

高精度ジャイロセンサー : XV7181BB

【特長】

- 低ノイズ 角度ランダムウォーク 0.065 ° /√h Typ.
- SPI/I²C シリアルインターフェイス対応
- セレクタブルデジタルフィルター・ノッチフィルター内蔵
- 角速度出力 (16-bit or 24-bit)
- 温度センサー内蔵
- 電源電圧 2.7 V ~ 3.6 V
- 低消費電流 1.2 mA Typ.
- 検出範囲 ±460 ° /s、±115 ° /s

【アプリケーション】

- 産業機器等の制振制御
- AGV・自動芝刈り機等自律走行用機器など

【代表特性】

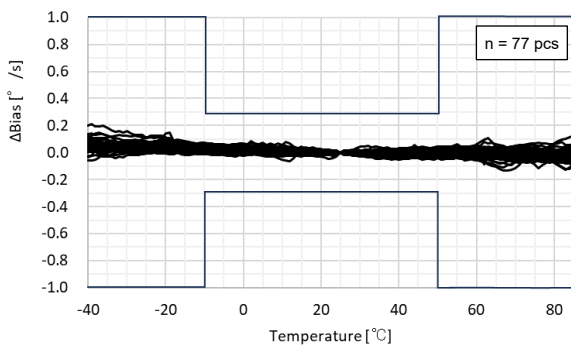


図 静止時出力温度特性 (T_a = +25 °C 基準)

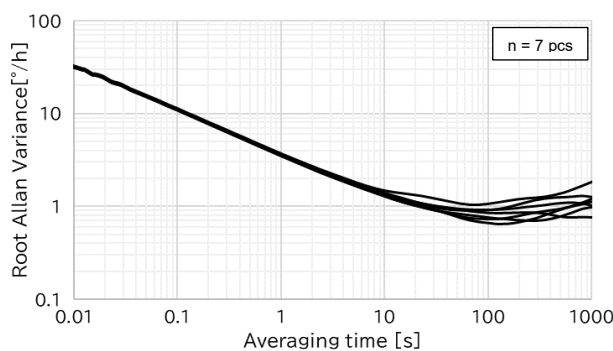
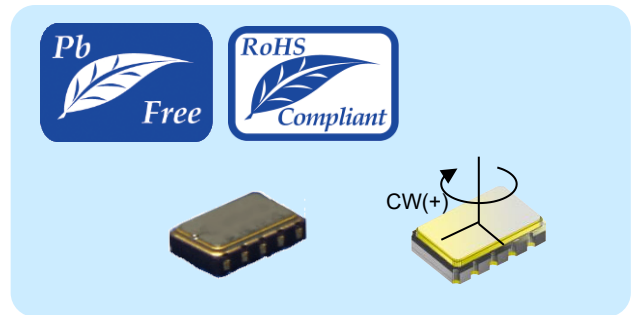


図 アラン分散

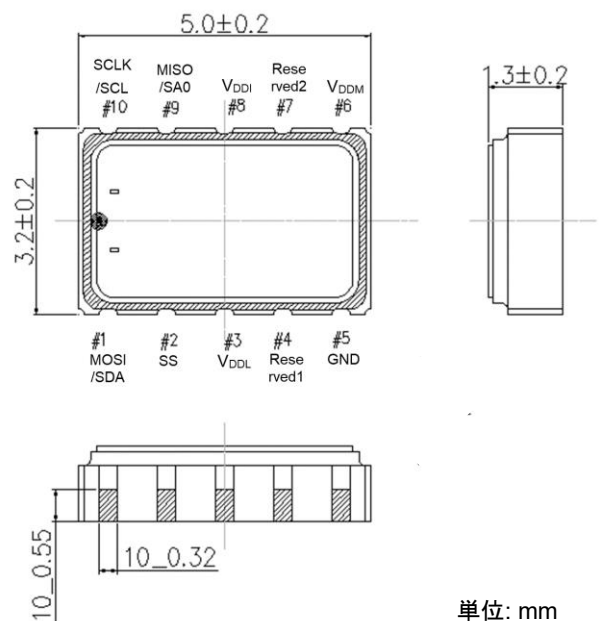


【概要】

XV7181BB は、当社独自の水晶素子を採用することにより、優れた静止時出力温度係数、低ノイズ特性を実現しています。

デジタル出力インターフェイス (SPI, I²C) に対応し、電源電圧とは別にインターフェイス電源電圧を設定できるため、様々なインターフェイスとの通信が可能です。レジスター設定により角速度出力のローパスフィルター、ハイパスフィルターのカットオフ設定を切り替えることが可能です。また、離調周波数ノイズ成分を除去するノッチフィルターも内蔵しています。低消費電流化により、ウェアラブル機器などの民生機器から産業機器まで幅広い用途でご使用いただけます。

【外形寸法】



単位: mm

図 外形寸法

目次

改定履歴	6
オーダーガイド	7
使用しているマークについて	8
本マニュアルの注意事項	8
1. 機能ブロック	9
2. 機能説明	10
2.1. 検出軸と検出極性	10
2.2. インターフェイス	10
2.3. 角速度出力	10
2.4. 温度センサー出力	10
3. 電气的特性	11
3.1. 絶対最大定格	11
3.2. 動作条件	11
3.3. DC 特性	11
3.4. 起動シーケンス	12
3.5. 諸特性	13
3.6. 温度センサー	13
4. 外形寸法および端子説明	14
4.1. 外形寸法	14
4.2. 端子配置及び機能	14
4.3. マーキング表示	15
4.4. 端子等価回路	16
4.5. 推奨フットパターン	17
5. 代表的特性	18
6. シリアルインターフェイス	19
6.1. 4線 SPI 通信	19
6.2. 3線 SPI 通信	22
6.3. I ² C 通信	24
6.4. 角速度データ読み出し	28
6.5. 温度センサーデータ読み出し	28
6.6. コマンド発行に関する制約時間	29
6.6.1. 4線 SPI/3線 SPI	29
6.6.2. I ² C 通信	30
7. ユーザーコマンドレジスター	31
7.1. DSP 設定切り替え 1	32
7.2. DSP 設定切り替え 2	32
7.3. ステータスリード	33
7.4. スリープイン/スリープアウト制御	33
7.5. 温度センサーデータ読み出し	33
7.6. 角速度データ読み出し	33
7.7. 角速度データ読み出し制御	34

7.8. フルスケール制御	34
7.9. データラッチコマンド制御	35
7.9.1. トリガデータラッチ機能	35
7.9.2. コマンドデータラッチ機能	36
7.10. ソフトウェアリセット制御・ソフトウェアリセット	37
7.11. MISO/SA0 端子の制御	38
7.12. シリアルインターフェイス設定	39
8. フィルター特性	40
8.1. デジタルフィルター	40
8.1.1. セレクタブルフィルター (LPF)	40
8.1.2. ノッチフィルター (NF)	42
9. 接続回路例	43
10. その他	44
10.1. Moisture Sensitivity Level (MSL)	44
10.2. Electro-Static Discharge (ESD)	44
10.3. はんだ耐熱性	44
11. テーピング仕様	45
11.1. 数量	45
11.2. テーピング材質	45
11.3. テーピング形状	45
11.4. リール形状	45
12. 用語説明および定義	46
12.1. 他軸感度	46
12.2. 駆動周波数	46
12.3. 離調周波数	46
13. 使用上の注意事項	47
14. お問い合わせ	48

図リスト

図 1.1	機能ブロック	9
図 2.1	検出軸と検出極性	10
図 3.1	起動シーケンス説明図	12
図 4.1	外形寸法図	14
図 4.2	マーキング表示	15
図 4.3	等価回路 : SS, SCLK, MOSI, MISO, Reserved2	16
図 4.4	等価回路 : V _{DDL} , Reserved1	16
図 4.5	等価回路 : V _{DDM} , V _{DDI}	16
図 4.6	推奨フットパターン	17
図 5.1	感度偏差 Ta = +25 °C	18
図 5.2	感度温度特性 Ta = +25 °C 基準	18
図 5.3	静止時出力偏差 Ta = +25 °C	18
図 5.4	静止時出力温度特性 Ta = +25 °C 基準	18
図 5.5	ノイズ密度	18
図 5.6	アラン分散	18
図 6.1	4 線 SPI でのレジスターへの書き込みシーケンス	19
図 6.2	4 線 SPI でのレジスターからの読み出しシーケンス	20
図 6.3	4 線 SPI でのアドレス (コマンド) 指定シーケンス	20
図 6.4	4 線 SPI レジスターへの書き込みタイミング	21
図 6.5	4 線 SPI レジスターからの読み出しタイミング	21
図 6.6	3 線 SPI でのレジスターの書き込みシーケンス	22
図 6.7	3 線 SPI でのレジスターの読み出しシーケンス	22
図 6.8	3 線 SPI でのアドレス (コマンド) 指定シーケンス	22
図 6.9	3 線 SPI レジスターへの書き込みタイミング	23
図 6.10	3 線 SPI レジスターからの読み出しタイミング	23
図 6.11	I ² C でのレジスターへの書き込みプロトコル	24
図 6.12	I ² C でのレジスターからの読み出しプロトコル	24
図 6.13	I ² C でのアドレス (コマンド) 指定プロトコル	24
図 6.14	I ² C でのレジスターへの書き込みシーケンス	25
図 6.15	I ² C でのレジスターからの読み出しシーケンス	26
図 6.16	I ² C でのアドレス (コマンド) 指定シーケンス	26
図 6.17	I ² C タイミング	27
図 6.18	角速度データ (16 bits 出力)	28
図 6.19	角速度データ (24 bits 出力)	28
図 6.20	SPI 通信でのコマンド発行に関する制約時間	29
図 6.21	I ² C でのコマンド発行に関する制約時間	30
図 7.1	通常の角速度読み出しタイミングチャート	35
図 7.2	トリガデータラッチタイミングチャート	35
図 7.3	データコマンドラッチタイミングチャート	36
図 8.1	セレクトラブルフィルターボード線図(2 次)	41
図 8.2	セレクトラブルフィルターボード線図(3 次)	41
図 8.3	セレクトラブルフィルターボード線図(4 次)	41
図 8.4	ノッチフィルターのフィルター特性	42
図 9.1	4 線 SPI 外部接続例	43
図 9.2	3 線 SPI 外部接続例	43
図 9.3	I ² C 外部接続例	43

図 10.1	リフロー温度プロファイル	44
図 11.1	テープ形状	45
図 11.2	リール形状	45
図 12.1	ジャイロセンサーの検出軸方向	46

表リスト

表 3.1	絶対最大定格	11
表 3.2	動作条件	11
表 3.3	DC 特性	11
表 3.4	起動シーケンス	12
表 3.5	諸特性	13
表 3.6	温度センサー	13
表 4.1	端子配置および機能	14
表 6.1	AC 特性 (4 線 SPI)	21
表 6.2	AC 特性 (3 線 SPI)	23
表 6.3	AC 特性 (I ² C)	27
表 6.4	角速度データ出力制御	28
表 6.5	温度センサーデータ出力制御	28
表 6.6	SPI 通信でのコマンド発行に関する制約時間	29
表 6.7	I ² C でのコマンド発行に関する制約時間	30
表 7.1	ユーザーコマンドレジスター	31
表 7.2	DSP 設定切り替え 1	32
表 7.3	DSP 設定切り替え 2	32
表 7.4	ステータスリード	33
表 7.5	スリープ/スリープアウト制御	33
表 7.6	角速度読み出し制御	34
表 7.7	フルスケール制御	34
表 7.8	データラッチコマンド制御	36
表 7.9	ソフトウェアリセット制御	37
表 7.10	MISO/SA0 端子の制御	38
表 7.11	MISO/SA0 端子の制御方法	38
表 7.12	シリアルインターフェイス設定	39
表 8.1	セレクトブルフィルター特性値	40
表 8.2	ノッチフィルター(NF)	42
表 10.1	MSL	44
表 10.2	ESD	44
表 11.1	テープおよびリールの材質	45

改定履歴

Rev. No.	改訂日	Page	改訂内容
1.0	2024/3/31		新規リリース

オーダーガイド

下表に製品型番を示します。

表 製品型番一覧

製品型番	製品名称	シリアルインターフェイス
X2A0004011002	XV7181BB 51.000kHz F	4線 SPI 通信, 3線 SPI 通信, I ² C 通信

製品名称

XV7181BB . kHz

①





②

③

① 機種名 ②周波数 ③カスタム区分

製品型番はマーキング表示から識別することができます。マーキング表示については、4.3節を参照して下さい。

使用しているマークについて

	<ul style="list-style-type: none"> 鉛フリー製品です
	<ul style="list-style-type: none"> EU RoHS 指令適合製品です *Pb-Free マークの無い製品について 端子部は鉛フリーですが、製品内部には鉛（高融点はんだ鉛、または電子部品のガラスに含まれる鉛／共に EU RoHS 指令では適用除外項目）を含有しています。
	<ul style="list-style-type: none"> 車載製品（ボディ系、情報系など）にご使用いただくことを意図し、車載環境を想定した品質保証プログラムにより設計、製造する製品です
	<ul style="list-style-type: none"> 車の安全走行（走る・止まる・曲がる）にご使用いただくことを意図し、車載安全を想定した品質保証プログラムにより設計、製造する製品です

本マニュアルの注意事項

● 本マニュアルのご使用につきましては、次の点にご留意願います。

- 本資料の内容については、予告無く変更することがあります。弊社製品のご購入およびご使用にあたりましては事前に弊社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、弊社ホームページなどを通じて公開される最新情報に常にご注意ください。
- 本資料の一部または全部を、弊社に無断で転載または複製など他の目的に使用することは堅くお断りします。
- 本資料に掲載されている応用回路、プログラム、使用方法などはあくまでも参考情報であり、これらに起因する第三者の知的財産およびその他の権利侵害ならびに損害の発生に対し、弊社はいかなる保証を行うものではありません。また、本資料によって第三者または弊社の知的財産権およびその他の権利の実施権の許諾を行うものではありません。
- 弊社製品のご使用にあたりましては、弊社製品の誤動作や故障により生命・身体に危害を及ぼすこと又は財産が侵害されることのないよう、お客様の責任において、お客様のハードウェア、ソフトウェア、システムに必要な安全設計を行うようお願いいたします。なお、設計および使用に際しては、弊社製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、マニュアル、弊社ホームページなど）をご確認いただき、それに従ってください。また、上記資料などに掲載されている製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価を行い、お客様の責任において適用可否の判断をお願いいたします。
- 弊社は、正確さを期すために慎重に本資料を作成しておりますが、本資料に掲載されている情報に誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に掲載されている情報の誤りによってお客様に損害が生じた場合においても、弊社は一切その責任を負いかねます。
- 弊社製品の分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、変更、翻案、複製などは堅くお断りします。
- 弊社製品は、一般電子機器製品用途および弊社指定用途に使用されることを意図して設計、開発、製造しています（指定用途）。この指定用途の範囲を超えて、特別または高度な品質、信頼性が要求され、その誤動作や故障により生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財物損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある以下を含む用途（特定用途）に使用されることを意図していません。
【特定用途】
宇宙機器（人工衛星・ロケットなど）/輸送車両並びにその制御機器（自動車・航空機・列車・船舶など）
医療機器/海底中継機器/発電所制御機器/防災・防犯装置/交通用機器/金融関連機器
上記と同等の信頼性を必要とする用途
お客様に置かれましては、製品を指定用途に限定して使用されることを強く推奨いたします。もし、指定用途以外の用途で製品のご使用およびご購入を希望される場合、弊社はおお客様の特定用途に弊社製品を使用されることへの商品性、適合性、安全性について、明示的・黙示的に関わらず、いかなる保証をおこなうものではありません。お客様が特定用途での弊社製品の使用を希望される場合は、弊社営業窓口まで事前にご連絡ください。
- 本資料に掲載されている弊社製品および弊社技術を国内外の法令および規制により製造・使用・販売が禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、弊社製品および弊社技術を大量破壊兵器等の開発目的、および軍事利用の目的、その他軍事用途等に使用しないでください。弊社製品または弊社技術を輸出または海外に提供する場合は、「外国為替及び外国為替法」、「米国輸出管理規則（EAR）」、その他輸出関連法令を遵守し、係る法令の定めるところにより必要な手続きを行ってください
- 弊社は、お客様が本資料に掲載されている諸条件に反したことに起因して生じたいかなる損害（直接・間接を問わず）に関して、一切その責任を負いかねます。また、お客様が弊社製品を第三者に譲渡、貸与などをしたことにより、損害（直接・間接を問わず）が発生した場合、弊社は一切その責任を負いかねます。
- 本資料についての詳細に関するお問合せ、その他お気付きの点などがありましたら、弊社営業窓口までご連絡ください。
- 本資料に掲載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

