



# Операционни усилватели II

Операционни усилватели без ОВ  
(Компаратори). Операционни усилватели с  
ПОВ.



# V. Операционни усилватели с ООВ

❑ **Неинвертиращ усилвател** - Входният сигнал се подава на неинвертиращия вход. Резултатът от това е, че изходният сигнал е "във фаза" с входния сигнал.

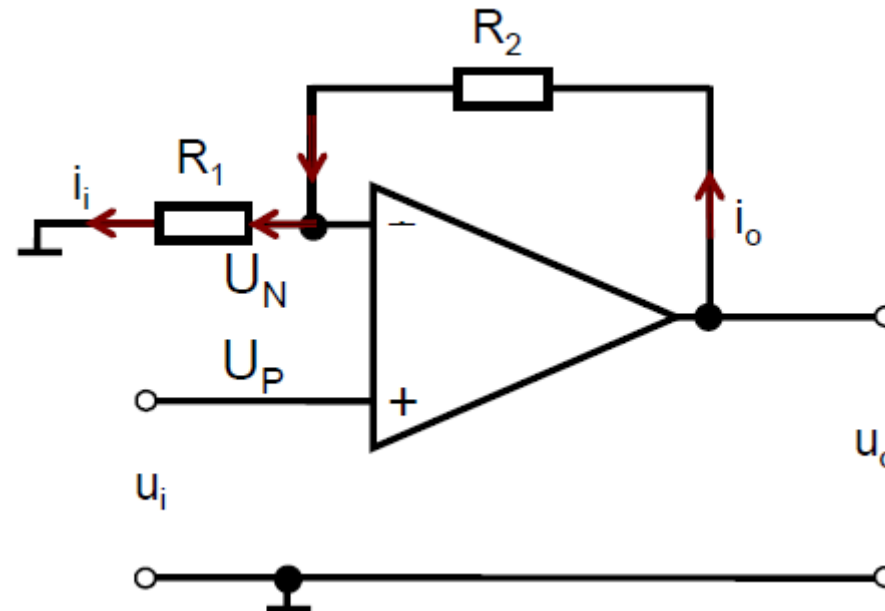
От  $U_{id} = 0$  следва  $U_N = U_P = u_i$

От  $I_{ioy} = 0$  следва  $I_i = I_o$

$$U_N = u_o \cdot R_1 / (R_1 + R_2) = u_i$$

$$K_u = u_o / u_i = (R_1 + R_2) / R_1$$

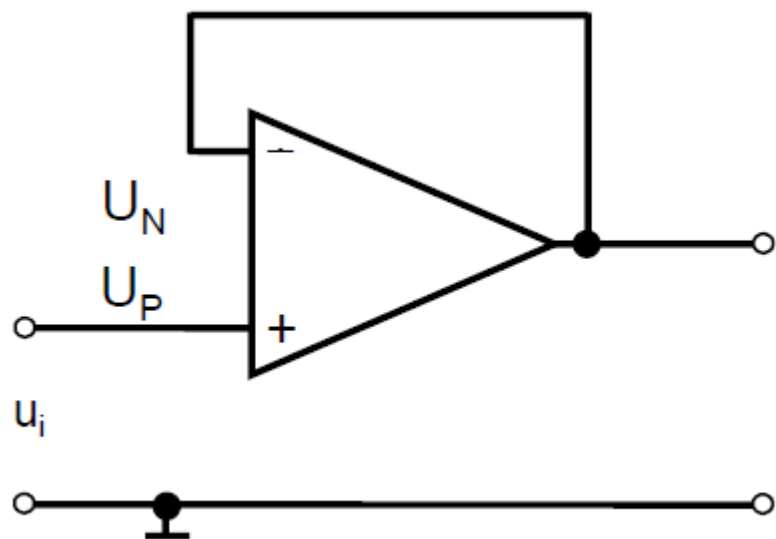
$$K_u = 1 + R_2 / R_1$$



От уравнението по-горе се вижда, че общият коефициент на усилване на неинвертиращ усилвател  $K_u$  **винаги ще бъде по-голям, но никога по-малък от 1**, и се определя от съотношението на стойностите на  $R_1$  и  $R_2$ .

