



デジタル3軸振動センサー FFT解析およびストレージ機能付き

データシート

ADIS16228

特長

- 周波数領域 3 軸振動センサー
- 最大 5 kHz までフラットな周波数応答特性
- デジタル加速度データ、 $\pm 18 g$ の測定範囲
- デジタル設定可能な範囲：0 g ~ 1 g/5 g/10 g/20 g
- リアルタイム・サンプル・モード：20.48 kSPS、1 軸
- キャプチャ・サンプル・モード：20.48 kSPS、3 軸
- トリガ・モード：SPI、タイマ、外部
- プログラマブルなデシメーション・フィルタ、11 通りのサンプル・レート設定
- 選択したフィルタ設定での複数の記録保存が可能
- 時間領域データ収集用のマニュアル・キャプチャ・モード
- FFT：512 ポイント、実数値、3 軸 (x, y, z)
- 3 つの窓関数・オプション：矩形、ハニング、フラットトップ
- プログラマブルな FFT 平均処理：最大平均数 255
- ストレージ：14 セットの 3 軸 (x, y, z) FFT レコードを記録可能
- プログラマブルなアラーム、6 個のスペクトル・バンド幅
- 警告と異常を定義する 2 レベルの設定
- 偽アラームを少なくする調整可能な応答遅延
- 内部セルフテスト結果のステータス・フラグ
- 温度と電源のデジタル測定機能
- 2 つの補助デジタル I/O
- SPI 互換シリアル・インターフェース
- 識別レジスタ：シリアル番号、デバイス ID、ユーザー ID
- 単電源動作：3.0 V ~ 3.6 V
- 動作温度範囲：-40°C ~ +125°C
- 15 mm x 24 mm x 15 mm アルミニウム・パッケージ、フレキシブル・コネクタ

アプリケーション

- 振動解析
- 状態監視
- 機械の健康状態監視
- 計測機器、診断装置
- 安全遮断の検出

概要

ADIS16228 iSensor[®]は、3 軸加速度検出機能と高度な時間領域および周波数領域の信号処理機能を組み合わせた完結型の振動検出システムです。時間領域の信号処理には、プログラマブルなデシメーション・フィルタや選択可能な窓関数などがあります。周波数領域の処理には、ノイズ・フロアの変動を抑えて高分解能を実現する FFT 平均処理に加えて、各軸に対する 512 ポイントの実数値 FFT 処理などがあります。14 レコードの FFT ストレージ・システムにより、時間の経過による変動を追跡し、複数のデシメーション・フィルタ設定で FFT の結果を保存することができます。

20.48 kSPS のサンプル・レートと 5 kHz に及ぶフラットな周波数帯域により、多くの機械の状態監視アプリケーションで利用できる周波数応答が得られます。アルミニウム・パッケージは、MEMS 加速度センサーとの機械的結合に最適です。データ・サンプリングと信号処理システムはすべて内部クロックで動作するため、外部クロック源は不要です。データ・キャプチャ機能には 3 つのモードがあり、多様なアプリケーションのニーズに対応する複数のオプションを提供します。このほか、リアルタイム・モードでは、1 軸上のストリーミング・データに直接アクセスすることができます。SPI とデータ・バッファ構造によって、データ出力に簡単にアクセスできます。ADIS16228 は、デジタル温度センサーとデジタル電源測定機能も提供します。

ADIS16228 は、簡単にユーザー・インターフェースの接続や装着ができるようにフランジ、ネジ穴 (M2 または 2-56)、フレキシブル・コネクタを備えた 15 mm x 24 mm x 15 mm のモジュールです。-40°C ~ +125°C の拡張温度範囲で動作します。

機能ブロック図

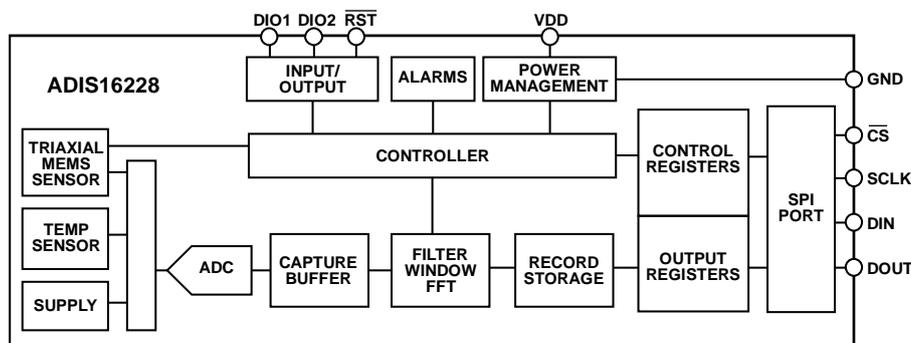


図 1

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。
 ©2011-2012 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. B

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル
 電話 03 (5402) 8200
 大阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー
 電話 06 (6350) 6868

目次

特長	1	アラーム定義.....	17
アプリケーション.....	1	アラーム・インジケータ信号.....	18
概要	1	アラーム・フラグと状態	18
機能ブロック図.....	1	アラーム・ステータス	19
改訂履歴	2	ワーストケースの状態監視.....	19
仕様	3	出力データの読出し	20
タイミング仕様.....	4	データ・バッファからのデータ読出し	20
絶対最大定格.....	5	FFT レコード・データへのアクセス	20
ESD に関する注意.....	5	データ・フォーマット	21
ピン配置と機能の説明	6	リアルタイム・データの収集.....	21
動作原理	7	電源/温度.....	21
センシング素子.....	7	FFT イベント・ヘッダ.....	22
信号処理	7	システム・ツール	23
ユーザー・インターフェース.....	7	グローバル・コマンド	23
基本動作	8	ステータス/エラー・フラグ.....	23
SPI 書き込みコマンド	8	パワーダウン	23
SPI 読出しコマンド	8	動作管理.....	24
データの記録と信号処理	11	入力/出力機能.....	24
記録モード	11	セルフテスト.....	25
スペクトル・レコードの生成.....	12	フラッシュ・メモリの管理.....	25
サンプル・レート/フィルタリング	12	デバイス識別.....	25
ダイナミック・レンジ/感度.....	14	アプリケーション情報	26
FFT 前段窓関数.....	15	インターフェース・ボード.....	26
FFT	16	メイティング・コネクタ	26
記録時間	16	外形寸法.....	27
データ・レコード.....	16	オーダー・ガイド.....	27
FFT レコードのフラッシュ書換え回数	16		
スペクトル・アラーム	17		
		Change to Dynamic Range Settings Section	15
		Changes to Recording Times Section	16
		Changes to Figure 20 and Figure 21.....	20
		Changes to Table 49, Table 50, and Table 51; Change to Real-Time Data Collection Section	21
		Change to Power-Down Section	23
		7/11—Revision 0: Initial Version	

改訂履歴

3/12—Rev. A to Rev. B

Changes to Recording Times Section and Table 21	16
Changes to Interface Board Section	26

8/11—Rev. 0 to Rev. A

Changes to General Description	1
Changes to Output Noise and Bandwidth Parameters, Table 1.....	3
Added CAL_ENABLE Register to Table 8.....	10
Changes to Real-Time Mode Section; Changes to Table 11; Change to Figure 14	12
Changes to Figure 15.....	13
Added Dynamic Range/Sensitivity Section; Added Table 13, Renumbered Sequentially; Added Figure 16, Figure 17, and Figure 18, Renumbered Sequentially	14

仕様

特に指定のない限り、 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ 。

表 1.

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
ACCELEROMETERS					
Measurement Range ¹	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$	± 18			<i>g</i>
Sensitivity, FFT	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 0 <i>g</i> to 20 <i>g</i> range setting		0.3052		mg/LSB
Sensitivity, Time Domain	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$		0.6104		mg/LSB
Sensitivity Error	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$		± 6		%
Nonlinearity	With respect to full scale		± 0.2	± 1.25	%
Cross-Axis Sensitivity			2.6		%
Alignment Error	With respect to package		1.5		Degrees
Offset Error	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$		± 1		<i>g</i>
Offset Temperature Coefficient			1		mg/ $^{\circ}\text{C}$
Output Noise	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 20.48 kHz sample rate, time domain		12		mg rms
Output Noise Density	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 10 Hz to 1 kHz		0.248		mg/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Bandwidth	$\pm 5\%$ flatness, ² CAL_ENABLE[4] = 0, see Figure 17		840		Hz
	$\pm 5\%$ flatness, ² CAL_ENABLE[4] = 1, see Figure 18		5000		Hz
Sensor Resonant Frequency			5.5		kHz
LOGIC INPUTS³					
Input High Voltage, V_{IH}		2.0			V
Input Low Voltage, V_{IL}				0.8	V
Logic 1 Input Current, I_{INH}	$V_{\text{IH}} = 3.3\text{ V}$		± 0.2	± 1	μA
Logic 0 Input Current, I_{INL}	$V_{\text{IL}} = 0\text{ V}$				μA
All Except $\overline{\text{RST}}$			-40	-60	μA
$\overline{\text{RST}}$			-1		mA
Input Capacitance, C_{IN}			10		pF
DIGITAL OUTPUTS³					
Output High Voltage, V_{OH}	$I_{\text{SOURCE}} = 1.6\text{ mA}$	2.4			V
Output Low Voltage, V_{OL}	$I_{\text{SINK}} = 1.6\text{ mA}$			0.4	V
FLASH MEMORY					
Endurance ⁴		10,000			Cycles
Data Retention ⁵	$T_J = 85^{\circ}\text{C}$, see Figure 23	20			Years
START-UP TIME⁶					
Initial Startup			202		ms
Reset Recovery ⁷	$\overline{\text{RST}}$ pulse low or GLOB_CMD[7] = 1		54		ms
Sleep Mode Recovery			2.3		ms
CONVERSION RATE					
Clock Accuracy	REC_CTRL1[11:8] = 0x1 (SR0 sample rate selection)		20.48		kSPS
			3		%
POWER SUPPLY					
Operating voltage range, V_{DD}		3.0	3.3	3.6	V
Power Supply Current	Record mode, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$		40	48	mA
	Sleep mode, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$		230		μA

¹ 最大範囲は振動の周波数に依存します。

² 周波数応答平坦性キャリブレーションを有効にした場合を想定しています。

³ デジタル I/O 信号は 5 V 対応です。

⁴ 耐久性は JEDEC 規格 22 Method A117 に準拠し、 -40°C 、 $+25^{\circ}\text{C}$ 、 $+85^{\circ}\text{C}$ 、 $+125^{\circ}\text{C}$ の温度条件で測定しています。

⁵ JEDEC 規格 22 Method A117 に準拠した、ジャンクション温度 (T_J) = 85°C 時の等価データ保持寿命です。データ保持寿命は、ジャンクション温度に依存します。

⁶ ここに示したスタートアップ時間は、データ収集の開始に必要な時間を反映しています。

⁷ $\overline{\text{RST}}$ ピンは、少なくとも 15 ns の間ローレベルに保持する必要があります。

タイミング仕様

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ 。

表 2.

Parameter	Description	Min ¹	Typ	Max	Unit
f_{SCLK}	SCLK frequency	0.01		2.5	MHz
t_{STALL}	Stall period between data, between 16 th and 17 th SCLK	16.5			μs
t_{CS}	Chip select to SCLK edge	48.8			ns
t_{DAV}	DOUT valid after SCLK edge			100	ns
t_{DSU}	DIN setup time before SCLK rising edge	24.4			ns
t_{DHD}	DIN hold time after SCLK rising edge	48.8			ns
t_{SR}	SCLK rise time			12.5	ns
t_{SF}	SCLK fall time			12.5	ns
$t_{\text{DF}}, t_{\text{DR}}$	DOUT rise/fall times		5	12.5	ns
t_{SFS}	CS high after SCLK edge	5			ns

¹ テストは行っていませんが、設計により保証しています。

タイミング図

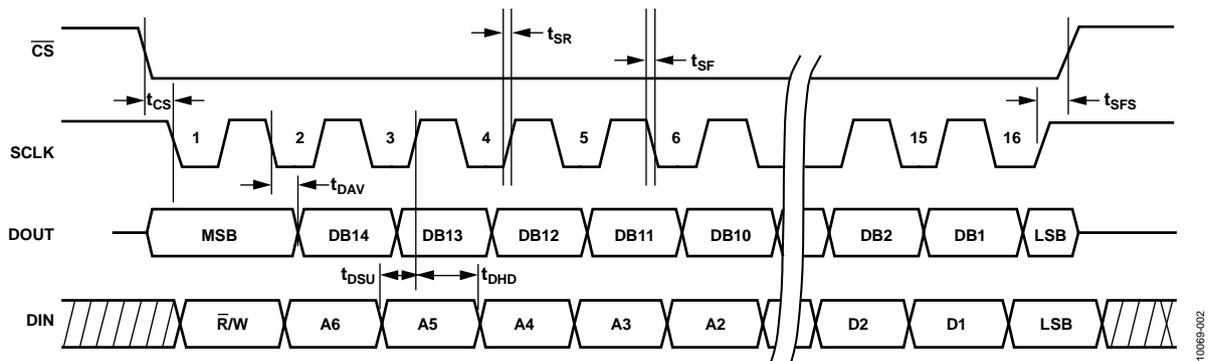


図 2. SPI タイミングとシーケンス

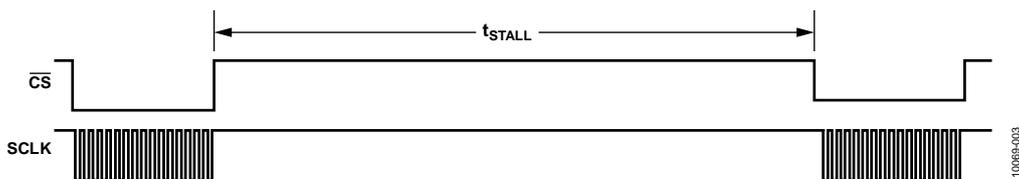


図 3. DIN ビット・シーケンス

絶対最大定格

表 3.

