

Raport z etapu trzeciego
Laboratorium Otwarte

Elektroniczna kostka do gry

Łukasz Sztuka

Numer albumu: 243168

Wrocław, 2021

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Schemat układu i sposób działania	3
3. Symulacja w programie LTSpice XVII	5
4. Projekt płytki drukowanej w Eagle	7
5. Schematy pomiarowe	8
6. Pomiary	11
7. Wnioski	15
8. Oświadczenie o samodzielności pracy	16
9. Literatura i źródła wiedzy	16

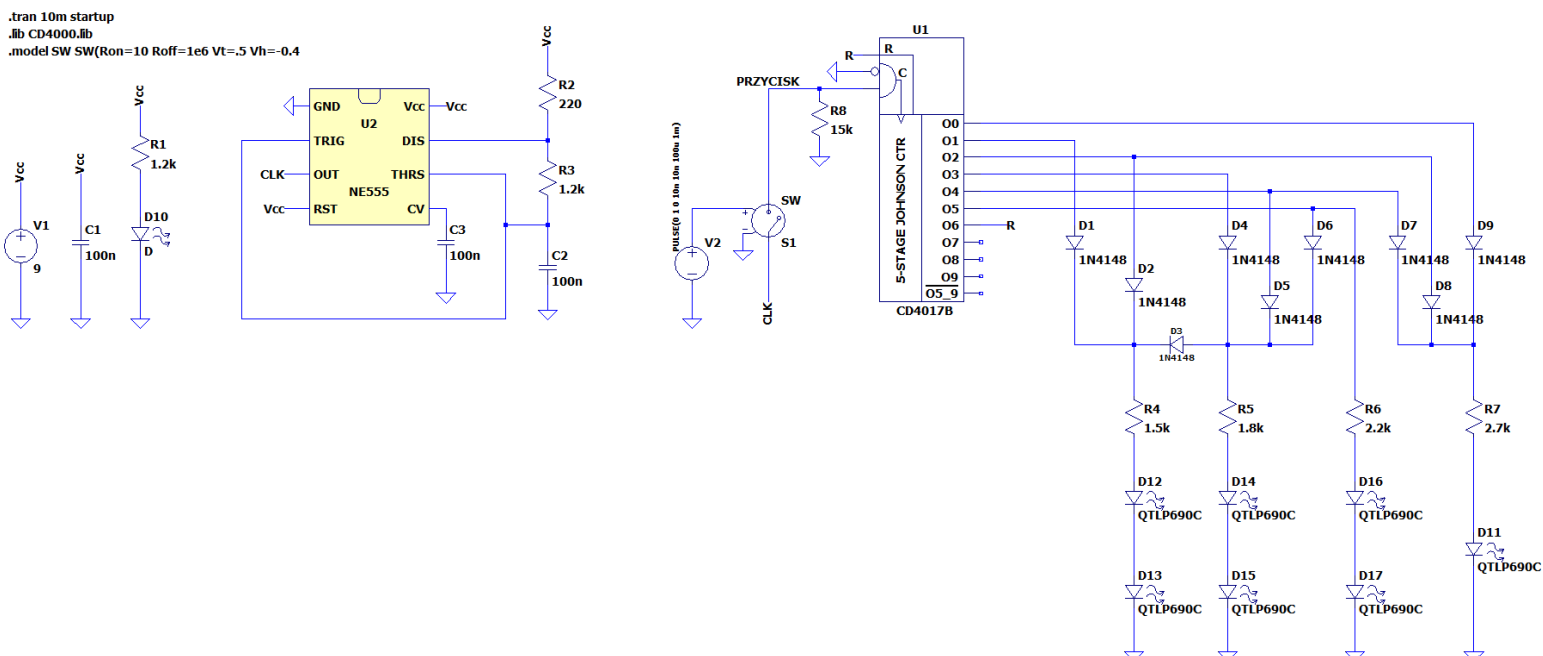
1. Wstęp

Projekt obejmuje wykonanie elektronicznej kostki do gry, która wyświetla losowe liczby z zakresu od 1 do 6 przy użyciu diod LED. Sześciennie kości z naniesionymi na poszczególne boki liczbami (zapisanymi przy użyciu oczek) służą do generowania losowych wartości w grach planszowych. Realizowany i badany układ jest elektronicznym odpowiednikiem fizycznej kostki.

Inspiracją do realizacji projektu był zestaw do samodzielnego montażu sprzedawany przez firmę AVT [1]. Względem oryginalnego schematu został zmieniony blok odpowiadający za generowanie przebiegu prostokątnego. Przeprojektowany układ został zasymulowany w programie LTSpice XVII, a następnie wykonany został prototyp na płytce stykowej. Wykonany również został projekt płytki obwodu drukowanego, przy użyciu programu EAGLE 7.5.0.

2. Schemat układu i sposób działania

Na rys. 1. przedstawiono schemat ideowy układu elektronicznej kostki do gry.



Rys. 1. Schemat układu z programu LTSpice XVII

Najprostszym sposobem wyjaśnienia działania tego układu będzie opisywanie poszczególnych elementów zaczynając od lewej strony schematu widocznego na rys. 1.

Układ zasilany jest baterią 9 V i uruchamiany poprzez przełącznik który dla czytelności nie został uwzględniony na schemacie. Kondensator C1 został umieszczony w celu odsprężania i zabezpiecza układ przed gwałtownymi zmianami napięcia wejściowego. Dioda D10 pozwala wygodnie sprawdzić czy układ jest włączony/wyłączony, ponieważ świeci tylko kiedy przełącznik jest w stanie przewodzenia oraz kiedy układ jest poprawnie zasilany.

Kolejnym i jednym z głównych elementów układu jest timer NE555. Skonfigurowany do pracy w trybie astabilnym pozwala na generowanie przebiegu prostokątnego o wybranych parametrach. Parametry te ustalane są przy pomocy odpowiednich wartości elementów elektronicznych podłączonych do układu scalonego. Częstotliwość generowanego sygnału obliczyć możemy przy użyciu wzoru nr 1 gdzie t_1 to czas trwania stanu wysokiego, a t_2 to czas trwania stanu niskiego. Wartości tych parametrów obliczyć możemy z wzorów nr 2 i nr 3.

