

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. І. СІКОРСЬКОГО»  
Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни \_\_\_\_\_ Аналогова електроніка \_\_\_\_\_  
на тему: \_\_\_\_\_ Регулятор швидкості кулера на 555 таймері \_\_\_\_\_

Студента 2 курсу групи ДК-71  
Напряму підготовки: Радіоелектронні апарати  
Спеціальності: Телекомунікації та радіотехніка  
Сідоренко М.І.

\_\_\_\_\_ доцент , к.т.н. Короткий Є.В.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)  
Національна оцінка: \_\_\_\_\_  
Кількість балів: \_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени комісії: \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_ доцент , к.т.н. Короткий Є.В.  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Київ - 2019 рік

## Вступ

Температура навколишнього середовища іноді сильно впливає на електронні прилади. Вона може змінювати властивості приладу, прилад може вимикатись або взагалі вийти з ладу.

Температурна залежність електронних приладів настільки важливі, що знайшли багато варіантів рішення цієї проблеми. Від звичайних радіаторів до криогенних систем охолодження.

Але іноді невідповідальні виробники нехтують охолодженням своїх електронних приладів, що може призвести до виводу пристрою з ладу.

Існує багато схем з регулювання звичайного повітряного охолодження.

Одну я з них вирішив описати та зробити власноруч.

Я вважаю цю схему хорошим рішенням для багатьох приладів. Вона досить та проста в використанні.

## Зміст

Вступ.....	2
Розділ 1 .....	4
Розділ 2 .....	7
Розділ 3 .....	12
Висновки.....	21
Посилання.....	22

## Розділ 1

## Вибір та дослідження принципової схеми приладу

## Опис та характеристики таймеру NE555.

Щоб зрозуміти як працює схема потрібно побачити її нутрощі (Рис.1.1)

Схема та інформація взята з [1].

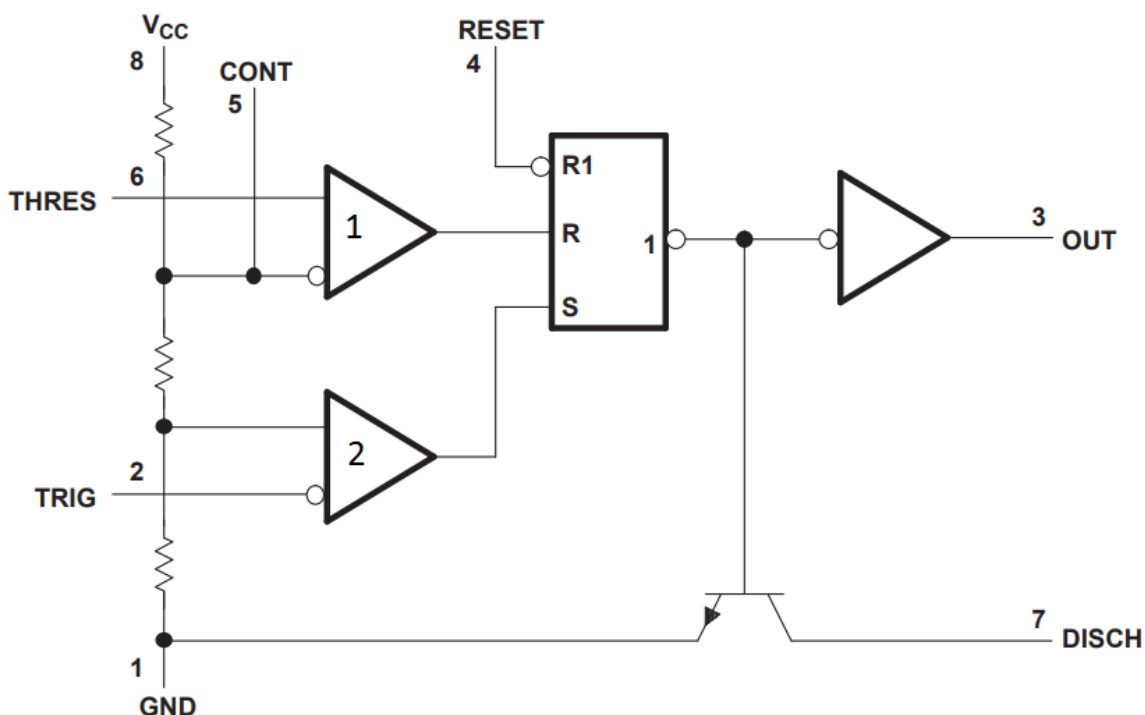


Рисунок 1.1 (Внутрішня будова таймера 555)

Опис кожного входу і виходу мікросхеми

1 - GND тобто мінус джерела живлення

2 - TRIG вхід запуску мікросхеми. З рис 1.1 видно що цей вхід підключений до негативного входу компаратору. На позитивному вході компаратора  $1/3$  від напруги живлення. Це означає, що якщо вхід запуску менше чим  $1/3$  від напруги живлення, то компаратор видає логічну одиницю. В свої чергу, ця логічна одиниця піде на вхід встановлення RC-триггеру, а це вже означає, що на виході встановиться логічна одиниця, а транзистор закриється.

3 - OUT вихід схеми, струм може досягати 200mA

4 - RST інверсне скидання. Тобто на виході таймера встановиться логічний нуль якщо на 4 вхід подати 0 і потрібно подати 1, щоб цей вхід не впливав на роботу схеми

5 - CONT з цього виходу можна отримати напругу  $2/3$  від напруги живлення. Подаючи на цей вхід напругу, можна вплинути на рівень напруги, який потрібно досягти входу 6, щоб вплинути на компаратор. Збільшуючи цю напругу можна збільшити коефіцієнт заповнення на виході.

6 - THRES цей вхід підключений до позитивного входу компаратора 1. Негативний вхід компаратора підключений до напруги  $2/3$  від джерела живлення. Це означає, щоб встановити логічну 1 на виході компаратора потрібно щоб на цей вхід подали напругу більшу за  $2/3$  від живлення. В свою чергу ця логічна одиниця піде на вхід скидання РС-тригера і встановить логічний нуль на виході таймера, а транзистор стане відкритим.

7 - DISCHARGE вхід розряду, як можна побачити з рис. 1.1 цей вивід є колектором транзистора. Зазвичай використовується для розряду конденсатора. Якщо на виході логічний 0 то транзистор відкритий і вхід може розряджати конденсатори. Якщо на виході логічна одиниця, то цей транзистор закритий і вхід не може розряджати.

