

TCI結合されたSOTBを用いたプロセッサのためのZynqを用いた 評価環境の構築

大城研治[†], 小柴篤史[†], 濱田慎亮[†], 天野英晴[‡], 並木美太郎[†]

[†]東京農工大学 [‡]慶応義塾大学

1 はじめに

省電力化半導体プロセス技術である Silicon on Thin Buried Oxide (SOTB) は, 消費電力の削減に有効であることが報告されている. SOTB は製造後でもボディバイアス制御, および動作周波数制御により消費電力の削減が可能となっている. そのため, SOTB を用いたプロセッサを有効に使用するには動的なボディバイアス制御, 動作周波数制御を可能とする環境が必要となる. 本研究では, SOTB を用いた CPU である “GC-SOTB” およびアクセラレータである “CC-SOTB” を対象とし, これらのプロセッサのための動的ボディバイアス制御, 動作周波数制御を可能とした評価環境を実装し基礎的な評価を行った. また, SoC である Zynq を用いることで “GC-SOTB”, “CC-SOTB” を評価するための機能を実現した.

2 SOTB について

SOTB は, 超低電圧デバイス技術研究組合 (LEAP) によって開発されたトランジスタプロセス技術である. BOX (Buried Oxide) 層によりショートチャネルエフェクトを抑制することができるため, チャネルへの不純物ドーピングを行う必要がない. 不純物濃度が薄いため不純物ゆらぎによるトランジスタの閾値電圧のばらつきが抑えられる. これにより, 電源電圧を低電圧化させることができる. またボディバイアス制御により, 製造後の性能及び電力の両方の最適化を実現することができる.

2.1 SOTB の課題

SOTB は比較的新しい技術であり研究の多くはボディバイアス制御時の電力特性や影響についてであ

Implementation of an Evaluation System for SOTB Processors with TCI on Zynq

Kenji Ohshiro[†], Atsushi Koshiba[†], Shinsuke Hamada[†], Hideharu Amano[‡] and Mitaro Namiki[†]

[†]Tokyo University of Agriculture and Technology

[‡]Keio University

り, 性能や特性の評価の段階である. SOTB の評価を行うには SOTB 専用の評価環境が必要となる. SOTB の特性上, ボディバイアス電圧や動作周波数を変更できるため, それを可能とする機能を備えた環境である必要がある. この課題を受けて, 本研究ではソフトウェアから動的ボディバイアス制御, 動作周波数制御を可能とする評価環境の構築を行う.

3 Zynq について

Zynq は Xilinx 社が提供する SoC である. ARM ベースの Processing System (PS) と Kintex-7 ベースの Programmable Logic (PL) を統合したものがある. PS は ARM Cortex-A9 CPU を中核として, オンチップメモリ, 外部メモリ, インターフェイス, 幅広い周辺接続インタフェースを備えている. また, PS では Linux を動作させることが可能であり, PL に作成した回路をソフトウェアから制御することが可能となっている.

本評価環境では, Zynq-7000 シリーズの MicroZed を使用する. MicroZed は PS に 1GB の DDR3 メモリ, ギガビットイーサネット, USB, UART, I2C などの各種 IO ペリフェラルを有している.

4 評価環境

本研究では動的ボディバイアス制御, 動的周波数制御を可能とする評価環境である電力制御機構を設計, 実装する. 以後この評価環境のことを電力制御機構と呼ぶ. 電力制御機構は主に以下の 3 つの要素から構成される (図 1).

