

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

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни Схемотехніка аналогової та цифрової радіоелектронної апаратури
на тему: Акустичний перемикач (АП)

Студента 2 курсу групи ДК-51

Напряму підготовки: Радіоелектронні апарати

Спеціальності: Радіоелектронні апарати та засоби

Сорокіна Д.А.

Керівник:

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

Національна оцінка: _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії: _____ ст. викл., к.т.н. Короткий Є.В.
(підпис) (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

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

Київ – 2017 рік

ЗМІСТ

Зміст_____	2
Вступ_____	3
1.Вибір та дослідження принципової схеми АП_____	4
2.Розрахунок принципової схеми (характеристик) АП_____	7
3.Моделювання роботи АП_____	11
4.Розробка та дослідження конструкції АП_____	14
Висновки_____	20
Список використаних джерел _____	21

ВСТУП

Метою даної курсової роботи є створення акустичного вимикача, який може видавати на виході різний рівень напруги, залежно від акустичного впливу на нього. Даний прилад може бути використаний як вимикач для різноманітних приладів, а також реєстратор звукових імпульсів.

Для вирішення даної задачі для початку було обрано принципову схему [1] та досліджено принцип її роботи. Наступним кроком було проведено розрахунки підсилюючого каскаду зі спільним емітером на біполярному транзисторі. Після цього в програмі Itspice була побудована принципова схема та проведена її симуляція, що дозволило перевірити працездатність АП, а також перевірено правильність теоретичних розрахунків. Кінцевим етапом було зібрано АП на макетній платі, з нього було знято певні дані, що були порівнянні з розрахунками та симуляцією в Itspice.

Таблиця 1.1

Логічна таблиця 74НС74

Входи				Виходи	
\bar{S}	\bar{R}	C	D	Q	\bar{Q}
0	1	X	X	1	0
1	0	X	X	0	1
0	0	X	X	H	H
1	1	\neg	1	1	0
1	1	\neg	0	0	1
1	1	0	X	Q ₀	Q ₀

Таблиця 1.2

Основні параметри 74НС74

Напруга живлення (V _{cc})	+2..6В
Вхідний струм (0/1), не більше	1мкА
Струм живлення (статичний), max	20мкА
Вихідний струм лог. "0/1", макс.	25мА
Тактова частота	до 36МГц
Вихідний рівень "0"	< 0,1В
Вихідний рівень "1"	>U _{пит} -0,1В
Робочий діапазон температур	-55..+125°C
Корпус 74НС74АN	DIP-14
Корпус 74НС74D	SO-14
Вітчизняний аналог	КР/КФ1564ТМ2

Принцип роботи схеми дуже простий. На вході присутній мікрофон, який реєструє зміни звуку у навколишньому середовищі. Він під'єднаний на вхід підсилюючого каскаду на транзисторі, який підсилює реєструючий звук, щоб мікросхема мала змогу його коректно сприймати. Коли на вхід С мікросхеми приходить фронт сигналу, а на вході Д присутня логічна «1», виходи мікросхеми встановлюються відповідно до логічної таблиці Q-«1», а інвертований вихід відповідно «0», який за зворотнім зв'язком подається на вхід Д. Тепер при надходженні наступного фронту на вхід С, на вході Д буде присутній логічний «0», в такому випадку на виході Q встановиться значення логічного «0». В результаті відбувається зміна рівнів напруги «перемикання».

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ АКУСТИЧНОГО ПЕРЕМИКАЧА

Для попередньої перевірки працездатності схеми було проведено певні розрахунки характеристик, а саме робоча точка підсилюючого каскаду на транзисторі VT1-2N2222A [3] Рис2.1.

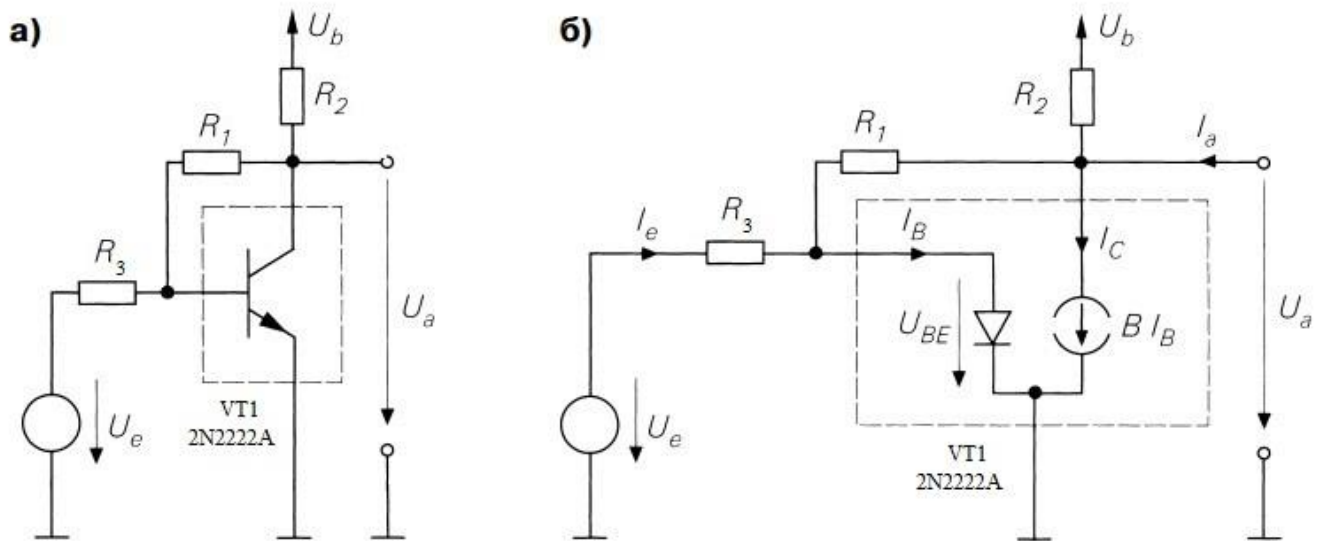


Рис 2.1 Схема з загальним емітером і від'ємним зворотним зв'язком за напругою:

а) принципова схема; б) еквівалентна схема для нормального режиму [4]

Розрахунок відштовхувався від обрання напруги колектор-емітер. Ми вирішили опиратись на значення в 1,3 В, так як це рівень напруги логічного «0» для мікросхеми 74НС74. Тому робоча точка виходу повинна знаходитись трохи нижче (нами обрано значення в 1,2 В) заданного параметру, щоб при надходженні мінімального імпульсу та підсилення D-тригер спрацював.

