



マグアルファ MA735

9～13ビット、デジタル、非接触角度センサー

ABZとPWM出力を備えた 超小型UTQFN-14パッケージ

説明

MA735は、回転軸上の直径方向に磁化された円筒形の永久磁石の絶対角度位置を検出します。超小型UTQFN (2mmx2mm)パッケージは、スペースが限られたアプリケーションに最適なソリューションです。高速データ取得と処理により、0rpmから

60,000rpm。デジタル フィルタリングは調整可能で、サーボ アプリケーションで使用する場合、制御ループのパフォーマンスを最適化します。

MA735 は、広範囲の磁場強度と空間構成をサポートします。軸端構成と軸外 (側面シャフト取り付け) 構成の両方がサポートされます。

MA735 は、設定可能なしきい値を備えた磁場強度検出機能を備えており、センサーに対する磁石の位置を感知して、軸方向の動きの感知や診断などの機能を作成できます。

オンチップの不揮発性メモリ (NVM)は、構成パラメータの保存場所を提供します。

基準ゼロ角度位置、ABZ エンコーダ設定、磁場検出しきい値などが含まれます。

特徴

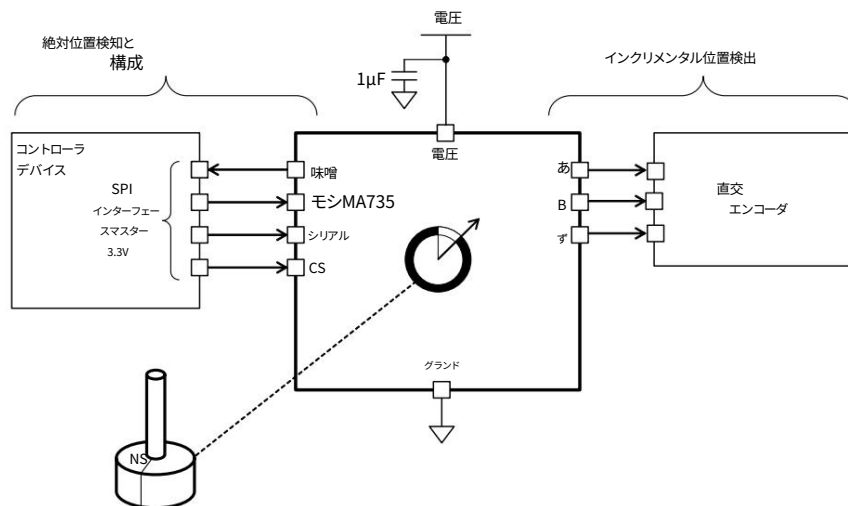
- 9ビット～13ビット、 $\pm 3\sigma$ 分解能絶対角度エンコーダ
- 長寿命の非接触センシング • デジタル角度測定用 SPI シリアルインターフェース
- 読み出しとチップ構成 • インクリメンタル 12ビット ABZ 直交
- 1回転あたり1～1024パルスの設定が可能なエンコーダーインターフェース
- 14 ビット パルス幅変調 (PWM) 出力 • 診断用に設定可能な磁場強度検出
- 3.3V、12mA電源
- 動作温度範囲 $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 範囲
- 超小型UTQFN-14 (2mmx2mm)パッケージで提供

アプリケーション

- 汎用角度測定
- 高解像度角度エンコーダ
- 自動車用角度検知
- ロボット工学

MPS のすべての部品は鉛フリー、ハロゲンフリーで、RoHS 指令に準拠しています。MPS のグリーン ステータスについては、MPS Web サイトの「品質保証」をご覧ください。「MPS」、MPS ロゴ、および「Simple, Easy Solutions」は、Monolithic Power Systems, Inc. またはその子会社の登録商標です。

典型的なアプリケーション





注文情報

部品番号*	パッケージ	トップマーキングMSL評価
MA735GGU	UTQFN-14 (2mmx2mm) 下記参照	1

* テープ&リールの場合は、末尾に -Z を追加します (例: MA735GGU-Z)。

トップマーキング

ムイ

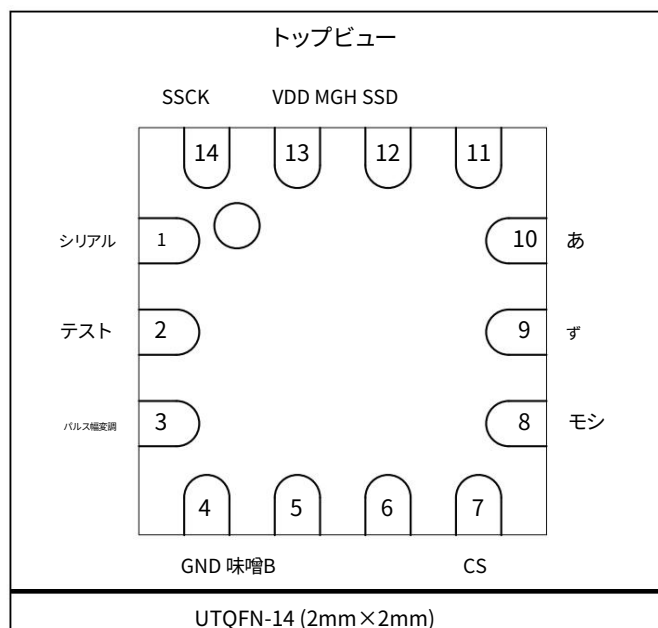
LLLL

MU: MA735GGUの製品コード

Y: 年コード

LLLL: ロット番号

パッケージ参照





ピン機能

ピン番号	名前	説明
1		SCLKクロック (SPI)。SCLKピンには内部プルダウン抵抗があります。
2		TEST工場専用。TESTピンをグランドに接続します。
3		PWMパルス幅変調出力。
4		GND電源グランド。
5	味噌	データ出力 (SPI)。MISOピンには、高インピーダンス (Hi-Z) 状態で有効になる内部プルダウン抵抗があります。
6	B	増分出力。
7		CSチップセレクト (SPI)。CSピンには内部プルアップ抵抗があります。
8		MOSIデータ入力 (SPI)。MOSIピンには内部プルダウン抵抗があります。
9	ず	増分出力。
10		増分出力。
11		SSDデータ出力 (SSI)。
12		MGH MGH T レベルを超える電界強度を示すデジタル出力。
13	電圧	3.3V 電源。パッケージにできるだけ近い場所に配置された 1μF コンデンサを使用して VDD ピンをバイパスします。
14		SSCKクロック (SSI)。SSCKピンには内部プルダウン抵抗があります。

絶対最大定格(1)

電源電圧(VDD)-0.5V ~ +4.6V
入力ピン電圧 (VIN)-0.5V~+6V
出力端子電圧 (VOUT)-0.5V~+4.6V
連続消費電力 (TA = 25°C) (2)
.....2W
接合温度160°C
リード温度260°C
保管温度..... -65°C ~ +150°C

ESD定格

人体モデル (HBM) ±2kV
荷電デバイスモデル (CDM)±750V

熱抵抗 (3) $\theta_{JA} \theta_{JC}$

UTQFN-14 (2mmx2mm)..... 90..... 20... °C/W

注:

- 1) これらの定格を超えるとデバイスが損傷する可能性があります。
2) 最大許容電力損失は、最大接合部温度TJ (MAX)、接合部から周囲までの熱抵抗 θ_{JA} 、および周囲温度TAの関数です。任意の周囲温度での最大許容連続電力損失は、PD (MAX) = (TJ (MAX) - TA) / θ_{JA} 。
3) JESD51-7.4層PCBで測定。



電気的特性

パラメータ	シンボル条件		分	タイプ	最大ユニ	ット数
推奨動作条件						
供給電圧	電圧		3	3.3	3.6	五
供給電流	消費電流	TA = -40°C +125°C	10.2	11.7	13.8mA	
動作温度	TA		-40		+125	°C
印加磁場	B		40	60		メートル



一般的な特徴

特に記載のない限り、VDD = 3.3V、45mT < B < 100mT、TA = -40°C ~ +125°C。

パラメータ	シンボル条件		最小 型	最大 単位		
絶対出力 - シリアル						
解像度 (±3σ)		フィルタウィンドウ τ = 64μs	8.2	9		ビット
		フィルタウィンドウ τ = 16ms	12	13		ビット
ノイズRMS		フィルタウィンドウ τ = 64μs		0.12	0.2	度
		フィルタウィンドウ τ = 16ms		0.007	0.01	度
リフレッシュレート(4)			850 980	1100 kHz		
データ出力長(4)			16		16	ビット
応答時間						
起動時間(4)		フィルタウィンドウ τ = 64μs			0.6	MS
		フィルタウィンドウ τ = 16ms			260	MS
レイテンシー(4)		一定速度伝播遅延	8		10	マイクロ秒
フィルターのカットオフ周波数	カットオフ	フィルタウィンドウ τ = 64μs		6		キロヘルツ
		フィルタウィンドウ τ = 16ms		23		ヘルツ
正確さ						
INL精度		TA = 25°C、室温で フィールド範囲全体		0.7		度
		TA = -40°C ~ +125°C、全範囲にわたって 温度範囲とフィールド範囲		1.1		度
出力ドリフト						
温度によるドリフト		室温で		0.015		度/°C
温度による変動		TA = 25°C ~ 85°C		0.5		度
		TA = 25°C ~ 125°C		1		度
磁場誘導				0.005		度/mT
電圧供給誘導 (4)					0.3度/V	
絶対出力 - パルス幅変調 (PWM)						
PWM周波数	周波数PWM		840 970	1090 Hz		
PWM解像度			13	13.8	14	ビット
増分出力 - ABZ						
ABZ更新レート				16		MHz
解像度 (1ターンあたりのエッジ数)		設定可能	4		4096	
1チャンネルあたり1回転あたりのパルス数	PPT + 1	設定可能	1		1024	
ABZヒステリシス (4)	H	設定可能	0.08		2.8	度
体系的ジッター (4)		PPT = 1023、最大60mT			11 %	
		パワーポイント = 127			7%	



一般的な特徴（続き）

特に記載のない限り、VDD = 3.3V、45mT < B < 100mT、TA = -40°C ~ +125°C。

パラメータ	シンボル条件	分	標準最大	ユニット	
磁場検出閾値					
正確さ			5		メートル
ヒステリシス	マグヒス		6		メートル
温度ドリフト			-600		ppm/°C
デジタルI/O					
入力高電圧	VIN_高	2.5		5.5	五
入力電圧が低い	VIN_LOW	-0.3		0.8	五
出力低電圧（4）	VOUT_LOW IOUT_LOW = 4mA			0.4	五
出力高電圧（4）	VOUT_HIGH IOUT_HIGH = 4mA	2.4			五
プルアップ抵抗	RPU VIN = 0V	46	66	97	kΩ
プルダウン抵抗	電圧入力= 3.3V	25	35	97	kΩ
立ち上がりエッジスルーレート	t上昇負荷= 50pF t下降負荷		0.7		V/ns
立ち下がりエッジスルーレート	= 50pF		0.7		V/ns

