

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

**КУРСОВА РОБОТА**

з дисципліни Аналогова електроніка - 2  
на тему: Детектор руху на 555 таймері

Студента 2 курсу групи ДК-81

Напряму підготовки: Телекомунікації та  
радіотехніка

Котова Б. В.

Керівник:

доцент, к.т.н. Короткий Є.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна оцінка: \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени комісії:

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

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

Київ – 2020 рік

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
Список умовних скорочень .....	4
РОЗДІЛ 1 .....	5
1.1 Пояснення принципу роботи схеми. ....	6
1.2 Режими таймеру .....	7
1.3 NE555 у астабільному режимі .....	8
РОЗДІЛ 2 .....	11
2.1 Розрахунок заряду конденсатора .....	11
2.2 Розрахунок розряду конденсатора .....	12
РОЗДІЛ 3 .....	16
РОЗДІЛ 4 .....	20
4.1 Створення друкованої плати.....	20
4.2 Створення робочого прототипу пристрою .....	22
ВИСНОВКИ.....	24
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	25

## ВСТУП

Детектори руху є одною з найважливіших складових будь-якої системи безпеки, розумного дому або системах енергоефективності. Наприклад, за допомогою детекторів руху для автоматизації освітлення, можна скоротити витрати на освітлення приблизно на 60-70%

Тож, метою даної роботи є створення простого приладу на базі NE555, що зможе детектувати рух.

Прилад включає в себе дві схеми:

1. Передавач інфрачервоного світла
2. Приймач інфрачервоного світла

Результатом буде звуковий сигнал, якщо світло не буде потрапляти на приймач, тобто, якщо детектор зафіксує щось між передавачем і приймачем. Якщо ж між передавачем і приймачем нічого не має то звукового сигналу не буде.

Для виконання роботи потрібно:

1. Дослідити принципову схему приладу та як схема працює, а також дослідити схему та принцип роботи NE555.
2. Вивести та розрахувати частоту імпульсів на виході NE555.
3. Провести моделювання роботи приладу у програмі LTspice.
4. Створити робочий прототип пристрою та продемонструвати його роботу.

## Список умовних скорочень

ІЧ – Інфрачервоне випромінювання

## РОЗДІЛ 1

### Дослідження принципової схеми приладу

Як я вже писав, прилад поділяється на дві схеми: передавач(випромінює ІЧ) та приймач(приймає ІЧ). Тож розглянемо більш детально як це працює.

Передавач працює за рахунок NE555, який працює у режимі мультивібратора, тобто генерує періодичні прямокутні імпульси. Тривалість імпульсів залежить від резисторів R1, R2 та конденсатора C1. На вихід таймера послідовно підключені резистор, що задає струм через світлодіод та ІЧ світлодіод. Схема передавача наведена на рис 1.1

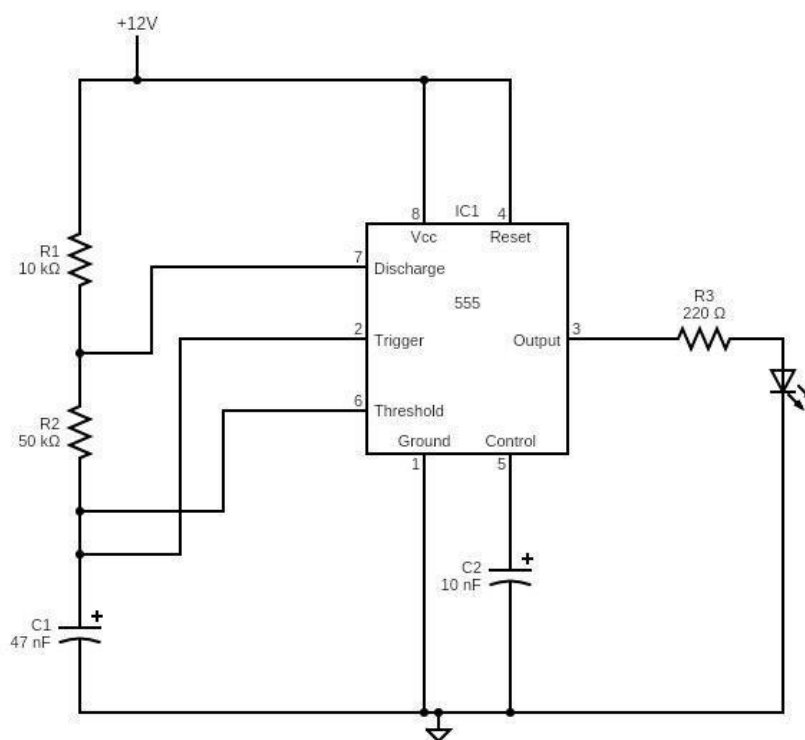


Рис 1.1 Схема передавача інфрачервоного світла

У свою чергу приймач, схема якого зображена на рис. 1.2, теж працює за допомогою NE555, який ввімкнений у режимі мультивібратора, у якого тривалість імпульсів залежить від резисторів R4, R5 та конденсатора C3.

На вихід таймера послідовно підключені конденсатор C5 та динамік. До послідовно з'єднаних R4, R5, C3 паралельно підключений фототранзистор. Фототранзистор - це спеціальний транзистор, який має світлочутливу базову область. Коли світло падає на базу транзистора, між колектором і емітером починає протікати

струм. Величина струму залежить від інтенсивності світла, що падає на нього. Коли фототранзистор буде освітлюватися, тобто перший таймер буде подавати прямокутні сигнали на ІЧ світлодіод і той буде випромінювати світло, між колектором та емітером почне протікати струм і на виході таймера буде сигнал низького рівня, тобто динамік не буде видавати звуки. Якщо ж щось буде перешкоджати світлу, то фототранзистор закриється і струму між колектором і емітером не буде, а отже на виході таймера отримаємо прямокутні сигнали, і тоді динамік запрацює.

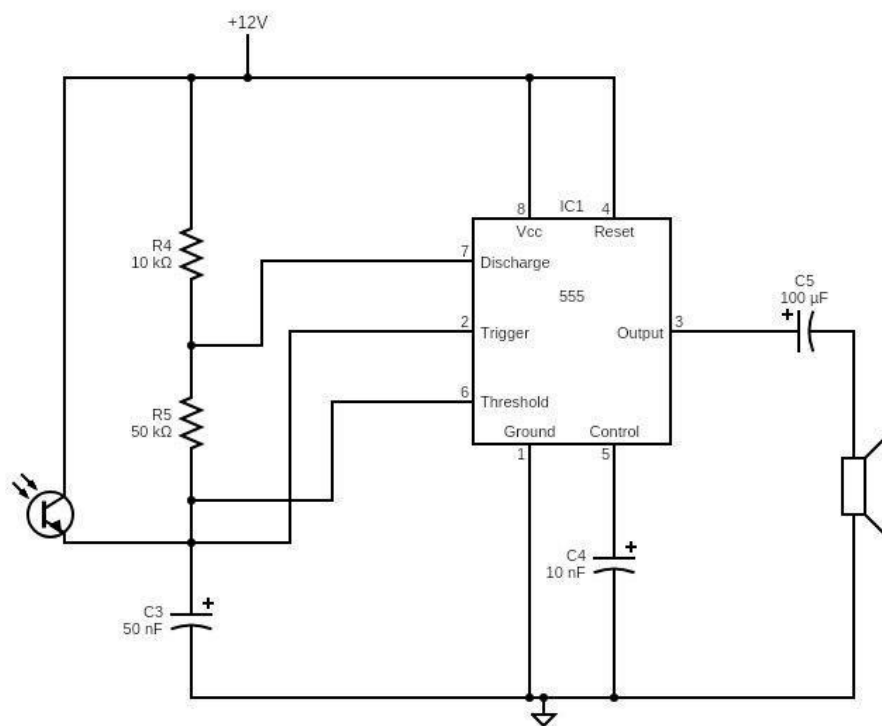


Рис. 1.2 Схема приймача інфрачервоного світла з динаміком на виході

### 1.1 Пояснення принципу роботи схеми.

Мікросхема NE555 - інтегральна схема, яка є пристроєм, що може формувати імпульси, як одиночні так і повторювальні, які мають стабільну характеристику в часі. Спрощена принципова схема таймера зображена на рис. 1.3.

