

Introduction

研究背景 信頼性

電子回路での信頼性問題

PVT変動に依らず安定な動作

- Process(プロセス)
- Voltage(電源電圧)
- **Temperature(温度)**



定電流源

2018/12/4

研究背景 IoT時代

IoT(Internet of Things)

電子機器の需要が増加



各電子製品に対する信頼性が重要



2018/12/4

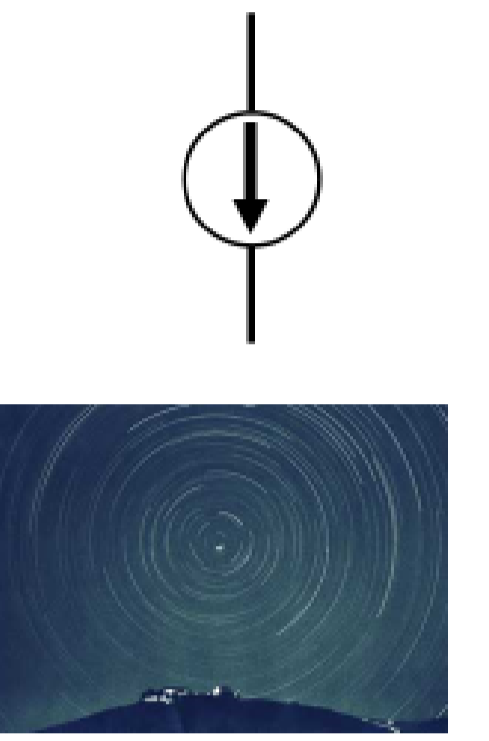
基準定電流源とは？

周囲環境に依らず
回路に一定の電流を供給



アナログIC内で一つは必要

基準電流源 → 北極星

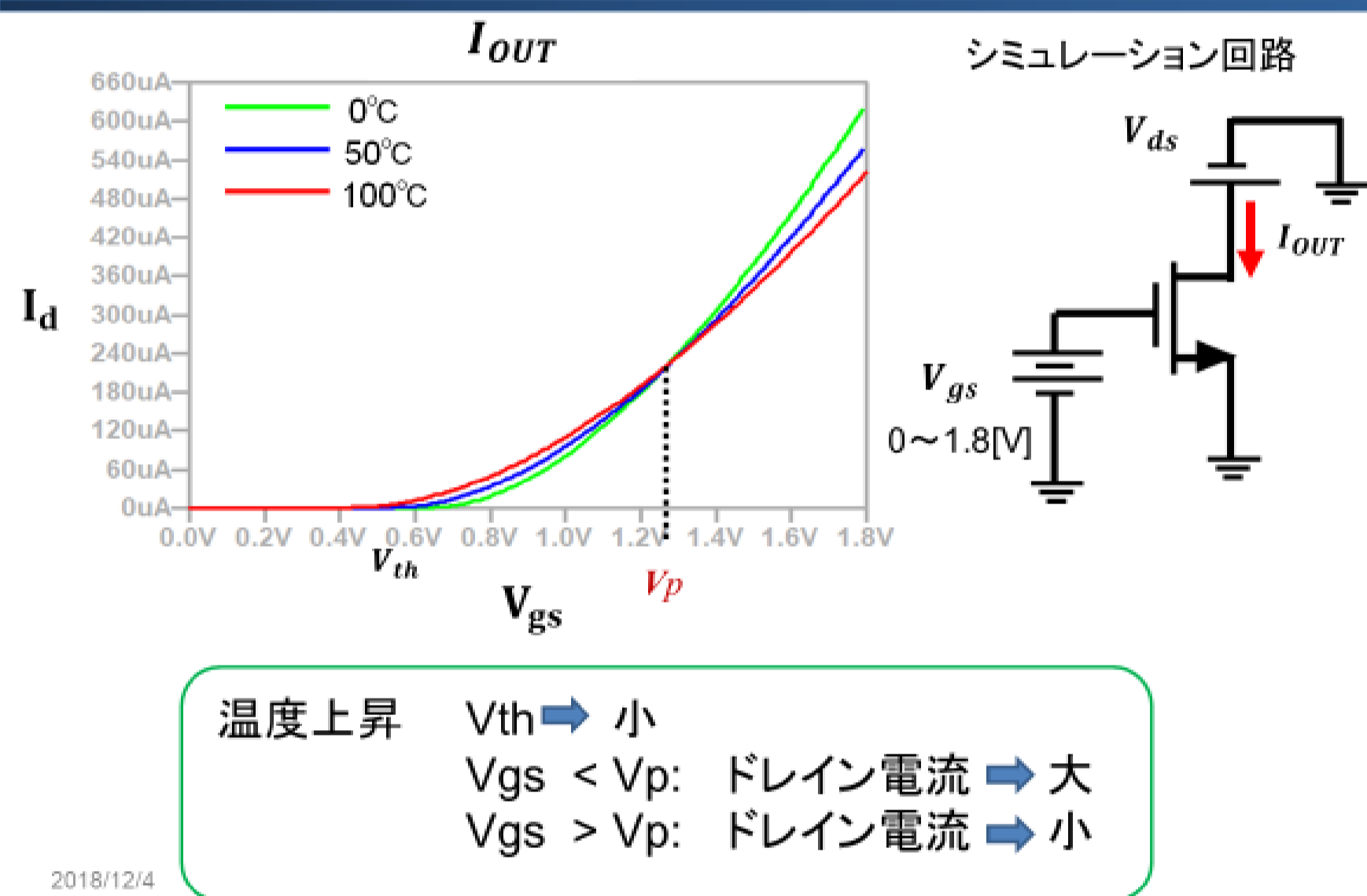


今回

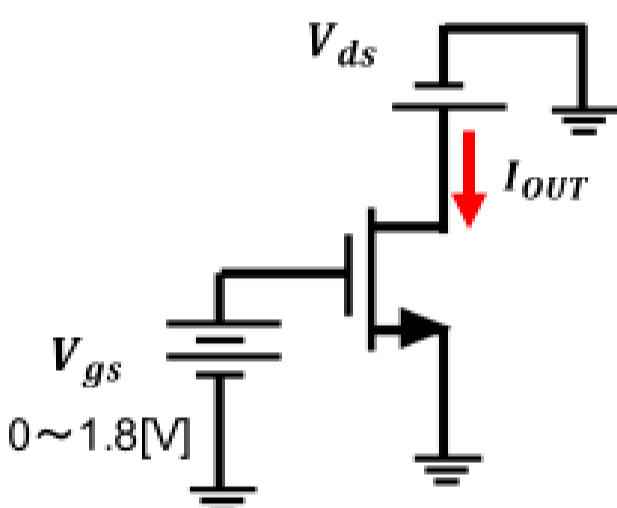
温度変動にロバストな定電流源

2018/12/4

温度上昇による電流特性寝起き劣化



シミュレーション回路



温度上昇 Vth → 小
Vgs < Vp: ドレイン電流 → 大
Vgs > Vp: ドレイン電流 → 小

2018/12/4

MOSFET電流式での温度特性

$$I_d = \frac{W}{L} \mu C_{ox} [(V_{GS} - V_{th})V_{DS} - \frac{1}{2}V_{DS}^2] \dots (1)$$

$$I_d = \frac{W}{2L} \mu C_{ox} (V_{GS} - V_{th})^2 (1 - \lambda V_{DS}) \dots (2)$$

μ: 移動度

$$\mu = \mu_0 (T/T_0)^{-1.5} \dots (3)$$

温度: 高

電流(: Id): 減少

Vth: 閾値

$$V_{th} = \frac{\sqrt{2eN_A\epsilon_{Si}(2\phi_B)} + 2\phi_B + V_{FB}}{C_{ox}} \dots (4)$$

$$\phi_B = \frac{k_B T}{e} \ln \left(\frac{N_A}{n_i} \right), n_i = N \exp \left(-\frac{\epsilon_g}{2k_B T} \right) \dots (5)$$

