

PD適用解説（基礎編）

PI Design for EMC

EMC設計イノベーション.COM 代表 林 克彦
2023年1月



EMC設計イノベーション.com



○EMC設計

◆今までのEMC設計

～基板設計(A/W)以降の工程向け（手戻り解決）～

- ハウツー本業界誌 : EMC対策として**やるべきことがわからない**
- ベンダーのツール : 結果が出てきても**何をやるべきかわからない**
- EMC対策 ～イメージで語られている／根拠・客観性が乏しい

➡**情報は提供される** しかし対策は自分で考える

◆当社の視点

知ろうEMC設計！ **新たな気づきと知識**

EMC課題 : **回路図設計段階でツールで回路を評価**

EMC設計イノベーション.com



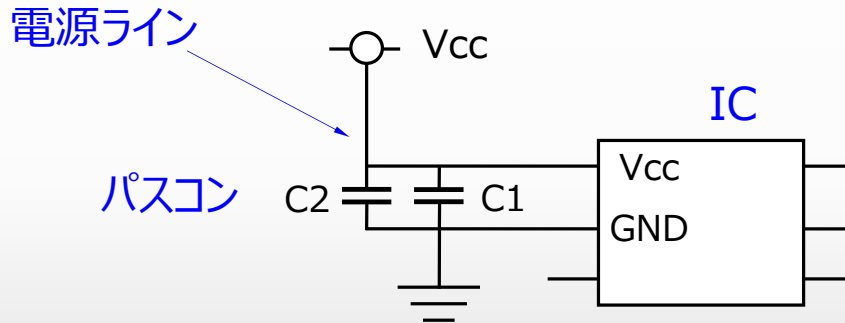
電源ラインのEMC設計 PD適用

1. PD適用の概要

- PI (Power Integrity) 設計をEMIに適用(*PI Design for EMI*)
- 対象ライン : ICに電源を供給する各種(5/3.3/1.5V)電源ライン
- PD設計ツール : SPICE系シミュレータ
- ラインモデル : 断面形状計算と線路長／電磁界Simによるモデル
- ICの電源端 : 定電流源(AC)モデル
- 電源デカップリング設計(IC動作) ⇔ ノイズ漏洩帯域(EMI)設計評価
- 回路図設計段階で実施
→ 評価現場でのEMI対策作業を低減

○電源ライン PD適用

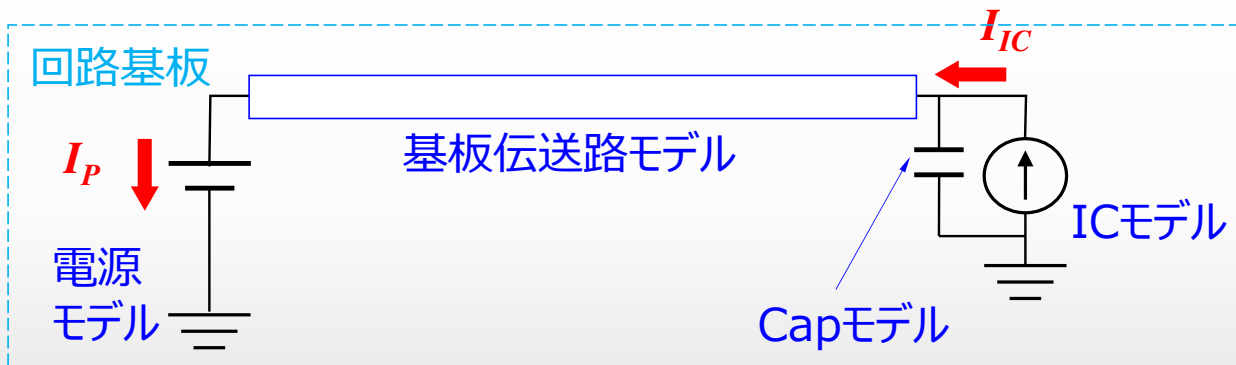
■電源ライン



通常：PI設計
インピーダンスをターゲットインピーダンス以下にする

○PD適用の基本モデル

■電源ラインのモデル



$$PD = 20 \log \frac{I_P}{I_{IC}}$$

IC電源端より電源ラインへ漏洩する
ノイズ電流を評価

2 モデリング方法とシミュレーション

○PD適用手順

■回路図設計段階

■電源ラインの設定 (3.3V、5V、1.5V、1.2V、・・・)

