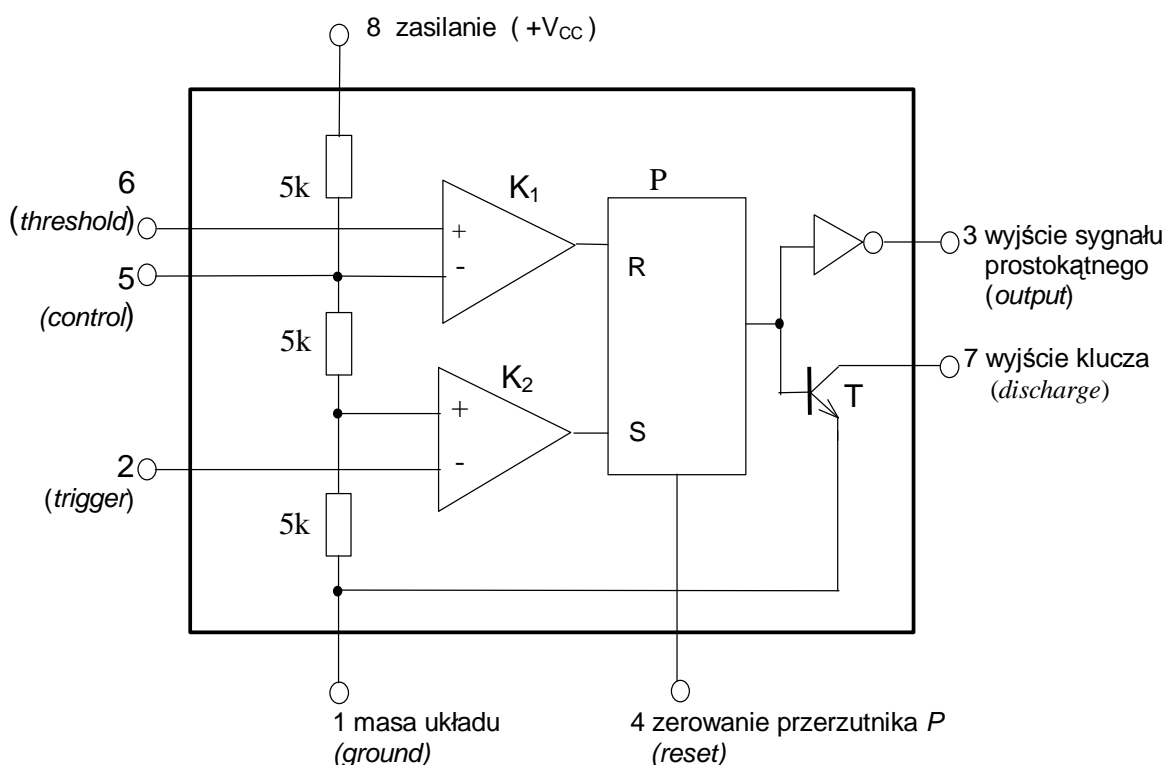


Układ przerzutnika typu "555"

1. Wstęp

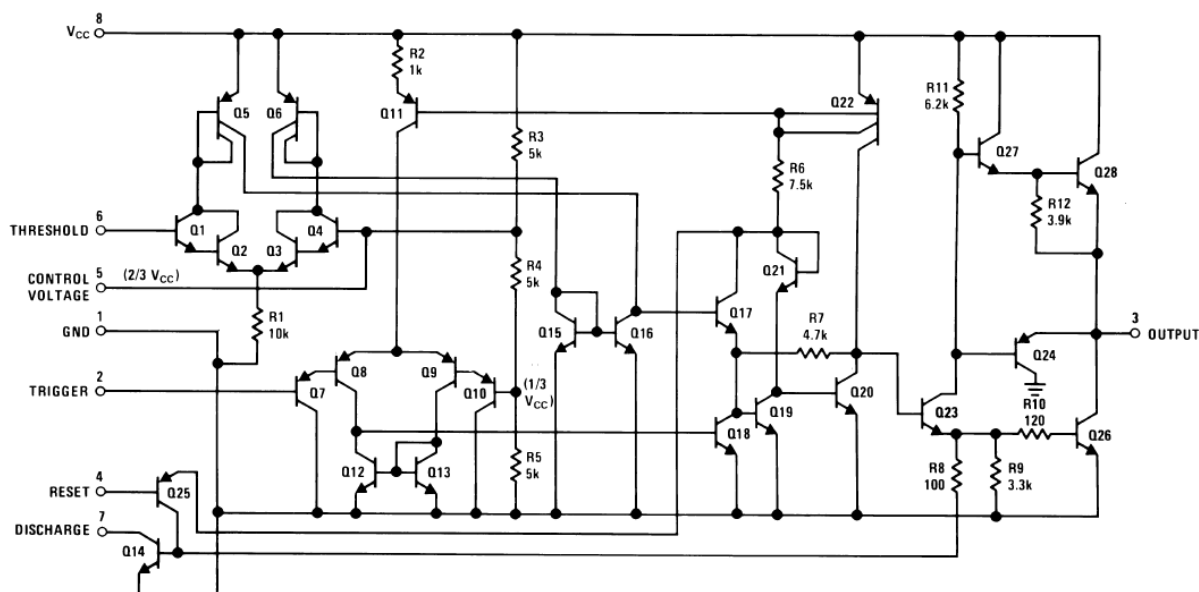
W ćwiczeniu wykorzystano układ typu „555”, produkowany w wielu odmianach w technologii bipolarnej (np. *LM555*) lub unipolarnej (np. *MC1555*). Jego strukturę wewnętrzną pokazano na rys. 1. Układ składa się z dwóch komparatorów K_1 i K_2 , przerzutnika P typu RS oraz stopni wyjściowych. Tranzystor T ma kolektor (końc. 7-discharge) wyprowadzony na zewnątrz układu i jest wykorzystywany jako klucz. Napięcie zasilające U_{CC} jest, przez wewnętrzny dzielnik rezystancyjny, dzielone w stosunku $2/3V_{CC}$ i $1/3V_{CC}$. Napięcia te polaryzują wejścia komparatorów K_1 i K_2 . Komparator K_1 wywołuje zmianę stanu przerzutnika P , jeżeli napięcie na końcówce 6 (*threshold*) wzrośnie do wartości $2/3V_{CC}$. Jednocześnie zostajeysterowany tranzystor T . Komparator K_2 wywołuje zmianę stanu przerzutnika P na przeciwną, jeżeli napięcie na końcówce 2 (*trigger*) zmaleje do wartości $1/3V_{CC}$ i tranzystor T zostaje zatkany. Łącząc ze sobą końcówki 6 i 2 otrzymuje się układ tzw. komparatora okienkowego, którego progi przełączania wynoszą:



Rys. 1 Układ scalony typu 555

dolny $V_1=1/3V_{CC}$ i górny $V_2=2/3V_{CC}$. Końcówka 4 (*reset*) służy do kasowania przerzutnika. Niski jej stan, np. zwarcie do masy, wymusza na wyjściu 3 układu stan niski, niezależnie od stanu pozostałych wejść. Jeżeli wejście 4 nie jest wykorzystane, to należy je połączyć z końcówką 8 (zasilaniem). Końcówka 5 (*control*) służy do doprowadzenia sygnału modulującego lub jest połączona z masą przez kondensator o pojemności typowo 10nF.

