

Теория на схемите с положителна обратна връзка

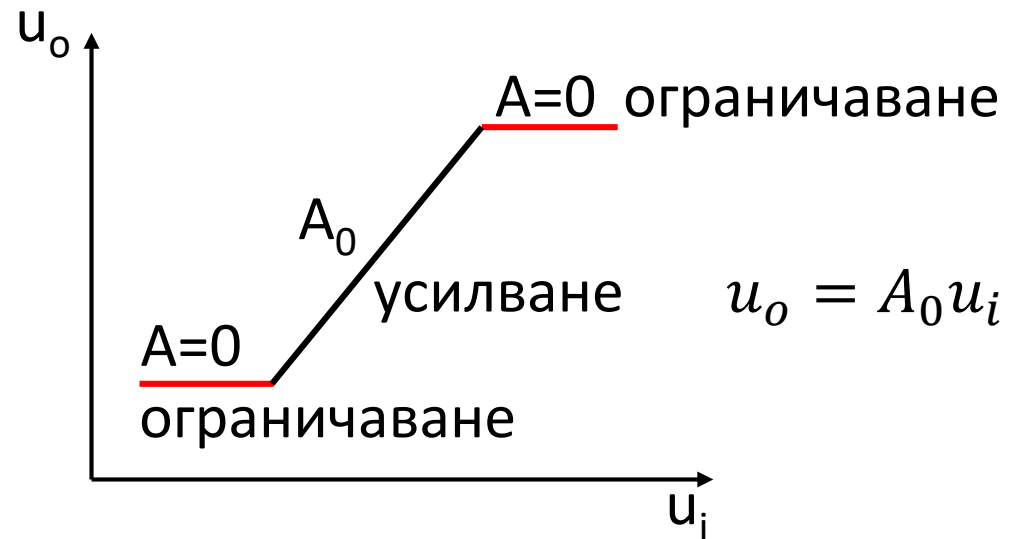
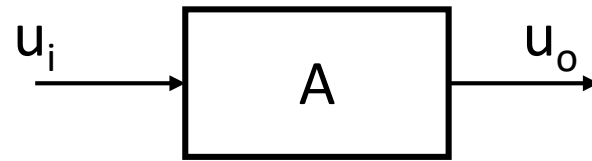
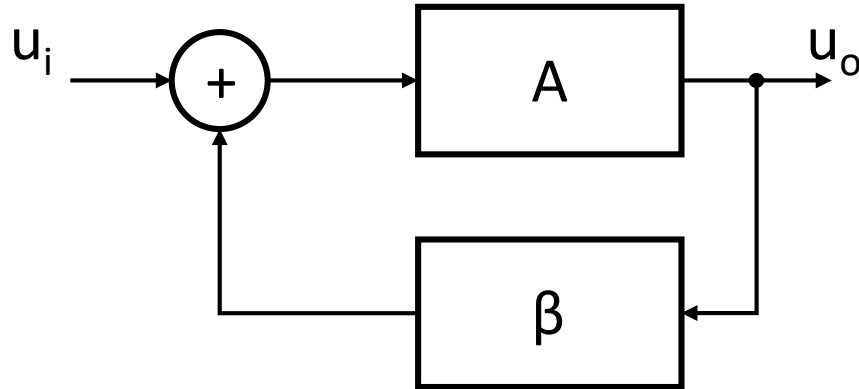


