

**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 приймач

Студента 2 курсу групи ДК-92
Напряму підготовки: Телекомунікації та
радіотехніка

Мануков І. С.
(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:

(підпис)

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

(підпис)

(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Київ

2021 рік

ЗМІСТ

Список умовних скорочень.....	3
Вступ.....	4
Розділ 1 – Вибір та дослідження принципової схеми приладу.....	5
Розділ 2 –Моделювання роботи приладу.....	7
Розділ 3 – Вибір електронних компонентів.....	9
Розділ 4 – Створення 3D моделі компоненту.....	14
Розділ 5 – Створення конструкторської документації.....	21
Висновки.....	23
Перелік використаних джерел.....	24

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ПП – підсилювач потужності

ВСТУП

Радіочастоти є важливою частиною у житті сучасної людини. Вони повсюди та щодня допомагають нам працювати, навчатися, створювати, та звісно ж відпочивати.

Нині велику популярність отримали бездротові навушники та музичні колонки, що працюють за допомогою технології Bluetooth або FM-сигналу. Я вирішив не забувати традиції та зробити власний FM-приймач, але із урахуванням сучасних тенденцій, тобто портативний, компактний та дешевий.

Тож, метою даної роботи є створення 3D моделі компонентів, з наміром навчитися працювати з 3D моделями, розробка друкованої плати та виготовлення власного зручного та недорогого FM-приймача. Цей FM-приймач має бути компактным, легким, витримувати звичайні погодні умови та споживати відносно малу кількість електроенергії, щоб бути дійсно портативним та мати змогу працювати від гальванічного елементу або, наприклад Power-bank¹, тривалий час.

Для досягнення поставленої цілі необхідно:

1. Вибрати та аналізувати принципову схему приладу.
2. Визначення характеристик елементів схеми для вибору компонентів. Промодельовати пристрій в програмі ltspice.
3. Вибрати електронні компоненти.
4. Створити 3D модель компоненту.
5. Створити конструкторську документацію на друкований вузол.

Примітка.

Power-bank – це портативний пристрій, для багаторазового заряджання без доступу до мережі.

РОЗДІЛ 1

Вибір та дослідження принципової схеми приладу

Опис використаної мікросхеми:

LM386 являє собою ПП, який можна використовувати в пристроях з низькою напругою живлення. Наприклад від батареї. За замовчуванням її внутрішня схема обмежує посилення по напрузі в районі 20. Але підключаючи зовнішні резистор і конденсатор можна змінювати посилення від 20 до 200, а вихідна напруга автоматично встановлюється рівним половині напруги живлення. Споживання електроенергії в холостому режимі складає всього 24 мілівата, при напрузі від 6 В.

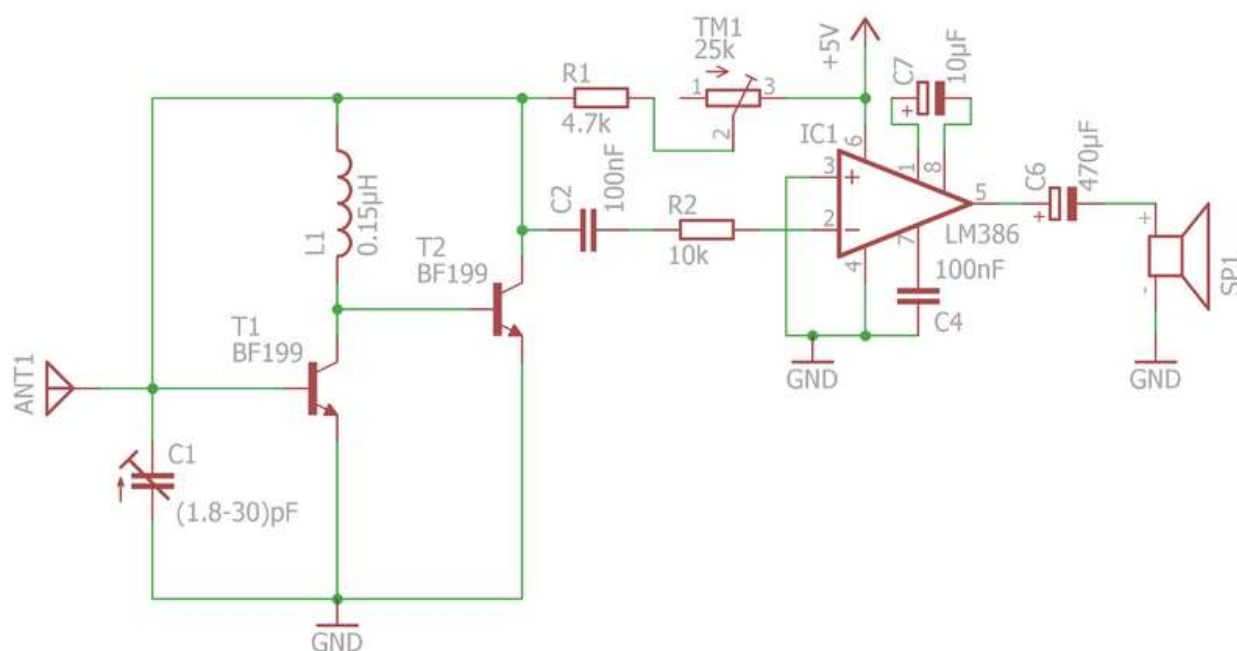
Особливості

- Мінімум зовнішніх компонентів
- Широкий діапазон харчування: від 4 до 12 В або від 5 до 18 В
- Низький струм: 4 мА
- Посилення по напрузі від 20 до 200
- Низький коефіцієнт спотворень: 0.2% (при $AV = 20$, $VS = 6$ В, $RL = 8$ Ом, $PO = 125$ мВт, $f = 1$ кГц)

Сфери використання:

- підсилювачі радіоприймачів;
- підсилювачі портативних програвачів;
- домофони;
- звукові системи тв-приймачів;
- лінійні приводи;
- ультразвукові приводи;
- невеликі сервоприводи;
- перетворювачі.