$$f_{OUT} = \frac{1}{t_1 + t_2} \quad (1)$$

$$t_1 = \ln(2) \cdot (R2 + R3) \cdot C2 \quad (2)$$

$$t_2 = \ln(2) \cdot R3 \cdot C2 \quad (3)$$

Po podstawieniu wartości elementów użytych w projekcie otrzymamy:

$$f_{OUT} = \frac{1}{98,4 \cdot 10^{-6} + 83,1 \cdot 10^{-6}} = 5509,6 \text{ Hz}$$

$$t_1 = 0,693 \cdot (220 + 1200) \cdot 100 \cdot 10^{-9} = 98,4 \mu s$$

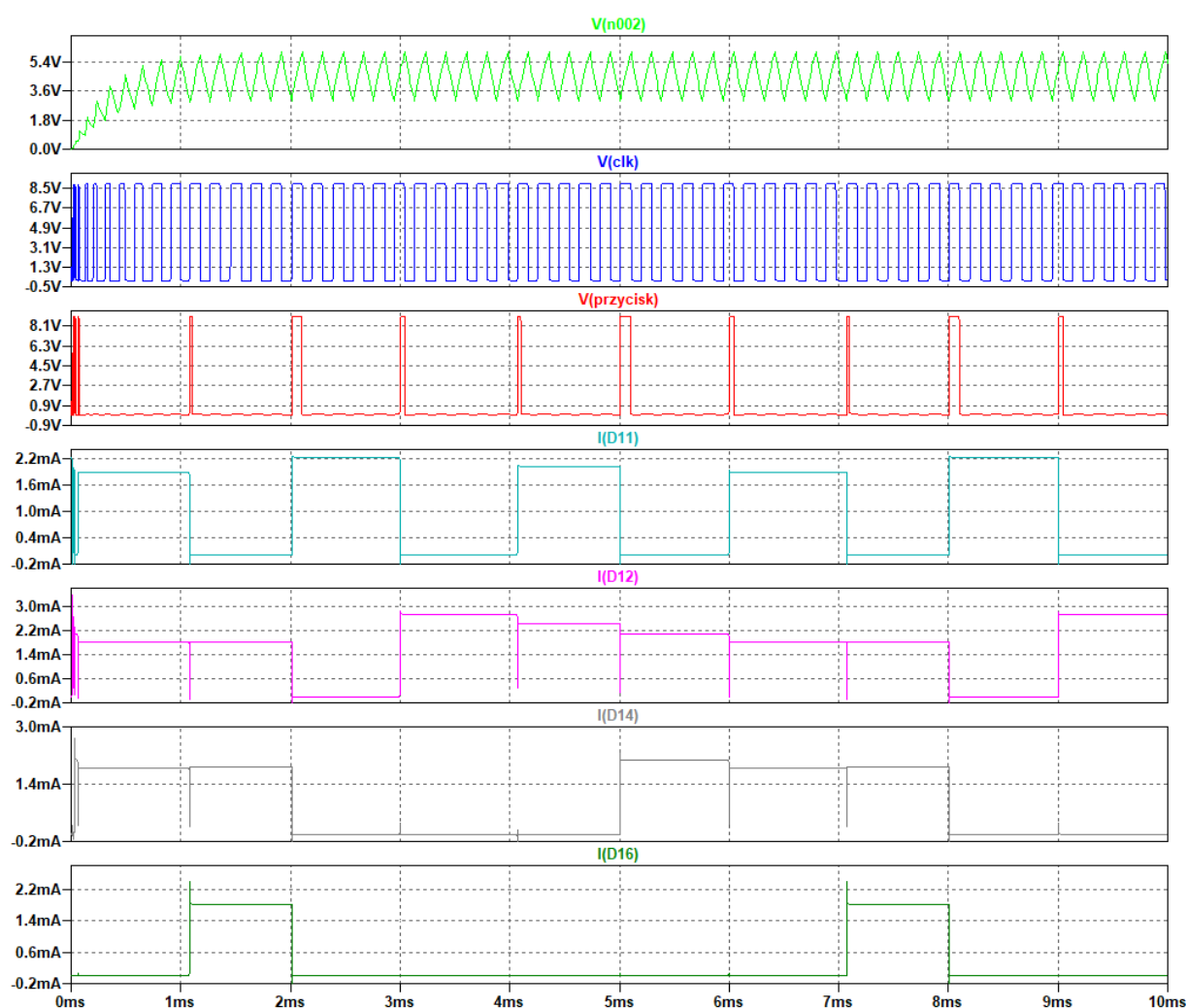
$$t_2 = 0,693 \cdot 1200 \cdot 100 \cdot 10^{-9} = 83,1 \mu s$$

Wygenerowany sygnał trafia następnie na przycisk S1. Naciśnięcie tego przycisku przez użytkownika przekazuje sygnał na wejście CLK licznika CD4017B. Z uwagi na względnie "wysoką" z perspektywy użytkownika częstotliwość sygnału, nie jest on w stanie określić jak wiele impulsów zostanie zliczonych. Dzięki temu uzyskujemy efekt losowości. Rezystor R8 pełni rolę ściągacza do masy (pull down). Pozwala on ograniczyć wpływ zakłóceń elektromagnetycznych, kiedy przycisk nie przekazuje sygnału [2].

Układ scalony CD4017B jest to dziesięcio-bitowy licznik Johnsona, którego wyjścia wyprowadzone są na bramki AND. Zabieg ten sprawia, że na wyjściu układu scalonego otrzymujemy wynik w kodzie 1 z 10, zamiast w kodzie Johnsona. Wyjście szóste licznika

podłączone zostało do wejścia RESET. Dzięki temu licznik po doliczeniu do sześciu zaczyna zliczać od nowa. Wyjścia licznika o numerach od 0 do 5 podłączone zostały do diod półprzewodnikowych, których zadaniem jest zabezpieczenie układu przed zwarciami. Diody te podłączone zostały do rezystorów a następnie do diod LED w sposób pozwalający wyświetlać wartości odpowiadające wartości widocznym na ściankach kości do gry. Rezystory włączone w układ pozwalają ograniczyć prąd przepływający przez diody LED oraz zrównoważyć jasność poszczególnych diod. Minimalne napięcie wejściowe zegara musi wynosić 5 V [3].

3. Symulacja w programie LTSpice XVII



Rys. 2. Przebiegi prądowe i napięciowe z symulacji obwodu w programie LTSpice XVII

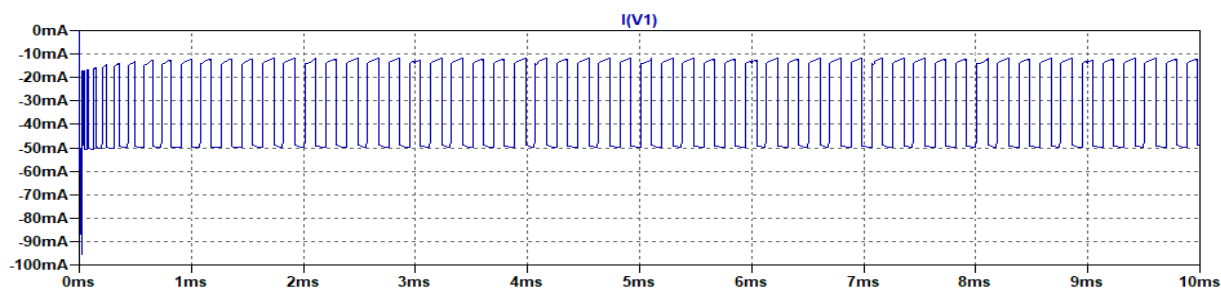
Układ zaprezentowany na rys. 1 poddany został symulacji czasowej w programie LTSpice XVII a jej wyniki przedstawia rys. 2.

