

データシート

GENシリーズ GN815 (GN816) Basic/IEPE/IEPE 2ISO/s (GN815200 kS/s)入力カード

特長

- IEPEセンサのサポート
- IEPEに対するTEDSクラス1サポート
- 絶縁、アンバランス差動入力
- 入力範囲: $\pm 10 \text{ mV} \sim \pm 50 \text{ V}$
- アナログ/デジタル・アンチエイリアスフィルタ
- サンプリングレート2 MS/s (200 kS/s)で18ビット
- アナログ8 チャンネル
- 2 GB(200 MB)メモリ
- 絶縁金属BNCコネクタをチャンネルに装備
- リアルタイムサイクル演算
- リアルタイム演算データによるトリガ
- デジタルのイベント/タイマ/カウンタをサポート
- 1 kV RMS CAT II プローブ
- 1 kV RMS 差動プローブ
- 電流クランプと外部負荷で直流計測



GN815/GN816の機能と特長

GEN DAQ Basic/IEPE ISO 2 MS/s (200 kS/s)入力カードは、電圧入力、外部入力、プローブ入力、電流クランプなどを接続できる汎用の信号処理モジュールです。このカードは、IEPEにも対応し、TEDS class 1 のサポートによりチャンネルのセットアップが簡単です。内蔵のダイアグノスティックは、自動センサ接続、オープン/ショート検出をサポートします。アンプの電圧入力には $\pm 10 \text{ mV} \sim \pm 50 \text{ V}$ です。最適なアンチエイリアス保護が、7極アナログ・アンチエイリアス・フィルタと2Ms/s固定サンプリングレートのA/Dコンバータを組み合わせることによって実現されています。高速ADCサンプリングレートで動作するデジタルフィルタは、高精度の位相整合とノイズフリーのデジタル出力を備えた広範囲で高レベルなアンチエイリアスフィルタ特性を提供します。

真のリアルタイム解析を実現するために、このカードはリアルタイムサイクルや時間軸上の演算機能をもっています。ゼロクロス自動検出により、非同期での真のRMS値、平均値などの演算を行え、トリガとして利用できます。

GEN DAQシリーズの入力カードは、16個のデジタル入力、2個のデジタル出力、2個のタイマ/カウンタチャンネルを提供します。

電圧プローブを使用して、シングルエンドの600 V RMS CAT III / 1000 V CAT II または差動 1000 V RMS CAT III (1000 V RMS コモンモード) の計測が可能です。電流クランプと外部負荷の使用により、直流計測を行えます。

機能概要		
モデル	GN815	GN816
チャンネルあたりの最大サンプリングレート	2 MS/s	200 kS/s
カードあたりのメモリ容量	2 GB	200 MB
アナログチャンネル	8	
アンチエイリアスフィルタ	サンプリングレートトラッキングのデジタルAAフィルタを組み合わせた、固定帯域幅のアナログAAフィルタ	
ADC分解能	18 bit	
絶縁	チャンネルーチャンネル間、およびチャンネルーシャーシ間	
入力形式	アナログ、絶縁、アンバランス差動	
パッシブ 電圧/電流プローブ	受動、シングルエンド電圧プローブ	
センサ	IEPE	
TEDS	クラス1、IEPEセンサ	
リアルタイムサイクルベースの演算機能	32; サイクルおよびタイムベースの演算、演算結果によるトリガ機能付き	
リアルタイム数式データベース演算機能 (オプション)	サポートなし	
リアルタイム演算結果の出力	サポートなし	
デジタルのイベント/タイマ/カウンタ	デジタルイベント16個とタイマ/カウンタチャンネル2個	
標準データストリーミング (CPCI 最大200 MB/s)	サポートなし	
高速データストリーミング (PCIe 最大1 GB/s)	サポートあり	
スロット幅	1	

メインフレームのサポート						
	GEN2tB	GEN4tB	GEN7tA / GEN7tB	GEN17tA / GEN17tB	GEN3iA	GEN7iA / GEN7iB ⁽¹⁾
GN815/GN816	あり					
GEN DAQ API	あり				あり ⁽²⁾	
EtherCAT®	なし	あり			なし	
CAN/CAN FD	あり				なし	

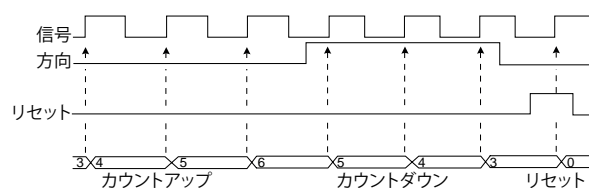
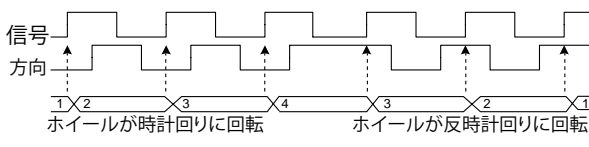
(1) GEN7iA/GEN7iB (サポートが制限されている場合) (最初の3つのスロットのみ)

(2) GEN DAQ API アクセスを有効にするには、Perceptionを閉じます。

サポートされるアナログセンサとプローブ

Perception入力タイプ	センサ/プローブタイプ	備考
基本電圧	<ul style="list-style-type: none"> シングルエンド電圧入力 受動シングルエンデッドプローブ 能動差動プローブ 電流プローブ 外部電流負荷 	<ul style="list-style-type: none"> 絶縁BNC入力
IEPE	<ul style="list-style-type: none"> IEPE振動センサ ICP加速度センサ 2, 4, 6または8 mA @ ≥ 23 V 	<ul style="list-style-type: none"> TEDS クラス I 自動センサ接続、オープンまたはショートの日アグノスティック 絶縁入力

サポートされるデジタルセンサ (TTLレベル入力)

タイマカウンタ入力タイプ	サポートされているデジタルセンサ	特長
 <p>図 1: 一方向および双方向クロック</p>	<ul style="list-style-type: none"> HBKトルクセンサ トルクセンサ スピードセンサ ポジションセンサ 	<ul style="list-style-type: none"> 角度計測 周波数/RPM計測 カウント/位置計測 最大5 MHzまでの周波数をカウント 入力信号のデジタルフィルタ 複数のリセットオプション RT-FDBIは、角度計測に基づく周波数/RPM演算チャンネルを追加できます
 <p>図 2: ABZインクリメンタルエンコーダ (直角位相)</p>	<ul style="list-style-type: none"> HBKトルクセンサ トルクセンサ スピードセンサ ポジションセンサ 	<ul style="list-style-type: none"> 角度計測 周波数/RPM計測 カウント/位置計測 最大2 MHzまでの周波数をカウント 入力信号のデジタルフィルタ 単精度、2倍精度および4倍精度カウント カウンタドリフトを回避するためのトランジシントラッキング 複数のリセットオプション RT-FDBIは、角度計測に基づく周波数/RPM演算チャンネルを追加できます

ブロック図

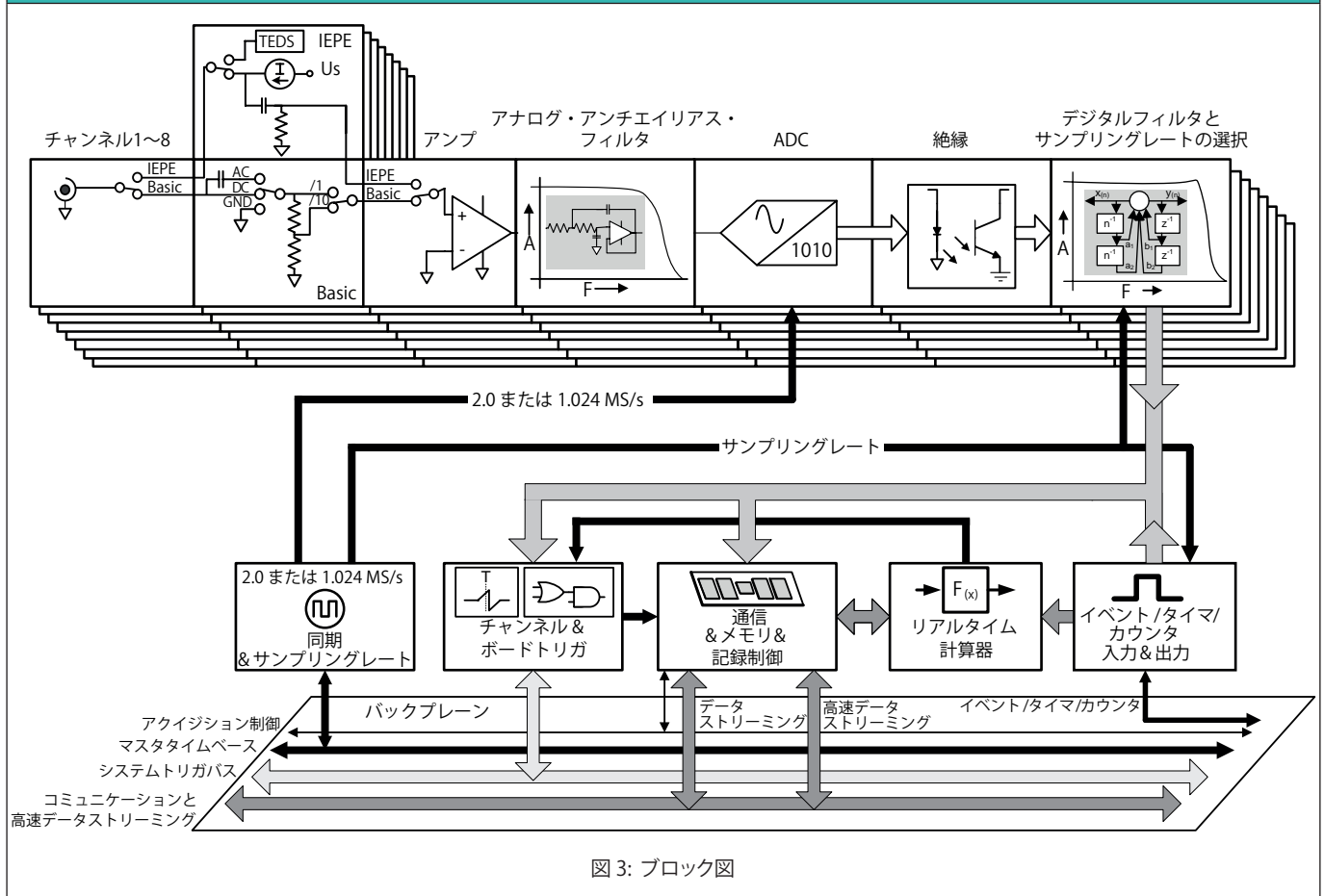


図 3: ブロック図

仕様と計測の不確かさ

仕様は、23°Cの環境温度を使用して決定されています。
 計測の不確かさを改善するために、システムを特定の環境温度に再調整して、温度ドリフトの影響を最小限に抑えています。

アナログアンプのエラーソースは線形関数です ($y = ax + b$)

読み値誤差の a % は、入力電圧の増加による線形増加エラーを表す、ゲインエラーとも呼ばれます。
 レンジエラーの b % は、0Vを計測時のエラーを表す、オフセットエラーとも呼ばれます。
 計測の不確かさについては、これらの誤差は独立した誤差要因と見なすことができます。

ノイズは、標準仕様外の個別の誤差要因ではありません。
 サンプルごとに動的な精度が必要な場合は、ノイズ仕様が別途追加されます。
 サンプルごとの計測の不確かさの場合のみ、RMSノイズ誤差が追加されます。
 たとえば、電力精度の場合、RMSノイズ誤差は電力精度仕様にすでに含まれています。

Pass/Fail 許容値は長方形分布仕様であるため、計測の不確かさは 0.58 * 指定値です。

カードの追加/削除または交換

記載されている仕様は、ボードが校正された時と同じメインフレーム、メインフレームの構成、スロットを使用する場合に有効です。
 カードが追加、削除、または再配置された場合、ボードの熱状態が変化し、追加の熱ドリフトエラーが発生します。予想される最大エラーは、設定された読み値エラーとレンジエラーの2倍となり、COMMONモードリジエクションが10 dB低減されます。
 したがって、設定変更後は、再校正を強くお勧めします。

アナログ入力部

チャンネル	8
コネクタ	絶縁金属BNC
入力形式	アナログ、絶縁、アンバランス差動
入力インピーダンス	
1 MΩインピーダンス	$\leq \pm 1\text{V}$ レンジ: $\pm 1\%$ // 58 pF $> \pm 1\text{V}$ レンジ: $\pm 10\%$ その他すべての範囲 66 pF $\pm 10\%$
入力カップリング	
カップリングモード	AC、DC、GND
ACカップリング周波数 (1 MΩインピーダンス)	1.6 Hz $\pm 10\%$; -3 dB

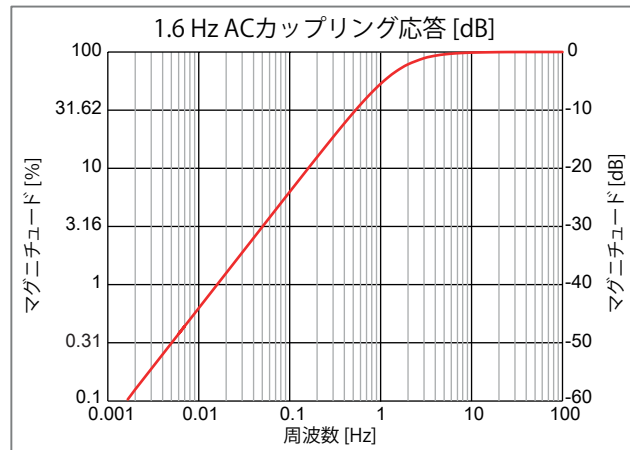


図 4: 代表的なACカップリング応答

レンジ (1 MΩインピーダンス)	$\pm 10\text{ mV}$, $\pm 20\text{ mV}$, $\pm 50\text{ mV}$, $\pm 0.1\text{ V}$, $\pm 0.2\text{ V}$, $\pm 0.5\text{ V}$, $\pm 1\text{ V}$, $\pm 2\text{ V}$, $\pm 5\text{ V}$, $\pm 10\text{ V}$, $\pm 20\text{ V}$, $\pm 50\text{ V}$	
オフセット	1000 ステップ (0.1%) で $\pm 50\%$; $\pm 50\text{ V}$ レンジでは、オフセットが 0% の固定	
コモンモード (システムグランドに参照)		
レンジ	$\pm 2\text{ V}$ 未満	$\pm 2\text{ V}$ 以上
リジェクション (CMR)	$> 80\text{ dB}$ @ 80 Hz (代表値100 dB)	$> 60\text{ dB}$ @ 80 Hz (代表値80 dB)
最大コモンモード電圧	33 V RMS	33 V RMS

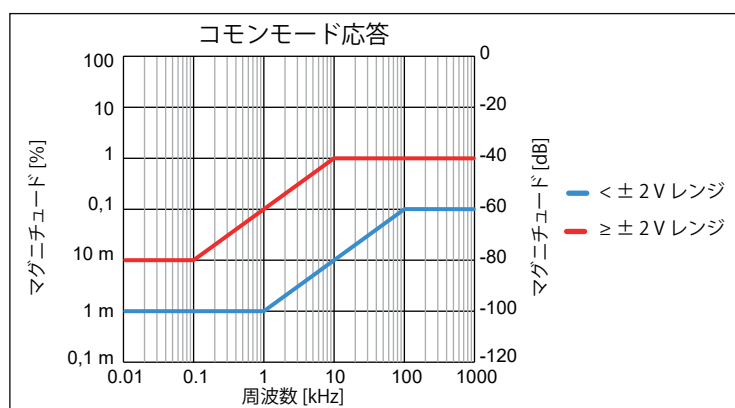


図 5: 代表的なコモンモード応答

入力過負荷保護

過電圧インピーダンス変化	過電圧保護システムが起動すると、入力インピーダンスが低下します。過電圧保護は、入力電圧が選択された入力範囲の200%または125 Vのいずれか小さい方の値の範囲内である限り、アクティブではありません。
最大非破壊電圧	$\pm 70\text{ V DC}$
過負荷回復時間	200%過負荷後、5 μs 以内に0.1%の精度に復元

電圧仕様(広帯域)GN815 ⁽¹⁾	
	Pass/Fail 許容値
DC ゲイン誤差	読値の0.035% ±35 μV
DC オフセット誤差	フルスケールの0.01% ±200 μV
ゲイン誤差ドリフト	± 25 ppm/°C (± 14 ppm/°F)
オフセット誤差のドリフト	±(45 ppm + 5 μV)/°C (±(25 ppm + 3 μV)/°F)
RMSノイズ (50Ω終端)	フルスケールの0.025% ±50μV

