

ハーフブリッジトポロジーの レイアウトを最適化する

2025年7月

岩本純一

シニアFAEマネージャー

MPSジャパン

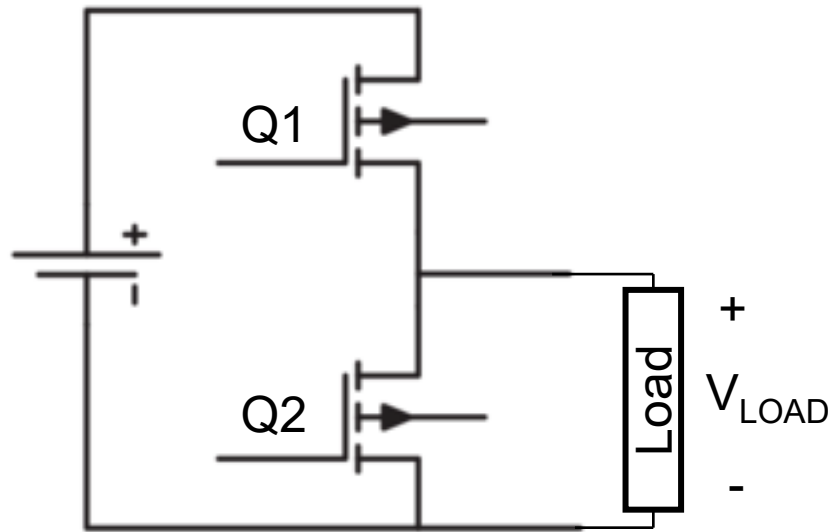


イントロダクション

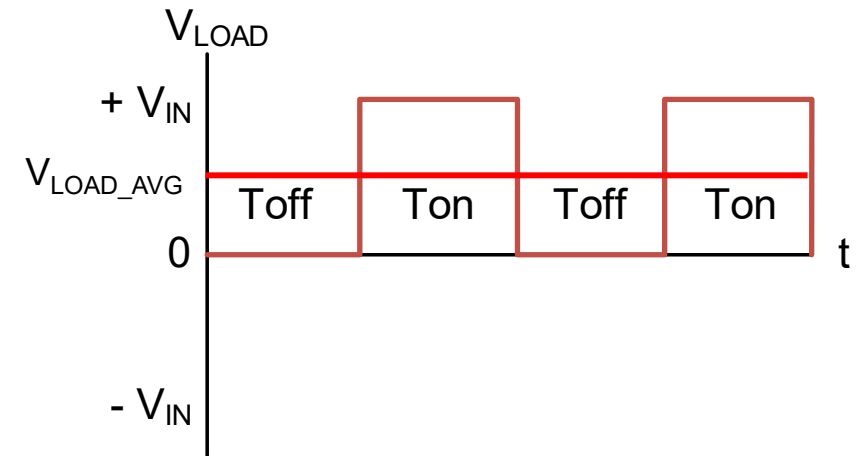
ハーフブリッジはスイッチング・コンバータの最も基本的な形式であり、**MPS**製品の主要なトポロジーでもある。

- ハーフブリッジについて、私たちは何を理解しているのか？
- **DC/DC**変換で最も一般的なハーフブリッジ・トポロジーは？
- これらのトポロジーにおける重要な電流経路を特定し、電磁干渉 (**EMI**) を最小限に抑える方法
- 降圧の異なる**VIN**配線スタイルに基づく放射エミッション試験の実証結果

ハーフブリッジ

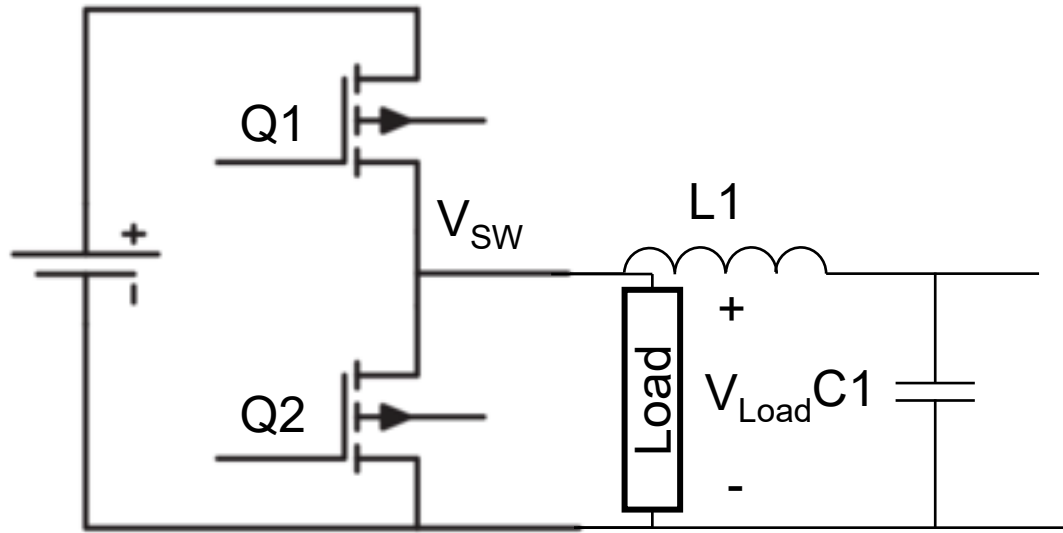


ハーフブリッジ

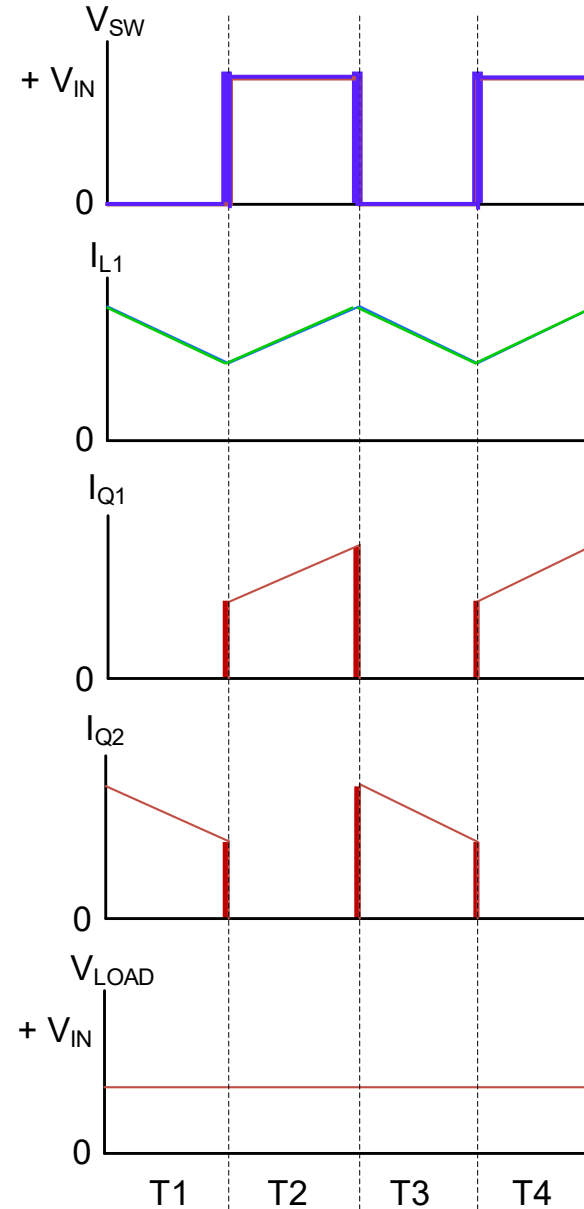


$$V_{LOAD_AVG} = V_{IN} \times T_{on} / (T_{on} + T_{off})$$

降压型コンバータ



降压型コンバータ



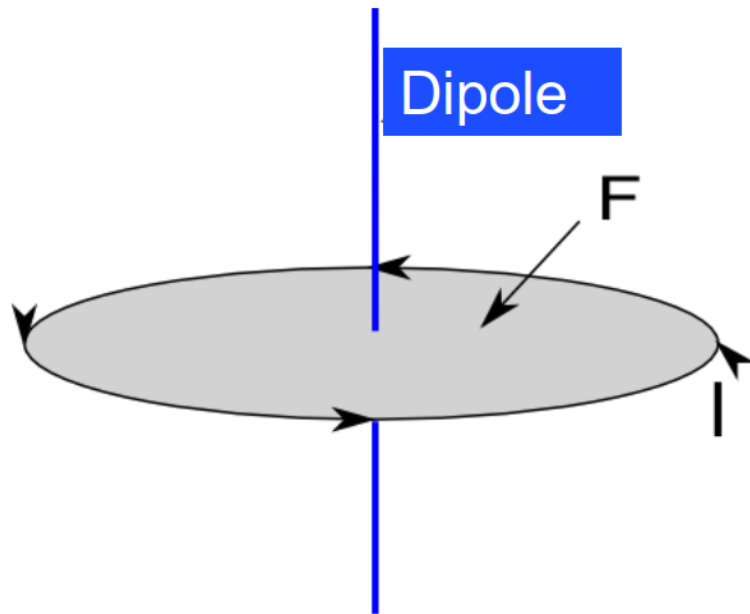
高 dV/dt

$\text{high } \frac{dV}{dt} \Rightarrow E - \text{Field}$
Increase with voltage
Increase with antenna size
and height above PCB

高 dI/dt

$\text{high } \frac{dI}{dt} \Rightarrow H - \text{Field}$
Increase with current
Increase with loop size
and height above PCB