$$\frac{dV_{th}}{dT} = -1 \sim -3 [mV/^{\circ}C]$$

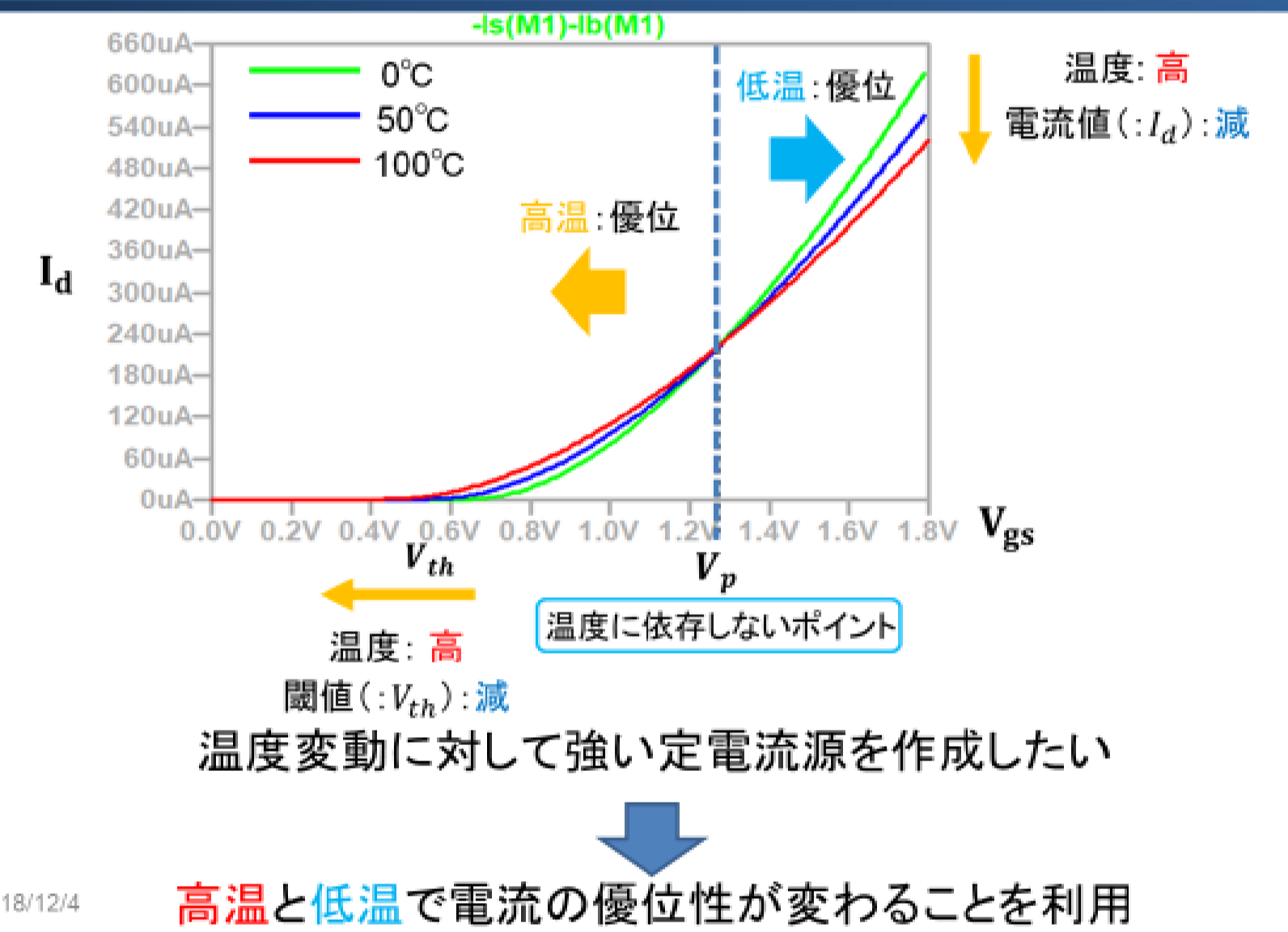
温度: 高

閾値(: Vth): 低下

φB: 内蔵電位
ni: NMOSFETの高性キャリア密度

2018/12/4

