

# Przerzutnik monostabilny z wykorzystaniem układu typu "555"

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z zasadą działania i parametrami przerzutnika monostabilnego zbudowanego w oparciu o układ scalony „555”.

## 2. Budowa układu

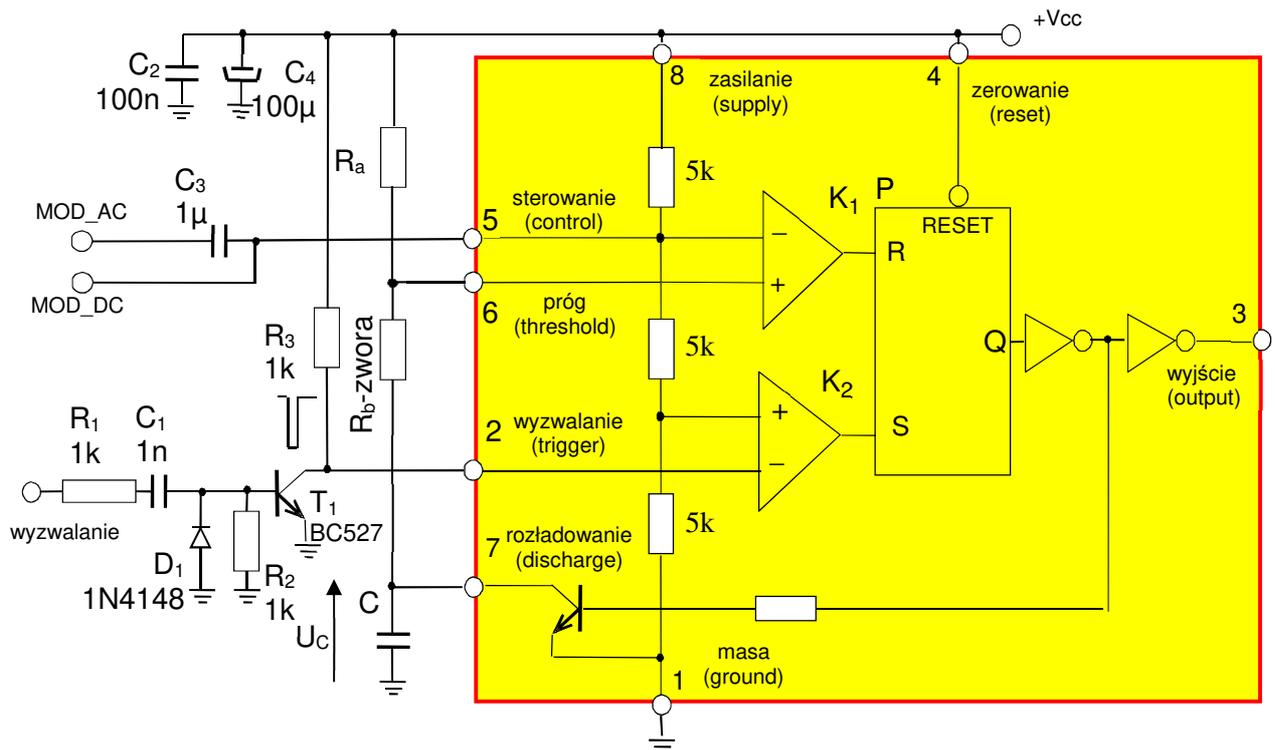
### 2.1. Zasada działania przerzutnika astabilnego „555”

W ćwiczeniu wykorzystano układ scalony przerzutnika mono/astabilnego typu „555”. Produkowany jest on przez wielu producentów zarówno 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 typu  $RS$  oraz stopni wyjściowych. Tranzystor  $T$  ma kolektor wyprowadzony na zewnątrz układu (wyprowadzenie 7-*discharge*) i jest wykorzystywany jako klucz rozładowujący pojemność roboczą  $C$ .

