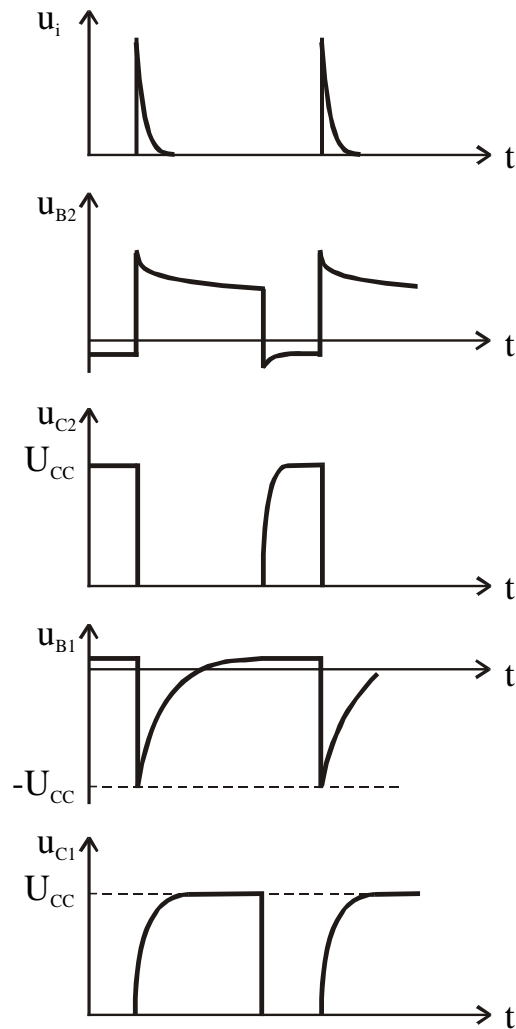
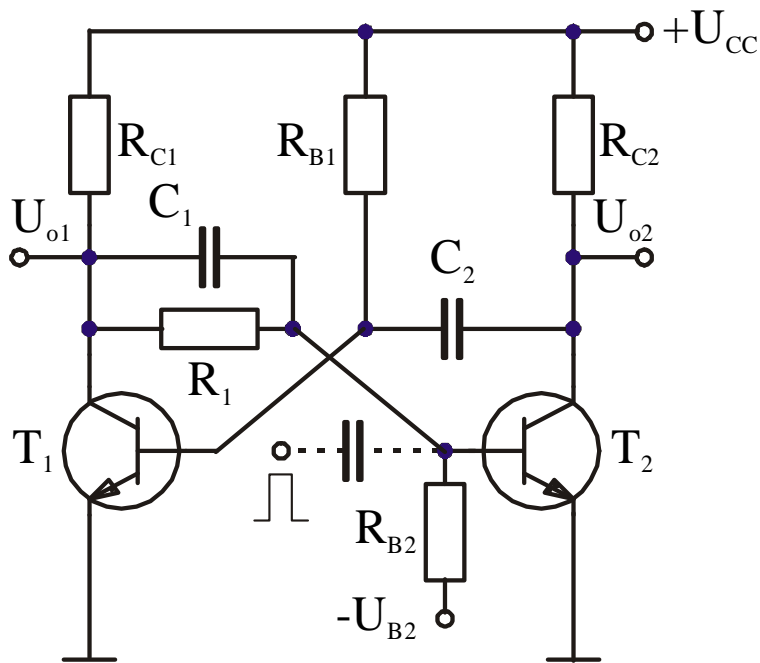


Релаксационни схеми

Чакащи мултивибратори (моновибратори)

- Моновибратор (чакащ мултивибратор) с колекторно-базови връзки



Моновибратор с колекторно-базови връзки

- В изходно състояние транзисторът T_1 е отпушен и работи в режим на насищане, за което е необходимо $R_{B1} \leq h_{21e} R_{C1}$.
- Транзисторът T_2 в изходно състояние е запушен и напрежението в неговия колектор е близко до захранващото. Запушването на транзистора се осигурява от избора на резисторите R_1 , R_{B2} и източника на преднапрежение U_{B2} . Трябва да бъде изпълнено условието:

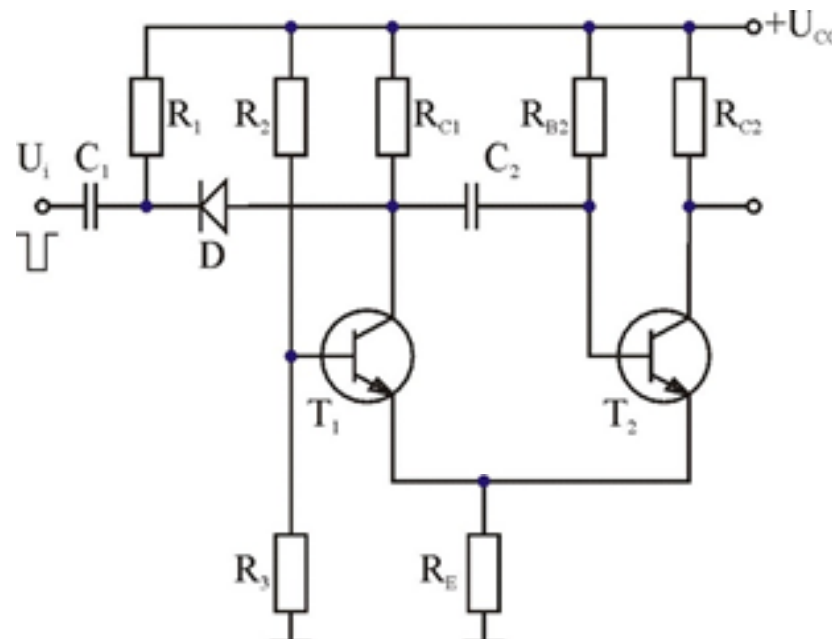
$$R_{B2} < \frac{U_{B2}}{I_{CB0}}$$

Моновибратор с колекторно-базови връзки

- Кондензаторът C_2 е зареден почти до захранващото напрежение U_{CC} .
- Схемата се пуска с положителен импулс, подаден в базата на транзистора T_2 . Тогава настъпва неговото отпушване, като напрежението в колектора му намалява. Това води до намаляване на напрежението в базата на T_1 и неговото излизане от режим на насищане. В резултат веригата на положителната обратна връзка се затваря и в схемата настъпва процес на преобръщане. Транзисторът T_2 се отпушва, а T_1 се запушва и се поддържа в това състояние от напрежението на кондензатора C_2 . Кондензаторът C_2 се презарежда по веригата $+U_{CC} - R_{B1} - C_2$ – наситения транзистор T_2 . Когато напрежението в базата на T_1 стане положително, той се отпушва и схемата се връща в изходно състояние. Процесът протича аналогично на процеса в схемата на мултивибратора и продължителността на формирания импулс е $t_W = R_{B1} C_2 \ln 2 \approx 0,7 R_{B1} C_2$.

Моновибратор с емитерна връзка

- Най-разпространен е моновибраторът с емитерна връзка



Моновибратор с емитерна връзка

- В изходно състояние транзисторът T_2 е отпушен и работи в режим на насищане. Емитерният му ток създава пад на напрежение върху R_E :

$$U_E = I_{E2}R_E \approx I_{C2sat}R_E = \frac{R_E}{R_{C2} + R_E}U_{CC}$$

- Това напрежение е запушващо за транзистора T_1 . От друга страна на базата му е подадено отпушващо напрежение от делителя R_2 - R_3 . Съпротивлението на тези резистори се подбира така, че напрежението на базата на транзистора да бъде по-ниско от напрежението на емитера. За целта трябва да бъде изпълнено:

$$\frac{R_2}{R_3} > \frac{R_{C2}}{R_E}$$

Моновибратор с емитерна връзка

- Кондензаторът C_2 е зареден до напрежение $U_{C20} \approx U_{CC} - U_E$.
- Пускането на схемата може да става както с положителни импулси, подавани в базата на запушения транзистор, така и с отрицателни импулси, подавани в базата на отпушения транзистор. В разгледаната схема пускането се осъществява чрез пусков диод D от импулси с отрицателна полярност. В изходно състояние диодът е запушен, тъй като на неговия катод действа напрежение U_{CC} , а на анода – $(U_{CC} - I_{CB0}R_{C1})$.

Моновибратор с емитерна връзка

- С постъпването на пусков импулс напрежението на колектора на транзистора T_1 , следователно и на базата на транзистора T_2 намалява. Това води до намаляване на тока на транзистора T_2 и на напрежението на емитерите на двата транзистора. При достатъчна амплитуда на пусковия импулс напрежението на емитера на транзистора T_1 намалява толкова, че настъпва неговото отпушване. В резултат на това напрежението на колектора на транзистора T_1 намалява. Промяната се подава през кондензатора C_2 към базата на T_2 и предизвиква по-нататъшно намаляване на колекторния му ток. В схемата се развива лавинообразен процес, който завършва със запушване на транзистора T_2 .

