

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»*

*КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ
АППАРАТУРИ*

КУРСОВА РОБОТА

з курсу: «Фізико-теоретичні основи конструювання»

тема: « Вимірювач ємності кислотних акумуляторів »

Керівник:

Ст. викл. Губар В. Г.

Допущено до захисту

“ ____ ” _____ 20__ р.

Захищено з оцінкою

Виконав:

Левицька М. В.

студент III курсу ФЕЛ

групи ДК-81

Київ

2021

Національний Технічний Університет України

«Київський Політехнічний Інститут
імені Ігоря Сікорського»

Кафедра Конструювання електронно-обчислювальної апаратури

Дисципліна Фізико-теоретичні основи конструювання

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Курс 3 Група ДК-81 Семестр VI

ЗАВДАННЯ

до курсової роботи

Левицької Марії Василівни

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема проекту Вимірювач ємності кислотних акумуляторів

2. Строк здачі студентом закінченого проекту (роботи) 20.06.2021

3. Вихідні данні до проекту:

Схема електрична принципова, перелік елементів до схеми електричної принципової, друкований вузол, створений у Altium Designer.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що розроблюються)

1. Аналіз схеми електричної принципової та технічного завдання

2. Вибір та обґрунтування вибору елементної бази

3. Розміщення конструктивних елементів на друкованій платі

4. Конструкторсько-технологічний розрахунок _____

5. Електричний розрахунок друкованої плати _____

6. Розрахунок надійності друкованого вузлу _____

7. Методика проектування друкованого вузлу у Altium Designer _____

8. Висновки по роботі _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Схема електрична принципова ДК81.411134.001 ЕЗ _____

2. Плата друкована ДК81.411134.001 _____

3. Плата. Складальне креслення ДК81.411134.001 СК _____

6. Дата видачі завдання 12.02.2021 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

<i>№</i>	<i>Назва етапу курсової роботи</i>	<i>Строки виконання етапів роботи</i>	<i>Зауваження</i>
<i>1</i>	Розробка технічного завдання	<i>14.02.21 – 21.02.21</i>	
<i>2</i>	Аналіз принципової схеми та технічного завдання	<i>22.02.21 – 07.03.21</i>	
<i>3</i>	Вибір елементної бази	<i>08.03.21 – 14.03.21</i>	
<i>4</i>	Розміщення компонентів на монтажному просторі	<i>15.03.21 – 11.04.21</i>	
<i>5</i>	Конструкторські, електричні розрахунки та розрахунок надійності	<i>12.04.21 – 09.05.21</i>	
<i>6</i>	Виконання креслень	<i>10.05.21 – 23.05.21</i>	
<i>7</i>	Оформлення пояснювальної записки	<i>20.05.21 – 29.05.21</i>	

Студент _____

(підпис)

Керівник _____

(підпис)

«__» _____ 2021 р.

Зміст

Вступ	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	9
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ	13
2.1. Вибір інтегральних схем	13
2.2. Вибір резисторів	16
2.3. Вибір конденсаторів	17
2.4. Вибір транзисторів	18
2.5. Вибір діодів та світлодіодів	18
2.6. Вибір кнопок та перемикачів	18
2.7. Вибір кварцевого резонатора	19
2.8. Вибір запобіжника	19
2.9. Вибір інших елементів	19
2.10. Перелік елементів	19
2.11. Посадкові місця	21
РОЗДІЛ 3. РОЗМІЩЕННЯ КЕ	24
РОЗДІЛ 4. ВИБІР ТИПУ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ	30
4.1. Вибір матеріалу друкованої плати	32
4.2. Метод виготовлення ДП	34
4.3. Вибір класу точності ДП	35

					<i>ДК81.4 11134.001 ПЗ</i>		
	Арк.						
Зм.		№ докум.	Підпись	Дата	<div>Вимірювач ємності кислотних аккумуляторів</div> <div>Пояснювальна записка</div>		
Розробив	Левицька М.В.						
Перевірів	Адаменко І.О.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затвердив	Гудар В.Г.				<div>Літ.</div> <div>Арк</div> <div>Аркушів</div> <div>0</div> <div>5</div> <div>70</div> <div>НТУУ «КПІ», ФЕЛ, гр. ДК-81</div>		

РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

ЕЛЕМЕНТІВ ДП 38

- 5.1. Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та землі. 38
- 5.2. Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому 40
- 5.3. Визначення номінального діаметру монтажного отвору 41
- 5.4. Визначення діаметра контактної площини 41
- 5.5. Визначення мінімальної ширини провідника 43
- 5.6. Визначення мінімальної відстані між провідником та контактною площиною 44
- 5.7. Визначення мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками (між краями провідників) 45
- 5.8. Визначення мінімальної відстані між контактними площами 46

РОЗДІЛ 6. ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ 47

- 6.1. Визначення падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику 47
- 6.2. Визначення потужності втрат друкованої плати 48
- 6.3. Визначення ємності між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину 49

6.4. Визначення взаємної індуктивності двох паралельних	
провідників однакової довжини	50
РОЗДІЛ 7. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛУ	51
7.1. Розрахунок коефіцієнтів навантаження	52
7.2. Інтенсивність відмов друкованої плати	54
РОЗДІЛ 8. ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ У ALTIUM	
DESIGNER	60
ВИСНОВОК	62
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	63
ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ	64

Вступ

У реаліях сьогодення, автомобіль – невід'ємна складова нашого життя .

Дійсно, важко зараз уявити середньостатистичну сім'ю, у якої немає авто . Власна машина полегшує багато рутинних речей . Наприклад, покупки в супермаркетах, будівельних магазинах , поїздки на роботу . Ніякі потяги чи автобуси не йдуть в порівняння з комфортною поїздкою на власному авто . Найбільшій актуальності набули автомобілі у період пандемії, адже це забезпечує уникнення «зайвих» контактів з великою кількістю людей, а під час локдауну навіть є єдиним варіантом дістатися місця призначення .

Проте, техніка має властивість виходити з ладу. Іноді постає необхідність у заміні окремих деталей чи матеріалів , адже з основ конструювання ми знаємо , що кожен елемент має свій обмежений час напрацювання до відмови .

Враховуючи реалії пандемії, локдаунів, повсякденного життя зі своїми планами на наше майбутнє , ми розуміємо, що надзвичайна ситуація може виникнути зовсім несподівано і внести свої корективи. Не важко уявити важливість контролю власної стану техніки, а особливо - транспорту . Для своєчасного виявлення несправностей існують допоміжні вимірювальні прилади . Розробка друкованого вузла одного з таких буде розглядатися у даному курсовому проекті .

Під час розробки приладу був проведений повний цикл проектування, що включає в себе побудову схеми електричної принципової, розробку друкованої плати, проведення необхідних розрахунків та підготовку документації для подальшої передачі на підприємства. Результатом даної роботи має стати друкований вузол вимірювача ємності, що потім буде використаний при виготовленні готового пристрою.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						8
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Вимірювач ємності кислотних акумуляторів (далі – «прилад», «пристрій») призначений для зняття показів з акумулятора автомобіля. Він містить в собі два основних блоки, які забезпечують його роботу. Перший блок з лічильниками і семисегментними індикаторами, а другий – множина елементів, що становлять «мізки» пристрою . Сукупність цих блоків формує конструкцію, для роботи якої потрібно додатково підключати стороннє джерело живлення 12 В .

Розглянемо схему електричну принципову (рис. 1.1) .

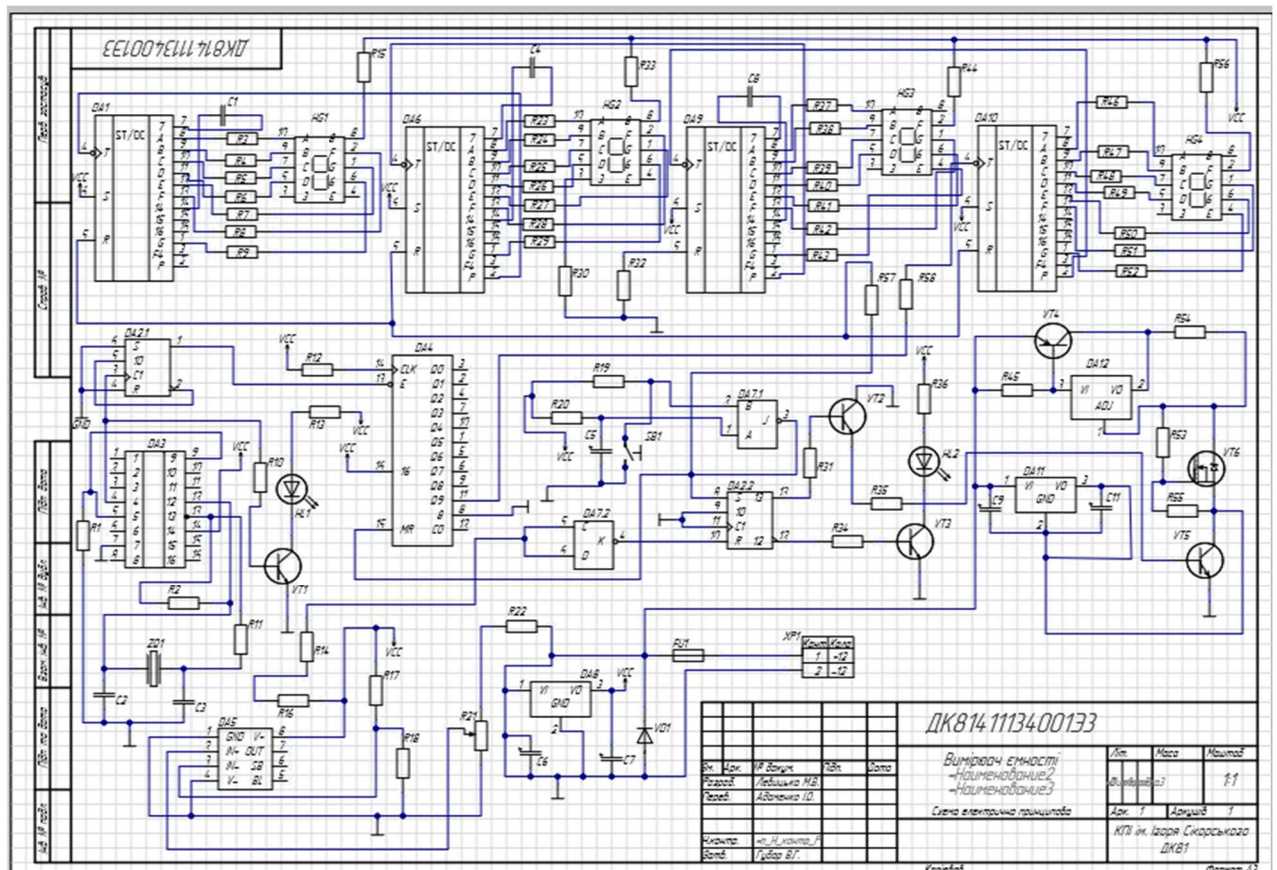


Рисунок 1.1 - Схема електрична принципова

Як генератор секундних імпульсів використана мікросхема DA3 MM5368 .

В процесі вимірювання акумулятора ця мікросхема буде видавати імпульси частотою рівно 1 Гц. Світлодіод HL1 відповідно моргає в такт секундам, сигналізуючи про роботу приладу в режимі розрахунку.

Дільник імпульсів на тригері CD4013 отримує позитивні імпульси один раз в дві секунди. Мікросхема CD4017 ділить імпульси ще на 10, в результаті роботи двох схем, з основної плати надходить один імпульс кожні 20 секунд, які і рахує лічильник на класичній схемі, що виконана на мікросхемах CD4026. Ці мікросхеми призначені для використання спільно з семисегментними індикаторами, але сучасні імпортовані світлодіодні семисегментні індикатори споживають дуже малі струми, що в деяких випадках дозволяє підключати їх безпосередньо до виводів мікросхем. Але краще бути обережними, тому до кожного виводу індикатора підключимо струмообмежуючий резистор. Нам потрібна невисока яскравість, оскільки призначення даного приладу передбачує його використання здебільшого у гаражних приміщеннях. Для більшої яскравості вже необхідно б було застосування ключових транзисторів.

