

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	(甲)乙第 号	氏 名	CORTES TORRES Carlos Cesar
論文審査担当者：			
	主査	慶應義塾大学教授 工学博士 天野英晴	
	副査	慶應義塾大学教授 博士（工学） 山崎信行	
		慶應義塾大学准教授 博士（工学） 松谷宏紀	
		慶應義塾大学准教授 博士（工学） 中野誠彦	
<p>(論文審査の要旨)</p> <p>修士（工学）、CORTEST TORRES Carlos Cesar 君の学位請求論文は、「Body Bias Control for Real-Time Systems -Optimization and its Switching Parameters Analysis for FD-SOI Technology-（リアルタイムシステムのためのボディバイアス制御 -FD-SOI テクノロジー最適化とスイッチングパラメータ解析-）と題し6章から成る。</p> <p>身の周りで定常的に動作するIoT(Internet of Things)用デバイスにとって、エネルギー消費の低減は重要な課題である。このようなIoT デバイスは、リアルタイムシステムを構成する場合が多く、必要なデッドラインを守って動作する時以外は、クロックを停止して動的電流を抑える省電力モードを利用する。しかし、デジタルデバイスの漏れ電流は、クロックを停止しても流れ続けるため、省電力モードでもエネルギーを浪費する。漏れ電流を抑えるための手法としては、パワーゲーティングが広く知られているが、頻繁にパワースイッチを切り替える場合は、切り替えのための電力消費とノイズを被り、記憶素子中のデータが消失する問題への対処も必要である。</p> <p>これに対して、ボディバイアス制御は、トランジスタのボディに対して電圧を印加することで、スレッショルドレベルを制御して漏れ電流を抑制する方法である。この手法は特に FD-SOI (Fully-Depleted Silicon On Insulator) 技術において有効であり、デバイスの主電源を制御せず、記憶素子のデータも保持したまま、漏れ電流を抑制することができる。しかし、この手法は、デバイス作成時にモデル化することが難しく、動的に制御する場合の応答時間と電力面でのオーバーヘッドの解析が十分行われて来なかった。</p> <p>本論文では、実際に動作しているチップの電気的な特性を測定して、パラメータを抽出することで、ボディバイアスを動的に制御する場合のエネルギー消費量と時間的なオーバーヘッドのモデルを構築する。次に、このモデル式を利用し、与えられたデッドラインとタスクの実行時間から、Interior point linear programming を用いて、短時間に最適なボディバイアス電圧を求める方法を提案している。</p> <p>本論文の構成は以下の通りである。まず、1章で本研究の動機、既存の研究および研究の目的を示し、2章で提案するモデルの元となる法則と式を提示している。3章では、FD-SOI を用いた三種類の実チップ、車載用マイクロコントローラ V850、動的リコンフィギュラブルプロセッサ MuCCRA-4、MIPS R3000 互換プロセッサ Geyser について、ボディバイアスを動的に変化させた場合の、漏れ電流の変化と安定までの時間、ボディバイアス電流のオーバーヘッド、最大動作周波数を測定し、これに基づいてパラメータ抽出を行っている。4章では、本論文におけるボディバイアスの動的制御のモデル式を提案し、3章のパラメータを用いて、実チップにおけるモデルの有効性を検証している。5章は、4章で提案した式のボディバイアス電流の変動分を Double Exponential Waveform で近似する方法を提案し、与えられたデッドラインとタスクに応じて、最適なボディバイアス電圧を Interior point linear programming を用いて最適化する方法を示している。これにより、1m秒から1秒までのデッドラインの範囲で、それぞれ最も消費エネルギーが小さくなるボディバイアス電圧、電源電圧、動作周波数の組み合わせを見つけることができた。6章では結論を述べ、今後の課題を示している。</p> <p>以上、本研究は、ボディバイアスを動的に変化させた場合の漏れ電流の時間的変化について、実チップに基づくモデルを構築し、これに基づいてボディバイアス電圧を最適化する手法を提案している。このことにより、ボディバイアスの制御によるリアルタイムシステムのスケジューリングアルゴリズム構築に向けて、その基礎となるモデルを確立した点で、その貢献は工学上少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。		