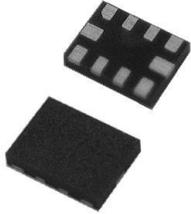


# 12ビット デルタシグマ型 ADC

## MM4013A12, MM4014A12, MM4015A12

## data sheet

### 概要



MM4013A12、MM4014A12、MM4015A12 は、I2C 互換インターフェースを持つ低消費高精度の 12bit $\Delta\Sigma$ ADC です。

MM4015 は入力マルチプレクサにより 4 系統のシングルエンド入力または 2 系統の差動入力を測定できます。

MM4015 と MM4014 は PGA(プログラマブルゲインアンプ)を内蔵し、入力電圧範囲の切り替えが可能であり、各種センサを使用した測定に適しています。すべての AD 変換動作には連続変換モードとシングルショットモードがあります。

### 特徴

- ・ 3 種類の製品をラインナップ : MM4013・MM4014・MM4015
- ・ 12bit 分解能 (ミッシングコードなし)
- ・ 変換期間 1 サイクル内でデータ確定
- ・ データレートを選択可能: 128 SPS ~ 3300 SPS
- ・ マルチプレクサにより 4 系統のシングルエンド入力および 2 系統の差動入力が可能 (MM4015 のみ)
- ・ PGA 搭載により入力電圧範囲の切り替えが可能 (MM4014, MM4015 のみ)
- ・ プログラマブルデジタルコンパレータを搭載 (MM4014, MM4015 のみ)
- ・ 低消費電流: 150  $\mu$ A (連続変換モード時)
- ・ 超小型 SQFN パッケージ: 2.0(W) x 1.5(D) x 0.4(H) mm
- ・ I2C インターフェース対応 : 4 つの異なるスレーブアドレスを選択可能
- ・ 温度範囲 : -40  $^{\circ}$ C ~ +125  $^{\circ}$ C

## 目次

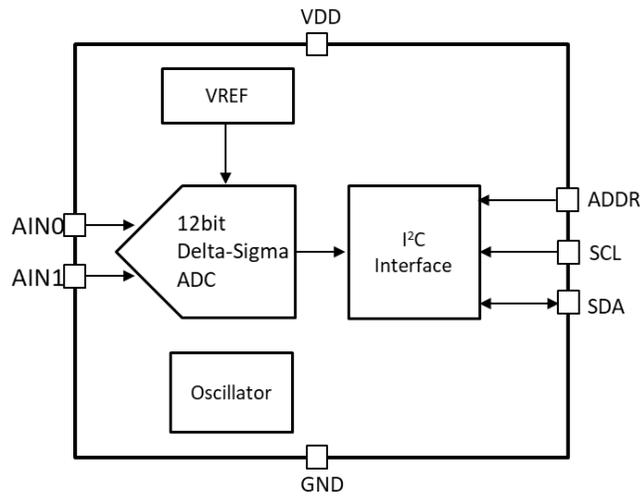
概要.....	1
特徴.....	1
ブロック図.....	4
ピン配置.....	5
端子説明.....	5
絶対最大定格.....	7
推奨動作範囲.....	7
電気的特性.....	8
アナログ入力.....	8
システム性能.....	8
デジタル入力/出力 DC 特性.....	9
電源.....	9
タイミング特性 : I2C.....	10
詳細説明.....	11
概要.....	11
機能説明.....	11
マルチプレクサ.....	11
アナログ入力回路.....	12
フルスケールレンジ(FSR)と LSB サイズ.....	12
出力データレートと変換時間.....	13
デジタルコンパレータ (MM4014, MM4015 のみ).....	13
コンバージョンレディ端子 (MM4014, MM4015 のみ).....	15
デバイス機能モード.....	15
リセットとパワーアップ.....	15
動作モード.....	16
シングルショットモード.....	16
連続変換モード.....	16
I2C インターフェース.....	17
I2C アドレス選択.....	18
I2C ジェネラルコール.....	18
データフォーマット.....	19
レジスタマップ.....	20
ADDRESS POINTER レジスタ (アドレス = 該当なし) [リセット = 該当なし].....	20
CONVERSION レジスタ (P[1:0] = 0H) [リセット = 0000H].....	20
CONFIG レジスタ (P[1:0] = 1H) [リセット = 8583H].....	21
LO_THRESH (P[1:0] = 2H)[リセット = 8000H] AND HI_THRESH (P[1:0] = 3H)[リセット = 7FFFH]レジスタ.....	23
応用回路例.....	24
基本特性.....	25
外形図.....	26
マーク内容.....	27
推奨ランドパターン.....	28
パッケージ実装条件.....	29

---

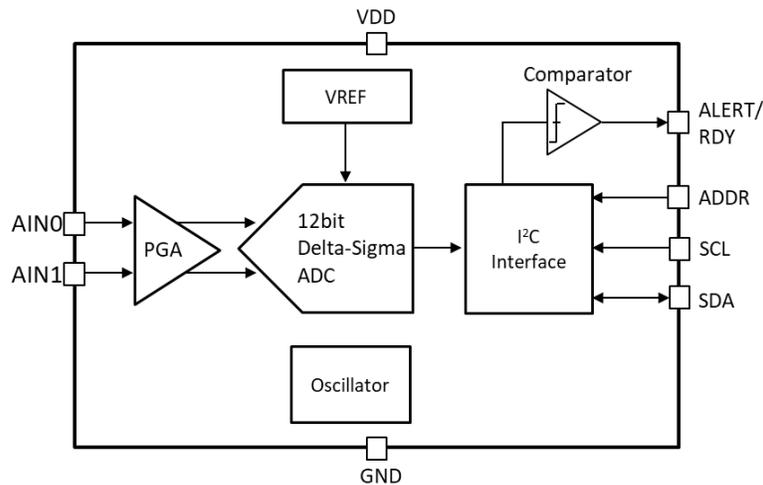
鉛フリー対応推奨温度プロファイル .....	29
保管方法 .....	30
ラインナップ .....	31

## ブロック図

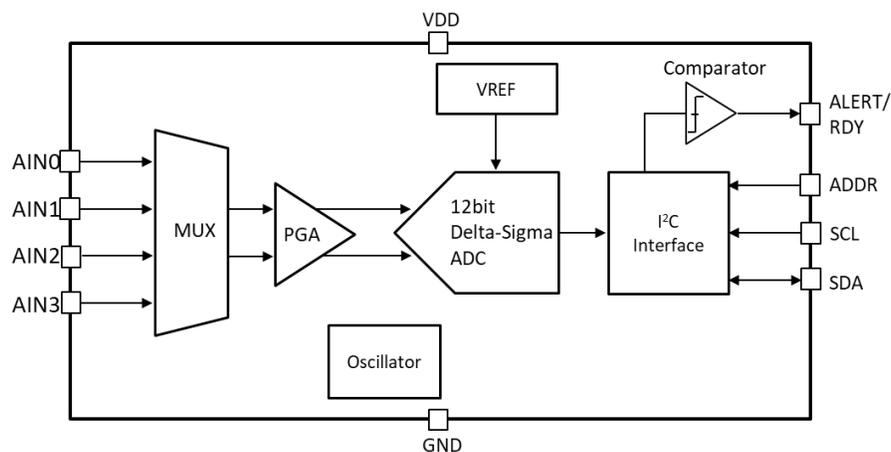
## MM4013



## MM4014

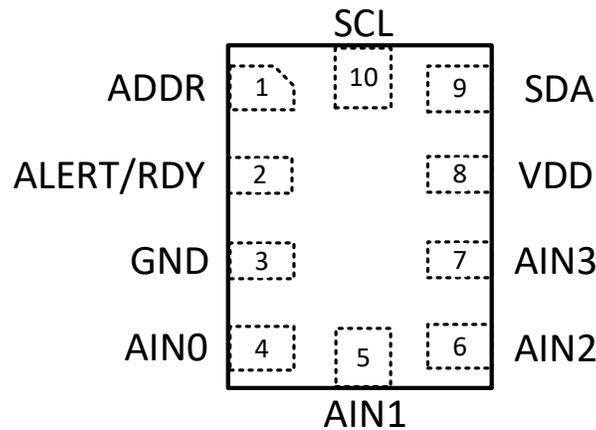


## MM4015



## ピン配置

## MM4015



## 端子説明

番号	ピン名称	タイプ	内部等価回路図	機能
1	ADDR	Input		I2C スレーブアドレス選択入力
2	ALERT/RDY	Output		コンパレータ出力 または 変換準備完了通知 (オープンドレイン出力) ※MM4013 : 未接続

番号	ピン名称	タイプ	内部等価回路図	機能
3	GND	Supply		電圧グラウンド
4	AIN0	Input		アナログ入力 0
5	AIN1			アナログ入力 1
6	AIN2			アナログ入力 2 ※MM4013, MM4014 : 未接続
7	AIN3			アナログ入力 3 ※MM4013, MM4014 : 未接続
8	VDD	Supply		電源
9	SDA	I/O		I2C シリアル通信データ入出力
10	SCL	Input		I2C シリアル通信クロック入力

## 絶対最大定格

特記なき場合

Ta = 25 °C

項目	記号	最小	最大	単位
電源電圧	VDD <sub>abx</sub>	-0.3	7.0	V
アナログ入力端子電圧 (note <sup>1</sup> )	VAIN <sub>abx</sub>	GND - 0.3	VDD + 0.3	V
デジタル端子電圧 (note <sup>2</sup> )	VDIN <sub>abx</sub>	GND - 0.3	5.5	V
連続端子入力電流	Ic <sub>ntabx</sub>	-10	10	mA
動作周囲温度	T <sub>aMAX</sub>	-40	125	°C
ジャンクション温度	T <sub>JMAX</sub>	-40	150	°C
保存温度	T <sub>stg</sub>	-60	150	°C
許容損失(基板実装時)(note <sup>3</sup> )	P <sub>d</sub>	-	270	mW

note<sup>1</sup>: AIN0, AIN1, AIN2, AIN3note<sup>2</sup>: ADDR, ALERT/RDY, SDA, SCLnote<sup>3</sup>: 条件 10 mm x 12 mm, t = 1.6 mm, 片面, 銅箔 10 %

