

折り返し型の電圧範囲と シミュレーション

2023/7/17 小島 光

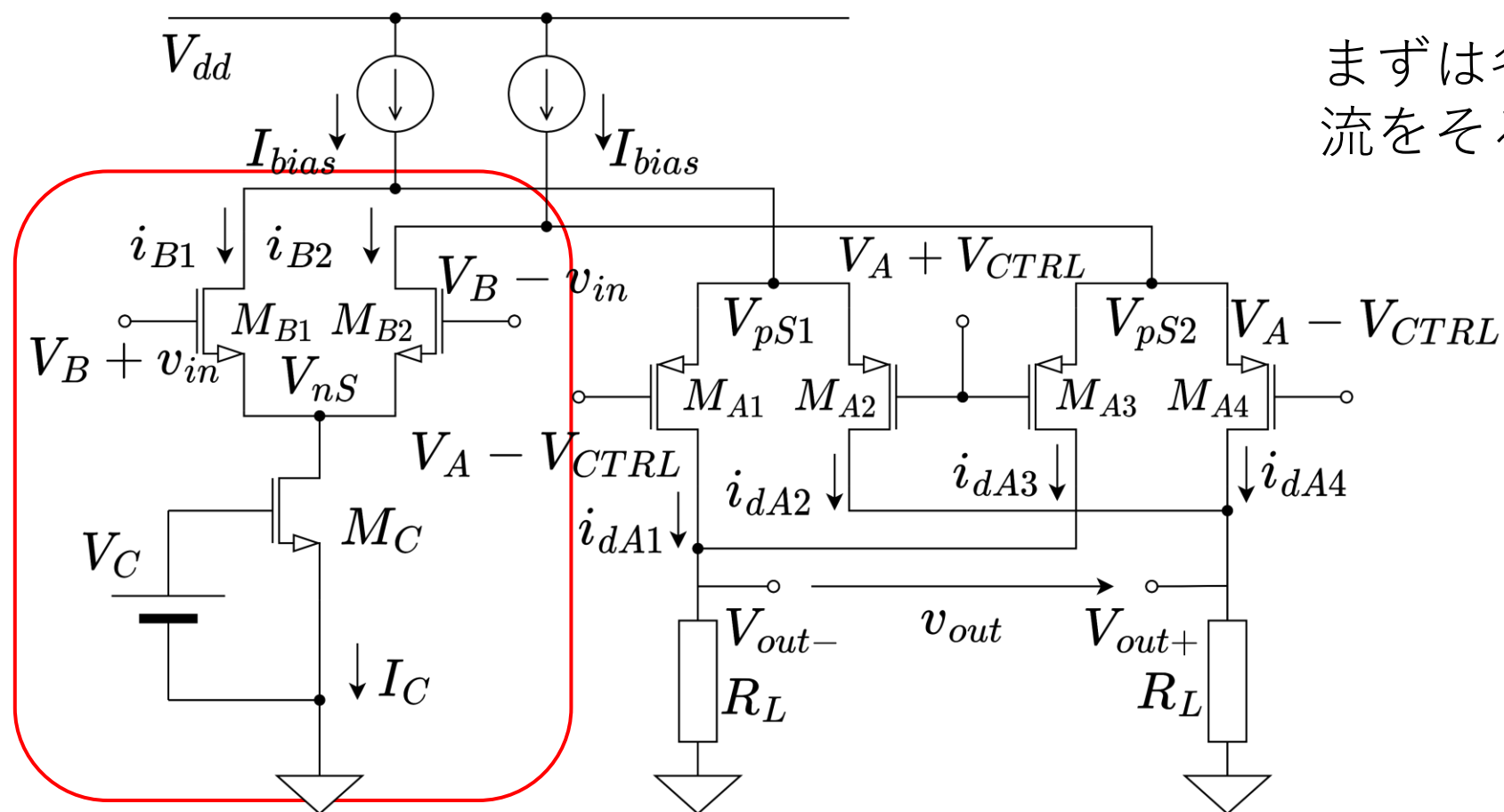
目的

- 折り返し型の素子値の設計を行う
- シミュレーションで従来型と比較する

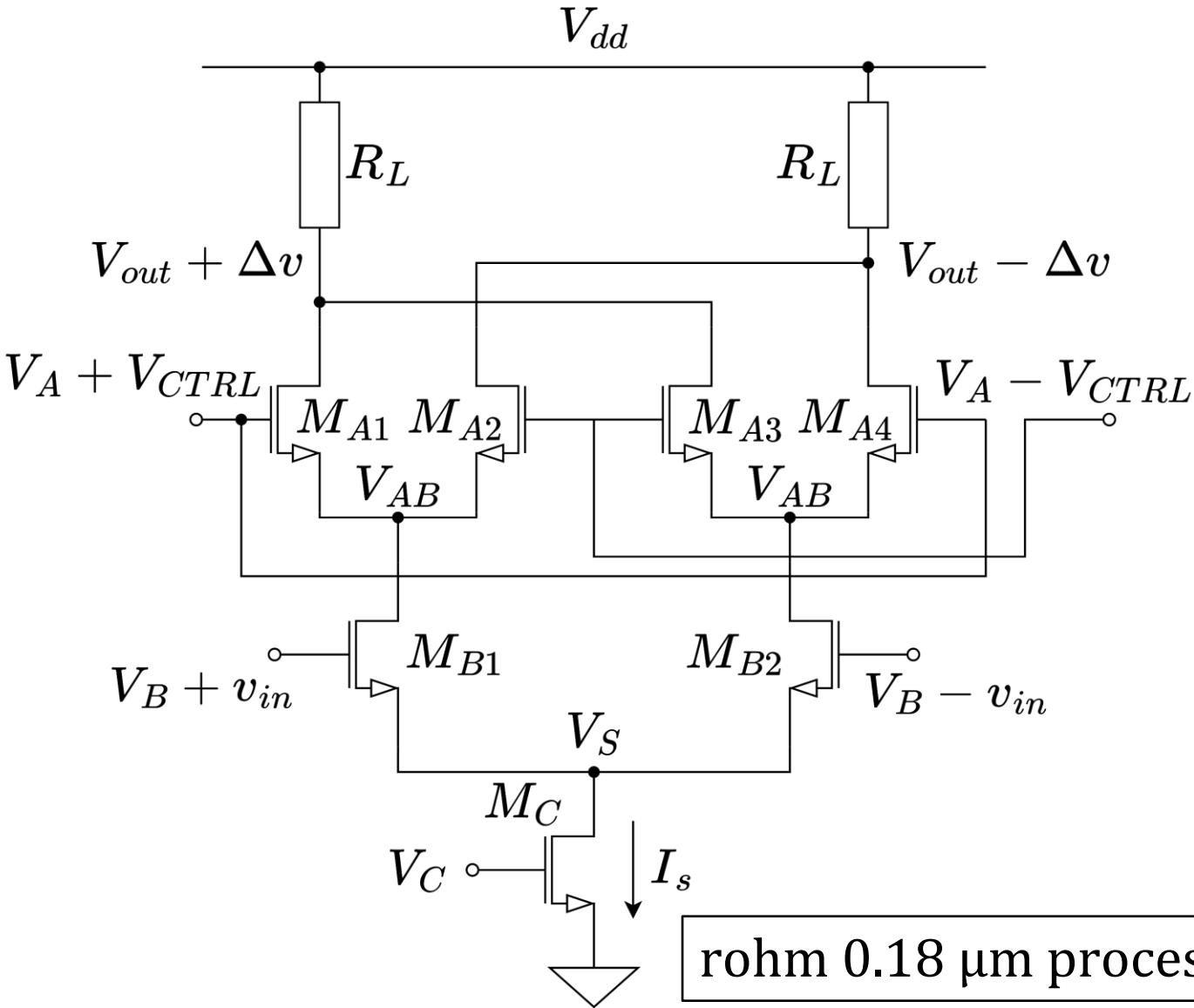
