IBIS活用TGからご報告

DCDCコンバータのIBISモデルを使用した CISPR25伝導ノイズSim試行 ～Sim出力波形のリンギング原因対策～

モデルベースデザイン／システム設計WG
IBIS活用TG
坂田和之

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

アジェンダ

- 背景と目的
- 実測によるDCDCコンバータのインピーダンスモデル作成
- 実測環境と実測結果
- シミュレーション結果と実測比較

2019LPB Forumでの報告内容

- 実測との誤差が大きい原因検討
  - IBISモデルからSpiceマクロモデル生成
  - Spiceマクロモデル改良
- まとめ
- 今後の課題と活動内容

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

背景と目的

パワーデバイスモデルの多くは、特定の回路シミュレータ用Spiceモデルで提供

→回路シミュレータに制限がある

パワーデイバスモデルをIBISで実現できれば

→回路シミュレータの制限がなくなり、利便性が向上

さらに、実測からIBISモデルを作成できれば

→モデル作成が容易になる。

IBIS活用TGでは、パワーデバイスの一つであるDCDCコンバータをIBIS化し、EMIシミュレーション※への適用可能性を検討中

本発表では、2019年LPB Forumで報告したIBIS化したDCDCコンバータを用いたシミュレーションにおける実測との誤差要因について考察する。

※CISPR25伝導ノイズシミュレーション

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

アジェンダ

- 背景と目的
- 実測によるDCDCコンバータのインピーダンスモデル作成
- 実測環境と実測結果
- シミュレーション結果と実測比較

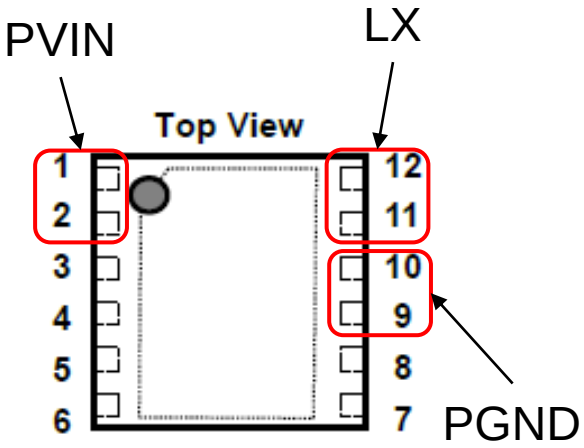
2019LPB Forumでの報告内容

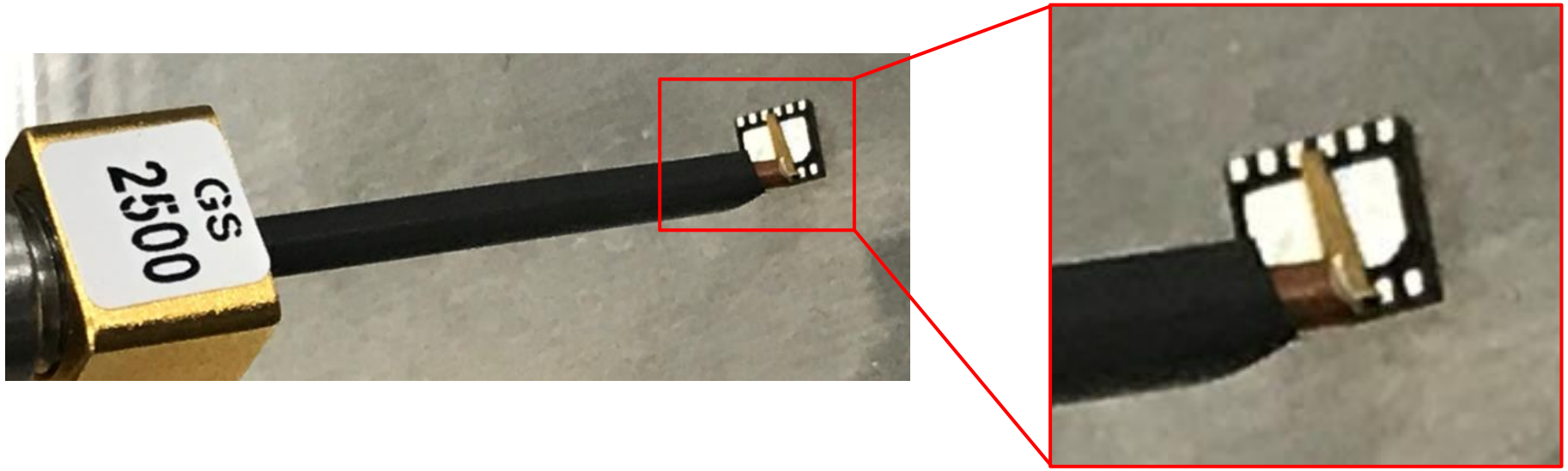
- 実測との誤差が大きい原因検討
  - IBISモデルからSpiceマクロモデル生成
  - Spiceマクロモデル改良
- まとめ
- 今後の課題と活動内容

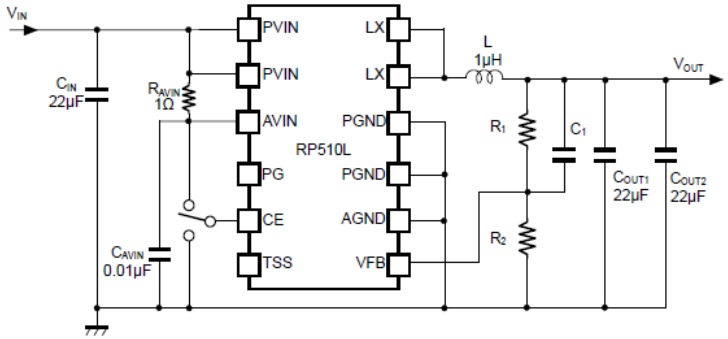
Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

DCDC コンバータのインピーダンス測定

DCDC converter: RICOH RP510L004N-TR-A







Typical Application Circuit

IO Pins for impedance measurement

Pin（S-G）	No.（S-G）	Pitch(mm)	Bias voltage（V）	Freq.（Hz）※
PVIN-PGND	PIN2-PIN10	2.65mm±0.3mm	0,0.3,0.6,1,2,3,3.6,4,5,5.5	1k-3G
PVIN-LX	PIN2-PIN11	2.6mm±0.3mm	0,0.3,0.6,1,2,3,3.6,4,5,5.5	1k-3G
LX-PGND	PIN11-PIN10	0.5mm±0.1mm	0,0.3,0.6,1,2,3,3.6,4,5,5.5	1k-3G

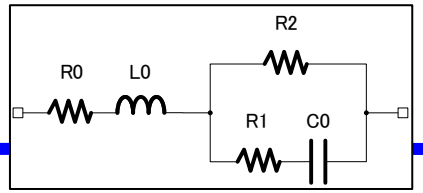
※Frequency depends on equipments

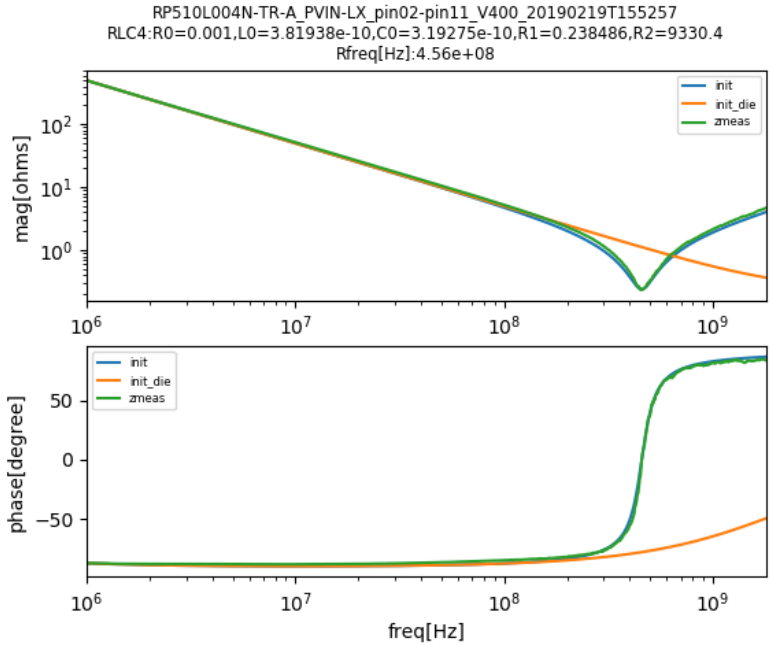
本報告での使用装置：HP4291A

cf.) https://www.e-devices.ricoh.co.jp/en/products/power/dcdc/rp510/rp510-ea.pdf

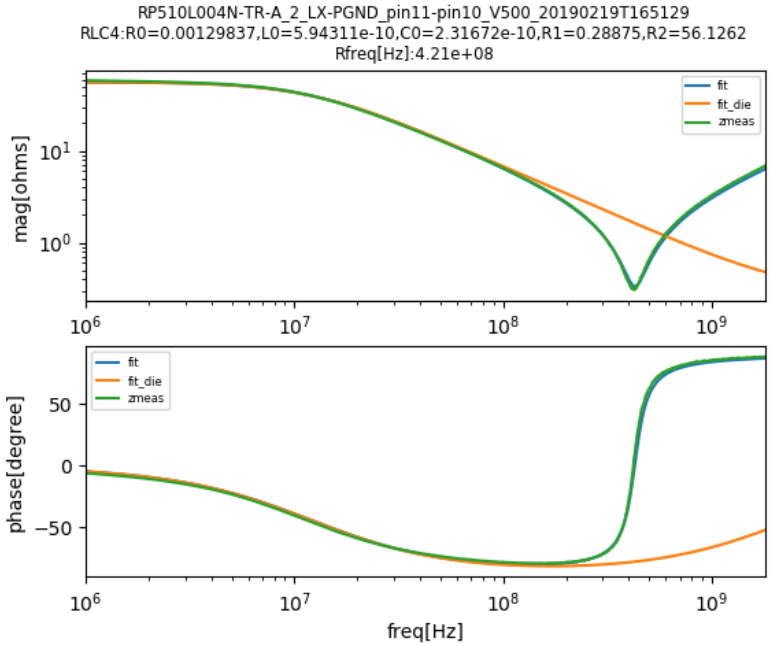
Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

インピーダンス実測と等価回路化

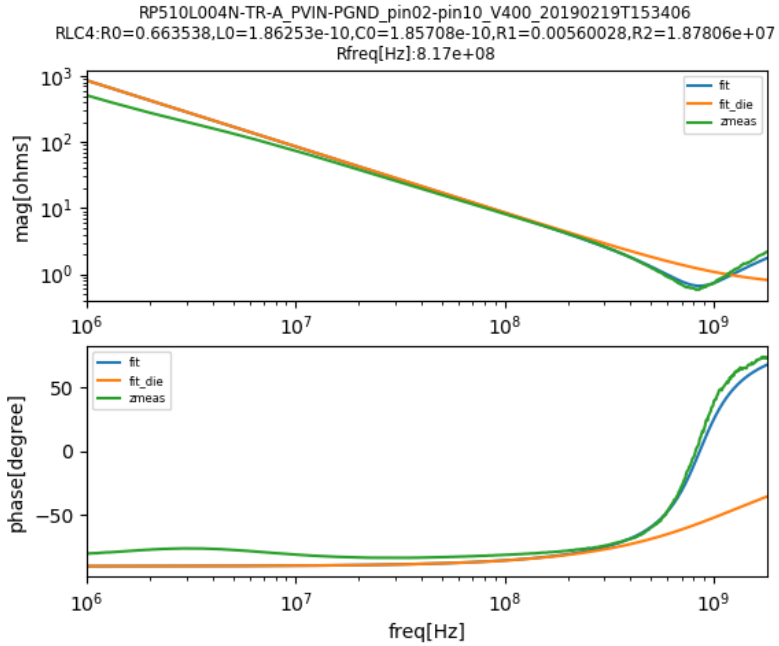




PVIN-LX間インピーダンス
(HighSide)



