

ABP2 シリーズ

32350268
Issue A

基板実装型圧力センサ

高精度、補償済み/増幅済み

4 bar~12 bar | 400 kPa~1.2 MPa | 60 psi~175 psi

デジタル出力、液体メディア対応

概要

ABP2シリーズは、指定されたフルスケールの圧力スパンと温度範囲で圧力を読み取るためのデジタル出力を提供するピエゾ抵抗シリコン圧力センサです。センサのオフセット、感度、温度特性および精度誤差（非直線性、再現性、ヒステリシスを含む）は、オンボードの特定用途向け集積回路（ASIC）を使用して温度特性が校正され、温度補正されています。校正された圧力と温度の出力値は、約200Hzで更新されます。すべての製品はISO 9001規格に準拠して設計・製造されています。液体メディアオプションには、ポートP1の下の電子部品を保護するためにシリコンベースのジェルコーティングがされており、非腐食性の液体（水や生理食塩水など）や結露が発生する可能性のあるアプリケーションで使用可能です。ABP2シリーズは、チューブ包装で提供します。ご要望に応じて、ポケットテープとリールのパッケージもご用意しています。

付加価値

- ・デザインを簡素化：小型化によりPCボード(PCB)を省スペース化し、小型・低消費電力デバイスの設計を簡素化します。IPC/JEDEC J-STD-020Eの耐湿レベル1の要件を満たしています。
 - 定格の低いセンサでは発生する可能性のある、はんだリフロー取り付け時や修理時の熱的・機械的損傷を回避できます。
 - 推奨された保管方法により、長期間の保管が可能です。
 - リフロー前の長時間のバークが不要です。
 - リフロー後の安定性と使いやすさにより、無駄のない製造を可能にします。
- ・優れたコストパフォーマンス：サイズが小さいため、設計するシステムの性能と信頼性を向上させながら、設計および製造コストを削減することができます。
- ・高精度：総合誤差（TEB）と広い圧力範囲により、エンジニアは分解能とシステム精度を向上させてシステム性能を最適化できます。
- ・柔軟性：電源電圧範囲、多様な圧力単位、ポート形状、圧力範囲、出力オプション、および広い動作温度範囲により、幅広いアプリケーションで使用可能です。

- ・汎用性：ウェットメディア互換性、低消費電力、温度出力オプションにより、センサはInternet of Thingsアプリケーションのため、汎用性の高い選択肢となります。

差別化

- ・アプリケーションに特化した設計により、お客様の幅広い要件に対応します。
- ・デジタル出力により、大きな設計変更を必要とせずに、お客様の回路に直接センサを接続することができます。
- ・総合誤差（図1参照）。
 - 補正された温度範囲で真の性能を提供し、すべてのセンサーをテストして校正する必要性を最小限に抑え、製造コストを削減できる可能性があります。
 - センサーの精度を向上
 - 部品間のばらつきが少なく、センサーの交換が容易です。

潜在的アプリケーション

- ・医療機器
人工呼吸器/ポータブルベンチレータ、CPAP、血液分析、血圧モニタリング、搾乳器、薬剤投与、病院用ベッド、マッサージ機、酸素濃縮器、患者モニタリング、睡眠時無呼吸装置、尿分析器、創傷治療
- ・工業用
HVACトランスミッタ、ライフサイエンス、マテリアルハンドリング、空気圧制御と規制、プロセスガスモニタリング、バルブポジショニング/ポジショナー
- ・商業用
エアベッド、コーヒーメーカー、洗濯機、レベル測定、食器洗浄機、掃除機、ハンドドライヤー、炊飯器
- ・輸送機関
エアブレーキ、CNG監視、フォークリフト、燃料レベル測定



特長

- ・総合誤差（図1参照）：
±1.5%FSS以下
- ・液体メディアのオプション：各種液体メディアに対応
- ・長期安定性：±0.25 %FSS
- ・精度：±0.25 %FSS BFSL
- ・広い圧力範囲：4 bar~12 bar | 400 kPa~1.2 MPa | 60 psi~175 psi
- ・高いバースト圧力（表9参照）
- ・広い動作温度範囲：-40°C~110°C
- ・-40°C~110°Cの広い温度範囲で校正
- ・24ビットデジタルI2CまたはSPI互換出力
- ・IoT (Internet of Things) に対応したインターフェース
- ・超低消費電力：
0.01mW (典型的な平均消費電力として0.01mW)、測定周波数1Hz
- ・IPC/JEDEC J-STD-020E の耐湿レベル1 適合
- ・REACHおよびRoHS対応
- ・食品グレード準拠
- ・NSF-169、LFGB、BPA対応材料
- ・温度出力対応



ハネウェルは、医療および工業用アプリケーション向けに様々な基板実装型圧力センサをご用意しています。全体の製品ポートフォリオについては、お近くの販売代理店にお問い合わせください。

Honeywell

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

目次

総合誤差	2
一般仕様	3-4
消費電力とスタンバイモード	5-6
各部名称と発注型番選定	7
圧力範囲仕様	8
外観寸法図	9
1.0 一般情報	10
2.0 端子配列と機能性	10
3.0 起動タイミング	10
4.0 電源要件	10
5.0 リファレンス回路設計	
5.1 I2C および SPI 回路図	11
5.2 バイパスコンデンサの使用	
6.0 I2C通信	
6.1 I2C バスの構成	12
6.2 I2C データ転送	12
6.3 I2C センサアドレス	12
6.4 I2C の圧力と温度の読み取り	12
6.5 I2C ステータスバイト	13
6.6 I2C 通信	13
6.6.1 出力測定コマンド	13
6.6.2 I2C センサアドレス 0x28	14
6.7 I2C タイミングとレベルパラメータ	14
6.8 I2C インターフェースのリファレンスコード (Arduino/Genuino Uno)	15
7.0 SPI通信	
7.1 SPI 定義	16
7.2 SPI データ転送	
7.3 SPI 圧力と温度の読み取り	16
7.4 SPI ステータスバイト	17
7.5 SPI通信	
7.6 SPIタイミングとレベルパラメータ	18
7.7 SPI インターフェースのリファレンスコード (Arduino/Genuino Uno)	19
8.0 ABP2 シリーズの計算	
8.1 圧力出力	20
8.2 温度出力	21

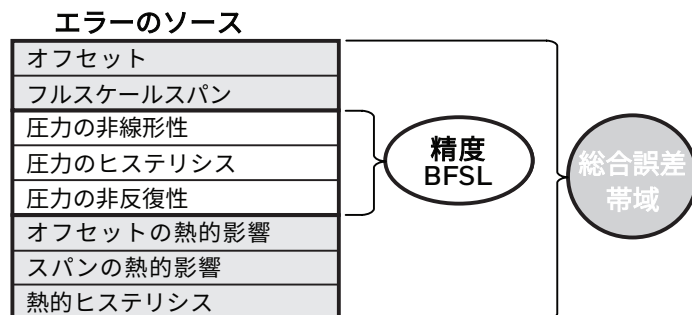
総合誤差 (TEB)

総合誤差 (TEB) は、図1に示すように、センサ誤差の主要な原因を含む単一の仕様です。総合誤差は、実際には総合誤差の構成要素である精度と混同してはいけません。総合誤差 は、センサとして考える最大の誤差です。

ハネウェルがデータシートで 総合誤差仕様を使用しているのは、センサの真の精度を最も包括的に測定できるからです。ハネウェルは、総合誤差仕様を使用していない競合他社の文献との共通比較を提供するために、精度仕様も提供しています。

多くの競合他社は 総合誤差を使用しておらず、単にデバイスの精度を指定しています。しかし、精度仕様では、特定のパラメータが除外されている場合があります。競合他社のデータシートには、誤差が個別に記載されています。これらを合計すると、総合誤差 (または総合誤差となる誤差) が大きくなる可能性があります。

図 1. 総合誤差 (TEB)



基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

表 1. 絶対最大定格¹

特徴	最小値	最大値	単位
電源電圧 (V_{supply})	-0.3	3.6	Vdc
任意のピンの電圧	-0.3	$V_{\text{supply}} + 0.3$	Vdc
デジタルクロック周波数			
I ² C	100	400	kHz
SPI	50	800	
ESD感受性 (人体モデル)	—	4	kV
保存温度範囲	-40	125	°C
はんだ時間および温度、 ピークリフロー温度 (リードレス SMT)	最大15 秒 (250°C時)		