前提条件

赤枠内と負荷抵抗はとりあえず従来型と同様の設計値

まずは各トランジスタに流れる電流をそろえる。



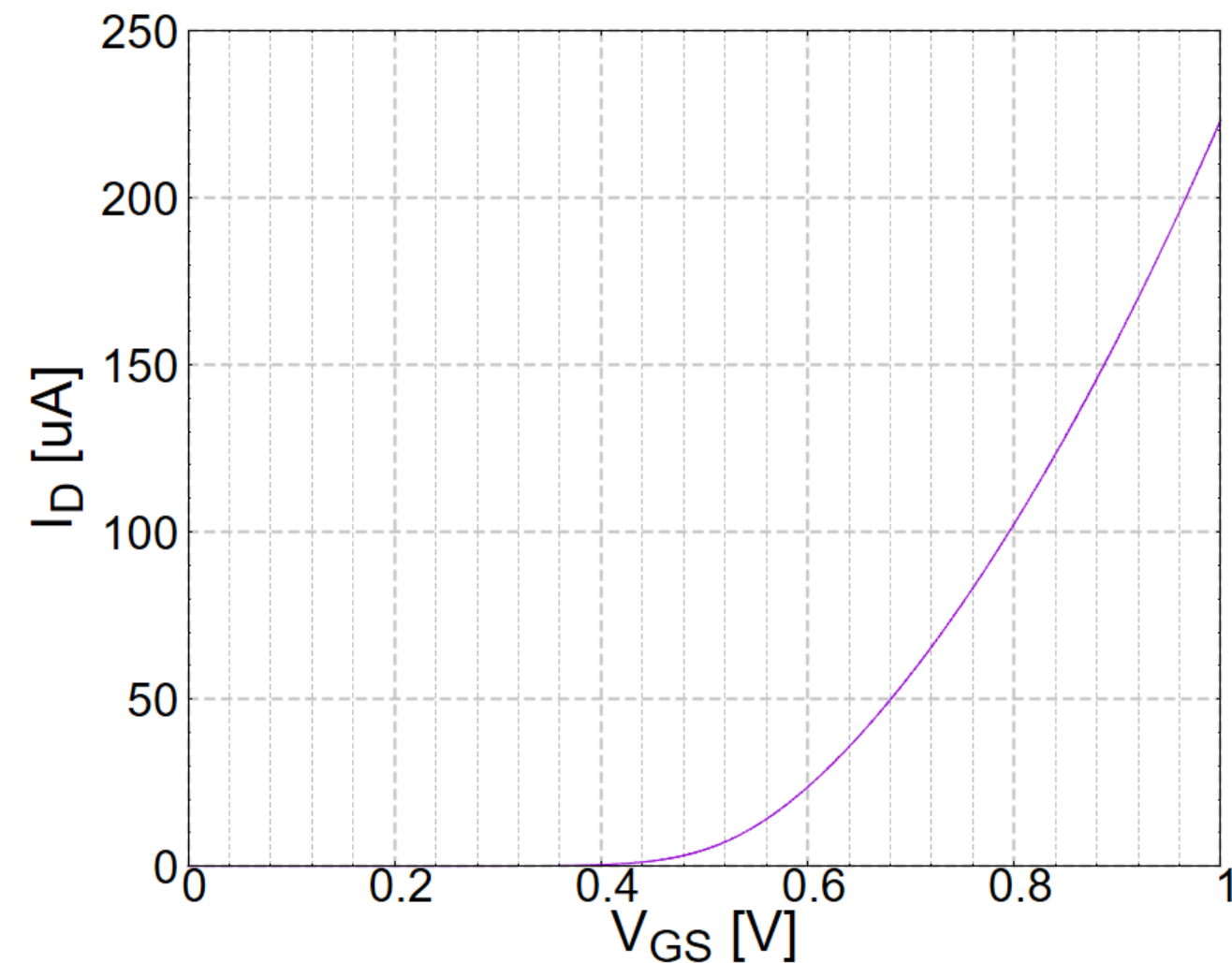
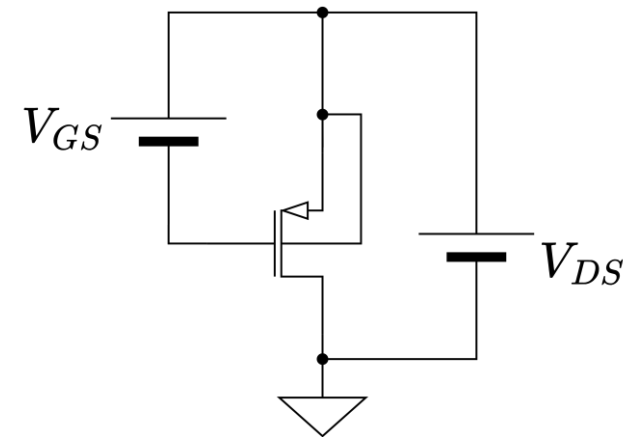
従来型の設計値とシミュレーション結果



