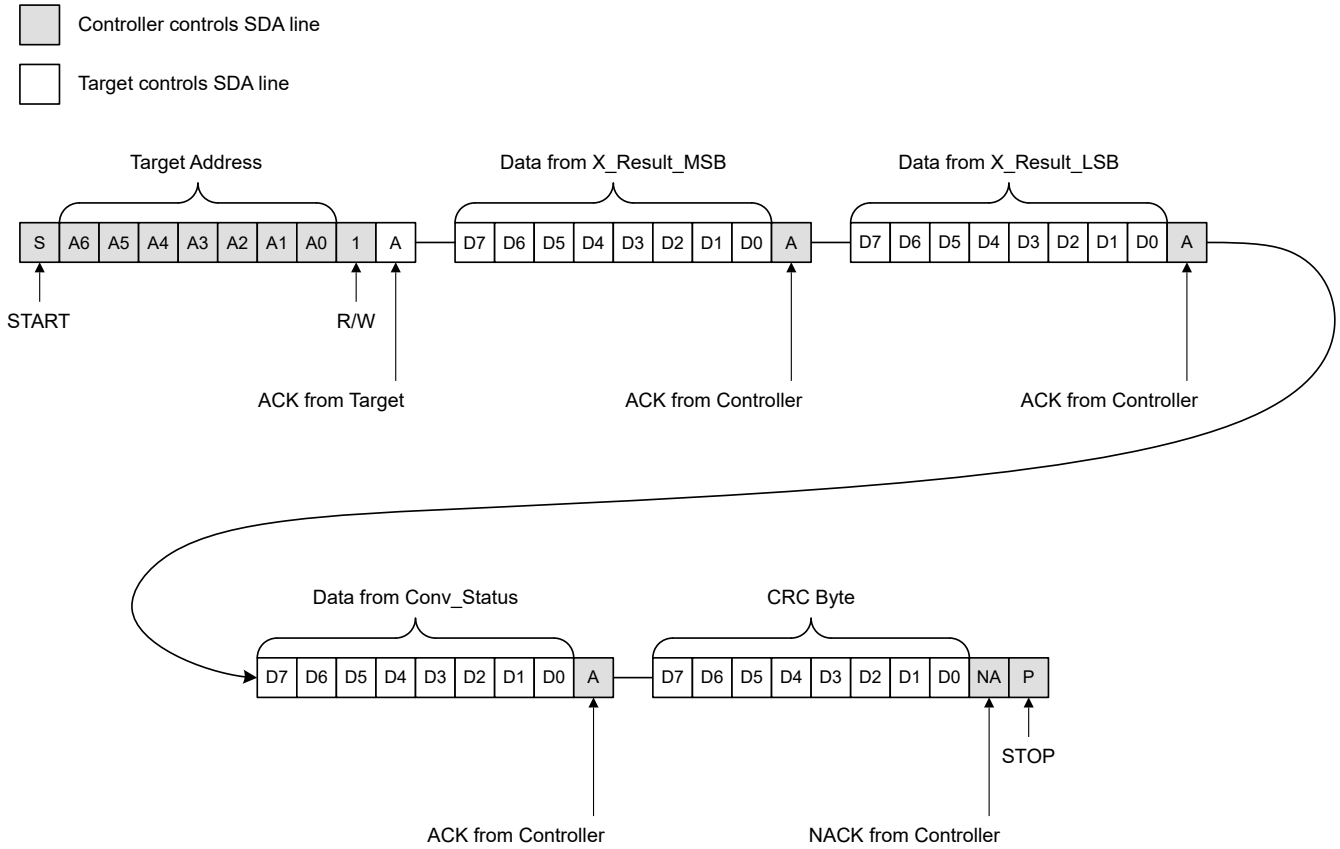


図 6-21. 16 ビット データに対する I²C 読み取りコマンド (CRC イネーブル、X 軸イネーブル)

6.5.1.2.5 8 ビット データ用 I²C 読み取りコマンド

TMAG3001 では、MSB データのみに対して I2C_RD[1:0] = 2h のときに、制御レジスタに書き込んだりアドレス ポインタをセットしたりせずに結果レジスタから読み出すことができます。複数のチャネルがイネーブルの場合、データは X 軸、Y 軸、Z 軸、Conv_Status の順に送信されます。チャネルがディセーブルの場合、そのチャネルはデータ シーケンスでスキップされます。

8 ビット データの読み取りコマンドでは、CRC がイネーブルされている場合、最大 3 チャ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。

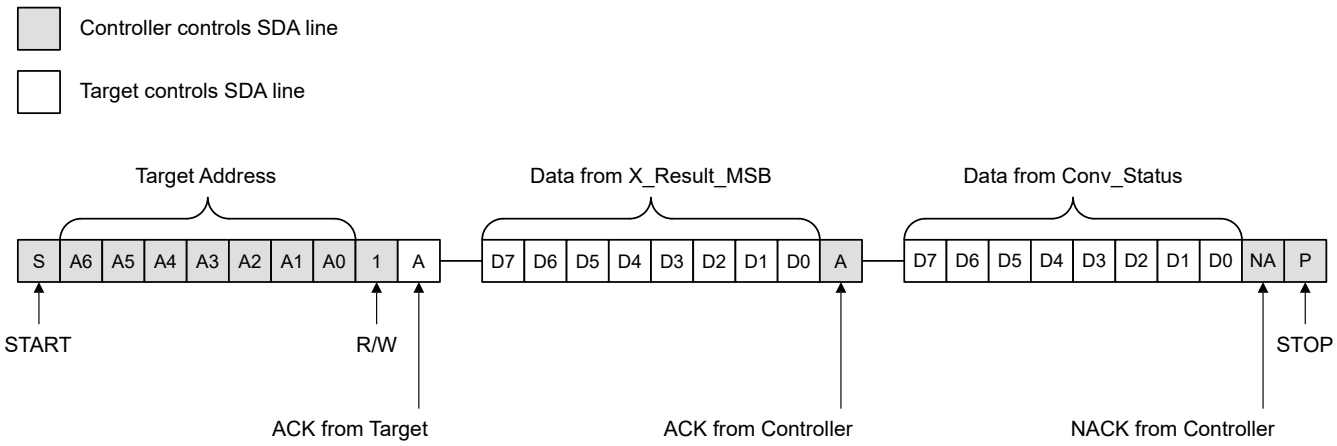


図 6-22. 8 ビット データに対する I²C 読み取りコマンド、CRC ディセーブル、X 軸イネーブル

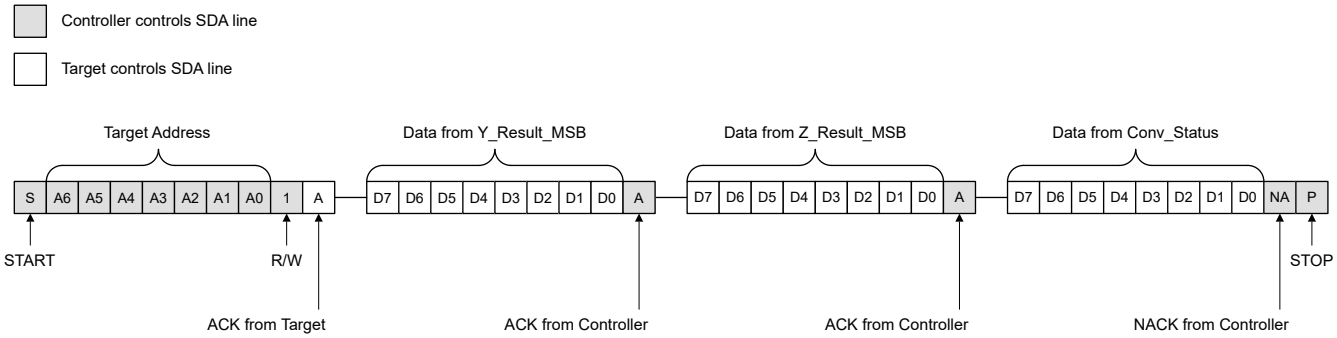


図 6-23. CRC ディセーブル、Y 軸と Z 軸がイネーブル、8 ビット データの I²C 読み取りコマンド

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

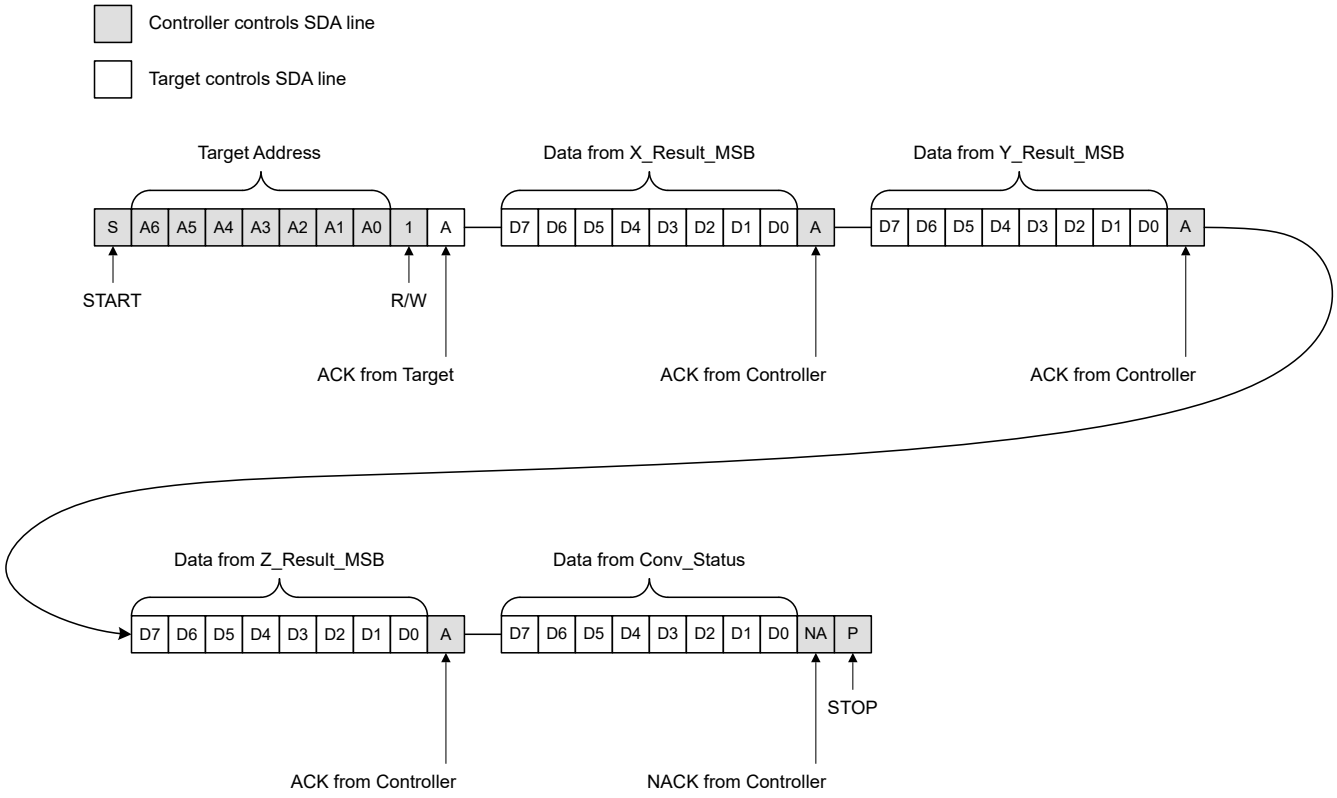


図 6-24. CRC ディセーブル、X、Y、Z 軸イネーブルによる 8 ビット データの I²C 読み取りコマンド

CRC 付きの X 軸のみが示されていますが、イネーブルされている他のチャネルは同じシーケンス形式を使用します。

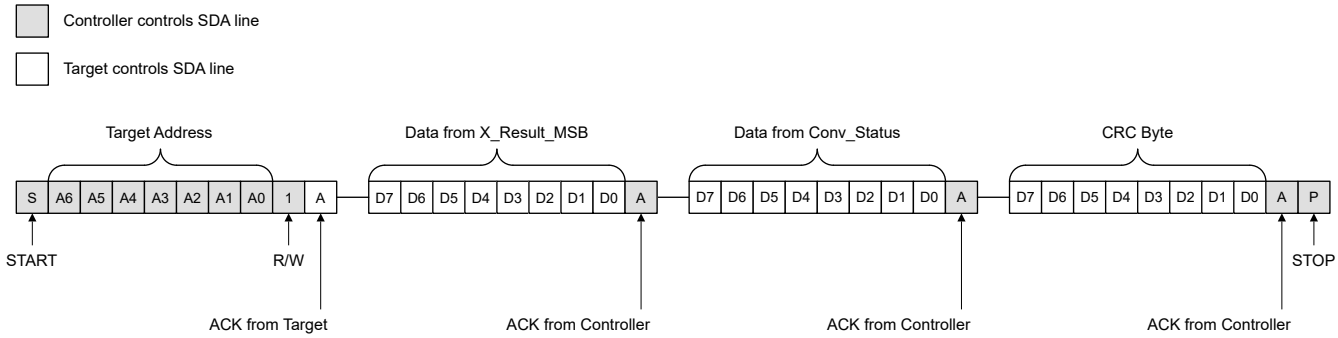


図 6-25. 8 ビット データに対する I²C 読み取りコマンド (CRC イネーブル、X 軸イネーブル)

6.5.1.2.6 I²C 読み取り CRC

TMAG3001 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。I²C バス上に複数のデバイスがある場合、TMAG3001 との通信時に、最初の CRC が正しくない可能性があります。

CRC の計算には、次の式を使うことができます。

d = Data Input, c = Initial CRC (FFh) (1)

newcrc[0] = d[7] ^ d[6] ^ d[0] ^ c[0] ^ c[6] ^ c[7] (2)

newcrc[1] = d[6] ^ d[1] ^ d[0] ^ c[0] ^ c[1] ^ c[6] (3)

newcrc[2] = d[6] ^ d[2] ^ d[1] ^ d[0] ^ c[0] ^ c[1] ^ c[2] ^ c[6] (4)

newcrc[3] = d[7] ^ d[3] ^ d[2] ^ d[1] ^ c[1] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[7] (5)

newcrc[4] = d[4] ^ d[3] ^ d[2] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[4] (6)

newcrc[5] = d[5] ^ d[4] ^ d[3] ^ c[3] ^ c[4] ^ c[5] (7)

newcrc[6] = d[6] ^ d[5] ^ d[4] ^ c[4] ^ c[5] ^ c[6] (8)

newcrc[7] = d[7] ^ d[6] ^ d[5] ^ c[5] ^ c[6] ^ c[7] (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

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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、対応するチャネルの _RESULT_MSB および _RESULT_LSB レジスタの 16 ビット 2 の補数に保存されます。Conv_AVG = 0h の場合、ADC 出力は 16 ビットの結果の 12MSB ビットと、4 LSB 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。表 6-8 に、X_RESULT[15:0] のデータ出力の例を示します。表では、計算には小数桁が 3 つ使用されます。データ形式は、Y_RESULT[15:0] と Z_RESULT[15:0] の場合と同じです。各磁気範囲の LSB サイズは次のとおりです。