電磁ダイポールアンテナ



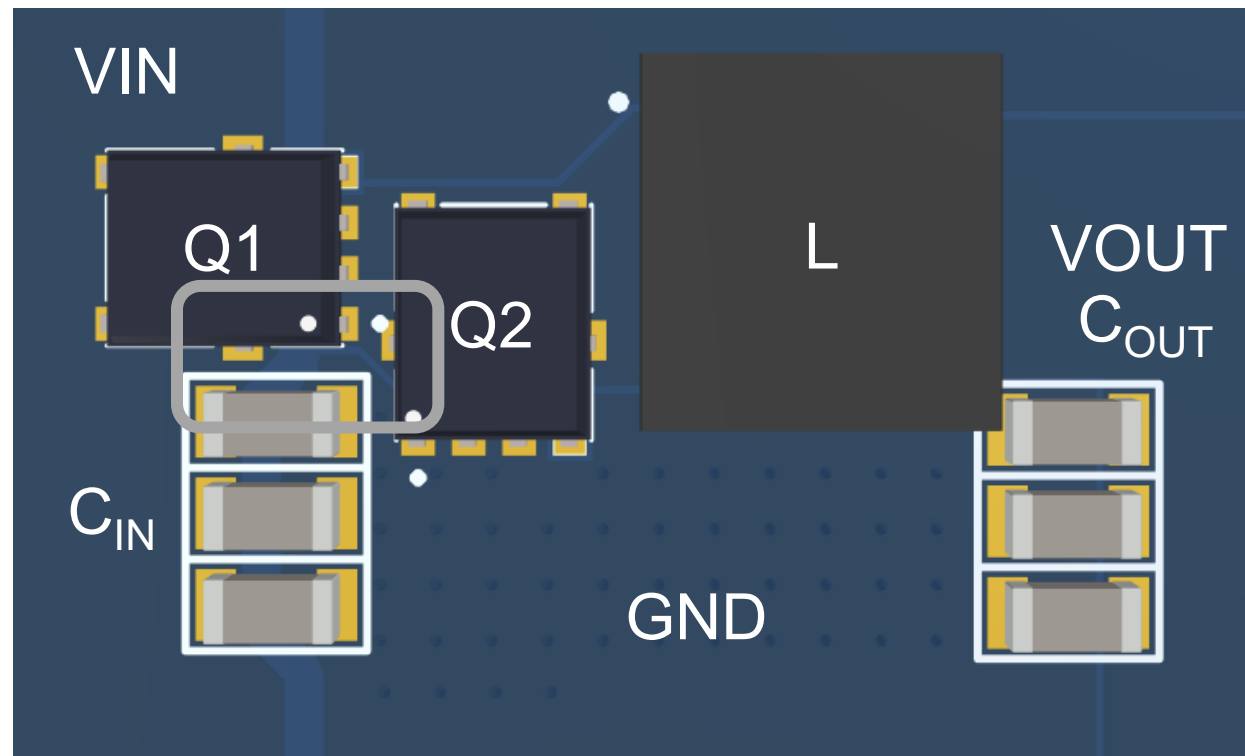
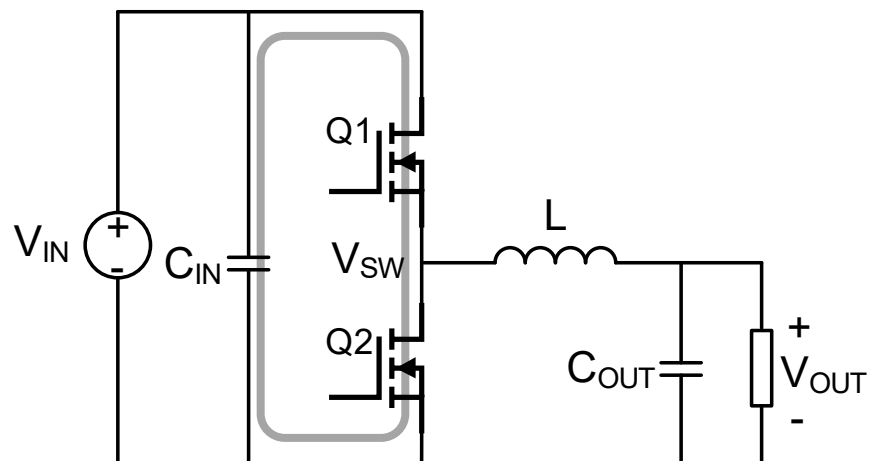
導体を流れる交流電流が磁気ダイポールアンテナを形成

電気双極子と同じように放射する

放射は面積と電流の大きさとともに増加

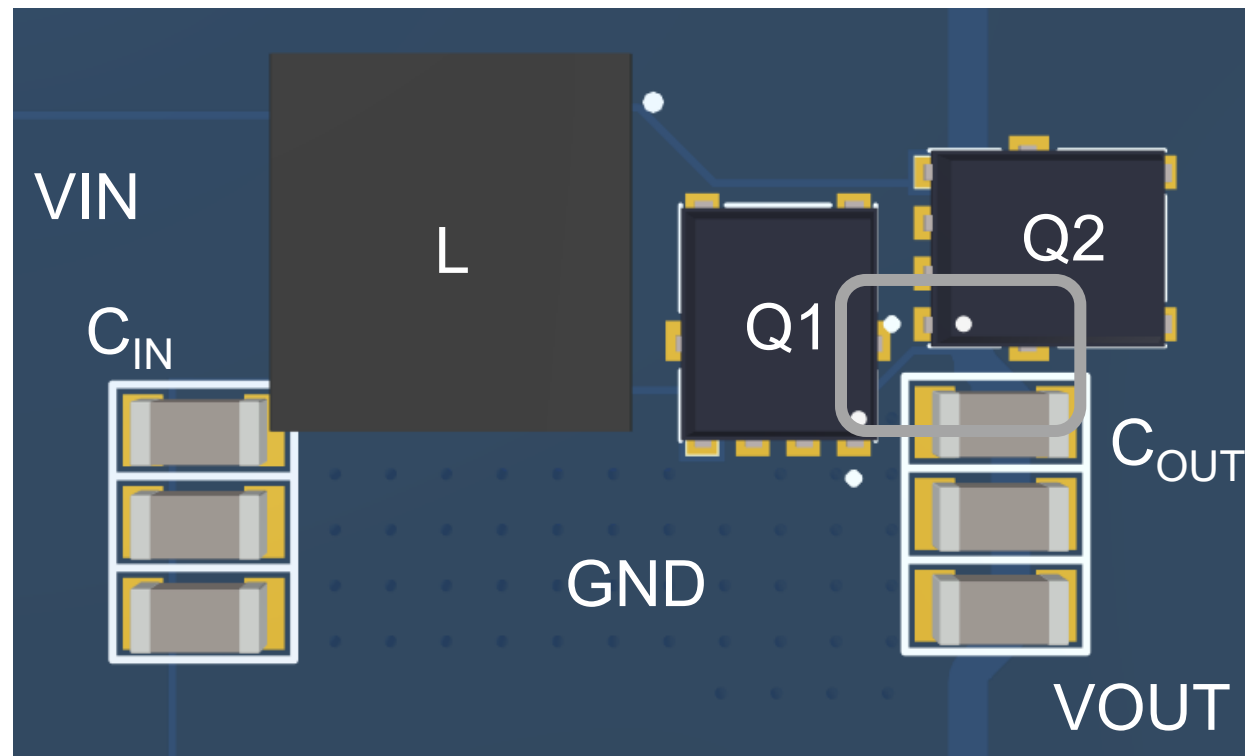
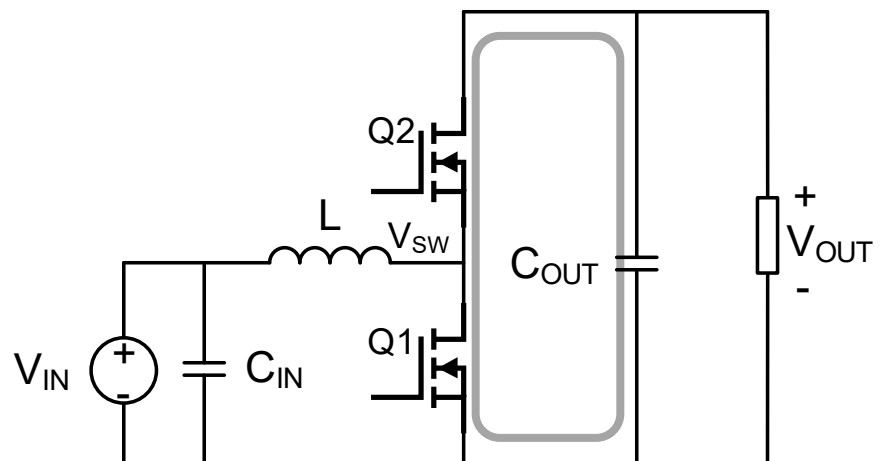
さまざまなトポロジにおけるクリティカル・ループを特定