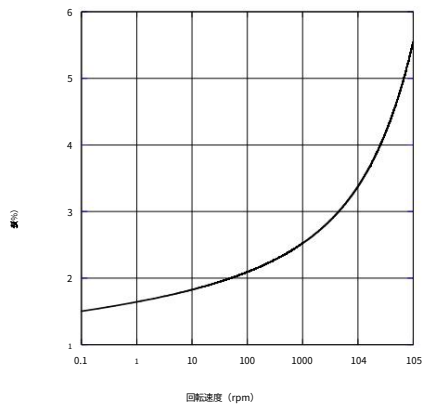
注記：

4) 設計と特性評価によって保証されます。

典型的な特徴

特に記載のない限り、VDD = 3.3V、TA = 25°C。

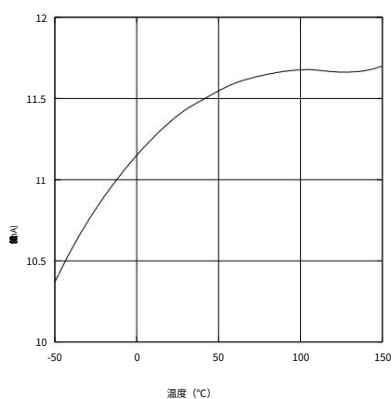
ABZジッター

PPT = 255、 $\tau = 16\text{ms}$ 

供給電流対

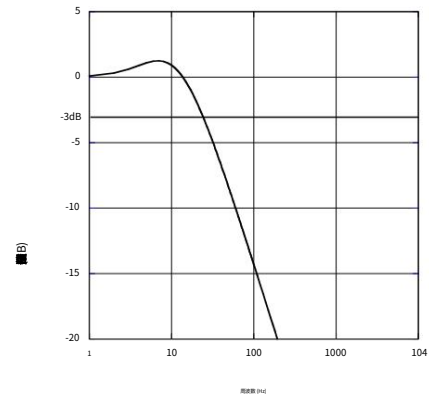
温度

3.3V電源電圧



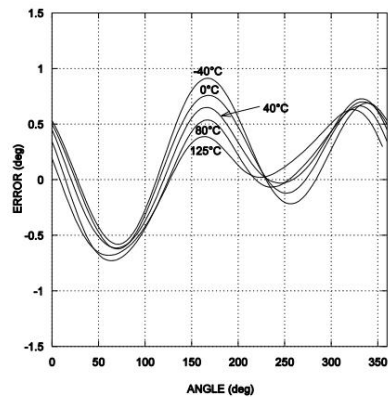
フィルタ伝達関数

対頻度

 $\tau = 16\text{ms}$ 

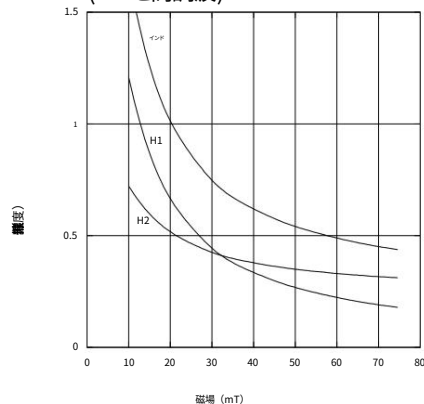
エラー曲線

50mT

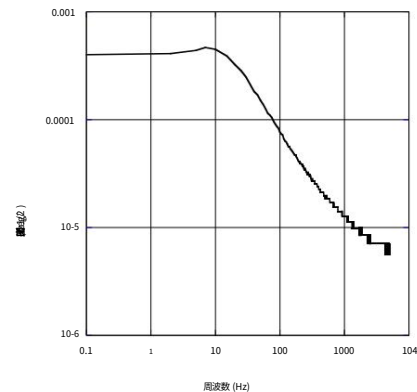


非線形性

(INLと高調波)



ノイズスペクトル

50mT、 $\tau = 16\text{ms}$ 

機能ブロック図

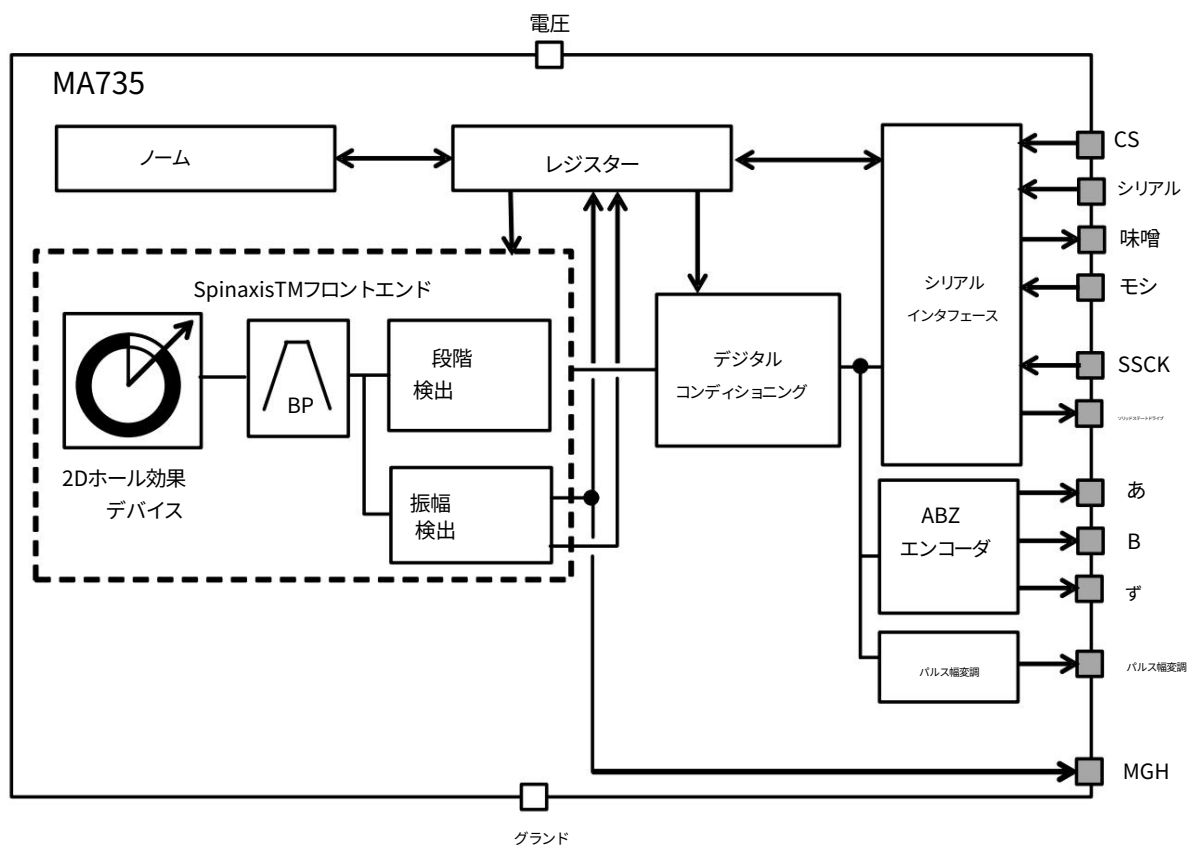


図1: 機能ブロック図

手術

センサーフロントエンド

磁場は、パッケージの中央に配置された統合ホールデバイスによって検出されます。

角度は MPS 独自の Spinaxis™方式を使用して測定され、複雑な逆正弦計算やフィードバック ループ ベースの回路 (補間器) を使用せずに、フィールドの方向を直接デジタル化します。

Spinaxis™方式は位相検出に基づいており、磁場の角度を表す位相を持つ正弦波信号を生成します。角度は、正弦波信号のゼロ交差と一定波形のエッジの間の時間を測定して時間デジタル コンバーターによって取得されます (図 2 を参照)。時間デジタルは、フロントエンドからデジタル調整ブロックへの出力です。

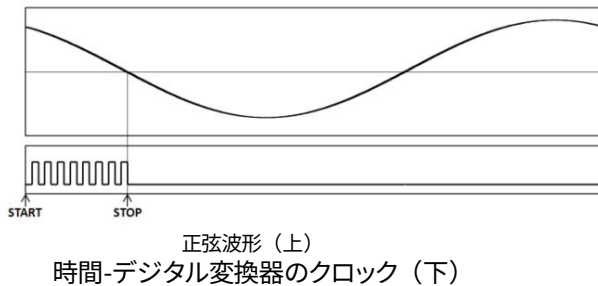


図2: 位相検出方式

フロントエンドの出力は、磁場の角度に比例するデジタル数値を 1MHz の速度で直接的なオープンループ方式で提供します。

デジタルフィルタリング

フロントエンド信号はさらに処理されて最終的な解像度が達成されます。この処理では定常状態では遅延は発生しません。フィルタ伝達関数は式(1)で計算できます。

$$H(\text{秒}) = \frac{1}{2\tau s} \quad (1)$$

ここで、 τ はカットオフ周波数に関連するフィルタ時間定数です ($\tau = 0.38 / f_{\text{CUTOFF}}$)。 f_{CUTOFF} の値については、5 ページの「一般特性」セクションを参照してください。

センサーマグネット取り付け

MA735の感知領域は100μm未満の領域に限定されており、

複数の統合ホール デバイス。このボリュームは、UTQFN パッケージの中心から 50μm 以内に水平方向および垂直方向に配置されています。センサーは、パッケージの上面と平行な平面に投影された磁場の角度を検出します。つまり、関連する磁場は、パッケージの中央点の面内成分 (X 成分と Y 成分) のみです。

デフォルトでは、パッケージの上部を見ると、磁場が時計回りに回転するにつれて角度が増加します。図3は、ゼロを示しています。

未設定のセンサーの角度。プラス記号 (+) は感知ポイントを示します。回転方向とゼロ角度の両方を設定できます。

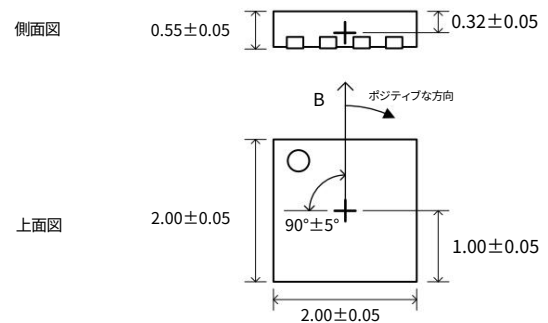


図3: 検出ポイントとデフォルトの陽性方向

このタイプの検出により、角度エンコーダの設計に柔軟性がもたらされます。センサーでは、磁場振幅が少なくとも 40mT で、磁気ベクトルが基本的にセンサー平面内にあることのみが必要です。MA735 は 40mT 未満の磁場でも動作しますが、直線性と分解能のパフォーマンスが仕様から外れる場合があります。

最も簡単な取り付け方法は、MA735 センサーを永久磁石 (直径方向に磁化された円筒など) の回転軸に配置することです (図 4 を参照)。

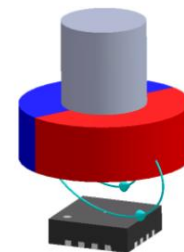


図4: シャフト端の取り付け

推奨される磁石は、直径5×3mmのネオジム合金（N35）シリンダーです。
磁石とセンサーの間に1.5mmの空隙を設けたアルミシャフトに挿入
(パッケージの表面) 良好な直線性を確保するため、センサーは
0.5mm の精度で配置されます。