# V. Операционни усилватели с ООВ

## □ Неинвертиращ усилвател - повторител



При  $R_1 = \infty$  и  $R_2 = 0 \Rightarrow K_u = 1$

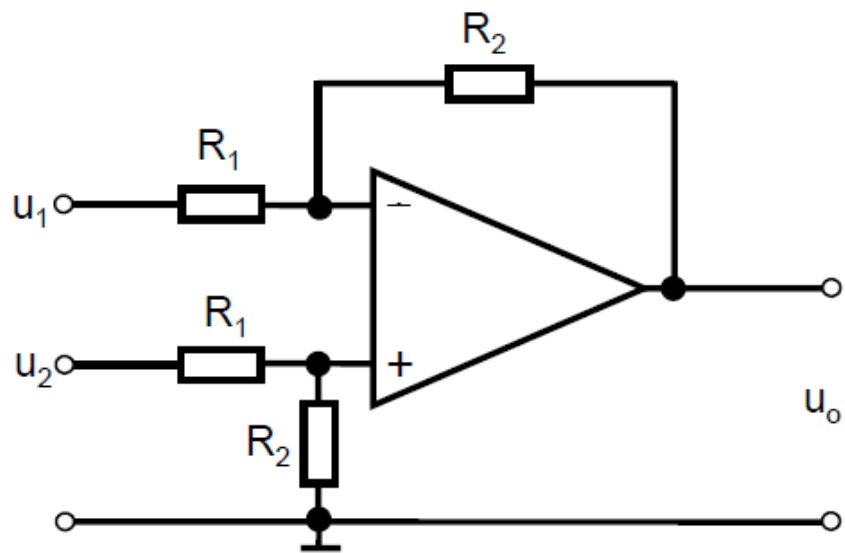
Този усилвател има извънредно високо входно съпротивление и ниско изходно съпротивление и се нарича **буферен усилвател** или **повторител**.

Използва се за съгласуване на усилватели с високо изходно съпротивление и нискоомен товар.



# V. Операционни усилватели с ООВ

□ **Диференциален усилвател** - Входните сигнали се подават едновременно и на двата входа на ОУ



$$u_o = -\frac{R_2}{R_1}u_1$$

$$u_o = \underbrace{\frac{u_2 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}_{\text{делител}} \cdot \underbrace{\left[1 + \frac{R_2}{R_1}\right]}_{K_{\text{н}}}$$

$$u_o = \frac{u_2 \cdot R_2 (R_1 + R_2)}{(R_1 + R_2)R_1} = \frac{R_2}{R_1}u_2$$

или

$$\Rightarrow u_o = \frac{R_2}{R_1}(u_2 - u_1)$$

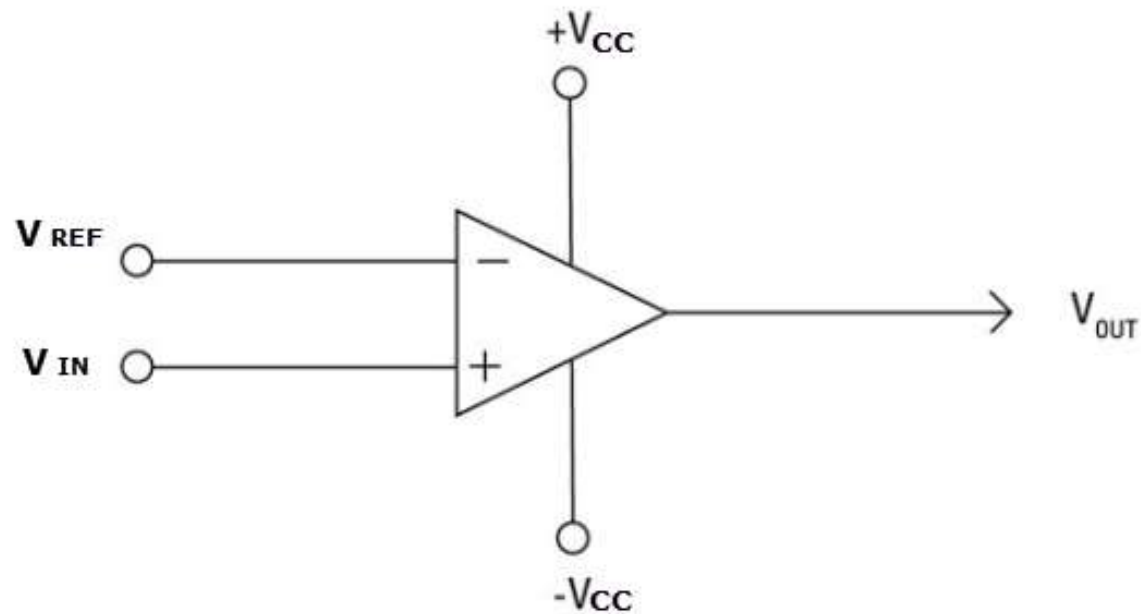
Досега в схемите с ОУ се използваше само един от входовете на ОУ, или „инвертиращия“, или „неинвертиращия“ вход, а другият вход е свързан към маса. При подаване на входни напрежения едновременно на двата входа, се получава **изходно напрежение  $U_0$** , пропорционално на разликата на двете входни напрежения  $U_1$  и  $U_2$ .





