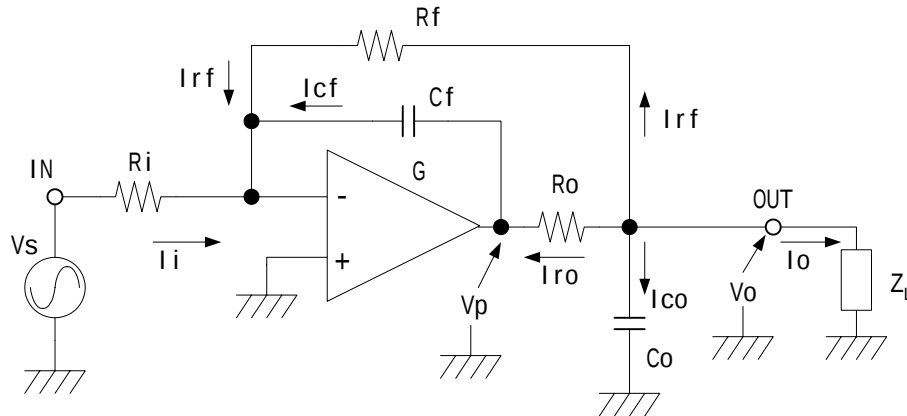


ミラー効果利用型 (仮称) アクティブ2次LPFの定数計算

2005.10.10 第1版
2005.10.20 第2版
2005.10.25 第2.1版 *kephis @ nifty.com*
with ねも八



オペアンプのマイナス入力端子について、流れ込む電流の総和は0の式を立てる。
(ただし、オペアンプの入力インピーダンス $\rightarrow \infty$ 、 V_p, V_o のポイントはオペアンプの帰還によって十分にインピーダンスが低いと仮定する。)

$$I_i + I_{rf} + I_{cf} = 0$$

$$\frac{V_s}{R_i} + \frac{V_o}{R_f} + \frac{V_p}{\frac{1}{sC_f}} = \frac{V_s}{R_i} + \frac{V_o}{R_f} + V_p sC_f = 0 \quad \dots (1)$$

OUT端子について、流れ出す電流の総和が0という式を立てる。

$$I_{rf} + I_o + I_{co} + I_{ro} = 0$$

$$\frac{V_o}{R_f} + \frac{V_o}{Z_L} + \frac{V_o}{\frac{1}{sC_o}} + \frac{V_o - V_p}{R_o} = V_o \left(\frac{1}{R_f} + \frac{1}{Z_L} + sC_o + \frac{1}{R_o} \right) - \frac{V_p}{R_o} = 0 \quad \dots (2)$$

(1)式より、 V_p についてもとめ((3)式)、(2)式へ代入する。

$$V_p = \frac{-1}{sC_f} \left(\frac{V_s}{R_i} + \frac{V_o}{R_f} \right) \quad \dots (3)$$

$$V_o \left(\frac{1}{R_f} + \frac{1}{Z_L} + sC_o + \frac{1}{R_o} \right) - \frac{1}{R_o} \left\{ \frac{-1}{sC_f} \left(\frac{V_s}{R_i} + \frac{V_o}{R_f} \right) \right\} = 0$$

$$V_o \left(\frac{1}{R_f} + \frac{1}{Z_L} + sC_o + \frac{1}{R_o} + \frac{1}{R_o sC_f R_f} \right) + \frac{V_s}{R_o sC_f R_i} = 0 \quad \dots (4)$$

(4)式をまとめ、伝達関数 $T(s)=V_o/V_s$ を求める。

$$T(s) = \frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{\frac{1}{R_f} + \frac{1}{Z_L} + sC_o + \frac{1}{R_o} + \frac{1}{R_o R_f sC_f}} \cdot \frac{1}{R_o R_i sC_f}$$

$$T(s) = \frac{-R_i}{R_f} \frac{1}{1 + s(R_o + R_f + R_o R_f / Z_L)C_s + s^2(C_o C_f R_o R_f)} \quad \dots (5)$$

s²で正規化すると、

$$T(s) = \frac{V_o}{V_s} = \frac{-R_i}{R_f} \frac{1 / CoCfRoRf}{s^2 + s(Ro + Rf + RoRf/Z_L)Cf/CoCfRoRf + 1/CoCfRoRf}$$

$$T(s) = \frac{-R_i}{R_f} \frac{1 / CoCfRoRf}{s^2 + sRoRf(1/Ro+1/Rf+1/Z_L)/CoRoRf + 1/CoCfRoRf} \dots\dots (6)$$

2次バターースフィルタの一般式は

$$T(s) = \frac{A \cdot \omega_o^2}{s^2 + s(\omega_o/Q) + \omega_o^2} \dots\dots (7)$$

(6)式と(7)式とを比較して、

$$\omega_o^2 = 1/CoCfRoRf \dots\dots (8)$$

$$Q = \frac{1}{RoRf(1/Ro+1/Rf+1/Z_L)} \sqrt{\frac{CoRoRf}{Cf}}$$

$$Q = \frac{1}{Ro+Rf+RoRf/Z_L} \sqrt{\frac{CoRoRf}{Cf}} \dots\dots (9)$$

ゲインAは

$$A = -Rf/Ri \dots\dots (10)$$

と、 ω_o 、Q、Aを得ることができた。

$RoRf \ll Z_L$ の条件の場合、(9)式は簡略化され、

$$Q = \sqrt{\frac{CoRoRf}{Cf(Ro+Rf)^2}} \dots\dots (9)'$$

$RfRo$ が Z_L に比べ大きい場合、Qは(9)式になり、負荷の影響を受けるので注意する。

変数が、 $R_i, Ro, Rf, Co, Cf, \omega_o (=2\pi f_o), Q$ と7個ある。

このうち、オーバーシュートが出ない値である $Q=1/\sqrt{2}$ と固定する。 f_o はこれから作るフィルタの周波数で決まる。また、 R_i と Rf はゲインを決定することにより固定する。すると、残りの変数が Ro, Co, Cf の3個に対して式が二つなので、一義に求まらず、ここから、できるだけ簡易的に変数を決定するために式を変形する。

(9)'式 $=1/\sqrt{2}$ として、これを変形すると、 Cf と Co との比が Rf, Ro によってあらわされる。

$$\frac{Co}{Cf} = 0.5 \frac{(Rf+Ro)^2}{RfRo} = 1 + \frac{Rf^2+Ro^2}{2RfRo} \dots\dots (11)$$

(8)式より f_o を求める。

$$f_o = \frac{1}{2\pi \sqrt{(RoRfCoCf)}} \dots\dots (8)'$$

(8)'式を変形し、 Co について解いて、(11)式に代入すると、 Ro, Cf, Rf の関係式を得る。

$$Co = \frac{1}{4\pi^2 f_o^2 CfRoRf} \dots\dots (8)''$$

$$Ro = \frac{\sqrt{2}}{2\pi Cf f_o} - Rf \dots\dots (12)$$

(9)'、(11)、(8)'、(12)の各式から、 Q, f_o, Rf, Cf を決定することで Co と Ro を得ることができ、定数決定に利用することができる。(この場合、 Cf は適宜に決定しなければならない。)

以上