LX-PGND間インピーダンス
(LowSide)



PVIN-PGND間インピーダンス

	L(nH)	C(pF)	R(Ω)	Rleak(Ω)
PVIN-PGND	0.19	186	0.66	1.87e7
PVIN-LX	0.38	319	0.24	9339
LX-PGND	0.59	232	0.29	56.12

直列容量
134pF

PVIN-PGND
186p-134p=52pF

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

IBISファイル中の容量記述

実測した容量をIBIS内のC_comp_pullup、C_comp_pulldownに記載

```
[Model]    bbb
Model_type       I/O
Polarity         Non-Inverting
Vinl           = .72000000
Vinh           = 2.88000000
Vmeas          = 1.80000000
|C_comp          5.53197e-10 4.65065e-10 7.07186e-10 | CDL
C_comp_pullup     319e-12     NA          NA          | Measurement
C_comp_pulldown   232e-12     NA          NA          | Measurement
```

今回はリコー電子デバイス様のモデリング精度が高く、容量がほぼ一致しているので問題ないが、大きくずれていた場合はspiceネットに容量を追加してIBISを作成しなおす必要がある。

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

アジェンダ

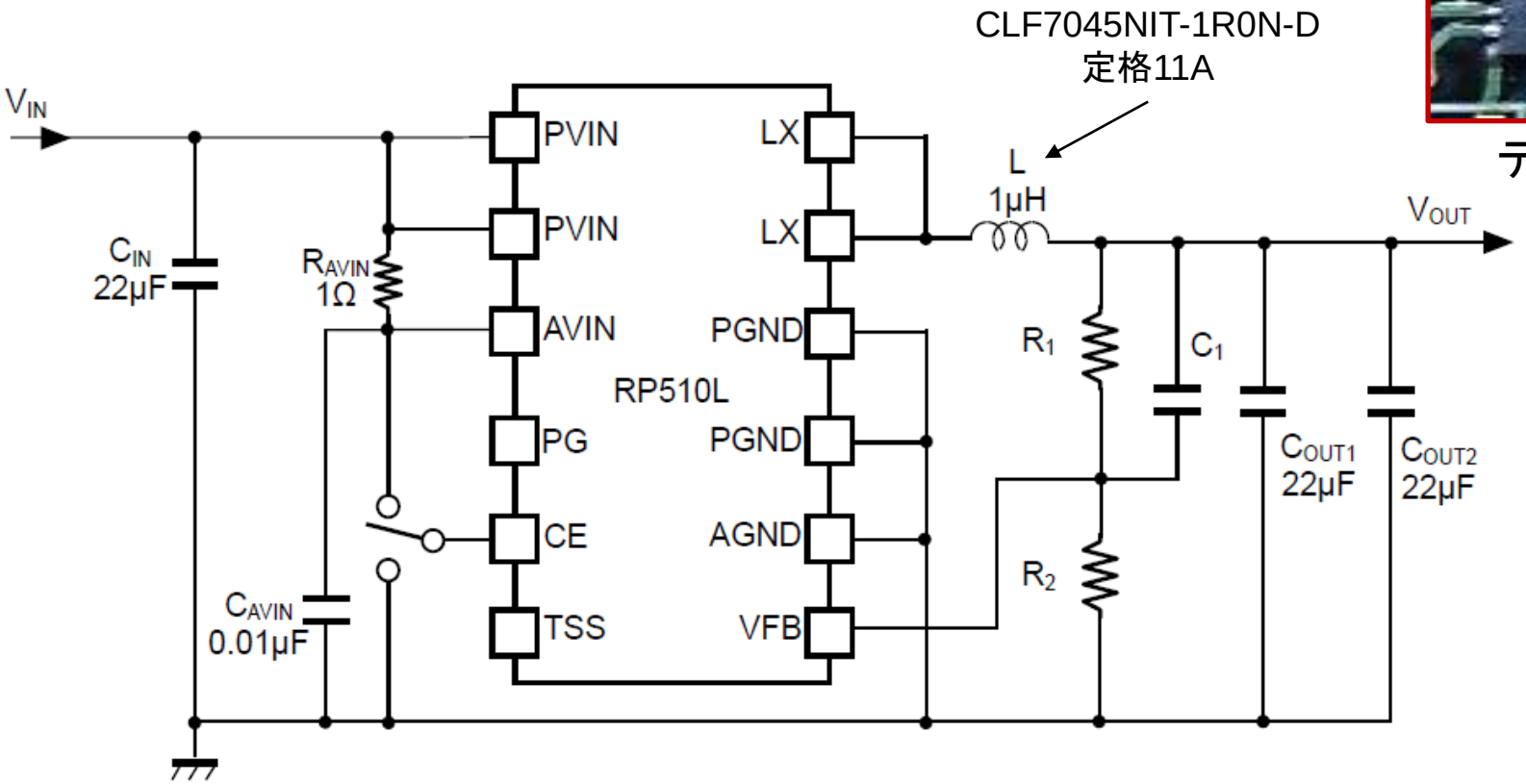
- 背景と目的
- 実測によるDCDCコンバータのインピーダンスモデル作成
- 実測環境と実測結果
- シミュレーション結果と実測比較

2019LPB Forumでの報告内容

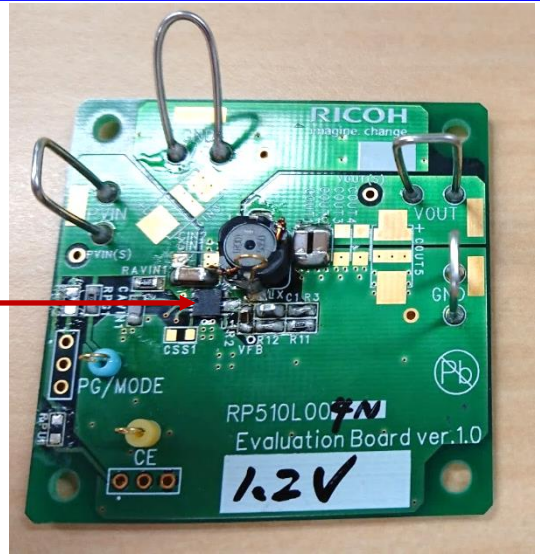
- 実測との誤差が大きい原因検討
  - IBISモデルからSpiceマクロモデル生成
  - Spiceマクロモデル改良
- まとめ
- 今後の課題と活動内容

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

測定用回路構成



デバイス



評価ボード

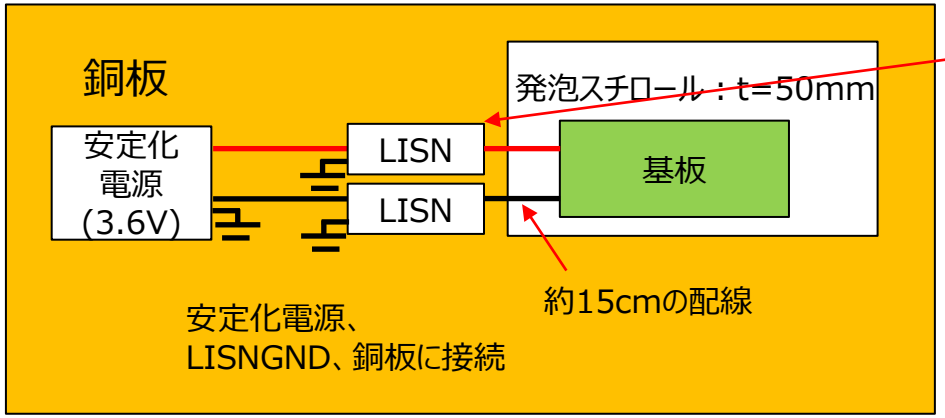
Vout負荷

① オープン

② 2.2Ω

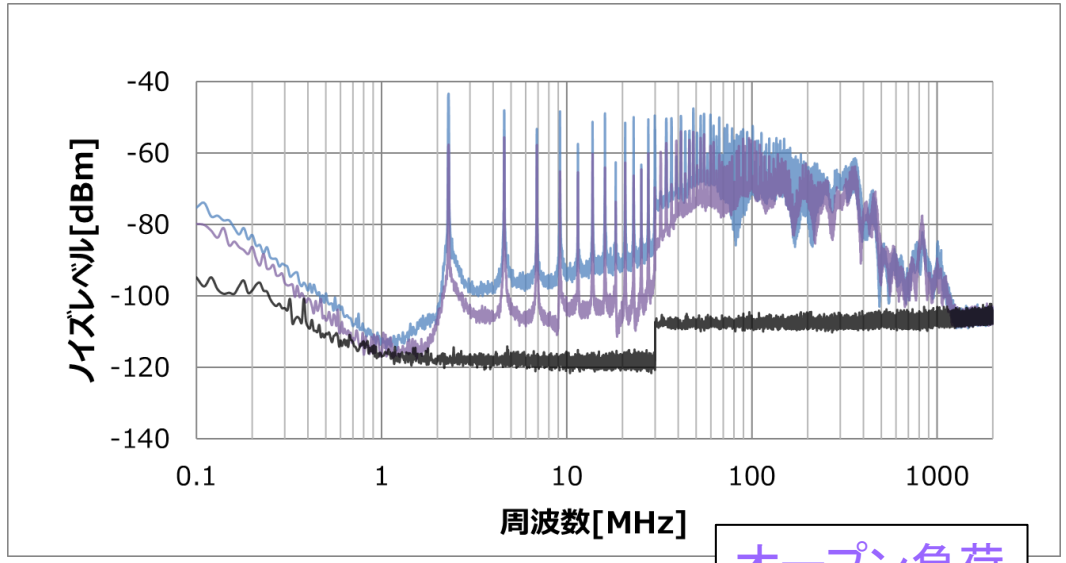
Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

