

## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Parametry przerzutników monostabilnych i układów czasowych

#### 4.1.1. Materiał nauczania

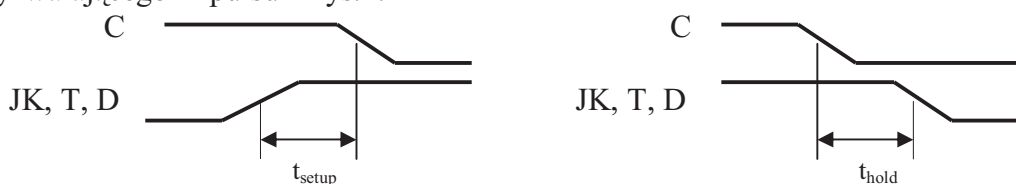
Przerzutniki monostabilne i układy czasowe to generatory pojedynczych impulsów bądź przebiegów prostokątnych o poziomach napięć wejściowych i wyjściowych zgodnych z obowiązującymi standardami sygnałów cyfrowych: TTL, CMOS lub innych. Stanowią one bardzo ważną grupę układów cyfrowych występujących praktycznie w każdym urządzeniu cyfrowym (np. generator impulsów zegarowych), przede wszystkim w części sterującej.

Układy cyfrowe często wymagają sygnałów, których parametry czasowe są istotne ze względu na działanie układu. Parametry te to:

- **czas trwania impulsu,**
- **częstotliwość,**
- **opóźnienie impulsu.**

W wielu zastosowaniach istotne są również parametry dynamiczne, takie jak :

- **czas ustalania  $t_{\text{setup}}$ ,** określający minimalny czas jaki musi upłynąć od ustalenia się sygnału na wejściu informacyjnym do nadejścia zbocza wyzwalającego,
- **czas przetrzymywania  $t_{\text{hold}}$ ,** określający minimalne opóźnienie zbocza impulsu zmieniającego stan wejścia informacyjnego w stosunku do aktywnego zbocza wyzwalającego impulsu –Rys.1.



Rys.1. Ilustracja graficzna: a) czas ustalania; b) czas przetrzymywania [2,s.134]

W układach cyfrowych krótkie impulsy (rzędu ns) są zwykle potrzebne do ustawienia układu w stan początkowy (zwykle jest to zerowanie). Wejścia wyzwalające przerzutników wymagają również krótkich (szpilkowych) impulsów wyzwalających (przede wszystkim dotyczy to przerzutników typu MS), dlatego układy generujące krótkie impulsy przy zmianie sygnału wejściowego nazywane są układami wyzwalającymi. Do ich wytwarzania można zastosować przerzutniki monostabilne albo układy wykorzystujące naturalne opóźnienia wnoszone przez bramki logiczne, przerzutniki lub obwody RC.

Obecny system oznaczania układów scalonych polskiej produkcji jest objęty normą branżową - BN-73/3375-21 – „Mikroukłady scalone. System oznaczania typów”. Najważniejsze ustalenia dot. polskich układów cyfrowych to:

- oznaczenie układu scalonego składa się z dwóch części: literowej i cyfrowej; część literowa składa się z 2 lub 3 liter, część cyfrowa składa się z 4 lub 5 cyfr,
- pierwsza litera określa technologię wykonania układu:
  - U – układy półprzewodnikowe monolityczne bipolarne,
  - H – układy hybrydowe,
  - M – układy MOS,
- druga litera oznacza funkcję spełnianą przez układ:

- C – układy cyfrowe,
- L – układy analogowe,
- R – układy inne,
- trzecia litera (lub jej brak) określa przeznaczenia układu:
  - Y – układy do zastosowań profesjonalnych,
  - A – układy do zastosowań specjalnych,
  - T – układy do zastosowań profesjonalnych o zwiększonej niezawodności,
  - Q - układy do zastosowań specjalnych o zwiększonej niezawodności,
  - X – układy prototypowe, doświadczalne lub na zamówienie,
  - brak litery – układy do zastosowań powszechnego użytku,
- pierwsza cyfra określa zakres dopuszczalnej temperatury pracy:
  - 4 – od -55 do +85°C,
  - 5 - od -55 do +125°C,
  - 6 - od -40 do +85°C,
  - 7 - od 0 do +70°C,
  - 8 - od -5 do +85°C,
  - 1 – inny zakres,
- pozostałe 3 lub 4 cyfry są liczbą porządkową, określającą grupę oraz konkretny typ układu w danej grupie,
- dopuszcza się wprowadzenie dodatkowej litery oznaczającej charakterystyczne właściwości układów:
  - H – układy serii szybkiej,
  - L – układy serii małej mocy,
  - S – układy serii bardzo szybkiej,
- litera umieszczona na końcu oznaczenia określa typ obudowy:
  - F – obudowa płaska, metalowa, izolowana od układu,
  - S – obudowa płaska, metalowa, mająca kontakt elektryczny z podłożem układu i wyprowadzeniami masy,
  - H – obudowa płaska z nieprzewodzącego materiału ceramicznego,
  - J – obudowa dwurzędowa z nieprzewodzącego materiału ceramicznego,
  - N - obudowa dwurzędowa plastikowa,
  - L – obudowa kubkowa, metalowa, o wyprowadzeniach umieszczonych kołowo,
  - K – obudowa czterorzędowa plastikowa,
  - M - obudowa czterorzędowa plastikowa z wkładką radiatorową,
  - P – obudowa czterorzędowa plastikowa z radiatorem bocznym zagiętym,
  - T – obudowa czterorzędowa plastikowa z radiatorem bocznym prostym,
  - R – obudowa inna.

Producenci zagraniczni stosują własne oznaczenia, głównie literowe, zwykle charakterystyczne tylko dla konkretnej firmy np. dla układów logicznych serii 7400:

- SN74, SN74LS, SN74ALS, SN74HC, SN74HCT, itd. – Texas Instruments,
- MC74LS, MC74F, MC74HC, MC74HCT, itd. – Motorola.

Ogólne zasady stosowania układów cyfrowych wynikają z ich cech wspólnych dla wszystkich technologii wykonania tzn. określonym poziomom sygnału wyjściowego (1 i 0), dużej szybkości przesyłania informacji, obciążalności, stromości zboczy sygnałów oraz odporności na zakłócenia. Ze względu na dużą szybkość przesyłania danych oraz stromość zboczy, nawet stosunkowo krótkie linie przesyłowe należy traktować jak linie długie, co dotyczy głównie układów zrealizowanych w technice TTL oraz ECL (układy MOS mają znacznie

dłuższe czasy propagacji) i oznacza ograniczenie częstotliwości przesyłanego sygnału od góry. Istotną cechą układów cyfrowych jest wartość parametrów zasilania np. przedział napięć, które znacznie się różnią dla różnych technik wykonania, a nawet w obrębie jednej rodziny. Napięcie zasilania podstawowej rodziny układów TTL wynosi 5V (4,75 – 5,25V), ale już dla układów MOS, rodziny CMOS, może się zmieniać od 3 do 16V. Różne techniki realizacji dodatkowo wpływają na zasady projektowania i montażu układów zbudowanych w oparciu o te elementy. Inny jest sposób zabezpieczania nie wykorzystanych wejść i to zarówno prostych bramek, jak i skomplikowanych układów o dużym stopniu scalenia. Dla układów TTL przyjęto następujące zalecenia:

- wejścia nie wykorzystane należy łączyć z wykorzystywanymi wejściami tej samej bramki pod warunkiem nieprzekraczania dopuszczalnego obciążenia,
- wejścia nie wykorzystane należy łączyć z niezależnym źródłem napięcia zasilania wynoszącym ok. 3,5V lub przez rezystor  $1k\Omega$  ograniczający prąd, z napięciem +5V,
- można pozostawić nie wykorzystane wejścia nie połączone z niczym,
- nie wolno łączyć wyjść bramek TTL, za wyjątkiem bramek z otwartym kolektorem (OC) i trójstanowych.

Dla układów ECL stosuje się następujące zasady:

- konieczne jest stosowanie dokładnych napięć zasilania oraz prawie jednakowej masy w całym układzie,
- nie używane wejścia mogą pozostać nie podłączone,
- niedopuszczalne jest zwarcie wyjścia układu do żadnego z napięć zasilających.

Układy MOS również wymagają specjalnego traktowania:

- ze względu na dużą stałoprądową rezystancję wejściową układy te są bardzo wrażliwe na ładunki elektrostatyczne powodujące zniszczenie układu, co powoduje konieczność ich przechowywania w metalowych pojemnikach i montażu za pomocą uziemionych urządzeń,
- wszystkie wejścia układów MOS powinny być zabezpieczone rezystorem szeregowym  $1-100k\Omega$  i rezystorem przyłączonym między wejściem, a jednym z napięć zasilania lub masą,
- nie używane wejścia należy zawsze łączyć z jednym z napięć zasilania lub z masą,
- długi czas propagacji ogranicza ich zastosowanie dla sygnałów o dużej częstotliwości.

#### 4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania sprawdzisz, czy jesteś przygotowany wykonania ćwiczenia.

1. Dlaczego nie wykorzystuje się tranzystorowych lub scalonych generatorów jako układów generujących impulsy w układach cyfrowych?
2. Jaką funkcję w układach cyfrowych spełniają przerzutniki monostabilne?
3. Jakie parametry impulsów czasowych są istotne w technice cyfrowej?
4. Jaki kształt powinny mieć impulsy wyzwajające stosowane w technice cyfrowej?
5. Co oznaczają symbole UCY 74LS04N, UCA 6475N?

