

電磁波ノイズの評価法（EMC）とノイズに強い基板の設計手法

The evaluation method(EMC) for electromagnetic noise and design methods to reduce the noise for circuit boards

戸所 祐策*

Yusaku TODOKORO

概要

製品を市場に出荷する場合は、殆どの製品カテゴリで、法規または自主規制で EMC*規格の遵守が謳われている。近年の電子機器は、回路の高速化、高集積度がいっそう進み、サイト利用者でも EMC 規格をクリアすることが大きな課題となっている。

本稿では、開発メーカーが EMC 規格をクリアする課題をフロントローディング手法である「EMC 設計」にあるとし、製品開発の各工程において、何をすべきかについて述べる。

EMC 設計では「レビューの実施」と「シミュレーションの有効活用」この 2 点が重要なキーとなり、その 2 点を中心に本文で述べる。

1. はじめに

製品を市場に出すためには、EMC 規格をクリアしなければいけないことはプロジェクト発足当初から決まっているが、現実には開発終盤の評価において放射 EMI*ノイズ対策や静電気ノイズ対策で苦勞することが非常に多い。

その主たる原因としては、「個々の技術力不足が大きく占める」と考えられる。そしてこの技術不足をサポートする体制が部門でも十分とは言えない点も問題である。

この課題を解決するために EMC 設計を実践することが必要になる。

1.1 EMC設計の目的

EMC 設計の目的は以下の 3 点にある。

- ・品質・・・EMC 規格を満足する
- ・コスト・・・評価コスト・対策部品コストを削減
再設計～再評価コストを削減する
- ・納期・・・出荷スケジュールを確保し市場に製品をタイムリーに提供する。

メーカーとしては、機会損失の面からも出荷納期を守ることは非常に重要になる。

1.2 EMC規格クリアの為の重要ファクタ

規格クリアの重要ファクタとしては、主に 2 点ある。まず、

- 1) レビューを実施すること。
つまり、設計部門の過去資産を有効活用する。
- 2) シミュレーションの有効活用
上記 1) に加え、レビューという人力だけではカバーしきれない「プリント基板」から「装置」レベルまでのそれぞれのケースにおいて実施できるシミュレーションの有効活用。この 2 点があげられる。

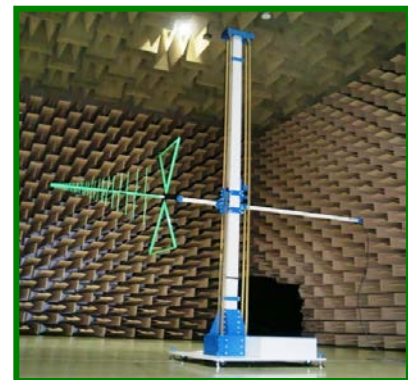


図 1 電波暗室

* 沖エンジニアリング株式会社 EMC 事業部 車載グループ
〒367-8686 埼玉県本庄市小島南 4-1-1 e-mail: todokoro680@oki.com

* EMC【Electro Magnetic Compatibility】電磁両立性

*EMI【Electro-Magnetic Interference】電磁妨害

2. レビューの有効性

製品の開発プロセスにおいて、方式設計段階、またはその前の企画段階から EMC に特化したレビューを各工程で行い、その課題点を確実にフィードバックして次工程に進むことが必要と言える。(図2)

レビューを実施する場合には、レビュアーをそのプロジェクトメンバに限定せず、EMC のキーマンとなるメンバをプロジェクト外部からでも参画させることが重要である。

各工程毎にレビューを繰り返し、最終的な評価レビュー後には、今後の開発に反映できるようなノウハウをナレッジデータベースとして構積していく必要がある。そのデータベースは次のプロジェクトに繰り返し活用していくことを可能とする。

