

Exercises 3.2

参考資料

- 北川章夫著, LTspice電子回路シミュレータ, 工学社, ISBN 978-4-7775-1936-1
- LTspice雑記帳, <http://jaco.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/edu/ec2/ltspice/>

回路シミュレーションの準備(1)

1. LTspiceのインストール

- 電子回路及び演習A, Bの受講者は、既にインストール済み
- 電子回路及び演習A, Bを取っていない人は、下記のサイトでダウンロードして、LTspiceをインストールしよう
- <https://www.analog.com/jp/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html#>
- (初期設定) <http://jaco.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/edu/> より「公開作業日誌」

2. MOSFETモデルパラメータのインストール

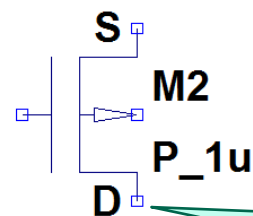
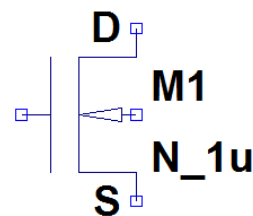
- <http://jaco.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/edu/micro1/cgi/> で自分用のMOSFETモデルパラメータを生成し、ダウンロードする
- ファイル名が、`cmos***.lib` となっていることを確認する(***は名列番号)
- モデルパラメータファイルは、LTspiceの回路図ファイル(拡張子 .asc)の保存先か、`C:\Users\%ユーザ名%\Documents\LTspiceXVII\lib\cmp\` にコピーする

回路シミュレーションの準備(2)

3. MOSFETシンボルのインストール

- <http://jaco.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/edu/> より、集積回路工学第1の案内ページに入り、mosfet_symbols.zip をダウンロードする
- 解凍したフォルダには、N_1u.asy, P_1u.asy, N_50n.asy, P_50n.asyの4つのファイルが含まれている
- 解凍したフォルダ内の4個のファイルを C:¥Users¥(ユーザ名)¥Documents¥LTspiceXVII¥lib¥sym/ にコピーしておく
- 保存したシンボルは、Component(その他の部品配置)ボタンにより、Select Component Symbolフォームで選ぶことができる

n-ch MOSFET p-ch MOSFET



ドレインとソースの
位置に注意

市販半導体のモデルとの違い

市販の半導体部品と集積回路の部品ではデバイスパラメータの設定方法や目的が大きく異なることに注意

市販半導体のデバイスモデル	集積回路のデバイスモデル
モデル名を指定するとパラメータ値が全て代入される	モデル名を指定しても、いくつかのパラメータは代入されない
全ての同じ型番の半導体素子に、同じパラメータ値が用いられる	各半導体素子毎に、異なるパラメータ値を設定できる
一度パラメータ値を決定すれば変える必要がない 通常は、半導体メーカーが提供する	必要とする回路特性となるように、回路設計毎に、パラメータ値を調整する ただし、変更できるのは、レイアウトに関するパラメータのみ

演習3. 2の課題

全加算器(FA)を設計し、回路シミュレータの過渡応答解析により論理機能の検証を行え。(1) 回路図、(2) シミュレーション結果のグラフ、(3) ネットリストを添付すること(スライド12を参照)。

(参考) 論理機能の検証は、過渡応答解析の結果と真理値表を比較することにより行う。あまり高速に動作させると回路が誤動作する可能性があるので、綺麗な矩形波出力となる程度のパルス幅で入力波形(入力ベクトル)を作成する。

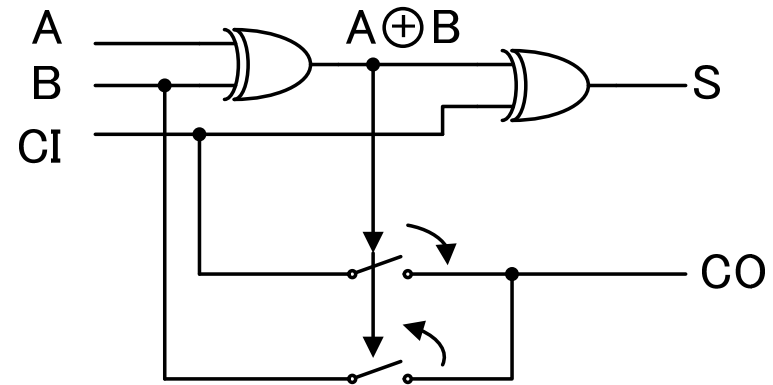
演習3. 2の解説1

FAには、種々の構成法があるが、ここでは、マンチェスタ型と呼ばれる回路についてシミュレーションを行うことにする。(算術演算アルゴリズムの詳細は、集積回路工学C, Dで扱う)

