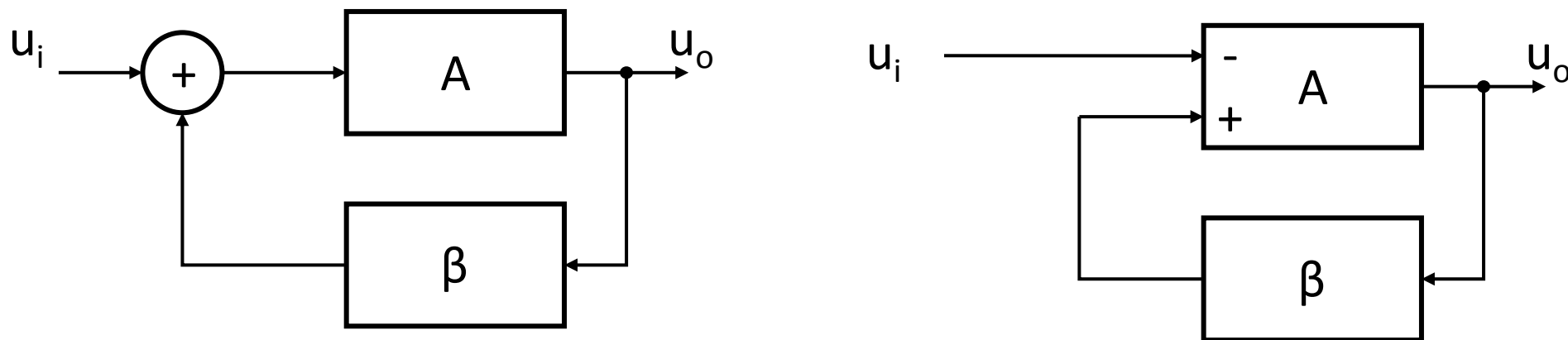


Несиметрични тригери

Несиметричните тригери, наричани още тригери на Шмит (Otto H. Schmitt) са схеми с две състояния, характеризиращи се с две стойности на изходното напрежение U^0 и U^1 , като преходът между тях се извършва при две различни стойности на входното напрежение U_I и U_{II} . Следователно в предавателната им характеристика има област с хистерезис, чиято широчина се определя от праговите стойности. Горният праг се нарича още праг на задействане, а долният – праг на отпускане.

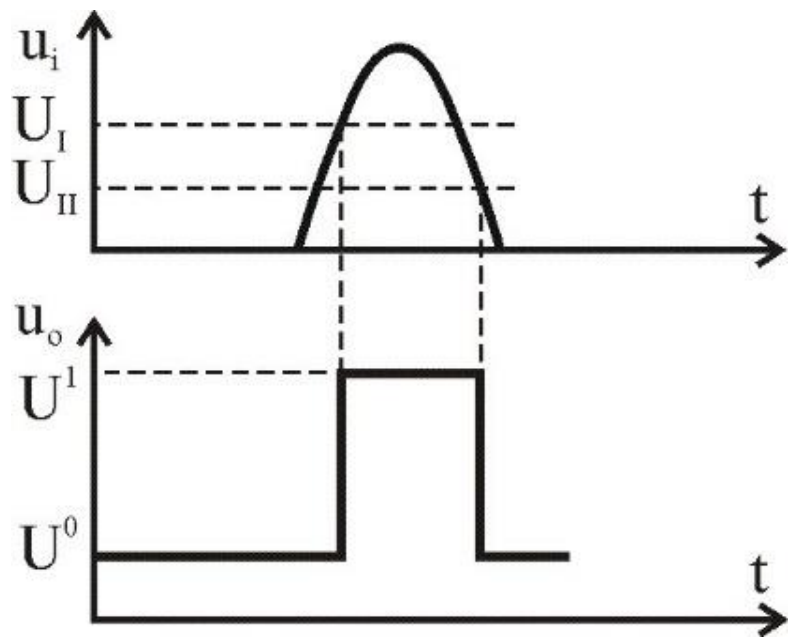
Несиметричният тригер, както и симетричният представлява схема с положителна обратна връзка.

