Computer Science

比較器について

ComputerScience集会#28 @VRChat 2023-06-18

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

Computer Science

CS集会

#28

Computer Science

比較器

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

比較器とは

比較器使ったことはありますか?

比較演算子を使ったことはありますか?

比較器とは

比較器使ったことはありますか?
→ 電化製品はアンプで電圧監視したりしているので、使ったことない人はいない

比較演算子を使ったことはありますか?
→ 人に依る?

比較演算子いろいろ(in C)

C言語にはいくつか比較演算子がある。比較するものと、一致するかどうか。

- `>` : 大なり
- `<` : 小なり
- `>=` : 大なりイコール
- `<=` : 小なりイコール
- `==` : イコール
- `!=` : ノットイコール

~~他の言語だとオブジェクト比較とかあるけどややこしいのでここでは扱わない~~

比較演算子いろいろ(in C)

大小判定するもの

- `>` : 大なり
- `<` : 小なり
- `>=` : 大なりイコール
- `<=` : 小なりイコール

一致するかどうか

- `==` : イコール
- `!=` : ノットイコール

1ビットの場合[1]

次の機能を持つ回路を考える

- 2 入力：X, Y
- 3 出力：Z_X, Z_Y, Z_{eq}
- Z_X：Xの方が大きい(Yの方が小さい)
- Z_Y：Yの方が大きい(Xの方が小さい)
- Z_{eq}：XとYが等しい

[1]：論理回路 第五回, 近畿大学講師 石水 隆,
https://www.info.kindai.ac.jp/LC/lecture/LogicCircuits05.pdf

1ビットの場合[1]

X	Y	Z_X	Z_Y	Z_{eq}
0	0	0	0	1
0	1	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	1

$$
\begin{aligned}
Z_X &= X \cdot \overline{Y} \\
Z_Y &= \overline{X} \cdot Y \\
Z_{eq} &= \overline{X \cdot Y} + X \cdot Y = \overline{X \oplus Y} \\
&= \overline{X \cdot \overline{Y} + \overline{X} \cdot Y} = \overline{Z_X + Z_Y}
\end{aligned}
$$