シャフト端の位置が利用できない場合は、センサーをシリンダーまたはリング磁石の回転軸から離れた位置に配置できます (図 5 を参照)。

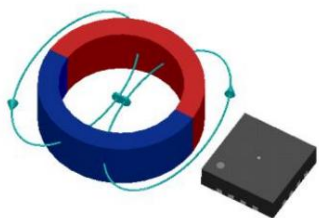


図5: サイドシャフトマウント

この場合、磁場角度は機械角度に正比例しません。

MA735は、この影響を補正し、線形関係を回復するように調整することができます。

機械角度とセンサー出力間の角度。複数の極対磁石を備えた MA735 は、機械的な回転ごとに複数の回転を示します。

電気実装と電源分離

1μF のデカップリング コンデンサを、GND への低インピーダンス パスを備えたセンサーの近くに配置することをお勧めします (図 6 を参照)。

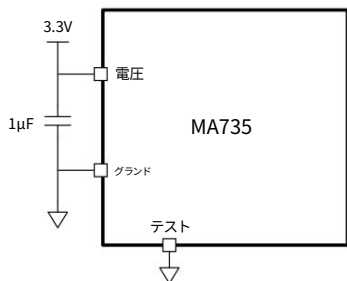


図6: 電源デカップリング接続

シリアルインターフェース

センサーは角度読み取り用のシリアル周辺機器インターフェース (SPI)規格をサポートし、
レジスタ構成。SSI バスは角度の読み取りにも使用できます (SSI 経由の構成はサポートされていません)。

SPI

SPIは4線式の同期シリアル通信インターフェースです。MA735は、

SPI モード 3 およびモード 0 (表 1 および表 2 を参照)。

表1: SPI仕様

	モード0	モード3
SCLKアイドル状態	低い	高い
データキャプチャ	SCLKの立ち上がりエッジで	
SCLK立ち下がりエッジでのデータ送信		
CSアイドル状態	高い	
データの順序	MSBファースト	

表2: SPI規格

	モード0	モード3
CPOL	0	1
CPHA	0	1
データオーダー (DORD)	0 (MSB が先頭)	

SPI モード (0 または 3) はセンサーによって自動的に検出され、ユーザーによる追加の操作は必要ありません。SPI でサポートされる最大クロック レートは 25MHz です。最小クロック レートはありません。実際のデータ レートは、PCB レイアウトの品質と信号トレースの長さによって異なります。図 7 と 11 ページの表 3 に、SPI のタイミング図と通信を示します。

MA735へのすべてのコマンド（レジスタ内容の書き込みまたは読み取り）は、SPI MOSIピンを介して転送する必要があります、16ビットである必要があります。
詳細については、12 ページの SPI 通信セクションを参照してください。

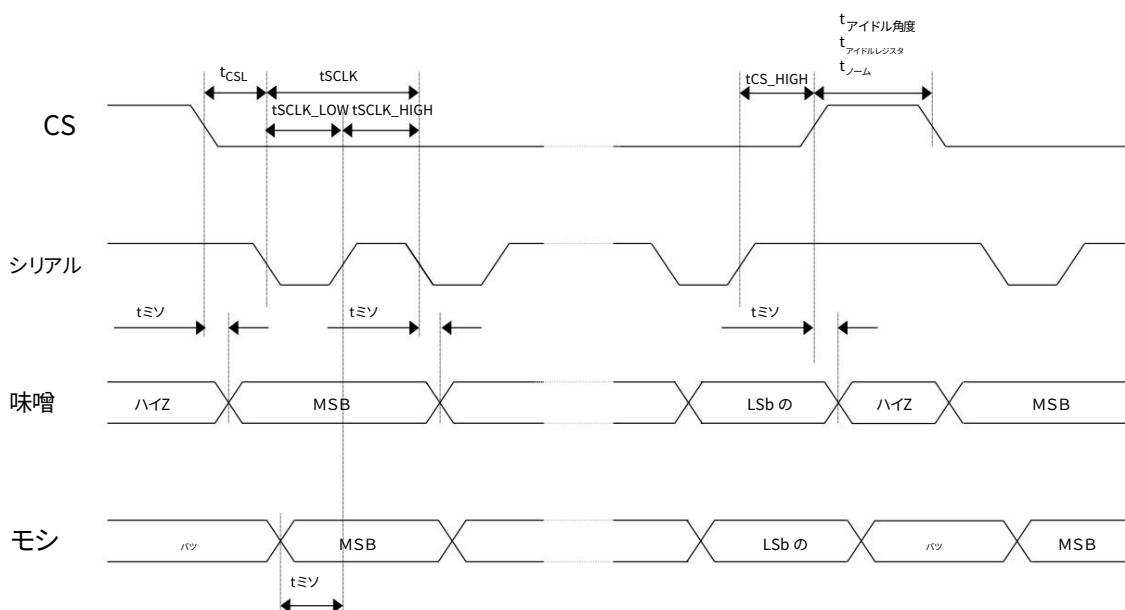


図7: SPIタイミング図

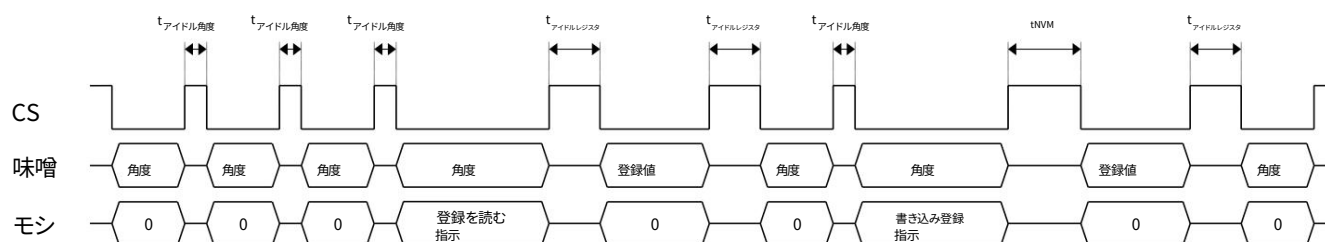


図8: 最小アイドル時間

表3: SPI通信タイミング

パラメータ (5)説明		分	マックス	ユニット
tIDLE_ANGLE	2回の角度送信間のアイドル時間	150	-	ns
tIDLE_REG	レジスタ読み出し前後のアイドル時間	750	-	ns
tNVM	書き込みコマンドとレジスタの読み出しの間のアイドル時間（この遅延は不揮発性メモリの更新に必要です）	20	-	MS
tCSL	CS立ち下がりエッジとSCLK立ち下がりエッジ間の時間	80	-	ns
tSCLK	SCLK期間	40	-	ns
tSCLK_LOW SCLK	信号のローレベルtSCLK_HIGH	20	-	ns
	SCLK信号のハイレベルtCS_HIGH	20	-	ns
	SCLKの立ち上がりエッジとCSの立ち上がりエッジ間の時間	25	-	ns
tミソ	SCLK設定エッジからデータ出力有効	-	15	ns
tMOSI	データ入力はSCLKの読み取りエッジまで有効	15	-	ns

注記:

5) 設計により保証されています。

SPI通信

MA735 は、次の 3 種類の SPI 操作をサポートしています。

- 読み取り角度
- 構成レジスタの読み取り
- 構成レジスタの書き込み

各操作には特定のフレーム構造があり、以下に説明します。

SPI 読み取り角度

新しいデータは出力バッファに転送されます

1 μ s ごとに、マスター デバイスは CS を低くすることで読み取りをトリガーします。

トリガー イベントが検出されると、CS 信号がデアサートされるまでデータは出力バッファに残ります (表 4 を参照)。

表4: センサーデータのタイミング

イベント	アクション
CS 立ち下がりエッジ	読み取りを開始し、出力バッファをフリーズします
CS 立ち上がりエッジ	出力バッファを解放する

図 9 は、完全な SPI 角度読み取りの図を示しています。

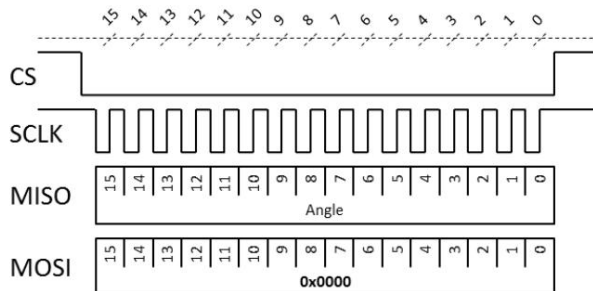


図9: フル16ビットSPI角度読み取り

図 10 は SPI 角度読み取り値の一部を示しています。

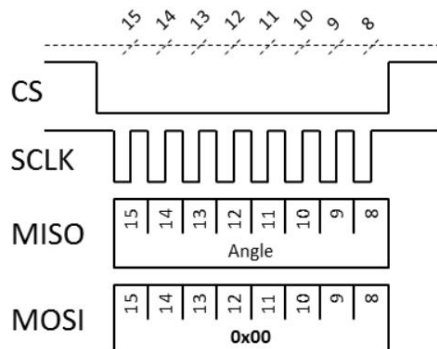
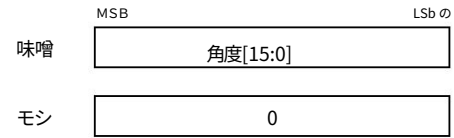


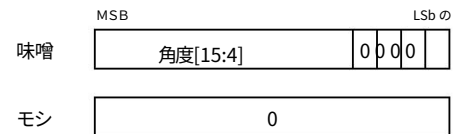
図10: 8ビットSPI角度読み取りの一部

完全な角度の読み取りには 16 個のクロック パルスが必要です。センサーの MISO 行は次を返します:

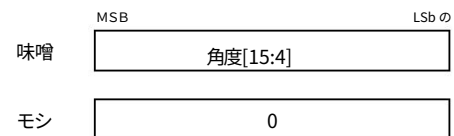


MagAlphaファミリーには、異なる機能と解像度のレベル。

シリアル出力で送信される有効ビット数については、5 ページの一般特性セクションを参照してください。データ長が 16 より小さい場合は、送信される残りのビットはゼロです。たとえば、データ出力長が 12 ビットの場合、シリアル出力は 12 ビットの角度値を送信し、最後に 4 ビットのゼロが埋め込まれます (MISO 状態は 0 のままです)。マスターが 16 クロック カウントを送信すると、MA735 は次のように応答します。



クロック カウント数を減らすことで、情報損失なしに角度の読み取りを最適化できます。12 ビットのデータ出力長の場合、センサーの完全な解像度には 12 クロック カウントのみが必要です。



