



MICROCHIP

ご注意：この日本語版ドキュメントは、参考資料としてご使用の上、最新情報につきましては、必ず英語版オリジナルをご参照いただきますようお願いいたします。

# MCP3421

## I<sup>2</sup>C インターフェイスおよび電圧リファレンス内蔵 18 ビット A/D コンバータ

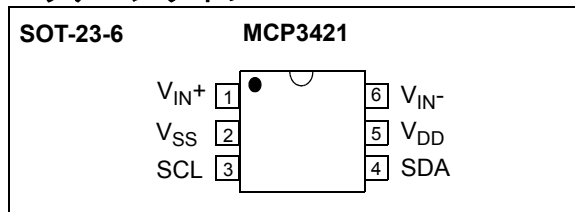
### 特徴

- SOT-23-6 パッケージ採用 18 ビット  $\Delta\Sigma$  ADC
- 差動入力動作
- 毎回変換時に内部オフセットとゲインを自己校正
- 電圧リファレンス内蔵：
  - 精度：2.048 V  $\pm$  0.05 %
  - ドリフト：15 ppm/ $^{\circ}$ C
- プログラマブル ゲイン アンプ (PGA) 内蔵：
  - ゲインを 1、2、4、8 から選択
- クロック オシレータ内蔵
- INL: フルスケール レンジ (FSR) の 10 ppm (FSR = 4.096 V/PGA)
- 設定可能なデータ レート：
  - 3.75 SPS (18 ビット)
  - 15 SPS (16 ビット)
  - 60 SPS (14 ビット)
  - 240 SPS (12 ビット)
- ワンショット変換モードと連続変換モード
- 低消費電流：
  - 145  $\mu$ A (typical) ( $V_{DD}$  = 3 V、連続変換モード時)
  - 39  $\mu$ A (typical) ( $V_{DD}$  = 3 V、1 SPS のワンショット変換モード時)
- I<sup>2</sup>C シリアルインターフェイスをサポート：
  - 標準、ファースト、ハイスピード モード
- 単電源動作：2.7 ~ 5.5 V
- 拡張温度レンジ：-40 ~ +125  $^{\circ}$ C

### 代表的なアプリケーション

- 携帯型計器
- 重量はかり、バッテリー残量ゲージ
- RTD、サーミスタ、熱電対による温度測定
- 圧力、歪み、各種力計測用ブリッジセンシング

### パッケージタイプ



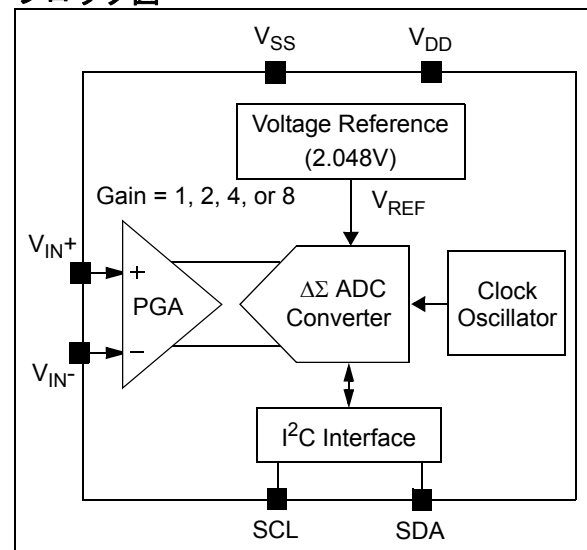
### 内容

MCP3421 は、最大 18 ビットの分解能に対応した差動入力、シングルチャンネルの低ノイズ、高精度  $\Delta\Sigma$  A/D コンバータで、パッケージには小型の SOT-23-6 を採用しています。高精度の 2.048 V 基準電圧により、差動入力レンジ  $\pm$  2.048 V を実現します ( $\Delta$  voltage = 4.096 V)。本デバイスは 2 線式 I<sup>2</sup>C 互換シリアルインターフェイスを使用し、2.7 ~ 5.5 V の単電源で動作します。

MCP3421 デバイスは、ユーザ設定可能なコンフィグレーションビットに応じて 3.75、15、60、240 SPS (サンプル毎秒) で変換を実行し、2 線式 I<sup>2</sup>C シリアルインターフェイス経由で結果を出力します。また、本デバイスはプログラマブル ゲイン アンプ (PGA) を内蔵しています。PGAゲインは、A/D変換実行前に1/2/4/8倍のいずれかを選択できます。これにより、MCP3421 デバイスは、微弱な入力信号も高い分解能で変換できます。本デバイスは、(a) 連続変換モードと (b) ワンショット変換モードの 2 つの変換モードをサポートします。ワンショット変換モードでは、変換を 1 回実行した後、自動的に低消費電流のスタンバイモードに移行します。これにより、アイドル時の消費電流が大幅に低減します。

MCP3421 デバイスは、シンプルな設計、低消費電力、フットプリントの小型化が特に重視される高精度 A/D データ変換アプリケーションに幅広く利用できます。

### ブロック図



# MCP3421

---

NOTES:

## 1.0 電気的特性

### 1.1 絶対最大定格 †

$V_{DD}$ .....	7.0 V
全ての入出力 w.r.t $V_{SS}$ .....	-0.3 ~ $V_{DD}+0.3$ V
差動入力電圧 .....	$ V_{DD} - V_{SS} $
出力短絡電流 .....	連続
入力ピン電流 .....	$\pm 2$ mA
出力ピンおよび電源ピン電流 .....	$\pm 10$ mA
保管温度 .....	-65 ~ +150 °C
通電中の周囲温度 .....	-55 ~ +125 °C
全ピンの ESD 保護 .....	$\geq 6$ kV HBM, $\geq 400$ V MM
最高接合部温度 ( $T_J$ ) .....	+150 °C

† **Notice:** 左記の「絶対最大定格」を超える条件は、デバイスに恒久的な損傷を招く可能性があります。これはストレス定格です。本仕様書の動作表に示す条件または上記から外れた条件でのデバイスの運用は想定していません。長期間にわたる最大定格条件での動作や保管は、デバイスの信頼性に影響する可能性があります。

### 1.2 電気的仕様

#### 電気的特性

電気的仕様: 特に明記がない限り、全てのパラメータには条件 $T_A = -40 \sim +85$ °C、 $V_{DD} = +5.0$ V、 $V_{SS} = 0$ V、 $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF}/2$ を適用します。全ての ppm 単位は差動フルスケールレンジとして $2 \times V_{REF}$ を使用します。						
パラメータ	記号	最小値	代表値	最大値	単位	条件
<b>アナログ入力</b>						
差動入力レンジ		—	$\pm 2.048/PGA$	—	V	$V_{IN} = V_{IN+} - V_{IN-}$
コモンモード電圧レンジ (絶対) (Note 1)		$V_{SS}-0.3$	—	$V_{DD}+0.3$	V	
差動入力インピーダンス (Note 2)	$Z_{IND}(f)$	—	$2.25/PGA$	—	M $\Omega$	ノーマルモード動作時
コモンモード入力インピーダンス	$Z_{INC}(f)$	—	25	—	M $\Omega$	PGA = 1、2、4、8
<b>システム性能</b>						
分解能およびモーミングコード (Note 8)		12	—	—	Bits	DR = 240 SPS
		14	—	—	Bits	DR = 60 SPS
		16	—	—	Bits	DR = 15 SPS
		18	—	—	Bits	DR = 3.75 SPS
データレート (Note 3)	DR	176	240	328	SPS	$S1, S0 = '00'$ , (12 ビットモード)
		44	60	82	SPS	$S1, S0 = '01'$ , (14 ビットモード)
		11	15	20.5	SPS	$S1, S0 = '10'$ , (16 ビットモード)
		2.75	3.75	5.1	SPS	$S1, S0 = '11'$ , (18 ビットモード)
出カノイズ		—	1.5	—	$\mu V_{RMS}$	$T_A = +25$ °C、DR = 3.75 SPS、PGA = 1、 $V_{IN} = 0$
積分非直線性 (Note 4)	INL	—	10	35	FSR の ppm	DR = 3.75 SPS (Note 6)
内部基準電圧	$V_{REF}$	—	2.048	—	V	

- Note 1:** この電圧よりも低いまたは高い入力電圧では、入力ピンに ESD 保護ダイオードからのリーク電流が発生します。このパラメータは特性評価の結果であり、完全に試験で確認した値ではありません。
- 2:** この入力インピーダンスは、3.2 pF の内部入力サンプリング コンデンサに起因します。
- 3:** 総変換速度は、オフセットとゲインの自動校正を含みます。
- 4:** INL は、量子化幅の中央における端線と測定コードの差を表します。
- 5:** 内蔵 PGA と  $V_{REF}$  の総エラーを含みます。
- 6:** フルスケール レンジ (FSR) =  $2 \times 2.048/PGA = 4.096/PGA$
- 7:** このパラメータは特性評価の結果であり、完全に試験で確認した値ではありません。
- 8:** このパラメータは設計値であり、完全に試験で確認した値ではありません。

# MCP3421

## 電気的特性 ( 続き )

電気的仕様: 特に明記がない限り、全てのパラメータには条件 $T_A = -40 \sim +85 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = +5.0 \text{ V}$ 、 $V_{SS} = 0 \text{ V}$ 、 $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF}/2$ を適用します。全ての ppm 単位は差動フルスケールレンジとして $2 \cdot V_{REF}$ を使用します。						
パラメータ	記号	最小値	代表値	最大値	単位	条件
ゲインエラー (Note 5)		—	0.05	0.35	%	PGA = 1、DR = 3.75 SPS
PGA ゲインエラー マッチ (Note 5)		—	0.1	—	%	任意の 2 つの PGA 間
ゲインエラー ドリフト (Note 5)		—	15	—	ppm/ $^\circ\text{C}$	PGA=1、DR=3.75 SPS
オフセット エラー	$V_{OS}$	—	15	40	$\mu\text{V}$	PGA=1、 $V_{DD} = 5.0 \text{ V}$ 、DR = 3.75 SPS でテスト
温度に対するオフセットドリフト		—	50	—	nV/ $^\circ\text{C}$	$V_{DD} = 5.0 \text{ V}$
コモンモード除去比		—	105	—	dB	DC、PGA = 1
		—	110	—	dB	DC、PGA = 8、 $T_A = +25 \text{ }^\circ\text{C}$
$V_{DD}$ に対するゲイン		—	5	—	ppm/V	$T_A = +25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 2.7 \sim 5.5 \text{ V}$ 、PGA = 1
DC 入力での電源電圧変動除去比		—	100	—	dB	$T_A = +25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 2.7 \sim 5.5 \text{ V}$ 、PGA = 1
<b>電源要件</b>						
電圧レンジ	$V_{DD}$	2.7	—	5.5	V	
変換中の消費電流	$I_{DDA}$	—	155	190	$\mu\text{A}$	$V_{DD} = 5.0 \text{ V}$
		—	145	—	$\mu\text{A}$	$V_{DD} = 3.0 \text{ V}$
スタンバイ モード中の消費電流	$I_{DDS}$	—	0.1	0.5	$\mu\text{A}$	
<b>I<sup>2</sup>C デジタル入出力</b>						
HIGH レベル入力電圧	$V_{IH}$	$0.7 V_{DD}$	—	$V_{DD}$	V	
LOW レベル入力電圧	$V_{IL}$	—	—	$0.3 V_{DD}$	V	
LOW レベル出力電圧	$V_{OL}$	—	—	0.4	V	$I_{OL} = 3 \text{ mA}$ 、 $V_{DD} = +5.0 \text{ V}$
入力のシュミットトリガヒステリシス (Note 7)	$V_{HYST}$	$0.05 V_{DD}$	—	—	V	$f_{SCL} = 100 \text{ kHz}$
I <sup>2</sup> C バスライン アクティブ時の消費電流	$I_{DDB}$	—	—	10	$\mu\text{A}$	
入力リーク電流	$I_{ILH}$	—	—	1	$\mu\text{A}$	$V_{IH} = 5.5 \text{ V}$
	$I_{ILL}$	-1	—	—	$\mu\text{A}$	$V_{IL} = \text{GND}$
<b>ピン容量および I<sup>2</sup>C バス容量</b>						
ピン容量	$C_{PIN}$	—	—	10	pF	
I <sup>2</sup> C バス容量	$C_b$	—	—	400	pF	

- Note** 1: この電圧よりも低いまたは高い入力電圧では、入力ピンに ESD 保護ダイオードからのリーク電流が発生します。このパラメータは特性評価の結果であり、完全に試験で確認した値ではありません。
- 2: この入力インピーダンスは、3.2 pF の内部入力サンプリング コンデンサに起因します。
- 3: 総変換速度は、オフセットとゲインの自動校正を含みます。
- 4: INL は、量子化幅の中央における端線と測定コードの差を表します。
- 5: 内蔵 PGA と  $V_{REF}$  の総エラーを含みます。
- 6: フルスケール レンジ (FSR) =  $2 \times 2.048/\text{PGA} = 4.096/\text{PGA}$
- 7: このパラメータは特性評価の結果であり、完全に試験で確認した値ではありません。
- 8: このパラメータは設計値であり、完全に試験で確認した値ではありません。

## 温度仕様

電氣的仕様：特に明記がない限り、 $T_A = -40 \sim +85 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = +5.0 \text{ V}$ 、 $V_{SS} = 0 \text{ V}$ とします。

パラメータ	記号	最小値	代表値	最大値	単位	条件
<b>温度レンジ</b>						
仕様温度レンジ	$T_A$	-40	—	+85	$^\circ\text{C}$	
動作温度レンジ	$T_A$	-40	—	+125	$^\circ\text{C}$	
保管温度レンジ	$T_A$	-65	—	+150	$^\circ\text{C}$	
<b>パッケージ熱抵抗</b>						
熱抵抗、6L SOT-23	$\theta_{JA}$	—	190.5	—	$^\circ\text{C/W}$	

# MCP3421

---

NOTES:

## 2.0 代表性能曲線

**Note:** 下図表は限られたサンプル数に基づく統計的な結果であり、情報の提供のみを目的としています。ここに記載されている性能特性は検証されておらず、保証されません。下図表の一部には、仕様動作レンジ外で計測されたデータも含まれます(例:仕様レンジ外の電源を使用)。従ってこれらのデータは保証範囲外です。

**Note:** 特に明記がない限り、 $T_A = -40 \sim +85 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = +5.0 \text{ V}$ 、 $V_{SS} = 0 \text{ V}$ 、 $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF}/2$  とします。

