

## コンテンツ

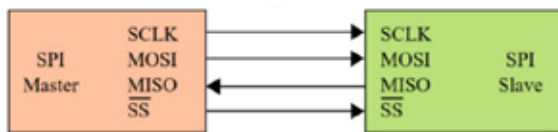
1	SPI プロトコル	1
1.1	Bus トポロジー	1
1.2	電気的特性	2
1.3	SPI モード	2
1.4	MOSI ( マスターアウト、スレーブイン )	2
1.5	MISO ( マスターイン、スレーブアウト )	2
1.6	/ SS スレーブ選択	2
1.7	マスタースタートアップ	2
1.8	スレーブスタートアップ	2
1.9	タイミング	3
1.10	スレーブリセット	3
1.11	フレームレイヤー	3
1.12	データフレーム構造	4
1.13	タイミング	4
1.14	データ構造	4
1.15	角度計算	4
1.16	エラー処理	4
1.17	ドキュメントの変更	4

## 1. SPI プロトコル

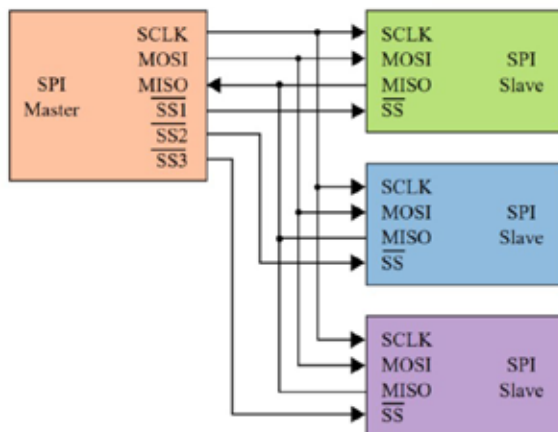
このドキュメントは、標準 SPI プロトコルの Novotechnik センサプロトコルの実装についてを記載しています。このドキュメントを正しく理解するには、SPI Bus の基本的な知識が必要です。

### 1.1 Bus トポロジー

1 つのスレーブのみとの SPI 通信 :



複数のスレーブとの SPI 通信 :

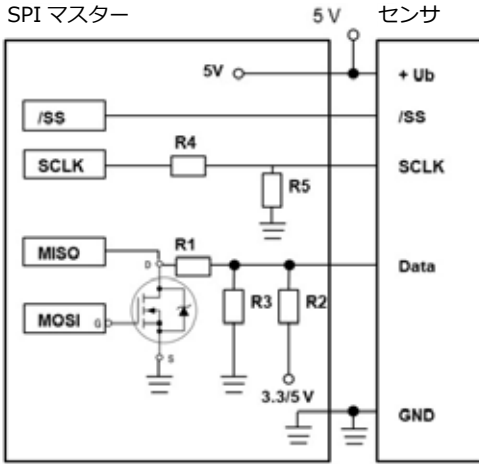


## 1.2 電気的特性

Novotechnik シングルターンセンサのシリアルプロトコルは、3 線式プロトコル (/ SS、SCLK、MOSIMISO) です。

ロータリーセンサはスレーブの位置付けです：

- / SS ピンは 5V トレラントデジタル入力です
- SCLK ピンは 5V トレラントデジタル入力です
- MOSI-MISO ピン (両方のラインがセンサーで結合されて 1 つのデータラインを形成) は、5V トレラントのオープンドレインデジタル入力 / 出力です



抵抗値

アプリケーションタイプ	μCtrl supply [V]	Pull-up supply [V]	Sensor supply [V]	R1 [Ω]	R2 [Ω]	R3 [Ω]	R4 [Ω]	R5 [Ω]	MOS type
5 V μCtrl w/o O.D. w/o 3.3 V	5 V	5 V	5 V	100	1000	20000	1000	20000	BS 170
5 V μCtrl w/o O.D. w 3.3 V	5 V	3.3 V	5 V	150	1000	-	1000	20000	BS 170
3,3 V μCtrl w/o O.D. *	3.3 V	3.3 V	5 V	150	1000	-	-	-	BS 170
5 V μCtrl w O.D. w/o 3.3 V**	5 V	5 V	5 V	100	1000	20000	1000	20000	-
3,3 V μCtrl w O.D.	3.3 V	3.3 V	5 V	150	1000	-	-	-	-

\*) μCtrl w O.D.: オープンドレイン機能を備えたマイクロコントローラー (例 : NEC V850 シリーズ)

\*\*\*) μCtrl w / o O.D.: オープンドレイン機能のないマイクロコントローラー (例 : TI TMS320 シリーズ、AMTEL AVR)

## 1.3 SPI モード

Clock phase CPHA = 1 クロックの変更もデータのサンプリングに使用されます  
 Clock polarity CPOL = 0 アクティブハイクロック