### 4.1.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Rozpoznawanie cyfrowych układów scalonych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Ćwiczenie polega na określeniu rodzaju, typu, przeznaczenia oraz zakresu temperatur wybranych cyfrowych układów scalonych.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z rodzajami cyfrowych układów scalonych oraz zasadami oznaczania układów scalonych produkcji polskiej określonymi w normie branżowej BN-73/3375-21 – „Mikroukłady scalone. System oznaczania typów.” oraz systemem oznaczeń stosowanych przez innych producentów;
- 2) odczytać oznaczenia prezentowanych układów scalonych podane przez producenta oraz określić rodzaj i właściwości prezentowanych układów;
- 3) porównać uzyskane informacje z danymi z katalogów układów scalonych;
- 4) odczytać z katalogu ilość i rodzaj wyprowadzeń (zasilanie, wejścia wyzwajające, wyjścia, końcówki do dołączenia elementów zewnętrznych itd.) i parametry (poziom napięcie wejściowych i wyjściowych, napięcie zasilania, czasy ustalania i przetrzymywania itp.);
- 5) sformułuj wnioski dotyczące różnorodności produkowanych układów scalonych oraz sposobów ich oznaczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przykładowe cyfrowe układy scalone różnych producentów;
- normy branżowe dot. zasad oznaczania układów scalonych,
- katalogi układów elektronicznych,
- literatura z rozdziału 6.

#### Ćwiczenie 2

Opóźnianie zboczy impulsów z wykorzystaniem bramek i przerzutników.

Sposób wykonania ćwiczenia

Ćwiczenie polega na opóźnieniu zbocza narastającego lub/i opadającego impulsów

Uwaga: Poproś nauczyciela o sprawdzenie układów praktycznych przed włączeniem zasilania.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z rodzajami cyfrowych układów scalonych zrealizowanymi w różnych technikach;
- 2) odczytać z katalogu czasy propagacji dla bramek NOR i przerzutnika typu D;
- 3) określić ilość funkatorów lub przerzutników niezbędnych do uzyskania wymaganego opóźnienia;
- 4) zaprojektować struktury układów wykorzystujących bramki NOR i przerzutnik typu D do uzyskania żądanych opóźnień;
- 5) przeprowadzić symulacje układów w programie EWBC;
- 6) sprawdzić poprawność działania bramek i przerzutników wykorzystywanych w ćwiczeniu;
- 7) zmontować układy, na oscyloskopie obejrzyć przebiegi czasowe, zmierzyć czasy opóźnień;
- 8) porównać uzyskane w układach wartości z danymi katalogowymi;
- 9) sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- makiety (trenażery) układów cyfrowych umożliwiające montowanie prostych układów i pomiary ich parametrów,
- sprzęt pomiarowy: zadajniki i wskaźniki stanów logicznych, zasilacze laboratoryjne stabilizowane, oscyloskop cyfrowy, generatory impulsowe,
- katalogi elementów i układów elektronicznych
- komputer PC,
- oprogramowanie EWBC,
- literatura z rozdziału 6.

### Ćwiczenie 3

Wytwarzanie impulsów wyzwających o bardzo krótkich czasach trwania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Ćwiczenie polega na wytworzeniu impulsów o czasach rzędu ns, z wykorzystaniem bramek i przerzutników.

Uwaga: Poproś nauczyciela o sprawdzenie układów praktycznych przed włączeniem zasilania.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z rodzajami cyfrowych układów scalonych i dobrać układ wykonany w odpowiedniej technice;
- 2) odczytać z katalogu czasy propagacji dla bramek NOR i przerzutnika typu D;
- 3) określić ilość funkatorów lub przerzutników niezbędnych do uzyskania wymaganego opóźnienia;
- 4) zaprojektować struktury układów wykorzystujących bramki NOR i przerzutnik typu D do uzyskania impulsów o bardzo krótkich czasach trwania (np. układy różniczkujące zbocze narastające lub opadające );
- 5) przeprowadzić symulacje układów w programie EWBC;
- 6) sprawdzić poprawność działania bramek i przerzutników wykorzystywanych w ćwiczeniu;
- 7) zmontować układy, na oscyloskopie obejrzeć przebiegi czasowe, zmierzyć czasy trwania impulsów;
- 8) porównać uzyskane w układach wartości z danymi katalogowymi;
- 9) ocenić poprawność wykonania ćwiczenia;
- 10) sformułować wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- makiety (trenażery) układów cyfrowych umożliwiające montowanie prostych układów i pomiary ich parametrów,
- sprzęt pomiarowy: zadajniki i wskaźniki stanów logicznych, zasilacze laboratoryjne stabilizowane, oscyloskop cyfrowy, generatory impulsowe,
- katalogi elementów i układów elektronicznych
- komputer PC,
- oprogramowanie EWB,
- literatura z rozdziału 6.

#### 4.1.4. Sprawdzenie postępów

<b>Czy potrafisz:</b>	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) rozpoznać układ scalony na podstawie oznaczenia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) posługiwać się katalogami układów cyfrowych w celu określenia funkcji i parametrów układów scalonych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wykorzystać funktry logiczne i przerzutniki typu D do uzyskania opóźnienia zboczy impulsów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wykorzystać funktry logiczne i przerzutniki typu D do wygenerowania krótkich impulsów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) przeprowadzić symulacje działania układów cyfrowych w programie EWBC?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) zaobserwować uzyskane przebiegi na oscyloskopie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wyjaśnić różnice pomiędzy obliczeniami teoretycznymi a rzeczywistymi czasami generowanych impulsów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

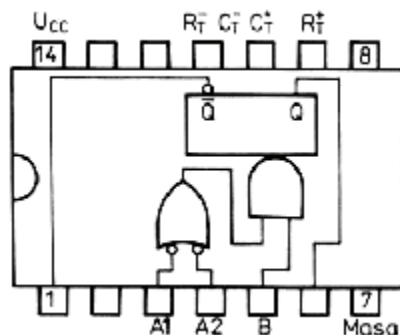
## 4.2. Scalone przerzutniki monostabilne

### 4.2.1 Materiał nauczania

Przerzutniki monostabilne mają jeden stan stabilny (stan równowagi trwałej). Jest to stan, w którym przerzutnik może przebywać dowolnie długo, aż do ingerencji z zewnątrz tzn. do chwili doprowadzenia sygnału wyzwalającego. Przechodzi wtedy w stan przeciwny, który jest stanem niestabilnym, z którego samoczynnie powraca do stanu początkowego. Czas trwania stanu niestabilnego jest zależny od parametrów elementów R i C dołączanych z zewnątrz do układu przerzutnika monostabilnego. W ramach standardu TTL produkowane są przerzutniki monostabilne umożliwiające generowanie impulsów o czasie trwania od 30 ns do 40 s. Umożliwiają one wytworzenie różnych układów czasowych: generatorów, układów opóźniających i in.

#### Przerzutnik monostabilny '121

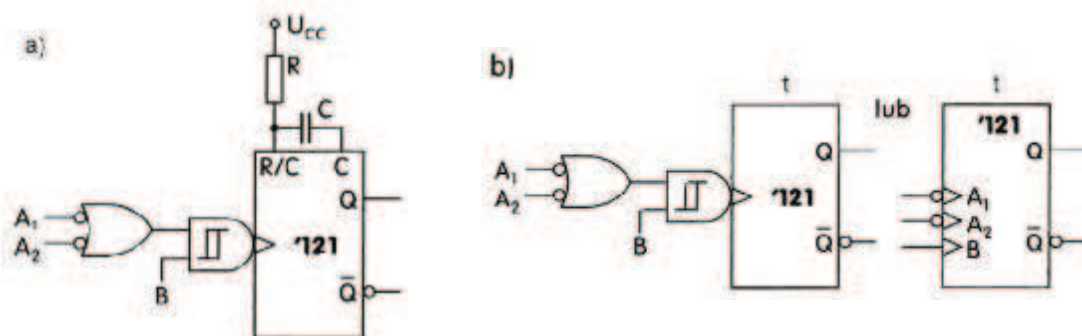
Układ scalony '121 zawiera jeden multiwibrator monostabilny, który umożliwia generowanie pojedynczych impulsów o czasie trwania od ok. 30 ns do 28 s – Rys. 2.



Rys.2. Układ scalony UCA 74121N, UCA 64121N [1,s.452]

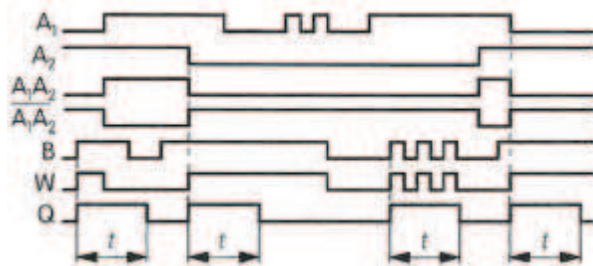
Układ posiada dwa komplementarne wyjścia Q i  $\bar{Q}$ . Schemat funkcjonalny i symbol przerzutnika przedstawia Rys.3. Do wyzwalania przerzutnika służą trzy wejścia sterujące (nazywane wyzwalającymi): wejścia A1 i A2 – do wyzwalania ujemnymi i B – do wyzwalania dodatnimi zboczami impulsów. Impulsy wyzwalające nie mogą być krótsze niż 50ns. W stanie stabilnym poziom logiczny na wyjściu Q jest równy 0. Układ logiczny doprowadzający sygnał do wejścia wyzwalającego, reagującego na zbocze dodatnie, realizuje funkcję W:

$$W = B \overline{(A1 + A2)} = B \overline{A1} \overline{A2}$$



Rys.3. Przerzutnik monostabilny UCY 74121: a) schemat funkcjonalny; b) symbol [2,s.137]

Wartość „1” funkcji **W** (a dokładniej, narastające zbocze sygnału **W**), powoduje wygenerowanie na wyjściu przerzutnika impulsu o czasie trwania  $t$  zależnym od wartości elementów zewnętrznych  $R$  i  $C$  – Rys.4.



