

S-NAP PCB Suite

株式会社 エム・イー・エル

2024/11

製品紹介

- S-NAP Wireless Suite(1991~)
 - 高周波・マイクロ波EDAツール
 ・高周波回路シミュレータ
 ・高周波回路自動設計ツール
 ・プリント板用電磁界シミュレータ(モーメント法)
 ・3次元電磁界シミュレータ(モーメント法)



• S-NAP PCB Suite(2009~)

3D-EMC電磁界シミュレータ ・静電ノイズ、伝導ノイズ解析 ・EMC イミュニティ、エミッションの解析 (モーメント法)







EMC解析の要素

1)プリント板内の電磁界結合
 2)回路動作に伴うノイズ
 3)筐体の電磁界特性
 4)プリント基板と筐体の結合
 5)外部接続ワイヤへの漏洩
 6)ノイズ抑制素子の効果

7)プリント基板からの放射 8)筐体からの放射 9)外部接続ワイヤからの放射

10)プリント基板への外来波入射 11)筐体への入射 12)外部接続ワイヤからのノイズ





- ・どこにノイズが乗るか
- ・ノイズレベルは?
- ・エミッション/イミュニティの問題となる周波数は?
- ・対策は効くのか?

・絶対値の検討は難しい(動作モードの再現)

- ・Before/after で比較すると良否がわかる
- ・基板の作り直し/ノイズ測定の手間が軽減

S-NAP PCB Suite

複数基板、筐体、ワイヤ、放熱板、フェライト等を含んだ電磁界解析が可能

- ・静電ノイズ解析
- ・スイッチング解析(基板上でのトランジェント解析)
- ・伝導ノイズ解析
- ・インピーダンス解析
- ▪SI解析
- •放射解析
- •入射波解析(RFノイズ)
- ·近傍電磁界表示、遠方界表示



Voltage spectra:Ul(228)



3次元ベンチ 2次元ベンチ



近傍電界分布

S-NAP PCB Suiteの構造

• 解析処理を分割→電磁界の解析時間問題、実装問題





電磁界解析手法

MPIEモーメント法

部品の実装には単独でのポート設定が不可欠







インダクタ、キャパシタ、抵抗、その他(サブサーキット)に分かれる 理論値、Sパラメータ、SPICEモデル※で設定可能



※SPICEモデルはUCB2G6に対応(ビヘイビアモデルは除く)

回路特性(電磁界と回路)

1) プリント板と筐体、ワイヤ等の電磁界結合 2) 回路動作によってパターン上の電流電圧は変わる

電磁界要素と回路要素は協調して説く必要がある





プリント板と筐体、ワイヤ等の電磁界結合は Sパラメータとし、それに回路要素を加える

<メリット> 電磁界は1回だけ 回路要素は自由に変更できる EMC対策が容易 理論的には実装状態の回路特性がわかる



実装状態でのトランジェント解析

基板上でスイッチング動作(非線形動作) コンボリューション・トランジェント解析(sパラを含む回路の過渡解析)

電流を引き込む動作が必要





膨大な端子数への対応

1) 大規模な端子数

5000ピン、10000ピンある場合 端子特性をどう計算するか?



全端子をSパラポートにすると、 1700×1700のSパラデータになる



この程度の基板でも1700ピン

アクティブポート/パッシブポートに分ける

・アクティブポート: 信号の入力や素子の接続を行うことが可能な端子で、入出力可能なポート
 ・パッシブポート: 電圧と電流を観測するのみのポート
 大規模基板においても全端子電圧電流の観測を行うことが可能

視覚的な検討(電圧・電流分布、電磁界分布等)

1) プリント板と筐体等の電流、電圧分布を観る必要がある 2) 放射電界はプリント板と筐体、ワイヤ等の金属から生じる

電流、電圧分布は回路動作条件に依存する

回路動作時の端子電圧、電流値をもとに再度電磁界解析を行う必要がある



入射波(イミュニティ)解析



上部にアンテナを設定



到来波により誘起した電流









平面波入射

レクティナアンテナ解析と同じ



平面波による金属部分の誘起電圧を計算



全端子の誘起電圧を計算すると、外来波によ る誘起電圧を求めることができる

入射波(2.45GHz)





2.45GHz

入射レベルの検証

レクティナアンテナの解析と実測比較

ハーモニックバランスと連携した 入射波解析





OUTPUT VOLTAGE AND CONVERSION EFFICIENCY WITH VARIOUS LOAD RESISTORS

Load Resistor (ohm)	Output Voltage (volt)	Simulated (S-NAP/Field)
100	0.21	0.272
500	0.45	0.519
1000	0.6	0.603

レクティナアンテナ解析 (フォールディッドダイポール) ←表 赤文字:シミュレーション 黒文字:文献測定値

REF: Fang Zhang,Hee Nam,Jong-Chul Lee,"A Novel Compact Dipole Architecture for 2.45GHz Rectenna Application", IEEE/MTT



静電ノイズ解析例

3次元エディタで基板、ワイヤ、金属プレートなどを組み合わせる 境界条件はPEC面とする(自由空間でも可能)





静電ノイズ(プレート,FG間)

・ワイヤの一端からクロック信号を印加する ・基板内のある端子での波形を調べる



ノイズの有無による信号の相違

ノイズの印加がない場合は奇麗な信号が観測できるが、ノイズ印加がある場合は、ノイズ周期に従って信 号が乱れることがわかる









ノイズあり



電流分布と電界分布

514MHzにおける電流分布と電界分布表示 FGと金属プレート間の電界が強いのがわかる



電流分布





電界分布



伝導ノイズ解析例



4層電源基板



スイッチング波形とスペクトル



スイッチング出力波形 (上:SIM 下:実測)



