



AK8963

3軸電子コンパス

1. 特徴

- ☐ 高感度ホール素子を内蔵した、地磁気検出方式の3軸電子コンパスICです。
- ☐ 携帯電話や歩行者ナビゲーション、その他携帯機器向けに最適化されています。
- ☐ 機能:
 - コンパス用途に適した3軸磁気センサ
 - 磁気データ出力用 A/D コンバータ内蔵
 - 3軸各成分 14/16ビットデータ出力
 - 感度: 0.6 $\mu\text{T/LSB}$ typ. (14-bit)
 - 0.15 $\mu\text{T/LSB}$ typ. (16-bit)
 - シリアルインターフェース
 - I²C バスインターフェース
 - 標準モードと、高速モード(Philips I²C specification Ver.2.1)に対応
 - 4線式 SPI
 - 動作モード:
 - パワーダウン、単発測定、連続測定、トリガ測定、セルフテスト、ヒューズ ROM アクセス
 - 測定データ読み出しタイミング通知機能(データレディ)
 - 磁気センサオーバーフロー検出機能
 - 発振器内蔵
 - パワーオンリセット回路内蔵
 - 内部磁場発生器によるセルフテスト機能
- ☐ 動作温度範囲:
 - -30°C ~ +85°C
- ☐ 動作電源電圧:
 - アナログ電源 +2.4V ~ +3.6V
 - デジタルインターフェース +1.65V ~ アナログ電源電圧
- ☐ 消費電流:
 - パワーダウン時: 3 μA typ.
 - 測定時:
 - 平均消費電流(@測定周波数 8Hz): 280 μA typ.
- ☐ パッケージ:

AK8963C	14ピン WL-CSP (BGA) :	1.6mm × 1.6mm × 0.5 mm (typ.)
AK8963N	16ピン QFN パッケージ:	3.0mm × 3.0mm × 0.75 mm (typ.)

2. 概要

AK8963 は高感度ホール素子技術を用いた3軸電子コンパス用ICです。

AK8963 は、地磁気検出のためにX軸、Y軸、Z軸を備えた磁気センサ、磁気センサドライブ回路、各軸の信号増幅用アンプおよび信号処理回路を、一つの小さなパッケージに収めました。セルフテスト機能も搭載されています。省スペースなフットプリントと薄型パッケージであることから、GPS を搭載した携帯電話での歩行者ナビゲーション機能の実現に適しています。

AK8963 は以下の特徴があります。:

- (1) シリコンモノリシックで作られたホール素子と磁気収束板によって、3軸磁気センサをシリコンチップ上に形成しています。また、アナログ回路、デジタル論理回路、電源ブロックおよび入出力ブロックも同一チップ上に集積しています。
- (2) 広い測定レンジと高分解能を、低消費電流で実現しています。

出力データ分解能:	14 ビット (0.6 $\mu\text{T/LSB}$)
	16 ビット (0.15 $\mu\text{T/LSB}$)
測定レンジ:	$\pm 4900\mu\text{T}$
平均消費電流(@測定周波数 8Hz):	280 μA typ.
- (3) シリアルインターフェース
 - I²C バスインターフェースを通して、外部の CPU から AK8963 の機能制御や測定データの読み出しを行えます。
 - 4線式 SPI もサポートしています。シリアルインターフェースの電源は別電源になっており、1.65V までの低電圧仕様にも対応可能です。
- (4) DRDY ピンと DRDY ビットで、測定が終了し測定データがレジスタに設定され、読み出し準備が完了したことを通知します。
- (5) 内蔵の発振器を使用して動作しますので、外部からクロックを供給する必要がありません。
- (6) 内蔵の磁場発生器を用いたセルフテスト機能により、最終製品上で磁気センサの動作確認を行えます。

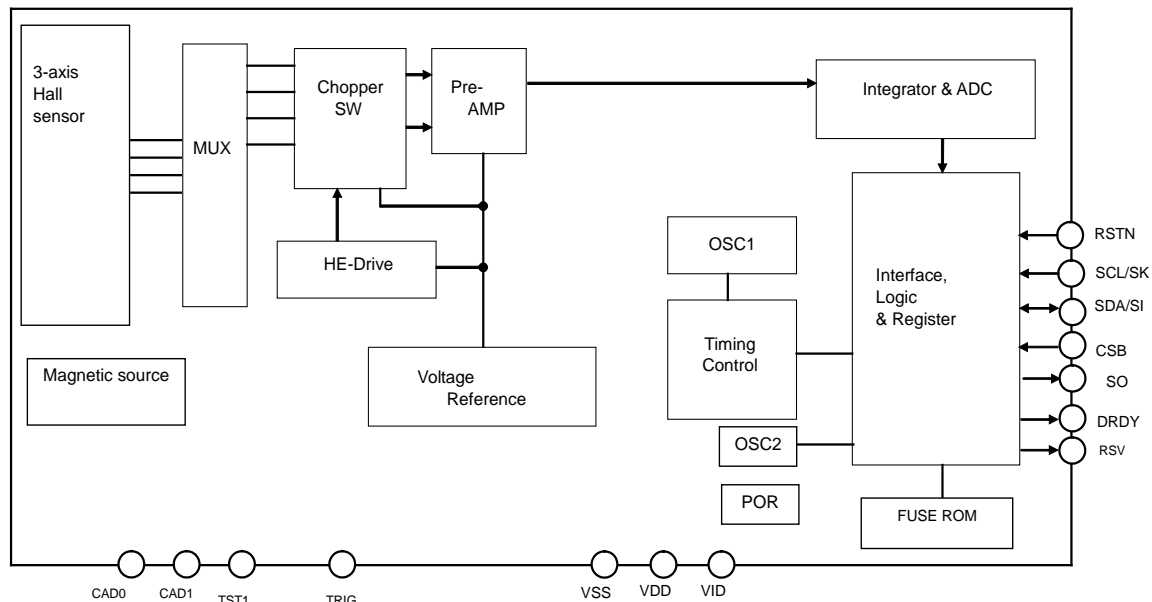
3. 目次

1. 特徴	1
2. 概要	2
3. 目次	3
4. 回路構成	5
4.1. ブロックダイアグラム	5
4.2. ブロック機能	5
4.3. ピン機能	6
5. 諸特性	7
5.1. 絶対最大定格	7
5.2. 推奨動作条件	7
5.3. 電気的特性	7
5.3.1. DC 特性	7
5.3.2. AC 特性	8
5.3.3. アナログ回路特性	9
5.3.4. 4 線式 SPI	10
5.3.5. I ² C バスインターフェース	11
6. 機能説明	12
6.1. 電源状態	12
6.2. リセット機能	12
6.3. 動作モード	13
6.4. 各動作モードの説明	14
6.4.1. パワーダウンモード	14
6.4.2. 単発測定モード	14
6.4.3. 連続測定モード1および2	15
6.4.3.1. データレディ	15
6.4.3.2. 正常な読み出し手順	15
6.4.3.3. 測定期間中のデータ読み出し	16
6.4.3.4. データの読み飛ばし	17
6.4.3.5. 終了動作	17
6.4.3.6. 磁気センサオーバーフロー	18
6.4.4. 外部トリガ測定モード	18
6.4.5. セルフテストモード	19
6.4.6. ヒューズ ROM アクセスモード	19
7. シリアルインターフェース	20
7.1. 4 線式 SPI	20
7.1.1. データ書き込み	20
7.1.2. データ読み出し	21
7.2. I ² C バスインターフェース	22
7.2.1. データ転送	22
7.2.1.1. データの変更	22
7.2.1.2. スタート/ストップコンディション	22
7.2.1.3. アクノリッジ	23
7.2.1.4. スレーブアドレス	23
7.2.2. WRITE 命令	24
7.2.3. READ 命令	25
7.2.3.1. カレントアドレス読み出し	25
7.2.3.2. ランダム読み出し	25
8. レジスタ	26
8.1. 各レジスタの説明	26
8.2. レジスタマップ	27

8.3. 各レジスタの詳細な説明.....	28
8.3.1. WIA: デバイス ID	28
8.3.2. INFO: インフォメーション	28
8.3.3. ST1: ステータス 1	28
8.3.4. HXL ~ HZH: 測定データ.....	29
8.3.5. ST2: ステータス 2	30
8.3.6. CNTL1: コントロール1	30
8.3.7. CNTL2: コントロール2	31
8.3.8. ASTC: セルフテスト	31
8.3.9. TS1, TS2: テスト 1, 2.....	31
8.3.10. I2CDIS: I ² C 無効	31
8.3.11. ASAX, ASAY, ASAZ: 感度調整値.....	32
9. 外部接続推奨例	33
9.1. I ² C バスインターフェース.....	33
9.2. 4 線式 SPI	34
10. パッケージ	35
10.1. マーキング	35
10.2. ピン配列	35
10.3. 外形寸法図	36
10.4. 推奨フットプリントパターン.....	37
11. 磁場と出力コードの関係	38

4. 回路構成

4.1. ブロックダイアグラム



4.2. ブロック機能

ブロック	機能
3-axis Hall sensor	モノリシックホール素子です。
MUX	ホール素子を選択するマルチプレクサです。
Chopper SW	チョップ動作を行います。
HE-Drive	磁気センサドライブ回路です。磁気センサを定電流駆動します。
Pre-AMP	固定ゲイン差動アンプです。磁気センサからの信号を増幅します。
Integrator & ADC	Pre-AMP の出力を積分、A/D 変換します。
OSC1	内蔵の発振器です。センサ測定のためのクロックを生成します。 12MHz(typ.)
OSC2	内蔵の発振器です。シーケンサのためのクロックを生成します。 128kHz(typ.)
POR	パワーオンリセット回路です。VDD の立ち上がり時にリセット信号を生成します。
Interface Logic & Register	外部の CPU とデータのやり取りを行います。 DRDY ピンはセンサの測定が終わり、データの読み出し準備が完了したことを通知します。 I ² C バスインターフェースは SCL と SDA の2つのピンを使います。標準モードと高速モードの二つのモードをサポートしています。VID ピンに 1.65V を印加することで低電圧仕様をサポートします。 4線式SPIもサポートしており、SK、SI、SO、CSB ピンを用います。4線式 SPI でも VID ピンの電圧を 1.65V まで下げることができます。
Timing Control	内部動作に必要なタイミング信号を、OSC1 で生成されたクロックを基準に生成します。
Magnetic Source	セルフテストに必要な磁場を内部で生成します。
FUSE ROM	ヒューズROMです。調整に使います。

4.3. ピン機能

QFN Pin No.	WLCSP Pin No.	Pin name	I/O	Power supply system	Type	Function
1	A1	DRDY	O	VID	CMOS	データレディ信号出力ピン “H”アクティブです。測定が終了し、データの読み出し準備が完了したことを通知します。
2	A2	CSB	I	VID	CMOS	4線式SPIのチップセレクトピン “L”アクティブです。I ² C バスインターフェースを選択する場合は VID ピンと接続してください。
3	A3	SCL	I	VID	CMOS	I ² C バスインターフェースを選択した場合(CSBピンが VID に接続されている場合) SCL: コントロールデータクロック入力ピン 入力: シュミットトリガ
		SK				4 線式 SPI を選択した場合 SK: シリアルクロック入力ピン
5	A4	SDA	I/O	VID	CMOS	I ² C バスインターフェースを選択した場合(CSBピンが VID に接続されている場合) SDA: コントロールデータ入出力ピン 入力: シュミットトリガ、出力: オープンドレイン
		SI	I			4 線式 SPI を選択した場合 SI: シリアルデータ入力ピン
15	B1	VDD	-	-	Power	アナログ電源ピン。
4	B3	RSV	O	VID	CMOS	予約ピン 電氣的に無接続にしてください。
6	B4	SO	O	VID	CMOS	I ² C バスインターフェースを選択した場合(CSBピンが VID に接続されている場合) Hi-Z 出力です。電氣的に無接続にしてください。
						4 線式 SPI を選択した場合 シリアルデータ出力ピン
13	C1	VSS	-	-	Power	Ground ピン
14	C2	TST1	I	VDD	CMOS	テストピン 100kΩ の内蔵抵抗でプルダウンされています。電氣的に無接続にするか、または VSS に接続してください。
7	C3	TRG	I	VID	CMOS	外部トリガパルス入力ピン 外部トリガ測定モード時のみ有効です。100kΩ の内蔵抵抗でプルダウンされています。外部トリガ測定モードを使用しないときは電氣的に無接続にするか、または VSS に接続してください。
8	C4	VID	-	-	Power	デジタル入出力の正電源ピン
12	D1	CAD0	I	VDD	CMOS	I ² C バスインターフェースを選択した場合(CSBピンが VID に接続されている場合) CAD0: スレーブアドレス 0 入力ピン VDD または VSS に接続してください。
						4 線式 SPI を選択した場合 VSS に接続してください。
11	D2	CAD1	I	VDD	CMOS	I ² C バスインターフェースを選択した場合(CSBピンが VID に接続されている場合) CAD1: スレーブアドレス 1 入力ピン VDD または VSS に接続してください。
						4 線式 SPI を選択した場合 VSS に接続してください。
10	D4	RSTN	I	VID	CMOS	リセットピン。 “L”でレジスタをリセットします。使用しないときは VID ピンに接続してください。

5. 諸特性

5.1. 絶対最大定格

V_{SS}=0V

項目	記号	Min.	Max.	単位
電源電圧 (V _{DD} , V _{ID})	V+	-0.3	+4.3	V
入力電圧	V _{IN}	-0.3	(V+)+0.3	V
入力電流	I _{IN}	-	±10	mA
保存温度	T _{ST}	-40	+125	°C

