

電源ノイズ解析のための回路動作部表現法の評価

Evaluation of Active Circuit Modeling for Power Noise Analysis

榎並孝司

橋本昌宜

尾上孝雄

Takashi Enami

Masanori Hashimoto

Takao Onoyo

大阪大学 情報科学研究科 情報システム工学専攻
Dept. Information Systems Engineering, Osaka University

1 はじめに

大規模電源網の高速な解析を実現する手段として、素子を線形回路で置き換える方法がある。回路動作部分のモデルとして、電流源を用いる方法(図1:左)とMOSのスイッチング動作を模したモデル[1](図1:右)が提案されてきた。

電流源モデルは、消費電流を表す直接的な方法であるが、電源変動による電流変化を表現することができない。一方、スイッチモデルは、消費電流を容量と抵抗に置き換える手間が生じるが、電源変動にしたがって自然と容量に流れ込む電流が変化する。さらに動作状態に応じて抵抗値を変化させることも考えられる(可変抵抗スイッチモデルと呼ぶ)。本稿では、電源ノイズ解析において、ノイズ波形の再現精度の観点から電流源モデル、スイッチモデル、可変抵抗スイッチモデルを評価する。

2 モデルの検証

2.1 検証モデル

電流源モデルで用いる電流波形は、理想電源電圧で観測された消費電流波形を用いる。スイッチモデルでは、ゲートの入力電位 V_{in} と電源・グラウンドの電位 V_{dd} , V_{ss} でスイッチを制御する(図1)。可変抵抗スイッチモデルではオン時の抵抗値を $V_{dd}-V_{in}$ ($V_{in}-V_{ss}$) によって変化させる。

スイッチ抵抗は、ゲートの遅延時間が等しくなるように文献[2]にしたがって求めた。抵抗可変モデルでは、1.0Vから0.35Vまでの電源電圧に対して8つの抵抗値をとるように定めた。

想定する回路には、 $200\mu\text{m}$ 平方にインバータが敷き詰められており、その周囲は $5\mu\text{m}$ の太い電源、グラウンド線で囲われている。内部はセル内の電源配線のみが引かれている。4つの角のうち1つに理想電源、その対角に理想グラウンドを接続した。敷き詰めたインバータのうち、中央の2割の行を動作させた。

本検討では、回路動作部分の置き換えのみを評価対象とするため、すべてのインバータを1つずつ図1に示す等価回路に置き換えた。

2.2 動作回路が1段の場合

動作回路を1段のインバータのみとし、同位相のパルス波を入力した。動作させたインバータ数は3,792個である。各インバータの負荷容量として電源側・グラウンド側にそれぞれ6fF、4fFを接続している。

電源波形を図2に示す。スイッチモデルでは、抵抗が一定・可変のどちらの場合も大差なく電圧変動が表現できている。電流源モデルでは、電圧変動が大きくなると誤差も大きくなる。電源電圧の低下に伴って消費電流が小さくなる効果が再現できないためである。

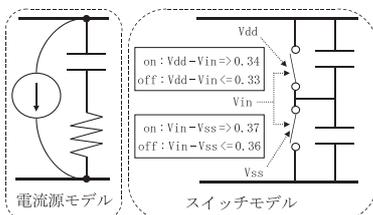


図1 動作部の変換候補のモデル

2.3 動作回路が多段の場合

次に動作回路をインバータを10段接続した回路とし、先頭のインバータに同様の波形を入力した。各インバータには負荷容量として電源側・グラウンド側共に10fFを接続している。多段回路では、電源変動による回路動作の遅延により、動作タイミングが遅れる。この遅れを表現するため、スイッチモデルでは前段のモデル回路の出力電位を次段の入力の制御情報として多段接続を実現している。

電源ノイズ波形を図3に示す。電流源モデルは、電源電圧の低下による消費電流波形の変化に対応できないため、大きな誤差を生じている。スイッチモデルの抵抗を一定にした場合、回路の動作速度の低下が十分に再現できておらず、回路の動作終了時刻が実際よりも早い。一方抵抗値を可変にした場合、動作速度の低下もうまく表現できており、電源ノイズ波形がうまく表されている。

3 まとめ

回路の動作部分を表現するモデルについて評価を行った。電流源モデルが適用できるのは、電圧変動が小さい場合のみである。スイッチモデルは、電源変動によって電流が変化するため、電流源モデルよりも波形再現性が高い。しかし電源変動による回路動作の遅れまでを含めてモデル化するためには、スイッチ部分の抵抗を電圧に応じて柔軟に設定できるモデルを利用する必要がある。

謝辞 本研究の一部はNEDOの助成による。

参考文献

- [1] M. Nagata, et. al., *JSSC*, Vol. 36, No. 3, 2001.
- [2] M. J. S. Smith, "Application-Specific Integrated Circuits," Addison-Wesley Professional, 1997.

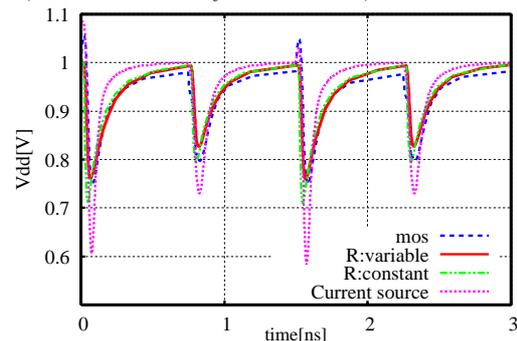


図2 動作回路が1段の場合の回路中央部の電圧変動波形

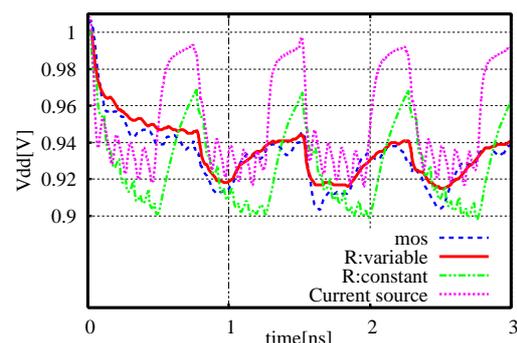


図3 動作回路が10段の場合の回路中央部の電圧変動波形