



Politechnika Wrocławska

Instytut Telekomunikacji, Teleinformatyki i Akustyki

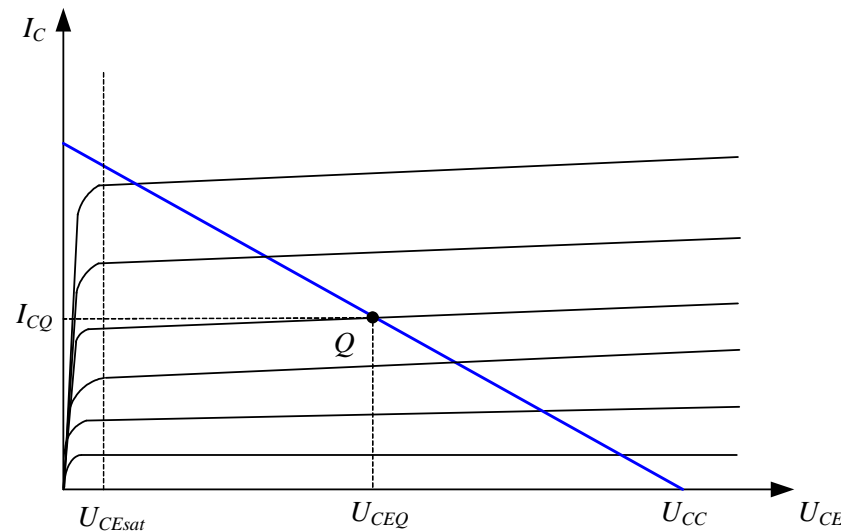
Układy impulsowe

Wrocław 2006



Tranzystor jako klucz

W układach *liniowych* potencjał kolektora dobiera się pomiędzy U_{CC} a U_{CEsat} . W układach tych U_{WY} jest liniową funkcją U_{WE} . Dlatego też U_{WY} nie może osiągać dodatniej ani ujemnej granicy zakresu wysterowania, ponieważ wystąpią zniekształcenia



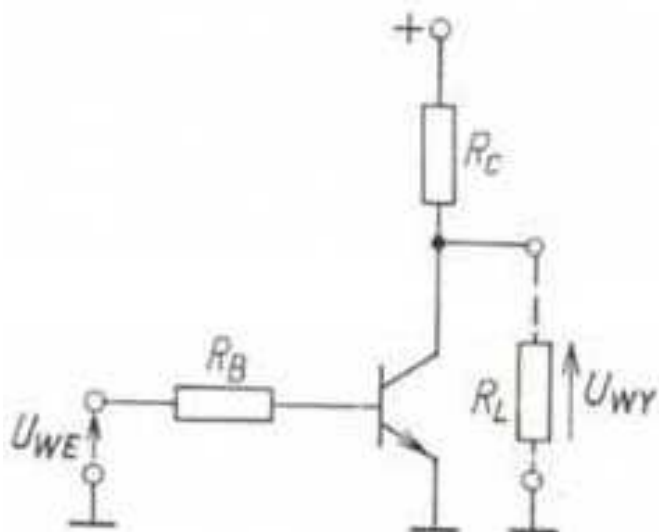
W układach *cyfrowych* mamy do czynienia z dwoma stanami pracy. Stan wysoki **H** (high) i stan niski **L** (low).

Wysokość napięć na tych poziomach zależy od zastosowanych układów. Zakładamy, że poziomy pośrednie napięć nie występują.

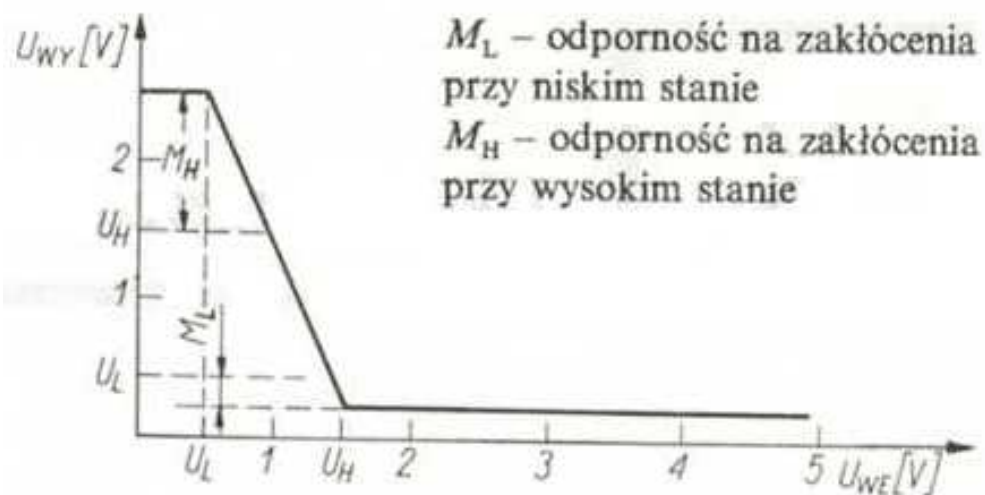


Tranzystor jako klucz

Przykład inwertera



charakterystyka przejściowa dla $R_L = R_C$



Układ powinien mieć następujące właściwości:

Dla $U_{WE} \leq U_L$ powinno być $U_{WY} \geq U_H$

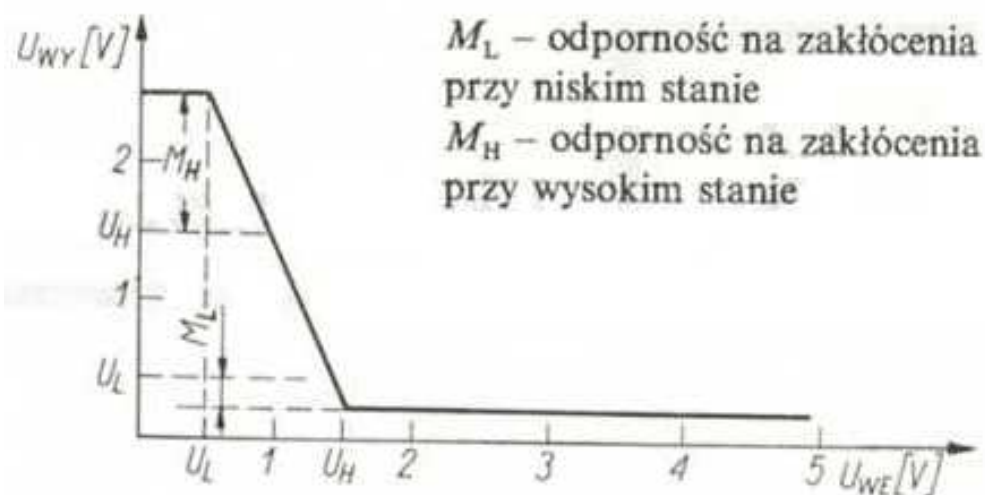
Dla $U_{WE} \geq U_H$ powinno być $U_{WY} \leq U_L$

Warunki te powinny być spełnione nawet w najbardziej niekorzystnym przypadku. Aby to zapewnić należy odpowiednio dobierać poziomy U_H oraz R_C i R_B .



Tranzystor jako klucz

Charakterystyka przejściowa dla $R_L = R_C$



$$M_L = U_L - U_{WY}$$

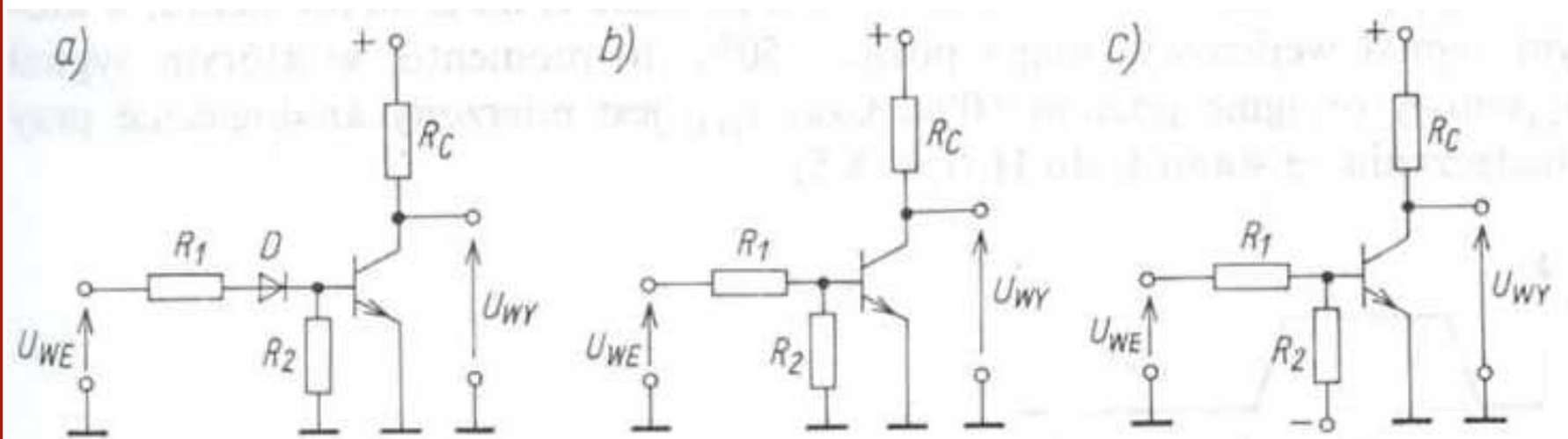
$$M_H = U_{WY} - U_H$$

Odporności na zakłócenia są miarą pewności działania układu.

