

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

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни Електронна компонентна база радіоелектронної апаратури
на тему: FM радіомікрофон

Студента 2 курсу групи ДК-91
Напряму підготовки: Телекомунікації та
радіотехніка

Геращенко А.Ю.
(прізвище та ініціали)

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)

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Список умовних скорочень.....	5
Розділ 1 Вибір та аналіз принципової схеми приладу	6
Розділ 2 Визначення характеристик необхідних для вибору компонентів схеми.....	11
Розділ 3 Вибір елементної бази.....	16
Розділ 4 Створення 3D моделі компоненту.....	22
Розділ 5 Створення конструкторської документації на друкований вузол.....	26
Висновки.....	33
Список використаних джерел.....	34

ВСТУП

Для своєї курсової роботи я обрав тему "FM радіомікрофон", мені захотілось детальніше розібратись з принципом роботи схем, які присвячені цій тематиці.

FM радіомікрофон призначений для передачі звукового сигналу на будь-який FM приймач (наприклад, радіо, настільний радіоприймач чи радіоприймач в телефоні). Одним зі способів використання даного пристрою є зв'язок, але через простоту побудови FM мікрофона за обраною схемою, він має невелику дальність передачі. Невеликі розміри пристрою дають змогу використовувати його, як засіб для прослуховування. (За незаконне використання прослуховування в Кримінальному кодексі передбачена відповідальність терміном до 10 років).

Метою роботи є створення бібліотеки компонентів та її використання для розробки конструкторської документації на друкований вузол (друковану плату). При розробці пристрою потрібно врахувати особливості використання, зробити його зручним у користуванні та портативним.

Задачами курсової роботи будуть:

1. Вибір та аналіз принципової схеми приладу
2. Визначення характеристик необхідних для вибору компонентів схеми
3. Вибір елементної бази
4. Створення 3D моделі компоненту
5. Створення конструкторської документації на друкований вузол

У першому розділі буде обрана схема та наведена електрична принципова схема з детальним розглядом принципу її роботи.

У другому розділі буде проведена симуляція схеми, яка дозволить визначити струми, напруги на елементах та розрахувати потужності.

У третьому розділі буде використано розрахунки та виміри, зроблені у попередньому розділі, для підбору елементної бази з необхідними характеристиками.

У четвертому розділі буде покроково описано створення 3D моделі одного з елементів схеми у ПЗ Fusion 360.

У п'ятому розділі буде покроково описано створення друкованої плати в Altium Designer з демонстрацією шарів та 3D моделі плати.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЧМ	Частотна модуляція
ПЗ	Програмне забезпечення
FM	Frequency Modulation
BOM	Bill of Materials
BAH	Вольт-Амперна характеристика

РОЗДІЛ 1

Вибір та аналіз принципової схеми приладу

Під час перегляду схем на тему "FM радіомікрофон" мою увагу привернула схема з використанням мікросхеми K155ЛА3, яка містить у своєму корпусі 4 логічні елементи І-Ні. Зацікавленість саме цією схемою викликана тим, що реалізація FM радіомікрофону не містила у собі індуктивностей та транзисторів, як більшість схем на подібну тематику. Обрана мною схема має вигляд:

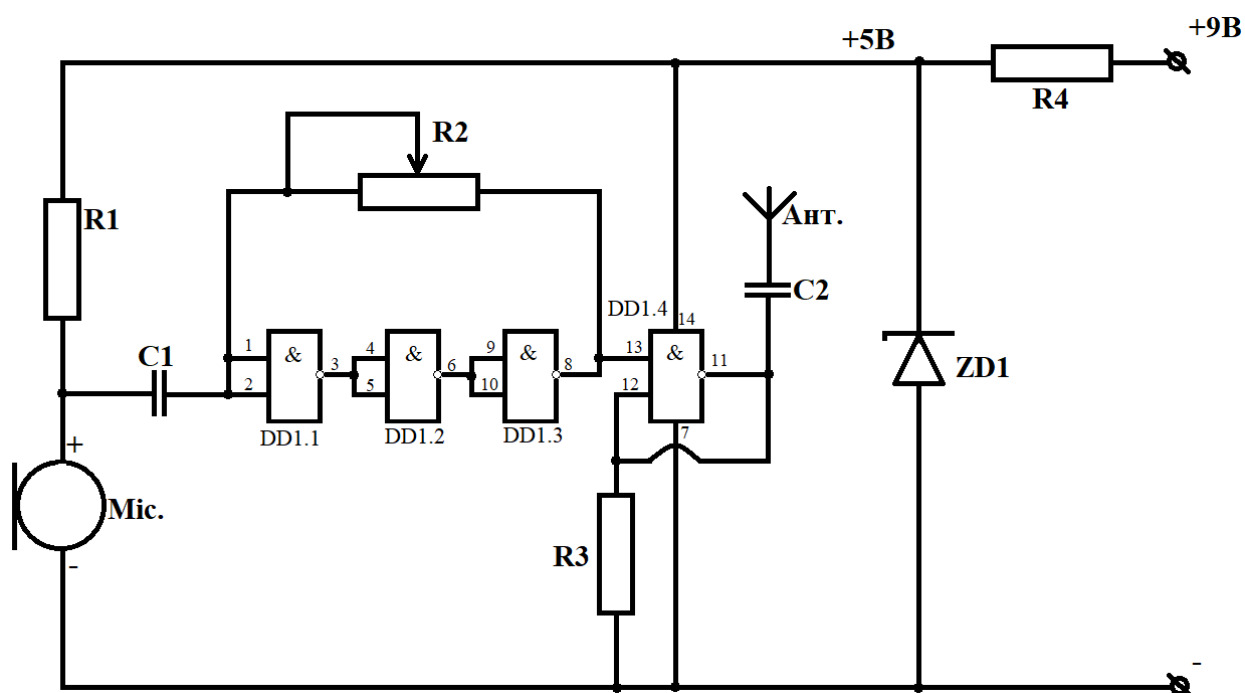


Рис.1.1 Сема FM радіомікрофону

Принцип роботи схеми полягає у передачі аналогового сигналу, який фіксує мікрофон, за допомогою ЧМ на будь-який FM приймач. Розділимо схему на 4 частини, щоб детальніше розібратися з принципом її роботи.

Перша частина забезпечує живлення схеми і складається з баластного резистору (R4), стабілітрону (ZD1), який підключено у зворотньому зміщенні, та батарейки типу крона з напругою 9В. Наведене з'єднання компонентів являє собою параметричний стабілізатор напруги. Стабілітрон завдяки своїй

конструкції може працювати тривалий час в області пробою, що дозволяє використовувати властивості зворотної гілки ВАХ.

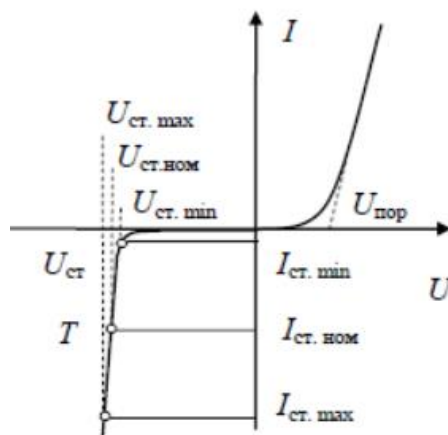


Рис.1.2 ВАХ стабілітрона

З графіку ВАХ стабілітрона видно, що на робочому участку (від $I_{ст. min}$ до $I_{ст. max}$) напруга на стабілітроні ($U_{ст. min}$ та $U_{ст. max}$) змінюється не суттєво, такі властивості стабілітрона дозволяють стабілізувати напругу. Тобто величина напруги падіння на баластному резисторі залежить від струму через нього, а струм через цей резистор залежить від струму через стабілітрон, тому змінюючи опір резистора можна задавати струм стабілітрона і напругу на виході параметричного стабілізатора. У випадку цієї схеми, на вході параметричного стабілізатора напруга від батарейки 9В, а на виході напруга дорівнює 5В, решта напруги падає на резисторі R4 та дорівнює 4В.

Друга частина схеми містить мікрофон, резистор R1 та конденсатор C1. Дані 3 елементи схеми представляють собою схему підключення електретного мікрофону. Електретний мікрофон відноситься до конденсаторних мікрофонів, одна з обкладенок конденсатора(мембрана) вкривається електретом, який має електричний заряд. Внаслідок дії звукового сигналу починає змінюватись положення мембрани, що змінює ємність конденсатора та на ньому з'являється змінна напруга, яка відповідає звуковому сигналу. Внутрішню будову мікрофону показано на Рис.3.



Рис.1.3 Внутрішня будова електретного мікрофону

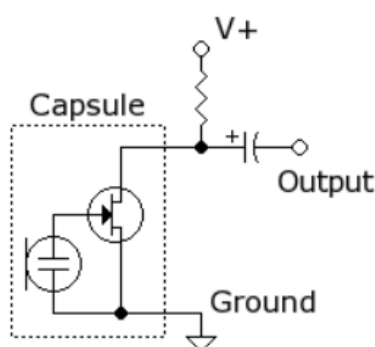


Рис.1.4 Схема підключення електретного мікрофону

З наведених малюнків видно, що всередині мікрофону є польовий транзистор. Оскільки мікрофони конденсаторного типу мають великий вихідний опір, в їх корпусі розміщують польовий транзистор, а для подачі живлення на цей транзистор потрібен обмежуючий резистор. Така схема підключення дозволяє зменшувати вихідний опір мікрофону, що дозволяє зменшити втрати сигналу. Конденсатор C1 є обмежуючим, він не пропускає постійну складову на вхід генератора.