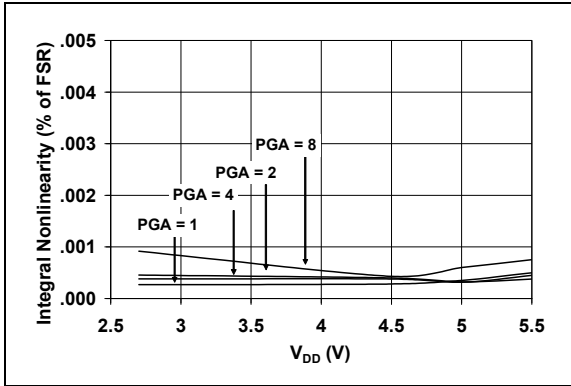


図 2-1: 電源電圧 ( $V_{DD}$ ) に対する INL

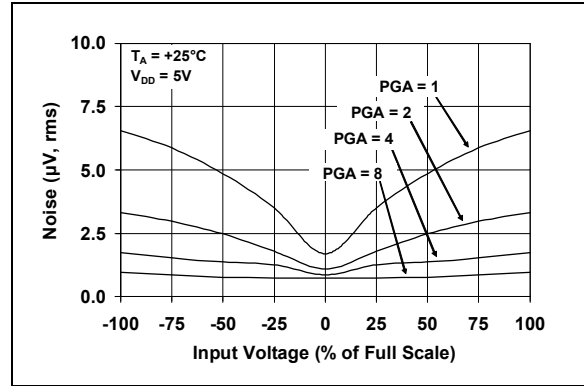


図 2-4: 入力電圧に対する出力ノイズ

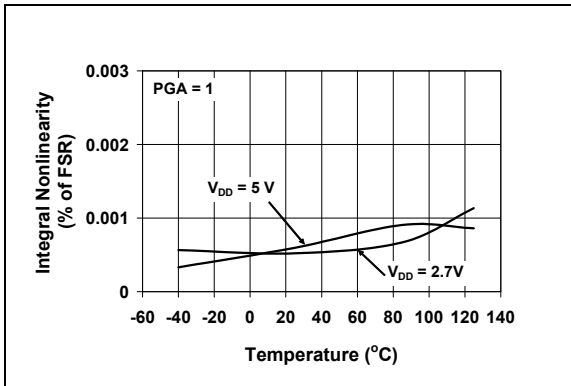


図 2-2: 温度に対する INL

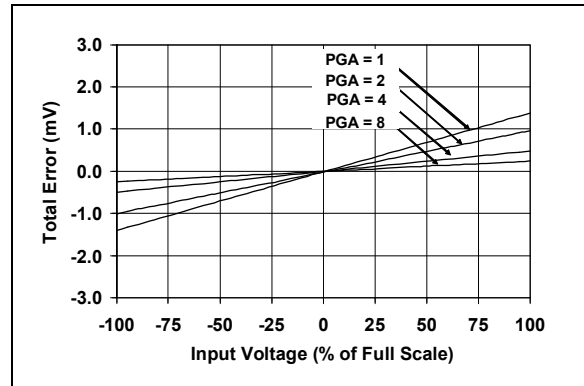


図 2-5: 入力電圧に対する総合エラー

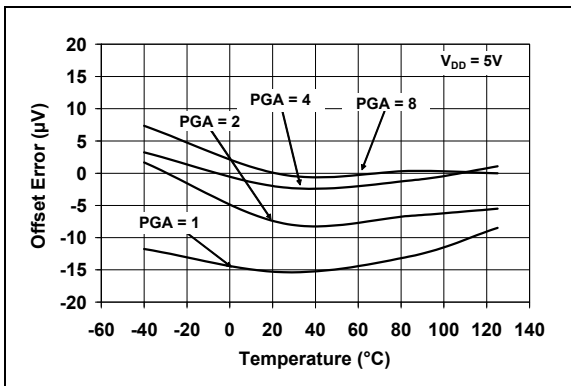


図 2-3: 温度に対するオフセットエラー

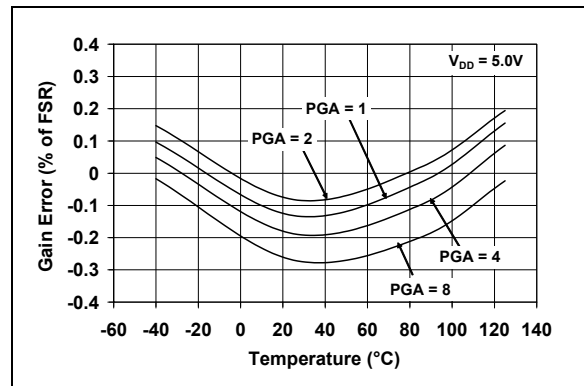


図 2-6: 温度に対するゲインエラー

# MCP3421

Note: 特に明記がない限り、 $T_A = -40 \sim +85 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = +5.0 \text{ V}$ 、 $V_{SS} = 0 \text{ V}$ 、 $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF}/2$  とします。

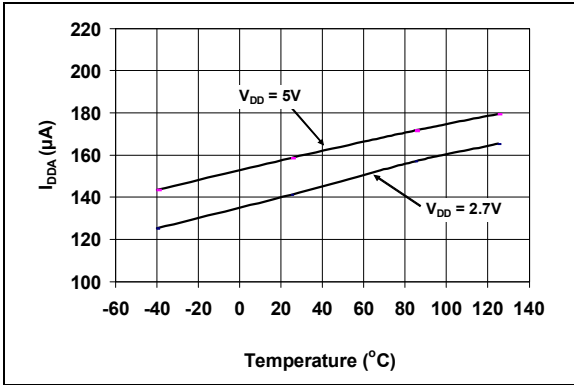


図 2-7: 温度に対する  $I_{DDA}$

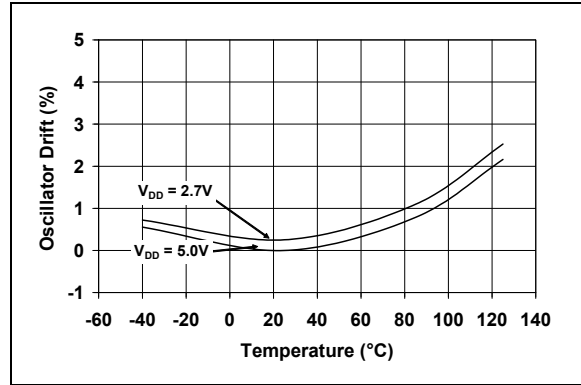


図 2-10: 温度に対するオシレータドリフト

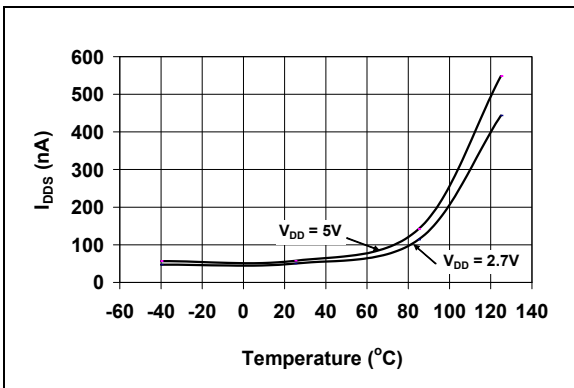


図 2-8: 温度に対する  $I_{DDS}$

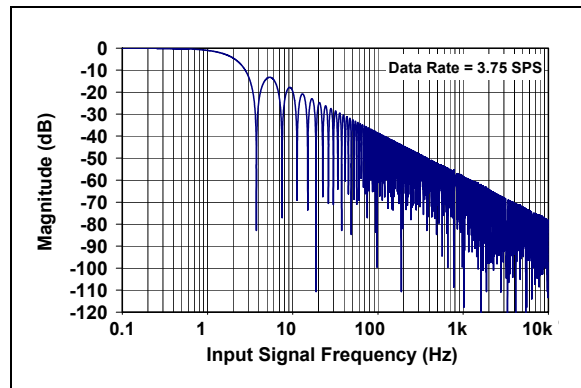


図 2-11: 周波数応答

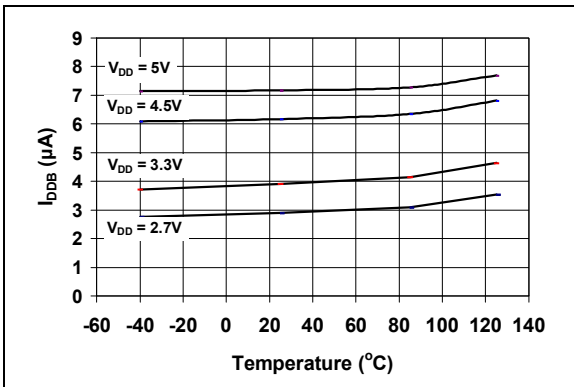


図 2-9: 温度に対する  $I_{DDB}$



### 3.0 ピンの説明

ピンの割り当てを表 3-1 に示します。

表 3-1: ピン割り当て表

MCP3421	記号	説明
1	$V_{IN+}$	正差動アナログ入力ピン
2	$V_{SS}$	グラウンドピン
3	SCL	I <sup>2</sup> C インターフェイスのシリアルクロック入力ピン
4	SDA	I <sup>2</sup> C インターフェイスの双方向シリアルデータピン
5	$V_{DD}$	正電源電圧ピン
6	$V_{IN-}$	負差動アナログ入力ピン

#### 3.1 アナログ入力 ( $V_{IN+}$ 、 $V_{IN-}$ )

$V_{IN+}$  と  $V_{IN-}$  は差動信号入力ピンです。MCP3421 デバイスは、入力ピン  $V_{IN+}$  および  $V_{IN-}$  に接続された完全差動アナログ入力信号を受け付けます。変換される差動電圧は  $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-})$  と定義されます。 $V_{IN+}$  は  $V_{IN+}$  ピンの印加電圧、 $V_{IN-}$  は  $V_{IN-}$  ピンの印加電圧を表します。シングルエンド動作時は  $V_{IN-}$  ピンを  $V_{SS}$  に接続します。差動接続とシングルエンド接続の例は、図 6-4 を参照してください。

入力信号レベルは、変換前にプログラマブルゲインアンプ (PGA) によって増幅されます。正確な計測を行うには、差動入力電圧が ( $V_{REF}/PGA$ ) の絶対値を超えないようにします。 $V_{REF}$  は内部基準電圧 (2.048 V)、PGA は PGA のゲイン設定を表します。入力レンジが ( $V_{REF}/PGA$ ) を超えるとコンバータの出力コードは飽和します。

各差動入力ピンの絶対電圧レンジは、 $V_{SS}-0.3\text{ V} \sim V_{DD}+0.3\text{ V}$  です。このレンジ外の電圧を印加すると、各入力ピンの ESD 保護ダイオードにリーク電流が発生します。この ESD 電流により、デバイスが予測できない挙動を示すことがあります。アナログ入力のコモンモードを選択する際は、各ピンの差動アナログ入力レンジと絶対電圧レンジがいずれも 1.0「電気的特性」と 4.0「デバイスの動作の説明」に記載された仕様の範囲内となるようにします。

入力電圧レンジの詳細は、4.5「入力電圧レンジ」を参照してください。

図 3-1 に、デバイスの入力回路を示します。本デバイスは、フロントエンドでスイッチトキャパシタ入力段を使用します。 $C_{PIN}$  はパッケージのピン容量で、約 4 pF (typ.) です。 $D_1$  と  $D_2$  は ESD 保護ダイオードです。 $C_{SAMPLE}$  は差動入力サンプリングコンデンサです。

#### 3.2 電源電圧 ( $V_{DD}$ 、 $V_{SS}$ )

$V_{DD}$  はデバイスの電源ピンです。このピンは、約 0.1  $\mu\text{F}$  (セラミック) の適切なバイパスコンデンサを用いてグラウンドに接続する必要があります。高周波ノイズが発生するアプリケーションでは、ノイズを減衰するために 10  $\mu\text{F}$  コンデンサ (タンタル) を並列に追加することを推奨します。仕様性能を確保するには、電源電圧 ( $V_{DD}$ ) を 2.7 ~ 5.5 V に維持する必要があります。

$V_{SS}$  はグラウンドピンで、デバイスの戻り電流経路となります。 $V_{SS}$  ピンは低インピーダンスの配線でグラウンドプレーンに接続する必要があります。アプリケーションの PCB (プリント基板) でアナロググラウンドパスが使用可能な場合は、 $V_{SS}$  ピンをアナロググラウンドパスに接続するか、プリント基板のアナロググラウンドプレーン内で絶縁する事を強く推奨します。

#### 3.3 シリアルクロックピン (SCL)

SCL は I<sup>2</sup>C インターフェイスのシリアルクロックピンです。MCP3421 は常にスレーブとして動作し、SCL ピンは外部シリアルクロックのみを受け付けます。マスタデバイスからの入力データは SCL クロックの立ち上がりエッジで SDA ピンにシフトインし、MCP3421 からの出力は SCL クロックの立ち下がりエッジで行われます。SCL ピンはオープンドレインの N チャンネルドライバです。従って、 $V_{DD}$  ラインから SCL ピンへのプルアップ抵抗が必要です。I<sup>2</sup>C シリアルインターフェイス通信の詳細は、5.3「I<sup>2</sup>C シリアル通信」を参照してください。

# MCP3421

## 3.4 シリアル データピン (SDA)

SDA は I<sup>2</sup>C インターフェイスのシリアル データピンです。SDA ピンはデータの入力と出力の両方に使用します。読み出しモードでは、変換結果を SDA ピンから読み出します (出力)。書き込みモードでは、デバイスのコンフィグレーション ビットを SDA ピンに書き込みます (入力)。SDA ピンはオープンドレインの N チャンネル ドライバです。従って、V<sub>DD</sub> ラインから SDA ピンへのプルアップ抵抗が必要です。

START/STOP 条件時を除き、クロックが High の間は SDA ピンのデータは安定している必要があります。SDA ピンの状態 (high または low) が変化して良いのは、SCL クロック信号が low の時のみに限られます。I<sup>2</sup>C シリアル インターフェイス通信の詳細は、5.3「I<sup>2</sup>C シリアル通信」を参照してください。

一般に、SCL および SDA ピンに使用するプルアップ抵抗の値は、標準 (100 kHz) およびファースト (400 kHz) モードでは 5 ~ 10 kΩ、ハイスピードモード (3.4 MHz) では 1 kΩ 未満とします。V<sub>DD</sub> が 2.7 V 未満の場合は、ハイスピードモードは推奨しません。

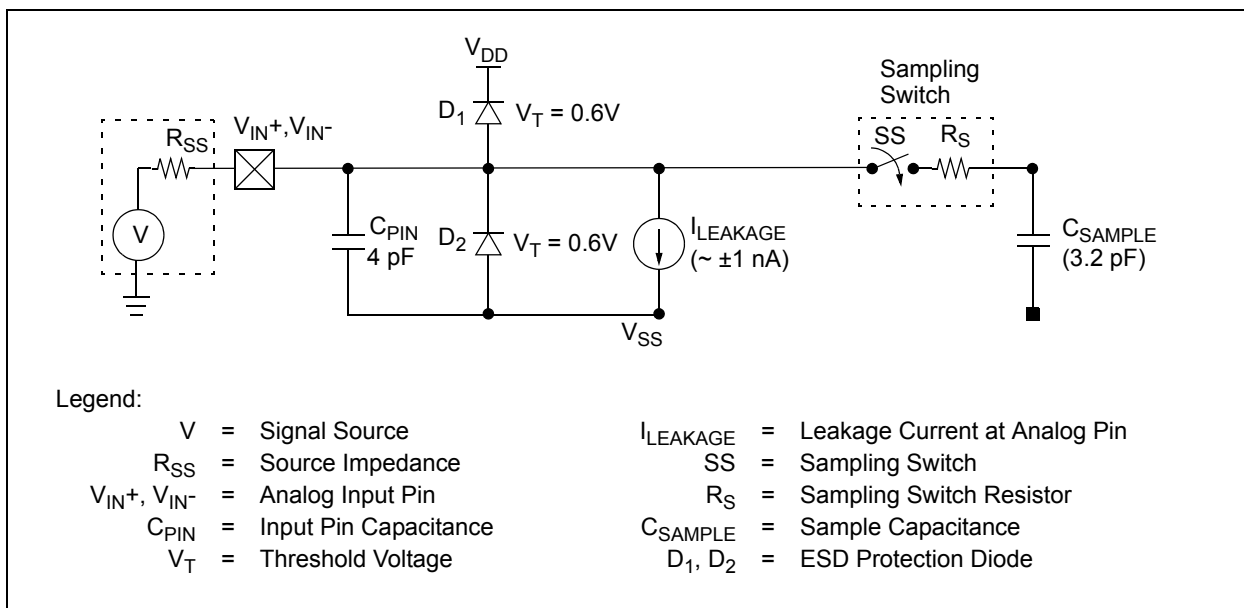


図 3-1: 等価アナログ入力回路

## 4.0 デバイスの動作の説明

### 4.1 概要

MCP3421 は、 $I^2C$  シリアル インターフェイスを備えた低消費電力の 18 ビット  $\Delta\Sigma$  型 A/D コンバータです。本デバイスは、電圧リファレンス (2.048 V)、プログラマブル ゲイン アンプ (PGA)、クロック オシレータを内蔵しています。デバイスに電源を投入 (POR をセット) すると、コンフィグレーション ビットが自動的に既定値にリセットされます。

#### デバイスの既定値は次の通りです。

- コンバータのビット分解能: 12 ビット (240 sps)
- PGA ゲイン設定: 1 倍
- 連続変換

デバイスに電源を投入後は、 $I^2C$  シリアル インターフェイスを使用していつでもコンフィグレーション ビットを書き換える事ができます。コンフィグレーション ビットは揮発性メモリに格納されます。

#### ユーザ選択可能なオプションには次のものがあります。

- 変換ビット分解能: 12、14、16、18 ビット
- PGA ゲイン設定: 1、2、4、8 倍
- 連続変換またはワンショット変換

連続変換モードでは、デバイスは入力を連続的に変換します。ワンショット変換モードでは、入力を 1 回変換したら、デバイスは次の新規変換コマンドを受け取るまで低消費電力のスタンバイ モードに移行します。スタンバイ モード時、デバイスの消費電流は  $1\ \mu\text{A}$  未満です。