製品の回路基板形状と部品仮配置の関係より概略の長さを想定

基板仕様(GND層・電源層等)より伝送路の断面形状を設定

電磁界Sim利用の場合は直線モデルでよい

■設計ツール (LTspice 又はSPICE系シミュレータ) を適用

○PD適用のEMC設計例

■CLK : 8MHz (3.3V)

■基板の電源ライン長(MSL) 100mm

電源ライン幅 2mm

GND間誘電体厚み 0.1mm 誘電率4.7

→ $Z_0 = 7.8\Omega$ $t = 0.69\text{ns}$ ($\therefore 0.0069\text{ns/mm}$)

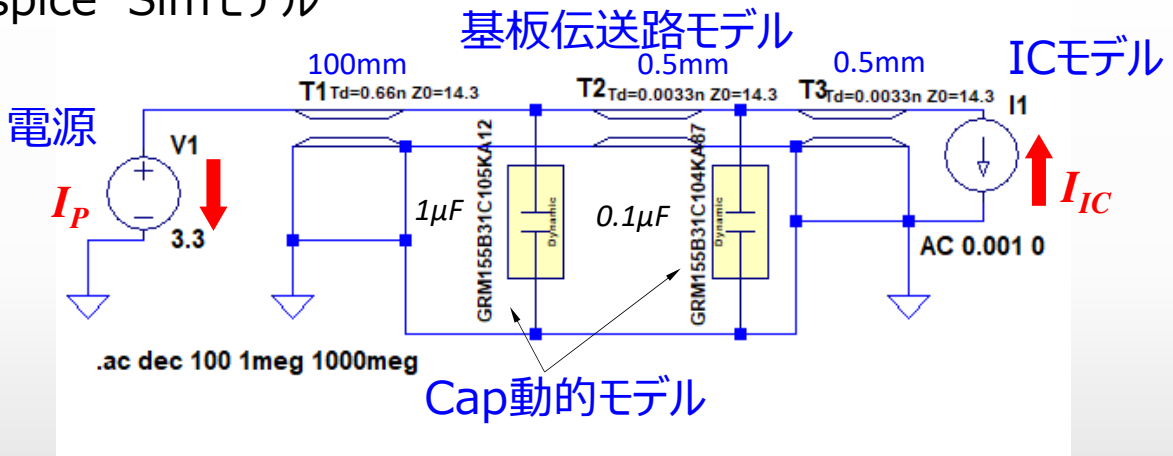
■ICの電源端子 : 定電流源(AC)モデル(CDバイアスあり)

■コンデンサ : 0.1 μF / 1 μF 動的モデル(村田製作所様サイトより)