Несиметрични тригери



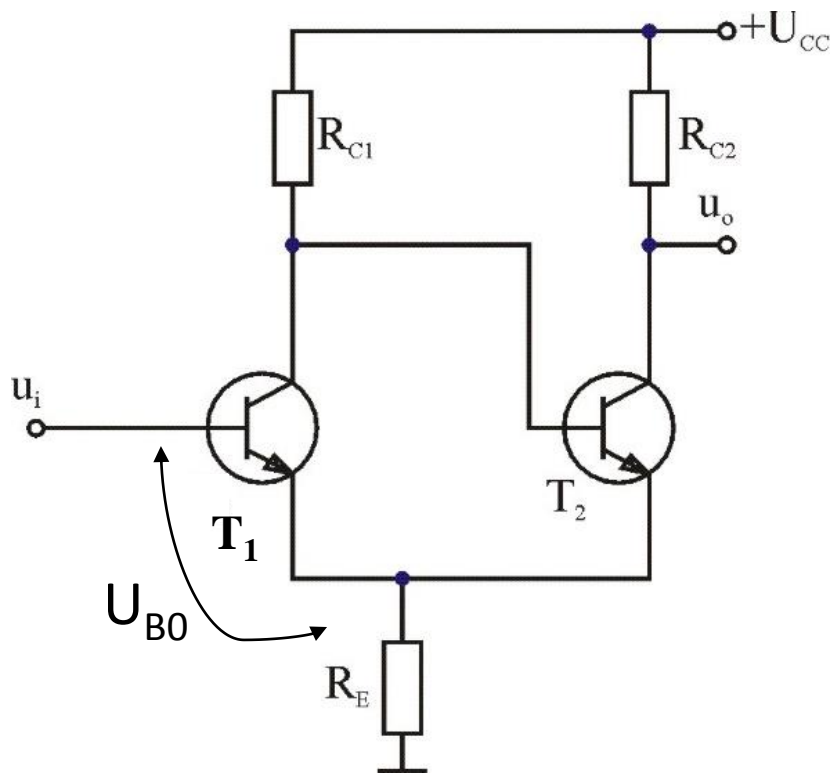
Разликата между несиметричните тригери и симетричните е в усилвателната схема. При симетричните тя включва два еднакви инвертора, а при несиметричните може да има по-голямо многообразие. Основната идея се вижда когато тригерът на Шмит се реализира със стъпало с диференциален вход. Той позволява входната верига да бъде отделна и независима от веригата на положителната обратна връзка.

Несиметрични тригери с биполярни транзистори



Тригерите на Шмит се използват при формиране на правоъгълни импулси от бавно изменящи се входни сигнали. Могат да изпълняват и функцията на пусково устройство (реле), което се задейства, когато входният сигнал достигне определено НИВО.

Несиметрични тригери с биполярни транзистори

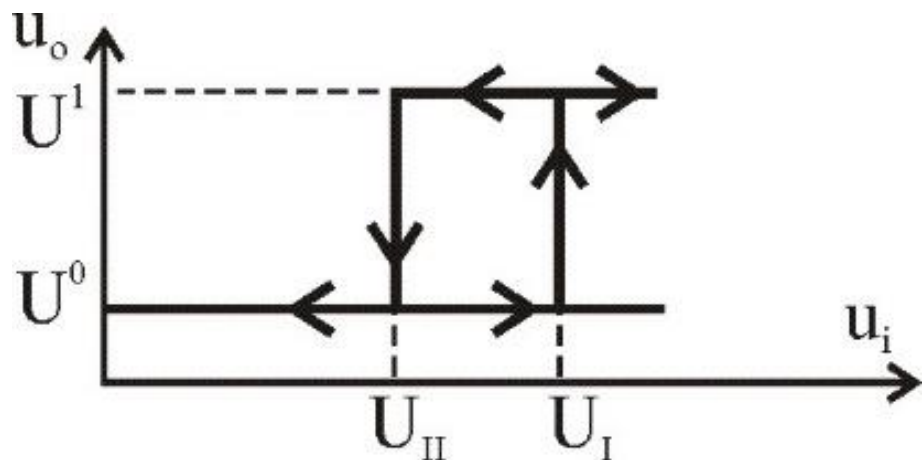


В схемата на несиметричния тригер положителната обратна връзка се осъществява през общия емитерен резистор R_E , затова тази схема често се нарича тригер с емитерна връзка.