Chcąc poprawić odporność na zakłócenia należy zwiększyć U_L ponieważ $U_{WY} \cong U_{CEsat}$ i nie może być mniejsze



Tranzystor jako klucz

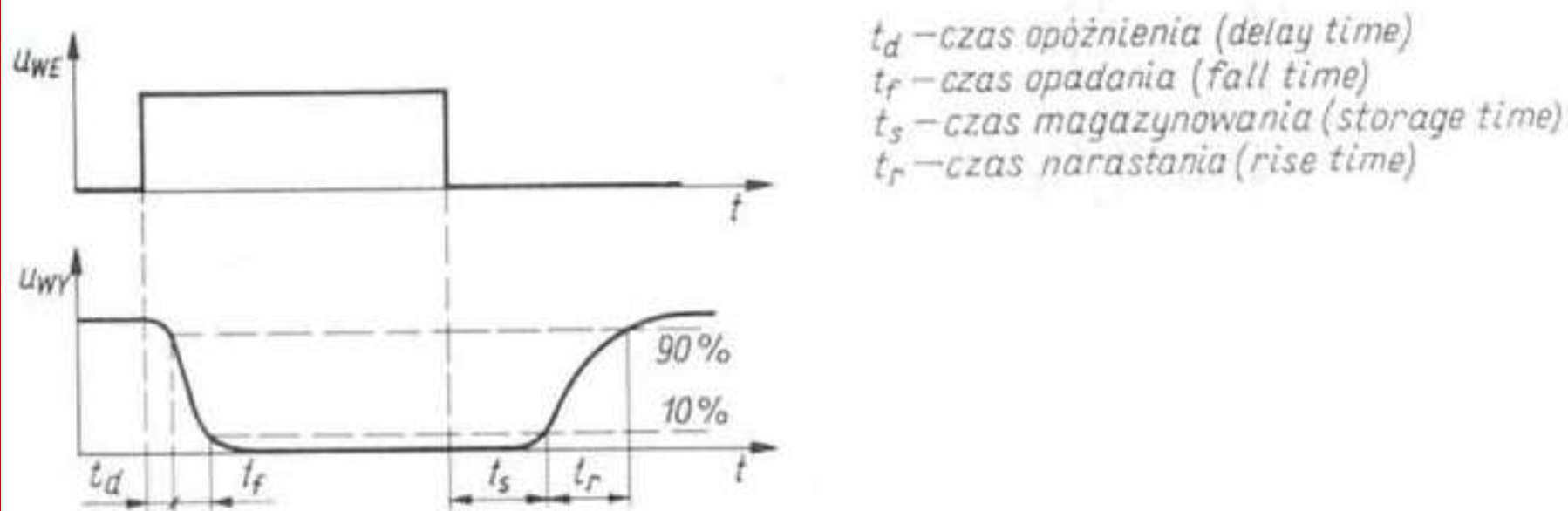


Poprawa odporności na zakłócenia rys.a) układ z dodatkowa diodą , rys.b),c) układy z dzielnikiem napięcia



Tranzystor jako klucz

Najistotniejszym parametrem klucza są czasy przełączania



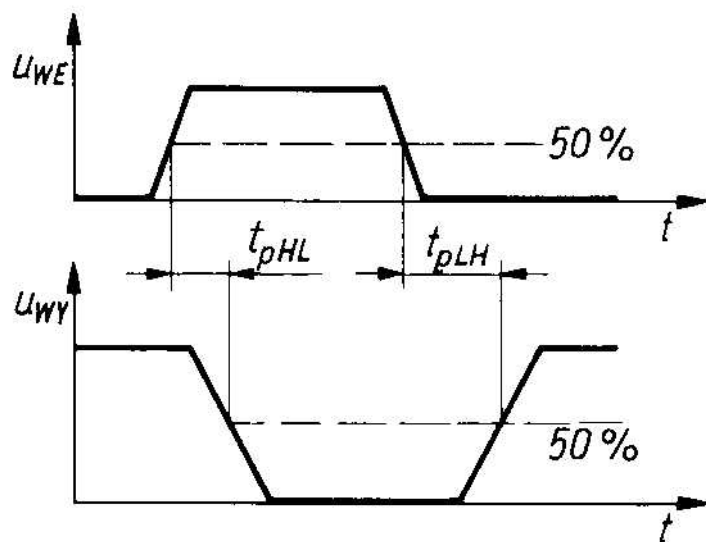
Czas magazynowania t_s występuje przy zatykaniu tranzystora ze stanu nasycenia ($U_{CE} = U_{CEsat}$).
Jeżeli $U_{CE} > U_{CEsat}$ to $t_s = 0$ chcąc mieć szybkie klucze wykorzystujemy to zjawisko tworząc tzw. klucze z tranzystorami nienasyconymi.



Tranzystor jako klucz

Właściwości dynamiczne układów cyfrowych określa się sumarycznie tzw. *czasem propagacji bramki* t_p (*propagation delay time*)

$$t_p = \frac{1}{2} (t_{pLH} + t_{pHL})$$



Czas t_{pHL} mierzony jest przy przełączaniu ze stanu H do L od momentu, kiedy U_{WE} osiąga poziom 50% do momentu, kiedy U_{WY} osiąga 50%.

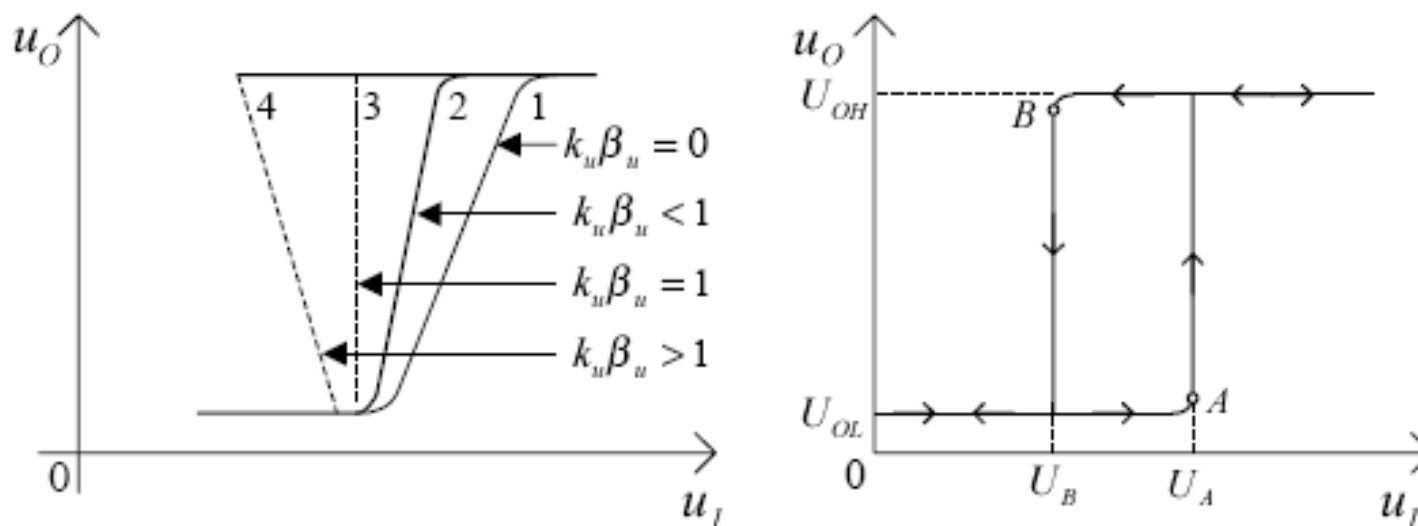
Czas t_{pLH} mierzony analogicznie przy przełączaniu z L do H.



Przerzutniki

Rodzaje przerzutników

Układy przerzutnikowe zbudowane są najczęściej w postaci dwóch kaskadowo połączonych inwerterów, objętych szerokopasmowym dodatnim sprzężeniem zwrotnym. Silne +SZ wywołuje zjawisko niestabilności, prowadząc do szybkiego przerzutu od jednego stanu stabilnego do drugiego. Silne +SZ prowadzi do ch-tyki przejściowej o ujemnym nachyleniu co oznacza, że ch-tyka zakreśla pętle histerezy.



Przerzutnik różni się od układów analogowych ze +SZ (generatory), że ich U_{wy} zmienia się skokowo a nie łagodnie jak w generatorach.



Przerzutniki

Rodzaje przerzutników

⇒ **przerzutnik bistabilny:** *charakteryzuje się dwoma stanami stabilnymi, w których może pozostawać nieskończenie długo. Przejście pomiędzy stanami następuje pod wpływem impulsu zewnętrznego.*

⇒ **przerzutnik monostabilny (uniwibrator):** *charakteryzuje się jednym stanem stabilnym. Drugi stan trwa tylko przez określony czas, zależny od wartości elementów układu. Po upływie tego stanu samoczynnie wraca do stanu stabilnego. Przejście układu do stanu quasi-stabilnego inicjowane sygnałem zewnętrznym.*