Zielony przebieg na pierwszym panelu ukazuje napięcie na kondensatorze C2, kondensator ten pełni istotną rolę z perspektywy wewnętrznej budowy układu NE555.

Po naładowaniu się do $\frac{2}{3}$ napięcia zasilania następuje przełączenie wbudowanego komparatora i tym samym zmiana stanu na niski na wyjściu układu. Następnie uruchomiony zostaje wbudowany tranzystor odpowiadający za sprzęgnięcie do masy. Kondensator wówczas się rozładowuje do wartości $\frac{1}{3}$ napięcia zasilania a komparator przełącza napięcie na wyjściu na stan wysoki. Wygenerowany w ten sposób przebieg zaobserwować możemy na panelu drugim, zaznaczony on został niebieskim kolorem i etykietą "clk" [4].

Czerwony przebieg widoczny na panelu trzecim przedstawia napięcie na wyjściu przycisku S1. Moment jego przyciśnięcia został zaaranżowany dzięki zastosowaniu sterowanego źródła napięciowego V2. Źródło to wysyła impuls zwierający przycisk w taki sposób aby zliczony przez licznik Johnsona został tylko jeden impuls. Taka konfiguracja zapewnia wygodną obserwację prądów płynących przez diody. Zaobserwować możemy również kolejno wyświetlane liczby bez efektu "losowości".

Przebiegi widoczne na pozostałych panelach to wcześniej wspomniane prądy płynące przez obwody diod. Kolejno prąd I(D11) to prąd płynący przez pojedynczą diodę D11 uruchamianą podczas wyświetlania cyfr 1, 3, 5 oraz analogicznie pozostałe.

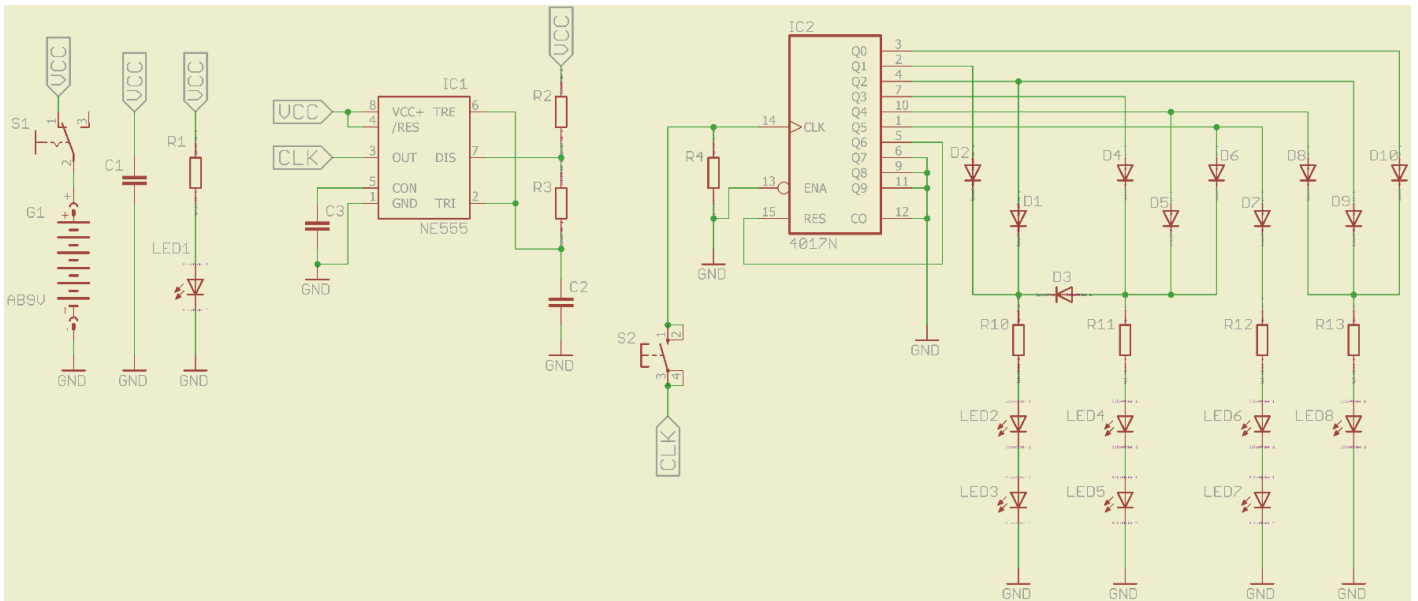


Rys. 3. Przebieg prądu pobieranego z źródła.

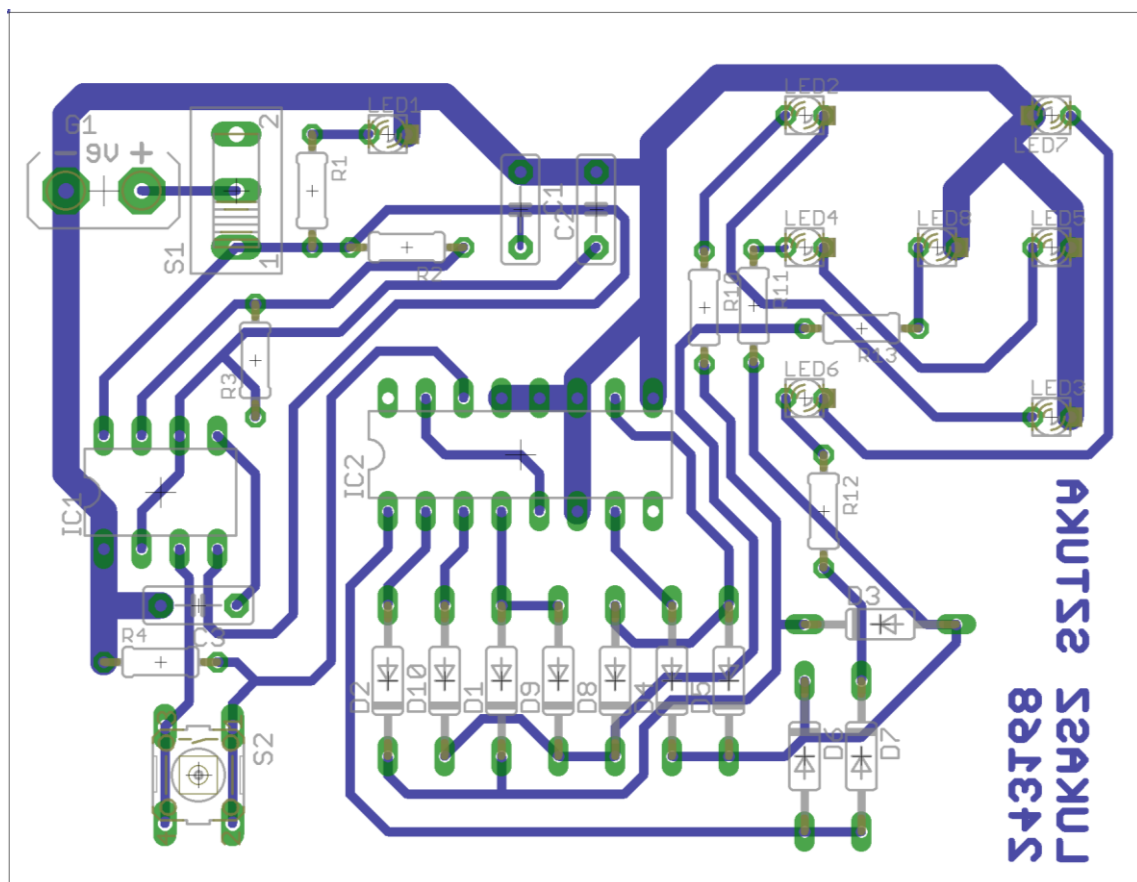
Na rys. 3 przedstawiono wykres prądu pobieranego przez układ w trakcie pracy. Po pikie związanym z rozruchem układu prąd pobierany przez układ waha się w granicach od 12 mA do 49,6 mA.

