

シフト演算について

ComputerScience集会#24 @VRChat 2023-04-23

夜鍋ヨナ-yonabeyona <<http://x.com/yonabeyona>>

CS 集会所

24

ソフトウェア演算に ついて

自己紹介

- 名前：夜鍋 ヨナ(よなべ よな)
- X(Twitter) : yonabeyona, yonabeyona_sub
- Discord : yona_47
- その他
 - ComputerScienceが好き
 - 数学勉強中
 - 物理も勉強中
 - ComputerScienceの中でも、ComputerArchitectureが好き
 - 最近言語学も興味あり



シフト演算って何?

ビット演算の一種。数字を右に動かしたり左に動かしたりするよ。
すごく大雑把に2大系統ある。

- 右シフト演算
- 左シフト演算

※2大系統の他に3系統あります

左シフトと右シフト

左シフトとは?

その数字の一番右に0を追加する演算
掛け算に使われたりする
桁を増やしたりする

右シフトとは?

その数字の一番右を削る演算
割り算に使われたりする
桁を減らしたりする

まとめると.....

シフト演算とは?

四則演算では掛け算や割り算が相当する

桁を増やしたり減らしたりする

桁数の操作だけに注目すると指数関数っぽくはある

具体的に考えてみる

- 10進数
- 2進数
- 10進数の「100」で考えてみる

10進数のシフト演算を紹介

- 左シフトすると.....?
- 右シフトすると.....?

左シフトすると.....?(10進数)

100という数字を用意し、一番右に0を追加する

$100 \ll 1 = 1000$

$100 \ll 1 = 1000$

100を1回左シフトすると1000になった

-> 10進数の左シフトは 10 倍の意味

右シフトすると.....?(10進数)

100という数字を用意し、一番右の桁を削除する

$$100 \gg 1 = 10$$

100を1回右シフトすると10になった

-> 10進数の右シフトは 1/10 倍の意味

10進数のシフト演算を紹介

- 左シフトすると.....? 10倍になる!
- 右シフトすると.....? $(\frac{1}{10})^N$ 倍になる!

左シフトした回数だけ 10 がかけられるので

N回の左シフトはその数に 10^N をかけることに等しい

同様に、右シフトした回数だけ $\frac{1}{10}$ がかけられるので、

N回の右シフトはその数に $(\frac{1}{10})^N$ をかけることに等しい

2進数のシフト演算を紹介

- 左シフトすると.....?
- 右シフトすると.....?
- 2進数の「100」で考えてみる

左シフトすると.....?(2進数)

100という数字を用意し、1回左シフトする

$$100 \ll 1 = 1000$$

100の1桁目に0を追加すると1000になった

-> 2進数の左シフトは 2 倍の意味

右シフトすると.....?(2進数)

100という数字を用意し、1回右シフトする

$$100 \gg 1 = 10$$

100の1桁目を削除すると10になった

-> 2進数の右シフトは 1/2 倍の意味

2進数のシフト演算を紹介

- 左シフトすると.....? 2倍になる!
- 右シフトすると.....? $(\frac{1}{2})^N$ 倍になる!

左シフトした回数だけ 2 がかけられるので、

N回の左シフトはその数に 2^N をかけることに等しい

同様に、右シフトした回数だけ $\frac{1}{2}$ がかけられるので、

N回の右シフトはその数に $(\frac{1}{2})^N$ をかけることに等しい

コンピュータ上のシフト演算

無限桁の数体系なら純粹に「 N 進数における N 倍」が良いが.....