Третя частина схеми містить у собі змінний резистор R2, конденсатор C1 та 3 логічні елементи І-Ні, які знаходяться в корпусі мікросхеми. На базі 3 логічних елементів та RC ланцюжка побудовано кільцевий генератор (Ring

Oscillator) прямокутних імпульсів. RC ланцюжок у даному блоці схеми потрібен для зміни затримки сигналу, змінюючи затримку можна впливати на частоту імпульсів, які генеруються. Резистор R2 є змінним, тому змінюючи його опір можна керувати частотою генератора. Для побудови кільцевого генератора у логічних елементів І-Ні закоротили входи, що перетворило їх у інвертори. На Рис.5 можна побачити, які рядки таблиці істинності для логічних елементів І-Ні будуть працювати у цій схемі.

Позначення на схемах		
		
Таблиця істинності		
Входи		Вихід
A	B	$\overline{A \wedge B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Рис.1.5 Позначення на схемі та таблиця істинності для І-Ні логіки

За допомогою інверторів у цій схемі побудовано генератор високочастотного сигналу, що дозволяє використовувати ЧМ для передачі сигналу з мікрофону в ефір. Розглянемо більш детально ЧМ.

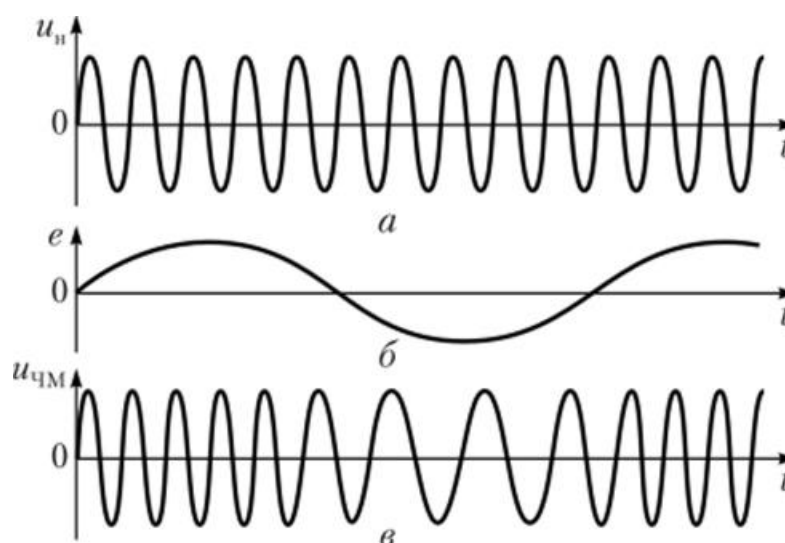


Рис.1.6 Частотна модуляція

На Рис.6а зображено незмінний сигнал з несучою частотою, на схемі FM радіомікрофону цей сигнал створює генератор на інверторах, але у нашому випадку цей сигнал буде прямокутний. Прямокутний сигнал не є проблемою адже він має синусоїдальну складову. На Рис.6б зображено інформаційний сигнал, який передає мікрофон на вхід генератора. Рис.6в демонструє зміну частоти несучого сигналу зі зміною частоти імпульсів на виході мікрофона. Тобто несучий сигнал пропорційно змінюється відносно інформаційного сигналу, який потрібно передати.

Четверта частина схеми містить у собі один логічний елемент І-Ні, резистор R3 та конденсатор C2. Наведене на схемі з'єднання цих компонентів з використанням зворотнього зв'язку утворює підсилювач потужності вихідного сигналу, що дозволяє збільшити дальність передачі.

Схему FM радіомікрофону було взято з відео на [YouTube](#).

РОЗДІЛ 2

Визначення характеристик необхідних для вибору компонентів схеми

Для визначення характеристик компонентів схеми я буду виконувати симуляцію у ПЗ LTspice, для цього потрібно зібрати схему з використанням вказаних у відео номіналів компонентів.

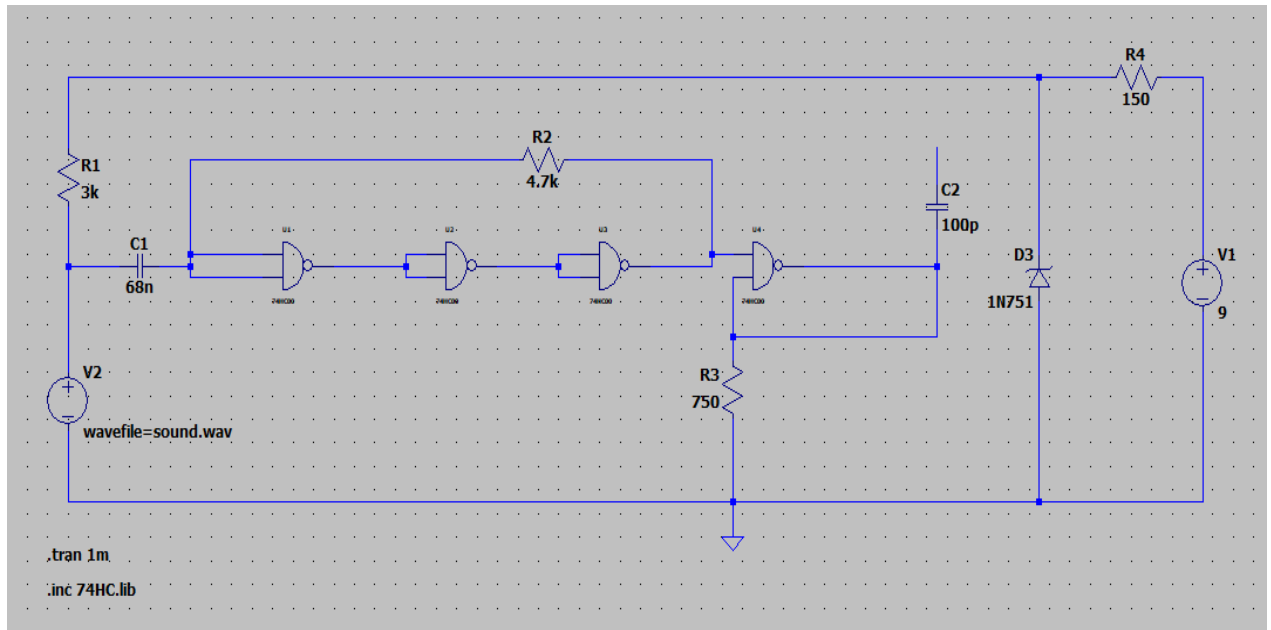


Рис.2.1 Схема зібрана в LTspice

Оскільки я не знайшов spice моделі мікросхеми було прийнято рішення використовувати логічні елементи з бібліотеки 74НС (команду для підключення бібліотеки можна побачити у лівому кутку скріншота). На схемі не зображено виводи, що подають живлення на мікросхему, бо напругу живлення логіки необхідно встановлювати у налаштуваннях для кожного логічного елемента окремо. У лівому кутку Рис.7 можна побачити, що симуляція проводилась у режимі Transient. Режим Transient – це аналіз зміни напруги та струму з часом, коли вхідний сигнал подається до електронної схеми. У налаштуваннях до режиму transient я вказав лише час тривалості симуляції 1 ms. Такий малий проміжок часу був вибраний через дуже довге компілювання та дуже великий об'єм пам'яті, який займають файли симуляції при встановленні навіть 1 секунди. Для імітації мікрофону було використано

джерело з доданим у нього wav файлом. Для підключення wav файлу необхідно тримаючи клавішу Ctrl натиснути правою кнопкою миші на джерело та в рядку Value прописати команду в якій буде вказано назву та місце розташування файлу, якщо він знаходиться не в папці проекту. Змінний резистор R2 я замінив звичайним резистором, при потребі зміни частоти генератора можна просто відредагувати значення опору та знову запустити симуляцію.

Щоб перевірити працездатність схеми я виконаю симуляцію та подивлюсь чи відповідають графіки напруги на елементах теоретичним очікуванням.

Першим кроком я перевіряв напругу на виході параметричного стабілізатора, отриманий графік відповідає теоретичним очікуванням.

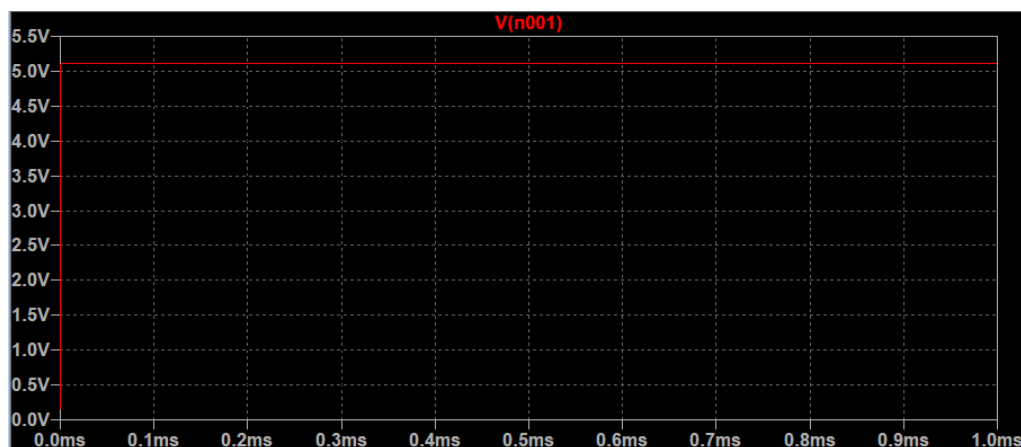


Рис.2.2 Графік напруги на виході стабілізатора

Наступним кроком я перевіряв сигнал на виході мікрофона, отримані результати також виглядають цілком правдоподібними.