4. Projekt płytki drukowanej w Eagle

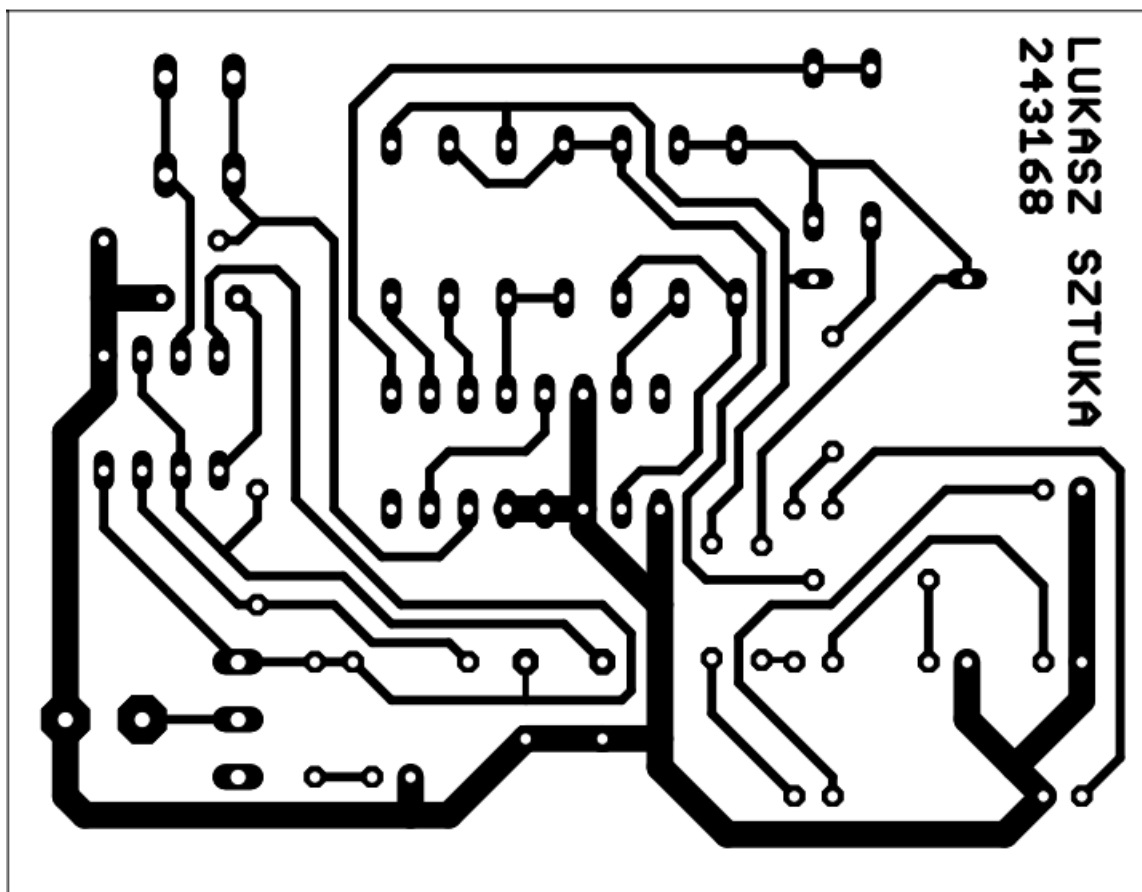
W celu zaprojektowania płytki drukowanej koniecznym było odtworzenie schematu elektronicznego w programie Eagle oraz wybór obudów elementów. Schemat elektroniczny z programu Eagle przedstawiony został na rys. 3 natomiast topologia połączeń na rys. 4.



Rys. 4. Schemat elektroniczny układu w programie Eagle 7.5.



Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na płytce PCB w skali 2:1.



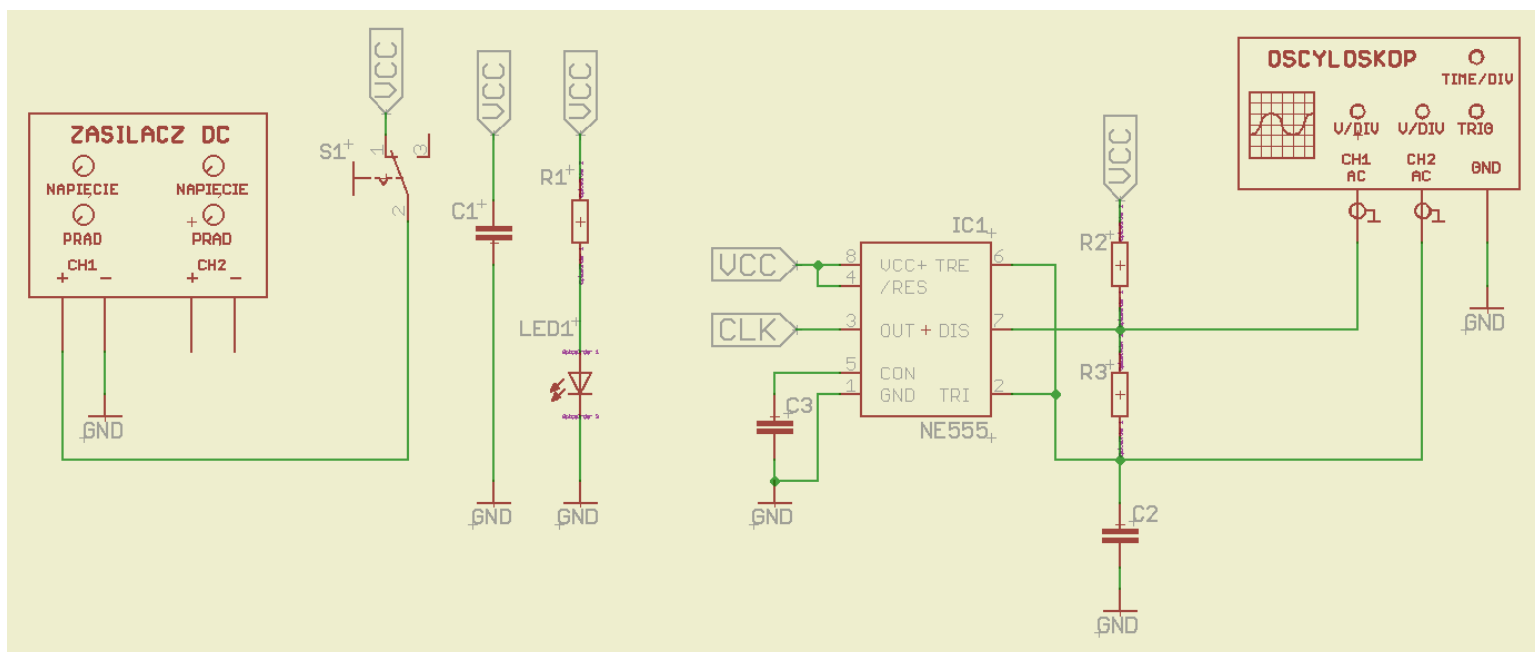
Rys. 6. Topologia połączeń w skali 2:1.

