大気チェレンコフ望遠鏡用 高速サンプリングASIC アナログメモリーセルの開発

遠山　健、大石 理子 、大和田英樹[A]、窪秀利[B] 、
田中真伸[A] 、吉越 貴紀
東大宇宙線研、A:高エ研、B:京大理

2010年物理学会@北九州

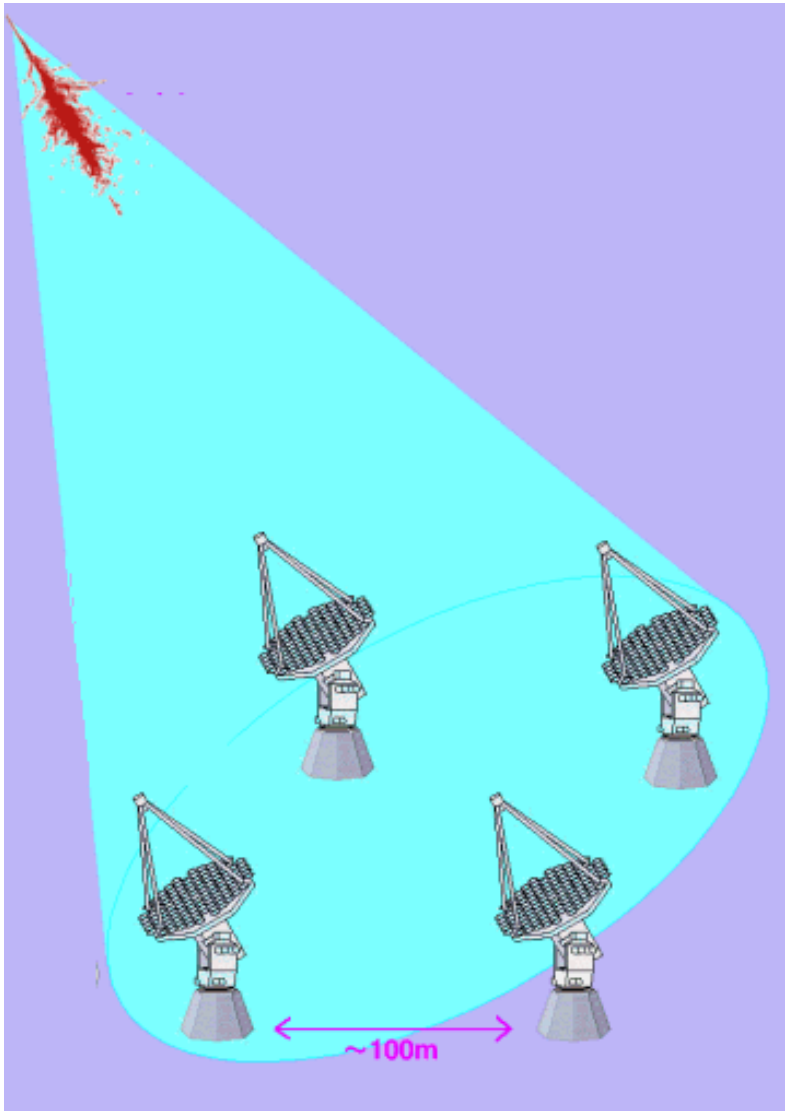
目次

- **Analog Memory Cellの役割と動作**
  -解像型大気チェレンコフ望遠鏡の観測システム
  -アナログメモリーの動作
- **開発のメリット**
- **Analog Memory Cellの設計**
  -スイッチングスピード・精度
- 今後の予定

解像型大気チェレンコフ望遠鏡の観測システム

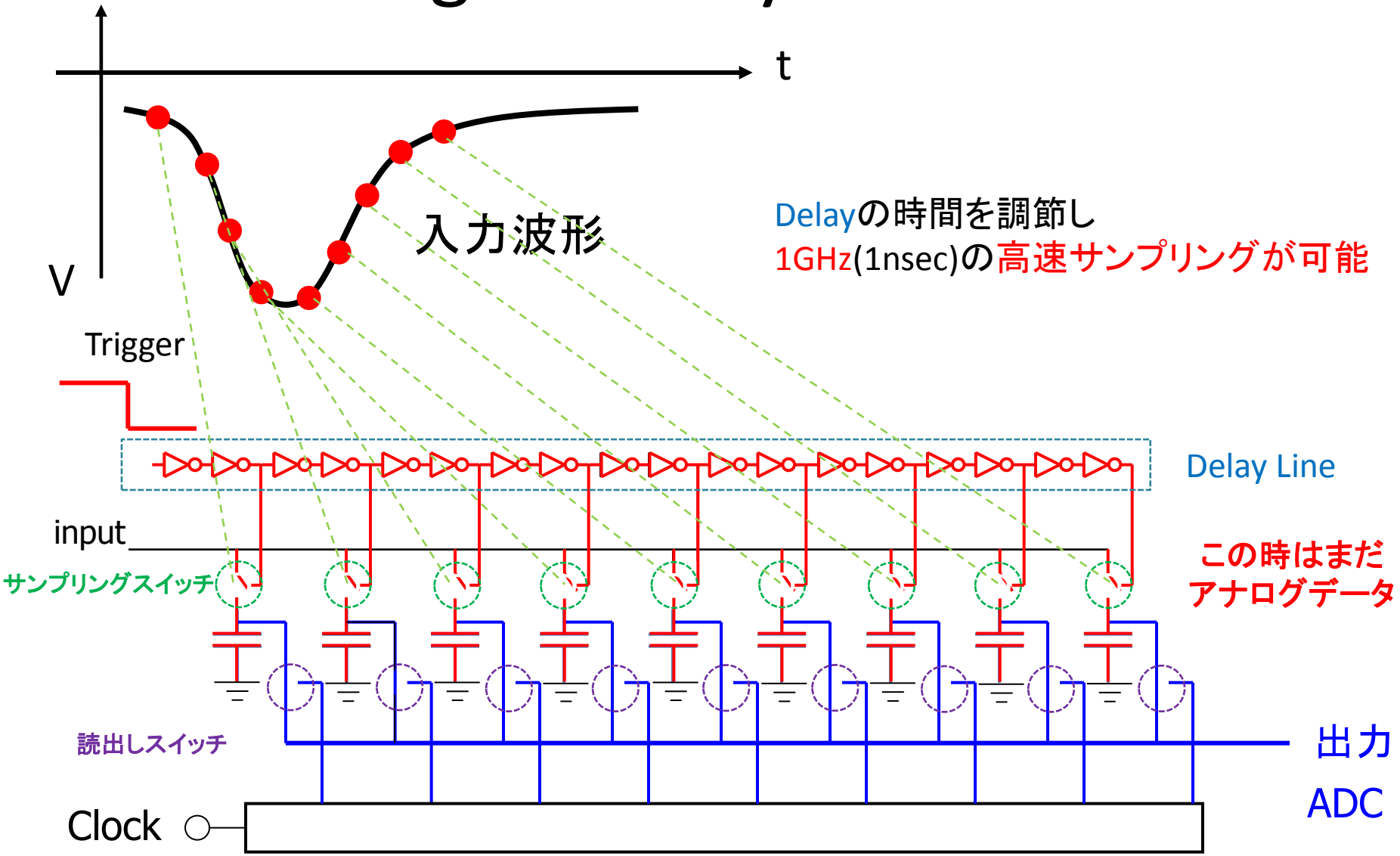
～ガンマ線検出までの流れ～

- γ線が大気に侵入
- 空気シャワー現象
- チェレンコフ光を発光
- 鏡で集光
- 光電子増倍管で検出
- 光電子増倍管からのアナログ信号をデジタル信号に変換する



チェレンコフ光の光量を
精度よく検出する必要がある

Analog Memory Cellの動作



- あとでゆっくり各capacitorの電圧値をAD変換 (MAX50MHz予定)