より低い解像度が必要な場合は、さらに少ないクロック カウントを送信することで角度を読み取ることができます (MSB が最初であるため)。

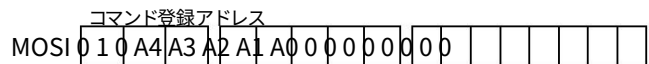
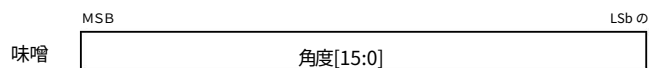
高速読み取り中、MA735 はデータが更新されるまで同じデータを送信し続けます。

リフレッシュ レートの詳細については、5 ページの「一般的な特性」セクションを参照してください。

SPI 読み取りレジスタ

レジスタの読み取り操作は2つの16ビットフレームで構成されます。最初のフレームは読み取り要求を送信し、これには、3 ビットの読み取りコマンド (010) とそれに続く 5 ビットのレジスタ アドレスが含まれます。フレームの最後の 8 ビットはすべて 0 に設定する必要があります。2 番目のフレームは、8 ビットのレジスタ値 (MSB バイト) を返します。

最初の 16 ビット SPI フレーム (読み取り要求) は次のとおりです。



2 番目の 16 ビット SPI フレーム (応答) は次のとおりです。

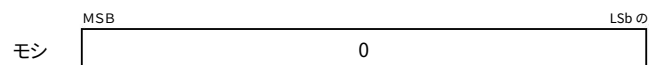
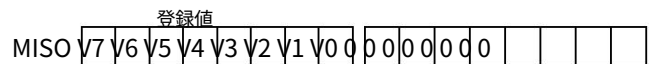
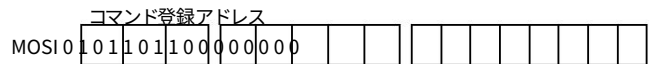
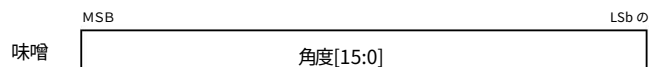


図11は完全なトランスミッションを示しています。

例えば、磁気レベル高フラグ (MGH)と低フラグの値を決定するには

(MGL)、レジスタ27 (ビット[6]、ビット[7])を読み出すには、次の最初のフレーム:



2 番目のフレームでは、MA735 は次のように応答します。

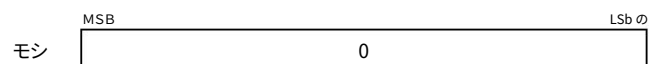
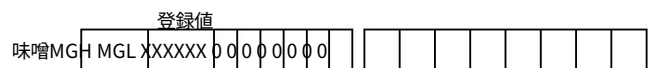


図 12 に、完全な例の概要を示します。

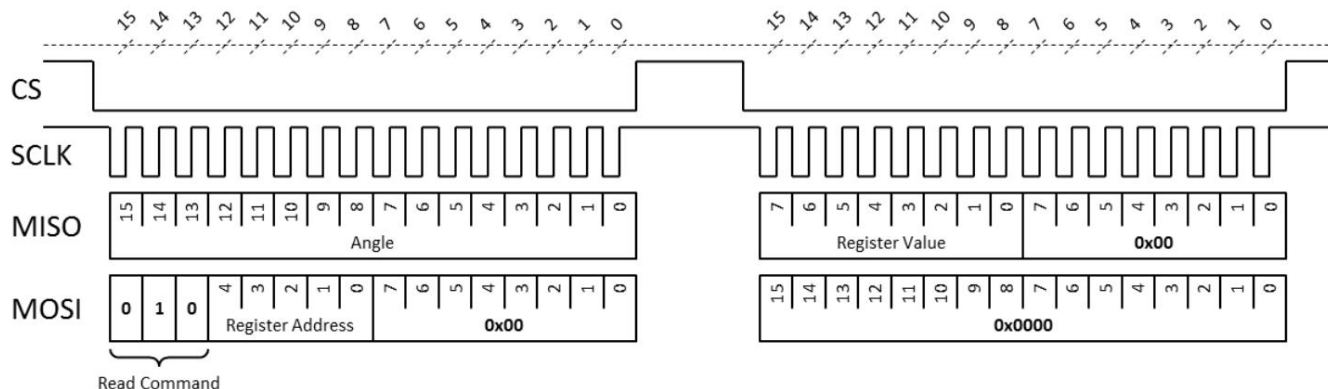


図11: 2つの16ビットフレームによるレジスタ読み取り操作

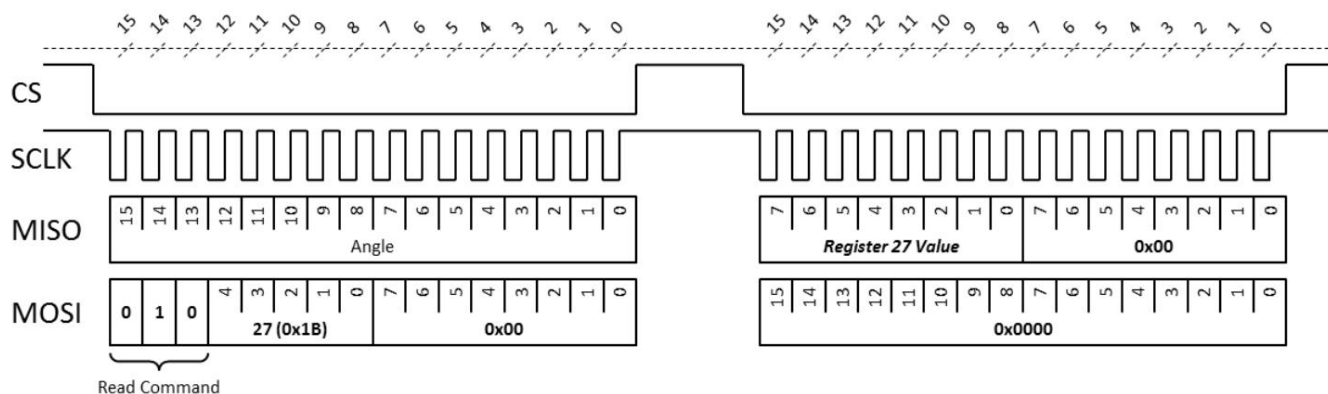


図12: レジスタ27の磁気レベル高および低フラグの読み取り例(ビット[6]およびビット[7])

SPI 書き込みレジスタ

17ページの表7は、設定可能な8ビットレジスタを示しています。これらのレジスタに書き込まれたデータは、オンチップの不揮発性メモリ (NVM)に保存され、起動時に自動的に再ロードされます。17ページの表8にデフォルトのレジスタ値を示します。

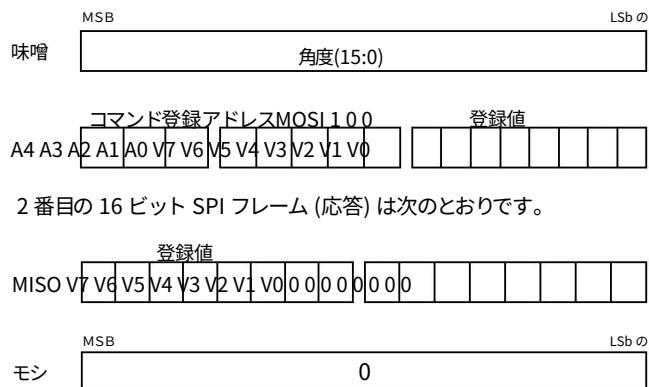
レジスタ書き込み操作は、2つの16ビットフレームで構成されます。最初のフレームは、3ビットの書き込みコマンドを含む書き込み要求を送信します。

(100)の後に5ビットのレジスタアドレスと8ビットの値 (MSBが先頭)が続きます。2番目のフレームは、新しく書き込まれたレジスタ値を返します。

(了承)。オンチップ NVM は、25°C で 1,000 回の書き込みサイクルに耐えることが保証されています。

最初のフレームと 2 番目のフレームの間で 20 ミリ秒待つことが重要です。これは NVM への書き込みにかかる時間です。この待機期間を実装しないと、レジスタの前の値が読み取られます。この遅延は書き込み要求後のみ必要であり、レジスタ読み取り要求や角度読み取りには不要であることに注意してください。