В якості схеми FM-приймача я вибрав схему з сайту «instructables circuits», зображено на Мал. 1.1.



Мал. 1.1 – Схема FM-приймача з сайту «instructables circuits»

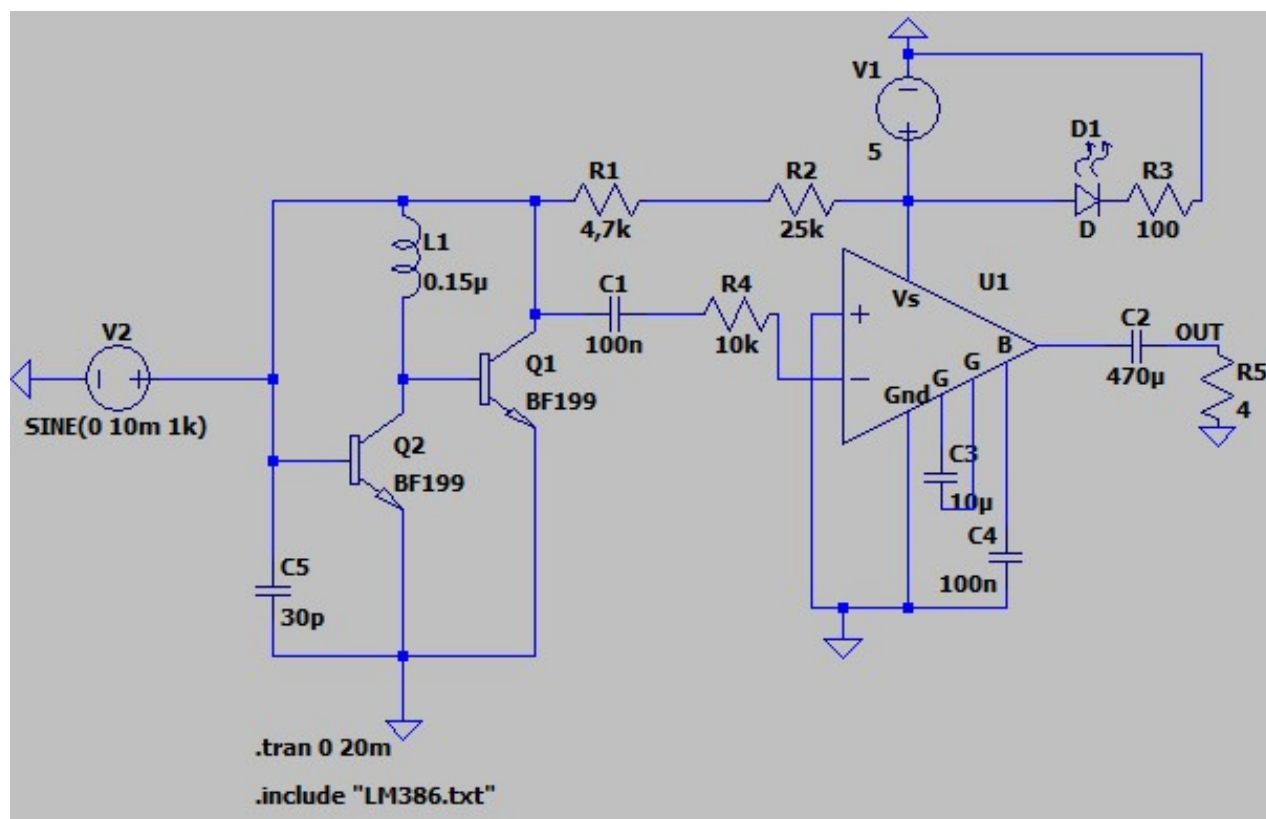
Транзистор T2 разом з резистором R1 та потенціометром TM1, котушкою L1, змінним конденсатором C1 і внутрішньою ємністю транзистора T1, включає так званий генератор Кольпіца. Тобто транзистор T2 та LC-ланцюжок з котушки L1 та змінного конденсатору C1 утворює високочастотний генератор, що працює близько частоти у 100 МГц. Потім ми подаємо змінний сигнал на базу транзистора та ємність переходу база-емітер змінюється, внаслідок чого змінюється й резонансна частота. Резонансна частота цього генератора встановлюється C1 та TM1 відповідно до частоти станції, яку ми хочемо почути (тобто вона повинна бути змінена між 88 і 108 МГц). Сигнал, тобто інформація, яка використовується в передавачі для здійснення модуляції, витягується на резисторі R2 і направляється від нього до ПП, а від нього до навушників або динаміку через конденсатор C6, отримуючи таким чином ФВЧ. Виходи ПП 1 та 8 з'єднані через конденсатор C7 щоб отримати максимально можливе посилення сигналу, тобто приблизно у 200 разів. Задля поліпшення характеристик підсилення вхідний контакт з'єднують із землею, а сьомий контакт з'єднують через конденсатор.

РОЗДІЛ 2

Визначення характеристик приладу. Моделювання роботи приладу
Розрахуємо значення струму та напруги на елементах схеми, коли змінний сигнал дорівнює 10 мВ з частотою 1 кГц, щоб отримати реальні значення працюючої схеми та побачити, які характеристики елементів нам будуть потрібні, постійна напруга дорівнює 5В.