8 -  $U_{cc}$  вхід напруги живлення таймеру від 4.5 до 16В

До всіх входів можна прикласти напругу не більшу за  $U_{cc}$ . Робочий діапазон температур складає від 0 до 70 градусів по Цельсію.

Знаючи повний опис, зазначений вище, ми можемо легко побудувати схему мультивібратора на даній мікросхемі. Для більшої простоти ми можемо його взяти з даташиту[1].

Коли напруга на конденсаторі досягає  $2/3$  від напруги живлення, компаратор, що підключений до входу Р приймає значення логічної 1 і як наслідок вихід триггеру перемикається в логічний 0.

Транзистор на вході розряду таймера відкривається і в цей момент часу починається розряд конденсатору C1 через резистор R2 на вхід розряду.

Як тільки конденсатор розрядиться до напруги  $1/3$  від живлення, то компаратор, який відповідає за вхід встановлення на РС тригері видасть логічну 1 і тригер на виході видасть теж логічну одиницю. І так буде відбуватись циклічно.

Контролювати тривалість імпульсів на виході можна

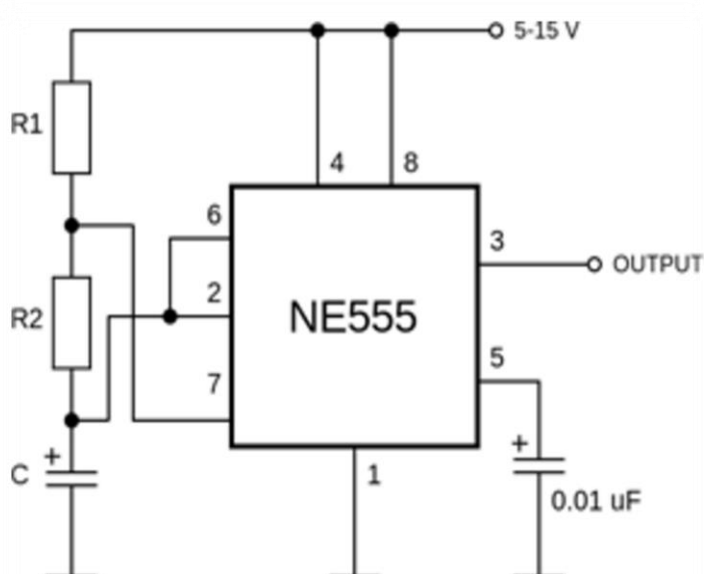


Рисунок 1.2 (Загальна схема мультивібратора)

ємністю  $C1$  і резисторами  $R1$  і  $R2$ . Для того що коефіцієнт заповнення вихідного меандру був близький до 0.5 потрібно щоб  $R2 \gg R1$ .

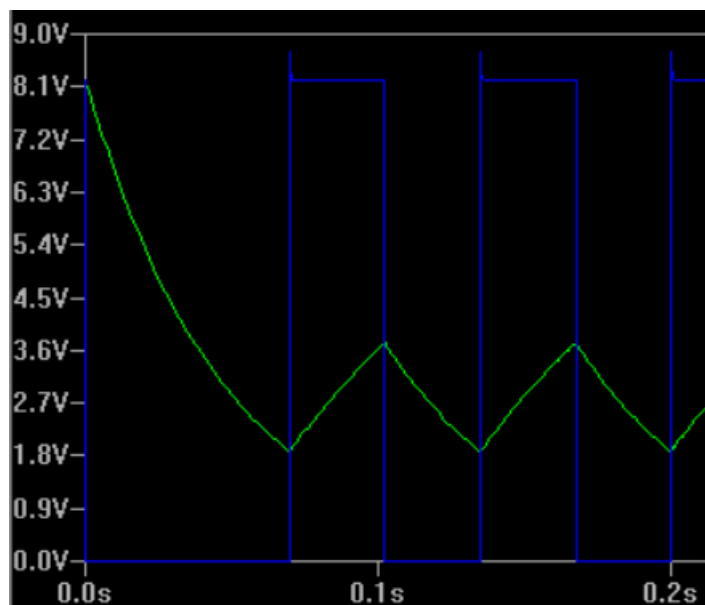


Рисунок 1.3 (Графік напруги на задавальному конденсаторі та виході)

## Розділ 2

## 2.1 Математичний розрахунок коефіцієнту заповнення сигналу на виході.

Для розрахунку коефіцієнту потрібно розрахувати тривалість імпульсу та період. Тривалість імпульсу дорівнює часу заряду конденсатора, а період заряду та розряду конденсатора. Починаємо розрахунок з тривалості заряду.

- 1) Заряд конденсатора відбувається через резистори R2 та R3. Можемо відразу порахувати.

$$R = R_2 + R_3 = 100\text{кОм} + 100\text{кОм} = 200\text{кОм}$$

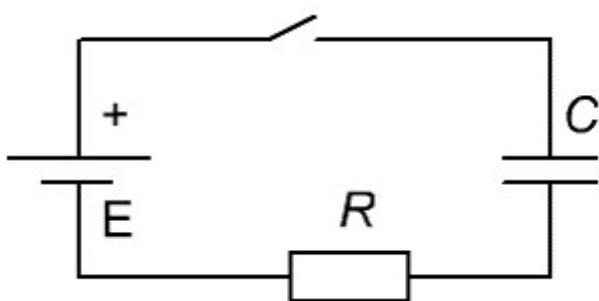


Рисунок 2.1 (Схематична схема заряду конденсатора)

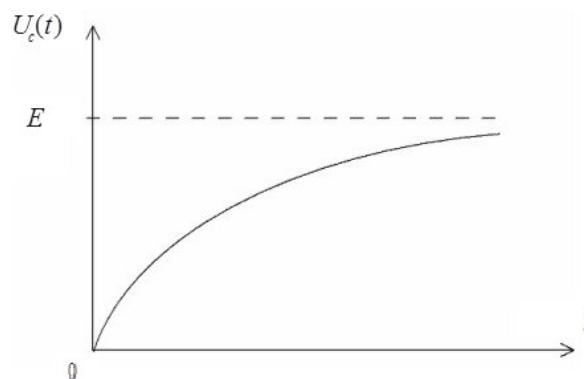


Рисунок 2.2 (Схематичний графік заряду конденсатора)

За II законом Кіргхофа :  $E = U_R + U_C$ , тоді  $U_R = E - U_C$ .