U_{R1} – напруга на резисторі $R1$

$I_{R1} = I_b$ – струм через резистор $R1$, дорівнює струму бази

U_{R2} – напруга на резисторі $R2$

$I_{R2} = I_c$ – струм через резистор $R2$, дорівнює струму колектора

$U_{ке}$ – напруга між колектором та емітером

$R1, R2, R3$ -резистори номіналом 220кОм/10кОм/0.5кОм відповідно

β -коефіцієнт відношення струму колектора до струму бази

g_m, S – передаточна провідність

A – коефіцієнт підсилення за напругою

γ_T -температурний коефіцієнт (26 мВ для кімнатної температури)

За 2 законом Кірхгофа напруга, яка виділиться на $R2$, буде розраховуватися як:

$$U_{R2} = U_{\text{живлення}} - U_{\text{ке}} = 5 - 1.2 = 3.8 \text{ В}$$

За законом Ома можемо знайти струм через цей резистор

$$I_{R2} = \frac{U_{R2}}{R_2} = \frac{3.8}{10 * 10^3} = 0.38 \text{ мА}$$

За 1 законом Кірхгофа

$$I_{R2} = I_{\text{б}} + I_{\text{к}}$$

Але струм бази достатньо малий для біполярного транзистору, щоб ним можна було знехтувати, тому можна стверджувати, що $I_{R2} = I_{\text{к}}$

З документації на транзистор для отриманого значення $I_{\text{к}}$ було визначена напруга $U_{\text{бе}}$, графік залежності $U_{\text{бе}}$ ($I_{\text{к}}$) наведено на рис 2.1.

Для струму 0.38 А на графіку було знайдене відповідне йому значення напруги $U_{\text{бе}}$. Для прямої за температури 25°C значення $U_{\text{бе}}$ складає 0.63В.

За 2 законом Кірхгофа можемо стверджувати, що

$$U_{\text{кб}} = U_{\text{ке}} - U_{\text{бе}} = 1.2 - 0.63 = 0.57 \text{ В}$$

Ця напруга буде виділятися на $R1$, тому за законом Ома ми можемо знайти значення струму $I_{\text{б}}$

$$I_6 = \frac{U_{кб}}{R_1} = \frac{0.57}{2.2 * 10^5} = 2.59 \text{ мкА}$$

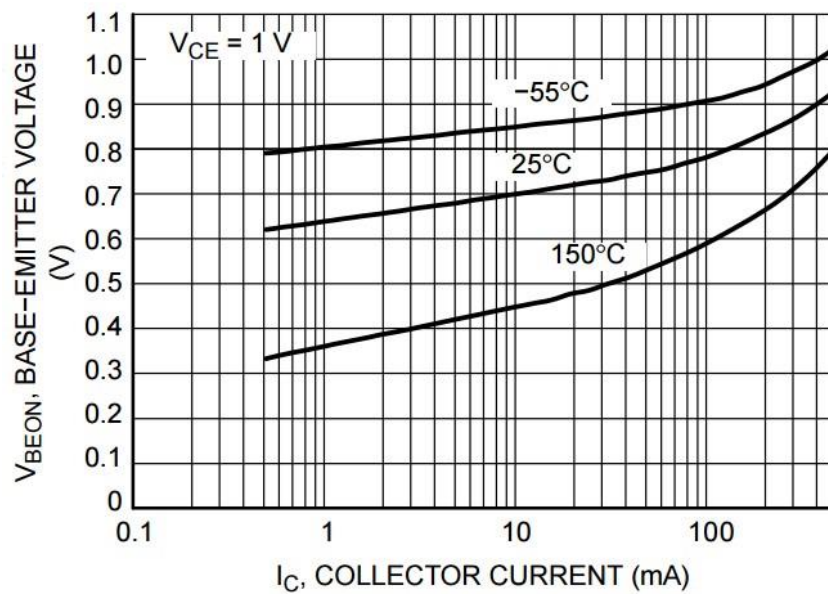


Figure 4. Base-Emitter Voltage

Рис 2.1. Вихідна характеристика транзистора

Для знайдених значень струму можна розрахувати параметр транзистору β , та передаточну провідність g_m .

$$\beta = \frac{I_k}{I_6} = \frac{380}{2.59} = 146,7$$

$$g_m = \frac{I_{k0}}{V_T} = \frac{0,38}{26} = 14,61 \text{ мСм}$$

Для даної схеми підключення розрахунок коефіцієнту підсилення буде проводитися за формулою (2.1) [3]

$$A = \frac{-g_m * R_1 + 1}{1 + R_3 * \left(g_m * \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) + \frac{1}{R_c} \right) + \frac{R_1}{R_c} * \left(1 + \frac{R_3}{r_{be}} \right)} \quad (2.1)$$

Де

$$r_{be} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{146,7}{0,01461} \approx 10 \text{ кОм}$$

$$R'_c = \frac{R_2 * r_{ce}}{R_2 + r_{ce}}$$

Вважаючи, що опір переходу колектор-емітер (r_{ce}) буде дуже великим, це впливає з теорії роботи транзистора, можна стверджувати, що опір паралельного з'єднання з R_2 буде рівним номіналу R_2 , а саме 10 кОм.

Тепер можна провести розрахунок

$$A = \frac{-0,0146 * 220000 + 1}{1 + 500 * \left(0,0146 * \left(1 + \frac{1}{146,7} \right) + \frac{1}{10000} \right) + \frac{220000}{10000} * \left(1 + \frac{500}{10000} \right)} = -54,46$$

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ АКУСТИЧНОГО ПЕРЕМИКАЧА

Для перевірки працездатності принципової схеми було проведено симулювання в програмі LTspice. Для цього було побудовано схему, наведену на рис. 3.1

