

テスト済み回路設計集“Circuits from the Lab™”は共通の設計課題を対象とし、迅速で容易なシステム統合のために製作されました。さらに詳しい情報又は支援は www.analog.com/jp/CN0582 をご覧ください。

接続または参考にしたデバイス		接続または参考にしたデバイス	
ADA4099	50V、8MHz、1.5mA/チャンネルの堅牢な Over-The-Top 高精度オペアンプ	AD9833	低消費電力 (12.65mW)、2.3V~5.5V のプログラマブル波形発生器
LTC6910	SOT-23 パッケージのデジタル制御プログラマブル・ゲイン・アンプ	AD5543	μSOIC-8 パッケージの 16 ビット DAC
ADA4522	55V 電源、EMI 強化、ゼロ・ドリフト、超低ノイズのレール to レール出力オペアンプ	ADG5436	高電圧、ラッチアップ・ブルーフのデュアル SPDT スイッチ
ADA4807	3.1nV/√Hz、1mA、180MHz のレール to レール入出力アンプ	ADP7118	20V、200mA、低ノイズの CMOS LDO リニア電圧レギュレータ
ADA4945	高速でオフセット・ドリフトが±0.1μV/°C の完全差動 ADC 用ドライバ	ADP7182	-28V、-200mA、低ノイズのリニア電圧レギュレータ
ADP7142	40V、200mA、低ノイズの CMOS LDO リニア電圧レギュレータ	ADG5401	高電圧、ラッチアップ・ブルーフのシングル SPST スイッチ
LT8330	1A、60V スイッチを内蔵した低静止電流の昇圧/SEPIC/反転コンバータ	LTC3112	15V、2.5A 同期整流式昇降圧 DC/DC コンバータ
ADP1708	1A、低ドロップアウトの CMOS リニア電圧レギュレータ	LT3092	200mA、2 端子のプログラマブル電流源
ADP5071	正と負の独立出力を備えた 2A/1.2A DC/DC スイッチング・レギュレータ	ADG839	0.35Ω、CMOS、1.65V~3.6V のシングル SPDT スイッチ/2:1 MUX
AD5686R	SPI インターフェースを備えたクワッド 16 ビット nanoDAC+	ADG1219	SOT-23 パッケージの低容量、低チャージ・インジェクション±15V/12V iCMOS SPDT
ADR4540	超低ノイズの高精度 4.096V 電圧リファレンス	MAX14595	高速かつオーブンドレイン動作が可能なロジックレベル・トランスレータ
AD7768-4	電力スケール機能と高精度 24 ビット、1024kSPS のシグマデルタ (Σ-Δ) ADC	MAX7312	割込みおよびホット・インサージョン保護付き、2 線式インターフェース 16 ビット I/O ポート・エクスパンダ

USB 3.0 クワッドチャンネル IEPE 振動センサー計測システム

評価と設計支援

- ▶ 回路評価用ボード
 - ▶ EVAL-CN0582-USBZ
- ▶ 設計および統合ファイル
 - ▶ 回路図、PCB レイアウト・データ、部品表、ソフトウェア

回路の機能とその利点

電子回路内蔵圧電素子 (Integrated electronics piezoelectric: IEPE) および IEPE 互換加速度センサーや速度センサーは、状態基準保全 (CbM)、ビルディング・モニタリング、構造解析アプリケーションなど、広い範囲にわたって用いられています。多くの場合、複数のチャンネルが使用され、1 地点での 3 次元加速度測定、またはいくつかの地点での複数の 1 次元測定が行われます。ベンチトップ型のデータ・アキュイジション (DAQ) システムは、研究やキャリブレーション環境では使用できますが、通常こうしたシステムは大型かつ高コストであるため、そのままでエンド・アプリケーションでの使用に供されることはありません。

図 1 に示す回路は、USB ベースの自己完結型クワッド入力チャンネル IEPE データ・アキュイジション・システムです。4 つのチャンネルが 24 ビットの分解能で同時にサンプリングされ、サンプル・レートは最大 256kSPS に達します。シグナル・チェーンは DC 結合されており、0Hz までの周波数応答能力があります。また、回路を DC オフセットすることでダイナミック・レンジを最大化できます。各入力チャンネルには、標準的な IEPE センサーに給電できる定電流源があります。すべてのデータ信号と電源レールは、単一の USB 3.0 接続で伝送できます。

また、システムには、ダイレクト・デジタル合成 (DDS) 信号発生器が備わっており、これを使用することで電子的なキャリブレーションを行ったり、振動台や振動校正器の励起源として用いることでセンサー・レベルやシステム・レベルのキャリブレーションを行ったりできます。

データは付属のソフトウェア・アプリケーションで取得および分析ができます。また、付属のアプリケーション・プログラミング・インターフェース (API) を用いることでカスタム・ソフトウェアを開発できます。