node	[V]
V_A	1.59
v_{in}	0
V_{CTRL}	0
V_{out}	1.206
V_{AB}	0.6687
current	[μA]
I_{DA1}	990.8

M_A のゲートソース間電圧は
 $V_A - V_{AB} = 0.9213 \text{ V}$

pmosのシミュレーション



上図のようなpmos単体でシミュレーションを行った。

チャンネル長：0.72 μm

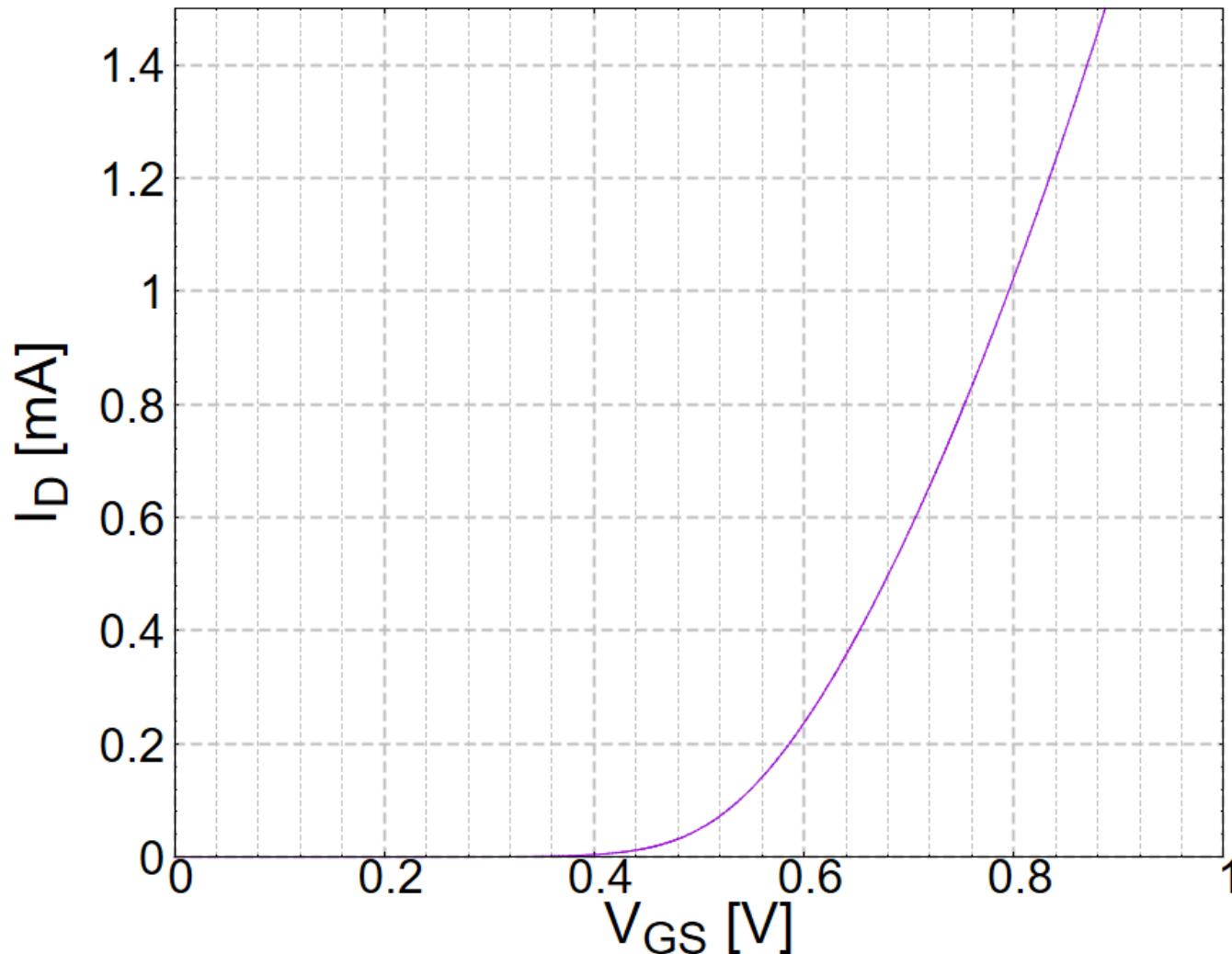
チャンネル幅：20 μm

並列数：1

ドレインソース間電圧：1 V

グラフより、 $V_{GS} = 0.79$ Vでは
 $97.4577 \dots \times 10^{-6} \approx 97.5 \mu A$
のドレイン電流が流れていた。