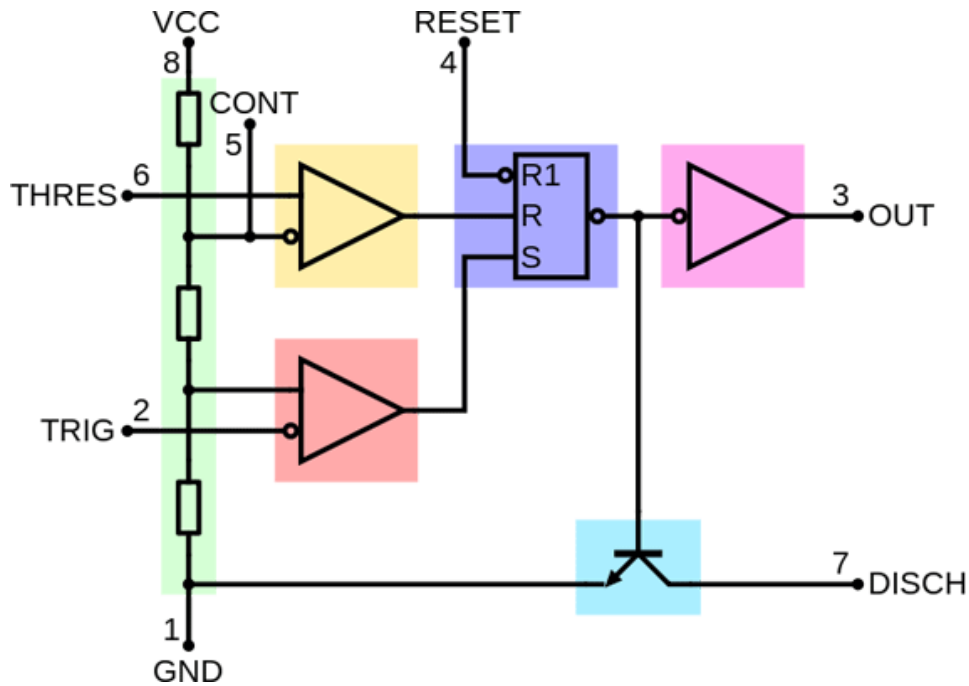


Рис. 1.3 Спрощена схема NE555

На схемі бачимо подільник напруги з трьох резисторів, кожний з яких має номінал 5кОм, два компаратора, RS-тригер, інвертор та біполярний NPN транзистор. На кожному резисторі падіння напруги дорівнює  $1/3 V_{cc}$ . Тоді на другому резисторі, падіння напруги відносно землі буде  $2/3 V_{cc}$ .

### 1.2 Режимы таймера

У таймера є три режими роботи:

1. Моностабільний режим - в цьому режимі таймер 555 виступає як генератор "одиначних" імпульсів, тобто потрібно подавати сигнал низького рівня на вивод 2 («TRIG»), тоді на виводі 3 («OUT»-вихід таймеру), ми отримаємо сигнал високого рівня. Схема зображена на рис. 1.4.
2. Астабільний режим – у цьому режимі таймер 555 видає безперервний потік прямокутних імпульсів, з певною частотою, яка залежить від значень резисторів R1, R2 і конденсатора C. Схема зображена на рис. 1.5.
3. Бістабільний – у цьому режимі таймер працює як тригер.

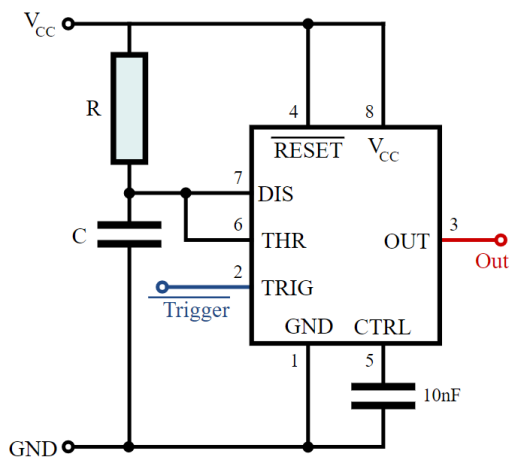


Рис. 1.4 Моностабільний режим

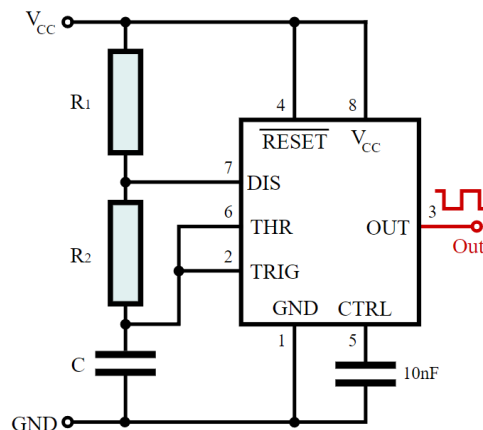


Рис. 1.5 Астабільний режим

Але нас цікавить тільки астабільний режим, тож розглянемо його більш детально.

### 1.3 NE555 у астабільному режимі

У початковий час конденсатор розряджений, звідси можна зробити висновок, що виводи THRESHOLD та TRIGGER мають нульову напругу, а отже на виході першого компаратора буде сигнал низького рівня, а на виході другого компаратора буде сигнал високого рівня. Тоді на виході Q, RS-тригера, буде сигнал низького рівня, а на виході  $\bar{Q}$  буде сигнал високого рівня. Внаслідок, на виході OUT встановиться високий рівень сигналу. Нижче на рис. 1.6 наведена таблиця істинності для RS-тригера.

S	R	Q(t)	$\bar{Q}(t)$
0	1	0	1
1	0	1	0
0	0	Q(t-1)	$\bar{Q}(t-1)$
1	1	0	0

Рис. 1.6 Таблиця істинності RS-тригера

Отже конденсатор починає заряджатися через резистори R1 та R2, і він буде заряджатися до  $2/3 V_{cc}$ . Процес заряду конденсатора показаний на рис. 1.7.