(注 1) これらの値のいずれか一つでも超えた条件で使用した場合、デバイスを破壊することがあります。また、通常の動作は保障されません。

5.2. 推奨動作条件

V_{SS}=0V

項目	備考	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
動作温度		T _a	-30		+85	°C
電源電圧	V _{DD} ピン電圧	V _{DD}	2.4	3.0	3.6	V
	V _{ID} ピン電圧	V _{ID}	1.65		V _{DD}	V

5.3. 電气的特性

特に記載のない場合は次の条件によります。

V_{DD}=2.4V ~ 3.6V, V_{ID}=1.65V ~ V_{DD}, 温度範囲 = -30°C ~ 85°C

5.3.1. DC 特性

項目	記号	ピン	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
高レベル入力電圧 1	V _{IH1}	CSB		70%V _{ID}			V
低レベル入力電圧 1	V _{IL1}	RSTN				30%V _{ID}	V
高レベル入力電圧 2	V _{IH2}	SK/SCL		70%V _{ID}		V _{ID} +0.5	V
低レベル入力電圧 2	V _{IL2}	SI/SDA		-0.5		30%V _{ID}	V
高レベル入力電圧 3	V _{IH3}	CAD0		70%V _{DD}			V
低レベル入力電圧 3	V _{IL3}	CAD1				30%V _{DD}	V
入力電流1	I _{IN1}	SK/SCL SI/SDA CSB RSTN	V _{IN} =V _{SS} or V _{ID}	-10		+10	μA
入力電流2	I _{IN2}	CAD0 CAD1	V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}	-10		+10	μA
入力電流3 (ブルダウン電流)	I _{IN3}	TRG	V _{IN} =V _{ID}			100	μA
入力電流4 (ブルダウン電流)	I _{IN4}	TST1	V _{IN} =V _{DD}			100	μA
ヒステリシス入力電圧 (注 2)	V _{HS}	SCL SDA	V _{ID} ≥ 2V	5%V _{ID}			V
			V _{ID} < 2V	10%V _{ID}			V
高レベル出力電圧1	V _{OH1}	SO	I _{OH} ≤ -100μA	80%V _{ID}			V
低レベル出力電圧1	V _{OL1}	DRDY	I _{OL} ≤ +100μA			20%V _{ID}	V
低レベル出力電圧2 (注 3) (注 4)	V _{OL2}	SDA	I _{OL} ≤ 3mA V _{ID} ≥ 2V			0.4	V
			I _{OL} ≤ 3mA V _{ID} < 2V			20%V _{ID}	V
消費電流(注 5)	IDD1	V _{DD} V _{ID}	パワーダウンモード V _{DD} =V _{ID} =3.0V		3	10	μA
	IDD2		磁気センサドライブ時		5	10	mA
	IDD3		セルフテストモード		9	15	mA
	IDD4		(注 6)		0.1	5	μA

(注 2) シュミットトリガ入力(設計参考値)

(注 3) 最大負荷容量: 400pF (I²C バスインターフェースに対する各バスラインの容量性負荷です)

(注 4) 出力はオープンドレインです。外部でプルアップ抵抗に接続してください。

(注 5) 外付けの抵抗負荷がない状態。

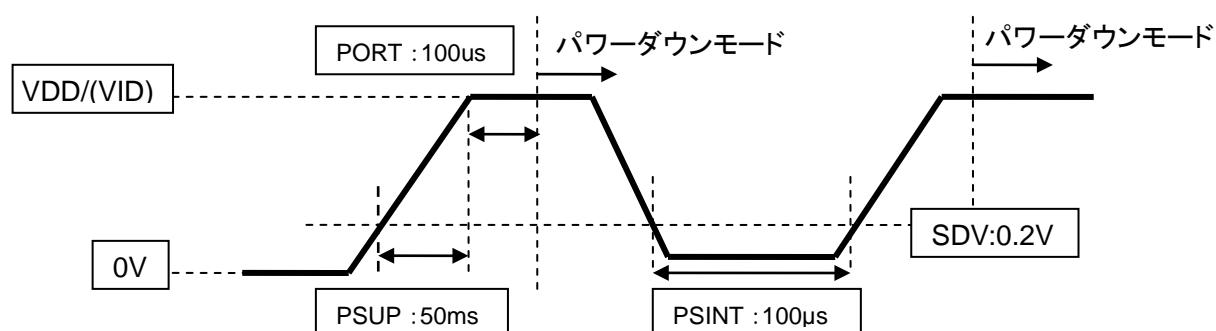
(注 6) ①Vdd=ON, Vid=ON, RSTN ピン="L"、②Vdd=ON, Vid=OFF(0V), RSTN ピン="L"、③Vdd=Off(0V), Vid=On。

5.3.2. AC 特性

項目	記号	ピン	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
電源立上げ時間 (注 7)	PSUP	VDD VID	VDD(VID)ピンが0.2VからVdd (Vid)になるまでの時間(注 8)			50	ms
POR完了時間 (注 7)	PORT		PSUP後、パワーダウンモードになるまでの時間 (注 8)			100	μs
電源切断時電圧	SDV	VDD VID	PORが再始動する為の電源切断時の電圧 (注 8)			0.2	V
電源投入インターバル(注 7)	PSINT	VDD VID	PORが再始動する為のSDV以下の電圧保持時間 (注 8)	100			μs
モード設定前の待ち時間	Twat			100			μs

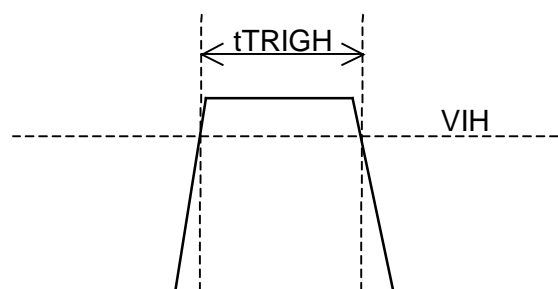
(注 7) 設計参考値

(注 8) パワーオンリセット回路は、VDD/VID 電源電圧の立ち上がりを検出して、内部回路をリセットし、レジスタを初期値にします。リセット後、パワーダウンモードになります。

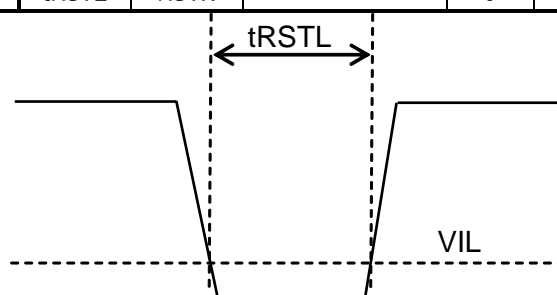


項目	記号	ピン	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
トリガ入力有効パルス幅	tTRIGH	TRG		200			ns
トリガ入力有効周波数 (注 9)	tTRIGf	TRG				100	Hz

(注 9) 測定終了後から次のトリガ入力までの時間を 1.3ms としたときの値となります。



項目	記号	ピン	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
リセット入力有効パルス幅(L区間)	tRSTL	RSTN		5			μs



5.3.3. アナログ回路特性

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
測定データ出力ビット数	DBIT	BIT = "0"		14		Bit
		BIT = "1"		16		
測定時間	TSM	単発測定モード		7.2	9	ms
磁気センサ感度	BSE	Tc=25°C (注 10) BIT = "0"	0.57	0.6	0.63	μT/LSB
		BIT = "1"	0.1425	0.15	0.1575	
磁気センサ測定範囲(注 11)	BRG	Tc=25°C (注 10)	±4912			μT
磁気センサオフセット初期値(注 12)		Tc=25°C BIT = "0"	-500		+500	LSB

(注 10) ヒューズ ROM に保存されている感度調整値を用いて調整された後の値(調整方法は8.3.11参照)

(注 11) 設計参考値

(注 12) 出荷時、意図的に磁場を印加しない条件下での、測定データレジスタの値

5.3.4. 4線式SPI

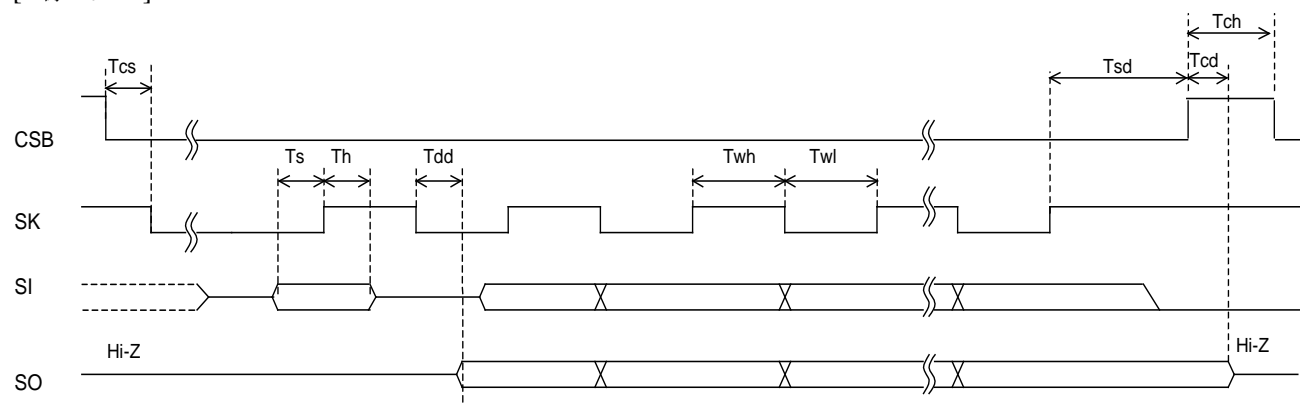
4線式SPIはmode3に準拠しています。

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
CSB setup time	Tcs		50			ns
Data setup time	Ts		50			ns
Data hold time	Th		50			ns
SK high time	Twh	$V_{id} \geq 2.5V$	100			ns
		$2.5V > V_{id} \geq 1.65V$	150			ns
SK low time	Twl	$V_{id} \geq 2.5V$	100			ns
		$2.5V > V_{id} \geq 1.65V$	150			ns
SK setup time	Tsd		50			ns
SK to SO delay time (注 13)	Tdd				50	ns
CSB to SO delay time (注 13)	Tcd				50	ns
SK rise time (注 14)	Tr				100	ns
SK fall time (注 14)	Tf				100	ns
CSB high time	Tch		150			ns

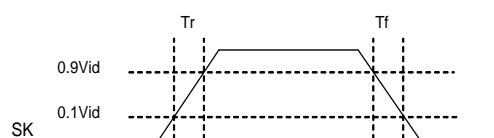
(注 13) SO 負荷容量: 20pF

(注 14) 設計参考値

[4線式SPI]



[立上り時間と立下り時間]



5.3.5. I²C バスインターフェース

CSB pin = “H”

I²Cバスインターフェースは標準モードと高速モードに対応します。標準モード／高速モードはfSCLで自動的に選択されます。

(1) 標準モード

fSCL ≤ 100kHz

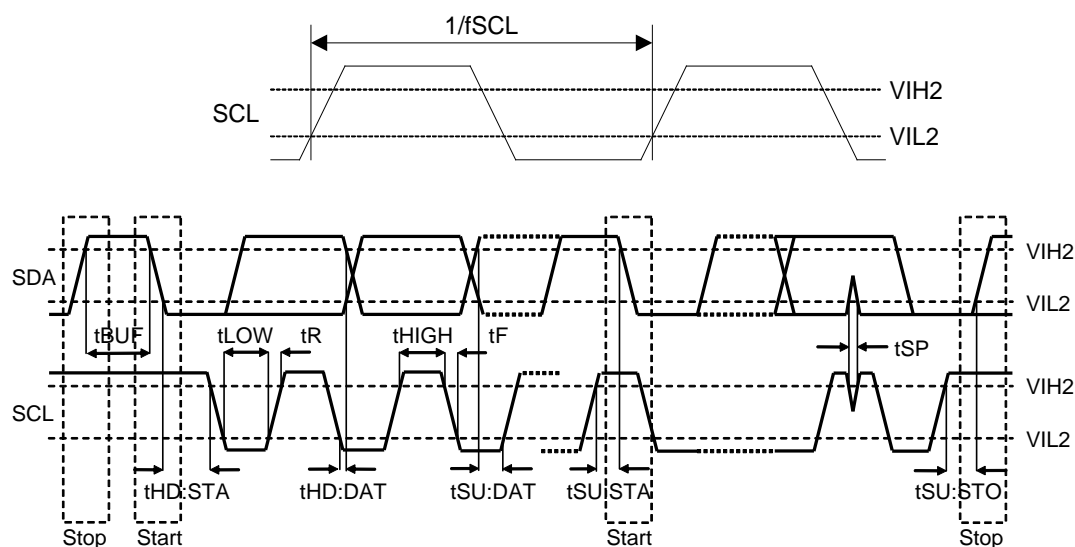
記号	項目	Min.	Typ.	Max.	単位
fSCL	SCL clock frequency			100	kHz
tHIGH	SCL clock "High" time	4.0			μs
tLOW	SCL clock "Low" time	4.7			μs
tR	SDA and SCL rise time			1.0	μs
tF	SDA and SCL fall time			0.3	μs
tHD:STA	Start Condition hold time	4.0			μs
tSU:STA	Start Condition setup time	4.7			μs
tHD:DAT	SDA hold time (vs. SCL falling edge)	0			μs
tSU:DAT	SDA setup time (vs. SCL rising edge)	250			ns
tSU:STO	Stop Condition setup time	4.0			μs
tBUF	Bus free time	4.7			μs