(1) 広帯域フィルタは GN815 に対してのみ有効です。

電圧仕様(全フィルタ使用)	
	Pass/Fail 許容値
DC ゲイン誤差	読値の0.035% ±35 μV
DC オフセット誤差	フルスケールの0.01% ±35 μV
ゲイン誤差ドリフト	± 25 ppm/°C (± 14 ppm/°F)
オフセット誤差のドリフト	±(45 ppm + 5 μV)/°C (±(25 ppm + 3 μV)/°F)
RMSノイズ (50Ω終端)	フルスケールの0.015% ±20 μV

IEPEセンサ	
入力範囲	± 10 mV, ± 20 mV, ± 50 mV, ± 0.1 V, ± 0.2 V, ± 0.5 V, ± 1 V, ± 2 V, ± 5 V, ± 10 V, ± 20 V
過電圧保護	-1 V ~ 22 V
IEPE ゲイン誤差	0.1% ± 250 μV
IEPEゲイン誤差ドリフト	± 25 ppm/°C (± 14 ppm/°F)
IEPEコンプライアンス電圧	≥ 23 V
印加電流	2, 4, 6, 8 mA、ソフトウェアで選択可能
印加電流の精度	± 5%
カップリング時定数	1.5 s
低帯域幅	-3 dB @ 0.11 Hz
最大ケーブル長	100 m (RG-58)
TEDS対応	あり; class 1
センサ・ダイアグノスティック	センサ接続状態、オープンまたはショート
サポートされているセンサ	IEPE振動センサ ICP [®] 加速度センサ

絶縁

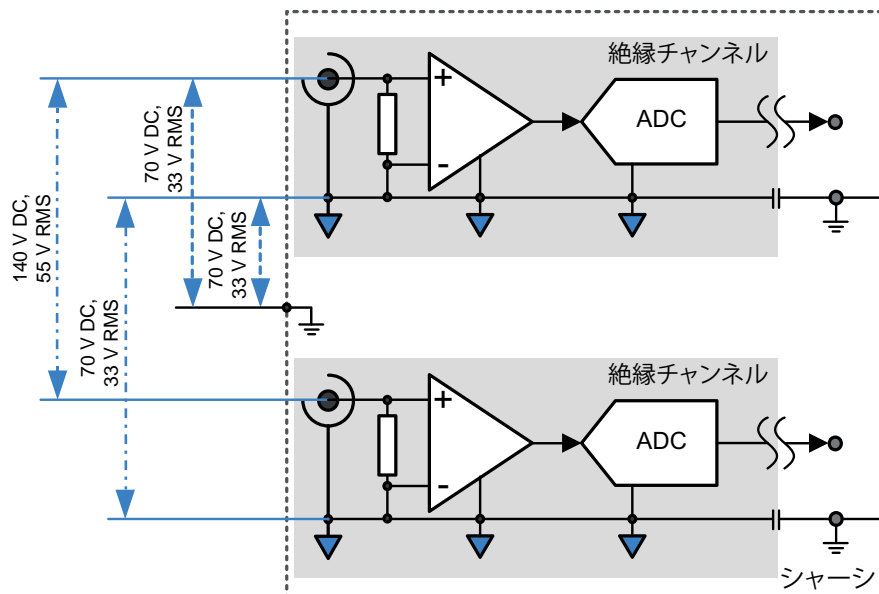


図 6: 絶縁回路図

チャンネル-シャーシ間 (アース)	33 V RMS、 ± 70 V DC
チャンネル間 (絶縁GND対絶縁GND)	33 V RMS、 ± 70 V DC
入力信号対入力信号	55 V, RMS、 ± 140 V DC

アナログ-デジタル変換

	GN815	GN816
サンプリングレート; チャンネル毎	0.1 S/s \sim 2 MS/s	0.1 S/s \sim 200 kS/s
ADC分解能; 各チャンネルにADC 1 個	18 bit	
ADCタイプ	逐次近似レジスタ(SAR); Analog Devices AD4003BCPZ	
タイムベース精度	メインフレームにより定義: ± 3.5 ppm; 10年間の経年変化後は ± 10 ppm	

アンチエイリアスフィルタ

位相整合チャンネルに関する注意。すべてのフィルタ特性および/またはフィルタ帯域幅に関する選択は、それ自身の特定の位相応答を伴います。異なるフィルタ選択(広帯域⁽¹⁾/ベッセルIIR/バタワースIIR/等)または異なるフィルタ帯域幅を使用すると、チャンネル間の位相不一致が生じる可能性があります。

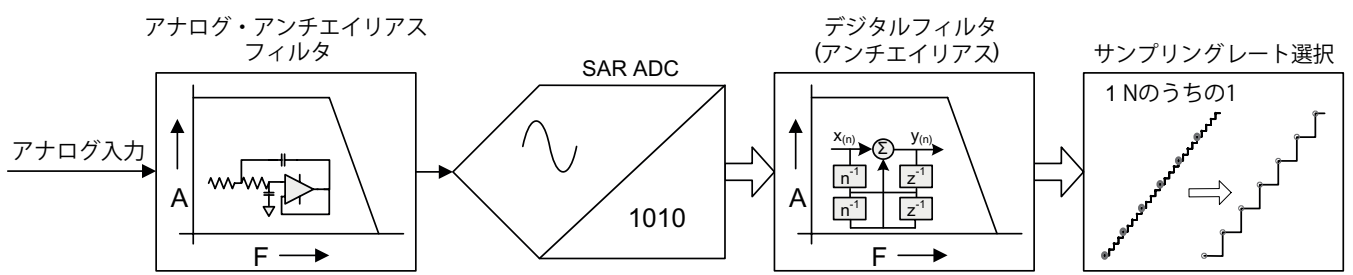


図 7: アナログとデジタルのアンチエイリアスフィルタを組み合わせたブロック図

アンチエイリアシングは、ADC(Analog to Digital Converter)の前に設置された、急峻な固定周波数のアナログアンチエイリアスフィルタによって防止されます。ADCは常に固定サンプリングレートでサンプリングします。ADCの固定サンプリングレートにより、異なるアナログアンチエイリアスフィルタ周波数が不要になります。

目的のユーザーサンプリングレートへのデジタルダウンサンプリングが実行される前に、高精度デジタルフィルタがADC直後にアンチエイリアス保護として使用されます。デジタルフィルタは、ユーザーサンプリングレートの一部にプログラムされ、任意のユーザーサンプリングレート選択を自動的に追跡します。アナログアンチエイリアスフィルタと比較して、プログラマブルデジタルフィルタは以下の特長があります: 急峻なロールオフを備えた高次フィルタ、フィルタ特性の選択範囲拡大、ノイズフリーデジタル出力、同じフィルタ設定を使用するチャンネル間で追加の位相シフトがない。

広帯域 ⁽¹⁾	広帯域を選択すると、信号経路にアナログアンチエイリアスフィルタもデジタルフィルタもありません。したがって、広帯域が選択されると、常にアンチエイリアスの保護がなくなります。記録データを周波数領域で作業する場合、広帯域は使用しないでください。
ベッセルIIR	ベッセルIIRフィルタを選択すると、シグマデルタADC内蔵のアンチエイリアスフィルタと低いサンプリングレートでのエイリアシングを防止するデジタルベッセルIIRフィルタが常に組み合わせられています。ベッセルフィルタは、通常、時間領域の信号を見るときに使用されます。過渡信号や矩形波やステップ応答のようなシャープエッジ信号の計測に最適です。
バタワースIIR	バタワースIIRフィルタを選択すると、低いサンプリングレートでのエイリアシングを防止する、アナログバタワース・アンチエイリアスフィルタとデジタルバタワースIIRフィルタが常に組み合わせられています。このフィルタは、周波数領域での作業に最適です。時間領域で作業する場合、このフィルタは正弦波(に近い)信号に最適です。
楕円IIR	楕円IIRフィルタを選択すると、これは低いサンプリングレートでのエイリアシングを防止する、アナログバタワース・アンチエイリアスフィルタとデジタル楕円IIRフィルタの組み合わせです。このフィルタは、周波数領域での作業に最適です。時間領域で作業する場合、このフィルタは正弦波(に近い)信号に最適です。

(1) 広帯域フィルタは GN815 に対してのみ有効です。

広帯域(アンチエイリアス保護なし)⁽¹⁾

広帯域を選択すると、信号経路にアナログアンチエイリアスフィルタもデジタルフィルタもありません。したがって、広帯域が選択されると、常にアンチエイリアスの保護がなくなります。

広帯域帯域幅 950 kHzから1300 kHzの間 (-3dB)

0.1 dB通過帯域平坦度 DC ~ 200 kHz⁽²⁾

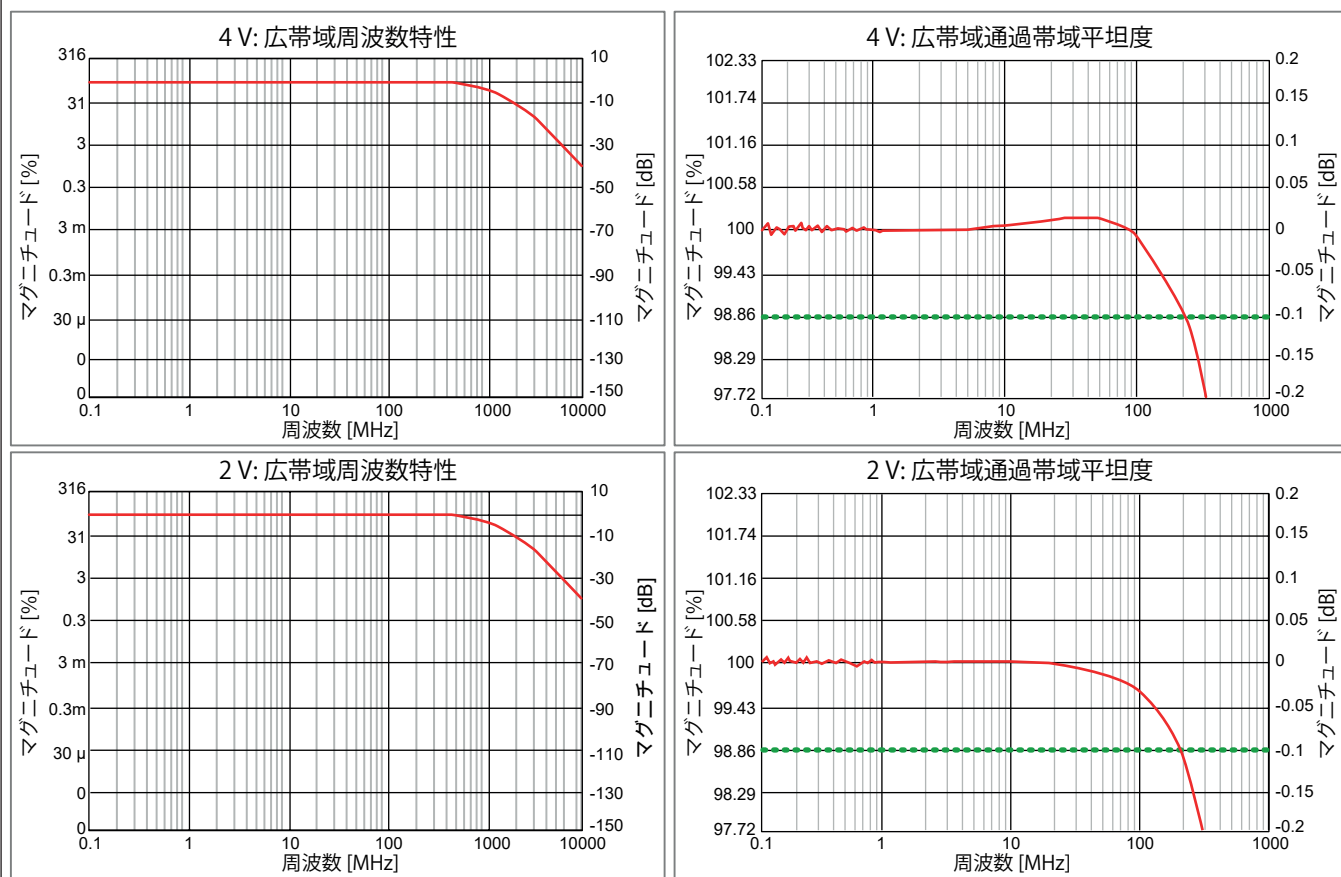


図 8: 代表的な広帯域の例

(1) 広帯域フィルタは GN815 に対してのみ有効です。

(2) Fluke 5700Aキャリブレーションプレートを使用して計測、DCを正規化。

ベッセルIIRフィルタ (デジタルアンチエイリアス)GN815

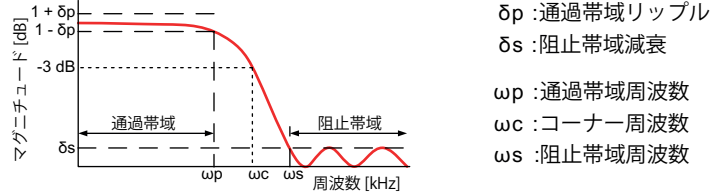


図 9: デジタル・ベッセルIIRフィルタ

ベッセルIIRフィルタを選択すると、アナログベッセル・アンチエイリアスフィルタとデジタルベッセルIIRフィルタの組み合わせが常に使用されます。

アナログ・アンチエイリアス・フィルタ帯域幅	390 kHz ± 25 kHz (-3 dB)
アナログ・アンチエイリアス・フィルタ	7極ベッセル、最適ステップ応答
ベッセルIIRフィルタ	8極ベッセル型IIR
Bessel IIRフィルタユーザー選択	サンプリングレートへの自動トラックング: サンプリングレートを、10, 20, 40, 100 で分割。ユーザーが現在のサンプリングレートから分割係数を選択すると;ソフトウェアはサンプリングレートが変更されたときにフィルタを調整。
Bessel IIRフィルタ帯域幅 (ω_c)	0.4 Hz ~ 200 kHzの範囲でユーザー選択可能
ベッセルIIR 0.1dB通過帯域(ω_p) ⁽¹⁾	DC ~ 35kHz @ $\omega_c = 200$ kHz
ベッセルIIRフィルタ阻止帯域減衰 (δ_s)	60 dB $\omega_c = 200$ kHzのベッセルIIRフィルタ帯域幅の選択では、限定されたアナログ・アンチエイリアス・フィルタの振幅の減少に起因して、-55 dBのピークは1.6 MHzと1.8 MHz間で起こります。より低い帯域幅の選択では、デジタルフィルタはこのピークを-60 dBまで低減します。
ベッセルIIRフィルタロールオフ	48 dB/octave

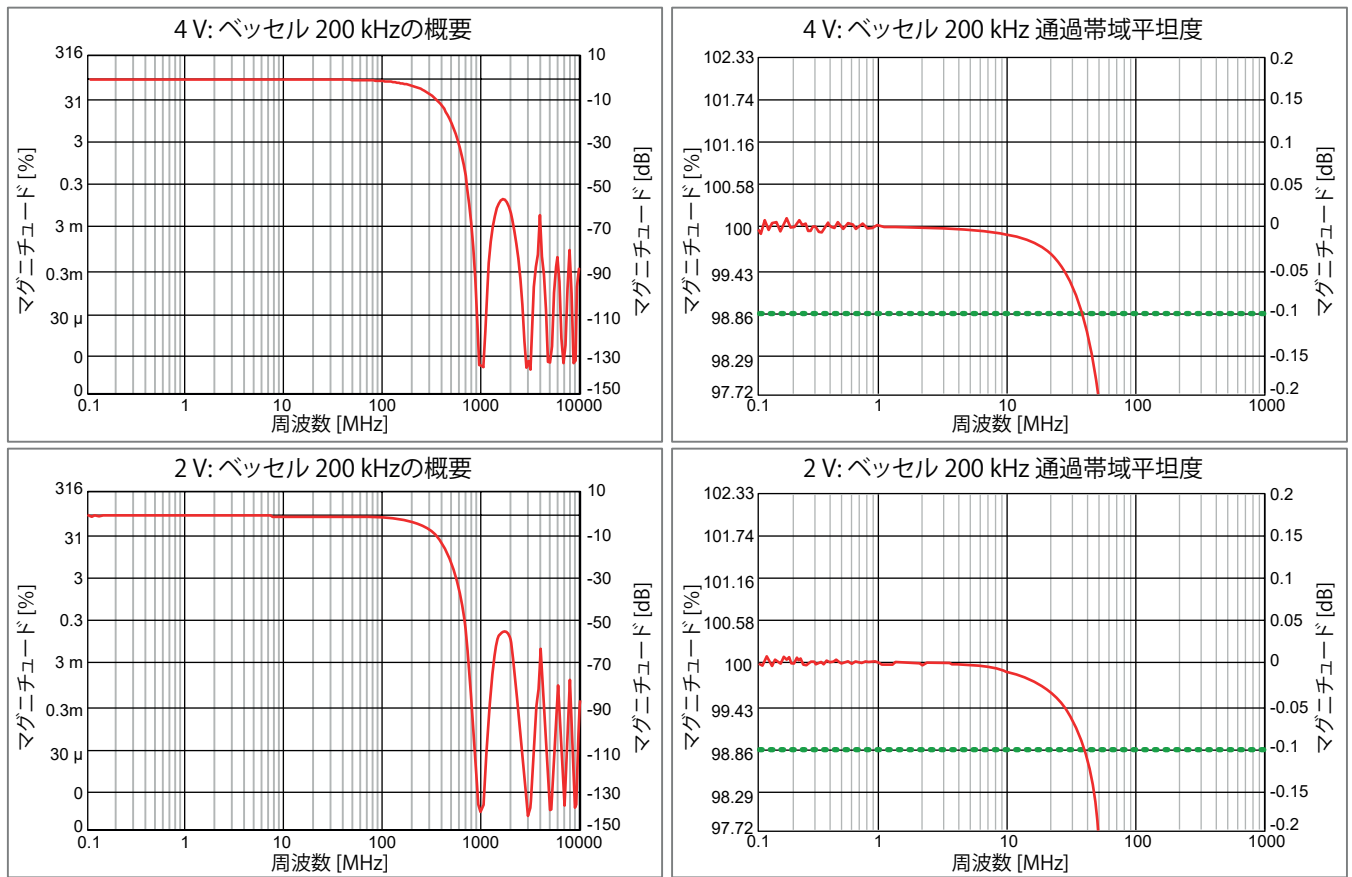


図 10: 代表的なベッセルIIRの例(GN815)