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

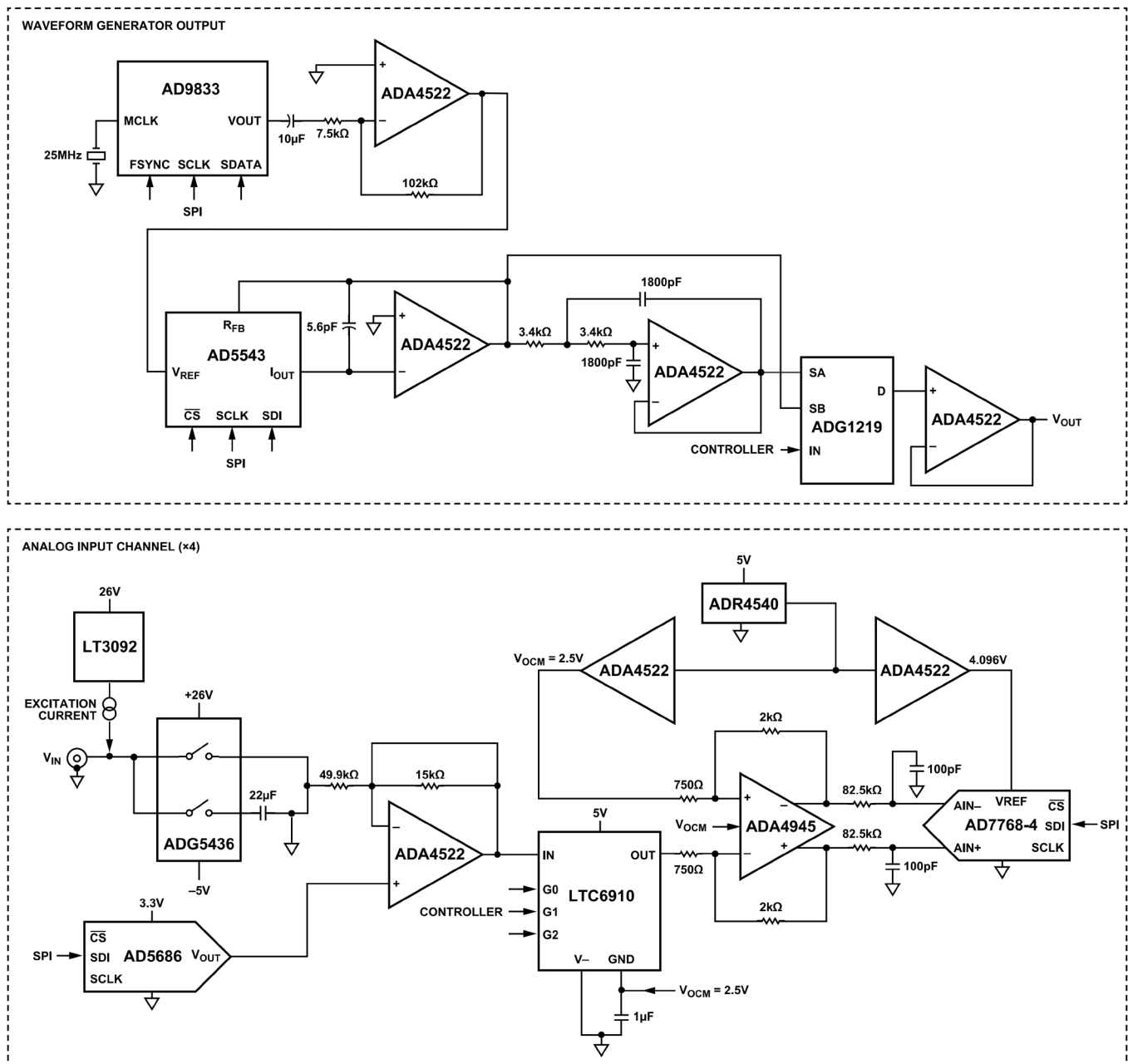


図 1. CN0582 の簡略化したシステム・ブロック図

回路の説明

CN0582 は、付属のソフトウェアまたは API ライブラリを使用してアナログ・センサーのデータを測定できる、フル機能のソリューションです。

このシステムは、様々なセンサー応答を読み出すためのテスト・ステミュラスとして外部振動台を駆動する、可変振幅および可変周波数のサイン波信号を生成します。

このソリューションには、全ボード機能を完全に制御する評価ソフトウェアが付属しています。これらの機能には、電流源および AC または DC カップリングの有効化、入力バイアス調整、時間および周波数の両領域におけるデータ・キャプチャ、単一トーンまたは掃引サイン波、データ・エクスポートなどがあります。

オプションのソフトウェア API ライブラリは、多くの多様な環境に対応可能で、LabVIEW、C#、Python を用いてテストされています。API を使用することで、ユーザ独自のカスタム機能を開発し、アプリケーションを完成できます。

このソリューションの主な特長は次のとおりです。

- ▶ 4 チャンネルの同時データ・アキュイジション
- ▶ オンボードの IEPE 励起
- ▶ IEPE 入力チャンネルのオフセット
- ▶ 信号発生器：
 - ▶ 単一トーンまたは線形掃引
 - ▶ 電子的ループバック・テスト
 - ▶ 振動台励起
- ▶ CN0582 評価用ソフトウェア
 - ▶ システム設定
 - ▶ グラフィカル表示
 - ▶ ファイル・エクスポート（データ・アキュイジション、振動テスト）

表 1. ハードウェア仕様

Specifications		Min	Typ	Max	Unit/Remarks
Power Requirements					
Input	Voltage	4.5	5	6	V
	Current	500		600	mA
Analog Input					
IEPE	Full scale	0.1m*		10	V
	Bias			13	VDC
	Current source		4		mA
4 mA to 20 mA (CH3)	Resistance			249	Ω
	Power			0.25	W
THD + N			-87	-84	dB, 3.3 Vp-p at 1 kHz
SNR			99		dB, 10 Vp-p at 20 Hz to 20 kHz
Accuracy				1	% error (at greater than 100 mV)

表 1. ハードウェア仕様

Specifications	Min	Typ	Max	Unit/Remarks
Analog Output				
Voltage	0.5		7	V peak-to-peak
Frequency	0.02		25	kHz
THD + N		-52	-55	dB, 7 Vp-p at 20Hz to 20kHz
Accuracy			1	% error