Parameter	Rating
Acceleration	
Any Axis, Unpowered	2000 g
Any Axis, Powered	2000 g
VDD to GND	-0.3 V to +6.0 V
Digital Input Voltage to GND	-0.3 V to +5.3 V
Digital Output Voltage to GND	-0.3 V to +3.6 V
Analog Inputs to GND	-0.3 V to +3.6 V
Temperature	
Operating Temperature Range	-40°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°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。この規定はストレス定格のみを指定するものであり、この仕様の動作セクションに記載する規定値以上でのデバイス動作を定めたものではありません。デバイスを長時間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。

表 4. パッケージ特性

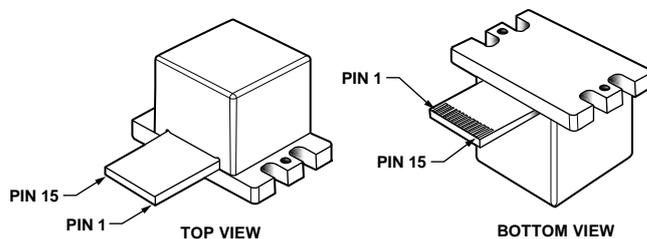
Package Type	θ_{JA}	θ_{JC}	Device Weight
15-Lead Module	31°C/W	11°C/W	6.5 grams

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。

ピン配置と機能の説明



NOTES

1. LEADS ARE EXPOSED COPPER PADS THAT ARE LOCATED ON THE BOTTOM SIDE OF THE FLEXIBLE INTERFACE CABLE.
2. PACKAGE IS NOT SUITABLE FOR SOLDER REFLOW ASSEMBLY PROCESSES.
3. EXAMPLE MATING CONNECTOR: AVX CORPORATION FLAT FLEXIBLE CONNECTOR (FFC) P/N: 04-6288-015-000-846.

101069-004

図 4. ピン配置

表 5. ピン機能の説明

ピン番号	記号	タイプ ¹	説明
1, 2	VDD	S	電源、3.3 V。
3, 4, 5, 8	GND	S	グラウンド。
6, 9	DNC	N/A	無接続。これらのピンは接続しないでください。
7	DIO2	I/O	デジタル入出力ライン 2。
10	$\overline{\text{RST}}$	I	リセット、アクティブ・ロー。
11	DIN	I	SPI、データ入力。
12	DOUT	O	SPI、データ出力。DOUTは、 $\overline{\text{CS}}$ がローレベルのときに出力です。 $\overline{\text{CS}}$ がハイレベルのとき、DOUTはスリーステートの高インピーダンス・モードです。
13	SCLK	I	SPI、シリアル・クロック。
14	$\overline{\text{CS}}$	I	SPI、チップ・セレクト。
15	DIO1	I/O	デジタル入出力ライン 1。

¹ Sは電源、Oは出力、Iは入力、I/Oは入力/出力です。

動作原理

ADIS16228 は、3 軸 MEMS 加速度センサーに高度な信号処理を組み合わせた振動センシング・システムです。SPI 互換ポートとユーザー・レジスタ構造によって、周波数領域の振動データや多くのユーザー制御に容易にアクセスできます。

センシング素子

ADIS16228 のデジタル振動センシングは、各軸の MEMS 加速度センサー・コアから始まります。加速度センサーは、図 5 に模式的に示すようなマイクロメカニカル・システムを用いて、直線的な速度変化に対応する電気信号に変換します。このセンシング部分には、差動コンデンサ・ユニット・セル（固定フレームと可動フレーム）が内蔵されており、これにより直線加速度にตอบสนองする可変差動容量ネットワークを形成します。重力や加速度により、可動フレームの位置が固定フレームに対して物理的に変化し、容量が変化します。スプリングが可動フレームを固定フレームに係留し、加速度と物理的変位の関係を決定します。可動プレートの変調信号は、それぞれの容量性パスを通して固定フレーム・プレートと復調回路に送られます。これによって、デバイスに作用する加速度に比例する電気信号を発生します。

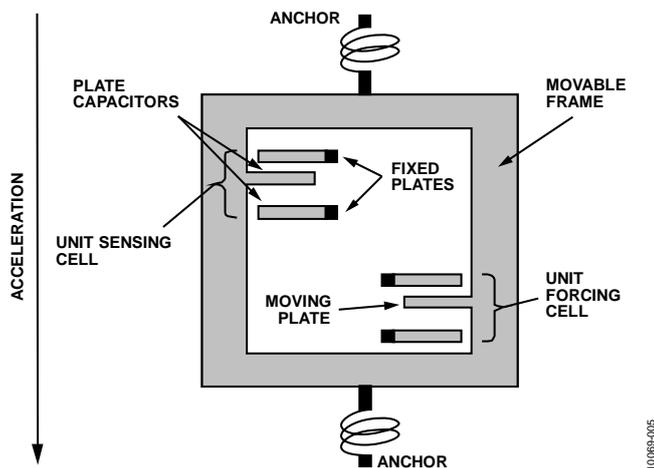


図 5. MEMS センサー図

信号処理

図 6 は、ADIS16228 の簡略ブロック図です。信号処理段には、時間領域データ・キャプチャ、デジタル・デシメーション/フィルタリング、窓関数処理、FFT 解析、FFT 平均処理、レコード・ストレージなどが含まれます。信号処理動作の詳細については、図 14 を参照してください。

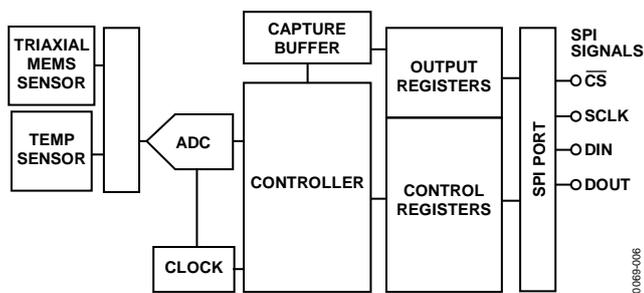


図 6. センサー信号処理ブロックの簡略図

ユーザー・インターフェース

SPI インターフェース

ユーザー・レジスタ（図 6 に示すように、出力レジスタとコントロール・レジスタがあります）は、センサー・データと設定入力の両方に対するユーザー・アクセスを管理します。各 16 ビット・レジスタには固有のビット割当てがあり、上位バイトと下位バイトの 2 つのアドレスがあります。表 8 に、各レジスタのメモリ・マップと、その機能および下位バイト・アドレスを示します。各データ収集コマンドと設定コマンドは、どちらも 4 線式の SPI を使用します。チップ・セレクト (\overline{CS}) 信号が SPI インターフェースを起動し、シリアル・クロック (SCLK) によってシリアル・データ・ラインの同期をとります。SCLK の立上がりエッジで DIN ピンに 1 ビットずつ入力コマンドがクロック入力され、SCLK の立下がりエッジで DOUT ピンから出力データがクロック出力されます。ADIS16228 は、SPI スレーブ・デバイスであるため、DOUT の内容は、DIN コマンドを使用して要求された情報を反映したのになります。

デュアル・メモリ構造

ユーザー・レジスタは、SPI インターフェースを経由して、すべての I/O 動作にアドレス指定を行うことができます。コントロール・レジスタは、デュアル・メモリ構造であり、デバイスがオンのときは SRAM がその動作を制御し、あらゆるユーザー設定入力に対応します。フラッシュ・メモリは、フラッシュ・バックアップ（表 8 を参照）を備えたコントロール・レジスタの不揮発性記憶領域になります。フラッシュ・メモリに設定データをロードするには、手動でフラッシュ・アップデート・コマンド (GLOB_CMD[6]=1、DIN = 0xBE40) を設定する必要があります。デバイスの電源投入時もしくはリセット時に、フラッシュ・メモリの値が SRAM にロードされます。その後、デバイスは、コントロール・レジスタの設定に従ってデータ生成を開始します。

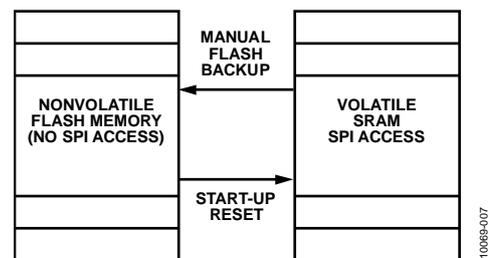


図 7. SRAM とフラッシュ・メモリの図

基本動作

ADIS16228 は、図 8 に示すように、SPI 通信を使用することで、互換性のある組み込みプロセッサ・プラットフォームと簡単に接続することができます。DIO1 の工場出荷時のデフォルト設定では、イベントが完了するとビジー・インジケータ信号がローレベルに遷移し、ユーザーがデータにアクセスできるようになります。必要に応じて、表 66 の DIO_CTRL レジスタを使用して DIO1 と DIO2 を再設定してください。

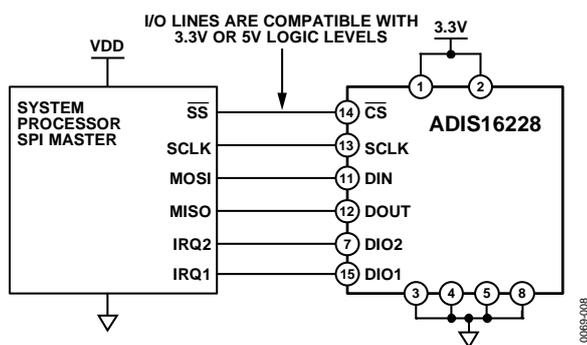


図 8. 電氣的接続図

表 6. マスター・プロセッサの一般的なピン名と機能

ピン名	機能
SS	スレーブ・セレクト
SCLK	シリアル・クロック
MOSI	マスター出力、スレーブ入力
MISO	マスター入力、スレーブ出力
IRQ1, IRQ2	割り込み要求入力 (オプション)

ADIS16228 の SPI インターフェースは、full-duplex のシリアル通信 (同時送受信) に対応し、図 12 に示すビット・シーケンスを使用します。表 7 に、ADIS16228 と通信するプロセッサ・シリアル・ポートの初期化に際し注意すべき代表的な設定を示します。

表 7. マスター・プロセッサの一般的な SPI 設定

Processor Setting	Description
Master	The ADIS16228 operates as a slave.
SCLK Rate ≤ 2.5 MHz	Bit rate setting.
SPI Mode 3	Clock polarity/phase (CPOL = 1, CPHA = 1).
MSB First	Bit sequence.
16-Bit	Shift register/data length.

表 8 は、すべてのデータ収集と設定を管理するユーザー・レジスタと下位バイト・アドレスの一覧です。各レジスタは 2 バイトで構成され、各バイトには固有の 7 ビット・アドレスがあります。図 9 には、各レジスタのビットとその上位/下位アドレスを示します。

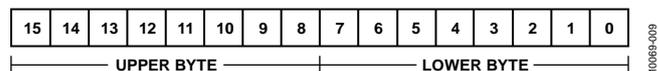


図 9. レジスタの一般的なビット定義

SPI 書き込みコマンド

ユーザー・コントロール・レジスタは、多くの内部動作を制御します。これらのレジスタには、図 12 の DIN ビット・シーケンスに基づいて、1 度に 1 バイトずつ書き込むことができます。設定変更や機能によっては、1 回の書き込みサイクルで済むこともあります。たとえば、マニュアル・キャプチャ・シーケンスを開始するには、GLOB_CMD[11]=1 (DIN=0xBF08) に設定します。DIN に最後のビットがクロック入力されると (16 番目の SCLK 立ち上がりエッジ)、直ちにマニュアル・キャプチャが開始されます。設定によっては、2 つのバイトへの書き込みが必要なこともあります。

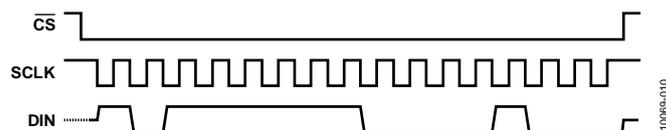


図 10. マニュアル・キャプチャ開始のための SPI シーケンス (DIN = 0xBF08)

SPI 読出しコマンド

SPI 通信での 1 回のレジスタ読出しには、2 つの連続する 16 ビット・シーケンスが必要であり、図 12 に示すビット制当てを使用します。最初のシーケンスでは、R/W=0 に設定し、ターゲット・アドレス (ビット[A6:A0]) を送信します。読出し DIN シーケンスの場合、ビット[D7:D0]は“don't care”ビットです。2 番目のシーケンスでは、DOUT が要求されたレジスタの内容をクロック出力します。2 番目のシーケンスでは、DIN を使用して次の読出しをセットアップすることもできます。図 11 は、PROD_ID を読み出しているときの 4 線 SPI の信号図です。この図で、DIN = 0x5600 と DOUT は、16,228 に等価な 10 進値を反映しています。

