

# Схеми на свързване на ОУ с ООВ

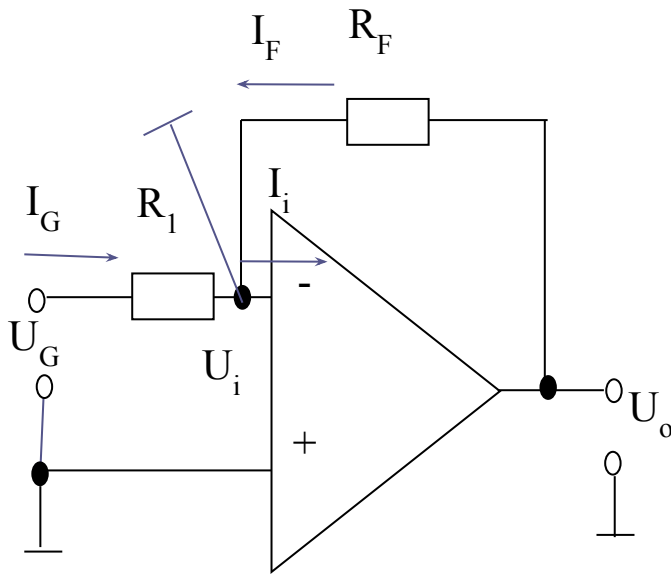
Гл.ас. д-р Малинка Иванова



Югозападен университет "Н. Рилски"-  
Благоевград

# Инвертирац ОУ

- Паралелна ООВ по напрежение



$$I_G \approx \frac{U_G}{R_1} \quad I_F \approx \frac{U_o}{R_F}$$

$$I_G = -I_F$$

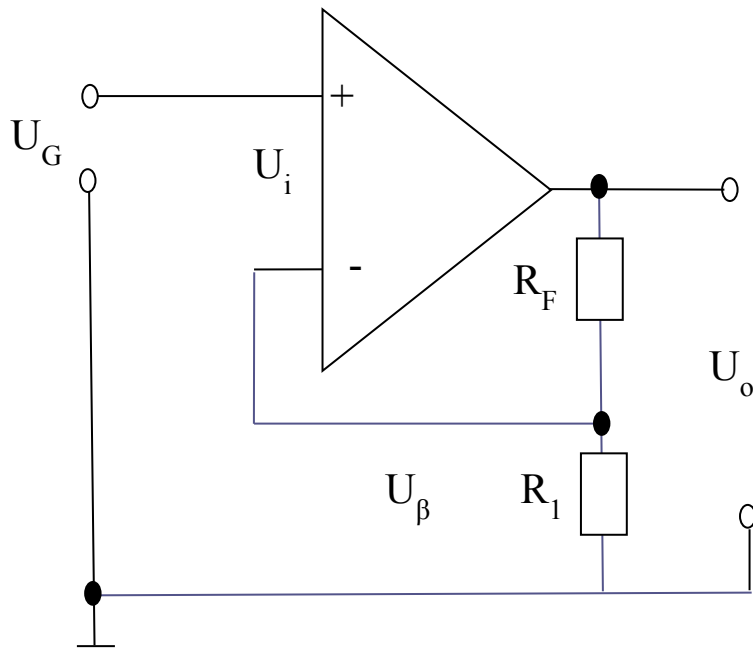
$$\frac{U_G}{R_1} = -\frac{U_o}{R_F}$$

$$A_F = \frac{U_o}{U_G} \approx -\frac{R_F}{R_1}$$

$$R_{iF} = \frac{U_G}{I_G} = R_1 + R_i = R_1 + \frac{R_F}{A}$$

$$R_{oF} = \frac{R_o}{1 + \frac{A}{A_F}}$$

# Неинвертиращ ОУ



$$U_{\beta} = \beta U_o$$

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_F}$$

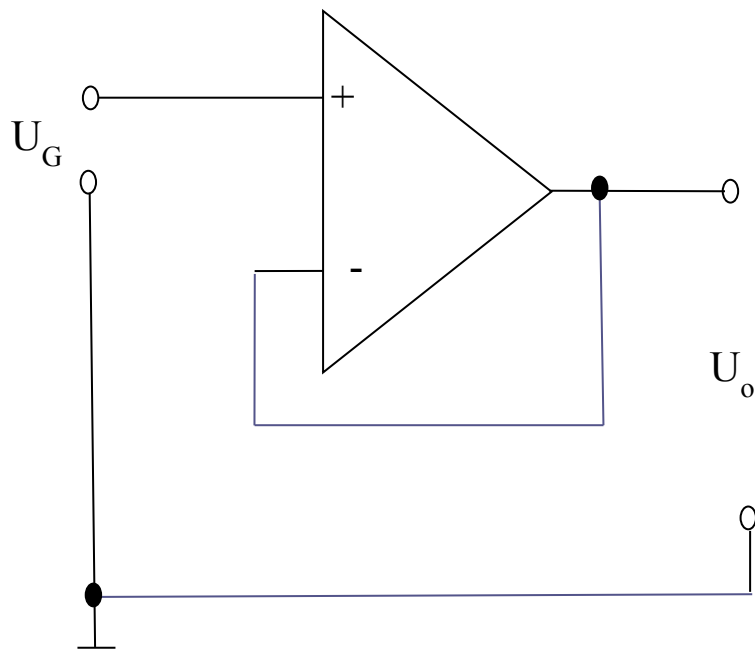
$$U_G = U_i + U_{\beta} \approx \beta U_o$$