Моновибратор с емитерна връзка

- Тъй като напрежението на колектора на транзистора T_1 след преобръщането намалява, пусковият диод D се запушва и по този начин отделя пусковата верига от схемата на моновибратора.
- За получаване на отрицателен скок на напрежението на колектора на транзистора T_1 с достатъчна големина е необходимо да се осигури наситен режим на този транзистор по време на квазиустойчивото състояние. За целта трябва да бъде изпълнено:

$$\frac{R_2}{R_3} < \frac{R_{C1}}{R_E}$$

Моновибратор с емитерна връзка

- От сравнението на изразите следва $R_{C1} > R_{C2}$. За осигуряване на стабилност на работата на схемата е необходимо условието да се изпълнява със запас. Обикновено се избира $R_{C1} = (1,5 \div 2)R_{C2}$.

Напрежението на емитерите на транзисторите в този момент е:

$$U'_E = \frac{R_E}{R_{C1} + R_E} U_{CC}$$

- След преобръщането на схемата процесът на презареждане на C_2 се извършва по същия начин, както и в разгледаната схема на мултивибратор. Напрежението, до което кондензаторът C_2 се стреми да се презареди е:

$$U_{C2 \min} = U_{CC} - U'_E$$

Моновибратор с емитерна връзка

- Продължителността на генерирания импулс

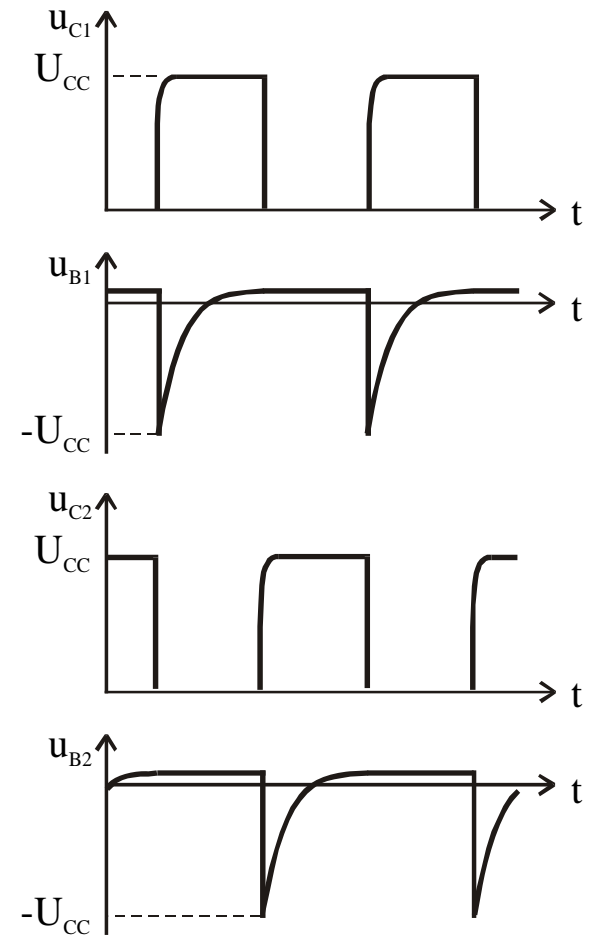
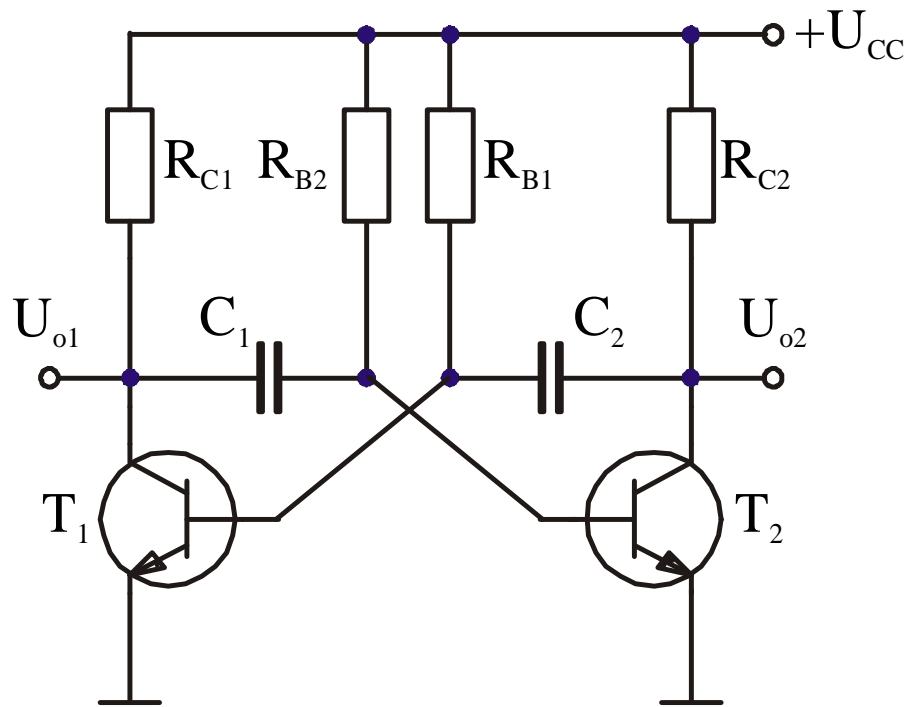
$$e: t_W = \tau_p \ln \left(1 + \frac{U_{C2o}}{U_{C2min}} \right)$$

където $\tau_p = R_{B2} C_2$ е времеконстантата на презареждане на кондензатора C_2 .

Мултивибратор с биполярни транзистори

- Схемата на мултивибратора се образува от два транзисторни ключа, като изходът на първия е включен входа на втория, а изходът на втория – към входа на първия. Такова свързване осигурява дълбока положителна обратна връзка и при съответно оразмеряване схемата се самовъзбужда след включване на хранящото напрежение.

Мултивибратор с биполярни транзистори



Мултивибратор с биполярни транзистори

- Може да се предположи, че двата транзистора са едновременно запушени или едновременно наситени. Такъв режим обаче е неустойчив. Ако по някаква причина се увеличи колекторния ток на транзистора T_1 , това предизвиква намаление на колекторното му напрежение. Полученото изменение се прехвърля през кондензатора C_1 към базата на транзистора T_2 . В резултат колекторният ток на T_2 намалява, а напрежението в колектора му се увеличава.

Мултивибратор с биполярни транзистори

- през C_2 към базата на транзистора T_1 , то предизвиква ново повишаване на колекторния му ток и т.н. В резултат транзисторът T_1 се насища, а T_2 се запущва. В това положение кондензаторът C_2 се зарежда през резистора R_{C2} и наситения транзистор T_1 до напрежение U_{CC} . Времеkonстантата на зареждане е $\tau = R_{C2}C_2$. През това време напрежението на колектора на T_1 е равно на напрежението на насищане U_{CEsat} , напрежението на колектора на T_2 е почти равно на захранващото напрежение U_{CC} . Напрежението в базата на T_2 е отрицателно. То се определя от потенциала на кондензатора C_1 и непрекъснато намалява по абсолютна стойност защото той се разрежда. Схемата ще остане в това състояние до момента, в който напрежението U_{B2} достигне напрежението на отпушване – около 0,7V. Тогава запущеният транзистор T_2 се отпушва, а T_1 се запущва.

Мултивибратор с биполярни транзистори

- Превключването на схемата протича бързо, така че напреженията на кондензаторите практически не успяват да се променят. Затова отрицателният потенциал от свързания в базата електрод на C_2 поддържа T_1 в запушено състояние. Кондензаторът C_2 се презарежда през веригата земя - наситения транзистор T_2 - кондензатора C_2 - резистора R_{B1} и захранващия източник U_{CC} , като се стреми да смени полярността на напрежението си. Потенциалът на левия електрод на C_2 е подаден към базата на запушения в момента транзистор T_1 и се изменя по експоненциален закон. В момента, в който напрежението U_{B1} достигне стойността $0,7V$ схемата отново се връща в първоначалното състояние. Така в двата колектора се формират правоъгълни импулси, които са дефазирани на 180° .