Значення на змінному резисторі та конденсаторі візьмемо за максимальні, тобто $(R2)_{TM1} = 25K$, $(C5)C1 = 30пФ$.

Додав до схеми світлодіод, щоб можна було ідентифікувати, чи під'єднане до схеми живлення. До нього послідовно додав резистор, щоб обмежити струм. У програмі LTspice XVII зібрав аналогічну схему (Мал. 3.1), щоб впевнитися у правильності розрахунків та промодельовати поведінку схеми. Для спрощення моделювання замінив змінні конденсатор та резистор на звичайні. Для функціонування ПП додав бібліотеку. Навушники або динамік замінені на резистор зі схожим опором. У 3D моделі друкованої плати постійну напругу будемо отримувати через роз'єм mini-USB.



Мал. 2.1 – Схема FM-приймача у програмі LTspice XVII

В результаті симуляції отримав наступні результати наведенні у Табл. 2.1 (далі буду вказувати позначення згідно зі схемою у LTspice).

№	Умовне позначення	Напруга	Сила струму
1	Q1	10 мВ	141 пА
2	Q2	10 мВ	141 пА
3	C1	260 мкВ	167 нА
4	C2	115 мВ	330 мА
5	C3	750 мкВ	45 мкА
6	C4	1,5 мВ	1 мкА
7	C5	10 мВ	1,8 нА
8	V1	5	325 мА
9	D1	752 мВ	42,5 мА
10	R1	2,2 мВ	311 нА
11	R2	7, мВ	311 нА
12	R3	4,25 В	42,5 мА
13	R4	1,67 мВ	167 нА
14	R5	1,3 В	330 мА
15	L1	31 мкВ	120 пА

Табл. 2.1

РОЗДІЛ 3

Вибір електронних компонентів

Керуючись значеннями отриманими у другому розділі, цілями, котрі я поставив на початку (погодні умови вулиці, тобто перепади температур та можливі опади, ціна, розмір, адже я прагну створити портативний та дешевий FM-приймач) та специфікою обладнання (залежність деяких елементів від частоти, наприклад конденсаторів) обрав елементи.

У якості транзисторів обрав BF199, як вже було вказано на схемі. Він має характеристики, що повністю мене задовольняють. Має широкі температурні межі – -55°C - $+155^{\circ}\text{C}$ та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості котушки індуктивності обрав 78F150J-RC. Вона має широкі температурні межі – -55°C - $+105^{\circ}\text{C}$ та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості роз'єма mini-USB обрав M701-340542. Він має широкі температурні межі – -55°C - $+105^{\circ}\text{C}$ проте погано реагує на вологу та не має жодного протоколу пило та влагозахищеності. Цей вибір було зроблено в пользу здешевлення, адже найдешевший mini-USB роз'єм з протоколами захисту стоїть у 10-15 разів більше. У якості захисту від вологи пропоную використовувати силіконовий ковпачок, такі ковпачки коштують близько \$0,05.

У якості світлодіода обрав LTW-M140ZVS. Він має достатні температурні межі – -30°C - $+85^{\circ}\text{C}$ та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища. Прямий ток дорівнює 20 мА, максимальний – 100 мА. Колір не важливий.

У якості ПП обрана мікросхема LM386 у версії LM386N-3, як вже зазначено на схемі. Вона має робочу температуру -20°C - $+85^{\circ}\text{C}$, проте зберігатися може в температурному режимі -40°C - $+150^{\circ}\text{C}$, рівень вологості на її роботу не впливає, максимальна розсіювальна потужність 0,7 Вт.

Усі резистори обираю з ряду Е6 задля здешевлення. Для резистора R1 враховую найгірші умови, коли опір потенціометра R2 буде мінімальним, а змінна напруга відсутня. Тоді на ньому буде виділятися близько 3,5 В та 2,5 мВт, враховуючи запас у 30%-40% обрав SG731JTTD472M. Він має широкі температурні межі – -55°C - $+155^{\circ}\text{C}$, розсіювальну потужність у 0,1 Вт та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

Потенціометер R2 обираю виходячи з тієї ж логіки, тобто, коли на ньому буде найбільша напруга та потужність. Обрав CB6MH253M він має розсіювальну потужність близько 1 мВт, широкі температурні межі та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості резистора R3 обрав SR0805MR-7W100RL. Він має широкі температурні межі – -55°C - $+155^{\circ}\text{C}$, розсіювальну потужність у 0,25 Вт та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості резистора R4 обрав FCR0603MT10K0. Він має широкі температурні межі – -55°C - $+125^{\circ}\text{C}$, розсіювальну потужність у 0,1 Вт та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості резистора R5 виступає динамік WSP-7704. Він має достатні температурні межі – -20°C - $+50^{\circ}\text{C}$, потужність у 3 Вт та пиле-вологозахисність стандарту IP65.

У якості конденсаторів C1 та C4 обрав керамічні конденсатори CL05A104KP5NNND. Вони мають широкі температурні межі – -55°C - $+85^{\circ}\text{C}$ та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості конденсатора C2 обрав електролітичний конденсатор ECA-0JHG471B. Він має широкі температурні межі – -55°C - $+105^{\circ}\text{C}$, працює на частоті до 100 кГц, чого нам достатньо, та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості конденсатора C3 обрав електролітичний конденсатор 106SKE063M. Він має широкі температурні межі – -40°C - $+105^{\circ}\text{C}$, працює на частоті до 100 кГц та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості змінного конденсатора C5 обрав GKG30086-05. Він має достатні температурні межі – -25°C - $+85^{\circ}\text{C}$, працює на частоті до 1 МГц та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості змінного джерела напруги, тобто антени, можна використовувати дріт, його можна припаяти до плати, або, наприклад, додати другий mini-USB роз'єм та підключити через нього, це не найчутливіша антена, проте найдешевша.