正の立ち上がりエッジはビットをスレーブの出カステージにシフトし、負の立ち上がりエッジはマスターの入カステージでビットをサンプリングします。

## 1.4 MOSI (マスターアウト、スレーブイン)

マスターはスレーブにコマンドを送信して角度情報を取得します。

## 1.5 MISO (マスターイン、スレーブアウト)

スレーブの MISO はオープンコレクターステージです。容量性負荷により、リセッシブ (HIGH) レベルには 1kΩ を超えるプルアップが使用されます。

## 1.6 / SS スレーブ選択

/ SS ピンはフレーム転送を有効にします。(CPHA = 1 の場合) これにより、通信エラーが発生した場合にスレーブとマスター間の再同期が可能になります。

## 1.7 マスタースタートアップ

/ SS、SCLK、MISO は、最初のフレーム転送の前にスレーブが再同期されている限り、マスターの起動時に未定義にすることができます。

## 1.8 スレーブスタートアップ

スレーブの起動 (電源投入後または内部障害後) には 10ms かかります。この時間内に、/ SS と SCLK はスレーブによって無視されます。

したがって、最初のフレームは 10ms 後に送信できます。

MISO は、スレーブが / SS 入力によって選択されるまでハイインピーダンスです。

センサは、起動時にマスターからの信号に対応します。

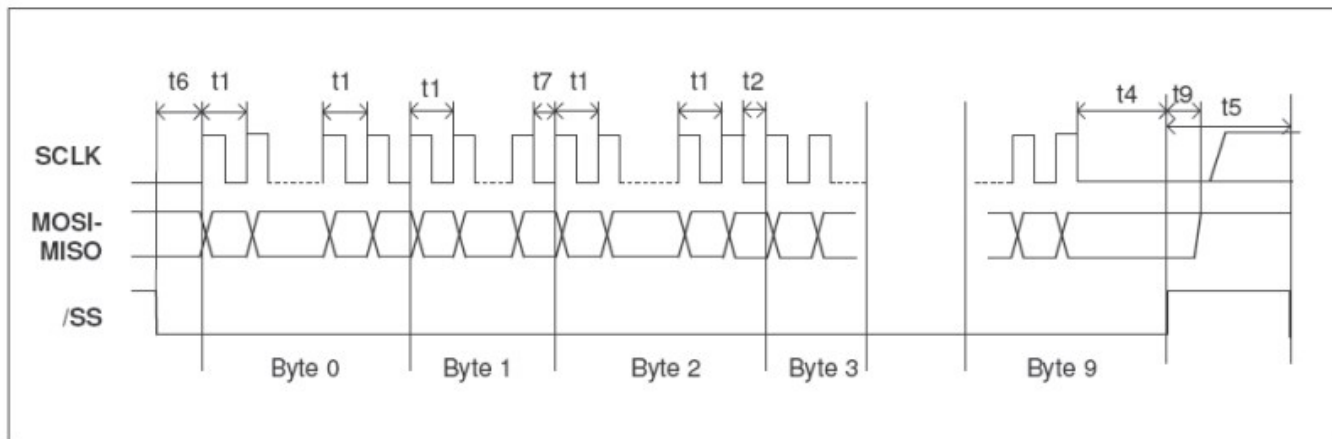
## 1.9 タイミング

通信を同期するために、マスターは少なくとも  $t_5$  (300  $\mu$ s) の間 / SShigh を非アクティブにします。

この場合、スレーブは新しいフレームを受信する準備ができています。

マスターは、バイト転送の途中であっても、いつでも再同期できます。

注：スレーブが / SS を非アクティブにした場合と見なかった場合があるため、 $t_5$  より短い時間は未定義のフレーム状態になります。



タイミング	最少	最大	備考
t1	2.3 $\mu$ s	-	MISO に容量性負荷がない。t1 は、バイト内の任意のビットの最小クロック周期です。
t2	12.5 $\mu$ s	-	t2 は、他のバイト間の最小時間です。
t4	2.3 $\mu$ s	-	最後のクロックと / SS 間の時間 = high。
t5	300 $\mu$ s	-	最小 / SS = フレームの再クロン化が開始されることが保証されている high time。
t5	0 $\mu$ s	-	最小 / SS = フレームの再クロン化が開始されないことが保証されている high time。
t6	2.3 $\mu$ s	-	Time t6 は、/ SS = ローと最初のクロックエッジの間の最小時間を定義します。
t7	15 $\mu$ s	-	t7 は、開始バイトとバイト 0 の間の最小時間です。
t8	0 $\mu$ s	-	ID バイトと開始バイトの間で SS が非アクティブ化される最小時間。
t9	-	<1 $\mu$ s	/ SS = high と MISOBusHigh-Impedance の間の最大時間。
t start up	-	<10 ms	