(1) Fluke 5700Aキャリブレータを使用して計測、DCを正規化

ベッセルIIRフィルタ (デジタルアンチエイリアス)GN816

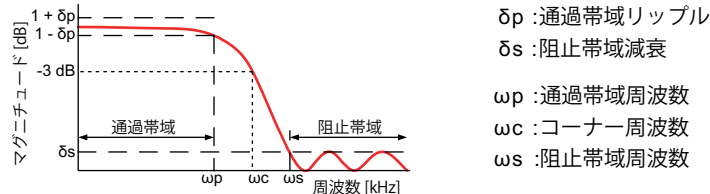


図 11: デジタル・ベッセルIIRフィルタ

ベッセルIIRフィルタを選択すると、アナログベッセル・アンチエイリアスフィルタとデジタルベッセルIIRフィルタの組み合わせが常に使用されます。

アナログ・アンチエイリアス・フィルタ帯域幅	390 kHz \pm 25 kHz (-3 dB)
アナログ・アンチエイリアス・フィルタ	7極ベッセル、最適ステップ応答
ベッセルIIRフィルタ	8極ベッセル型IIR
Bessel IIRフィルタユーザー選択	サンプリングレートへの自動トラッキング: 10, 20, 40, 100 (でサンプリングレート分割) ユーザーが現在のサンプリングレートから分割係数を選択すると;ソフトウェアはサンプリングレートが変更されたときにフィルタを調整。
Bessel IIRフィルタ帯域幅 (ωc)	0.4 Hz \sim 20 kHzの範囲でユーザー選択可能
ベッセルIIR 0.1dB通過帯域(ωp) ⁽¹⁾	DC \sim 3.5kHz @ $\omega c = 20$ kHz
ベッセルIIRフィルタ阻止帯域減衰 (δs)	75 dB
ベッセルIIRフィルタロールオフ	48 dB/octave

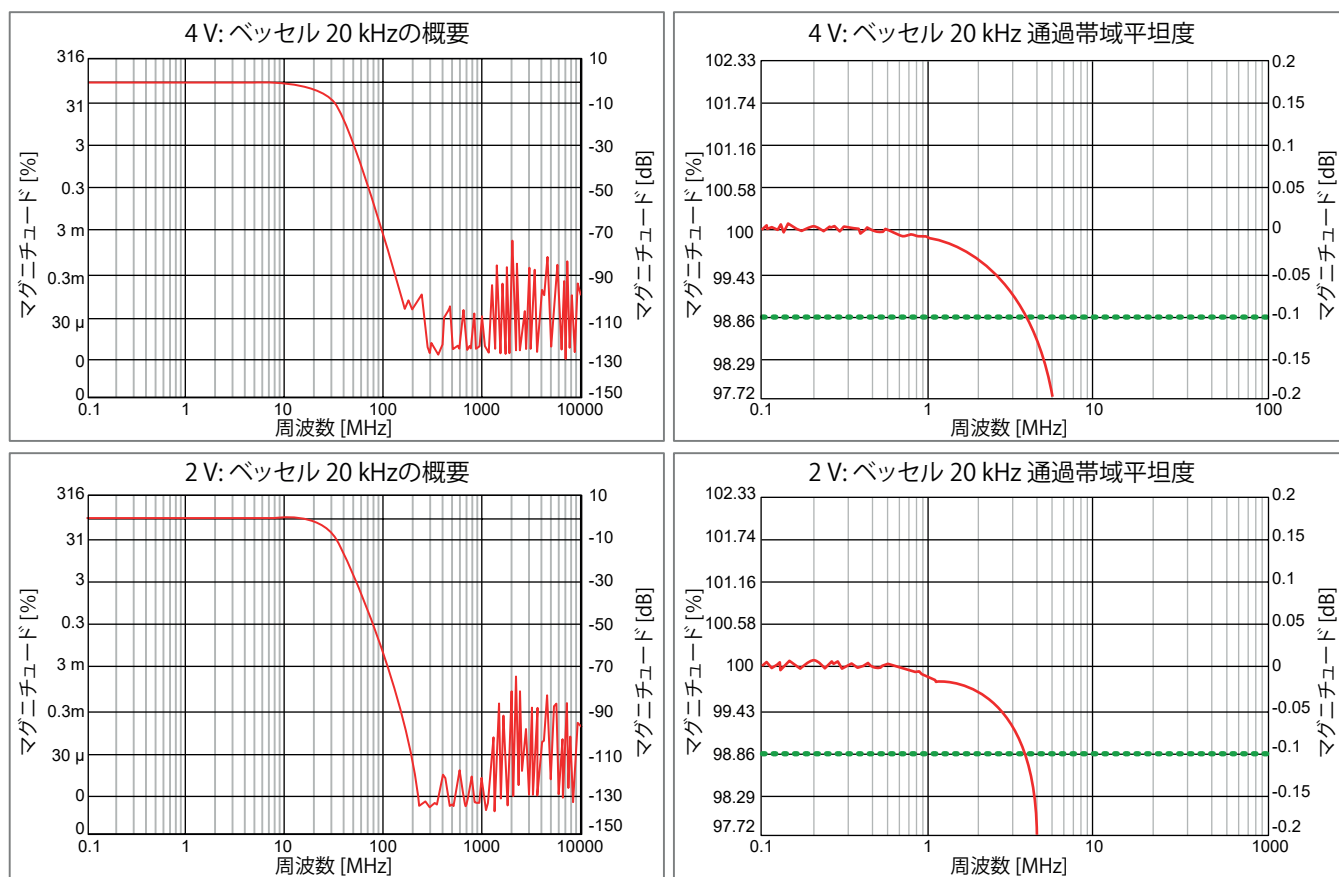


図 12: 代表的なベッセルIIRの例(GN816)

(1) Fluke 5700Aキャリブレータを使用して計測、DCを正規化

バターワースIIRフィルタ (デジタルアンチエイリアス)GN815

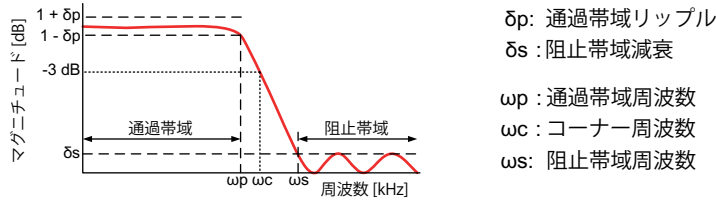


図 13: デジタル・バターワースIIRフィルタ

バターワースIIRフィルタを選択すると、アナログベッセル・アンチエイリアスフィルタとデジタル・バターワースIIRフィルタが常に組み合わせられます。

アナログ・アンチエイリアス・フィルタ帯域幅	460 kHz ± 25 kHz (-3 dB)
アナログ・アンチエイリアス・フィルタ特性	7極ベッセル、拡張通過帯域応答
ベッセルIIRフィルタ特性	8極バターワース型IIR
バターワースIIRフィルタユーザー選択	次の数値で分割したサンプリングレートへの自動トラッキング:4 ⁽¹⁾ , 10, 20, 40 (でサンプリングレート分割) ユーザーが現在のサンプリングレートから分割係数を選択;ソフトウェアはサンプリングレートが変更されたときにフィルタを調整
バターワース IIRフィルタ帯域幅 (ωc)	1 Hz ~ 250 kHzの範囲でユーザー選択可能
バターワースIIR 0.1dB通過帯域(ωp) ⁽²⁾	DC ~ 150kHz @ ωc = 200 kHz
バターワースIIRフィルタ阻止帯域減衰(δs)	75 dB ωc = 250 kHzのバターワースIIRフィルタ帯域幅の選択では、限定されたアナログ・アンチエイリアス・フィルタの振幅の減少により、-60 dBのピークは1.8 MHzと2.2 MHz間で起こります。より低い帯域幅の選択では、デジタルフィルタはこのピークを-75 dBまで低減します。
バターワースIIRフィルタロールオフ	48 dB/octave

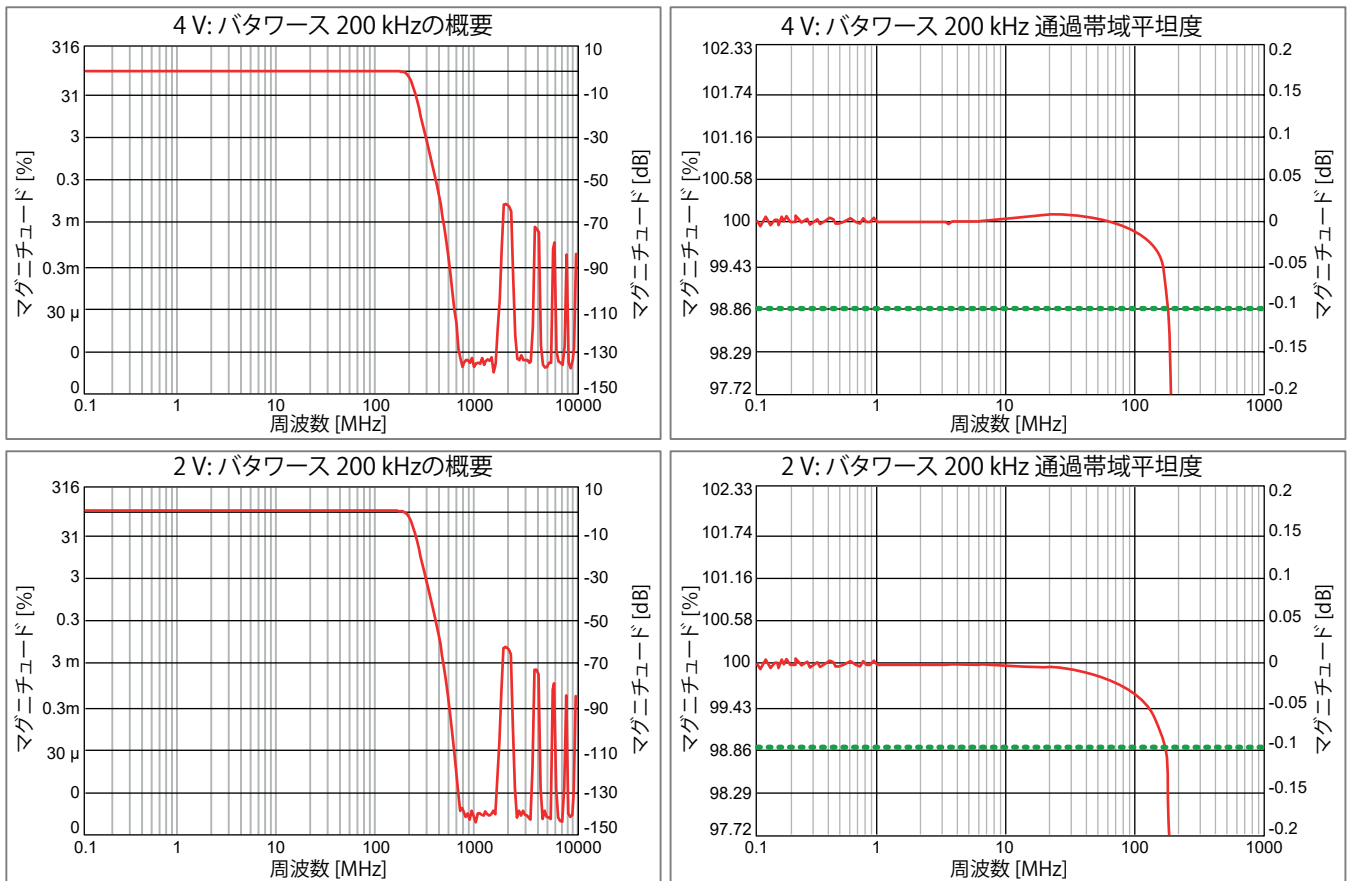


図 14: 代表的なバターワースIIRの例(GN815)

- (1) 2 MS/sのサンプリングレートでは4で除算不可
- (2) Fluke 5700Aキャリブレータを使用して計測、DCを正規化

バターワースIIRフィルタ (デジタルアンチエイリアス)GN816

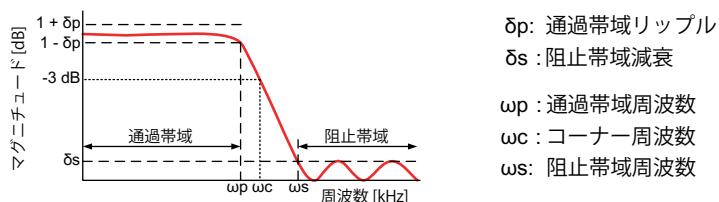


図 15: デジタル・バターワースIIRフィルタ

バターワースIIRフィルタを選択すると、アナログベッセル・アンチエイリアスフィルタとデジタル・バターワースIIRフィルタが常に組み合わせられます。

アナログ・アンチエイリアス・フィルタ帯域幅	460 kHz \pm 25 kHz (-3 dB)
アナログ・アンチエイリアス・フィルタ特性	7極ベッセル、拡張通過帯域応答
ベッセルIIRフィルタ特性	8極バターワース型IIR
バターワースIIRフィルタユーザー選択	次の数値で分割したサンプリングレートへの自動トラッキング: 4, 10, 20, 40 ユーザーが現在のサンプリングレートから分割係数を選択;ソフトウェアはサンプリングレートが変更されたときにフィルタを調整
バターワース IIRフィルタ帯域幅 (ωc)	1 Hz \sim 50 kHzの範囲でユーザー選択可能
バターワースIIR 0.1dB通過帯域(ωp) ⁽¹⁾	DC \sim 35kHz @ $\omega c = 50$ kHz
バターワースIIRフィルタ阻止帯域減衰(δs)	75 dB
バターワースIIRフィルタロールオフ	48 dB/octave