# VI. Операционни усилватели **без** обратна връзка (**компаратори**)

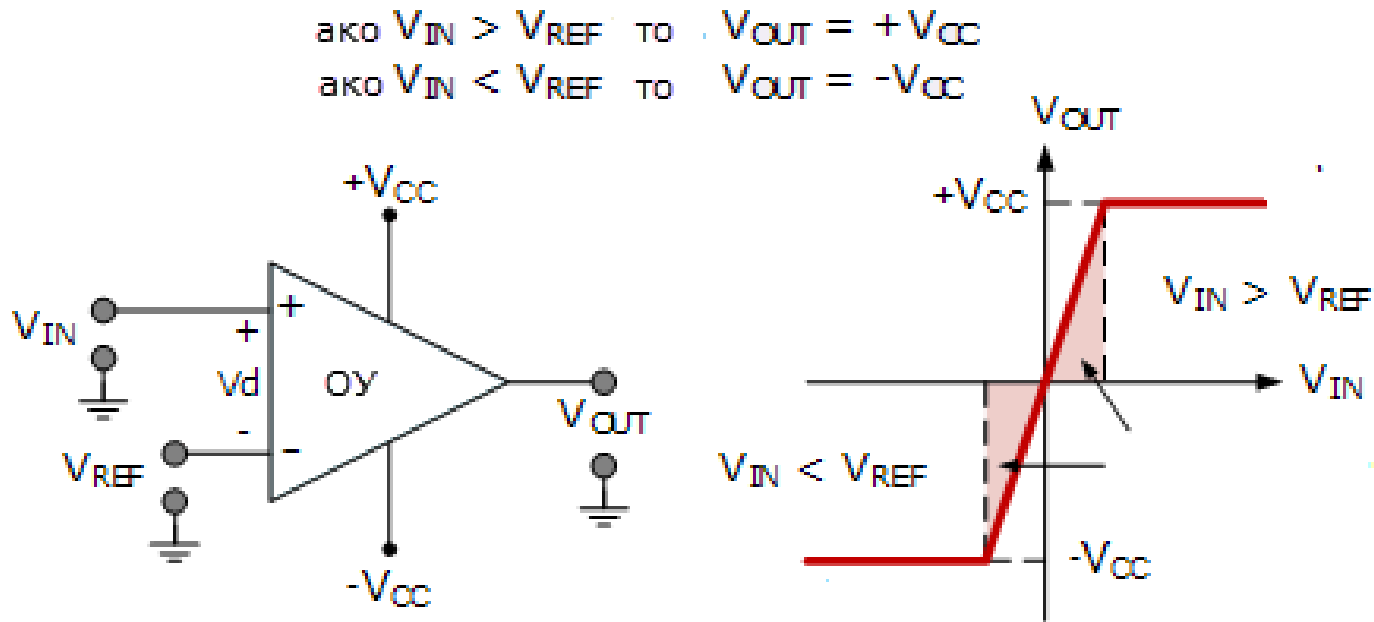
Компараторът е електронна схема за сравняване на два аналогови сигнала, която използва операционни усилватели с много голямо усилване **без обратна връзка** (т.е. няма резистор за обратна връзка).



Лесно е да се създаде компаратор с ОУ, тъй като полярността на изходното напрежение  $V_{OUT}$  на ОУ зависи от полярността на разликата между двете входни напрежения.