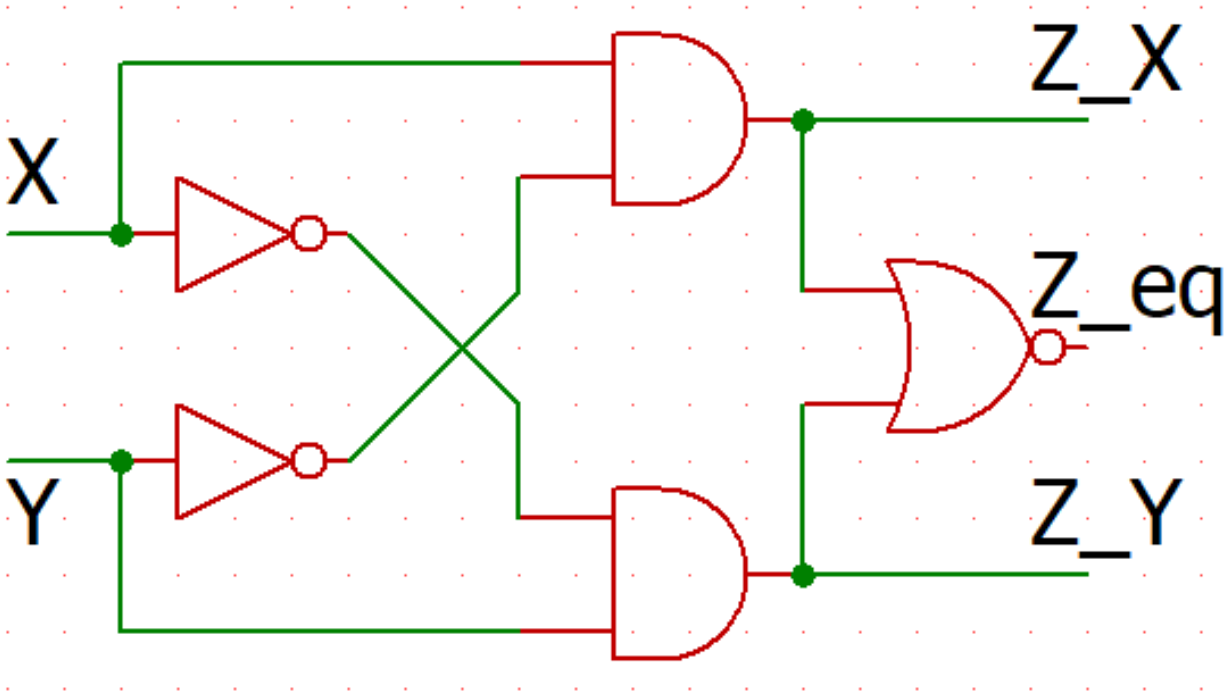
XかYが大きいときは対応するZ_X, Z_Yが1

XとYが一致するときはZ_{eq}が1
→ 排他的論理和の否定
→ よく見るとZ_XとZ_Yの和は排他的論理和

1ビットの場合[1]

X	Y	Z_X	Z_Y	Z_{eq}
0	0	0	0	1
0	1	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	1

$$
\begin{aligned}
Z_X &= X \cdot \overline{Y} \\
Z_Y &= \overline{X} \cdot Y \\
Z_{eq} &= \overline{X \cdot Y} + X \cdot Y = \overline{X \oplus Y} \\
&= \overline{X \cdot \overline{Y} + \overline{X} \cdot Y} = \overline{Z_X + Z_Y}
\end{aligned}
$$