Ścieżki na zaprojektowanej płytce obwodu drukowanego mają grubości: ścieżka masy – 1.778 mm, pozostałe ścieżki – 0.609 mm. Rozmiary płytki wynoszą 76 x 59 mm.

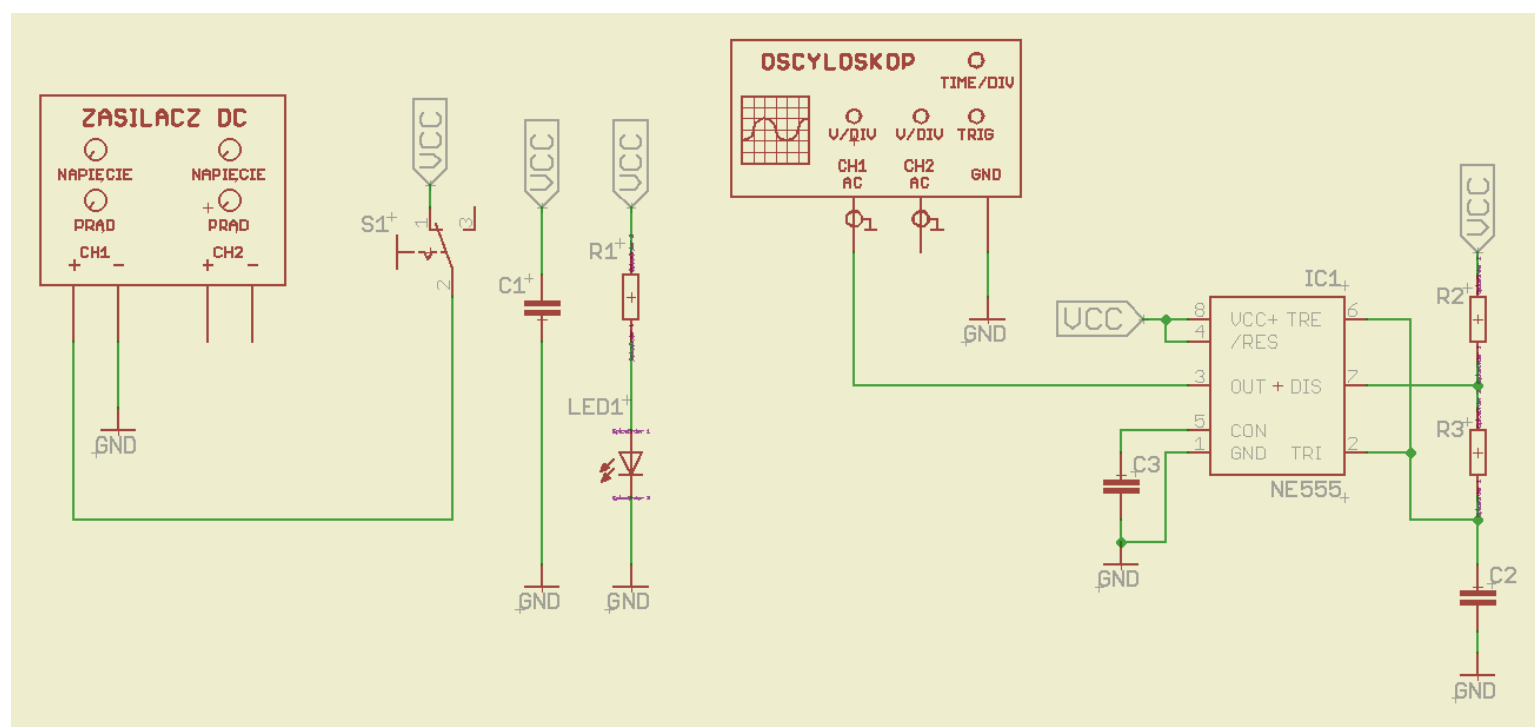
5. Schematy pomiarowe

W trakcie pomiarów zalecane jest zasilanie układu z zasilacza w celu ograniczenia rozładowywania się baterii. Na rysunku nr 7 przedstawiono schemat do pomiaru napięć na dzielniku napięcia wykorzystywanym w układzie timera NE555. Wejścia oscyloskopu podłączono kolejno do wyprowadzeń DIS oraz TRI układu NE555. Schemat na rysunku nr 8 przedstawia układ do pomiaru sygnału prostokątnego generowanego przez timer. Przy jego pomocy określić możemy częstotliwość sygnału oraz ocenić poprawność wykonanych obliczeń. W tym przypadku wykorzystano jeden z kanałów oscyloskopu który został podłączony do wyprowadzenia OUT układu NE555. Na rysunku nr 9 przedstawiono schemat służący do oceny poprawności działania licznika Johnsona. Do wejść oscyloskopu podłączone zostało wyjście nr 1 włączające pojedynczą diodę LED oraz wyjście nr 6, które restartuje układ.