### 4.2 パワーオン リセット (POR)

本デバイスは、動作中に電源電圧  $V_{DD}$  を監視するパワーオン リセット (POR) 回路を内蔵しています。この回路により、システムの電源投入および電源遮断イベントの発生時に、デバイスが確実に起動します。POR 回路はヒステリシスとタイマを内蔵しており、電源が含んでいるリップルとノイズに対して高い耐性を備えます。過渡耐性をさらに高めるには、 $0.1\ \mu\text{F}$  のデカップリング コンデンサを  $V_{DD}$  ピンのできるだけ近くに取り付けます。

しきい値電圧設定は、 $2.2\ \text{V}$  (許容誤差は約  $\pm 5\%$ ) です。電源電圧がこのしきい値未満となると、デバイスはリセット状態になります。標準的なヒステリシス幅の値は約  $200\ \text{mV}$  です。

低消費電力スタンバイ モード中、POR 回路はシャットダウンされます。電源投入イベント後、変換開始までに約  $300\ \mu\text{s}$  が必要です。最初の変換を実行する前に、全てのアナログ回路がこの遅延の間に安定します。図 4-1 に、標準的な起動条件下での電源投入および電源遮断イベントの条件を示します。

デバイスに電源を投入すると、コンフィグレーション ビットは自動的に既定値にリセットされます。コンフィグレーション ビットの既定値は、PGA ゲイン =  $1\ \text{V/V}$ 、変換速度 =  $240\ \text{SPS}$ 、変換モードは連続変換モードです。デバイスが  $I^2C$  のジェネラルコール リセット コマンドを受け取ると、パワーオン リセット イベントと同様の内部リセットが実行されます。

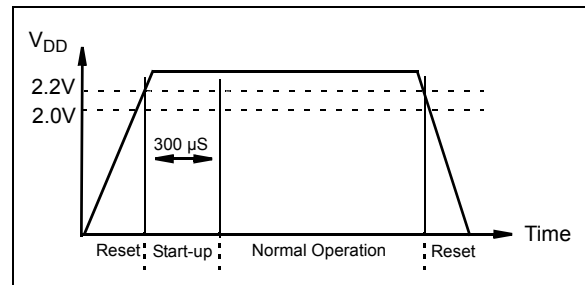


図 4-1: POR 動作

### 4.3 内部電圧リファレンス

本デバイスは、 $2.048\ \text{V}$  電圧リファレンスを内蔵しています。この基準電圧はデバイス内でのみ使用し、直接計測する事はできません。この基準電圧の仕様は、本デバイスのゲインとドリフトの仕様に含まれます。従って、内蔵の電圧リファレンス専用の仕様は別に設けていません。

### 4.4 アナログ入力チャンネル

差動アナログ入力チャンネルは、スイッチト キャパシタ入力構造になっています。内部サンプリング コンデンサ (PGA = 1 で  $3.2\ \text{pF}$ ) の充放電により、変換を行います。入力サンプリング コンデンサの充放電により、各入力ピンで動的入力電流が発生します。この電流は、差動入力電圧の関数であり、内部サンプリング コンデンサの容量、サンプリング周波数、PGA 設定に反比例します。

## 4.5 入力電圧レンジ

入力ピンにおける差動電圧 ( $V_{IN}$ ) とコモンモード電圧 ( $V_{INCOM}$ ) は、PGA 設定を考慮しない場合、次のように定義されます。

$$V_{IN} = V_{IN^+} - V_{IN^-}$$

$$V_{INCOM} = \frac{V_{IN^+} + V_{IN^-}}{2}$$

入力信号レベルは、 $\Delta\Sigma$  モジュレータのフロントエンドで、内部プログラマブルゲインアンプ (PGA) により増幅されます。

ユーザは、入力電圧レンジについて (a) 差動入力電圧レンジと (b) 絶対最大入力電圧レンジの 2 つの条件を考慮する必要があります。

### 4.5.1 差動入力電圧レンジ

本デバイスは、内部基準電圧 ( $V_{REF} = 2.048\text{ V}$ ) を使用して変換を行います。そのため、PGA 設定を含む差動入力電圧 ( $V_{IN}$ ) の絶対値は、内部基準電圧未満である必要があります。PGA 設定を含む入力電圧 ( $V_{IN}$ ) の絶対値が内部基準電圧 ( $V_{REF} = 2.048\text{ V}$ ) を超える場合、デバイスは飽和出力コード (符号ビット以外全て 0 または 1) を出力します。入力フルスケール電圧レンジは、次のように求めます。

#### 式 4-1:

$$-V_{REF} \leq (V_{IN} \cdot PGA) \leq (V_{REF} - 1LSB)$$

$$V_{IN} = V_{IN^+} - V_{IN^-}$$

$$V_{REF} = 2.048\text{ V}$$

入力電圧レベルが上記の制限値を超える場合、ユーザは分圧回路を使用して入力レベルをフルスケールレンジ内に下げする必要があります。入力電圧の分圧回路の詳細は、[図 6-7](#) を参照してください。

### 4.5.2 絶対最大入力電圧レンジ

各入力ピンの入力電圧は、次に示す絶対最大入力電圧の制限内である必要があります。

- 入力電圧  $< V_{DD} + 0.3\text{ V}$
- 入力電圧  $> V_{SS} - 0.3\text{ V}$

入力電圧がこのレンジを外れると、入力 ESD 保護ダイオードがオンになる可能性があります。その結果、入力リーク電流が生じ、変換エラーまたはデバイスの恒久的な損傷を引き起こすことがあります。

入力電圧レンジを設定する際は、入力電圧が絶対最大入力電圧レンジを超えないように注意する必要があります。

## 4.6 入力インピーダンス

本デバイスは、3.2 pF サンプリングコンデンサによるスイッチトキャパシタ入力段を使用します。このコンデンサのスイッチング (充放電) は、内蔵クロックで生成されるサンプリング周波数で行われます。差動入力インピーダンスは PGA 設定で変わります。通常モード時の標準的な差動入力インピーダンスは、次のように求めます。

$$Z_{IN}(f) = 2.25\text{ M}\Omega / \text{PGA}$$

サンプリングコンデンサは変換処理中のみ入力ピンにスイッチするため、上記の入力インピーダンスは変換中のみ存在します。低消費電力のスタンバイモードでは、入力ピンには上記のインピーダンスは存在しません。そのため、ESD 保護ダイオードに起因するリーク電流のみが入力ピンに流れます。

入力ピンに外付け回路が接続されている場合、変換精度が入力信号ソースインピーダンスの影響を受けることがあります。ソースインピーダンスは内部インピーダンスに重畳し、内部サンプリングコンデンサの充電時間に直接影響します。そのため、入力ピンに大きな入力ソースインピーダンスを接続すると、オフセット、ゲイン、積分非直線性 (INL) 等の、システム性能に関するエラーが大きくなります。理想的には、入力ソースインピーダンスはゼロであるべきです。これは、数十  $\Omega$  の閉ループ出力インピーダンスを備えたオペアンプで解決できます。

## 4.7 エイリアシングとアンチエイリアシングフィルタ

サンプルレートの半分を超える周波数で経時変化する信号成分が入力信号に含まれていると、エイリアシングが発生します。エイリアシング条件では、予期しない出力コードがデバイスから出力される場合があります。電気的ノイズが多い環境におけるアプリケーションの場合、経時変化する信号ノイズまたは高周波外乱成分が入力信号に混入しやすく、エイリアシングの原因となります。本デバイスは 1 次 SINC フィルタを内蔵していますが、フィルタ応答 ([図 2-11](#)) は全てのエイリアシング信号成分を十分に減衰できない場合があります。通常エイリアシングを回避するには、単純な RC ローパスフィルタによる外部アンチエイリアシングフィルタを使用します。ローパスフィルタは高周波ノイズ成分を除去し、帯域制限された信号を入力ピンに送ります。

## 4.8 自己校正機能

本デバイスは、1 回の変換ごとにオフセットとゲインの自己校正を行います。これにより、各変換の間で温度と電源電圧に変動が生じて、精度の高い変換結果が得られます。

## 4.9 デジタル出力コードおよび実数値への変換

### 4.9.1 デバイスからのデジタル出力コード

デジタル出力コードは入力電圧とPGA設定に比例します。出力データ形式は、2進数の2の補数です。このコード体系では、MSBを符号インジケータと見なす事ができます。MSBが論理0なら、入力为正です。MSBが論理1なら、入力は負です。以下に、出力コードの例をいくつか示します。

- 負のフルスケール入力電圧: 100...000  
例:  $(V_{IN+} - V_{IN-}) \cdot PGA = -2.048\text{ V}$
- ゼロ差動入力電圧: 000...000  
例:  $(V_{IN+} - V_{IN-}) = 0$
- 正のフルスケール入力電圧: 011...111  
例:  $(V_{IN+} - V_{IN-}) \cdot PGA = 2.048\text{ V}$

I<sup>2</sup>C シリアル データ ラインでは必ず MSB (符号ビット) が最初に送信されます。各変換の分解能 (18、16、14、12 ビットのいずれか) は、ユーザが設定する変換レート選択ビットで決まります。

入力電圧が最大入力レンジを超えても出力コードがロールオーバーする事はありません。この場合、出力コードは  $(V_{REF} - 1\text{ LSB})/PGA$  を超える電圧に対しては 0111...11 に固定され、 $-V_{REF}/PGA$  未満の電圧に対しては 1000...00 に固定されます。表 4-2 に、18 ビット変換モードにおける各種入力レベルに対する出力コードの例を示します。表 4-3 に、各変換レートオプションごとの最小および最大出力コードの例を示します。

出力コード数は、次のように求めます。

#### 式 4-2:

$$\text{出力コード数} = (\text{Maximum Code} + 1) \times PGA \times \frac{(V_{IN+} - V_{IN-})}{2.048\text{ V}}$$

最大出力コードは表 4-3 参照

データ変換の LSB は、次のように求めます。

#### 式 4-3:

$$LSB = \frac{2 \times V_{REF}}{2^N} = \frac{2 \times 2.048\text{ V}}{2^N}$$

N = 設定可能なビット分解能:  
12、14、16、18

表 4-1 に、各変換レート設定の LSB のサイズを示します。計測された入力電圧は、出力コードと LSB の積です。出力コードから入力電圧を求める方法は、次セクションを参照してください。

表 4-1: LSB に対する分解能

分解能設定	LSB
12 ビット	1 mV
14 ビット	250 μV
16 ビット	62.5 μV
18 ビット	15.625 μV

表 4-2: 18 ビットの出力コードの例 (NOTE 1、NOTE 2)

入力電圧: $[V_{IN+} - V_{IN-}] \cdot PGA$	デジタル出力コード
$\geq V_{REF}$	011111111111111111
$V_{REF} - 1\text{ LSB}$	011111111111111111
2 LSB	000000000000000010
1 LSB	000000000000000001
0	000000000000000000
-1 LSB	111111111111111111
-2 LSB	111111111111111110
$-V_{REF}$	100000000000000000
$< -V_{REF}$	100000000000000000

Note 1: MSB は符号ビット:

0: 正の入力 ( $V_{IN+} > V_{IN-}$ )

1: 負の入力 ( $V_{IN+} < V_{IN-}$ )

2: 出力データ形式は 2 進数の 2 の補数

表 4-3: 最小および最大出力コード (NOTE)

分解能設定	データレート	最小コード	最大コード
12	240 SPS	-2048	2047
14	60 SPS	-8192	8191
16	15 SPS	-32768	32767
18	3.75 SPS	-131072	131071

Note: 最大 n ビット コード =  $2^{N-1} - 1$   
最小 n ビット コード =  $-1 \times 2^{N-1}$

# MCP3421

## 4.9.2 デバイス出力コードから入力信号電圧への変換

4.9.1「デバイスからのデジタル出力コード」に記載されているように、デバイスからデジタル出力コードを受け取ったら、次にデジタル出力コードを測定入力電圧に変換します。式 4-4 に、出力コードを対応する入力電圧に変換する例を示します。

符号ビット (MSB) が '0' の場合、出力コードに LSB を掛け、それを PGA 設定で割ると入力電圧が得られます。

符号ビット (MSB) が '1' の場合、出力コードを 2 の補数に変換してから LSB を掛け、PGA 設定で割ります。表 4-4 に、デバイスの出力コードを入力電圧に変換する例を示します。

## 式 4-4: 出力コードから入力電圧への変換

If MSB = 0 (Positive Output Code):

$$Input\ Voltage = (Output\ Code) \cdot \frac{LSB}{PGA}$$

If MSB = 1 (Negative Output Code):

$$Input\ Voltage = (2's\ complement\ of\ Output\ Code) \cdot \frac{LSB}{PGA}$$

LSB = 表 4-1 を参照

2 の補数 = 1 の補数 + 1

表 4-4: 出力コードから電圧への変換例 (18 ビット設定時)

入力電圧 [ $V_{IN+} - V_{IN-}$ ] · PGA]	デジタル出力コード	MSB (符号ビット)	出力コードから入力電圧への変換例
$\geq V_{REF}$	011111111111111111	0	$(2^{16}+2^{15}+2^{14}+2^{13}+2^{12}+2^{11}+2^{10}+2^9+2^8+2^7+2^6+2^5+2^4+2^3+2^2+2^1+2^0) \times LSB(15.625\mu V)/PGA = 2.048\ (V)\ for\ PGA = 1$
$V_{REF} - 1\ LSB$	011111111111111111	0	$(2^{16}+2^{15}+2^{14}+2^{13}+2^{12}+2^{11}+2^{10}+2^9+2^8+2^7+2^6+2^5+2^4+2^3+2^2+2^1+2^0) \times LSB(15.625\mu V)/PGA = 2.048\ (V)\ for\ PGA = 1$
2 LSB	000000000000000010	0	$(0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+2^1+0) \times LSB(15.625\mu V)/PGA = 31.25\ (\mu V)\ for\ PGA = 1$
1 LSB	000000000000000001	0	$(0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+2^0) \times LSB(15.625\mu V)/PGA = 15.625\ (\mu V)\ for\ PGA = 1$
0	000000000000000000	0	$(0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0) \times LSB(15.625\mu V)/PGA = 0\ V\ (V)\ for\ PGA = 1$
-1 LSB	111111111111111111	1	$-(0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+2^0) \times LSB(15.625\mu V)/PGA = -15.625\ (\mu V)\ for\ PGA = 1$
-2 LSB	111111111111111110	1	$-(0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+2^1+0) \times LSB(15.625\mu V)/PGA = -31.25\ (\mu V)\ for\ PGA = 1$
$-V_{REF}$	100000000000000000	1	$-(2^{17}+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0) \times LSB(15.625\mu V)/PGA = -2.048\ (V)\ for\ PGA = 1$
$\leq -V_{REF}$	100000000000000000	1	$-(2^{17}+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0) \times LSB(15.625\mu V)/PGA = -2.048\ (V)\ for\ PGA = 1$

## 5.0 MCP3421 の使用

### 5.1 動作モード

ユーザは、書き込みコマンド (図 5-2 を参照) を使用してデバイスのコンフィグレーションレジスタを設定し、読み出しコマンド (図 5-3 および図 5-4 を参照) を使用して変換データを読み出します。本デバイスには、(a) 連続変換モードと (b) ワンショット変換 (シングル変換) モードの 2 つの動作モードがあります。モードの選択は、コンフィグレーションレジスタの  $\overline{O/C}$  ビットの設定で行います。詳細は、5.2 「コンフィグレーションレジスタ」を参照してください。

#### 5.1.1 連続変換モード ( $\overline{O/C}$ ビット = 1)

本デバイスは、 $\overline{O/C}$  ビットが論理「1」の場合、連続変換を行います。変換が完了すると、RDY ビットが '0' となり、変換結果が出力データレジスタに格納されます。その後、デバイスはただちに次の変換を開始し、その結果を出力データレジスタに上書きします。変換が完了すると、デバイスはデータレディフラグをクリア (RDY ビット = 0) します。最新の變換結果がマスタ側から読み出されると、デバイスはデータレディフラグをセット (RDY bit = 1) します。

- **コンフィグレーションレジスタの書き込み:**
  - 連続変換モードでは RDY ビットがセットされても特に影響はありません。
- **変換データの読み出し:**
  - RDY ビット = 0 は、まだ読み出していない最新の變換結果が出力データレジスタに存在する事を意味します。
  - RDY ビット = 1 は、前回の読み出し時以降、變換結果が更新されていない事を意味します。現在は次の變換処理中であり、その變換結果が出力データレジスタに上書きされたら RDY ビットがクリアされます。