降圧型コンバータ



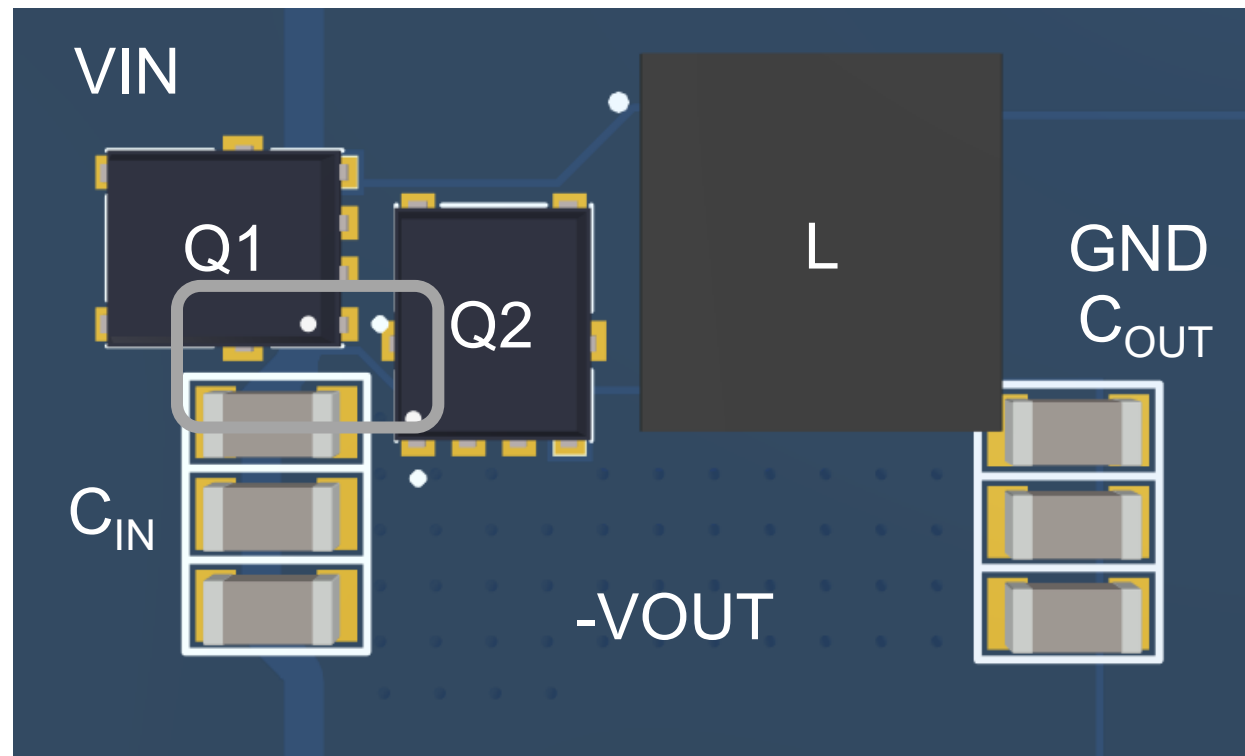
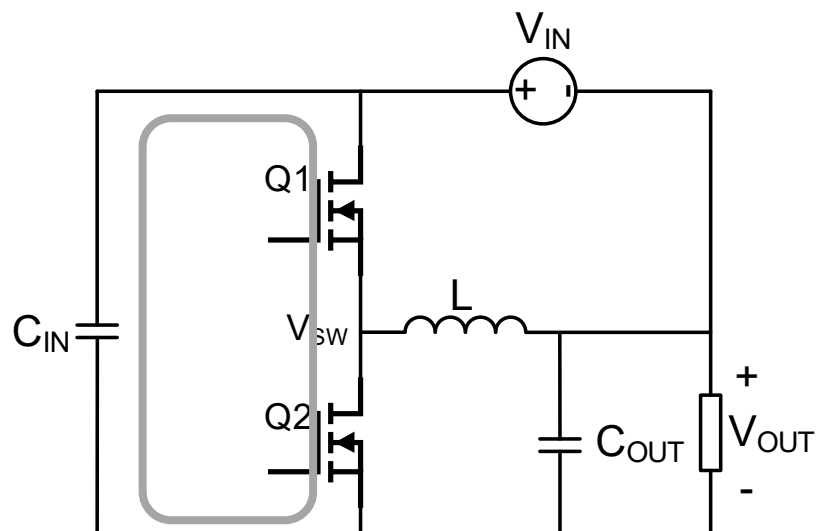
さまざまなトポロジにおけるクリティカル・ループを特定

昇圧型コンバータ



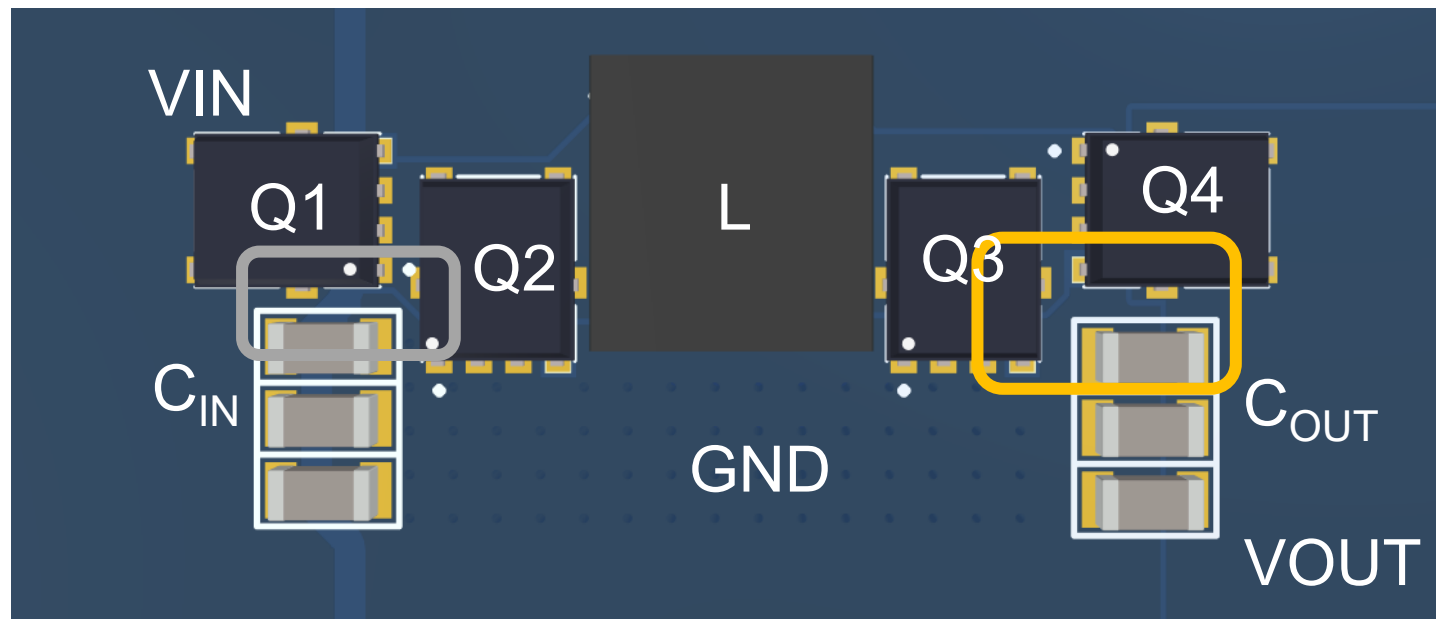
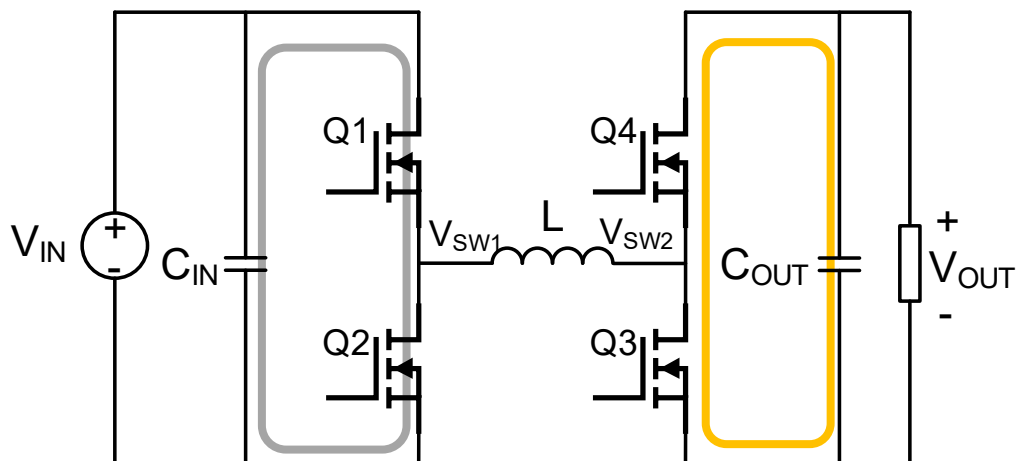
さまざまなトポロジにおけるクリティカル・ループを特定