Na rys. 2 pokazano schemat wewnętrzny układu LM555 (za National Semiconductors)



Rys. 2 Schemat wewnętrzny układu LM555 (National Semiconductors)

W tabeli 1 pokazano parametry układu LM555

Tab. 1 Parametry układu LM555 (za National Semiconductors)

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		16	V
Supply Current	$V_{CC} = 5V, R_L = \infty$ $V_{CC} = 15V, R_L = \infty$ (Low State) (Note 4)		3 10	6 15	mA
Timing Error, Monostable					
Initial Accuracy			1		%
Drift with Temperature	$R_A = 1k \text{ to } 100k\Omega,$ $C = 0.1\mu F,$ (Note 5)		50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5		%
Drift with Supply			0.1		%/V
Timing Error, Astable					
Initial Accuracy			2.25		%
Drift with Temperature	$R_A, R_B = 1k \text{ to } 100k\Omega,$ $C = 0.1\mu F,$ (Note 5)		150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			3.0		%
Drift with Supply			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667		x V_{CC}
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15V$ $V_{CC} = 5V$		5 1.67		V V
Trigger Current			0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15V$ $V_{CC} = 5V$	9 2.6	10 3.33	11 4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 7)					
Output Low	$V_{CC} = 15V, I_T = 15mA$		180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5V, I_T = 4.5mA$		80	200	mV

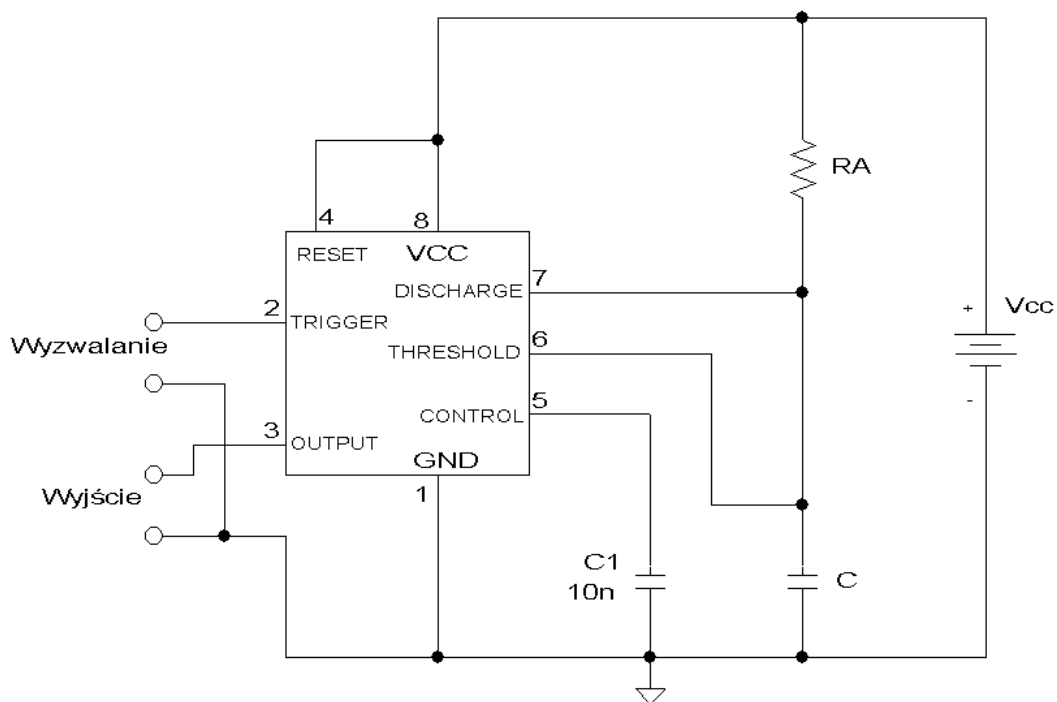
2. Opis badanych układów

W ćwiczeniu badane są następujące układy:

- przerzutnik monostabilny (r. 2.1)
- przerzutnik astabilny (r. 2.2)
- modulator szerokości impulsów (tzw. mod. *PWM* - r. 2.3)
- modulator częstotliwości (r. 2.4)

2.1. Przerzutnik monostabilny

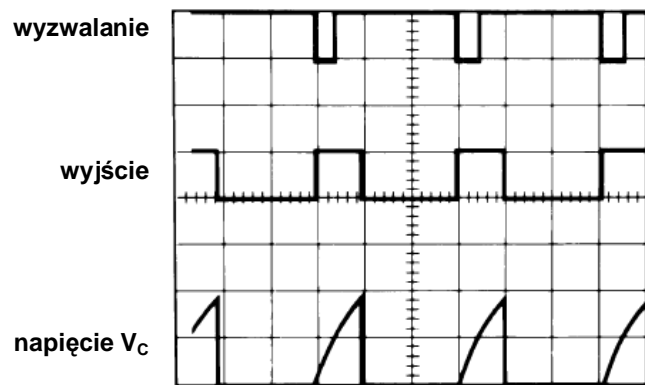
Na rys. 3 pokazano schemat połączeń układu 555 w konfiguracji przerzutnika monostabilnego.



Rys. 3 Przerzutnik monostabilny z układem typu 555

W stanie ustalonym na końcówce 2 (*Wyzwalanie*, *Trigger*) panuje wysoki poziom napięcia - nie mniej niż $2/3V_{cc}$ -, na wyjściu układu (3) panuje stan niski (ok. 0V) a kondensator C jest rozładowany ($U_C=0V$). Podanie do wejścia wyzwalającego 2 impulsu o poziomie mniejszym niż $1/3V_{cc}$ i o czasie trwania minimum 50ns powoduje zmianę stanu wyjścia 3 na wysoki, bliski napięciu zasilania V_{cc} . Jednocześnie zaczyna ładować się kondensator C . Gdy napięcie U_C przekroczy wartość $2/3V_{cc}$, (jego wartość monitoruje końcówka 6 - *threshold* - poziom) na wyjściu układu pojawia się stan niski i jednocześnie kondensator C zaczyna się rozładowywać przez wewnętrzny tranzystor, którego kolektor połączony jest z końcówką 7. Zanim napięcie U_C kondensatora spadnie do wartości $1/3V_{cc}$ napięcie na końcówce wyzwalania (2) musi powrócić do stanu wysokiego (powyżej $2/3V_{cc}$).

Na rys. 4 przedstawia przykładowe przebiegi w układzie.



00785106

$V_{CC}=5V$
 Czas = 0,1 ms/działkę
 $R_A=9,1k$
 $C=10nF$

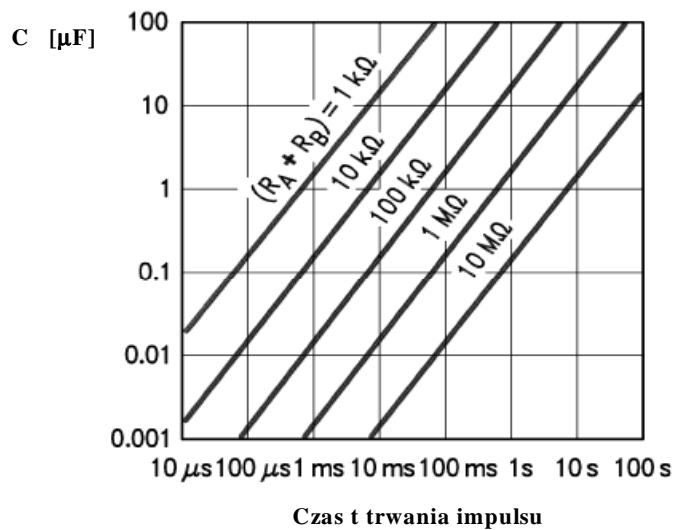
Górny przebieg: wyzwalanie, 5V/działkę
 Środkowy przebieg: wyjście, 5V/działkę
 Dolny przebieg: napięcie kondensatora C, 2V/ działkę

Rys. 4 Przebiegi w układzie przerzutnika monostabilnego

Czas trwania impulsu wyjściowego (końc. 3) można określić ze wzoru:

$$t = R_A \cdot C \cdot \ln 3 \approx 1,1 \cdot R_A \cdot C \quad (1)$$

lub z wykresów, pokazanych na rys. 5

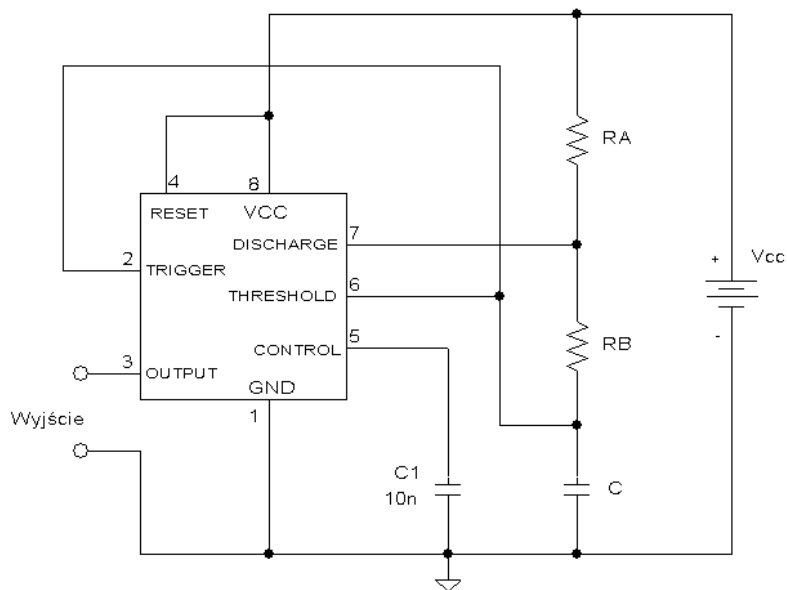


00785107

Rys. 5 Wykresy do określenia wartości elementów w układzie przerzutnika monostabilnego z rys. 3.