(2) 高速モード

100kHz < fSCL ≤ 400kHz

記号	項目	Min.	Typ.	Max.	単位
fSCL	SCL clock frequency			400	kHz
tHIGH	SCL clock "High" time	0.6			μs
tLOW	SCL clock "Low" time	1.3			μs
tR	SDA and SCL rise time			0.3	μs
tF	SDA and SCL fall time			0.3	μs
tHD:STA	Start Condition hold time	0.6			μs
tSU:STA	Start Condition setup time	0.6			μs
tHD:DAT	SDA hold time (vs. SCL falling edge)	0			μs
tSU:DAT	SDA setup time (vs. SCL rising edge)	100			ns
tSU:STO	Stop Condition setup time	0.6			μs
tBUF	Bus free time	1.3			μs
tSP	Noise suppression pulse width			50	ns

[I²C バスインターフェースタイミング]



6. 機能説明

6.1. 電源状態

Vdd = OFF(0V) かつ Vid = OFF(0V) の状態から、VDDとVIDがONすると、POR回路によりパワー・オン・リセット(POR)が働き、全てのレジスタが初期化され、AK8963はパワーダウンモードへ移行します。

下表の状態は全て設定可能ですが、状態②から状態③への遷移及び状態③から状態②への遷移は禁止とします。

表 6.1

状態	VDD	VID	電源状態
①	OFF(0V)	OFF(0V)	OFF(0V). 外部インターフェースには影響しません。SCL,SDA 以外のデジタル入力ピンは L(0V)固定としてください。
②	OFF(0V)	1.65V~3.6V	OFF(0V). 外部インターフェースには影響しません。
③	2.4V~3.6V	OFF(0V)	OFF(0V). 外部インターフェースには影響しません。SCL,SDA 以外のデジタル入力ピンは L(0V)固定としてください。
④	2.4V~3.6V	1.65V~Vdd	ON

6.2. リセット機能

電源がオン状態のときは、常に $VID \leq VDD$ となるように設定して下さい。

パワー・オン・リセット(POR)は、VDD 電源が立ち上がり時に動作有効となるレベル(約 1.4V:設計参考値)に達するまで働きます。POR 解除後、全てのレジスタは初期値に設定されており、パワーダウンモード状態になります。

VDD=2.4V~3.6V の場合は POR 回路、及び VID 電源監視回路が働いている状態となっております。VID=0V の場合はリセット状態になるため、リセット状態の電流(IDD4)が消費されます。

AK8963には4種類のリセット機能があります。

(1) パワーオンリセット(POR)

Vddの立ち上がりを検出すると、POR回路が動作し、AK8963はリセットされます。

(2) VID監視

VidがOFF(0V)になると、AK8963はリセットされます。

(3) リセットピン(RSTN)

リセットピンを使ってAK8963をリセットすることができます。リセットピンを使用しない場合はVIDに直結してください。

(4) ソフトリセット

SRSTビットを設定するとAK8963はリセットされます。

AK8963がリセットされると、全てのレジスタは初期化され、パワーダウンモードへ移行します。

6.3. 動作モード

AK8963には以下の7つの動作モードがあります。

- (1) パワーダウンモード
- (2) 単発測定モード
- (3) 連続測定モード1
- (4) 連続測定モード2
- (5) 外部トリガ測定モード
- (6) セルフテストモード
- (7) ヒューズROMアクセスモード

CNTL1 レジスタの MODE[3:0] のビットを設定することで、対応した動作モードが開始されます。あるモードから他のモードへの遷移を下図に示します。

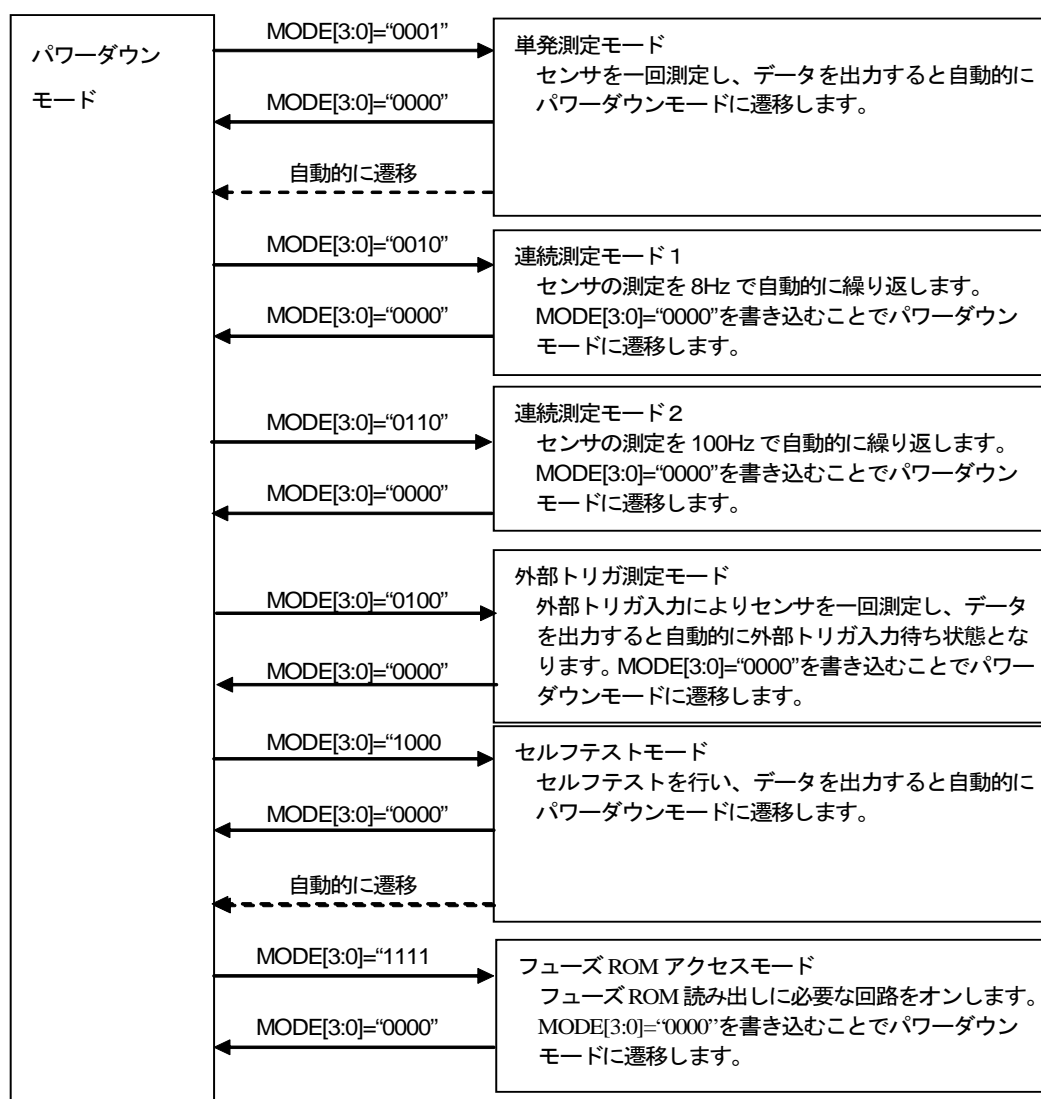


図 6.1 動作モード

電源を投入すると、AK8963はパワーダウンモードに入ります。MODE[3:0]に規定の値が設定されると、AK8963は特定の動作モードへ遷移し、動作を開始します。各モード間の遷移は、必ず一度パワーダウンモードを経由してください。パワーダウンモードからのみ他のモードへの遷移が可能です。連続してモード設定をする場合は、次のモード設定を行うまで100 μ s (T_{wait}) の待ち時間が必要です。

6.4. 各動作モードの説明

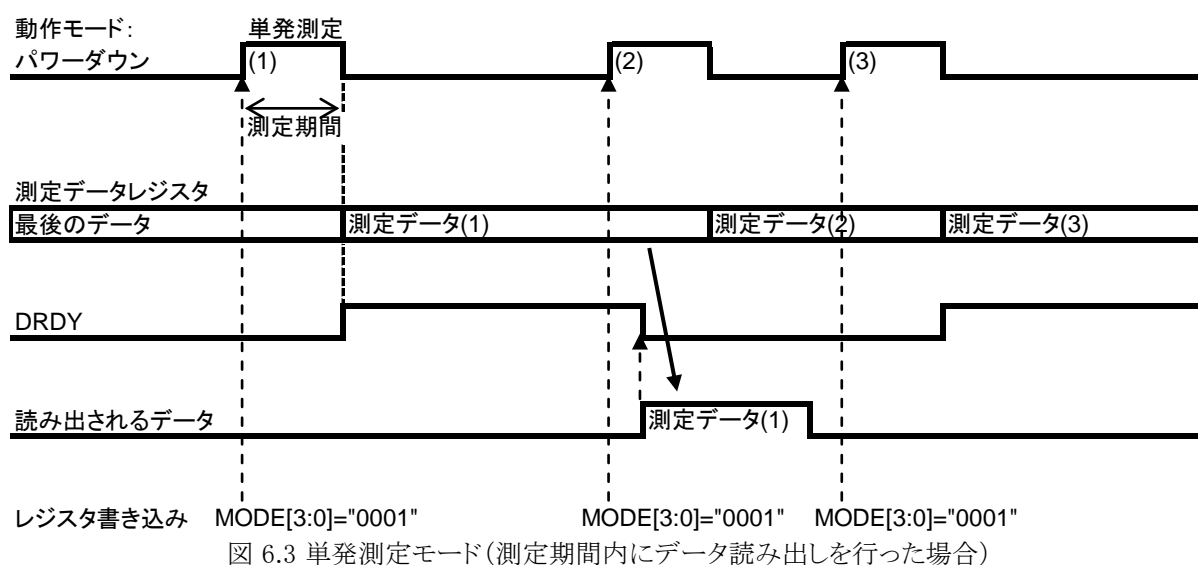
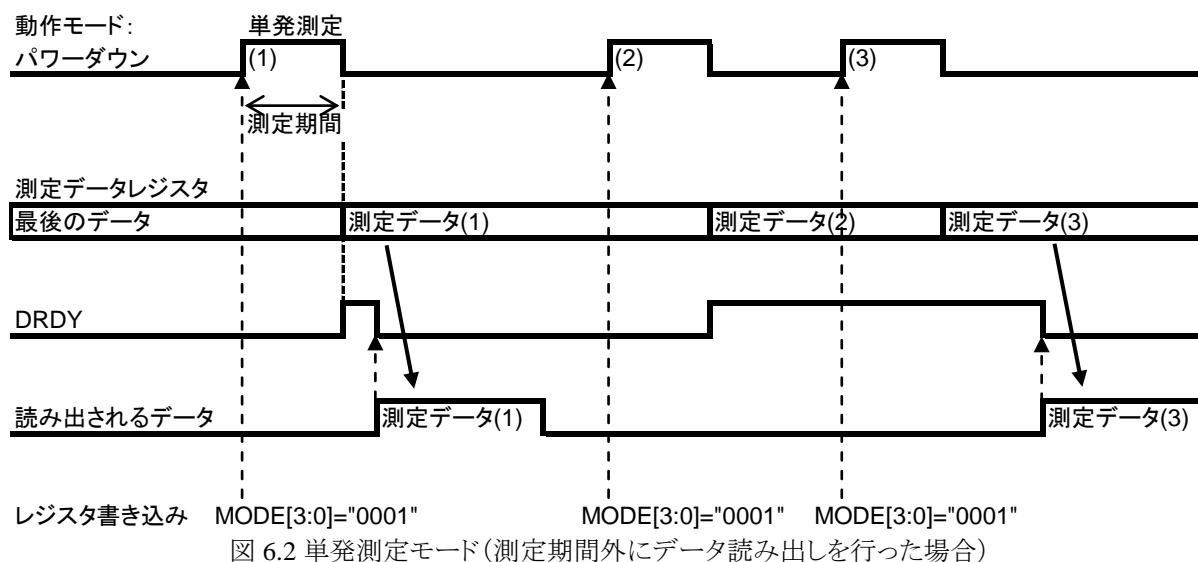
6.4.1. パワーダウンモード

ほぼ全ての内部回路の電源がオフになります。パワーダウンモードでは全てのレジスタにアクセスすることができません。ただし、ヒューズROMデータについては正確な値は読み出されません。読み出し／書き込みレジスタに設定された値は保持されており、ソフトリセットでリセットされます。

6.4.2. 単発測定モード

単発測定モード(MODE[3:0]="0001")が設定されると、センサ測定を行い、信号処理が完了すると、測定データを測定データレジスタ(HXL~HZH)へ格納し、自動的にパワーダウンモードへ遷移します。パワーダウンモードに遷移すると、MODE[3:0]は"0000"になります。同時に、ST1レジスタのDRDYビットが"1"になります。これをデータレディといいます。データレディのときに測定データレジスタ(HXL~HZH)のうちいずれか一つまたはST2レジスタが読み出されるとDRDYビットは"0"になります。パワーダウンモードから別モードへの遷移では"1"を保持します。DRDYピンはDRDYビットと同じ状態です。(図 6.2参照)

センサが測定している間(測定期間)、測定データレジスタは前のデータを保持しています。よって、測定期間中にデータを読み出すことができます。測定期間中にデータの読み出しを行った場合、保持されていた前のデータが読み出されます。



6.4.3. 連続測定モード1および2

連続測定モード1 (MODE[3:0]="0010")または2 (MODE[3:0]="0110")を設定するとそれぞれ8Hzまたは100Hzで繰り返しセンサの測定を行います。センサの測定およびデータ処理が終了すると、測定データを測定データレジスタ(HXL~HZH)に保存し、周期測定に必要な最小限の回路を残し全ての回路が休止状態(PD)となります。次の測定タイミングが来ると自動的にPDから復帰し、再度センサの測定を行います。連続測定モードはパワーダウンモードを設定 (MODE[3:0]="0000")することで終了します。モードの設定を行わない限り測定を繰り返します。