## 1.10 スレーブリセット

内部ソフト障害の場合、スレーブは 1 秒後、または (エラー) フレームが送信された後にリセットされます。

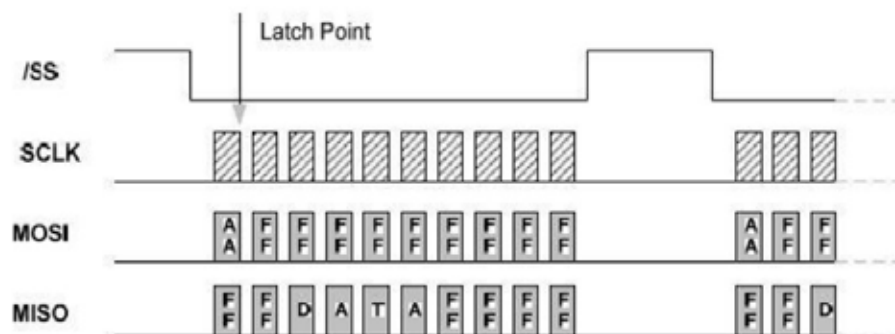
内部ハード障害が発生すると、スレーブは自動的にリセットされます。 その場合、シリアルプロトコルは起動しません。

シリアルプロトコルリンクは、最初の同期が完了した後にのみ有効になります (マスターは少なくとも  $t_5$  の間 / SS を非アクティブにします)。

## 1.11 フレームレイヤー

データフレームを送信する前に、マスターはフレーム転送を有効にするためにバイト AAh を送信する必要があります。

角度測定のラッチポイントは、最初のデータフレームバイトの最後のクロックにあります。



タイミング図 - デュアルスレーブ通信

## 1.12 データフレーム構造

データフレームは 10 バイトで構成されます。

- 2 開始バイト (AAh の後に FFh が続く)
- 2 データバイト (データ 16 - 最上位バイトが最初)
- 2 反転データバイト (/ Data16- 最上位バイトが最初)
- 4 全上位バイト

マスターは AAh に続いて 9 バイトの FFh を送信する必要があります。

スレーブは 2 バイトの FFh で応答し、その後に 4 つのデータバイトと 4 バイトの FFh が続きます。

## 1.13 タイミング

フレームにはタイミング制限はありません。フレーム送信はいつでも開始できます。

フレーム間時間は定義されていません。

## 1.14 データ構造

Data16 は、有効な角度またはエラー状態である可能性があります。2 つの意味は LSB によって区別されます。

データ 16 : 角度 A [13 : 0] と (角度スパン) / 2 ^ 14

最も重要なバイト								重要度の低いバイト							
MSB							LSB	MSB							LSB
A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	0	1

データ 16 : エラー

最も重要なバイト								重要度の低いバイト							
MSB							LSB	MSB							LSB
E15	E14	E13	E12	E11	E10	E9	E8	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0

BIT	NAME	
E0	0	
E1	1	
E2	F_ADCMONITOR	ADC の故障
E3	F_ADCSATURA	ADC の飽和 (電氣的障害またはフィールドが長すぎる)
E4	F_RGTOOLOW	トリミングされたしきい値を下回るアナログゲイン (理由: 電界が弱すぎる可能性があります)
E5	F_MAGTOOLOW	磁場が弱すぎる
E6	F_MAGTOOHIGH	磁場が強すぎる
E7	F_RGTOOHIGH	トリミングされたしきい値を上回るアナログゲイン (理由: 電界が強すぎる可能性があります)
E8	F_FGCLAMP	シリアルプロトコルでは発生しません
E9	F_ROCLAMP	アナログチェーンラフオフセット補正: クリッピング
E10	F_MT7V	7V より大きいデバイス供給 vdd
E11	-	
E12	-	
E13	-	
E14	F_DACMONITOR	シリアルプロトコルでは発生しません
E15	-	

## 1.15 角度計算

すべての通信タイミングは、角度データ処理から独立しています。(非同期)

角度は、スレーブによって 350 μs ごとに継続的に計算されます。

計算された最後の角度は、いつでもマスターによって読み取られるように保持されます。

注: スレーブの内部障害はソフトリセットにつながるため、有効な角度のみがスレーブによって転送されます。

## 1.16 エラー処理

1.12 章に記載されているエラーが発生した場合、シリアルプロトコルが初期化され、マスターがエラー状態を読み取ることができます。

エラーフレームが送信されると、スレーブはソフトリセットを実行します。

その他のエラー (ROM CRC エラー、EEPROM CRC エラー、RAM チェックエラー、インテリジェントウォッチドッグエラーなど) の場合、

スレーブのシリアルプロトコルは初期化されません。MOSI / MISO ピンはハイインピーダンスのままになります。(エラーフレームは送信されません)

## 1.17 ドキュメントの変更

改訂	変更点	日付	Who
V00	初版	23.04.19	VM/mm
V01	1.2 抵抗値 R3 および R5 : 20 オームではなく 20000 オーム	02.12.20	VM/mm

■ 各種お問合せ  
 (株)ビー・アンド・プラス  
 〒 355-0311  
 埼玉県比企郡小川町高谷 2452-5  
 E-mail : NovotechnikJP@b-plus-kk.jp