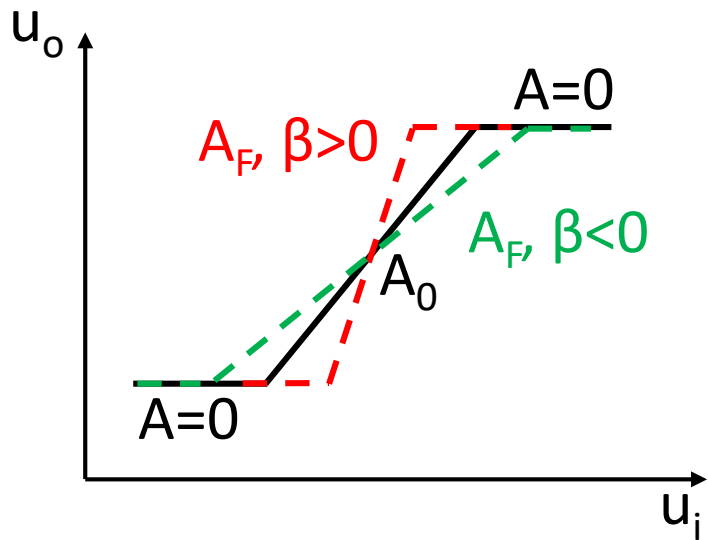
Схема без обратна връзка

Теория на схемите с положителна обратна връзка



$$u_o = A_0(u_i + \beta u_o)$$

$$A_F = \frac{u_o}{u_i} = \frac{A_0}{1 - \beta A_0}$$



$\beta > 0 \rightarrow$ ПОВ

$\beta < 0 \rightarrow$ ООВ

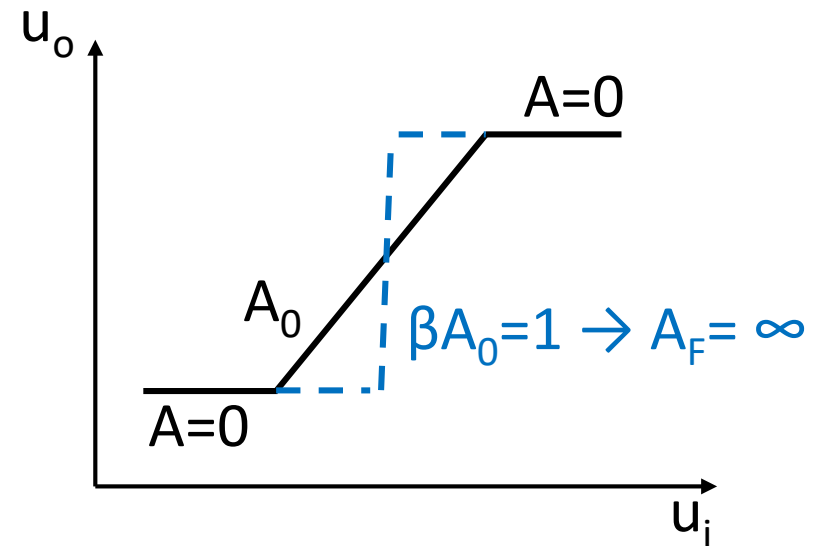
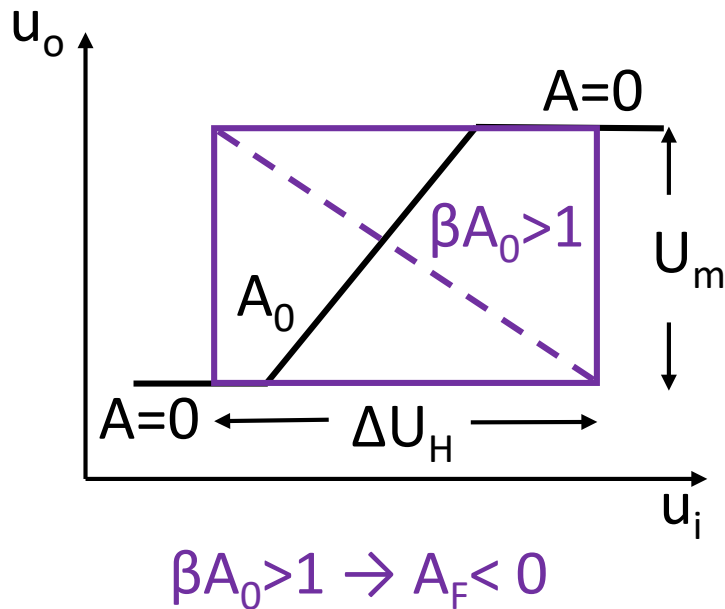


Схема с обратна връзка

Теория на схемите с положителна обратна връзка



- Бързодействие – преходният процес протича с голяма скорост, лавинообразно.
- Две стабилни състояния – когато работната точка е в участъците с $A = 0$; свойство за запомняне. Връзката между стъпалата трябва да бъде постояннотокова. Тогава смяната на състоянията ще се управлява само от външни сигнали.
- Хистерезис – нееднозначност на предавателната характеристика; U_m – амплитуда, ΔU_H - широчина.

