第11回LPBフォーラム 2019. 03. 08

DCDCコンバータIBISモデリングに挑戦 ~EMI解析とSI解析への応用紹介~

JEITA 소목소문

半導体&システム設計技術委員会 LPB相互設計サブコミッティ モデリングワーキンググループ



モチベーション

■ EMI & SI & PI 解析で使用する一般的なモデル

LSI : SPICE、IBIS、Spara(PKG)など

PCB : Spara、EBD、各種分布定数モデルなど

= 電源IC: SPICE???

- 電源IC(特にDCDCコンバータ)の特性は EMI や SI や PI で重要だが、モデルを入手しにくい?
 - EMI&SI&PI解析に適したDCDCコンバータモデルの標準規格があってもいいのでは?
 - スイッチングを表現できればいいのだから、既存のIBISモデルが利用できそう?



DCDCコンバータのモデル

	SPICE抽出モデル	SPICE等ビヘイビアモデル	IBISモデル
長所	・精度が高い・PVT条件を自由に振れる・フィードバック制御できる	・解析時間が短い ・回路情報を秘匿できる ・フィードバック制御できる?	 さらに解析時間が短い 回路情報を秘匿できる どの特性が再現されているか明確 規格化されているので精度のばらつきが少ない 規格化されているのでモデリングしやすい 多くのシミュレータで使用できる PKGモデルを含む PVTは3条件
短所	・解析時間が長い ・暗号化により内容が不明 ・暗号化により特定のシミュ レータでしか使用できない	どの特性が再現されているのか分かりにくいシミュレータ依存がある基本的にTyp条件のみ	・フィードバック制御は表現できない ・入力電圧は固定
用途	-DCDCコンバータの設計	・LCRの選定など	・LCRの選定 ・EMI解析 ・PowerAwareSI解析 ・・・?

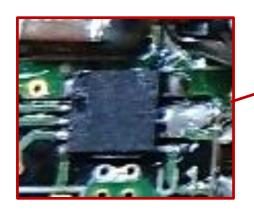


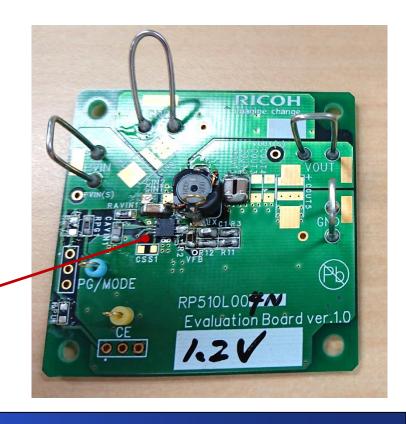
IBIS と DCDCコンバータ



実製品のDCDCコンバータで試行

- 試行対象: DCCDコンバータ「RP510L」
 - リコー電子デバイス株式会社製
- SPICEモデル → IBISモデル
 - 入力電圧3.6V
- 下記の試行Sim. を実施
 - EMI解析
 - PowerAwareSI解析

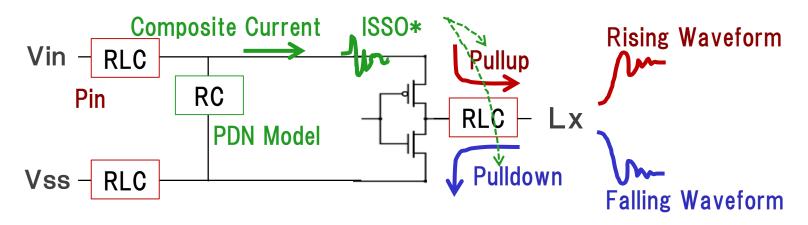






IBISに含まれている主な特性

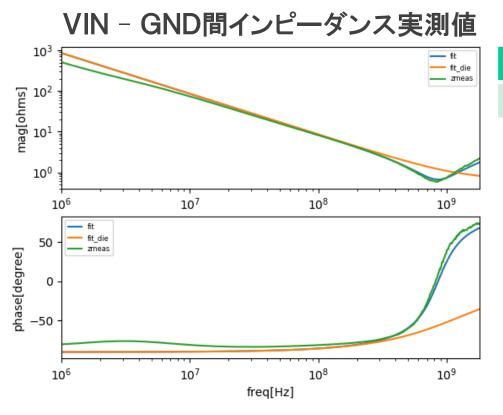
- Pullup、Pulldown = Lxの電流対電圧特性
- ISSOPU、ISSOPD = Vin小変動とLx電流変動の関係
- RisingWaveform、FallingWaveform = Lx電圧波形
- CompositeCurrent = Vin電流波形(消費電流波形)
- Pin = PKGのRLC
- PDN Model = DIEの電源RC ←今回は実測でモデリング