反転降圧型コンバータ

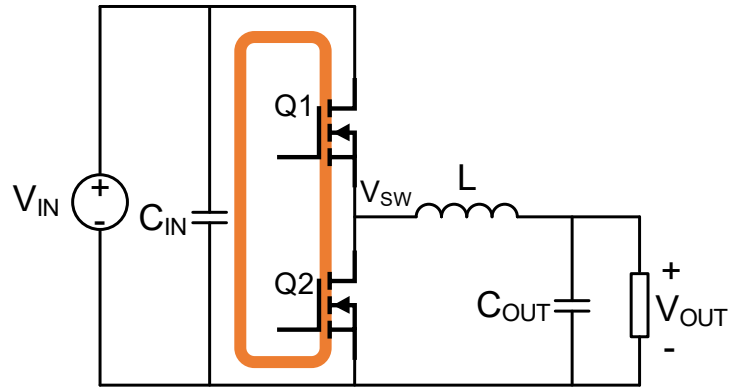


さまざまなトポロジにおけるクリティカル・ループを特定

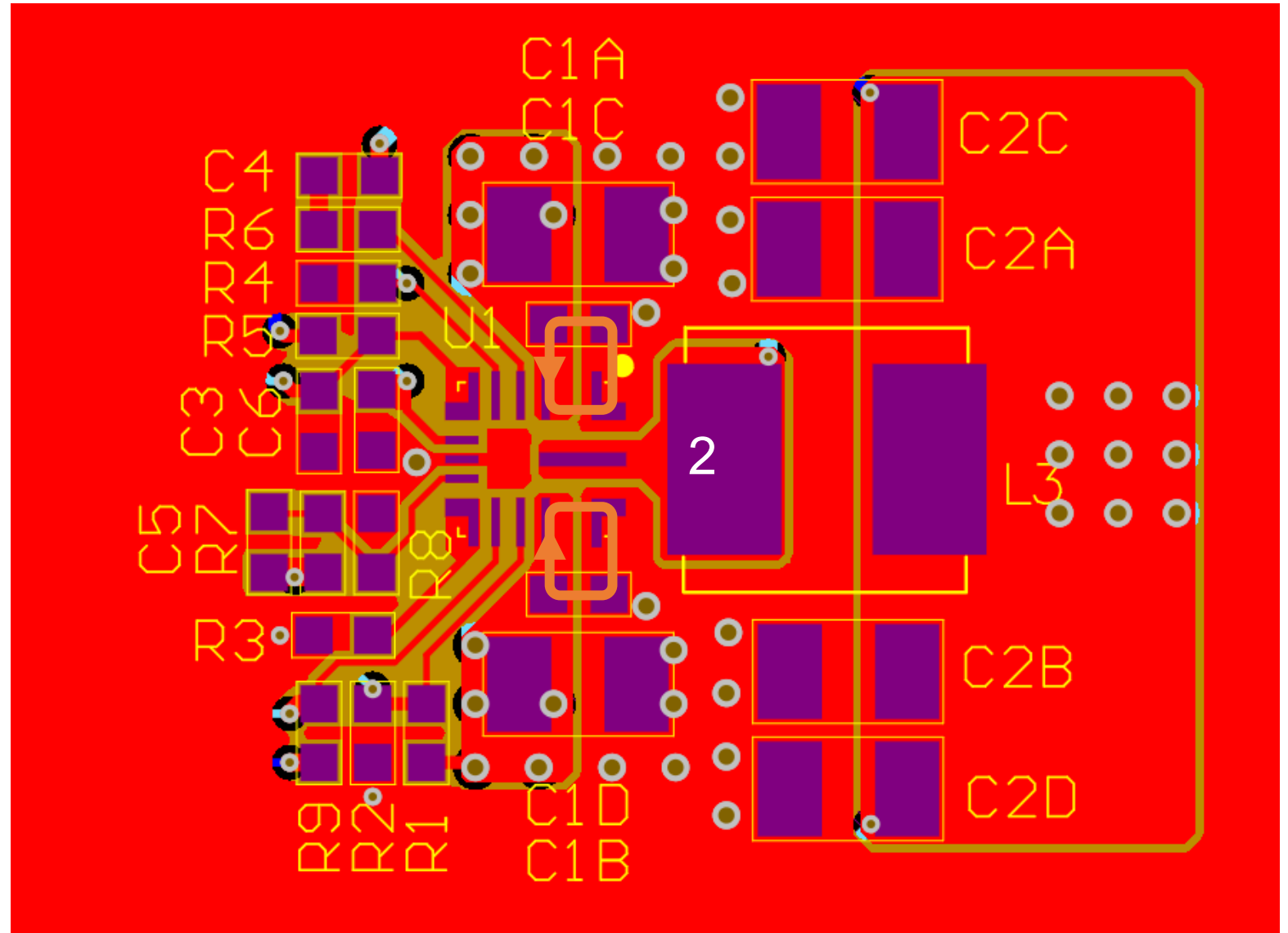
4スイッチ昇降圧



モノリシック降圧型ICレイアウト

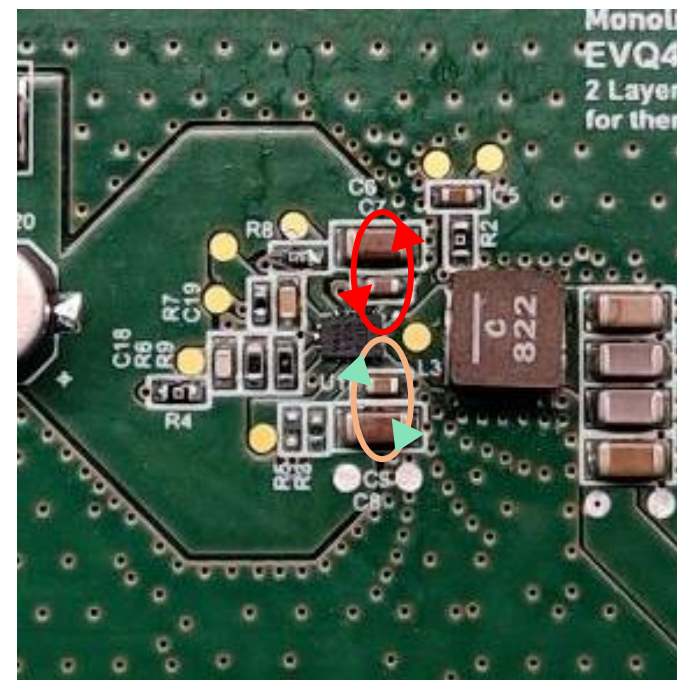
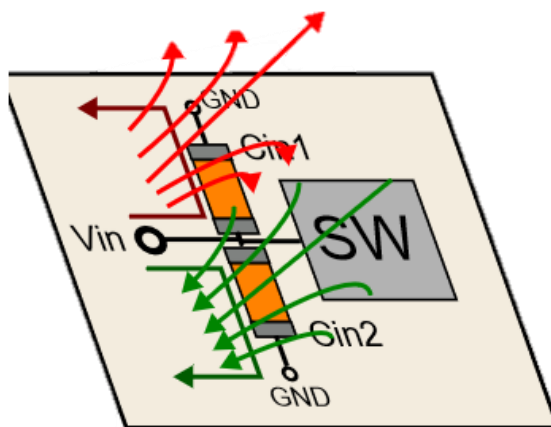
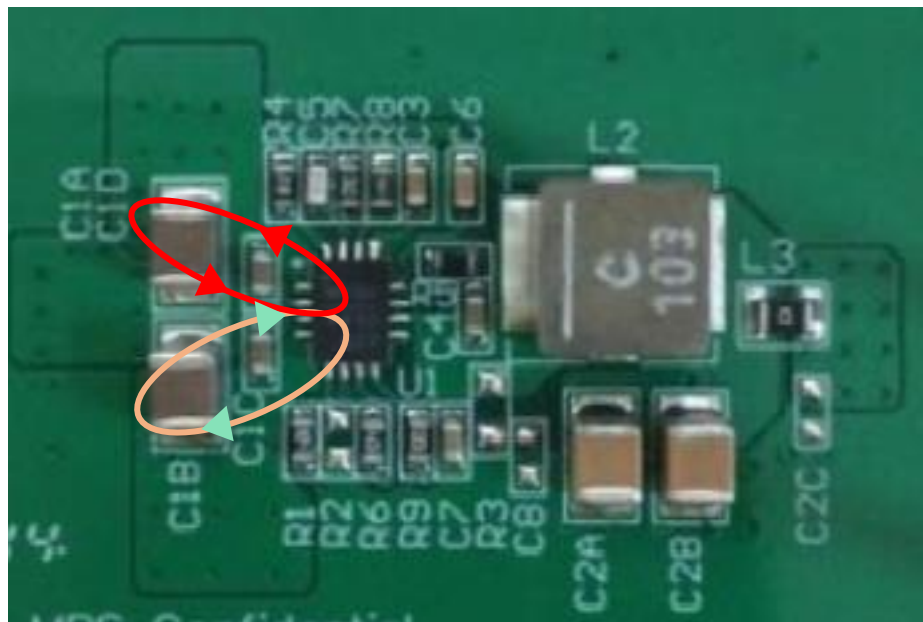


