

**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.....	
Розділ 5 – Створення конструкторської документації...	
Висновки.....	15
Перелік використаних джерел.....	16

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.

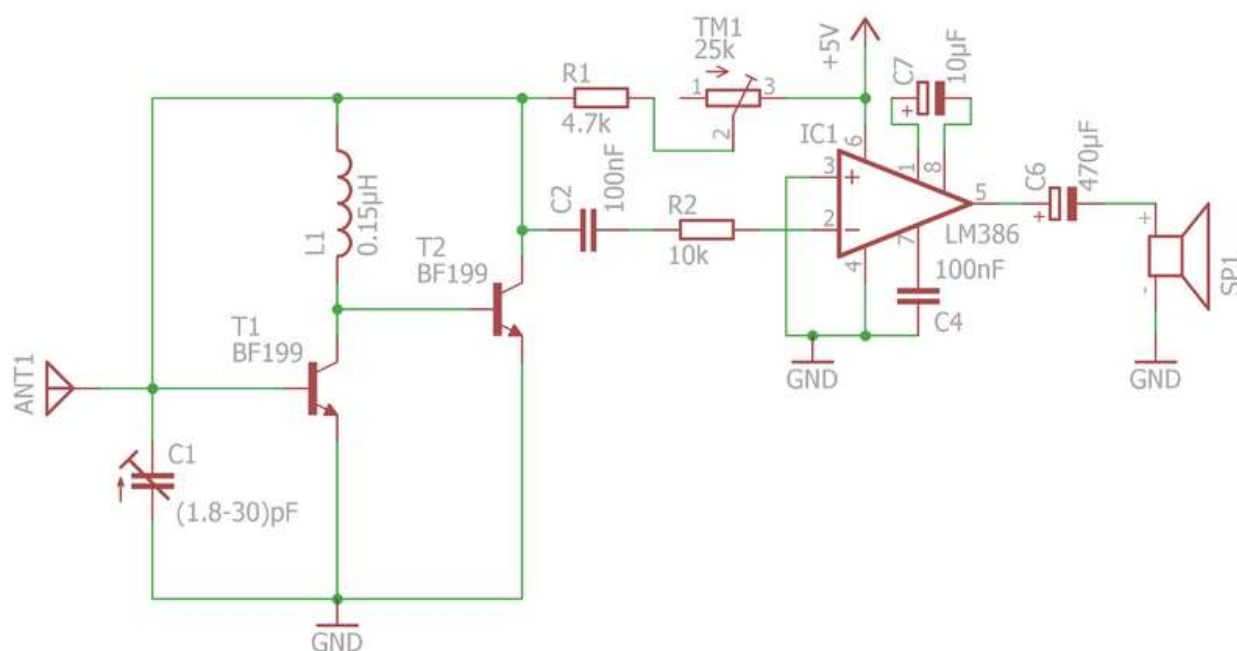
Особливості

- 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»