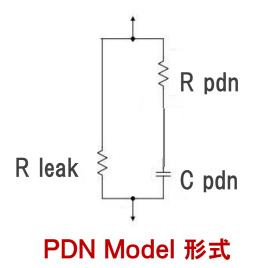
インピーダンス実測と等価回路化

■ ダイ内部の電源(Vin)GND間のRC値を実測から推定



等価回路化

Cpdn	Rpdn	Rleak
186pF	0.52Ω	1.87e7Ω



⇒測定結果をIBISへ反映



(今年もUS. IBISサミットで提案)

- 「PDN Model」は JEITA MDLWG が提唱
 - 2019, 02, 01 IBIS Summit in Santa Clara
 - 株式会社ソシオネクスト 大野さん が発表
 - https://ibis.org/summits/feb19/murata.pdf



- 3月中の BIRD(IBIS拡張の提案書)提出に向け鋭意作業中



SPICE vs IBIS 精度確認

■ L=1uH, Cout=44uF

- Lx電圧

Vin電流

GND電流

不一致





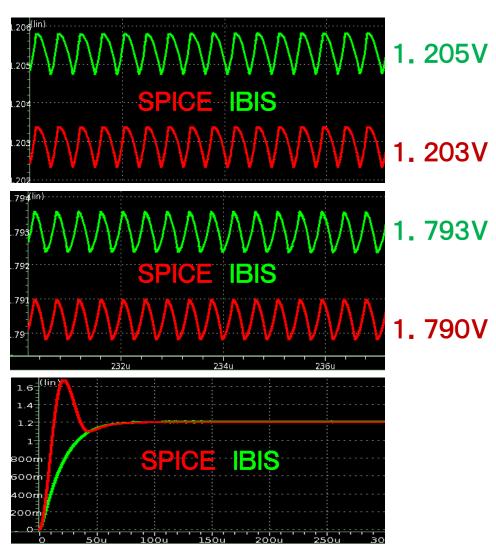
SPICE vs IBIS 精度確認

- DutyとVoutの関係
 - Duty33%(1.2V出力)

Duty50%(1.8V出力)