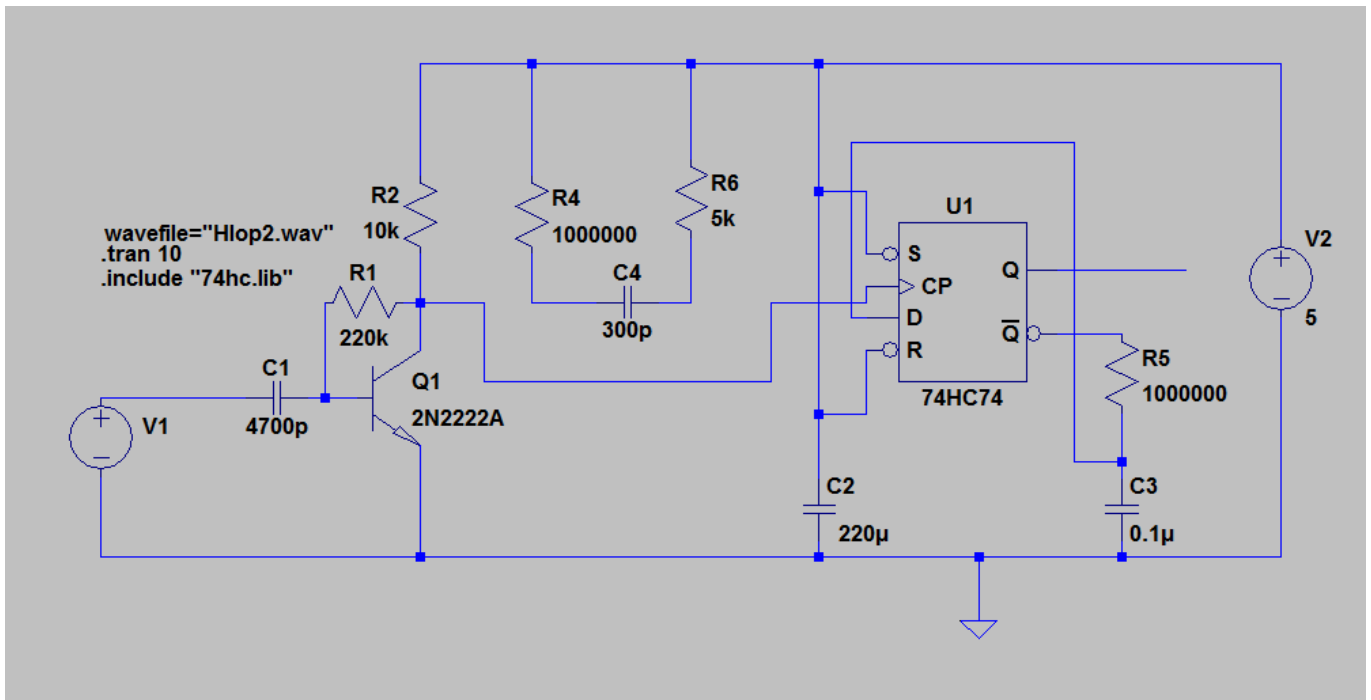


Рис. 3.1 Схема для симуляції

В даному випадку були внесені певні зміни до конструкції. Практична тестова модель показала, що схема занадто чутлива то зовнішніх збуджувачів, тому було прийняте рішення додати схему для боротьби з дріб'язінням сигналу [5]. Дане рішення суцільно практичне і в симуляції враховане не було. З підключенням цієї схеми симуляція припиняла свою роботу. Це пов'язано с тим, що записаний аудіофайл хлопків сприймався інакше, ніж реальний звук. Результат симуляції наведено на рис 3.2

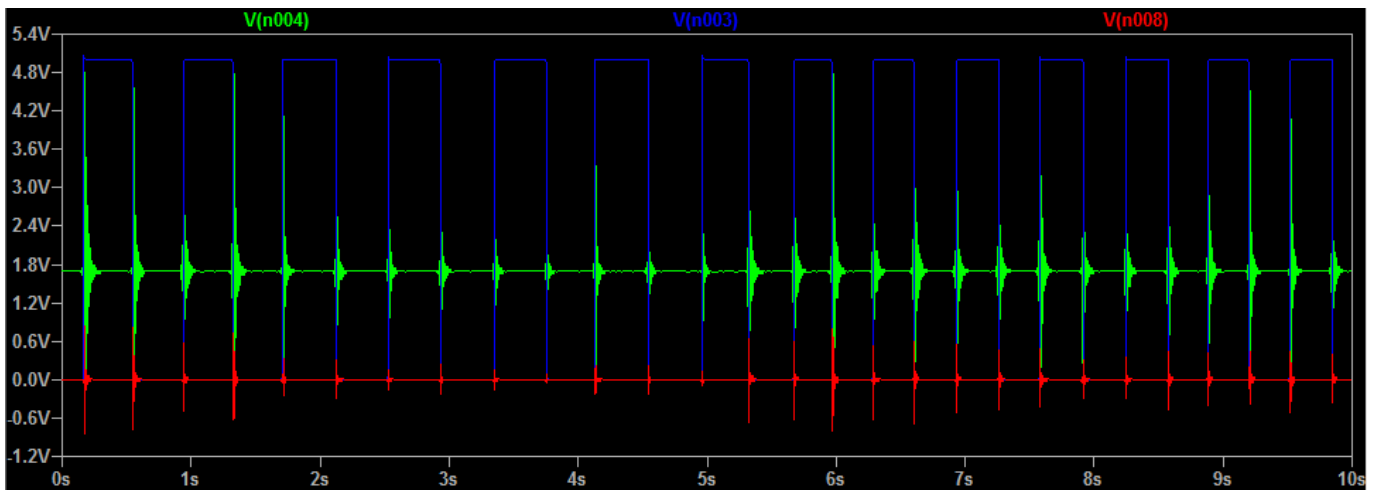


Рис 3.2 Симуляція роботи спроектованої принципової схеми

На симуляції ми бачимо три графіки:

1. Червоний – напруга, яка подається з джерела. В даному випадку це записаний звук хлопків.
2. Зелений – напруга на колекторі транзистору, який виконує роль підсилюючого каскаду зі спільним емітером.
3. Синій – напруга на виході мікросхеми.

Як бачимо, кожний новий імпульс спочатку підсилюється, щоб сприйматися мікросхемою. Остання в свою чергу реагує на підсилені імпульси та спрацьовує. Як результат на виході мікросхеми відбувається зміна рівнів напруги від 0 В низького рівня (логічний «0») до 5 В високого рівня (логічної «1»). Перевірка розрахованих характеристик. Напруга та струм бази відображено на рис. 3.3