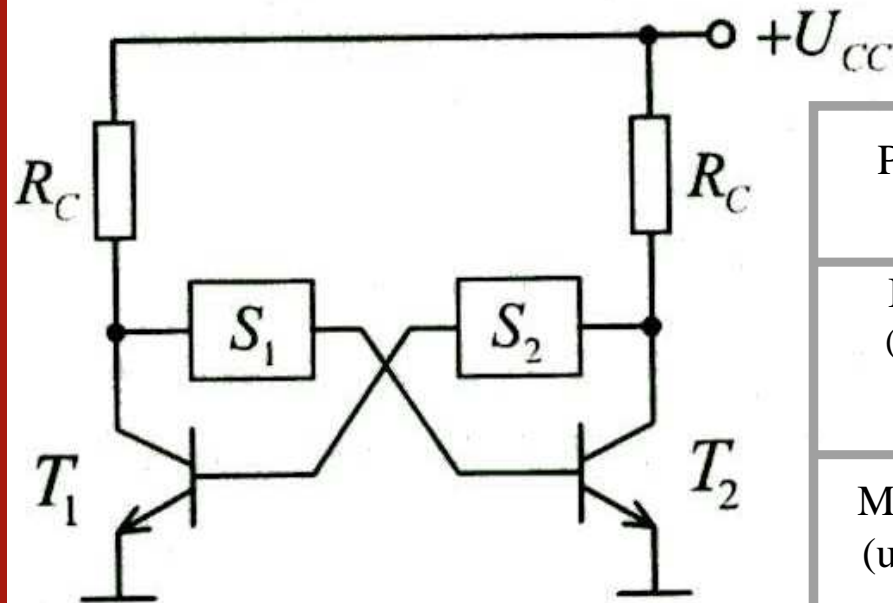
⇒ **przerzutnik astabilny (multiwibrator):** *nie ma stanu stabilnego lecz dwa stany quasi-stabilne. Stale zmienia swój stan pod wpływem pobudzenia zewnętrznego. Okresowe samoczynne przechodzenie z jednego stanu w drugi wyznaczają czasy przeładowania elementów reaktancyjnych.*



Przerzutniki

Rodzaje przerzutników

Każdy z przerzutników można zrealizować w podstawowej strukturze dobierając odpowiednie człony sprzęgające (rezystory lub kondensatory)



Przerzutnik	Człon S_1	Człon S_2
Bistabilny (przerzutnik Schmitta)	R	R
Monostabilny (uniwibrator)	R	C
Astabilny (multiwibrator)	C	C

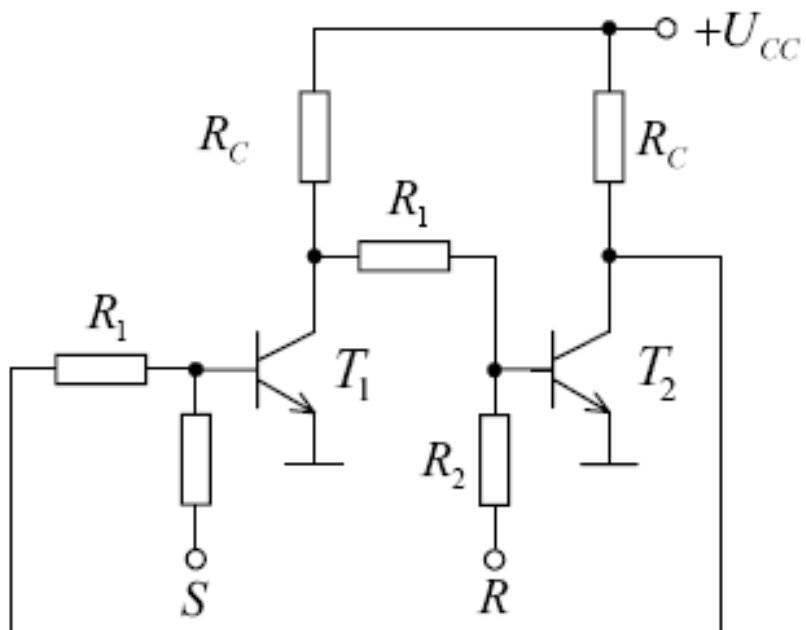


Przerzutniki

Przerzutnik bistabilny – symetryczny

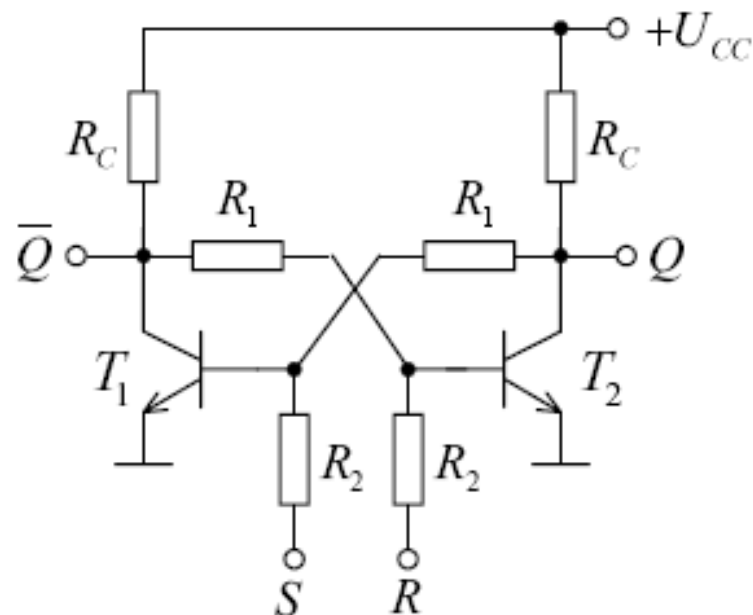
Dwa inwertery w pętli +SZ

(układ Ecclesa – Jordana)



Q – statyczne wyjścia w przeciwnych stanach,
R – wejście zerujące (reset),
S – wejście ustawiające (set),

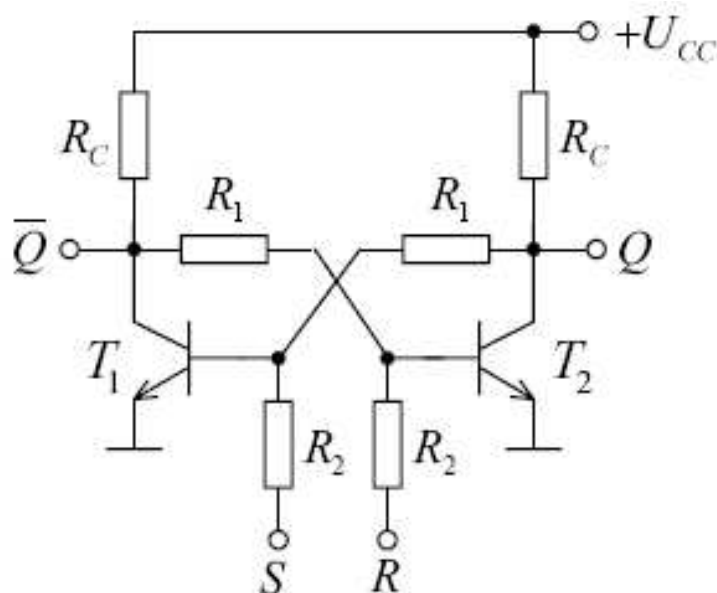
Przerzutnik RS





Przerzutniki

Przerzutnik bistabilny – symetryczny – zasada działania



Na S podajemy dodatnie napięcie:

- T1 przewodzi,
- maleje U_{C1} ,
- maleje I_{B2} ,
- U_{C2} rośnie,
- wzrasta I_{B1} płynący przez R_1 .

Stan ustalony, gdy U_{C1} spadnie do wartości U_{CEsat} (T_2 zatkany a T_1 przez płynący I_{B1} utrzymany w stanie przewodzenia).

Odłączenie napięcia z S niczego nie zmienia (stan ustalony).

Stan poprzedni przez podanie napięcia na R

Wejście		Wyjście	
R	S	Q	\bar{Q}
L	L	stan poprzedni	stan poprzedni
H	L	L	H
L	H	H	L
H	H	stan niedozwolony	stan niedozwolony

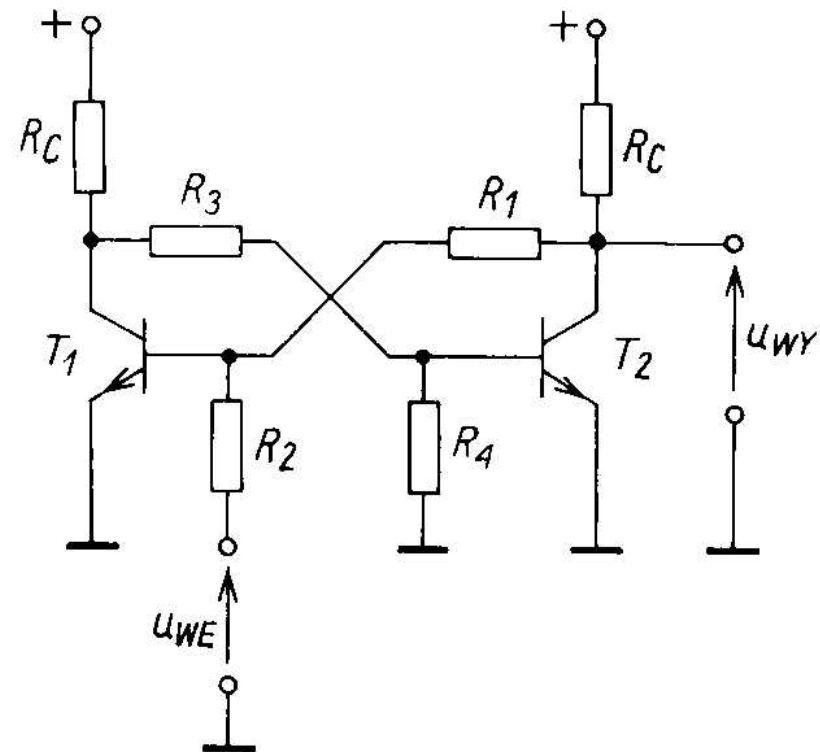
Gdy $R = S = H$ oba tranzystory nasycone, po zaniku napięcia jeden przewodzi, drugi zatkany ale nie wiadomo który. Stan logicznie zabroniony !!