1. 機能ブロック

以下に本製品の機能ブロックを示します。

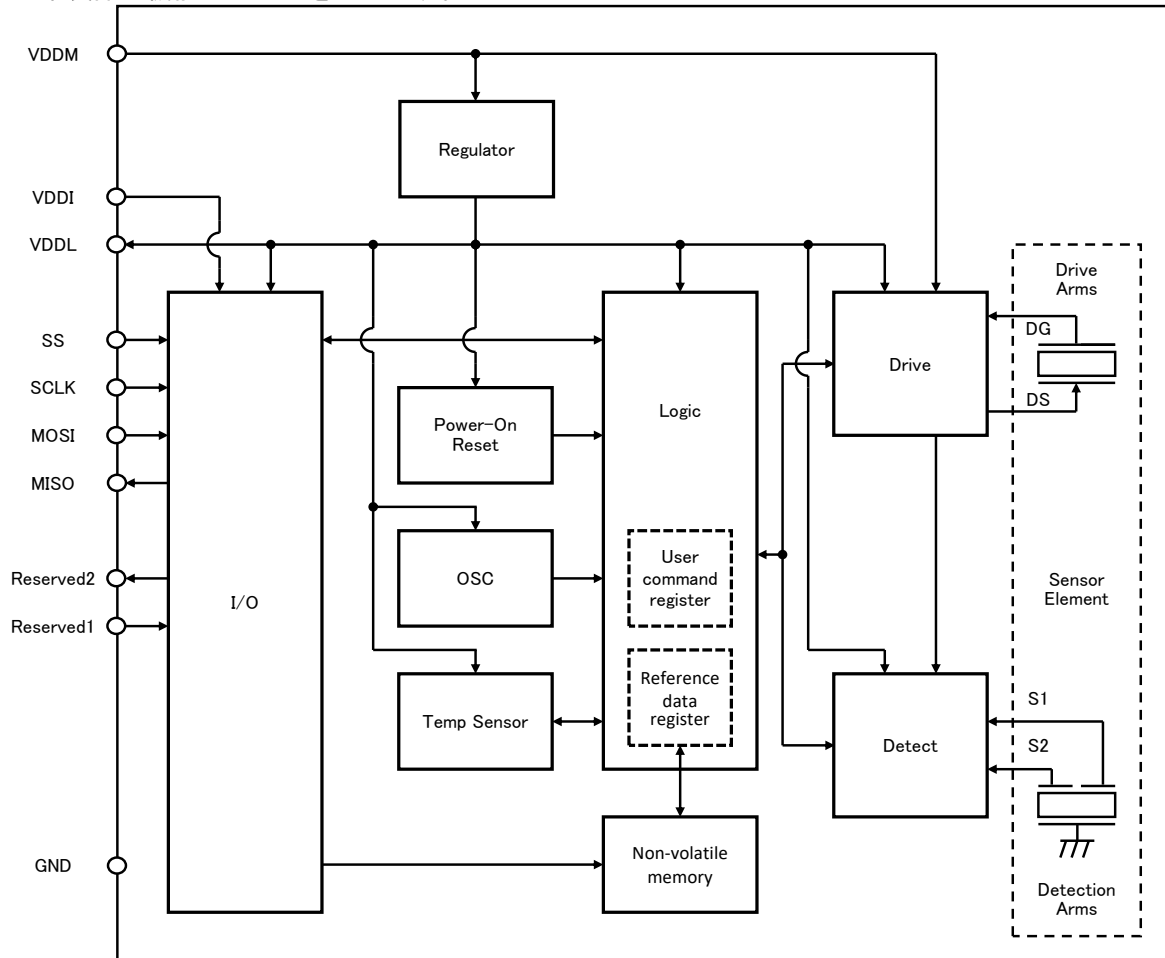


図 1.1 機能ブロック

2. 機能説明

2.1. 検出軸と検出極性

本製品は、定められた検出軸に生じる角速度を検出します。検出軸方向と検出極性は図 2.1 の通りです。

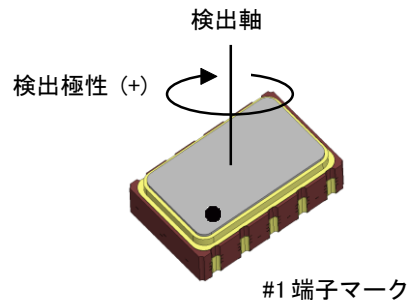


図 2.1 検出軸と検出極性

2.2. インターフェイス

4 線 SPI (Serial Peripheral Interface)、あるいは 3 線 SPI、I²C (Inter-Integrated Circuit) に対応しています。電源電圧 (V_{DDM}) とは別にインターフェイス電源電圧 (V_{DDI}) を設定できるため、さまざまな電圧のインターフェイスとの通信が可能になります。

2.3. 角速度出力

2 の補数形式にて角速度データを出力します。レジスター設定により 16 bits/24 bits の選択が可能です。サンプリング周波数 f_s は周波数記号 J では 12.000 kHz です。また角速度データは、LPF (Low-Pass Filter) によるフィルター処理を加えることができます。また、NF (Notch Filter) により離調周波数成分を除去して出力することが可能です。デジタルフィルターにつきましては 8 章を参照して下さい。

LPF : 次数は 2 次/3 次/4 次、カットオフ周波数は以下の 8 段階から選択可能です。

(1, 10, 25, 50, 100, 200, 400, 500 [Hz])

NF : 使用の可否を選択可能です。製品毎の離調周波数に応じて、当社にてフィルターの中心周波数は設定されます。

2.4. 温度センサー出力

2 の補数形式にて温度データを出力します。16bit の 2 の補数形式にて温度データを出力します。ゼロコード時の温度を選択可能です。6.5 章を参照して下さい。

3. 電気的特性

3.1. 絶対最大定格

表 3.1 絶対最大定格

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
電源電圧	V _{DDM}	-0.3	-	+4.0	V	GND = 0 V
インターフェイス電源電圧	V _{DDI}	-0.3	-	+4.0	V	GND = 0 V
保存温度範囲	T _{STG}	-40	-	+85	°C	
はんだ付け条件	-	+350 °C, 3 s			-	

3.2. 動作条件

表 3.2 動作条件

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
電源電圧	V _{DDM}	+2.7	-	+3.6	V	GND = 0 V
インターフェイス電源電圧	V _{DDI}	+1.65	-	+3.6	V	GND = 0 V
動作温度範囲	T _{OPR}	-40	-	+85	°C	
電源立上げ時間	t _{Pu}	0.01	-	100	ms	V _{DDM} 0 % → 90 %
4 線 SPI 通信クロック周波数	f _{SCLK}	-	-	10	MHz	V _{DDI} > +2.4 V
4 線 SPI 通信クロック周波数	f _{SCLK}	-	-	5	MHz	V _{DDI} ≤ +2.4 V
3 線 SPI 通信クロック周波数	f _{SCLK}	-	-	5	MHz	
I ² C 通信クロック周波数	f _{SCL}	-	-	400	kHz	
角速度データ更新レート	f _s		12.00		kHz	周波数記号 J

(注) 駆動周波数の整数倍の通信クロックを使用した場合、角速度出力に変動が生じる可能性があります。

(注) 角速度データを駆動周波数の整数分の 1 の周波数で取得した場合、角速度出力に変動が生じる可能性があります。

3.3. DC 特性

表 3.3 DC 特性

(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, V_{DDI} = 1.65 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -40 °C ~ +85 °C)

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
ロジック入力電圧	V _{IH}	V _{DDI} × 0.7	-	-	V	
	V _{IL}	-	-	V _{DDI} × 0.3	V	
ロジック出力電圧	V _{OH}	V _{DDI} - 0.4	-	-	V	V _{DDI} = Min., 負荷 +1 mA
	V _{OL}	-	-	+0.4	V	V _{DDI} = Min., 負荷 -1 mA

3.4. 起動シーケンス

表 3.4 起動シーケンス

($V_{DDM} = 2.7\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $V_{DDI} = 1.65\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $GND = 0\text{ V}$, $T_{OPR} = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$)

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
シリアル通信ウエイト時間	t_{IF}	-	1	-	-	ms
温度センサーデータ取り込み開始時間	t_{SEN}	-	-	-	80	ms
起動時間	t_{STA}	出力コード $\pm 1\text{ }^{\circ}/\text{s}$	-	-	200	ms

- (注) シリアル通信は、 t_{IF} 後に行ってください。
- (注) 温度センサーのデータ取得は、 t_{SEN} 後に行ってください。
- (注) 角速度のデータ取得は、 t_{STA} 後に行ってください。

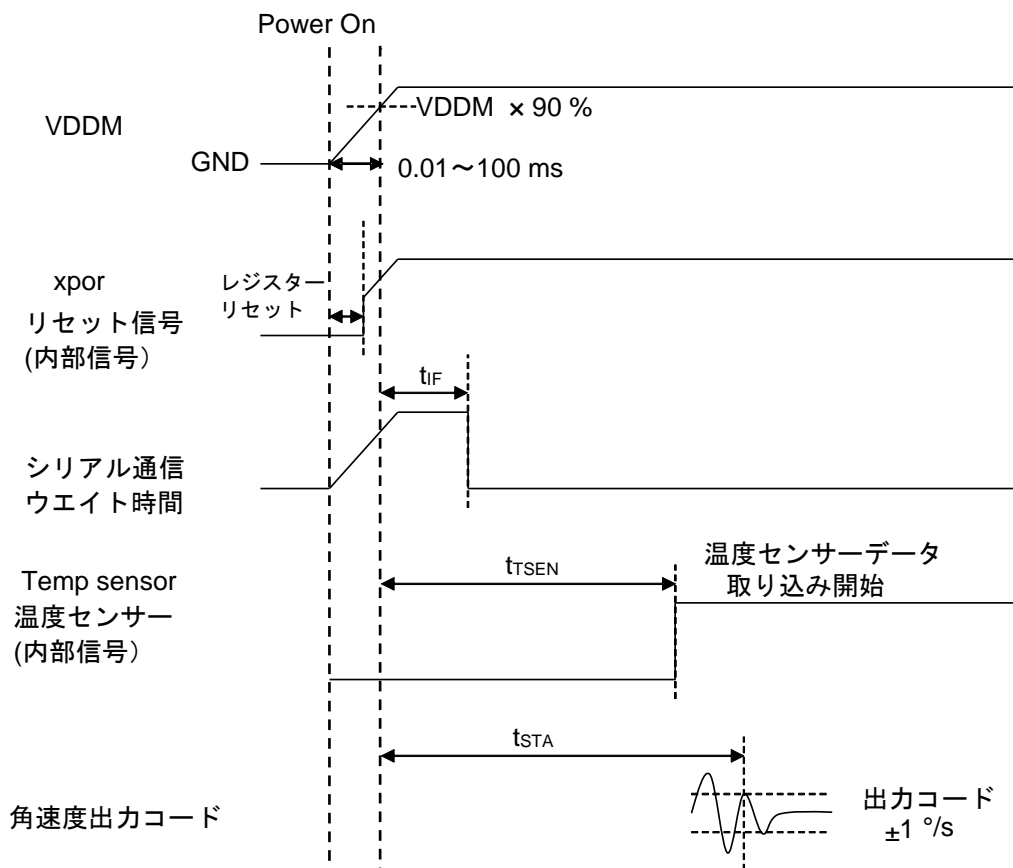


図 3.1 起動シーケンス説明図

3.5. 諸特性

表 3.5 諸特性

(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, V_{DDI} = 1.65 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -40 °C ~ +85 °C)

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
駆動周波数	F _d	周波数記号 J	50.450	51.025	51.600	kHz
離調周波数	D _f		0.7	0.9	1.1	kHz
公称感度	S _o	16-bit, FS = 1 倍設定	-	264	-	LSB/(°/s)
		16-bit, FS = 1/4 倍設定	-	66	-	
		24-bit, FS = 1 倍設定		67584		
		24-bit, FS = 1/4 倍設定		16896		
感度偏差	S _p	T _a = +25 °C	-2	-	+2	%
		T _a = +25 °C、工場出荷後の変化を含む	-4		+4	%
感度温度特性	S _{pt}	V _{DDM} = 3 V, T _a = +25 °C 基準	-3	-	+3	%
静止時出力	ZRL	T _a = +25 °C	-	0	-	LSB
静止時出力偏差 A	ZRL _{ta}	V _{DDM} = 3 V, T _a = +25 °C 基準 T _a = -10 ~ +50 °C	-0.3		+0.3	°/s
		工場出荷後の変化を含む	-1.3		+1.3	°/s
静止時出力偏差 B	ZRL _{tb}	V _{DDM} = 3 V, T _a = +25 °C 基準	-1	-	+1	°/s
		工場出荷後の変化を含む	-2		+2	°/s
静止時出力温度係数	ZRL _s	V _{DDM} = 3 V, 絶対値の平均, ΔT = 1 °C	-	0.0024	-	(°/s)/°C
検出範囲	I	FS = 1 倍設定	-115	-	+115	°/s
		FS = 1/4 倍設定	-460	-	+460	
直線性	NI	T _a = +25 °C	-0.25	-	+0.25	%FS
他軸感度	CS	T _a = +25 °C	-5	-	+5	%
消費電流	I _{op1}		-	1150	1400	μA
スリープ電流	I _{op3}		-	1	30	μA
ノイズ密度	N _d	@10 Hz, LPF 初期設定時	-	0.0015	-	(°/s)/√Hz
角度ランダムウォーク	N		-	0.065	-	°/√h
バイアス安定性	B _s	1σ、アラン分散の最下点の値		0.9		°/h

3.6. 温度センサー

表 3.6 温度センサー

(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, V_{DDI} = 1.65 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -40 °C ~ +85 °C)

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
出力コード	T _{out}	フォーマット 1: T _a = +25 °C	2560	3200	3840	LSB
		フォーマット 2: T _a = +25 °C	-1280	0	1280	
温度誤差	T _{acc}	T _a = +25 °C	-5	-	+5	°C
温度係数	T _{se}	フォーマット 1: T _a = +25 °C	115.2	128.0	140.8	LSB/°C
		フォーマット 2: T _a = +25 °C	230.4	256.0	281.6	

4. 外形寸法および端子説明

4.1. 外形寸法

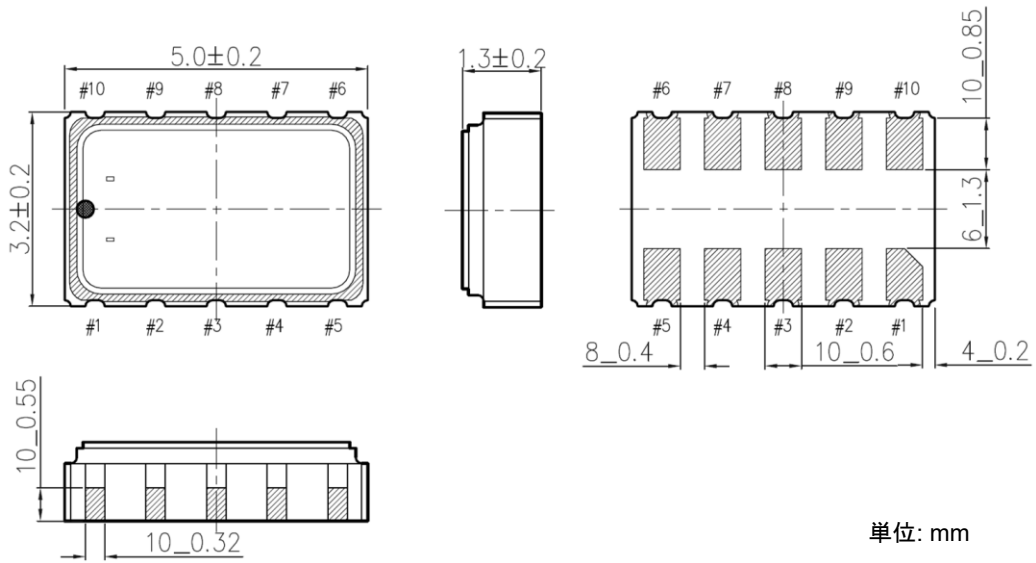


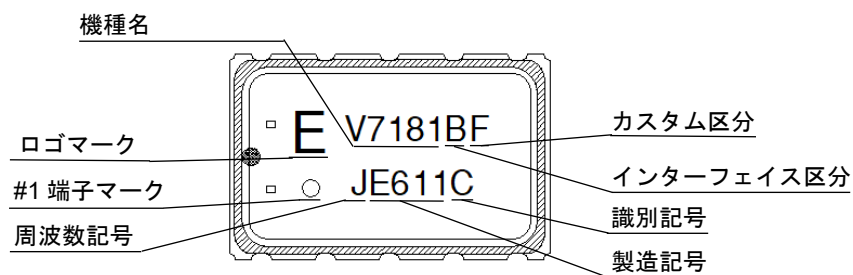
図 4.1 外形寸法図

4.2. 端子配置及び機能

表 4.1 端子配置および機能

端子番号	端子名称	入出力	機能
#1	MOSI/SDA	Input/Output	4 線 SPI 通信モード時: シリアルデータ入力端子 3 線 SPI 通信モード時: シリアルデータ入出力端子 I ² C 通信モード時: シリアルデータ入出力端子
#2	SS	Input	4 線 SPI 通信モード時: スレーブセレクト端子 3 線 SPI 通信モード時: スレーブセレクト端子 I ² C 通信モード時: V _{DDI} に接続して下さい
#3	V _{DDL}	Output	内部レギュレーター電圧出力端子 バイパスコンデンサ 1 μF を接続して下さい
#4	Reserved1	Input	未使用時: GND に固定して下さい
#5	GND	-	GND 端子
#6	V _{DDM}	-	電源電圧印加端子
#7	Reserved2	Output	未使用時: 外部端子に接続しないで下さい
#8	V _{DDI}	-	電源電圧印加端子 (インターフェイス用)
#9	MISO/SA0	Input/Output	4 線 SPI 通信モード時: シリアルデータ出力端子 3 線 SPI 通信モード時: 外部端子に接続しないで下さい I ² C 通信モード時: スレーブアドレス最下位 bit 選択 初期状態はプルダウン (約 100 kΩ) されています
#10	SCLK/SCL	Input	シリアル通信クロック端子 (4 線/3 線/I ² C 共通)

