

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: Дзвінок на 555 таймері

Студента 3 курсу групи ДК-91

Напряму підготовки: Телекомунікації та
радіотехніка

Махно В.М.

(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.....	4
Розділ 1. Вибір та аналіз принципової схеми приладу.....	5
Розділ 2. Визначення характеристик необхідних для вибору компонентів схеми приладу.....	9
Розділ 3. Вибір елементної бази.....	11
3.1 Критерії вибору компонентів.....	11
3.2 Пошук компонентів на Digi-Key та підключення до бібліотеки компонентів.....	12
Розділ 4. Створення 3D моделі компоненту.....	15
Розділ 5. Створення конструкторської документації на друковану плату.....	19
Висновок.....	24
Перелік використаних джерел.....	25

ВСТУП

Для курсової роботи було обрано схему „Дзвінка на 555 таймері“ для формування звуку “дін-дон”. Дана схема широко використовується як дзвінок для дверей, таймерів і будильників. Головною перевагою є простота та можливість самостійно зібрати схему з доступних, широкому загалу, електронних компонентів.

Метою роботи є створення бібліотеки компонентів та її використання для розробки конструкторської документації на друковану плату враховуючи особливості використання, зручність та потративність.

Задачі:

- 1) Вибрати та проаналізувати схему приладу.
- 2) Визначити вимоги до компонентів приладу.
- 3) Вибрати компоненти приладу у відповідності до вимог. Згенерувати BOM файл в середовищі AD.
- 4) Створити 3D модель одного з компонентів в середовищі Fusion 360.
- 5) Створити конструкторську документацію на друкований вузол.

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

У другому розділі буде проведено симуляцію схеми та визначито струми, напруги на елементах та розраховано потужності.

У третьому розділі буде використано розрахунки та виміри, зроблені у розділі 2, для підбору елементної бази з необхідними характеристиками.

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

У п'ятому розділі буде покроково описано створення друкованої плати в Altium Designer.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

AD	Altium Designer
GND	Заземлення
V _{cc}	Напруга живлення
ЛР	Логічний рівень (може бути “0” або “1”)
“0”	[0 : 1/3V _{cc}] Вольт
“1”	[2/3V _{cc} : V _{cc}] Вольт

РОЗДІЛ 1

Вибір та аналіз принципової схеми приладу

Для реалізації курсового проекту була обрана схема дзвінка на двох мікросхемах 555-го таймеру.

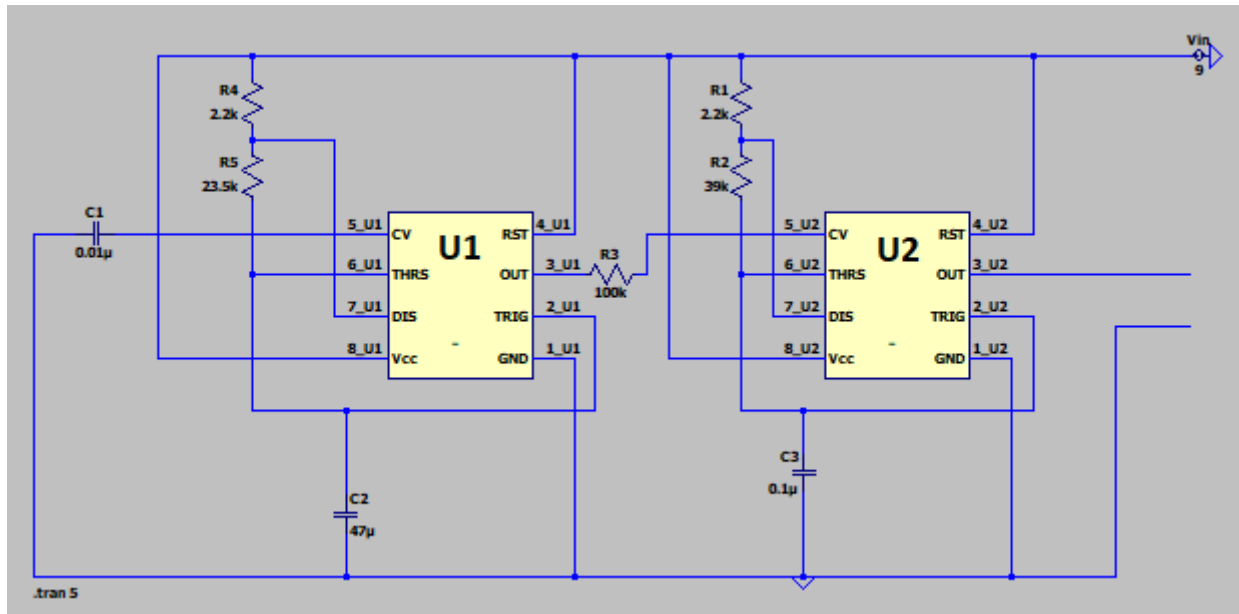


Рис. 1.1 Схема дзвінка на 555 таймері

Схема 555-го таймеру (Рис. 1.2) складається з подільника напруги, два компаратора з позитивним та негативним входами. Якщо на позитивному вході напруга більша ніж на негативному, то на виході ми отримаємо ЛР 1, в іншому випадку на виході буде ЛР 0.

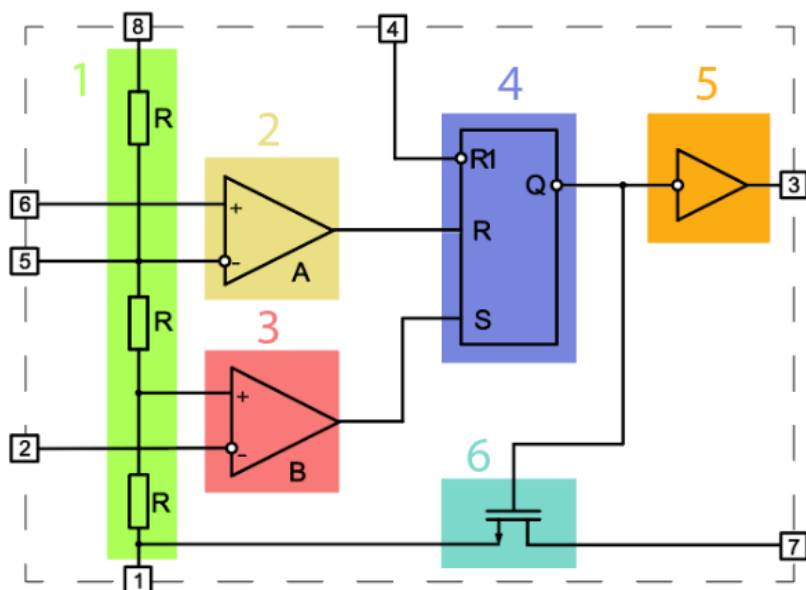


Рис. 1.2 Схема 555-го таймера

Також 555 таймер містить RS тригер принцип роботи якого полягає у зберіганні одного біту інформації “0” або “1” в залежності від комбінації ЛР на входах R та S (дивись Табл. 1).

Таблиця 1

Таблиця істинності RS тригера

R	S	Q_n	$\sim Q_n$
0	0	Q_{n-1}	$\sim Q_{n-1}$
1	0	0	1
0	1	1	0
1	1	Заборонена комбінація	Заборонена комбінація

В схемі 555-го таймеру компаратор А порівнює напругу на 6-му піні (THRS) з напругою на 5-му (CV), а компаратор В порівнює напругу на 2-му (TRIG) з $1/3 V_{cc}$. Виходи компараторів відключені до входів RS тригера котрий має додатковий Reset заведений на 4-й пін (RST). Схема використовує інвертуючий вихід тригера сигнал з якого запускає роботу транзистора, що працює у ключовому режимі та з'єднує 7-й вхід (DIS) з GND, також цей сигнал відправляється на інвертор, інвертований сигнал в свою чергу виходить з 3-го піну (OUT) мікросхеми.

Принцип роботи схеми дзвінка полягає у перехідних процесах, пов'язаних з затримками логічних елементів в схемі 555-го таймера (Рис. 1.2). В нульвий момент часу подачі живлення, конденсатори C2 та C3 заряджаються до напруги V_{cc} , конденсатор C1 – розрив на постійному струмі. Після затримки виходу мікросхеми пін DIS закорочується на землю, бо на виході компаратора А встановився ЛР 1 та подався на вхід R RS тригера, інвертуючий вихід якого встановився в 1 та відкрив транзистор, що з'єднав GND з DIS. Конденсатори починають розряджатися. Постійно досягаючи $1/3 V_{cc}$ Вольт конденсатор C2 знову починає заряджатись та розряджатись досягнувши $2/3 V_{cc}$ Вольт. Таким чином можна зробити висновок, що напруга вході CV обмежує заряд-розряд

конденсатора, котрий створює певну частоту зміни сигналу на виході OUT.

