

## TPO (True Power-on) のマルチターン・センサー

### 特長

- ▶ TPO (True Power-on) のマルチターン・カウンタ
- ▶ 46 回転対応の磁気センサー
- ▶ デジタル出力 :  $>16k^\circ$
- ▶ 精度 :  $\pm 0.25^\circ$
- ▶ 測定値のアップデート・レート : 100kSPS
- ▶ 動作範囲 : 16mT~31mT
- ▶ 内部温度センサー
- ▶ IC 電源 : 3.3V
- ▶ SPI インターフェース : 1.7V~5V
- ▶ ジャンクション温度範囲 : -40°C~+150°C
- ▶ 24 ピン TSSOP
- ▶ 工業用アプリケーション

アップ時に、システムの絶対位置をレポートするようデバイスに信号を送ることができます。絶対位置は、シリアル・ペリフェラル・インターフェース (SPI) を通じてレポートされます。ADMT4000 は、外部磁界を 46 回転までカウントでき、絶対位置は時計回り (CW) にインクリメントされます。

本デバイスは、システムの回転数計測に使用される巨大磁気抵抗 (GMR) 回転数センサー、GMR 象限検出センサー、および異方性磁気抵抗 (AMR) 角度センサーの 3 つの磁気センサーを内蔵しています。AMR 角度センサーは GMR 象限検出センサーと組み合わせて使用され、システムの絶対位置を 360° の範囲で測定します。GMR 回転数センサーの出力と AMR 角度センサーの出力を組み合わせることで、システムの位置を高い角度精度でレポートすることができます。

### 製品のハイライト

- ▶ TPO (True Power-on) のマルチターン・カウンタ
- ▶  $\pm 0.25^\circ$  の精度を備えた角度センサー
- ▶ SPI インターフェース
- ▶ 低電圧および過電圧検出

### アプリケーション

- ▶ 電源がない状態での回転数の検出および保存
- ▶ 非接触の絶対位置測定
- ▶ ブラシレス DC モータの制御とポジショニング
- ▶ アクチュエータの制御とポジショニング

### 概要

ADMT4000 は、デバイスがパワーダウンしている間も磁気システムの回転数を記録できる磁気回転数センサーです。パワー

### 機能ブロック図

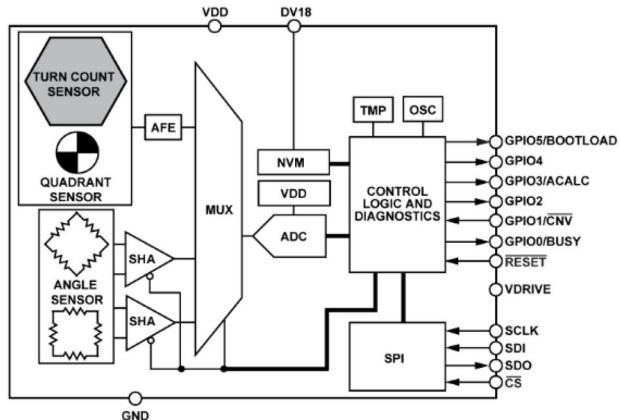


図 1. 機能ブロック図

## 目次

特長	1	概要	13
アプリケーション	1	サンプリング・モード	15
概要	1	回転数の検出動作	16
製品のハイライト	1	角度測定フィルタ	17
機能ブロック図	1	GMR回転数センサーのリセット	18
目次	2	診断およびフォルト検出	19
改訂履歴	2	シリアル・ペリフェラル・インターフェース (SPI)	20
仕様	3	デバイスの識別	22
電気的特性	3	キャリブレーション	23
フォルト状態の診断	5	レジスタの詳細	25
SPIのタイミング仕様	6	ページの指定が不要なレジスタ	26
SPIのタイミング図	7	ページ0x0のレジスタ	28
絶対最大定格	8	ページ0x2のレジスタ	30
熱抵抗	8	アプリケーション	38
ADMT4000のESD定格	8	回転速度についての考慮事項	38
ESDに関する注意	9	磁石についての考慮事項	38
ピン配置およびピン機能の説明	10	代表的なシステム構成	39
代表的な性能特性	12	外形寸法	41
動作原理	13	オーダー・ガイド	42
		注記	43

## 改訂履歴

Revision 0 | 10/2024

Initial Version

Revision A | 11/2024

Updated the resolution for the figure 21 to figure 24.

Updated the ANGLE register definition in the ANGLE REGISTER section.

Updated the table header from Bits to Bit for the register table descriptions in the Register Details section.

## 仕様

## 電気的特性

$V_{DD} = 3.3V \pm 10\%$ 、 $V_{SS} = 0V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +150^{\circ}C$ 、ここで  $T_J$  はジャンクション温度。

表 1. 電気的特性

PARAMETER	CONDITIONS/ COMMENTS	MIN	TYP	MAX	UNIT
MAGNETIC CHARACTERISTICS					
Turn-Count Detection Range		0	46		Turns
Angle Measurement Accuracy	Accuracy in a perfect magnetic system Measured at 25 mT	-0.90	$\pm 0.25$	+0.90	Degrees
Angle Measurement Noise <sup>1</sup>					
IIR-Filter Disabled	Measured at 25°C, 25 mT		0.25		Degrees RMS
IIR-Filter Enabled	Measured at 25°C, 25 mT		0.03		Degrees RMS
Magnetic Window					
Magnetic-Field Operating Window <sup>2</sup>	Measured at 25°C, for more details, see the <a href="#">Magnet Considerations</a> section	16	31		mT
$T_c (B_{MAX})$			-0.050		$\%K^{-1}$
$T_c (B_{MIN})$			-0.065		$\%K^{-1}$
INTERNAL TEMPERATURE SENSOR					
Accuracy			$\pm 5$		°C
Resolution			$\pm 0.07$		°C
MEASUREMENT RATE			100		kSPS
SAMPLE TIMING					
CNV to Angle Sample	When configured to use an external convert start signal, the time between a falling edge on the CNV pin and sampling instant of the SIN and COS inputs		1		μs
CNV Pulse Width <sup>1</sup>	The minimum time that CNV must be at $V_{IH}$ or above before initiating a conversion with a falling edge	100			ns
Convert Start Synchronization (CNVSYNC)	Minimum time between triggering new samples in CNVSYNC mode	10			μs
Start-Up Time	Time from $V_{DD}$ above the minimum specified-voltage level to the time when bootload has completed		10		ms

PARAMETER	CONDITIONS/ COMMENTS	MIN	TYP	MAX	UNIT
LOGIC SUPPLY					
$V_{\text{DRIVE}}$		1.7	5.5		V
DIGITAL OUTPUTS					
Output Voltage					
High, $V_{\text{OH}}$	200 $\mu\text{A}$ load	$V_{\text{DRIVE}} \times 0.9$			V
Low, $V_{\text{OL}}$	200 $\mu\text{A}$ load		0.4		V
Floating State-Leakage Current <sup>1</sup>			10		$\mu\text{A}$
Floating State-Output Capacitance <sup>1</sup> , $C_{\text{OUT}}$		5			pF
DIGITAL INPUTS					
Input Voltage <sup>1</sup>					
High, $V_{\text{IH}}$		$V_{\text{DRIVE}} \times 0.7$			V
Low, $V_{\text{IL}}$		$V_{\text{DRIVE}} \times 0.3$			V
Input Leakage Current, $I_{\text{IN}}$			$\pm 10$		$\mu\text{A}$
Input Capacitance, $C_{\text{IN}}$		5			pF
POWER SUPPLY					
Supply Voltage, $V_{\text{DD}}$		3.0	3.3	3.6	V
Supply Current					
Zero Power Mode, $I_{\text{SY}}$	$V_{\text{DD}} = 0 \text{ V}$ , $V_{\text{DRIVE}} = 0 \text{ V}$ , and digital inputs = 0 V		0		nA
Active Mode, $I_{\text{SY}}$	Typical at $V_{\text{DD}} = 3.3 \text{ V}$ , $T_J = 25^\circ\text{C}$	18	22		mA
Active Mode, $I_{\text{SY}}$	Typical at $V_{\text{DD}} = 3.3 \text{ V}$ , $T_J = 25^\circ\text{C}$ , and continuous conversion mode	23	30		mA

<sup>1</sup> 製品テストの対象外です。設計および特性評価により裏付けられています。

<sup>2</sup> 最小磁界強度は、エラー・レートを 1ppm 未満に抑える上で必要な磁界として定義されます。

## �ルト状態の診断

$V_{DD} = 3.3V \pm 10\%$ 、 $V_{SS} = 0V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +150^{\circ}C$ 、ここで  $T_J$  はジャンクション温度。

表 2. フォルト状態の診断

PARAMETER	CONDITIONS/ COMMENTS	MIN	TYP	MAX	UNIT
DIAGNOSTICS FAULT CONDITIONS					
Angle Sensor Radius		4352	23296		Code (decimal)
Power Supply					
$V_{DD}$ Undervoltage		3.0			V
$V_{DD}$ Overvoltage		5.4			V
$V_{DRIVE}$ Undervoltage		1.5			V
$V_{DRIVE}$ Overvoltage		5.7			V

## SPI のタイミング仕様

$V_{DD} = 3.3V \pm 10\%$ 、 $V_{SS} = 0V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +150^{\circ}C$ 、ここで  $T_J$  はジャンクション温度。パラメータは製品テストの対象外です。設計および特性評価により裏付けられています。

表 3. SPI のタイミング仕様

PARAMETER	CONDITIONS/ COMMENTS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$f_{SCLK}$	SCLK frequency			10	MHz
$t_{CSS}$	CS setup time <sup>1</sup>	0			ns
$t_{CSH}$	CS hold time <sup>1</sup>	0			ns
$t_{CSD}$	CS disable time <sup>1</sup>	0			μs
$t_{SU}$	Data-setup time <sup>1</sup>	20			ns
$t_{HD}$	Data-hold time <sup>1</sup>	20			ns
$t_R$	SCLK rise time	0	5		ns
$t_F$	SCLK fall time	0	5		ns
$t_{HIGH}$	SCLK high time <sup>1</sup>	40			ns
$t_{LOW}$	SCLK low time <sup>1</sup>	40			ns
$t_{CLD}$	SCLK delay time <sup>1</sup>	10			ns
$t_{CLE}$	SCLK enable time <sup>1</sup>	10			ns
$t_V$	Output delay from SCLK low		40		ns
$t_{HO}$	Output hold time <sup>1</sup>	10			ns
$t_{DIS}$	Output disable time <sup>1</sup>		5		ns

<sup>1</sup>  $V_{DRIVE}$  の 50% レベルから 50% レベルまでの時間です。

## SPI のタイミング図

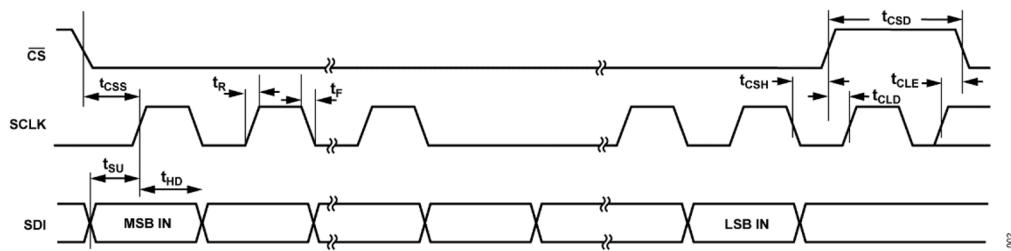


図 2. SPI コントローラ・リクエストのタイミング図

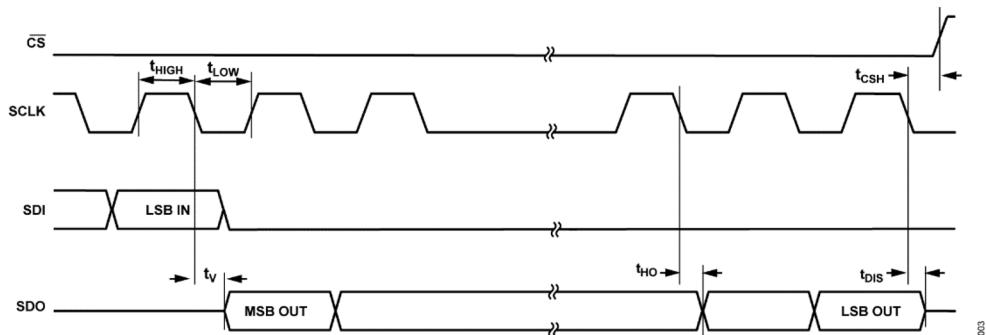


図 3. 従属デバイスの応答の SPI タイミング図

## 絶対最大定格

表 4. 絶対最大定格

PARAMETER	RATING
Magnetic Field Strength	200 mT
$V_{DD}$ to $V_{SS}$	-0.3 V to +6.0 V
Digital Input Voltage	-0.3 V to $V_{DRIVE}$ + 0.3 V
Digital Output Voltage	-0.3 V to $V_{DRIVE}$ + 0.3 V
$V_{DRIVE}$	-0.3 V to +6.0 V
TEST	-0.3 V to +0.3 V
DV18	-0.3 V to +2.5 V
Temperature	
Operating Junction, $T_J$	-40°C to +150°C
Storage	-55°C to +150°C