При нулево входно напрежение T_1 е запушен, а T_2 – наситен. Тогава изходното напрежение е: $U^0 = U_{REI} + U_{CEsat} \approx U_{REI}$

$$U_{REI} \approx U_{CC} \frac{R_E}{R_E + R_{C2}}$$

Несиметрични тригери с биполярни транзистори



Първият праг на задействане U_I има стойност: $U_I = U_{REI} + U_{B0}$; $U_{B0} = 0,5V$

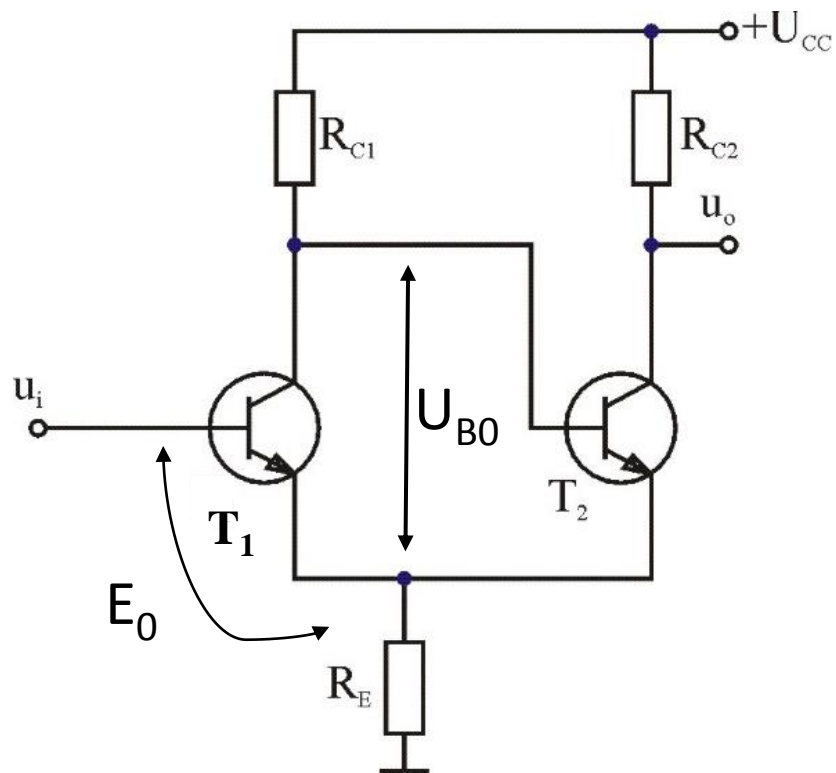
Когато входното напрежение достигне тази стойност се развива лавинообразен процес, в края на който T_1 е наситен, а T_2 – запушен.

Тогава изходното напрежение е $U^1 \approx U_{CC}$.

Напрежението на емитерите става равно на $U_{REII} \approx U_{CC} \frac{R_E}{R_E + R_{C1}}$