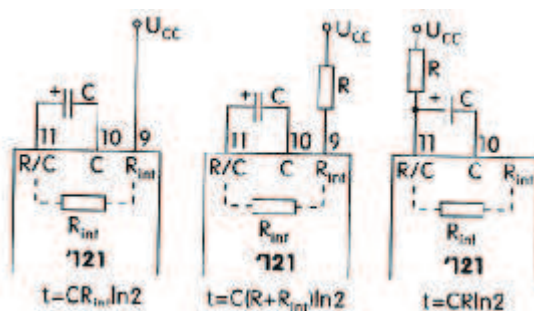
Rys. 4. Przebiegi czasowe ilustrujące działanie przerzutnika monostabilnego UCY 74121 [2,s.137]

Analiza przedstawionych przebiegów pokazuje, że wystąpienie kolejnych impulsów wyzwalających w trakcie trwania impulsu wyjściowego nie ma żadnego wpływu na czas trwania generowanego impulsu  $t$ . Taki przerzutnik nazywa się **nieretrygerowalny**. Badając wpływ wejść  $A_1$ ,  $A_2$  i  $B$  na wyzwalanie przerzutnika, na podstawie przebiegów czasowych, można wnioskować, że:

- przerzutnik można wyzwolić **ujemnym zboczem** jednego z sygnałów  $A$ , jeżeli na drugim wejściu  $A$  i na wejściu  $B$  jest stan wysoki,
- przerzutnik można wyzwolić **dodatnim zboczem** sygnału  $B$ , jeśli na co najmniej jednym wejściu  $A$  jest stan niski.

Dodatkowo, wykorzystując wejście  $B$ , można sterować działaniem układu sygnałami o innych wartościach niż w standardzie TTL, ponieważ wejście to jest doprowadzone do bramki z przerzutnikiem Schmitta – Rys.3.

Czas trwania generowanego impulsu jest określony wyłącznie przez zewnętrzny obwód  $RC$ , ale ze względu na istnienie wewnętrznej pojemności pomiędzy końcówkami 10 i 11 (ok.20pF) oraz rezystancji pomiędzy końcówkami 9 i 11 (ok.2k $\Omega$ ) minimalny impuls, przy braku elementów zewnętrznych trwa ok. 30ns. Sposoby dołączenia elementów zewnętrznych przedstawia Rys.5. Z ograniczeń nałożonych przez producenta na wartości dołączanych elementów (wartość rezystancji  $R$  powinna się zawierać w przedziale 1,4 k $\Omega$  ÷ 40 k $\Omega$ , a wartość pojemności w przedziale 10 pF ÷ 1000  $\mu$ F) wynika, że maksymalny czas trwania impulsu na wyjściu przerzutnika wynosi ok. 28 s.



Rys.5. Sposoby dołączenia zewnętrznych elementów  $RC$  do końcówek przerzutnika [2,s.138]

Sposób działania przerzutnika można przedstawić również za pomocą tabeli stanów – Tabela 1. Pokazuje ona, że przerzutnik reaguje wyłącznie na zbocza sygnałów wyzwalających, a nie ich poziom.



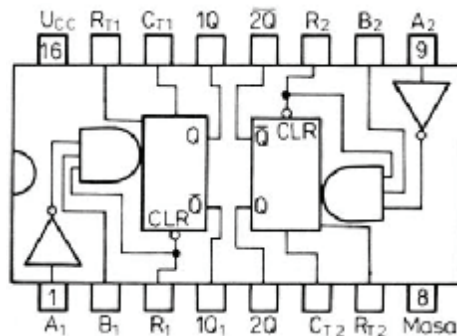
**Tabela 1.** Tabela stanów układu UCA 74121N [1,s.452]

X – stan dowolny  
 $\downarrow$  – zmiana stanu z 1 na 0  
 $\uparrow$  – zmiana stanu z 0 na 1  
 $\square$  – impuls do stanu wysokiego  
 $\square$  – impuls do stanu niskiego

Wejścia			Wyjścia	
$A_1$	$A_2$	$B$	$Q$	$\bar{Q}$
0	X	0	0	1
X	0	1	0	1
X	X	0	0	1
1	1	X	0	1
1	$\downarrow$	1	$\square$	$\square$
$\downarrow$	1	1	$\square$	$\square$
$\downarrow$	$\downarrow$	1	$\square$	$\square$
0	X	$\uparrow$	$\square$	$\square$
X	0	$\uparrow$	$\square$	$\square$

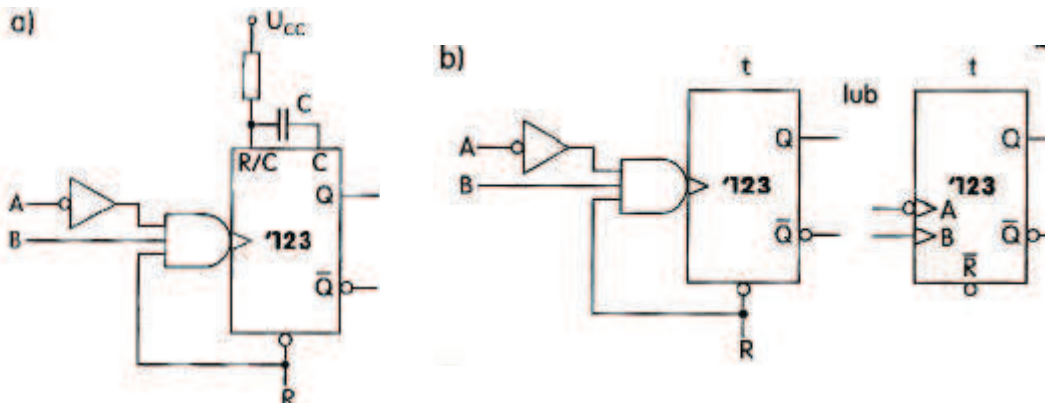
### Przerzutnik monostabilny '123

Układ scalony '123 zawiera dwa jednakowe przerzutniki monostabilne umożliwiające generowanie pojedynczych impulsów o czasie trwania od 40 ns – Rys.7.



**Rys.7.** Układ scalony UCA 74123N, UCA 64123N [1,s.453]

Przerzutnik '123 posiada dwa komplementarne wyjścia  $Q$  i  $\bar{Q}$ . Schemat funkcjonalny i symbol przerzutnika przedstawia Rys.8. Do wyzwalania przerzutnika służą dwa wejścia sterujące (nazywane wyzwalającymi): wejście  $A$  – do wyzwalania ujemnymi i  $B$  – do wyzwalania dodatnimi zboczami impulsów. Impulsy wyzwalające nie mogą być krótsze niż 40 ns. Układ ma dodatkowe wejście  $R$ , pozwalające wyzerować przerzutnik, tzn. zakończyć impuls wyjściowy w dowolnej chwili.

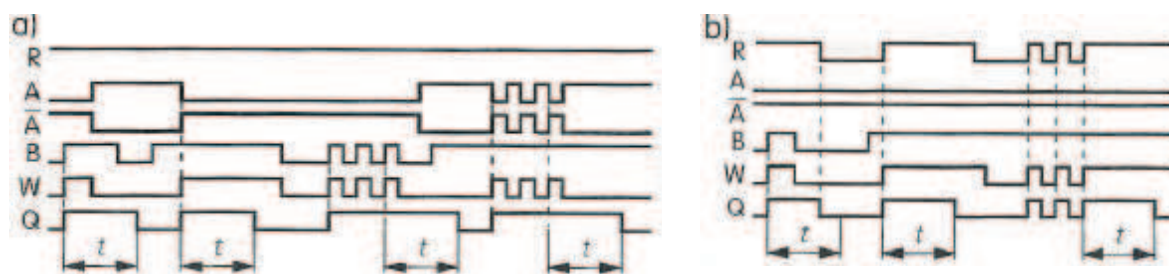


**Rys.8.** Przerzutnik monostabilny UCY 74123: a) schemat funkcjonalny; b) symbol [2,s.139]

W stanie stabilnym poziom logiczny na wyjściu Q jest równy 0. Układ logiczny doprowadzający sygnał do wejścia wyzwalającego, reagującego na zbocze dodatnie, realizuje funkcję **W**:

$$W = A \cdot B \cdot R$$

Wartość 1 funkcji **W** (dokładnie, narastające zbocze sygnału W) powoduje wygenerowanie na wyjściu przerzutnika impulsu o czasie trwania  $t$  zależnym od wartości elementów zewnętrznych R i C – Rys.9.



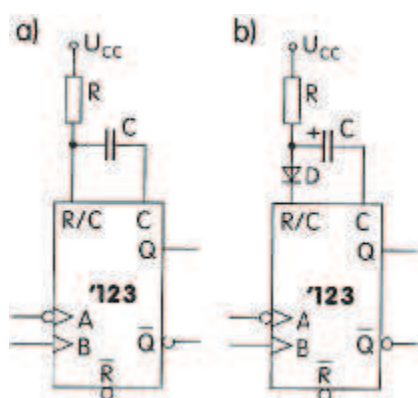
**Rys. 9.** Przebiegi czasowe ilustrujące działanie przerzutnika monostabilnego UCY 74123: a) bez wykorzystania wejścia R - reset; b) z wykorzystaniem wejścia R [2,s.137]

Analiza przedstawionych przebiegów pokazuje, że wystąpienie kolejnych impulsów wyzwalających w trakcie trwania impulsu wyjściowego przedłuża czas trwania generowanego impulsu o kolejny odcinek  $t$ , czyli odliczanie czasu zaczyna się od początku. Taki przerzutnik nazywa się **retrygerowalny**. Badając wpływ wejść A i B na wyzwalanie przerzutnika – Rys.9a, na podstawie przebiegów czasowych, można wnioskować, że:

- przerzutnik można wyzwoić **ujemnym zboczem** sygnału A, jeżeli na wejściu B jest stan wysoki,
- przerzutnik można wyzwoić **dodatnim zboczem** sygnału B, gdy wejściu A jest stan niski.

Sytuacja ta zachodzi tylko wtedy, gdy na wejściu R jest stan wysoki. Wpływ wejścia R na zachowanie przerzutnika przedstawia Rys.9b. Podanie na wejście R sygnału niskiego w czasie trwania impulsu na wyjściu powoduje natychmiastowe zakończenie tego impulsu (zerowanie przerzutnika). Jednak wejście R może również służyć do wyzwalania układu, jeżeli spełnione są warunki  $A=0$  i  $B=1$  w czasie zmiany wartości sygnału R z 0 na 1 (zbocze dodatnie).