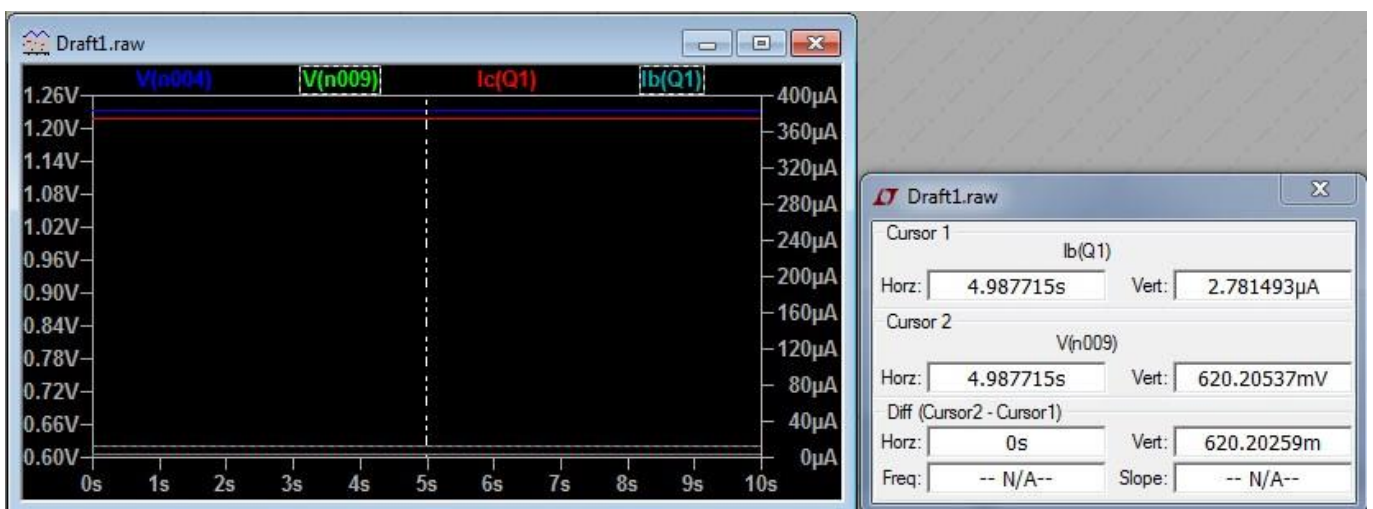


Рис 3.3 Напруга та струм бази

Напруга та струм колектора показано на рис 3.4

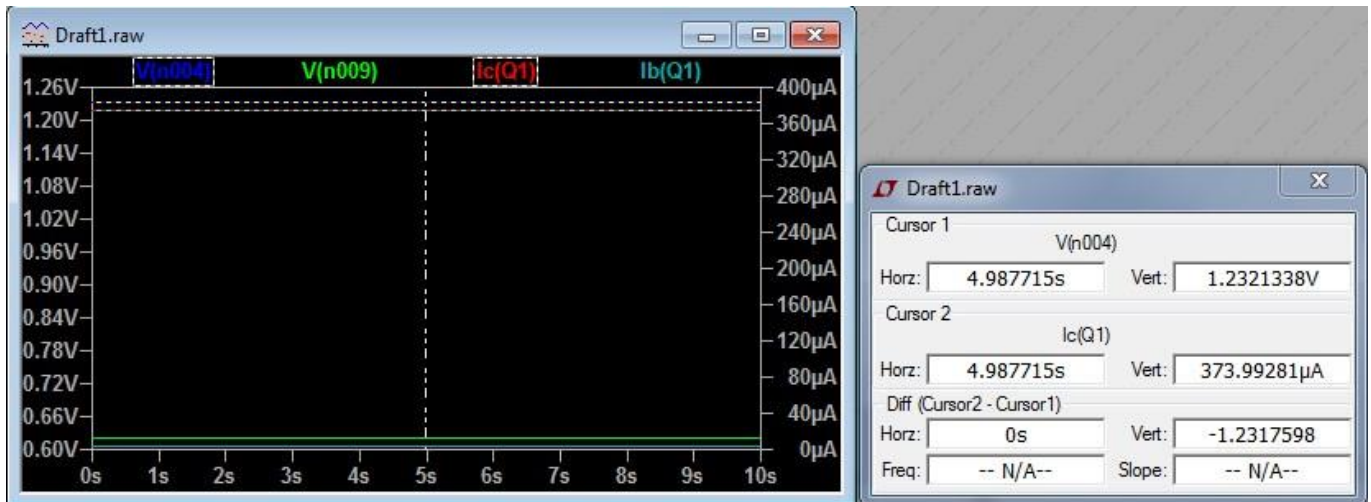


Рис 3.4 Напруга та струм колектора

Підсилення сигналу показано на рис 3.5

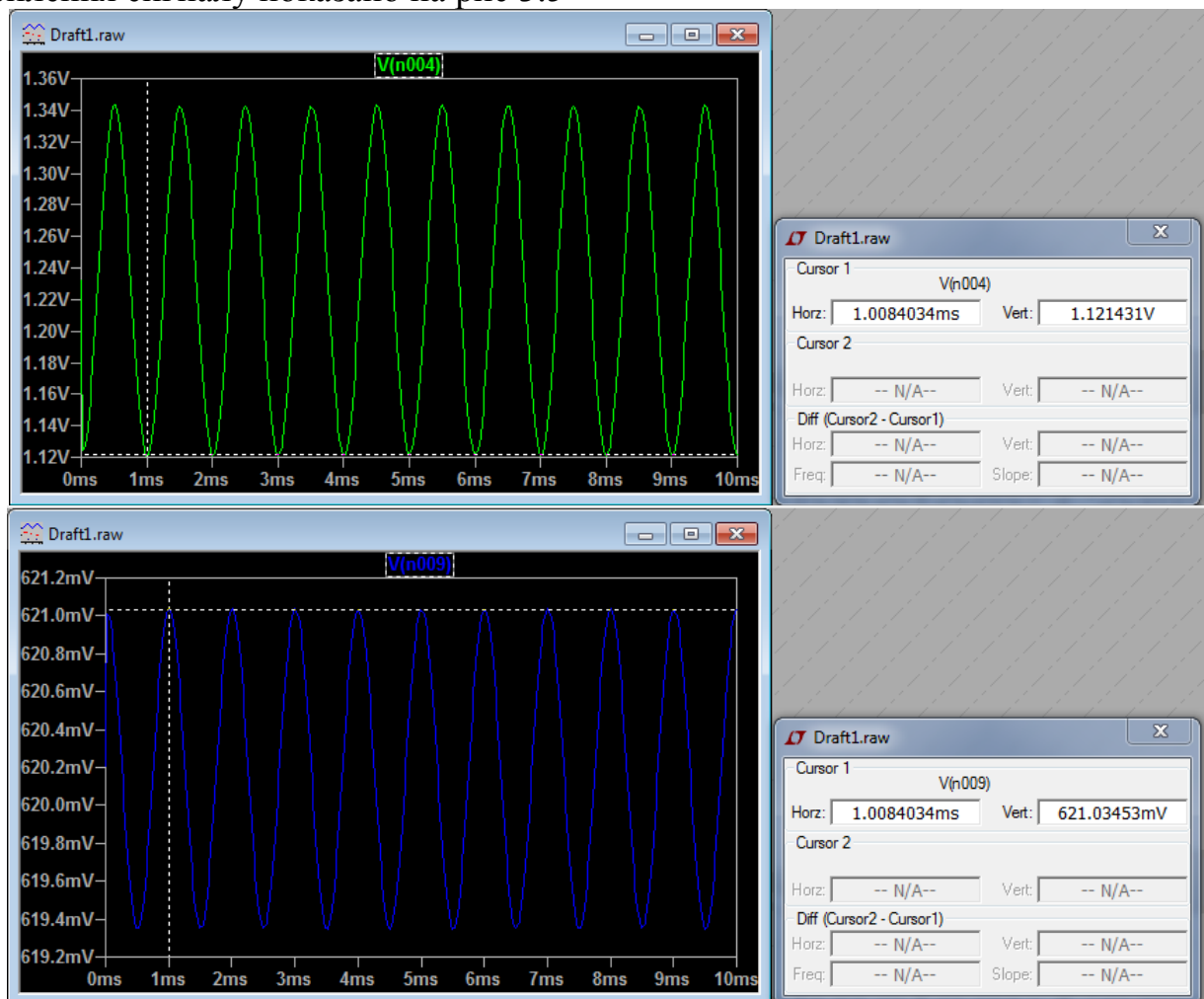


Рис 3.4 Підсилений сигнал

Коефіцієнт підсилення за напругою складає 2.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТРУКЦІЇ АКУСТИЧОГО ПЕРЕМИКАЧА