pmosの設計



$$\frac{1}{97.45} = 10.26 \dots$$

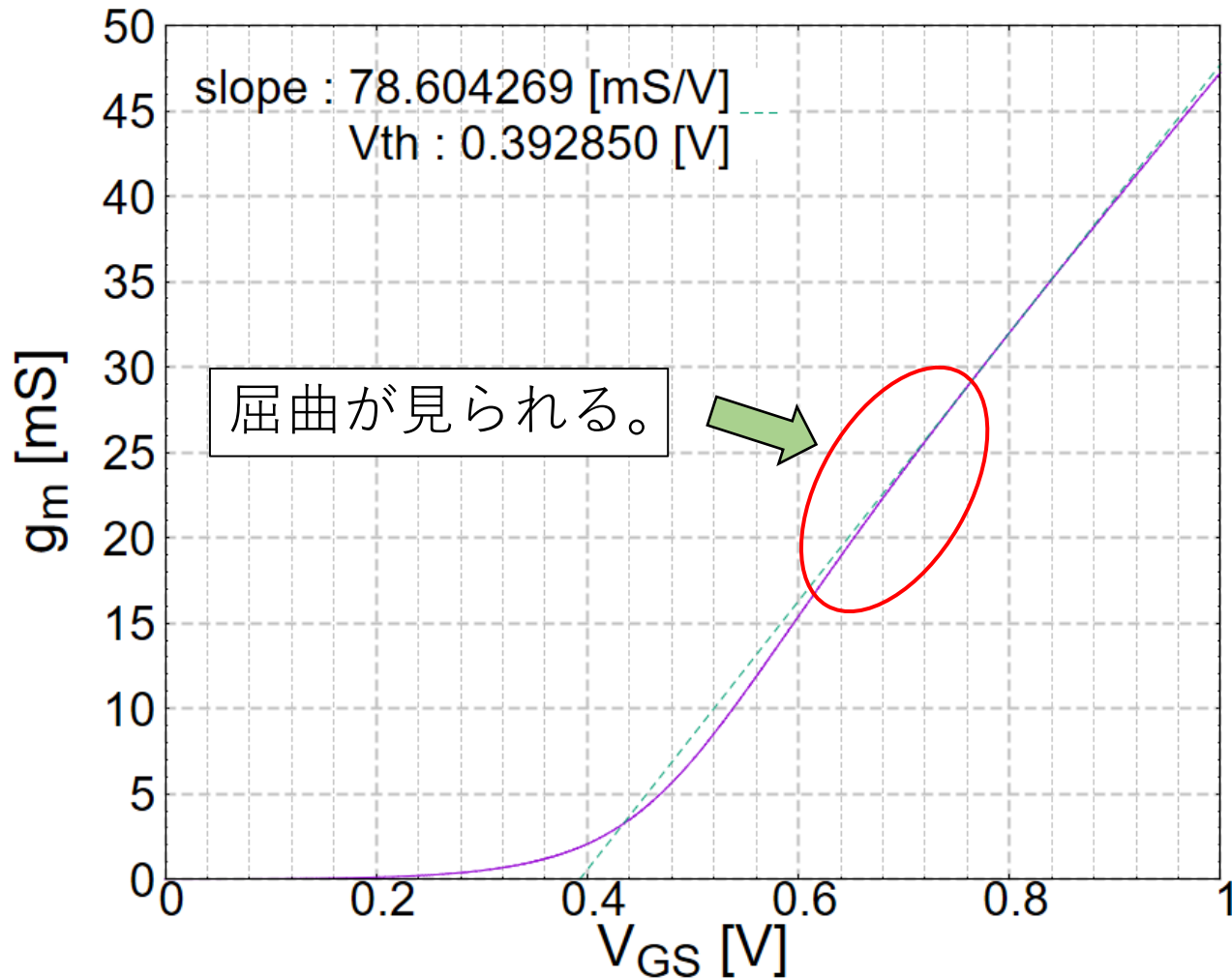
したがって、今回は並列数を10に増やすことで調整した。そのシミュレーション結果が左のグラフであり、 $V_{GS} = 0.79$ Vの時およそ1 mA流れていることが分かる。

