



AK8996/W

Pressure Sensor Control IC

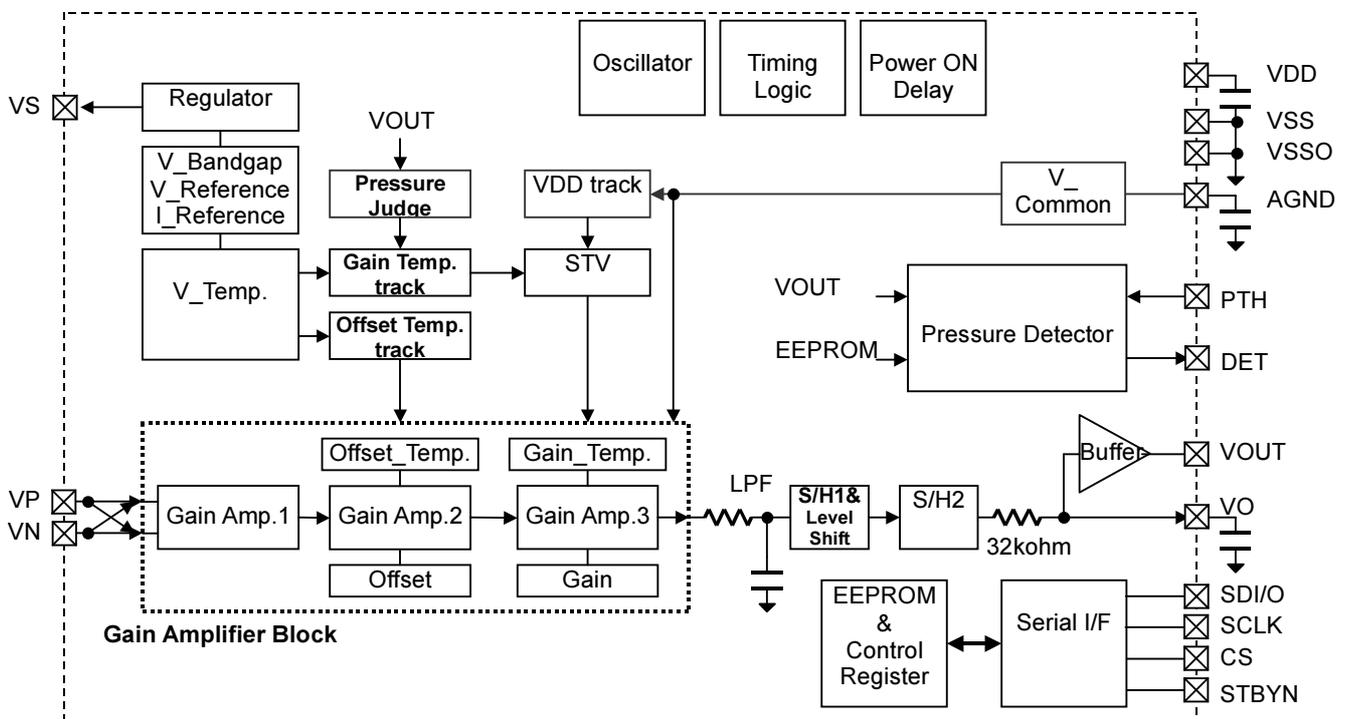
特 長

- 圧力センサー補正機能内蔵IC(アナログ出力)
- 低消費電流 : 350 μ A typ. @ 100Hzサンプリング
- スタンバイ機能 : スタンバイ時 1 μ A max.
- 低電圧動作 : 2.2~3.6V, 5V \pm 10%
- 動作温度範囲 : -40 to 105 $^{\circ}$ C
- スパン電圧切換機能内蔵(標準5倍)
 - 分解能 : Gain Amp. 1 3bits / Gain Amp. 2 1bit
 - 調整step : 1倍/step (2~9倍) / 1倍/step (1, 2倍)
- センサー出力補正機能内蔵
 - オフセット電圧調整
 - 分解能 : Rough 4bits / Fine 7bits
 - 調整step : Rough 7.5%/step / Fine 0.125%/step @VDD: 5.0V
 - オフセット電圧温度特性調整(1次係数 / 2次係数)
 - 分解能 : 10bits / 8bits
 - 調整step : 0.196%/step / 0.787%/step
 - 出力スパン電圧調整
 - 分解能 : 9bits
 - 調整値 : 100/[100+0.25*N] (%) N:-256~+255
 - 感度温度調整(1次係数 / 2次係数)
 - 分解能 : 10bits / 8bits
 - 調整step : 0.196%/step / 0.787%/step
- 出力基準電圧切換機能内蔵
 - 分解能 : Rough 5bits / Fine 6bits
 - 調整step : 0.0005*VDD/step (0.0785*VDD – 0.9215*VDD)@VO
- 圧力判定回路判定閾値調整機能内蔵
 - 分解能 : 10bits
 - 調整step : 0.001*VDD/step (0.05*VDD~0.95*VDD)
- 出力利得(Buffer利得)切換機能内蔵(標準4倍)
 - 分解能 : 3bits
 - 調整step : 0.5倍/step (2~4倍)
- サンプル周波数切換機能内蔵 : 100Hz, 1kHz, 2kHz, 10.24kHz
- 出力電圧電源電圧トラッキング
- 圧力センサー駆動用定電圧源内蔵 : 2.0V @VDD: 2.2~3.6V, 4.0V @VDD: 5.0V \pm 10%
- 基準電圧&基準電流発生回路内蔵
 - VREF電圧調整用ボリューム
 - 分解能 : 3bits
 - 調整step : 1%/step
 - IREF電流調整用ボリューム
 - 分解能 : 4bits
 - 調整step : 2.7%/step typ.

- 温度センサー内蔵
 - 温度範囲 : -40 to 105 °C
 - 温度センサー出力電圧調整用ボリューム
 - 分解能 : 6bits
 - 調整step : 0.2%/step
- 間欠駆動用発振器(1024kHz typ.)内蔵
 - 発振周波数調整用ボリューム
 - 分解能 : 4bits
 - 調整step : 5%/step
- 補正值及び制御用データ格納用EEPROM内蔵
 - 容量 : 157 bits
 - 書換回数 : 1000回以上
 - 保持特性 : 10年以上 @Ta: 105°C
- 圧力検出／自己診断機能内蔵
- 供給形態 : ウエハ・PKG (UQFN16)

製品名	供給形態	Comments
AK8996	PKG (UQFN16)	
AK8996W	ウエハ供給	

ブロック図



概 要

AK8996は、抵抗ブリッジ型圧力センサー補正用ICです。

センサーの持っているオフセット電圧 & その温度特性、及びスパン電圧 & その温度特性を測定 (AK8996の特性も含め)、その測定結果をもとに補正値を算出、その補正値をAK8996に内蔵されている不揮発性メモリ (EEPROM) に記憶しておくことで、センサー個々の持つばらつきを補正することが出来ます。

補正回路は、室温におけるセンサーのオフセット電圧を調整するために4bits+7bits DAC、その温度特性を調整するために2次特性補正回路、及びスパン電圧を調整するために9bitsの調整回路、その温度特性を調整するために2次特性補正回路を内蔵しています。

調整方法については、「調整シーケンス」及び「機能説明」の項をご参照下さい。

用途に応じて、事前にAK8996に内蔵されているEEPROMに設定値を記憶しておくことで基準感度及び出力基準電圧を変更することが出来ます。

サンプリング周波数は、内蔵されているEEPROMの設定で100Hz, 1kHz, 2kHz, 10.24kHzと切り換えることが出来ます。

AK8996は、圧力検出回路を内蔵しています。PTH端子に入力した判定基準電圧を上回る圧力が加わるとDET端子に”H”を出力します。判定条件は、内蔵されているEEPROMの設定で変えることが出来ます。また、自己診断機能を内蔵しています。電源投入又はスタンバイ解除直後の初回動作のみ、出力 (VOUT端子) が所定の値となっているか確認、所定の値になっていない場合、異常と判断、圧力検出同様DET端子に”H”を出力します。

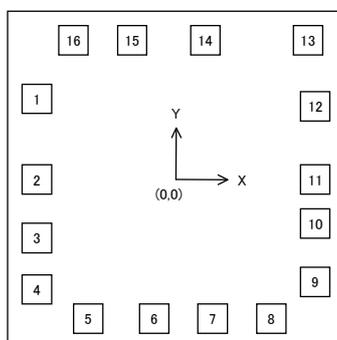
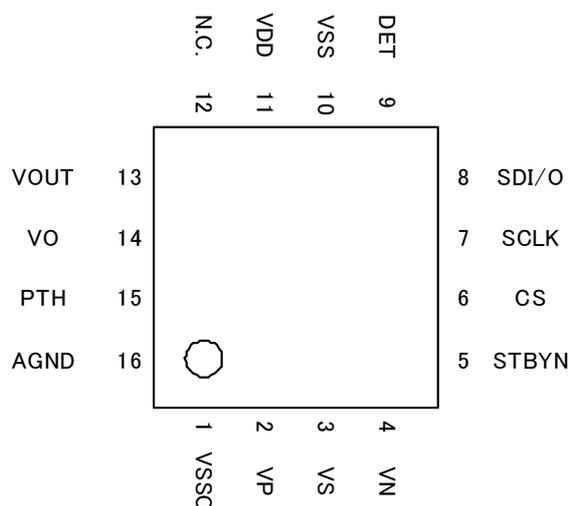
端子配置

1. ウエハ供給時

- | | |
|------------------|-------------------------|
| 1) Die size | 2.122mm x 2.210mm |
| 2) Die thickness | 200 μ m |
| 3) PAD size | 80 μ m x 80 μ m |
| 4) PAD pitch | 275 μ m< |
| 5) Scribe size | 80 μ m |
| 6) Wafer size | 6 inch |

Pin numbers and Pad position

No.	Pin Name	X Location (μ m)	Y Location (μ m)	No.	Pin Name	X Location (μ m)	Y Location (μ m)
1	VSSO	-914.8	451.5	9	DET	914.8	-778.1
2	VP	-914.8	-10.3	10	VSS	914.8	-363.2
3	VS	-914.8	-583.8	11	VDD	914.8	-49.2
4	VN	-914.8	-863.8	12	N.C.	914.8	563.9
5	STBYN	-593.2	-958.8	13	VOUT	914.4	958.8
6	CS	-98.0	-958.8	14	VO	95.9	958.8
7	SCLK	211.8	-958.8	15	PTH	-336.6	958.8
8	SDI/O	586.9	-958.8	16	AGND	-784.2	958.8

Pad locations (Top view)**2. パッケージ(16pin QFN0303)供給時**

設計目標一覧

1) 調整可能センサー特性(例)

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
駆動電圧	Svs1		4		V	
	Svs2		2		V	
温度範囲	Sta	-40		105	°C	
センサー抵抗	Sres1	3	5		kΩ	VDD:2.2 – 3.6V & 5V±10%
	Sres2	1	2		kΩ	VDD:2.7 – 3.6V & 5V±10%
スパン電圧入力範囲	Sspnin1	22.22	80	200	mV	VDD:5V±10% note)
	Sspnin2	11.11	40	100	mV	VDD:2.2~3.6V note)
スパン電圧調整範囲	Sspn	100/164	100/100	100/36.25	倍	note)
オフセット電圧調整範囲	Soff1	-48		48	mV	VDD:5V±10% note)
	Soff2	-24		24	mV	VDD:2.2~3.6V note)
感度温特2次係数	Sst21	-0.0016		+0.0016		VDD:5V±10% note)
	Sst22	-0.0008		+0.0008		VDD:2.2~3.6V note)
感度温特1次係数	Sst11	-0.32		+0.32		VDD:5V±10% note)
	Sst12	-0.3		+0.3		VDD:2.2~3.6V note)
オフセット温特2次係数	Sot21	-0.0016		+0.0016		VDD:5V±10% note)
	Sot22	-0.0008		+0.0008		VDD:2.2~3.6V note)
オフセット温特1次係数	Sot11	-0.6		+0.6		VDD:5V±10% note)
	Sot12	-0.3		+0.3		VDD:2.2~3.6V note)

note) 入力換算値として記載しています。

「5)レジスタ説明 5.1.1)調整部レジスタ」をご参照下さい。

AK8996のばらつきも含めた調整範囲です。

2) 調整精度目標値

Item	Symbol	Min.	Typ. note2)	Max. note3)	units	Comments
オフセット調整精度	Cof		0.063		%FS	
オフセット温度ドリフト調整精度	Coft		0.101		%FS	
出力スパン調整精度	Csn		0.125		%FS	
感度温度調整精度	Csnt		0.003		%FS	
感度温度変動ステップ幅	Csts		0.268		%FS	
感度電源電圧変動ステップ幅	Csvs		0.236		%FS	
最終調整精度 note1)	Call		0.397	1.0	%FS	

note1) $Call = (Cof^2 + Coft^2 + Csn^2 + Csnt^2 + Csts^2 + Csvs^2)^{1/2}$

note2) 温度=105°C, VDD=4.5V, G1=5倍, G3=1.25倍, BufG=4倍, オフセット温特1/2次係数=Min/Max, 感度温特1/2次係数=Min*1/2, VOUT出力帯域制限 (500Hz以下@Fs=10kHz, 100Hz以下@Fs=2kHz, 50Hz以下@Fs=1kHz, 5Hz以下@Fs=100Hz)有

note3) 温度=-40~105°C, VDD=5V±10%, 3.3V±10%, 3.0V±10%, 2.5V±10%, G1/G3/BufG=Min~Max, 各温特係数=Min~Max, VOUT出力帯域制限 (500Hz以下@Fs=10kHz, 100Hz以下@Fs=2kHz, 50Hz以下@Fs=1kHz, 5Hz以下@Fs=100Hz)有

※調整精度の計算は、弊社の考え方に基づいたものです。製品の精度は、センサー特性及び調整方法に依存することは、予めご承知置き下さい。

ブロック説明

[Gain Amplifier Block, LPF & S/H1&Level shifter, S/H2 & Buffer]

圧力センサー出力を増幅&補正&出力する回路です。通常利得は50倍です。

Gain Amplifier blockからS/H1&2は、圧力センサー出力を時分割で増幅、補正、サンプルホールドします。出力段は、32kΩの抵抗を内蔵、外付容量との組合せで帯域制限、Bufferを通して低インピーダンス出力します。

%表示は、差動入力80mVdcを50倍した出力4000mVdcを100%としています。

ブロック	機能
Gain Amp. 1 (G1)	初段の低ノイズ高Gainアンプです。差動信号を5倍typ.(2~9倍/1倍step)に増幅します。
Gain Amp. 2 Offset_Temp. Offset Offset Temp. track (G2)	G1の差動出力をAGND基準のシングルエンド信号に変換、1倍typ.(1 or 2倍)に増幅します。事前に記憶させた補正データ(EEPROM)を用い、圧力センサーの持つオフセット電圧/オフセット温度2次特性を補正します。 オフセット調整分解能 Rough 4bits / Fine 7bits 調整step Rough 7.5% / Fine 0.125% @VDD:5V オフセット温特分解能 1次係数 10bits / 2次係数 8bits 調整step 1次係数 0.196% / 2次係数 0.787%
Gain Amp. 3 Gain_Temp. Gain (G3)	G2の出力を1.25倍 typ.に増幅します。事前に記憶させた補正データ(EEPROM)を用いて圧力センサーの持つスパン電圧/感度温度2次特性を補正します。 スパン調整 分解能 9bits 調整値 100/[100+0.25*N] (%) N:-256~+255
STV VDD track Gain Temp. track (STV)	電源電圧&感度温度変動補正回路です。 AGND電圧をモニターすることで電源電圧の変動量を検出し、温度センサーの出力電圧と事前に記憶させた補正データ(EEPROM)を用い、圧力センサーの感度温度2次特性の補正値をG3に入力します。 感度温特 分解能 1次係数 10bits / 2次係数 8bits 調整step 1次係数 0.196% / 2次係数 0.787%
Pressure Judge	圧力センサーのVOUT端子出力電圧と判定閾値電圧とを比較し、使用する感度温度2次特性補正係数を決めます。 圧力判定閾値調整分解能 10bits 調整step 0.001*VDD (0.05*VDD – 0.95*VDD) 尚、VO端子の外付容量値によって、電源投入時及びスタンバイ解除(STBYN端子“L” to “H”)時、VOUT端子出力が安定するまで正確な圧力判定は出来ませんのでご注意ください。 VOUT端子出力電圧>出力基準電圧であれば感度温度2次特性補正係数+を選択、 VOUT端子出力電圧<出力基準電圧であれば感度温度2次特性補正係数-を選択します。 注)出力基準電圧を1/2*VDDにされる場合、圧力判定閾値の調整は不要です。また、補正係数+/-使用されない場合でも、出力基準電圧を1/2*VDD以外にされる際、圧力判定閾値の調整は必要です。
LPF	後段のサンプルホールド回路(S/H1&2)にて発生する折り返しノイズを除去するためのアンチエイリアスフィルタです。カットオフ周波数は、fc=60kHzです。

ブロック	機能
S/H1& Level shift	LPF出力を2倍に増幅、サンプルホールドします。また、出力基準電圧を変更します。 出力基準電圧調整分解能 Rough 5bits / Fine 6bits 調整step $0.0005 \cdot V_{DD}$ ($0.0785 \cdot V_{DD} - 0.9215 \cdot V_{DD}$) 尚、VO端子基準で記載しています。 注)出力基準電圧を $1/2 \cdot V_{DD}$ にされる場合、出力基準電圧調整は不要です。
S/H2	サンプルホールドします。 出力段には $32k\Omega$ の抵抗を内蔵、外付容量(C)とでLPF特性となります。 検出したい信号帯域に合わせて外付容量の値を変えて下さい(以下式参照)。 $f_c = 1 / (2 \cdot \pi \cdot 32k\Omega \cdot C)$ (Hz) ご使用のアプリケーションにおいて低インピーダンス出力が不要の場合、VO端子出力を代用できます。その際、EEPROMの設定でBuffer部をDisableにして下さい。Buffer部をDisableにすることで低消費電力化が可能です。ただ、VO端子は $32k\Omega$ の出力インピーダンスを持ちます。よって、抵抗負荷を接続しますと出力電圧に誤差を生じます。また、Buffer部で持つ利得も得られませんのでご注意下さい。
Buffer	帯域制限された出力を低インピーダンスで出力するためのバッファです。4倍typ.(2~4倍/0.5倍step)に増幅して出力します。 低消費電力化のためEEPROMの設定でDisableに出来ます(S/H2 参照)。
Timing Logic	内部動作に必要なタイミング信号、及びセンサー出力信号のサンプリング周波数を発生します。サンプリング周波数は、EEPROMにより選択出来ます。 サンプリング周波数(fs) : 100Hz(初期値) / 1kHz / 2kHz / 10.24kHz
Regulator	センサー駆動用定電圧発生回路です。使用される電源電圧に応じてEEPROMにより駆動電圧を選択出来ます。 駆動電圧 : $4.0V @ V_{DD}: 5V \pm 10\%$ (初期値), $2.0V @ V_{DD}: 2.2 \sim 3.6V$
Pressure Detector	圧力検出回路及び自己診断回路です。 圧力検出回路は、以下のようにEEPROMの設定によって検出圧力を選択出来ます。 <ul style="list-style-type: none"> 一定以上の圧力を検出(判定値は閾値に従います。) 一定以下の圧力を検出(判定値は閾値の反転となります。) 一定以上 or 以下の圧力を検出(判定値は閾値と閾値の反転となります。) 上記圧力を検出するとDET端子に”H”を出力します。検出閾値は、PTH端子から入力するか、またはAK8996に内蔵されているEEPROMで設定出来ます。尚、上記設定及びVO端子の外付容量値によって、電源投入時及びスタンバイ解除(STBYN端子”L” to ”H”)時、VOUT端子出力が安定するまで正確な圧力判定は出来ませんのでご注意下さい。 自己診断回路は、電源投入又はスタンバイ解除直後の初回動作のみ、VP端子&VN端子を $1/2 \cdot V_{S}$ に固定、出力(VOUT端子)が所定の値を出していることを確認します。異常時、DET端子に”H”を出力します。自己診断回路をリセットするためには、STBYNを”L”、または電源を一度落とす必要があります。尚、自己診断回路にてAK8996全ての故障モードが検出出来るわけではありませんので、ご承知置き下さい。

[リファレンス部 & Others]

ブロック	機能
V_Bandgap (VBG) V_Reference (VREF) I_Reference (IREF)	各回路に必要な基準電圧、バイアス電流を発生します。 VREF電圧は、1.0Vとなるよう調整して下さい。 VREF電圧調整 分解能 3bits 調整step 1% step IREF電流は、20 μ Aとなるよう調整して下さい。 IREF電流調整 分解能 4bits 調整step 2.7% step typ.
Oscillator (OSC)	内部動作に必要なタイミング信号、及びセンサー出力信号のサンプリング周波数を発生するための発振器です。発振周波数は、1024kHzに調整して下さい。 OSC調整 分解能 4bits 調整step 5% step
V_temp. (VTMP)	温度センサーです。環境温度を電圧に変換します。温度センサー出力電圧(VTMP電圧)は、25 $^{\circ}$ C時にVREF電圧と一致するよう調整して下さい。 VTMP電圧調整 分解能 6bits 調整step 0.2%(0.67 $^{\circ}$ C) step
V_Common (VCOM)	アナログ回路基準電圧1/2VDDを発生します。安定化の為、10nFを接続して下さい。出力に電流駆動能力がないため抵抗負荷は接続しないで下さい。 内蔵しているPower Up回路によりアナログ回路安定動作時間(Start Up 有効時間)内に立ち上がります。
Power ON Delay (PODLY)	電源投入時及びスタンバイ解除(STBYN端子“L” to “H”)時、VREF・IREF等の立上げ時間を管理、誤動作防止のためPower Up回路を内蔵しています。Power Up回路は、OSCを無効としてアナログ回路安定動作時間を発生します。アナログ回路安定動作時間を過ぎるとOSCを有効とします。 電源電圧は、200 μ sec以内に立上げて下さい(0.8*VDD<)。電源立上時間200 μ sec以内を満足しないとテストモードに入る可能性があります。テストモードに入ると、AK8996は正常に動作しませんのでご注意下さい(機能説明等 9) AK8996電源立上時注意事項参照)。 また、VDD端子とSTBYN端子を結線した状態で電源ON/OFFして使用される場合、パワーオンリセットを有効にするために、電源電圧を必ず0.1*VDD以下とする必要がありますのでご注意下さい。
Serial I/F	EEPROMにアクセスするためのシリアルインターフェイスです。
EEPROM & Control Register	EEPROM及び制御レジスタ(揮発性メモリ)です。 補正值及び測定モードの格納、及び調整時測定モード設定に使用します。