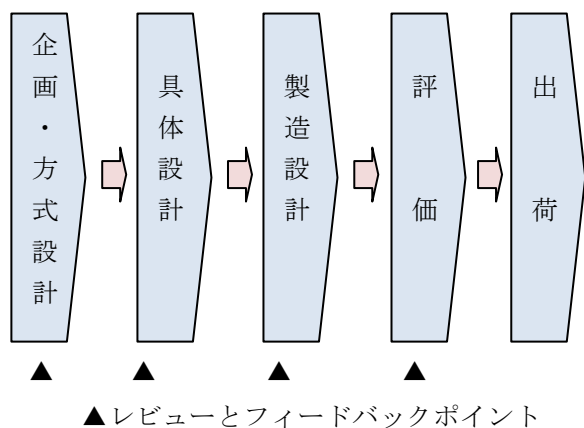


図2. 工程毎レビューの実施

以降では各工程でのレビューの指摘事項を事例を元に述べる。

2.1 方式設計段階での EMC レビュー

回路設計・機構設計 場合によってはソフト設計のメンバとの意識合わせを行い装置全体の EMC 設計の大枠を確認する。

レビューでの確認項目例

① 装置の電源・GND 設計

シグナルグランドと筐体グランドの接続方式
多点ショート／1点ショート／コンデンサショート／完全分離 これらは全モジュール基板で統一検討される必要がある。また、ハーネス内の GND ピン数の確保も初期段階で優先される項目である。

② 筐体内の基板・ハーネスのルートの確認

ノンシールドケーブルの折り曲げ部が筐体グランドと結合してしまい信号品質が損なわれるケースがあ

る。配線ルートや固定方法の確認をしておくことが必要である。

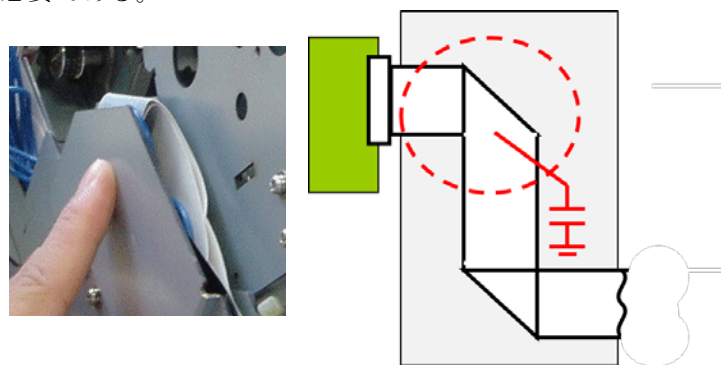


図3. ハーネスの配線失敗例

③ 実施するシミュレーションの選定

高速信号が存在する回路ではシグナルインテグリティの波形シミュレーションの検討を行う、また高速・大規模 LSI の電源ノイズが懸念されるケースでは、パワーインテグリティシミュレーションが必要な検討を設計初期段階から計画しておき、費用、スケジュール計画を立てる。