Щоб упевнитися в коректній роботі пристрою спочатку була зібрана тестова модель на макетній платі (див. рис 4.1)

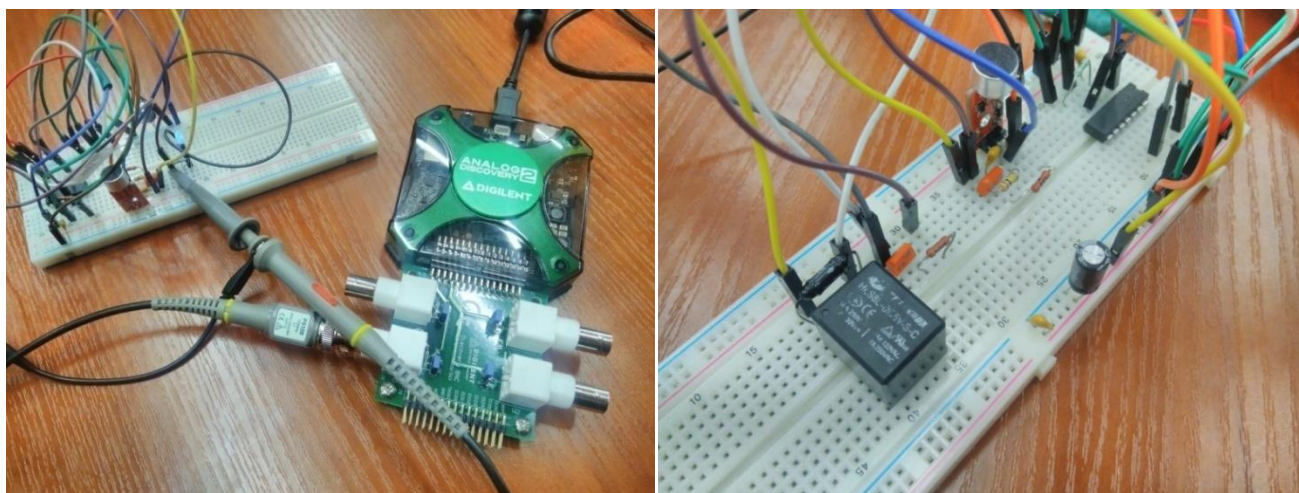


Рис 4.1 Тестова модель пристрою

Вона показала, що пристрій занадто чутливий. Це було підтверджено за допомогою AnalogDiscovery, знімаючи рівень напруги на вході С D-триггеру (рис 4.2)

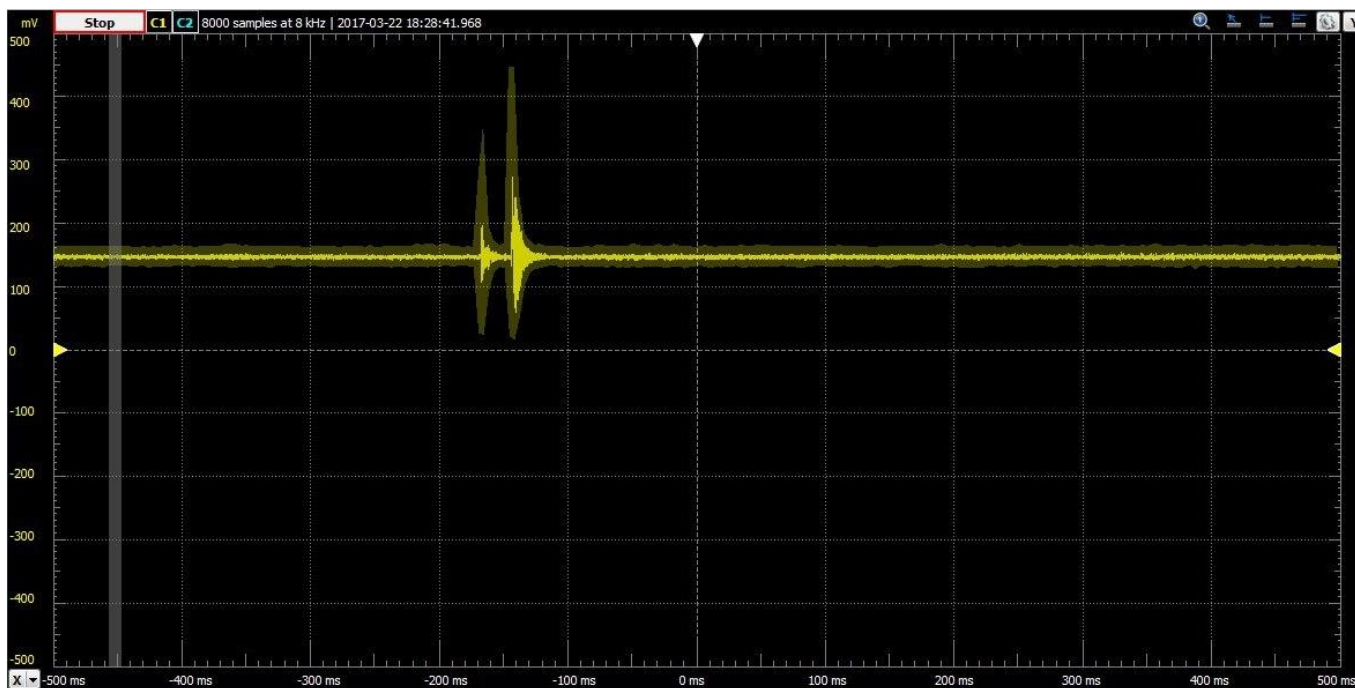


Рис 4.2 Показники осцилографа з тестовою моделлю за допомогою AnalogDiscovery

Так були виявлені різкі не однократні перепади сигналу, які призводили до хибних спрацьовувань триггеру. Ця проблема була вирішена за допомогою схеми для боротьби з дріб'язінням від контактів, яка наведена на рис 4.3.

