

ここ20年MOSFETがアナログ回路に広く使われるようになった理由をいくつかあげてみます。

高集積化

高範囲なシステムを実現する場合、デジタル回路だけでなくアナログ回路も1チップ化する傾向にある。その場合MOSデバイスは高集積化に適しており、多くのデジタル-アナログ混載LSIが作られている。

gmの増加

バイポーラデバイスのgmはその性質から本質的に固定されているのに対して、MOSFETはW/Lの比を設計変更することにより可変である。最近の微細化技術の進歩によりチャンネル長をかなり短く設計できるので、バイポーラデバイスのgmに匹敵する値が得られる。

また微細化技術の進歩により最大動作周波数もチャンネル長の短縮によりかなり向上してきた。

入力インピーダンス

OPアンプに要求される特性の一つは入力インピーダンスが無限大ということである。MOSFETはこの特性に近いものを持っており、OPアンプにおいては入力バイアス電流を極めて少なくできる。

また駆動源が次段の影響を受けないという点でも望ましい。

2乗則デバイス

飽和領域でのMOSデバイスは入力電圧の2乗に比例して出力電流が変化する。

増幅器における混変調ひずみや相互変調ひずみの原因となる第3次以上の高調波が、MOSデバイスの2乗特性により取り除くことができる。

狭帯域RF増幅器などへの応用に効果を発揮する。

双方向性

MOSのソースとドレインは機能上対称である。この特長はアナログスイッチに最適である。

MOSでアナログスイッチを作ると両方向へ信号が送れ、オフ時にはソース、ドレイン間が高抵抗になる。しかもオフセット電圧がゼロであり、MOSアナログスイッチは多方面で利用されている。

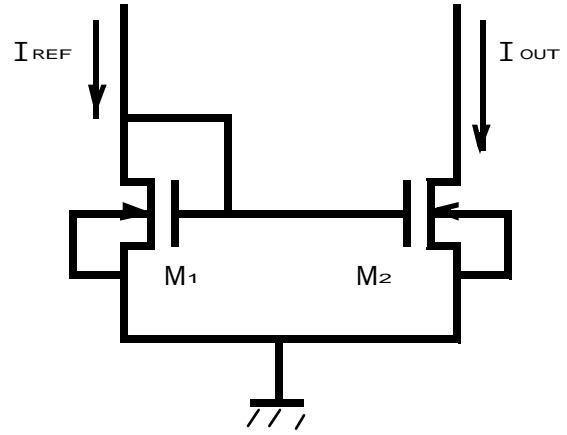


図25 MOSカレントミラ回路

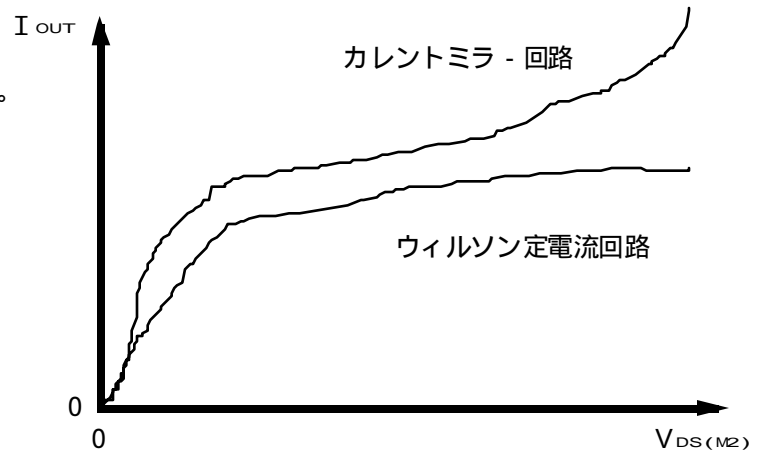


図26 定電流回路のI-V特性

増幅回路において負荷抵抗を増して電圧利得を上げたい場合、負荷としての定電流回路の出力抵抗を増加させる必要がある。カレントミラ回路より更に出力抵抗を改善した回路を図27に示した。

図27はウィルソン定電流回路と呼ばれる回路で、電流比と出力抵抗は次のようになる。

$$I_{OUT} / I_{REF} = (W/L)_{M2} / (W/L)_{M3} \dots$$

$$r_o \cdot r_{o1} \cdot g_{m3} \cdot r_{o3} \dots$$

(ただし $g_{m1} = g_{m2}$ とする)

従ってカレントミラ回路の出力抵抗に比べてこの回路の出力抵抗は $g_{m3} \cdot r_{o3}$ 倍されていることがわかる。

この回路はM1を挿入することでM2のゲート電圧がドレイン電圧の変化に対して関係なく一定になることをねらっている。ただM3のドレイン電圧が $2V_{th}$ 以上になるので低電圧での動作ができない欠点がある。

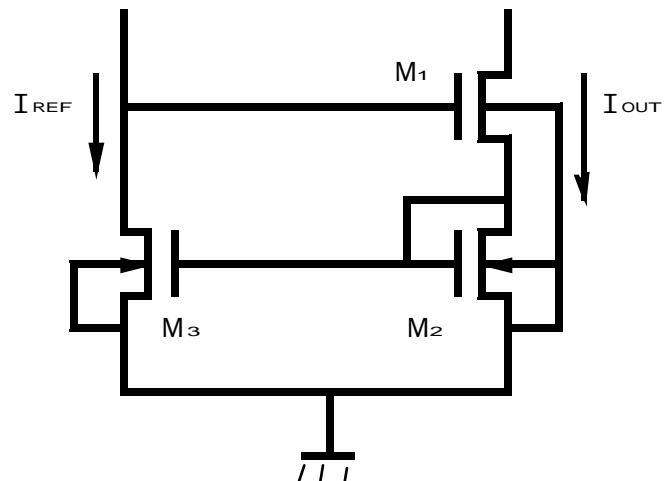


図27 ウィルソン定電流回路

4. MOSアナログ基本回路

(1) 定電流回路

定電流回路はアナログ回路においてバイアス回路や増幅器の負荷として広く用いられている。

イアス回路に定電流回路を使うと、通常の抵抗を使うより高抵抗が得られるのと、電源、温度変化にあまり影響されないという特長がある。

また増幅器の負荷(能動負荷)として定電流回路を使うとその出力抵抗が高いため、大きな増幅度を得ることができる。

MOSの定電流回路はバイポーラの定電流回路と同様に設計すればよい。基本回路を図25に、特性を図26に示した。M1はゲートとドレインが結線されているので

$$V_{GS} - V_{th} = V_{DS} - V_{th} \quad V_{DS}$$

となり飽和領域で動作する。

今、M2も飽和領域で動作しているとすると I_{REF} と I_{OUT} の関係は次のようになる。

ただしM1とM2の特性 (μ_{ox} / t_{ox}) はそろっているとすると、 $V_{DS} = 1$ であれば

$$I_{OUT} / I_{REF} = (W/L)_{M2} / (W/L)_{M1} \dots$$

基準電流 I_{REF} と出力電流 I_{OUT} の比はM1とM2のチャンネル幅とチャンネル長の比で決まることがわかる。

基準電流に対してお互いの寸法比倍(W/L)で出力電流が決定されるのでカレントミラ回路とも呼ばれる。

電流比の設定は、エッチングによるパラッキの影響を小さくするためチャンネル長を $8 \sim 10 \mu m$ と長めにしチャンネル幅で調節する。

また出力抵抗 r_o は

$$r_o = V_A / I_{OUT} = 1 / (\lambda I_{OUT}) \dots$$

出力抵抗は大きければ大きいほど定電流特性がすぐれている。