最初の 16 ビット SPI フレーム (書き込み要求) は次のとおりです。



2 番目の 16 ビット SPI フレーム (応答) は次のとおりです。

リードバック レジスタの内容を使用して、レジスタ構成を検証できます。図 13 は、完全な送信の概要を示しています。

たとえば、出力回転方向 (RD) の値を反時計回り (高) に設定するには、次の最初のフレームを送信してレジスタ 9 に書き込みます。

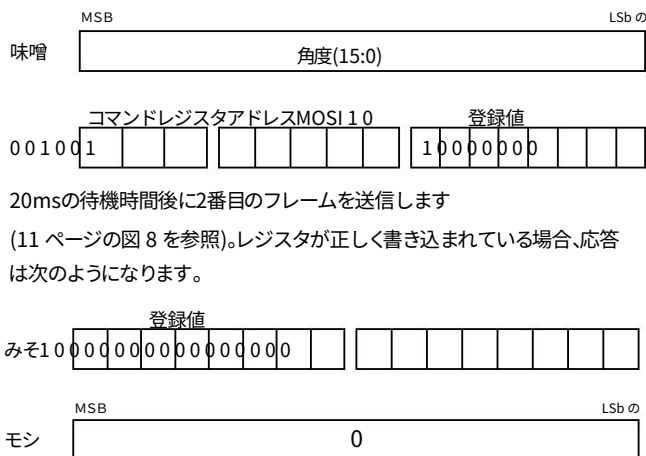


図14に完全な例を示します。

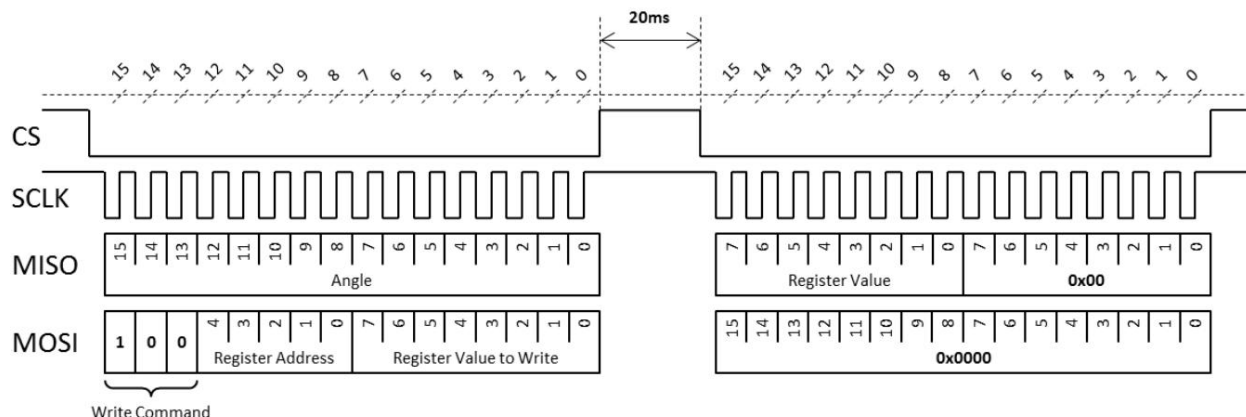


図13: 2つの16ビットフレームによるレジスタ書き込み操作

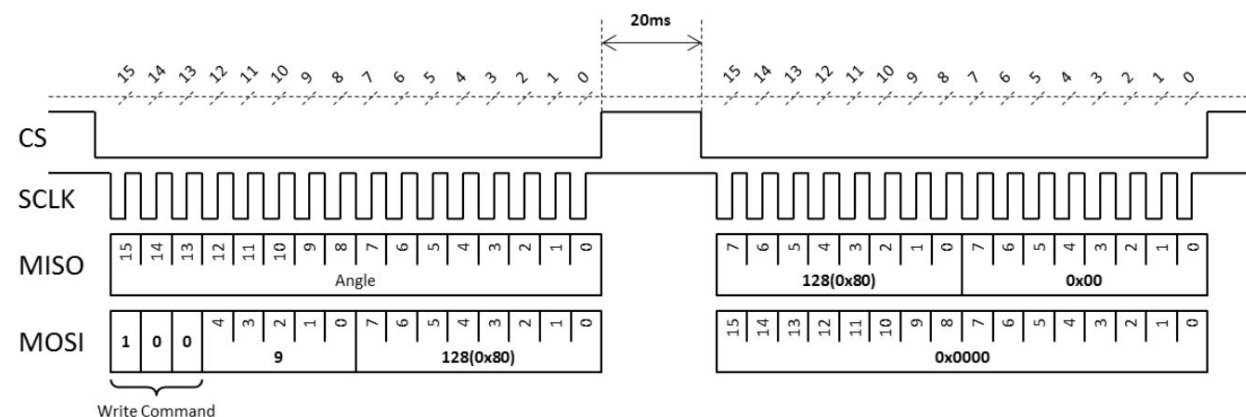


図14: レジスタ9(ビット[7])の出力回転方向を反時計回り(高)に書き込む例



SSI

SSI は、データ読み取り専用の 2 線式同期シリアル インターフェイスです。センサーは外部 SSI マスターのスレーブとして動作し、角度の読み取りのみをサポートします。SSI を使用してレジスタを読み取ったり書き込んだりすることはできません。

SSI コミュニケーション

SPI とは異なり、センサー SSI は角度読み取り操作のみをサポートします。SSI を使用してレジスタを読み書きすることはできません。図 15 に SSI タイミング図を示します。表 5 に SSI タイミング通信を示します。

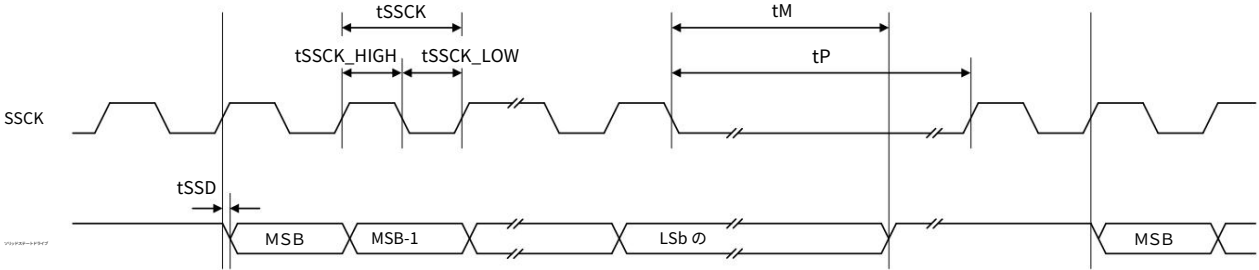


図15: SSIタイミング図

表5: SSI通信タイミング

パラメータ説明	tSSD	分	マックス	ユニット
		ニ	15	ns
tSSCK SCLK 期間		0.04	16	ナノ秒
tSSCK_LOW SCLK 信号のローレベル	tSSCK_HIGH SCLK 信号のハイレベル	0.02	8	ナノ秒
tM	転送タイムアウト (モノフロップ時間)	25	-	ナノ秒
tP	デッドタイム (次のデータ読み取りのためのSCLKハイ時間)	40	-	ナノ秒

SSI読み取り角度

送信データのビット順序は、MSB が最初で LSB が最後です。新しいデータは 1μs ごとに出力バッファに転送されます。マスター デバイスは、SCLK をハイに駆動して読み取りをトリガーします。完全な読み取りには最大 17 クロック カウントが必要です (16 ページの図 16 を参照)。

ゼロ。そして、16クロックカウント未満で読み取りを実行することもできます。たとえば、12ビットデータ長の部分では、最初のダミークロックを送信して開始する必要がある角度データを読み取るには、送信に 12 クロックを加算します。

最初のクロックは、送信を開始するダミー クロックです。データ長は最大 16 ビットです。シリアル出力で配信される有効ビット数については、5 ページの「一般特性」セクションを参照してください。

トリガーイベントが検出されると、データはクロックの

LSBビット0の立ち下がりエッジと転送タイムアウト時間が経過したことを示します (表6を参照)。

表6: センサーデータのタイミング

出力バッファのトリガーイベント解放	
最初のSCLKパルスの立ち上がりエッジ	SCLK立ち下がりエッジ+タイムアウトtM (図15参照)

最初のデータMSBは2番目のクロックカウントで送信されます。データ長が16ビット未満の場合、16ビットの出力ワードは次のように完了します。

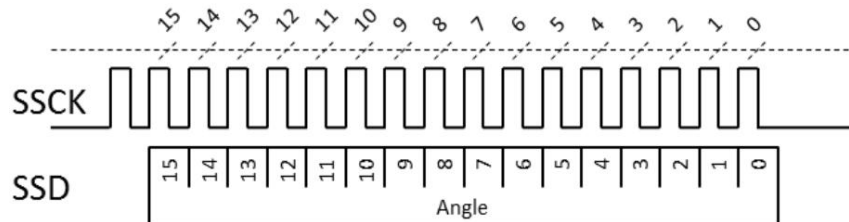


図 16: 完全な 16 ビット SSI 角度読み取り (最初のダミー クロックを使用)

図 17 はタイミング図における連続した角度の読み取りを示しています。

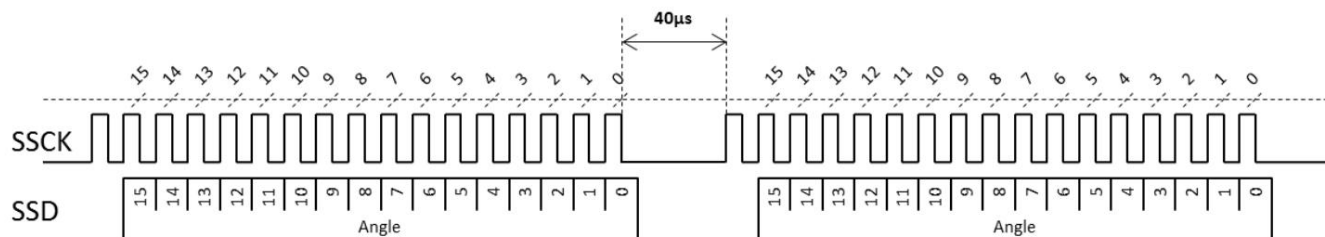


図17: フレーム間の必要なデッドタイムを伴う2回の連続した16ビットSSI角度読み取り



登録マップ

表7: レジスタマップ

# の レジスター	16進バ	イナリビット	7] (MSB) ビット6		ビット5	ビット4	ビット3	ビット2	ビット 1	ビット[0] (LSB)
0	0x0 00	000	Z[7:0]							
1	0x1 00	001	Z[15:8]							
2	0x2 00	010	BCT[7:0]							
3	0x3 00	011	-	-	-	-	-	-	ETY	ETX
4	0x4 00	100	パワーポイント[1:0]		ILIP[3:0]				-	-
5	0x5 00	101	パワーポイント[9:2]							
6	0x6 00	110	MGLT[2:0]			MGHT[2:0]			-	-
9	0x9 01	001	RD	-	-	-	-	-	-	-
14	0xE 01	110	FW[7:0]							
16	0x10 10	000	HYS[7:0]							
27	0x1B 11	011	MGH	MGL	-	-	-	-	-	-

表8: 工場出荷時のデフォルト値

# の レジスター	16進バイナリビット7 (MSB) ビット6		ビット5	ビット4	ビット3	ビット2	ビット1	ビット0 (LSB)
0	0x0 0000	0	0	0	0	0	0	0
1	0x1 0001	0	0	0	0	0	0	0
2	0x2 0010	0	0	0	0	0	0	0
3	0x3 0011	0	0	0	0	0	0	0
4	0x4 00100	1	1	0	0	0	0	0
5	0x5 00101	1	1	1	1	1	1	1
6	0x6 00110	0	0	0	1	1	0	0
9	0x9 01001	0	0	0	0	0	0	0
14	0xE 01110	0	1	1	1	0	1	1
16	0x10 10000	1	0	0	1	1	1	0



表9: 構成パラメータ

パラメータ	シンボル	ビット数	説明	表を参照
ゼロ設定	ず		ゼロ位置を設定します	10
バイアス電流トリミング	イギリス	8	サイドシャフト構成の場合、XまたはYホールデバイスのバイアス電流を低減します。	13
トリミングを有効にするX	ETX	1	X方向ホール素子のバイアス電流調整	14
トリミングを有効にするY	ETY	1	Y方向ホール素子のバイアス電流調整	14
1回転あたりのパルス数	パワーポイント	10	ABZ出力の1回転あたりのパルス数	18
インデックスの長さ / インデックスの位置	ILIP	4	ABZインデックスパルスのパラメータ化	図26
磁場高閾値	MGHT	3	電界強度の高しきい値を設定する	16
磁場低閾値	MGLT	3	電界強度の低しきい値を設定する	16
回転方向	RD	1	センサーの正方向を決定する	12
フィルタウィンドウ	FW	8	デジタルフィルタウィンドウのサイズ	17
ヒステリシス	HYS	8	ABZ出力のヒステリシス	20



登録設定

ゼロ設定

MA735のゼロ位置 (a0)は16ビットの分解能で設定できます。部品から出力される角度 (aOUT)は式 (2)で計算できます。

$$\text{aOUT RAW 0} = \frac{\text{a0} \times 16}{360} \quad (2)$$

ここで、aRAWは MA735 フロントエンドによって提供される生の角度です。

パラメータZ[15:0]はデフォルトで0であり、ゼロ設定の補完角度です。a0式(3)で小数で表すと次のようになります。

$$2 \frac{\text{Z}(15:0)}{16} \quad (3)$$

表10にゼロ設定パラメータを示します。

表10: ゼロ設定パラメータ		
ず[15:0]	ゼロポジション a0 16ビット (10進数)	ゼロポジション a0 (度)
0	65536	360
1	65535	359.995
2	65534	359.989
...
65534	2	0.011
65535	1	0.005

