

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»  
Кафедра КЕОА*

*КУРСОВИЙ ПРОЕКТ*

*з курсу: «Фізико-теоретичні основи конструювання ЕОА»*

*тема: «Захист телефона від піратів»*

*Керівник Гудар В.Г.*

*Захищено з оцінкою \_\_\_\_\_*

*Дата “\_\_” \_\_\_\_\_ 2021 р.*

*Виконав Ниш Є.Р.*

*студент \_\_3\_\_ курсу*

*групи \_\_ДК-82\_\_*

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського”**

Факультет електроніки

Кафедра Конструювання електронно-обчислювальної апаратури

Дисципліна Фізико-теоретичні основи конструювання ЕОА

Курс III Група ДК-82 Семестр 6

**ЗАВДАННЯ**

**на курсовий проект студента**

Ниша Євгенія Романовича

(П.І.Б.)

1. Тема проекту (роботи) Захист телефону від піратів
2. Термін подання студентом проекту 1 червня 2021 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Схема електрична принципова, перелік елементів, друкований монтаж, сучасна база і технологія, друкований вузол спроектований в середовищі Altium Designer.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки
  - 1) Вступ
  - 2) Опис та аналіз схеми електричної принципової
  - 3) Вибір та обґрунтування використання елементної бази
  - 4) Розміщення конструктивних елементів по посадковим місцям
  - 5) Конструкторсько-технологічний розрахунок друкованої плати
  - 6) Електричний розрахунок друкованої плати
  - 7) Розрахунок основних показників надійності
  - 8) Методика проектування друкованого вузлу у середовищі Altium Designer
  - 9) Висновки
  - 10) Література
5. Перелік графічного матеріалу (з точним вказанням обов'язкових креслень)
  - 1) Схема електрична принципова з переліком елементів
  - 2) Складальне креслення
  - 3) Друкована плата
  - 4) Складальне креслення друкованої плати зі специфікацією

6. Дата видачі завдання 14 .02.2021

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів курсового проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Розробка технічного завдання	15.02.2021-21.02.2021	
2.	Аналіз схеми електричної принципової	22.02.2021-07.03.2021	
3.	Вибір та обґрунтування використання елементної бази	08.03.2021-27.03.2021	
4.	Проектування схеми в Altium Designer	28.03.2021-04.04.2021	
5.	Розміщення конструктивних елементів на друкованій платі	05.04.2021-11.04.2021	
6.	Конструкторсько- технологічний розрахунок друкованої плати	12.04.2021-18.04.2021	
7.	Проектування плати у Altium Designer	19.04.2021-25.04.2021	
8.	Електричний розрахунок друкованої плати	26.04.2021-02.05.2021	
9.	Розрахунок надійності	03.05.2021-10.05.2021	
10.	Виконання креслення друкованої плати	16.05.2021-19.05.2021	
11.	Виконання складального креслення друкованого вузла	20.05.2021-23.05.2021	
12.	Оформлення пояснювальної записки	23.05.2021-29.05.2021	

Студент \_\_\_\_\_ (підпис) Ниш Є.Р. (П.І.Б.)

Керівник \_\_\_\_\_ (підпис) Губар В.Г. (П.І.Б.)

## Зміст

Вступ .....	6
Розділ 1. Опис та аналіз схеми електричної принципової .....	7
Розділ 2. Вибір та обґрунтування використання елементної бази .....	9
2.1. Вибір елементної бази .....	9
2.2 Посадкові місця елементів .....	15
Розділ 3. Розміщення конструктивних елементів в монтажному просторі друкованої плати .....	19
Розділ 4. Конструкторсько-технологічний розрахунок друкованої плати.....	25
4.1. Вибір типу друкованої плати .....	25
4.2. Вибір матеріалу ДП.....	26
4.3. Метод виготовлення ДП .....	28
4.4. Вибір класу точності.....	28
4.5. Конструкторсько-технологічний розрахунок елементів ДП .....	31
4.5.1. Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та землі .....	31
4.5.2. Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому .....	33
4.5.3. Визначення номінального діаметра монтажного отвору .....	33
4.5.4. Визначення діаметра контактної майданчику.....	34
4.5.5. Визначення мінімальної ширини провідника .....	35
4.5.6. Визначення мінімальної відстані між провідником і контактним майданчиком.....	36
4.5.7. Визначення мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками (між краями провідників) .....	37
4.5.8. Визначення мінімальної відстані між двома контактними майданчиками .....	38

					ДК82.469338.001 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Ниш Є.Р.			Захист телефона від піратів	Літ.	Арк.	Архів	
Перевірив		Адаменко І.О.					4	60	
Реценз.						КПІ ім. І.Сікорського, ФЕЛ, КЕОА, гр. ДК-82			
Н. Контр.		Гидар В.Г.							
Затвердив		Гидар В.Г.							
					Пояснювальна записка				

<b>Розділ 5. Електричний розрахунок друкованої плати .....</b>	<b>40</b>
<b>5.1. Визначимо падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику</b>	<b>40</b>
<b>5.2. Визначимо потужність втрат двосторонньої друкованої плати .....</b>	<b>41</b>
<b>5.3. Визначимо ємність між двома сусідніми провідниками, що розташовані на одній стороні друкованої плати та мають однакову ширину .....</b>	<b>42</b>
<b>5.4. Взаємна індуктивність двох паралельних друкованих провідників однакової довжини .....</b>	<b>42</b>
<b>Розділ 6. Розрахунок основних показників надійності друкованого вузла .....</b>	<b>44</b>
<b>Розділ 7. Методика проектування друкованого вузлу в середовищі Altium Designer .....</b>	<b>51</b>
<b>7.1. Створення проекту друкованої плати .....</b>	<b>51</b>
<b>7.2. Створення бібліотеки компонентів .....</b>	<b>51</b>
<b>7.3. Створення схеми електричної принципової .....</b>	<b>52</b>
<b>7.5. Створення розводки друкованої плати .....</b>	<b>52</b>
<b>Висновки .....</b>	<b>53</b>
<b>Список використаних джерел .....</b>	<b>55</b>
<b>Додатки .....</b>	<b>56</b>
<i>Додаток А .....</i>	<i>57</i>

## Вступ

На сьогоднішній день науково-технічного прогресу величезну роль відіграє розвиток електроніки. Електронна промисловість визначає науково-технічний і економічний потенціал нашої країни і всього світу. В дану галузь промисловості входить безліч об'єднань, заводів, конструкторських бюро, дослідних центрів, ремонтних майстерень.

Досить часто користувачі стаціонарних телефонів не завжди уважні в наборі якогось з номерів, в наслідок чого вони можуть невірно набрати номер і втратити певні кошти. Тому було прийняте рішення виконати пристрій, який захищав би користувача від даних дій.

В даному курсовому проєкті буде розглянуто повний цикл проєктування друкованого вузла захисту телефона від піратів, від створення технічного завдання до розробки друкованої плати, створення документації, проведення різного характеру розрахунків і т.д.

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		6

## Розділ 1. Опис та аналіз схеми електричної принципової

Принцип роботи системи полягає в «затягуванні» фронтів і спадів імпульсів набору, в результаті чого АТС не сприймає ці імпульси, як набір номера. Цей пристрій при наявності паралельного, або спареного телефона «захищає» також і їх, роблячи неможливим набір номеру.

Поки трубка лежить на телефоні, на виводі 1 DD1.1 присутня напруга близько 9 В, це рівень логічної "1". Стабілітрони VD1, VD3 захищають входи мікросхеми від випадкового перевищення напруги. При знятій трубці напруга на виході дільника падає приблизно до 1,8 В, що відповідає рівню логічного "0". Пристрій готовий до роботи.

При спробі виходу на міжміську АТС, а саме при наборі цифри "8" лічильник DD3.2 підрахує вісім імпульсів. У той же час на вхід лічильника DD3.1 надійде один імпульс по тривалості трохи більший, ніж тривалість набору цифри. При цьому на виході лічильника DD3.2. на проміжок часу між цифровою паузи фіксується код набраної цифри. З виходів 1 DD3.1 і 8 DD3.2 рівні логічних "1" через схему збігу DD8.3 і інвертор VT1 встановлять тригер DD4.2 в одиничний стан. Логічна "1" з прямого виходу тригера DD4.2 відкриває ключ DA1. Тим самим блокується подальша робота лінії зв'язку. Рівень логічного "0" з інверсного виходу тригера DD4.2 блокує роботу лічильників DD3.

При наборі забороненого трьох- або семизначного телефонного номера лічильник DD3.1 підрахує кількість набраних цифр, лічильник DD3.2 - імпульси набраній цифри. Першим же імпульсом набору цифри запускається одновібратор DD4.1. Рівень логічної "1" з прямого виходу одновібратора забороняє читання даних ППЗУ DD5 на час вибірки адреси. По спаду останнього імпульсу набору цифри одновібратор DD4.1 повертається в початковий стан. Код адреси ППЗУ

зафіксований на час з моменту закінчення набору цифри до повернення в початковий стан одновібратора DD1.3, DD1.4.

Рівень логічної “1” з прямого виходу одновібратора DD4.1 дозволяє читання інформації з вибраної комірки пам'яті ППЗУ, а рівень логічної “1” з інверсного виходу дозволяє запис біта інформації в регістр DD6.

По спаду імпульсу на виході одновібратора DD1.3, DD1.4 рівнем “1” з виходу інвертора DD7.2 обнуляє лічильник DD3.2. При наборі інших цифр номера робота пристрою аналогічна.

У разі набору небажаного номера в розрядах регістру DD6 буде записана комбінація з трьох, або семи логічних "одиниць". З виходів регістра комбінація логічних рівнів надходить на схеми збігу DD8.1, DD8.2 - при наборі семизначного номера. Рівень логічної “1” з виходу елемента DD7.1 або DD8.2 відкриває ключ DA1, блокуючи лінію зв'язку.

Якщо ж набраний номер буде відрізнятися хоча б однією цифрою, у відповідний розряд регістра DD6 запишеться рівень логічного “0”. Збігу не станеться, блокування лінії зв'язку не буде.

Елемент DD2.3 усуває блокування лінії при наборі третьої, п'ятої або сьомої за рахунком цифр 8, 9 або 0.

Блокування тризначних номерів, що починаються з нуля, відбувається аналогічно набору цифри “8”. Це пов'язано з тим, що при наборі нуля лічильником DD3.2 буде підраховано десять імпульсів. На виходах лічильника DD3, а значить, на входах елемента DD8.3 будуть діяти рівні логічних “одиниць”.