* PGA の設定は 1。

振動センサーのタイプ

圧電センサーと MEMS センサーの比較

従来、圧電型加速度センサーは振動モニタリングのベンチマークとなっており、現在でも、最高感度が要求されるアプリケーションや非常に大きな加速度が発生するアプリケーションにおいて選択されるセンサーです。これまでマイクロマシン（MEMS）センサーは、帯域幅、g 範囲、周波数全体でのノイズ性能が限られていたため、使用できないものと考えられていました。

しかし、最近の MEMS センサー技術（特に周波数応答およびノイズ性能）の進歩により、多くの CbM アプリケーションにおいて MEMS センサーは現実的な代替センサーとなっています。通常、MEMS センサーの方がより小型かつ低コストで、DC（0Hz）まで延びる周波数応答を備えています。その 1 つの例が [CN0532](#) で、これは、回路に IEPE インターフェースを備えた、代表的な MEMS ベースのセンサーです。

CN0582 は、圧電型 IEPE センサーに対応する他、他の技術に基づく IEPE 互換センサーにも対応します。励起電流源は無効化できるため、電圧出力センサーに接続できます。

IEPE インターフェース

未調整の圧電型センサーは出力インピーダンスが高く、任意の長さのケーブルを駆動することは困難または不可能です。また、これらのセンサーは、ケーブルの動きや電磁干渉にも敏感であり、高精度で高インピーダンスのシグナル・コンディショニング回路が必要となります。

IEPE は一種の標準となっており、シグナル・コンディショニング用電子回路がセンサーに統合されています。内蔵された電子回路が、高インピーダンスの電荷出力を低インピーダンスの電圧信号に変換するため、伝送が容易になります。また、IEPE では、1 つの導体を用いて電力と信号の両方を供給するため、ケーブルが複雑になるのを最小限に抑えることができます。

[図 2](#) に、IEPE インターフェースのハイレベル・ブロック図を示します。電力は定電流源を通じてセンサーに供給されます。その後、センサーは、測定した振動に応じて出力電圧を変調します。それにより、信号が電源と同じラインで測定できるようになります。

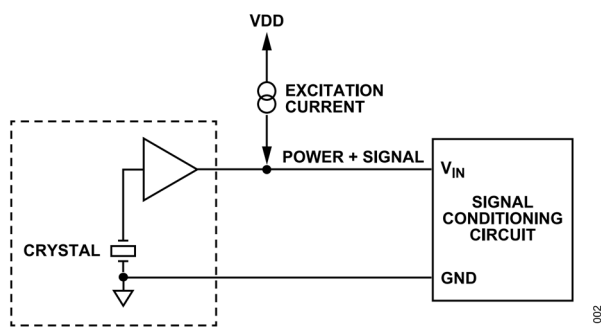


図 2. IEPE センサーのインターフェース

IEPE の励起と制御

IEPE センサーを適切に動作させるには、定電流源を用いて給電する必要があります。2mA~20mA の定電流範囲以外に、電流源のコンプライアンス電圧を 24V~30V とする必要があります。この値は、代表的な IEPE バイアス電圧である 8V~12V の 2 倍以上です。図 3 に、LT3092 をベースとする IEPE 高電圧定電流源回路を示します。

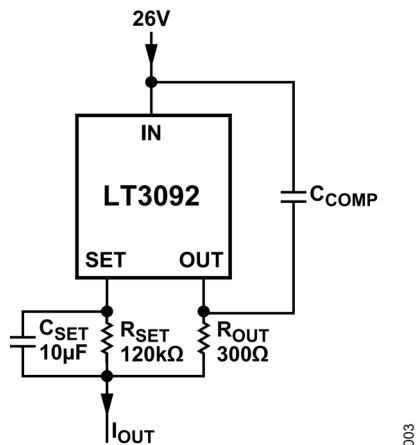


図 3. IEPE 電流源

式 1 を用い、CN0582 の定電流源は 4mA に設定されています。

$$I_{OUT} = \frac{10\mu A \times R_{SET}}{R_{OUT}} = \frac{10\mu A \times 120k\Omega}{300\Omega} = 4mA \quad (1)$$

ここで、

I_{OUT} は定電流出力、
 R_{OUT} は電流出力設定抵抗、
 R_{SET} は電流入力設定抵抗です。

電流源は、ADG5401 高電圧低抵抗スイッチによって、有効化や無効化が可能です。

ソフトウェアからボードに送られるコマンドによって、対応するチャンネルが目的の状態に切り替えられます。

電流源と同じ 26V の電源で ADG5401 への給電を行うことで入力電圧を制限値内に維持できる一方、6.5Ω のオン抵抗は十分小さい値で、信号レベルに対し有効です。

電流源を無効化すると、各チャンネルの入力は典型的な高インピーダンス電圧入力 A/D コンバータ (ADC) の測定値として機能します。チャンネル 3 にはオンボードの負荷抵抗があり、これを用いて 4mA~20mA のセンサー・データを接続し測定できます。また、この値は式 2 を用いて計算できます。

$$V_{SENSOR} = R_{LOAD} \times I_{SENSOR} \quad (2)$$

ここで、

V_{SENSOR} は変換後のセンサー電圧、
 R_{LOAD} は負荷抵抗 (249Ω)、
 I_{SENSOR} はセンサー出力電流です。

入力保護

入力回路のどの部分もオーバードライブされることのないよう、電圧トランジェント圧縮 (TVS) ダイオードが入力コネクタに付加されています。これらのダイオードによって、入力が最大 40V の電圧に耐えられるようになるため、影響を受けやすいアナログ入力回路を危険な電圧レベルから保護できます。

AC/DC カップリング

AC カップリングと DC カップリングのどちらが適切かは、センサーによって異なります。DC カップリングは、応答がゼロ Hz まで延び、オフセット電圧が明確に規定された小さな値のセンサーに適用できます。AC カップリングは、本質的にハイパス応答で動作条件によって変化する大きな DC オフセットがあるセンサーに適しています。