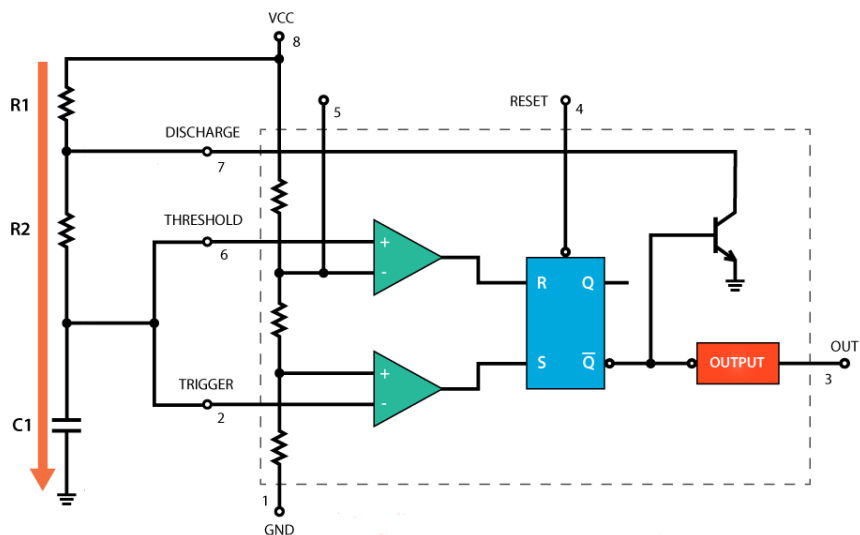


Рис. 1.7 Процес заряду конденсатора

Досягнувши значення  $1/3 V_{CC}$  на конденсаторі, на виході другого компаратора встановиться сигнал низького рівня. І як тільки конденсатор досягне значення  $2/3 V_{CC}$ , на виході першого компаратора встановиться значення високого рівня сигналу. Звідси на виході  $\bar{Q}$  буде сигнал низького рівня, тобто на виході таймера буде сигнал низького рівня. А на виході  $Q$  буде сигнал високого рівня, на базі транзистора теж буде сигнал високого рівня і між колектором і емітером почне протікати струм, тобто конденсатор буде розряджатися через транзистор і резистор  $R2$ . Процес розряду конденсатора показаний на рис. 1.8.

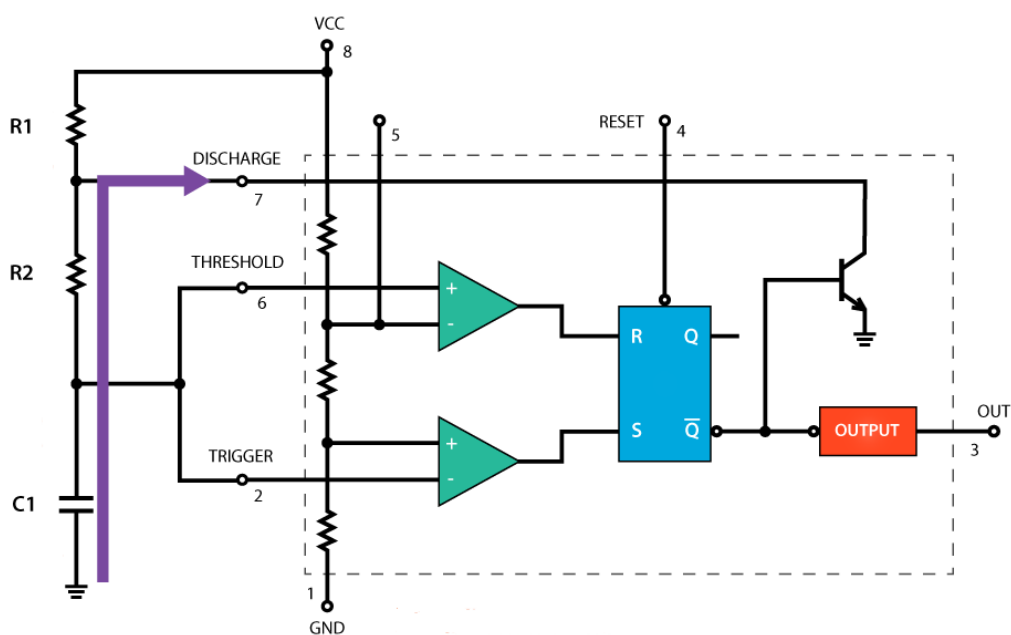


Рис. 1.8 Процес розряду конденсатора

Конденсатор буде розряджатися до  $1/3 V_{CC}$ . У цей час не відбувається змін стану рівня сигналу на виході таймера. Коли конденсатор розрядиться до  $1/3 V_{CC}$ , на виході Q буде сигнал низького рівня, а на виході  $\bar{Q}$  буде сигнал високого рівня. Отже цикл замкнеться, конденсатор буде заряджатися і розряджатися. А на виході таймера будуть прямокутні сигнали з заданою частотою, яка залежить від резисторів R1, R2 та конденсатора C. На рис. 1.9 зображена залежність напруги конденсатора та напруги виходу таймера від часу.

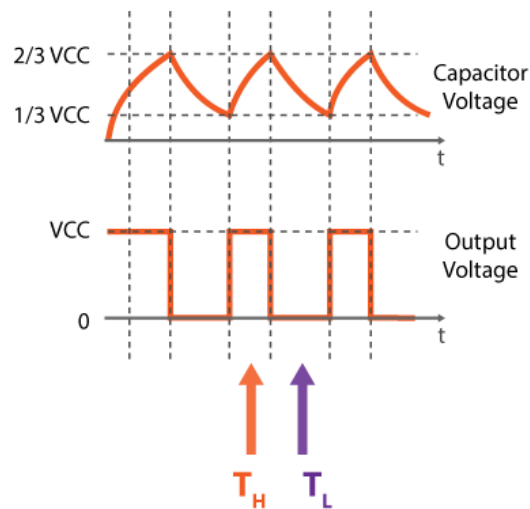


Рис. 1.9 залежність напруги конденсатора та напруги виходу таймера від часу.

У наступному розділі ми розрахуємо частоту сигналу на виході таймеру.

## РОЗДІЛ 2

Виведення формули та розрахунок частоти імпульсів на виході NE555

Задачею є обрахунок частоти імпульсів на виході, тому нам спочатку необхідно знайти період імпульсів, а для цього потрібно обрахувати тривалість високого і низького рівня сигналу, тобто обрахувати заряд-розряд ємності конденсатора.

### 2.1 Розрахунок заряду конденсатора

Заряд конденсатора ми обрахуємо через послідовно включені резистори R1, R2 та конденсатор C. Спрощена схема представлена на рис 2.1

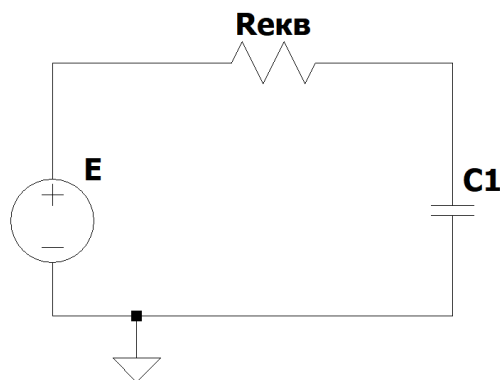


Рис. 2.1 Спрощена схема заряду RC-ланцюга

$$I_R = \frac{U_{R_{екв}}}{R_{екв}}$$

За другим законом Кірхгофа:

$$U_{R_{екв}} = E - U_C, \text{ тоді}$$

$$I_R = \frac{U_{R_{екв}}}{R_{екв}} = \frac{E - U_C}{R_{екв}}$$

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

$$I_C = I_{R_{екв}} - \text{за першим законом Кірхгофа}$$

$$C * \frac{dU_C}{dt} = \frac{E - U_C}{R_{екв}} \quad (1)$$

$$\frac{dU_C}{dt} = -\frac{d(E - U_C)}{dt}, \text{ так як } E - \text{константа}$$