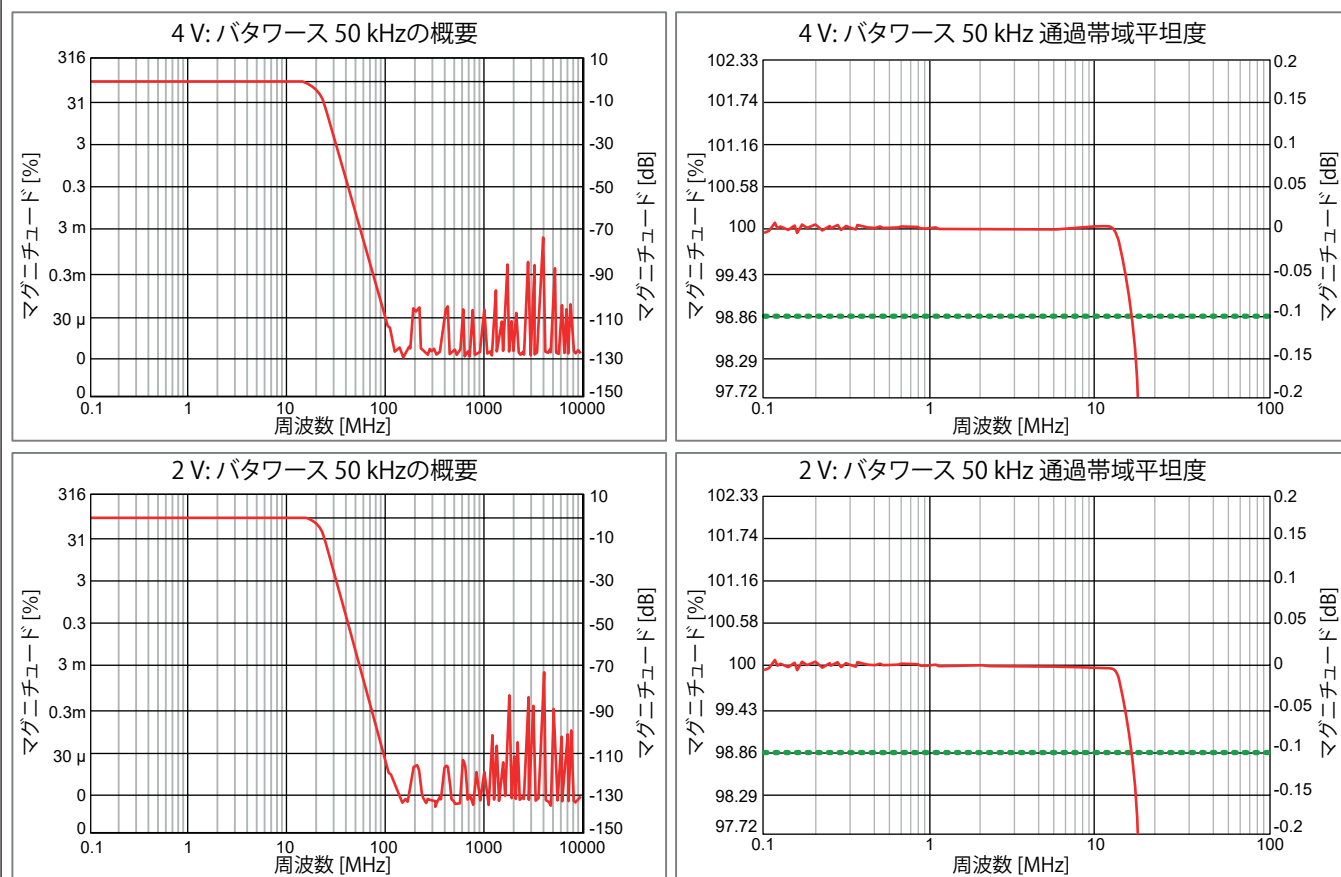


図 16: 代表的なバターワースIIRの例(GN816)

(1) Fluke 5700Aキャリブレータを使用して計測、DCを正規化

楕円IIRフィルタ (デジタルアンチエイリアス)GN815

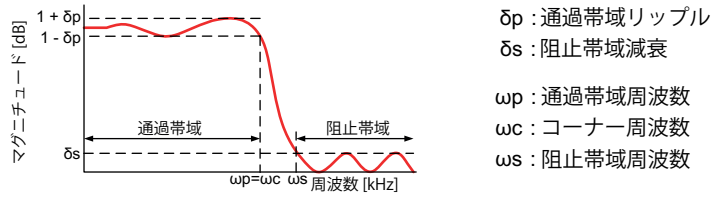


図 17: デジタル楕円IIRフィルタ

ベッセルIIRフィルタを選択すると、アナログパワース・アンチエイリアスフィルタとデジタル楕円IIRフィルタの組み合わせが常に使用されます。

アナログ・アンチエイリアス・フィルタ帯域幅	460 kHz ± 25 kHz (-3 dB)
アナログ・アンチエイリアス・フィルタ特性	7極楕円、拡張通過帯域応答
楕円IIRフィルタ特性	7極楕円形IIR
楕円IIRフィルタのユーザー選択	サンプリングレートへの自動トラッキング: 4 ⁽¹⁾ , 10, 20, 40 (でサンプリングレート分割) ユーザーが現在のサンプリングレートから分割係数を選択; ソフトウェアはサンプリングレートが変更されたときにフィルタを調整
ベッセルIIRフィルタ帯域幅 (ωp)	1 Hz ~ 250 kHzの範囲でユーザー選択可能
楕円IIR 0.1dB通過帯域(ωp) ⁽²⁾	DC ~ ωc
楕円IIRフィルタの阻止帯域減衰(δs)	75 dB ωc = 250 kHzの楕円IIRフィルタ帯域幅の選択では、限定されたアナログ・アンチエイリアス・フィルタの振幅の減少に起因して、-60 dBのピークは1.8 MHz~2.2 MHz間で起こります。より低い帯域幅の選択では、デジタルフィルタはこのピークを-75 dBまで低減します。
楕円IIRフィルタロールオフ	72 dB/octave

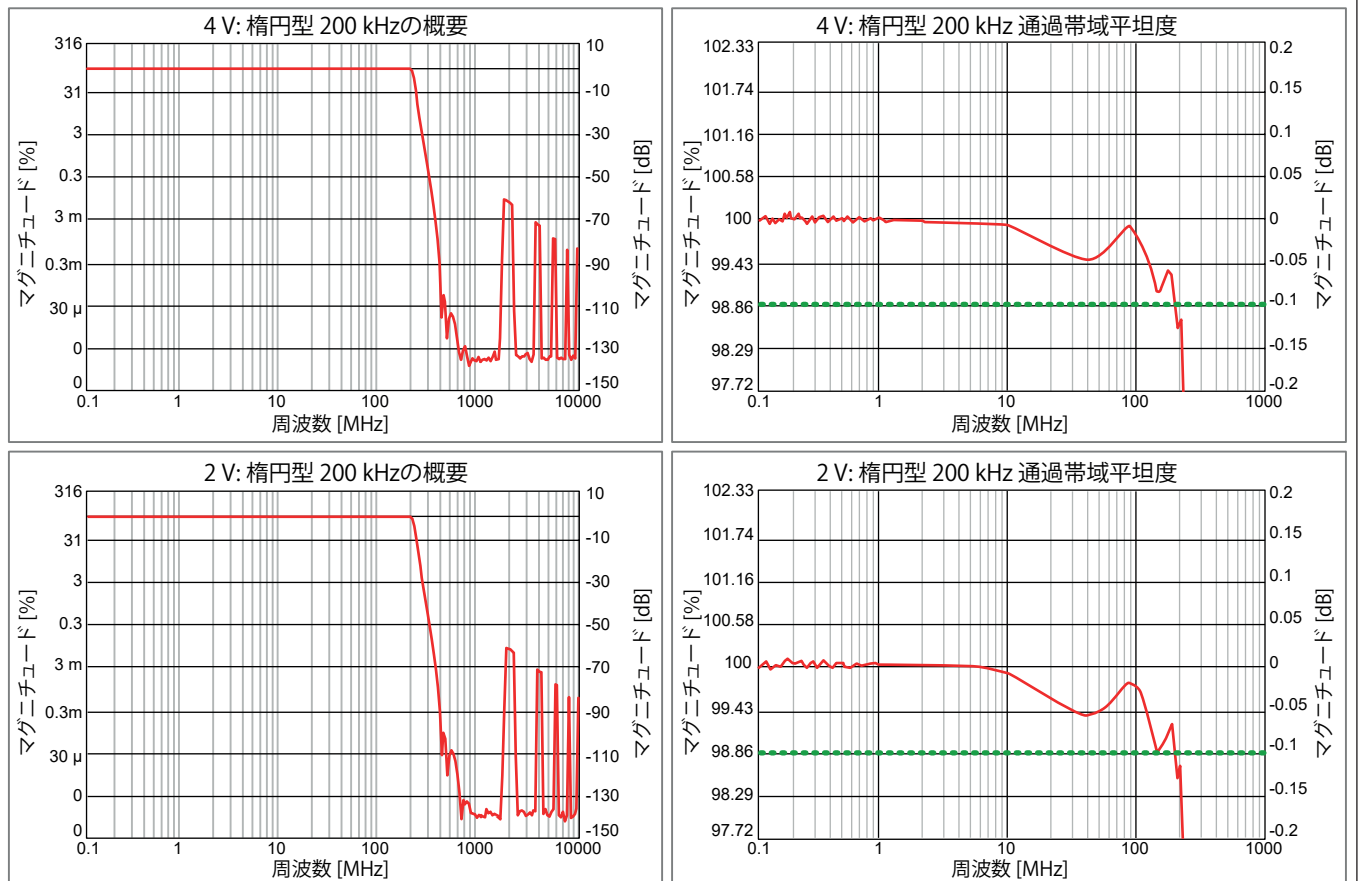


図 18: 代表的な楕円IIRの例(GN815)

(1) 2 MS/sのサンプリングレートでは4で除算不可
(2) Fluke 5700Aキャリブレーションを使用し、DCを正規化

楕円IIRフィルタ (デジタルアンチエイリアス)GN816

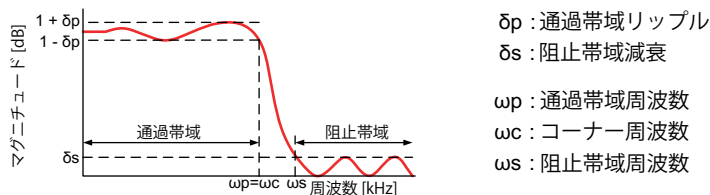


図 19: デジタル楕円IIRフィルタ

ベッセルIIRフィルタを選択すると、アナログバタワース・アンチエイリアスフィルタとデジタル楕円IIRフィルタの組み合わせが常に使用されます。

アナログ・アンチエイリアス・フィルタ帯域幅	460 kHz ± 25 kHz (-3 dB)
アナログ・アンチエイリアス・フィルタ特性	7極楕円、拡張通過帯域応答
楕円IIRフィルタ特性	7極楕円形IIR
楕円IIRフィルタのユーザー選択	サンプリングレートへの自動トラッキング: 4, 10, 20, 40 (でサンプリングレート分割) ユーザーが現在のサンプリングレートから分割係数を選択; ソフトウェアはサンプリングレートが変更されたときにフィルタを調整
ベッセルIIRフィルタ帯域幅 (ωp)	1 Hz ~ 50 kHzの範囲でユーザー選択可能
楕円IIR 0.1dB通過帯域(ωp) ⁽¹⁾	DC ~ ωc
楕円IIRフィルタの阻止帯域減衰 (δs)	75 dB
楕円IIRフィルタロールオフ	72 dB/octave

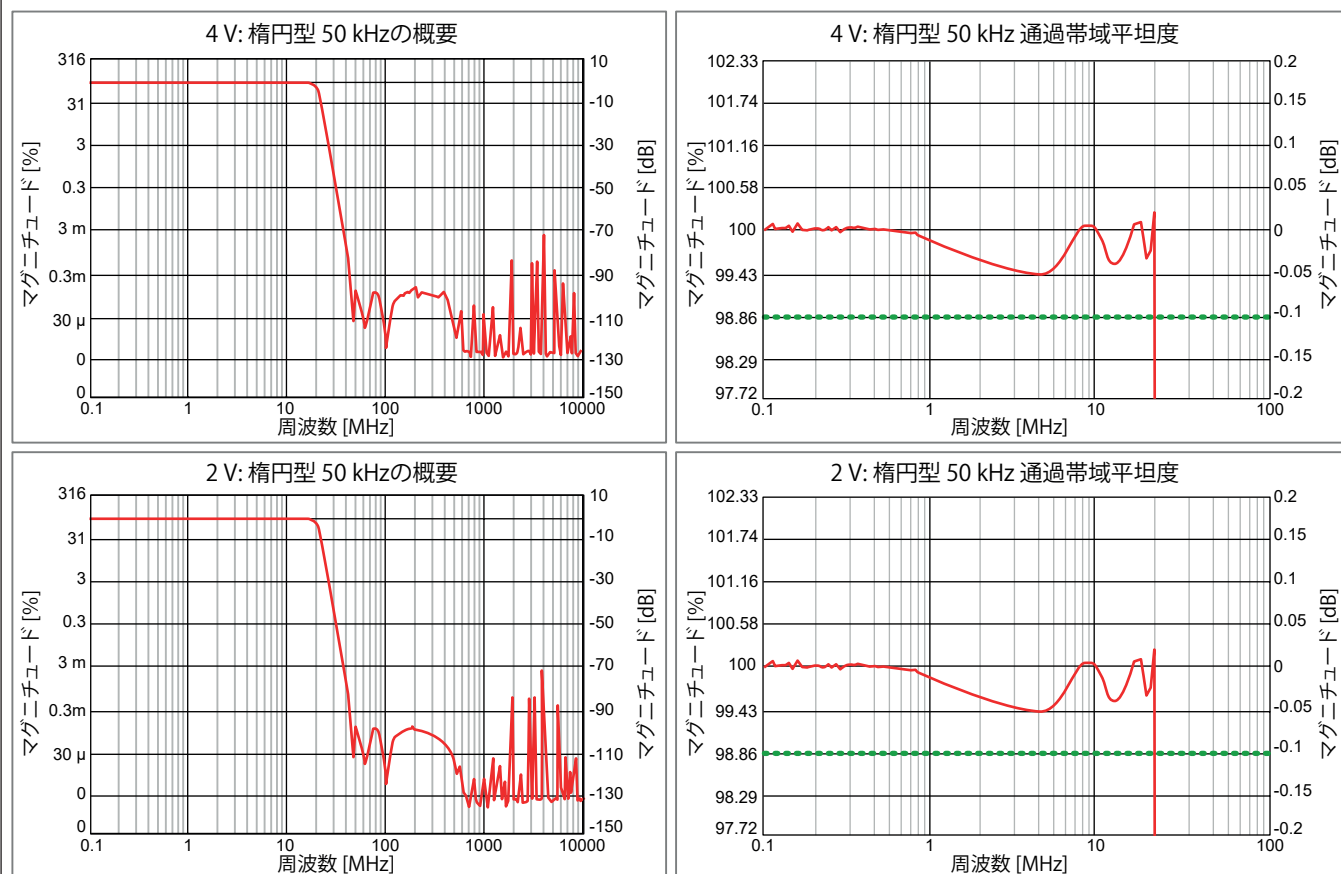


図 20: 代表的な楕円IIRの例(GN816)

(1) Fluke 5700Aキャリブレータを使用して計測、DCを正規化

チャンネル間位相整合

異なるフィルタの選択(広帯域⁽¹⁾/ベッセルIIR/バタワースIIR/等)または異なるフィルタ帯域幅を使用すると、チャンネル間の位相の不一致が生じます。

	100 kHz 正弦波 (GN815)	800 kHz 正弦波 (GN815)	10 kHz 正弦波 (GN816)
広帯域⁽¹⁾			
カードのチャンネル	0.5 deg (14 ns)	2.0 deg (7 ns)	
メインフレーム内のGN815のチャンネル	0.5 deg (14 ns)	2.0 deg (7 ns)	
ベッセルIIR、フィルタ周波数200 kHz @ 2 MS/s			
カードのチャンネル	0.5 deg (14 ns)		
メインフレーム内のGN815のチャンネル	0.5 deg (14 ns)		
バタワースIIR、フィルタ周波数200 kHz @ 2 MS/s(GN815)			
カードのチャンネル	0.5 deg (14 ns)		
メインフレーム内のGN815のチャンネル	0.5 deg (14 ns)		
楕円IIR、フィルタ周波数200 kHz @ 2 MS/s(GN815)			
カードのチャンネル	0.5 deg (14 ns)		
メインフレーム内のGN815のチャンネル	0.5 deg (14 ns)		
ベッセルIIR、フィルタ周波数20 kHz @ 200 kS/s(GN816)			
カードのチャンネル			0.5 deg (0.14 μ s)
メインフレーム内のGN816のチャンネル			0.5 deg (0.14 μ s)
バタワースIIR、フィルタ周波数 20 kHz @ 200 kS/s; 10 kHz 正弦波(GN816)			
カードのチャンネル			0.5 deg (0.14 μ s)
メインフレーム内のGN816のチャンネル			0.5 deg (0.14 μ s)
楕円IIR、フィルタ周波数20 kHz @ 200 kS/s(GN816)			
カードのチャンネル			0.5 deg (0.14 μ s)
メインフレーム内のGN816のチャンネル			0.5 deg (0.14 μ s)
メインフレーム間のGN815/GN816チャンネル	使用される同期方法によって定義 (同期無、IRIG、GPS、マスタ/スレーブ、PTP)		

(1) 広帯域フィルタは GN815 に対してのみ有効です。

チャンネル間クロストーク

チャンネル間のクロストークは、入力上の50 Ω の終端抵抗で計測され、テストされているチャンネルの上下のチャンネルで正弦波信号が使用されます。チャンネル2をテストするには、チャンネル2を50 Ω で終端し、チャンネル1と3を正弦波発生器に接続します。

