

阿部 優大 井田 貴士 築地 伸和 柴崎 有祈子 桑名 杏奈 小林 春夫
 群馬大学大学院 理工学府 電子情報数理教育プログラム
 鈴木 彰 轟 祐吉 柿木 利彦 小野 信任 三浦 一広
 (株) ジーダット



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

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

国内IoT市場の市場規模予測 単位:億円

2013年 2,863 2014年 3,800 2015年 4,800 2016年 5,800 2017年 6,800 2018年 7,800 2019年 8,800 2020年 9,800

(シード・プランニング作成)

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

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 $V_{th} \rightarrow$ 小
 $V_{gs} < V_p$: ドレイン電流 \rightarrow 大
 $V_{gs} > V_p$: ドレイン電流 \rightarrow 小

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

V_{th} : 閾値 $V_{th} = \frac{\sqrt{2eNA\epsilon_{Si}(2\phi_B)} + 2\phi_B + V_{FB}}{C_{OX}} \dots (4)$

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

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

温度: 高
電流(I_d): 減少

温度: 高
閾値(V_{th}): 低下

ϕ_B : 内蔵電位
 n_i : NMOSFETの高性キャリア密度

MOS電流の温度特性の定義設定

温度: 高
電流値(I_d): 減

温度: 高
閾値(V_{th}): 減

温度に依存しないポイント

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

Proposed

温度変動に依存しないMOS定電流源の提案

提案回路コンセプト
2つのMOSゲートに異なるバイアス電圧を与える

$V_1 > V_2$

M_1 の $I_D - V_{GS}$ 特性

M_2 の $I_D - V_{GS}$ 特性

提案回路

Parameter	Value
$M_{P1} \sim M_{P6}$	$W = 800[\mu m], L = 2[\mu m]$
M_{N1}, M_{N2}	$W = 0.1[\mu m], L = 2[\mu m]$
M_{N3}	$W = 20[\mu m], L = 2[\mu m]$
M_{N4}	$W = 200[\mu m], L = 2[\mu m]$
R_1	500[Ω]
R_2	1900[Ω]
R_3	1500[Ω]
V_{DD}	5 [V]

シミュレーション結果: M_{N3}, M_{N4}

M_{N3} : 高温 $\rightarrow I_d$: 大

M_{N4} : 低温 $\rightarrow I_d$: 大

Conclusion

シミュレーション結果: I_{OUT}

Temperature [°C]	Value [mA]	Difference from 27°C [%]
-50	1.07521	0.194087
-30	1.07456	0.133516
0	1.07363	0.046854
50	1.07315	0.002125
80	1.07398	0.079469
100	1.0751	0.183837

誤差0.2%以下

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

株式会社JEDAT製EDA「Asca-Advance」

最適なL/W値を選定

↓

アナログ回路設計時間短縮

Place in schematic

Copyright 2018, Jedat Inc.