$$A_F \approx \frac{U_o}{U_G} \approx \frac{1}{\beta} = \frac{R_1 + R_F}{R_1} = 1 + \frac{R_F}{R_1}$$

$$R_{iF} = \frac{U_G}{I_i} \rightarrow \infty$$

$$R_{oF} = \frac{R_o}{1 + \frac{A}{A_F}}$$

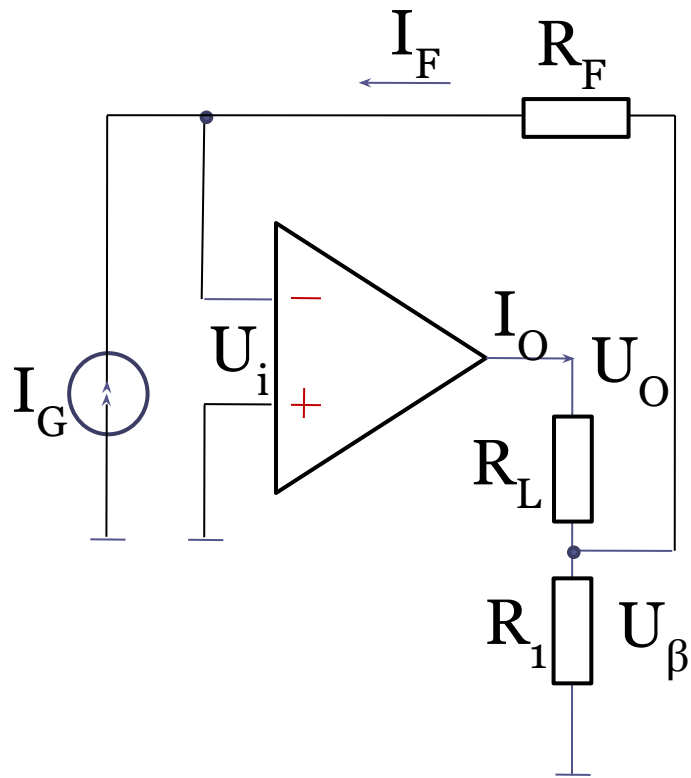
# Повторител



$A_F \approx 1$ , ако  $R_F \rightarrow 0$        $R_1 \rightarrow \infty$   
или

При  $R_1 = R_F$   $\square$   $A_F = -1$  –  
инвертор-повторител

# Усилвател ток-ток



- ООВ по ток

$$I_O = U_O / (R_L + R_1 \parallel R_F)$$

$$I_G = -I_F = -\beta U_O / R_F$$

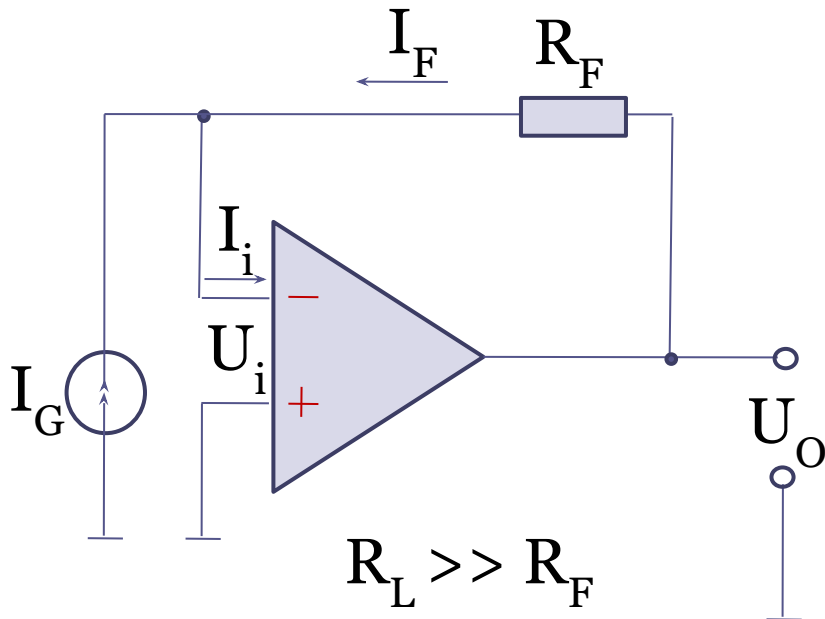
$$\beta = (R_1 \parallel R_F) / (R_L + R_1 \parallel R_F)$$

$$A_I = \frac{I_O}{I_G} = \frac{U_O}{(R_L + R_1 \parallel R_F)} / \frac{-U_O (R_1 \parallel R_F)}{R_F (R_L + R_1 \parallel R_F)}$$