Тоді підставимо у рівняння (1), і отримаємо:

$$-R_{екв} C * \frac{d(E - U_C)}{dt} = E - U_C \text{ після цього проінтегруємо:}$$

$$-R_{\text{екв}} C * \int \frac{d(E - U_C)}{E - U_C} = \int dt$$

$$-R_{\text{екв}} C * \ln(E - U_C) = t + \text{const} \quad (2)$$

Початковою умовою є  $U_C(0) = \frac{1}{3} * E$ , підставимо у (2):

$$-R_{\text{екв}} C * \ln\left(E - \frac{1}{3} * E\right) = \text{const}, \text{ тепер підставимо const:}$$

$$-R_{\text{екв}} C * \ln(E - U_C) = t - R_{\text{екв}} C * \ln\left(\frac{2}{3} * E\right)$$

Тепер виведемо  $U_C$

$$R_{\text{екв}} C * \ln \frac{(E - U_C)}{\frac{2}{3} * E} = -t$$

$$-\frac{t}{R_{\text{екв}} C} = \ln \frac{3 * (E - U_C)}{2 * E}$$

$$e^{-\frac{t}{R_{\text{екв}} C}} = \frac{3 * (E - U_C)}{2 * E}$$

$$U_C = \frac{E \left( 3 - 2 * e^{-\frac{t}{R_{\text{екв}} C}} \right)}{3}$$

Тепер замість  $U_C$  підставимо значення до якого повинен зарядитись конденсатор, а точніше до  $2/3 V_{\text{св}}$ . Отримаємо:

$$\frac{2}{3} * E = \frac{E \left( 3 - 2 * e^{-\frac{t}{R_{\text{екв}} C}} \right)}{3}$$

$$e^{-\frac{t}{R_{\text{екв}} C}} = 0.5$$

$$t = -R_{\text{екв}} C * \ln 0.5 = 0.693 * R_{\text{екв}} C$$

## 2.2 Розрахунок розряду конденсатора

Тепер виведемо формулу розряду конденсатора. Розряд ми обрахуємо через послідовно включені резистор R2 та конденсатор C. Спрощена схема представлена на рис 2.2.

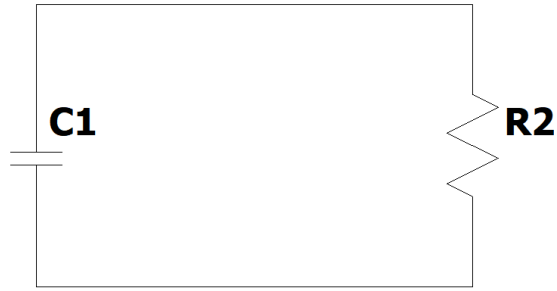


Рис. 2.2 Спрощена схема розряду RC-ланцюга

Початковою умовою є  $U_C(0) = \frac{2}{3} * E$

За другим законом Кірхгофа  $U_C = U_R$

$$I_R = \frac{U_{R_2}}{R_2} = \frac{U_C}{R_2}$$

$$I_{R_2} = -I_C$$

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

$$C * \frac{dU_C}{dt} = -\frac{U_C}{R_2}$$

Проінтегруємо:

$$\int \frac{dU_C}{dt} = - \int \frac{dt}{R_2 C}$$

$$\ln U_C = -\frac{t}{R_2 C} + \ln(const)$$

$$\ln \frac{U_C}{const} = -\frac{t}{R_2 C}$$

Підставимо початкову умову і знайдемо  $const$ :

$$\ln \frac{2 * E}{3 * const} = 0$$

$$\frac{2 * E}{3 * const} = 1$$

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

Підставимо  $const$ :

$$\ln U_C = -\frac{t}{R_2 C} + \ln\left(\frac{2}{3} * E\right)$$

І тепер виразимо  $U_C$ :

$$\ln \frac{3 * U_C}{2 * E} = -\frac{t}{R_2 C}$$

Звідси можна отримати:

$$\frac{3 * U_C}{2 * E} = e^{-\frac{t}{R_2 C}}$$

$$U_C = \frac{2}{3} * E * e^{-\frac{t}{R_2 C}}$$

Тепер підставимо замість  $U_C$  значення до якого конденсатор розрядиться ( $U_C = \frac{1}{3} E$ ):

$$\frac{1}{3} E = \frac{2}{3} * E * e^{-\frac{t}{R_2 C}}$$

І нарешті виразимо  $t$ :

$$t = -R_2 C * \ln 0.5 = 0.693 * R_2 C$$

Тепер підставимо значення в попередні рівняння і знайдемо період. Час заряду -  $t_{\text{заряд}}$ , а час розряду -  $t_{\text{розряду}}$ .

$$t_{\text{заряд}} = 0.693 * R_{\text{екв}} C = 0.693 * (50 + 10) * 0.047 * 10^{-6} * 10^3 = 1.95426 \text{ мс.}$$

$$t_{\text{розряду}} = 0.693 * R_2 C = 0.693 * 50 * 10^3 * 0.047 * 10^{-6} = 1.62855 \text{ мс.}$$

Тоді період:

$$T = t_{\text{заряд}} + t_{\text{розряду}} = 1.95426 + 1.62855 = 3.58281 \text{ мс}$$

Звідси знайдемо частоту:

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{3.58281 * 10^{-3}} = 279.11 \text{ Гц}$$

Тоді розрахуємо теж саме для другого таймера за формулами, що ми вивели вище:

$$t_{\text{заряд}} = 0.693 * R_{\text{екв}} C = 0.693 * (50 + 10) * 0.05 * 10^{-6} * 10^3 = 2.079 \text{ мс.}$$

$$t_{\text{розряду}} = 0.693 * R_2 C = 0.693 * 50 * 10^3 * 0.05 * 10^{-6} = 1.7325 \text{ мс.}$$

$$T = t_{\text{заряд}} + t_{\text{разряд}} = 2.079 + 1.7325 = 3.8115 \text{ мс}$$

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{3.8115 * 10^{-3}} = 262.363 \text{ Гц}$$

## РОЗДІЛ 3

## Моделювання роботи приладу

Було проведено моделювання роботи пристрою у SPICE-системі LTspice XVII. Схема детектору руху наведена на рис. 3.1.