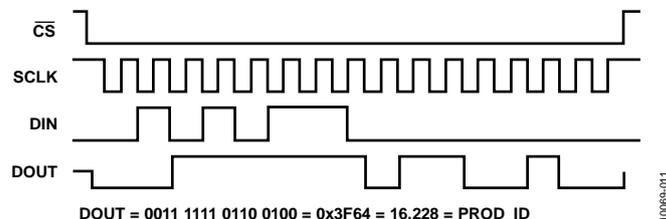


図 11. SPI 読出しの例、PROD_ID、2 番目のシーケンス

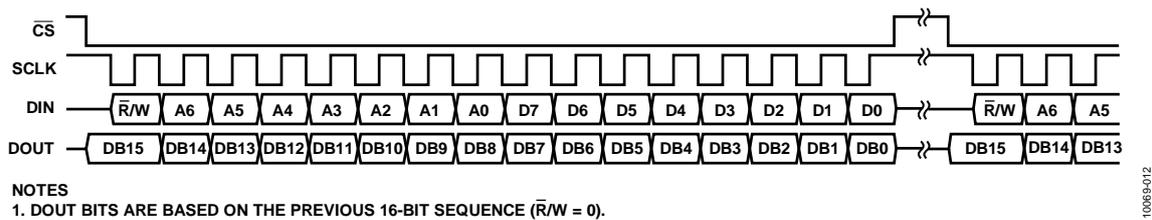


図 12. SPI 読み出しシーケンスの例

表 8. ユーザー・レジスタのメモリ・マップ

Register Name	Access	Flash Backup	Address	Default	Function	Reference
FLASH_CNT	Read only	Yes	0x00	N/A	Status, flash memory write count	See Table 68
X_SENS	Read/write	Yes	0x02	N/A	X-axis accelerometer scale correction	See Table 16
Y_SENS	Read/write	Yes	0x04	N/A	Y-axis accelerometer scale correction	See Table 17
Z_SENS	Read/write	Yes	0x06	N/A	Z-axis accelerometer scale correction	See Table 18
TEMP_OUT	Read only	No	0x08	0x8000	Output, temperature during capture	See Table 56
SUPPLY_OUT	Read only	No	0x0A	0x8000	Output, power supply during capture	See Table 54
FFT_AVG1	Read/write	Yes	0x0C	0x0108	Control, FFT average size of 1, SR0 and SR1	See Table 19
FFT_AVG2	Read/write	Yes	0x0E	0x0101	Control, FFT average size of 2, SR2 and SR3	See Table 20
BUF_PNTR	Read/write	No	0x10	0x0000	Control, buffer address pointer	See Table 47
REC_PNTR	Read/write	No	0x12	0x0000	Control, record address pointer	See Table 48
X_BUF	Read only	No	0x14	0x8000	Output, buffer for x-axis acceleration data	See Table 49
Y_BUF	Read only	No	0x16	0x8000	Output, buffer for y-axis acceleration data	See Table 50
Z_BUF	Read only	No	0x18	0x8000	Output, buffer for z-axis acceleration data	See Table 51
REC_CTRL1	Read/write	Yes	0x1A	0x1100	Control, Record Control Register 1	See Table 9
REC_CTRL2	Read/write	Yes	0x1C	0x00FF	Control, Record Control Register 2	See Table 14
REC_PRD	Read/write	Yes	0x1E	0x0000	Control, record period (automatic mode)	See Table 10
ALM_F_LOW	Read/write	N/A	0x20	0x0000	Alarm, spectral band lower frequency limit	See Table 28
ALM_F_HIGH	Read/write	N/A	0x22	0x0000	Alarm, spectral band upper frequency limit	See Table 29
ALM_X_MAG1	Read/write	N/A	0x24	0x0000	Alarm, x-axis, Alarm Trigger Level 1 (warning)	See Table 30
ALM_Y_MAG1	Read/write	N/A	0x26	0x0000	Alarm, y-axis, Alarm Trigger Level 1 (warning)	See Table 31
ALM_Z_MAG1	Read/write	N/A	0x28	0x0000	Alarm, z-axis, Alarm Trigger Level 1 (warning)	See Table 32
ALM_X_MAG2	Read/write	N/A	0x2A	0x0000	Alarm, x-axis, Alarm Trigger Level 2 (fault)	See Table 33
ALM_Y_MAG2	Read/write	N/A	0x2C	0x0000	Alarm, y-axis, Alarm Trigger Level 2 (fault)	See Table 34
ALM_Z_MAG2	Read/write	N/A	0x2E	0x0000	Alarm, z-axis, Alarm Trigger Level 2 (fault)	See Table 35
ALM_PNTR	Read/write	Yes	0x30	0x0000	Alarm, spectral alarm band pointer	See Table 27
ALM_S_MAG	Read/write	Yes	0x32	0x0000	Alarm, system alarm level	See Table 36
ALM_CTRL	Read/write	Yes	0x34	0x0080	Alarm, configuration	See Table 26
DIO_CTRL	Read/write	Yes	0x36	0x000F	Control, functional I/O configuration	See Table 66
GPIO_CTRL	Read/write	Yes	0x38	0x0000	Control, general-purpose I/O	See Table 67
AVG_CNT	Read/write	Yes	0x3A	0x9630	Control, average count for sample rate options	See Table 11
DIAG_STAT	Read only	No	0x3C	0x0000	Status, system error flags	See Table 65
GLOB_CMD	Write only	No	0x3E	N/A	Control, global command register	See Table 64
ALM_X_STAT	Read only	N/A	0x40	0x0000	Alarm, x-axis, status for spectral alarm bands	See Table 37
ALM_Y_STAT	Read only	N/A	0x42	0x0000	Alarm, y-axis, status for spectral alarm bands	See Table 38
ALM_Z_STAT	Read only	N/A	0x44	0x0000	Alarm, z-axis, status for spectral alarm bands	See Table 39
ALM_X_PEAK	Read only	N/A	0x46	0x0000	Alarm, x-axis, peak value (most severe alarm)	See Table 40
ALM_Y_PEAK	Read only	N/A	0x48	0x0000	Alarm, y-axis, peak value (most severe alarm)	See Table 41
ALM_Z_PEAK	Read only	N/A	0x4A	0x0000	Alarm, z-axis, peak value (most severe alarm)	See Table 42
TIME_STAMP_L	Read only	N/A	0x4C	0x0000	Record time stamp, lower word	See Table 61
TIME_STAMP_H	Read only	N/A	0x4E	0x0000	Record time stamp, upper word	See Table 62
Reserved	N/A	N/A	0x50	N/A	N/A	
LOT_ID1	Read only	Yes	0x52	N/A	Lot identification code	See Table 69
LOT_ID2	Read only	Yes	0x54	N/A	Lot identification code	See Table 70
PROD_ID	Read only	Yes	0x56	0x3F64	Product identifier; convert to decimal = 16,228	See Table 71
SERIAL_NUM	Read only	Yes	0x58	N/A	Serial number	See Table 72
USER_ID	Read/write	Yes	0x5C	0x0000	User identification register	See Table 73

REC_FLSH_CNT	Read only	No	0x5E	N/A	Record flash write/erase counter	See Table 24
Reserved	N/A	N/A	0x62	N/A	N/A	
Reserved	N/A	N/A	0x64	N/A	N/A	
Reserved	N/A	N/A	0x66	N/A	N/A	
Reserved	N/A	N/A	0x68	N/A	N/A	
Reserved	N/A	N/A	0x6A	N/A	N/A	
Reserved	N/A	N/A	0x6C	N/A	N/A	
REC_INFO1	Read only	N/A	0x6E	N/A	Record settings	See Table 59
ALM_X_FREQ	Read only	N/A	0x70	0x0000	Alarm, x-axis, frequency of most severe alarm	See Table 43
ALM_Y_FREQ	Read only	N/A	0x72	0x0000	Alarm, y-axis, frequency of most severe alarm	See Table 44
ALM_Z_FREQ	Read only	N/A	0x74	0x0000	Alarm, z-axis, frequency of most severe alarm	See Table 45
REC_INFO2	Read only	N/A	0x76	N/A	Record settings	See Table 60
REC_CNTR	Read only	No	0x78	0x0000	Record counter	See Table 22
CAL_ENABLE	Read/write	Yes	0x7A	0x0010	Control, frequency calibration enable	See Table 13

データの記録と信号処理

ADIS16228 は、振動データを記録および監視できる完結型センシング・システムです。図 13 は、全 3 軸 (x、y、z) のスペクトル・レコードの収集に関連する信号処理の簡略ブロック図です。ユーザー・レジスタは、データ・タイプ (時間または周波数)、トリガ・モード (手動または自動)、収集モード (リアルタイムまたは保存)、サンプル・レート/フィルタリング、窓関数処理、FFT 平均処理、スペクトル・アラーム、I/O 管理を制御します。

記録モード

記録モードの選択によって、データ・タイプ (時間または周波数領域)、トリガ・タイプ (手動または自動)、データ収集 (キャプチャまたはリアルタイム) を設定します。REC_CTRL1[1:0] ビット (表 9 を参照) では、マニュアル FFT、自動 FFT、マニュアル・タイム・キャプチャ、リアルタイムという 4 つの動作モードが選べます。REC_CTRL1 の設定後、マニュアル FFT、自動 FFT、マニュアル・タイム・キャプチャの各モードでは、スペクトルまたは時間領域レコードの収集を開始するためにスタート・コマンドが必要です。このモードでは、SPI と I/O という 2 つのスタート・コマンド・オプションがあります。SPI トリガでは、GLOB_CMD[11]=1 (DIN=0xBF08) を設定します。I/O トリガでは、DIO_CTRL (表 66 を参照) を使用して、DIO1 または DIO2 を入力トリガ・ラインに設定する必要があります。

表 9. REC_CTRL1 (ベース・アドレス = 0x1A)、読み出し/書き込み

Bits	Description (Default = 0x1100)
[15:14]	Not used (don't care).
[13:12]	Window setting. 00 = rectangular, 01 = Hanning, 10 = flat top, 11 = N/A.
11	SR3, 1 = enabled for FFT, 0 = disable. Sample rate = $20,480 \div 2^{\text{AVG_CNT}[15:12]}$ (see Table 11).
10	SR2, 1 = enabled for FFT, 0 = disable. Sample rate = $20,480 \div 2^{\text{AVG_CNT}[11:8]}$ (see Table 11).
9	SR1, 1 = enabled for FFT, 0 = disable. Sample rate = $20,480 \div 2^{\text{AVG_CNT}[7:4]}$ (see Table 11).
8	SR0, 1 = enabled for FFT, 0 = disable. Sample rate = $20,480 \div 2^{\text{AVG_CNT}[3:0]}$ (see Table 11).
7	Power-down between each recording. 1 = enabled.
[6:4]	Not used (don't care).
[3:2]	Storage method. 00 = none, 01 = alarm trigger, 10 = all, 11 = N/A.
[1:0]	Recording mode. 00 = manual FFT, 01 = automatic FFT, 10 = manual time capture, 11 = real-time sampling/data access.

マニュアル FFT モード

デバイスをマニュアル FFT モードにするには、REC_CTRL1[1:0]=00 に設定します。次に、スタート・コマンドを使用してスペクトル・レコードの生成をトリガします。デバイスがスペクトル・レコードを収集しているとき、ビジー・インジケータ (出荷時設定 DIO1) を使用して外部プロセッサの割り込みサービス・ラインを駆動します。これによって、プロセス完了後にデータ収集を開始できます。DIAG_STAT は、デバイスがコマンドを処理しているときに SPI が読み出すことができる唯一のレジスタです。このレジスタを読み出すと、デバイスがビジー状態であれば 0x00、データに外部アクセスできるようになっていれば 0x80 を返します。スペクトル・レコードが終了すると、デバイスは新たなスタート・コマンド待機状態となります。

自動 FFT モード

デバイスを自動 FFT モードにするには、REC_CTRL1[1:0]=01 に設定します。各スペクトル・レコードの生成周期を設定するには、REC_PRD レジスタ (表 10 を参照) を使用します。次に、スタート・コマンドを使用してスペクトル・レコードの周期的収集をトリガします。たとえば、トリガ周期を 10 時間に設定するには、REC_PRD=0x020A (DIN=0x9E0A、0x9F02) に設定します。

表 10. REC_PRD (ベース・アドレス = 0x1E)、読み出し/書き込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:10]	Not used (don't care)
[9:8]	Scale for data bits 00 = 1 second/LSB, 01 = 1 minute/LSB, 10 = 1 hour/LSB
[7:0]	Data bits, binary format; range = 0 to 255

マニュアル・タイム・キャプチャ・モード

デバイスをマニュアル・タイム・キャプチャ・モードにするには、REC_CTRL1[1:0]=10 に設定します。次に、マニュアル・トリガを使用してデータ収集サイクルを開始します。デバイスがこのモードで動作しているとき、時間領域データの 512 個のサンプルが各軸のバッファにロードされます。このデータは、FFT 前段の窓関数以外のすべての時間領域信号処理を終えてから、ユーザー・アクセス用のデータ・バッファにロードされます。マニュアル・トリガ・オプションは、マニュアル FFT モード (SPI、I/O) の場合と同じです。

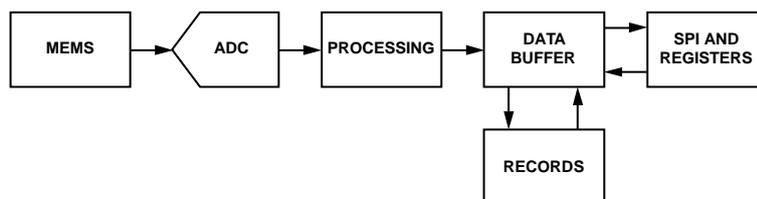


図 13. 簡略ブロック図

リアルタイム・モード

デバイスをリアルタイム・モードにするには、REC_CTRL1[1:0]=11に設定します。このモードでは、デバイスは、20.48 kSPSのレートで1軸だけをサンプリングし、AVG_CNT[3:0] (表 11を参照)のSR0サンプル・レート設定で出力レジスタにデータを供給します。このモードで測定する軸を選択するには、該当するレジスタを読み出します。たとえば、x軸を選択するには、DIN=0x1400を用いてX_BUFを読み出します。X_BUFレジスタの詳細については、表 49、表 50、または表 51を参照してください。リアルタイム・データへの外部アクセスを管理するには、DIO1 (15番ピン)を使用します。たとえば、外部プロセッサでサービス・ルーチンを実行するための割り込みラインのドライブに、この信号を利用できます。

スペクトル・レコードの生成

ADIS16228は、全3軸データの時間レコードを取り、さらに各時間レコードに対してFFTプロセスのスケール、窓関数設定、FFT実行を経て、スペクトル・レコードを生成します。このプロセスはプログラマブルなFFT平均数で繰り返し行われ、各サイクルのFFTの結果はデータ・バッファに蓄積されます。選択されたサイクル数が完了した後、FFT平均処理プロセスは、データ・バッファの内容をスケールアップすることによって完了します。その後、データ・バッファの内容をSPIや出力データ・レジスタにて確認できるようになります。

サンプル・レート／フィルタリング

各軸のサンプル・レートは20.48 kSPSです。内部ADCは、データの記録全体で均等にデータを分布させる時間インターリーブ・パターン (x1、y1、z1、x2、y2...) で3軸をすべてサンプリングします。平均処理／デシメーション・フィルタは、時間レコードの最終的なサンプル・レートを制御します。このフィルタは、時間領域データの平均処理とデシメーションによって、下位帯域幅のスペクトル・レコードを中心とすることができます。これによって、各FFT周波数ビンで高い周波数分解能が得られます。AVG_CNT (表 11を参照)は、REC_CTRL1[11:8]に4つの異なるサンプル・レート・オプション (SRx、表 9を参照)を設定します。マニュアルFFT、自動FFT、マニュアル・タイム・キャプチャの各モードを使用するとき、4つのオプションをすべて使用できます。デバイスがいずれかのマニュアル・モードのとき、複数のサンプル・レート・オプションが有効になると、デバイスは、最小の数から始めて、一度に1つずつSRxに対するスペクトル・レコードを生成します。1つのSRxオプションに対するスペクトル・レコードが完了した後、新たなスタート・コマンドを待機し、