$$A_I = -\left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right)$$

$$I_O = -\left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) I_G$$

# Преобразувател ток-напрежение



$$I_F = -I_G$$

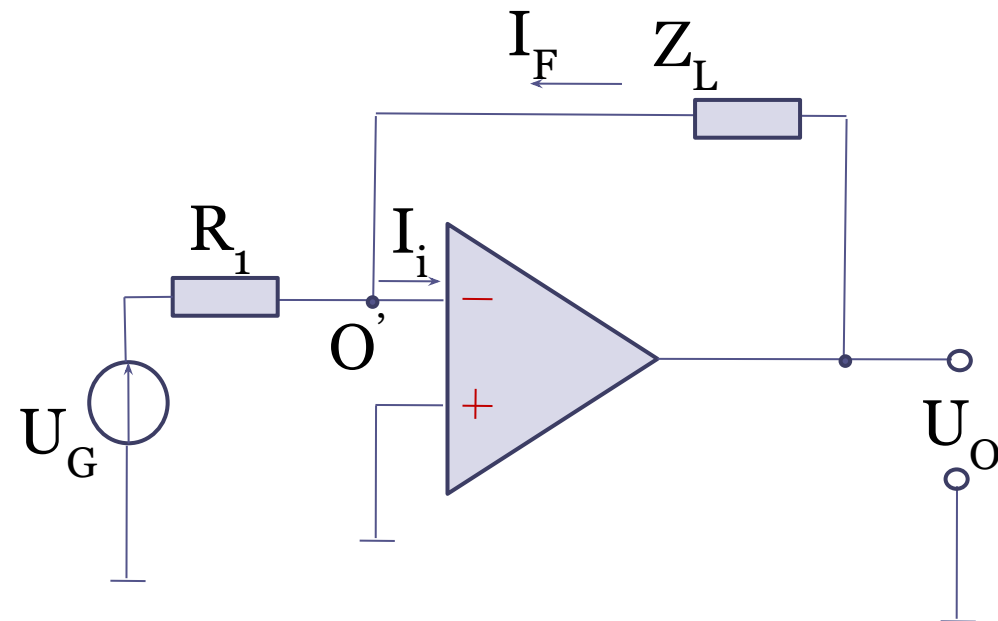
$$U_O = I_F R_F$$

$$U_O = -I_G R_F$$

$$A_F = -\frac{U_O}{I_G} = R_F$$

Коефициентът на предаване има дименсия на **съпротивление** -> схемата се нарича **усилвател на съпротивление**

# Преобразувател напрежение-ток



$$I_L = \frac{U_O}{Z_L} = -I_G$$

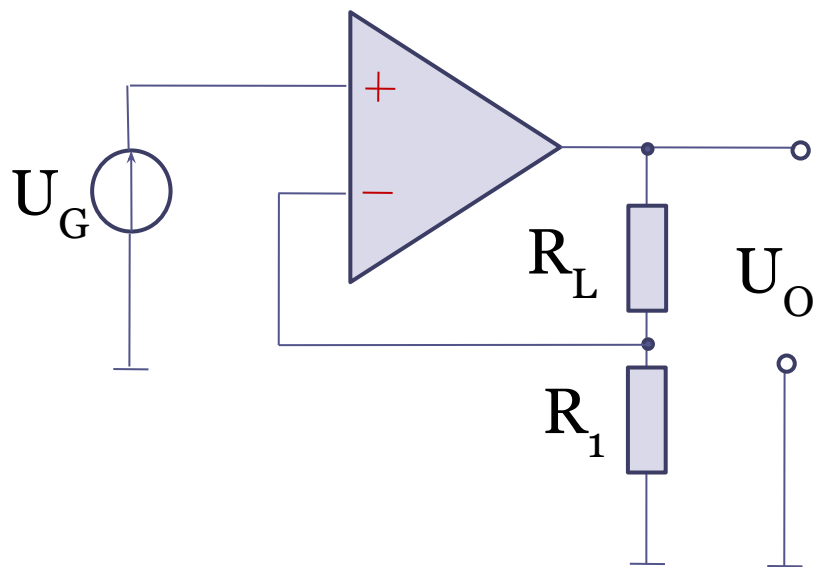
$$I_G = \frac{U_G}{R_1}$$

$$I_L = -\frac{1}{R_1} U_G$$

$$A_G = \frac{I_L}{U_G} = -\frac{1}{R_1}$$

Коефициентът на предаване има дименсия на проводимост и се нарича **проводимост на предаване**

# Преобразователь напряжение-ток с ООВ по ток



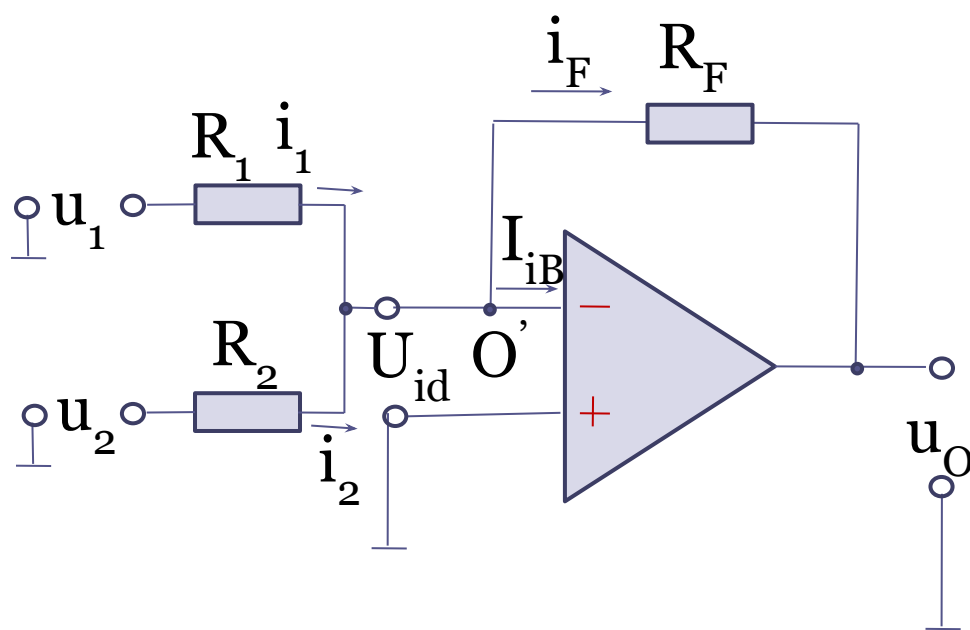
$$A_G = \frac{I_o}{U_G} = \frac{U_o}{R_1 + R_L} / \frac{R_1 U_o}{R_1 + R_L} = \frac{1}{R_1}$$