端子条件

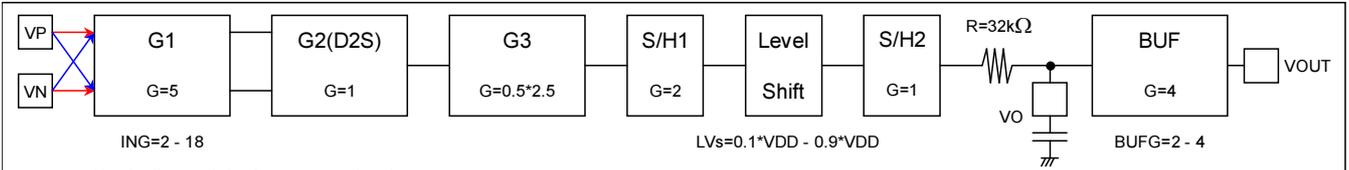
PAD	Name	I/O	C load max.	R load min.	Type	Comments
1	VSSO	O			GND	
2	VP	I			Analog	
3	VS	O	30pF	1kΩ	Analog	VDD>2.7V
				3kΩ		VDD>2.2V
4	VN	I			Analog	
5	STBYN	I			CMOS	シュミットトリガー入力 未使用時、VDDに接続
6	CS	I			CMOS	プルダウン抵抗(100kΩ)内蔵
7	SCLK	I			CMOS	プルダウン抵抗(100kΩ)内蔵
8	SDI/O	I/O			CMOS	プルダウン抵抗(100kΩ)内蔵
9	DET	O			CMOS	
10	VSS				GND	
11	VDD				Power	
12	N.C.					Open
13	VOUT	O	50pF	10kΩ	Analog	VDD>2.7V
				20kΩ		VDD>2.2V
14	VO	O	3μF		Analog	出力抵抗32kΩ内蔵 抵抗負荷接続禁止
15	PTH	I			Analog	
16	AGND	O			Analog	10nF接続、抵抗負荷接続禁止

端子機能説明

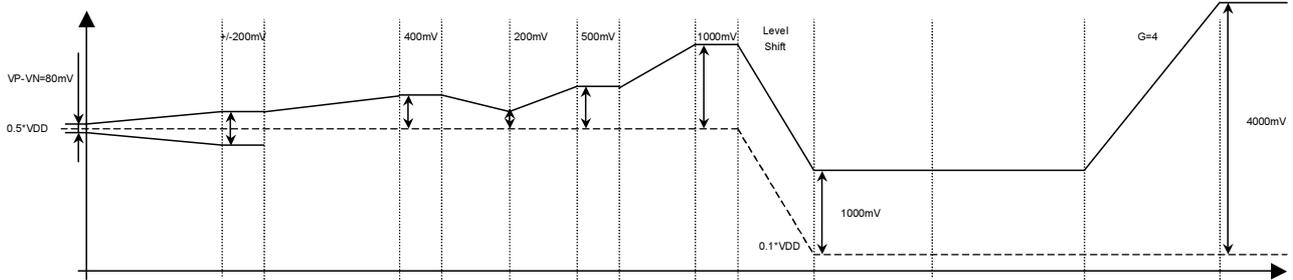
PAD	Name	Functions	Pin conditions			
			STBYN: "L"	DET:"H" EOUT[0]: "L"	EOUT[0]: "H"	Start up note)
1	VSSO	基準電圧出力端子	-	-	-	-
2	VP	センサー差動信号入力端子(+)	Hi-Z			Hi-Z
3	VS	センサー駆動用定電圧供給端子	Hi-Z			Hi-Z
4	VN	センサー差動信号入力端子(-)	Hi-Z			Hi-Z
5	STBYN	スタンバイ端子("L":スタンバイ)	VSS	VDD	VDD	VDD
6	CS	チップセレクト端子	-	-	-	-
7	SCLK	シリアルクロック端子	-	-	-	-
8	SDI/O	データI/O端子	-	-	-	-
9	DET	圧力検出異常時出力端子(検出時 H) 及び自己診断異常時出力端子(検出時 H)	VSS	VDD	VDD	VSS
10	VSS	基準電圧端子	-	-	-	-
11	VDD	+電源供給端子	-	-	-	-
12	N.C.		-	-	-	-
13	VOUT	センサー信号調整後出力端子	Hi-Z		Hi-Z	AGND
14	VO	センサー信号帯域制限用容量接続端子	Hi-Z			AGND
15	PTH	圧力検出及び自己診断回路閾値入力端子	-	-	-	-
16	AGND	アナログ基準電圧安定化容量接続端子	Hi-Z			AGND

note) 「動作シーケンス」参照

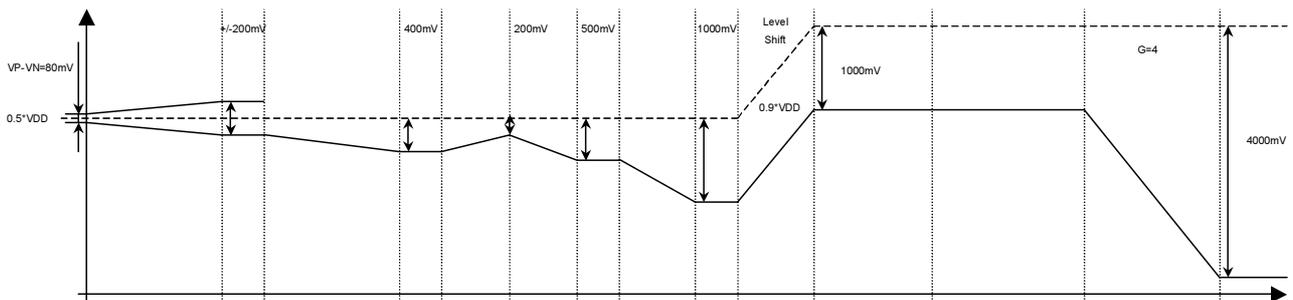
レベルダイア



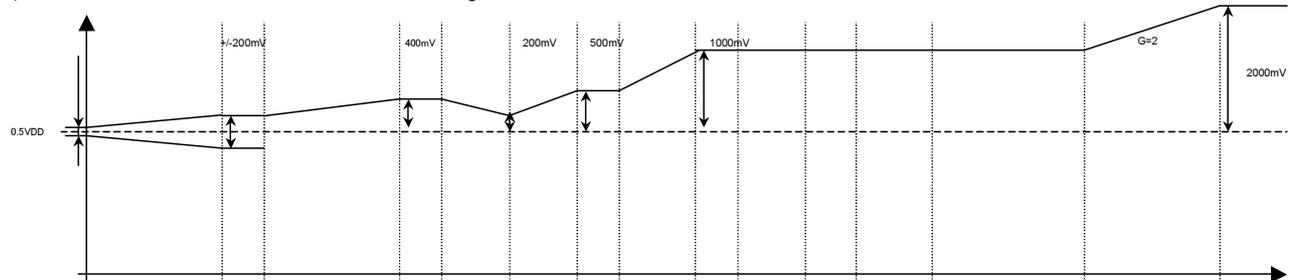
1) Level Shift : 0.1*VDD, Pressure : Positive



2) Level Shift : 0.9*VDD, Pressure : Negative



3) Level Shift : 0.5*VDD, Pressure : Positive & Negative



電氣的特性

1) 絶対最大定格

Item	Symbol	Min.	Max.	units	Comments
電源電圧	VDD	-0.3	6.5	V	
入力電圧	VDIN	VSS-0.3	VDD+0.3	V	
入力電流	IIN	-10	10	mA	
出力電流	IOUT	-10	10	mA	
保存温度	TST	-55	125	°C	EEPROM保持特性<105°C

note) この値を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。

2) 動作条件

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
動作温度	Ta	-40		105	°C	
電源電圧	VDD1	2.2	3.0	3.6	V	EVD[0]=1
	VDD2	4.5	5.0	5.5	V	EVD[0]=0

3) 消費電流(機能説明 参照)

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Min.	Typ. note1)	Max.	units	Comments
消費電流0 note)	IDD0			1	μA	スタンバイ時
消費電流1 note)	IDD1		350	450	μA	サンプリング周波数100Hz
消費電流2 note)	IDD2		250	340	μA	サンプリング周波数100Hz Buffer OFF (EBU[0]=1)
消費電流3 note)	IDD3		570	680	μA	サンプリング周波数1kHz
消費電流4 note)	IDD4		820	980	μA	サンプリング周波数2kHz
消費電流5 note)	IDD5		2550	2850	μA	サンプリング周波数10.24kHz

note) 測定時、VS端子は3kΩ抵抗負荷を接続、VO&VOUT端子は無負荷、VP&VN端子はAGND接続

note1) VDD=5.0V時 (EVD[0]=0) の消費電流になります。

4) EEPROM特性

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	units
EEPROM書込み電圧	Evdd	2.7			V
EEPROM書込み温度	Eta	-40		85	°C
EEPROM書換え回数	Etime	1000			times
EEPROMデータ保持時間	Ehold	10			years

5) デジタルDC特性

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Pin	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units
高レベル入力電圧	VIH	1, 2		0.7*VDD	-	-	V
低レベル入力電圧	VIL	1, 2		-	-	0.3*VDD	V
高レベル入力電流1	I _{IH1}	1		+10	-	+200	μA
高レベル入力電流2	I _{IH2}	2		-10	-	+10	μA
低レベル入力電流	I _{IL}	1, 2		-10	-	+10	μA
高レベル出力電圧	VOH	3	I _{OH} =-200μA	0.9*VDD	-	-	V
低レベル出力電圧	VOL	3	I _{OL} =+200μA	-	-	0.1*VDD	V

- 1 SDI(I/O), SCLK, CS (プルダウン抵抗100kΩ内蔵)
- 2 STBYN (シュミットトリガ)
- 3 SD(I/O), DET

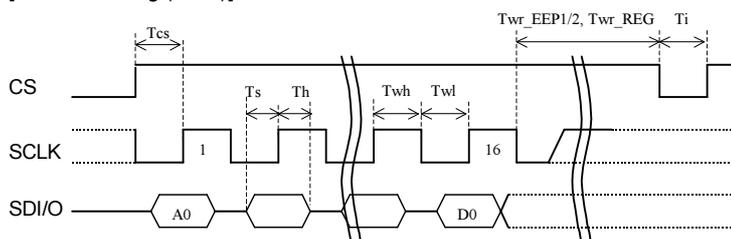
6) デジタルAC特性

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

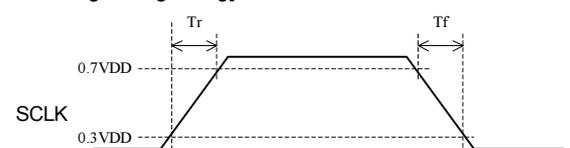
Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	units
Write time (EEPROMアドレス書込)	T _{wr_EEP1}	5		100	msec
Write time (EEPROM一括書込)	T _{wr_EEP1}	10		100	msec
Write time (レジスタ)	T _{wr_REG}	300			nsec
CS setup time	T _{cs}	100			nsec
Data setup time	T _s	100			nsec
Data hold time	T _h	100			nsec
SCLK high time	T _{wh}	500			nsec
SCLK low time	T _{wl}	500			nsec
SCLK→SDO delay time	T _d			200	nsec
Idle time	T _i	100			nsec
SCLK rising time note)	T _r			10	nsec
SCLK falling time note)	T _f			10	nsec

note) 設計参考値のため量産試験しません。

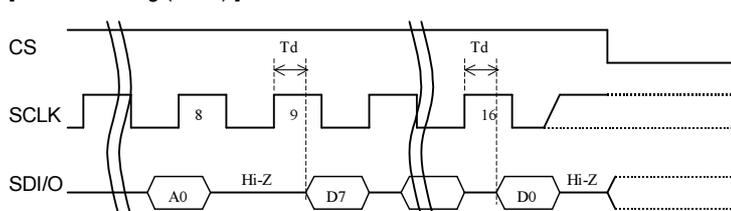
[Serial I/F timing (Write)]



[SCLK Raising/Falling timing]



[Serial I/F timing (Read)]

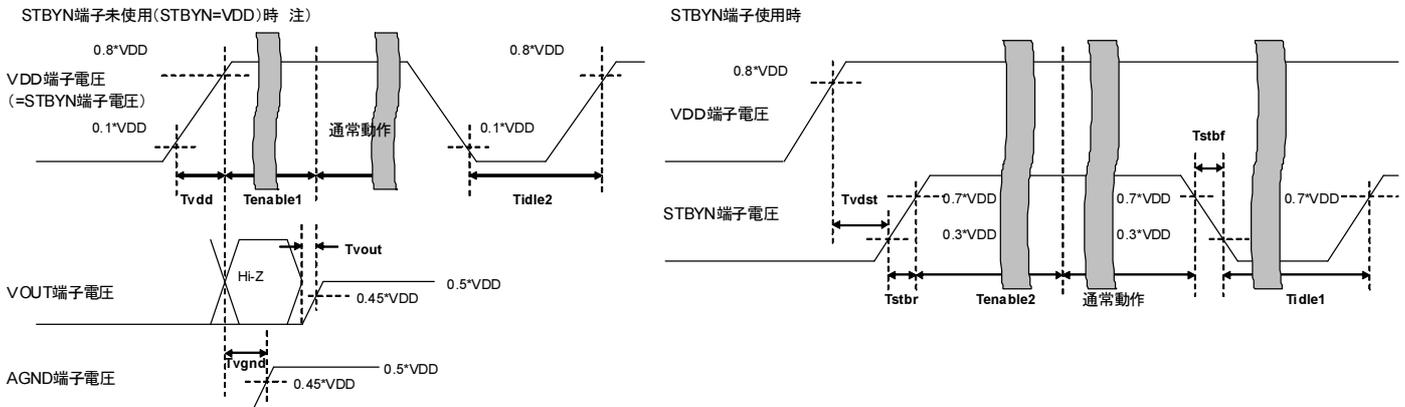


7) 電源立上&スタンバイ解除時間

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
電源立上時間	Tvdd			200	μsec	機能説明等 9) AK8996電源立上時注意事項 参照
スタンバイ解除時間	Tvdst	10			nsec	
スタンバイ立上時間	Tstbr			10	nsec	
スタンバイ立下時間	Tstbf			10	nsec	
スタンバイ有効時間	Tidle1	1			msec	VDD端子電圧<0.1*VDD
	Tidle2	30			msec	
VOOUT出力立上時間	Tvout			20	μsec	VO端子外付容量<0.1μF
AGND出力立上時間	Tvgnd		150	250	μsec	AGND端子外付容量10nF
アナログ回路安定動作時間	Tenable1		280	465	μsec	
	Tenable2		350	495	μsec	

note) 設計参考値のため量産試験しません。

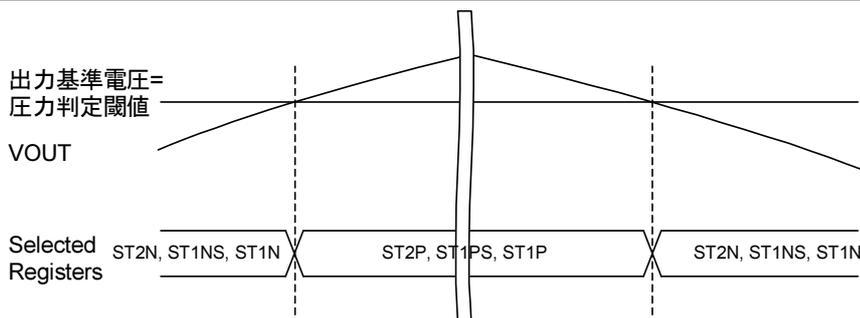


注1) VDD端子とSTBYN端子を接続した状態で電源ON/OFFする場合、パワーオンリセットを有効にするために、電源電圧を必ず0.1*VDD以下とする必要がありますのでご注意ください。

8) 圧力判定回路(Pressure Judge)

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

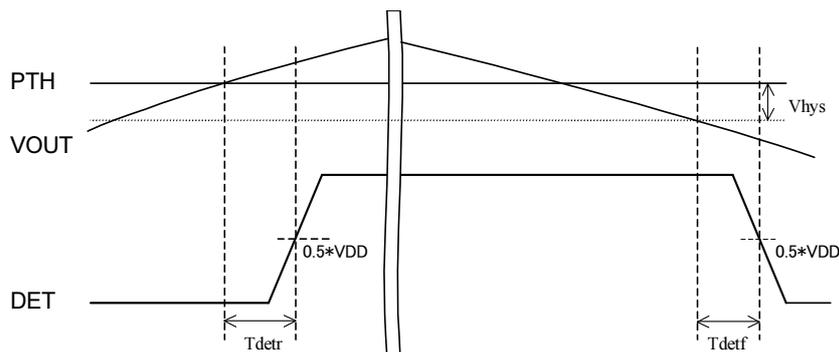
Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
圧力判定閾値	Vjudi	未調整 AM[3:0]:9h DET出力	0.48*VDD	0.5*VDD	0.52*VDD	V	DET端子
圧力判定閾値調整幅	Vjud+	Vjudi基準 最大値 EPJLV[9:0]=23Eh		0.95*VDD		V	DET端子
	Vjud-	Vjudi基準 最小値 EPJLV[9:0]=1C2h		0.05*VDD		V	DET端子
調整Step	Vjstp			0.001*VDD		V	DET端子



9) 圧力検出回路(Pressure Detector)

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
圧力検出閾値 外部入力範囲	Vdeto5+	EINT1[1:0]=01 EINT2[0]=0 VDD=5V±5%	0.5*VDD		0.95*VDD	V	
	Vdeto3+	EINT1[1:0]=01 EINT2[0]=0 EVD[0]=1 VDD=2.2 - 3.6V	0.5*VDD		0.90*VDD		
圧力検出閾値 内部設定値	Vdeti	未調整 AM[3:0]:5h DET出力 EINT1[1:0]=01 EINT2[0]=1	0.72*VDD	0.74*VDD	0.76*VDD	V	
圧力検出閾値 内部設定値 調整幅	Vdet5+	Vdeti基準 最大値EPT[3:0]=7h VDD=5V±5%		0.95*VDD		V	
	Vdet3+	EINT1[1:0]=01 EINT2[0]=0 EVD[0]=1 EPT[3:0]=6,7h 禁止 VDD=2.2 - 3.6V		0.89*VDD			
	Vdet-	Vdeti基準 最小値EPT[3:0]=8h		0.50*VDD		V	
調整Step	Vdstp			0.03*VDD		V	
ヒステリシス電圧	Vhysi	未調整 AM[3:0]:7h DET出力 EINT1[1:0]=01	0.008 *VDD	0.020 *VDD	0.032 *VDD	V	
ヒステリシス電圧 調整幅	Vhys+	Vhysi基準 最大値 EHYS[2:0]=0h		0.0		V	
	Vhys-	Vhysi基準 最小値 EHYS[2:0]=7h		-0.0175 *VDD		V	
調整Step	Vhstp			-0.0025 *VDD		V	
圧力検出時間	Tdetr	EINT1[1:0]=01		450	600	μsec	
圧力非検出時間	Tdetc	EINT1[1:0]=01		450	600	μsec	
圧力検出回路 Disable時間 調整幅	Tasdis+	EAS[2:0]=7h ESF[1:0]=3h EINT1[1:0]=01		12.5		msec	
	Tasdis-	EAS[2:0]=0h ESF[1:0]=3h EINT1[1:0]=01		0.1		msec	



10) 自己診断回路

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
自己診断正常 動作判定範囲	Vself	EINT1[1:0]=10	0.48*VDD -0.1		0.52*VDD +0.1	V	
自己診断 検出時間	Tself	EINT1[1:0]=10		450	600	μsec	

11) アナログ特性

11-1) リファレンス部

11-1-1) リファレンス部特性

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
VREF電圧	Vr0	未調整 AM[3:0]:1h DET出力	0.97	1.0	1.04	V	
VREF調整幅	Vr+	Vr0基準 最大値EVR[2:0]=3h		+30		mV	
	Vr-	Vr0基準 最小値EVR[2:0]=4h		-40		mV	
VREF調整Step	Vrstp			10		mV	
VS電圧	VS51	VREF調整後 VS端子出力 負荷抵抗3kΩ	3.88	4.00	4.12	V	
	VS52	負荷抵抗1kΩ	3.88	4.00	4.12		VDD>2.7V
	VS31	VREF調整後 VS端子出力 負荷抵抗3kΩ	1.94	2.00	2.06	V	
	VS32	負荷抵抗1kΩ	1.94	2.00	2.06		VDD>2.7V
IREF電流	Ir0	未調整 AM[3:0]:2h DET出力	16.15	20	24.98	μA	
IREF調整幅	Ir+	Ir0基準 最大値EIR[3:0]=7h		+4.81		μA	
	Ir-	Ir0基準 最小値EIR[3:0]=8h		-3.40		μA	
IREF調整Step	Irstp			0.547		μA	
OSC周波数	Fr0	未調整 AM[3:0]:3h DET出力	768	1024	1288	kHz	
OSC調整幅	Fr+	Fr0基準 最大値EFR[3:0]=4h		204.8		kHz	
	Fr-	Fr0基準 最小値EFR[3:0]=Ch		-204.8		kHz	
OSC調整Step	Frstp			51.2		kHz	

11-1-1)リファレンス部特性(続き)

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
VTMP電圧	Vt0	未調整(温度=25°C) AM[3:0]:4h DET出力	0.936	1.0	1.062	V	
VTMP調整幅	Vt0+	Vt0基準 最大値ETM[5:0]=1Fh		+62		mV	
	Vt0-	Vt0基準 最小値ETM[5:0]=20h		-64		mV	
VTMP調整Step	Vt0stp			2.0		mV	
VTMP温度変動	Vt	温度=-40 - 105°C		3.0		mV/°C	note)
AGND電圧	Vag		0.5*VDD -0.06	0.5*VDD	0.5*VDD +0.06	V	

note) 設計参考値のため量産試験しません。

11-1-2)リファレンス部(パッケージ供給時)特性 note)

特に記載の無い場合、VDD=4.5 - 5.5V、温度=-40 - 105°C

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
VREF電圧	Vr0P	AM[3:0]:1h DET出力	0.99	1.0	1.01	V	調整後
VS電圧	VS51P	負荷抵抗3kΩ	3.88	4.00	4.12	V	調整後
	VS52P	負荷抵抗1kΩ	3.88	4.00	4.12		調整後
IREF電流	Ir0P	AM[3:0]:2h DET出力	18	20	22	μA	調整後
OSC周波数	Fr0P	AM[3:0]:3h DET出力	921.6	1024	1126.4	kHz	調整後
VTMP電圧	Vt0P	AM[3:0]:4h DET出力	0.994	1.0	1.006	V	調整後 @25°C

note) 出荷時、5Vモード(EVD[0]=0)で調整しています。従って、3Vモード(EVD[0]=1)で 사용되는場合は、再調整する必要がありますのでご注意ください。

11-2) Gain Amplifier etc.

