
サブスレッショルドCMOSデジタル回路のためのオンチップ電源

Power Supply Circuit for Subthreshold-CMOS Digital Systems

システムLSIワークショップ2009(北九州)2009/5/18~20

北海道大学 大学院 情報科学研究科

Department of Electrical Engineering, Hokkaido University

◎嶋田 英人 上野 憲一 浅井 哲也 雨宮 好仁

<http://lalsie.ist.hokudai.ac.jp/~shimada/jp/>

<http://lalsie.ist.hokudai.ac.jp/jp/>

発表内容

- 背景と目的
- 電源回路の動作原理と構成
 - 回路の基本構成
 - 動作速度のモニタリング
 - レベル変換回路
- 動作シミュレーション
- まとめ

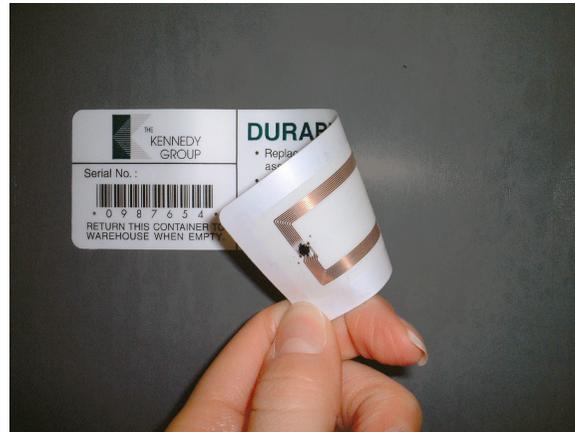
背景

☆極低エネルギーLSI(ナノワットチップ)への要求

■センサノードLSI



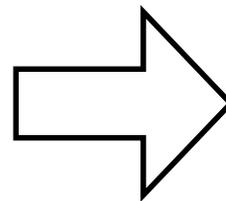
■RFIDシステム



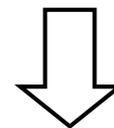
■埋め込みチップ



- ・広範囲に分散配置
- ・限られた供給電源
- ・長時間動作



第一の条件
低エネルギー動作



サブスレッショルドCMOSシステム

目的

- ①要求される速度をみたす
- ②その速度範囲内で、最小エネルギー消費

サブスレッショルドCMOS論理システムのための電源回路

サブスレッショルドCMOS論理回路の低エネルギー動作

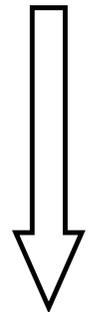
(条件) 用途に応じた動作速度が必要



その条件下で最小エネルギー動作にしたい

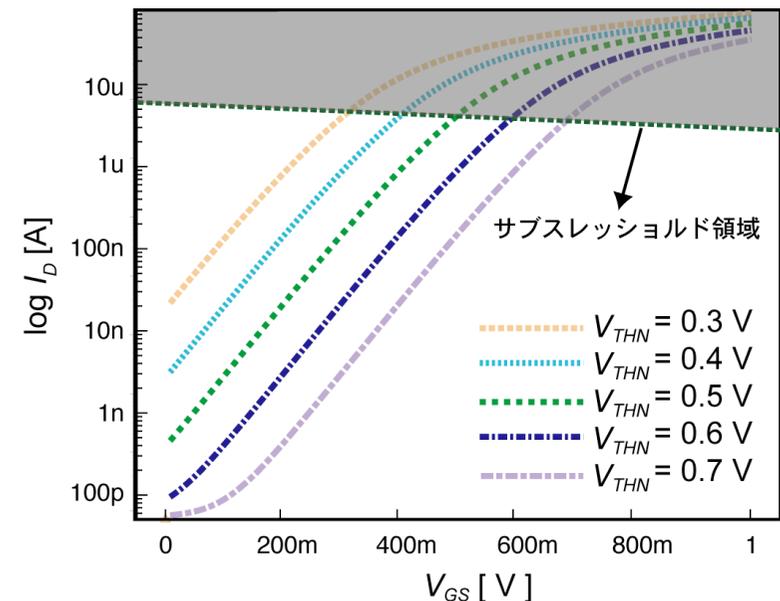
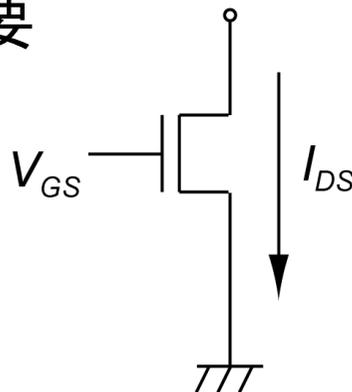


速度条件を満たす範囲で最小の回路電圧で動かす



- ・温度変化、供給電圧の変動
- ・素子バラツキ(とくにnMOS/pMOSFETの閾値差)