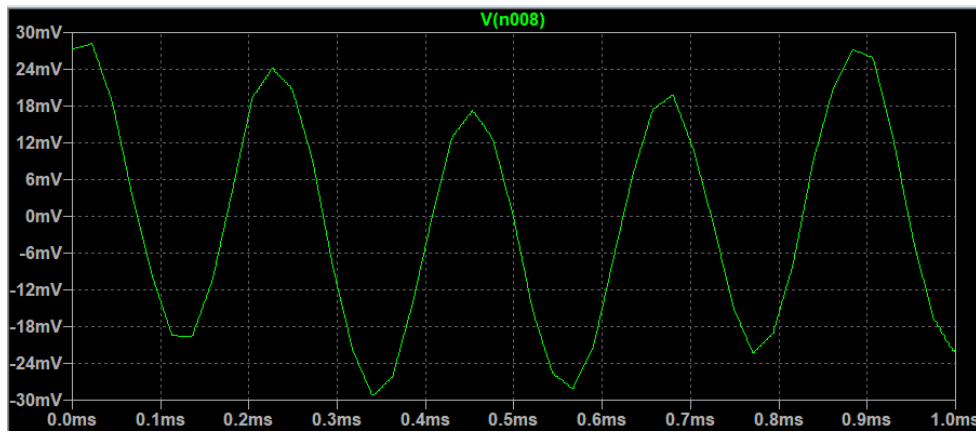


Рис.2.3 Графік сигналу на виході мікрофона

Для перевірки генератора я заміню джерело з wav файлом, яке імітує мікрофон, на джерело синусоїдального сигналу з амплітудою напруги, як на мікрофоні та частотою 50 кГц. Ці зміни потрібні, щоб побачити ЧМ на виході генератора, симулюючи схему невеликий проміжок часу.

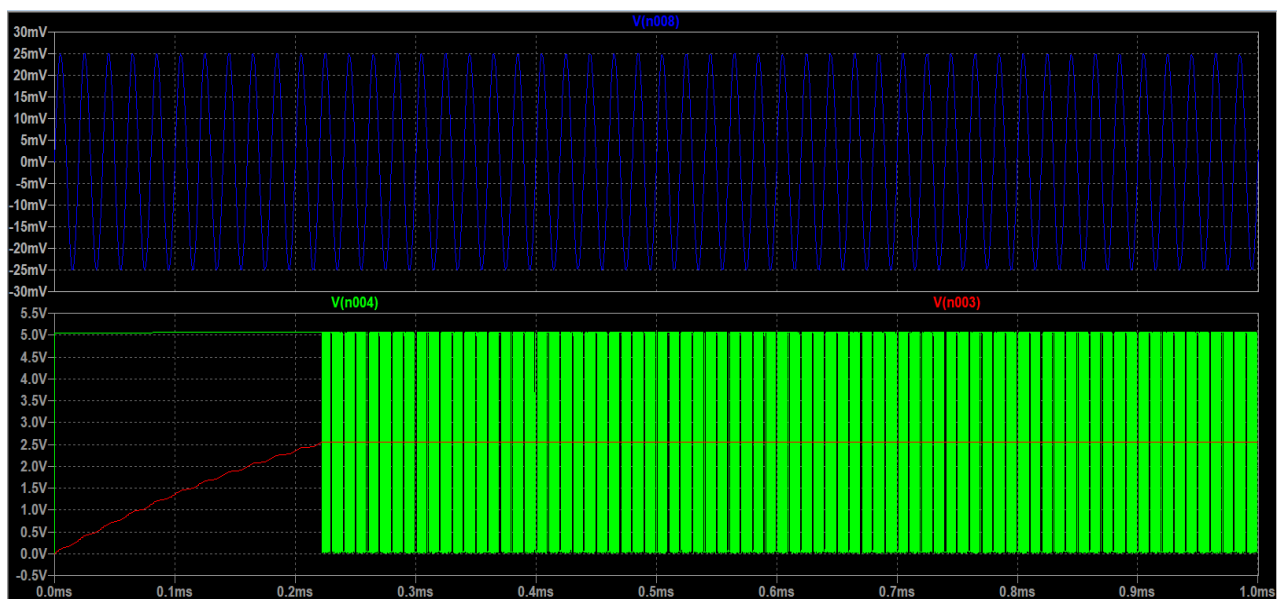


Рис.2.4 Графіки напруг на виході мікрофона, генератора та напруга на конденсаторі

На Рис.10 червоним кольором позначено напругу на конденсаторі, зеленим напругу на виході генератора, синім напругу на виході мікрофону. Проаналізувавши отримані графіки можна стверджувати, що схема працює вірно. На графіку добре видно ЧМ, тобто зміну частоти генератора зі зміною сигналу на виході мікрофону. Також з графіку можна побачити, що генератор

починає працювати, коли конденсатор зарядився, коли конденсатор зарядився до нижнього порогу логічної одиниці починається генерація імпульсів.

Остання перевірка схеми буде стосуватися підсилювача, для перевірки підсилення сигналу я порівняв сигнал на виході схеми та вихідний сигнал генератора. На графіку я побачив, що проблем з підсилення не виникає і зробив висновок, що схема працює вірно.

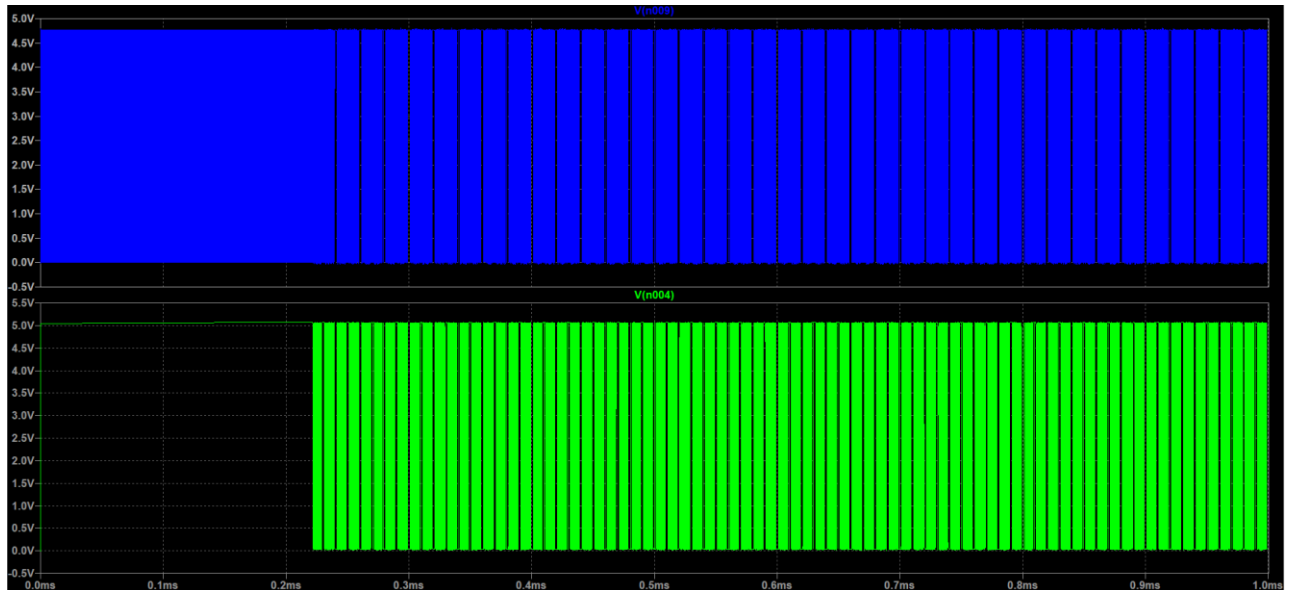


Рис.2.5 Графіки напруги на виході генератора та підсиленої напруги на виході схеми

Переконавшись у працездатності схеми я повернув джерело з wav сигналом на місце та зробив виміри струмів та напруг.

Для вимірів напруги та струму на компонентах я використовував віртуальний осцилограф LTspice. Оскільки у схемі присутній мікрофон та генератор прямокутних імпульсів, то на елементах схеми я буду обирати амплітудні (максимальні) значення напруги та струму.

Таблиця 2.1 Результати вимірів напруг та струмів

Назва компоненту	Характеристики	Струм	Напруга
Резистори			
R1	3 кОм	1,71 мА	5,14 В
R2 (змінний)	4,7 кОм	1 мА	5 В
R3	750 Ом	6,36 мА	4,77 В
R4	150 Ом	25,9 мА	3,9 В
Конденсатори			
C1	68 нФ	1 мА	2,58 В
C2	100 пФ	4,77 пА	33 мкВ
Стабілітрон			
ZD1	5,1 В	24,2 мА	5,1 В

На основі зроблених вимірів необхідно розрахувати потужність розсіювання для резисторів та стабілітрона, розрахувати потужність можна за формулою:

$$P = U \times I$$

Таблиця 2.2 Результати розрахунків потужності

Назва компоненту	Потужність, Вт
Резисори	
R1	0,0087894
R2 (змінний)	0,005
R3	0,0303372
R4	0,10101
Стабілітрон	
ZD1	0,12342

Схему, яка була побудована в Altium Designer можна переглянути на [Github](#).

