

演算増幅器設計の詳細と シミュレーション

B4 小島光

2023/5/22

1

1

目次

1. 目的
2. 回路構成
3. 各段の詳細
4. シミュレーション

2023/5/22

2

2

1.目的

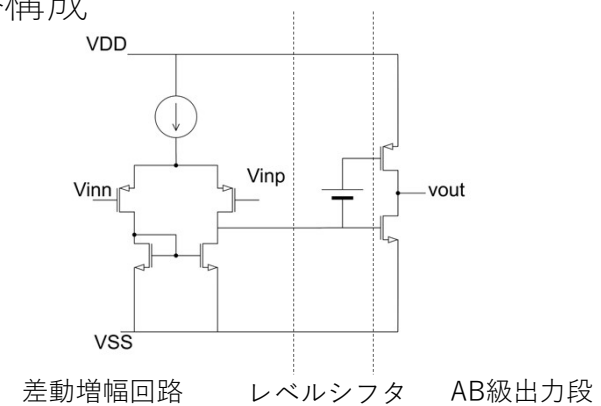
- 演算増幅器コンテストに向けて
- シミュレーションの部のために

2023/5/22

3

3

2.回路構成

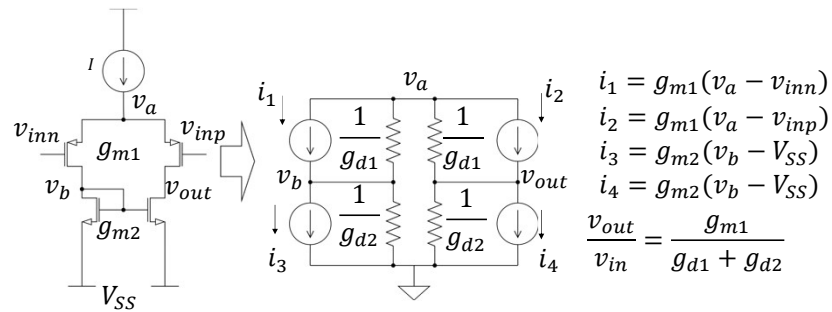


2023/5/22

4

4

3.1 差動増幅回路

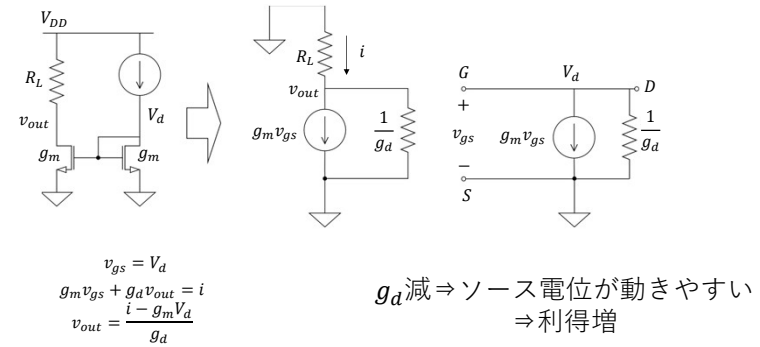


2023/5/22

5

5

3.2 能動負荷



2023/5/22

6

6

3.3 チャネル長と g_d

V_{ds} が増加したとき、チャネル長が ΔL だけ短くなったとすると

$$I_d = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L - \Delta L} (v_{gs} - v_{th})^2$$

$$= \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L \left(1 - \frac{\Delta L}{L}\right)} (v_{gs} - v_{th})^2$$

$$= \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (v_{gs} - v_{th})^2 \cdot \left(1 - \frac{\Delta L}{L}\right)^{-1}$$

$$\approx \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (v_{gs} - v_{th})^2 \left(1 + \frac{\Delta L}{L}\right) = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (v_{gs} - v_{th})^2 (1 + \lambda V_{ds})$$

2023/5/22

7

7

3.3 チャネル長と g_d

ドレイントランスコンダクタンス g_d は以下で定義される

$$g_d = \frac{\partial I_d}{\partial V_{ds}}$$

$$I_d = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (v_{gs} - v_{th})^2 \cdot (1 + \lambda V_{ds}) \text{ であるので}$$

$$\therefore \frac{\partial I_d}{\partial V_{ds}} = \lambda \cdot \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (v_{gs} - v_{th})^2 = \frac{\lambda I_d}{1 + \lambda V_{ds}} \approx \lambda I_d = g_d$$