## Розділ 2. Вибір та обґрунтування використання елементної бази

### 2.1. Вибір елементної бази

Вибір елементної бази було проведено з врахуванням умов та вимог, які викладені в ТЗ(додаток ).

Всі компоненти повинні бути вибрані, а також переконливо обґрунтовано їх використання. Методика вибору компонентів однакова. Основну увагу буде приділено до вибору основних компонентів - аналогових мікросхем.

Методу вибору ІС по зрівнювальним параметрах та методу вибору по узагальненим критеріям приписують недолік – немає одного критерію, за допомогою якого можна було б виділити з множини елементів, що розглядаються такий конструктивний елемент, який володів би оптимальною сукупністю параметрів.

Такого недоліку не має метод вибору ІС по матриці параметрів. Цей метод включає два перших методи.

Вибір серії ІС виконаємо по матриці параметрів. Для цього виберемо три ІС аналогічних за своєю функціональністю, різних серій CD74HC10M, SN74HC10QDREP, CD74HC10MT. Дані мікросхеми виконують функцію 3 елементи NAND. Значення параметрів мікросхем представлені в таблиці 2.1.1.

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата		9

Таблиця 2.1.1. - Основні параметри ІС, що порівнюються

Серія ІС	Параметри					
	Напруга живлення max., В	Вхідний струм, мА	Вихідна напруга високого рівня, В	Вихідна напруга низького рівня, В	Час затримки, нс	Максимальна температура, °С
М	5	0,1	3	0,4	30	125
DREP	6	1	3,4	0,5	19	125
MT	5, 5	0,1	3,1	0,4	25	125
Ваговий коеф. $b_j$	0,15	0,2	0,1	0,1	0,35	0,1

В таблицю вводиться ваговий коефіцієнт. Величина вагового коефіцієнта вибирається відповідно до важливості того чи іншого параметра, при цьому більш важливому параметру повинен відповідати більший ваговий коефіцієнт  $b_j$ . Величина вагового коефіцієнта повинна бути обмежена (див. 2.1.1.):

$$\sum_{j=1}^m b_j = 1 \quad (2.1.1)$$

Найбільш важливим параметром являється час затримки роботи мікросхеми, тому що проєктований пристрій має забезпечувати досить хорошу швидкодію, а це досягається вибором мікросхеми з найменшою затримкою роботи. Іншим параметрам присвоюємо вагові коефіцієнти в порядку важливості.

Складемо матрицю параметрів  $|X|$  згідно таблиці 2.1.

$$X =$$

5	0,1	3	0,4	30	125
6	1	3,4	0,5	19	125
5,5	0,1	3,1	0,4	25	125

Аналізуємо параметри (стовпчики) матриці  $|X|$  та приведемо їх до такого вигляду, щоб більшому значенню параметра відповідало найкраща якість ІС. Параметри, що не задовольняють цій умові, перераховуються за формулою (див. 2.1.2.):

$$Y_{ij} = \frac{1}{x_{ij}} \quad (2.1.2.)$$

де:  $i = \overline{1, n}$  – кількість вибраних ІС

$j = \overline{1, m}$  – кількість параметрів ІС

Кращими властивостями мікросхеми є: маленька затримка, низький вхідний струм, низька напруга живлення, низька вихідна напруга нуля, висока вихідна напруга одиниці, висока температура роботи. Виходячи з цього матриця наведених параметрів  $|Y|$  має вигляд:

$$Y =$$

0,2	10	3	0,4	0,03	125
0,16	1	3,4	0,5	0,05	125
0,18	10	3,1	0,4	0,04	125

Матрицю  $|Y|$  наведених параметрів приведемо до матриці  $|A|$  - нормованих параметрів.

Нормування параметрів виконуємо за наступною формулою (див. 2.1.3.):

$$a_{ij} = \frac{\max_j y_{ij} - y_{ij}}{\max_j y_{ij}} \quad (2.1.3)$$

де:  $\max_j y_{ij}$  – максимальний елемент в стовпчику |Y|

$y_{ij}$  – поточне значення елемента в стовпчику |Y|

Матриця нормованих параметрів A має вигляд:

A =

0	0	0,12	0,2	0,4	0
0,2	0,9	0	0	0	0
0,1	0	0,088	0,2	0,2	0

Для узагальненого аналізу системи параметрів вводять оціночну функцію  $Q_i$ , яка визначається (див. 2.1.4.):

$$Q_i = \sum_{j=1}^m a_j \cdot b_j \quad (2.1.4.)$$

$$Q_M = 0 \cdot 0,15 + 0 \cdot 0,2 + 0,12 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 0,1 + 0,4 \cdot 0,35 + 0 \cdot 0,1 = 0,172$$

$$Q_{DREP} = 0,2 \cdot 0,15 + 0,9 \cdot 0,2 + 0 \cdot 0,1 + 0 \cdot 0,1 + 0 \cdot 0,35 + 0 \cdot 0,1 = 0,21$$

$$Q_{MT} = 0,1 \cdot 0,15 + 0 \cdot 0,2 + 0,08 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 0,35 + 0 \cdot 0,1 = 0,11$$

Визначивши  $Q_i$  для кожної ІС, обираємо ту ІС, яка за сукупністю параметрів найбільш повно задовольняє вимоги ТЗ на розробку друкованого вузла. Найменшим значенням  $Q_i$  відповідає найкраща ІС.

З аналізу значень  $Q_i$  робимо висновок, що оптимальною по розглянутих параметрах є ІС МТ. Ця серія мікросхем і буде використовуватися при розробці пристрою. Вона володіє найбільш підходящими значеннями параметрів.

Аналогічним способом обираємо серії мікросхем TC74AC04 і CD74AC02, для них ми будемо використовувати серію МТ. Для мікросхем: CD4061, MC14518 будемо використовувати серію В.

Електричні конденсатори є засобом накопичення електроенергії в електричному полі. Електричні характеристики конденсатора визначаються його конструкцією і властивостями використовуваних матеріалів.

При виборі конденсатора для конкретного пристрою враховуємо наступні параметри:

- необхідне значення ємності конденсатора;
- робочу напругу конденсатора;
- необхідну точність;
- тип конденсатора;
- робочу температуру;
- спосіб монтажу.

Аналізуючи дані параметри, вибрали конденсатор, який буде задовольняти всі вимоги викладені в ТЗ і схемою електричною принциповою. Конденсатори в корпусі 0805 для поверхневого монтажу з діелектриком X7R, точність конденсаторів  $\pm 5\%$ . Робоча напруга 50 В. Діапазон робочих температур: від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ . Даний конденсатор широко поширений, характеризується високою стабільністю ємності, широким діапазоном робочих температур, невисокою вартістю.

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

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

При виборі типу резистора враховуємо наступні параметри:

- номінальний опір;
- нормований допуск;
- розсіювальну потужність;
- робочу температуру;
- тип резистора;
- максимальну робочу напругу;
- спосіб монтажу.

Виходячи з вимог викладених в ТЗ і схеми електричної принципової, обрали підходящий тип резисторів. Будемо використовувати резистори SMD в корпусі 0805. У пристрої використання резисторів з допуском  $\pm 5\%$  підходить. Потужність 0,125 Вт. Резистори керамічні. Робоча температура  $-55 \dots + 125 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ці величини з великим допуском покривають температурний режим роботи резистора в пристрої. Максимально робоча напруга 300В, є достатньою для коректної роботи пристрою.

Вибираємо біполярний рnp транзистор BC856B, який має корпус для поверхневого монтажу, його максимально допустимий струм 100 мА. Максимальні напруги, колектор-емітер 65 В, колектор-база рівна 80 В. Діапазон робочих температур: від  $-65 \text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+ 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Даний транзистор має високу стабільність, працює на широкому діапазоні температур, доступний по вартості.

При виборі діодів та стабілітронів головною метою було знайти аналог вітчизняного діода КД520, та вітчизняного стабілітрона Д814В для поверхневого монтажу. Діод 1N4148W від компанії Yangjie та стабілітрон BZX384 від компанії NXP найкраще відповідають характеристикам вітчизняних компонентів, тому було прийняте рішення взяти дані компоненти.

Вибір роз'ємів проводився по наступним критеріям: роз'єм повинен бути на два входи та чітко кріпитися на друковану плату. Мною було вибрано роз'єм

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

PLS-2 від компанії Ningbo Zhenqin Electronic. Ці роз'єми досить широко використовуються в різних пристроях і за роки використання гарно себе показують в роботі.

## 2.2 Посадкові місця елементів

Посадкове місце ІС визначається видом корпусу, який характеризується його габаритними розмірами, числом контактів та розташуванням їх відносно площини основи корпусу. Контакти мікросхеми можуть розташовуватися в площині основи корпусу (планарні виводи) або бути перпендикулярними йому (штирові виводи).

У пристрої використовуємо SMD мікросхеми. Вибір даного типу компонентів був зроблений виходячи з великої кількості переваг. Основною перевагою є зменшення габаритів корпусу, а отже збільшення щільності розміщення компонентів і зменшення габаритів, маси пристрою. Для подальшого монтажу ІС на друкованій платі, розглянемо посадкові місця для мікросхем: 74НС86, 74НСТ74, CD74АС02, MC14518, SN74НС1, TC74АС04.