Следователно $U_{CC} \frac{R_E}{R_E + R_{C2}} > U_{CC} \frac{R_E}{R_E + R_{C1}}$

Несиметрични тригери с биполярни транзистори



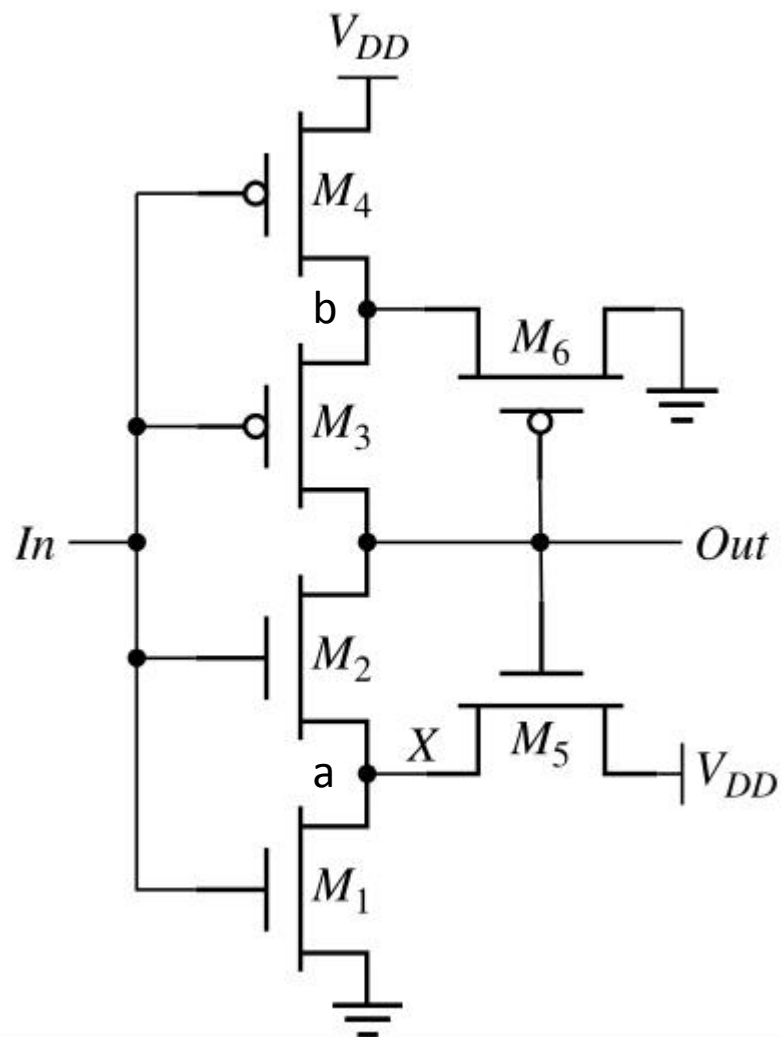
Необходимото условие за стабилност на второто състояние е: $R_{C1} > R_{C2}$. Тогава T_1 е наситен и поддържа T_2 надеждно запушен.

При намаляване на входното напрежение процесите се развиват аналогично, но в обратна посока. Превключването се извършва когато T_1

излезе от насищане и напрежението му U_{CE} стане равно на U_{B0} . Тогава T_2 се отпушва и отново се развива лавинообразен процес. Стойността на втория праг е

$$U_{II} \approx E_0 + (U_{CC} - U_{B0}) \frac{R_E}{R_E + R_{C1}}.$$

Несиметрични тригери с CMOS транзистори



Основната схема на тригер на Шмит с CMOS транзистори може да се получи по аналогия с биполярната със следните стъпки: Биполярните транзистори се заменят с N-каналните MOS транзистори M_2 и M_5 ; Емитерният резистор се заменя с аналогичен транзистор M_1 ; Вместо товарни резистори се поставя огледална структура от P-каналните MOS транзистори M_3 , M_4 и M_6 ;

Несиметрични тригери с CMOS транзистори

Гейтовете на M_1 и M_2 , съответно M_3 и M_4 , се свързват заедно, тъй като по време на лавинообразния процес на преобръщане и двата транзистора трябва да са отпушени; Входният сигнал управлява едновременно P- и N-каналните входни транзистори.

Действието на получената схема също е аналогично на основната. При малко входно напрежение M_1 и M_2 са запушени. P-каналните транзистори M_3 и M_4 са отпушени и през тях положителното захранващо напрежение достига до изхода. Същевременно M_6 е запушен, а M_5 – отпушен. Тогава:

$$U_a = U_{DD} - U_{TN}$$

Несиметрични тригери с CMOS транзистори

Когато входното напрежение расте първо се отпушва M_1 при $u_i = U_{TN}$, и токът през него и през M_5 започва да расте, а напрежението в т. а да намалява. Когато то стане равно на половината от захранващото M_2 ще се отпуши. Тогава стойността на входното напрежение е:

$$U_I = \frac{U_{DD}}{2} + U_{TN},$$
 което е стойността на горния праг, тъй като протича

ток от захранването през транзисторите M_1 , M_2 , M_3 и M_4 . Изходното напрежение започва да намалява.

