

偽 fan-out ボードの駆動試験 2

本原 顕太郎

1996 年 10 月 25 日

概要

偽 fan-out ボードの増幅が線形でない原因は、どうやらボードの出力インピーダンスがプリアンプの入力インピーダンスに比べて高過ぎるせいであると考えられる。

プリアンプの抵抗を一桁あげるか、あるいはバッファをかます必要がある。

1 何で変だったの？

前回の実験でやはり、信号の $V_G - V_S$ 関係が変である原因は、どうやら FET 増幅器の出力インピーダンスがプリアンプの入力インピーダンスに比べて大き過ぎたせいであるらしい。

FET の出力インピーダンスは以前の計算から、今回の回路についてはおおよそ

$$Z \simeq 0.7(k\Omega)$$

であることがわかっている。一方、プリアンプの入力部の抵抗は $1(k\Omega)$ のものを用いているのでこちら側に流れる電流がかなり大きくなってしまったため、出力が予想通りにならないと考えられる。

2 出力インピーダンスを含めた $V_G - V_S$ の予想

以下のような回路を考える。

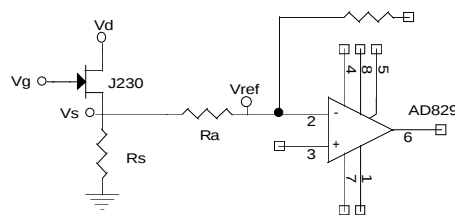


図 1: fan-out ボードからアンプの入口までの回路

このとき、FET の drain-source 電流を I_{DS} とすると、

$$\begin{aligned} I_{DS} &= a(V_{GS} + V_P)^2 \\ &= \frac{V_S}{R_S} + \frac{V_S - V_{ref}}{R_A} \end{aligned} \quad (1)$$

の関係がある。

これを V_S について解くと、

$$V_S = V_G + V_P + \frac{R_A + R_S}{2a R_A R_S} \pm \sqrt{\left(\frac{R_A + R_S}{a R_A R_S}\right)^2 + 4(V_G + V_P) \frac{R_A + R_S}{2a R_A R_S} - \frac{4V_{ref}}{a R_A}} \quad (2)$$

このとき複号のどちらをとるか、が問題となるが、実際の値として

$$R_A = 1(k\Omega)$$

$$R_S = 5.1(k\Omega)$$

$$V_{ref} \sim 1.8(V)$$

$$V_P \sim 1.5(V)$$

$$a \sim 1.2 \times 10^{-3}$$

を代入し、マイナスをとったものが実際の形状に良く合う。(下図参照)