	Name	Description	Designator	Quantity	Manufacturer 1	Manufacturer Part Number 1	Manufacturer Lifecycle 1	Supplier 1	Supplier Part Number 1	Supplier Unit Price 1	Supplier Subtotal 1
1	ANT		ANT	1							
2	6.5-30p	Cap Trimmer SMD	C?	1	Sprague Goodman	GKG30086-05	Not Recommended for New Design	Digi-Key	SG9122CT-ND	1,64	1,64
3	10u	Aluminum Electrolytic Capacitors - Radial Leaded 10uF 63 Volts 20% LYTICS/IC	C?	1	CDE Illinois Capacitor	106CKE063M	Not Recommended for New Design	Digi-Key	106CKE063M-ND		
4	100n	Cap Ceramic 0.1uF 10V X5R 10% SMD 0402 85C Paper T/R	C?	2	Samsung	CL05A104KP5NNND	Volume Production	Digi-Key	CL05A104KP5NNND-ND		
5	470u	Cap Aluminum 470uF 6.3V 20% (6.3 X 11.2mm) Radial 5mm 230mA 1000 hr 105C Ammo Pack	C?	1	Panasonic	ECA-0JHG471B	Volume Production	Digi-Key	ECA-0JHG471B-ND		
6	LTW-M140ZVS	White 120° Viewing Angle 3 x 1.05 x 1.2 mm 3.5 V 20 mA Surface Mount Lamp	D?	1	Vishay Lite-On	LTW-M140ZVS	Volume Production	Mouser	859-LTW-M140ZVS	0,45	0,45
7	15u	BOURNS JW MILLER 78F150J-RC CHOKE, 15UH, 150MA, 5%, 16MHZ	L?	1	Bourns JW Miller	78F150J-RC	Volume Production	Mouser	542-78F150J-RC	0,21	0,21

Табл. 3.1 - Bill of Materials

8	LM386N-3	Audio Amp Speaker 1-CH Mono 0.7W Class-AB 8-Pin PDIP Rail	LM386	1	TI National Semiconductor	LM386N-3	Obsolete	Digi-Key	2156-LM386N-3-ND		
9	BF199	TRANSISTOR RF NPN 25V 50MA TO- 92	Q?	2	ON Semiconductor / Fairchild	BF199	Obsolete	Digi-Key	BF199FS-ND		
10	1-25K	Res Carbon Film Trimmer 25K Ohm 20% 0.15W 1(Elec)/1(Mech)Turn (9.8 X 5 X 12.1mm) Pin Thru-Hole	R?	1	TE Connectivity Citec	CB6MH253M	Not Recommended for New Design	Digi-Key	CB6MH253M-ND		
11	4.7K	Thick Film Resistors - SMD 0.1W 4.7Kohm 20% 200ppm	R?	1	KOA Speer	SG731JTDD472M	Volume Production	Digi-Key	2019- SG731JTDD472MTR- ND		
12	10K	Res Thick Film 0603 10kOhm 20% 1/10W ±200ppm/°C Molded Paper T/R	R?	1				Digi-Key	FCR0603MT10K0-ND		
13	100	Res 100 Ohm 20% 1/4W 0805	R?	1	Yageo	SR0805MR- 7W100RL	Not Recommended for New Design	Digi-Key	SR0805MR- 7W100RL-ND		
14	WSP-7704		SP?	1	Soberton	WSP-7704	Unknown	Digi-Key	433-1182-ND	3,48	3,48
15	5V	USB Connectors MINI USB SINGLE SMT 5P HORIZONTAL	V?	1	Harwin	M701-340542	Volume Production	Digi-Key	952-2197-ND	1,23	1,23