REC_CTRL1[11:8]で有効にされた次のSRxオプションに対するスペクトル・レコードを生成します。デバイスが自動FFTモードのとき、複数のサンプル・レート・オプションが有効になると、1つのSRxオプションに対するスペクトル・レコードを生成してから、REC_PRDレジスタ (表 10を参照)の時間設定に基づいて発生する次の自動トリガを待機します。複数のSRxオプションによってデータ収集とスペクトル・レコード生成がどのように変わるかについては、図 15を参照してください。リアルタイム・モードのとき、出力データレートはSR0の設定を反映します。

表 12は、AVG_CNTレジスタ (表 11を参照)で利用できるSRx設定の一覧と、それに対応するサンプル・レート、FFTビン幅、帯域幅、ノイズの推定値です。なお、各SRxの設定には、REC_CTRL2レジスタ (表 14を参照)の範囲設定と、FFT_AVG1およびFFT_AVG2レジスタ (それぞれ表 19と表 20を参照)のFFT平均処理設定が関連しています。

表 11. AVG_CNT (ベース・アドレス = 0x3A)、読み出し/書き込み

Bits	Description (Default = 0x9630)
[15:12]	Sample Rate Option 3, binary (0 to 10), SR3 option sample rate = 20,480 ÷ 2 ^{AVG_CNT[15:12]}
[11:8]	Sample Rate Option 2, binary (0 to 10), SR2 option sample rate = 20,480 ÷ 2 ^{AVG_CNT[11:8]}
[7:4]	Sample Rate Option 1, binary (0 to 10), SR1 option sample rate = 20,480 ÷ 2 ^{AVG_CNT[7:4]}
[3:0]	Sample Rate Option 0, binary (0 to 10), SR0 option sample rate = 20,480 ÷ 2 ^{AVG_CNT[3:0]}

表 12. サンプル・レートの設定とフィルタ性能

SRx Option	Sample Rate, f _s (SPS)	Bin Width (Hz)	Bandwidth (Hz)	Peak Noise per Bin (mg)
0	20,480	40	10,240	5.18
1	10,240	20	5120	3.66
2	5120	10	2560	2.59
3	2560	5	1280	1.83
4	1280	2.5	640	1.29
5	640	1.250	320	0.91
6	320	0.625	160	0.65
7	160	0.313	80	0.46
8	80	0.156	40	0.32
9	40	0.078	20	0.23
10	20	0.039	10	0.16

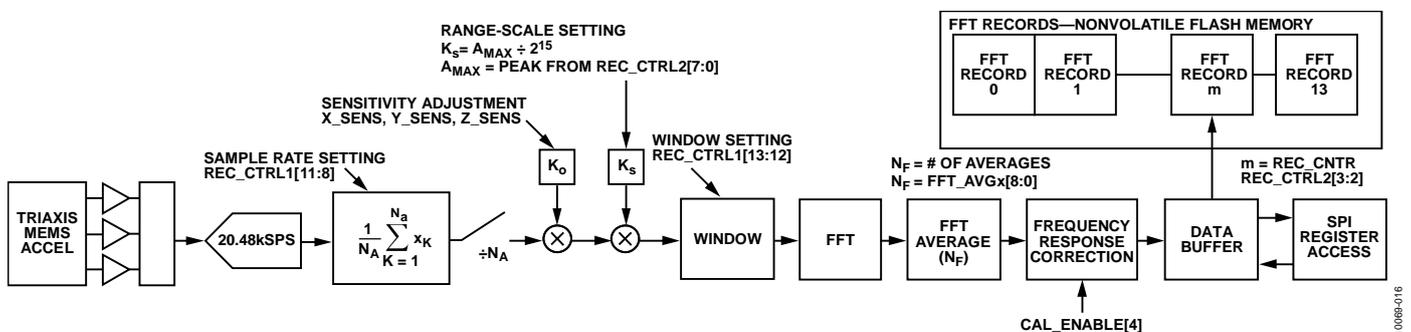
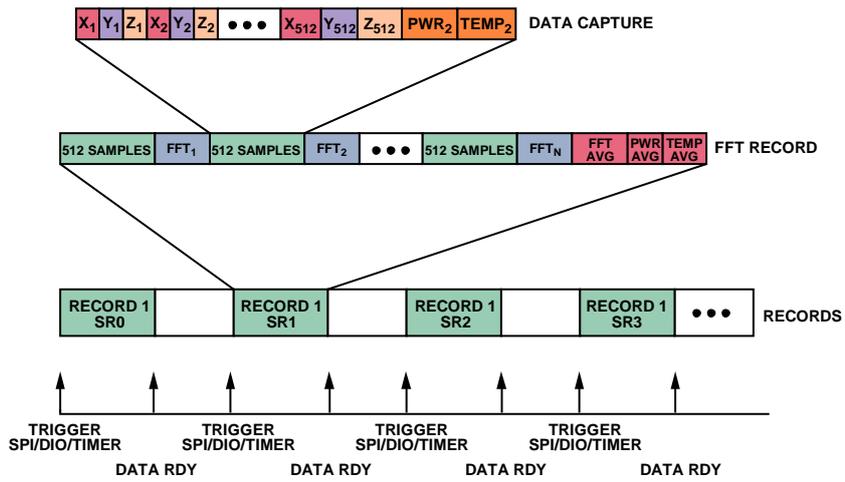


図 14. 信号フロー図、REC_CTRL1[1:0] = 00 または 01、FFT 解析モード



10089-021

図 15. スペクトル・レコードの生成 (すべての SRx 設定が有効)

ダイナミック・レンジ／感度

ADIS16228 加速度センサーのレンジは、振動の周波数に依存します。この加速度センサーは 5.5 kHz の自己共振周波数を持ち、シグナル・コンディショニング回路は、その応答に対して単極ローパス・フィルタ (2.5 kHz) を適用します。図 16 に示すように、加速度センサーの自己共振動作は、振動周波数とダイナミック・レンジの関係に影響します。ここでは、各周波数にサイン波の振動特性が存在すると想定し、ピーク入力振幅に対する応答を示しています。図 17 に示すように、加速度センサー共振とローパス・フィルタも振幅応答に影響します。

周波数応答補正

CAL_ENABLE レジスタには、周波数応答の平坦性 (5%) を最大 5 kHz まで拡張する振幅／周波数補正のためのオン／オフ・コントロール・ビットがあります。この機能を有効にし、図 18 に示すような振幅／周波数応答を生成するには、CAL_ENABLE[4]=1 (DIN=0xFA10) に設定します。この補正を解除し、図 17 に示す曲線を反映する応答を使用するには、CAL_ENABLE[4] = 0 に設定します。なお、この操作によってセンサーのダイナミック・レンジは拡張しませんが、スペクトル・アラームの閾値設定やその他の後処理ルーチンを簡素化できます。

表 13. CAL_ENABLE (ベース・アドレス = 0x7A)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x00FF)
[15:5]	Not used (don't care)
4	Frequency/flatness calibration enable 1 = enable (see Figure 18) 0 = disable (see Figure 17)
[3:0]	Not used (don't care)

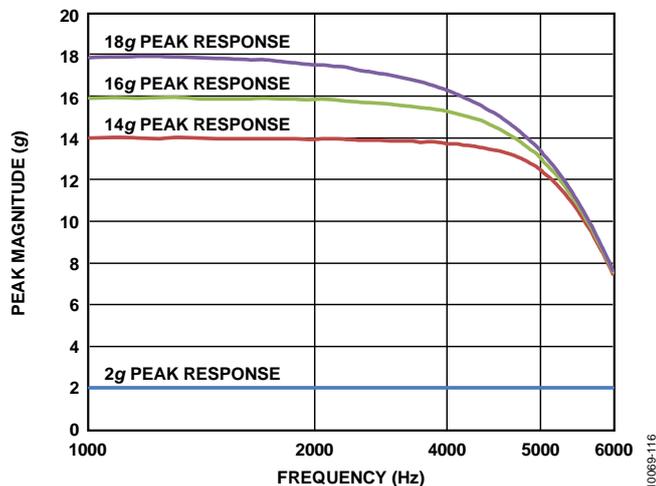


図 16. ピーク振幅 対 周波数

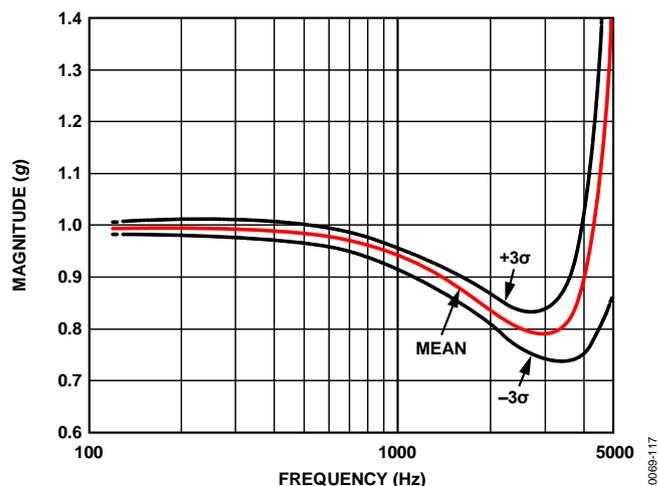


図 17. 振幅／周波数応答 (CAL_ENABLE[4] = 0)

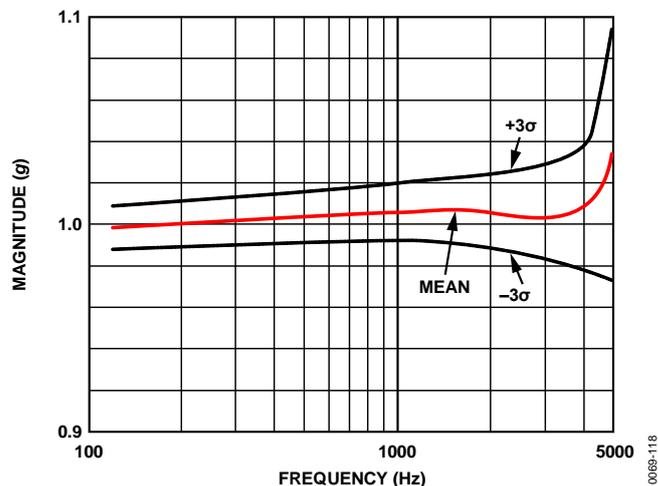


図 18. 振幅／周波数応答 (CAL_ENABLE[4] = 1)

ダイナミック・レンジの設定

REC_CTRL2 (表 14 を参照) では、各サンプル・レート・オプション (SRx) に関連する 4 つのレンジ設定ができます。REC_CTRL2 から読み出すレンジ・オプションは、低周波数範囲での最大ダイナミック・レンジを表しており、高周波数範囲でのレンジの減少は考慮に入れておりません (図 16 を参照)。たとえば、SR2 サンプル・レート・オプションでピーク加速度 (A_{MAX}) を 10 g に設定するには、REC_CTRL2[5:4] = 10 (DIN = 0x9C20) に設定します。このような設定は、振幅の小さい振動を監視するときに FFT の精度と感度を最適化するのに役立ちます。この段で表 14 のレンジ設定ごとに時間領域データをスケールリングすることで、最大値を 2^{15} LSB (時間領域データの場合) と 2^{16} LSB (周波数領域データの場合) にします。

なお、各設定の最大レンジは、記載された最大値より 1 LSB だけ小さくなります。たとえば、周波数領域解析のコードの最大数は、 $2^{16}-1$ 、つまり 65,535 です。たとえば、いずれかの FFT モードで 1 g のレンジ設定を使用するとき、最大測定値は、1 g の $2^{16}-1$ 倍を 2^{16} で割った値になります。各設定に関連する分解能については表 15、信号フロー図におけるこの動作の場所については図 14 を参照してください。リアルタイム・モードでは、自動的に 20 g のレンジ設定を使用します。

表 14. REC_CTRL2 (ベース・アドレス = 0x1C)、読み出し/書き込み

Bits	Description (Default = 0x00FF)
[15:8]	Not used (don't care)
[7:6]	Measurement range, SR3 00 = 1 g, 01 = 5 g, 10 = 10 g, 11 = 20 g
[5:4]	Measurement range, SR2 00 = 1 g, 01 = 5 g, 10 = 10 g, 11 = 20 g
[3:2]	Measurement range, SR1 00 = 1 g, 01 = 5 g, 10 = 10 g, 11 = 20 g
[1:0]	Measurement range, SR0 00 = 1 g, 01 = 5 g, 10 = 10 g, 11 = 20 g

表 15. レンジ設定と LSB 重み

Range Setting (g) (REC_CTRL2[5:4])	Time Mode (mg/LSB)	FFT Mode (mg/LSB)
0 to 1	0.0305	0.0153
0 to 5	0.1526	0.0763
0 to 10	0.3052	0.1526
0 to 20	0.6104	0.3052

スケール調整

x_SENS レジスタ (表 16、表 17、表 18 を参照) では、各軸のスケールの微調整ができます。次の式は、測定値と理想値を使用して各レジスタのスケール係数を LSB 単位で計算する方法です。

$$SCFx = \left[\frac{a_{XI}}{a_{XM}} - 1 \right] \times 2^{18}$$

ここで、

a_{XI} は理想の x 軸値です。

a_{XM} は実際の x 軸測定値です。

これらのレジスタには、工場キャリブレーション・プロセス由来する補正係数が格納されています。キャリブレーション・プロセスでは、加速度センサー出力を 4 つの異なる方向について記録し、各レジスタの補正係数を計算します。

これらのレジスタは、インシステム調整用の書き込みアクセスにもなります。重力は、この種の補正プロセスの一般的な入力となります。測定に対するオフセットの影響を小さくするには、+1 g と -1 g の 2 つの向きを使用します。この場合、理想の測定値は 2 g であり、+1 g と -1 g の異なる向きの加速度センサー測定値の差です。出荷時設定の値は、フラッシュ・メモリに保存されており、GLOB_CMD[3] = 1 (DIN = 0xBE04) の設定によって復元できます (表 64 を参照)。