Przerzutniki

Przerzutnik bistabilny – Schmitta

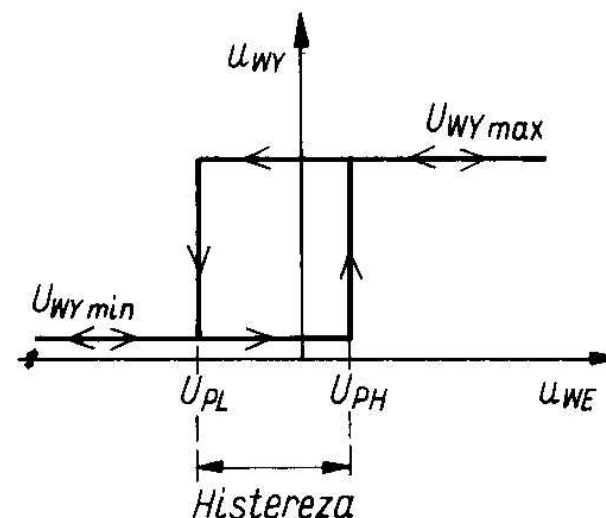
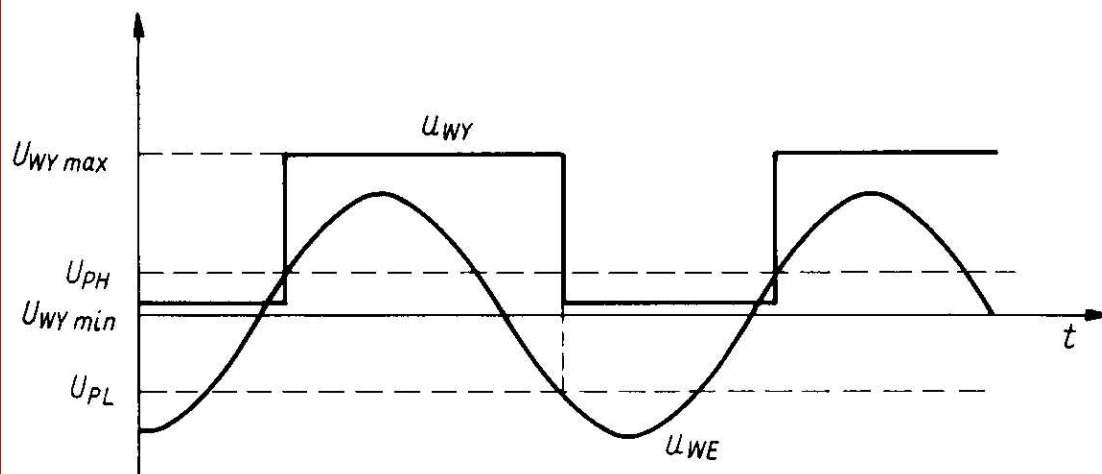
Inicjacja przeskoku poprzez podawanie na zmianę dodatniej i ujemnej wartości U_{WE} .





Przerzutniki

Przerzutnik bistabilny – Schmitta – przetwarzanie sin na prostokąt



Gdy U_{WE} przekroczy U_{PH} (górny próg przełączania) to U_{WY} skacze do U_{WYmax} (górna granicaysterowania).

Gdy U_{WE} spada poniżej U_{PL} (dolny próg przełączania) o U_{WY} powraca do U_{WYmin} (dolna granica).

Szerokość pętli histerezy – jest to różnica napięć pomiędzy poziomem wł a wyl.

Histereza tym mniejsza im mniejsza różnica pomiędzy U_{WYmax} a U_{WYmin} lub im większe tłumienie wprowadzane przez dzielnik R_1, R_2 .

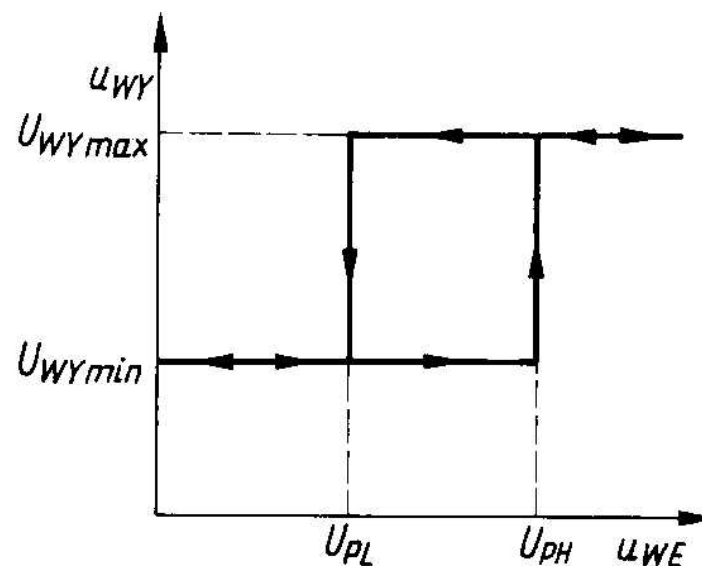
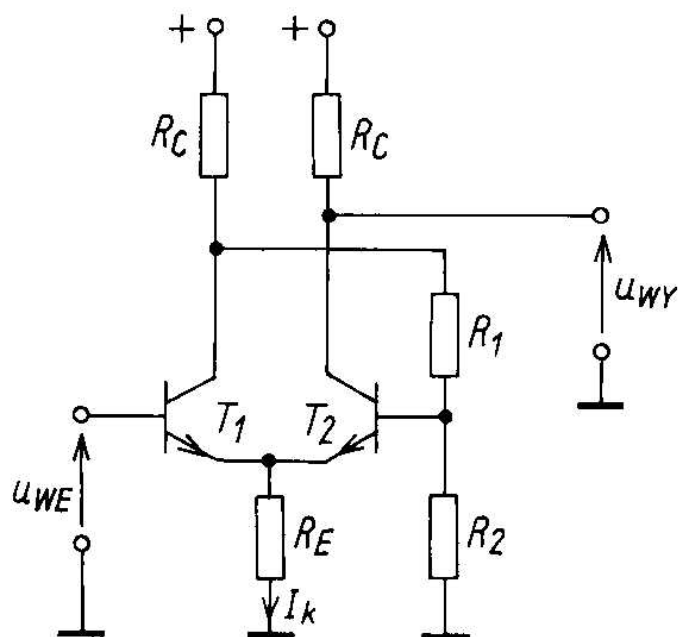
Zmniejszając histerezę osłabiamy +SZ co prowadzi do tego, że układ przestaje być bistabilny (dla $R_1 \longrightarrow \infty$ Zwykły wzmacniacz dwustopniowy).



Przerzutniki

Przerzutnik bistabilny – Schmitta ze sprzężeniem emiterowym

Wzmacniacz różnicowy z +SZ zrealizowanym poprzez dzielnik R_1, R_2 .



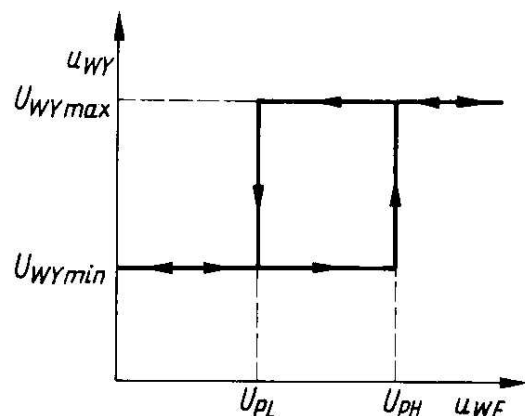
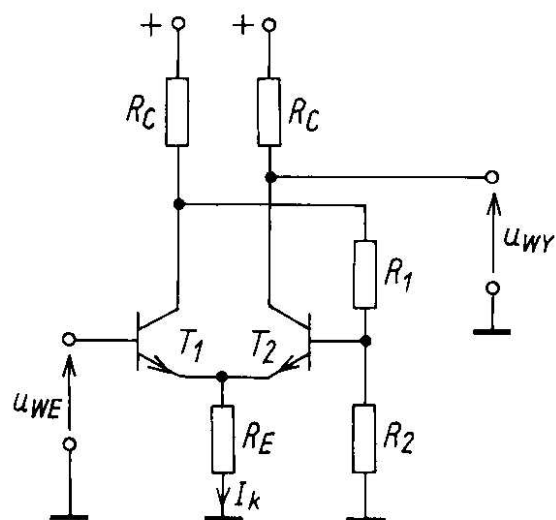
Zalety:

- WY jest odseparowane od WE, zapewniony jest sygnał wy o stosunkowo dużej mocy;
- na WE nie pojawiają się sygnały wytwarzane wewnątrz układu (SZ podany na połączone emitery)



Przerzutniki

Przerzutnik bistabilny – Schmitta ze sprzężeniem emiterowym



Gdy $U_{WE} \leq 0$ to T_1 zatkany a T_2 przewodzi (sterowany przez R_1 , R_2).

Prąd I_k powoduje powstanie spadku napięcia na R_E , który głębiej zatyka T_1 .

Gdy U_{WE} wzrasta powyżej U_{PH} to T_1 wchodzi w stan aktywny i układ przechodzi w drugi stan (T_1 aktywny, T_2 odcięty).

Ponowne malenie U_{WE} powoduje przerzut do poprzedniego stanu.