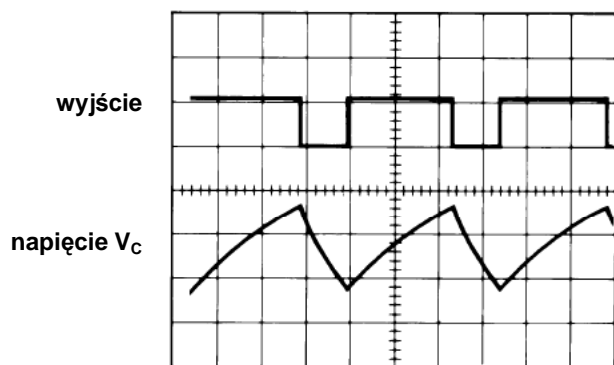
2.2. Przerzutnik astabilny

Na rys. 6 pokazano połączenia układu 555, pracującego w konfiguracji przerzutnika astabilnego.



Rys. 6 Przerzutnik astabilny

W przerzutniku astabilnym wejście wyzwalające (2) połączono z końcówką kondensatora C (końc. 6). Załóżmy, że kondensator C jest rozładowany (np., wyłączone zasilanie). Po włączeniu zasilania zaczyna się on ładować przez rezystory $R_A + R_B$, ponieważ niski stan (bliski 0V) na końcówce wyzwalania 2 wyzwolił układ. Na wyjściu układu (3) pojawia się stan wysoki. Gdy napięcie na kondensatorze C osiągnie wartość $2/3V_{cc}$ - co jest monitorowane przez końcówkę 6 - stan wyjścia (3) zmienia się na niski (ok. 0V). Jednocześnie zostaje włączony (nasyca się) wewnętrzny tranzystor (końc. 7) i kondensator C zaczyna się rozładowywać przez tranzystor i rezystor R_B . Równocześnie maleje napięcie na końcówce wyzwalania (2) połączonej z kondensatorem C i, gdy osiągnie ono poziom wyzwolenia układu ($1/3V_{cc}$), cały cykl się powtarza. Na rys. 7 pokazano przykładowe przebiegi generowane w układzie.



00785109

$V_{cc}=5V$

$C_{zas}=20\mu s/działkę$

$R_A=3,9k$

$R_B=3k$

$C=10nF$

Górny przebieg: wyjście, 5V/działkę

Dolny przebieg: napięcie na kondensatorze C , 1V/działkę

Rys. 7 Przebiegi w układzie przerzutnika astabilnego

Czasy trwania stanów wysokiego, niskiego oraz częstotliwość generowanego przebiegu można określić z następujących wyrażeń:

Czas trwania stanu wysokiego:

$$t_1 = 0,693 \cdot (R_A + R_B) \cdot C \quad (2)$$

Czas trwania stanu niskiego:

$$t_2 = 0,693 \cdot R_B \cdot C \quad (3)$$

Okres drgań wynosi:

$$T = t_1 + t_2 = 0,693 \cdot (R_A + 2R_B)C \quad (4)$$

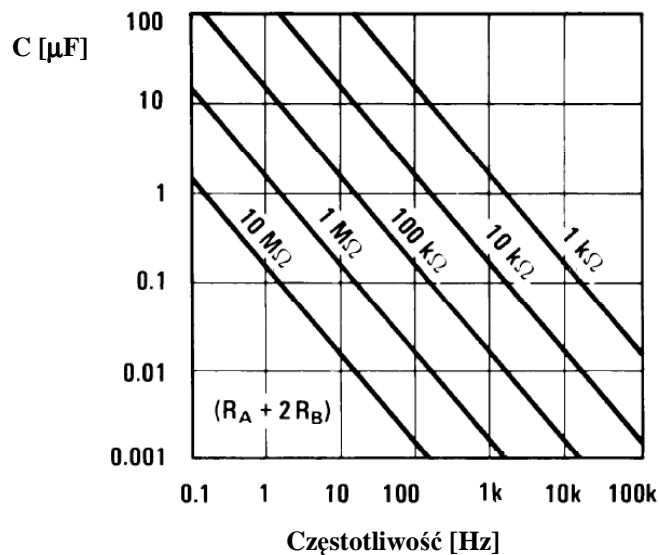
Częstotliwość drgań wynosi:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_A + 2R_B)C} \quad (5)$$

Współczynnik wypełnienia generowanego przebiegu określa zależność:

$$D = \frac{t_1}{t_2} = \frac{R_B}{R_A + 2R_B} \quad (6)$$

Częstotliwość generowanego sygnału może być także określona na podstawie wykresów z rys. 8.

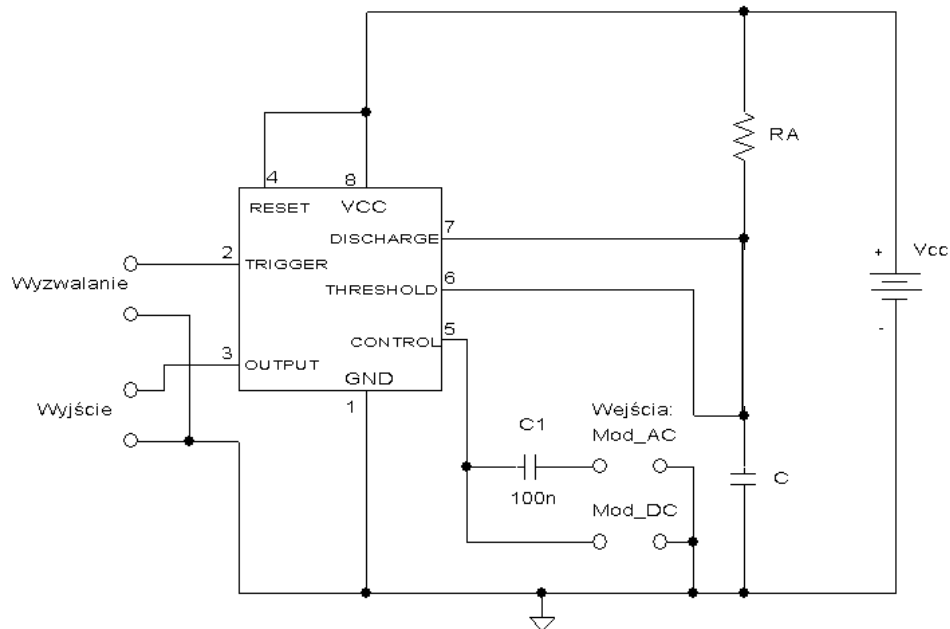


00785110

Rys. 8 Wykresy umożliwiające określenie generowanej w układzie astabilnym częstotliwości (i/lub umożliwiający dobór elementów układu)

2. 3. Modulator szerokości impulsów

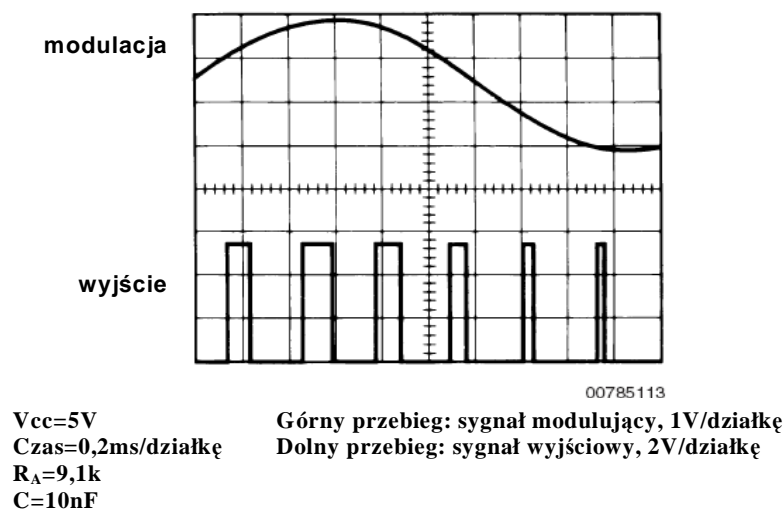
Na rys. 9 pokazano schemat modulatora szerokości impulsów.