Оскільки  $I_R = I_C$ , то  $I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{E - U_C}{R}$  та  $I_C = C \frac{dU_C}{dt}$ , тепер прирівнюємо ці вирази

$$\frac{E - U_C}{R} = C \frac{dU_C}{dt}$$

Можна стверджувати, що  $\frac{dU_C}{dt} = - \frac{d(E - U_C)}{dt}$

Виходячи з цього  $\frac{E - U_C}{R} = - \frac{d(E - U_C)}{dt}$

Після маємо  $-RC \int \frac{d(E - U_C)}{E - U_C} = \int dt$

$$-RC \ln(E - U_C) = t + \text{const}$$

Тепер знаходимо константу. Припустимо, що такі початкові умови при  $t=0$ ,  $U_C = \frac{E}{3}$

Відповідно:  $\text{const} = -RC \ln(E - \frac{E}{3})$ , підставляємо  $\text{const}$  у вираз

$$-RC \ln(E - U_C) = t - RC \ln(E - \frac{E}{3})$$

Якщо з цього рівняння вивести  $U_C$  отримаємо формулу заряду конденсатора при початкових умовах, що вказувались вище :

$$U_C(t) = \frac{E(3 - 2e^{\frac{-t}{RC}})}{3} \quad (1)$$

Знаючи, що заряд конденсатора відбувається  $U_C = \frac{2E}{3}$ , можна з рівняння (1) отримати час, за який відбудеться заряд конденсатору до такої напруги.

$$\frac{2E}{3} = \frac{E(3 - 2e^{\frac{-t}{RC}})}{3}$$

Виразивши  $t$  отримаємо :  $t = -RC \ln(\frac{1}{2}) \approx (R_2 + R_3)C 0.693 = 200 * 10^3 * 0.47 * 10^{-6} * 0.693 = 94 * 10^{-3}$

Це час за який конденсатор заряджається від  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{2}{3}$  від  $U_{\text{control}} = E$ .



## 2) Розряд конденсатора

Розряд конденсатора відбувається через резистор R2 на вхід таймеру 555.

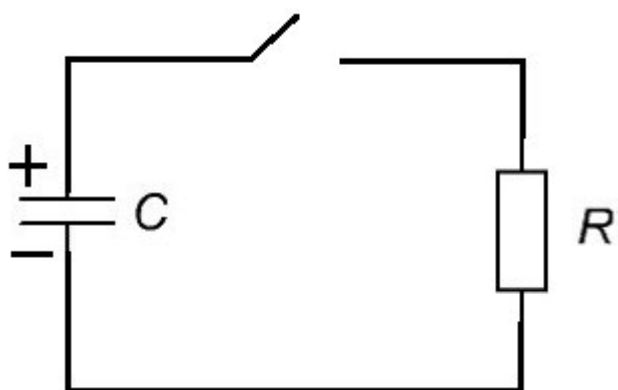


Рис. 2.3 Схематична схема розряду конденсатора

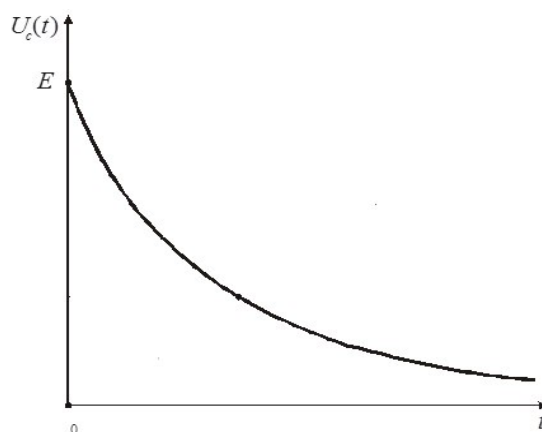


Рис. 2.4 Схематичний графік розряду конденсатора

Конденсатор почне розряджатись  $U_R = U_C$ .

$I_R = -I_C$ , бо в самому конденсаторі струм протікає від мінуса до плюса, а в схемі струм протікає від плюса до мінуса.

$$\text{Тоді } I_R = \frac{U_R}{R} = -\frac{U_C}{R}.$$

$$I_C = C \frac{dU_C}{dt}$$

$$\frac{-U_C}{R} = C \frac{dU_C}{dt}$$

$$\int \frac{dU_C}{U_C} = - \int \frac{dt}{RC}$$

$$\ln U_C = -\frac{t}{RC} + \ln \text{const} \quad (2)$$

Конденсатор починає розряджатись, коли він досягає  $\frac{2}{3}$  від напруги на 5 виході таймера. Отже маємо такі початкові умови при  $t = 0$ ,  $U_C = \frac{1E}{3}$

$$\ln \frac{2E}{3\text{const}} = 0 \rightarrow \frac{2E}{3\text{const}} = 1$$

$$\text{const} = \frac{2E}{3}$$

Підставивши const в рівняння (2) отримаємо:

$$\ln U_C = -\frac{t}{RC} + \ln\left(\frac{2E}{3}\right)$$

Виразивши t отримаємо:

$$t = -RC \ln\left(\frac{3U_C}{2E}\right)$$

Конденсатор буде розряджатись до  $\frac{1}{3}$  від напруги живлення. Знаючи це отримаємо формулу тривалості розряду конденсатора від  $\frac{2}{3}$  до  $\frac{1}{3}$  від напруги живлення.

$$t = -RC \ln\left(\frac{1}{2}\right) \approx RC 0.693 = 100 * 10^3 * 0.47 * 10^{-6} * 0.693 = 47 * 10^{-3}$$

3) Коефіцієнт заповнення дорівнює:

$$D = \frac{P}{T} * 100\% = \frac{94}{94 + 47} * 100\% = 67\%$$

4) Напруга на 5 виході визначається дільником напруги утворених з термістора та постійного резистора