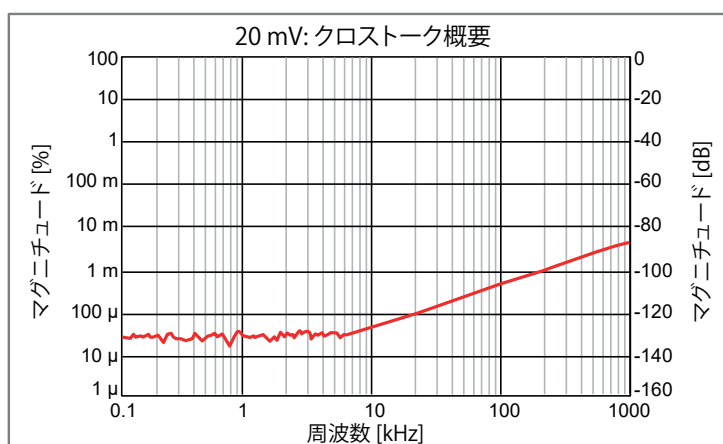


図 21: 代表的なチャンネル間クロストーク

デジタルのイベント/タイマ/カウンタ

デジタルのイベント/タイマ/カウンタ入力コネクタはメインフレームにあります。正確なレイアウトとピン配置については、メインフレームのデータシートを参照してください。

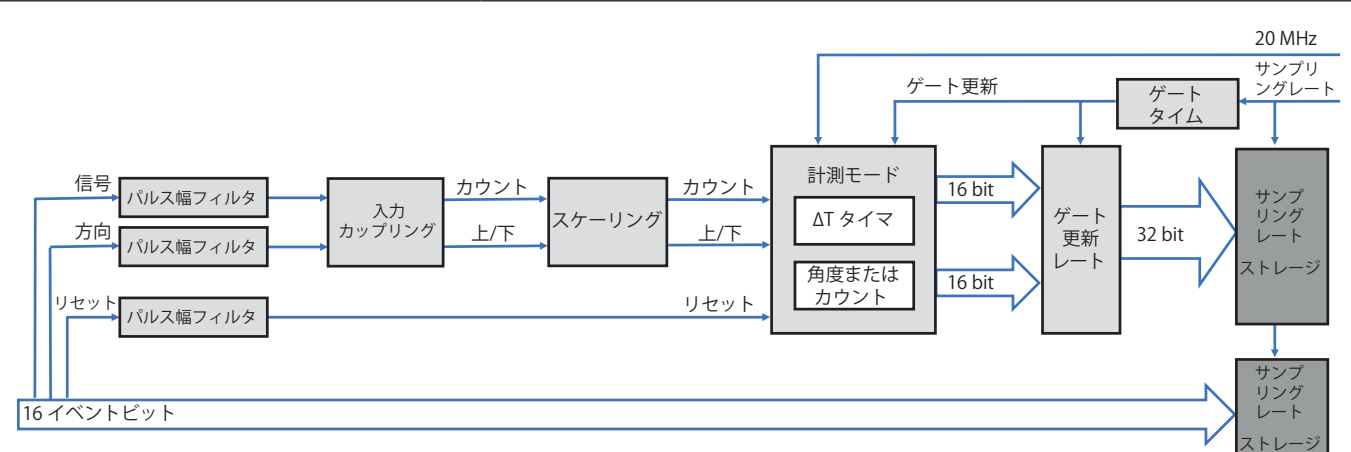


図 22: タイマ/カウンタブロック図

デジタル入力イベント	1カードにつき16
レベル	TTL入力レベル、ユーザーがプログラム可能な反転レベル
入力	1入力あたり1ピン、一部のピンはタイマ/カウンタ入力と共有
過電圧保護	± 30 V DC 連続
最小Vパルス幅	100 ns
最大周波数	5 MHz
デジタル出力イベント	1ボードにつき2
レベル	TTL出力レベル、短絡保護
出力イベント 1	ユーザーが選択可能:トリガ、アラーム、HighまたはLowを設定
出力イベント 2	ユーザーが選択可能:記録がアクティブ、HighまたはLowに設定
デジタル出力イベントのユーザー選択	
トリガ	トリガごとに1つのハイパルス (このカードの各チャンネルトリガのみ) 12.8 μsの最小Vパルス幅 200μs ± 1μs μs ± 1サンプル周期パルス遅延
アラーム	カードのアラーム状態が作動しているときはHigh、作動していないときはLow。 200μs ± 1μs ± 1サンプル周期アラーム・イベント遅延
記録が有効	記録時はHigh、アイドルまたはポーズモードのときはLow 450 nsのアクティブ出力遅延で記録
HighまたはLowを設定	出力のHigh/Lowを設定;カスタム・ソフトウェア・インタフェース(CSI)のエクステンションで制御可能;遅延は特定のソフトウェア実装に依存する。
タイマ/カウンタ	1カードにつき2
レベル	TTL入力レベル
入力	3ピン:信号、リセット、方向 すべてのピンはデジタルイベント入力と共有
入力カップリング	単方向性、双方向性、ABZインクリメンタルエンコーダ(直角位相)
計測モード	カウント (C) 角度 (0~360度) 頻度 ($\Delta \text{count} / \Delta t$) RPM ($\Delta \text{カウント} / \Delta t / 60 \text{秒}$)
タイマ誤差	± 25 ns (20 MHz)
計測時間	1~nサンプル (ユーザー選択可能な最大 Δt)
計測ゲートタイムとリーディング更新率	計測ゲートタイムは計測値の最大更新レートを設定します。
計測ゲートタイムと最小周波数	最小計測周波数または、RPM = 1 / 計測タイム

入力カップリングの一方方向および双方向信号

方向信号が安定した信号である場合、一方方向および双方向の入力カップリングが使用されます。

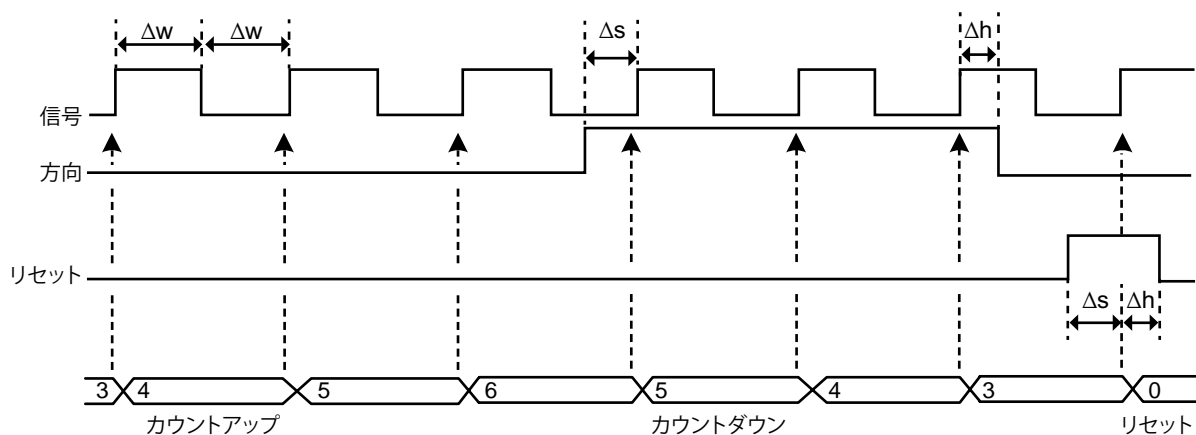


図 23: 一方方向および双方向タイミング

入力	3ピン: 信号、リセット、方向(双方向カウントのみで使用)	
最小パルス幅 (Δw)	100 ns	
最大入力信号周波数	5 MHz	
リセット入力		
レベル感度	ユーザーが選択可能な反転レベル	
信号エッジ前の最小セットアップ時間 (Δs)	100 ns	
信号エッジ後の最小ホールド時間 (Δh)	100 ns	
リセット・オプション		
手動	ソフトウェアコマンドによるユーザーの要求による	
記録開始	記録開始時のカウント値を0に設定	
最初のリセットパルス	記録が開始された後、最初のリセットパルスはカウンタ値を0に設定する。次のリセットパルスは無視されます。	
各リセットパルス	各外部リセットパルスで、カウンタ値は0にリセットされます。	
方向入力		
入力レベル感度	双方向モードでのみ使用 Low: インクリメントカウンタ/正の周波数 High: デクリメントカウンタ/負の周波数	
信号エッジ前の最小セットアップ時間 (Δs)	100 ns	
信号エッジ後の最小ホールド時間 (Δh)	100 ns	

入力カップリングABZインクリメンタルエンコーダ(直角位相)

一般的には、常に90度位相シフトされた2つの信号を持つデコーダを使用して、回転/移動デバイスのトラッキングに使用されます。例えば、HBKトルクとスピード・センサに直接接続可能。

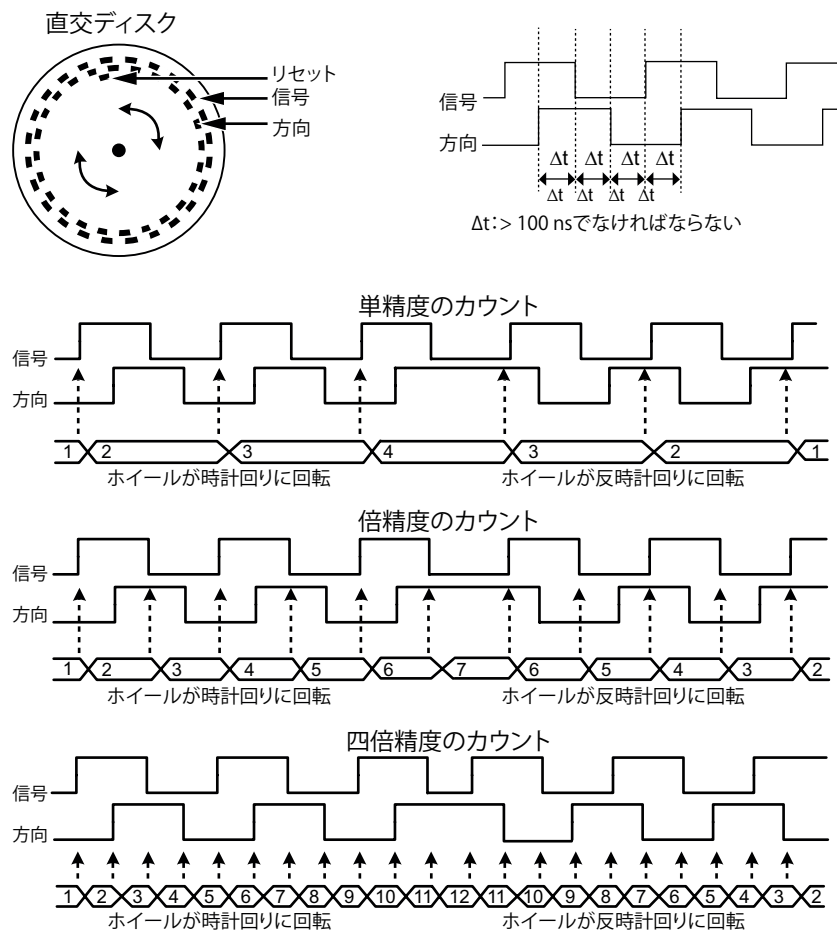


図 24: 双方向直交カウントモード

入力	3ピン: 信号、方向、リセット
最小パルス幅	200 ns ($2 * \Delta t$)
最小セットアップ時間	100 ns (Δt)
最小ホールド時間	100 ns (Δt)
精度	シングル(X1)、デュアル(X2)またはクワッド(X4)精度
入力カップリング	ABZインクリメンタルエンコーダ(直角位相)
リセット入力	
レベル感度	ユーザーが選択可能な反転レベル
信号エッジ前の最小セットアップ時間(Δt)	100 ns
信号エッジ後の最小ホールド時間(Δt)	100 ns
リセット・オプション	
手動	ソフトウェアコマンドによるユーザーの要求による
記録開始	記録開始時のカウント値を0に設定
最初のリセットパルス	記録が開始された後、最初のリセットパルスはカウンタ値を0に設定する。次のリセットパルスは無視されます。
各リセットパルス	各外部リセットパルスで、カウンタ値は0にリセットされます。

計測モード角度

角度計測モードでは、カウンタはユーザー定義の最大角度に達するとゼロに戻ります。リセット入力を使用して、計測角度を機械角度に同期させることができます。リアルタイム演算機能は、機械的な同期とは独立して、計測された角度からRPMを抽出することができます。

角度オプション

参照	ユーザーが選択可能。リセットピンを使用して計測角度に対する機械的角度を参照できるようにします。
基準点における角度	機械的基準点を指定するためのユーザー定義
リセットパルス	角度値がユーザー定義の「基準点における角度」値にリセットされます
回転毎のパルス	エンコーダ/カウンタの分解能をユーザー定義
1回転あたりの最大パルス数	32767
最大RPM	30 * サンプルングレート (例: サンプルングレート 10 kS/s は最大 300 k RPM を意味します)

計測モード周波数/RPM

エンジンRPMのようなあらゆる種類の周波数、または比例周波数出力信号を持つアクティブセンサを計測するために使用されます。

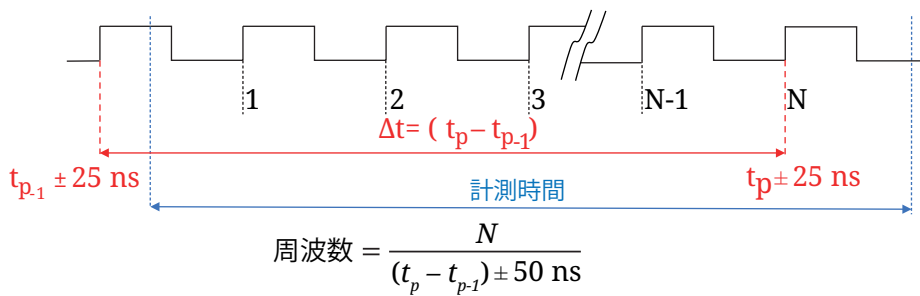


図 25: 周波数計測

精度	0.1%、40 μs以上の測定時間を使用する場合。 計測時間が短い場合、リアルタイム演算やPerceptionの公式データベースを使用して計測時間を拡大して、計測サイクルに基づいて精度を向上できます。
計測時間	サンプル期間 (1/サンプルングレート) ~ 50 s。最小測定時間は50 ns。 サンプルングレートに依存しない更新レートをユーザーが制御するために選択可能

計測モード カウント/ポジション

カウント/ポジション モードは、通常、試験中のデバイスの動きを追跡するために使用されます。クロックグリッチによるカウント/ポジションエラーの感度を下げるには、ユニ/バイ・ポーラ入力カップリングの代わりにABZを有効にするか、最小パルス幅フィルタを使用します。

カウンタレンジ	0 ~ 2 ³¹ ; インクリメントカウント -2 ³¹ ~ +2 ³¹ - 1; インクリメント/デクリメントカウント
---------	--

周波数測定の不正確さ

周波数測定の精度は、更新レートと必要な最小精度の間のトレードオフです。この表は、計測された信号周波数、選択された計測時間(更新レート)、およびタイマー精度の関係を示しています。不正確な分布は長方形と見なされます。

次を使用して不正確さを計算:⁽¹⁾

$$\text{Inaccuracy} = \pm \frac{\text{Signal frequency} * \left(\text{CEILING} \left(\frac{\text{Measuring time}}{30000 * 50 \text{ ns}} \right) \right) * 50 \text{ ns}}{\text{Frequency prescaler} * \text{FLOOR} \left(\frac{\text{Signal frequency} * \text{Measuring time}}{\text{Frequency prescaler}} \right)} * 100\%$$

計測時間	より高い信号周波数: 信号周波数 (2 MHz ~ 10 kHz)										
	ワーストケース (%)	2 MHz	1 MHz	500 kHz	400 kHz	200 kHz	100 kHz	50 kHz	40 kHz	20 kHz	10 kHz
1 μs	±10.000 @ ~2MHz ⁽²⁾	±5.000%									
1 μs	±5.000 @ ~1MHz ⁽²⁾	±2.500%									
5 μs	±2.000 @ ~400kHz ⁽²⁾	±1.000%	±1.250%	±1.000%							
10 μs	±1.000 @ ~200kHz ⁽²⁾	±0.500%									
20 μs	±0.500 @ ~100kHz ⁽²⁾	±0.250%									
50 μs	±0.200 @ ~40kHz ⁽²⁾	±0.100%					±0.125%	±0.100%			
100 us	±0.100 @ ~20kHz ⁽²⁾	±0.050%									
200 us	±0.050 @ ~10kHz ⁽²⁾	±0.0250%									
500 us	±0.020 @ ~4kHz ⁽²⁾	±0.0100%									
1 ms	±0.0100 @ ~2kHz ⁽²⁾	±0.0050%									
2 ms	±0.0100 @ ~1kHz ⁽²⁾	±0.0050%									
5 ms	±0.0080 @ ~400Hz ⁽²⁾	±0.0040%									
10 ms	±0.0070 @ ~200Hz ⁽²⁾	±0.0035%									
20 ms	±0.0070 @ ~100Hz ⁽²⁾	±0.0035%									
50 ms	±0.0068 @ ~40Hz ⁽²⁾	±0.0034%									
100 ms	±0.0067 @ ~20Hz ⁽²⁾	±0.00335%									