■ 解析速度

- Xeon 3. 5GHz 4Core
- 300us の解析時間
 - SPICE 2. 6h
 - IBIS 2.6s



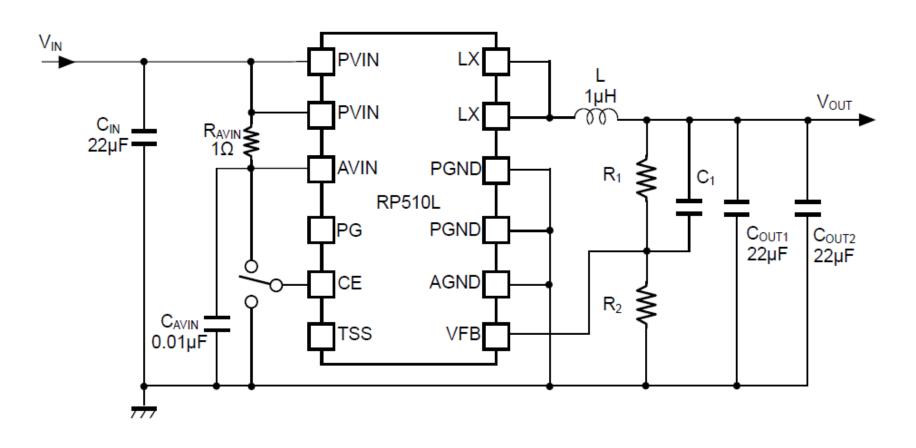


試行1 EMI解析



EMI測定用回路構成

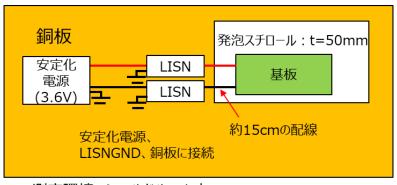
■ Voutはオープン



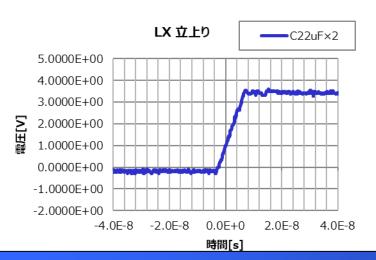


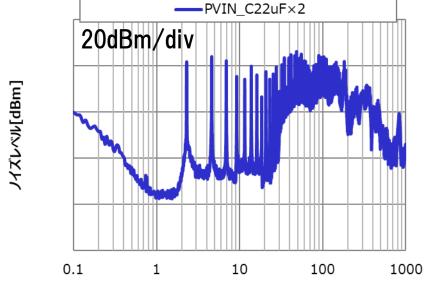
CISPR25準拠の伝導ノイズ測定結果

■ メンバー会社で測定実施