特に記載のない場合、以下の条件に従います。

- ・ リファレンス部は調整済みとします。
- ・ 電源電圧5V(3V)時、レベルダイアをG1利得5倍、レベルシフト0.1*VDD、BUFF利得4倍(レベルダイア 1)参照)とし、80mV(40mV)を差動入力した際の出力4000mV(2000mV)を100%としています。

11-2-1)総合特性

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
標準利得	Gtyp	VP/VN→VOUT		50		倍	
入力コモン電圧	Vicom		0.45VS	0.5*VS	0.55VS	V	
出力コモン電圧	Vcom0	VP/VN→VOUT VP=VN=0.5*VS		0.1*VDD		V	
最大出力レンジ	Vmax+	VP/VN→VOUT	0.9*VDD			V	
	Vmax-	VP-VN=VSS or VDD			0.1*VDD	V	
無入力Noise	Nout	VP/VN→VOUT VP=VN=Open VO外付容量 10nF			1000	μVrms	@1Hz - 100kHz note)

note) 標準利得50倍での値です。設計参考値のため量産試験しません。

11-2-2) G1/2利得調整回路

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
テストモードでの測定となります。							
無調整G1/2 出力電圧	Vg10	VP-VN=80mV VDD=5V±5% EIG[2:0]=0h, EIG[3]=0	145	160	175	mV	
	Vg02	VP-VN=40mV VDD=2.2 - 3.6V EIG[2:0]=0h, EIG[3]=0 EVD[0]=1	73.0	80	87.0	mV	
G1調整範囲	G1sc+	EIG[2:0]=7h		9		倍	
	G1sc-	EIG[2:0]=0h		2		倍	
調整Step	G1sc stp			1		倍	
G2調整	G2sc+	EIG[3]=1		2		倍	
	G2sc-	EIG[3]=0		1		倍	

11-2-3) オフセット電圧調整回路

特に記載の無い場合、VDD=2.2~5.5V、温度=-40~105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
テストモードでの測定となります。							
無調整出力電圧	Vo01	VDD=5V±5%	0.5*VDD -30	0.5*VDD	0.5*VDD +30	mV	
	Vo02	VDD=2.2-3.6V EVD[0]=1	0.5*VDD -15	0.5*VDD	0.5*VDD +15	mV	
オフセットラフ調整 用DAC調整範囲	Ocmp+	EOC[10]=0h EOC[9:7]=7h		+52.5		%	
	Ocmn+	EOC[10]=1h EOC[9:7]=7h		-52.5		%	
調整Step	Ocm stp			7.5		%	
オフセットファイン 調整用DAC 調整範囲	Ocl+	EOC[10]=0h EOC[6:0]=3Fh		+7.875		%	
	Ocl-	EOC[10]=1h EOC[6:0]=3Fh		-7.875		%	
調整Step	Ocl stp			0.125		%	

11-2-4) スパン電圧調整回路

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
オフセット電圧調整後テストモードでの測定となります。							
無調整 スパン電圧	Vs01	VP-VN=80mV@5V	480	500	520	mV	
	Vs02	VP-VN=40mV@3V EVD[0]=1	240	250	260	mV	
スパン調整範囲	Sc+	ESC[8:0]=0FFh		100/36.25		倍	
	Sc-	ESC[8:0]=100h		100/164		倍	
調整Step	Sc stp	N=-256 - +255		100/(100+0.25*N)		倍	

11-2-5) オフセット温特及び感度温特調整回路

11-2-5-1) 2次関数発生回路($a \cdot \text{Temp}^2 + b \cdot \text{Temp} + c$)

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
オフセット電圧及びスパン電圧調整後テストモードでの測定となります。							
2次係数a 調整範囲1	A2nd5+	VDD=5V±5%		+0.0016			
	A2nd5-			-0.0016			
	調整Step1		A2nd5 stp		1.260E-5		
2次係数a 調整範囲2	A2nd3+	VDD=2.2 - 3.6V		+0.0008			
	A2nd3-			-0.0008			
	調整Step2		A2nd3 stp		0.630E-5		

note) 設計参考値のため量産試験しません。

11-2-5-2) オフセット1次関数発生回路($d \cdot \text{Temp} + e$)

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
オフセット電圧及びスパン電圧調整後テストモードでの測定となります。							
1次係数d 調整範囲1	D2ndO5+	VDD=5V±5%		+0.60			
	D2ndO5-			-0.60			
	調整Step1		D2ndO5 stp		0.0012		
1次係数d 調整範囲2	D2ndO3+	VDD=2.2 - 3.6V		+0.30			
	D2ndO3-			-0.30			
	調整Step2		D2ndO3 stp		0.00060		

note) 設計参考値のため量産試験しません。

11-2-5-3) 感度1次関数発生回路($d \cdot \text{Temp} + e$)

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
オフセット電圧及びスパン電圧調整後テストモードでの測定となります。							
1次係数d 調整範囲1	D2ndS5+	VDD=5V±5%		+0.32			
	D2ndS5-			-0.32			
	調整Step1		D2ndS5 stp		0.000626		
1次係数d 調整範囲2	D2ndS3+	VDD=2.2 - 3.6V		+0.30			
	D2ndS3-			-0.30			
	調整Step2		D2ndS3 stp		0.00060		

note) 設計参考値のため量産試験しません。

11-2-6) 電源電圧 & 温度感度変動調整回路(ST & SV)

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
オフセット電圧及びスパン電圧調整後テストモードでの測定となります。							
電源電圧 感度変動特性	SV1	未調整時 SV回路初回動作			5.0	%	目標値基準
	SV2	SV回路2回目動作		±0.25		%	SV1基準
動作温度 感度変動特性	ST1	未調整時 ST初回動作			5.0	%	目標値基準
	ST2	ST回路2回目動作		±0.25		%	ST1基準

11-2-7) LPF, S/H1&2, & Buffer

特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
オフセット電圧及びスパン電圧調整後テストモードでの測定となります。							
LPF周波数特性	Fc1		40	60	80	kHz	
S/H1&2 利得	SHG		1.935	2	2.065	倍	
S/H1&2 出力 調整前誤差	SHerr		-20	0	20	mV	
S/H2 出力抵抗 調整後誤差	Rout		24.6	32	39.4	kΩ	
BUF 利得調整幅	Bu _{fg} +	EOG[2:0]=4h		4		倍	
	Bu _{fg} -	EOG[2:0]=0h		2		倍	
調整step	Bu _{fg} stp			0.5		倍	10kΩ
BUF出力(VOUT) 駆動特性	Rbu _f 1+	負荷抵抗20kΩ	0.9*VDD			V	
	Rbu _f 1-				0.1*VDD	V	
	Rbu _f 2+	負荷抵抗10kΩ	0.9*VDD			V	VDD>2.7V
	Rbu _f 2-				0.1*VDD	V	VDD>2.7V

11-2-8) Level shift

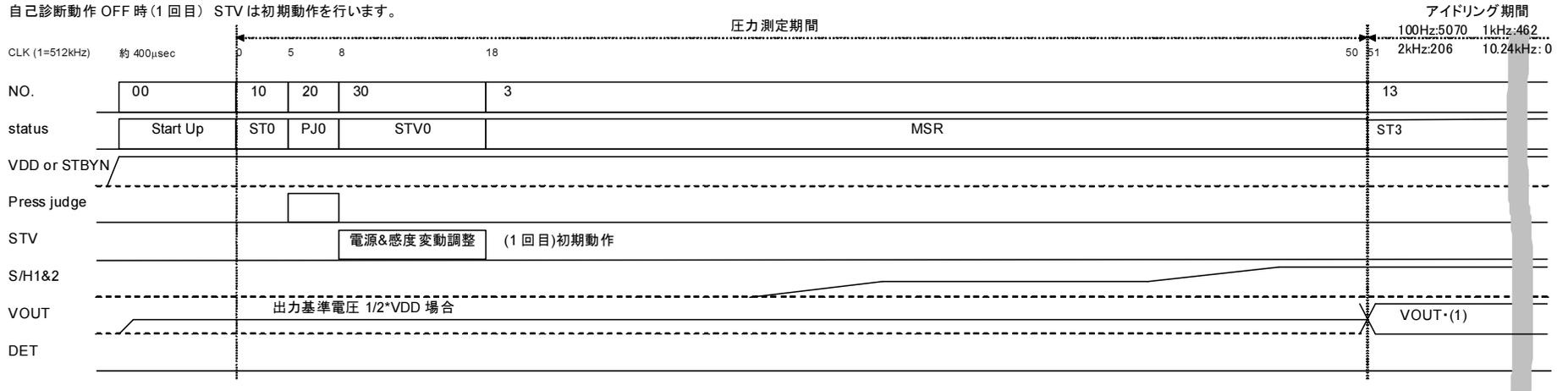
特に記載の無い場合、VDD=2.2 - 5.5V、温度=-40 - 105°C、レジスタ初期値

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	units	Comments
オフセット電圧及びスパン電圧調整後テストモードでの測定となります。							
出力基準電圧 ラフ調整幅 (レベルシフト)	Vlv0	未調整 AM[3:0]:9h VS入力→VO出力	0.5*VDD -0.02	0.5*VDD	0.5*VDD +0.02	V	VO端子
	Vlvr+	Vlv0基準 最大値 ELV[10:6]=1Fh		0.890 *VDD		V	VO端子
	Vlvr-	Vlvo基準 最小値 ELV[10:6]=0Fh		0.110 *VDD		V	VO端子
	Vlrstp			0.026 *VDD		V	VO端子
出力基準電圧 ファイン調整幅 (レベルシフト)	Vlvf+	Vlv0基準 最大値ELV[10]=1h, ELV[5:0]=3Fh		0.0315 *VDD		V	VO端子
	Vlvf-	Vlv0基準 最小値ELV[10]=0h, ELV[5:0]=3Fh		-0.0315 *VDD		V	VO端子
	Vlfstp			0.0005 *VDD		V	VO端子

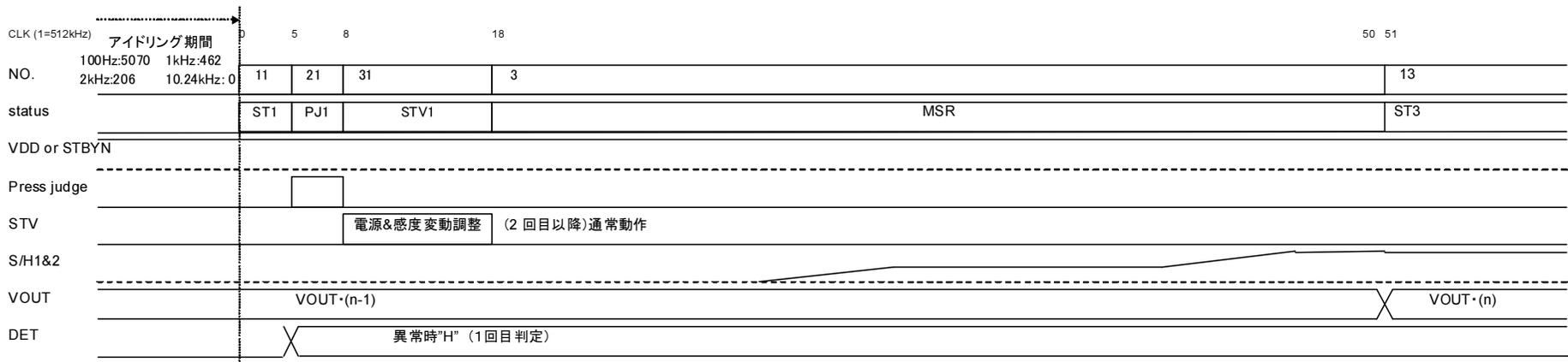
動作シーケンス

1. 通常動作タイミング(圧力検出回路有効)

自己診断動作 OFF 時(1 回目) STV は初期動作を行います。

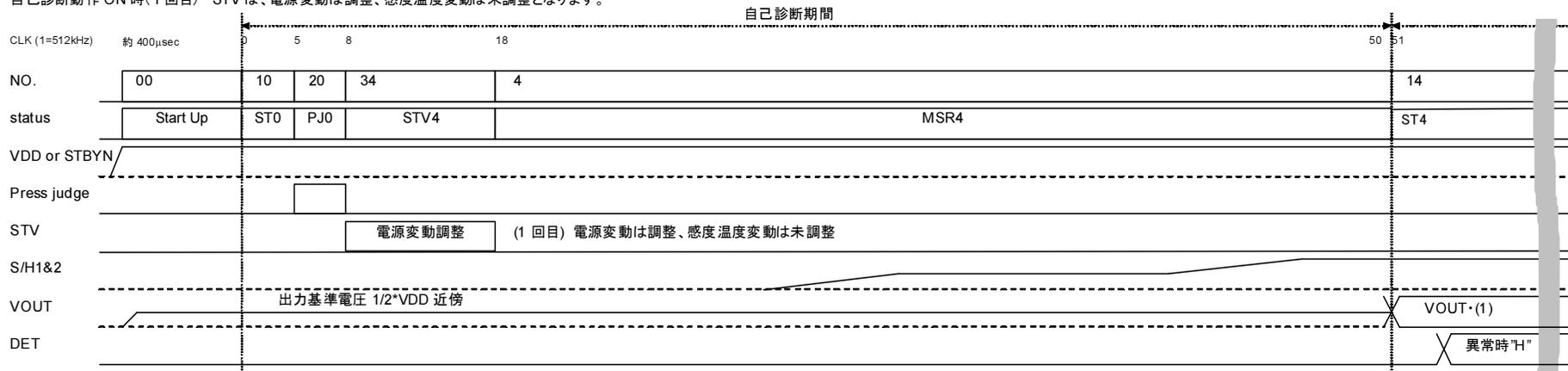


自己診断動作 OFF 時(2 回目以降) STV は通常動作を行います。

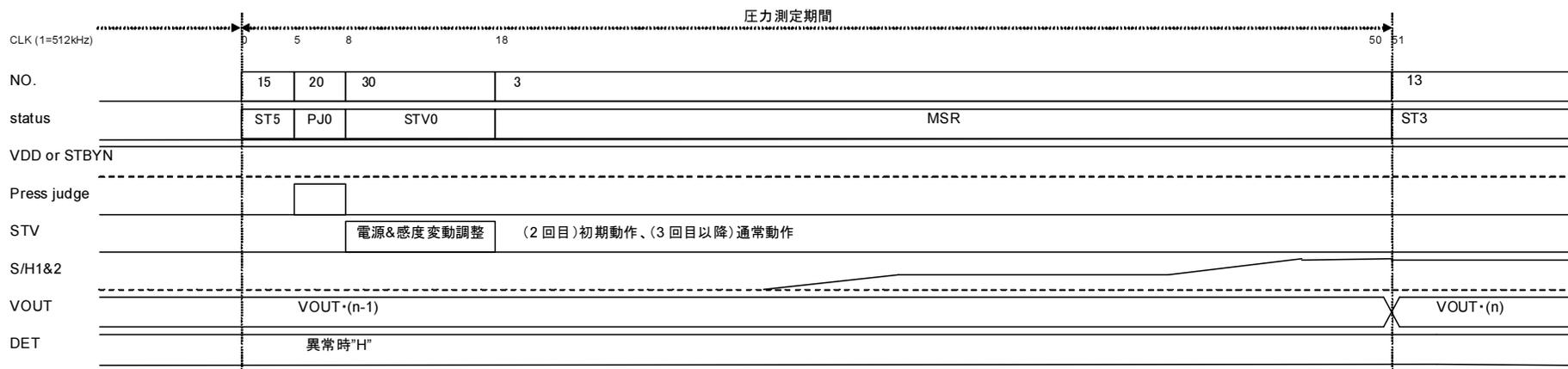


2. 自己診断回路有効時の動作タイミング(圧力検出回路有効)

自己診断動作 ON 時(1 回目) STV は、電源変動は調整、感度温度変動は未調整となります。



自己診断動作 ON 時(2 回目) STV は初期動作を行います。



3. 動作タイミング各ステート説明

3.1 通常動作タイミング時

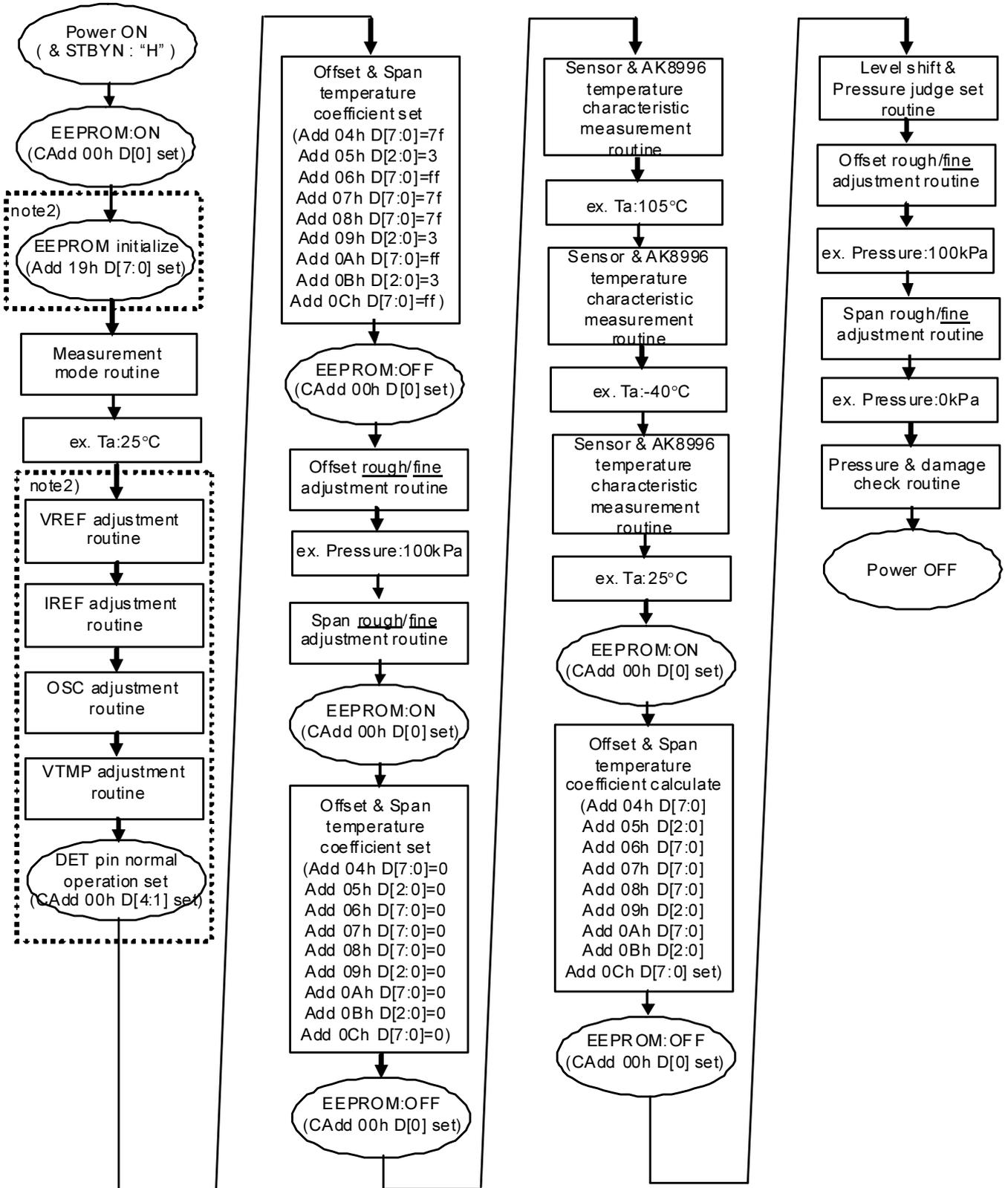
No.	State	CLK	動作
00	Start Up		アナログ回路安定動作時間 VREF&IREF等アナログ基準回路起動、及びVOUT端子から設定された出力基準電圧を出力
10	ST0		クロックカウント開始 アナログ回路起動
20	PJ0	CLK=5	圧力判定回路非動作
30	STV0	CLK=8	STV初期動作
3	MSR	CLK=18	圧力(VP-VN)をVOUTに出力
13	ST3	CLK=51	アイドリング fs=10.24kHz設定時、アイドリングは無く連続動作となります。 アイドリング期間 100Hz 5070 CLK 1kHz 482 CLK 2kHz 206 CLK 10.24kHz 0 CLK
11	ST1	CLK1= 51 or 256 or 512 or 5120	圧力検出回路動作 & アナログ回路起動
21	PJ1	CLK=5+CLK1	圧力判定回路動作(圧力正負判断)
31	STV1	CLK=8+CLK1	STV通常動作
:	:	:	:

3.2 自己診断回路有効時

No.	State	トリガ	動作
00	Start Up		アナログ回路安定動作時間 VREF&IREF等アナログ基準回路起動、及びVOUT端子から設定された出力基準電圧を出力
10	ST0		クロックカウント開始 アナログ回路起動
20	PJ0	CLK=5	圧力判定回路非動作
34	STV4	CLK=8	SV初期動作(ST非動作)
4	MSR4	CLK=18	VP&VN端子を1/2*VSIに固定、所定の値をVOUTに出力
14	ST4	CLK=51	自己診断回路動作 & アイドリング 自己診断終了後、50 CLKで通常動作に戻ります。
15	ST5	CLK=100	アナログ回路起動
20	PJ0	CLK=105	圧力判定回路非動作
30	STV0	CLK=108	STV初期動作
3	MSR	CLK=118	圧力(VP-VN)をVOUTに出力
:	:	:	:(3.1通常動作タイミング時のST3以降の動作と同様)

