

「設計技術」のおもしろさ



若 者

谷 口 一 徹*

“Design technology” changes your philosophy

Key Words : VLSI design technology CAD EDA

私の専門はVLSI設計技術である。VLSI設計者がVLSIそのものの設計を生業とするならば、VLSI設計技術者（CAD技術者）はそのような設計者が使用する使いやすいツールを実現するための技術開発を生業とする。VLSI設計技術は、新しい設計方法を提案することまで含む、設計者にとってはある意味お節介な技術とも言えるだろう。本稿ではVLSI設計技術がどのようなものなのかを解説しつつ、最近広がりつつある応用や分野の最新動向について紹介したいと思う。

半導体微細加工技術の進歩につれて1つのチップに搭載できる回路規模は増大しつつある。ムーアの法則によれば1年半で集積度は2倍になると言われている。そのような加工技術を最大限に生かすのであれば、設計すべき対象の回路規模は1年半で2倍になり、ひいては設計者の仕事量も1年半で2倍になることを意味している。常識的な増え方であれば設計者も努力の余地があるかも知れないが、1年半ごとに2倍という指数的な増え方になるとはお手上げである。このような問題に対する選択肢は2つある。1つは微細加工技術の進歩に付いていくことを諦めること。もう1つは設計者が設計する際の効

率を劇的に上げてその進歩に付いていくことである。VLSI設計技術はもちろん後者の立場で、設計規模の増大を始め、設計対象（アプリケーション）の複雑化、厳しい設計制約（低消費電力化など）など設計者が直面する問題を解決することを目的とする。

VLSI設計技術は抽象化とクラスタ化を繰り返してきた。古くはLSI製造時のマスクパターンそのものの設計から始まり、微細化により規模が増大し設計が困難になってくると抽象化を行った。すなわち、設計対象がマスクパターン（どのような回路パターンを作成すれば良いか）ではなく、より抽象的なトランジスタモデルでの回路設計（どのような回路を作成すれば良いか）に置き換わった。そして、抽象化されたトランジスタモデルをまとめて回路を表現し（クラスタ化）、設計者がそれを設計することで従来扱うことが困難だった規模の回路までを設計することが可能となった。加えて、設計されたトランジスタモデルの回路から自動でマスクパターンを生成することで効率化を達成した。

トランジスタモデルからゲートレベルモデルも同様である。トランジスタではなく1と0の論理ゲートで設計を行うことで設計の効率化が進んできた。そして、ゲートレベルの回路設計が困難になると、回路設計そのものが、構造の設計から動作の設計に大きく転換した。すなわち、設計者の仕事であった使用する素子及びその接続の決定や処理するタイミングの決定を全て自動化したのである。これにより設計者は本来実現したい処理（動作）に集中することができ、そのような動作を実現する回路を自動的に生成することで設計効率は更に良くなった。

これらの抽象化やクラスタ化を含むVLSI設計技術のエッセンスは「モデリング」、「シミュレーション」、「合成」、「最適化」の4つに分けて考えられる。いずれも極めて一般的な用語であるが、VLSI設計



* Ittetsu TANIGUCHI

1981年12月生
大阪大学 大学院情報科学研究科 情報システム工学専攻 博士後期課程修了 (2009年)

現在、大阪大学 大学院情報科学研究科 情報システム工学専攻 情報システム構成学講座 准教授 博士 (情報科学)
VLSI設計技術、システムレベル設計方法論

TEL : 06-6879-4526

FAX : 06-6879-4529

E-mail : i-tanigu@ist.osaka-u.ac.jp

技術においては次のように考えることができる。モデリングとは設計対象をある定められた記法に則って記述することである。回路図や状態遷移図、シーケンス図や微分方程式など、設計者が表現したいものに集中して適切な記法が選択される。シミュレーションとはモデルを仮想的に（計算機上で）実行することである。回路シミュレーションや論理シミュレーションなどがそれにあたる。設計者はシミュレーションにより必要な性能が得られているか評価したり、正しい出力が得られているかを検証したりする。合成とは、ある抽象度のモデルをより詳細な抽象度のモデルに変換することを意味する。例えば、先の例で述べた回路動作から所望の回路を生成する技術は高位合成と呼ばれており、昨今の普及しつつある技術の1つである。先に述べたように、設計規模の増大を克服し設計効率を上げるために、設計対象の抽象化を行う。すなわち、合成では、抽象化により削り落とした詳細な情報を自動的に決定しモデルに付加する。最後に最適化とは、あるモデルを評価指標の値がより良いモデルに変換することを表す。例えば、論理回路であれば論理最小化、並列化、低消費電力化など回路やシステムをより良くする技術と言える。昨今のVLSI設計技術ではデバイスレベルから回路、アーキテクチャ、さらにはハードウェアとソフトウェアから構成されるシステムに至るまでを対象としている。そして、それぞれの抽象度における最適化技術やシミュレーション技術、そして高位の抽象度から詳細な設計を決定していく合成技術など、先に述べたエッセンスを組み合わせる1つの設計フローが構成される。このように、VLSI設計技術はこのようにデバイスや回路という電子工学分野からコンピュータアーキテクチャからソフトウェアに至る情報工学分野までの幅広い分野を対象とする。