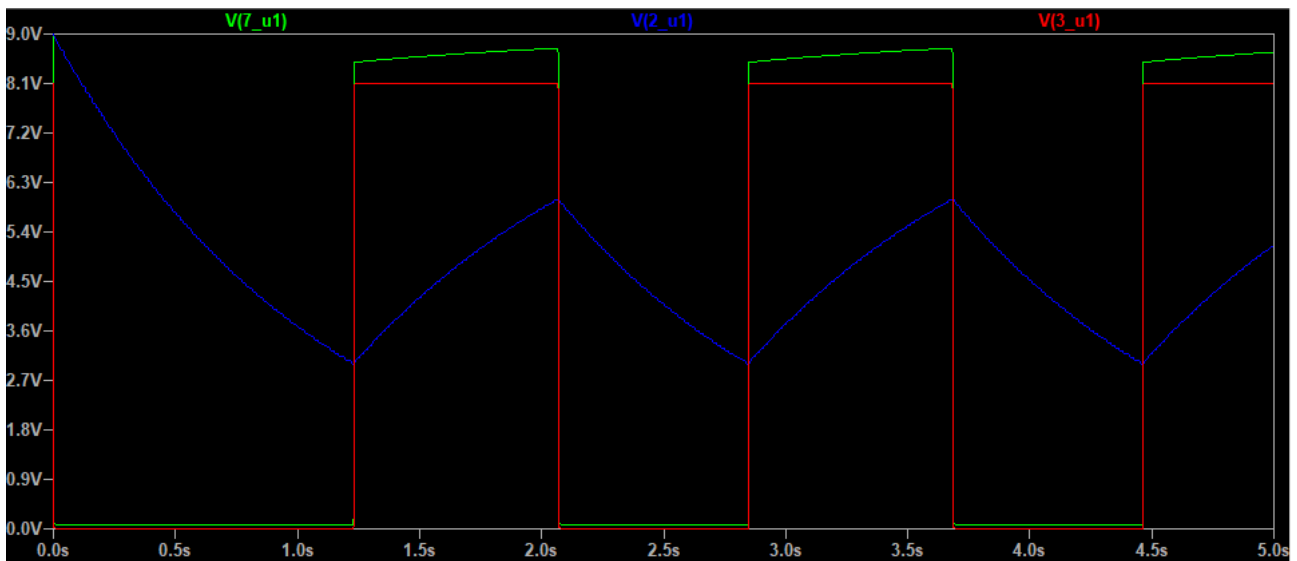


Рис. 1.3 Графік зміни напруги на C2, DIS та OUT на мікросхемі U1

Тепер порівняємо графіки напруги на виході OUT мікросхеми U1 з напругою на вході CV мікросхеми U2 з'єднаних через резистор 100кОм.

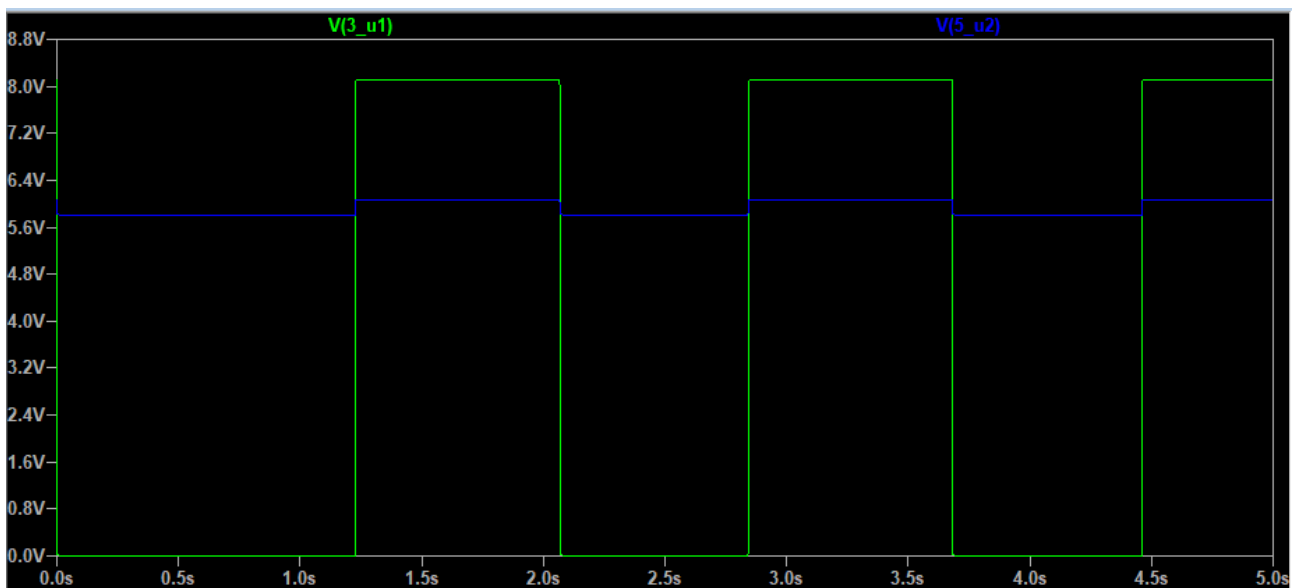


Рис.1.4 Порівняльний графік напруги на OUT_U1 з CV_U2

Така зміна сигналу пов'язана з об'єднуючим резистором R3 опір якого дуже великий відносно вхідного опору на CV мікросхеми U2. Також на цьому вузлі сформований постійний потенціал $2/3V_{cc}$ від подільника напруги котрий перетворюється в імпульсний сигнал з невеликою амплітудою при проходженні через резистор R3 імпульсного сигналу з OUT.

Ми вже знаємо, що в нашій схемі вхід CV обмежує заряд-розряд конденсатора, а отже при зміні, а саме переходу до більшої напруги на цьому вході, конденсатор почне заряджатись-розряджатись до більшої напруги, що призведе до зменшення частоти заряд-розряд та зменшення частоти на виході мікросхеми U2 (дивись Рис. 1.5 та Рис. 1.6).

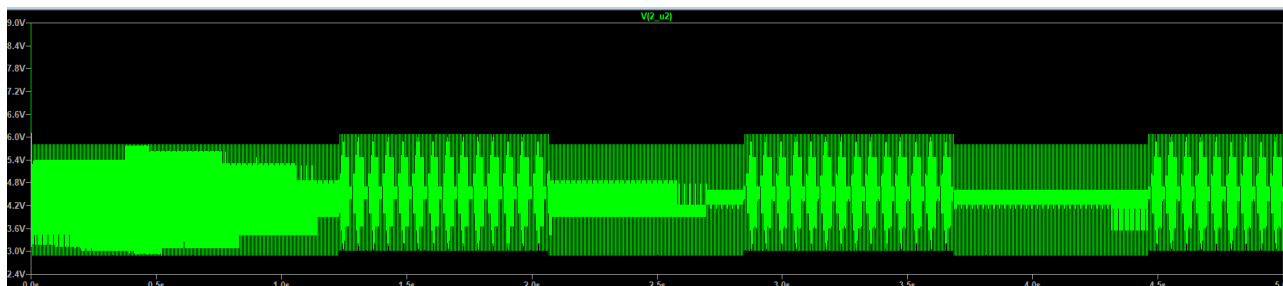


Рис. 1.5 Графік зміни частоти заряд-розряд на конденсаторі C3

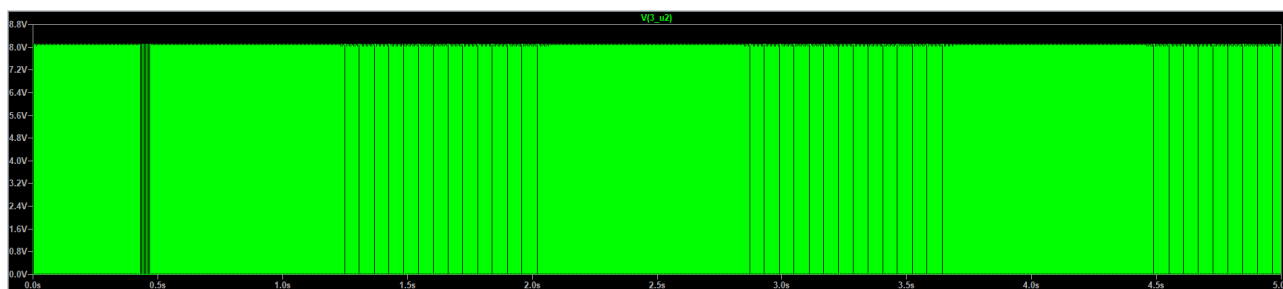


Рис. 1.6 Графік зміни частоти на виході OUT мікросхеми U2

На виході схеми дзвінка я додам зумер постійної напруги, котрий буде відтворювати звук «Дін-дон».