Мултивибратор с биполярни транзистори

- Продължителността на импулса t_{W1} в колектора на транзистора T_1 е:

$$t_{W1} = R_{B1}C_2 \ln 2 \approx 0,7R_{B1}C_2.$$

- По същият начин се определя и продължителността на импулса t_{W2} в колектора на транзистора T_2 :

$$t_{W2} = R_{B2}C_1 \ln 2 \approx 0,7R_{B2}C_1.$$

- Периодът на импулсите е:

$$T = t_{W1} + t_{W2} \approx 0,7(R_{B1}C_2 + R_{B2}C_1).$$

Мултивибратор с биполярни транзистори

- Ако капацитетите на кондензаторите и съпротивленията на базовите резистори са равни в двете стъпала на мултивибратора, генерираните импулси ще бъдат с еднаква продължителност и периодът им ще бъде равен на:

$$T \approx 1,4R_B C.$$

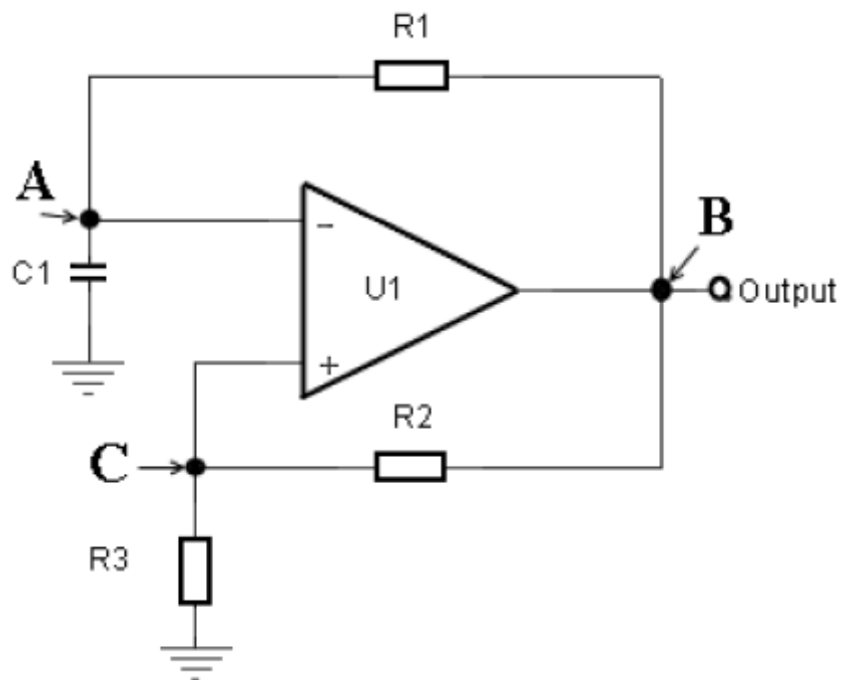
- За да се регулира продължителността на импулсите трябва да се променят времеконстантите τ_1 и τ_2 .
- За правилната работа на схемата е необходимо да са изпълнени следните условия:

$$t_{W1} \geq 2,3R_{C1}C_1 \text{ и}$$

$$t_{W2} \geq 2,3R_{C2}C_2.$$

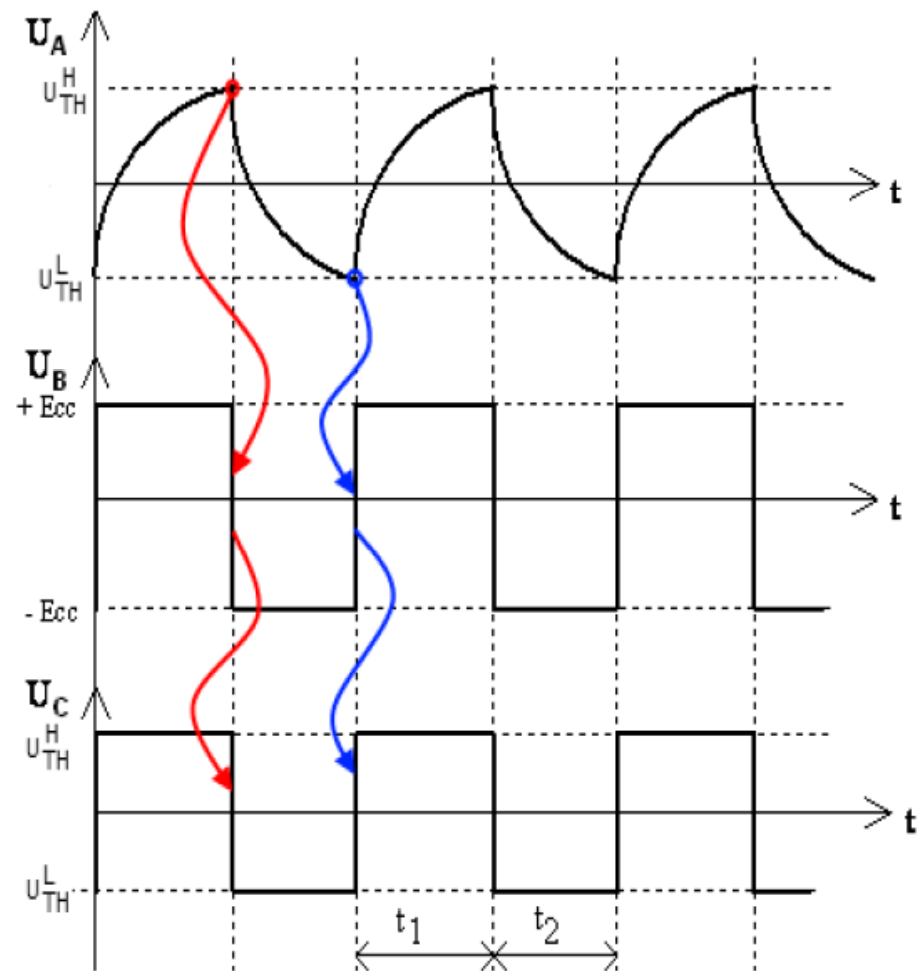
- Ако $C_1 = C_2$ се получава
 $R_B > 3,3R_C.$

Мултивибратор на базата на несиметричен тригер

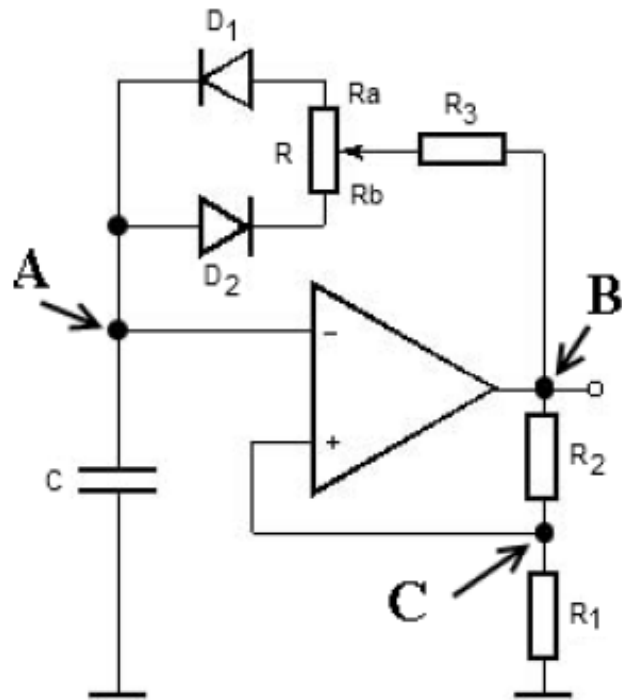


$$t_1 = t_2 = t = R_1 \cdot C_1 \cdot \ln \left[\frac{1 + \frac{R_3}{R_2 + R_3}}{1 - \frac{R_3}{R_2 + R_3}} \right]$$

$$T = t_1 + t_2 = 2 \cdot R_1 \cdot C_1 \cdot \ln \left(1 + \frac{2 \cdot R_3}{R_2} \right)$$