При підключенні живлення, через мікросхему DA8 L7809, живиться вся цифрова частина схеми, і за допомогою логічного елемента «NAND», який входить до складу мікросхеми DA7 CD4011, формується імпульс скидання, також імпульс можна подати і вручну - натисканням кнопки SB1 – «start / reset». Цей імпульс скидає показання лічильника в нуль, так само скидає дільник на 10, щоб підсумкові результати були точнішими, і переводить другий тригер мікросхеми CD4013 в режим "дозволу" рахунку. Поки ця мікросхема знаходиться в такому стані - на її виводі «12» логічний нуль дозволяє роботу генератора секундних імпульсів, а логічна одиниця на виводі «13» відкриває транзистори VT2 і VT5, які підключають до клем елементу живлення, як наприклад, до тестової батареї в запропонованій схемі з джерела [1]. Стабілізація струму навантаження, незалежно від напруги, виконується транзистором VT4 2N5194 і мікросхемою DA12 AMS1117.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						10
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Підбором резистора R54 встановлюється загальний струм схеми 1,8 Ампер (враховується струм споживання цифрових модулів, тому на схемі 1,76 Ампер вказано саме в розриві живлення навантаження, інші 40 міліАмпер споживають всі інші вузли). Для налаштування порогу перемикавання компаратора необхідно замість акумулятора підключити лабораторний блок живлення зі струмом не менше двох Ампер і регульованою напругою до 15 Вольт. Подавши напругу 15 Вольт, запустивши вимірювач кнопкою start / reset, і, плавно зменшуючи напругу налаштуванням резистора R21, ми зможемо перейти у відключення режиму рахунку в момент падіння напруги приблизно до 10,8 Вольт. R54 може відчутно нагріватися і точність його важлива аж до сотих Ом, тому необхідно підібрати комбінацію паралельно / послідовно з'єднаних резисторів, потужністю не менше 5 Вт, що і було зроблено автором у джерелі [1], тому ми можемо скористатися його вже готовим «скриптом».

У якості навантаження, що розсіює решту потужності, застосовано транзистор IRFZ44. Резистори R53 і R55 підібрані так, щоб транзистор був відкритий не повністю, і, як наслідок, споживав струм не більше двох Ампер при напрузі акумулятора 10 Вольт. Використання навантаження з меншим опором могло б вилитися у коротке замикання і вивести з ладу стабілізатор струму.

В процесі вимірювання, напругу акумулятора контролює компаратор на мікросхемі DA5 LM311. Якщо напруга більше 10,8 Вольт, то на виході компаратора буде високий логічний рівень, який інвертується в низький логічним елементом «NAND» у складі мікросхеми DA7 CD4011.

Як тільки напруга акумулятора впаде до 10,8 Вольт, компаратор сформує на виході DA7 одиницю, яка переводить тригер у складі мікросхеми DA2 CD4013 у другий стан. Логічна одиниця, яка у цей час прийде на вивід «12» зупинить роботу генератора, тим самим лічильник «завмирає» з показниками, які були в цей момент. При цьому, у схемі передбачений

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						11
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

індикатор завершення вимірювання - світлодіод HL2, який вмикається в цей момент . На виводі «13» DA2 , відповідно, формується низький рівень, повністю відключаючи модуль навантаження. При цьому напруга акумулятора різко зростає, тому компаратор може знову переключити свій стан , але рахунок не буде відновлено . Але цього не станеться, оскільки що на виводі «8» мікросхеми DA2 низький рівень, а два низьких рівня на вході тригера не змінять його поточний стан .

Запобіжник Fu1 і діод VD1 виконують функцію захисту від зміни полюсів живлення . Резистори , що підключені до виводів семисегментних індикаторів, підбираються за яскравістю світіння індикаторів. Це струмообмежуючі резистори, які варто використовувати для нормального режиму роботи мікросхем .

Висновки: У даному розділі було з'ясовано, що у приладі не використовуються компоненти, що потребують високого класу точності для друкованої плати . Майже усі елементи схеми мають зарубіжні аналоги у SMD корпусах . Тому до створення плати точно не буде висунута вимога на виготовлення її за п'ятим класом точності, адже це рішення є неоптимальним, враховуючи елементну базу і складність самої схеми . Тому пункт про невисоку собівартість елементної бази схеми та невеликих втрат на її виготовлення з ТЗ буде виконано в повній мірі .

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						12
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

Вибір елементної бази виконується на основі схеми електричної принципової з врахуванням вимог, викладених у ТЗ. Схема електрична принципова друкованого вузла та перелік елементів наведено нижче.

Елементна база пристрою вміщає в собі такі деталі :

- *Інтегральні схеми (ІС)*
- *Резистори*
- *Конденсатори*
- *Транзистори*
- *Діоди*
- *Кнопки та перемикачі*
- *Мотор*
- *Семисегментні індикатори*
- *Інші елементи*

2.1. Вибір інтегральних схем

Вибір серії ІС виконаємо по матриці параметрів. Для цього виберемо чотири ІС, аналогічних за своєю функціональністю, різних серій .

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						13
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір ІС буде здійснюватися матричним методом.

У таблиці 1.1 наведені деякі характеристики мікросхем CMOS логіки.

Таблиця 2.1.1 - Основні параметри порівнюваних ІС

	Параметри				
	$t_{роз, нс}$	Швидкість перемикавання, МГц	Потужність кожного затвору, мВт на 1 МГц	Середня напруга живлення, В	Ціна, \$
АС	3	125	0.5	5	0,39
НС	9	50	0.5	5	0,72
4000В	30	5	1.2	10	0,54
LC	40	3.3	0.7	4	0,9
Ваговий коефіцієнт	0.25	0.3	0.15	0.2	0.1

Сума всіх вагових коефіцієнтів обмежена і має дорівнювати 1 (формула 2.1).

$$\sum_{j=1}^m b_j = 1, \quad (2.1)$$

де b_j – ваговий коефіцієнт.

Складаємо матрицю параметрів X:

X =

3,000	125,000	0,500	5,000	0,39
9,000	50,000	0,500	5,000	0,72
30,000	5,000	1,200	10,000	0,54
40,000	3,300	0,700	4,000	0,9

Тепер сформулюємо матрицю Y таким чином, щоб більшому значенню параметра відповідала краща якість ІС.

Параметри, що не задовольняють даній умові, перераховуємо за формулою 2.2 :

$$Y_{ij} = 1/X_j \quad (2.2)$$

($i = 1, n$ – кількість обраних серій ІС,
 $j = 1, m$ – кількість обраних параметрів ІС).

Матриця Y :

$Y =$	0,333333	125	2	0,2	2,564103
	0,111111	50	2	0,2	1,388889
	0,033333	5	0,833333	0,1	1,851852
	0,025	3,3	1,428571	0,25	1,1111

Створимо матрицю нормованих параметрів A за формулою 2.3:

$$a_{ij} = \frac{(\max_j y_{ij} - y_{ij})}{\max_j (y_{ij})} \quad (2.3)$$

Матриця A :

$A =$	0	0	0	0,2	0
	0,666667	0,6	0	0,2	0,458333
	0,9	0,96	0,583333	0,6	0,277778
	0,925	0,9736	0,285714	0	0,566667

Для узагальненого аналізу системи параметрів вводять оціночну функцію – Q_i (формула 2.4) , яка визначається:

$$Q = \sum_{j=1}^n a_j b_j \quad (2.4)$$

Наприклад, для серії Q_{AC} (серія AC) процес підрахунку виглядає так:

$$Q_{AC} = 0 \cdot 0,25 + 0 \cdot 0,3 + 0 \cdot 0,15 + 0,2 \cdot 0,2 + 0 \cdot 0,1 = 0,04$$

Аналогічно обраховуємо для інших серій мікросхем :

$$Q_{AC} = 0,04$$

$$Q_{HC} = 0,4325$$

$$Q_{4000B} = 0,7483$$

$$Q_{LC} = 0,6229$$

Найменшим значенням Q має відповідати найоптимальніша мікросхема.

Це Q_{AC} . Ця серія мікросхем і буде використовуватися при розробці пристрою. Вона володіє найбільш підходящими значеннями параметрів.

2.2. Вибір резисторів

Резистори дозволяють контролювати значення струмів і напруг в електричному ланцюзі. Електричні характеристики резистора визначаються матеріалом, з якого він виготовлений, і його конструкцією.

При виборі резисторів звернемо увагу на такі параметри:

- *Опір*
- *Допуск*
- *Тип резистора*
- *Потужність розсіювання*
- *Робоча температура*
- *Робоча напруга*

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						16
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- *Спосіб монтажу*

Виходячи з вимог викладених в ТЗ і схеми електричної принципової, обрали тип резисторів, що максимально задовольняють всі умови . Буде обраний корпус типорозміру 0603 у SMD корпусі з можливим відхиленням у 5% . Виробник – Yageo . Потужність 0,1 Вт.

Робоча температура $-55^{\circ}\text{C} \dots +155^{\circ}\text{C}$, ці величини з великим допуском покривають температурний режим роботи резистора в пристрої. Максимальна робоча напруга 75 В, це достатньо для коректної роботи пристрою .

2.3. Вибір конденсаторів

При виборі конденсаторів звернемо увагу на такі параметри:

- *Ємність*
- *Робоча напруга*
- *Тип конденсатор*
- *Спосіб монтажу (SMD або вивідні)*
- *Точність*

Аналізуючи наші потреби, вибрали конденсатор, який буде задовольняти всі вимоги . Обираємо керамічний конденсатор 1206, виробник – TDK . Конденсатор з точністю $\pm 10\%$. Робоча напруга – 10 В. Діапазон робочих температур: від -55°C до $+85^{\circ}\text{C}$, тип монтажу - SMD компонент. Даний конденсатор широко поширений, має стабільність ємності, широкий діапазоном робочих температур та коштує недорого .

Також, у схемі присутні електролітичні конденсатори . Зазвичай випускаються у вивідних корпусах.

Конденсатори виробництва Leaguer мають погрішність 10% . Конденсатор 16*40 з точністю $\pm 10\%$. Робоча напруга – 25 В. Діапазон робочих температур: від -55°C до $+105^{\circ}\text{C}$. Цей елемент має великий діапазон температури та великий поріг робочої напруги.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						17
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Вибір транзисторів

У схемі електричній принциповій використовується модель транзисторів KT818 та KT819. Краще обрати сучасні зарубіжні аналоги, а саме :

2SD1761 замість KT819

2N5194 замість KT818 .

2.5. Вибір діодів та світлодіодів

У якості діода я візьму 1N5406 у корпусі DO-201AD вивідного монтажу, що мають зворотню напругу 600 В та прямий струм 3 А . Світлодіоди візьму моделі FYL-3014, виробника FORYARD синього та жовтого кольорів .

2.6. Вибір кнопок та перемикачів

У якості кнопки я оберу тактову кнопку TS102 6x6 h13, 4pin , оскільки особливих вимог до вибору кнопки немає, ця модель доволі розповсюджена і недорога .

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						18
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7. Вибір кварцового резонатора

У якості кварцового резонатора я обрала SMD KX-327L (7,0x1,5x1,4mm) . Частота 32,768 кГц, виробник Geyer Electronic E.K. Crystal . Частота співпадає, виробництво Корея, має широкий діапазон температур та достатньо недорогий. Проте чекати доставку партії резонаторів потрібно буде довго , але, враховуючи те, що пристрій не буде запускатися у серійне виробництво, час доставки не принциповий.

2.8. Вибір запобіжника

У якості запобіжника я візьму S1014 3A . Він доволі надійний, поширений та недорогий .

2.9. Вибір інших елементів

Серед решти елементів залишились лише семисегментні індикатори. Оскільки на схемі у джерелі [1] вони були одинарні, то пропоную нічого не змінювати . Особливих вимог до семисегментних індикаторів зазвичай не виставляють Тому, мій вибір пав на індикатори моделі GNS-3911BD зі спільним катодом, виробника G-nor optoelectronics .

2.10. Перелік елементів

Обрані елементи наведені у таблиці 2.10 .

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						19
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10.1 - Перелік елементів

Позначення на схемі	Тип компоненту	Обрана модель
DA1, DA6, DA9, DA10	Мікросхема, лічильник	CD4026
DA7	Мікросхема, чотири елементи «2I-HI»	CD4011
DA4	Мікросхема, десятковий лічильник	CD4017
DA2	Мікросхема, D-тригер	CD4013
DA3	Мікросхема, подільник	MM5368
DA5	Мікросхема, компаратор	LM311
DA8, DA11	Мікросхема, регулятор напруги	L7809
DA12	Мікросхема, регулятор напруги	AMS1117
C1-C5, C8	Конденсатор керамічний	SMD 1206 TDK
C6, C7, C9, C11	Конденсатор електrolітичний	25 В, 10%, Leaguer
R1- R20, R22- R29, R31- R44, R46 - R58	Резистор	SMD 0603 , Yageo
R21	Потенціометр	Telpod
R30, R45	Резистор	SMD 0603 , YOOO
VT1- VT3	NPN - транзистор	BC546
VT4	PNP - транзистор	2N5194
VT5	NPN - транзистор	2SD1761
VT6	N-канальний, корпус TO-220AB	RFZ44N

VD1	Діод	1N5406 Cystek
HL1, HL2	Світлодіод	FYL-3014 , FORYARD
HG1-HG4	Семисегментний індикатор	GNS-3911BD , G-nor optoelectronics
SB1	Кнопка	FSM14J TE Connectivity
XP1	Роз'єм	KLS1-AS-222-11 KLS
FU	Запобіжник	ERB-RD3R00X , Ruichi
ZQ1	Кварцовий резонатор	KX-327LT Geyer

2.11 Посадкові місця

Розглянемо посадкові місця для мікросхем, що використовуються у приладі. Були обрані мікросхеми у SMD корпусах, а саме тип SOIC-14 для CD4013, CD4011, SOIC -16 для CD4026, SOIC-16 для CD4017.