Продовж. табл. 3.1

РОЗДІЛ 4

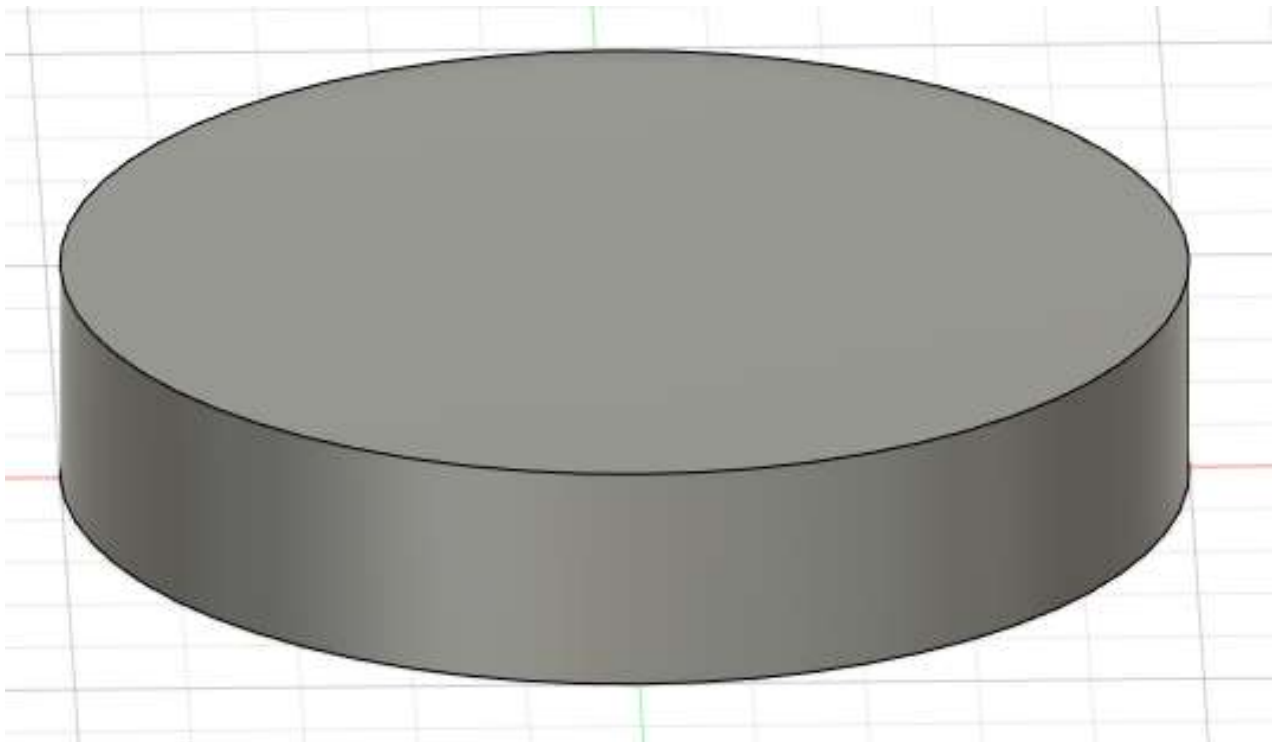
Створення 3D моделі компоненту

Для жодного зі створених мною компонентів не було створено 3D моделі, тому усі з них я малював власноруч.

Для прикладу продемонструю покроковий шлях для побудування моделі.

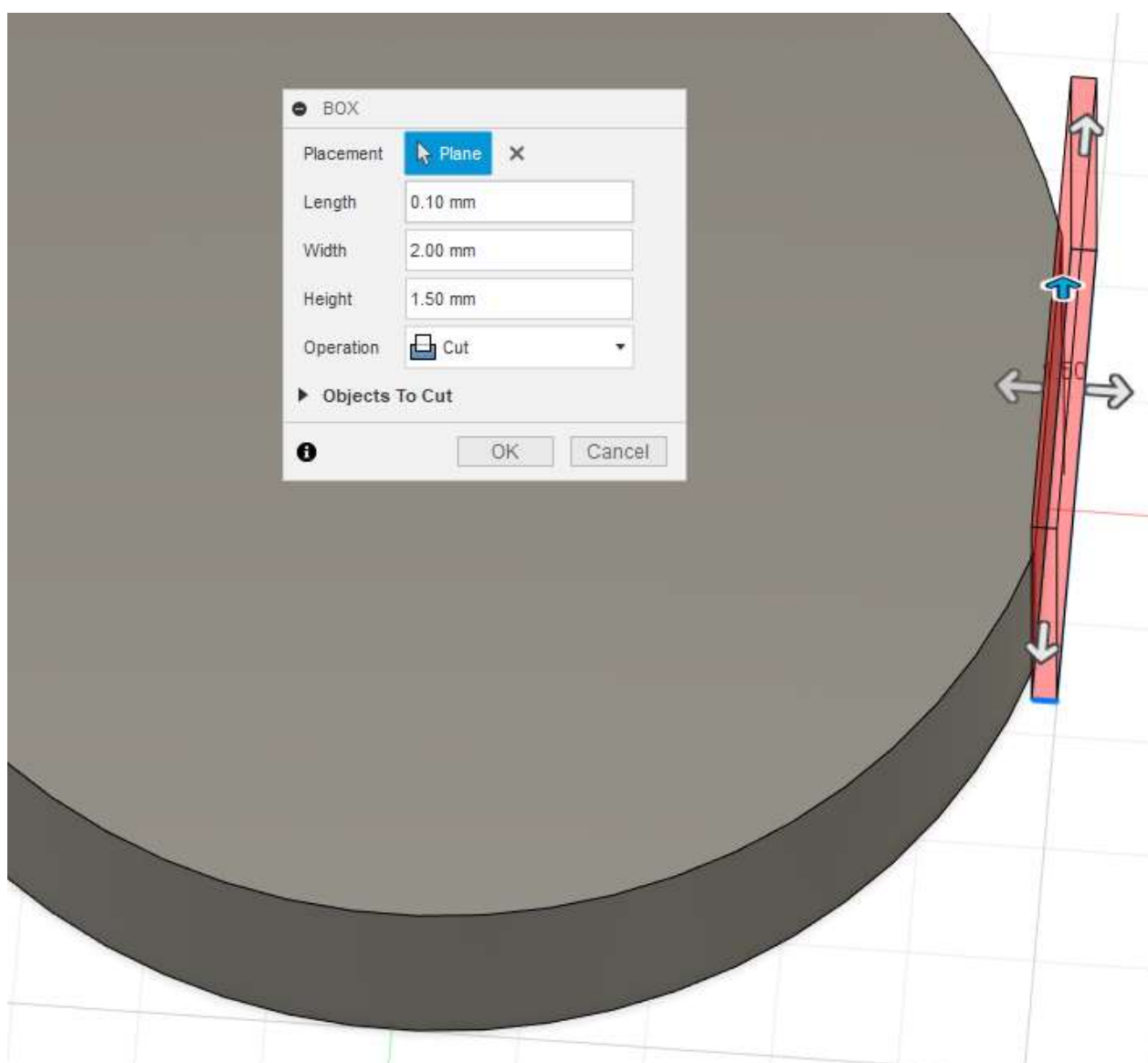
Буду будувати LED, тобто світлодіод.