計測時間	より低い信号周波数: 信号周波数 (5 kHz ~ 40 Hz)										
	ワーストケース (%)	5 kHz	4 kHz	2 kHz	1 kHz	500 Hz	400 Hz	200 Hz	100 Hz	50 Hz	40 Hz
500 us	±0.0200 @ ~4kHz ⁽²⁾	±0.0125%	±0.0100%								
1 ms	±0.0100 @ ~2kHz ⁽²⁾	±0.0050%									
2 ms	±0.0100 @ ~1kHz ⁽²⁾	±0.0050%									
5 ms	±0.0080 @ ~400Hz ⁽²⁾	±0.0040%				±0.00500%	±0.0040%				
10 ms	±0.0070 @ ~200Hz ⁽²⁾	±0.0035%									
20 ms	±0.0070 @ ~100Hz ⁽²⁾	±0.0035%									
50 ms	±0.0068 @ ~40Hz ⁽²⁾	±0.0034%							±0.0043%	±0.0034%	
100 ms	±0.0067 @ ~20Hz ⁽²⁾	±0.00335%									

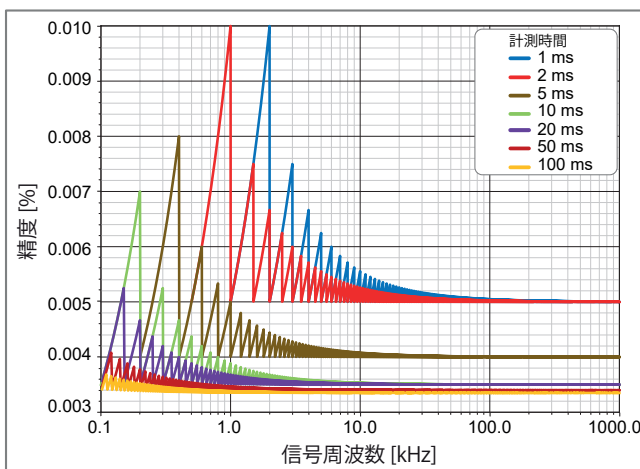
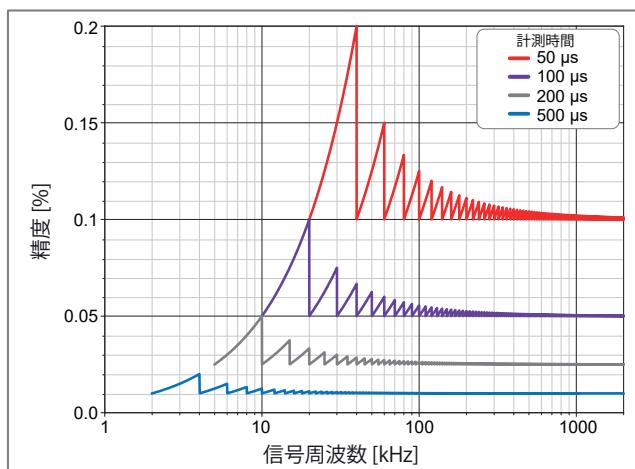


図 26: 最大周波数不確かさ

(1) 注: 最高の精度を得るために、選択した周波数範囲に対して周波数プリスケアラをできるだけ小さくする。

(2) ワーストケースシナリオの信号周波数が表示値よりわずかに低くなりますが、これは観察されるのこぎり歯パターンと一致する 図 26。

周波数計測を使用したトルク計測の不確実性

タイマ / カウンタチャンネルを使用してトルクを計測する場合、HBK T40 トルクトランスデューサに基づいて、タイマの誤差によって生じる計測不確実性を次の例を使用して計算できます。
 T40トルクセンサには、次の3種類の周波数出力があります：10 kHz、60 kHz、または 240 kHz の中心周波数。
 データシートから、以下の表のような最小および最大周波数出力を抽出できます。

T40バリエーション	-フルスケール周波数出力	+フルスケール周波数出力
T40 - 10 kHz	5 kHz	15 kHz
T40 - 60 kHz	30 kHz	90 kHz
T40 - 240 kHz	120 kHz	360 kHz

これらの動作範囲をタイマ誤差プロット 図 26 の上に重ねると、以下のような結果 図 27 になります(以下参照)。

- 必要なトルク精度に対する更新率(トルク帯域幅)のバランスを取るステップが残ります。
- フルスケールの周波数出力と希望の計測時間を使用して、不正確さを計算します。

選択された計測時間	最大誤差: T40 - 240 kHz	最大誤差: T40 - 60 kHz	最大誤差: T40 - 10 kHz
50 μs	0.1167%	0.2000%	不可
100 μs	0.0542%	0.0667%	不可
500 μs	0.0102%	0.0107%	0.0150%
1 ms	0.0050%	0.0052%	0.0060%
2 ms	0.0050%	0.0051%	0.0055%
5 ms	0.0040%	0.0040%	0.0042%

K=1 (確率70%) の場合は、指定された矩形分布と最大誤差値を使用して、次の値を計算します。

計測の不確かさ = 最大誤差 * 0.58 (矩形分布の変換)

計測の不確かさ: K=1 (約70%の確率)	最大誤差: T40 - 240 kHz	最大誤差: T40 - 60 kHz	最大誤差: T40 - 10 kHz
50 μs	0.0677%	0.1160%	不可
100 μs	0.0314%	0.0387%	不可
500 μs	0.0059%	0.0062%	0.0087%
1 ms	0.0029%	0.0030%	0.0035%
2 ms	0.0029%	0.0029%	0.0032%
5 ms	0.0023%	0.0023%	0.0024%

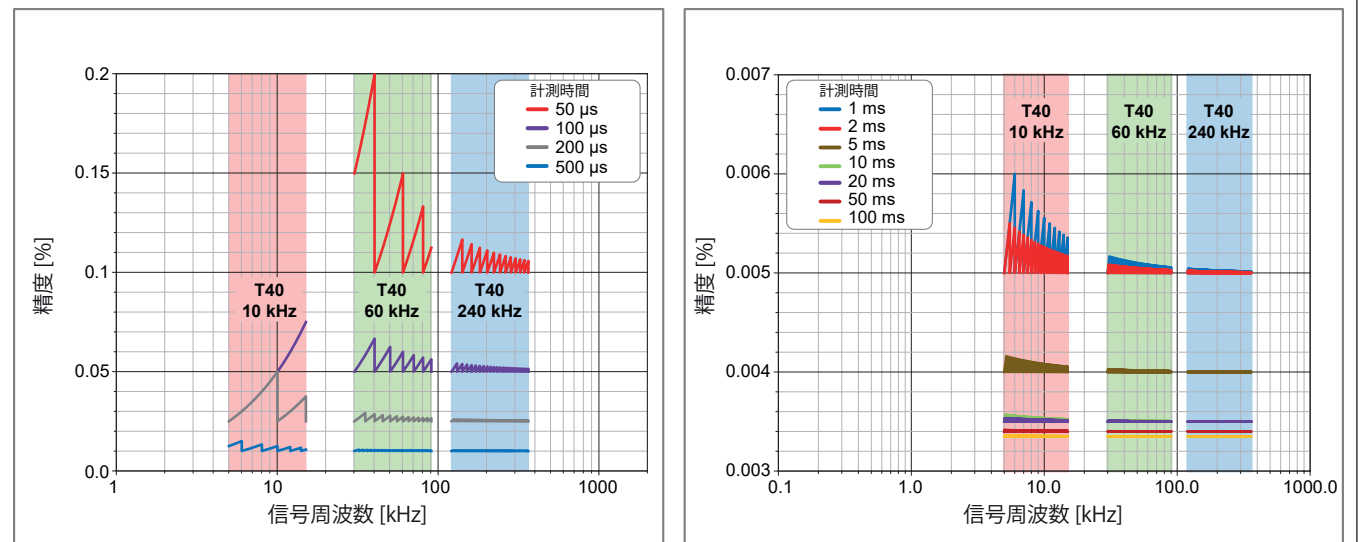


図 27: トルク動作範囲対誤差および計測時間

周波数計測を使用した速度(RPM)計測の不確かさ

タイマ/カウンタチャンネルを使用して速度(RPM)を計測する場合、タイマの誤差によって生じる計測不確かさは、次の例を使用して計算できます。

速度センサのデータシートで、指定された回転あたりのパルス数を探し、センサ出力の周波数範囲を計算します：

最小周波数 = テスト中に使用された最小 RPM

* 1 回転あたりのパルス数/60秒

最大周波数 = テスト中に使用された最大 RPM

* 1 回転あたりのパルス数/60秒

回転ごとのスピードセンサパルス	周波数、60 RPMの時	周波数、10000 RPMの時	周波数、30000 RPMの時
180	180 Hz	30 kHz	90 kHz
360	360 Hz	60 kHz	180 kHz
1024	1024 Hz	170.7 kHz	512 kHz

これらの動作範囲をタイマー誤差プロット図 26 の上に重ねると、以下のような結果 図 28 になります(以下参照)。

- 必要なトルク精度に対する更新率(トルク帯域幅)のバランスを取るステップが残ります。
- グラフを使用して、計測時間曲線と動作周波数を重ねた結果えられるの交差点を見つけます。
- 例として、次の交差点がグラフに表示されます(60 RPMにて)。

選択された計測時間	180 パルスセンサ	360 パルスセンサ	1024 パルスセンサ
2 ms	60 RPM で記録できません	60 RPM で記録できません	0.0051%
5 ms	60 RPM で記録できません	0.0072%	0.0041%
10 ms	0.0063%	0.0042%	0.0036%

K=1 (確率70%) の場合は、指定された矩形分布と最大誤差値を使用して、次の値を計算します。

計測の不確かさ = 最大誤差 * 0.58 (矩形分布の変換)

計測の不確かさ: K=1 (約70%の確率)	180 パルスセンサ	360 パルスセンサ	1024 パルスセンサ
2 ms	60 RPM で記録できません	60 RPM で記録できません	0.0030%
5 ms	60 RPM で記録できません	0.0042%	0.0024%
10 ms	0.0037%	0.0024%	0.0021%

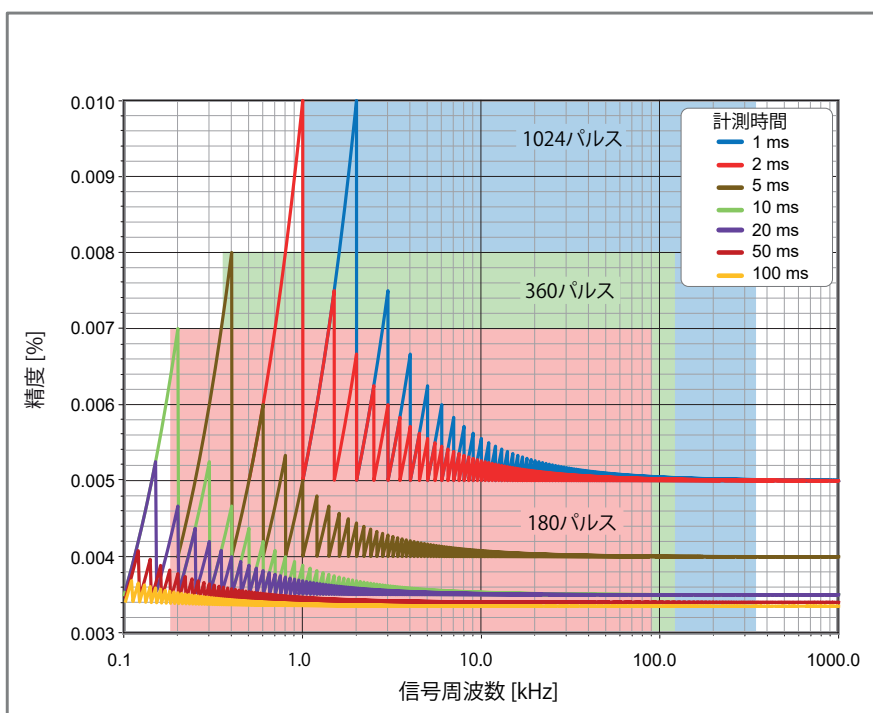


図 28: RPM センサの動作範囲に対する誤差および計測時間

同時ダイナミックトルクリップルと正確なトルク効率計測

計測に高い更新率が必要な場合 (例えば、動的トルクリップルの計測で、効率に関しては高精度が必要な場合) は、計測時間50 μsとRT-FDB機能の両方を使用して、各電気サイクルの平均値を計算します。
 タイマーカウンタからの計測トルク信号の精度は0.15 ~ 0.17%ですが、電気サイクル (通常 1ms以下なので) のトルク計算では0.0075%の精度が得られます。
 両方の信号が同時に利用できるため、ダイナミック信号を使用してトルクリップルの挙動を解析できるため、電気サイクル信号は効率計算に対しては非常に正確になります。

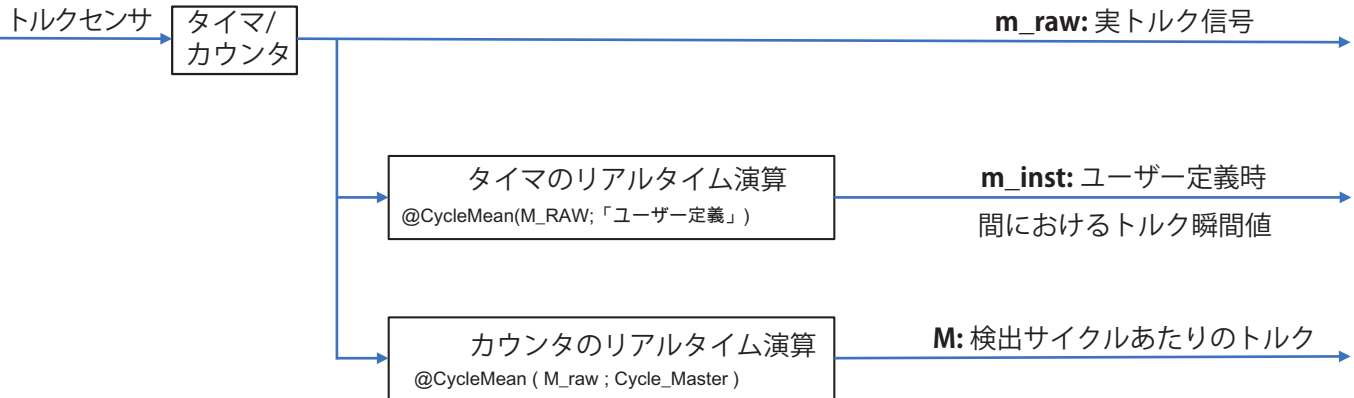


図 29: 動的かつ正確なトルクを同時に計算

ePower信号	アプリケーションの使用	ダイナミックレスポンス	精度
M_raw	トルクリップル	最高	最低
M_inst	トルク平均値	平均	平均
M	効率の計算	最低	最高

アラーム出力

イベントチャンネル・アラームモード	高レベルまたは低レベルのチェック
クロスチャンネル・アラーム	すべての計測チャンネルからのアラームの論理OR
アラーム出力	有効なアラーム状態で有効、メインフレーム経由でサポートする出力
アラーム出力レベル	HighまたはLowをユーザー選択
アラーム出力遅延	515 μs ± 1 μs + 最大1サンプル期間 デフォルトは 516 μsで、標準動作と互換性があります。 選択可能な最小遅延は、メインフレーム内で使用するすべてのアキュイジションボードで使用可能な最小の遅延。遅延はトリガーアウト遅延と等しくなります。
ボードごとの選択	オン/オフをユーザーが選択可能
アナログチャンネル・アラームモード	
基本	レベル上下のチェック
デュアル	設定範囲内外のチェック
アナログチャンネル・アラームレベル	
レベル	最大2レベル検出器
分解能	各レベルで16ビット (0.0015%)