Креслення посадкових місць та позначення першого виводу надані нижче:

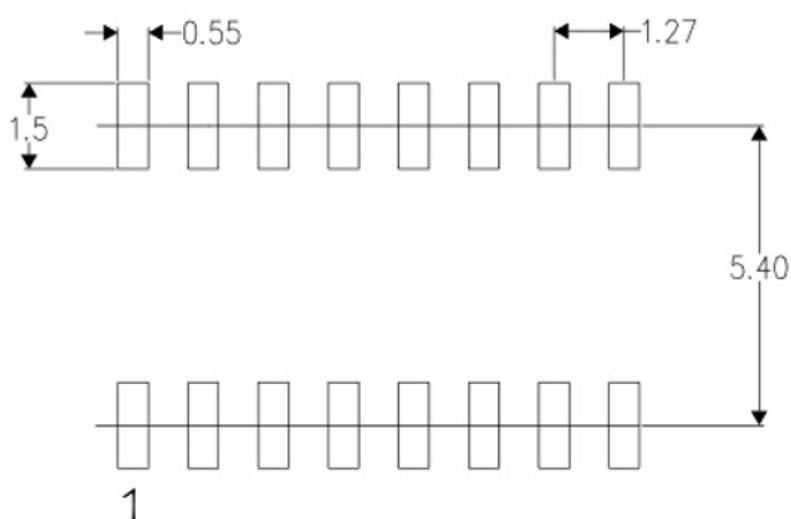


Рисунок 2.11.1 - Креслення для CD4026

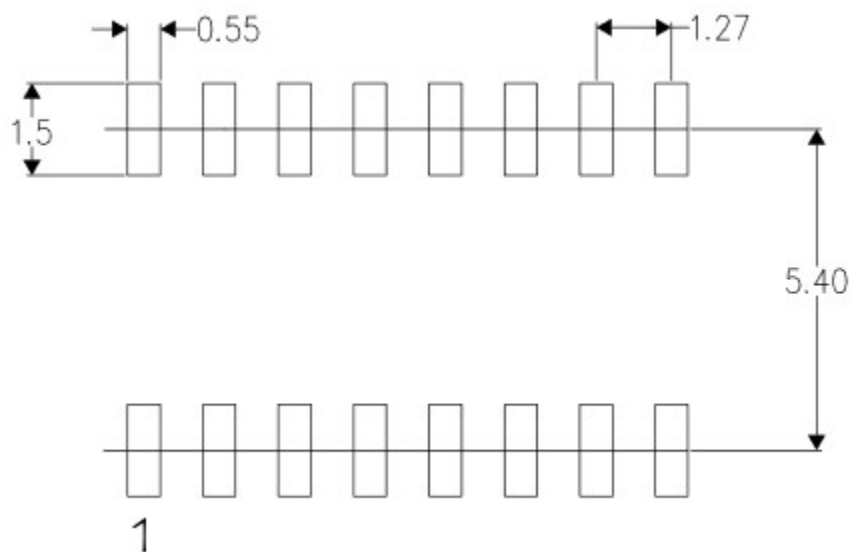


Рисунок 2.11.2 - Креслення для CD4017

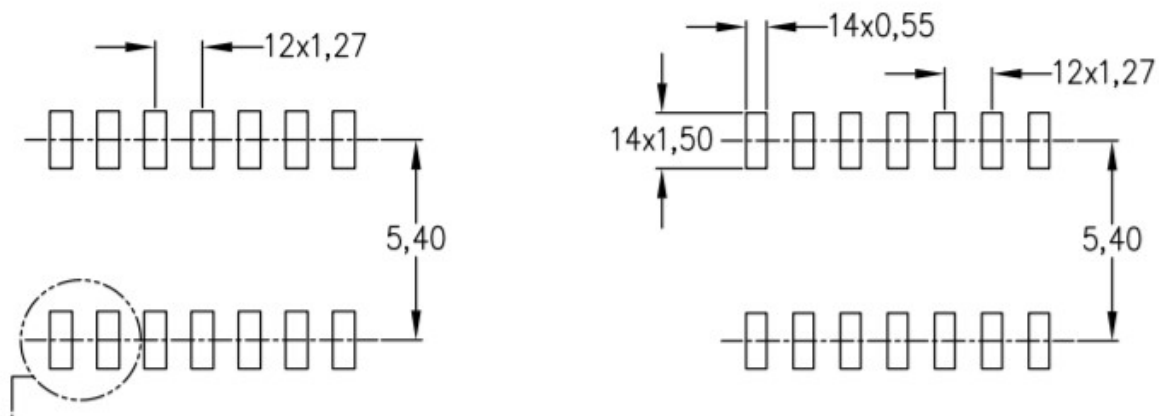


Рисунок 2.11.3 - Креслення для CD4013

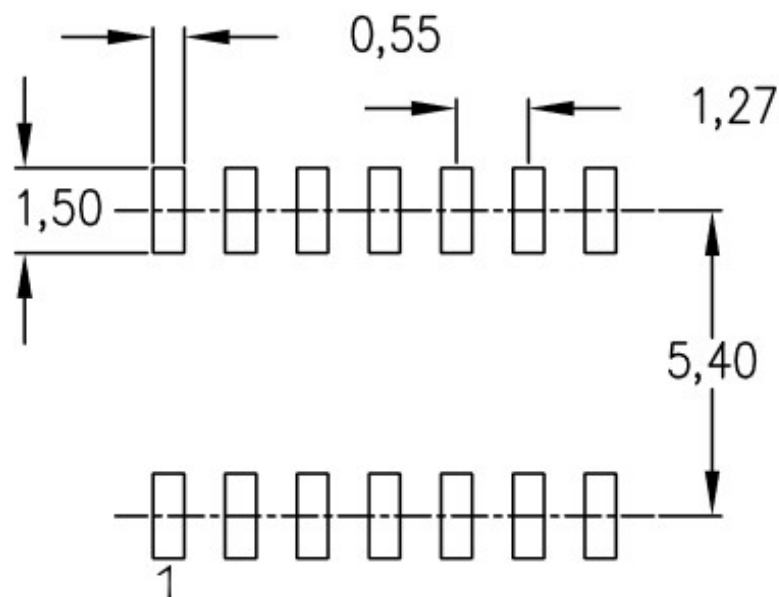


Рисунок 2.11.4 - Креслення для CD4011

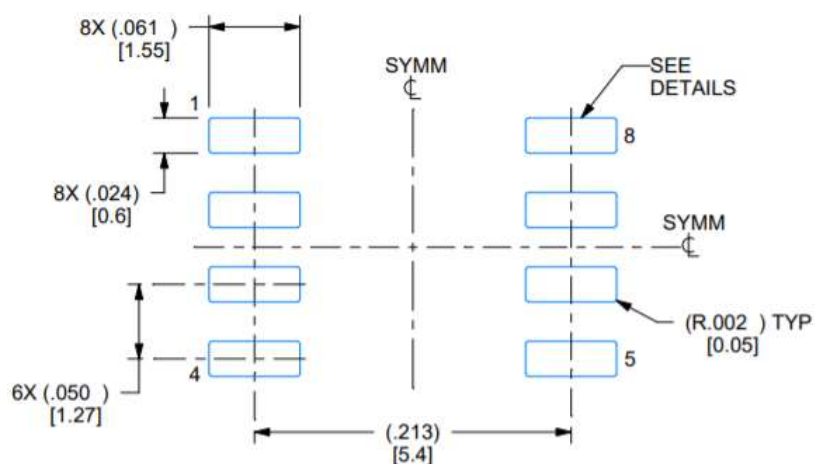


Рисунок 2.11.5 - Креслення для LM311

Висновок: У цьому розділі був проведений аналіз елементної бази та її вибір для проекту «Вимірювач ємності кислотних акумуляторів». Серія мікросхем була обрана за допомогою матричного методу. Інші компоненти були обрані з такими характеристиками, які б задовольнили роботу схеми за схожими характеристиками з тими, що були представлені у прикладі схеми пристрою

або їх зарубіжними аналогами. Я старалась обирати корпуси SMD для мікросхем, резисторів та конденсаторів, оскільки в таких корпусах елементи легші, менші і зручніші у збірці від вивідних .

РОЗДІЛ 3. РОЗМІЩЕННЯ КЕ

При вирішенні задачі розміщення КЕ завжди дана схема електрична принципова, яка описана матрицею зв'язків A та дано дискретний монтажний простір, який описується матрицею відстаней D .

Потрібно на кожне вільне посадкове місце розмістити КЕ таким чином, щоб функція якості розміщення була оптимальною. В якості критеріїв оптимальності використовують ряд критеріїв:

- мінімум сумарної довжини всіх провідників
- мінімізація числа найбільш довгих з'єднань
- максимально близьке розміщення КЕ, що мають найбільше число зв'язків між собою
- максимальне число провідників простої конфігурації і т.д.

На рис. 3.1 зображена схем електрична принципова вимірювача.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		24

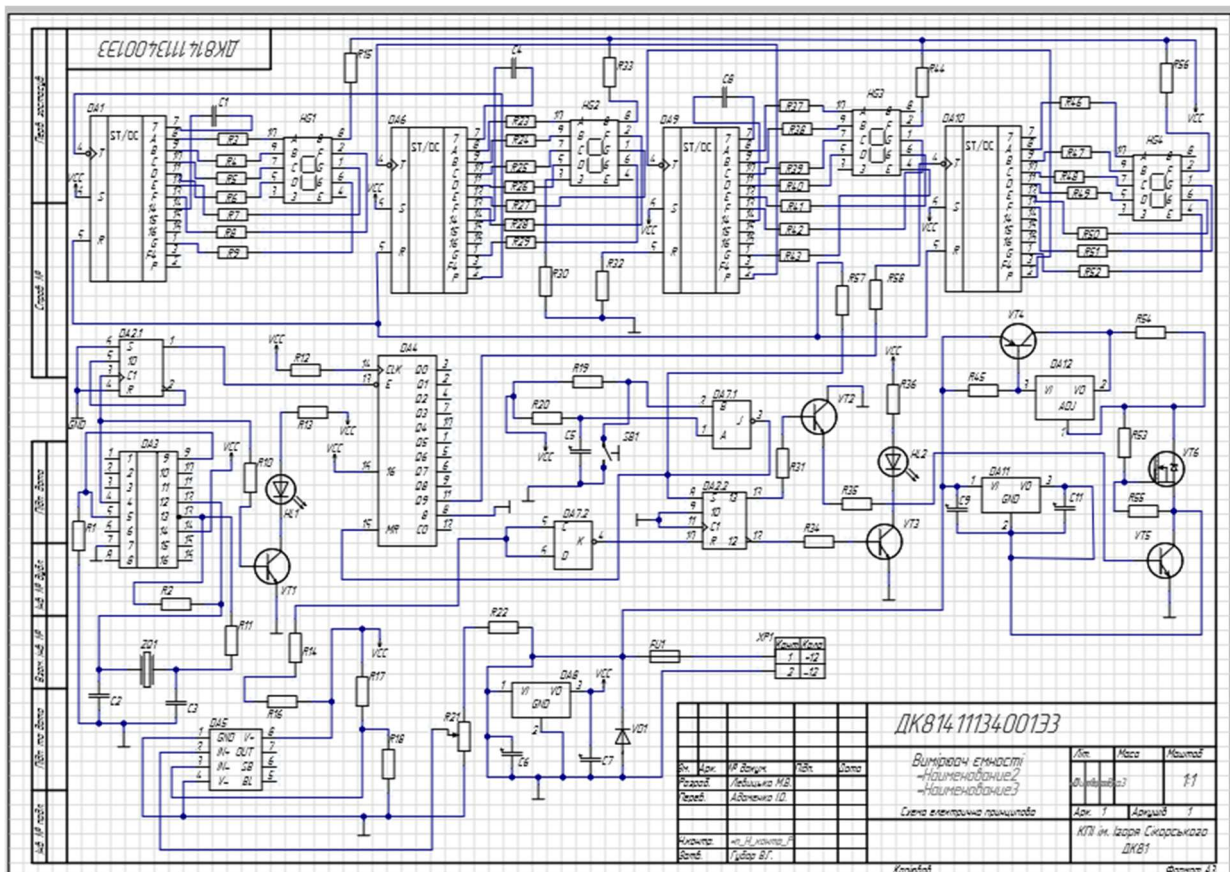


Рисунок 3.1 - Схема електрична принципова пристрою

Спростимо схему на Рис.3.1 . Для цього виключимо всі елементи, крім мікросхем, кнопок, роз'ємів та семисегментних індикаторів .

