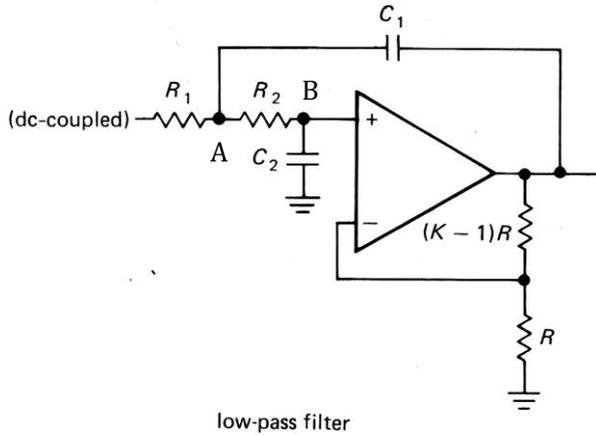


【 QUIZ ⑦ 】

次の VCVS 型アクティブ・フィルタの伝達関数を求めなさい。

なお、簡単のため $R_1 = R_2 = R$, $C_1 = C_2 = C$ とし、 $K < 3$ でなければならないことを説明しなさい。



入力電圧を V_{in} , 出力電圧を V_{out} ,
左図で、A 点及び B 点の電位をそれぞれ V_A , V_B と表記する。

【解答】

オペアンプの入力抵抗は無限大と見なせるから、非反転入力端子+にも、反転入力端子-にも、電流は流入しないと見なしてよい。また、ネガティブ・フィードバックがかかっているので、安定した動作状態においては、オペアンプの2つの入力端子は、イマジナリー・ショートであるとみなすことができる。

よって、まず、B 点の電位は、 $V_B = V_{out}/K$

となる。入力から抵抗 R_1 を通って A 点に流れる電流は、 R_2 の方と C_1 の方へと分流する。

抵抗 R_1 を流れる電流： $(V_{in} - V_A)/R_1$

コンデンサ C_1 を流れる電流（ラプラス変換で書いて）： $(V_A - V_{out}) \cdot sC_1$

抵抗 R_2 を流れる電流： $(V_A - V_B)/R_2 = (V_A - V_{out}/K)/R_2$

したがって、A 点におけるキルヒホッフの第 1 法則より

$$\frac{V_{in} - V_A}{R_1} = (V_A - V_{out}) \cdot sC_1 + \frac{V_A - V_{out}/K}{R_2} \quad (1)$$

また、B 点からオペアンプの方には電流は流れないから、抵抗 R_2 を流れる電流は、コンデンサ C_2 流れる電流と等しい。

$$\frac{V_A - V_{out}/K}{R_2} = V_{out}/K \cdot sC_2 \quad (2)$$

式(1),(2)より、 V_A を消去すると、次式が成り立つ。

$$V_{in} = (1 + sC_1R_1(1 - K) + sC_2R_2 + sC_2R_1 + s^2C_1C_2R_1R_2) \frac{V_{out}}{K}$$

いま、 $R_1 = R_2 = R$, $C_1 = C_2 = C$ であるとしているから、結局、この回路の伝達関数は、

$$V_{out} = K \cdot \frac{1}{1 + (3 - K)RCs + R^2C^2s^2} \cdot V_{in} \quad (3)$$

となる。

一般的な 2 次 LPF の伝達関数

$$V_{\text{out}} = \frac{1}{1 + 2\zeta \left(\frac{s}{\omega_n}\right) + \left(\frac{s}{\omega_n}\right)^2} \cdot V_{\text{in}}$$

と引き比べれば、式(3)において K が 3 を超えると、減衰率 ζ が負になってしまう。つまり出力が発散してしまうことになる。

よって、 $K < 3$ の条件下で、この回路は、増幅度 K をもつアクティブ・ローパス・フィルタとして機能する。

以上