トリガ	
チャンネルトリガ/クオリファイヤ	各チャンネルに1;チャンネルごとに完全に独立。トリガまたはクオリファイヤのいずれかをソフトウェアで選択可能
プレトリガとポストトリガの長さ	0~メモリ容量最大まで
最大トリガレート	400トリガ/秒
最大遅延トリガ	トリガが発生してから1000 s後
手動トリガ(ソフトウェア)	サポートあり
外部トリガ入力	
カードごとの選択	オン/オフをユーザーが選択可能
エッジでトリガ	立ち上がり/立下り、メインフレームで選択可能、すべてのカードで同一
最小パルス幅	500 ns
トリガ遅延	±1 μs + 最大1サンプル期間
外部トリガ出力に送信	ユーザーは外部トリガ入力から外部トリガ出力BNCへの転送を選択可
外部トリガ出力	
カードごとの選択	オン/オフをユーザーが選択可能
外部トリガ出力レベル	High/Low/Hold High;メインフレームで選択可能、すべてのカードで同一
トリガ出力パルス幅	High/Low: 12.8 μs Hold High: 最初のメインフレームトリガから記録の最後まで有効 メインフレームによって生成されるパルス幅;詳細については、メインフレームのデータシートを参照
トリガ出力遅延	選択可能 (10 μs~516 μs) ±1 μs + 最大1サンプル期間 デフォルトは 516 μsで、標準動作と互換性があります。 選択可能な最小遅延は、メインフレーム内で使用されるすべてのアキュジションボカードで使用可能な最小の遅延
クロス・チャンネル・トリガ	
計測チャンネル	すべての計測信号からのトリガの論理OR すべての計測信号からのクオリファイヤの論理AND
演算チャンネル	演算されたすべての信号(RT-FDB)からのトリガの論理OR 演算されたすべての信号(RT-FDB)からのクオリファイヤの論理AND
アナログチャンネル・トリガレベル	
レベル	最大2レベル検出器
分解能	各レベルで16ビット (0.0015%)
方向	立上り/立下り; 選択されたモードに基づいて両方のレベルに対して単一方向制御
ヒステリシス	フルスケールの0.1 ~ 100%; トリガ感度を定義
パルスの検出/拒否	無効/検出/拒否を選択可能。最大パルス幅65 535サンプル
アナログチャンネル・トリガモード	
基本	POSまたはNEGクロッシング; シングルレベル
デュアルレベル	1つのPOSと1つのNEGクロッシング; 2つの個別レベル、論理OR
アナログチャンネル・クオリファイヤモード	
基本	レベル上下のチェック。シングルレベルでトリガを有効/無効にする
デュアル	境界内外のチェック。デュアルレベルでトリガを有効/無効にする
イベントチャンネル・トリガ	
イベントチャンネル	イベントチャンネルごとの個別イベントトリガ
レベル	立ち上がりエッジでトリガ、立ち下がりエッジでトリガ、または両方でトリガ
クオリファイヤ	すべてのイベントチャンネルでアクティブHighまたはアクティブLow
オンボードメモリ	
カードごと	GN815: 2 GB (1 GS @ 16 bits, 500 MS @ 18 bits ストレージ) GN816: 200 MB (100 MS @ 16 bits ストレージ)
構成	ストレージまたはリアルタイム演算が可能なチャンネルに自動的に配分
メモリ・ダイアグノスティック	システムに電源が供給され、記録機能が稼働していないときに自動メモリ診断
ストレージ・サンプル・サイズ	ユーザーが選択可能な16または18ビット 16 bits, 2 bytes/sample 18 bits, 4 bytes/sample

リアルタイム演算データベース演算機能

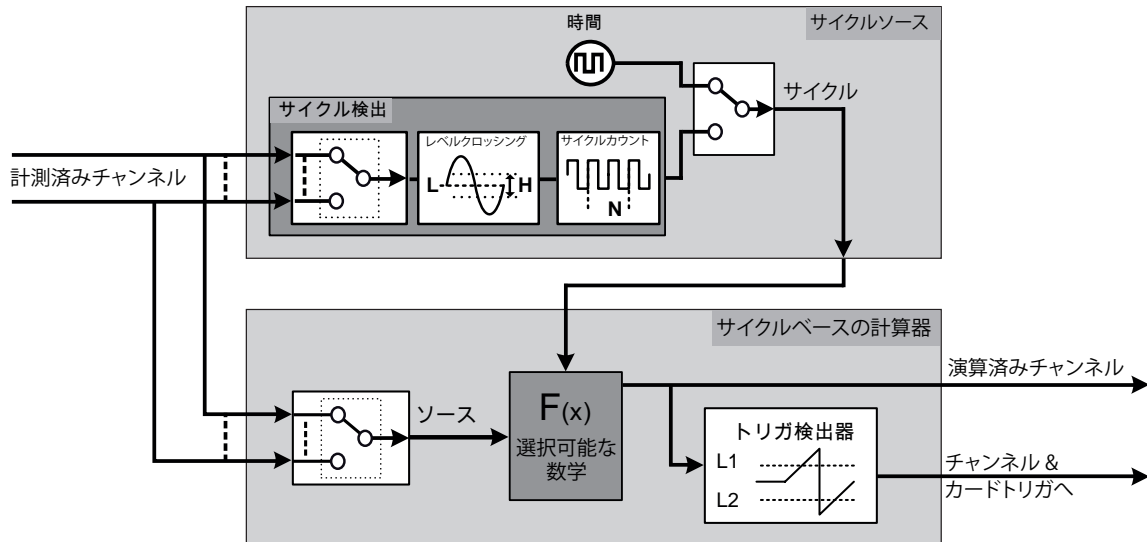


図 30: リアルタイムサイクルベースの演算機能

サイクルソース	タイマを設定するか、リアルタイムサイクル検出を使用して、周期的なリアルタイムの演算速度を決定
サイクルソース:タイマ	
タイマ継続期間	1.0 ms (1 kHz) ~ 60 s (0.0167 Hz)
サイクルソース:サイクル検出	
レベルクロッシング	リアルタイムで、信号レベル、ヒステリシス、および方向を使用して、1つの入力チャンネルを監視し、信号の周期的な性質を決定
サイクルカウント	周期演算出力に使用されるサイクルのカウント数を設定
サイクル期間 ⁽¹⁾	検出可能な最大サイクル期間:0.25 s (4 Hz) 検出可能な最小サイクル期間:0.91 ms (1.1 kHz) サイクル期間が最大サイクル期間(0.25 s)を超えると、計算が中止されます。 サイクル周期が最小サイクル期間(0.91ms)よりも短くなると、サイクルカウントが一時的に増加します。 チャンネルデータ内のタイムイベント通知は、サイクル期間を超過したとき、または自動サイクルカウントが増加したときを示す。
サイクルベースの計算器	
計算器の数	GN815: 32; サンプルレートを200 kS/s以下で使用可能。より高いサンプルレートでは、利用可能なDSPパワーに応じて、演算機能数が減少します GN816: 32
DSPの負荷	各演算機能は1回の演算を実行できます。すべての演算が同じDSPパワーを使用するわけではありません。最高の演算パワーで演算を選択すると、演算機能の総数が減少する可能性があります。異なる組み合わせは、異なる演算パワーが必要になります。選択した組み合わせの結果は、Perceptionソフトウェアに反映されます。
サイクルソース演算	サイクルと周波数
アナログチャンネル演算	GN815: RMS、最小値、最大値、平均値、ピークツーピーク値、面積、エネルギー、クレストファクタ GN816: RMS、最小値、最大値、平均値、ピークツーピーク値、面積、エネルギー、乗算の平均値
タイマ/カウンタ・チャンネルの演算	周波数(トリガを可能にするため)、角度のRPM
サイクル	方形波信号、50% デューティサイクル サイクルソースを表します; 立ち上がりエッジは新しい演算期間の開始を示す。
周波数	検出されたサイクル間隔は、周波数 (1/入力信号のサイクル時間) に変換
トリガ検出器	
検出器数	32; 各リアルタイム計算機につき1つ
トリガレベル	検出器ごとにユーザーによって定義。演算された信号がレベルを横切るときにトリガを生成
トリガ出力遅延	トリガは、演算された信号に対して100 ms遅延します。トリガ時間はスリープトリガが正しくなるように、内部補正されます。トリガ時間補正を可能にするために、100 msのプレトリガ長が追加されています。これにより、最大スリープ長が100 ms短縮されます

(1) サイクル周期の範囲は、信号波形とヒステリシス設定に依存します。25%フルスケールのヒステリシスを持つ正弦波に指定されています。

リアルタイムStatstream*

特許番号:7,868,886

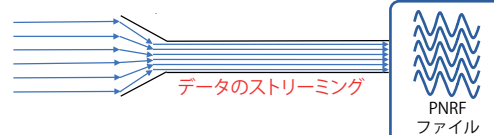
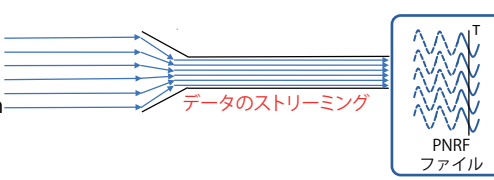
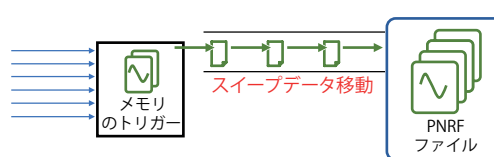
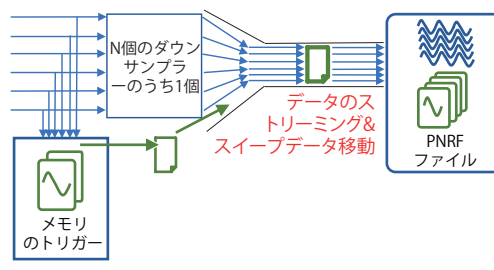
基本信号パラメータのリアルタイム抽出。

記録中に、リアルタイムメーター、リアルタイムのライブスクロールとスコープ波形表示をサポートします。

記録レビュー中、非常に大きな記録の表示およびズームする速度を向上させ、大きなデータセットの統計値の演算時間が短縮されます。

アナログチャンネル	最大値、最小値、平均値、PeakToPeak 値、標準偏差値およびRMS値
イベント/タイム/カウンタチャンネル	最大値、最小値、PeakToPeak 値

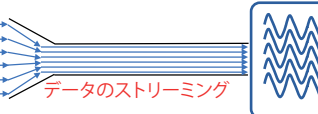
データ記録モード

<p>収集開始時</p>  <p>データのストリーミング</p>	<p>記録されたデータは、メインフレームまたはPCドライブ上の記録ファイルに継続的にストリーミングされます ドライブへのデータ記録は、サンプルレートの総計によって制限され、記録時間はドライブサイズによって制限されます。 注意: サンプルレートの総合的な制限は、使用するイーサネット速度とストレージドライブ、および PC とドライブがデータ記録として他の目的に使用されていないことに依存するため、テストを実行する前に選択したセットアップをテストするために、より高い集約サンプルレートを使用することを強くお勧めします。</p>
<p>トリガー時</p>  <p>データのストリーミング</p>	<p>記録されたデータは、メインフレームやPCドライブ上の記録ファイルに継続的にストリーミングされるが、記録ファイルに保持されるのは、トリガーイベントの前後のデータ、いわゆる「トリガー前」および「トリガー後」データのみである。 ドライブへのトリガデータの記録は、サンプルレートの総計によって制限され、記録時間はドライブのサイズによって制限されます。 注意: サンプルレートの総合的な制限は、使用するイーサネット速度とストレージドライブ、および PC とドライブがデータ記録として他の目的に使用されていないことに依存するため、テストを実行する前に選択したセットアップをテストするために、より高い集約サンプルレートを使用することを強くお勧めします。 過渡試験、単発試験、破壊試験には推奨されません。</p>
<p>トリガー時 (低レートストレージを無効にした状態でバッファされる)</p>  <p>メモリのトリガー</p> <p>スワイプデータ移動</p>	<p>収集カードのメモリをトリガするために、トリガデータの記録。 トリガメモリへのトリガデータの記録にはサンプルレートの制限はありません。記録時間はトリガメモリのサイズによって制限されます。トリガメモリに記録されたトリガデータは、できるだけ早くドライブに移動されます。 注: このデータ記録モードでは、データが常にユーザー定義の設定に従って記録されることが保証されます。一時的/1 回限り/破壊的なテストに推奨されます。</p>
<p>トリガー時 (低レートストレージが有効な状態でバッファされる)</p>  <p>N個のダウンサンプラのうち1個</p> <p>データのストリーミング&スワイプデータ移動</p> <p>メモリのトリガー</p>	<p>PC またはメインフレームドライブへのデータ記録と、収集カードのメモリをトリガする同時トリガデータ記録。 ドライブへの低レートでのデータの記録は、サンプルレートの総計によって制限され、記録時間はドライブのサイズによって制限されます。トリガメモリへのトリガデータの記録にはサンプルレート制限はありません。トリガデータの記録時間はトリガメモリのサイズによって制限されます。トリガメモリに記録されたトリガデータは、可能な限り迅速にドライブに移動されます。このデータ移動は、低レートでのデータの記録と同時に進行するため、総サンプルレートの帯域幅を使用します。 注: サンプルレートの合計制限は、使用するイーサネット速度とストレージドライブ、およびデータ記録として他の目的で使用されていない PC とドライブによって異なります。テストを実行する前に、選択した設定をテストするために、より高いレベルの集約サンプルレートとトリガ数(1 秒あたり)を使用することを強く推奨します。</p>

データ記録比較

	集計サンプルレートの制限	最大記録済みデータ容量	方向に録音していますドライブ	トリガメモリファースト	トリガ(必須)開始記録
収集開始時	あり	ドライブの空き容量	あり	なし	なし
トリガー時	あり	ドライブの空き容量	あり	なし	あり
トリガー時 (低レートストレージを無効にした状態でバッファされる)	なし	トリガメモリ	なし	あり	あり
トリガー時 (低レートストレージが有効な状態でバッファされる)	低レート: あり	ドライブの空き容量	あり	なし	なし
	高レート: なし	トリガメモリ	なし	あり	あり


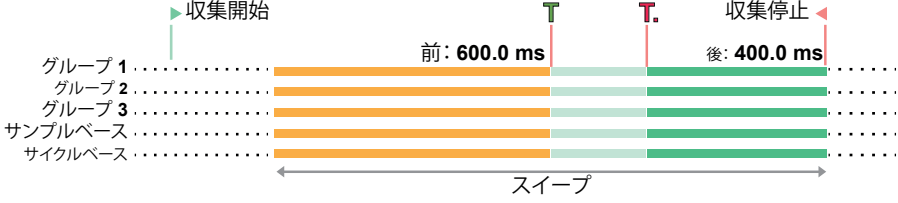
ストリーミング・データを使用する場合のサンプルレート制限を総合します

 <p>データのストリーミング</p>	<p>メインフレームあたりの最大集約ストリーミングレートは、メインフレームタイプとソリッドステートドライブ、イーサネット速度、PC ドライブ、およびその他の PC パラメータによって定義されます。システムの総ストリーミングレートよりも高いストリーミングレートが選択されると、連続メモリはFIFOとして機能します。このFIFOが満杯になるとすぐに、記録は中断されます(データは一時的に記録されません)。この間、内部FIFOメモリは記憶媒体に転送されます。FIFO's が完全に空になると、自動的に記録が再開されます。ストレージ超過のポスト記録識別のために、ユーザー通知が記録ファイルに追加されます。</p>
--	--

トリガによる記録の定義

この表の詳細は、次の記録モードに適用される：

- トリガー時
- トリガー時(低レートストレージを無効にした状態でバッファされる)
- トリガー時(低レートストレージが有効な状態でバッファされる)

スweep 	 <p>トリガ信号、トリガ前およびトリガ後のデータ、およびオプションでトリガ間データおよび/またはストップトリガ信号によって定義されます。</p>
--	---

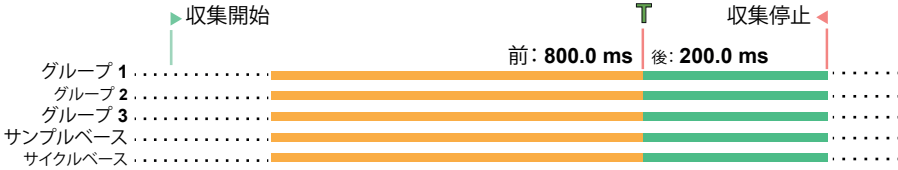
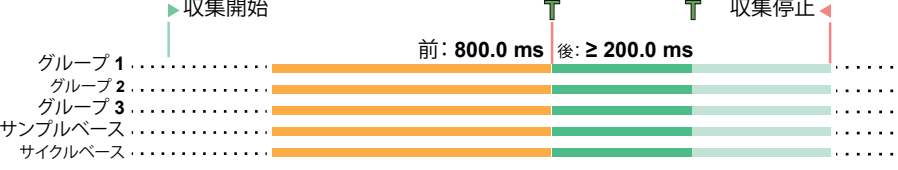
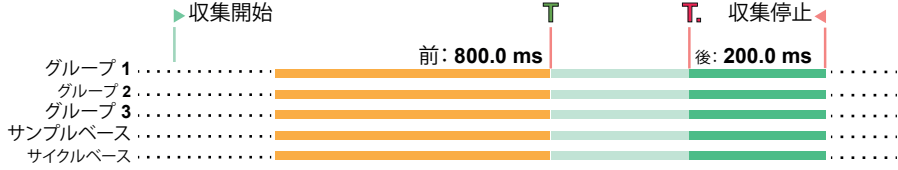
トリガによるデータセグメント