¹ 絶対最大定格とは、デバイスが損傷を受けることなく耐えることができる極限值の事です。

表 2. 動作仕様

特徴	最小値	標準値	最大値	単位
電源電圧 (V_{supply}) ¹	1.8	3.3	3.6	Vdc
消費電流:				
I ² C スリープ/スタンバイモード	3.0	33.8	211.0	nA
SPI スリープ/スタンバイモード	13.0	43.8	221.0	
消費電力	—	3.1	—	mW
動作温度範囲 ²	-40	—	110	°C
補償温度範囲 ³	-40	—	110	°C
起動時間 (電源投入後のデータ出力可能時間) ⁴	—	7.5	—	ms
データレート (コマンドAA _{HEX} と仮定)	161	204	—	samples/s
SPI/I ² C 電圧レベル:				
low	—	—	20	% V_{supply}
high	80	—	—	
SDA, SCL プルアップ抵抗	1	—	—	kOhm
総合誤差 ⁵ :				
0°C ~ 50°C	—	—	±1.5	%FSS ⁶
-20°C ~ 85°C	—	—	±3.0	%FSS ⁶
-40°C ~ 110°C	—	—	±4.5	%FSS ⁶
精度 ⁷	—	—	±0.25	%FSS BFSL
分解能	14	—	—	bits
温度出力誤差 ⁸	—	±5	—	°C

¹ センサは逆極性保護されていません。間違ったピンに電源電圧やグラウンドレベルを印加すると、電気的な故障の原因となることがあります。

² 動作温度範囲。センサが圧力に比例した出力を生成する温度範囲。

³ 補償温度範囲。センサが圧力に比例した規定精度内の出力が可能な温度範囲 (「総合誤差」を参照)。

⁴ 起動時間。電源投入から最初の測定コマンド受信までの時間2.5ms、平均測定時間 5ms (データレート 204 サンプル/秒) に基づく。通信タイミングの詳細については、3.0 節、表 13、表 14、表 17 を参照してください。

⁵ 総合誤差: 補償された温度および圧力範囲全体にわたる理想的な伝達関数からの総合誤差。オフセット、フルスケールスパン、圧力非線形性、圧力ヒステリシス、再現性、オフセット温度特性、スパン温度特性、温度ヒステリシスによるすべての誤差を含む。

⁶ フルスケール・スパン (FSS)。圧力範囲の最大値 (Pmax.) と最小値 (Pmin.) で測定された出力信号間の代数的な差 (図2を参照)。

⁷ 精度。25°C [77°F] の圧力範囲で測定された出力に適合する最適直線 (BFSL) からの出力の最大偏差。圧力非線形性、圧力ヒステリシス、非再現性によるすべての誤差を含む。

⁸ 温度出力誤差。-40°C ~ 125°C の温度範囲における温度出力値の基準値との相対的な誤差。

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

表 3. 環境仕様

特徴	パラメータ
湿度: すべての外表面 液体メディアオプション “T” のセンサ内表面	0 %RH ~ 95 %RH, 結露無きこと 0 %RH ~ 100 %RH, 結露
振動	15 g, 10 Hz ~ 2 kHz
衝撃	75 g, 6 ms
製品寿命 ¹	最小100万回のフルスケール圧力サイクル
はんだリフロー	J-STD-020-E 耐湿レベル 1 (30°C/85 %RH以下で保管の場合使用期限無制限)

¹製品寿命は、使用環境や用途によって異なります。

表 4. 湿潤剤¹

コンポーネント	材質 ¹
ポートおよびカバー	耐熱用ポリアミド, 304 SST
基板	—
接着剤	エポキシ, シリコーンジェル
電子部品	—

¹材質詳細については、ハネウェルカスタマーサポートにお問い合わせください。

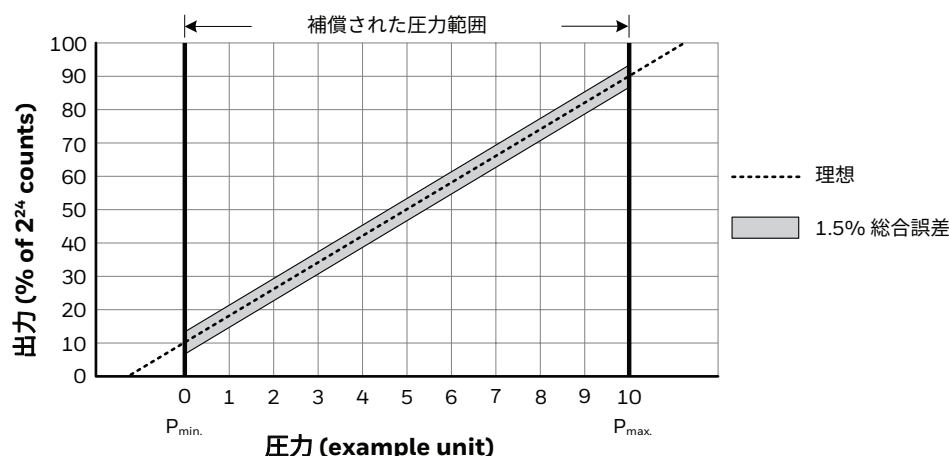
表 5. センサ圧力タイプ

圧力タイプ	詳細
ゲージ	出力は、印加圧力と大気圧（常圧）の差に比例します。

表 6. 代表的なパーセンテージにおけるセンサ出力

%出力	デジタル値	
	十進法	HEX
0	0	0X000000
10	1677722	0X199999
50	8388608	0X800000
90	15099494	0XE66666
100	16777215	0XFFFFFF

図 2. 伝達関数および上下限範囲



$$\text{Output (\% of } 2^{24} \text{ counts)} = \frac{80\%}{P_{\max.} - P_{\min.}} \times (\text{Pressure}_{\text{applied}} - P_{\min.}) + 10\%$$

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

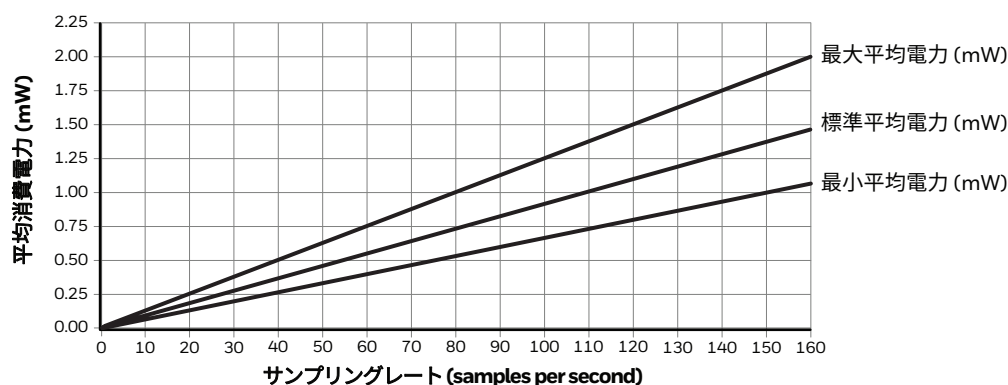
消費電力およびスタンバイモード

センサは通常スタンバイモードになっており、ユーザのコマンドにตอบสนองしてのみオンになるため、消費電力を最小限に抑えられます。ユーザコマンドを受信すると、センサはスタンバイモードからウェイクアップし、アクティブ状態で測定を実行し、次のコマンドを待って自動的にスタンバイモードに戻ります。結果として得られるセンサの消費電力は、表 7、8、図 3、4 に示すように、サンプリングレート（1 秒あたりのサンプル数）の関数となります。

表 7. 電源電圧1.8Vにおける平均電力消費 (コマンド AA_{HEX}と仮定)

サンプリングレート (サンプル/秒)	平均電力 (mW)	稼働時間 (ms)	稼働電力 (mW)	アイドル時間 (ms)	アイドル電力 (mW)
最小平均電力					
1	0.0068	3.625	1.884	996.375	0.0000054
2	0.0137	7.25	1.884	992.75	0.0000054
5	0.0341	18.125	1.884	981.875	0.0000054
10	0.0683	36.25	1.884	963.75	0.0000054
20	0.1366	72.5	1.884	927.5	0.0000054
50	0.3414	181.25	1.884	818.75	0.0000054
100	0.6829	362.5	1.884	637.5	0.0000054
160	1.0926	580	1.884	420	0.0000054
標準平均電力					
1	0.0094	4.157	2.248	995.843	0.00006084
2	0.0187	8.314	2.248	991.686	0.00006084
5	0.0468	20.785	2.248	979.215	0.00006084
10	0.0935	41.57	2.248	958.43	0.00006084
20	0.1870	83.14	2.248	916.86	0.00006084
50	0.4673	207.85	2.248	792.15	0.00006084
100	0.9345	415.7	2.248	584.3	0.00006084
160	1.4592	665.12	2.248	334.88	0.00006084
最大平均電力					
1	0.0129	4.839	2.588	995.161	0.0003798
2	0.0254	9.678	2.588	990.322	0.0003798
5	0.0630	24.195	2.588	975.805	0.0003798
10	0.1256	48.39	2.588	951.61	0.0003798
20	0.2508	96.78	2.588	903.22	0.0003798
50	0.6264	241.95	2.588	758.05	0.0003798
100	1.2524	483.9	2.588	516.1	0.0003798
160	2.0036	774.24	2.588	225.76	0.0003798

