

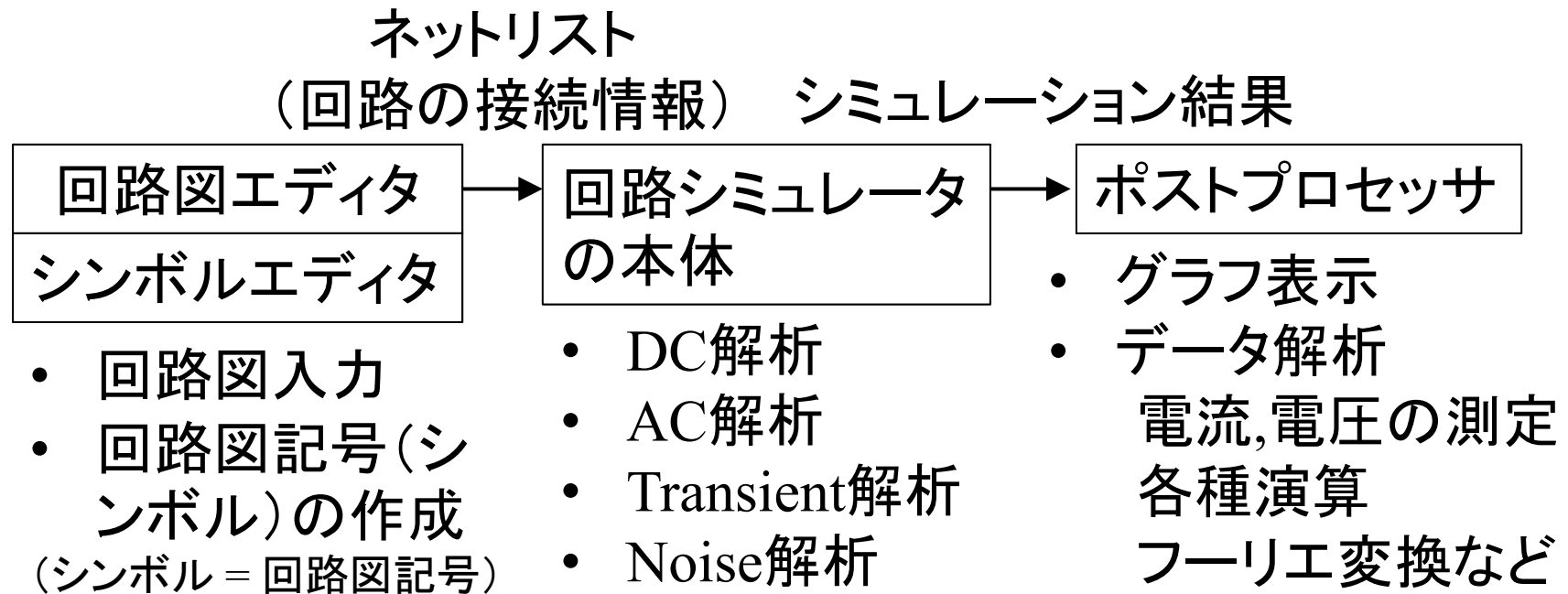
第1章 回路シミュレータ

回路シミュレータの基礎知識

1.1 回路シミュレータの機能

回路設計の基本的なツールである回路シミュレータの仕組みと機能を理解しよう。(教科書1-1参照)

回路シミュレータの構造と機能



(参考) 回路シミュレータの本体は、カリフォルニア大学バークレイ校で開発されたSPICE(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)のソースコードを元に開発されたものが多い。これらの回路シミュレータをSPICE系シミュレータと呼ぶ。これ以外の回路シミュレータは、非SPICEまたはPost-SPICEシミュレータと呼ばれる。

主な解析機能

解析の種類	得られる特性
DC解析	横軸が電圧または電流の特性(マルチメータ)
AC解析	横軸が周波数の特性(ネットワークアナライザ)
Transient解析	横軸が時間の解析(オシロスコープ)
Noise解析	横軸が周波数、縦軸が雑音電圧密度

実測するとき必要な計測器

- 他の解析に比べて、Transient解析には時間がかかる。トランジスタ数が1000個以上の場合、高性能PCを使用しても、数日かかることが多い
- 回路を設計するためには、色々な解析法を組み合わせる必要がある。初心者はTransient解析だけに頼りがちだが、これでは意図通りに動作する回路を設計できない