4.3. マーキング表示



周波数記号	駆動周波数
J	51.000 kHz

図 4.2 マーキング表示

4.4. 端子等価回路

端子名称 SS, SCLK, MOSI, MISO, Reserved2 の等価回路を図 4.3 に示します。

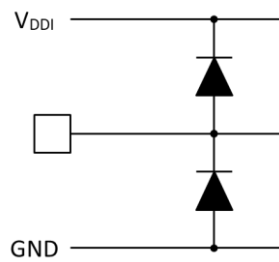


図 4.3 等価回路 : SS, SCLK, MOSI, MISO, Reserved2

端子名称 VDDL, Reserved1 の等価回路を図 4.4 に示します。

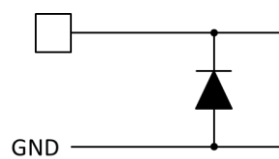


図 4.4 等価回路 : VDDL, Reserved1

端子名称 VDDM, VDDI の等価回路を図 4.5 に示します。

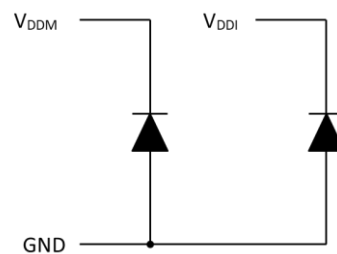


図 4.5 等価回路 : VDDM, VDDI

4.5. 推奨フットパターン

図 4.6 に推奨フットパターン例を示します。実際の基板設計に当たっては、実装密度、はんだ付けの実装信頼性などを考慮して最適化を図って下さい。

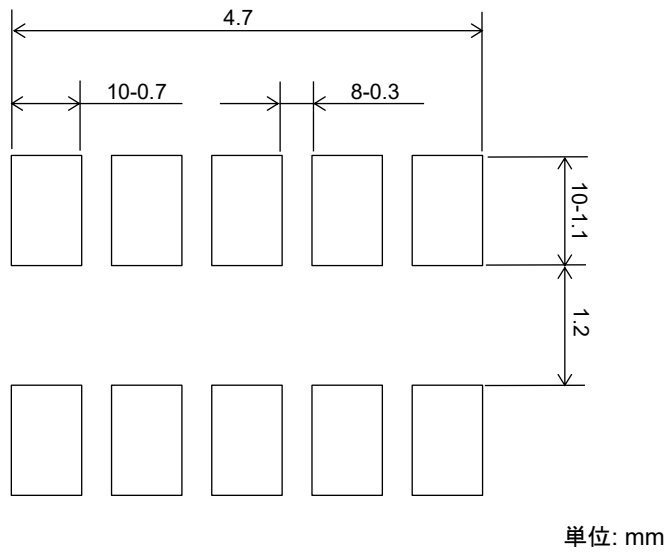


図 4.6 推奨フットパターン

5. 代表的特性

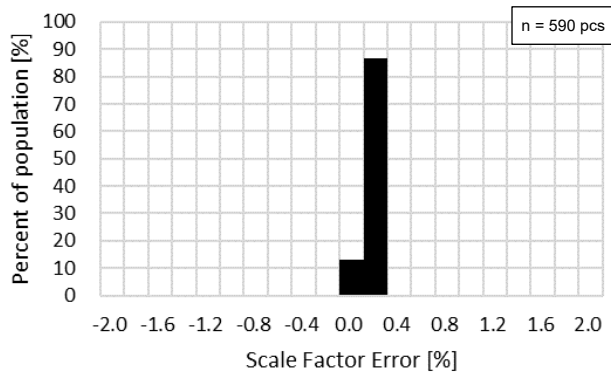


図 5.1 感度偏差 Ta = +25 °C

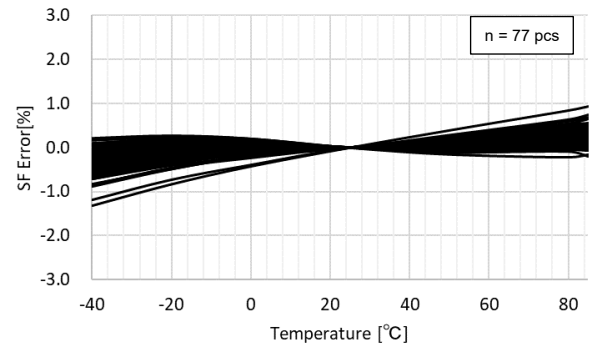


図 5.2 感度温度特性 Ta = +25 °C 基準

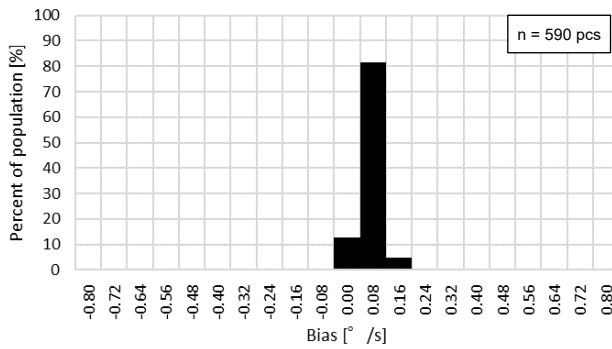


図 5.3 静止時出力偏差 Ta = +25 °C

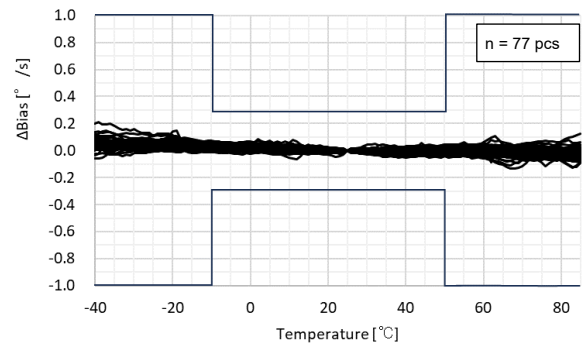


図 5.4 静止時出力温度特性 Ta = +25 °C 基準

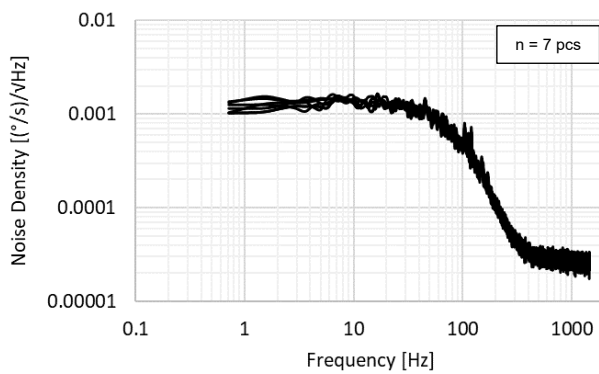


図 5.5 ノイズ密度

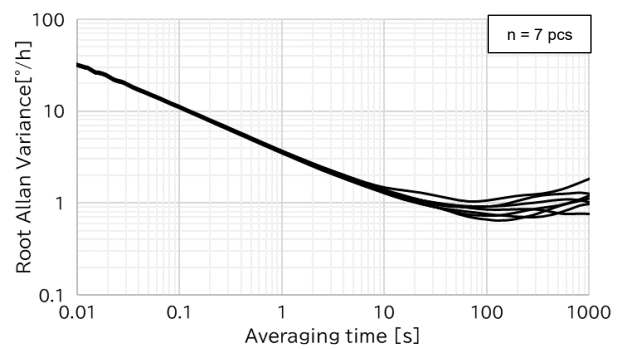


図 5.6 アラン分散

6. シリアルインターフェイス

センサーへのアクセスは、シリアル通信にて行います。シリアルインターフェイスは、4 線 SPI、3 線 SPI、I²C から選択が可能です。

電源 V_{DDM} を投入後、3.4 節に記載するシリアル通信ウエイト時間 t_F が経過した後、スレーブセレクト信号 (以下 SS) を論理 "L" レベルにすることで 4 線 SPI 通信が可能になります(7.12 節に記載される SPISel 初期値が "0" : 4 線 SPI 設定のため)。また、SS を論理 "H" レベルにすることで I²C 通信が可能となります(7.12 節に記載される I²C_EN 初期値 "1" : I²C イネーブルのため)。3 線 SPI 通信は、SPISel を "1" : 3 線 SPI 設定し、SS を論理 "L" レベルにすることで通信可能となります。ただし、SPISel を "1" にした場合は、I²C 通信はディセーブルになります。

6.1. 4 線 SPI 通信

4 線 SPI 通信は、SS、クロック信号 (以下 SCLK)、データ入力信号 (以下 MOSI)、データ出力信号 (以下 MISO) からなる 8 bits 幅のシリアル通信です。7.12 節に記載する SPISel (4 線 SPI/3 線 SPI 選択レジスター) を "0" (初期値は "0" : 4 線 SPI) にセットして下さい。また、4 線 SPI 通信を使用する場合、I²C_EN (I²C イネーブルレジスター) を "0" : Disable (初期値は "1" : Enable) にして下さい。

SS を立ち下げて、最初のバイトがアドレスとなります。シリアルデータ転送中は、SS を論理 "L" レベルに保つ必要があります。SS を論理 "H" レベルにした場合、そのシリアルデータ転送は、キャンセルされません。

アドレス最初のビット (MSB) は、書き込み/読み出しの制御ビットです。レジスターにデータを書き込む場合は "0" を、レジスターからデータを読み出す場合は "1" を設定します。

アドレスの LSB 側 5 ビット (A<4:0>) がレジスターのアドレスです。アクセスしたいレジスターのアドレスを設定します。また、2 バイト目は、各種レジスターの設定値になります。7 章のレジスターマップを参照し、設定したい値を転送して下さい。

レジスターへの書き込みシーケンスを図 6.1 に示します。書き込みデータは、アドレスに引き続き転送します。アドレスとデータ転送の間、SS は論理 "L" レベルを保持して下さい。なお、書き込みシーケンスの間、MISO は論理 "L" レベルが出力されます。X は "1" または "0" です。

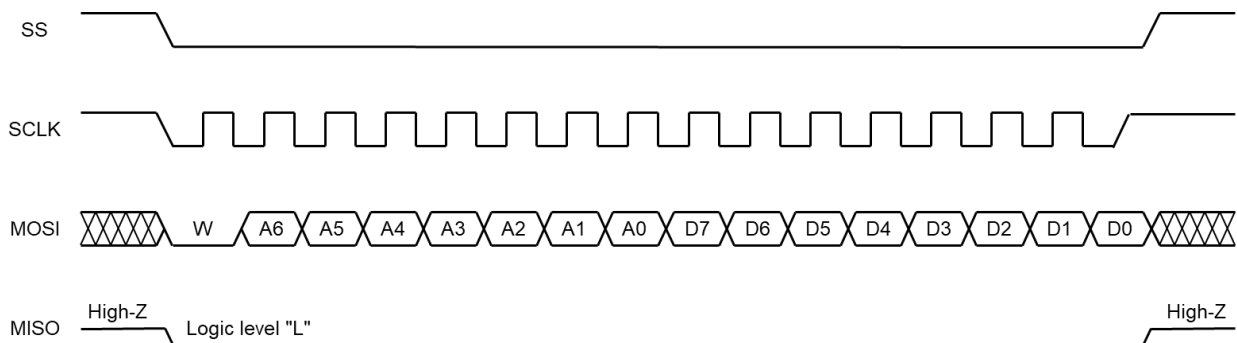


図 6.1 4 線 SPI でのレジスターへの書き込みシーケンス

レジスターからの読み出しシーケンスを図 6.2 に示します。アドレスの転送完了後、2 バイト目から SCLK の立ち下がりに同期してデータが出力されます。データ非出力時は、書き込みシーケンスと同様に、MISO は論理 "L" レベルが出力されます。X は "1" または "0" です。また、角速度データの読み出しは 16 bits 出力、あるいは 7 章に示す角速度データフォーマット選択によっては 24 bits 出力になります。1 バイト目の角速度データを読み出した後も、SS は論理 "L" レベルを保持し、任意の bit を読み出すまで SCLK によるクロック入力を継続して下さい。温度センサーデータの読み出しも同様です。

アドレス転送（コマンド）のみのシーケンスを図 6.3 に示します。7 章に記載するレジスターマップは、一部アドレス転送（コマンド）のみの項目があります。レジスターの書き込みシーケンスと同様に、アドレス最初の bit (MSB) は、"0" を設定します。アドレスの LSB 側 5 bits (A<4:0>) がレジスターのアドレス（コマンド）です。実行したいアドレス（コマンド）を設定します。アドレス（コマンド）転送後、SS を論理 "L" レベルから論理 "H" レベルに設定し、シリアル通信を終了して下さい。なお、アドレス転送シーケンスの間、MISO は論理 "L" レベルが出力されます。X は "1" または "0" です。

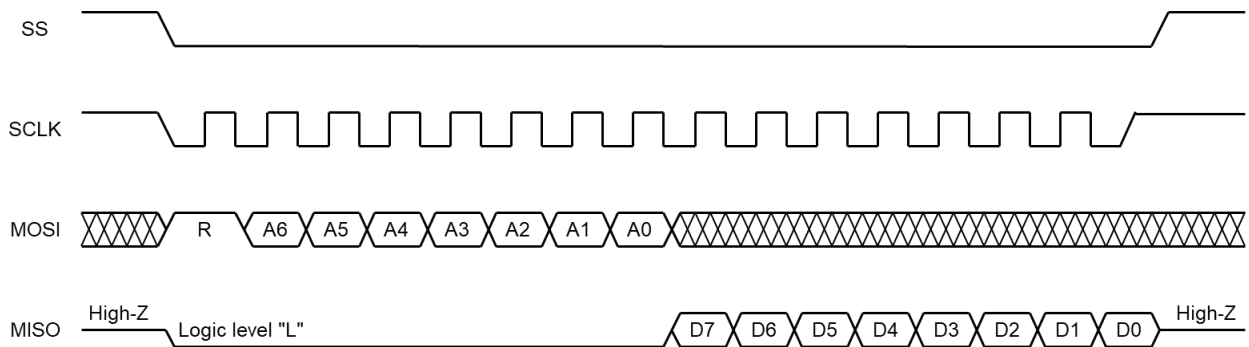


図 6.2 4 線 SPI でのレジスターからの読み出しシーケンス

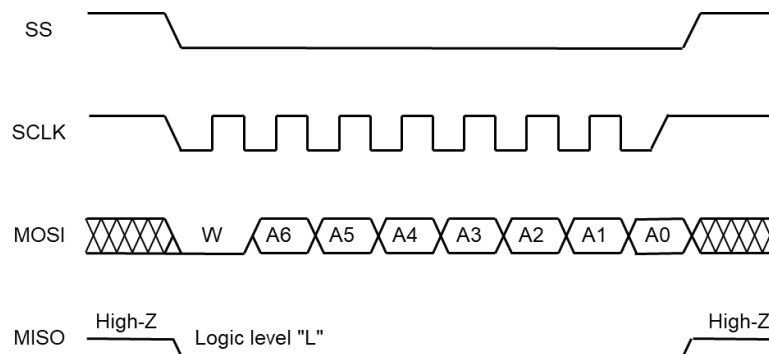


図 6.3 4 線 SPI でのアドレス（コマンド）指定シーケンス

図 6.4、図 6.5 に 4 線 SPI のタイミングチャートを示します。

表 6.1 AC 特性 (4 線 SPI)