MOS電流の温度特性の定義設定



温度変動に対して強い定電流源を作成したい

高温と低温で電流の優位性が変わることを利用

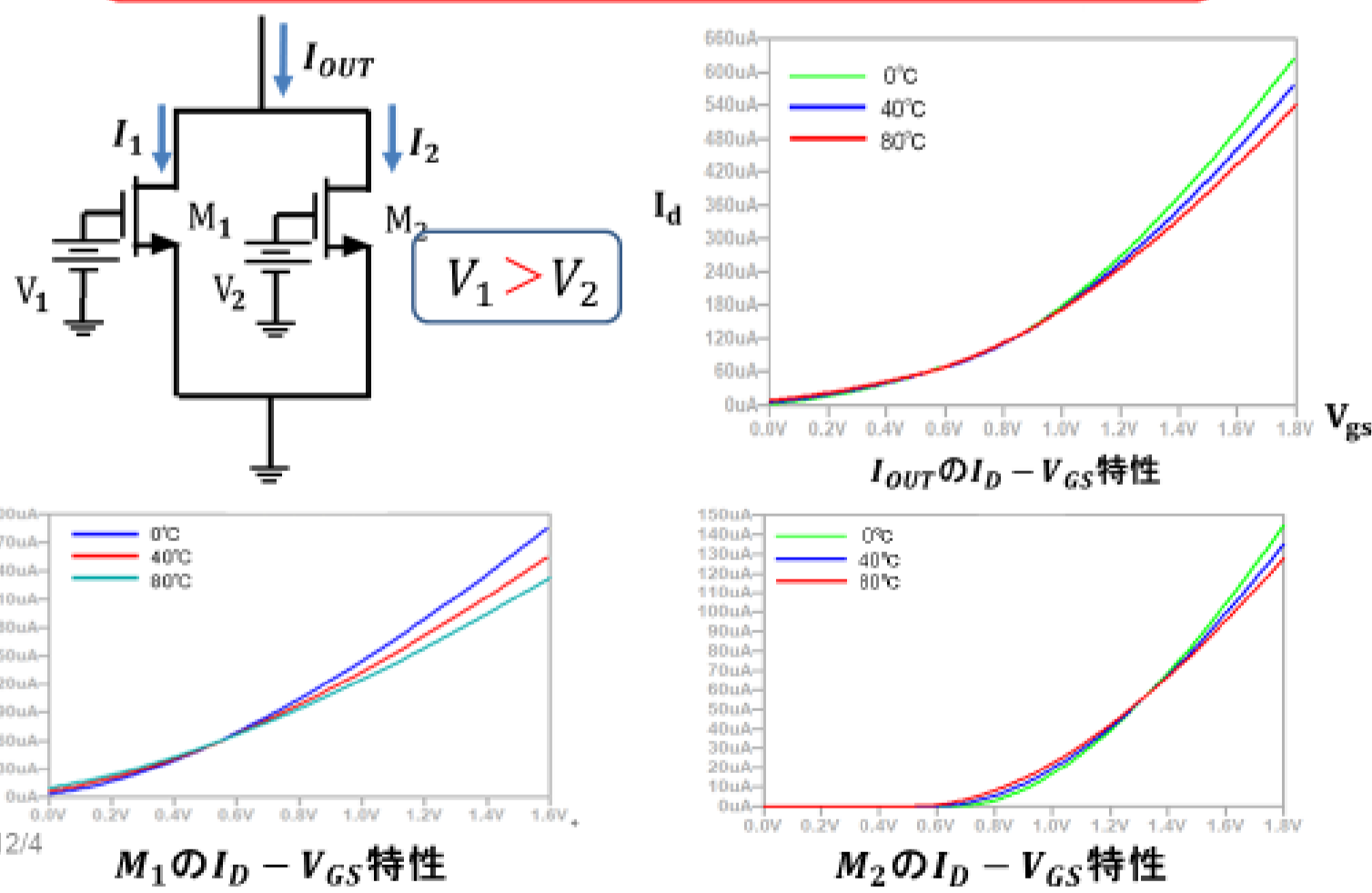
2018/12/4

Proposed

温度変動に依存しないMOS定電流源の提案

提案回路