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。これらはストレス定格のみを定めたものであり、この仕様の動作のセクションに記載する規定値以上でデバイスが正常に動作することを示唆するものではありません。デバイスを長時間にわたり絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性に影響を与えることがあります。

## 熱抵抗

熱性能は、プリント回路基板 (PCB) の設計と動作環境に直接関連しています。PCB の熱設計には、細心の注意を払う必要があります。

$\theta_{JA}$  は、1 立方フィートの密封容器内で測定された、自然対流下におけるジャンクションと周囲環境の間の熱抵抗です。

$\theta_{JC}$  は、ジャンクションとケースの間の熱抵抗です。

熱性能は JEDEC JESD-51 のテスト仕様により定義されています。

表 5. 热抵抗

Package Type	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$	Unit
RU-24	73.25	17.56	°C/W

## ADMT4000 の ESD 定格

以下の ESD 情報は、ESD に敏感なデバイスを取り扱うために示したものですが、対象は ESD 保護区域内だけに限られます。

ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 準拠の人体モデル (HBM)。

ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 準拠の帯電デバイス・モデル (CDM)。

表 6. ADMT4000 の ESD 定格

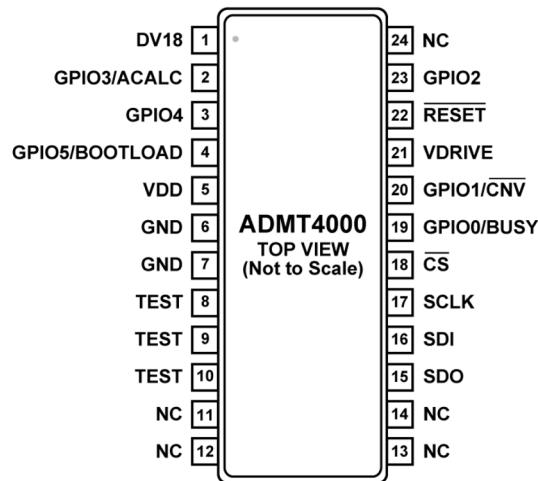
ESD Model	Withstand Threshold (V)	Class
HBM	±2000	2
CDM (on corner pins)	±750	C3
CDM (on non-corner pins)	±500	C3

## ESDに関する注意



ESD（静電放電）の影響を受けやすいデバイスです。電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術であるESD保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESDに対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

## ピン配置およびピン機能の説明



## NOTES

1. NC = NO CONNECT. THIS PIN IS NOT INTERNALLY CONNECTED AND SHOULD BE LEFT FLOATING OR CONNECTED TO GROUND.
2. TEST = MANUFACTURER TEST PIN. CONNECT TO GND.

図 4. ADMT4000 のピン配置

表 7. 端子機能の説明

ピン番号	名称	説明
1	DV18	1.8V レギュレータのデカッピング。100nF の X8R コンデンサをピン 1 にできるだけ近づけて、GND との間に配置します。
2	GPIO3/ACALC	デジタル入出力または角度計算ステータスの出力。ピン 2 はデュアル機能ピンです。GPIO3 はユーザ設定可能なデジタル入出力です。ACALC は、SPI の角度読出しコマンドと同期できるよう角度を計算中であることを示す出力信号です。デフォルトでは、ピン 2 はデジタル入力として設定されています。使用しない場合は、100kΩ の抵抗を介して GND に接続してください。
3	GPIO4	デジタル入出力。ピン 3 はユーザ設定可能なデジタル入出力です。デフォルトでは、このピンはデジタル入力として設定されています。使用しない場合は、入力として設定し、100kΩ の抵抗を介して GND に接続してください。
4	GPIO5/BOOTLOAD	デジタル入出力またはブートローダ・ステータスの出力。ピン 4 はデュアル機能ピンです。GPIO5 はユーザ設定可能なデジタル入出力です。デフォルトでは BOOTLOAD 出力機能に設定されており、電源オン時にハイにセットされます。ブートローダ・シーケンスが正常に終了すると、ピン 4 はローにセットされます。ピン 4 は 100kΩ の抵抗を介して VDRIVE に接続してください。
5	VDD	正電源電圧。GND との間で 100nF の X8R コンデンサと 1μF の X8R コンデンサを並列に接続し、ピン 5 のできるだけ近くに配置します。
6	GND	負電源電圧。
7	GND	負電源電圧。
8	TEST	ピン 8 は GND に接続します。
9	TEST	ピン 9 は GND に接続します。
10	TEST	ピン 10 は GND に接続します。

ピン番号	名称	説明
11	NC	接続なし。このピンは、内部接続されていません。フローティング状態のままにするかグラウンドに接続してください。
12	NC	接続なし。このピンは、内部接続されていません。フローティング状態のままにするかグラウンドに接続してください。
13	NC	接続なし。このピンは、内部接続されていません。フローティング状態のままにするかグラウンドに接続してください。
14	NC	接続なし。このピンは、内部接続されていません。フローティング状態のままにするかグラウンドに接続してください。
15	SDO	シリアル・データ出力。SDO ピンと GND の間には、100kΩ の抵抗を接続してください。
16	SDI	シリアル・データ入力。
17	SCLK	シリアル・クロック。
18	<u>CS</u>	SDI フレーム用のチップ・セレクト信号（アクティブ・ロー）。
19	GPIO0/BUSY	デジタル入出力またはビジー。ピン 19 はデュアル機能ピンです。GPIO0 はユーザ設定可能なデジタル入出力です。デバイスが測定を実行している間、BUSY はハイにセットされます。デフォルトでは、ピン 19 はデジタル入力として設定されています。使用しない場合は、100kΩ の抵抗を介して GND に接続してください。
20	GPIO1/ <u>CNV</u>	デジタル入出力または変換開始。ピン 20 はデュアル機能ピンです。GPIO1 はユーザ設定可能なデジタル入出力です。このピンが変換開始ピン CNV として設定され、 <u>変換開始およびレジスタ・ページ選択</u> レジスタのビット 15:14 が 0b00 にセットされている場合、ピン 20 の立上がりエッジで変換が開始されます。デフォルトでは、ピン 20 はデジタル入力として設定されています。使用しない場合は、100kΩ の抵抗を介して GND に接続してください。
21	VDRIVE	ロジック電源入力。100nF の X8R コンデンサをピン 5 にできるだけ近づけて、GND との間に配置します。
22	<u>RESET</u>	リセット。ピン 22 をローにすると、デジタル回路とアナログ回路をリセットしますが、GMR 回転数センサー素子はリセットしません。使用しない場合は、100kΩ の抵抗を介して VDRIVE に接続してください。
23	GPIO2	デジタル入出力。GPIO2 はユーザ設定可能なデジタル入出力です。デフォルトでは、このピンはデジタル入力として設定されています。使用しない場合は入力として設定し、100kΩ の抵抗を介して GND に接続してください。
24	NC	接続なし。このピンは、内部接続されていません。フローティング状態のままにするかグラウンドに接続してください。

## 代表的な性能特性

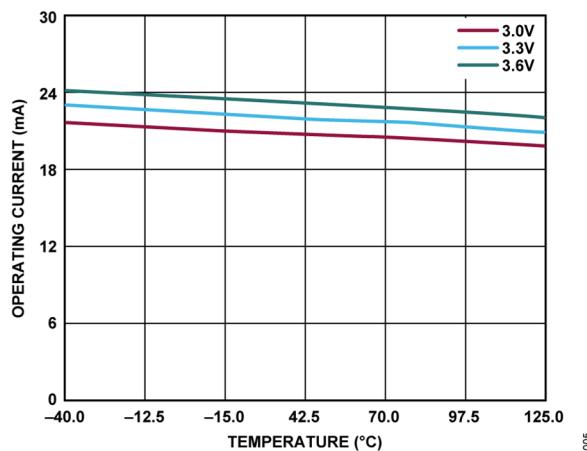


図 5. 連続変換モードでの供給電流と周囲温度の関係

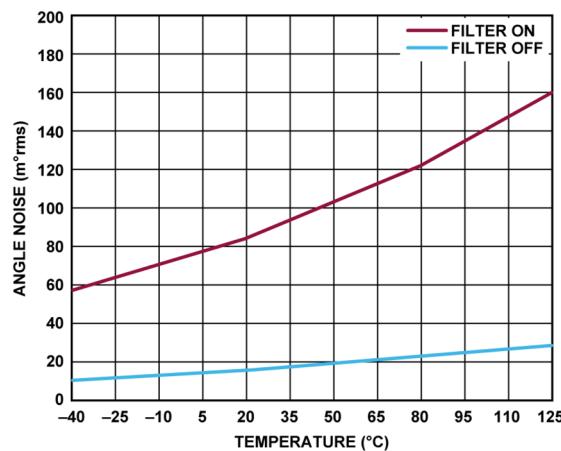


図 8. 3.3V、25mT での角度測定ノイズと周囲温度の関係

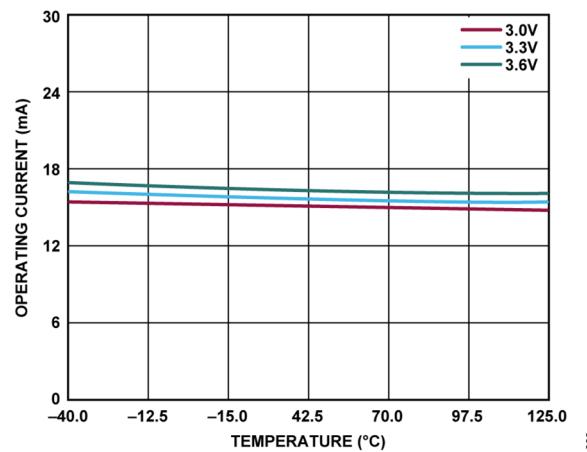


図 6. サンプリングなしのワンショット・モードにおける供給電流と周囲温度の関係

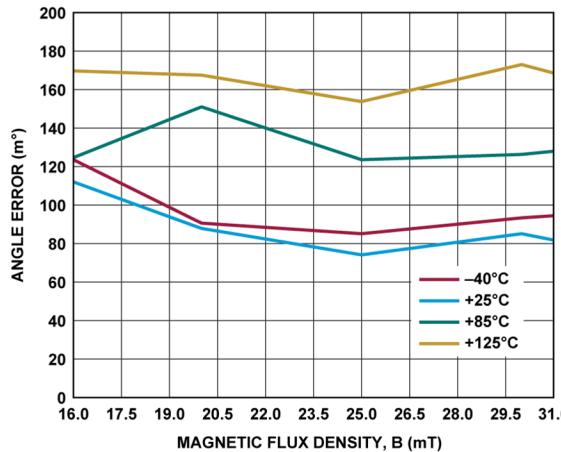


図 9. 3.3V 動作時の角度測定精度と磁束密度の関係

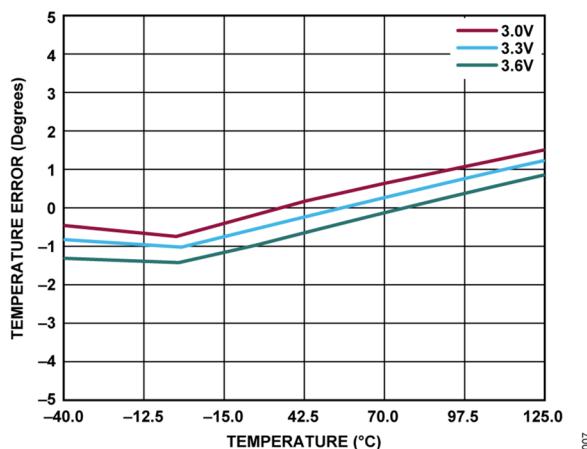


図 7. 温度センサー誤差と周囲温度の関係

## 動作原理

### 概要

ADMT4000 は、入射する磁界の絶対位置を、時計回りにインクリメントしながら最大 46 回転まで記録するセンサーです。このセンサーは、パワードウン時にも磁界の回転状態を追跡し続けます。電源復帰時に、SPI インターフェースを通じてセンサーの状態を調べることができます。