РОЗДІЛ 3

Вибір елементної бази

Елементну базу для свого приладу я обираю за наступними критеріями:

1. Номінал компоненту повинен відповідати схемі.
2. Значення струмів через виводи, напруг між виводами та потужності розсіювання повинні бути на 40% менші за максимально допустимі.
3. Температурний діапазон роботи компоненту повинен бути достатнім для виконання компонентом своїх функцій.
4. Компонент повинен бути наявним на складі, відповідати попереднім вимогам та мати найнижчу ціну.

Компоненти для своєї схеми я буду обирати на сайті [Digi-Key](https://www.digikey.com). На стартовій сторінці сайту є меню Products у якому потрібно натиснути View all. На вкладинці, яка відкрилась знаходяться різні категорії з компонентами, потрібно знайти необхідний розділ та відкрити його. Для прикладу я зайшов у розділ з резисторами та обрав тип Chip Resistor, у цьому розділі можна знайти необхідні SMD резистори. Я обрав саме SMD компоненти тому, що одним з критеріїв розробки пристрою була портативність. На відкритій сторінці можна побачити великий фільтр, який дозволяє знайти найбільш підходящий КОМПОНЕНТ.

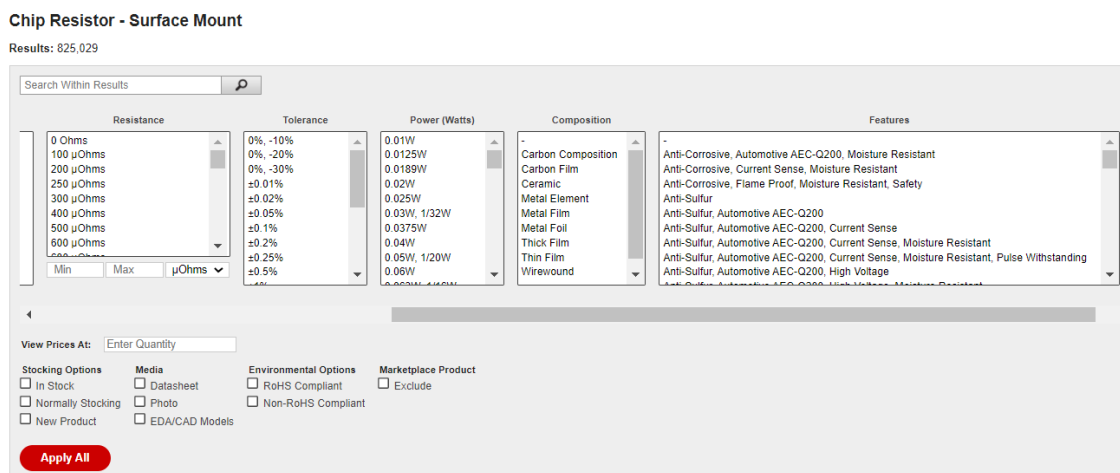


Рис.3.1 Вигляд фільтру на сайті Digi-Key

Для підбору резисторів та стабілітрона необхідно збільшити значення потужності, яку розраховували у другому розділі, на 40%.

Таблиця 3.1 Необхідна потужність для вибору компонентів

Назва компоненту	Потужність, Вт
Резистори	
R1	0,01218
R2 (змінний)	0,007
R3	0,0424
R4	0,1414
Стабілітрон	
ZD1	0,1727

По можливості усі обрані компоненти будуть обиратись з точністю $\pm 5\%$ тому, що даний проект не потребує надмірної точності. Критерієм температури для приладу буде температурний діапазон від 0°C та вище, оскільки за моїм задумом приладом будуть користуватись у кімнатних умовах.

При виборі резисторів будуть враховуватись номінальні значення опору та потужності розсіювання, відповідність іншим критеріям буде обиратись за ціною та необхідним характеристикам (температурі роботи, точності).

Для вибору стабілітрона я буду враховувати напругу стабілізації та потужність розсіювання.

Для вибору конденсаторів необхідно враховувати значення максимальної допустимої напруги. Допустима напруга конденсаторів повинна бути не менше 9В, адже схема живиться від батарейки крона і можливий варіант виходу з ладу стабілітрона.

Для вибору роз'єму будуть враховуватись температурні умови роботи, максимальний допустимий струм та максимальна допустима напруга.

Оскільки на Digi-Key немає радянської мікросхеми K155ЛА3, було прийнято рішення замінити її на повний аналог від компанії Texas Instruments – SN7400N. Дана мікросхема працює у діапазоні температур від 0°C до 70°C та живиться від напруги 4.75-5.25В, що цілком задовольняє потребам.

При виборі мікрофону було враховано значення діапазону робочих напруг, співвідношення сигнал/шум (чим більше значення, тим менше спотворюється звук), діапазон робочих частот (оптимальний 30-15000 Гц).

Обрані компоненти та їх параметри:

Резистор R1

Номінал: 3 кОм

Точність: $\pm 5\%$

Робочий діапазон температур: -55°C ~ 155°C

Потужність: 0.063W, 1/16W

Корпус: 0402

Резистор R2(змінний)

Номінал: 4.7 кОм

Точність: $\pm 10\%$

Робочий діапазон температур: -55°C ~ 125°C

Потужність: 0.5W, 1/2W

Корпус: Tube

Резистор R3

Номінал: 750 Ом

Точність: $\pm 5\%$

Робочий діапазон температур: -55°C ~ 155°C

Потужність: 0.063W, 1/16W

Корпус: 0402

Резистор R4

Номінал: 150 Ом

Точність: $\pm 5\%$

Робочий діапазон температур: $-55^{\circ}\text{C} \sim 155^{\circ}\text{C}$

Потужність: 0.2W, 1/5W

Корпус: 0402

Конденсатор C1

Номінал: 68 нФ

Максимальна допустима напруга: 10В

Точність: $\pm 5\%$

Робочий діапазон температур: $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$

Корпус: 0805

Конденсатор C2

Номінал: 100 пФ

Максимальна допустима напруга: 10В

Точність: $\pm 5\%$

Робочий діапазон температур: $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$

Корпус: 0805

Стабілітрон

Напруга стабілізації: 5.1В

Точність: $\pm 5\%$

Робочий діапазон температур: $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$

Потужність: 200 mW

Корпус: 1005

Роз'єм

Максимальна напруга пропускання: 24V_{DC}

Максимальний струм пропускання: 2.5 А

Робочий діапазон температур: $-25^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$

Мікросхема:

Тип логіки: I-Hi

Робочий діапазон температур: 0°C ~ 70°C

Напруга живлення: 4.75V ~ 5.25V

Logic Level – Low: 0.8V

Logic Level – High: 2V

Корпус: 14-PDIP

Мікрофон:

Діапазон частот: 20 Hz ~ 20.0 kHz

Чутливість: -44dB ±2dB

Співвідношення сигнал/шум: 60dB

Робочий діапазон напруг: 3 V ~ 10.0 V

Робочий діапазон температур: -20°C ~ 70°C

Для створення бібліотеки компонентів у ПЗ Altium Designer потрібно скопіювати Part Number обраного компонента на Digi-Key, перейти у Altium та вставити скопійований номер у меню Manufacturer Part Search у правій частині екрану. Потім необхідно обрати серед знайдених елементів потрібний, клікнути на ньому правою кнопкою миші та обрати пункт Insert into.

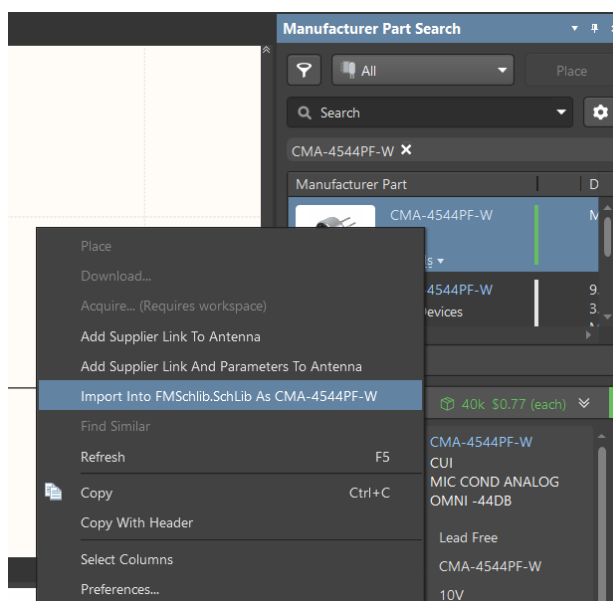


Рис.3.2 Приклад додавання елементу до бібліотеки

Після виконання описаних дій елемент з'явиться у бібліотеці. За описаним алгоритмом необхідно додати всі елементи до бібліотеки.