表 16. X_SENS (ベース・アドレス = 0x02)、読み出し/書き込み

Bits	Description (Default = N/A)
[15:0]	X-axis scale correction factor (SCFx), twos complement

表 17. Y_SENS (ベース・アドレス = 0x04)、読み出し/書き込み

Bits	Description (Default = N/A)
[15:0]	Y-axis scale correction factor (SCFy), twos complement

表 18. Z_SENS (ベース・アドレス = 0x06)、読み出し/書き込み

Bits	Description (Default = N/A)
[15:0]	Z-axis scale correction factor (SCFz), twos complement

FFT 前段窓関数

REC_CTRL1[13:12]では、時間データの FFT 前段窓関数を 3 つのタイプから選べます。たとえば、周波数ビン間でピークの最高の振幅分解能が得られ、ピーク振幅の広がりを抑えるハンニング窓関数を使用するには、REC_CTRL1[13:12] = 01 に設定します。振動監視で一般的に使用される矩形窓関数とフラットトップ窓関数も選ぶことができます。フラットトップ窓関数では、正確な振幅分解能が得られますが、ピーク振幅が広がるという欠点があります。

FFT

FFT プロセスは、512 サンプルの各時間レコードを、振幅対周波数のデータを提供する 256 ポイントのスペクトル・レコードに変換します。

FFT 平均処理

FFT 平均処理機能は、複数の FFT レコードを合計することによって FFT ノイズ・フロアの変動を低減し、低い振動レベルを検出できるようにします。REC_CTRL1 レジスタの各 SRx オプションにはそれぞれ FFT 平均制御があり、最終的な FFT レコードを生成するために平均化する FFT レコードの数を設定します。この機能を有効にするには、REC_CTRL1 レジスタで有効にされた各 SRx オプションについて平均する数を FFT_AVGx レジスタに書き込みます。たとえば、SR2 サンプル・レート・オプションに対して FFT 平均の数を 16、SR3 サンプル・レート・オプションに対して 1024 に設定するには、FFT_AVG2[8:0] = 0x4A (DIN = 0x9E4A) に設定します。

表 19. FFT_AVG1 (ベース・アドレス=0x0C)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0108)
[15:8]	FFT averages for a single record, SR1 sample rate, N_F in Figure 14; range = 1 to 255, binary
[7:0]	FFT averages for a single record, SR0 sample rate, N_F in Figure 14; range = 1 to 255, binary

表 20. FFT_AVG2 (ベース・アドレス=0x0E)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0101)
[15:8]	FFT averages for a single record, SR3 sample rate, N_F in Figure 14; range = 1 to 255, binary
[7:0]	FFT averages for a single record, SR2 sample rate, N_F in Figure 14; range = 1 to 255, binary

記録時間

自動 FFT モードを使用するとき、自動記録期間 (REC_PRD) は総記録時間よりも大きい値にする必要があります。記録時間を計算するには、次の式を使用します。

マニュアル・タイム・モード

$$t_R = t_S + t_{PT} + t_{ST} + t_{AST}$$

$$t_S = (512/20480) \times 2^{AVG_CNT}$$

なお、この式の中の変数 AVG_CNT は、AVG_CNT レジスタ (表 11 を参照) の該当する 4 ビットの 10 進数等価値です。

FFT モード

$$t_R = N_F \times (t_S + t_{PT} + t_{FFT}) + t_{ST} + t_{AST}$$

表 21 に、これらの式に使用する処理時間と設定の一覧を示します。

表 21. 代表的な処理時間

Function	Time (ms)
Processing Time, t_{PT}	18.7
FFT Time, t_{FFT}	32.7
Number of FFT Averages, N_F	Per FFT_AVG1, FFT_AVG2
Storage Time, t_{ST}	120.0
Alarm Scan Time, t_{AST}	2.21

ストレージ時間 (t_{ST}) が適用されるのは、REC_CTRL1[3:2] でストレージ方法が選択された場合だけです (レコード・ストレージ設定の詳細については、表 9 を参照)。アラーム・スキャン時間 (t_{AST}) が適用されるのは、ALM_CTRL[4:0] でアラームが有効にされた場合だけです (詳細については、表 26 を参照)。これらの動作のステータスについて DIO1 を使って監視することができないシステムの場合は、記録時間を把握していれば、いつデータが使用可能になるか予測することができます。なお、自動 FFT モードを使用するときは、自動記録期間 (REC_PRD) を総記録時間よりも長くする必要があります。

データ・レコード

ADIS16228 の処理が終わった FFT データは、データ・バッファに格納され、SPI と x_BUF レジスタ (表 49～表 51 を参照) を使って外部からアクセスできるようになります。REC_CTRL1[3:2] (表 9 を参照) は、不揮発性フラッシュ・メモリ領域にある FFT レコードにバッファ・データを書き込むときのプログラマブルな条件を設定します。アラーム条件を満たした場合のみ、データ・バッファのデータをフラッシュ・メモリ・レコードに保存するには REC_CTRL1[3:2] = 01 に設定します。あらゆる FFT データ・セットをフラッシュ・メモリ領域に保存するには、REC_CTRL1[3:2] = 10 に設定します。フラッシュ・メモリ・レコードには、合計 14 のレコードのスペースがあります。フラッシュ・メモリに保存する各レコードには、ヘッダと、3 軸 (x、y、z) の周波数領域 (FFT) データが含まれます。14 のレコードがすべて一杯になると、フラッシュ・メモリに新しいレコードをロードすることはできません。REC_CNTR レジスタ (表 22 を参照) は、保存されているレコード数の現在のカウントを提供します。フラッシュ・メモリ内の全レコードをクリアするには、GLOB_CMD[8] = 1 (DIN = 0xBF01) に設定します。

表 22. REC_CNTR (ベース・アドレス=0x78)、読出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:5]	Not used
[4:0]	Total number of records taken; range = 0 to 14, binary

自動トリガ・モードとレコード・ストレージと組み合わせて使用した場合、各サンプル・レート・オプションの FFT 解析で入力する必要はありません。FFT 平均の数によっては、各サンプル・レート選択間の時間がきわめて長くなることもあります。なお、複数のサンプル・レートを選択すると、表 23 に示すように、サンプル・レートの設定ごとに使用可能なレコード数が減少します。

表 23. 選択したサンプル・レートごとの使用可能なレコード数

Number of Sample Rates Selected	Available Records
1	14
2	7
3	4
4	3

FFT レコードのフラッシュ書換え回数

14 個のレコードすべてに FFT データが格納されると、REC_FLSH_CNT レジスタ (表 24 を参照) の値がインクリメントします。

表 24. REC_FLSH_CNT (ベース・アドレス = 0x5E)、読出し専用

Bits	Description
[15:0]	Flash write cycle count; record data only, binary

スペクトル・アラーム

アラーム機能では、アラーム検出用に 6 つのスペクトル帯域を利用できます。各スペクトル帯域には、上方と下方の周波数定義とともに、加速度センサー軸ごとに 2 つの異なるトリガ閾値（アラーム 1 とアラーム 2）があります。表 25 に、アラーム機能の設定に用いられる各レジスタの概要を示します。

表 25. アラーム機能レジスタの概要

Register	Address	Description
ALM_F_LOW	0x20	Alarm frequency band, lower limit
ALM_F_HIGH	0x22	Alarm frequency band, upper limit
ALM_X_MAG1	0x24	X-Axis Alarm Trigger Level 1 (warning)
ALM_Y_MAG1	0x26	Y-Axis Alarm Trigger Level 1 (warning)
ALM_Z_MAG1	0x28	Z-Axis Alarm Trigger Level 1 (warning)
ALM_X_MAG2	0x2A	X-Axis Alarm Trigger Level 2 (fault)
ALM_Y_MAG2	0x2C	Y-Axis Alarm Trigger Level 2 (fault)
ALM_Z_MAG2	0x2E	Z-Axis Alarm Trigger Level 2 (fault)
ALM_PNTR	0x30	Alarm pointer
ALM_S_MAG	0x32	System alarm trigger level
ALM_CTRL	0x34	Alarm configuration
DIAG_STAT	0x3C	Alarm status
ALM_X_STAT	0x40	X-axis alarm status
ALM_Y_STAT	0x42	Y-axis alarm status
ALM_Z_STAT	0x44	Z-axis alarm status
ALM_X_PEAK	0x46	X-axis alarm peak
ALM_Y_PEAK	0x48	Y-axis alarm peak
ALM_Z_PEAK	0x4A	Z-axis alarm peak
ALM_X_FREQ	0x70	X-axis alarm frequency of peak alarm
ALM_Y_FREQ	0x72	Y-axis alarm frequency of peak alarm
ALM_Z_FREQ	0x74	Z-axis alarm frequency of peak alarm

ALM_CTRL レジスタ（表 26 を参照）には、各軸のスペクトル・アラームを有効にするコントロール・ビットがあり、システム・アラームを設定し、スペクトル・アラームの記録遅延を設定し、DIAG_STAT エラー・フラグ（表 65 を参照）のクリア機能を設定します。

表 26. ALM_CTRL（ベース・アドレス = 0x34）、読み出し/書き込み

Bits	Description (Default = 0x0080)
[15:12]	Not used.
[11:8]	Response delay; range = 0 to 15. Represents the number of spectral records for each spectral alarm before a spectral alarm flag is set high.
7	Latch DIAG_STAT error flags. Requires a clear status command (GLOB_CMD[4]) to reset the flags to 0. 1 = enabled, 0 = disabled.
6	Enable DIO1 as an Alarm 1 output indicator and enable DIO2 as an Alarm 2 output indicator. 1 = enabled.
5	System alarm comparison polarity. 1 = trigger when less than ALM_S_MAG[11:0]. 0 = trigger when greater than ALM_S_MAG[11:0].
4	System alarm. 1 = temperature, 0 = power supply.
3	Alarm S enable (ALM_S_MAG). 1 = enabled, 0 = disabled.
2	Alarm Z enable (ALM_Z_MAG). 1 = enabled, 0 = disabled.
1	Alarm Y enable (ALM_Y_MAG). 1 = enabled, 0 = disabled.
0	Alarm X enable (ALM_X_MAG). 1 = enabled, 0 = disabled.

アラーム定義

アラーム機能では、図 19 に示すように、6 つのプログラマブルなスペクトル帯域を利用できます。各スペクトル・アラーム帯域には、すべてのサンプル・レート・オプション（SRx）に対して下方と上方の周波数定義があります。また、2 つの独立したトリガ・レベル設定もあり、警告と異常の状態インジケータを評価するシステムに便利です。

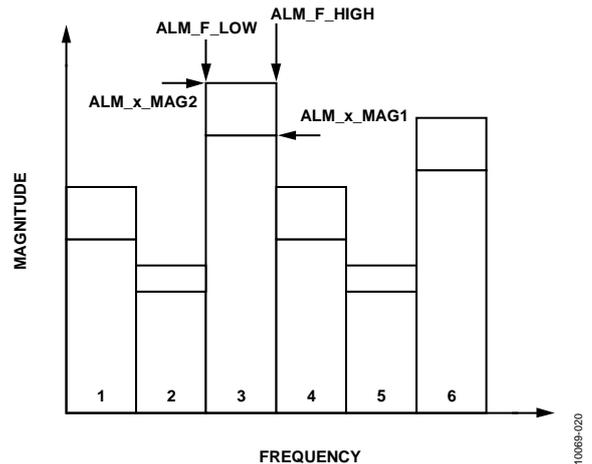


図 19. スペクトル帯域のアラーム設定例（ALM_PNTR = 0x03）

設定するスペクトル帯域を選択するには、その番号（1～6）を ALM_PNTR[2:0]（表 27 を参照）に書き込みます。次に、ALM_PNTR[9:8]を使用してサンプル・レート・オプションを選択します。この数値は 2 進数であり、REC_CTRL1[11:8]（表 9 を参照）に関連付けられた SRx サンプル・レート・オプションの x に対応します。たとえば、アラーム・スペクトル帯域 5 を選択するには ALM_PNTR[7:0] = 0x05（DIN = 0xB005）に設定し、SR2 サンプル・レート・オプションを選択するには ALM_PNTR[15:8] = 0x02（DIN = 0xB102）に設定します。

表 27. ALM_PNTR（ベース・アドレス = 0x30）、読み出し/書き込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:10]	Not used
[9:8]	Sample rate option; range = 0 to 3 for SR0 to SR3
[7:3]	Not used
[2:0]	Spectral band number; range = 1 to 6

アラーム帯域の定義

スペクトル帯域とサンプル・レートを設定した後、ALM_F_LOW レジスタ（表 28 を参照）と ALM_F_HIGH レジスタ（表 29 を参照）にビン番号を書き込むことによって、下方と上方の周波数境界を設定します。周波数をこの定義に使用するビン番号に変換するには、表 12 のビン幅の定義を使用します。サンプル・レート設定に関連するビン幅で周波数を割って、ビン番号を計算します。たとえば、サンプル・レートが 5120 Hz で、下方の帯域周波数が 400 Hz の場合、その数値を 10 Hz のビン幅で割ると、40 番というビン番号が下方の帯域の設定として得られます。次に、ALM_F_LOW[7:0] = 0x28（DIN = 0xA028）に設定して、5120 SPS のサンプル・レート設定に対する下方の周波数を 400 Hz とします。

表 28. ALM_F_LOW (ベース・アドレス = 0x20)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:8]	Not used
[7:0]	Lower frequency, bin number; range = 0 to 255

表 29. ALM_F_HIGH (ベース・アドレス = 0x22)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:8]	Not used
[7:0]	Upper frequency, bin number; range = 0 to 255

アラーム・トリガ設定

ALM_x_MAG1 レジスタと ALM_x_MAG2 レジスタ (表 30~表 35 を参照) では、全 3 軸の加速度データに対して 2 つの独立したトリガを設定できます。これらのレジスタで使用するデータ・フォーマットは、REC_CTRL2 レジスタ (表 14 を参照) のレンジ設定と REC_CTRL1[1:0] (表 9 を参照) の記録モードによって決まります。たとえば、FFT 解析に 0g~1g のモードを使用するとき、500 mg に最も近い設定は 32,768 LSB です。したがって、FFT レコードに REC_CTRL2 の 0g~1g のレンジ・オプションを使用するときは、ALM_Y_MAG2 = 0x8000 (DIN = 0xAD80、0xAC00) に設定して、異常アラームを 500 mg に設定します。各トリガ・レベルのフォーマットの詳細については、表 14 と表 15 を参照してください。なお、アラーム 2 に関連するトリガ設定は、アラーム 1 のトリガ設定よりも大きい値にする必要があります。つまり、アラームの大きさを設定するときは、以下の基準に従ってください。