($V_{DDM} = 2.7\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $GND = 0\text{ V}$, $T_{OPR} = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$)

項目	記号	条件	$V_{DDI} \leq 2.4\text{ V}$			$V_{DDI} > 2.4\text{ V}$			単位
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
SS セットアップ時間	t_{SSS}		15	-	-	15	-	-	ns
SS ホールド時間	t_{SSH}		100	-	-	100	-	-	ns
SS “H”パルス幅	t_{SSHW}		30	-	-	30	-	-	ns
クロックサイクル	t_{SCYC}		200	-	-	100	-	-	ns
クロック “H”パルス幅	t_{SHW}		90	-	-	40	-	-	ns
クロック “L”パルス幅	t_{SLW}		90	-	-	40	-	-	ns
データセットアップ時間	t_{SDS}		10	-	-	10	-	-	ns
データホールド時間	t_{SDH}		10	-	-	10	-	-	ns
リードアクセス時間	t_{SACC}	Max. $C_L = 30\text{ pF}$	-	-	80	-	-	30	ns
出力ディセーブル時間	t_{SOH}		-	-	30	-	-	30	ns

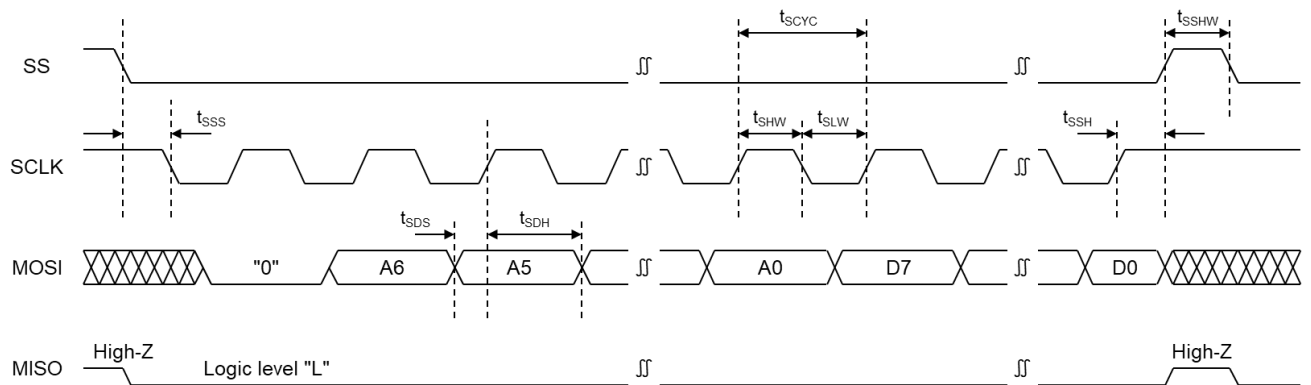


図 6.4 4 線 SPI レジスタへの書き込みタイミング

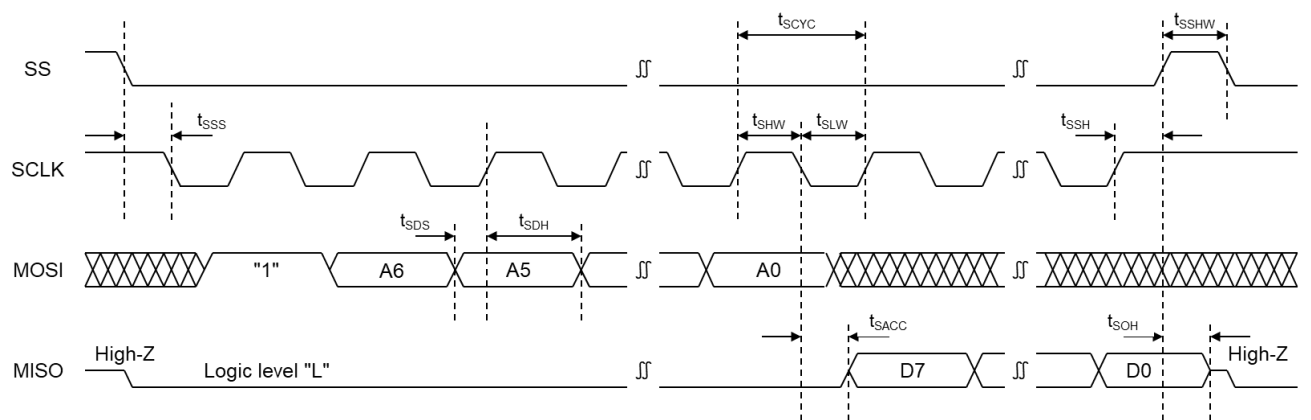


図 6.5 4 線 SPI レジスタからの読み出しタイミング

(注) X は、“1” または “0” です。

6.2. 3線 SPI 通信

3線 SPI 通信は、スレーブセレクト信号（以下 SS）、クロック信号（以下 SCLK）、データ入出力信号（以下 MOSI）からなる 8 bits 幅のシリアル通信です。7.12 節に記載する SPISel（3線 SPI/4線 SPI 選択レジスター）を "1"（初期値は "0"：4線 SPI）にセットして下さい。SPISel を "1" にセットした場合、I²C 通信はディセーブルになります。

4線 SPI と同様に、SS を立ち下げて、最初のバイトがアドレスとなります。シリアルデータ転送中は、SS を論理 "L" レベルに保つ必要があります。SS を論理 "H" レベルにした場合、そのシリアルデータ転送は、キャンセルされます。

アドレス最初の bit (MSB) は、書き込み/読み出しの制御 bit です。レジスターにデータを書き込む場合は "0" を、レジスターからデータを読み出す場合は "1" を設定します。アドレスの LSB 側 5 bits (A<4:0>) がレジスターのアドレスです。アクセスしたいレジスターのアドレスを設定します。また、2 バイト目は、各種レジスターの設定値になります。7 章のレジスターマップを参照し、設定したい値を転送して下さい。

レジスターの書き込みシーケンスを図 6.6 に示します。書き込みデータは、アドレスに引き続き転送します。アドレスとデータ転送の間、SS は論理 "L" レベルを保持して下さい。X は "1" または "0" です。

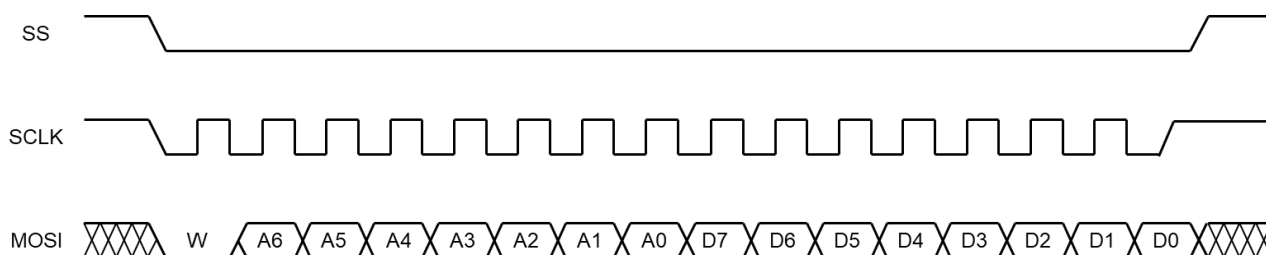


図 6.6 3線 SPI でのレジスターの書き込みシーケンス

レジスターの読み出しシーケンスを図 6.7 に示します。アドレスの転送完了後、2 バイト目から SCLK の立ち下がり同期してデータが出力されます。なお、角速度データの読み出しは 16 bits 出力、あるいは 7.7 節に示す角速度データフォーマット選択によっては 24 bits 出力になります。1 バイト目の角速度データを読み出した後も、SS は論理 "L" レベルを保持し、任意の bit を読み出すまで SCLK によるクロック入力を継続して下さい。また、温度センサーデータの読み出しも同様です。X は "1" または "0" です。

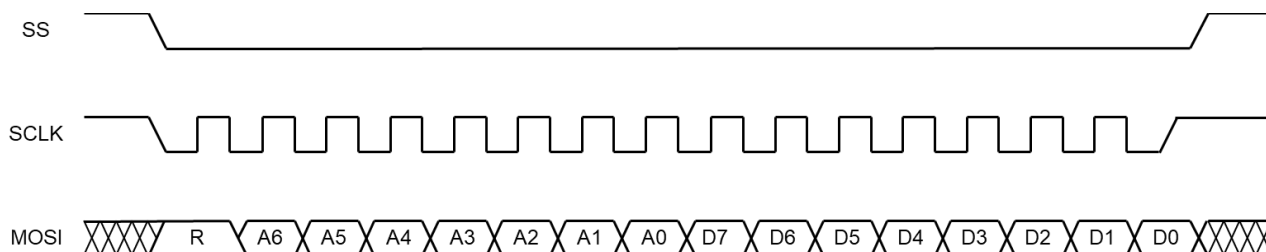


図 6.7 3線 SPI でのレジスターの読み出しシーケンス

アドレス転送（コマンド）のみのシーケンスを図 6.8 に示します。7 章に記載するレジスターマップは、一部アドレス転送（コマンド）のみの項目があります。レジスターの書き込みシーケンスと同様に、アドレス最初の bit (MSB) は、"0" を設定します。アドレスの LSB 側 5 bits (A<4:0>) がレジスターのアドレス（コマンド）です。実行したいアドレス（コマンド）を設定します。アドレス（コマンド）転送後、SS を論理 "L" レベルから論理 "H" レベルに設定し、シリアル通信を終了して下さい。X は "1" または "0" です。

3線 SPI のタイミングチャートを図 6.9、図 6.10 に示します。

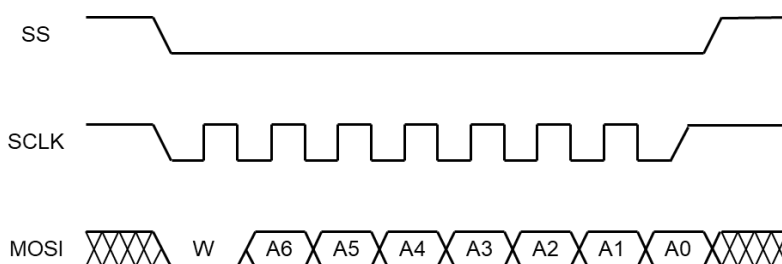


図 6.8 3線 SPI でのアドレス（コマンド）指定シーケンス

表 6.2 AC 特性 (3 線 SPI)

($V_{DDM} = 2.7\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $GND = 0\text{ V}$, $T_{OPR} = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$)

項目	記号	条件	$V_{DDI} \leq 2.4\text{ V}$			$V_{DDI} > 2.4\text{ V}$			単位
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
SS セットアップ時間	t_{SSS}		15	-	-	15	-	-	ns
SS ホールド時間	t_{SSH}		100	-	-	100	-	-	ns
SS “H”パルス幅	t_{SSHW}		30	-	-	30	-	-	ns
クロックサイクル	t_{SCYC}		200	-	-	100	-	-	ns
クロック “H”パルス幅	t_{SHW}		90	-	-	40	-	-	ns
クロック “L”パルス幅	t_{SLW}		90	-	-	40	-	-	ns
データセットアップ時間	t_{SDS}		10	-	-	10	-	-	ns
データホールド時間	t_{SDH}		10	-	-	10	-	-	ns
リードアクセス時間	t_{SACC}	Max. $C_L = 30\text{ pF}$	-	-	80	-	-	80	ns
出力ディセーブル時間	t_{SOH}		-	-	30	-	-	30	ns

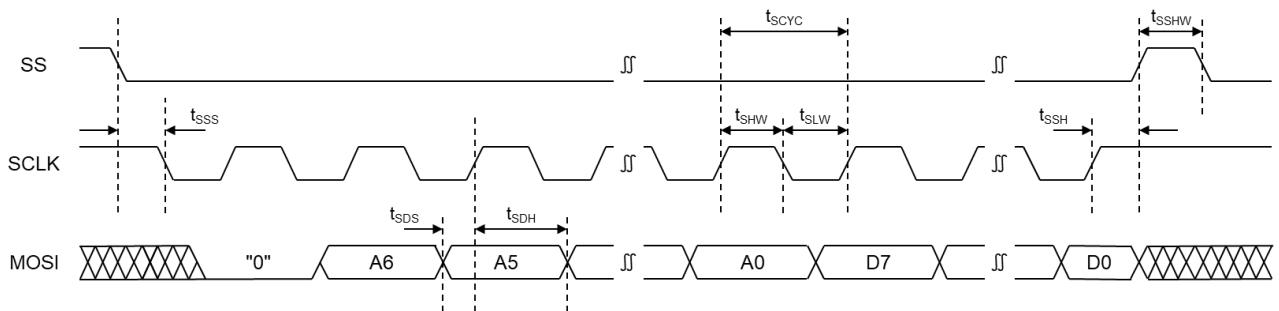


図 6.9 3 線 SPI レジスターへの書き込みタイミング

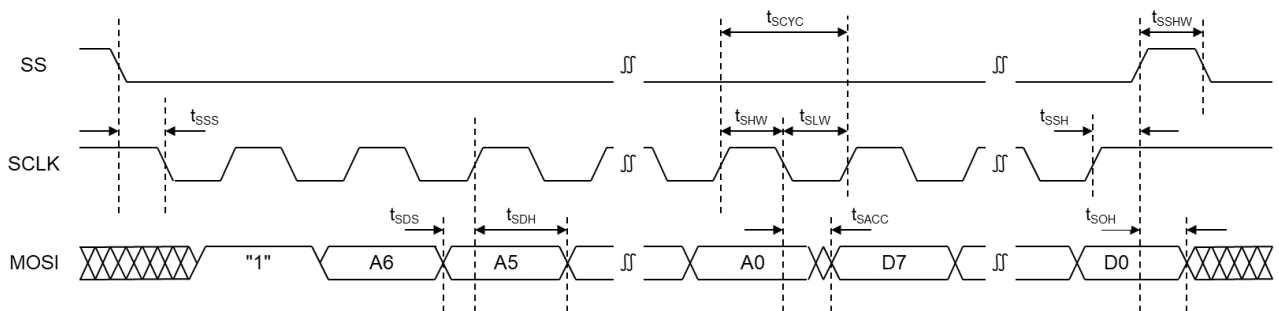


図 6.10 3 線 SPI レジスターからの読み出しタイミング

(注) X は、“1” または “0” です。

6.3. I²C 通信

I²C 通信は、クロック信号（以下 SCL）、データ・アドレス信号（以下 SDA）からなる 8 bits 幅のシリアル通信です。7 章に記載する I²C_EN（I²C イネーブルレジスタ）を "1"（初期値は "1" : Enable）にセットして下さい。また、I²C 通信を使用する場合、4 線/3 線 SPI 通信で用いたスレーブセレクト信号（以下 SS）を論理 "H" レベル（インターフェイス電源電圧 V_{DDI}）に固定して下さい。

I²C 通信は、マスターからスタートコンディション（以下 ST、SCL が論理 "H" レベルの状態）で SDA を論理 "H" レベルから論理 "L" レベルに変える）を発行することで通信を開始します。また、マスターからストップコンディション（以下 SP、SCL が論理 "H" レベルの状態）で SDA を論理 "L" レベルから論理 "H" レベルに変える）を発行することで通信を終了します。

内部レジスタへのアクセスは、マスターからスレーブデバイスアドレス（以下 ADR、"110101" に SA0 の "0"、または "1" を付加したアドレス）に、読み出し（Read = "1"）/書き込み（Write = "0"）識別信号の 1 bit を加えた計 1 バイトを送信します。スレーブは、ADR 受信後、アドレスが自分と一致しているか調べ、一致している場合は ACK（アクノリッジ）を返し、その後の通信が可能になります。アドレスが不一致の場合は、アイドル状態に戻り、再び ST が発行されるまで待機します。

SA0 端子は、内部でプルダウン（約 100 kΩ）されています。SA0 端子を "0" に設定する場合、N.C.もしくは GND に接続して下さい。また、SA0 端子を "1" に設定する場合、V_{DDI} に接続して下さい。この時、SA0 端子に約 30 μA @ V_{DDI} = 3 V の電流が流れます。電流を低減したい場合は、V_{DDI} と SA0 端子に任意の抵抗を挿入するか、もしくは、電源投入後、3.4 節に記載するシリアル通信ウエイト時間 t_F が経過した後、7.11 節に記載する SelMISO [1:0] を書き換えることにより、端子設定をプルダウンからプルアップに変更することができます。制御方法は、7.11 節 MISO/SA0 端子の制御方法を参照して下さい。