Отримана спрощена схема зображена на Рис. 3.2 .

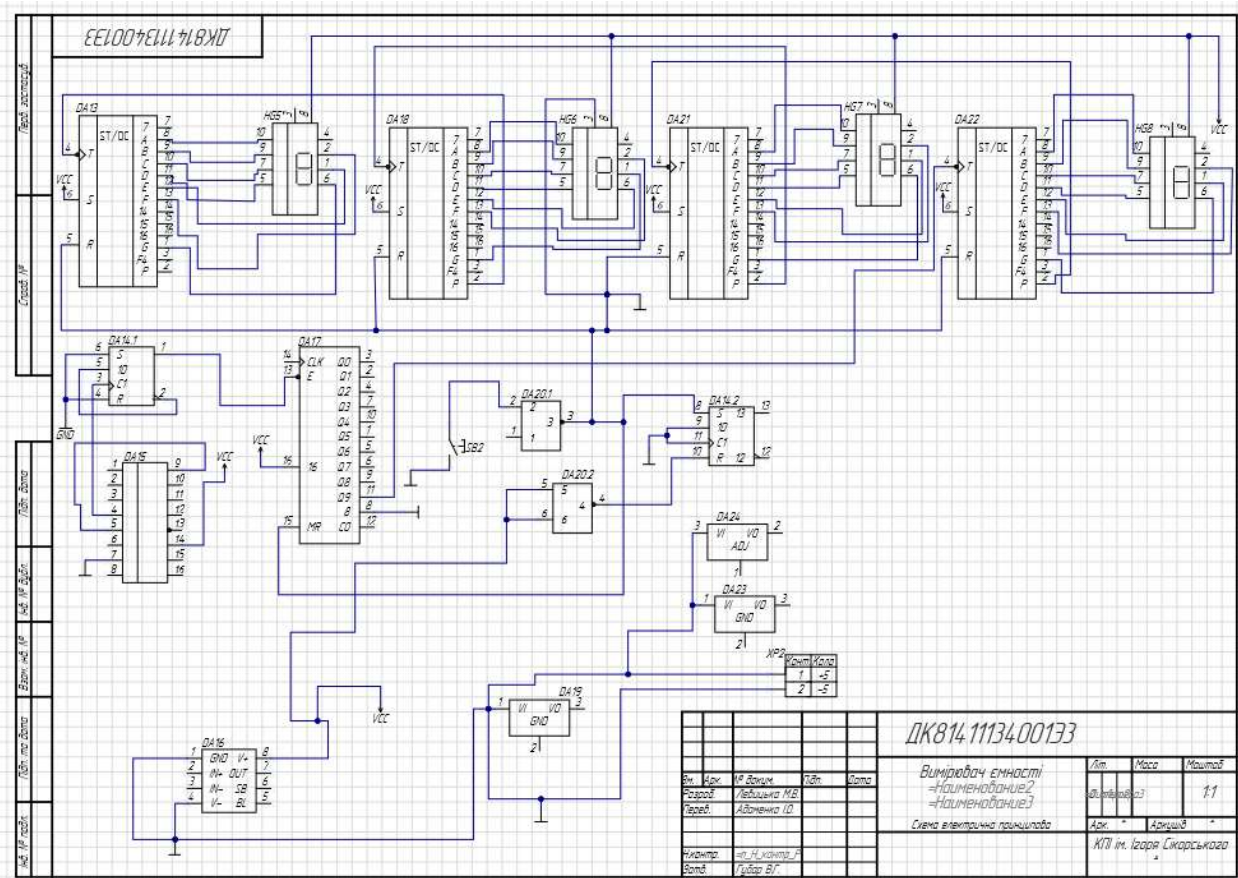


Рисунок 3.2 - Спрощена схема електрична принципова

Отже, спрощена схема містить:

- множину елементів

$X = \{ XP1, DA1, DA2.1, DA2.2, DA3, DA4, DA5, DA6, DA7.1, DA7.2, DA8, DA9, DA10, DA11, DA12, HG1, HG2, HG3, HG4 \}$.

- множину посадкових місць:

$P = \{ P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17 \}$.

Схематично зобразимо всі посадкові місця на рисунку 3.3.

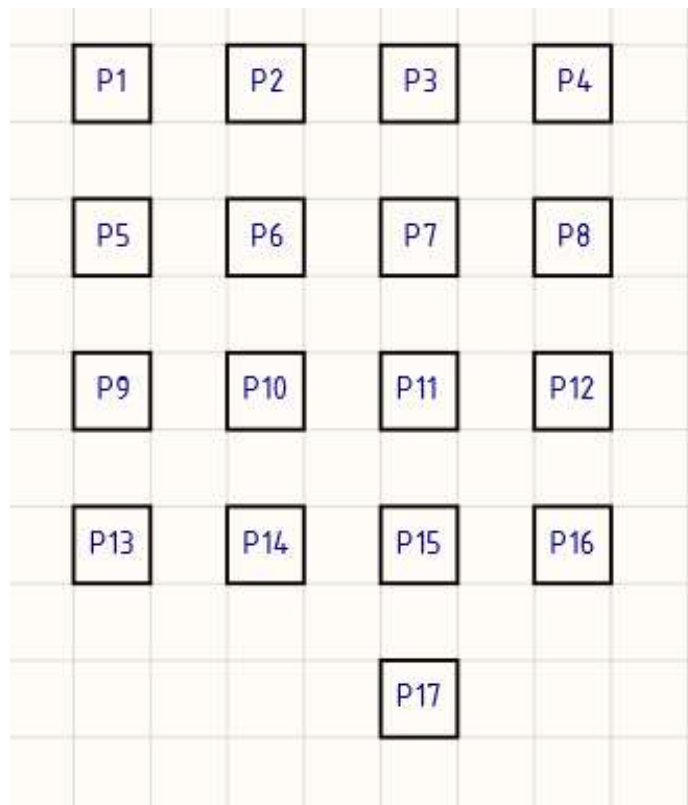


Рисунок 3.3 - Зображення посадкових місць

Такий вигляд мають посадкові місця.

Виконуємо розміщення КЕ послідовним алгоритмом. На кожному кроці вибирається елемент, який має максимальну зв'язність з вже розташованими елементами та розташовується в одну оптимальну позицію при незмінному положенні.

Критерій оптимізації - мінімальна сумарна довжина зв'язків між розміщеними елементами та максимально близьке розташування поряд елементів, що мають найбільшу кількість зв'язків .

Матриця зв'язків для спрощеної схеми знаходиться на рисунку нижче на рисунку 3.4 .

	DA1	DA2	DA3	DA4	DA5	DA6	DA7	DA8	DA9	DA10	DA11	DA12	XP1	HG1	HG2	HG3	HG4	S
DA1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	0	0	7	1	0	0	13
DA2	0	0	1	2	2	0	2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	10
DA3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DA4	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
DA5	0	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6
DA6	2	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	7	0	0	12
DA7	0	2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	6
DA8	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	7
DA9	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	7	0	11
DA10	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	7	12
DA11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3
DA12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3
XP1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5
HG1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	10
HG2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	10
HG3	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	1	1	0	1	10
HG4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	1	1	0	10

Рисунок 3.4 - Матриця зв'язків

Розташовуємо елементи, що мають найбільшу кількість зв'язків .

Цим елементом є DA1, DA6, DA9, DA10 з HG1, HG2, HG3, HG4, а також DA2 . Однак розташовувати їх посередині недоцільно , оскільки велика кількість зв'язків обумовлені наявністю семисегментних

індикаторів (HG1-4), підключених до цих елементів (DA1, DA6, DA9, DA10) . Відповідно розташовуємо HG1, HG2, HG3, HG4 у P4, P8, P12, P16 та відповідно DA1, DA6, DA9, DA10 у P3, P7, P11, P15 , а DA2 у P17 .

Середню кількість зв'язків мають елементи DA5, DA7, DA8, XP1 . З елементами вище, що розташовані у P3, P7, P11, P15 , P17 , найбільшу кількість зв'язків мають DA5, DA7, DA8, XP1 ,тож розміщаємо у P2 , P6 , P10, P14 .

Далі розмістимо DA4, DA3, DA11, DA12 у P1, P5, P9, P13 .

Результуюча схема має вигляд:

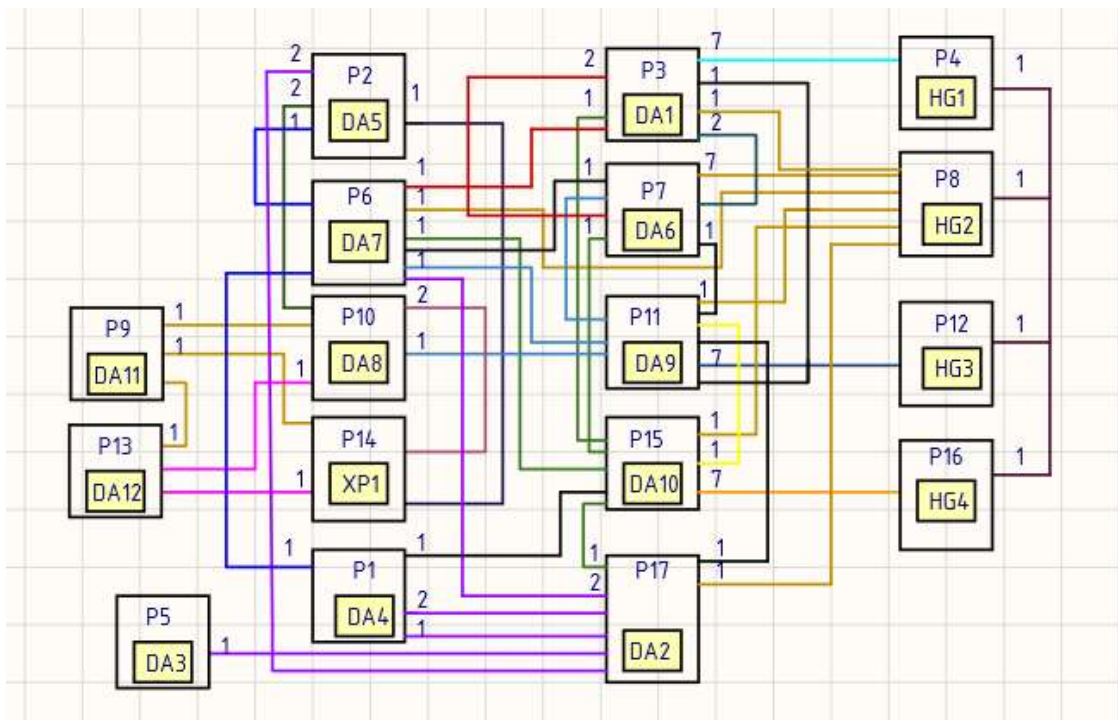


Рис.3.5 - Розміщення та зв'язків КЕ

Ефективне розміщення елементів необхідне для того, аби на виході отримати найменш важку та габаритну плату на виході, а також, зі зрозумілих причин, уникнути використання зайвої довжини провідників.

Від результатів розташування елементів також залежать такі параметри друкованого вузлу: надійність, завадостійкість.

Вибір кроку розташування ІС на ДП визначається параметрами корпусів ІС.

Для ІС в SMD корпусах зазор між компонентами має бути більше 1,25 мм.

Висновок: У ході виконання цього розділу було спрощено принципову схему, тим самим спростивши з'єднання компонентів між собою. Була побудована матриця і схема розміщення. Ми виконали розміщення конструктивних елементів на поверхні друкованої плати за допомогою

послідовного алгоритму на основі спрощеної схеми . Компоненти були розміщені опираючись на такі критерії як мінімізація довжини всіх провідників, довгих з'єднань та близьке розміщення КЕ найбільш зв'язних елементів .

РОЗДІЛ 4. ВИБІР ТИПУ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Друкована плата (ДП) призначена для електричного з'єднання і являє собою ізоляційну основу, на лицьовій стороні якого розміщені конструктивні елементи, а на зворотному боці розміщені елементи друкованого монтажу: друковані провідники, контактні майданчики, металізовані монтажні отвори.

Друковані плати за конструкцією поділяються на такі класи: одношарові - ОДП, двошарові - ДДП і багатошарові - БДП.