- 40mT：885LSB/mT
- 80mT：446LSB/mT
- 120mT：273LSB/mT
- 240mT：137LSB/mT

表 6-8. 16 ビット X、Y、Z 磁気センサ データ形式

磁界 (mT)				X_RESULT[15:0]	
RANGE = 40mT	RANGE = 80mT	RANGE = 120mT	RANGE = 240mT	2 進数	16 進数
-39.009	-78.019	-120.029	-239.182	1000 0000 0000 0000	8000h
-19.504	-39.009	-60.014	-119.591	1100 0000 0000 0000	C000h
-0.001	-0.002	-0.003	-0.007	1111 1111 1111 1111	FFFFh
0	0	0	0	0000 0000 0000 0000	0000h
0.001	0.002	0.003	0.007	0000 0000 0000 0001	0001h
19.504	39.009	60.014	119.591	0100 0000 0000 0000	4000h
39.008	78.016	120.025	239.175	0111 1111 1111 1111	7FFFh

6.5.2.2 温度センサ データ

TMAG3001 は温度を測定し、T_RESULT_MSB レジスタおよび T_RESULT_LSB レジスタの Temp_Result[15:0] フィールドに値を保存します。表 6-9 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。この表では、計算に使用される小数点以下の桁数は 3 桁です。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。

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。

$$T = T_{SENS_T0} + \frac{Temp_Result[15:0] - T_{ADC_T0}}{T_{ADC_RES}} \quad (10)$$

ここで、

- T は、摂氏で測定される温度です
- t_{SENS_T0} は 25°C です
- T_{ADC_RES} は 58.2 LSB/°C です
- T_{ADC_T0} は 17512 です
- Temp_Result[15:0] は温度レジスタの 10 進値です

$$T = T_{SENS_T0} + \frac{256 \times \left(T_{ADC_T} - \frac{Temp_Result[15:8]}{256}\right)}{T_{ADC_RES}} \quad (11)$$

表 6-9. 16 ビットの温度データ形式

温度 (℃)	TEMP_RESULT[15:0]	
	2 進数	16 進数
-40	0011 0101 1010 0001	35A1h
-25	0011 1001 0000 1010	390Ah
0	0011 1110 1011 1001	3EB9h
25	0100 0100 0110 1000	4468h
25.02	0100 0100 0110 1001	4469h
85	0101 0001 1111 1100	520Ch
125	0101 1011 0000 1100	5B0Ch

6.5.2.3 磁気センサ ゲイン補正

TMAG3001 は、必要に応じて、磁気軸の 1 つのゲイン補正を可能にします。磁気ゲインを設定するためのレジスタ構成を、表 6-10 に示します。MAG_GAIN_CH ビットと ANGLE_EN[1:0] ビットを使用して、ゲイン変更用に設定できる特定の磁気チャネルを設定します。Sensor_Config_4 レジスタは、Gain_Config を 8 ビット値として格納するために使用されます。

表 6-10. 磁気ゲイン補正の構成にするレジスタ フィールドの設定

レジスタ名	ANGLE_EN = 1b かつ THR_SEL = 00 または 01 または 11b の場合のレジスタ エイリアス	説明
Sensor_Config_4	GAIN_Config[7:0]	Sensor_Config_2 レジスタの MAG_GAIN_CH と ANGLE_EN[1:0] の値で定義されているように磁気チャネルの 1 つのゲインを構成します

Gain_Config[7:0] は、測定された磁界に対する直接逓倍器で、値は 0 ～ 1 です。Gain_Config[7:0] の LSB サイズは 0.00390625 です。たとえば、TMAG3001 によって測定されたフィールドが 20mT で、Gain_Config[7:0] の設定を 80h として使用した場合、ゲイン設定は 0.5、結果として X_Result の値は 10mT です。

表 6-11. 8 ビットの Gain_Config データ形式

ゲイン (mT/mT)	GAIN_CONFIG[7:0]	
	2 進数	16 進数
0	0000 0000	00h
0.00390625	0000 0001	01h
0.25	0100 0000	40h
0.5	1000 0000	80h
0.75	1100 0000	C0h
0.99609375	1111 1111	FFh

例として、図 6-26 に Gain_Config[7:0] レジスタ設定を使用して、訂正された磁界の振幅を示します。センサの選択と順序は、ANGLE_EN[1:0] レジスタ ビット設定で定義します。Gain_Config[7:0] レジスタが 00h に設定されている場合、選択したチャネルのゲイン補正はディセーブルになります。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

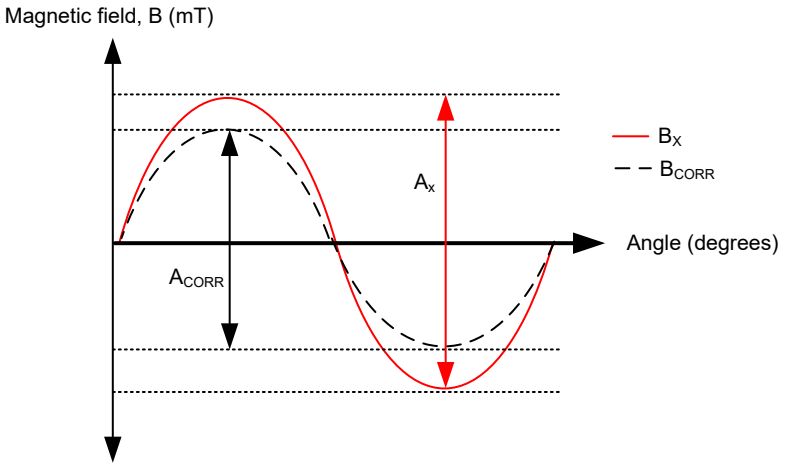


図 6-26. 磁気センサ データ ゲイン補正

6.5.2.4 磁気センサ オフセット補正

TMAG3001 では、1 対の磁気軸のオフセット補正が可能です。

表 6-12. 磁気オフセットを設定するためのレジスタ フィールド設定

レジスタ名	ANGLE_EN[1:0] = 1h または 2h または 3h の場合のレジスタ エイリアス。または THR_SEL[1:0] = 0h、1h または 3h	説明
Sensor_Config_5	Offset_Config_1	最初のチャンネルのオフセットを設定します
Sensor_Config_6	Offset_Config_2	2 番目のチャンネルのオフセットを設定します

オフセット補正は、8 ビット 2 の補数形式で保存されます。Offset_Config_x のオフセット例を、表 6-13 に示します。x は 1 番目または 2 番目のチャネルです。この表では、小数 3 桁のみが表示されます。データ形式は Offset_Config_1[7:0] と Offset_Config_2[7:0] の場合と同じです。各磁気範囲の LSB サイズは次のとおりです。

- 40mT：51.2LSB/mT
- 80mT：25.6LSB/mT
- 120mT：15.3985LSB/mT
- 240mT：7.70LSB/mT

表 6-13. 8 ビットの磁気センサ オフセット補正データ形式

磁気オフセット (mT)				OFFSET_CONFIG_X[7:0]	
RANGE = 40mT	RANGE = 80mT	RANGE = 120mT	RANGE = 240mT	2 進数	16 進数
-2.5	-5	-8.313	-16.625	1000 0000	80h
-1.992	-3.984	-6.624	-13.248	1001 1010	9Ah
-0.019	-0.039	-0.065	-0.130	1111 1111	FFh
0	0	0	0	0000 0000	00h
0.019	0.039	0.065	0.130	0000 0001	01h
1.992	3.984	6.624	13.248	0110 0110	66h
2.480	4.961	8.248	16.495	0111 1111	7Fh

たとえば、特定の軸の補正されていない波形に 2mT のオフセット値がある場合は、対応する Offset_Config_x[7:0] ビット フィールドに –2mT のオフセット補正値を入力します。この値は、ゲイン設定を適用する前 (または後) に測定フィール

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

ドに加算されます。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。オフセット補正が有効な場合、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。

6.5.2.5 角度と大きさのデータの定義

TMAG3001 は、Angle_EN[1:0] 設定に基づいて、1 対の磁気軸からの角度を計算します。13 ビットの Angle_Result[12:0] 値は、Angle_Result_MSB レジスタと Angle_Result_LSB レジスタに保存されます。データ形式は符号なし角度の値で、LSB サイズは 0.0625° です。次の表に、角度値の例を示します。

表 6-14. 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	0000h
0.0625	0 0000 0000 0001	0001h
90	0 0101 1010 0000	05A0h
180	0 1011 0100 0000	0B40h
270	1 0000 1110 0000	10E0h
360	1 0110 1000 0000	1680h

角度計算中、Magnitude_Result[7:0] は、結果ベクトルの大きさを Magnitude_Result レジスタに保存します。Magnitude_Result[7:0] は符号なしの値で、LSB サイズはデバイスの範囲によって異なります。以下の表では、小数点以下 3 桁のみを示しています。

- 40mT：3.281LSB/mT
- 80mT：1.640LSB/mT
- 120mT：1.066LSB/mT
- 240mT：0.535LSB/mT

軸上の角度測定では、360° 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。

表 6-15. 8 ビットの振幅データ形式

振幅 (mT)				MAGNITUDE_RESULT7:0]	
RANGE = 40mT	RANGE = 80mT	RANGE = 120mT	RANGE = 240mT	2 進数	16 進数
0	0	0	0	0000 0000	00h
0.304	0.609	0.937	1.868	0000 0001	01h
4.571	9.142	14.065	28.029	0000 1111	0Fh
37.7904	75.580	116.278	231.708	0111 CC00	7Ch
77.714	155.428	239.120	476.496	1111 1111	FFh

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.5.2.6 角度オフセット補正

TMAG3001 を使用すると、1 対の磁気軸のオフセット補正によりゼロ基準電圧を設定し、取り付け後の磁石の配置誤差を補償できます。THR_CONFIG_3 レジスタには、オフセット値が格納されます。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。角度オフセット補正を有効化するには、Angle_Offset_EN ビットを 1h に設定します。センサの選択と順序は、Angle_EN[1:0] レジスタ ビット設定で定義します。Angle_Offset_DIR には、角度オフセット値を追加または減算する機能があります。TMAG3001 は、1°/LSB の分解能で角度オフセットを ±255 度補正する機能を備えています。

表 6-16. 角度オフセット補正を構成するためのレジスタフィールド設定

レジスタ名	THR_SEL[1:0] = 1h または 3h の場合のレジスタ エイリアス	説明
THR_Config_3	Angle_Offset[7:0]	Angle_Result[12:0] に角度オフセットを追加します。角度オフセットの分解能は 1 度です。

表 6-17. 8 ビット角度オフセット データ形式

角度 (°)	Angle_Offset[7:0]	
	2 進数	16 進数
0	0000 0000	00h
1	0000 0001	01h
90	0101 1010	5Ah
180	1011 0100	B4h
255	1111 1111	FFh

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7 レジスタ マップ

7.1 TMAG3001 のレジスタ

結果およびステータス レジスタの値は、I²C トランザクションの開始時にロックされます。I²C トランザクション中に変換が完了すると、最新の結果は、そのトランザクションの STOP ビットの直後に更新されます。

表 7-1. TMAG3001 のレジスタ

アドレス	タイプ	リセット	略称	レジスタ名	セクション
0h	R/W	00h	Device_Config_1	デバイスの動作モードを構成	表示
1h	R/W	00h	Device_Config_2	デバイスの動作モードを構成	表示
2h	R/W	00h	Sensor_Config_1	センサーデバイスの動作モード	表示
3h	R/W	00h	Sensor_Config_2	センサーデバイスの動作モード	表示
4h	R/W	00h	THR_Config_1	スレッショルドの構成	表示
5h	R/W	00h	THR_Config_2	スレッショルドの構成	表示
6h	R/W	00h	THR_Config_3	スレッショルドの構成	表示
7h	R/W	00h	Sensor_Config_3	デバイスの動作モードを構成	表示
8h	R/W	00h	INT_Config_1	デバイスの動作モードを構成	表示
9h	R/W	00h	Sensor_Config_4	デバイスの動作モードを構成	表示
Ah	R/W	00h	Sensor_Config_5	デバイスの動作モードを構成	表示
Bh	R/W	00h	Sensor_Config_6	デバイスの動作モードを構成	表示
Ch	R/W	00h	I2C_Address	I2C アドレス レジスタ	表示
Dh	R	0xh	Device_ID	デバイス ダイの ID	表示
Eh	R	49h	Manufacturer_ID_LSB	メーカー ID 下位バイト	表示
Fh	R	54h	Manufacturer_ID_MSB	メーカー ID 上位バイト	表示
10h	R	00h	T_Result_MSB	変換結果レジスタ	表示
11h	R	00h	T_Result_LSB	変換結果レジスタ	表示
12h	R	00h	X_RESULT_MSB	変換結果レジスタ	表示
13h	R	00h	X_Result_LSB	変換結果レジスタ	表示
14h	R	00h	Y_Result_MSB	変換結果レジスタ	表示
15h	R	00h	Y_Result_LSB	変換結果レジスタ	表示
16h	R	00h	Z_Result_MSB	変換結果レジスタ	表示
17h	R	00h	Z_Result_LSB	変換結果レジスタ	表示
18h	R	00h	Conv_Status	変換ステータス レジスタ	表示
19h	R	00h	Angle_Result_MSB	変換結果レジスタ	表示
1Ah	R	00h	Angle_Result_LSB	変換結果レジスタ	表示
1Bh	R	00h	Magnitude_Result	変換結果レジスタ	表示
1Ch	R	00h	Device_Status	Device_Diag ステータス レジスタ	表示

表 7-2. TMAG3001 のアクセス タイプ コード

アクセス タイプ	表記	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
W1C	W 1C	書き込み 1 でクリア
リセットまたはデフォルト値		

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-2. TMAG3001 のアクセス タイプ コード (続き)

アクセス タイプ	表記	説明
- *n*		リセット後の値またはデフォルト値

7.1.1 Device_Config_1 レジスタ (アドレス = 0h) [リセット = 00h]

Device_Config_1 では、CRC、磁気温度係数、平均化、I2C 読み取りモードを構成できます。

レジスタ マップに戻る。

図 7-1. Device_Config_1 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
CRC_EN	MAG_Tempco[1:0]		Conv_AVG[2:0]			I2C_RD[1:0]	
R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h			R/W-0h	

表 7-3. 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 読み出しトランザクションに追加する I2C CRC バイトをイネーブルします 0h = CRC ディセーブル 1h = CRC イネーブル
6-5	MAG_Tempco[1:0]	R/W	0h	センス磁石の温度係数 0h = 0% (電流センサ アプリケーション) 1h = 0.12%/ deg C (NdBFe) 2h = 0.03% / deg C (SmCo) 3h = 0.2%/deg C (セラミック)
4-2	Conv_AVG[2:0]	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 = 1x - 10.5 ksps (3 軸) または 22 ksps (1 軸) 1h = 2x - 5.9 ksps (3 軸) または 14.3 ksps (1 軸) 2h = 4x - 3.1 ksps (3 軸) または 8.3 ksps (1 軸) 3h = 8x - 1.6 ksps (3 軸) または 4.5 ksps (1 軸) 4h = 16x - 0.8 ksps (3 軸) または 2.4 ksps (1 軸) 5h = 32x - 0.4 ksps (3 軸) または 1.2 ksps (1 軸)
1-0	I2C_RD[1:0]	R/W	0h	I2C 読み出しモードを定義します 0h = 標準 I2C の 3 バイト読み取りコマンド 1h = 16 ビットのセンサ データと変換ステータスの 1 バイト I2C 読み取りコマンド 2h = 8 ビット センサ 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

