

【おわびと訂正】

本文中【アンプ周辺回路の解説】において誤りがあったことをお詫び申し上げます。

【誤り箇所】

「データシートによると V_{in+} の入力インピーダンスが $100k\Omega \sim 220k\Omega$ であるので、図25の外付け抵抗であるR119の $10k\Omega$ を考慮してハイパスフィルタのカットオフ周波数を求めると」
「式⑥および式⑦」

【なぜ誤ったのか】

なぜ誤ったのかを報告します。
「イマジナリショート」の考え方を誤っていた。
「ショート」という言葉から+端子と-端子を回路的に短絡させていました。¹これが大きな間違いです。脚注10にも書きましたが、「電流がほとんど流れず、+側の端子と-側の端子の電位差を同じとして扱う考え方。」なのです。つまり、端子間の抵抗は無限大になります。これは理想オペアンプの大原則「入力インピーダンスは無限大」にあたります。

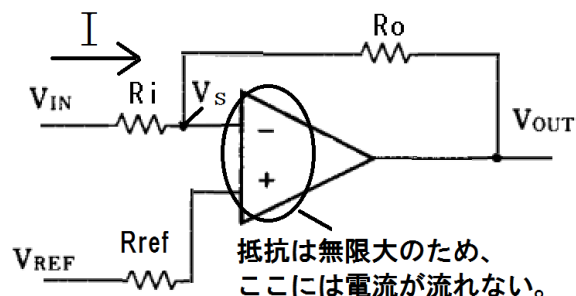


図 28. 反転増幅回路概要図

電流が流れないことを踏まえて、このとき入力インピーダンスを求めてみます。

抵抗 R_i による電圧降下から、

$$V_S = V_{IN} - R_i \times I \dots \textcircled{8}$$

一方オペアンプ間に電流が流れないので、入力電流がそのまま R_o に流入します。

$$V_S = V_{OUT} + R_o \times I \dots \textcircled{9}$$

式⑧を式⑨に V_S について代入して

$$V_{OUT} = V_{IN} - (R_i + R_o) \times I$$

$$V_{IN} - V_{OUT} = (R_i + R_o) \times I$$

$$\frac{V_{IN} - V_{OUT}}{I} = (R_i + R_o) \dots \textcircled{10}$$

ここで、インピーダンスの式は $(Z=V/I)$ なので、 $Z_{in}=V_{IN}/I$, $Z_{out}=V_{OUT}/I$ から

$$(Z_{IN} - Z_{OUT}) = (R_i + R_o) \dots \textcircled{11}$$

ちょっと卑怯ですが、式⑪的にみると

$Z_{IN}=R_i$ に該当しそうです。つまりは、いくら+側に抵抗がついてようがオペアンプ間の入力インピーダンスは無限大で電流が流れないので考慮しなくてよいのです。ちゃんとした導出は後述の【参考 web】を参照ください。

【訂正内容】

ハイパスフィルタのカットオフ周波数を導出するための式は

$$f_c = \frac{1}{2\pi C_{IN} R_{IN_max}} \cong 159\text{Hz} \dots \textcircled{12}$$

$$C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$$

$$R_{IN_max} = 10k\Omega$$

+端子の抵抗は考慮する必要はありません。

結果的にカットオフ周波数が 300Hz^2 のおよそ半分あたりにあり、結果オーライで音が鳴っていても設計が失敗しています。

【対策】

今後はこういったミスを抑えるためにも

- ・ 基本に帰る。
- ・ シミュレーションソフト (TINA, SPICE など) で検証する。

に努めます。

【参考web】

マルツ

オペアンプ回路の入力抵抗 20 算出式

■ オペアンプ回路の入力抵抗 算出式

<https://www.marutsu.co.jp/contents/shop/marutsu/mame/111.html>

以上。

¹ これがホントの「短絡的思考」です。

² 電話音声の周波数帯域は $300\text{Hz} \sim 3400\text{Hz}$ から、 300Hz が通過帯域であればよい