④類似プロジェクトの過去の成功例／失敗例の情報を収集する。

⑤外部からの購入ユニットの品質確認等が挙げられる。

2.2 具体設計段階での EMC レビュー

回路設計段階において指摘される項目を示す。

①バス線や重要信号線のトポロジーの確認

同じ回路でもトポロジーにより反射波形が大きくなる。双方向バスであればなおさら放射ノイズの懸念がある。

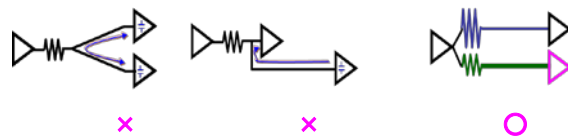


図4. 1対1トポロジーによる波形品質の差

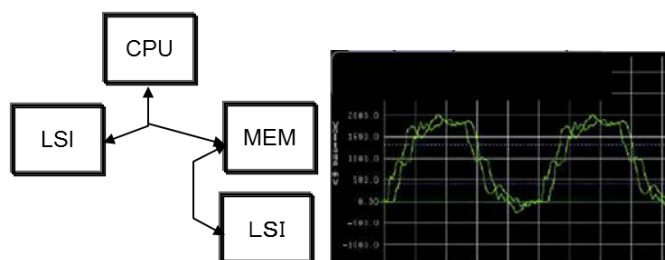


図5. 双方向分岐信号の波形品質

- ① 複数種類コンデンサの使い方の確認
 複数種のセラミックコンデンサの並列接続は、共振して高インピーダンス帯ができてしまう。

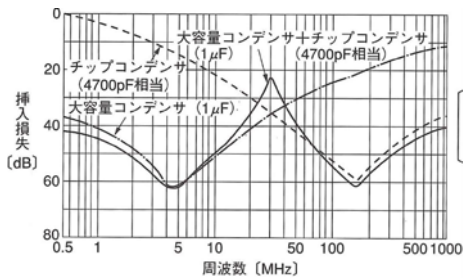


図6. 複数パスコン実装の周波数特性理解して配置しているかを確認する。

- ② グランドを弱くしない部品の使用法
 LSI 周辺の下や貫通型ピンヘッダは、内層のグランド面が分断されてしまい帰電流パスの不連続領域が発生してしまう。(図7)

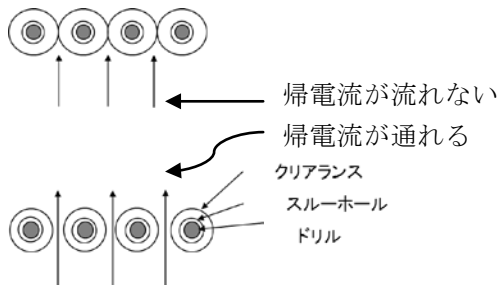


図7 上段クリアランス径が大きい
 下段クリアランス径を小さく修正

ピンヘッダのクリアランスを工夫し信号線の帰電流を確保することが必要。

LSI のバスに接続する連続したダンピング抵抗は内層も抵抗の VIA ホールにより分断されて帰電流ルートが信号線直下ではなく、ループを起こしてノイズを発生させているケースがある

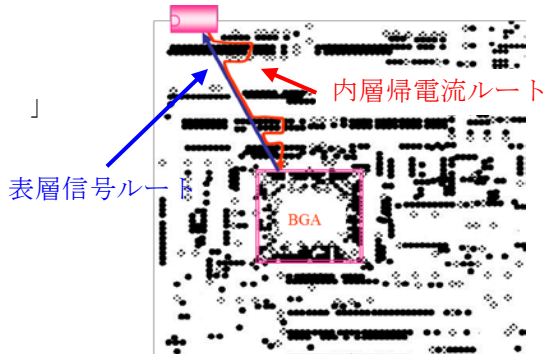


図8. バス線の抵抗配置による内層分断図

このような場合も回路図をレビューする時点で、帰電流が確保できない部品の配置、使用方法を指摘できる。

- ③ 内層電源・グランド分割の方法
 電源内層の分割については、配置部品と隣の信号層の配線の関係もあるが、安易に分割してノイズ的に失敗することも多い。なるべくグランドは分割せず、電源もループをしないような配線指示をしているかをレビューで確認する。

図9は放射イミュニティ試験をクリアできなかった装置の電源を強化して成功した例である。

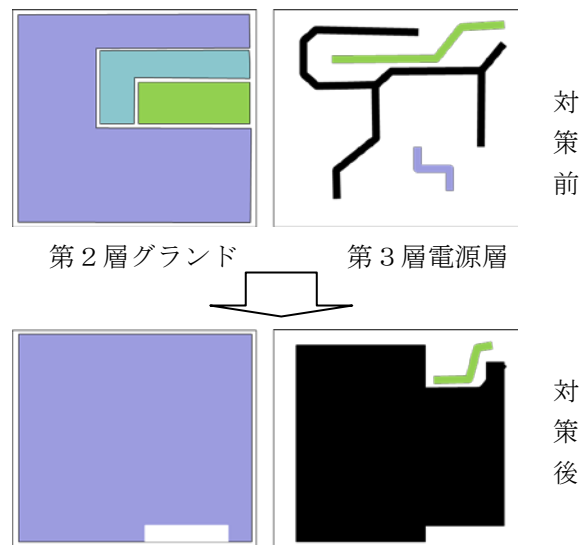


図9 電源層、グランド層の強化

2.3 製造設計段階での EMC レビュー

製造設計・パターン配線が終了に近づいた時点でシミュレーションを実施する。
 ここでは 具体設計時の注意箇所の確認をおこなう。つまり理想の設計どおりにできた所と完全にできなかったところ：妥協点の確認をする。
 シミュレーションの結果が品質の全てを表すことはできないが、シミュレーションでの悪い結果には何らかの要因が必ず存在している。この段階で判っているところは評価時のためにもすべて把握しておく必要がある。

