

光を用いた乗算器の構成の問題点

2016/10/17

B4 今井 悠貴

目次

- 研究背景
 - LSIの発展と現状
 - 光集積回路の可能性
- 光パスゲートの基本動作
- 光を用いた乗算器の構成
 - 配列型における問題点
 - FFT乗算器について
- まとめ

研究背景： LSIの発展と現状

近年、LSIは急速な発展を遂げてきた

– 素子サイズを極限まで微細化

➡ [処理速度の向上
消費電力の低減

微細化によるデメリット

- 配線遅延の悪化
- リーク電流の増加

⇒ さらなる性能の向上を妨げている

研究背景： 光技術の発展

現在、実用化されている光デバイス

⇒サイズが大きい

⇒集積化が困難

ナノフォトニクス技術の発展

例：フォトニック結晶

⇒光波長程度のサイズで光を制御できる

⇒超小型の光デバイスを実現可能に



光配線や光スイッチをLSIのように
集積化する動きが活発化してきている。

研究背景： 光集積回路の可能性

光配線や光スイッチの特徴

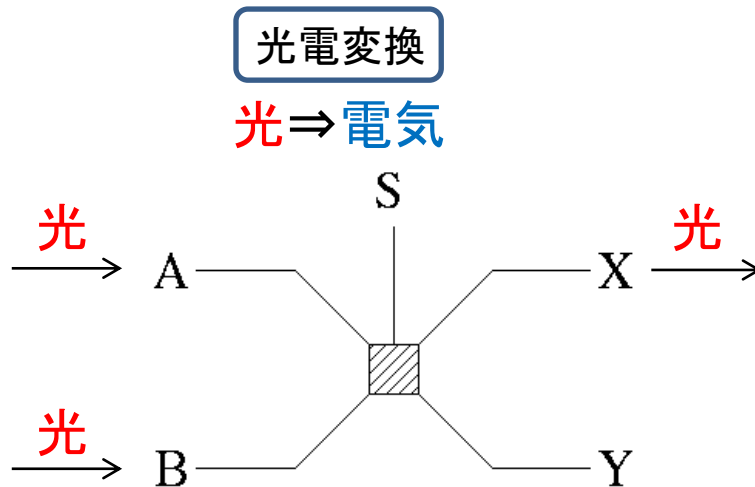
- 光の速度で信号を伝搬可能
⇒配線内の寄生容量や寄生抵抗に依存しない。
- 消費エネルギーも大幅に改善
⇒光スイッチとCMOS論理ゲートで同程度となりつつある。

光デバイスを演算処理に応用

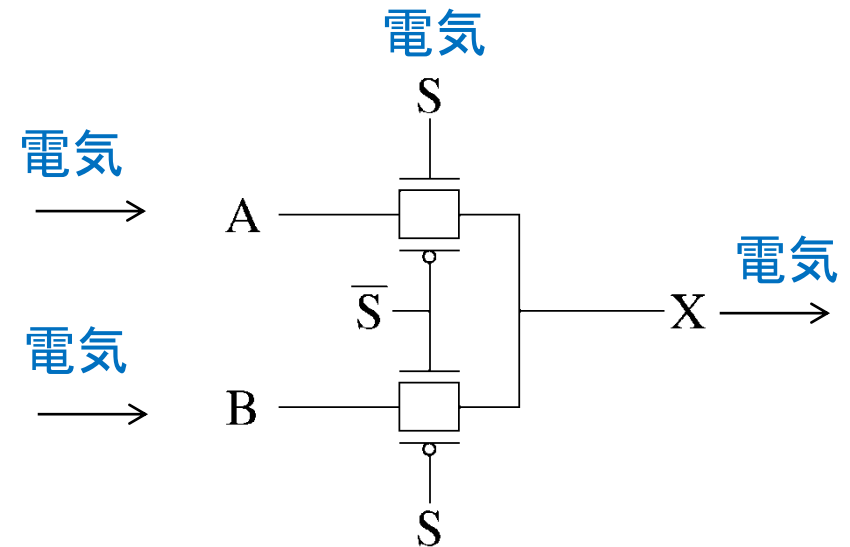
⇒高速かつ低電力の演算器を実現できる可能性

光パスゲートの基本動作

- 光パスゲート



- パストランジスタ



制御信号 $S=1 \Rightarrow$ 出力 $X=A$

制御信号 $S=0 \Rightarrow$ 出力 $X=B$

今回の取り組んだ内容

最終目標:

CMOS回路で構成した乗算器
光を用いて構成した乗算器



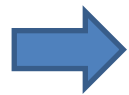
今後、光を用いて乗算器を構成するにあたり
光に適した回路構成について検討を行う必要性

⇒ 今回は { 配列型乗算器 について検討
 FFT乗算器

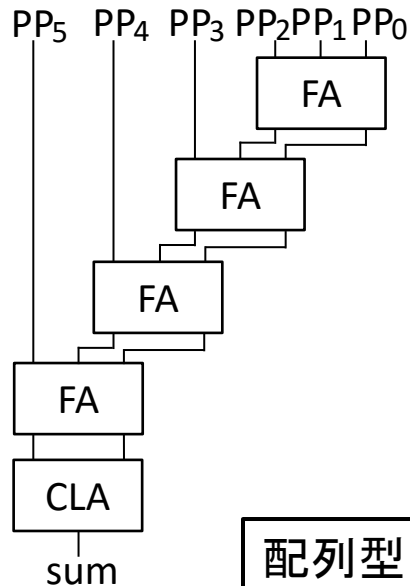
乗算器の構成(配列型・ウォリス木)

MOS回路では配列型やウォリス木の構造が代表的

{ 部分積を順番に足し合わせる構造
全加算器を多数段接続

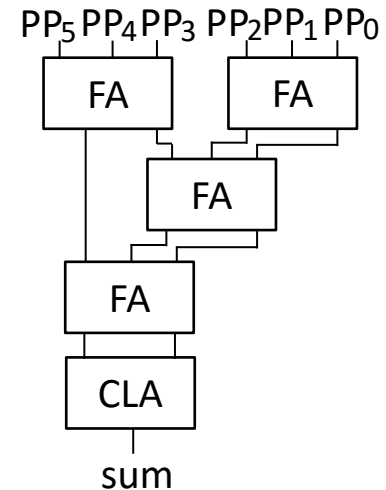


光パスゲートには向かない



配列型

部分積



ウォリス木

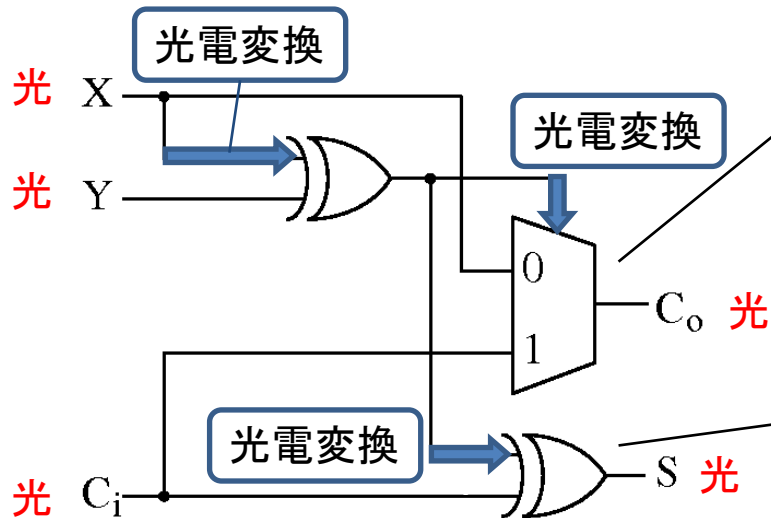
配列型やウォリス木の問題点

全加算器の多段接続

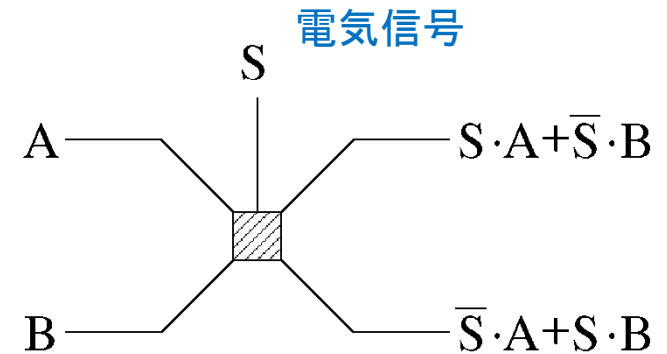