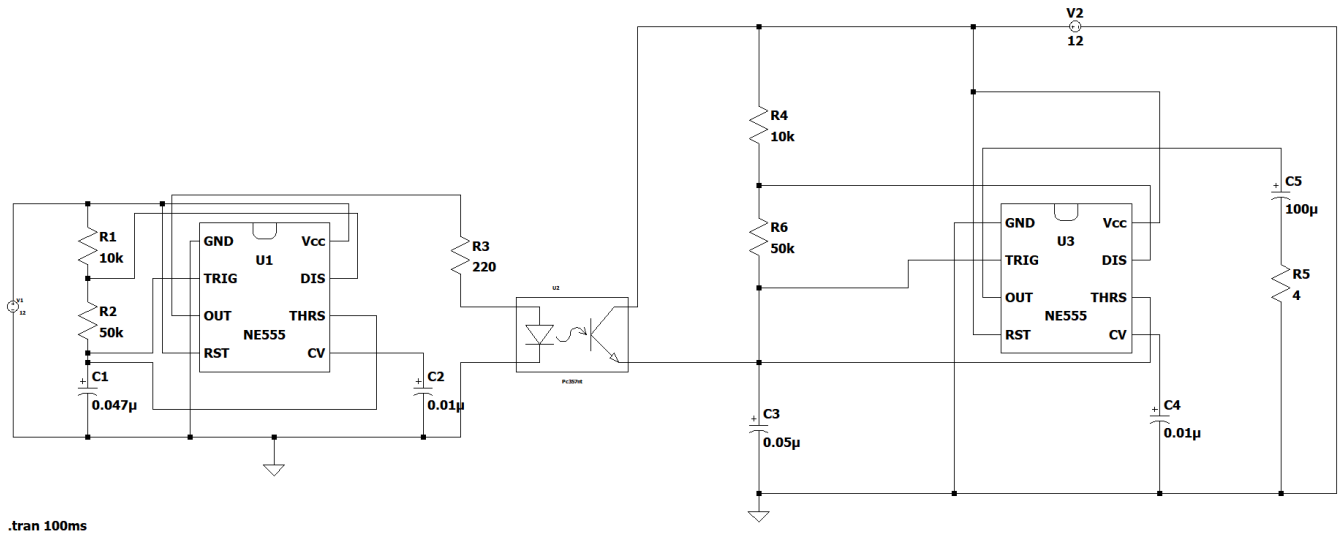


Рис. 3.1 Схема детектору руху

Перевіримо як працює схема. На виході першого таймера можемо спостерігати наступні імпульси(Рис. 3.2):

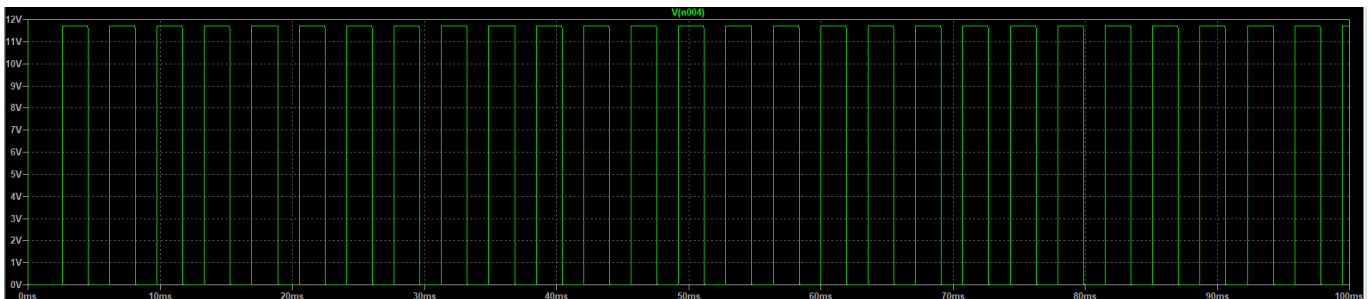


Рис. 3.2 Сигнал на виході першого таймера

Бачимо, що на виході отримуємо прямокутні імпульси, як і повинно бути. Тобто світлодіод горить, а фототранзистор приймає це світло. Тоді перевіримо, який сигнал ми маємо на вузлі до якого підключені виходи THRESHOLD та TRIGGER. На рис. 3.3 зображено сигнал на цьому вузлі.



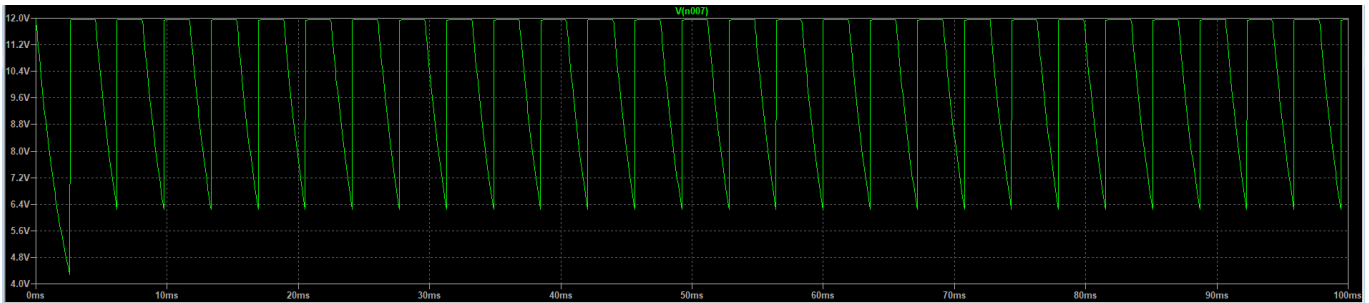


Рис. 3.3 Сигнал на THRESHOLD та TRIGGER при потраплянні світла на фототранзистор

З рис. 3.3 можна побачити що рівень сигналу не досягає  $1/3 V_{cc}$ , та більше ніж  $2/3 V_{cc}$ . Звідси можна стверджувати, що на виході таймера буде сигнал низького рівня. Перевіримо це. І дійсно, на рис. 3.4 можна впевнитися, що на виході таймера буде сигнал низького рівня.



Рис. 3.4 Сигнал низького рівня на виході таймера приймача при потраплянні світла на фототранзистор

Ми впевнилися, що схема працює, якщо фототранзистор приймає світло. Тепер переконаємося, що схема буде працювати, якщо фототранзистор не буде приймати світла. Для цього розірвемо оптичну пару, як показано на рис 3.5.

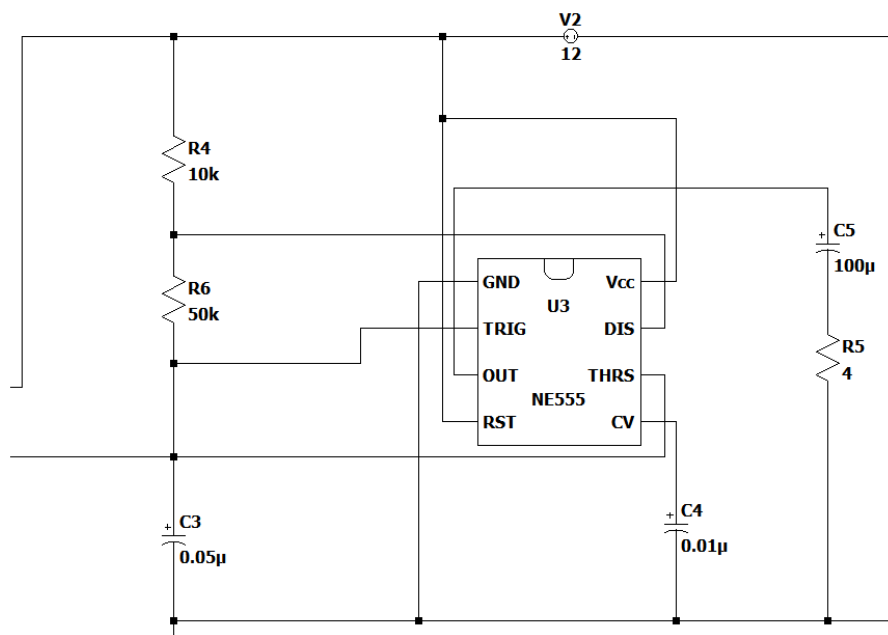


Рис. 3.5 Схема приймача, коли фототранзистор не приймає світло

На вузлі до якого підключені THRESHOLD та TRIGGER бачимо сигнал, який як раз нам і потрібен (більше ніж  $1/3 V_{CC}$  та менше ніж  $2/3 V_{CC}$ ) для того, щоб на виході таймера сигнал був високого рівня (рис. 3.6).