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.2 Device_Config_2 レジスタ (アドレス = 01h) [リセット = 00h]

Device_Config_2 を使用して、デバイス動作を構成できます。

レジスタ マップに戻る。

図 7-2. Device_Config_2 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
THR_HYST[2:0]			LP_LN	I2C_Glitch_Filter	Trigger_Mode	Operating_Mode[1:0]	
R/W-0h			R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	

表 7-4. 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[2:0]	R/W	0h	スイッチ モード (INT_MODE = 5h または 6h) またはウェイク オン変更モード (WOC_SEL = 2h) での磁界スレッショルドのヒステリシスを選択します。 0h = スレッショルド 2LSB、12 ビット分解能 (スイッチ モード) | スレッショルド 1LSB、8 ビット分解能 (変更時にウェークアップ モード) 1h = スレッショルド 4LSB、12 ビット分解能 (スイッチ モード) | スレッショルド 2 LSB、8 ビットの分解能 (変更時にウェイクアップ モード) 2h = スレッショルド 8LSB、12 ビット分解能 (スイッチ モード) |スレッショルド 4LSB、8 ビット分解能 (変更時にウェークアップ モード) 3h = スレッショルド 16LSB、12 ビット分解能 (スイッチ モード) |スレッショルド 8LSB、8 ビット分解能 (変更時にウェークアップ モード) 4h = スレッショルド 32LSB、12 ビット分解能 (スイッチ モード) | スレッショルド 16 LSB、8 ビットの分解能 (変更時にウェイクアップ モード) 5h = スレッショルド 64LSB、12 ビット分解能 (スイッチ モード) | スレッショルド 32 LSB、8 ビットの分解能 (変更時にウェイクアップ モード) 6h = スレッショルド 128LSB、12 ビット分解能 (スイッチ モード) | スレッショルド 64 LSB、8 ビットの分解能 (変更時にウェイクアップ モード) 7h = スレッショルド 256SB、12 ビット分解能 (スイッチ モード) | スレッショルド 128 LSB、8 ビットの分解能 (変更時にウェイクアップ モード)
4	LP_LN	R/W	0h	低アクティブ電流モードと低ノイズ モードの間のモードを選択します 0h = 低アクティブ電流モード 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 オン 1H = グリッチ フィルタ オフ
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[1:0] に明示的に記述されたモードでのみ使用できます。 0h = 変換開始は I2C コマンドビットから、DEFAULT 1h = 変換は INT ピンのトリガ信号により開始されます
1-0	Operating_Mode[1:0]	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 モードに遷移する場合、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 イベント時に新しい変換を開始) 1h = スリープ モード 2h = 連続変換モード 3h = ウェークアップおよびスリープ モード (デューティ サイクル モード)

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.3 Sensor_Config_1 レジスタ (アドレス = 02h) [リセット = 00h]

SENSOR_Config_1 は、イネーブルされた磁気チャネルと、ウェークおよびスリープ モードで動作するスリープ時間を設定するために使用できます。

レジスタ マップに戻る。

図 7-3. Sensor_Config_1 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
MAG_CH_EN[3:0]				SLEEPTIME[3:0]			
R/W-0h				R/W-0h			

表 7-5. Sesnsor_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[3:0]	R/W	0h	磁気軸チャネルのデータ収集をイネーブルします 0h = OFF、DEFAUT のすべての磁気チャンネル 1h = X チャネルがイネーブル 2h = Y チャネルがイネーブル 3h = X、Y チャネルがイネーブル 4h = Z チャネルがイネーブル 5h = Z、X チャネルがイネーブル 6h = Y、Z チャネルがイネーブル 7h = X、Y、Z チャネルがイネーブル 8h = XYX チャネルがイネーブル 9h = YXY チャネルがイネーブル Ah = YZY チャネルがイネーブル Bh = XZX チャネルがイネーブル Ch = X、Y、Z (正の診断オフセット) Dh = X、Y、Z (負の診断オフセット) 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 + AFE チェック
3-0	SLEEPTIME[3:0]	R/W	0h	Operating_Mode[1:0] = 3h のときに、低消費電力モードで費やす時間を選択します 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

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.4 Sensor_Config_2 レジスタ (アドレス = 03h) [リセット = 00h]

SENSOR_Config_2 は、一般的なセンサ動作を構成するために使用できます。

レジスタ マップに戻る

図 7-4. Sensor_Config_2 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
T_Rate	INTB_POL	MAG_THR_DIR	MAG_Gain_CH	Angle_EN[1:0]		X_Y_Range	Z_Range
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h

表 7-6. 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	T_Rate	R/W	0h	温度平均 0h = MAG_CH_EN > 0 の場合、単一の温度変換 1h = Conv_AVG[2:0] によるフィルタリング
6	INTB_POL	R/W	0h	割り込みイベントの極性を選択します 0h = 割り込みイベント中、INTB ピンはデフォルトの high に、アクティブ low に設定されます 1h = 割り込みイベント中、INTB ピンがデフォルト low に設定され、アクティブ high に設定されています
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 0h = スレッショルドを超える外部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外部フィールドの割り込みを設定
4	MAG_Gain_CH	R/W	0h	Sensor_Config_4 レジスタに入力された振幅ゲイン補正値の軸を選択します 0h = ゲイン調整用に 1 番目のチャネルが選択されています 1h = ゲイン調整用に 2 番目のチャネルが選択されています
3-2	Angle_EN[1:0]	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、オフセット補正を可能にします 0h = 角度計算なし 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 軸の磁気範囲を、2 つの異なるオプションから選択します。 0h = ±40mT (TMAG3001x1) または ±120mT (TMAG3001x2) 1h = ±80mT (TMAG3001x1) または ±240mT (TMAG3001x2)
0	Z_Range	R/W	0h	2 種類の選択肢から Z 軸の磁気範囲を選択します。 0h = ±40mT (TMAG3001x1) または ±120mT (TMAG3001x2) 1h = ±80mT (TMAG3001x1) または ±240mT (TMAG3001x2)

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.5 THR_Config_1 レジスタ (アドレス = 04h) [リセット = 00h]

THR_Config_1 は、THRESHOLD1[7:0] フィールド経由で X_THRLO、ANGLE_TH_REF、MAG_THRLO を設定するために使用できます。

レジスタ マップに戻る

図 7-5. THR_Config_1 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Threshold1[7:0]							
R/W-00h							

表 7-7. THR_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	Threshold1[7:0]	R/W	00h	構成機能と LSB は次の THR_SEL[1:0] ビットに基づいています。 THR_SEL[1:0] = 1h の場合、Threshold1[7:0] = A_THR_REF (角度の基準スレッショルド) 。A_THR_REF は絶対角度符号化された符号なし 8 ビット値で、分解能は LSB ごとに 2°、最大範囲は 360° です THR_SEL[1:0] = 2h の場合、Threshold1[7:0] = X_THR_LO (X チャネルの Low スレッショルド) 。INT_Mode ≠ 5h のとき、X_THR_LO[6:0] は X チャネルの正の磁気 low スレッショルドを生成します (X_THR_LO[7] は無視されます)。INT_Mode = 5h (ユニポーラ スイッチ モード) なら、X_THR_LO は 8 ビットの符号付き整数として扱われます。ここで、X_THR_LO[7] は符号 (正の場合は 0、負の場合は 1) 、X_THR_LO[6:0] は振幅を表します。 THR_SEL[1:0] = 11b の場合、THRESHOLD1[7:0] = M_THR_LO (振幅の Low スレッショルド) 。M_THR_LO 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: 3.281LSB/mT • 80mT:1.640LSB/mT • 120mT:1.066LSB/mT • 240mT:0.535LSB/mT

7.1.6 THR_Config_2 レジスタ (アドレス = 05h) [リセット = 00h]

THR_Config_2 は、THRESHOLD2[7:0] フィールド経由で、Y_THRLO、ANGLE_TH_BANND、MAG_THRHI を設定するために使用できます。

レジスタ マップに戻る

図 7-6. THR_Config_2 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Threshold2[7:0]							
R/W-00h							

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-8. THR_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	Threshold2[7:0]	R/W	00h	構成機能と LSB は次の THR_SEL[1:0] ビットに基づいています。 THR_SEL[1:0] = 1h の場合、Threshold2[7:0] = A_THR_BANT (角度のスレッショルド帯域) 。A_THR_BANT は符号なし 8 ビット値で符号化された絶対角度で、分解能は LSB ごとに 1°、最大範囲は 180° です。 THR_SEL[1:0] = 2h の場合、THRESHOLD2[7:0] = Y_THR_LO (Y チャネルの Low スレッショルド) 。INT_Mode ≠ 5h の場合、Y_THR_LO[6:0] は Y チャネルに正の磁気 low スレッショルドを生成します (Y_THR_LO[7] は無視されます) 。INT_Mode = 5h (ユニポーラ スイッチ モード) の場合、Y_THR_LO は 8 ビットの符号付き整数として扱われます。ここで、Y_THR_LO[7] は符号 (正の場合は 0、負の場合は 1) 、Y_THR_LO[6:0] は振幅を表します。 THR_SEL[1:0] = 3h の場合、Threshold2[7:0] = M_THR_HI (振幅の上限スレッショルド) 。M_THR_HI 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 : 3.281LSB/mT • 80mT : 1.640LSB/mT • 120mT : 1.066LSB/mT • 240mT : 0.535LSB/mT

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.7 THR_Config_3 レジスタ (アドレス = 06h) [リセット = 00h]

THR_Config_3 を表 7-9 に示します。

レジスタ マップに戻る

Z_THRLO、ANGLE_OFFSET

図 7-7. THR_Config_3 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Threshold3[7:0]							
R/W-00h							

表 7-9. THR_CONFIG_3 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	Threshold3[7:0]	R/W	00h	構成機能と LSB は次の THR_SEL[1:0] ビットに基づいています。 THR_SEL[1:0] = 1h の場合、Threshold3[7:0] = Angle_Offset[7:0]。分解能は LSB ごとに 1° の符号なし 8 ビット角度値。ANGLE_Offset_DIR には、角度オフセット値を加算または減算する機能があります。 THR_SEL[1:0] = 2h の場合、Threshold3[7:0] = Z_THR_LO (Z チャネルの Low スレッショルド) 。INT_Mode ≠ 5h の場合、Z_THR_LO[6:0] は Z チャネルの正の磁気 low スレッショルドを生成します (Z_THR_LO[7] は無視されます) 。INT_Mode = 5h (ユニポーラ スイッチ モード) の場合、Z_THR_LO は 8 ビットの符号付き整数として扱われます。ここで、Z_THR_LO[7] は符号 (正の場合は 0、負の場合は 1) 、Z_THR_LO[6:0] は振幅を表します。 THR_SEL[1:0] = 3h の場合、Threshold3[7:0] = Angle_Offset[7:0]。分解能は LSB ごとに 1° の符号なし 8 ビット角度値。ANGLE_Offset_DIR には、角度オフセット値を加算または減算する機能があります。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.8 Sensor_Config_3 レジスタ (アドレス = 07h) [リセット = 00h]

SENSOR_Config_3 は、ウェイクオン変更、スレッショルド機能、角度ヒステリシス、オフセットを設定するために使います。

レジスタ マップに戻る

図 7-8. Sensor_Config_3 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
WOC_SEL[1:0]		THR_SEL[1:0]		Angle_HYS[1:0]		Angle_Offset_EN	ANG_Offset_DIR
R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h		R/W-0h	R/W-0h

表 7-10. Sensor_Config_3 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
7-6	WOC_SEL[1:0]	R/W	0h	測定された磁気読み取り値のいずれかが THR_HYST によって以前の測定値と異なっている場合、割り込み応答をイネーブルにします。 0h = 変更時にウェークアップをディセーブル 1h = 前の角度測定値からウェークアップ ANGLE_EN ビットは 0h 以外の値に設定する必要があります。 2h = 1 軸の前の磁界測定値から変化時にウェークアップ。MAG_CH_EN に基づく、有効な最初の軸 (X、Y、Z) の変化にのみ応答します 3h = 予約済み
5-4	THR_SEL[1:0]	R/W	0h	THR_Config_1、THR_Config_2、THR_Config_3 レジスタの機能を設定します 0h = スレッショルドを選択していない 1h = 角度スレッショルドを選択。Threshold1[7:0] は A_THR_REF を設定し、Threshold2[7:0] は A_THR_BAND を設定します 2h = B フィールド スレッショルドを選択。Threshold1[7:0] は X_THR_LO、Threshold2[7:0] は Y_THR_LO を設定し、Threshold3[7:0] は Z_THR_LO を設定します。Gain_X_THR_HI[7:0] は X_THR_HI を、Offset1_Y_THR_HI[7:0] は Y_THR_HI を、Offset2_Z_THR_HI[7:0] は Z_THR_HI を設定します。 3h = 振幅スレッショルド (ボタン押下) を選択。Threshold1[7:0] は Magnitude_THR_LO を設定し、Threshold2[7:0] は Magnitude_THR_HI を設定します。 THR_SEL[1:0] が 2h でない場合、Gain_X_THR_HI[7:0] は Gain_Config、Offset1_Y_THR_HI[7:0] は Offset1、Offset2_Z_THR_HI[7:0] は Offset2、Threshold3[7:0] は Angle_Offset を設定します
3-2	Angle_HYS[1:0]	R/W	0h	角度スイッチ モード (THR_SEL = 1h) または変更時にウェイクアップ モー (WOC_SEL = 1h) で角度スレッショルドのヒステリシスを選択します。 0h = 1 度 (スイッチ モード) | 4 度変更をトリガする割り込み (変更時にウェイクアップ) 1h = 2 度 (スイッチ モード) | 6 度変更をトリガする割り込み (変更時にウェイクアップ) 2h = 4 度 (スイッチ モード) | 10 度変更をトリガする割り込み (変化時にウェークアップ) 3h = 8 度 (スイッチ モード) | 18 度変更をトリガする割り込み (変更時にウェイクアップ)

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-10. Sensor_Config_3 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	Angle_Offset_EN	R/W	0h	最終角度値にオフセットを追加できます 0h =レジスタ Angle_Offset[7:0] の値は最終的な角度結果に追加されません 1h =レジスタ Angle_Offset[7:0] の値が最終的な角度の結果に追加されます
0	Angle_Offset_DIR	R/W	0h	Angle_Offset[7:0] のオフセット値を最終的な角度結果に加算または減算することを示します。 0h = Angle_Offset[7:0] からの値が最終的な角度の結果に追加されます 1h = 最終的な角度結果から Angle_Offset[7:0] の値が減算されます

7.1.9 INT_Config_1 レジスタ (アドレス = 08h) [リセット = 00h]

INT_CONFIG_1 を表 7-11 に示します。

レジスタ マップに戻る

図 7-9. INT_Config_1 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Result_INT	Threshold_INT	INT_State	INT_Mode[2:0]			INT_POL_EN	MASK_INTB
R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h			R/W-0h	R/W-0h