⇒ 多数回の光電変換を要する

⇒ 遅延時間の増大

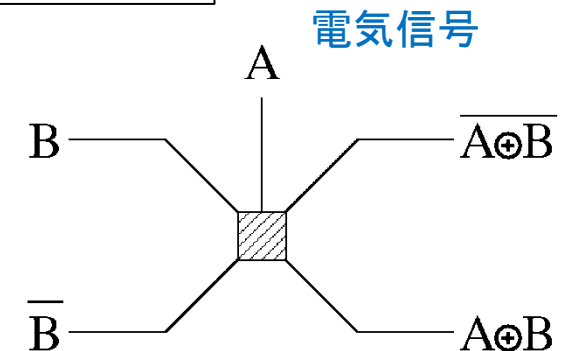
全加算器



MUX



XOR



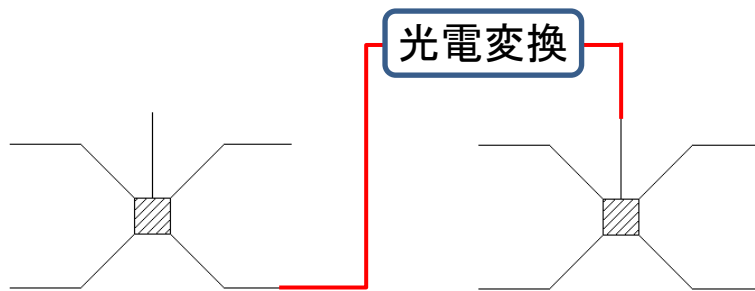
光に適した回路構造

- シリアル接続主体の構成が適する

➡ { 光電変換を要しない構成
信号が光速で伝搬

- カスケード接続は光には適さない

➡ { 光電変換による遅延が支配的
光の高速性を生かせない



カスケード接続



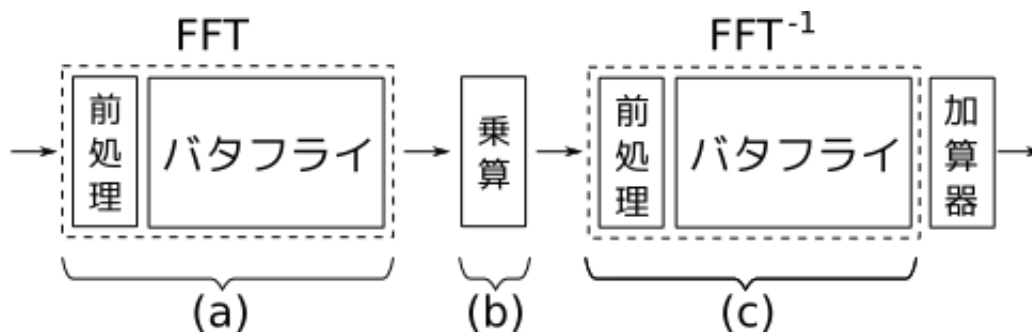
シリアル接続

FFT乗算器

多倍長乗算を効率的に演算できるとして知られている
⇒乗算の計算回数が減るため

N桁の整数 $x_{N-1} \dots x_0$ と $y_{N-1} \dots y_0$ の積 $z_{N-1} \dots z_0$
FFT乗算器は以下の3つの部分で構成される