ICのスイッチングモデル(簡易モデル)



24.1

伝導ノイズ(電源端子)





電源端子波形

-301 L:AC[PCB1{744+{VIN{1+}} =

IZ.1 Frequency (NHz)

spectra [dBy]

Yoltase

-130



スペクトル(伝導ノイズ) 上:SIM 下:実測値 (スケールは上下同じ)

Yoltage spectra:PCB1{T45}{PGND{1}}

伝導ノイズ(出力端子)





出力端子波形 (実測:3.3V)



スペクトル(伝導ノイズ) 上:SIM 下:実測値 (スケールは上下同じ)



電流分布(@400kHz)

400kHzにおける電流分布とベクトル











L3層



L4層



放射ノイズ解析例



全体図

カバーを外した図

4層基板



端子波形とノイズスペクトル



観測点



コネクタ波形とスペクトル



入力端では信号源インピーダンス(50Ω)と線路インピーダンスおよび 終端インピーダンスの違いから反射による歪が観測できる



入力信号 30MHz/50Ω







入力端波形とスペクトル



電圧電流分布(@840MHz)



3m放射電界強度

基板のみとカバーを付けた場合の電界強度の差 (R=3,θ=0,φ=0) 30MHzクロックと高調波成分



PCB



カバーあり





入射波解析例

3次元空間に配置、境界条件は自由空間 ・入射波を印加して誘起電圧を確認する ・放射特性を確認する





各種特性(Sパラ特性、入射波特性、放射特性)

2.84GHzにも共振特性が確認できる



Voltage T.F. MAG [dB]:pcb{T56}{R110{2}}



各種分布特性(@2.45GHz)



電流分布



放射パターン

近傍電界

(2.4489G)

0.548 3.09

Et logfdBV/m



入射波解析例(GPS基板)



全体図









誘起ノイズ電圧の比較(実例1)

- <現象>:基板に900MHzの信号を照射すると誤動作トラ ブルが発生。→アートワークの再検討を行った。
- <手順>
- (1) 誤動作が発生する基板をシミュレーションし、900MHz
 照射時の全端子の誘起電圧を解析。
- (2)アートワークを改良し、(1)と同一条件でシミュレー ションを実施。
- (3)改良後の基板は全端子の誘起電圧が下がっていることが確認できるので、プリント板製作を行った。
- <利点>:アートワーク修正時に前基板との優劣がわかるので、プリント板製作前に改良確認が容易にできる。



※基板はイメージです





外来ノイズによる表示トラブル(実例2)

く現象>

いくつかの周波数でRFノイズを照射する と、表示にちらつきが発生する。シミュ レーション上で同じ周波数を照射したと きに、現象が再現するかどうかを確認 する。

その後、改良基板において同じ測定点 でのスペクトルが改善されているかを調 べる。





シミュレーション結果

シミュレーションの結果、問題となってい る周波数でスペクトルの盛り上がりが確 認できる。改良後の基板において同一 条件でシミュレーションすると、これらの 周波数のノイズレベルは減少しているこ とが確認できる。





電流分布



その他の解析例



SI特性(信号応答)



Microwave & Electronics Laboratory ICの信号出力動作時のスイッチングノイズ

出力バッファがスイッチング動作している場合の電源電圧変動とパスコンの挙動を解析 CN1にDC5Vを印加し、CPUの電源、グランド間にスイッチングモデルを設定。





L6層に実装されたパスコン、U2のほぼ裏側





各パスコンの電圧と電流波形





40

40

40









Voltage waveform:C57{2}





同時スイッチング時の電源電圧波形と電流波形

スイッチング素子に0.5度位相ずれの状態を設定し貫通電流を再現





コモンモードノイズ解析(高周波系ノイズ)

・電源端子に2つの同相のノイズを印加



コモンモードフィルタの効果

・コモンモードフィルタの有無によるノイズ電圧の相違(例えばCPUのグランドノイズ)





コモンモードフィルタの効果(フィルタ別)



Microwave & Electronics Laboratory

電源インピーダンスの実測比較







電源変動の実測比較







TDR測定

基板内の不連続点や特性インピーダンスの変化を調べる



3次元構造のDCDCの例









クランプフィルタの有無





電流分布と電界分布

@5.7MHz





電流分布

電界分布



電流分布(フィルタの有無)

@7.7MHz クランプフィルタあり・なし





フィルタなし

フィルタあり

クランプフィルタ特性





磁界分布 @1MHz



透磁率の違いによるコモンモード抑圧特性の相違 解析時間:7.6秒/周波数



3Dシステムの解析イメージ

(S-NAP/Wirelessの画像)



DCDC動作時の電界 プリント板+筐体+ケーブル+EMCフィルタ



IGBT動作時の磁界



ICパッケージ伝送特性、クロストーク



筐体のノイズ電流



筐体のノイズ電流



大電流コンデンサの電流分布

W/S (参考)

・並列計算のため、コア数が多いほど良い ・メモリは小さい基板でも32GB以上は必要、3Dでは512GB以上を推奨

(<i>1</i> 5111)	プロセッサ	Intel(R) Xeon(R) W-2265 CPU @ 3.50GHz	3.50 GHz
(L [10])	実装 RAM	256 GB (256 GB 使用可能)	

(例2) プロセッサ Intel(R) Xeon(R) w7-2495X 2.50 GHz 実装 RAM 512 GB (512 GB 使用可能)