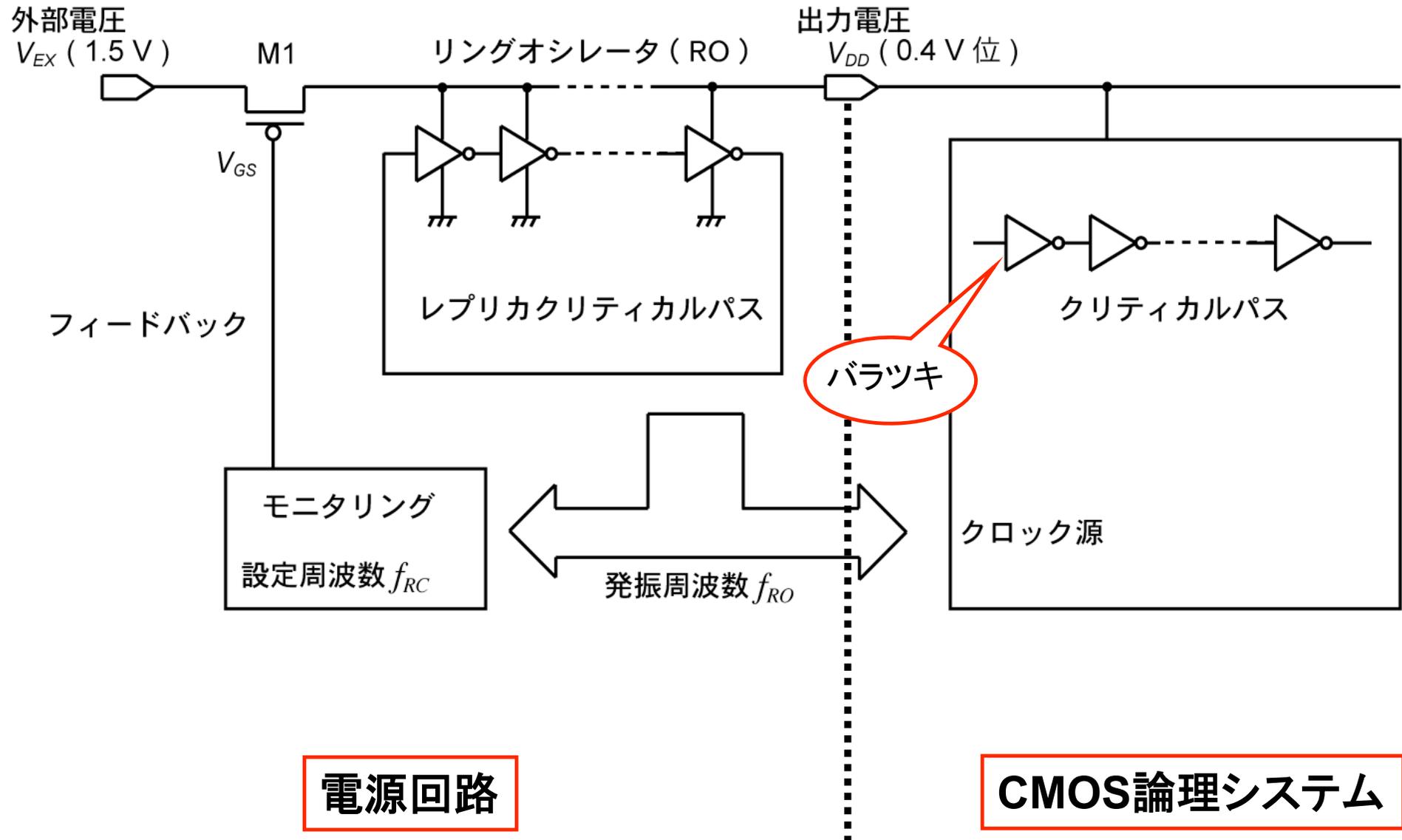
オンチップ電源回路が必要



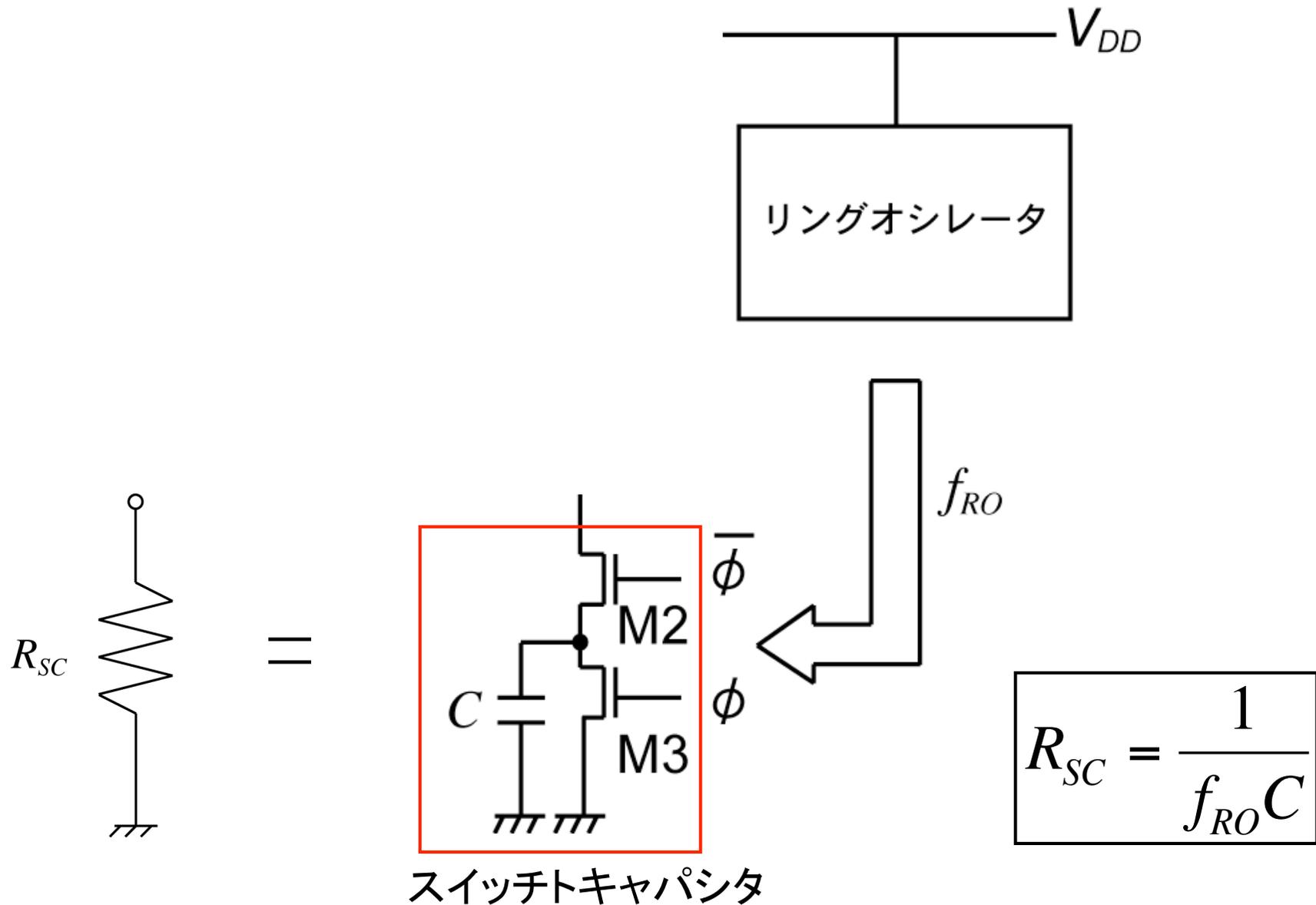
内容

- 背景と目的
- 電源回路の動作原理と構成
 - 回路の基本構成
 - 動作速度のモニタリング
 - レベル変換回路
