

グリーン IT を実現する超低電力化フラット LSI 自動設計技術の創生

研究代表者

戸川 望 早稲田大学理工学術院



1. 研究の背景と達成目標

現在、1つの集積回路（LSI）チップが消費する電力は最大で数 10W～100W 以上にも達し、LSI の低エネルギー化ならびに熱問題は喫緊の課題である。本研究では、集積回路の超低エネルギー化ならびに発熱問題に対応するため、集積回路設計技術において、これまでにない逆転の発想から、LSI 内部構成要素の結び付きを【抽象化】し、さらにこの LSI モデルに基づきアルゴリズム開発を実現する、その結果として、超低電力化フラット LSI 自動設計技術を創生する。

本研究成果により、集積回路設計技術によって 10%以上の表面温度削減や、消費電力を 1/2 以下にするなど極低消費電力化を実現し、グリーン IT の実現に大きく寄与することをねらいとする。

2. 主な研究成果と社会、学術へのインパクト

- ① 分散レジスタ型抽象アーキテクチャを構築した。
- ② ①に対し、電源制御により 35%を超える低電力化を実現した。
- ③ ①・②に対し、クロック制御により 50%を超える低電力化を実現した。
- ④ 上記①～③により、10%以上の表面温度削減を達成した。

上記①～④は、計算機による LSI 自動設計技術に大きな技術革新をもたらすものであり、現在、米国の EDA ベンダに大きく遅れをとっている我が国の LSI 自動設計技術に対して、大きな成果を与え得るものであると考える。

3. 研究成果

本研究の成果は、上述の【1.主な研究成果と社会、学術へのインパクト】にある①～④に集約される：

① 分散レジスタ型抽象アーキテクチャの構築

一般に LSI 内部は 3 要素—機能要素（演算器や、その集合となる機能モジュール）、記憶要素（メモリ・レジスタ群）、制御要素—から構成されるが、これらはチップ内に自由に存在できる。従来この【自由】こそが最大の利点であり LSI 性能の向上や低電力化に寄与すると考えられて来た。本研究では、ここに逆転の発想を持ち込み、これらの間に少しの「不自由」の導入を提案した。即ち、これらの間の結び付きを抽象化し、島の集合から構成される分散レジスタ型抽象アーキテクチャを提案した（図 1）：

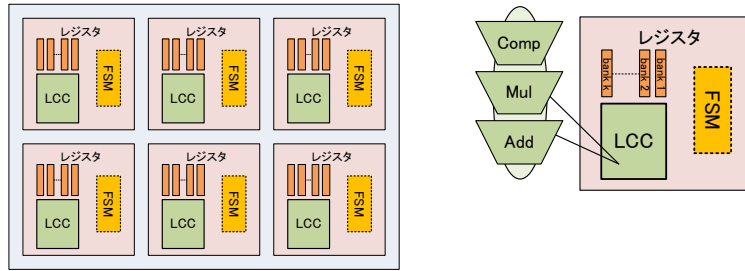


図1：本研究による分散レジスタ型抽象アーキテクチャモデル。

②～④ ①に対し、電源制御・クロック制御により50%を超える低電力化の実現、10%以上の表面温度削減：
 ①で提案した分散レジスタ型抽象アーキテクチャモデルをベースに、電源制御ならびにクロック制御を実現する超低電力化フラット LSI 自動設計技術をアルゴリズム化し、計算機システム上に EDA ツールとして実現した。その結果、50%を超える低電力化の実現、10%以上の表面温度削減を達成した。図2に超低電力化フラット LSI 自動設計フローを示し、図3にチップ表面温度の分布を示す：

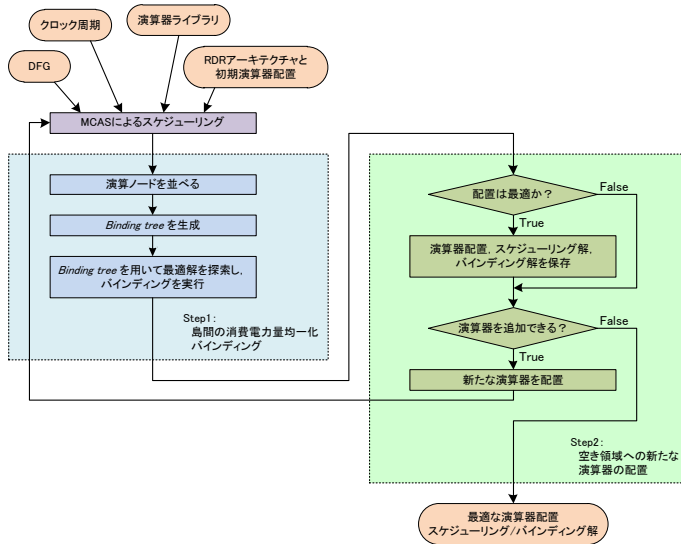


図2：超低電力化フラット LSI 自動設計技術をアルゴリズムフロー。

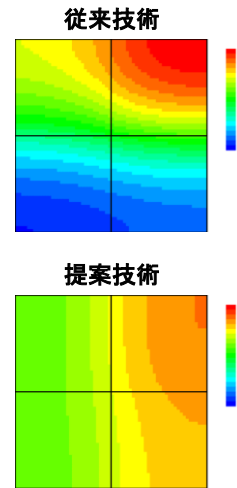


図3：チップ表面温度の分布。

4. 今後の展開

本研究で提案した超低電力化フラット LSI 自動設計技術は、これまでの LSI 設計技術に対し大きな方向性の一つを示したと考えられる。これらの技術は低電力化や発熱問題だけでなく、見方を変えると、「環境に適応しながら集積回路を永続的に動作させる」技術に直接応用することができる。今後、自然エネルギーをベースとした新たな集積システム設計の構築に取り組みたいと考えている。

5. 発表実績

- [1] Kazushi Kawamura, Sho Tanaka, Masao Yanagisawa, and Nozomu Togawa, A Partial Redundant Fault-Secure High-Level Synthesis Algorithm for RDR Architectures, 2013 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, B6P-Q, 2013.
- [2] Kazushi Kawamura, Masao Yanagisawa, and Nozomu Togawa, A Thermal-Aware High-Level Synthesis Algorithm for RDR Architectures through Binding and Allocation, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol.96, no.1, pp.312-321, Jan. 2013