■LTspice : AC解析

○PD適用のEMC設計例

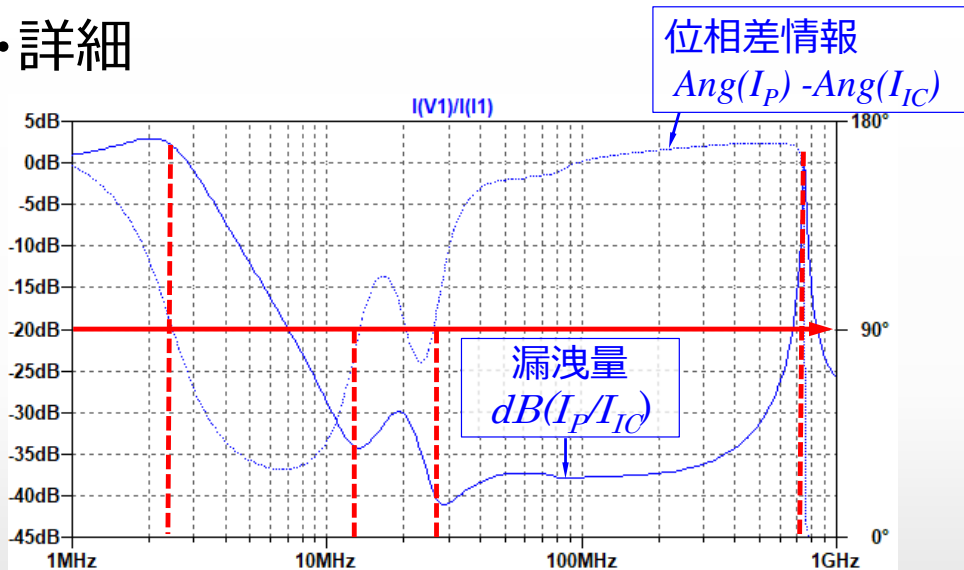
■Ltpspice Simモデル



$$PD = 20 \log \frac{I_P}{I_{IC}}$$

IC電源端より電源ラインへ漏洩するノイズ電流を評価

○PD評価・詳細



※低周波側の利得
CLK_8MHz ICの場合

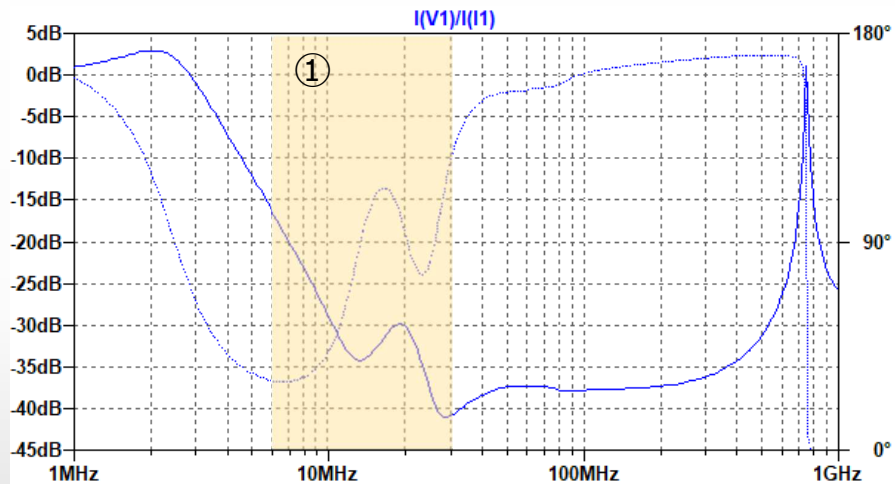
- ・実使用上IC側のノイズは無い
- ・実際の適用において問題は起きていない

λ/4共振
 $I_P > I_{IC}$

C自己共振
 $I_P < I_{IC}$

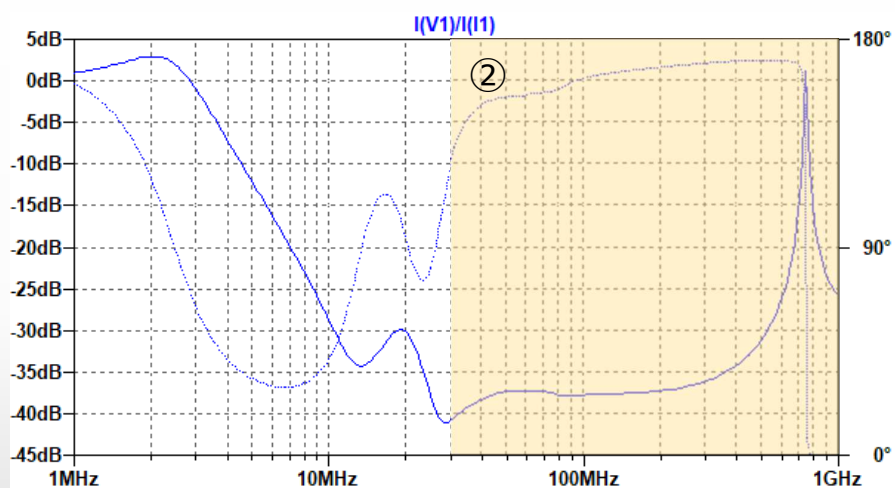
λ/2共振