Czas trwania impulsów ustalany jest, podobnie jak dla przerzutnika '121, za pomocą elementów zewnętrznych R i C – Rys.10.



**Rys.10.** Sposoby dołączania elementów zewnętrznych R i C : a) kondensator nieelektrolityczny; b) kondensator elektrolityczny [2,s.141]

W układzie z kondensatorem  $C > 1000\text{pF}$  długość odcinka czasu oblicza się ze wzoru ze wzoru przybliżonego :  $t_i \approx 0,3RC$  [s] lub

$$\text{dokładnego: } t_i = 0,32RC \left(1 + \frac{0,7}{R}\right) \quad [\text{s}]$$

Jeżeli  $C < 1000\text{pF}$  to przy określaniu czasu trwania odcinka  $t_i$  należy korzystać z nomogramów. W przypadku stosowania kondensatorów elektrolitycznych lub wykorzystywaniu wejść zerujących R, dodatkowo włącza się do układu diodę krzemową, co nieznacznie wpływa na czas generowanego impulsu:

$$t_i = 0,28RC\left(1 + \frac{0,7}{R}\right) \quad [\text{s}]$$

Sposób działania przerzutnika można przedstawić również za pomocą tabeli stanów – Rys. 11. Pokazuje ona, że przerzutnik ‘123 również reaguje wyłącznie na zbocza sygnałów wyzwalających, a nie ich poziom.

**Tabela 2.** Tabela stanów przerzutnika UCA 74123N [1,s.453]

- $\bar{R}$  - wejście zerujące  
 X – stan dowolny
- $\downarrow$  - zmiana stanu z 1 na 0  
 $\uparrow$  - zmiana stanu z 0 na 1  
 $\downarrow\uparrow$  - impuls do stanu wysokiego  
 $\uparrow\downarrow$  - impuls do stanu niskiego

Wejścia			Wyjścia	
$\bar{R}$	A	B	Q	$\bar{Q}$
0	X	X	0	1
X	1	X	0	1
X	X	0	0	1
1	0	$\downarrow$	$\downarrow$	$\uparrow$
1	$\downarrow$	1	$\downarrow$	$\uparrow$
$\downarrow$	0	1	$\downarrow$	$\uparrow$

Dokonując porównania przerzutników ‘121 i ‘123 można ich cechy zebrać w Tabeli 3.

**Tabela 3.** Porównanie własności przerzutników monostabilnych ‘121 i ‘123

Cecha	‘121	‘123
Ilość wejść wyzwalających	trzy; $\bar{A}1, \bar{A}2, B$	trzy; A, B, R
Wzór funkcji wyzwalającej	$W=B(\bar{A}1+\bar{A}2)=B\bar{A}1\bar{A}2$	$W=\bar{A}\cdot B\cdot R$
Wyzwalanie zboczem	- ujemnym dla $\bar{A}1, \bar{A}2$ - dodatnim dla B	- ujemnym dla A - dodatnim dla B i R
Wyzwalanie poziomem	nie	nie
Wydłużenie czasu impulsu	nie	tak
Skrócenie czasu impulsu	nie	tak
Możliwość podawania sygnałów innych niż w standardzie TTL	tak, tylko na B	nie
Wewnętrzne elementy R i C	tak	nie
Minimalny czas impulsu wejściowego	30 ns	40 ns
Ograniczenia narzucone przez producenta na R i C	$R= 1,4 \text{ k}\Omega \div 40 \text{ k}\Omega$ $C= 10\text{pF} \div 1000\mu\text{F}$	brak

## 4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczenia.

1. Jakimi cechami charakteryzuje się przerzutnik monostabilny?
2. Jakie wejścia wyzwalające ma przerzutnik '121?
3. W jaki sposób wyzwalany jest przerzutnik monostabilny '121?
4. Czy sygnały wejściowe przerzutników 74121 i 74123 muszą być w standardzie TTL?
5. Co oznacza określenie „przerzutnik retriggerowalny”?
6. Od czego zależy długość impulsów generowanych przez przerzutniki monostabilne?
7. Jakie są możliwości dołączania elementów zewnętrznych do przerzutników?
8. Jakie ograniczenia narzucają producenci na dobierane do układów elementy?
9. Czym różnią się przerzutniki '121 i '123?

## 4.2.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Badanie działania przerzutnika monostabilnego '121.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Ćwiczenie polega na sprawdzaniu sposobów wyzwalania przerzutników monostabilnych, określaniu reakcji układu na różne przebiegi wejściowe i ustalaniu, za pomocą dołączanych elementów zewnętrznych, czasu trwania impulsów wyjściowych.

Uwaga: Poproś nauczyciela o sprawdzenie układów praktycznych przed włączeniem zasilania.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z zasadami działania cyfrowych układów monostabilnych;
- 2) dobrać wartości elementów zewnętrznych do przerzutnika '121 wykorzystując, odpowiednie do konfiguracji, wzory na czas trwania generowanego impulsu;
- 3) przeprowadzić symulacje układów w programie EWB sprawdzając poprawność doboru elementów zewnętrznych zaprojektowanych układów;
- 4) sprawdzić w czasie symulacji sposoby wyzwalania przerzutników dla różnych kombinacji sygnałów sterujących;
- 5) zrealizować praktycznie zaprojektowane układy dołączając elementy R i C do odpowiednich wyprowadzeń układu scalonego '121, na oscyloskopie obejrzeć przebiegi czasowe i zmierzyć czasy trwania impulsów;
- 6) sprawdzić poprawność działania przerzutników wykorzystywanych w ćwiczeniu, porównać uzyskane w układach wartości z obliczeniami i wynikami symulacji;
- 7) ocenić poprawność wykonania ćwiczenia i ewentualnie zlokalizować uszkodzenie;
- 8) sformułować wnioski dotyczące sposobów uzyskiwania na wyjściach przerzutników impulsów o zadanym czasie trwania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- makiety (trenażery) układów cyfrowych umożliwiające montowanie prostych układów i pomiary ich parametrów,
- sprzęt pomiarowy laboratoryjny: zadajniki i wskaźniki stanów logicznych, zasilacze laboratoryjne stabilizowane, oscyloskop cyfrowy, generatory impulsowe,
- katalogi elementów i układów elektronicznych
- komputer PC,
- oprogramowanie EWB,
- literatura z rozdziału 6.

## Ćwiczenie 2

Badanie działania przerzutnika monostabilnego '123.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Ćwiczenie polega na sprawdzaniu sposobów wyzwalania przerzutników monostabilnych, określaniu reakcji układu na różne przebiegi wejściowe i ustalaniu, za pomocą dołączanych elementów zewnętrznych, czasu trwania impulsów wyjściowych.

Uwaga: Poproś nauczyciela o sprawdzenie układów praktycznych przed włączeniem zasilania.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z zasadami działania cyfrowych układów monostabilnych;
- 2) dobrać wartości elementów zewnętrznych do przerzutnika '123 wykorzystując wzory odpowiadające użytym elementom;
- 3) przeprowadzić symulacje układów w programie EWBC sprawdzając poprawność doboru elementów zewnętrznych zaprojektowanych układów;
- 4) sprawdzić w czasie symulacji sposoby wyzwalania przerzutników dla różnych kombinacji sygnałów sterujących;
- 5) zrealizować praktycznie zaprojektowane układy dołączając elementy R i C do odpowiednich wyprowadzeń układu scalonego '123, na oscyloskopie obejrzeć przebiegi czasowe i zmierzyć czasy trwania impulsów;
- 6) sprawdzić poprawność działania przerzutników wykorzystywanych w ćwiczeniu, porównać uzyskane w układach wartości z obliczeniami i wynikami symulacji;
- 7) ocenić poprawność wykonania ćwiczenia i ewentualnie zlokalizować uszkodzenie;
- 8) sformułować wnioski dotyczące sposobów uzyskiwania na wyjściach przerzutników impulsów o zadanym czasie trwania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- makiety (trenażery) układów cyfrowych umożliwiające montowanie prostych układów i pomiary ich parametrów,
- sprzęt pomiarowy i laboratoryjny: zadajniki i wskaźniki stanów logicznych, zasilacze laboratoryjne stabilizowane, oscyloskop cyfrowy, generatory impulsowe,
- katalogi elementów i układów elektronicznych
- komputer PC,
- oprogramowanie EWB,
- literatura z rozdziału 6.

#### 4.2.4. Sprawdzian postępów

<b>Czy potrafisz:</b>	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) dobrać układ odpowiedni do zadanych warunków pracy (przerzutnik retrygerowalny lub nie)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) posługiwać się katalogami układów cyfrowych w celu określenia funkcji i konfiguracji przerzutników monostabilnych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać elementy zewnętrzne do wybranej konfiguracji układu i zadanych czasów trwania impulsów wyjściowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) przeprowadzić symulacje działania przerzutników monostabilnych w programie EWBC?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) zaobserwować uzyskane przebiegi na oscyloskopie i zmierzyć ich parametry?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wyjaśnić różnice pomiędzy obliczeniami teoretycznymi a rzeczywistymi czasami generowanych impulsów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) zaprezentować zrealizowane układy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

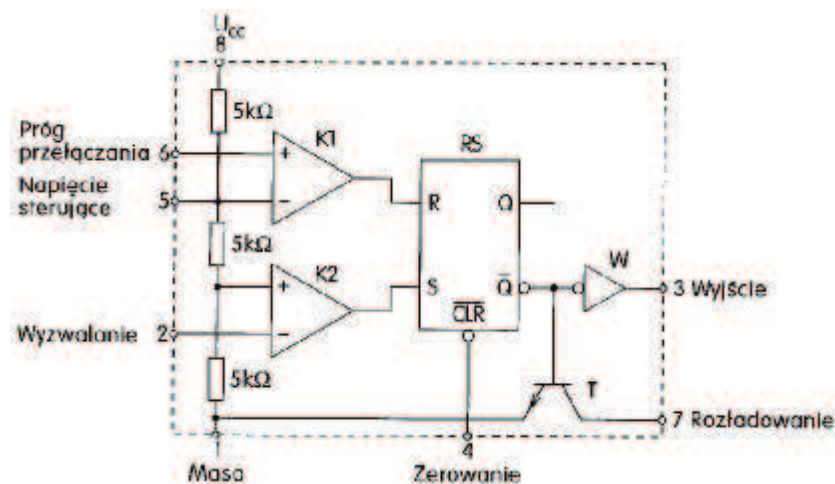
## 4.3. Scalone układy czasowe

### 4.3.2. Materiał nauczania

W układach cyfrowych często istnieje konieczność stosowania nie tylko pojedynczych impulsów o określonym czasie trwania, ale także przebiegów prostokątnych o ściśle określonych parametrach czasowych np. jako impulsów zegarowych, taktujących itp. Do wytwarzania tego typu przebiegów można stosować omówione w rozdziale 4.2. przerzutniki monostabilne '121 i '123, generatory analogowe lub specjalizowane układy czasowe.