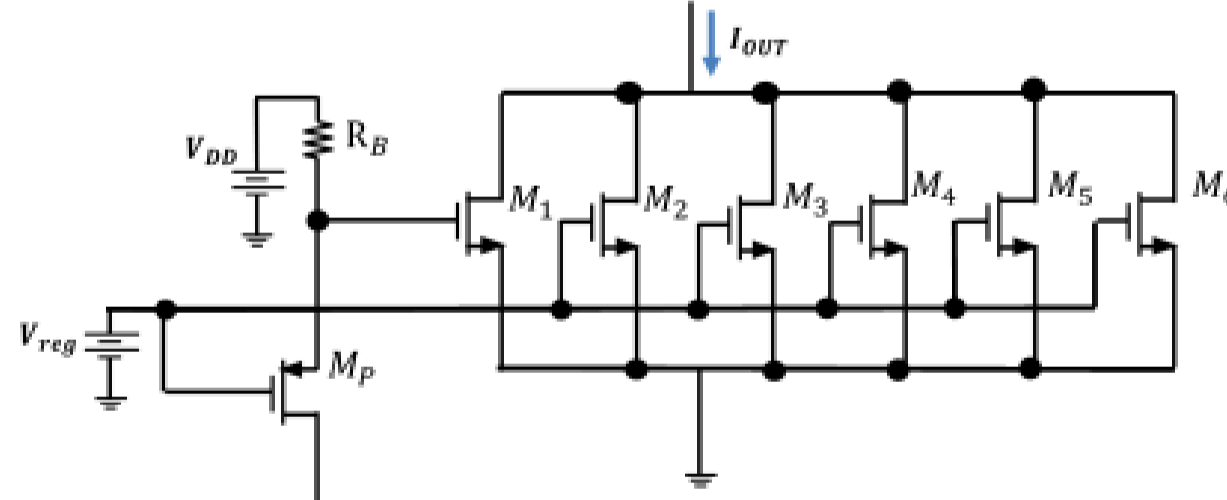
2つのMOSゲートに異なるバイアス電圧を与える



2018/12/4

提案回路 1

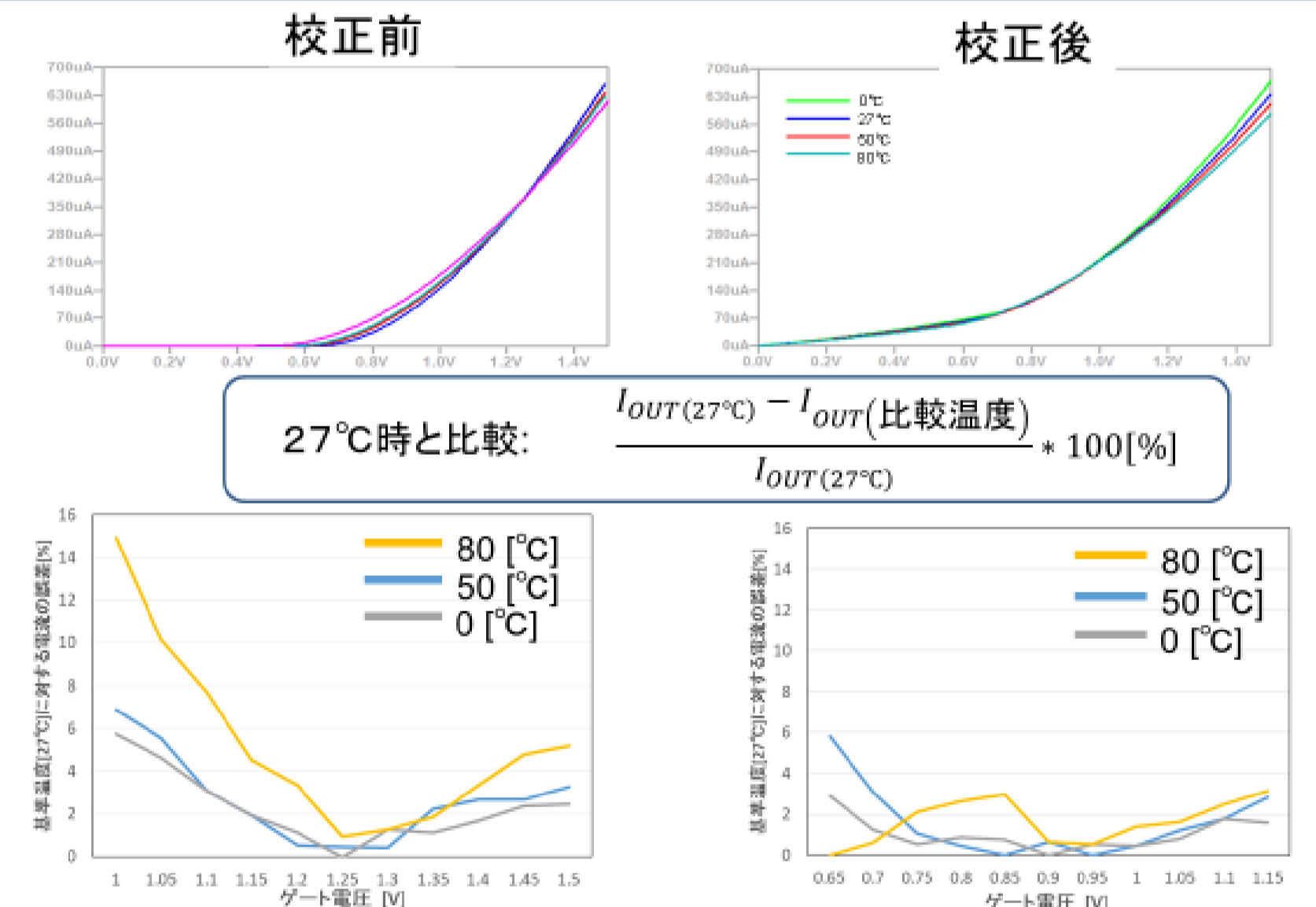
提案回路: PMOSによるバイアス