連続測定モード中に再度連続測定モードを設定 (MODE[3:0]="0010"またはMODE[3:0]="0110")した場合、新たに連続測定が開始されます。このときST1、ST2、および測定データレジスタ (HXL~HZH)はリセットされません。

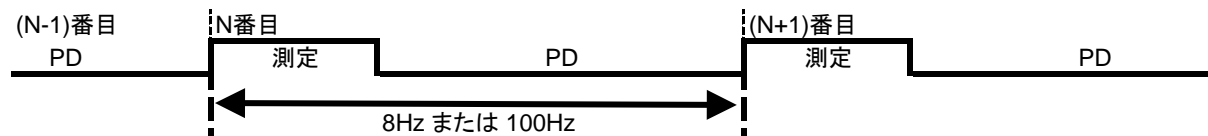


図 6.4 連続測定モード

6.4.3.1. データレディ

測定データがレジスタに格納され読み出し準備ができると、ST1レジスタのDRDYビットが“1”に変化します。この状態を「データレディ」と呼びます。DRDYピンはDRDYビットと同じ状態です。正しく測定が行われている場合、測定が終わって休止状態(PD)に遷移するときにデータレディとなります。

6.4.3.2. 正常な読み出し手順

(1) 以下のいずれかの方法でデータレディであるかどうかを確認してください。

- ・ ST1レジスタのDRDYビットをポーリングする
- ・ DRDYピンの状態を監視する

データレディであった場合、以下のステップに進んでください。

(2) ST1レジスタを読む (ST1レジスタをポーリングしている場合は必要ありません)

DRDY: データレディであるかどうかを示しています。“0”の場合はデータレディではなく、“1”の場合はデータレディです。

DOR: 今から読もうとしているデータより前に測定データの読み飛ばしがあったかどうかを示しています。“0”の場合は前回読み出した測定データとの間に読み飛ばした測定データがないこと、“1”の場合は読み飛ばした測定データがあることを示します。

(3) 測定データを読む

測定データレジスタ(HXL~HZH)のうちいずれか一つまたはST2レジスタを読み始めると、AK8963はデータ読み出しを開始したと判断します。データ読み出しを開始するとDRDYビットとDORビットは“0”となります。

(4) ST2レジスタを読む (必須)

HOFL: 磁気センサ測定データがオーバーフローしているかどうかを示します。“0”はオーバーフローしていないこと、“1”はオーバーフローしていることを示します。

ST2レジスタを読むことにより、データの読み出しが終了したと判断します。データの読み出し中は測定データレジスタの内容が保護されますので、データの更新が行われません。ST2レジスタを読むことによりデータ保護が解除されます。データレジスタアクセス後は必ずST2レジスタを読み出してください。

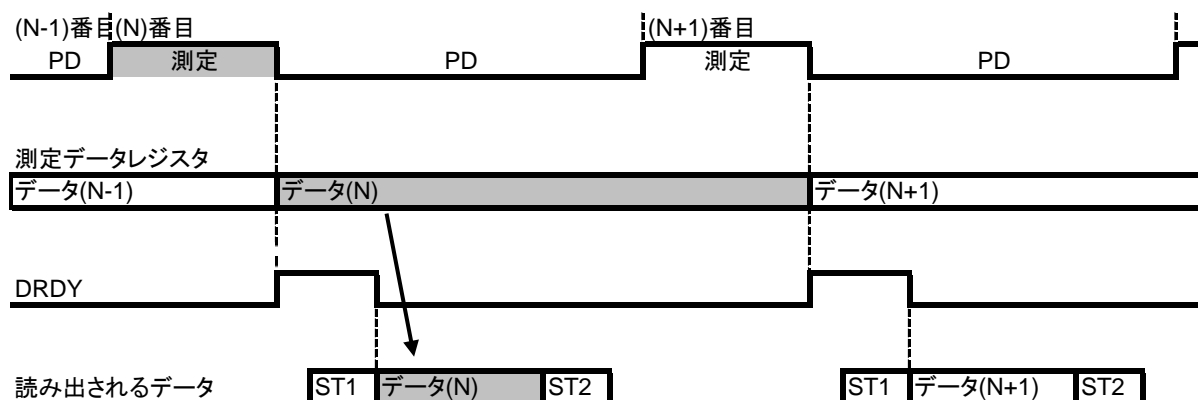


図 6.5 正常な読み出し手順

6.4.3.3. 測定期間中のデータ読み出し

センサが測定している間（測定期間）、測定データレジスタ（HXL～HZH）は前のデータを保持しています。よって、測定期間中にデータを読み出すことができます。測定期間中にデータの読み出しを行った場合、保持されていた前のデータが読み出されます。

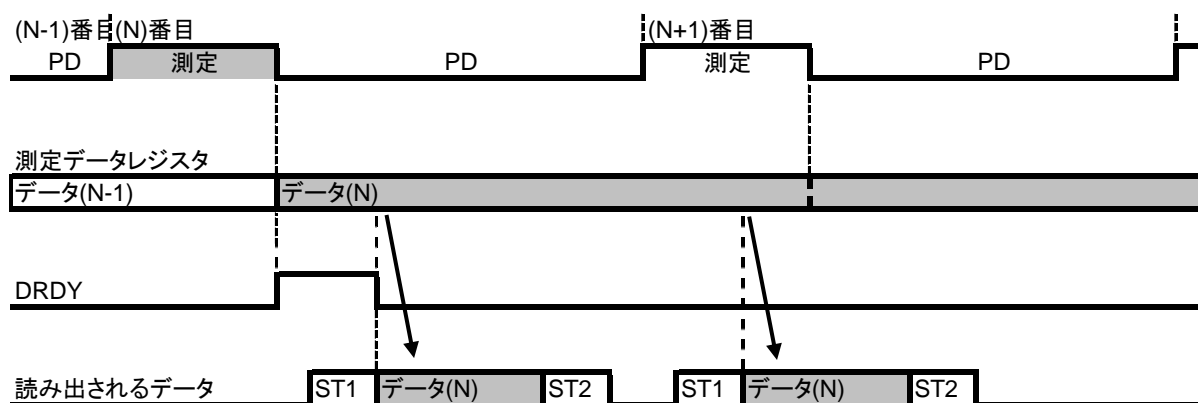


図 6.6 測定期間中のデータ読み出し

6.4.3.4. データの読み飛ばし

N回目の測定が終わってからN+1回目の測定が終わるまでに測定データが読み出されなかった場合、DRDYは測定データが読み出されるまで保持されます。このとき、N回目のデータは読み飛ばされているため、DORビットが“1”となります。(図 6.7参照)

また、N回目の測定が終わってから読み出しを開始し、N+1回目の測定が終わっても読み出しを終了しなかった場合にはN回目のデータが正常に読み出されるようにデータレジスタを保護します。このときN+1回目のデータは読み飛ばされているため、DORビットが“1”となります。(図 6.8参照)

上記どちらの場合もDORビットは次にデータ読み出しを開始するタイミングで“0”となります。

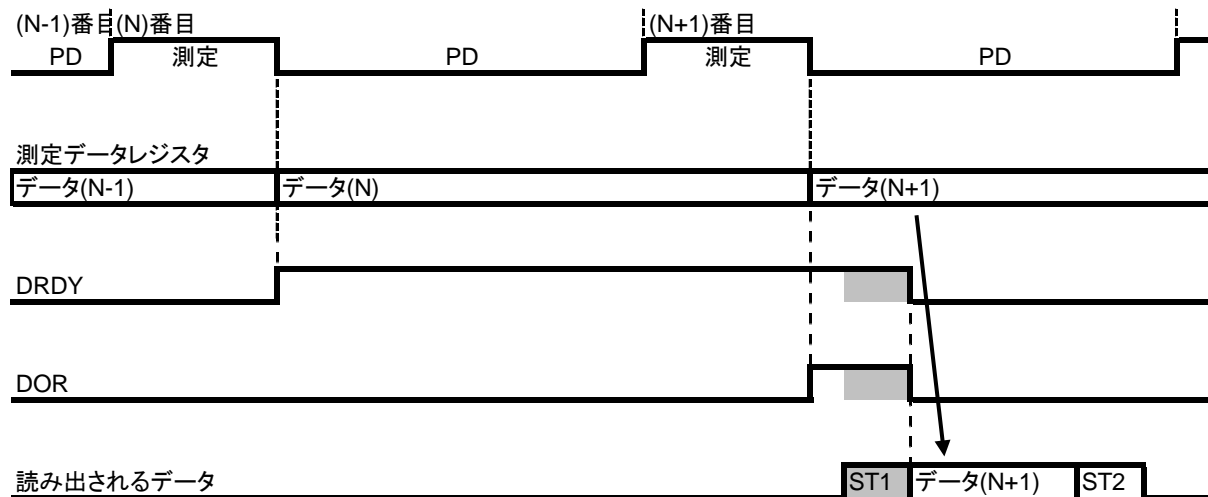


図 6.7 データの読み飛ばし: データを読まなかった場合

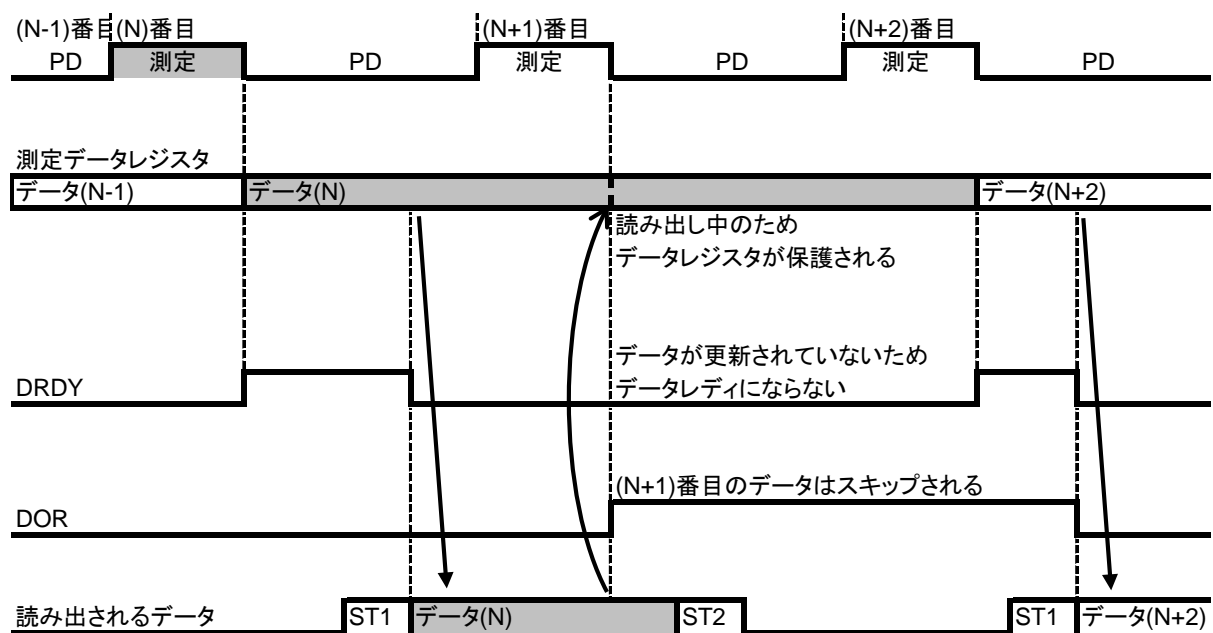


図 6.8 データの読み飛ばし: 次の測定が始まる前にデータを読み終わらなかった場合

6.4.3.5. 終了動作

連続測定モードを終了する場合はパワーダウンモード (MODE[3:0]="0000") を設定してください。

6.4.3.6. 磁気センサオーバーフロー

AK8963の測定レンジは、各軸の測定値の絶対値の和が4912 μ T未満に制限されています。

$$|X|+|Y|+|Z| < 4912\mu\text{T}$$

磁場の大きさがこの制限を超えている場合、測定時に格納されるデータは正しくありません。このような場合を「磁気センサオーバーフロー」と呼びます。

磁気センサオーバーフローが起こると、HOFLビットが“1”になります。HOFLビットは次の測定開始時に“0”になります。

6.4.4. 外部トリガ測定モード

外部トリガ測定モードを設定するとAK8963はトリガ入力待ち状態となります。TRGピンにパルスを入力すると、その立ち上がりに同期してセンサの測定を開始します。センサの測定およびデータ処理が終了すると、測定データを測定データレジスタ(HXL～HZH)に保存し、トリガ入力待ちに必要な最小限の回路を残し全ての回路が休止状態(PD)となります。次の測定タイミングが来ると自動的にPDから復帰し、再度センサの測定を行います。

外部トリガ測定モードはパワーダウンモードを設定(MODE[3:0]=“0000”)することで終了します。パワーダウンモードが設定されない限り外部トリガ入力待ち状態を続けます。

外部トリガ測定モード中に再度外部トリガ測定モードを設定(MODE[3:0]=“0100”)した場合、新たにトリガ入力待ち状態となります。ST1、ST2、および測定データレジスタ(HXL～HZH)がリセットされません。また、データ測定中は外部トリガは無視されます。

外部トリガ測定モードにおけるデータ読み出し手順、読み出し専用レジスタの動作などは連続測定モードと同じです。

6.4.5. セルフテストモード

セルフテストモードはセンサが正常動作しているかを確認するために用います。

セルフテストモード(MODE[3:0]="1000")が設定されると、内部磁場発生器によって磁場が生成され、センサが測定を行います。測定データは測定データレジスタ(HXL~HZH)に格納され、AK8963は自動的にパワーダウンモードへ遷移します。

