

# メッシュ型クロック分配網のスキュー評価

Evaluation of Clock Skew in Mesh Style Clock Distribution

阿部 慎也  
Shinya Abe

橋本 昌宜  
Masanori Hashimoto

尾上 孝雄  
Takao Onoye

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

近年、半導体の製造プロセスの微細化により遅延の予測が難しくなり、クロックの高速化が困難になっている。この問題を解決する方法のひとつとして、クロック分配網の工夫によるスキュー低減がある。主な分配方式として、設計変更が容易なツリー構造と、スキュー低減に有効なメッシュ構造が挙げられる。ツリー構造は統計的タイミング解析などが適用可能であるが、メッシュ構造は各ノードが相互に接続しているために解析が困難である。

高性能回路にはこれら二つを組み合わせたハイブリッド構造 [1] (図 1) が用いられることが多い。本稿では、ハイブリッド構造の最終段に位置するメッシュ構造のばらつきに対する耐性をシミュレーションにより評価し、設計パラメータが与える影響を明らかにする。

## 2 チップ、メッシュ構造

5mm 角の 90nm プロセスのチップにメッシュを引いた構造を考える。クロックドライバは全体の入出力容量比が 1:5 となるサイズを選択して接続する。チップ面積の 25% をフリップフロップ (FF) が占有するものとし、空間的に均一であるものとする。ドライバや FF はメッシュの交点に接続し、メッシュ配線に関しては  $3\pi$  のラダー回路によるモデリングを行っている。

## 3 特性評価

ツリー構造からの入力として、各ドライバへ正規分布  $N(0ps, 10ps)$  に従う正規乱数によりランダムなばらつきを再現する。メッシュピッチを  $100\mu m$  から  $50\mu m$ ,  $25\mu m$  と変化させてスキューを観測する。ドライバピッチとメッシュピッチをそれぞれ独立な設計パラメータとして考え、各々を独立に変更したときにスキューにどのような影響を及ぼすかを調べる。

図 2 に、ドライバピッチを  $100\mu m$  で固定した場合と

メッシュピッチにそろえた場合に観測されたスキューを示す。なお、合計のドライバサイズは変わらないものとする。また、配線資源が限られている場合には、配線幅を同じにしたままメッシュを細かくすることはできない。そこでメッシュピッチによって配線幅を調整することで、総配線量を同じにしたまま、メッシュを細かく引いた場合のスキューを観測した。図 3 に結果を示す。

図 2 より、スキューはメッシュが細くなるにつれて小さくなっている。ドライバはメッシュピッチにそろえた方がスキュー低減効果は大きい。これは、それぞれの FF がより多数のドライバによって駆動されて、スキューが平均化されるためである。

図 3 より、配線量が同じではメッシュを細かくすると逆にスキューが増加する。これは図 4 に示すように、メッシュを細かくすることにより同じノード間で並列接続が増えるものの、配線が細くなったことにより結果的に抵抗が増加するためである。今回用いたメッシュにおいて、ピッチを半分にしたときに、同じノード間の抵抗値は約 14% ~ 42% 増加することを確認した。

以上より、メッシュを細かくすればドライバもそれに応じて細かく接続した方が効果的であり、配線幅はスキュー低減に重要な鍵となる。

## 4 まとめ

ドライバや配線幅などのパラメータがスキューに与える影響を明らかにした。今後は、スキュー抑制に最適な設計パラメータの決定手法の検討を進める予定である。

**謝辞** 本研究の一部は NEDO の助成による。

## 参考文献

- [1] P.J. Restle, *et al.*, "The Clock Distribution of the Power4 Microprocessor", ISSCC, 2002.

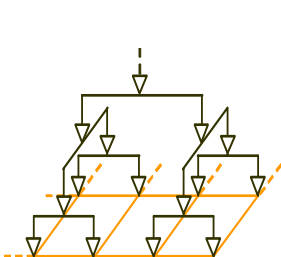


図 1 ハイブリッド構造

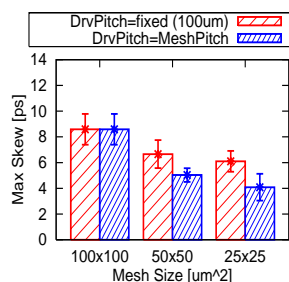


図 2 ドライバピッチ変更時のスキュー

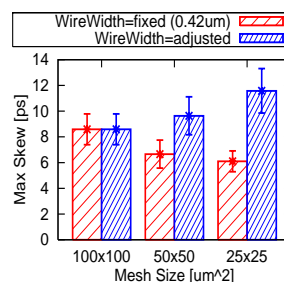


図 3 配線幅変更時のスキュー

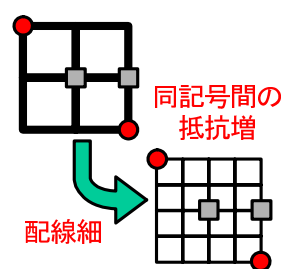


図 4 配線幅変更時の抵抗変化