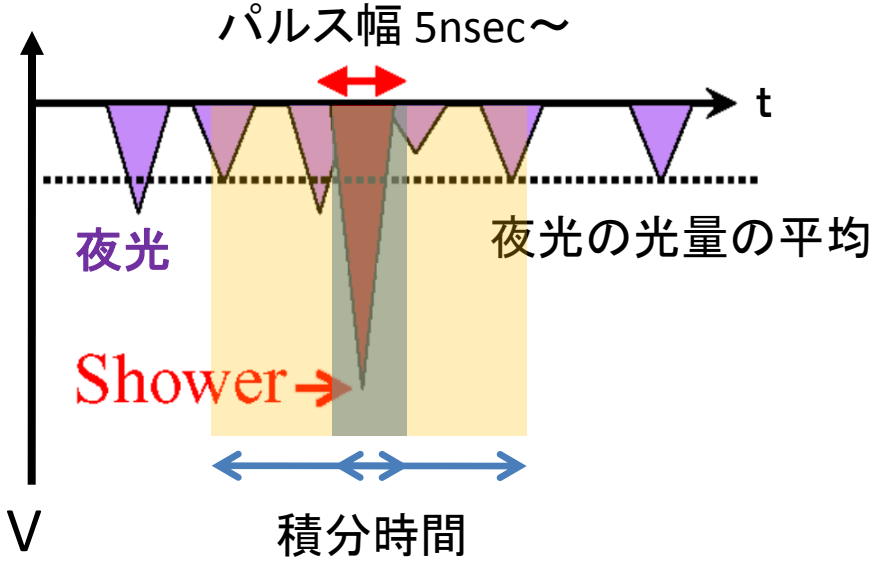
Analog Memory Cellの利点

0.5umプロセス

- 低消費電力　:70mW/ch　　(FADC:数W/ch)
- コンパクト　（4mm×4mm）
- 安い　　（大量生産時）

望遠鏡のアレイ化に貢献

- 夜光の影響を抑えることができる



積分時間がパルス幅と比べ長い
夜光の影響が大きくなり、S/N比が低下

波形サンプルで積分時間を最適化
夜光の影響を低減
チャンネルごとの時間差も計測
（同一イベントにおける）

Analog Memory Cellの設計

目標仕様

電圧値精度　　:12bits

-浮遊容量による影響、熱ノイズ、過渡現象

サンプリングスピード：1GHz

-1n秒のdelay（CMOSインバーターで実現）

アナログ帯域　　:500MHz

※紫は前回とりあげた内容

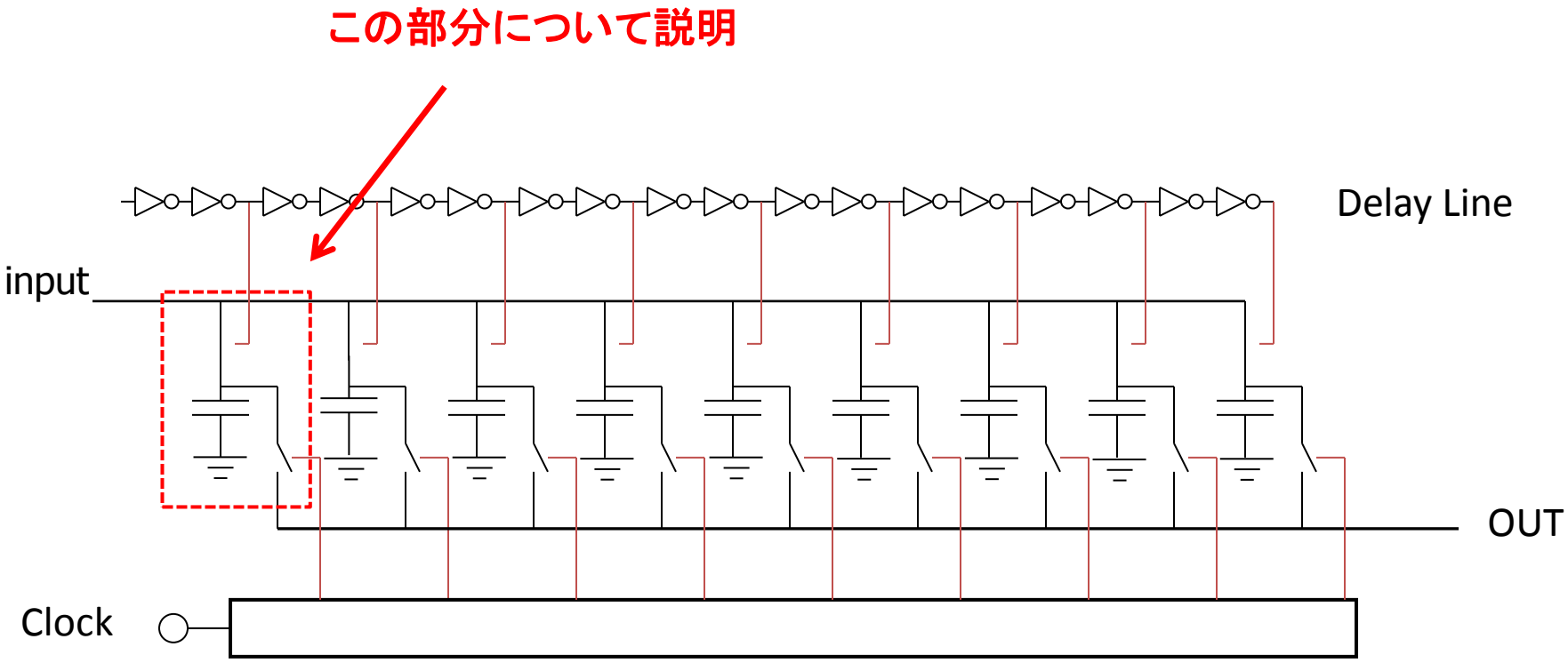
・KEK共同のASIC開発
・0.25umのプロセス（台湾のUMC社で製造）
・hspiceSシミュレーションにより設計
・今回の試作を元に最終版を作成