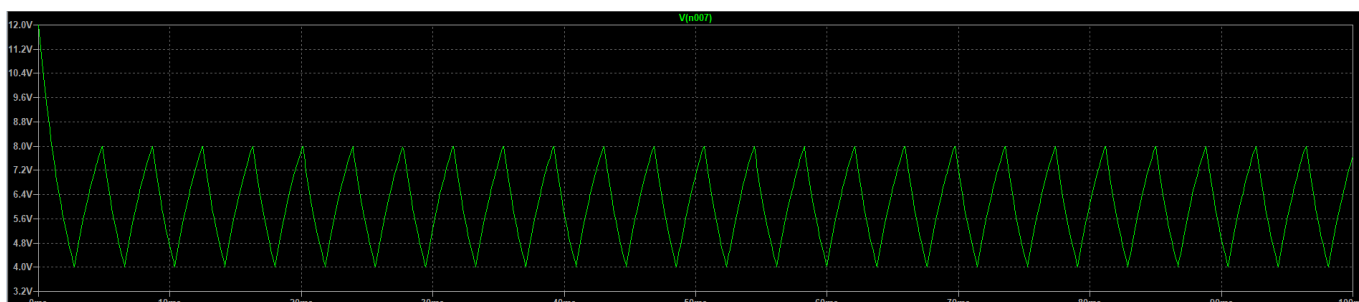


Рис. 3.6 Сигнал на THRESHOLD та TRIGGER при відсутності світла на фототранзисторі

Тоді виходячи з цього, на виході таймера повинен бути сигнал високого рівня. Перевіримо це. На рис. 3.7 можна впевнитися, що на виході таймера буде проходити сигнал.

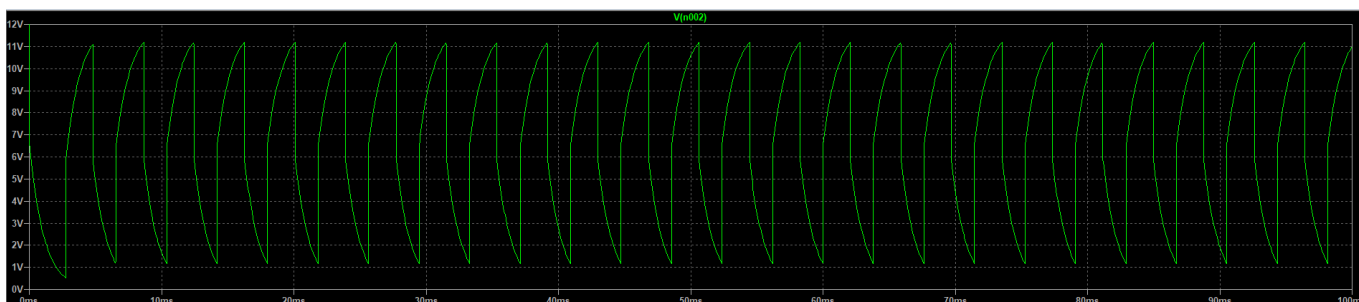


Рис. 3.7 Сигнал на виході таймера приймача при відсутності світла на фототранзисторі

Тобто все працює. Тоді перейдемо до порівнянь розрахунків з розділу 2.

Порівняємо частоту на першому таймері. З розділу 2 нам відомо, що частота на першому таймері дорівнює 279.11 Гц, а період дорівнює 3.59281 мс. Достатньо порівняти лише періоди. На рис. 3.8 зображено період сигналу на першому таймері.

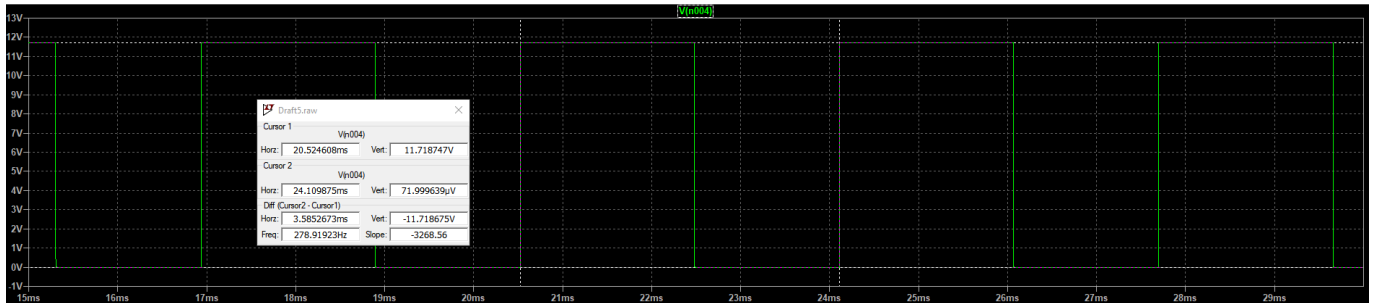


Рис. 3.8 Період сигналу на виході першого таймера

Період з розрахунків і період з симуляції співпадають, звідси співпадає і частота.

Тепер також перевіримо частоту для другого таймера. На рис. 3.9 зображено період сигналу на другому таймері.

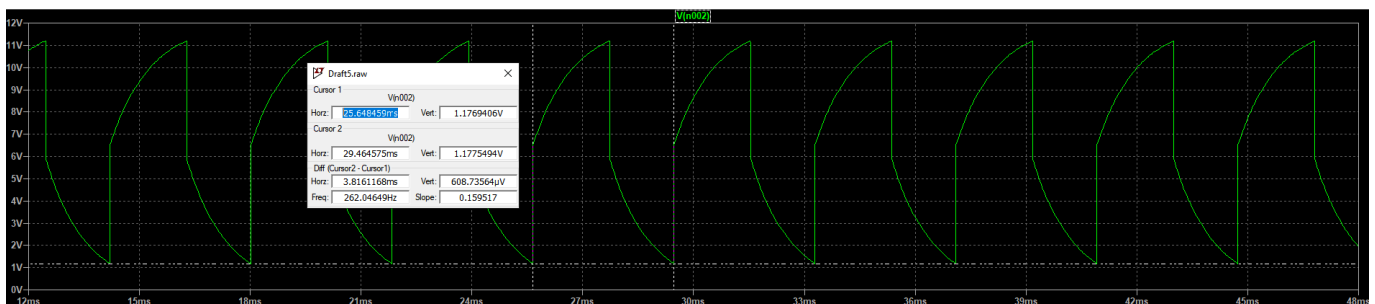


Рис. 3.8 Період сигналу на виході другого таймера

Період з розрахунків і період з симуляції для другого таймера співпадають, звідси співпадає і частота.

Отже розрахунки повністю співпадають з результатами симуляції.

## РОЗДІЛ 4

### 4.1 Створення друкованої плати

Створення моделі друкованої плати виконано за допомогою програмного забезпечення EasyEDA. Наведена програма має високий поріг входження, бо вона досить проста у використанні. Також перевагою EasyEDA є доволі велика база елементів, яка постійно доповнюється користувачами.

Для початку створимо принципові схеми передавача та приймача у EasyEDA. Схема передавача наведена на рис. 4.1. Схема приймача наведена на рис. 4.2.