表 7-11. 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	Result_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たとき、割り込みはアサートされない 1h = 設定された変換セットが完了すると、割り込みがアサートされる
6	Threshold_INT	R/W	0h	事前定義されたスレッショルド クロスで割り込み応答を有効化します 0h = スレッショルドを超えたときは、割り込みはアサートされていません 1h = スレッショルドを超えると、割り込みがアサートされます
5	INT_State	R/W	0h	$\overline{\text{INT}}$ ラッチまたはパルス 0h = コントローラがデバイスをアドレッシングすることでクリアされるまで INT\ 割り込みはラッチされた 1h = INT\5us の割り込みパルス
4-2	INT_Mode[2:0]	R/W	0h	割り込みモード選択 0h = 割り込みなし 1h = $\overline{\text{INT}}$ による割り込み 2h = ターゲットとの I2C 通信がアクティブな場合、$\overline{\text{INT}}$ により割り込みを行い、無視します。変換データが失われました。 3h = 割り込みの幅に基づいて SCL による割り込み 4h = SCL により割り込みが発生し、ターゲット アドレスに関係なく I2C 通信がアクティブな場合は無視されます。変換データが失われました。 5h = ユニポーラ スイッチ モード。このモードはすべての割り込み機能を無効にし ($\overline{\text{INT}}$ トリガもディセーブル) 、スイッチ機能のみを実装します。 6h = オムニポーラ スイッチ モード。このモードはすべての割り込み機能を無効にし ($\overline{\text{INT}}$ トリガもディセーブル) 、スイッチ機能のみを実装します。 7h = 無効。デフォルトは割り込みなし
1	INT_POL_EN	R/W	0h	0h = INT_POL bit from Sensor_Config2 を無効化 1h = INT_POL bit from Sensor_Config2 を無効化

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-11. 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
0	MASK_INT	R/W	0h	$\overline{\text{INT}}$ を GND に接続する場合の MASK $\overline{\text{INT}}$ ピン 0h = $\overline{\text{INT}}$ ピンを有効化 1h = $\overline{\text{INT}}$ ピンを入力または出力として使用できません

7.1.10 Sensor_Config_4 レジスタ (アドレス = 09h) [リセット = 00h]

SENSOR_Config_4 は、Gain_X_THR_HI[7:0] 経由で GAIN_CONFIG と X_THR_HI を設定するために使われます。

レジスタ マップに戻る

図 7-10. Sensor_Config_4 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Gain_X_THR_HI[7:0]							
R/W-00h							

表 7-12. Sensor_Config_4 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	Gain_X_THR_HI[7:0]	R/W	0h	構成機能は、THR_SEL[1:0] ビットに基づいています。 THR_SEL[1:0] = 0h、1h、または 3h の場合、Gain_X_THR_HI[7:0] = Gain_Config (選択された磁気チャネルのゲインを調整) 。LSB サイズ 0.00390625 の符号なし 8 ビット値で、0 ～ 1 の値で、測定された磁界への直接の逓倍器として使用されます。 THR_SEL[1:0] = 2h、ANGLE_EN = 0h の場合、Gain_X_THR_HI[7:0] = X_THR_HI (X チャネルの High スレッショルド) 。 GAIN_X_THR_HI[6:0] は X チャネルに正の磁気 high スレッショルドを設定します (GaIN_X_THR_HI[7] は無視されます) 。

7.1.11 Sensor_Config_5 レジスタ (アドレス = 0Ah) [リセット = 00h]

Sensor_Config_5 は、Offset1_Y_THR_HI[7:0] 経由で Offset_Config_1、Y_THR_HI を設定するために使用されます。

レジスタ マップに戻る

図 7-11. Sensor_Config_5 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Offset1_Y_THR_HI[7:0]							
R/W-00h							

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 7-13. Sensor_Config_5 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	Offset1_Y_THR_HI[7:0]	R/W	00h	構成機能と LSB は、THR_SEL[1:0] と ANGLE_EN[1:0] に基づきます。ANGLE_EN[1:0] ≠ 0h の場合、Offset1_Y_THR_HI[7:0] = Offset_Config_1[7:0] (測定された最初の磁気チャネルのオフセットを調整) 。オフセット補正は 各磁気範囲に固有の LSB サイズを持つ 8 ビットの 2 の補数値として保存されます。 • 40mT：51.2LSB/mT • 80mT：25.6LSB/mT • 120mT：15.3985LSB/mT • 240mT：7.70LSB/mT THR_SEL[1:0]= 2h、ANGLE_EN = 0h の場合、Offset1_Y_THR_HI[7:0] = Y_THR_HI[7:0] (Y チャネルの High スレッショルド) 。Offset1_Y_THR_HI[6:0] は、Y チャネルに正の磁気 high スレッショルドを生成します (Offset1_Y_THR_HI[7] は無視されます) 。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.12 Sensor_Config_6 レジスタ (アドレス = 0Bh) [リセット = 00h]

Sensor_Config_6 は、Offset2_Z_THR_HI[7:0] 経由で Offset_Config_2、Z_THR_HI を設定するために使用されます。

レジスタ マップに戻る

図 7-12. Sensor_Config_6 レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Offset2_Z_THR_HI[7:0]							
R/W-00h							

表 7-14. Sensor_Config_6 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	Offset2_Z_THR_HI[7:0]	R/W	0h	スレッショルド構成機能は、THR_SEL[1:0] と ANGLE_EN[1:0] に基づいて設定されます。 ANGLE_EN[1:0] ≠ 0h の場合、Offset2_Z_THR_HI[7:0] = Offset_Config_2[7:0] (2 番目の磁気チャネルのオフセットを調整) 。オフセット補正は 各磁気範囲に固有の LSB サイズを持つ 8 ビットの 2 の補数値として保存されます。 • 40mT:51.2LSB/mT • 80mT:25.6LSB/mT • 120mT:15.3985LSB/mT • 240mT:7.70LSB/mT THR_SEL[1:0] = 2h かつ ANGLE_EN[1:0] = 0h の場合、Offset2_Z_THR_HI[7:0] = Z_THR_HI[7:0] (Z チャネルの High スレッショルド) 。Offset2_Z_THR_HI[6:0] は、Z チャネルに正の磁気 High スレッショルドを生成します (Offset2_Z_THR_HI[7] は無視されます) 。

7.1.13 I2C_Address レジスタ (アドレス = 0Ch) [リセット = 00h]

このレジスタは、TMAG3001 の I2C アドレスを構成するために使用できます。

レジスタ マップに戻る

図 7-13. I2C_Address レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
I2C_Address[6:0]							I2C_Address_Update_EN
R/W-00h							R/W-0h

表 7-15. 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[6:0]	R/W	0h	ADDR ピンの接続に基づく 7 ビットのデバイス アドレス。ユーザーは、必要に応じてこの住所を変更して新しい住所を割り当てることができます。
0	I2C_Address_Update_EN	R/W	0h	0h = ターゲット アドレスに ADDR ピン構成を使用 1H = ターゲット アドレスに I2C_Address[6:0] を使用

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.14 Device_ID Register (アドレス = 0Dh) [リセット = 0xh]

このレジスタにはデバイス バージョンが含まれています。

レジスタ マップに戻る

図 7-14. Device_ID レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み				バージョン[1:0]		予約済み	
R-0h				R-xh		R-0h	

表 7-16. Device_ID 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	予約済み	R	0h	予約済み
3-2	バージョン[1:0]	R	Xh	デバイス バージョン 0h = TMAG3001 ±40 mT 2h = TMAG3001 ±120mT
1-0	予約済み	R	0h	予約済み

7.1.15 Manufacturer_ID_LSB Register (アドレス = 0Eh) [リセット = 49h]

このレジスタには、Manufacturer_ID[15:0] の LSB が含まれています。

レジスタ マップに戻る

図 7-15. Manufacturer_ID_LSB Register

7	6	5	4	3	2	1	0
Manufacturer_ID[7:0]							
R-49h							

表 7-17. 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	Manufacturer_ID[15:0] の LSB

7.1.16 Manufacturer_ID_MSB レジスタ (アドレス = 0Fh) [リセット = 54h]

このレジスタには、Manufacturer_ID[15:0] の MSB が含まれています。

レジスタ マップに戻る

図 7-16. Manufacturer_ID_MSB レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Manufacturer_ID[15:8]							
R-54h							

表 7-18. 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	Manufacturer_ID[15:0] の MSB

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.17 Temp_Result_MSB レジスタ (アドレス = 10h) [リセット = 00h]

このレジスタは 8 ビットの読み取り専用レジスタで、最新の変換による MSB 出力を格納します。データは、2 の補数バイナリ形式で表現されます。*温度センサ データ*に、Temp_Result[15:0] を温度に変換する方法が示されています。

レジスタ マップに戻る

図 7-17. Temp_Result_MSB レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Temp_Result[15:8]							
R-00h							

表 7-19. Temp_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	Temp_Result[15:8]	R	00h	温度データ変換結果の 8 ビット MSB。

7.1.18 Temp_Result_LSB レジスタ (アドレス = 11h) [リセット = 00h]

このレジスタは 8 ビットの読み取り専用レジスタで、最新の温度変換による LSB 出力を格納します。データは、2 の補数バイナリ形式で表現されます。*温度センサ データ*に、Temp_Result[15:0] を温度に変換する方法が示されています。

レジスタ マップに戻る

図 7-18. Temp_Result_LSB レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Temp_Result[7:0]							
R-00h							

表 7-20. Temp_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	Temp_Result[7:0]	R	00h	温度データ変換結果の 8 ビット LSB。

7.1.19 X_Result_MSB レジスタ (アドレス = 12h) [リセット = 00h]

このレジスタは 8 ビットの読み取り専用レジスタで、最新の X チャンネルによる MSB 出力を格納します。データは、2 の補数バイナリ形式で表現されます。

レジスタ マップに戻る

図 7-19. X_Result_MSB レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
X_Result[15:8]							
R-00h							

表 7-21. X_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	X_Result[15:8]	R	00h	X チャネルのデータ変換結果の 8 ビット MSB

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.20 X_Result_LSB レジスタ (アドレス = 13h) [リセット = 00h]

このレジスタは 8 ビットの読み取り専用レジスタで、最新の X チャンネルによる LSB 出力を格納します。データは、2 の補数バイナリ形式で表現されます。

レジスタ マップに戻る

図 7-20. X_Result_LSB レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
X_Result[7:0]							
R-00h							

表 7-22. X_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	X_Result [7:0]	R	00h	X チャネルのデータ変換結果の 8 ビット LSB

7.1.21 Y_Result_MSB レジスタ (アドレス = 14h) [リセット = 00h]

このレジスタは 8 ビットの読み取り専用レジスタで、最新の Y チャンネルによる MSB 出力を格納します。データは、2 の補数バイナリ形式で表現されます。

レジスタ マップに戻る

図 7-21. Y_Result_MSB レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Y_Result[15:8]							
R-00h							

表 7-23. Y_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	Y_Result[15:8]	R	00h	Y チャネル データ変換結果の 8 ビット MSB

7.1.22 Y_Result_LSB レジスタ (アドレス = 15h) [リセット = 00h]

このレジスタは 8 ビットの読み取り専用レジスタで、最新の Y チャンネルによる LSB 出力を格納します。データは、2 の補数バイナリ形式で表現されます。

レジスタ マップに戻る

図 7-22. Y_Result_LSB レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Y_Result[7:0]							
R-00h							

表 7-24. Y_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	Y_Result[7:0]	R	00h	Y チャネル データ変換結果の 8 ビット LSB

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.23 Z_Result_MSB レジスタ (アドレス = 16h) [リセット = 00h]

このレジスタは 8 ビットの読み取り専用レジスタで、最新の Z チャンネルによる MSB 出力を格納します。データは、2 の補数バイナリ形式で表現されます。

レジスタ マップに戻る

図 7-23. Z_Result_MSB レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Z_Result[15:8]							
R-00h							

表 7-25. Z_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	Z_Result[15:8]	R	00h	Z チャネル データ変換結果の 8 ビット MSB

7.1.24 Z_Result_LSB レジスタ (アドレス = 17h) [リセット = 00h]

このレジスタは 8 ビットの読み取り専用レジスタで、最新の Z チャンネルによる LSB 出力を格納します。データは、2 の補数バイナリ形式で表現されます。

レジスタ マップに戻る

図 7-24. Z_Result_LSB レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Z_Result[7:0]							
R-00h							

表 7-26. Z_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	Z_Result[7:0]	R	00h	Z チャネル データ変換結果の 8 ビット LSB

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.25 Conv_Status レジスタ (アドレス = 18h) [リセット = 00h]

このレジスタには、変換ステータス情報が含まれています。

レジスタ マップに戻る

図 7-25. Conv_Status レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Set_Count[2:0]			POR	予約済み		Diag_Status	Result_Status
R-0h			R/W1C-0h	R-0h		R-0h	R-0h

表 7-27. 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[2:0]	R	0h	変換データセットのローリング カウント
4	POR	R/W1C	0h	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 は発生していない 1h = POR は発生しました
3-2	予約済み	R	0h	予約済み
1	Diag_Status	R	0h	内部メモリの CRC エラー、$\overline{\text{INT}}$ ピンのエラーを含む内部診断障害を検出します 0h = 診断失敗なし 1h = 診断失敗を検出済み
0	Result_Status	R	0h	変換データ結果を読み出す準備ができました 0h = 変換データが完了していない 1h = 変換データが完了

7.1.26 Angle_Result_MSB レジスタ (アドレス = 19h) [リセット = 00h]

このレジスタは 8 ビットの読み取り専用レジスタで、最新の角度変換による出力を格納します。Angle_Result[12:0] データは、バイナリ 2 の補数形式で表現され、LSB サイズは 0.0625° です。

レジスタ マップに戻る

図 7-26. Angle_Result_MSB レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み			Angle_Result[12:8]				
R-0h			R-00h				

表 7-28. 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
7-5	予約済み	R	0h	予約済み
4-0	Angle_Result[12:8]	R	00h	角度データ変換結果の 5 ビット MSB

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.27 Angle_Result_LSB レジスタ (アドレス = 1Ah) [リセット = 00h]

このレジスタは 8 ビットの読み取り専用レジスタで、最新の角度変換による LSB 出力を格納します。Angle_Result[12:0] データは、バイナリ 2 の補数形式で表現され、LSB サイズは 0.0625° です。

レジスタ マップに戻る

図 7-27. Angle_Result_LSB レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
Angle_Result[7:0]							
R-00h							

表 7-29. 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[7:0]	R	00h	角度データ変換結果の 8 ビット LSB

7.1.28 Magnitude_Result レジスタ (アドレス = 1Bh) [リセット = 00h]

このレジスタは 8 ビットの読み取り専用レジスタで、最新の振幅変換による出力を格納します。データは、2 の補数バイナリ形式で表現されます。

レジスタ マップに戻る

図 7-28. Magnitude_Result_ Register

7	6	5	4	3	2	1	0
Magnitude_Result[7:0]							
R-00h							

表 7-30. 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[7:0]	R	00h	結果ベクトルの大きさ (角度測定中) 結果。この値は、360 度測定中は一定です

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.1.29 Device_Status レジスタ (アドレス = 1Ch) [リセット = 00h]

このレジスタには、デバイス ステータス情報が含まれています。

レジスタ マップに戻る

図 7-29. Device _Status レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
予約済み			$\overline{\text{INT}}$_RB	予約済み	INT_ER	OTP_CRC_ER	THR_Cross
R-0h			R-0h	R-0h	R/W1CP-0h	R/W1CP-0h	R-0h