$$U_{cv} = U_{in} \frac{R1}{R1 + R6} = 8.7\text{В}$$

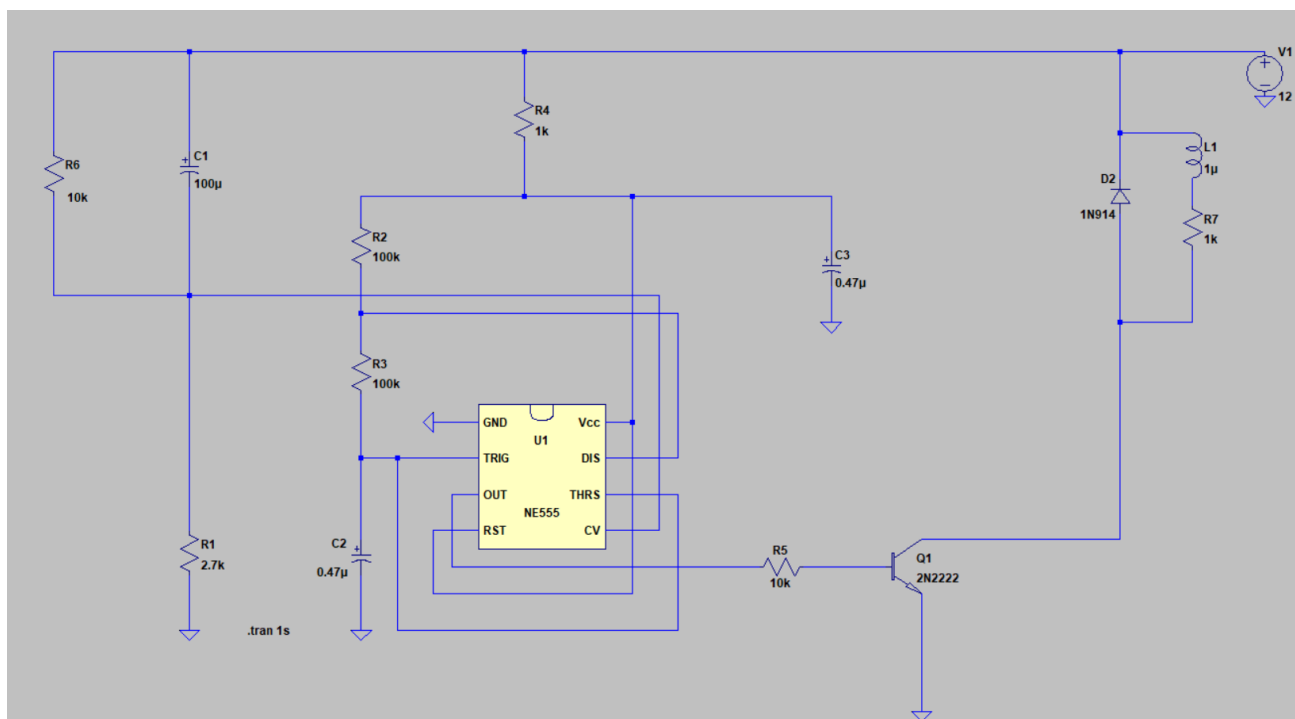
5) Розрахунок опору термістора виконується по формулі:

$$B = \frac{T1 * T2}{T2 - T1} * \ln \frac{R1}{R2}$$

## Розділ 3

### 3.1 Моделювання схеми в LTspice[3]

Спочатку я зібрав схему в симуляторі. Замість термістора я вирішив використати постійний резистор через відсутність термісторів в симуляторі. Я міг би використати команду симулятора “.STEP”, але при використанні цієї команди на виході отримували багато сигналів які тяжко виміряти.



*Рисунок 3.1 (Досліджувана схема в симуляторі)*

Спочатку я дослідив схему при опорі термістора 10кОм, що відповідає температурі 25°C (Рис 3.2) :

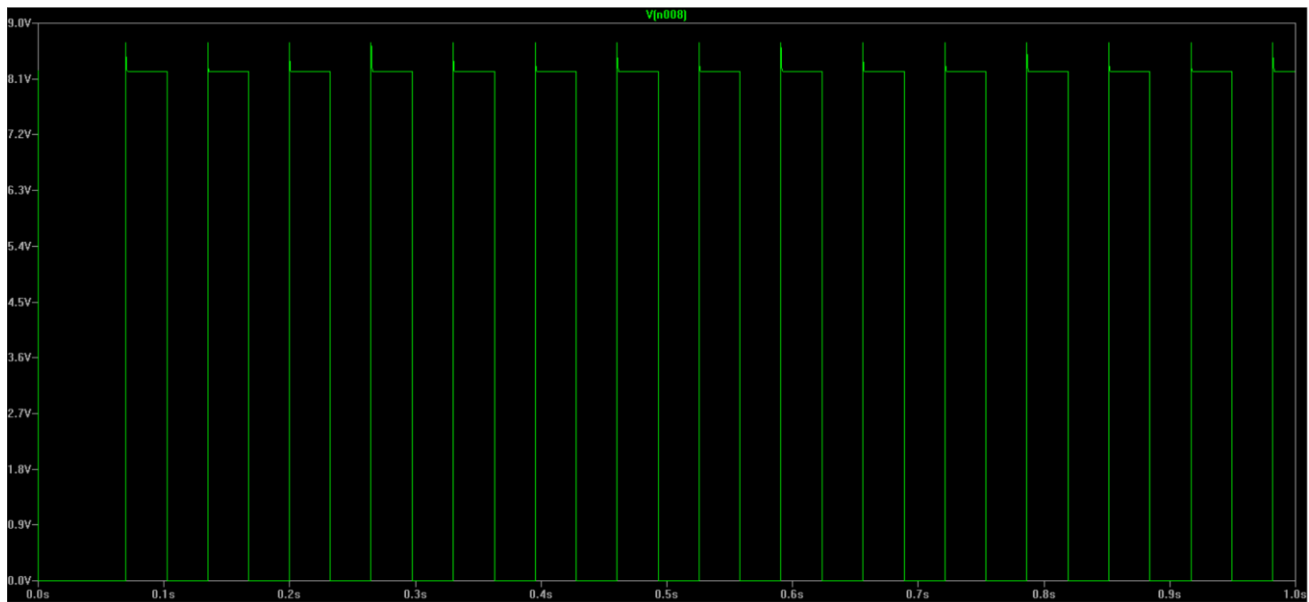


Рисунок 3.2 (Сигнал на виході таймера)

Отримав такі значення тривалості імпульсу (Рис. 3.3) та періоду (Рис. 3.4):

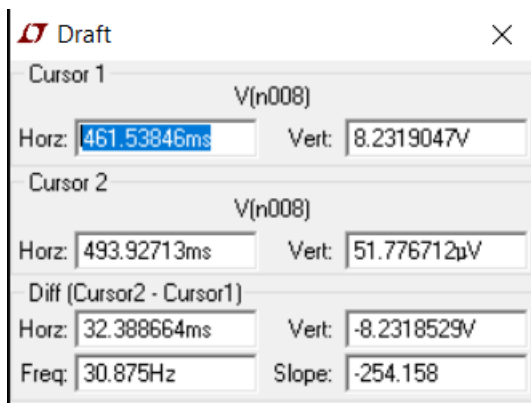


Рисунок 3.3 (Тривалість імпульсу)