プレトリガセグメント	トリガ信号の前に記録されたデータ。 注: トリガ前データの全長が記録される前にトリガ信号が受信されると、トリガが受け入れられ、記録されたトリガ前データはトリガ時に使用可能なトリガ前データに自動的に減少します。
トリガ後のデータ	トリガまたはストップトリガ信号の後に記録されるデータ。 注: トリガ後のデータの記録は、「トリガ後の開始」セクションの選択に応じて、再開または遅延できます。
トリガ間データ	再トリガまたは停止トリガの待機中に記録されたデータ。 トリガ間データの長さは、トリガまたはストップトリガ信号のタイミングに基づいて指定および追加されません。

トリガ信号

トリガ信号	この信号はプリトリガを終了し、ポストトリガデータの記録を開始します。 詳細については、表の「トリガ後の開始」を参照してください。 トリガ信号は、外部入力トリガ、アナログおよびデジタルチャネル、および単純から複雑な RT-FDB 式を使用して設定できます。
ストップ - トリガ信号	この信号は、「トリガ後のトリガ開始」モードでトリガ後のデータ記録を開始します。 詳細については、表の「トリガ後の開始」を参照してください。 ストップトリガ信号は、外部入力トリガおよび単純から複雑な RT-FDB 式に設定できます。

ポストトリガがオンになります

最初のトリガ	 <p>最初のトリガ信号は、トリガ前データの記録を終了し、トリガ後データの記録を開始します。 トリガ後のデータ記録中に受信されたトリガはすべて無視されます。 このモードでは、トリガ間データは存在しません。 生成されるスweepには、トリガ前およびトリガ後のデータが含まれます。</p>
すべてのトリガ	 <p>最初のトリガは、トリガ前データの記録を終了し、トリガ後データの記録を開始します。 トリガ後のデータ記録中にトリガを受信すると、トリガ後のデータの記録が再開されます。 トリガ時に記録されたすべての記録済みポストトリガデータが、トリガ間データに追加されます。 生成されるスweepには、トリガ前、トリガ間、およびトリガ後のデータが含まれます。</p>
トリガ停止	 <p>トリガ信号は、トリガ前のデータ記録を終了し、トリガ間のデータ記録を開始します。次に、stop-trigger は、トリガ間データの記録を終了し、トリガ後データの記録を開始します。 トリガ間およびトリガ後のデータ記録中に受信されたトリガは無視されます。 プレトリガおよびポストトリガデータの記録中に受信されたストップトリガは無視されます。 生成されるスweepには、トリガ前、トリガ間、およびトリガ後のデータが含まれます。</p>

記録中にトリガメモリがいっぱいになった場合

トリガメモリの容量は限られているため、高いサンプルレートと高いトリガレートを組み合わせて使用すると、すぐに容量がいっぱいになります。このセクションでは、トリガメモリが完全に満たされたときにトリガがどのように処理されるかについて説明します。

ポストトリガがオンになります	スイープ記録の選択
最初のトリガ	新しいスイープが記録されるのは、トリガ信号を受信した時点で、プリトリガデータとポストトリガデータの両方がフリートリガメモリに収まる場合だけです。十分な空きトリガメモリがない場合、トリガ時間とトリガソースのみが記録されます (プリデータまたはポストデータは記録されません)。
すべてのトリガ	新しいスイープは、最初のトリガモードと同じルールを使用して開始されます。トリガ後の録画中に新しいトリガを受信した場合、追加のトリガ後のデータが使用可能な空きトリガメモリに適合する場合にのみ、新しいトリガ後のデータでスイープが拡張されます。十分なトリガメモリがない場合、以前に受信したトリガのためにすでに記録されているプリトリガ、トリガ間およびポストトリガデータが記録されます。
トリガ停止	新しいスイープが記録されるのは、トリガ信号を受信したときに、トリガ前、2.5 ms 間、およびトリガ後のデータの両方が空きトリガメモリに収まる場合のみです。トリガメモリがいっぱいになる前にストップトリガ信号を受信されない場合、トリガメモリが完全にいっぱいになると、スイープ記録は自動的に停止します。

トリガによる記録制限の定義

この表の詳細は、次の記録モードに適用される:

- トリガー時
- トリガー時(-低レートストレージを無効にした状態でバッファされる)
- トリガー時(-低レートストレージが有効な状態でバッファされる)

	トリガー時 (-バッファ付き、低レートストレージに依存しない)	トリガー時
トリガによるデータの記録	最大記録時間	使用可能なドライブサイズを使用します。
サンプリングレート	最大サンプリングレート	低~中サンプリングレート (使用するシステムによって異なる。)
チャンネル数	無制限のチャンネル数	低~中サンプルカウント (使用するシステムによって異なる。)

最大スイープ数

トリガメモリ内	2000	NA		
PNRF記録ファイル	200,000	1		
スイープパラメータ	最小	最大	最小	最大
プレトリガセグメント	0	収集ボードのメモリをトリガします。	0	使用可能な空きドライブ容量
トリガ後の長さ	0	収集ボードのメモリをトリガします。	0	0
スイープ長	10 サンプル	収集ボードのメモリをトリガします。	1秒	使用可能な空きドライブ容量
最大スイープレート	400/s	NA		
トリガ間の最小時間	2.5 ms	NA		
スイープ間のデッドタイム	0 ms	NA		

データ記録の詳細(GN815)⁽¹⁾

分解能 16 bit									
データ記録モード	収集開始時 および トリガ待機			トリガがメモリを最初にトリガするま で待ちます			収集開始時にレートが低下し、トリガ がメモリを最初にトリガしするのを 待ちます		
	有効なチャンネル			有効なチャンネル			有効なチャンネル		
	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント
最大トリガメモリ	未使用			954 MS	119 MS	106 MS	762 MS	95 MS	84 MS
最大サンプリングレート	未使用			2 MS/s			2 MS/s		
最大低減FIFO	954 MS	119 MS	106 MS	未使用			190 MS	23 MS	21 MS
最大(低減)サンプリングレ ート	2 MS/s			未使用			トリガブサンプリングレート / 2		
最大連続収集ストリーミン グレート	2 MS/s 4 MB/s	16 MS/s 32 MB/s	18 MS/s 36 MB/s	未使用			1 MS/s 2 MB/s	8 MS/s 16 MB/s	9 MS/s 18 MB/s
分解能 18 bit									
データ記録モード	収集開始時 および トリガ待機			トリガがメモリを最初にトリガするま で待ちます			収集開始時にレートが低下し、トリガ がメモリを最初にトリガしするのを 待ちます		
	有効なチャンネル			有効なチャンネル			有効なチャンネル		
	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント タイマ/ カウンタ	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント タイマ/ カウンタ	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント タイマ/ カウンタ
最大トリガメモリ	未使用			477 MS	59 MS	43 MS	381 MS	47 MS	34 MS
最大サンプリングレート	未使用			2 MS/s			2 MS/s		
最大低減FIFO	477 MS	59 MS	43 MS	未使用			95 MS	11 MS	8 MS
最大(低減)サンプリングレ ート	2 MS/s			未使用			トリガブサンプリングレート / 2		
最大連続収集ストリーミン グレート	2 MS/s 8 MB/s	16 MS/s 64 MB/s	22 MS/s 88 MB/s	未使用			1 MS/s 4 MB/s	8 MS/s 32 MB/s	11 MS/s 44 MB/s

(1) Perceptionソフトウェアに合わせて使用される用語。

データ記録の詳細(GN816) ⁽¹⁾									
分解能 16 bit									
データ記録モード	収集開始時 および トリガ待機			トリガがメモリを最初にトリガするま で待ちます			収集開始時にレートが低下し、トリガ がメモリを最初にトリガしするのを 待ちます		
	有効なチャンネル			有効なチャンネル			有効なチャンネル		
	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント
最大トリガメモリ	未使用			100 MS	12 MS	10.5 MS	80 MS	9.5 MS	8 MS
最大サンプリングレート	未使用			200 kS/s			200 kS/s		
最大(低減)サンプリングレ ート	200 kS/s			未使用			トリガブサンプリングレート / 2		
最大連続収集ストリーミン グレート	0.2 MS/s 0.4 MB/s	1.6 MS/s 3.2 MB/s	1.8 MS/s 3.6 MB/s	未使用			0.1 MS/s 0.2 MB/s	0.8 MS/s 1.6 MB/s	0.9 MS/s 1.8 MB/s
分解能 18 bit									
データ記録モード	収集開始時 および トリガ待機			トリガがメモリを最初にトリガするま で待ちます			収集開始時にレートが低下し、トリガ がメモリを最初にトリガしするのを 待ちます		
	有効なチャンネル			有効なチャンネル			有効なチャンネル		
	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント タイマ/ カウンタ	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント タイマ/ カウンタ	1 Ch	8 Ch	8 Ch & イベント タイマ/ カウンタ
最大トリガメモリ	未使用			50 MS	6 MS	4 MS	40 MS	4.5 MS	3 MS
最大サンプリングレート	未使用			200 kS/s			200 kS/s		
最大低減FIFO	50 MS	6 MS	4 MS	未使用			10 MS	1 MS	0.7 MS
最大(低減)サンプリングレ ート	200 kS/s			未使用			トリガブサンプリングレート / 2		
最大連続収集ストリーミン グレート	0.2 MS/s 0.8 MB/s	1.6 MS/s 6.4 MB/s	2.2 MS/s 8.8 MB/s	未使用			0.1 MS/s 0.4 MB/s	0.8 MS/s 3.2 MB/s	1.1 MS/s 4.4 MB/s

(1) Perceptionソフトウェアに合わせて使用される用語。

環境保護上の仕様	
温度範囲	
動作時	0 °C ~ +40 °C (+32 °F ~ +104 °F)
非動作時(保管時)	-25 °C ~ +70 °C (-13 °F ~ +158 °F)
温度保護	内部温度85 °C(+185 °F)で自動サーマルシャットダウン 75 °C(+167 °F)でユーザーに警告
相対湿度	0%~80%; 結露なきこと; 動作時
保護等級	IP20
高度	最大海拔 2000 m (6562 ft); 動作時
ショック: IEC 60068-2-27	
動作時	半正弦波10 g/11 ms; 3軸、正負方向にショック1000回
非動作時	半正弦波25 g/6 ms; 3軸、正負方向に3ショック
振動: IEC 60068-2-64	
動作時	1 g RMS、½ h; 3軸、ランダム5~500 Hz
非動作時	2 g RMS、1 h; 3軸、ランダム5~500 Hz
動作環境試験	
低温試験IEC60068-2-1 試験Ad	-5 °C (+23 °F)で2時間
乾熱試験 IEC 60068-2-2 Test Bd	+40 °C (+104 °F)で2時間
耐熱試験 IEC 60068-2-3 Test Ca	+40 °C (+104 °F)、湿度 > 93% RH で4日間
非動作時 (保管時)環境試験	
低温試験IEC-60068-2-1 試験Ab	-25 °C (-13 °F)で72時間
感熱熱試験IEC-60068-2-2 試験Bb	+70 °C (+158 °F)湿度 < 50% RH で96時間
温度変化試験 IEC60068-2-14 試験Na	-25 °C ~ +70 °C (-13 °F ~ +158 °F) 5サイクル、レート2~3分、滞留時間3時間
高温多湿サイクル試験 IEC60068-2-30 試験Db バリエーション1	+25 °C/+40 °C (+77 °F/+104 °F)、湿度 > 95/90% RH 6サイクル、サイクル時間24時間

CEとUKCAコンプライアンスの調和規格、以下の指令⁽¹⁾に準拠

低電圧指令 (LVD): 2014/35/EU

電磁両立性指令(EMC): 2014/30/EU

電氣的安全

EN 61010-1(2017) 計測、制御、試験所で使用する電気機器のための安全要件 - 一般要件

EN 61010-2-030(2017) 試験および計測回路のための固有要件

EMC

EN 61326-1(2013) 計測、制御、試験所で使用する電気機器のための安全要件 - EMC要件 - パート1: 一般要件

エミッション(電磁波放射による妨害)


EN 55011 工業用、科学用及び医療用機器 - 無線周波妨害特性
伝導妨害: クラスB; 放射妨害: クラスA

EN 61000-3-2 高調波電流発生限度値: クラスD

EN 61000-3-3 公共低電圧供給システムにおける電圧変化、電圧変動、およびフリッカーの制限

耐性

EN 61000-4-2 静電気放電耐性試験(ESD);
接触放電±4 kV / 気中放電±8 kV: パフォーマンス基準BEN 61000-4-3 放射無線周波電磁界イミュニティ試験;
80 MHz ~ 2.7 GHz, 10 V/m, 1000 Hz AM使用: パフォーマンス基準AEN 61000-4-4 電氣的ファストトランジェント/バーストイミュニティ試験
メイン±2 kV、カップリングネットワークを使用。チャンネル ±2 kV、容量性クランプを使用: パフォーマンス基準BEN 61000-4-5 サージ耐性試験
メイン±0.5 kV/±1 kVライン-ライン間、および±0.5 kV/±1 kV/±2 kV ライン-接地間±0.5 kV/±1 kV、カップリングネットワークを使用: パフォーマンス基準BEN 61000-4-6 無線周波電磁界によって誘導する伝導妨害に対するイミュニティ
150 kHz ~ 80 MHz, 1000 Hz AM; 10 V RMS @ メイン、10 V RMS @ チャンネル、いずれもクランプを使用: 性能 基準AEN 61000-4-11 電圧ディップ、短時間停電および電圧変動に対するイミュニティ試験
ディップ: パフォーマンス基準A; 停電: パフォーマンス基準C

- (1)
- 
- The manufacturer declares on its sole responsibility that the product is in conformity with the essential requirements of the applicable UK legislation and that the relevant conformity assessment procedures have been fulfilled.

Manufacturer:

Hottinger Brüel & Kjaer GmbH
Im Tiefen See 45
64293 Darmstadt
Germany

Importer:

Hottinger Brüel & Kjaer UK Ltd.
Technology Centre Advanced Manufacturing Park
Brunel Way Catcliffe
Rotherham
South Yorkshire
S60 5WG United Kingdom

発注情報			
品目		説明	ご発注コード
Basic/IEPE 2M ISO		8チャンネル、18ビット、2 MS/s、±10 mV ~ ± 50 V 入力レンジ、2 GB RAM、33 V RMS絶縁、アンバランス差動入力、各チャンネルにシングル金属絶縁BNC。TEDSクラス1をサポートするベーシック電圧およびIEPEセンサ。 リアルタイムサイクルや時間軸上の演算機能、計算結果によるトリガ可能。 Perception V6.50以降でサポート。	1-GN815
Basic/IEPE 200k ISO		8チャンネル、18ビット、200 kS/s、±10 mV ~ ± 50 V 入力レンジ、200 MB RAM、33 V RMS絶縁、アンバランス差動入力、各チャンネルにシングル金属絶縁BNC。TEDSクラス1をサポートするベーシック電圧およびIEPEセンサ。 リアルタイムサイクルや時間軸上の演算機能、計算結果によるトリガ可能。 Perception V6.50以降でサポート。	1-GN816

電流プローブ (別売)			
品目		説明	ご発注コード
AC/DC電流クランプ i30s		AC/DC ホール効果電流プローブ; 30 mA ~ 30 A DC; 30 mA ~ 20 A AC RMS; DC-100 kHz; BNC出力ケーブル 2 m (6.5 ft)、4 mm安全バナナ用アダプタ付き、別途9 V バッテリーが必要。	1-G912
AC電流クランプ SR661		AC電流プローブ; 100 mA ~ 1200A AC RMS; 1 Hz ~ 100kHz; 安全BNC出力ケーブル2 m (6.5フィート)	1-G913
AC電流クランプ M1V20-2		高精度AC電流プローブ; 50 mA ~ 20 A; 30 Hz ~ 40 kHz; 金属製 BNC出力ケーブル2 m (6.5 ft)。	1-G914

ホットインガー・ブリュエル・ケア (HBK)
〒136-0071 東京都江東区亀戸6-26-5 日土地亀戸ビル6F
TEL:03-5609-7734 ; FAX:03-5609-2288
www.hbkworld.com ; E-mail:info_jp@hbkworl.com

記載内容は変更される場合があります。本仕様書の記述はすべて当社製品の一般的な説明です。製品の保証を示すものとして理解されるべきものではなく、また、いかなる法的責任を成すものでもありません。記述に差異が有る場合にはドイツ語原本が正となります。なお含まれる図面はドイツ語原本の複製であり、すべて一角法で作成されています。