

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	川内 裕文 (かわうち ひろふみ)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 958 号
○授与年月日	2013 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	大規模集積回路における高精度レジスタトランスファレベル 電力マクロモデルの構築に関する研究
○審査委員	(主査) 福井 正博 (立命館大学理工学部教授) 藤野 毅 (立命館大学理工学部教授) 富山 宏之 (立命館大学理工学部教授)

<論文の内容の要旨>

近年の LSI の大規模化、複雑化にともない、設計期間の短期間化や低消費電力化が求められるようになった。本研究では、LSI の設計生産性の向上と低消費電力設計の実現のため、設計早期における高精度な電力推定を実現するレジスタトランスファレベル電力マクロモデルの確立を目的とする。

本論文では、まず、特徴量の抽出方法に着目し、消費電力と相関性の高い特徴量の抽出方法を提案した。すなわち、これまでに考慮されていなかった回路内部に着目し、信号を入力した際の論理ゲートの動作を特徴量として抽出することで、消費電力と相関の高いパラメータを明らかにした。

ついで、既存モデルにおける消費電力推定の改善手法について提案した。まず、従来のテーブルベース手法のライブラリにおける信号特性の不均一分布を考慮し、より高精度な消費電力値を選択する手法を提案した。さらに、ライブラリに存在しない消費電力値を、局所領域フィッティングを用いた補間手法を提案した。

最後に、上述により得られた知見を活かし、これまでになかった新たな消費電力モデルを提案した。提案した等電力曲線モデルでは、入力信号特性と消費電力の関係を地図の等高線のように表現し、すべての入力信号特性を網羅することで高精度かつ高効率な電力推定方式を構築し、従来と比べ平均 3.4%、最大 56%の誤差改善を実現した。

提案した各手法の統合により、最終的に従来手法よりも高精度な電力推定を実現している。

<論文審査の結果の要旨>

本論文は以下の点について評価できる。

1. LSI 技術が進展することに伴う課題を客観的にかつ、最新のデータを用いて的確に分析し、レジスタトランスファレベル電力マクロモデルについて多角的な視点から取り組み、特徴量抽出と消費電力モデル化の要素に分類することで定式化した。
2. 特徴量抽出に関して、複数回路に対して十分な入力信号の組合せにより電力と特長パラメータの関係を明らかにし、高精度化に有効な特徴量の在り方を定義した。従来手法とは異なり回路内部に着目したゲートスイッチング確率を抽出するパラメータ **SD** を提案し、電力との相関性が非常に高い革新的な特徴量抽出方法を確立した。
3. モデル化に関して、既存モデルの構築プロセスを分解、整理することによりフローを分析し、既存モデルにおける本質的な課題を解明した。既存モデルにおいて共通する信号特性不均一分布について可視化し、幅広い視点から客観的に解決策を考案し、他分野のアイデアも取り入れることによって有効な解決手法を確立した。
4. 2つのパラメータと消費電力の関係性を深く解明し、これまでにはなかった全く新しい消費電力モデルを提案した。提案モデルは、等電力曲線によりすべての入力信号に対する特性が網羅されており、シンプルで、かつ、普遍的に高精度な電力推定が可能である。同時に従来手法よりもモデル構築時間と保持情報量を削減した。多くの実験により、本手法の有用性を客観的に示していることから、明解で革新性と実用性の高い手法を確立したと言える。

以上、現在および将来にわたって課題となるレジスタトランスファレベル電力推定における課題を的確に捉え、有効な解決手段を提供したことは、学術的、産業的に高く評価できる。

本論文の審査に関して、2014年1月31日（金）15時00分～16時00分ローム記念館5階第1会議室において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者川内裕文に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、提案モデルの有効性、普遍性、展開性などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者と本学大学院理工学研究科電子システム専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

学位申請者は、本学学位規程第18条第1項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。また、学位申請者は工学的な面においても学術的な面においても国際的に評

価される研究を行っており、2013年7月の国際会議において学位申請者が優秀論文として論文誌への推薦にノミネートされ、量的ならびに質的に優れた研究業績により後期課程2年在学での修了が適当と判断した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第18条第1項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。