2023/5/22

8

8

3.3 チャンネル長と g_d

差動増幅回路の利得を上げるには？

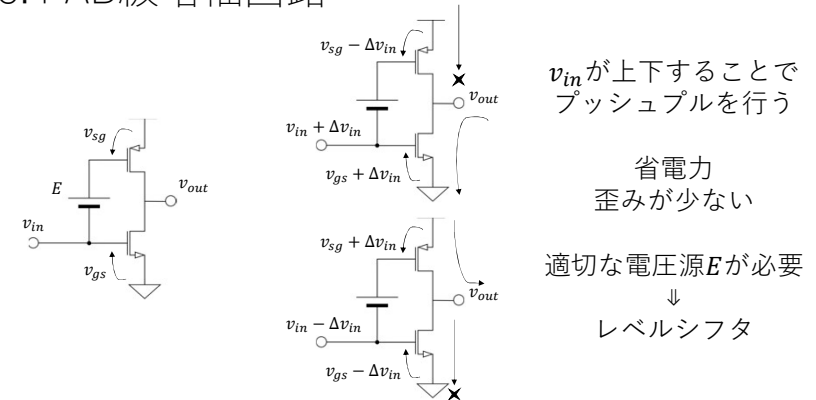
- 作動対の g_m を大きくする
- $\Rightarrow \frac{W}{L}$ 、 v_{gs} 、 v_{ds} を大きくする
- カレントミラーの g_d を小さくする
- $\Rightarrow \frac{L}{W}$ を大きくする