図 4 に、ADG5436 ラッチアップ・プルーフの高電圧デュアル SPDT スwitch に制御された AC カップリングおよび DC カップリングのバスを示します。

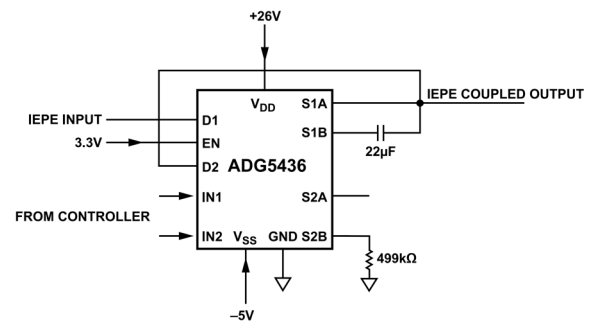


図 4. ADG5436 をベースとする AC または DC カップリング・バス

このスイッチは、-5V または 26V のバイポーラ・電源で給電され、代表的な IEPE センサー出力に対応する他、0V~5V、±5V、0V~10V の各範囲の電圧出力のセンサーにも対応できます。AC カップリング・パスにはハイパス・フィルタがあり、そのカットオフ周波数は式 3 で計算できます。

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times 499k\Omega \times 22\mu F} = 0.014Hz \quad (3)$$

ここで、

f_c はハイパス・カットオフ周波数です。

IEPE 入力のオフセット

IEPE 信号は本質的に、DC バイアスが高く、また複数のピーク to ピーク値があるため、範囲の狭い一般的なコンバータとインターフェースを取ることは困難です。この課題を克服するため、レベル・シフト回路が用いられています。

図 5 に、ADA4522 をベースとするレベル・シフタの回路例を示します。入力を中心を可能な限りゼロに近づけることで $\pm 4.096\text{V}$ の ADC 入力範囲全体を利用できるよう、減衰と電圧のシフト量が設計されています。

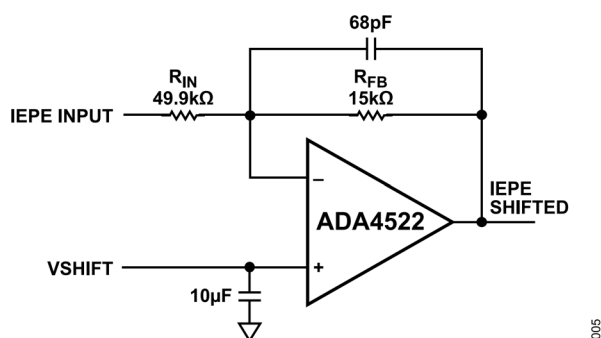


図 5. レベル・シフト回路

必要な電圧シフトは、式4を用いて計算することができます。

$$V_{SHIFT} = \frac{V_{IEPE_SHIFTED} + G (V_{IEPE_INPUT})}{1 + G} \quad (4)$$

ここで、
 V_{SHIFT} はレベル・シフト電圧、
 $V_{\text{IEPE_INPUT}}$ は入力バイアス電圧、
 $V_{\text{IEPE_SHIFTED}}$ は 2.52 (VOCM に等しいことが必要)、
 G は $0.3 \left(\frac{R_{FB}}{R_{IN}} \right)$ で計算) です。
 レベル・シフト電圧 (V_{SHIFT}) は、AD5686R D/A コンバータ (DAC) から供給されます。 V_{SHIFT} の値は、式 5 を用いてプログラムできます。

$$D = \frac{(V_{SHIFT} \times 2^n)}{(V_{REF} \times Gain)} \quad (5)$$

ここで、
 V_{SHIFT} はレベル・シフト電圧、
 V_{REF} は AD5686R の電圧リファレンス、
Gain は AD5686R のゲイン設定値、
D はデジタル・コード、
N は AD5686R のビット数（16 ビット）です。

プログラマブル・ゲイン・アンプ (PGA)

入力信号カップリング・オプションやレベル・シフト・オプション
以外に、CN0582 はより小さな入力信号にゲインを追加する機能
も備えています。ゲインはアナログ入力チャンネルごとに設定
できます。

図 6 に、LTC6910 を使用する PGA 回路例を示します。他のシグナル・コンディショニング段からのコモンモード電圧は、AGND ピンに接続され、アンプ用リファレンスの役割を果たします。

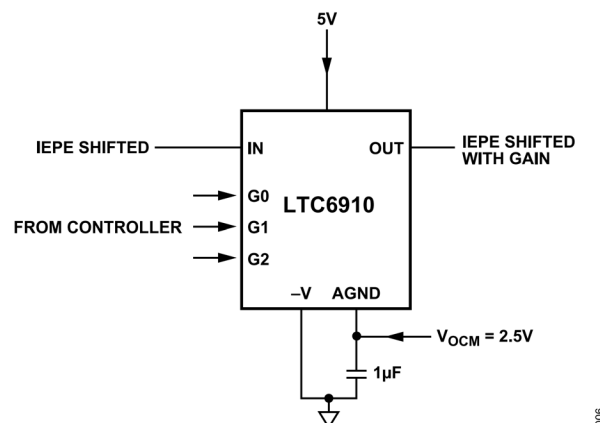


図 6. プログラマブル・ゲイン・アンプ

選択するゲイン・オプションに応じて、CN0582 の有効入力範囲も変化します。表 2 は、各ゲイン設定で許容可能な入力電圧範囲を示しています。有効入力範囲外の電圧は、信号の歪みやクリッピングの原因となります。