#### 5.1.2 ワンショット変換モード ( $\overline{O/C}$ ビット = 0)

ワンショット (シングル) 変換モードでは、デバイスは変換を 1 回のみ実行し、出力データレジスタを更新して、データレディフラグをクリア (RDY = 0) した後、低消費電力のスタンバイモードに移行します。次にもう一度書き込みコマンド (RDY = 1) を受け取ると、ワンショット変換を実行します。

- **コンフィグレーションレジスタの書き込み:**
  - ワンショットモードで變換を実行するには、RDY ビットをセットします。
- **變換データの読み出し:**
  - RDY ビット = 0 は、まだ読み出していない最新の變換結果が出力データレジスタに存在する事を意味します。
  - RDY ビット = 1 は、前回の読み出し時以降、變換結果が更新されていない事を意味します。現在は次の變換処理中であり、變換が完了したら RDY ビットがクリアされます。

省電力性が重視されるアプリケーションにおいて、オンデマンドで變換結果が得られれば良い場合は、ワンショット変換モードが適しています。低消費電流のスタンバイモードでは、デバイスの消費電流は 1  $\mu$ A 未満 (300 nA typ.) です。例えば、ワンショット変換モード、1 SPS で 18 ビットの変換データを収集する場合、デバイスの消費電流は全体の約 1/4 です。この例では、3V 電源、18 ビット変換モードで毎秒 1 度の変換 (1 SPS) を実行する場合、デバイスの消費電流は約 39  $\mu$ A (145  $\mu$ A / 3.75 SPS = 39  $\mu$ A) です。

# MCP3421

## 5.2 コンフィグレーション レジスタ

本デバイスは8ビット幅コンフィグレーションレジスタを備えており、入力チャンネル、変換モード、変換レート、PGA ゲインを選択できます。このレジスタにより、デバイスの動作条件の変更とステータスのチェックが可能です。

コンフィグレーション ビットの書き換えはデバイスの動作中随時可能です。レジスタ 5-1 に、コンフィグレーション レジスタの各ビットを示します。

レジスタ 5-1: コンフィグレーション レジスタ

R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
$\overline{\text{RDY}}$	C1	C0	$\overline{\text{O/C}}$	S1	S0	G1	G0
1 *	0 *	0 *	1 *	0 *	0 *	0 *	0 *
ビット 7							ビット 0

\* パワーオン リセット後の既定値

### 凡例:

R = 読み出し可能ビット	W = 書き込み可能ビット	U = 未実装ビット、'0' として読み出し	
-n = POR の値	'1' = ビットをセット	'0' = ビットをクリア	x = ビットは未知

ビット 7

$\overline{\text{RDY}}$ : レディビット

データレディ フラグのビットです。読み出しモードでは、出力レジスタの値が最新の変換結果で更新されたかどうかをこのビットで示します。ワンショット変換モードでこのビットを“1”にセットすると、新規の変換が開始します。

### 読み出しコマンドによる $\overline{\text{RDY}}$ ビットの読み出し:

1 = 出力レジスタは未更新  
0 = 出力レジスタは最新の変換結果で更新済み

### 書き込みコマンドによる $\overline{\text{RDY}}$ ビットの書き込み:

連続変換モード: 影響なし  
ワンショット変換モード:  
1 = 新規変換を開始  
0 = 影響なし

ビット 6-5

**C1-C0**: MCP3421 ではこれらのビットは使用しません。

ビット 4

$\overline{\text{O/C}}$ : 変換モードビット

1 = 連続変換モード (既定値): データ変換を連続的に実行します。  
0 = ワンショット変換モード: 1 回変換を実行したら低消費電力のスタンバイ モードに移行し、次に書き込みまたは読み出しコマンドを受け取るまでその状態を維持します。

ビット 3-2

**S1-S0**: サンプル レート選択ビット

00 = 240 SPS (12 ビット) (既定値)  
01 = 60 SPS (14 ビット)  
10 = 15 SPS (16 ビット)  
11 = 3.75 SPS (18 ビット)

ビット 1-0

**G1-G0**: PGA ゲイン選択ビット

00 = 1 倍 (既定値)  
01 = 2 倍  
10 = 4 倍  
11 = 8 倍



データバイトの読み出し後(18ビット変換モードでは5番目のバイトの後)にクロックの送信を継続してコンフィグレーションバイトを繰り返し読み出すと、デバイスに新しい変換結果があるかどうかをRDYビットの状態で知る事ができます。RDYビットがクリアされている事をマスタが認識すると、マスタは否定応答(NAK)ビットとSTOPビットを送信して現在の読み出し動作を終了し、新規の読み出しコマンドを送信して最新の変換データを読み出す事ができます。変換データの読み出しが完了したら、次の新しい変換結果が出力レジスタに上書きされるまでRDYビットは'1'となります。出力レジスタの変換データは、変換が完了するたびに上書きされます。

図 5-3 と 図 5-4 に、変換データの読み出し例を示します。コンフィグレーションバイトは随時書き換え可能です。

表 5-1 と 表 5-2 に、コンフィグレーションビットの例を示します。

表 5-1: コンフィグレーションビットの書き込み

R/W	O/C	RDY	動作
0	0	0	他の全てのビットに変更がない場合何も変えず、直前の設定で動作を続行
0	0	1	ワンショット変換を開始
0	1	0	連続変換を開始
0	1	1	連続変換を開始

表 5-2: コンフィグレーションビットの読み出し

R/W	O/C	RDY	動作
1	0	0	ワンショット変換モードによる新規変換結果が読み出された。RDYビットは書き込みコマンドでセットされるまでLow状態を保つ。
1	0	1	ワンショット変換モードが実行中であり、変換結果は未更新である。RDYビットは現在の変換が完了するまでHigh状態を保つ。
1	1	0	連続変換モードによる新規変換結果が読み出された。RDYビットは変換データの読み出し後High状態に遷移する。
1	1	1	連続変換モードによる変換結果が読み出し済みである。次の新規変換データはまだレディ状態ではない。RDYビットは新規の変換が完了するまでHigh状態を保つ。

### 5.3 I<sup>2</sup>C シリアル通信

本デバイスは、I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit) シリアルインターフェイスを介して、標準モード (100 kbps)、ファーストモード (400 kbps)、ハイスピードモード (3.4 Mbps) のいずれかでマスタ (マイクロコントローラ) と通信します。

**Note:** V<sub>DD</sub> が 2.7 V 未満の場合は、ハイスピードモードは推奨しません。

シリアル I<sup>2</sup>C は双方向の2線式データバス通信プロトコルで、オープンドレインの SCL および SDA ラインを使用します。

本デバイスは、スレーブ動作のみサポートします。アドレス指定後、本デバイスは書き込みコマンドでのコンフィグレーションビットの受信、読み出しコマンドでの最新変換結果の送信ができます。シリアルクロック (SCL) ピンは入力のみで、シリアルデータ (SDA) ピンは双方向です。マスタは、START ビットを送信して通信を開始し、STOP ビットを送信して通信を終了します。読み出しモードでは、本デバイスは NAK ビットと STOP ビットを受信後に SDA ラインを解放します。

ハードウェア接続の例については、図 6-1 を参照してください。I<sup>2</sup>C バスの詳細な特性は、5.6 「I<sup>2</sup>C バス特性」を参照してください。

#### 5.3.1 I<sup>2</sup>C デバイスのアドレス指定

START ビットの直後は常にデバイスのアドレスバイトです。アドレスバイトは4ビットのデバイスコード、3ビットのアドレスビット、R/W ビットで構成されます。MCP3421 のデバイスコードは1101で、出荷前に書き込まれます。デバイスコードの次のアドレスビット (A2、A1、A0 の3ビット) も出荷前に書き込まれます。3ビットのアドレスビットを使う事で、1つのデータバスラインに最大8個のMCP3421デバイスを接続できます。

(R/W) ビットは、マスタ デバイスがこれから実行する操作が変換データの読み出しなのかコンフィグレーションレジスタへの書き込みなのかを決定します。(R/W) ビットがセットされている場合は読み出しモードとなり、本デバイスは後続サイクルで変換データを出力します。(R/W) ビットがクリアされている場合は書き込みモードとなり、本デバイスは後続サイクルでコンフィグレーションビットを待ちます。本デバイスは、正しいアドレスバイトを受信すると、R/W ビットの後 ACK ビットを出力します。

図 5-1 に、アドレスバイトを示します。また、図 5-2 ~ 図 5-4 にコンフィグレーションレジスタビットへの書き込み方法と変換結果の読み出し方法を示します。

# MCP3421

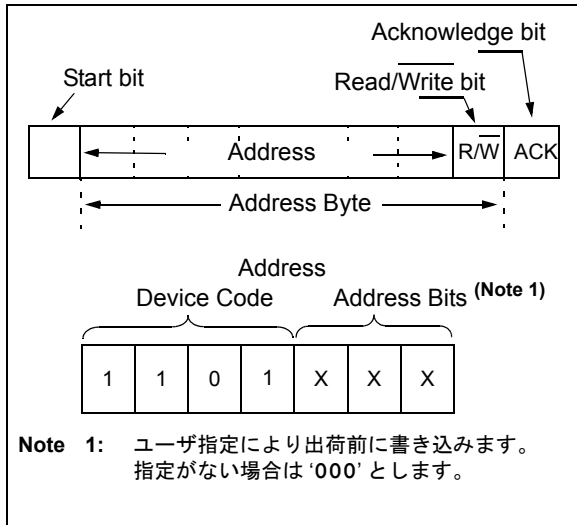


図 5-1: MCP3421 のアドレス バイト

## 5.3.2 デバイスへのコンフィグレーション バイトの書き込み

マスタが送信するアドレス バイトの  $\overline{R/W}$  ビットが low ( $\overline{R/W} = 0$ ) の場合、MCP3421 デバイスはアドレスに続いてコンフィグレーション バイトが送信されるのを待ちます。この 2 つ目のバイト (コンフィグレーション バイト) 以降に送信されたバイトは無視されます。ユーザは、コンフィグレーション レジスタ ビットを書き込んでデバイスの動作モードを変更できます。デバイスは新規コンフィグレーション設定と書き込みコマンドを受信すると、ただちに新規変換を開始して変換データを更新します。

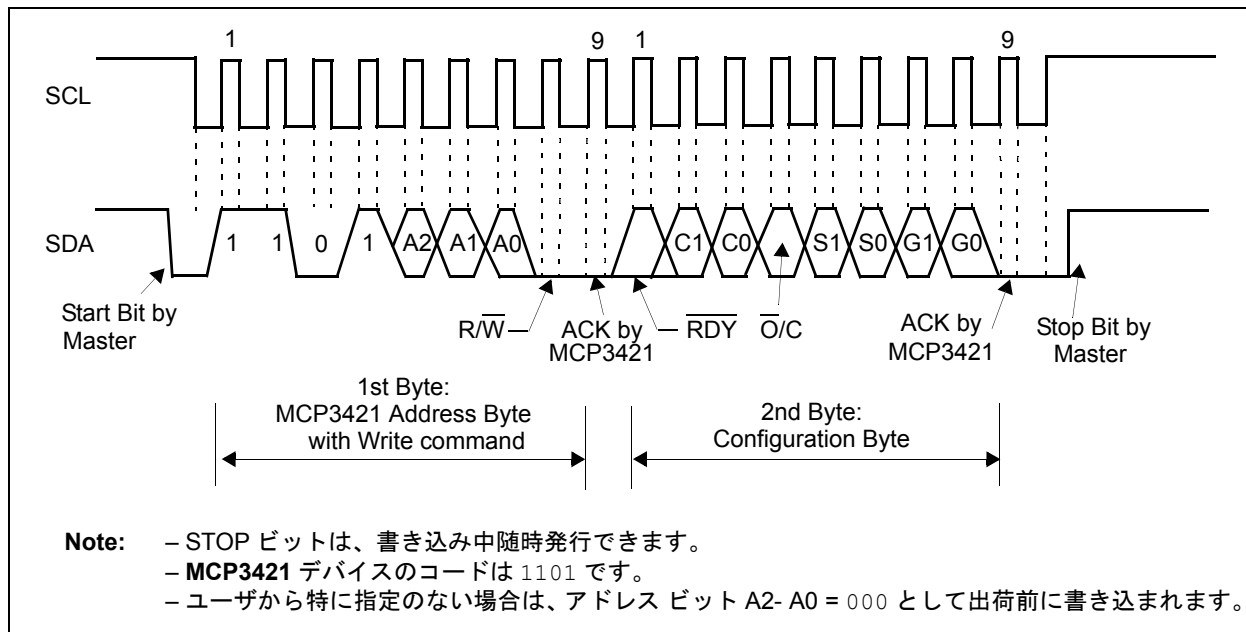


図 5-2: MCP3421 への書き込みタイミング チャート

### 5.3.3 デバイスからの出力コードとコンフィグレーションバイトの読み出し

マスタが読み出しコマンド ( $\overline{R/W}=1$ ) を送信すると、本デバイスは変換データとコンフィグレーションバイトを出力します。各バイトは8ビットと1ビットの肯定応答 (ACK) ビットで構成されています。アドレスバイト直後の ACK ビットは本デバイスが発行し、各変換データバイト直後の ACK ビットはマスタが発行します。

本デバイスを 18 ビット変換モードに設定した場合、3 バイトのデータを出力した後にコンフィグレーションバイトを出力します。第 1 データバイトの先頭 6 ビットのデータは、変換データの MSB (符号ビット) が繰り返し出力されます。すなわちユーザは、最初の 6 ビットを無視して、7 番目のデータビット (D17) を変換データの MSB と見なす事ができます。第 3 データバイトの LSB が、変換データの LSB (D0) です。

本デバイスを 12、14、16 ビット変換モードに設定した場合は、2 バイトのデータを出力した後にコンフィグレーションバイトを出力します。16 ビット変換モードでは、第 1 データバイトの MSB (符号ビット) が D15 となります。14 ビット変換モードでは、第 1 データバイトの先頭 2 ビットは変換データの MSB (符号ビット) の繰り返しであるため、これを無視して 3 番目のビット (D13) を変換データの MSB と見なす事ができます。12 ビット変換モードでは、先頭 4 ビットが変換データの MSB の繰り返しであるため、無視できます。第 1 データバイトの 5 番目のビット (D11) が変換データの MSB (符号ビット) を表します。表 5-3 に、各変換モードでの変換データ出力を示します。

表 5-3: 各変換モード時の出力コード

変換オプション	デジタル出力コード
18 ビット	MMMMMMD17D16 (第 1 データバイト) - D15 ~ D8 (第 2 データバイト) - D7 ~ D0 (第 3 データバイト) - コンフィグレーションバイト (Note 1)
16 ビット	D15 ~ D8 (第 1 データバイト) - D7 ~ D0 (第 2 データバイト) - コンフィグレーションバイト (Note 2)
14 ビット	MMD13D ~ D8 (第 1 データバイト) - D7 ~ D0 (第 2 データバイト) - コンフィグレーションバイト (Note 3)
12 ビット	MMMMD11 ~ D8 (第 1 データバイト) - D7 ~ D0 (第 2 データバイト) - コンフィグレーションバイト (Note 4)

- Note 1:** D17 がデータバイトの MSB (符号ビット) で、M は MSB の繰り返しです。  
**2:** D15 が MSB (符号ビット) です。  
**3:** D13 がデータバイトの MSB (符号ビット) で、M は MSB の繰り返しです。  
**4:** D11 がデータバイトの MSB (符号ビット) で、M は MSB の繰り返しです。

出力データバイトの後にはコンフィグレーションバイトが出力されます。本デバイスは、マスタがデータバイトの後にクロック送信を繰り返した場合のみ、コンフィグレーションバイトの出力を繰り返します。

本デバイスは、出力ビットストリーム中に否定応答 (NAK)、START ビットの繰り返し、STOP ビットの繰り返しのいずれかを受信した場合、現在の出力を終了します。コンフィグレーションバイトは必ずしも読み出す必要はありません。ただし、マスタからコンフィグレーションバイトを読み出せば、RDY ビットの状態をチェックできます。マスタからクロック (SCL) を連続して送信し、コンフィグレーションバイトを繰り返し読み出す事で、RDY ビットの状態を継続的にチェックできます。