- 動作シミュレーション
- まとめ

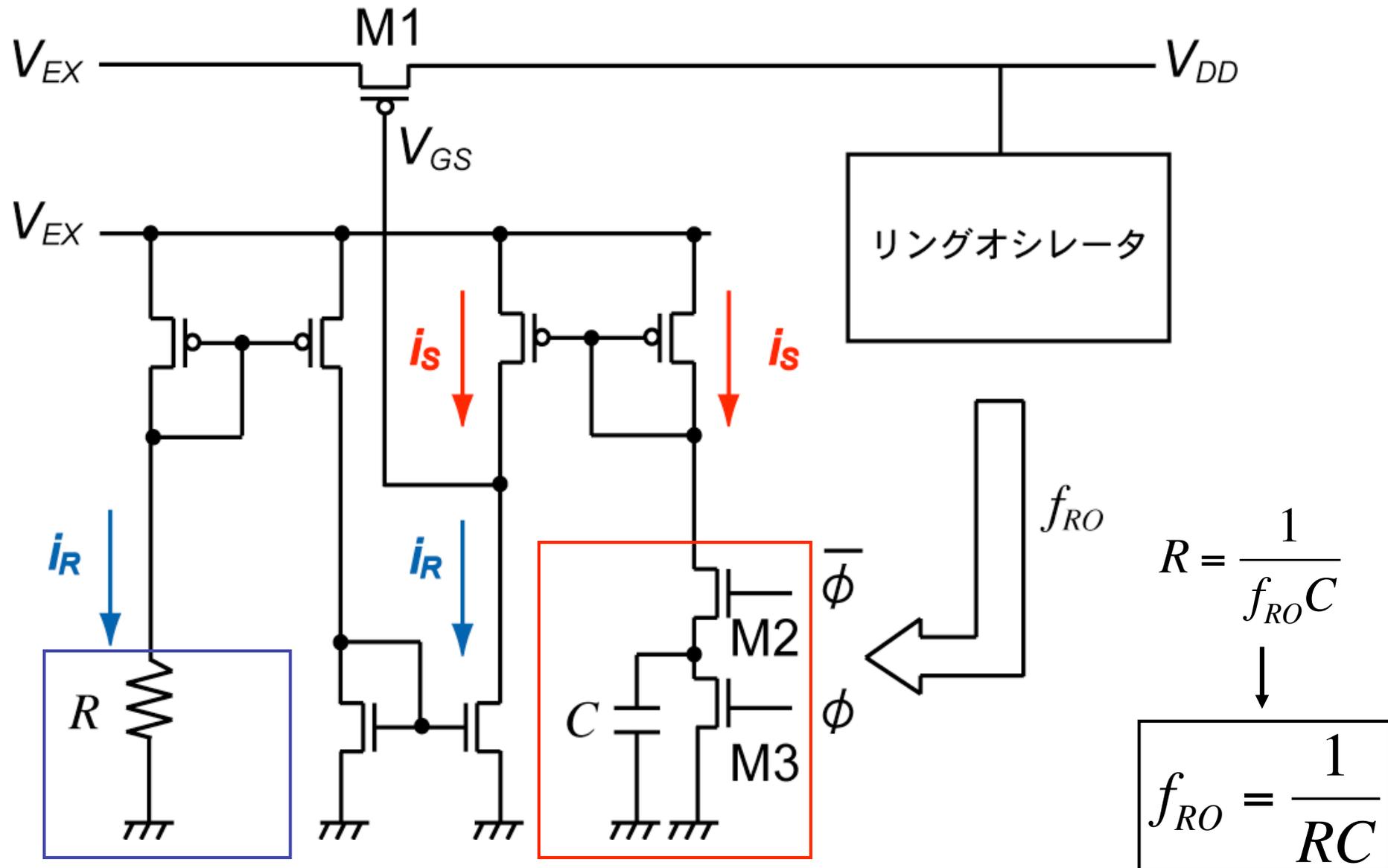
回路の基本構成



RO周波数のモニタリング

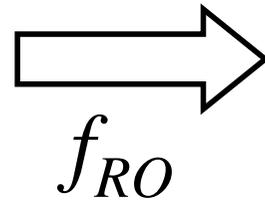


RO周波数のモニタリング



