

Title	CMOS サブスレッショルド領域特性を利用したスマートセンサ LSI の設計に関する研究
Author(s)	廣瀬, 哲也
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46846
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	廣瀬 哲也
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19839 号
学位授与年月日	平成 17 年 11 月 9 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学位論文名	CMOS サブスレッショルド領域特性を利用したスマートセンサ LSI の設計に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 谷口 研二 (副査) 教授 谷野 哲三 教授 北山 研一 教授 八木 哲也 助教授 原 晋介 助教授 松岡 俊匡 情報科学研究科助教授 橋本 昌宜

論文内容の要旨

本論文は、CMOS サブスレッショルド領域特性を利用したスマートセンサ LSI の設計に関する研究についてまとめたものであり、全体は以下に示す 5 章から構成されている。

第 1 章では、本研究の背景、および本論文の枠組みについて述べた。

第 2 章では、これまでの CMOS デジタル・アナログ集積回路における低消費電力化技術、および低電圧化技術を概観し、MOSFET をサブスレッショルド領域で動作させることが低消費電力化技術の一つの有効な設計手法であることを示した。そして、サブスレッショルド領域動作 MOSFET のドレイン電流特性について、微小電流であること、さらに温度に対して敏感に変化する特性を持つことを説明した。

第 3 章では、MOSFET のサブスレッショルド領域特性動作を前提とした回路システム、センサシステムにおいて必要となる基準電流源回路を提案した。提案した回路では、MOSFET の移動度、しきい値電圧、そして熱電圧の温度依存性を利用することで、広い温度範囲にわたって安定に一定電流を供給することが出来た。0.25 μm -CMOS プロセスを使用した SPICE シミュレーションにより、動作温度 $-20\sim 100^\circ\text{C}$ に対して電流値の変動を $\pm 4\%$ 以内に抑制することが出来ることを確認した。さらに、電源電圧 1.2 V 以上で正常動作し、電源電圧の変動に対する電流値の変動は、1.2~3.0 V において $\pm 1\%$ 以内に抑制することが出来た。

第 4 章では、MOSFET のサブスレッショルド領域動作を前提としたスマートセンサアプリケーションとして、極低消費電力、品質保証期限モニタ回路を提案した。物質の劣化を組成の変化と見なして単純な化学反応式でモデル化し、MOSFET のサブスレッショルド電流を用いて劣化に起因する活性化エネルギーを模擬し、CMOS-LSI 上にそのモデルを構成・実現した。ボタン電池の使用を想定し電源電圧は 1.5 V とし、さらに回路全体をサブスレッショルド領域で動作させることにより、1.47 μW の超低消費電力構成を達成した。0.25 μm -CMOS プロセスにより設計、試作を行いその回路動作を確認した。さらに、回路構成を差動構成にすることで使用電源幅を広く、効率的に用いることが可能となることを SPICE シミュレーションにより確認した。また、デジタル信号処理技術を導入することにより、任意の活性化エネルギーを模擬することが可能であることを示した。

第 5 章では、本研究で取り上げる各研究での成果、ならびに検討課題についてまとめた。

論文審査の結果の要旨

ユビキタス情報環境社会を実現するためのキーデバイスであるスマートセンサ LSI には極めて低い消費電力で動作することが求められる。本研究では、MOSFET をサブスレッショルド領域で動作する極低消費電力スマートセンサ LSI の研究を行っている。

第2章では、これまでの CMOS デジタル・アナログ集積回路における低消費電力化技術、および低電圧化技術を概観し、MOSFET をサブスレッショルド領域で動作させることが低消費電力化技術の一つの有効な設計手法であることを示している。そして、サブスレッショルド領域動作 MOSFET のドレイン電流特性は、①微小電流であること、②温度に対して敏感に変化する特性を持つことを説明している。

第3章では、MOSFET のサブスレッショルド領域特性動作を前提とした回路システム、センサシステムにおいて必要となる基準電流源回路を提案している。提案した回路では、MOSFET のキャリア移動度、しきい値電圧および熱電圧 ($k_B T$) の温度依存性を利用することで、広い温度範囲にわたって安定な一定電流の供給を実現している。0.25 μm -CMOS プロセスを使用した SPICE シミュレーションにより、動作温度 $-20\sim 100^\circ\text{C}$ の範囲で電流値の変動を $\pm 4\%$ 以内に抑制できることを確認している。基準電流源回路は電源電圧 1.2 V 以上で正常動作し、電源電圧の変動に対する電流値の変動は、1.2~3.0 V において $\pm 1\%$ 以内である。

第4章では、MOSFET のサブスレッショルド領域動作を前提としたスマートセンサの応用例として、極低消費電力、品質保証期限モニタ回路を提案している。物質の劣化を組成の変化と見なして化学反応式でモデル化し、MOSFET のサブスレッショルド電流を用いて劣化に起因する活性化エネルギーを模擬し、CMOS-LSI 上にそのモデルを構成・実現している。1.5 V のボタン電池で回路全体をサブスレッショルド領域で動作させることにより、1.47 μW の超低消費電力回路を実現している。0.25 μm -CMOS プロセスにより設計、試作を行いその回路動作を確認している。さらに、回路構成を差動タイプにすることで出力電圧幅を広く、効率的に用いることができることを SPICE シミュレーションにより確認している。また、デジタル信号処理技術の導入により、任意の活性化エネルギーを模擬することが可能であることを示している。

以上のように、本論文ではサブスレッショルド領域で動作する MOSFET の物理特性を有効に利用した極低消費電力アナログ要素回路の実現と具体的な応用を提案しており、新しい概念のアナログ回路技術の発展に貢献するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。