セルフテストモードを設定する前にASTCレジスタのSELFビットに“1”を書き込んでください。セルフテストモードでのデータ読み出し手順と読み出し専用レジスタの機能は単発測定モードと同じです。

セルフテストが終了したら、他の動作を行う前にSELFビットに“0”を書き込んでください。

<セルフテストの手順>

- (1) パワーダウンモードを設定します。(MODE[3:0]="0000")
- (2) ASTCレジスタのSELFビットに“1”を書き込みます。(その他のビットは“0”にしてください。)
- (3) セルフテストモードを設定します。(MODE[3:0]="1000")
- (4) 下記のいずれかの方法でデータレディかどうかを確認します。
 - ST1レジスタのDRDYビットをポーリングする
 - DRDYピンを監視する
 データレディであれば、次のステップに進みます。
- (5) 測定データ(HXL~HZH)を読み出します。
- (6) ASTCレジスタのSELFビットに“0”を書き込みます。
- (7) パワーダウンモードを設定します。(MODE[3:0]="0000")

<セルフテストの判定>

上記セルフテストの手順で読み出した測定データを、感度調整値(8.3.11参照)で調整した後の値が下表の範囲に入っていれば、センサは正常動作しています。

14ビット出力(BIT="0")

	HX[15:0]	HY[15:0]	HZ[15:0]
閾値	$-50 \leq HX \leq 50$	$-50 \leq HY \leq 50$	$-800 \leq HZ \leq -200$

16ビット出力(BIT="1")

	HX[15:0]	HY[15:0]	HZ[15:0]
閾値	$-200 \leq HX \leq 200$	$-200 \leq HY \leq 200$	$-3200 \leq HZ \leq -800$

6.4.6. ヒューズROMアクセスモード

ヒューズROMアクセスモードは、ヒューズROMのデータを読み出すために用います。ヒューズROMには各軸の感度調整データが書き込まれています。

ヒューズROMデータを読み出す前に、ヒューズROMアクセスモード(MODE[3:0]="1111")を設定してください。この設定により、ヒューズROM読み出しに必要な回路がオンします。

ヒューズROMデータの読み出し後は、パワーダウンモード(MODE[3:0]="0000")に設定してください。

7. シリアルインターフェース

AK8963はI²Cバスインターフェースと4線式SPIをサポートしており、CSBピンで選択できます。3線式SPIとして使うにはSIピンとSOピンを外部でwired-ORにしてください。

CSB pin="L": 4線式 SPI

CSB pin="H": I²C バスインターフェース

7.1. 4線式 SPI

4線式SPIは、SK、SI、SO、CSBの4本のデジタル線で構成されており、16ビットのプロトコルにて提供されます。連続読み出し動作に対応しています。

データは、読み出し／書き込み(R/W)コントロールビット、レジスタアドレス(7ビット)およびコントロールデータ(8ビット)からなります。

全軸(X,Y,Z)の測定データをすべて読み出すために、1バイト以上の読み出しに対し自動インクリメント読み出しコマンドを使用するオプションが用意されています。(連続読み出し)。

CSBピンはローアクティブです。入力データはSKピンの立ち上がりエッジで取り込まれ、出力データはSKピンの立下りエッジで変化します。(SPI MODE 3)

CSBピンが"L"に遷移すると通信を開始し、CSBピンが"H"に遷移すると停止します。SKピンはCSBピンの遷移中は"H"でなければなりません。またCSBピンが"H"かつSKピンが"H"の間はSIピンを変化させてはいけません。

7.1.1. データ書き込み

SKピンの16ビットシリアルクロック入力に同期させて、SIピンに16ビットデータを入力してください。16ビットの入力データは、前半の8ビットでR/Wコントロールビット(R/W="0"のとき書き込み)とレジスタアドレス(7ビット)を指定し、後半の8ビットでコントロールデータ(8ビット)を指定します。

クロックパルス数が16以下の場合、データは書き込まれません。クロックパルス数が16よりも多い場合、16クロックパルスよりも後のSIピンに入力されたデータは無視されます。

複数アドレスへの連続書き込み動作には対応していません。

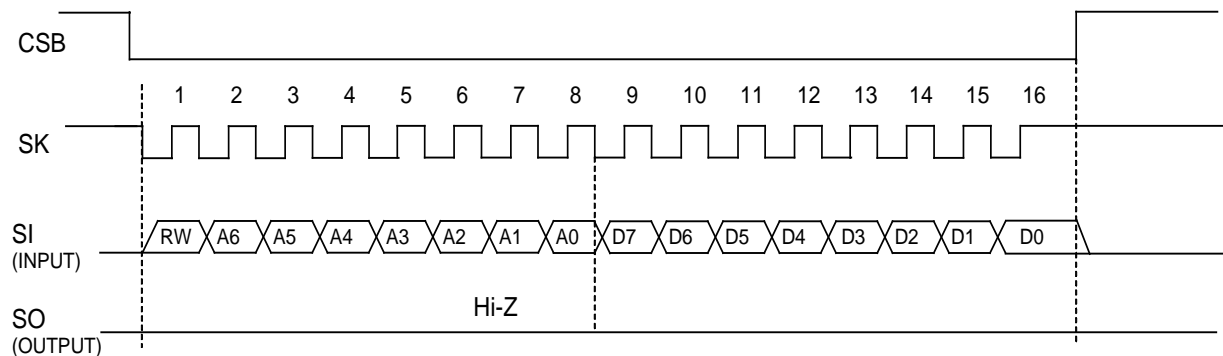


図7.1 4線式SPI書き込み

7.1.2. データ読み出し

SKピンの16ビットシリアルクロック入力 of 最初の8ビットに同期して、R/Wコントロールビットと7ビットのレジスタアドレスを入力してください。すると指定したレジスタが保持している値がMSBからSOピンに出力されます。

1バイトのデータを読み終えたあとで、さらにクロックを入力し続けると、アドレスがインクリメントされ次のアドレスのデータが出力されます。したがって、CSBピンが“L”で、かつ15番目のクロックの立下りエッジ後に、次のアドレスのデータがSOピンから出力されます。CSBピンを“L”から“H”にすると、SOピンがハイインピーダンス状態になります。

AK8963には、00H～0CHと10H～12Hの2種類のインクリメント系列があります。例えば、データは次のように読み出されます: 00H → 01H → ... → 0BH → 0CH → 00H → 01H ...、または 10H → 11H → 12H → 10H ...。

指定されたアドレスが00H～12H以外の場合、AK8963は選択されていないと認識し、SOピンをハイインピーダンスの状態に保ちます。したがって、ユーザはその他のアドレスを他のデバイスに使うことができます。

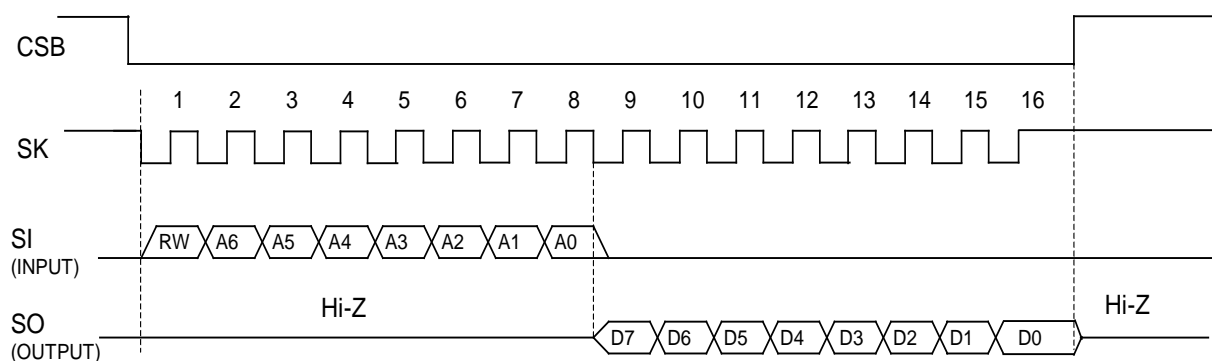


図7.2 4線式SPI読み出し

7.2. I²C バスインターフェース

AK8963 の I²C バスインターフェースは、標準モード(最大 100kHz)および高速モード(最大 400kHz)をサポートしています。

7.2.1. データ転送

AK8963 にバス経由でアクセスするには、最初にスタートコンディションを入力する必要があります。次に、デバイスアドレスを含む1バイトのスレーブアドレスを送信します。このとき、AK8963は自身のスレーブアドレスと比較します。これらのアドレスが一致した場合、AK8963はアクノリッジを生成し、読み出しまたは書き込み命令を実行します。命令終了時にはストップコンディションを入力してください。

7.2.1.1. データの変更

SDA ラインのデータ変更は、SCL ラインのクロックが“Low”区間に行ってください。SCL ラインのクロック信号が“High”のとき、SDA ラインの状態は一定でなければなりません。(SDA ラインのデータを変更できるのは SCL ラインのクロック信号が“Low”のときに限られています。)

SCL ラインが“High”のあいだ、SDA ラインのデータの状態はスタートコンディションまたはストップコンディションが入力されたときのみ変更されます。

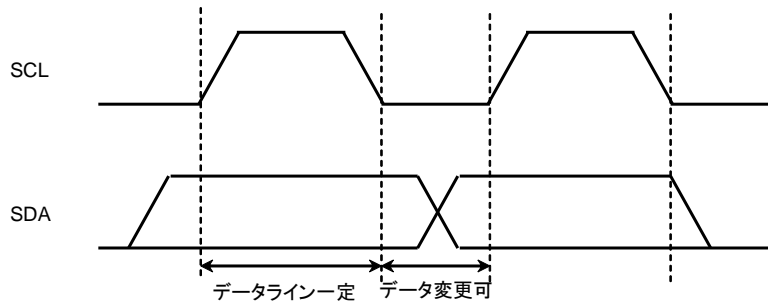


図 7.3 データ変更

7.2.1.2. スタート/ストップコンディション

SCL ラインが“High”のときに、SDA ラインを“High”から“Low”にする場合、スタートコンディションが生成されます。全ての命令はスタートコンディションから始まります。

SCL ラインが“High”のときに、SDA ラインを“Low”から“High”にすると、ストップコンディションが生成されます。全ての命令はストップコンディションとともに終了します。

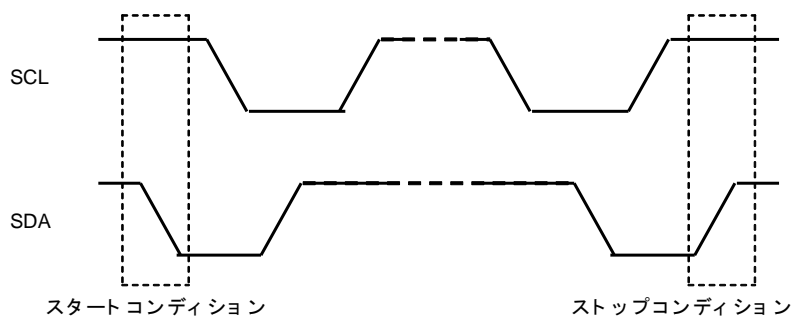


図 7.4 スタートコンディションとストップコンディション

7.2.1.3. アクノリッジ

データを送信する IC は、1 バイトのデータを送信し終わると SDA ラインを開放します(“High”の状態)。データを受信した IC は、次のクロックで、SDA ラインを“Low”にします。この動作をアクノリッジといいます。アクノリッジによって、データの転送が正常に行われたかどうか確認することができます。

AK8963 はスタートコンディションとスレーブアドレスを受信したあとにアクノリッジを生成します。

WRITE 命令を実行するときには、各バイト受け取り毎にアクノリッジを生成します。

READ 命令を実行するときには、アクノリッジの生成につづいて指定のアドレスに格納されているデータを送出します。次に SDA ラインを開放したのち、SDA ラインをモニターします。もし、マスタ IC がストップコンディションの代わりにアクノリッジを生成した場合、AK8963 は次のアドレスに格納されている 8 ビットデータを送出します。アクノリッジが生成されない場合、データの送出手を完了します。

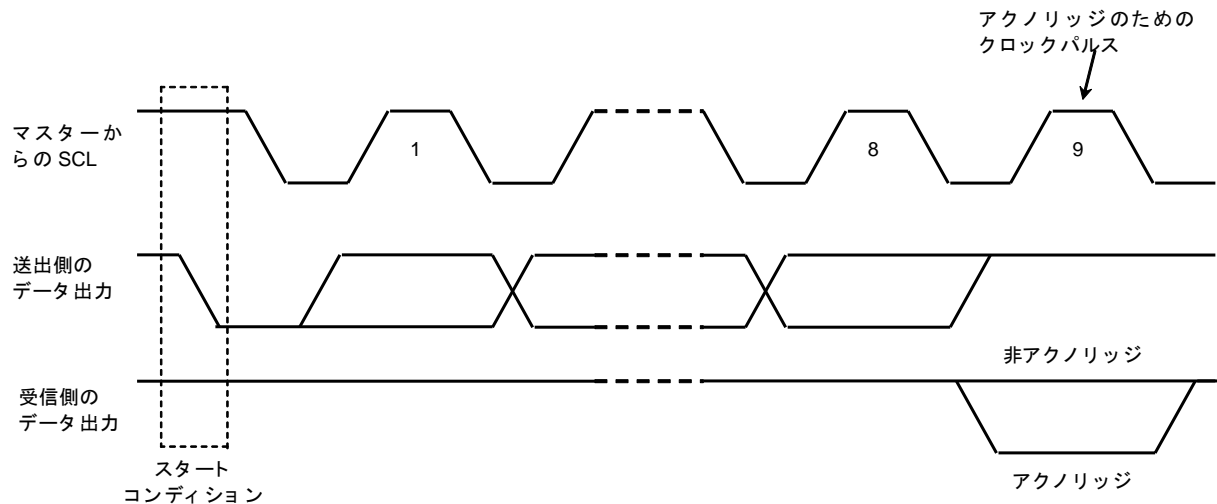


図 7.5 アクノリッジの生成

7.2.1.4. スレーブアドレス

AK8963 のスレーブアドレスは、CAD0/1 ピンを設定することで、次のリストから選択することができます。

CAD ピンが VSS に接続されているとき、対応するスレーブアドレスビットは“0”です。CAD ピンが VDD に接続されているとき、対応するスレーブアドレスは“1”です。

