

スイッチングノイズ解析事例

DCDCコンバータ

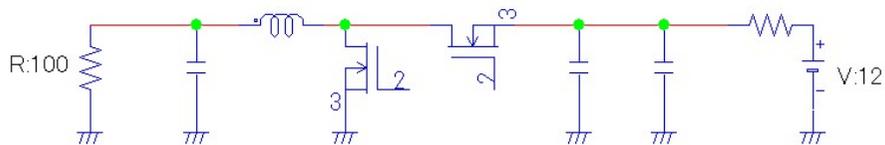
S-NAP PCB Suite(Ver.3)解析サンプル

MEL Inc.
2018/7/4

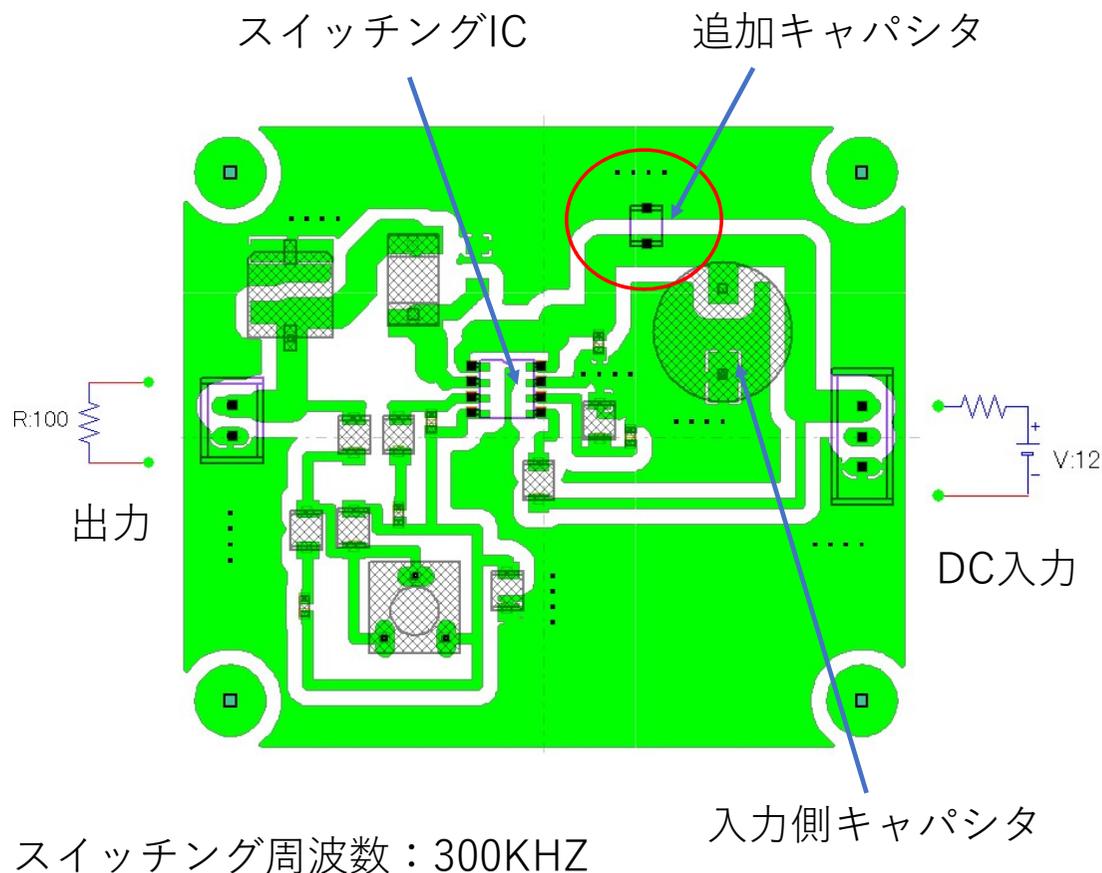
サンプル基板

右のようなDCDCコンバータを非線形定常応答解析を用いて解析を行います。

入力側のキャパシタは中央部のグラウンドの島に接続されているので、異なるグラウンド位置に落とした追加キャパシタの効果を解析してみます。



等価回路イメージ



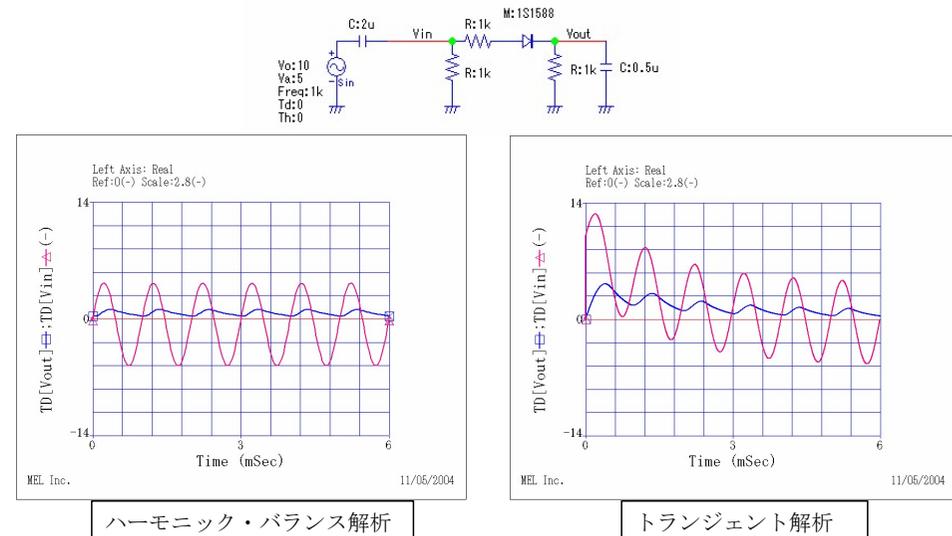
スイッチング周波数：300KHZ

非線形定常応答解析（ハーモニック・バランス法）について

スイッチング素子は非線形動作ですので、同時スイッチング状態でのパスキンの状態を調べるには、基板の電磁界解析データを含めて非線形解析を行う必要があります。SPICEなどで用いられるトランジェント解析は非線形解析を行いますが、この解は図のように過渡解と定常解の合成であり、定常解を得たい場合、過渡解が収束するまで待つ必要があります。