

システム LSI 設計, 「演算回路」で差を付ける!

——実装段階での問題点を見極めて、
高性能な回路を作る

森岡澄夫

システム LSI (SOC : system on a chip) を開発する上で、演算回路設計は避けて通れません。その理由は二つあります。一つは、デジタル家電など、システム LSI が重点的に使われる機器では、画像処理や音声処理、エラー訂正処理などが数多く行われるからです。これらの処理には複雑な算術演算が使われます。もう一つは、実用レベルの演算回路では、処理がどんどん複雑かつ高性能になってきているからです。実用的な性能を引き出すには「ハードウェアに適した演算アルゴリズム」などを使う必要があります。本稿では、数式を回路に実装する際の問題点を説明します。(著者)

「演算回路設計」と聞いて思い浮かべる対象は、人によってさまざまでしょう。従来は、加算器や乗算器といった「演算器」の論理設計(ゲート・レベル設計)を指す場合が多かったのではないかと思います。また、論理合成などの EDA ツールが進歩した昨今では、「そのような知識はもう不要ではないか」というのも、一つの考え方です注1。

1 今こそ「演算回路設計」を学ぶとき

しかし現在、多くの演算が組み合わされた高度な処理をどうやって回路化するか、というテーマに対する関心がかつてないほど高まっています。そのような回路を EDA ツール(設計自動化ツール)に 100% 任せきって自動設計するようなことはできず、さまざまな人知が必要です。すなわち、演算回路設計は決して過去の話などではなく、今も将来もホットであり続ける「デジタル回路設計の要」だと言えます。

本稿では、ある程度まとまった機能を持つ演算回路、つまりデータ処理 IP コアを対象とし、その設計にあたっての問題点やベースとなる考え方を説明します。もっとも、演算回路設計は今になって突然必要になってきたわけではありません(図1)。昔はこれが「システム設計」と呼ばれており、今と同じように重要な事柄でした。違うのは、昔はリーダ格のエンジニアだけが考えていれば済んだのに、今はずっと多くのエンジニアがかかわらざるを得なくなったことです。

それでは、演算回路設計を知る必要性について、もう少し詳しく説明していきます。

● 必要性 1 : ほとんどの SOC に組み込まれている

まず、演算回路は現在設計されているシステム LSI のほとんどに組み込まれているからです。システム LSI の代表的な用途の一つに家電製品があります。例えば、携帯電話やデジタル・カメラ、DVD レコーダといった製品の機能を思い出せばすぐに想像できる通り、画像処理(2次元/3次

注1: 筆者は、実設計では加算器や乗算器を“+”、“×”となるべく高い抽象度で書き、ゲート・レベルで記述する(あるいはハード・コードする)のは必要な場所に限る、というスタンスをとっている。しかし「演算器の論理設計の知識はもう不要だ」とは今のところ考えていない。RTL(register transfer level)とゲート・レベルでは、回路構造の考え方はかなり共通しているし、ツールでサポートされていない関数を作らうとすると(こういうケースは頻繁にある)、どうしても論理設計の知識が必要になる。

KeyWord

システム LSI, SOC, 演算回路, ゲート・レベル, RTL, ビヘイビア・レベル, DSP, 牧本ウェーブ, リードソロモン符号, RSA 暗号, FFT

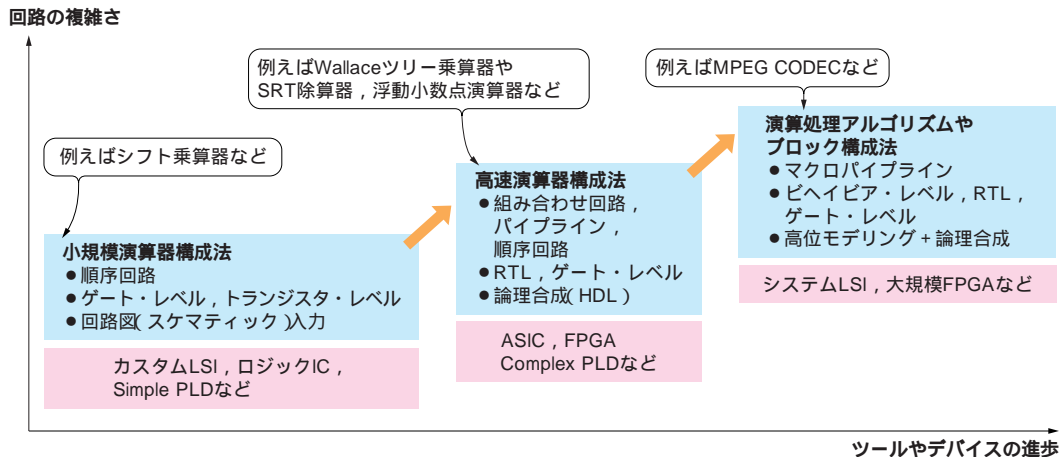


図1 演算回路設計において注目が集まるテーマの移り変わり

デバイスおよびEDAツールの能力向上によって、世間の関心は上位設計へ移っている。しかし、こと演算回路設計については、アルゴリズムや回路ブロック構成の重要性は今に始まったことではないし、ゲート・レベルでの演算器設計も不要になったわけではない。