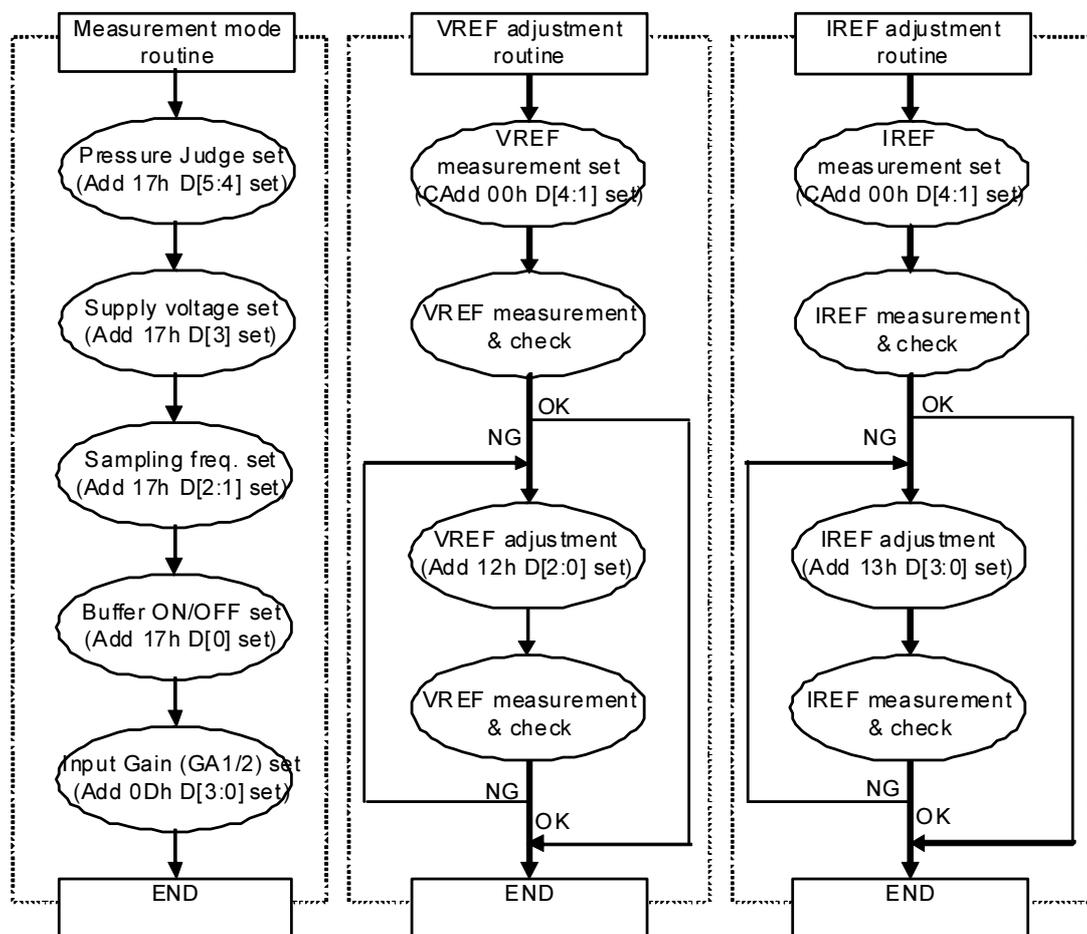
調整シーケンス

■ Main Routine



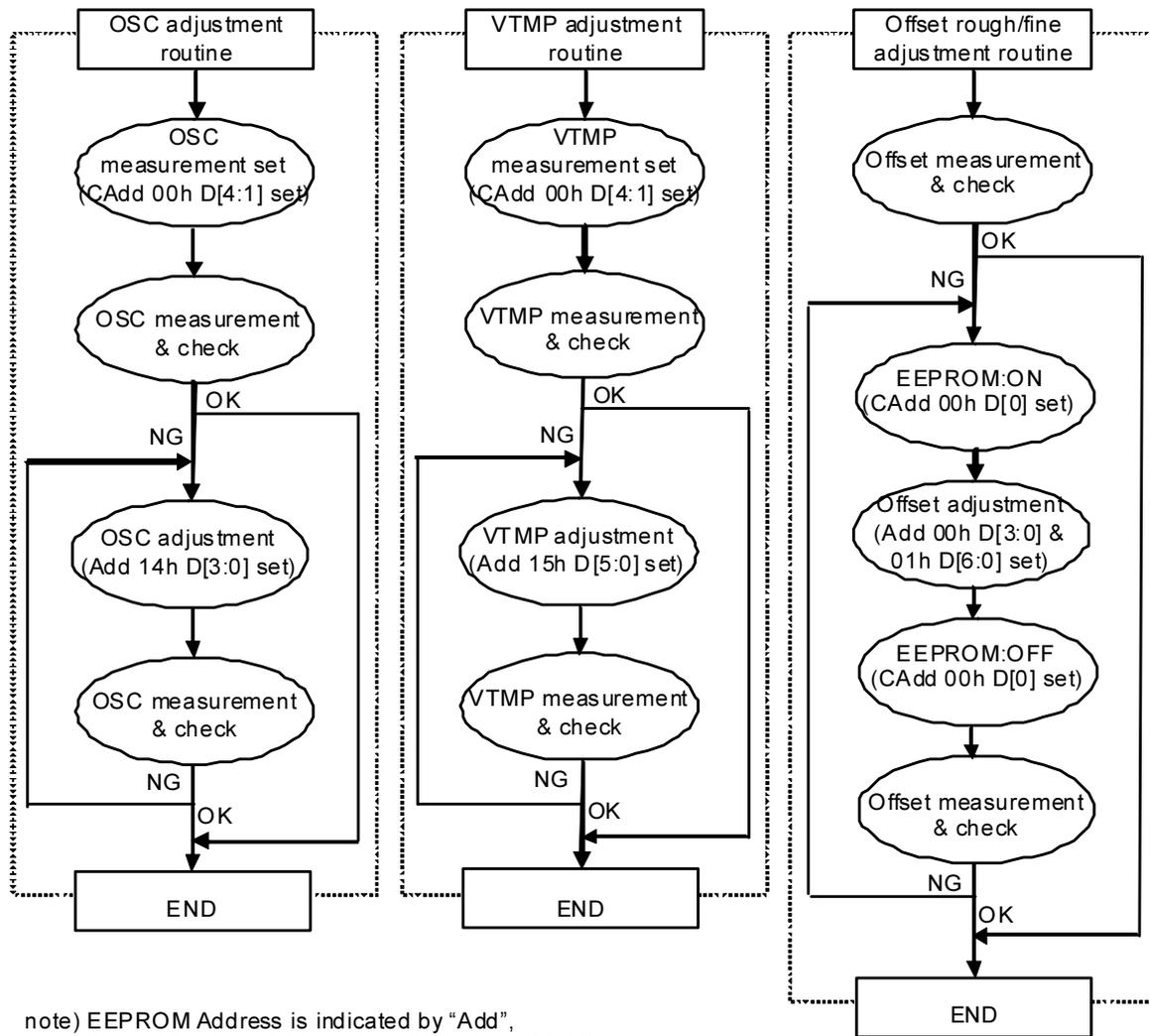
note) EEPROM Address is indicated by "Add",
Control Register Address is indicated by "CAdd".
note2) In case of Package, each items are unused.

■ Sub Routine

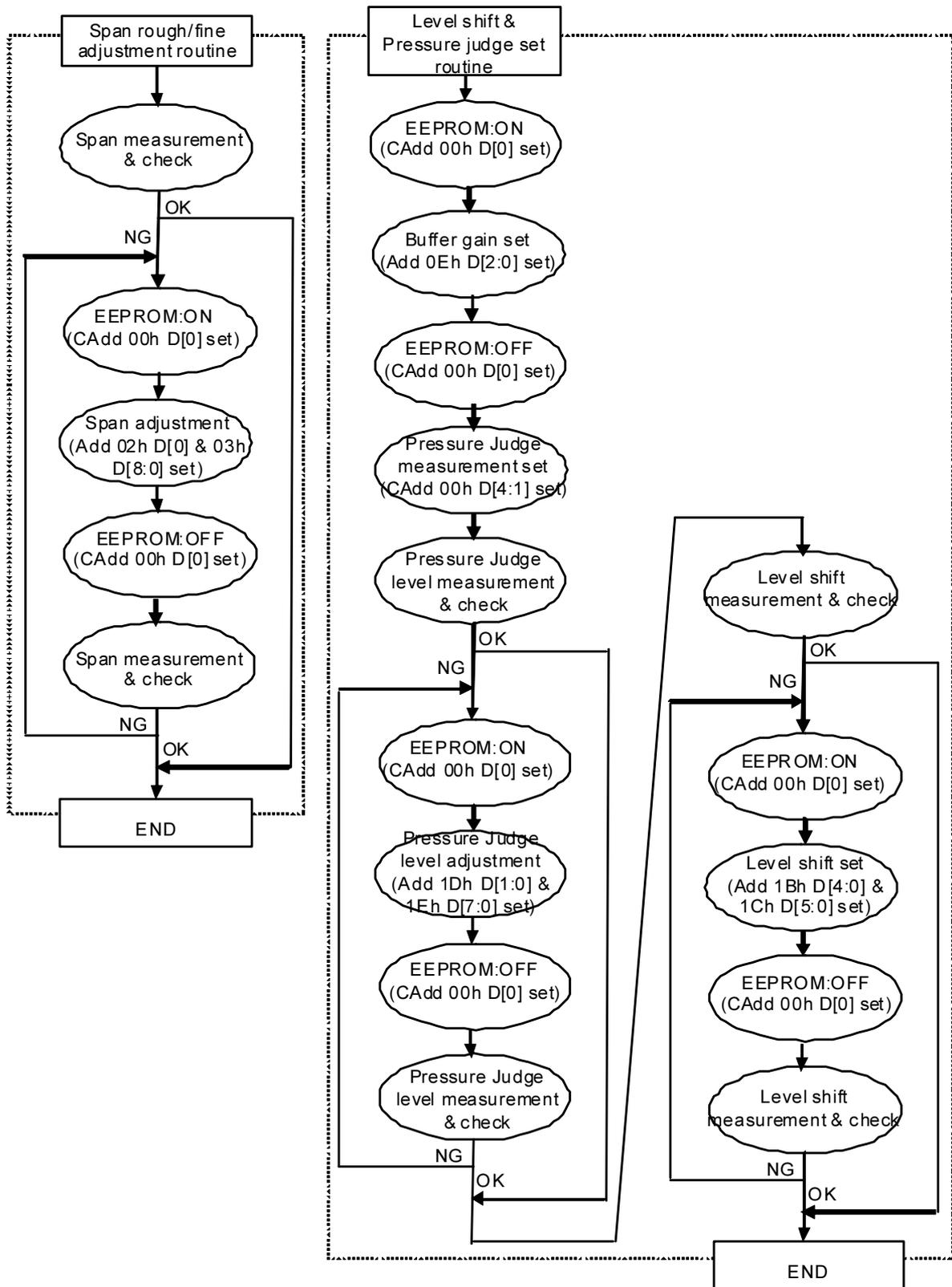


note) EEPROM Address is indicated by "Add",
Control Register Address is indicated by "CAdd".

■ Sub Routine

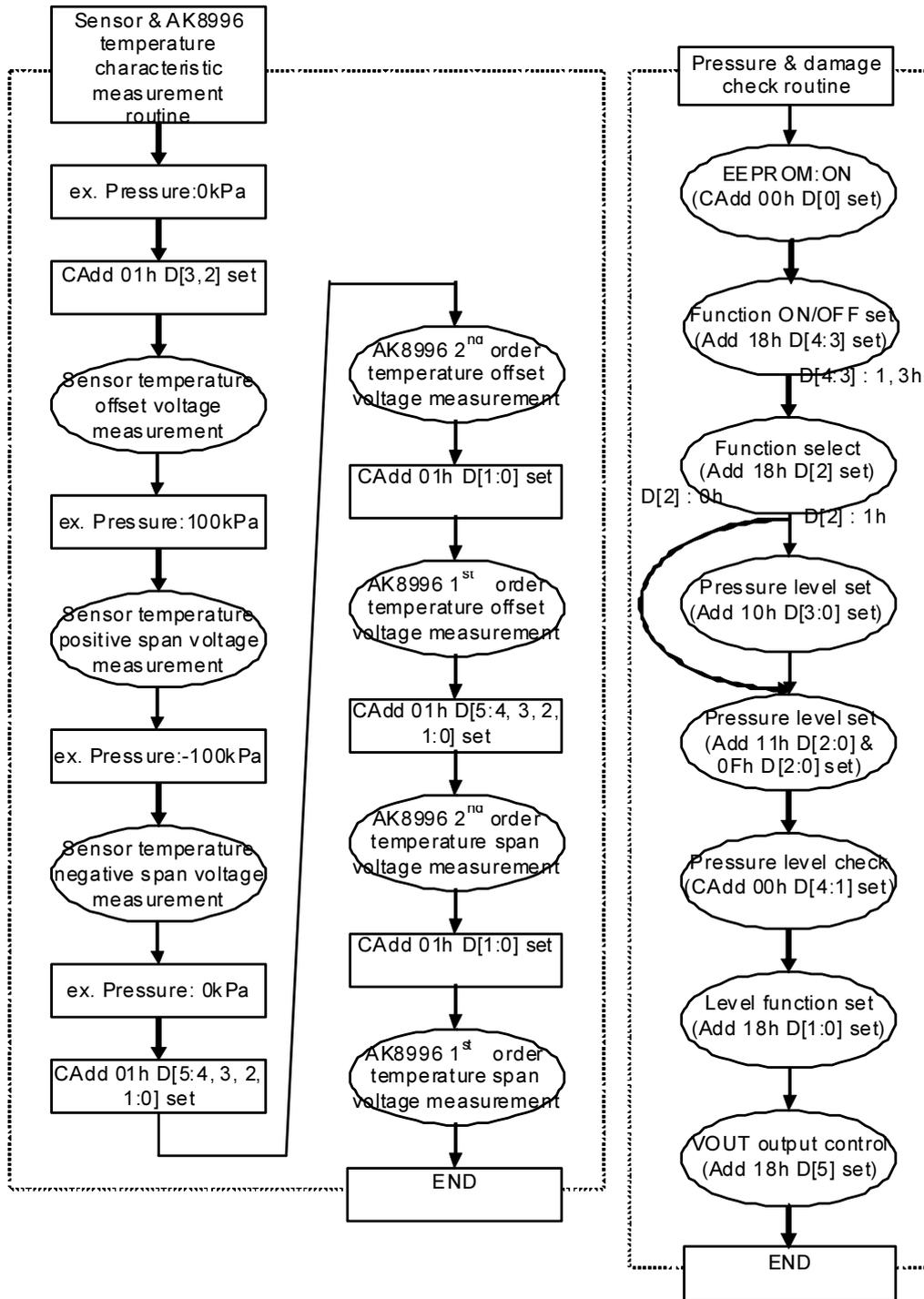


■ Sub Routine



note) EEPROM Address is indicated by "Add",
Control Register Address is indicated by "CAdd".

■ Sub Routine



note) EEPROM Address is indicated by "Add",
Control Register Address is indicated by "CAdd".

機能説明等

1) 調整方法説明(例)

AK8996の調整方法を説明します(「調整シーケンス」参照)。

注)パッケージ供給時、以下の項目1~4は調整済みにて出荷します。ただ、ご面倒ですが、調整時には一度書込まれているデータ(以下の項目1~4)を読み出し、一括書込(Initialize)後、読み出したデータを再度書込んで頂きますようお願いいたします。また、必要精度及び実装形態によっては、項目1~4も再度調整をしなければならない場合も御座いますのでご承知おき下さい。尚、出荷時は5Vモード(EVD[0]=0)で調整しています。従って、3Vモード(EVD[0]=1)でご使用の場合は、再調整する必要がありますのでご注意ください。
EEPROMレジスタのアドレスは「アドレス」と標記、制御レジスタ(揮発性メモリ)のアドレスは「Cアドレス」と標記します。

1. VREF調整(Package供給時調整済み)

基準電圧を1.0Vに調整します。VREF電圧を調整することでセンサー駆動電圧(VS)も調整出来ます。VREF電圧は、調整モード1レジスタ(Cアドレス:00h データAM[3:0]:1h)を設定することでDET端子から出力出来ます(外付部品推奨接続例 参照)。

2. IREF調整(Package供給時調整済み)

基準電流を20.0 μ Aに調整します。
IREF電流は、調整モード1レジスタ(Cアドレス:00h データAM[3:0]:2h)を設定することでDET端子から出力出来ます(外付部品推奨接続例 参照)。

3. OSC調整(Package供給時調整済み)

間欠動作制御用クロックを1024kHzに調整します。
OSC出力は、調整モード1レジスタ(Cアドレス:00h データAM[3:0]:3h)を設定することでDET端子から出力出来ます(外付部品推奨接続例 参照)。

4. VTMP調整(Package供給時調整済み)

温度センサー出力(VTMP)電圧をVREF電圧と一致するように調整します。
VTMP電圧は、調整モード1レジスタ(Cアドレス:00h データAM[3:0]:4h)を設定することでDET端子から出力出来ます(外付部品推奨接続例 参照)。
2次関数発生回路を用いてセンサー特性を補正するためにVTMP出力をVREF電圧と一致させる必要があります。

5. オフセット電圧調整

接続される圧力センサーのオフセット電圧をAK8996の持つ誤差も含め調整します。
オフセット電圧は、オフセット電圧ラフ調整レジスタ(アドレス:00h データEOC[10:7])及びオフセット電圧ファイン調整レジスタ(アドレス:01h データEOC[6:0])を用いて調整します。
この後、オフセット電圧温度特性を補正するため完全な調整は出来ません。最後にレベルシフト電圧誤差を含めて再調整が必要です(項目11参照)。

■ オフセット電圧調整例

EOC[10]: オフセット電圧ラフ調整サインビット

未調整出力が $0.5 \cdot VDD$ より大きい場合EOC[10]=0を設定して下さい。

未調整出力が $0.5 \cdot VDD$ より小さい場合EOC[10]=1を設定して下さい。

EOC[9: 7]: オフセット電圧ラフ調整: 300mV Step (@VDD:5V) で調整します。

EOC[10]=0の時-150~+150mV($0.5 \cdot VDD$ 基準)に調整して下さい。

EOC[10]=1の時-150~+150mV($0.5 \cdot VDD$ 基準)に調整して下さい。

EOC[6]: オフセット電圧ファイン調整サインビット

未調整出力が $0.5 \cdot VDD$ より大きい場合EOC[6]=0を設定して下さい。

未調整出力が $0.5 \cdot VDD$ より小さい場合EOC[6]=1を設定して下さい。

EOC[5: 0]: オフセット電圧ファイン調整: 5mV Step (@VDD:5V) で調整します。例えば、

EOC[6]=0で、ラフ調整結果が-150mVの場合、30 dec= 1E hexを設定します。

EOC[6]=1で、ラフ調整結果が+150mVの場合、30 dec= 1E hexを設定します。

上記Offsetが $\pm 2.5\text{mV}$ (@VDD:5V) となるよう微調整して下さい。

6. 出力スパン電圧調整

接続される圧カセンサの出力スパン電圧をAK8996の持つ誤差も含め調整します。

出力スパン電圧は、出力スパン電圧調整レジスタ(アドレス:02h データESC[8], アドレス:03h データESC[7:0])を用いて調整します。

この後、感度温度特性を補正するため完全な調整は出来ません。最後にレベルシフト電圧誤差を含めて再調整が必要です(項目12参照)。

■ 出力スパン電圧調整例

出力2400mV (@VDD:5V) の時、ESC[8:0]=160decを設定します。

$$2400[\text{mV}] \cdot 100 / 60 = 4000[\text{mV}]$$

出力5600mV (@VDD:5V) の時、ESC[8:0]=-160decを設定します。

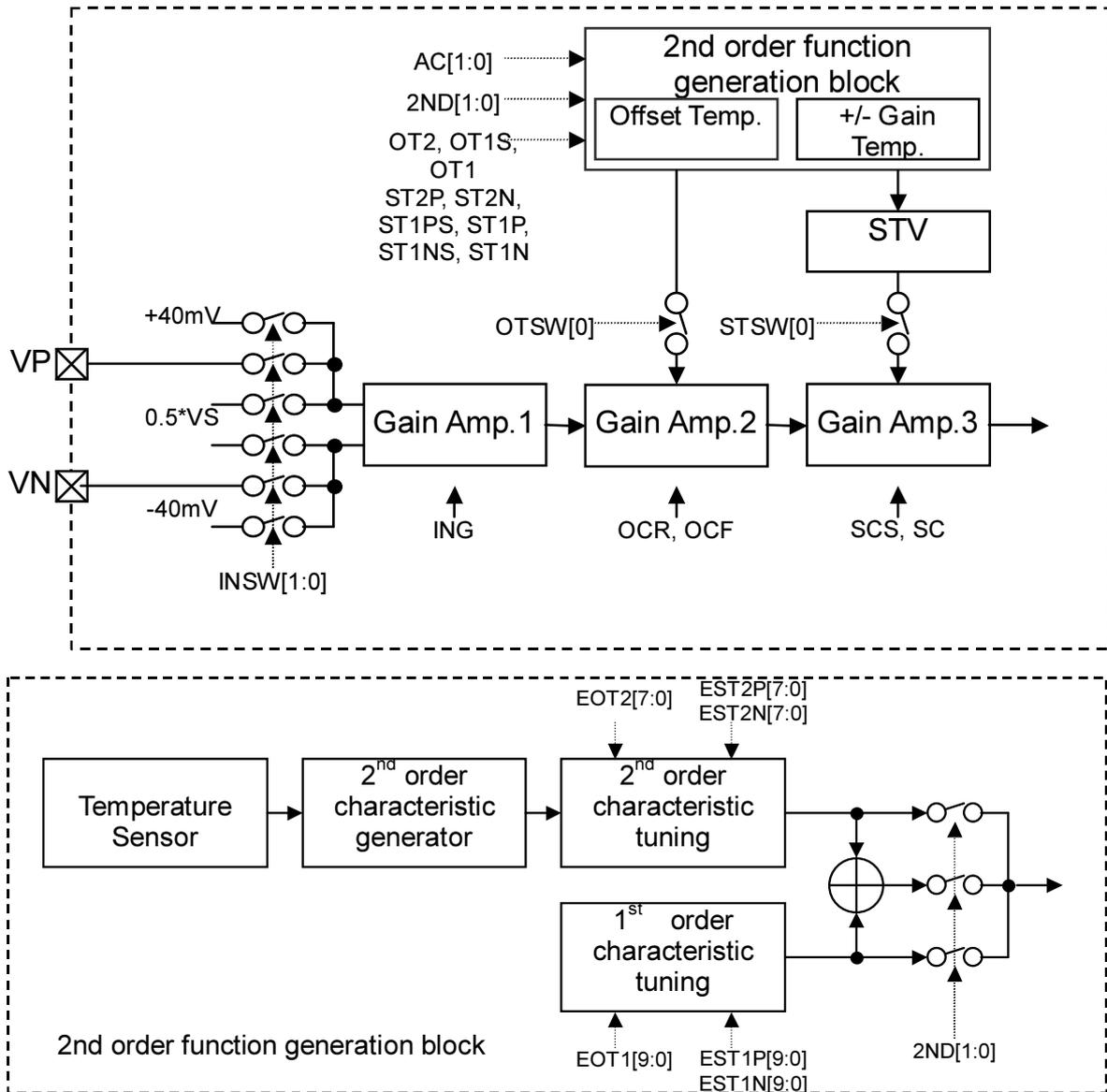
$$5600[\text{mV}] \cdot 100 / 140 = 4000[\text{mV}]$$

上記出力スパン電圧誤差が $\pm 5\text{mV}$ (@VDD:5V) となるよう微調整して下さい。

7. 圧力センサー&AK8996オフセット及び感度温度2次特性調整

以下に示すブロック図をもとに、圧力センサーの持つ温度特性(2次特性)を調整するための具体的な方法を説明します。

注) 調整精度を上げるために、使用される温度min./max.で調整を行って下さい。



以下の式に示されるような圧力センサーのオフセット及び感度2次温度特性を、AK8996の持つ同特性を用いてキャンセルすることで、実現します。

圧力センサーオフセット及び感度2次温度特性Vsen(T):

$$V_{sen}(T) = \alpha T^2 + \beta T + \gamma$$

AK8996オフセット及び感度2次温度特性Vic(T):

$$V_{ic} = \underbrace{[(g^*a)T^2 + (g^*b)T + (g^*c)]}_{\text{2次関数}} + \underbrace{[dT + e]}_{\text{1次関数}} = (g^*a)T^2 + (g^*b + d)T + (g^*c + e)$$

2次温度特性をキャンセルするためには、以下に説明する測定を最低3温度(ex. 25°C, -40°C, +105°C)で実施する必要があります。

7.1 圧力センサーオフセット温度特性測定

調整モード2レジスタを設定(Cアドレス:01h データINSW[1:0]:0h, データOTSW[0]:1h, データSTSW[0]:1h)します。

圧力0kPa時において、VOUT端子の電圧を測定します。

7.2 圧力センサー感度温度特性測定

調整モード2レジスタを設定(Cアドレス:01h データINSW[1:0]:0h, データOTSW[0]:1h, データSTSW[0]:1h)します。

圧力ex. +100kPa時において、VOUT端子の電圧(Vp72)を測定します。

必要に応じて圧力ex. -100kPa時において、VOUT端子の電圧を測定します。

7.3 AK8996オフセット2次温度特性測定($g \cdot aT^2 + g \cdot bT + g \cdot c$)

調整モード2レジスタを設定(Cアドレス:01h データINSW[1:0]:1h, データOTSW[0]:0h, データSTSW[0]:1h, 2ND[1:0]:1h)します。