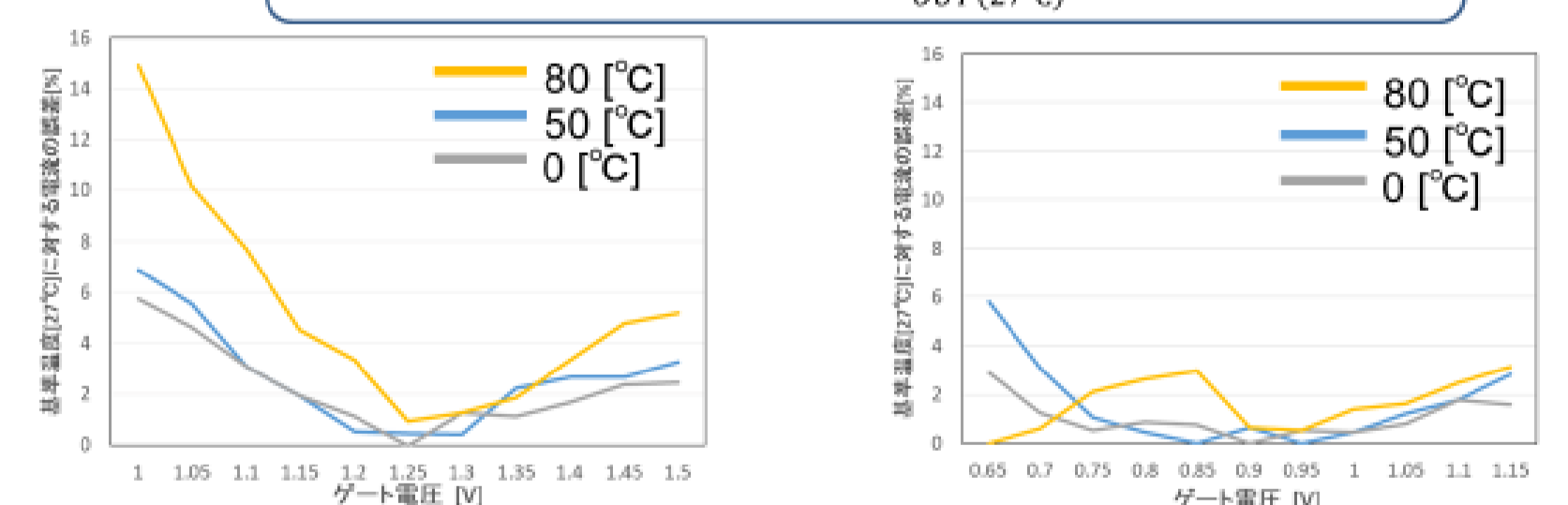
Parameter	Value
M1 ~ M6	W=5[um], L=2[um]
Mp	W=5[um], L=2[um]
Rb	100 [kΩ]
VDD	3 [V]
Vreg	0~1.5 [V]
temperature	0, 27, 50, 80 [°C]