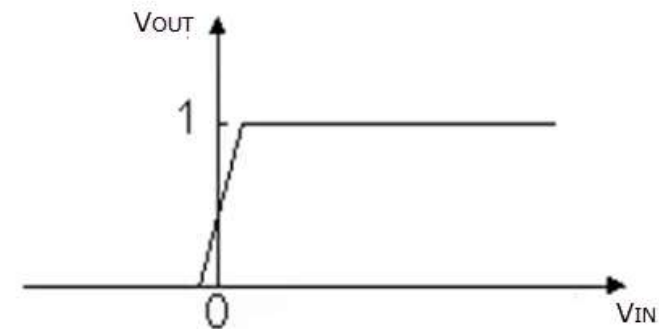
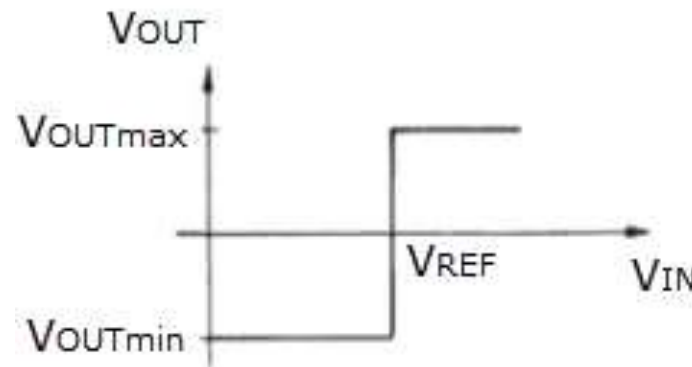
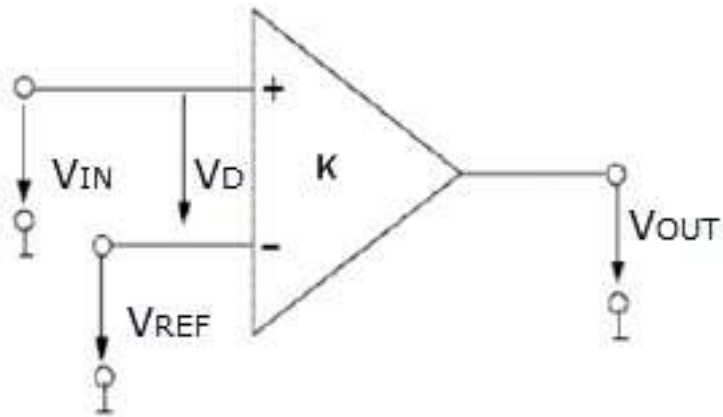
# VI. Операционни усилватели без обратна връзка (компаратори)



ОУ сравнява едно аналогово напрежение  $V_{IN}$  с друго аналогово напрежение или някакво предварително зададено референтно напрежение  $V_{REF}$  и въз основа на това сравнение на величините на напреженията на двата входа, определя кое от двете е по-голямо.

# VI. Операционни усилватели без обратна връзка (компаратори)

Аналоговият компаратор е предназначен да сравнява по ниво две входни напрежения и скокообразно да изменя изходното си напрежение в случай, че едно от сравняваните напрежения е по-голямо от другото.



От особено значение са големината на:

$V_D$  - за да може да реагира на малки разлики между  $V_{IN}$  и  $V_{REF}$

$SR$  - за да се намали времето за преминаване от едното състояние в другото.

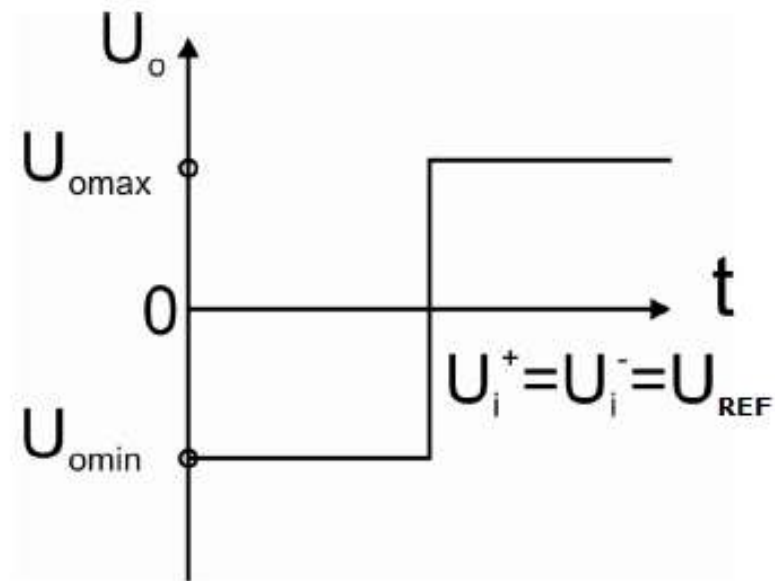
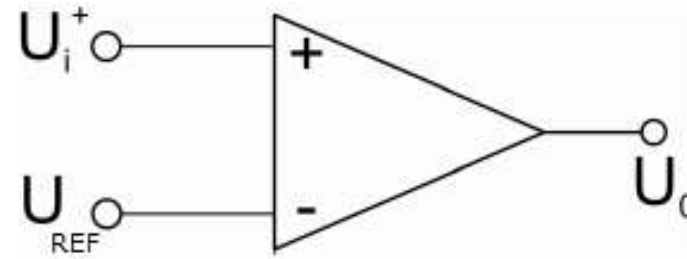
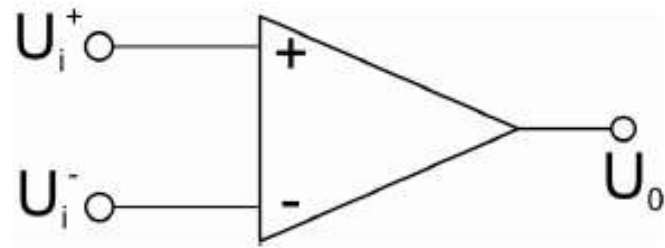
# VI. Операционни усилватели без обратна връзка (компаратори)