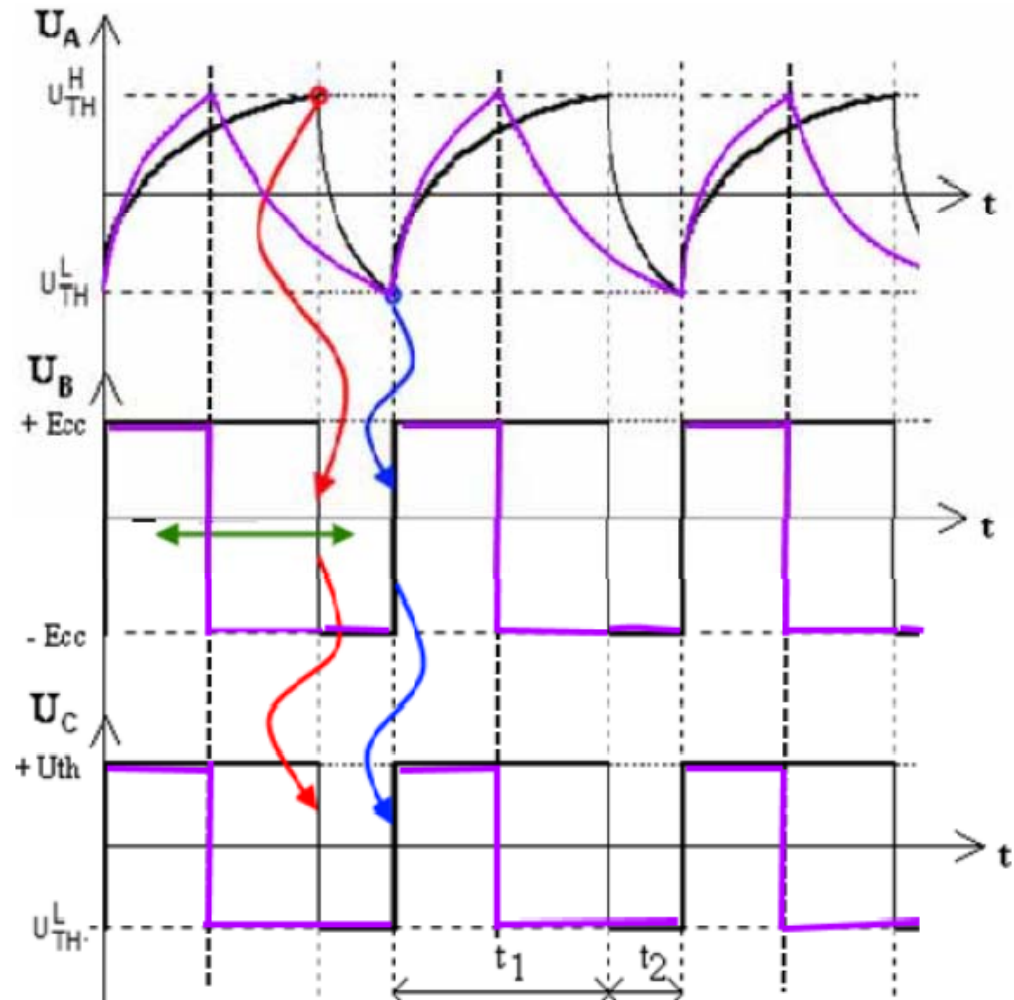


Мултивибратор с променлив коефициент на запълване



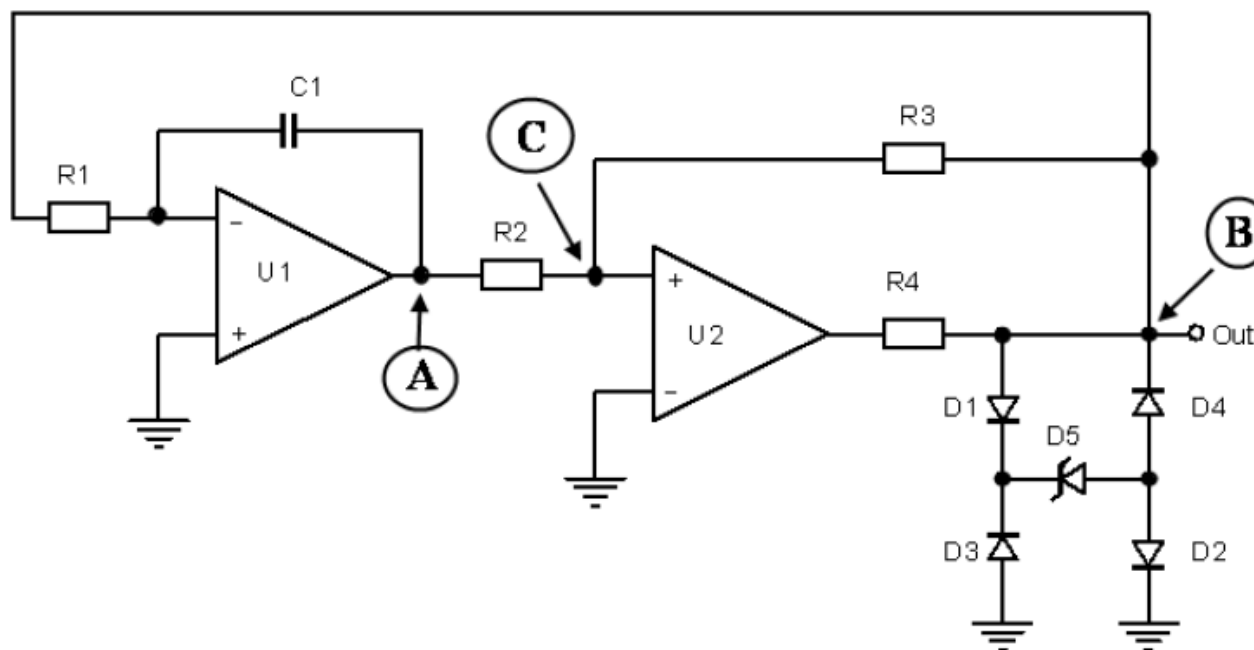
$$t_1 = (R_3 + R_a) \cdot C_1 \cdot \ln \left[\frac{E_{CC}^+ + U_{TH}^-}{E_{CC}^+ - U_{TH}^+} \right]$$

$$t_2 = (R_3 + R_b) \cdot C_1 \cdot \ln \left[\frac{E_{CC}^- + U_{TH}^+}{E_{CC}^- - U_{TH}^-} \right]$$



Релаксационен генератор с напрежение по линеен закон

- Посоката и скоростта на развитието на напрежението в т.А от схемата се определя от амплитудата и полярността на т.В на схемата и параметрите на интегратора изграден на базата на U1, R1 и C1. Ограничителните условия на формиране на линейното напрежение се определят от компаратора с хистерезис изграден с помоща на U2. Прага на задействане се определя от отношението на резисторите R2 и R3 и стабилизираната амплитуда в изхода на компаратора.



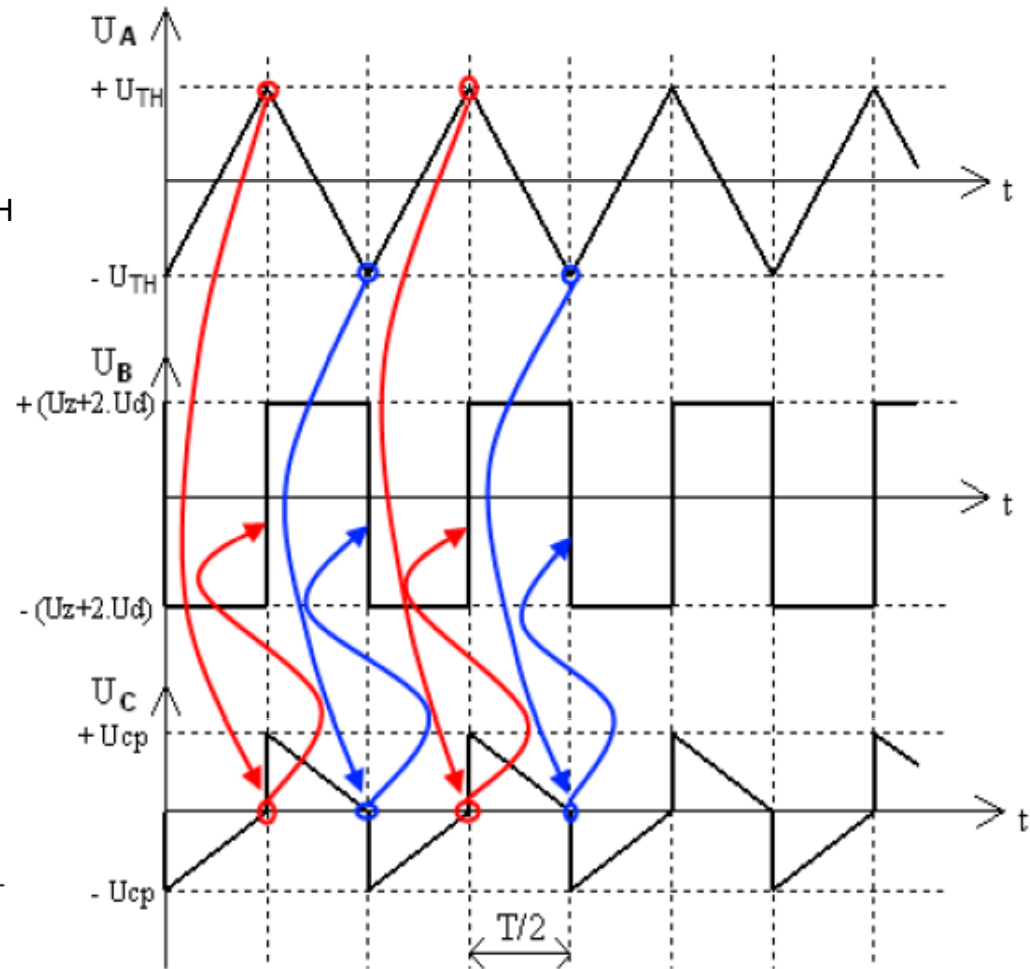
Релаксационен генератор с напрежение по линеен закон