コンピュータは有限桁しか扱えない

(しかも今設計中のアーキテクチャは4ビットしか無い)

有限桁のシフト演算を考えよう

シフト演算の種類

コンピュータ上で行われるシフト演算には次のものがある。

- 論理シフト
- 算術シフト
- 循環シフト

プロセッサやプログラミング言語などでいろんな仕様の実装がある。

今設計中のやつは論理シフトだけ実装してる。

※今回紹介するのは一例なので、皆さんが普段使っている処理系での動作を保証するものではありません。

そもそもなんで種類があるのか？

大雑把には、符号ビット(ここでは最上位ビット)の取り扱いに種類があるため

2の補数を採用する体系においては
最上位ビットが実質マイナスフラグなので、
これを考慮しないと負の数をシフトしたときに齟齬が起きたりする。

桁あふれ(オーバーフロー、アンダーフロー)の概念があるため
桁あふれした数字の取り扱いによってシフト演算の結果が異なる
※アーキテクチャによっては、Cフラグを挿入するものもあるため

論理シフト

特に何も気にせず.....

- 左シフトは、最下位ビットから0を押し出す
- 右シフトは、最上位ビットから0を押し出す

オーバー/アンダーフローの取り扱いについて
特になし。フローした数字は消え去る。

符号ビットの取り扱いについて
保持しない。(というか符号を木にしないのが論理シフト?)

具体例

$$0110 \ll 1 = 1100$$

$$0110 \gg 1 = 0011$$

算術シフト

最上位ビットを保存する

- 左シフトは、最下位ビットから0を押し出す
- 右シフトは、最上位ビットから0を押し出す

オーバー/アンダーフローの取り扱いについて
フローした数字はキャリーフラグに保存される

符号ビットの取り扱いについて
保持する(-4 (b1100)を算術右シフトすると-2 (b1110)になってほしいので。)

具体例

$$1010 \ll 1 = 1100$$

$$1010 \gg 1 = 1101$$

循環シフト

数字をビット列として、循環させる演算

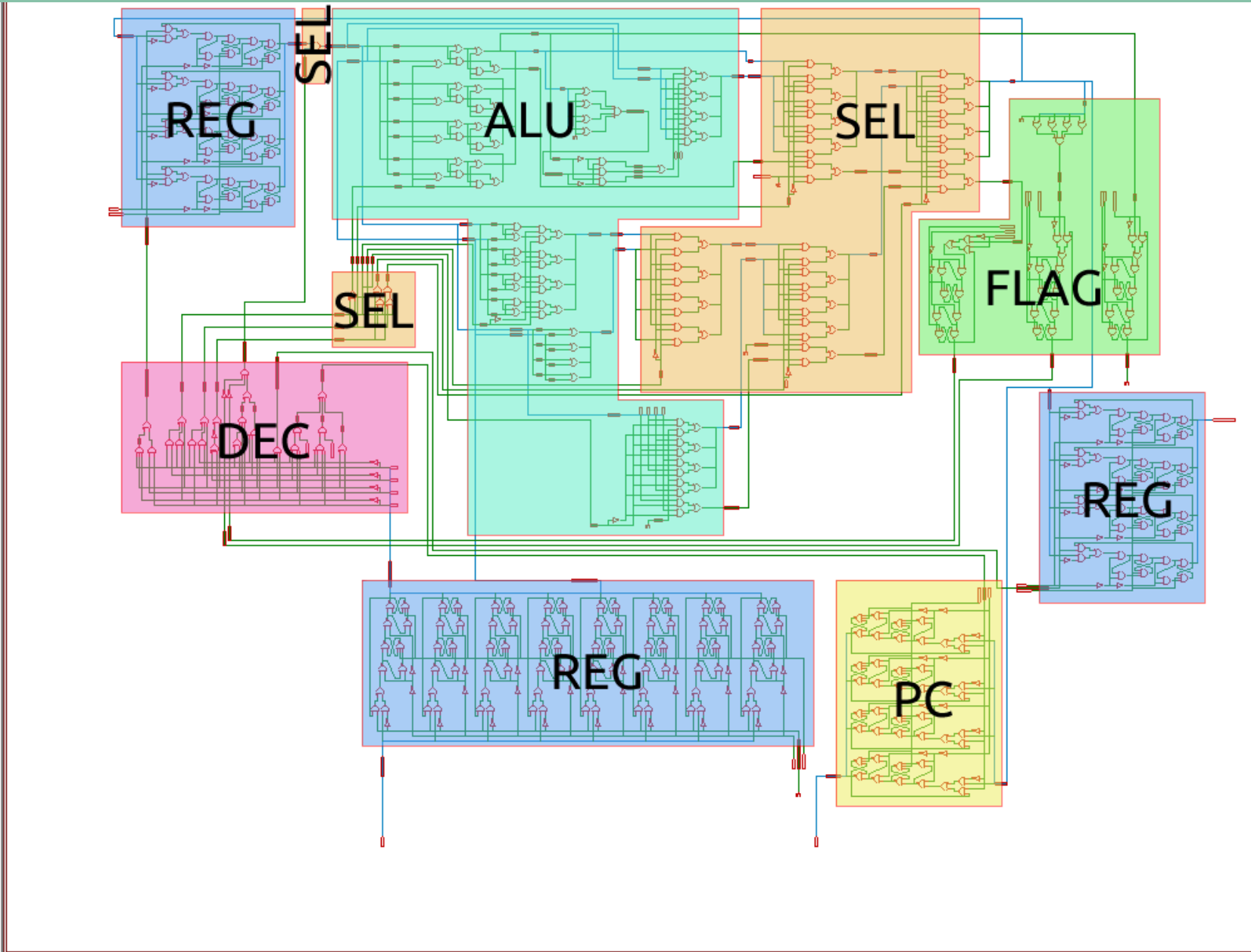
- 左シフトは、最上位ビットを最下位ビットへ押し出す
- 右シフトは、最下位ビットを最上位ビットへ押し出す