回路の時定数が大きい場合、過渡解が収束時間は非常に長くなり、またどの時点で過渡解が収束しているのかの判断も難しくなります。

一方で、ハーモニック・バランス法は周波数ドメインでの非線形解析法で、定常解を直接得ることができます。時間軸の応答波形は2次解として得られます。

S-NAP/PCBは、ハーモニック・バランス法をベースにした非線形定常応答ソルバを実装しており、スイッチング動作の定常応答を高速に計算することができます。今回のサンプルは、この手法を用いて計算を行っています。

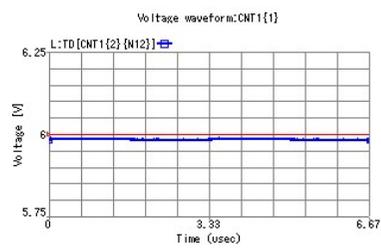


入出力端子の波形とスペクトル

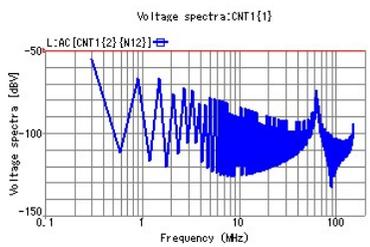
※追加キャパシタなし

63.6MHzにノイズスペクトルが見える
(FMラジオ帯域に近い)

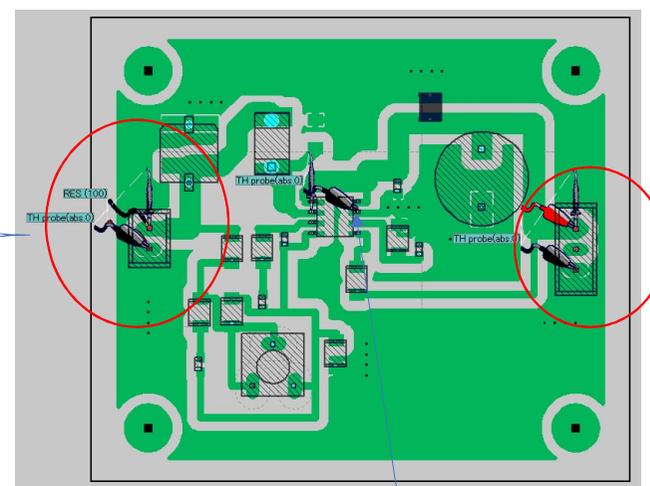
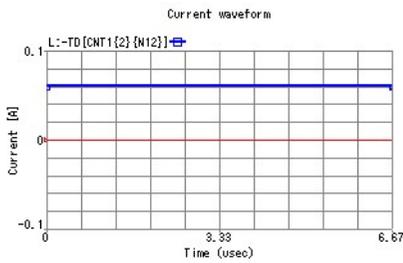
出力電圧波形