## 推奨動作範囲

特記なき場合

Ta = 25 °C

項目	記号	最小	最大	単位
動作周囲温度	T <sub>op</sub>	-40	125	°C
動作電圧	V <sub>op</sub>	2.0	5.5	V
アナログ入力電圧 (note <sup>1</sup> )	VAIN <sub>x</sub>	GND	VDD	V
フルスケール入力電圧範囲 (note <sup>2</sup> )	FSR	±0.256	±6.144	V
デジタル入力電圧 (note <sup>3</sup> )	VDIN <sub>x</sub>	GND	5.5	V

note<sup>1</sup>: AIN0, AIN1, AIN2, AIN3note<sup>2</sup>: AIN<sub>p</sub>と AIN<sub>N</sub>は選択した正と負の入力を示しますnote<sup>3</sup>: ADDR, ALERT/RDY, SDA, SCL

## 電气的特性

特記なき場合

最小・最大仕様:  $T_a = -40$  to  $125$  °C,  $V_{DD} = 3.3$  V,  $DR = 128$  SPS,  $FSR = \pm 2.048$  V標準値 :  $T_a = 25$  °C,  $V_{DD} = 3.3$  V,  $DR = 128$  SPS,  $FSR = \pm 2.048$  V

項目	記号	条件	最小	標準	最大	単位
<b>アナログ入力</b>						
コモンモード入力インピーダンス	Zcom	FSR = $\pm 6.144$ V	-	>100	-	M $\Omega$
		FSR = $\pm 4.096$ V	-	>100	-	
		FSR = $\pm 2.048$ V	-	>100	-	
		FSR = $\pm 1.024$ V	-	>100	-	
		FSR = $\pm 0.512$ V	-	>100	-	
		FSR = $\pm 0.256$ V	-	>100	-	
差動入力インピーダンス	Zdiff	FSR = $\pm 6.144$ V	-	29	-	M $\Omega$
		FSR = $\pm 4.096$ V	-	22	-	
		FSR = $\pm 2.048$ V	-	15	-	
		FSR = $\pm 1.024$ V	-	10	-	
		FSR = $\pm 0.512$ V	-	6	-	
		FSR = $\pm 0.256$ V	-	3	-	
<b>システム性能</b>						
分解能 (note <sup>1</sup> )	Reso		12	-	-	Bits
データレート	DR		128, 250, 490, 920, 1600, 2400, 3300			SPS
データレート変動	DR_var	全てのデータレート	-10	-	10	%
積分非直線性 (note <sup>2</sup> )	INL	DR = 128 SPS, FSR = $\pm 2.048$ V, $T_a = 25$ °C	0.5	-	0.5	LSB
オフセット誤差	Erof	FSR = $\pm 2.048$ V 差動入力	-0.5	0.0	0.5	LSB
		FSR = $\pm 2.048$ V シングルエンド入力	-	$\pm 0.25$	-	LSB
オフセット誤差温度変動度	$ \Delta E_{rof\_t} $	FSR = $\pm 2.048$ V	-	0.005	-	LSB/°C
長時間オフセット誤差変動度	Erof_ltr	FSR = $\pm 2.048$ V $T_a = 125$ °C, 1000 hours	-	$\pm 1$	-	LSB
チャンネル間オフセット誤差	Erof_ch	任意の 2 つの入力間の一致	-	0.25	-	LSB
ゲイン誤差	Erga	FSR = $\pm 2.048$ V $T_a = 25$ °C	-0.25	0.05	0.25	%
ゲイン誤差温度変動度 $ Erga(-40^\circ\text{C}) - Erga(125^\circ\text{C})  / 165^\circ\text{C}$	$ \Delta E_{rga\_t} $	FSR = $\pm 0.256$ V	-	7	-	ppm/°C
		FSR = $\pm 2.048$ V	-	5	40	
		FSR = $\pm 6.144$ V	-	5	-	

note<sup>1</sup>: 設計保証, テストの対象外ですnote<sup>2</sup>: ベストフィット INL ; フルスケールの 99%をカバー

特記なき場合

最小・最大仕様:  $T_a = -40$  to  $125$  °C,  $V_{DD} = 3.3$  V,  $DR = 128$  SPS,  $FSR = \pm 2.048$  V標準値 :  $T_a = 25$  °C,  $V_{DD} = 3.3$  V,  $DR = 128$  SPS,  $FSR = \pm 2.048$  V

項目	記号	条件	最小	標準	最大	単位
<b>システム性能 (続き)</b>						
長時間ゲイン誤差変動度	Erga_ltr	$FSR = \pm 2.048$ V $T_a = 125$ °C, 1000 hours	-	$\pm 0.05$	-	%
ゲイン相対誤差	Erga_re	任意の 2 つの FSR 間の一致	-	0.02	0.1	%
チャンネル間ゲイン誤差	Erga_ch	任意の 2 つの入力間の一致	-	0.05	0.1	%
<b>デジタル入力/出力 DC 特性</b>						
ハイレベル入力電圧	$V_{IH}$		$0.7V_{DD}$	-	$V_{DD}$	V
ローレベル入力電圧	$V_{IL}$		GND	-	$0.3V_{DD}$	V
ローレベル出力電圧	$V_{OL}$	$I_{OL} = 3$ mA	GND	0.15	0.4	V
入力リーク電流	$I_{ILH}$	$GND < V_{DINx} < V_{DD}$	-10	-	10	$\mu$ A
<b>電源</b>						
電源電流	$I_{dds}$	Power-down	-	0.5	-	$\mu$ A
	$I_{ddo}$	Operating, $T_a = 25$ °C	-	150	200	
		Operating	-	-	300	
消費電力	Pop	$V_{DD} = 5.0$ V	-	0.9	-	mW
		$V_{DD} = 3.3$ V	-	0.5	-	
		$V_{DD} = 2.0$ V	-	0.3	-	

## タイミング特性 : I2C

特記なき場合

Ta = -40 to 125 °C, VDD = 2.0 to 5.5 V

項目	記号	FAST MODE			HIGH-SPEED MODE			単位
		最小	標準	最大	最小	標準	最大	
I2C クロック周波数	F <sub>SCL</sub>	0.01	-	0.4	0.01	-	3.4	MHz
スタートとストップコンディション間のバスフリー時間	T <sub>BUF</sub>	600	-	-	160	-	-	ns
リピーテッドスタートコンディション後のホールド時間	T <sub>HDSTA</sub>	600	-	-	160	-	-	ns
リピーテッドスタートコンディション時のセットアップ時間	T <sub>SUSTA</sub>	600	-	-	160	-	-	ns
ストップコンディションのセットアップ時間	T <sub>SUSTO</sub>	600	-	-	160	-	-	ns
データホールド時間	T <sub>HDDAT</sub>	0	-	-	0	-	-	ns
データセットアップ時間	T <sub>SUDAT</sub>	100	-	-	10	-	-	ns
SCL クロック Low 期間	T <sub>LOW</sub>	1300	-	-	160	-	-	ns
SCL クロック High 期間	T <sub>HIGH</sub>	600	-	-	60	-	-	ns
SDA と SCL 信号の立上り時間 (note <sup>1</sup> )	T <sub>R</sub>	-	-	300	-	-	160	ns
SDA と SCL 信号の立下り時間 (note <sup>1</sup> )	T <sub>F</sub>	-	-	300	-	-	160	ns

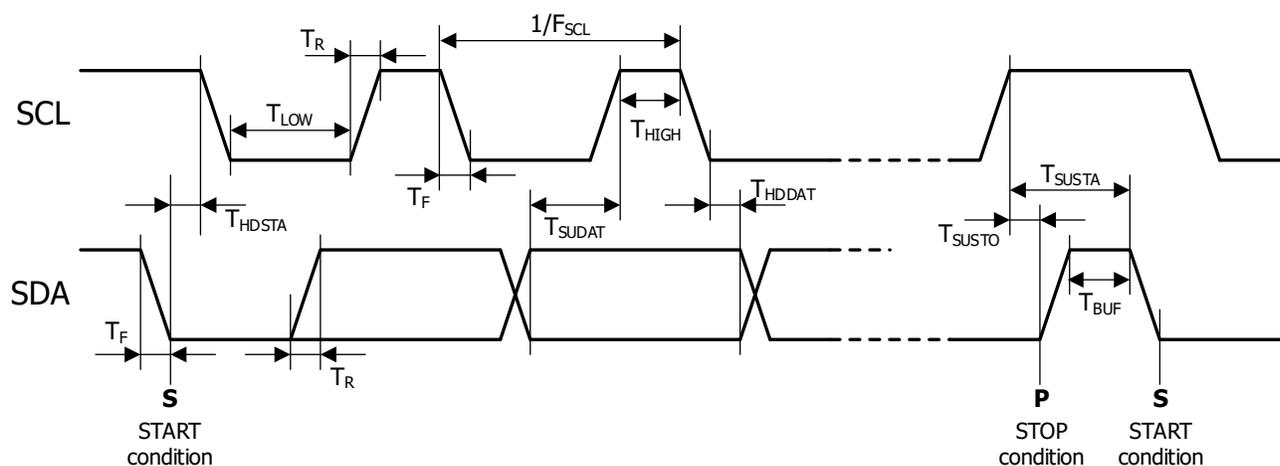
note<sup>1</sup>: ハイスピードモードの最大値に対して、バスラインの負荷容量の条件は 400 pF 以下です

Figure 1. I2C インターフェースタイミング

## 詳細説明

### 概要

MM4013, MM4014, MM4015 は、12bit 出力のデルタシグマ ( $\Delta\Sigma$ ) 型 AD コンバータ IC です。内部基準電圧、クロック発振器、および I2C インターフェースを備えた  $\Delta\Sigma$  ADC コアで構成されています。MM4014, MM4015 にはプログラマブルゲインアンプとプログラマブルデジタルコンパレータも搭載しています。

## 機能説明

### マルチプレクサ

MM4015 は Figure 2 に示すように入力マルチプレクサを搭載しています。このマルチプレクサは Config レジスタの MUX[2:0] の設定により、2 系統の差動信号または 4 系統のシングルエンデッド信号を測定できます。シングルエンデッド信号を測定するとき、ADC の負入力にはマルチプレクサ内のスイッチを用いて GND に内部接続されます。

MM4013, MM4014 には入力マルチプレクサがなく、1 系統の差動信号または 1 系統のシングルエンド信号のいずれかを測定できます。シングルエンド測定の場合、AIN1 ピンを外部で GND に接続します。