Загалом сигнал можна регулювати декількома елементами схеми кожен з яких буде змінювати свій параметр, а саме — C2 або R5 змінює тривалість сигналу кожної частоти, C3 або R2 — частоту сигналу. Для зміни цих параметрів рекомендовано замінити відповідні резистори варісторами.

Використана схема була взята з ресурсу [\[1\]](#).

РОЗДІЛ 2

Визначення характеристик необхідних для вибору компонентів схеми приладу

Дані вимірювання виконувались за допомогою середовища LTspice [2].

Визначемо вимоги, що до характеристик елементів схеми та занесемо до таблиць.

Таблиця 2

Вимоги до резисторів

Компонент	Максимальне значення			
	Опір, кОм	Сила струму, мА	Напруга, В	Потужність, мВт
R1	2.2	4.1	9	37
R2	39	0.24	5.8	2.25
R3	100	0.06	8	0.36
R4	2.2	4.1	9	37
R5	23.5	0.38	9	3.4

Таблиця 3

Вимоги до конденсаторів

Компонент	Емність, мкФ	Максимальне значення напруги, В
C1	0.01	6
C2	47	9
C3	0.1	9
C4	100	9

Таблиця 4

Вимоги до мікросхеми U1

Вхід	Максимальне значення напруги, В
Vcc	9
OUT	8.1
TRIG	9
THRES	9
CV	6
DIS	9
RESET	9

Таблиця 4

Вимоги до мікросхеми U2

Вхід	Максимальне значення напруги, В
Vcc	9
OUT	8.1
TRIG	9
THRES	9
CV	6.07
DIS	9
RESET	9

На виході я викоримтаю зуммер для відтворення звуку. Отже головним параметром для земмеру є діапазон напруги в якому повинен працювати елемент, а саме DC 8V, що відповідає напрузі на OUT мікросхеми U2 (Рис. 1.6.).

Послання на GitHub зі схемою в Altium Designer [3].

РОЗДІЛ 3

Вибір елементної бази

3.1 Критерії вибору компонентів

Для вибору елементної бази свого приладу я використав сайт [Digi-Key](#).

При пошуку потрібних мені компонентів я використовував такі критерії:

- Номінали елементів повинні відповідати схемі, у разі відсутності компонента у каталозі, можливе невелике відхилення від істинності за умови, якщо це не критично впливає на роботу схеми.
- Значення напруг, струмів та потужностей розсіювання котрі повинні бути на 40% менші за максимально допустимі.
- Температурний діапазон роботи компоненту повинен бути достатнім для правильної роботи.

Параметри компонентів вже були розраховані у розділі 2, їх ми і використаємо. Значення потужності потрібно збільшити на 40%.

Мінімальна потужність розсіювання для вибору компонентів

Таблиця 5

Компонент	Потужність, мВт
R1	51.8
R2	3.15
R3	0.504
R4	51.8
R5	4.76

Температурний діапазон можна вважати стандартним, так як дверний дзвінок використовується у стандартних вуличних або квартирних умовах від -30°C до 60°C.

3.2 Пошук компонентів на Digi-Key та підключення до бібліотеки компонентів

1. Перейдіть на головну сторінку сайту [Digi-Key](https://www.digikey.com).
2. Натисніть на вкладку Products у верхній частині сайту.

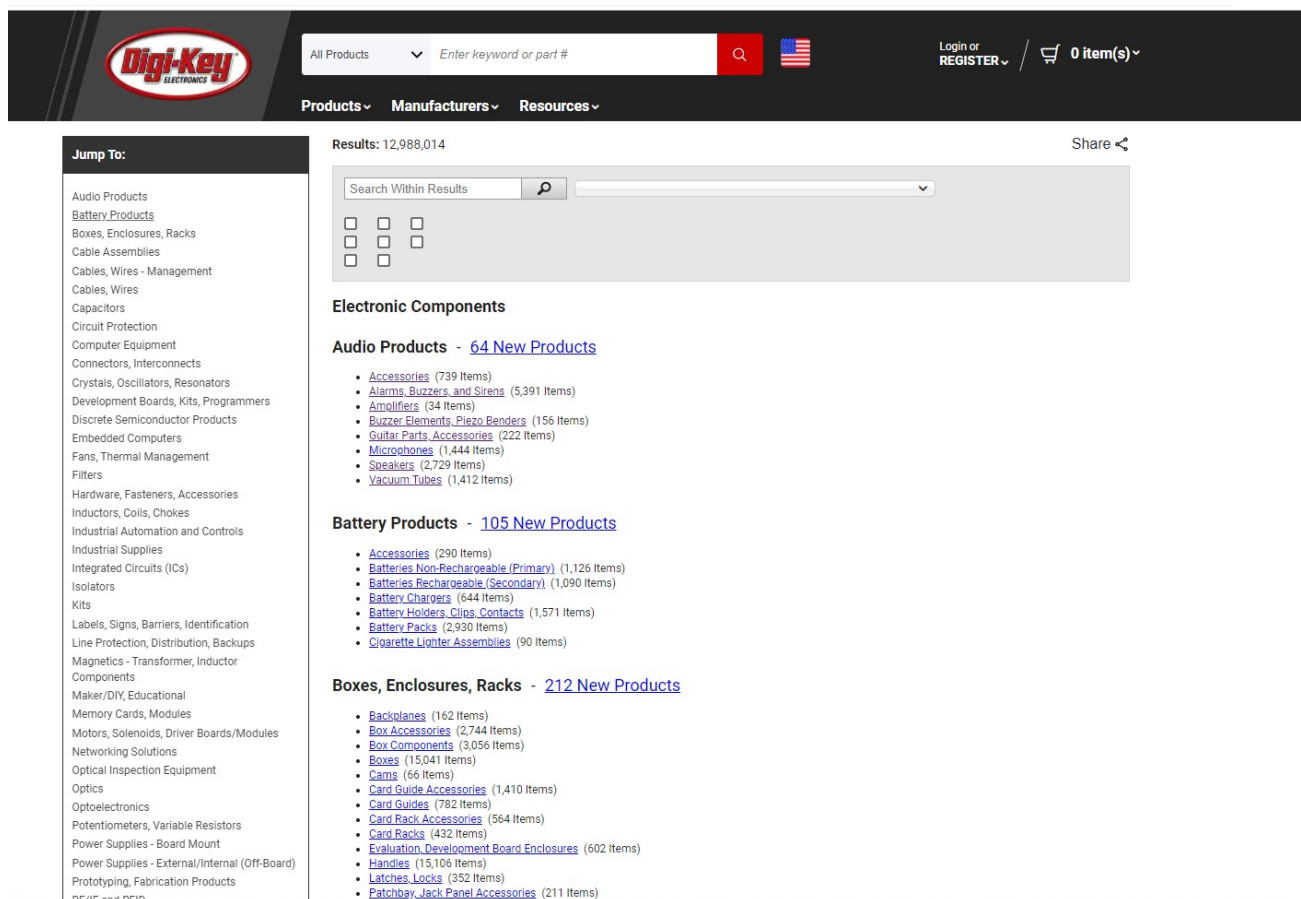



Рис. 3.1 Сторінка Products

3. Оберіть необхідну категорію компоненту у вкладці “Jump to”, наприклад “Chip Resistor - Surface Mount”.
 4. Відкрилася сторінка фільтру в якому ми можемо вже детальніше обрати потрібні параметри для нашого компоненту.
- Найголовнішим для підключення до бібліотеки компонентів є параметр **EDA/CAD Models** котрий обов’язково повинен бути включений.



All Products
Enter keyword or part #

Login or REGISTER
0 Item(s)

Products
Manufacturers
Resources

Product Index
Resistors
Chip Resistor - Surface Mount

Share

Chip Resistor - Surface Mount

Results: 833,794

Search Within Results

Manufacturer

Allien
American Technical Ceramics
Anaren
Booms Inc.
Caddock Electronics Inc.
CAL-CHIP ELECTRONICS, INC.
CTS Resistor Products
Delta Electronics/Cytec
Hamamata Inc.
Keystone Electronics
M/A-COM Electronics

Series

3502, CSS
3520, CSS
3521, CSS
3522, CSS
3540, CSS
3550, CSS
3560, CSS
60S

Packaging

Box
Bulk
Cut Tape (CT)
Digi-Reel®
SMD
Tape & Box (TB)
Tape & Reel (TR)
Tray
Tube

Part Status

Active
Discontinued at Digi-Key
Last Time Buy
Not For New Designs
Obsolete

Resistance

0 Ohms
0.5 µOhms
100 µOhms
200 µOhms
250 µOhms
300 µOhms
400 µOhms
500 µOhms

Min
Max
µOhms

Tolerance

0%, 10%
0%, 20%
0%, 30%
±0.01%
±0.02%
±0.05%
±0.1%
±0.2%
±0.25%
±0.5%

Power (Watts)