#### Układ ULY7855 (555)

Najczęściej wykorzystywanym układem czasowym jest układ 555 (tzw. tajmer), produkowany w Polsce jako ULY7855. Chociaż, wg. oznaczeń jest to układ analogowy, to ze względu na możliwość uzyskania sygnałów wyjściowych zgodnych ze standardami TTL, prostotę konfiguracji i dostępność, wykorzystywany jest w układach cyfrowych jako generator mono lub astabilny. Jego schemat funkcjonalny przedstawia Rys.11.



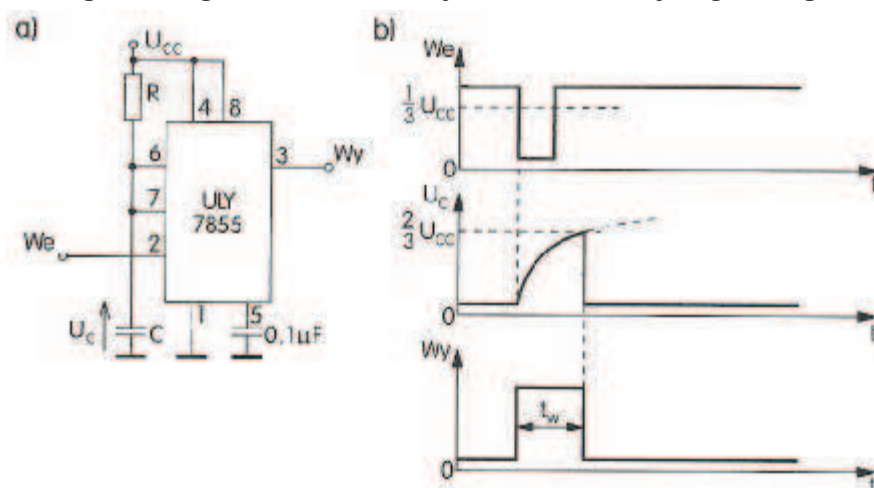
Rys.11. Schemat funkcjonalny układu ULY7855 [2,s.141]

Układ ten zawiera:

- komparatory K1 i K2,
- przerzutnik asynchroniczny RS z dodatkowym wejściem zerującym  $\overline{\text{CLR}}$ ,
- wzmacniacz wyjściowy W,
- tranzystor rozładowujący T.

Przerzutnik RS ma dwa wejścia zerujące: R – sterowane z wyjścia komparatora K1 oraz CLR - dodatkowe wejście wyprowadzone na zewnątrz układu jako końcówka służąca do zerowania całego układu sygnałem zera logicznego L. W celu uzyskania poziomów logicznych TTL i umożliwienia pracy układu w standardzie TTL, należy zasilac układ napięciem +5V. Producent przewidział dwa podstawowe układy pracy tajmera ULY7855: układ monostabilny – Rys.12, i układ astabilny – Rys.13. W obydwu, czas trwania wyjściowego impulsu prostokątnego, pojedynczego lub okresowego, uzależniony jest od przyłączonych zewnętrznych elementów R i C. W aplikacji generatora pojedynczych impulsów, szerokość generowanego impulsu określona jest przez czas ładowania zewnętrznego kondensatora do napięcia, którego wartość wynika z wewnętrznego dzielnika w układzie. W stanie spoczynkowym (stan stabilny) na wyjściu układu jest stan niski co powoduje, że kondensator przyłączony do wyprowadzenia

7 bocznikuje przewodzący tranzystor co oznacza, że napięcie na nim (na C) jest bliskie zeru. Jest to jednocześnie napięcie doprowadzone do wejścia nieodwracającego komparatora K1.



Rys.12. Generator monostabilny na układzie ULY7855: a) schemat; b) przebiegi czasowe [2,s.142]

Wartość napięcia na wejściu odwracającym K1, wynikająca z wewnętrznego dzielnika  $3 \times 5k\Omega$  sprawia, że na wyjściu komparatora K1 i jednocześnie na wejściu R przerzutnika jest stan niski. Napięcia na wejściach komparatora K2, przy braku impulsu wyzwalającego, zależą od wewnętrznej konfiguracji układu: na wejściu nieodwracającym jest to napięcie  $U_{CC} / 3$ , a na odwracającym – bliskie zeru, co powoduje, że na wyjściu komparatora K2 jest stan niski. Oba komparatory ustawiają wejścia przerzutnika w stan 00 co, jak wynika z tabeli stanów przerzutnika RS, oznacza, że znajduje się on w tzw. stanie pamiętania zera logicznego – na wyjściu Q układu jest stan niski. Ujemne zbocze impulsu wyzwalającego na wejściu odwracającym komparatora K2 spowoduje, w chwili gdy napięcie obniży się poniżej napięcia z dzielnika  $0,33U_{CC}$ , że komparator przełączy się do stanu 1 na wyjściu. Zgodnie z tabelą stanów przerzutnika RS, jeżeli w stanie „pamiętania zera”, podana zostanie 1 na wejście ustawiające, przełączy się on w stan 1 i na wyjściu całego układu pojawi się stan wysoki. Spowoduje to odcięcie tranzystora T przez sygnał z drugiego wyjścia przerzutnika i ładowanie kondensatora C przez rezystor zewnętrzny R. Sytuacja ta trwa dopóki napięcie na kondensatorze nie przewyższy napięcia na drugim wejściu komparatora K1, czyli napięcia z dzielnika równego  $2U_{CC}/3$ , co spowoduje, przez zmianę stanu komparatora i podanie 1 na wejście resetujące R przerzutnika, zmianę stanu wyjścia przerzutnika RS i powrót do stanu stabilnego całego układu przez szybkie rozładowanie kondensatora C. Dodatkowe impulsy wyzwalające w trakcie trwania impulsu na wyjściu nie powodują zmiany pracy układu. Jedynym warunkiem poprawnej pracy układu jest to, aby czas trwania generowanego impulsu był dłuższy niż czas trwania impulsu wyzwalającego. Szerokość wyjściowego impulsu oblicza się wg wzoru :

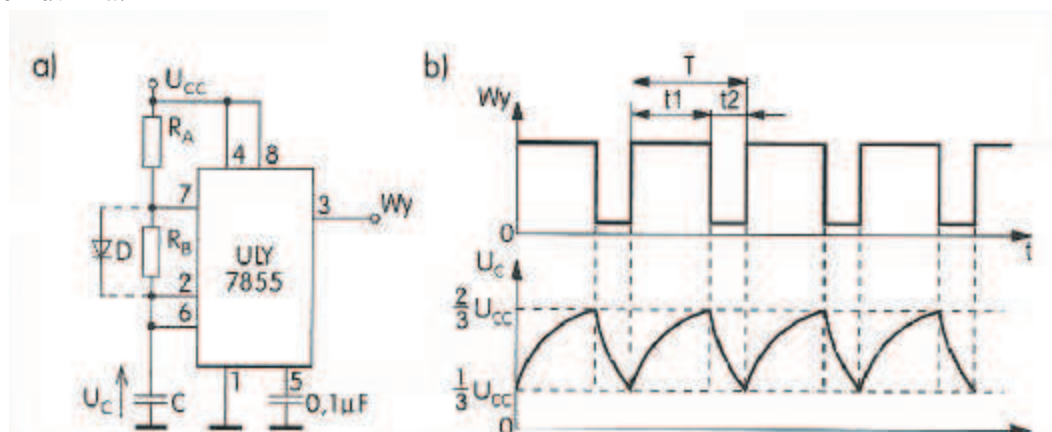
$$t \approx 1,1RC [s]$$

lub określa na podstawie normogramów. Producent ograniczył wartość dołączanego rezystora do ok.  $20 M\Omega$ , co w połączeniu z możliwymi wartościami dołączanych pojemności (dla kondensatorów elektrolitycznych), pozwala uzyskać bardzo długie czasy trwania impulsu wyjściowego – minuty, a nawet godziny. Jest to wielkość nieosiągalna dla przerzutników monostabilnych '121 i '123. Dodatkowy kondensator o pojemności  $0,1 \mu F$  dołączany do wyprowadzenia 5, umożliwi tłumienie tętnień napięcia doprowadzonego do wejścia odwracającego komparatora K1.

Przy pracy astabilnej tajmera kondensator C jest ładowany przez dwa rezystory zewnętrzne  $R_A$  i  $R_B$  – Rys.13. Gdy napięcie na kondensatorze, czyli jednocześnie na wejściu nieodwracającym komparatora K1, osiągnie wartość  $2 \cdot 0,33 \cdot U_{CC}$  komparator przełącza się ze



stanu wysokiego do stanu niskiego na wyjściu, czyli podaje sygnał wysoki na wejście R przerzutnika.