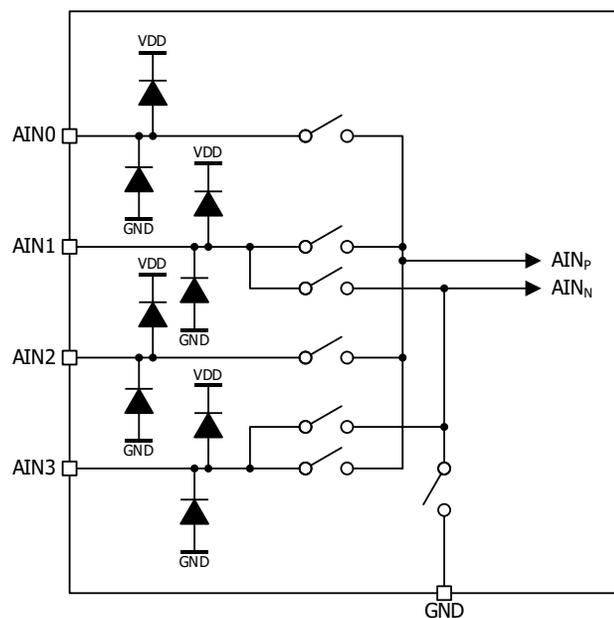


Figure 2. 入力マルチプレクサ

Table 1. 入力信号選択

MUX[2:0]	AIN <sub>p</sub>	AIN <sub>n</sub>
0	AIN0	AIN1
1	AIN0	AIN1
2	AIN1	AIN3
3	AIN2	AIN3
4	AIN0	GND (note <sub>1</sub> )
5	AIN1	GND (note <sub>1</sub> )
6	AIN2	GND (note <sub>1</sub> )
7	AIN3	GND (note <sub>1</sub> )

Note<sup>1</sup>: AIN<sub>n</sub> は内部で接続されています

## アナログ入力回路

MM4013, MM4014, MM4015 は、スイッチトキャパシタ入力段を使用して、AIN<sub>P</sub>と AIN<sub>N</sub>間の電圧をサンプリングします。本 IC では内蔵発振器により入力信号を 250 kHz でサンプリングしております。アナログ入力段のサンプリング回路の構造は Figure 3 の等価回路にて表すことができ、Figure 4 のタイミングでスイッチングを行います。このサンプリング期間の充放電によりアナログ入力端子には非常に小さな過渡電流が流れ、この電流の平均値を用いて実効入力インピーダンス(Z<sub>com</sub> または Z<sub>diff</sub>)を計算できます。アナログ入力のインピーダンスは測定精度に影響を与える可能性がありますので、信号源のインピーダンスは入力インピーダンスの標準値を考慮してご検討ください。

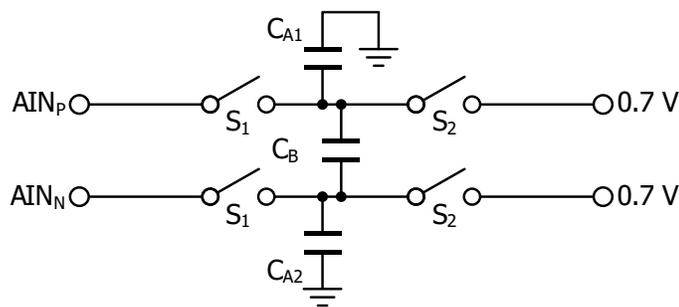


Figure 3. アナログ入力等価回路

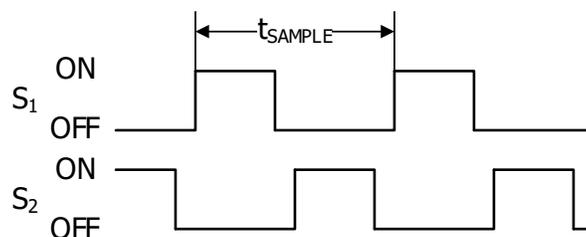


Figure 4. S<sub>1</sub>と S<sub>2</sub>の切り替えタイミング

## フルスケールレンジ(FSR)と LSB サイズ

MM4014, MM4015 はプログラマブルゲインアンプ(PGA)を  $\Delta\Sigma$ ADC の前段に搭載しており、最小分解能(LSB)の大きさを設定することができます。フルスケールレンジ(FSR =  $\pm 6.144$  V, FSR =  $\pm 4.096$  V, FSR =  $\pm 2.048$  V, FSR =  $\pm 1.024$  V, FSR =  $\pm 0.512$  V, FSR =  $\pm 0.256$  V)と LSB の関係を Table 2 に示します。フルスケールは Config レジスタの PGA[2:0]ビットにより設定することができます。また、LSB は FSR から下記の式で算出することができます。

$$\text{LSB SIZE} = \text{FSR} / 2^{12}$$

Table 2. フルスケールサイズと対応した LSB サイズ

PGA[2:0]	FSR	LSB SIZE
0	$\pm 6.144$ V	3 mV
1	$\pm 4.096$ V	2 mV
2	$\pm 2.048$ V	1 mV
3	$\pm 1.024$ V	0.5 mV
4	$\pm 0.512$ V	0.25 mV
5 - 7	$\pm 0.256$ V	0.125 mV

アナログ入力電圧は絶対最大定格に記載されている入力電圧の制限を超えてはなりません。電源電圧がフルスケールレンジ以下の場合、ADC のフルスケール出力コードは取得できません。

## 出力データレートと変換時間

MM4013, MM4014, MM4015 は Config レジスタの DR[2:0]ビットを用いて出力データレートを選択することができます。128, 250, 490, 920, 1600, 2400, 3300SPS の出力データレートから選択可能です。

Table 3. データレート選択

DR[2:0]	Data Rate
0	128 SPS
1	250 SPS
2	490 SPS
3	920 SPS
4	1600 SPS
5	2400 SPS
6	3300 SPS
7	3300 SPS

## デジタルコンパレータ (MM4014, MM4015 のみ)

MM4014, MM4015 はプログラム可能なデジタルコンパレータを備え、ALERT/RDY 端子からアラートを発行できます。尚、ALERT/RDY 端子はオープンドレイン端子のためプルアップ抵抗が必要です。デジタルコンパレータには 2 つのモードがあります。トラディショナルコンパレータモードでは ALERT/RDY 端子は変換データが Hi 側の閾値レジスタ(Hi\_thresh)に設定した制限値を超えたときアサートされます(デフォルト Low アクティブ)。その後、変換データが Lo 側の閾値レジスタ(Lo\_thresh)の設定値を下回ったときディアサートされます。ウィンドウコンパレータモードでは、変換データが Hi\_thresh レジスタ値を超える、または Lo\_thresh レジスタ値を下回ったとき ALERT/RDY 端子をアサートします。

2 モードともに、COMP\_LAT ビットを用いて、アサート後にラッチして状態を保持することが可能です。このアサーションは SMBus アラートレスポンスまたは Conversion レジスタの読出しで解除できます。SMBus アラートレスポンスの信号については Figure 6 を参照してください。この場合、MM4014, MM4015 から出力されるスレーブアドレスは低いものが優先されディアサートされます。尚、SMBus アラートのステータスビットはトラディショナルコンパレータモードでは Hi\_thresh レジスタ値を超えた場合に StatusBit=1 となりウィンドウコンパレータモードでは Hi\_thresh レジスタ値を超えた場合に StatusBit=1 となり Lo\_thresh レジスタ値を下回る場合に StatusBit=0 となります。

コンパレータは、閾値レジスタ(Hi\_thresh および Lo\_thresh)に設定した閾値を連続して超えたときにのみ ALERT/RDY 端子をアクティブにするよう設定することもできます。Config レジスタの COMP\_QUE[1:0]ビットによって、連続して閾値を超える回数を 1, 2, または 4 回に設定できます。また、この COMP\_QUE[1:0]ビットは、コンパレータ機能を無効にして ALERT/RDY 端子を Hi-Z 状態にすることもできます。また、Config レジスタの COMP\_POL ビットで ALERT/RDY 端子の High アクティブまたは Low アクティブを制御できます。