真理値表

A	B	CI	S	CO
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

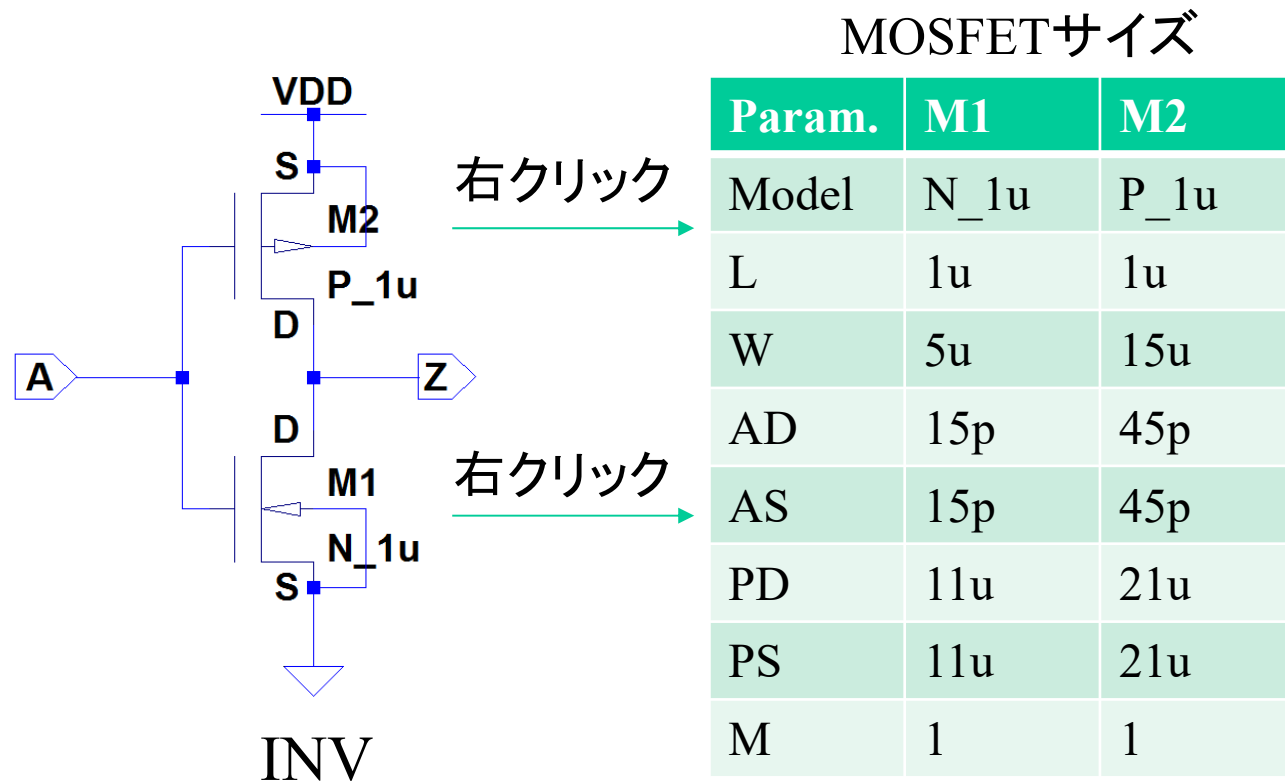
論理回路



スイッチは、インバータ+トライステートインバータで構成

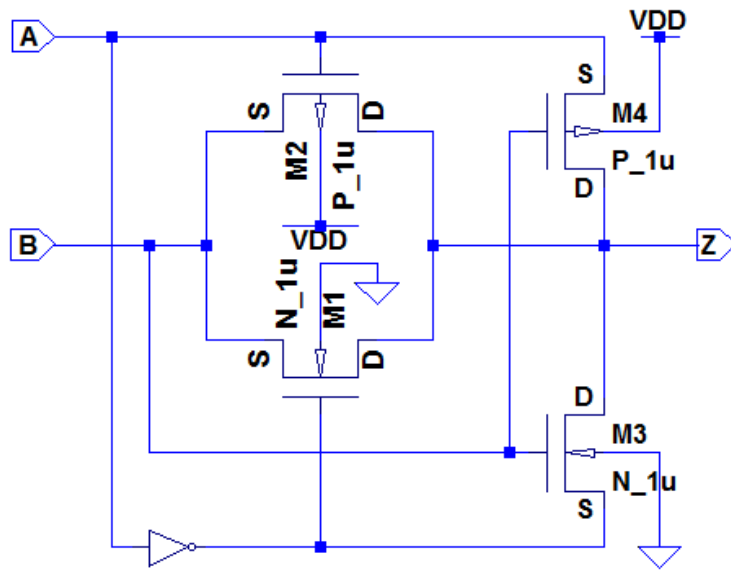
演習3. 2の解説3

階層的な回路設計を行う手順について解説する。まず、FAを構成する論理ゲートである、インバータ、EXOR, クロックインバータを作成する。各回路を作成したら、FAの保存先と同じフォルダに置くこと。