Wewnętrzny dzielnik rezystancyjny, służy do uzyskania napięć o wartościach około  $\frac{1}{3}$  i  $\frac{2}{3}$  napięcia zasilania. Napięcia te polaryzują wejścia komparatorów  $K_1$  i  $K_2$ . Komparator  $K_1$  zeruje przerzutnika  $P$ , jeżeli napięcie na wyprowadzeniu 6 (*threshold*) wzrośnie powyżej wartości  $\frac{2}{3}V_{CC}$ . Jednocześnie zostaje wysterowany tranzystor  $T$ . Komparator  $K_2$  ustawia przerzutnik  $P$  w stan logicznej jedynki (wysokie napięcie), jeżeli napięcie na wyprowadzeniu 2 (*trigger*) zmaleje poniżej wartości  $\frac{1}{3}V_{CC}$  – wtedy tranzystor  $T$  zostaje zatkany. Wyprowadzenie 4 (*reset*) służy do zerowania przerzutnika niezależnie od stanu pozostałych wejść tzn. zwarcie do masy (stan niski), wymusza na wyjściu 3 układu stan niski. Jeżeli wejście 4 nie jest wykorzystane, to należy je połączyć z zasilaniem (8). Wyprowadzenie 5 (*control*) służy do doprowadzenia sygnału modulującego lub jest połączone z masą przez kondensator filtrujący o pojemności typowo 10nF.

Na Rys. 1 pokazano połączenia układu 555, pracującego w konfiguracji przerzutnika monostabilnego.

W stanie ustalonym na wyprowadzeniu 2 (*Wyzwalanie, Trigger*) panuje wysoki poziom napięcia (nie mniej niż  $\frac{2}{3}V_{CC}$ ), na wyjściu układu (3) panuje stan niski (ok. 0V), a kondensator  $C$  jest rozładowany ( $U_C = 0V$ ), gdyż tranzystor wewnątrz układu zwiiera go do masy. Podanie do wejścia wyzwalającego 2 impulsu o poziomie mniejszym niż  $\frac{1}{3}V_{CC}$  i o czasie trwania minimum 50ns powoduje zadziałanie komparatora  $K_2$ , ustawienie przerzutnika  $P$  i tym samym zmianę stanu wyjścia 3 na wysoki, bliski napięciu zasilania  $V_{CC}$ . Baza tranzystora otrzymuje niski poziom napięcia i tranzystor przestaje rozładowywać kondensator  $C$ . Kondensator zaczyna ładować się przez rezystor  $R_A$ . Gdy napięcie na kondensatorze  $U_C$  przekroczy wartość  $\frac{2}{3}V_{CC}$ , (jego wartość monitoruje komparator  $K_1$ ; 6 - *threshold*) zadziała komparator  $K_1$  i wyzeruje przerzutnik  $P$ . Na wyjściu układu pojawi się stan niski i jednocześnie kondensator  $C$  rozładowuje się przez wewnętrzny tranzystor, którego kolektor połączony jest z wyprowadzeniem 7. Zanim napięcie  $U_C$  kondensatora spadnie do wartości  $\frac{1}{3}V_{CC}$  napięcie na wyprowadzeniu 2 musi powrócić do stanu wysokiego (powyżej  $\frac{1}{3}V_{CC}$ ).



Rys.1. Przerzutnik monostabilny

Podłączając do wejścia 5, zamiast kondensatora filtrującego, sygnał stały lub zmienny, można zmienić próg zadziałania komparatora  $K_1$  i tym samym uzyskać efekt modulacji szerokości impulsu wyjściowego.

Czas trwania impulsu wyjściowego można określić ze wzoru:

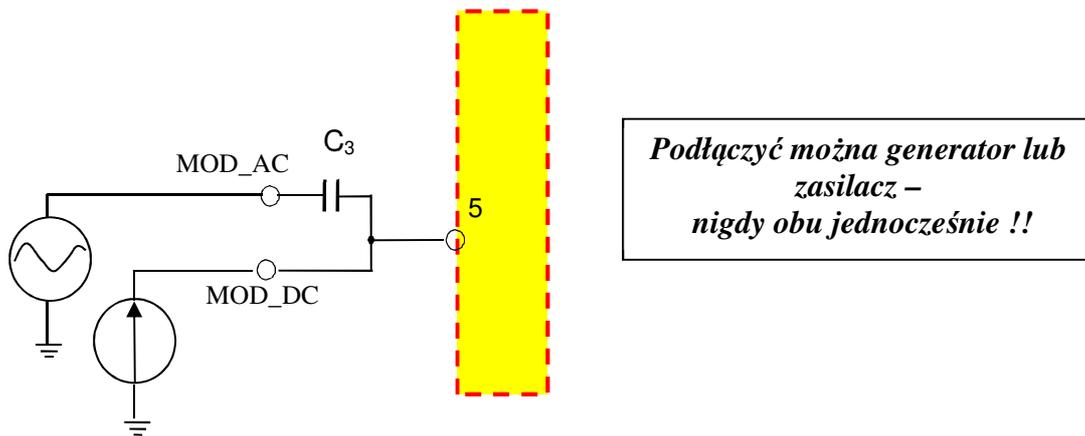
$$T = R_A C \ln\left(\frac{V_{cc}}{V_{cc} - V(5)}\right) = R_A C \ln\left(\frac{V_{cc}}{V_{cc} - \frac{2}{3}V_{cc}}\right) \approx 1,1 \cdot R_A \cdot C \quad (1)$$