続いて、内部レジスタのアドレス（以下 SUB-ADR）を送信します。アドレス最初の bit（MSB）は、"0" を入力して下さい（機能の割り当てはありません）。残る LSB 側 7 bits（A <6:0>）がレジスタのアドレスです。詳細は 7 章のレジスタマップを参照して下さい。アクセスしたいレジスタのアドレスを転送した後、ACK を返します。

以降のシーケンスは、レジスタ書き込み、レジスタ読み出し、及びアドレス（コマンド）転送で異なります。図 6.11 ~ 図 6.13 を参照して下さい。

なお、角速度データの読み出しは 16 bits 出力、あるいは 7 章に示す角速度データフォーマット選択によっては 24 bits 出力になります。1 バイト目の角速度データを読み出した後、マスターは NACK（ノンアクノリッジ）ではなく、ACK（アクノリッジ）を返し、2 バイト目、もしくは 3 バイト目の読み出しを行って下さい。また、温度センサーデータの読み出しも同様です。

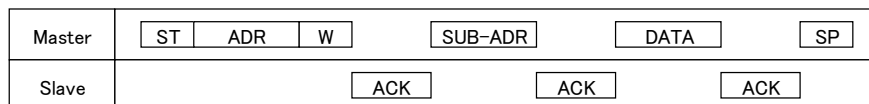


図 6.11 I²C でのレジスタへの書き込みプロトコル

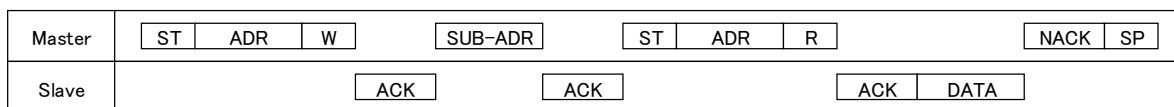


図 6.12 I²C でのレジスタからの読み出しプロトコル

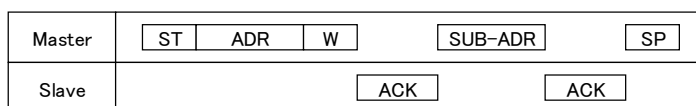


図 6.13 I²C でのアドレス（コマンド）指定プロトコル

- ST : スタートコンディション
- SP : ストップコンディション
- ADR : スレーブデバイスアドレス (110101 + SA0)
- R/W : Read = "1", Write = "0"
- SUB-ADR : 内部レジスタアドレス
- DATA : 内部レジスタ書き込み/読み出しデータ
- ACK : "Low"
- NACK : "High", 読み出し終了時に送信します

波形の一例として、レジスタへの書き込み、レジスタからの読み出し、及びアドレス（コマンド）転送を図 6.14 ~ 図 6.16 に示します。

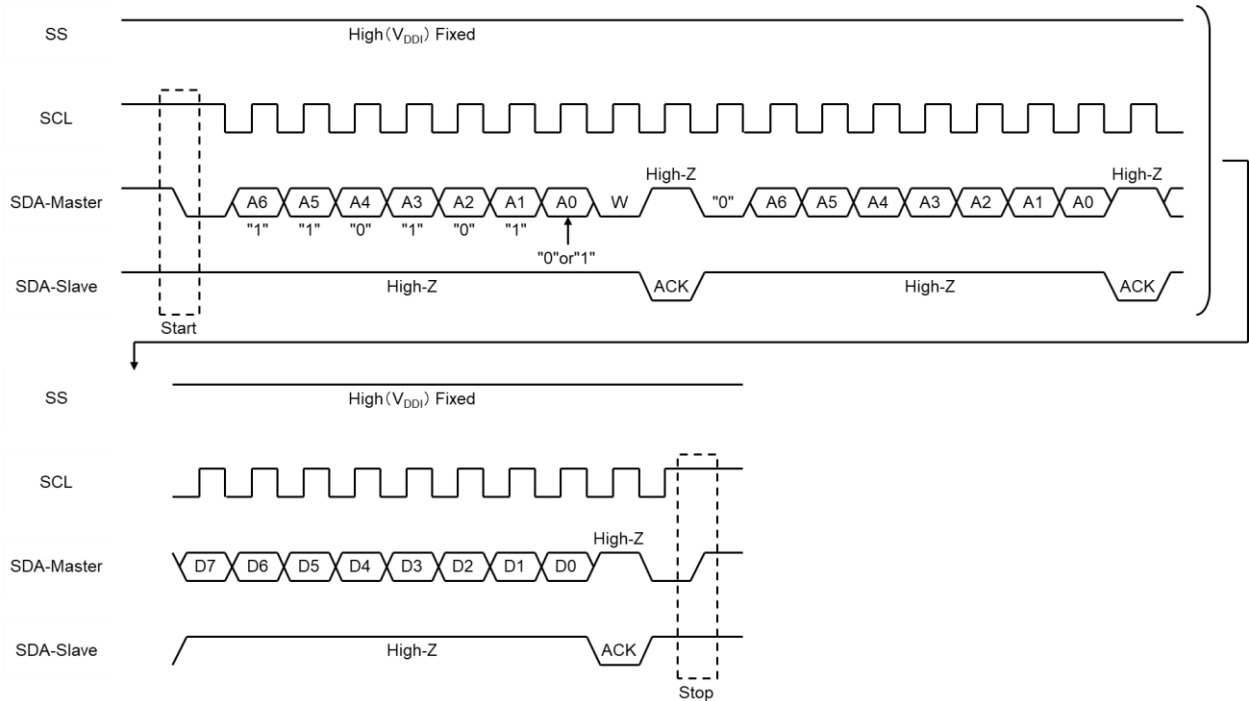
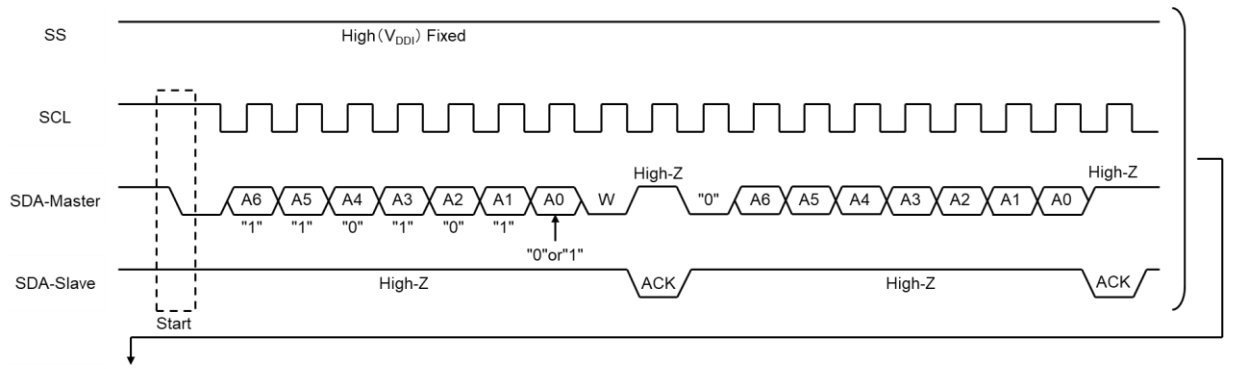


図 6.14 I²C でのレジスタへの書き込みシーケンス



SS High (V_{DDI}) Fixed

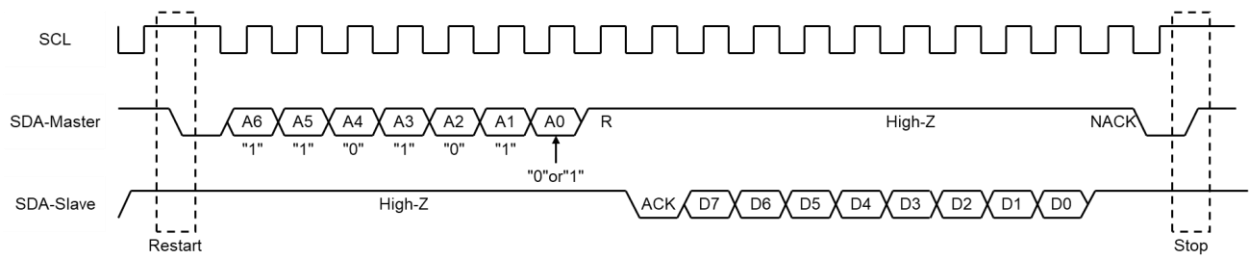


図 6.15 I²C でのレジスターからの読み出しシーケンス

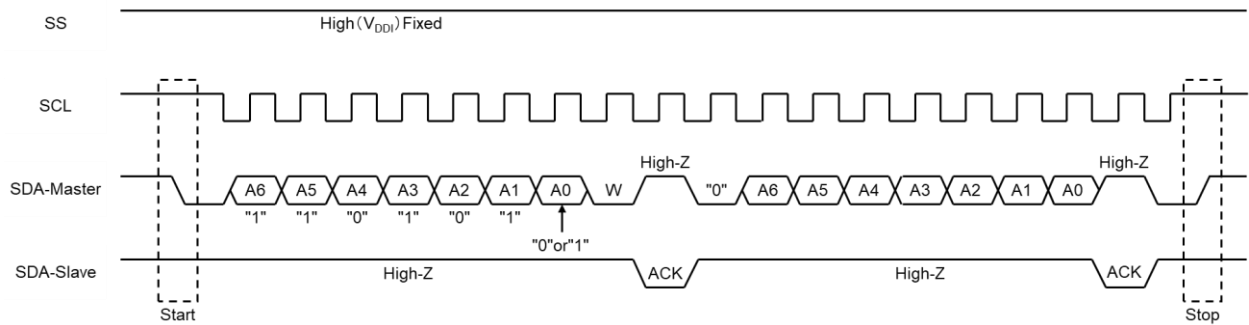


図 6.16 I²C でのアドレス (コマンド) 指定シーケンス

図 6.17 にタイミングチャートを示します。

表 6.3 AC 特性 (I²C)

(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -40 °C ~ +85 °C)

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
クロックサイクル	t _{SCL}	2.5	-	-	μs
クロック “H”パルス幅	t _{WH}	0.6	-	-	μs
クロック “L”パルス幅	t _{WL}	1.3	-	-	μs
データセットアップ時間	t _{DS}	0.1	-	-	μs
データホールド時間	t _{DH}	0.0	-	-	μs
スタートコンディションホールド時間	t _{SH}	0.6	-	-	μs
リスタートコンディションセットアップ時間	t _{RS}	0.6	-	-	μs
ストップコンディションセットアップ時間	t _{PS}	0.6	-	-	μs
スタート・ストップ間コンディション	t _{WS}	1.3	-	-	μs

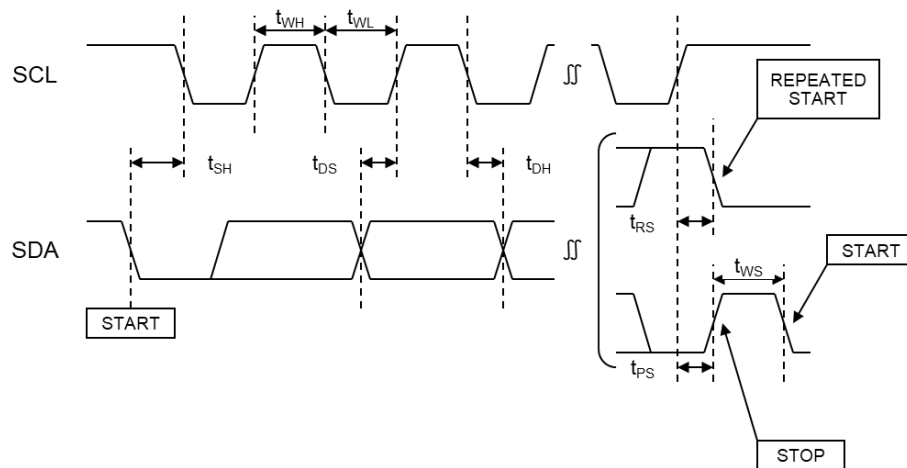


図 6.17 I²C タイミング

6.4. 角速度データ読み出し

角速度データの読み出しは、表 7.1 ユーザーコマンドレジスターに記載するレジスターDatAccOnで行います。角速度データは、2の補数表現を用いており、16 bits/24 bits のデータ幅を有します。16 bits/24 bits 切り替えは、表 7.6 記載のレジスター『DataFormat』となります (DataFormat = 0:16 bits 出力/ DataFormat = 1...24 bits 出力)。

表 6.4 角速度データ出力制御

A [6:5]	DataFormat	データ出力順番		
		1 st byte	2 nd byte	3 rd byte
00	0	D [15:8]	D [7:0]	
00	1	D [23:16]	D [15:8]	D [7:0]

4 線 SPI 通信/3 線 SPI 通信は、1 バイト目の角速度データを読み出した後も、SS は論理 "L" レベルを保持し、任意の bit を読み出すまで SCLK によるクロック入力を継続して下さい。

I²C 通信は、1 バイト目の角速度データを読み出した後、マスターは NACK (ノンアクノリッジ) ではなく、ACK (アクノリッジ) を返し、2 バイト目、もしくは 3 バイト目の読み出しを行って下さい。

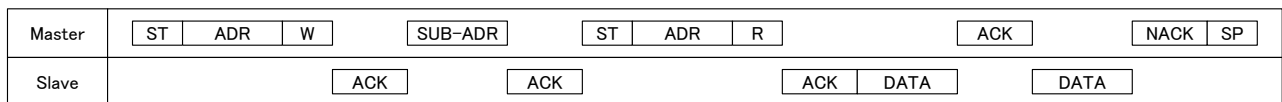


図 6.18 角速度データ (16 bits 出力)

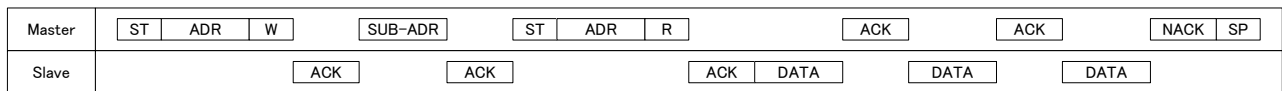


図 6.19 角速度データ (24 bits 出力)

6.5. 温度センサーデータ読み出し

温度センサーデータの読み出しは、表 7.1 に記載するレジスター名 TempRdで行います。温度センサーデータは、2の補数表現を用いており、16 ビットのデータ幅を有します。また、表 7.1 記載のアドレス 0x0bにあるレジスター名 TFormat を切り替えことによって、データフォーマットを変更することが出来ます。読み出しは角速度データの読み出しと同様に、任意のビットを読み出すまでシリアル通信を継続して下さい。なお、温度センサーデータは、サンプリングレートの間隔で更新されます。

表 6.5 温度センサーデータ出力制御

TFormat	温度センサー出力	
	感度	0 コードの温度
0	128 LSB/°C	0 °C
1	256 LSB/°C	25 °C

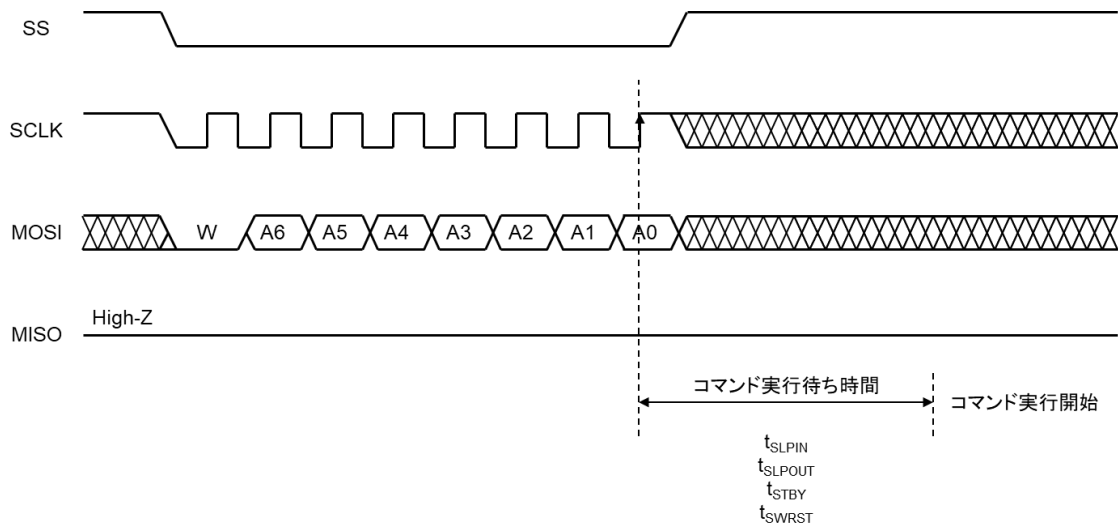
6.6. コマンド発行に関する制約時間

6.6.1. 4線SPI/3線SPI

表 6.6 SPI通信でのコマンド発行に関する制約時間

($V_{DDM} = 2.7\text{ V} \sim 3.6\text{ V}$, $GND = 0\text{ V}$, $T_{OPR} = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$)