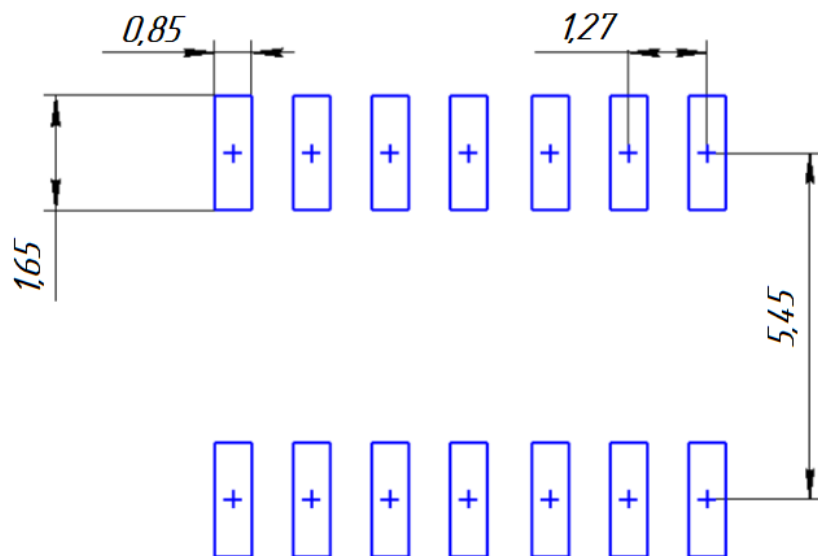


Рис.2.1.1. Посадочне місце мікросхеми 74HC86

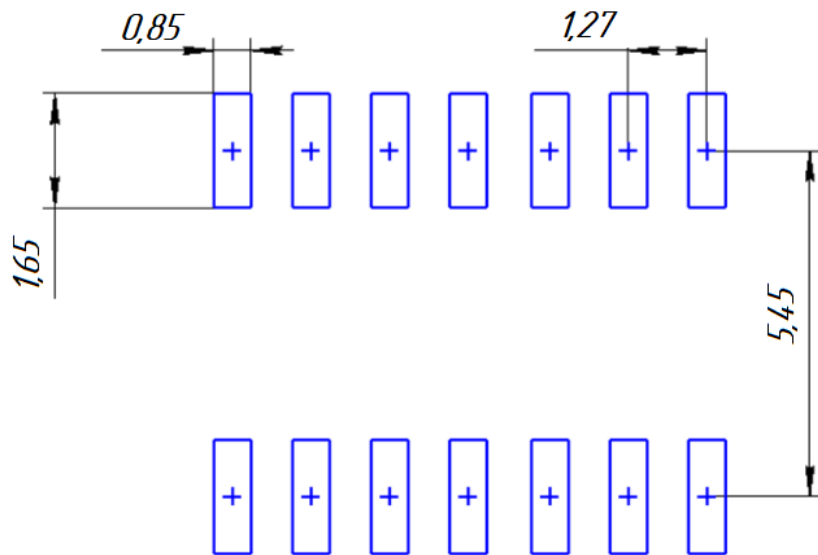


Рис.2.1.2. Посадочне місце мікросхеми 74HCT74, SN74HC1



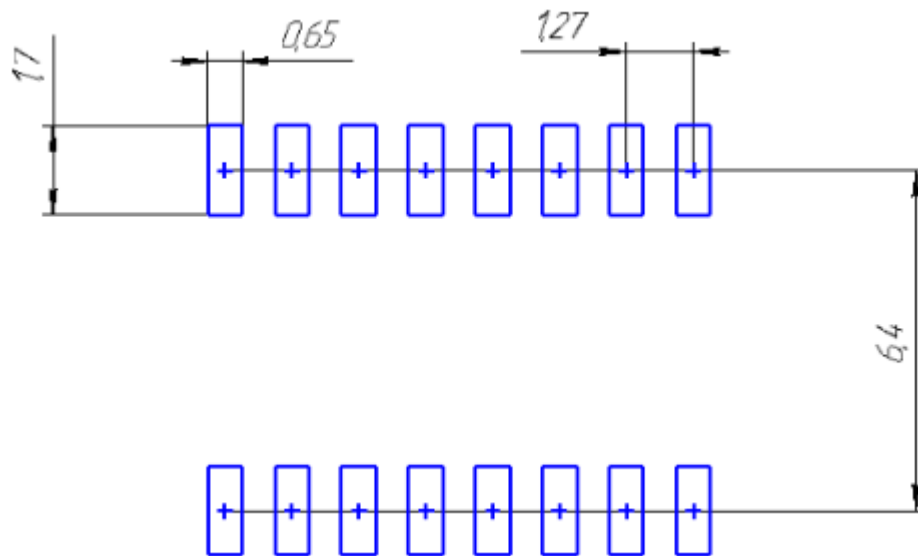


Рис.2.1.3. Посадочне місце мікросхеми CD74AC02, TC74AC04

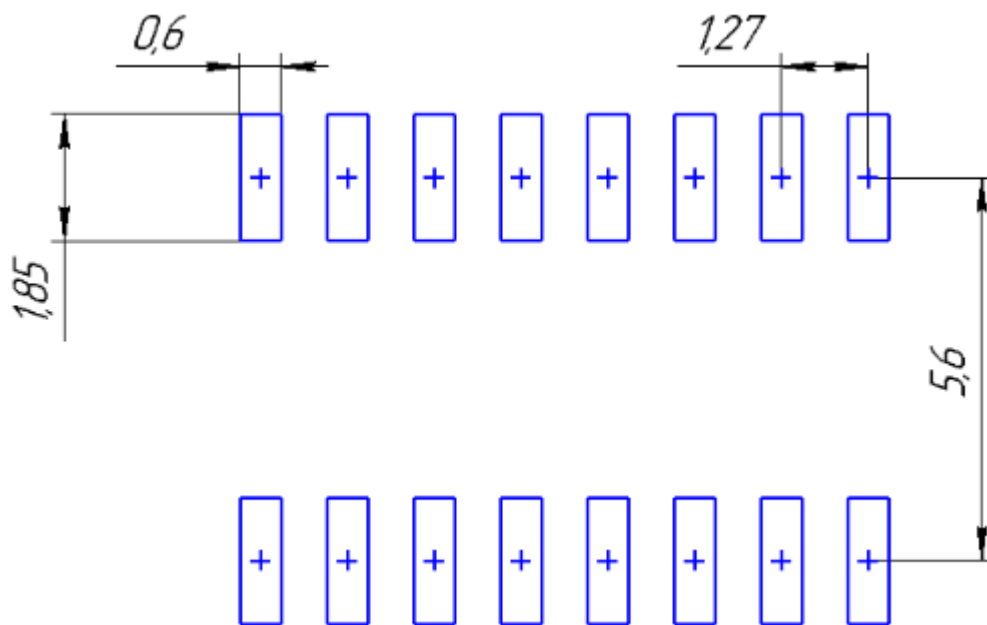


Рис.2.1.4. Посадочне місце мікросхеми MC14518

## Висновок

Було виконано поставлене завдання, а саме зробили вибір елементів і розглянули посадочні місця ІС. У першій частині роботи проаналізували параметри і обрали необхідні елементи.

В пристрої використовуватимемо: мікросхеми 74НС86, 74НСТ74, CD74AC02, MC14518, SN74НС1, TC74AC04, резистори SMD 0805 5%, керамічні конденсатори 0805 50В Х7R 10%, транзистори BC856В. Вибір даної елементної бази дозволяє забезпечити надійну роботу виробу.

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

### Розділ 3. Розміщення конструктивних елементів в монтажному просторі друкованої плати

При вирішенні задачі розміщення КЕ завжди дана схема електрична принципова, що описується матрицею зв'язків А. Отже необхідно буде на кожне посадочне місце оптимально розмістити КЕ.

В якості критеріїв оптимальності використовуємо ряд критеріїв:

- мінімум сумарної довжини всіх з'єднань, тобто довжини всіх провідників повинні бути короткими;
- 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 ..

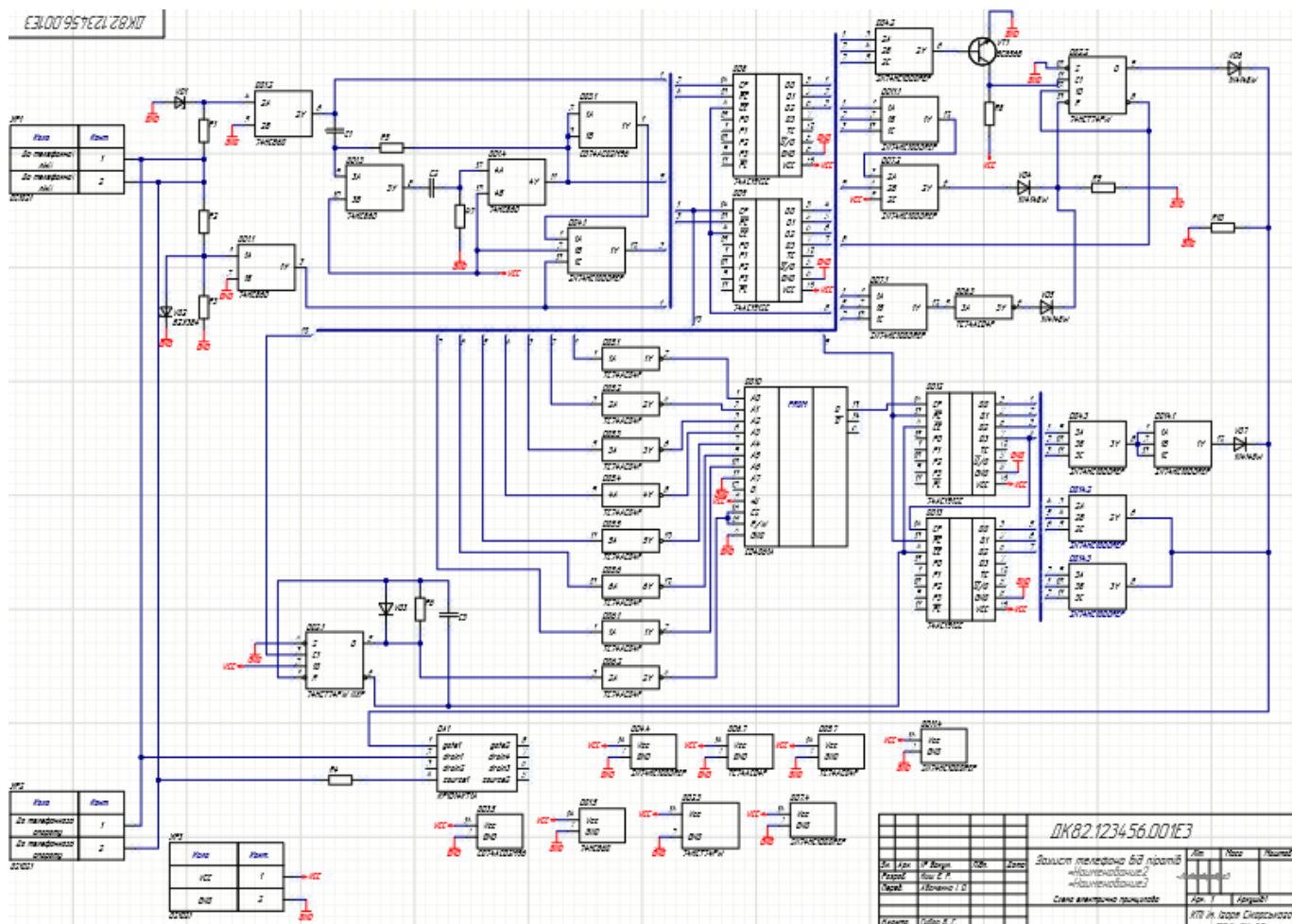


Рис.3.1. Схема електрична принципова пристрою

Для більшої зручності спочатку спростимо принципову схему. Спрощення будемо виконувати так: всі резистори конденсатори виключаємо із нашої схеми. Також прибираємо транзистори, стабілітрон та діоди. Для подальших дій залишені мікросхеми та роз'єм.