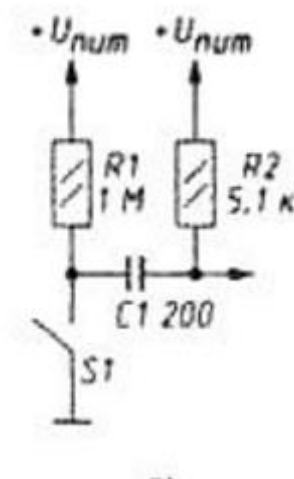


Рис 4.3 Схема для формування короткого імпульсу

Наступним кроком стало перенесення вже справно працюючого приладу на макетну плату. Для цього у сервісі Sprint Layout було розведено дану схему рис 4.4.

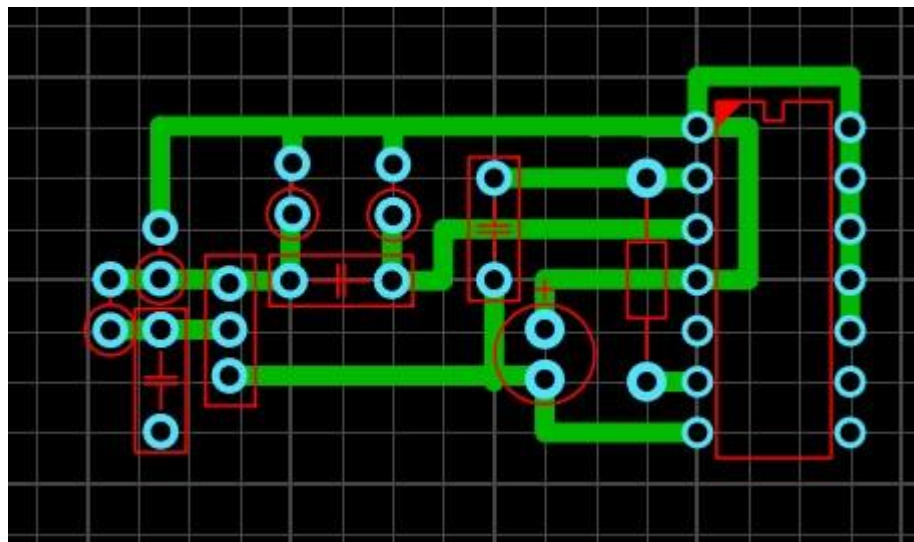


Рис 4.4 Розводка схеми

Після цього на основі побудови було зібрано та спаяно пристрій на макетній платі рис 4.5

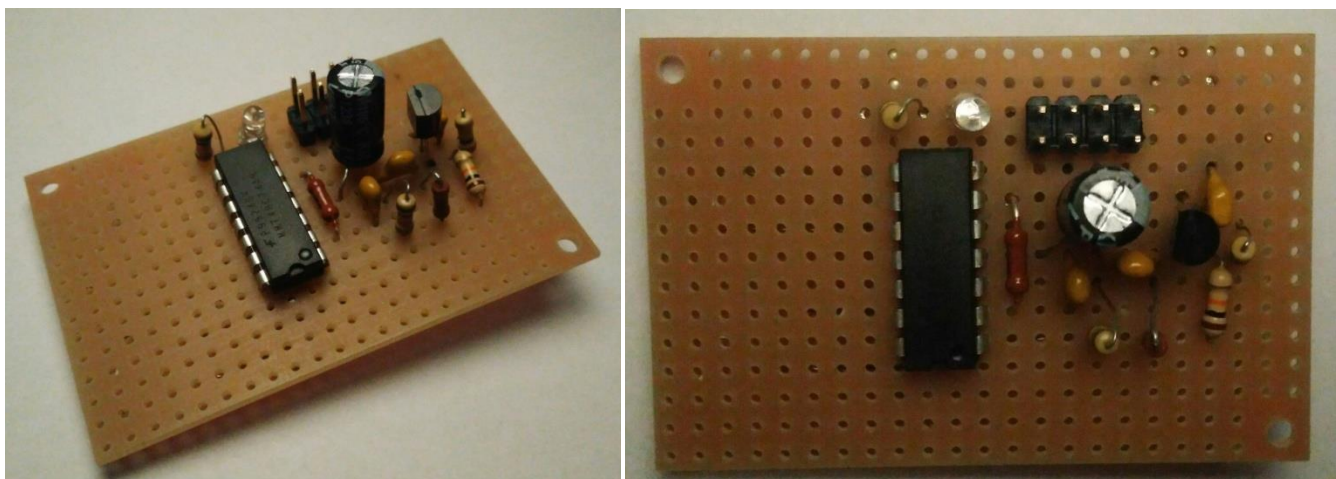


Рис 4.5 Зібраний прилад на макетній платі

На даному етапі ще не приєднано мікрофон, та було додано світло діод. Це необхідно для зручності проведення подальших тестів з пристроєм. Після необхідних перевірок було додано блок живлення для мережі 220В, та реле, для керування мережею 220В рис 4.6.

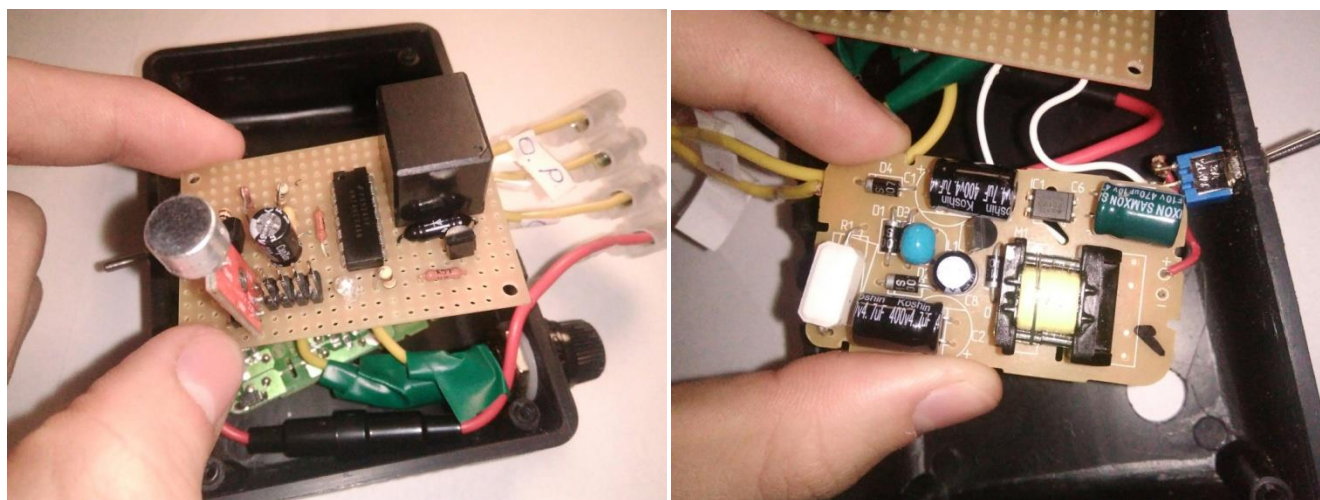


Рис 4.6 Реле та блок живлення для роботи з мережею 220 В

Останнім кроком в конструкції робочого прототипу стало приєднання запобіжників з метою захисту пристрою від неочікуваних перепадів струму (див. рис 4.7)