図 3. 電源電圧1.8Vにおける平均消費電力 VS サンプリングレート

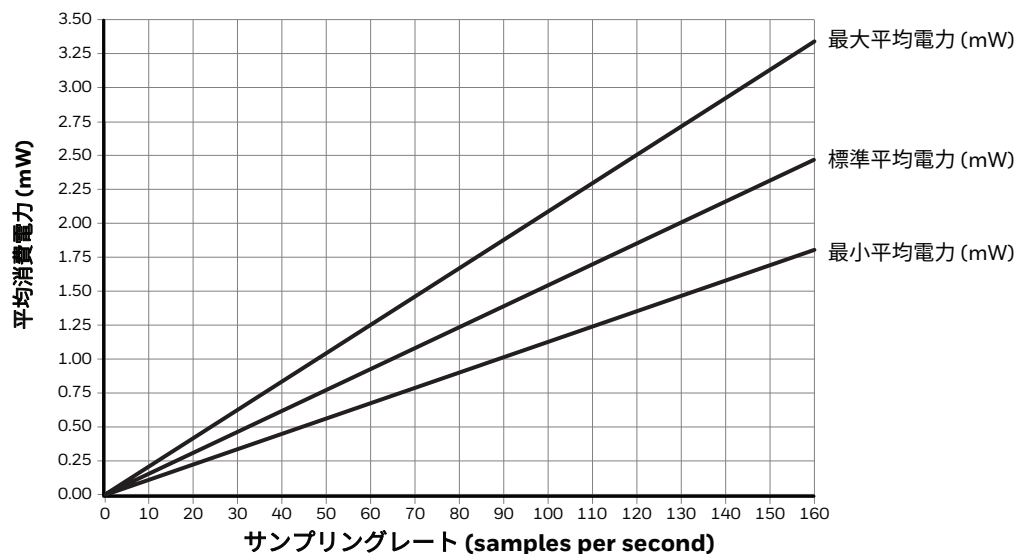


基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

表 8. 電源電圧3.3Vにおける平均電力消費(コマンド AA_{HEX}と仮定)

サンプリングレート (サンプル/秒)	平均電力 (mW)	稼働時間 (ms)	稼働電力 (mW)	アイドル時間 (ms)	アイドル電力 (mW)
最小平均電力					
1	0.0114	3.625	3.134	996.375	0.0000099
2	0.0227	7.25	3.134	992.75	0.0000099
5	0.0568	18.125	3.134	981.875	0.0000099
10	0.1136	36.25	3.134	963.75	0.0000099
20	0.2272	72.5	3.134	927.5	0.0000099
50	0.5680	181.25	3.134	818.75	0.0000099
100	1.1361	362.5	3.134	637.5	0.0000099
160	1.8177	580	3.134	420	0.0000099
標準平均電力					
1	0.0156	4.157	3.729	995.843	0.00011154
2	0.0311	8.314	3.729	991.686	0.00011154
5	0.0776	20.785	3.729	979.215	0.00011154
10	0.1551	41.57	3.729	958.43	0.00011154
20	0.3101	83.14	3.729	916.86	0.00011154
50	0.7751	207.85	3.729	792.15	0.00011154
100	1.5501	415.7	3.729	584.3	0.00011154
160	2.4800	665.12	3.729	334.88	0.00011154
最大平均電力					
1	0.0214	4.839	4.275	995.161	0.0006963
2	0.0421	9.678	4.275	990.322	0.0006963
5	0.1041	24.195	4.275	975.805	0.0006963
10	0.2075	48.39	4.275	951.61	0.0006963
20	0.4144	96.78	4.275	903.22	0.0006963
50	1.0349	241.95	4.275	758.05	0.0006963
100	2.0692	483.9	4.275	516.1	0.0006963
160	3.3103	774.24	4.275	225.76	0.0006963

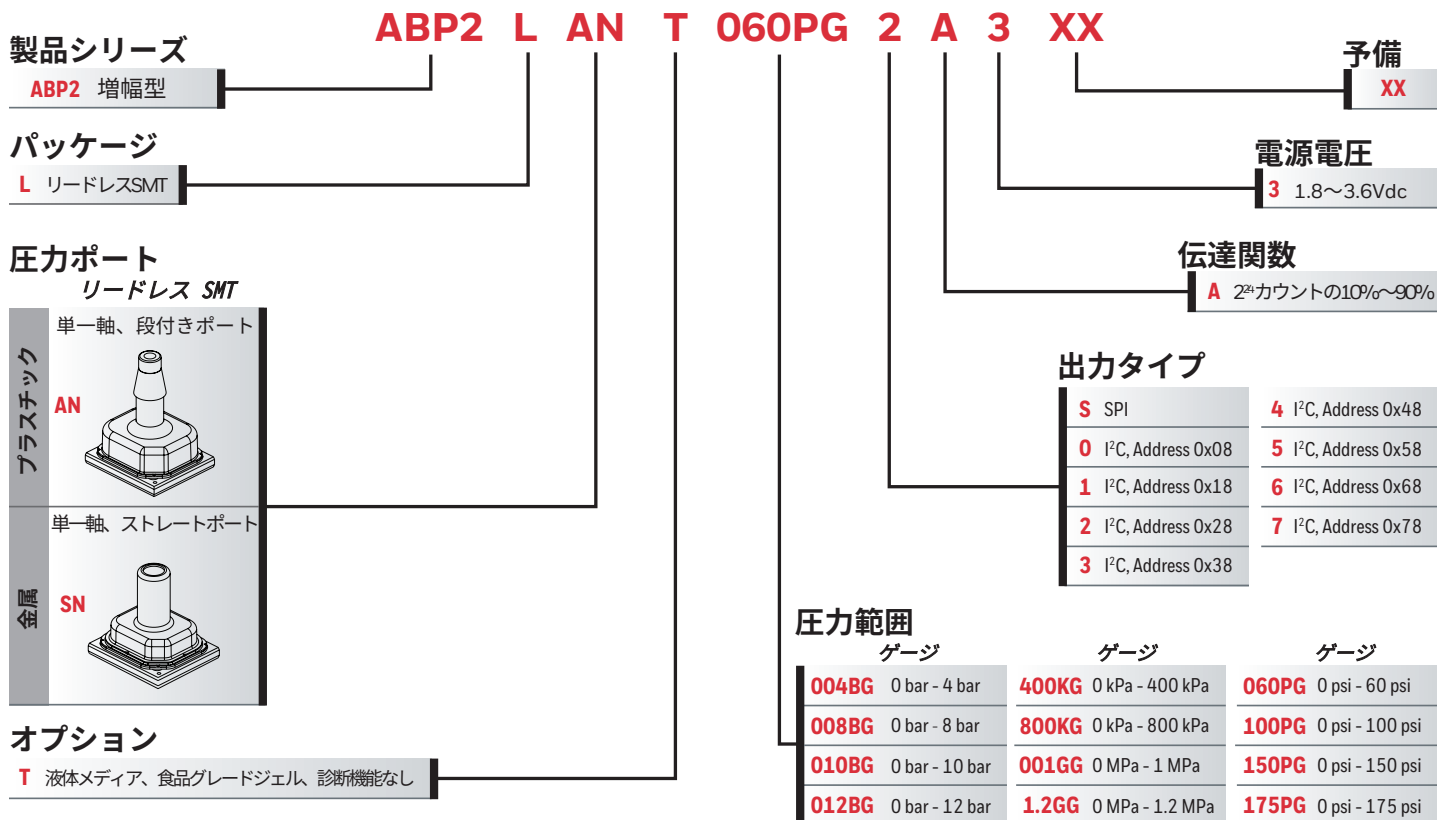
図 4. 電源電圧3.3Vにおける平均電力消費 VS サンプリングレート



基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

図 5. 各部名称および注文型番

例えば、**ABP2LANT060PG2A3XX** とは **ABP2** シリーズ 増幅付き基板実装型圧力センサを指し、リードレス **SMT**、プラスチック製シングルアキシアルバーベッドポート、液体メディア、食品グレードジェル、診断機能なし、ゲージ圧力範囲**60psi**、デジタル**I²C**出力、アドレス**0x28**、**2²⁴**カウントの**10%~90%**伝達関数、電源電圧**1.8Vdc~3.6Vdc**を意味します。



基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

表 9. 圧力範囲仕様 (ゲージ)