○PD評価法



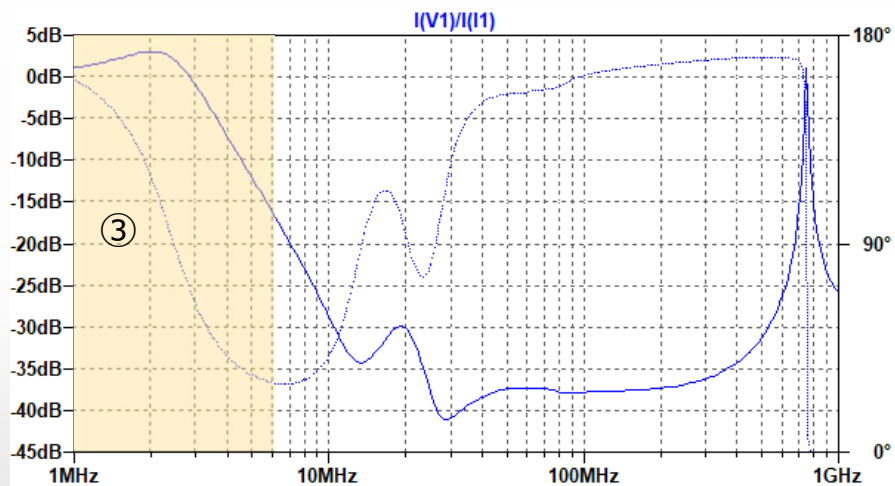
- ①ICの動作周波数(F)が不要輻射帯域(30MHz~1GHz)外の場合
- F の高調波帯($\sim 5 \times F$)でのノイズ電流 $\approx 1\text{mA}$ レベル
 - -30dB 以下の減衰量を目安

○PD評価法



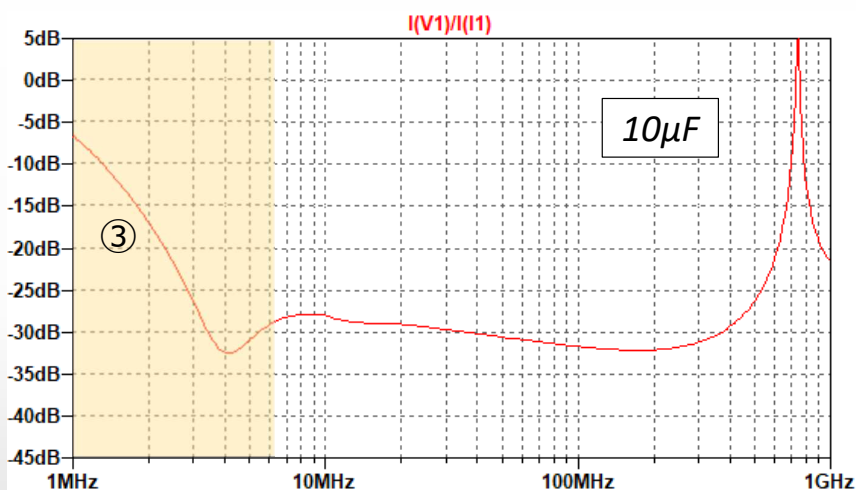
- ②ICの動作周波数(F)が不要輻射帯域(30MHz~1GHz)内の場合
- 周波数 F のノイズ電流 $\approx 10\text{mA}$ レベル
 - -50dB 以下の減衰量を目安

○PD評価法



③ICの動作周波数(F)が不要輻射帯域外(更に低周波側)の場合
?