VOUT端子の電圧を測定します。

7.4 AK8996オフセット1次温度特性測定($dT + e$)

調整モード2レジスタを設定(Cアドレス:01h データINSW[1:0]:1h, データOTSW[0]:0h, データSTSW[0]:1h, 2ND[1:0]:2h)します。

VOUT端子の電圧を測定します。

7.5 AK8996感度2次温度特性測定($g \cdot aT^2 + g \cdot bT + g \cdot c$)

調整モード2レジスタを設定(Cアドレス:01h データINSW[1:0]:2h, データOTSW[0]:1h, データSTSW[0]:0h, 2ND[1:0]:1h)します。

VOUT端子の電圧を測定します。

7.6 AK8996感度1次温度特性測定($dT + e$)

調整モード2レジスタを設定(Cアドレス:01h データINSW[1:0]:2h, データOTSW[0]:1h, データSTSW[0]:0h, 2ND[1:0]:2h)します。

VOUT端子の電圧を測定します。

8. 項目7の測定結果から2次特性を算出

圧力センサーオフセット温度測定結果から、 α_{off} 、 β_{off} 、 γ_{off} を算出します。

圧力センサー感度温度測定結果から、 α_{ga} 、 β_{ga} 、 γ_{ga} を算出します。

AK8996温度特性測定結果から、 $g \cdot a$ 、 $g \cdot b + d$ 、 $g \cdot c + e$ それぞれの値が分かります。

尚、0次係数 γ 及び $g \cdot c + e$ は、項目5,6にて既に調整済みです。よって、ここでは調整不要です。

オフセット及び感度それぞれについて、

$\alpha = g \cdot a$ となるように調整します。

$\beta = g \cdot b + d$ となるように調整します。

具体的な計算例を以下に記載します。

■オフセット温度2次特性計算例(「シリアルインターフェイス説明」 5) レジスタ説明 参照)

測定したAK8996の2次特性(2次関数+1次関数)を

$$Vic = \frac{(g^*a)T^2 + (g^*b)T + (g^*c)}{2\text{次関数}} + \frac{[dT + e]}{1\text{次関数}} = (g^*a)T^2 + (g^*b+d)T + (g^*c+e)$$

とします。

例えば、測定したセンサーの2次特性に対して調整レジスタの内容は下記の通りとなります。

測定したセンサーの2次特性が、 $V_{sen} = 0.0003T^2 - 0.0237T + 0.0$ とします。また、測定したAK8996のオフセット電圧の温度2次特性が、 $Vic2 = 0.0016T^2 - 0.16T + 0.0$ 、1次特性が、 $Vic1 = 0.6T + 0.0$ だった場合、センサーの2次特性を打ち消すように(AK8996の2次特性が $Vic = -0.0003T^2 + 0.0237T - 0.0$ となるように)係数を設定します。

EOT2[7] : オフセット電圧の温度特性2次係数調整サインビット

測定したAK8996の2次係数(g^*a)を正にする場合EOT[7]=0となります。

測定したAK8996の2次係数(g^*a)を負にする場合EOT[7]=1となります。

本例の場合、2次係数(g^*a)を-0.0003とするので、“1”を設定します。

EOT2[6:0] : オフセット電圧の温度特性2次係数調整ビット

0.7874%stepで調整します。

例えば、測定したAK8996の2次係数(g^*a)を、EOT2[6:0]=103decとし、 $g^*a = -0.000302$

とします。つまり、AK8996の2次特性は、 $Vic2 = -0.000302T^2 + 0.0302T - 0.0$ となります。

$$0.000302 = 0.0016 * |1 - 0.7874/100 * 103|$$

$$0.0302 = 0.16 * |1 - 0.7874/100 * 103|$$

次に、AK8996の1次係数(g^*b+d)が+0.0237となるように、1次係数を調整します。

EOT1[9] : オフセット電圧の温度特性1次係数調整サインビット

調整したい1次係数dを加算にする場合EOT[9]=0となります。

調整したい1次係数dを減算にする場合EOT[9]=1となります。

本例の場合、1次係数(g^*b+d)を2次特性調整後の+0.0302に対して減算するので、“1”を設定します。

EOT1[8:0] : オフセット電圧の温度特性1次係数調整ビット

1次係数が+0.0237(=0.0302-0.0065)のため、EOT1[8:0]=456decとし、 $d = -0.00646$ とします。つまり、AK8996の1次特性は、 $Vic1 = -0.00646T + 0.0$ となります。

$$0.00646 = 0.6 * |1 - 0.1957/100 * 456|$$

以上の調整($Vic = 0.0003T^2 - 0.0237T + 0.0$)で2次係数と1次係数の調整は完了です。0次係数は、理想的には0.0ですがオフセット電圧として残る可能性があります。その場合、オフセット及び感度温度特性調整完了後、オフセット電圧ファイン調整で微調整して下さい。

■ 感度温度2次特性計算例（「シリアルインターフェイス説明」 5) レジスタ説明 参照）

測定したAK8996の2次特性（2次関数+1次関数）を

$$\text{Vic} = \frac{[(g^*a)T^2 + (g^*b)T + (g^*c)] + [dT + e]}{\substack{\text{2次関数} \\ \text{1次関数}}} = (g^*a)T^2 + (g^*b+d)T + (g^*c+e)$$

とします。

例えば、測定したセンサーの正側圧力の2次特性に対して調整レジスタの内容は下記の通りとなります。

測定したセンサーの2次特性が、 $V_{sen} = 0.00051T^2 - 0.2345T + 0.0$ とします。また、測定したAK8996の感度温度2次特性が、 $Vic2 = 0.0016T^2 - 0.16T + 0.0$ 、1次特性が、 $Vic1 = 0.32T + 0.0$ だった場合、センサーの2次特性に合わせるように（AK8996の2次特性が $Vic = 0.00051T^2 - 0.2345T + 0.0$ となるように）係数を設定します。

ST2P[7] : 感度温度2次特性2次係数調整サインビット

測定したAK8996の2次係数(g^*a)を正にする場合EST2P[7]=0となります。

測定したAK8996の2次係数(g^*a)を負にする場合EST2P[7]=1となります。

本例の場合は、2次係数(g^*a)を0.00051とするので、“0”を設定します。

ST2P[6:0] : 感度温度2次特性係数調整ビット

0.7874%stepで調整します。

例えば、測定したAK8996の2次係数(g^*a)を、EST2P[6:0]=123decとし、

$g^*a = 0.0005039$ とします。つまり、AK8996の2次特性は、

$Vic2 = 0.0005039T^2 - 0.05039T + 0.0$ となります。

$$0.0005039 = 0.0016 * |1 - 0.7874/100 * 123|$$

$$0.05039 = 0.16 * |1 - 0.7874/100 * 123|$$

次に、AK8996の1次係数(g^*b+d)が -0.2345 となるように、1次係数を調整します。

ST1P[9] : 感度温度2次特性1次係数調整サインビット

調整したい1次係数dを加算する場合EST1P[9]=0となります。

調整したい1次係数dを減算する場合EST1P[9]=1となります。

本例の場合は、1次係数(g^*b+d)を2次特性調整後の -0.05039 に対して減算するので、“1”を設定します。

ST1P[8:0] : 感度温度2次特性1次係数調整ビット

1次係数が -0.2345 ($= -0.05039 - 0.18411$)となるために、EST1P[8:0]=354decとし、

$d = -0.18434$ とします。つまり、AK8996の1次特性は、 $Vic1 = -0.18434T + 0.0$ となります。

以上の調整($Vic = 0.00051T^2 - 0.2345T + 0.0$)で2次係数と1次係数の調整は完了です。0次係数は、理想的には0.0ですがスパン電圧として残る可能性があります。その場合、オフセット及び感度温度特性調整完了後、スパン電圧調整で微調整して下さい。

9. オフセット電圧ファイン調整

オフセット電圧温度特性を補正時に発生する誤差を調整します。

オフセット電圧は、オフセット電圧ラフ調整レジスタ(アドレス:00h データEOC[10:7])及びオフセット電圧ファイン調整レジスタ(アドレス:01h データEOC[6:0])を用いて調整します。

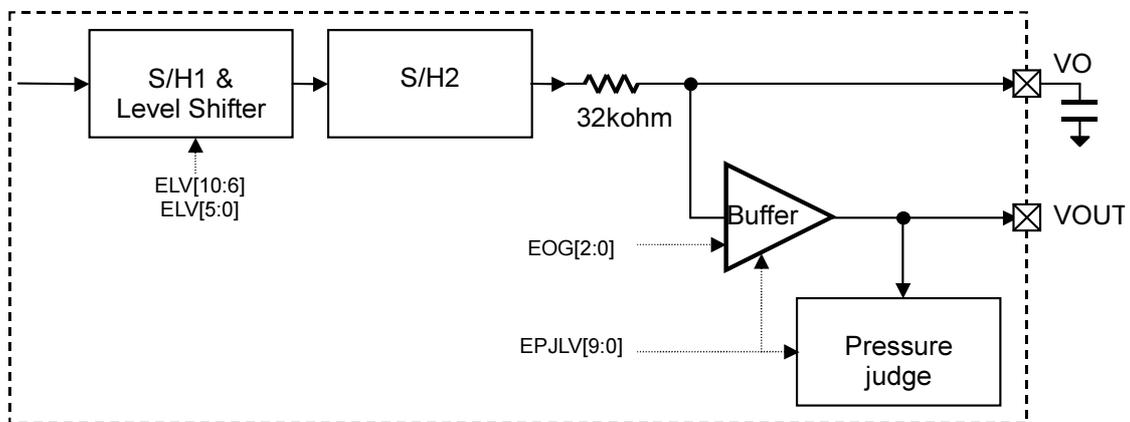
10. BUFFゲイン調整

出力Bufferの利得を調整します。

出力Bufferの利得は、BUFゲイン調整レジスタ(アドレス:0Eh データEOG[2:0])を用いて調整します。

11. 圧力判定閾値、及び出力基準電圧調整

以下に示すブロック図をもとに、出力基準電圧を調整するための具体的な方法を説明します。



圧力判定閾値を調整します(最初に圧力判定閾値、次に出力基準電圧という順番で調整を行って下さい)。圧力判定閾値は、圧力判定閾値調整レジスタ1, 2(アドレス:1D, 1Eh データ:EPJLV[9:0])を用いて調整します。

図からわかるように圧力判定閾値調整で調整されるのは、Buffer回路及び圧力判定回路です。よって、圧力判定閾値調整直後のVO端子電圧は、項目5.オフセット調整で調整されたほぼ2.5V(@VDD:5V)となっています。その為、圧力判定閾値を調整した後、VOUT端子電圧は、圧力判定閾値によっては電源電圧に張り付く場合もあります。例えば、電源電圧5V・EOG[2:0]=4hex(4倍設定)で圧力判定閾値を1.0Vに調整した場合、VOUT端子電圧は、 $1.0+4*(2.5-1.0)=7.0V$ となり、電源電圧に張り付きます。

出力基準電圧を調整します。出力基準電圧は、出力基準電圧ラフ&ファイン調整レジスタ(アドレス:1B, 1Ch データ:ELV[10:0])を用いて調整します。

まず、出力基準電圧ラフ調整(ELV[10:6])の調整値を計算で求めます。具体的には、VO端子電圧は2.5V(@VDD:5V)、またBuffer回路基準電圧は圧力判定閾値になっていることは既知であることから、その差分を出来るだけ小さくするように計算します。次に、出力基準電圧ファイン調整(ELV[5:0])を用いてVOUT端子電圧を所定の出力基準電圧に調整します。

12. 出力スパン電圧ファイン調整

感度温度特性を補正時に発生する誤差を調整します。

出力スパン電圧は、出力スパン電圧調整レジスタ(アドレス:02h データESC[8], アドレス:03h データESC[7:0])を用いて調整します。

2) VO端子外付容量値(Cap)の決め方

VO端子外付容量値の決め方を説明します。

VO端子外付容量値を決めるポイントは、電源投入時及びスタンバイ解除(STBYN端子“L” to “H”)後のVOUT端子出力電圧の安定時間とSINAD(=Signal/(Noise+Distortion))です。

以下にそれぞれの項目についてまとめます。

1. VOUT端子出力電圧の安定時間について

ご注意頂きたいのは、VO端子外付容量値によって、電源立上及びSTBYN解除後、測定値(VOUT端子電圧)に誤差を持つということです。安定時間は、サンプリングクロックには依存しません。

以下の図及び表を用いて一例を説明します。

以下の表の「99.5%収束時間(図③+④)」は、以下の図③期間で出力基準電圧X(この場合は0.5*VDD)に収束、その後、加えられた圧力に応じた出力電圧Y(この場合は0.1*VDD)の99.5%に到達するまでの時間(図③+④期間)を示しています。 Note)

VO端子外付容量3 μ F(サンプリング周波数100Hz)の条件では、以下の図③期間で出力基準電圧の16.3%(0.5*VDD期待値に対して0.0815*VDD)までVOUT端子は収束します。図③期間は、0.3msec固定です。

$$\text{収束率A} = (1 - e^{-(0.3[\text{ms}] / (560[\Omega] * 3[\mu\text{F}]}))} * 100 = 16.4[\%]$$

その後、以下の図④期間で測定圧力に応じた出力電圧の99.5%に収束します。以下の図④期間では、0.0815*VDDから0.1*VDDの99.5%に345.2 msecで収束します。

$$\text{収束率B} = (0.995 * 0.1 * \text{VDD} - 0.163 * 0.5 * \text{VDD}) / (0.1 * \text{VDD} - 0.163 * 0.5 * \text{VDD}) * 100 = 97.3[\%]$$

$$\text{収束時間D(図④期間)} = -32[\text{k}\Omega] * 3[\mu\text{F}] * \ln(1 - \text{B}/100) = 345.2[\text{msec}]$$

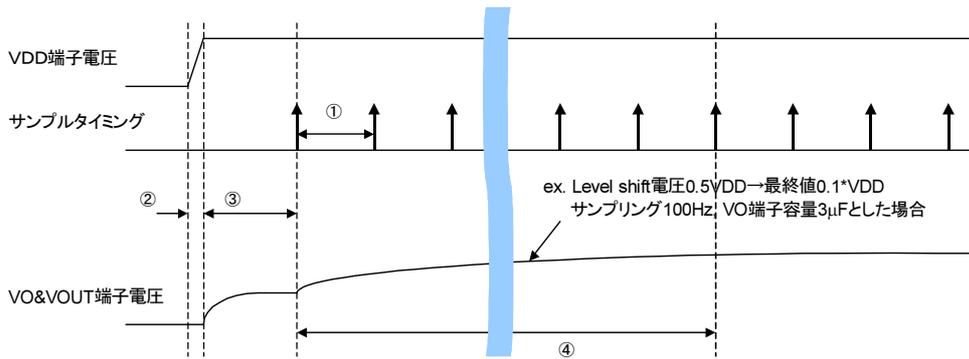
従って、99.5%収束時間(図③+④期間)は以下のようになります。

$$\text{99.5\%収束時間(図③+④期間)} = 0.3[\text{msec}] + \text{D} = 345.5[\text{msec}]$$

上記計算例を参考に、実際にご使用になる条件に応じて計算を行い、安定時間を求めて下さい。

前提条件: 出力基準電圧 : X
 出力電圧 (VOUT端子) : Y
 VO端子外付容量 : Cap (Cap[μF] typ., Cap*1.1[μF] worst)
 内蔵抵抗1 : Res1 (560[Ω] typ., 689.5[Ω] worst)
 VO端子内蔵抵抗2 : Res2 (32[kΩ] typ., 39.4[kΩ] worst)
 項目C : Y>A*X C=99.5[%]・Y<A*X C=100.5[%]
 図③期間 : Time (0.3[msec] typ., 0.2 or 0.5[msec] worst)

収束率A=(1-e^{-Time/(Res1*Cap)})*100
 収束率B=(C[%]/100*Y-A/100*X)/(Y-A/100*X)*100
 収束時間D(図④期間)=-Res2*Cap*ln(1-B/100)
 99.5%収束時間(図③+④期間)=Time+D



- ①~④説明
 ①: サンプルングタイミング、この図では100Hz(10msec)です。
 ②: 電源立上時間 (Tvdd) です。200μs>に規定しています。
 ③: アナログ回路安定動作時間 (Tenable1, 2) です。STBYN端子の扱いで465μs>, 495μs>に規定しています。
 ④: 圧力信号検出時間です。電源投入及びSTBYN解除後、基準電圧に急速に収束した後、VO端子外付容量と内蔵の32kΩに依存して変わります。この場合は、上記表に示されているように345.2msec typ.となります。

VO端子外付容量	カットオフ周波数 (Typical)	図③時間 (固定)		99.5%収束時間 (図④)		99.5%収束時間 (図③+④)	
		Typical 条件	Worst条件 note)	Typical 条件	Worst条件 note)	Typical 条件	Worst条件 note)
3μF	1.658Hz	0.3msec	0.2msec	345.2msec	617.9msec	345.5msec	618.1msec
1μF	4.974Hz	0.3msec	0.5msec	171.8msec	244.6msec	172.1msec	245.1msec
100nF	49.74Hz	0.3msec	0.5msec	21.37msec	28.96msec	21.67msec	29.46msec
10nF	497.4Hz	0.3msec	0.5msec	2.139msec	2.897msec	2.439msec	3.397msec
1nF	4.97kHz	0.3msec	0.5msec	0.214msec	0.290msec	0.514msec	0.790msec
500pF	9.95kHz	0.3msec	0.5msec	0.107msec	0.145msec	0.407msec	0.645msec

note) 外付容量±10%・製造プロセスWorst条件です。

Note)

図③期間で収束する出力基準電圧X(VO端子出力)は、出力基準電圧ラフ&ファイン調整レジスタ(アドレス:1B, 1Ch データ:ELV[10:0])の設定に依存し、以下のようになりますのでご注意ください。

ELVR[9: 6]			VO端子		Comments
Dec	Hex	Bin	ELVR[10]=0 (*VDD)	ELVR[10]=1 (*VDD)	
0	0	0000	0.5	0.5	初期値
1	1	0001	0.4	0.5	
2	2	0010	0.4	0.5	
3	3	0011	0.4	0.5	
4	4	0100	0.4	0.6	
5	5	0101	0.3	0.6	
6	6	0110	0.3	0.6	
7	7	0111	0.3	0.6	
8	8	1000	0.3	0.7	
9	9	1001	0.2	0.7	
10	A	1010	0.2	0.7	
11	B	1011	0.2	0.7	
12	C	1100	0.2	0.8	
13	D	1101	0.1	0.8	
14	E	1110	0.1	0.8	
15	F	1111	0.1	0.8	

2. VOUT端子SINADについて

VO端子の外付容量値とSINADとの関係を以下の表にまとめます。

ご注意頂きたいのは、調整精度0.5%FSを必要とされる場合、SINADは46dB以上である必要があります。

サンプリング 周波数	VO端子 外付容量	カットオフ 周波数 (Typical)	SINAD特性	
			Typical条件	Worst条件 note)
100Hz	5 μ F	0.995Hz	49.59dB	46.39dB
	3 μ F	1.658Hz	45.15dB	41.95dB
	1 μ F	4.974Hz	35.61dB	32.41dB
	100nF	49.74Hz	15.73dB	12.66dB
1kHz	1 μ F	4.974Hz	55.61dB	52.41dB
	100nF	49.74Hz	35.61dB	32.41dB
	10nF	497.4Hz	15.73dB	12.66dB
10.24kHz	100nF	49.74Hz	55.82dB	52.62dB
	10nF	497.4Hz	35.82dB	32.62dB
	1nF	4.97kHz	15.93dB	12.85dB
	500pF	9.95kHz	10.23dB	7.46 B

note) 外付容量 $\pm 10\%$ ・製造プロセスWorst条件です。

「1. VOUT端子出力電圧の安定時間について」・「2. VOUT端子SINADについて」で説明したように、測定時間の短縮するためにはVO端子の外付容量値を小さくする必要があります。相反してSINADを良くするためには、VO端子の外付容量値を大きくする必要があります。

以上のことから、ご使用される用途に応じまして、十分ご検討された上、VO端子の外付容量値は決定して頂きますようお願いいたします。

3) 電源立上時及びスタンバイ解除(STBYN端子“L” to “H”)時、圧力検出 & 判定回路動作について

電源投入時及びスタンバイ解除(STBYN端子“L” to “H”)後、圧力検出回路及び圧力判定回路の動作には注意が必要です。

以下にそれぞれの項目についてまとめます。

1. 圧力検出回路の動作について

圧力検出回路を正常動作させるためには、VOOUT端子出力電圧を「アナログ回路安定動作時間」(動作シーケンス参照)内に設定した出力基準電圧の±0.5%以内に収束させる必要があります。

VOOUT端子出力電圧は、内蔵抵抗32kΩとVO端子外付容量Capで決まる時定数で収束します。収束時間の考え方については **2) VO端子外付容量値(Cap)の決め方** 参照して下さい。Capの値が0.1μF以下の場合、VOOUT端子出力電圧は、出力基準電圧の±0.5%以内に収束するため圧力検出結果に問題はありませんが、0.1μFより大きい容量を使用された場合、±0.5%以内に収束しないため誤検出する可能性があります。

この問題を回避するためには、電源立上及びSTBYN解除時、圧力検出回路を暫くの間Disable状態にしなければなりません。Disable時間は、**2) VO端子外付容量値(C)の決め方** を参考に計算を行って決めて下さい。尚、以下に簡易式(最悪値)を記載します。

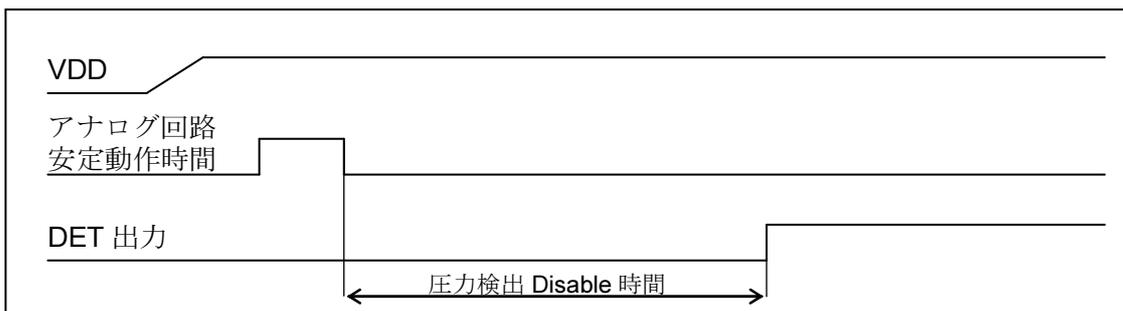
$$\text{Disable時間} = -39400[\Omega] * 1.1 * C[F] * \ln(1-0.995)$$

2. 圧力検出回路Disable時間について

圧力検出回路Disable時間とは、アナログ回路安定動作時間終了後から圧力検出出力までの時間になります。圧力検出のみ有効にした場合と圧力検出+自己診断を有効にした場合の圧力検出回路Disable時間を以下に示します。