- Честотата на изходния сигнал се определя от това, че тригонообразното напрежение на интегратора се развива по еднакъв закон между $+U_{TH}$ и $-U_{TH}$ за време $T/2$ независимо от полярността и скоростта на изменение

$$|U_{TH}| = (U_Z + 2 \cdot U_d) \cdot \frac{R_2}{R_3}$$

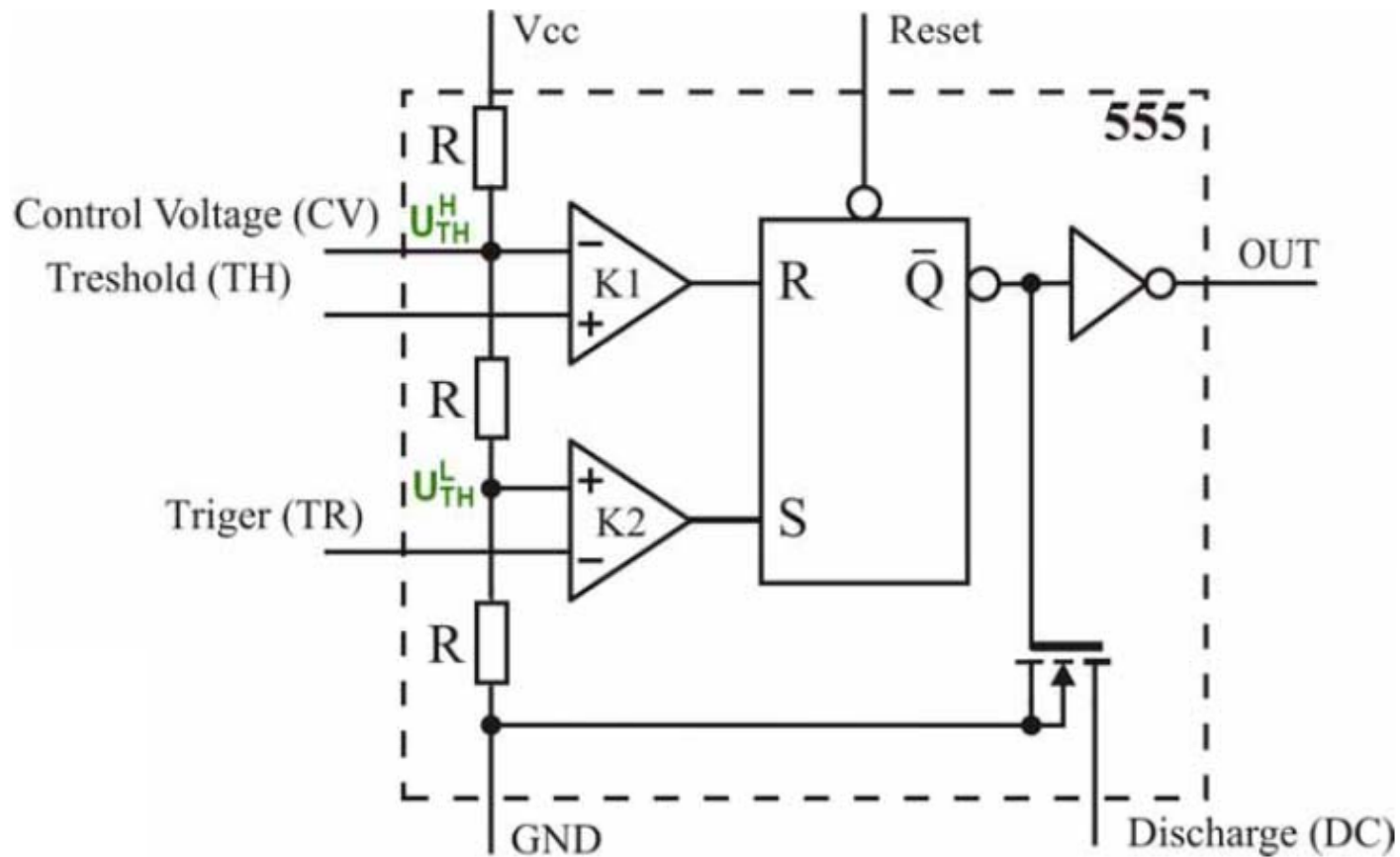
$$2 \cdot U_{TH} = \frac{1}{R_1 \cdot C_1} \cdot (U_Z + 2 \cdot U_d) \cdot \frac{T}{2}$$

$$T = \frac{4 \cdot R_1 \cdot C_1 \cdot R_2}{R_3} \quad F_{OUT} = \frac{1}{T} = \frac{R_3}{4 \cdot R_1 \cdot C_1 \cdot R_2}$$

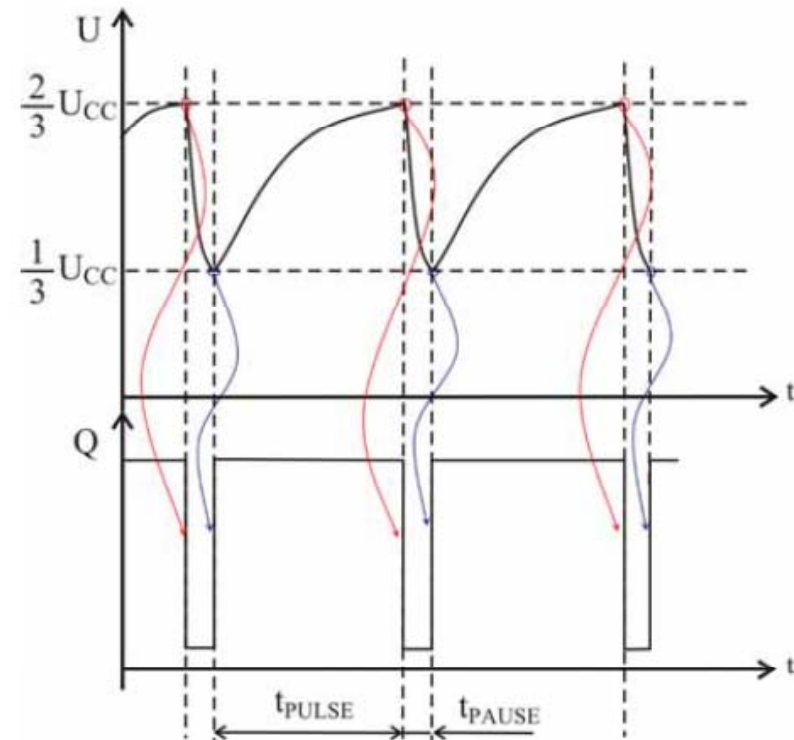
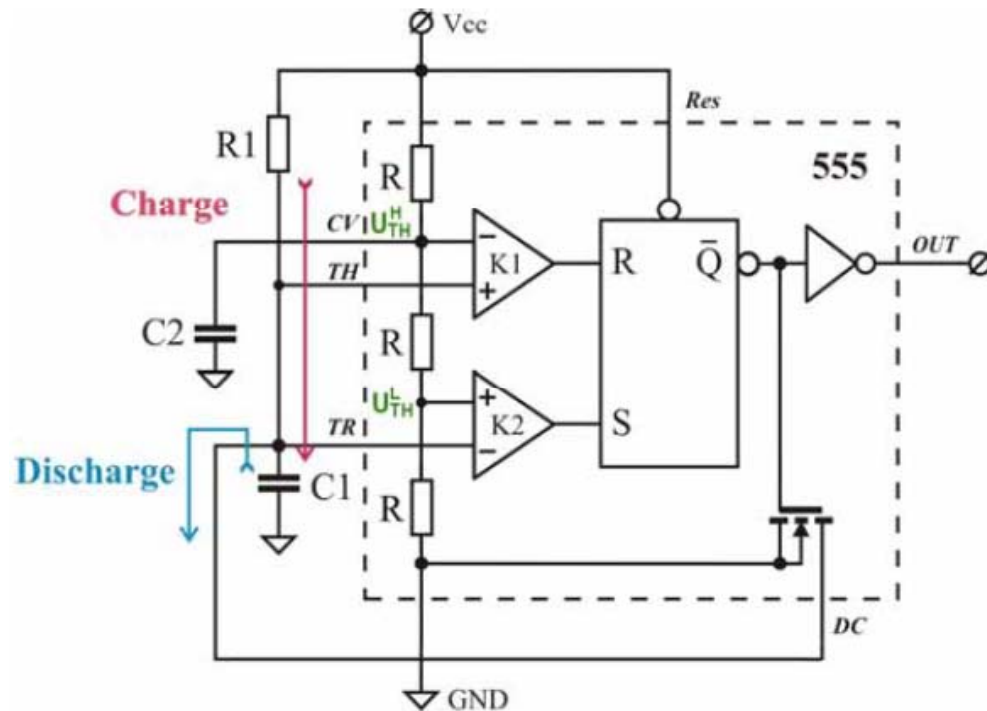