図 5-3 と 5-4 に、読み出しのタイミングチャートを示します。

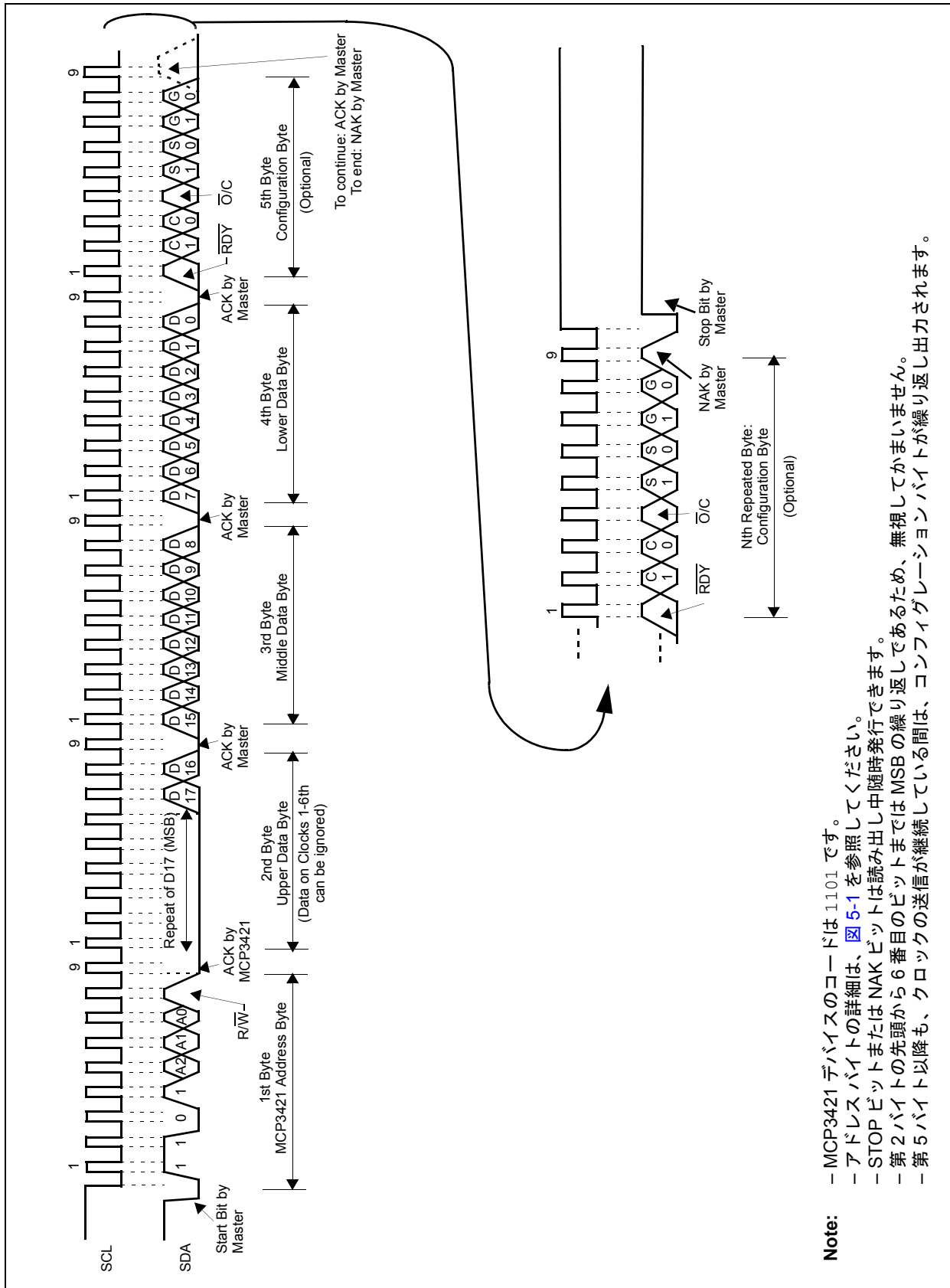


図 5-3: 18 ビットモードでの MCP3421 からの読み出しタイミング チャート

**Note:**

- MCP3421 デバイスのコードは 1101 です。
- アドレス バイトの詳細は、図 5-1 を参照してください。
- STOP ビットまたは NAK ビットは読み出し中随時発行できます。
- 第 2 バイトの先頭から 6 番目のビットまでは MSB の繰り返しであるため、無視してかまいません。
- 第 5 バイト以降も、クロックの送信が継続している間は、コンフィグレーションバイトが繰り返し出力されます。

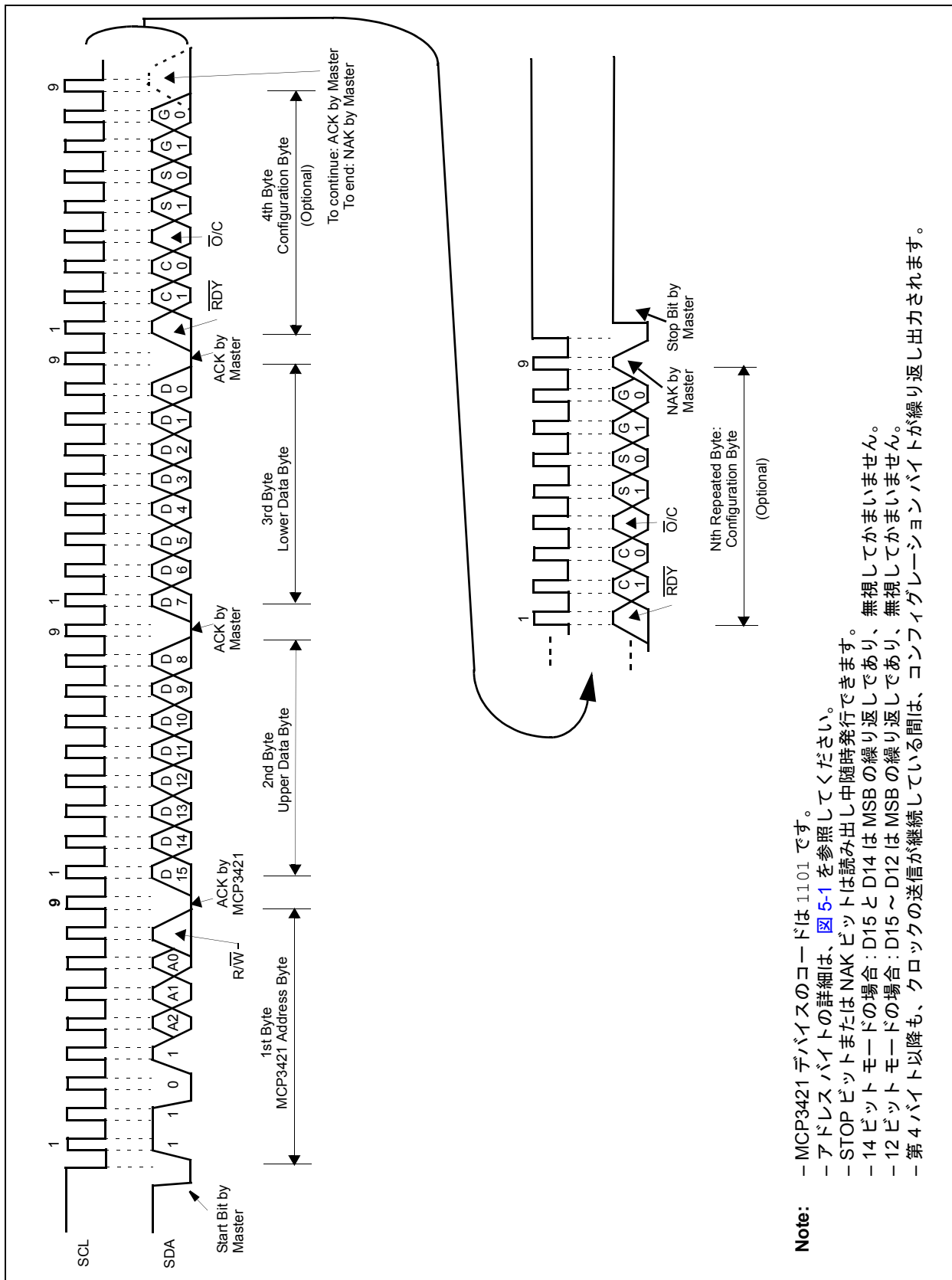


図 5-4: 12 ~ 16 ビットモードでの MCP3421 からの読み出しタイミングチャート

## 5.4 ジェネラルコール

本デバイスは、ジェネラルコール アドレス (第 1 バイトの 0x00) を肯定応答します。ジェネラルコール アドレスの意味は、常に第 2 バイトで定義します。詳細は、[図 5-5](#) を参照してください。本デバイスは、次に説明する 2 つのジェネラルコールをサポートします。

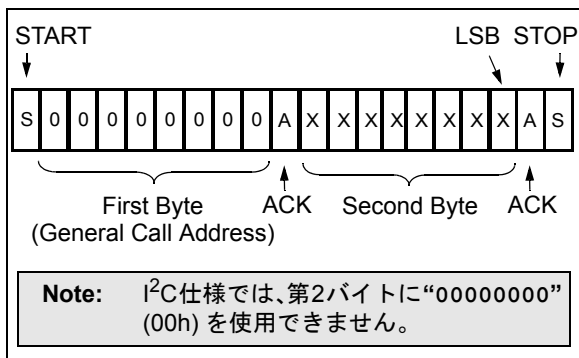
ジェネラルコールを含め、I<sup>2</sup>C の各種モードの詳細は、Phillips 社の I<sup>2</sup>C 仕様書を参照してください。

### 5.4.1 ジェネラルコール リセット

ジェネラルコール リセットは、第 2 バイトが '0000110' (06h) の場合に実行されます。本デバイスは、このバイトの肯定応答時に現在の変換を中止し、パワーオン リセット (POR) と同様の内部リセットを行います。全てのコンフィグレーションレジスタビットとデータレジスタビットは既定値にリセットされます。

### 5.4.2 ジェネラルコール変換

ジェネラルコール変換は、第 2 バイトが '00001000' (08h) の場合に実行されます。バスに接続された全てのデバイスが同時に変換を開始します。本デバイスがこのコマンドを受信すると、コンフィグレーションがワンショット変換モードに設定され、1 回のみ変換が実行されます。このジェネラルコールでは、PGA とデータレートの設定は変更されません。



**図 5-5:** ジェネラルコール アドレスのフォーマット

## 5.5 ハイスピード (HS) モード

I<sup>2</sup>C 仕様では、ハイスピードモード対応デバイスをハイスピードモードで動作させるには、デバイスの「有効化」が必要です。これは、START ビットに続いて特殊なアドレス「00001XXX」を送信する事で行います。「XXX」はハイスピード (HS) モードの各マスタに固有のビットです。このバイトを High-Speed (HS) Master Mode Code (HSMMC) と呼びます。MCP3421 デバイスはこのバイトを肯定応答しません。ただし、このコードを受信すると、デバイスは自身の HS モードフィルタを ON にして、SDA および SCL バスライン上で最大 3.4 MHz で通信を行います。デバイスは次の STOP 条件で HS モードを終了します。

HS モードを含む I<sup>2</sup>C の各種モードの詳細は、Phillips 社の I<sup>2</sup>C 仕様書を参照してください。

## 5.6 I<sup>2</sup>C バス特性

I<sup>2</sup>C 仕様は、次のバスプロトコルを定義しています。

- データ転送は、バスがビジー状態でない時のみ開始できる。
- データ転送中、クロックラインが HIGH の時は、データラインは常に安定状態でなければならない。クロックラインが HIGH の時にデータラインが変化すると、START 条件または STOP 条件として解釈される。

これに応じて、次のバス条件が定義されています ([図 5-6](#) を参照)。

### 5.6.1 BUS NOT BUSY (A)

データラインとクロックラインが両方とも HIGH の状態です。

### 5.6.2 START DATA TRANSFER (B)

クロック (SCL) が HIGH の時に SDA ラインが HIGH から LOW に遷移すると、START 条件となります。全コマンドに START 条件が先行する必要があります。

### 5.6.3 STOP DATA TRANSFER (C)

クロック (SCL) が HIGH の時に SDA ラインが LOW から HIGH に遷移すると、STOP 条件となります。全ての動作は STOP 条件で終了できます。

### 5.6.4 DATA VALID (D)

START 条件の後、クロック信号が HIGH の期間中データラインが安定していれば、データが有効である事を表します。

ラインのデータ変更は、クロック信号が LOW の間に行う必要があります。1 ビットのデータにつき 1 クロックパルスです。

データ転送は、毎回 START 条件で開始して STOP 条件で終了します。

## 5.6.5 肯定応答と否定応答

マスタ(マイクロコントローラ)とスレーブ(MCP3421)は、1バイトごとに肯定応答(ACK)パルスを使ってハンドシェイクを行いながら通信します。ACKには、各バイトの9番目のクロックパルスを使用します。クロックパルスは常にマスタ(マイクロコントローラ)が送信し、ACKはバイトの受信側デバイスが発行します(注意:送信側デバイスはACKパルスの間SDAラインを解放する必要があります)。肯定応答は、9番目のクロックパルスの間に、受信側デバイスがSDAラインを「LOW」にプルダウンする事で行います。

読み出し時、最後のバイトでACKビットを返さなければ否定応答(NAK)となり、マスタ(マイクロコントローラ)は現在の読み出し動作を終了できます。この場合、MCP3421デバイスはSDAラインを解放し、マスタ(マイクロコントローラ)はSTOP条件または繰り返しのSTART条件を生成できるようにします。

否定応答(NAK)は、9番目のクロックパルスの間にSDAラインを「HIGH」にする事で発行します。

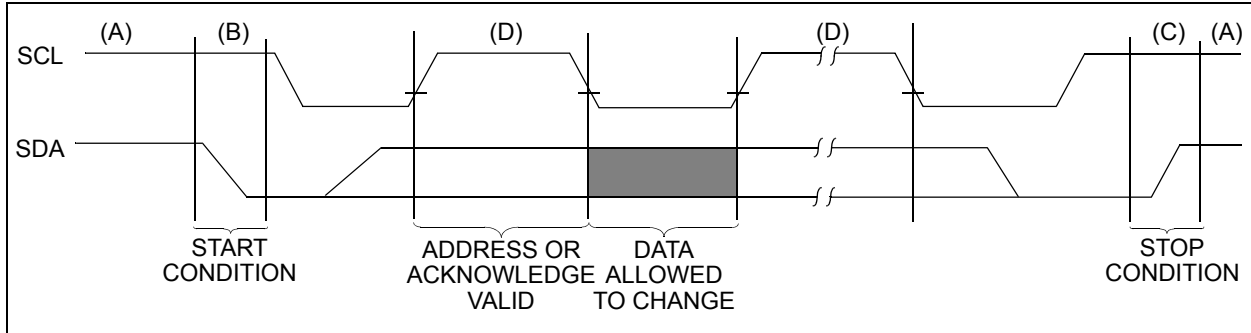


図 5-6: I<sup>2</sup>C シリアルバスのデータ転送シーケンス

# MCP3421

表 5-4: I<sup>2</sup>C シリアル通信のタイミング仕様

パラメータ	記号	最小値	代表値	最大値	単位	条件
<b>電氣的仕様</b> ：特に明記がない限り、全ての限界値には条件 $T_A = -40 \sim +85 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF}/2$ 、 $V_{SS} = 0 \text{ V}$ 、 $V_{DD} = +2.7 \sim +5.0 \text{ V}$ を適用します。						
<b>標準モード (100 kHz)</b>						
クロック周波数	$f_{SCL}$	—	—	100	kHz	
クロック High 時間	$T_{HIGH}$	4000	—	—	ns	
クロック Low 時間	$T_{LOW}$	4700	—	—	ns	
SDA および SCL 立ち上がり時間	$T_R$	—	—	1000	ns	$V_{IL} \rightarrow V_{IH}$ (Note 1)
SDA および SCL 立ち下がり時間	$T_F$	—	—	300	ns	$V_{IH} \rightarrow V_{IL}$ (Note 1)
START 条件ホールド時間	$T_{HD:STA}$	4000	—	—	ns	
START (繰り返し) 条件セットアップ時間	$T_{SU:STA}$	4700	—	—	ns	
データ ホールド時間	$T_{HD:DAT}$	0	—	3450	ns	(Note 3)
データ入力セットアップ時間	$T_{SU:DAT}$	250	—	—	ns	
STOP条件セットアップ時間	$T_{SU:STO}$	4000	—	—	ns	
出力確定時間	$T_{AA}$	0	—	3750	ns	(Note 2、Note 3)
バスフリー時間	$T_{BUF}$	4700	—	—	ns	START 条件と STOP 条件の間の時間
<b>ファーストモード (400 kHz)</b>						
クロック周波数	$T_{SCL}$	—	—	400	kHz	
クロック High 時間	$T_{HIGH}$	600	—	—	ns	
クロック Low 時間	$T_{LOW}$	1300	—	—	ns	
SDA および SCL 立ち上がり時間	$T_R$	$20 + 0.1Cb$	—	300	ns	$V_{IL} \rightarrow V_{IH}$ (Note 1)
SDA および SCL 立ち下がり時間	$T_F$	$20 + 0.1Cb$	—	300	ns	$V_{IH} \rightarrow V_{IL}$ (Note 1)
START 条件ホールド時間	$T_{HD:STA}$	600	—	—	ns	
START (繰り返し) 条件セットアップ時間	$T_{SU:STA}$	600	—	—	ns	
データ ホールド時間	$T_{HD:DAT}$	0	—	900	ns	(Note 4)
データ入力セットアップ時間	$T_{SU:DAT}$	100	—	—	ns	
STOP条件セットアップ時間	$T_{SU:STO}$	600	—	—	ns	
出力確定時間	$T_{AA}$	0	—	1200	ns	(Note 2、Note 3)
バスフリー時間	$T_{BUF}$	1300	—	—	ns	START 条件と STOP 条件の間の時間