今回はスイッチの浮遊容量による影響・改善

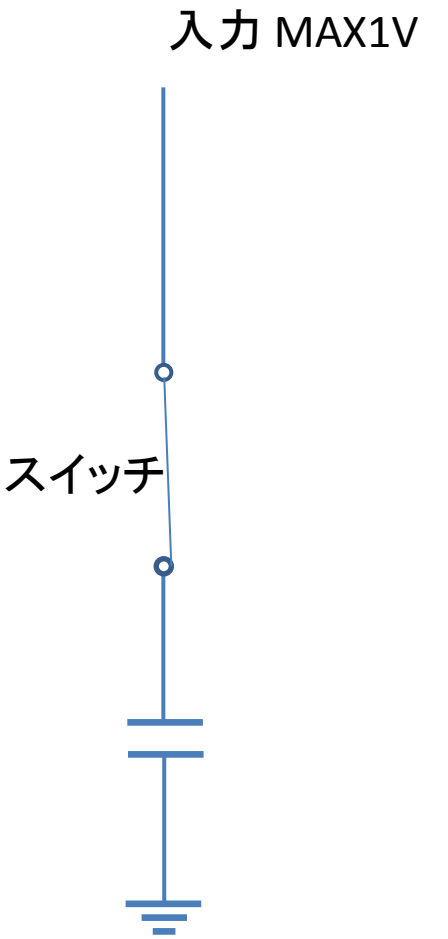
Delay回路

全体シミュレーションについて取り上げる

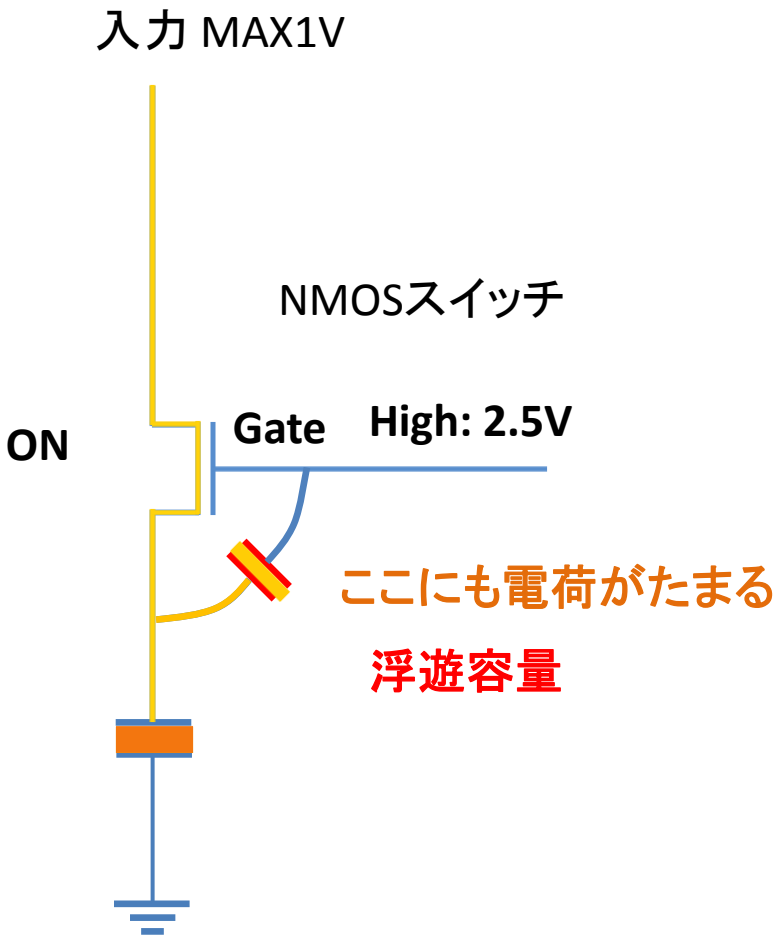
スイッチの浮遊容量による影響が出る場所



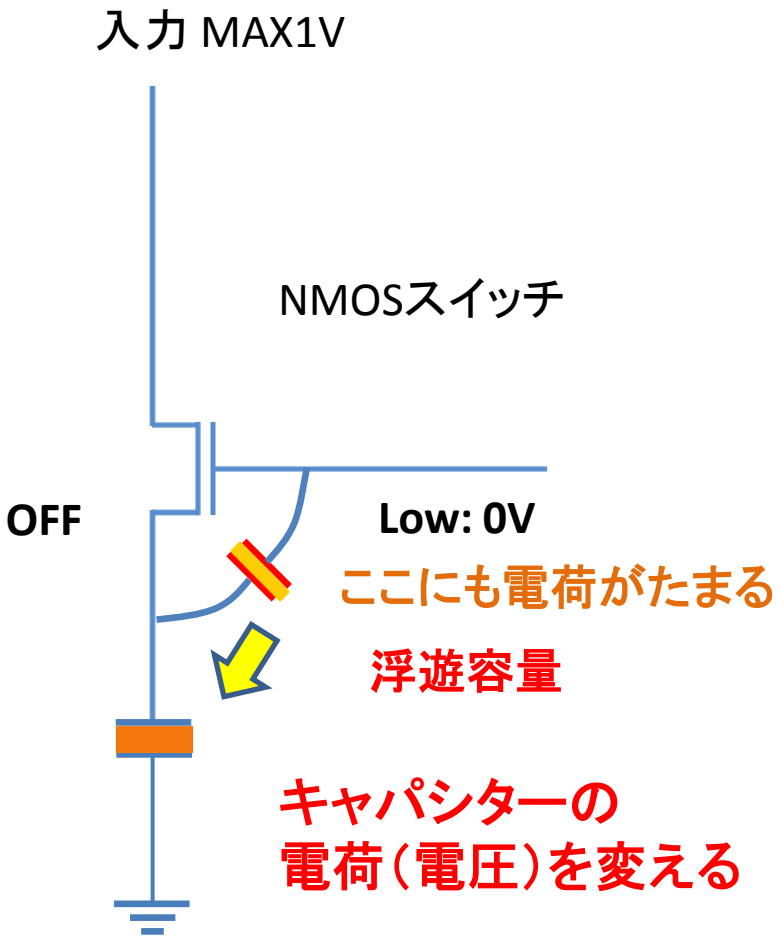
浮遊容量による影響



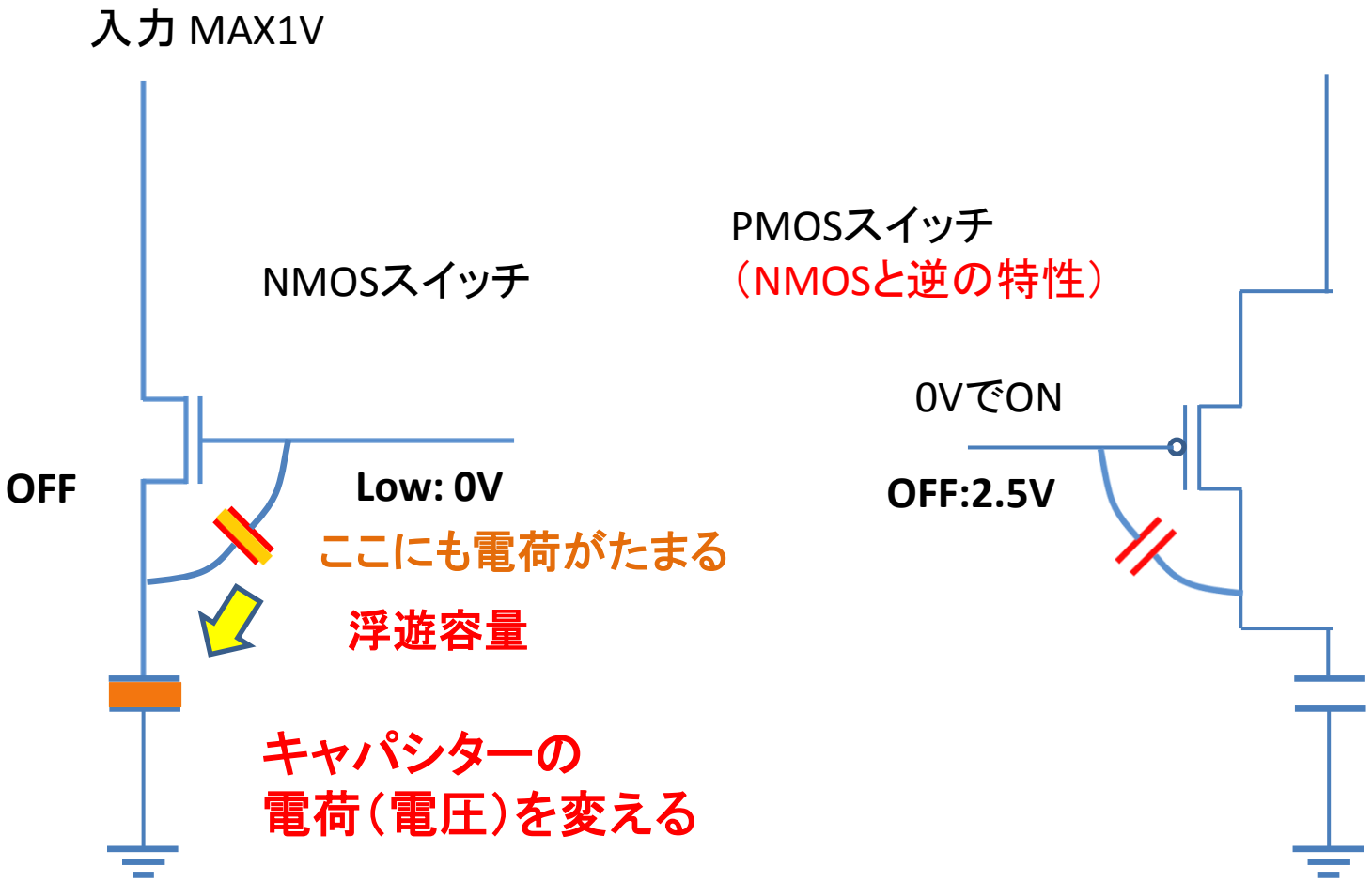
浮遊容量による影響



