

ADIS16130 クイック・スタート・ガイドおよびバイアス最適化のヒント

Mark Looney 著

パッケージの装着と取扱い

ADIS16130 は、M2 または 2-56 ネジに対応する 4 個の取付け穴があるプラスチック筐体に収められています。このパッケージは、コネクタが上向き、または下向きの 2 種類の実装が可能です。図 2 に、コネクタが下向きになる実装でのシステムの取り付け穴位置図を示します。これに対して、コネクタが上向きになる実装では、4 個の取付けネジに使用する穴のパターンは同じですが、電気的接続のためにケーブルおよびコネクタのインターフェースを追加する必要があります。コネクタは標準の 1mm ピッチ 2 列タイプのもので、メーティング・コネクタには多くのオプションがあります。図 3 に、メーティング・コネクタに対応した推奨の패드・レイアウトと穴パターンを示します。ここでは、Samtec CLM-112-02 ファミリーのコネクタの使用を想定しています。取付けパッドの内側の穴は、ADIS16130 コネクタのピンのずれにより機械的なストレスやバイアス・シフトが発生するのを防ぎます。

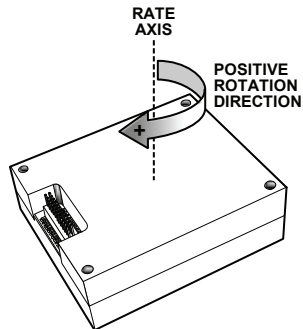


図 1. ADIS16130 パッケージのスタイル

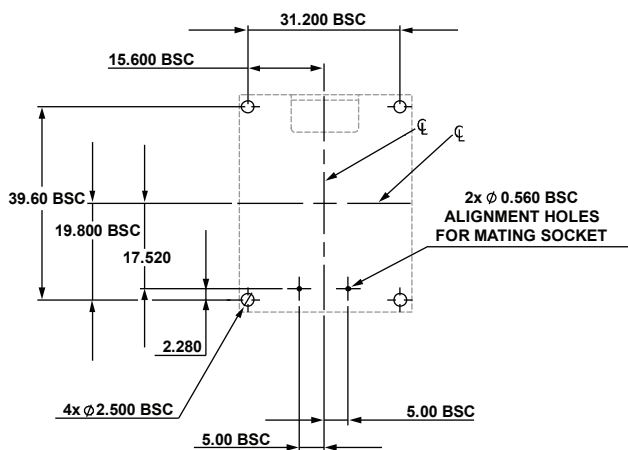


図 2. 推奨の取付け穴の位置

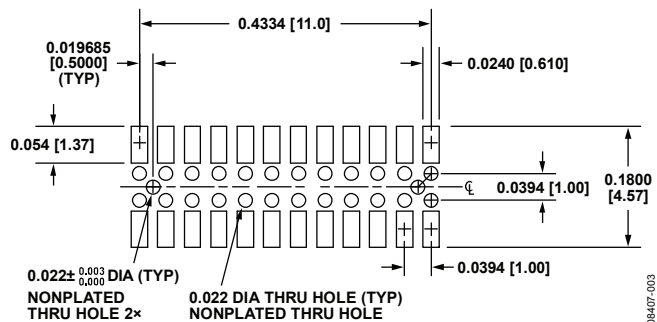


図 3. メーティング・コネクタに対応した推奨のレイアウトと機械的設計

電気的接続

図 4 は、SPI マスタとなるシステム・プロセッサと ADIS16130 の接続を示す基本回路図です。ADIS16130 をこのように結線すると、データを自動的に生成し、出力データ・レジスタを継続的に更新します。この接続図は、電源、グラウンド、4 線シリアル信号、データ・レディ信号、帯域幅低減コンデンサに対応します。データ・レディ信号を用いてマスタ・プロセッサの割込みサービス・ルーチンを駆動することで、プロセッサ・リソースの最適化を図りながらデータの連続性を維持することができます。