測定環境 シールドルーム内





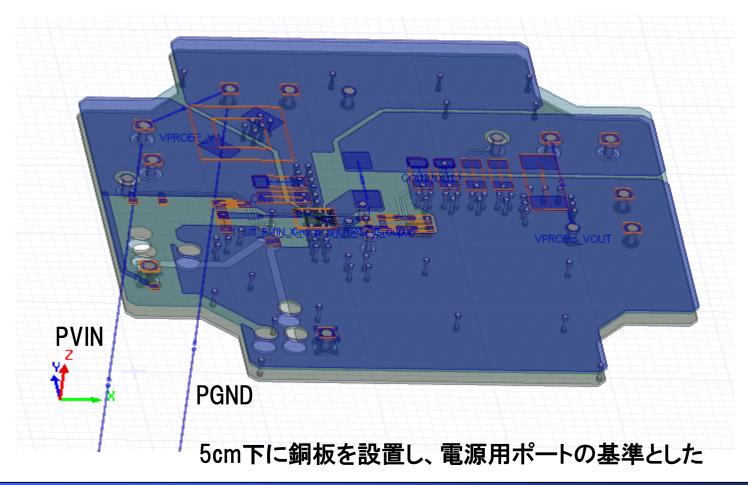
PVIN Peak





プリント基板モデル

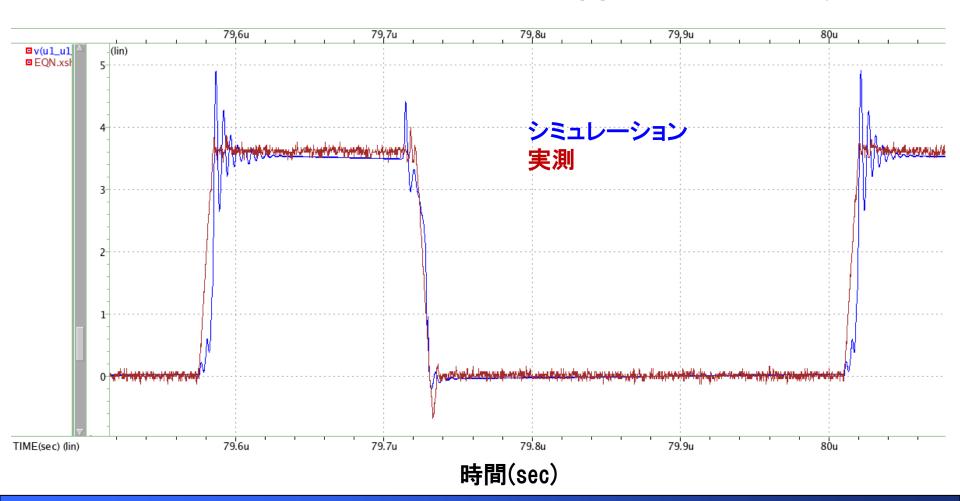
■ 電磁界解析ツールでモデル作成





LX電圧波形

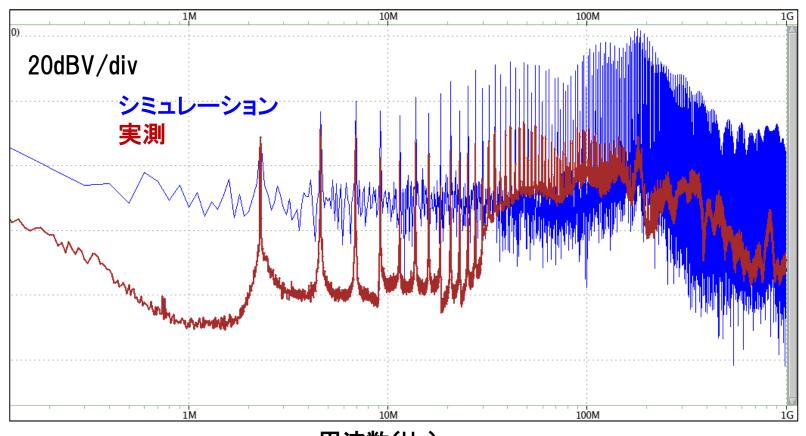
■ シミュレーションはスルーレートが高く、リンギングが発生





PVIN伝導ノイズ波形

■ シミュレーションのピークは実測よりも最大30db大きい

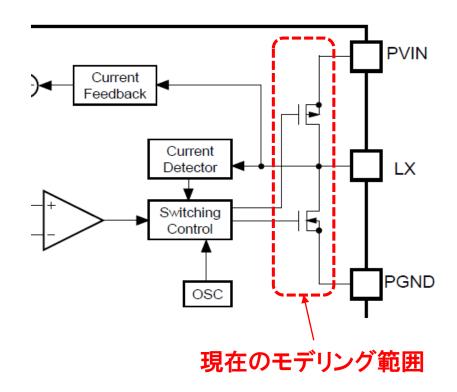


周波数(Hz)