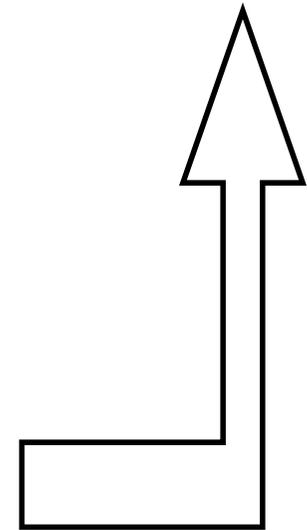
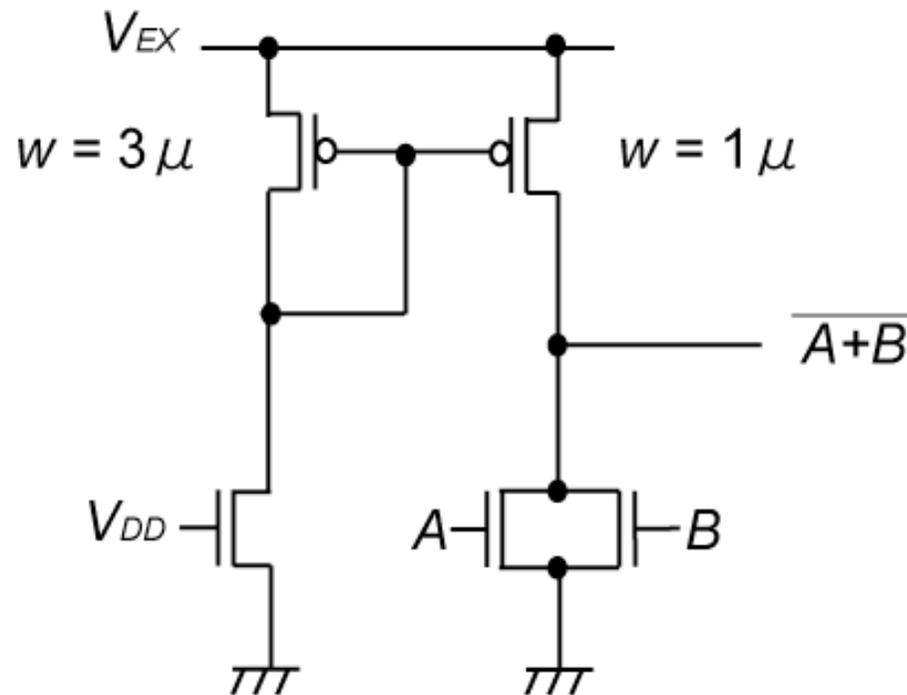
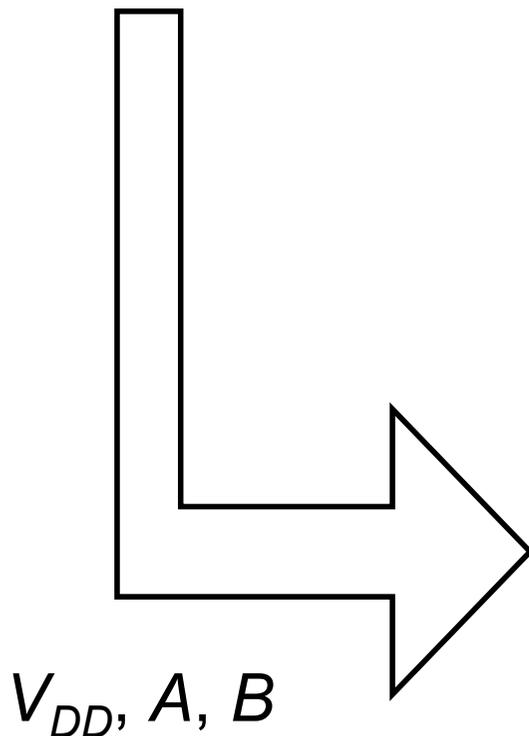
RO周波数のモニタリング

リングオシレータ
電源電圧 V_{DD} (0.4 V)