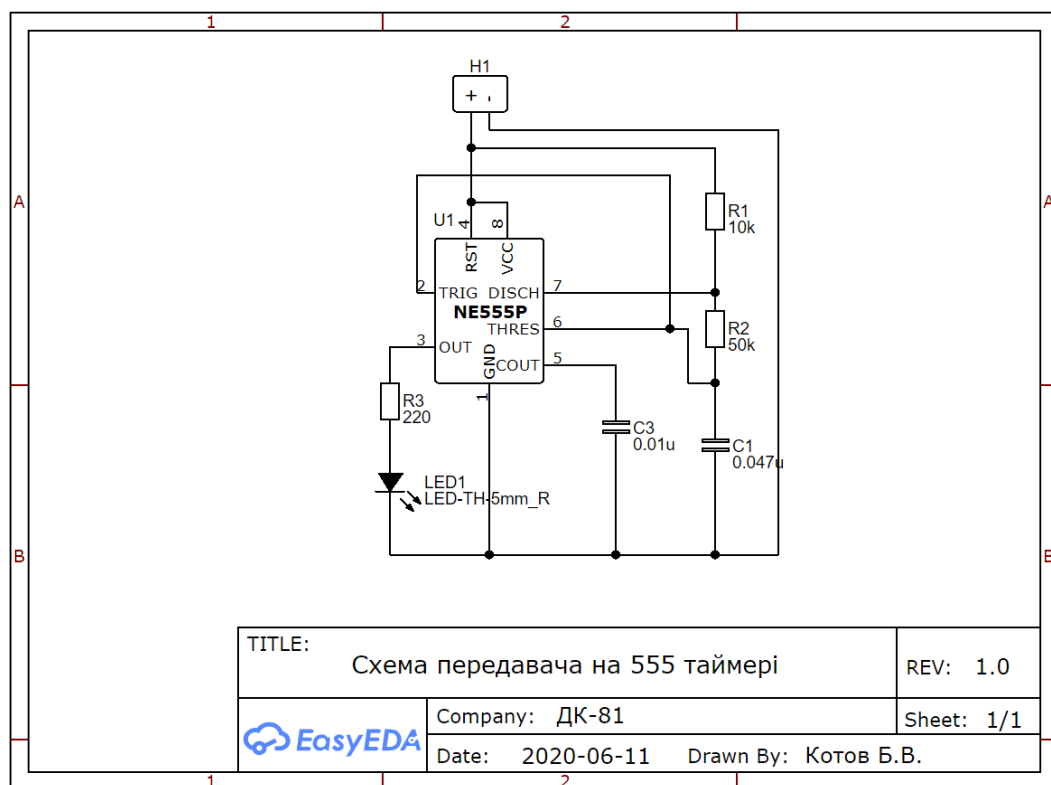


Рис. 4.1 Принципова схема передавача

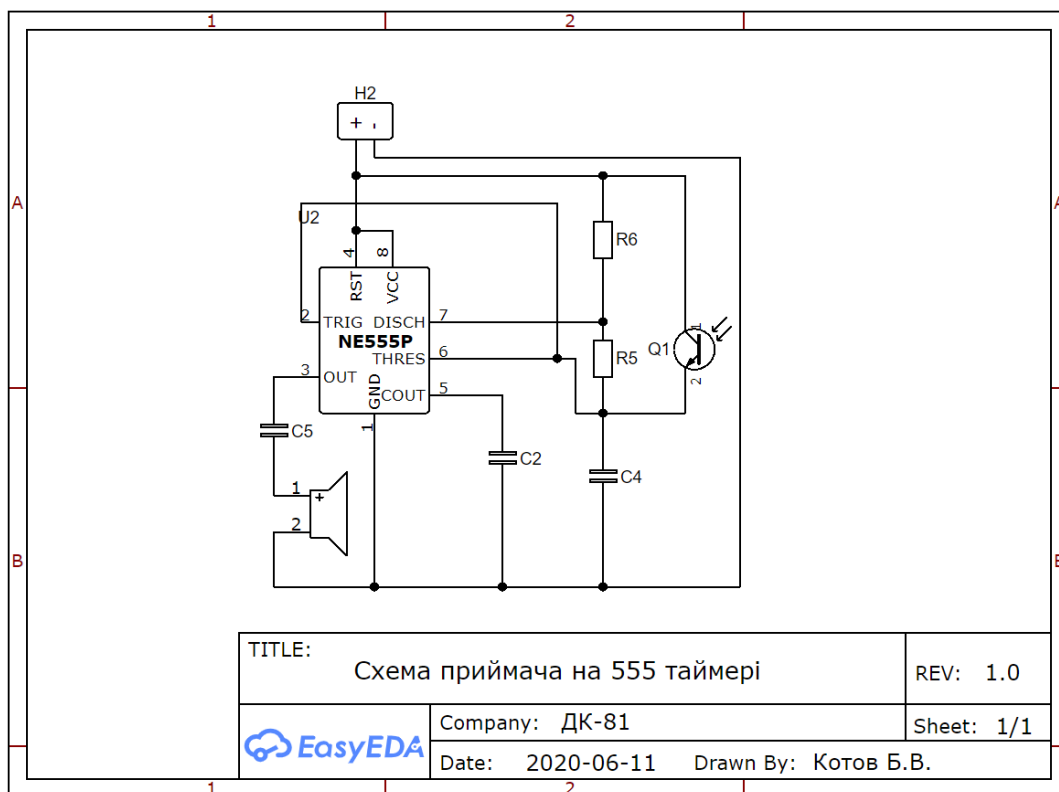


Рис. 4.2 Принципова схема приймача

Тепер за допомогою команди «Конвертувати в друковану плату»(Convert to pcb), отримаємо вікно де є наша друкована плата та наші елементи у корпусах, які необхідно розмістити на друкованій платі, яка має вигляд фіолетової рамки, так, щоб доріжки між компонентами на одному шарі не перетинались. Приклад такого вікна наведено на рис. 4.3.

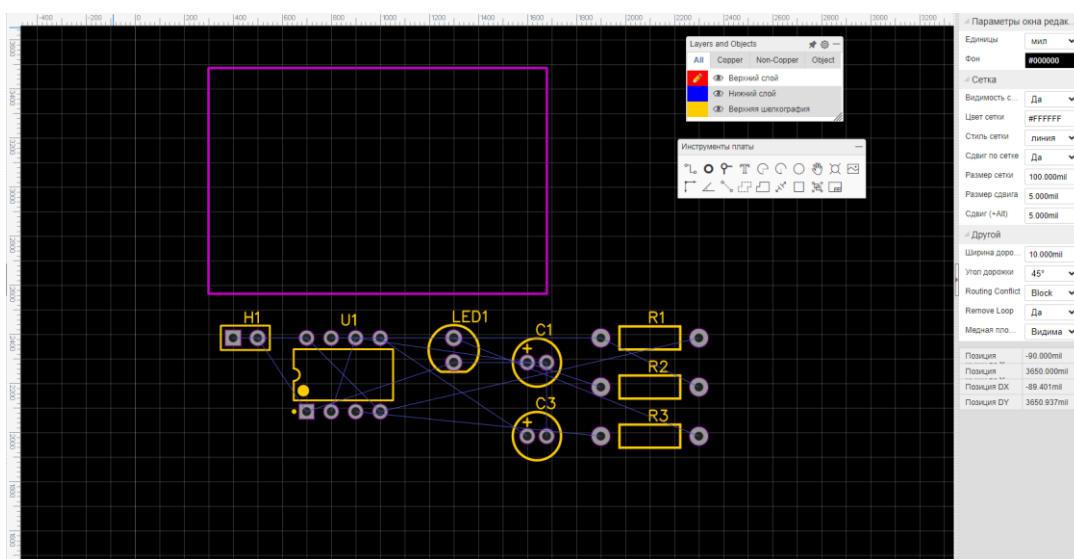


Рис. 4.3 Приклад редактору друкованої плати

Як було раніше сказано, необхідно розмістити елементи на друкованій платі так, щоб доріжки між компонентами на одному шарі не перетинались. Після цього починаємо з'єднувати доріжками елементи. В результаті отримаємо наступні друковані плати передавача (Рис. 4.4) та приймача (Рис 4.5).

