

配線長分布を用いたLSIの性能予測に関する研究

東京工業大学 精密工学研究所 益研究室 電子機能システム専攻 (協力講座)

井上 淳平, 京極 貴規, 上蘭 巧, 岡田 健一, 益 一哉

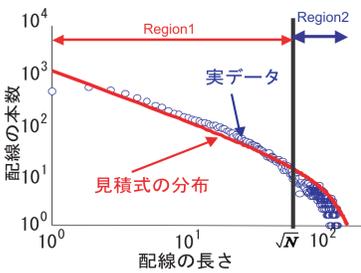
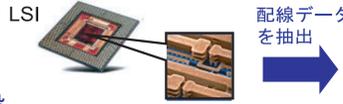
1. 背景・目的

近年のシステムLSI { ゲート遅延が減少
配線遅延が増加

LSIの性能は配線に律速される

配線長分布 配線の長さ和本数の関係より回路性能を予測し、回路特性がどのような傾向を持つのかを検証する。

経験則より導出される解析式 実チップの配線本数を予測



見積式

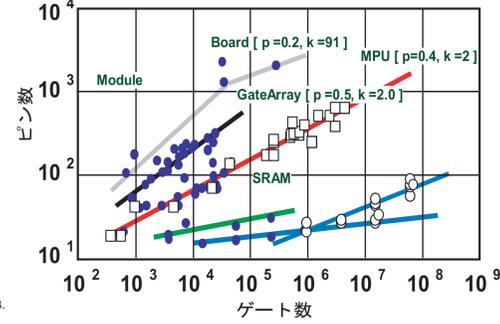
Region 1: $I \leq I < \sqrt{N}$
 $i(l) = \frac{\alpha k}{2} \Gamma \left(\frac{l^3}{3} - \sqrt{2N} l^2 + 2NI \right) l^{2p-4}$ (1)

Region 2: $\sqrt{N} \leq I < \sqrt{N}$
 $i(l) = \frac{\alpha k}{6} \Gamma \left(2\sqrt{N} - 1 \right)^3 l^{2p-4}$ (2)

$\Gamma = \frac{2N(I - \sqrt{N})}{-N^p \frac{1+2p-2^p-1}{p(2p-1)(p-1)(2p-3)} \frac{1}{6p} \frac{2\sqrt{N}}{2p-1} \frac{N}{p-1} \alpha = \frac{f.o.}{f.o.+1}$

解析式: J. Davis et al., IEEE ED, vol 45, 580-589, 1998.

レントの法則



Rent's rule: $T = kN^p$

- Pin T
- # of gates N
- Rent's constant k: average # of ports of gates
- Rent's constant p: the complexity of circuits

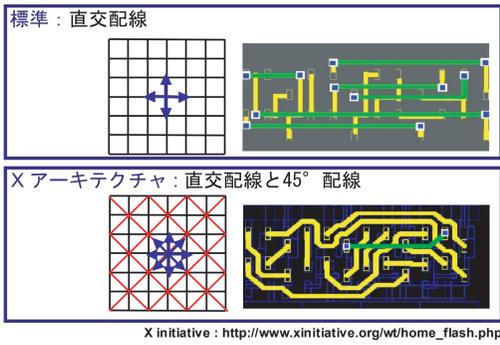
応用手段

- 消費電力, 動作周波数の見積もり
- Xアーキテクチャの性能見積もり
- 配置効率の最適化 etc...