**Note 1:** このパラメータは特性評価の結果であり、完全に試験で確認した値ではありません。

**2:** この仕様は I<sup>2</sup>C 仕様書には含まれていません。この仕様は、データ ホールドタイム ( $T_{HD:DAT}$ ) と SDA の立ち下がり (または立ち上がり) 時間の合計、すなわち  $T_{AA} = T_{HD:DAT} + T_F$  (または  $T_R$ ) です。

**3:** このパラメータが短すぎると、同じバスラインに接続されている他のデバイスに対して意図しない START 条件または STOP 条件が生成される事があります。このパラメータが長すぎると、「Clock Low time」( $T_{LOW}$ ) が影響を受ける可能性があります。

**4:** データ入力の場合：このパラメータは  $t_{SP}$  より長くなければなりません。このパラメータが長すぎると、「Data Input Setup」( $T_{SU:DAT}$ ) または「Clock Low time」( $T_{LOW}$ ) が影響を受ける可能性があります。  
データ出力の場合：このパラメータは特性評価済みであり、 $T_{AA}$  パラメータをテストする事により間接的にテストされています。



表 5-4: I<sup>2</sup>C シリアル通信のタイミング仕様 ( 続き )

電氣的仕様: 特に明記がない限り、全ての限界値には条件  $T_A = -40 \sim +85 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF}/2$ 、 $V_{SS} = 0 \text{ V}$ 、 $V_{DD} = +2.7 \sim +5.0 \text{ V}$  を適用します。

パラメータ	記号	最小値	代表値	最大値	単位	条件
ハイスピードモード (3.4 MHz): $V_{DD} < 2.7 \text{ V}$ の場合は非推奨						
クロック周波数	$f_{SCL}$	—	—	3.4	MHz	$C_b = 100 \text{ pF}$
		—	—	1.7	MHz	$C_b = 400 \text{ pF}$
クロック High 時間	$T_{HIGH}$	60	—	—	ns	$C_b = 100 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 3.4 \text{ MHz}$
		120	—	—	ns	$C_b = 400 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 1.7 \text{ MHz}$
クロック Low 時間	$T_{LOW}$	160	—	—	ns	$C_b = 100 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 3.4 \text{ MHz}$
		320	—	—	ns	$C_b = 400 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 1.7 \text{ MHz}$
SCL 立ち上がり時間 (Note 1)	$T_R$	—	—	40	ns	$V_{IL} \rightarrow V_{IH}$ 、 $C_b = 100 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 3.4 \text{ MHz}$
		—	—	80	ns	$V_{IL} \rightarrow V_{IH}$ 、 $C_b = 400 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 1.7 \text{ MHz}$
SCL 立ち下り時間 (Note 1)	$T_F$	—	—	40	ns	$V_{IH} \rightarrow V_{IL}$ 、 $C_b = 100 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 3.4 \text{ MHz}$
		—	—	80	ns	$V_{IH} \rightarrow V_{IL}$ 、 $C_b = 400 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 1.7 \text{ MHz}$
SDA 立ち上がり時間 (Note 1)	$T_{R: DAT}$	—	—	80	ns	$V_{IL} \rightarrow V_{IH}$ 、 $C_b = 100 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 3.4 \text{ MHz}$
		—	—	160	ns	$V_{IL} \rightarrow V_{IH}$ 、 $C_b = 400 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 1.7 \text{ MHz}$
SDA 立ち下り時間 (Note 1)	$T_{F: DATA}$	—	—	80	ns	$V_{IH} \rightarrow V_{IL}$ 、 $C_b = 100 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 3.4 \text{ MHz}$
		—	—	160	ns	$V_{IH} \rightarrow V_{IL}$ 、 $C_b = 400 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 1.7 \text{ MHz}$
データホールド時間 (Note 4)	$T_{HD: DAT}$	0	—	70	ns	$C_b = 100 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 3.4 \text{ MHz}$
		0	—	150	ns	$C_b = 400 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 1.7 \text{ MHz}$
出力確定時間 (Notes 2、3)	$T_{AA}$	—	—	150	ns	$C_b = 100 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 3.4 \text{ MHz}$
		—	—	310	ns	$C_b = 400 \text{ pF}$ 、 $f_{SCL} = 1.7 \text{ MHz}$
START 条件ホールド時間	$T_{HD: STA}$	160	—	—	ns	
START ( 繰り返し ) 条件 セットアップ時間	$T_{SU: STA}$	160	—	—	ns	
データ入力セットアップ 時間	$T_{SU: DAT}$	10	—	—	ns	
STOP 条件セットアップ時間	$T_{SU: STO}$	160	—	—	ns	

**Note 1:** このパラメータは特性評価の結果であり、完全に試験で確認した値ではありません。

- この仕様は I<sup>2</sup>C 仕様書には含まれていません。この仕様は、データホールドタイム ( $T_{HD: DAT}$ ) と SDA の立ち下り (または立ち上がり) 時間の合計、すなわち  $T_{AA} = T_{HD: DAT} + T_F$  (または  $T_R$ ) です。
- このパラメータが短すぎると、同じバスラインに接続されている他のデバイスに対して意図しない START 条件または STOP 条件が生成される事があります。このパラメータが長すぎると、「Clock Low time」( $T_{LOW}$ ) が影響を受ける可能性があります。
- データ入力の場合: このパラメータは  $t_{SP}$  より長くなければなりません。このパラメータが長すぎると、「Data Input Setup」( $T_{SU: DAT}$ ) または「Clock Low time」( $T_{LOW}$ ) が影響を受ける可能性があります。データ出力の場合: このパラメータは特性評価済みであり、 $T_{AA}$  パラメータをテストする事により間接的にテストされています。

# MCP3421

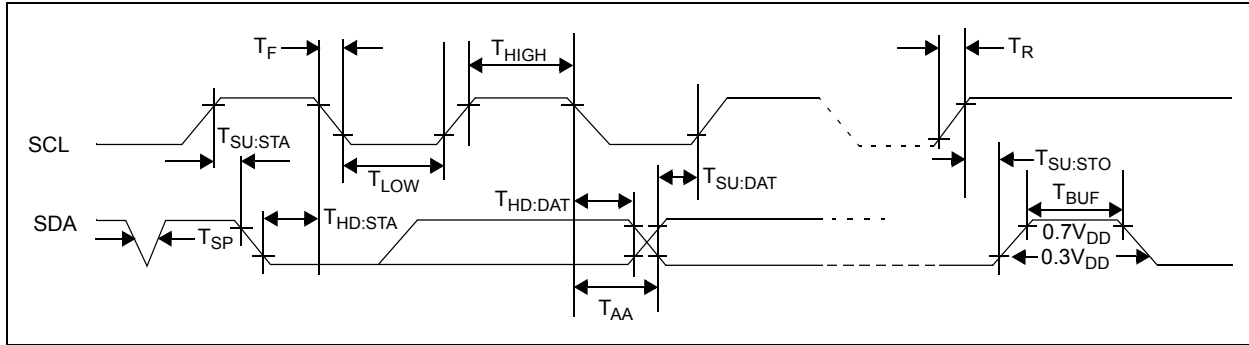


図 5-7: I<sup>2</sup>C バスのタイミング データ

## 6.0 基本的なアプリケーション構成

MCP3421 は、各種の高精度 A/D コンバータ アプリケーションに使用できます。本デバイスは非常に簡単な接続でアプリケーション回路に組み込む事ができます。以下のセクションでは、デバイス接続とアプリケーションの例について説明します。

### 6.1 アプリケーション回路への接続

#### 6.1.1 $V_{DD}$ ピンのバイパス コンデンサ

正確な計測を行うには、アプリケーション回路にクリーンな電源電圧が必要であり、MCP3421 デバイスからノイズ信号を遮断する必要があります。図 6-1 に、MCP3421 の  $V_{DD}$  ラインに 2 つのバイパス コンデンサ (10  $\mu$ F タンタル コンデンサと 0.1  $\mu$ F セラミック コンデンサ) を使用する例を示します。これらのコンデンサは、 $V_{DD}$  ラインの高周波ノイズを除去する他、デバイスが必要とする時に更なる電流を瞬間的に供給します。これらのコンデンサは、できるだけ  $V_{DD}$  ピンの近く ( $\leq 1$  inch) に取り付けます。アプリケーション回路の電源がデジタル電源とアナログ電源に分離されている場合、MCP3421 デバイスの  $V_{DD}$  と  $V_{SS}$  はアナログプレーンに配置します。

#### 6.1.2 プルアップ抵抗を使用した $I^2C$ バスへの接続

MCP3421 の SCL および SDA ピンは、オープンドレイン構成です。図 6-1 で示すように、これらのピンにはプルアップ抵抗が必要です。これらプルアップ抵抗の値は、動作速度と  $I^2C$  バス ラインの負荷容量によって異なります。プルアップ抵抗の値が大きいくほど消費電力は小さくなりますが、バス上の信号遷移時間は長く (RC 時定数が大きく) なります。そのため、バスの動作速度が制限される場合があります。一方、プルアップ抵抗の値が小さいほど消費電力は大きくなりますが、動作速度を高める事ができます。バスラインが長い場合やバスに多くのデバイスを接続している場合等、バスラインの容量が大きい場合は、大きい RC 時定数を相殺するためにプルアップ抵抗の値を小さくする必要があります。通常、標準モードとファーストモードではプルアップ抵抗の値は 5 ~ 10 k $\Omega$  の範囲で選択します。

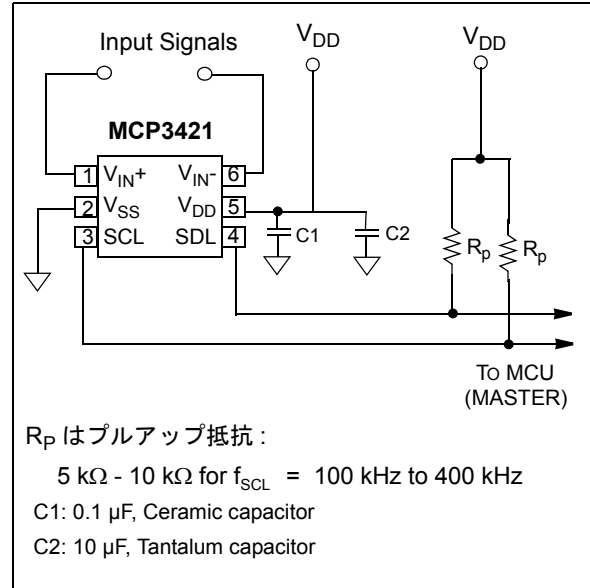


図 6-1: 代表的な接続例

最大バス容量 400 pF の範囲内であれば、バスに接続できるデバイスの数に制限はありません。バス負荷容量はバスの動作速度に影響します。図 6-2 に、複数デバイスの接続例を示します。

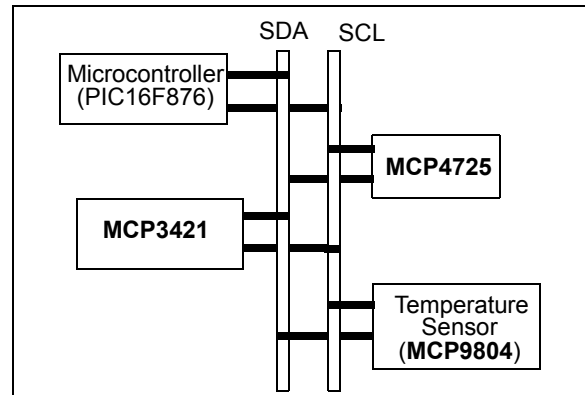


図 6-2:  $I^2C$  バスへの複数デバイスの接続例

# MCP3421

## 6.1.3 デバイスの通信テスト

マスタ (MCU) と MCP3421 の通信テストは、読み出しコマンドまたは書き込みコマンドを送信した後に MCP3421 から肯定応答が返ってくるかどうかをチェックするだけで簡単に行えます。以下、図 6-3 を例にとって説明します。

- アドレスバイトの  $\overline{R/W}$  ビットを「LOW」にセットする。
- アドレスバイトを送信後、ACK パルスをチェックする。

デバイスが肯定応答すれば (ACK = 0) デバイスは接続されており、そうでなければ接続されていない。

- STOP ビットを送信する。

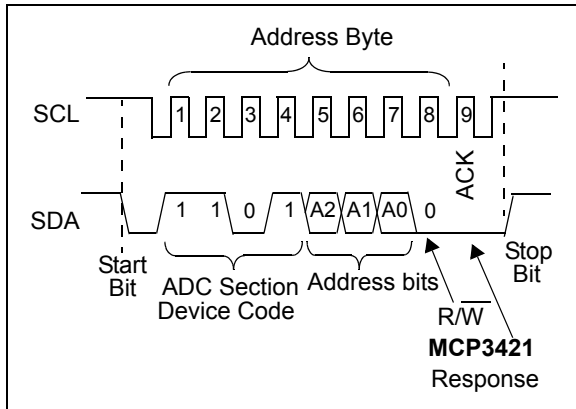


図 6-3: I<sup>2</sup>C バスの通信テスト

## 6.1.4 差動およびシングルエンド構成

図 6-4 に、差動入力とシングルエンド入力の代表的な接続例を示します。差動入力信号は  $V_{IN+}$  と  $V_{IN-}$  入力ピンに接続します。シングルエンド入力の場合、入力信号はいずれか一方の入力ピンに印加し (通常は  $V_{IN+}$  ピンに接続)、もう一方の入力ピン (通常は  $V_{IN-}$  ピン) はグランドに接続します。全てのデバイス特性はシングルエンド構成に適用されますが、シングルエンドでは入力が正のハーフスケールのみで有効であるため、分解能が 1 ビット分低下します。詳細は、4.9「デジタル出力コードおよび実数値への変換」を参照してください。

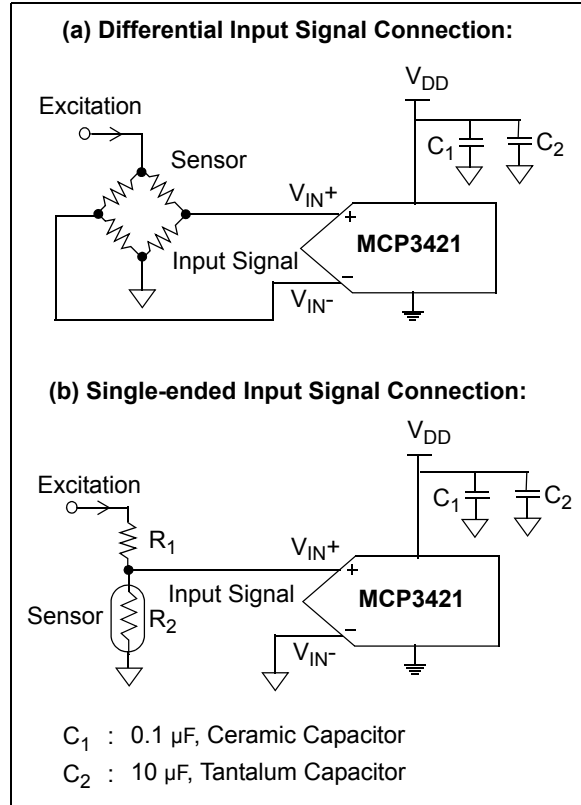


図 6-4: 差動入力とシングルエンド入力の接続

## 6.2 アプリケーション例

### 6.2.1 電圧計測

MCP3421 デバイスは、センサおよびデータ収集アプリケーションで幅広く使用できます。

図 6-5 に、バッテリー電圧を計測する回路の例を示します。入力電圧が内部基準電圧 ( $V_{REF} = 2.048\text{ V}$ ) よりも大きい場合、出力コードが飽和するのを防ぐために分圧回路が必要です。この例では、 $R_1$  と  $R_2$  で分圧回路を形成しています。 $R_1$  と  $R_2$  は、 $V_{IN}$  を内部基準電圧 ( $V_{REF} = 2.048\text{ V}$ ) 未満に抑えるように設計されています。