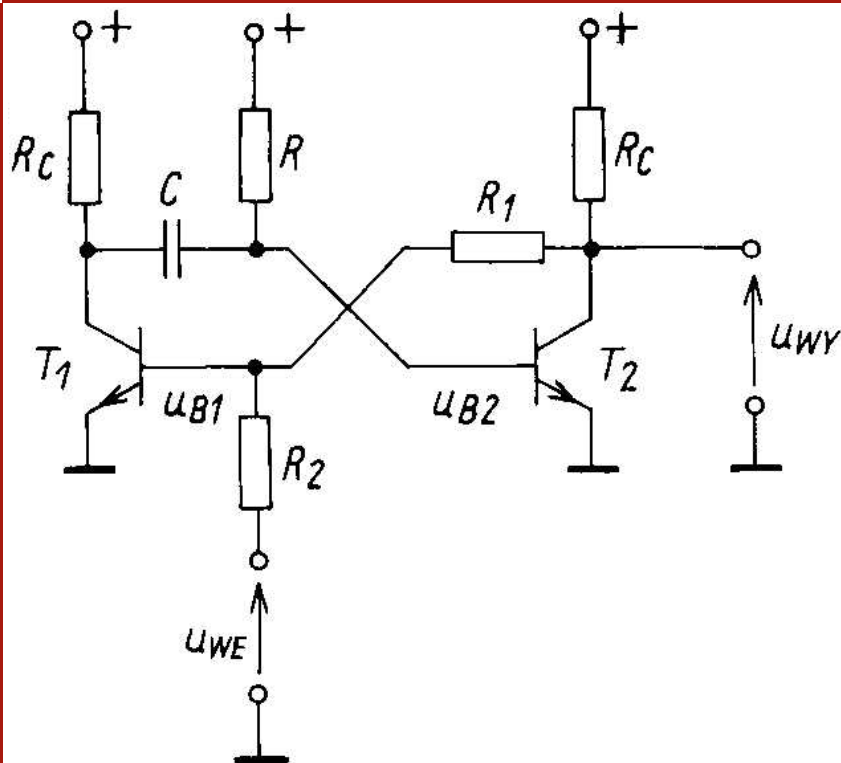
Zastosowanie:

- układ kształtujący;
- dyskryminator amplitudy,
- detektor poziomu,
- itp.



Przerzutniki

Przerzutnik monostabilny (uniwibrator)



W stanie ustalonym T_2 przewodzi a T_1 zatkany.

Dodatni impuls U_{WE} powoduje przejście T_1 do stanu przewodzenia. Wskutek tego U_{C1} skokowo od wartości U_{CC} zmienia się do 0. Skok ten przeniesiony zostaje przez RC na bazę T_2 .

U_{B2} zmienia się od 0,6V do $-U_{CC} + 0,6V \approx -U_{CC}$ i T_2 zostaje zatkany.

R_1 w SZ podtrzymuje przewodzenie T_1 nawet po powrocie U_{WE} do 0.

C ładuje się przez R

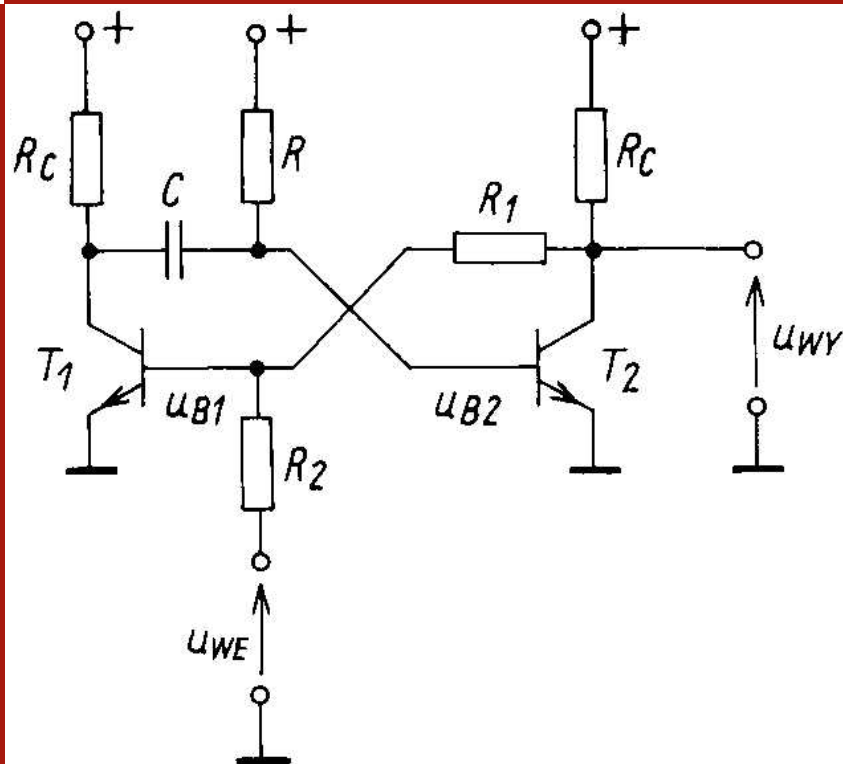
$$U_{B2}(t) \approx U_{CC} \left(1 - 2e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

T_2 jest zatkany, aż U_{B2} wzrośnie do 0,6V. Nastąpi to po czasie $T \approx RC \ln 2 \approx 0,7RC$
Po tym czasie T_2 znowu zaczyna przewodzić (stan stabilny).



Przerzutniki

Przerzutnik monostabilny (uniwibrator)



Układ wraca do stanu stabilnego nawet, gdy czas trwania impulsu U_{WE} jest dłuższy od T (T_1 przewodzi do chwili zaniku U_{WE} i +SZ nie działa).

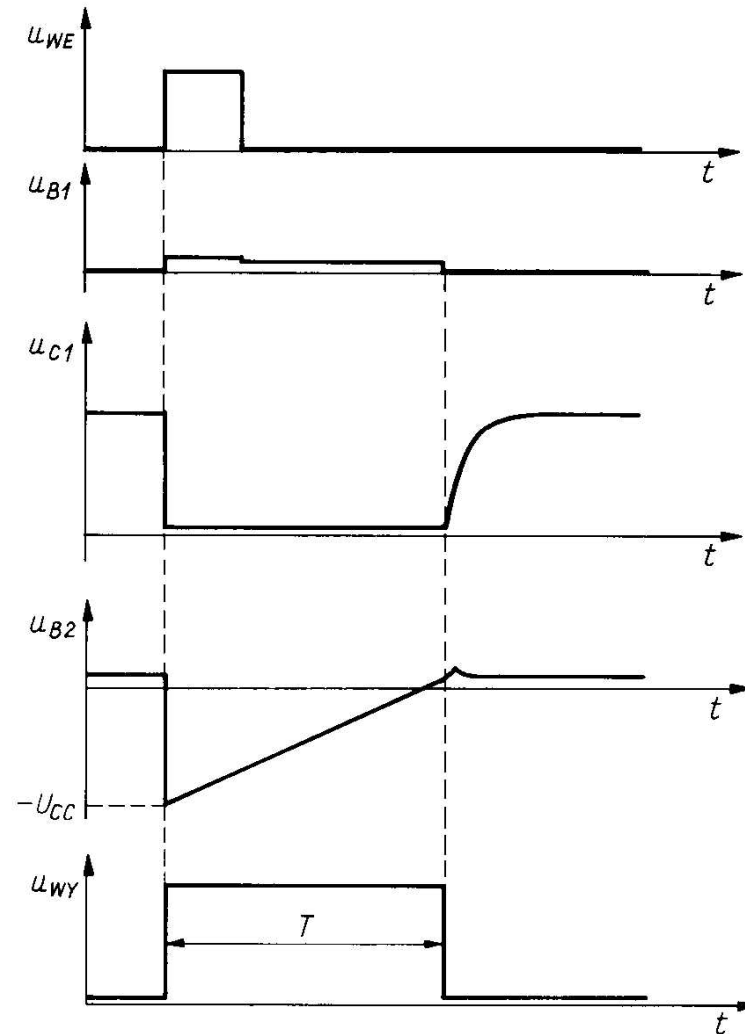
Po procesie przełączania C musi naładować się przez R_C . Jeśli nie zdąży całkowicie się naładować do chwili nowego impulsu U_{WE} , czas trwania następnego impulsu ulega skróceniu.

Jeżeli efekt ten ma być mniejszy niż 1%, T_1 musi być zatkany co najmniej przez $T = 5R_C C$



Przerzutniki

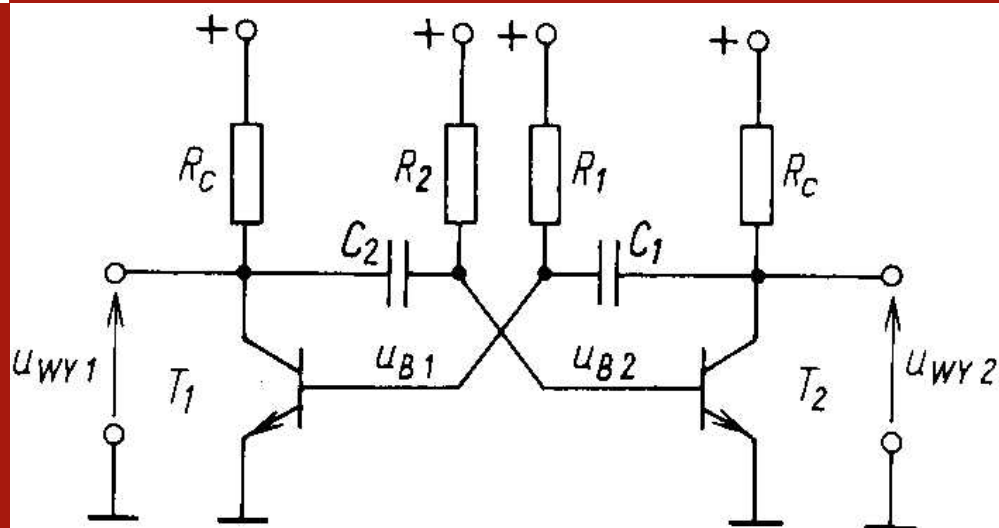
Przerzutnik monostabilny (uniwibrator)





