

## PID (Proportional-Integral-Derivative) 制御

制御工学におけるフィードバック制御の一種です。出力値と目標値との偏差、その積分、および微分の3つの要素によって、入力値の制御を行う方法であります。過去の実績や技術者の経験則の蓄積により調整を行いやすいため、産業界では主力の制御手法であると言われています。

FPAA による PID 構成は「比例ゲイン+積分器+微分器+加算器」をセルで構成し、ゲイン・時定数を後工程でも、ソフトウェア上で可変化できるのが最大の強みです。PID のチューニングは現場で繰り返すのが常なので、FPAA の再構成性が非常に有効に働きます。

## FPAA においての実装ポイント

- ・ゲインセル (Proportion/Gain):

P, I, D の強度をソフトで可変化できます。現場でチューニング可能になります。

- ・積分器 (Integrator):

漏れ抵抗 (R<sub>leak</sub>) を並列に入れて「不完全積分器」にし、ドリフトや飽和を防止します。

- ・微分器 (Differentiator):

高周波ノイズを増幅しやすいので、微分器に小さな LPF (RC) を追加して安定化させます。

- ・加算 (Adder):

サミングアンプセルで3要素を合成。FPAA なら複数入力を簡単にまとめられます。

- ・アンチwindアップ (Anti-Windup):

出力が飽和したら積分器を一時停止 (スイッチで放電) する仕組みを入れると安定します。

## 応用分野

- ・モータ制御:

FPAA でアナログ PID を組み、MCU に渡す前処理として利用。

- ・温度制御:

センサー信号を FPAA で PID 処理し、ヒータや冷却ファンを駆動。

- ・ロボット制御:

ニューロモルフィック回路と組み合わせて、アナログで自然なフィードバックを生成。

## 1. PID の基本形とアナログ回路ブロック

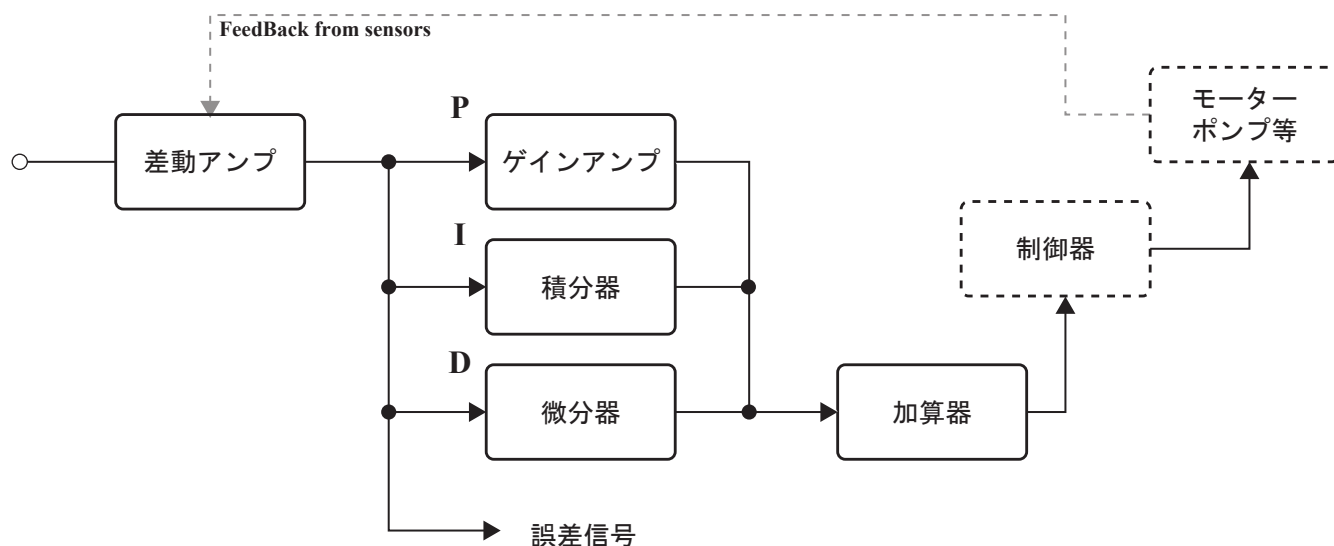
連続時間の標準 PID は

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

で表されます。FPAA 上ではこれを

- ・ P: ゲインアンプ      誤差に比例した出力。「FPAA のゲインセル」で簡単に調整可能。
- ・ I: 積分器 (1/s)      誤差を時間積分。「FPAA の積分器セル」+漏れ抵抗で安定化。
- ・ D: 微分器 (s/LPF 付き)      誤差の変化率を検出。「FPAA の微分器セル」+小 LPF でノイズ抑制。
- ・ 加算器      サミングアンプセルで 3 要素を合成。