入力電圧レンジが内部基準電圧よりはるかに小さい場合は入力ピンに分圧回路は不要で、内部 PGA のゲインを最大 8 まで設定して使用する事ができます。

入力信号に分圧回路または内部 PGA を使用した場合、出力コードを実際に入力電圧に変換するにはこれらの要素も考慮に入れる必要があります。

MCP342X デバイス ファミリを使用した入力電圧および電流の計測について、詳しくはマイクロチップ社のアプリケーション ノート AN1156 を参照してください。この文書には、MCU のファームウェアについても詳しく記載されています。

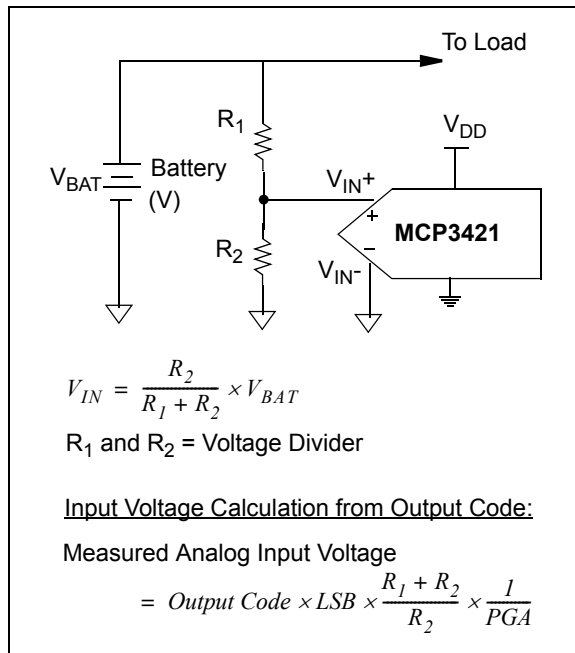


図 6-5: バッテリ電圧の計測

### 6.2.2 電流計測

図 6-6 に、電流計測の回路例を示します。電流計測では、本デバイスが電流センサの両端にかかる電圧を計測し、その値を電流センサの既知の抵抗値で割って電流を求めます。センサ前後の電圧低下は損失です。そのため、通常電流計測では抵抗値の小さい電流センサを使用します。このトレードオフとして ADC デバイスには高い分解能が求められます。マイクロチップ社の高精度 MCP342x デバイスは抵抗値の小さい電流センサを使用した電流計測に適しています。これらデバイスは、分解能 18 ビット、PGA = 8 の設定で入力電圧を  $2\text{ }\mu\text{V}$  という低いレンジ (または、電流の場合は  $\sim\text{ }\mu\text{A}$  のレンジ) まで計測できます。出力コードの MSB (符号ビット) は、電流の方向を示します。

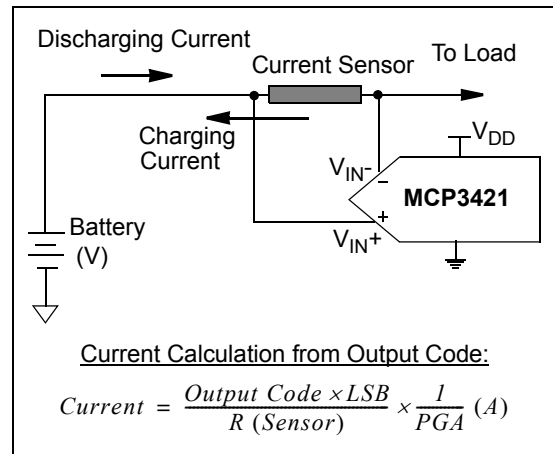


図 6-6: バッテリ電流の計測

# MCP3421

## 6.2.3 圧力計測

図 6-7 に、NPP301 (GE NovaSensor 社製) を用いた圧力計測の例を示します。内蔵 PGA を利用できるため、外付けの信号コンディショニング回路は必要ありません。圧力センサの出力は 20 mV/V です。この場合、5 V (センサ励起電圧) の  $V_{DD}$  に対してフルスケール出力は 100 mV になります。式 6-1 に、NPP301 のフルスケール出力に対する出力コード数の算出例を示します。

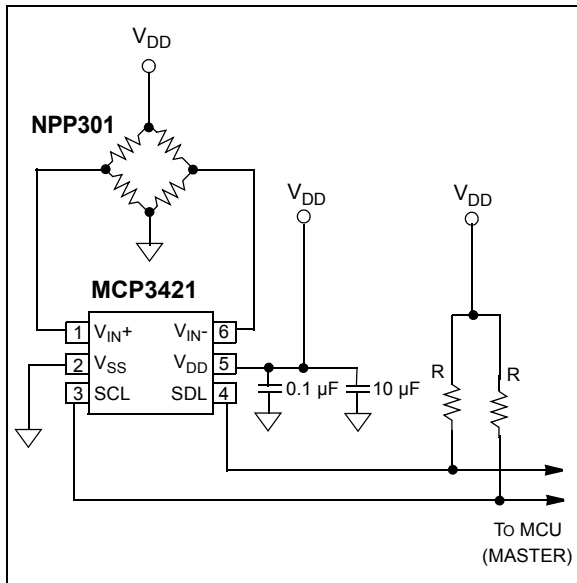


図 6-7: 圧力計測の例

### 式 6-1: NPP301 圧力センサの予測出力コード数

Expected Number of Output Code =  $\log_2 \left( \frac{100 \text{ mV}}{\frac{15.625 \mu\text{V}}{PGA}} \right)$

- = 12.64 bits for PGA =1
- = 13.64 bits for PGA =2
- = 14.64 bits for PGA =4
- = 15.64 bits for PGA =8

1 LSB = 15.625  $\mu\text{V}$  (18 ビットのコンフィグレーション)

## 6.2.4 信号コンディショニングを使用したホイートストンブリッジタイプのセンサ

ホイートストンブリッジは、センサアプリケーションで最も一般的な構成の 1 つです。代表的なアプリケーション例として、ひずみゲージや圧力センサがあります。センサ出力信号が小さく、コモンモードノイズが大きい場合、センサと MCP3421 の間に信号コンディショニング回路が必要です。図 6-8 と図 6-9 に MCP6V01 (高精度オートゼロ オペアンプ) を使用したセンサ信号コンディショニングの例を示します。図 6-8 に示したインターフェイス回路はセンサと MCP3421 の間に最小限の部品しか使用していませんが、対称ではないため、ADC 入力はシングルエンドとなります。一方、図 6-9 に示した回路は対称で差動出力が得られますが、必要な部品の数は多くなります。

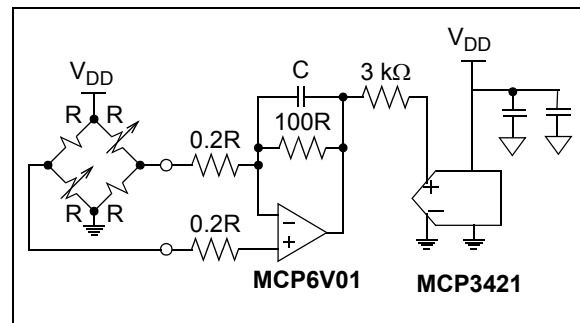


図 6-8: 非対称回路によるシンプルな信号コンディショニング設計

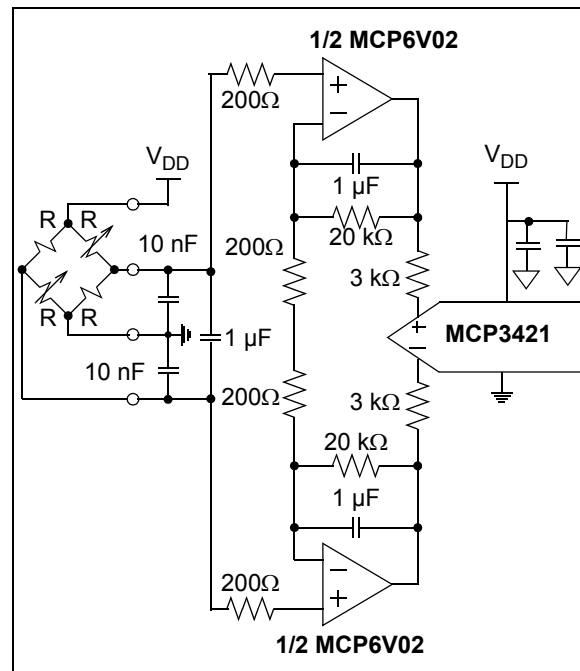


図 6-9: 対称回路による高性能信号コンディショニング設計

## 6.2.5 温度計測

図 6-10 に、熱電対センサと MCP9800 シリコン温度センサを使用した温度計測の例を示します。MCP9800 は、-55 ~ 125 °C の温度レンジを 1 °C の精度で検出できる高精度温度センサです。

Kタイプ熱電対センサは、冷接点の温度 (基準温度  $T_{CJ}$ ) を基準とした熱接点の温度 ( $T_{HJ}$ ) を検出します。熱接点と冷接点の温度差が電圧  $V_1$  によって表されます。そしてこの電圧を MCP3421 によってデジタルコードに変換します。この回路では、MCP9800 を冷接点の補償に使用しています。MCU は熱接点と冷接点の温度差を計算します。この温度差は、熱接点の温度 ( $T_{HJ}$ ) に比例します。

Kタイプ熱電対は 0 ~ 1250 °C の温度を計測できます。Kタイプ熱電対のフルスケール出力レンジは、約 50 mV です。これにより、計測分解能は  $40 \mu V/^{\circ}C$  (= 50 mV / 1250 °C) となります。式 6-2 に、18 ビット、PGA = 8 に設定した MCP3421 デバイスを使用した場合に検出可能な熱電対センサ信号レベルを示します。この構成では、約 2  $\mu V$  という低い入力信号レベルまで検出できます。この入力信号レベルを内部 PGA で 8 倍に増幅します。熱電対からの  $40 \mu V/^{\circ}C$  の入力を内部で  $320 \mu V/^{\circ}C$  に増幅してから変換を実行します。この結果、1 °C あたりの出力コード数は 20.48 個となります。すなわち、これは、1 °C の温度変化に対して、LSB 出力コードは約 20 個 (約 4.32 ビット) である事を意味します。

### 式 6-2: 検出可能な熱電対センサ信号レベル

$$\begin{aligned} \text{Detectable Input Signal Level} &= 15.625 \mu V / \text{PGA} \\ &= 1.953125 \mu V \text{ for } \text{PGA} = 8 \\ \text{Input Signal Level after gain of 8:} \\ &= (40 \mu V/^{\circ}C) \cdot 8 = 320 \mu V/^{\circ}C \\ \text{No. of LSB}/^{\circ}C &= \frac{320 \mu V/^{\circ}C}{15.625 \mu V} = 20.48 \text{ Codes}/^{\circ}C \\ 1 \text{ LSB} &= 15.625 \mu V \text{ (18 ビットのコンフィグレーション)} \end{aligned}$$

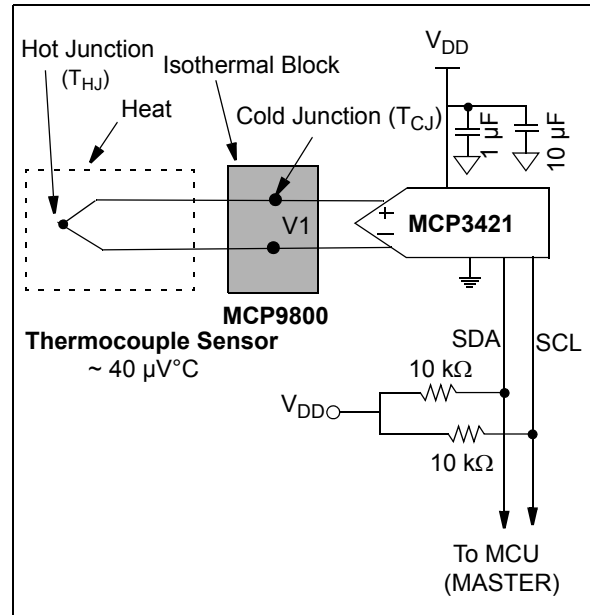


図 6-10: 温度計測の例

式 6-3 に、Kタイプ熱電対の出力における、各種 PGA ゲイン設定での予測出力コード数を示します。

### 式 6-3: Kタイプ熱電対における予測出力コード数

$$\begin{aligned} \text{Expected} \\ \text{Number of Output Code} &= \log_2 \left( \frac{50 \text{ mV}}{\frac{15.625 \mu V}{\text{PGA}}} \right) \\ &= 11.6 \text{ bits for } \text{PGA} = 1 \\ &= 12.6 \text{ bits for } \text{PGA} = 2 \\ &= 13.6 \text{ bits for } \text{PGA} = 4 \\ &= 14.6 \text{ bits for } \text{PGA} = 8 \\ 1 \text{ LSB} &= 15.625 \mu V \text{ (18 ビットのコンフィグレーション)} \end{aligned}$$

# MCP3421

---

NOTES:



## 7.0 開発ツール サポート

### 7.1 MCP3421 評価用ボード

マイクロチップ社は、MCP3421 評価用ボードをご提供しています。この評価用ボードは、PICkit™ シリアルアナライザと一緒に使うことができます。ユーザは、任意のセンシング電圧をボードの入力テストパッドに接続するだけで、使いやすいPICkit™ シリアルアナライザを使用して変換コードを読み出すことができます。この製品の機能詳細と販売に関する情報は、[www.microchip.com](http://www.microchip.com) を参照してください。

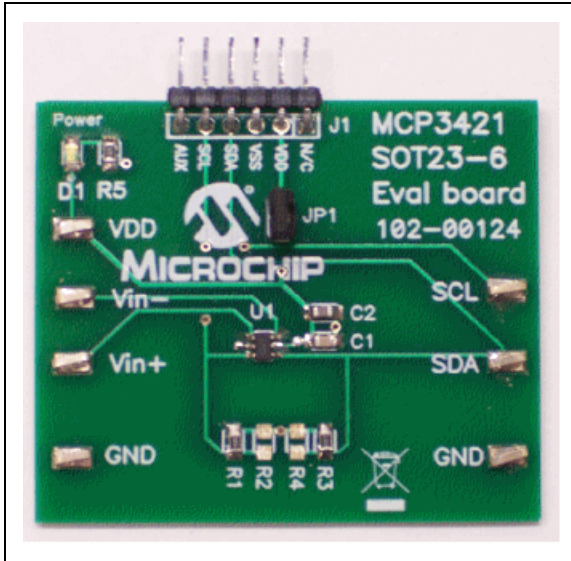


図 7-1: MCP3421 評価用ボード



図 7-2: MCP3421 評価用ボードと PICkit™ シリアルアナライザの接続

# MCP3421

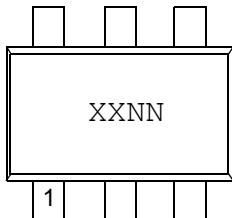


図 7-3: PICKit™ シリアル ユーザ インターフェイスの例

## 8.0 パッケージ情報

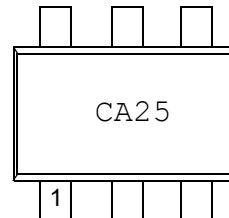
### 8.1 パッケージのマーキング情報

6-Lead SOT-23



パーツ番号	アドレス オプション	コード
MCP3421A0T-E/CH	A0 (000)	CANN
MCP3421A1T-E/CH	A1 (001)	CBNN
MCP3421A2T-E/CH	A2 (010)	CCNN
MCP3421A3T-E/CH	A3 (011)	CDNN
MCP3421A4T-E/CH	A4 (100)	CENN
MCP3421A5T-E/CH	A5 (101)	CFNN
MCP3421A6T-E/CH	A6 (110)	CGNN
MCP3421A7T-E/CH	A7 (111)	CHNN