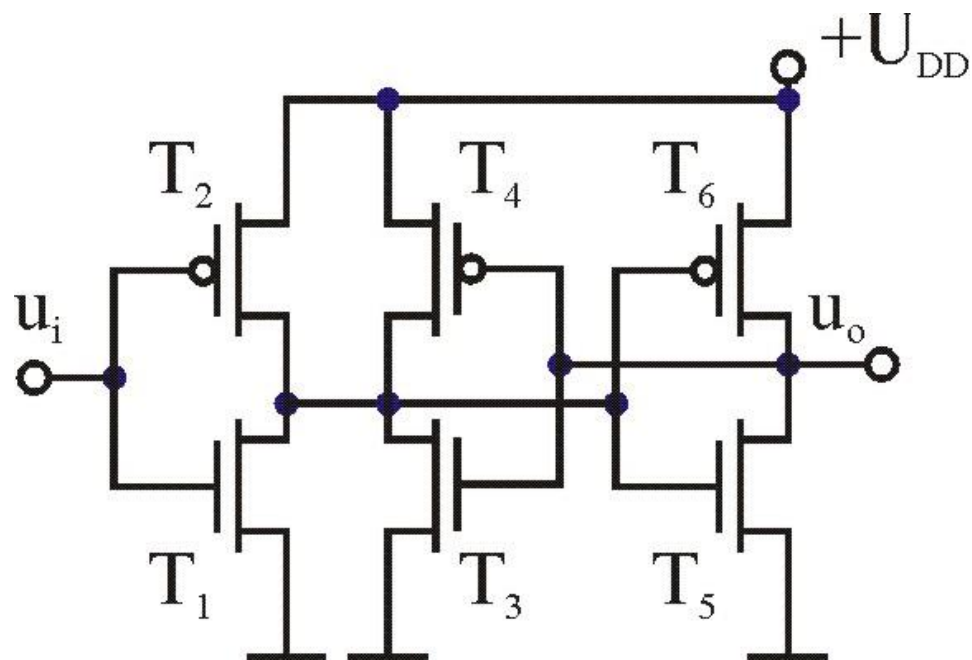
Несиметрични тригери с CMOS транзистори

Едновременно с това се развиват два лавинообразни процеса. Единият е в затворената верига на ПОВ, образувана от M_2 и M_5 , който завършва с пълното отпушване на M_2 и запусване на M_5 . Вторият е в аналогичната верига на M_3 и M_6 и завършва със запусването на M_3 и отпушването на M_6 . При това изходното напрежение на схемата става равно на нула. Връщането става при

$$u_i = U_{II}.$$

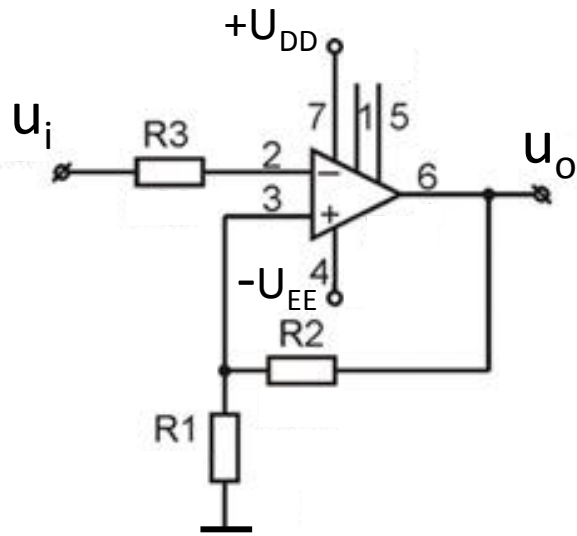
$$U_{II} = \frac{U_{DD}}{2} - |U_{TP}|$$

Несиметрични тригери с CMOS транзистори



Една от най-често използваните в практиката схеми на тригер на Шмит с CMOS транзистори се състои от входен инвертор с транзисторите T_1 и T_2 , последван от тригер, съставен от инверторите T_3T_4 и T_5T_6 . Двата прага на схемата са резултат от взаимодействието между входния инвертор и тригера.

Несиметрични тригери с операционни усилватели



Операционният усилвател стандартно може да работи в инвертираща и неинвертираща схема в зависимост от това на кой вход се подава входния сигнал. Следователно схемата на разглеждания тригер на Шмит е инвертираща.

Веригата на положителната обратна връзка има коефициент на предаване

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}. \text{ През нея двете стойности на изходното напрежение } U^1 = U^+ \text{ и } U^0 = |-U^-|$$

се предават на неинвертиращия вход.