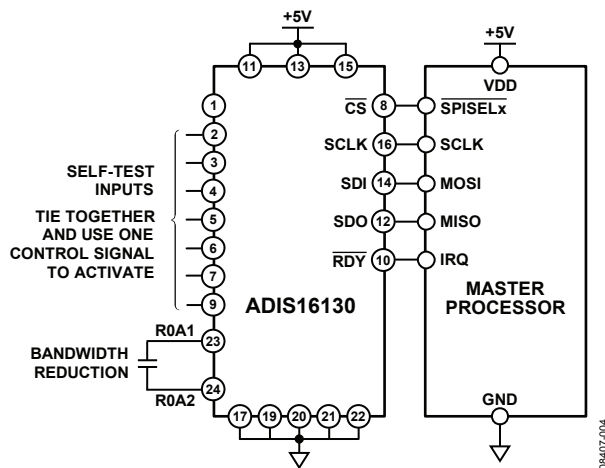


図 4. 電気的接続図

表 1. 汎用マスタ・プロセッサのピン名と機能

ピン名	機能
SPISELx	スレーブ・セレクト
IRQ	割込み要求
MOSI	マスタ出力、スレーブ入力
MISO	マスタ入力、スレーブ出力
SCLK	シリアル・クロック

SPIインターフェース

表 2に、マスタ・プロセッサとADIS16130 間のSPI通信に必要な代表的な設定の一覧を示します。通常、これらの設定はマスタ・プロセッサの制御レジスタ内にあります。たとえば、ADSP-BF533 プロセッサ・ファミリーでは、SPI_BAUD、SPI_CTL、SPI_FLGの各レジスタがその役割を果たしています。タイミングについては、ADIS16130 データシートを参照してください。

表 2. 汎用マスタ・プロセッサの SPI 設定

Processor Setting	Description
Master	ADIS16130 operate as slave.
SPI Mode 3	CPOL = 1 (polarity), CHPA = 1 (phase).
MSB-First Mode	Bit sequence.
8-Bit Mode	Shift register/data length.

SDIにコマンドを送るには、送信バッファ・レジスタ (ADSP-BF533 のSPI_TDBR) への書き込みが必要です。出力データをSDOから取得するには、受信バッファ・レジスタ (ADSP-BF533のSPI_RDBR) の読み出しが必要になります。多くのプロセッサでは、これらのコマンドにより、制御レジスタ内の設定に従ってクロック/シーケンスが自動的に生成されます。

初期化

表 3のSDI欄に示す各コマンドをSDIピンに書き込むことによって、ADIS16130を初期化できます。

表 3. 設定シーケンス

Step	SDI ¹	レジスタ	目的
1	0x01	COM	初期化書き込みシーケンスの開始
2	0x38	IOP	RATEDATA 出力レジスタと TEMPDATA 出力レジスタ共に新しいデータに更新された時にデータ・レディ信号に Low レベルのパルスを生成
3	0x28	COM	RATECS レジスタの書き込みシーケンスの開始
4	0x0A	RATECS	ジャイロスコープのデータ出力の設定とイネーブル
5	0x30	COM	RATECONV レジスタの書き込みシーケンスの開始
6	0x05	RATECONV	ジャイロスコープ出力 AD 変換の初期化
7	0x2A	COM	TEMPCS レジスタの書き込みシーケンスの開始
8	0x0A	TEMPCS	温度データ出力の設定とイネーブル
9	0x32	COM	TEMPCONV レジスタの書き込みシーケンスの開始
10	0x05	TEMPCONV	温度出力データ AD 変換の初期化
11	0x38	COM	MODE レジスタの書き込みシーケンスの開始
12	0x22	MODE	24 ビット分解能で AD 変換を開始して RATEDATA と TEMPDATA を連続取得開始

¹ SDI の欄には各コマンドの 16 進コードを示しています。

出力データの読出し

データ・レディ ($\overline{\text{RDY}}$) 信号は、まだ読み出していない新しいデータが出力レジスタ内に存在することを示します。データの連続性とプロセッサ・リソースを最適化するには、この信号を使ってマスタ・プロセッサの割り込みサービス・ルーチンを駆動します。ADIS16130 では 5.7kHz のレートで RATE レジスタと TEMP レジスタを更新しますので、その倍の 11.4 kHz のレートで約 26 μ 間ローレベルになるパルスがデータ・レディ信号に発生した場合、RATE レジスタまたは TEMP レジスタのいずれかに更新があったことを意味します。割り込みサービス・ルーチンを起動するには、ハイレベルからローレベルへの遷移を使用してください。この信号パルスがローになった後、チップ・セレクト・ラインをローレベルにし、0x48 を SDI ラインに書き込むことによって、データを読み出します。次に、出力データとなる次の 3 バイトを SDO から読み出します。各 8 ビット・シーケンス間で、チップ・セレクトをハイレベルにしてください。