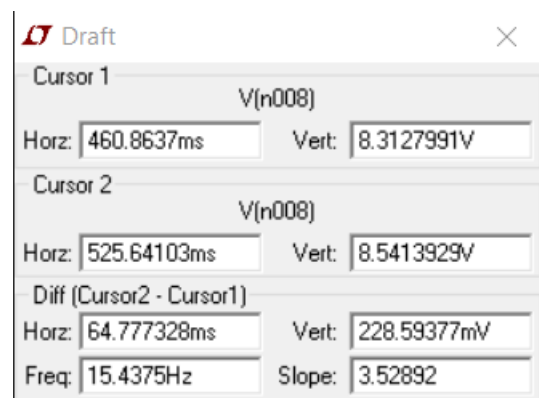


Рисунок 3.4 (Період)

При моделюванні в симуляторі коефіцієнт заповнення при температурі 25°C:

$$D = \frac{P}{T} * 100\% = \frac{32.38}{64.77} * 100\% = 49.9\%$$

Далі я промодельював схему при опорі термістора 1кОм що приблизно дорівнює 100°C (Рис. 3.5):

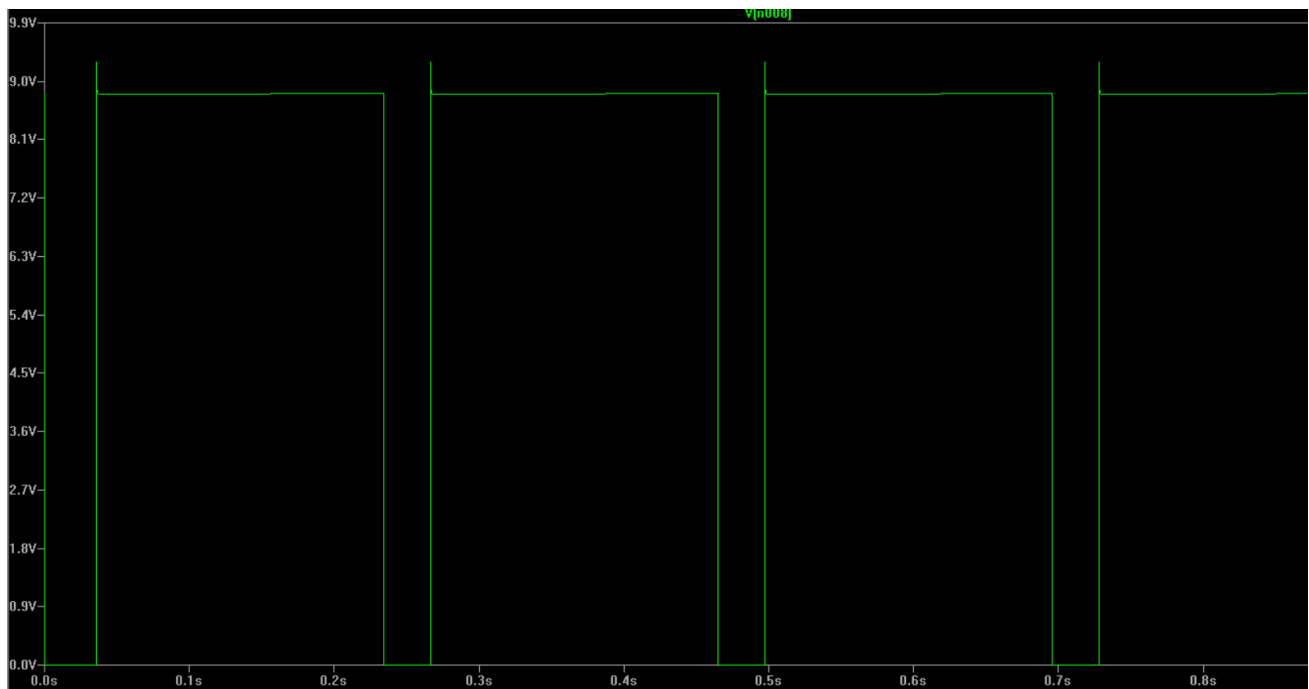


Рисунок 3.5 (Сигнал на виході)

Отримав такі значення тривалості імпульсу (Рис. 3.6) та періоду (Рис.3.7):

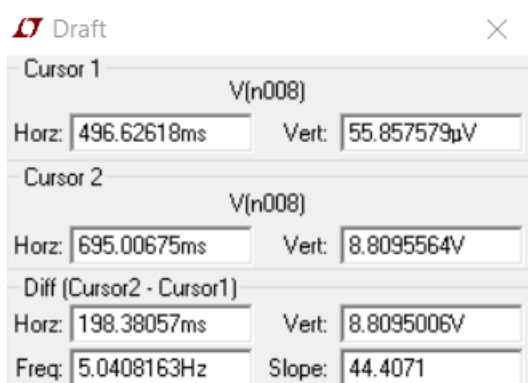


Рисунок 3.6 (Тривалість імпульсу)