1. C_{IN} ループを最小化
2. 小さなスイッチングポリゴン

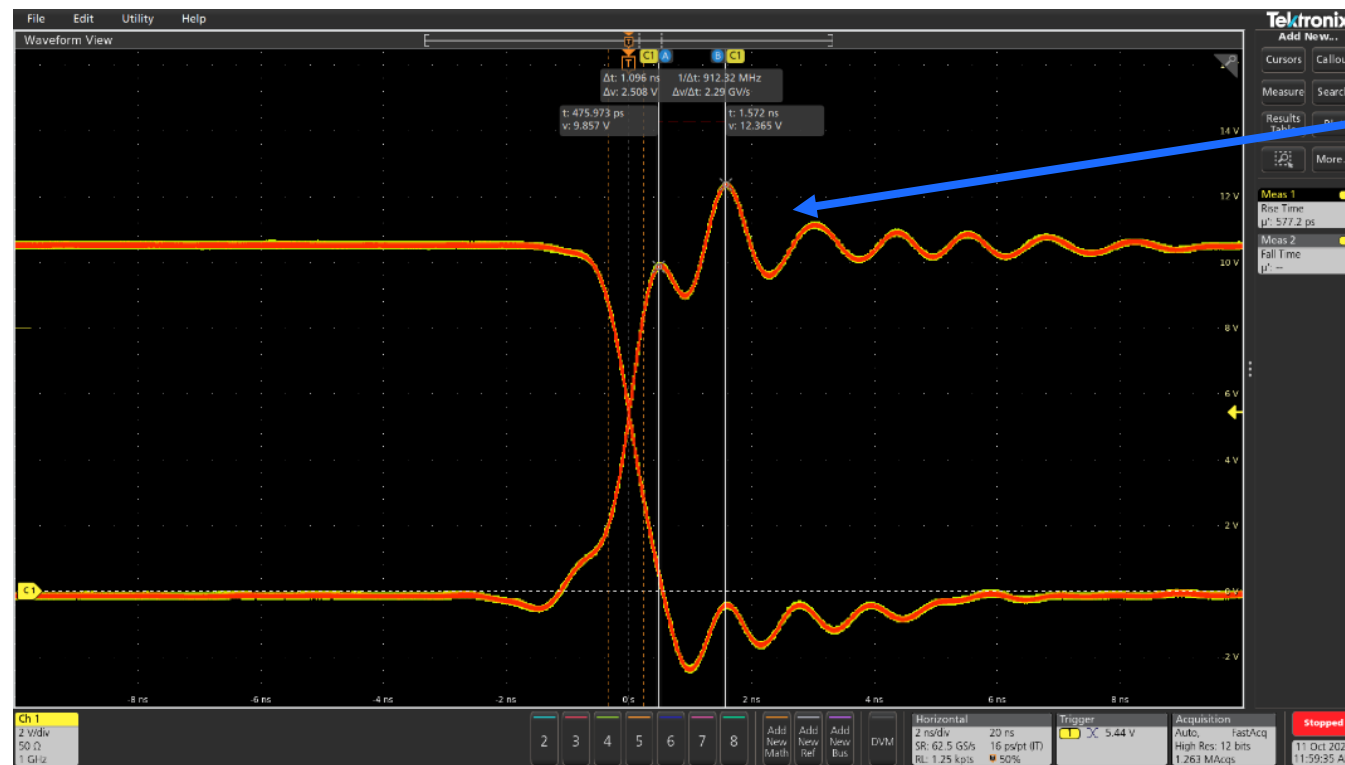


V_{IN} の対称コンデンサ

入力コンデンサを対称に配置し、対向する**2**つの電流ループを作ると、 di/dt によって生じる磁界は方向が逆なので打ち消し合う。



機能集積型ハーフブリッジDC/DCの課題



VINで可視化

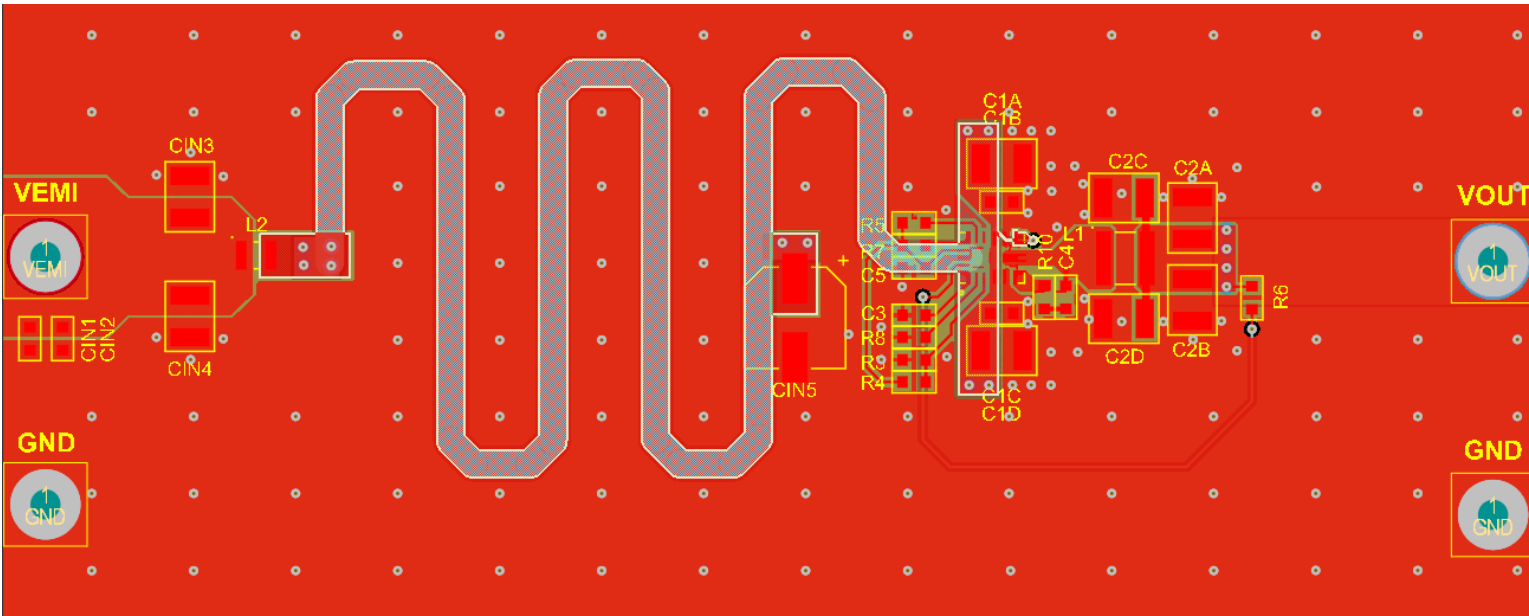
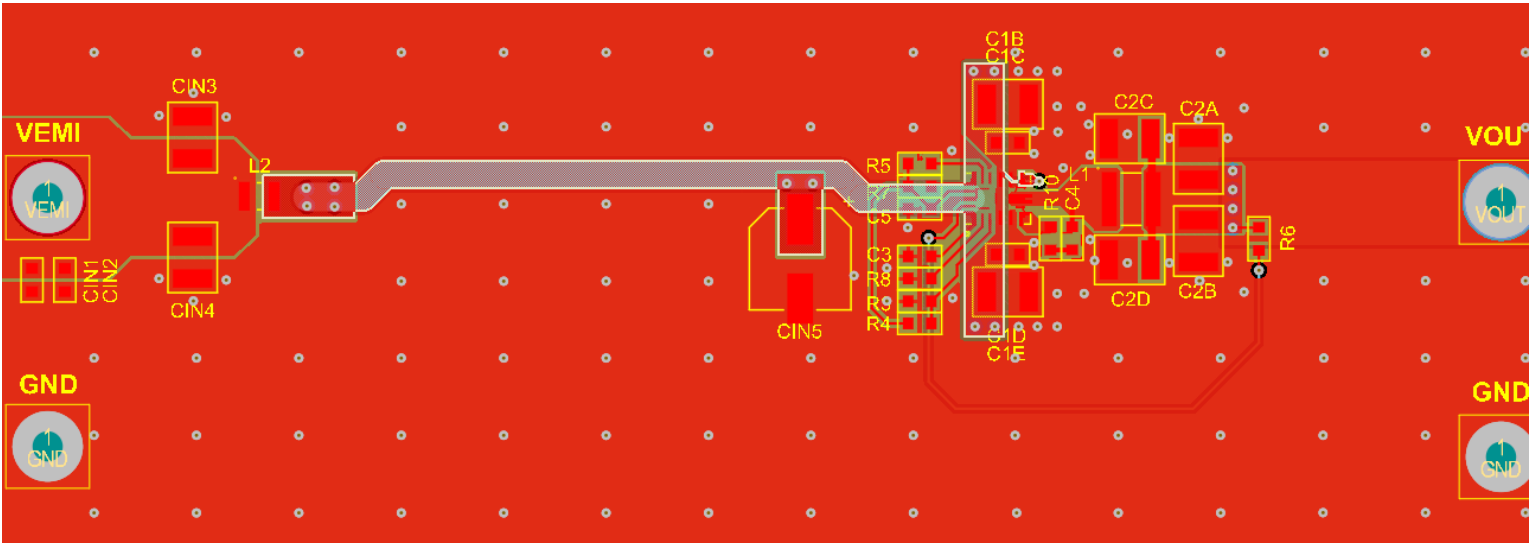
超高速スイッチングのモノリシックIC 11V~5V、2.5A、2.2MHz