ОДП можуть проводити малюнок на одній стороні діелектричної основи. Вони прості за конструкцією і у виготовленні. Монтажні і трасувальні можливості цих плат низькі. Надійність ОДП і механічна міцність кріплення елементів також невисока.

ДДП можуть проводити малюнок на двох сторонах основи. Вони мають високу щільність монтажу, підвищену надійність з'єднань. Дозволяють полегшити трасування провідників і оптимізувати розміри плати завдяки щільному розміщенню елементів. ДДП мають високу механічну міцність їх кріплення. Ці ДП допускають монтаж штирьових елементів з одного боку, а SMD - компонентів з двох сторін. Це дозволяє реалізувати на них більш складні схеми, ніж на ОДП. Тому ДДП широко застосовуються в електронній апаратурі.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						30
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

БДП складаються з почергово розміщених тонких шарів діелектрика і провідних малюнків. У процесі виробництва всі шари фізично з'єднуються в одне ціле - багат шарова основа. Залежно від технології виготовлення (пресування) БДП, електричне з'єднання багат шарової структури може бути здійснено або наскрізними перехідними отворами, або із застосуванням міжшарових переходів. Міжшарові переходи з зовнішніх шарів на внутрішні називаються глухими, а між внутрішніми шарами - прихованими.

Згідно ТЗ та схеми електричної принципової вибираємо ДДП для нашого пристрою. Вибір необхідно робити виходячи з аналізу типів ДП.

Як можна побачити, на схемі електричній принциповій (Рис. 4.1) є потреба у великій кількості зв'язків між компонентами . Тому, використання ОДП не оптимальне. Вибір БДП також недоречний, оскільки такі плати мають більш тривалий цикл виготовлення і, відповідно, вищу вартість .

ДДП – це свого роду « золота середина», які мають високу щільність монтажу, дозволяють підвищити надійність з'єднань , полегшити трасування провідників і оптимізувати розміри плати завдяки щільному розміщенню елементів. Також ДДП мають високу механічну міцність їх кріплення, що є гарантом надійності таких плат.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						31
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

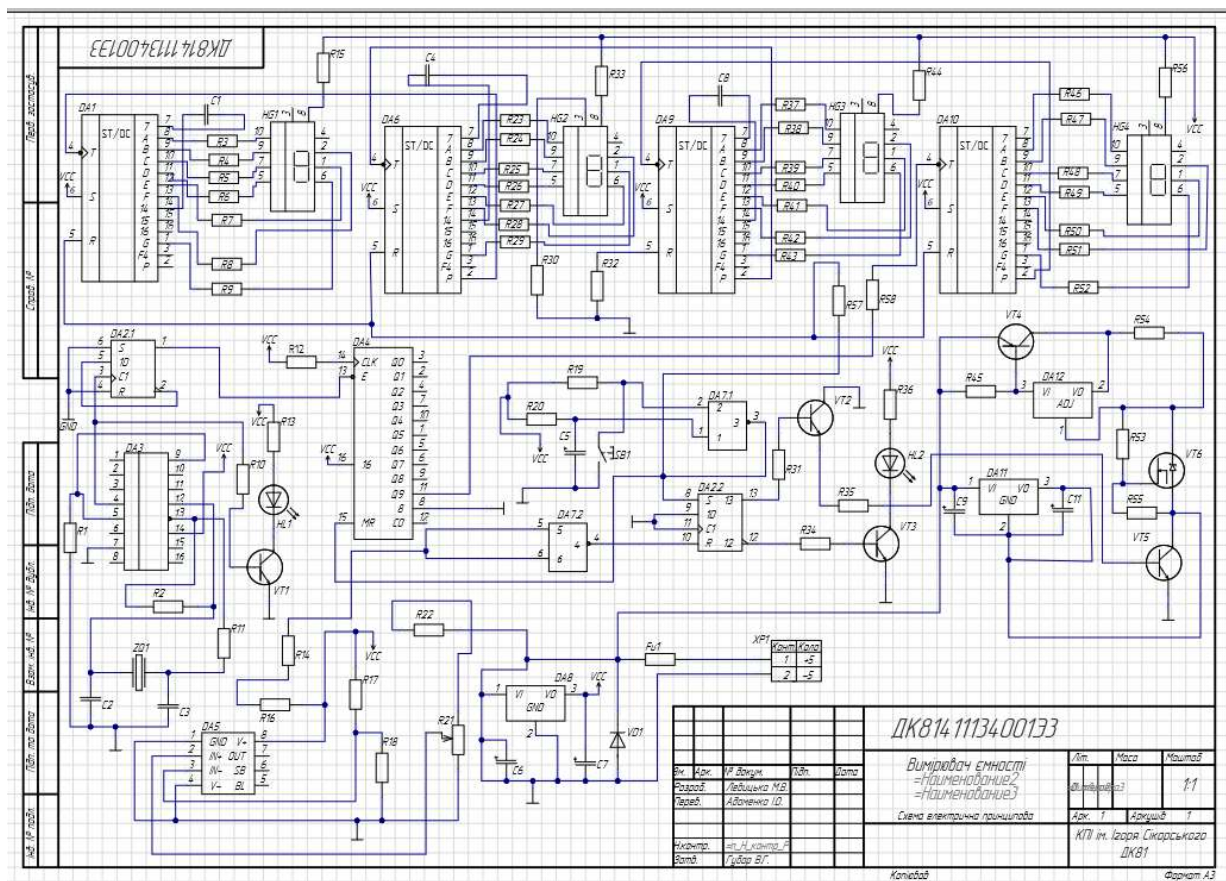


Рисунок 4.1 - Схема електрична принципова

4.1. Вибір матеріалу друкованої плати

При виборі матеріалу для ДП розглядаються такі аспекти :

- технічні умови на виробі, очікуваний робочий ресурс, елементна база з характеристиками по швидкодії, напруга ;
- можливість профілактики та ремонту, наявність запасних друкованих вузлів і блоків;
- навколишні умови при зберіганні та роботі;
- вартість;
- електроізоляційні властивості;
- міцність та надійність .

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДК81.4 11134.001 ПЗ

Арк

32

Правильний вибір матеріалів, технологічних процесів і елементної бази при розробці сучасних друкованих вузлів багато в чому визначає рівень працездатності і надійність електронного пристрою в цілому при раціональних економічних витратах у виробництві.

При виробництві ДП застосовуються вітчизняні та імпорتنі матеріали . Найпоширенішим матеріалом для друкованих плат є склотекстоліт FR-4 класу вогнестійкості 94V-0 . Матеріали, що застосовуються в якості основи для ДП повинні мати: високі електроізоляційні властивості, достатню механічну міцність, бути стійкими до кліматичних впливів. Цим вимогам відповідають текстоліт та склотекстоліт. Найпоширеніша товщина матеріалу, що використовується при виготовленні ДП становить 1,5 мм . У роботі я також візьму лист склотекстоліту такої товщини . Цей матеріал повністю відповідає ГОСТ 26246.5-89 и ТУ И03.0107. 008-94.

Відмінною характеристикою даного матеріалу є:

- високе значення адгезії фольги до підкладки діелектрика під впливом високої температури;
- високий об'ємний та поверхневий електричний опір;
- висока температура склування і стабільність геометричних розмірів.

Товщина електролітичної фольги становить 35 мкм. Таким чином, матеріалом для ДП я обрала двусторонній склотекстоліт FR-4 35\35 1,5 мм .

З повною характеристикою даного матеріалу можна ознайомитись у джерелі [2] .

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						33
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Метод виготовлення ДП

Основними методами виготовлення ДП є такі :

- хімічний субтрактивний метод,
- комбінований позитивний метод,
- метод попарного пресування ,
- метод пошарового нарощування,
- метод металізації наскрізних отворів.

У якості методу виготовлення ДП я обрала комбінований позитивний метод.

Він має такі переваги:

- висока точність відтворення друкованих елементів;
- висока надійність ізоляції;
- висока якість адгезії металевих елементів плати .

Недоліки у цього методу такі:

- травлення малюнка по металлорезисту (обмежена кількість розчинів для травлення);
- велика глибина травлення , звідси - бічне підтравлювання;
- підвищені витрати за рахунок освітлення/видалення металлорезисту.

Оскільки виробництво не серійне, то підвищені витрати на виготовлення плати через обробку металлорезисту після травлення малюнка не є критичними. Також, обрати та знайти розчин для травлення на разове

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						34
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовлення плати для приладу власного використання не буде суттєвою проблемою .

4.3. Вибір класу точності

При виборі класу точності необхідно завжди враховувати потужність виробництва (кваліфікація розробників, технічне оснащення) , на якому буде реалізований майбутній проект. Залежно від мінімальної ширини провідників, мінімального зазору між елементами провідного малюнка, максимально допустимої похибки і до інших параметрів. ГОСТ 23571-86 передбачає п'ять класів точності ДП.

Максимальні розміри друкованих плат, для кожного класу точності повинні бути не більше значень, приведених в таблиці 4.3.1 .

Вид плати	Клас точності			
	1	2	3	4
Одностороння	470 x 470	470 x 470	400 x 400	240 x 240
Двостороння	470 x 470	470 x 470	400 x 400	180 x 180
Багатошарова	470 x 470	470 x 470	240 x 240	180 x 180

Таблиця 4.3.1 - Максимальні розміри ДП для кожного класу точності

Розглянемо деякі параметри класів точності за ГОСТ 23751-86 у таблиці 4.3.2.

Вони знадобляться нам при виконанні конструкторсько-технологічного розрахунку .

Параметер	Позначення	Клас точності			
		2	3	4	5
Ширина друкованого провідника, мм	$b_{прг}$	0,45	0,25	0,15	0,10
Відстань між елементами друкованого монтажу, мм	$lг$	0,45	0,25	0,15	0,10
Гарантований поясок, мм	$b_{по}$	0,20	0,10	0,05	0,03
Відношення номінального діаметру найменшого з металізованих отворів до товщини друкованої плати, мм	$K_{дт}$	0,40	0,33	0,25	0,20

Таблиця 4.3.2 - Граничні значення елементів ДМ

При конструкторському-технологічному розрахунку необхідно використовувати граничні значення елементів друкованого монтажу з урахуванням похибки їх виконання. Такі похибки наведені у таблиці 4.3.3 :

Похибка	Обозначення	Максимальне значення, мм
Зміщення провідників відносно ліній КО	$\delta_{сп}$	0,05
Розташування отворів (всіх) відносно вузлу КО	δ_o	0,07
Розташування КМ відносно вузлу КО	$\delta_{км}$	0.015(0.05)
Фотокопії та фотошаблону	$\delta_{фф}$	0,06
Розташування КМ відносно вузлу КО на фотошаблоні	$\delta_{фш}$	0,05

Таблиця 4.3.3 - Допустимі похибки виконання елементів при ДМ

Виготовлення ДП п'ятого класу точності є достатньо дорогим і складним, адже вимагає застосування високоточного обладнання та дорогих матеріалів . Тому він не підійде нам для проекту. Виготовлення ДП четвертого класу виконується на високоточному обладнанні, але вимоги до матеріалів, обладнання та виробничих приміщень не такі високі, як у п'ятому класі. ДП третього класу - найпоширеніші . Вони забезпечують досить високу щільність трасування і монтажу, але для їх виробництва необхідне спеціалізоване

устаткування. Випуск ДП другого класу здійснюється на рядовому обладнанні, а іноді навіть на обладнанні, що не спеціалізоване для виготовлення ДП. Такі ДП, з невисокими конструктивними параметрами, призначені для недорогих пристроїв з малою щільністю монтажу, але наш проект має SMD-компоненти, які передбачають але нам потрібна висока щільність монтажу і надійність на належному рівні.

Відстань між пінами мікросхем становить 1,27 мм, тому нам потрібна висока щільність монтажу, а отже, другий клас точності нам не підійде. Для виробництва третього класу точності необхідне спеціалізоване устаткування. Тому, доцільно буде обрати четвертий клас. Він забезпечує достатню щільність трасування і монтажу.