- ✓ Операционните усилватели работят като усилватели с дълбока OOB.
- ✓ Без OV операционните усилватели работят в ключов режим, ако входните сигнали превишават определена малка стойност.
- ✓ ОУ работят в ключов режим като комутатори с изходно напрежение  $U_{omax}$  или  $U_{omin}$  в зависимост от това дали  $U_i^+$  е по-голямо или по-малко от  $U_i^-$ .





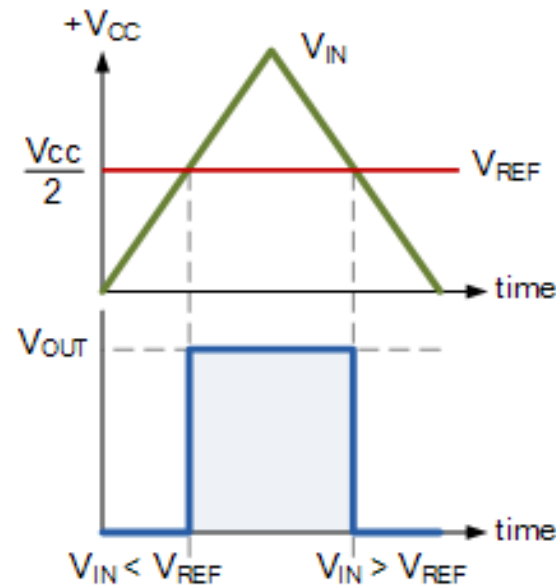
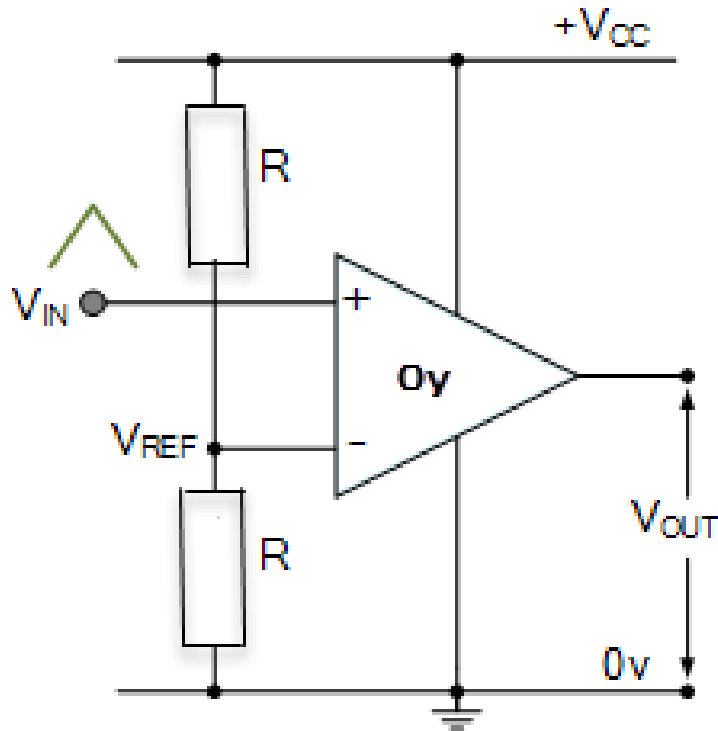
# VI. Операционни усилватели без обратна връзка (компаратори)



Компараторът сравнява два входни сигнала  $U_i^+$  и  $U_i^-$  или един-единствен сигнал  $U_i^+$  със зададено (опорно) напрежение  $U_{REF}$ .

