

ULSI 超高速ワイヤレス配線システム (2)

-CMOS ウルトラワイドバンド送信回路の設計-

Pran Kanai Saha (COE研究員),
佐々木 信雄 (COE研究員),

吉川 公麿 (ナノデバイス・システム研究センター教授, 先端研半導体集積科学専攻)

1. 研究目的

従来配線での寄生抵抗、容量、インダクタンスによる信号遅延は、将来の ULSI では、チップ間・チップ内における異種回路ブロック間高速クロック・データ配信の主な障害となる。よって、従来配線での信号遅延問題を克服するため新しいテクノロジーが採用されなければならない。集積化アンテナを用いたウルトラワイドバンド(UWB) ワイヤレス配線システムは、ULSI の寄生成分 による信号遅延を回避するための新しい解決法である[1]。

我々は時間ホッピングスペクトル拡散技術[2] を用いた、ワイヤレス配線システムのためのシングルチップ UWB 送信回路を開発する(図2)。よって、中心周波数 5 GHz のモノサイクルパルスを発生回路として CMOS テクノロジーによる新しい手法を開発し、チップ内・チップ間ワイヤレス配線システムのためのシングルチップ送信回路の設計を可能にする。

2. これまでの研究成果概要

今回、TSMC 0.18 μm CMOS プロセスで設計した送信回路に対し、レイアウトから抽出したネットリストの HSPICE シミュレーションを行った。結果を図 3-10 に示す。VCO が発生させるフレームクロックの周波数安定性は UWB システムでは重要である。V_{dd} 及び温度を変化させたとき、周波数安定性が最も悪い場合で約 5% である。100KHz オフセットに対する VCO の位相ノイズは約 -93.6 dBc/Hz である。時間シフトされたフレームクロック信号を作るためには、正確な遅延の生成が必要となるため、電圧制御された遅延線を用いる。図 5 に出力結果を示す。4 個の D タイプフリップフロップと EXOR から成るリニアフィードバックシフトレジスタは、擬似乱数(PN)列を生成する。この PN 列はバランス、実行、相関などの乱数の特性を全て満たしている。NAND と NOR ゲートから成る 8→1 マルチプレクサは、PN 列に従ってタイムホッピングされたフレームクロックを選択する。PN 列とパルス位置変調(PPM) で時間シフトされたパルス列は、2→1 マルチプレクサの出力から得られる。モノサイクルパルス発生回路は、RC フィルターを含む RLC ネットワーク、パスゲート、短矩形波発生回路(SRP)、ゲート制御パルス発生回路から構成され(図8)、パルス位置変調(PPM)及び時間ホッピング(THS) された矩形波から、モノサイクルパルス(減衰振動正弦波による近似)を生成する。図9から分かるように、出力モノサイクルパルス(MCP) は対称である。また FFT から、広帯域なスペクトルを有することは明らかである。設計した送信回路の性能データを表 1 に示す。図 10 にチップ写真を示す。

3. まとめと今後の展望

TSMC 0.18 μm CMOS プロセスで設計した送信回路を試作し、シミュレーションにより動作確認を行った。中心周波数 5 GHz のモノサイクルパルス発生回路を CMOS テクノロジーによる新しい手法で実現した。今後チップの電気特性評価を行う。

4. 参考文献

- [1] A B M H Rashid, S Watanabe and T. Kikkawa, IEEE Electron device letter, Vol.23, No.12, Dec 2002, pp. 731-733.
- [2] Moe Z Win and Robert A. Scholtz, IEEE Transactions on communications, vol 48, No. 4, April 2000, pp. 679-691.
- [3] Jeongwoo Han and Cam Nguyen, IEEE microwave, wireless and components Letters, vol. 12, No. 6, June 2002, pp. 206-208.

5. 研究業績

プロシーディング

1. P. K. Saha, Nobuo Sasaki, and Takamaro Kikkawa, "A Single Chip UWB Transmitter based on 0.18 μm CMOS Technology for Wireless interconnection," Second Hiroshima International Workshop on Nanoelectronics for Tera-Bit Information Processing, Jan. 30, 2004, pp. 28-29.
2. Pran Kanai Saha, Nobuo Sasaki and Takamaro Kikkawa, "A CMOS UWB Transmitter for Intra/Inter-chip Wireless Communication" paper accepted, IEEE 2004 International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Application (ISSSTA 2004), Australia, Aug. 30-Sep 2, 2004.
3. Pran Kanai Saha, Nobuo Sasaki and Takamaro Kikkawa, "A CMOS Monocycle Pulse Generation Circuit of UWB Transmitter for Intra/Inter-chip Wireless Interconnection", paper submitted, SSDM 2004, Tokyo, Japan.