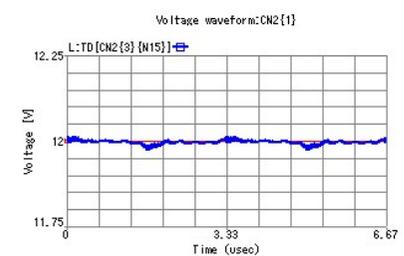
電圧スペクトル



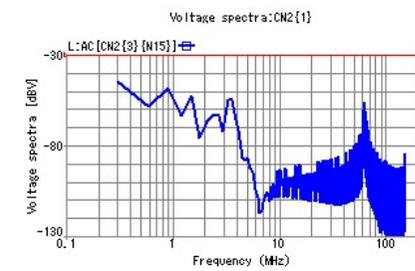
電流波形



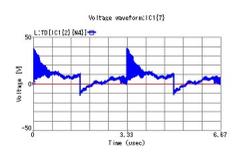
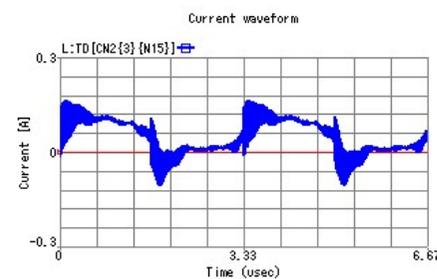
電圧波形



電圧スペクトル
(伝導ノイズ)



電流波形

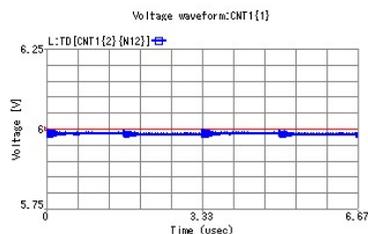


入出力端子の波形とスペクトル

※追加キャパシタあり

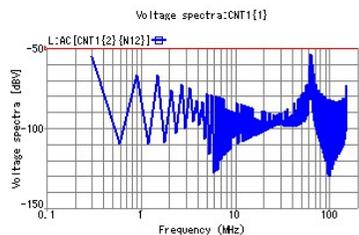
- ・ノイズスペクトルは、64.8MHzに移動
- ・入力端子のノイズは下がったが、出力端子のノイズレベルは大幅に上昇している

出力電圧波形

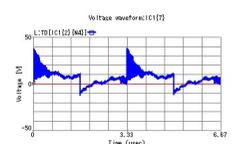
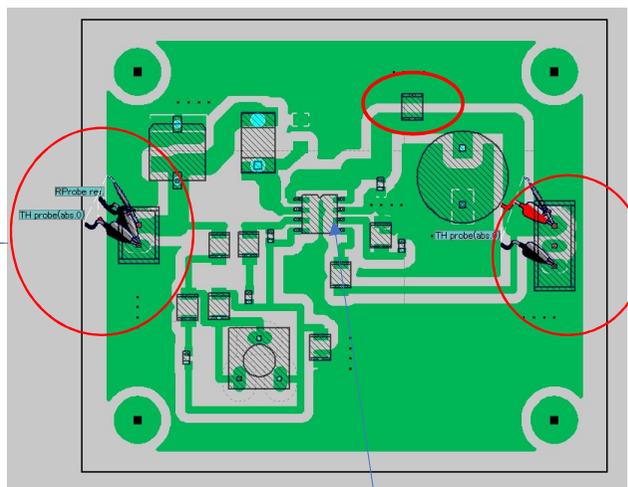
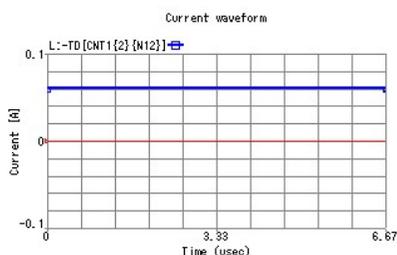