図 10 に ADMT4000 のブロック図を示します。

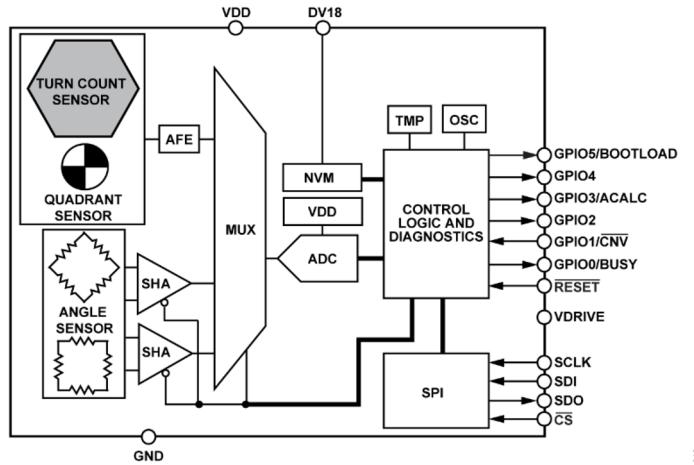


図 10. 機能ブロック図

### GMR 回転数センサー

磁気マルチターン技術は、強磁性ナノワイヤで形成された渦線をベースとしています。回転する磁界は、磁気のドメイン・ウォールが渦線に沿って伝搬することにより局所的な励磁の変化を生じさせます。ナノワイヤは GMR スタックを使用して製造されるため、ドメイン・ウォールの伝搬が抵抗値の変化を引き起こします。渦線の抵抗の一部分を測定することでドメイン・ウォールの位置を検出できます。磁界の回転数は、測定された渦線の抵抗パターンをデコードすることで求めることができます。

### AMR 角度センサー

AMR 角度センサーは 2 組の AMR 素子で形成されています。各素子の抵抗は、外部磁界の方向によって変化します。各 AMR 素子はホイートストン・ブリッジで構成されており、素子は互いに 45° の角度でオフセットしています。これにより、外部磁界方向のサインとコサインに比例した出力が得られます。サイン出力とコサイン出力により、外部磁界の 180° 回転を 1 サイクルとして測定します。

### GMR 象限センサー

GMR 象限センサーは、AMR 角度センサーによる 0°~180° のデータを 360° のデータに拡張するために必要な情報を提供します。

## 温度センサー

AMR 角度センサーの温度ドリフトを補償するため、本デバイスは内部温度センサー (TMP) を搭載しています。出荷時に設定されたキャリブレーション係数が適用されます。温度測定値は、SPI インターフェースを使用して TMP レジスタから取得します。

## シグナル・コンディショニング

GMR 回転数センサー、GMR 象限センサー、AMR 角度センサーの各出力には、A/D コンバータ (ADC) の入力条件に合うようコンディショニングが必要です。回転数センサーと象限センサーの出力は、回転数チャンネルのアナログ・フロント・エンド (AFE) ブロックでコンディショニングします。AMR 角度センサーの出力は、2 個のサンプル&ホールド・アンプ (SHA) を使用してコンディショニングします。また、これらの SHA を使用することで、2 個の AMR 角度センサー出力の同時サンプリングが可能になります。これにより、回転磁界での測定時に位相アライメントを実現できます。

## A/D コンバータ (ADC)

VDD をリファレンスとして 1 個の 12 ビット逐次比較レジスタ (SAR) ADC を使用し、GMR 回転数センサー、AMR 角度センサー、GMR 象限センサー、および一部の診断機能のサンプリングを行います。ADC の電圧リファレンスとして VDD を使用することで、レシオメトリック測定を行うことができ、電圧源の全域で性能を最適化できます。

## システム発振器

発振器 (OSC) は、内蔵のロジック回路と AFE にクロックを供給します。

## 制御と診断

本デバイスのコア機能は、制御ロジックと診断ブロックによって決定されます。制御ロジックの主な機能は下記のとおりです。

- ▶ 出荷時に設定された不揮発性メモリ (NVM) を揮発性のレジスタにロード。揮発性のレジスタは、デバイス動作中に使用されます。工場設定データには、キャリブレーション、デバイス設定、識別データなどが含まれています。
- ▶ 回転数を決定するために必要な GMR 回転数センサー素子のデコード。メインの回転数デコーダの検証用として、回転数デコーディングの冗長ブロックが内蔵されています。
- ▶ GMR 回転数センサー、GMR 象限センサー、AMR 角度センサーの各出力を組み合わせて  $0^\circ$ ~ $16560^\circ$  の範囲でシステムの絶対位置を提供。ホスト・システムによる同期やデータ処理は不要です。
- ▶ 角度測定値の高調波のキャリブレーション機能を内蔵。これにより、システムの機械的および磁気的な欠陥を校正でき、外部での処理が不要です。SPI インターフェースを使用して動作している場合、このキャリブレーション機能で 1 次、2 次、および 3 次高調波を補償することにより、システムの許容誤差を考慮に入れることができます。また、工場で設定された 8 次の高調波キャリブレーションを特定の動作環境に合わせて更新することにより、低磁界の条件でセンサーを使用する場合でも最適化できます。
- ▶ GMR 回転数センサー素子、GMR 象限センサー、AMR 角度センサー、および診断用の測定シーケンスを制御するステート・マシン。
- ▶ サンプル・アクイジョン・モード (連続モードまたはワンショット・サンプリング・モード) の制御。
- ▶ 角度測定フィルタのイネーブル。

## インターフェース・ロジック

SPI インターフェース・ピンは VDRIVE 電源によって駆動され、本デバイスと幅広いマイクロプロセッサとを組み合わせた使用を可能にします。SPI は双方向インターフェースで、デバイスの設定レジスタや結果レジスタへのアクセスを可能にします。

## サンプリング・モード

本デバイスは、連続変換モード、またはワンショット変換モードのいずれかで動作させることができます。どちらのモードでも、CNVPAGE レジスタに書き込むか、外部信号を CNV ピンに入力することにより、サンプリング・シーケンスを開始させます。更に、連続サンプリング・モードでは、角度の同期が可能なトリガ・モードを使用できます。これにより、角度測定と外部ソースを同期させることができます。

### 連続変換モード

デバイスのリセット後、ジェネラル・レジスタのビット 0 (CNVMDE) がゼロにセットされ、デバイスは連続変換モードに設定されます。そして、連続変換を開始します。CNV (ピン 20) の立上がりエッジによって、または、変換開始およびレジスタ・ページ選択 レジスタのビット 15:14 に SPI から 0b11 を書き込むことによって、ホスト・システムがシーケンスを中断させるまで、変換シーケンスは繰り返されます。変換シーケンスを再開するには、変換開始信号を生成する必要があります。これは、CNV (ピン 20) の立下がりエッジによって、または、変換開始およびレジスタ・ページ選択 レジスタのビット 15:14 に SPI から 0b00 を書き込むことによって実行できます。デフォルトではピン 20 はデジタル入力として設定されているため、ピン 20 を使用して変換開始を制御するには DIGIO レジスタを設定する必要があります。ピン 20 を CNV 入力として設定する場合、変換開始およびレジスタ・ページ選択 レジスタのビット 15:14 はディスエーブルされます。

この設定の場合、図 11 に示すように、連続変換モードがアボートされるか一時停止するまで、BUSY (ピン 19) はハイを維持します。回転数は、最初の変換シーケンスの終わりに有効になります。変換シーケンスにおいて角度測定が完了した後、回転数カウント用の絶対角度レジスタが更新されます。

ACALC (ピン 2) は、デバイスが角度を計算している間ハイにセットされ、角度の計算が完了して角度レジスタが更新されるとローにセットされます (図 11 を参照)。

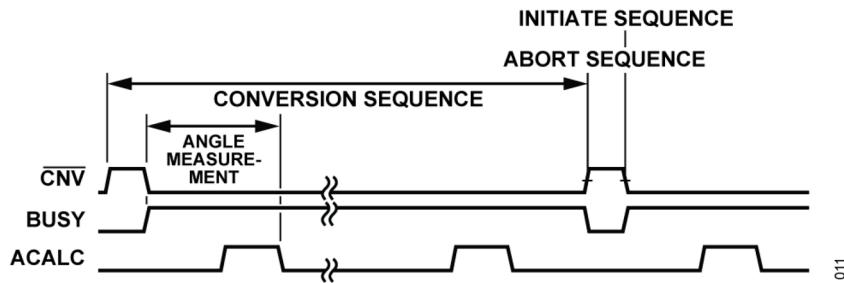


図 11. 連続変換サンプリング・モードでの測定のアボート・シーケンスおよび測定の再開

### ワンショット変換モード

デフォルト、およびリセット後は、デバイスは連続変換モードになっています。デバイスをワンショット・モードの動作に設定するには、ジェネラル・レジスタのビット 0 (CNVMDE) をハイにセットします。変換シーケンスは、CNV (ピン 20) に信号の立下がりエッジを入力するか、変換開始およびレジスタ・ページ選択 レジスタのビット 15:14 (CNV) を 0b00 にセットすることで開始できます。外部の変換開始信号を使用するには、デジタル入出力イネーブル・レジスタ (ビット 1) を使用して CNV ピンを設定する必要があります。外部信号を使用できるようにピン 20 を設定すると、変換開始およびレジスタ・ページ選択 レジスタを使用して変換開始信号を生成することはできません。

図 12 に示すように、変換シーケンスが完了して角度レジスタが更新されるまで、BUSY (ピン 19) はハイを維持します。BUSY 信号の立下がりエッジによって変換シーケンスが終わったことが示されると、回転数と角度を得ることができます。

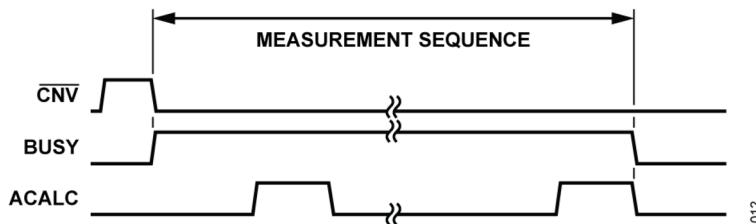
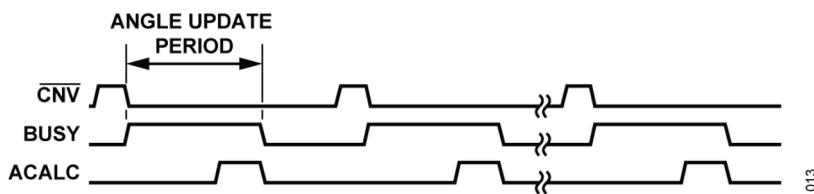


図 12. ワンショット変換シーケンス

## 角度の同期

オプションのサンプリング・モードである CNVSYNC を使用することで、変換シーケンスの間、角度測定と外部  $\overline{\text{CNV}}$  信号を同期させることができます。

図 13. 角度測定が  $\overline{\text{CNV}}$  信号の立下がりエッジによって開始される、角度の同期モード

## シーケンス・モードの変更

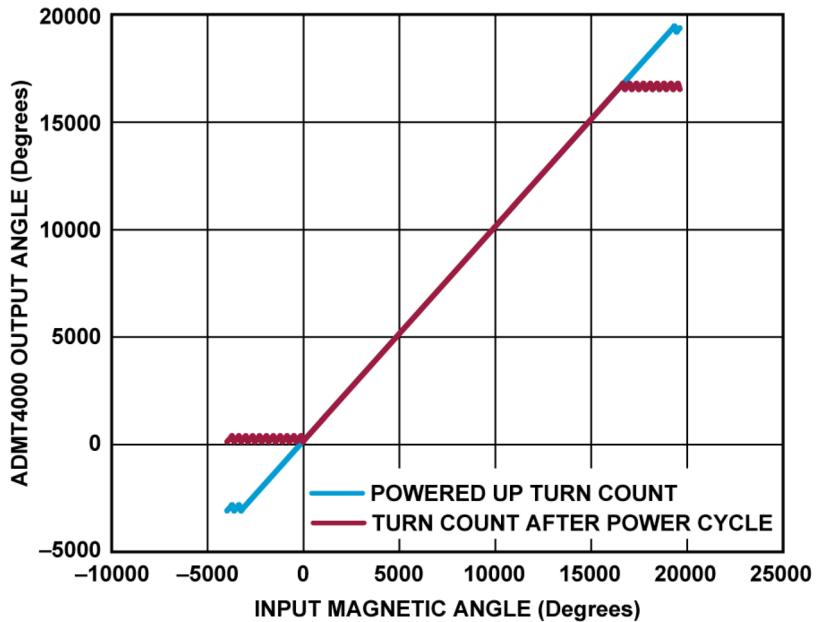
サンプリング・モードを変更する場合には、実行中の変換動作をアボートする必要があります。実行中の変換シーケンスをアボートするには、[変換開始およびレジスタ・ページ選択](#) レジスタのビット 15:14 を 0b11 にセットするか、 $\overline{\text{CNV}}$  (ピン 20) が [デジタル入力イネーブル・レジスタ](#) によって CNV 入力に設定されている場合には CNV の立上がりエッジを使用します。変換シーケンス・モードが更新された後、[変換開始およびレジスタ・ページ選択](#) レジスタのビット 15:14 を 0b00 にセットすることで変換を再開できます。