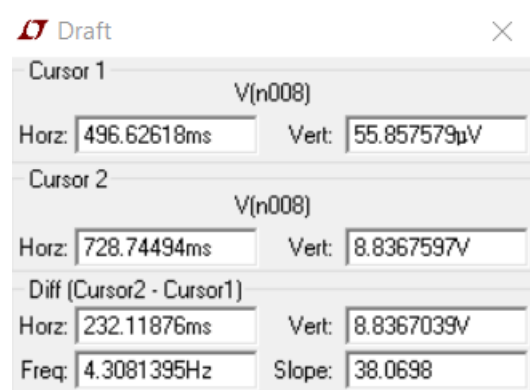
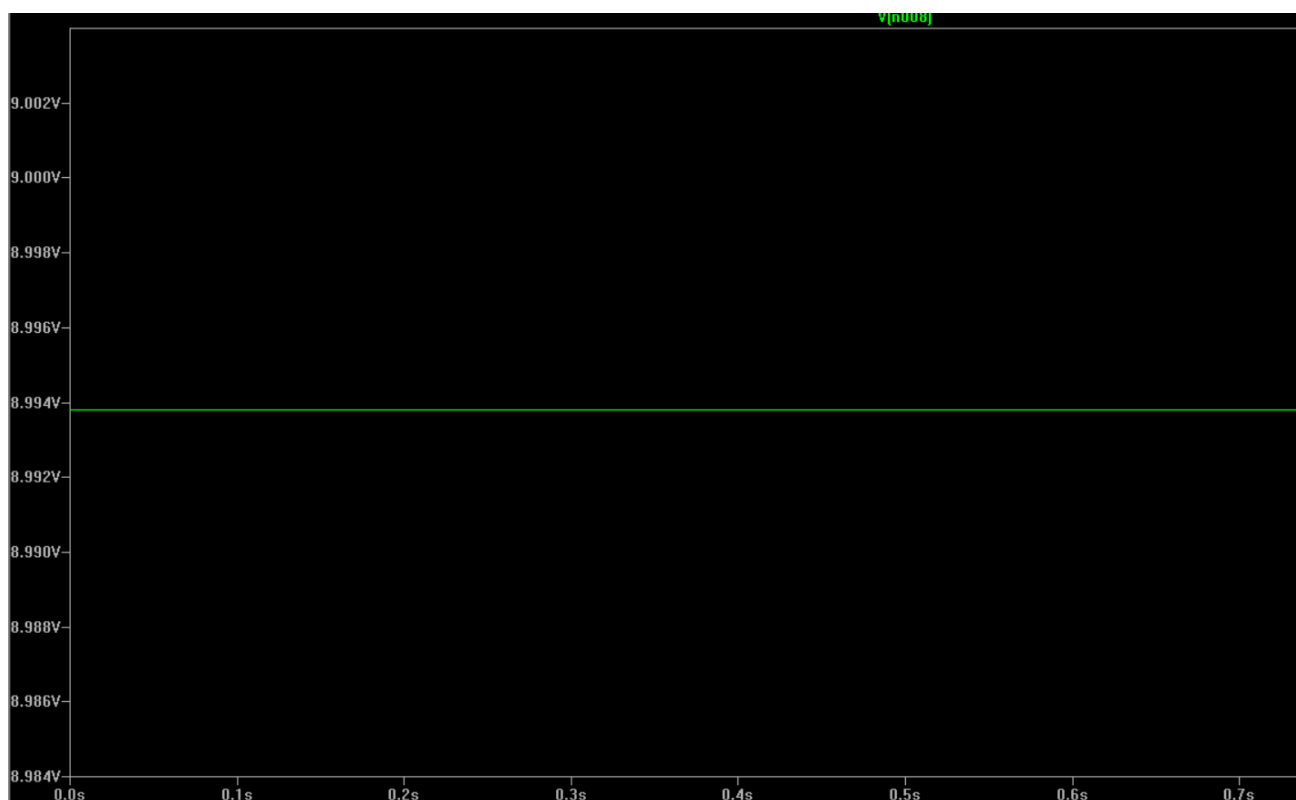


Рисунок 3.7 (Період)

При моделюванні в симуляторі  
коефіцієнт заповнення при температурі 100°C:

$$D = \frac{P}{T} * 100\% = \frac{198.38}{232.11} * 100\% = 85.5\%$$

Далі я промодельював схему при опорі 0.5кОм що приблизно відповідає температурі 120°C (Рис. 3.8) :



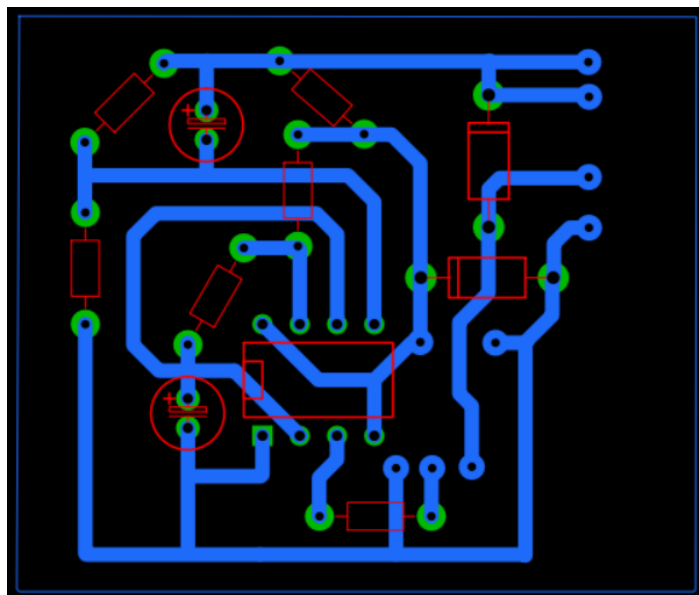
*Рисунок 3.8 (Сигнал на виході)*

З результату видно що коефіцієнт заповнення дорівнює 100%. І це відповідає вимірюванням на прототипі.

## Розділ 4

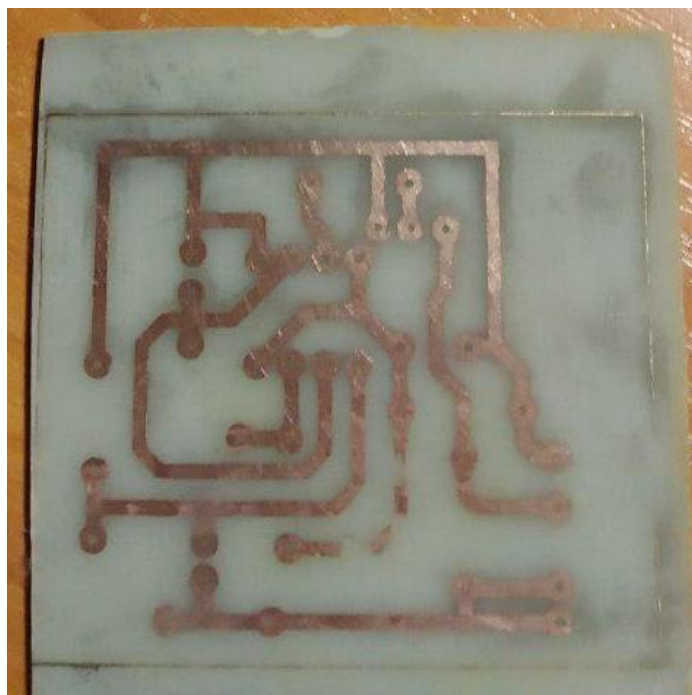
### 4.1 Створення готово прототипу

Після моделювання схеми в LTSpice[2] було прийнято рішення перейти до створення друкованого вузла. Його розробка пройшла в програмі Sprint Layout[4], і кінцевий результат мав такий вигляд:



*Рисунок 4.1 (Шаблон друкованого вузла. Виконаний в SprintLayout)*

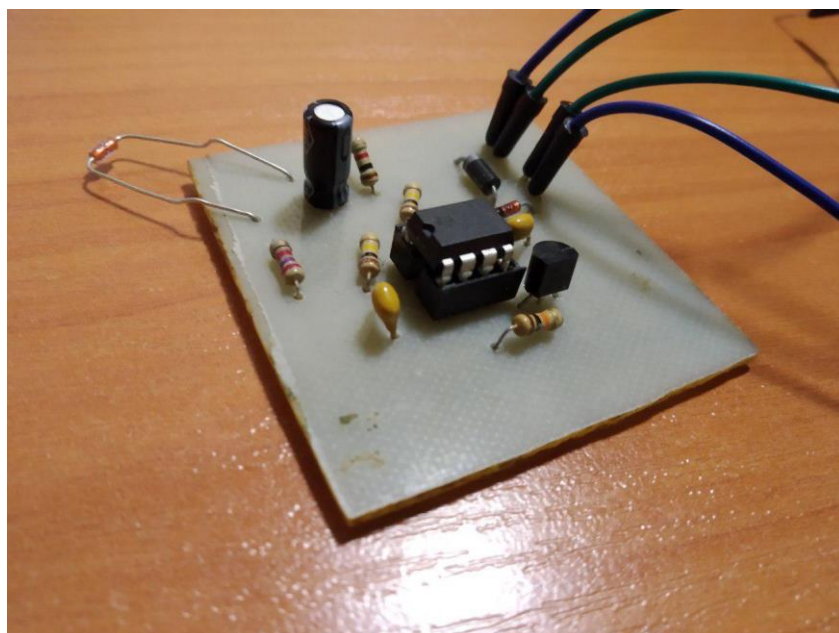
Для реалізації цього вузла, я використав метод ЛУТ[3]. Після створення друкованої плати та її лудіння сплавом отримав такий результат:



*Рисунок 4.2 (Створення друкованої плати ЛУТ методом)*

Потім на друковану плату були припаяні всі елементи, отримали такий результат (Рис. 4.3):





*Рисунок 4.3 (Готовий прототип)*

## 4.2 Дослідження готового прототипу

Дослідження прототипу почалося з вимірювання тривалості імпульса та періоду. При підключенні осцилографа до схеми я отримав такий результат (Рис. 4.4, Рис. 4.5) :



*Рисунок 4.4 (Тривалість імпульса)*

Отже при температурі 25°C тривалість імпульса дорівнює 14.31мс.



Рисунок 4.5 (Тривалість відсутності імпульсу)

Тривалість відсутності імпульсу дорівнює 14.55мС.

Коефіцієнт заповнення при температурі 25°C дорівнює:

$$D = \frac{P}{T} * 100\% = \frac{14.31}{14.55 + 14.31} * 100\% = 49.5\%$$

Далі я почав нагрівати термістор термофеном і зробив ще декілька вимірів:

При температурі 100°C я отримав такі результати (Рис. 4.6 , Рис. 4.7) :

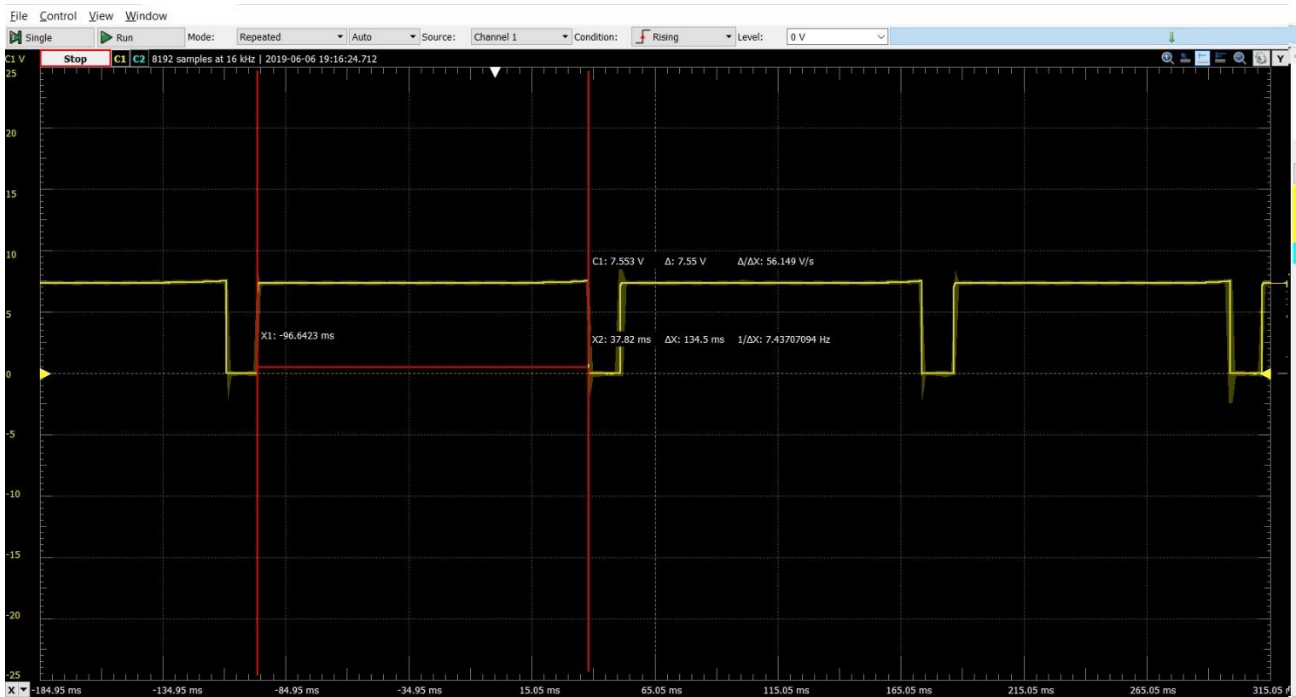


Рисунок 4.6(Тривалість імпульсів)