Таблиця 3.2 Скорочений Bill of Materials

Category	Manufacturer 1	Manufacturer Part Number	Supplier 1	Quantity	Unit price
Logic - Gates and Inverters	Texas Instruments	SN7400N	Digi-Key	1	\$ 1,64000
Chip Resistor - Surface Mount	Vishay Dale	RCS0402150RJNED	Digi-Key	1	\$ 0,12000
Barrel - Power Connectors	CUI	PJ-037B	Digi-Key	1	\$ 0,59000
Capacitors	Taiyo Yuden	LMK212SD683JG-T	Digi-Key	1	\$ 0,51000
Zener Diodes	Comchip	CZRF52C5V1	Digi-Key	1	\$ 0,48000
Chip Resistor - Surface Mount	Bourns	CR0402-JW-751GLF	Digi-Key	1	\$ 0,10000
Chip Resistor - Surface Mount	Bourns	CR0402-JW-302GLF	Digi-Key	1	\$ 0,10000
Audio Products Microphones	CUI Devices	CMA-4544PF-W	Digi-Key	1	\$ 0,77000
antennas	-	-	-	1	
Capacitors	Wurth Electronics	8,85012E+11	Digi-Key	1	\$ 0,10000
Trimmer Potentiometers	Bourns	3296W-1-472LF	Digi-Key	1	\$ 3,00000

Загальна вартість пристрою становить 7,41(долар) або 207,48(гривень).

Повну версію BOM можна переглянути на [github](#).

РОЗДІЛ 4

Створення 3D моделі компоненту

Для створення 3D моделі компоненту було використано ПЗ Fusion 360, я вирішив створити модель конденсатора. Розглянемо покрокове створення моделі:

1. Перед початком роботи у Fusion 360 потрібно знайти Datasheet з габаритними розмірами компоненту (можна взяти з Digi-Key). Обраний мною компонент має такі габаритні розміри:

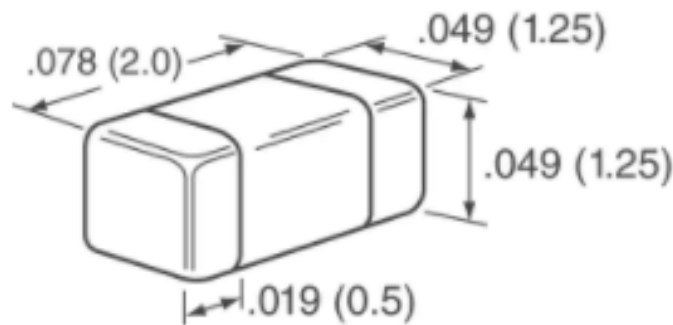


Рис. 4.1 Габаритні розміри елементу

2. Другим кроком буде створення 2D ескізу компоненту, за допомогою команди Create Sketch можна перейти у 2D площину. На площині потрібно намалювати вигляд компоненту зверху з дотриманням габаритних розмірів, для цього було використано інструмент Rectangle. При використанні інструменту Rectangle необхідно вибрати початкову точку та задати розміри сторін прямокутника, щоб переключатись між розмірами потрібно натиснути клавішу Tab. Для підтвердження дії потрібно натиснути Enter. Далі потрібно повторно використати інструмент Rectangle і намалювати виводи компоненту. Після завершення роботи у 2D площині потрібно натиснути Finish Sketch у вкладці, яка знаходиться у правій частині екрану. Отриманий результат:

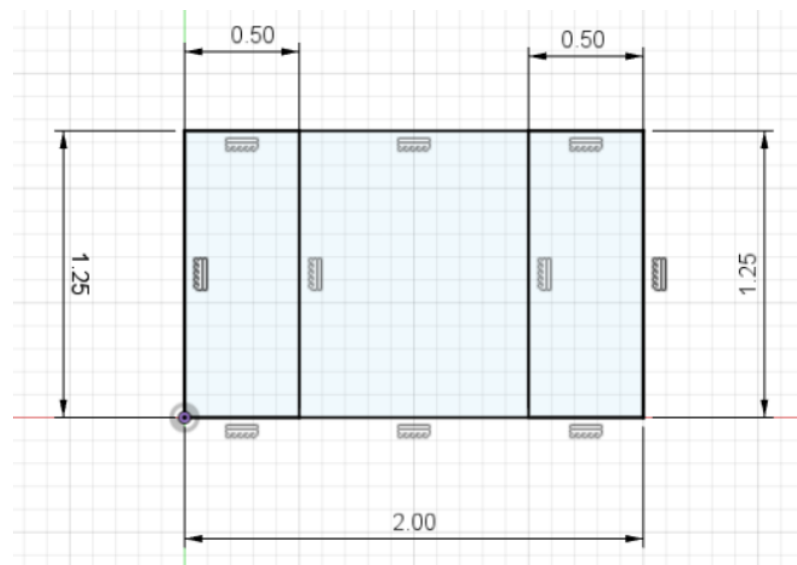


Рис. 4.2 Створення ескізу у 2D площині

3. Наступним кроком буде надання форми ескізу, для цього потрібно вибрати інструмент Extrude. При використанні цього інструменту потрібно вибрати область, якій необхідно надати об'ємну форму та задати параметри. У моєму випадку інструмент Extrude було використано щоб задати висоту компоненту. Спочатку я витягнув центральний прямокутник, потім два прямокутники, які будуть виводами конденсатора. Обов'язково при підтвердженні команди Extrude потрібно вибирати у меню в правій частині екрану Operation -> New Body. Прапорець New Body буде створювати окреме тіло при витягуванні об'єкту та не буде з'єднувати його з об'єктом, який знаходиться поруч. Після витягування першого об'єкту може зникнути ескіз, створений у минулому пункті, для того щоб повернути його на місце потрібно у меню в лівій частині екрану натиснути на картинку ока біля напису Sketches. Отриманий результат:

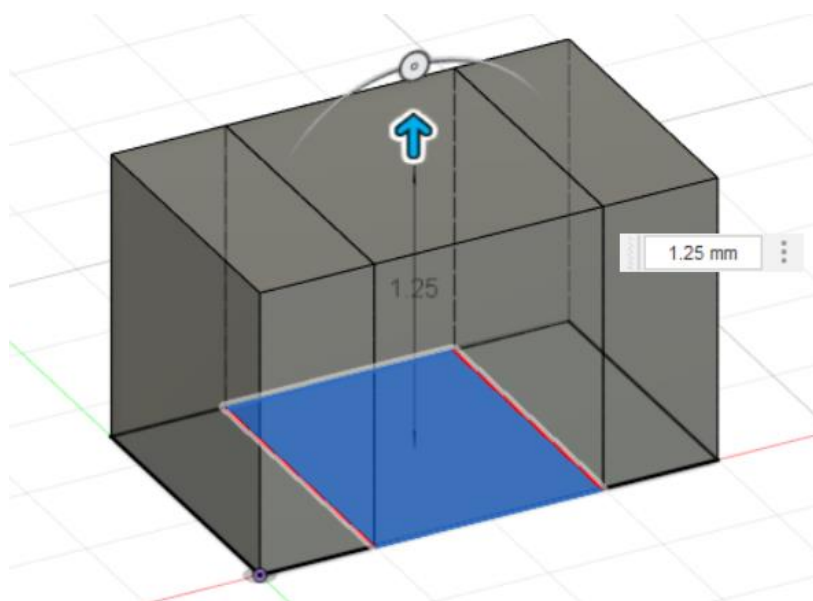


Рис. 4.3 Надання форми ескізу

4. Наступним кроком потрібно зробити отриману модель більш схожою на SMD компонент, для цього необхідно зробити скруглення ребер моделі. Щоб зробити зовнішні ребра округлими потрібно використати інструмент Fillet та тримаючи клавішу Ctrl вибрати ребра, які необхідно скруглити. Після вибору необхідних ребер моделі, потрібно вказати величину скруглення. Для своєї моделі я не знайшов значення скруглення в Datasheet, тому вказав величину 0,06 мм. Отриманий результат:

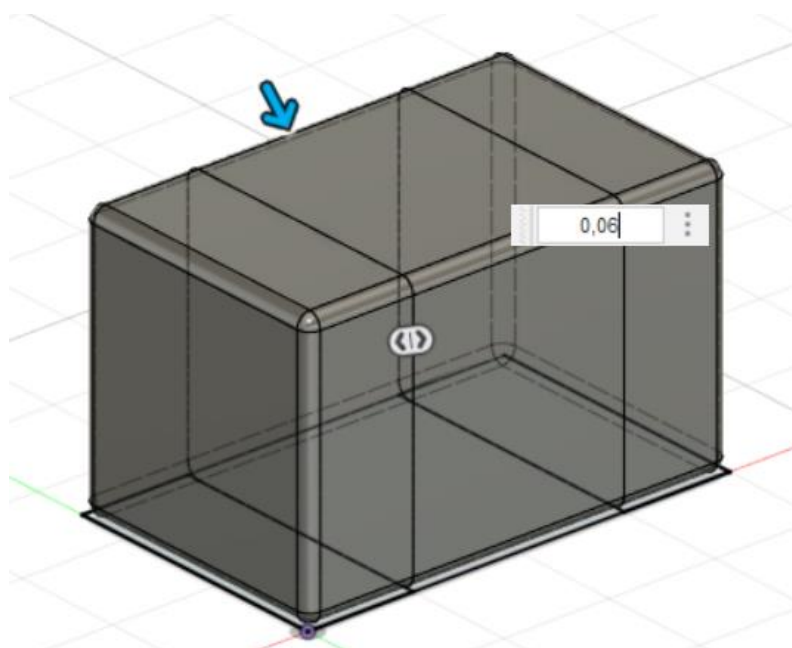


Рис. 4.4 Модель з округлими ребрами

5. Фінальним кроком у створенні моделі буде надання їй кольору. Для надання моделі кольору потрібно натиснути на клавіатурі клавішу A, обов'язково використовувати англійську розкладку. У меню, яке відкрилось після натискання клавіші A, потрібно відкрити папку Paint та вибрати необхідні кольори. Для нанесення кольорів на моделі потрібно перетягнути обраний колір на об'єкт, яку необхідно пофарбувати. Також можна перетягти обраний колір на тіло у меню в лівій частині екрану, папка Bodies. Після виконання описаних кроків була отримана така 3D модель конденсатора:

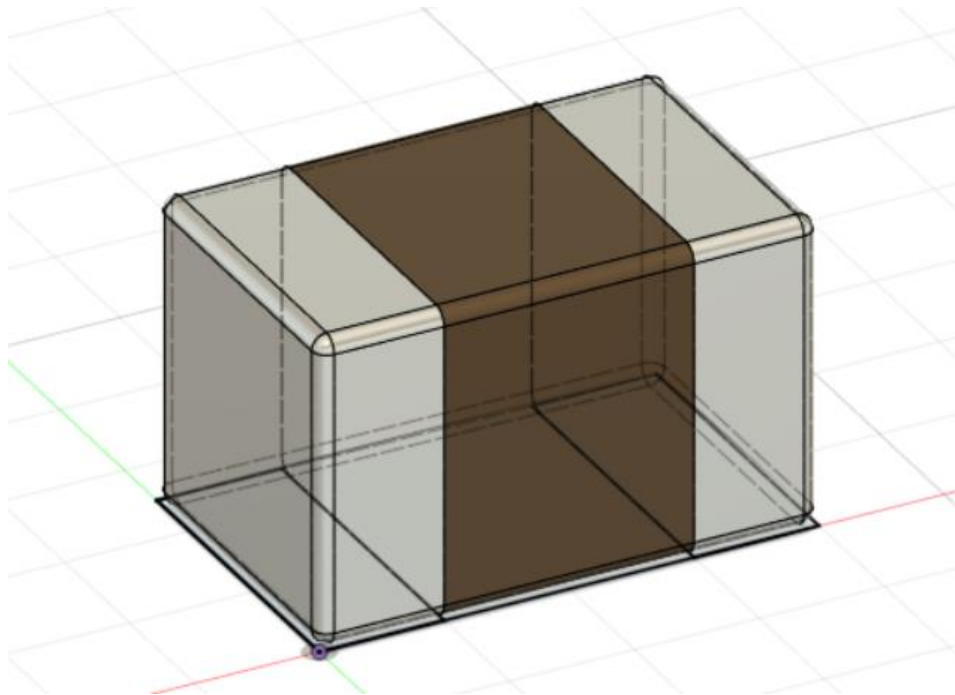


Рис.4.5 Фінальний вигляд 3D моделі

6. Для збереження моделі необхідно обрати меню File -> Export, написати ім'я та шлях збереження файлу. Обов'язково обрати тип файлу .STEP, файли з таким типом можна використовувати у Altium.

Посилання на створені мною 3D моделі:

<https://github.com/ArtemHerashchenko/coursework/tree/main/3D>

РОЗДІЛ 5

Створення конструкторської документації на друкований вузол

У цьому розділі я покроково опишу етапи створення друкованої плати в Altium Designer та продемонструю зображення та 3D модель друкованої плати.

У кінці третього розділу я вже описував, як створювати бібліотеку компонентів тому будемо вважати, що бібліотека вже створена і всі необхідні компоненти додано.

Першим кроком після створення бібліотеки буде створення графічного позначення компоненту для нанесення його на схему. Щоб намалювати графічне позначення необхідно перейти на вкладинку SCH Library та вибрати елемент для якого буде створюватись графічне позначення. Наступною дією необхідно використовуючи інструменти для малювання, які знаходяться у стрічці інструментів(верхня частина екрану), створити графічне зображення компоненту. Під час створення графічного зображення необхідно правильно розташувати виводи об'єкта за допомогою команди Place Pin, бо до них буде прив'язуватись посадочне місце.

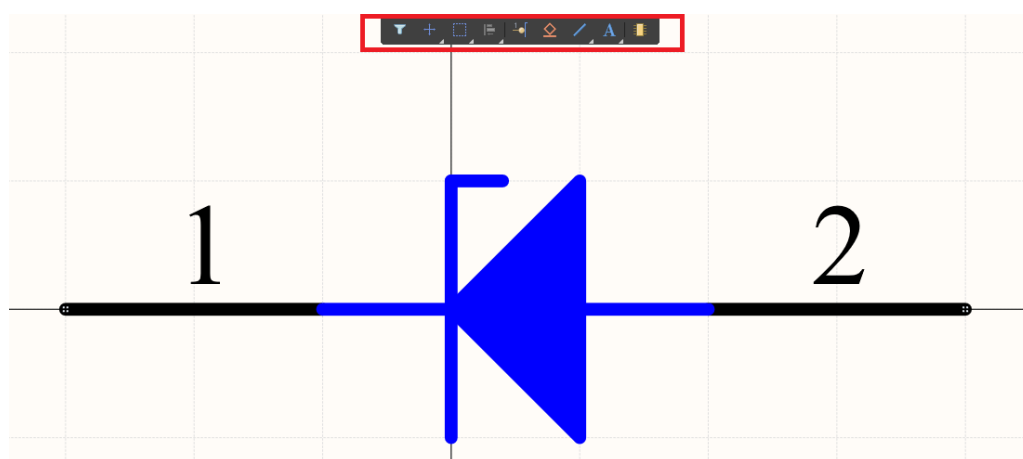


Рис.5.1 Графічне зображення діода

Після створення графічних зображень для кожного компоненту необхідно створити Footprint(посадочне місце). Щоб створити посадочне місце необхідно перейти у вкладинку PCB Library та обрати компонент для

якого потрібно створити посадочне місце. Після вибору необхідного компоненту потрібно обрати Footprint wizard у меню Tools. За допомогою меню Footprint wizard можна легко створити посадочне місце, у відкритому меню потрібно обрати одиниці виміру (мм) та тип елемента для якого потрібно створити посадочне місце, потім натиснути Next. На наступній сторінці меню потрібно вибрати технологію монтажу елемента та натиснути Next. У вікні, яке відкрилось необхідно вказати розміри посадочного місця та відстань між точками для припаювання елемента. Усі необхідні розміри можна знайти у Datasheet. На останній сторінці меню потрібно ввести розмір відступу від місць для пайки для нанесення рамки, яка буде виділяти посадочне місце на платі. Останнім кроком у створенні посадочного місця буде додавання Designator, який буде замінено короткою назвою елемента на платі.

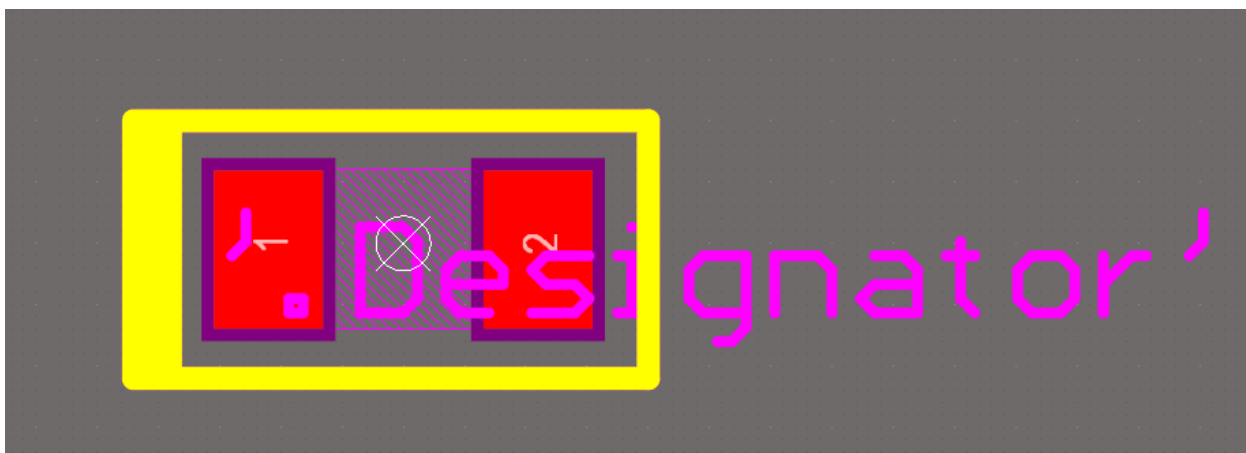


Рис.5.2 Вигляд посадочного місця

Коли посадочні місця для елементів бібліотеки готові, можна приступити до прив'язки 3D зображень та встановлення моделі елемента на посадочне місце. Для додавання 3D моделі компонента необхідно обрати команду 3D Body у меню Place та вказати шлях до розташування файлу .STEP з 3D моделлю. Коли 3D модель додана необхідно її правильно встановити, для цього необхідно перейти у 3D режим, натиснувши клавішу "3" на клавіатурі. Якщо модель компоненту лежить в неправильній площину, то за допомогою команди Tools-> 3D Body Placement-> Align Face With Board. Команда Align

Face With Board дозволяє перевернути модель, обравши потрібну площину. Коли ми переконались у коректності розташування елемента потрібно перетягнути його на посадочне місце.