表 7-31. 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	$\overline{\text{INT}}$_RB	R	0h	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。 0h = $\overline{\text{INT}}$ ピン駆動 low 1h = $\overline{\text{INT}}$ ピン ステータス high
3	予約済み	R	0h	予約済み
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 1h を書き込むと、このビットはクリアされます。 0h = $\overline{\text{INT}}$ エラーは未検出 1h = $\overline{\text{INT}}$ エラーは検出済み
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 1h を書き込むと、このビットはクリアされます。 0h = OTP CRC エラーは未検出 1h = OTP CRC エラーは検出済み
0	THR_Cross	R	0h	スレッショルドの交差が検出されると、このビットが設定されます。 0h = スレッショルドを超えることは未検出 1h = スレッショルド クロッシングは検出済み

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8 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、テキサス・インスツルメンツの製品仕様に含まれるものではなく、テキサス・インスツルメンツ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。

8.1 アプリケーション情報

8.1.1 感度オプションの選択

TMAG3001 には、A1 および A2 の 2 つの感度オプションがあります。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 TMAG3001 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。

8.1.2 磁石の温度補償

TMAG3001 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%/°C、温度が上昇するとフェライト磁石では 0.20%/°C 減少します。デバイス温度補償が必要ない場合は、MAG_TEMPCO ビットをデフォルトの 00b に設定します。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.3 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。

8.1.3.1 連続変換

は TMAG3001Operating_Mode[1:0] が 2h 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 8-1 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。

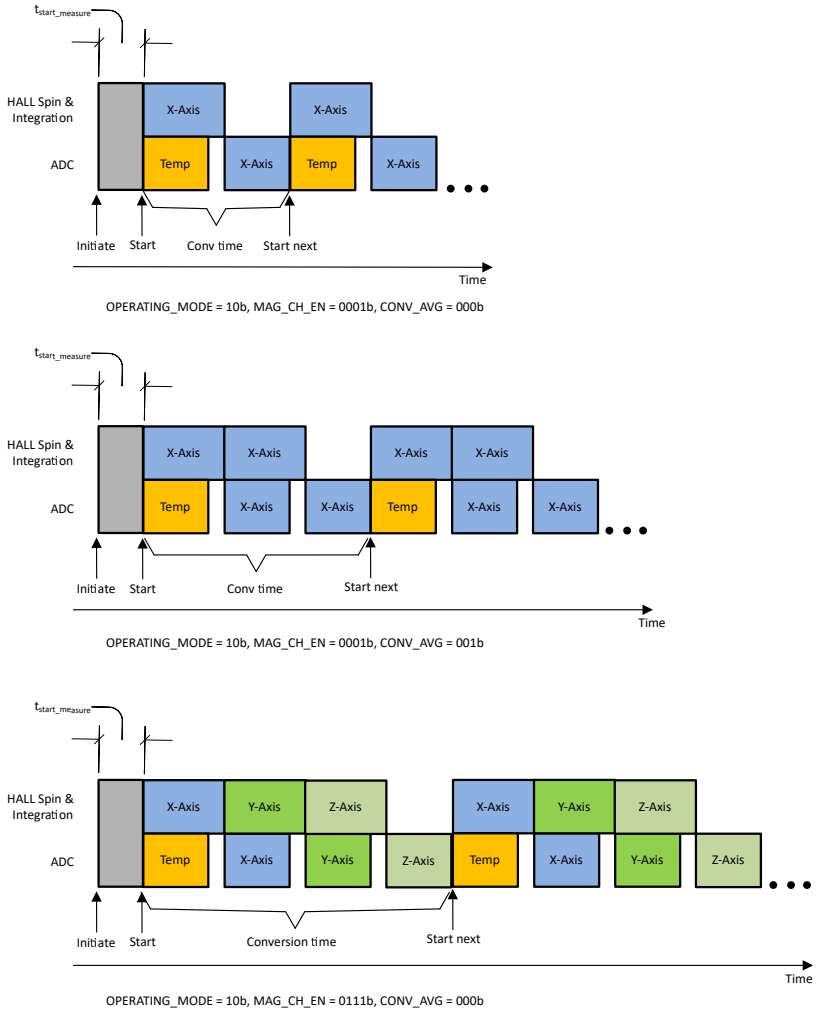


図 8-1. 連続変換の例

8.1.3.2 トリガ変換

TMAG3001 は、Operating_Mode[1:0] を 0h に設定したトリガ変換をサポートしています。トリガイベントは、I²C 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 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 8-2 に示します。

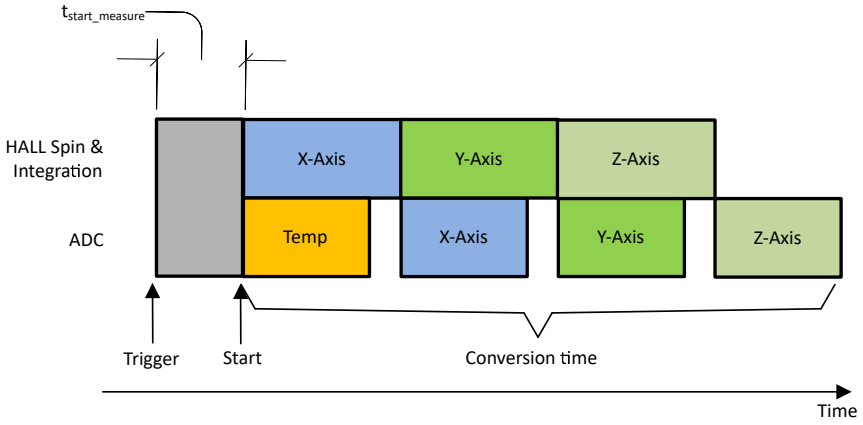


図 8-2. 温度、X、Y、Z センサのトリガ変換

8.1.3.3 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。TMAG3001 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 8-3 に、MAG_CH_EN が BH に設定されて XZX データを収集する例を示します。式 12 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。

$$t_Z = \frac{t_{X1} + t_{X2}}{2} \tag{12}$$

ここで、

- t_{X1}、t_Z、t_{X2} は、図 8-3 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。

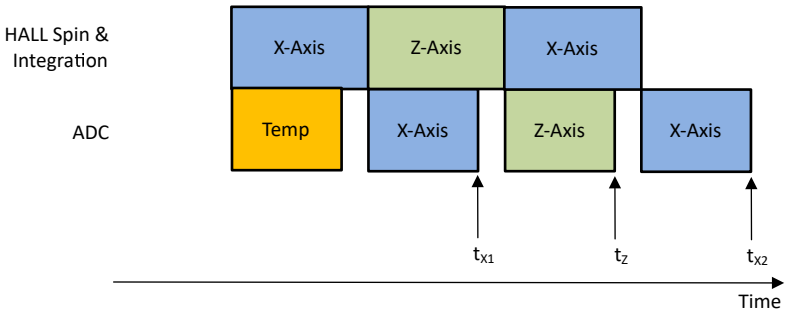


図 8-3. XZX 磁界変換

TMAG3001 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。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.4 磁気制限値チェック

TMAG3001 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。THR_SEL[1:0] が 2h に設定されているとき、X、Y、Z の磁気軸のスレッショルドを感知するようにデバイスを構成できます。

表 8-1. THR_SEL[1:0] = 1h のときの磁気制限値チェックのレジスタ設定

レジスタ名	THR_SEL[1:0] = 1h の場合のレジスタ エイリアス	説明
THR_Config_1	X_THR_LO	X チャネルの下限スレッショルドを設定します
THR_Config_2	Y_THR_LO	Y チャネルの下限スレッショルドを設定します
THR_Config_3	Z_THR_LO	Z チャネルの下限スレッショルド制限を設定します

表 8-2. THR_SEL[1:0] = 2h、Angle_EN[1:0] = 0h のときの磁気制限値チェックのレジスタ設定

レジスタ名	THR_SEL[1:0] = 2h、Angle_EN[1:0] = 0h の場合のレジスタ エイリアス	説明
Sensor_Config_4	X_THR_HI	X チャネルの上限スレッショルドを設定します
Sensor_Config_5	Y_THR_HI	Y チャネルの上限スレッショルドを設定します
Sensor_Config_6	Z_THR_HI	Z チャネルの上限スレッショルド制限を設定します

磁気の上限および下限スレッショルドは符号なし 7 ビット値です。x_THR_LO[6:0] と x_THR_HI[6:0] は正の磁気スレッショルドを設定し、x_THR_LO[7] および x_THR_HI[7] は無視されるため、スレッショルドの範囲は 1 ～ 128 になります。高いスレッショルド制限と低いスレッショルド制限の両方を個別にイネーブルできます。スレッショルドが 0h に設定されている場合、スレッショルド比較は行われません。X チャネルの下限スレッショルドは、式 13 を使用して計算できます。

$$\text{Threshold}\left(\text{mT}\right) = \frac{\text{THR_CONFIG_1[6:0]} \times 256}{\text{SENS}} \tag{13}$$

たとえば、A1 デバイス バージョンでは、デフォルトの磁気範囲は ±37mT、感度は 885LSB/mT です。X_Y_RANGE = 0、THR_SEL = 10b の場合、THR_CONFIG_1 のスレッショルド設定の 0000111b では、X チャネルの下限スレッショルドはで与えられます

$$\text{X Low Threshold}\left(\text{mT}\right) = \frac{7 \times 256}{885} = 2.025\ \text{mT} \tag{14}$$

図 8-5 および図 8-5 に、磁界が上方、下方、磁気帯域を出て、磁気帯域に入るときの、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 ビットは、スレッショルドを交差する範囲外の領域を選択するのに役立ちます。磁気制限値チェックは、スタンバイ、連続、ウェイクおよびスリープ動作モードで実行できます。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

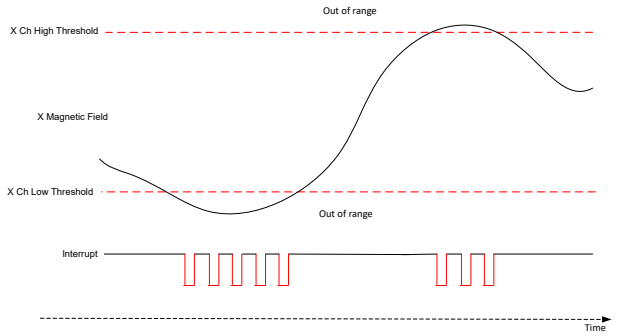


図 8-4. MAG_THR_DIR = 0h、THR_SEL[1:0]= 2h、INT_STATE = 1h での磁気制限クロス チェック

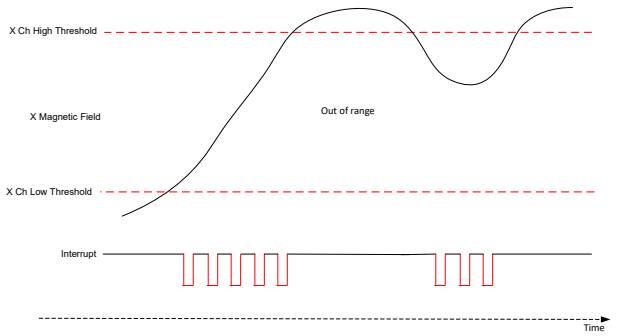


図 8-5. MAG_THR_DIR = 1b、THR_SEL = 10b、INT_STATE = 1b での磁気下限クロス チェック

8.1.5 マグニチュード制限チェック

ANGLE_EN を使用して角度を計算するように部品が構成されている場合、TMAG3001 では振幅制限チェックが可能になります。絶対磁界の大きさは、Magnitude_Result レジスタに保存されます。THR_SEL[1:0] が 3h に設定されているとき、振幅スレッショルド チェックを行うように本デバイスを構成できます。磁気制限チェックを可能にするレジスタの構成を、表 8-3 に示します。

表 8-3. 振幅制限値チェックのレジスタ設定

レジスタ名	THR_SEL[1:0] = 3h の場合のレジスタ エイリアス	説明
THR_Config_1	M_THR_LO	マグニチュード チェックの下限スレッショルドを設定します
THR_Config_2	M_THR_HI	マグニチュード チェックのより高いスレッショルド制限を設定します

上限値と下限値のスレッショルドは 8 ビット値で、スレッショルド エントリの範囲は 0 ～ 255 です。高いスレッショルド制限と低いスレッショルド制限の両方を個別にイネーブルできます。スレッショルドが 0h に設定されている場合、スレッショルド比較は行われません。

図 8-7 および図 8-6 に、磁界が上方、下方、磁気帯域を出て、磁気帯域に入るときの、大きさ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 ビットは、スレッショルドを交差する範囲外の領域を選択するのに役立ちます。振幅制限チェックは、スタンバイ、連続、またはウェイク、スリープ動作モードで実行できます。

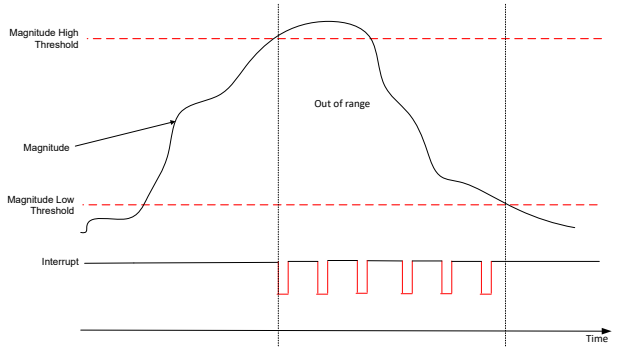


図 8-6. MAG_THR_DIR = 0h、THR_SEL[1:0] = 3h、INT_STATE = 1h での振幅制限クロス チェック

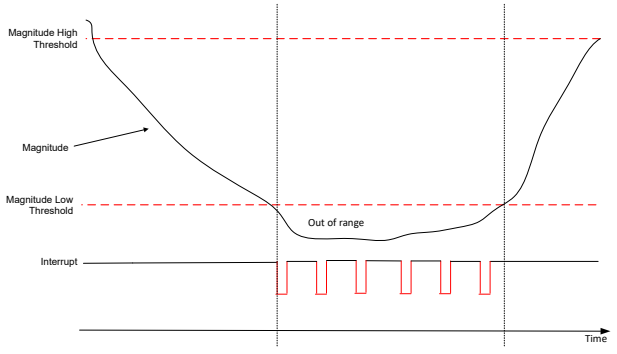


図 8-7. MAG_THR_DIR = 1h、THR_SEL[1:0] = 3h、INT_STATE = 1h での振幅制限クロス チェック

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.6 角度制限値チェック

TMAG3001 は、角度計算機能が内蔵されているため、ANGLE_EN で設定される任意の 2 つの軸の角度スイッチとして使用できます。THR_SEL[1:0] が 1h に設定されている場合、角度スレッショルドの影響を受けやすいように本デバイスを構成できます。THR_SEL[1:0] が 1h に設定されている場合、THR_Config_1 レジスタは A_THR_REF として動作し、THR_Config_2 は A_THR_BAND として動作します。角度制限値のチェックは、A_THR_REF で設定された角度スレッショルド リファレンスと、A_THR_BANG で設定されたスレッショルド帯域を使用して構成できます。リファレンス角度スレッショルド A_THR_REF は (以下の表に示すように) 8 ビットでコード化された絶対角度であり、分解能は LSB ごとに 2 度、最大範囲は 360 度です。A_THR_BANT は、8 ビットにコード化された絶対角度であり、分解能は LSB ごとに 1 度、最大範囲は 180 度です。