ALM_X_MAG2 > ALM_X_MAG1
ALM_Y_MAG2 > ALM_Y_MAG1
ALM_Z_MAG2 > ALM_Z_MAG1

表 30. ALM_X_MAG1 (ベース・アドレス = 0x24)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	X-axis Alarm Trigger Level 1, 16-bit unsigned (see Table 14 and Table 15 for the scale factor)

表 31. ALM_Y_MAG1 (ベース・アドレス = 0x26)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	Y-axis Alarm Trigger Level 1, 16-bit unsigned (see Table 14 and Table 15 for the scale factor)

表 32. ALM_Z_MAG1 (ベース・アドレス = 0x28)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	Z-axis Alarm Trigger Level 1, 16-bit unsigned (see Table 14 and Table 15 for the scale factor)

表 33. ALM_X_MAG2 (ベース・アドレス = 0x2A)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	X-axis Alarm Trigger Level 2, 16-bit unsigned (see Table 14 and Table 15 for the scale factor)

表 34. ALM_Y_MAG2 (ベース・アドレス = 0x2C)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	Y-axis Alarm Trigger Level 2, 16-bit unsigned (see Table 14 and Table 15 for the scale factor)

表 35. ALM_Z_MAG2 (ベース・アドレス = 0x2E)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	Z-axis Alarm Trigger Level 2, 16-bit unsigned (see Table 14 and Table 15 for the scale factor)

表 36. ALM_S_MAG (ベース・アドレス = 0x32)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	System alarm trigger level, data format matches target from ALM_CTRL[4]

イネーブル・アラーム設定

スペクトル・アラーム・レジスタを設定する前に、GLOB_CMD[9] = 1 (DIN = 0xBF02) に設定して現在の内容をクリアします。スペクトル・アラームの帯域を定義した後、GLOB_CMD[12] = 1 (DIN = 0xBF10) に設定して、その設定を保存します。これらのメモリが書き込み済みの場合、デバイスは保存コマンドを無視します。

アラーム・インジケータ信号

DIO_CTRL[5:2] (表 66 を参照) と ALM_CTRL[6] (表 26 を参照) は、DIO1 と DIO2 を専用のアラーム出力インジケータ信号として設定するための制御を提供します。DIO1 や DIO2 にアラーム機能を設定するには DIO_CTRL[5:2] を使用します。次に、ALM_CTRL[6] = 1 に設定すると、DIO1 はアラーム 1 インジケータ、DIO2 はアラーム 2 インジケータとして機能します。これによって、DIO1 でアラーム 1 (警告) 状態を示し、DIO2 でアラーム 2 (異常) 状態を示すように設定されます。

アラーム・フラグと状態

FFT ヘッダ (表 58 を参照) には、一般的なアラーム・フラグ (DIAG_STAT[13:8]; 表 65 を参照) とスペクトル帯域固有のアラーム・フラグ (ALM_x_STAT; 表 37、表 38、表 39 を参照) があります。FFT ヘッダには、レコード内で最大の振幅をもつレコードに関連する振幅 (ALM_x_PEAK; 表 40、表 41、表 42 を参照) と周波数情報 (ALM_x_FREQ; 表 43、表 44、表 45 を参照) も含まれます。

アラーム・ステータス

ALM_x_STAT レジスタ (表 37、表 38、表 39 を参照) は、現在のサンプル・レート・オプションにおける各スペクトル帯域のアラーム・ビットを提供します。

表 37. ALM_X_STAT (ベース・アドレス = 0x40)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
15	Alarm 2 on Band 6; 1 = alarm set, 0 = no alarm
14	Alarm 1 on Band 6; 1 = alarm set, 0 = no alarm
13	Alarm 2 on Band 5; 1 = alarm set, 0 = no alarm
12	Alarm 1 on Band 5; 1 = alarm set, 0 = no alarm
11	Alarm 2 on Band 4; 1 = alarm set, 0 = no alarm
10	Alarm 1 on Band 4; 1 = alarm set, 0 = no alarm
9	Alarm 2 on Band 3; 1 = alarm set, 0 = no alarm
8	Alarm 1 on Band 3; 1 = alarm set, 0 = no alarm
7	Alarm 2 on Band 2; 1 = alarm set, 0 = no alarm
6	Alarm 1 on Band 2; 1 = alarm set, 0 = no alarm
5	Alarm 2 on Band 1; 1 = alarm set, 0 = no alarm
4	Alarm 1 on Band 1; 1 = alarm set, 0 = no alarm
3	Not used
[2:0]	Most critical alarm condition, spectral band; range = 1 to 6

表 38. ALM_Y_STAT (ベース・アドレス = 0x42)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
15	Alarm 2 on Band 6; 1 = alarm set, 0 = no alarm
14	Alarm 1 on Band 6; 1 = alarm set, 0 = no alarm
13	Alarm 2 on Band 5; 1 = alarm set, 0 = no alarm
12	Alarm 1 on Band 5; 1 = alarm set, 0 = no alarm
11	Alarm 2 on Band 4; 1 = alarm set, 0 = no alarm
10	Alarm 1 on Band 4; 1 = alarm set, 0 = no alarm
9	Alarm 2 on Band 3; 1 = alarm set, 0 = no alarm
8	Alarm 1 on Band 3; 1 = alarm set, 0 = no alarm
7	Alarm 2 on Band 2; 1 = alarm set, 0 = no alarm
6	Alarm 1 on Band 2; 1 = alarm set, 0 = no alarm
5	Alarm 2 on Band 1; 1 = alarm set, 0 = no alarm
4	Alarm 1 on Band 1; 1 = alarm set, 0 = no alarm
3	Not used
[2:0]	Most critical alarm condition, spectral band; range = 1 to 6

表 39. ALM_Z_STAT (ベース・アドレス = 0x44)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
15	Alarm 2 on Band 6; 1 = alarm set, 0 = no alarm
14	Alarm 1 on Band 6; 1 = alarm set, 0 = no alarm
13	Alarm 2 on Band 5; 1 = alarm set, 0 = no alarm
12	Alarm 1 on Band 5; 1 = alarm set, 0 = no alarm
11	Alarm 2 on Band 4; 1 = alarm set, 0 = no alarm
10	Alarm 1 on Band 4; 1 = alarm set, 0 = no alarm
9	Alarm 2 on Band 3; 1 = alarm set, 0 = no alarm
8	Alarm 1 on Band 3; 1 = alarm set, 0 = no alarm
7	Alarm 2 on Band 2; 1 = alarm set, 0 = no alarm
6	Alarm 1 on Band 2; 1 = alarm set, 0 = no alarm
5	Alarm 2 on Band 1; 1 = alarm set, 0 = no alarm
4	Alarm 1 on Band 1; 1 = alarm set, 0 = no alarm
3	Not used
[2:0]	Most critical alarm condition, spectral band; range = 1 to 6

ワーストケースの状態監視

ALM_x_PEAK レジスタ (表 40、表 41、表 42 を参照) には、各軸のワーストケースのアラーム条件に対するピーク振幅があります。ALM_x_FREQ レジスタ (表 43、表 44、表 45 を参照) には、ワーストケースのアラーム条件に対する周波数ビン番号があります。

表 40. ALM_X_PEAK (ベース・アドレス = 0x46)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	Alarm peak, x-axis, accelerometer data format

表 41. ALM_Y_PEAK (ベース・アドレス = 0x48)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	Alarm peak, y-axis, accelerometer data format

表 42. ALM_Z_PEAK (ベース・アドレス = 0x4A)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	Alarm peak, z-axis, accelerometer data format

表 43. ALM_X_FREQ (ベース・アドレス = 0x70)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:8]	Not used
[7:0]	Alarm frequency for x-axis peak alarm level, FFT bin number; range = 0 to 255

表 44. ALM_Y_FREQ (ベース・アドレス = 0x72)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:8]	Not used
[7:0]	Alarm frequency for y-axis peak alarm level, FFT bin number; range = 0 to 255

表 45. ALM_Z_FREQ (ベース・アドレス = 0x74)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:8]	Not used
[7:0]	Alarm frequency for z-axis peak alarm level, FFT bin number; range = 0 to 255

出力データの読出し

ADIS16228 は、3 軸 (x、y、z) の振動データをサンプリング、処理して、データ・バッファと FFT レコード (選択された場合) に保存します。マニュアル・タイム・キャプチャ・モードでは、各軸のレコードは 512 個のサンプルを含みます。マニュアルおよび自動 FFT モードでは、各レコードは、軸ごとに 256 ポイントの FFT 結果を含みます。表 46 は、センサーの処理済みデータへのアクセスを提供するレジスタの概要です。

表 46. 出力データ・レジスタ

Register	Address	Description
TEMP_OUT	0x08	Internal temperature
SUPPLY_OUT	0x0A	Internal power supply
BUF_PNTR	0x10	Data buffer index pointer
REC_PNTR	0x12	FFT record index pointer
X_BUF	0x14	X-axis accelerometer buffer
Y_BUF	0x16	Y-axis accelerometer buffer
Z_BUF	0x18	Z-axis accelerometer buffer
GLOB_CMD	0x3E	FFT record retrieve command
TIME_STAMP_L	0x4C	Time stamp, lower word
TIME_STAMP_H	0x4E	Time stamp, upper word
REC_INFO1	0x6E	FFT record header information
REC_INFO2	0x76	FFT record header information

データ・バッファからのデータ読出し

スペクトル・レコードを完了し、各データ・バッファを更新した後、ADIS16228 は、各データ・バッファからの最初のデータ・サンプルを x_BUF レジスタ (表 49、表 50、表 51 を参照) にロードし、BUF_PNTR レジスタ (表 47 を参照) のバッファ・インデックス・ポインタを 0x0000 に設定します。インデックス・ポインタは、x_BUF レジスタにロードされるデータ・サンプルを決定します。たとえば、BUF_PNTR レジスタ (DIN = 0x9100、DIN = 0x909F) に 0x009F を書き込むと、各データ・バッファ位置における 160 番目のサンプルが x_BUF レジスタにロードされます。インデックス・ポインタは x_BUF 読出しのたびにインクリメントし、次の保存データのセットが自動的に各キャプチャ・バッファ・レジスタにロードされます。これによって、BUF_PNTR レジスタを操作することなく、順次読出しコマンドを用いて、レコード内の 256 個のサンプルをすべて効率的に読み出すことができます。

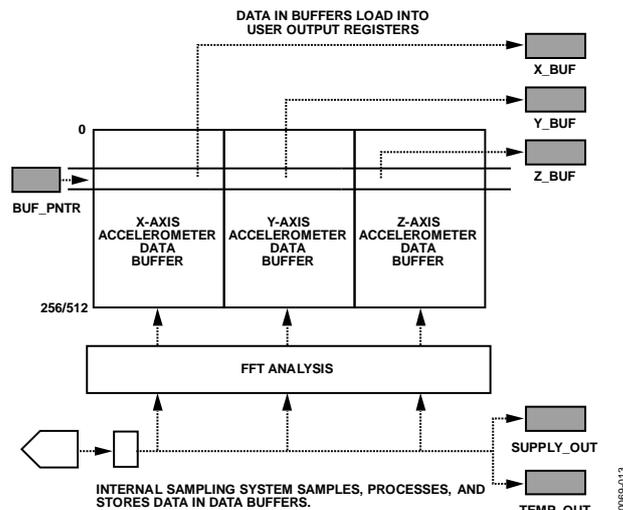


図 20. データ・バッファの構造と操作

表 47. BUF_PNTR (ベース・アドレス = 0x10)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:9]	Not used
[8:0]	Data bits; range = 0 to 255 (FFT), 0 to 511 (time)

FFT レコード・データへのアクセス

FFT レコードはフラッシュ・メモリに保存できます。REC_PNTR レジスタ (表 48 を参照) と GLOB_CMD[13] (表 64 を参照) によって、図 21 に示すように、FFT レコードにアクセスすることができます。たとえば、SPI/レジスタのアクセスのために FFT レコード 10 を FFT バッファにロードするには、REC_PNTR[7:0] = 0x0A (DIN = 0x920A) および GLOB_CMD[13] = 1 (DIN = 0xBF20) に設定します。

表 48. REC_PNTR (ベース・アドレス = 0x12)、読出し/書込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:4]	Not used
[3:0]	Data bits

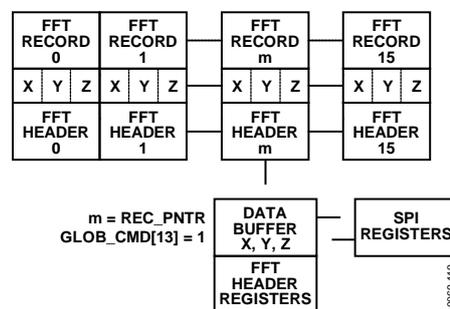


図 21. FFT レコードのアクセス

データ・フォーマット

表 49、表 50、表 51 は、x_BUF レジスタのビット割当てを示しています。加速度データのフォーマットは、REC_CTRL2 (表 14 を参照) のレンジ・スケール設定と REC_CTRL1 (表 9 を参照) の記録モード設定に依存します。表 52 は、FFT モードのデータ・フォーマットの例です。表 53 は、マニュアル・タイム・モードで使用する 16 ビット、2 の補数フォーマットのデータ・フォーマットの例です。

表 49. X_BUF (ベース・アドレス = 0x14)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x8000)
[15:0]	X-acceleration data buffer register. See Table 15 for scale sensitivity. Format = twos complement (time), binary (FFT).

表 50. Y_BUF (ベース・アドレス = 0x16)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x8000)
[15:0]	Y-acceleration data buffer register. See Table 15 for scale sensitivity. Format = twos complement (time), binary (FFT).

表 51. Z_BUF (ベース・アドレス = 0x18)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x8000)
[15:0]	Z-acceleration data buffer register. See Table 15 for scale sensitivity. Format = twos complement (time), binary (FFT).