2ビット以上は……？

ハードウェア実装は複雑になる……
↓
ソフト実装の機運が高まる
↓
弊アーキテクチャでは引き算による実装

引き算による比較

A から B を引くと ……

```
A > B → 正
A < B → 負
A = B → 0
```

引き算をした結果によって、大きい方を出力する回路として実装
→ 実質 max関数

引き算の結果の判断

A > B → 正、A < B → 負

引き算した結果の最上位ビットで判定する
→ 計算結果を1ビットだけ見れば良い

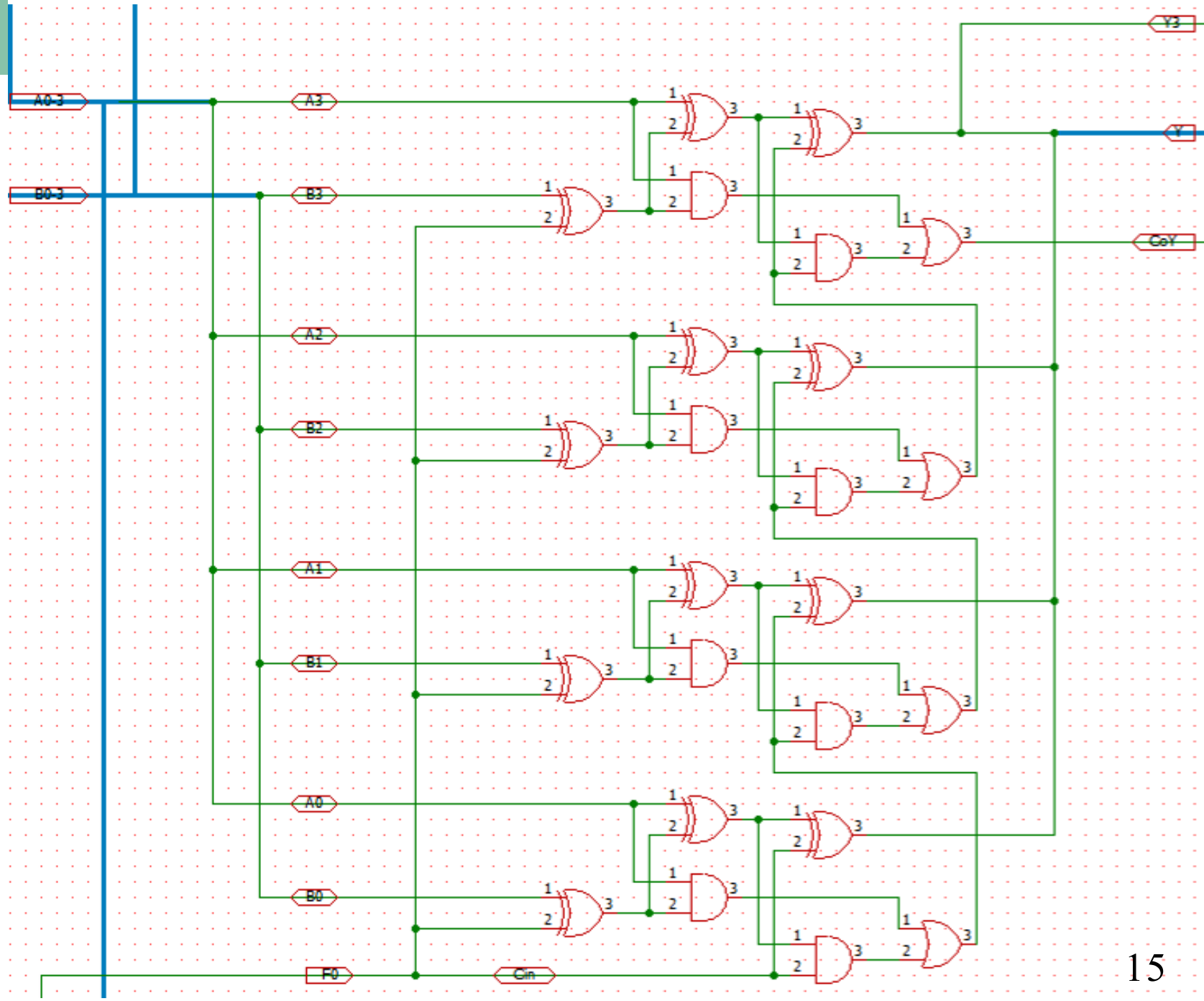
A = B → 0

差が0かどうかで判定する
→ 追加で回路が必要

最上位ビット

10進数	2進数(補数)
+3	0011
+2	0010
+1	0001
0	0000
-1	1111
-2	1110
-3	1101
-4	1100

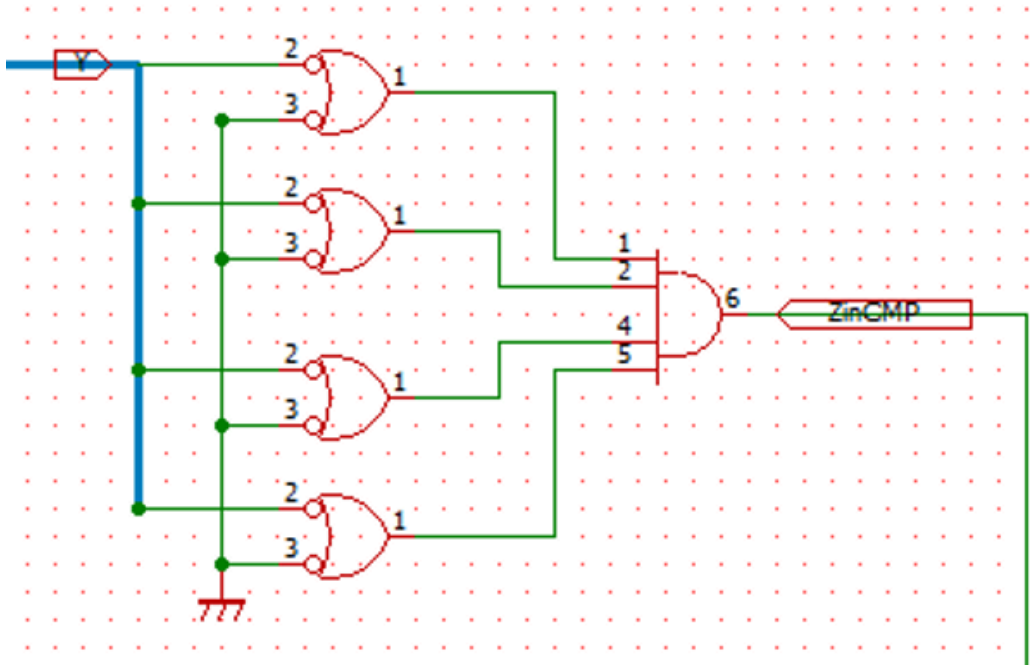
最上位ビットが 0 → 正
最上位ビットが 1 → 負



差が0かどうかで判定

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
~~1~~	~~0~~	~~0~~
~~1~~	~~1~~	~~0~~