Rys. 13. Generator astabilny: a) schemat; b) przebiegi czasowe [2,s.143]

Powoduje to ustawienie na wyjściu Q przerzutnika stanu niskiego, co jednocześnie wymusza stan wysoki na drugim wyjściu. Oznacza to przewodzenie tranzystora T i rozładowywanie kondensatora przez rezystor  $R_B$ . Ponieważ wejście odwracające komparatora K2 (końcówka 2 układu) jest połączone z kondensatorem, rozładowywanie trwa do chwili, gdy napięcie na kondensatorze spadnie poniżej napięcia  $U_{CC}/3$ , czyli napięcia z wewnętrznego dzielnika podawanego na drugie, nieodwracające wejście komparatora K2. Wtedy wyjście komparatora K2 przełącza się ze stanu niskiego na wysoki, co powoduje podanie logicznej jedynki na wejście ustawiające S przerzutnika i wymuszenie na jego wyjściu stanu wysokiego, który wymusza ponowne ładowanie kondensatora. W ten sposób kondensator cyklicznie ładuje się ze stałą czasową  $\tau_1 = (R_A + R_B)C$  i rozładowuje ze stałą czasową  $\tau_2 = R_B C$ . Czasy ładowania i rozładowywania kondensatora, czyli czasy trwania stanu 1 i 0 na wyjściu układu, oblicza się z zależności:

$$t_1 = \ln 2 \cdot (R_A + R_B)C \text{ [s]}; \quad t_2 = \ln 2 \cdot R_B C \text{ [s]},$$

czyli w przybliżeniu  $t_1 \approx 0,7(R_A + R_B)C$ , a  $t_2 \approx 0,7 \cdot R_B C$ . Oznacza to, że okres generowanego przebiegu na wyjściu układu 555 wynosi:

$$T = t_1 + t_2 = \ln 2 \cdot (R_A + 2R_B)C \text{ [s]}; \text{ w przybliżeniu } T \approx 0,7 \cdot (R_A + 2R_B)C \text{ [s]}.$$

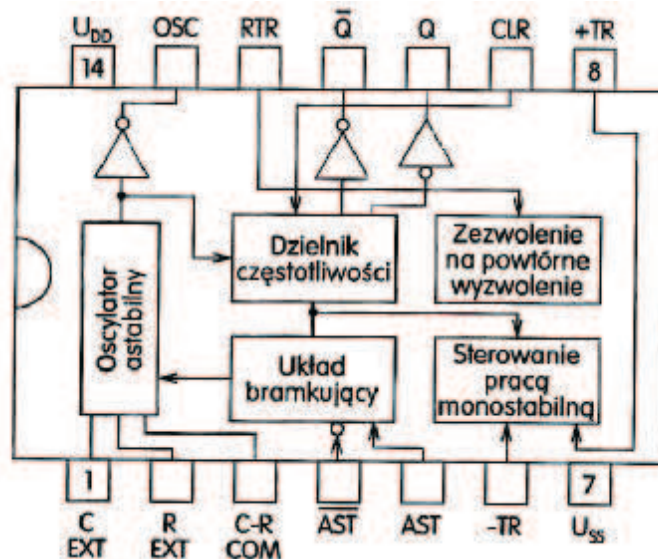
Częstotliwość generowanego sygnału prostokątnego wynosi:

$$f = \frac{1}{T} \approx \frac{1,44}{(R_A + 2R_B)C} \text{ [Hz]}$$

Z zależności tych wynika, że zawsze  $t_1 > t_2$  i współczynnik wypełnienia sygnału na wyjściu zawsze będzie większy od 50%. Ogranicza to możliwości stosowania generatora, których jednak można uniknąć modyfikując w niewielkim stopniu przedstawiony układ. Dołączenie diody równoległe do rezystora  $R_B$  powoduje, że ładowanie kondensatora odbywa się wyłącznie przez rezystor  $R_A$  i niewielką rezystancję diody D, a rozładowywanie przez rezystor  $R_B$ . Umożliwia to niezależne dobieranie czasów  $t_1$  i  $t_2$ , czyli kształtowanie współczynnika wypełnienia impulsów w pełnym zakresie. Parametry generowanych przez układ ULY7855 impulsów są bardzo stabilne, niezależnie od zmian temperatury i napięcia zasilania, co powoduje, że możliwości zastosowań tajmera są bardzo szerokie, zarówno w układach cyfrowych jako generatory zegarowe, dzielniki częstotliwości, generatory impulsów wzorcowych itp. jak i w układach analogowych: autoalarmach, przetwornikach U/f, itd.

### Monostabilny/astabilny multiwibrator '047 (MCY74047)

Cyfrowy układ scalony wykonany w technologii CMOS może pracować w dwóch trybach: jako generator pojedynczych impulsów lub generator przebiegu prostokątnego. Schemat funkcjonalny układu przedstawia Rys.14.



Rys.14. Schemat funkcjonalny układu scalonego MCY74047 [2,s.145]

Układ umieszczony jest w obudowie 14-nóżkowej. Oprócz końcówek zasilania układ posiada: 6 wejść sterujących:

- AST i  $\overline{\text{AST}}$  - do bramkowania pracy oscylatora astabilnego,
- +TR i -TR - do wyzwalań przerzutnika zboczem dodatnim lub ujemnym,
- RTR - do ustawiania trybu pracy przerzutnika '123,
- CLR - do zerowania całego układu;

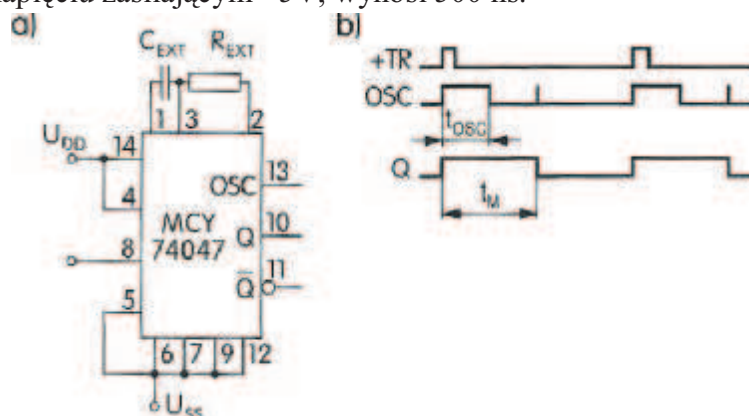
3 wejścia do dołączania elementów zewnętrznych R i C:

- $C_{\text{EXT}}$ ,
- $R_{\text{EXT}}$ ,
- C-R<sub>COM</sub>;

3 wyjścia:

- komplementarne Q i  $\overline{\text{Q}}$
- OSC - wyjście wewnętrznego generatora.

Układ połączeń przy pracy monostabilnej przedstawia Rys.15. Minimalny czas trwania impulsu Wyzwalającego, przy napięciu zasilającym +5V, wynosi 500 ns.



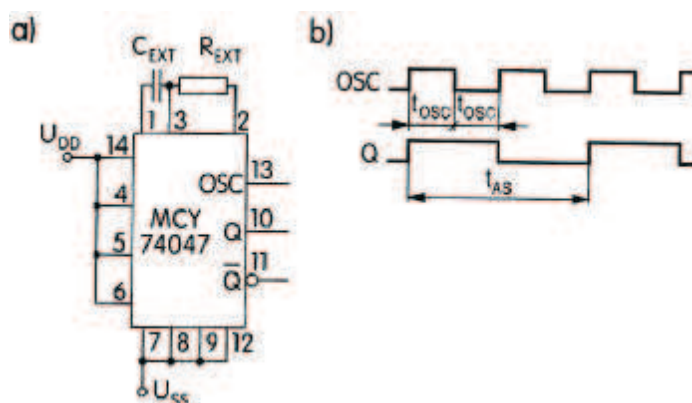
Rys.15. Multiwibrator monostabilny: a) układ połączeń; b) przebiegi czasowe [2,s.146]

Przerzutnik w układzie na rysunku wyzwalany jest zboczem dodatnim (sygnał wyzwalający doprowadzony do wejścia sterującego +TR (8), a nie do -TR (6), drugie wejście w stanie wysokim). Wartości elementów zewnętrznych dobiera się zgodnie z następującymi zależnościami:

$$t_{OSC} = 1,38 \cdot R_{EXT} \cdot C_{EXT} \text{ [s]; } t_M = 2,48 \cdot R_{EXT} \cdot C_{EXT} \text{ [s]}$$

Możliwa jest praca układu w trybie przerzutnika '123, czyli z możliwością wydłużania czasu trwania impulsu – przerzutnik retrygerowalny, przy połączeniu wejścia wyzwalającego z wejściem RTR (12).

Układ połączeń przy pracy astabilnej przedstawia Rys.16.



Rys.16. Multiwibrator astabilny: a) układ połączeń; b) przebiegi czasowe [2,s.145]

Czasy trwania impulsów oscylatora i przebiegu wyjściowego określone są zależnościami:

$$t_{OSC} = 1,1 \cdot R_{EXT} \cdot C_{EXT} \text{ [s]; } t_{AS} = 4,4 \cdot R_{EXT} \cdot C_{EXT} \text{ [s]}$$

W obu rodzajach pracy wymagane jest dołączenie elementów zewnętrznych R i C. Producent gwarantuje właściwą pracę układu przy stosowaniu elementów zewnętrznych o następujących wartościach:

- C > 100 pF przy pracy w trybie astabilnym,
- C > 1000 pF przy pracy w trybie monostabilnym,
- 10 kΩ < R < 1 MΩ przy pracy w obu trybach.

Zaleca się stosowanie kondensatorów nieelektrolitycznych, których rezystancja upływu jest 10 razy większa niż rezystancja dołączanego równocześnie rezystora.