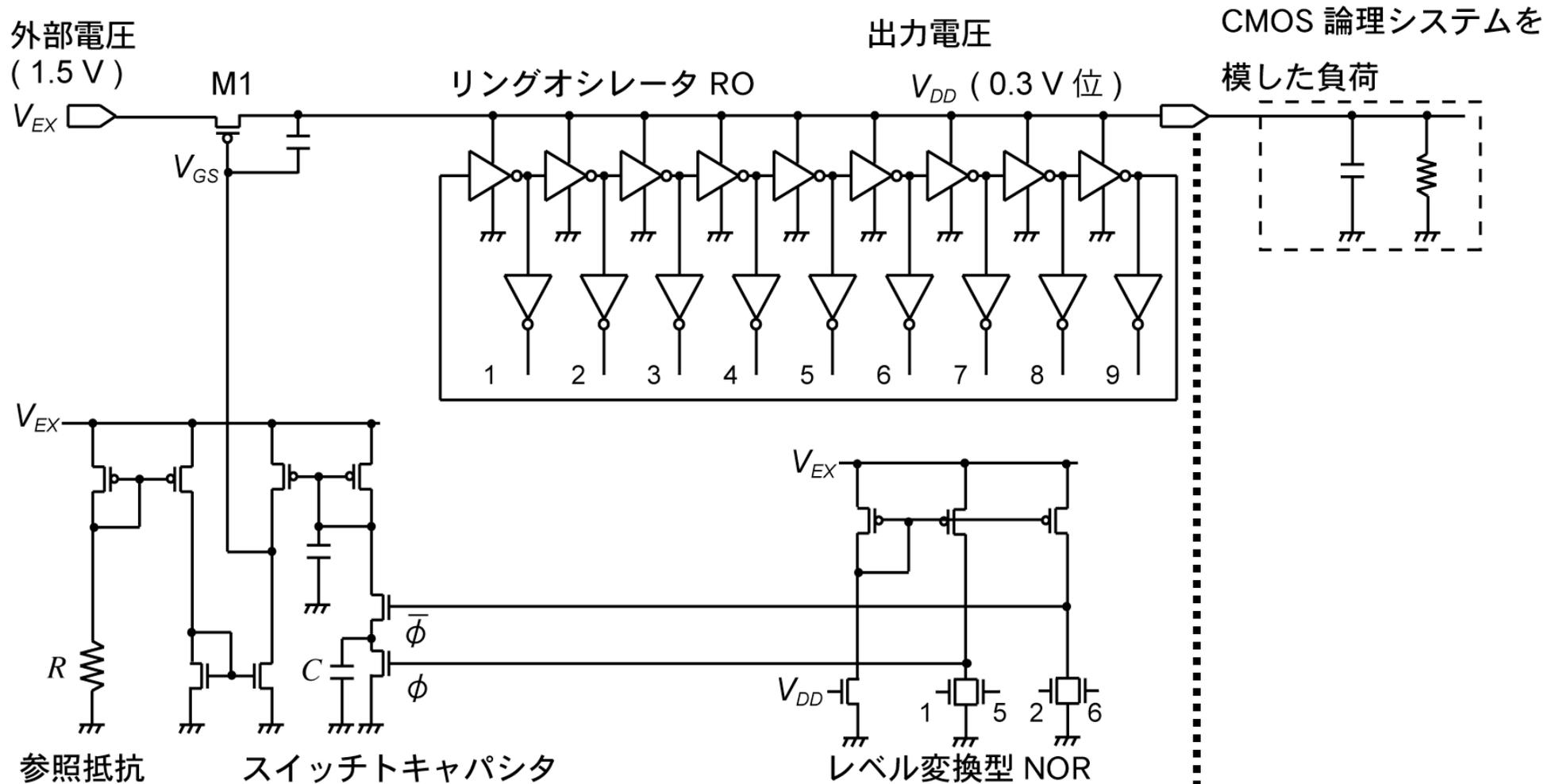


モニタリング回路
電源電圧 V_{EX} (1.5 V)