元グラフィックス処理)や音声処理、データ圧縮・伸張処理、エラー訂正処理、暗号処理などが製品内部のシステムLSIには搭載されています(図2)。

いうまでもなく、こうした処理を行う回路では専門性の高い算術演算が実行されます。例えば、行列計算、データ領域変換、相関計算、距離計算など複雑な計算が行われます。さらにその内部では整数の四則演算はもちろん、多ビット長演算、固定小数点演算、浮動小数点演算、あるいは特殊な数体系上での演算が数多く使われます。

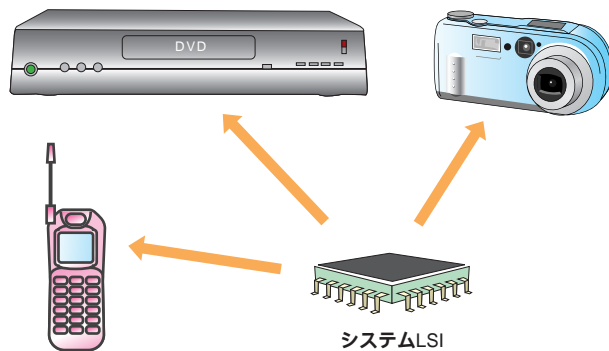


図2 ほとんどのシステムLSIで演算回路が使われる

システムLSIの代表的な用途は家電製品であるが、そこでは画像処理や音声処理などの高度なデータ処理が行われる。そのようなデータ処理は複雑な演算回路で実行される。

● 必要性2：自前で作らなければならない場合が多い

次に、こうしたシステムLSIで使われる演算回路は、しばしば自前で作らなければならないからです。

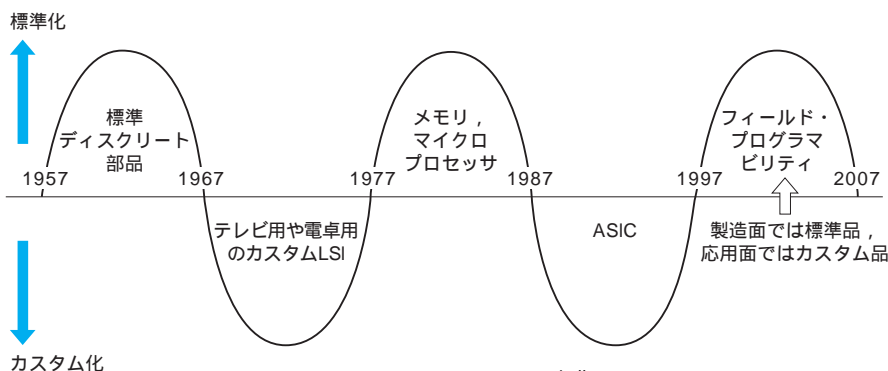
「通常、システムLSIにはCPUが搭載されているのだから、それほど複雑な処理が必要ならば、わざわざハードウェアを作らずに、ソフトウェアで処理すればよいのではないか？」という設計思想は、もちろん、間違いではありません。実際にそのようなシステムも多くあります。

ただし家電製品などでは、高性能であることが要求され

る演算処理については、専用ハードウェアで実装する傾向が顕著です(本稿でいう「高性能」とは、高速ということに限らず、回路規模が小さいことや消費電力が低いといったことも指す)。例えば携帯機器のように、限られた動作周波数や電源容量のもとで高解像度の画像を処理しようとす

図3 時代が移り変わっても「高性能処理は専用ハードウェア」

半導体設計では、「専用ハードウェアを組むのが大変なのでプロセッサや共通プラットフォームなどが流行する」「設計手法やデバイスが進歩すると差異化のための専用ハードウェアが流行する」と、時代傾向が10年程度で循環している(図は有名な牧本ウェーブ)。しかし、「本当に高性能な処理はハードウェアで」という根底はずっと変わっていない。



出典：Electronics Weekly, Jan.1991