Oral presentation

1. Pran Kanai Saha, Nobuo Sasaki and Takamaro Kikkawa, "UWB Transmitter Circuit design for on chip wireless interconnection: Theoretical aspects and simulation," Presented at Mini-symposium and RF technical workshop, 7 October 2003, Osaka University, Japan.

Table I: Transmitter performance data

UWB システム	時間ホッピング・インパルス方式
キャリア周波数	ベースバンド
送信波形の 3dB バンド幅	3.3 GHz
データ送信レート	50 Mbps
1 チャンネルバンド幅	400 MHz
変調方式	パルス位置変調
平均消費電力	12.5 mW @1.8v
アーキテクチャ	パルス発生器以外デジタル回路
テクノロジー	TSMC 1.8v, 0.18 μm CMOS mixed signal
Implementation	シングルチップ
回路面積	0.729 mm ² (アンテナを除く)
適用分野	短距離 (ULSI オンチップ無線通信)

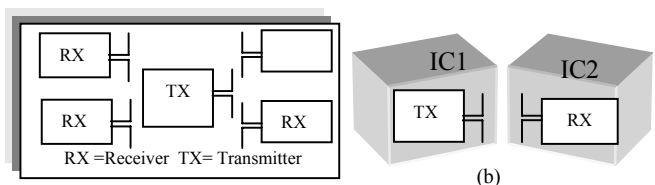


Fig. 1 Wireless interconnect (a) Intrachip; (b) Interchip

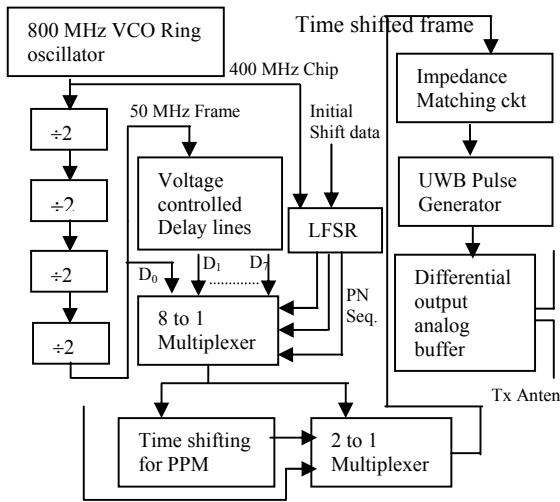


Fig.2 Transmitter circuit Schematic.

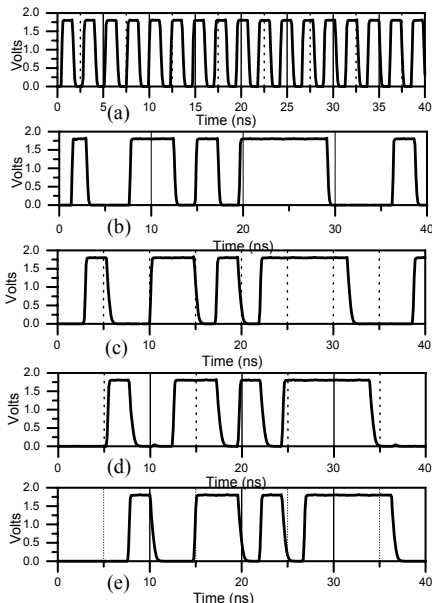


Fig.6 (a) 400 MHz Chip; (b) first tap; (c) second tap ; (d) third tap and (e) last tap outputs of LFSR.

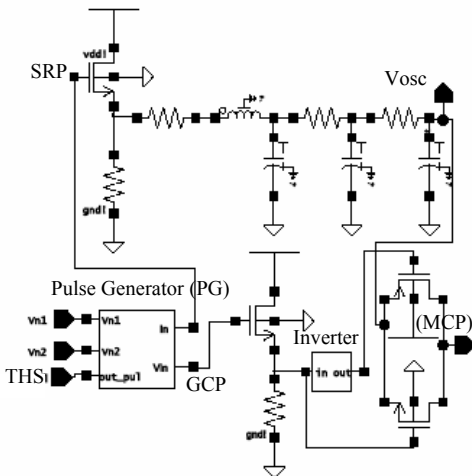


Fig. 8 CMOS monocyte pulse generator circuit

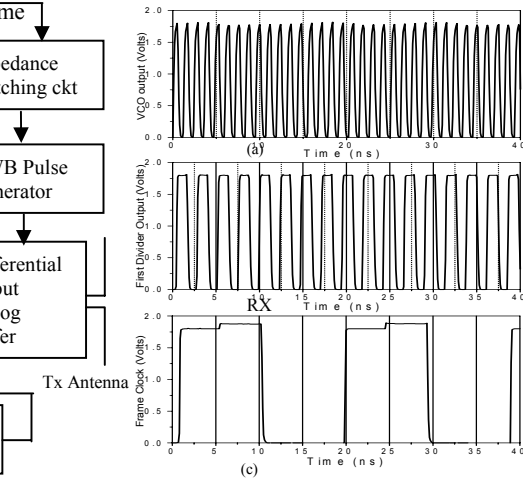


Fig. 3 (a) 800 MHz VCO output; (b) 400 MHz chip rate and (c) 50 Mhz Frame.

