SPICE指向型数値解析法による大規模集積回路解析に関する研究

研究代表者　山村清隆　研究員

大規模回路（LSI）設計

回路シミュレーション

- LSI 設計における中心的作業の1つ
- SPICE･･･世界中で使用されている回路シミュレータ

SPICEの非収束問題

- 直流動作点解析で派生する非線形方程式
  ⇒ 大規模で非線形性が非常に強い（ニュートン法では収束しない）

大域的収束性を持つホモトピー法

- ニュートン法の非収束問題を完全に解決（必ず解に収束するという証明）

大規模な問題にも対処できる高度なホモトピー法

- かなりの専門的知識と高度なプログラミングが必要
- 非専門家や初心者には敷居の高い方法となる

「式を回路で記述しSPICEで解く」というSPICE指向型数値解析法の利用

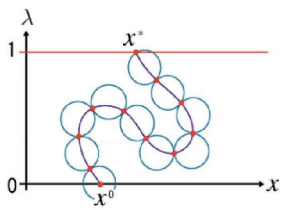
提案手法の利点

可変利得ニュートンホモトピー（VGNH）

良い初期値を使うことができる
「パスの複雑な挙動」は起こりにくくなる
パスは短くスムーズになりやすい
⇒ 様々価値観において最も効率的なホモトピー法

SPICE上にVGNH法を実現

- ホモトピー法のことをよく知らなくても高度なVGNH法を手軽に無料で実現できる
- 複雑なプログラミングが一切ない
- 解くべき回路のネットリストに対してわずかな修正を施すだけで実現できるため、容易にSPICEに実装することが可能
- SPICEに搭載された様々な効率化手法をそのまま活用できる

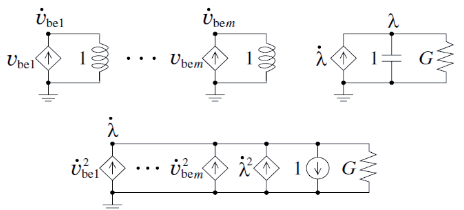


ホモトピー法のイメージ図

可変利得ニュートンホモトピー法のSPICE上への実装

$$\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}) + (1-\lambda)\tilde{\boldsymbol{f}}(\boldsymbol{x}) - (1-\lambda)(\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}^0) + \tilde{\boldsymbol{f}}(\boldsymbol{x}^0)) = \boldsymbol{0}$$

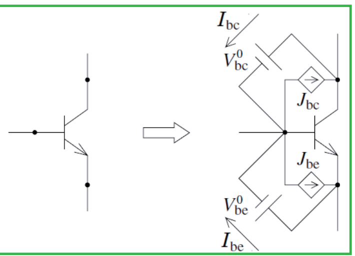
$$\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{dv_{\mathrm{be}i}}{ds}\right)^2 + \left(\frac{d\lambda}{ds}\right)^2 = 1$$



パス追跡回路

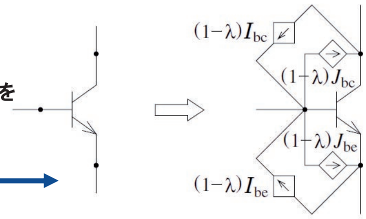
第1段階

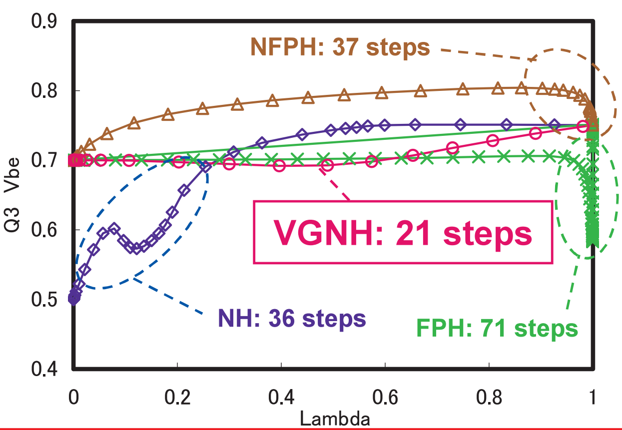
初期回路をSPICEの直流解析で解き，初期値と定数項を求める（必ず収束する）

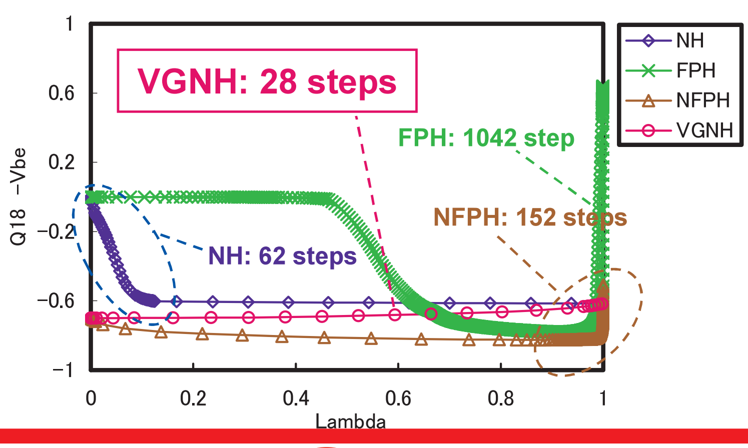


第2段階

ホモトピー回路とパス追跡回路をまとめてSPICEで過渡解析する







CHUO UNIVERSITY