Несиметрични тригери с операционни усилватели

Стойностите U^+ и U^- са близки до стойностите на захранващите напрежения U_{DD} и U_{EE} . Напрежението на неинвертиращия вход ще бъде равно на:

$$u_+ = u_o \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Следователно $U_I = \beta U^+$ и $U_{II} = -\beta |U^-|$

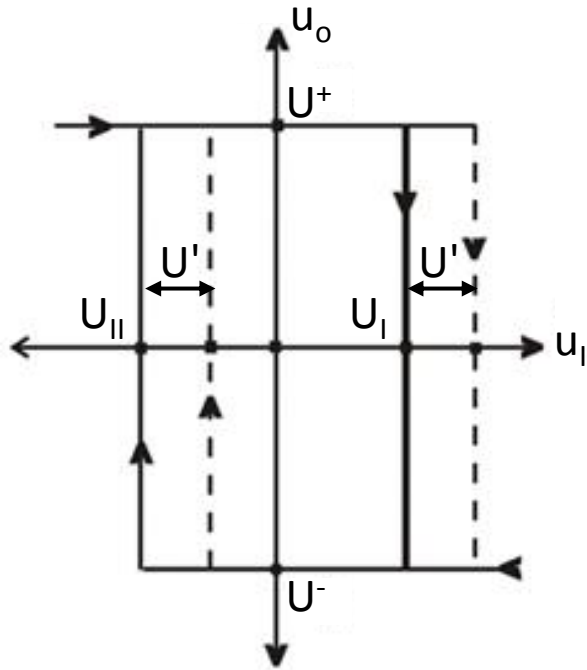
Ако входното напрежение има по-ниска стойност от U_{II} , то напрежението на неинвертиращия вход ще бъде по-високо от напрежението на инвертиращия вход и изходното напрежение на ОУ ще бъде близо до положителното захранване - т.е. $u_o = U^+ \approx V_{DD}$.

Несиметрични тригери с операционни усилватели

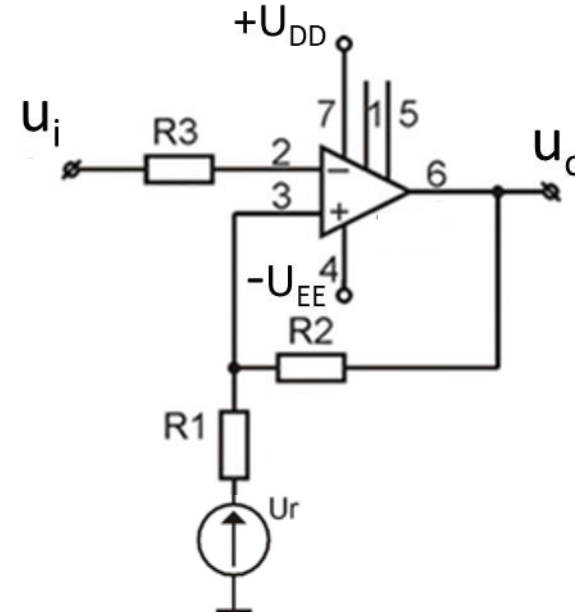
При нарастване на входното напрежение изходното състояние няма да се промени докато напрежението на инвертиращия вход не се изравни с напрежението, подавано на неинвертиращия вход на ОУ. При достигане на стойност U_1 схемата сменя изходното си състояние със скок (благодарение на наличието на ПОВ) и изходът на ОУ се установява в отрицателно насищане U^- .

Ако продължи увеличаването на входното напрежение, изходното състояние няма да се промени поради това, че напрежението на инвертиращия вход на ОУ винаги ще остава по-високо от напрежението на неинвертиращия му вход.

Несиметрични тригери с операционни усилватели

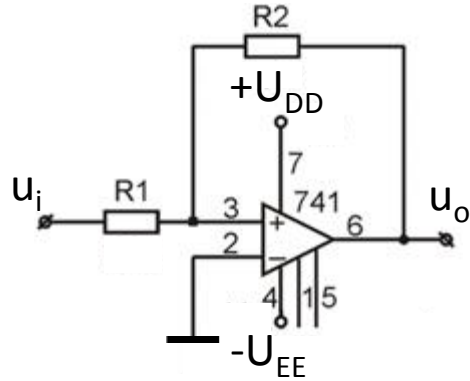


$$U' = U_r \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



Предавателната характеристика на схемата е дадена с непрекъснатата линия. Тя е симетрична спрямо абцисната ос. С прекъснатата линия е показана характеристиката на схема, в която праговете са отместени с U' .