0.01W
0.0125W
0.01875W
0.02W
0.025W
0.03W, 1/32W
0.0375W
0.04W
0.05W, 1/20W
0.06W

Composition

Carbon Composition
Carbon Film
Ceramic
Metal Element
Metal Film
Metal Foil
Thick Film
Thin Film
Wirewound

Filter Options

Stacked
Scrolling

View Prices At:
Enter Quantity

Stocking Options
☒ In Stock
☐ Normally Stocking
☐ New Product

Media
☐ Datasheet
☐ Photo
☐ EDA/CAD Models



Environmental Options
☐ RoHS Compliant
☐ Non-RoHS Compliant

Marketplace Product
☐ Exclude

Apply All

Results per Page
25
Page 1/33352
1 2 3 4 5 > X

Download Table


Compare	Mfr Part #	Price	Stock	Supplier	Mfr	Min Qty	DK Part #	Series	Package	Part Status	Resistance	Tolerance	Power (Watts)	Composition	Features	Temperature Coefficient	Operating Temperature	Package /
<input type="checkbox"/>	 RMCF0402ZTOR00	\$0.10000	4,819,216 - Intermediate 13,920,000 - Factory	Stackpole Electronics Inc	Stackpole Electronics Inc	1	RMCF0402ZTOR00TR-ND RMCF0402ZTOR00CT-ND RMCF0402ZTOR00DDR-ND	RMCF	Tape & Reel (TR) Cut Tape (CT) Digi-Reel®	Active	0 Ohms	Jumper	0.063W, 1/16W	Thick Film	Automotive AEC-Q200	-	-55°C ~ 155°C	0402 (1005 Metric)
<input type="checkbox"/>	 RC0402FR-070RL						311-0.0LRTTR-ND		Tape & Reel (TR)									

Feedback


Need Help?

Рис. 3.2 Сторінка фільтру на Digi-Key

5. Після налаштування фільтру оборіть потрібний компонент та перейдіть на його сторінку.



All Products
Enter keyword or part #


Login or REGISTER
0 Item(s)

Products
Manufacturers
Resources

Product Index
Resistors
Chip Resistor - Surface Mount
Stackpole Electronics Inc RMCF0805FT2K20
Share




Image shown is a representation only. Exact specifications should be obtained from the product data sheet.

RMCF0805FT2K20

Dig-Key Part Number

RMCF0805FT2K20TR-ND - Tape & Reel (TR)
RMCF0805FT2K20CT-ND - Cut Tape (CT)
RMCF0805FT2K20R-ND - Digi-Reel®

Manufacturer

Stackpole Electronics Inc

Manufacturer Part Number

RMCF0805FT2K20

Supplier

Stackpole Electronics Inc

Description

RES 2.2K OHM 1% 1/8W 0805

Manufacturer Standard Lead Time

22 Weeks


Detailed Description

2.2 kOhms ±1%, 0.125W, 1/8W Chip Resistor 0805 (2012 Metric) Automotive AEC-Q200 Thick Film

Customer Reference

Customer Reference

Datasheet

 Datasheet

730,827

QUANTITY

Quantity

Add to Cart

Add to List

All prices are in USD

Cut Tape (CT) & Digi-Reel®




QTY	UNIT PRICE	EXT PRICE
1	\$0.10000	\$0.10
10	\$0.02700	\$0.27
100	\$0.01090	\$1.09
1,000	\$0.00488	\$4.88
2,500	\$0.00423	\$10.58

Tape & Reel (TR)

QTY	UNIT PRICE	EXT PRICE
5,000	\$0.00350	\$17.50

Manufacturers Standard Package

Product Attributes

TYPE	DESCRIPTION	SELECT
Category	Resistors Chip Resistor - Surface Mount	<input checked="" type="radio"/>
Mfr	Stackpole Electronics Inc	<input type="radio"/>
Series	RMCF	<input type="radio"/>
Package	Tape & Reel (TR)  Cut Tape (CT)  Digi-Reel® 	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Part Status	Active	<input type="radio"/>
Resistance	2.2 kOhms	<input type="radio"/>
Tolerance	±1%	<input type="radio"/>

Feedback

Need Help?

Рис. 3.3 Сторінка обраного компоненту

6. Копіюємо значення **Digi-Key Part Number** та переходимо до Altium Designer.

7. В Altium Designer потрібно відкрити вікно **Manufacturer Part Search** та у вікні пошуку вставити скопійований раніше **Digi-Key Part Number** та натисніть правою кнопкою миші на компонент та

оберіть пункт **Import**.

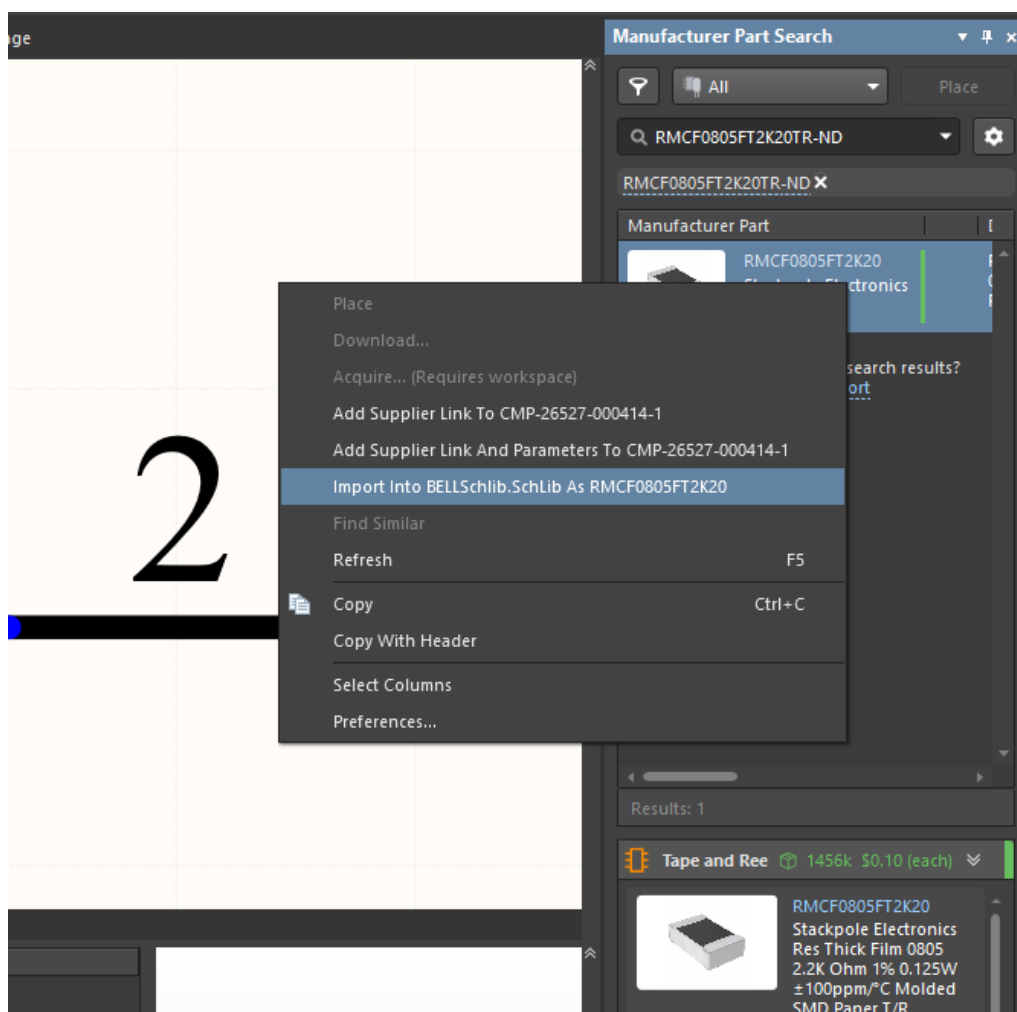


Рис. 3.4 Імпортування компоненту в Altium Designer

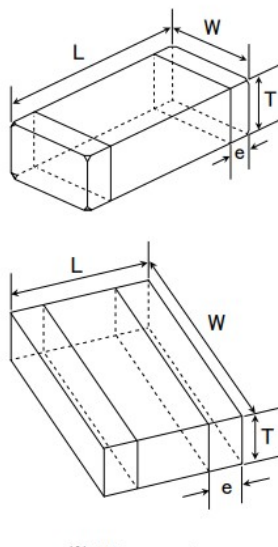
8. Повторюючи дані дії додаємо і інші елементи до бібліотеки компонентів.

Результат вибору компонентів і створення бібліотеки компонентів представлено у BOM файлі (Bill of Materials, BOM) за посиланням GitHub [4].

РОЗДІЛ 4

Створення 3D моделі компоненту

Для створення 3D моделі я використав програмне забезпечення Fusion360. Для моделі було обрано створення конденсатора інформацію про габаритні розміри якого, було взято з Dataset [5].