上の電流源で0.3 Vの電位降下が起きるとすると、 V_A の電位は

$$1.8 - 0.3 - 0.79 = 0.71\text{V}$$

とすればよい。

pmosのしきい電圧



左のグラフは以下の条件での
 $g_m - V_{GS}$ 特性である。

チャンネル長：0.72 μm

チャンネル幅：20 μm

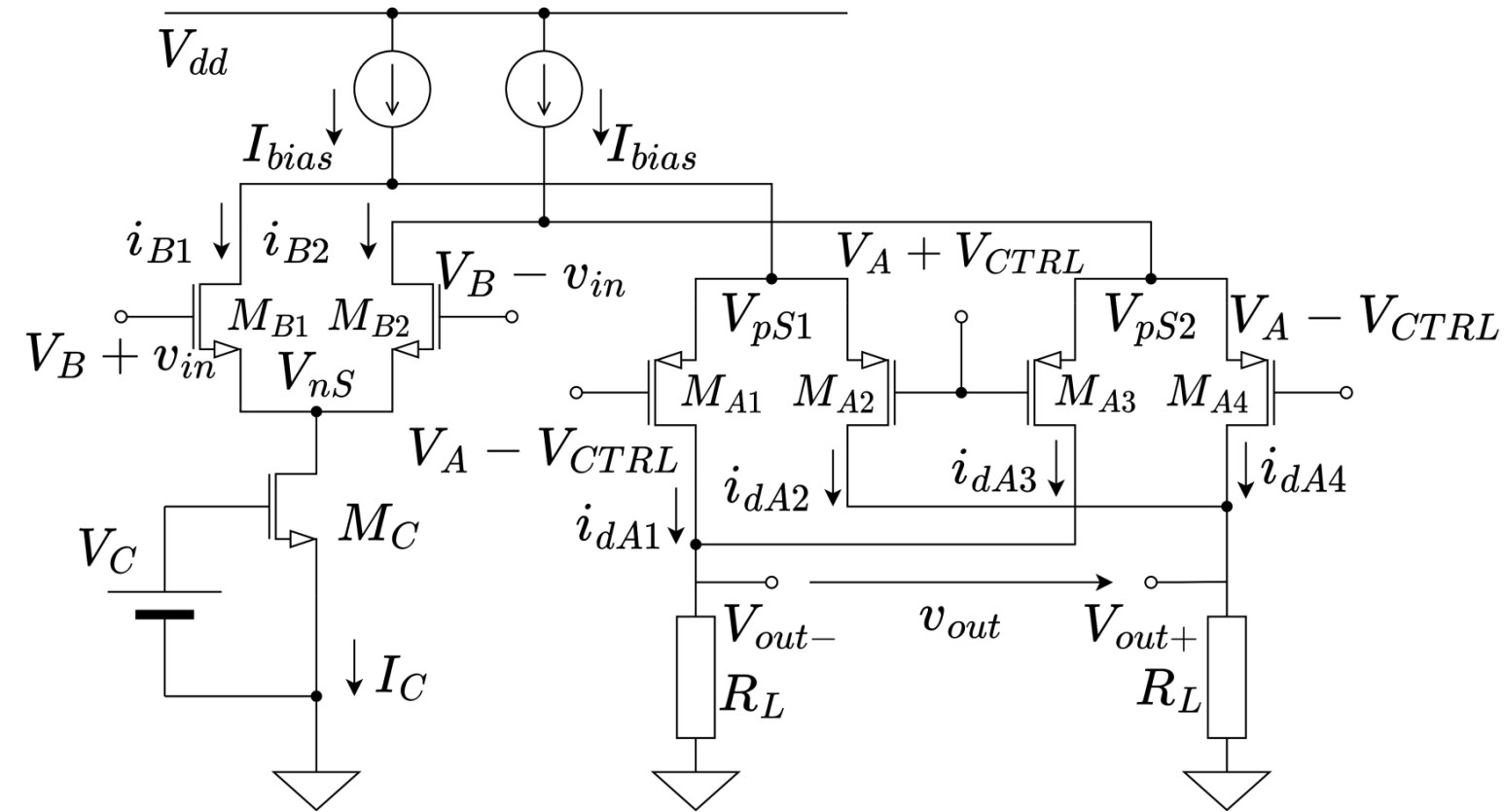
並列数：10

ドレインソース間電圧：1 V

x 軸との交点は0.39 \approx 0.4 Vであった。
したがって、pmosのドレイン電位
は0.71 Vよりも0.4 V高い1.11 Vまで
上昇しても飽和領域で動作できる。