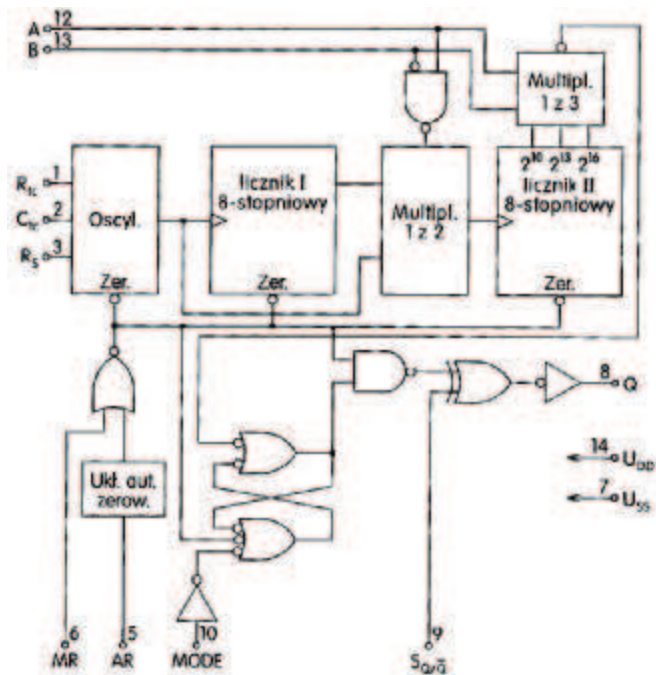
### Programowalny układ czasowy CMOS '541 (MCY74541)

Układ '541 jest układem czasowo-licznikowym, który może generować pojedyncze impulsy lub falę prostokątną. Układ zawiera (Rys.17):

- wewnętrzny oscylator,
- dwa pełne liczniki 8-bitowe (mod 256),
- dwa multipleksery,
- układy sterujące.

Częstotliwość wewnętrznego oscylatora jest określona przez wartości elementów zewnętrznych i może zawierać się w przedziale od 0 do 500 kHz. Sygnał z oscylatora jest dostępny na zewnątrz na dwóch wyprowadzeniach R<sub>tc</sub> (1) lub C<sub>tc</sub> (2), które pozwalają na uzyskanie przebiegów przeciwnych w fazie. Jednak nie jest to zalecane, ponieważ obciążenie tych wyjść może spowodować zmianę częstotliwości generowanego przebiegu prostokątnego. W zakresie 1kHz ≤ f ≤ 100kHz wartość częstotliwości jest określona wzorem:

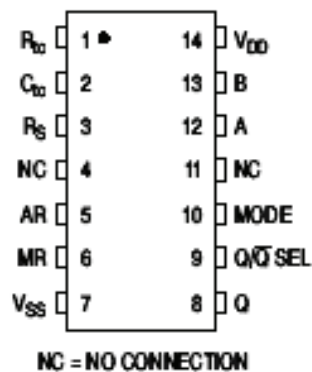
$$f = \frac{1}{2,3R_{tc}C_{tc}} \text{ [Hz]} \text{ przy } R_S \approx 2R_{tc}, R_{tc} \geq 10k\Omega.$$



Rys.17. Programowalny układ czasowy MCY74541 – schemat funkcjonalny [2,s.147]

Układ może być sterowany również zewnętrznym sygnałem prostokątnym doprowadzonym do wyprowadzenia  $R_S$  (3), co eliminuje konieczność dołączania elementów zewnętrznych  $R_S$ ,  $R_{tc}$  i  $C_{tc}$  ponieważ nie jest wtedy wykorzystywany wewnętrzny oscylator.

Opis działania – Tabela 4 i wyprowadzenia układu w wersji CMOS – MC14541B – Rys.18.

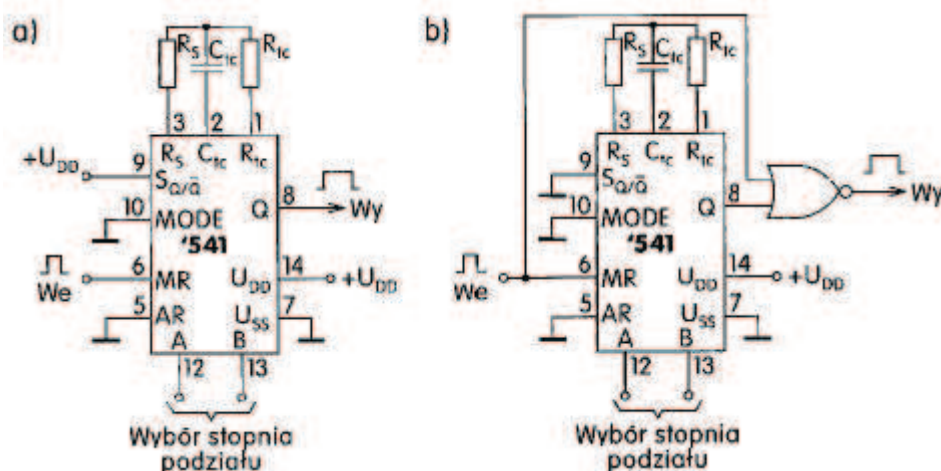


Rys.18. Wyprowadzenia układu MC14541B, MC14541BCP[8]

Tabela 4. Tabela działania układu MC14541 [8]

Pin, funkcja	Tryb pracy	
	0	1
5 - AR, automatyczne zerowanie	Automatyczne zerowanie układu po włączeniu zasilania	Brak automatycznego zerowania
6 – MR, bramkowanie układu	Generator i liczniki pracują	Generator, liczniki i przerzutnik asynchroniczny są wyzerowane
9 – $S_{Q\bar{Q}}$ , ustawianie stanu wyjścia po zerowaniu	Stan wyjścia Q (8) niski (0)	Stan wyjścia Q (8) wysoki (1)
10 – MODE, tryb pracy	Praca monostabilna	Praca astabilna

Podstawowe układy pracy monostabilnej przedstawia Rys.19 przy czym czas trwania generowanego impulsu zależy nie tylko od dołączonych elementów RC, ale także od ustalonego stopnia podziału – zgodnie z Tabelą 5. W związku z tym można powiedzieć, że układ pracuje jako przerzutnik monostabilny o programowalnym czasie trwania impulsu wyjściowego.



Rys.19. Generatory monostabilne zbudowane z układu MCY74541 [2,s.148]

W konfiguracji z Rys.19a układ generuje impuls wyjściowy wydłużony o czas trwania impulsu wejściowego na wejściu MR – Rys.20, co umożliwi wprowadzenie układu w tryb przerzutnika retrygerowalnego, jeżeli kolejne impulsy wyzwalające pojawią się przed zakończeniem impulsu wyjściowego.



Rys.20. Przebiegi czasowe w układzie z Rys.18a [2,s.149]

Konfiguracja z Rys.19b pozwala na wygenerowanie impulsu wyjściowego wyzwalanego ujemnym zboczem sygnału wejściowego. Czas trwania tego impulsu może zostać skrócony przez wcześniejsze ustawienie stanu wysokiego na wejściu wyzwalającym – Rys.21.



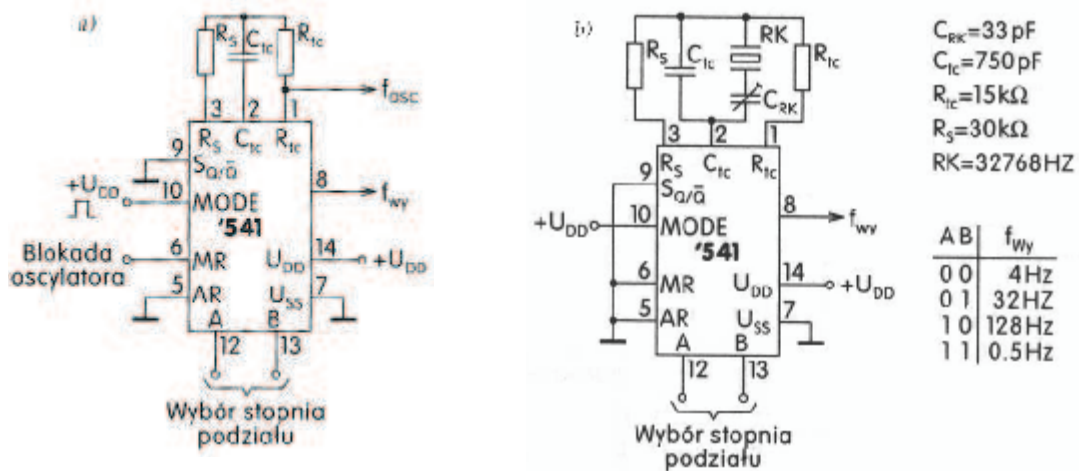
Rys.21. Przebiegi czasowe w układzie z Rys.18b [2,s.149]

Schemat układu wykorzystywanego jako generator astabilny przedstawia Rys.22a. Sygnał z wewnętrznego oscylatora jest podawany na wejście licznika mod 256, który reaguje na dodatnie zbocze impulsów wejściowych. Częstotliwość generowanego przebiegu prostokątnego zależy nie tylko od wartości zewnętrznych elementów, ale od zastosowanego dzielnika tzn. od stopnia podziału ustawionego na wejściach A i B zgodnie z Tabelą 5.

Tabela 5. Programowanie liczników układu '541 [2,s.148]]

wejście A	wejście B	Stopień podziału	Stopnie podziału liczników
0	0	8192	8 stopni 1-go + 5 stopni 2-go
0	1	1024	8 stopni 1-go + 2 stopnie 2-go
1	0	256	1-wszy licznik jest pomijany
1	1	65536	pełne (8stopni) podziały obu liczników

Częstotliwość oscylatora może być stabilizowana za pomocą rezonatora kwarcowego - Rys.22b.



**Rys.22.** Programowany generator na układzie '541: a) układ podstawowy; b) układ stabilizowany rezonatorem kwarcowym z przykładowymi wartościami elementów i uzyskanymi częstotliwościami  $f_{wy}$  [2,s.147, 163]

Elementy zewnętrzne  $R_{tc}$ ,  $C_{tc}$  i  $R_s$  dobiera się w taki sposób, aby uzyskać częstotliwość trochę większą niż częstotliwość stosowanego rezonatora, a następnie trymerem  $C_{RK}$  dostraja dokładnie do żądanej częstotliwości.