Doprowadzając wyprowadzenia 5 układu, przez kondensator  $C_3$  (Rys.3.) napięciowego sygnału modulującego  $V_{MOD\_AC}$  z zewnętrznego generatora (wejście  $MOD\_AC$ ) można uzyskać efekt modulacji szerokości impulsów. 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 kondensatora wzrasta. W ten sposób czas generowanego przebiegu  $T$  sygnału wyjściowego zależy od chwilowej wartości napięcia modulującego. Wejście  $MOD\_DC$  służy do doprowadzenia do wyprowadzenia 5 napięcia stałego  $V_{MOD\_DC}$  z regulowanego zasilacza napięcia (wejście  $MOD\_AC$  jest wówczas niepodłączone), co umożliwi modulację długości impulsu, w pewnym zakresie, napięciem stałym.

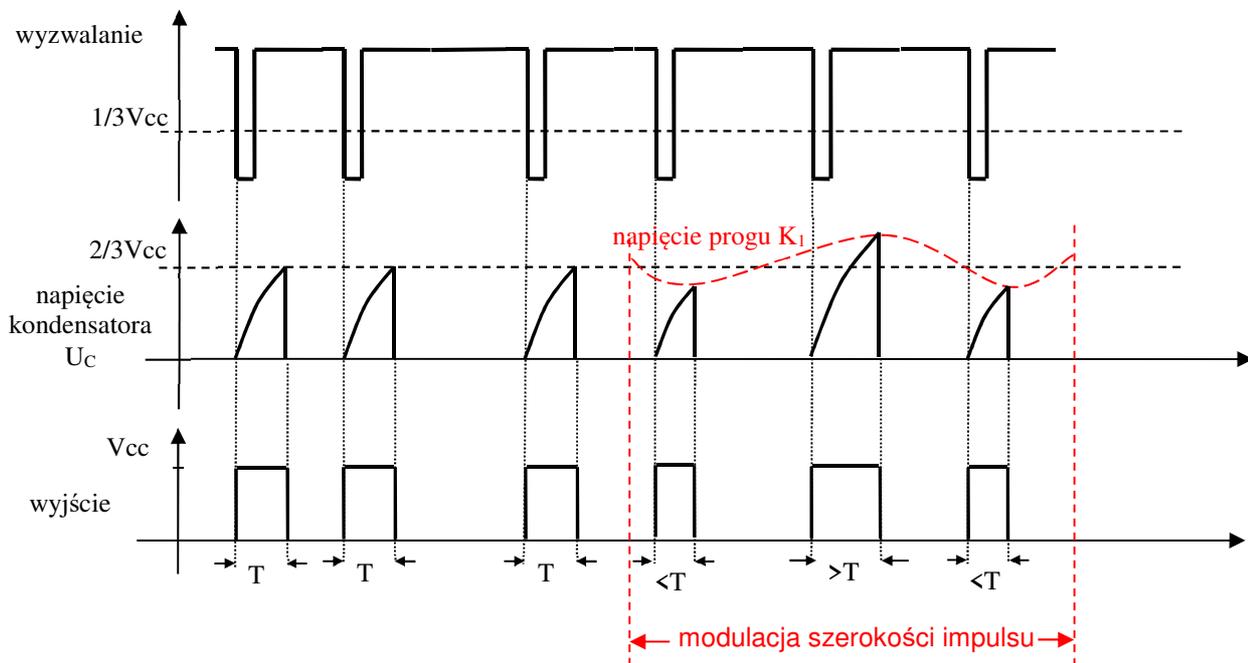
Chwilową wartość czasu trwania impulsu można obliczyć ze wzoru:

$$T = R_A C \ln\left(\frac{V_{cc}}{V_{cc} - V(5)}\right) \quad (2)$$

Na Rys. 3 pokazano przykładowe przebiegi w układzie, przy sterowaniu wejścia *MOD\_AC*.