Przerzutniki

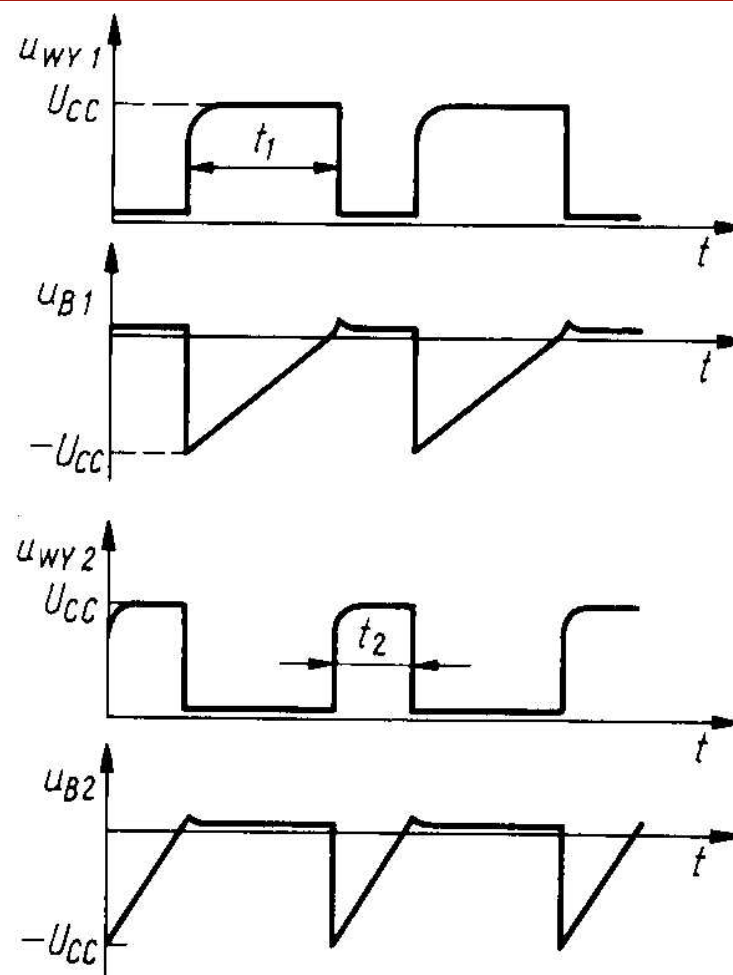
Przerzutnik astabilny (multiwibrator)



$$t_1 = R_1 C_1 \ln 2 \quad t_2 = R_2 C_2 \ln 2$$

W czasie t_1 zablokowany jest tranzystor T_1 a w t_2 T_2 .
Stan układu zmienia się zawsze, gdy zaczyna przewodzić dotychczas zatkany tranzystor.

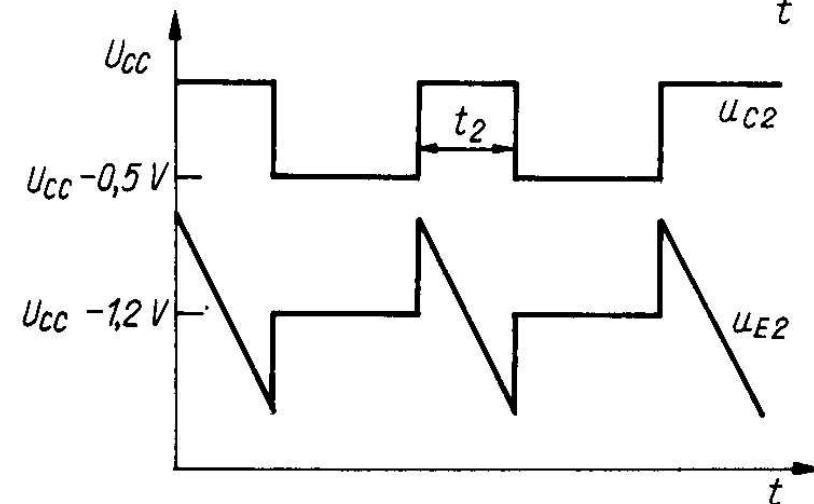
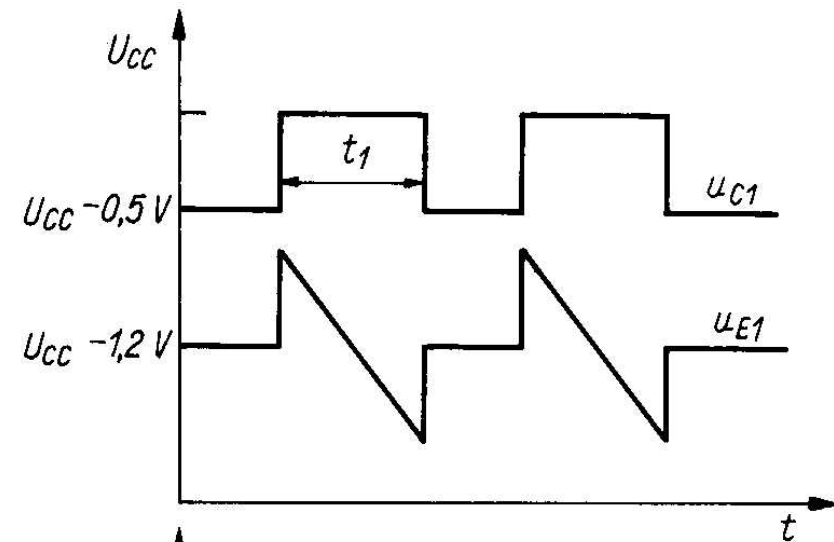
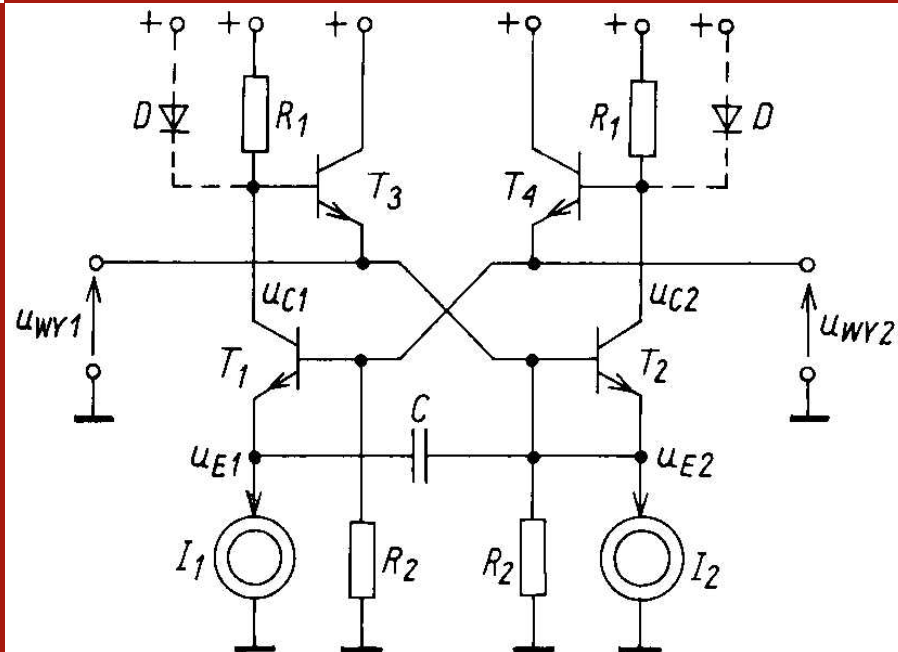
Układ trudny w realizacji (warunki na odpowiedni dobór R , problemy ze wzbudzaniem układu) nie stosuje się w praktyce.





Przerzutniki

Przerzutnik astabilny ze sprzężeniem emiterowym





Przerzutniki

Przerzutnik astabilny ze sprzężeniem emiterowym

Układ pracuje z tranzystorami bez nasycenia umożliwia to uzyskanie znacznie większych częstotliwości przełączania niż układ z tranzystorami nasyconymi.

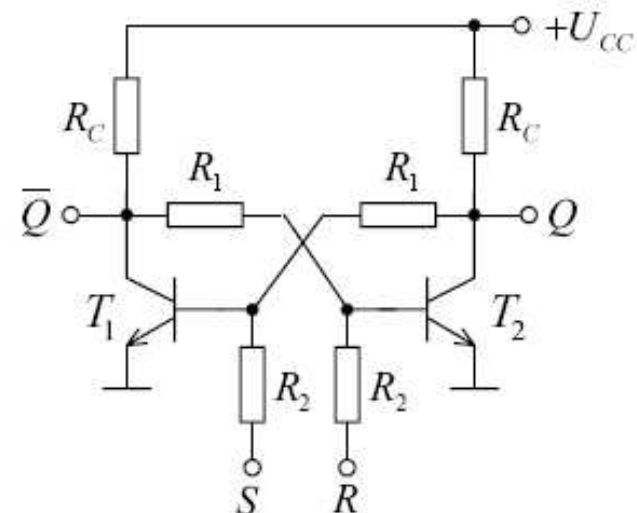
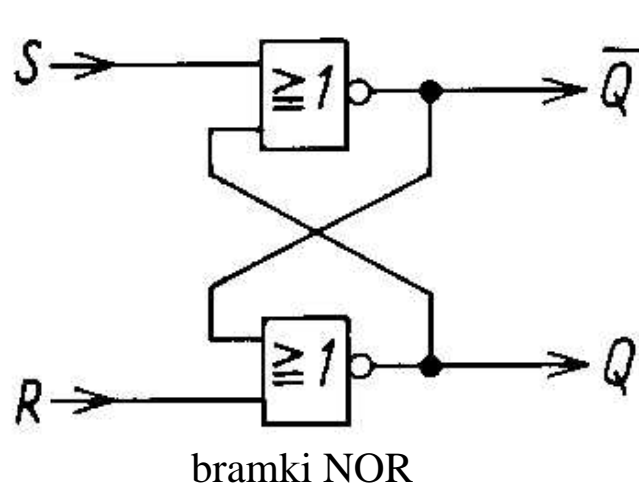
Multiwibrator tego typu znajduje bardzo szerokie zastosowanie w praktyce. Stosowany jest głównie w układach z fazową pętlą sprzężenia zwrotnego (PLL). Jako układ generacyjny przestrajany w dużym zakresie wolnozmiennym napięciem sterującym (generatory VCO – voltage controlled oscillator).