○PD評価法



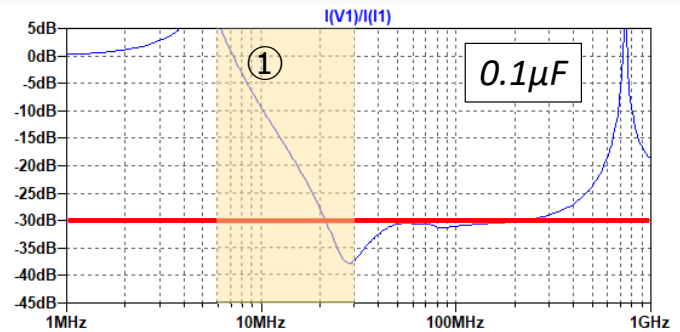
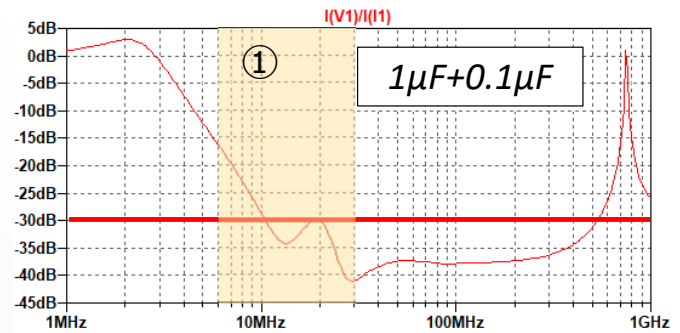
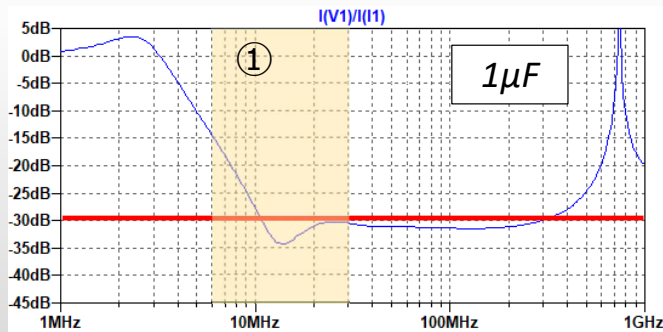
③ICの動作周波数(F)が不要輻射帯域外(更に低周波側)の場合
・ パスコン容量を大きくする必要あり

3 デカップリングコンデンサの最適化

■ パソコン組合せ

CLK_8MHz ICの場合

- ・パソコン 1 個でもOK
- ・1 μ F(1005)がおすすめ



○“PD適用・実践編”の内容

☆ 電源ライン起因のEMI課題の構成

メイン基板からケーブル経由でサブ基板に電源供給

■ Simモデル作成の手順

■ 設計例紹介 ノイズ漏洩抑制方法

- ・ 伝送路モデルによる計算例
- ・ 注視すべき箇所と対策方法 (回路処理)

■ PD適用 → パソコンの設計法

- ・ コンデンサの配置
- ・ コンデンサの共用 (個数削減) 方法
- ・ 3端子コンデンサのパソコン効果

○PD適用の効果

■ICの動作周波数に対するパスキンの設定

パスキンの定数値（種類）と個数 更に配置(IC端子との距離)

電源デカップリング設計(安定動作)

⇔ 同時にノイズ漏洩帯域設計(= EMI設計)

■電源ラインの長さ(ハーネスを含む)によるEMIリスクを評価

■PD最適化によるEMC対策部品の削減

■ハーネスに装着するF-コアの削減にも効果 (←背景説明 技術&学術)