$$0011 \ll 1 = 0110$$

$$0011 \gg 1 = 1001$$

設計中のアーキテクチャのどこにシフト回路があるの？

- このへん(画像を貼る)
- 論理シフトしか実装してません



回路的にはどうなってるの

- 左シフト
最上位ビット以外を、上位のビットへ
- 右シフト
最下位ビット以外を、下位のビットへ

Q. そうなるように配線したら終わりじゃないの？

A. いいえ

実質斜め配線だけなのに？

シフト演算の命令が来たかを判別して出力を決定してる
左シフトか右シフトか判定する回路を備えて、出力先を決めてる。

実は配線してるだけじゃない

Q1. どうやって配線してるの？

Q2. どうやって出力切り替えてるの？

A1,A2. 一緒に考えてみようか

要件

- データが4ビット
- 制御信号が1ビット
- 出力が4ビット
- 制御信号が0なら、下位ビットを出力
- 制御信号が1なら、上位ビットを出力

数式開示

$$So_N = A_{N-1} * Shift_{LR} + A_{N+1} * (notShift_{LR})$$

左シフトの命令が来たら?

$$So_N = A_{N-1} * 1 + A_{N+1} * 0$$

$$So_N = A_{N-1}$$

その桁($_N$)より、下位の桁($_{N-1}$)からシフト

右シフトの命令が来たら?