Створюємо циліндр діаметром 5 мм та висотою 1 мм. Це буде основа світлодіода.



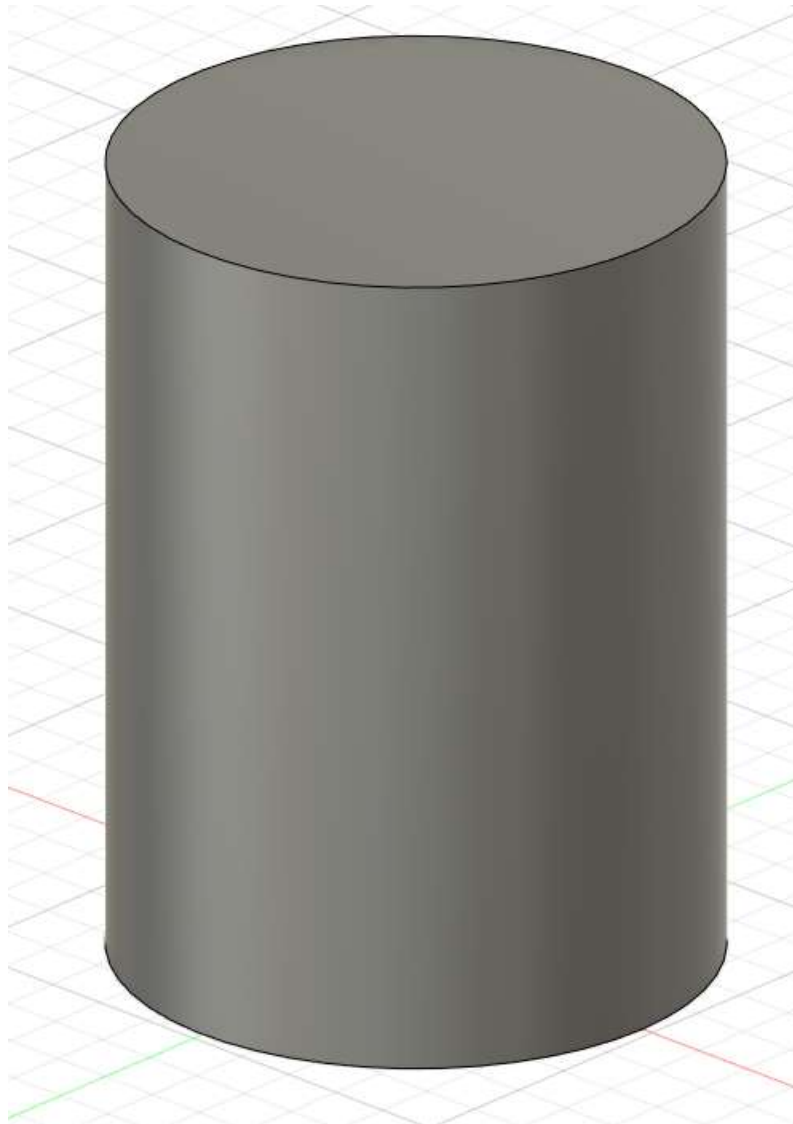
Мал. 4.1 - Основний циліндр

Потім створюємо паралелепіпед висотою 1 мм або більше та шириною 0,1 мм або більше. Розташовуємо так, щоб перетиналися наші фігури лише на 0,1 мм. Та відрізаємо зайве. Так я позначаю катод діоду.



Мал. 4. 2 – Обрізання частини основи

Далі створюємо ще один циліндр висотою 6,6 мм та діаметром 4,8 мм.



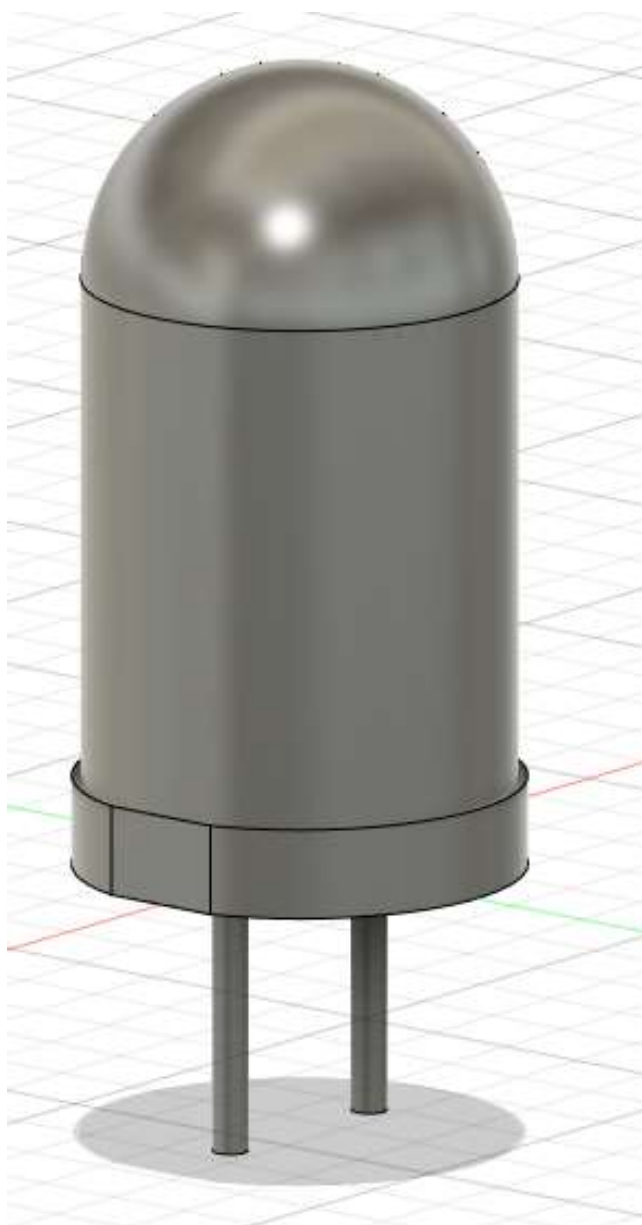
Мал. 4.3 – Другий циліндр

Далі, беручі за точку основи центр верхньої площини другого циліндра, будуємо кулю, радіусом 2,4 мм.