さて、VLSI設計技術は新しい設計方法を開発するのが目的であると述べたが、予想に反して(?)意外と奥深い。VLSI設計技術に関する国際会議の対象分野を眺めると実に興味深いことが分かる。VLSI設計に直接的に関係する分野はもちろん健在であるが、それ以上にどんどんと他分野を巻き込んで発展を続けている。

バイオチップはVLSI設計技術の恩恵を受けてい

る1つであろう。バイオチップとは生化学の実験を行うチップである。Laboratory-on-Chipの頭文字を取ってLoCとも呼ばれている。VLSI設計技術で近年注目されているのは「ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)」と呼ばれる特定のDNAの断片を選択的に増幅させる実験をチップ上で実現するバイオチップの設計自動化である。特定の処理(例えば画像処理や通信処理)を行うVLSIを設計するための技術を、特定の生化学実験(PCRサイクル)を実現するようなバイオチップの設計に応用したのである。ここでPCRサイクルとは反応液の加熱や冷却、特定温度での保持を繰り返すサイクルのことで、行いたい実験によりそのサイクルは異なる。PCRサイクルは通常非常に単純なので卓上の装置で行われるのが一般的である。このようなバイオチップはVLSIと同様、小型であればあるほど良いと言われている。小型のバイオチップであれば、卓上の装置で実験を行う際に比べて必要な溶液が非常に少なく済むという利点がある。例えば、人の血液の検査をする際に必要量が少なく済むことは採血の量に直接反映される。また、高価な試薬も少量で済むというメリットもある。

バイオチップには加熱を行うヒーターや複数の反応液を混合するミキサーなどさまざまな部品があり、どのような部品を何個配置するか、それらをどのように接続するか、それらの部品をどのように使用するか、などを決定する必要がある。また、回路の制御信号と同様に溶液の制御を行うバルブも現実的な規模で1000個弱あると言われており、それらの制御の決定も重要である。ここで、もし温度設定や保持時間を間違えると所望のDNAを増幅することが出来ず処理は失敗となる。このように、バイオチップの設計においてもVLSI設計に極めてよく似た問題を解決する必要があり、VLSI設計技術の知見が大いに生かされている。

その他にも、コンピュータアーキテクチャ分野でメニーコアプロセッサが登場すれば、そのようなプロセッサを含むシステムを対象とした設計技術が話題となる。新しいLSI製造技術が登場すればそれ用のマスク設計に関する研究が話題となる。消費電力に関する問題は常にホットトピックで、さまざまな対象において如何に低消費電力なシステムを実現するかは常に注目の的である。最近話題の機械学習に

についても、機械学習の処理自身を高速化するハードウェアに関する研究から、機械学習を用いて設計そのものを自動化しようという研究もされている。

今日、人工知能技術の台頭により、将来の人間の仕事が奪われるのでは無いかと危惧されている。VLSI設計技術はある意味「設計者（人間）の仕事を奪う技術」の1つとして考えられるだろう。しかし、その背景には設計者が直面してきた課題の複雑化や増大があり、設計者の仕事がなくなった訳ではなく、仕事の中身が変化したに過ぎない。昨今の状況もこれに似ているのでは無いだろうか。少子高齢化や環境問題、エネルギー問題や食糧問題など、我々人類が直面する課題は複雑化している。このような時代の大きな変わり目に必要とされることは、人工

知能などの最先端の技術を積極的に活用し、異分野間の連携を進めることであると良く言われる。超スマート社会という言葉に見られるように、情報技術をさまざまな分野に応用する事で社会をより豊かに発展させることができる。このとき、VLSI設計技術者の目から見ると、異分野間の連携はもともとVLSI設計技術が得意とする所であるとも言える。デバイスと回路の間のギャップを埋め、回路とコンピュータアーキテクチャの間のギャップを埋め、そして、ハードウェアとソフトウェアの間のギャップを埋め、全体最適なVLSI、ひいては電子システムの設計を強くサポートしてきた。このような研究分野を生業とする一研究者として、我々の生活をより豊かにするためにこれからも貢献していきたいと考えている。