表 7.1 CAD0/1ピンの設定とスレーブアドレスの関係

CAD1	CAD0	スレーブアドレス
0	0	0CH
0	1	0DH
1	0	0EH
1	1	0FH

スタートコンディションにつづいてスレーブアドレスを含んだ最初の 1 バイトが送出されると、スレーブアドレスで指定されているバス上の通信すべき IC が選択されます。

スレーブアドレスが送出されると、そのアドレスに一致するデバイスアドレスを持つ IC はアクノリッジを送出したのち、命令を実行します。最初の 1 バイトの 8 番目のビット (Least Significant Bit – LSB) が R/W ビットです。

R/W ビットを“1”に設定すると、READ 命令が実行されます。R/W ビットを“0”に設定すると、WRITE 命令が実行されます。

MSB					LSB		
0	0	0	1	1	CAD1	CAD0	R/W

図 7.6 スレーブアドレス

7.2.2. WRITE 命令

R/W ビットを“0”に設定すると、AK8963 は書き込み動作を行います。

書き込み動作ではAK8963はスタートコンディションと最初の1バイト(スレーブアドレス)を受信したのちアクノリッジを生成し、つづいて2バイト目を受信します。2バイト目はMSBファーストの構成で、内部コントロールレジスタのアドレスを指定します。

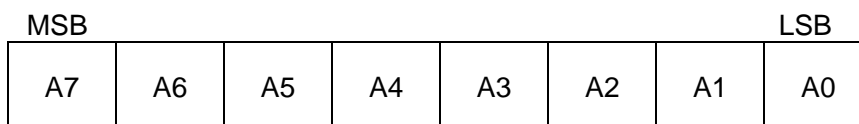


図 7.7 レジスタアドレス

2バイト目(レジスタアドレス)を受信し終わると、AK8963はアクノリッジを生成し、つづいて3バイト目の受信をします。

3バイト目以降はコントロールデータを表します。コントロールデータは8ビットからなり、MSBファーストの構成です。AK8963は各バイトを受け取るごとにアクノリッジを生成します。データ転送は、常に、マスタによって生成されたストップコンディションによって終了します。

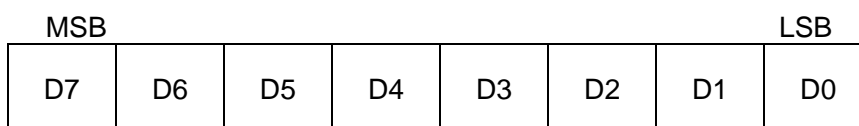


図 7.8 コントロールデータ

AK8963は複数のバイトのデータを一度に書き込むことができます。

第3バイト(コントロールデータ)受信後、AK8963はアクノリッジを生成し、次のデータを受信します。

データを1バイト送信後、ストップコンディションを送らず、更にデータが送信された場合、LSI内部のアドレスカウンタが自動的にインクリメントされ、データは次のアドレスに書き込まれます。アドレスは00Hから0CHまでと10Hから12Hまで対応しており、00Hから0CHの区間においては、0CHまでカウントされた場合、次は00Hに戻ります。10Hから12Hの区間においては、12Hまでカウントされた場合、次は10Hに戻ります。実際にユーザが書き込む事ができるアドレスは、Read/Writeレジスタのみ(0AH~0FH)となります。(8.2参照)

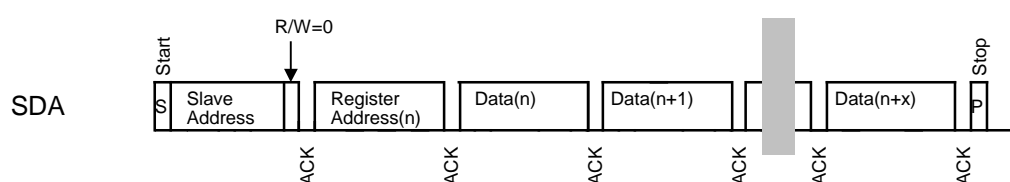


図 7.9 書き込み

7.2.3. READ 命令

R/W ビットを“1”に設定すると、AK8963 は READ 動作を行います。

AK8963 が指定アドレスのデータを送出したのち、マスタ IC がストップコンディションの代わりにアクノリッジを生成した場合、その次のアドレスを読み出すことができます。

アドレスは 00H から 0CH と 10H から 12H を使用できます。アドレスが 00H から 0CH の範囲でアドレスが 0CH からカウントアップされると、次のアドレスは 00H に戻ります。アドレスが 10H から 12H の範囲でアドレスが 12H からカウントアップされると、次のアドレスは 10H に戻ります。

AK8963 は、カレントアドレス読み出しと、ランダム読み出しをサポートしています。

7.2.3.1. カレントアドレス読み出し

AK8963 は LSI チップ内にアドレスカウンタを持っています。カレントアドレスを読み出す動作では、このカウンタで指定されるアドレスのデータを読み出します。

内部アドレスカウンタは、最後にアクセスしたアドレスの、次のアドレスを保持しています。

例えば、READ 命令のために最後にアクセスしたアドレスが“n”のとき、カレントアドレスの読み出し命令を行うと、アドレス“n+1”のデータが読み出されます。

カレントアドレス読み出し動作において、AK8963 は、READ 命令 (R/W ビット=“1”) に対するスレーブアドレスを受信したのちアクノリッジを生成します。つづいて、AK8963 は内部アドレスカウンタで指定されるデータの転送を次のクロックで開始し、内部アドレスカウンタを 1 だけインクリメントします。AK8963 が 1 バイトのデータを送出したのち、アクノリッジの代わりにストップコンディションを生成した場合、読み出し動作は終了します。

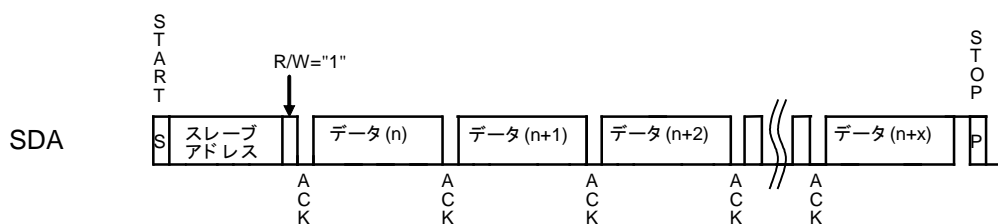


図 7.10 カレントアドレス読み出し

7.2.3.2. ランダム読み出し

ランダム読み出し動作によって、任意のアドレスのデータを読み出すことができます。

ランダム読み出しでは、READ 命令 (R/W ビット=“1”) に対するスレーブアドレスを送出する前に、ダミーとして WRITE 命令を実行する必要があります。ランダム読み出し動作では、スタートコンディションを最初に生成し、つづいて WRITE 命令のためのスレーブアドレスと読み出しアドレスを続けて送じます。このアドレス送目の応答として AK8963 がアクノリッジを生成したのち、スタートコンディションと READ 命令 (R/W ビット=“1”) のためのスレーブアドレスを再度生成します。AK8963 はこのスレーブアドレス送目に対する応答としてアクノリッジを生成します。これにつづいて、AK8963 は指定されたアドレスのデータを送出し、内部アドレスカウンタを 1 だけインクリメントします。

データ送目後に、マスタ IC がアクノリッジの代わりにストップコンディションを生成した場合、読み出し動作は終了します。

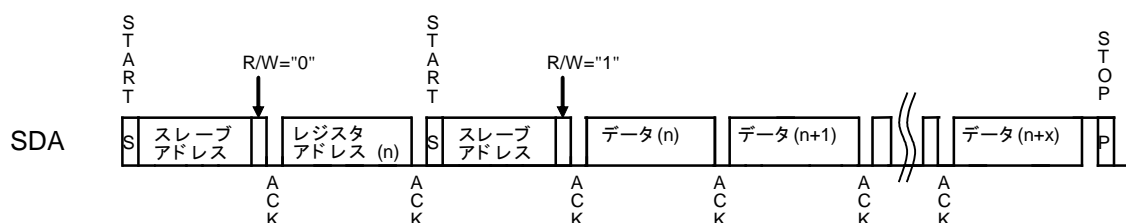


図 7.11 ランダム読み出し

8. レジスタ

8.1. 各レジスタの説明

AK8963は表8.1に示した20のアドレスのレジスタを持っています。各アドレスは8bitのデータで構成されます。前出のシリアルインターフェースを経由して外部CPUとデータの送受信を行います。

表8.1 レジスタテーブル

名前	アドレス	READ/ WRITE	内容	ビット幅	説明
WIA	00H	READ	デバイス ID	8	
INFO	01H	READ	インフォメーション	8	
ST1	02H	READ	ステータス1	8	データステータス
HXL	03H	READ	測定データ	8	X軸データ
HXH	04H			8	
HYL	05H			8	Y軸データ
HYH	06H			8	
HZL	07H			8	Z軸データ
HZH	08H			8	
ST2	09H	READ	ステータス2	8	データステータス
CNTL1	0AH	READ/ WRITE	コントロール1	8	機能制御
CNTL2	0BH		コントロール2	8	
ASTC	0CH	READ/ WRITE	セルフテスト	8	
TS1	0DH	READ/ WRITE	テスト 1	8	ユーザ使用禁止
TS2	0EH	READ/ WRITE	テスト 2	8	ユーザ使用禁止
I2CDIS	0FH	READ/ WRITE	I ² C 無効	8	
ASAX	10H	READ	X 軸感度調整値	8	ヒューズ ROM
ASAY	11H	READ	Y 軸感度調整値	8	ヒューズ ROM
ASAZ	12H	READ	Z 軸感度調整値	8	ヒューズROM
RSV	13H	READ	予約	8	ユーザ使用禁止

00H～0CHと、10H～12Hのアドレスはそれぞれ、シリアルインターフェースの自動インクリメント機能に対応しています。10H～12Hのアドレスの値はヒューズROMアクセスモードでのみ読み出すことができます。その他のモードでは、読み出された値は正しくありません。

8.2. レジスタマップ

表 8.2 レジスタマップ

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
読み出し専用レジスタ									
00H	WIA	0	1	0	0	1	0	0	0
01H	INFO	INFO7	INFO6	INFO5	INFO4	INFO3	INFO2	INFO1	INFO0
02H	ST1	-	0	0	-	0	0	DOR	DRDY
03H	HXL	HX7	HX6	HX5	HX4	HX3	HX2	HX1	HX0
04H	HXH	HX15	HX14	HX13	HX12	HX11	HX10	HX9	HX8
05H	HYL	HY7	HY6	HY5	HY4	HY3	HY2	HY1	HY0
06H	HYH	HY15	HY14	HY13	HY12	HY11	HY10	HY9	HY8
07H	HZL	HZ7	HZ6	HZ5	HZ4	HZ3	HZ2	HZ1	HZ0
08H	HZH	HZ15	HZ14	HZ13	HZ12	HZ11	HZ10	HZ9	HZ8
09H	ST2	0	0	0	BITM	HOFL	0	0	0
書き込み／読み出しレジスタ									
0AH	CNTL1	0	0	0	BIT	MODE3	MODE2	MODE1	MODE0
0BH	CNTL2	0	0	0	0	0	0	0	SRST
0CH	ASTC	-	SELF	-	-	-	-	-	-
0DH	TS1	-	-	-	-	-	-	-	-
0EH	TS2	-	-	-	-	-	-	-	-
0FH	I2CDIS	I2CDIS7	I2CDIS6	I2CDIS5	I2CDIS4	I2CDIS3	I2CDIS2	I2CDIS1	I2CDIS0
読み出し専用レジスタ									
10H	ASAX	COEFX7	COEFX6	COEFX5	COEFX4	COEFX3	COEFX2	COEFX1	COEFX0
11H	ASAY	COEFY7	COEFY6	COEFY5	COEFY4	COEFY3	COEFY2	COEFY1	COEFY0
12H	ASAZ	COEFZ7	COEFZ6	COEFZ5	COEFZ4	COEFZ3	COEFZ2	COEFZ1	COEFZ0
13H	RSV	-	-	-	-	-	-	-	-

AK8963は、VDDがONになるとPOR機能がはたらき、VIDのON、OFF(0V)に関わらず全てのレジスタが初期化されます。レジスタのデータを読み書きするためにはVIDがONである必要があります。

TS1とTS2は出荷テスト用のレジスタですので、ユーザはこれらのレジスタは使用しないでください。

RSVは予約レジスタですので、ユーザはこのレジスタは使用しないでください。

8.3. 各レジスタの詳細な説明

8.3.1. WIA: デバイス ID

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
読み出し専用レジスタ									
00H	WIA	0	1	0	0	1	0	0	0

AKM のデバイス ID です。1 バイトの固定値です。

48H: 固定値

8.3.2. INFO: インフォメーション

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
読み出し専用レジスタ									
01H	INFO	INFO7	INFO6	INFO5	INFO4	INFO3	INFO2	INFO1	INFO0