したがって、出力振幅は0.55 V程度
まで許容できる。

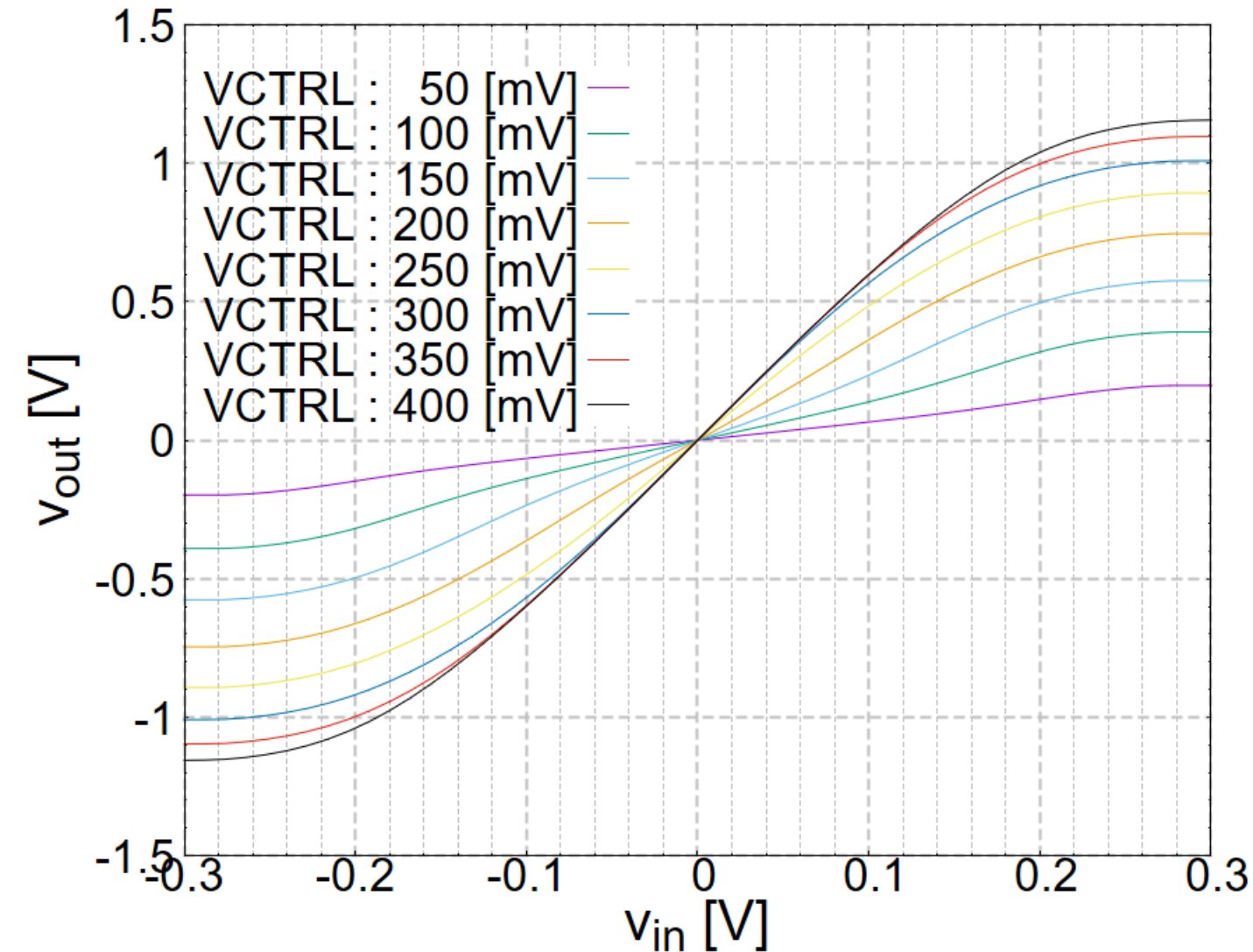
op解析



	設計値	シミュレーション
	[V]	
V_{nS}	0.3	0.252
V_{pS}	1.5	1.507
V_{out}	0.555	0.603
	[mA]	
i_A	1	1.006
i_B	2	1.988
i_C	4	3.976