$$U_G = U_\beta = \beta U_o = \frac{R_1 U_o}{R_1 + R_L}$$



# Операционни схеми за сумиране и изваждане

- Инвертиращ суматор



$$R_1 = R_2 = R_F = R$$

$$i_1 = \frac{u_1}{R}$$

$$i_2 = \frac{u_2}{R}$$

$$i_F = i_1 + i_2$$

$$u_O \approx -i_F R_F$$

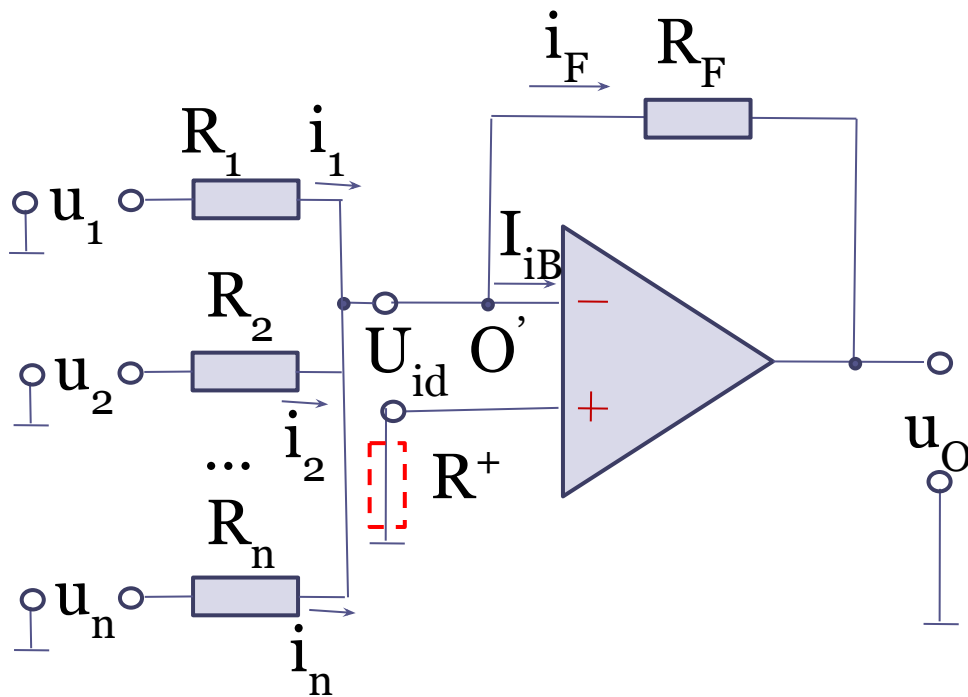
$$\frac{u_1}{R} + \frac{u_2}{R} = -\frac{u_O}{R}$$

$$u_O = -(u_1 + u_2)$$

# Операционни схеми за сумиране и изваждане

- n- входов суматор

$$u_o = -(u_1 + u_2 + \dots + u_n)$$



За намаляване влиянието на  $I_{iB}$  в неинвертиращия вход се включва:  $R^+$

$$\frac{1}{R^+} = \frac{1}{R_F} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

# Операционни схеми за сумиране и изваждане

- Суматор с мащабни коефициенти – ако  $R_1 \neq R_2 \neq R_F$ , то схемата на суматора може да се използва за решаване на уравнения от вида:

$$y = a x_1 + b x_2$$

$$i_F = -\frac{u_O}{R_F} = i_1 + i_2 = \frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2}$$

$$-u_O = \frac{R_F}{R_1} u_1 + \frac{R_F}{R_2} u_2$$

$$-u_O = \frac{R_F}{R_1} u_1 + \frac{R_F}{R_2} u_2 + \dots + \frac{R_F}{R_n} u_n \quad \text{- при } n \text{ на брой входи}$$