$$|A_F| = \frac{U_m}{\Delta U_H}$$

$$\Delta U_H = \frac{U_m}{|A_F|} = \frac{U_m |1 - \beta A_0|}{A_0}$$

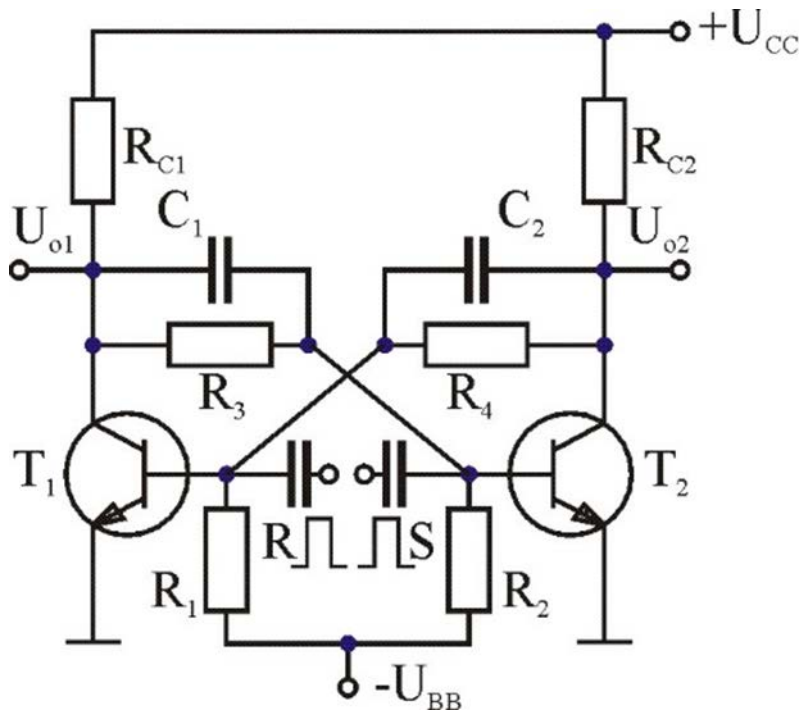
При $\beta A_0 \gg 1$ следва $\Delta U_H \approx \beta U_m$.

Необходимо и достатъчно условие за реализиране на тригерен ефект - $\beta A_0 > 1$.

Тригери с биполярни транзистори

Схемата на SR - тригера е симетрична. Тя представлява двустъпален усилвател, работещ с положителна обратна връзка от изхода на второто стъпало към входа на първото. В схемата има източник на преднапрежение $-U_{BB}$, чрез който се осигурява надеждна работа, при работа със съвременни транзистори може да се пропусне. Обикновено двете стъпала са с еднотипни транзистори и с еднакви елементи $R_1 = R_2$ и $R_3 = R_4$. Двата транзистора винаги се намират в противоположно състояние – единият е запушен, а другият – наситен.

Тригери с биполярни транзистори



Симетричен SR – тригер

Чрез входните кондензатори се формират кратки пускови импулси и след това входният сигнал повече не влияе на процеса на превключване и на статичното състояние на тригера. Ако на входа R се подаде положителен импулс транзисторът T_1 се насища и напрежението в колектора му става близко до нула. Това води до запусване на T_2 . Напрежението в неговия колектор се изравнява със захранващото.

Тригери с биполярни транзистори

Промяна в състоянието на схемата може да се получи само с подаване на положителен импулс на входа S . Тогава двата транзистора си сменят състоянието. Кондензаторите C_1 и C_2 са форсиращи и са предназначени за ускоряване на процесите на превключване на тригера. Ако се приеме колекторът на транзистора T_1 за изход на схемата се вижда, че положителен импулс на входа S установява тригера във високо ниво, а положителен импулс на входа R го връща в нула. По тази причина входовете са получили своите названия *Set* (установяващ) и *Reset* (нулиращ).

Тригери с биполярни транзистори

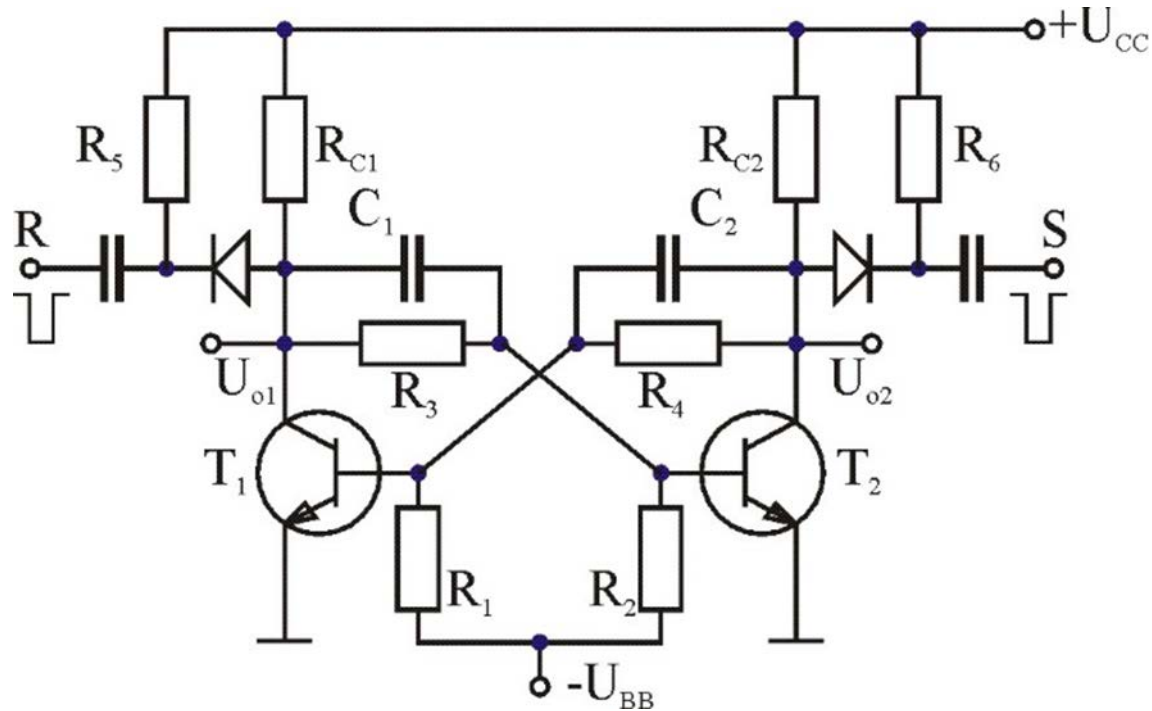
За да се гарантират две устойчиви състояния на тригера трябва да са изпълнени следните условия:

$$R_{C1} = R_{C2} = \frac{U_{CC}}{I_{Csat}}$$

$$R_1 = R_2 = \frac{U_{BB}}{I_{CB0}} \quad \text{при } U_{BB} = 0 \rightarrow R_1 = R_2 = \frac{U_{BE}}{I_{CB0}}$$

$$R_3 = R_4 = \left(\frac{\beta}{1 + \beta \frac{U_{BB} R_C}{U_{CC} R_1}} - 1 \right) R_C < (\beta - 1) R_C$$

Тригери с биполярни транзистори



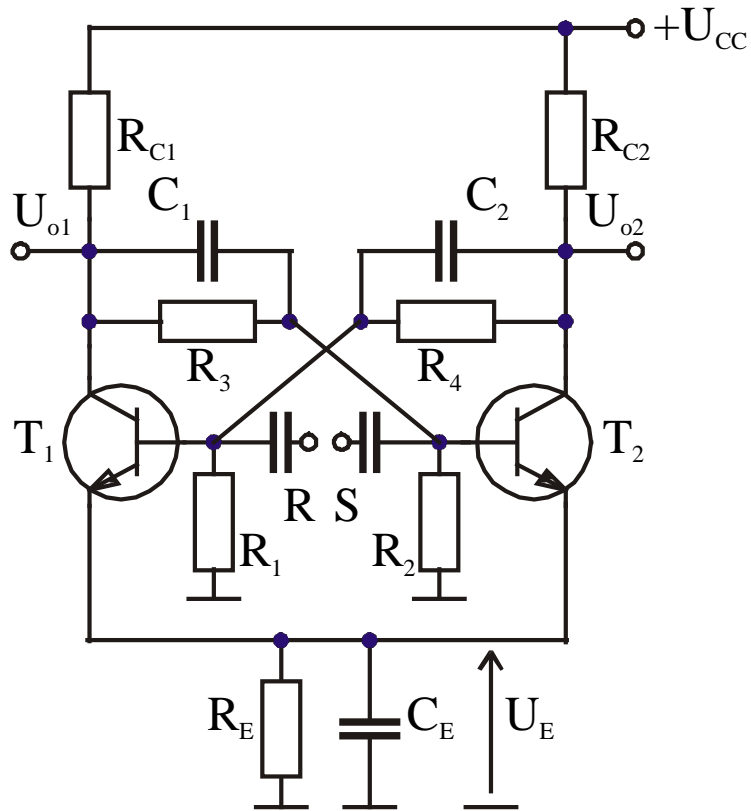
Симетричен SR – тригер със
задействане по колекторните
вериги

Управлението на тригера по базовите
вериги може да бъде чрез отпушване или
чрез запушване на транзисторите.

Пускови импулси могат да се подават и
към колекторите – тогава те се сумират с
със сигналите от положителната обратна
връзка.

Задействането по базовите вериги се
характеризира с по-голяма чувствителност.