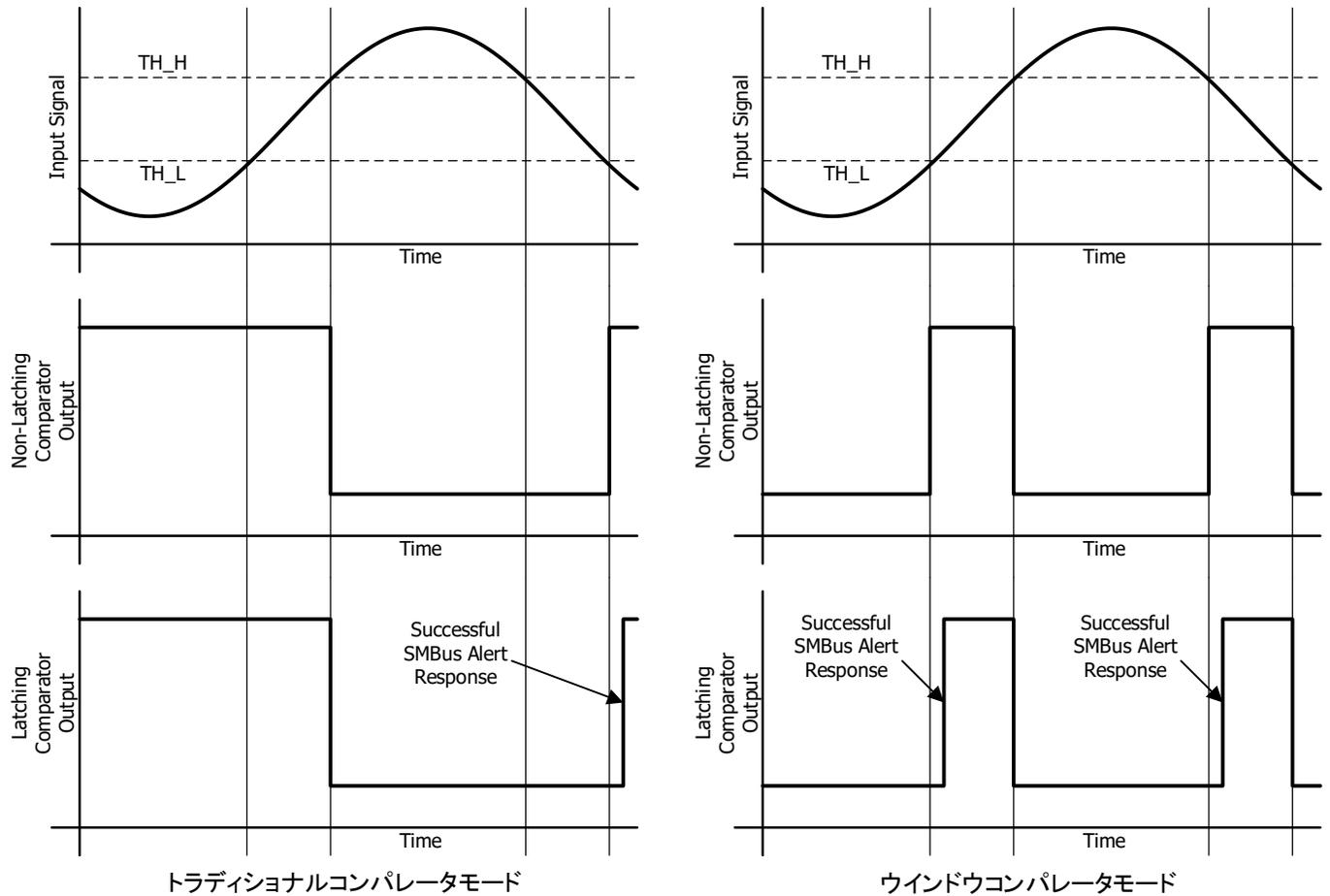


Figure 5. ALERT ピンのタイミング図

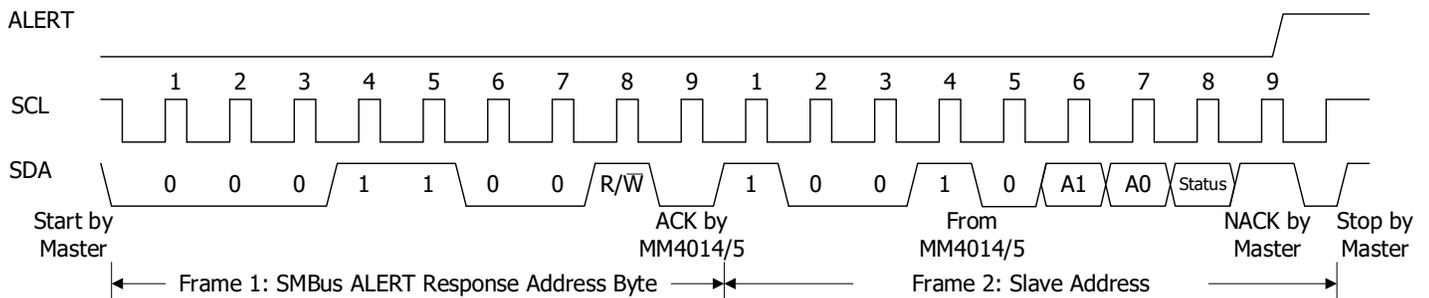


Figure 6. SMBus アラート応答のタイミング図

## コンバージョンレディ端子 (MM4014, MM4015 のみ)

ALERT/RDY 端子はコンバージョンレディ端子としても設定できます。Hi\_thresh レジスタの最上位ビットを 1 に設定し、Lo\_thresh レジスタの最上位ビットを 0 に設定することでコンバージョンレディ端子が有効となります。COMP\_QUE[1:0]ビットを 11 以外の 2 ビットの値に設定するとコンバージョンレディ信号を ALERT/RDY 端子から出力します。このとき COMP\_MODE ビットと COMP\_LAT ビットの機能は無効になります。コンバージョンレディ端子として設定する場合も ALERT/RDY 端子にプルアップ抵抗を接続してください。MM4014, MM4015 は Figure 7 に示すように、連続変換モードの各変換完了時に約 8 us のコンバージョンレディパルスを ALERT/RDY 端子から出力します。シングルショットモードでは、COMP\_POL ビットが 0 に設定されている場合、変換完了時に ALERT/RDY 端子を Low レベルにアサートします。COMP\_POL ビットの極性は本設定でも引き続き有効です。

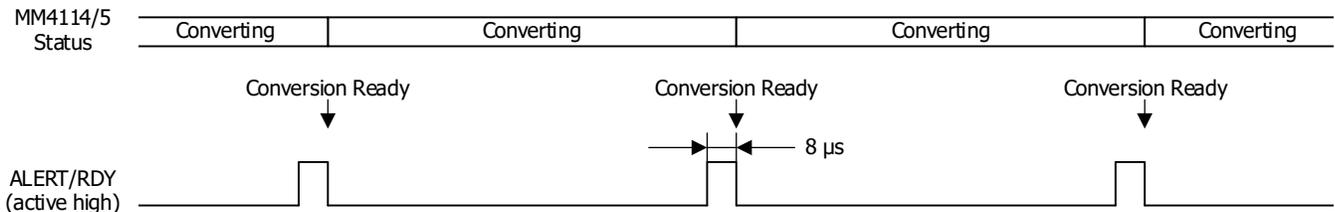


Figure 7. 連続変換モード時の変換レディパルス

## デバイス機能モード

## リセットとパワーアップ

MM4013, MM4014, MM4015 は電源の起動で初期化を行い、すべてのレジスタをデフォルト設定にセットします。この初期化処理は最大 150 μs で完了し、その後、自動的にパワーダウン状態となります。

また、I2C ジェネラルコールリセットコマンド(06h)を受信した場合、デバイスの起動時と同様にリセット処理を実行します。

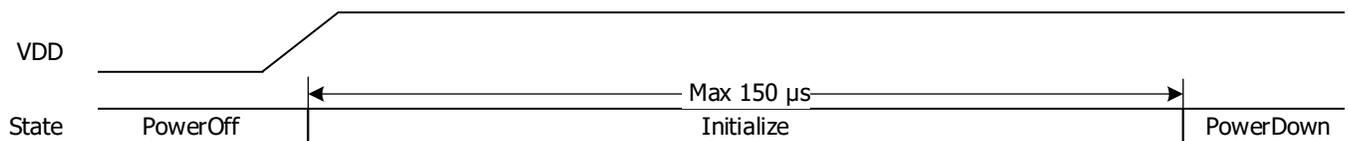


Figure 8. 電源投入時の起動

## 動作モード

MM4013, MM4014, MM4015 は連続変換またはシングルショットのいずれかで動作します。Config レジスタの MODE ビットでそれぞれの動作モードを選択します。

### シングルショットモード

Config レジスタの MODE ビットを 1 に設定した場合、MM4013, MM4014, MM4015 はシングルショットモードが設定され、内部回路をパワーダウンします。その後、MM4013, MM4014, MM4015 は Config レジスタの Operational Status (OS) ビットに 1 が書き込まれるまでパワーダウン状態を維持します。OS ビットに 1 を設定した場合、デバイスは約 25  $\mu$ s で起動して OS ビットを 0 にリセットし、1 回 AD 変換を実行します。変換完了後 Conversion レジスタに変換結果を格納し、デバイスは再びパワーダウン状態となります。変換中に OS ビットに 1 を書き込んだ場合、新しい命令を無効とし現在実行中の変換を継続します。連続変換モードに切り替えるには Config レジスタの MODE ビットに 0 を書き込んでください。

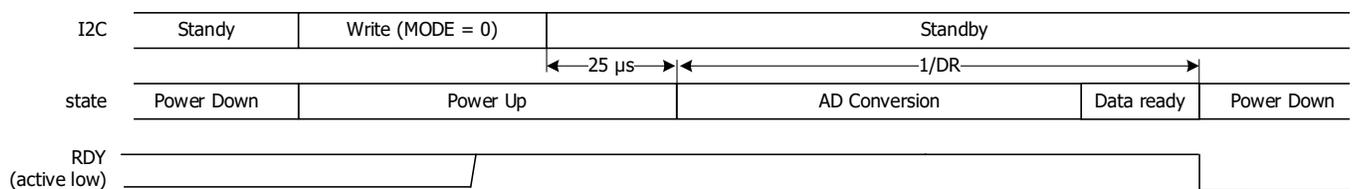


Figure 9. シングルショット変換

### 連続変換モード

連続変換モード(MODE ビットを 0 に設定)では、MM4013, MM4014, MM4015 は連続で AD 変換を実行します。変換を完了した後、Conversion レジスタに結果を格納し、すぐに次の変換に入ります。新しいコンフィギュレーション設定を書き込んだ場合、現在実行中の変換のコンフィギュレーション設定は維持され、次の変換から新しいコンフィギュレーション設定で実行されます。シングルショット変換モードに切り替えるには、Config レジスタの MODE ビットに 1 を書き込むか、デバイスをリセットしてください。

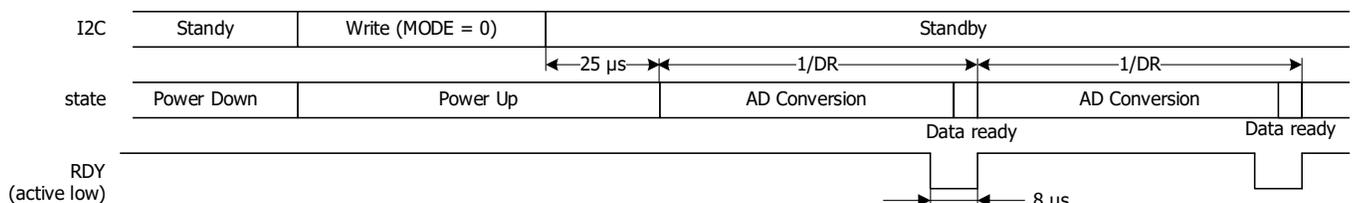


Figure 10. 連続変換

## I2C インターフェース

MM4013, MM4014, MM4015 は I2C インターフェースのスレーブとして通信を行います。速度モードは、標準モード(100 kHz)・ファストモード(400 kHz)・ハイスピードモード(3.4 MHz)に対応しています。また、I2C バスのタイムアウト機能に対応しており、バスの通信状態が 25 ms よりも長いアイドル状態(SCL が Low の状態)となった場合にバスを開放します。

Figure 11, 12 に標準モードおよびファストモード時のリード・ライトシーケンスを示します。リードシーケンスではポインタアドレスを書き込んだ後に再度リードを行うことで内部レジスタの読み込みが可能です。また、ライトシーケンスではポインタアドレスを書き込んだ後に続けてデータを書き込むことができます。Figure 13 にハイスピードモードでのシーケンスを示します。