レベル変換が必要



電源回路の全体構成

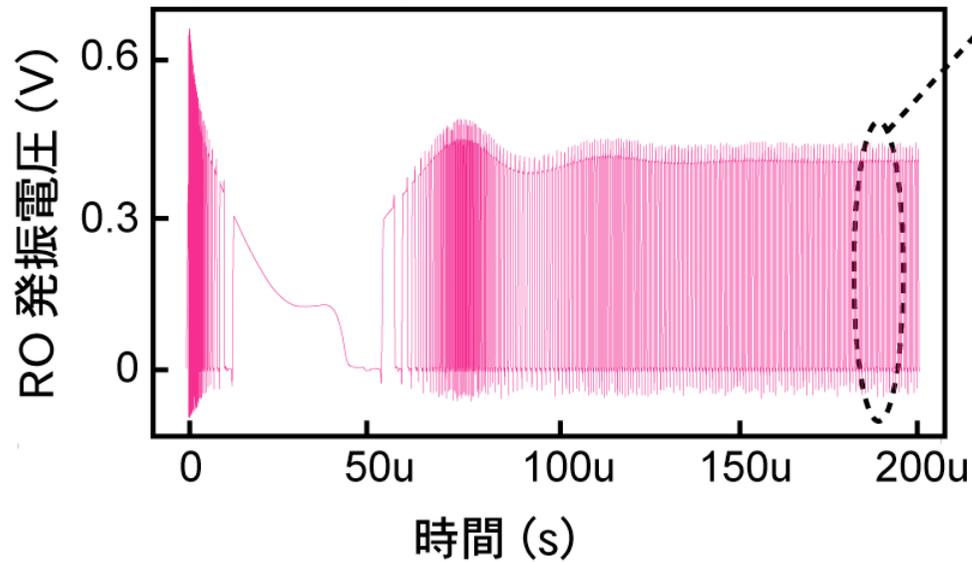
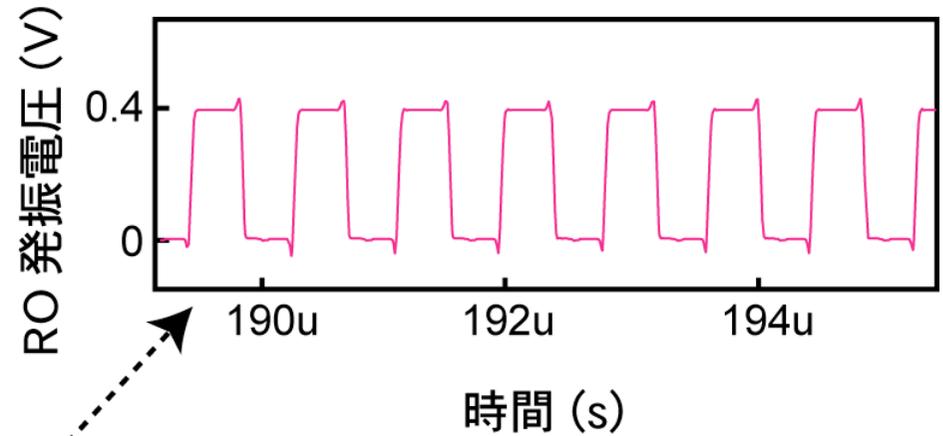
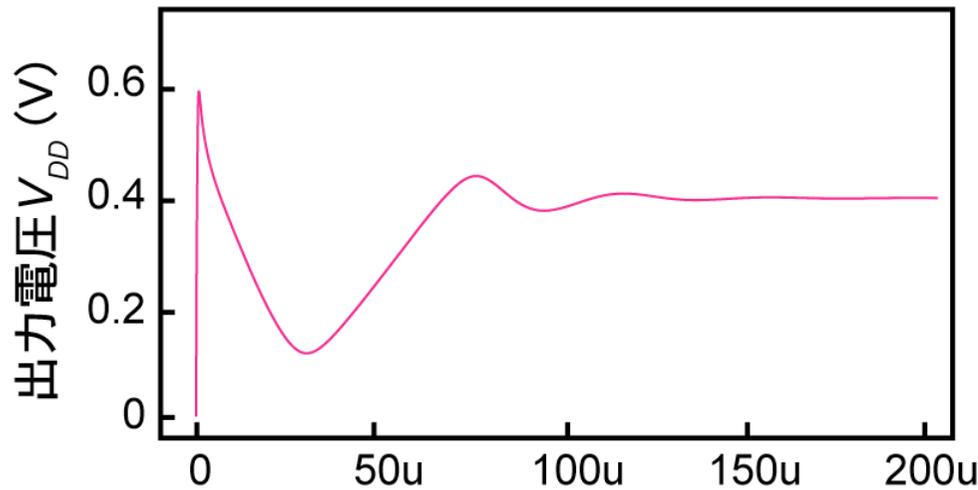


