

講座の狙い

- LTspiceを使ってアナログ回路技術の基本事項を学ぶ
- LTspiceの基本オペレーションをマスターする

知る : 単に知識を得る
解る : 理論的な裏付けまでを含めて理解する
出来る : オペレーションや技術を活用できる

到達目標

- ・LTspiceの基本操作
回路図入力, モデルのlib化, transient, ac, dc解析, データの簡単な解析が出来る
- ・インダクター
基本特性, 配線インダクタンスが解る
- ・キャパシタ
基本特性, 寄生素子と周波数特性が解る
- ・MOSFET, CMOSMOS inverter
単体MOSFET基本特性のを知る
inverter動作, 充放電電流, 貫通電流が解る
CMOS回路の動作スピード, 消費電流の電源電圧とVt依存性が解る
ESD破壊と保護回路の動作を知る
- ・伝送線路
ケーブルの仕様書から伝送線路のラダーモデル化, シミュレーション回路の作成, transient, ac解析が出来る
特性インピーダンスの物理的意味, インピーダンスマッチングが解る
適正ラダー分割数が解る
プリント基板の断面形状からの伝送線路パラメータの抽出手段を知る
- ・Power Distribution Network(電源分配回路網)
基本概念が解る, PDNのSPICEモデル化の方法を知る
ターゲットインピーダンスが解る
積層セラミックコンデンサの動的モデルを知る
- ・電圧源電流源
Laplace関数を使った電圧制御電圧源を使用出来る
- ・モデルのlib化
.lib, .sym, .modなどを使ってモデルをLTspiceにのlibに導入できる
- ・その他の機能
.measureコマンドの使用法が解る
- ・熱設計とシミュレーション
熱回路網法による熱シミュレーションの基本が解る

講座内容

- 1.セミナー概要
 - ・講座の狙い
 - ・講座内容
 - ・到達目標
- 2.SPICEについて
 - ・SPICE概要
 - ・SPICEの解析領域
 - ・SPICEのできること・できないこと
 - ・LTspiceを業務で使用する場合の注意点
- 3.LTspiceの入手とインストール
 - ・インストーラ入手とインストール
 - ・サンプル回路・ライブラリファイル構成
 - ・関連情報の入手
 - ・インストール
 - ・ツールバー
 - ・ショートカットキー
 - ・注意点など
- 4.LTspiceを動かしてみよう
 - ・基本設定
 - ・講師のLTspice設定
 - ・解析回路の作成
 - ・transient解析1
 - ・CR回路の過渡現象の手計算による解析
 - ・transient解析2
 - ・ac解析
 - ・グラフスケールの合わせ方
- 5.インダクタ
 - ・インダクタの構造
 - ・インダクタンスの定義
 - ・配線感間隔とインダクタンス
 - ・リードインダクタンスの近似式
 - ・シミュレーションでの注意点
- 6.キャパシタ
 - ・キャパシタの構造
 - ・キャパシタの等価回路と周波数特性
 - ・周波数特性
 - ・参考：チップキャパシタの低ESL化
 - ・セラミックキャパシタ容量の電圧依存性
- 7.MOSFET, CMOS Inverter
 - ・MOSFETの構造
 - ・電流電圧特性理論式
 - ・SPICE Level 1モデル
 - ・MOSFET (Level 3)静特性
 - ・Inverter等価回路
 - ・Inverter静特性
 - ・Inverter過渡特性
 - 貫通電流
 - 充放電電流
 - ・buffer Inverter unbuffer Inverter
 - ・Inverter 駆動能力
 - ・Inverter 消費電流
 - ・ring oscillator
 - ・プロセスコーナーモデル
 - ・ESD破壊
 - HBMによる放電現象
 - CDMによる放電現象
- 8.伝送線路
 - ・実験とシミュレーション
 - ・実験
 - ・インピーダンス整合の基本的考え方(DC)
 - ・インピーダンス整合の基本的考え方(AC)
 - ・SPICEモデルパラメータ
 - 伝送線路モデル
 - 矩形波の周波数特性成分
 - パラメータ算出
 - 参考：立ち上がり時間と帯域の関係
 - ・SPICEシミュレーション
 - 解析回路作成・シミュレーション
 - シミュレーションと実測結果比較
 - 最適分割数についての考察
 - 最適分割数の定性的理解
 - 最適分割数の定量的理解
 - 伝送線路インピーダンスを使った計算
 - 計算結果とAC解析結果比較
- 9.Power Distribution Network
 - ・PDN
 - ・ターゲットとインピーダンス
 - ・デカップリング・バイパスコンデンサ
 - ・PDNのモデル化
 - ・積層セラミックコンデンサの動的モデル
- 10.SPICEにおけるモデルの違い
 - ・parameter modelとbehavior model
 - ・S-parameter model
 - ・IBIS model
 - ・IBIS modelの限界と新しいmodel
 - IBIS-AMI
 - Power Aware IBIS
- 11.電圧源・電流源の便利な使いかた
 - ・電圧制御電圧源
 - 定数による利得記述
 - テーブルによる利得記述
 - Laplace関数による記述
 - ・behavior電流源
- 12.モデルのライブラリ化
 - ・.libと.symのあるモデルのLTspiceへの導入方法
 - ・.modだけのモデルのLTspiceへの導入方法
- 13.その他の機能
 - ・.meas
 - .measure(グラフ読み取り・演算コマンド)
 - rawファイルを使った.measure処理による計算
 - ・シミュレーション結果のexport
- 14.熱設計とSPICEシミュレーション
 - ・熱設計の基礎
 - ・熱シミュレーション

セミナーの進め方

セミナーは事前課題①及び②と当日のwebinarで構成されています。
使用するテキストのpdfと回路図ファイルは受講者の方々に事前に配信いたします。

事前課題をお願いする理由は

- ・多くの内容を6時間程度のセミナーでお伝えするために、
LTspiceの設定や基本操作をマスターしてからwebinarを受講していただく事によってセミナー時間節約を図る。
- ・著作権の問題があるため、セミナーで使用する部品メーカーのモデルファイルを事前配信できないために、
受講者にデータを事前ダウンロードしていただく。

事前課題①

LTspice基本操作のマスター

- ・LTspiceのダウンロード, インストール : p.12~14
 - ・初期設定 : p.20~22
 - ・回路図入力, transient解析, ac解析 : p.23~33
- p.24~33の回路の[file name : CR_pulse2_ac.asc](#)回路の作成とtransient解析,
[file name : CR_pulse2_ac.asc](#)回路の作成とac解析

p.28,29などの技術的な説明や細かな内容に関してはwebinarで説明しますので事前課題対象外です。

事前課題②

モデルデータのダウンロード

- ・p.143の手順①に従って, MLCCのLTspice用ダイナミックモデルデータのダウンロードと展開。
- ・p.146の手順①に従って, ferrite beadの汎用SPICEモデルデータのダウンロードと展開。

ダウンロードしたデータを使ってモデルのライブラリ化とライブラリを使ったシミュレーションはwebinarで行います。