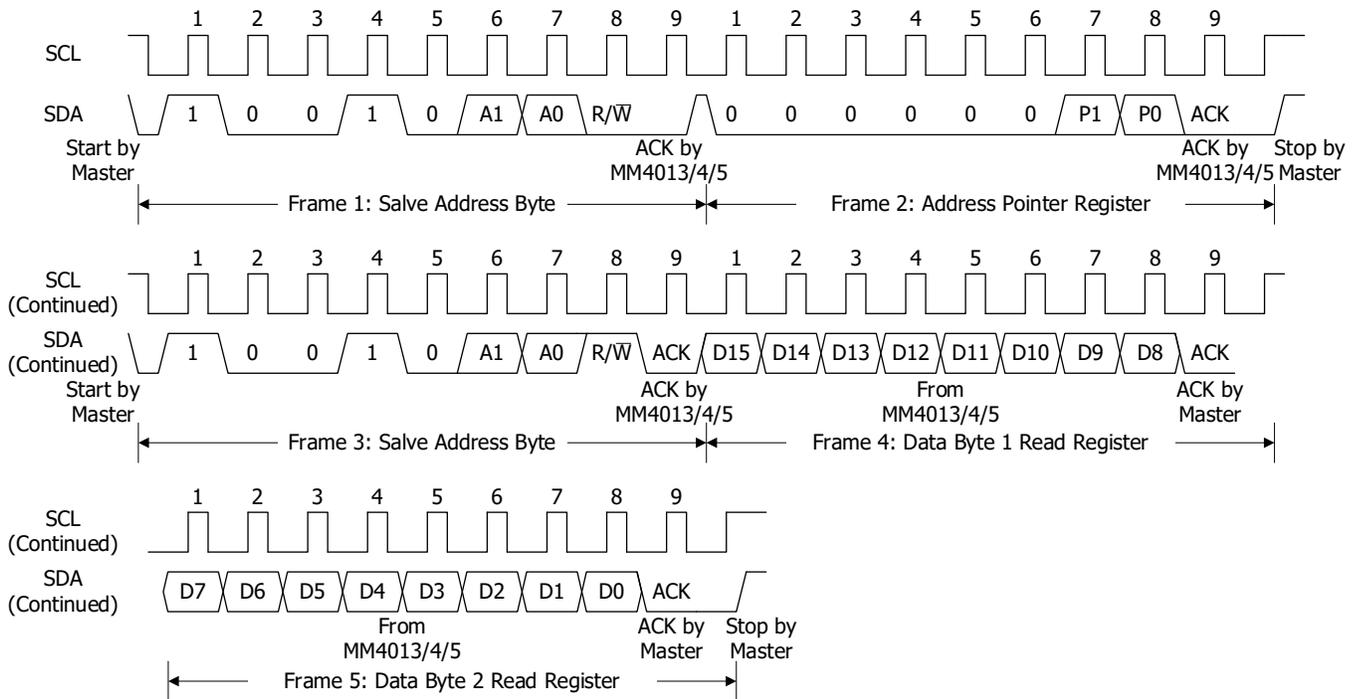


Figure 11. MM4013/4/5 からの読み出しタイミング図

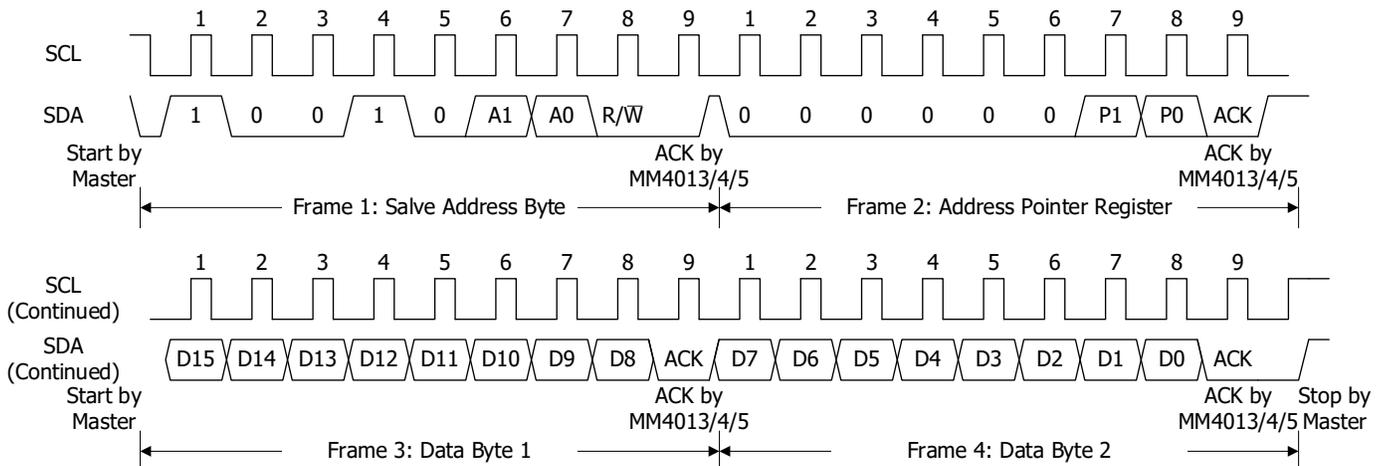


Figure 12. MM4013/4/5 への書き込みタイミング図

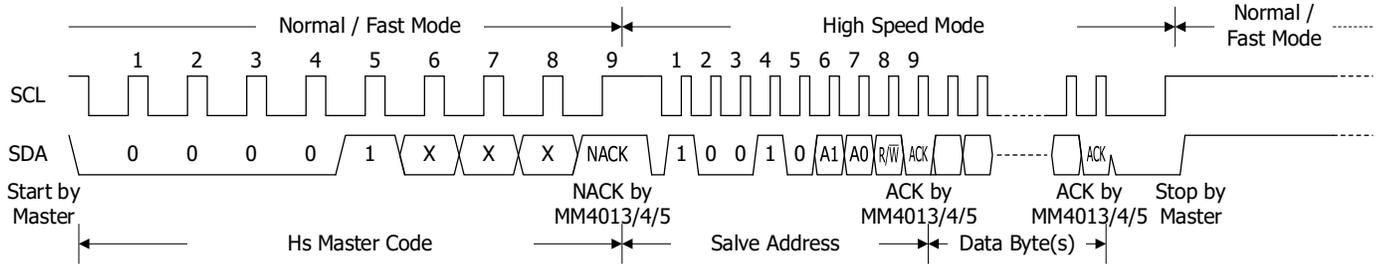


Figure 13. Hs マスターコード

### I2C アドレス選択

MM4013, MM4014, MM4015 では ADDR 端子を用いてデバイスの I2C アドレスを設定します。この端子は GND, VDD, SDA または SCL に接続でき、Table 4 に示すように、1 本の端子で 4 つの異なるスレーブアドレスを選択することができます。

Table 4. ADDR ピンの接続と対応したスレーブアドレス

ADDR PIN CONNECTION	SLAVE ADDRESS
GND	100 1000
VDD	100 1001
SDA	100 1010
SCL	100 1011

### I2C ジェネラルコール

MM4013, MM4014, MM4015 は I2C ジェネラルコール(0000 0000)に回答します。ジェネラルコールアドレスを確認した場合、2 番目のバイトが 0000 0110(06h)であった場合は、MM4013, MM4014, MM4015 はレジスタを初期値にリセットしパワーダウン状態に入ります。

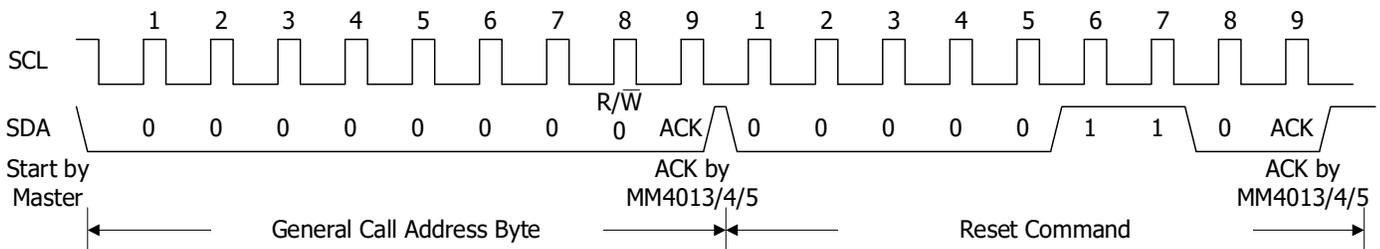


Figure 14. ジェネラルコールリセット

## データフォーマット

MM4013, MM4014, MM4015 の変換データは 2 の補数形式の 12 bit データです。Table 5 は差動入力信号での理想出力コードです。Figure 15 は入力電圧に対するコード遷移を示します。

Table 5. 入力信号と理想的なコード

入力信号 $V_{IN} = V(AIN_P) - V(AIN_N)$	理想的な出力コード
$\geq +FS (2^{11}-1)/2^{11}$	7FF0h
$+FS/2^{11}$	0010h
0	0000h
$-FS/2^{11}$	FFF0h
$\leq -FS$	8000h

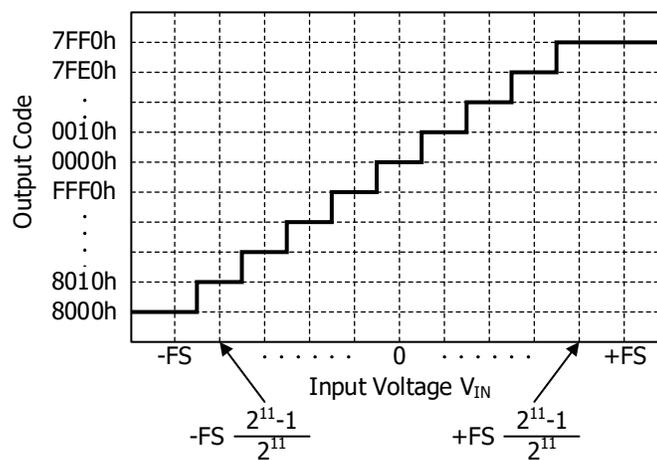


Figure 15. コード遷移図

シングルエンデッド信号の測定では、0000h から 7FF0h までの正側コード範囲のみ使用します。ただし、 $V(AIN_P)$  が 0 V 近傍の場合、デバイスのオフセットのため、MM4015 は負のコードを出力することがあります。