- 立ち上がり時間: 577ps
- 立下り時間: 900ps
- リングング周波数: 800MHz~900MHz
- 優れた効率には優れたレイアウトが必要

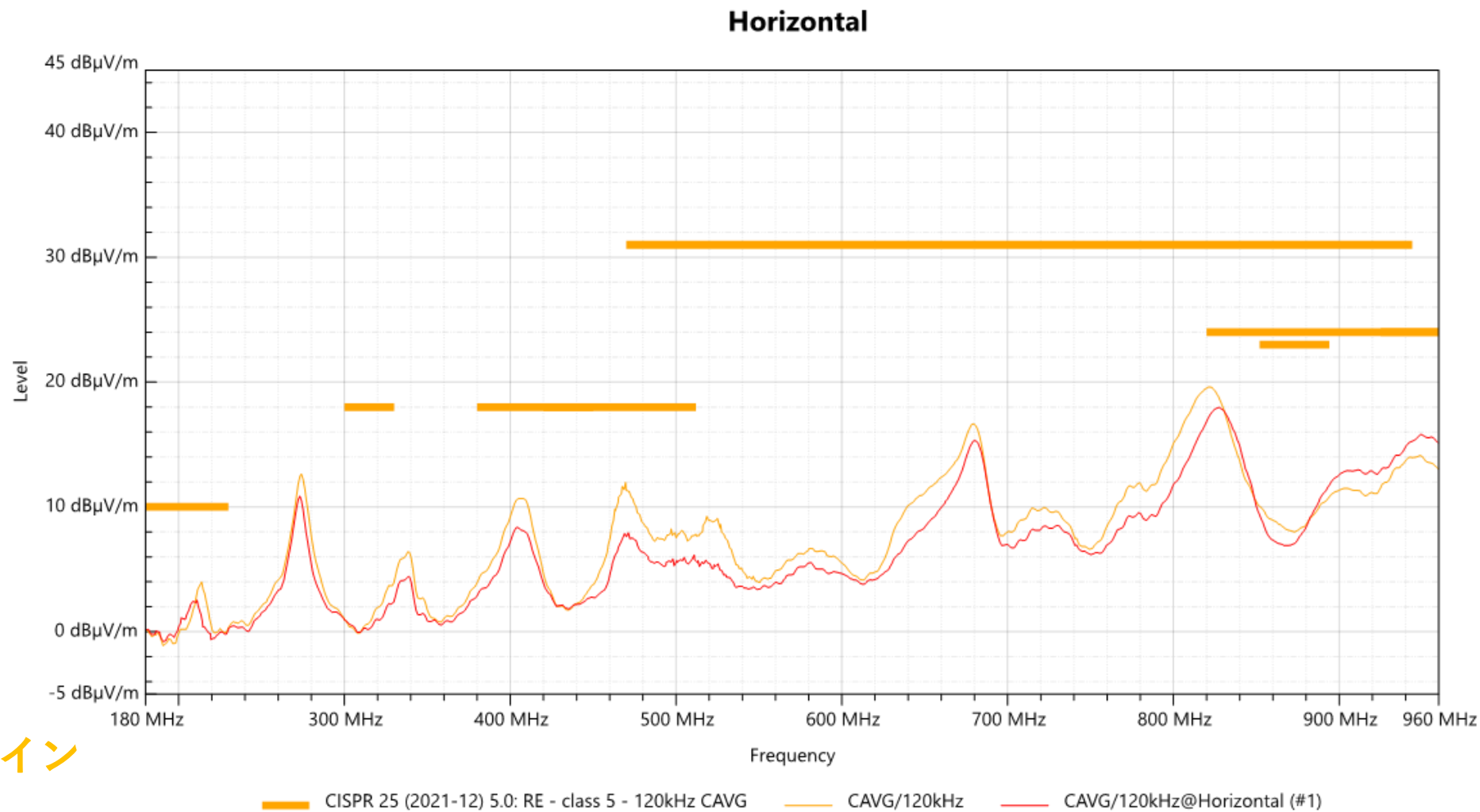
放射エミッションに関する実証的調査

入力電圧配線スタイル

入力トレースが放射エミッションに与える影響



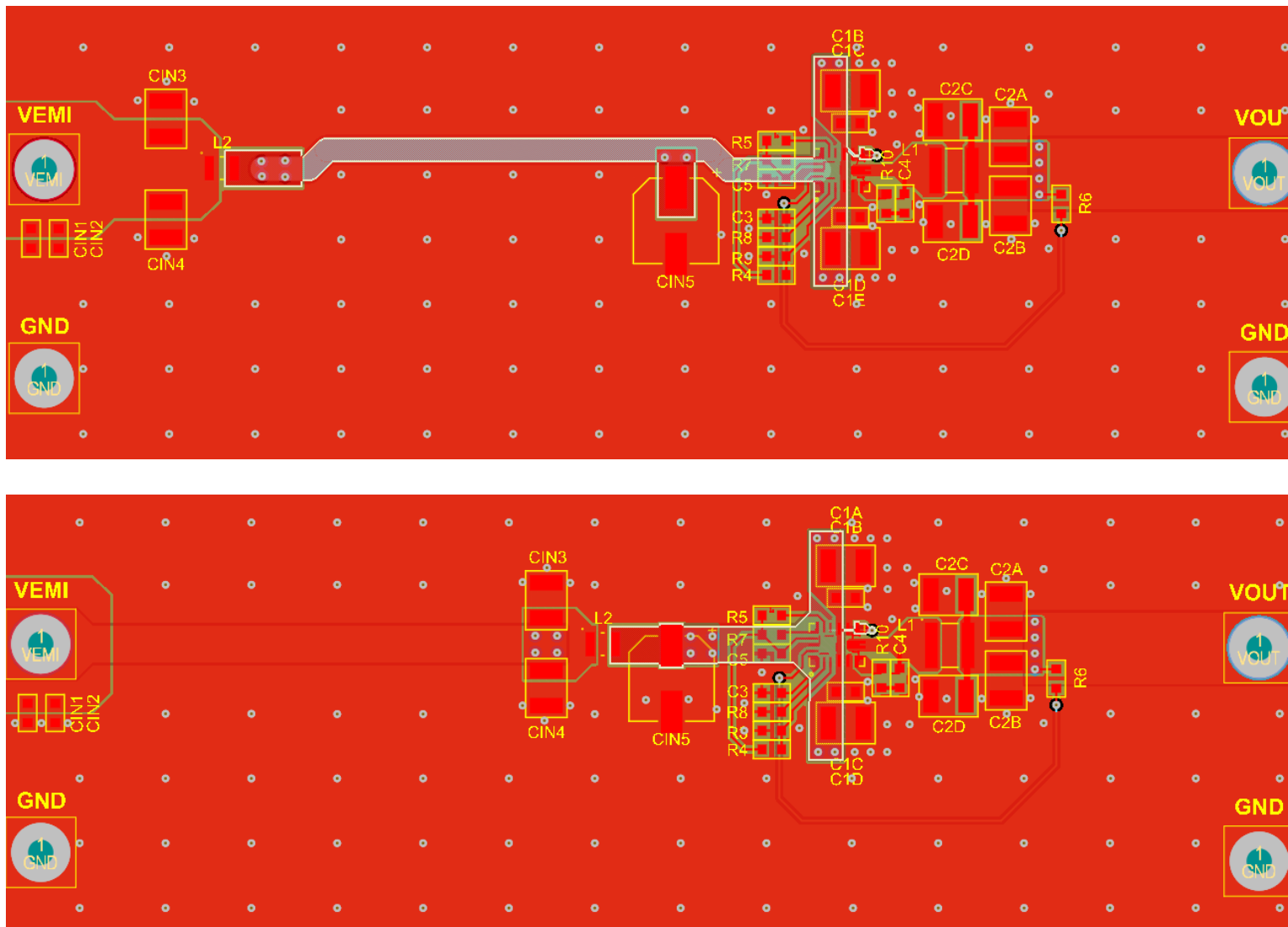
入力トレースが放射エミッションに与える影響



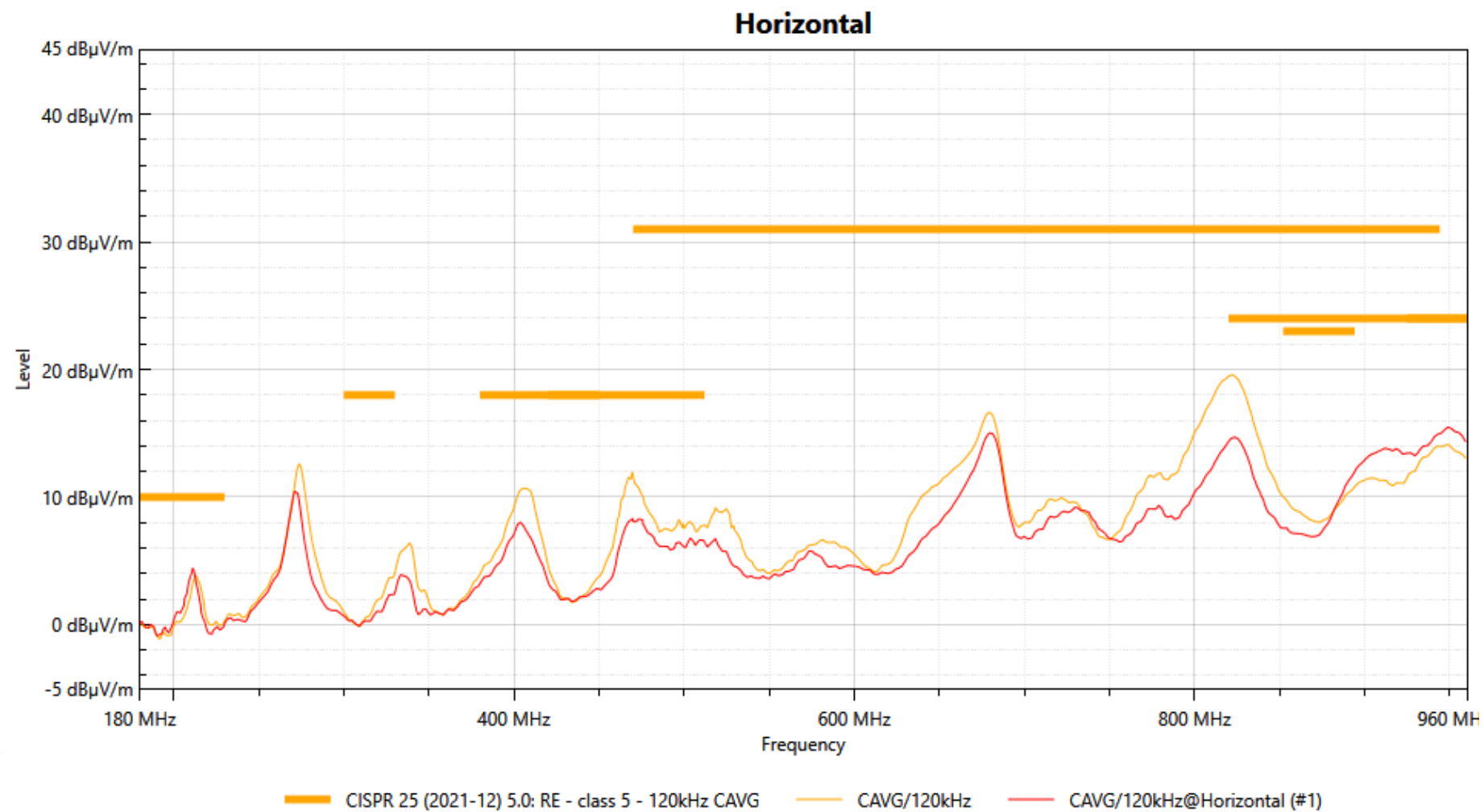
ストレートライン

ジグザグルーティング

EMIフィルタの配置が放射エミッションに与える影響



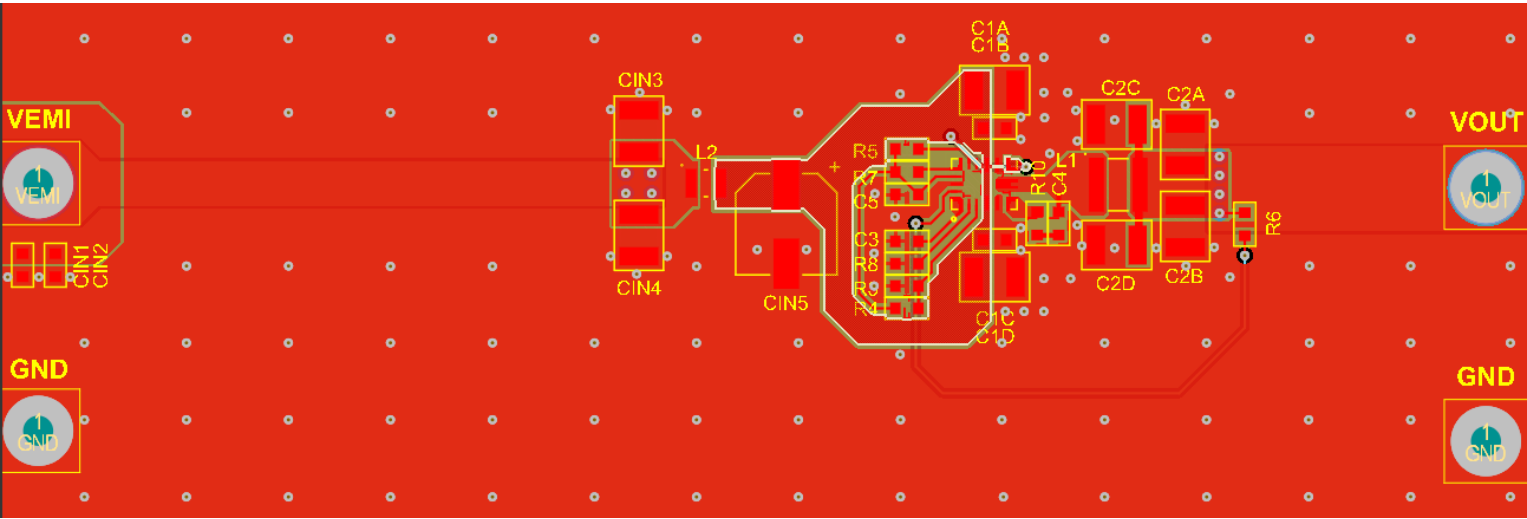
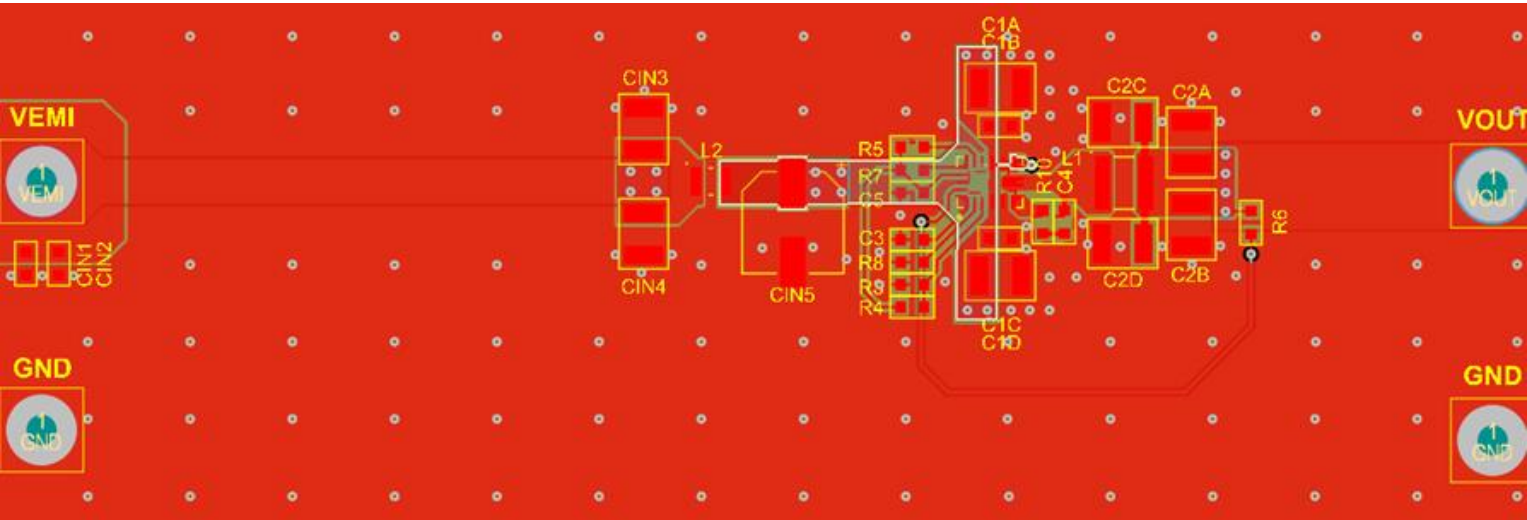
EMIフィルタの配置が放射エミッションに与える影響