MODE レジスタで 24 ビット分解能を選択した場合、最上位バイトは SDO シーケンスの先頭に位置し、その後次に次の上位バイトが来て、最後に最下位バイトが来ます。16 ビット分解能を選択した場合は、読出しシーケンス中に SDO から出力されるのは 2 バイトのみになります。

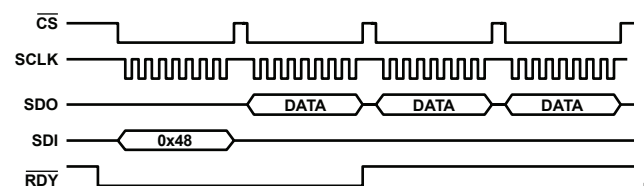


図 5. 読出しシーケンスの例

データ・フォーマット

ADIS16130は、オフセット・バイナリのデータ・フォーマットを使用します。

$$\text{RATE} = \left[\frac{\text{Codes} - 2^{23}}{23,488} \right] \quad \text{TEMP} = \left[\frac{\text{Codes} - 2^{23}}{14,093} + 25^{\circ}\text{C} \right]$$

表 4. ジャイロスコープのレート出力データ・フォーマット

24-Bit (Codes)	16-Bit (Codes)	Rate Output
14,260,608	55,706	+250°/sec
8,623,488	33,686	+10°/sec
8,388,612	32,769	+0.00017030°/sec
8,388,609		+0.000042575°/sec
8,388,608	32,768	0
8,388,607		-0.000042575°/sec
8,388,604	32,767	-0.00017030°/sec
8,153,728	31,850	-10°/sec
2,516,608	9,830	-250°/sec

表 5. ジャイロスコープの温度出力データ・フォーマット

24-Bit (Codes)	16-Bit (Codes)	Rate Output
9,516,048	37,172	+105°C
9,234,188	36,071	+85°C
8,402,701	32,823	+26°C
8,388,608	32,768	+25°C
8,036,283	31,392	+0°C
7,472,563	29,189	-40°C

バイアス精度と出力安定性の最適化

ジャイロ스코ープ・システムの2つの一般的な誤差源は、温度の変化に伴うバイアス変化と初期バイアス誤差です。図6に、デジタル・プロセッサ環境でこれらの誤差を修正する簡単なプロセスを示します。ADIS16130にはデバイスごとに独自の挙動があるため、このプロセス図の補正係数を最適化するためには特性評価が必要です。

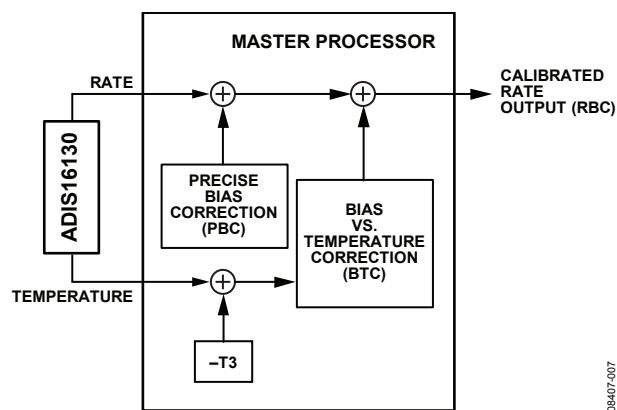


図6. 1次バイアス補正システム

この校正プロセスを実行すると、補正されたジャイロ스코ープ速度出力が得られます。この出力は次の関係式で表すことができます。

$$RBC = RATE + PBC + (TEMP - T3) \times BTC$$

ここで、

RBCは補正された出力データです。

RATEはADIS16130ジャイロ스코ープの出力データです。

TEMPはADIS16130の温度出力データです。

バイアスの特性評価では、ADIS16130が無回転状態のときの出力を測定します。ノイズがあると出力測定にランダム誤差が加わり、バイアス測定の精度に影響を及ぼすことがあります。したがって、バイアス測定時のノイズを処理するために、一般的に連続したサンプルの平均値を求めます。図7のアラン分散曲線は、平均化時間とADIS16130のバイアス精度の関係を示しています。

