

FPAA のセンサーインターフェース回路例

センサーは電圧・電流・抵抗・容量など出力形式がバラバラ。FPAA はアナログブロック（増幅、フィルタ、整流、スイッチトキャパシタ等）を動的に再構成できるので、1台で多様な形式に対応する「ユニバーサル」な前処理が実現できます。

基本のインターフェース

- ・電圧出力（加速度、ジャイロ、気圧など）：
高インピーダンスバッファ → ゲイン / オフセット → アンチエイリアス LPF → ADC。
低ノイズ・低入力バイアス電流のアンプが計測精度に直結します。
- ・電流出力（フォトダイオード等）：
トランスインピーダンスアンプ（TIA）で電流→電圧変換。ダイオード容量と帰還コンデンサで安定度と帯域を調整します。スイッチトキャパシタを使えば可変レンジの再構成が容易です。
- ・抵抗変化（ブリッジ、RTD）：
ウィートストンブリッジ+計装アンプ（高 CMRR）で微小差動を増幅、励振安定と温度ドリフト補正が鍵。
ゲイン・オフセットを FPAA で可変化しそれぞれ / スパン補正を行います。
- ・容量変化（タッチ、湿度等）：
AC 励振+検波（整流・包絡）またはスイッチトキャパシタ計測で容量変化を電圧に変換。
周囲ノイズを避けた励振周波数設定と差動参照が有効です。

ユニバーサル・センサーノード構成

- ・構成コンセプト：
複数のアナログチャネル（電圧・電流・容量・抵抗）を並列に持ち、FPGA/MCU で FPAA のブロック（ゲイン、フィルタ、励振、TIA、計装アンプ）を動的に切替・再構成。これにより多様な環境計測を1台で扱えるようにする設計実例があります。
- ・具体的なポイント：
 - ダイナミック再構成：SPI/I2C でパラメータを更新し、計測対象の変更に即応。
 - 入出力レンジ：電圧 0-3.3 V、差動 ± 2.75 V、電流数 μ A～数百 μ A、容量 10-500 pF、抵抗数十 Ω ～数 k Ω などの想定レンジを網羅する前処理ブロックを持つ。
 - アプリ例：赤外センサーの増幅・フィルタリングを時分割再構成し、異なる事象（漏水・照明・コンロ火）を1装置で検出するデモの実績があります。

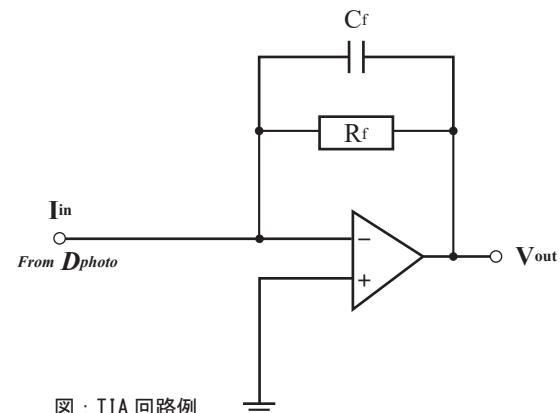
設計例 1：フォトダイオード用 TIA+LPF

設計のポイント：

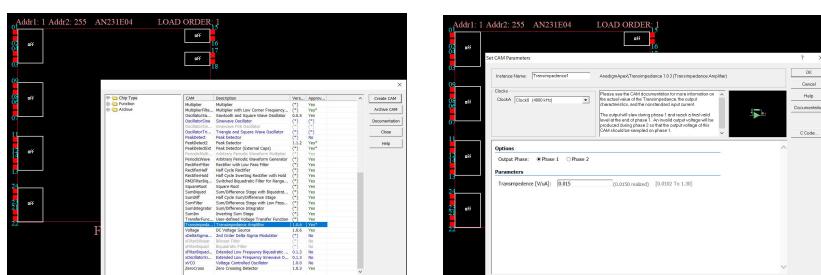
- ・ R_f/C_f ：感度と安定度のトレードオフ。ダイオード容量と C_f でゼロ / 極を合わせて発振を回避。
- ・ノイズ：低電圧ノイズ・低電流ノイズのアンプを選定。
- ・再構成： R_f/C_f を SC ブロックに置換すればレンジをソフトで切替

※：TIA (Trans Impedance Amplifier) :

オペアンプを用いて電流を電圧に変換する変換器で、電圧よりも電流の方がより線形に近い応答を示すセンサーに用いられる。フォトダイオードの場合、多様な入力光に対する電流の応答の非線形性が 1% 以下であることも珍しくない。トランスインピーダンスアンプはフォトダイオードに対して低インピーダンスとして振る舞い、フォトダイオードをオペアンプの出力電圧から絶縁する。

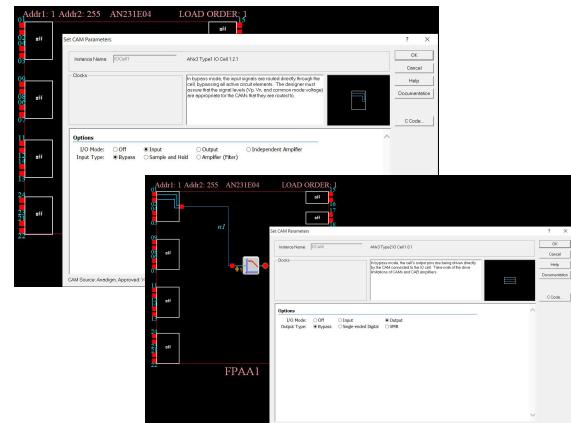


図：TIA 回路例

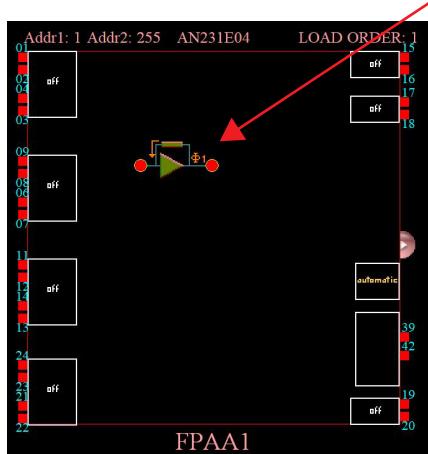


Step1: フィルター種類を選ぶ (TIA)

