

## 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 で可変しゼロ点 / 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ンネル（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  $\pm 2.75$  V、電流数  $\mu\text{A}$ ～数百  $\mu\text{A}$ 、容量 10-500 pF、抵抗数十  $\Omega$ ～数 k $\Omega$  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。

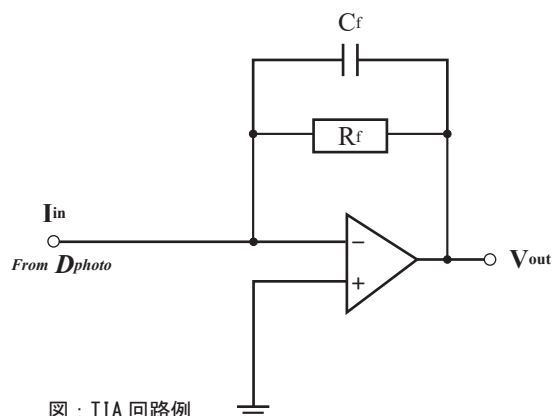
## 設計例 1：フォトダイオード用 TIA+LPF

設計のポイント：

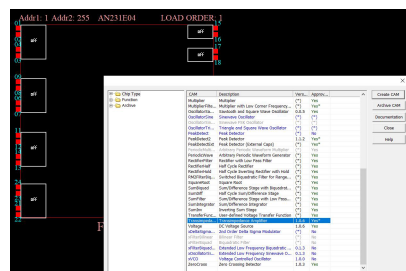
- ・  $R_f/C_f$ ：感度と安定度のトレードオフ。ダイオード容量と  $C_f$  でゼロ / 極を合わせて発振を回避。
- ・ ノイズ：低電圧ノイズ・低電流ノイズのアンプを選定。
- ・ 再構成： $R_f/C_f$  を SC ブロックに置換すればレンジをソフトで切替

※：TIA (*Trans Impedance Amplifier*)：

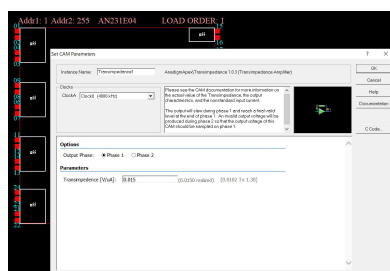
オペアンプを用いて電流を電圧に変換する変換器で、電圧よりも電流の方がより線形に近い応答を示すセンサーに用いられる。フォトダイオードの場合、多様な入力光に対する電流の応答の非線形性が 1% 以下であることも珍しくない。トランスインピーダンスアンプはフォトダイオードに対して低インピーダンスとして振る舞い、フォトダイオードをオペアンプの出力電圧から絶縁する。



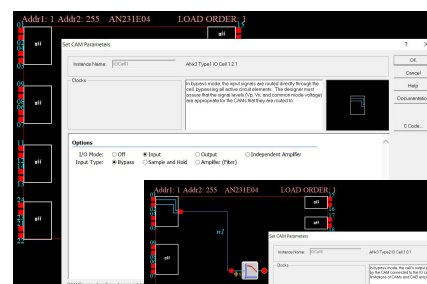
図：TIA 回路例



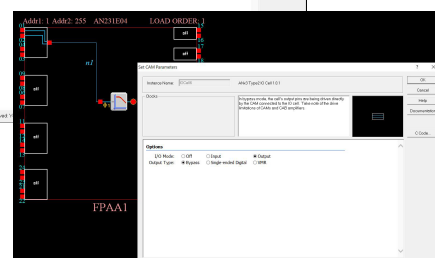
Step1: フィルター種類を選ぶ (TIA)



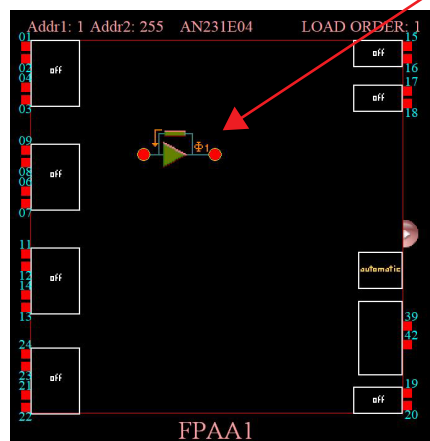
Step2: フィルター詳細設定



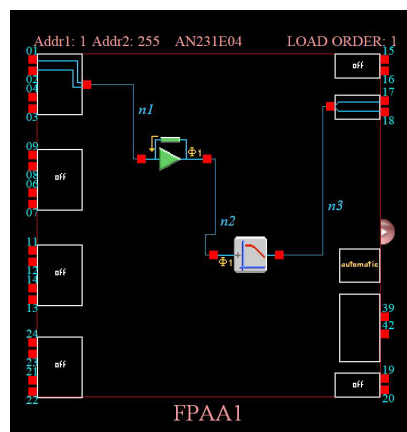
Step3: 使用する I/O の定義



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。

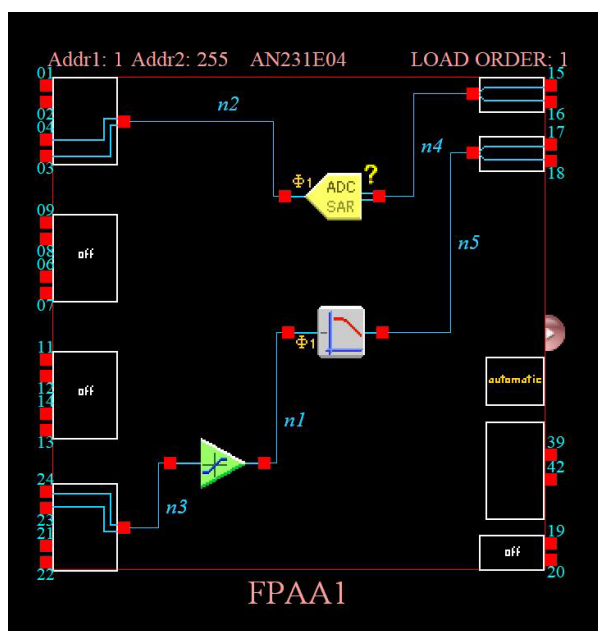
## 設計例 2：ブリッジセンサー＋計装アンプ＋LPF

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



※：ページは機能例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 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：
 

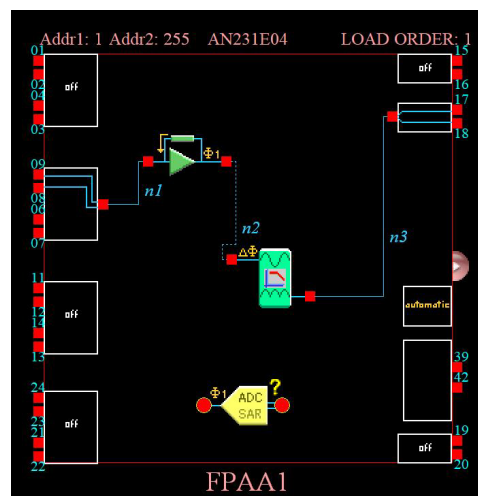
センサーの有効帯域に合わせて LPF を設定し、外来ノイズや折返しを抑える。FPAA なら次数や  $f_c$  を即座に変更可能。
- ・ 温度・ドリフト補償：
 

オフセット・ゲイン・励振の温度依存を見越して、FPAA 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、複数事象の検出を単一装置で実現

### まとめ

FPAA 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。