## レジスタマップ

MM4013, MM4014, MM4015 は I2C インターフェースを介してアクセスできる 4 つのレジスタをもち、Address Pointer レジスタでアクセス先を指定します。Conversion レジスタは ADC 変換結果を格納します。Config レジスタは MM4013, MM4014, MM4015 の動作モードの設定および動作状態の確認に使用します。その他の 2 つのレジスタ Lo\_thresh と Hi\_thresh はコンパレータ機能で使用する閾値を設定しますが、MM4013 では使用できません。

## Address Pointer レジスタ (アドレス = 該当なし) [リセット = 該当なし]

Address Pointer レジスタに書き込むことで 4 つのレジスタ全てにアクセスできます。Table 6 を参照ください。

Table 6. Address Pointer レジスタ

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	P[1:0]	
W-0h							

凡例：R/W = 読み取り/書き込み; R = 読み取り専用; W = 書き込み専用; -n = リセット後の値

Table 7. Address Pointer レジスタの領域説明

ビット	領域	タイプ	リセット	説明
7:2	予約済	W	0h	常に 0 を書き込む
1:0	P[1:0]	W	0h	Address pointer レジスタ 00 : Conversion レジスタ 01 : Config レジスタ 10 : Lo_thresh レジスタ 11 : Hi_thresh レジスタ

## Conversion レジスタ (P[1:0] = 0h) [リセット = 0000h]

Conversion レジスタは最後の変換結果の 2 の補数形式のデータです。電源投入後およびリセット時には Conversion レジスタは 0 にクリアされ、最初の変換が完了するまで 0 を保持します。

Table 8. Conversion レジスタ

15	14	13	12	11	10	9	8
D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4
R-00h							
7	6	5	4	3	2	1	0
D3	D2	D1	D0	予約済			
R-00h				R-0h			

凡例：R/W = 読み取り/書き込み; R = 読み取り専用; W = 書き込み専用; -n = リセット後の値

Table 9. Conversion レジスタの領域説明

ビット	領域	タイプ	リセット	説明
15:4	D[11:0]	R	000h	12-bit 変換結果
3:0	予約済	R	0h	常に 0h を読み込む

## Config レジスタ (P[1:0] = 1h) [リセット = 8583h]

Config レジスタは、動作モード、入力選択、データレート、フルスケール範囲、およびコンパレータモードの制御に使用します。

Table 10. Config レジスタ

15	14	13	12	11	10	9	8
OS	MUX[2:0]			PGA[2:0]			MODE
R/W-1h	R/W-0h			R/W-2h			R/W-1h
7	6	5	4	3	2	1	0
DR[2:0]			COMP_MODE	COMP_POL	COMP_LAT	COMP_QUE[1:0]	
R/W-4h			R/W-0h	R/W-0h	R/W-0h	R/W-3h	

凡例：R/W = 読み取り/書き込み; R = 読み取り専用; W = 書き込み専用; -n = リセット後の値

Table 11. Config レジスタの領域説明

ビット	領域	タイプ	リセット	説明
15	OS	R/W	1h	ADC 動作ステータスおよびシングルショット変換開始  書込時： 0：効果なし 1：シングルショット開始 (パワーダウン時)  読込時： 0：変換動作中 1：変換完了
14:12	MUX[2:0]	R/W	0h	入力マルチプレクサ設定 (MM4015 のみ) これらのビットは MM4013, MM4014 では機能しません  000：AIN <sub>P</sub> = AIN0 and AIN <sub>N</sub> = AIN1 (デフォルト) 001：AIN <sub>P</sub> = AIN0 and AIN <sub>N</sub> = AIN3 010：AIN <sub>P</sub> = AIN1 and AIN <sub>N</sub> = AIN3 011：AIN <sub>P</sub> = AIN2 and AIN <sub>N</sub> = AIN3 100：AIN <sub>P</sub> = AIN0 and AIN <sub>N</sub> = GND 101：AIN <sub>P</sub> = AIN1 and AIN <sub>N</sub> = GND 110：AIN <sub>P</sub> = AIN2 and AIN <sub>N</sub> = GND 111：AIN <sub>P</sub> = AIN3 and AIN <sub>N</sub> = GND
11:9	PGA[2:0]	R/W	2h	ゲインアンプ設定 (MM4014, MM4015 のみ) これらのビットは MM4013 では機能しません  000：FSR = ±6.144 V (note <sup>1</sup> ) 001：FSR = ±4.096 V (note <sup>1</sup> ) 010：FSR = ±2.048 V (デフォルト) 011：FSR = ±1.024 V 100：FSR = ±0.512 V 101：FSR = ±0.256 V 110：FSR = ±0.256 V 111：FSR = ±0.256 V

note<sup>1</sup>：このパラメータは ADC スケーリングのフルスケール範囲を表します。デバイスのアナログ入力に VDD+0.3 V 以上の電圧を印加しないでください。

ビット	領域	タイプ	リセット	説明
8	MODE	R/W	1h	ADC 動作モード設定 0 : 連続変換モード 1 : シングルショットモード or パワーダウン状態 (デフォルト)
7:5	DR[2:0]	R/W	4h	変換データレート設定 000 : 128 SPS 001 : 250 SPS 010 : 490 SPS 011 : 920 SPS 100 : 1600 SPS (デフォルト) 101 : 2400 SPS 110 : 3300 SPS 111 : 3300 SPS
4	COMP_MODE	R/W	0h	コンパレータモード設定 (MM4014, MM4015 のみ) このビットは MM4013 では機能しません 0 : トラディショナルコンパレータ (デフォルト) 1 : ウィンドウコンパレータ
3	COMP_POL	R/W	0h	ALERT/RDY 極性設定 (MM4014, MM4015 のみ) このビットは MM4013 では機能しません 0 : Low アクティブ (デフォルト) 1 : High アクティブ
2	COMP_LAT	R/W	0h	コンパレータラッチ設定 (MM4014, MM4015 のみ) このビットは MM4013 では機能しません 0 : 非ラッチコンパレータ (default). 1 : ラッチコンパレータ
1:0	COMP_QUE[1:0]	R/W	3h	コンパレータ判定回数設定およびコンパレータ使用設定 (MM4014, MM4015 のみ) これらビットは MM4013 では機能しません 00 : AD 変換 1 回後にアサート 01 : AD 変換 2 回後にアサート 10 : AD 変換 4 回後にアサート 11 : コンパレータを無効にし、ALERT/RDY ピンをハイインピーダンスに設定します (デフォルト)

**Lo\_thresh (P[1:0] = 2h)[リセット = 8000h] and Hi\_thresh (P[1:0] = 3h)[リセット = 7FFFh]レジスタ**

Lo\_thresh/Hi\_thresh レジスタはコンパレータの上限と下限の閾値を格納します。このコンパレータは ADC の変換結果と本レジスタの値を比較して出力が決定されます。このため Hi\_thresh のレジスタ値は Lo\_thresh のレジスタよりも常に大きくする必要があります。

また、コンバージョンレディ機能を使用する場合は Hi\_thresh の MSB を 1 に設定し、Lo\_thresh の MSB を 0 に設定します。ALERT/RDY 端子は、シングルショットモードのとき OS ビットを出力し、連続変換モードのときコンバージョンレディパルスを出力します。

Table 12. Lo\_thresh レジスタ

15	14	13	12	11	10	9	8
Lo_thresh11	Lo_thresh10	Lo_thresh9	Lo_thresh8	Lo_thresh7	Lo_thresh6	Lo_thresh5	Lo_thresh4
R/W-80h							
7	6	5	4	3	2	1	0
Lo_thresh3	Lo_thresh2	Lo_thresh1	Lo_thresh0	0	0	0	0
R/W-0h				R-0h			

凡例：R/W = 読み取り/書き込み; R = 読み取り専用; W = 書き込み専用; -n = リセット後の値

Table 13. Hi\_thresh レジスタ

15	14	13	12	11	10	9	8
Hi_thresh11	Hi_thresh10	Hi_thresh9	Hi_thresh8	Hi_thresh7	Hi_thresh6	Hi_thresh5	Hi_thresh4
R/W-7Fh							
7	6	5	4	3	2	1	0
Hi_thresh3	Hi_thresh2	Hi_thresh1	Hi_thresh0	1	1	1	1
R/W-Fh				R-Fh			

凡例：R/W = 読み取り/書き込み; R = 読み取り専用; W = 書き込み専用; -n = リセット後の値

Table 14. Lo\_thresh と Hi\_thresh レジスタの領域説明

ビット	領域	タイプ	リセット	説明
15:4	Lo_thresh [11:0]	R/W	800h	Low 閾値
15:4	Hi_thresh [11:0]	R/W	7FFh	High 閾値