A = 0 で固定すれば、
B = 0 で1、B = 1 で 0 の回路になる
これを4入力ANDにいれる



※編集中に気づいたこと
NORの片方0固定はただのNOTだし、
4入力NOR1つでいいじゃん

引き算の結果と、一致かどうかをみたあと

max関数みたいな挙動になってるので、最終的に2入力のうちのどっちか大きい方を出す
→ フラグ計算部とセレクター部に分かれる

フラグ計算部

A'とB'はSEL(A, B)に繋がってる

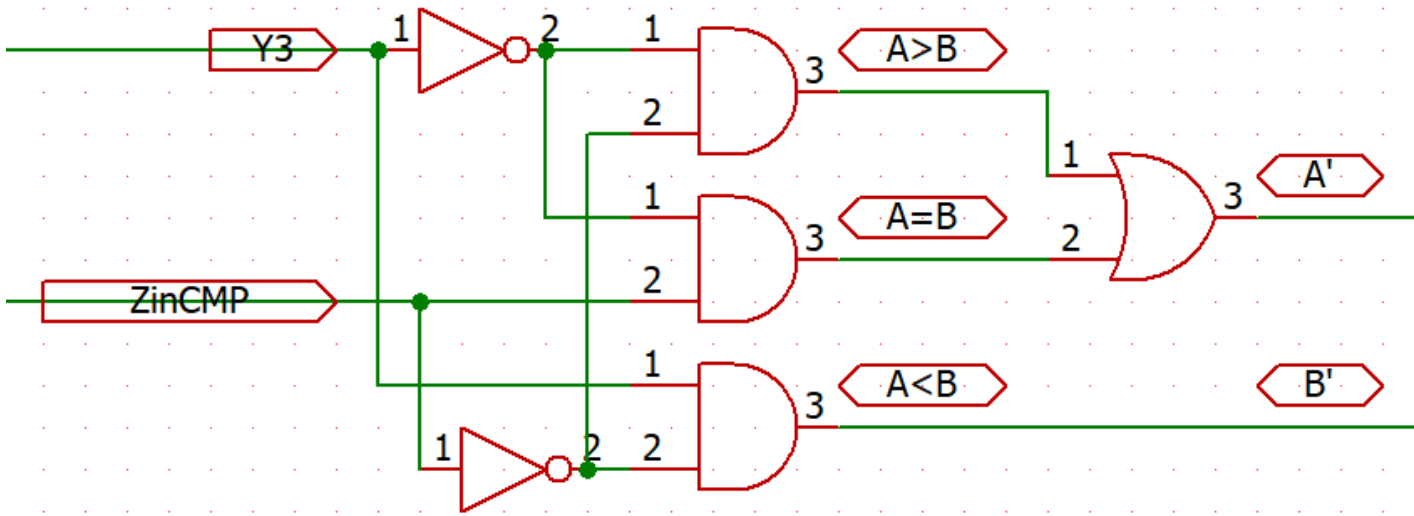
$$A \leq B \rightarrow A'$$
$$B > B \rightarrow B'$$

だが……
まあまあ余計なことしてる

正負判定はY3だけで良い
(引算結果の最上位ビット)