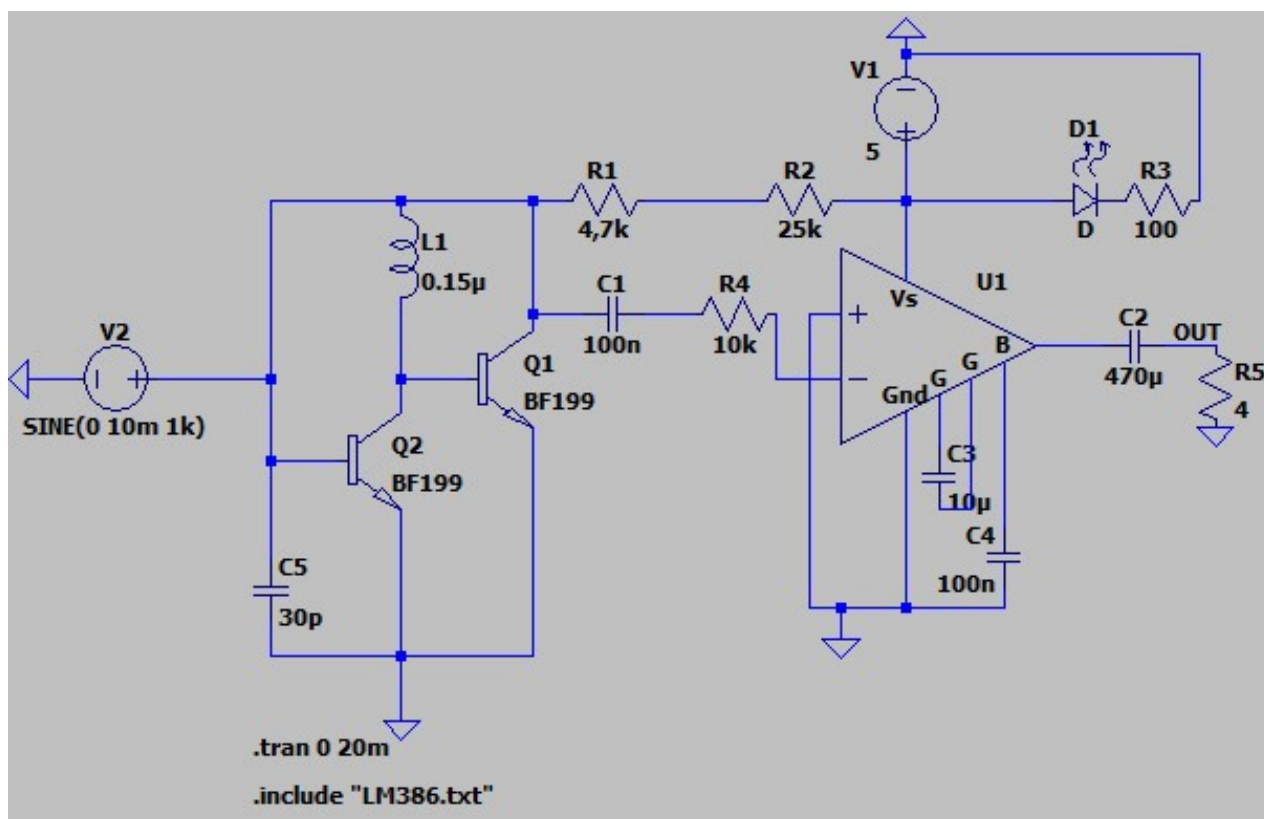
Транзистор T2 разом з резистором R1 та потенціометром TM1, котушкою L1, змінним конденсатором C1 і внутрішньою ємністю транзистора T1, включає так званий генератор Кольпіца. Тобто транзистор T2 та LC-ланцюжок з котушки L1 та змінного конденсатору C1 утворює високочастотний генератор, що працює близько 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