表 52. FFT モード、5 g レンジのデータ・フォーマットの例

Acceleration (mg)	LSB	Hex	Binary
4,999.9237	65,535	0xFFFF	1111 1111 1111 1111
100 × 5 ÷ 65,536	100	0x0064	0000 0000 0110 0100
2 × 5 ÷ 65,536	2	0x0002	0000 0000 0000 0010
1 × 5 ÷ 65,536	1	0x0001	0000 0000 0000 0001
0	0	0x0000	0000 0000 0000 0000

表 53. マニュアル・タイム・モード、5 g レンジのデータ・フォーマットの例

Acceleration (mg)	LSB	Hex	Binary
+4999.847	+32,767	0x7FFF	1111 1111 1111 1111
~1000	+6,554	0x199A	0001 0001 1001 1010
+2 × 5 ÷ 32,768	+2	0x0002	0000 0000 0000 0010
+1 × 5 ÷ 32,768	+1	0x0001	0000 0000 0000 0001
0	0	0x0000	0000 0000 0000 0000
-1 × 5 ÷ 32,768	-1	0xFFFF	1111 1111 1111 1111
-2 × 5 ÷ 32,768	-2	0xFFFE	1111 1111 1111 1110
~1000	-6554	0xE666	1110 0110 0110 0110
-5000	-32,768	0x8000	1000 0000 0000 0000

リアルタイム・データの収集

リアルタイム・モードを使用するとき、関連する x_BUF レジスタを読み出して出力チャンネルを選択します。たとえば、y 軸センサーのサンプリングを選択するには、DIN = 0x1600 に設定します。チャンネルを選択した後、データ・レディ信号を使用して、Y_BUF レジスタのそれ以降のデータ読み出しをトリガします。このモードでは、表 15 に示すように、20 g のレンジ設定に対して時間領域データのフォーマットを使用します。

電源/温度

各スペクトル・レコードの最後に、ADIS16228 は、電源と内部温度も測定します。50 kHz のサンプル・レートで 5.12 ms 間の電源測定記録を蓄積し、1.7 ms 間に 64 個の内部温度データ・サンプルを取ります。電源と内部温度の平均は、それぞれ、SUPPLY_OUT レジスタ (表 54 を参照) と TEMP_OUT レジスタ (表 56 を参照) にロードされます。リアルタイム・モードを使用すると、これらのレジスタは、このモードの開始時にのみ更新されます。

表 54. SUPPLY_OUT (ベース・アドレス = 0x0A)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x8000)
[15:12]	Not used
[11:0]	Power supply, binary, 3.3 V = 0xA8F, 1.22 mV/LSB

表 55. 電源データ・フォーマットの例

Supply Level (V)	LSB	Hex	Binary
3.6	2949	0xB85	1011 1000 0101
3.3 + 0.0012207	2704	0xA90	1010 1001 0000
3.3	2703	0xA8F	1010 1000 1111
3.3 - 0.0012207	2702	0xA8E	1010 1000 1110
3.15	2580	0xA14	1010 0001 0100

表 56. TEMP_OUT (ベース・アドレス = 0x08)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x8000)
[15:12]	Not used
[11:0]	Temperature data, offset binary, 1278 LSB = +25°C, -0.47°C/LSB

表 57. 内部温度データ・フォーマットの例

Temperature (°C)	LSB	Hex	Binary
125	1065	0x429	0100 0010 1001
25 + 0.47	1277	0x4FD	0100 1111 1101
25	1278	0x4FE	0100 1111 1110
25 - 0.47	1279	0x4FF	0100 1111 1111
0	1331	0x533	0101 0011 0011
-40	1416	0x588	0101 1000 1000

FFT イベント・ヘッダ

各 FFT レコードの FFT ヘッダには、表 58 に示すすべてのレジスタに書き込まれる情報が含まれています。これらのレジスタの情報は、記録時間、レコード設定、ステータス/エラー・フラグ、複数のアラーム出力です。表 58 に示すレジスタは、レコード・イベントごとに更新され、GLOB_CMD[13] (表 64 を参照) を使用してフラッシュ・メモリ内の FFT レコードからデータ・セットを取り出すときにはレコード固有の情報によっても更新されます。

表 58. FFT ヘッダのレジスタ情報

Register	Address	Description
DIAG_STAT	0x3C	Alarm status
ALM_X_STAT	0x40	X-axis alarm status
ALM_Y_STAT	0x42	Y-axis alarm status
ALM_Z_STAT	0x44	Z-axis alarm status
ALM_X_PEAK	0x46	X-axis alarm peak
ALM_Y_PEAK	0x48	Y-axis alarm peak
ALM_Z_PEAK	0x4A	Z-axis alarm peak
TIME_STMP_L	0x4C	Time stamp, lower word
TIME_STMP_H	0x4E	Time stamp, upper word
REC_INFO1	0x6E	FFT record header information
ALM_X_FREQ	0x70	X-axis alarm frequency of peak alarm
ALM_Y_FREQ	0x72	Y-axis alarm frequency of peak alarm
ALM_Z_FREQ	0x74	Z-axis alarm frequency of peak alarm
REC_INFO2	0x76	FFT record header information

REC_INFO1 レジスタ (表 59 を参照) と REC_INFO2 レジスタ (表 60 を参照) は、現在の FFT レコードに関連する設定を保存します。

表 59. REC_INFO1 (ベース・アドレス = 0x6E)、読み出し専用

Bits	Description
[15:14]	Sample rate option 00 = SR0, 01 = SR1, 10 = SR2, 11 = SR3
[13:12]	Window setting 00 = rectangular, 01 = Hanning, 10 = flat top, 11 = N/A
[11:10]	Signal range 00 = 1 g, 01 = 5 g, 10 = 10 g, 11 = 20 g
[9:8]	Not used (don't care)
[7:0]	FFT averages; range = 1 to 255

表 60. REC_INFO2 (ベース・アドレス = 0x76)、読み出し専用

Bits	Description
[15:4]	Not used (don't care)
[3:0]	AVG_CNT setting

TIME_STMP_x レジスタ (表 61 と表 62 を参照) は、現在の FFT レコードの時間を特定する相対的なタイム・スタンプを提供します。

表 61. TIME_STMP_L (ベース・アドレス = 0x4C)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	Record time stamp, low integer, binary, seconds

表 62. TIME_STMP_H (ベース・アドレス = 0x4E)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:0]	Record time stamp, high integer, binary, seconds

システム・ツール

表 63 に、システム・レベルの機能に対応するコントロール・レジスタの概要を示します。

表 63. システム・ツール・レジスタのアドレス

Register Name	Address	Description
FLASH_CNT	0x00	Flash memory write cycle count
DIO_CTRL	0x36	Digital I/O configuration
GPIO_CTRL	0x38	General-purpose I/O control
DIAG_STAT	0x3C	Status/error flags
GLOB_CMD	0x3E	Global commands
LOT_ID1	0x52	Lot Identification Code 1
LOT_ID2	0x54	Lot Identification Code 2
PROD_ID	0x56	Product identification
SERIAL_NUM	0x58	Serial number
USER_ID	0x5C	User identification register

グローバル・コマンド

GLOB_CMD レジスタ (表 64 を参照) には、便利なシングル書込みコマンドが多数あります。該当するビットに 1 を設定すると、起動します。機能が完了すると、ビットは自動的に 0 に戻ります。たとえば、キャプチャ・バッファをクリアするには、GLOB_CMD[8]=1 (DIN=0xBF01) に設定します。GLOB_CMD レジスタのすべてのコマンドにおいて、表 64 に記載されている実行時間の間、電源が通常の制限範囲を超えないようにする必要があります。

表 64. GLOB_CMD (ベース・アドレス = 0x3E)、書込み専用

Bits	Description	Execution Time
15	Clear autonull correction	35 μ s
14	Retrieve spectral alarm band information from the ALM_PNTR setting	40 μ s
13	Retrieve record data from flash memory	1.9 ms
12	Save spectral alarm band registers to flash memory	461 μ s
11	Record start/stop	N/A
10	Set BUF_PNTR = 0x0000	36 μ s
9	Clear spectral alarm band registers from flash memory	25.8 ms
8	Clear records	25.9 ms
7	Software reset	52 ms
6	Save registers to flash memory	29.3 ms
5	Flash test, compare sum of flash memory with factory value	5 ms
4	Clear DIAG_STAT register	36 μ s
3	Restore factory register settings and clear the capture buffers	84 ms
2	Self-test, result in DIAG_STAT[5]	32.9 ms
1	Power-down	N/A
0	Autonull	822 ms

ステータス/エラー・フラグ

DIAG_STAT レジスタ (表 65 を参照) は、SPI 通信時や診断テスト時の記録で確認された条件を反映した複数のステータス/エラー・フラグを提供します。1 を設定するとエラー状態が表示されますが、すべてのエラー・フラグは、GLOB_CMD[4]=1 (DIN=0xBE10) が設定されるか、または新しい記録イベントが起動してリセットされるまでクリアされません。DIAG_STAT[14:8]は、記録イベント時にどの ALM_x_MAGx の閾値を超えたかを示します。DIAG_STAT[3]のフラグは、SCLK クロックの総数が 16 の倍数でないことを示します。

表 65. DIAG_STAT (ベース・アドレス = 0x3C)、読み専用

Bits	Description (Default = 0x0000)
15	Not used (don't care)
14	System alarm flag
13	Z-axis, Spectral Alarm 2 flag
12	Y-axis, Spectral Alarm 2 flag
11	X-axis, Spectral Alarm 2 flag
10	Z-axis, Spectral Alarm 1 flag
9	Y-axis, Spectral Alarm 1 flag
8	X-axis, Spectral Alarm 1 flag
7	Data ready/busy indicator (0 = busy, 1 = data ready)
6	Flash test result, checksum flag
5	Self-test diagnostic error flag
4	Recording escape flag, indicates use of the SPI-driven interruption command, 0xE8
3	SPI communication failure (SCLKs \neq even multiple of 16)
2	Flash update failure
1	Power supply > 3.625 V
0	Power supply < 3.125 V

パワーダウン

ADIS16228 をパワーダウンするには、GLOB_CMD[1]=1 (DIN=0xBE02) に設定します。消費電力を低減するには REC_CTRL1[7]=1 に設定します。これによって、記録が完了すると、自動的にパワーダウンします。デバイスをウェイクアップさせ、アイドル状態で次のコマンドを待機させるには、CS ラインをハイレベルからローレベルにトグルします。DOI1 が外部トリガに設定されている場合は、これをトグルしてもデバイスをウェイクアップさせることができます。この目的で DIO1 を使用すれば、CS ライン方式でウェイクアップさせたときと異なり、複数のデバイスが同時に DOUT に信号出力することはありません。記録サイクルを完了した後も、デバイスは起動状態のままです。記録データの読み出し後にスリープ状態に戻すには、GLOB_CMD[1]を使用します。

動作管理

ADIS16228 の SPI ポートは、データの処理中や、GLOB_CMD レジスタ (表 64 を参照) に関連したコマンドの実行中に、2 つの異なる通信コマンドを受け付けます。DIAG_STAT (DIN = 0x3C00) (表 65 を参照) の読出しと、エスケープ・コード (DIN = 0xE8E8) です。プロセッサがビジー状態のとき、SPI は他のすべてのコマンドを無視します。

ソフトウェア・ビジー・インジケータ

DIAG_STAT[7]のポーリングには、DIAG_STAT 読出しコマンドを使用します。これは、プロセッサがビジー状態のときは 0、プロセッサがアイドル状態で SPI 通信の準備ができたデータが存在するときは 1 になります。

ソフトウェア・エスケープ・コード

プロセッサがデータ保存でビジー状態のときに使用できる唯一の SPI コマンドは、エスケープ・コード (0xE8E8) です。このコマンドは、ほかの処理タスクの割込みには使用できません。DIAG_STAT[7]の監視中には、書き込みサイクルごとに小さな遅延を設けて、このコマンドを DIN ピンに繰り返し送信してください。このプロセスを次のコード例に示します。

```
DIAG_STAT = 0;
DIAG_STAT = read_reg(0x3C);
while ((DIAG_STAT & 0x0080) == 0)
{
    write_reg(0xE8E8);
    delay_us(50);
    DIAG_STAT = read_reg(0x3C);
}
```

入力/出力機能

DIO_CTRL レジスタ (表 66 を参照) は、2 本のデジタル I/O ライン (DIO1 と DIO2) の設定制御オプションを提供します。

ビジー・インジケータ

ビジー・インジケータは、内部プロセッサのアクティビティ状態を示す出力信号です。この信号は、データ記録イベント中または内部処理 (たとえば、GLOB_CMD 機能) 中に有効です。DIO_CTRL の工場出荷時のデフォルト設定では、DIO1 はアクティブ・ハイ状態の正のビジー・インジケータ信号です。この設定の場合、データ・バッファからのデータ読出しを行うようマスター・プロセッサに警告を出すときにこの信号を使用します。

トリガ入力

トリガ機能は、信号パルスによって記録イベントを開始する入力ピンを提供します。DIO2 を正のトリガ入力に設定し、DIO1 をビジー・インジケータとするには、DIO_CTRL[7:0] = 0x2F (DIN = 0xB62F) に設定します。トリガを起動するには、トリガ入力信号がローレベルからハイレベルに遷移し、さらにハイレベルからローレベルに遷移する必要があります。図 22 に示すように、記録プロセスはハイレベルからローレベルへの遷移で開始します。また、パルス期間は 2.6 μ s 以上にする必要があります。