20dB以上up

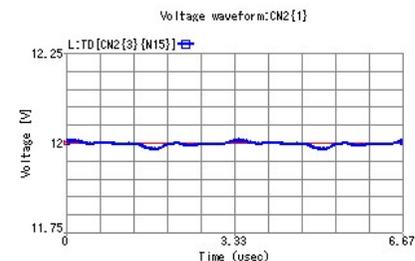
電圧スペクトル



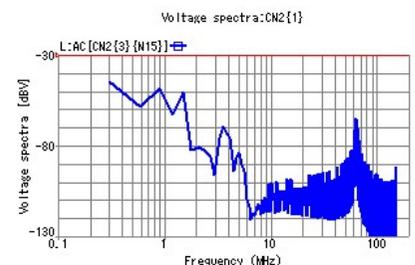
電流波形



電圧波形

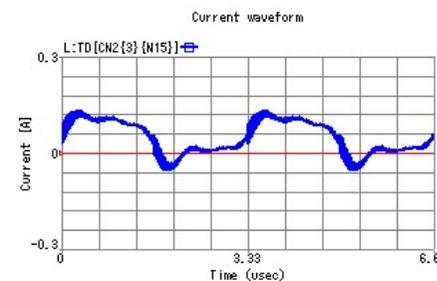


電圧スペクトル
(伝導ノイズ)



10dB以上減

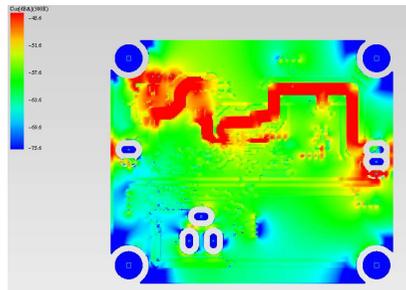
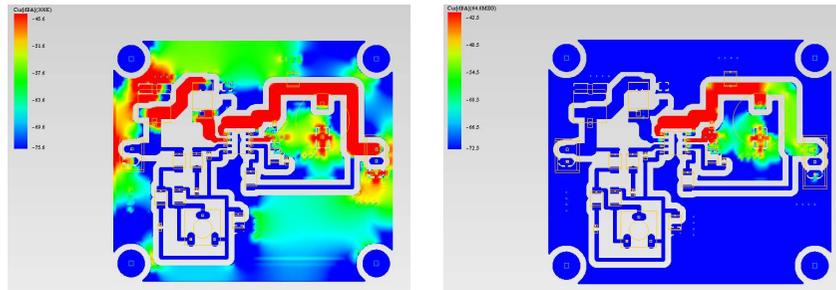
電流波形



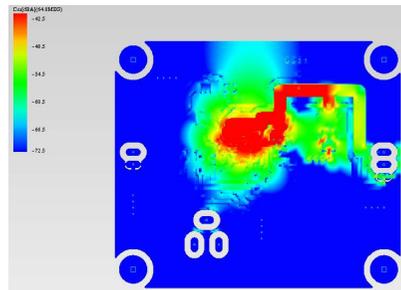
電流分布

追加キャパシタが、ある場合とない場合の電流分布を示します。追加キャパシタを入れると、グラウンドのより広い部分に電流が流れていることが確認できます。

追加キャパシタなし

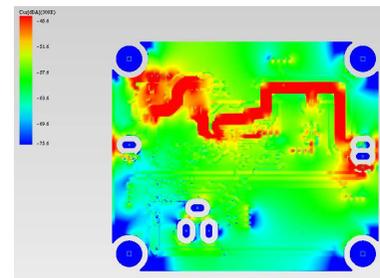
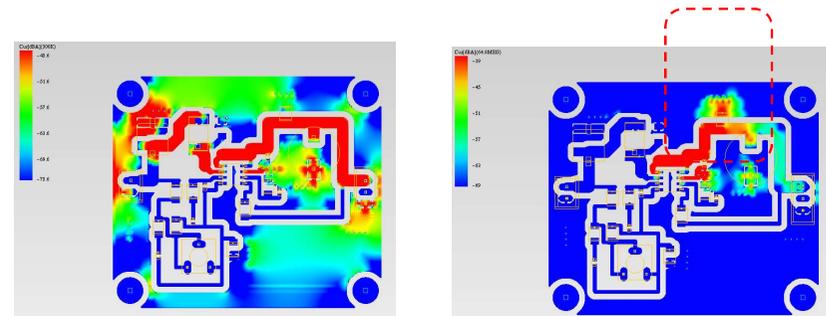