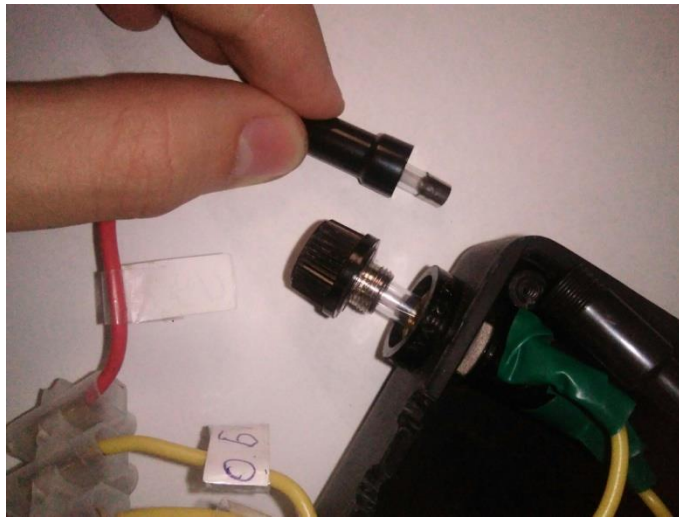


Рис 4.7 Запобіжники для реле та БЖ

Результатом роботи було отримано акустичний перемикач, що живиться від мережі та здатен виконувати роль вимикача, що контролюється імпульсами звуку.

Рис 4.8



Рис 4.8 Остаточний вигляд пристрою з середини та зовні

Також було проведено певні виміри для перевірки розрахунків з розділу 2. Напруга бази та колектора (див. рис 4.9)

$$U_{be}=0.601V$$

$$U_{ke}=1.17V$$

Покази амперметра становлять $I_b=2\mu A$

$$I_k=0.39mA$$

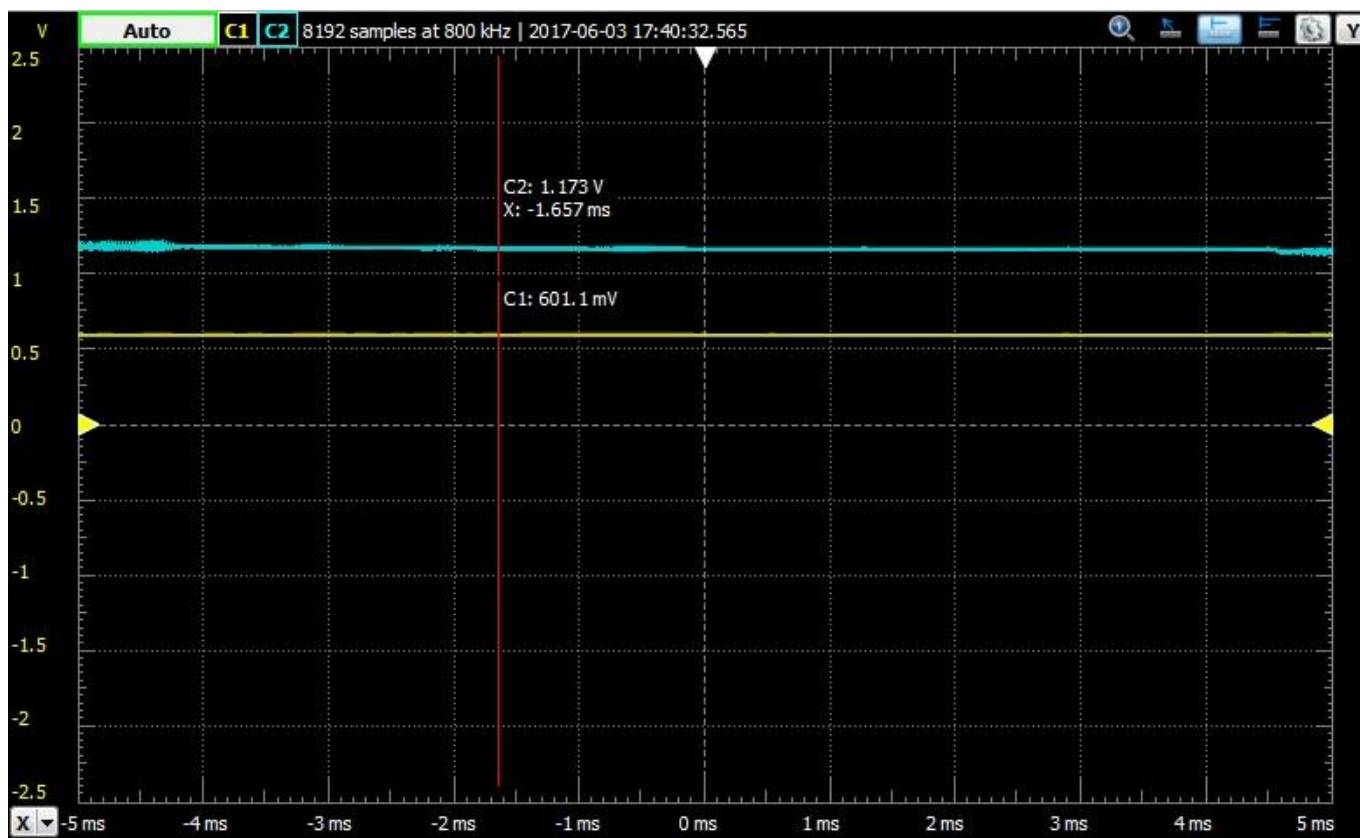


Рис 4.9 Напруга бази та колектора (робоча точка)