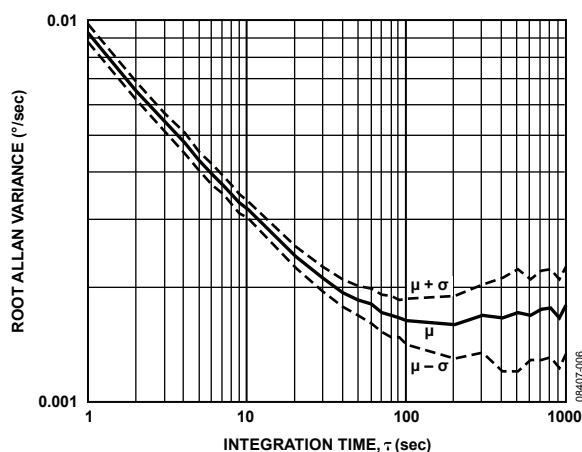


図7. ADIS16130のアラン分散曲線

各アプリケーションにはそれぞれに性能の基準がありますが、以下の手順に従うことで基本的なバイアス校正プロセスを行うことができます。

1. 測定の最中に動かないようにするために、固定のプラットフォームにADIS16130を装着します。
2. 安定した+5 Vのリニア電源電圧をADIS16130に印加します。出力バイアスは、電源が1 mV変化するごとに0.0002°/secシフトし得ます。
3. 表3の初期化コマンドをSDIピンに書き込みます。
4. 5.7 kSPSの最大サンプル・レートで10秒間TEMPとRATEのデータを読み出します。各データ・セットの平均値を求め、この平均温度に対する温度推定値(T1)とバイアス推定値(B1)を算出します。
5. デバイスがそれ自体の発熱に対して安定化するのを10分待ちます。
6. 手順3をもう一度繰り返し、温度(T2)と出力バイアス(B2)の新しい推定値を算出します。次に、次式を使ってバイアス温度係数(BTC)を計算します。

$$BTC = -bias\ tempco = - \left[\frac{B2 - B1}{T2 - T1} \right]$$

BTCを使って、温度条件に適した補正係数をロードするルックアップ・テーブルを作成します。表6に、0.02°Cの温度ステップ・サイズを使ってバイアス温度係数0.04°/sec/°Cを補正する補正係数の例を示します。

7. 環境温度変化に対する追従のために40分間待ちます。
8. 5.7 kSPSのサンプル・レートでRATEデータを150秒間読み出します。正確なバイアス推定値を出すためにこのデータの平均値を出し、その値に-1を掛けて正確なバイアス補正係数(PBC)を求めます。
9. TEMP(T3)を読み出します。

表6. バイアス補正係数、TBIAS=0.04°/sec/°C

Temperature Control (TEMP - T3)	Bias vs. Temperature Correction Factor (TEMP - T3) × BTC
+0.12°C	-0.0048°/sec
+0.10°C	-0.0040°/sec
+0.08°C	-0.0032°/sec
+0.06°C	-0.0024°/sec
+0.04°C	-0.0016°/sec
+0.02°C	-0.0008°/sec
0°C	0°/sec
-0.02°C	+0.0008°/sec
-0.04°C	+0.0016°/sec
-0.06°C	+0.0024°/sec
-0.08°C	+0.0032°/sec
-0.10°C	+0.0040°/sec
-0.12°C	+0.0048°/sec

その他のヒント

結論として、このアプリケーション・ノートに示した簡単な校正プロセスによって、大幅な性能向上が見込めます。また、必要に応じて、もっと大掛かりな校正方法を開発するための土台としても利用することができます。以下に、その他の役に立つと考えられる情報をまとめました。

1. 5.7 kSPS のサンプル・レートにより、14.3 kHz 付近に現れる共振をフィルタ処理できます。
2. ROA1 と ROA2 の間に 0.01 μ F コンデンサを使えば、センサ帯域幅を 50 Hz に低減することができます。これでノイズを 50% 減らせます。帯域幅を 50 Hz にすると、低速サンプル・レートも使用できるようになります。たとえば、RDY 信号を使って 200 \times カウンタを駆動し、読出し速度を 230 SPS に低減できます。
3. このアプリケーション・ノートの校正プロセスは、デバイスの熱的に安定するまでの時間を利用します。精度を上げるには、制御された温度槽を使ってデバイスを一定温度に維持し、各バイアス・ポイントの平均化時間を長くします。これによってさらに性能の最適化を図ることができます。
4. プロセッサ・システムがジャイロスコープ出力と温度センサー出力の両方を 5.7 kSPS の速度で読み出せない場合は、レート測定を低減する前に、まず温度センサーの読出し速度を低減してください。温度変化の最大値が 1 $^{\circ}$ C/sec の場合は、サンプル・レートが 100 SPS あれば十分に 0.02 $^{\circ}$ C の変化を検出して熱補正係数を更新することができます。