Rys. 2. Sposób podłączania sygnału modulującego.

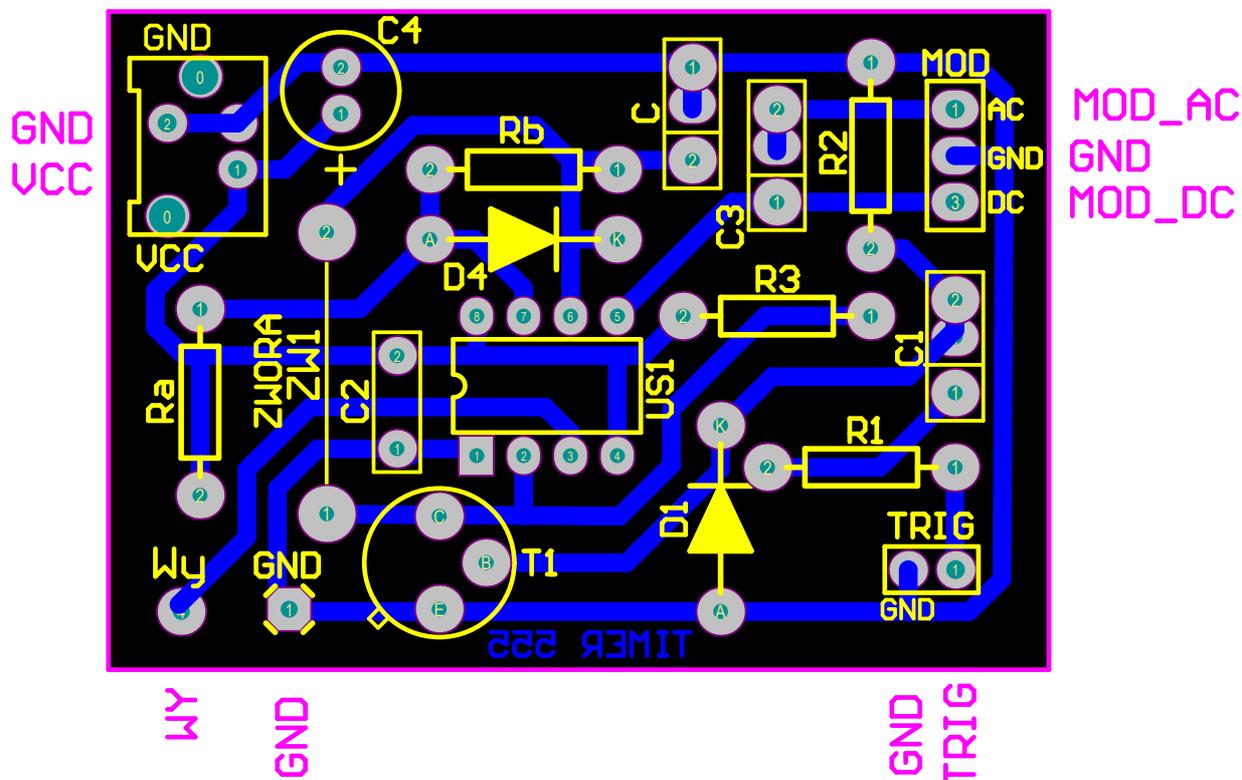


Rys. 3. Przebiegi w układzie przerzutnika monostabilnego bez i z modulacją.



## 2.2. Budowa układu laboratoryjnego

Pełny schemat połączeń w układzie laboratoryjnym pokazano na Rys.5, a na Rys.6 pokazano schematy montażowe badanych układów.



Rys.5. Pełny schemat montażowy przerzutnika „555” - widok od strony elementów.  
Płytkę zawiera elementy do przerzutnika astabilnego i monostabilnego.

Podstawowymi elementami układu mającymi wpływ na pracę układu są rezystor  $R_A$  i kondensator  $C$ . Ich znaczenie opisano w poprzednich punktach.