Несиметрични тригери с операционни усилватели



Когато входният сигнал се подава на неинвертиращия вход, схемата на разглеждания тригер на Шмит е неинвертираща. Ако входното напрежение по-ниско от долния праг U_{II} , то напрежението на неинвертиращия вход ще бъде

по-ниско от напрежението на инвертиращия вход и изходът на ОУ ще бъде в отрицателно насищане - т.е. $u_o = U^-$.

Напрежението на неинвертиращия вход е равно на:

$$u_+ = u_o \frac{R_1}{R_1 + R_2} + u_i \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

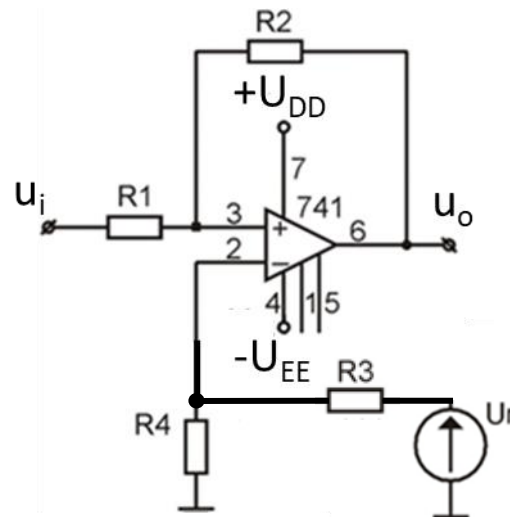
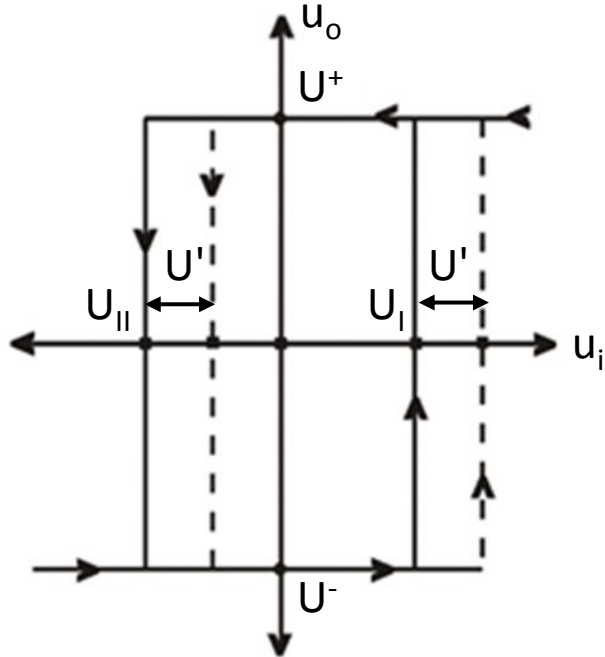
Несиметрични тригери с операционни усилватели

При нарастване на входното напрежение, напрежението u_+ нараства, но изходното състояние няма да се промени докато напрежението на неинвертиращия вход се изравни с напрежението на инвертиращия вход на ОУ, т.е. $u_+ = 0$. Когато двете напрежения се изравнят схемата сменя изходното си състояние със скок и изходът на ОУ се установява в положително насищане U^+ .

Ако продължи да се увеличава входното напрежение, изходното състояние няма да се промени поради това, че напрежението на неинвертиращия вход на ОУ вече има положителна стойност и винаги ще остава по-високо от напрежението на неинвертиращия му вход.