## 回転数の検出動作

ADMT4000 には、GMR 回転数センサー、GMR 象限センサー、AMR 角度センサーの 3 つのセンサーが内蔵されています。最初の位置は GMR 回転数センサーによって得られます。その後の回転の検出位置は AMR 角度センサーに GMR 象限センサーを組み合わせることで得られます。ADMT4000 の GMR 回転数センサーは、TPO (True Power-on) の回転数検出機能を提供します。パワーダウン時にも、図 14 の赤色の曲線で示す 0~46 回転の範囲で外部磁界の回転数をトラッキングします。パワーアップ時、または変換シーケンスの開始時に、GMR 回転数センサーと AMR 角度センサー (GMR 象限センサーと共に使用) を組み合わせることでシステムの絶対位置の初期値を取得し、[絶対角度レジスタ](#) にレポートします。GMR 回転数センサーは、ワンショット・モードでは測定シーケンスのたびに回転数のリファレンスとして使われますが、連続変換モードでは最初のシーケンスでのみリファレンスとして使われます。AMR 角度センサーによって得られる回転数は、-9~54 回転の範囲です (図 14 の青色の曲線)。ただし、TPO 機能は GMR 回転数センサーの 0~46 回転の範囲でしか使用できません。電源オフの状態で外部磁界がこの範囲を超えて回転した場合、その後電源がオンになった後も FAULT フラグがセットされないため、レポートされた角度は間違った値である可能性があります。AMR 角度センサーが提供する回転数の拡張範囲は、システムのキャリブレーションにのみ使用し、デバイスの通常動作時には使用しないでください。

GMR 回転数センサーは、各測定シーケンス中に 1 回デコードされ、AMR 角度センサーの回転数を検証するために使用されます。図 14 に、GMR 回転数センサーから得られる回転数 (赤色) と AMR 角度センサーから得られる回転数 (青色) の挙動を示します。

- ▶ 回転数が範囲の上限または下限を超えた場合、レポートされる位置は1回転の範囲内で繰り返されます。
- ▶ GMR回転数センサーから得られる位置とAMR角度センサーから得られる位置の差が0.5回転を超えると、回転数の検証フラグ(FAULTレジスタのビットD13)がハイにセットされます。例えば、回転数が図14の赤い曲線で示したGMR回転数センサーの範囲を超えた場合がそうです。デバイスのパワーダウン時、またはデバイスがワンショット・モードのときにこれが発生した場合、FAULTフラグのビットD13はセットされません。



014

図14. 回転数の挙動と入力磁界角度の関係

## 角度測定フィルタ

ADMT4000は、オプションで角度ノイズを低減するための無限インパルス応答(IIR)フィルタを備えています。IIRフィルタは、[ジェネラル・レジスタ](#)のANGLFILTビットD12をハイにセットすることでイネーブルできます。

- ▶ 回転数が53.5回転を超えると、フィルタはバイパスされます。入力が再び53回転を下回るとフィルタは再度イネーブルされます。どちらの場合も角度データは正確ですが、フィルタ処理はされていません。
- ▶ 回転数が-8.5回転を下回るとフィルタはバイパスされ、-8回転を上回ると再度イネーブルされます。これにより、停止端での折り返しが原因の誤った回転数データの発生を防止します。

ワンショット・モードでは、角度測定はGMR回転数センサーの状態が決定した後にのみ有効になるため、角度測定値がレポートされる数は回転数によって異なります。フィルタ処理できる有効な角度測定の数は、システムの絶対位置によって変わるために、この変換モードでは角度フィルタを使用しないことを推奨します。

IIRフィルタの伝達関数は下記のとおりです(図15参照)。

$$\text{Out}[n] = \text{Out}[n-1] + (\text{In}[n] - \text{Out}[n-1]) / 16$$

ここで、

$\text{In}[n]$ は、現在の角度測定値。

$\text{Out}[n-1]$ は、フィルタリングされた直前の角度測定値。

$\text{Out}[n]$ は、フィルタリングされた現在の角度測定値。

フィルタ処理は、角度測定の現在値とそれ以前の 15 個の角度測定値を使用して行われます。これにより、角度測定タイミングの間隔を  $9\mu\text{s}$  とした場合、 $15 \times 9\mu\text{s}$  の遅延が発生します。

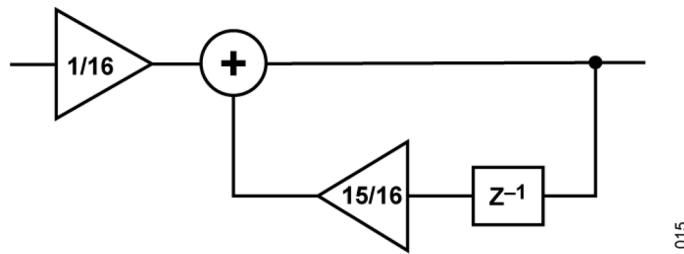


図 15. 角度フィルタで使用される IIR の伝達関数

## GMR 回転数センサーのリセット

GMR 回転数センサーを最終アプリケーションの磁気システムに組み込んだ後は、必ず GMR 回転数センサーをリセットしてください。また、以下の条件に該当する場合にも回転数カウンタをリセットしてください。

- ▶ GMR 回転数センサーが BMAX を超える磁界に曝された場合。
- ▶ FAULT レジスタのビット D9 またはビット D13 がセットされた場合。

リセットを実行した後は、リセットしたときの角度を 45 回転に加えた回転数を ADMT4000 が出力する前に、変換シーケンスをアボートしてから再開してください。

FAULT レジスタ（表 14）には、磁気のリセットが必要となったことを示すための 2 つのビット、ビット D9 とビット D13 があります。ビット D9 は、GMR 回転数センサーの不正な状態を検出したことを示し、ビット D13 は、AMR 角度センサーから得られた回転数が GMR 回転数センサーから得られた回転数と合致していないことを示します。GMR 回転数センサーは、外部磁界を時計回りに 46 回転させるか、所定の角度で外部磁界を印加することによってリセットできます。

## 磁界を使用したリセット方法

GMR 回転数センサーは、 $315^\circ$  の向きで  $60\text{mT}$  を超える強度の外部磁界をかけることでリセットできます（図 16 参照）。これは、回転数の現在値には無関係です。図 16 に示す矢印は、磁界の N 極から S 極への向きを指しています。矢印の実線が  $0^\circ$  方向を、点線が磁気リセット方向の  $315^\circ$  を示しています。磁界はどのような方法で発生させても構いませんが、アプリケーションの磁石（取り付けている場合）とリセット用の磁界を合計した磁界強度が  $10\mu\text{s}$  以上の間、 $60\text{mT}$  を超えるようにしてください。リセット磁界を生成する一般的な方法は下記です。

- ▶ 電磁石の使用。これは、アプリケーション回路基板や筐体に組み込んだセンサーにワイヤ・コイルを近づけることで実現できます。
- ▶ アプリケーションの磁石をセンサーに機械的に近づける。このとき、センサーに入射する磁界が  $315^\circ$  の向きで  $60\text{mT}$  以上になるようにします。

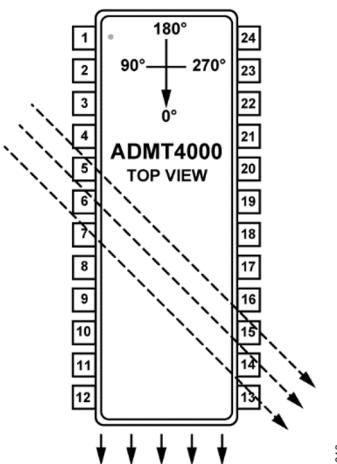


図 16. 外部磁界による GMR 回転数センサーのリセット

### システムの磁石を過剰に回転させるリセット方法

GMR 回転数センサーは、システムの磁石を時計回りに 46 回転以上回転させることでリセットできます。

### 診断および�ルト検出

ADMT4000 は、位置情報が不正であることを検出するための�ルト検出および診断機能を備えています。�ルト検出および診断機能の結果に応じて、[�ルト・レジスタ](#)内のビットがセットされます。また、SPI 出力フレームには、データ伝送を検証するための巡回冗長検査 (CRC) が含まれています。CRC の対象範囲と実装についての詳細は、本データシートのインターフェースに関するセクションを参照してください。

### FAULT レジスタがレポートするエラー

#### 角度センサー半径

AMR 角度センサーは、[図 17](#) に示すように互いに  $45^\circ$  オフセットした 2 つの AMR ブリッジで構成されており、これにより、SINE と COSINE を [表 8](#) に示すように計算します。AMR 角度センサーの半径  $\sqrt{(\text{SINE}^2 + \text{COSINE}^2)}$  を、出荷時にプリセットされた制限値と比較します。この値が制限値を超えた場合、[�ルト・レジスタ](#)のビット D14 がセットされます。

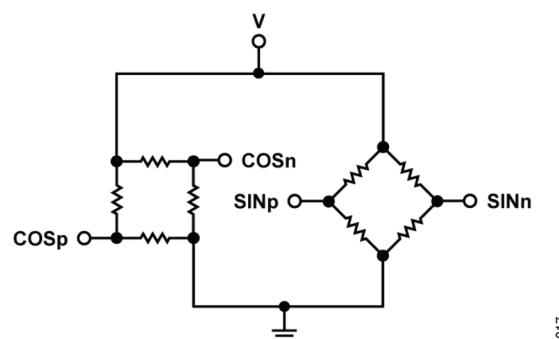


図 17. 角度センサーの AMR ブリッジから得られるサインおよびコサイン信号

表 8. AMR ブリッジの測定値を使用した SINE および COSINE の計算方法

Function	Calculation
SINE	$\text{SIN}_p - \text{SIN}_n$
COSINE	$\text{COS}_p - \text{COS}_n$

## 回転数検出の診断

GMR回転数センサーを検証するには、[「フォルト・レジスタ」](#)をモニタする必要があります。以下に、発生する可能性があるエラーの例を示します。

- ▶ [「フォルト・レジスタ」](#)のビット D9 は、GMR回転数センサーの不正な状態に関わるエラーを示します。以下のようなことが発生した場合に、不正な状態になる可能性があります。
  - ▶ センサーが BMAX を超える浮遊磁界に曝された場合。この場合、センサーの少なくとも 1 つの素子がシーケンスを外れた状態になります。
  - ▶ センサーが故障した場合。この場合、素子は予期したときに状態を変化させなくなります。
  - ▶ 回転数カウンタの回転が 2 回転（代表値）より小さくなった場合。
  - ▶ 工場出荷時に、GMR 設定用の NVM に不正な値が設定された場合。
- ▶ [「フォルト・レジスタ」](#)のビット D13 は、GMR回転数センサーから得られた回転数が AMR 角度センサーから得られた回転数と異なっていることを示します。これは、以下のような場合に生じます。
  - ▶ GMR ベースの回転数センサーと AMR ベースの角度センサーの回転数の差が 0.5 回転を超えた場合。
  - ▶ 回転数が 46.5 回転を超えた場合、または 0 回転を下回った場合。
  - ▶ GMR 回転数センサーの冗長デコーダが、メインの GMR 回転数デコーダと一致しない場合。
  - ▶ GMR 回転数センサーと AMR 角度センサーの組合せロジックにエラーが発生した場合。
  - ▶ GMR 象限センサーの検証エラーが発生した場合。

## メモリ

ADMT4000 には NVM が内蔵されており、キャリブレーション、設定、デバイスのトレーサビリティ・データなど、出荷時の設定を保存するために使用します。デバイスのリセット後に、NVM メモリの内容が揮発性メモリにロードされます。NVM コントローラは、エラー訂正コード (ECC) を使用してシングルビット・エラーの検出と訂正、および 2 ビット・エラーの検出を行います。

NVM のデータが揮発性メモリにロードされた後、ECC アルゴリズムが 2 ビット・エラーを検出した場合は、デバイスは通常動作に入りません。フォルトの検出は、BOOTLOAD 出力（ピン 4）をハイに保持し、[「フォルト・レジスタ」](#)のビット D7 をハイにセットすることで示されます。この状態では SPI インターフェースは動作し続けているので、デバイスのレジスタを調べることができます。動作中は、CRC を使用して、NVM からロードされた揮発性メモリのデータ内容を絶えずチェックします。そして、フォルトが検出されると [「フォルト・レジスタ」](#)のビット D5 がセットされます。また、ECC アルゴリズムによってユーザ設定レジスタは保護されます。ユーザ設定レジスタの内容を更新した場合には、[ECCEDC](#) レジスタの [ECC生成](#) レジスタを更新する必要があります。ユーザ設定レジスタで 2 ビット・エラーが検出された場合、[「フォルト・レジスタ」](#)のビット D7 がハイにセットされます。