Type(EIA)	Dimension [mm]				
	L	W	T	*1	e
□MK021(008004)	0.25±0.013	0.125±0.013	0.125±0.013	K	0.0675±0.0275
□VS021(008004)	0.25±0.013	0.125±0.013	0.125±0.013	K	0.0675±0.0275
□MK042(01005)	0.4±0.02	0.2±0.02	0.2±0.02	C	0.1±0.03
□VS042(01005)	0.4±0.02	0.2±0.02	0.2±0.02	C	0.1±0.03
□MK063(0201)	0.6±0.03	0.3±0.03	0.3±0.03	P	0.15±0.05
				T	
□MK105(0402)	1.0±0.05	0.5±0.05	0.13±0.02	H	0.25±0.10
			0.18±0.02	E	
			0.2±0.02	C	
			0.3±0.03	P	
			0.5±0.05	V	
□VK105(0402)	1.0±0.05	0.5±0.05	0.5±0.05	W	0.25±0.10
□WK105(0204)※	0.52±0.05	1.0±0.05	0.3±0.05	P	0.18±0.08
□MK107(0603)	1.6±0.10	0.8±0.10	0.45±0.05	K	0.35±0.25
			0.8±0.10	A	
□WK107(0306)※	0.8±0.10	1.6±0.10	0.5±0.05	V	0.25±0.15
			0.45±0.05	K	0.5±0.25
□MK212(0805)	2.0±0.10	1.25±0.10	0.85±0.10	D	
			1.25±0.10	G	
□WK212(0508)※	1.25±0.15	2.0±0.15	0.85±0.10	D	0.3±0.2
			0.85±0.10	D	0.5+0.35/-0.25
□MK316(1206)	3.2±0.15	1.6±0.15	1.15±0.10	F	
			1.6±0.20	L	
□MK325(1210)	3.2±0.30	2.5±0.20	0.85±0.10	D	0.6±0.3
			1.15±0.10	F	
			1.9±0.20	N	
			1.9+0.1/-0.2	Y	
			2.5±0.20	M	
□MK432(1812)	4.5±0.40	3.2±0.30	2.0+0/-0.30	Y	0.6±0.4
			2.5±0.20	M	0.9±0.6

Note : ※. LW reverse type, *1.Thickness code

Рис. 4.1 Габаритні розміри конденсатора

Для початку створимо 2D ескіз компоненту, за допомогою команди Create Sketch. На площині яку ми повинні обрати (XY) потрібно намалювати вигляд компоненту зверху з дотриманням габаритних розмірів (Рис. 4.2), для цього використаємо інструмент Rectangle.

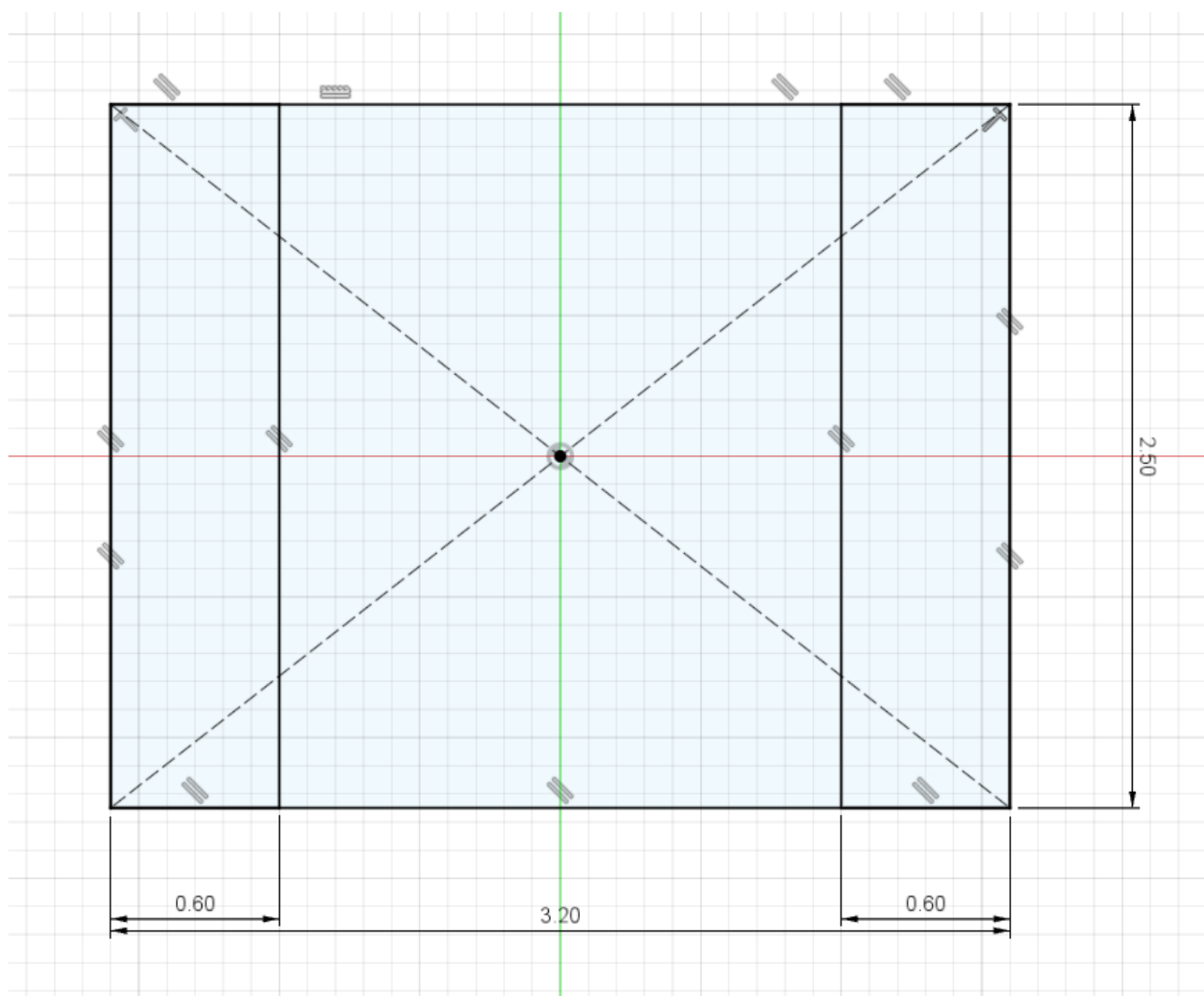


Рис. 4.2 Модель 2D ескізу конденсатора

Наступним кроком буде надання форми завдяки команди Extrude та вибору необхідних елементів 2D моделі. Головним пунктом при наданні форми є створення окремих тіл, а саме команди Operation, якщо не обрати елемент New Body то всі прямокутники будуть згруповані в один цілісний, що для нас не потрібно, так як це різні частини конденсатора (Рис. 4.3).

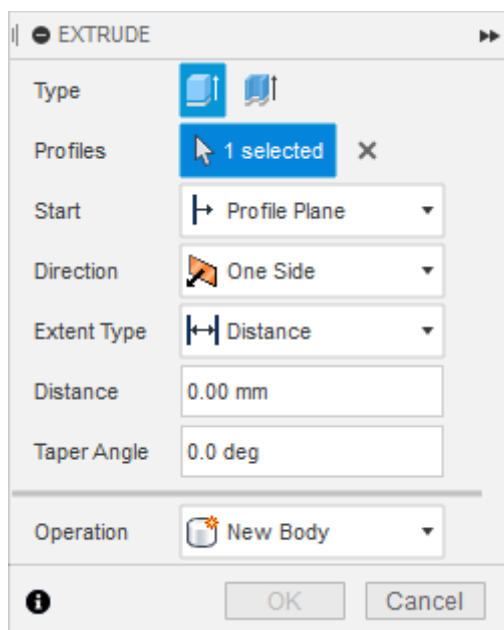


Рис. 4.3 Меню налаштування форми

Після надання форми потрібно змінити колір кожної частини резистора для уподобнення компоненту. Для цього потрібно обрати тіло, що ми хочемо редагувати та застосувати команду Appearance. У меню, що відкрилося, (Рис. 4.4) можна обрати колір на нанести його на елемент.