例

ゼロ位置を 20° に設定するには、Z(15:0) パラメータが補完角度と等しくなければなりません。Z(15:0)は式(4)で計算できる。

$$\text{Z}(15:0) = \frac{20}{360} \times 65536 = 35895 \quad (4)$$

2 進数では、1111 0001 1100 0111 と表記されます。

表11にレジスタ0とレジスタ1の内容を示します。

表11: レジスタ0とレジスタ1の内容								
レジスタ	ビット 7	ビット 6	ビット 5	ビット 4	ビット 3	ビット 2	ビット 1	ビット 0
0	1	101	0		0		1	1
1	1	1	1	1	0	0	0	1

回転方向

パッケージの上部を見ると、デフォルトでは磁場が時計回りに回転するにつれて角度が増加します (図 18 を参照)。

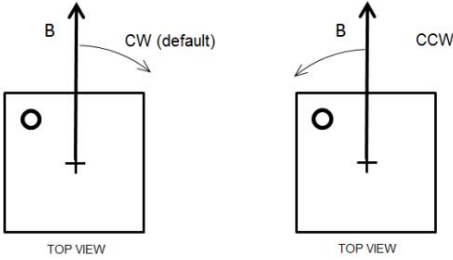


図18: 正の回転方向
磁場

表12に回転方向パラメータを示します。

表12: 回転方向パラメータ	
RD	ポジティブな方向
0	時計回り (CW)
1	反時計回り (CCW)

バイアス電流トリミング (BCT)設定

サイドシャフト

MA735 を磁石の側面に取り付けると、磁場角度と機械角の関係は直線ではなくなります。この効果は、接線磁場が通常、半径磁場よりも小さいという事実に関係しています。磁場比(k)は、式 (5) で決定できます。

$$k = \frac{B}{B_{\text{ラジタン}}} \quad (5)$$

ここで、BRADは最大ラジアル接線磁場、BTAN は最大接線磁場です (図 19 を参照)。

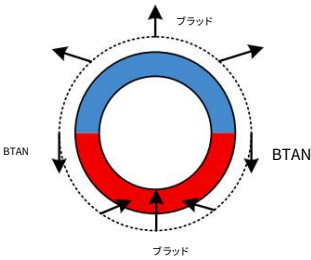


図19: サイドシャフトフィールド

k比は磁石の形状とセンサーまでの距離に依存します。k比が1以外の場合、センサー出力応答は磁石の角度に対して線形ではなくなります。

機械角。誤差曲線は二重正弦波の形状をしていることに注意してください (図20を参照)。
(20ページ参照)

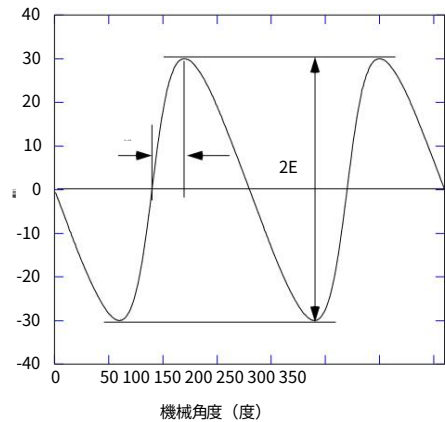


図20: サイドシャフトの誤差曲線
構成 (BCT = 0)

E はこの誤差の振幅です。

X軸またはY軸のバイアス電流を減らすことで、すべての角度で正しいホール信号を回復し、誤差を抑えることができます。ETXおよびETYパラメータは、感度を下げる方向を制御します。電流の削減は、0から10...

255.

サイドシャフト構成（つまり、センサ中心が磁石の外径の外側にある）では、 $k > 1$ です。最適な補正のためには、BCTパラメータを設定してラジアル軸の感度を下げる必要があります。BCT(7:0)は式（6）で計算できます。

$$\text{BCT}(7:0) = 255 - \frac{1}{k} \quad (6)$$

図21は、特定のk比に対する最適なBCT値を示しています。

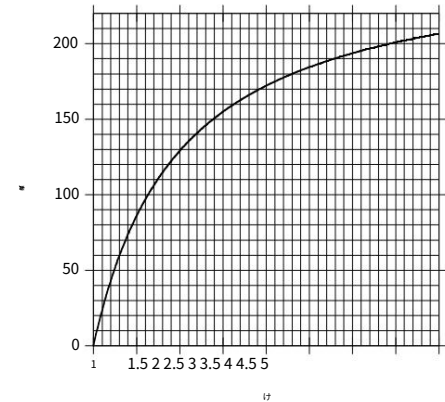


図21: k比と直線性を回復するための最適BCTの関係

表13にBCT設定を示します。

表13: BCT設定		
E (度)	磁石比率 (k)	BCT[7:0]
0	1	0
11.5	1.5	86
19.5	2	129
25.4	2.5	155
30		172
33.7	3.5	184
36.9	4	194
39.5	4.5	201
41.8	5	207

kの決定

k比は、デフォルトの BCT 設定 (BCT = 0) で得られたエラー曲線から推測できます。

磁石を 1 回転以上回転させ、デバイスの出力を記録します。次に、誤差曲線（出力から実際の機械的位置を引いた値と実際の機械的位置）をプロットし、最大誤差 (E) とゼロ交差amに対するこの最大値の位置という 2 つのパラメータを抽出します(図 21 を参照) 。k

は式(7)で計算できる。

$$k = \frac{\tan(Ea)}{\tan(a)} \quad (7)$$

kパラメータはグラフから取得することもできます (図 22 を参照)。

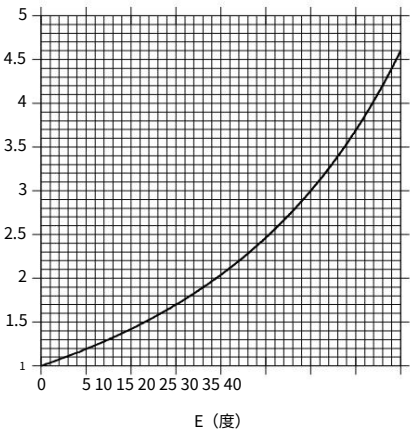


図22: エラーの関係
BCT = 0、磁石比kで測定

センサーの向き

パッケージにマークされたドットは、放射状フィールドがセンサーと一致しているかどうかを示します。

X座標またはY座標（図23を参照）。

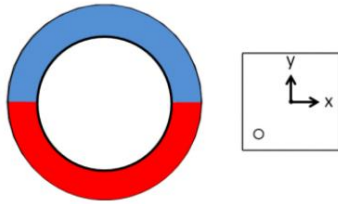


図23: X軸とY軸を含むパッケージ上面図

どの軸を縮小するかを決定します (19 ページの図 19 を参照)。たとえば、図 23 は、センサーの Y 方向に沿った磁場が接線方向で弱い配置を示しています。

X軸は縮小される必要があります (ETX = 1, ETY = 0)。ETXとETYの両方が1に設定されている場合、電流バイアスは両方向に同じように減少する（つまり、サイドシャフト補正なし）

（表14および表15を参照）。

表14: ETXトリミング方向パラメータ

ETX	X軸のトリミングを有効にする
0	無効
1	有効

表15: ETYトリミング方向パラメータ

ETY	Y軸のトリミングを有効にする
0	無効
1	有効

磁場閾値

磁気フラグ (MGLとMGH)は

センサー位置の磁場が下限磁場閾値 (MGLT)と上限磁場閾値

(MGHT)で定義された範囲外にあるかどうかを確認します (図24を参照)。

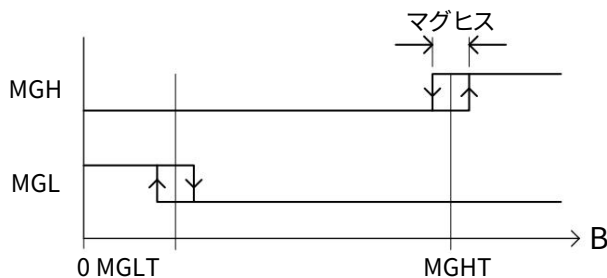


図24: 電界強度の関数としてのMGH信号とMGL信号

MagHysは信号の典型的なヒステリシスである MGHとMGL (6mT) 。MGLTとMGHT

しきい値は3ビットでコード化され、レジスタ6に格納されます (表16を参照)。

表16: レジスタ6

レジスタ6							
ビット[7]	ビット[6]	ビット[5]	ビット[4]	ビット[3]	ビット[2]	ビット[1]	ビット[0]
MGLT				MGHT		-	-

MGLTとMGHTの3ビット値は磁場に対応します (表17を参照)。

表17: MGLTとMGHTバイナリからmT関係

MGLTまたはMGHT (7)	磁場閾値 (mT) (6)	
	低から高へ 磁場	高いところから低いところへ 磁場
000	26	20
001	41	35
010	56	50
011	70	64
100	84	78
101	98	92
110	112	106
111	126	120

注:

6) VDD = 3.3Vに有効。異なる場合は、フィールドしきい値は

VDD / 3.3Vの係数でスケールリングされます。

7) MGLT は MGHT よりも大きな値を持つことができます。

MGLおよびMGHアラームフラグは、以下から読み取ることができます。

レジスタ27 (ビット[6]とビット[7])。MGHのロジック状態はデジタル出力ピン12にも出力されます。

SP経由でMGLおよびMGHフラグを読み取るには、8ビットのコマンド書き込みをレジスタ27に送信します。

コマンド	レジスタ	アドレス	MSB	値	LSB
010101	00000000				

MA735はレジスタ27の内容で応答する
次の放送では:

R[7:0]							
MGH	MGL	xxxxxx					

フィルターウィンドウ (FW)

フィルタ ウィンドウ (FW) は、分解能 ($\pm 3\sigma$ ノイズ間隔として定義) と出力帯域幅 (カットオフ周波数(fCUTOFF) によって特徴付けられる) に影響します。22ページの表 18 に、各ウィンドウの結果の分解能と帯域幅を示します。



表18: フィルターウィンドウ

FW(7:0) τ (μs)	45mTでの解像度 (ビット)	カットオフ (Hz)	起動する時間 (ミリ秒)
51	64	9	6000
68	128	9.5	3000
85	256	10	1500
102	512	10.5	740
119 (デフォルト)	1024	11	370
136	2048	11.5	185
153 4096		12	93
170	8192	12.5	46
187 16384		13	23

時定数 (τ)は伝達関数 (1)にである。これにより、ユーザはシステムを正確にモデル化し、制御ループの安定性を分析することができる。

ABZ インクリメンタルエンコーダ出力

MA735 ABZ 出力は、直交するロジック パルスを提供する 12 ビットの増分エンコーダ (光学エンコーダなど) をエミュレートします (図 25 を参照)。

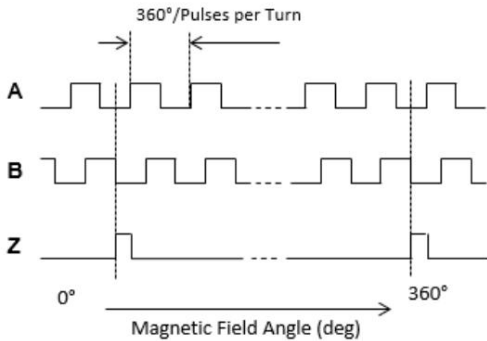


図25: ABZ出力のタイミング

信号 A と比較すると、信号 B はパルス周期の 4 分の 1 だけシフトしています。1 回転で、信号 A は n 回パルスします。ここで、n は 1 回転あたり 1 ~ 1024 パルスの範囲で設定できます。1 回転あたりのチャンネルあたりのパルス数は、レジスタ 0x4 と 0x5 に分割された 8 ビットで構成されるパラメータ PPT を設定することでプログラムされます (17 ページの表 7 を参照)。工場出荷時のデフォルト値は 1023 です。

