**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:  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_    \_\_доцент, к.т.н. Короткий Є.В. \_\_\_\_\_\_

(підпис)               (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 компактним, 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. Промоделювати 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.

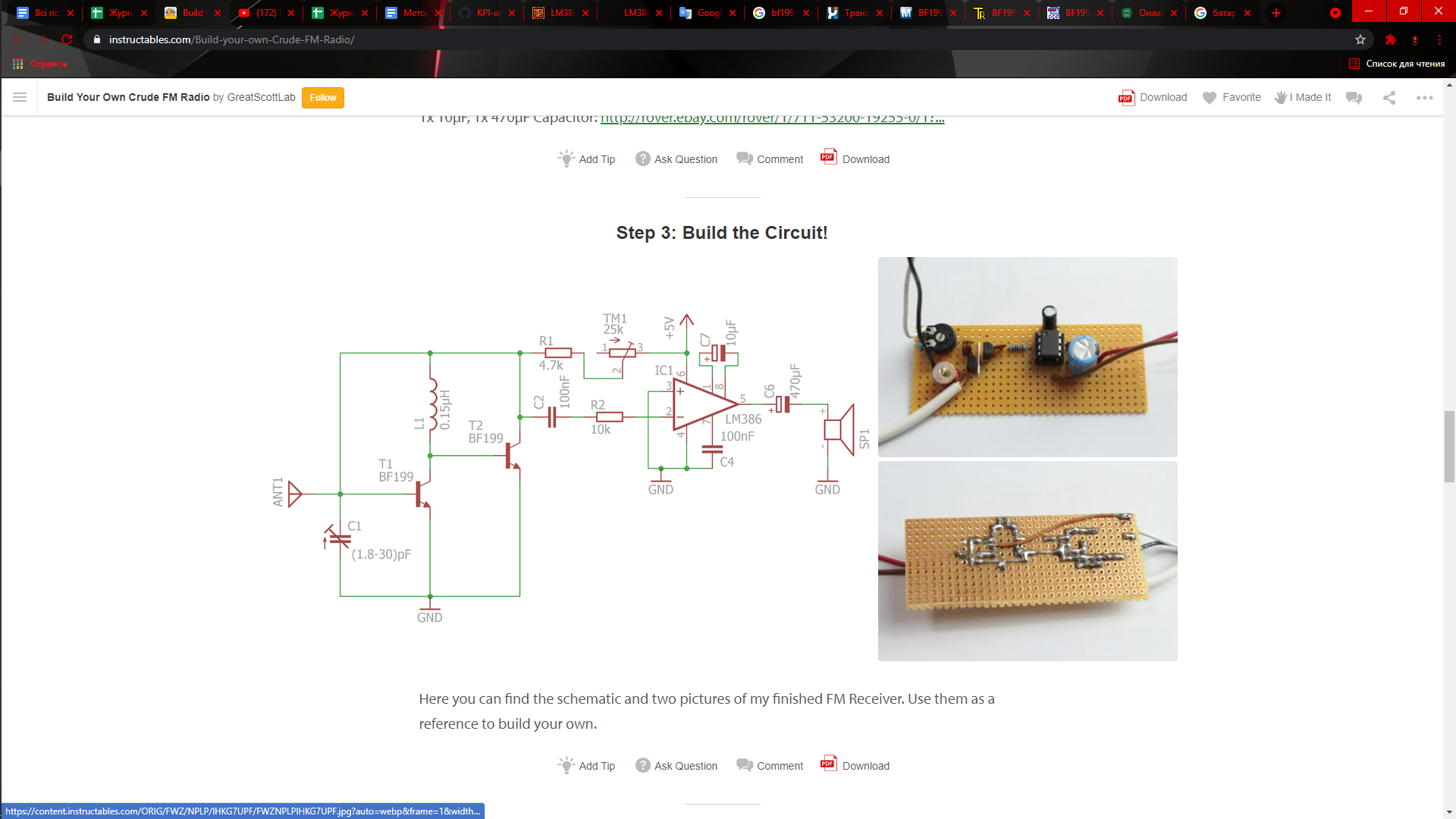
Особливості

* 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 Т2 разом з резистором R1 та потенціометром TM1, котушкою L1, змінним конденсатором С1 і внутрішньою ємністю транзистора Т1, включає так званий генератор Кольпіца. Тобто транзистор Т2 та LC-ланцюжок з котушки L1 та змінного конденсатору С1 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 ТМ1 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 С7 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