## 電源

ADMT4000 には、以下に示すように 2 つの電源があります。

- ▶ VDD は、内部のアナログ機能とデジタル機能用のメイン電源を供給します。
- ▶ VDRIVE は GPIO および SPI ポート用の電源を供給します。
- ▶ VDD と VDRIVE に対して、低電圧 (UV) フォルトと過電圧 (OV) フォルトの検出およびレポートが行われます。[「フォルト・レジスタ」](#)のビット D0~D3 をモニタすることでフォルト状態をチェックできます。ここで、ロジック・ハイはフォルト状態がトリガされたことを意味します。

## シリアル・ペリフェラル・インターフェース (SPI)

ADMT4000 の SPI は SPI モード 0 に対応しており、クロック極性 (CPOL) 、およびクロック位相 (CPHA) は 0 です。インターフェースは、[図 29](#) に示すように CS、SDI、SCLK、SDO の 4 つの信号で構成されています。SDI ラインは内蔵レジスタにデータを転送し、SDO ラインは内蔵レジスタからデータを転送します。SCLK はデバイスのシリアル・クロック入力で、すべてのデータ転送は、SCLK を基準として実行されます。データは、SCLK の立上がりエッジで ADMT4000 にクロック・インされ、SCLK の立下がりエッジでクロック・アウトされます。CS 入力は 32 ビットのシリアル・データを 1 フレームとしてデバイスとの間でデータ転送を行い、16 ビットのデバイス・レジスタにアクセスします。

## ECC の生成

ECCEDC レジスタは、ECC\_CONFIG0 と ECC\_CONFIG1 の 2 つの ECC コードで構成されます。ECC を計算する場合、表 30 に示すように、設定レジスタの順番が重要です。例えば、ECC\_CONFIG0 の場合、GENERAL レジスタがデータ・セットの下位側にあり、H3MAG レジスタの下位バイト (H3MAG[7:0]) がデータ・セットの上位側にあります。ECC 計算を実装するためのコードは、ADMT4000 の no-OS ドライバから入手できます。

## CRC の実装

CRC エンジンは、シリアル線形フィードバック・シフト・レジスタ (LFSR) の手法と 0x1F のシード値を使用して、5 ビット ( $x^5 + x^2 + 1$ ) の CRC 多項式を実行します。

CRC は以下のビットで計算します。

- ▶ SPI 読出し : SDI の Rb/W ビットとアドレス[5:0]、データ[15:0]、SDO のフォルト・ステータスおよび変換カウント[1:0]。
- ▶ SPI 書込み : SDI の Rb/W ビット、アドレス[5:0]、データ[15:0]、およびそれに続く 3 ビット。

SPI 書込みと読出しのどちらにおいても、CRC は 26 ビットをカバーし、ハミング距離 3 を実現します。

26 ビットのデータから CRC 値を計算するには、以下の擬似コードを使用してください。

```
shft[5] = {1,1,1,1,1};  
for (i=30; i>=5; i--)  
{  
    xor_0 = data_in[i] ^ shft[4];  
    shft[4] = shft[3];  
    shft[3] = shft[2];  
    shft[2] = shft[1] ^ xor_0;  
    shft[1] = shft[0];  
    shft[0] = xor_0;  
}  
Crc5calc = shft;
```

## レジスタの読み出し動作

### レジスタ読み出し

レジスタの読み出し動作を図 18 に示します。以下の点に注意してください。

- ▶ マイクロコントローラによって ADMT4000 に送信される最初のデータ・ビットは無視されます。
- ▶ 2 個目のビットをローにセットすることでレジスタ読み出しの設定が選択されます。
- ▶ 次に、6 ビットのレジスタ・アドレス A5~A0 が ADMT4000 にクロック・インされます。
- ▶ その後の立下がりエッジで、アドレス指定されたレジスタの最上位ビット (MSB) が ADMT4000 からクロック・アウトされ、残りの 15 ビットが、それに続くクロックの 15 個の立下がりエッジでクロック・アウトされます。
- ▶ レジスタ・データの後の最初のビットは常にハイにセットされます。
- ▶ 2 ビットの変換カウンタ (C1 および C0) がインクリメントされ、測定シーケンスが完了したことを示します。変換カウンタは、変換シーケンスが成功するたびにインクリメントされ、0b00~0b11 の範囲を繰り返します。
- ▶ 変換カウンタに続く 5 ビットの CRC により、受信データの完全性を判断することができます (詳細については、CRC の実装のセクションを参照してください。)

データを転送しない場合は、ADMT4000 の SDO ラインを高インピーダンスに設定することで、SPI バス上で他のデバイスと干渉しないようにします。

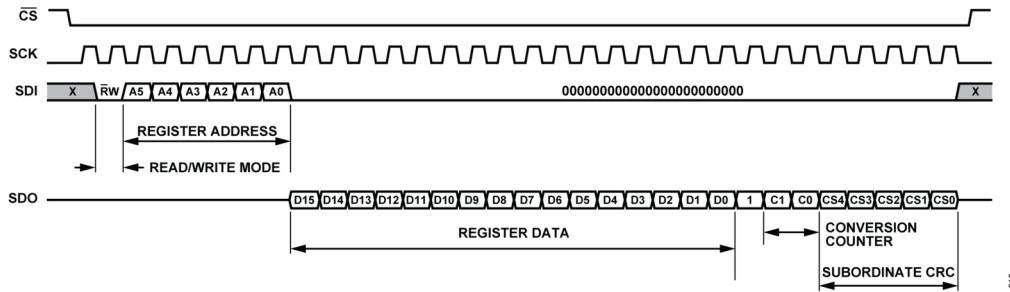


図 18. SPI のレジスタ読出し動作

### ANGLE および ABSANGLE の読出し

角度レジスタと絶対角度レジスタの内容を読み出すのは、特殊なケースです。角度レジスタと絶対角度レジスタの内容を同じサンプリング・ポイントで読み出すには、両方のレジスタの内容を単一の SPI トランザクションで読み出す必要があります。レジスタは CS がハイのときに更新され、CS をローに保持することで読み出し前に次のレジスタが更新されないようにします。角度レジスタと絶対角度レジスタの読み出しで推奨される方法は、角度レジスタと絶対角度レジスタに使用するそれぞれの 32 ビットの読み出しフレームで 64 ビットの SPI フレームを構成し、1 回の書き込み／読み出し動作を行うことです。

### レジスタの書き込み動作

レジスタの書き込み動作を図 19 に示します。以下の点に注意してください。

- ▶ マイクロコントローラから ADMT4000 に送信される最初のデータ・ビットは無視されます。
- ▶ 2 個目のビットをハイにセットすることでレジスタ書き込みの設定を選択します。
- ▶ 次に、6 ビットのレジスタ・アドレス A5~A0 が ADMT4000 にクロック・インされます。
- ▶ その後の立上がりエッジで、アドレス・レジスタの最初のビットが ADMT4000 にクロック・インされ、残りの 15 ビットが、それに続くクロックの 15 個の立上がりエッジでクロック・インされます。
- ▶ それに続く 3 ビットは指定しません。
- ▶ 残りの 5 ビットにはフレームの CRC が格納されます。詳細については、[CRC の実装](#) のセクションを参照してください。

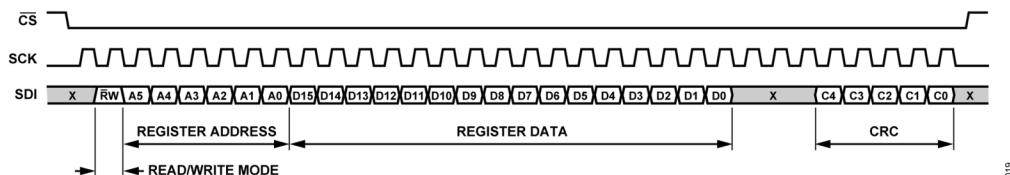


図 19. 16 ビット・レジスタの 32 ビット書き込み動作

### デバイスの識別

ADMT4000 では、固有の識別レジスタが工場出荷時に設定されています。

- ▶ UNIQID0、UNIQID1、UNIQID2 には、個別の部品を識別するためのコードが格納されており、完全なトレーサビリティが可能です。
- ▶ UNIQID3 には、部品タイプを識別する以下のコードが格納されています。
  - ▶ 製品タイプ
  - ▶ 電圧源
  - ▶ シリコン・リビジョン

これらのコードには、SPI のレジスタ読み出しでアクセスします。

## キャリブレーション

### 基本原理

磁気角度センサーは、様々なアプリケーションで位置検出に使用されています。回転シャフトの端面が利用できるアプリケーションでは、図 20 に示すように、単純な双極子磁石と ADMT4000 を使用するだけで低コストかつ高精度な角度センサーを実現できます。

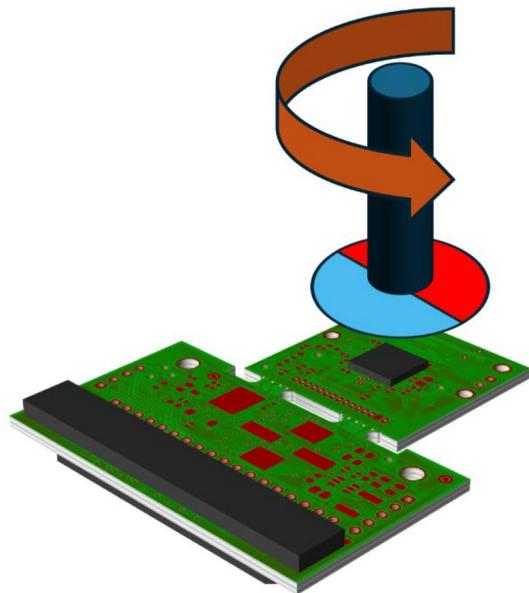


図 20. シャフト端に配置した EV-ADMT4000SDV 評価用ボード

### システムの誤差原因

シャフト端に配置する構成では、システムレベルの精度は角度センサーを磁石の中心に完全に位置合わせした場合に最も高くなります。機械的な許容誤差のため、理想的な角度測定は実現できません。

機械的および磁気的な誤差の原因で重要なものは、以下の 4 つです。

- ▶ センサーのアライメント誤差。これは、磁界の中心と角度センサーの中心とのミスアライメントによって生じます。図 21 を参照してください。
- ▶ 磁石の軸ずれ誤差。これは、磁石と回転軸が正しくセンタリングされていないことで生じます。図 22 を参照してください。
- ▶ 磁石の磁化誤差。これは、磁石の製造プロセスにおける許容誤差によって生じます。図 23 を参照してください。
- ▶ 磁石の傾き誤差。これは、回転軸とセンサーが傾いていることで不均一なエア・ギャップとなることによって生じます。図 24 を参照してください。

上述した機械的および磁気的誤差は、高調波としてセンサーの測定データに現れます。ミスアライメントによる誤差は、システムを複数回回転させて測定したデータをフーリエ変換することで解析できます。

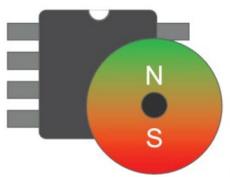


図 21. センサーのアライメント誤差

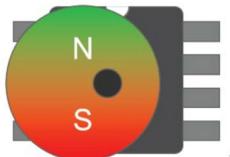


図 22. 磁石の軸ずれ誤差



図 23. 磁化誤差

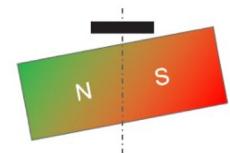


図 24. 磁石の傾き誤差

## キャリブレーションの手順

ADMT4000 は、高調波誤差を補償するためのレジスタを全部で 8つ備えています。1次、2次、3次、および 8次高調波は、それぞれの高調波振幅 (HxMAG) レジスタおよび位相 (HxPH) レジスタに書き込むことで補償できます。キャリブレーション・エンジンを使用することで幅広い機械的誤差をオンチップで補償できます。高調波キャリブレーション係数についての詳細は、レジスタの説明を参照してください。キャリブレーション・プロセスを開始する前は必ず、高調波キャリブレーション・レジスタがゼロにセットされていることを確認してください。

高調波の振幅と位相値は通常、一定の角速度で回転する磁界から得られた角度測定値をフーリエ変換することで求めることができます。キャリブレーションは、以下の手順に従って行ってください。