今後の課題

■ 2019年のモデリングWGの活動内容として、今回の誤差 原因検討を実施予定。



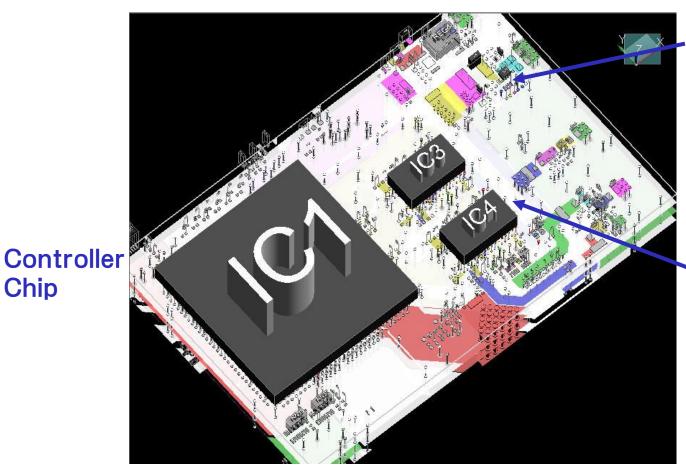


試行2 Power Aware SI解析 DDR4-1600



DDR4搭載ボード

■ メンバー会社の製品ボードを試行対象とした

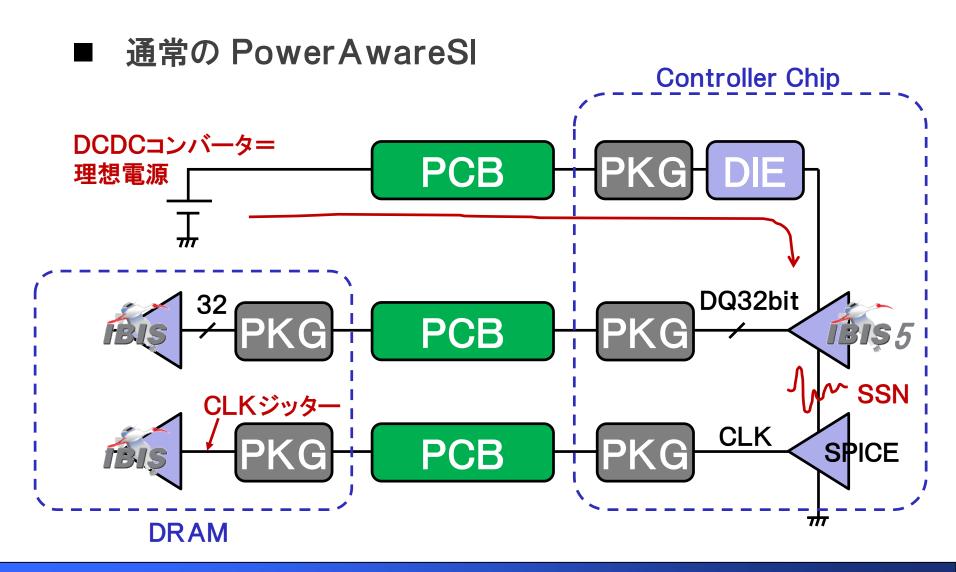


*DCDCコンバータ Vin=3. 6V **Vout=1.2V Contoroller Chip** とDRAMに電源供給

DRAM×2

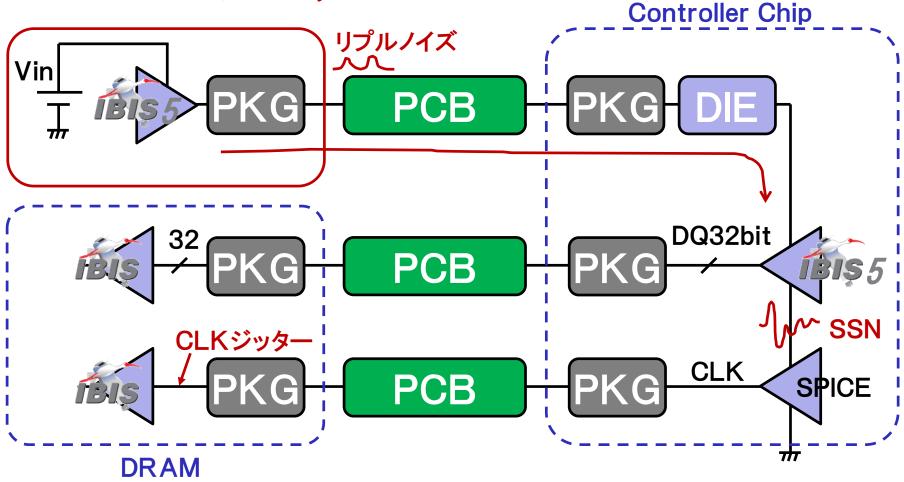


Chip



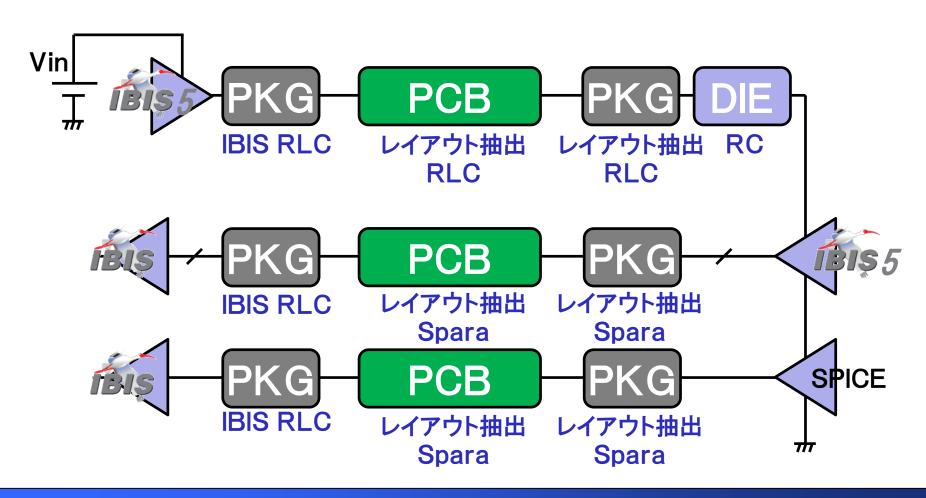


■ DCDCコンバータ + PowerAwareSI





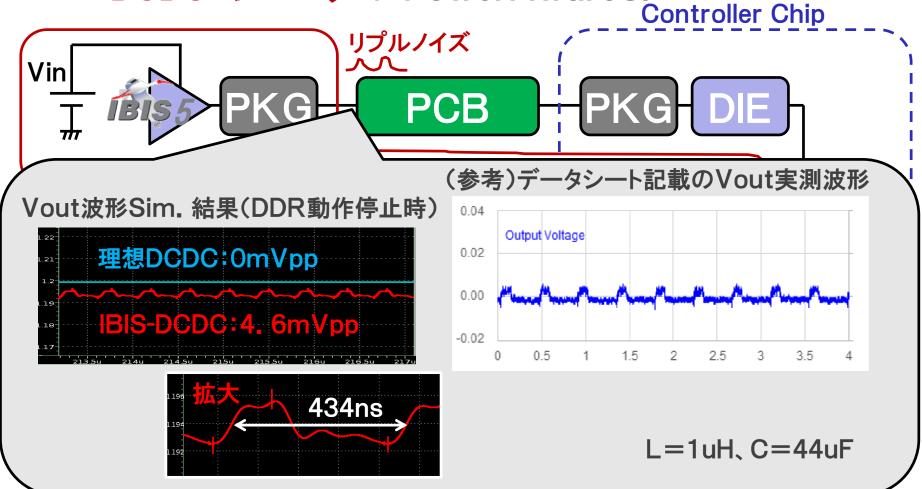
■ DCDCコンバータ + PowerAwareSl



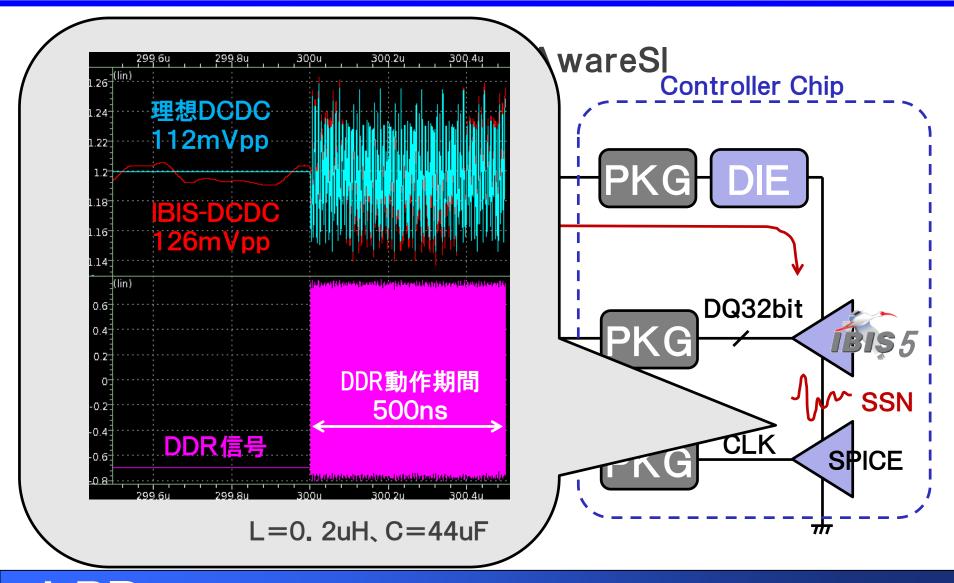


Sim. 結果:リプルノイズ

■ DCDCコンバータ + PowerAwareSl

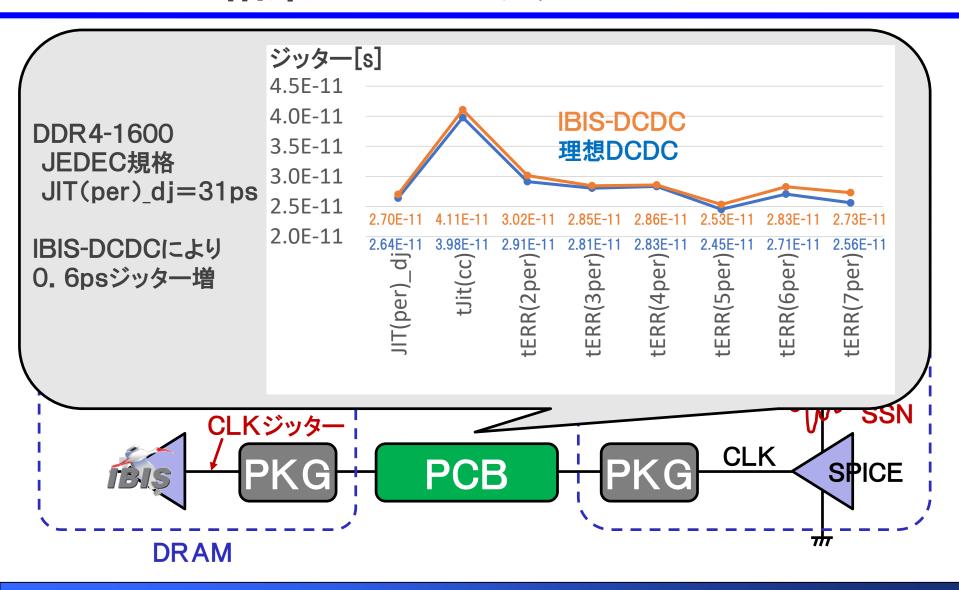








Sim. 結果:CLKジッター



まとめと今後



まとめ

- 現状のIBISモデルで表現できた基本的特性
 - リプルノイズ
 - 消費電流波形
 - 入力Duty比と出力電圧の関係

SPICEより 圧倒的に高速

- 現状のIBISモデルで表現できなかった基本的特性
 - フィードバック制御
 - GND電流波形
- 現状のIBISモデルが使用できた応用解析事例