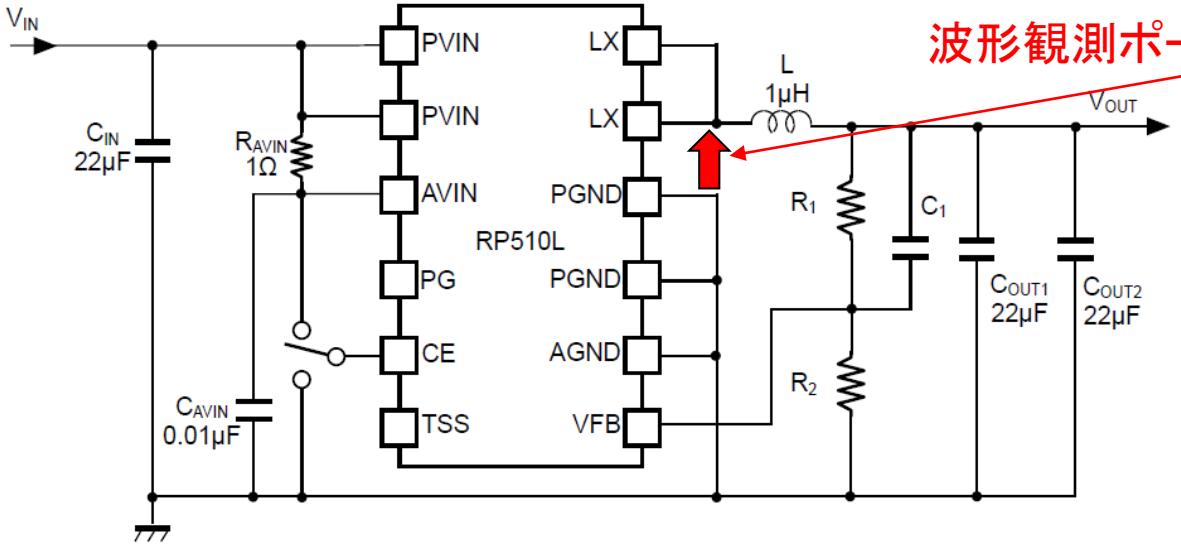
実測環境および結果



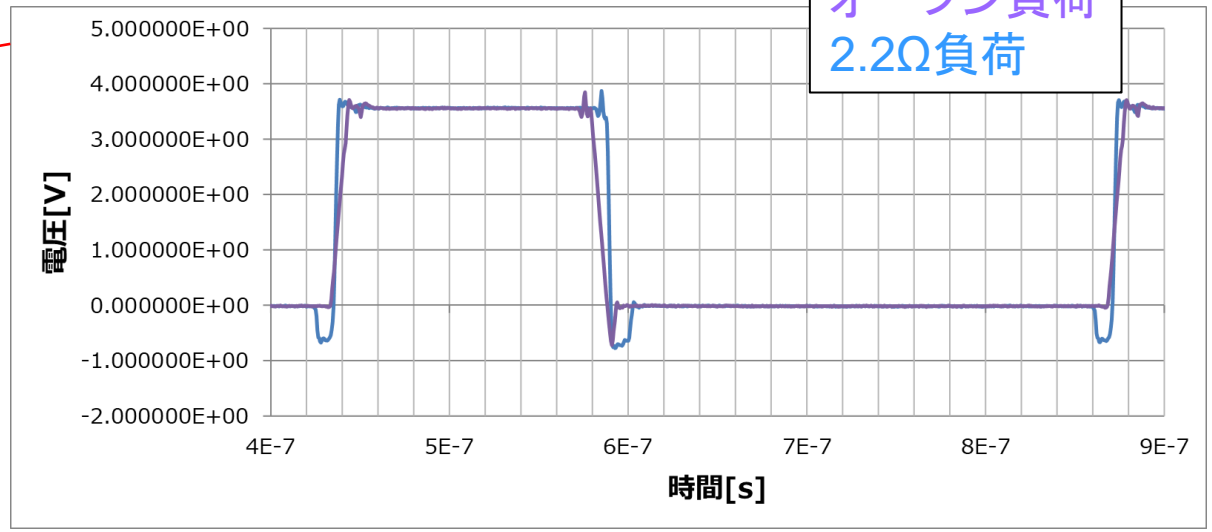
測定環境　シールドルーム内

電源LISN波形
（PVIN）





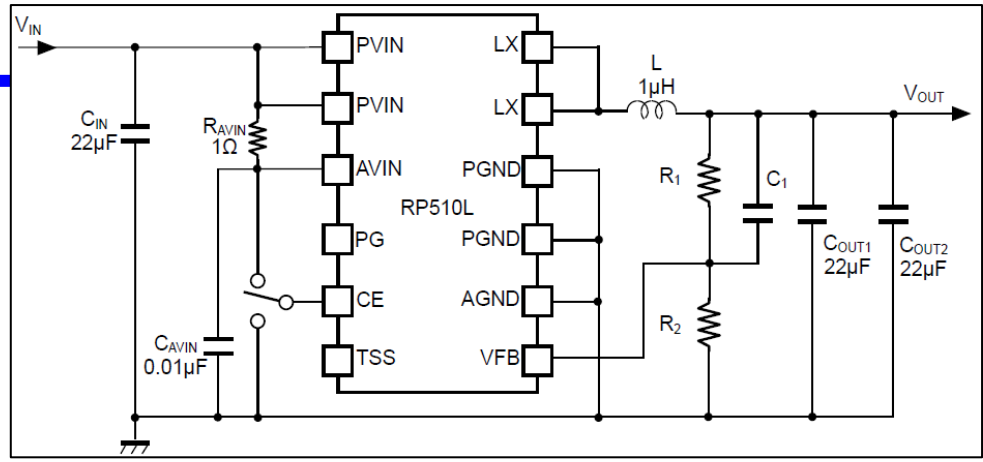
波形観測ポート

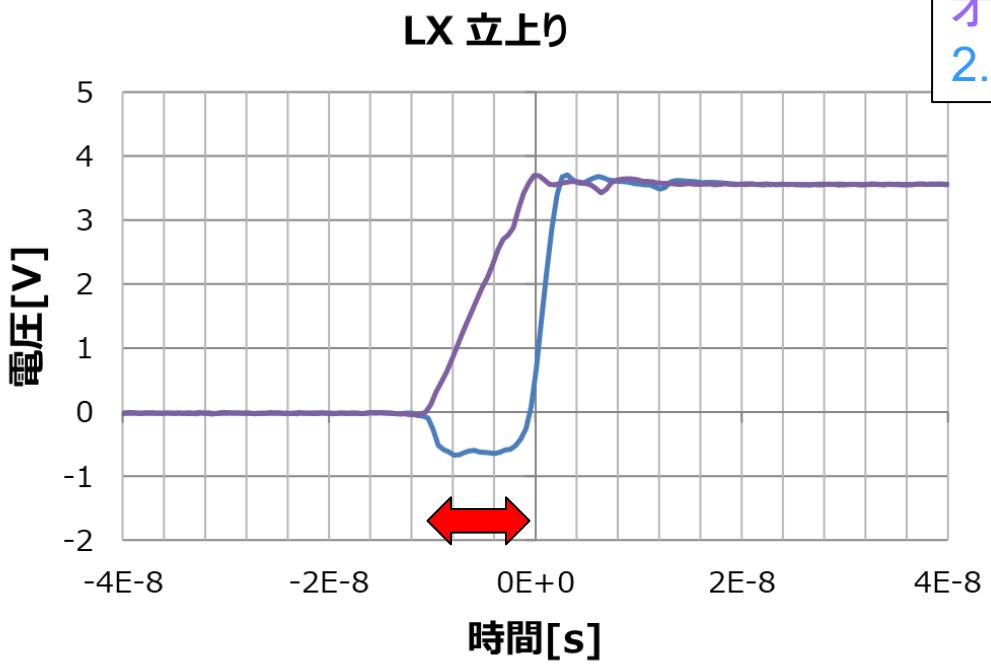


Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

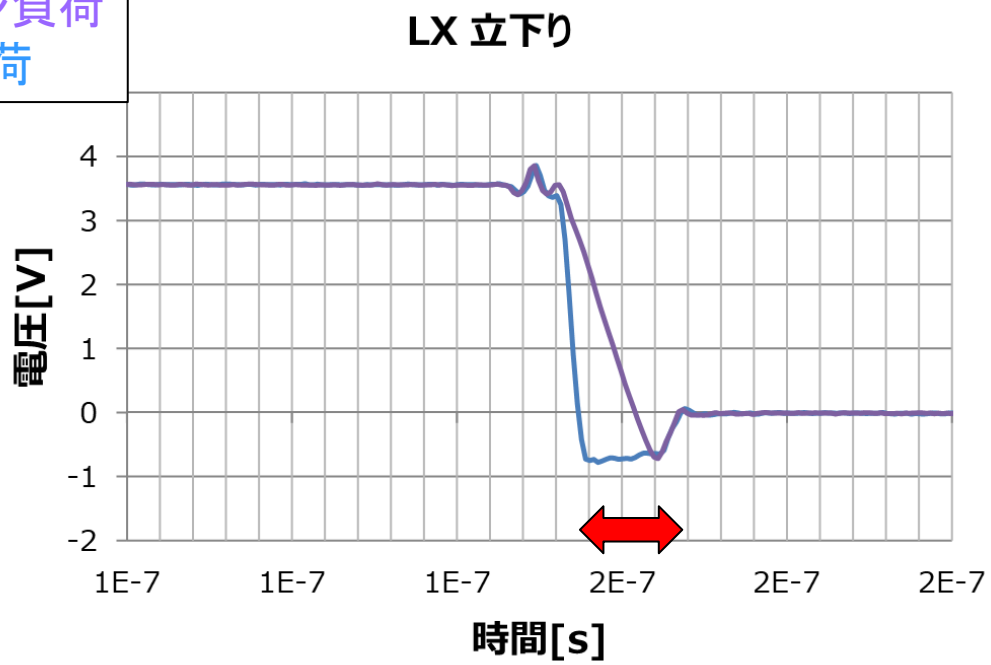
LX実測波形

抵抗負荷ではLX波形にデッドタイムが表れている。





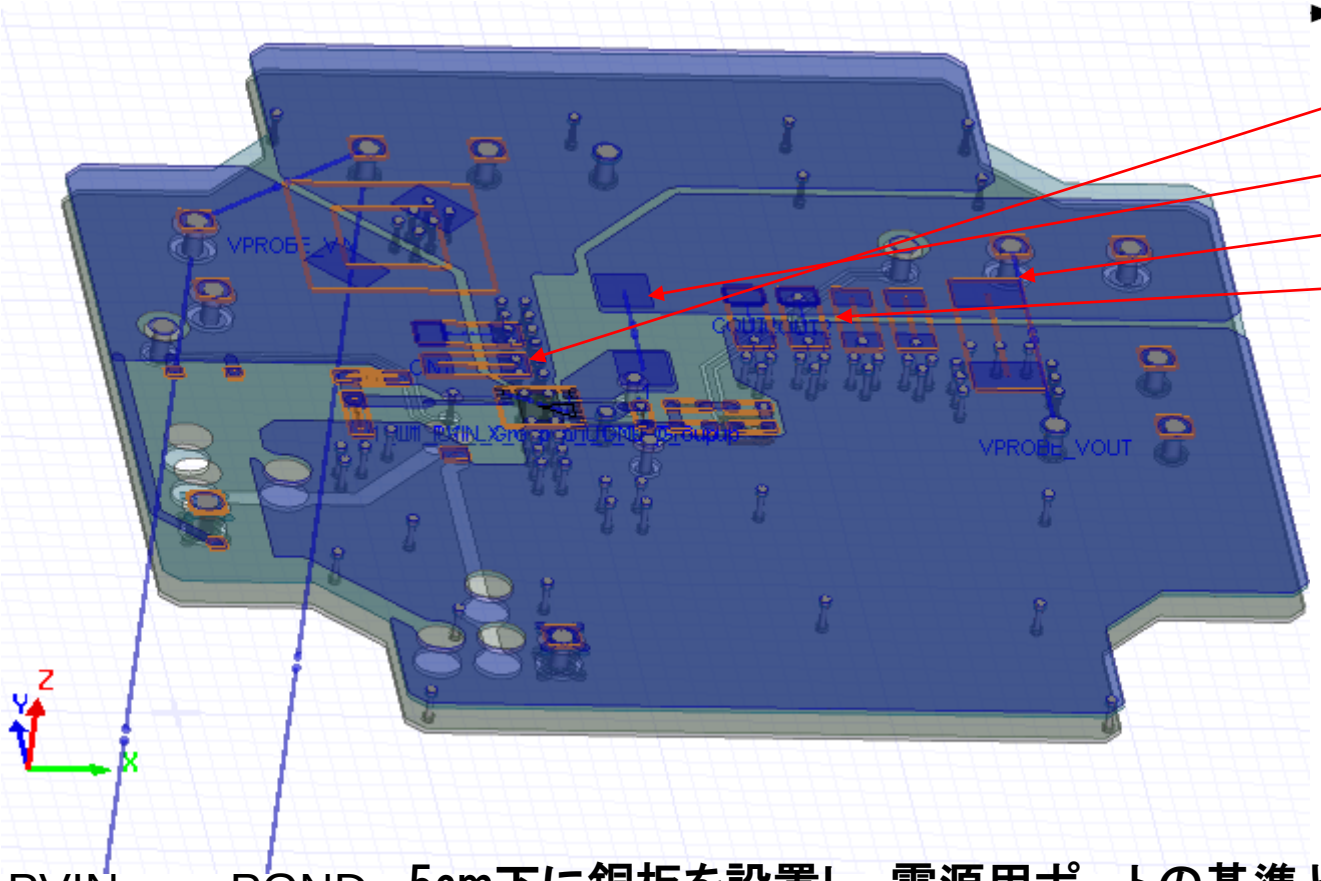
オープン負荷
2.2Ω負荷

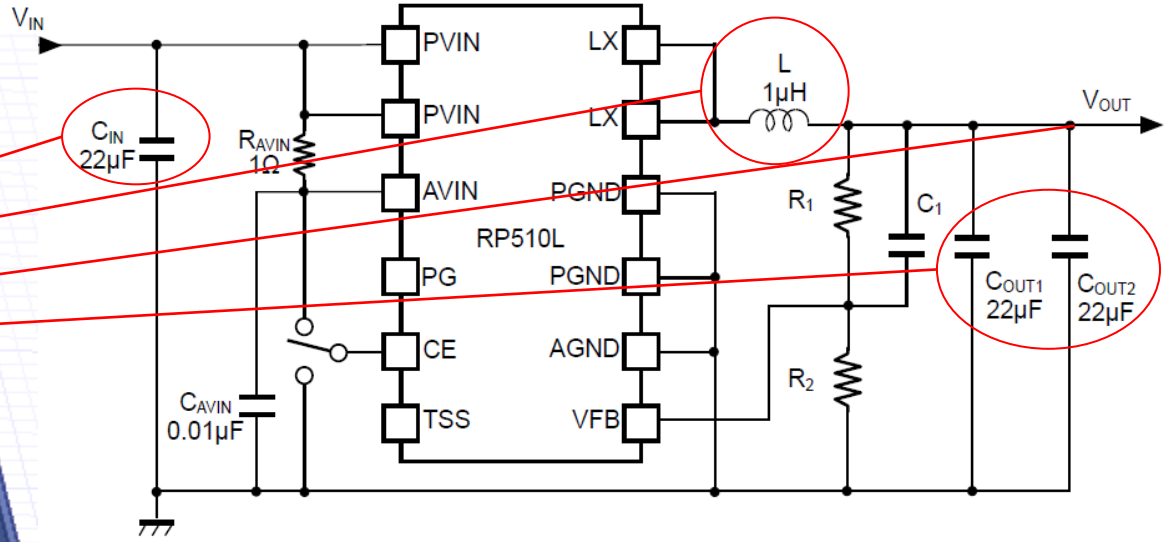


Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

プリント基板モデル

プリント基板を電磁界解析ツールでモデリング





PVIN　　PGND　5cm下に銅板を設置し、電源用ポートの基準とした

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

アジェンダ

- 背景と目的
- 実測によるDCDCコンバータのインピーダンスモデル作成
- 実測環境と実測結果
- シミュレーション結果と実測比較

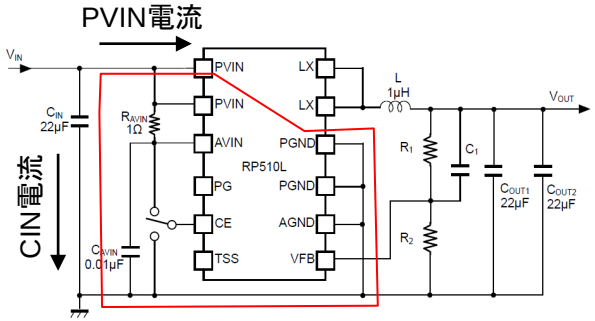
2019LPB Forumでの報告内容

- 実測との誤差が大きい原因検討
  - IBISモデルからSpiceマクロモデル生成
  - Spiceマクロモデル改良
- まとめ
- 今後の課題と活動内容

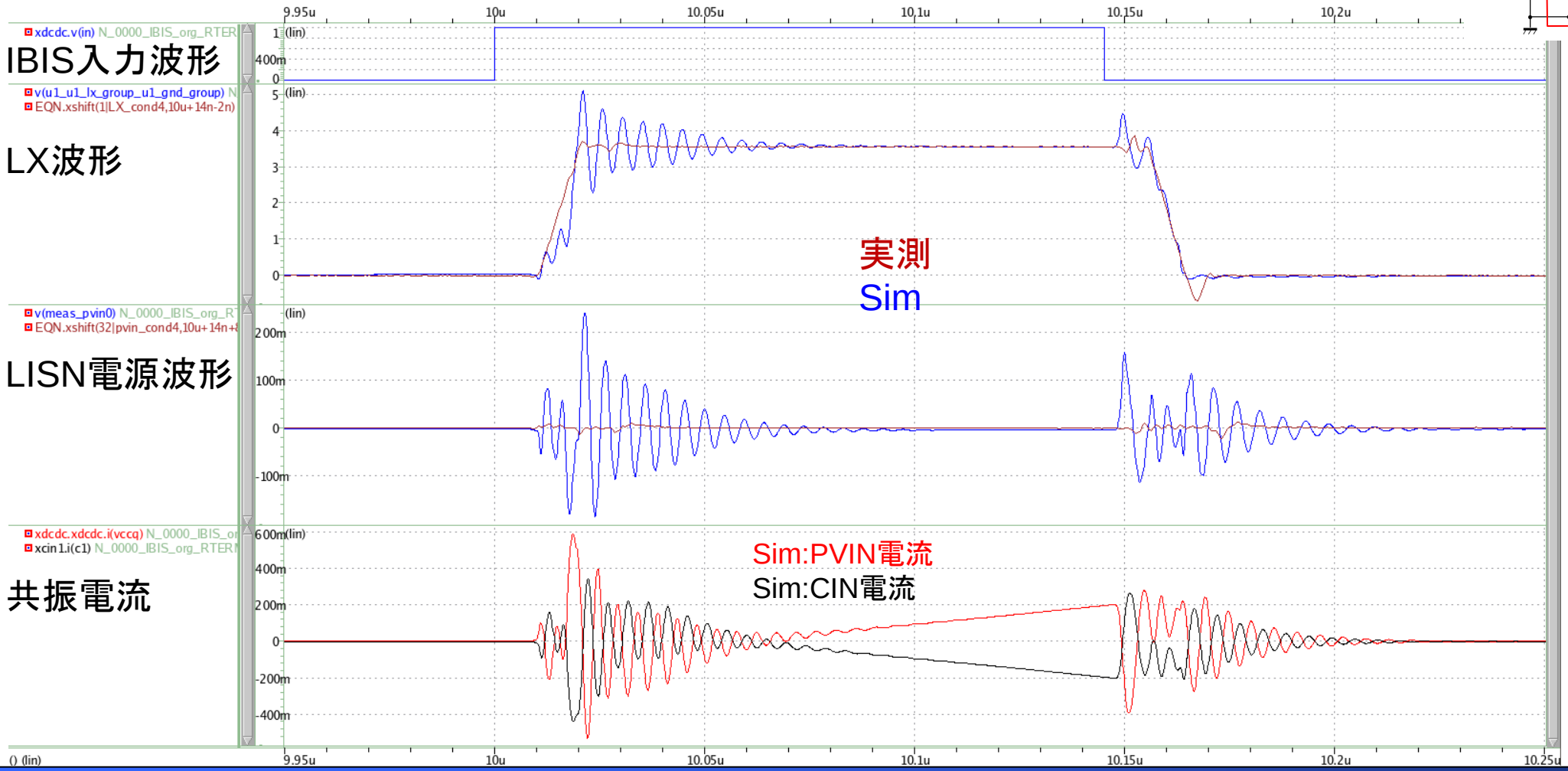
Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