300KHz

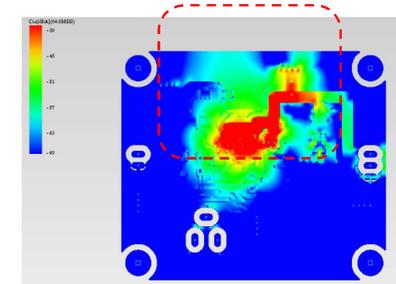


63.6MHz

追加キャパシタあり



300KHz

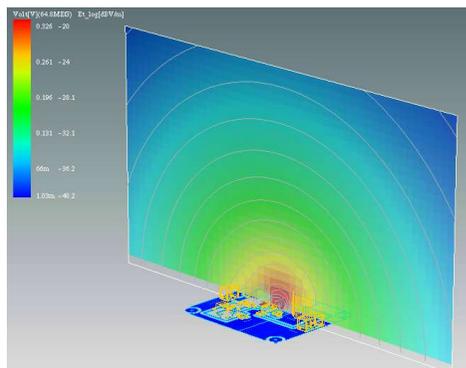


64.8MHz

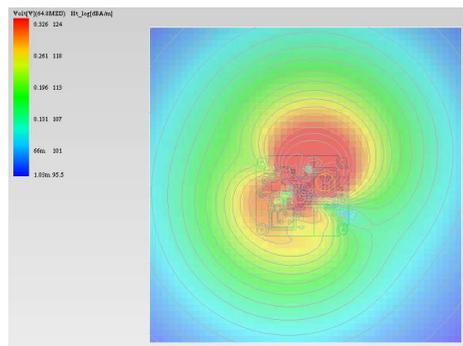
電磁界分布と 3 m 電界強度

追加キャパシタがある場合の、近傍の電磁界分布と 3 m 地点での電界強度を示します。

64.8MHzで大きな放射があることが確認できます

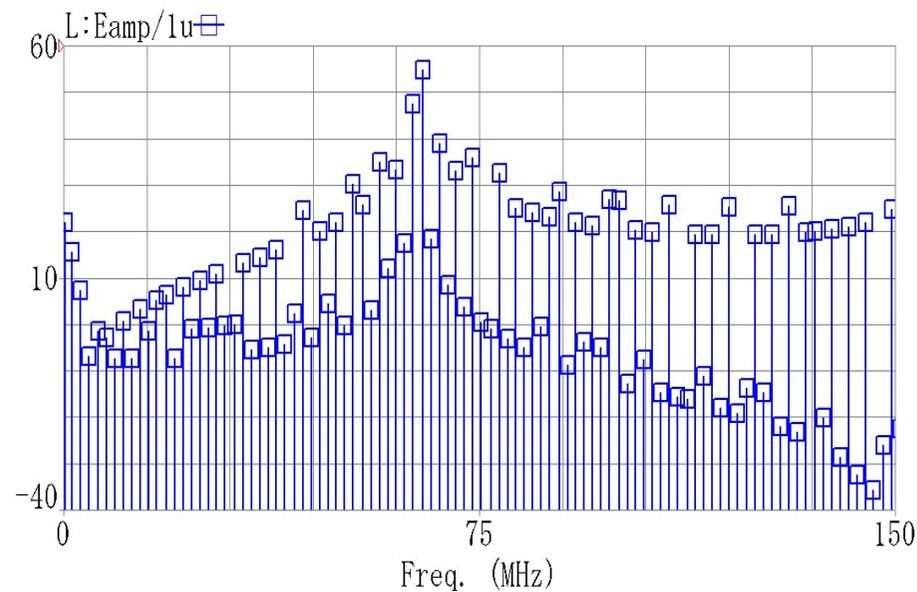


近傍電界
@64.8MHz



近傍磁界
@64.8MHz

※追加キャパシタあり時



3 m 地点電界強度

まとめ

- ・ S-NAP PCB Suiteを用いて、DCDCコンバータがスイッチング動作を行っている時の入出力端子の伝導ノイズを解析してみました。
- ・ スwitching回路はインピーダンス可変回路ですので非線形解析が必要になりますが、電源系などの時定数の大きな回路は、過渡解析では定常項のみを抽出するのが大変な作業になります。
- ・ 今回ご紹介したハーモニック・バランス法ベースの非線形定常応答解析を用いると、基板実装状態でのスイッチング動作が、80秒ほどで高速に解析が可能です。
- ・ 解析例からわかるように、FMラジオ帯域に近い65MHz付近の放射が確認できました。
- ・ コンデンサの追加などで、周波数を含め放射特性が変化することがわかりました