- ① 伝送波形シミュレーション例

図10のように3枚の基板を接続して伝送する信号波形は、正しくインピーダンス制御していれば反射波形は少なく抑えられるが、その点を考慮せず配線すると 図11のように乱れた波形となってしまう。こ

のようなケースでも事前にシミュレーションしていれば防げることになる。(図 12)

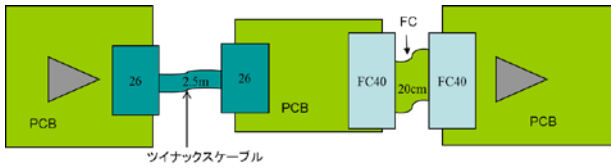


図 10 3枚基板の信号伝送回路

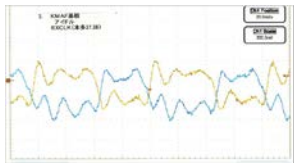


図 11 インピーダンス制御なしでの実測波形

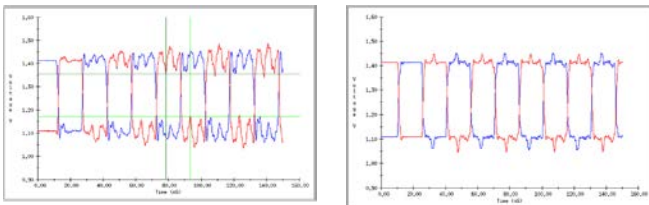


図 12 実測波形の波形シミュレーション(左)とインピーダンス制御したシミュレーション結果(右)

② 電源共振シミュレーション事例

図 13 は、基板の内層電源の共振シミュレーション結果である、オリジナル (左) に対して、コンデンサを追加すると (右赤矢印箇所) 返ってノイズが悪化するようなケースがあることもシミュレーションで見つけることが可能である。

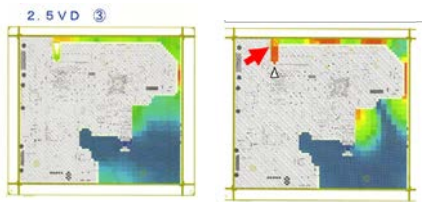


図 13 分割された内層電源の共振状況

2.4 評価

このステップでは、評価で確認した内容に加えて、今回の設計で効果のあった施策、なかった施策をまとめて次につなげる**ナレッジデータベースを構築**することが最終的な目標となる。

データベースの構築手段例としては

- ・CAD システムに組み込み
- ・イントラネット上で情報共有
- ・チェックリスト作成

・その他

が挙げられる。

設計ルールを設計 CAD に組み込むことができるのがベストではあるが、それが難しいケースは、部門での情報共有ルールをイントラネット等で構築していくことも有効である。また、個別にチェックリストを利用する人海的な確認も有効であることは、私自身の経験から言える。

このようにしてナレッジデータベースを構築することができても、問題はいかに運用し続けることが重要である。そのためには

- ・マネジメント者が EMC 設計手法を理解する
 - ・個別技術は各分野により様々であるため、データベースは各部門ごとに作成する。
 - ・先端のシミュレーションノウハウをウォッチする。
 - ・データベースを構築していくリーダーをキーマンとして部門で育成する
- 等、部門の協力が不可欠と言える。

3. 終わりに

製品開発プロセスにおいて、出荷間際の EMC 評価で問題を起こさない為に、EMC 設計を実践することが重要である。つまり有意義なレビュー、必要なシミュレーションを実施することで、仮に課題が発生したとしても、「真の問題点を解決する」為の時間・コストは大幅に短縮できると考えられる。

また、この手法は、製品開発に関わる全ての部門で共通認識をもち、外部からの購入基板/ユニットにも適用することが本来の目的である。

参考文献

- [1]現場のノイズ対策入門 著書：坂本幸男
日刊工業新聞社
- [2]「実践！電子部品の信頼性評価・解析ガイドブック」 著書：今井康雄 味岡恒夫
日刊工業新聞社

(とどころ ゆうさく/沖エンジニアリング株式会社)