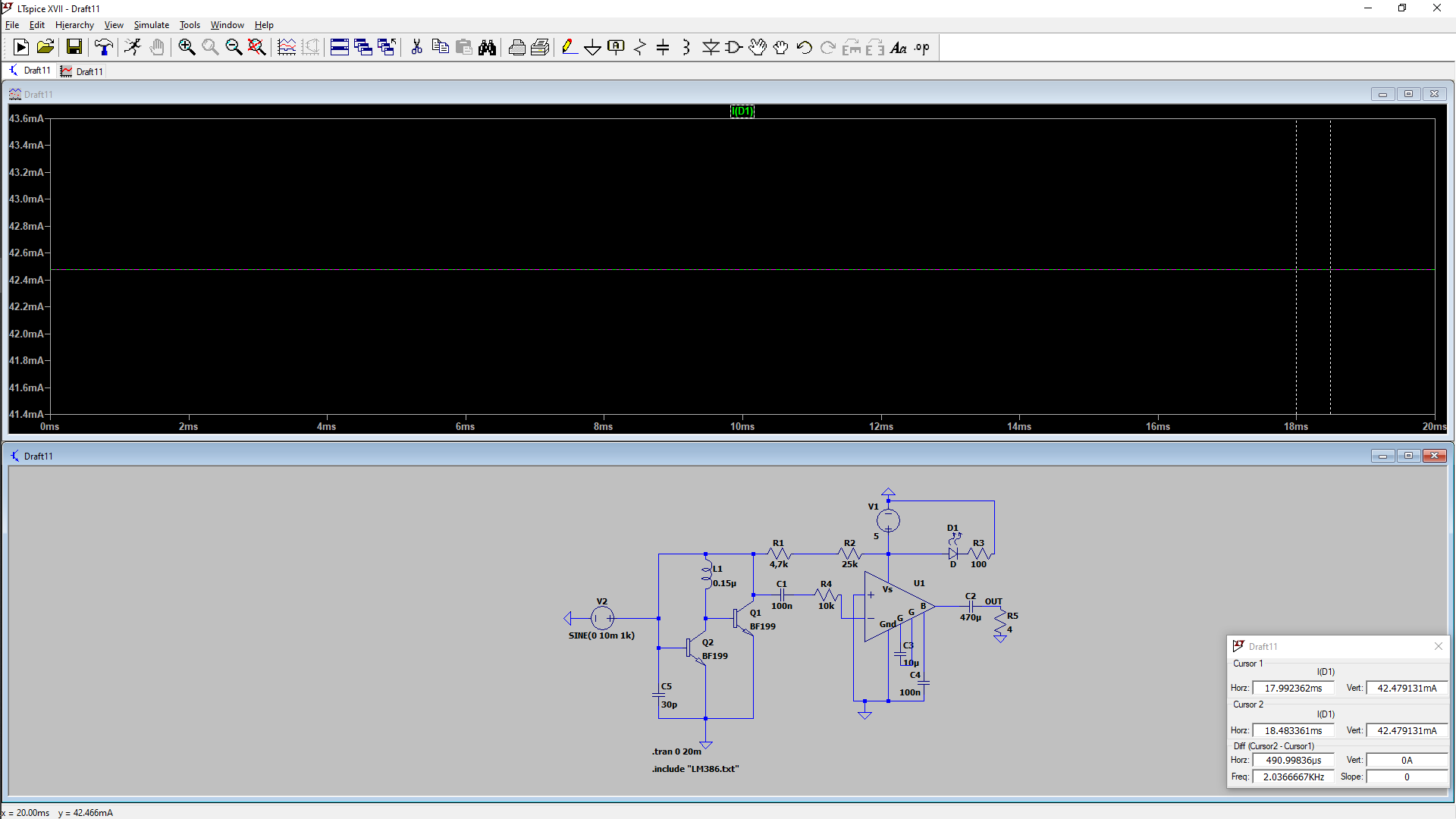
Розрахуємо значення струму та напруги на елементах схеми, коли змінний сигнал дорівнює 10 мВ з частотою 1 кГц, щоб отримати реальні значення працюючої схеми та побачити, які характеристики елементів нам будуть потрібні, постійна напруга дорівнює 5В.

Значення на змінному резисторі та конденсаторі візьмемо за максимальні, тобто (R2)ТМ1 = 25К, (C5)С1 = 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 промоделювати 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 | С2 | 115 мВ | 330 мА |
| 5 | С3 | 750 мкВ | 45 мкА |
| 6 | С4 | 1,5 мВ | 1 мкА |
| 7 | С5 | 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 – -55⁰С - +155⁰С та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості котушки індуктивності обрав 78F150J-RC. Вона має широкі температурні межі – -55⁰С - +105⁰С та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості роз’єма mini-USB обрав M701-340542. Він має широкі температурні межі – -55⁰С - +105⁰С проте погано реагує на вологу та не має жодного протоколу пило та влагозахищенності. 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 – -30⁰С - +85⁰С 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 зазначенно на схемі. Вона має робочу температуру -20⁰С - +85⁰С, проте зберігатися може в температурному режимі -40⁰С - +150⁰С, рівень вологості на її роботу не вливає, 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 – -55⁰С - +155⁰С, 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 – -55⁰С - +155⁰С, 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 – -55⁰С - +125⁰С, 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 – -20⁰С - +50⁰С, потужність у 3 Вт та пиле-вологозахищенність стандарту IP65.