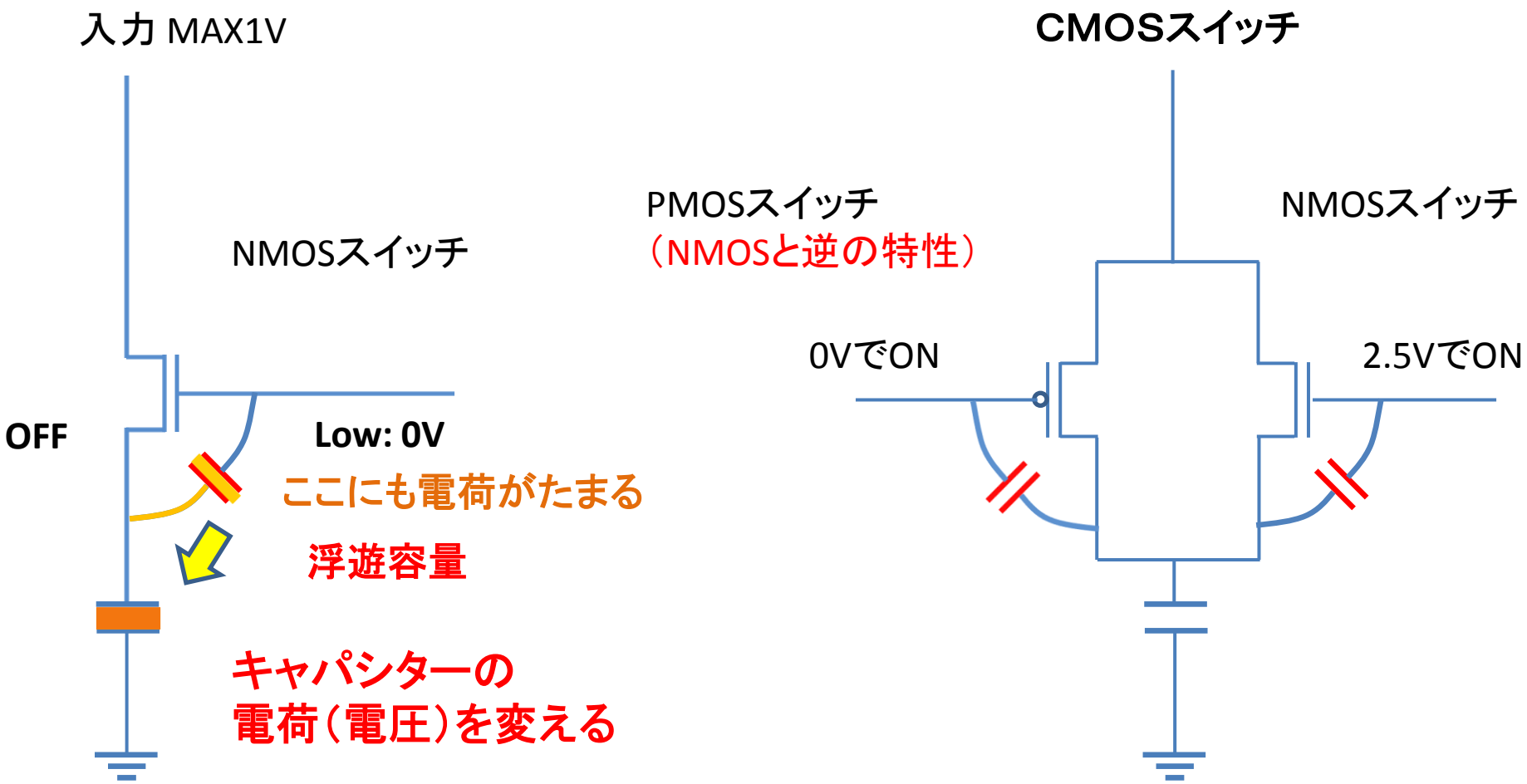
浮遊容量による影響


入力 MAX1V
NMOSスイッチ
OFF
Low: 0V
ここにも電荷がたまる
浮遊容量
キャパシターの
電荷（電圧）を変える

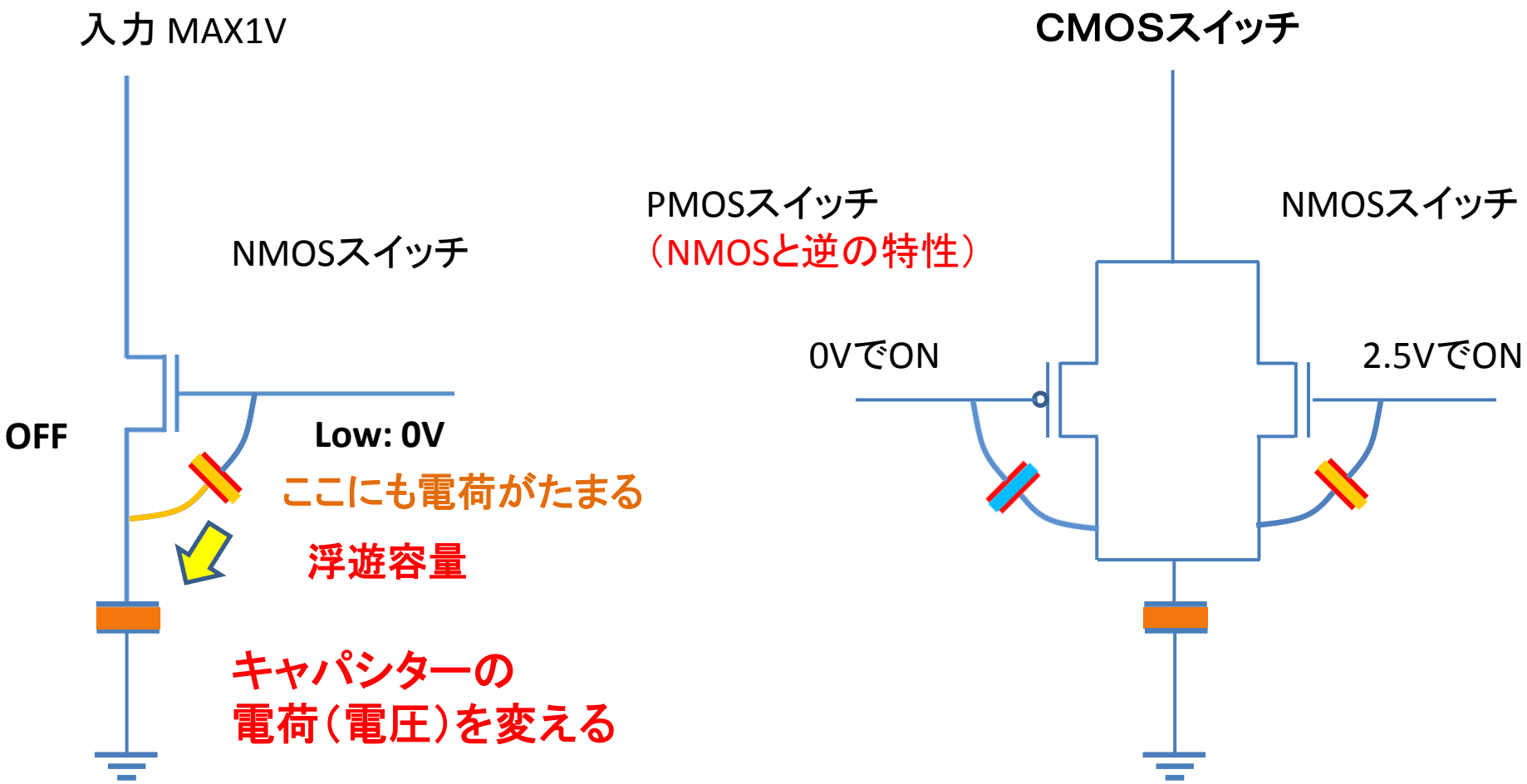
浮遊容量による影響


入力 MAX1V
NMOSスイッチ
PMOSスイッチ
（NMOSと逆の特性）
0VでON
OFF
Low: 0V
OFF:2.5V
ここにも電荷がたまる
浮遊容量
キャパシターの
電荷（電圧）を変える

