

フォトダイオード用トランスインピーダンス・アンプの
周波数特性をブロック線図で考える
【第2回 準備その2】反転アンプをブロック線図で考える
数式説明資料

OP アンプの入力を V_{IN} 、OP アンプ単体の増幅率つまりオープンループゲインを $A(s)$ (s はラプラス変換のラプラス演算子で、 $s = j2\pi f$ として、さらには $s = 2\pi f$ として、もっと簡単には周波数のことだと考えてください)、出力を V_{OUT} とします。

ここで OP アンプの反転入力端子の電圧 V_N を求めるために、重ね合わせの理を用います。まず条件①として

$$V_{IN} = V_{IN} [V]$$

$$V_{OUT} = 0V$$

を考えます。このとき

$$V_{N1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{IN}$$

が得られます。また条件②として

$$V_{IN} = 0V$$

$$V_{OUT} = V_{OUT} [V]$$

を考えます。このとき

$$V_{N2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{OUT}$$

が得られます。これらを足し合わせます。

$$V_N = V_{N1} + V_{N2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{IN} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{OUT}$$

また

$$V_N = -\frac{V_{OUT}}{A(s)}$$

なので

$$V_N = -\frac{V_{OUT}}{A(s)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}V_{IN} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}V_{OUT}$$

式を整理します。

$$\begin{aligned} \left[-\frac{1}{A(s)} - \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right]V_{OUT} &= \frac{R_2}{R_1 + R_2}V_{IN} \\ -\left[\frac{1}{A(s)} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right]V_{OUT} &= \frac{R_2}{R_1 + R_2}V_{IN} \end{aligned}$$

ここでこの回路を非反転増幅回路だと仮定すると（非反転入力端子に信号源が加わっているとすると）、そのときの帰還率 β は

$$\beta = \frac{V_{FB}}{V_{OUT}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

より

$$-\left[\frac{1}{A(s)} + \beta\right]V_{OUT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}V_{IN}$$

ここから

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{A(s)}{1 + A(s)\beta}$$

が得られます。