INFO[7:0]: AKM 用のデバイス情報

8.3.3. ST1: ステータス1

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
読み出し専用レジスタ									
02H	ST1	-	0	0	-	0	0	DOR	DRDY
Reset		0	0	0	0	0	0	0	0

DRDY: データレディ

"0": 通常状態

"1": データレディ

DRDYビットは、単発測定モード、連続測定モード1、2、外部トリガ測定モード、セルフテストモードのいずれかのモードで動作している場合、データ読み出しの準備ができたときに“1”になります。ST2レジスタおよび測定データレジスタ(HXL～HZH)のいずれか一つを読み出すと“0”になります。

DOR: データオーバーラン

"0": 通常状態

"1": データオーバーラン

DORビットは、連続測定モード1、2および外部トリガ測定モードで、読み飛ばしたデータブロックがあった場合は“1”に変化します。ST2レジスタおよび測定データレジスタ(HXL～HZH)のいずれか一つを読み出すと“0”となります。

8.3.4. HXL ~ HZH: 測定データ

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
読み出し専用レジスタ									
03H	HXL	HX7	HX6	HX5	HX4	HX3	HX2	HX1	HX0
04H	HXH	HX15	HX14	HX13	HX12	HX11	HX10	HX9	HX8
05H	HYL	HY7	HY6	HY5	HY4	HY3	HY2	HY1	HY0
06H	HYH	HY15	HY14	HY13	HY12	HY11	HY10	HY9	HY8
07H	HZL	HZ7	HZ6	HZ5	HZ4	HZ3	HZ2	HZ1	HZ0
08H	HZH	HZ15	HZ14	HZ13	HZ12	HZ11	HZ10	HZ9	HZ8
Reset		0	0	0	0	0	0	0	0

磁気センサ X 軸、Y 軸、Z 軸の測定データ

HXL[7:0]: X軸測定データの下位8ビット

HXH[15:8]: X軸測定データの上位8ビット

HYL[7:0]: Y軸測定データの下位8ビット

HYH[15:8]: Y軸測定データの上位8ビット

HZL[7:0]: Z軸測定データの下位8ビット

HZH[15:8]: Z軸測定データの上位8ビット

測定データは、二の補数かつリトルエンディアンで格納されています。各軸の測定範囲は10進表記で、14ビット出力時は-8190から+8190、16ビット出力時は-32760から+32760です。

表 8.3 測定データフォーマット

測定データ (各軸) [15:0]			磁束密度 [μ T]
二の補数	16 進	10 進	
14 ビット出力			
0001 1111 1111 1110	1FFE	8190	4912(max.)
0000 0000 0000 0001	0001	1	0.6
0000 0000 0000 0000	0000	0	0
1111 1111 1111 1111	FFFF	-1	-0.6
1110 0000 0000 0010	E002	-8190	-4912(min.)
16 ビット出力			
0111 1111 1111 1000	7FF8	32760	4912(max.)
0000 0000 0000 0001	0001	1	0.15
0000 0000 0000 0000	0000	0	0
1111 1111 1111 1111	FFFF	-1	-0.15
1000 0000 0000 1000	8008	-32760	-4912(min.)

8.3.5. ST2: ステータス2

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
読み出し専用レジスタ									
09H	ST2	0	0	0	BITM	HOFL	0	0	0
Reset		0	0	0	0	0	0	0	0

HOFL: 磁気センサオーバーフロー

"0": 通常状態

"1": 磁気センサオーバーフローが発生

単発測定モード、連続測定モード1、2、外部トリガ測定モードおよびセルフテストモードにおいて、測定データレジスタが飽和していなくても、磁気センサオーバーフローが起こり得ます。このような場合、測定データは正しくなく、HOFLビットが“1”になります。これは次の測定が開始されると“0”になります。詳細は6.4.3.6を参照してください。

BITM: 出力ビット設定(ミラー)

"0": 14ビット出力

"1": 16ビット出力

CNTL1レジスタBITビットの値のミラーデータです。

ST2レジスタは測定データ読み終わりレジスタでもあります。連続測定モード1、2および外部トリガ測定モードで、測定データレジスタ(HXL～HZH)のいずれか一つを読み出すと、読み出し開始となり、ST2レジスタを読むまでデータ読み出し中とみなされます。よって、測定データレジスタのいずれか一つでも読み出した場合には必ず読み終わりにST2レジスタを読んでください。

8.3.6. CNTL1: コントロール1

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
書き込み／読み出しレジスタ									
0AH	CNTL1	0	0	0	BIT	MODE3	MODE2	MODE1	MODE0
Reset		0	0	0	0	0	0	0	0

MODE[3:0]: 動作モード設定

"0000" パワーダウンモード

"0001": 単発測定モード

"0010": 連続測定モード1

"0110": 連続測定モード2

"0100": 外部トリガ測定モード

"1000": セルフテストモード

"1111": ヒューズROMアクセスモード

上記以外設定禁止

BIT: 出力ビット設定

"0": 14ビット出力

"1": 16ビット出力

いずれかのモードが設定されると、AK8963は設定されたモードへ移行します。詳細は6.3を参照してください。

8.3.7. CNTL2: コントロール 2

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
書き込み／読み出しレジスタ									
0BH	CNTL2	0	0	0	0	0	0	0	SRST
Reset		0	0	0	0	0	0	0	0

SRST: ソフトリセット

"0": 通常

"1": リセット

“1”を書き込むと、全てのレジスタが初期化されます。リセット後、SRSTビットは自動的に“0”に戻ります。

8.3.8. ASTC: セルフテスト

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
読み出し／書き込みレジスタ									
0CH	ASTC	-	SELF	-	-	-	-	-	-
Reset		0	0	0	0	0	0	0	0

SELF: セルフテスト制御

"0": 通常状態

"1": セルフテストのための磁場を発生

ASTCレジスタのSELFビット以外のビットに“1”を書き込まないでください。SELFビット以外のビットに“1”を書き込んだ場合、正常な測定が行えません。

8.3.9. TS1, TS2: テスト 1, 2

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
読み出し／書き込みレジスタ									
0DH	TS1	-	-	-	-	-	-	-	-
0EH	TS2	-	-	-	-	-	-	-	-
Reset		0	0	0	0	0	0	0	0

TS1とTS2レジスタは出荷時テスト用レジスタです。ユーザは使用しないでください。

8.3.10. I2CDIS: I²C無効

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
読み出し／書き込みレジスタ									
0FH	I2CDIS	I2CDIS7	I2CDIS6	I2CDIS5	I2CDIS4	I2CDIS3	I2CDIS2	I2CDIS1	I2CDIS0
Reset		0	0	0	0	0	0	0	0

このレジスタはI²Cバスインターフェースを無効にします。I²Cバスインターフェースはデフォルトでは有効になっています。I²Cバスインターフェースを無効にするには“00011011”をI2CDISレジスタに書き込んでください。するとI²Cバスインターフェースは無効になります。

I²Cバスインターフェースを無効化した後、I2CDISレジスタにその他の値を設定することは出来ません。

I²Cバスインターフェースを再び有効化するためには、AK8963をリセットするか、もしくはI²Cバスインターフェースのスタートコンディションを8連続で入力してください。

8.3.11. ASAX, ASAY, ASAZ: 感度調整値

アドレス	レジスタ名	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
読み出し専用レジスタ									
10H	ASAX	COEFX7	COEFX6	COEFX5	COEFX4	COEFX3	COEFX2	COEFX1	COEFX0
11H	ASAY	COEFY7	COEFY6	COEFY5	COEFY4	COEFY3	COEFY2	COEFY1	COEFY0
12H	ASAZ	COEFZ7	COEFZ6	COEFZ5	COEFZ4	COEFZ3	COEFZ2	COEFZ1	COEFZ0
Reset		-	-	-	-	-	-	-	-

出荷時に各軸の感度調整値がヒューズ ROM に書き込まれています。

ASAX[7:0]: 磁気センサ X 軸の感度調整値

ASAY[7:0]: 磁気センサ Y 軸の感度調整値

ASAZ[7:0]: 磁気センサ Z 軸の感度調整値

＜感度調整方法＞

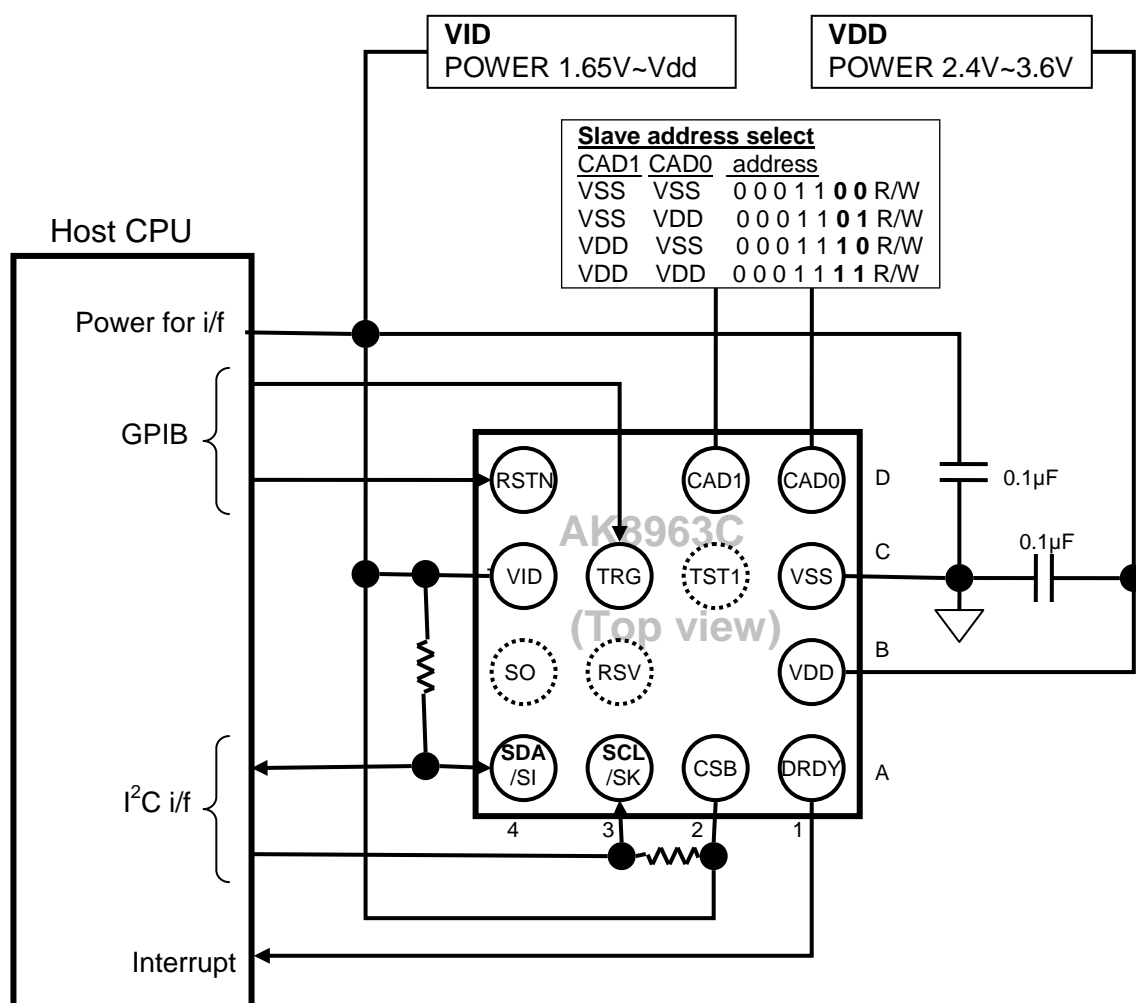
測定データレジスタ読み出し値を H 、対応する測定軸の感度調整値を ASA 、感度調整後の測定データを H_{adj} とすると、