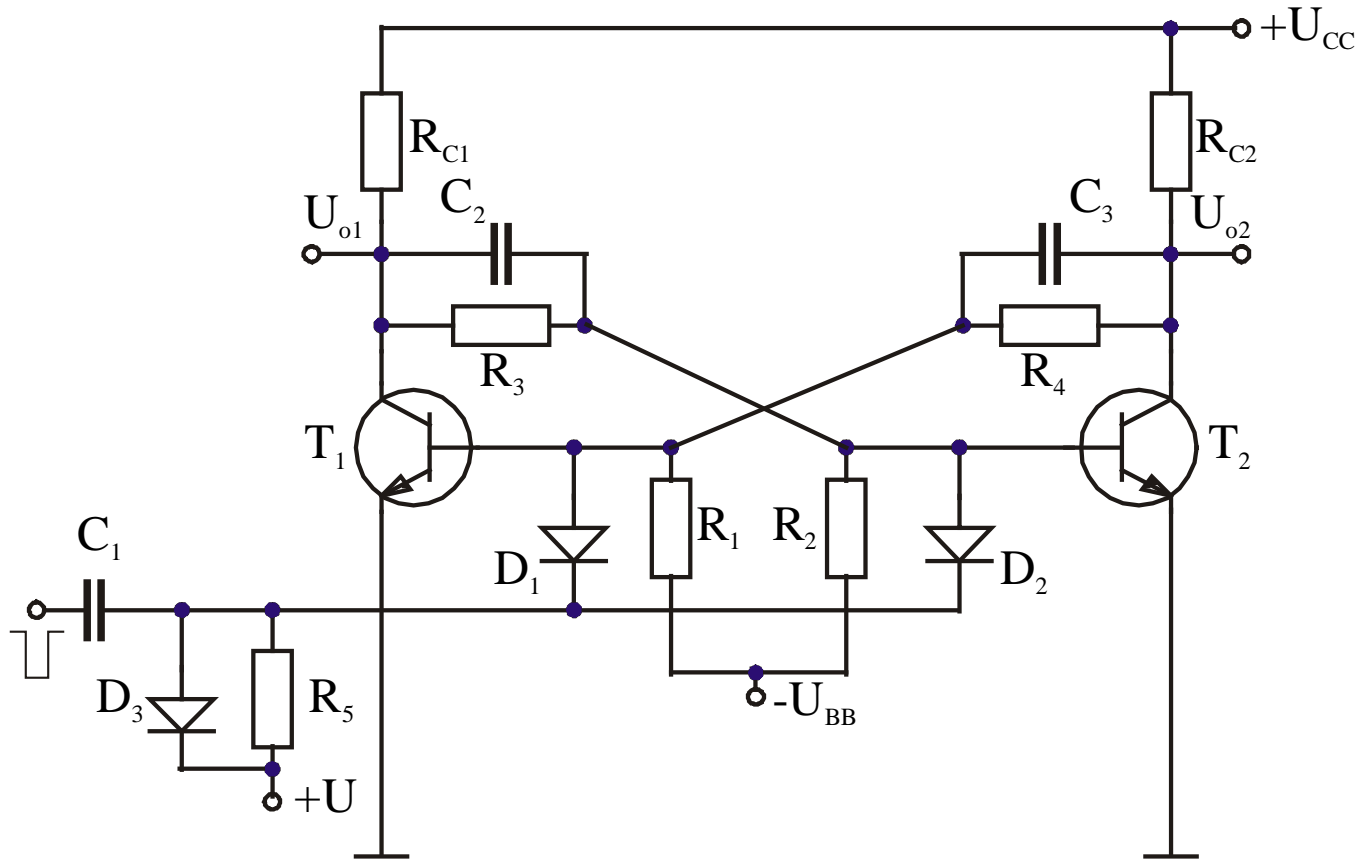
Тригери с биполярни транзистори



Симетричен тригер с
автоматично
преднапрежение

Автоматичното преднапрежение в схемата на симетричния тригер се създава за сметка на пада на напрежение на тока на отпушения транзистор върху емитерния резистор R_E . Кондензаторът C_E избира с такава стойност, че преднапрежението да остане практически постоянно за времето на превключване на тригера (обикновено $1 \div 5 \text{ nF}$). Недостатък е, че колекторното напрежение на наситения транзистор не е равно на нула, а на напрежението U_E .

Тригери с биполярни транзистори



При тригерите с броячен вход се подават еднополярни импулси в една точка на схемата и всеки входен импулс предизвиква преобръщане на тригера. Това дава възможност да се дели честотата на входните импулси на две.

Тригер с броячен вход

Тригери с биполярни транзистори

Диодите D_1 и D_2 са разделителни – те отделят тригера от източника на входен сигнал след завършване на управляващите импулси. Диодът D_3 е фиксиращ. През него става бърз разряд на разделителния кондензатор C_1 след завършване на управляващия импулс. Нека в изходно състояние транзисторът T_1 е отпушен, а T_2 – запушен. Ускоряващият кондензатор C_2 е разреден ($U_{C2} \approx 0$), тъй като напрежението на неговата лява плоча е близко до нула поради отпушения транзистор, а на дясната плоча, съединена към базата на запушения транзистор, напрежението е незначително по-малко от нула.

Тригери с биполярни транзистори

Ускоряващият кондензатор C_3 е включен към колектора на запушения транзистор и е зареден до напрежение, равно на пада върху резистора R_4 :

$$U_{C3} = \frac{U_{CC}}{R_{C2} + R_4} R_4$$

Диодите D_1 и D_2 са запушени от източника на преднапрежение U . При подаване на отрицателен импулс на входа на схемата двата диода се отпушват.

През диода D_2 пусковият импулс постъпва към базата на запушения транзистор T_2 и го поддържа в запушено състояние.

Тригери с биполярни транзистори

През диода D_1 пусковият импулс постъпва към базата на отпушения транзистор T_1 . Неговата продължителност трябва да бъде такава, че транзисторът T_1 да излезе от режим на насищане и да се запуши.