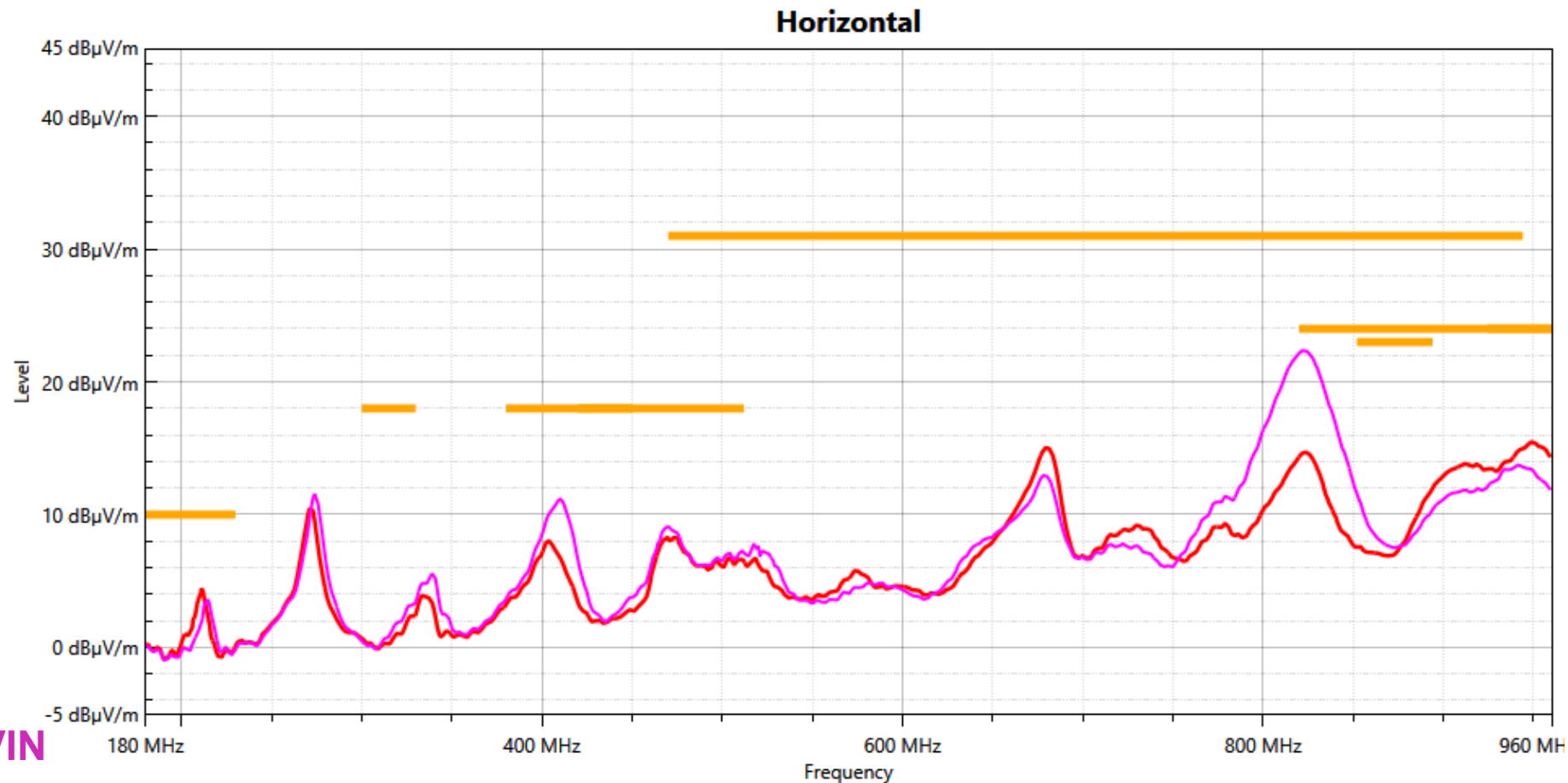
フィルタまで遠い配置

フィルタまで近距離

入力電圧層が放射エミッションに与える影響



入力電圧層が放射エミッションに与える影響

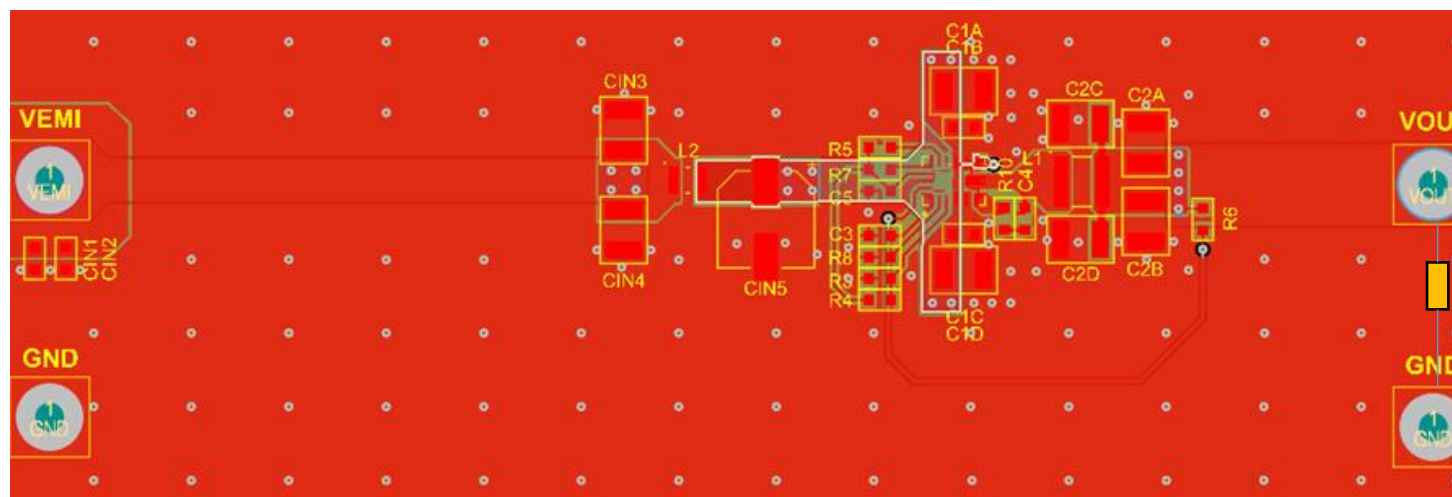
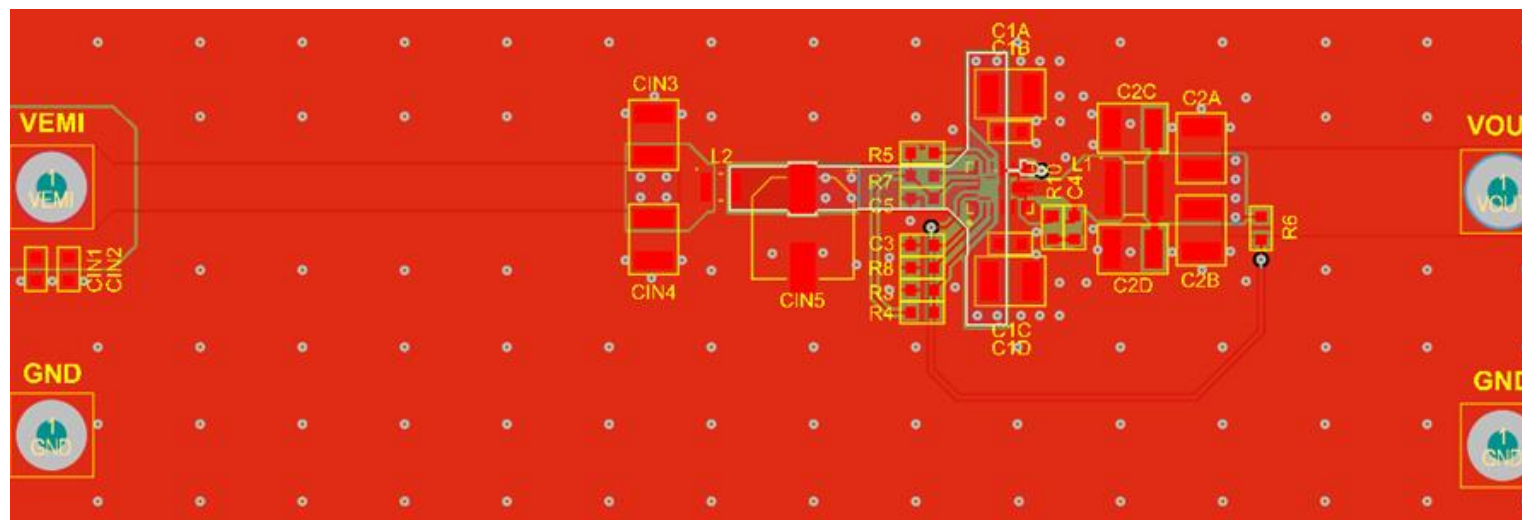