表 2. EVAL-CN0582-USBZ の PGA 設定と入力電圧の関係

PGA Settings	Maximum AC Input
1	10 V _{p-p}
2	5 V _{p-p}
5	2 V _{p-p}
10	1 V _{p-p}
20	500 mV _{p-p}
50	200 mV _{p-p}
100	100 mV _{p-p}

注：システムは $100\mu\text{V}_{\text{p-p}}$ の信号振幅を測定できますが、S/N 比 (SNR) は低下します。そのため、推奨する最小入力振幅は $500\mu\text{V}_{\text{p-p}}$ です。

完全差動アンプ (FDA)

PGA の出力信号は振幅が $2.5\text{V}_{\text{p-p}}$ の疑似差動信号であるため、ADC のフル・スケール入力範囲 $8.192\text{V}_{\text{p-p}}$ を最大限に利用するには、これを増幅して完全差動信号に変換する必要があります。

図 7 に、PGA の疑似差動信号を ADC 用の完全差動信号に変換するために用いられる、ADA4945 完全差動 ADC 用ドライバを示します。

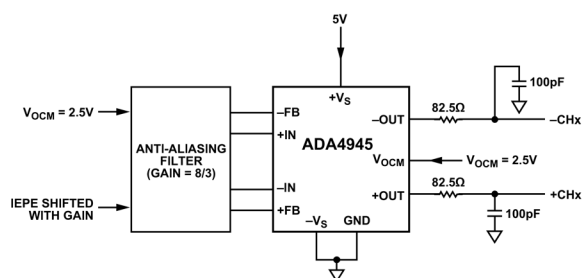


図 7. シングル／差動ドライバ回路

VOCM を基準とする PGA 出力は、ADA4945 によって式 6 に示すゲインで完全差動信号に増幅され変換されます。

$$G = \frac{R_f}{R_i} = \frac{2000}{750} = 2.667 \quad (6)$$

入力とゲインの組み合わせによって低電圧または過電圧となる場合、ADA4945 は出力を+VS または-VS にクランプし、後段の敏感な ADC 入力段を保護します。

全シグナル・チェーン・ゲイン

アナログ入力パスでの合計ゲインは、レベル・シフタ、FDA、PGA によって生じ、式 7 を用いて計算できます。

$$G = G_1 \times G_2 \times G_{PGA} \quad (7)$$

$$G = 0.3 \times 2.667 \times G_{PGA}$$

$$G = 0.8G_{PGA}$$

ここで、

G は CN0582 の全システム・ゲイン、

G₁ はレベル・シフトによる減衰のゲイン (0.3)、

G₂ は FDA のゲイン (2.667)、

G_{PGA} は PGA のプログラマブル・ゲイン (1、2、5、10、20、50、100) です。

アナログ入力パスで許容可能な最大 AC または DC 電圧は、各チャンネルのゲイン設定に直接関係します。式 8 は、PGA のゲイン設定を 1 とした場合の DC 入力電圧の計算方法を示すものです。

$$VIN_{DC_MAX} = \frac{V_{SHIFT_MAX} \times (1 + G_1) - VOCM}{G_1} \quad (8)$$

最大の DC バイアス入力電圧は次のとおりです。

$$VIN_{DC_MAX} = 13.26V$$

ここで、

VIN_{DC_MAX} は CN0582 に印加できる最大 DC 電圧、

V_{SHIFT_MAX} は AD5686R の最大出力電圧 (5V)、

G₁ はレベル・シフトによる減衰のゲイン (0.3)、

VOCM は AD7768-4 のコモンモード電圧 (2.52V) です。

PGA ゲイン設定を 1 とすると、AC 入力電圧は式 9 を用いて計算できます。

$$VIN_{AC_MAX} = \frac{\left(\frac{V_{REF_ADC}}{G_2}\right)}{G_1} \times 2 \quad (9)$$

ピーク to ピーク入力電圧振幅の最大値は次のとおりです。

$$VIN_{AC_MAX} = 10.23V_{p-p}$$

ここで、

VIN_{AC_MAX} は CN0582 に印加できる最大 AC 入力電圧、

V_{REF_ADC} は AD7768-4 の内部電圧リファレンス (4.096V)、

G₂ は FDA のゲイン (2.667)、

G₁ はレベル・シフトによる減衰のゲイン (0.3) です。

AC 入力振幅の理論値は 10.23V_{p-p} ですが、CN0582 ではアンプのヘッドルーム条件を満たすために、10V_{p-p} まではしかテストを行っておりません。同じ考え方は最大 DC バイアスにも当てはまり、テストは 13VDC まではしか行っておりません。V_{SHIFT} を調整して ADC の出力がゼロを中心とすることで、IEPE_{_SHIFTED} 信号は VOCM に等しくなります。

データ・キャプチャとデジタル・コントローラ

A/D 変換は、4チャンネルの24ビット同時サンプリングΣ-ΔADCであるAD7768-4によって行われます。このデバイスには電力スケーリング、フィルタ、サンプル・レート・オプションがあり、ノイズ、帯域幅、消費電力などの様々な制約事項に対し最適化できます。

AD7768-4 は、ソース同期トランスミッタとして機能し、各チャンネルのデータは 4 つのデータ・ラインのいずれかでシリアル化されます。データはデジタル・コントローラで受信され、USB を介してホスト・コンピュータにストリーミング送信されます。