$$H_{adj} = H \times \left(\frac{(ASA - 128) \times 0.5}{128} + 1 \right)$$

9. 外部接続推奨例

9.1. I²C バスインターフェース

<AK8963C>



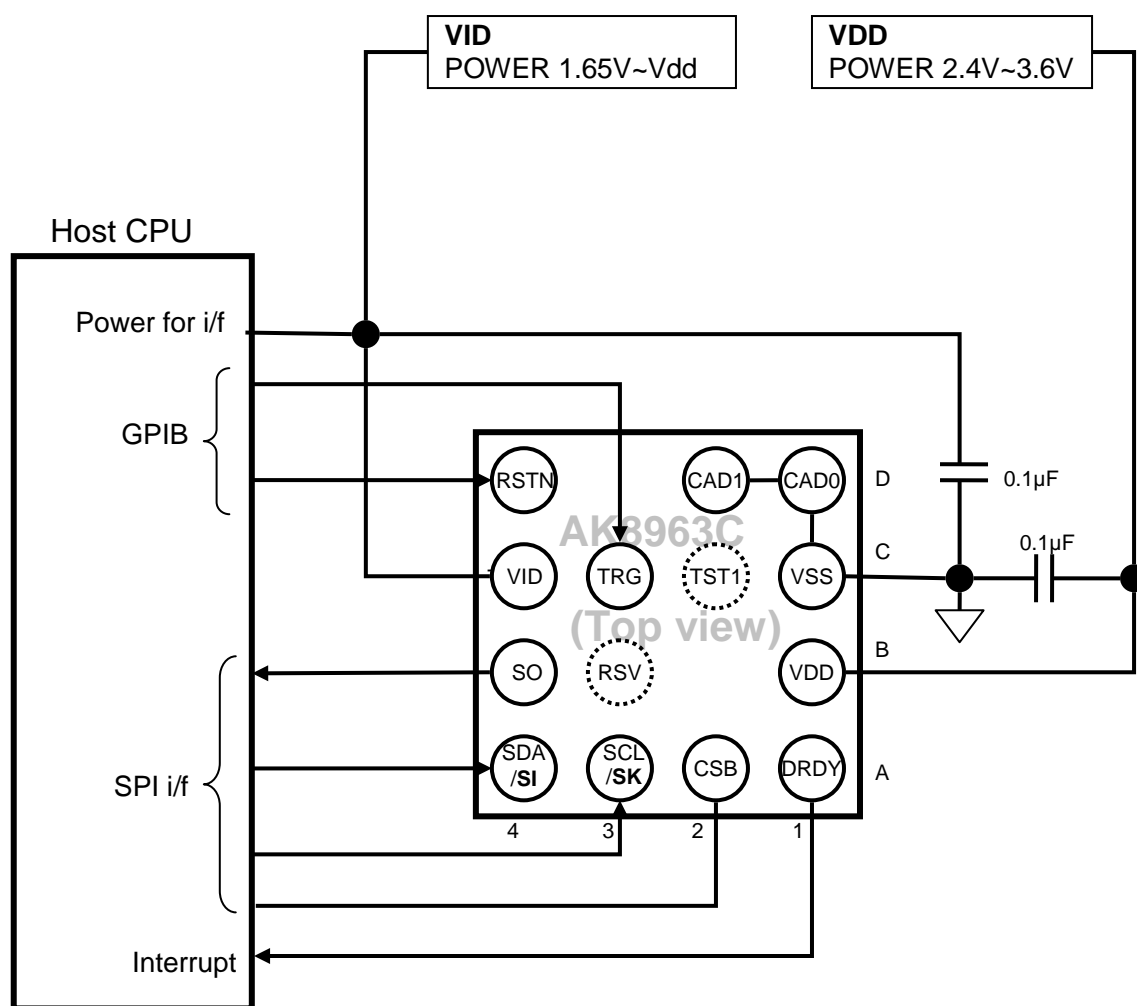
破線で示したピンは無接続とする。

<AK8963N>

AK8963C と同様。

9.2. 4 線式 SPI

<AK8963C>



破線で示したピンは無接続とする。

<AK8963N>

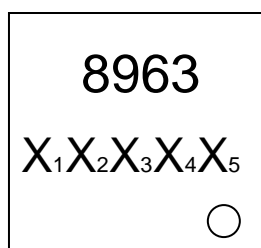
AK8963C と同様。

10. パッケージ

10.1. マーキング

<AK8963C>

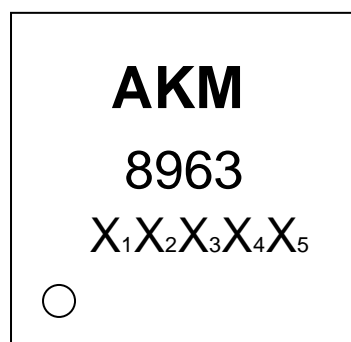
- 製品名: 8963
- デートコード: $X_1X_2X_3X_4X_5$
 X_1 = 識別コード
 X_2 = 西暦年コード
 X_3X_4 = 週コード
 X_5 = ロット



<Top view>

<AK8963N>

- 会社名: AKM
- 製品名: 8963
- デートコード: $X_1X_2X_3X_4X_5$
 X_1 = 識別コード
 X_2 = 西暦年コード
 X_3X_4 = 週コード
 X_5 = ロット



<Top view>

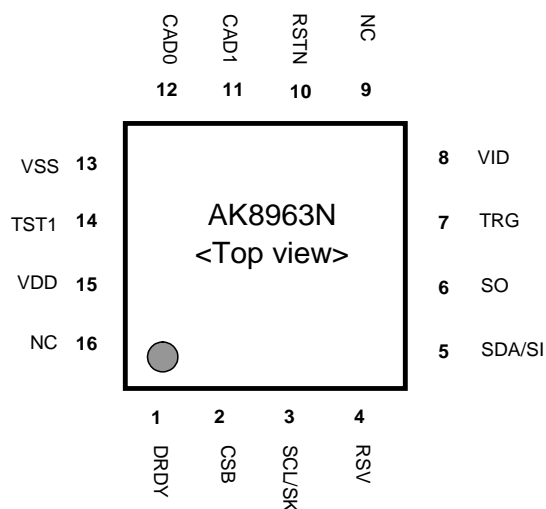
10.2. ピン配列

<AK8963C>

	4	3	2	1
D	RSTN		CAD1	CAD0
C	VID	TRG	TST1	VSS
B	SO	RSV		VDD
A	SDA/SI	SCL/SK	CSB	DRDY

<Top view>

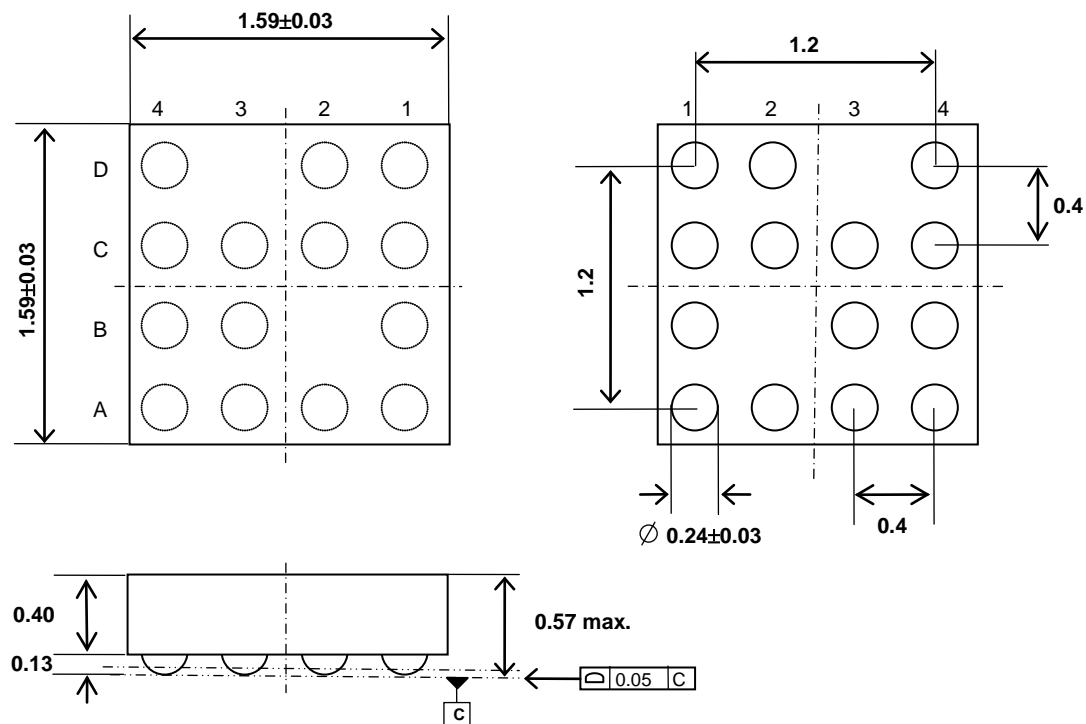
<AK8963N>



10.3. 外形寸法図

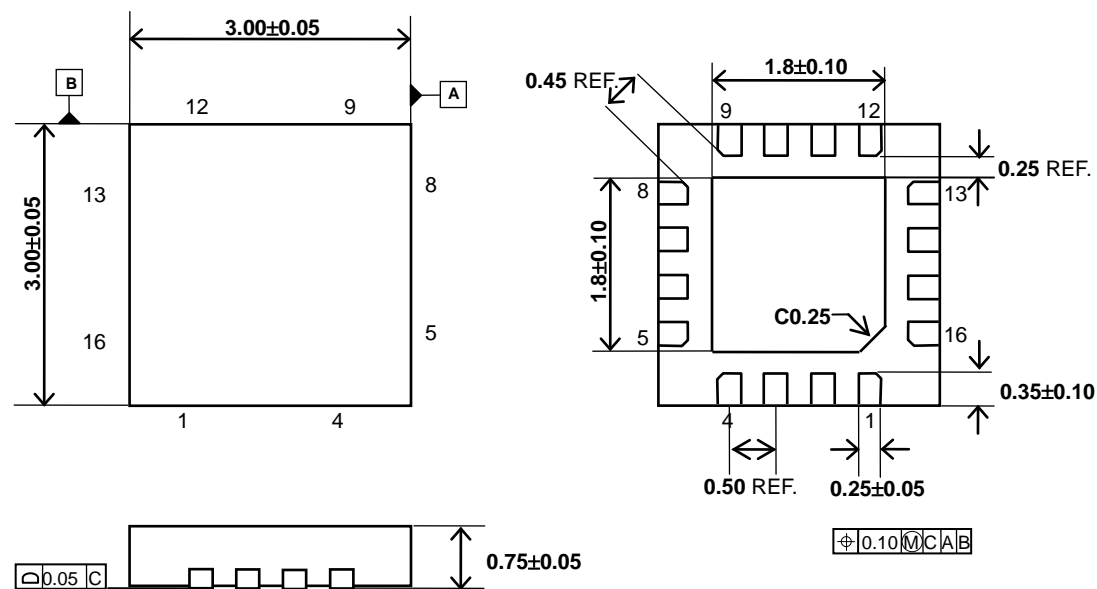
<AK8963C>

[mm]



<AK8963N>

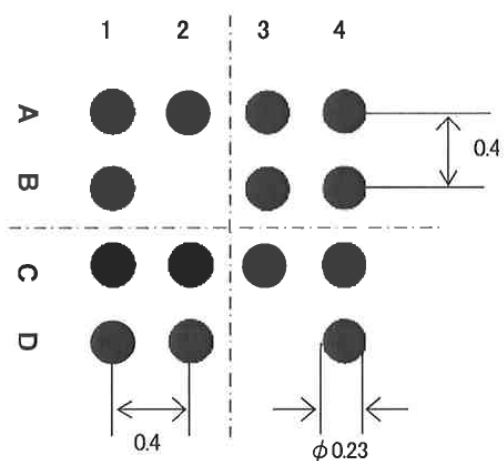
[mm]



10.4. 推奨フットプリントパターン

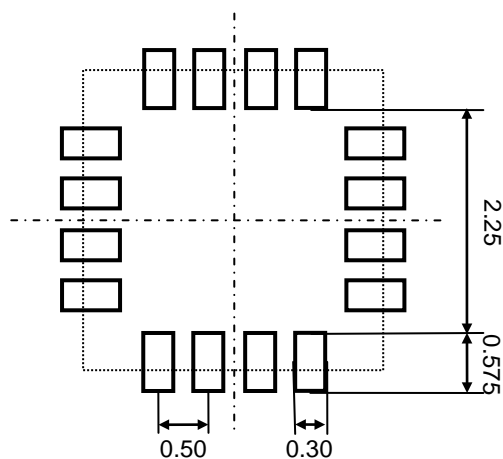
<AK8963C>

[mm]



<AK8963N>

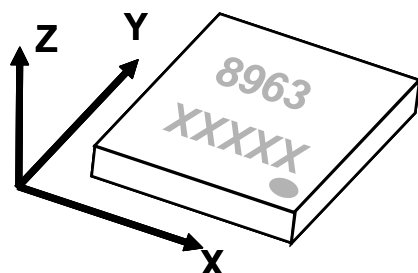
[mm]



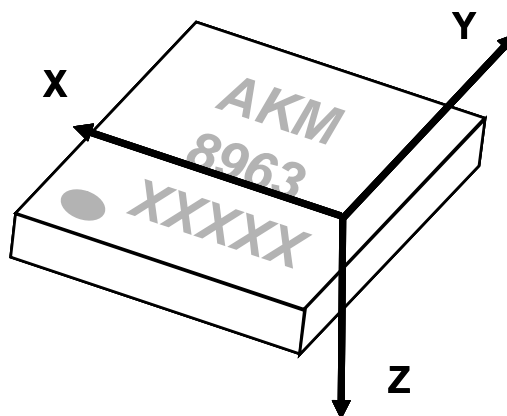
11. 磁場と出力コードの関係

測定データは矢印方向の磁束密度に比例して増加します。

<AK8963C>



<AK8963N>



重要な注意事項

- 本書に記載された製品、および、製品の仕様につきましては、製品改善のために予告なく変更することがあります。従いまして、ご使用を検討の際には、本書に掲載した情報が最新のものであることを弊社営業担当、あるいは弊社特約店営業担当にご確認ください。
- 本書に掲載された情報・図面の使用に起因した第三者の所有する特許権、工業所有権、その他の権利に対する侵害につきましては、当社はその責任を負うものではありませんので、ご了承ください。
- 本書記載製品が、外国為替および、外国貿易管理法に定める戦略物資（役務を含む）に該当する場合、輸出する際に同法に基づく輸出許可が必要です。
- 医療機器、安全装置、航空宇宙用機器、原子力制御用機器など、その装置・機器の故障や動作不良が、直接または間接を問わず、生命、身体、財産等へ重大な損害を及ぼすことが通常予想されるような極めて高い信頼性を要求される用途に弊社製品を使用される場合は、必ず事前に弊社代表取締役の書面による同意をお取りください。
- この同意書を得ずにこうした用途に弊社製品を使用された場合、弊社は、その使用から生ずる損害等の責任を一切負うものではありませんのでご了承ください。
- お客様の転売等によりこの注意事項の存在を知らずに上記用途に弊社製品が使用され、その使用から損害等が生じた場合は全てお客様にてご負担または補償して頂きますのでご了承ください。