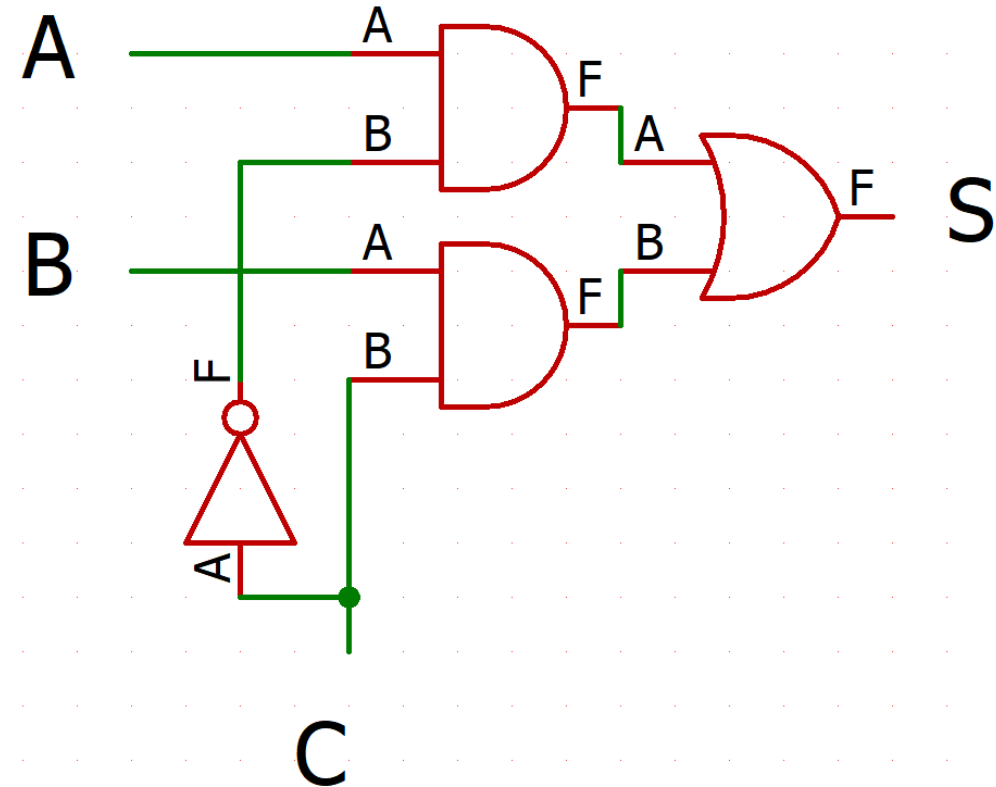
$$So_N = A_{N-1} * 0 + A_{N+1} * 1$$

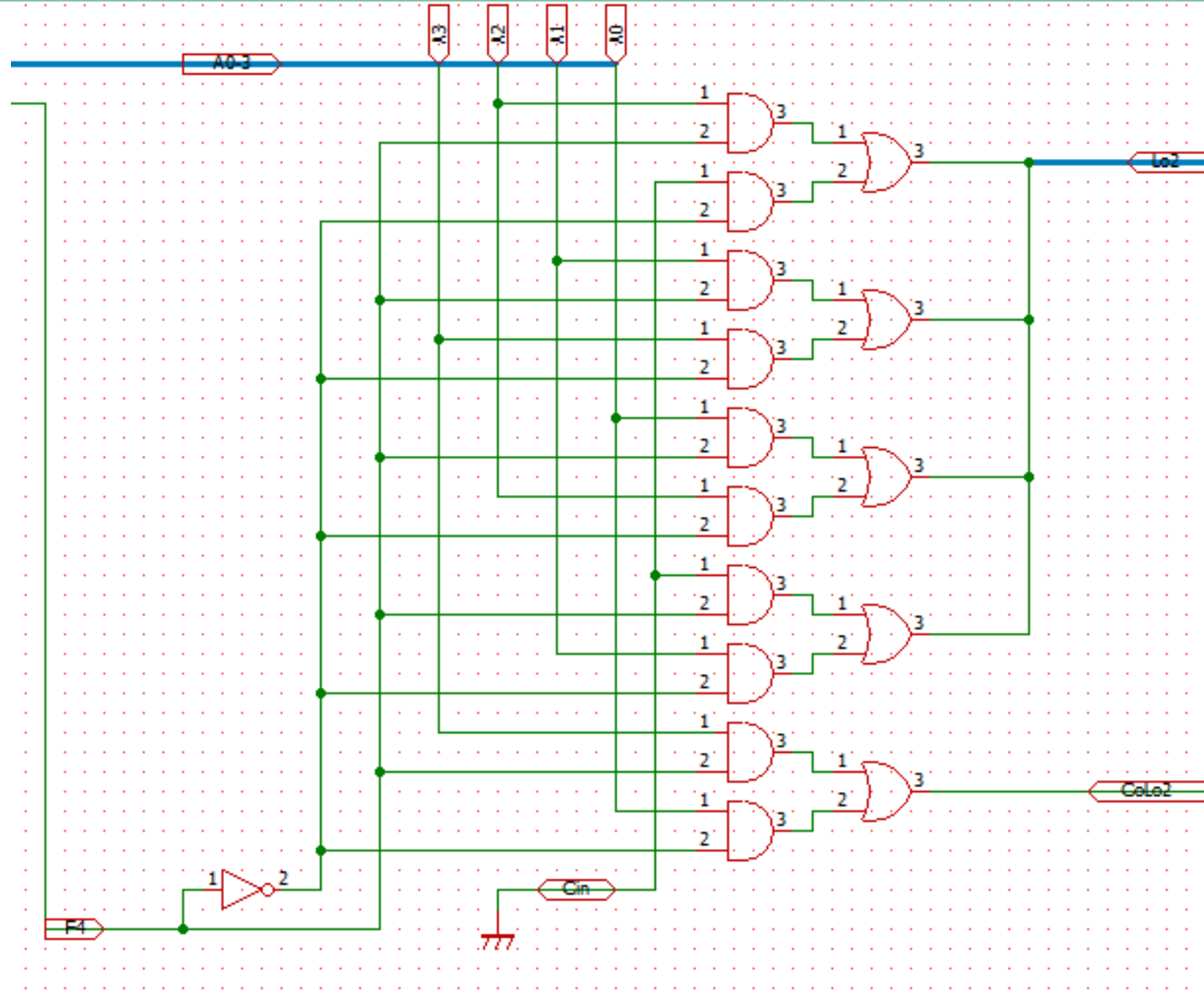
$$So_N = A_{N+1}$$

その桁($_N$)より、下位の桁($_{N+1}$)からシフト

この形どっかで見たな？

- $F = A * C + B * \text{not}C$ の形
- 前⁵回やったセレクトタが活きてくるんですね
- 出力のうちの1つのビットだけ追いかけてみる





シフト演算の解説が終わったので.....?

- ALUのA完成!(前回、第14回)
- ALUのL完成!(今回、第15回)
これで完成!!! 本当に?

これで完成!?

- ごめんなさい大事な要素まだありました
- フラグレジスタ
- 比較器
- この2つが集まればALUは完成

いろいろいろいろ

お知らせ

LT発表大募集しています!

あなたしか知らないもの・ことたくさんあります!
ヨナといっぱいお話して下さい、あわよくばLTして下さい!

下記を満たせば何でもあり!

計算していれば何でもあり! 数学・物理・熱・経済・生物 でも!
コンピューターを活用していれば何でもあり! CS・OS・コンパイラ・言語・アプリ・通信でも!
最終的に「コンピューターにこう関わります」で着地していれば何でもあり!

時間はだいたい15~30分を想定しています
LT登壇していただける方はDiscordに入ってください!

空いている予定は 5/7, 7/16, 7/30, 8/13, 8,27, 9/10, 9/24

過去発表者の名前とタイトル紹介

発表者	タイトル	発表者	タイトル
zassouさん	画像製生成モデル "Variational Auto Encoder"	ojimanさん	水星の魔女の遺伝暗号を解読した話
Mikaさん	GaNパワー半導体をつくる	Noetherさん	光学とCS
madaoさん	ボイチェン導入のススメ	mamu_sobaさん	x86自作OSへのマルチプロセスの実装
Mizarさん	A+Bから始める異常高速化	hinorideさん	摩擦力計測の変遷
cleanttdさん	「Turing Complete」の最適化が楽しかった話	yuuitirouさん	"なるほどわからん通信技術。-情報を電気に乗せて遠くに伝える変調のお話-"
おうむどりさん	脳波測定器を使った恐怖推定について	いそひまかんさん	データを整理する技術

今後やりたいと思ってること

- 1st Anniv.(~6/4)
- Turing Complete大喜利大会
- Turing CompleteRTA(ヨナと並走)