Rys.9 Modulator szerokości impulsów z układem LM555

Układ zbudowany jest podobnie jak przerzutnik monostabilny. Do końcówki wyzwalania (2) doprowadzony jest sygnał wyzwalający o stałej częstotliwości. Sygnał ten ma kształt krótkich impulsów o poziomie wysokim zbliżonym do V_{cc} (nie mniej niż $2/3V_{cc}$) i stanie niskim bliskim zeru. Czas trwania stanu niskiego nie powinien być krótszy niż około 50ns. Do końcówki 5 doprowadzono przez kondensator $C1$ napięciowy sygnał modulujący V_{MOD_AC} z zewnętrznego generatora (wejście Mod_AC). Napięcie modulujące zmienia w czasie polaryzację wejść wewnętrznych komparatorów. W rezultacie zmienia się napięcie, do którego ładuje się kondensator C . Przy jego zmniejszaniu, czas ładowania maleje. Przy wzroście napięcia modulującego czas ładowania się kondensatora wzrasta. W ten sposób czas t trwania impulsu wyjściowego zależy od napięcia modulującego. Wejście Mod_DC służy do doprowadzenia do końcówki 5 napięcia z regulowanego zasilacza napięcia stałego (wejście Mod_AC jest wówczas niepodłączone). W ten sposób można zmierzyć charakterystykę statyczną $t=f(V_{MOD_DC})$.

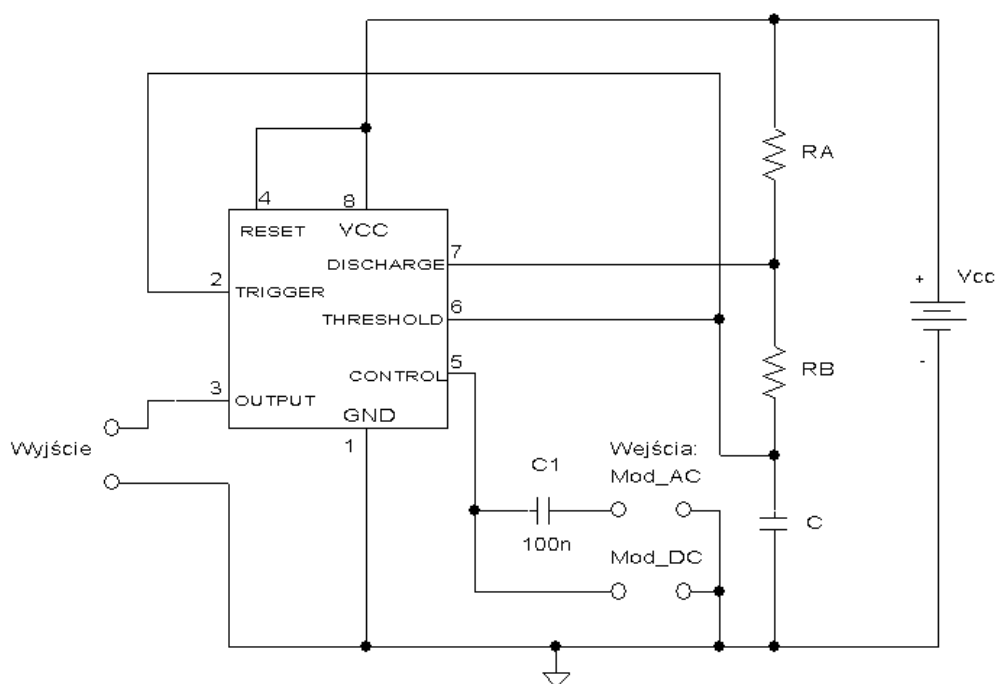
Na rysunku 10 pokazano przebiegi w układzie modulatora szerokości impulsów z rys. 9 przy sterowaniu układu sygnałem zmiennym na wejściu Mod_AC .



Rys. 10 Przebiegi w układzie modulatora szerokości impulsów z rys. 9

2.4. Modulator częstotliwości

Schemat układu modulatora częstotliwości pokazano na rys. 11.

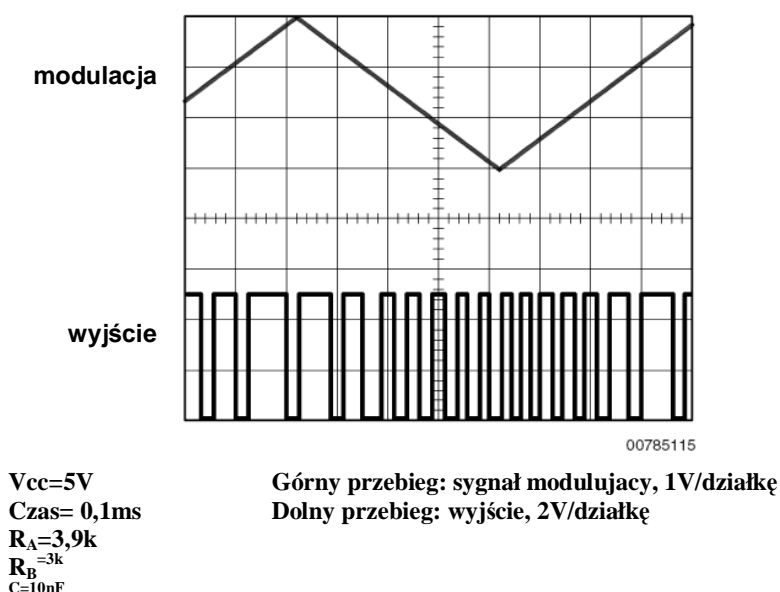


Rys. 11 Modulator częstotliwości

Modulator częstotliwości pracuje w konfiguracji przerzutnika astabilnego z rys. 6. Wejście wyzwalające (końc. 2) połączono z końcówką kondensatora C (końc. 6). Działanie przerzutnika astabilnego opisano poprzednio. Do końcówki 5 doprowadzono przez kondensator $C1$ napięciowy sygnał modulujący V_{MOD_AC} z zewnętrznego generatora (wejście Mod_AC). Napięcie modulujące zmienia w czasie polaryzację wejść wewnętrznych komparatorów. W rezultacie zmienia się napięcie, do którego ładuje się kondensator C . Przy jego zmniejszaniu, czas ładowania maleje. Przy wzroście napięcia modulującego czas ładowania się kondensatora

wzrasta. W ten sposób częstotliwość generowanego przebiegu f oraz czas t trwania impulsu wyjściowego zależą od chwilowej wartości napięcia modulującego. Wejście Mod_DC służy do doprowadzenia do końcówki 5 napięcia U_{MOD_DC} z regulowanego zasilacza napięcia stałego (wejście Mod_AC jest wówczas niepodłączone). W ten sposób można zmierzyć charakterystyki statyczne $f=f(V_{MOD_DC})$ oraz $t=t(V_{MOD_DC})$.