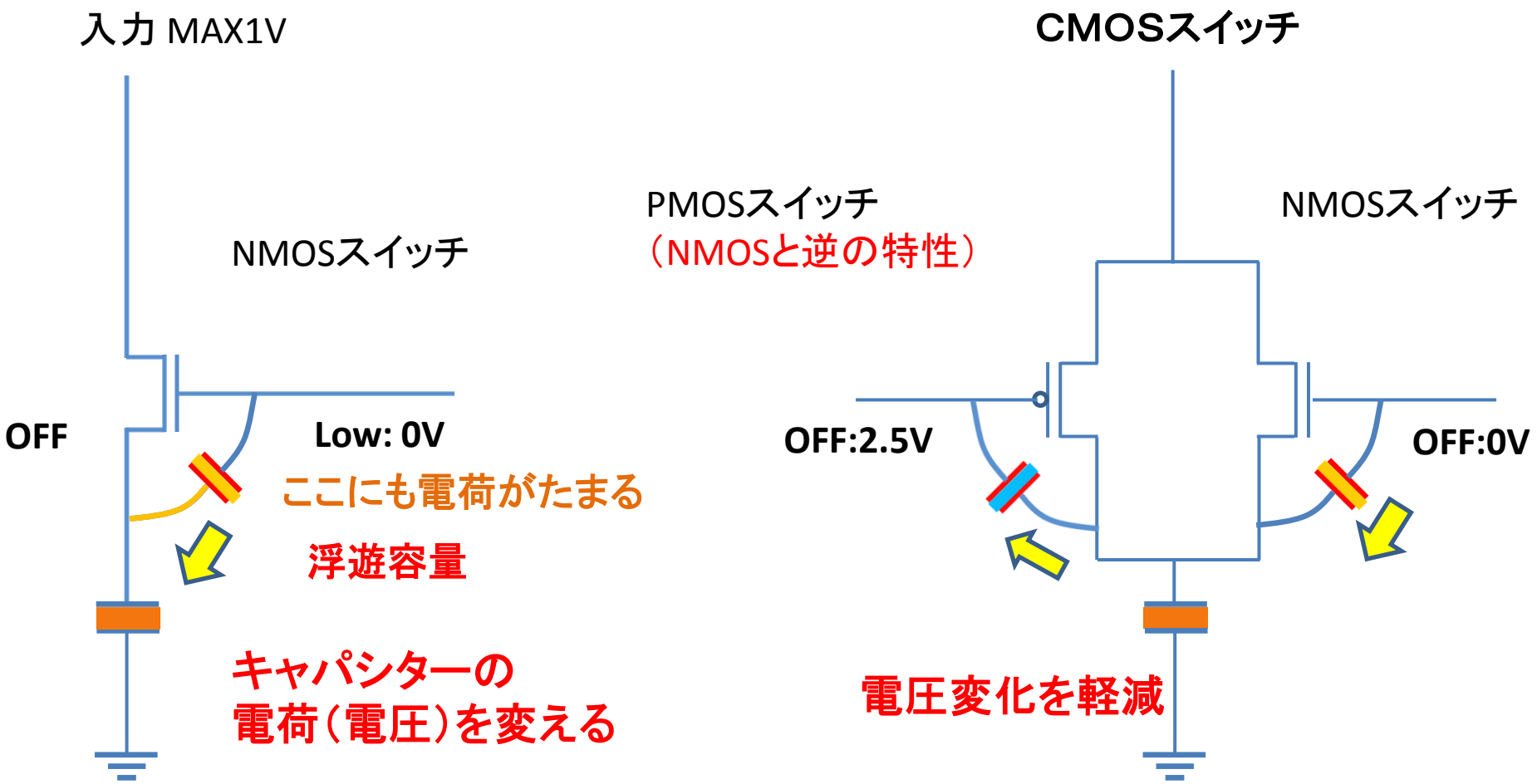
浮遊容量による影響


入力 MAX1V
NMOSスイッチ
OFF
Low: 0V
ここにも電荷がたまる
浮遊容量
キャパシターの
電荷（電圧）を変える
CMOSスイッチ
PMOSスイッチ
（NMOSと逆の特性）
NMOSスイッチ
0VでON
2.5VでON

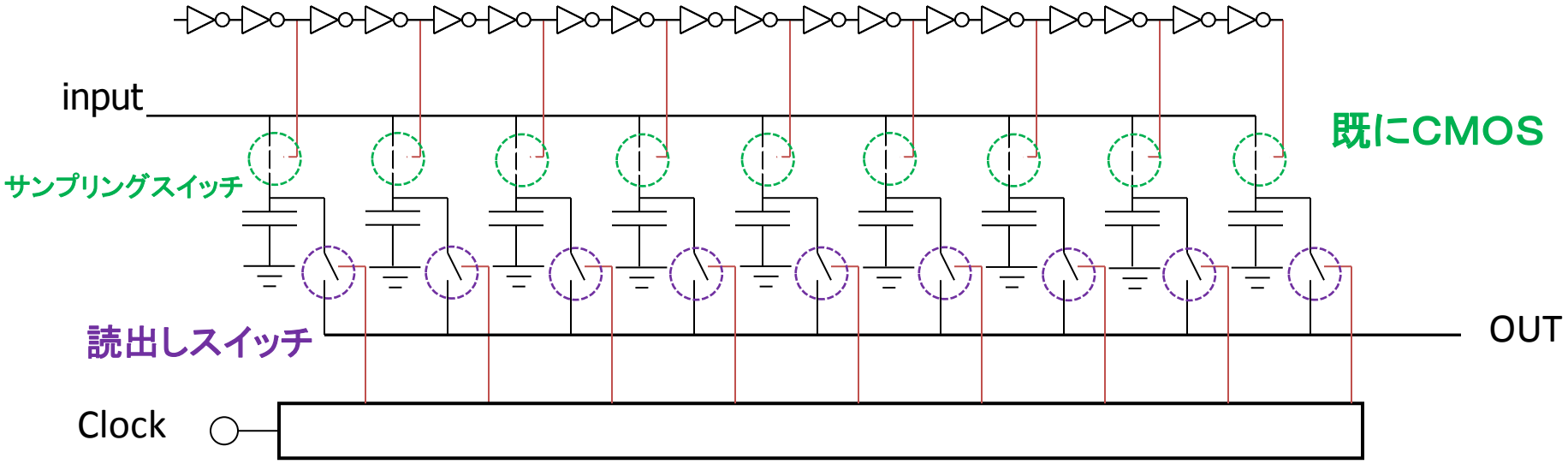
浮遊容量による影響


入力 MAX1V
NMOSスイッチ
OFF
Low: 0V
ここにも電荷がたまる
浮遊容量
キャパシターの
電荷（電圧）を変える
CMOSスイッチ
PMOSスイッチ
（NMOSと逆の特性）
NMOSスイッチ
0VでON
2.5VでON

浮遊容量による影響


入力 MAX1V
NMOSスイッチ
OFF
Low: 0V
ここにも電荷がたまる
浮遊容量
キャパシターの
電荷（電圧）を変える
CMOSスイッチ
PMOSスイッチ
（NMOSと逆の特性）
NMOSスイッチ
OFF:2.5V
OFF:0V
電圧変化を軽減

