



# *Лекция 10*





# Элементная база активных фильтров

Микросхемы ОУ

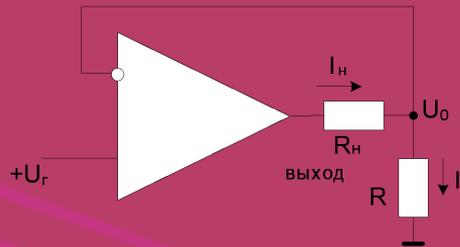
## Требования:

Основное - широкий динамический диапазон, малый уровень шумов и большое  $|U_{\text{вых max}}| = |E|$ . Для ФНЧ и ПЗФ - малое напряжение  $U_{\text{см}}$ .

На основе ОУ могут быть реализованы:

- преобразователи напряжение-ток,
- преобразователи полного комплексного сопротивления,
- гираторы.

# Преобразователи напряжение – ток с незаземленной нагрузкой



$$U_{\Gamma} = U_0, I_n = I, I_n = \frac{U_{\Gamma}}{R}$$

При условии  $U_{\text{ВЫХОУ}} < U_{\text{ВЫХ МАК}} < E_{\text{ПИТ}}$ ,  $R_{\text{ВЫХ}} = R_K$ .

## Преобразователи напряжение – ток с заземленной нагрузкой

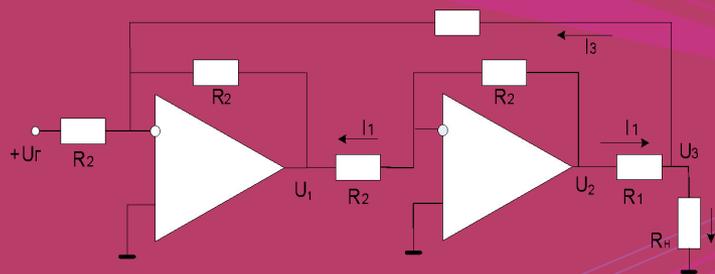


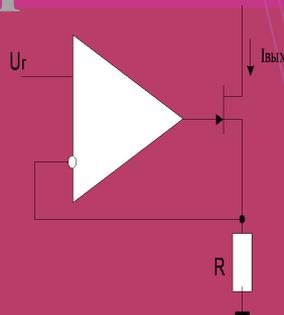
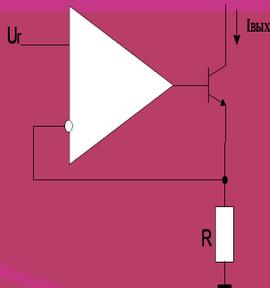
рис. 2.29. Схема генератора линейно изменяющегося напряжения

$$U_1 = -U_2 - U_3 \frac{R_2}{R_3}, U_2 = U_2 + U_3 \frac{R_2}{R_3}, I_1 = \frac{U_2 - U_3}{R_1} = \frac{U_2 + U_3 \frac{R_2}{R_3} - U_3}{R_1},$$

$$I_n = I_1 - I_3 = \frac{U_2}{R} + U_3 \left( \frac{R_2 - R_3 - R_1}{R_1 R_3} \right)$$

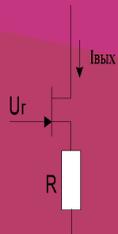
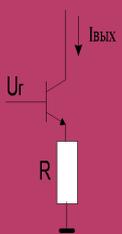
Если  $R_3 = R_2 - R_1$ ,  $I_n \neq f(R_n)$

# Преобразователи напряжение – ток на ОУ и транзисторах



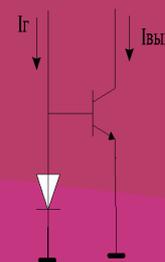
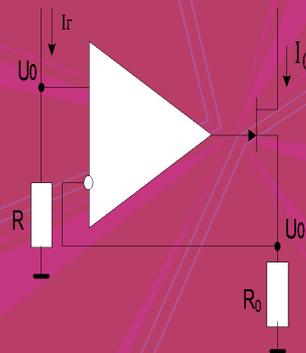
$$I_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\Gamma}}{R}$$

Для высокочастотных схем необходимо ОУ исключить



$I_{\text{ВЫХ}}$  зависит от  $U_{\text{ЭБ}}$  и  $U_{\text{ЗИ}}$

# Преобразователи ток – ток



$$I_{\Gamma} R = U_0$$

$$I_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_0}{R_0} = I_{\Gamma} \frac{R}{R_0}$$

$$I_{\Gamma} = I_{\text{ВЫХ}}$$

# Гираторы



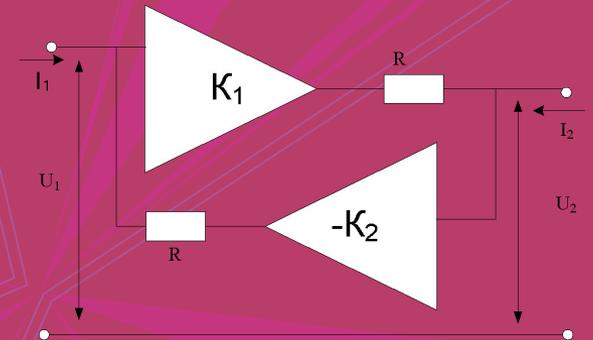
Матрица проводимости  $\begin{vmatrix} 0 & G \\ -G & 0 \end{vmatrix}$