Висновок: У ході виконання цього розділу був обраний матеріал та товщина друкованої плати, клас точності та метод виготовлення ДП. Отже, у пристрої буде використана ДДП зі склотекстоліту FR-4 35\35 1,5 мм, виготовлена комбінованим позитивним методом, 4 класу точності.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						37
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДП

5.1. Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення і землі

Мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струму $b_{\min I}$ (мм) для ланцюгів живлення та «землі» визначається виразом 5.1.1 :

$$b_{\min I} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot t_{\text{пров}}}, \quad (5.1.1)$$

де I_{\max} (А) – максимально можливий струм у ланцюгу,

$j_{\text{доп}} \left(\frac{\text{А}}{\text{мм}^2} \right)$ – допустима щільність струму для ДП, (виготовлено комбінованим позитивним методом), $j_{\text{доп}} = 48 \left(\frac{\text{А}}{\text{мм}^2} \right)$

$t_{\text{пров}}$ (мм) – товщина друкованого провідника, яка визначається виразом (5.1.2),

$$t_{\text{пров}} = h_{\text{ф}} + h_{\text{ГМ}} + h_{\text{ХМ}}, \quad (5.1.2)$$

де $h_{\text{ф}}$ – товщина фольги, $h_{\text{ф}}=0,035$ (мм)

$h_{\text{ГМ}}$ – товщина шара гальванічно осадженої міді, $h_{\text{ГМ}} = 0,055$ (мм)

$h_{\text{ХМ}}$ – товщина шара хімічно осадженої міді, $h_{\text{ХМ}} = 0,0065$ (мм)

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$t_{\text{пров}} = 0,035 + 0,055 + 0,0065 = 0,0965 \text{ (мм)}$$

Параметр I_{max} у виразі (1) визначається як сума струмів, які споживають активні елементи схеми. Значення струмів, які споживають активні елементи схеми, представлено в таблиці 5.1.1 .

Елемент	Кількість	$I_{\text{спож}}, \text{ мА}$
CD4026	4	$5 * 4 = 20$
CD4013	1	$5 * 1 = 5$
LM311	1	$4 * 1 = 4$
CD4011	1	$0.006 * 1 = 0.006$
MM5368	1	$0.01 * 1 = 0.01$
CD4017	1	$5 * 1 = 5$
L7809	2	$4.65 * 2 = 9.3$

Таблиця 5.1.1 - Споживані струми

Тож, $I_{\text{max}} = 20 + 5 + 4 + 0,006 + 0,01 + 5 + 9,3 = 39,316 \text{ мА}$

Отже, мінімальна ширина друкованого провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення і «землі» визначається так:

$$b_{\text{min}} = \frac{I_{\text{max}}}{j_{\text{доп}} \cdot t_{\text{пров}}} = \frac{0,039316}{48 \cdot 0,0965} = 0,000848791 \text{ (мм)}$$

Отже, $b_{\min} I = 0,000848791$ (мм) входить в діапазон граничних значень четвертого класу з таблиці 4.3.2 .

5.2. Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому

Мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, визначається наступним виразом (5.2.1):

$$b_{\min U} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot L_{\text{пров}}}{U_{\text{доп}} \cdot t_{\text{пров}}} , \quad (5.2.1)$$

де ρ – питомий опір провідника, виготовленого комбінованим позитивним методом, $\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$,

$L_{\text{пров}}$ – довжина найдовшого друкованого провідника на ДП, $L_{\text{пров}}=298$ (мм)

$U_{\text{доп}}$ – допустиме падіння напруги на друкованому провіднику,

$U_{\text{доп}}=0,05 \times U_{\text{ж}}$, $U_{\text{доп}} = 0,05 \times 15=0,75$ (В)

$L_{\text{пров}}=0,298$ (м)

$$b_{\min U} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot L_{\text{пров}}}{U_{\text{доп}} \cdot t_{\text{пров}}} = \frac{0,0175 \cdot 0,039316 \cdot 0,298}{0,75 \cdot 0,0965} = 2,833 \cdot 10^{-3} (\text{мм})$$

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						40
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3. Визначення номінального діаметра монтажного отвору

$$d \geq d_{\text{вс}} + \Delta d_{\text{МО}} + r, \quad (5.3.1)$$

де $d_{\text{вс}}$ – діаметр вивода елемента, для якого визначається діаметр монтажного отвору,

Δd – нижнє граничне відхилення від номінального діаметра МО,

$$\Delta d_{\text{МО}} = 0,1 \text{ (мм)}$$

r – різниця між мінімальним діаметром МО і максимальним діаметром вивода елемента, $r=0,1 \dots 0,2$ мм

$$d \geq d_{\text{вс}} + \Delta d_{\text{МО}} + r = 0,55 + 0,1 + 0,2 = 0,85 \text{ (мм)}$$

5.4. Визначення діаметра контактної площадки

$$D_{\text{min}} = D_{\text{min1}} + 1,5 \cdot h_{\text{ф}} + 0,03, \quad (5.4.1)$$

де D_{min1} – мінімальний ефективний діаметр КМ, мм,

$h_{\text{ф}}$ – товщина фольги, $h_{\text{ф}} = 0,035$ (мм) .

Коефіцієнт 1,5 ($1,5 \cdot h_{\text{ф}}$) враховує підрівнювання фольги друкованого провідника в ширину.

0,03 – для КМ, що виготовляють комбінованим позитивним методом.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						41
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\min I} = 2 \cdot (b_{\text{по}} + d_{\text{max}} + \delta_o + \delta_{\text{км}}), \quad (5.4.2)$$

де d_{max} - максимальний діаметр отвору в ДП, мм,

$b_{\text{по}}$ - ширина пояса КМ, $b_{\text{по}} = 0,05$ (мм) (табл.4.3.2)

δ_o - похибка розташування центру отвору щодо вузла КС,

$\delta_o = 0,07$ (мм) (табл.4.3.3),

$\delta_{\text{км}}$ - похибка розташування центру КМ щодо вузла КС,

$\delta_{\text{км}} = 0,05$ (табл. 4.3.3).

Максимальний діаметр просвердленого отвору ДП: ϵ

$$d_{\text{max}} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15), \quad (5.4.3)$$

де d – номінальний діаметр МО, мм, Δd - допуск на діаметр отвору,

$\Delta d = 0,05$ (мм)

$$d_{\text{max}} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (5.4.4)$$

$$d_{\text{max}} = 0,85 + 0,05 + 0,1 = 1 \text{ мм}$$

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						42
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\min I} = 2 \cdot \left(b_{\text{по}} + \frac{d_{\max}}{2} + \delta_o + \delta_{\text{км}} \right) =$$

$$= 2 \cdot \left(0,05 + \frac{1}{2} + 0,07 + 0,05 \right) = 1,34 \text{ (мм)}$$

$$D_{\min} = D_{\min 1} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03 = 1,34 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,4225 \text{ (мм)}$$

Максимальний діаметр КМ :

$$D_{\max} = D_{\min} + 0,02 \text{ ,} \quad (5.4.5)$$

$$D_{\max} = 1,4225 + 0,02 = 1,4425 \text{ (мм)}$$

5.5. Визначення мінімальної ширини провідника

$$b_{\min} = b_{\text{пр}}^{\Gamma} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03 \text{ ,} \quad (5.5.1)$$

де $b_{\text{пр}}^{\Gamma}$ – мінімальна ширина провідника.

Визначаємо $b_{\text{пр}}^{\Gamma}$ з таблиці 4.3.2 і підставляємо у формулу 5.5.1 :

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						43
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

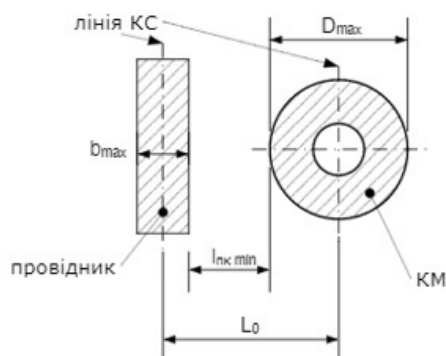
$$b_{\min} = b_{\text{гп}} + 1,5 \cdot h_{\text{ф}} + 0,03 = 0,15 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,23 \text{ (мм)}$$

Знаходимо максимальну ширину провідника:

$$b_{\max} = b_{\min} + 0,02, \quad (5.5.2)$$

$$b_{\max} = 0,23 + 0,02 = 0,25 \text{ (мм)}$$

5.6. Визначення мінімальної відстані між провідником і контактним майданчиком



$$l_{\text{ПКМ min}} = L_0 - \left(\frac{D_{\max}}{2} + \delta_{\text{КМ}} + \frac{b_{\max}}{2} + \delta_{\text{сп}} \right), \quad (5.6.1)$$

де L_0 – відстань між центрами отворів і друкованим провідником, які кратні кроку КС, $L_0 = 1,25$ мм

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		44

D_{max} - максимальний діаметр КП,

b_{max} - максимальна ширина провідника,

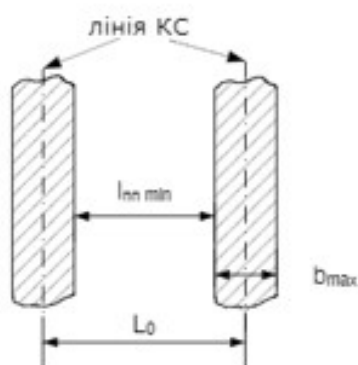
$\delta_{км}$ - похибка розташування центру КП щодо вузла КС,

$\delta_{км} = 0,05$ (табл.2),

$\delta_{сп}$ - похибка, яка враховує зміщення провідника, $\delta_{сп}=0,05$ мм

$$\begin{aligned} l_{ПКМ min} &= L_0 - \left(\frac{D_{max}}{2} + \delta_{км} + \frac{b_{max}}{2} + \delta_{сп} \right) = \\ &= 1,25 - \left(\frac{1,4425}{2} + 0,05 + \frac{0,25}{2} + 0,05 \right) = 0,30375 \text{ (мм)} \end{aligned}$$

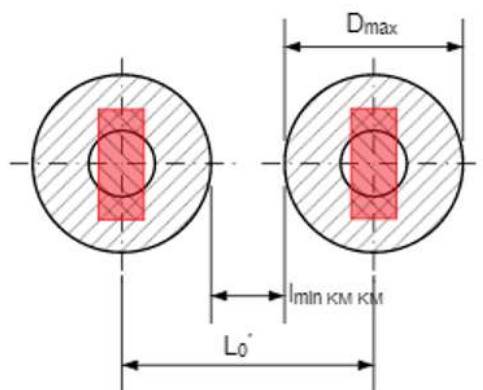
5.7. Визначення мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками (між краями провідників):



$$l_{ПП min} = L_0 - (b_{max} + 2 \cdot \delta_{сп}), \quad (5.7.1)$$

$$l_{ПП min} = L_0 - (b_{max} + 2 \cdot \delta_{сп}) = 1,25 - (0,25 + 2 \cdot 0,05) = 0,9 \text{ (мм)}$$

5.8. Визначення мінімальної відстані між двома контактними майданчиками



$$l_{min\ KM\ KM} = L_{01} - (D_{max} + 2 \cdot \delta_{KM}), \quad (5.8.1)$$

де L_{01} - відстань між центрами сусідніх КП, $L_{01} = 2,5$ мм .

$$\begin{aligned} l_{min\ KM\ KM} &= L_{01} - (D_{max} + 2 \cdot \delta_{KM}) = \\ &= 2,5 - (1,4425 + 2 \cdot 0,05) = 0,9575 \text{ (мм)} \end{aligned}$$

Висновок: У ході виконання даного розділу були проведені розрахунки для перевірки ширини доріжок для роботи зі струмами, визначення діаметрів отворів та контактних майданчиків, визначення мінімальних відстаней між

РОЗДІЛ 6. ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Зі зменшенням геометричних розмірів конструктивних елементів та зі збільшенням щільності їх розташування між сигнальними провідниками виникає ємнісний та індуктивний зв'язок. При перемиканні елементів по сигнальним ланцюгам протікають високочастотні імпульсні струми з крутими фронтами, які внаслідок наявності паразитних зв'язків наводять на сусідніх сигнальних провідниках перешкоди. Останні при певних умовах викликають помилкове спрацювання дискретних елементів. Необхідно, щоб значення перешкод не перевищували допустимої межі. Вплив ємності та індуктивності сигнального зв'язку виражається в затримці вмикання схем. Час затримки визначається струмом, опором навантаження та опором сигнального провідника.

6.1. Визначення падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику

Падіння напруги на друкованому провіднику визначається:

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho * I_{\text{max}} * l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} * t_{\text{пр}}}, \quad (6.1.1)$$

де ρ - питомий об'ємний опір для комбінованого позитивного методу виготовлення друкованих плат (далі – ДП), $\rho = 0,0175 \left(\frac{\text{Ом} * \text{мм}^2}{\text{м}} \right)$

$l_{\text{пр}}$ – максимальна довжина друкованого провідника, $l_{\text{пр}} = 0,298 \text{ (м)}$

$t_{\text{пр}}$ - товщина провідника, $t_{\text{пр}} = 0,0965 \text{ (мм)}$

I_{max} – максимальний струм у провіднику, $I_{\text{max}} = 39,316 \text{ (мА)}$

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						47
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{\text{пад}} = \frac{p \cdot I_{\text{max}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}}} = \frac{0,0175 \cdot 0,039316 \cdot 0,298}{0,25 \cdot 0,0965} = 0,00849877 \text{ В}$$

$$= 8,4988 \text{ мВ}$$

$$U_{\text{доп}} = 0,05 \cdot U_{\text{жив}} = 0,05 \cdot 12 = 0,6 \text{ В} = 600 \text{ мВ}, \quad (6.1.2)$$

Розраховане падіння напруги не перевищує 5% від напруги живлення, що є нормою ($U_{\text{жив}} = 12 \text{ В}$).