シミュレーション結果：オープン

シミュレーションでは実測にない大きなリンギングが発生



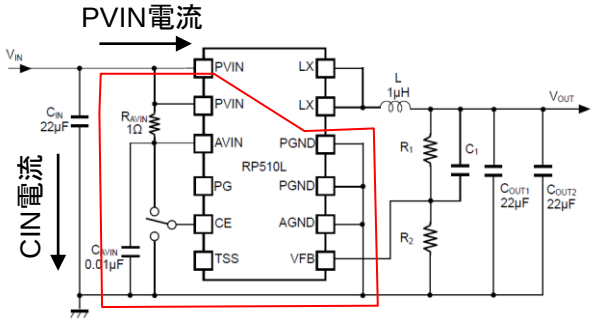
共振電流経路

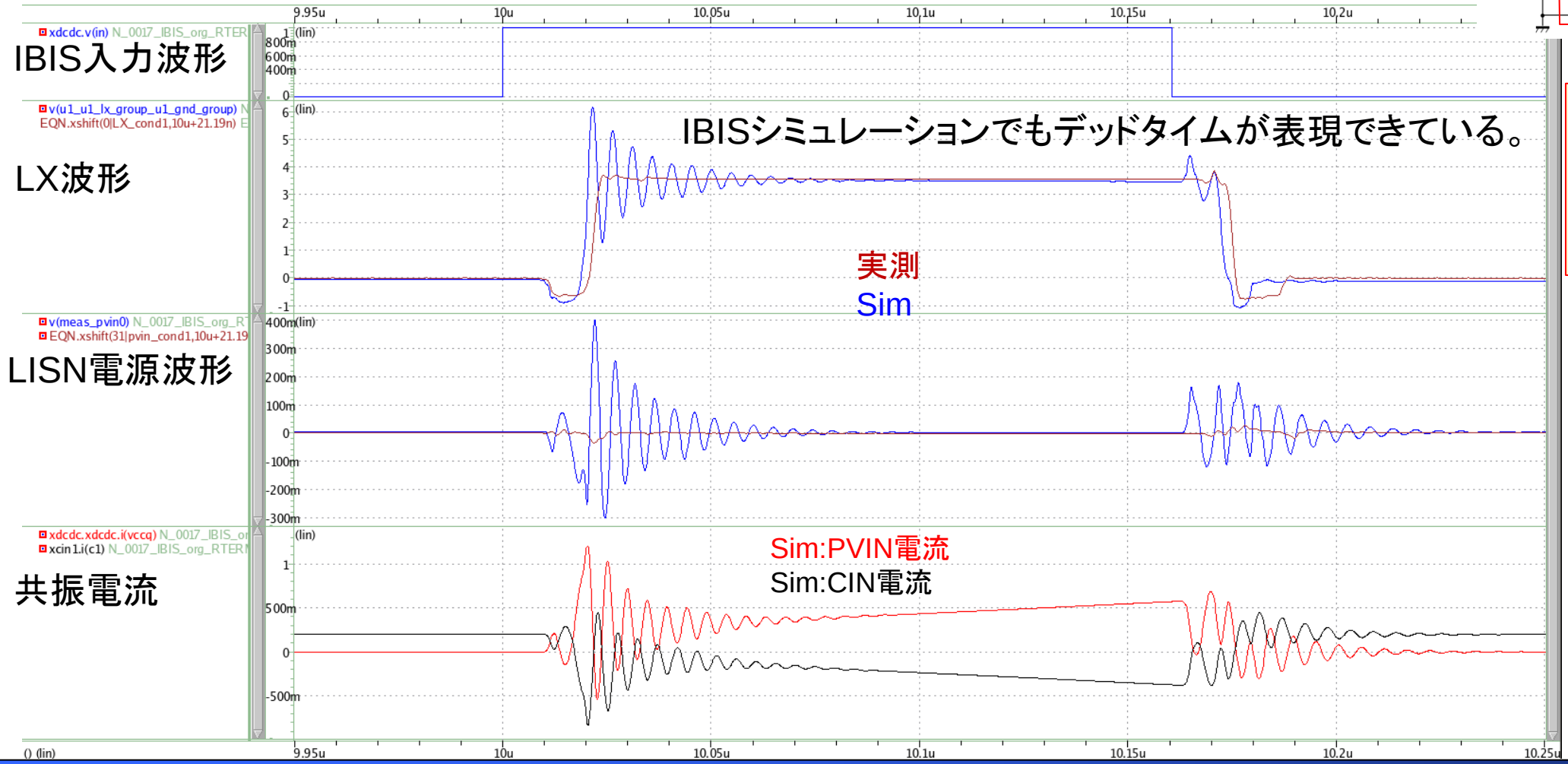


Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

シミュレーション結果：抵抗負荷

オープン終端同様、シミュレーションでは実測にない大きなリンギングが発生



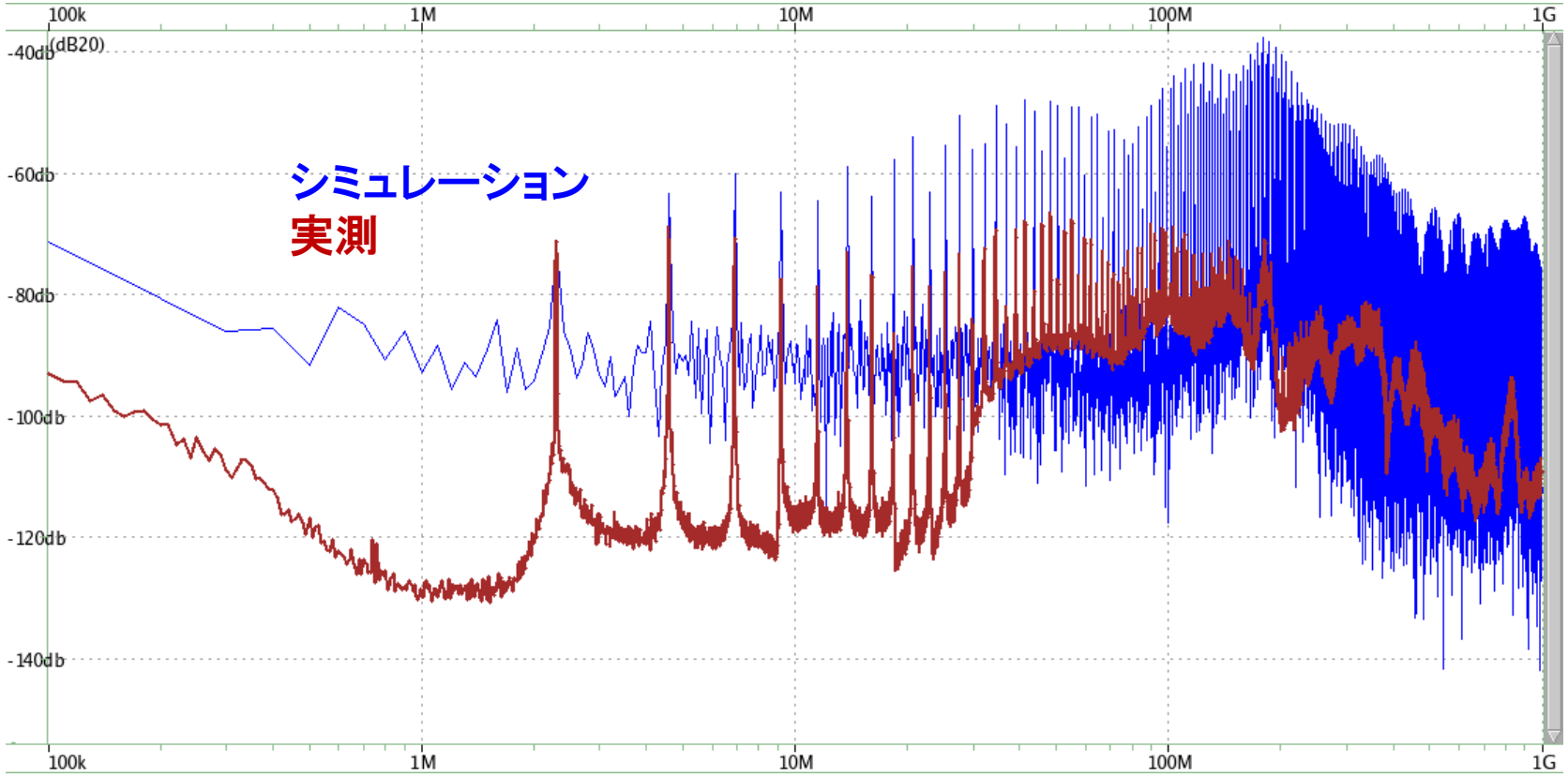


PVIN,PGND,CIN,CAVINを通る共振電流によりリンギングが発生している。

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

PVIN伝導ノイズ波形（オープン）

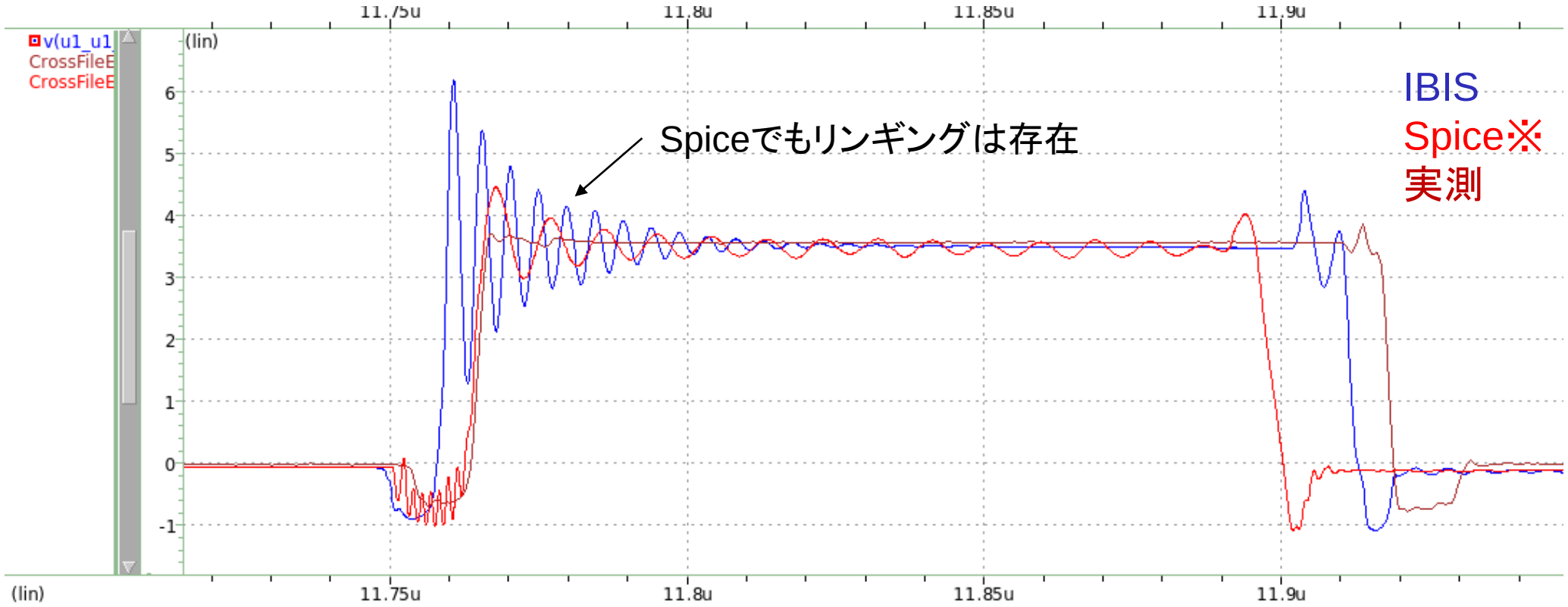
シミュレーションのピークは実測よりも最大30db大きい



周波数（Hz）

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

LX(出力端子)電圧波形:Spice、IBISと実測比較



Spiceでもリンギングは発生している。
まずは、このリンギングを解決することから始め、解決後に実装モデルの検討に入る。

※チューニング前で、実負荷抽出していないspiceネット

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

アジェンダ

- 背景と目的
- 実測によるDCDCコンバータのインピーダンスモデル作成
- 実測環境と実測結果
- シミュレーション結果と実測比較

2019LPB Forumでの報告内容

- 実測との誤差が大きい原因検討
  - IBISモデルからSpiceマクロモデル生成
  - Spiceマクロモデル改良
- まとめ
- 今後の課題と活動内容

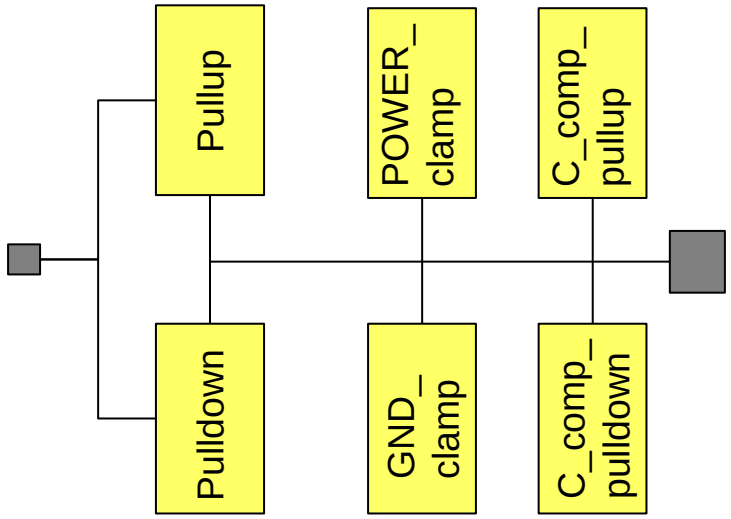
Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