V_{nS} 以外はほとんど設計通りのシミュレーション結果が得られた。

DC解析

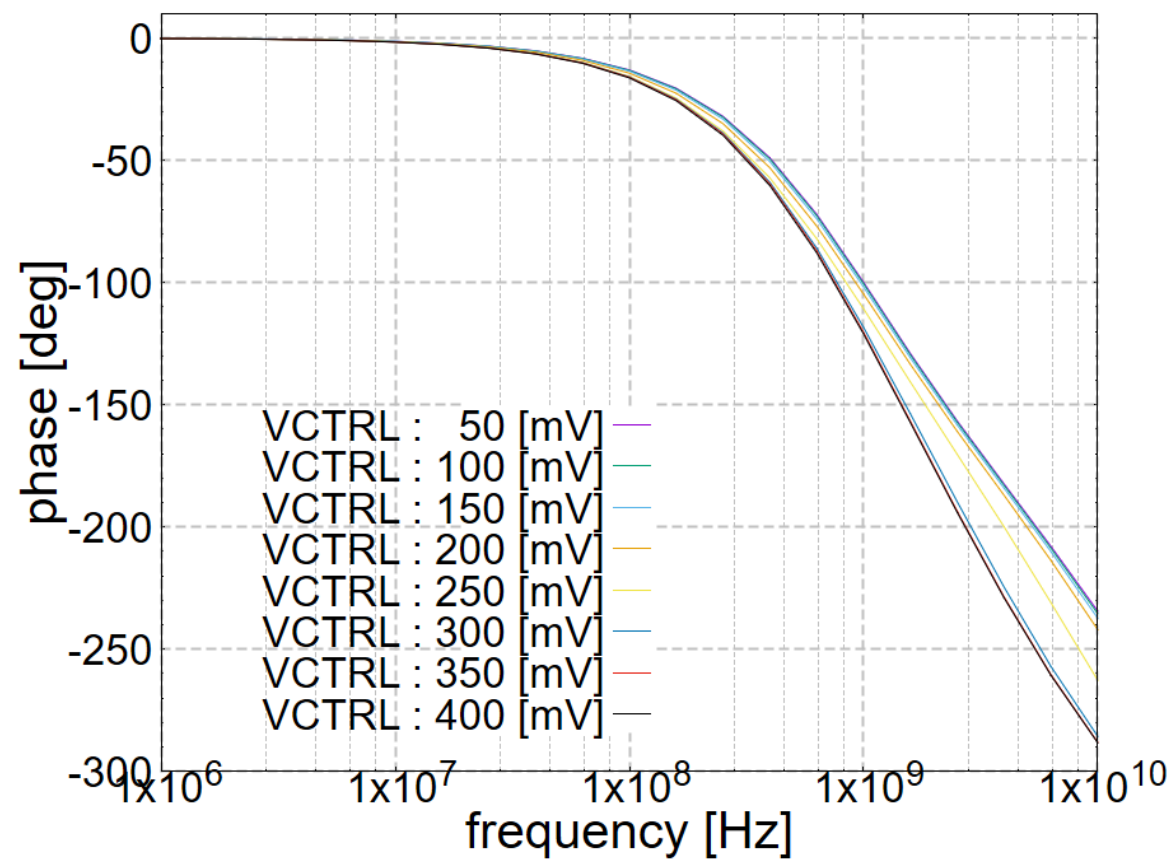
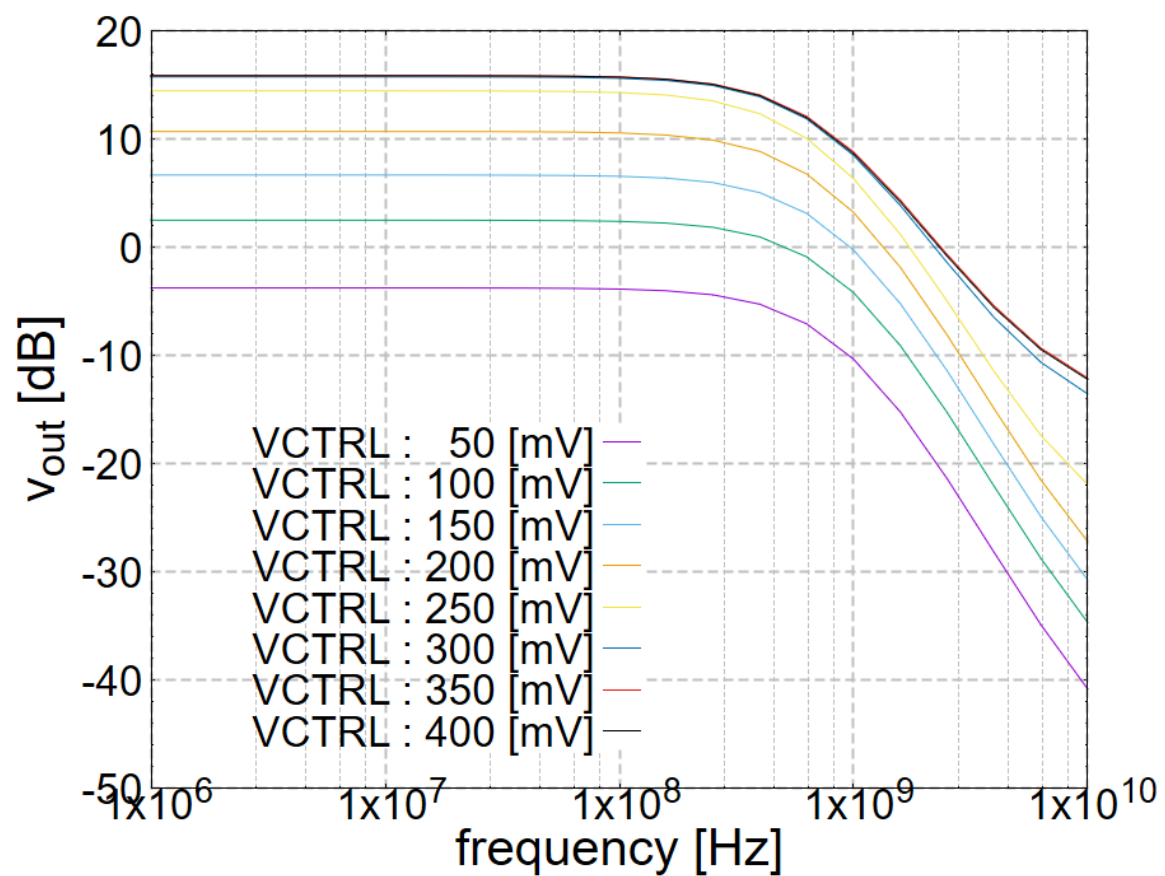


