

氏 名 中村 克己

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3611号

学位授与の日付 平成20年 3月25日

学位授与の要件 自然科学研究科数理電子科学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 デジタルプリント回路基板の低雑音設計を目的としたLSI電源系モデル
LECCS-coreの開発

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

近年のデジタル回路の高速化、高密度化、低電圧化の結果、機器から発生するEMIを低減する設計法の重要性が高まっている。そのため、プリント回路基板の設計段階でEMIを予測、評価する解析技術が必要とされている。本論文はマイクロコントローラに代表される多種電源、多電源ピンを持つLSIの電源系モデルの構築方法を研究したものである。

LECCS-coreモデルは等価内部インピーダンスおよび内部電流源は、共に実測値から同定するため、IC/LSIを実装する専用の測定基板が必要になる。

まず、インピーダンス測定について広帯域化と電源端子間の等価内部インピーダンス測定方法について検討した。従来技術の課題として、インピーダンスアナライザを用いて測定する際に、測定基板のインピーダンス（浮遊容量）の影響で測定上限周波数が決まっていた。

インピーダンス測定用の基板設計に配慮した結果、基板の容量を2pF以下に抑えることができ、インピーダンスアナライザを使用してほぼ1GHzまでインピーダンスを精度良く測定を可能にした。続いてネットワークアナライザによるSパラメータ測定と等価回路変換から等価内部インピーダンスを抽出する方法を検討した。測定基板の電源部を伝送線路構造にすることで基板の浮遊容量の影響を受けずにインピーダンス測定の更なる広帯域化が可能であることを示した。また、電源電流の測定には磁界結合による電流プローブ（磁界プローブ,Magnetic Probe）CP-2Sを用いて広帯域化を図った。

次に上記の測定手法を元に複数種の電源端子を有し、かつ、異なる電源種の回路間に電氣的結合のあるマイクロコントローラに対してLECCS-coreモデル構築を行った。3ポートSパラメータ測定と等価回路変換から定電圧回路部を含めて等価内部インピーダンスを抽出できた。また、共通のGND配線に複数の内部電流源を配置する場合には相互作用が生じ、複素電流源とすることの必要性を示した。

作成したモデルの検証としてバイパスコンデンサによるデカップリング効果をシミュレーションして実測と比較し、電源系高周波電流を精度良くシミュレーションできることを示した。

論文審査結果の要旨

近年のデジタル回路の高速化，高密度化，低電圧化の結果，機器から発生する電磁妨害波（EMI）を低減する設計法の重要性が高まっている．そのため，プリント回路基板の設計段階でEMIを予測・評価する解析技術が必要とされている．本論文はマイクロコントローラに代表される多種電源，多電源ピンを持つLSIの電源系モデルの構築方法を研究したものである．

LECCS-coreモデルは等価内部インピーダンスおよび内部電流源は，共に実測値から同定するため，広帯域特性を持つ測定用基板が必要である．

まず，インピーダンス測定について専用基板を開発し，寄生容量を2 pF以下に抑えることができ，インピーダンスアナライザを使用してほぼ1 GHzまでインピーダンスを精度良く測定を可能にした．続いてネットワークアナライザによるSパラメータ測定と等価回路変換から等価内部インピーダンスを抽出する方法を検討した．伝送線路構造の電源部を持つ測定基板を開発し，電流の測定には磁界結合による電流プローブCP-2Sを用いて広帯域化を図った．

上記の測定手段を用いて，複数種の電源端子を有し，かつ，異なる電源種の回路間に電氣的結合のあるマイクロコントローラに対してLECCS-coreモデル構築を行った．3ポートSパラメータ測定と等価回路変換から定電圧回路部を含めて等価内部インピーダンスを抽出できた．作成したモデルの検証としてバイパスコンデンサによるデカップリング効果をシミュレーションして実測と比較し，電源系高周波電流を精度良くシミュレーションできることを示した．

以上のように，本論文は性能向上を続けるデジタル電子回路の設計を能率良くするための技術を提案するものであり，工学的な価値が高く，表現は簡潔にして要を得ている．

よって本審査委員会は，本論文を博士（工学）の学位を授与するに値するものと認める．