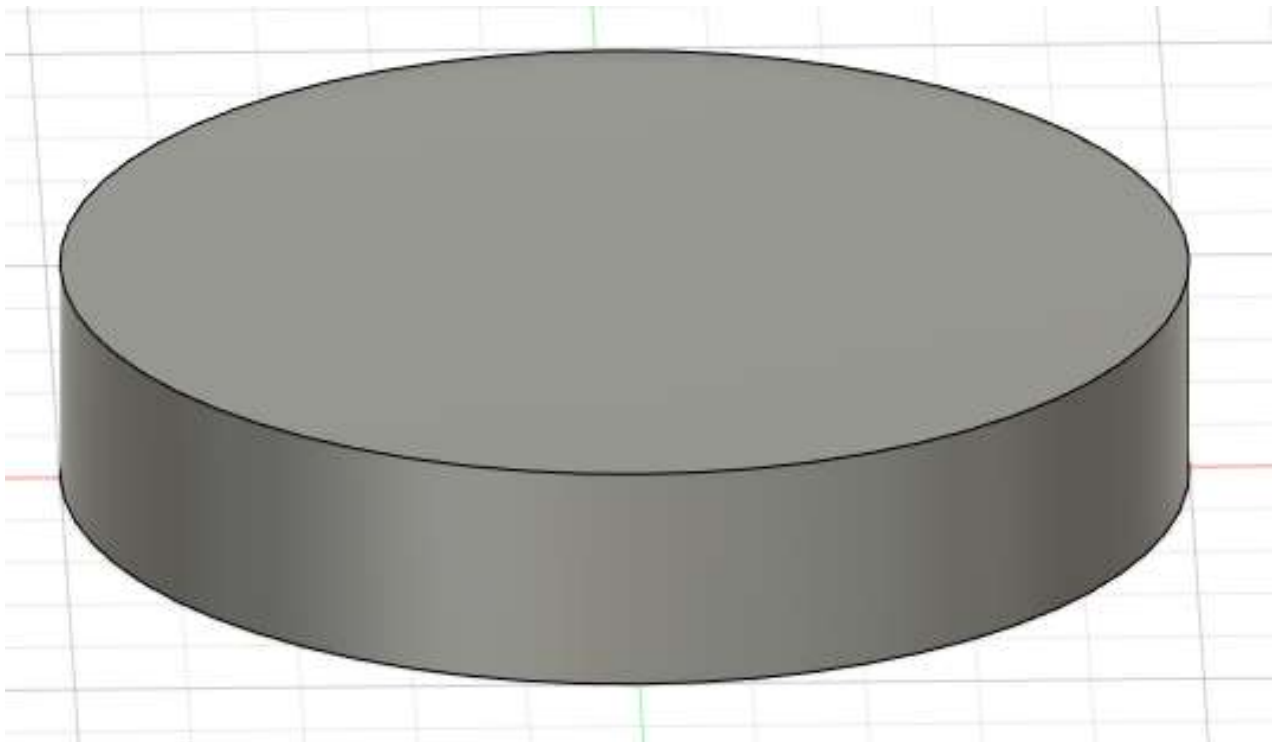
Створення 3D моделі компоненту

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.

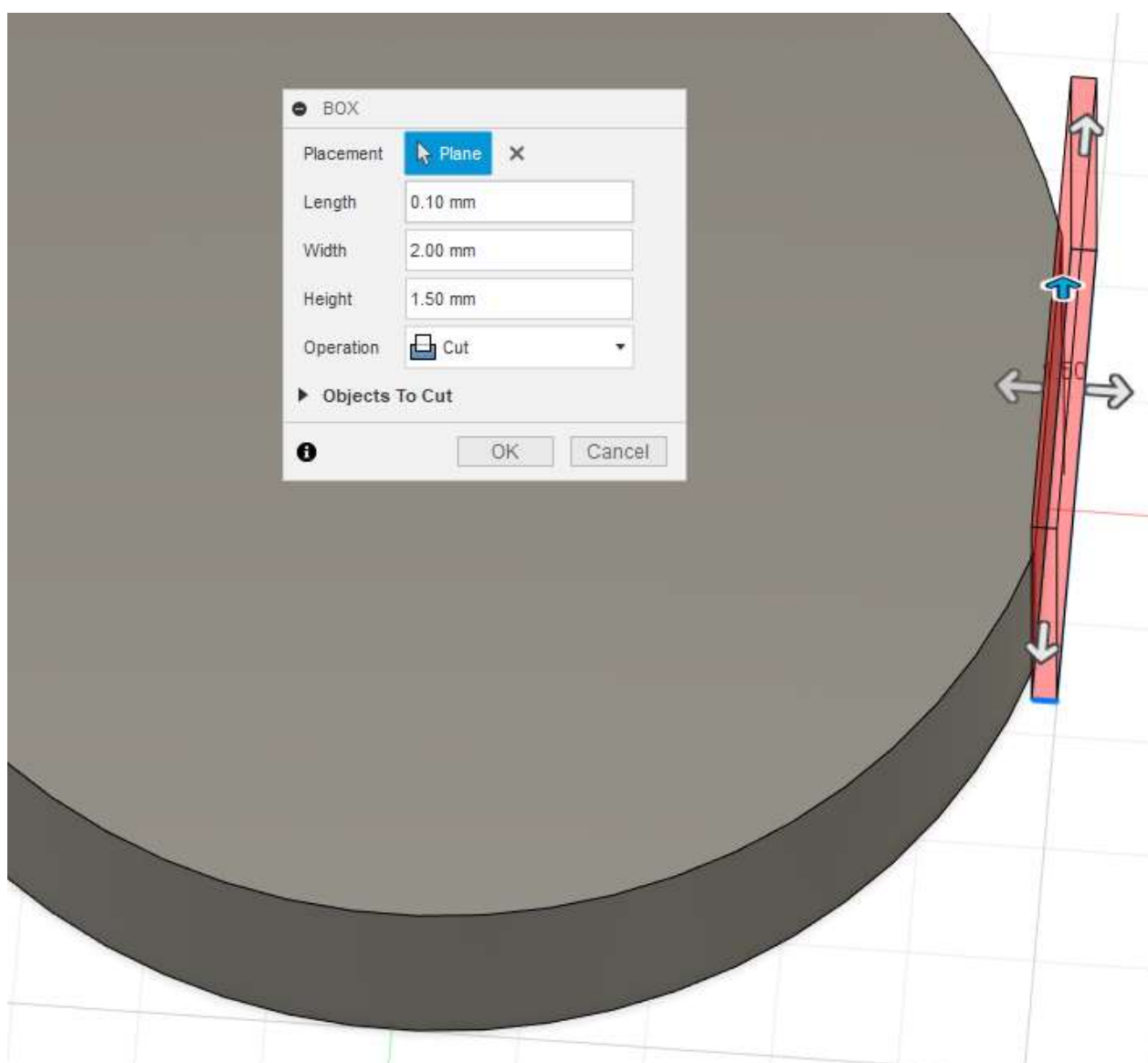
Буду будувати LED, тобто світлодіод.