v_{in} , V_{CTRL} におよそ比例した出力が得られた。また、主力範囲は拡大することができた。

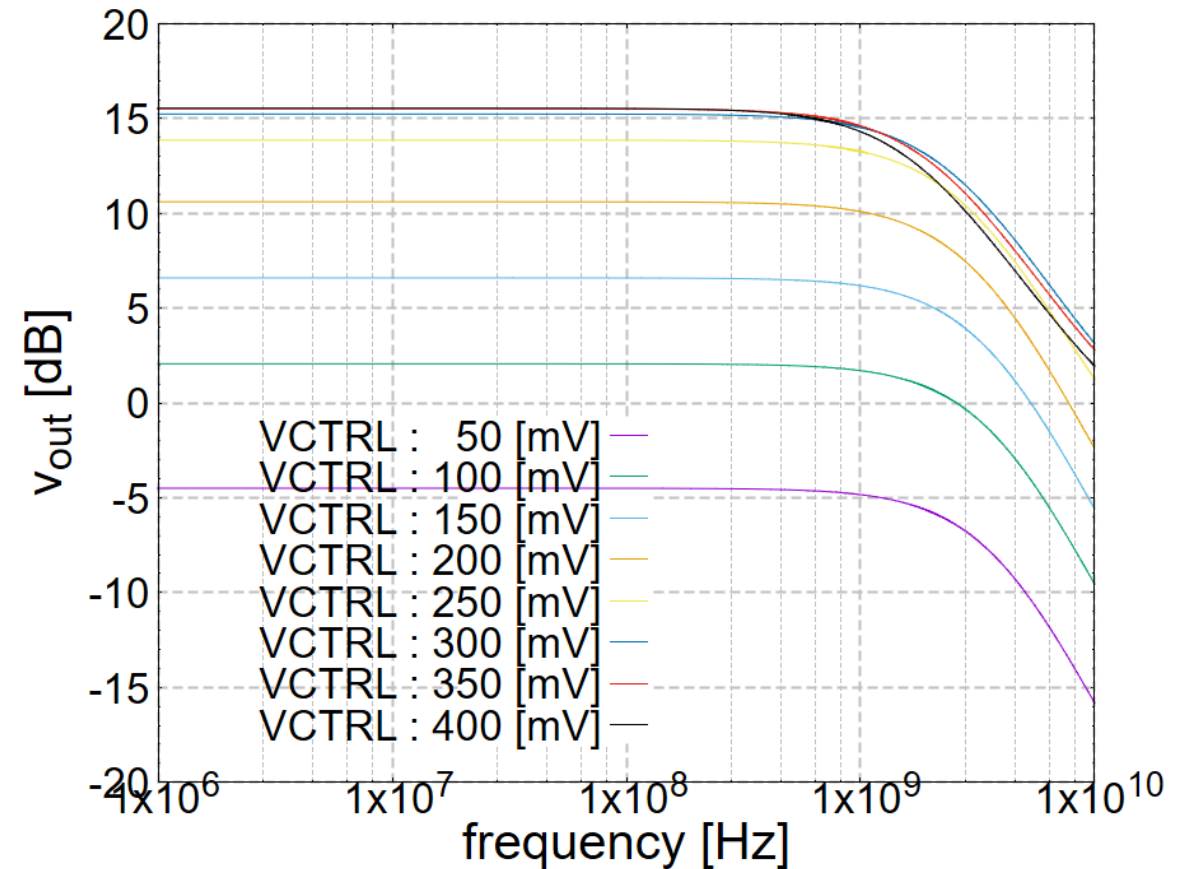
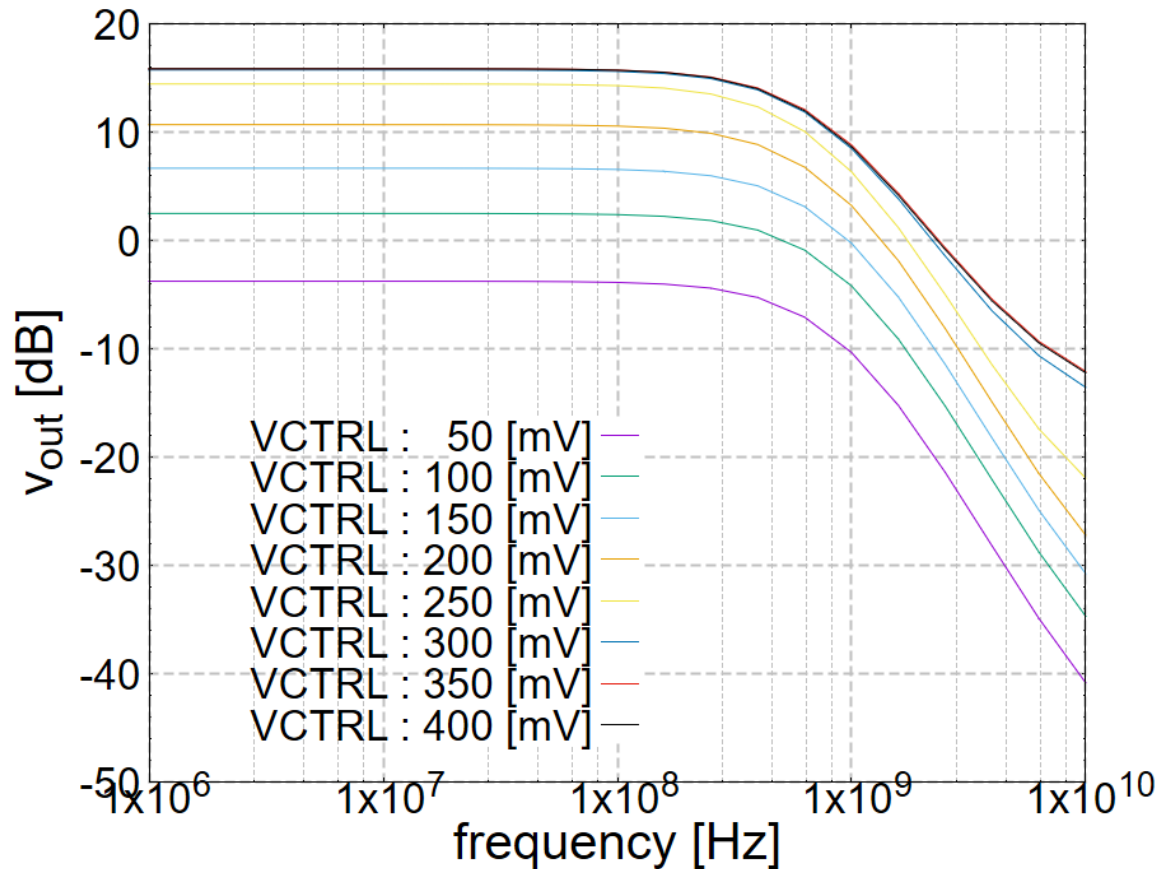
しかし、 $v_{in} = \pm 0.15$ V付近で屈曲が見られた。これはpmosの $g_m - V_{GS}$ 特性の時に見られた折れ曲がりの影響であると思われる。したがって、線形に近づけるにはこの折れ曲がり付近を使わないように設計する必要がある。これは出力範囲を狭める方向に働く。

AC解析

折り返し型の周波数特性



AC解析



左は折り返し型、右は従来型の周波数特性である。ゲインは大きい
が周波数特性が折り返し型では劣化していることが確認できた。

まとめ

- 折り返し型の設計ができた。
- シミュレーションでおおよそ予測通りの結果が得られた。
- pmosの特性が変わる点を見つけた
- 特性が変わる点を避けて再度設計を見直す