У якості конденсаторів С1 та С4 обрав керамічні конденсатори CL05A104KP5NNND. Вони мають широкі температурні межі – -55⁰С - +85⁰С та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості конденсатора С2 обрав електролітичний конденсатор ECA-0JHG471B. Він має широкі температурні межі – -55⁰С - +105⁰С, працює на частоті до 100 кГц, чого нам достатьньо, та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості конденсатора С3 обрав електролітичний конденсатор 106CKE063M. Він має широкі температурні межі – -40⁰С - +105⁰С, працює на частоті до 100 кГц та не залежить від рівня вологості навколишнього середовища.

У якості змінного конденсатора С5 обрав GKG30086-05. Він має достатні температурні межі – -25⁰С - +85⁰С, 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 | SG731JTTD472M | Volume Production | Digi-Key | 2019-SG731JTTD472MTR-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

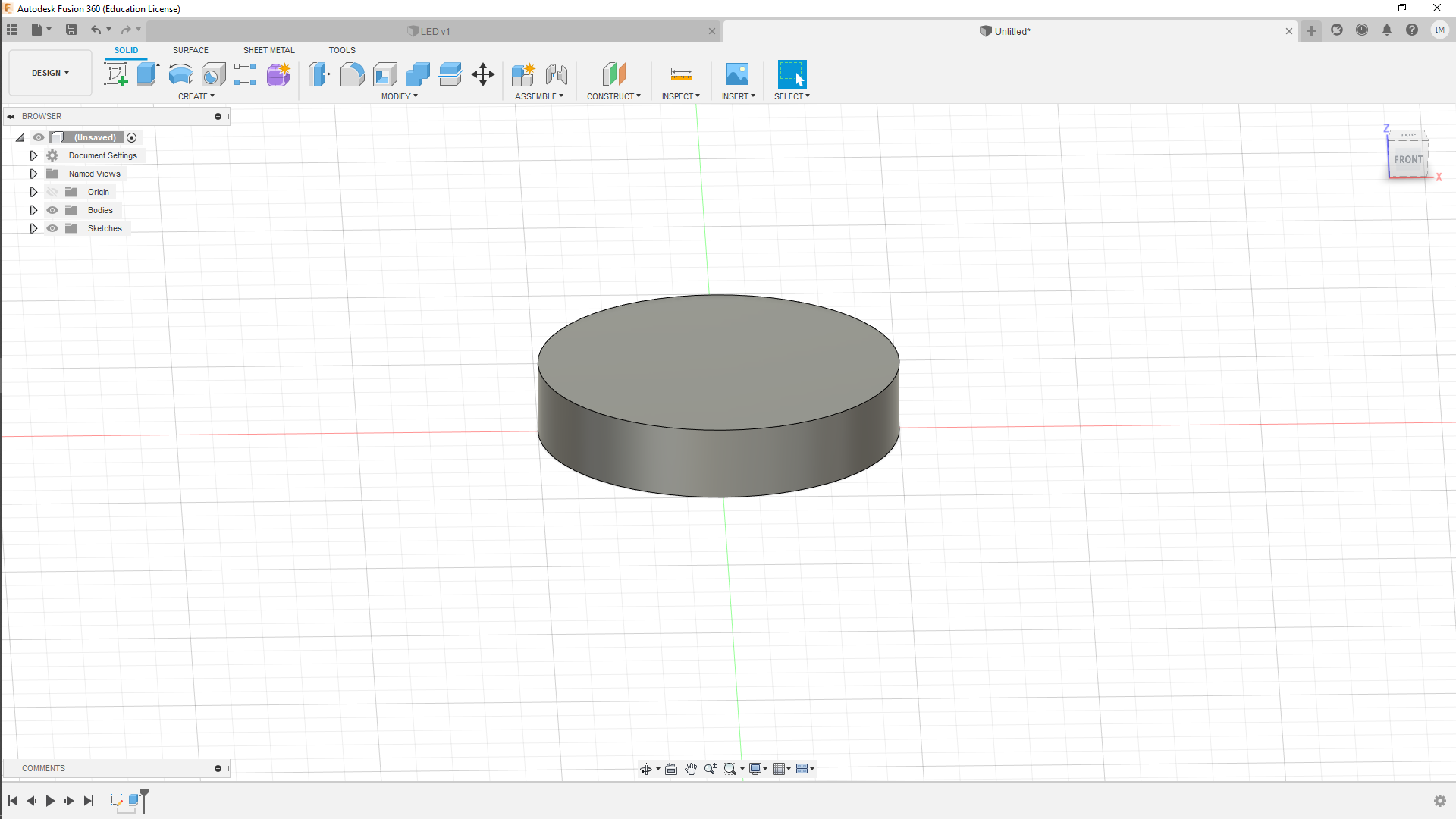
РОЗДІЛ 4

Створення 3D моделі компоненту

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

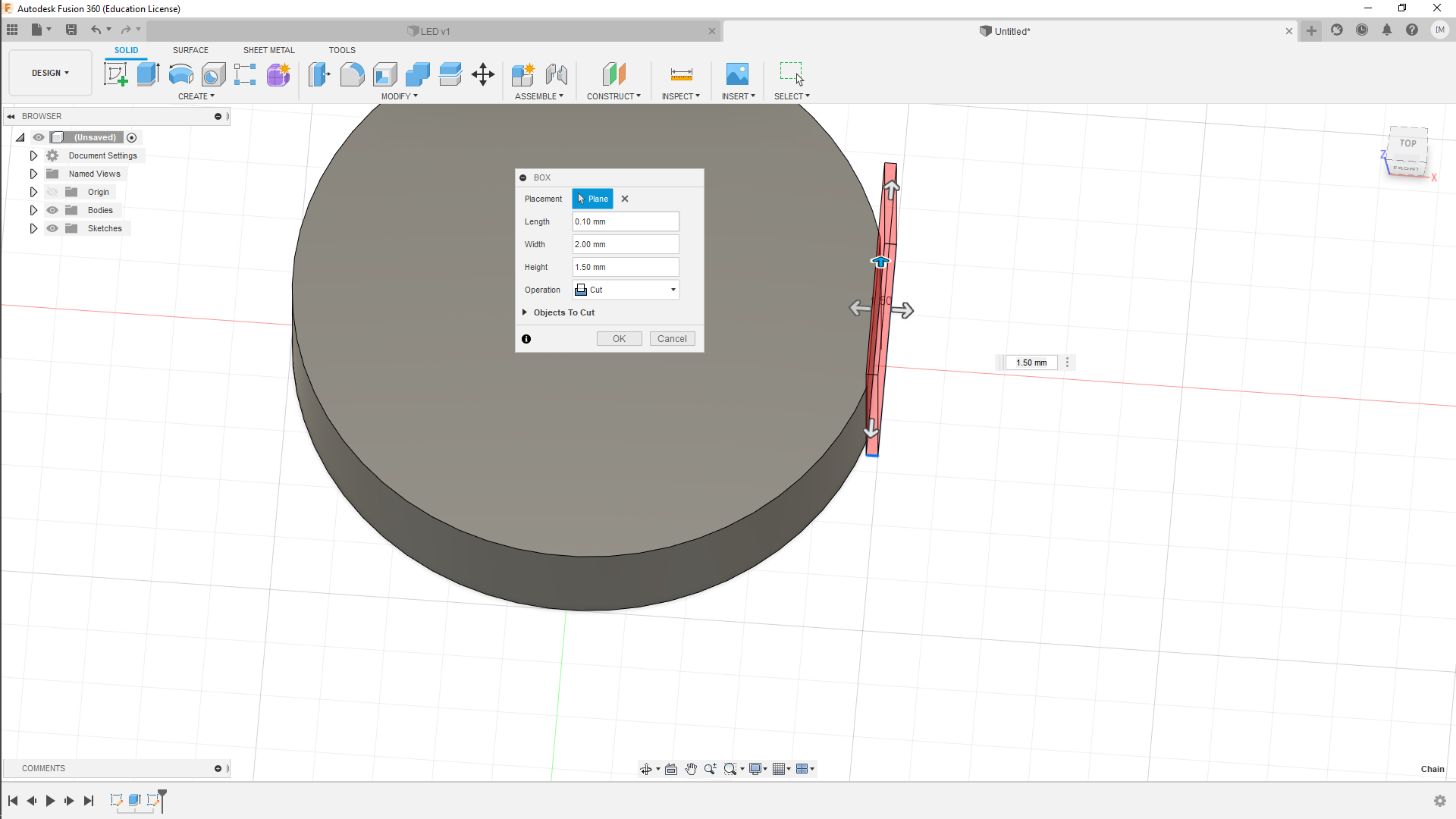
Для прикладу продемонструю покроковий шлях для побудування моделі. Буду будувати LED, тобто світлодіод.