## 応用回路例

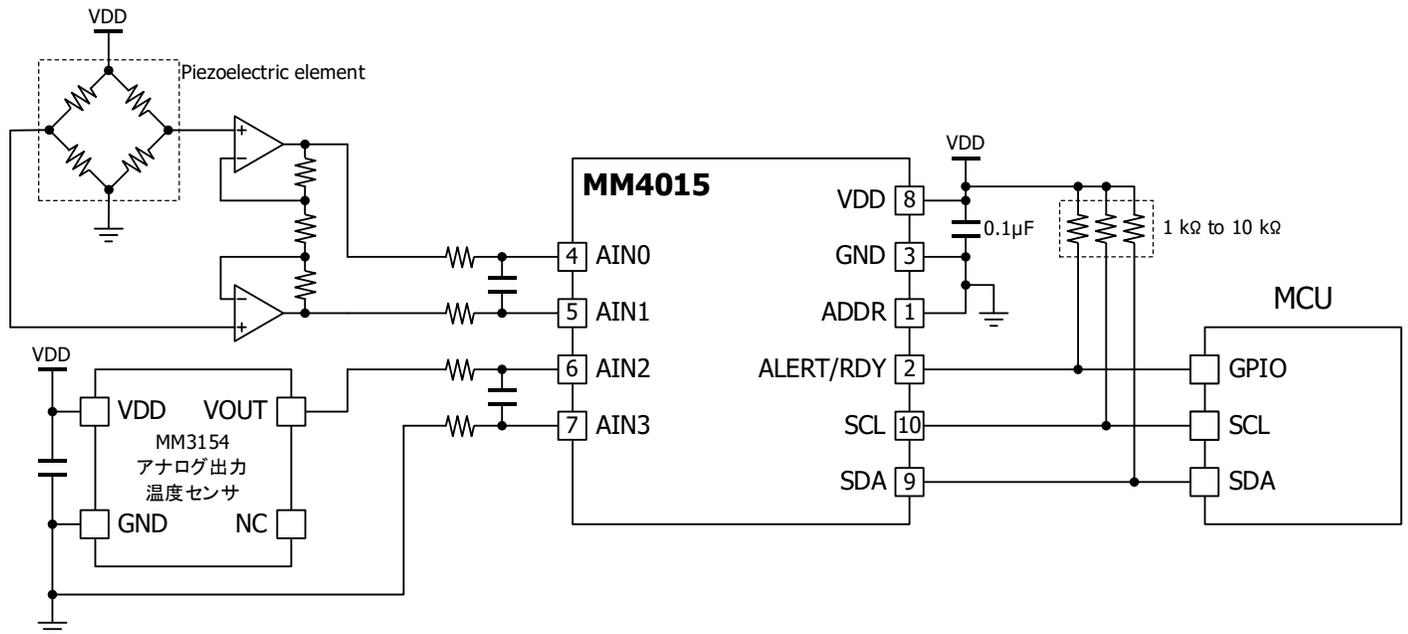


Figure 16. 代表的な応用回路

## 使用上の注意点

MM4013, MM4014, MM4015 には変換中に過渡電流が流れます。0.1  $\mu\text{F}$  の電源バイパスコンデンサを接続することで、瞬間的な電流変化を吸収し、電源電圧の変動やノイズ発生に対する耐量を向上させます。

アナログ入力は、使用するデータレートの入力インピーダンスと比較して、十分小さな出力インピーダンスで接続してください。また、入力にローパスフィルタを接続することで、折り返し歪と外来雑音の影響を低減することができます。これらの定数については実機での確認を推奨します。

SDA と SCL の I2C バス端子は、1 k $\Omega$ ~10 k $\Omega$  のプルアップ抵抗を使用して VDD に接続してください。接続する抵抗値は I2C バスの配線容量とデータレートを考慮して選定してください。

MM4013, MM4014, MM4015 のアナログ入力は保護ダイオードを備えています。ただし、これらのダイオードの電流処理能力は制限されており、長時間にわたり約 300 mV を超えて電源レールにアナログ入力電圧を印可することは永続的な損傷を生じる場合があります。

未使用のアナログ入力端子の処理は、未接続とするか VDD・GND・中間電位に接続してください。ALERT/RDY 出力端子を使用しない場合は、未接続とするかプルアップ抵抗を使用して VDD に接続してください。

基本特性

特記なき場合

Ta = 25 °C, VDD = 3.3 V, FSR = ±2.048 V, DR = 128 SPS

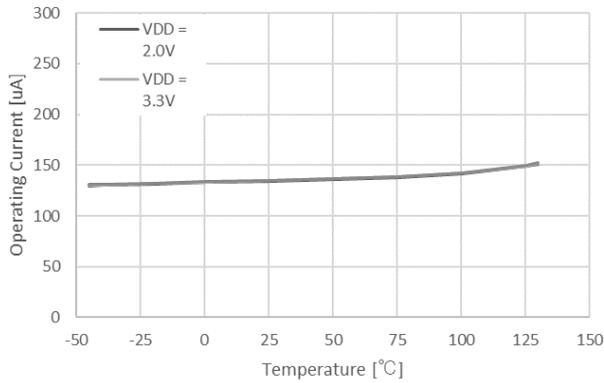


Figure 17. Operating Current vs Temperature

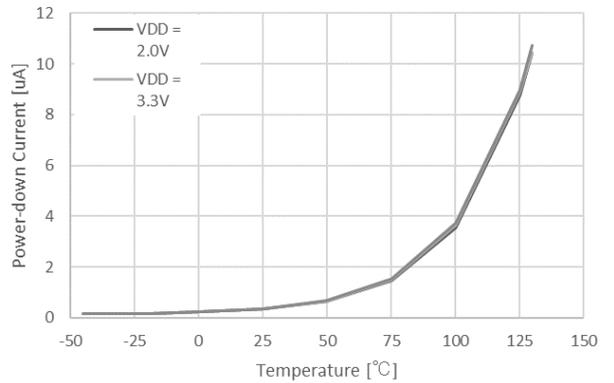


Figure 19. Power-Down Current vs Temperature

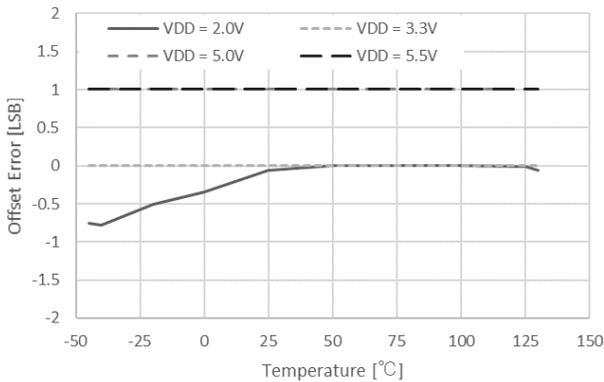


Figure 18. Offset Error vs Temperature

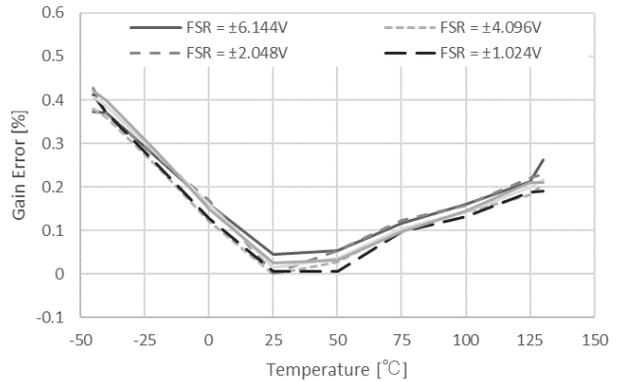
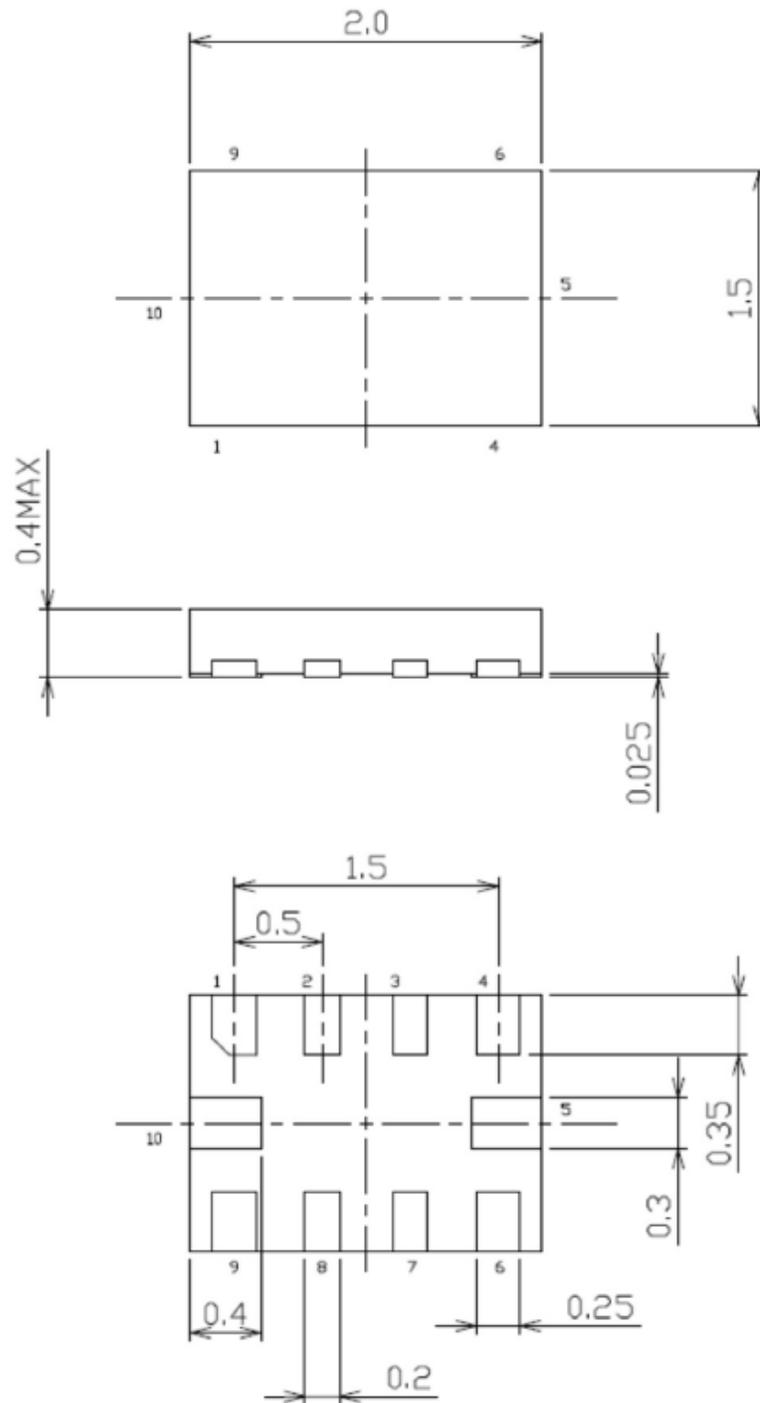