また、デジタル・コントローラは、アナログ入力チャンネルの設定も担い、電流源の有効化、ADC モードの設定、波形発生器の設定を行います。

電源アーキテクチャ

CN0582 は 5V/900mA を供給する USB 3.0 ポート 1 つを使用して給電され、複数の DC/DC コンバータが必要な電圧レールを生成します。システムのパワー・ツリーは、アナログ回路のノイズを最小限に抑えるためのリニア・ドロップアウト・レギュレータを伴う昇圧コンバータと、デジタル回路の効率を最大化するための降圧コンバータで構成されています。図 8 に、CN0582 のパワー・アーキテクチャの全体像を示します。

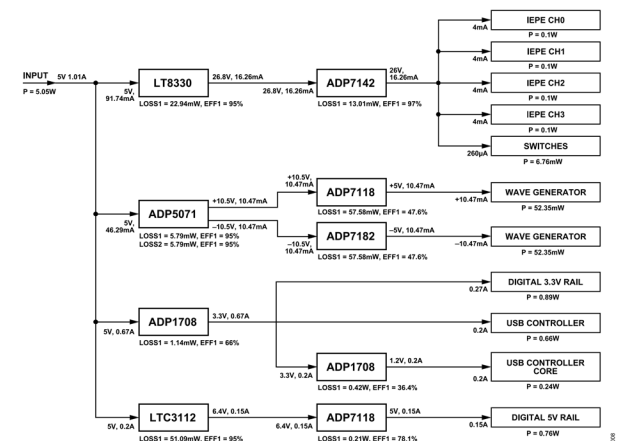


図 8. CN0582 のシステム・パワー・ツリー

波形生成と制御

CN0582 は、IEPE センサーのテストやキャリブレーションの際に有用な振動台の励起や制御に用いる波形発生器を備えています。

図 9 に、600mVp-p の定電圧出力と 0Hz~12.5MHz の間で設定可能な 28 ビットの分解能の周波数出力を備えたプログラマブル波形発生器、AD9833 を用いるブロック図を示します。出力周波数は式 10 を用いて計算できます。

$$F_{OUT} = \frac{F_{REF} \times F_{REQ}}{2^{28}} \quad (10)$$

ここで、

F_{OUT} は出力周波数、

F_{REF} はリファレンス・クロック周波数、

F_{REQ} は周波数レジスタの値です。

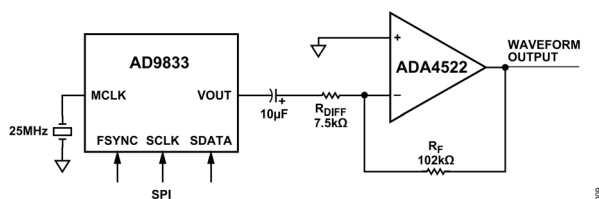


図 9. 波形発生ブロック図

CN0582 の周波数出力は 25kHz に帯域が制限されていますが、この周波数はほとんどの振動アプリケーションや CbM アプリケーションに適したものです。その後、この出力周波数は、ADA4522 をハイパス・フィルタ構成で用いて増幅およびコンディショニングが施されます。これによって、多くの振動台入力の場合にある DC オフセット除去が行われます。

ADA4522 の最大設定ゲインは、式 11 を用いて計算できます。

$$\text{Output_Amplitude}_{MAX} = \frac{R_f}{R_{diff}} \times 600\text{mVp-p} \quad (11)$$

$$\text{Output_Amplitude}_{MAX} = 8.16\text{Vp-p}$$

ここで、

$\text{Output_Amplitude}_{MAX}$ は ADA4522 で設定される最大振幅、

R_f は 102kΩ、

R_{diff} は 7.5kΩ です。

信号発生器は、最大 8.16Vp-p の信号を発生できますが、グラフィカル・ユーザ・インターフェース (GUI) では出力電圧が 7Vp-p に制限されています。

CN0582 の信号発生器の出力振幅は、図 10 に示すように電流／電圧変換トポロジで設定された、AD5543 電流出力 DAC により制御されます。

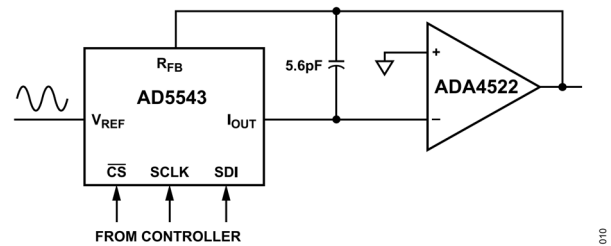


図 10. 出力波形振幅制御のブロック図

振幅は式 12 に従って制御できます。

$$\text{Output_Amplitude} = \frac{D}{65536} \times 8.16\text{Vp-p} \quad (12)$$

ここで、

Output_Amplitude は変調された出力振幅、

D はデジタル・コード値です。

目的の出力振幅と周波数を設定した後は、広帯域ノイズを低減するために、必要に応じてポスト・フィルタリング回路を使用することもできます。この回路の DAC 出力には、安定性と高入力インピーダンス特性を備えていることから、ADA4522 がサレンキー・ローパス・フィルタ構成で用いられています。カットオフ周波数は 26kHz に設定されていますが、これは式 13 を用いて計算できます。

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times 3.4k\Omega \times 1.0nF} = 26.005\text{kHz} \quad (13)$$

カットオフ周波数は、減衰が無視できる程度になるよう、目的の IEPE 帯域幅 (10kHz) の 2 倍以上となるように調整されています。

図 11 に示す出力セクタ段では、振幅コントローラのフィルタリング出力と未フィルタリング出力の間に ADG1219 スイッチを用いています。その後、選択された出力がバッファされ、回路は出力コネクタから絶縁されます。