Doprowadzenie sygnału modulującego przez wejście  $MOD\_AC$  z generatora zewnętrznego umożliwia badanie układów modulatorów w warunkach dynamicznych (modulacja napięciowym sygnałem zmiennym). Podłączenie natomiast regulowanego zasilacza do wejścia  $MOD\_DC$  umożliwia badanie układów modulatorów w warunkach statycznych (modulacja napięciem stałym).

Jeżeli układ pracuje w konfiguracji przerzutnika niemodulowanego monostabilnego wówczas wejście  $MOD\_AC$  powinno być zwarte do masy.

### **3. Przygotowanie do zajęć.**

Przygotowanie do zajęć może wynosić od 2 do 4 godzin.

#### **2.3. Materiały źródłowe**

- [1] Materiały Laboratorium i Wykładów Zespołu Układów Elektronicznych.
- [2] K. Górski: Timer 555 w przykładach, Wyd. BTC, Warszawa, 2004.
- [3] U. Tietze, Ch. Schenk, Układy półprzewodnikowe, WNT, Warszawa, 2008,
- [4] P. Horowitz, W. Hill, Sztuka elektroniki, 2018, WKŁ

#### **2.4. Pytania kontrolne**

1. Co oznaczają i jak się mierzy: czas narastania, czas opadania, zwis, okres, współczynnik wypełnienia impulsu ?
2. Jakie są podstawowe układy przerzutników tranzystorowych - schematy i zasady działania ?
3. Analiza przerzutników z układem typu „555” (zasada działania, przebiegi czasowe i zależności je opisujące).
4. Jakie są przykładowe zastosowania przerzutników monostabilnych i astabilnych na przykładzie układu typu „555” ?
5. Na czym polega modulacja szerokości impulsów: parametry, właściwości, przykładowe zastosowania ?
6. Na czym polega modulacja częstotliwości: parametry, właściwości, przykładowe zastosowania ?.

### **3.2. Projekt układu**

Przed wykonaniem ćwiczenia studenci otrzymują od Prowadzącego wymaganą długość generowanego impulsu oraz napięcie zasilania.

Układ przerzutnika należy zaprojektować, tzn. przyjąć wartość elementów i obliczyć wartości pozostałych (najlepiej przyjąć wartości pojemności i obliczyć rezystancje). Wartości niektórych parametrów może zasugerować Prowadzący. Obliczone wartości należy nanieść na wydrukowany schemat z Rys.4 (elementy niemontowane należy przekreślić).

Zaprojektowany układ należy zasymulować w programie do analizy układów elektronicznych (np. Psice) oraz wydrukować przebiegi wyjściowy i przebiegi napięcia na kondensatorze (końcówka 6 układu scalonego).

Symulacje przeprowadzić tak, aby odpowiadały pomiarom opisanym w punkcie 4.3.

Przygotować również należy szablony tabel i siatki pod ewentualne wykresy .

## 4. Przebieg ćwiczenia

### 4.1. Montaż układu.

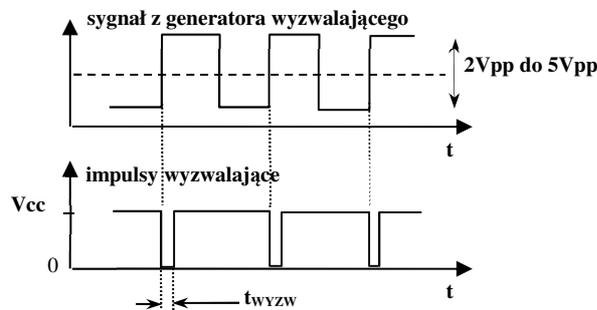
Przed zmontowaniem układu należy zmierzyć wartości elementów (rezystorów i kondensatorów), a ich wartości wpisać na przygotowanym schemacie obok wartości obliczonych. Układ należy zmontować zgodnie ze schematem montażowym pokazanym na Rys.5.

Uwaga:

- schemat z Rys.4 i płytką z Rys.5 zawierają elementy zarówno do układu przerzutnika astabilnego i monostabilnego;
- montować należy tylko elementy widoczne na schemacie z Rys. 2; zwory Zw1 nie montować.