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
スリープイン実行待ち時間	t_{SLPIN}	10	-	-	μs
スリープアウト実行待ち時間 (注 1)	t_{SLPOUT}	10	-	-	μs
スタンバイ実行待ち時間	t_{STBY}	10	-	-	μs
ソフトウェアリセット実行待ち時間	t_{SWRST}	10	-	-	μs



(注1) スリープアウトのコマンド発行は、スリープイン、もしくはスタンバイのコマンド発行後、コマンド実行待ち時間経過後 (t_{SLPOUT} 、もしくは t_{STBY}) に行ってください。

(注) Xは、「1」または「0」です。

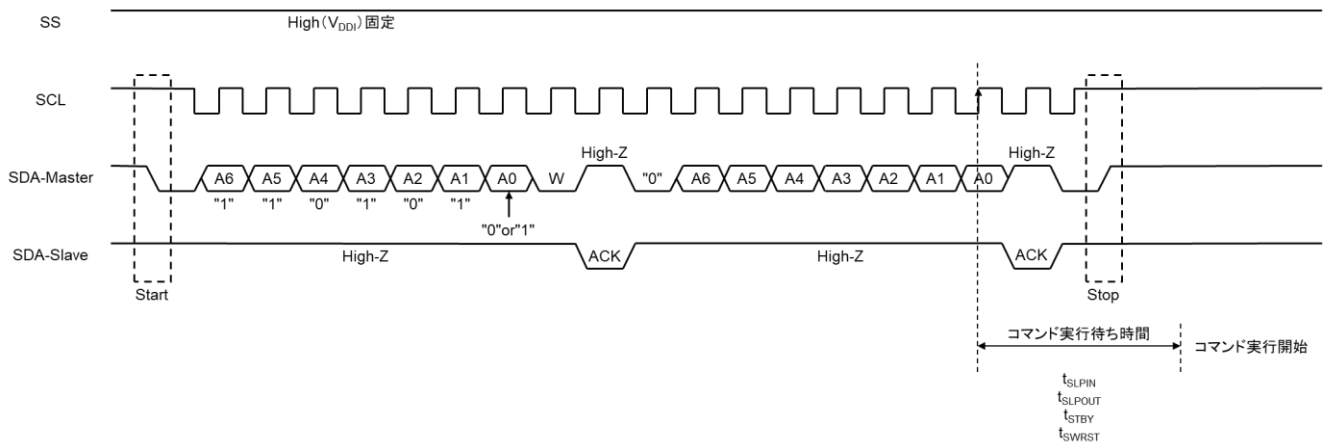
図 6.20 SPI通信でのコマンド発行に関する制約時間

6.6.2. I²C 通信

表 6.7 I²C でのコマンド発行に関する制約時間

(V_{DDM} = 2.7 V ~ 3.6 V, GND = 0 V, T_{OPR} = -40 °C ~ +85 °C)

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
スリープイン実行待ち時間	t _{SLPIN}	10	-	-	μs
スリープアウト実行待ち時間 (注 1)	t _{SLPOUT}	10	-	-	μs
スタンバイ実行待ち時間	t _{STBY}	10	-	-	μs
ソフトウェアリセット実行待ち時間	t _{SWRST}	10	-	-	μs



(注1) スリープアウトのコマンド発行は、スリープイン、もしくはスタンバイのコマンド発行後、コマンド実行待ち時間経過後 (t_{SLPOUT}、もしくは t_{STBY}) に行ってください。

図 6.21 I²C でのコマンド発行に関する制約時間

7. ユーザーコマンドレジスター

表 7.1 ユーザーコマンドレジスター

アドレス	レジスター名	タイプ	機能
0x00			Reserved
0x01	DspCtl1	R/W	DSP 設定切り替え 1
0x02	DspCtl2	R/W	DSP 設定切り替え 2
0x03			Reserved
0x04	StsRd	R	ステータスリード
0x05	Status	R/W	スリープイン
0x06	ProtState	R/W	スリープイン制御
0x07			Reserved
0x08	TempRd	R	温度センサーデータ読み出し
0x09			Reserved
0x0a	DatAccOn	R	角速度データ読み出し
0x0b	OutCtl1	R/W	角速度データ読み出し制御
0x0c	SelFSR	R/W	フルスケールレンジ切り替え
0x0d	DspRes	R/W	デジタルフィルタリセット
0x0e			Reserved
0x0f	PageSel	R/W	ページレジスター設定
0x10			Reserved
0x11			Reserved
0x12			Reserved
0x13			Reserved
0x14			Reserved
0x15	DatLatchCom	R/W	データラッチコマンド
0x16			Reserved
0x17			Reserved
0x18			Reserved
0x19			Reserved
0x1a	ProtSoftR	R/W	ソフトウェアリセット制御
0x1b	SoftReset	R/W	ソフトウェアリセット
0x1c	FltMode	R/W	フィルター選択
0x1d	OtCtl	R/W	MISO 制御
0x1e			Reserved
0x1f	IFCtl	R/W	シリアルインターフェイス設定

R: レジスター読み出し

R/W: レジスター読み出し、及びレジスター書き込み

(注) Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

7.1. DSP 設定切り替え 1

表 7.2 DSP 設定切り替え 1

アドレス	ビット	レジスター名	初期値	タイプ	機能	設定内容
0x01	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	5	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	4	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	3	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	2	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	1	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	0	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved

- (注1) 設定変更する場合、変更ビット以外は初期値を設定して下さい。
 なお、同一レジスター内（アドレスが同じ）の bit であれば同時に設定変更が可能です。
- (注2) Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。
- (注3) RevSign レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

7.2. DSP 設定切り替え 2

表 7.3 DSP 設定切り替え 2

アドレス	ビット	レジスター名	初期値	タイプ	機能	設定内容
0x02	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	EnbNF	0	R/W	離調周波数 除去フィルター	0: Disable 1: Enable
	5	LpfOrder[1]	0	R/W	LPF 次数選択	LpfOrder[1:0] 00: 2 次 01: 3 次 10: 4 次 11: Not Available
	4	LpfOrder[0]	0	R/W		
	3	LpfFc[3]	0	R/W	LPF Fc 選択	LpfFc[3:0] 0000: 1Hz 0001: 10Hz 0010: 25Hz 0011: 50Hz 0100: 100Hz 0101: 200Hz 0110: 400Hz 0111: 500Hz
	2	LpfFc[2]	1	R/W		
	1	LpfFc[1]	0	R/W		
	0	LpfFc[0]	0	R/W		

- (注1) 設定変更する場合、変更ビット以外は初期値を設定して下さい。なお、同一レジスター内（アドレスが同じ）の bit であれば同時に設定変更が可能です。
- (注2) Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

7.3. ステータスリード

表 7.4 ステータスリード

アドレス	ビット	レジスター名	初期値	タイプ	機能	設定内容
0x04	7	Reserved	Reserved	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	Reserved	R	Reserved	Reserved
	5	Reserved	Reserved	R	Reserved	Reserved
	4	Reserved	Reserved	R	Reserved	Reserved
	3	Reserved	Reserved	R	Reserved	Reserved
	2	Reserved	Reserved	R	Reserved	Reserved
	1	Reserved	Reserved	R	Reserved	Reserved
	0	ProcOK	-	R	温度センサー データ出力フラグ	0: 準備中 1: 準備完了

7.4. スリープイン/スリープアウト制御

表 6-1 にあるアドレス"0x05"のレジスター Sipln でスリープイン/スリープアウトの制御をすることが出来ます。ただし、スリープイン制御はアドレス 0x06 のレジスターでプロテクトをかけており、0x06 でレジスターが 0x59 の場合のみ有効になります。そのため、スリープイン制御を実行する場合は事前にアドレス 0x06 のレジスターに 0x59 の書き込みを実施して下さい。

スリープイン時は、レジスターアクセスのみ可能となり、角速度データ、及び温度センサーデータは、"0"になります。スリープインからスリープアウトした場合は、DSP は初期化されます。

表 7.5 スリープ/スリープアウト制御

アドレス	ビット	レジスター名	初期値	タイプ	機能	設定内容
0x05	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	5	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	4	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	3	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	2	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	1	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
		0	Sipln	0	R/W	スリープイン制御
0x06	7	ProtState[7]	0	R/W	スリープイン制御 イネーブル	0x59 で Sipln が有効
	6	ProtState[6]	0	R/W		
	5	ProtState[5]	0	R/W		
	4	ProtState[4]	0	R/W		
	3	ProtState[3]	0	R/W		
	2	ProtState[2]	0	R/W		
	1	ProtState[1]	0	R/W		
	0	ProtState[0]	0	R/W		

7.5. 温度センサーデータ読み出し

アドレス"0x08"を指定して下さい。データの読み出しのみです（書き込みはありません）。温度センサーデータ読み出しは、6.5 節を参照して下さい。

7.6. 角速度データ読み出し

アドレス"0x0a"を指定して下さい。データの読み出しのみです（書き込みはありません）。角速度データ読み出しは、6.4 節を参照して下さい。

7.7. 角速度データ読み出し制御

表 7.6 角速度読み出し制御

アドレス	ビット	レジスター名	初期値	タイプ	機能	設定内容
0x0b	7	EnblmuLatch	0	R/W	トリガーラッチ イネーブル (MOSI)	0: Disable 1: Enable
	6	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved
	5	EnbCmdTrg	0	R/W	コマンドラッチ イネーブル	0: Disable 1: Enable
	4	Reserved	0	R/W	Reserved	Reserved
	3	TFormat	0	R/W	温度センサー データフォーマット	0: 16bit (128LSB/°C) 1: 16bit (256LSB/°C)
	2	DataFormat	0	R/W	角速度データ フォーマット	0: 16bit 出力 1: 24bit 出力
	1	OutCtl[1]	0	R/W	角速度データ 出力選択	OutCtl[1:0] 00: 評価モード 1 (注 2) 01: 角速度データ出力 10: 評価モード 2 (注 2) 11: 評価モード 3 (注 2)
	0	OutCtl[0]	1	R/W		

(注1) 設定変更する場合、変更ビット以外は初期値を設定して下さい。なお、同一レジスター内（アドレスが同じ）の bit であれば同時に設定変更が可能です。

(注2) Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

7.8. フルスケール制御

アドレス 0x0c のレジスターでフルスケールレンジを変更して、検出範囲を $\pm 115\%$ 、 $\pm 460\%$ に設定することが出来ます。

表 7.7 フルスケール制御

アドレス	ビット	レジスター名	初期値	タイプ	機能	設定内容
0x0c	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	5	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	4	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	3	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	2	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	1	SelfFSR[1]	0	R/W	フルスケールレ ンジ切り替え	00: FS=1 倍 01: Reserved 10: FS=1/4 倍 11: 未設定
	0	SelfFSR[0]	0	R/W		

(注1) 設定変更する場合、変更ビット以外は初期値を設定して下さい。なお、同一レジスター内（アドレスが同じ）の bit であれば同時に設定変更が可能です。

(注2) Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

7.9. データラッチコマンド制御

データラッチ機能とは、任意のタイミングで角速度データをラッチし、そのラッチデータを読み出すことが出来る機能です。7.6 節のレジスタでデータラッチ機能を有効にすることが出来ます。トリガデータラッチ機能は、EnblmuLatch を“1”に設定することで、コマンドデータラッチ機能は、EnbCmdTrg を“1”に設定することで有効になります。

通常の角速度読み出しを図 7.1 に示します。データラッチ機能が無効の場合、図 7.1 通常の角速度読み出しタイミングチャート記載の通り、角速度読み出しのコマンドが入力された時点でのデータが読み出されます。

一方、データラッチ機能は、トリガ信号やコマンドを用いて任意のタイミングで内部データをラッチします。その後の角速度読み出しにおいてラッチデータが角速度データとして読み出されるようになります。なお、ラッチされた読み出しデータは新たにラッチ動作をしない限りは更新されません。

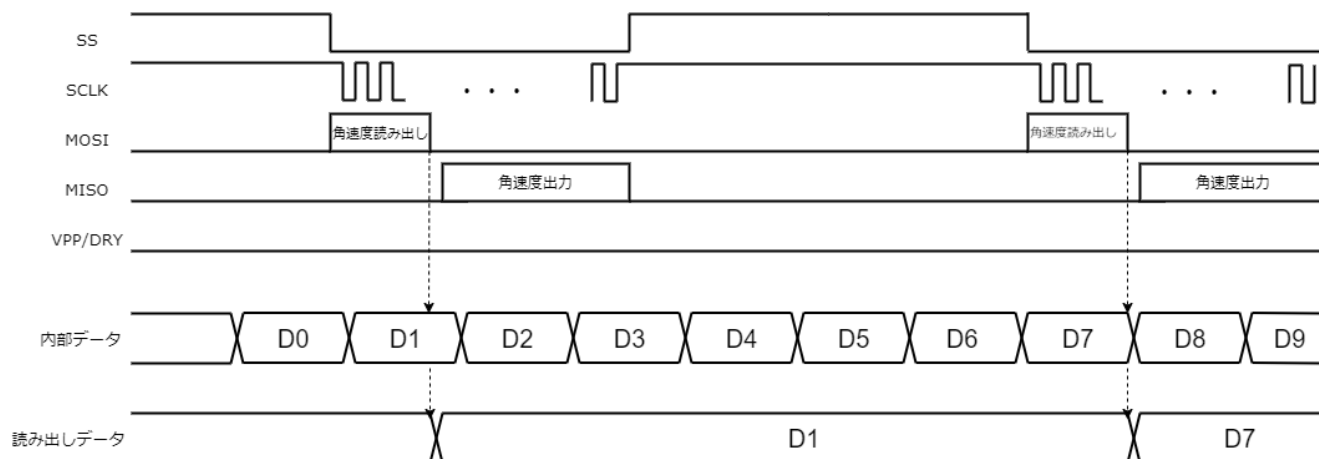


図 7.1 通常の角速度読み出しタイミングチャート

7.9.1. トリガデータラッチ機能

トリガデータラッチ機能のタイミングチャートを図 7.2 に示します。SS=H の期間に MOSI に H パルスのトリガ信号が入力されるとデバイス内部の角速度データがラッチされます。データがラッチされた後、ラッチされたデータが角速度読み出し時に出力されます。その後は、新たにトリガ信号を入力しない限り、読み出しデータの更新は行われません。

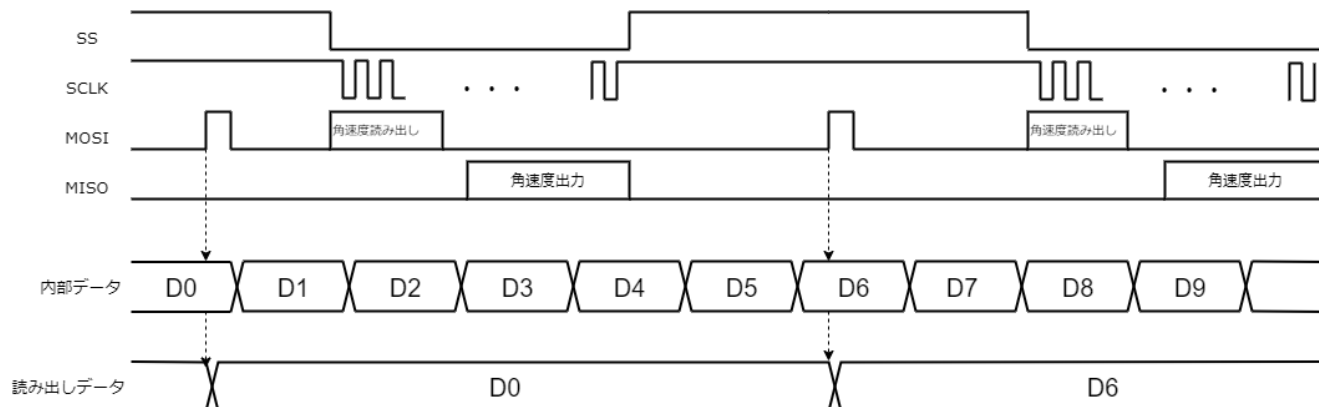


図 7.2 トリガデータラッチタイミングチャート

※本センサーと MOSI 共通で使用されるデバイスがある場合、そのデバイスとの通信がトリガ信号の入力と認識され、角速度データが更新されます。ご使用の際はご注意ください。