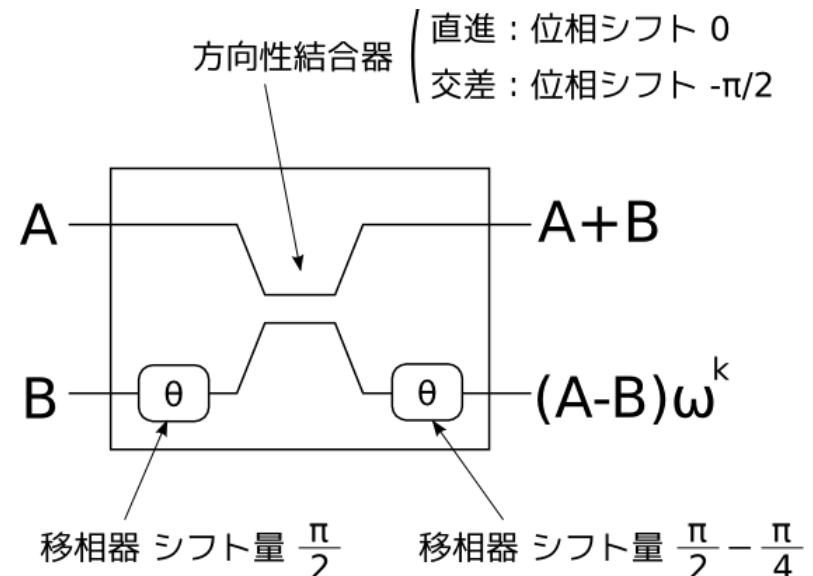
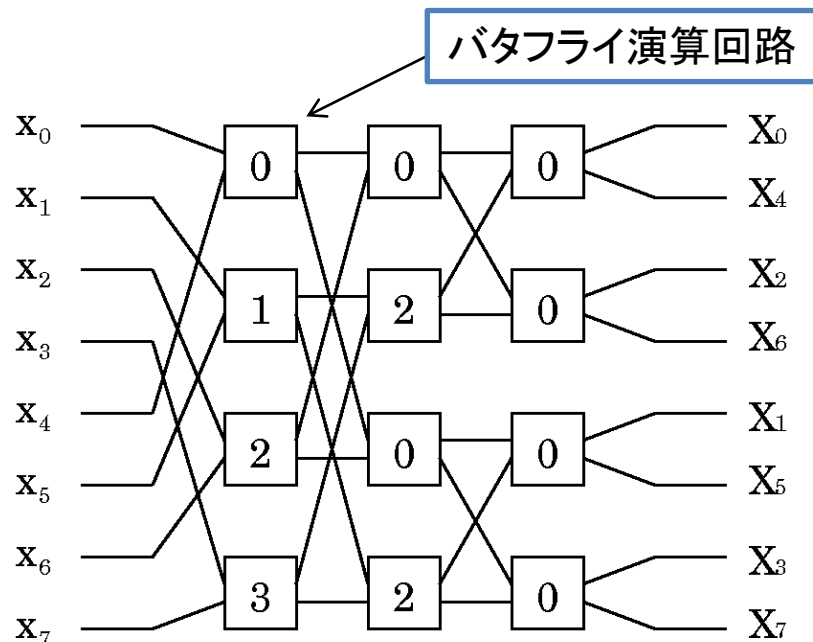
- (a) x_n, y_n の離散フーリエ変換 X_m, Y_m を求める
- (b) $Z_m = X_m \times Y_m$ を求める
- (c) Z_m を逆フーリエ変換し、 z_n を求める。



光を用いたFFT回路の構成

(a)FFT回路, (c)FFT⁻¹回路

バタフライ演算回路を用いて構成される
光電変換を要しない ⇒ 高速に演算可能

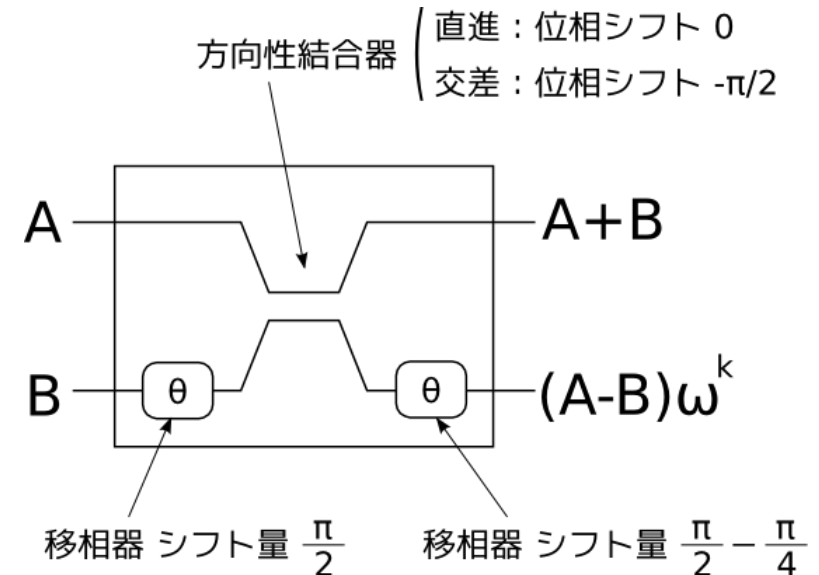
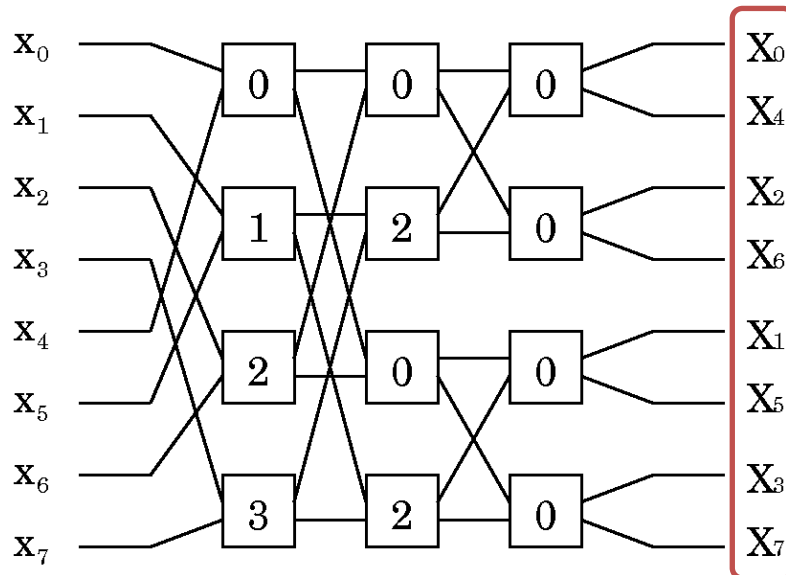