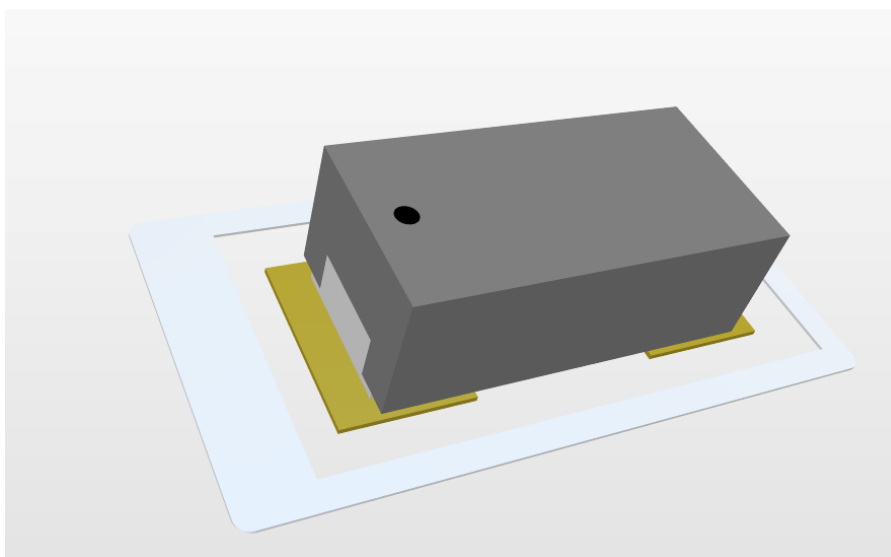


Рис.5.3 Вигляд елемента на посадочному місці

Після встановлення 3D моделі на посадочне місце необхідно прив'язати посадочне місце до графічного зображення елемента, для цього необхідно повернутися на вкладинку SCH Library, вибрати необхідний елемент та у нижній частині екрану натиснути Add Footprint. Після додавання Footprint обов'язково необхідно оновити графічне зображення та зберегти бібліотеку.

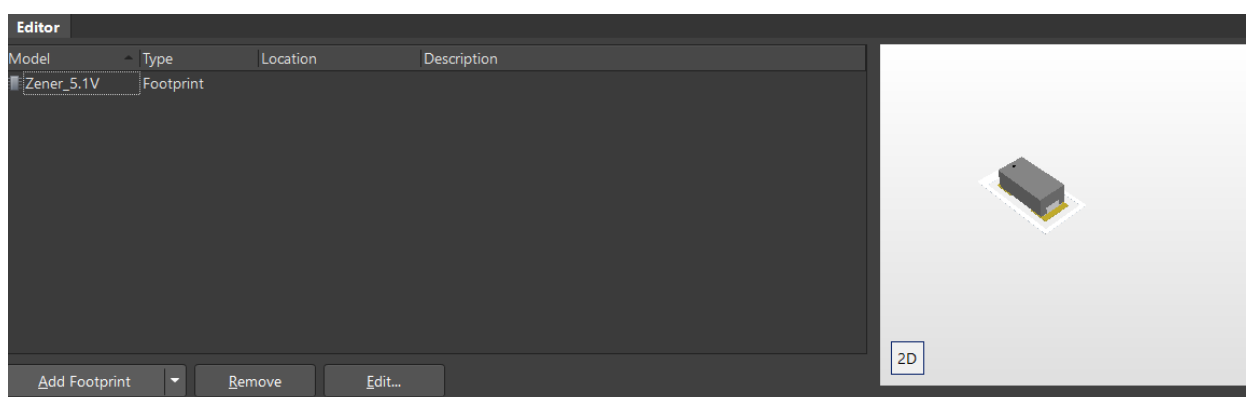


Рис.5.4 Вигляд меню додавання посадочного місця до графічного зображення

Для створення схеми приладу необхідно обрати у меню проекту файл з розширенням .SchDoc та додати на чистий лист усі елементи з бібліотеки. Для

з'єднання елементів та іншого функціоналу, який потрібен для створення схеми, можна використовувати меню у верхній частині екрану.

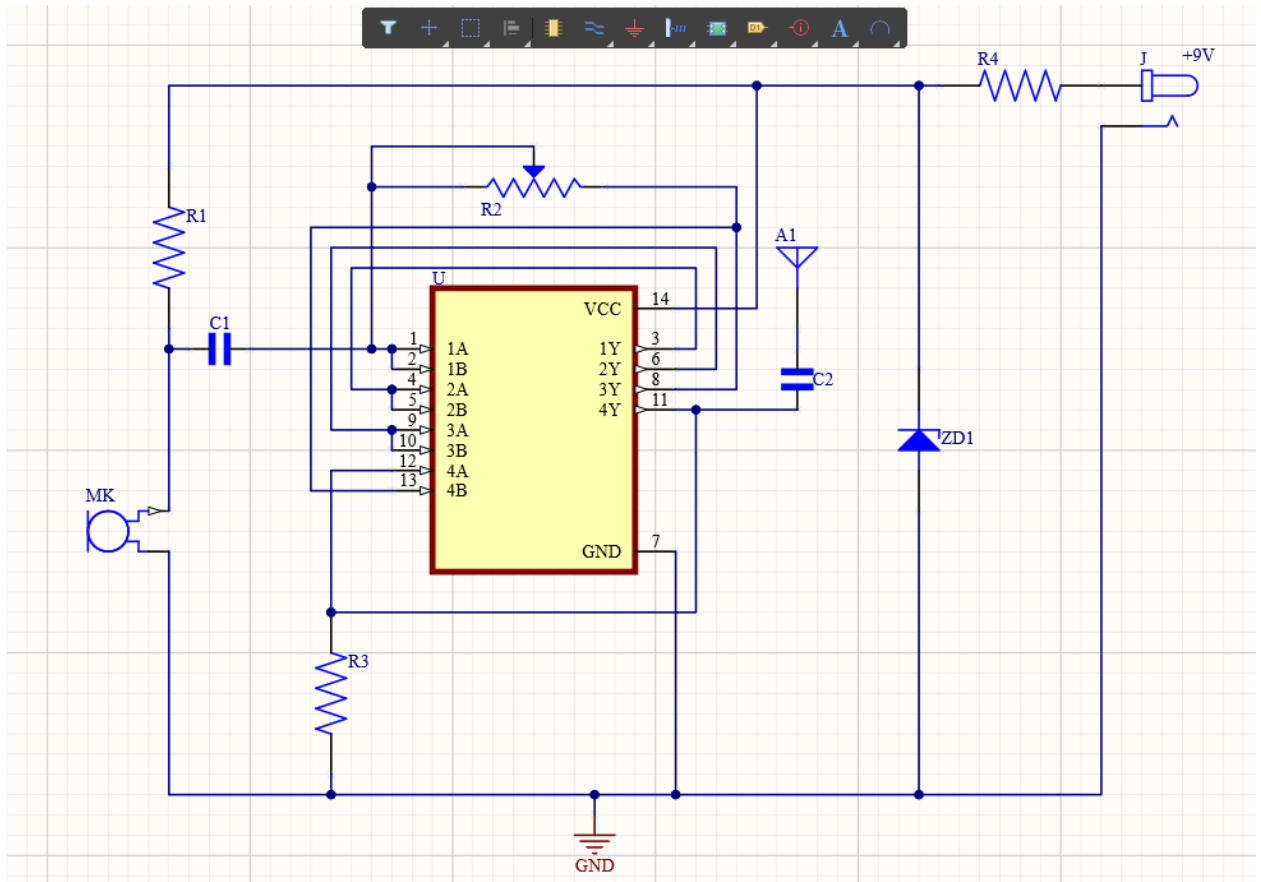


Рис.5.5 Приклад схеми створеної в Altium

Після розміщення компонентів на схемі необхідно вибрати команду Update Pcb Document та у вікні, що відкрилось натиснути команду Execute changes, яка додасть на вкладинку .PcbDoc елементи, що зображено на схемі. Для створення плати необхідно вибрати файл з розширенням .PcbDoc у меню проекту, після цього відкриється область створення плати. Необхідно встановити на платі компоненти, натиснути клавішу "1" для переходу у режим редагування плати і обрізати зайву частину плати командою Redefine Board Shape.

Після встановлення елементів на плату та обрання необхідного розміру плати можна почати розводку. Розводку виконують з використанням елементів меню у верхній частині екрану, подібне меню було коли ми

малювали графічне зображення елемента та будували схему. Для розводки доріжок живлення, землі та позначення контурів посадочних місць використовують різні шари плати.

