

# FPGAでは構成できない任意のアナログ回路を1チップに analogramを使った発振回路の設計と 実波形観測

桑野 雅彦 Masahiko Kuwano

OPアンプや抵抗・コンデンサを内蔵し、これらを使ったアナログ回路をIC内部で自在に構成できるプログラマブル・アナログIC “analogram”が登場しました。他にも似たような製品が幾つかありますが、analogramはよりグラニュアリティ（粒度）が小さいのが特徴です。ここではanalogramを使って実際に発振回路を設計し、出力信号波形をオシロスコープで観測してみます。

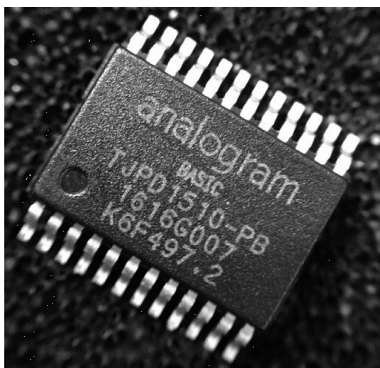


写真1 任意のアナログ回路を構成できる analogram

## 1 プログラマブル・アナログICの いろいろ

### ● アナログ回路をFPGAのように扱えるIC

analogram（東芝情報システム）を一言で言えば、プログラマブルなアナログFPGAということになるでしょう（写真1）。

FPGAは小さな演算ブロックを敷き詰めて、その間に配線領域を配置しています。演算ブロックと配線の間や、配線と配線の間にはスイッチのようなものがあって、このスイッチのON/OFF状態を設定することで、大量の演算ブロックの相互接続関係を自由に変更できるようにしています。この仕組みによって、ユーザ自身がさまざまな論理回路を作りこむことができるわけです。

analogramはFPGAのように、ユーザ自身が内部をコンフィグレーションすることができるアナログICです。このようなICのことを、「プログラマブル・アナログIC」と呼ぶことにします。

### ● 各社のプログラマブル・アナログIC

マイコンなどのデジタル回路と、OPアンプやコンパレータを混載した製品が比較的好く見られるのに対し、analogramのような、プログラマブルなアナロ

グICはあまりなじみのないのではないかと思います。しかし実は、こうした製品のアイデア自体はそれほど新しいものではありません。

例えば、1997年にはMotorora社（Freerscale社に分社化しNXP Semiconductors社を経て2016年10月にQualcomm社が買収を発表）が、Field Programmable Analog Array（以下FPAA）という製品を出しています（現在はAnadigm社が製品を提供している）。

もう少し新しい製品としては、Cypress Semiconductor社のPSoC1も挙げることができるでしょう。これはアナログ演算回路とデジタル回路、マイコンをワンチップ化したものです。またActel社（現Microsemi社）がFusion Mixed-Signal FPGAやSmartFusionという製品を、さらにルネサスエレクトロニクス社はSmartAnalogと呼ばれる製品をリリースしています。

### ● プログラマブル・アナログICの内部構成方式

これらのプログラマブル・アナログICは、いずれもユーザが動作を組み替えることができるアナログ回路ICという点では同じように思えますが、その基本設計は大きく異なります。

主だったプログラマブル・アナログICを内部構成によって分類すると次のようになります。

- 第1の方式：スイッチト・キャパシタによる回路の組み合わせ
- 第2の方式：アナログ機能ブロック（増幅・フィルタなど）の組み合わせ
- 第3の方式：単機能アナログ（増幅・コンパレータなど）とデジタル演算の組み合わせ
- 第4の方式：アナログ基本素子（OPアンプ・抵抗・コンデンサなど）の組み合わせ

それぞれの方式の考え方を図1に、簡単に機能面から特徴を比較したものを表1に示します。

### ● 第1の方式：スイッチト・キャパシタ回路の組み合わせ

FPAAやPSoC1などはスイッチト・キャパシタを利用して、スイッチト・キャパシタの考え方は