

オーディオ信号処理で学ぶ DSP

第1回 DSPでループバックとカラオケを作ろう

堀江 誠一

信号処理の用途で多くのDSPが使われている。DSPには使いこなすのが難しいというイメージがあるが、近年ではRISCマイコン並みの使い勝手で、DSPの高い性能を利用できる。本連載では、DSPを使った気楽な開発手法について解説する。連載第1回は、ASICやFPGAなどによる信号処理を紹介した後、DSPによる信号処理や最近の開発手法の動向を説明する。最後に、フレームワークを改造してTalkThrough(ループバック)とKaraokeを作る。いずれもプログラムの変更は2行のみである。(筆者)

DSP(Digital Signal Processor)が世に出てから、4半世紀以上が経過しました。その間、DSPは音声処理やモデム、携帯電話、モータ制御、電源制御など、広い範囲に応用を広げてきました。

しかしDSPが普及している現在でも、残念ながらDSPに対して、いまひとつとつきにくい印象があります。筆者なりにその理由を考えてみると、どうも使う側に「DSPを使うには小難しい理論を勉強しなければならない」という先入観があるようです。

そこでこの連載では、DSPを使った“気楽な”信号処理を紹介することにします。4半世紀の間にDSPの集積度は1,000倍になっています。また、パソコン上で開発環境を気楽に使えるようになりました。こういった進歩のおかげで、DSPを使ううえでのハードルはどんどん下がっています。せっかくデバイスが使いやすくなってきたのですから、肩ひじを張らずに楽しんでみようというわけです。

信号処理の理論については、CQ出版社をはじめとする各社から良い教科書が多数出版されています。理論についてはそちらに任せるとして、この連載では実装技術を中心に解説します。また、時折Scilabを使って設計したフィルタを実装するなどの応用も手がけてみます。記事の内容としてはあまり理論やハードウェアに深入りせず、DSPを使ううえでの勘所のようなものを、例を挙げながら説明していきます。

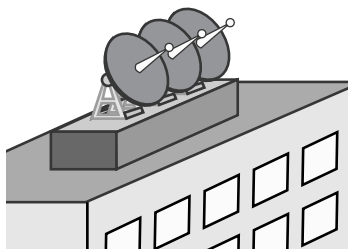


図1
FPGAによる信号処理



1. いろいろなDSP

「信号処理」と「信号処理装置」

さて、今回は第1回ということで、DSPについてざっとおさらいしておきましょう。DSPという言葉は、多くの場合、二つの意味のいずれかで使われます。

- 信号処理を表す Digital Signal Processing
- 信号処理装置を表す Digital Signal Processor

いずれも正しい使い方です。しかし、これでは紛らわしいので、この連載では処理装置であるProcessorをDSPと呼び、Processingの方は信号処理と書くことにします。これで略語があいまいな点についてはすっきりします。ところがまだ、問題があります。Digital Signal Processorだけを見ても、マイコンのようにソフトウェアを実行する形式のものや、ハードウェアだけで処理する形式のものなど、多種多様なものが存在するのです。

FPGAにより演算処理の高性能化を追求する

DSPの構成として最近よく目にするのは、FPGA(Field Programmable Gate Array)を使って強力な演算装置を実装するケースです(図1)。特に大学などの研究機関が作る装置では、このような例をよく見かけます。必要な回路だ