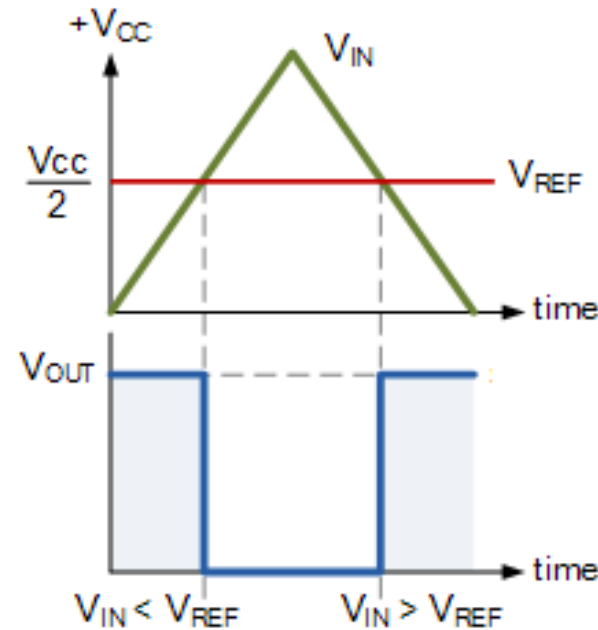
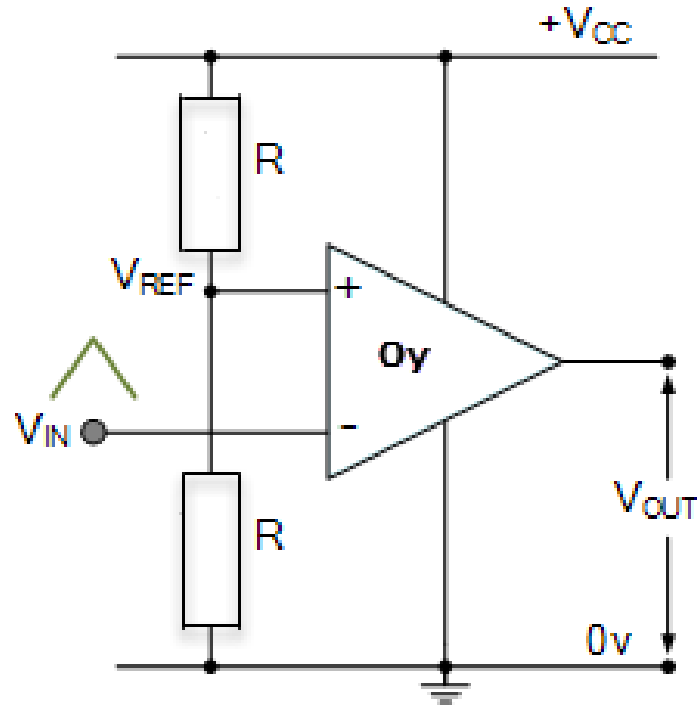
Компараторът се превключва, когато входния сигнал практически стане равен на  $U_{REF}$ .

# VI. Операционни усилватели без обратна връзка (компаратори)



Когато напрежението, което ще се сравнява с опорното се подава на **неинвертиращия** вход, изходният сигнал се променя както е показано от 0 до  $+V_{CC}$ .

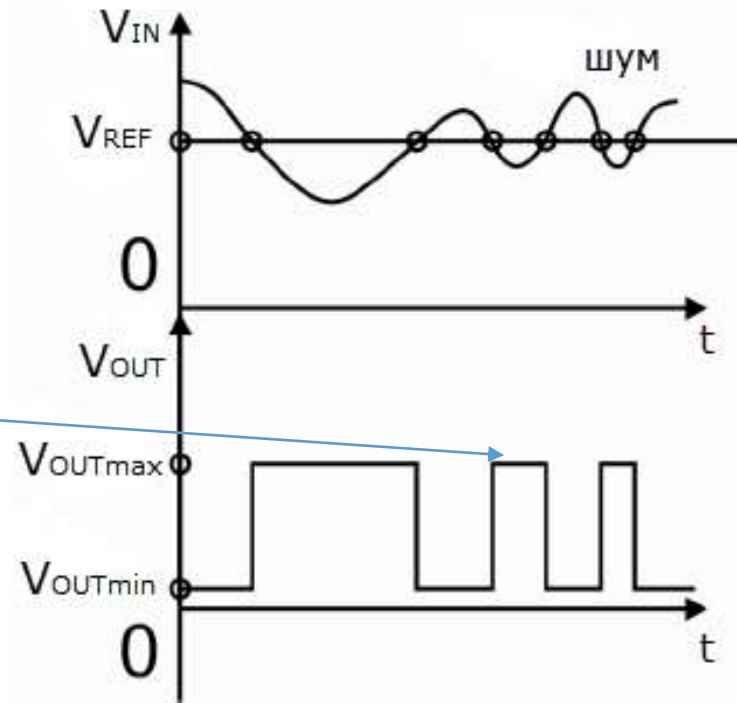
# VI. Операционни усилватели без обратна връзка (компаратори)