1. GMR 回転数センサーの磁気リセットを実行します。
2. キャリブレーション・プロセスを開始する前に、高調波キャリブレーション・レジスタがゼロにセットされていることを確認してください。デフォルトで 1次、2次、3次高調波係数はゼロにセットされていますが、8次高調波は出荷時に設定された値になっています。8次高調波係数を更新したい場合は、[ジェネラル・レジスタ](#)のビット 10 を設定してください。
3. キャリブレーション時に角度フィルタがイネーブルになっている場合は、回転数が 0~46 回転の範囲内になるようにしてください。
4. FFT アルゴリズムでのエイリアシングを防ぐため、以下の点に注意してください。
  1. 測定の数が  $2N$  になるようにします。ここで、 $N$  は整数で、通常は 512 サンプルあれば十分です。
  2. 外部磁界の回転数が素数になるようにします。標準的な値は 11 です。
5. キャリブレーションは、[ジェネラル・レジスタ](#)の CNVSYNC ビット (13) を使用して実行することを推奨します。
6. CNVSYNC 機能により、SINE 測定と COSINE 測定を外部 CNV 信号に同期させることができます。位相誤差が低減されます。CNV 信号を供給できない場合は、デバイスを連続変換モードで動作するよう設定します。これにより、高調波キャリブレーションの効果は制限されてしまいますが、それでも磁気システムの欠陥による誤差は低減されます。
7. AMR 角度センサーのキャリブレーションが完了した後に、GMR 回転数センサーの磁気リセットを行うことを強く推奨します。これにより、デバイスを既知 (known good) の状態にできます。

## レジスタの詳細

ADMT4000 のレジスタ・マップは、複数のページに分割されています。特定のページのレジスタにアクセスするには、CNVPAGE レジスタに正しくページ・アドレスを書き込む必要があります。表 9 で特に指定されていない限り、各レジスタのデフォルト（パワーオン・リセット）の値は 0x0000 です。CNVPAGE、ABSANGLE、DIGIO、ANGLE、およびFAULT レジスタには、ページの指定は不要です。すなわち、アドレス指定する前に CNVPAGE レジスタを設定する必要なく、これらのレジスタにアクセスできます。

表 9. レジスタ・マップの一覧

レジスタ	機能	ページ	アドレス	デフォルト値	アクセス
CNVPAGE	変換開始およびページ選択	Agnostic	0x01	0x0000	R/W
ABSANGLE	絶対角度	Agnostic	0x03	0xDB00	R
DIGIO	デジタル入出力	Agnostic	0x04	0x0000	R/W
ANGLE	角度レジスタ	Agnostic	0x05	0x8000	R
FAULT	フォルト・レジスタ	Agnostic	0x06	0xFFFF	R/W
SINE	サイン測定	0x00	0x10	0x0000	R
COSINE	コサイン測定	0x00	0x11	0x0000	R
RADIUS	角度測定半径	0x00	0x18	0x0000	R
TMP	温度センサー	0x00	0x20	0x0000	R
GENERAL	全般的なデバイス設定	0x02	0x10	0x1230	R/W
DIGIOEN	デジタル入出力イネーブル	0x02	0x12	0x201F	R/W
CNVCNT	変換回数	0x02	0x14	0x0000	R
H1MAG	1 次高調波誤差の振幅	0x02	0x15	0x0000	R/W
H1PH	1 次高調波誤差の位相	0x02	0x16	0x0000	R/W
H2MAG	2 次高調波誤差の振幅	0x02	0x17	0x0000	R/W
H2PH	2 次高調波誤差の位相	0x02	0x18	0x0000	R/W
H3MAG	3 次高調波誤差の振幅	0x02	0x19	0x0000	R/W
H3PH	3 次高調波誤差の位相	0x02	0x1A	0x0000	R/W
H8MAG	8 次高調波誤差の振幅	0x02	0x1B	0x0000	R/W
H8PH	8 次高調波誤差の位相	0x02	0x1C	0x0000	R/W
ECCEDC	エラーの訂正および検出コード	0x02	0x1D	0xFFFF	R/W
UNIQID0	固有 ID レジスタ 0	0x02	0x1E	0xFFFF	R
UNIQID1	固有 ID レジスタ 1	0x02	0x1F	0xFFFF	R
UNIQID2	固有 ID レジスタ 2	0x02	0x20	0xFFFF	R
UNIQID3	製品、電圧源、ASIC リビジョン	0x02	0x21	0x0002	R
ECCDIS	エラー訂正コード・ディスエーブル	0x02	0x23	0x0000	R/W

## ページの指定が不要なレジスタ

### 変換開始およびレジスタ・ページ選択

アドレス : 0x01、リセット : 0x0000、レジスタ名 : CNVPAGE

CNVPAGE レジスタには以下の 2 つの機能があります。

1. アクセスしたいレジスタのページの選択。同じページ上で複数のレジスタにアクセスする場合、最初のレジスタにアクセスする前にのみ、CNVPAGE レジスタを設定してください。
2. 変換シーケンスのトリガとアポート。表 10 に示すように、CNVPAGE レジスタのビット 15:14 を 0b00 に設定すると変換シーケンスを開始し、0b11 に設定するとアポートします。

表 10. CNVPAGE レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:14]	CNV	00 は、変換開始ピンの立下がりエッジと同様で、変換シーケンスをトリガします。 11 は、変換開始ピンの立上がりエッジと同様で、変換シーケンスをアポートします。	R/W
[13:5]	RESERVED	予約済み。	R
[4:0]	PAGE	レジスタ・ページ・アドレス。	R/W

## 絶対角度レジスタ

アドレス : 0x03、リセット : 0xDB00、レジスタ名 : ABSANGLE

ABSANGLE レジスタには、回転数と角度を組み合わせた情報が格納されます。範囲は 16560° です。

ABSANGLE[15:8]には、回転数が 1/4 回転の単位で格納されます。

ABSANGLE[15:10]には、以下のように、無効な回転数を表すコードを含む全回転数が格納されます。

- ▶ 0b0000 00～0b1101 01 : ストレート・バイナリ形式の回転数。
- ▶ 0b1101 10 : 無効な回転数。
- ▶ 0b1101 11～0b1111 11 : 2 の補数形式の回転数。

下位 10 ビットには、分解能 0.351° の角度情報がストレート・バイナリ形式で格納されます。

表 11. ABSANGLE レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:0]	ABSANGLE	絶対角度。	R

## デジタル入出力レジスタ

アドレス : 0x04、リセット : 0x0000、レジスタ名 : DIGIO

DIGIO レジスタは、DIGIOEN レジスタによる GPIO ポートの設定に応じて、GPIO ポートの状態を設定するか、読み出すために使用されます。GPIO ピンはレジスタのビット位置と 1 対 1 にマッピングされており、GPIO5～GPIO0 はそれぞれ DIGIO[5:0] によって制御します。

表 12. DIGIO レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:6]	RESERVED	予約済み。	R
[5:0]	DIGIO	GPIO の論理状態。	R/W

## 角度レジスタ

アドレス : 0x05、リセット : 0x8000、レジスタ名 : ANGLE

ANGLE レジスタには、オフセット、ゲイン、位相、および高調波の補正がなされた角度情報が格納され、0°～360° の高精度な位置情報を提供します。角度レジスタが更新されるタイミングの詳細については、[サンプリング・モード](#)のセクションを参照してください。

角度分解能 = 360°/4096。

表 13. ANGLE レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:4]	ANGLE	360° 範囲の磁界角度。	R
[3:0]	RESERVED	予約済み。	R

## FAULT レジスタ

アドレス : 0x06、リセット : 0xFFFF、レジスタ名 : FAULT

FAULT レジスタには、様々なFAULT・フラグが格納されています。パワーオン・リセット後、FAULT レジスタは 0xFFFF にセットされます。起動時には、このレジスタを読み出してすべてのビットが 0xFFFF にセットされていることを確認してください。レジスタが機能していることを確認後、0x0000 を書き込んでレジスタをクリアしてください。FAULT レジスタのビットは、0x0000 が書き込まれるまでハイにセットされたままでですが、潜在的なFAULT条件が継続している場合には、FAULTにセットされたビットはクリアされません。

表 14. FAULT レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	ステータス	アクセス
D15	RESERVED	予約済み。	Not Active	R/W
D14	AMR Angle Sensor Radius Check	AMR 角度センサー半径のチェック。	Active	R/W
D13	Turn Counters Cross-Check Error	以下のいずれかを検出すると、D13 ビットにフラグが立ちます。 <ul style="list-style-type: none"> <li>ABSANGLE レジスタに格納された回転数と GMR 回転数センサーの回転数の差が 0.5 回転を超えた場合。</li> <li>デバイスの起動中に回転数が 46.5 回転を超えた場合、または 0 回転を下回った場合。</li> <li>メインの回転数デコーダと冗長デコーダが一致しない場合。</li> <li>GMR 回転数センサーと AMR 角度センサーの組合せロジック・エラーが発生した場合。</li> <li>GMR 象限センサーのデコード・エラーが発生した場合。</li> </ul>	Active	R/W

ビット	ビット名	説明	ステータス	アクセス
D12	RESERVED	予約済み。	Not Active	R/W
D11	RESERVED	予約済み。	Not Active	R/W
D10	RESERVED	予約済み。	Not Active	R/W
D9	GMR Turn Count Sensor False State or Reference Resistor Flip	以下のいずれかを検出すると、D9 にフラグが立ちます。 <ul style="list-style-type: none"><li>• GMR 回転数センサーが認識できない状態の場合。</li><li>• リファレンス抵抗が不適切な状態の場合。</li><li>• CW/CCW NVM の設定が誤った値 (0x01 または 0b10) にセットされている場合。</li><li>• 回転数が 0~2 (代表値) の間にある場合。</li></ul>	Active	R/W
D8	RESERVED	予約済み。	Not Active	R/W
D7	ECC Double Bit Error	NVM またはユーザ設定レジスタで 2 ビット・フォルトが検出された場合。	Active	R/W
D6	RESERVED	予約済み。	Not Active	R/W
D5	NVM CRC Fault	不揮発性メモリの CRC フォルト。	Active	R/W
D4	RESERVED	予約済み。	Not Active	R/W
D3	VDRIVE Overvoltage Detected	VDRIVE が所定の範囲を上回った場合 (表 2 参照)。	Active	R/W
D2	VDRIVE Undervoltage Detected	VDRIVE が所定の範囲を下回った場合 (表 2 参照)。	Active	R/W
D1	VDD Overvoltage Detected	VDD が所定の範囲を上回った場合 (表 2 参照)。	Active	R/W
D0	VDD Undervoltage Detected	VDD が所定の範囲を下回った場合 (表 2 参照)。	Active	R/W

## ページ 0x0 のレジスタ

### サイン・レジスタ

ページ : 0x00、アドレス : 0x10、リセット : 0x0000、レジスタ名 : SINE

SINE レジスタには、AMR 角度センサーの値のサイン成分が格納されます。この値にセンサー・ゲイン、オフセット、および高調波のキャリブレーションは行われません。

このレジスタは、測定シーケンスの開始時に 0x2000 にセットされ、有効な測定値が得られると更新されます。レジスタのリセット値は 0x0000 で、2 の補数のデータ形式で格納されます。

表 15. SINE レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:2]	SINE	不正なサイン出力。	R
[1]	RESERVED	予約済み。	R
[0]	STATUS	連続変換時には、新しいデータが得られるとこのフラグがハイにセットされます。レジスタの内容が読み出されると、このフラグはローにセットされます。 ワンショット・モードでは、このフラグは常にローにセットされています。	R

## コサイン・レジスタ

ページ : 0x00、アドレス : 0x11、リセット : 0x0000、レジスタ名 : COSINE

COSINE レジスタには、AMR 角度センサーの値のコサイン成分が格納されます。この値にセンサー・ゲイン、オフセット、および高調波のキャリブレーションは行われません。このレジスタは、測定シークエンスの開始時に 0x2000 にセットされ、有効な測定値が得られると更新されます。レジスタのリセット値は 0x0000 で、2 の補数のデータ形式で格納されます。

表 16. COSINE レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:2]	COSINE	不正なコサイン出力。	R
[1]	RESERVED	予約済み。	R
[0]	STATUS	連続変換時には、新しいデータが得られるとこのフラグがハイにセットされます。レジスタの内容が読み出されると、このフラグはローにセットされます。 ワンショット・モードでは、このフラグは常にローにセットされています。	R

## 半径

ページ : 0x00、アドレス : 0x18、リセット : 0x0000、レジスタ名 : RADIUS

RADIUS レジスタには、角度測定の SINE 値および COSINE 値のベクトルの大きさが RADIUS ビット 15~1 に格納されます。

分解能 = 0.000924mV/V。

表 17. RADIUS レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:1]	RADIUS	角度ベクトルの大きさ、すなわち半径。	R
[0]	STATUS	連続変換時には、新しいデータが得られるとこのフラグがハイにセットされます。レジスタの内容が読み出されると、このフラグはローにセットされます。 ワンショット・モードでは、このフラグは常にローにセットされています。	R

## 温度センサー

ページ : 0x00、アドレス : 0x20、リセット : 0x0000、レジスタ名 : TMP

温度センサー・レジスタには、AMR 角度センサーと GMR 回転数センサーのキャリブレーションに使用するための温度値が格納されます。このレジスタは、変換シーケンスの開始時に毎回、0xFFFFにセットされます。

$$TMP_{DEGC} = (TMP_{CODE} - 1168) / 15.66$$

ここで、 $TMP_{CODE}$  は 12 ビットのレジスタ値、 $TMP_{DEGC}$  は内部温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) です。