Мал. 4.4 – Після створення кулі

Залишилося зробити лише контакти. Так як катод ми вже позначили, то візьмемо контакти однакової довжини – 3 мм та діаметром у 0.4 мм, відстань між контактами – 2 мм. Обєднавши всі частини разом отримуємо наступну деталь:



Мал. 4.5 – Після об'єднання

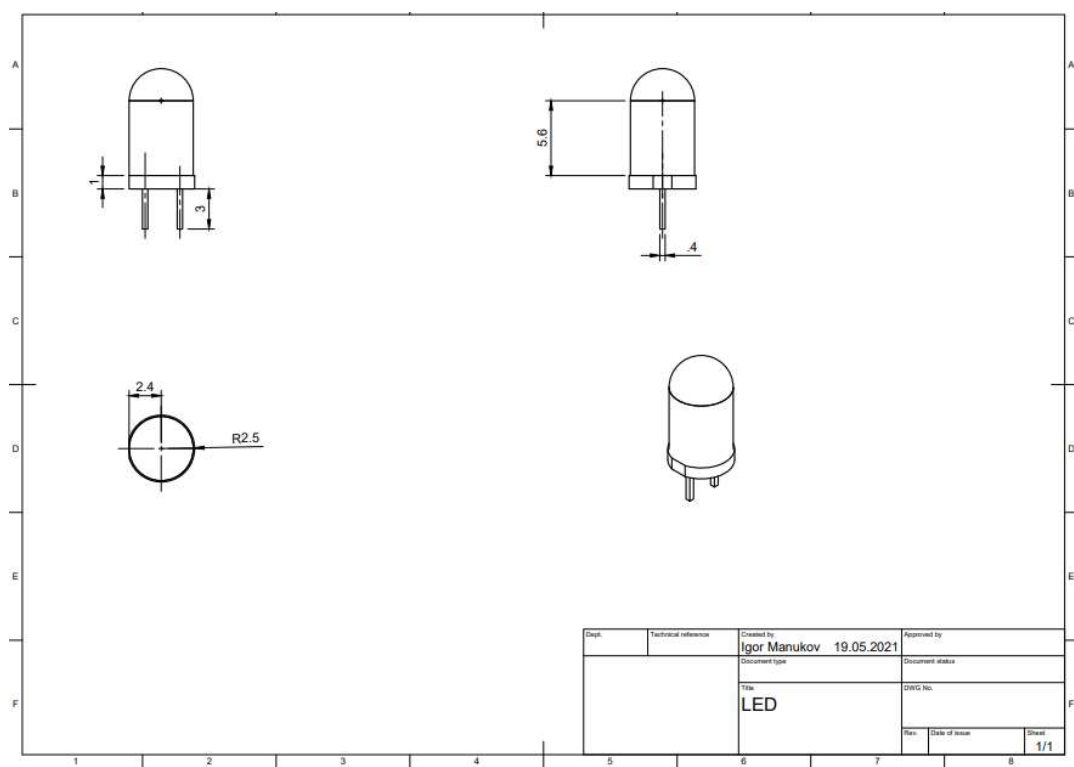
Залишилося пофарбувати і роботу можна завершувати. Я пофарбую контакти у колір блискучого алюмінію, а матеріал тіла заміню на червоний акріл.



Мал. 4.6 – Після фарбування

На виході отримав не дуже гарний результат, бо видно сферу повністю, але це можна вирішити змінивши колір на непрозорий або зрізавши зайве методом, який я показував раніше.

У кінці вивів це у креслення та зберіг у форматі PDF.