○セミナー “PD適用・実践編”の内容

■課題となるケーブル(ハーネス)経路の電源ラインのモデル

■Simモデル作成の手順

■設計例紹介 ノイズ漏洩抑制方法

- 伝送路モデルの計算例
- 設計目安の説明
- 注視すべき箇所と対策方法 (回路処理)

■PD適用 →パスキンの設計法

- 必要とする減衰量/コンデンサの組合せ
- コンデンサの実装位置
- コンデンサ数削減方法
- 3端子コンデンサのパスキンの効果

○当社セミナーの提供

- 回路図段階におけるEMC設計(課題・リスクの低減)の気づき
- 回路設計者が注意すべき回路設計技術が身に付く
SPICE系Simの知識・適用の仕方が身に付きます
- 回路設計者／EMC技術者／A/W設計者間のコミュニケーション



- 製品設計現場におけるEMC課題解決・リスクの低減
- EMC対策現場の負荷低減（人材・製造コスト・時間）

○セミナー

■セミナーをご希望される方

ご希望のセミナーを選択し“[お問い合わせ](#)”でご連絡下さい
早々に見積書を作成し返信致します。

■セミナーの進め方

各項目のセミナーはオンラインで行います。
各セミナーはそれぞれ約1時間×2回程度となります。
セミナー後 特定期間中に内容について質問ができます。
詳細につきましては事前にお打ち合わせさせていただきます。

○会社情報

■社名 EMC設計イノベーション.com

■代表者 林 克彦

■所在地 長野県塩尻市広丘

■設立 2022年2月

■取引銀行 八十二銀行 広丘支店

■ホームページ <https://emc-di.com>

～ MBDでEMC設計をDX! ～

■お問い合わせ 当社ホームページ“[お問い合わせ](#)”ページ

○当社の事業

EMC設計に関するセミナーの提供（リモート）

1. PD(PI Design for EMI)適用

電源ラインに関するEMC設計方法／SPICE-Simの方法

2. SD(SI Design for EMI)適用

2.1.信号ラインに関するEMC設計法／IBIS-Sim

2.2.差動信号(～Gbps)への適用

3. WD(Wiring Board Design for EMI)提案

EMC設計に適用した回路基板設計（単層基板／両面基板／4層基板）

4. EMC設計 背景説明

機器からのノイズ放射のメカニズムを理解（座学）

○当社の事業

EMC設計に関するセミナーの提供（リモート）

5. 電源回路のEMC

5.1.電源回路(DC-DC)における30MHz帯ノイズシミュレーション

5.2.雷サージ（AC-DC／IEC61000-4-5）シミュレーション

6. ESD²(ESD Design)に関するセミナー

6.1.静電気に関する理論的解説・メカ設計（座学）

6.2.IEC61000-4-2試験対策（電磁界Sim）

それぞれのセミナーの特長は下記のリンクを参照

[EMC設計技術 | MBDでEMC設計をDX! \(emc-di.com\)](http://emc-di.com)

※本テキストの取り扱いに関します厳守・免責事項

- 本テキストの図表・文章・写真等、一切の無断転載を禁止します。
- 本テキストの著作権は当社（EMC設計イノベーション.com）に帰属します。
- 本テキストをコピー・入力等で複製・掲載することは、社内用・社外用を問わず当方の承諾無しにはできません。無断複製は損害賠償、著作権侵害の罰則の対象となります。
- インターネットの検索等で見つかるような場所(クラウドやファイルサーバ等)で本テキストを保管しないでください。
- 当社のテキストのご利用者様が開発・設計される機器へ本テキストの技術を適用される場合は、ご利用者様の責任にて適用・実施を頂きますようお願い申し上げます。
- 知的財産権等につきましても、ご利用者様が事前に調査されることをお願い致します。
- 当社のテキストの技術適用によりご利用者様に生じます損害・費用・損失・責任についての申し立てにつきましてはご容赦願います。

ご清聴ありがとうございました