表 18. TMP レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:4]	TMP	内部温度センサー。	R
[3:0]	RESERVED	予約済み。	R

## ページ 0x2 のレジスタ

### ジェネラル・レジスタ

ページ : 0x02、アドレス : 0x10、リセット : 0x1230、レジスタ名 : GENERAL

GENERAL レジスタを使用して、ADMT4000 の様々な機能を制御できます。

GENERAL レジスタは、デフォルトで 0x1230 にセットされており、これによりデバイスは以下のように設定されます。

- ▶ 変換開始の同期モード・オフ。
- ▶ 角度フィルタをイネーブル。
- ▶ 出荷時に設定された 8 次高調波キャリブレーション係数。
- ▶ 連続変換モード。
- ▶ STORAGE[7:0]の設定値が 0x00。

表 19. GENERAL レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15]	STORAGE[7]	ユーザ・データの格納、または ECC 計算の一部に使用可能。	R/W
[14:13]	CNVSYNC	変換開始の同期モード。 00 : SINE チャンネルと COSINE チャンネルのサンプリング開始をシーケンサが制御。 01 : 無効。 10 : 無効。 11 : SINE チャンネルと COSINE チャンネルのサンプリング・タイミングを変換開始エッジと同期。	R/W
[12]	ANGLFILT	角度計算値のフィルタ処理。 0 : フィルタをディスエーブル 1 : フィルタをイネーブル	R/W
[11]	STORAGE[6]	ユーザ・データの格納、または ECC 計算の一部に使用可能。	R/W
[10]	H8CNTRL	8 次高調波の補正值。 0 : アナログ・デバイセズの出荷時設定値。 1 : ユーザ設定値。	R/W

ビット	ビット名	説明	アクセス
[9]	RESERVED	このビットは 1 に設定してください。	R/W
[8:6]	STORAGE[5:3]	ユーザ・データの格納、または ECC 計算の一部に使用可能。	R/W
[5:4]	RESERVED	このビットは 0b11 に設定してください。	R/W
[3:1]	STORAGE[2:0]	ユーザ・データの格納、または ECC 計算の一部に使用可能。	R/W
[0]	CNVMDE	変換モード。 0 : 連続変換。 1 : ワンショット変換。シーケンサは変換シーケンスが終了すると停止します。	R/W

## デジタル入出力イネーブル・レジスタ

ページ : 0x02、アドレス : 0x12、リセット : 0x201F、レジスタ名 : DIGIOEN

すべてのデジタル入出力は、機能モードか GPIO モードのどちらかで使用できます。このレジスタの下位バイト内の対応するビットをハイにセットすることで、対応するデジタル入出力ピンを GPIO に設定できます。

デジタル入出力ピンの出力ドライバをイネーブルするには、これに対応するビットをハイにセットします。ドライバ・イネーブル・ビットがローに、機能が GPIO に設定されている場合、そのピンは入力として設定されます。

デフォルトでは、DIGIOEN は電源オン時に BOOTLOAD 出力をイネーブルするように設定されています。

表 20. DIGIOEN レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:14]	RESERVED	予約済み。	R
[13]	DIGIO5EN	1 : GPIO5 出力をイネーブル。 0 : GPIO5 出力をディスエーブル。	R/W
[12]	DIGIO4EN	1 : GPIO4 出力をイネーブル。 0 : GPIO4 出力をディスエーブル。	R/W
[11]	DIGIO3EN	1 : GPIO3 出力をイネーブル。 0 : GPIO3 出力をディスエーブル。	R/W
[10]	DIGIO2EN	1 : GPIO2 出力をイネーブル。 0 : GPIO2 出力をディスエーブル。	R/W
[9]	DIGIO1EN	1 : GPIO1 出力をイネーブル。 0 : GPIO1 出力をディスエーブル。	R/W
[8]	DIGIO0EN	1 : GPIO0 出力をイネーブル。 0 : GPIO0 出力をディスエーブル。	R/W
[7:6]	RESERVED	予約済み。	R
[5]	DIGIO5FNC	1 : GPIO5。 0 : BOOTLOAD (出力のみ)。	R/W
[4]	DIGIO4FNC	1 : GPIO4。 0 : 予約済み。	R/W
[3]	DIGIO3FNC	1 : GPIO3。 0 : ACALC (出力のみ)。	R/W
[2]	DIGIO2FNC	1 : GPIO2。 0 : 予約済み。	R/W
[1]	DIGIO1FNC	1 : GPIO1。 0 : $\overline{CNV}$ (入力のみ)。	R/W
[0]	DIGIO0FNC	1 : GPIO0。 0 : BUSY (出力のみ)。	R/W

## 変換回数レジスタ

ページ : 0x02、アドレス : 0x14、リセット : 0x0000、レジスタ名 : CNVCNT

CNVCT レジスタには、変換回数の情報が格納され、変換シーケンスが完了するたびに更新されます。変換シーケンスの実行中に新しい変換シーケンスが開始されることにより、実行中のシーケンスが早期にアボートしてしまった場合、変換カウンタはインクリメントされません。カウンタは、フルスケール値の 0xFF に達すると 0x00 に戻ります。

表 21. CNVCNT レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:8]	RESERVED	予約済み。	R
[7:0]	CNVCNT	変換回数。	R

## 1 次高調波誤差キャリブレーションの振幅

ページ : 0x02、アドレス : 0x15、リセット : 0x0000、レジスタ名 : H1MAG

H1MAG レジスタには、1 次高調波誤差の振幅が格納されます。高調波係数の計算値に CORDIC のスケーリング係数 0.6072 を掛け、結果を符号なし整数としてレジスタに書き込んでください。 LSB は、 $11.2455^\circ/2^{11} = 0.005493^\circ$  です。

表 22. H1MAG レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:11]	RESERVED	予約済み。	R
[10:0]	H1MAG	1 次高調波誤差の振幅。	R/W

## 1 次高調波誤差キャリブレーションの位相

ページ : 0x02、アドレス : 0x16、リセット : 0x0000、レジスタ名 : H1PH

H1PH レジスタには、 LSB が  $360^\circ/2^{12} = 0.087891^\circ$  の符号なし整数として 1 次高調波誤差の位相が格納されます。

表 23. H1PH レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:12]	RESERVED	予約済み。	R
[11:0]	H1PH	1 次高調波誤差の位相。	R/W

## 2 次高調波誤差キャリブレーションの振幅

ページ : 0x02、アドレス : 0x17、リセット : 0x0000、レジスタ名 : H2MAG

H2MAG レジスタには、2 次高調波誤差の振幅が格納されます。高調波係数の計算値に CORDIC のスケーリング係数 0.6072 を掛け、結果を符号なし整数としてレジスタに書き込んでください。 LSB は、 $11.2455^\circ/2^{11} = 0.005493^\circ$  です。

表 24. H2MAG レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:11]	RESERVED	予約済み。	R
[10:0]	H2MAG	2 次高調波誤差の振幅。	R/W

## 2 次高調波誤差キャリブレーションの位相

ページ : 0x02、アドレス : 0x18、リセット : 0x0000、レジスタ名 : H2PH

H2PH レジスタには、 LSB が  $360^\circ/2^{12} = 0.087891^\circ$  の符号なし整数として 2 次高調波誤差の位相が格納されます。

表 25. H2PH レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:12]	RESERVED	予約済み。	R
[11:0]	H2PH	2 次高調波誤差の位相。	R/W

## 3 次高調波誤差キャリブレーションの振幅

ページ : 0x02、アドレス : 0x19、リセット : 0x0000、レジスタ名 : H3MAG

H3MAG レジスタには、3 次高調波誤差の振幅が格納されます。高調波係数の計算値に CORDIC のスケーリング係数 0.6072 を掛け、結果を符号なし整数としてレジスタに書き込んでください。LSB は、 $1.40076^\circ/2^8 = 0.005493^\circ$  です。

表 26. H3MAG レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:8]	RESERVED	予約済み。	R
[7:0]	H3MAG	3 次高調波誤差の振幅。	R/W

## 3 次高調波誤差キャリブレーションの位相

ページ : 0x02、アドレス : 0x1A、リセット : 0x0000、レジスタ名 : H3PH

H3PH レジスタには、 LSB が  $360^\circ/2^{12} = 0.087891^\circ$  の符号なし整数として 3 次高調波誤差の位相が格納されます。

表 27. H3PH レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:12]	RESERVED	予約済み。	R
[11:0]	H3PH	3 次高調波誤差の位相。	R/W

## 8 次高調波誤差キャリブレーションの振幅

ページ : 0x02、アドレス : 0x1B、リセット : 0x0000、レジスタ名 : H8MAG

H8MAG レジスタには、8 次高調波誤差の振幅が格納されます。高調波係数の計算値に CORDIC のスケーリング係数 0.6072 を掛け、結果を符号なし整数としてレジスタに書き込んでください。LSB は、 $1.40076^{\circ}/2^8 = 0.005493^{\circ}$  です。

表 28. H8MAG レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:8]	RESERVED	予約済み。	R
[7:0]	H8MAG	8 次高調波誤差の振幅。	R/W

## 8 次高調波誤差キャリブレーションの位相

ページ : 0x02、アドレス : 0x1C、リセット : 0x0000、レジスタ名 : H8PH

H8PH レジスタには、 LSB が  $360^{\circ}/2^{12} = 0.087891^{\circ}$  の符号なし整数として 8 次高調波誤差の位相が格納されます。

表 29. H8PH レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:12]	RESERVED	予約済み。	R
[11:0]	H8PH	8 次高調波誤差の位相。	R/W

## ECCEDC

ページ : 0x02、アドレス : 0x1D、リセット : 0x0000、レジスタ名 : ECCEDC

ECCEDC レジスタには、ユーザ設定レジスタを更新する場合に必要となる、エラーの訂正および検出コード (ECC) が格納されます。ECC は、1 ビット・エラー訂正および 2 ビットのエラー検出機能を提供します。

表 30. ECCEDC レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:8]	ECC_CONFIG1	以下が ECC の対象となるレジスタです。 H3MAG[15:8] H3PH H8MAG H8PH	R/W
[7:0]	ECC_CONFIG0	以下が ECC の対象となるレジスタです。 GENERAL DIGIOEN ANGLECK H1MAG H1PH H2MAG H2PH H3MAG[7:0]	R/W

**固有 ID レジスタ 0**

ページ : 0x02、アドレス : 0x1E、リセット : 0xXXXX、レジスタ名 : UNIQID0

固有の識別レジスタ 0。

表 31. UNIQID0 レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:0]	UNIQID0	固有のデバイス識別 0。	R

**固有 ID レジスタ 1**

ページ : 0x02、アドレス : 0x1F、リセット : 0xXXXX、レジスタ名 : UNIQID1

固有の識別レジスタ 1。

表 32. UNIQID1 レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:0]	UNIQID1	固有のデバイス識別 1。	R

**固有 ID レジスタ 2**

ページ : 0x02、アドレス : 0x20、リセット : 0xXXXX、レジスタ名 : UNIQID2

固有の識別レジスタ 2。

表 33. UNIQID2 レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:0]	UNIQID2	固有のデバイス識別 2。	R

**固有 ID レジスタ 3**

ページ : 0x02、アドレス : 0x21、リセット : 0x0002、レジスタ名 : UNIQID3

固有の識別レジスタ 3。

表 34. UNIQID3 レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:11]	RSDV	予約済み。	R
[10:8]	ID_PROD	製品識別子。	R
[7:6]	ID_SUPY	電圧源の識別子。	R
[5:3]	RSDV	予約済み。	R
[2:0]	ID_REVN	ASIC シリコン・リビジョン。	R

### ECC ディスエーブル

ページ : 0x02、アドレス : 0x23、リセット : 0xXXXX、レジスタ名 : ECCDIS

ECCDIS レジスタは、ユーザ設定レジスタの 1 ビット・エラー訂正をディスエーブルするために使用します。設定レジスタ（[ECCEDC レジスタの説明](#)を参照）を更新する前に必ず、ECCDIS レジスタを 0x4D54 にセットして ECC をディスエーブルしてください。設定レジスタが更新され、新しい ECC コードが [ECCEDC レジスタ](#)に追加されたら必ず、ECCDIS レジスタに 0x4D54 以外の値を書き込んで ECC を再度イネーブルしてください。値には 0x0000 を使用することを推奨します。

表 35. ECCDIS レジスタのビット説明

ビット	ビット名	説明	アクセス
[15:0]	ECCDIS	0x4D54 にセットすると、設定レジスタの ECC がディスエーブルされます。 0x0000 にセットすると、設定レジスタの ECC がイネーブルされます。	R/W