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



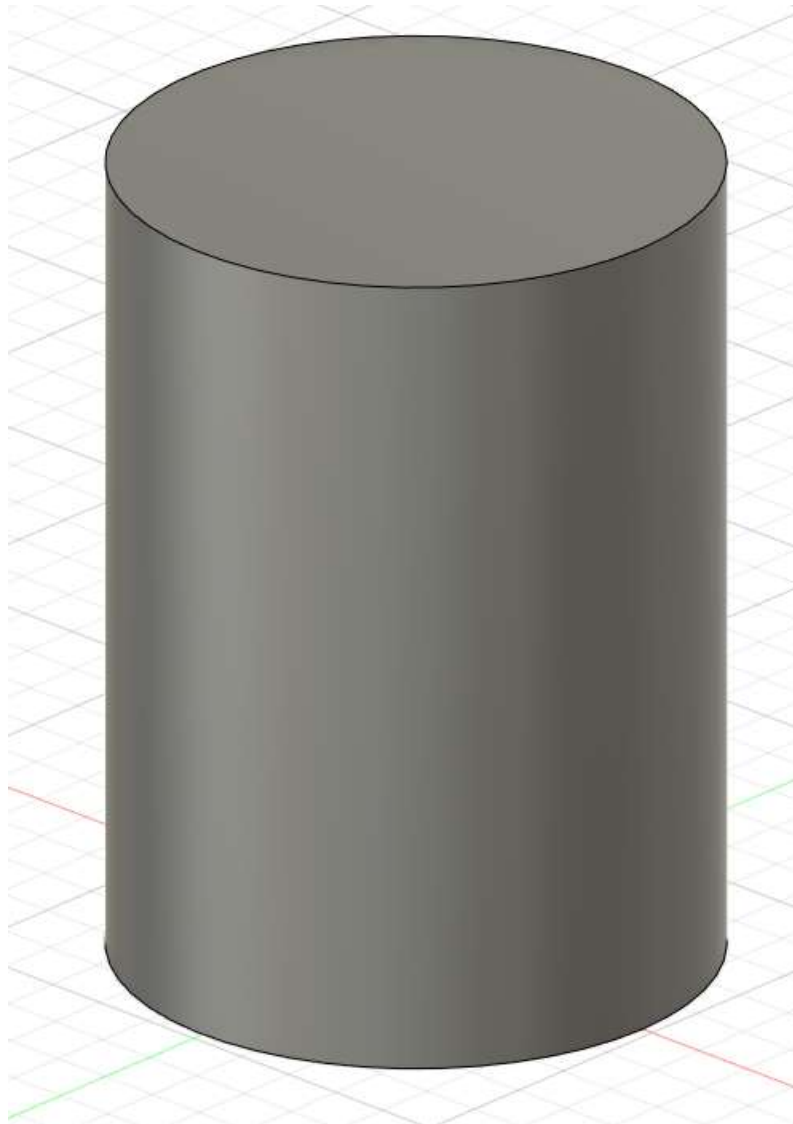
Мал. 4.1 - Основний циліндр

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.