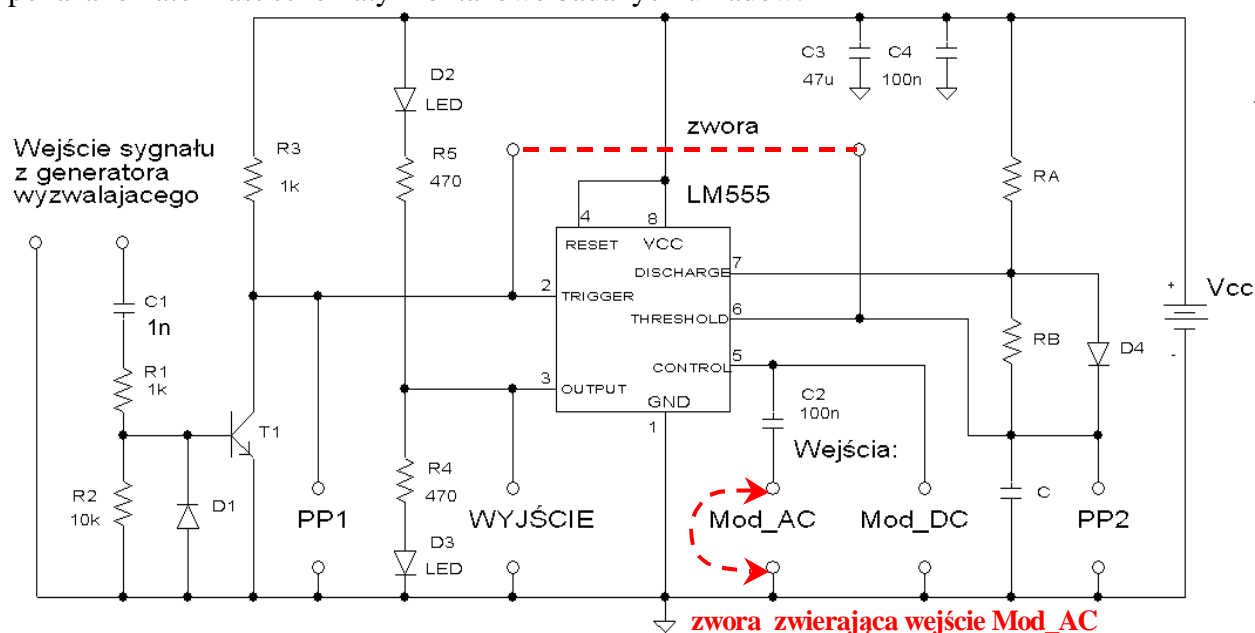
Na rys. 12 pokazano przykładowe przebiegi w układzie, przy sterowaniu wejścia Mod_AC sygnałem trójkątnym.



Rys. 12 Przebiegi w układzie modulatora częstotliwości.

3. Budowa układu laboratoryjnego

Pełny schemat połączeń w układzie laboratoryjnym pokazano na rys. 13. W rozdziale 5 pokazano natomiast schematy montażowe badanych układów.



Rys. 13 Schemat ideowy badanego układu

W zależności od rodzaju badanego układu montuje się odpowiednie elementy oraz zwory.

Rolę rezystorów R_A , R_B i kondensatora C opisano poprzednio.

Punkt pomiarowy $PP2$ służy do dołączenia końcówek sondy pomiarowej do kondensatora C .

Jeżeli układ pracuje w konfiguracji modulatora szerokości impulsów lub modulatora częstotliwości, wówczas napięcie modulujące jest doprowadzane:

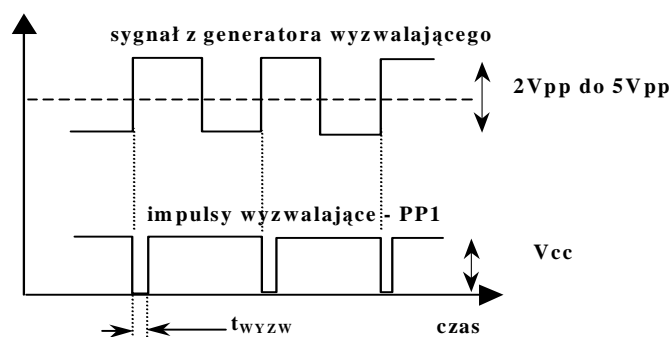
1. Albo przez wejście zmiennoprądowe Mod_AC
2. Albo przez wejście stałoprądowe Mod_DC .

Doprowadzenie sygnału modulującego przez wejście Mod_AC umożliwia badanie układów modulatorów w warunkach dynamicznych (modulacja napięciowym sygnałem zmiennym).

Doprowadzenie sygnału modulującego przez wejście Mod_DC umożliwia badanie układów modulatorów w warunkach statycznych (modulacja napięciem stałym).

Jeżeli układ pracuje w konfiguracji niemodulowanego przerzutnika monostabilnego lub astabilnego wówczas wejście Mod_AC jest zwarte przewodem do masy.

Do wytwarzania impulsów wyzwalających przerzutnik monostabilny lub modulator szerokości impulsów służy tranzystorowy układ kształtowania impulsów wyzwalających. Układ ten przekształca sygnał prostokątny, podawany z zewnętrznego generatora wyzwalającego, w impulsy prostokątne tak, jak to pokazano na rys. 14. Wyjściem układu wyzwalania jest kolektor tranzystora $T1$, połączony z końcówką 2 (*trigger*) układu scalonego. Punkt pomiarowy $PP1$ (dodatkowe kontakty na płytce drukowanej, ułatwiające dołączenie końcówek sondy pomiarowej) umożliwia pomiar parametrów impulsów wyzwalających.



Rys. 14. Przebiegi w układzie kształtowania impulsów wyzwalających

Układ wyzwalania działa następująco. Podczas trwania wysokiego stanu napięcia z generatora wyzwalania ładuje się kondensator $C1$. Prąd ładowania płynie przez rezystory $R1$ i $R2$ (dioda $D1$ jest zatkana) do bazy tranzystora $T1$, który wchodzi w stan nasycenia. Napięcie na jego kolektorze szybko maleje prawie do zera. Po naładowaniu się kondensatora $C1$ prąd bazy przestaje płynąć i tranzystor $T1$ zatyka się. Napięcie kolektora wzrasta do poziomu napięcia zasilania V_{cc} . W trakcie trwania niskiego stanu na wyjściu generatora wyzwalania kondensator $C1$ rozładowuje się przez rezystor $R1$ i diodę $D1$. Czas przebywania tranzystora w stanie nasycenia i zarazem czas trwania impulsu wyzwalającego t_{wyzw} zależy głównie od wartości stałej czasowej $RIC1$. W badanym układzie czas ten wynosi około $5\mu s$.

Diody świecące $D2$ i $D3$ sygnalizują stany przerzutnika. Dioda $D2$ świeci, gdy napięcie wyjściowe przyjmuje niski poziom. Dioda $D3$ świeci gdy napięcie wyjściowe przyjmuje poziom wysoki.

Dioda $D4$ umożliwia szybsze ładowanie się kondensatora C (z pominięciem R_B), wpływając na kształt otrzymywanych na nim impulsów.

4. Zadanie laboratoryjne

4.1 Projekt układu

Tydzień przed wykonaniem ćwiczenia studenci otrzymują od Prowadzącego dane do ćwiczenia:

- rodzaj badanego układu
- parametry układu

Układ przerzutnika należy zaprojektować, tzn. przyjąć wartość niektórych elementów i obliczyć wartości pozostałych (najlepiej przyjąć wartości pojemności i obliczyć rezystancje). Wartości niektórych parametrów może zasugerować Prowadzący. Zaprojektowany układ należy zasymulować w programie, np. w Pspice.

Wykonanie obliczeń, symulacji oraz staranne ich zdokumentowanie jest warunkiem przystąpienia do ćwiczenia i jego zaliczenia.

4.2 Badanie układu przerzutnika monostabilnego

Układ należy zmontować zgodnie ze schematem montażowym pokazanym w rozdziale 5.1.

Nie dołączać przewodów napięcia zasilającego i generatora wyzwalania do układu.