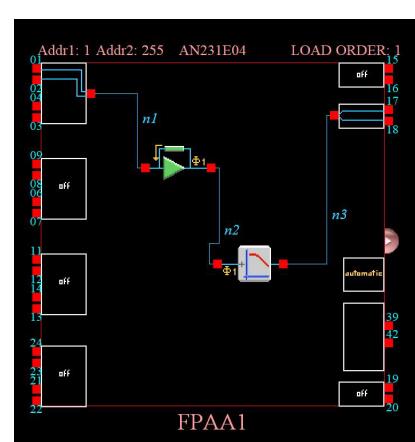
Step2: フィルター詳細設定



Step3: 使用する I/O の定義



Step2.5: 配置



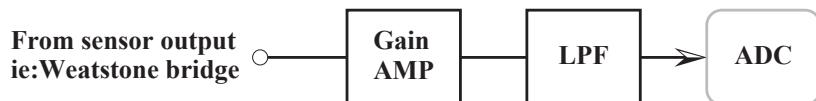
Step4:LPF も加えて配置配線

※：ページは機能を示したものであり、回路図、文章部、下部の図に相互互換性はありません。

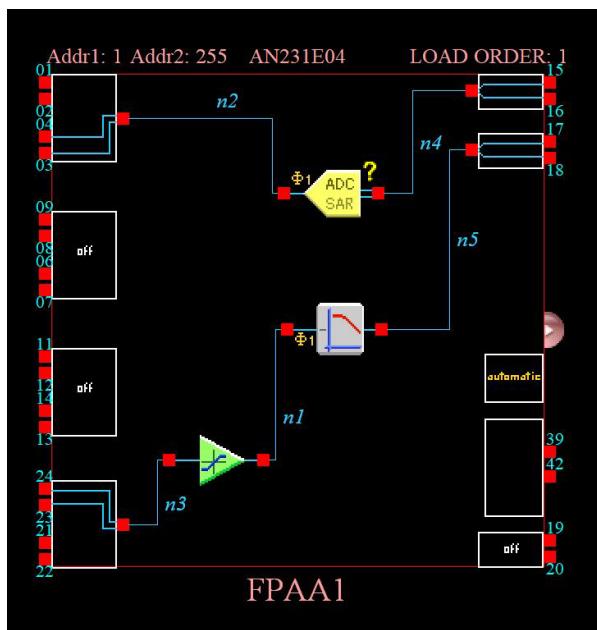
設計例2：ブリッジセンサー+計装アンプ+LPF

設計のポイント：

- ・励振安定：リファレンス追従や低ドリフトで供給変動を抑制。
 - ・ゲイン：50~500程度を可変化しゼロ点 / スパンを校正。
 - ・LPF：帯域外ノイズ（電源ハム・機械振動）を抑制



図：回路構成例



設計例 3：容量センサー用 AC 励振 + 検波

設計のポイント：

- ・励振周波数：商用周波数 50/60Hz 帯を避け、温度ドリフトの少ない帯域へ
- ・差動参照：リファレンス経路で環境変動をキャンセルする。
- ・動的再構成：測定対象に応じてフィルタ次数やしきい値を切り替える機能。



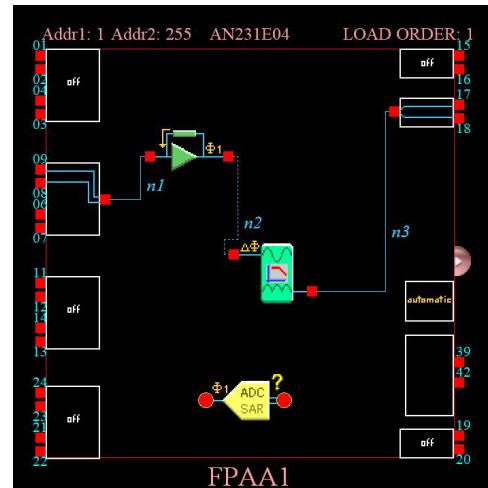
図：回路構成例

アナログ設計の要点

- ・低ノイズ・低バイアス：
微小信号計測では内部雑音と入力バイアス電流が誤差源。適切なオペアンプ選定が不可欠です。
- ・アンチエイリアスと帯域設計：
センサーの有効帯域に合わせて LPF を設定し、外来ノイズや折返しを抑える。FPGA なら次数や f_c を即座に変更可能。
- ・温度・ドリフト補償：
オフセット・ゲイン・励振の温度依存を見越して、FPGA の可変ブロックでゼロ・スパンの再校正ルーチンを用意。
- ・時分割再構成の活用：
同じ光センサーでも用途ごとに増幅・しきい値・フィルタを切替えることで、複数事象の検出を单一装置で実現

まとめ

FPGA は「電圧 / 電流 / 抵抗 / 容量」すべてに汎用対応できるセンサーフロントエンドを動的に構成できます。ユニバーサル・センサーノードの設計事例では、レンジ・フィルタ・しきい値をソフトから切替し、複数事象検出や多様センサーの一括対応を達成しています。



※: ページは機能を示したものであり、回路図、文章部、下部の図に相互互換性はありません。