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness	Dk	Df
	Top Overlay		Overlay				
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01016mm	3.5	
1	Top Layer		Signal	1oz	0.03556mm		
	Dielectric 1	FR-4	Dielectric		1.6mm	4.8	
2	Bottom Layer		Signal	1oz	0.03556mm		
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01016mm	3.5	
	Bottom Overlay		Overlay				

Рис.5.6 Структура шарів друкованої плати та їх розміри

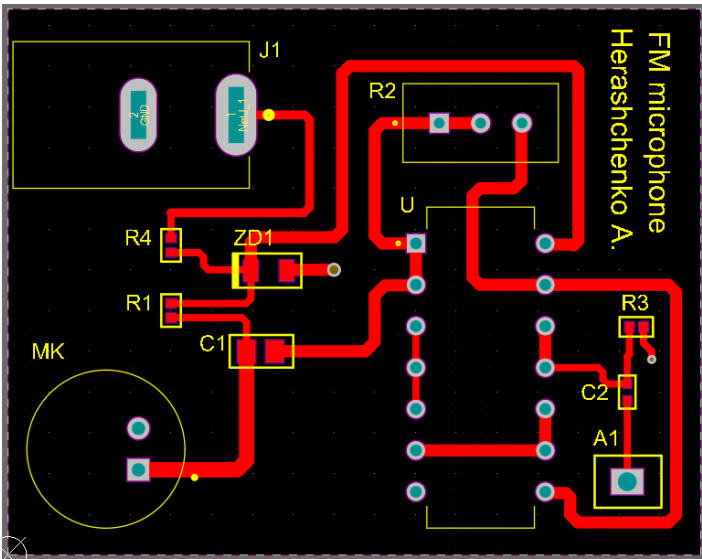


Рис.5.7 Вигляд розводки доріжок живлення та контурів посадочних місць

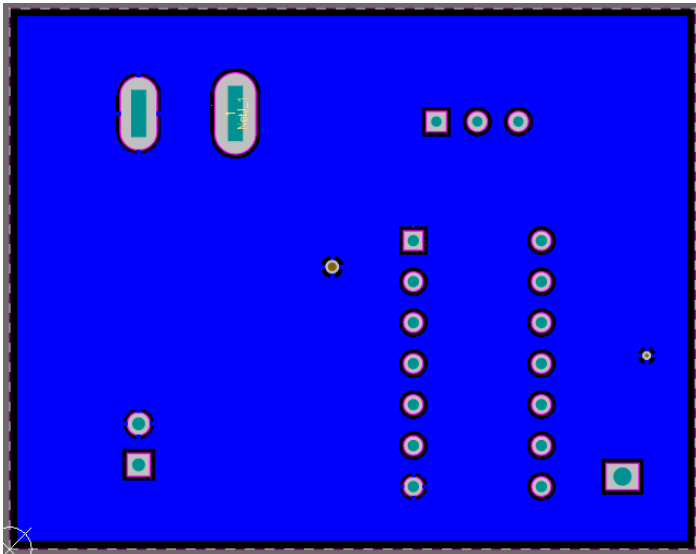


Рис.5.8 Вигляд нижньої частини плати з областю землі

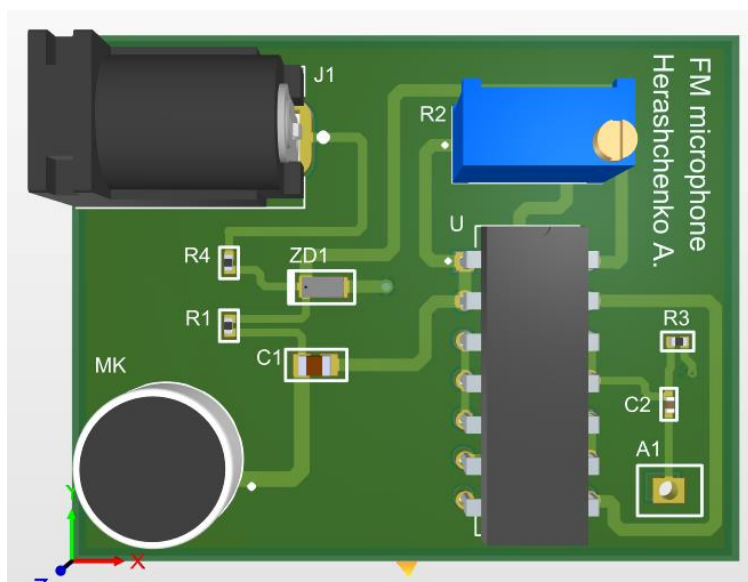


Рис.5.9 3D модель створеної плати

Після закінчення розводки плати необхідно створити документацію, яка допоможе у виробництві приладу. Для створення документації необхідно перейти у вкладинку з файлом, який має розширення .OutJob. Відкрите вікно містить весь необхідний функціонал для створення документації та має простий і зрозумілий інтерфейс.

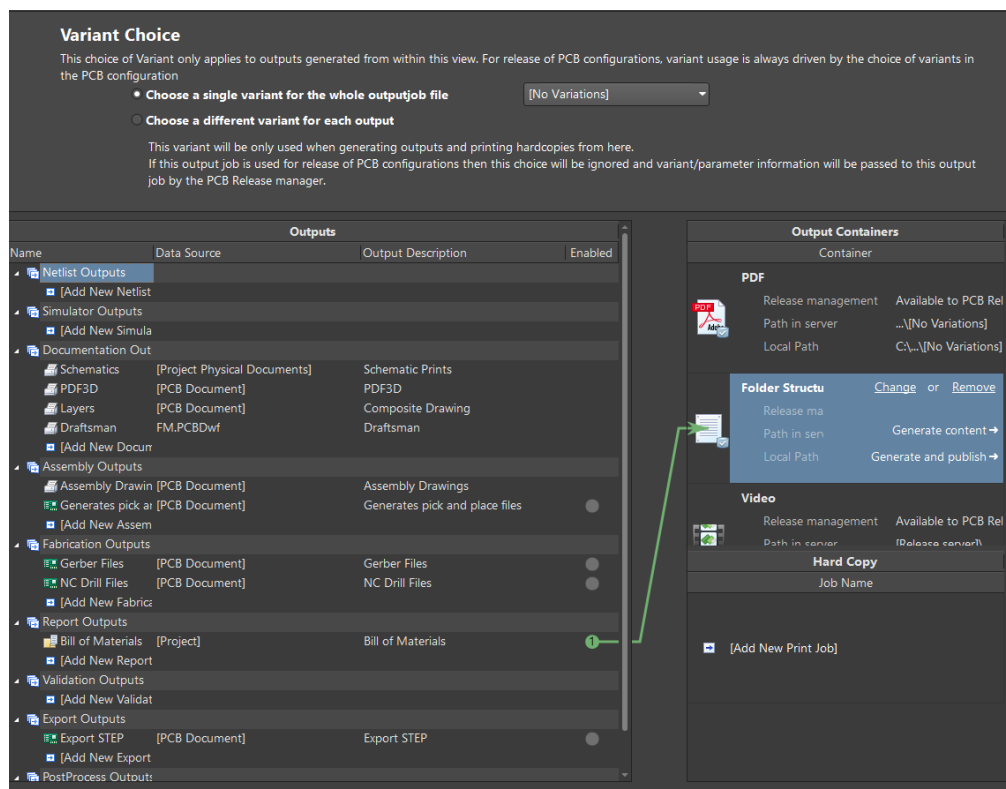


Рис.5.10 Вікно створення документації на пристрій

У лівій частині відкритого вікна можна обрати потрібний вид документу, а в правій частині вікна необхідно обрати тип файлу у якому буде знаходитись інформація. Всі створені файли будуть зберігатись у папку з проектом.

Gerber файли можна переглянути у репозиторії [github](#).

Файл з 3D моделлю плати також можна знайти на [github](#).

ВИСНОВОК

Підсумовуючи виконану мною роботу, я можу сказати, що набув базові навички з проектування, підбору елементної бази та розводки друкованої плати.

У першому розділі я обрав схему приладу, яку дослідив та пояснив принцип її роботи. Завдяки цьому розділу я дізнався багато інформації про мікросхеми з логічними елементами та як вони працюють, розібрався з принципом роботи та будовою електретного мікрофона, дослідив частотну модуляцію.

У другому розділі я використав LTspice для більш детального дослідження схеми та визначення її основних характеристик. Провівши симуляцію та зробивши виміри я переконався у працездатності схеми.

Третій розділ навчив мене обирати елементну базу правильно, з використання певних критеріїв. У цьому розділі я уявляв умови в яких буде працювати прилад та на основі зроблених вимірів і відомих номіналів обирав елементну базу для свого приладу.

У четвертому розділі я познайомився з новим ПЗ Fusion 360, за допомогою якого можна створювати 3D моделі, набув базові навички використання цього ПЗ та розглянув основні інструменти.

У п'ятому розділі я використав потужний інструмент для створення друкованих плат – Altium Designer. У Altium я поєднав усі дані, отримані у попередніх розділах для створення друкованої плати, навчився розводити плату та детально розглянув її будову. Завершуючи цей розділ я створив конструкторську документацію, яка необхідна для створення прототипу приладу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Простой FM радиомикрофон на К155ЛА3 [Электронный ресурс]. – 2015.
– Режим доступа до ресурсу:
https://www.youtube.com/watch?v=k32_CM3Gmvw&t=33s.
2. Частотная модуляция [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://extusur.net/content/2_radiosviaz/5.3.html.
3. Електретний мікрофон [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://radio-magic.ru/amplifiers/86-microfon>.
4. Ring oscillator [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_oscillator#:~:text=A%20ring%20oscillator%20is%20a,feed%20back%20into%20the%20first..
5. І-НЕ (логічний вентиль) [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%9D%D0%95_\(%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8C\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%9D%D0%95_(%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8C)).
6. Электретный микрофон-принцип работы [Электронный ресурс]. – 2010.
– Режим доступа до ресурсу: https://youtu.be/EJcA_MJ3mNg.
7. Короткий Є. В. Аналогова електроніка [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа до ресурсу:
https://www.youtube.com/watch?v=Fu_IhW7nyo&t=260s&ab_channel=%D0%9A%D0%B0%D1%84%D0%B5%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%9A%D0%95%D0%9E%D0%90.
8. Pavel Demidov. От идеи до изготовления – процесс проектирования печатных плат в Altium Designer [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.altium.com/ru/documentation/altium-designer/from-idea-to-manufacture-driving-a-pcb-design-through-altium-designer?version=19.0>.

9. Галкін І. 7 правил проектирования печатных плат [Электронный ресурс] /Ілля Галкін // Хабр. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/414141/>.
- 10.Как выбрать микрофон [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://vse.ua/info/kak-vybrat-mikrofon-125/>.