6.2. Визначення потужності втрат двосторонньої друкованої плати

Потужність втрат визначається :

$$P_{\text{втр}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot E_{\text{ж}}^2 \cdot \text{tg} \sigma, \quad (6.2.1)$$

де $\text{tg} \sigma$ – тангенс кута діелектричних втрат для матеріалу ДП, $\text{tg} \sigma = 0,002$ для склотекстоліту FR4

C – ємність ДП

При постійному струмі $f = 1$.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						48
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Формула для розрахунку ємності:

$$C = \frac{0,009 \cdot \varepsilon \cdot S_m}{h}, \quad (6.2.2)$$

де ε – діелектрична проникність, $\varepsilon = 4,5$

S_m - площа металізації, $S_m = \text{мм}^2 = 1046,3$

h - товщина ДП, $h = 1,5 \text{ мм}$

$$C = \frac{0,009 \cdot \varepsilon \cdot S_m}{h} = \frac{0,009 \cdot 4,5 \cdot 1046,3}{1,5} = 283 \text{ нФ}$$

$$P_{\text{втр}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U_{\text{жив}}^2 \cdot \text{tg} \sigma = 2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 314 \cdot 36 \cdot 0,002 = 512 \text{ мВт}$$

6.3. Визначення ємності між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину

$$C = 0,12 \cdot \varepsilon \cdot l_{\text{пр}} \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1}, \quad (6.3.1)$$

де S – відстань між двома паралельними провідниками, $S = 0,9 \text{ мм}$

$b_{\text{пр}}$ - ширина друкованого провідника, мм , $b_{\text{пр}} = 0,25 \text{ мм}$

$t_{\text{пр}}$ - товщина друкованого провідника, мм , $t_{\text{пр}} = 0,0965 \text{ мм}$

$l_{\text{пр}}$ - довжина взаємного перекриття двох паралельних провідників, (мм)

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						49
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C = 0,12 \cdot \varepsilon \cdot l_{\text{пр}} \cdot \left[\lg \frac{2S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1} = 0,12 \cdot 4,5 \cdot 80 \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot 0,9}{0,25 + 0,0965} \right]^{-1} = 62,3 \text{ (пФ)}$$

6.4. Визначення взаємної індуктивності двох паралельних провідників однакової довжини

$$M = 0,02 \left(l_{\text{пр}} \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_0 \right), \quad (6.4.1)$$

де $l_{\text{пр}}$ – довжина перекриття паралельних провідників, $l_{\text{пр}} = 80$ (мм)

L_0 - відстань між осевими лініями двох паралельних провідників, $L_0 = 0,125$ см

$$\begin{aligned} M &= 0,02 \left(l_{\text{пр}} \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_0 \right) = \\ &= 0,02 \left(8 \cdot \lg \frac{\sqrt{64 + (0,125)^2} + 8}{0,125} - \sqrt{64 + (0,125)^2} + 4 \right) = \\ &= 96 \cdot 10^{-9} \text{ Гн} \end{aligned}$$

Висновок: У ході виконання цього розділу було зроблено електричний розрахунок: розрахунок падіння на найдовшому провіднику, потужність втрат, ємність та індуктивність двох сусідніх провідників.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						50
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 7. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛУ

Надійність друкованого вузла визначається надійністю всіх елементів, що встановлюються на ДП, власне самою ДП та пайкою елементів. Відмова одного чи декількох елементів веде до відмови всієї складної ЕОА, при чому ці елементи фактично є невідновлюваними. Тому найбільш точною кількісною мірою надійності кожного конструктивного елемента є час напрацювання його до відмови. Для подальших розрахунків було використано матеріали з джерел [3] , [4] .

Для повної характеристики надійності необхідна густина розподілу часу безвідмовної роботи даного типу конструктивного елемента $f(t)$ та інтенсивність відмов $\lambda(t)$. Необхідно визначити імовірність відмови, середній час безвідмовної роботи. Інтенсивність відмов електрорадіоелементів являється експериментальною величиною і залежить від ряду факторів – температури навколишнього середовища, теплових ударів, вологості, режиму роботи і т.д. Для розрахунку інтенсивності відмов елемента будемо використовувати базову інтенсивність відмов λ_0 (при нормальних умовах) . Також необхідно врахувати режим роботи елементів, температурний режим та зовнішні впливи. Для цього для врахування режиму роботи елемента будемо використовувати коефіцієнт навантаження K_H , для врахування температурного режиму будемо використовувати поправочний коефіцієнт температурного режиму α_t , для врахування зовнішніх впливів – α_e .

Оскільки коефіцієнт навантаження є недовідниковим значенням, тому розрахуємо його для кожного з типів конструктивних елементів. Він визначається як відношення навантаження в робочому режимі до навантаження номінального.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						51
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

7.1. Розрахунок коефіцієнтів навантаження

Резистори. Для резисторів K_n визначається за потужністю, що розсіюється на резисторі. Цілком логічно, що найбільша потужність буде виділятися на тому з резисторів, через який протікає струм, а струм, що протікає через резистор, обернено пропорційний його опору, тому розглянемо резистор з найменшим номінальним опором в приладі (1 кОм) як найгірший випадок, оскільки для інших, більших, опорів коефіцієнт навантаження буде меншим, тому взявши для всіх резисторів коефіцієнт навантаження в найгіршому випадку, ми таким чином отримаємо гірші показники, але це краще для конструкторського розрахунку, оскільки створюватиме певний запас по надійності.

Отже:

$$K_{nR} = \frac{U^2}{R \cdot P_{ном}} = 144 / (1000 \cdot 0.1) = 1,44 \quad , \quad (7.1.1)$$

де $R = 1$ кОм (найменший з опорів для резисторів потужністю 0,1 Вт),

$P_{ном} = 0,1$ Вт – номінальна потужність,

$U = 12$ В – напруга живлення .

Конденсатори. Для конденсаторів коефіцієнт навантаження визначається по напрузі.

Розраховуємо для найгіршого випадку для керамічних конденсаторів:

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						52
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{HC} = U_{роб} / U_{ном} = 12 / 25 = 0,48 \quad , \quad (7.1.2)$$

де $U_{роб} = 12 \text{ В}$ – напруга живлення ,

$U_{ном} = 25 \text{ В}$ – напруга пробою конденсатора.

Розраховуємо для найгіршого випадку для електролітичних конденсаторів:

$$K_{HC} = U_{роб} / U_{ном} = 12 / 16 = 0,75 \quad , \quad (7.1.3)$$

де $U_{роб} = 12 \text{ В}$ – напруга живлення ,

$U_{ном} = 16 \text{ В}$ – напруга пробою конденсатора.

Діоди. У нашому випадку розраховуватимемо K_n для діодів за напругою (робочий струм 3 А, максимальна робоча напруга – 600 В) :

$$K_{HD} = I_{роб} / I_{ном} = 600 / 1000 = 0,6 \quad , \quad (7.1.4)$$

Транзистори. У нашому випадку максимальний струм через транзистори в схемі буде рівний 100 мА, а номінальний струм транзисторів 100 мА.

Визначаємо K_n через струми:

$$K_{HT} = I_{роб} / I_{ном} = 100 / 100 = 1 \quad , \quad (7.1.5)$$

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						53
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Кварцовий резонатор. Обираємо K_n рівний 0,8, оскільки даний елемент є критично важливим для функціонування схеми, тому необхідний великий запас по надійності.

Мікросхеми. Вибираємо K_n рівний 1, припускаючи що всі мікросхеми працюють у відповідних режимах при струмах та напругах, що забезпечують стабільне функціонування їх протягом довгого часу як гарантує datasheet на кожну з мікросхем.

Решта елементів. Для усіх інших елементів вибираємо $K_n = 1$.

7.2. Інтенсивність відмов друкованої плати

Інтенсивність відмов друкованої плати визначатимемо як інтенсивність відмов металізованих отворів. Дані для розрахунку часу напрацювання до першої відмови занесені до таблиці 7.2.1 . Кліматичне виконання приладу УХЛ.3.0 , що диктує максимальну температуру роботи в

діапазоні $+40\text{ }^{\circ}\text{C} \dots -60\text{ }^{\circ}\text{C}$, спираючись на цю інформацію обираємо α_t з відкритих джерел . $\alpha_t = 10 \cdot 10^{-4}$.

Даний друкований вузол відноситься до наземної рухомої електрорадіоапаратури, тому вибираємо $a_e = 15$.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						54
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Показники інтенсивності відмов, що наведені в таблиці дозволяє виконати розрахунок для «найгіршого випадку».

Таблиця 7.2.1 - Показники найгіршого випадку розрахунку надійності

Компонент	N	$\lambda_{0e} \cdot 10^{-6}, \text{год}^{-1}$	K_H	$\alpha_t \cdot 10^{-4}$	α_e	$N \cdot \lambda_{0e} \cdot K_H \cdot \alpha_t \cdot \alpha_e \cdot 10^{-6}$
Конденс.кер	5	0,022	0,48	0,4	15	0,3168
Конденс.ел.	4	0,173	0,75	0,2	15	1,557
Резистори	57	0,044	1,44	0,2	15	10,83456
Потенціометри	1	0,179	1	1	15	2,685
Діоди	3	0,025	0,6	0,9	15	0,6075
Транзистори	6	0,044	1	0,9	15	3,564
Кварц.резонат.	1	0,03	0,8	1	15	0,36
Перемикачі	1	0,16	1	1	15	2,4
Мікросхеми	10	0,025	1	1,2	15	4,5
Друк.плата(отвори)	113	0,000017	1	1	15	0,028815
Роз'єми	2	0,015	1	1	15	0,45

Пайка виводу	332	0,000069	1	1	15	0,34362
Запобіжник	1	0,011	1	1	15	0,165
Семисегмент. Індикатор	4	0,42	1	1	15	25,2
Сума						53,0123

Фактична інтенсивність відмов дорівнює сумі інтенсивності відмов компонентів:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_{pi} , \quad (7.2.1)$$

Сумарна інтенсивність відмов :

$$\sum_{i=1}^n \lambda_{pi} = 53,0123 \cdot 10^{-6}$$

Середній час напрацювання до першої відмови:

$$T_{cp} = 1 / \lambda_p , \quad (7.2.2)$$

$$T_{cp} = 1 / 53,0123 \cdot 10^{-6} = 18863,5485 \approx 19\,000 \text{ год.}$$

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						56
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Ймовірність безвідмовної роботи протягом року:

$$P_{\text{річн}}(t) = e^{-\lambda p t}, \quad (7.2.3)$$

$$P_{\text{річн}}(t) = e^{-53,0123 \cdot 10^{-6} \cdot 8760} \approx 0,63$$

Ймовірність відмов протягом року:

$$Q_{\text{річн}} = 1 - P_{\text{річн}} = 1 - 0,63 = 0,31, \quad (7.2.4)$$

Графіки ймовірностей відмов і безвідмовної роботи протягом експлуатації наведені на Рис. 7.1.1.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						57
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.2.2 - Значення ймовірностей відмов і безвідмовної роботи протягом експлуатації

t	P(t)	Q(t)
1	0,9999	0,0000530109
8	0,9996	0,000424008
40	0,9979	0,002118245
176	0,9907	0,009286773
2112	0,8941	0,105921739
10560	0,5713	0,428682303
21120	0,3264	0,673596089
30000	0,2039	0,796149593
40000	0,12	0,880027389
50000	0,0706	0,929392207
60000	0,0416	0,958445012
70000	0,0245	0,975543534
80000	0,0144	0,985606573
90000	0,0085	0,991528999
100000	0,005	0,99501454