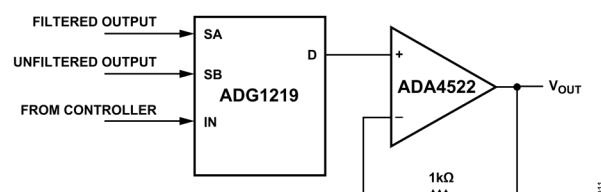


図 11. 出力波形セクタ回路

バリエーション回路

16 ビット 33MSPS の DAC である AD3552R は AD9833 の代替品で、高分解能低歪みであることに加え任意波形発生能力を備えています。データ・ソースが必要です。

ADG5436F は、フォルト保護機能を備えた ADG5436 の代替品であり、フォルト検出機能に加え、入力フォルトに対する保護機能が付加されています。

ADC に対しては、アプリケーションが IEPE の帯域幅を超えて動作する必要がある場合の優れた代替品が AD4134 です。このデバイスは、サンプリング・レートが高く、全体的な性能も向上しています。

より高チャンネル数のシステムも、AD7768 を用いることで実現できます。既存のコントローラには既に、8 チャンネル入力に対する備えがなされているため、取得されるチャンネルを現行システムに増加することは比較的容易です。

CN0549 は、シングルチャンネルの IEPE に対応した、CbM 開発プラットフォームで、ソフトウェア開発に最適なものとなっています。

回路の評価とテスト

回路のテストと評価のデモンストレーションでは、C#をベースとする Windows PC アプリケーションを用いた EVAL-CN0582-EBZ の機能に焦点を合わせます。ハードウェアとソフトウェアの仕様に関する詳細については、CN0582 ユーザ・ガイドを参照してください。

必要な装置

- ▶ EVAL-CN0582-USBZ 評価用ボード
- ▶ CN0582 評価用ソフトウェア
- ▶ ホスト PC (Windows)
- ▶ 振動発生器 (9363-ED-2F4K-5N、King Design)
- ▶ リファレンスおよびテスト・センサー (リファレンス：PCBM352C67)
- ▶ オーディオ・アナライザ (Audio Precision® APX525)
- ▶ オシロスコープ (Rohde & Schwarz® RT1004)
- ▶ USB Type-C ケーブル
- ▶ SMA ケーブル
- ▶ BNC - BNC ケーブル

開始にあたって

このセクションでは、EVAL-CN0582-USBZ の評価テストを設定するための一般的な手順を説明します。

この設定では、CN0582 評価用ソフトウェアをインストールした Windows PC に EVAL-CN0582-USBZ を接続し、更に、被験デバイス (DUT) を測定するための振動源として機能する振動発生器に接続します (図 12 参照)。

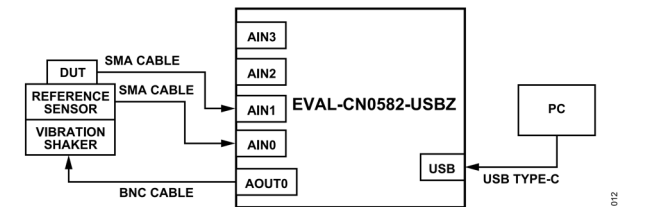


図 12. EVAL-CN0582-USBZ システムのテスト・セットアップ

ボードの基本機能をテストするには、次の手順に従います。

1. ソフトウェア・インストール・ガイドに記載された手順に従い、CN0582 評価用ソフトウェアをホスト PC にインストールします。
2. ソフトウェアのインストール後、SMA ケーブルを用い、EVAL-CN0582-USBZ ボードの各センサーを次のチャンネル割当てに従いアナログ入力のいずれかに接続します。
 - a. CH0 は圧電リファレンス・センサー。
 - b. CH1~CH3 は DUT のセンサー (IEPE、MEMS など)。
3. USB Type-C ケーブルを EVAL-CN0582-USBZ に接続し、次いでホスト PC に差し込みます。

4. ソフトウェアを開き、単純なデータ・キャプチャを行うためにウィンドウ・オプションから図 13 に示すように DAQ を選択します。



図 13. CN0582 評価用ソフトウェア

5. ソフトウェアを、入力信号のカップリング、オフセット、ゲインなど、センサーが必要とする様々な設定に設定します。表 3 の推奨設定を、図 14 に示すように、対応する GUI フィールドに入力します。

表 3. 推奨チャンネル設定	
Current Source switch	ON for CH0, CH1 OFF for CH2, CH3
Coupling	DC for all channels
Gain	x1 for all channels
Level Shift Voltage	10500 to 13000 for each channel Adjust accordingly depending on the connected sensor per channel.



図 14. グラフィカルなソフトウェア設定オプション

6. 表 4 に示す振動発生器に適した入力値に従い、GUI の右上部で信号発生器の出力パラメータを設定します。

表 4. 信号発生器の推奨設定値	
Amplitude	500 mVp-p
Frequency	1000 Hz

7. [Channel Selector] フィールドで CH0 と CH1 をオンにして、グラフを表示します。必要とするグラフ結果に応じて、データ・キャプチャの[Mode]ボタンを切り替えます。
8. BNC - BNC ケーブルを用いて、EVAL-CN0582-USBZ のアナログ出力を振動発生器に接続します。

注：機器の損傷を防ぐため、EVAL-CN0582-USBZ へのファームウェアのアップロードをソフトウェアが完了している場合にのみ、アナログ出力を振動発生器に接続してください。

9. [Start]ボタンをクリックすると、時間領域と周波数領域のデータがADCから取得され表示されます。

アナログ入力のテスト結果

入力チャンネルの精度を確保するため、高精度オーディオ・アナライザを入力源として使用します。この入力源は、任意の振幅および周波数でパーセント誤差が1%未満であることが必要です。表 5 に、機器のテスト・パラメータに対応して GUI に表示される 4 チャンネルの測定値を示します。