表 8-4. 角度制限値チェックのレジスタ設定

レジスタ名	THR_SEL[1:0] = 1h の場合のレジスタ エイリアス	説明
THR_Config_1	A_THR_REF	角度スレッショルドの基準を設定します
THR_Config_2	A_THR_BAND	基準の周囲のスレッショルド領域を設定します
THR_Config_3	Angle_Offset[7:0]	ユーザー定義の角度オフセットを設定します

図 8-8 と図 8-9 に、測定した角度が上または下に移動し、角度帯域を終了して角度帯域に入るときの角度制限クロス検出イベントの例を示します。図中の網掛け領域に測定された角度が残っている場合、デバイスは新しい変換ごとに割り込みを生成し続けます。MAG_THR_DIR レジスタ ビットは、スレッショルドを交差する範囲外の領域を選択するのに役立ちます。

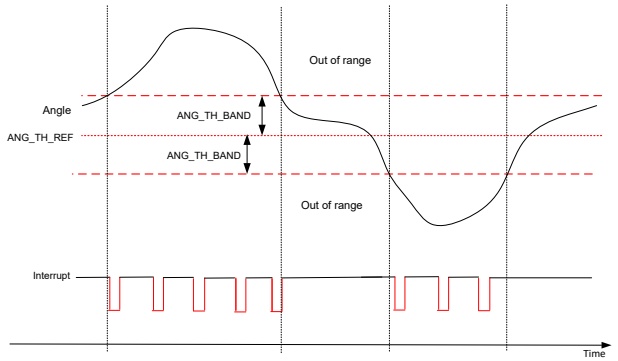


図 8-8. MAG_THR_DIR = 0h、THR_SEL[1:0] = 1h、INT_STATE = 1h での角度制限値のチェック

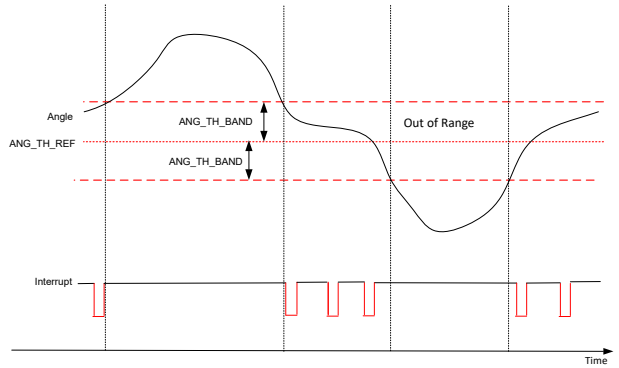


図 8-9. MAG_THR_DIR = 1b、THR_SEL = 01b、INT_STATE = 1b での角度制限クロス チェック

8.1.7 スイッチ モード

TMAG3001 は、$\overline{\text{INT}}$ ピンで柔軟かつ構成可能なスイッチ モード オプションをサポートしています。このモードでは、スレッショルドの交差が検出されたとき、出力ピンがレベルベースの出力に設定されます。このデバイスは、スタンドバイ、アクティブ、ウェイクアップ、およびスリープ電力モードのスイッチ モードに移行するように構成できます。デバイスがスイッチモードに構成されている場合、$\overline{\text{INT}}$ ピンを変換をトリガするために使用することはできません。また、その他の目的では出力として使用できます。デバイスは、設定されたスレッショルドに基づいて、ユニポーラおよびオムニポーラ スイッチ モード オプションをサポートしています。上限と下限のスレッショルドの両方を設定できるため、TMAG3001 は、過剰な磁界を検出する必要がある改ざんの検出にも使用されます。任意の 2 軸の角度計算が可能なため、角度スイッチとしても構成できます。

8.1.7.1 ユニポーラ スイッチ モード

TMAG3001 は、正と負の両方の磁界に敏感です。本デバイスは、3 つの軸のいずれかの単方向に敏感なスイッチとして動作するように構成できます。図 8-10 に、ユニポーラ スイッチ モードの例を示します。このモードでは、Bop が、それより上では $\overline{INT}$ ピンがオン状態に切り替わるスイッチの動作点を表します。BRP は、逆動作点を表し、それを下回ると $\overline{INT}$ ピンがオフ動作状態に戻ります。TMAG3001 すべての磁気チャネルがイネーブルで、THR_SEL[1:0] ビットが 2h にセットされているとき、デバイスを 3D 磁気スイッチとして使用できるようにします。3D 磁気スイッチとして使用するとき、THR_Config_1、THR_Config_2、THR_Config_3 で設定できる low スレッショルドで設定されると、$\overline{INT}$ ピンが ON 状態に切り替わります。ユニポーラ スイッチ モードでは、スレッショルドは符号付き 8 ビット振幅整数として扱われます。ここで、THR_Config_x[7] は符号 (正の場合は 0、負の場合は 1) を表し、THR_Config_x[6:0] はスレッショルドの大きさを表します。スイッチ モードのヒステリシスは、THR_HYST ビットを使用して設定します。スイッチがオフ位置になるのは、イネーブルになっているすべての磁気チャネルの測定値が逆動作点 Brp を下回った場合のみです。

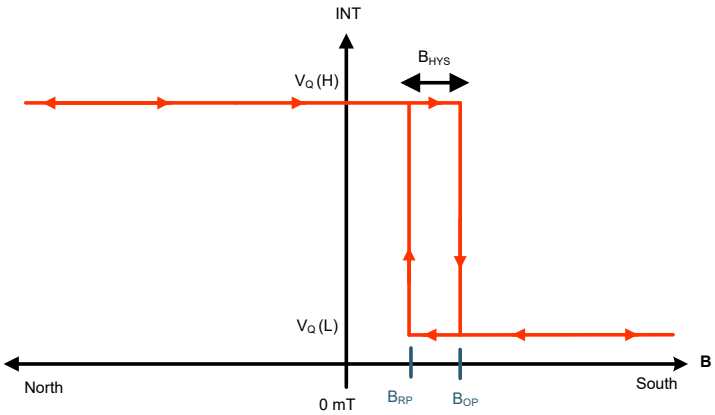


図 8-10. ユニポーラ 3D 磁気スイッチ

8.1.7.2 オムニポーラ スイッチ モード

図 8-11 に、デバイスが正と負のどちらのスレッショルドの影響を受けやすいオムニポーラ スイッチ モードの例を示します。オムニポーラスイッチモードは、製造プロセス中に磁石の極性を制御しない場合に特に便利です。このモードでは、両方の極性に同じスレッショルドが使用されます。B_{OP} は、それを上回ると $\overline{INT}$ ピンが状態を切り替えるスイッチの動作点を表します。B_{RP} は、逆動作点を表し、それを下回ると $\overline{INT}$ ピンが以前の動作状態に戻ります。このモードはユニポーラ スイッチ モードに似ています。

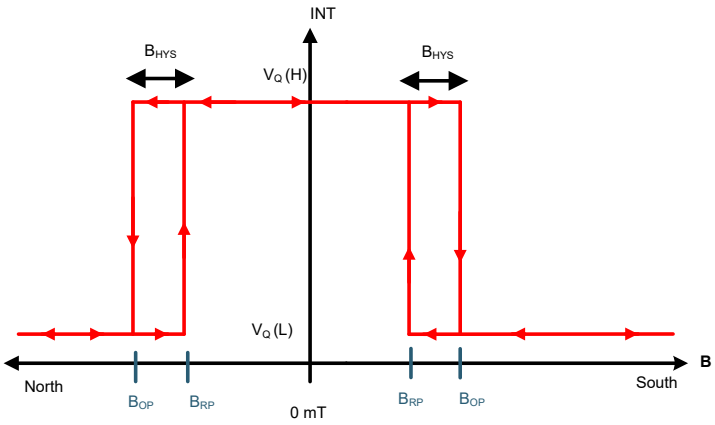


図 8-11. オムニポーラ スイッチ モード

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.7.3 改ざん検出

TMAG3001 には、各軸の上限スレッショルドと下限スレッショルドの両方があります。本デバイスを使用すると、X、Y、Z 軸に対応する高いスレッショルドを構成し、予測より高い磁界を検出できます。THR_SEL[1:0] ビットが設定されている場合、Sensor_Config_4、Sensor_Config_5、Sensor_Config_6 レジスタを使用して X、Y、Z 軸の高いスレッショルド (B_{tamper}) をそれぞれ設定します。

デバイスをスイッチ モードに構成するときは、より高いスレッショルドを同じ極性に設定する必要があります。TMAG3001 は、すべての磁気チャネルがイネーブルのとき、3 つの軸すべてで高い磁界を検出するために使用できます。磁気チャネルにより高いスレッショルドを設定したユニポーラ スイッチ モードを、図 8-12 に示します。デバイスがオムニポーラ スイッチ モードで構成されている場合の改ざん検出機能を、図 8-13 に示します。オムニポーラ スイッチ モードでは、スレッショルドの符号ビットは無視されます。

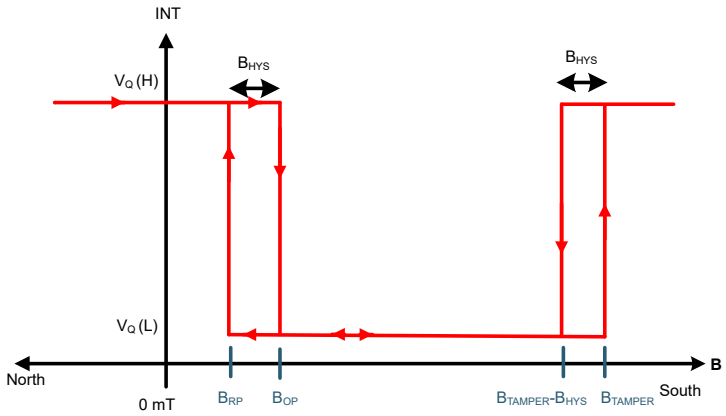


図 8-12. ユニポーラ スイッチ モード、改ざん検出を行う

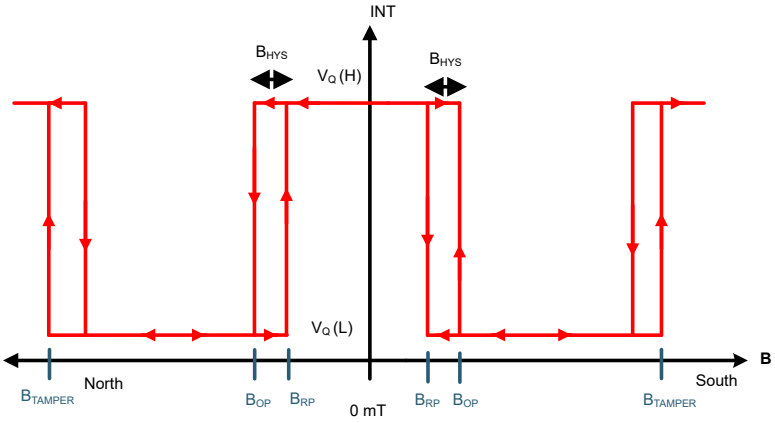


図 8-13. オムニポーラ スイッチ モードで、改ざん検出を行う

8.1.7.4 角度スイッチ

TMAG3001 は、角度計算機能が内蔵されているため、ANGLE_EN で設定される任意の 2 つの軸の角度スイッチとして使用できます。INT_Mode[2:0] が 5h に設定されている場合、本デバイスは角度スイッチとして構成されます。THR_Config_1 レジスタは A_TH_REF として機能し、角度交差の基準スレッショルドを設定します。THR_Config_2 レジスタは A_TH_BAND として機能し、角度交差検出のスレッショルド領域を決定します。図 8-14 は、スイッチ出力がオン状態に設定され、測定角度が $\theta_{TH_REF} + \theta_{TH_BAND}$ より高い、または $\theta_{TH_REF} + \theta_{TH_BAND}$ より低いときのデバイスの応答を示しています。スイッチ出力が θ_{ANG_HYS} によって設定されたヒステリシス値を下回ると、スイッチ出力は OFF 状態に設定されます。図 8-15 に、設定されたスレッショルドとヒステリシスに基づくデバイスの応答を示します。

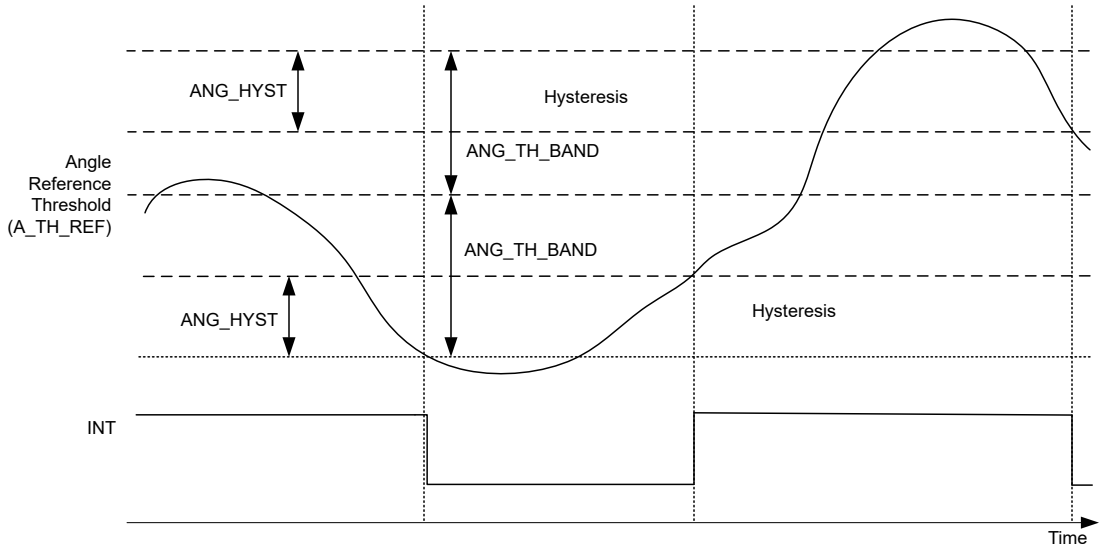


図 8-14. 角度スイッチの動作を示すタイミング図、THR_SEL[1:0] = 1h、INT_Mode[2:0] = 5h

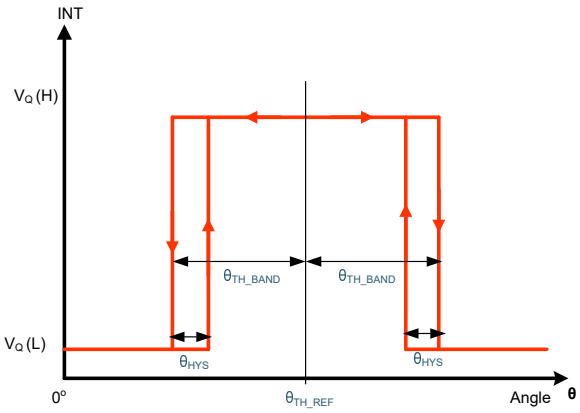


図 8-15. 角度スイッチ

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.1.7.5 マグニチュード スイッチ (ボタン押下検出)