IBISモデルからSpiceマクロモデル生成

回路シミュレータによるIBIS解析はブラックボックス解析になるため、

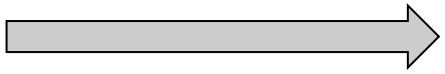
原因検討が困難。

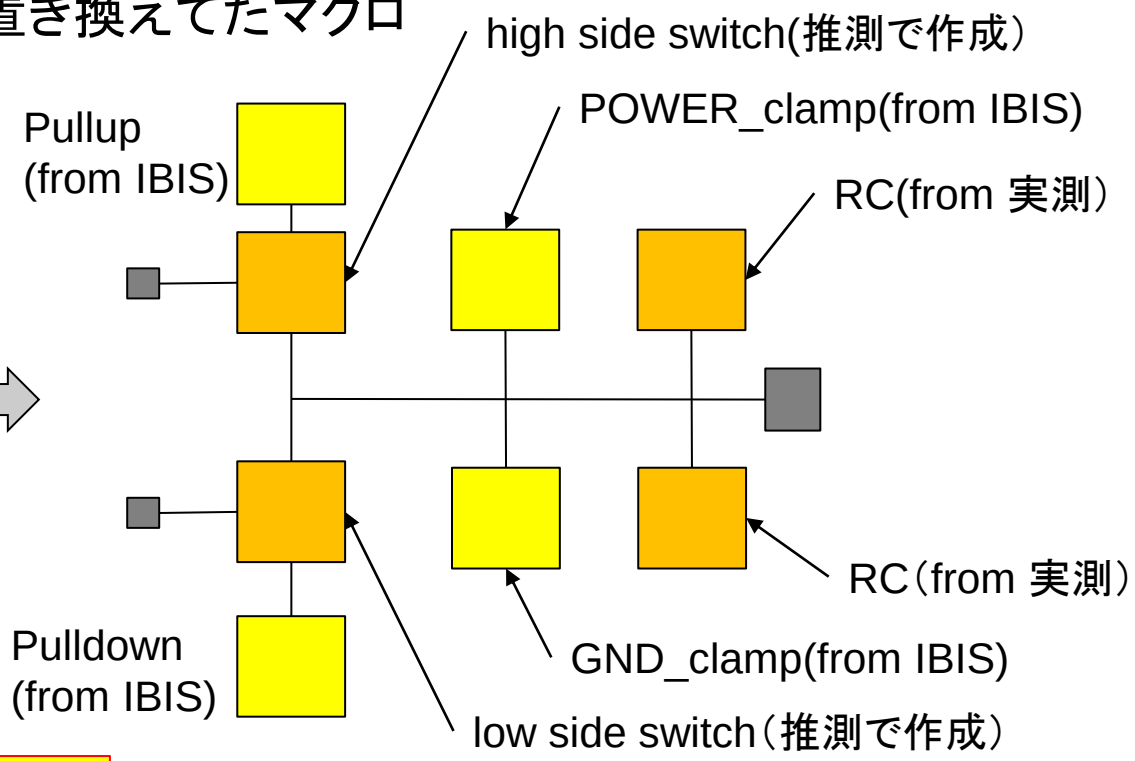
IBIS内の各IVテーブルをSpice制御素子（G）に置き換えてたマクロモデルを作成し、ホワイトボックス解析を実施



IBISモデル

各エレメントを
Gelementに変換



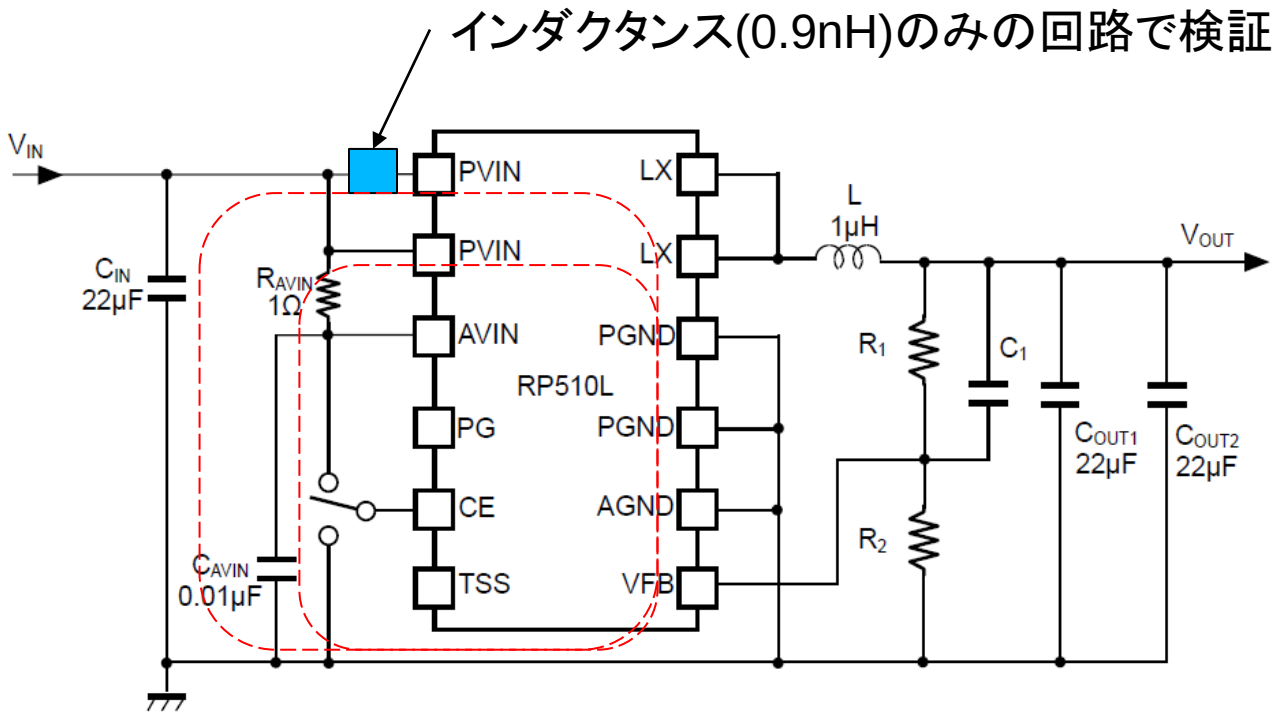


各素子を流れる電流確認
Deadtime考慮

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

シンプル実装モデル

検討を簡単にするために、Sパラ実装モデルからPVIN電源インダクタンスのみ考慮のシンプル実装モデルに変更



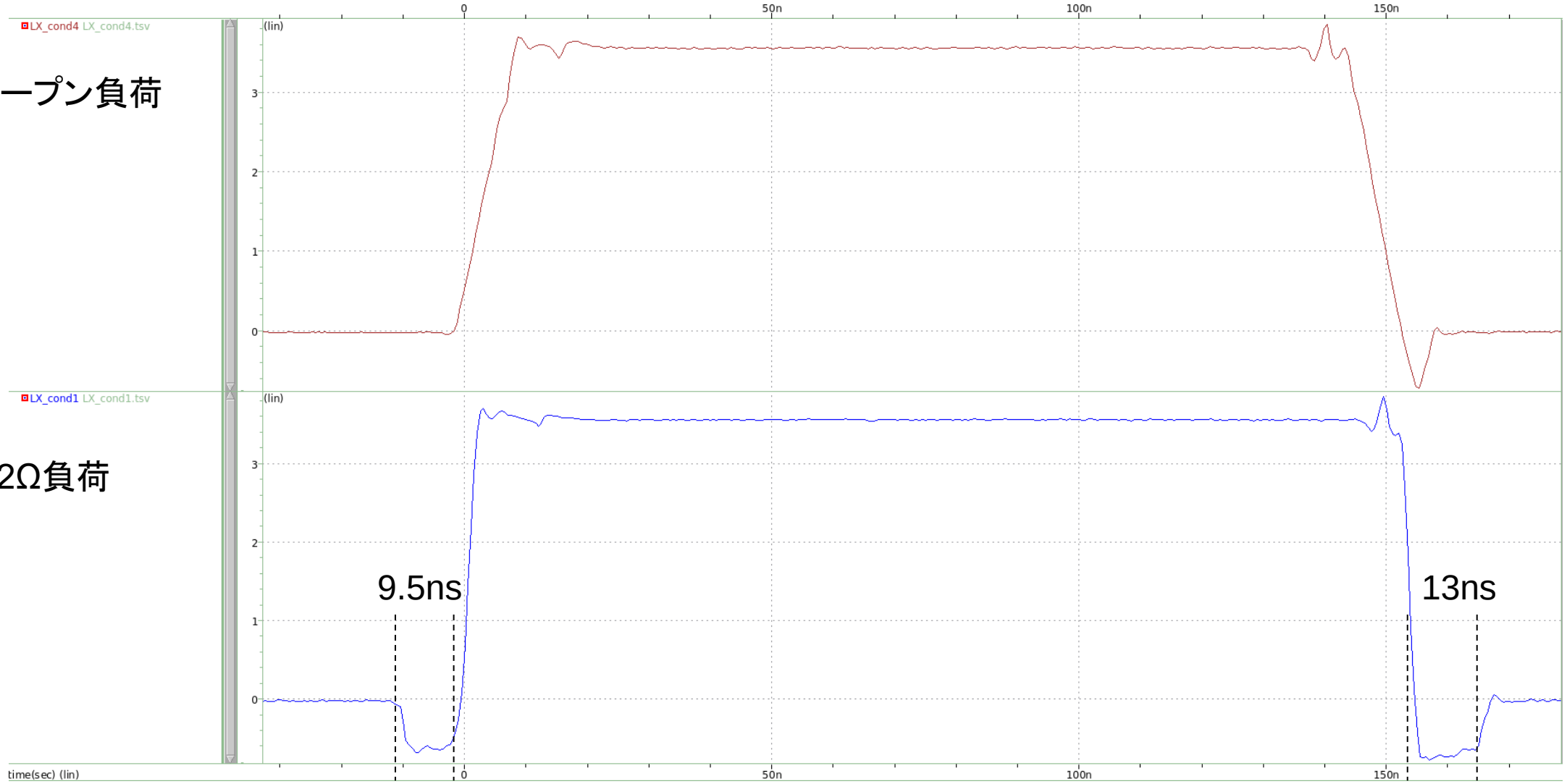
電磁界解析モデルより
CINループのインダクタンス:0.88nH
CAVINループのインダクタンス:2.17nH