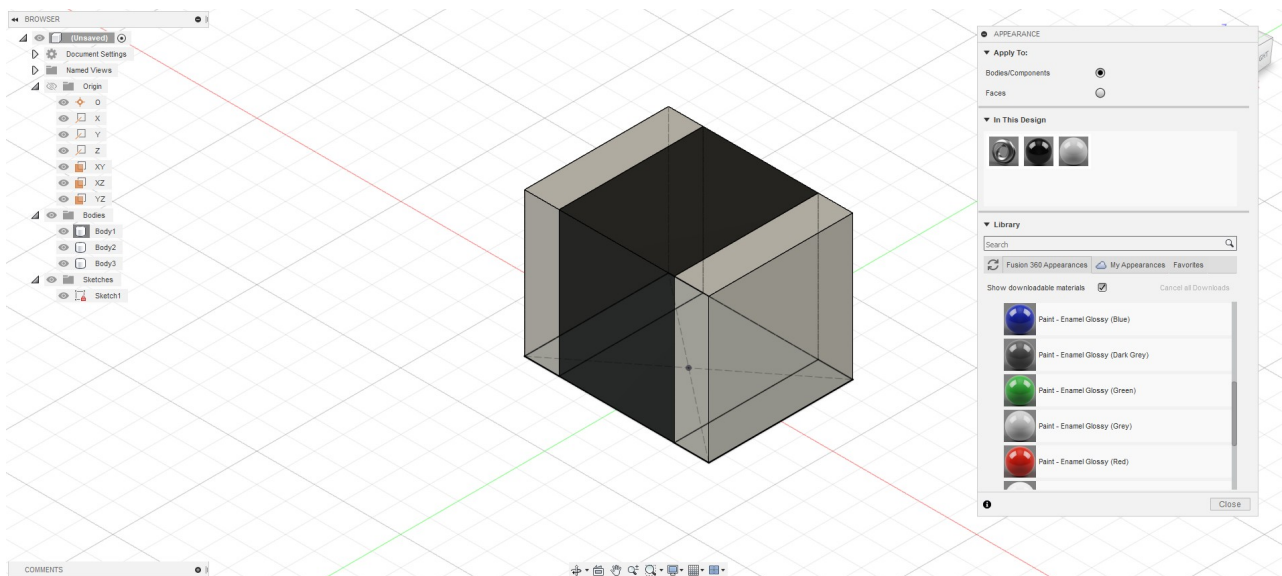


Рис. 4.4 Надання кольору елементам резистору

Після цього потрібно згладити кути для надання форми схожій на справжній резистор. Потрібно виділити нашу модель та залишити лише ті кути, котрі ми будемо згладжувати та за допомогою команди Fillet можна задати глибину згладжування (Рис. 4.5).

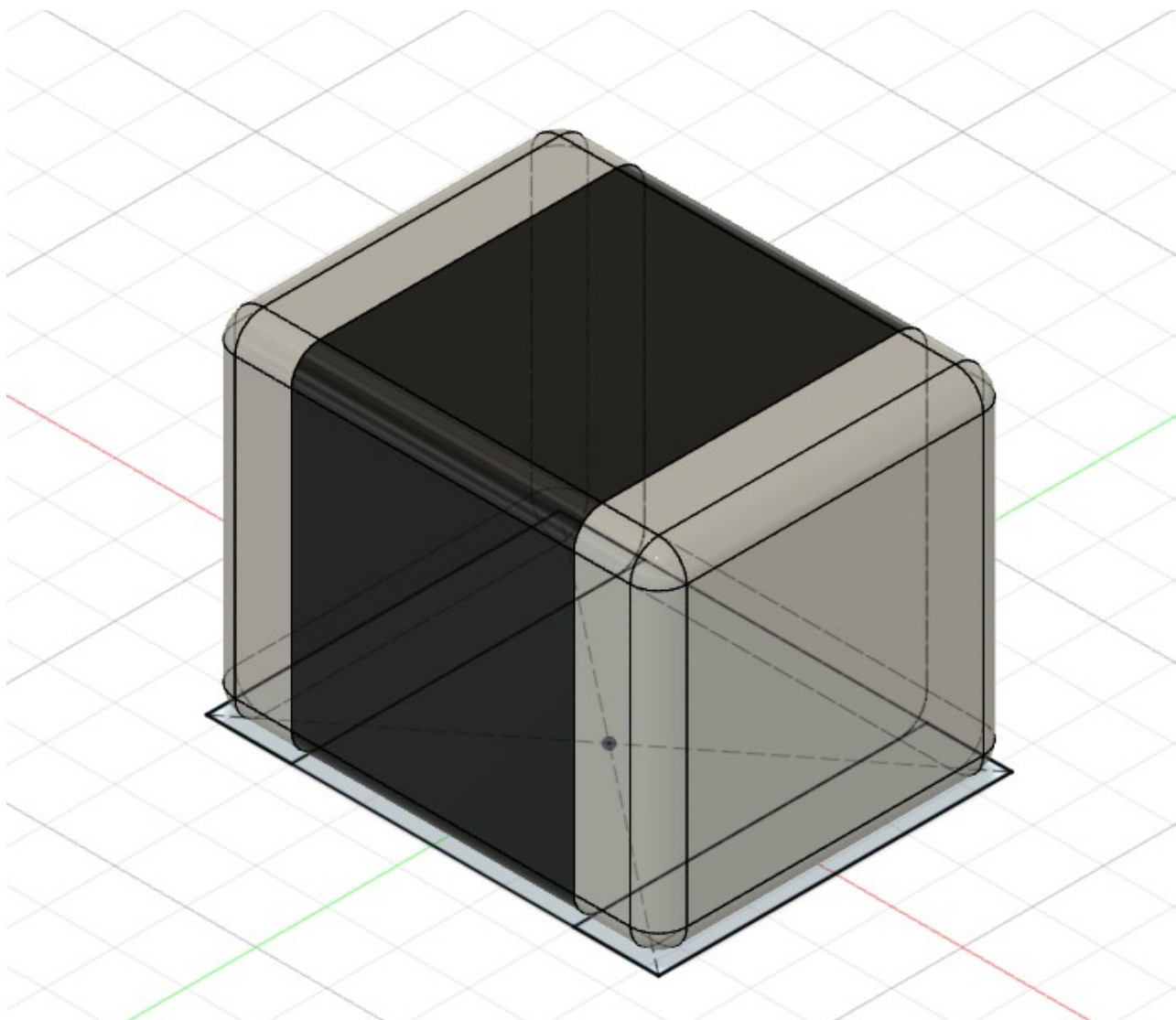


Рис. 4.5 Згладжування кутів моделі

Для збереження моделі необхідно обрати меню File -> Export, написати ім'я та шлях збереження файлу. Так як Altium Designer підтримує розширення .STEP для 3D моделей, використаємо його при збереженні. Посилання на створену мною 3D модель на GitHub [\[6\]](#).

Для розводки доріжок використовують різні шари плати. Я використав три шари:

Перший шар (Top Layer) - для розводки доріжок живлення (Рис. 5.3).

Други шар (Bottom Layer) - для заземлення GND (Рис. 5.4).

Третій шар (Board Outline) — для позначення границі плати.