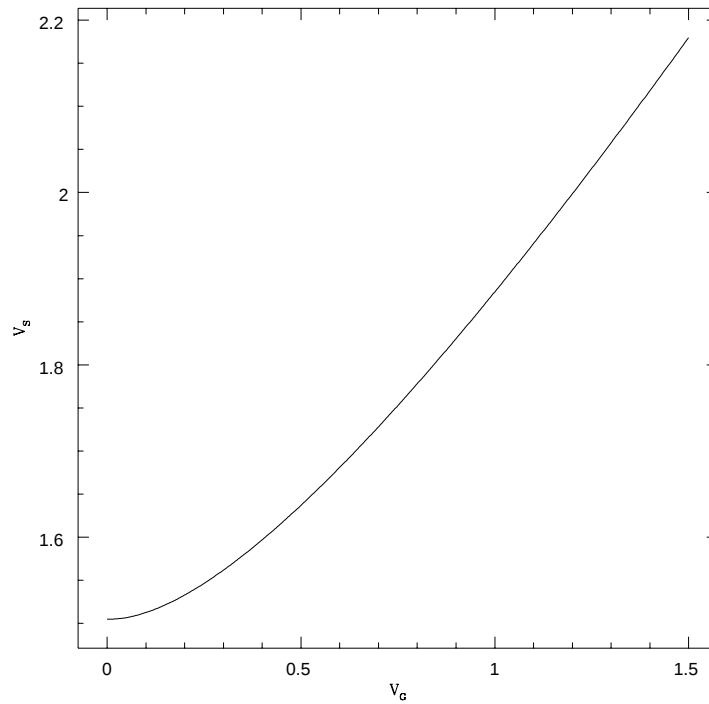


図 2: アンプの受け側の入力インピーダンスが出力インピーダンスに比べて小さい場合の $V_G - V_S$ 関係。直線にならない。

これより、確かに線形関係にならないことがわかる。

3 ジャあ、どれくらいの R_A がいいの？

$R_A = 5, 10(k\Omega)$ のときの $V_G - V_S$ 関係は以下ようになる。少なくとも $R_A = 5(k\Omega)$ が必要だろう。ただ、この他にオペアンプの入力インピーダンスを大きくすると、吸い込み電流によって生じるノイズレベルが増加することもある必要があるので実際にいくつかの抵抗値でノイズレベルをモニターしながら抵抗値を求める必要がある。

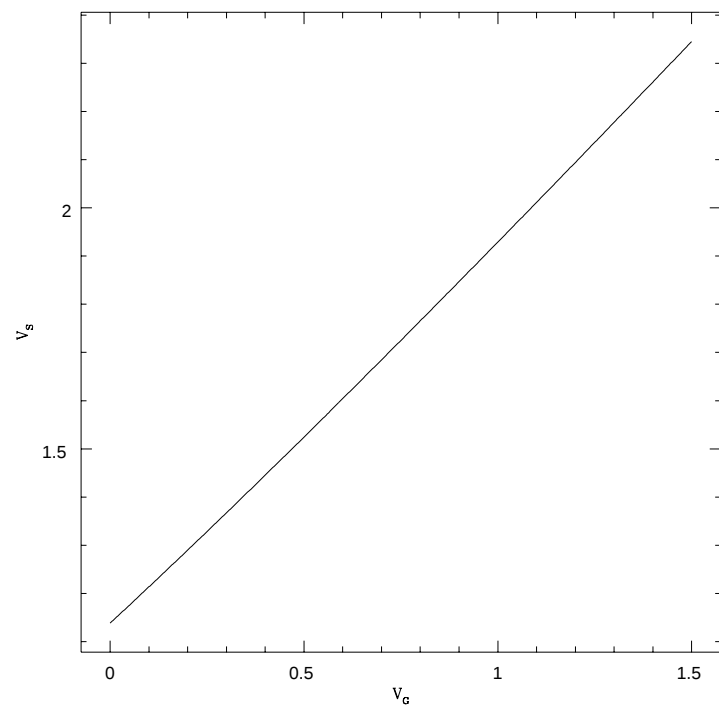
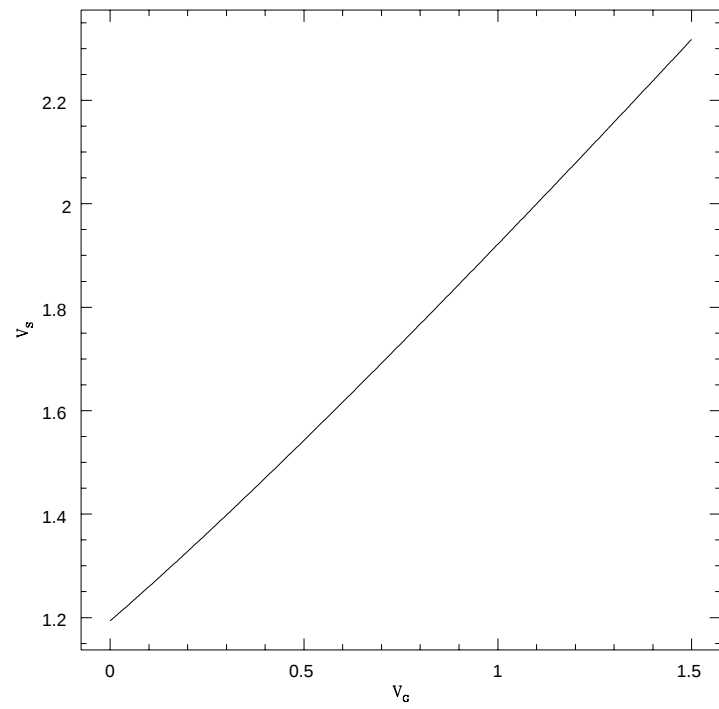


図 3: 入力インピーダンスを変えた時の $V_G - V_S$ 関係。上が $R_A = 5(k\Omega)$ 、下が $R_A = 10(k\Omega)$ のとき。