7.9.2. コマンドデータラッチ機能

コマンドデータラッチ機能とは、表 7.8 データラッチコマンド制御にあるアドレス“0x15”の DatLatchCom を”1”に設定することによってデバイス内部の角速度データをラッチする機能です。データがラッチされた後、ラッチされたデータが角速度読み出し時に出力されます。その後は、新たにラッチコマンドを実行しない限り、読み出しデータの更新は行われません。そのため、再度データをラッチする場合は、一度 DatLatchCom を”0”に設定して、その後、DatLatchCom を”1”に設定してください。

表 7.8 データラッチコマンド制御

アドレス	ビット	レジスター名	初期値	タイプ	機能	設定内容
0x15	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	5	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	4	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	3	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	2	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	1	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	0	DatLatchCom	0	R/W	コマンドデータラッチ	0→1: データラッチを実行

- (注1) 設定変更する場合、変更ビット以外は初期値を設定して下さい。なお、同一レジスター内（アドレスが同じ）の bit であれば同時に設定変更が可能です。
- (注2) Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

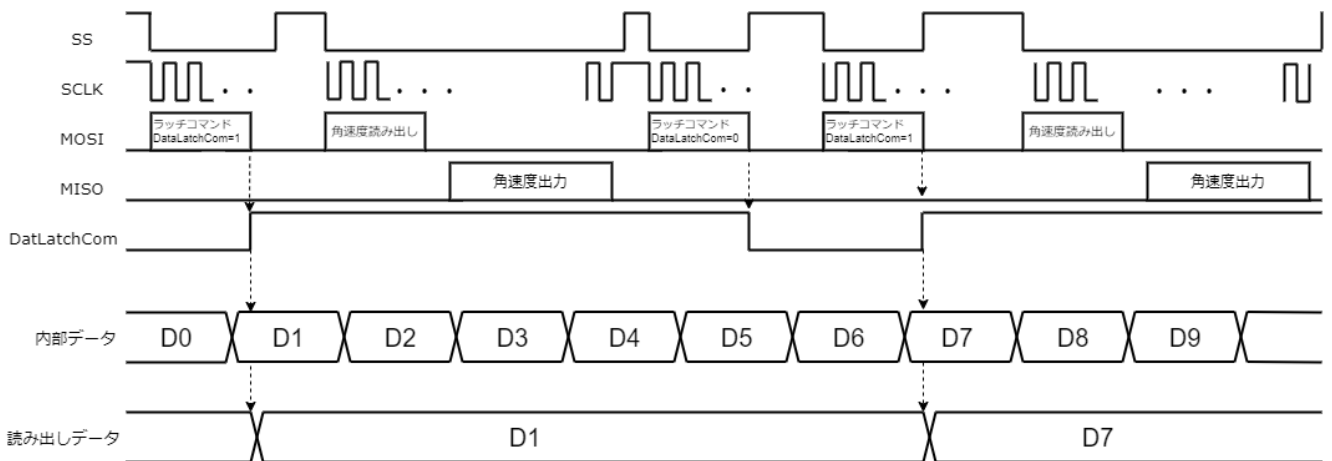


図 7.3 データコマンドラッチタイミングチャート

7.10. ソフトウェアリセット制御・ソフトウェアリセット

ソフトウェアリセットはアドレス 0x1A の SoftReset を“0”から“1”にすることで実行されます。ただし、ソフトウェアリセットの動作にはプロテクトをかけています。そのため、ソフトウェアリセットを実行する場合は事前にアドレス 0x1A のレジスターを 0x59 に設定して下さい。

ソフトウェアリセット時には表 7-1 に示すユーザーコマンドレジスターが初期化（レジスター初期値に設定）されます。

表 7.9 ソフトウェアリセット制御

アドレス	ビット	レジスター名	初期値	タイプ	機能	設定内容
0x1A	7	ProtSoftR[7]	0	R/W	ソフトウェアリセット イネーブル制御	0x59 で SoftReset が有効
	6	ProtSoftR[6]	0	R/W		
	5	ProtSoftR[5]	0	R/W		
	4	ProtSoftR[4]	0	R/W		
	3	ProtSoftR[3]	0	R/W		
	2	ProtSoftR[2]	0	R/W		
	1	ProtSoftR[1]	0	R/W		
	0	ProtSoftR[0]	0	R/W		
0x1B	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	5	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	4	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	3	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	2	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	1	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	0	SoftReset	0	R/W	ソフトウェアリセット	0→1: ソフトウェアリセット実行

(注1) 設定変更する場合、変更ビット以外は初期値を設定して下さい。なお、同一レジスター内（アドレスが同じ）の bit であれば同時に設定変更が可能です。

(注2) Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

7.11. MISO/SA0 端子の制御

表 7-1 に記載されているアドレス 0x1d にあるレジスター名 SelMISO[1:0] を書き換えることにより、MISO/SA0 端子の状態を変えることができます。状態設定は、表 7-10 の通りです。

表 7.10 MISO/SA0 端子の制御

アドレス	ビット	レジスター名	初期値	タイプ	機能	設定内容
0x1d	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	5	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	4	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	3	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	2	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	1	SelMISO[1]	1	R/W	MISO/SA0 端子 状態選択	(注 1)
	0	SelMISO[0]	0	R/W		

(注1) 設定内容は、表 7-11 に記載する MISO/SA0 端子の制御方法を参照して下さい。

(注2) Reserved レジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

表 7.11 MISO/SA0 端子の制御方法

モード	SPISel	SelMISO[1]	SelMISO[0]	SS	MISO/SA0
4 線 SPI	0 (4 線 SPI)	X	X	0	出力
	0	0	0	1	出力"L"レベル
	0	0	1	1	出力"H"レベル
	0	1	X	1	High-Z
3 線 SPI	1 (3 線 SPI)	0	0	X	出力"L"レベル
	1	0	1	X	出力"H"レベル
	1	1	X	X	High-Z

(注1) SelMISO[1]の初期値は"1"、SelMISO[0]の初期値は"0"です。

(注2) データ読み出し時は出力、それ以外は High-Z になります。

(注3) SA0 は、IC 内部で"0"に固定されます。

7.12. シリアルインターフェイス設定

表7.1に記載されているアドレス0x1fにあるレジスター名SPISel（4線SPI/3線SPI選択レジスター）、I²C_ENを設定することでインターフェイスを選択することができます。デフォルト設定では、SSがLで4線SPI通信が可能、SSがHでI²C通信が可能となっています。ただし、誤動作の可能性も出てきますので実際にSPI通信を使用する場合、レジスター名I²C_EN（I²Cイネーブルレジスター）を"0"（初期値は"1"：イネーブル）にすることを推奨しています。

表 7.12 シリアルインターフェイス設定

アドレス	ビット	レジスター名	初期値	タイプ	機能	設定内容
0x1f	7	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	6	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	5	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	4	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	3	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	2	Reserved	0	R	Reserved	Reserved
	1	SPISel (注3)	0	R/W	4線/3線 SPI選択	0: 4線SPI 1: 3線SPI
	0	I ² C_EN (注3)	1	R/W	I ² Cイネーブル	0: Disable 1: Enable

(注1) 設定変更する場合、変更ビット以外は初期値を設定して下さい。なお、同一レジスター内（アドレスが同じ）のbitであれば同時に設定変更が可能です。

(注2) 表7.12に記載するモードは、SPI通信でのみ設定変更が可能です。

(注3) Reservedレジスターは変更せず、初期値で使用して下さい。

8. フィルター特性

8.1. デジタルフィルター

本製品では、弊社で用意したセレクトラブルフィルター (LPF)から選択して使用できます。

8.1.1. セレクトラブルフィルター (LPF)

セレクトラブルフィルターの特性値を表 8.1 に、ボード線図を図 8.1 ~ 図 8.3 に示します。セレクトラブルフィルターは、フィルター次数(2次/3次/4次)と、カットオフ周波数(1 Hz ~ 500 Hz, 8段階)が選択可能です。設定方法は7.2節を参照して下さい。

表 8.1 セレクトラブルフィルター特性値

項目	条件		Typ.			単位
	LpfFc [3:0]	f _c	2次	3次	4次	
位相@ 10 Hz	0000	1 Hz	-164.6	-240.7	-314.1	°
	0001	10 Hz	-65.5	-80.8	-94.0	°
	0010	25 Hz	-28.7	-34.5	-39.3	°
	0011	50 Hz	-14.6	-17.3	-19.8	°
	0100	100 Hz	-7.3	-8.7	-9.9	°
	0101	200 Hz	-3.7	-4.3	-4.9	°
	0110	400 Hz	-1.8	-2.2	-2.5	°
	0111	500 Hz	-1.5	-1.7	-2.0	°
群遅延@ DC	0000	1 Hz	239.7	280.6	318.5	ms
	0001	10 Hz	20.7	24.5	27.9	ms
	0010	25 Hz	8.2	9.8	11.1	ms
	0011	50 Hz	4.1	4.9	5.6	ms
	0100	100 Hz	2.1	2.4	2.8	ms
	0101	200 Hz	1.0	1.2	1.4	ms
	0110	400 Hz	0.5	0.6	0.7	ms
	0111	500 Hz	0.4	0.5	0.6	ms

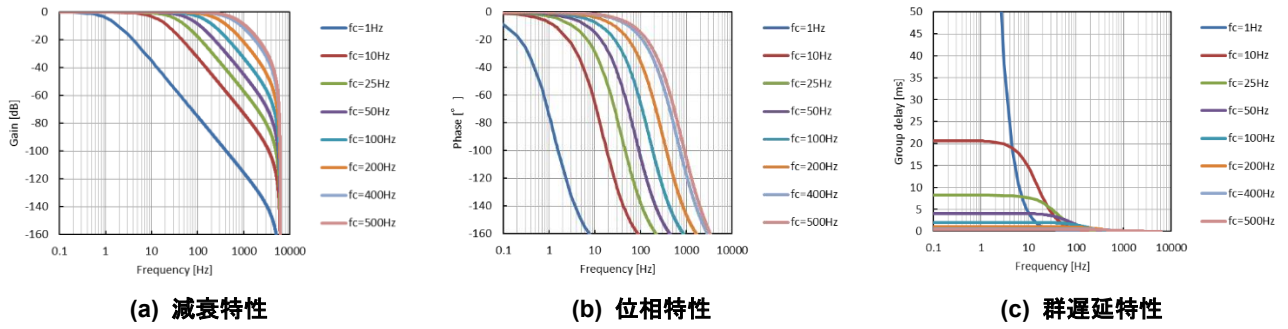


図 8.1 セレクタブルフィルターポード線図(2次)

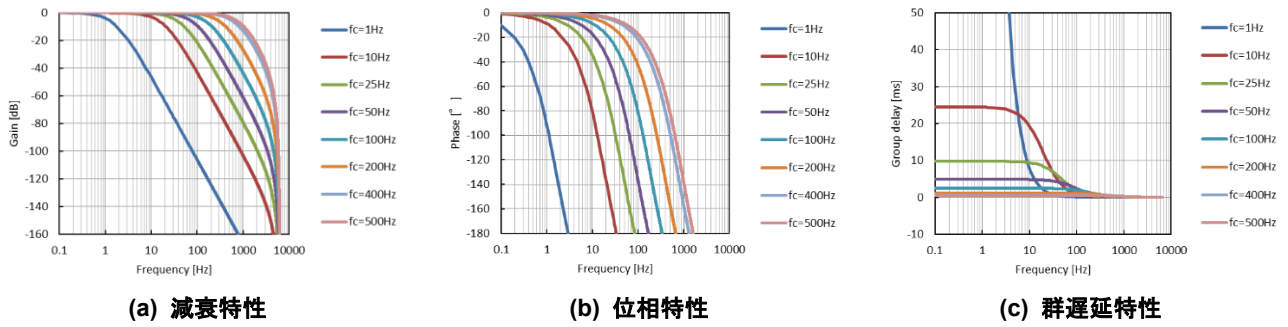


図 8.2 セレクタブルフィルターポード線図(3次)

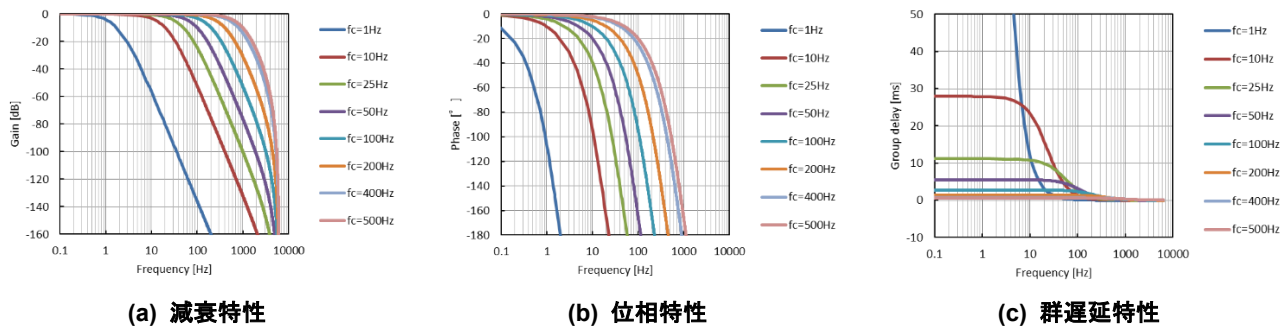


図 8.3 セレクタブルフィルターポード線図(4次)

8.1.2. ノッチフィルター (NF)

ノッチフィルターは、離調周波数成分 (12.3 節を参照して下さい) を除去するためのフィルターです。弊社にてフィルターの中心周波数 f_n (700 Hz ~ 1100 Hz) を設定して出荷しております。またノッチフィルターの使用可否の選択が可能です。ノッチフィルターの特性値を表 8.2 に、フィルター特性を図 8.4 に示します。設定方法は 7.2 節を参照して下さい。

表 8.2 ノッチフィルター(NF)

項目	条件	Typ.	単位
	f_n		
位相@ 10 Hz	700 Hz	-0.63	°
	900 Hz	-0.50	°
	1100 Hz	-0.29	°
群遅延@ 10 Hz	700 Hz	0.17	ms
	900 Hz	0.14	ms
	1100 Hz	0.08	ms