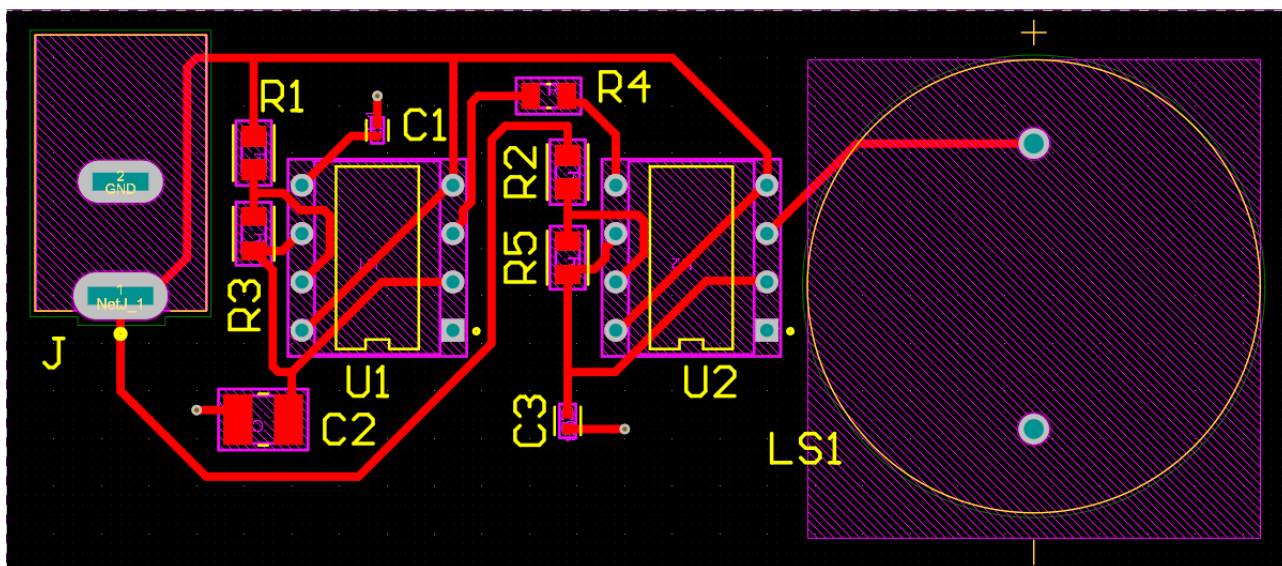


Рис. 5.3 Top Layer

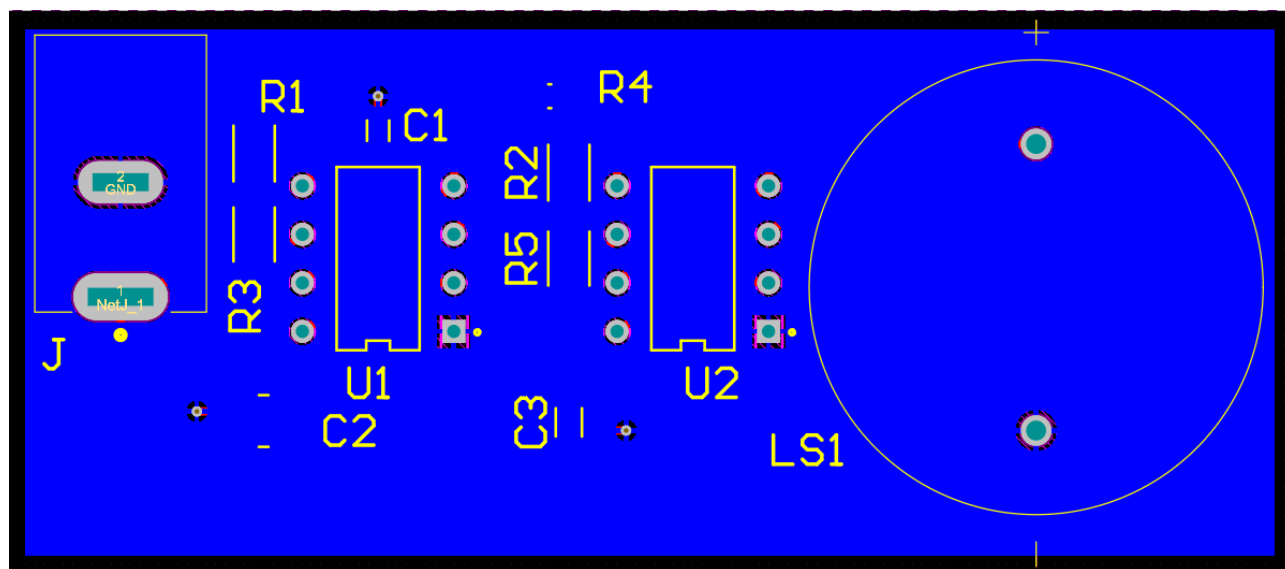


Рис. 5.4 Bottom Layer

Після трасування та створення всіх шарів плати можна подивитися на отриману 3D модель плати натиснувши клавішу „3” (Рис. 5.5).

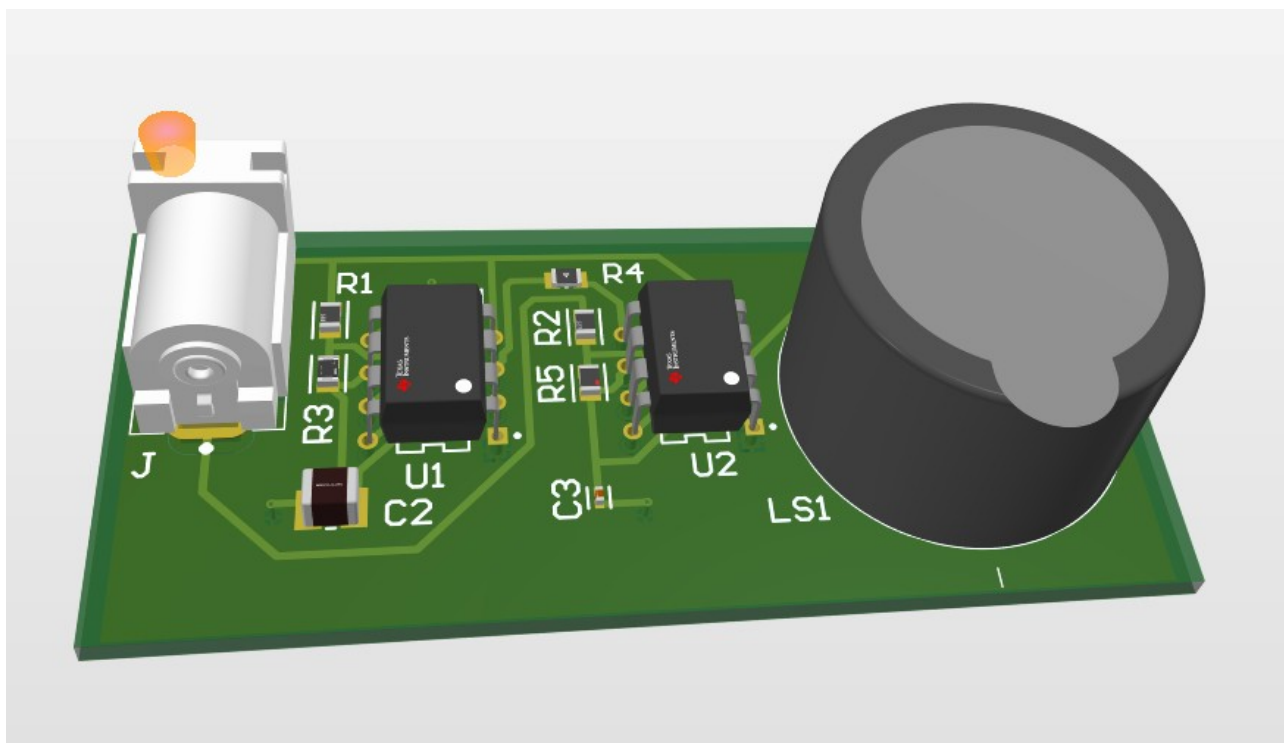


Рис. 5.5 3D модель друкованої плати

Тепер приступимо до створення документації, котра потрібна для виробництва нашої плати. Для цього потрібно додати у нашому проекті OutJob project та відкрити його (Рис. 5.6).

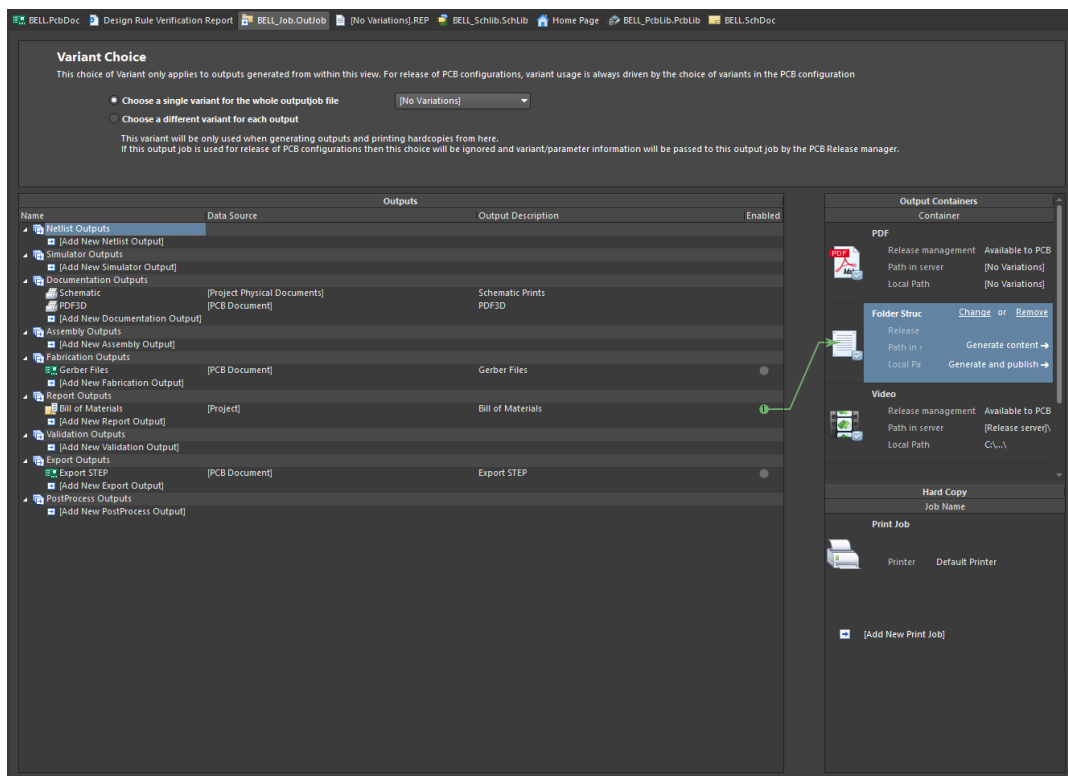


Рис. 5.6 Вікно створення документації на пристрій

У лівій частині вікна можна обрати потрібний вид документу, а в правій частині вікна необхідно обрати тип файлу у якому буде знаходитись інформація.