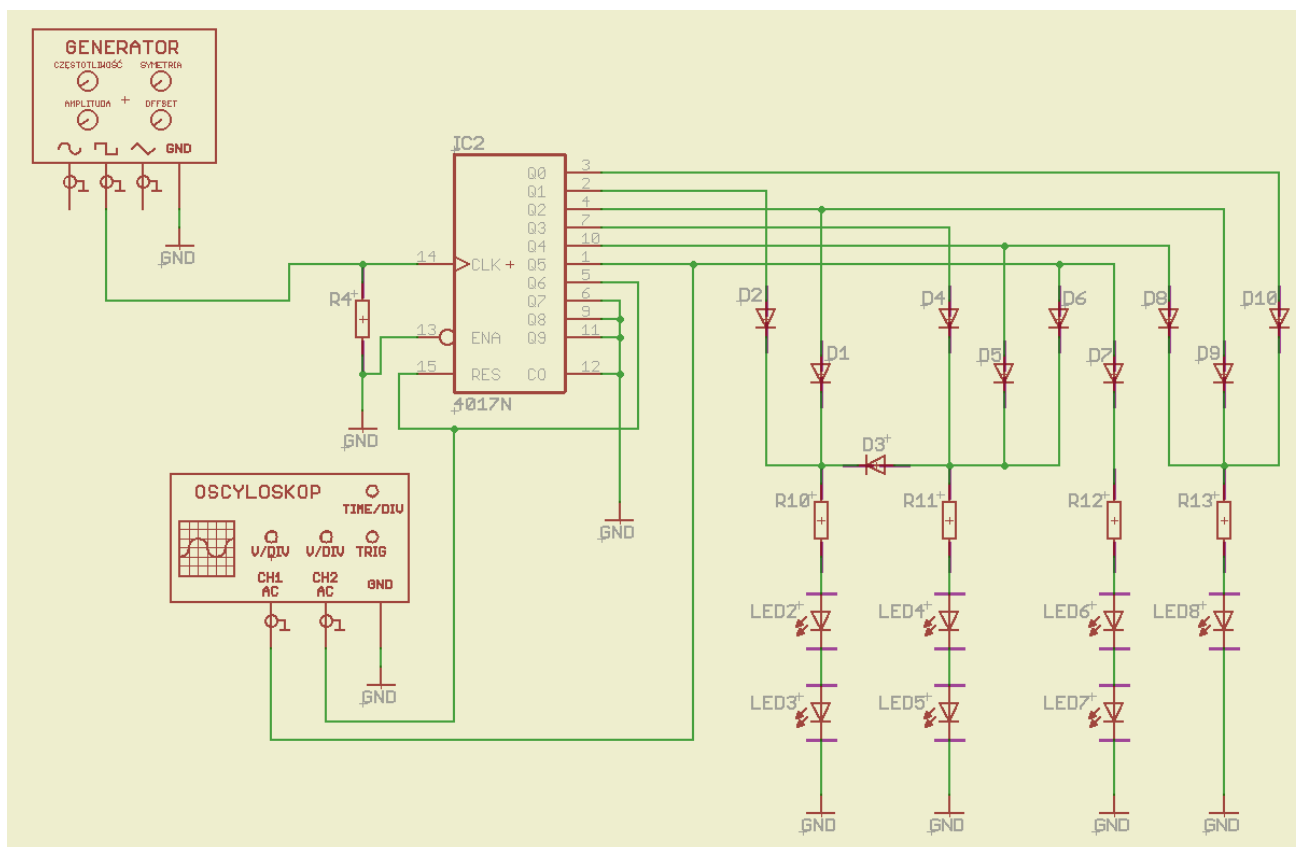
W celu pobudzenia układu należy użyć generatora ustawionego w tryb generowania sygnału prostokątnego.



Rys. 7. Schemat pomiarowy sygnałów na wyprowadzeniach DIS oraz TRI układu NE555



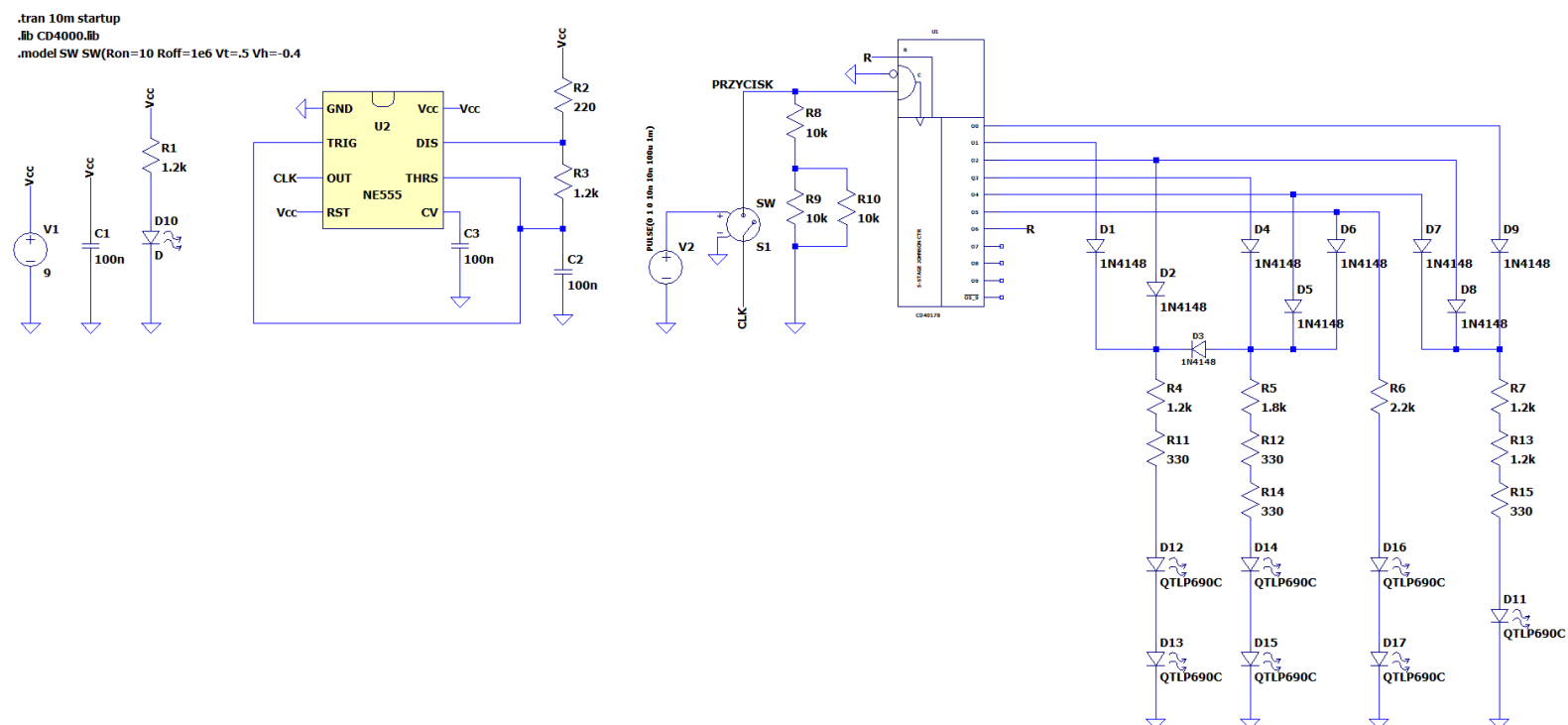
Rys. 8. Schemat pomiarowy sygnału prostokątnego generowanego przez układ NE555



Rys. 9. Schemat pomiarowy dla układu CD4017B

6. Pomiar

Po zmontowaniu prototypu układu na płytce stykowej i zasileniu jej przy użyciu zasilacza o napięciu 9 V rozpoczęto pomiary zgodne z schematami pokazanymi na rysunkach 7 – 9. Z powodu nie dostępności rezystorów o wskazanych wartościach zdecydowano się zastąpić je szeregowo połączonymi dostępnymi rezystorami . W efekcie prototyp zmontowany został według schematu z rysunku nr 10. Zmiana ta nie miała większego znaczenia na działanie urządzenia. Do pomiarów wykorzystany został oscyloskop jedno kanałowy DSO150.