利点

- 高集積品から低価格品までそろっている
- HDLですみずみまで書くので移植が簡単
- 並列動作が得意
- ピンの利用は自由

欠点

- 複雑なシークエンシャル処理が苦手
- ハードウェアの検証はユーザの責任

使用例

- カスタム信号処理回路
- 産業用、医療用など

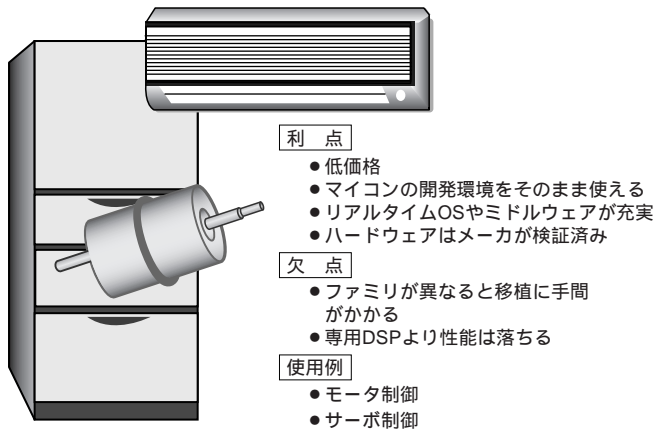


図2 DSP マイコンによる信号処理

け実装すればよいので無駄が少ないこと、大規模な並列性を比較的容易に手にできること、VHDL などの高級言語でハードウェアを記述できる人が増えたこと、などがその理由でしょう。コスト削減よりも性能が求められる場面でよく取られる手法で、出来上がったシステムは非常に大規模かつ高性能です。

このように大規模な回路でありながら、FPGA を使った回路はある程度の柔軟性を持っているのが特徴です。例えば携帯電話の基地局では大規模な高速信号処理を行います。そういった場面では FPGA が使われることがあります。ご存じのように携帯電話の規格はビジネス上の理由でアップグレードされていきます。そういった場合でも FPGA を用いた回路はある範囲内で規格の変更に追従できます。柔軟性は後述する ASIC (Application Specific Integrated Circuit) にはない特徴で、速度と柔軟性のある程度両立できる点が FPGA を使って実装された DSP の大きな強みです。

RISC マイコンに DSP 機能を追加して手軽に使う一方、価格の安い方を見てみると、汎用 RISC (Reduced Instruction Set Computer) マイコンに信号処理機能を追加した DSP マイコンがあります (図 2)。これはある種のモータ制御など、ちょっとした信号処理の要求に応えるために開発されたもので、低価格汎用 RISC でありながら RISC よりちょっと高速な信号処理を行うことができます。土台となる RISC プロセッサが、そもそも信号処理を目指していないことから、性能はそこそこです。しかし、使い慣れた RISC マイコンのファミリに、より高速な信号処理機能を持った品種が存在するというのがみそです。従って



図3 ASIC による信号処理

この手の RISC マイコンでは、RISC に慣れたユーザがステップアップして使用する例を見かけます。DSP マイコンはチップの価格よりもツールの導入まで含めたシステム・コストや開発コストが低いのが魅力です。

ASIC による信号処理でコストダウンを追及する性能の高さとコストの低さが求められる民生用の機器では、ASIC による DSP も多く使われています (図 3)。

この手の IC のうち、現在、身近でもっとも活躍しているのはデジタル・カメラ (以降デジカメ) の信号処理装置です。数百万ピクセルの撮像装置を持つデジカメは、連写時には 1 秒間に 1,000 万ピクセルを超えるデータに対して色空間の変換、ノイズの除去、エッジの強調、明るさの調整などを行いつつ、JPEG 圧縮を行わなければなりません。そのうえでオート・フォーカスの制御や手振れ補正まで行うのですから、デジカメは信号処理の塊といえます。

デジカメは当初から激しい競争の中で製品が開発されており、各社とも独自の技術で ASIC を開発して信号処理を行っています。デジカメは大量生産が見込める製品なので、同じハードウェアによる信号処理である FPGA よりもコストを下げられる ASIC の方が有利です。

性能と価格面で中間に位置する汎用 DSP

さて、性能と価格の両端を眺めてみましたが、FPGA、DSP マイコン、ASIC のちょうど中間に位置するのが、汎用 DSP です。汎用 DSP の強みは、性能、汎用性、コストが高い水準でバランスがとれている点です (図 4)。例えば、工業用の中規模生産の場合、DSP マイコンでは性能が足りず、FPGA では高すぎ、かといって ASIC を起こすことはできないといった局面に頻繁に出会います。そういった