- 1) SOTB を用いたプロセッサ
- 2) Zynq
- 3) 電源ボード

1) SOTB を用いたプロセッサは評価対象である. 本研究において構築する電力制御機構は, CPU である GC-SOTB, アクセラレータである CC-SOTB の両方

に用いることができる。

2) Zynq は SOTB プロセッサに不足する周辺機能を補うこと、電源ボードを制御することが主な役割となっている。不足する機能としては、RAM, ROM やクロックなどが挙げられる。また、SOTB プロセッサを制御したり、評価のために必要な使用電力データの採取も行う。

3) 電源ボードは SOTB プロセッサへの電源電圧、ボディバイアス電圧を供給する。電源ボードは Zynq と I2C で接続され、Zynq がコマンドを送信し電源ボードを制御する。また、評価に必要な電力データの計測も行う。

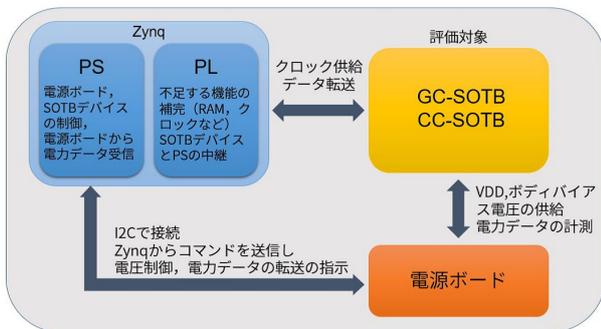


図 1: 評価環境

4.1 電源制御

この電力制御機構では、電源ボードから出力される電圧を動的に変更することで動的ボディバイアス制御を行う。電源ボードは Zynq/PS と I2C で接続されており、Zynq/PS が I2C マスタとなってスレーブである電源ボードを制御する。この電力制御機構では、ソフトウェアから電源ボードを制御することができる。図 2 に示すように、Zynq/PS 上で動作する Linux において、Linux が提供する I2C デバイスドライバを使用することで、アプリケーションからコマンドを送信し電源ボードの制御が可能となっている。アプリケーションからは電源ボードから SOTB プロセッサに供給される電圧を -6V ~ +6V の範囲において 1mV 単位で指定することができる。

5 GC-SOTB AXI マスタ

Xilinx では IP コアに AXI (Advanced eXtensible Interface) を採用している。AXI では 1 つの AXI マスタと AXI スレーブ間でデータ転送を行う。GC-SOTB が AXI マスタとなり、Xilinx が提供する IP コアや

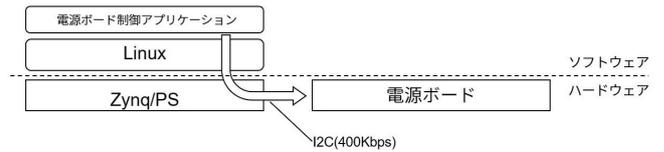


図 2: 電源ボード制御アプリケーション

Zynq/PS を AXI スレーブとして接続することができれば、GC-SOTB から Zynq/PS のリソースや IP コアを使用することができる。特に Zynq/PS には 1GB の DRAM や各種 IO が備わっているため、計算機システムとして必要な各種装置として利用することで OS まで含めた評価が可能である。そのため GC-SOTB が AXI マスタとなって AXI スレーブとデータ転送が行える機能を実装を行った。実際に AXI を経由して Zynq/PS に接続し DRAM ヘシングル転送、バースト転送の両方でのデータの読書きの動作を確認した。

6 結論

SOTB プロセッサを評価するための、動的ボディバイアス制御、周波数制御を可能とする評価環境の構築を行った。Zynq を用いることにより、SOTB プロセッサに不足する機能を補い、評価に必要な電力データの採取なども行えるようにした。また、GC-SOTB が AXI マスタとなり、Zynq/PS の DRAM、各種 IO を共有する実験を行い、DRAM へのデータの読書きの動作を確認した。

7 謝辞

本研究は、科研費 25220022 の助成を受けたものである。

8 参考文献

- [1] K. Masuyama et al., "A 297MOPS/0.4mW Ultra Low Power Coarse-grained Reconfigurable Accelerator CMA-SOTB-2", 2015 International Conference on ReConFigurable Computing and FPGAs, 2016
- [2] H. Okuhara et al., "An optimal power supply and body bias voltage for a ultra low power micro-controller with silicon on thin box MOSFET", Low Power Electronics and Design (ISLPED), 2015 IEEE/ACM International Symposium on, 2015