### 4.2. Uruchomienie układu.

- Ustawić napięcie zasilające z przedziału 5-15V (typowo  $V_{CC} = 5V$ ), wyłączyć zasilacz i podłączyć przewody zasilające.
- Włączyć zasilanie.
- Sprawdzić działanie układu wyzwalańca.



Rys.6. Sygnał generatora i impuls wyzwalający.

- Impulsy wyzwalające na kolektorze tranzystora  $T_1$  powinny mieć kształt jak na Rys.6. Ich długość (w stanie niskim) powinna wynosić kilka  $\mu s$ . W przeciwnym razie wyłączyć zasilanie i sprawdzić układ.
- Do wyjścia układu dołączyć pierwszy kanał oscyloskopu, a drugi do kondensatora C (nóżka 6 układu).
- Jeżeli wszystko działa prawidłowo, na ekranie oscyloskopu powinny pojawić się przebiegi, jakie pokazano na Rys. 4. W przeciwnym razie wyłączyć zasilanie i sprawdzić układ.

### **4.3. Pomiary.**

1. Zaobserwować i wydrukować zrzuty ekranu oscyloskopu cyfrowego przebiegu generatora wyzwalającego oraz impulsów wyzwalających jak na Rys.6. Porównać wyniki z obliczonymi i uzyskanymi w symulacji.
2. Zaobserwować i wydrukować zrzuty ekranu oscyloskopu cyfrowego przebiegu wyjściowego oraz napięcia na kondensatorze C (Rys.3 – bez modulacji). Porównać wyniki z obliczonymi i uzyskanymi w symulacji, a w szczególności odczytać napięcia progowe komparatora.
3. Zmieniając napięcie zasilania  $V_{CC}$  od 0V do 15V zmierzyć za pomocą oscyloskopu długość generowanego impulsu wyjściowego  $T=T(V_{CC})$  oraz amplitudę impulsu wyjściowego  $V_{W_{ampl}}= V_{Wy_{ampl}}(V_{CC})$  (wyniki umieścić w tabeli wg wzoru 4.4.1i sporządzić wykresy). Określić minimalne napięcie pracy układu.

### **4.4. Badanie układu modulatora częstotliwości.**

4. Do wejścia MOD\_AC badanego układu podłączyć generator funkcyjny (kształt sygnału: trójkątny lub sinusoidalny, wartość międzyszczytowa napięcia około  $\frac{1}{4}$  napięcia zasilania przerzutnika  $V_{CC}$ , częstotliwość 10 do 20 razy mniejsza niż częstotliwość pracy układu).  
Jeżeli wszystko działa prawidłowo, na ekranie oscyloskopu zaobserwować można przebiegi, jakie pokazano na Rys. 3 (z modulacją). Jeśli przebiegi nie są zsynchronizowane, to obraz na oscyloskopie cyfrowym należy zatrzymać. Przebieg należy wydrukować.  
Określić zakres napięć sygnału modulującego  $V_{MOD\_AC}$ , przy którym układ działa prawidłowo bez widocznych zniekształceń.
5. Odłączyć generator sygnału modulującego od wejścia MOD\_AC. Do wejścia MOD\_DC dołączyć zasilacz napięcia stałego o wstępnie ustawionym napięciu  $\frac{1}{2}$  napięcia zasilania przerzutnika.  
Zmieniając napięcie  $V_{MOD\_DC}$  w zakresie 20% do 80% napięcia zasilania ( $V_{CC}$ ) zmierzyć oscyloskopem czas T generowanego impulsu wyjściowego. Wyniki pomiarów umieścić w tabeli 4.4.2. oraz naszkicować wykres  $T=T(V_{MOD\_DC})$ . Parametry przebiegu porównać z wynikami symulacji.

## **5. Wnioski.**

Należy sformułować odpowiedzi na problemy postawione w punktach 1 do 5 w rozdziale Pomiary (4.3 i 4.4).



**Tabela 4.4.1** Częstotliwość sygnału wyjściowego i międzyszczytowe napięcie wyjściowe w zależności od napięcia zasilania

lp.	Vcc [V]	Uwy(ampl)	T[us]
1			
2			
3			

**Tabela 4.4.2** Częstotliwość pracy układu przy zmianach napięcia modulującego.

lp.	VMOD_DC [V]	T[us]
1		
2		
3		