Таймер 555

- $U_{TH}^H = 2/3V_{CC}$ $U_{TH}^L = 1/3V_{CC}$



Базова схема на мултивибратор с таймер 555

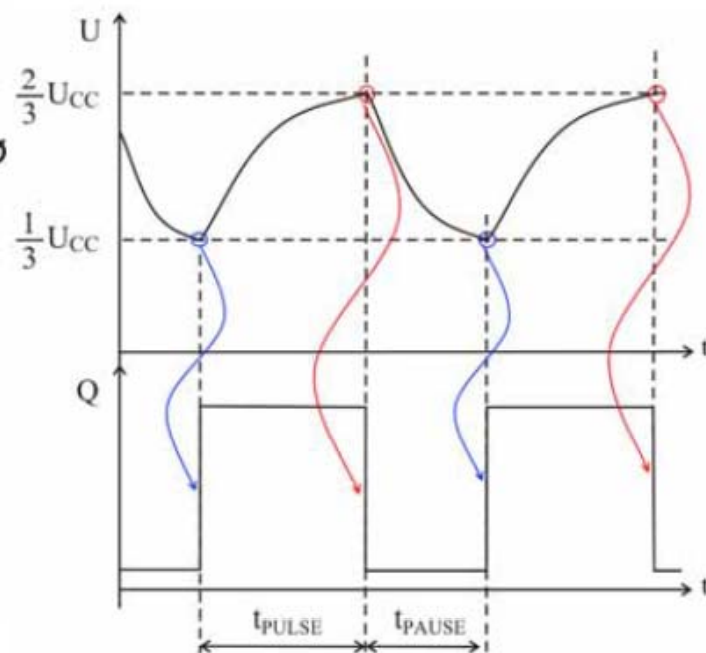
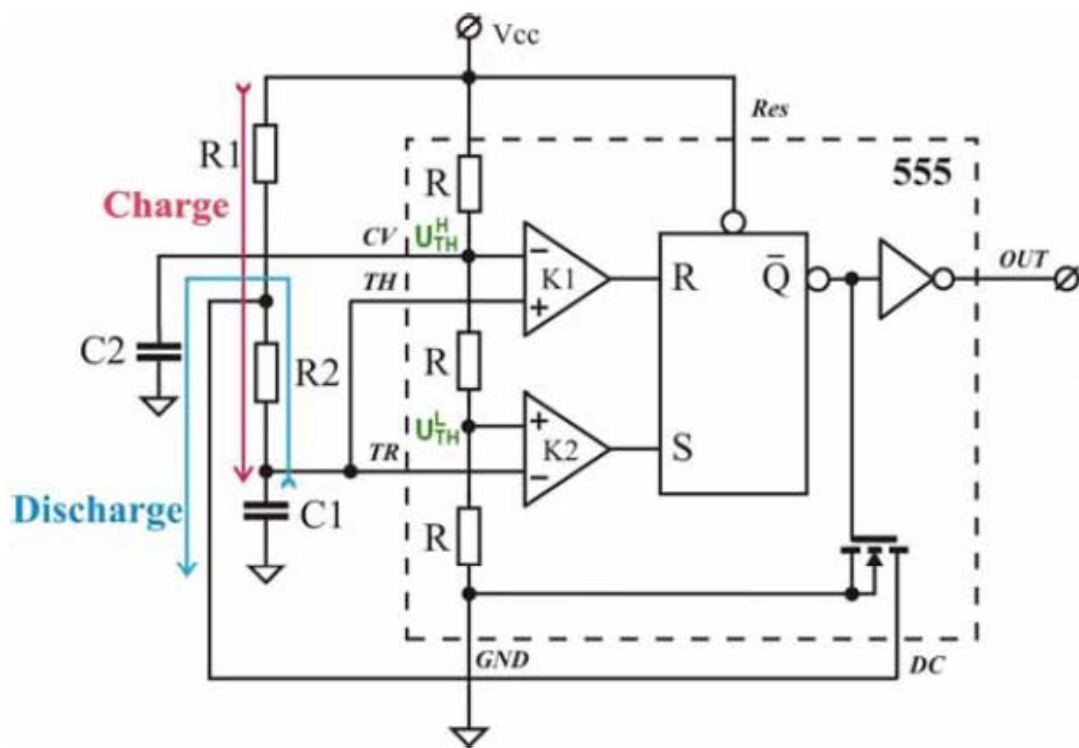


$$t_{\text{PULSE}} = 0,7 \cdot R_1 \cdot C$$

$$t_{\text{PAUSE}} = 0,7 \cdot R_{\text{DS}} \cdot C$$

$$T = t_{\text{PULSE}} + t_{\text{PAUSE}}$$

Мултивибратор на базата на таймер 555

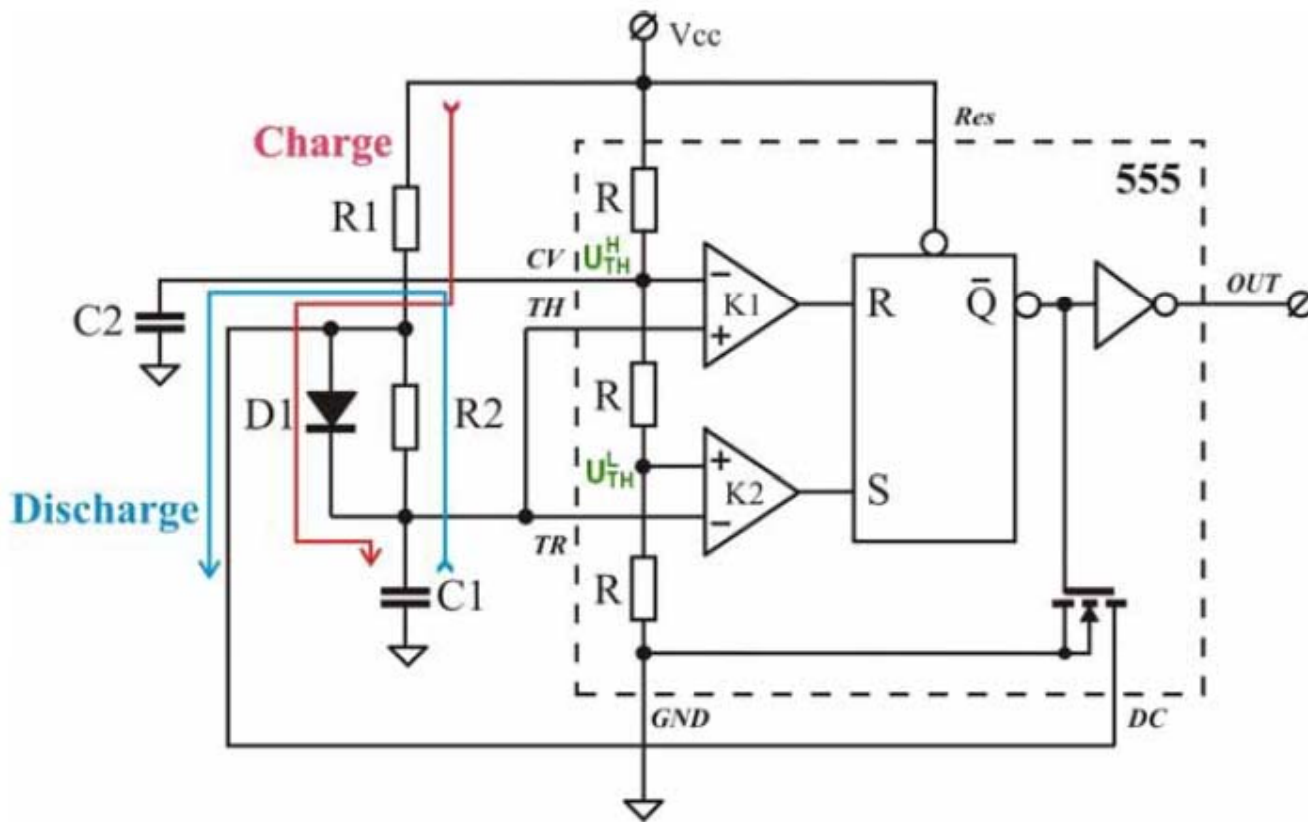


$$t_{\text{PULSE}} = 0,7 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C$$