2018/12/4

シミュレーション結果: 出力電流

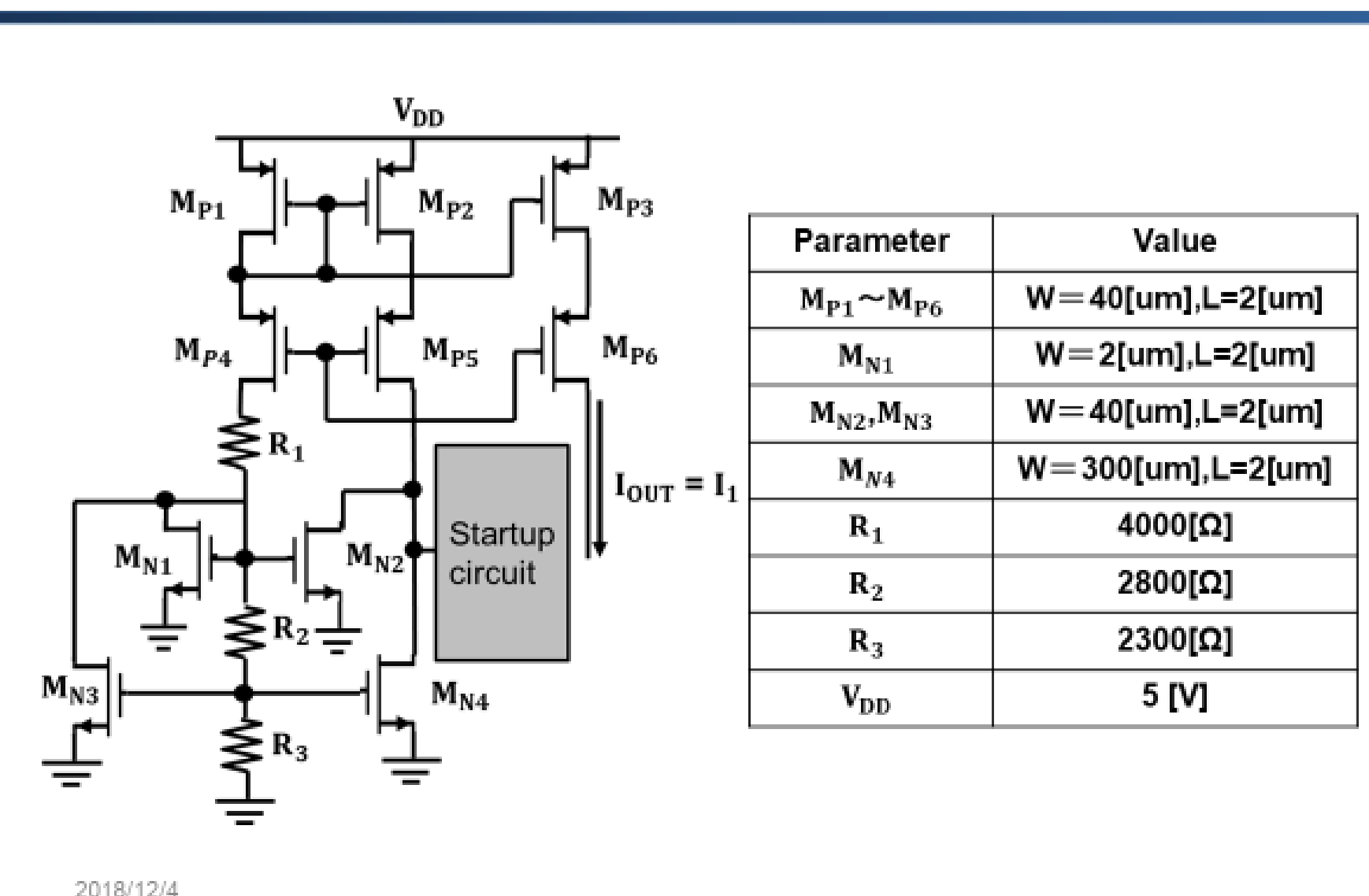


$$27^{\circ}C \text{ 時と比較: } \frac{I_{OUT}(27^{\circ}C) - I_{OUT}(\text{比較温度})}{I_{OUT}(27^{\circ}C)} * 100[\%]$$