Підсилення сигналу можна спостерігати на рис 4.10

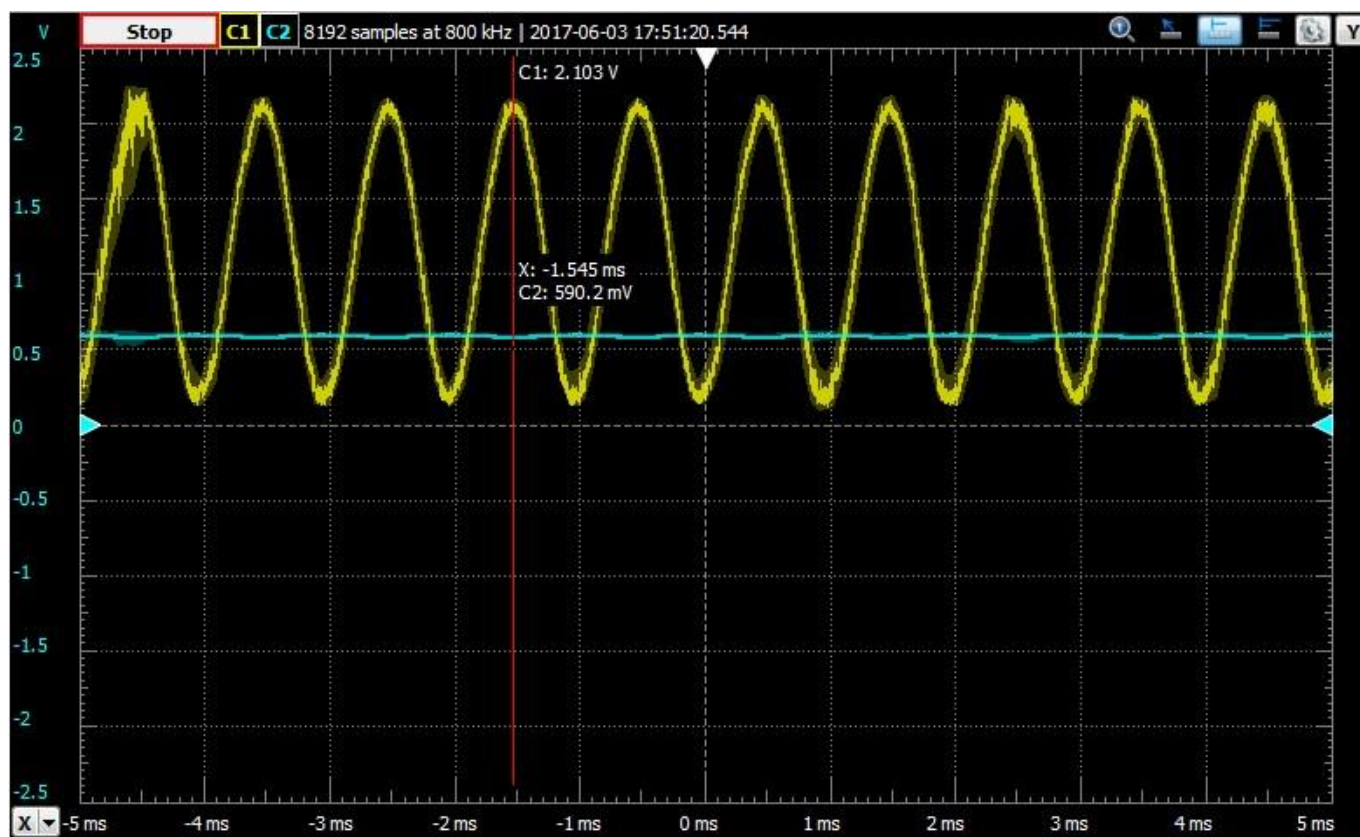


Рис 4.10 Підсилення сигналу каскадом

Коефіцієнт підсилення складає 3,56

Порівняльна характеристика основних величин наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Параметр	Теоретичний розрахунок	Результати симуляції	Практичні виміри
$I_{k,мА}$	0,38	0,37	0,39
$I_{b,мкА}$	2,59	2,78	2
$U_{be,В}$	0,63	0,62	0,6
$U_{ke,В}$	1,2	1,23	1,17
A	54,46	2	3,56

Аналіз даних показав, що відмінність між параметрами струмів та напруг може бути спричинена округленням розрахунків, розбіжностями між теоретичними розрахунками при симуляції та реальними номінальними значеннями радіоелементів пристрою. Варто зазначити, що при виробництві біполярних транзисторів характеристики моделі варіюються в достатньо великих межах, а також в прототипі пристрою в якості резистору R1 було використано резистор номіналом 200 кОм замість допущених 220 кОм. Тому, як для напруг та струмів, так і для коефіцієнту підсилення таке відхилення буде нормальним.

Щодо відмінностей коефіцієнтів A: A теоретичний було розраховано за формулою (2.1) відповідно до [4, с.134]. Навіть при певній варіації з параметрам U_{ke} , який був обраний довільно, та розрахунку конкретного значення для Γ_{ce} значення варіюювалося на ± 5 .

ВИСНОВКИ

В даній курсовій роботі була обрана схема акустичного перемикача. Було проведено її аналіз та досліджено принцип його роботи.

Далі були проведені теоретичні розрахунки підсилюючого каскаду на транзисторі з загальним емітером та зворотним від'ємним зв'язком за напругою, щоб перевірити працездатність запропонованої схеми. За результатами обрахунку була визначена робоча точка підсилюючого каскаду на біполярному транзисторі, та визначено коефіцієнт підсилення за напругою, його значення склало 54.

В середовищі LtSpice було проведено симуляцію для обраної схеми. Вона підтвердила попередні розрахунки та працездатність схеми, про свідчать графіки вихідних сигналів, а саме виходу Д-тригера. Здійснювалось перемикання рівнів напруги, яке лежить в основі даного пристрою. На даному етапі виникла лише одна відмінність. Значення коефіцієнт підсилення за напругою для симуляції склало приблизно 2, коли розрахункове значення значно більше.

Останнім кроком було безпосереднє проектування та збір прототипу на макетній платі. Для цього схема спочатку була розведена, а після розміщення усіх компонентів, спаяна. Зібрана модель працювала коректно та виконувала ввімкнення/вимкнення світлодіоду в результаті реакції на звукові імпульси. Для зібраного прототипу були виміряні параметри для порівняння з даними, отриманими при симуляції та розрахованими теоретично. Коефіцієнт підсилення за напругою для прототипу склав 3,56.

Результати показів для розрахунку, симуляції та практичного виміру знаходяться у межах норми, за виключенням коефіцієнту підсилення за напругою розраховано теоретично.

За власною ініціативою до працюючого пристрою було додано блок живлення та зібрано просту схему з використанням реле. Це було зроблено з метою використання даного пристрою для роботи в мережі 220В.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акустический выключатель [Электронный ресурс] – Режим доступа http://cxema.my1.ru/publ/razdel_skhem_dlja_nachinajushhikh_radioljubitelej/konstrukcii_prostoj_slozhnosti/akusticheskij_vykljuchatel_7/23-1-0-2958 – Назва з екрану
2. Документація на мікросхему 74НС74 [Електронний ресурс] – Режим доступа http://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74НС_НСТ74.pdf – Назва з екрану
3. Документація на транзистор 2N2222А [Електронний ресурс] – Режим доступа <http://web.mit.edu/6.101/www/reference/2N2222A.pdf> – Назва з екрану
4. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехніка, [Електронний ресурс] – Режим доступа:
http://www.tverhtk.ru/library/predmets/pc_systems/Poluprovodnikovaja_shemotehnika_Tom1_2008.pdf – Назва з екрану
5. Формирование и генераторы импульсов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.junradio.com/nach/TTL/CHAPTER3/3.htm> – Назва з екрану