※ パラメータ値の決定法は4.4節で解説する。

演習3. 2の解説4

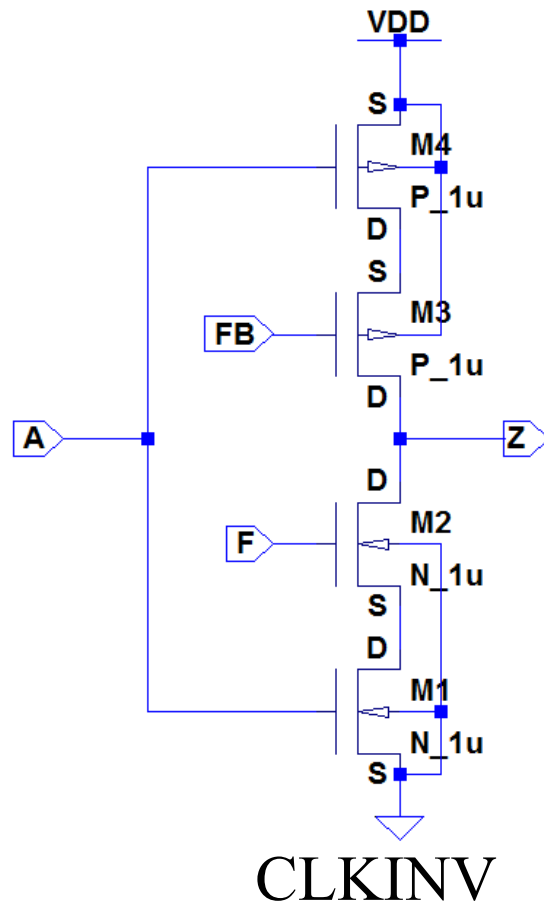


EXOR

MOSFETサイズ

param.	M1	M2	M3	M4
Model	N_1u	P_1u	N_1u	P_1u
L	1u	1u	1u	1u
W	5u	15u	5u	15u
AD	15p	45p	15p	45p
AS	15p	45p	15p	45p
PD	11u	21u	11u	21u
PS	11u	21u	11u	21u
M	2	2	1	1

演習3. 2の解説5

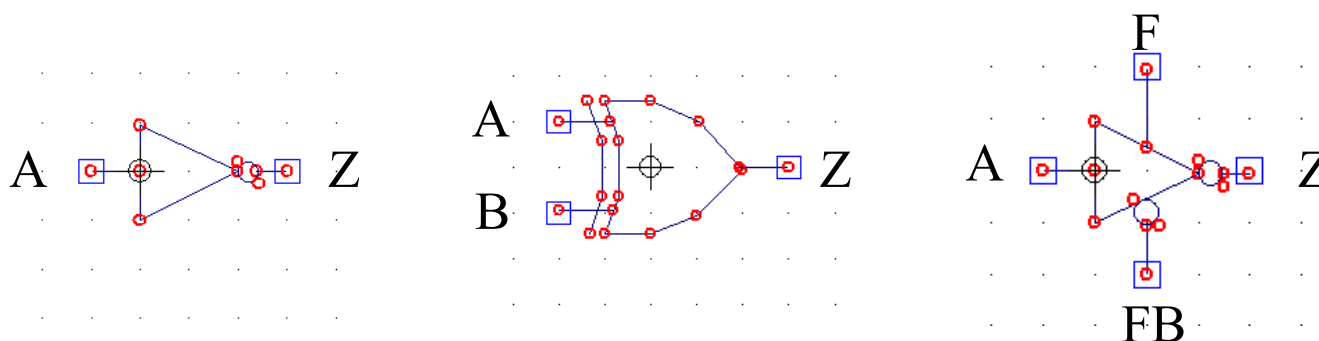


MOSFETサイズ

param.	M1 ,M2	M3, M4
Model	N_1u	P_1u
L	1u	1u
W	5u	15u
AD	15p	45p
AS	15p	45p
PD	11u	21u
PS	11u	21u
M	2	2