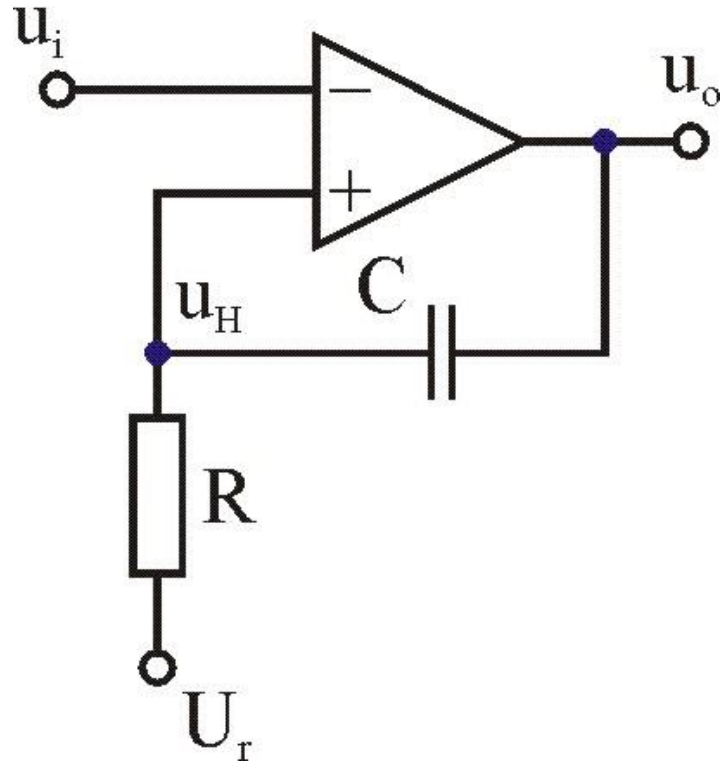
Несиметрични тригери с операционни усилватели

За да настъпи промяна в изходното състояние трябва да започне намаляване на входното напрежение. Изходното състояние ще се промени със скок когато напрежението на неинвертиращия вход отново достигне стойност $0V$. Изходът на ОУ отново се установява в отрицателно насищане - $u_o = U^-$.



$$U' = U_r \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

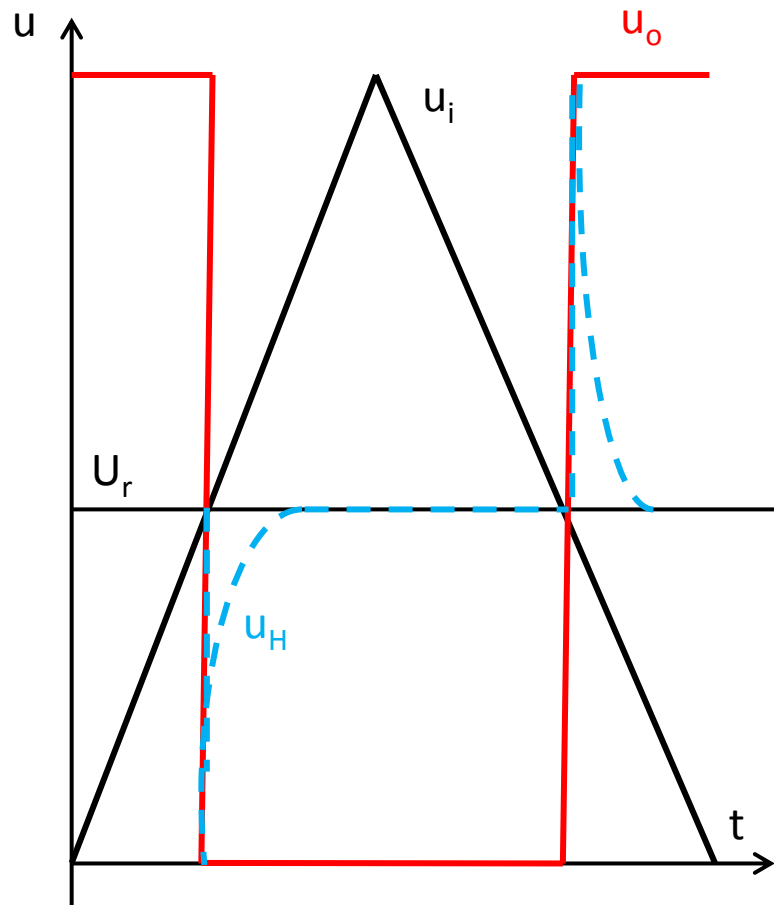
Динамичен хистерезис



За реализация на компаратор е необходим само един праг на превключване, като целта е да се запазят високата скорост на превключване и шумозащитеността на тригера на Шмит.

На схемата единият резистор от веригата на ПОВ е заменен с кондензатор и тя действа като компаратор на ниво U_r .

Динамичен хистерезис



Когато входният сигнал u_i премине през U_r схемата се преобръща лавинообразно. Изходното напрежение u_o се инвертира скокообразно и през RC-веригата се преобразува в диференцираното напрежение u_H , което запушва операционния усилвател. Започва хистерезисното състояние, което продължава до завършване на преходния процес в кондензатора. По този начин в схемата има само един праг на превключване.