На рисунку нижче буде наведено спрощений варіант схеми електричної принципової (див. рис.3.2).



Матриця зв'язків  $|A|$ :

	DA1	DD1	DD2	DD3	DD4	DD5	DD6	DD7	DD8	DD9	DD10	DD11	DD12	DD13	DD14	XP1	XP2	P(X)
DA1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	8
DD1	2	0	1	3	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	11
DD2	1	1	0	0	0	0	2	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0	9
DD3	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
DD4	0	2	0	1	0	0	0	0	2	3	0	0	3	0	3	0	0	14
DD5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	6	0	0	0	0	0	0	10
DD6	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	7
DD7	0	0	1	0	0	0	1	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	7
DD8	0	2	0	0	2	3	0	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0	12
DD9	0	1	2	0	3	1	1	3	1	0	0	0	1	1	0	0	0	14
DD10	0	0	0	0	0	6	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10
DD11	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
DD12	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0	0	10
DD13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0	0	6
DD14	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	10
XP1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
XP2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Рис. 3.3. Матриця зв'язків  $KE$

Аналізуючи отримані результати, розташуємо  $KE$  на посадкові місця, згідно матриці з'єднань  $|A|$  (див. рис.3.4.):

P1	P2	P3	P4	P5
XP3	DD11	DD8	DD5	DD10
P6	P7	P8	P9	P10
XP1	DD12	DD4	DD6	DD13
P11	P12	P13	P14	P15
XP2	DD14	DD9	DD7	
P16	P17	P18	P19	P20
DA1	DD1	DD3	DD2	

Рис. 3.4. Розміщення  $KE$  на посадкових місцях

Отже першим розміщеним елементом буде мікросхема DD4, яку встановлено на посадкове місце P8, так як вона має найбільшу кількість зв'язків. DD9, DD12 та DD14 має однакову кількість зв'язків з мікросхемою DD4 (по 3 зв'язки), а отже доцільно буде її розташувати поблизу на позиції P13, P7, P12 відповідно. DD8 та DD4 мають 2 зв'язки, тому DD8 присвятимо посадкове місце P3. DD5 та DD11 має по 3 зв'язки з DD8, відповідно їх розташуємо по обидві сторони мікросхеми DD8 – це позиція P4 для DD5, P2 для DD11. На P14 розташуємо DD7, через його зв'язки із DD9. DD10 має 6 зв'язків з DD5, та 3 зв'язки з DD6, тому ставимо його на позицію P5. DD6 ставимо в позицію P9. DD1 має по 2 зв'язки з мікросхемами DD4 та DD8, тому доцільно розмістити дану мікросхему на позицію P17. DD3 має 3 зв'язки з DD1, призначимо цьому елементу позицію P18. На позицію P19 встановимо мікросхему DD2. DD13 має 3 зв'язки з DD14, його посадко місце P10. В нас залишаються чотири місця по лівому краю плати, 3 з яких були зарезервовані для роз'ємів XP1, XP2, XP2, посадкові місця для даних роз'ємів відповідно P6, P11, P1. DA1 має по 2 зв'язки з роз'ємами XP1 та XP2, тому встановимо мікросхему на позицію P16.

Від отриманого результату розміщення буде залежати масо-габаритні розміри плати, а також надійність та завадостійкість. При установці всіх компонентів на платі треба врахувати усі критерії. Також дуже важливим фактором є температурний режим, а також габаритні розміри корпусу КЕ, що повинно бути враховано при розміщенні на ДП. При цьому зазор між корпусами не повинен бути менше 1,25 мм. Інтегральні мікросхеми на ДП розташовуються лінійно-багаторядно, також допускається розміщення в шаховому порядку.

## Висновок

Отже у даній роботі було виконано розташування КЕ по посадкових місцях. Для цього з множин КЕ та ПМ було створено матрицю з'єднань. Проаналізувавши матрицю з'єднань, розподілили елементи на платі. Завдяки зменшенню довжини ліній зв'язку, компактного, рівномірного розміщення елементів зменшуються габарити, маса друкованого вузла, витрати на його виготовлення, а також збільшується надійність та стійкість. Таким чином можна отримати досить компакту ДП, із малими довжинами ліній зв'язку. Але виконуючи розміщення за таким методом необхідно пам'ятати про інші важливі параметри, типу габаритних розмірів та температурних режимів, або, наприклад, неможливість врахувати усі критерії та вимоги до правильного розташування.

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		24



## Розділ 4. Конструкторсько-технологічний розрахунок друкованої плати

При проектуванні ДВ обов'язковою задачею є виконання конструкторсько-технологічний розрахунок елементів друкованого монтажу.

Спочатку потрібно вибрати тип ДП, матеріал, з якої буде виготовлено ДП та метод виготовлення. Також потрібно обрати клас точності, а вже після виконання цих двох пунктів можна виконувати сам розрахунок.

### 4.1. 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 площадки, металізовані монтажні отвори. Їх застосування підвищує надійність апаратури, забезпечує повторюваність електричних параметрів, створює передумови для автоматизації виробництва (висока продуктивність і низька собівартість), зменшує габарити і масу.

Друковані плати за конструкцією поділяються на такі класи:

- односторонні (одношарові) – ОДП;
- двосторонні (двошарові) - ДДП ;
- 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 володіють

високою щільністю монтажу, підвищеною надійністю 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.

БДП складаються з чергованих тонких шарів діелектрика і провідних малюнків. У процесі виробництва всі шари фізично з'єднуються в одне ціле - багатошарова основа. Залежно від технології виготовлення (пресування) БДП, електричне з'єднання багатошарової структури може бути здійснено або наскрізними перехідними отворами, або із застосуванням міжшарових переходів.

Міжшарові переходи з зовнішніх шарів на внутрішні називаються глухими, а міжвнутрішніми шарами - прихованими.

Згідно ТЗ та схеми електричної принципової вибираємо ДДП для нашого пристрою. Такий вибір зроблений виходячи з аналізу типів ДП. У зв'язку з кількістю зв'язків між елементами і потребою в зменшенні габаритів ДВ використання ОДП не оптимальне. Також виходячи з тривалості технологічного циклу і підвищеної вартості виробництва не використовуємо БДП. Вибір ДДП дозволяє забезпечити необхідну точність, щільність монтажу, надійність і забезпечити мінімальну вартість.

#### **4.2. Вибір матеріалу ДП**

Від вибору матеріалу ДП буде напряду залежати працездатність та надійність електронного пристрою при раціональних економічних витратах у виробництві. При виборі враховують наступні аспекти:

- призначення електронної системи: технічні умови до виробу, очікуваний робочий ресурс, елементна база з характеристиками по швидкодії, вихідному опору, рівню робочих сигналів, напрузі живлення і т. д.;
- ремонтпридатність та можливість виконання заміни вузлів;
- навколишні умови при зберіганні та роботі;
- базові та допоміжні матеріали: обсяг можливих поставок, вартість, необхідність відбору за спеціальними вимогами.

При виробництві ДП застосовуються вітчизняні та імпорتنі матеріали різних виробників. Матеріали, що застосовуються в якості основи для ДП повинні мати: високі електроізоляційні властивості, достатню механічну міцність, бути стійкими до кліматичних впливів. Цим вимогам задовольняють електротехнічні матеріали: склотекстоліт, кераміка, фторопластова плівка, сапфір і ін..

Найбільш поширеним матеріалом для виробництва ДДП і БДП є FR-4. Стандартний FR-4 представляє собою композитивний матеріал на основі скловолокна (склотекстоліта). Застосування FR-4 дозволяє отримати отвори високої якості, а це важливо для монтажу елементів в отвори.

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.

Таким чином, для реалізації ДДП обраний сучасний, з високими параметрами матеріал FR4-2-35-1,5. Даний матеріал є фольгованим склотекстолітом з підвищеною нагрівостійкістю, товщиною 1,5 мм, облицьований з двох сторін мідною електролітичною фольгою товщиною 35 мкм.

### 4.3. Метод виготовлення ДП

При виборі необхідного методу виготовлення були розглянуті такі методи:

- комбінований позитивний метод;
- хімічний субтрактивний метод.

Комбінований позитивний метод має ряд переваг:

- можливість відтворення всіх типів друкованих елементів з високою точністю;
- захищеність фольгою ізоляції від технологічних розчинів - хороша надійність ізоляції;
- хороша міцність зчеплення металевих елементів плати з діелектричним підставою.

Також цей метод має недоліки:

- відносно велика глибина травлення (фольга + металізація) створює бічне підтравлювання, що обмежує роздільну здатність процесу;
- після травлення малюнка схеми, металорезист освітлюють для поліпшення пайки, або видаляють і, після нанесення паяльної маски, осаджують фінішні покриття під пайку. Обидва варіанти вимагають додаткових капітальних витрат і прямих витрат.

Вивчивши переваги, недоліки комбінованого методу і вимоги викладені в ТЗ, будемо використовувати комбінований позитивний метод.

### 4.4. Вибір класу точності

Точність виготовлення ДП залежить від комплексу технологічних параметрів і з практичної точки зору визначає основні параметри елементів ДП. В

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

першу чергу це відноситься до мінімальної ширини провідників, мінімального зазору між елементами провідного малюнка і до ряду інших параметрів. ГОСТ 23571-86 передбачає п'ять класів точності ДП.

При конструкторсько-технологічному розрахунку необхідно використовувати граничні значення елементів друкованого монтажу з урахуванням похибки їх виконання. Необхідні граничні значення елементів друкованого монтажу і допустимі похибки наведені в таблицях 4.4.1. і 4.4.2.