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



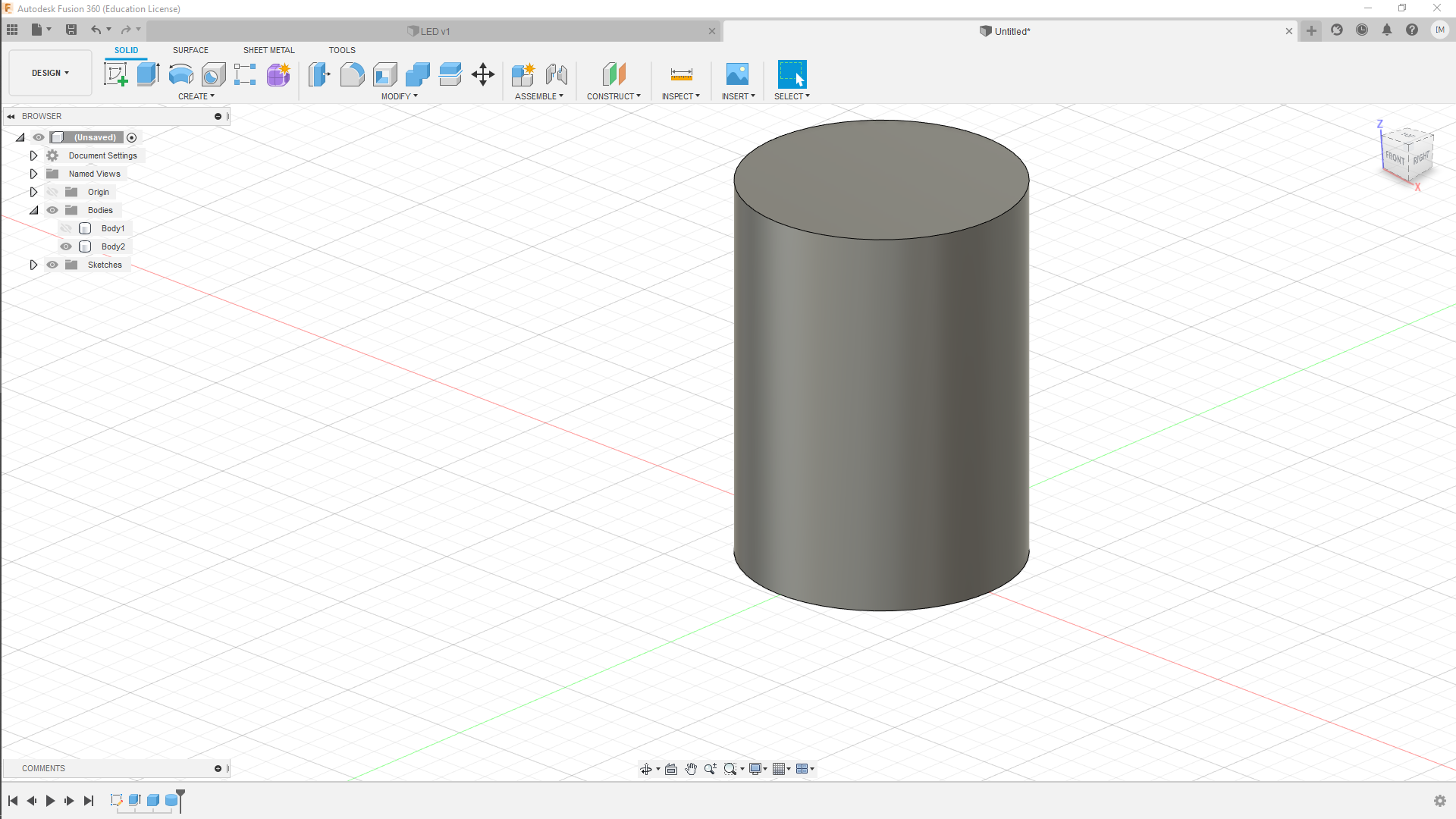
Мал. 4.1 - Основний циліндр

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.