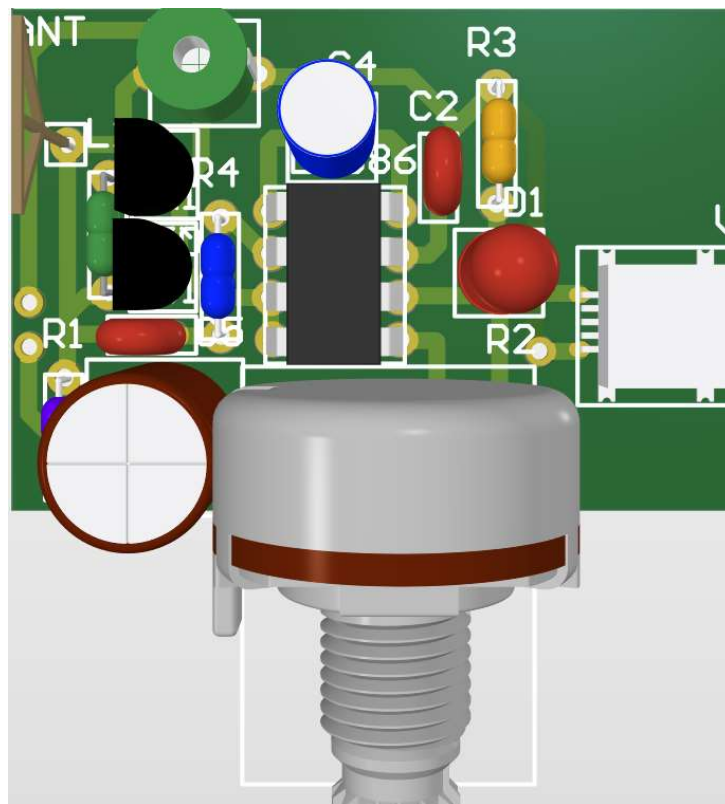


Мал. 4.7 – Креслення

РОЗДІЛ 5

Створення конструкторської документації

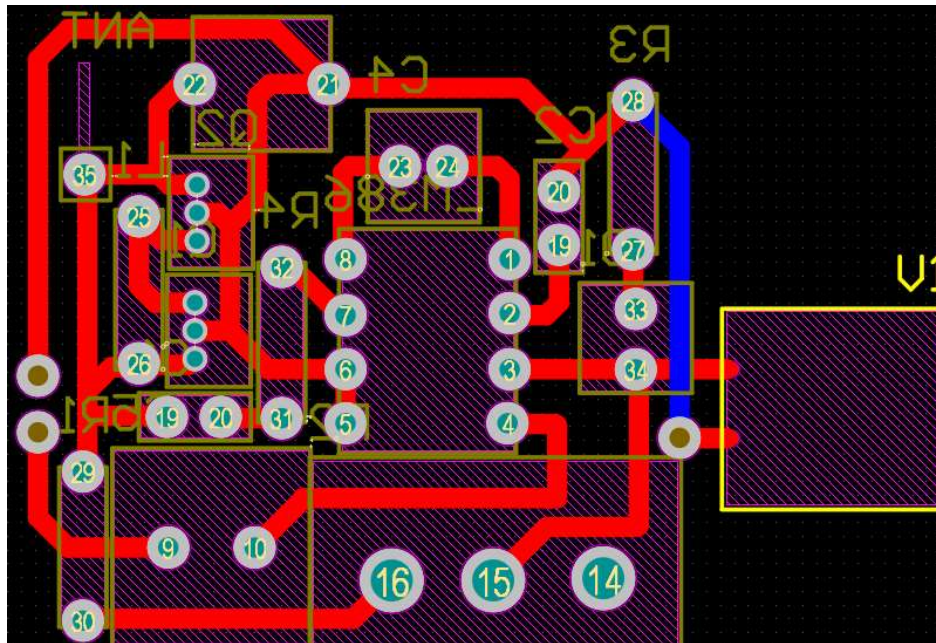
Для створення друкованої плати завантажив у бібліотеку, створені власноруч або взяті з мережі, 3D моделі для усіх компонентів. Після цього додав 3D моделі до вкладки для створення друкованої плати та розташував елементи згідно зі схемою, проте максимально компактно. Отримав два варіанти друкованої плати – із закріпленням динаміком, та без нього. Для подальшої роботи та створення прототипа обрав варіант без динаміка, за його менші розміри.



Мал. 5.1 – 3D модель схеми без динаміка

На Мал. 5.1 зображено 3D модель схеми без динаміку, але елементи підняті з нижнього шару, щоб їх краще було видно.

На Мал. 5.2 зображені верхній (червоні доріжки) та нижній (сині доріжки) шари, усі елементи, окрім роз'єму mini-USB, розташовані знизу.



Мал. 5.2 – Шари схеми

У роботі, під час конструювання, були застосовані наступні конструкторські прийоми:

1. Використання уніфікованих деталей. У схемі використовуються однакові компоненти (транзистори, конденсатори) та широкорозповсюджений роз'єм mini-USB, який легко можна знайти для ремонту або зміни на micro-USB або USB type C.
2. Скорочення обсягу механічної обробки. У схемі застосовуються отвори схожих діаметрів, що дозволяє застосовувати лише свердла з двома різними діаметрами.
3. Забезпечення точності взаємного розташування деталей. Сполучення посадочних поверхонь. У схемі передбачені можливі неточності при виготовленні компонентів, тому отвори та відстань між ними та деталями збільшені для спрощення монтажу.
4. Скорочення часу та зменшення витрат на проектування. Через виготовлення на даному етапі лише прототипу було заощаджено на розташуванні шовкографії, через її відсутність на прототипі.

ВИСНОВОК

У цій роботі я вибрав принципову схему, що задовольняла мої потреби, описані у вступі, доповнив її індикацією підключення живлення.

Проаналізував та промодельював її у програмі LTspise XVII, записав отримані результати. Вибрав елементи, що задовольняли за функціоналом та ціною за допомогою сайту Digikey. Створив схему та 3D моделі для елементів своєї схеми у Altium Designer та записав покроковий опис створення 3D моделі світлодіоду у Fusion 360. Застосував створені 3D моделі для створення 3D моделі принципової схеми на друкованій платі. Описав застосовані під час проектування конструкторські прийоми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Build Your Own Crude FM Radio. Instructables circuits URL:
<https://www.instructables.com/Build-your-own-Crude-FM-Radio/>
2. LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier URL:
<https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2008/09/lm386.pdf>
3. 3D модель корпусу мікросхеми DIP-8 URL:
<https://pcbdesigner.ru/file-archive/3d-model-korporusa-mikroshemy-dip-8.html>
4. STEP-моделі: Поодинокі потенціометри фірми ALPHA. 3RP / 1610N-XA1 Series URL:
<https://tqfp.org/parts/step-modeli-odinochnye-potenciometry-firmy-alpha-3rp-1610n-xa1-series.html>
5. Digikey URL:
<https://www.digikey.com/>