圧力範囲 (図 5 参照)	圧力範囲		単位	過圧 ¹	バースト圧 ²
	P _{MIN.}	P _{MAX.}			
4 bar - 12 bar					
004BG	0	4	bar	16	65
008BG	0	8	bar	16	65
010BG	0	10	bar	16	65
012BG	0	12	bar	16	65
400 kPa - 1.2 MPa					
400KG	0	400	kPa	1600	6500
800KG	0	800	kPa	1600	6500
001GG	0	1	MPa	1.6	6.5
1.2GG	0	1.2	MPa	1.6	6.5
1 psi - 175 psi					
060PG	0	60	psi	250	1000
100PG	0	100	psi	250	1000
150PG	0	150	psi	250	1000
175PG	0	175	psi	250	1000

¹過圧: 圧力が動作圧力範囲に戻った後も仕様を維持するために、製品に安全に印加できる最大圧力。これ以上の圧力にさらされると、製品に永久的な損傷を与える可能性があります。お客様の圧力接続システム（チューブまたは0リング）は、定格過圧限界と同じか、それ以上になるように設計する必要があります。光に敏感に反応する可能性があるため、不透明なチューブの使用を推奨します。

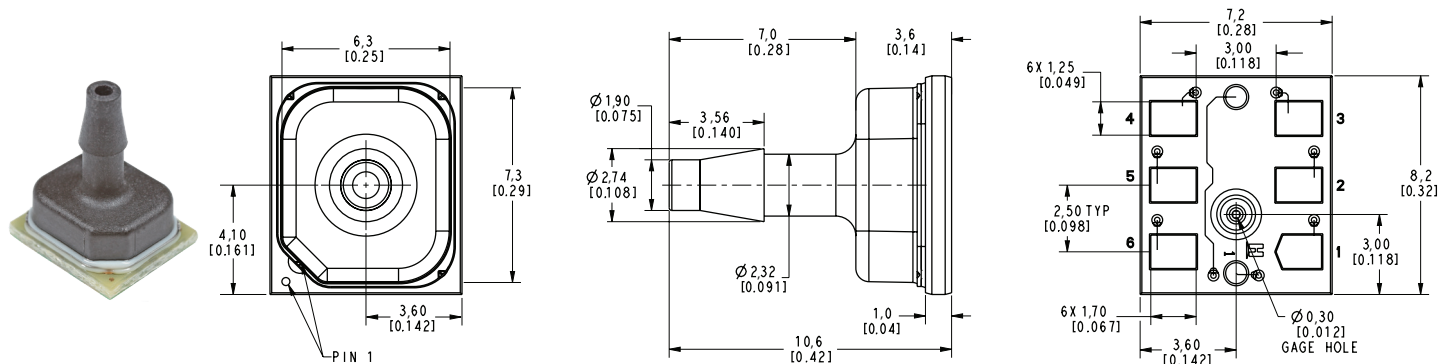
²バースト圧: 圧力媒体の漏れや流出を引き起こすことなく、製品のどのポート形状にも適用される最大圧力。バースト圧を超える圧力にさらされた後、製品が破損し使用不能となります。

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

図 6. 寸法図 (参照のみ: MM/[IN])

リードレス SMT AN:

プラスチック製単一軸段付きポート



リードレス SMT SN:

金属製単一軸ストレートポート

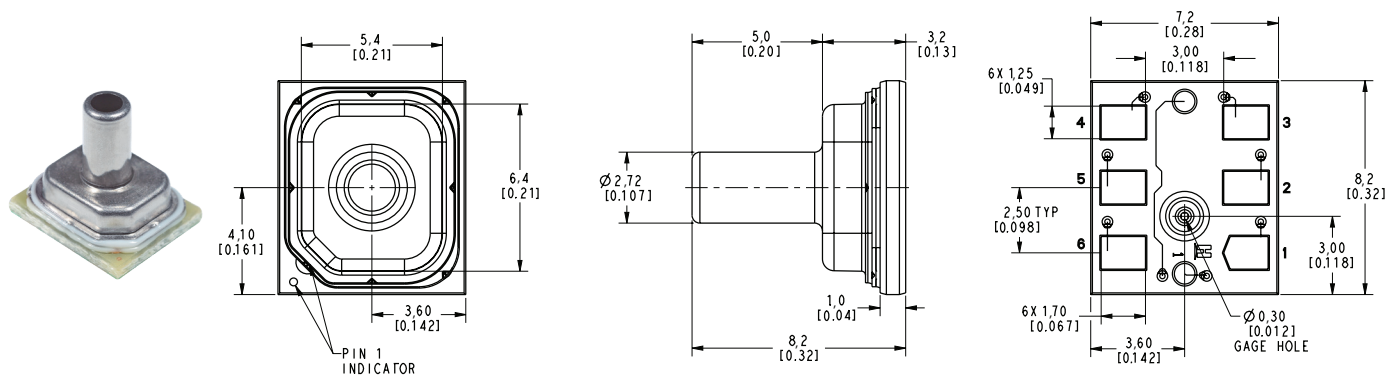


図 7. 推奨リードレス SMT PCB レイアウト (参照のみ: MM/[IN])

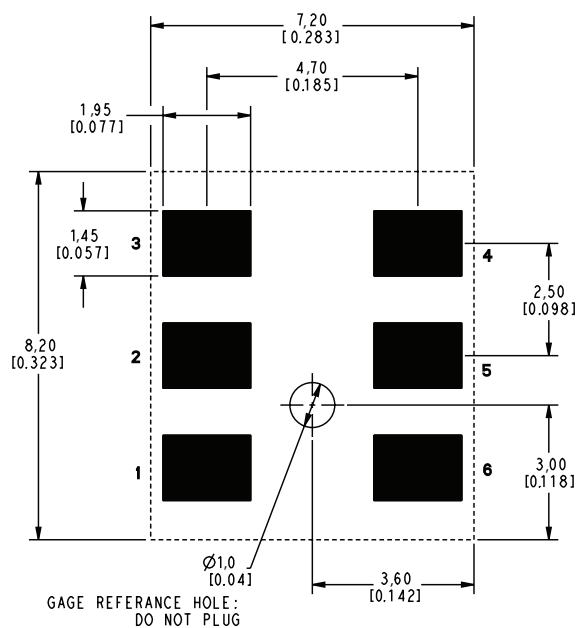


表 10. 端子配置

PAD 番号	I ² C センサ	SPI センサ
1	GND	GND
2	V _{DD}	V _{DD}
3	EOC	MISO
4	NC	SS
5	SDA	MOSI
6	SCL	SCLK

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

1.0 一般情報

製品寸法図および端子配列詳細は、図 6 および 7 をご覧ください。

2.0 端子配列および機能性 (表 11参照)

表 11. 端子配列および機能				
PAD 番号	I ² C センサ		SPI センサ	
	PAD名	詳細	PAD名	詳細
1	GND	GND端子	GND	GND端子
2	V _{DD}	電源端子	V _{DD}	電源端子
3	EOC	変換終了フラグ。測定・演算が終了し、データ出力が可能になると、ハイレベル出力になります。	MISO	マスタイン/センサアウト データ出力
4	NC	接続なし	SS	センサーセレクト。チップセレクト
5	SDA	データイン/アウト	MOSI	マスターアウト/センサーイン データ
6	SCL	クロック入力	SCLK	クロック入力