電源回路

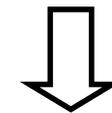
内容

- 背景と目的
- 電源回路の動作原理と構成
 - 回路の基本構成
 - 動作速度のモニタリング
 - レベル変換回路
- 動作シミュレーション
- まとめ

電源回路のシミュレーション

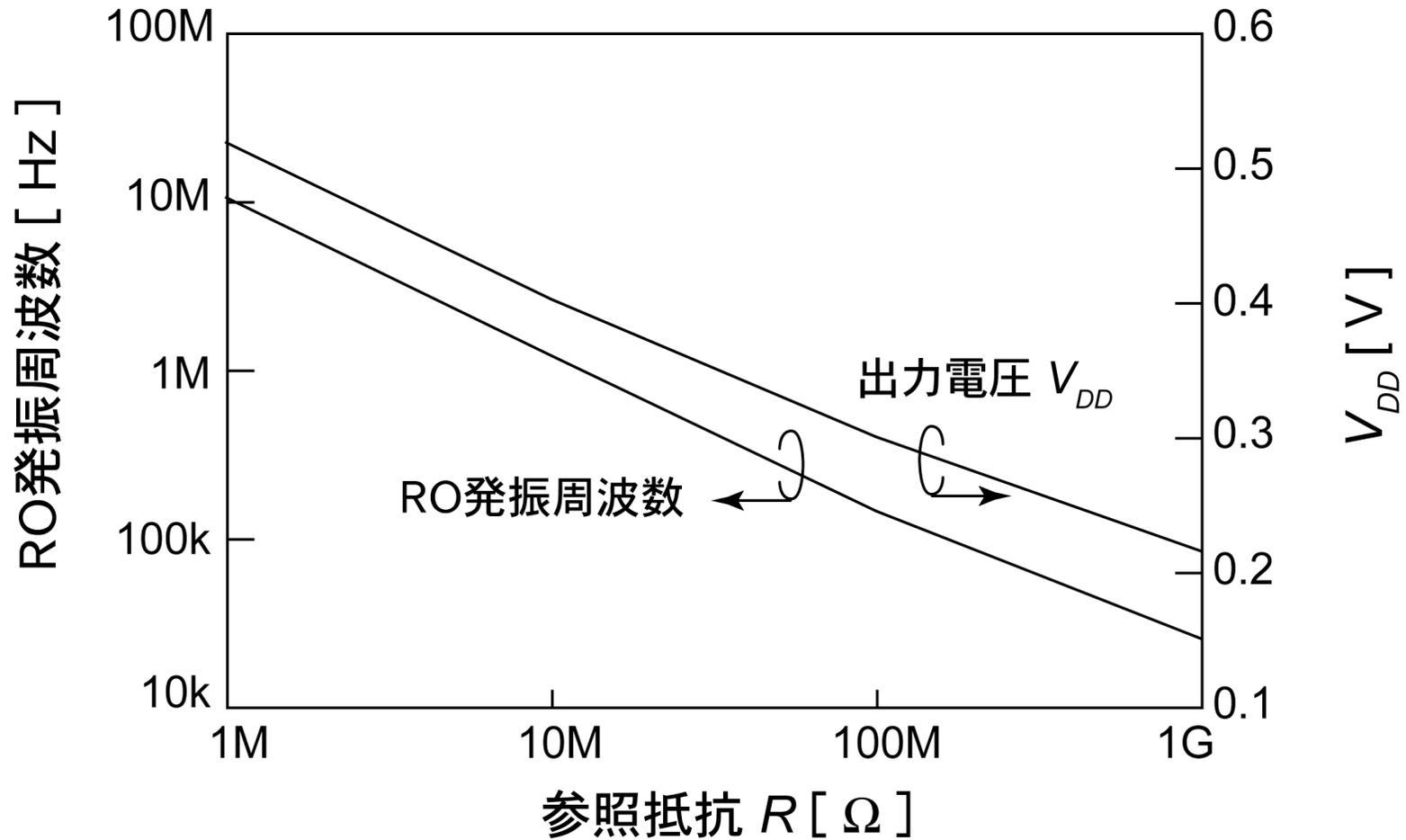


SPICEシミュレーション
(0.18 μ m CMOSパラメータ)
 $R = 10 \text{ M}\Omega$ 、 $C = 0.1 \text{ pF}$
設定周波数 $f_{RO} = 1 \text{ MHz}$