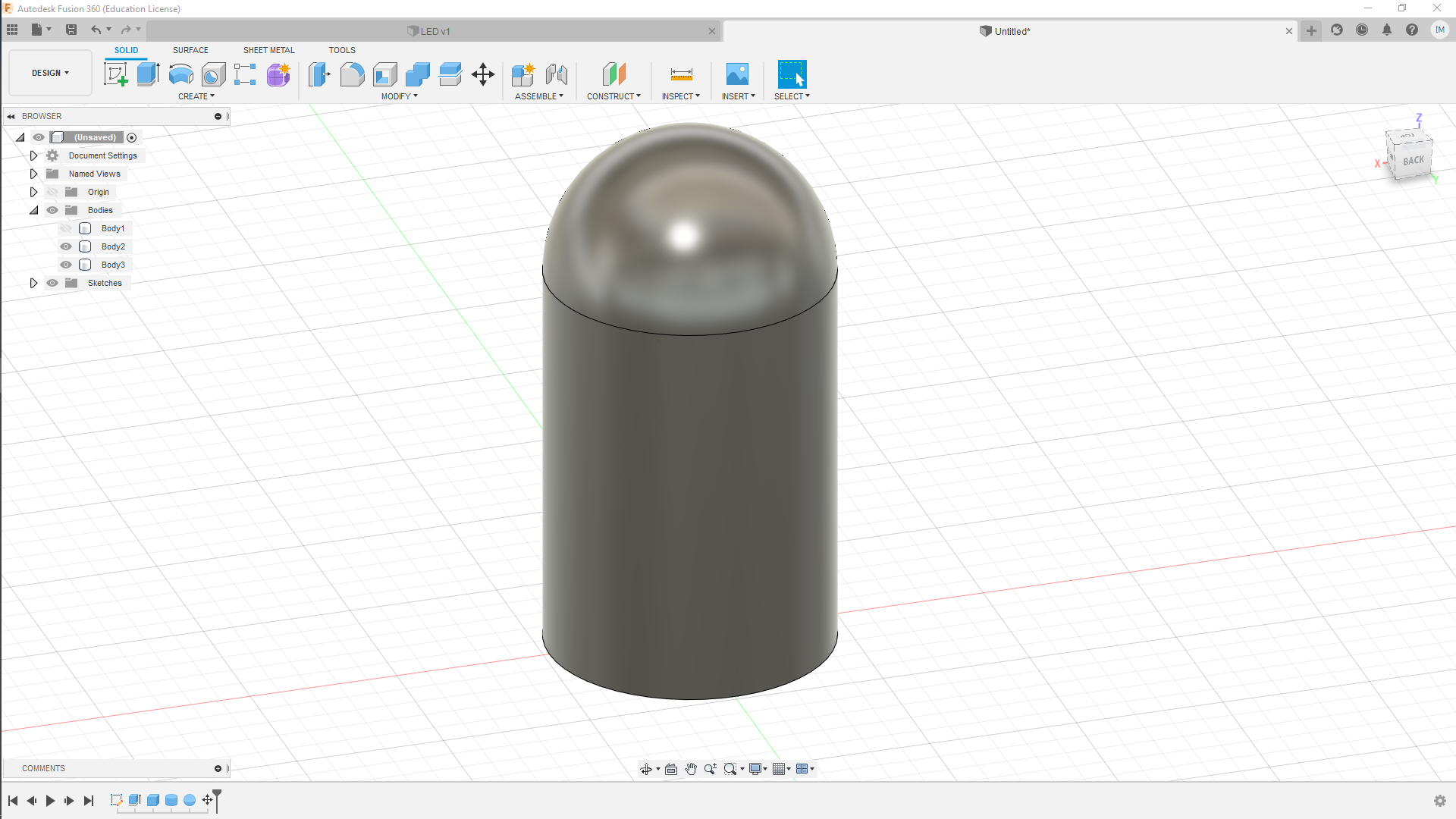
Мал. 4. 2 – Обрізання частини основи

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



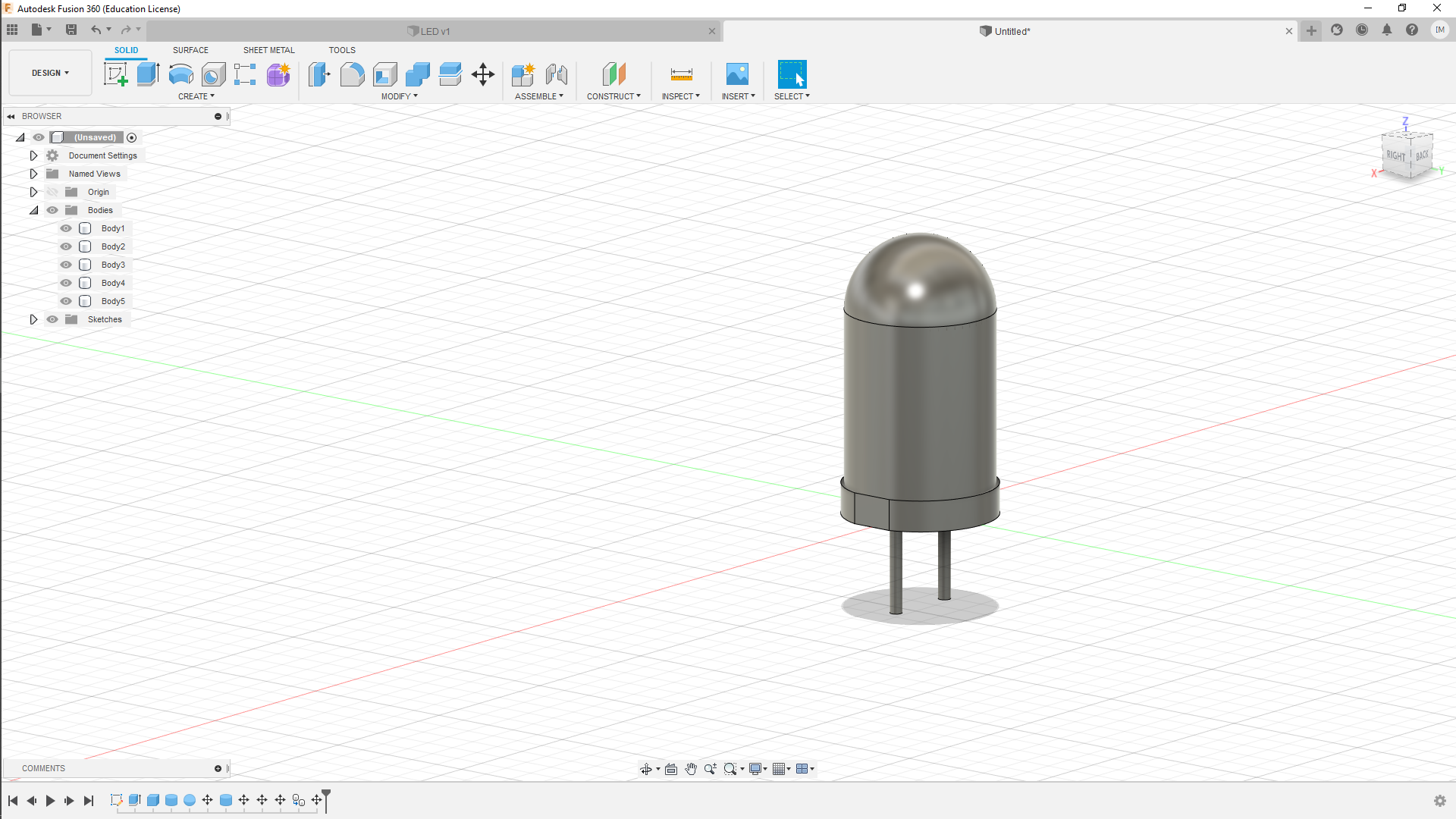
Мал. 4.3 – Другий циліндр