# Пример

- Да се реши уравнението:  $y=2x_1+5x_2$

Избира се  $R_F=100\text{K}$

От  $R_F/R_1=2$  и  $R_F/R_2=5$  се намира:

$$R_1 = R_F/2=50\text{K}, R_2 = R_F/5=20\text{K}$$

$R_F/R_1$  и  $R_F/R_2$  се наричат мащабни коефициенти

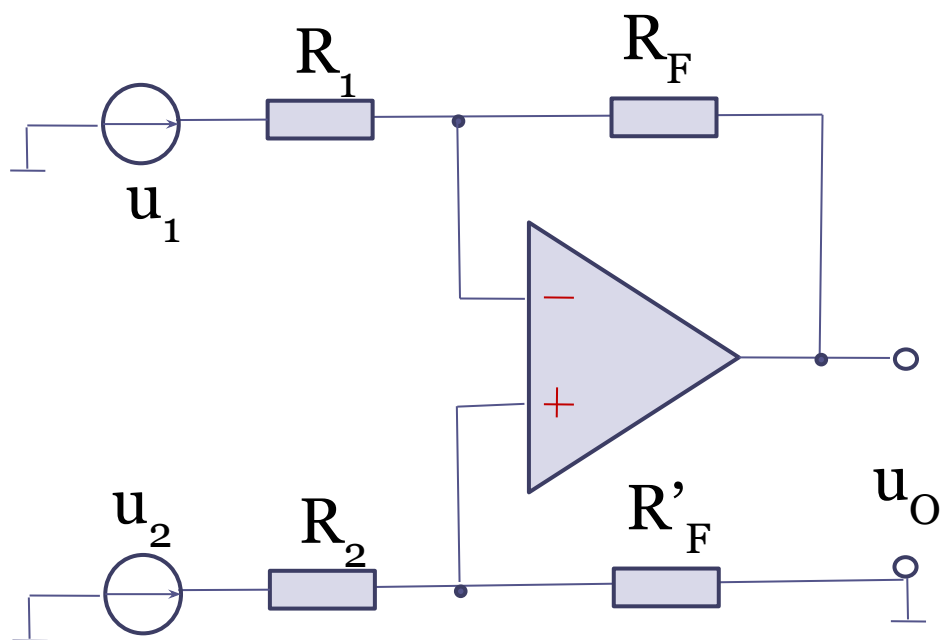
# Операционни схеми за сумиране и изваждане

- Схема за намиране средната стойност от  $n$  входа
- Приема се, че  $R_1 = R_2 = \dots = R_n$  и  $R_F / R_1 = 1/n$
- Тогава:

$$-u_o = \frac{R_F}{R_1} (u_1 + u_2 + \dots + u_n) = \frac{1}{n} (u_1 + u_2 + \dots + u_n)$$

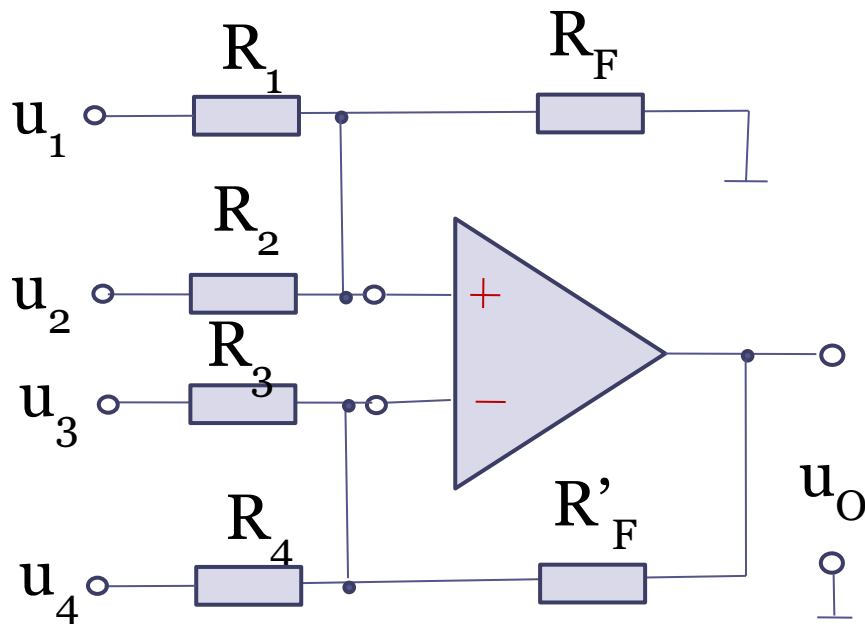
# Схема за сумиране и изваждане

- Алгебричен суматор



При  $R_1 = R_2 = R_F = R'_F = R$   
 $u_0 = -u_1$  (при  $u_2 = 0$ )  
 $u_0 = u_2$  (при  $u_1 = 0$ )  
 $u_1 \neq 0$  и  $u_2 \neq 0$ , то  $u_0 = u_2 - u_1$   
– извършва се  
операцията *изваждане*

# Схема за сумиране и изваждане



• При  $R_1=R_2=R_3=R_4=R_F=R'_F=R$ , то  
 $u_o=(u_1+u_2)-(u_3+u_4)$

• При  $R_F/R_1+R_F/R_2=R'_F/R_3+R'_F/R_4$ , то  
 $u_o=(R_F/R_1)u_1+(R_F/R_2)u_2-(R'_F/R_3)u_3-(R'_F/R_4)u_4$