一致判定はZinCMPだけで良い

右端のORだけで十分
最初からORだけでいいのに……

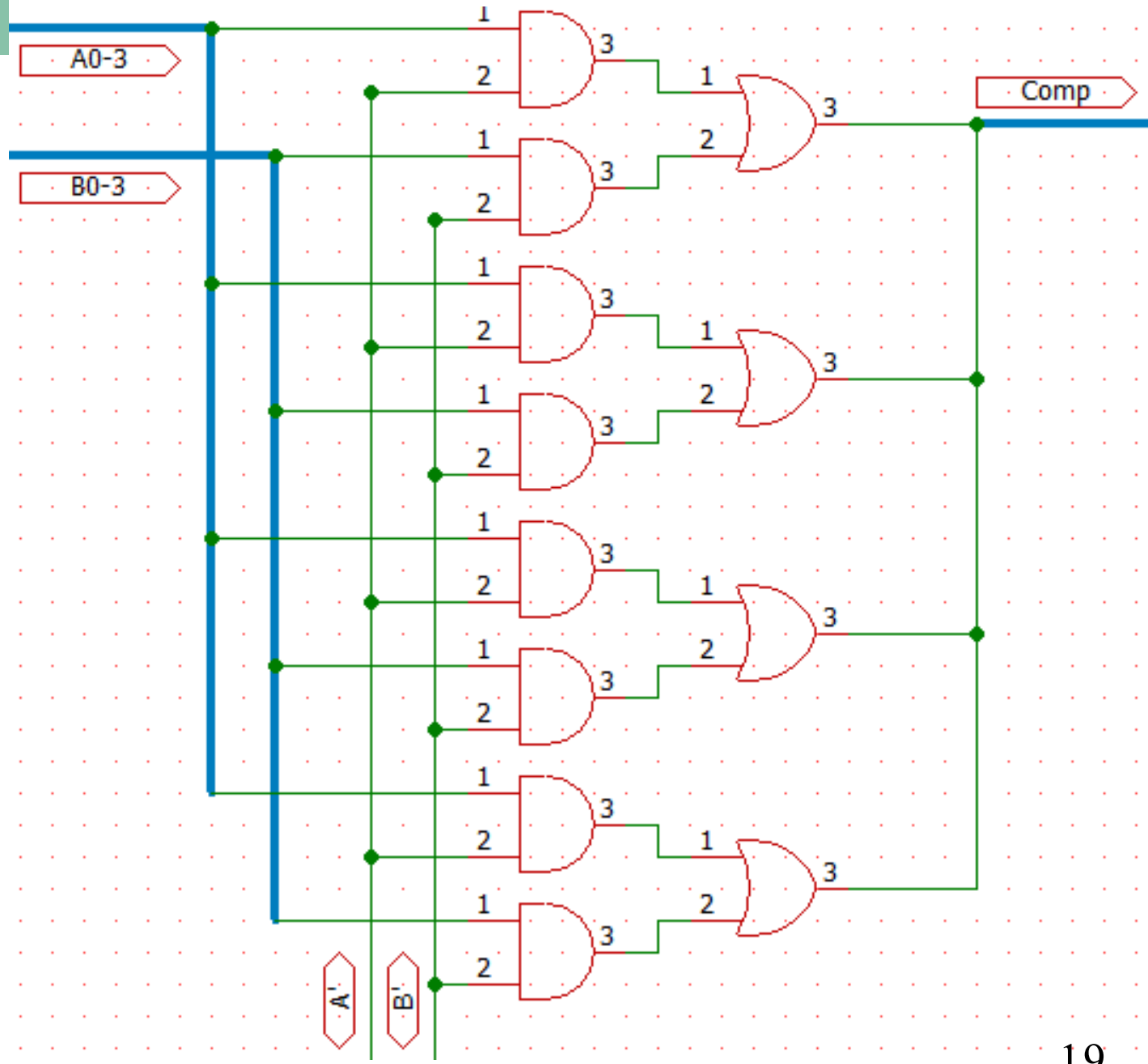


セレクタ部

A'が1ならAを出力、
B'が1ならBを出力する回路

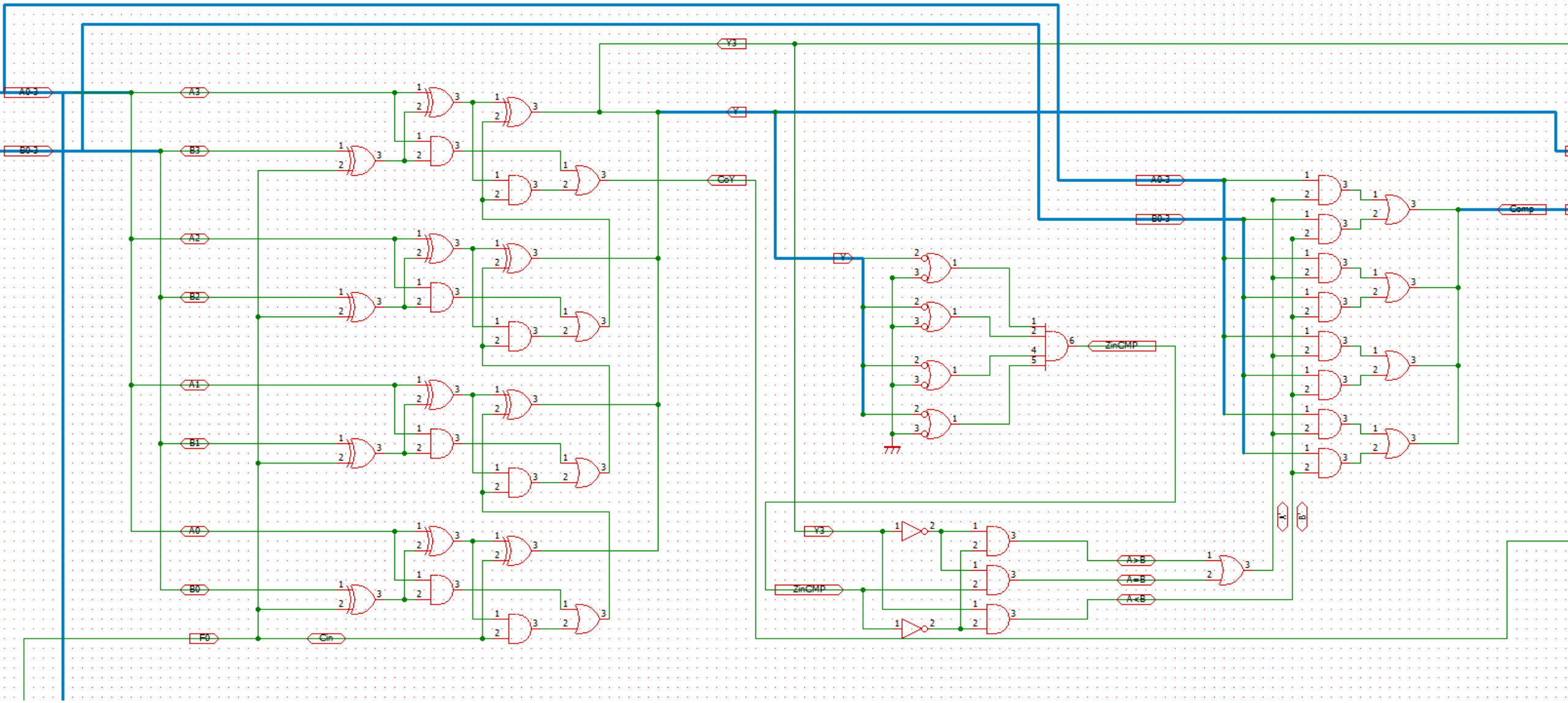
セレクタを4ビット並べたもの