3.0 起動タイミング

ABP2 シリーズは、電源投入時に VDD が動作仕様内に入ってから 2.5ms 後に最初のコマンドを受信することができます。

4.0 電力供給条件

センサへのシステム電源がVDDの立ち上がりスロープの要件を満たしていることを確認してください (VDDの立ち上がりスロープは10V/ms以上)。

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

5.0 回路設計レファレンス

5.1 I²C および SPI 回路図 (図 8 および 9 参照)

図 8. I²C 回路図

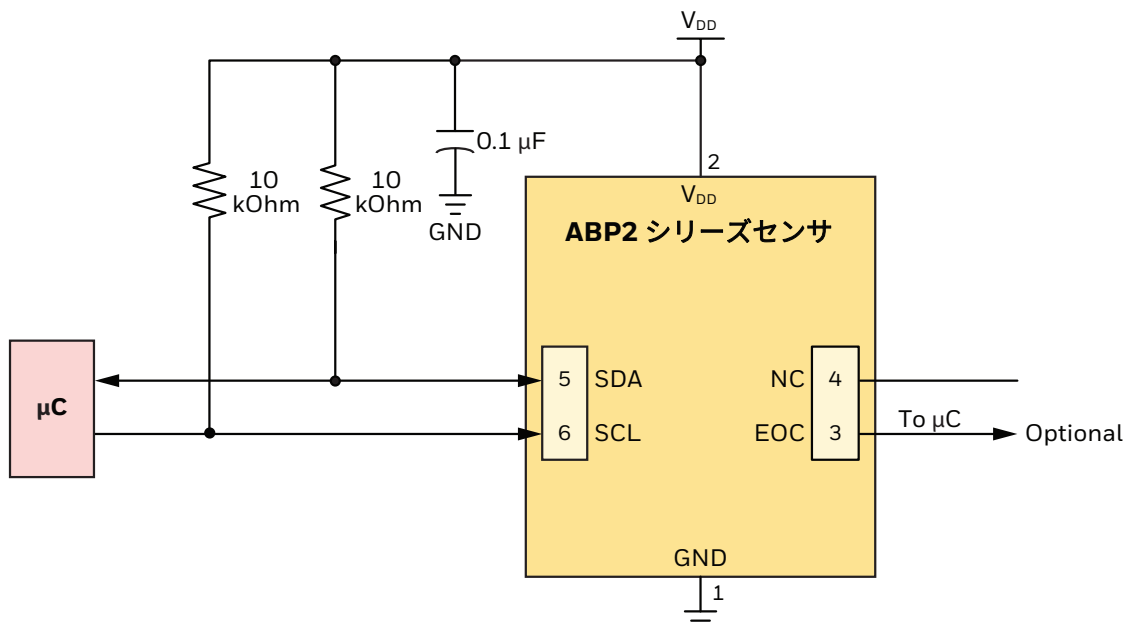
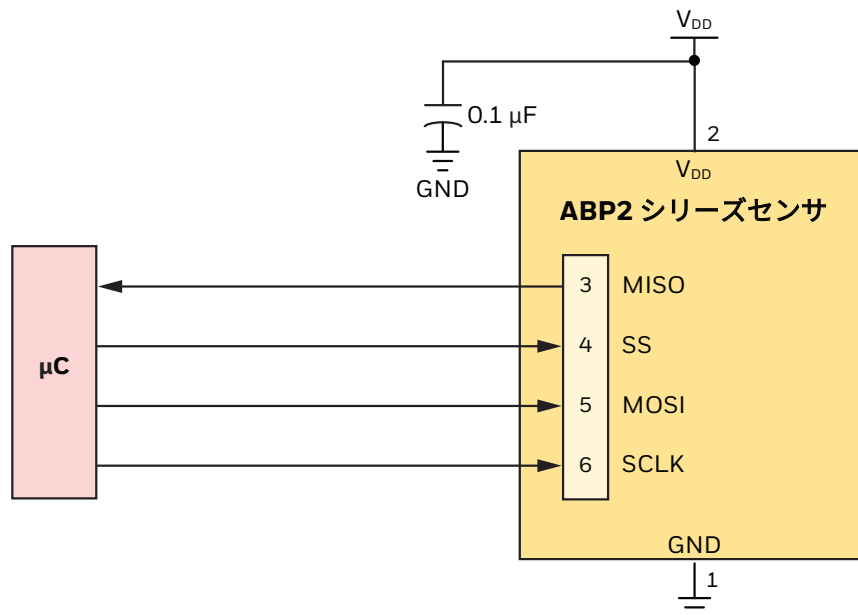


図 9. SPI 回路図



5.2 バイパスキャパシタ使用

注意

出力ノイズを確実に抑制するために、エンドユーザでの設計においてはセンサ電源ピン (図 8、9 参照) のすぐ近くに 0.1μF の外付けバイパスコンデンサを配置してください。

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

6.0 I²C 通信

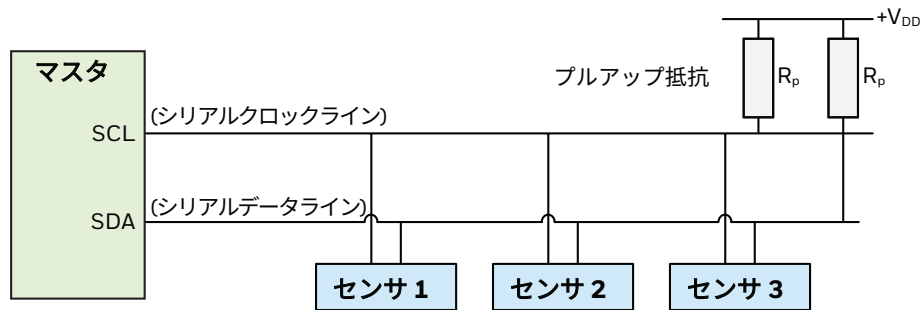
6.1 I²C バス構成 (図 10 参照)

I²C バスは、効率的な I²C (Inter-IC) 制御のためのシンプルでシリアル 8 ビット指向のコンピュータバスです。マイクロコントローラと様々な低速ペリフェラルデバイスとのインターフェイスなど、回路基板を越えて異なる IC 間の通信を良好にサポートします。I²C プロトコルの詳細な仕様については、I²C バス仕様書のバージョン 6 (2014 年 4 月) を参照してください (出典: NXP Semiconductor 社 <https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>) を参照してください)。

バスに接続された各デバイスは、一意のアドレスと、常に存在するシンプルでマスター/センサーの関係により、ソフトウェアでアドレス指定が可能です。バスに接続されたデバイスの出力段は、オープンコレクタアーキテクチャを中心に設計されています。このため、バス上には +V_{DD} へのプルアップ抵抗を用意する必要があります。SDA、SCL とともに双方向のラインであり、両ラインの容量性負荷に合わせたシステム性能が重要となります。また、I²C 仕様に基づき、クロック速度 400 kHz での信頼性の高いエッジ遷移を確保するために、どちらのラインでも最大許容容量は 400 pF となっています。

バスが空いているときは、両方のラインが +V_{DD} にプルアップされます。I²C バスのデータ転送速度は、標準モードで最大 100 kbit/s、高速モードで最大 400 kbit/s です。

図 10. I²C バス構成



6.2 I²C データ転送

ABP2 シリーズ I²C センサは、マスターデバイスからの要求に応答するように設計されています。ABP2 シリーズのデジタル出力圧力センサはマスターからのアドレスとリードビットに続いて、最大 7 バイトのデータを出力するように設計されています。最初のデータバイトはステータスバイト (8 ビット)、2 番目から 4 番目のバイトは補償圧力出力 (24 ビット)、5 番目から 7 番目のバイトは補償温度出力 (24 ビット) です。

6.3 I²C センサアドレス

各 ABP2 シリーズ I²C センサは、7 ビットのセンサーアドレスによってバス上で参照されます。ABP2 シリーズのデフォルトアドレスは 40 (28 hex) です。その他の利用可能な標準アドレスは以下の通りです。08 (08 hex)、24 (18 hex)、56 (38 hex)、72 (48 hex)、88 (58 hex)、104 (68 hex)、120 (78 hex)。(その他のカスタム値も利用可能です。カスタムセンサアドレスに関する質問は、Honeywell カスタム サービスに連絡してください)。

6.4 I²C 圧力および温度読み取り

補正された圧力と温度値を読み出すために、マスターは START 条件を生成し、センサアドレスに続いてリードビット (1) を送信します。センサがアクノレッジを生成した後、最大 7 バイトのデータを送信します。最初のデータバイトはステータスバイト (8 ビット) で、2 番目から 4 番目のバイトは補償圧力出力 (24 ビット)、5 番目から 7 番目のバイトは補償温度出力 (24 ビット) です。マスターは各バイトの受信を確認しなければならず、必要なバイトのデータを受信した後、Not Acknowledge (NACK) ビットに続いて Stop ビットを送信することで通信を終了することができます。

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

6.5 I²C ステータスバイト (表 12参照)

表 12. I ² C ステータスバイト説明		
BIT (意味)	ステータス	コメント
7	常時 0	—
6 (電力表示)	1 = デバイスに電力供給あり 0 = デバイスに電力供給なし	—
5 (ビジーフラッグ)	1 = デバイスはビジー	最後のコマンドのデータがまだ利用できないことを示します。デバイスがビジー状態の場合、新しいコマンドは処理されません。
4	常時 0	—
3	常時 0	—
2 (メモリ整合性/エラーフラッグ)	0 = 整合性テスト合格 1 = 整合性テスト不合格	メモリ・エラー・ステータス・ビットは、パワーアップ・シーケンス中にのみ計算されます。
1	常時 0	—
0 (演算飽和度)	1 = 内部演算飽和発生	—

6.6 I²C 通信

6.6.1 I²C 出力計測コマンド

ABP2 シリーズ I²C 出力センサと通信するには、“0xAA”の後に“0x00”“0x00”が続く出力測定コマンドを使用して、表 13 に示す手順に従ってください。このコマンドにより、デバイスはスタンバイモードを終了し、動作モードに入ります。測定サイクルが終了すると、デバイスは自動的にスタンバイモードに戻ります。