2023/5/22

9

9

3.4 AB級増幅回路

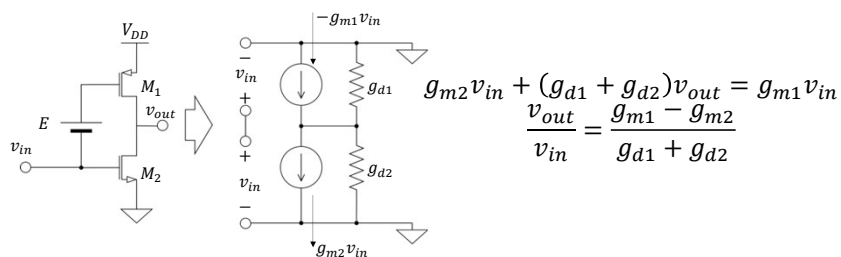


2023/5/22

10

10

3.4 AB級増幅回路

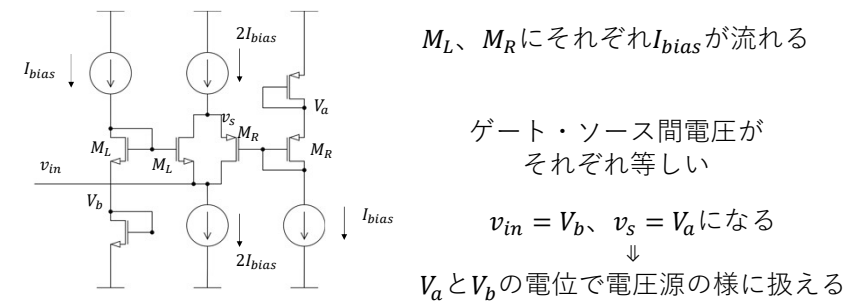


2023/5/22

11

11

3.5 レベルシフタ

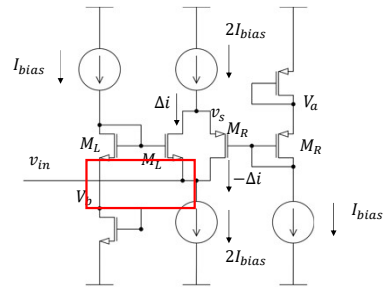


2023/5/22

12

12

3.5 レベルシフタ



2023/5/22

13

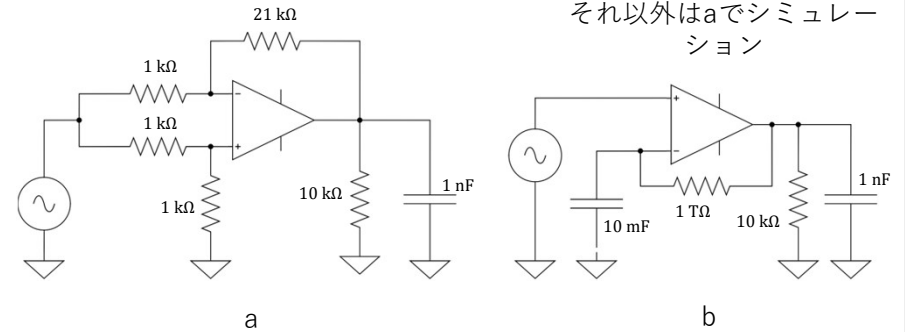
課題

シフトの幅が広い
↓
 M_L のソース電位が下がる
↓
バイアス電流が増大

13

4 シミュレーション回路

位相余裕・直流利得のみb、
それ以外はaでシミュレーション

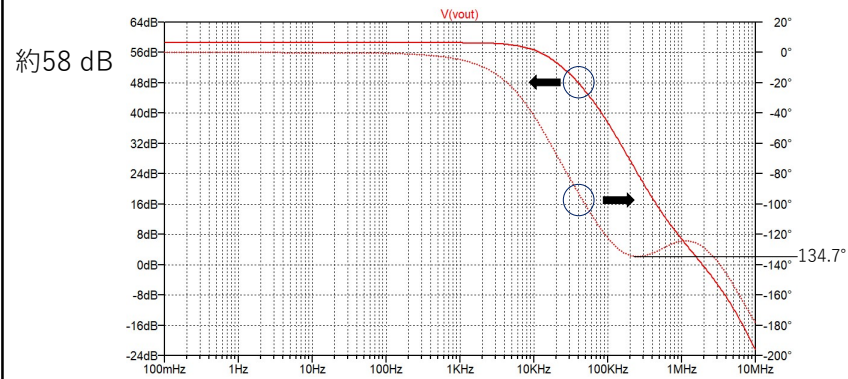


2023/5/22

14

14

4.1 位相余裕、直流利得

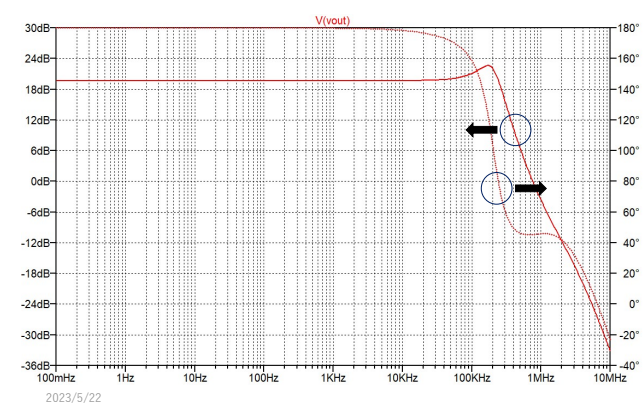


2023/5/22

15

15

4.2 帯域幅



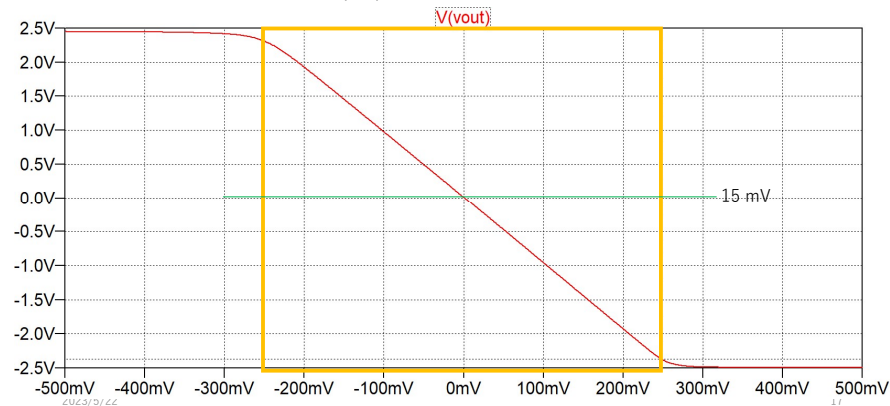
2023/5/22

16

コンテストの基準
では200 kHz程度
実際は20 kHz程度

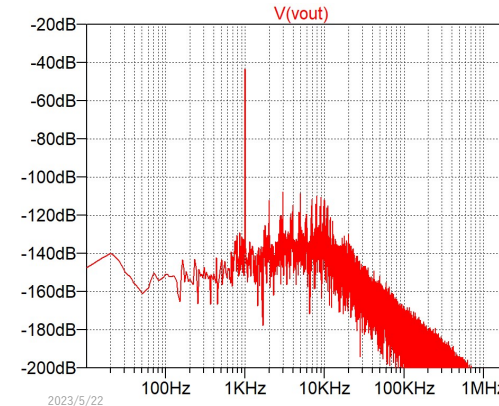
16

4.3 同相入力範囲・オフセット



17

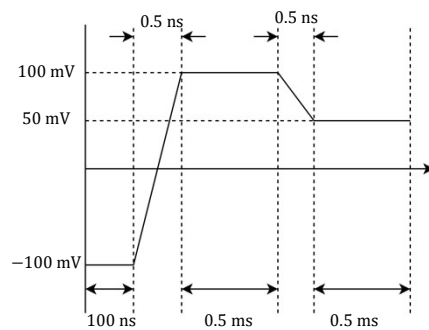
4.4 全高調波歪み



0.118 % (基本波に対する第10次
高調波までの総和で算出)

18

4.5 スルーレート

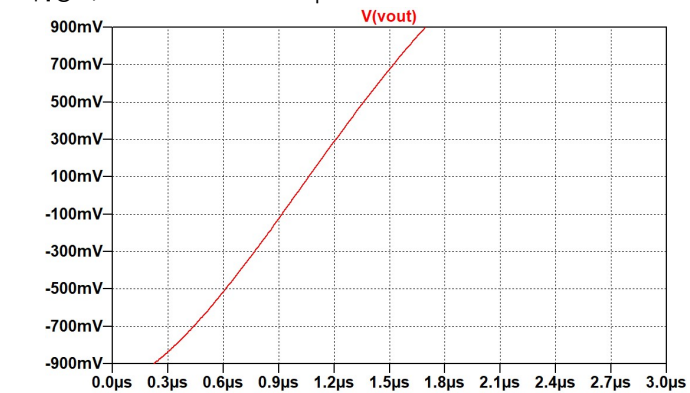


2023/5/22

19

19

4.5 スルーレート



約1.2 V/μs

2023/5/22

20

20