рис. 1. Обозначение операционного усилителя  
1 - инвертирующий вход; 2 - неинвертирующий

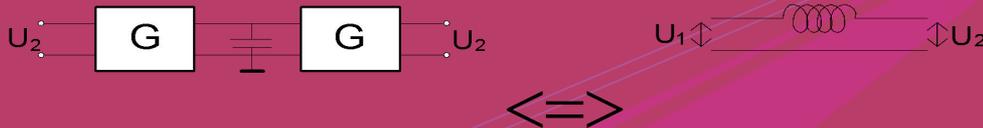
$I_1 = GU_2, I_2 = -GU_1$  выход. При включении  $Z$  на выходе  $U_2 = -I_2 Z, Z_{вх} = \frac{U_1}{I_1}, U_1 = -\frac{I_2}{G}$

$$I_1 = GU_2 = -I_2 ZG$$

$$Z_{вх} = \frac{I_2}{GI_2 ZG} = \frac{1}{ZG^2}, \text{ если } Z = \frac{1}{pC} \quad Z_{вх} = \frac{pC}{G^2}$$



## Незаземленная индуктивность



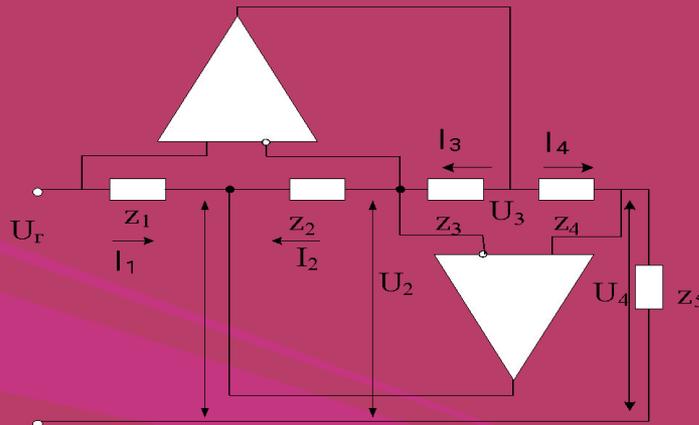
$$I_1 = \frac{U_1}{R} + \frac{K_2 U_2}{R}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R} - \frac{K_1 U_1}{R}$$

$$K_1 = K_2 = K$$

При условии  $K \gg 1$  получаем гиратор

# Преобразователь полного комплексного сопротивления



$$I_1 Z_1 = I_2 Z_2, I_2 = I_1 \frac{Z_1}{Z_2}, I_2 = I_3, I_4 Z_4 = I_3 Z_3,$$

$$I_4 = \frac{Z_3}{Z_4} I_3 = I_1 \frac{Z_1}{Z_2} \frac{Z_3}{Z_4}, U_{\Gamma} = U_4, I_4 = \frac{U_{\Gamma}}{Z_5}.$$

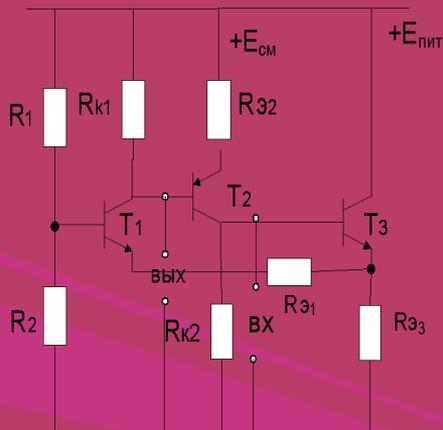
$$Z_{\text{BX}} = \frac{U_{\Gamma}}{J_1}, J_1 = J_4 \frac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3} = \frac{U_{\Gamma}}{Z_5} \frac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3}, Z_{\text{BX}} = Z_5 \frac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4}.$$

Пусть  $Z_1 = Z_3 = \frac{1}{pC}$ ,  $Z_5 = Z_2 = Z_4 = R$ ,

то  $Z_{\text{BX}}(p) = \frac{R^3}{p^2 C^2}$ ,  $Z_{\text{BX}}(j\omega) = \frac{R}{-\omega^2 C^2}$  частотно – зависимое отрицательное сопротивление

Пусть  $Z_2 = \frac{1}{pC}$ ,  $Z_5 = Z_4 = Z_3 = Z_1 = R$ , тт  $Z_{\text{BX}}(p) = R^2 pC$  - индуктивность.

# Высокочастотные гираторы



На транзисторах Т3 и Т1 реализован неинвертирующий усилитель, на транзисторе Т2-инвертирующий.

При включении на входе и выходе конденсатора образуется параллельный колебательный контур.

Данную схему можно использовать как селективный усилитель