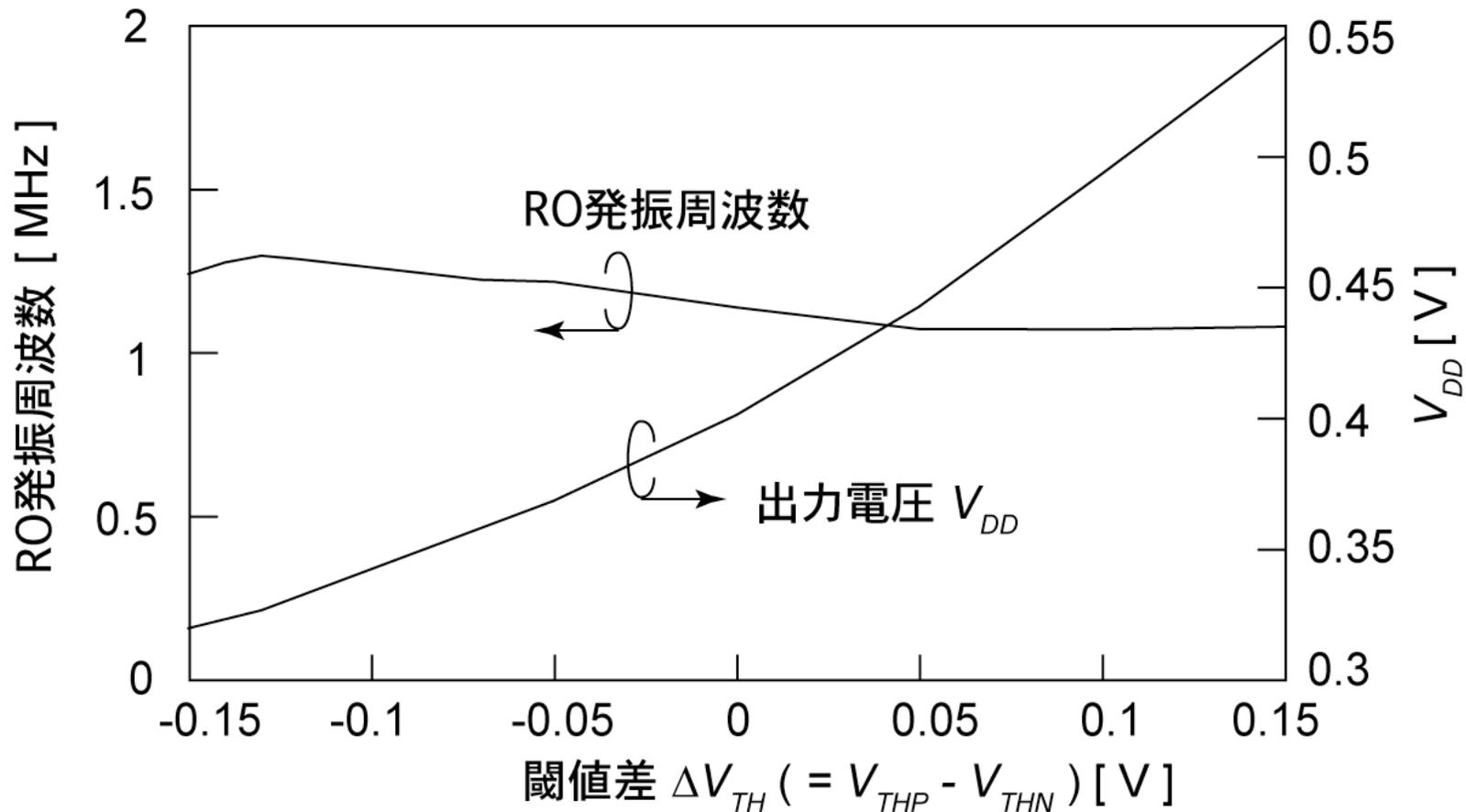


発振周波数 $f_{RO} = 1.22 \text{ MHz}$

周波数と出力電圧の制御



バラツキによる周波数と出力電圧の変化



まとめ

サブスレッショルドCMOS論理システムのための電源回路を提案

- ・RO周波数 (ゲート遅延時間) を広範囲に調節可能

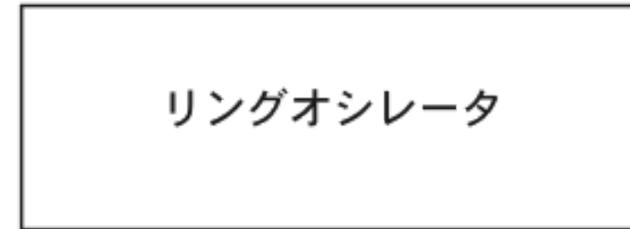
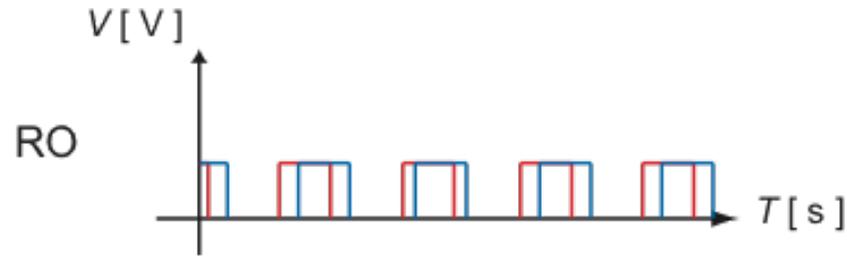
(例 : 設定周波数 $(RC)^{-1} = 1 \text{ MHz}$ 、実際の動作 = 1.22 MHz)

- ・発振に応じた出力電圧

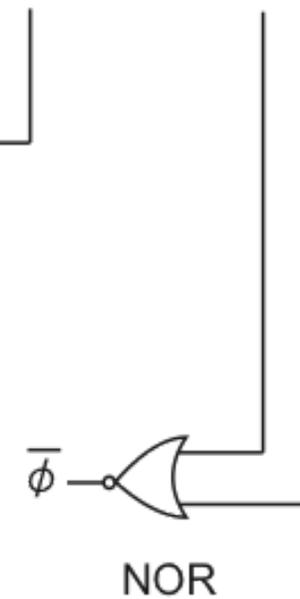
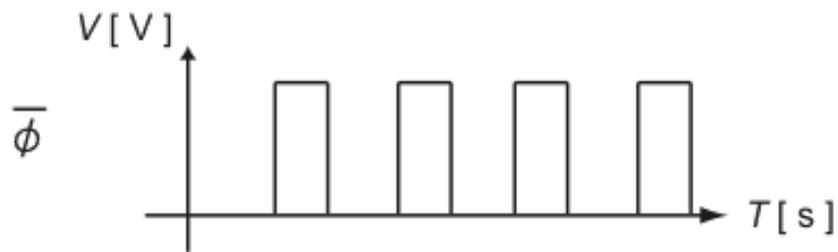
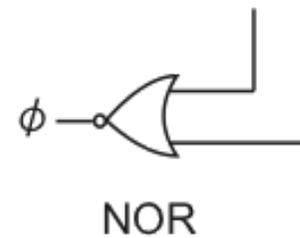
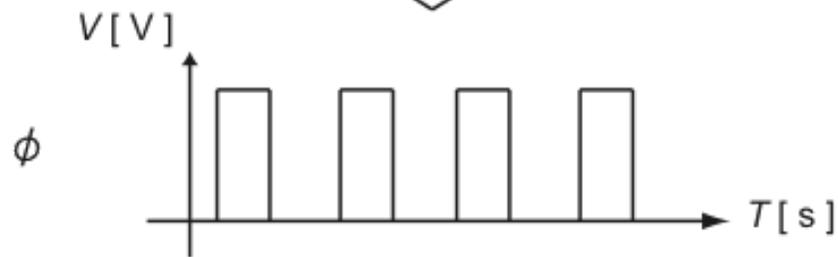
周波数ラインレギュレーション = 17 %/V ($V_{EX} = 1.5 \pm 0.5 \text{ V}$)

周波数ロードレギュレーション = -0.4 %/ μA ($I_{LOAD} = 10 \pm 9 \mu\text{A}$)

付録A(レベル変換補足)

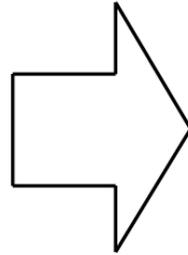
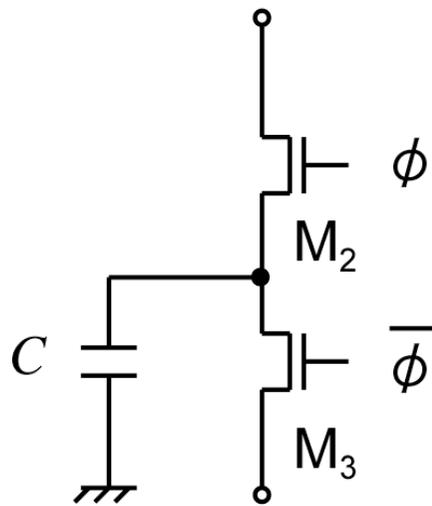


適切なノードを選ぶ



付録B(レベル変換補足)

ϕ と $\bar{\phi}$ の電圧が低いと
スイッチトキャパシタが
うまく動かない



NOR はレベル変換型