2.1 圧力検出有効 (EINT1[1:0]=1h)

EAS[2: 0]			圧力検出回路Disable時間 (msec)				Comments
Dec	Hex	Bin	fs:100Hz	fs:1kHz	fs:2kHz	fs:10kHz	
0	0	000	10	1.0	0.5	0.1	初期値
1	1	001	10	1.0	0.5	0.2	
2	2	010	20	2.0	1.0	0.4	
3	3	011	60	6.0	3.0	0.8	
4	4	100	140	14.0	7.0	1.6	
5	5	101	300	30.0	15.0	3.1	
6	6	110	620	62.0	31.0	6.3	
7	7	111	1260	126.0	63.0	12.5	



2.2 圧力検出+自己診断有効 (EINT1[1:0]=3h)

EAS[2: 0]			圧力検出回路Disable時間 (msec)				Comments
Dec	Hex	Bin	fs:100Hz	fs:1kHz	fs:2kHz	fs:10kHz	
0	0	000	10.2	1.2	0.7	0.3	初期値
1	1	001	10.2	1.2	0.7	0.3	
2	2	010	40.2	4.2	2.2	0.6	
3	3	011	80.2	8.2	4.2	1.0	
4	4	100	160.2	16.2	8.2	1.8	
5	5	101	320.2	32.2	16.2	3.3	
6	6	110	640.2	64.2	32.2	6.5	
7	7	111	1280.2	128.2	64.2	12.7	



3. 圧力判定回路の動作について

圧力検出回路同様VOUT端子電圧の収束時間は、内蔵抵抗32kΩとVO端子外付容量Cで決まります。現状の仕様(C<=0.1μF)では、圧力判定結果に問題はありませんが、0.1μFより大きい容量を使用されると、圧力判定回路に誤判定を生じます。

この点を十分ご考慮の上、お使い下さいますようお願いいたします。

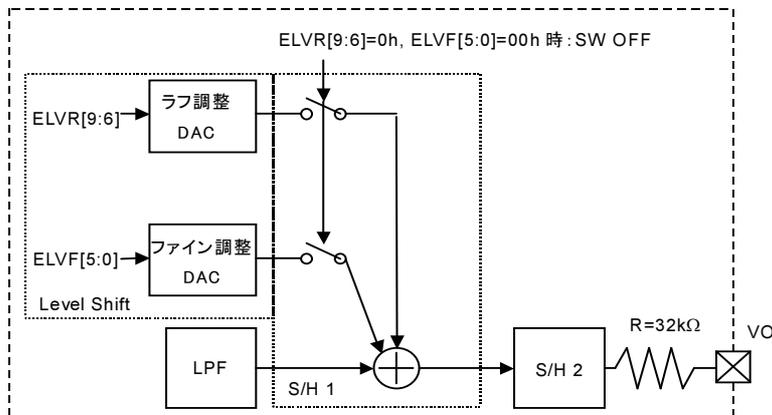
4) 消費電流について

電気的特性 3)消費電流 に記載されている電流値は平均電流です。最大電流を以下の表に記載します。使用される電源の供給電流能力は、以下の表を参考に十分余裕を持ったものをご使用下さい。

	units	VDD:3.6V	VDD:5.5V	Comments
最大電流	mA	2.4	3.5	設計参考値

5) 出力基準電圧切替回路(Level Shift)使用上の注意事項

S/H1&Level Shift回路は、以下に示すような構成です。



上記図から明らかなように、コードELVR[9:6]=0h, ELVF[5:0]=00h(レジスタLVR, LVF アドレス1Bh, 1Ch)設定時とそれ以外では、S/H1内部SWの動作が異なります。つまり、前述のようにデータが設定されている場合、SWは共にOFF、それ以外の設定となっている場合、SWは共にONです。

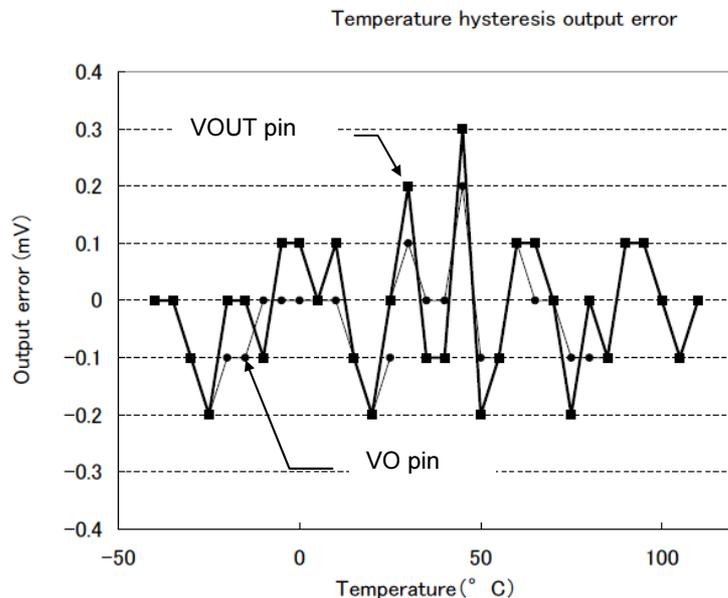
従って、VO端子またはVOUT端子でのファイン調整DACの調整stepが、ELVF[5:0]=00hとその他のコードで単調性がとれない場合があります。出力基準電圧設定を0.5VDD付近に設定される場合、この点に注意が必要です。

6) 温特測定時のデータ再現性について

AK8996温特データ再現性について実験を行いました。以下の実験結果から、AK8996温特データ再現性は±0.3mV以内であることがわかります。尚、以下の実験結果はあくまでも参考です。

実験条件	電源電圧	:5V
	入力電圧	:40mV(=VP-VN)
	出力基準電圧	:0.5*VDD
	利得	:25倍
	VO端子外付容量	:10nF
	環境温度スイープ	:25°C → -40°C → 25°C → 125°C → 25°C
	測定端子	:VO端子、VOUT端子

実験結果 以下の図に各温度での測定結果差異を記載しますが、±0.3mV以内であることがわかります。



7) オフセット温度1次特性(補正方法)について

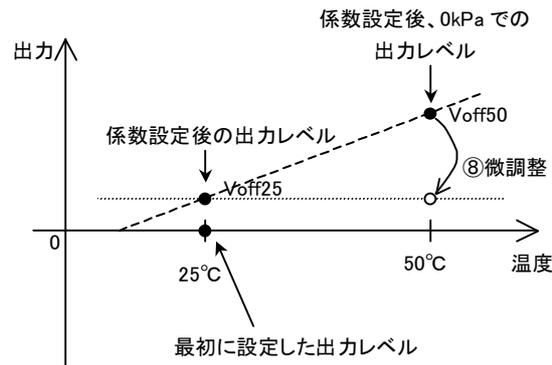
センサー特性調整後、オフセット温度特性1次係数が残ってしまった場合の再調整方法を以下にまとめます。この調整は、**9.オフセット電圧ファイン調整**の前に行ってください。

再調整方法(以下の図を参照)

1. 最後の調整温度設定時(例えば50°C時)、係数を算出、AK8996に設定します。
2. 設定完了後、圧力:0kPaにしてVOUT端子電圧(V_{off50})を測定します。
3. その測定値をメモリ(ex. Address 16 hex EUE[7:0])に記憶しておきます。
4. 温度を25°Cへ戻します(最終調整段階)。
5. 圧力:0kPaにしてVOUT端子電圧(V_{off25})を測定します。

通常、オフセット電圧、圧力判定閾値、出力基準電圧、及び出力スパン電圧ファイン調整で調整完了となりますが、オフセット温度特性1次係数を調整したい場合、その前に以下の調整を実施します。

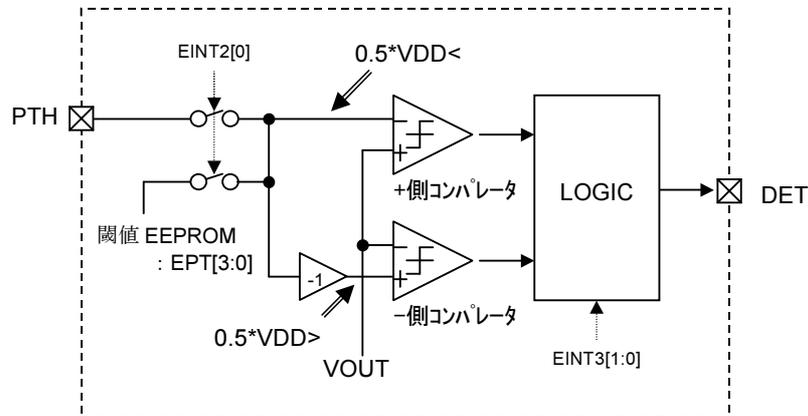
6. 残存したオフセット温度特性1次係数を算出します。
残存したオフセット温度特性1次係数=(V_{off50}-V_{off25})/(50-25)[mV/°C]・・・(A)
7. オフセット温度特性1次係数(ex. 0.04[mV/°C])から、1step当たりの傾きを算出します。
調整コード=(A)/0.04
8. OT1レジスタ(Address 06 hex)に算出された調整コードを反映させます。



8) 圧力検出回路検出閾値について

圧力検出回路検出閾値の設定方法、及びモード設定に応じた検出閾値の設定範囲を整理します。

圧力検出回路は、以下のようなブロック図で示されます。



圧力検出回路の検出閾値の設定方法はブロック図から分かるように、外部入力(PTH端子)又は内部設定(EEPROM設定EPT[3:0])のどちらかとなります。外部入力又は内部設定のどちらを選択するかは、EEPROM(EINT2[0])で行うことが可能です。

また、圧力検出回路の検出閾値は、ブロック図から分かるようにモード設定に応じて設定範囲に制限があります。以下の表にまとめますので、圧力検出回路をご使用の際は、ご注意下さい。

EINT3 [1:0]	記号	モード設定	検出閾値設定範囲
00	INT<	一定以上の圧力を検出	$0.5 \cdot VDD \sim 0.95 \cdot VDD$ @VDD:5V
01	INT>	一定以下の圧力を検出	$0.05 \cdot VDD \sim 0.5 \cdot VDD$ @VDD:5V
10	INT><	一定以上・以下の圧力を検出	$\sim (0.5 \cdot VDD \sim 0.95 \cdot VDD)$, $(0.05 \cdot VDD \sim 0.5 \cdot VDD) \sim$ @VDD:5V
11	INT<>	一定範囲内の圧力を検出	$(0.5 \cdot VDD \sim 0.95 \cdot VDD)$ $\sim (0.05 \cdot VDD \sim 0.5 \cdot VDD)$ @VDD:5V

例えばEINT3[1:0]: 0hexと設定した場合、上記表から分かるように検出閾値は、 $0.5 \cdot VDD \sim 0.95 \cdot VDD$ @VDD:5Vとなります。よって、 $0.5 \cdot VDD$ 以下に設定は出来ませんので、この点を十分ご考慮の上、お使い下さい。

9) AK8996電源立上時注意事項

AK8996電源電圧印可時、以下の点にご注意下さい。

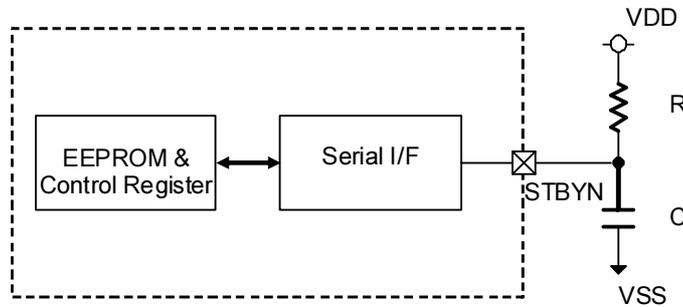
AK8996電源立上時間は、200μs以下 (0.1*VDD → 0.8*VDD) にして下さい。電源立上時間を200μs以上にすると、テストモードに入る可能性があります。テストモードに入るとAK8996は、正常に動作しません。テストモードから抜けるためには、STBYN端子でリセットするか、または電源電圧を一度落として下さい。

電源立上時間200μs以下を守れない場合、以下の図のようにSTBYN端子に抵抗(R)と容量(C)を接続して下さい。電源立上時、確実にAK8996デジタル回路にリセットがかかるように、電源電圧がVDDに到達時、STBYN端子の電圧が0.3*VDD以下となるように抵抗値(R)と容量値(C)を決めて下さい。

以下の式から抵抗値(R)と容量値(C)を計算することが出来ます。

$$V_{stbyn} = VDD * [1 - \exp(-t/R * C)]$$

V_{stbyn} : STBYN端子電圧
 t : V_{stbyn} 電圧に到達する時間



10) 圧力検出回路ヒステリシス電圧設定時の注意事項

圧力検出回路ヒステリシス電圧設定時、以下の点にご注意下さい。

同ヒステリシス電圧は、通常、圧力検出閾値を基準としてマイナスとして使用します。しかし、同ヒステリシス電圧の設定を小さくした場合(例えば0.0025*VDD)、圧力検出閾値を基準としてヒステリシス電圧はプラスとなってしまうことがあります。そうした場合、正常に動作しません。

上記問題を回避するために圧力検出回路ヒステリシス電圧を使用される場合、必ず調整工程にて調整して頂き、使用して下さい。また、ヒステリシス電圧は電源電圧に依存して変動しますので、その点にご注意下さい。

以下の表に4種類の電源電圧(2.5V, 3.0V, 3.3V, 5V)時の同ヒステリシス電圧を記載します。尚、以下の表でヒステリシス電圧が反転する可能性が高いところは赤色網掛、可能性が低いところは水色網掛にしました。以下の表はあくまでも参考です。保証しているわけではありませんので、その点にご理解下さい。

Address : 11 hex D[2:0]=EHYS[2:0]

EHYS[2:0]			VDD基準	ヒステリシス電圧				units
Dec	Hex	Bin		VDD:2.5V	VDD:3V	VDD:3.3V	VDD:5V	
0	0	000	0.0200*VDD	-50.00	-60.00	-66.00	-100.0	mV
1	1	001	0.0175*VDD	-43.75	-52.50	-57.75	-87.5	mV
2	2	010	0.0150*VDD	-37.50	-45.00	-49.50	-75.0	mV
3	3	011	0.0125*VDD	-31.25	-37.50	-41.25	-62.5	mV
4	4	100	0.0100*VDD	-25.00	-30.00	-33.00	-50.0	mV
5	5	101	0.0075*VDD	-18.75	-22.50	-24.75	-37.5	mV
6	6	110	0.0050*VDD	-12.50	-15.00	-16.50	-25.0	mV
7	7	111	0.0025*VDD	-6.25	-7.50	-8.25	-12.5	mV

11) VOUT出力特性について

AK8996出力(VOUT端子)は、AK8996の回路構成に依存し、以下に説明する4種類の出力波形をもつことが判明しています。以下に説明するような出力波形となることを考慮した上で、ご使用をお願いします。

No	項目	内容
1	説明	感度温度変動特性 ST動作: 加圧時のVOUT出力は、温度変化に伴いSTV回路(ST動作)の調整ステップ幅で、以下の拡大図のように、ノコギリ状の波形となります。
	出力波形	<p>The graph plots VOUT(V) on the vertical axis against 温度(°C) on the horizontal axis. The temperature range is from -40°C to 105°C. A horizontal dashed line represents the '加圧時目標電圧' (target output voltage during pressurization). The actual output is a sawtooth wave that oscillates around this target voltage. A red dashed circle highlights a peak of the sawtooth, and a red dashed oval encloses the entire sawtooth pattern. A label 'ST回路調整ステップ幅' (ST circuit adjustment step width) points to the vertical height of the sawtooth teeth.</p>
2	説明	感度電源電圧変動特性 SV動作: 加圧時のVOUT出力は、電源電圧の変化に伴いSTV回路(SV動作)の調整ステップ幅で、以下の拡大図のように、階段状の波形となります。
	出力波形	<p>The graph plots VOUT(V) on the vertical axis against 電源(V) on the horizontal axis. The power supply voltage range is from 4.5V to 5.5V. A horizontal dashed line represents the '加圧時目標電圧' (target output voltage during pressurization). The actual output is a staircase wave that increases in discrete steps as the power supply voltage increases. A red dashed circle highlights one of the steps, and a red dashed oval encloses the entire staircase pattern. A label 'SV回路調整ステップ幅' (SV circuit adjustment step width) points to the vertical height of one step.</p>

No	項目	内容
3	説明	VOUT出力の時間変化1: VOUT出力は、帯域制限を行わないと実線のようにサンプリング周期毎にStep変動を示します。本現象は1サンプリング周波数毎に発生する変化であるため、帯域制限を行うことで影響を低減することができます。
	出力波形	<p>The graph shows the output voltage VOUT(V) over time in milliseconds. It illustrates a step function where the voltage changes at regular intervals. The period of one step is labeled as 1周期 (Fs). The title of the graph is ST,SVの1step.</p>
4	説明	VOUT出力の時間変化2: 帯域制限された時間よりも遅い時間で温度変動が生じた場合、STV回路が温度変動に連動し、温度変動がVOUT出力の変化としてそのまま見えることがあります。例えば、ご使用の恒温槽の温度が非常に遅い周期で変動した場合などが上げられます。
	出力波形	<p>The graph shows the output voltage VOUT(V) over time in minutes. It illustrates a step function where the voltage changes at regular intervals. The period of one step is labeled as STの1step. A red curve labeled '温度' (Temperature) shows a long-period fluctuation, labeled as 長周期の温度変動. The title of the graph is STの1step.</p>

シリアルインターフェイス説明

本LSIは、SCLK、SDI/O、CSによる3線式の同期式シリアルインターフェイスからEEPROM、及び制御レジスタ(揮発性メモリ)へのデータの書込、読出を行います。シリアルインターフェイス回路は入力待ち状態において、CSのHighを検出し、SCLKの立上に同期してSDI/Oよりデータを取込、SCLKの立上に同期してSDI/Oよりデータを出します。入力データは3ビットのインストラクション(I2~I0)、5ビットのアドレス(A4~A0)、8ビットのデータ(D7~D0)により構成されています。データは、I2→I0→A4→A0→D7→D0の順に入力します。

WRITE命令の場合、EEPROMの場合5msec以上、制御レジスタの場合300nsec以上の書込時間(電気的特性 6) デジタルAC特性 T_{wr}参照)が必要です。READ命令の場合、SCLKの8CLKまで書込(この時のデータは無視されますので任意の値でかまいません)、9CLKの立上エッジから出力されるデータを読出します。

1) データ構成

シリアルインターフェイス介して書込(読出)データの構成を以下の図に示します。具体的にはインストラクション(3bit)、アドレス(5bit)、データ(8bit)の計16bitで構成されています。

インストラクション			アドレス					データ							
I2	I1	I0	A4	A3	A2	A1	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

←データ入力方向

2) インストラクション説明

インストラクションコード(命令)の説明を以下の表にまとめます。

インストラクション 注1)			命令	説明
I2	I1	I0		
1	1	0	EEPROM読出 (Read Mode)	EEPROMに書込まれているデータを読出します。
1	0	1	EEPROM書込 (Write Mode)	EEPROMにデータを書込みます。書込時間(SCLKの16番目の立上りからCSの立下り迄)は5msec以上必要です。
			EEPROM 一括書込 (Write Mode)	アドレスを19hとして書込と、入力データが全てのアドレスに書込まれます。書込時間(SCLKの16番目の立上りからCSの立下り迄)は10msec以上必要です。
0	1	0	制御レジスタ読出 (Read Mode)	制御レジスタに書込まれているデータを読出します。
0	0	1	制御レジスタ書込 (Write Mode)	制御レジスタにデータを書込みます。書込時間(SCLKの16番目の立上りからCSの立下り迄)は300nsec以上必要です。

Note) 上記インストラクション以外のアクセス禁止

3) レジスタマップ

3.1) EEPROMレジスタマップ

名称	内容	アドレス (hex)	データ note1)							
			D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
OCR	オフセット電圧ラフ調整	00h					EOC[10]	EOC[9]	EOC[8]	EOC[7]
							0	0	0	0
OCF	オフセット電圧ファイン調整	01h		EOC[6]	EOC[5]	EOC[4]	EOC[3]	EOC[2]	EOC[1]	EOC[0]
				0	0	0	0	0	0	0
SCS	出力スパン電圧調整	02h								ESC[8]
										0
SC	出力スパン電圧調整	03h	ESC[7]	ESC[6]	ESC[5]	ESC[4]	ESC[3]	ESC[2]	ESC[1]	ESC[0]
			0	0	0	0	0	0	0	0
OT2	オフセット電圧温度特性調整(2次係数)	04h	EOT2[7]	EOT2[6]	EOT2[5]	EOT2[4]	EOT2[3]	EOT2[2]	EOT2[1]	EOT2[0]
			0	0	0	0	0	0	0	0
OT1S	オフセット電圧温度特性調整(1次係数)	05h							EOT1[9]	EOT1[8]
									0	0
OT1	オフセット電圧温度特性調整(1次係数)	06h	EOT1[7]	EOT1[6]	EOT1[5]	EOT1[4]	EOT1[3]	EOT1[2]	EOT1[1]	EOT1[0]
			0	0	0	0	0	0	0	0
ST2P	感度温度特性調整(2次係数+)	07h	EST2P[7]	EST2P[6]	EST2P[5]	EST2P[4]	EST2P[3]	EST2P[2]	EST2P[1]	EST2P[0]
			0	0	0	0	0	0	0	0
ST2N	感度温度特性調整(2次係数-)	08h	EST2N[7]	EST2N[6]	EST2N[5]	EST2N[4]	EST2N[3]	EST2N[2]	EST2N[1]	EST2N[0]
			0	0	0	0	0	0	0	0
ST1PS	感度温度特性調整(1次係数+)	09h							EST1P[9]	EST1P[8]
									0	0
ST1P	感度温度特性調整(1次係数+)	0Ah	EST1P[7]	EST1P[6]	EST1P[5]	EST1P[4]	EST1P[3]	EST1P[2]	EST1P[1]	EST1P[0]
			0	0	0	0	0	0	0	0
ST1NS	感度温度特性調整(1次係数-)	0Bh							EST1N[9]	EST1N[8]
									0	0
ST1N	感度温度特性調整(1次係数-)	0Ch	EST1N[7]	EST1N[6]	EST1N[5]	EST1N[4]	EST1N[3]	EST1N[2]	EST1N[1]	EST1N[0]
			0	0	0	0	0	0	0	0
ING	入力ゲイン調整	0Dh					EIG[3]	EIG[2]	EIG[1]	EIG[0]
							0	0	0	0
BUFG	BUFゲイン調整	0Eh						EOG[2]	EOG[1]	EOG[0]
								0	0	0
AS	圧力検出Disable時間調整	0Fh						EAS[2]	EAS[1]	EAS[0]
								0	0	0
PTH	圧力検出回路閾値	10h					EPT[3]	EPT[2]	EPT[1]	EPT[0]
							0	0	0	0
HYS	圧力検出用コンパレータヒステリシス電圧調整	11h						EHYS[2]	EHYS[1]	EHYS[0]
								0	0	0
VREF ※	VREF電圧調整	12h						EVR[2]	EVR[1]	EVR[0]
								0	0	0
IREF ※	IREF電流調整	13h					EIR[3]	EIR[2]	EIR[1]	EIR[0]
							0	0	0	0
OSC ※	OSC周波数調整	14h					EFR[3]	EFR[2]	EFR[1]	EFR[0]
							0	0	0	0
VTMP ※	VTMP調整	15h			ETM[5]	ETM[4]	ETM[3]	ETM[2]	ETM[1]	ETM[0]
					0	0	0	0	0	0
UE	顧客データ書込用	16h	EUE[7]	EUE[6]	EUE[5]	EUE[4]	EUE[3]	EUE[2]	EUE[1]	EUE[0]
			0	0	0	0	0	0	0	0
MM	測定モード	17h			EAC[1]	EAC[0]	EVD[0]	ESF[1]	ESF[0]	EBU[0]
					0	0	0	0	0	0