演習3. 2の解説6

各論理ゲートのシンボルを作成する。



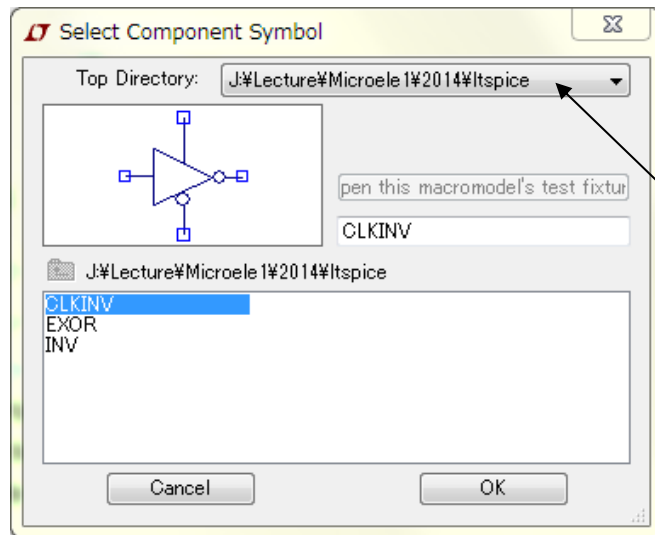
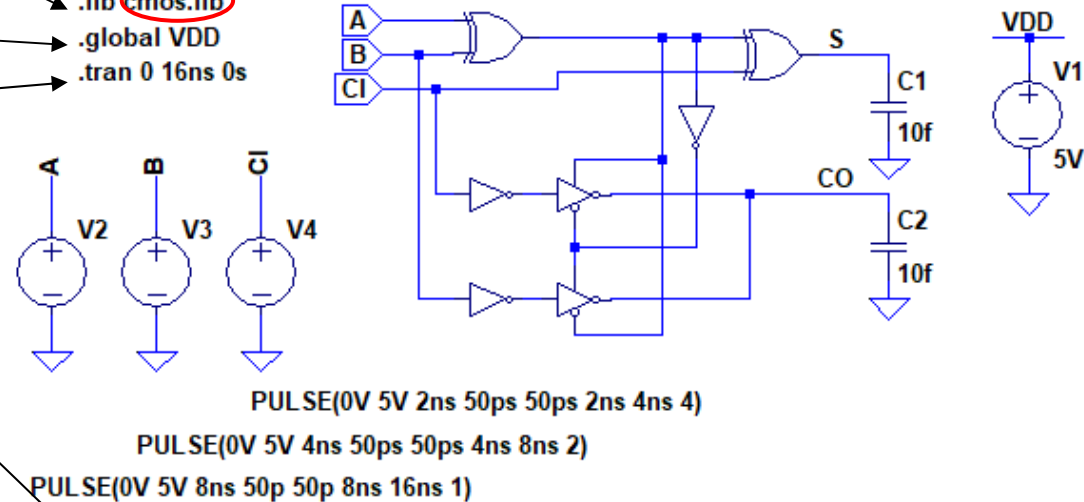
1. メニュー: [File] - [New Symbol] でシンボルエディタを起動
2. メニュー: [Draw] - [Line] 等でシンボルを描く
 - 綺麗に書くのは面倒なので、四角のシンボル形状にし、[Draw] - [Text]で、何の回路か分かるように回路名を書いておいてもよい
3. メニュー: [Edit] - [Add Pin/Port] でピンを作成
 - Schematic(回路図)のポート名と一致させること
4. メニュー: [File] - [Save As...]でファイル名を付けて保存
 - シンボルファイル名は、Schematicのファイル名.asy とすること
 - 回路図ファイルと同じフォルダに保存すること

演習3. 2の解説7

FAの回路図を作成する。

MOSFETのパラメータファイル
グローバル配線の宣言
過渡応答解析

`.lib cmos.lib` (***は名列番号)を使用
`.global VDD`
`.tran 0 16ns 0s`



作成済みの回路は、通常の部品呼び出しと同じく、Select Component Symbol フォームで選択する。ただし、Top Directory を回路とシンボルの保存先に切り替えること。

演習3. 2の解説8

- 回路図の貼り付け方法
 - 回路図のウィンドウを選択し、メニューよりTools > Copy bitmap to Clipboard
 - レポートを作成しているアプリケーション上で貼り付け
- グラフの貼り付け方法
 - シミュレーションを実行し、グラフを表示させる
 - グラフのウィンドウを選択し、メニューよりTools > Copy bitmap to Clipboard
 - レポートを作成しているアプリケーション上で貼り付け
- ネットリストの出力の方法
 - 回路図のウィンドウを選択し、メニューよりView > SPICE Netlist
 - Netlistが表示されたウィンドウを右クリックし、**Generate Expanded Listing** を選び、**適当なフォルダに保存**する(拡張子 .sp)