Przerzutniki astabilne ze sprzężeniem emiterowym są dostępne w postaci monolitycznych układów scalonych.



Scalone przerzutniki

Przerzutnik symetryczny



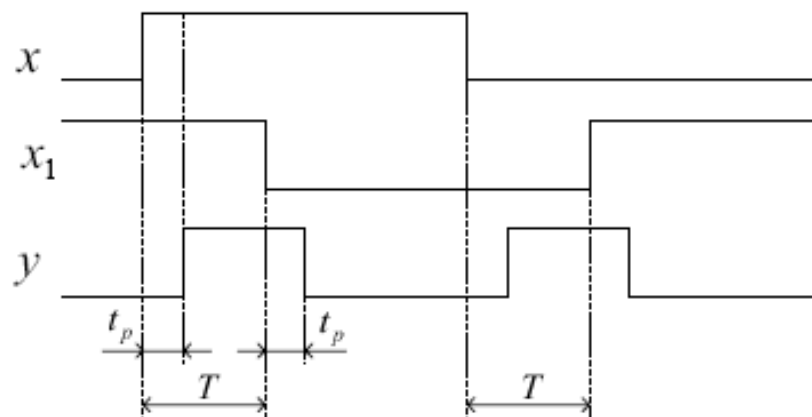
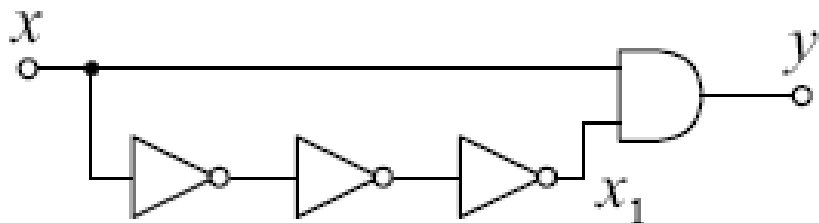
Tablica przejść

Wejście		Wyjście	
R	S	Q	\bar{Q}
L	L	stan poprzedni	stan poprzedni
H	L	L	H
L	H	H	L
H	H	stan niedozwolony	stan niedozwolony



Scalone przerzutniki

Przerzutnik monostabilny (uniwibrator)



t_p – czas propagacji sygnału z WE na WY

Gdy $x = 0$ na WY (y) jest 0.

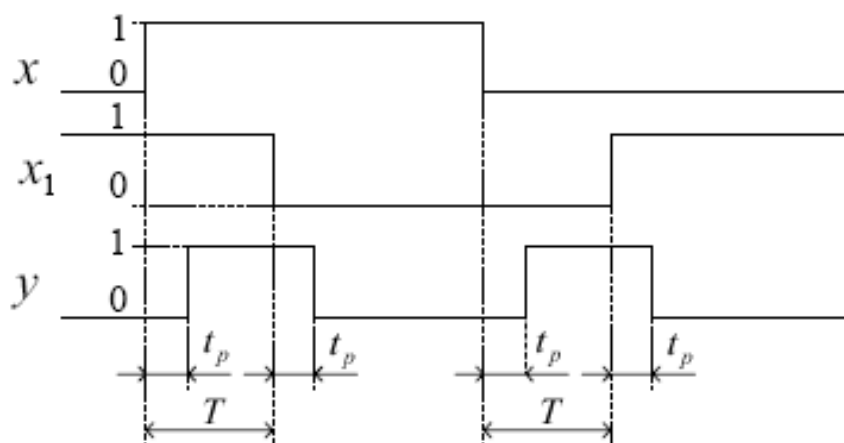
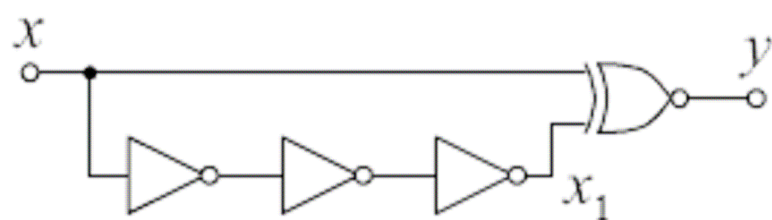
Gdy $x = 1$ na WY (y) jest 1 tak długo jak długo trwa przejście sygnałów przez łańcuch inwerterów (T = suma czasów propagacji inwerterów).

Czas trwania impulsu wyjściowego równy jest opóźnieniu wprowadzanemu przez łańcuch inwerterów. Ustalany jest przez odpowiedni dobór ilości bramek (liczba inwertrów powinna być nieparzysta!).



Scalone przerzutniki

Przerzutnik monostabilny (uniwibrator)

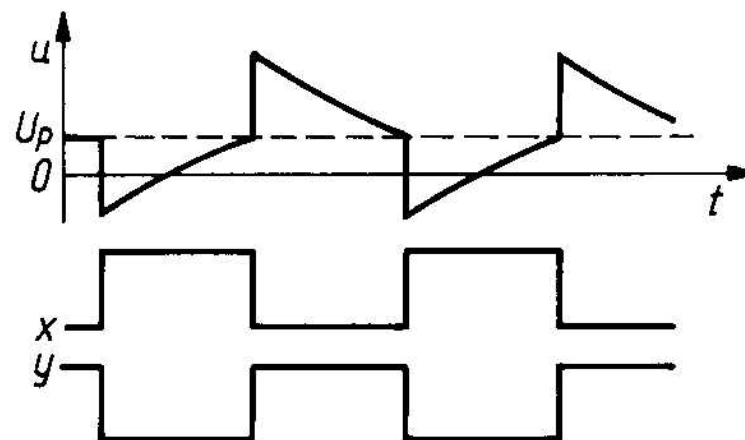
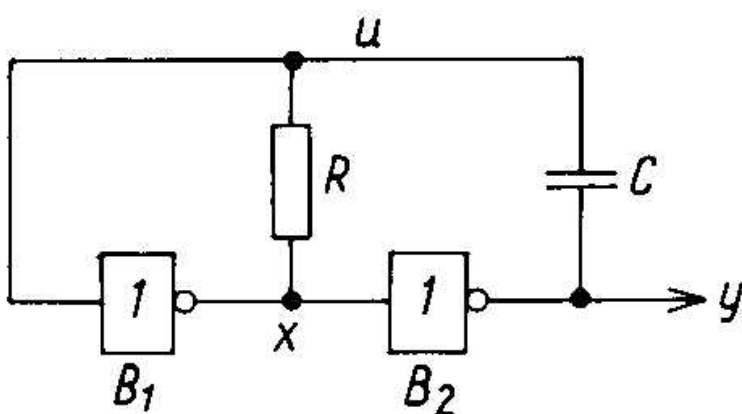


Można zastąpić bramki AND bramkami EXNOR.
Wówczas przerzutnik generuje impuls wyjściowy po każdym zboczu sygnału WE.



Scalone przerzutniki

Przerzutnik astabilny (multiwibrator)



Jeśli sygnał x jest wysoki (H) to y niski (L).

C ładuje się przez R do momentu gdy napięcie u przekroczy poziom przełączania U_p bramki B_1 . Wówczas x staje się niski (L) a y wysoki (H). Wskutek tego napięcie u wzrasta skokowo o amplitudę sygnału WY y . Kondensator C rozładowuje się przez R , dopóki napięcie nie spadnie poniżej poziomu przełączania.

Okres drgań jest równy:

$$T = 2RC \ln 3 \approx 2,2RC$$



Scalone przerzutniki

Układ 555

Uniwersalny i szeroko stosowany układ regeneracyjnego formowania impulsów – *układ scalony 555*.

Układ opracowany przez firmę Signetics produkowany w kilku odmianach przez wiele firm.

Układ 555 charakteryzuje się:

- małą wrażliwością na zmiany napięcia zasilającego,
- dużą stałością temperaturową,
- generowania impulsów o czasie trwania od mikrosekund do kilku minut,
- możliwością regulowania wypełnienia impulsów przy pracy astabilnej,
- małym poborem prądu,
- duża obciążalnością (do 200mA),
- dużą odpornością na zakłócenia.