TMAG3001 は、ANGLE_EN で設定された 2 つのフィールドの絶対振幅を計算できる CORDIC を内蔵しています。磁石をセンサの上に配置する角度アプリケーションでは、Magnitude_Resultt レジスタで与えられる絶対磁界を使用してのみ、ボタン押下イベントを検出できます。この大きさは、磁石とセンサの間のエアギャップに対して指数関数的に変化するため、ボタン押下時に磁界の大きさが高くなります。THR_SEL[1:0] が 3h に設定されている場合、大きさのスレッショルドを感知するように本デバイスを設定できます。INT_Mode[2:0] が 5h に設定されている場合、デバイスはマグニチュード スイッチとして構成されます。INT_Mode[2:0] が 6h (オムニポーラ モード) に設定されている場合、磁界の大きさは常に正であるため、デバイスはマグニチュード スイッチ モードをサポートしません。図 8-17 は、デバイスの応答を示しています。この場合、測定された振幅が MAG_HI を上回り、スイッチ出力がオフ状態に設定されているとき、スイッチ出力はオン状態に設定されます。このとき、測定された大きさが low スレッショルドである MAG_LO を下回ったときです。マグニチュードの下限スレッショルド |BMAG、LO| は THR_Config_1 レジスタを使用して構成し、その大きさの上限スレッショルド | BMAG、HI | は、THR_Config_2 レジスタを使用して構成します。

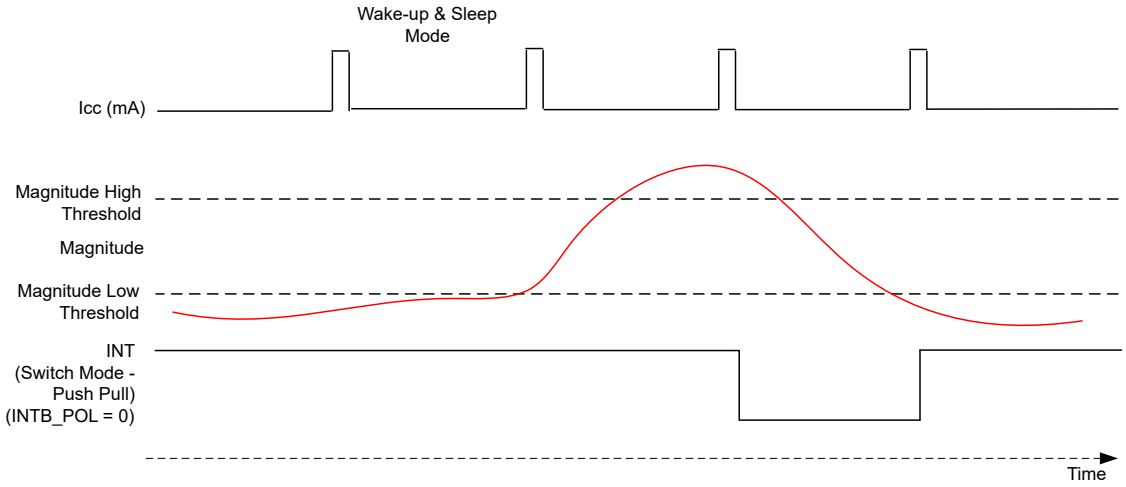


図 8-16. マグニチュード スイッチの動作を示すタイミング図、THR_SEL[1:0] = 3h、INT_Mode[2:0] = 5h

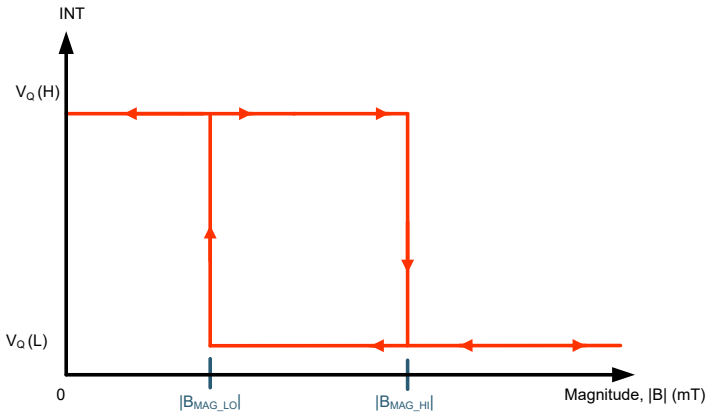


図 8-17. マグニチュード スイッチ

8.1.8 リニア測定中の誤差の計算

TMAG3001 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。TMAG3001 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 15 を使用します。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

$$Error_{LM_25C} = \frac{\sqrt{(B \times SENS_{ER})^2 + B_{off}^2 + N_{RMS_25}^2}}{B} \times 100\% \quad (15)$$

ここで、

- 誤差 $_{LM_25C}$ 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 16 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。

$$Error_{LM_Temp} = \frac{\sqrt{(B \times SENS_{DR})^2 + B_{off_DR}^2 + N_{RMS_Temp}^2}}{B} \times 100\% \quad (16)$$

ここで、

- $Error_{LM_Temp}$ 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。
- $SENS_{DR}$ 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_{off_DR} は、25°C の値からのオフセット ドリフトです。
- B_{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 17 を参照) 。

$$Error_{LM_Temp_NCal} = \frac{\sqrt{(B \times SENS_{ER})^2 + (B \times SENS_{DR})^2 + B_{off}^2 + B_{off_DR}^2 + N_{RMS_Temp}^2}}{B} \times 100\% \quad (17)$$

ここで、

- $Error_{LM_Temp_NCal}$ 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。

8.1.9 角度測定中の誤差の計算

TMAG3001 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。

8.2 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。TMAG3001 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。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.2.1 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。TMAG3001 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。

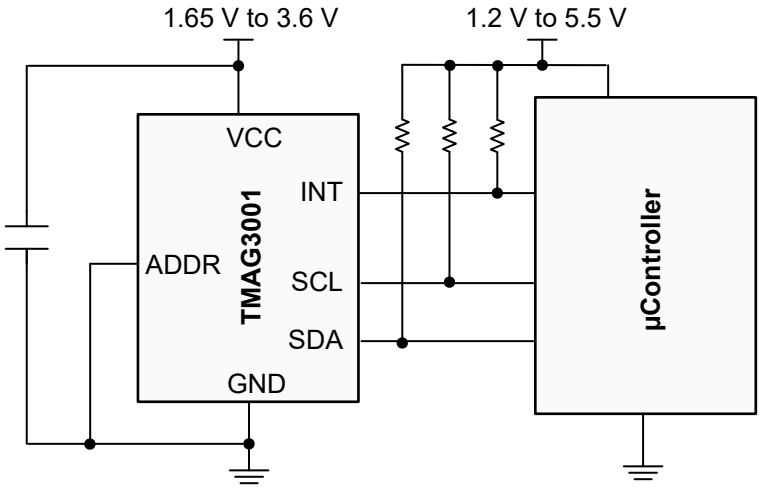


図 8-18. TMAG3001 角度測定のアプリケーション図

8.2.1.1 設計要件

この設計例では、表 8-5 の設計パラメータを使用します。

表 8-5. 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	TMAG3001-A1	TMAG3001-A1
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

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.2.1.2 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 8-20 または図 8-21 で表されます。
- 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。

$$G_X = \frac{A_Y}{A_X} \tag{18}$$

- $A_X < A_Y$ 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。

$$G_Y = \frac{1}{G_X} \tag{19}$$

- 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 = $GAIN_VALUE_{decimal}/256$ 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 Y 軸に、$G_Y = 1/G_X$ で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。

8.2.1.2.1 角度測定のゲイン調整

一般的な測定トポロジとして、図 8-19 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。TMAG3001 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。

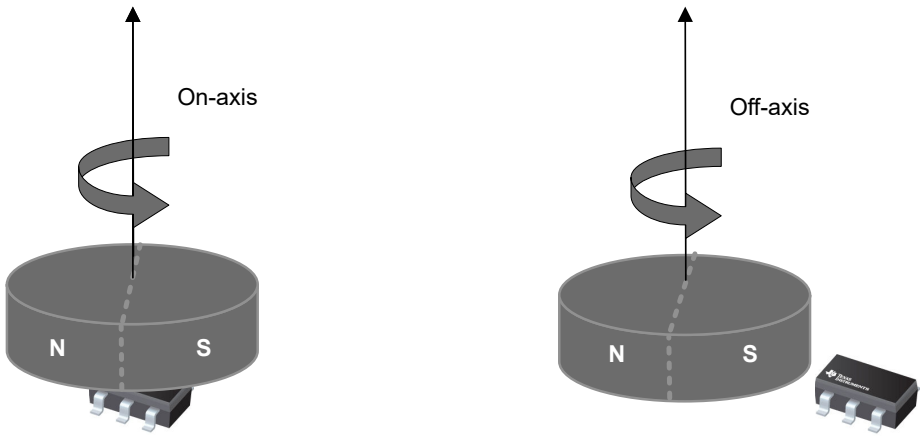


図 8-19. 軸上と軸外の角度の測定値

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

8.2.1.3 アプリケーション曲線

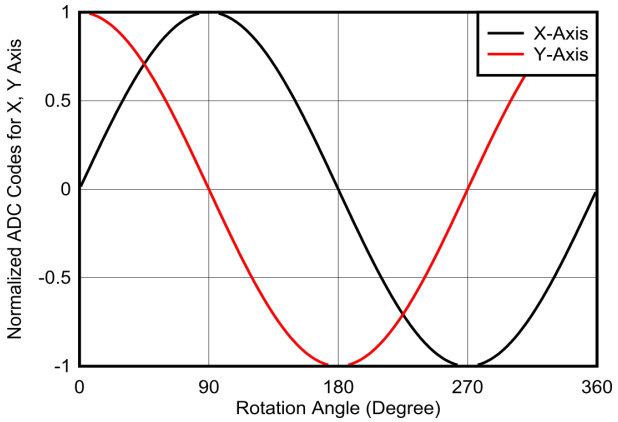


図 8-20. 軸上測定用に 360 度の回転全体を実現する X および Y センサ データ

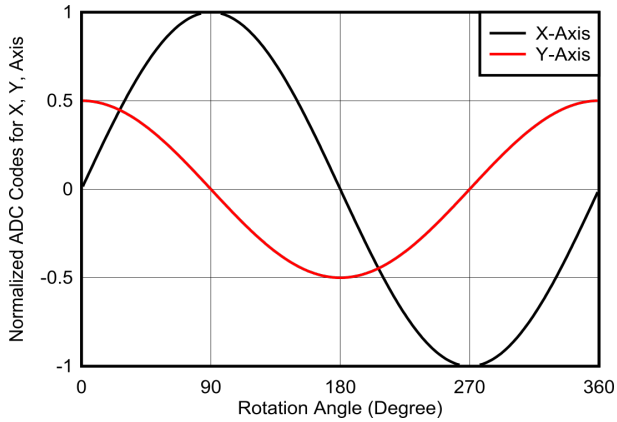


図 8-21. 360 度の回転全体で軸外測定を行う X および Y センサ データ

8.3 設計のベスト プラクティス

TMAG3001 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^2C 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 バジェットの厳しいアプリケーションでは、変換が完了すると $\overline{INT}$ 信号を使用してコントローラに通知します。

8.4 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、0.01µF 以上のセラミックコンデンサを使うことを推奨します。

8.5 レイアウト

8.5.1 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。

8.5.2 レイアウト例

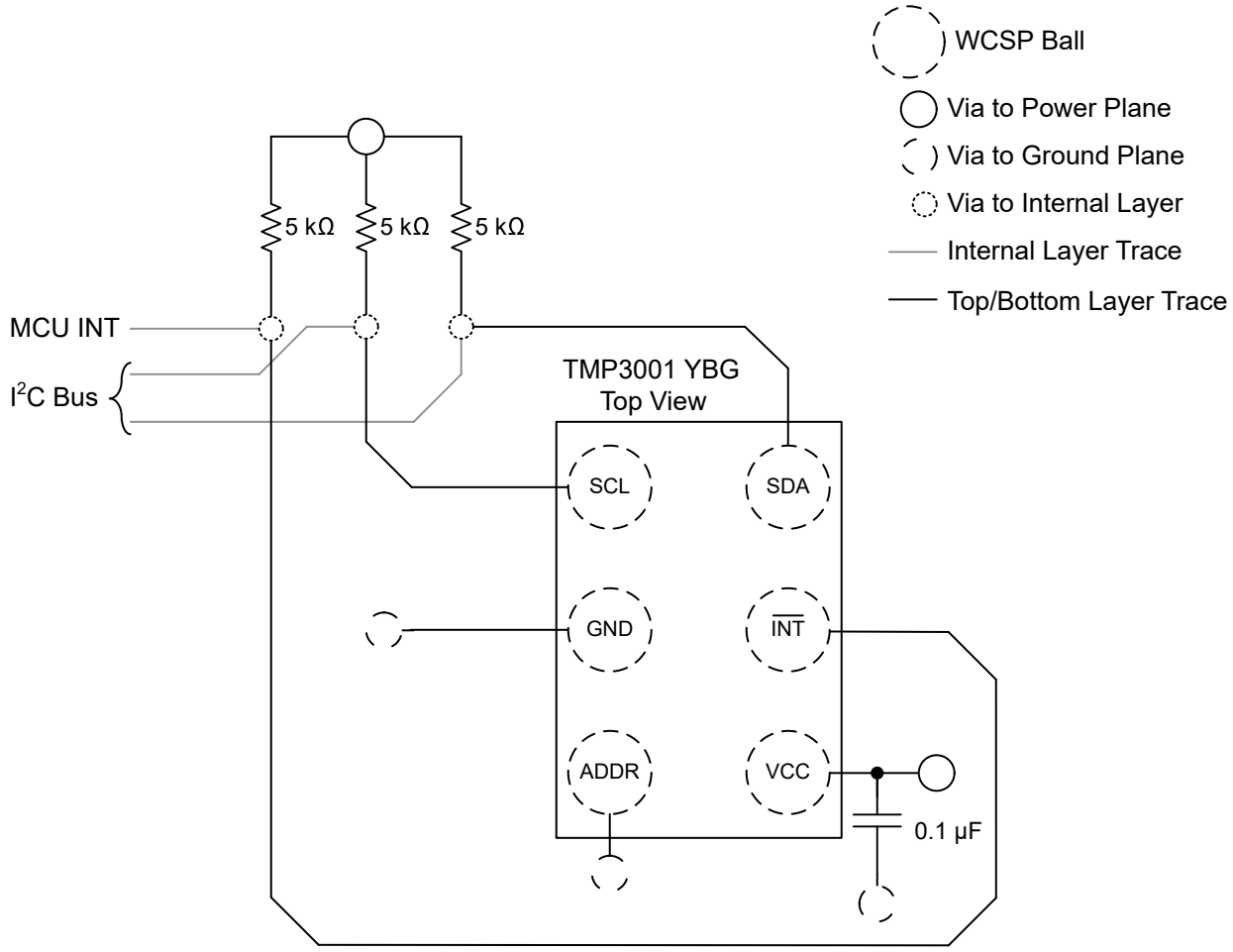


図 8-22. TMAG3001 のレイアウト例

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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、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、『I^2C プルアップ抵抗値の計算』、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 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、設計で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 (June 2024) to Revision C (May 2025)	Page
「*推奨動作条件*」の最大値 I_{OUT} を 2mA から 4.5mA に更新	4
上端を下端に訂正	4
A1 表の「磁気特性」表で感度ドリフトのフォーマットを変更	6
A1 表の「磁気特性」で感度のミスマッチ ドリフトのフォーマットを変更	6
A2 表の「磁気特性」表で感度ドリフトのフォーマットを変更	8
A2 表の「磁気特性」で感度のミスマッチ ドリフトのフォーマットを変更	8
ダイの中心からセンシング素子の位置を追加	14
INT の極性を反転するために必要なビット フィールドとして　INT_POL_EN を追加	15