読出しスイッチの改善

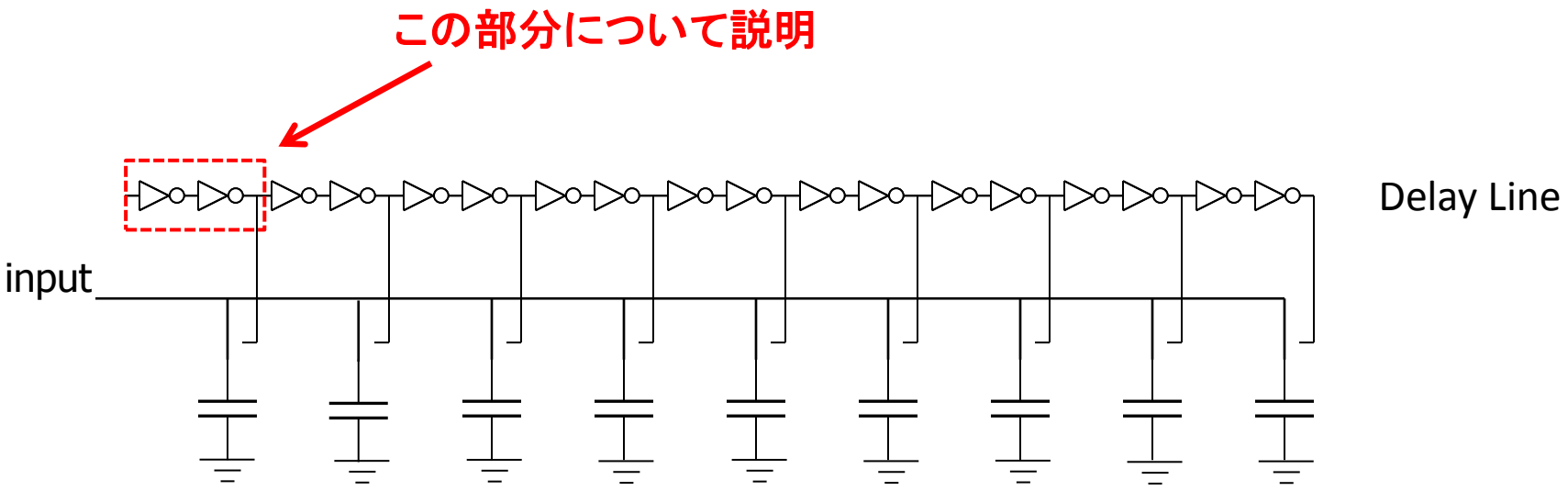


読出しスイッチの構成

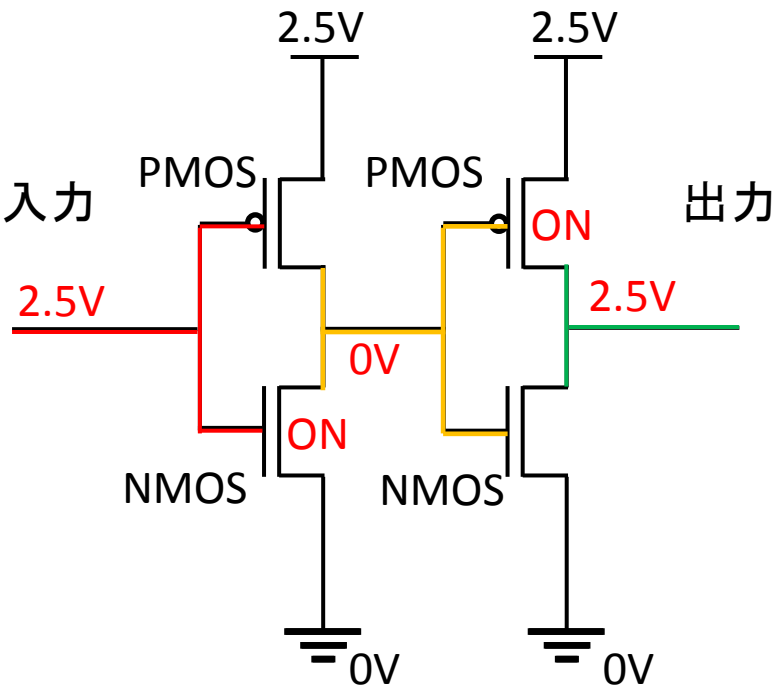
前回	今回
NMOSスイッチ	NMOSスイッチ CMOSスイッチ

性能を比較

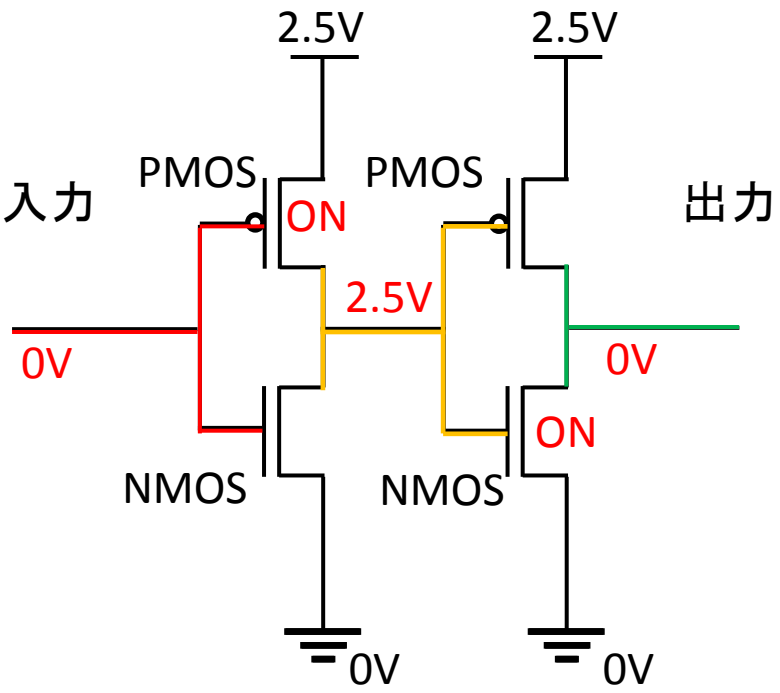
Delay回路



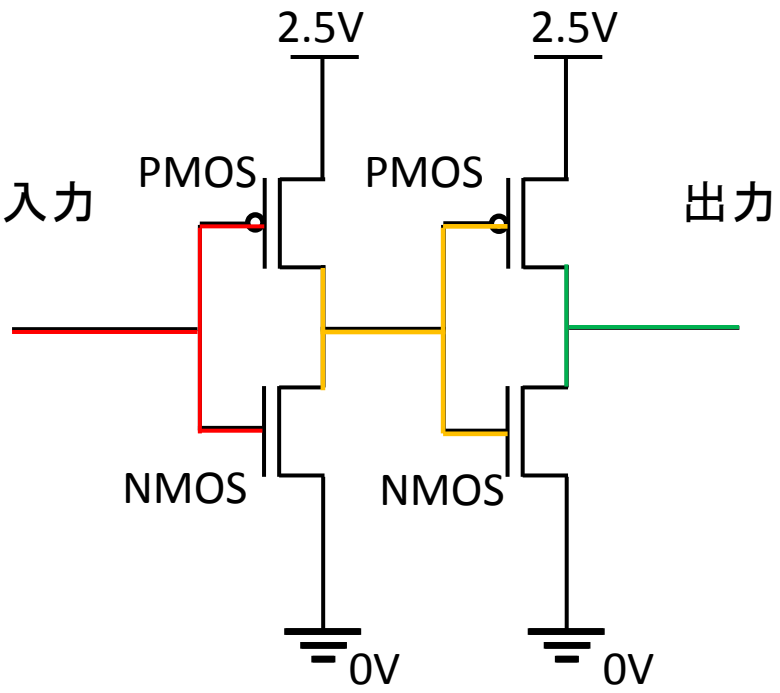
Delay回路

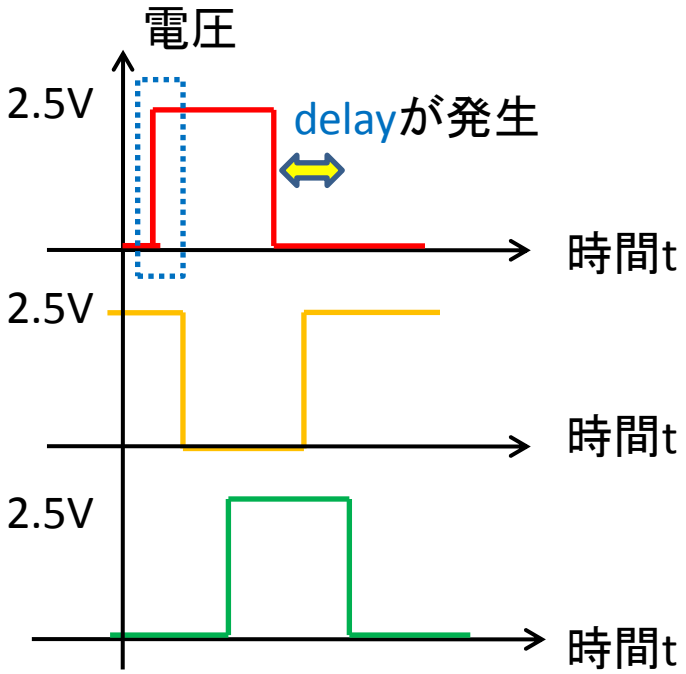


Delay回路

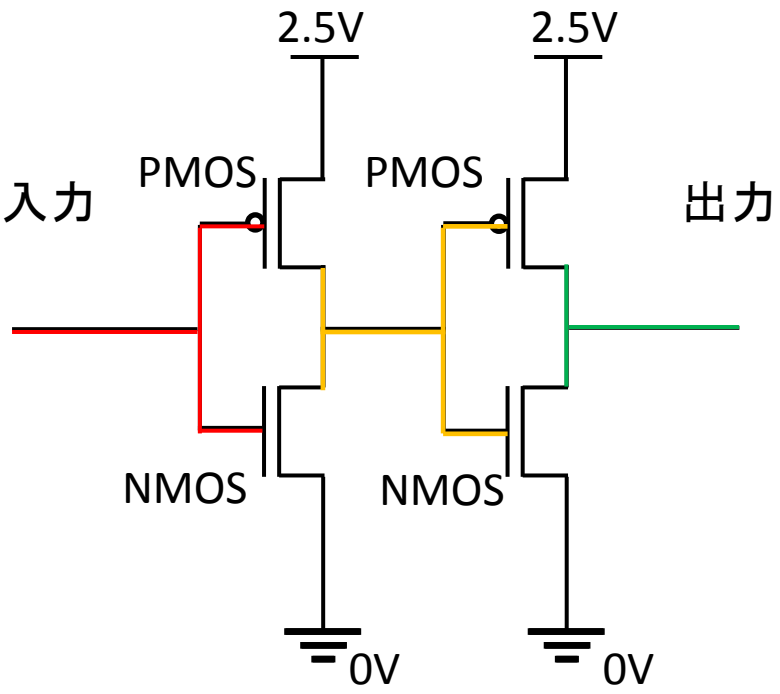


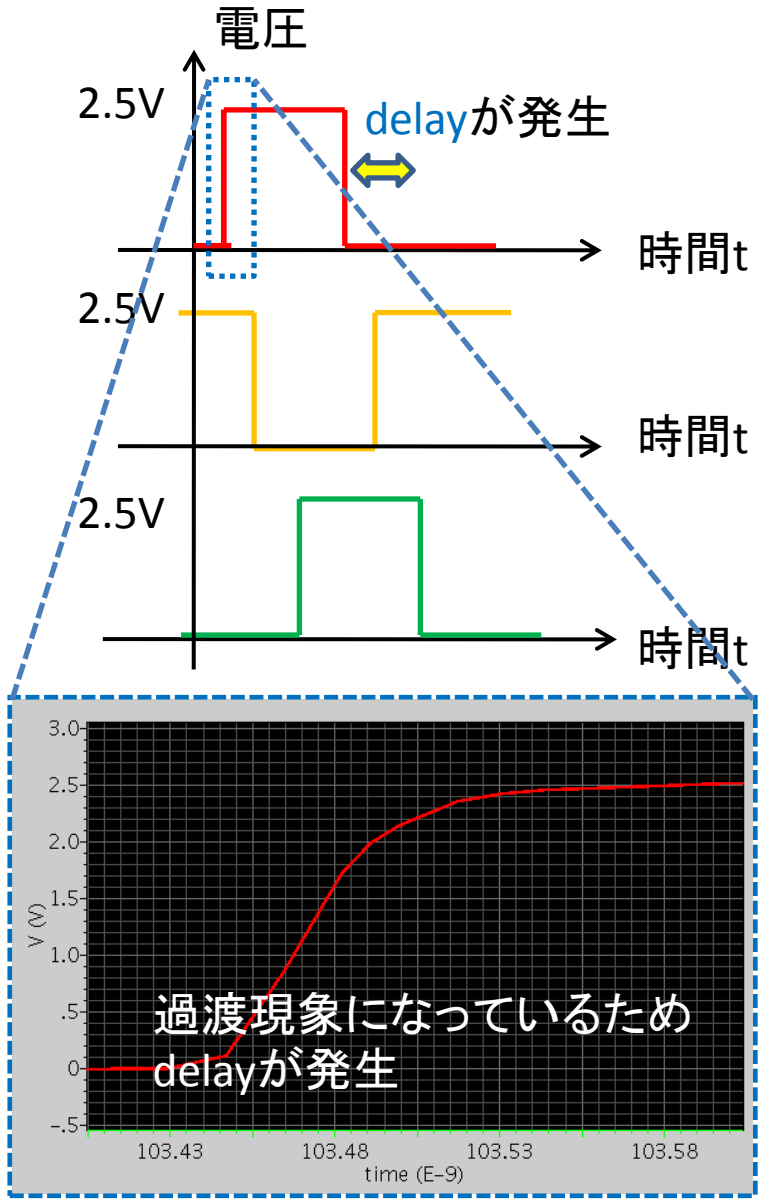
Delay回路