表19は、必要な解像度を設定するためにPPT(9:0)を構成する方法を示しています。

表19: PPT

パワーポイント(9:0)	パルス数/回転	エッジあたり回転	
000000000	1	4	分
000000001	2	8	
000000010	3	12	
000000011	4	16	
...
111111100	1021	4084	
111111101	1022	4088	
111111110	1023	4092	
111111111	1024	4096	マックス

例えば、1回転あたり120パルスを設定するには (つまり 480 エッジ)、PPT を 119 (バイナリ: 0001110111) に設定します。表 20 に、レジスタ 4 と 5 の設定方法を示します。

表20: 120パルスのPPT設定例

	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
R4 1			1	0	0	0	0	0
R5 0		0	0	1	1	1	0	1

信号 Z (ゼロまたはインデックス) は、ゼロ角度の位置で 1 回転につき 1 回だけ上がります。

Zパルスの位置と長さは、レジスタ0x4のビットILIP[3:0]で設定できます (図26を参照)。

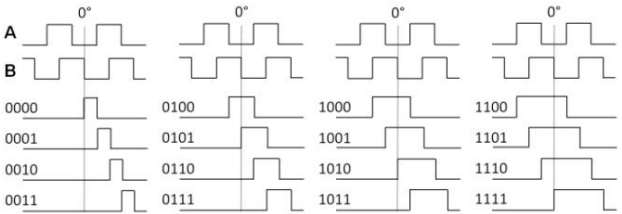


図26: ILIPパラメータがインデックス形状に与える影響

ILIPパラメータはデフォルトで0000に設定されています。インデックスの立ち上がりエッジはチャンネルBと一致します。下降エッジ。インデックスの長さはAまたはBパルスエッジ。インデックスの長さは、A または B パルスの長さの半分です。

ABZ ヒステリシスヒス

ヒステリシスは HYS パラメータによって設定されます。23 ページの表 21 に、HYS 設定とそれに対応するヒステリシス値 (度) を示します。

表21: HYSパラメータ

HYS(7:0)	ヒステリシス (度)
202	0.08
190	0.14
150	0.18
154	0.36
158 (デフォルト)	0.52
118	0.7
122	1.4
126	2.1
86	2.8

スプリアス遷移を回避するには (図 27 を参照)、ヒステリシスを出力 RMS ノイズ (1σ) の 12 倍にすることが推奨されます。

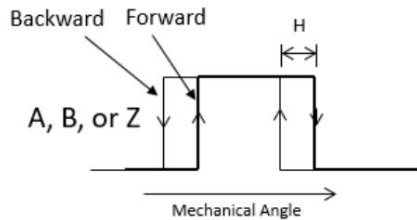


図27: 増分出力のヒステリシス

表22に 1σ ノイズの表示を示します。

表22: RMSノイズ

FW(7:0)	45mTでの解像 度 (ビット)	1σ ノイズ (度)
51	9	0.12
68	9.5	0.08
85	10	0.06
102	10.5	0.04
119 (デフォルト)	11	0.03
136	11.5	0.02
153	12	0.015
170	12.5	0.01
187	13	0.007

ABZジッター

ABZ 状態は 16MHz の周波数で更新され、非常に高い rpm (105 rpm 以上) まで正確な動作が可能になります。

ジッターは、特定の ABZ エッジが理想的な位置とは異なる角度位置でどの程度発生するかを表します (図 28 を参照)。

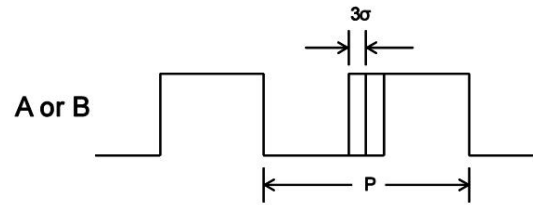


図28: ABZジッター

測定可能なジッターは、システムティック ジッター (つまり、特定の角度で常に同じ偏差、一般特性セクションを参照) とランダム ジッターで構成されます。

ランダム ジッターはセンサー ノイズを反映します。したがって、エッジ分布は SPI 出力ノイズと同じになります。

ランダム ジッターは回転速度の関数です。回転速度が低い場合、ランダム ジッターはセンサー ノイズよりも小さくなります。

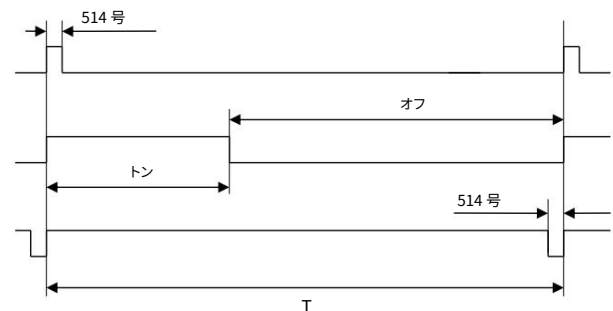
これは、理想的な位置から特定の距離にあるエッジを測定する確率が、この位置での ABZ 更新の数に依存するという事実の結果です。

パルス幅変調 (PWM)絶対出力

この出力は、磁場の角度に比例したデューティサイクルを持つロジック信号を提供します。パルス幅変調 (PWM)については、5ページの一般特性セクションを参照してください。

周波数 (fPWM)。デューティサイクルは最小値 (周期の1/514)と

最大値 (周期の513/514)なので、デューティサイクルは14ビットの分解能で1/514から513/514まで変化します (図29を参照)。



上部信号: 0°

下部信号: フルスケール(360°、1 - 1 / 16384)

図29: PWM出力タイミング



角度はオン時間 (tON)を測定することで取得できます。絶対fPWMはチップ間または温度によって変化する可能性があるため、正確な角度検出にはデューティサイクルの測定 (つまり、オン時間とオフ時間の両方の測定)が必要です。角度は式 (8)で計算できます。

$$\text{角度 (度)} = \frac{360}{512 \text{ トン}} \cdot \frac{t_{\text{の上}}}{\text{オン オフ}} - 1 \quad (8)$$

23ページの図29は1つのPWM信号を示している。周期。周期(T)は1 / fPWMです。

代表的なアプリケーション回路

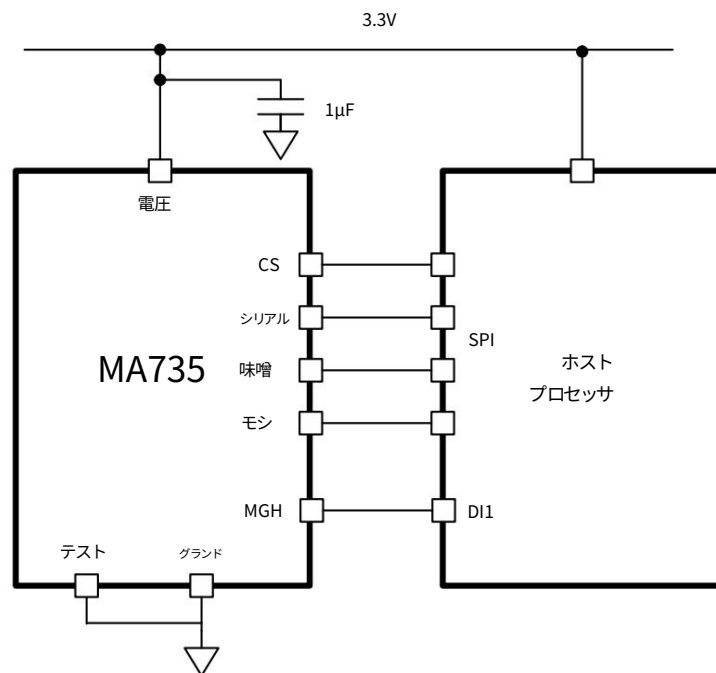


図30: SPIインターフェースとMGH信号を使用した典型的なアプリケーション回路構成

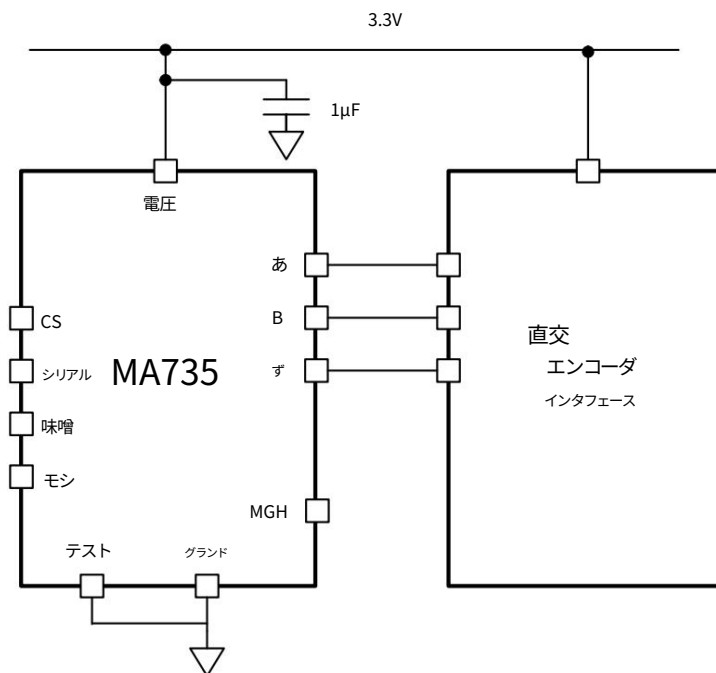


図31: ABZインターフェースを使用した典型的なアプリケーション回路構成

付録A: 定義

解像度 (3σ ノイズレベル)

ノイズと区別できる最小の角度増分。解像度は、一定の位置にある 1,000 のデータポイントにわたって取得された $3 \times \sigma$ (度単位の標準偏差) を計算することによって測定されます。ビット単位の解像度は、 $\log_2(360 / 6\sigma)$ で得られます。

