

氏名	岡 典正
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第4126号
学位授与の日付	平成22年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	Development and Application of IC Macro-models for EMI/PI/SI Performances (EMI/PI/SI 性能向上を目的とした IC マクロモデルの開発と適用)
論文審査委員	教授 古賀 隆治 教授 森川 良孝 教授 秦 正治

学位論文内容の要旨

近年、電子機器は小型化、高性能化が進んでおり、搭載されるPCB(Printed Circuit Board：プリント回路基板)では、実装部品の高密度化や信号の高周波化が顕著である。それに伴って、EMI (Electromagnetic Interference：不要電磁輻射) や、PI(Power Integrity：電源安定性)及びSI(Signal Integrity：信号安定性)低下による、誤動作や性能低下の問題が増加している。

EMI/PI/SI性能はいずれも、PCBに実装されているICがノイズ源となり、PCB上をノイズが伝搬することによって決定される。EMI発生の主要因は、ICから生じた高周波電流が、PCB上を流れることによる。PI低下の原因は、ICの電源端子電流が、PCBやICパッケージのインダクタンス成分を流れ、電源及びグランド電圧がバウンスすることによる。SI低下は主に、ICの信号端子電流がPCB上の信号線路を流れる際、インピーダンス不整合等が原因で信号波形が乱れることによる。これらを解析するためには、PCBモデルとICモデルが必要であり、本論文では、ICマクロモデルについて述べる。

従来のICマクロモデルは、EMI用やSI用といった個々の性能を解析するには適していたが、EMI/PI/SI性能全てを一つのマクロモデルで解析するには適していない。しかし、低電圧化や高周波化が進んだ最近のICでは、電源/グランドバウンスが原因で信号伝搬特性が悪化する等、各性能が相互に影響する。従って、各性能を精度良く解析するためには、この相互作用も考慮したモデルが必要である。さらに、この相互作用を表現出来れば、3つの性能全てを一つで検証可能なICマクロモデルに繋がる。本論文では、このようなICマクロモデルを提案する。また、ICマクロモデルを用いて、具体的にPCB設計にどのように適用するかについても議論する。

まず、ICマクロモデルが満たすべき要件を列挙し、その要件に沿って既存のマクロモデルを概観する。コア回路用と入出力回路用のマクロモデルに分けて、それぞれの代表的なモデルを性能評価する。コア回路用については、全ての要件を高次元に満足するモデルが提案されているが、入出力回路用は全ての要件を満足するモデルは存在しない。そこで、2種類の入出力用マクロモデルを提案する。

1つは、トランジスタの静特性を高精細にモデリングした出力回路用マクロモデルで、従来の入出力用マクロモデルのスタンダードであるIBIS(Input/output Buffer Information Specification)モデルに比べ、高精度であることを示す。しかし、本モデルはIBISモデルでは可能であった、実測からのモデル抽出が困難であるという欠点が生じた。そこで、その改良モデルとして、IBISモデルにコア回路用マクロモデルであるLECCS-core(Linear Equivalent Circuit and Current Source for core circuits)を付加したモデルを提案する。このモデルは、実測からのモデル抽出が可能であり、かつ、EMI/PI/SI性能全てを高精度に検証可能であるので、本研究の目的を達成した。

それ以外に、ICマクロモデルのPCB設計への応用について述べる。LECCS-coreモデルを用いて、EMI/PI性能を両立する電源-グランド間バイパス回路設計について検討した。LECCS-coreモデルはEMI/PI性能を高精度に検証可能であることと、EMI/PI性能を両立出来るバイパス回路を示す。

論文審査結果の要旨

近年、電子機器は小型化、高性能化が進んでおり、それらを実現するために搭載されるPCB (Printed Circuit Board : プリント回路基板) では、実装部品の高密度化や信号の高周波化が顕著である。その高密度化や高周波化に伴って、EMI (Electromagnetic Interference : 不要電磁輻射) や、PI (Power Integrity : 電源安定性) 及びSI (Signal Integrity : 信号安定性) 低下による、誤動作や性能低下といった問題が増加している。EMI/PI/SIの性能はいずれも、PCBに実装されているICがノイズ源となり、PCB上をノイズが伝搬することによって決定される。本論文では、EMI/PI/SI性能を解析するためのICマクロモデルについて述べている。

従来のICマクロモデルは、EMI用やSI用といった個々の性能を解析するには適していたが、EMI/PI/SI性能の全てを一つのマクロモデルで解析するには、LSIとPCBの相互作用も考慮できるモデルが必要である。さらに、この相互作用を表現出来れば、3つの性能全てを一つで検証可能なICマクロモデルに繋がる。本論文では、このようなICマクロモデルを提案する。また、ICマクロモデルを用いて、具体的にPCB設計にどのように適用するかについても議論する。

まず、ICマクロモデルが満たすべき要件について述べ、入出力用マクロモデルを2種類提案している。ひとつは、トランジスタの静特性を高精細にモデリングした出力回路用マクロモデルで、もう一つは、IBISモデルにコア回路用マクロモデルであるLECCS-core (Linear Equivalent Circuit and Current Source for core circuits) を付加したモデルである。後者は、実測からのモデル抽出が可能であり、かつ、EMI/PI/SI性能すべてを高精度に検証可能であるので、本研究の目的を達成した。

また、LECCS-COREモデルを応用して開発し、EMI/PI性能を両立出来る、バイパス回路を提案した。

上記のように、本論文は、内容が工業界の要請に応える豊富な内容を持ち、表現は簡潔にして要を得ている。

よって博士(工学)の論文として価値あるものと認める。