Створимо Gerber файл:

1. Виберіть пункт **Fabrication Outputs** та додайте **Gerber** файл як це показано на Рис. 5.7.

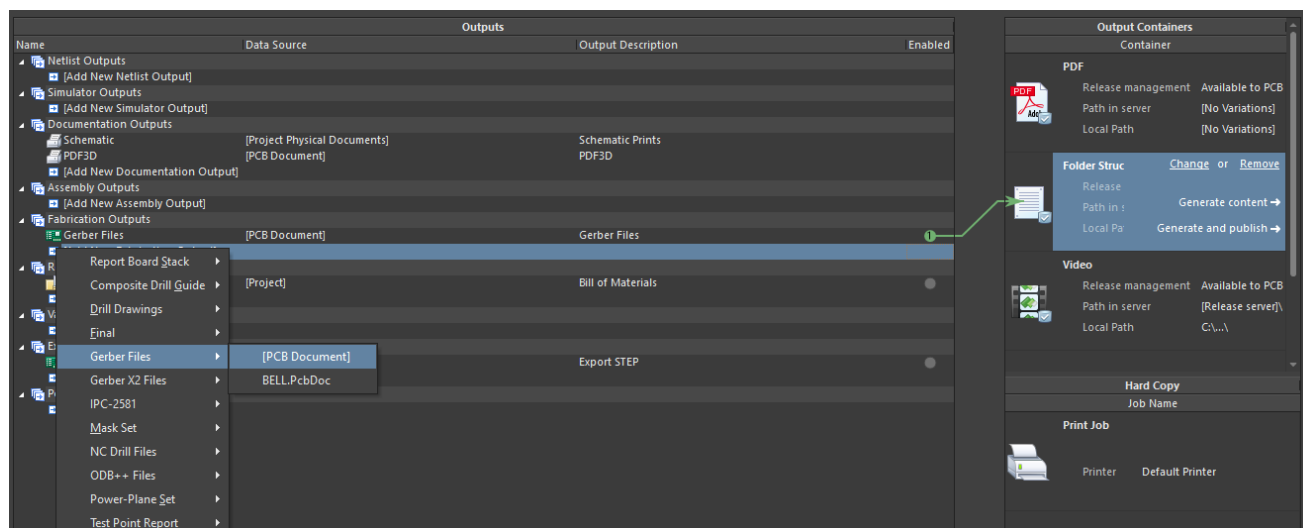


Рис. 5.7 Створення Gerber файлу

2. В правій частині оберіть **Folder Struc** і у вкладці Change можна налаштувати розміщення файлу котрий ми згенеруємо(Рис. 5.8).

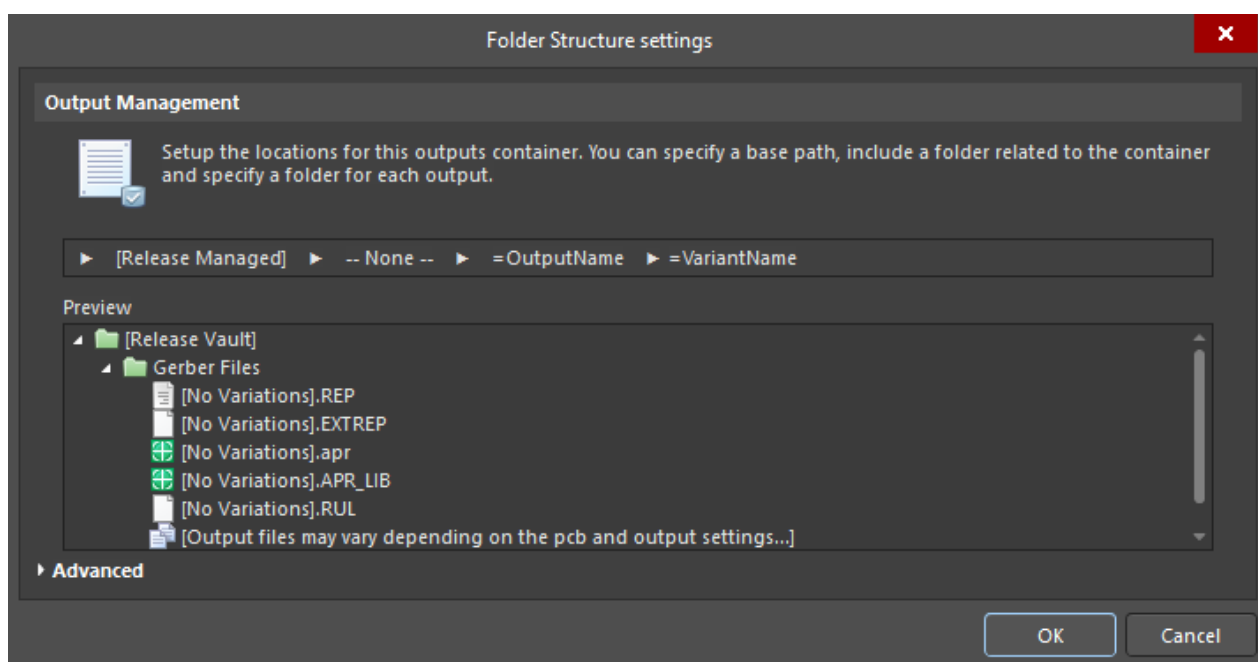


Рис. 5.8 Налаштування збереження файлу

3. Для генерування Gerber файлу встановіть стрілку на **Folder Struc** та натисніть **Generate content** (Рис. 5.7).

Gerber файл можна переглянути за посилання на GitHub [\[6\]](#).

Файл з 3D моделлю можна переглянути за посилання на GitHub [\[7\]](#).

ВИСНОВОК

При виконанні курсової роботи я навчився створювати та досліджувати схеми, обирати компоненти за їх характеристиками та створювати проекти з друкованою платою.

У першому розділі я обрав схему приладу, яку дослідив та пояснив принцип її роботи. Завдяки цьому розділу я дізнався багато інформації про мікросхеми 555 таймеру, дізнався що таке перехідні процеси та як вони впливають на роботу цілої схеми.

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.

У третьому розділі я навчився обирати елементну базу правильно, з використання певних критеріїв. У цьому розділі я досліджував умови експлуатації приладу та на основі зроблених вимірів і відомих номіналів обирав елементну базу для своєї схеми.

У четвертому розділі я познайомився з програмним забезпеченням Fusion360, за допомогою якого створив 3D модель конденсатора, отримав базові знання для використання даного програмного забезпечення та розглянув його основні інструменти.

У п'ятому розділі я познайомився з програмою Altium Designer, завдяки якій я створив власну друковану плату. У Altium я поєднав усі дані, отримані у попередніх розділах для створення друкованої плати, навчився трасувати плату та створювати конструкторську документацію для виготовлення приладу.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Схема дверного дзвінка на базі 555 таймера URL:
<https://www.electronicshub.org/ding-dong-sound-generator-circuit/>
2. Принцип роботи 555 таймеру URL: <https://bitkit.com.ua/mikroshema-tajmer-555>
3. Короткий Є. В. Аналогова електроніка URL:
https://www.youtube.com/watch?v=ndWqYS0c_7I&list=PL4WQQHlheqfxlBAVy_BCNDcU_HoHczyjk
4. Altium Tutorial for Beginners – Starting with Altium Designer. Tutorial 1 for Altium Beginners: How to draw schematic and create schematic. URL:
<https://www.youtube.com/watch?v=KpgTud1iQ-4&list=PLXvLToQzgxdfKKQn2wmpuSXz6sROQmO6R>
5. Altium Tutorial for Beginners – Starting with Altium Designer. Tutorial 2 for Altium Beginners: How to create footprints URL:
https://www.youtube.com/watch?v=wxYbIGV9_CY&list=PLXvLToQzgxdfKKQn2wmpuSXz6sROQmO6R&index=3
6. Altium Tutorial for Beginners – Starting with Altium Designer. Tutorial 3 for Altium Beginners: PCB Layout URL: <https://www.youtube.com/watch?v=2I2TX3RLEGM&list=PLXvLToQzgxdfKKQn2wmpuSXz6sROQmO6R>
7. How to create 3D models for your PCB board – it's simple. YouTube : video hosting. URL: https://www.youtube.com/watch?v=Td_T_V6A7r4
8. Altium Tutorial for Beginners – Starting with Altium Designer. Tutorial 5 for Altium Beginners: Generating Manufacturing Outputs URL:
<https://www.youtube.com/watch?v=W21dORx5ceI&list=PLXvLToQzgxdfKKQn2wmpuSXz6sROQmO6R>
9. Посилання на мій GitHub репозиторій URL:
<https://github.com/Lixxxymaster/Coursework>