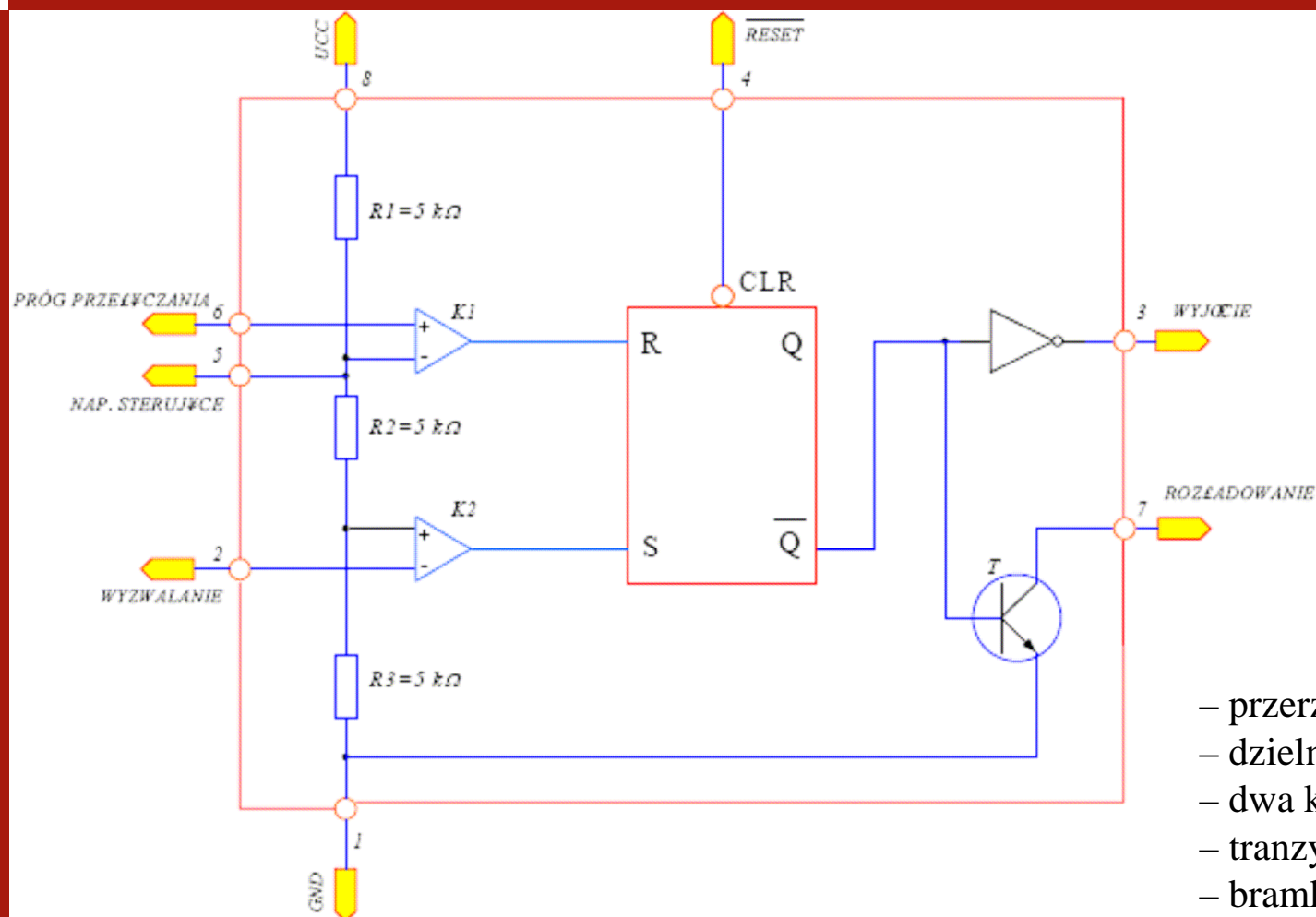
Stosując układ 555 można zrealizować:

- przerzutnik monostabilny,
- przerzutnik astabilny,
- dyskryminator szerokości impulsów,
- analogowy dzielnik częstotliwości,
- modulator szerokości impulsów,
- przetwornik napięcie – częstotliwość.



Scalone przerzutniki

Układ 555 - budowa

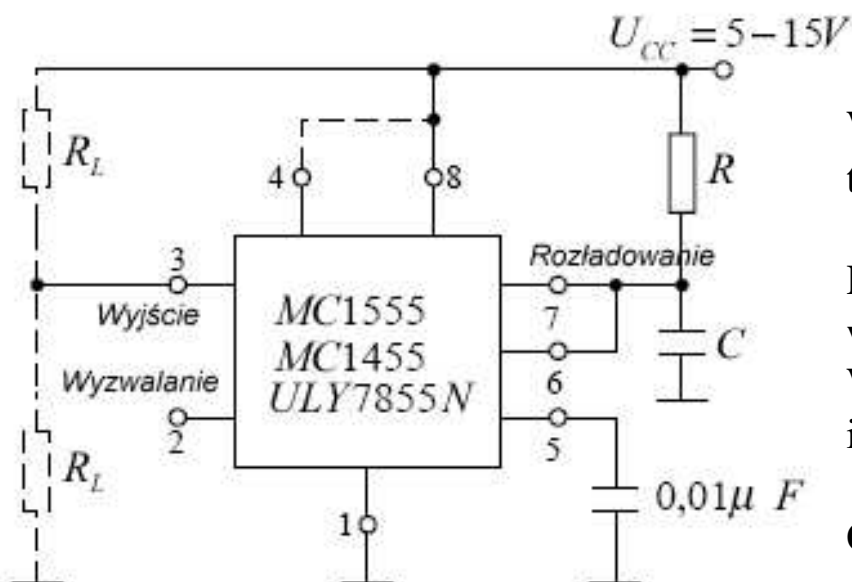


- przerzutnik RS,
- dzielnik napięciowy,
- dwa komparatory,
- tranzystor rozładowujący,
- bramka separująca wyjście



Scalone przerzutniki

Przerzutnik monostabilny (uniwibrator) – realizacja na układzie 555



W stanie stabilnym C jest rozładowany przez tranzystor T w układzie 555.

Po podaniu krótkiego, ujemnego impulsu wyzwalającego, przerzutnik RS zmienia stan, na WY pojawia się wysoki poziom napięcia (H) i tranzystor T zostaje odcięty.

C zaczyna się ładować ze stałą czasową RC.

Gdy napięcie na C przekroczy $\frac{2}{3}U_{CC}$ na wyj z K1 pojawia się stan wysoki napięcia (H) i przerzutnik RS zostaje wyzerowany.

T nasycy się, C rozładowuje, układ powraca do stanu stabilnego.

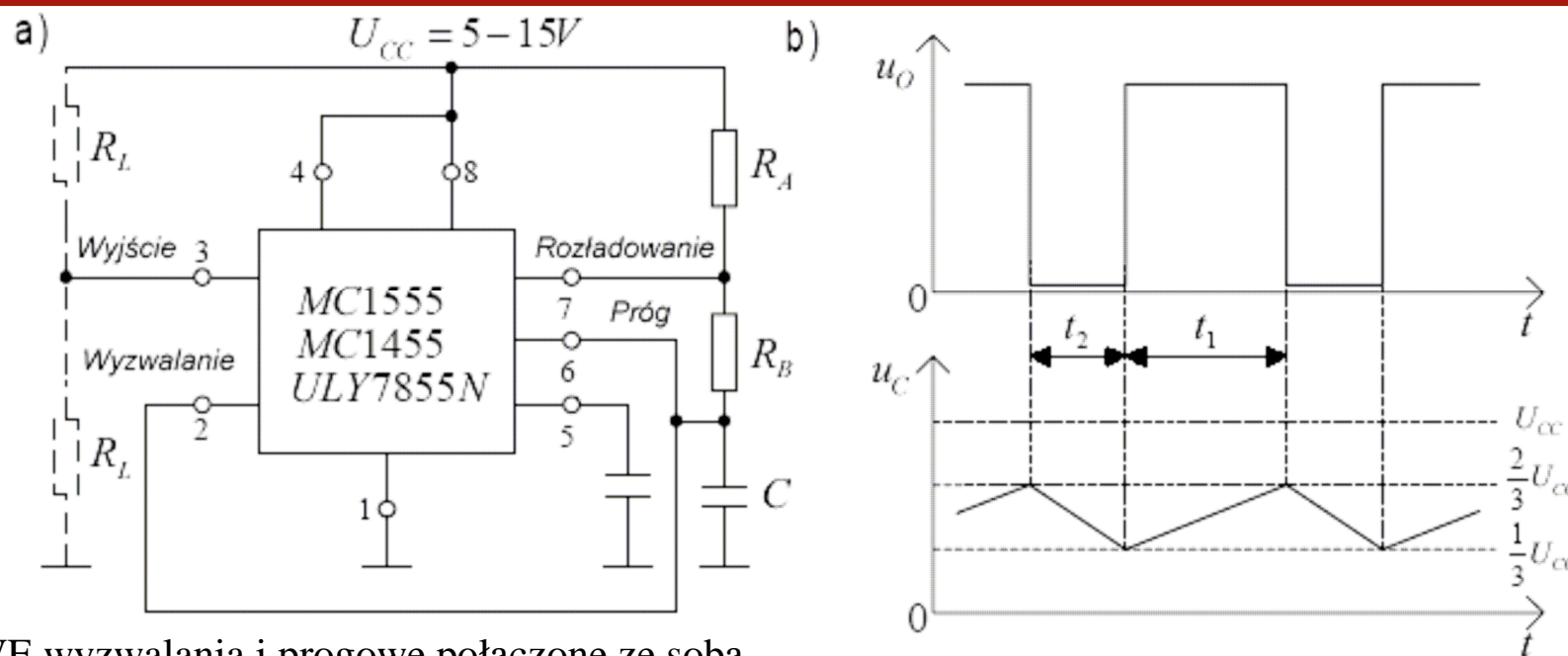
Czas trwania impulsu WY:

$$T = 1,1 RC$$



Scalone przerzutniki

Przerzutnik astabilny (multiwibrator) – realizacja na układzie 555



WE wyzwalania i progowe połączone ze sobą.

C ładuje się prądem z R_A i R_B , rozładowuje przez prąd z R_B i tranzystor T z układu 555.

Samoczynnie układ przełącza się w chwili przekroczenia przez napięcie u_C poziomu $2/3 U_{CC}$ przy ładowaniu C i $1/3 U_{CC}$ przy rozładowaniu C

Częstotliwość drgań:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,693(R_A + 2R_B)C}$$

Współczynnik wypełnienia impulsów WY:

$$D = \frac{t_2}{T} = \frac{R_B}{R_A + R_B}$$