Когато напрежението, което ще се сравнява с опорното се подава на **инвертиращия** вход, изходният сигнал се променя както е показано от  $+V_{CC}$  до  $0V$ .

# VI. Операционни усилватели без обратна връзка (компаратори)

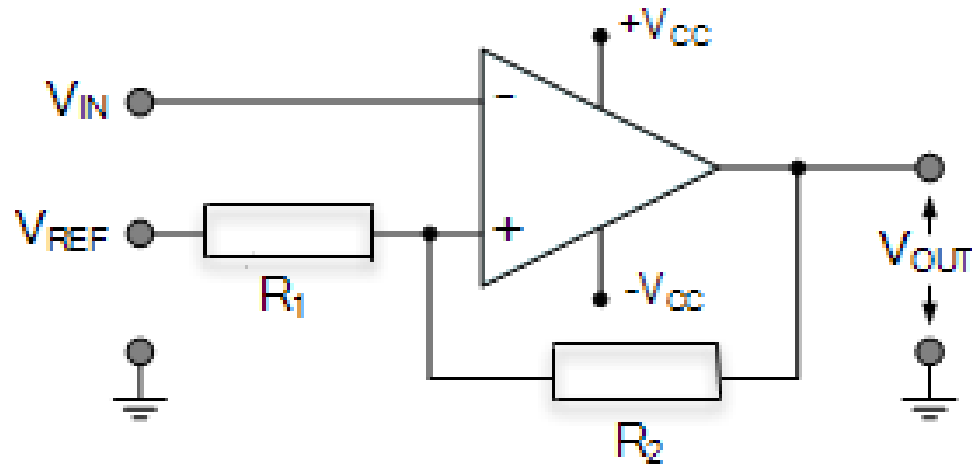
Тази схема има важен недостатък: ако входното напрежение  $V_{IN}$  се изменя бавно и се намира близо до  $V_{REF}$ , то шумовете съдържащи се в  $V_{IN}$  могат да предизвикат **лъжлива промяна** на изходния сигнал  $V_{OUT}$



Компараторите се явяват съставна част от устройствата за автоматичен контрол, аналого-цифровото преобразуване, захранващите устройства и др.



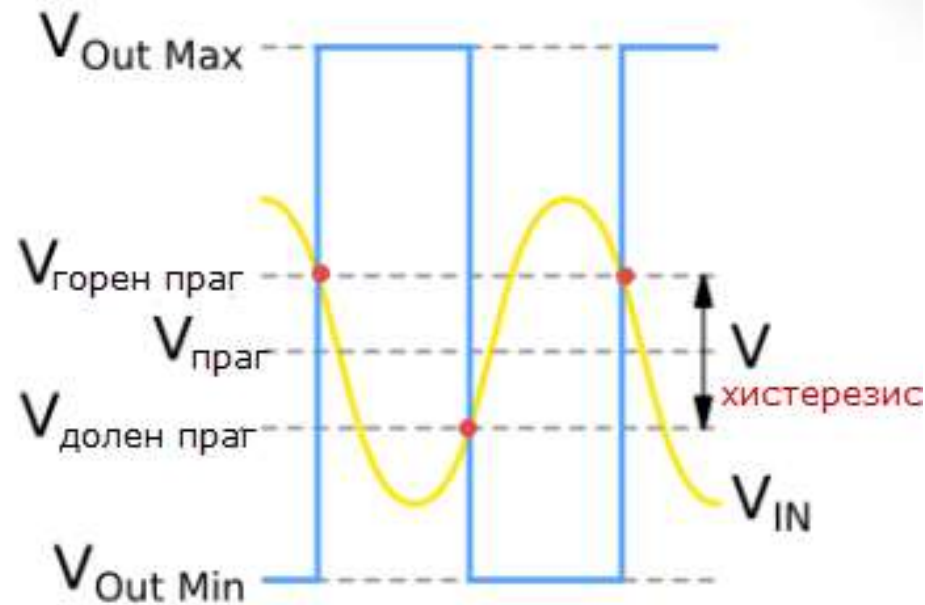
## VII. Операционни усилватели с положителна обратна връзка (Тригер на Шмит)



За да се избегне влиянието на шумовете в схемата на компаратора, се въвежда **положителна обратна връзка (ПОВ)** и те се превръщат в т. нар. схема **тригер на Шмит** или **компаратор с хистерезис**. Входният сигнал се подава на инвертиращия вход, а напрежението от веригата на ПОВ на неинвертиращия вход.