Figure 20. Gain Error vs Temperature

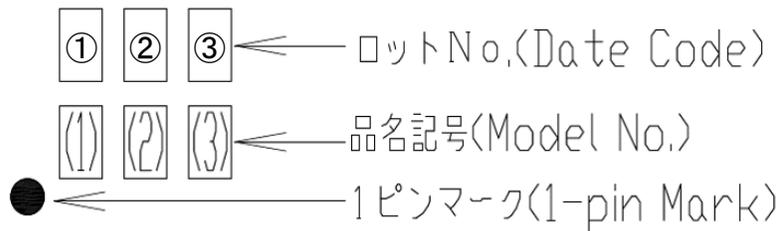
外形図

パッケージ: SQFN-10  
PACKAGE

UNIT	mm
------	----



## マーク内容



機種名	品名記号		
	(1)	(2)	(3)
MM4013A12Rxx	0	1	3
MM4014A12Rxx	0	1	4
MM4015A12Rxx	0	1	5

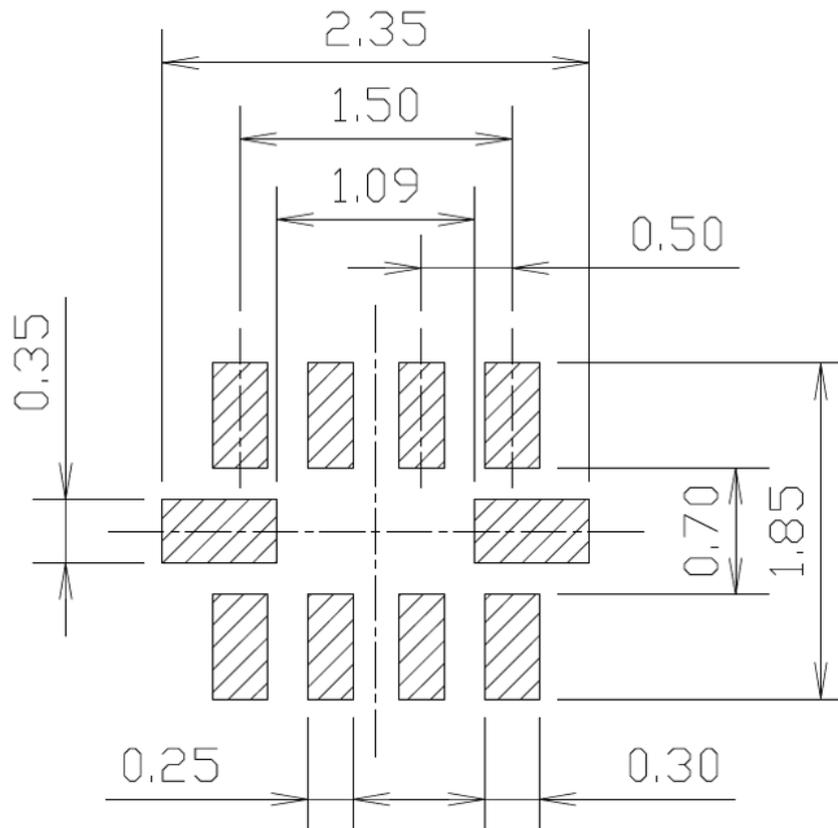
## 【生産年の表記方法/How to indicate a production year】

1桁目(①)/The 1st digit (①)	
西暦年末尾 the last digit of a production year	使用表示文字 mark
xxx1	1
xxx2	2
xxx3	3
xxx4	4
xxx5	5
xxx6	6
xxx7	7
xxx8	8
xxx9	9
xxx0	0

2桁目、及び3桁目(②③)/The 2nd and 3rd digit (②③)			
生産週 production week	使用表示文字 mark	生産週 production week	使用表示文字 mark
1	01	27	27
2	02	28	28
3	03	29	29
4	04	30	30
5	05	31	31
6	06	32	32
7	07	33	33
8	08	34	34
9	09	35	35
10	10	36	36
11	11	37	37
12	12	38	38
13	13	39	39
14	14	40	40
15	15	41	41
16	16	42	42
17	17	43	43
18	18	44	44
19	19	45	45
20	20	46	46
21	21	47	47
22	22	48	48
23	23	49	49
24	24	50	50
25	25	51	51
26	26	52	52
		53	53

## 推奨ランドパターン

UNIT mm

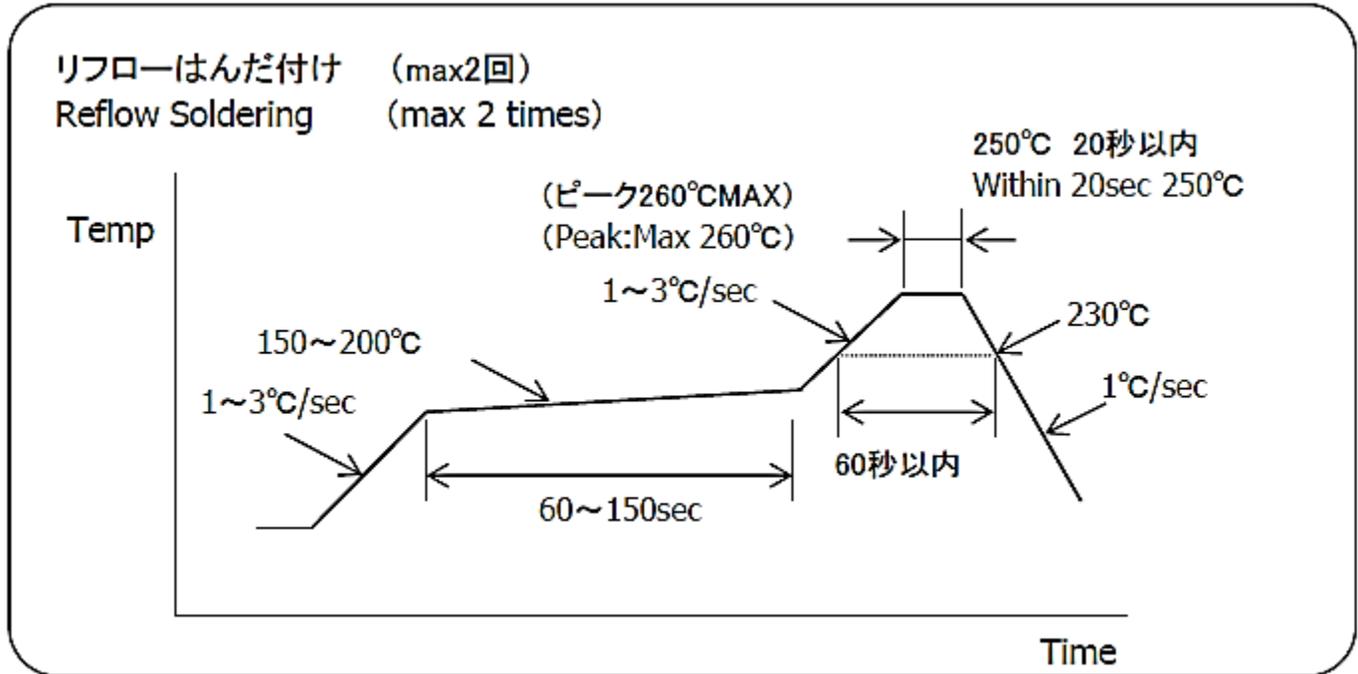


この寸法は参考値であり、保証値ではありません。

実際の設計においては、実装する基板の種類、実装(はんだ付け)方法、クリーム半田の種類、及び塗布厚等の影響を考慮して、最適寸法となるよう修正を行って下さい。

## パッケージ実装条件

## 鉛フリー対応推奨温度プロファイル



本温度プロファイル条件は推奨値でありその値を保証するものではありません。  
温度プロファイルにつきましては実際にご使用になる設備、条件、部材で十分ご評価の上、実装して下さい。

- ・フローはんだ付けによる実装について  
本パッケージは、フローはんだ付けによる実装には対応しておりません。
- ・手はんだ付けによる実装について  
本パッケージは、手はんだ付けによる実装には対応しておりません。

## パッケージ実装条件

### 保管方法

#### 【保管条件】

本製品の保管条件を以下に推奨します。

温度 : 5 ~ 30 °C  
湿度 : 40 ~ 70 %RH  
期間 : 1 年間

また、防湿梱包製品の場合は開封後の保管条件を以下に推奨します。

温度 : 5 ~ 30 °C  
湿度 : 40 ~ 70 %RH  
期間 : 168 時間

本製品を有毒な揮発性ガスや塵埃の多い場所、静電気が帯電し易い場所、直射日光や結露する場所、温度湿度の変化が激しい場所での保管は避けて下さい。

#### 【ベーキング処理】

上記保管期間を過ぎた場合、パッケージは吸湿したままはんだ付け実装を行なうとパッケージクラックが発生する可能性があります。実装前に下記条件のベーキングの実施を推奨致します。

温度 : 125 °C  
時間 : 16 ~ 24 時間

エンボステーピング/リールは耐熱仕様ではございません。

ベーキング処理を行う際は耐熱容器に移し替えて実施してください。

ベーキング処理に際しまして、ベーキング工程自体に手間がかかること、端子の変形を招く可能性があることを考えますと、保管条件を守り期限内ですみやかに実装されることを推奨致します。

やむを得ず長期保管が必要となった場合、デシケーターやドライボックス内での保管を推奨致します。

#### 【取扱上の注意】

本製品の取扱の際、落下や衝撃を与えるとデバイスを損傷させる原因になります為、梱包箱は丁寧に御取り扱い下さい。また、静電気の帯電防止を考慮し、急激な温度湿度の変化は避けて下さい。

## ラインナップ

デバイス	分解能	サンプリングレート	入力チャンネル数		PGA	デジタル コンパレータ	インターフェース
			差動入力	シングルエンド			
MM4113	16ビット	8 ~ 860 SPS	1	1	無	無	I2C
MM4114	16ビット	8 ~ 860 SPS	1	1	有	有	I2C
MM4115	16ビット	8 ~ 860 SPS	2	4	有	有	I2C
MM4013	12ビット	128 ~ 3300 SPS	1	1	無	無	I2C
MM4014	12ビット	128 ~ 3300 SPS	1	1	有	有	I2C
MM4015	12ビット	128 ~ 3300 SPS	2	4	有	有	I2C

## MITSUMI ELECTRIC CO.,LTD.

Strategy Engineering Department Semiconductor Business Division

Tel: +81-46-230-3470 / <http://www.mitsumi.co.jp>

### 注記:

このデータシートに記載されている製品は、外観およびその他の改良のために事前の通知なしに変更される可能性があります。ここに記載されている詳細は、注文時の個々の製品を保証するものではありません。ご使用の際は仕様確認をお願いします。

### Notes:

Any products mentioned this datasheet are subject to any modification in their appearance and others for improvements without prior notification. The details listed here are not a guarantee of the individual products at the time of ordering. When using the products, you will be asked to check their specifications.