FFT回路の問題点①

- X_m, Y_m は多値 (N進数)

➡ { 多値信号に対応した回路
N進数と2進数の変換回路

の必要性

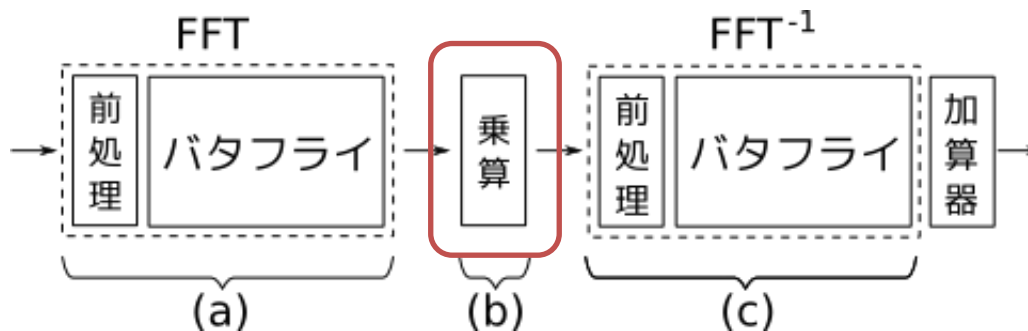


FFT回路の問題点②

- (b) $Z_m = X_m \times Y_m$ を求める回路の実現方法

X_m, Y_m は多値

- ➡ {
- ① 多値の乗算を実現できる回路構成
⇒ アナログ乗算器のような構成？
 - ② 2進系列に変換して乗算を行う
⇒ FFT⁻¹回路の入力のため再び多値に変換？



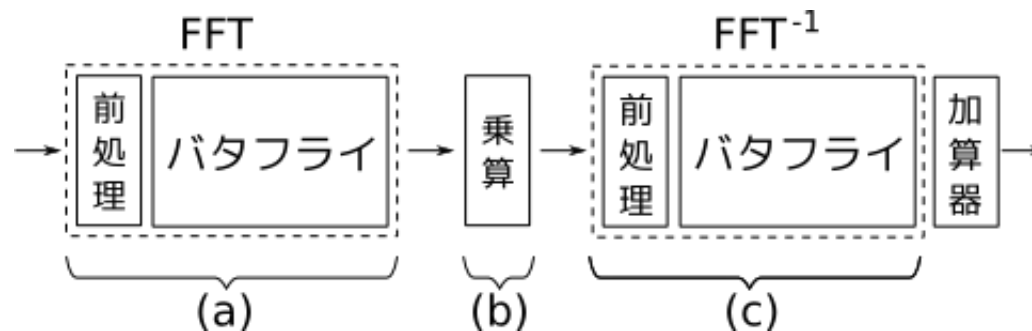
FFT乗算器に関するまとめ

FFT乗算器を用いることで

- (a)FFT回路, (c)FFT⁻¹回路の部分は
光電変換がなく高速な回路を構成可能
- (b)乗算回路の構成方法について考える必要性が残る



光電変換が極力存在しない乗算回路の構成できれば、
FFT乗算器によって高速な乗算器を実現できる可能性



まとめ

- 光を用いた乗算器の構成方法について
 - 配列型のような構造は光に向かない
 - ⇒光電変換を多用するため
 - FFT乗算器はFFT変換部分を光電変換なしに構成可能
 - ⇒乗算部分の構成方法については再度検討する必要性
- 今後について
 - 光電変換が極力存在しない乗算回路について検討
 - 配列型やFFT乗算器よりも適した乗算器の構成について検討