INT	圧力検出・自己診断モード	18h			EOUT[0]	EINT1[1]	EINT1[0]	EINT2[0]	EINT3[1]	EINT3[0]
					0	0	0	0	0	0
AW	EEPROM一括書込モード	19h	EAW[7]	EAW[6]	EAW[5]	EAW[4]	EAW[3]	EAW[2]	EAW[1]	EAW[0]
			-	-	-	-	-	-	-	-
	Reserved	1Ah								
LVR	出力基準電圧ラフ調整 (レベルシフトラフ)	1Bh				ELV[10]	ELV[9]	ELV[8]	ELV[7]	ELV[6]
						0	0	0	0	0
LVF	出力基準電圧ファイン調整 (レベルシフトファイン)	1Ch			ELV[5]	ELV[4]	ELV[3]	ELV[2]	ELV[1]	ELV[0]
					0	0	0	0	0	0
PJLV2	圧力判定閾値調整2	1Dh							EPJLV[9]	EPJLV[8]
									0	0
PJLV1	圧力判定閾値調整1	1Eh	EPJLV[7]	EPJLV[6]	EPJLV[5]	EPJLV[4]	EPJLV[3]	EPJLV[2]	EPJLV[1]	EPJLV[0]
			0	0	0	0	0	0	0	0
	Reserved	1Fh								

note1) データ下段には出荷時、EEPROMに書かれているデータを示しています。

note2) 上記アドレス以外のアクセスは禁止です。

note3) 使用されていないD[7:0]には"0"を書いて下さい。

note4) PKG供給時、※印レジスタは調整後、出荷します。よって、PKG供給時、初期値は"0"になっていません。

3.2) 制御レジスタ(揮発性メモリ)マップ

名称	内容	アドレス (hex)	データ note1)							
			D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CM1	調整モード1	00h		AC[1]	AC[0]	AM[3]	AM[2]	AM[1]	AM[0]	AEPEN[0]
				0	0	0	0	0	0	0
CM2	調整モード2	01h			INSW[1]	INSW[0]	OTSW[0]	STSW[0]	2ND[1]	2ND[0]
					0	0	0	0	0	0
	Reserved	02h – 1Fh								

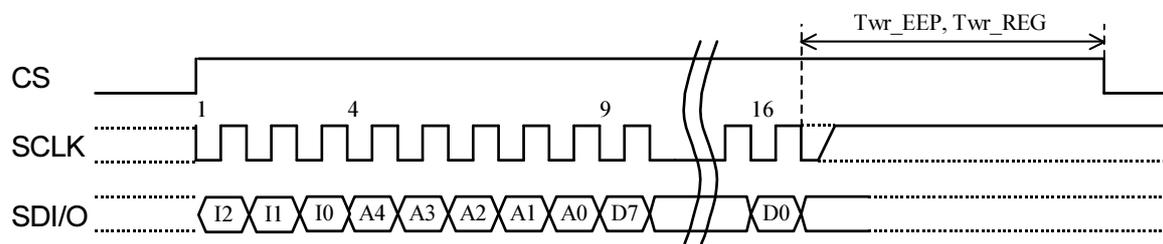
note1) データ下段には、電源投入及びSTBYN "L"の際の制御レジスタのデータを示しています。

note2) 上記アドレス以外のアクセスは禁止です。

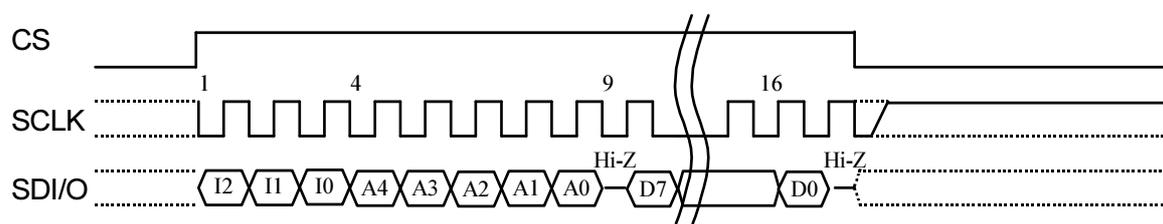
note3) 使用されていないD[7:0]には"0"を書いて下さい。

4) シリアルインターフェイスタイミング

[WRITE Mode]



[READ Mode]



5) レジスタ説明

5.1) EEPROMレジスタ説明

5.1.1) 調整部レジスタ

オフセット及びスパン調整は、モード設定及びVREF, IREF, OSC, VTMP等基準値発生部調整後に行ってください。

*******注意事項*******

また、調整時、EEPROM制御モードは、EEPROM常時動作モード(制御レジスタAddress 01 hex AEPEN[0]:1)に設定して下さい。

a) オフセット電圧調整(レジスタ名称:OCR, OCF)

オフセット電圧は、ラフ調整を行った後、ファイン調整を行ってください。
調整レジスタの内容は下記の通りとなります。

a-1) オフセット電圧ラフ調整(OCR)

オフセット電圧を粗調整します。

オフセット調整電圧は、電源電圧にトラッキングして変動します。また、比率は、VOUT出力4000mV (@VDD:5V)を100%とした場合(比率=(オフセット電圧@VDD:5V)/4000[mV]*100[%])です。

Address : 00 hex D[3:0]=ECO[10:7]

EOC[9: 7]			比率 (%)	VDD:3V		VDD:5V		Comments
Dec	Hex	Bin		EOC [10]=0 (mV)	EOC [10]=1 (mV)	EOC [10]=0 (mV)	EOC [10]=1 (mV)	
0	0	000	0.00	0	0	0	0	初期値
1	1	001	7.50	150	-150	300	-300	
2	2	010	15.00	300	-300	600	-600	
3	3	011	22.50	450	-450	900	-900	
4	4	100	30.00	600	-600	1200	-1200	
5	5	101	37.50	750	-750	1500	-1500	
6	6	110	45.00	900	-900	1800	-1800	
7	7	111	52.50	1050	-1050	2100	-2100	

a-2) オフセット電圧ファイン調整(OCF)

オフセット電圧を微調整します。

オフセット調整電圧は、電源電圧にトラッキングして変動します。また、比率は、VOUT出力4000mV (@VDD:5V)を100%とした場合(比率=(オフセット電圧@VDD:5V)/4000[mV]*100[])です。

Address : 01 hex D[6:0]=ECO[6:0]

EOC[5:0]			比率 (%)	VDD:3V		VDD:5V		Comments
Dec	Hex	Bin		EOC [6]=0 (mV)	EOC [6]=1 (mV)	EOC [6]=0 (mV)	EOC [6]=1 (mV)	
0	00	000000	0.0000	0	0	0	0	初期値
1	01	000001	0.1250	2.5	-2.5	5	-5	
:	:	:		:	:	:	:	
10	0A	001010	1.2500	25.0	-25.0	50	-50	
11	0B	001001	1.3750	27.5	-27.5	55	-55	
:	:	:		:	:	:	:	
20	14	010100	2.5000	50.0	-50.0	100	-100	
21	15	010101	2.6250	52.5	-52.5	105	-105	
:	:	:		:	:	:	:	
30	1E	011110	3.7500	75.0	-75.0	150	-150	
31	1F	011111	3.8750	77.5	-77.5	155	-155	
:	:	:		:	:	:	:	
40	28	101000	5.0000	100.0	-100.0	200	-200	
41	29	101001	5.1250	102.5	-102.5	205	-205	
:	:	:		:	:	:	:	
50	32	110010	6.2500	125.0	-125.0	250	-250	
51	33	110011	6.3750	127.5	-127.5	255	-255	
:	:	:		:	:	:	:	
62	3E	111110	7.7500	155.0	-155.0	310	-310	
63	3F	111111	7.8750	157.5	-157.5	315	-315	

b) 出力スパン電圧調整(レジスタ名称:SCS, SC)

スパン電圧を調整します。

表中の倍率は、VOUT出力4000mV(@VDD:5V)を1(倍)=100[%]/100[%]とした場合の調整率です。
また、出力及び感度は、ESC[8:0]=0 dec時、基準出力(2V@VDD:3V, 4V@VDD:5V)されている前提
で調整される出力電圧を記載しています。

Address : 02 hex - 03 hex D[8:0]=ESC[8:0]

ESC[8:0]			倍率 (倍)	VDD:3V		VDD:5V		Comments
Dec	Hex	Bin		出力 (mV)	感度 (倍)	出力 (mV)	感度 (倍)	
-256	100	100000000	100/164.00	1220	30.488	2439	30.488	
-255	101	100000001	100/163.75	1221	30.534	2443	30.534	
:	:	:	:	:	:	:	:	
-160	160	101100000	100/140.00	1429	35.714	2857	35.714	
-159	161	101100001	100/139.75	1431	35.778	2862	35.778	
:	:	:	:	:	:	:	:	
-41	1D7	111010111	100/110.25	1814	45.351	3628	45.351	
-40	1D8	111011000	100/110.00	1818	45.455	3636	45.455	
:	:	:	:	:	:	:	:	
-2	1FE	111111110	100/100.50	1990	49.751	3980	49.751	
-1	1FF	111111111	100/100.25	1995	49.875	3990	49.875	
0	000	000000000	100/100.00	2000	50.000	4000	50.000	初期値
1	001	000000001	100/99.75	2005	50.125	4010	50.125	
2	002	000000010	100/99.50	2010	50.251	4020	50.251	
:	:	:	:	:	:	:	:	
40	028	000101000	100/90.00	2222	55.556	4444	55.556	
41	029	000101001	100/89.75	2228	55.710	4457	55.710	
:	:	:	:	:	:	:	:	
159	09F	010011111	100/60.25	3320	82.988	6639	82.988	
160	0A0	010100000	100/60.00	3333	83.333	6667	83.333	
:	:	:	:	:	:	:	:	
254	0FE	011111110	100/36.50	5479	136.99	10959	136.99	
255	0FF	011111111	100/36.25	5517	137.93	11034	137.93	

c) オフセット電圧温度特性調整

センサー及びAK8996の持つオフセット電圧の温度2次特性を調整します。

25°Cでオフセット電圧を調整したのちセンサーのオフセット電圧温度特性に対して、その各係数の絶対値が合致するように下記レジスタで調整して下さい。(「調整シーケンス」・「機能説明」1) 調整方法説明参照)

c-1) オフセット電圧温度特性2次係数 調整(レジスタ名称:OT2)

Address : 04 hex D[7:0]=EOT2[7:0]

EOT2[6:0]			比率 (%)	EOT2[7]:0		EOT2[7]:1		Comments
Dec	Hex	Bin		VDD:5V/3V		VDD:5V/3V		
0	00	0000000	100.000	0.00160000 /0.00080000	-0.00160000 /-0.00080000	初期値		
1	01	0000001	99.213	0.0015874 /0.0007937	-0.0015874 /-0.0007937			
.....								
16	10	0010000	87.402	0.00139842 /0.00069921	-0.00139842 /-0.00069921			
.....								
32	20	0100000	74.803	0.00119685 /0.000598425	-0.00119685 /-0.000598425			
.....								
64	40	1000000	49.606	0.0007937 /0.00039685	-0.0007937 /-0.00039685			
.....								
126	3E	1111110	0.7874	0.0000126 /0.000006299	-0.0000126 /-0.000006299			
127	3F	1111111	0.0	0.0	0.0			

c-2) オフセット電圧温度特性1次係数 調整(レジスタ名称:OT1S, OT1)

Address : 05 hex - 06 hex D[9:0]=EOT1[9:0]

EOT1[8:0]			比率 (%)	EOT1[9]:0		EOT1[9]:1		Comments
Dec	Hex	Bin		VDD:5V/3V		VDD:5V/3V		
0	000	000000000	100.000	0.6000 /0.3000	-0.6000 /-0.3000	初期値		
1	001	000000001	99.804	0.5988 /0.2994	-0.5988 /-0.2994			
.....								
64	030	001000000	87.4755	0.5249 /0.2624	-0.5249 /-0.2624			
.....								
128	040	010000000	74.9511	0.4497 /0.2249	-0.4497 /-0.2249			
.....								
256	100	100000000	49.9022	0.2994 /0.1497	-0.2994 /-0.1497			
.....								
510	15E	111111110	0.1957	0.001174 /0.0005871	-0.001174 /-0.0005871			
511	15F	111111111	0.0	0.0	0.0			

d) 感度温度特性調整(レジスタ名称:ST2P, ST2N, ST1PS, ST1P, ST1NS, ST1N)

センサー及びAK8996の持つ感度温度2次特性を調整します。

25°Cでスパン電圧を調整したのちセンサーの感度温度特性に対して、その各係数の絶対値が合致するように下記レジスタで調整して下さい。(「調整シーケンス」・「機能説明」1) 調整方法説明 参照)

d-1) 感度温度特性2次係数 調整(レジスタ名称:ST2P, ST2N)

Address : 07 hex D[7:0]=EST2P[7:0], 08 hex D[7:0]=EST2N[7:0]

EST2P/N2[6:0]			比率 (%)	EST2P/N[7]:0	EST2P/N[7]:1	Comments
Dec	Hex	Bin		VDD:5V/3V	VDD:5V/3V	
0	00	0000000	100.000	0.00160000 /0.00080000	-0.00160000 /-0.00080000	初期値
1	01	0000001	99.213	0.0015874 /0.0007937	-0.0015874 /-0.0007937	
.....						
16	10	0010000	87.402	0.00139842 /0.00069921	-0.00139842 /-0.00069921	
.....						
32	20	0100000	74.803	0.00119685 /0.000598425	-0.00119685 /-0.000598425	
.....						
64	40	1000000	49.606	0.0007937 /0.00039685	-0.0007937 /-0.00039685	
.....						
126	3E	1111110	0.7874	0.0000126 /0.000006299	-0.0000126 /-0.000006299	
127	3F	1111111	0.0	0.0	0.0	

d-2) 感度温度特性1次係数 調整(レジスタ名称:ST1PS, ST1P, ST1NS, ST1N)

Address : 09 hex – 0A hex D[9:0]=EST1P[9:0], 0B hex – 0C hex D[9:0]=EST1N[9:0]

EST1P/N1[8:0]			比率 (%)	EST1P/N[9]:0	EST1P/N[9]:1	Comments
Dec	Hex	Bin		VDD:5V/3V	VDD:5V/3V	
0	000	000000000	100.000	0.32 /0.30	-0.32 /-0.30	初期値
1	001	000000001	99.804	0.3194 /0.2994	-0.3194 /-0.2994	
.....						
64	030	001000000	87.4755	0.2799 /0.2624	-0.2799 /-0.2624	
.....						
128	040	010000000	74.9511	0.2398 /0.2249	-0.2398 /-0.2249	
.....						
256	100	100000000	49.9022	0.1597 /0.1497	-0.1597 /-0.1497	
.....						
510	15E	111111110	0.1957	0.0006262 /0.0005871	-0.0006262 /-0.0005871	
511	15F	111111111	0.0	0.0	0.0	

e) 入力ゲイン(G1/2)調整(レジスタ名称:ING)

Total Gainを設定するためのレジスタです。

接続される圧力センサーのFS電圧に応じて調整します。

内部Gain Amp.2出力電圧が400mV(@VDD:5.0V)以下になるよう調整して下さい。

Address : 0D hex D[3:0]=EIG[3: 0]

Dec	Hex	EIG[2:0] Bin	G1 Gain (倍)	Total Gain (倍)		Comments
				EIG[3]=0	EIG[3]=1	
0	0	000	2	20	40	初期値
1	1	001	3	30	60	
2	2	010	4	40	80	
3	3	011	5	50	100	
4	4	100	6	60	120	
5	5	101	7	70	140	
6	6	110	8	80	160	
7	7	111	9	90	180	

f) BUFゲイン調整(レジスタ名称:BUFG)

Buffer回路の利得を設定します。

VOUT電圧がレベルシフト電圧決定後、検出最大出力がVop(レベルシフト電圧が上限または下限)またはVpp(レベルシフト電圧中心で±出力)で4000mV(@VDD:5.0V)となるように、EOG[2:0]で利得調整を行って下さい。

Address : 0E hex D[2:0]=EOG[2:0]

EOG[2: 0]			比率 (%)	BUFFゲイン (倍)	Total (倍)	Comments
Dec	Hex	Bin				
0	0	000	100	2.0	25.00	初期値
1	1	001	125	2.5	31.25	
2	2	010	150	3.0	37.50	
3	3	011	175	3.5	43.75	
4	4	100	200	4.0	50.00	

note1) 5dec~7dec使用不可

g) 圧力検出回路Disable時間(レジスタ名称:AS)

圧力検出回路Disable時間を設定します。

電源投入時及びスタンバイ解除(STBYN端子“L” to “H”)時、圧力検出回路が正確に圧力を検出するためには、VOUT端子出力基準電圧が安定するまで待つ必要があります。(機能説明 3) 電源立上時及びスタンバイ解除(STBYN端子“L” to “H”)時、圧力検出&判定回路動作について 参照)

g-1) 圧力検出有効 (EINT1[1:0]=1h)

Address : 0F hex D[2:0]=EAS[2:0]

EAS[2: 0]			圧力検出回路Disable時間(msec)				Comments
Dec	Hex	Bin	fs:100Hz	fs:1kHz	fs:2kHz	fs:10kHz	
0	0	000	10	1.0	0.5	0.1	初期値
1	1	001	10	1.0	0.5	0.2	
2	2	010	20	2.0	1.0	0.4	
3	3	011	60	6.0	3.0	0.8	
4	4	100	140	14.0	7.0	1.6	
5	5	101	300	30.0	15.0	3.1	
6	6	110	620	62.0	31.0	6.3	
7	7	111	1260	126.0	63.0	12.5	

g-2) 圧力検出+自己診断有効 (EINT1[1:0]=3h)

Address : 0F hex D[2:0]=EAS[2:0]

EAS[2: 0]			圧力検出回路Disable時間(msec)				Comments
Dec	Hex	Bin	fs:100Hz	fs:1kHz	fs:2kHz	fs:10kHz	
0	0	000	10.2	1.2	0.7	0.3	初期値
1	1	001	10.2	1.2	0.7	0.3	
2	2	010	40.2	4.2	2.2	0.6	
3	3	011	80.2	8.2	4.2	1.0	
4	4	100	160.2	16.2	8.2	1.8	
5	5	101	320.2	32.2	16.2	3.3	
6	6	110	640.2	64.2	32.2	6.5	
7	7	111	1280.2	128.2	64.2	12.7	

h) 圧力検出回路閾値(レジスタ名称:PTH)

圧力検出回路の検出閾値を設定します。

検出閾値電圧は、電源電圧にトラッキングして変動します。また、+側コンパレータ、-側コンパレータの閾値は、別々に設定することは出来ません。

Address : 10 hex D[3:0]=EPT[3:0]

EPT[3:0]			検出閾値 (V)			Comments
Dec	Hex	Bin	検出閾値	ex. VDD:5V		
				+側	-側	
-8	8	1000	0.50*VDD	2.50	2.50	
-7	9	1001	0.53*VDD	2.65	2.35	
-6	A	1010	0.56*VDD	2.80	2.20	
-5	B	1011	0.59*VDD	2.95	2.05	
-4	C	1100	0.62*VDD	3.10	1.90	
-3	D	1101	0.65*VDD	3.25	1.85	
-2	E	1110	0.68*VDD	3.40	1.60	
-1	F	1111	0.71*VDD	3.55	1.45	
0	0	0000	0.74*VDD	3.70	1.30	初期値
1	1	0001	0.77*VDD	3.85	1.15	
2	2	0010	0.80*VDD	4.00	1.00	
3	3	0011	0.83*VDD	4.15	0.85	
4	4	0100	0.86*VDD	4.30	0.70	
5	5	0101	0.89*VDD	4.45	0.55	
6	6	0110	0.92*VDD	4.60	0.40	note)
7	7	0111	0.95*VDD	4.75	0.25	note)

note) EVD[0]:1時 (VDD:2.2~3.6V)、EPT[3:0]:6h, 7hの設定は禁止

i) 圧力検出用コンパレータヒステリシス電圧調整(レジスタ名称:HYS)

圧力検出回路用コンパレータのヒステリシス電圧を設定します。

ヒステリシス電圧は、電源電圧にトラッキングして変動します。また、+側コンパレータ、-側コンパレータのヒステリシス電圧は、別々に設定することは出来ません。

Address : 11 hex D[2:0]=EHYS[2:0]

EHYS[2:0]			ヒステリシス電圧 (mV)		Comments
Dec	Hex	Bin	ヒステリシス電圧	ex. VDD:5V	
0	0	000	0.0200*VDD	-100.0	初期値
1	1	001	0.0175*VDD	-87.5	
2	2	010	0.0150*VDD	-75.0	
3	3	011	0.0125*VDD	-62.5	
4	4	100	0.0100*VDD	-50.0	
5	5	101	0.0075*VDD	-37.5	
6	6	110	0.0050*VDD	-25.0	
7	7	111	0.0025*VDD	-12.5	

note) 機能説明等 10) 圧力検出回路ヒステリシス電圧設定時の注意事項 参照

5.1.2) 基準電圧発生部レジスタ

j) VREF電圧調整(レジスタ名称:VREF)

AK8996基準電圧を調整するためのレジスタです。1000mVとなるように調整します(外付部品推奨接続例参照)。

以下の表で $\Delta VREF3/5$ は、レジスタ設定によって変化する値を示しています。 $\Delta VS3/5$ はそれぞれ $\Delta VREF3/5$ に2及び4を掛けた値です。また、比率は、1000mV(VREF理想値)を100%とした場合(比率= $\Delta VREF / 1000[mV] * 100[\%]$)です。

Address : 12 hex D[2:0]=EVR[2:0]

EVR[2:0]			比率 (%)	VDD:3V, 3.3Vモード		VDD:5V		Comments
Dec	Hex	Bin		$\Delta VREF3$ (mV)	$\Delta VS3$ (mV)	$\Delta VREF5$ (mV)	$\Delta VS5$ (mV)	
-4	4	100	96	-40	-80	-40	-160	
-3	5	101	97	-30	-60	-30	-120	
-2	6	110	98	-20	-40	-20	-80	
-1	7	111	99	-10	-20	-10	-40	
0	0	000	100	0	0	0	0	初期値
1	1	001	101	+10	+20	+10	+40	
2	2	010	102	+20	+40	+20	+80	
3	3	011	103	+30	+60	+30	+120	

k) IREF電流調整(レジスタ名称:IREF)