След запушването на T_1 кондензаторът C_2 се зарежда до стойност U_{C2} по веригата $+U_{CC} - R_{C1} - C_2 - D_2 -$ източник на импулси – земя.

След завършване на входния импулс диодите D_1 и D_2 се запушват и отделят източника на импулси от тригера. При това и двата транзистора са запушени, но под влиянието на базовите делители те започват да се отпушват.

Тригери с биполярни транзистори

Тъй като кондензаторът C_3 е зареден до стойността U_{C3} , а C_2 до по-малка стойност U_{C2} , базовите токове са различни:

$$I_{B1} = \frac{U_{CC} - U_{C3}}{R_{C2}} - \frac{U_{BB}}{R_1}$$

$$I_{B2} = \frac{U_{CC} - U_{C2}}{R_{C1}} - \frac{U_{BB}}{R_2}$$

Вижда се, че токът I_{B2} е по-голям от I_{B1} , поради което транзисторът T_2 се отпушва, а T_1 се запушва и схемата си сменя състоянието.

Тригери с биполярни транзистори

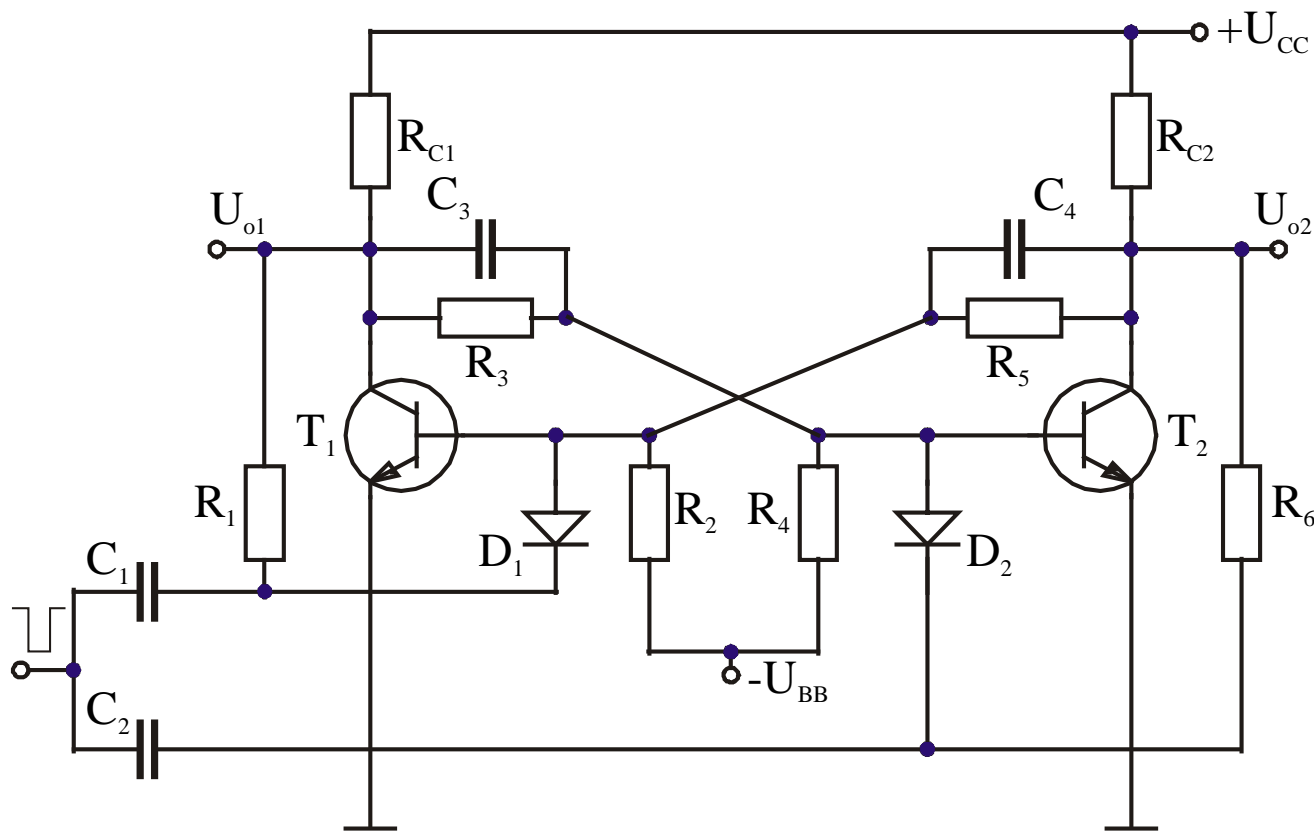
Оттук става ясна принципно новата роля на ускоряващите кондензатори: освен да ускоряват процеса на преобръщането те изпълняват ролята на елементи, които запомнят състоянието на тригера и способстват за протичането на процесите на преобръщането в нужното направление. В този смисъл поставянето на ускоряващи кондензатори в схемата на тригера с броячен вход е задължително. Оптималната им стойност е два пъти по-голяма отколкото в схемата на SR – тригера: $C_2 = C_3 = \frac{0,6}{f_\alpha R_C}$