デバイスのパラメータ

L, C, R

キャパシタンス $C = 10\text{pF}$

インダクタンス $L = 10\text{nH}$

抵抗 $R = 10\text{k}\Omega$

各デバイスの特性は、1個のパラメータで表せる。→回路図に書き込んでしまう。

ダイオード

飽和電流 $I_s = 100\text{pA}$

電位障壁 $V_j = 0.65\text{V}$

エミッション係数 $n = 1.2$

ゼロバイアス接合容量 $C_{jo} = 100\text{pF}$

ブレークダウン電圧 $BV = 250\text{V}$

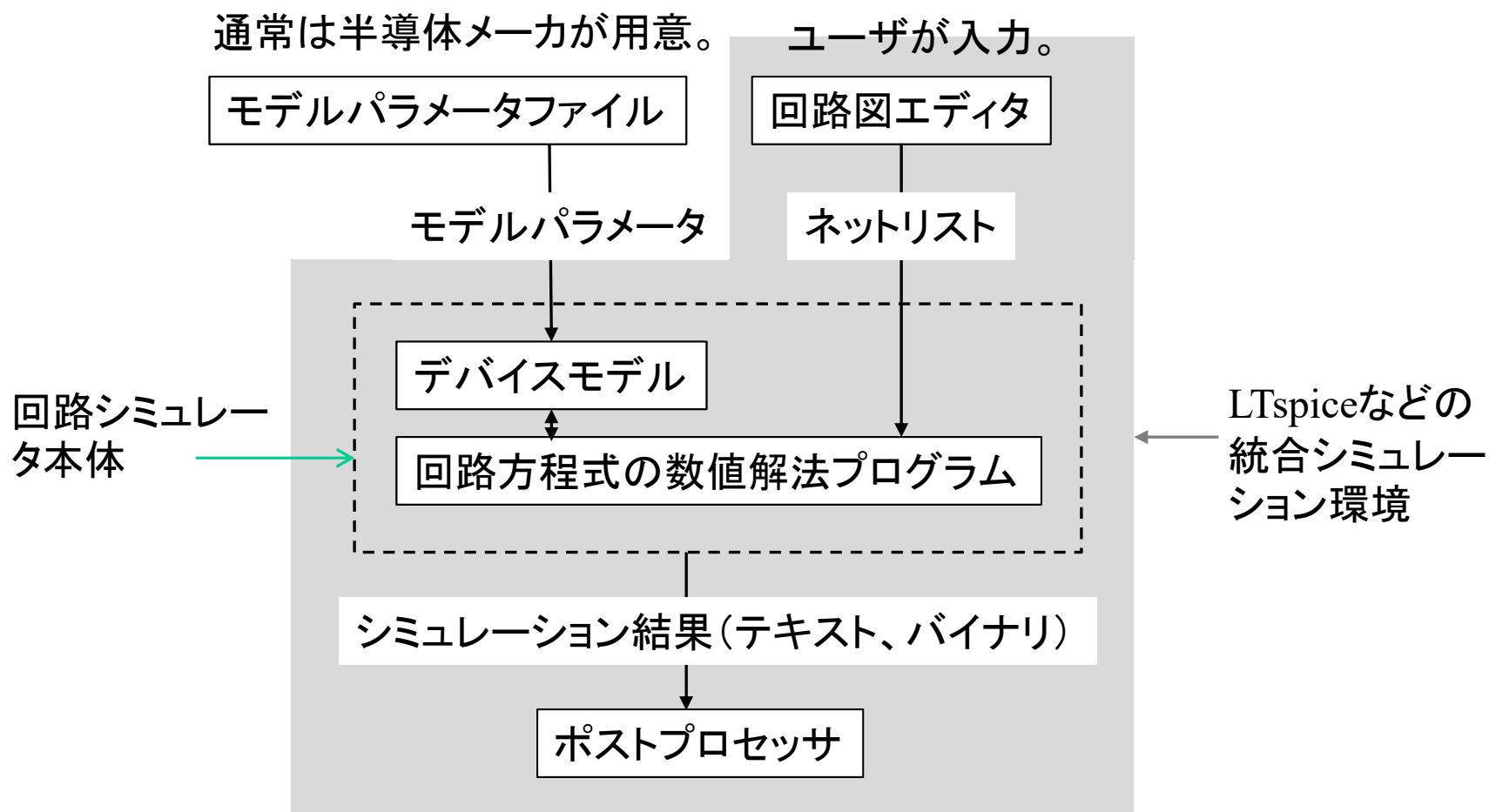
⋮

特性の計算には多くのパラメータが必要。→ **モデルパラメータファイルに記載してインクルード。**

トランジスタの特性計算には、数10個のパラメータが必要。

試しに、付録2で解説している「jstandard.bjt」の内容を見てみよう。なお、**指定されていないパラメータが関与する特性は、正確にシミュレーションできない。**

回路シミュレータの処理フロー



デバイスモデル: 半導体デバイスの特性を表す計算式。
モデルパラメータ: デバイスモデルのパラメータに代入する値。

回路シミュレータの限界

- 回路シミュレータではシミュレーションできない重要特性がある
 - 回路シミュレータによる温度特性のシミュレーションは可能だが、温度が時間変化する場合のシミュレーションはできない
 - 発熱はシミュレーションできない(熱伝導シミュレータが別途必要)
 - 過電圧、過電流等によるデバイスの破損はシミュレーションできない
 - **絶対最大定格**(この値を超えるとデバイスが破損する電圧、電流、電力の限界値)を越えてもシミュレーション上では回路が動作する
 - 実際の回路が故障しないためには、マージン(設計余裕度)が必要
- 回路シミュレータの精度はモデルパラメータの精度に依存している
 - 代入していないパラメータはデフォルト値になるため、そのパラメータが関与している特性はシミュレーションできない
 - 例: 雑音関係のパラメータがない場合は、熱雑音(抵抗の雑音)以外の雑音が発生しない
 - モデルパラメータの正確な決定は難しいため、半導体メーカーが全てのパラメータを提供しているとは限らない

回路シミュレータは現実とは違うことを理解した上で使用する必要がある。

1.1節のまとめ

- 回路シミュレータは、回路図エディタ、シンボルエディタ、シミュレータ本体、グラフ表示ソフトから構成されている
 - 回路図エディタはネットリスト(回路の接続情報)を出力し、回路シミュレータ本体は、ネットリストから回路方程式を作成する
 - シミュレータ本体は、カリフォルニア大学が開発したSPICEをベースとしているものが多い
 - 主な解析機能にはDC解析(直流電圧、直流電流)、AC解析(周波数領域)、Transient解析(時間領域)、Noise解析(周波数領域)などがある
- 回路シミュレーションには、回路図の他に、デバイスモデルパラメータが必要
 - デバイス特性の計算のため、モデルパラメータファイルをインクルードする
 - モデルパラメータはデバイス特性の実測値から推定することができるが、デバイスモデルに関する専門知識が必要
 - 値を与えなかったパラメータがある場合、デフォルト値が使用されるためシミュレーション結果が正確ではない