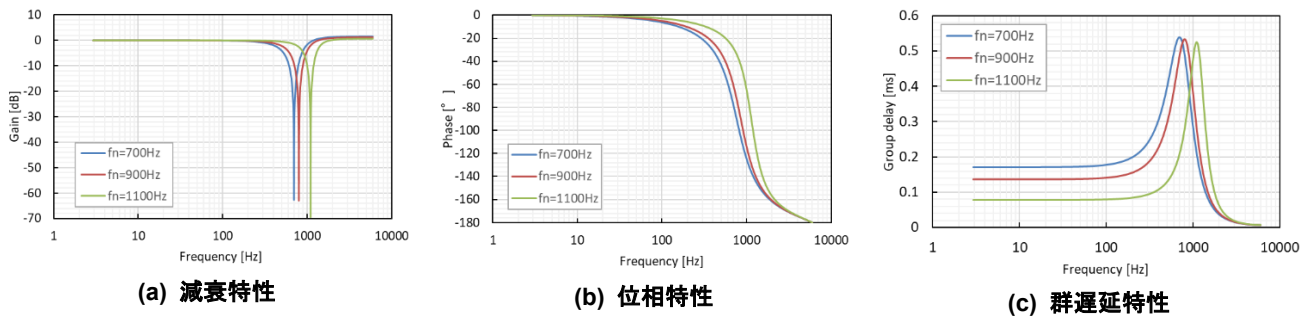


図 8.4 ノッチフィルターのフィルター特性

9. 接続回路例

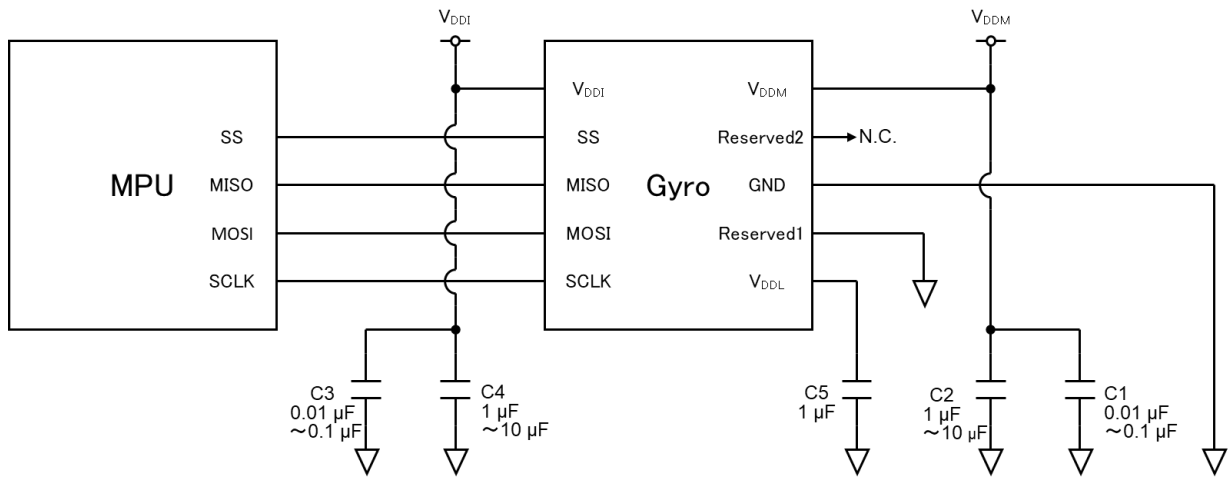


図 9.1 4線SPI外部接続例

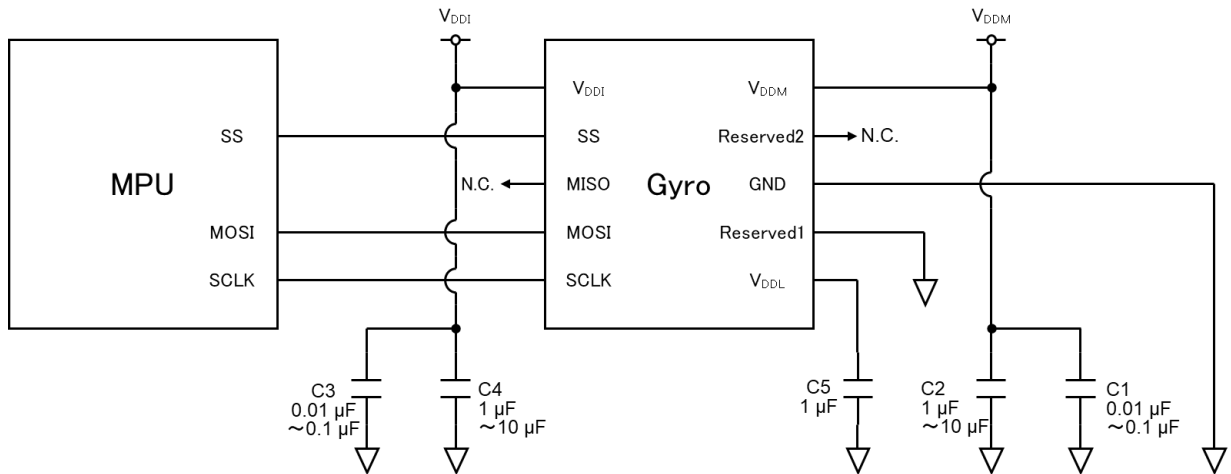


図 9.2 3線SPI外部接続例

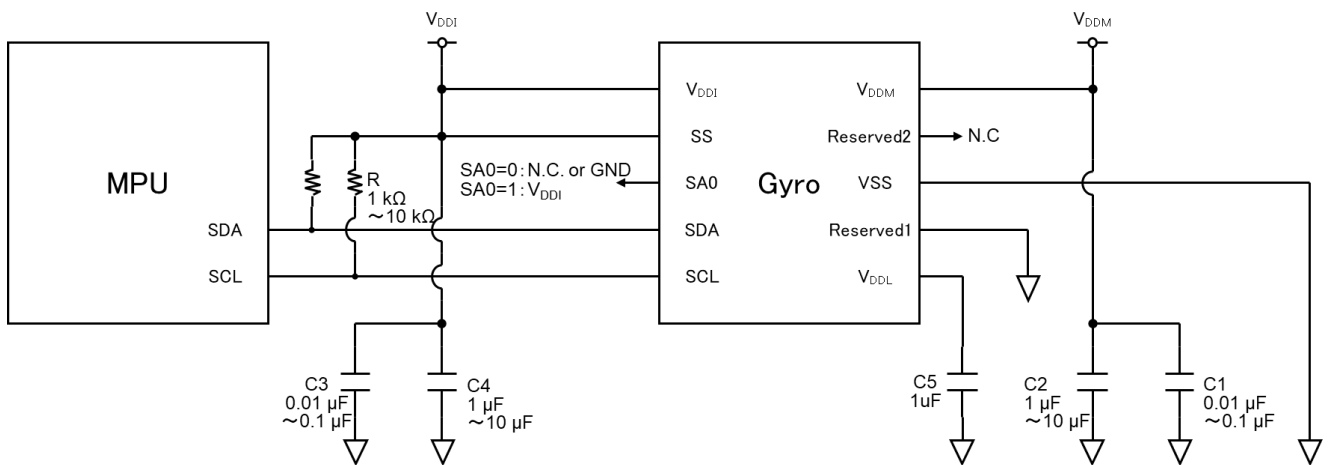


図 9.3 I²C外部接続例

10. その他

10.1. Moisture Sensitivity Level (MSL)

表 10.1 MSL

項目	Level	規格
MSL	1	JEDEC J-SD-020D.01

10.2. Electro-Static Discharge (ESD)

表 10.2 ESD

試験方法	Min.	規格及び試験条件
HBM	2000 V	JESD22-A114, V_{DDM} , V_{DDI} and GND reference, 3 times
MM	200 V	JESD22-A115, V_{DDM} , V_{DDI} and GND reference, 1 time

10.3. はんだ耐熱性

エアリフロー炉にて加熱処理条件（JEDEC J-STD-020D.1）でのはんだ耐熱性を確認しています。

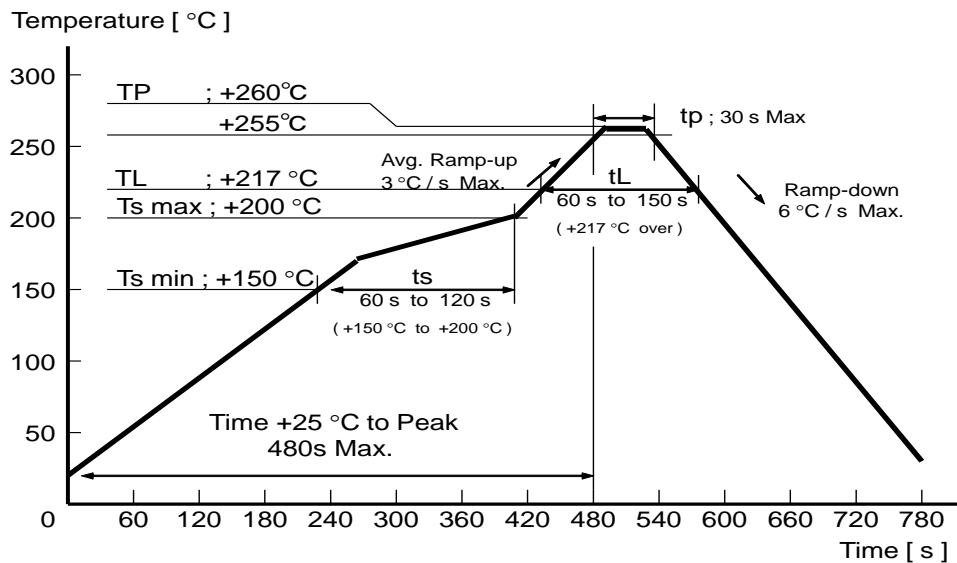


図 10.1 リフロー温度プロファイル

11. テーピング仕様

11.1. 数量

標準の 1 リールあたりの数量は、2000 pcs./reel になります。

11.2. テーピング材質

EIA-481, IEC 60286, JIS C0806 に準拠しています。

表 11.1 テープおよびリールの材質

部材	材質
キャリアテープ	導電性 PS (Polystyrene)
トップテープ	帯電防止 PET (Polyethylene terephthalate)
リール	導電性 PS

11.3. テーピング形状

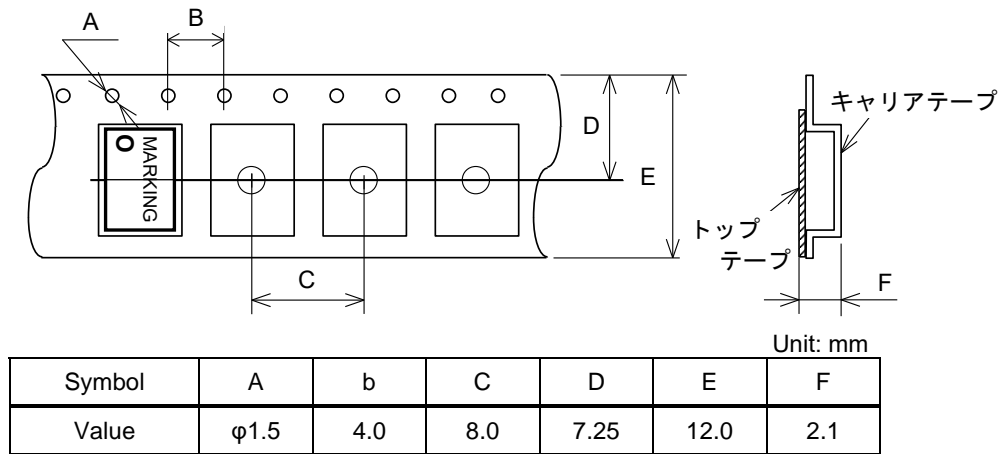


図 11.1 テープ形状

11.4. リール形状

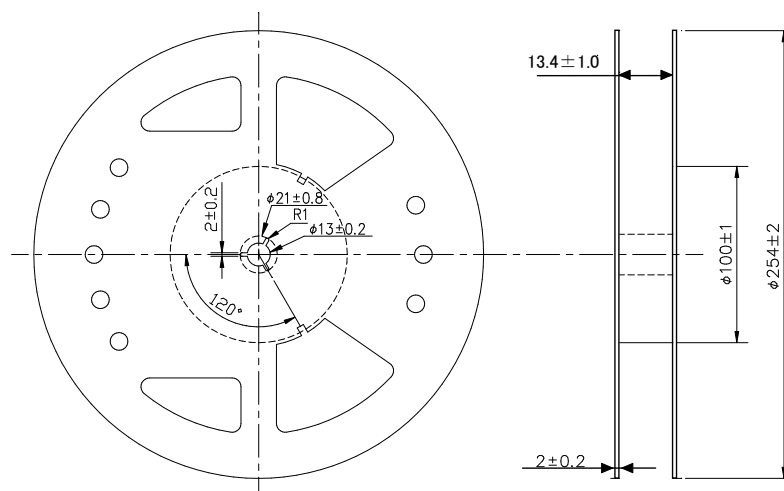


図 11.2 リール形状

12. 用語説明および定義

12.1. 他軸感度

X 軸あるいは Y 軸の感度を、Z 軸の感度で割った値を他軸感度といいます。X, Y, Z 軸方向は図 12.1 の通りです。

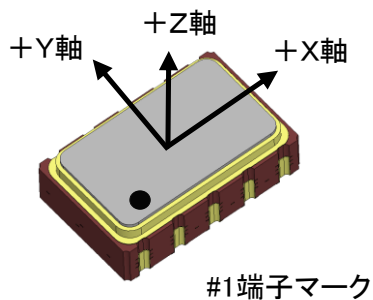


図 12.1 ジャイロセンサーの検出軸方向

12.2. 駆動周波数

駆動周波数とは、コリオリ力を得るために常時振動させるセンサー素子の周波数です。

12.3. 離調周波数

駆動モードの共振周波数と検出モードの共振周波数の差を離調周波数と呼びます。離調周波数が小さければ、センサー素子に生じたコリオリ力を機械・電気変換する効率が高まり、センサー素子の感度は高くなります。

13. 使用上の注意事項

★★ 水晶製品は精密部品です。次の点に注意して取り扱いをお願いします。★★

1. 本製品の離調周波数は900 Hz ± 200 Hzです。お客様側での基板設計の際は、基板の共振周波数がこの離調周波数近傍に入らないよう設計をお願い致します。また基板へ実装する際は、振動変位が小さい基板固定部近傍へ配置してください。
2. センサーを実装するための吸着・チャッキングおよび基板搭載時の過度な衝撃や、実装後の基板切断、インパクトレンチによる過度な振動・衝撃はセンサーの破壊あるいは特性の劣化を招く恐れがあります。センサーにはなるべく振動・衝撃が加わらないように条件設定をした上で、特性に異常がないことを事前にご確認ください。
3. 本製品は角速度を検出するために、駆動周波数にてセンサー素子を駆動しています。外部から駆動周波数近傍、および高次高調波の周波数成分をもった信号がセンサーに印加されると、センサーの角速度出力に変動を与える可能性があります。電源のデカップリング対策、シリアルインターフェイスの通信周波数の設定に当たっては、貴社にて十分な確認をお願い致します。
4. 他の信号線からの電磁誘導・静電誘導による誤動作を避けるため、パターン設計に際しては他の信号線をセンサーの近くやパッケージの背面領域を通さないでください。また、他の信号線と交差しないパターン設計をお願い致します。
5. 配線パターン設計によっては、信号ラインのノイズやオーバーシュート・アンダーシュートの影響により通信できない場合があります。この場合は適宜ダンピング抵抗を挿入する事を推奨します。
6. 振動・衝撃・ノイズについては事前にご確認いただき対策をお願いいたします。なお、基板設計情報をご提供いただける場合は弊社にて設計サポートさせていただきます。
7. 本製品は、耐衝撃性に配慮して設計されておりますが、落下および衝撃の条件によっては製品が破壊される可能性があります。**誤って落下した場合は製品の保証ができないため、ご使用にならないようお願いいたします。**
8. 超音波洗浄における超音波振動の印加は、使用条件により水晶振動子が共振破壊される場合があります。弊社にて貴社での使用条件（洗浄機の種類・パワー・時間・槽内の位置等）を特定できないため超音波振動印加後の動作保証は致しかねます。やむを得ずご使用される場合は使用前に必ず貴社でご確認ください。
9. ご使用前に必ず貴社にて搭載テストを実施し、特性に影響のないことを確認してください。条件変更時にも同様にご確認ください。また実装時および実装後において、他の基板や構造体などに衝突しないようご注意ください。
10. 静電気破壊保護回路は内蔵されておりますが、過大な静電気が加わるとセンサー内蔵ICが破壊されることがあります。梱包および、運搬容器は導電性のものを使用してください。また、はんだごてや測定回路等は高電圧リークのないものをご使用し、作業時はアースを取る等の静電対策を行ってください。
11. リフローは3回までとして下さい。半田付けミスがあった場合には、半田ごてによる手直しをお願いします。この場合、コテ先温度は、+350 °C以下、3秒以内にてお願いします。（ブロアーの使用不可）
12. 弊社フットパターン寸法にて基板作製を推奨します。
13. 本製品は駆動周波数と同じ周波数のノイズが発生します。適切なフィルター回路で除去する必要があります。
14. 本製品はセンサー同士を接近して複数動作させても音響的に干渉しにくい設計となっておりますが、基板の振動や電源の共通インピーダンスによって、機械的若しくは電氣的に干渉する場合があります。ご使用にあたっては貴社での確認をお願いします。
15. 本製品はPOR (Power on Reset) 回路を内蔵しております。POR回路の誤動作を避ける為、電源電圧の立上げは0.01 ms ~ 100 msの間で行ってください。
16. 結露などによる端子間の短絡が発生する環境下ではご使用にならないようお願いいたします。
17. 駆動周波数の整数倍の通信クロックを使用した場合、角速度出力に変動が生じる可能性があります。
18. 角速度データを駆動周波数の整数分の1の周波数で取得した場合、角速度出力に変動が生じる可能性があります。

14. お問い合わせ

セイコーエプソン株式会社

東京営業所

〒160-8801

東京都新宿区新宿4-1-6 JR新宿ミライナタワー 29F

TEL (03) 5368-0700 (代表)

大阪営業所

〒530-6122

大阪市北区中之島3-3-23 中之島ダイビル 22F

TEL (06) 7711-6770 (代表)

FAX (06) 7711-6771

名古屋営業所

〒460-0003

愛知県名古屋市中区錦1-4-6 大樹生命名古屋ビル8F

TEL (052) 857-8111 (代表)

FAX (052) 231-2537

インターネットによる情報配信www5.epsondevice.com/ja/