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

実測波形からDeadtimeの見積もり（LX電圧波形）

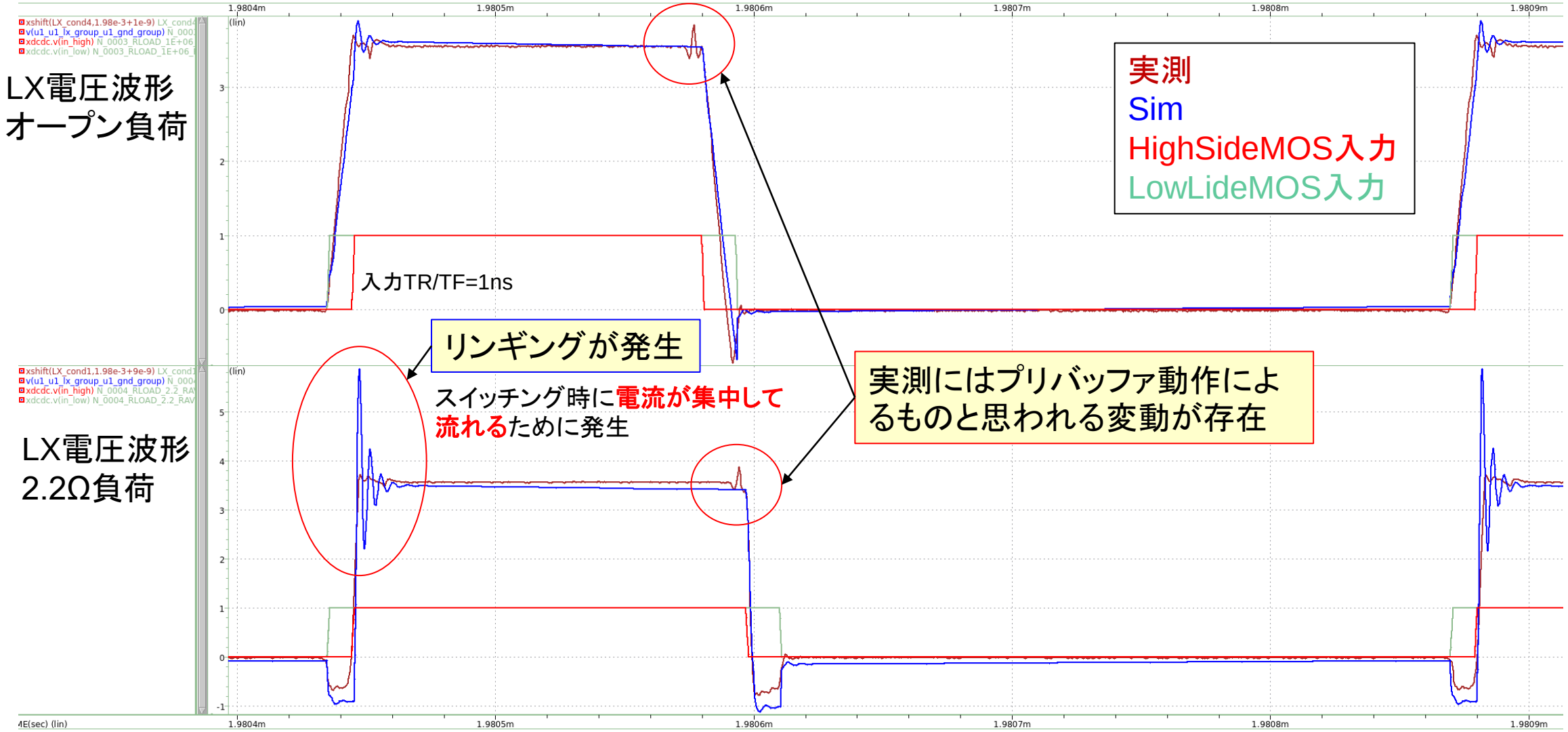
オープン負荷

2.2Ω負荷



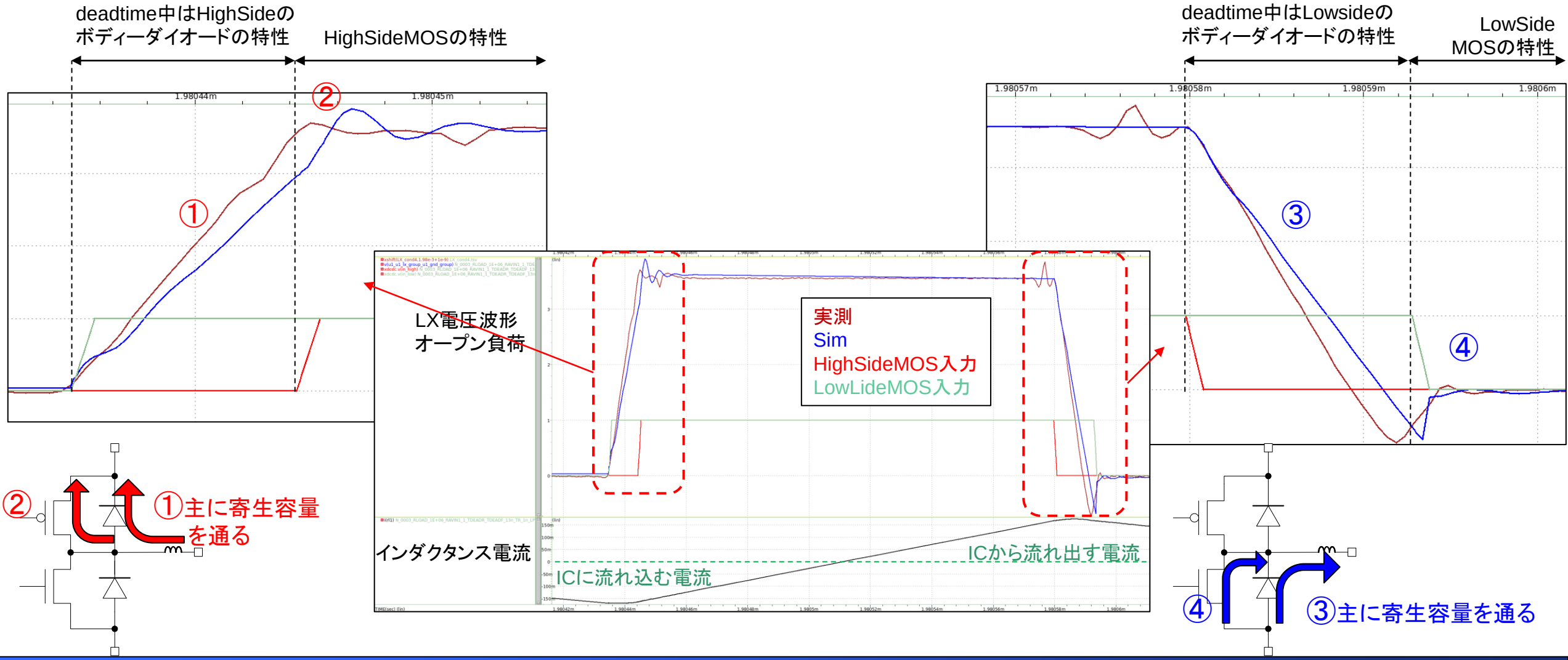
Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

SpiceマクロモデルのSim結果(シンプル実装モデル)



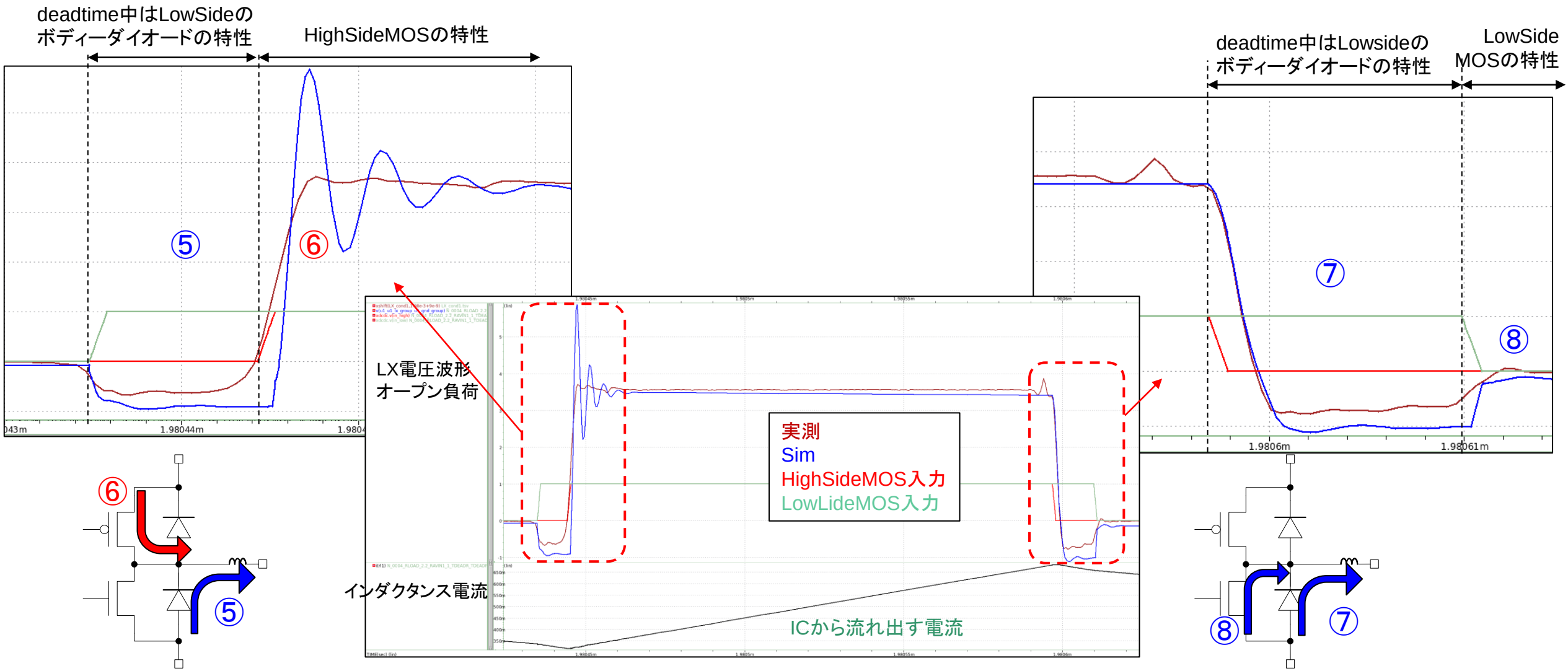
Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

マクロモデルを用いた考察(オープン負荷)



Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

マクロモデルを用いた考察(2.2Ω負荷)



Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

アジェンダ

- 背景と目的
- 実測によるDCDCコンバータのインピーダンスモデル作成
- 実測環境と実測結果
- シミュレーション結果と実測比較

2019LPB Forumでの報告内容

- 実測との誤差が大きい原因検討
  - IBISモデルからSpiceマクロモデル生成
  - Spiceマクロモデル改良
- まとめ
- 今後の課題と活動内容

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

Spiceマクロモデル改良

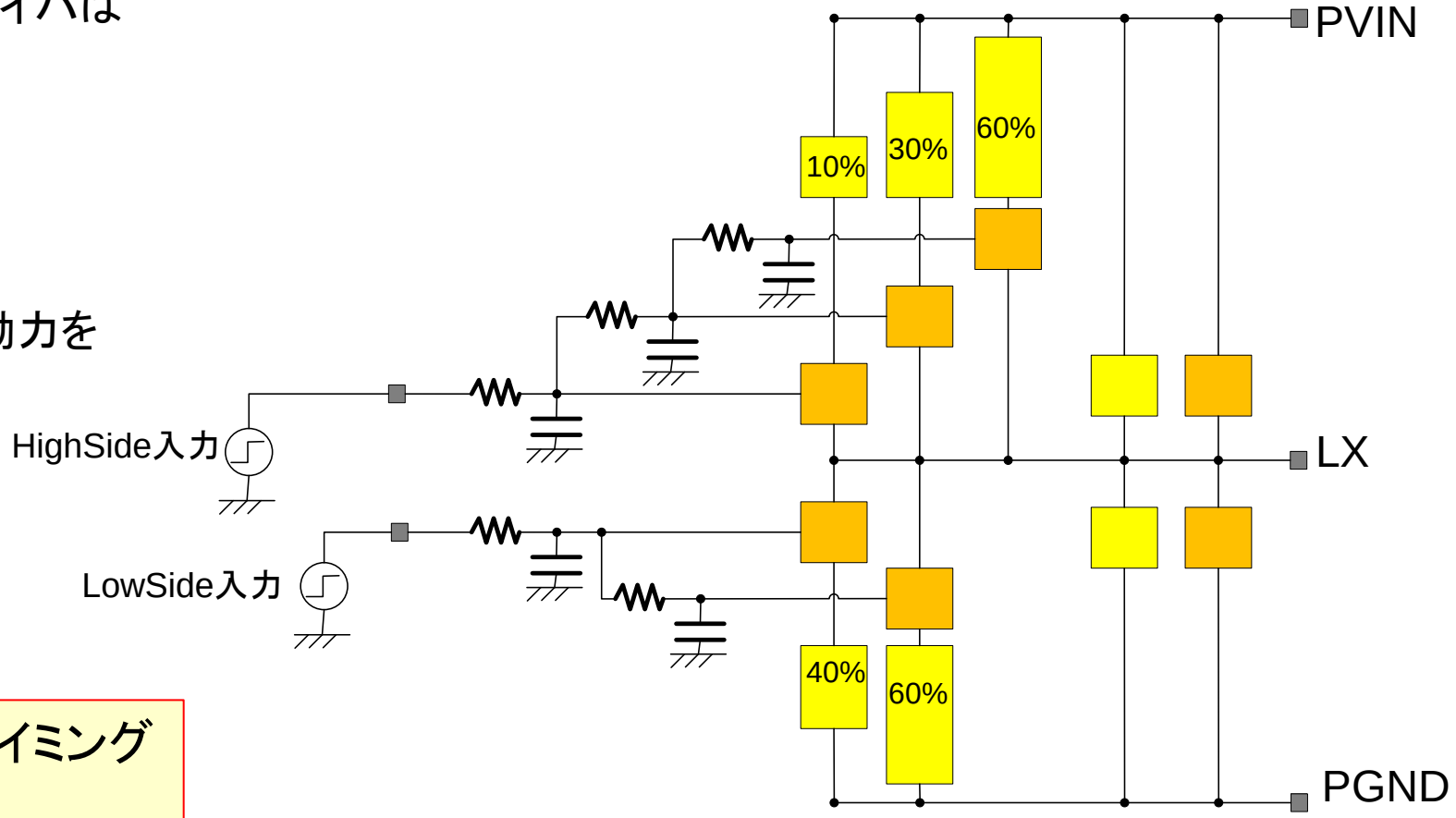
デバイス設計者様に確認したところドライバは

・HighSide：小・中・大

・LowSide：中・大

に分け適切に駆動していることが判明。

駆動力の内訳情報がないが、電流駆動力を
HighSide: 10%,30%,60%
LowSide: 40%,60%
のモデルに分割試行



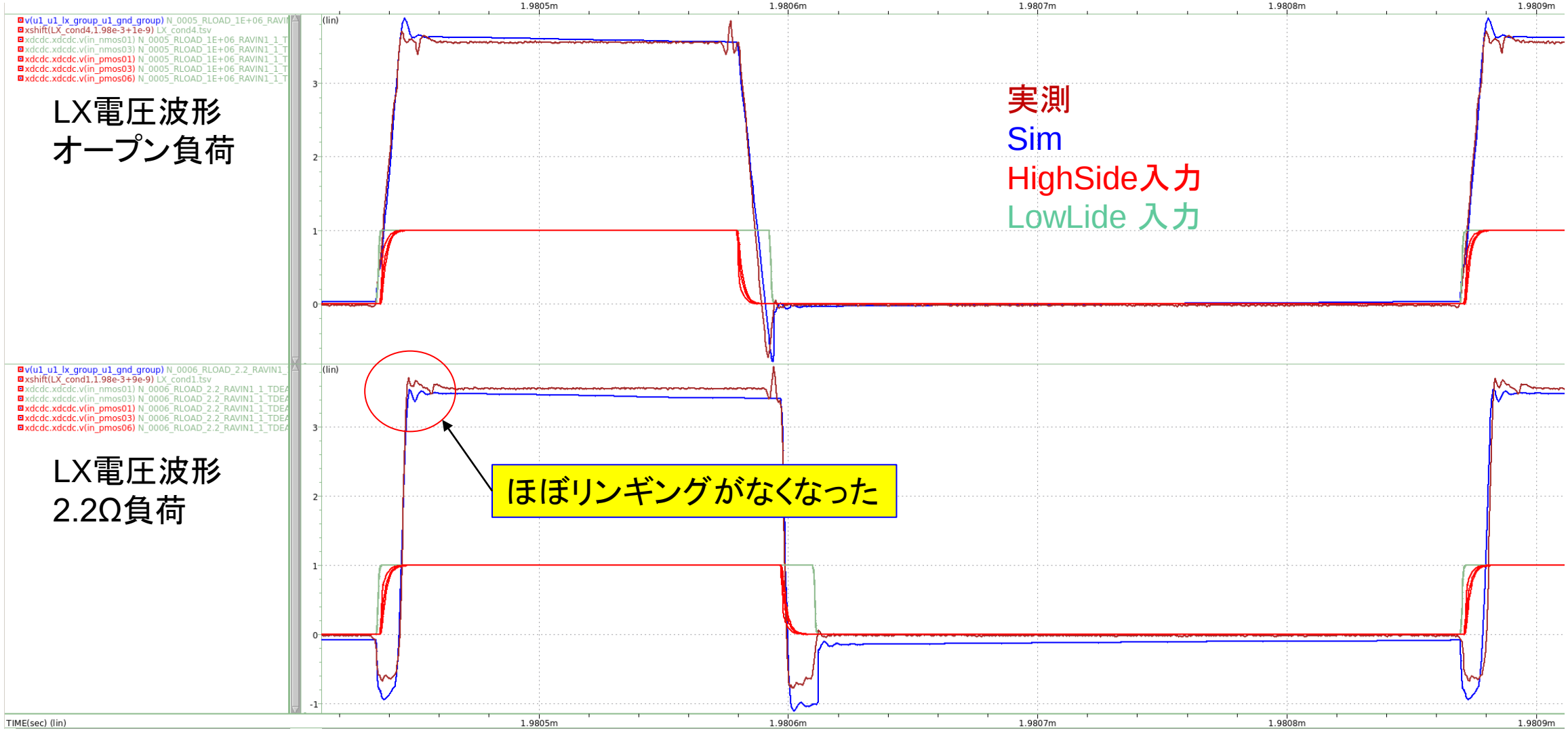
改良Spiceマクロモデル

駆動力毎にGelementを分割し、RCラダーで遅延を生成

デバイスを分割し、各デバイスの動作タイミングをシフトすることで電流集中を緩和する。

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

改良Spiceマクロモデルの Sim結果（シンプル実装モデル）



Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

アジェンダ

- 背景と目的
- 実測によるDCDCコンバータのインピーダンスモデル作成
- 実測環境と実測結果
- シミュレーション結果と実測比較

2019LPB Forumでの報告内容

- 実測との誤差が大きい原因検討
  - IBISモデルからSpiceマクロモデル生成
  - Spiceマクロモデル改良
- まとめ
- 今後の課題と活動内容

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

まとめ

- 今回の検討で、出力波形を合わせるためには、デバイス内の駆動ドライバ構成およびその駆動タイミングが重要であることを確認した。
- デバイスを分割し、電流集中を抑制することで課題であったリンギングをなくすことができた。

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020

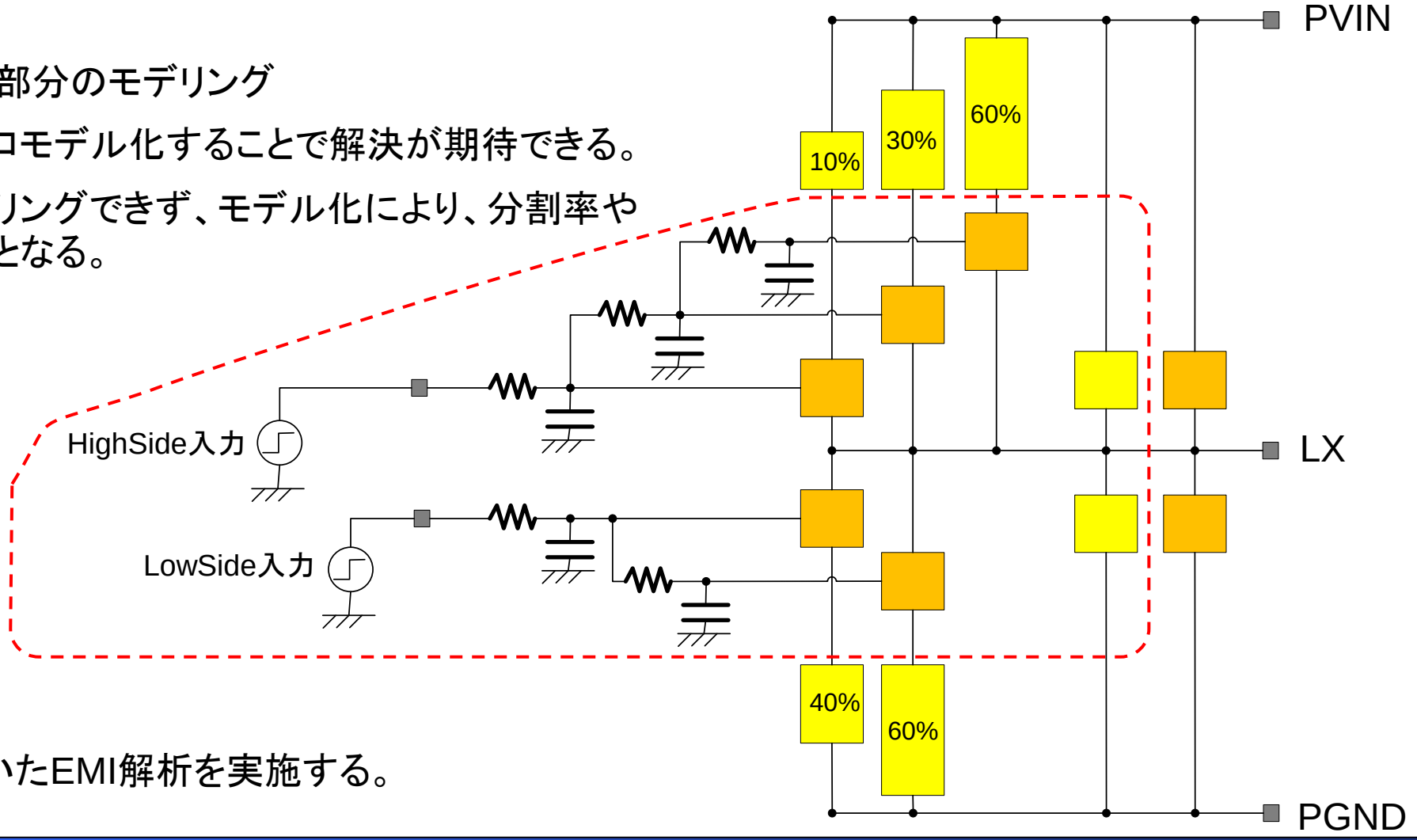
今後の課題および活動内容

課題:

推測で作成した赤点線で囲んだ部分のモデリング

プリバッファを今回検討したマクロモデル化することで解決が期待できる。

しかしデバイスメーカーしかモデリングできず、モデル化により、分割率や駆動タイミング等を公開することとなる。



今後の活動内容:
今回作成したマクロモデルを用いたEMI解析を実施する。

Copyright© JEITA SD-TC All Rights Reserved 2016-2020