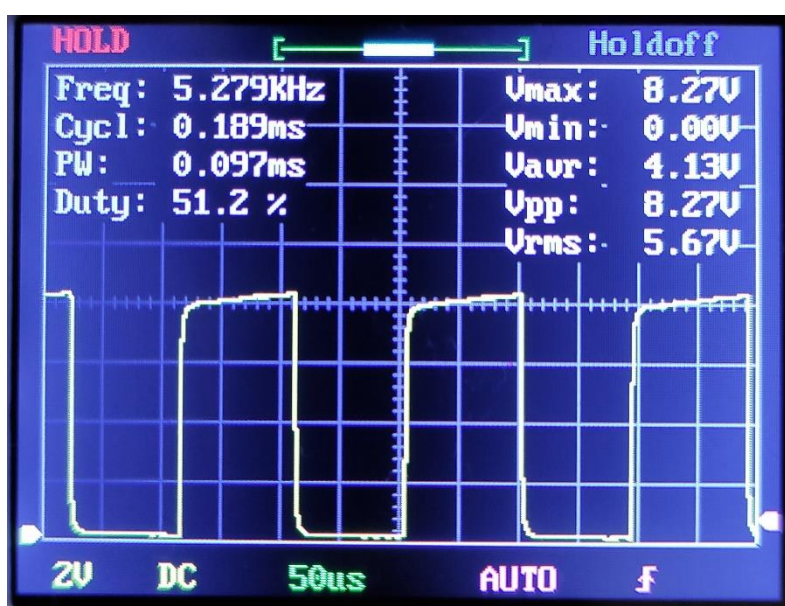


Rys. 10. Schemat prototypu układu elektronicznej kostki.

Tabela 1. Lista użytych elementów elektronicznych

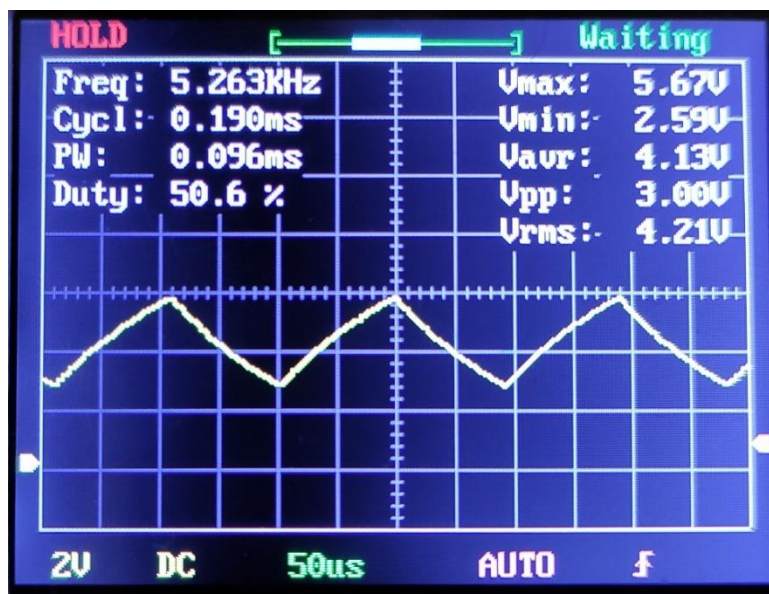
Lp.	Symbol	Element	Wartość	Ilość
1	V1	Bateria	9 V	1
2	D1 - D9	Dioda 1N4148		9
3	D10 - D18	Dioda LED		8
4	R2	Rezystor	220 Ω	1
5	R11, R12, R14, R15	Rezystor	330 Ω	4
6	R1, R3, R4, R7, R13	Rezystor	1,2 k Ω	4
7	R5	Rezystor	1,8 k Ω	1
8	R6	Rezystor	2,2 k Ω	1
9	R8, R9, R10	Rezystor	10 k Ω	3
10	C1 - C3	Kondensator	100 nF	3
11	U1	Układ scalony	NE555	1
12	U2	Układ scalony	CD4017B	1
13	S1	Przełącznik		1
14	S2	Przycisk		1

Jako pierwszy zmierzony został sygnał na wyprowadzeniu DIS układu NE555. Skrót DIS rozwinąć możemy w słowo Discharge, które oznacza rozładowanie i związane jest z kondensatorem C2 włączonym w układ. Pomiar przedstawiony został na rysunku nr 11 i jest zgodny z oczekiwanym.



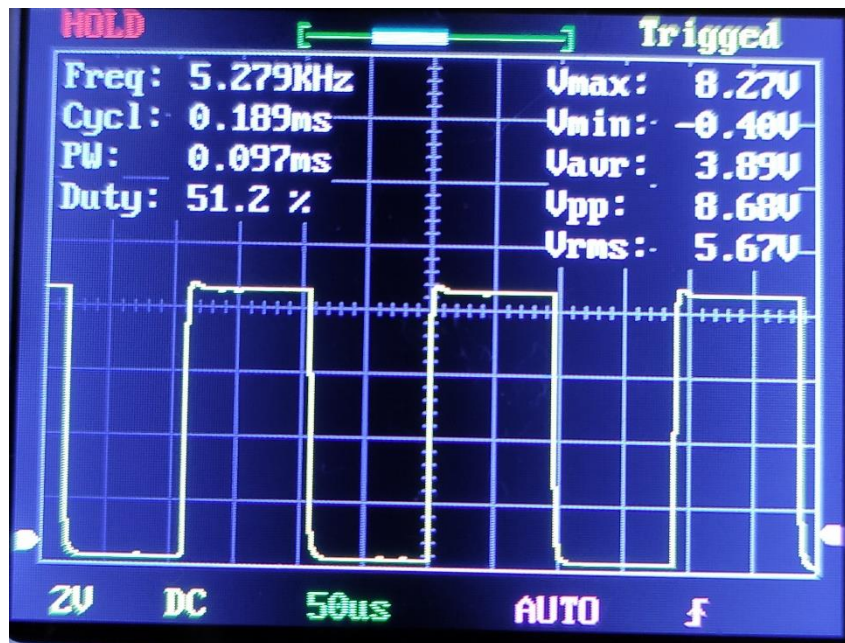
Rys. 11. Pomiar napięcia na wyjściu DIS układu NE555.