振幅が 100mVp-p 未満の場合、最大誤差は±2mVp-p です。これに対し、振幅が 100mVp-p を超える場合、平均誤差は 1%未満です。

表 5. アナログ入力の測定値

DC BIAS = 6 V		Test Amplitude (mVp-p) at Gain = 1				
		10	100	1000	5000	10000
Test Frequency (kHz)	0.1	10.96	100.60	1000.51	4996.04	9992.53
	1	10.96	100.93	1000.70	4996.11	9993.93
	5	10.93	100.74	999.68	4991.07	9984.00
	10	10.93	100.48	996.35	4975.71	9953.88
	25	10.80	98.46	975.81	4871.66	9745.64

アナログ出力のテスト結果

信号発生器を評価するには、オシロスコープを用いて出力波形を測定します。入力チャンネルと同様、任意の振幅および周波数設定に対し、平均誤差は1%未満であることが必要です。

表 6 に、オシロスコープで取得したサイン波のプログラムされた周波数と振幅を示します。いずれも 1%以内の誤差となっています。

表 6. アナログ出力の測定値

Signal Generation (Full Bandwidth)		Test Amplitude (mVp-p)						
		100	500	1000	2000	3000	3500	7000
Test Frequency (kHz)	0.1	100.2	500.6	1001	2000.6	2998	3492	6976
	1	100.2	499.7	1004	1994	3004	3500	6988
	5	100	500.5	999.8	2000	2998	3502	6983
	10	100.5	502.4	1004	2007	3010	3520	6999
	25	100.1	504.7	1008	2014	3022	3526	6970
	50	102.5	512	1023	2042	3062	3285	6510

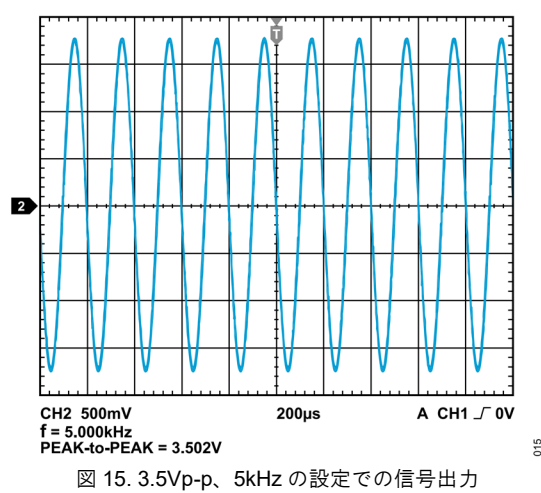


図 15. 3.5Vp-p、5kHz の設定での信号出力

更に詳しい資料

CN0582 設計サポート・パッケージ

高精度 ADC ドライバ・ツール

Looney, Mark. 技術記事「MEMS センサーによる振動の監視」アナログ・ダイアログ Vol. 48、2014 年 6 月。

McGinley, Niall and Servis, Stuart. AN-1384 Application Note. "Pairing a Driver Amplifier with the AD7768/AD7768-4 or the AD7768-1." Analog Devices. 2019.

Moghimi, Reza. Technical Article. "Low Noise Signal Conditioning for Sensor-Based Circuits." Analog Devices. 2010.

Murphy, Chris. 技術記事「状態基準保全システムには、なぜ MEMS 加速度センサーが最適なのか？」アナログ・デバイセス、2021 年。

データシートと評価用ボード

ADA4099 データシート

ADA4099 評価用ボード

LTC6910 データシート

ADA4522 データシート

ADA4807 データシート

ADA4945 データシート

ADA4945 評価用ボード

ADP7142 データシート

ADP7142 評価用ボード

LT8330 データシート

LT8330 評価用ボード

ADP1708 データシート

ADP1708 評価用ボード

ADP5071 データシート

ADP5071 評価用ボード

AD5686R データシート

AD5686R 評価用ボード

ADR4540 データシート

AD7768-4 データシート

AD7768-4 評価用ボード

AD9833 データシート

AD9833 評価用ボード

AD5543 データシート

AD5543 評価用ボード

ADG5436 データシート

ADP7118 データシート

ADP7118 評価用ボード

ADP7182 データシート

ADP7182 評価用ボード

ADG5401 データシート

LTC3112 データシート

LTC3112 評価用ボード

LT3092 データシート

LT3092 評価用ボード

ADG839 データシート

ADG1219 データシート

MAX14595 データシート

MAX7312 データシート

改訂履歴

11/2022—Revision 0: Initial Version



ESD に関する注意

ESD（静電放電）の影響を受けやすいデバイスです。電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術である ESD 保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESD に対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

「Circuits from the Lab/実用回路集」はアナログ・デバイセス社製品専用に作られており、アナログ・デバイセス社またはそのライセンスの供与者の知的所有物です。お客さまは製品設計で「Circuits from the Lab/実用回路集」を使用することはできませんが、その回路例を利用もしくは適用したことにより、特許権またはその他の知的所有権のもとでの暗示的許可、またはその他の方法でのライセンスを許諾するものではありません。アナログ・デバイセス社の提供する情報は正確でかつ信頼できるものであることを期しています。しかし、「Circuits from the Lab/実用回路集」は現状のまま、かつ商品性、非侵害性、特定目的との適合性の暗示的保証を含むがこれに限定されないいかなる種類の明示的、暗示的、法的な保証なしで供給されるものであり、アナログ・デバイセス社はその利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許権もしくはその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。アナログ・デバイセス社はいつでも予告なく「Circuits from the Lab/実用回路集」を変更する権利を留保しますが、それを行う義務はありません。商標および登録商標は各社の所有に属します。

©2022-2022 Analog Devices, Inc. All rights reserved. 商標および登録商標は各社の所有に属します。