表 13. I ² C 出力計測コマンド		
手順	アクション	注記
1	7-bit Write bit	Master to Sensor Sensor to Master
2	オプション: ステータスバイトのビジーフラッグがクリアになるまで待ちます。 7-bit Read bit オプション2: データ変換発生まで最低5ms待ちます。 オプション3: EOC インディケーターを待ちます。	S Start condition P Stop condition A Acknowledge N Not acknowledge
3	8 ビットのステータス・バイトと一緒に 24 ビットの圧力出力のみを読み出すには 7-bit Read bit 24 ビットの圧力出力と 24 ビットの温度出力を 8 ビットのステータスバイトと共に読み出します。 7-bit Read bit	

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

6.6.2 I²C センサアドレス 0x28

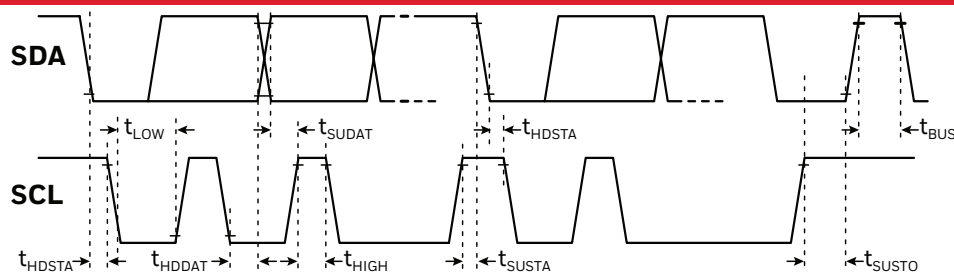
I²C センサアドレスが 0x28 (hex) の ABP2 シリーズ I²C 出力センサと通信するには、表 14 に示す手順に従います。

表 14. I²C センサアドレス 0x28 通信

手順	アクション	注記
1	0x28 0 S SensorAddr 0 A Command A CmdData <15:8> A CmdData <7:0> A P 0x50 0xAA 0x00 0x00 Write bit	Master to Sensor Sensor to Master S Start condition P Stop condition A Acknowledge N Not acknowledge
2	0x28 1 S SensorAddr 1 A Status N P 0x51 Read bit オプション 1: ステータスバイトでビジーフラグがクリアになるまで待ちます。 オプション 2: データ変換発生まで最低 5ms 待ちます。 オプション 3: EOC インディケータを待ちます。	
3	8 ビットのステータスバイトと共に 24 ビットの圧力出力を読み出します。 0x28 1 S SensorAddr 1 A Status A PressData <23:16> A PressData <15:8> A PressData <7:0> N P 0x51 Read bit 24 ビットの圧力出力と 24 ビットの温度出力を 8 ビットのステータスバイトと共に読み出します。 0x28 1 S SensorAddr 1 A Status A PressData <23:16> A PressData <15:8> A PressData <7:0> A TempData <23:16> A TempData <15:8> A TempData <7:0> N P 0x51 Read bit	

6.7 I²C タイミングおよびレベルパラメータ (表 15 参照)

表 15. I²C バスタイミング図およびパラメータ



特長	略称	最小	標準	最大	単位
SCL クロック周波数	f_{SCL}	100	—	400	kHz
SCL エッジを基準とした開始条件ホールド時間	t_{HDSTA}	0.1	—	—	μs
最小 SCL クロック low 幅 ¹	t_{LOW}	0.6	—	—	μs
最小 SCL クロック high 幅 ¹	t_{HIGH}	0.6	—	—	μs
SCL エッジを基準としたスタートコンディションセットアップ時間	t_{SUSTA}	0.1	—	—	μs
SCL エッジに対する SDA のデータ保持時間	t_{HDDAT}	0	—	—	μs
SCL エッジに対する SDA のデータセットアップ時間	t_{SUDAT}	0.1	—	—	μs
SCL のストップコンディションセットアップ時間	t_{SUSTO}	0.1	—	—	μs
ストップコンディションとスタートコンディションの間のバスの空き時間	t_{BUS}	2	—	—	μs
出力レベル low	Out_{low}	—	0	0.2	V_{DD}
出力レベル high	Out_{high}	0.8	1	—	V_{DD}
SDA と SCL のプルアップ抵抗	R_p	1	—	50	kOhm

¹ low 幅と high 幅の和は、SCL の最小期間と同じか、それ以上でなければなりません。

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

6.8 I²C インタフェースレファレンスコード (Arduino/Genuino Uno)

ABP2 シリーズの圧力と温度の出力計算の詳細と例については、8.0 項を参照してください。

```
#include<Arduino.h>
#include<Wire.h>

uint8_t id = 0x28; // i2c address

uint8_t data[7]; // holds output data
uint8_t cmd[3] = {0xAA, 0x00, 0x00}; // command to be sent
double press_counts = 0; // digital pressure reading [counts]
double temp_counts = 0; // digital temperature reading [counts]
double pressure = 0; // pressure reading [bar, psi, kPa, etc.]
double temperature = 0; // temperature reading in deg C
double outputmax = 15099494; // output at maximum pressure [counts]
double outputmin = 1677722; // output at minimum pressure [counts]
double pmax = 1; // maximum value of pressure range [bar, psi, kPa, etc.]
double pmin = 0; // minimum value of pressure range [bar, psi, kPa, etc.]
double percentage = 0; // holds percentage of full scale data
char printBuffer[200], cBuff[20], percBuff[20], pBuff[20], tBuff[20];

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    while (!Serial) {
        delay(10);
    }
    Wire.begin();
    sprintf(printBuffer, "\nStatus Register, 24-bit Sensor data, Digital Pressure Counts, Percentage of full scale
pressure, Pressure Output, Temperature\n");
    Serial.println(printBuffer);
}

void loop() {
    Wire.beginTransmission(id);
    int stat = Wire.write (cmd, 3); // write command to the sensor
    stat |= Wire.endTransmission();
    delay(10);
    Wire.requestFrom(id, 7); // read back Sensor data 7 bytes
    int i = 0;
    for (i = 0; i < 7; i++){
        data [i] = Wire.read();
    }

    press_counts = data[3] + data[2] * 256 + data[1] * 65536; // calculate digital pressure counts
    temp_counts = data[6] + data[5] * 256 + data[4] * 65536; // calculate digital temperature counts
    temperature = (temp_counts * 200 / 16777215) - 50; // calculate temperature in deg c
    percentage = (press_counts / 16777215) * 100; // calculate pressure as percentage of full scale
    pressure = ((press_counts - outputmin) * (pmax - pmin)) / (outputmax - outputmin) + pmin; //
    calculation of pressure value according to equation 2 of datasheet
    dtostrf(press_counts, 4, 1, cBuff);
    dtostrf(percentage, 4, 3, percBuff);
    dtostrf(pressure, 4, 3, pBuff);
    dtostrf(temperature, 4, 3, tBuff);
    /*
    The below code prints the raw data as well as the processed data
    Data format : Status Register, 24-bit Sensor Data, Digital Counts, percentage of full scale pressure,
    pressure output, temperature
    */
    sprintf(printBuffer, "%x\t2x %2x %2x\t%s\t%s\t%s\t%s \n", data[0], data[1], data[2], data[3],
cBuff, percBuff, pBuff, tBuff);
    Serial.print(printBuffer);
    delay(10);
}
```

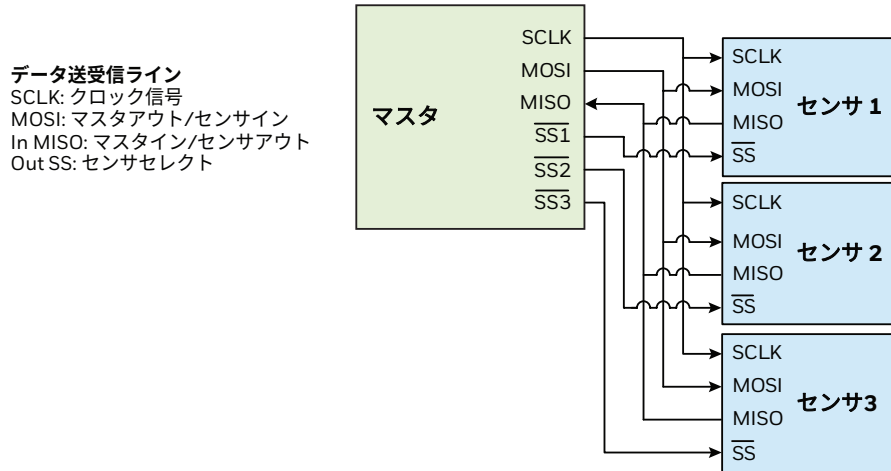

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

7.0 SPI 通信

7.1 SPI 定義

シリアル・ペリフェラル・インターフェース (SPI) は、1つのマスタと1つ以上のセンサ間の同期シリアル通信のためのシンプルなバスシステムです。SPIは全二重または半二重モードで動作し、通信を両方向で同時に行うか、一方方向のみで行うことができます。マスタデバイスはバス上の情報転送を開始し、クロック信号と制御信号を生成します。センサーデバイスは、個々のセンサーセレクト (SS) ラインを介してマスタによって制御され、選択された場合にのみアクティブになります。ABP2 シリーズの SPI センサーは、センサーからマスタへのデータ転送で全二重モードでのみ動作します。このデータ転送には、4 本の一方方向バスラインが使用されます。マスタは SCLK、MOSI、SS を制御し、センサは MISO を制御します (図 11 を参照)。