- A. Ustawić napięcie zasilające V_{cc} z przedziału 5-15V (typowym napięciem jest 5V).
- B. Ustawić parametry generatora sygnału wyzwalającego, posługując się oscyloskopem:
 - kształt sygnału: fala prostokątna o współczynniku wypełnienia $1/2$,
 - poziom sygnału V_{WYZW} : od 2V_{pp} do 5V_{pp},
 - składowa stała sygnału: 0V,
 - częstotliwość sygnału wyzwalania f_{WYZW} - zgodnie z zadaniem projektowym.

Następnie uruchomić układ:

1. Wyłączyć zasilacz oraz generator sygnału wyzwalającego.
2. Podłączyć przewody zasilające i przewody generatora wyzwalania do badanego układu.
3. Do wyjścia układu dołączyć jeden kanał oscyloskopu.
4. Drugi kanał oscyloskopu dołączyć do punktu pomiarowego PPI - pomiar impulsów wyzwalających.
5. Włączyć zasilanie i generator impulsów wyzwalających.

Jeżeli wszystko działa prawidłowo, na ekranie oscyloskopu powinny pojawić się dwa przebiegi, tak jak pokazano na rys. 4 (dwa pierwsze od góry). W przeciwnym razie wyłączyć zasilanie i sprawdzić układ.

Wykonać następujące pomiary przerzutnika monostabilnego:

1. Zmierzyć parametry impulsu wyzwalającego (czas trwania, narastania i opadania oraz wartość międzyszczytową - punkt pomiarowy *PPI*).
2. Narysować na jednym wykresie, zachowując zależności czasowe (tzn. wspólna skala czasu):
 - impulsy wyzwalające,
 - przebieg na wyjściu układu (końc. 3),
 - przebieg napięcia na kondensatorze C.

Zmieniając napięcie zasilania V_{CC} od 5V do 15V zmierzyć i wyniki umieścić w tabeli 4.1:

3. Czas $t(V_{CC})$ trwania impulsu wyjściowego.
4. Wartość międzyszczytową impulsu wyjściowego $V_{Wyp} = V_{Wyp}(V_{CC})$.
5. Maksymalną częstotliwość pracy układu $f_{max} = f_{max}(V_{CC})$ (skonsultować z Prowadzącym).

Tabela 4.1 Pomiary parametrów przerzutnika monostabilnego

lp.	V_{CC} [V]	t [ms]	V_{Wyp} [V]	f_{max} [kHz]
1				

Narysować przebiegi z tabeli 4.1 na jednym wykresie (tak jak w p. 2). Zmierzone parametry przebiegów porównać z obliczonymi oraz z wynikami symulacji.

6. Dołączyć do wyjścia układu (końc. 3) wskazówkowy woltomierz (magnetoelektryczny) **napięcia stałego** i zmierzyć zależność $V_{WY_DC} = f(f_{WYZW})$ (impulsowy detektor częstotliwości). Wyniki umieścić w tabeli 4.2.

Tabela 4.2 Pomiary impulsowego detektora częstotliwości.

lp.	f_{WYZW} [kHz]	V_{WY_DC} [V]
1		

7. Narysować wykres $V_{WY_DC} = f(f_{WYZW})$. Określić liniowość otrzymanej charakterystyki detektora.

4.3 Badanie układu przerzutnika astabilnego

Układ należy zmontować zgodnie ze schematem montażowym pokazanym w rozdziale 5.2.

Nie dołączać przewodów napięcia zasilającego do układu.

Ustawić napięcie zasilające z przedziału 5-15V (typowo $V_{CC} = 5V$)

Następnie uruchomić układ:

1. Wyłączyć zasilacz.
2. Do wyjścia układu dołączyć pierwszy kanał oscyloskopu.
3. Drugi kanał oscyloskopu dołączyć do punktu pomiarowego *PP2* - pomiar napięcia V_C na kondensatorze C.
4. Włączyć zasilanie.

Jeżeli wszystko działa prawidłowo, na ekranie oscyloskopu powinny pojawić się dwa przebiegi jakie pokazano na rys. 7. W przeciwnym razie wyłączyć zasilanie i sprawdzić układ.

Wykonać następujące pomiary:

1. Narysować przebieg wyjściowy (końc. 3) i zmierzyć jego parametry.
2. Narysować przebieg napięcia na kondensatorze C i zmierzyć jego parametry.
3. Porównać zmierzone w p. 1 i p. 2 parametry z obliczonymi i symulowanymi przez komputer.

Następnie, zmieniając napięcie zasilania V_{CC} w zakresie od 5V do 15V:

4. Zmierzyć częstotliwość sygnału wyjściowego w zależności od zmian napięcia zasilania $f=f(V_{CC})$. Wyniki umieścić w tabeli 4.3:

Tabela 4.3 Częstotliwość sygnału wyjściowego w zależności od napięcia zasilania

lp.	$V_{CC} [V]$	$f [kHz]$
1		

5. Na podstawie danych z tabeli 4.3 narysować charakterystykę $f=f(V_{CC})$.

4.4 Badanie układu modulatora szerokości impulsów

Układ należy zmontować zgodnie ze schematem montażowym pokazanym w rozdziale 5.3.
Projekt układu wykonać jak dla przerzutnika monostabilnego - skonsultować z Prowadzącym.

Wykonać czynności wstępne, nie dołączając napięć zasilających i generatorów sygnałowych do układu.

- A. Ustawić napięcie zasilające V_{CC} z przedziału 5-15V (typowa wartość 5V)
- B. Ustawić parametry generatora sygnału wyzwalającego, posługując się oscyloskopem:
 - kształt sygnału: fala prostokątna o współczynniku wypełnienia 1/2,
 - poziom sygnału V_{WYZW} : od 2V_{pp} do 5V_{pp},
 - składowa stała: 0V,
 - częstotliwość wyzwalania f_{WYZW} : zgodnie z zadaniem projektowym.
- C. Ustawić parametry generatora sygnału modulującego, posługując się oscyloskopem:
 - kształt sygnału: trójkątny lub sinusoidalny,
 - wartość międzyszczytowa V_{MOD} : około 1/4V_{CC},
 - częstotliwość sygnału modulującego f_{MOD} - zgodnie z zaleceniami.

Należy zwrócić uwagę, że f_{WYZW} powinna być wielokrotnością f_{MOD} , np. $f_{WYZW} = 10 f_{MOD}$.

Następnie uruchomić układ:

1. Wyłączyć zasilacz oraz generatory sygnału wyzwalającego i modulującego.
2. Podłączyć przewody zasilające i przewody generatora wyzwalania do badanego układu.
3. Podłączyć przewody generatora modulującego **do wejścia Mod_AC**.
4. Do wyjścia układu (końc. 3) dołączyć pierwszy kanał oscyloskopu.
5. Drugi kanał oscyloskopu dołączyć do wyjścia generatora modulującego.
6. Włączyć zasilanie, generator impulsów wyzwalających i generator modulujący.

Jeżeli wszystko działa prawidłowo, na ekranie oscyloskopu powinny pojawić się dwa przebiegi jakiego pokazano na rys. 10. W przeciwnym razie wyłączyć zasilanie i sprawdzić układ.

Następnie:

1. Narysować przebieg wyjściowy i modulujący oraz zmierzyć ich parametry - opisać wykresy.
2. Określić zakres napięć sygnału modulującego V_{MOD} , przy którym układ działa prawidłowo.

W dalszej kolejności zbadać parametry statyczne układu przy modulacji napięciem stałym V_{MOD_DC} .

3. Wyłączyć zasilanie.
4. Odłączyć generator sygnału modulującego od wejścia Mod_AC .
5. Do wejścia Mod_DC dołączyć zasilacz napięcia stałego V_{MOD_DC} , o **wstępnie ustawionym napięciu $1/2V_{CC}$** .
6. Do wyjścia układu dołączyć wskazówkowy (magnetoelektryczny) woltomierz napięcia **stałego** V_{WY_DC} .
7. Włączyć zasilanie.