## アプリケーション

### 回転速度についての考慮事項

フィルタがイネーブルされている場合、システムの現在の角度とレポートされた角度の間にレイテンシが生じます。レイテンシによる誤差の最大値は、システムの最大速度によって決まります。最大誤差 ( $^{\circ}$ ) は、 $864 \times 10^{-6} \times$ 回転速度 (rpm) に SPI インターフェースのレイテンシを加えた値です。

### 磁石についての考慮事項

ADMT4000 で使用できる磁界強度の最大値と最小値は、NdFeB の場合は図 25 の、SmCo の場合は図 26 の、赤い曲線 ( $B_{MAX}$ ) と青い曲線 ( $B_{MIN}$ ) で定義されます。グラフに示すように、使用可能な磁界強度範囲には温度依存性があります。動作時の磁界強度範囲は、GMR 回転数センサーの中心において、センサーの x, y 平面で測定します (図 30 参照)。外部磁界の z 成分は GMR 回転数センサーや AMR 角度センサーの挙動には影響を及ぼしません。

システムの動作温度範囲を拡張するには、システムで使用する磁石の選択について考慮する必要があります。磁石が持つ磁界強度の温度係数は、磁性材料の特性です。NdFeB 磁石と SmCo 磁石の代表例を、ADMT4000 の最大動作範囲 (代表値) と共に図 25 と図 26 に示します。図 25 と図 26 の緑色の部分は、代表的な NdFeB 磁石と SmCo 磁石で期待される性能で、これには温度変化と製造許容誤差が含まれています。緑色の範囲で設計することで、機械的許容誤差、浮遊磁界の影響、温度、および寿命に関して最も厳しい条件下においても磁束密度が制限値  $B_{MAX}$  および  $B_{MIN}$  を超えないようにしてください。

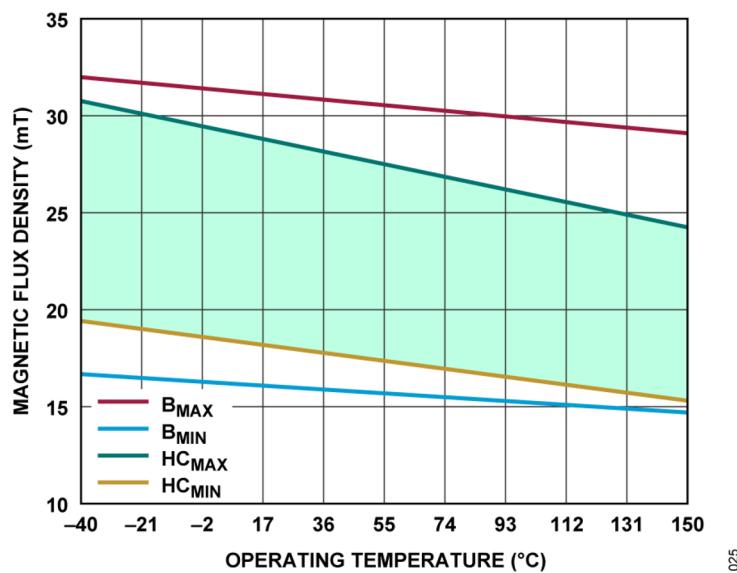


図 25. 代表的な NdFeB 磁石の性能と GMR 回転数センサーの動作磁界ウィンドウの関係

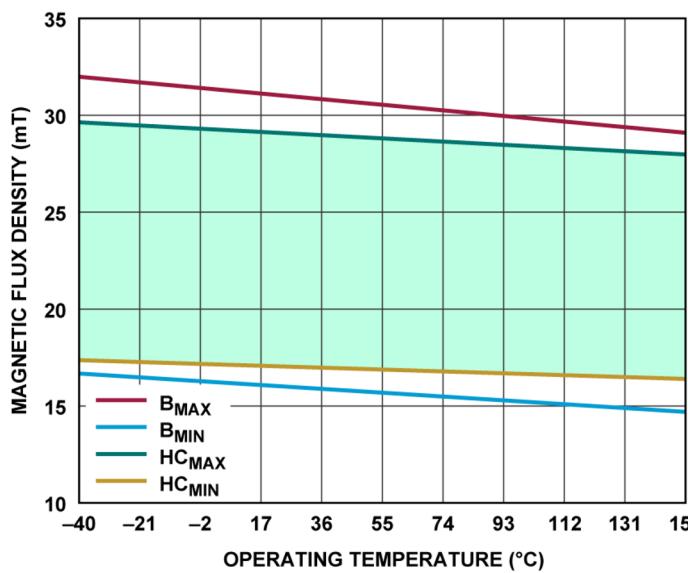


図 26. 代表的な SmCo 磁石の性能と GMR 回転数センサーの動作磁界ウインドウの関係

回転数のエラー・レートは、GMR 回転数センサーが常時曝される磁束密度によって決まります。図 27 に、対象アプリケーションで予想される様々なサイクル数での 100 万個あたりのエラー・レートと磁束密度の関係を示します。例えば、1000 万サイクル終了後のエラー・レートを 100 万個あたりで 1 未満にするには、常時曝される磁束密度を 16mT にする必要があります。

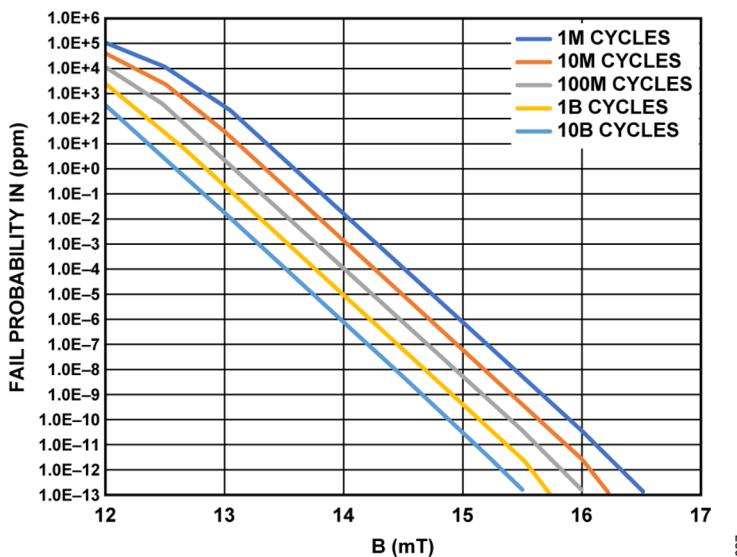


図 27. GMR 回転数センサーの最小磁界強度とエラー・レートの関係

## 代表的なシステム構成

図 28 と図 29 に、GPIO 機能を使用して動作させる場合と使用しないで動作させる場合での、ADMT4000 の構成を示します。

GPIO 機能を必要としない場合 (図 28)、GPIO ポートはデジタル入力として設定し、100k $\Omega$  の抵抗を使用して GND に接続してください。ピン 4 (ポートローダ) は、起動時にはデフォルトの BOOTLOAD 機能に設定されているため、100k $\Omega$  の抵抗を使用して VDRIVE に接続してください。図 29 は GPIO 機能が必要な場合を示しており、ピン 20 ( $\overline{CNV}$ ) は変換開始入力として、それ以外の GPIO は出力として設定されています。

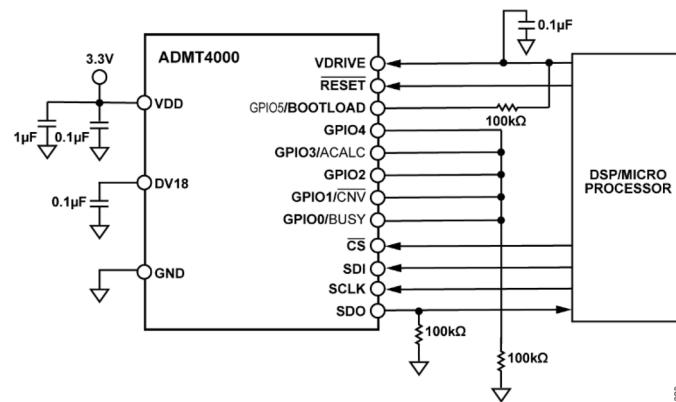


図 28. GPIO 機能を必要としない場合の代表的なシステム構成

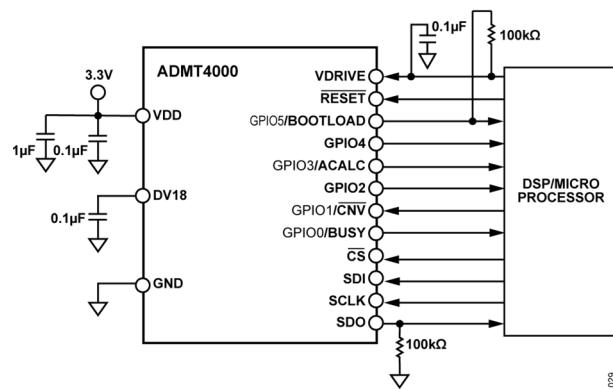


図 29. GPIO 機能を必要とする場合の代表的なシステム構成

## 外形寸法

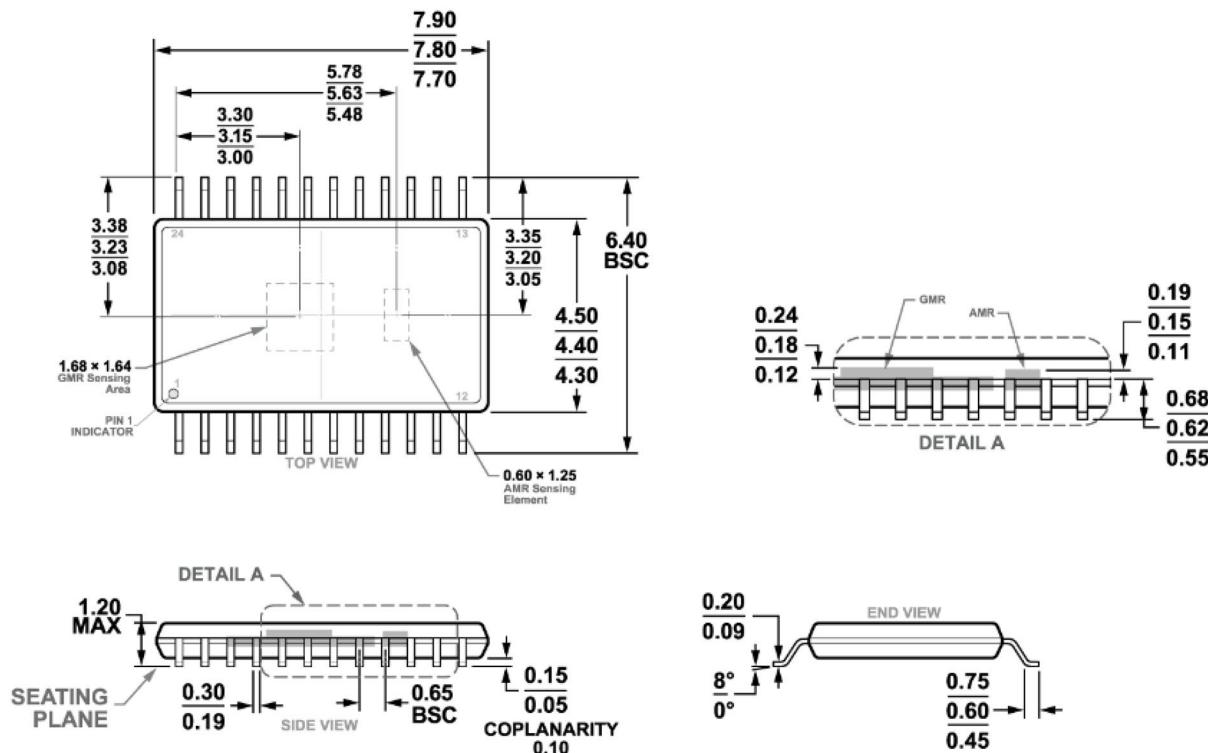


図 30.24 ピン薄型シュリンク・スマール・アウトライン・パッケージ [TSSOP]  
(RU-24)  
寸法 : mm

04-14-2022-E

## オーダー・ガイド

表 36. オーダー・ガイド

Model	Temperature Range	Package Description	Package Option
ADMT4000BRUZAB	-40°C to +125°C Ambient	24-Lead TSSOP, 3.3 V	RU-24

## 注記

ここに含まれるすべての情報は、現状のまま提供されるものであり、アナログ・デバイセズはそれに関するいかなる種類の保証または表明も行いません。アナログ・デバイセズは、その情報の利用に関して、また利用によって生じる第三者の特許またはその他の権利の侵害に関して、一切の責任を負いません。仕様は予告なく変更されることがあります。明示か默示かを問わず、アナログ・デバイセズ製品またはサービスが使用される組み合わせ、機械、またはプロセスに関するアナログ・デバイセズの特許権、著作権、マスクワーク権、またはその他のアナログ・デバイセズの知的財産権に基づくライセンスは付与されません。商標および登録商標は、各社の所有に属します。