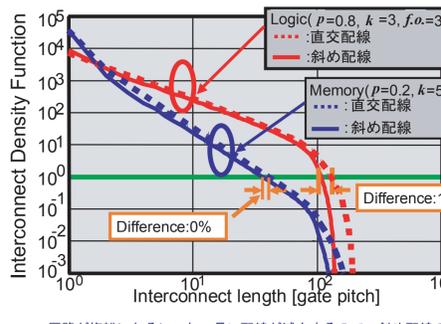
物理設計を考慮したLSIの性能評価

2. Xアーキテクチャ

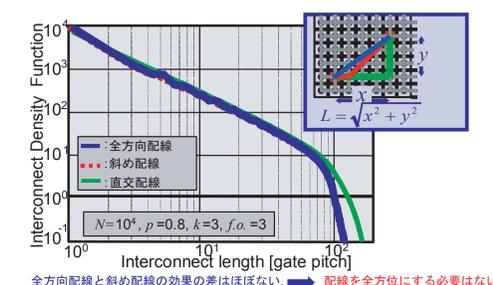
配線長が減少



logicとmemoryにおける直交配線とXアーキテクチャの配線長分布の比較



全方向配線の配線長分布



回路性能

消費電力と動作周波数

直交配線: I_{total} : 総配線長

斜め配線: I_{ave} : 平均配線長

消費電力とチップ面積は17%削減

動作周波数は18%向上

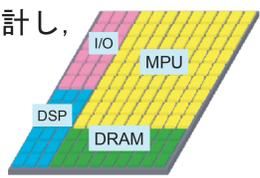
斜め配線

配線を全方位にする必要はない

3. フロアプランの決定方法

IPベースのLSI設計

機能ごとに部品としてLSIを設計し、再利用する。
→設計期間が減少する
→コスト削減

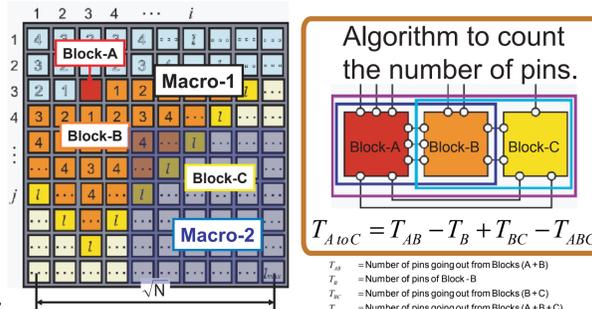


今後さらにIPの数は増加する傾向にある。

従来の配線長分布は単一機能においてのみ成立する。

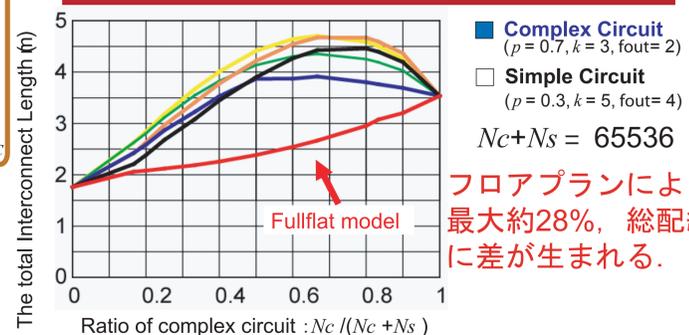
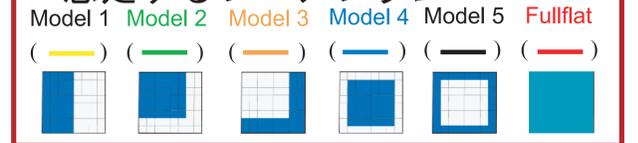
→ 拡張する必要がある。

複数の機能ブロックを持った配線長分布の導出方法



LSIの性能は配線に律速 → 総配線長での比較

想定するフロアプラン



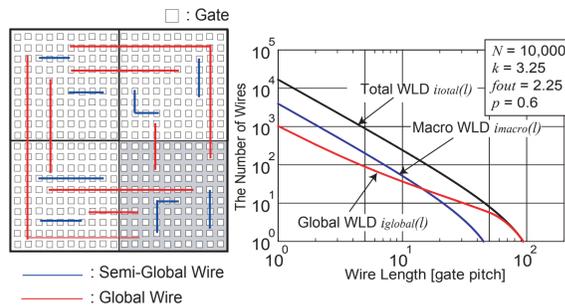
フロアプランによって最大約28%, 総配線長に差が生まれる。

4. 配線構造の最適化

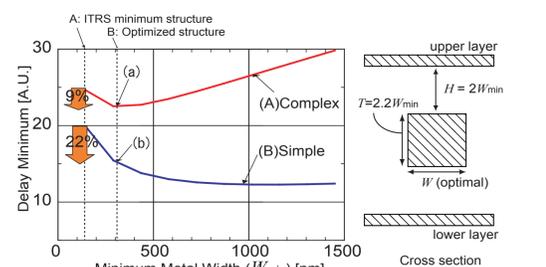


・Roadmapで提唱されている配線構造と別の配線構造では回路性能はどう違うか

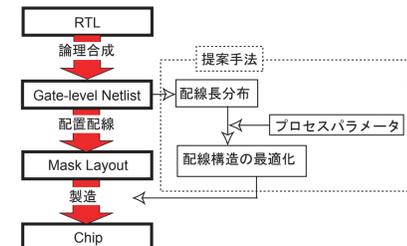
・回路毎に性能が最高になる配線構造が異なるのではない



・全体の配線長分布から各マクロの配線長分布を引くことでマクロ間を接続する配線長分布を導出する



デジタルLSIの設計手順



・回路毎に、最適な配線構造を見積もる。
→最適な配線構造では、どの程度性能が向上するか見積もる。

回路の仮定

	p	k	fout
(A)complex	0.65	3.5	2.5
(B)simple	0.55	3.0	2.0

参照するITRSの値

Year	2007
Technology node(nm)	65
Global wiring aspect ratio (Cu)	2.2
Global wiring aspect ratio (via)	2
Number of metal levels	11
Minimum global wiring pitch(nm)	290
Tr density logic(MTr/cm ²)	154