2.5V
2.5V
入力
PMOS
PMOS
出力
NMOS
NMOS
0V
0V

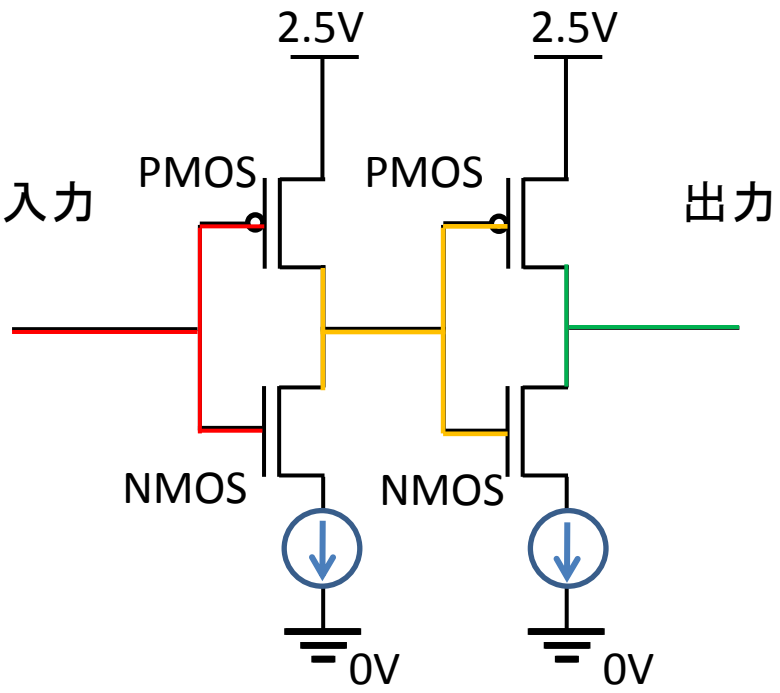

電圧
2.5V
delayが発生
時間t
2.5V
時間t
2.5V
時間t

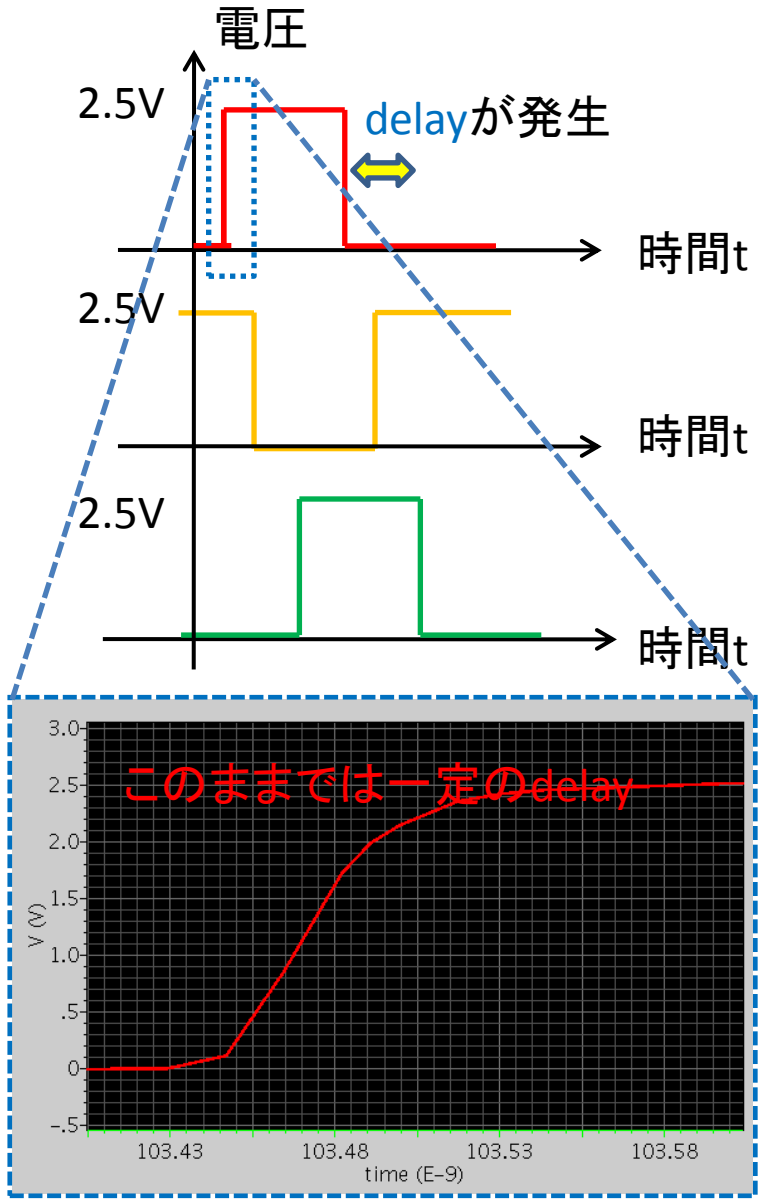
Delay回路


2.5V
2.5V
入力
PMOS
PMOS
出力
NMOS
NMOS
0V
0V


電圧
2.5V
delayが発生
時間t
2.5V
時間t
2.5V
時間t
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
.5
0
-.5
V (V)
103.43
103.48
103.53
103.58
time (E-9)
過渡現象になっているため
delayが発生