По тази причина максималната честота е два пъти по-ниска отколкото на SR – тригера: $f_{\max} \approx 0,35 f_\alpha$

Тригери с биполярни транзистори

Значително по-висока надеждност на работа и бързодействие осигурява схемата на тригер с броячен вход и управляемо пускане. В нея има вентили на входа, които насочват пусковия импулс само към базата на единия транзистор. Диодите D_1 и D_2 изпълняват функцията на управляеми вентили. Управлението им се осъществява от колекторите на транзисторите чрез резисторите R_1 и R_6 . Входните импулси се подават през разделителните кондензатори C_1 и C_2 . Нека транзисторът T_1 е отпушен, а T_2 – запушен. Тогава диодът D_2 е запушен, тъй като на неговия катод се подава висок потенциал от колектора на запушения транзистор T_2 чрез резистора R_6 , а диодът D_1 е отпушен, защото потенциалът на отпушения транзистор T_1 е близък до нула.

Тригери с биполярни транзистори



Тригер с броячен вход и управляемо пускане

Пусковият импулс преминава през отпушения диод D_1 само към базата на отпушения транзистор и предизвиква преобръщането на схемата. Повторно преобръщане не може да настъпи, тъй като на катода на диода D_2 се прилага запушващо напрежение от кондензатора C_2 ,

който за времето на преобръщане не е успял да се разрежи.

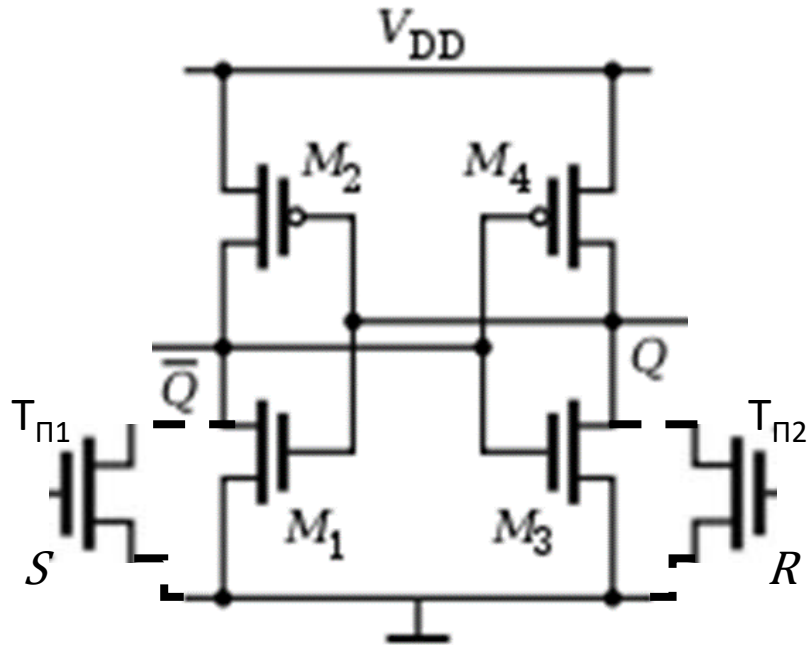
Тригери с биполярни транзистори

След преобръщане на тригера кондензаторите C_1 и C_2 започват да се презареждат през резисторите R_1 и R_6 . Пусковият импулс е завършил значително по-рано, а следващият ще бъде насочен през диода D_2 към базата на отпушения транзистор T_2 . По такъв начин диодите D_1 и D_2 насочват пусковия импулс само към базата на отпушения транзистор, а кондензаторите C_1 и C_2 , запомняйки състоянието на тригера до поредното преобръщане, не позволяват повторно преобръщане на тригера до изчезване на пусковия импулс.

Бързодействието на тази схема е близо до това на SR – тригера, тъй като запомнящата функция на ускоряващите кондензатори не се използва и техните стойности могат да бъдат по-малки.