*Таблиця 4.4.1. Граничні значення основних параметрів ДМ*

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

*Таблиця 4.4.2. Допустимі похибки виконання елементів ДМ*

Похибка	Позначення	Максимальне значення, мм
Зміщення провідників відносно ліній КС	$\delta_{\text{сп}}$	0,05
Розташування отворів (всіх) відносно вузлу КС	$\delta_o$	0,07
Розташування КМ відносно вузлу КС	$\delta_{\text{км}}$	0,015(0,05)
Фотокопії та фотошаблону	$\delta_{\text{фф}}$	0,06
Розташування КМ відносно вузлу КС на фотошаблоні	$\delta_{\text{сш}}$	0,05

Випуск ДП другого і третього класів 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.

ДП третього класу - найбільш поширені, оскільки, з одного боку, забезпечують досить високу щільність трасування і монтажу, а з іншого - для їх виробництва досить рядового, хоча і спеціалізованого устаткування.

ДП четвертого класу точності мають велику щільність монтажу та використовуються переважно для монтажу на них компонентів SMD-типу. ДП такого класу виготовляються на високоточному обладнанні та мають високі вимоги до матеріалу. Також такі ДП можуть похвалитися гарною надійністю.

Виготовлення ДП п'ятого класу точності вимагає застосування унікального високоточного обладнання, спеціальних (як правило, дорогих) матеріалів і навіть

створення у виробничих приміщеннях “чистої зони”. Таким вимогам відповідає далеко не кожне виробництво.

Для нашої ДП вибираємо четвертий клас точності, так як він забезпечує достатню щільність трасування і монтажу з урахуванням необхідних габаритів пристрою.

#### 4.5. Конструкторсько-технологічний розрахунок елементів ДП

##### 4.5.1. Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та землі

Мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струму  $b_{minI}$  (мм) для ланцюгів живлення та “землі” визначається виразом (див. 4.5.1.1.):

$$b_{minI} = \frac{I_{max}}{j_{доп} \cdot t_{пров}} \quad (4.5.1.1.)$$

де  $I_{max}$  - максимально можливий струм в ланцюгу,

$j_{доп}$  - допустима щільність струму для ДП, що виготовлені комбінованим позитивним методом,  $j_{доп} = 48 \frac{A}{мм^2}$

$t_{пров}$  - товщина друкованого провідника, що визначається виразом (4.5.1.2.), мм Друкований провідник виготовлено комбінованим позитивним методом. Згідно методу виготовлення:

$$t_{пров} = h_{\phi} + h_{ГМ} + h_{ХМ} \quad (4.5.1.2.)$$

де  $h_{\phi}$  - товщина фольги, залежить від матеріалу,  $h_{\phi} = 0,035$  мм.

$h_{ГМ}$  - товщина шару гальванічно осадженої міді,  $h_{ГМ} = 0,055$  мм.

$h_{ХМ}$  - товщина шару хімічно осадженої міді,  $h_{ХМ} = 0,0065$  мм.

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

Параметр  $I_{\text{max}}$  у виразі (4.5.1.3.) визначається як сума струмів, що споживають всі активні елементи схеми. Значення струмів, що споживаються елементами схеми представлені в таблиці 3

*Таблиця 4.5.1.1. Струми, які споживають елементи схеми*

IC	Кількість IC	$I_{\text{спож}}, \text{ мА}$
74HC860	1	5,2
74HCT74PW	1	20
74ACO2M96	1	20
74HC10QDREP	4	$15 \cdot 4 = 60$
74ACO4F	2	$4 \cdot 2 = 8$
74AC191SC	4	$5,2 \cdot 4 = 20,8$
CD4061A	1	12

$$I_{\text{max}} = 5,2 + 20 + 20 + 60 + 8 + 20,8 + 12 = 146 \text{ мА} \quad (4.5.1.3.)$$

Тоді мінімальна ширина друкованого провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та “землі” визначається наступним чином (див. 4.5.1.4.):

$$b_{\text{minI}} = \frac{I_{\text{max}}}{j_{\text{доп}} \cdot t_{\text{пров}}} = \frac{146 \cdot 10^{-3}}{48 \cdot 0,0965} = 0,03152 \text{ мм} \quad (4.5.1.4.)$$

Отримане значення  $b_{\text{minI}} = 0,03152 \text{ мм}$  мінімальної ширини провідника включає в себе значення обраного 4-го класу точності (0,15 мм). Таким чином, розраховане значення відповідає оптимальній ширині провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та “землі”. Але для зменшення шляху проходження струму до всіх елементів було вирішено використовувати полігони для ланцюгів живлення та “землі”.



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

Мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, визначається наступним виразом (див. 4.5.2.1.):

$$b_{minU} = \frac{\rho \cdot I_{max} \cdot L_{пров}}{t_{пров} \cdot U_{доп}} \quad (4.5.2.1.)$$

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

$L_{пров}$  - довжина самого довгого друкованого провідника на ДП,

$$L_{пров} = 0,1252 \text{ м}$$

$U_{доп}$  - допустиме падіння напруги на друкованому провіднику,

$$U_{доп} = 0,05 \cdot E_{п} = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ В}$$

$$b_{minU} = \frac{\rho \cdot I_{max} \cdot L_{пров}}{t_{пров} \cdot U_{доп}} = \frac{0,0175 \cdot 146 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1252}{0,0965 \cdot 0,25} = 13 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$$

#### 4.5.3. Визначення номінального діаметра монтажної отвору

$$d \geq d_{ве} + \Delta d_{МО} + r \quad (4.5.3.1.)$$

де  $d_{ве}$  – діаметр виводу елемента, для якого визначається діаметр монтажної отвору,

$\Delta d_{MO}$  – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру МО,

$r$  - різниця між мінімальним діаметром МО та максимальним діаметром виводу елементу,  $r = 0,1 \dots 0,2$  мм. В цьому випадку виходить якісне заповнення МО при пайці та оптимальна вага самої пайки.

$$d \geq d_{\text{ве}} + \Delta d_{MO} + r = 0,59 + 0,1 + 0,2 = 0,89 \text{ мм (для XP1, XP2, XP3)}$$

#### 4.5.4. Визначення діаметра контактної майданчику

$$D_{\min} = D_{\min1} + 1,5h_{\phi} + 0,03 \quad (4.5.4.1)$$

де  $D_{\min1}$  - мінімальний ефективний діаметр КМ, мм

$h_{\phi}$  - товщина фольги,  $h_{\phi} = 0,035$  мм. Коефіцієнт  $1,5h_{\phi}$  враховує підтравлювання фольги друкованого провідника в ширину,

0,03 - значить що КМ виготовляють комбінованим позитивним методом.

$$D_{\min1} = 2 \cdot (b_{\text{по}} + \frac{d_{\max}}{2} + \delta_o + \delta_{\text{км}}) \quad (4.5.4.2.)$$

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

$b_{\text{по}}$  - ширина пояса КМ, (див. табл. 4.4.1.)

$\delta_o$  - похибка розташування центру отвору відносно вузла КС, (див. табл. 4.4.2.)

$\delta_{\text{км}}$  - похибка розташування центру КМ відносно вузлу КС, (див. табл. 4.4.2.)

Максимальний діаметр просвердленого отвору ДП:

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (4.5.4.3.)$$

де  $d$  – номінальний діаметр МО,

$\Delta d$  – допуск діаметра отвору,  $\Delta d = 0,05$  мм.

Для ХР1, ХР2, ХР3:

$$d_{max} = 0,89 + 0,05 + 0,1 = 1,04 \text{ мм}$$

$$D_{min1} = 2 \cdot \left( 0,05 + \frac{1,04}{2} + 0,07 + 0,05 \right) = 1,38 \text{ мм}$$

$$D_{min} = 1,38 + (1,5 \cdot 0,035) + 0,03 = 1,43 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр КМ для ХР1, ХР2, ХР3:

$$D_{max} = D_{min} + 0,02 = 1,43 + 0,02 = 1,45 \text{ мм}$$

Для поверхневого монтажу елементів схеми розміри контактної майданчика були взяті з datasheets.

#### 4.5.5. Визначення мінімальної ширини провідника

$$b_{min} = b_{pr}^r + 1,5h_{\phi} + 0,03 \quad (4.5.5.1.)$$

де  $b_{pr}^r$  - мінімальна ширина провідника. Визначаємо з таблиці класів точності (табл. 4.4.1.). Для четвертого класу точності ДМ  $b_{pr}^r = 0,15$  мм.

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

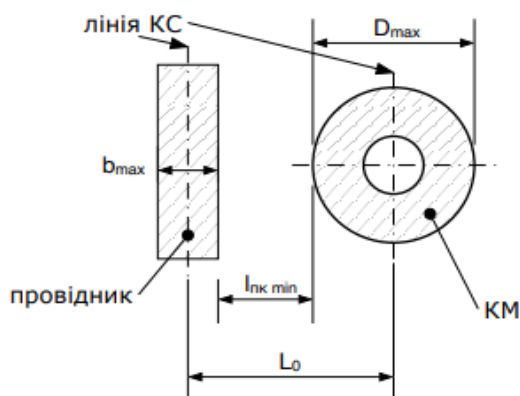
Максимальна ширина провідника (див. 4.5.5.2.):

$$b_{max} = b_{min} + 0,02 \quad (4.5.5.2.)$$

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

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

#### 4.5.6. Визначення мінімальної відстані між провідником і контактним майданчиком



$$l_{\text{ПКМ min}} = L_0 - \left( \frac{D_{\text{max}}}{2} + \delta_{\text{КМ}} + \frac{b_{\text{max}}}{2} + \delta_{\text{СП}} \right) \quad (4.5.6.1.)$$

де  $L_0$  - відстань між центрами отвору та друкованого провідника, що є кратним кроку КС,  $L_0 = 1,27$  мм

$D_{\text{max}}$  - максимальний діаметер КМ,

$b_{\text{max}}$  - максимальна ширина провідника,

$\delta_{\text{КМ}}$  - похибка розташування центру КМ відносно вузлу КС,  $\delta_{\text{КМ}} = 0,05$  мм (табл. 4.4.2.)

$\delta_{\text{СП}}$  - похибка, що враховує зміщення провідника,  $\delta_{\text{СП}} = 0,05$  мм.