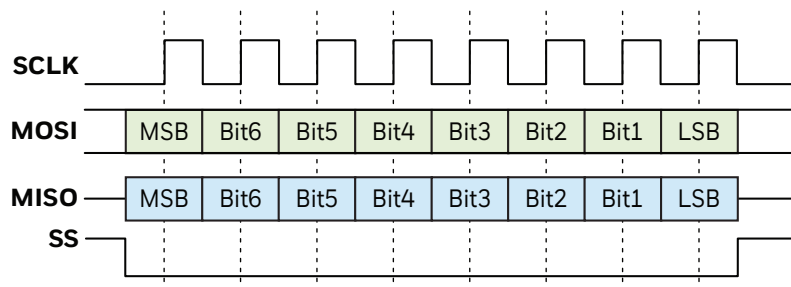
図 11. SPI バス構成



7.2 SPI データ転送

センサーセレクト (SS) ラインをアクティブにすることで、ABP2 シリーズ SPI センサーと通信します。この時点でセンサーはアイドル状態ではなくなり、クロックを受信するとデータの送信を開始します。ABP2 シリーズ SPI センサーは、モード 0 (クロック極性は 0、クロック位相は 0) で SPI 動作するように構成されています (図 12 を参照)。

図 12.1 バイト SPI データ転送の例



ABP2シリーズ SPIセンサはクロッキングが開始されると、最大7バイトのデータを出力するように設計されています。最初のデータバイトはステータスバイト (8ビット)、2番目から4番目のバイトは補償圧力出力 (24ビット)、5番目から7番目のバイトは補償温度出力 (24ビット) です。

7.3 SPI 圧力および温度読み取り

補正された圧力と温度値を読み出すために、マスタはセンサーセレクト (SS) ラインでセンサーをアクティブにした後、必要なクロック信号を生成します。センサーは最大7バイトのデータを送信します。最初のデータバイトはステータスバイト(8ビット)、2バイト目から4バイト目が補償圧力出力(24ビット)、5バイト目から7バイト目が補償温度出力(24ビット)です。マスタは、クロックを停止し、SS ラインを非アクティブ化することで通信を終了させることができます。

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

7.4 SPI ステータスバイト

SPI ステータスバイトは、表 16のビットを含みます。

表 16. SPI ステータスバイト説明

BIT (意味)	ステータス	注記
7	常時 0	—
6 (電力表示)	1 = デバイスに電力供給有り 0 = デバイスに電力供給無し	—
5 (ビジーフラッグ)	1 = デバイスはビジー	最後のコマンドのデータがまだ利用できないことを示します。デバイスがビジー状態の場合、新しいコマンドは処理されません。
4	常時 0	—
3	常時 0	—
2 (メモリ整合性/エラーフラッグ)	0 = 整合性テスト合格 1 = 整合性テスト不合格	メモリ・エラー・ステータス・ビットは、パワーアップ・シーケンス中のみ計算されます。
1	常時 0	—
0 (演算飽和)	1 = 内部演算飽和発生	—

7.5 SPI 通信

ABP2 シリーズの SPI 出力センサと通信するには、出力測定コマンド”0xAA “0x00” “0x00 “を送信して、表 17 に示す手順に従ってください。このコマンドにより、デバイスはスタンバイ・モードを終了し、動作モードに入ります。測定サイクルが終了すると、デバイスは自動的にスタンバイモードに戻ります。

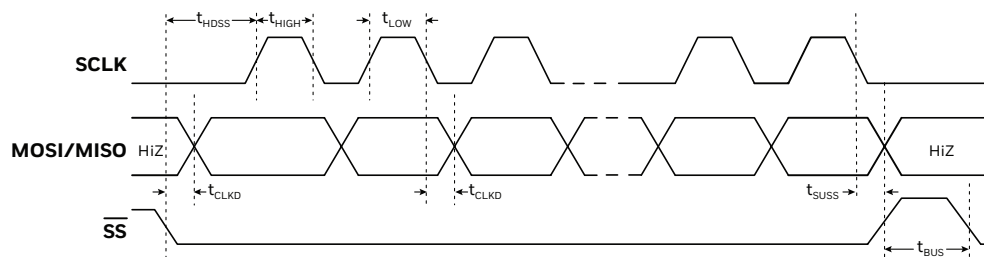
表 17. SPI 出力計測コマンド

手順	アクション		注記																																				
1	MISOのデータは、先に実行されたコマンドに依存します。MISOのデータを破棄してください。 <table><tr><td></td><td>0xAA</td><td>0x00</td><td>0x00</td></tr><tr><td>MOSI</td><td>Measurement Command</td><td>CmdData <15:8></td><td>CmdData <7:0></td></tr><tr><td>MISO</td><td>Status</td><td>Data</td><td>Data</td></tr></table>			0xAA	0x00	0x00	MOSI	Measurement Command	CmdData <15:8>	CmdData <7:0>	MISO	Status	Data	Data	- NOPコマンドは “0xF0”. Master to Sensor Sensor to Master																								
	0xAA	0x00	0x00																																				
MOSI	Measurement Command	CmdData <15:8>	CmdData <7:0>																																				
MISO	Status	Data	Data																																				
2	オプション 1: ステータス・バイトのビジー・フラグがクリアされるまで待ちます。 <table><tr><td></td><td>0xF0</td></tr><tr><td>MOSI</td><td>Command = NOP</td></tr><tr><td>MISO</td><td>Status</td></tr></table>		0xF0	MOSI	Command = NOP	MISO	Status	オプション2: データ変換が発生するまで5ms以上待ちます。																															
	0xF0																																						
MOSI	Command = NOP																																						
MISO	Status																																						
3	8 ビットのステータスバイトと共に 24 ビットの圧力出力のみを読み出す。 <table><tr><td></td><td>0xF0</td><td>0x00</td><td>0x00</td><td>0x00</td></tr><tr><td>MOSI</td><td>Command = NOP</td><td>00_{Hex}</td><td>00_{Hex}</td><td>00_{Hex}</td></tr><tr><td>MISO</td><td>Status</td><td>PressData <24:16></td><td>PressData <15:8></td><td>PressData <7:0></td></tr></table> 24 ビットの圧力出力と 24 ビットの温度出力を 8 ビットのステータスバイトと共に読み出す。 <table><tr><td></td><td>0xF0</td><td>0x00</td><td>0x00</td><td>0x00</td><td>0x00</td><td>0x00</td></tr><tr><td>MOSI</td><td>Command = NOP</td><td>00_{Hex}</td><td>00_{Hex}</td><td>00_{Hex}</td><td>00_{Hex}</td><td>00_{Hex}</td></tr><tr><td>MISO</td><td>Status</td><td>PressData <24:16></td><td>PressData <15:8></td><td>PressData <7:0></td><td>TempData <24:16></td><td>TempData <15:8></td></tr></table>				0xF0	0x00	0x00	0x00	MOSI	Command = NOP	00 _{Hex}	00 _{Hex}	00 _{Hex}	MISO	Status	PressData <24:16>	PressData <15:8>	PressData <7:0>		0xF0	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	MOSI	Command = NOP	00 _{Hex}	00 _{Hex}	00 _{Hex}	00 _{Hex}	00 _{Hex}	MISO	Status	PressData <24:16>	PressData <15:8>	PressData <7:0>	TempData <24:16>	TempData <15:8>
	0xF0	0x00	0x00	0x00																																			
MOSI	Command = NOP	00 _{Hex}	00 _{Hex}	00 _{Hex}																																			
MISO	Status	PressData <24:16>	PressData <15:8>	PressData <7:0>																																			
	0xF0	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00																																	
MOSI	Command = NOP	00 _{Hex}	00 _{Hex}	00 _{Hex}	00 _{Hex}	00 _{Hex}																																	
MISO	Status	PressData <24:16>	PressData <15:8>	PressData <7:0>	TempData <24:16>	TempData <15:8>																																	