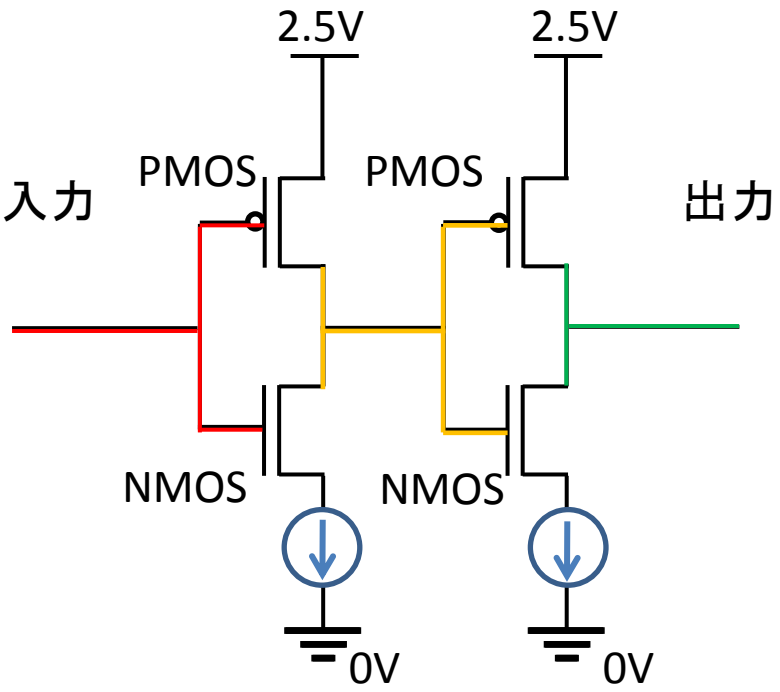
Delay回路



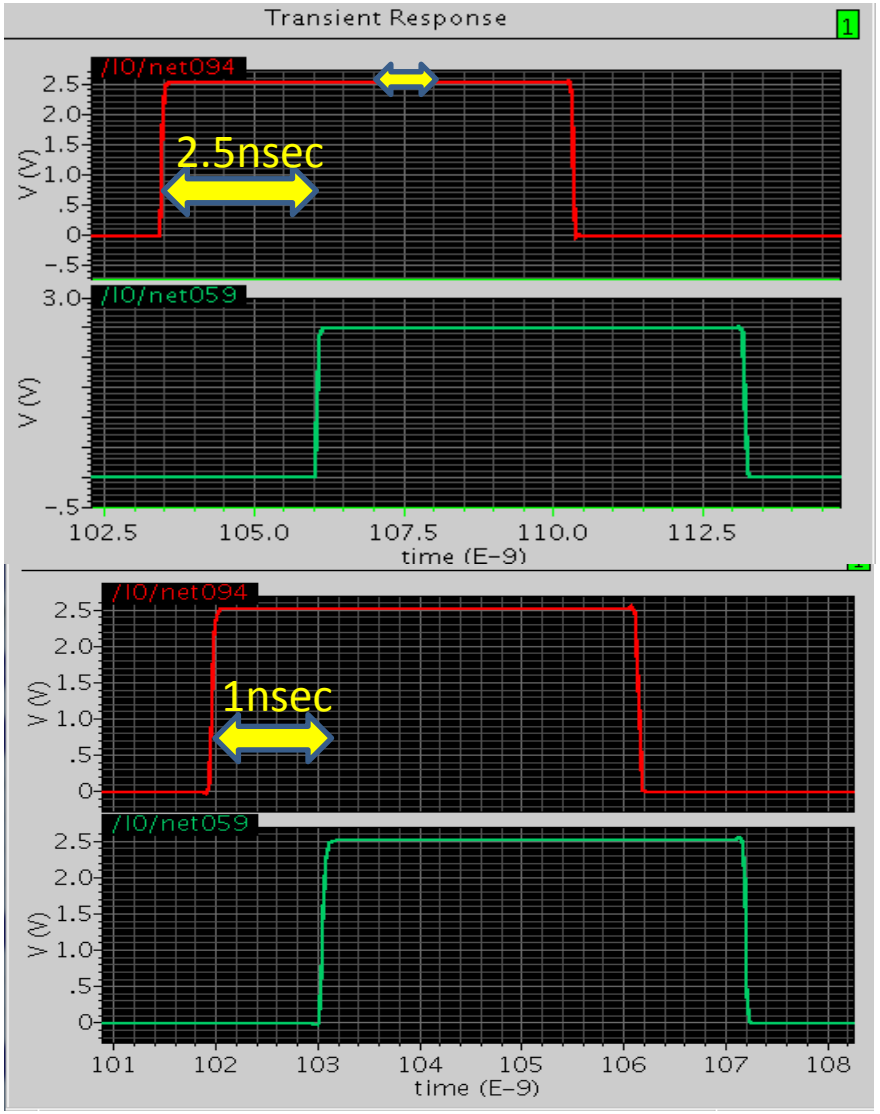


電流源で電圧変化を制御

Delay回路



シミュレーション結果



全体シミュレーションによる動作確認

Input

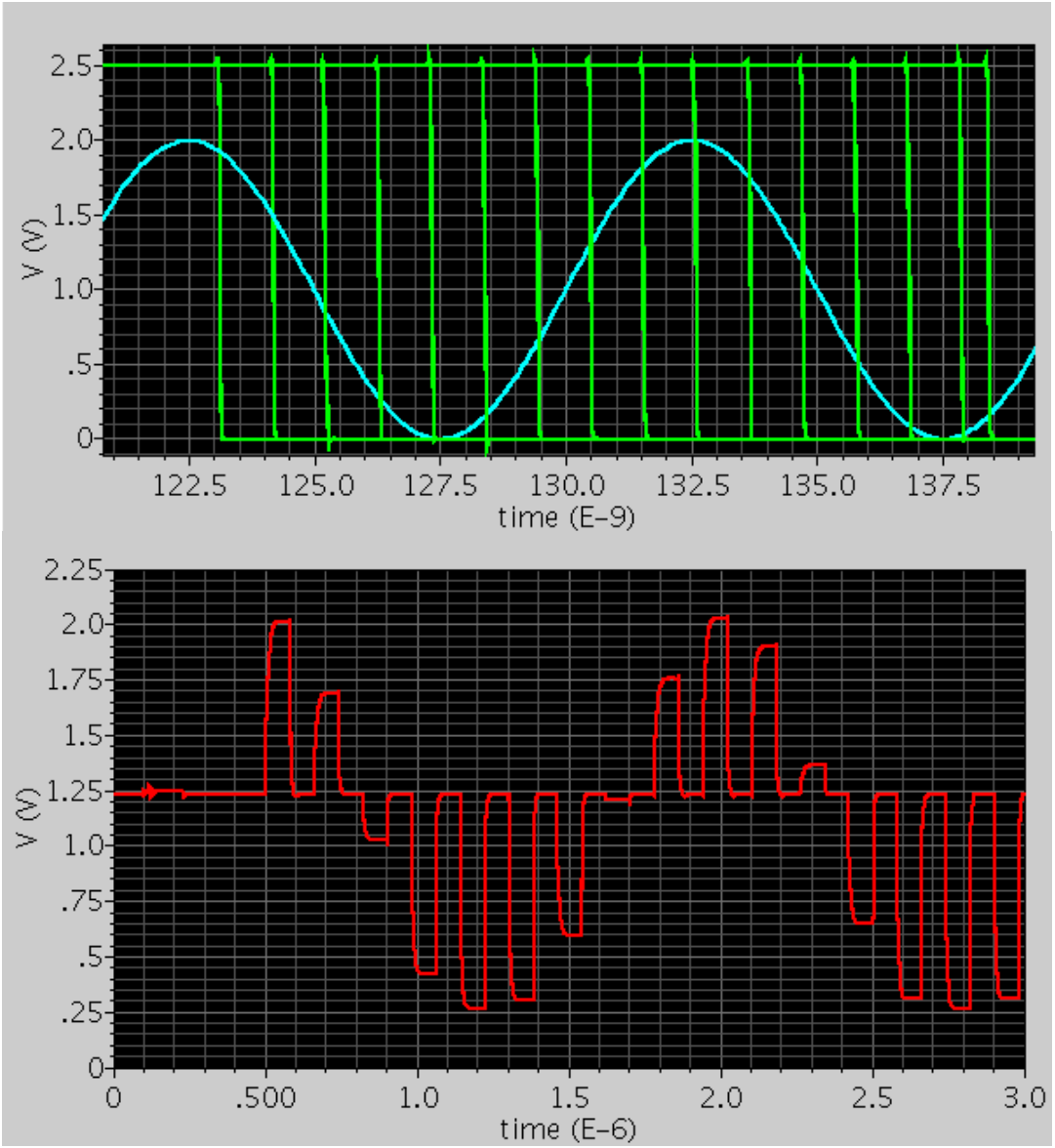
入力信号
100MHz

スイッチの
制御信号

output

アンプの出力

サンプリング・読出し
動作確認ができた



今後の予定

- レイアウトを9/13に提出
- 評価用のボードを制作
- 性能評価試験
- 最終版を設計