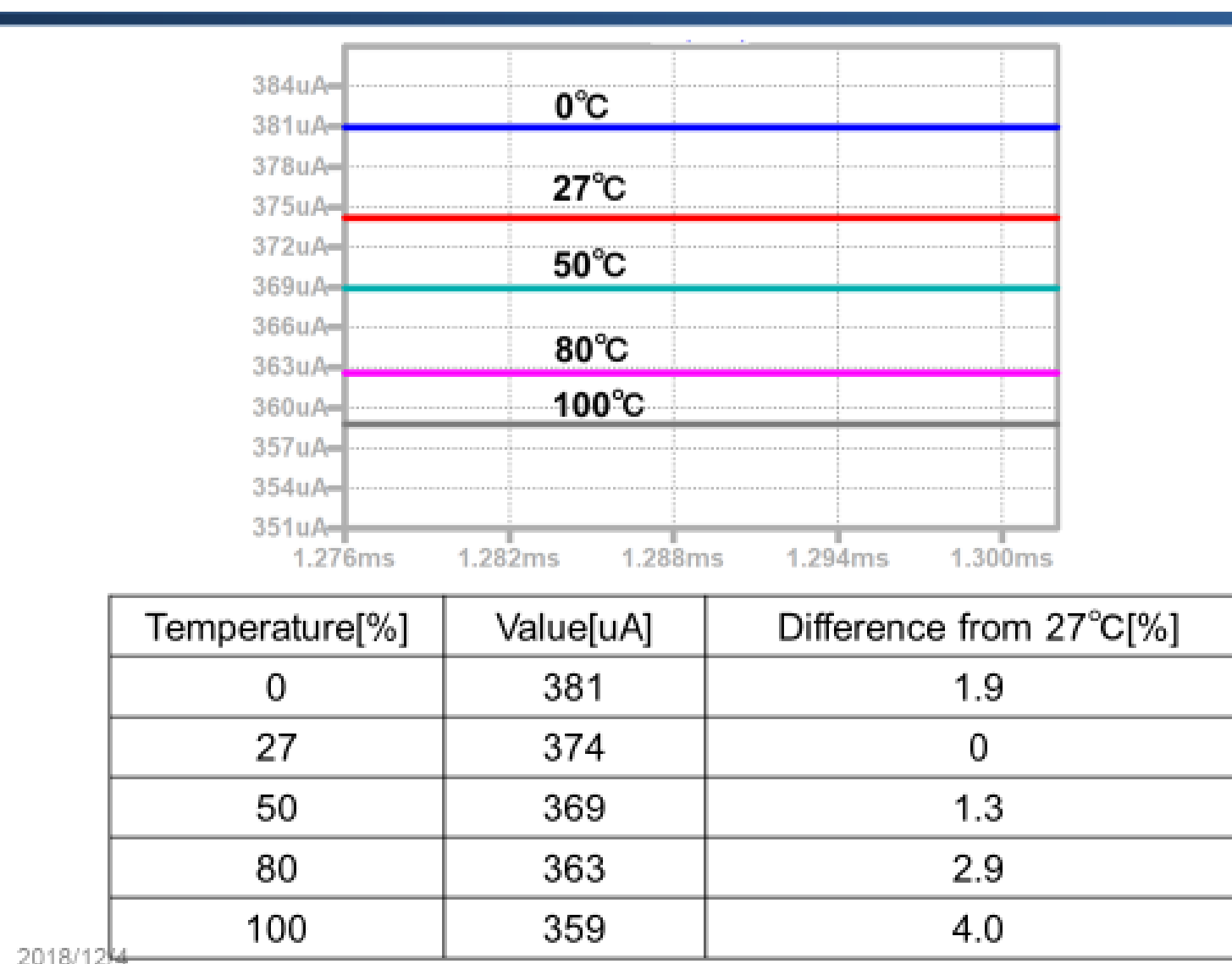
Conclusion

提案回路 2



2018/12/4

シミュレーション結果: 出力電流



2018/12/4

まとめと今後の課題

まとめ

- 温度変動に対してロバストな回路構成の基準電流源の提案を行った
- SPICEシミュレーションで動作検証

今後の課題

- JEDAT社のEDAを用いた回路設計、および検証
- 温度不感型電流源回路のAnaCell化と適用
- 実チップでの動作検証

2018/12/6