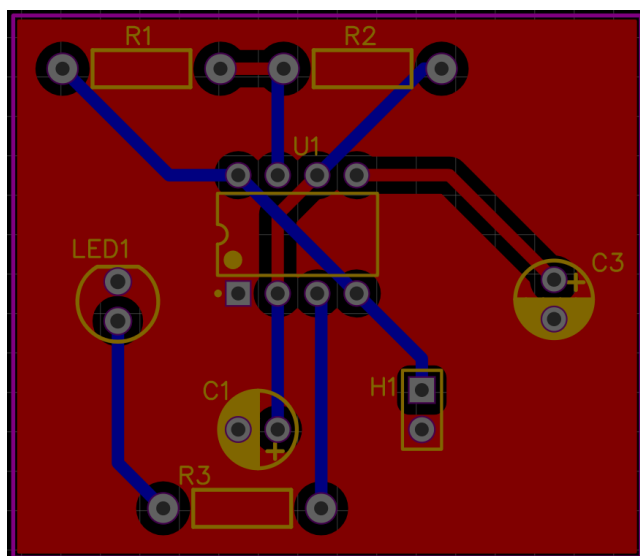


Рис. 4.4 Друкована плата передавача

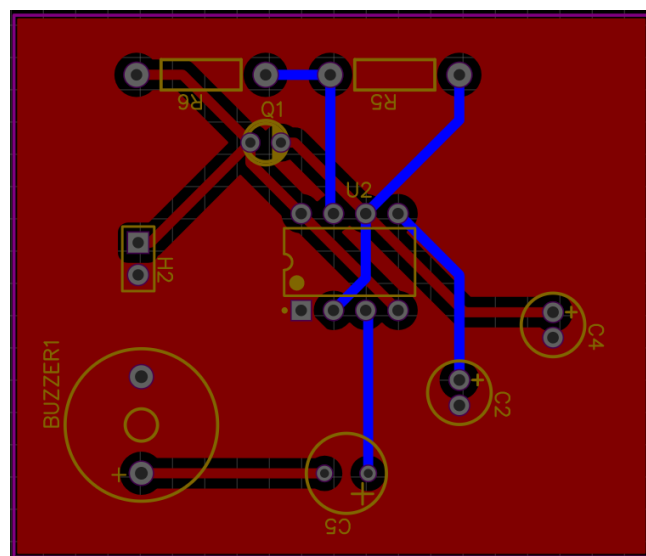


Рис. 4.5 Друкована плата приймача

## 4.2 Створення робочого прототипу пристрою

Проект я зібрав на двох макетних платах «breadboard». На наступних рисунках можна побачити передавач та приймач.

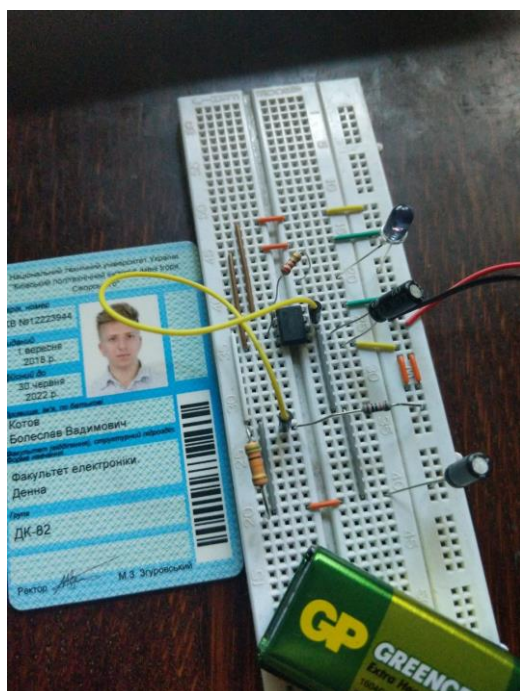


Рис. 4.6 Фото передавача

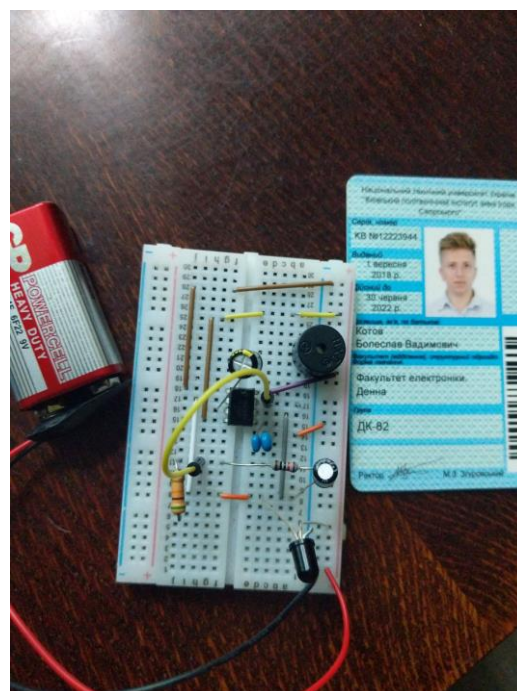


Рис. 4.7 Фото приймача

В якості живлення використовувалась батарейка крона на 9В.

Так як в мене немає потрібного обладнання, я не можу продемонструвати сигнали передавача та приймача.

## ВИСНОВКИ

В першому розділі я більш детально дослідив будову та принцип роботи NE555. А також розібрав схеми передавача та приймача.

В другому розділі я вивів та розрахував частоту на виході таймеру, напередодні розрахувавши час високого та низького рівнів сигналу, за допомогою заряду-розряду конденсатора, та порахувавши період сигналу.

В третьому розділі я перевіряв на працездатність схему в симуляції. А також порівняв отримані результати в другому розділі з результатами симуляції.

В четвертому розділі я створив модель друкованої плати, а також навів фотозвіт прототипів передавача та приймача. Прилади працюють та виконують свої функції.

Отже, виконавши всі чотири розділи, я поглибив знання з розрахунків принципових схем, навчився використовувати з NE555. А також набув досвіду з моделювання друкованої плати у середовищі EasyEDA.



## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Детальний опис, застосування і схеми включення таймера NE555: <https://ledjournal.info/spravochnik/ne555-datasheet.html>
2. Datasheet NE555 - Texas Instruments: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>
3. 555 Timer IC – Working Principle, Block Diagram, Circuit Schematics: <https://howtomechatronics.com/how-it-works/electronics/555-timer-ic-working-principle-block-diagram-circuit-schematics/>
4. 555 Oscillator Tutorial - The Astable Multivibrator: [https://www.electronicstutorials.ws/waveforms/555\\_oscillator.html](https://www.electronicstutorials.ws/waveforms/555_oscillator.html)