Для ХР1, ХР2, ХР3:

$$l_{\text{ПКМ min}} = 1,27 - \left( \frac{1,49}{2} + 0,05 + \frac{0,25}{2} + 0,05 \right) = 0,3 \text{ мм}$$

Для DD1...DD3:

$$l_{\text{ПКМ min}} = 1,27 - \left( \frac{0,82}{2} + 0,05 + \frac{0,25}{2} + 0,05 \right) = 0,62 \text{ мм}$$

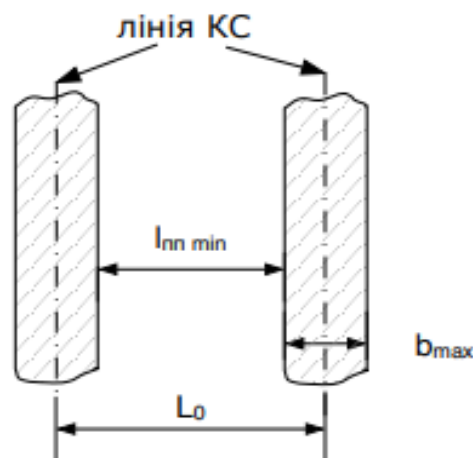
Для DD4...DD8:

$$l_{\text{ПКМ min}} = 1,27 - \left( \frac{0,79}{2} + 0,05 + \frac{0,25}{2} + 0,05 \right) = 0,65 \text{ мм}$$

Для DD9...DD13:

$$l_{\text{ПКМ min}} = 1,27 - \left( \frac{0,85}{2} + 0,05 + \frac{0,25}{2} + 0,05 \right) = 0,62 \text{ мм}$$

#### 4.5.7. Визначення мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками (між краями провідників)

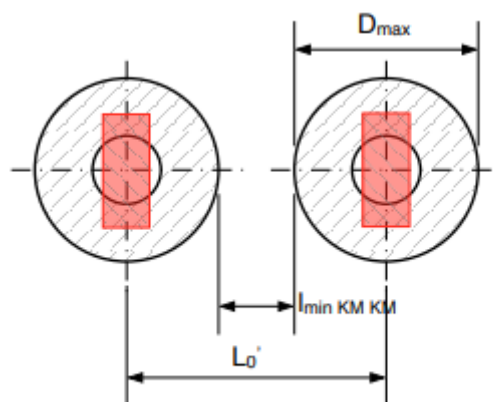


Так як планується проведення деяких провідників між КМ мікросхем, використаємо додаткову КС, тобто  $L_0 = 0,635$  мм.

$$l_{\text{пп min}} = L_0 - (b_{\text{max}} + 2 \cdot \delta_{\text{сп}}) \quad (4.5.7.1.)$$

$$l_{\text{пп min}} = 0,635 - (0,25 + 2 \cdot 0,05) = 0,285 \text{ мм}$$

#### 4.5.8. Визначення мінімальної відстані між двома контактними майданчиками



$$l_{\text{КМ min}} = L'_0 - (D_{\text{max}} + 2\delta_{\text{КМ}}) \quad (4.5.8.1.)$$

де  $L'_0$  – відстань між центрами сусідніх КМ.

Для ХР1, ХР2, ХР3 ( $L'_0 = 2,5$  мм):

$$l_{\text{КМ min}} = 2,5 - (1,49 + 2 \cdot 0,05) = 0,92 \text{ мм}$$

Для DD1...DD3 ( $L'_0 = 1,27$  мм):

$$l_{\text{КМ min}} = 1,27 - (0,82 + 2 \cdot 0,05) = 0,35 \text{ мм}$$

Для DD4...DD8 ( $L'_0 = 1,27$  мм):

$$l_{\text{КМ min}} = 1,27 - (0,79 + 2 \cdot 0,05) = 0,38 \text{ мм}$$

Для DD9...DD13 ( $L'_0 = 1,27$  мм):

$$l_{\text{КМ min}} = 1,27 - (0,85 + 2 \cdot 0,05) = 0,32 \text{ мм}$$

Отже, отримане значення відповідає значенням обраного четвертого класу точності.

### Висновок

Був виконаний вибір оптимальної друкованої плати, яка задовольняє наші вимоги. У пристрої буде використовуватися двостороння друкована плата, виготовлена з FR4-2-35-1,5, комбінованим позитивним методом. Для конструювання ДП вибрали 4-ий клас точності, так як він забезпечує достатню щільність трасування і монтажу з урахуванням необхідних габаритів пристрою. Виконали конструкторсько-технологічний розрахунок елементів ДП. Також були виконані перевіірочні розрахунки, які підтвердили правильність вибору класу точності.

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		39

## Розділ 5. Електричний розрахунок друкованої плати

Важливою задачею проектування ДВ є розрахунок паразитних параметрів друкованої плати, які можуть виникати при їх роботі на високих частотах. 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.

### 5.1. Визначимо падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику

Падіння напруги на друкованому провіднику визначається (див. 5.1.1.):

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{max}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}}} \quad (5.1.1.)$$

де:  $\rho$  - питомий об'ємний опір для комбінованого позитивного методу виготовлення ДП,  $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$

$l_{\text{пр}}$  - максимальна довжина друкованого провідника,  $l_{\text{пр}} = 0,1252 \text{ м}$ .

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

$I_{\text{max}}$  - струм в провіднику,  $I_{\text{max}} = 146 \text{ мА}$ .

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{max}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}}} = \frac{0,0175 \cdot 146 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1252}{0,3 \cdot 0,0965} = 11,049 \text{ мВ}$$

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40



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

## 5.2. Визначимо потужність втрат двосторонньої друкованої плати

Потужність втрат визначається за формулою (див. 5.2.1.):

$$P_{\text{пот}} = 2\pi f \cdot C \cdot E_{\text{п}}^2 \cdot \text{tg}\sigma \quad (5.2.1.)$$

де:  $f = 1$ , тому що розрахунок ведеться на постійному струмі

$\text{tg}\sigma$  - тангенс кута діелектричних втрат для матеріалу друкованої плати  $\text{tg}\sigma = 0,002$  - для матеріалу FR4

$C$  - ємність друкованої плати (див. 5.2.2):

$$C = \frac{0,009 \cdot \varepsilon \cdot S_m}{h} \quad (5.2.2.)$$

де:  $\varepsilon$  - діелектрична проникність,  $\varepsilon = 4,5$  для FR4

$S_m$  - площа металізації,  $S_m = 7613 \text{ мм}^2$

$h$  - товщина друкованої плати,  $h = 1,5 \text{ мм}$

$$C = \frac{0,009 \cdot \varepsilon \cdot S_m}{h} = \frac{0,009 \cdot 4,5 \cdot 7613}{1,5} = 206 \text{ нФ}$$

$$P_{\text{пот}} = 2\pi f \cdot C \cdot E_{\text{п}}^2 \cdot \text{tg}\sigma = 2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 206 \cdot 10^{-9} \cdot 5^2 \cdot 0,002 = 646,8 \text{ мкВт}$$

### 5.3. Визначимо ємність між двома сусідніми провідниками, що розташовані на одній стороні друкованої плати та мають однакову ширину

Наявність ізоляційної основи з великим значенням діелектричної проникності є причиною виникнення великих паразитних ємностей зв'язку і власної ємності провідника.

Величина паразитної ємності (пФ) між двома провідниками визначається за формулою (див. 5.3.1):

$$C = 0,12 \cdot \varepsilon \cdot l_{\text{пр}} \left[ \lg \frac{2S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1} \quad (5.3.1.)$$

де:  $S$  - відстань між двома паралельними провідниками, мм

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

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

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

$$C = 0,12 \cdot \varepsilon \cdot l_{\text{пр}} \left[ \lg \frac{2S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1} = 0,12 \cdot 4,5 \cdot 32 \left[ \lg \frac{2 \cdot 0,5}{0,2 + 0,0965} \right]^{-1} = 33 \text{ пФ}$$

### 5.4. Взаємна індуктивність двох паралельних друкованих провідників однакової довжини

$$M = 0,02 \left( l_{\text{пр}} \cdot \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + L_0 \right) \quad (5.4.1.)$$

де:  $l_{\text{пр}}$  - довжина перекриття паралельних провідників, см

$L_0$  - відстань між вісьовими лініями двох паралельних провідників, см

$$\begin{aligned}
M &= 0,02 \left( l_{\text{пр}} \cdot \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + L_0 \right) \\
&= 0,02 \left( 3,2 \cdot \lg \frac{\sqrt{3,2^2 + 0,074^2} + 32}{0,074^2} - \sqrt{3,2^2 + 0,074^2} + 0,074 \right) \\
&= 0,062 \text{ нГн},
\end{aligned}$$

Отримані значення паразитної ємності ( $C = 33$  пФ) та взаємної індуктивності ( $M = 62$  пГн) дозволяють стверджувати, що на працездатність схеми вони не впливають.

### Висновок

При виконанні електричного розрахунку друкованої плати були враховані фактори, пов'язані з реальною конструкцією. В результаті чого було визначено падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику, потужності втрат двосторонньої друкованої плати, ємності між двома сусідніми провідниками, взаємну індуктивність двох паралельних провідників однакової довжини.

## Розділ 6. Розрахунок основних показників надійності друкованого вузла

Надійність друкованого вузлу 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.

В загальному об'єкти можуть знаходитись у двох станах: в працездатному та непрацездатному. Працездатним називається такий стан об'єкта, при якому він здатний виконувати задані функції з параметрами, які встановлені вимогами технічної документації. Подія, яка характеризується порушенням працездатності об'єкта, називається відмовою.

Всі вироби поділяються на відновлювальні і невідновлювальні. Відновлювальні – такі вироби, працездатність яких у випадку виникнення відмови підлягають відновленню. У невідновлюваних виробів відмови не усуваються.

Найбільш точна кількісна міра надійності кожного конструктивного елементу – його індивідуальне напрацювання до моменту виникнення відмови.

На практиці ж достатньо повна характеристика надійності - щільність розподілення часу безвідмовної роботи даного типу КЕ  $f(t)$  та інтенсивність відмов  $\lambda(t)$ . Функції  $f(t)$  та  $\lambda(t)$  визначаються експериментально. При цьому період нормальної експлуатації для ІС характеризується високою надійністю.

Тоді величини  $f(t)$  та  $\lambda(t)$  зв'язані відношенням (див. 6.1.):

$$f(t) = \lambda^{-\lambda t} \quad (6.1.)$$

Знаючи  $f(t)$  та  $\lambda(t)$ , можна визначити інші кількісні характеристики надійності протягом часу від 0 до  $t$  (див. 6.2.):

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (6.2)$$

Важлива характеристика надійності - середній час безвідмовної роботи, визначається (див. 6.3.):

$$T = \frac{1}{\lambda} \quad (6.3.)$$

Інтенсивність відмов ЕРЕ є їх вихідною характеристикою надійності, залежить від режиму роботи та степені тяжкості таких зовнішніх впливів, як температура, тепловий удар, вологість, вібрації і т.д.