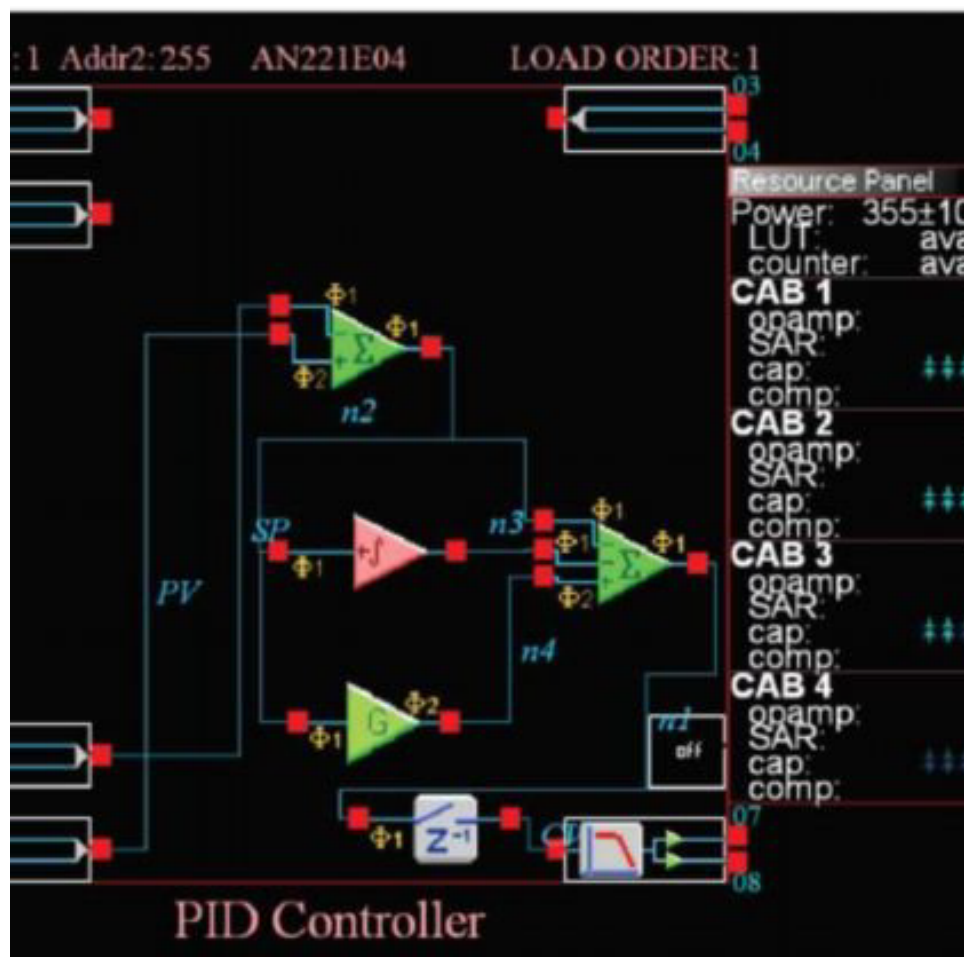
のブロックで構成します。



図：回路イメージ

## Advantage

FPAA で PID を組むと、比例・積分・微分の各ブロックを柔軟に再構成できるため、チューニングが容易で試作や研究に最適です。モータや温度制御などの分野で、アナログ前処理+PID を FPAA にまとめることで、応答性と開発効率を大幅に向上できます。



FPAA の GUI ツール (AnadigmDesigner®2) では、このようなブロックをドラッグ&ドロップで配置し、パラメータを設定することで回路図を構成できます。

この図を参考に、実際に FPAA で PID を組む際はゲイン調整 ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) を行いながら、対象システム（液面やモータ）の応答を確認してチューニングしていきます。

詳細は [www.okikadevices.com](http://www.okikadevices.com) をご覧いただくか、Okika Devices テクニカルサポートまでメールでお問い合わせください。 [contact@okikadevices.com](mailto:contact@okikadevices.com)