

1. MOSの相互コンダクタンスgmの求め方

MOSのアナログ回路ではgmという概念が導入される。

gmは①式において求められる。

$$g_m = \partial I_{DS} / \partial V_{GS} \quad \text{①}$$

アナログ回路におけるMOSはほとんどの場合、飽和領域で動作する。

従って①式は②式のようになる。

$$\begin{aligned} g_m &= d I_{DS} / d V_{GS} = (1/2) \beta_0 (W/L) d (V_{GS} - V_{th})^2 / d V_{GS} \\ &= \beta_0 (W/L) (V_{GS} - V_{th}) \quad \text{②} \end{aligned}$$

$I_{DS} = (1/2) \beta_0 (W/L) (V_{GS} - V_{th})^2$ を②式に代入すると
 $\beta_0 = \mu C_{OX}$ であるから

$$\therefore g_m = (2 I_{DS} \mu C_{OX} W/L)^{1/2} \quad \text{③}$$

③式で言えることは、MOSのgmはバイポーラトランジスタと異なりパターン変更(W/L)でgmを設計出来るということである。

バイポーラトランジスタは製造プロセスで本質的に決まってしまう。

2. チャネル変調効果の計算法

MOSのアナログ回路の計算においては、チャネル変調効果を充分に考慮する必要がある。このチャネル変調効果というのは、ドレインに逆バイアスの電圧がかかるとドレインの空乏層が伸びて実質のチャネル長が短くなる現象である。gmの計算をする場合、上記③式のLの値はチャネル変調効果を考慮した L_{eff} の値を使って計算するべきである。

④式に L_{eff} の式を示す(下図参照)。

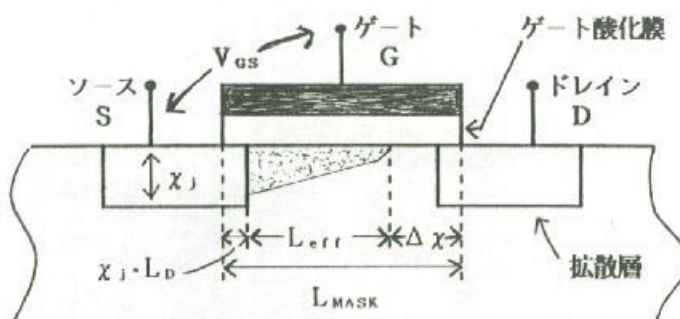
$$L_{eff} = L_{MASK} - 2 x_j L_D - \Delta x \quad \text{④}$$

Δx はチャネル変調効果によるチャネル長の短縮値で⑤式で求める。

$$\Delta x = \{ 2 \varepsilon_{Si} (\phi_0 + V_R) / q N_{SUB} \}^{1/2} \quad \text{⑤}$$

ここで $\phi_0 = 0.6$ [V]

$V_R = V_{DS} - (V_{GS} - V_{th})$ ← チャネル短縮部分の両端電圧



3. gmの実際の計算例

下図に示した抵抗負荷型のインバータで gm を求めてみます。

計算条件

-
- (1) $I_{DS} = 100 \text{ } [\mu\text{A}]$ 流れしており、 $V_{GS} = 1.5 \text{ } [\text{V}]$ の時 $V_{OUT} = 5 \text{ } [\text{V}]$
 (2) $W/L = 100/8$ $\beta_{ON} = 18 \times 10^{-6} \text{ } [\text{S/V}]$
 (3) $N_{SUB} = 3 \times 10^{15} \text{ } [/cm^3]$ $\epsilon_{Si} = 1.05 \times 10^{-12} \text{ } [\text{F/cm}]$
 (4) $x_j = 2 \times 10^{-4} \text{ } [\text{cm}]$ $L_D = 0.7$ $V_{th} = 0.5 \text{ } [\text{V}]$
-

まず実効チャンネル長 L_{eff} を求めるため⑤式より Δx を算出する。

$$\begin{aligned} \Delta x &= \{2 \epsilon_{Si} (\phi_0 + V_R) / q N_{SUB}\}^{1/2} \\ &= \{2 \times 1.05 \times 10^{-12} \times (0.6 + 4.0) / 1.6 \times 10^{-19} \times 3 \times 10^{15}\}^{1/2} \\ &= 1.4 \times 10^{-4} \text{ } [\text{cm}] \end{aligned}$$

$\because V_R = 5 - 1.5 + 0.5 = 4.0 \text{ } [\text{V}]$

$$\begin{aligned} \text{従って } L_{eff} &= 8 - 2 \times 2 \times 0.7 - 1.4 \\ &= 3.8 \text{ } [\mu\text{m}] \end{aligned}$$

③式に数値を代入して NMOS の gm を計算すると

$$\begin{aligned} g_m &= (2 I_{DS} \mu C_{OX} W / L_{eff})^{1/2} \\ &= (2 \times 100 \times 10^{-6} \times 18 \times 10^{-6} \times 100 / 3.8)^{1/2} \\ &= 9.5 \times 10^{-4} \text{ } [\text{S}] \end{aligned}$$