リフレッシュレート

新しいデータポイントが出力バッファに格納される速度。

ABZ 更新レート

新しい ABZ 状態が計算される速度。この速度の逆数は、2 つの ABZ エッジ間の最小時間です。

レイテンシー

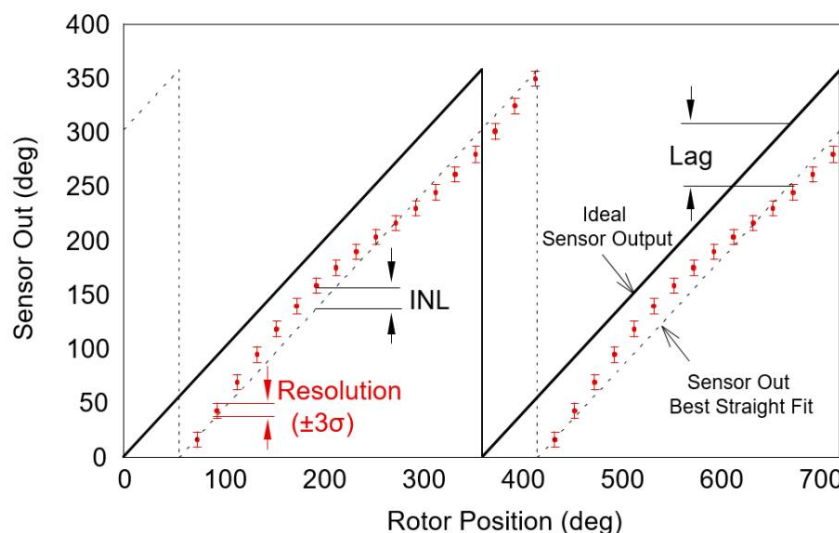
データが読み取れる状態になってから、シャフトがその位置を通過します。遅延は度単位で (待ち時間 $\times v$) です。ここで、 v は度/秒単位の角速度です。

起動時間

起動時からセンサーが有効なデータを送信するまでの時間。

積分非直線性 (INL) 平均センサ出力 (固定された時間における) と、

(図A1参照) と真の機械角度を比較します。



図A1: 解像度、INL、遅延

INLは誤差曲線 ($\text{err}(a) = \text{out}(a) - a$) から得ることができます。ここで、 $\text{out}(a)$ は 1,000 個のセンサ出力の平均であり、 a は高精度エンコーダ ($<0.001^\circ$) によって示される機械角度です。INL は次のようになります。

式(A1)で計算:

$$\text{インド} = \frac{\text{最大(エラー)} - \text{最小(エラー)}}{2} \quad (\text{A1})$$

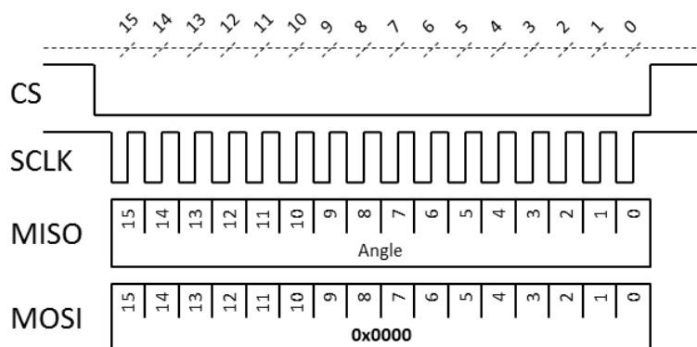
ドリフト

1 つのパラメータ (温度、VDD など) が変更され、他のすべてのパラメータ (シャフト角度を含む) が一定のままである場合の角度変化率。

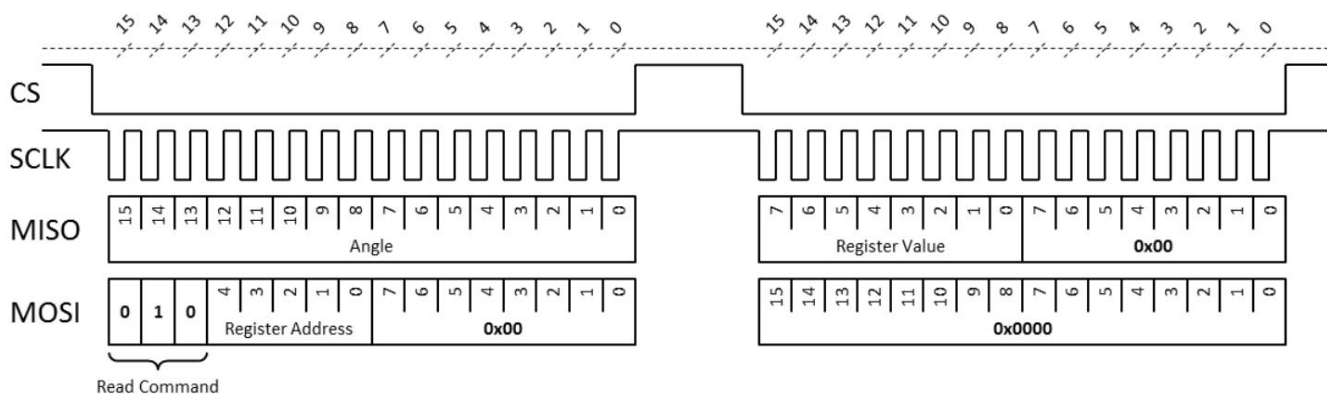


付録 B: SPI 通信シート

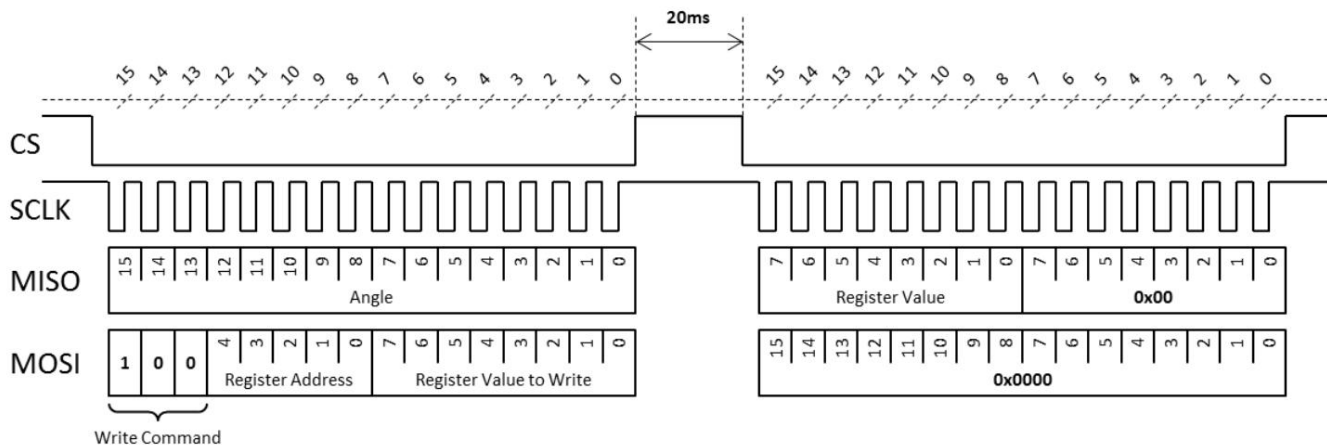
読み取り角度



レジスターを読む



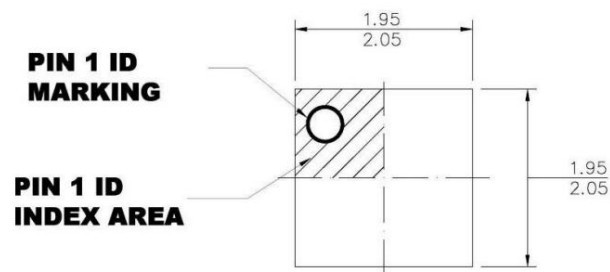
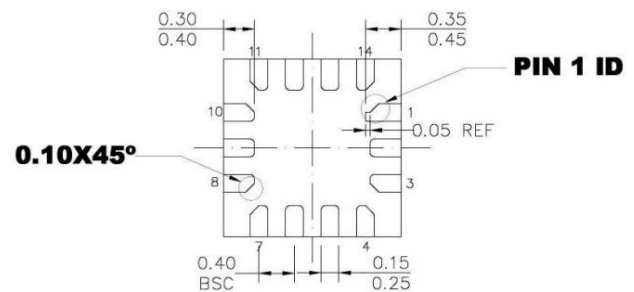
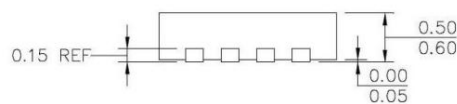
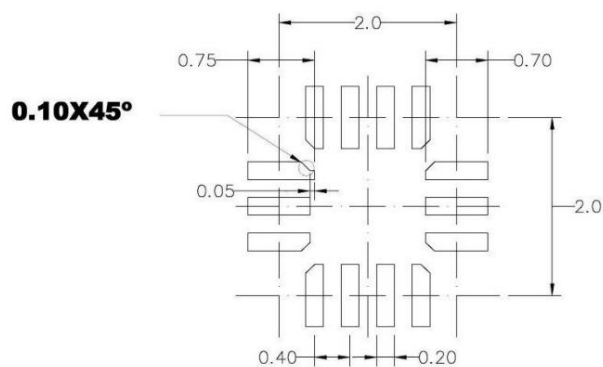
レジスタ書き込み





パッケージ情報

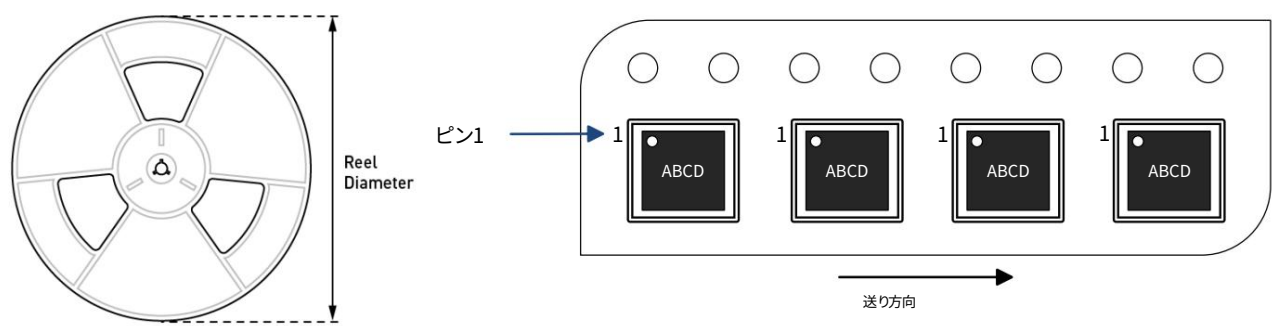
UTQFN-14 (2mm×2mm)

**TOP VIEW****BOTTOM VIEW****SIDE VIEW****RECOMMENDED LAND PATTERN****NOTE:**

- 1) ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- 2) LEAD COPLANARITY SHALL BE 0.08 MILLIMETERS MAX.
- 3) JEDEC REFERENCE IS MO-220.
- 4) DRAWING IS NOT TO SCALE.



キャリア情報



部品番号	パッケージ 説明	量/ リール	量/ チューブ	量/ トレイ	リール 直径	キャリア テープ幅	キャリア テープピッチ
MA735GGU-Z	UTQFN-14 (2mm×2mm)	5000	該当なし	該当なし	13インチ	12mm	8mm



改訂履歴

改訂番号	改訂日	説明	更新されたページ
1.0	2022年4月26日	初回リリース	-

注意:この文書の情報は予告なく変更されることがあります。現在の仕様については MPS にお問い合わせください。
ユーザーは、MPS 製品をアプリケーションに統合する際に、第三者の知的財産権が侵害されないことを保証する必要があります。MPS は、これらのアプリケーションに対して一切の法的責任を負いません。