Example



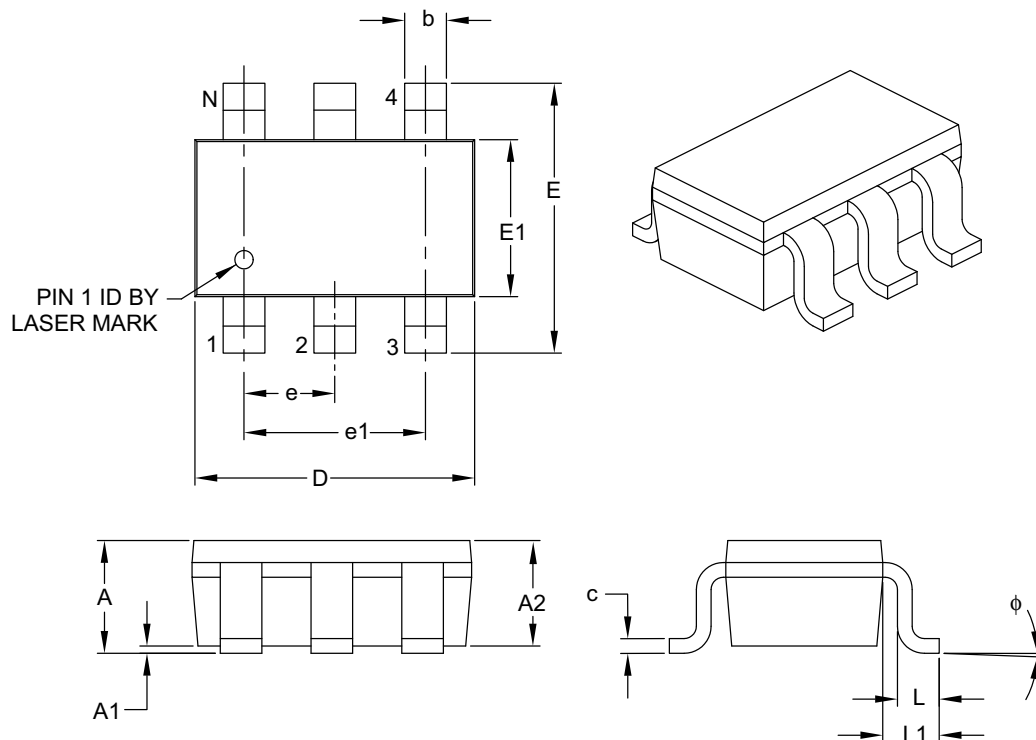
**凡例:** XX...X お客様固有情報  
 Y 年コード (西暦の下 1 桁)  
 YY 年コード (西暦の下 2 桁)  
 WW 週コード (1 月の第 1 週が「01」)  
 NNN 英数字のトレーサビリティコード  
 (e3) つや消し錫 (Sn) の使用を示す鉛フリーの JEDEC マーク  
 \* 本パッケージは鉛フリーです。鉛フリー JEDEC マーク (e3) は外箱に表記しています。

**Note:** マイクロチップ社の製品番号が 1 行に収まりきらない場合は複数行を使用します。この場合お客様固有情報に使用できる文字数が制限されます。

# MCP3421

## 6ピン プラスチック スモール アウトライン トランジスタ (CH) [SOT-23]

**Note:** 最新のパッケージ図面は、弊社ウェブサイト (<http://www.microchip.com/packaging>) で『Microchip Packaging Specification』を参照してください。



寸法限界	単位	ミリメートル		
		最小	公称	最大
ピン数	N	6		
ピッチ	e	0.95 BSC		
外側ピンのピッチ	e1	1.90 BSC		
全高	A	0.90	-	1.45
モールド パッケージ厚	A2	0.89	-	1.30
スタンドオフ	A1	0.00	-	0.15
全幅	E	2.20	-	3.20
モールド パッケージ幅	E1	1.30	-	1.80
全長	D	2.70	-	3.10
足長	L	0.10	-	0.60
フットプリント	L1	0.35	-	0.80
足角	φ	0°	-	30°
リード厚	c	0.08	-	0.26
リード幅	b	0.20	-	0.51

**Notes:**

1. D と E1 の寸法はモールドのはみ出しや突出部を含みません。モールドのはみ出しや突出部は側面から 0.127 mm を超えません。
2. 寸法と公差は ASME Y14.5M に準拠しています。

BSC: 基本寸法、理論的に正確な値、公差なしで表示

Microchip Technology Drawing C04-028B

## 補遺 A: 改訂履歴

### リビジョン E (2009 年 8 月)

#### 変更内容の一覧

1. 4.1 「概要」を更新しました。
2. 4.5 「入力電圧レンジ」を加筆しました。
3. 4.9 「デジタル出力コードおよび実数値への変換」に記載の情報を整理しました。
4. 5.0 「MCP3421 の使用」の表 5-4 の情報を更新しました。
5. 6.0 「基本的なアプリケーション構成」を更新しました。
6. 7.0 「開発ツール サポート」を加筆しました。
7. 8.0 「パッケージ情報」の図面を更新しました。

### リビジョン D (2007 年 11 月)

#### 変更内容の一覧

1. 「1.0 電氣的仕様」でゲイン エラー ドリフトの Typ 値を 5 から 15 に、Max 値を 40 から — に変更しました。

### リビジョン C (2007 年 10 月)

#### 変更内容の一覧

1. 図 5-4 で「 $O/\bar{C}$ 」の表記を「 $\bar{O}/C$ 」に変更しました。
2. パッケージのアウトライン図面を更新しました。
3. 改訂履歴を更新しました。

### リビジョン B (2006 年 12 月)

#### 変更内容の一覧

1. 電氣的特性の表を変更しました。
2. 特性データを追加しました。
3. I<sup>2</sup>C シリアル タイミング仕様の表を変更しました。
4. 図 5-7 を変更しました。
5. パッケージのアウトライン図面を更新しました。

### リビジョン A (2006 年 8 月)

- 本書の初版

# MCP3421

---

NOTES:

## 製品識別システム

ご注文または製品の価格や納期に関するお問い合わせは、弊社または販売代理店までお問い合わせください。

<u>PART NO.</u>	<u>XX</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>/XX</u>
Device	Address Options	Tape and Reel	Temperature Range	Package
Device:	MCP3421: Single Channel $\Delta\Sigma$ A/D Converter			
Address Options:	XX	A2	A1	A0
	A0 * = 0	0	0	0
	A1 = 0	0	0	1
	A2 = 0	0	1	0
	A3 = 0	0	1	1
	A4 = 1	0	0	0
	A5 = 1	0	0	1
	A6 = 1	1	1	0
	A7 = 1	1	1	1
	* Default option. Contact Microchip factory for other address options			
Tape and Reel:	T = Tape and Reel			
Temperature Range:	E = -40 °C to +125 °C			
Package:	CH = Plastic Small Outline Transistor (SOT-23-6), 6-lead			

例:

a) MCP3421A0T-E/CH: テープ&リール、  
シングルチャンネル  
 $\Delta\Sigma$  A/D コンバータ、  
SOT-23-6 パッケージ、  
アドレス オプション =  
A0

# MCP3421

---

NOTES:



**マイクロチップ社製デバイスのコード保護機能に関して次の点にご注意ください。**

- マイクロチップ社製品は、該当するマイクロチップ社データシートに記載の仕様を満たしています。
- マイクロチップ社では、通常の条件ならびに仕様に従って使用した場合、マイクロチップ社製品のセキュリティレベルは、現在市場に流通している同種製品の中でも最も高度であると考えています。
- しかし、コード保護機能を解除するための不正かつ違法な方法が存在する事もまた事実です。弊社の理解では、こうした手法はマイクロチップ社データシートにある動作仕様書以外の方法でマイクロチップ社製品を使用する事になります。このような行為は知的所有権の侵害に該当する可能性が非常に高いと言えます。
- マイクロチップ社は、コードの保全性に懸念を抱くお客様と連携し、対応策に取り組んでいきます。
- マイクロチップ社を含む全ての半導体メーカーで、自社のコードのセキュリティを完全に保証できる企業はありません。コード保護機能とは、マイクロチップ社が製品を「解読不能」として保証するものではありません。

コード保護機能は常に進歩しています。マイクロチップ社では、常に製品のコード保護機能の改善に取り組んでいます。マイクロチップ社のコード保護機能の侵害は、デジタル ミレニアム著作権法に違反します。そのような行為によってソフトウェアまたはその他の著作物に不正なアクセスを受けた場合は、デジタルミレニアム著作権法の定めるところにより損害賠償訴訟を起こす権利があります。

本書に記載されているデバイス アプリケーション等に関する情報は、ユーザの便宜のためにのみ提供されているものであり、更新によって無効とされる事があります。お客様のアプリケーションが仕様を満たす事を保証する責任は、お客様にあります。マイクロチップ社は、明示的、暗黙的、書面、口頭、法定のいずれであるかを問わず、本書に記載されている情報に関して、状態、品質、性能、商品性、特定目的への適合性をはじめとする、いかなる類の表明も保証も行いません。マイクロチップ社は、本書の情報およびその使用に起因する一切の責任を否認します。マイクロチップ社の明示的な書面による承認なしに、生命維持装置あるいは生命安全用途にマイクロチップ社の製品を使用する事は全て購入者のリスクとし、また購入者はこれによって発生したあらゆる損害、クレーム、訴訟、費用に関して、マイクロチップ社は擁護され、免責され、損害をうけない事に同意するものとします。暗黙的あるいは明示的を問わず、マイクロチップ社が知的財産権を保有しているライセンスは一切譲渡されません。

**商標**

マイクロチップ社の名称と Microchip ロゴ、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ ロゴ、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、rPIC、UNI/O は、米国およびその他の国におけるマイクロチップ・テクノロジー社の登録商標です。


FilterLab、Hampshire、HI-TECH C、Linear Active Thermistor、MXDEV、MXLAB、SEEVAL、Embedded Control Solutions Company は、米国におけるマイクロチップ・テクノロジー社の登録商標です。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、HI-TIDE、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified ロゴ、MPLIB、MPLINK、mTouch、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICkit、PICDEM、PICDEM.net、PICtail、PIC<sup>32</sup> ロゴ、REAL ICE、rLAB、Select Mode、Total Endurance、TSHARC、WiperLock、ZENA は、米国およびその他の国におけるマイクロチップ・テクノロジー社の商標です。

SQTP は、米国におけるマイクロチップ・テクノロジー社のサービスマークです。

その他、本書に記載されている商標は各社に帰属します。

© 2009, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 本書は再生紙を使用しています。

ISBN: 978-1-60932-180-2

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
== ISO/TS 16949:2002 ==**

マイクロチップ社では、Chandler および Tempe (アリゾナ州)、Gresham (オレゴン州) の本部、設計部およびウェハ製造工場そしてカリフォルニア州とインドのデザインセンターがISO/TS-16949:2002 認証を取得しています。マイクロチップ社の品質システムプロセスおよび手順は、PIC<sup>®</sup> MCU および dsPIC<sup>®</sup> DSC、KEELOQ<sup>®</sup> コードホッピングデバイス、シリアルEEPROM、マイクロペリフェラル、不揮発性メモリ、アナログ製品に採用されています。さらに、開発システムの設計と製造に関するマイクロチップ社の品質システムはISO 9001:2000 認証を取得しています。

## 各国の営業所とサービス

### 北米

#### 本社

2355 West Chandler Blvd.  
Chandler, AZ 85224-6199  
Tel: 480-792-7200  
Fax: 480-792-7277  
技術サポート :  
<http://support.microchip.com>  
URL:  
[www.microchip.com](http://www.microchip.com)

#### アトランタ

Duluth, GA  
Tel: 678-957-9614  
Fax: 678-957-1455

#### ボストン

Westborough, MA  
Tel: 774-760-0087  
Fax: 774-760-0088

#### シカゴ

Itasca, IL  
Tel: 630-285-0071  
Fax: 630-285-0075

#### クリーブランド

Independence, OH  
Tel: 216-447-0464  
Fax: 216-447-0643

#### ダラス

Addison, TX  
Tel: 972-818-7423  
Fax: 972-818-2924

#### デトロイト

Farmington Hills, MI  
Tel: 248-538-2250  
Fax: 248-538-2260

#### ココモ

Kokomo, IN  
Tel: 765-864-8360  
Fax: 765-864-8387

#### ロサンゼルス

Mission Viejo, CA  
Tel: 949-462-9523  
Fax: 949-462-9608

#### サンタクララ

Santa Clara, CA  
Tel: 408-961-6444  
Fax: 408-961-6445

#### トロント

Mississauga, Ontario,  
Canada  
Tel: 905-673-0699  
Fax: 905-673-6509

### アジア / 太平洋

#### アジア太平洋支社

Suites 3707-14, 37th Floor  
Tower 6, The Gateway  
Harbour City, Kowloon  
Hong Kong  
Tel: 852-2401-1200  
Fax: 852-2401-3431

#### オーストラリア - シドニー

Tel: 61-2-9868-6733  
Fax: 61-2-9868-6755

#### 中国 - 北京

Tel: 86-10-8528-2100  
Fax: 86-10-8528-2104

#### 中国 - 成都

Tel: 86-28-8665-5511  
Fax: 86-28-8665-7889

#### 中国 - 香港 SAR

Tel: 852-2401-1200  
Fax: 852-2401-3431

#### 中国 - 南京

Tel: 86-25-8473-2460  
Fax: 86-25-8473-2470

#### 中国 - 青島

Tel: 86-532-8502-7355  
Fax: 86-532-8502-7205

#### 中国 - 上海

Tel: 86-21-5407-5533  
Fax: 86-21-5407-5066

#### 中国 - 瀋陽

Tel: 86-24-2334-2829  
Fax: 86-24-2334-2393

#### 中国 - 深圳

Tel: 86-755-8203-2660  
Fax: 86-755-8203-1760

#### 中国 - 武漢

Tel: 86-27-5980-5300  
Fax: 86-27-5980-5118

#### 中国 - 厦門

Tel: 86-592-2388138  
Fax: 86-592-2388130

#### 中国 - 西安

Tel: 86-29-8833-7252  
Fax: 86-29-8833-7256

#### 中国 - 珠海

Tel: 86-756-3210040  
Fax: 86-756-3210049

### アジア / 太平洋

#### インド - バンガロール

Tel: 91-80-3090-4444  
Fax: 91-80-3090-4080

#### インド - ニューデリー

Tel: 91-11-4160-8631  
Fax: 91-11-4160-8632

#### インド - プネ

Tel: 91-20-2566-1512  
Fax: 91-20-2566-1513

#### 日本 - 横浜

Tel: 81-45-471-6166  
Fax: 81-45-471-6122

#### 韓国 - 大邱

Tel: 82-53-744-4301  
Fax: 82-53-744-4302

#### 韓国 - ソウル

Tel: 82-2-554-7200  
Fax: 82-2-558-5932 または  
82-2-558-5934

#### マレーシア - クアラルンプール

Tel: 60-3-6201-9857  
Fax: 60-3-6201-9859

#### マレーシア - ペナン

Tel: 60-4-227-8870  
Fax: 60-4-227-4068

#### フィリピン - マニラ

Tel: 63-2-634-9065  
Fax: 63-2-634-9069

#### シンガポール

Tel: 65-6334-8870  
Fax: 65-6334-8850

#### 台湾 - 新竹

Tel: 886-3-6578-300  
Fax: 886-3-6578-370

#### 台湾 - 高雄

Tel: 886-7-536-4818  
Fax: 886-7-536-4803

#### 台湾 - 台北

Tel: 886-2-2500-6610  
Fax: 886-2-2508-0102

#### タイ - バンコク

Tel: 66-2-694-1351  
Fax: 66-2-694-1350

### ヨーロッパ

#### オーストリア - ヴェルス

Tel: 43-7242-2244-39  
Fax: 43-7242-2244-393

#### デンマーク - コペンハーゲン

Tel: 45-4450-2828  
Fax: 45-4485-2829

#### フランス - パリ

Tel: 33-1-69-53-63-20  
Fax: 33-1-69-30-90-79

#### ドイツ - ミュンヘン

Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

#### イタリア - ミラノ

Tel: 39-0331-742611  
Fax: 39-0331-466781

#### オランダ - ドリユネン

Tel: 31-416-690399  
Fax: 31-416-690340

#### スペイン - マドリッド

Tel: 34-91-708-08-90  
Fax: 34-91-708-08-91

#### 英国 - ウォーキングラム

Tel: 44-118-921-5869  
Fax: 44-118-921-5820