Układ '541 ma wiele możliwych aplikacji, oprócz przedstawionych już programowanych generatorów mono i astabilnych, można zrealizować m.in. programowany dzielnik częstotliwości.

Układy czasowo-licznikowe mogą być realizowane jako układ przerzutnika typu D wyzwalanego zboczem narastającym impulsu wejściowego połączonego z licznikiem, odliczającym określoną ilość impulsów, który określa czas trwania impulsu wyjściowego.

### 4.3.3. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczenia.

1. Jakie funkcje mogą realizować scalone układy czasowe?
2. Czy układ ULY7855 jest układem analogowym czy cyfrowym?
3. Od czego zależy częstotliwość sygnału prostokątnego generowanego przez układy czasowe?
4. Jak można zmieniać współczynnik wypełnienia sygnału prostokątnego wytwarzanego w układzie tajmera '555?
5. Które z poznanych układów czasowych mogą pracować w trybie przerzutnika retriggerowalnego?
6. Jakie są zakresy częstotliwości sygnałów prostokątnych generowanych przez układy ULY7855, MCY74047 i MCY74541?
7. W jaki sposób jest stabilizowana częstotliwość fali prostokątnej generowanej:
  - przez układ tajmera '555;
  - b) przez układ '541?
8. W jakich układach znajdują zastosowanie scalone układy czasowe?

#### 4.3.4. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Badanie działania układu tajmera '555 (ULY7855).

Sposób wykonania ćwiczenia

Ćwiczenie polega na sprawdzaniu działania układów czasowych w konfiguracjach generatora mono i astabilnego, ustalaniu, za pomocą dołączanych elementów zewnętrznych, czasu trwania impulsów wyjściowych i określaniu reakcji układu na różne przebiegi wejściowe. Uwaga: Poproś nauczyciela o sprawdzenie układów praktycznych przed włączeniem zasilania.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z zasadami działania wybranych scalonych układów czasowych;
- 2) zapoznać się z materiałami katalogowymi dot. układu tajmera '555 (ULY7855);
- 3) określić wartość napięcia zasilania układu, aby generował sygnały w standardzie TTL;
- 4) wybrać tryb pracy (mono lub astabilny) i określić konfigurację oraz dobrać wartości elementów zewnętrznych do tajmera '555 wykorzystując, odpowiednie do konfiguracji, wzory na czas trwania generowanego impulsu;
- 5) przeprowadzić symulacje układów w programie EWBC sprawdzając poprawność doboru elementów zewnętrznych zaprojektowanych układów;
- 6) sprawdzić w czasie symulacji sposoby wyzwiania generatora monostabilnego dla różnych kombinacji sygnałów sterujących oraz uzyskane częstotliwości sygnału prostokątnego;
- 7) zrealizować praktycznie zaprojektowane układy dołączając wymagane elementy zewnętrzne RC do odpowiednich wyprowadzeń układu scalonego, na oscyloskopie obejrzeć przebiegi czasowe i zmierzyć czasy trwania impulsów;
- 8) sprawdzić poprawność działania układu wykorzystywanego w ćwiczeniu, porównać uzyskane w ćwiczeniu wartości z obliczeniami i wynikami symulacji;
- 9) ocenić poprawność wykonania ćwiczenia i ewentualnie zlokalizować uszkodzenie;
- 10) sformułować wnioski dotyczące sposobów uzyskiwania na wyjściach generatora impulsów o zadanym czasie trwania i sygnału prostokątnego o zadanych parametrach.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- makiety (trenażery) układów cyfrowych umożliwiające montowanie prostych układów i pomiary ich parametrów,
- sprzęt pomiarowy i laboratoryjny: zadajniki i wskaźniki stanów logicznych, zasilacze laboratoryjne stabilizowane, oscyloskop cyfrowy, generatory impulsowe,
- katalogi elementów i układów elektronicznych
- komputer PC,
- oprogramowanie EWBC,
- literatura z rozdziału 6.

##### Ćwiczenie 2

Badanie działania układów czasowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Ćwiczenie polega na sprawdzaniu działania układów czasowych w konfiguracjach generatora mono i astabilnego, ustalaniu, za pomocą dołączanych elementów zewnętrznych, czasu trwania impulsów wyjściowych i określaniu reakcji układu na różne przebiegi wejściowe. Uwaga: Poproś nauczyciela o sprawdzenie układów praktycznych przed włączeniem zasilania.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z zasadami działania wybranych scalonych układów czasowych;
- 2) zapoznać się z materiałami katalogowymi dot. wybranych układów - programowalnego układu czasowego np. '541 lub '536;
- 3) wybrać tryb pracy i określić konfigurację oraz dobrać wartości elementów zewnętrznych do wybranego układu czasowego wykorzystując wzory zgodne z materiałami źródłowymi;
- 4) przeprowadzić symulacje układów w programie EWBC sprawdzając poprawność doboru elementów zewnętrznych zaprojektowanych układów;
- 5) sprawdzić w czasie symulacji sposoby wyzwalania układów monostabilnych dla różnych kombinacji sygnałów sterujących;
- 6) sprawdzić w czasie symulacji możliwość zmiany częstotliwości sygnału prostokątnego przez użycie programowalnego dzielnika;
- 7) zrealizować praktycznie zaprojektowane układy dołączając wymagane elementy zewnętrzne RC do odpowiednich wyprowadzeń układów scalonych, na oscyloskopie obejrzeć przebiegi czasowe i zmierzyć czasy trwania impulsów;
- 8) sprawdzić poprawność działania układów wykorzystywanych w ćwiczeniu, porównać uzyskane w ćwiczeniu wartości z obliczeniami i wynikami symulacji;
- 9) ocenić poprawność wykonania ćwiczenia i ewentualnie zlokalizować uszkodzenie;
- 10) sformułować wnioski dotyczące sposobów uzyskiwania na wyjściach przerzutników impulsów o zadanym czasie trwania i sygnału prostokątnego o zadanych parametrach.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- makiety (trenażery) układów cyfrowych umożliwiające montowanie prostych układów i pomiary ich parametrów,
- sprzęt pomiarowy i stabilizacyjny: zadajniki i wskaźniki stanów logicznych, zasilacze laboratoryjne stabilizowane, oscyloskop cyfrowy, generatory impulsowe,
- katalogi elementów i układów elektronicznych
- komputer PC,
- oprogramowanie EWBC,
- literatura z rozdziału 6.

### Ćwiczenie 3

Badanie działania układów czasowych stabilizowanych rezonatorem kwarcowym.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Ćwiczenie polega na sprawdzaniu działania układów czasowych w konfiguracjach generatora astabilnego, ustalaniu, za pomocą dołączanych elementów zewnętrznych, częstotliwości generowanego przebiegu oraz sprawdzeniu stabilności częstotliwości generatora. Uwaga: Poproś nauczyciela o sprawdzenie układów praktycznych przed włączeniem zasilania.

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z zasadami działania wybranych scalonych układów czasowych;
- 2) zapoznać się z materiałami katalogowymi dot. wybranych układów: programowalnego układu czasowego np. '541 lub '536;
- 3) wybrać tryb pracy i określić konfigurację oraz dobrać wartości elementów zewnętrznych do układu generatora wykorzystując wzory zgodne z materiałami źródłowymi;
- 4) zrealizować praktycznie zaprojektowane układy dołączając wymagane elementy zewnętrzne RC oraz rezonator kwarcowy do odpowiednich wyprowadzeń układu scalonego;



- 5) dokonać dostrojenia za pomocą dołączonego trymera do żądanej częstotliwości, na oscyloskopie obejrzyć przebiegi czasowe i zmierzyć częstotliwość przebiegu;
- 6) sprawdzić poprawność układu wykorzystanego w ćwiczeniu, porównać uzyskane wartości z obliczeniami;
- 7) ocenić poprawność wykonania ćwiczenia, zlokalizować ewentualne uszkodzenie;
- 8) sformułować wnioski dotyczące sposobów stabilizacji częstotliwości sygnału prostokątnego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- makiety (trenażery) układów cyfrowych umożliwiające montowanie prostych układów i pomiary ich parametrów,
- sprzęt pomiarowy: zadajniki i wskaźniki stanów logicznych, zasilacze laboratoryjne stabilizowane, oscyloskop cyfrowy, generatory impulsowe,
- katalogi elementów i układów elektronicznych
- komputer PC,
- oprogramowanie EWB,
- literatura z rozdziału 6.

#### 4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) odszukać informacje nt. układu scalonego w katalogu, internecie na podstawie oznaczenia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) posługiwać się katalogami układów cyfrowych w celu określenia funkcji, parametrów i możliwych trybów pracy układów czasowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać wartości elementów zewnętrznych do wybranej konfiguracji układu i zadanych parametrów sygnału wyjściowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) przeprowadzić symulacje działania układów czasowych w programie EWB?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) zaobserwować uzyskane przebiegi na oscyloskopie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wyjaśnić różnice pomiędzy obliczeniami teoretycznymi a rzeczywistymi czasami generowanych impulsów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) zaprogramować sposób pracy programowalnego układu czasowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) zaprezentować zaprojektowane/wykonane układy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 6. LITERATURA

1. Borczyński J., Dumin P., Mliczewski A.: Podzespoły elektroniczne. Półprzewodniki. Poradnik, WKiŁ, Warszawa 1990.
2. Głocki W. : Układy cyfrowe, WSiP, Warszawa 1998
3. Głocki W., Grabowski L.: Pracownia podstaw techniki cyfrowej, WSiP, Warszawa 1997
4. Marusak A. J.: Urządzenia elektroniczne, WSiP, Warszawa 1986
5. Müller W. i in. : Elektrotechnika. Zbiór zadań z energoelektroniki, WSiP, Warszawa 1998
6. Tietze U., Schenk Ch.: Układy półprzewodnikowe, WNT, Warszawa 1996
7. [www.elektroda.net](http://www.elektroda.net)
8. [www.elektronikapraktyczna](http://www.elektronikapraktyczna)