$$t_{\text{PAUSE}} = 0,7 \cdot R_2 \cdot C$$

$$T = t_{\text{PULSE}} + t_{\text{PAUSE}}$$

Мултивибратор с разделяне на зарядната и разрядната верига

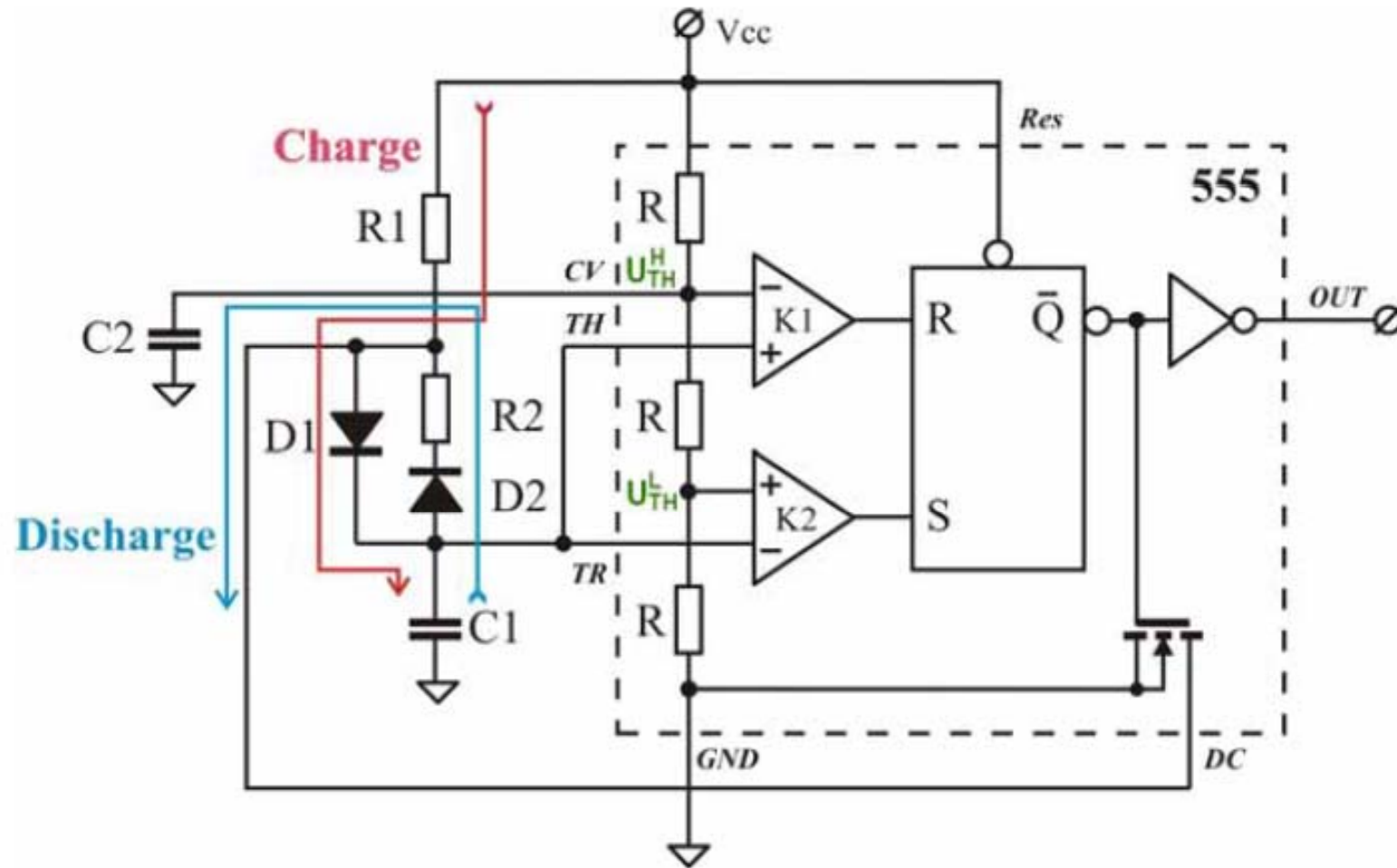


$$t_{PULSE} = 0,7 \cdot R_1 \cdot C$$

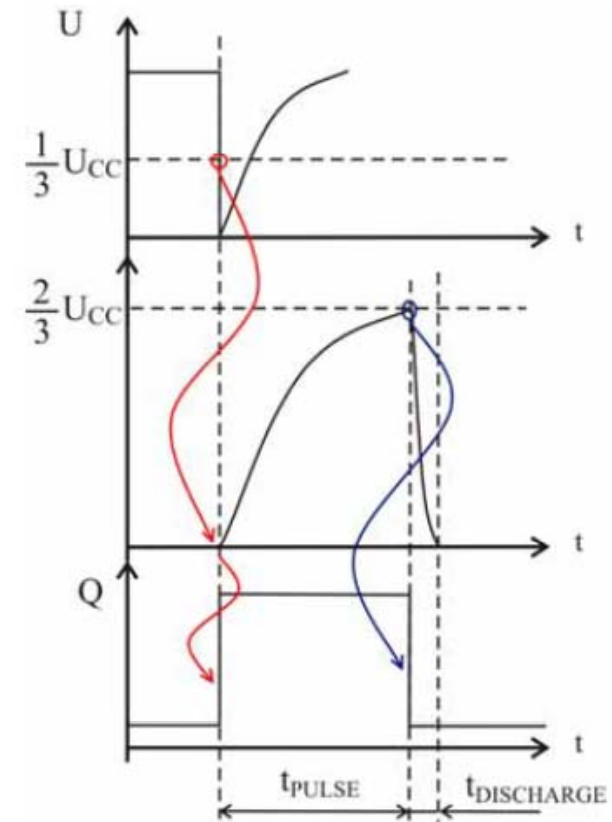
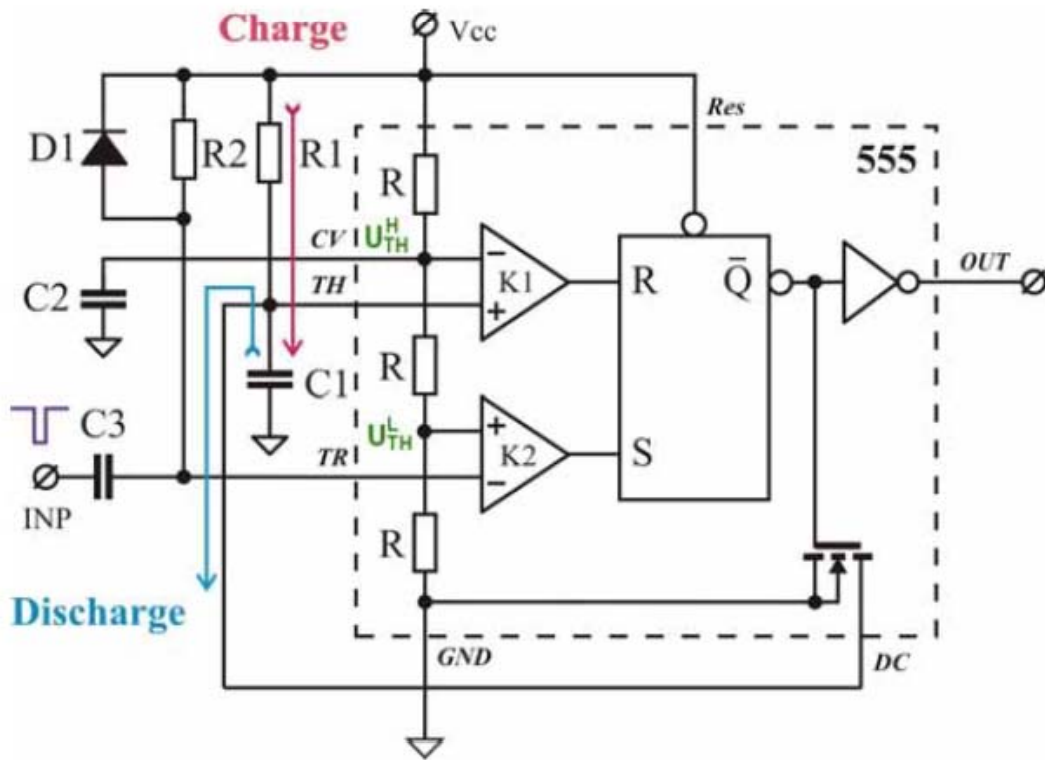
$$t_{PAUSE} = 0,7 \cdot R_2 \cdot C$$