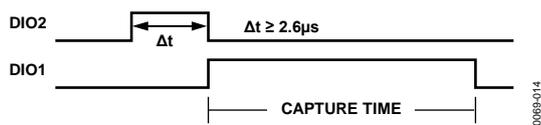


図 22. マニュアル・トリガ/ビジー・インジケータのシーケンスの例

アラーム・インジケータ

DIO_CTRL[5:2]は、DIAG_STAT[13:8]のいずれかのフラグがアクティブのときに DIO1 や DIO2 がアクティブとなる一般的なアラーム出力インジケータに設定するための制御となります。たとえば、DIO2 をアクティブ・ハイの極性を持つ一般的なアラーム・インジケータとして設定するには、DIO_CTRL[7:0] = 0x12 (DIN = 0xB612) に設定します。ALM_CTRL[6] (表 26 を参照) によるもう 1 つの制御によって、DIO_CTRL[5:2]で DIO2 と DIO1 をアラーム・インジケータに選択した場合、DIO2 ではアラーム 2、DIO1 ではアラーム 1 を反映させることができます。たとえば、DIO2 をアクティブ・ハイのアラーム 2 インジケータ、DIO1 をアクティブ・ハイのアラーム 1 インジケータにするには、DIO_CTRL[7:0] = 0x17 (DIN = 0xB617)、ALM_CTRL[6] = 1 (DIN = 0xB440) に設定します。DIAG_STAT エラー・フラグをクリアし、アラーム・インジケータ信号をインアクティブ状態に戻すには、GLOB_CMD[4] = 1 (DIN = 0xBE10) に設定します。

表 66. DIO_CTRL (ベース・アドレス = 0x36)、読出し/書き込み

Bits	Description (Default = 0x000F)
[15:6]	Not used
[5:4]	DIO2 function selection 00 = general-purpose I/O (use GPIO_CTRL) 01 = alarm indicator output (per ALM_CTRL) 10 = trigger input 11 = busy/data-ready indicator output
[3:2]	DIO1 function selection 00 = general-purpose I/O (use GPIO_CTRL) 01 = alarm indicator output (per ALM_CTRL) 10 = trigger input 11 = busy/data-ready indicator output
1	DIO2 line polarity 1 = active high 0 = active low
0	DIO1 line polarity 1 = active high 0 = active low

汎用 I/O

DIO_CTRL レジスタによって DIO1 または DIO2 を汎用デジタル・ラインに設定した場合、GPIO_CTRL レジスタ (表 67) を使用してその入力/出力の方向を設定し、出力設定時の出力レベルを設定し、入力設定時はその状態を監視します。

表 67. GPIO_CTRL (ベース・アドレス = 0x38)、読出し/書き込み

Bits	Description (Default = 0x0000)
[15:10]	Not used
9	DIO2 output level 1 = high; 0 = low
8	DIO1 output level 1 = high; 0 = low
[7:2]	Reserved
1	DIO2 direction control 1 = output; 0 = input
0	DIO1 direction control 1 = output; 0 = input

セルフテスト

GLOB_CMD[2]=1 (DIN=0xBE02)に設定すると(表 64 を参照)、自動セルフテスト・ルーチンが実行されて合否結果がDIAG_STAT[5] (表 65 を参照) にロードされます。

フラッシュ・メモリの管理

フラッシュ・メモリの内部チェックサム・テストを実行してDIAG_STAT[6]に合否結果をロードするには、GLOB_CMD[5]=1 (DIN=0xBE20) に設定します。FLASH_CNT レジスタ (表 68 を参照) は、フラッシュ・メモリ書き込みサイクルの累計回数を提供します。これは、フラッシュ・メモリの書換え回数を管理するためのツールです。図 23 に、データ保持とジャンクション温度の関係を定量化したものを示します。

表 68. FLASH_CNT (ベース・アドレス = 0x00)、読み出し専用

Bits	Description
[15:0]	Binary counter for writing to flash memory

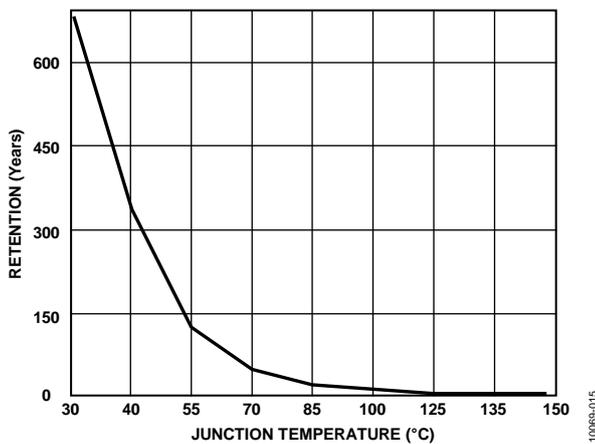


図 23. Flash®/EE メモリのデータ保持

デバイス識別

表 69. LOT_ID1 (ベース・アドレス = 0x52)、読み出し専用

Bits	Description
[15:0]	Lot identification code

表 70. LOT_ID2 (ベース・アドレス = 0x54)、読み出し専用

Bits	Description
[15:0]	Lot identification code

表 71. PROD_ID (ベース・アドレス = 0x56)、読み出し専用

Bits	Description (Default = 0x3F64)
[15:0]	0x3F64 = 16,228

表 72. SERIAL_NUM (ベース・アドレス = 0x58)、読み出し専用

Bits	Description
[15:0]	Serial number, lot specific

表 73 は、ユーザー固有の識別情報の書き込みに使用できるブランク・レジスタです。

表 73. USER_ID (ベース・アドレス = 0x5C)、読み出し/書き込み

Bits	Description (Default = 0x000)
[15:0]	User-written identification

アプリケーション情報

インターフェース・ボード

ADIS16228/PCBZ は、既存のプロセッサ・システムへの接続が簡単にできる小型プリント回路基板 (PCB) と ADIS16228CMLZ をセットで提供します。この PCB には、正しいレイアウトができるシルクスクリーンと、M2×0.4 mm のネジ用の 4 つの取付け穴があります。インターフェース・ボードの 2 番目の取付け穴は、PCB の 4 隅にあり、4-40 ネジ用の穴があります。3 番目の取付け穴は、M2×0.4mm×4 mm のネジを使用して ADISUSBZ 評価システムを取り付けるパターンになっています。ボードは IS410 材を使用し、厚さは 0.063 インチです。

J1 は、2 列 2 mm 形状の 16 ピン・コネクタであり、1 mm のリボン・ケーブル・システムに簡単に接続できます。たとえば、メイトイング・コネクタには Molex P/N 87568-1663 を、リボン・ケーブルには 3M P/N 3625/16 を使用します。ADISUSBZ 評価システムに直接接続するには、これらの部品を使用して 16 ピン・ケーブルを作るか、13、14、15、16 番ピンを取り除きます。詳細については、UG-363 を参照してください。LED (D1 と D2) は実装されていませんが、パッドを取り付ければ DIO1 信号と DIO2 信号のビジュアル表示ができます。パッドには Chicago Miniature Lighting Part No. CMD28-21VRC/TR8/T1 を装着することができ、R1 と R2 がおよそ 400 Ω (パッド・サイズ: 0603) にて機能します。

メイトイング・コネクタ

ADIS16228 用のメイトイング・コネクタ (J2) は、AVX P/N 04-6288-015-000-846 です。図 25 は、このコネクタを拡大した図です。コネクタをフレキシブル・ケーブルの上に押し付けて、ケーブルの金属パッドをメイトイング・コネクタ内の金属パッドに押し込みます。

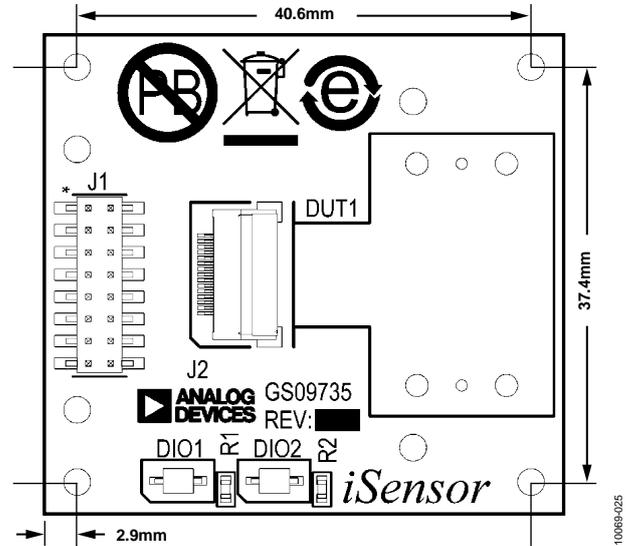


図 24. PCB・アセンブリの図と寸法

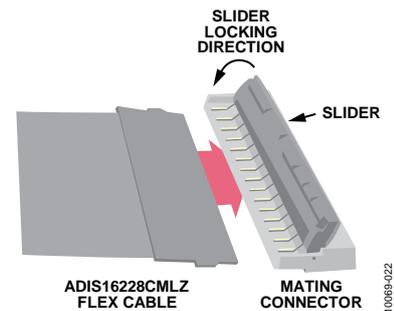


図 25. メイトイング・コネクタの詳細

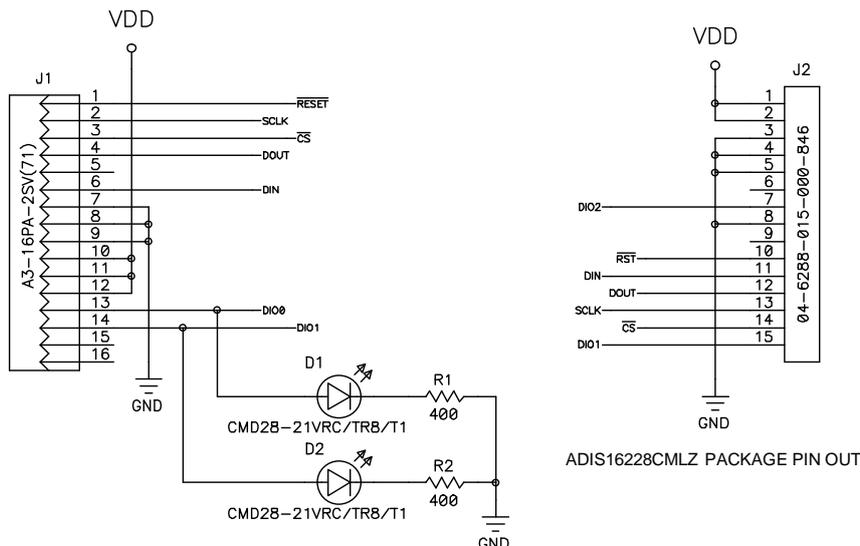


図 26. 回路図

外形寸法

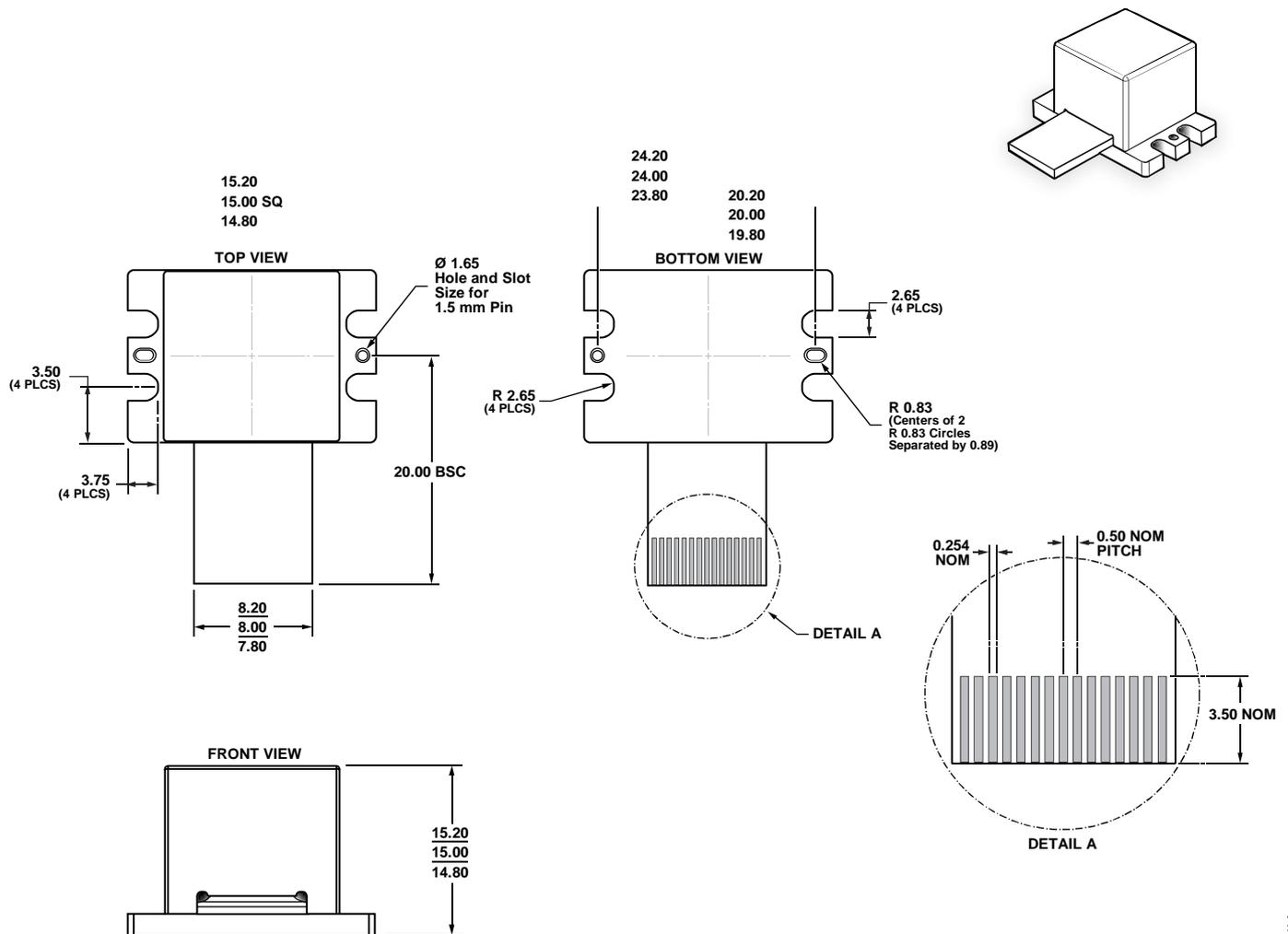


図 27. コネクタ・インターフェース付きの 15 ピン・モジュール (ML-15-1)
寸法単位：mm

オーダー・ガイド

Model ¹	Temperature Range	Package Description	Package Option
ADIS16228CMLZ	-40°C to +125°C	15-Lead Module with Connector Interface	ML-15-1
ADIS16228/PCBZ		Evaluation Board	

¹ Z = RoHS 準拠製品。