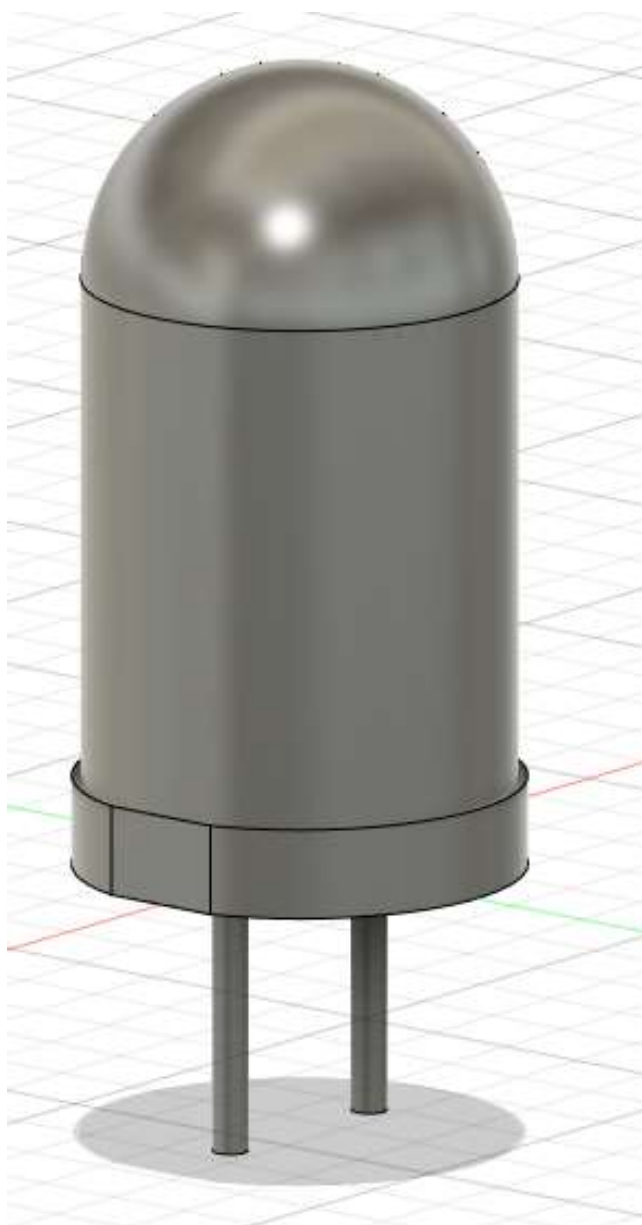
Мал. 4.3 – Другий циліндр

Далі, беручи 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

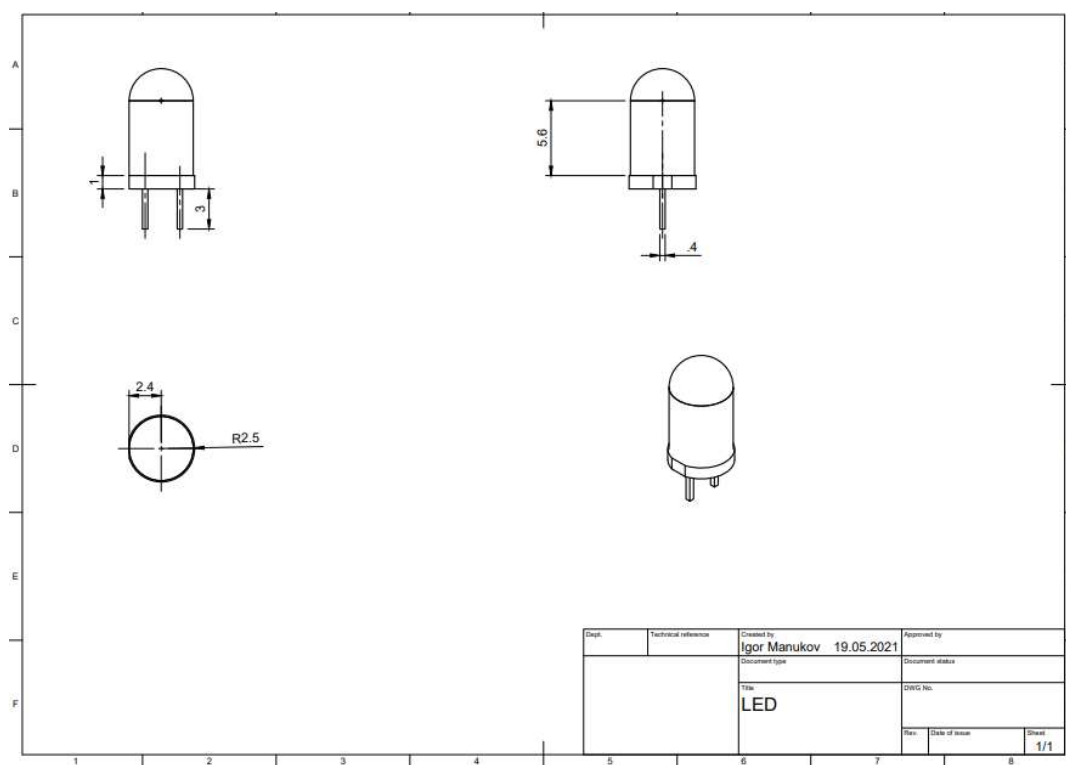
Залишилося пофарбувати і роботу можна завершувати. Я пофарбую контакти у колір блискучого алюмінію, а матеріал тіла заміню на червоний акріл.



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

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>