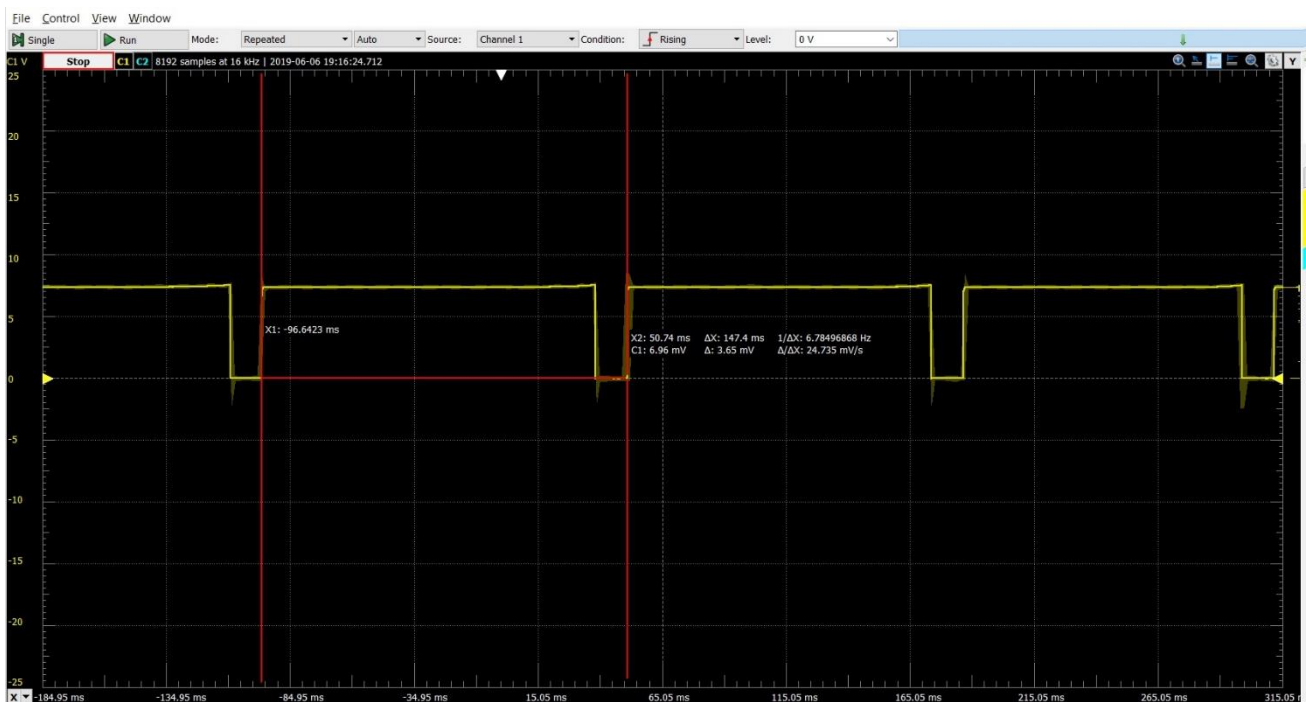
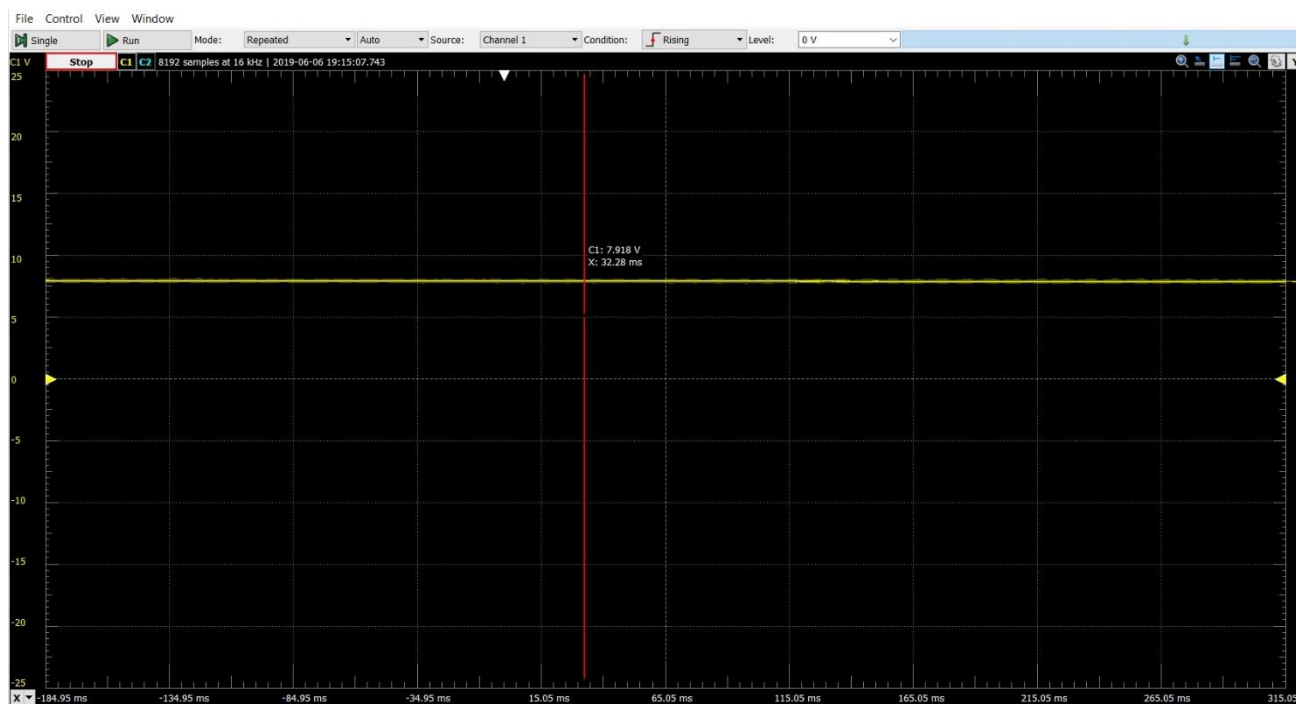


Рисунок 4.7 (Період)

Коефіцієнт заповнення при 100°C дорівнює:

$$D = \frac{P}{T} * 100\% = \frac{134.5}{147.4} * 100\% = 91.2\%$$

При температурі 120°C я отримав такі результати (Рис. 4.8) :



*Рисунок 4.8 (Тривалість імпульса)*

З рисунку 4.8 видно що коефіцієнт заповнення при 120°C дорівнює 100%.

## Висновки

Підсумуємо зроблену роботу.

В першому розділі я повністю розібрався з обраною схемою, навів умови його роботи та принцип роботи.

У другому розділі я теоретично розрахував коефіцієнт заповнення.

У третьому розділі я провів дослідження схеми в симуляторі LTspice з трьома різними опорами.

У четвертому розділі я розробив і зібрав робочий прототип на друкованій платі, та перевінив його працездатність. Прототип виявився повністю робочим. За допомогою осцилографу я виміряв вихідний сигнал і виявилось, що значення співпадають з результатами симуляції.

Загалом я отримав повністю робочий прототип регулятора швидкості кулера на таймері 555.

Ця схема має мало елементів, всі вони дуже розповсюджені і достатньо дешеві, тому цю схему може повторити кожен початківців електронної апаратури.

### Посилання

1. Даташит на мікросхему NE555/[Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>
2. LTspice XVIII / Linear Technology/Analog Devices / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.linear.com/designtools/software/#LTspice>
3. Технологія ЛУТ/[Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://cxem.net/master/45.php>
4. Sprint Layout / [Електронний ресурс]