

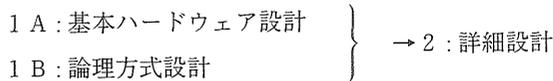
氏名(本籍)	かみかわい りょうたろう (東京都) 上川井 良太郎		
学位の種類	工 学 博 士		
学位記番号	博 乙 第 515 号		
学位授与年月日	平成元年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当		
審査研究科	工 学 研 究 科		
学位論文題目	高速計算機ハードウェア設計支援システムの研究		
主 査	筑波大学教授	理学博士	中 田 育 男
副 査	筑波大学教授	工学博士	名 取 亮
副 査	筑波大学教授	理学博士	板 野 肯 三
副 査	図書館情報大学教授	理学博士	村 田 健 郎

### 論 文 の 要 旨

大型計算機ハードウェアの技術進歩のテンポは甚だ急で、業界の開発競争は熾烈を極めている。新しい要素技術、すなわち LSI、配線基板、コネクタ、冷却方式その他による新機種の開発においては、それら要素技術を、新機種の目標性能達成のために如何に合理的に統合し、短期間に設計を完結するかが致命的に重要である。しかもそれに従事する各種設計集団の人数も多数に亘るゆえに、設計手法そのもののシステム化、ソフトウェア化が要請され実行されるようになった。本論文はそのためのツールとして著者が開発したところの、

- (1) 電気特性解析システム
- (2) パスディレイチェックシステム

の二つについての研究成果をまとめたもので、計算機設計のフローを次のように表わしたとき、前者は 1 A、後者は 2 を支援するためのソフトウェアである：



- (1) 電気特性解析システム

このシステムは、LSI、配線基板、コネクタ等の実装部品の規模、構造などのハードウェアの枠組みを決定する。基本ハードウェア設計の時点において、各部で発生するノイズ、ディレイをできるだけ正確に予測するためのものである。

高速計算機では、実装系内の信号伝送は、整合終端されたストリップラインなどの（分布定数線

路的)伝送系によって行うのを原則としている。しかしながら、LSIピン、カードピン、ボードピンなど、異なる階層間の信号渡りにおいてこの原則は不可避免的に破られ、そのため通常ありきたりの電気回路論、あるいは分布定数線路論によっては予測不能のノイズ、ディレイをひきおこす。そこでときとしてはMaxwell方程式に立ち戻ってそこから当面必要とされるモデルを設定し直すことが余儀なくされる。その際、既存の回路解析プログラムをうまく使うことなどの実用的配慮なくしては、有益な設計支援ツールとはなし難い。その点に配慮をにおいて、著者がまとめ挙げたシステムの特徴はおよそ以下の如くである：

1. 1) 当面の対象においては、解析部分の寸法(たとえばLSIピンの寸法)が、パルス立上り時間に電磁波が進む距離に比し十分小さいので、適当な計算法によるところのC, Lを採用すれば、相変らずL, C, Rから成なる電気回路の形にモデル化して回路解析プログラムを使用することができる筈である。その際、

1. 2) 部分インダクタンス(Partial Inductance)を通常のLと同じに扱って回路解析による過渡応答を求めることの正当性は従来明確でなかったのを、著者は明確化した。すなわちループ途中の点間の回路的電圧として、対応する点間の電磁気学的スカラーポテンシャルと解釈することによって説明できる。すなわちこうすることによりMaxwell方程式からKirchhoffの電圧則を導くことができること示した。

1. 3) 複雑な形状の構造体のキャパシタンスの計算には表面電荷法が適しているが、その計算を、実用的な計算時間内に所望の精度で実行可能にするために、著者は

(a) 表面電荷法の係数行列の計算法に工夫をほどこした。また

(b) ベクトル計算機に適したプログラム構造にするなど、プログラム上の工夫を行った。

などにより、当初計算の約1/6に計算時期の短縮をはかった。

1. 4) 部分インダクタンスは、従来一定断面の細長い導体のみ計算可能であったが、著者は新しいモデル化手法の導入によって、任意断面形状の細長い導体セグメントに適用可能とし、さらにこれらを組合せた導体の部分インダクタンスまで計算可能な手法を開発した。これによって(たとえばメッシュ状のグラウンドプレーンのような)計算機実装系内の広範囲の対象についてのインダクタンス計算を実行可能とした。

## (2) パスディレイシステム

パスディレイシステムは、詳細設計作業の進行との整合性が特に重要である。そこで、下位の階層から順にディレイチェックを行い、中間結果を保存して上位の階層で利用する階層処理方式を採用した(LSIが最下位)。その際システム実現上の留意点は以下の如くである：

2. 1) 上位階層(カード、ボード)の論理回路のグラフは簡単を構造である反面、中間結果のファイルを読みこむ必要上、クリティカルパス発見アルゴリズムとしては、同一の部品内にある始点、終点をフリップフロップごとにまとめてファイルを読み出す、並列化depth first search手法を開発した。

2. 2) 実装設計が未完成の時点での設計データから、それなりのディレイ予測を計算して実装設計者に警告することを可能にするための特別の推定方式をとった。また、詳細設計が終りに近づくにつれてディレイ計算が精密になされるという実用上の配慮をづい所に織りこんだ。

このようにして実現された本ディレイチェックシステムは、いくつかの開発プロジェクトにおいて多大の成果を上げた。すなわち設計期間の短縮、製品の目標性能の達成に大いに貢献した。またひとつのプロジェクトのディレイチェックファイルから、次のプロジェクトの基本ハードウェア設計のための有用な統計的データを取り出すことが可能となっているなどの、実用的配慮が多くとりこまれていることを付言しておきたい。

## 審 査 の 要 旨

本論文は、著者が、競争熾烈な計算機業界の一会社の研究者として、多年に亘り高性能計算機開発のための設計支援システムの構築に従事した間に、自ら開発した事柄を中心に学位論文の形でまとめたものである。評者等が特に評価した点を、順に列挙する：

1. 論文要旨 (1) 電気特性解析システムの1.2)にあること；すなわち‘部分インダクタンス’を回路解析における $L$ にひき当てることの正当性につき従来不明確であったところを、Maxwell方程式系にたち戻ってスカラポテンシャルを回路論の二点間電圧にひき当てるといった新しい合理的解釈によって明確化したこと、すなわち、当対象とする実装系にそくして、Maxwell方程式系からKirchhoff則を導くにいたる文脈を合理化したこと、次いで部分インダクタンスの計算可能対象領域を、実装系の実情にそくして大巾に拡張したこと。

2. パスディレイチェックシステムのうち、詳細設計作業の進行と整合させた階層処理方式を採用し、特に実装設計が未完成の時点での、それなりのディレイ予測を行って実装設計者に警告するというくんだりが特に印象的である。

その他、電気特性解析システムにおける、キャパシタンス計算のための表面電荷法の適用に当たっての実用的な近似計算手法や、ベクトル計算機向けのプログラムの実現や、パスディレイシステムの最後に付言されていることなど、アカデミックではないが実務的には極めて重要な工夫がづい所に織りこまれている点に注目したい。全体を見渡すとき、本システムの構築には極めて広汎な分野に亘る知識、経験を要し、著者は、元来は専門でなかった分野にも必要に応じ積極的に切りこんでシステムをまとめ上げた。その点を、工学的見地から高く評価する。

よって、著者は工学博士の学位を受けるために十分な資格を有するものと認める。