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

- $\overline{\text{INT}}$ 動作によるラッチ割り込みにテキストを追加 15
- ウェイクおよびスリープ モードで使用するときの変更時にウェークアップの動作について説明するテキストを追加 18
- 磁気軸測定による変更時にウェークアップを明確化するためテキストを追加 18
- 関連する変更時にウェークアップ モード設定を要約する表を追加 18
- TMAG3001 がゼネラル コールの I²C アドレスをサポートしているという余分な注を、「*I²C アドレス*」セクションに追加。 20
- スリープからスタンバイ モードへの移行中の $\overline{\text{INT}}$ 動作を追加 22
- 割り込み後にた場合のデバイスの動作を説明するテキストを追加 I²C 読み出しが実行され 22
- *CRC が有効な標準 I²C 読み取り*の画像に*レジスタ N+2 からの データとレジスタ N+3 の情報*を追加 27
- 「*16 ビットデータの I²C 読み出しコマンド*」で、コントローラのテキストからの ACK に合わせて NA を A に変更 29
- 「*8 ビットデータの I²C 読み出しコマンド*」で、コントローラのテキストからの ACK に合わせて NA を A に変更 32
- I²C 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 34
- 磁気データ計算の各磁気範囲の LSB サイズを変更 35
- テーブルタイトルを 1 ビット から 8 ビットに変更 36
- THR_HYST[2:0] ビットの説明にテキストを追加 40
- Angle_HYS[1:0] ビットの説明にテキストを追加 40
- Threshold1[7:0]、Threshold2[7:0]、Threshold3[7:0]、Gain_X_THR_HI[7:0]、Offset1_Y_THR_HI[7:0]、Offset2_Z_THR_HI[7:0] の各ビットフィールドの説明にテキストを追加 40
- WOC_SEL[1:0] ビット フィールドの説明にテキストを追加 40
- I2C_Address[6:0] ビットのフィールドの説明を変更 40
- 磁気スレッショルドについて説明するテキストを追加 63
- ユニポーラ スイッチ モードのスレッショルドについて説明するテキストを追加 66

Changes from Revision A (March 2023) to Revision B (June 2024) **Page**

- TMAG3001A1 デバイスのステータスを「事前情報」から「量産データ」に変更 1
- データシートのステータスを「量産混合」から「量産データ」に変更 1
- 「ESD 定格」フォーマットを更新 4
- 最大入力容量を次のように変更します。10pF～7.5pF 5
- A2 表の「磁気特性」表に感度直線性誤差パラメータの最大値を追加 8
- A2 表の「磁気特性」表に感度ドリフト直線性誤差パラメータを追加 8
- A2 表の「磁気特性」表に感度ミスマッチドリフト直線性パラメータを追加 8
- A2 表の「磁気特性」にオフセットドリフト直線性誤差パラメータを追加 8
- 反復 START 条件の後の最小ホールド時間を 0µs から: 0.1µs 9
- 高速モードの最小データ ホールド時間を 0Ns から 15ns に変更 9
- ファスト モード プラスの最小データ ホールド時間を 0Ns から 15ns に変更 9
- 「電源オンタイミング」パラメータの最小値と最大値を追加 11
- スリープ モードからスタンバイ モードに移行するための標準時間を次のように変更：70µs から: 62µs 11

Changes from Revision * (November 2023) to Revision A (March 2024) **Page**

- TMAG3001A2 デバイスのステータスを「事前情報」から「量産データ」に変更 1
- データシートのステータスを「事前情報」から「量産混合」に変更 1

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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 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)
TMAG3001A1YBGR	Active	Production	DSBGA (YBG) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	OD
TMAG3001A1YBGR.A	Active	Production	DSBGA (YBG) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	OD
TMAG3001A2YBGR	Active	Production	DSBGA (YBG) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	OE
TMAG3001A2YBGR.A	Active	Production	DSBGA (YBG) | 6	3000 | LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	OE

(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.

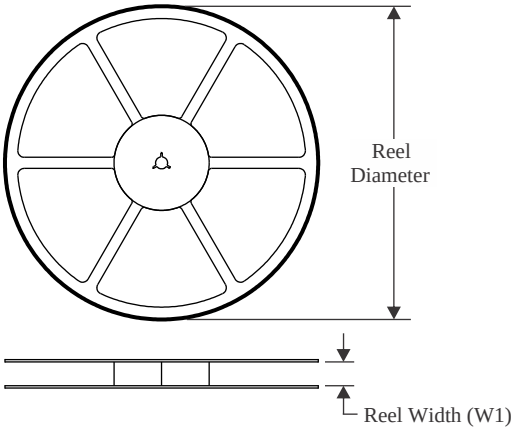
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

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.

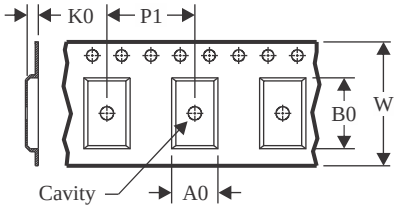
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

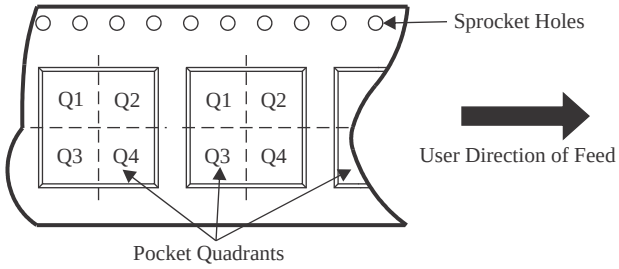


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

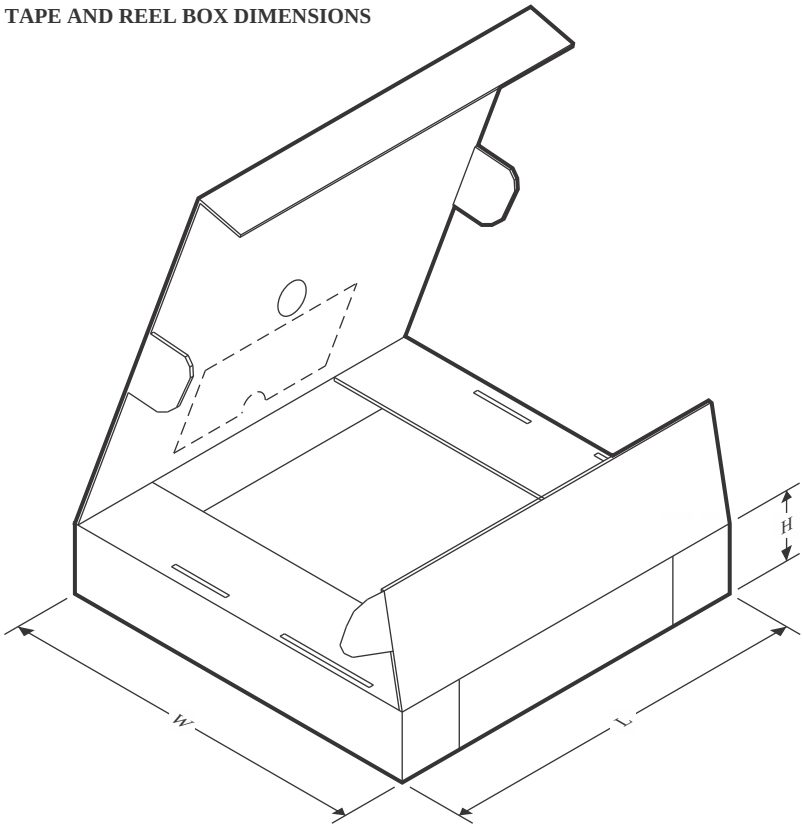
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*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
TMAG3001A1YBGR	DSBGA	YBG	6	3000	180.0	8.4	0.9	1.41	0.56	2.0	8.0	Q1
TMAG3001A2YBGR	DSBGA	YBG	6	3000	180.0	8.4	0.9	1.41	0.56	2.0	8.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

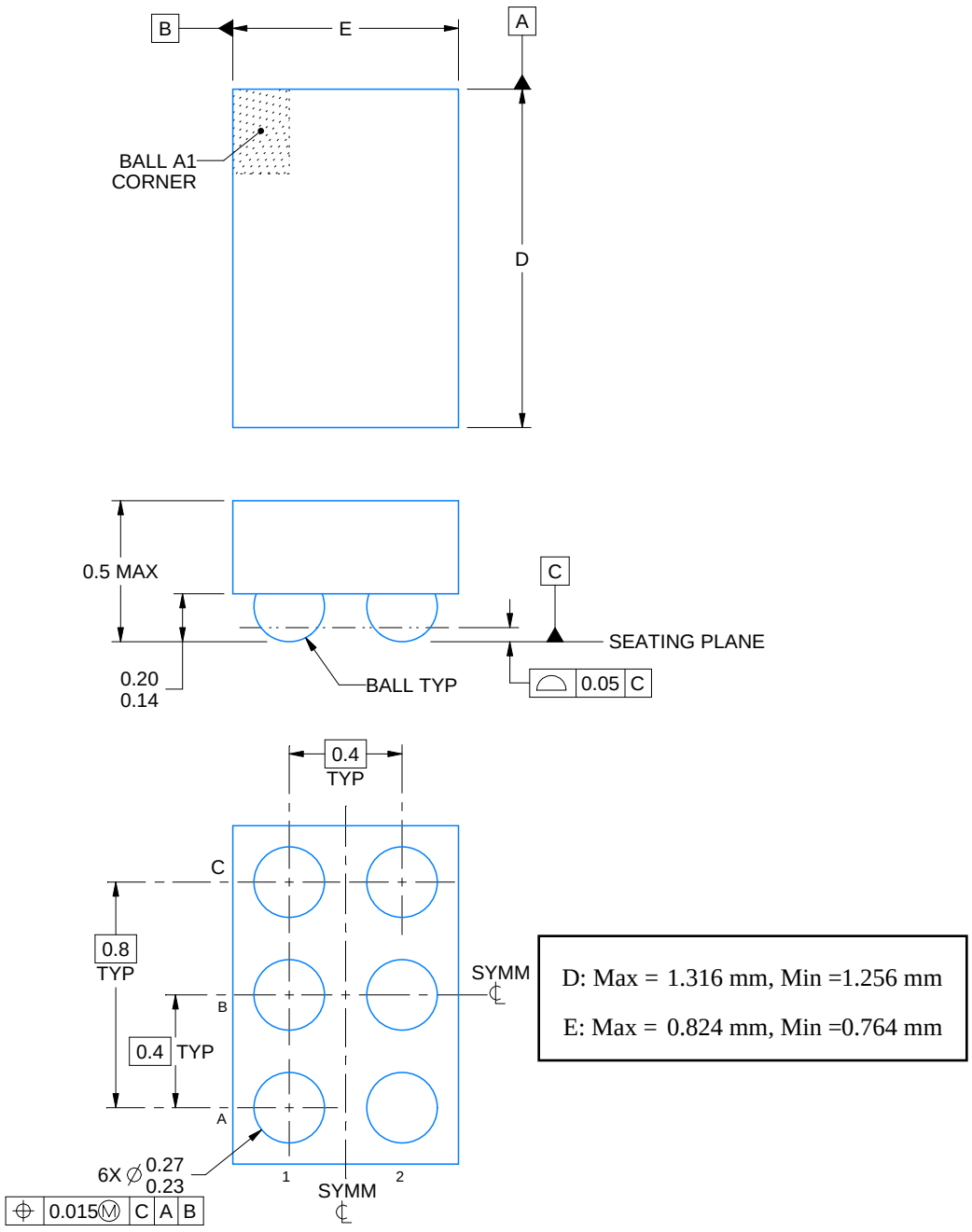
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TMAG3001A1YBGR	DSBGA	YBG	6	3000	182.0	182.0	20.0
TMAG3001A2YBGR	DSBGA	YBG	6	3000	182.0	182.0	20.0

PACKAGE OUTLINE

YBG0006

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



4224328/A 05/2018

NOTES:

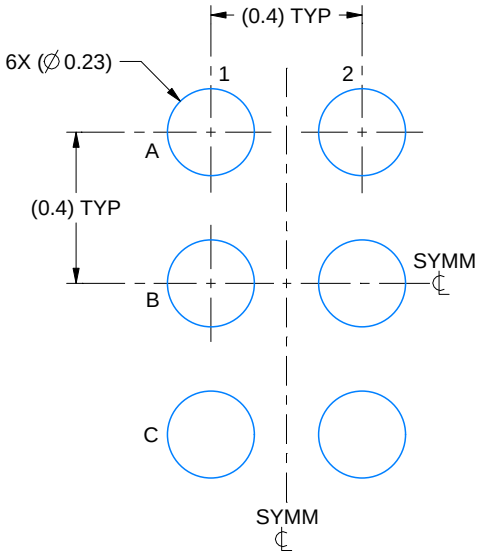
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

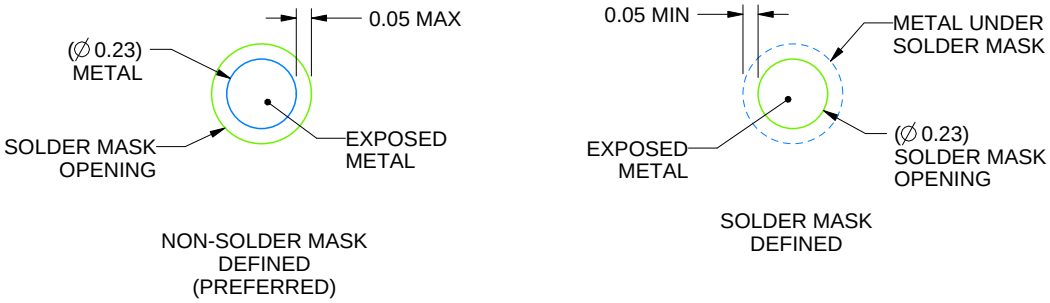
YBG0006

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 50X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4224328/A 05/2018

NOTES: (continued)

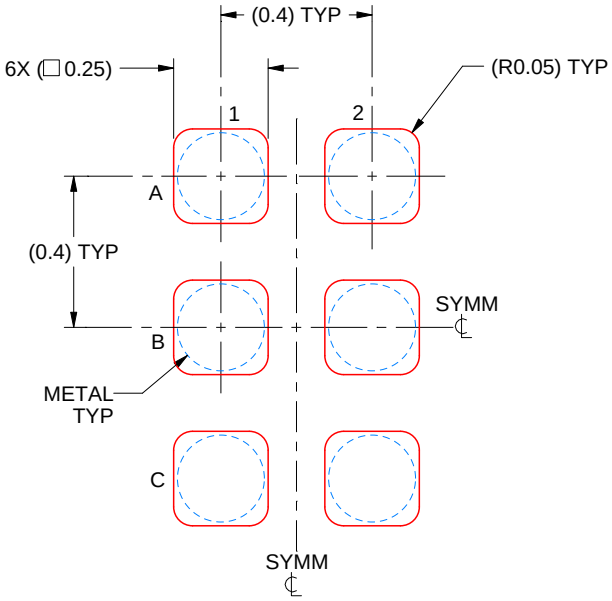
3. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints.
   See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

YBG0006

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL
SCALE: 50X

4224328/A 05/2018

NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

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 © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月