Wykonać pomiary:

8. Zmieniając napięcie V_{MOD_DC} zmierzyć oscyloskopem czas t trwania impulsu wyjściowego (końc. 3) oraz napięcie V_{WY_DC} w zależności od napięcia modulującego V_{MOD_DC} .
9. Wyniki pomiarów umieścić w tabeli 4.4.

Tabela 4.4 Pomiar charakterystyki statycznej modulatora szerokości impulsów

Lp.	$V_{MOD_DC} [V]$	$t [ms]$	$V_{WY_DC} [V]$
1			

10. Narysować charakterystyki: $t=t(V_{MOD_DC})$ oraz $V_{WY_DC}=f(V_{MOD_DC})$. Zmierzone parametry przebiegów porównać z wynikami symulacji.

4.5 Badanie układu modulatora częstotliwości

Układ należy zmontować zgodnie ze schematem montażowym pokazanym w rozdziale 5.4. Projekt układu wykonać jak dla przerzutnika astabilnego - skonsultować z Prowadzącym.

Nie dołączać przewodów napięcia zasilającego oraz generatora modulującego do układu.

- A. Ustawić napięcie zasilające V_{CC} z przedziału 5-15V (typowo 5V).
- B. Ustawić parametry generatora sygnału modulującego, posługując się oscyloskopem:
 - kształt sygnału: trójkątny,
 - wartość międzyszczytowa napięcia modulującego V_{MOD_AC} - ok. $1/4V_{CC}$,
 - częstotliwość sygnału modulującego f_{MOD} - zgodnie z zaleceniami.

Należy zwrócić uwagę, że częstotliwość f pracy przerzutnika z WYŁĄCZONĄ modulacją powinna być wielokrotnością f_{MOD} , np. $f=10 f_{MOD}$.

Następnie uruchomić układ:

1. Wyłączyć zasilacz i generator modulujący.
2. Dołączyć przewody zasilacza do układu.

3. Dołączyć przewody generatora modulującego do **wejścia *Mod_AC***.
4. Do wyjścia układu (końc.3) dołączyć pierwszy kanał oscyloskopu.
5. Drugi kanał oscyloskopu dołączyć do wyjścia generatora modulującego.
6. Włączyć zasilanie i generator sygnału modulującego.

Jeżeli wszystko działa prawidłowo, na ekranie oscyloskopu powinny pojawić się dwa przebiegi: modulujący (trójkątny) i wyjściowy (prostokątny), chociaż ***otrzymany obraz może być niestabilny ("pływający")***.

Wskazówka:

Aby uzyskać stabilny obraz należy:

1. *Delikatnie zmieniać częstotliwość sygnału modulującego, aż do uzyskania nieruchomego obrazu.*
2. *Dobrać jego wartość międzyszczytową sygnału modulującego.*

W razie trudności skonsultować się z Prowadzącym.

Wykonać następujące pomiary:

1. Narysować przebieg modulujący i wyjściowy i zmierzyć ich parametry.
2. Określić zakres napięć sygnału modulującego V_{MOD_AC} , przy którym układ działa prawidłowo.

Następnie zbadać parametry układu przy modulacji napięciem stałym V_{MOD_DC} .

3. Odłączyć generator sygnału modulującego od wejścia *Mod_AC*.
4. Do wejścia *Mod_DC* dołączyć zasilacz napięcia stałego V_{MOD_DC} , **o wstępnie ustawionym napięciu $1/2V_{CC}$** .
5. Do wyjścia układu dołączyć częstotściomierz.

Wykonać pomiary:

6. Zmieniając napięcie V_{MOD_DC} zmierzyć oscyloskopem czas t_{WY} trwania impulsu wyjściowego oraz generowaną częstotliwość f , w zależności od napięcia modulującego V_{MOD_DC} .
7. Wyniki pomiarów umieścić w tabeli 4.5.

Tabela 4.5 Pomiar modulatora położenia impulsów

lp.	$V_{MOD_DC} [V]$	$t_{WY} [ms]$	$f [kHz]$
1	...		

8. Narysować charakterystyki
 - $t_{WY} = t_{WY}(V_{MOD_DC})$
 - $f = f(V_{MOD_DC})$
9. Zmierzone parametry przebiegów porównać z wynikami symulacji.

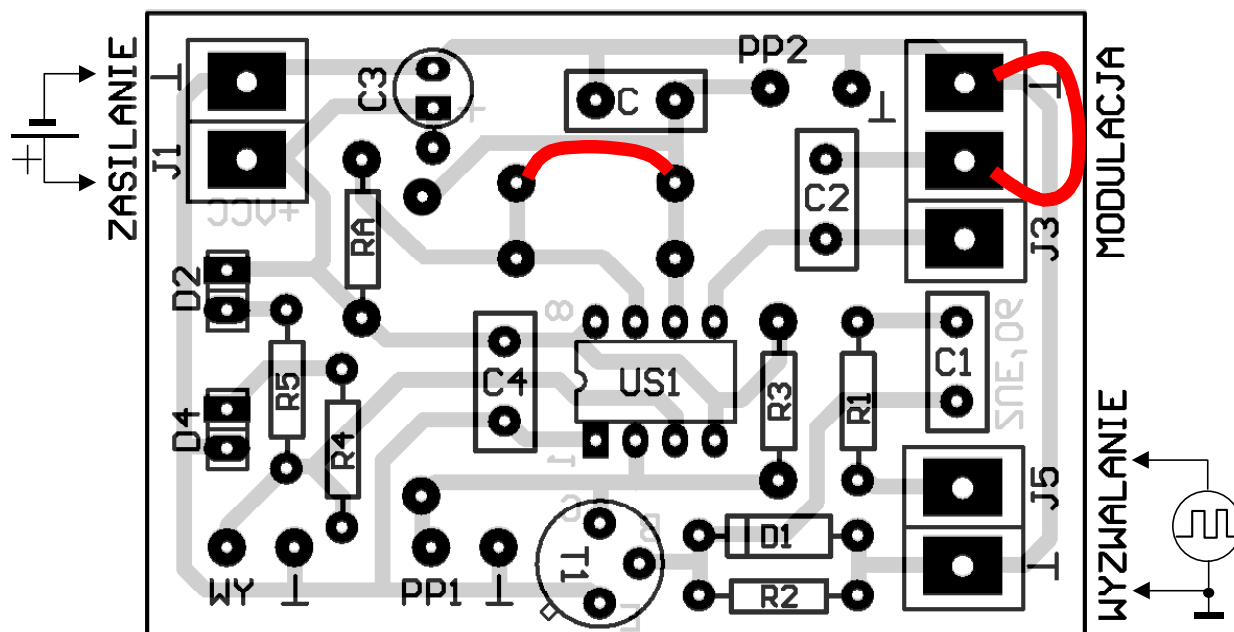
Następnie:

10. Powtórzyć punkty 6 - 9 dla innych napięć zasilania układu - ustalić z Prowadzącym.

5. Schematy montażowe układów laboratoryjnych

5.1 Przerzutnik monostabilny

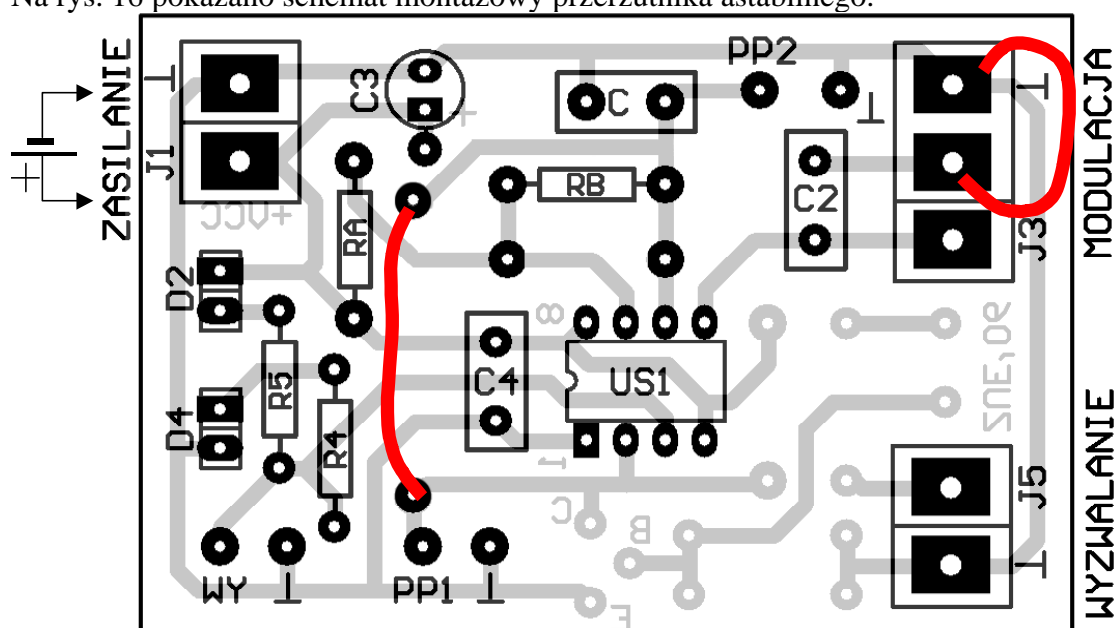
Na rys. 15 pokazano schemat montażowy przerzutnika monostabilnego.