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



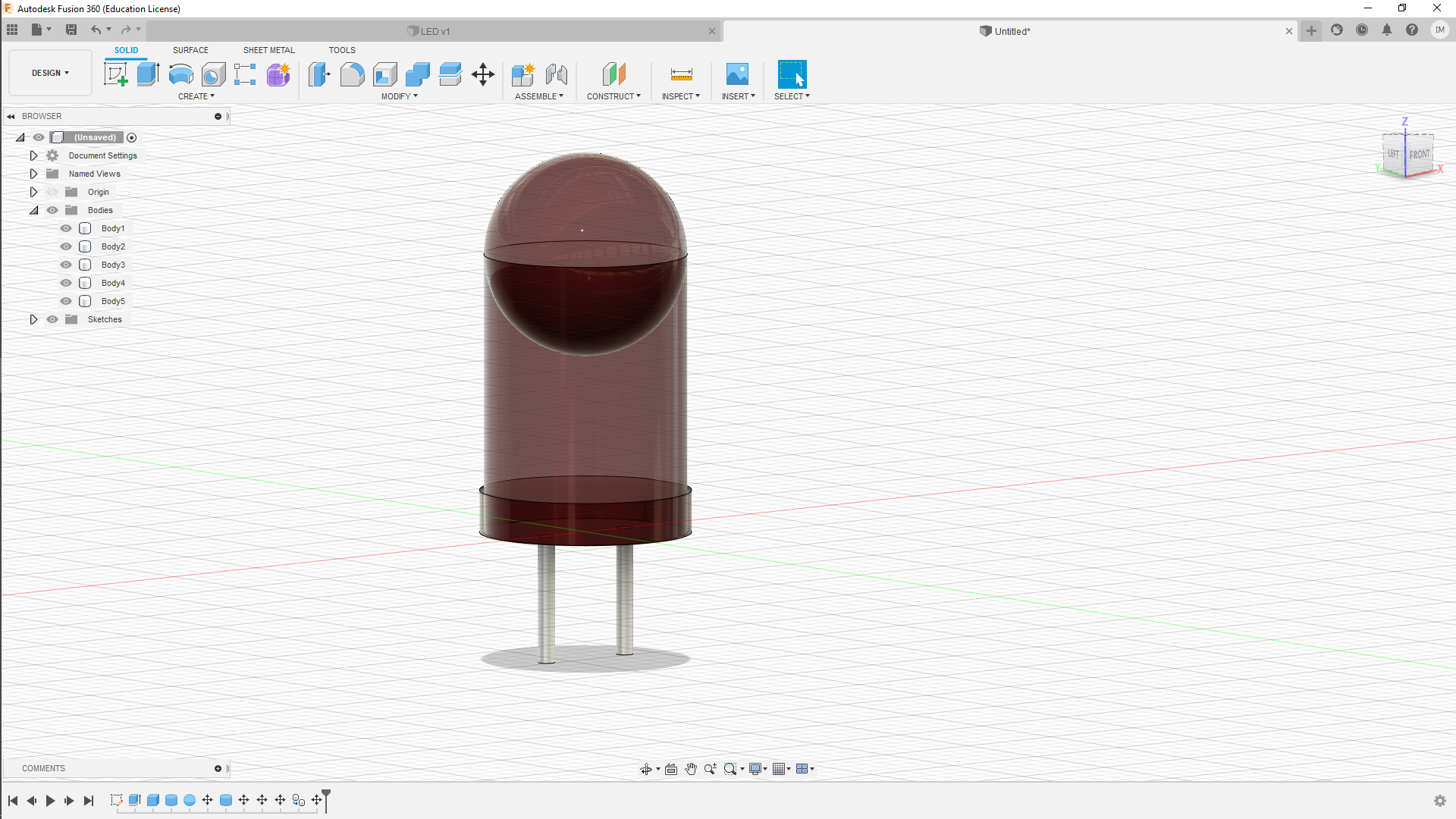
Мал. 4.4 – Після створення кулі

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

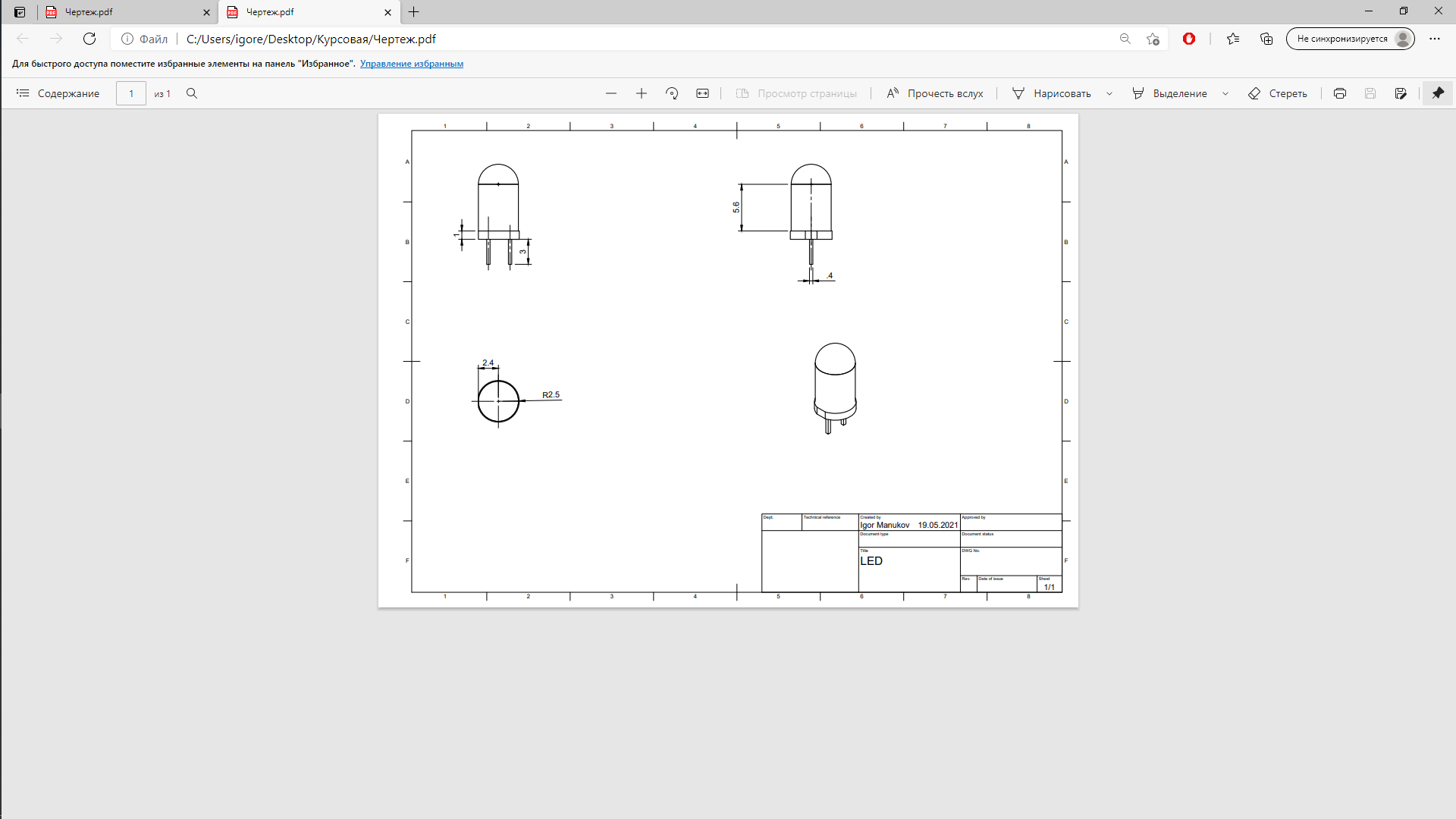
Залишилося пофарбувати і роботу можна завершувати. Я пофарбую контакти у колір блискучого алюмінію, а матеріал тіла заміню на червоний акріл.



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

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>