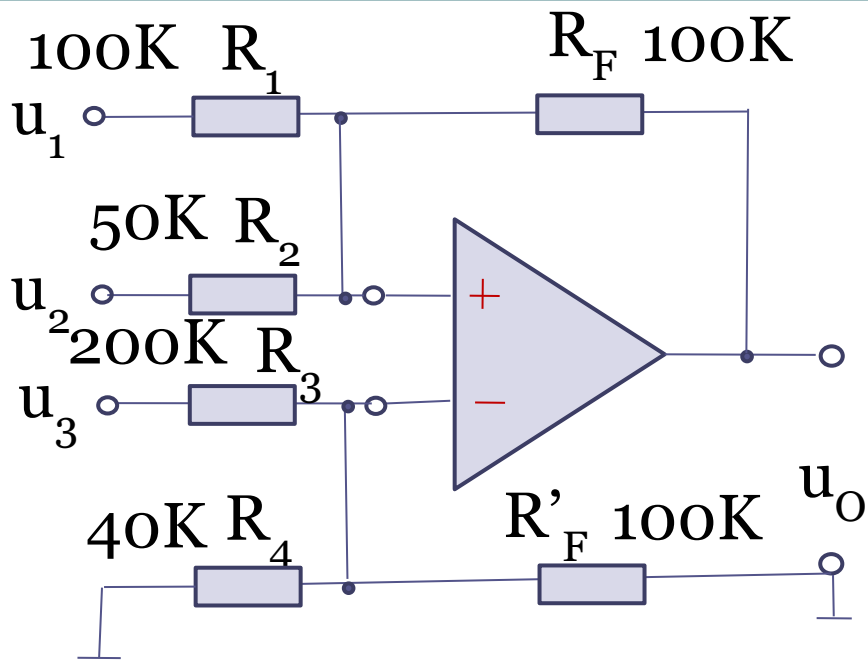
# Пример

- Да се моделира зависимостта:

$$u_0 = u_1 + 2u_2 - 0,5u_3$$

$$\text{При } R_F = R'_F = 100\text{K}$$

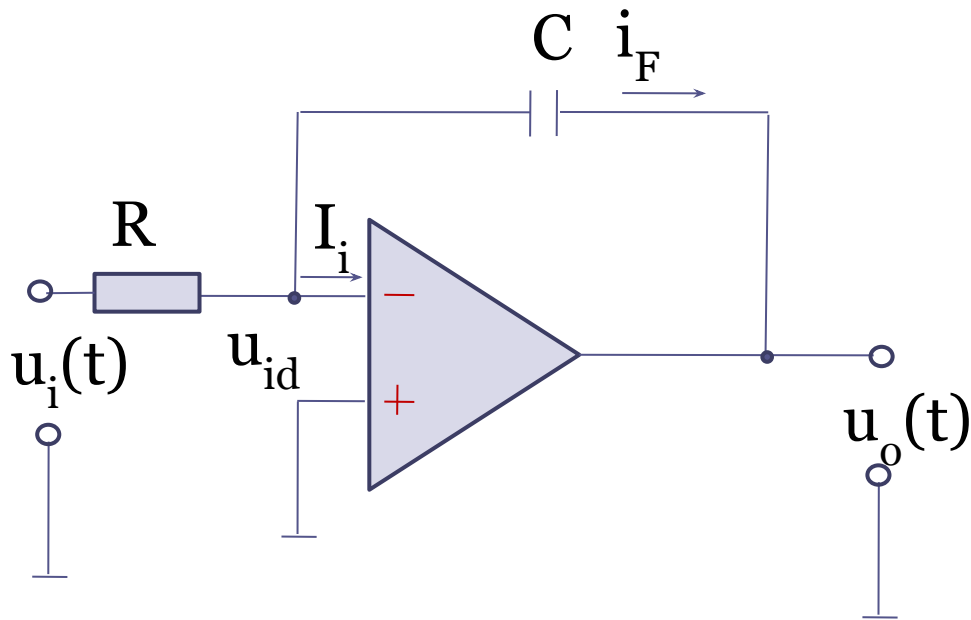




## Решение

- $R_F/R_1 = 1$
- $R_F/R_2 = 2$
- $R'_F/R_3 = 0,5$
- $u_O = (R_F/R_1)u_1 + (R_F/R_2)u_2 - (R'_F/R_3)u_3 - (R'_F/R_4)u_4$

# Схеми за интегриране



$$u_c \approx -u_o$$

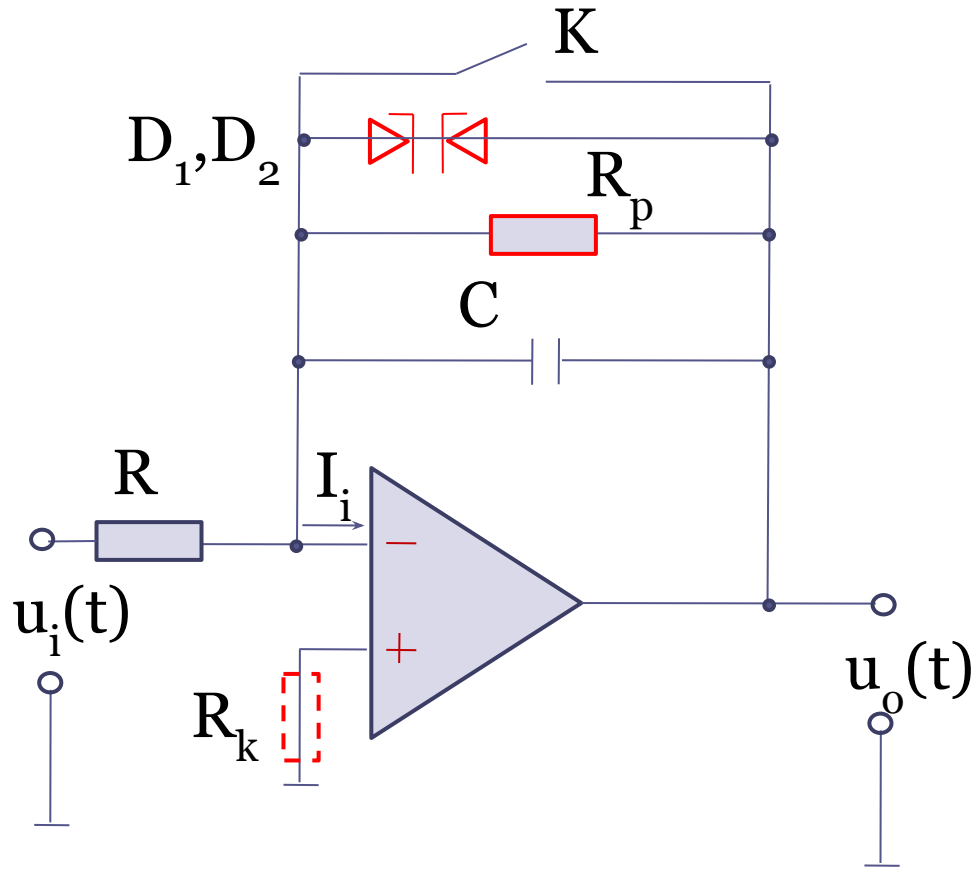
$$i_c \approx i_i \approx \frac{u_i}{R}$$

$$\frac{u_i}{R} = -C \frac{d u_o(t)}{dt}$$

$$d u_o(t) = -u_i \frac{dt}{RC}$$

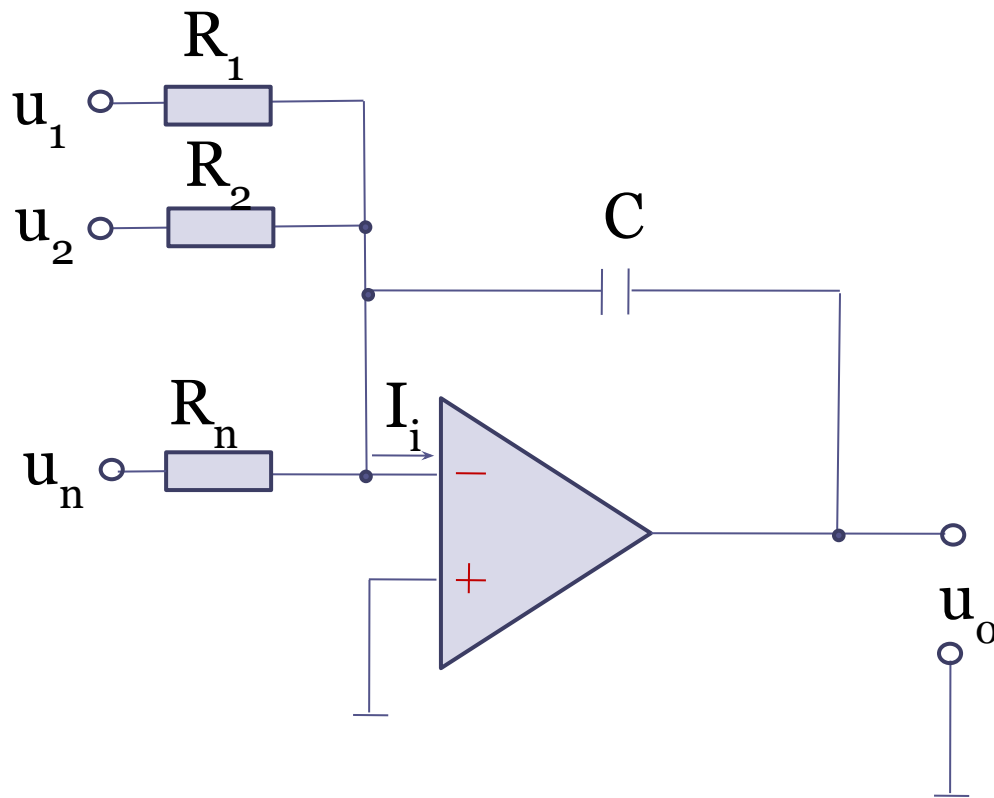
$$u_o(t) = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} u_i(t) dt$$