Тригери с CMOS транзистори

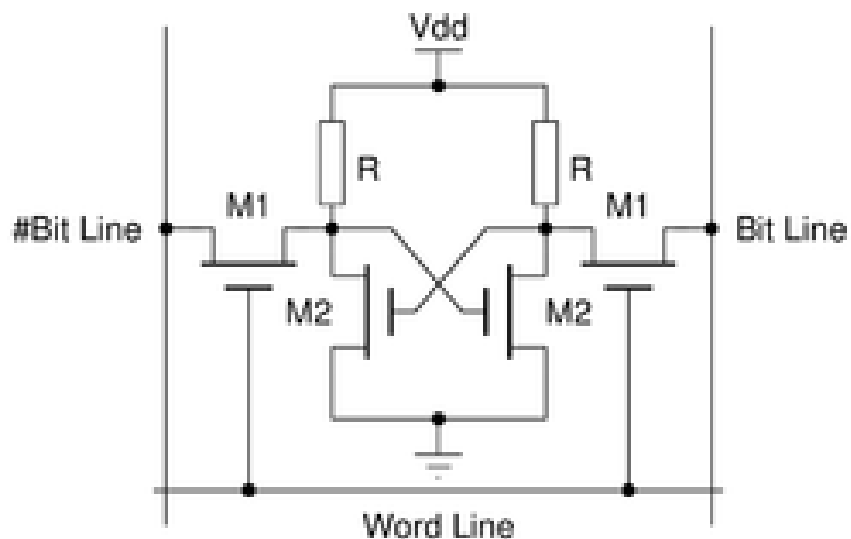
Схемата на CMOS симетричен SR – тригер включва два еднакви инвертора и два пускови NMOS транзистора. Нулевата консумация в статичен режим е нейното най-главно предимство.



CMOS тригер

Тригери с MOS транзистори

Static RAM memory



Запомняща клетка на SRAM с NMOS транзистори

Структурата на клетките на SRAM е много по-сложна от тази на DRAM памет. В SRAM запомнящите клетки също са подредени в матрица от редове и колони, които са избрани съответно от декодери на редове и колони. Както е случаят с DRAM, гейтовете на транзисторите за достъп M_1 са свързани към линията за избор W (дума) а сорсовете са свързани към двойката линии за данни BL .

Тригери с MOS транзистори

Static RAM memory

При четене на данни от такава клетка на паметта декодерът на реда активира съответния ред от думи W . Двата транзистора за достъп M_1 се включват и свързват тригера с двойката линии BL . По този начин двата изхода на тригера са свързани към битовите линии и сигналите се предават на сензорния усилвател в края на двойката битови линии.

За разлика от DRAM, двата транзистора в тригера осигуряват много силен сигнал тъй като те са усилващи елементи сами по себе си. Сензорният усилвател усилва потенциалната разлика на двойката битови линии BL .

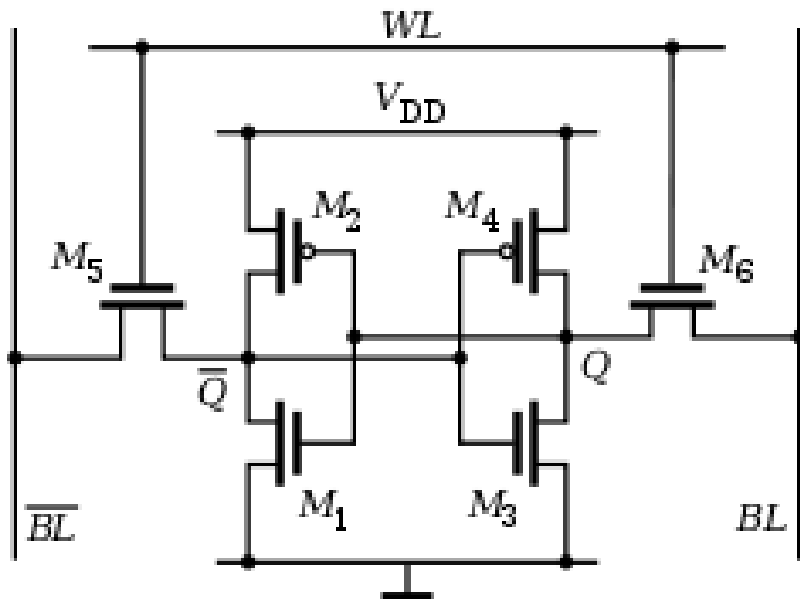
Тригери с MOS транзистори

Static RAM memory

Записването на данни протича по обратния начин. Чрез буфера за въвеждане на данни и декодерът по редове, данните за запис се прилагат към съответния сензорен усилвател. В същото време декодерът по редове активира линията W и включва транзисторите за достъп M_1 . Тригерът се опитва да изведе съхранените данни върху двойката BL , но изходът на сензорния усилвател е по-мощен от запамятаващите транзистори M_2 и доставя на битовите линии BL сигнал, който съответства на данните за запис. Следователно, тригерът се превключва според новата стойност на данните или запазва вече съхранената стойност.

Тригери с CMOS транзистори

Static RAM memory



Запомняща клетка на
SRAM с CMOS транзистори

Действието на запомняща клетка на SRAM с CMOS транзистори е подобно. Гейтовете на транзисторите за достъп M_5 и M_6 са свързани към линията за избор WL , а изходите на тригера са свързани към двойката линии за данни BL .