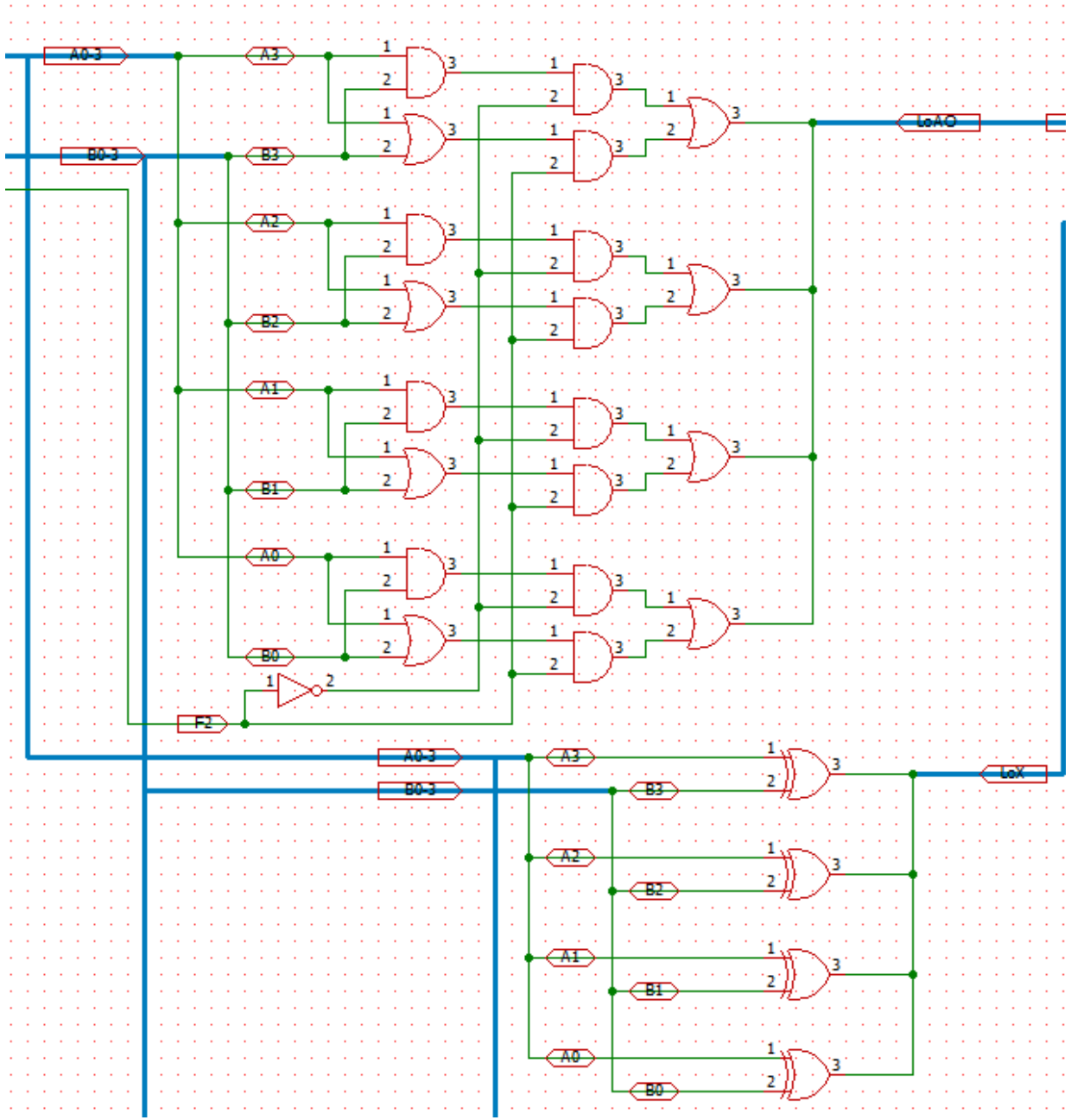
セレクタは今までに説明したので
みんなもう分かるよね

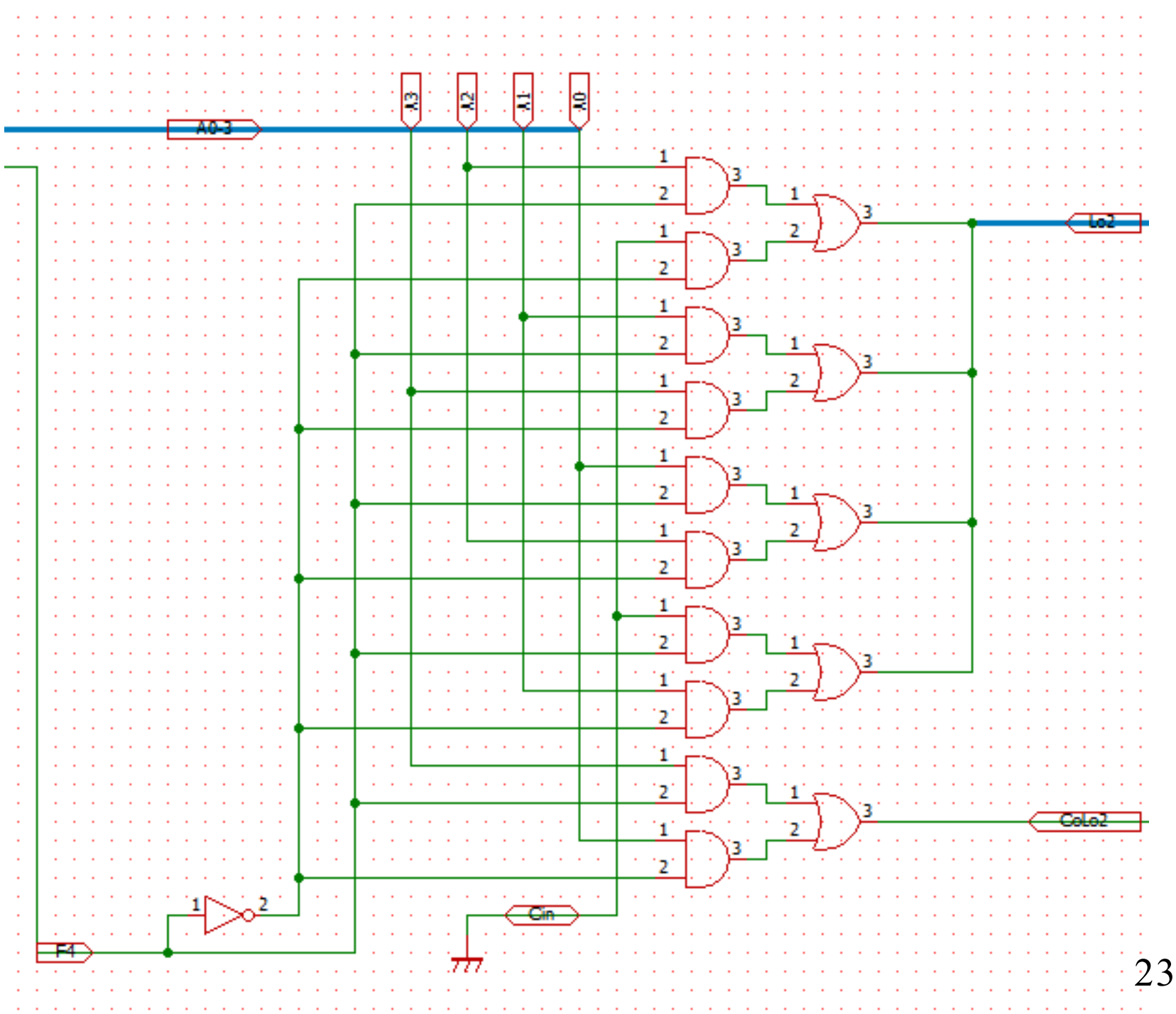


ALUの話終わり!

最後に俯瞰しよう


A0-3
B0-3
A3
B3
A2
B2
A1
B1
A0
B0
F0
Cin
Y3
Y
CoY
ZinCMP
A>B
A=B
A<B
Comp
A
B


A0-3
B0-3
A3
B3
A2
B2
A1
B1
A0
B0
F2
LoAO
LoX


A3
A2
A1
A0
A0-3
Lo2
CoLo2
Cin
F4

次やること

- レジスタ部の話
- 1ビットレジスタの話
- Flip Flopの話

参考文献

[1] : 論理回路 第五回, 近畿大学講師 石水 隆,
https://www.info.kindai.ac.jp/LC/lecture/LogicCircuits05.pdf

ちょっと雑談

ここカット

本当はアナログコンパレータとかディジタルコンパレータとかやりたかったけど時間なかったので割愛した
マグニチュードコンパレータの話とかいずれしたい
話分かる人誰か教え(LTし)てほしい