Тоді можна записати (див. 6.4.):

$$\lambda_e = \lambda_{0e} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n \quad (6.4.)$$

де  $\lambda_{0e}$  - інтенсивність відмов елементу при нормальних умовах роботи температура навколишнього середовища –  $T_{\text{навк.серед}} = 20 \pm 5$  °С, відносна вологість -  $65 \pm 15\%$ , коефіцієнт електричного навантаження  $K_H = 1$ ,

$K_1, K_2, \dots, K_n$  - поправочні коефіцієнти, що враховують режими роботи та умови експлуатації.

Для врахування впливу режиму роботи на інтенсивність відмов ЕОА вводять коефіцієнт навантаження  $K_H = \frac{P_{\text{роб}}}{P_{\text{ном}}}$ , що дорівнює відношенню навантаження в робочому режимі до навантаження в номінальному режимі.

Коефіцієнт навантаження для **резисторів** (див. 6.5.):

$$K_{HR} = \frac{P_{\text{роб}}}{P_{\text{ном}}} = \frac{U_{\text{роб}}^2}{R \cdot P_{\text{ном}}} \quad (6.5.)$$

Розрахуємо відповідне значення коефіцієнту для резистору R4:

$$K_{HR} = \frac{5^2}{39 \cdot 10^3 \cdot 0,125} = 0,0051$$

Для всіх інших резисторів розрахунок проводиться аналогічно, дані занесено до Таблиці 6.1.

*Таблиця 6.1.Значення коефіцієнта навантаження для всіх резисторів*

Позначення	Кількість	R	P <sub>ном</sub>	U <sub>роб</sub>	K <sub>HR</sub>
R1	1	390 кОм	0,125 Вт	5 В	0,00051
R2	1	433,5 кОм			0,00046
R3	1	76,5 кОм			0,0026
R4	1	39 кОм			0,0051
R5, R8 – R10	4	100 кОм			0,002
R6, R7	2	82 кОм			0,0024

Виділене значення приймемо за максимально можливий коефіцієнт навантаження для кожного резистору для розрахунку найгіршого випадку.

Коефіцієнт навантаження для **керамічних конденсаторів**:

Для конденсаторів коефіцієнт навантаження визначається по напрузі. Розрахуємо найгірший випадок для конденсаторів (6.6.):

$$K_{HC} = \frac{U_{роб}}{U_{ном}} = \frac{5}{50} = 0.1 \quad (6.6.)$$

Коефіцієнт навантаження **діодів** (за струмом):

В нашому випадку розрахуємо K<sub>н</sub> для діодів за струмом, оскільки струми, за яких працюють ці елементи, значно ближчі до максіальних значень (146 мА до 1А), ніж у випадку напруги, тому вибираємо гірший випадок (див. 6.7.):

$$K_{HD} = \frac{146 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,146 \quad (6.7.)$$

Коефіцієнт навантаження для **транзисторів** (за струмом):

В нашому випадку максимальний струм через транзистор в схемі буде рівний 146 мА, а номінальний струм транзисторів 1А.

Оскільки напруга транзисторів буде всього 5В, та потужність розсіювальна транзисторами буде малою, тому визначимо  $K_{HT}$  через струми (див. 6.8.):

$$K_{HT} = \frac{146 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,146 \quad (6.8.)$$

Коефіцієнт навантаження для всіх інших елементів виберемо рівним 1 для розрахунку найгіршого випадку.

Визначимо результуючу інтенсивність відмов друкованого вузлу цифрового індикатору напруги. Друкований вузол відноситься до наземної переносної апаратури, експлуатується при  $T_p = 40^\circ\text{C}$ , інші умови експлуатації номінальні.

Найбільш поширеним кількісним показником надійності є інтенсивність відмов  $\lambda$  - тобто умовна ймовірність виникнення відмов в системі в деякий момент часу напруцювання при умові, що до цього моменту відмов у системі не було.

Вихідні дані для розрахунку  $\lambda_p$ (результуюча інтенсивність відмов) – схема принципова, перелік елементів, часова діаграма та інтенсивність відмов “компонентів надійності” від температурних впливів. По картам робочих режимів визначаємо коефіцієнти навантаження, температурні коефіцієнти ІС та інших ЕРЕ, підраховуємо кількість всіх елементів. Вихідні дані для визначення  $\lambda_p$  зведені до таблиці.

Таблиця 6.2. Дані для розрахунку інтенсивності відмов

Компонент	$N$	$\lambda_{0e} \cdot 10^{-6}, \text{год}^{-1}$	$K_H$	$a_t$	$a_e$	$N\lambda_{0e}K_Ha_t a_e \cdot 10^{-6}$
Резистори	10	0,044	0,0051	0,2	15	0,0067
Керамічні конденсатори	3	0,022	0,2	0,4		0,079
Діоди	7	0,025	0,146	0,9		0,344
Транзистори	1	0,044	0,146	0,9		0,173
Мікросхеми	15	0,025	1	1,2		6,75
Друкована плата	2	0,001	1	1		0,03
Мет. отвори	84	0,000017	1	1		0,021
Контакт роз'єму	6	0,015	1	1		1,35
Пайка виводу	267	0,000069	1	1		0,28
	Сумарна інтенсивність відмов друкованого вузлу					9,034

В таблиці:  $a_e$  - поправочний коефіцієнт щодо зовнішніх впливів (для наземної стаціонарної апаратури  $a_e = 15$ ),  $a_t$  поправочний температурний коефіцієнт, відповідні дані взято з довідкових матеріалів.

Показники інтенсивності відмов елементів, що наведені в таблиці, дещо завищені, що дозволяє виконати розрахунок для “найгіршого” випадку.

Результуюча інтенсивність відмов дорівнює сумі інтенсивностей відмов компонентів (див. 6.9.):

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi} = 31,067 \cdot 10^{-6} \text{год}^{-1} \quad (6.9.)$$



Середній час напрацювання до першої відмови (див. 6.10.):

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_p} = 32188 \approx 32000 \text{ год} \quad (6.10.)$$

Ймовірність безвідмовної роботи протягом року (див. 6.11.):

$$P(t) = e^{-\lambda_p t} = e^{-31,067 \cdot 10^{-6} \cdot 8760} = 0,76 \quad (6.11.)$$

Ймовірність відмов протягом року (див. 6.12.):

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - 0,76 = 0,24 \quad (6.12.)$$

Графік залежності безвідмовної роботи ДВ та ймовірність відмов ДВ від часу представлені на наступному графіку:

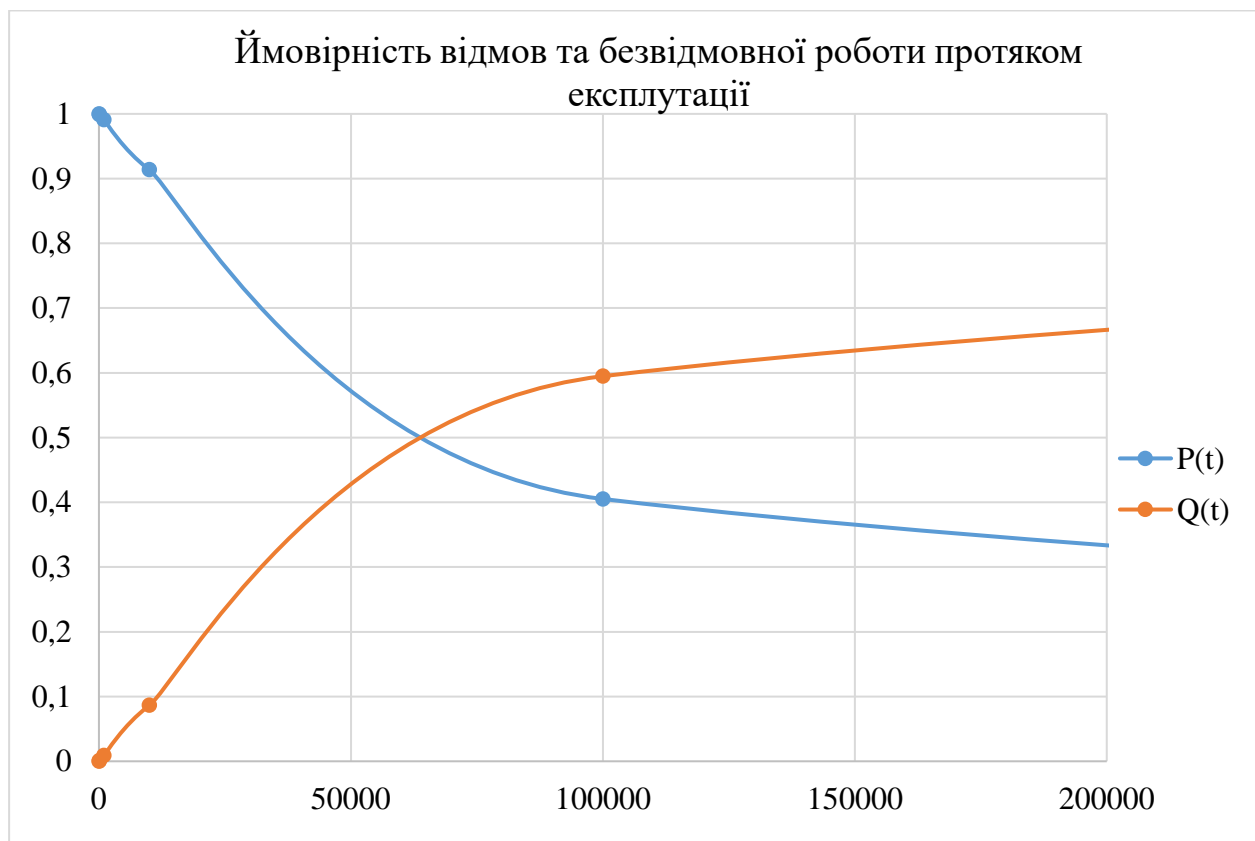


Рис.6.1 Графік залежності  $P$  та  $Q$  від часу

## Висновок

В цьому розділі було розраховано напрацювання на відмову для розроблюваного приладу. Отриманий результат (~110000 год) задовольняє вимогам ТЗ. Висока надійність приладу досягається за рахунок використання інтегральних схем, оскільки їх рівень інтеграції такий, що забезпечує дуже малу інтенсивність відмов.