Rys. 15 Przerzutnik monostabilny, widok od strony elementów.

5.2 Przerzutnik astabilny

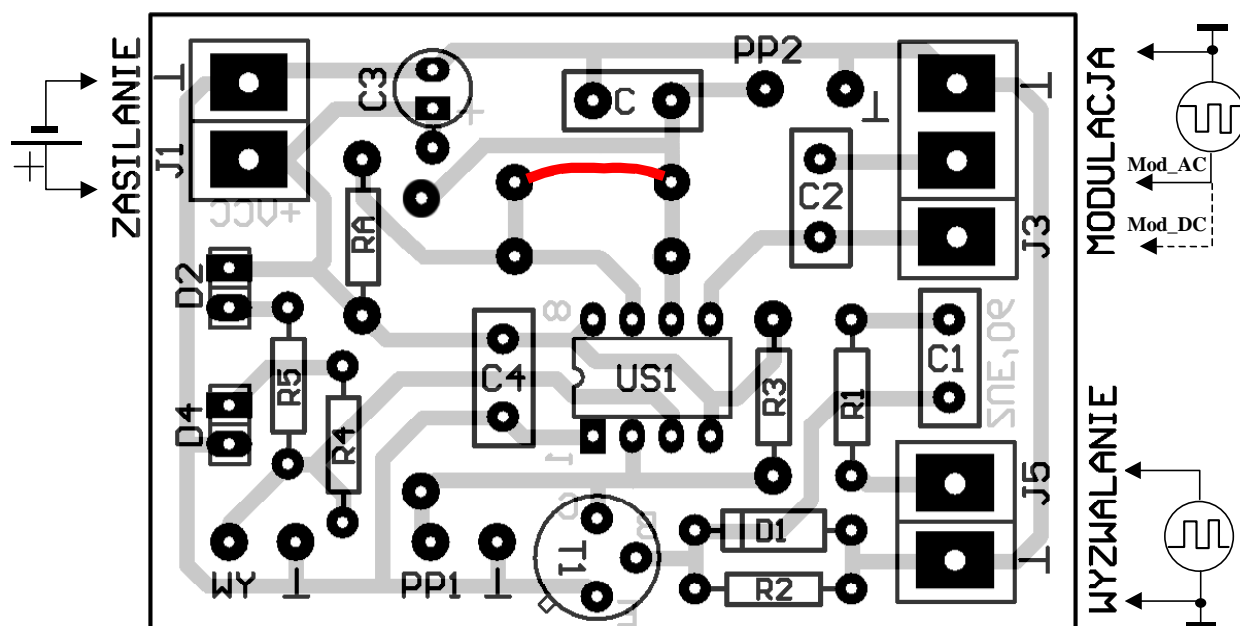
Na rys. 16 pokazano schemat montażowy przerzutnika astabilnego.



Rys. 16 Przerzutnik astabilny, widok od strony elementów.

5.3 Modulator szerokości impulsów

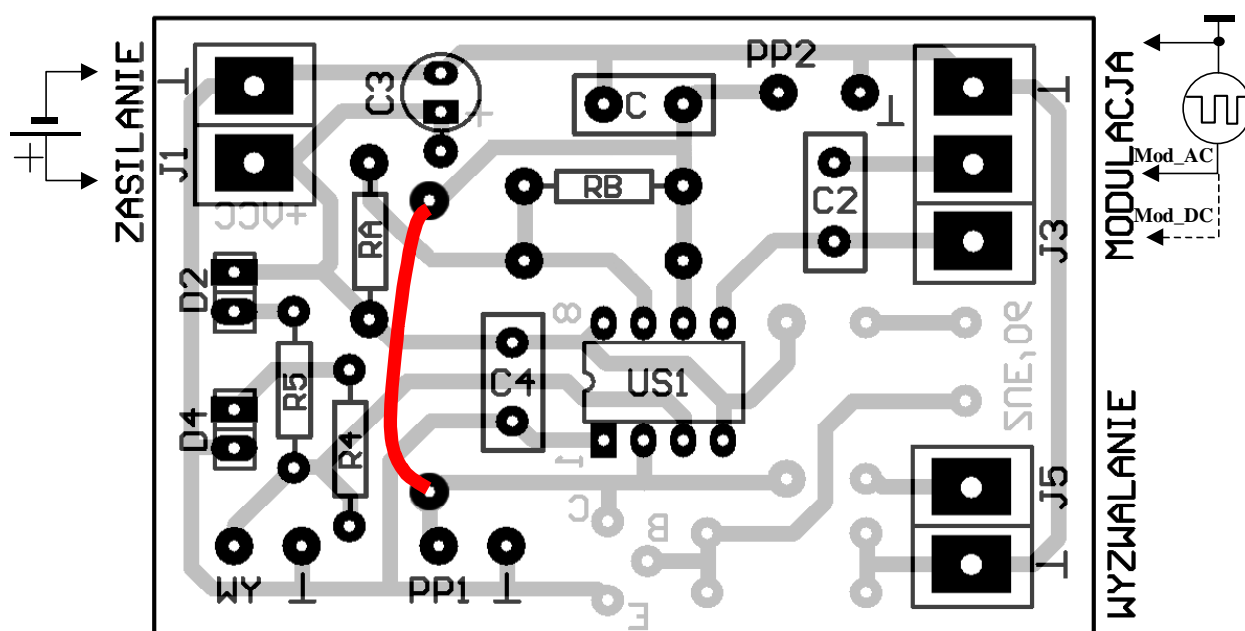
Na rys. 17 pokazano schemat montażowy modulatora szerokości impulsów.



Rys. 17 Modulator szerokości impulsów, widok od strony elementów.

5.4 Modulator częstotliwości

Na rys. 18 pokazano schemat montażowy modulatora szerokości impulsów.



Rys. 18 Modulator częstotliwości, widok od strony elementów.

11. Zagadnienia

1. Podstawowe układy przerzutników tranzystorowych.
2. Analiza przerzutników z układem typu 555 (przebiegi czasowe i zależności je opisujące).
3. Przykładowe zastosowania przerzutników monostabilnych i astabilnych na przykładzie układu typu 555.
4. Modulacja szerokości impulsów: parametry, właściwości, przykładowe zastosowania.
5. Modulacja częstotliwości: parametry, właściwości, przykładowe zastosowania.

12. Bibliografia

1. Baranowski J., Czajkowski G.
Układy elektroniczne cz. II. Układy analogowe nieliniowe i impulsowe, WNT, Warszawa 1994
2. Baranowski J., Kalinowski B., Nosal Z.
Układy elektroniczne cz. III. Układy i systemy cyfrowe, WNT, Warszawa, 1994
3. Baranowski J. (red.)
Zbiór zadań z układów elektronicznych nieliniowych i impulsowych, WNT, Warszawa, 1997.
4. Praca zbiorowa:
Laboratorium układów elektronicznych, skrypt, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998
5. Górski K.:
Timer 555 w przykładach, Wyd. BTC, Warszawa, 2004