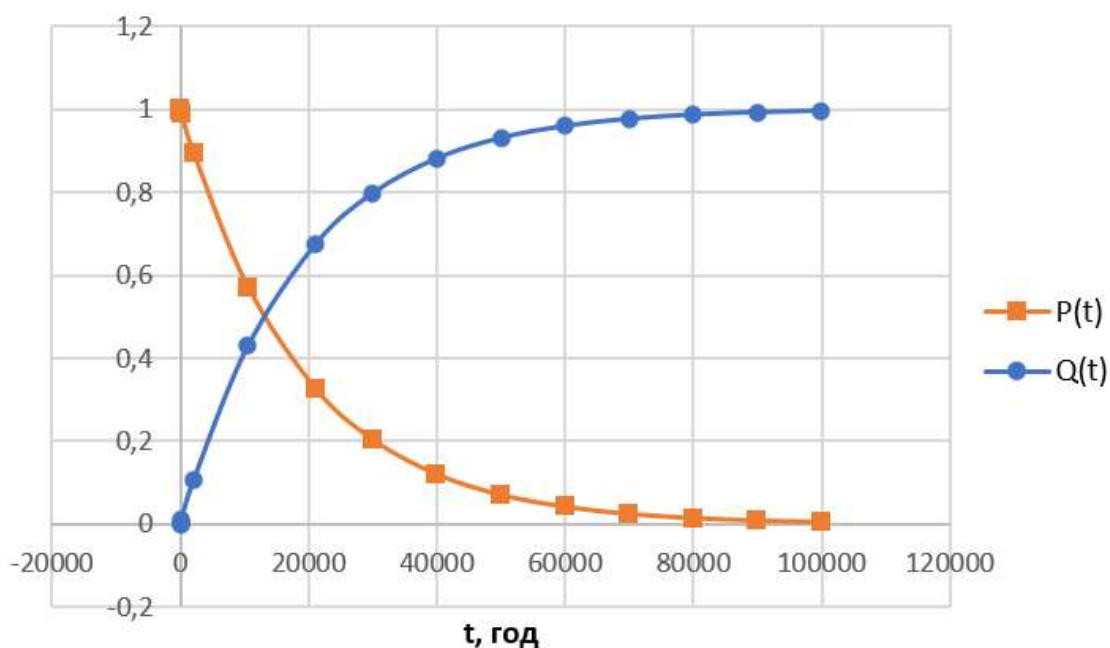


Рисунок 7.2.1 - Ймовірностей відмов і безвідмовної роботи протягом експлуатації

Висновок . У ході виконання цього розділу було розраховано напрацювання на відмову для розроблюваного приладу. Отриманий результат (~19000 год) задовольняє вимогам ТЗ. Висока надійність приладу досягається за рахунок використання інтегральних схем, оскільки їх рівень інтеграції такий, що забезпечує дуже малу інтенсивність відмов. Отримали високий результат надійності . Але надійність можна підвищити шляхом мінімізації кількості перехідних отворів, що також є джерелом відмов, але це значно ускладнить процес проектування ДП та кінцеву вартість .

РОЗДІЛ 8. ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ У ALTIUM DESIGNER

Розробка друкованого вузлу була проведена у програмі Altium Designer 20.2.7. Цей досить складна та зручна програма, оскільки у ній можна зробити всі необхідні етапи для проектування друкованої плати від моменту створення бібліотеки умовних графічних позначень (далі- УГО) до передачі готового макету друкованої плати на виробництво .

Розробка друкованої плати складається з п'яти етапів:

- Розробка бібліотеки умовно-графічних позначень КЕ (УГО)
- Розробка бібліотеки посадкових місць для КЕ
- Створення схеми електричної принципової
- Створення друкованого вузлу
- Експорт схеми електричної принципової, переліку елементів до неї, специфікації, креслення плати та складального креслення ДП у програму для роботи з кресленнями (AutoCad) .

Тепер розглянемо кожен з етапів більш детально.

Розробка бібліотеки умовно-графічних позначень УГО

Спочатку створюємо новий файл з розширенням .SchLib , де будуть створюватися (їх потрібно малювати самостійно) УГО компонентів згідно ГОСТ , включаючи основні параметри: назва, номінал, виробник і т.д. Необхідно також обрати крок координатної сітки для зручності .

На УГО встановлюються піни, при чому кожен пін повинен мати свій унікальний десігнатор.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						60
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Розробка бібліотеки посадкових місць для КЕ

Далі необхідно намалювати контактні майданчики . Контактні майданчики (футпринти) малюємо згідно з розмірами в документації. При малювання футпринтів треба пам'ятати, що кожен шар відповідає за якусь частину футпринта . Наприклад, контур компонента має бути на шарі Top Assembly .

Створення схеми електричної принципової

На цьому етапі необхідно створити електричну схему пристрою , використовуючи УГО створені на першому етапі . Все достатньо зрозуміло . Треба розмістити компоненти так, щоб зберегти потрібні відстані між елементами і схема була б читабельною .

Створення друкованого вузлу

На цьому етапі присутнє друкованого вузлу у форматі .PcbDoc. Для створення плати ми імпортуємо елементи зі схеми та бібліотеки контактних майданчиків , розміщуємо їх на платі , задаємо рамку плати та правила трасування і проводимо трасування .

Експорт схеми електричної принципової, переліку елементів , специфікації, креслення плати та складального креслення ДП

На цьому етапі необхідно експортувати плату у редактор креслень для створення креслень , створити специфікацію .

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						61
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Робота була направлена на створення плати для вимірювача ємності кислотних акумуляторів . Виконані усі поставлені завдання:

- аналіз схеми електричної принципової та технічного завдання
- вибір та обґрунтування елементної бази
- розміщення КЕ на монтажному просторі
- вибір матеріалу друкованої плати та класу точності
- конструкторсько-технологічний та електричний розрахунки
- розрахунки надійності

Деякі етапи передбачали роботу у Altium Designer , тож була описана робота зі створенням компонентів ДП у цій програмі .

Найоптимальніше було б використовувати компоненти SMD корпусів, що і було зроблено . обрані елементи у SMD корпусах, де це можливо.

У роботі буде використана ДДП, що буде виготовлятися із склотекстоліту FR4-1,5-35-1,5 комбінованим позитивним методом за четвертим класом точності.

Конструкторський розрахунок дав можливість з'ясувати ширину доріжок, діаметри отворів та контактних площадок , а також мінімальні відстані між компонентами.

Електричний розрахунок дав змогу перевірити падіння напруги на найдовшому провіднику та потужності втрат, ємності між двома сусідніми провідниками та індуктивності двох паралельних провідників однакової довжини.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						62
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок надійності показав, що середній час роботи на відмову становить 19000 год, що становить трохи більше двох років . Отже, умови технічного завдання за надійністю були майже повністю виконані . У подальшому , у разі несправностей та відмов, можна буде випаяти та замінити неліквідні елементи .

Таким чином була створена друкована плата для що майже відповідає технічному завданню.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						63
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Стаття зі схемою . Режим доступу:
<https://www.radiokot.ru/circuit/digital/measure/143/> .
2. Довідка про склотекстоліт. Режим доступу:
https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/FR4_datasheet.pdf
3. Савельев А. Я., Овчинников В.А. Конструирование ЭВМ и систем:
Учебник для техн. вузов по спец. «Электрон. выч. маш.» - М.: Высш.
шк., 1984.-248 с.
4. Боровиков С. М. , Цырельчук И. Н. , Троян Ф. Д. «Расчёт показателей
надёжности радиоэлектронных средств » - Минск: БГУИР,2010. –68 с.
5. ДСТУ 3008-2015
6. ГОСТ 15150-69
7. ГОСТ 12.2.007-75
8. Класифікатор ЄСКД ОК 012-93

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		64

ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ

Технічне завдання на проектування

1. Найменування та галузь використання

Високоточний бюджетний вимірювач ємності кислотних акумуляторів з низьким споживанням струму. Пристрій побудований так, що використовує навантаження зі стабільним струмом 1,8А у якості модуля, що розряджається. Побудований на зарубіжних аналогах мікросхем К176ІЕ4 (серії CD) . Призначений для використання у побуті для вимірювання ємності кислотних акумуляторів для своєчасної їх заміни.

2. Підстава для розробки

Підставою для проведення курсового проекту є завдання, що видане викладачем згідно навчального плану на 6 семестр.

3. Мета і призначення розробки

Метою є розробка друкованого вузла для даного приладу. Пристрій використовується для вимірювання ємності акумуляторів у домашніх умовах з метою виявлення потреби заміни акумулятора.

Цільова аудиторія – водії, що мають власний автомобіль та прагнуть ремонтувати його самостійно.

					ДК81.4.11134.001 ПЗ	Арк
						65
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Джерело розробки

Враховуючи те, що дана тема проекту не відкриття, а розробляється не вперше, то в якості джерела розробки береться розроблений раніше проект. У якості допоміжного матеріалу було взято статтю « Измеритель ёмкости кислотных аккумуляторов » на сайті <https://www.radiokot.ru/circuit/digital/measure/143/> .

5. Технічні вимоги

5.1. Склад виробу й вимоги до пристрою, що розробляється.

Пристрій являє собою моноблочну конструкцію, яка містить мікрохему К176ІЕ12 (ММ5368) (в якості генератора секундних імпульсів); світлодіод, що є своєрідним індикатором роботи пристрою, що блимає в такт лічби ; індикатори, підключені до виходів мікросхем і відображають кількісне значення ємності акумулятору; за розсіювання залишкової потужності відповідає транзистор ІRІFZ44 . Пристрій має бути виконаний на поширених зарубіжних аналогах вітчизняних компонентів та не потребувати виготовлення дорогим класом точності .

5.2. Показники призначення.

Пристрій повинен забезпечувати:

- обробку результатів вимірювання
- калібрування
- розрахунок кінцевого результату
- підсвічування екрану/дисплею/індикатору

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						66
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3. Вимоги до надійності.

Середній час напрацювання на відмову повинен бути на менше 20000 год, враховуючи вартість і складність виготовлення даного пристрою.

5.4. Вимоги до технологічності.

Орієнтовані на передові прийоми виготовлення деталей і складання.

5.5. Вимоги до рівня уніфікації й стандартизації.

Для виготовлення пристрою передбачається застосування стандартних, уніфікованих деталей та виробів. Лише корпус необхідно зробити власноруч.

5.6. Вимоги безпеки обслуговування.

Керуватися загальними вимогами безпеки до апаратури низької напруги ГОСТ 12.2.007-75.

5.7. Вимоги до складових частин виробу, сировини, вихідних і експлуатаційних матеріалів.

Для виробництва пристрою використовують матеріали вітчизняного виробництва.

5.8. Умови експлуатації.

Кліматичне виконання УХЛ.3.0 по ГОСТ 15150-69.

5.9. Вимоги до транспортування і зберігання.

Група умов зберігання С2 по ГОСТ 15150-69. Зберігати в зачинених приміщеннях з природньою вентиляцією, без регулювання штучних кліматичних умов, в яких забезпечуються наступні умови: температура повітря -20...+40 С, відносна вологість повітря 40% при +8,4 С (середньорічна температура повітря), атмосферний тиск 84...106кПа.

Транспортувати автомобільним, залізничним або авіаційним видами транспорту в спеціальній транспортній тарі.

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						67
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Умови транспортування дуже легкі (ОЛ) по ГОСТ 23216-78 і ГОСТ 14192.

5.10. Додаткові технічні вимоги

Додаткові технічні вимоги не передбачені.

6. Результати роботи

6.1. Результати даної роботи можуть бути використані як вихідна документація по створенню прототипу пристрою, його програмування, налагодження й подальшого впровадження в серійне виробництво.

6.2. Дана робота (звітна документація) після виконання надається на кафедру КЕОА для подальшого захисту й зберігання як навчальної документації.

7. Робота повинна містити в собі документи

- Пояснювальну записку (формату А4, до 70 аркушів)
- Схему електричну принципову та перелік елементів (формату А3, А4 відповідно)
- Складальне креслення та специфікацію (формату А2, А4 відповідно)
- Креслення друкованої плати (формату А2)
- Додатки (формату А2-А4)

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						68
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Порядок розгляду й приймання роботи

Порядок розгляду й приймання роботи на загальних умовах, прийнятих на кафедрі КЕОА.

Рецензування й прийняття роботи комісією на загальних умовах.

9. Економічні показники

В умовах даного проекту не розглядаються.

10. Етапи розробки

№	Назва етапів виконання курсового проекту	Час виконання етапів проекту
1	Розробка технічного завдання	02.02.2021-21.02.2021
2	Аналіз технічного завдання	23.02.2021-07.03.2021
3	Вибір елементної бази	09.03.2021-14.03.2021
4	Розміщення КЕ на монтажному просторі	16.03.2021-11.04.2021
5	Конструкторсько-технологічні розрахунки	13.04.2021-18.04.2021
6	Електричний розрахунок	20.04.2021-02.05.2021
7	Розрахунок надійності	04.05.2021-09.05.2021
8	Креслення схеми електричної принципової	11.05.2021-14.05.2021
9	Виконання креслення друкованої	16.05.2021-19.05.2021

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		69

10	Виконання складального креслення друкованого вузла	21.05.2021-23.05.2021
11	Оформлення пояснювальної записки	25.04.2021-29.05.2021

					ДК81.4 11134.001 ПЗ	Арк
						70
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		