Kolejnym zrealizowanym pomiarem był pomiar napięcia na kondensatorze C2. Zasada jego działania została opisana w części poświęconej symulacji komputerowej układu. Kształt zaobserwowanego przebiegu pokrywa się z symulowanym. Z kolei przewidywany zakres napięcia wynosi od 3 V do 6 V co odbiega od stanu rzeczywistego który wynosi od 2,59 V do 5,67 V. Pomiar ten ilustruje rysunek nr 12. Różnice wynikać mogą z niedoskonałości zastosowanych elementów oraz rozbieżności w ich wartościach rzeczywistych względem katalogowych.



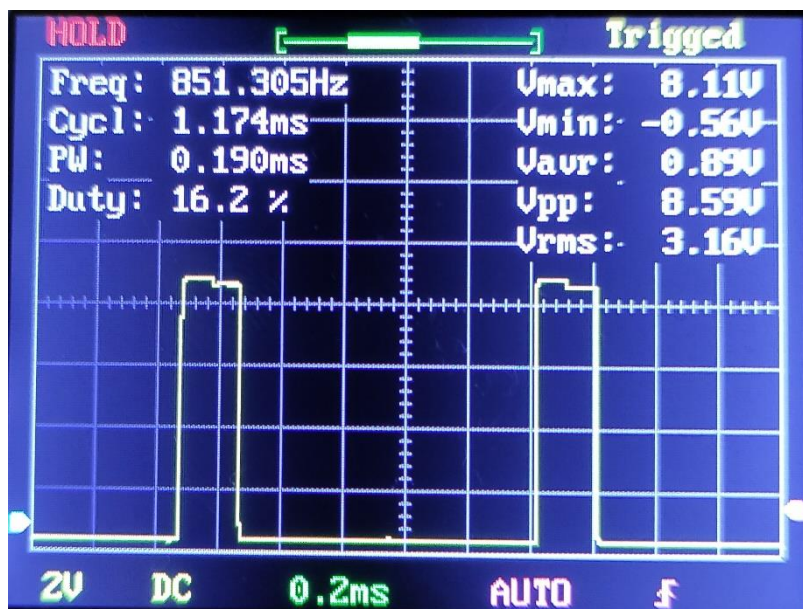
Rys. 12 Pomiar napięcia na kondensatorze C2.

Sygnał prostokątny generowany na wyjściu układu NE555 przedstawiony został na rysunku nr 13. Jego częstotliwość to 5,259 kHz co odbiega od wartości zaprojektowanej o 250 Hz. Różnica również istnieje w stopniu wypełnienia sygnału i wynosi ona 3%. Na rysunku zauważyć możemy, że wartość minimalna sygnału wynosi -0,4 V. Jest to błąd urządzenia pomiarowego i należy go zignorować.



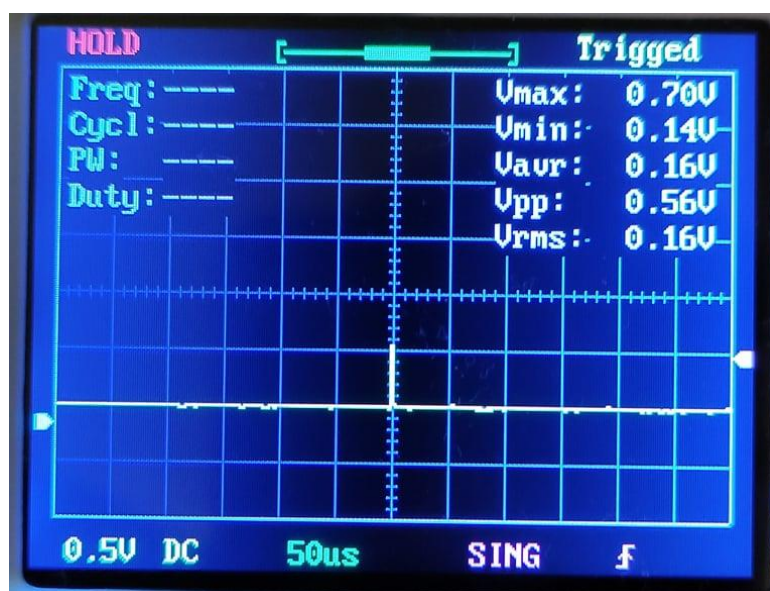
Rys. 13. Pomiar sygnału wyjściowego z układu NE555.

W celu weryfikacji poprawności działania układu CD4017B wykonano pomiar napięcia na wyprowadzeniu nr 1. Efekt przedstawiony został na rysunku nr 14. Podczas pomiaru przycisk S1 był cały czas zwarty. Dzięki temu układ zliczał kolejne impulsy i restartował się w zamkniętym cyklu.



Rys. 14. Pomiar napięcia na wyprowadzeniu nr 1 układu licznika CD4017B.

Jako ostatni wykonany został pomiar napięcia na wyprowadzeniu RESET układu scalonego licznika Johnsona CD4017B. Przedstawiony on został na rysunku nr 15. Pomiar wykonany został w trybie SINGLE pozwalającym na detekcję pojedynczego impulsu. Niestety ze względu na niską jakość dostępnego sprzętu pomiarowego, niemożliwe jest dokładne zmierzenie impulsu wywołującego reset układu. Zgodnie z nota katalogową jego parametry czasowe takie jak minimalna szerokość impulsu lub opóźnienie wykonania resetu przyjmuje typowe wartości rzędu od 30 do 200 ns. Z kolei jedyną możliwością dokonania pomiaru było ustawienie oscyloskopu na współczynnik podstawy czasu wynoszący 50 μ s. Maksymalne napięcie zmierzonego impulsu wyniosło 0,7 V.



Rys. 15. Pomiar napięcia na wejściu RESET układu licznika CD4017B.

7. Wnioski

Wykonany prototyp zaprojektowanego układu w trakcie pomiarów działał zgodnie z założeniami [5]. Pozwala to wnioskować, że urządzenie wykonane na bazie zaprojektowanego układu będzie działać poprawnie i spełniać oczekiwania użytkownika.

Jeżeli istniałaby konieczność wykonania płytki PCB należałoby wzbogacić ją o rozlaną masę w celu skrócenia czasu trawienia i zaoszczędzenia substancji trawiącej.

Oscyloskop DSO150 którym wykonywano pomiary układu okazał się być zawodny w sytuacji śledzenia impulsów o krótkim czasie trwania. Należy również brać poprawkę na wartości maksymalne i minimalne napięcia mierzonego sygnału.

8. Oświadczenie o samodzielności pracy

Oświadczam, że projekt został zrealizowany w pełni samodzielnie, jest kompletny oraz spełnia wymagania projektowe.

9. Literatura i źródła wiedzy

[1] <https://serwis.avt.pl/manuals/AVT1661.pdf>

[2] https://pl.wikipedia.org/wiki/Timer_555

[3] https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4017b.pdf?ts=1637565950154&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.de%252F

[4] <https://forbot.pl/blog/kurs-elektroniki-ii-wstep-do-ukladu-ne555-id8202>

[5] <https://youtu.be/an95Y5spIGk>