 - DCDCコンバータのリプルノイズを考慮したPowerAwareSl
 - 現状では時期尚早でも、今後は利用価値あり
- 現状のIBISモデルは適さなかった応用解析事例
 - EMI解析



MDL WG 今後の活動

- IBIS Open Forum へ PDN Model のBIRD提出
- 簡易的なインピーダンス実測方法の確立
- EMI解析結果と実測結果との誤差について考察
 - IBISモデリング手法を見直し



ご清聴ありがとうございました



DCDC-IBISで表現できそうな現象

■ 過渡応答が短TATで再現できる

- 入出力の電圧波形の例

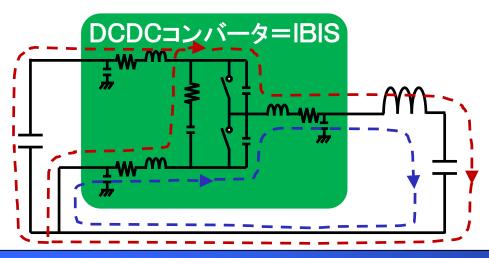
・ 入力 : スパイクノイズ

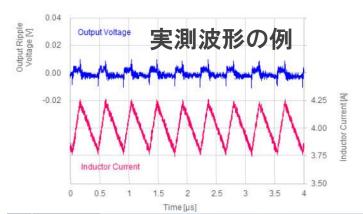
・ 出力 : リプルノイズ

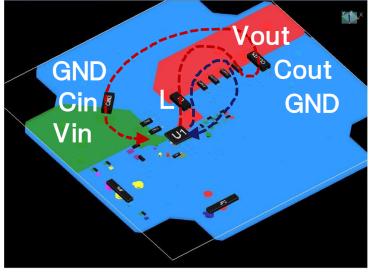
- 入出力の電流波形の例

入力 : 消費電流

出力 : L電流









IBISに含まれている主な特性

- Pullup、Pulldown、ISSOPU、ISSOPD の例
 - 例)Pulldown

Variable	typ	min	max -
[Voltage range]	3.6	3.2	4.0
Temperature Range	25	125	-40
[Pulldown]			
voltage I(ty	p)	I (min)	I (max)
-3.60000000e+00 -	1.2496162e+02	-9.4457392e+01	-1.4325277e+02
-3.49090909e+00 -	1.2128536e+02	-9.1566238e+01	-1.3907247e+02
-3.38181818e+00 -	1.17 <mark>60061e</mark> +02	-8.8675194e+01	-1.3488152e+02
-3.27272727e+00 -	1.1390734e+02	-8.5784076e+01	-1.3067992e+02
-3.16363636e+00 -	1.1020554e+02	-8.2892728e+01	-1.2646768e+02
-3.05454545e+00 -	1.0649521e+02	-8.0001031e+01	-1.2224480e+02
-2.94545455e+00 -	1.0277640e+02	-7.7108898e+01	-1.1801132e+02
-2.83636364e+00 -	9.9049192e+01	-7.4216282e+01	-1.1376730e+02
-2.72727273e+00 -	9.5313695e+01	-7.1323178e+01	-1.0951283e+02
-2.61818182e+00 -	9.1570075e+01	-6.8429616e+01	-1.0524809e+02
-2.50909091e+00 -	8.7818538e+01	-6.5535662e+01	-1.0097336e+02
-2.40000000e+00 -	8.4059265e+01	-6.2641414e+01	-9.6688887e+01
-2.29090909e+00 -	8.0292334e+01	-5.9747003e+01	-9.2394503e+01
-2.18181818e+00 -	7.6517785e+01	-5.6852606e+01	-8.8089915e+01

