

平成26年1月30日

学位論文の審査要旨

学位論文申請者氏名：Nosker Zachary Zehner

論文題目： Study of High Efficiency and Low Input Voltage Power Conversion Circuits for Energy Harvesting Applications

(和訳) エナジーハーベスト応用のための高効率・低入力電圧電源回路の研究

論文の概要及び判定理由

Nosker Zachary Zehner 君は、この論文でエナジーハーベスティング技術分野で既存の技術を改善するために、高いピーク効率を達成し現実的な負荷電流を処理できる低入力電圧で動作する回路を作成した内容を記述した。

最近、多くのエナジーハーベスティング技術に関する論文が出されている。エネルギーは、自然環境におけるマイクロパワー源から採取されているが示されているが、非常に低い変換効率を有する傾向があり、現実的な出力負荷をサポートすることができない。

本論文ではエナジーハーベスティング分野に貢献するために小型で低消費電力のブートストラップ昇圧レギュレータを開発した内容を記述した。この提案レギュレータは、240mV の入力電圧で起動し、97 パーセントの最大効率を達成することができる。提案する回路は、起動時と定常運転の2つの別々の制御方式を使用している。固定周波数発振器は、最初の回路起動および出力電圧を上昇させるために使用されている。出力電圧が一度内部回路をバイアスするための十分なレベルに達すると、コンスタント・オンタイム・スタイルヒステリシス制御方式によって出力電圧が安定化される。従来のパルス幅変調制御に比べると、このヒステリシス制御方式はシステム効率を上げることができる。また本回路は、外付け部品はわずか3個（入力および出力の2つのコンデンサとインダクタ1つ）の実装で高効率を維持できる。このアプローチの有効性を確認するため、回路シミュレーションで検証を行った。さらに、スタートアップチャージ・ポンプからなるテストチップをテープアウトし、評価を行った。特性評価から見て、このサブシステムが正しい機能を示し、フルチップと一緒にテープアウトされたときに、ドライバと出力スイッチに電力を供給することができると予見できる。

他のエナジーハーベスティングパワーマネジメント回路の分野で最近公表されている論文に比べて、提案した回路は、高効率で動作し (>90%)、現実的な負荷 (5mW) を駆動することが可能であり、任意の外部バイアス電圧、エネルギー蓄積装置、大きな外部コンポーネントが必要はない。論文で提案された高効率回路は、入力変換器から受け取る最大量のエネルギーを負荷回路に利用できる。さらに、拡張された5mWの負荷範囲によ

り、無線送受信サブシステムに接続されたマイクロコントローラユニット (MCU) のように、このレギュレータを現実的な負荷で駆動することができる。他の回路はエネルギーハーベスティング電力管理として提案されてきたが、効率と最大負荷能力が共に低いので、現実的なシステムの電力において非実用的である。論文で提案した回路はいくつかの新しいアイデアを盛り込み、従来の問題を解決している。

以上のように、本論文では学術的・産業的に意義のある多くの新しい知見を提案・実証し博士 (工学) の学位に値するものと判定した。

審査年月日 平成26年1月30日

審査委員

主査	群馬大学理工学研究院	教授	保坂純男	印
副査	群馬大学理工学研究院	教授	安達定雄	印
副査	群馬大学理工学研究院	客員教授	恩田謙一	印
副査	群馬大学理工学研究院	客員教授	小堀康功	印
副査	群馬大学理工学研究院	教授	小林春夫	印

関連論文

- 1 著者名 Zachary Nosker, Yasunori Kobori, Haruo Kobayashi, Kiichi Niitsu, Nobukazu Takai, Takeshi Oomori, Takahiro Odaguchi, Isao Nakanishi, Kenji Nemoto, Jun-ichi Matsuda

論文題目 A Small, Low Power Boost Regulator Optimized for Energy Harvesting Applications (和訳) 小型・低電力エネルギーハーベスト応用昇圧電源回路

雑誌名 Analog Integrated Circuits and Signal Processing, Springer

第75巻 第2号 207頁~216頁 2013年5月

参考論文

- 1 著者名 Jiani Ye, Zachary Nosker, Kazuyuki Wakabayashi, Takuya Yagi, Osamu Yamamoto, Nobukazu Takai, Kiichi Niitsu, Keisuke Kato, Takao Ootsuki, Isao Akiyama, Haruo Kobayashi

論文題目 Architecture of High-Efficiency Digitally-Controlled Class-E Power Amplifier (和訳) 高効率デジタル制御 E 級パワー増幅回路アーキテクチャ

雑誌名 Key Engineering Materials 第497巻 273頁~284頁 2011年12月

- 2 著者名 Yohei Tan, Daiki Oki, Yu Liu, Yukiko Arai, Zachary Nosker, Haruo Kobayashi, Osamu Kobayashi, Tatsuji Matsuura Zhixiang Yang, Atsuhiko Katayama, Li Quan, Ensi Li, Kiichi Niitsu, Nobukazu Takai,

論文題目 Self-Calibration Technique of Pipeline ADC Using Cyclic Configuration

(和訳) パイプライン AD 変換器のサイクリック構成による自己校正技術

雑誌名 Key Engineering Materials 第596巻 181頁-186頁 2014年1月