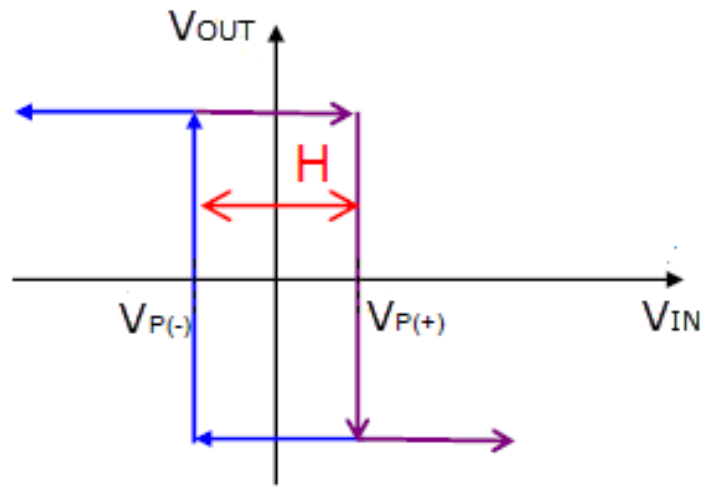
## VII. Операционни усилватели с положителна обратна връзка (Тригер на Шмит)



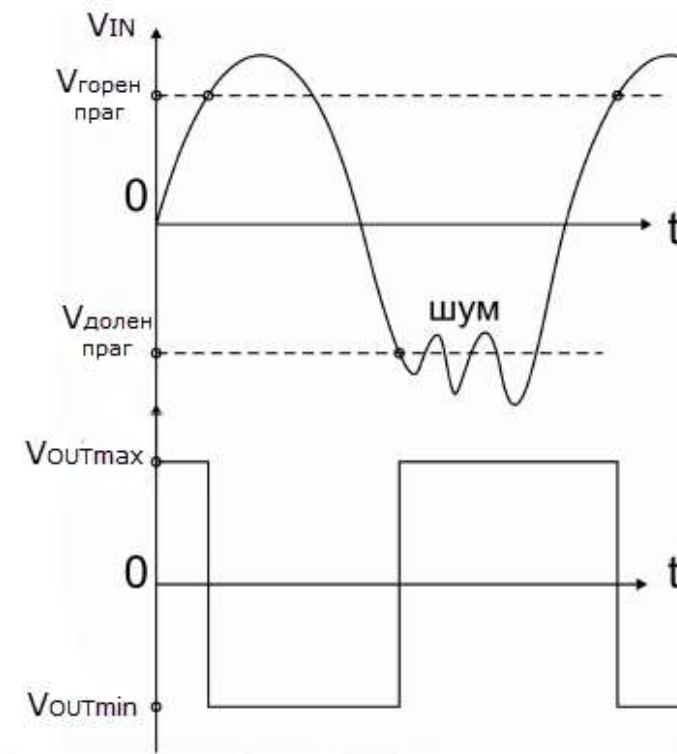
Изходното напрежение се променя, когато входното пресича горния и долния праг праговете на превключване, който се задава от съпротивленията  $R_1$  и  $R_2$ . Разликата между двете прагови напрежения се нарича напрежение на хистерезис.

$$V_{хистерезис} = V_{горен\ праг} - V_{долен\ праг}$$

# VII. Операционни усилватели с положителна обратна връзка (Тригер на Шмит)



Предавателна характеристика на Тригера на Шмид



Всички смущения с амплитуда, по-малка от  $V_{хистерезис}$ , не въздействат върху компаратора Следователно недостатък на компараторите с хистерезис е по-малката им чувствителност.

## VII. Операционни усилватели с положителна обратна връзка (Тригер на Шмид)



Компараторите с хистерезис намират различни приложения, например за формиране на правоъгълни импулси от синусоидално напрежение.