AK8996基準電流を調整するためのレジスタです。20.0 μ Aとなるように調整します(外付部品推奨接続例参照)。

以下の表で $\Delta IREF$ は、レジスタ設定によって変化する値を示しています。 $\Delta VIREF (= \Delta IREF * 47[k\Omega])$ は、調整時外付抵抗(47k Ω)によって変化する電圧です。また、比率は、20.0 μ A(IREF理想値)を100%とした場合(比率= $\Delta IREF / 20[\mu A] * 100[\%]$)です。

Address : 13 hex D[3:0]=EIR[3:0]

EIR[3:0]			比率 (%)	$\Delta IREF$ (μ A)	$\Delta VIREF$ (V)	Comments
Dec	Hex	Bin				
-8	8	1000	83.0	-3.40	-0.220	
-7	9	1001	84.7	-3.05	-0.203	
-6	A	1010	86.6	-2.68	-0.186	
-5	B	1011	88.5	-2.30	-0.168	
-4	C	1100	90.5	-1.89	-0.149	
-3	D	1101	92.7	-1.46	-0.129	
-2	E	1110	95.0	-1.00	-0.107	
-1	F	1111	97.4	-0.52	-0.084	
0	0	0000	100	0	-0.060	初期値
1	1	0001	102.8	+0.55	-0.034	
2	2	0010	105.7	+1.14	-0.006	
3	3	0011	108.8	+1.77	+0.023	
4	4	0100	112.2	+2.45	+0.055	
5	5	0101	115.9	+3.17	+0.089	
6	6	0110	119.8	+3.96	+0.126	
7	7	0111	124.1	+4.81	+0.166	

l) OSC周波数調整(レジスタ名称:OSC)

AK8996動作クロックを調整するためのレジスタです。1024kHzとなるように調整します。
以下の表で周波数 Δf は、レジスタ設定によって変化する値を示しています。また、比率は、1024kHz (OSC理想値)を100%とした場合(比率=周波数 Δf /1024[kHz]*100[%])です。

Address : 14 hex D[3:0]=EFR[3:0]

EFR[3:0]			比率 (%)	周波数 Δf (kHz)	Comments
Dec	Hex	Bin			
-4	C	1100	80	-204.8	
-3	D	1101	85	-153.6	
-2	E	1110	90	-102.4	
-1	F	1111	95	-51.2	
0	0	0000	100	0	初期値
1	1	0001	105	+51.2	
2	2	0010	110	+102.4	
3	3	0011	115	+153.6	
4	4	0100	120	+204.8	

note1) 5 hex~B hex使用不可

m) VTMP電圧調整(レジスタ名称:VTMP)

AK8896に内蔵された温度センサーのオフセットを補正します。VTMP電圧値とVREF電圧の差が0mV
近くになうように調整します(VREFが1005mVであればVTMPも1005mVになるように調整)。
以下の表で $\Delta VTMP$ は、レジスタ設定によって変化する値を示しています。また、比率は、1000mV
(VREF理想値)を100%とした場合(比率= $\Delta VTMP$ /1000[mV]*100[%])です。

Address : 15 hex D[5:0]=ETM[5:0]

ETM[5:0]			比率 (%)	$\Delta VTMP$ (mV)	Comments
Dec	Hex	Bin			
-32	20	100000	-6.4	-64	
.....					
-16	32	110000	-3.2	-32	
.....					
-8	38	111000	-1.6	-16	
.....					
-4	3C	111100	-0.8	-8	
.....					
-1	3F	111111	-0.2	-2	
0	00	000000	0.0	0	初期値
1	01	000001	+0.2	+2	
.....					
4	04	000100	+0.8	+8	
.....					
8	08	001000	+1.6	+16	
.....					
16	10	010000	+3.2	+32	
.....					
31	1F	011111	+6.2	+62	

5.1.3) 顧客使用可能レジスタ

n) 顧客データ書込用(レジスタ名称:UE)

ご自由にお使いできるエリア(EEPROM)です。

Address : 16 hex D[7:0]=EUE[7:0]

名称	内容	アドレス	データ							
			D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
UE	顧客データ書込用	16 hex	EUE7	EUE6	EUE5	EUE4	EUE3	EUE2	EUE1	EUE0
初期値			0	0	0	0	0	0	0	0

5.1.4) モード設定レジスタ

o) 測定モード(レジスタ名称:MM)

AK8996電源電圧及びサンプリング周波数の選択等の測定モードを設定します。

Address : 17 hex D[7:0]= EAC[1:0], EVD[0], ESF[1:0], EBU[0]

D[7:0]	記号	モード設定
D[7:6]		Reserved
D[5:4]	EAC[1:0]	圧力判定回路制御用レジスタ(調整モード1 CM1 D[6:5]優先)
00	NRM1	圧力判定回路機能有効(初期値)
01	APP	圧力判定回路を無効として+圧力判定に固定
10	APN	圧力判定回路を無効として-圧力判定に固定
11		Reserved
D[3]	EVD[0]	使用電源電圧設定レジスタ
0	VD5	使用電源電圧5V時(初期値)
1	VD3	使用電源電圧3V時
D[2:1]	ESF[1:0]	サンプリング周波数設定レジスタ
00	SF0	サンプリング周波数100Hz(初期値)
01	SF1	サンプリング周波数1kHz
10	SF2	サンプリング周波数2kHz
11	SF3	サンプリング周波数10.24kHz
D[0]	EBU[0]	BUFFER部ON/OFFレジスタ
0	BU0	BUFFER部enable(初期値)
1	BU1	BUFFER部disable

p) 圧力検出・自己診断モード(レジスタ名称:INT)

AK8996に内蔵されている圧力検出回路及び自己診断回路を設定する際に使用します。

Address : 18 hex D[5:0]= EOUT[0], EINT1[1:0], EINT2[0], EINT3[1:0]

D[7:0]	記号	モード設定
D[7:6]		Reserved
D[5]	EOUT[0]	DET端子”H”時、VOUT端子出力状態設定レジスタ
0	VOUTE	通常状態(初期値)
1	VOUTD	VOUT端子Hi-Z出力(不定)
D[4:3]	EINT1[1:0]	圧力検出・自己診断設定レジスタ1
00	INTOFF	圧力検出・自己診断停止(初期値)
01	INTPON	圧力検出有効
10	INTSON	自己診断有効
11	INTON	圧力検出・自己診断有効
D[2]	EINT2[0]	圧力検出・自己診断設定レジスタ2
0	INT1OUT	圧力検出機能有効(PTH端子基準値使用)(初期値)
1	INT1IN	圧力検出機能有効(内部レジスタ基準値使用)
D[1:0]	EINT3[1:0]	圧力検出・自己診断設定レジスタ3
00	INT<	一定以上の圧力を検出(初期値)
01	INT>	一定以下の圧力を検出
10	INT><	一定以上・以下の圧力を検出
11	INT<>	一定範囲内の圧力を検出

q) EEPROM一括書込モード(レジスタ名称:AW)

EEPROMレジスタマップの全てのアドレスを同時に初期化、または同一データを書込む際に使用します。尚、同アドレスはEEPROMを持っていません。

Address : 19 hex D[7:0]=EAW[7:0]

名称	内容	アドレス	データ							
			D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
AW	EEPROM一括書込	19 hex	EAW7	EAW6	EAW5	EAW4	EAW3	EAW2	EAW1	EAW0

5.1.5) 出力基準電圧、及び圧力判定閾値設定レジスタ

r) 出力基準電圧調整(レジスタ名称:LVR, LVF)

出力基準電圧は、ラフ調整を行った後、ファイン調整を行って下さい。
調整レジスタの内容は下記の通りとなります。

r-1) 出力基準電圧ラフ調整(LVR)

出力基準電圧を粗調整します。
調整電圧は、電源電圧にトラッキングして変動します。

Address : 1B hex D[4:0]=ELVR[10:6]

ELVR[9: 6]			VO端子		VOUT端子		Comments
Dec	Hex	Bin	ELVR [10]=0 (*VDD)	ELVR [10]=1 (*VDD)	ELVR [10]=0 (*VDD)	ELVR [10]=1 (*VDD)	
0	0	0000	0.000	0.000	0.000*OG note)	0.000*OG	初期値
1	1	0001	-0.026	+0.026	-0.026*OG	+0.026*OG	
2	2	0010	-0.052	+0.052	-0.052*OG	+0.052*OG	
3	3	0011	-0.078	+0.078	-0.078*OG	+0.078*OG	
4	4	0100	-0.104	+0.104	-0.104*OG	+0.104*OG	
5	5	0101	-0.130	+0.130	-0.130*OG	+0.130*OG	
6	6	0110	-0.156	+0.156	-0.156*OG	+0.156*OG	
7	7	0111	-0.182	+0.182	-0.182*OG	+0.182*OG	
8	8	1000	-0.208	+0.208	-0.208*OG	+0.208*OG	
9	9	1001	-0.234	+0.234	-0.234*OG	+0.234*OG	
10	A	1010	-0.260	+0.260	-0.260*OG	+0.260*OG	
11	B	1011	-0.286	+0.286	-0.286*OG	+0.286*OG	
12	C	1100	-0.312	+0.312	-0.312*OG	+0.312*OG	
13	D	1101	-0.338	+0.338	-0.338*OG	+0.338*OG	
14	E	1110	-0.364	+0.364	-0.364*OG	+0.364*OG	
15	F	1111	-0.390	+0.390	-0.390*OG	+0.390*OG	

note) OG: 設定されたBUFゲイン(レジスタ名:BUFG)の値となります。

r-2) 出力基準電圧ファイン調整(LVF)

出力基準電圧を微調整します。
調整電圧は、電源電圧にトラッキングして変動します。

Address : 1C hex D[5:0]=ELVF[5:0]

ELVF[5:0]			VO端子		VOUT端子		Comments
Dec	Hex	Bin	ELVR [10]=0 (*VDD)	ELVR [10]=1 (*VDD)	ELVR [10]=0 (*VDD)	ELVR [10]=1 (*VDD)	
0	00	000000	0	0	0*OG	0*OG	初期値
1	01	000001	-0.0005	0.0005	-0.0005*OG	0.0005*OG	
2	02	000010	-0.0010	0.0010	-0.0010*OG	0.0010*OG	
:	:	:	:	:	:	:	
30	1E	011110	-0.0150	0.0150	-0.0150*OG	0.0150*OG	
31	1F	011111	-0.0155	0.0155	-0.0155*OG	0.0155*OG	
32	20	100000	-0.0160	0.0160	-0.0160*OG	0.0160*OG	
:	:	:	:	:	:	:	
61	3D	111101	-0.0305	0.0305	-0.0305*OG	0.0305*OG	
62	3E	111110	-0.0310	0.0310	-0.0310*OG	0.0310*OG	
63	3F	111111	-0.0315	0.0315	-0.0315*OG	0.0315*OG	

note) OG: 設定されたBUFゲイン(レジスタ名:BUFG)の値となります。

s) 圧力判定閾値調整(レジスタ名称:PJLV1, PJLV2)

圧力判定閾値電圧を調整します。
調整閾値は、電源電圧にトラッキングして変動します。

Address : 1D hex D[1:0]=EPJLV[9:8], 1E hex D[7:0]=EPJLV[7:0]

EPJLV[9:0]			DET端子		Comments
Dec	Hex	Bin	VDD:3V (mV)	VDD:5V (mV)	
-450	23E	1000111110	1350	2250	
-450	23F	1000111111	1347	2245	
:	:	:	:	:	
-401	26F	1001101111	1203	2005	
-400	270	1001110000	1200	2000	
-399	271	1001110001	1197	1995	
:	:	:	:	:	
-1	3FF	1111111111	3	5	
0	0	0000000000	0	0	初期値
1	1	0000000001	-3	-5	
:	:	:	:	:	
399	18F	0110001111	-1197	-1995	
400	190	0110010000	-1200	-2000	
401	191	0110010001	-1203	-2005	
:	:	:	:	:	
449	1C1	0111000001	-1347	-2245	
450	1C2	0111000010	-1350	-2250	

5.2) 制御レジスタ(揮発性メモリ)説明

a) 調整モード1(レジスタ名称:CM1)

AK8996基準電圧等の調整、及びAK8996を含めた圧力センサーのオフセット、スパン、オフセット温度特性及び感度温度特性等を調整する際に使用します。

Address : 00 hex D[6:0]=AC[1:0], AM[3:0], AEPEN[0]
(不揮発性EEPROMではなく、揮発性レジスタです。)

D[7:0]	記号	モード設定	詳細内容
D[7]		Reserved	
D[6:5]	AC[1:0]	圧力判定回路制御	圧力判定回路の制御をします。
00	NRM2	通常動作	(初期値)
01	APP	+圧力出力	圧力判定結果を+圧力とします。
10	APN	-圧力出力	圧力判定結果を-圧力とします。
11		Reserved	
D[4:1]	AM[3:0]	IC調整モード	DET端子から調整信号が出力されます。
0000	NRM1	通常動作	(初期値)
0001	AVR	VREF調整	VREF電圧を出力します。
0010	AIR	IREF調整	IREF電流を出力します。
0011	AFR	OSC調整	OSC信号を出力します。
0100	ATO	VTMP調整	VTMP電圧を出力します。 25°CでVREF電圧と一致するように調整して下さい。
0101	ADT+	+判定閾値調整	内部設定+判定閾値を出力します。
0110	ADT-	-判定閾値調整	内部設定-判定閾値を出力します。
0111	AHY+	+ヒステリシス電圧	+判定コンパレータのヒステリシス電圧を出力します。
1000	AHY-	-ヒステリシス電圧	-判定コンパレータのヒステリシス電圧を出力します。
1001	APJ	圧力判定閾値調整	圧力判定閾値を出力します。
1010-1111		Reserved	
D[0]	AEPEN[0]	EEPROM制御モード	EEPROMの動作制御を行います。
0	NRM0	EEPROM間欠動作	EEPROMは通常動作(間欠動作)です。(初期値)
1	AEPD	EEPROM常時動作	EEPROMは常時動作です。

note) IC調整モードを使用してVTMPを出力するように設定する場合は、同時にAEPEN[0]=1として下さい。その他の設定では、自動的に回路が常時ON状態になります。

b) 調整モード2(レジスタ名称:CM2)

AK8996を含めた圧力センサーのオフセット、スパン、オフセット温度特性及び感度温度特性等を調整する際に使用するレジスタです。

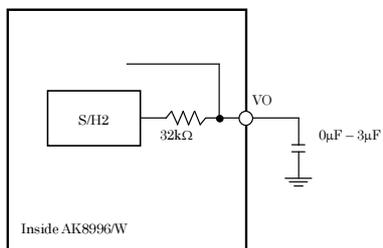
Address : 01 hex D[5:0]=INSW[1:0], OTSW[0], STSW[0], 2ND[1:0]

(不揮発性EEPROMではなく、揮発性レジスタです。)

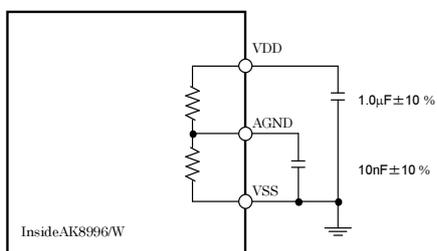
D[7:0]	記号	モード設定	詳細内容
D[7:6]		Reserved	
D[5:4]	INSW[1:0]	入力モード制御	入力モードを制御します。
00	NRM6	通常動作	センサー入力を有効にします。(初期値)
01	AIN0	基準電圧モード	入力をAK8996内部で作った基準電圧にします。
10	AIN80	80mV電圧モード	入力をAK8996内部で作った80mVにします。
11		Reserved	
D[3]	OTSW[0]	温度OFF回路制御	オフセット温特調整回路を制御します。
0	NRM5	有効	温度OFF回路を有効にします。(初期値)
1	ASTOF	無効	温度OFF回路を無効にします。
D[2]	STSW[0]	ST回路制御	ST回路を制御します。
0	NRM4	有効	ST回路を有効にします。(初期値)
1	ASVOF	無効	ST回路を無効にします。
D[1:0]	2ND[1:0]	2次特性測定	
00	NRM3	通常動作	(初期値)
01	A2ND	2次特性出力	2次特性出力します(1次特性off)。
10	A1ST	1次特性出力	1次特性出力します(2次特性off)。
11		Reserved	

外付部品推奨接続例

1) VO端子接続例

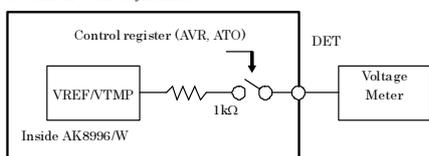


2) 電源・AGND端子接続例

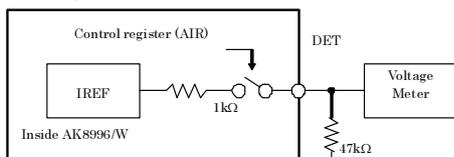


3) DET端子、調整時接続例

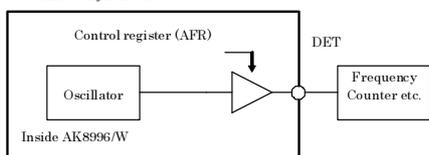
1) VREF & VTMP adjustment



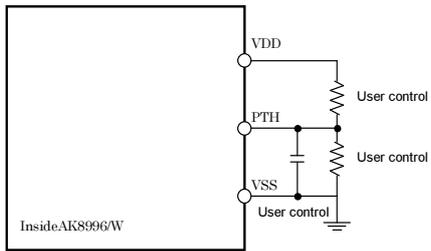
2) IREF adjustment



3) Oscillator adjustment

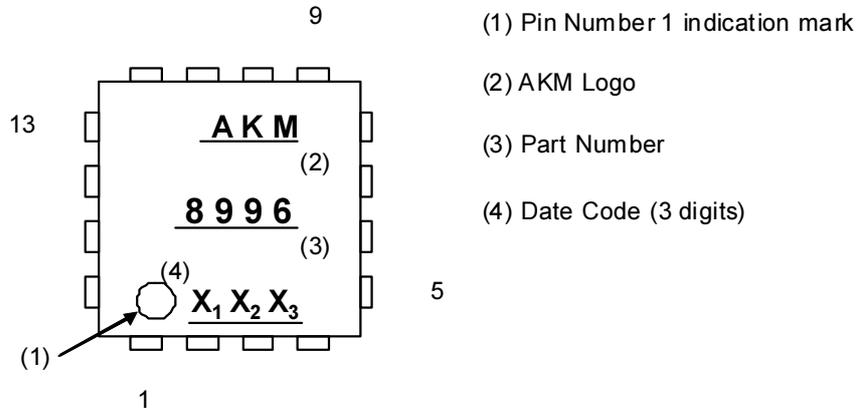


4) PTH端子接続例

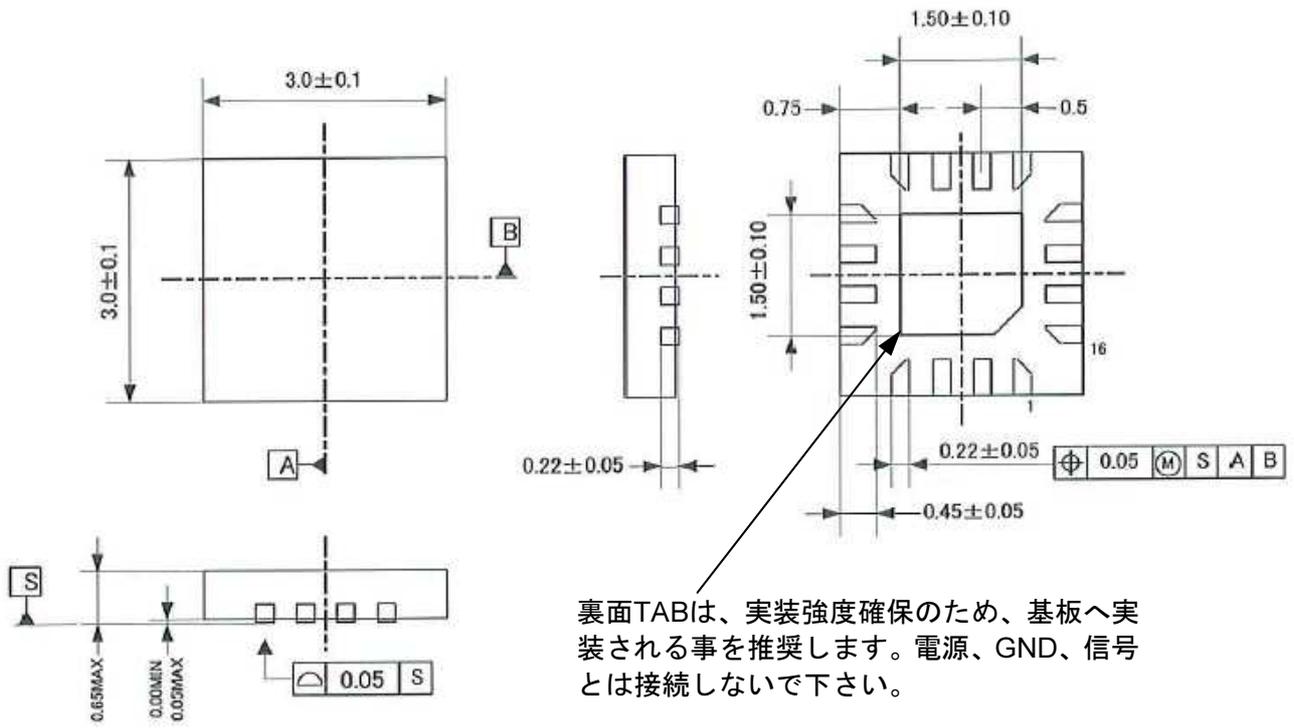


パッケージ情報

1. マーキング



2. 外形寸法図



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。
- 本書に記載された周辺回路、応用回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器設計において本書に記載された周辺回路、応用回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用される場合は、お客様の責任において行ってください。本書に記載された周辺回路、応用回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報の使用に起因してお客様または第三者に生じた損害に対し、弊社はその責任を負うものではありません。また、当該使用に起因する、工業所有権その他の第三者の所有する権利に対する侵害につきましても同様です。
- 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。
- 本書記載製品は、一般的電子機器（コンピュータ、パーソナル機器、OA機器、通信機器、AV機器、計測機器、工作機器、産業用ロボット、家電機器）への用途に使用されることを意図として設計・製造された製品です。
- 本書記載製品は、車載・輸送機器、医療機器、各種安全装置、航空宇宙用機器、原子力制御用機器など、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその装置・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機器に使用されることを意図して設計・製造された製品ではございません。当該用途には、本書記載製品を使用しないでください。また、本書記載製品を上記用途に使用された場合、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。
なお、上記用途でご使用を検討される際は、必ず事前に弊社の書面による同意をお取りください。
- 弊社は、弊社製品の品質及び信頼性向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障や誤動作する場合があります。また、当社製品は対放射線設計を行っておりません。当社製品を使用した機器・システムを設計される場合、いかなる機器・システムにおいても設計される方の責任において、不具合や、故障、誤動作があった場合を想定し、フェールセーフとなるような、安全設計（誤動作防止対策など）を心掛けてください。
- 弊社は、弊社製品を使用し、お客様にて設計された機器・システムの品質や信頼性を保証することは出来ません。お客様の責任にて、十分な性能および品質・信頼性の確認をお願いいたします。
- 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。