# Реален интегратор



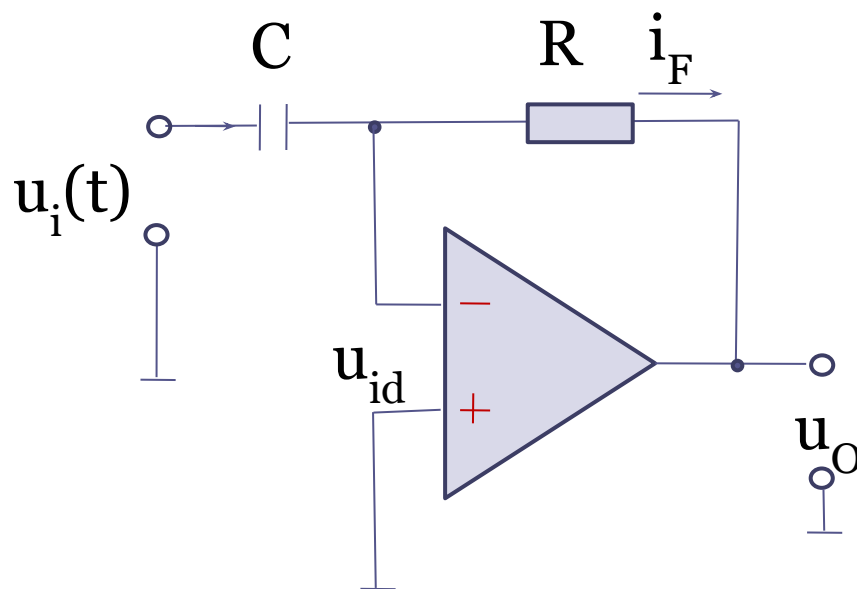
$$u_o(t) = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} u_i(t) dt + \frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} U_{i0} dt + \frac{1}{C} \int_{t_1}^{t_2} I_{iB} dt + U_{i0}$$

# Суматор-интегратор



$$u_o = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} (u_1 + \dots + u_n) dt$$

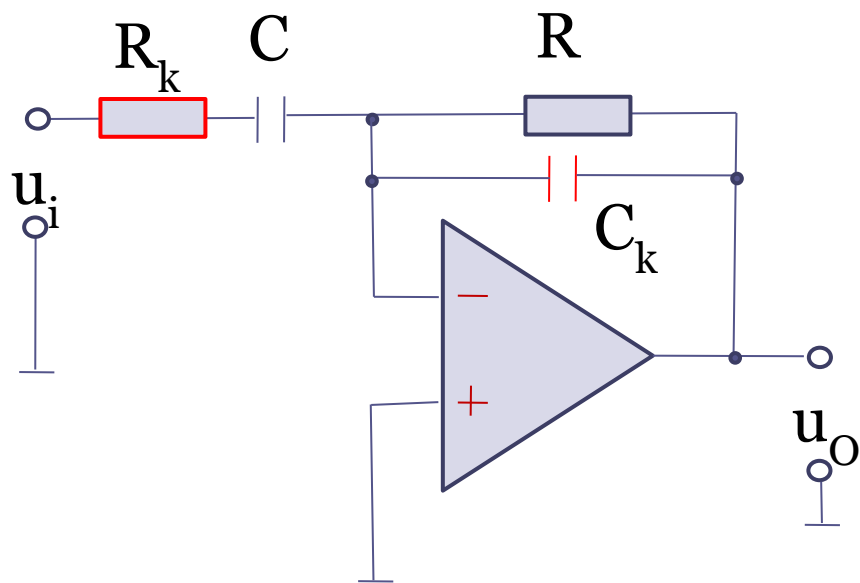
# Схеми за диференциране



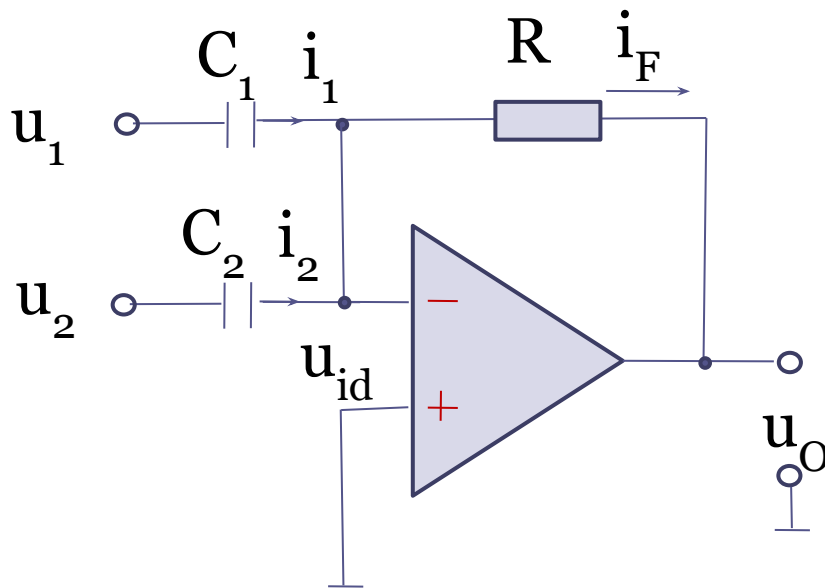
$$u_o(t) = -i_F R_F = -RC \frac{du_C}{dt} \approx -RC \frac{du_i}{dt}$$

$$u_o(t) = -RC \frac{du_i}{dt}$$

# Дифференциатор с коррекцией



# Суматор-дифференциатор



$$i_F \approx i_{C1} + i_{C2} = i_{i1} + i_{i2}$$

$$u_o = -i_F R = -(i_{C1} + i_{C2})R = -R(C_1 \frac{d u_{C1}}{dt} + C_2 \frac{d u_{C2}}{dt})$$