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		50

## **Розділ 7. Методика проектування друкованого вузлу в середовищі Altium Designer**

Altium Designer - професійна САПР, що надає найширші можливості по створенню електронних пристроїв. На відміну від більш ранніх систем класу EDA, система Altium Designer є комплексною і забезпечує розробку електронного пристрою без використання інших програм і систем. Весь цикл проектування, званий наскрізним, включає розробку електричної схеми, комп'ютерне моделювання її роботи, розробку друкованої плати, розробку комплексу конструкторської документації для виробництва.

В ході проектування друкованого вузлу були використані такі можливості AD:

- самостійне створення бібліотеки з УГП та посадковими місцями
- створення схеми електричної принципової
- розводка друкованої плати

### **7.1. Створення проекту друкованої плати**

PCB Project – це набір документів, необхідний для виготовлення друкованої плати, дані якої призначені для рішення однієї конструктивно-закінченої задачі. Документи представляють собою файли різни типів, котрі можуть додаватися в проект. Редагування документів виконується відповідним редактором, причому назва редактора співпадає з типом документу.

### **7.2. Створення бібліотеки компонентів**

AD має в своєму розпорядженні готові бібліотеки компонентів. Але використання даних бібліотек є неоптимальним у зв'язку з досить великим недоліком - УГП компонентів не відповідає ГОСТ. Тому було створено

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата		51

бібліотеку УГП та посадкових місць для використаної елементної бази відповідно стандартам за допомогою інструменту Library Editor.

### **7.3. Створення схеми електричної принципової**

Процедура формування схеми доволі проста і являє собою послідовне розміщення і з'єднання на листі електричних і графічних об'єктів за допомогою вбудованого редактору схем в Altium Designer.

### **7.5. Створення розводки друкованої плати**

Створення файлу друкованої плати може відбуватись як вручну, так і за допомогою вбудованого інструменту PCB Board Wizard. За допомогою цього інструменту можна задати параметри і правила проектування ДП та за допомогою функції AutoRoute трасувати плату в автоматичному режимі. В багатьох випадках автотрасування дає незадовільний результат, тому потрібно підредагувати трасування вручну, щоб досягти найкращого результату.

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

## Висновки

В результаті виконання даного курсового проекту було проведено повний цикл розробки друкованого вузлу захисту телефона від піратів. А саме було вибрано та обґрунтовано використання сучасної елементної бази, вибрано тип друкованої плати, матеріал друкованої плати та метод виготовлення. Були проведені відповідні розрахунки, які підтверджують правильність вибору відповідного класу точності ДП.

Була створена відповідна технічна документація, а саме:

- технічне завдання
- схема електрична принципова (ДК82.469338.001 ЕЗ)
- креслення друкованої плати(ДК82.758724.001)
- складальне креслення плати(ДК82.750706.001 СК)
- перелік елементів(ДК82.469338.001 ПЕЗ)
- специфікація на плату(ДК82.750706.001 СП)

Пристрій розроблений з використанням сучасної компонентної бази, вибір якої був обґрунтований відповідними розрахунками.

Було вирішено використовувати двохсторонню друковану плату, а в якості матеріалу ДП було обрано склотекстоліт типу FR4-2-35-1,5, який має підходящі параметри. Метод виготовлення ДП – комбінований позитивний.

Вибір 4 класу точності ДП підтверджено розрахунками, а саме були проведені конструкторські розрахунки елементів друкованого монтажу.

Електричний розрахунок повністю підтвердив факт того, що паразитні ємності та індуктивності і т.д. ніяким чином не впливатимуть на роботу пристрою.

Аналізуючи результати розрахунку основних показників надійності, можна сказати що вони повністю відповідають поставленим вимогам, зазначеними в ТЗ.

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		54

## Список використаних джерел

1. <http://nauchebe.net/2011/01/zashhita-telefona-ot-piratov-2/>
2. <https://www.rcscomponents.kiev.ua/catalog/0805/177>
3. [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/bc856b-tranzistor-bipolyarnij-pnp\\_2029.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/bc856b-tranzistor-bipolyarnij-pnp_2029.html)
4. [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/74hc86d\\_163439.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/74hc86d_163439.html)
5. <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74ahct1g32.pdf?HQS=dis-dk-null-digikeymode-dsf-pf-null-ww&ts=1613822597346>
6. [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/bzx384-c9v1\\_39856.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/bzx384-c9v1_39856.html)
7. [http://tec.org.ru/bd/19/1908\\_5612-.pdf](http://tec.org.ru/bd/19/1908_5612-.pdf)
8. [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/1nf-50v-np0-5-0805-4k-reel-c0805n102j500nt-hitano-kondensator-keramicheskij-smd\\_15246.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/1nf-50v-np0-5-0805-4k-reel-c0805n102j500nt-hitano-kondensator-keramicheskij-smd_15246.html)
9. [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/1uf-50v-x7r-10-0805-2k-reel-c0805b105k500n2-hitano-kondensator-keramicheskij-smd\\_150104.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/1uf-50v-x7r-10-0805-2k-reel-c0805b105k500n2-hitano-kondensator-keramicheskij-smd_150104.html)
10. [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/1n4148w-sod-123\\_46832.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/1n4148w-sod-123_46832.html)
11. [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/cd74ac02m96\\_22144.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/cd74ac02m96_22144.html)
12. [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/74hct74pw\\_58252.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/74hct74pw_58252.html)
13. [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/tc74ac04f\\_73483.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/tc74ac04f_73483.html)
14. Савельев Л. Я., Овчинников В. Л. Конструирование ЭВМ и систем: Учебник для техн. вузов по спец. «Электрон. выч. маш.» — М.: Высш. шк., 1984. — 248 с.
15. ГОСТ 12.2.007-75
16. ГОСТ 15150-69
17. ГОСТ 23571-86
18. ГОСТ Р 50621-93
19. Губар В.Г. Курс лекцій по ФТОК.

# Додатки

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56



## Технічне завдання на проектування

### 1. Найменування та галузь використання

Захист телефона від піратів. Пристрій належить до області зв'язку. Може використовуватись як у домашніх умовах так і у виробництві будь-якого спрямування, задля забезпечення можливості блокування певних номерів.

### 2. Підстава для розробки

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

### 3. Мета і призначення розробки

Метою розробки є розробка друкованого вузла для даного приладу. Захист телефону від піратів використовується в домашніх умовах для блокування дзвінків.

### 4. Джерело розробки

Враховуючи те, що дана тема проекту розробляється не вперше, в якості джерела розробки береться розроблений раніше проект. В якості допоміжного матеріалу взято статтю “Захист телефона від піратів” на сайті <http://nauchebe.net/2011/01/zashhita-telefona-ot-piratov-2/>

### 5. Технічні вимоги

#### Склад виробу й вимоги до пристрою, що розробляється

Пристрій являє собою моноблочну конструкцію, який містить вхідне гніздо для телефонної лінії, та вивід до телефонного апарату.

#### Показники призначення

						Лист
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	ДК82.469338.001 ПЗ	57

Пристрій повинен забезпечувати:

- блокування набору міжміського коду “8”
- вільний набір міських номерів, номерів спецслужб 01-04, а також деяких трьохзначних номерів, які починаються з нуля (безкоштовні)
- блокування платних служб з номерами, обумовленими користувачем, як трьохзначних, так і міських

#### **Вимоги до надійності**

Середній час напрацювання на відмову повинен бути на менше 35000 год.

#### **Вимоги до технологічності**

Орієнтовані на передові прийоми виготовлення деталей і складання.

#### **Вимоги до рівня уніфікації й стандартизації**

Для виготовлення пристрою передбачається максимальне застосування стандартних, уніфікованих деталей та виробів.

#### **Вимоги безпеки обслуговування**

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

#### **Вимоги до складових частин виробу, сировини, вихідних й експлуатаційних матеріалів**

Для виробництва пристрою використовують матеріали вітчизняного та імпортного виробництва.

#### **Умови експлуатації**

Кліматичне виконання УХЛ.3.1 по ГОСТ 15150-69.

#### **Вимоги до транспортування і зберігання**

					ДК82.469338.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ док.им.	Підпис	Дата		58

Група умов зберігання Л1 по ГОСТ 15150-69. Зберігати в опалювальних та вентильованих складах, сховищах з кондиціонуванням повітря, розташованих в будь-яких макрокліматичних районах, в яких забезпечуються наступні умови: температура повітря  $+5...+40^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість повітря 60% при  $20^{\circ}\text{C}$  (середньорічне значення), атмосферний тиск  $84...106\text{кПа}$ .

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

### Додаткові технічні вимоги

Технічні характеристики:

Максимальна похибка	$\pm 1\%$
Габаритні розміри	не більше 100x90x60
Маса	не більше 150г
Живлення	$5\text{В}\pm 5\%$

## 6. Результати роботи

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

б. 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 А2, А4 відповідно)
- Складальне креслення та специфікацію (формату А2, А4 відповідно)
- Креслення друкованої плати (формату А2)
- Додатки (формату А1-А4)

## 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. У процесі виконання роботи проміжні звіти надаються комісії не рідше 1 раз у тиждень на загальних умовах.

## 9. Економічні показники

В умовах даного проекту не розглядаються.

## 10. Етапи розробки

№ п/п	Назва етапів виконання курсowego проекту	Час виконання етапів проекту
1	Розробка технічного завдання	14.02.2021-21.02.2021
2	Аналіз схеми електричної принципової	22.02.2021-07.03.2021
3	Вибір та обґрунтування використання елементної бази	08.03.2021-27.03.2021
4	Проектування схеми в Altium Designer	28.03.2021-04.04.2021
5	Розміщення конструктивних елементів на друкованій платі	05.04.2021-11.04.2021
6	Конструкторсько-технологічний розрахунок друкованої плати	12.04.2021-18.04.2021
7	Проектування плати у Altium Designer	19.04.2021-25.04.2021
8	Електричний розрахунок друкованої плати	26.04.2021-02.05.2021
9	Розрахунок надійності	03.05.2021-10.05.2021
10	Виконання креслення друкованої плати	16.05.2021-19.05.2021
11	Виконання складального креслення друкованого вузла	20.05.2021-23.05.2021
12	Оформлення пояснювальної записки	23.05.2021-29.05.2021