



Title	Power Reduction Method and Design of ASIPs for Embedded Systems
Author(s)	Iwato, Hirofumi
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/25159">https://hdl.handle.net/11094/25159</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	い 戸 宏 文
博士の専攻分野の名称	博 士（情報科学）
学 位 記 番 号	第 2 5 8 5 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 25 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 情報科学研究科情報システム工学専攻
学 位 論 文 名	Power Reduction Method and Design of ASIPs for Embedded Systems (組み込みシステムのための ASIP の低消費電力化手法および設計)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 今 井 正 治 (副査) 工学研究科教授 八 木 哲 也 教 授 尾 上 孝 雄 准教授 武 内 良 典

#### 論 文 内 容 の 要 旨

近年、組み込みシステムは我々の生活に広く利用されている。組み込みシステムに対する多くの要求を実現するため、厳しい設計制約が課されているが、消費電力制約は現代の組み込みシステムにおいて最も重要な設計制約である。高パフォーマンスシステム設計においては、消費電力の増加は多くの熱を発生させ、設計を困難にしまい、また、小面積システムに関しては消費電力増加はバッテリー容量の増加を引き起こし、実装を困難にしまう。

特定用途向け命令セットプロセッサ（ASIP）は、高い柔軟性と消費電力対性能比を実現できることから、組み込みシステム設計には最適である。高パフォーマンスシステム設計においては、Very Long Instruction Word（VLIW）ASIP が適しているが、VLIWを設計するために設計空間探索を実行しなければならない。一方、小面積システムを実現するためには、対象システムの特徴を利用した専用命令を、個々のシステムに応じて設計しなければならない。

本論文は、高パフォーマンスシステム、および小面積システムの2つの低消費電力な組み込みシステム設計に取り組む。1つ目として、本論文は低消費電力型VLIW ASIP生成手法を提案する。提案手法はクロックゲーティングを利用してVLIW ASIPを生成するものである。クロックゲーティングによる消費電力削減効果はゲーティング信号に依存して決まり、またゲーティング信号はレジスタの実行条件から求められる。提案手法は自動的に最小実行条件を抽出することで、VLIW ASIPの巨大なデータパス中のパイプラインレジスタの消費電力を最小化する。提案手法の適用により、7割程度のパイプラインレジスタの消費電力を削減できた。

2つ目のテーマとして、Ambulatory Urodynamic Monitoring (AUM) と呼ばれる膀胱圧測定システムのための、System-on-a-Chip (SoC) 、およびASIPの設計を行った。AUMにおいては、膀胱と直腸の圧力を同時に測定しなければならない、また、測定システムは低侵襲でなければならない。このようなシステムを実現するためには小さなカプセル状のセンサを尿道から挿入する手段が有効である。このような小さなカプセルを実現するために、本論文ではカプセルのほとんどの機能を集約したSoC：MeSOCを設計する。MeSOCは、専用命令を持つASIP：MeDIXを中心として設計することで、柔軟な圧力測定、無線通信を実現する。設計されたMeSOCとMeDIXは低消費電力かつ小面積であった。このMeSOCを用いて小型な圧力測定カプセルが実現できた。設計されたカプセルはAUMのための機能を十分果たせることが確認され、また、MeSOCの低消費電力設計により、7日間連続で膀胱圧を測定できることが確認された。

#### 論文審査の結果の要旨

近年、組み込みシステムは我々の生活に広く利用されている。組み込みシステムに対する多くの要求を実現するため、厳しい設計制約が課されているが、消費電力制約は現代の組み込みシステムにおいて最も重要な設計制約である。高パフォーマンスシステム設計においては、消費電力の増加は多くの熱を発生させ、設計を困難にしていまい、また、小面積システムに関しては消費電力増加はバッテリー容量の増加を引き起こし、実装を困難にしてしまう。

特定用途向け命令セットプロセッサ (ASIP) は、高い柔軟性と消費電力対性能比を実現できることから、組み込みシステム設計には最適である。高パフォーマンスシステム設計においては、Very Long Instruction Word (VLIW) ASIP が適しているが、VLIWを設計するために設計空間探索を実行しなければならない。一方、小面積システムを実現するためには、対象システムの特徴を利用した専用命令、個々のシステムに応じて設計しなければならない。

本論文は、高パフォーマンスシステム、および小面積システムの2つの低消費電力な組み込みシステム設計に取り組む。1つ目として、本論文は低消費電力型VLIW ASIP生成手法を提案する。提案手法はクロックゲーティングを利用してVLIW ASIPを生成するものである。クロックゲーティングによる消費電力削減効果はゲーティング信号に依存して決まり、またゲーティング信号はレジスタの実行条件から求められる。提案手法は自動的に最小実行条件を抽出することで、VLIW ASIPの巨大なデータバス中のパイプラインレジスタの消費電力を最小化する。提案手法の適用により、パイプラインレジスタの消費電力を7割程度削減できた。

2つ目のテーマとして、Ambulatory Urodynamic Monitoring (AUM) と呼ばれる膀胱圧測定システムのための、System-on-a-Chip (SoC) 、およびASIPの設計を行った。AUMにおいては、膀胱と直腸の圧力を同時に測定しなければならない、また、測定システムは低侵襲でなければならない。このようなシステムを実現するためには小さなカプセル状のセンサを尿道から挿入する手段が有効である。このような小さなカプセルを実現するために、本論文ではカプセルのほとんどの機能を集約したSoC：MeSOCを設計した。MeSOCは、専用命令を持つASIP：MeDIXを中心として設計することで、柔軟な圧力測定、無線通信を実現した。設計されたMeSOCとMeDIXは低消費電力かつ小面積であり、このMeSOCを用いて小型な圧力測定カプセルが実現できた。設計されたカプセルはAUMのための機能を十分果たせることが確認され、また、MeSOCの低消費電力設計により、7日間連続で膀胱圧を測定できることが確認された。

本研究は、組込みシステムで用いられるプロセッサの低消費電力化手法および低消費電力プロセッサの設計に関する先駆的研究であり、組込みシステムの小型化、軽量化、低消費電力化の実現に寄与するものである。したがって、本論文を博士 (情報科学) の学位論文として価値のあるものと認める。