

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 小松 聡

本論文は「VLSI のための高速・低消費電力符号化データ伝送方式の研究」と題し、大規模集積回路におけるバスのデータ伝送の高性能化について研究し、バス信号遷移頻度削減とデータ圧縮により高速化・低消費電力化を実現するデータ符号化アルゴリズムを提案したもので、七章より構成されている。

第一章は序論であり研究の背景と研究の目的を述べている。大規模集積回路製造技術の微細化の傾向を背景として、チップ消費電力の中でデータ転送に起因する電力消費が主要な要素となることを述べ、データ符号化による低消費電力化と高速データ転送の可能性を論じ、本研究の目的と位置づけを明らかにしている。

第二章は「適応型コード帳符号化方式による低消費電力化手法」と題し、データ伝送にともなう消費電力の低減のためデータ信号遷移頻度を削減する適応型コード帳符号化方式を提案している。本方式は符号化の際に過去に伝送したデータに適応して保持内容を更新するコード帳を参照し、従来のバス反転符号化方式や固定コード帳方式と比較してより効果的に信号遷移頻度を削減可能であることをランダムデータおよび実測データを用いた計算により示している。本手法によりデータの信号遷移頻度を 25% 程度削減可能であることを示すとともに、従来方式を含む各符号化方式について確率論的な観点から平均信号遷移数を比較検討している。

第三章は「適応型コード帳符号化の回路設計と評価」と題し、前章で提案した適応型コード帳符号化方式について実際に回路設計を行い評価した結果について述べている。CMOS0.5 μm 技術を用いてフルカスタム設計手法で本方式の符号化/復号化回路の設計を行い試作測定を行った結果より、本符号化方式が有効となる製造技術ならびにバス負荷に関する条件を明らかにしている。さらに CMOS0.6 μm 技術を用いセルベースによる自動設計手法で符号化/復号化回路を設計し回路シミュレーション評価を行った結果をもとに、従来手法を含む各符号化方式での微細化技術と消費電力削減効果との関係を示し、微細化技術に対応した最適データ符号化方式について論じている。

第四章は「配線間結合容量を考慮した適応型コード帳符号化方式への拡張」と題し、従来の低消費電力データ符号化方式では無視していたディープサブミクロン技術で重要性が高くなるバス配線間の結合容量を考慮したバス符号化について述べている。ここで提案している方式は適応型コード帳符号化方式においてバス配線間結合容量を考慮した消費電力モデルを用いるよう拡張したものであり、バス配線対地容量と配線間結合容量との比をパラメータとして導入し、実効的信号遷移頻度を削減する適応型コード帳符号化方式を提案している。数値計算により実効信号遷移頻度削減率の評価を行うとともに、セルベース設計による符号化/復号化回路の設計と回路シミュレーション評価を行い、本方式が消費電力低減に有効な実効信号遷移頻度を削減できることを示している。

第五章は「データ圧縮符号化による高スループットデータ伝送方式」と題し、チップ間データ伝送における実効的スループット向上のための大規模集積回路向き圧縮符号化方式を提案している。本符号化方式は Lempel-Ziv78 法にもとづき、辞書として登録した過去の伝送データ列の中で最も長く一致するもののインデックスを伝送することでデータ圧縮するものである。計算機シミュレーションにより本符号化方式に最適なパラメータを決定した結果、ランダムデータに対してエントロピー限界近くまでデータサイズを圧縮できることを示している。さらに実際の適用性評価のために各種のデータに対する圧縮

性能の評価を行い、提案符号化方式が大規模集積回路のデータ伝送高速化に有効な手法であることを明らかにしている。

第六章は「高スループットデータ伝送のためのデータ圧縮符号化回路の設計と評価」と題し、前節の圧縮符号化手法について実際の回路構成を示し評価している。ハードウェア設計記述から自動設計を行い回路シミュレーションによる評価を行った結果、従来の他手法に比較し本方式がより少ないトランジスタ数で符号化回路を構成できることを示している。また、符号化/復号化回路の消費電力に関しても本符号化方式をフルカスタム手法で設計を行えば、他の従来方式と同程度で実現できることを述べている。

第七章は「結論」であり本論文の研究成果をまとめている。

以上、本論文は大規模集積回路におけるバスのデータ伝送の高性能化のために、バス信号遷移頻度削減と、データ圧縮により高速ならびに低消費電力信号伝送を実現するデータ符号化アルゴリズム、およびその実現法を提案し、具体的回路試作評価と計算機シミュレーション評価によりその有効性を示したもので電子工学の発展に寄与する点が少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格したものと認められる。