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

7.6 SPI タイミングおよびレベル パラメータ (表 18参照)

表 18. SPI バスタイミング図およびパラメータ



特長	略称	最小	標準	最大	単位
SCLKクロック周波数	f_{SCLK}	50	—	800	kHz
SS立ち下りから最初のクロックエッジ	t_{HDSS}	2.5	—	—	μs
最小SCLKクロックlow幅 ¹	t_{LOW}	0.6	—	—	μs
最小SCLKクロックhigh幅 ¹	t_{HIGH}	0.6	—	—	μs
クロックエッジからデータ遷移	t_{CLKD}	0	—	—	μs
最後のクロックエッジからSS立ち上がり	t_{SUSS}	0.1	—	—	μs
SSの立ち上がりと立ち下りの間のバスの空き時間	t_{BUS}	2	—	—	μs
出力レベルlow	Out_{low}	—	0	0.2	V_{DD}
出力レベルhigh	Out_{high}	0.8	1	—	V_{DD}

¹low幅とhigh幅の和は、SCLKの最小周期と同じか、それ以上でなければなりません。

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

7.7 SPI インタフェースのレファレンスコード(Arduino/Genuino Uno)

ABP2 シリーズの圧力と温度の出力計算の詳細と例については、8.0 項を参照してください。

```
#include<Arduino.h>
#include<SPI.h>

double press_counts = 0; // digital pressure reading [counts]
double temp_counts = 0; // digital temperature reading [counts]
double pressure = 0; // pressure reading [bar, psi, kPa, etc.]
double temperature = 0; // temperature reading in deg C
double outputmax = 15099494; // output at maximum pressure [counts]
double outputmin = 1677722; // output at minimum pressure [counts]
double pmax = 1; // maximum value of pressure range [bar, psi, kPa, etc.]
double pmin = 0; // minimum value of pressure range [bar, psi, kPa, etc.]
double percentage = 0; // holds percentage of full scale data
char printBuffer[200], cBuff[20], percBuff[20], pBuff[20], tBuff[20];

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    while (!Serial) {
        delay(10);
    }
    sprintf(printBuffer, "\nStatus Register, 24-bit Sensor data, Digital Pressure Counts, Percentage of full scale pressure, Pressure Output, Temperature\n");
    Serial.println(printBuffer);
    SPI.begin();
    pinMode(10, OUTPUT); // pin 10 as SS
    digitalWrite(10, HIGH); // set SS High
}

void loop() {
    delay(1);
    while (1) {
        uint8_t data[7] = {0xFA, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00}; // holds output data
        uint8_t cmd[3] = {0xAA, 0x00, 0x00}; // command to be sent
        SPI.beginTransaction(SPI_200kHz); //SPI at 200kHz
        digitalWrite(10, LOW); // set SS Low
        SPI.transfer(cmd, 3); // send Read Command
        digitalWrite(10, HIGH); // set SS High
        delay(10); // wait for conversion
        digitalWrite(10, LOW);
        SPI.transfer(data, 7);
        digitalWrite(10, HIGH);
        SPI.endTransaction();

        press_counts = data[3] + data[2] * 256 + data[1] * 65536; // calculate digital pressure counts
        temp_counts = data[6] + data[5] * 256 + data[4] * 65536; // calculate digital temperature counts
        temperature = (temp_counts * 200 / 16777215) - 50; // calculate temperature in deg c
        percentage = (press_counts / 16777215) * 100; // calculate pressure as percentage of full scale
        pressure = ((press_counts - outputmin) * (pmax - pmin)) / (outputmax - outputmin) + pmin; // calculation of pressure value according to equation 2 of datasheet
        dtostrf(press_counts, 4, 1, cBuff);
        dtostrf(percentage, 4, 3, percBuff);
        dtostrf(pressure, 4, 3, pBuff);
        dtostrf(temperature, 4, 3, tBuff);
        /*
        The below code prints the raw data as well as the processed data
        Data format : Status Register, 24-bit Sensor Data, Digital Counts, percentage of full scale pressure, pressure output, temperature
        */
        sprintf(printBuffer, "%x\t%2x %2x %2x\t%s\t%s\t%s\t%s \n", data[0], data[1], data[2], data[3], cBuff, percBuff, pBuff, tBuff);
        Serial.print(printBuffer);
        delay(10);
    }
}
```

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

8.0 ABP2 シリーズ出力計算式

8.1 圧力出力

ABP2シリーズのセンサ圧力出力は、式1の伝達関数で表せます。

式1：圧力センサ伝達関数

$$\text{Output} = \frac{\text{Output}_{\text{max.}} - \text{Output}_{\text{min.}}}{P_{\text{max.}} - P_{\text{min.}}} * (\text{Pressure} - P_{\text{min.}}) + \text{Output}_{\text{min.}}$$

この式を変形して圧力について解くと、式2が得られます。

式2：圧力出力関数

$$\text{Pressure} = \frac{(\text{Output} - \text{Output}_{\text{min.}}) * (P_{\text{max.}} - P_{\text{min.}})}{\text{Output}_{\text{max.}} - \text{Output}_{\text{min.}}} + P_{\text{min.}}$$

ここでは

Outputmax. = 最大圧力での出力 [カウント数]

Outputmin. = 最小圧力での出力 [カウント数]

Pmax. = 圧力範囲の最大値 [bar, psi, kPa, etc.]

Pmin. = 圧力レンジの最小値 [bar, psi, kPa など]

Pressure = 圧力読み取り値 [bar, psi, kPa など]

Output = デジタル圧力測定値 [カウント]

例) 10% から 90% の較正で-1psi から 1psi のゲージセンサの圧力を計算し、14260634 (10 進数) カウントの圧力出力を計算します。

Outputmax. = 15099494 カウント (2²⁴ カウントの 90% または 0xE66666)

Outputmin. = 1677722 カウント (2²⁴ カウントの 10% または 0x19999A)

Pmax. = 1 psi

Pmin. = -1 psi

Pressure = 計算された圧力 (psi)

Output = 14260634 カウント

$$\text{Pressure} = \left(\frac{(14260634 - 1677722) * (1 - (-1))}{15099494 - 1677722} \right) + (-1)$$

$$\text{Pressure} = \left(\frac{25165824}{13421772} \right) + (-1)$$

Pressure = 0.875 psi

基板実装型圧力センサ ABP2 シリーズ

8.2 温度出力

ABP2シリーズのセンサ温度出力は、式3の伝達関数で表せます。

式3: 温度出力伝達関数

$$\text{Temperature} = \frac{T_{\text{out}} * (T_{\text{max.}} - T_{\text{min.}})}{(2^{(24)} - 1)} + T_{\text{min.}}$$

ここでは

Temperature = 計算された温度出力 (単位: °C)

Tout = カウント (10進数) でのデジタル温度出力

Tmax. = 150°C

Tmin. = -50°C

例: 6291456 (10進数) カウントの温度出力の温度を計算します。

$$\text{Temperature} = \frac{T_{\text{out}} * (150 - (-50))}{(2^{(24)} - 1)} + T_{\text{min.}}$$

$$\text{Temperature} = \frac{6291456 * 200}{16777215} - 50$$

$$\text{Temperature} = 25^{\circ}\text{C}$$

製品保証/保守

当社は、保証期間中に本製品に製造上の不具合あるいは誤った素材の使用が無いことを保証します。尚、別途の書面合意がない限り、製品保証については当社の標準保証が適用となります。保証内容の詳細については、当社並びにお近くの当社代理販売店にご相談ください。保証期間中に本製品が当社に返却されるその製品に不具合があった場合、無償で修理または交換いたします。修理か交換かについては当社が判断いたします。

当社は、上記以外の補償はお受けいたしません。又ここで明示する以外の保証あるいは、本製品の特定目的合致性についても保証いたしません。当社は事情の如何にかかわらず、特別損害あるいは間接損害については責任を負いません。

当社は、資料および当社ウェブサイトを紹介して、個別のアプリケーション支援の提供を行うことがあります。各個別アプリケーションへの製品適合性の判断は購入側の責任で行ってください。

仕様は予告なく変更することがあります。本仕様書を作成した時点では正確で信頼性がある情報を記載しておりますが、その使用結果についての責任は負いません。

⚠ 警告 人身損害

これらの製品は、安全装置や非常停止装置として、または製品の故障により人身事故が発生する可能性のある用途には使用しないでください。

これらの指示に従わない場合、死亡または重傷を負う可能性があります。

⚠ 警告 文書の誤用

- 本書に記載されている情報は、参考に過ぎません。製品設置ガイドとして使用しないでください。
- 各製品に付属の取扱説明書には、設置・操作・保守点検の全ての内容が記載されています。

取扱を誤った場合、死亡もしくは重傷を負う可能性があります。

日本ハネウェル株式会社

セーフティ & プロダクティビティ ソリューションズ

〒105-0022 東京都港区海岸1-16-1

ニューピア竹芝サウスタワー20階

電話 03-6730-7152 FAX 03-6730-7224

SPSJapanMarketing@Honeywell.com

<https://sensing.honeywell.com/ja-jp/2>