

サブスレッショルド CMOS オペアンプを用いた オフセット電圧補正技術

— サブスレッショルド領域が実現する大容量キャパシタの集積化 —

飯田 智貴, 浅井 哲也, 雨宮 好仁 北海道大学大学院 情報科学研究科 情報エレクトロニクス専攻

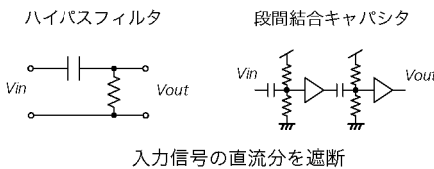
研究の背景・目的

集積回路 大容量キャパシタ
⇒ 大面積が必要



サブスレッショルド MOS 回路により
小面積で等価的に大容量キャパシタの動作を実現

キャパシタの用途



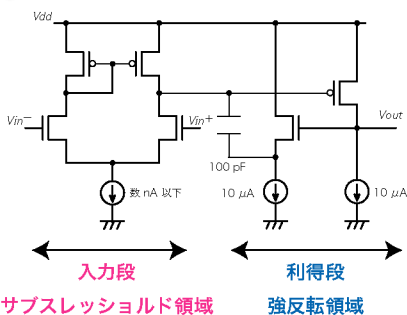
時定数 $\tau = CR$
遮断周波数 $f_c = 1/(2\pi\tau)$

低周波信号まで扱うには
大きな時定数が必要

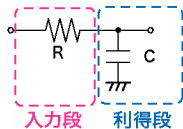
入力オフセット (直流成分) を補正可能

サブスレッショルド CMOS オペアンプ

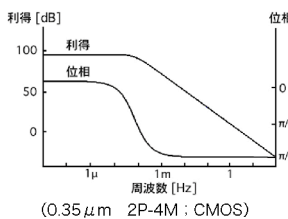
回路構成



サブスレッショルド MOS 回路
時定数 大
+
ミラー効果
↓
入出力間に大きい CR 時定数



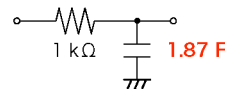
周波数特性の例 (シミュレーション)



利得: 92 dB
-3dB 遮断周波数: 85 μHz
ユニティゲイン周波数: 3.3 Hz
スルーレート: 1.3 $\mu\text{V}/\mu\text{s}$

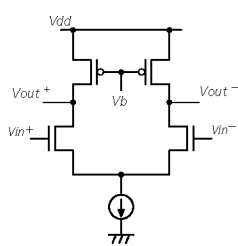
サブスレッショルド CMOS オペアンプ
非常に大きい時定数をもつ

同じ時定数 (遮断周波数)
 $R = 1 \text{ k}\Omega$ と $C = 1.87 \text{ F}$
で実現



サブスレッショルド CMOS オペアンプによる差動増幅器のオフセット補正

完全差動増幅器

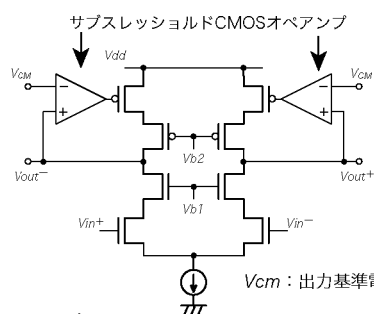


差動増幅器のオープン利得をそのまま使う場合

入力オフセット
(入力信号 直流レベルのずれ
入力MOSFET対のミスマッチ)
↓
差動回路の高利得により
入力オフセットが増幅
↓
出力飽和し、正常動作しない

入力オフセットの補正が必要
CMFB: オフセットの補正はできない

オフセット補正のための回路構成

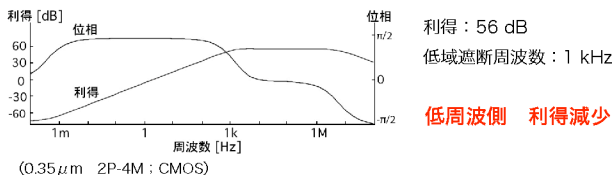


入力信号の周波数による回路動作

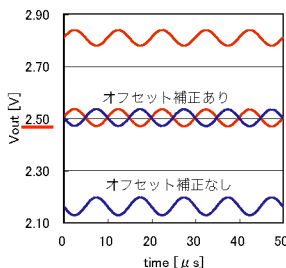
- ・直流~低周波
 V_{out} : 直流~低周波
オペアンプ: 動作
⇒ $V_{out} = V_{cm}$ 固定
- ・高周波
 V_{out} : 高周波
オペアンプ: 動作せず
⇒ 通常の差動増幅器として動作

シミュレーション結果

周波数特性

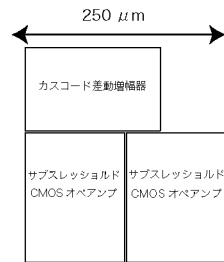


入力オフセットがある場合の出力 V_{out}



入力の直流オフセット, ドリフトの除去
入力 MOSFET 対のミスマッチ補償

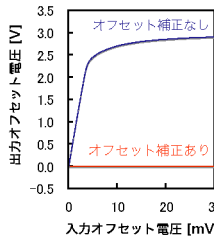
レイアウト



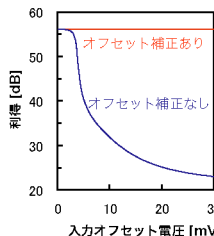
Technology:
0.35 μm 2Poly-4Metal; CMOS

サブスレッショルド CMOS オペアンプ
位相補償容量は 10 pF で作成
(10 pF のサイズ: 115 \times 115 μm)

出力オフセット電圧



利得



入力 $f = 100 \text{ kHz}$
電源電圧 $V_{dd} = 5\text{V}$

オフセット電圧の補正により
差動増幅器が正常動作