トップ層に露出したVIN

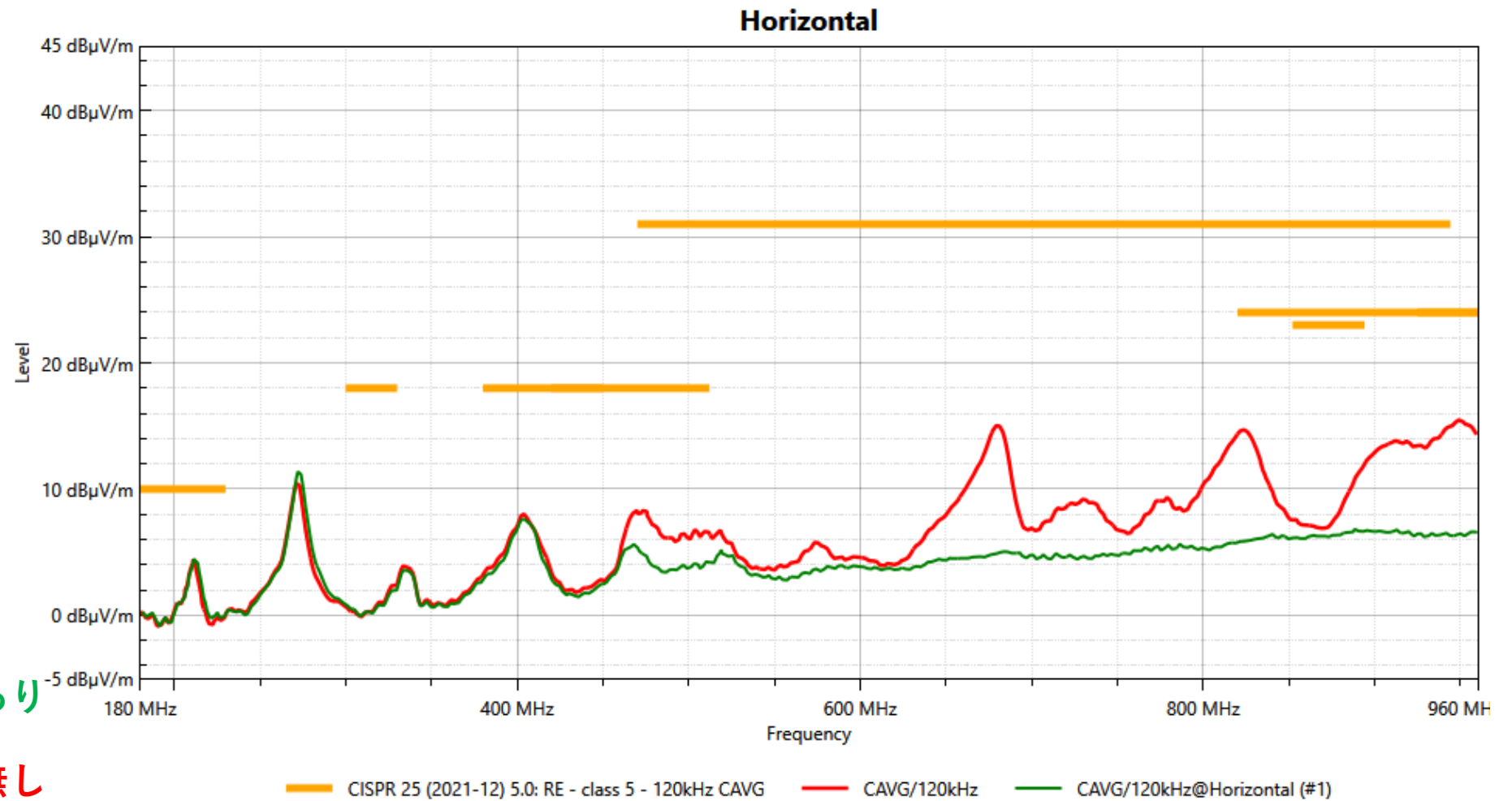
VINの内部ルーティング

— CISPR 25 (2021-12) 5.0: RE - class 5 - 120kHz CAVG — CAVG/120kHz — CAVG/120kHz@Horizontal (#1)

使用負荷が放射エミッションに与える影響



使用負荷が放射エミッションに与える影響

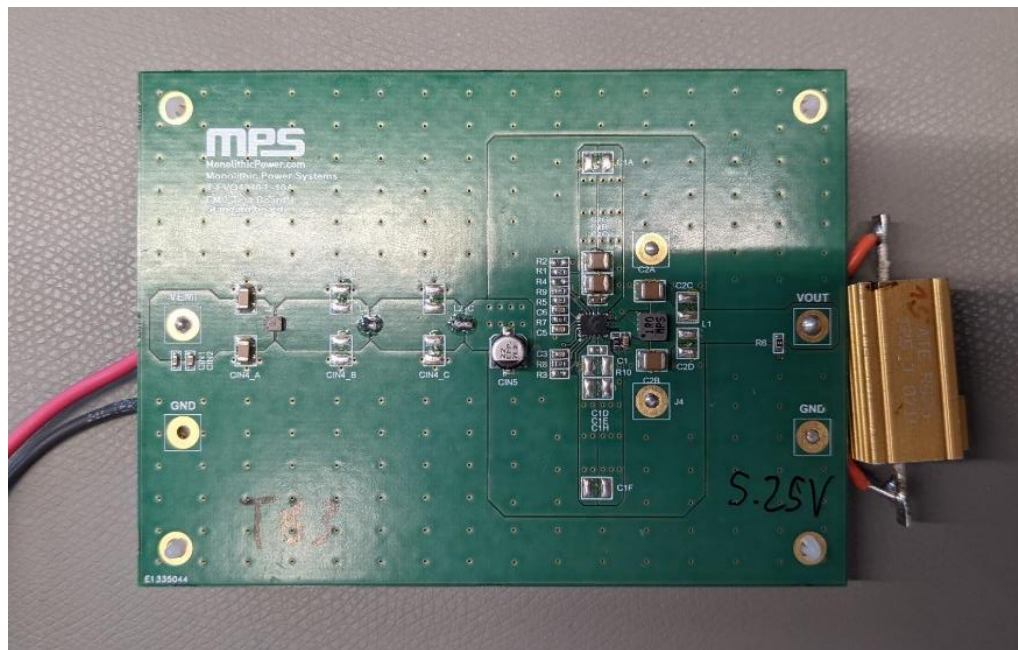


負荷上のHFフィルタあり

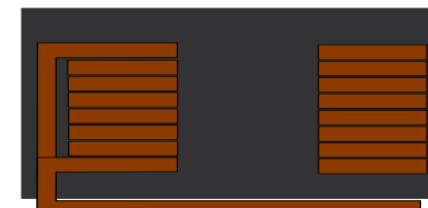
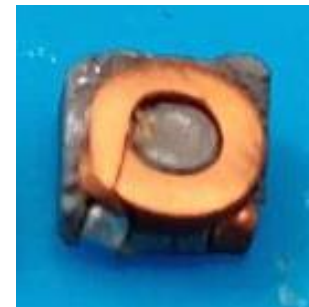
負荷上のHFフィルタ無し

測定試験条件

入力ハーネスはCISPR25規格に準拠している。出力抵抗は短いケーブルでPCBに接続されている。

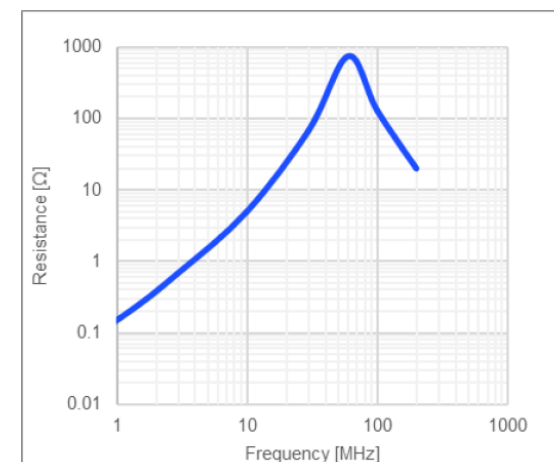


試験セットアップ



シールド付き (成形)

ACR



$C_P = 8\text{pF}$

- DC/DCトポロジは無限にありますが、低電圧アプリケーションで最も一般的なタイプは、すべてハーフブリッジをベースにしています。
- ハーフブリッジDC/DCの解析方法と見るべきポイントを学ぶことで、ほとんどのDC/DCコンバータを正しく設計するためのツールが得られます。
- 重要なのは、「ホットループ」の位置を特定し、そのサイズ、インダクタンス、カップリング効果を最小限に抑えることです:
 - デカップリングコンデンサをしっかりと配置する
 - コネクタやハーネスから離して設置する
 - フィルタリングの適切な設計と配置