$$T = t_{PULSE} + t_{PAUSE}$$

Компенсирание на комутиращите елементи



Моновибратор на базата на таймер 555

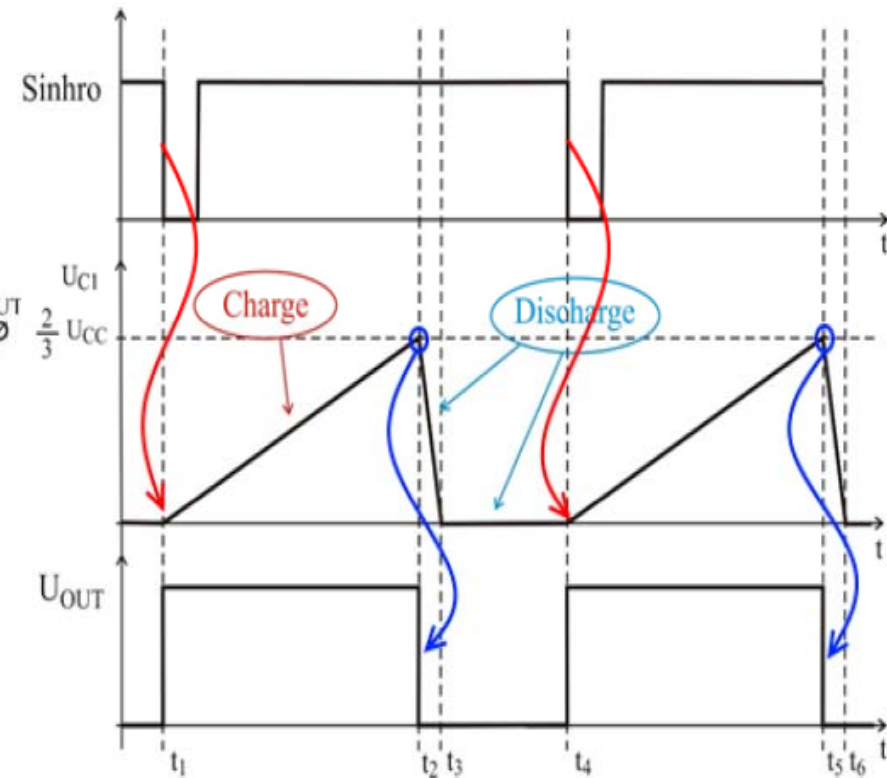
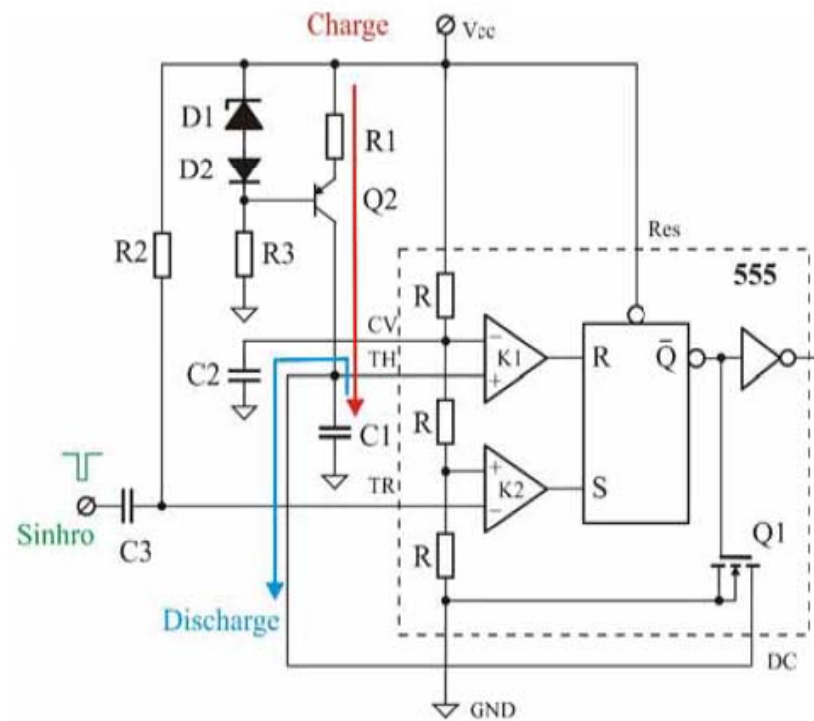


$$u_c(t) = V_{CC} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}}\right)$$

$$u_c(t_{PULSE}) = U_{TH}^H = \frac{2}{3} \cdot V_{CC}$$

$$t_{PULSE} = 1,1 \cdot R \cdot C$$

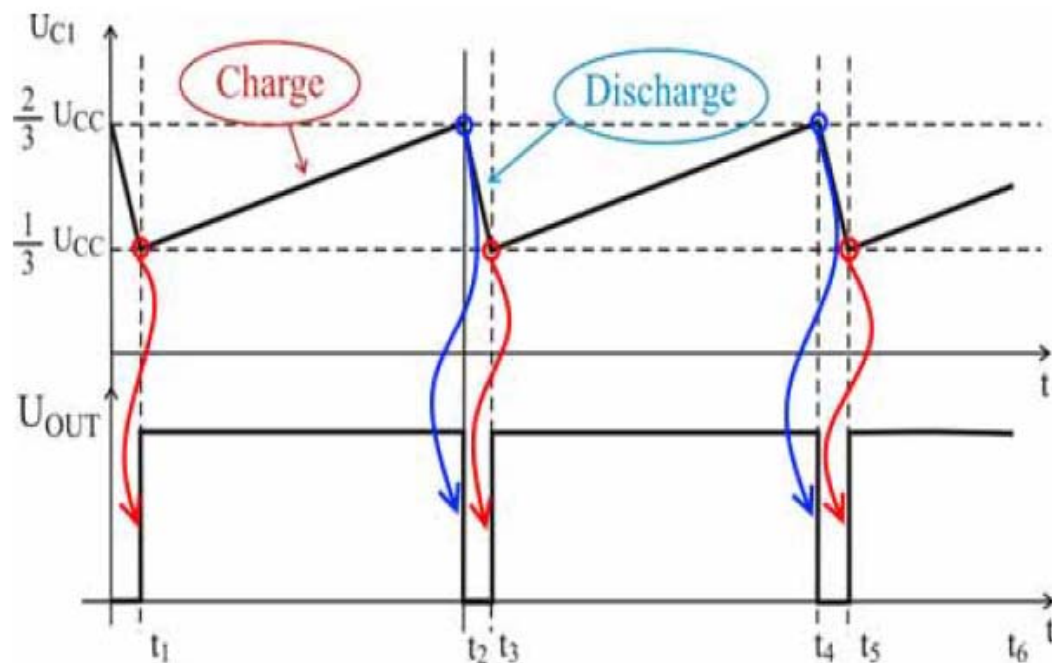
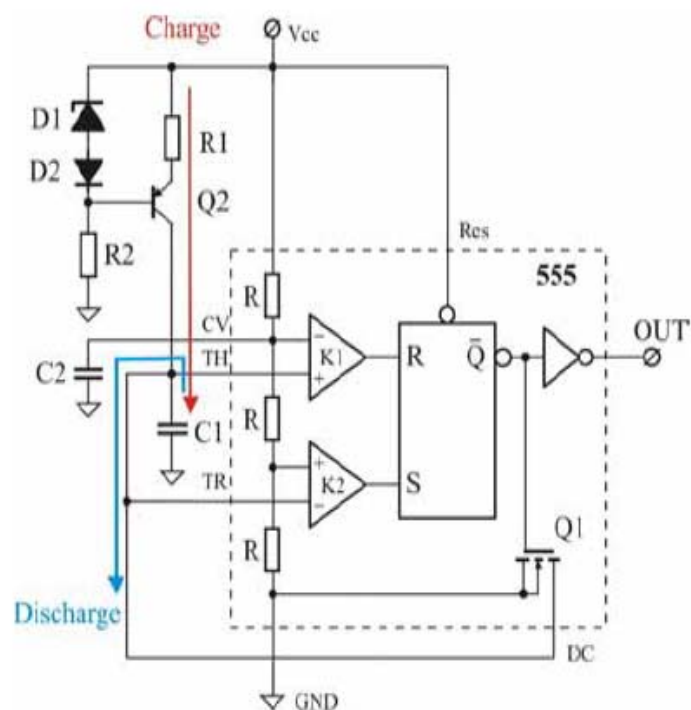
Генератор на линейно изменящо се напрежение с таймер 555



$$T_{FT} = t_2 - t_1 = \frac{2}{3} V_{CC} \cdot C_1 \cdot \frac{R_1}{U_{D1}}$$

$$T_{RT} = t_3 - t_2 \approx 5 \cdot C_1 \cdot R_{ds}$$

Генератор на трионообразно напряжение с таймер 555



$$(t_2 - t_1) = \frac{\Delta U_{C1} \cdot C_1}{I_{\text{CHARGE}}} = \frac{U_{CC} \cdot C_1 \cdot R_1}{3 \cdot U_{D1}}$$

$$(t_3 - t_2) = F \left\{ R_{DSQ1}, C_1, \frac{1}{3} U_{CC} \right\}$$