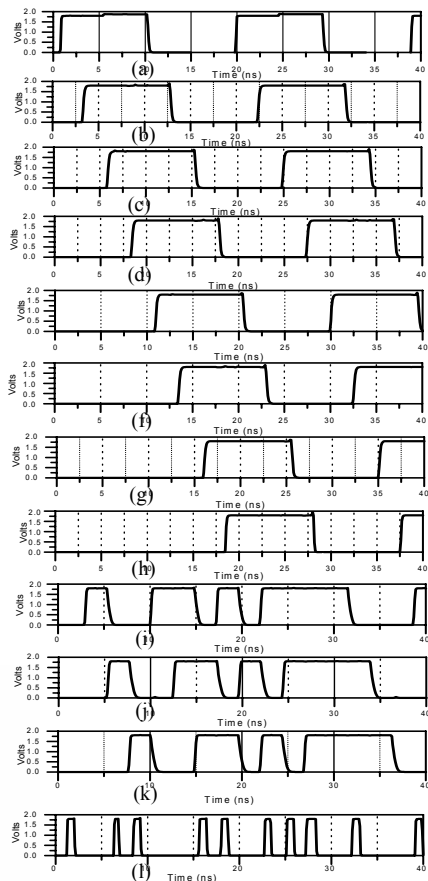


Fig. 7 (a) 50 MHz frame ; (b)-(h) shifted frame (2.5ns-17.5ns); (i)-(k) hopping bits ; (l) 8 to 1 multiplexer output according to hopping bits

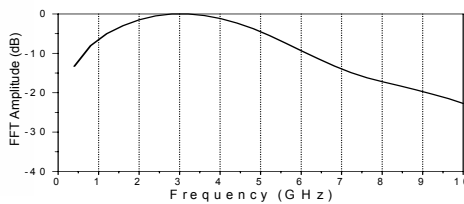


Fig. 10 FFT of Monocycle pulse.

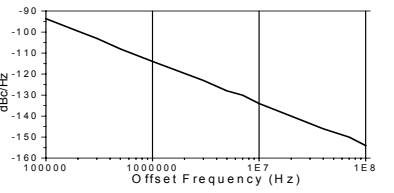


Fig.4 VCO Phase noise.

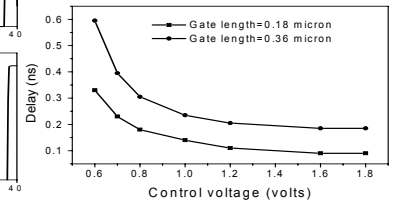


Fig. 5 Voltage controlled delay response.

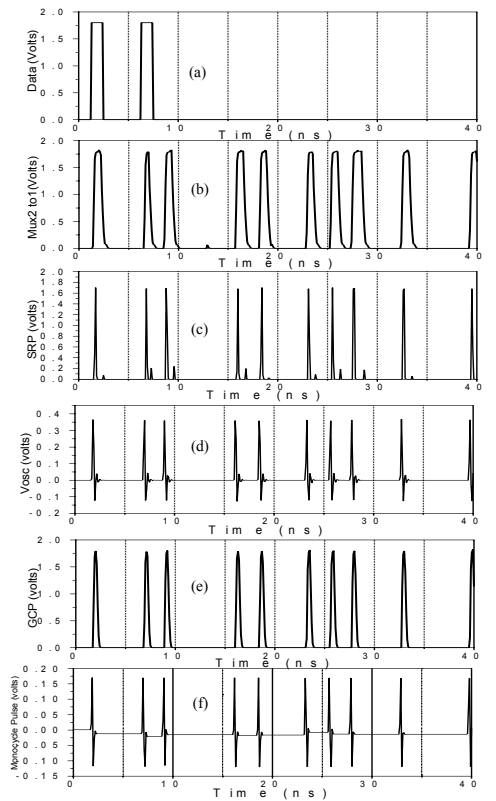


Fig. 9 (a) RZ Data (b) THS ; (c) SRP ; (d) damped sinusoidal signal (Vosc); (e) GCP and (f) Monocycle pulse.

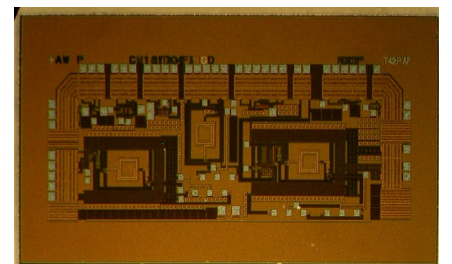


Fig. 11 Die photograph of Transmitter.