

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної випускної роботи

освітній ступінь бакалавр
спеціальність 171 „Електроніка”
(шифр і назва спеціальності)

на тему **«Розробка блоку комбінованого для застосування в
автоматизованих системах управління технологічними процесами»**

Виконав: студент групи ЕЛ-21бд

_____ (підпис)

Д.В. Малашенко
(ініціали і прізвище)

Керівник

_____ (підпис)

І.С. Тюндер
(ініціали і прізвище)

Завідувач кафедри

_____ (підпис)

О.І. Захожай
(ініціали і прізвище)

Рецензент _____

доц., д.т.н. О.І. Захожай

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

Освітній ступінь бакалавр

спеціальність 171 „Електроніка”

(шифр і назва спеціальності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ Захожай О.І.
_____ 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Малашенку Даніілу Владиславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка блоку комбінованого для застосування в автоматизованих системах управління технологічними процесами

керівник роботи Тюндер Ірина Сергіївна, ст. викл.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджений наказом університету від “ 27 ” травня 2025 року
№67/15.15-С

2. Строк подання студентом роботи 16.06.2024р.

3. Вихідні дані до роботи: Схема електрична принципова;

температура навколишнього повітря від 15 до 50 °С;

відносна вологість повітря при температурі від 30 до 80 % при температурі 20 °С; атмосферний тиск від 84 до 107 кПа; наробіток на відмову не менш 20900 годин

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Аналіз технічного завдання. Конструкторська частина. Технологічна частина.

Висновки. Перелік використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) Схема електрична принципова. Плата друкована. Складальне креслення. Схема технологічного процесу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 30.03.2025р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної випускної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1	Одержання завдання на виконання роботи	30.03.25	виконано
2	Укладання і погодження з керівником плану і етапів виконання роботи	06.04.25	виконано
3	Узагальнення даних літературних джерел, укладання розділу «Аналіз технічного завдання»	13.04.25	виконано
4	Розробка конструкції виробу	20.04.25	виконано
5	Розробка технології виготовлення виробу	27.04.25	виконано
6	Укладання, оформлення та погодження пояснювальної записки з керівником	04.05.25	виконано
7	Здача готової пояснювальної записки на кафедру	08.06.25	виконано
8	Укладання доповіді і презентації	10.06.25	виконано

Студент

підпис

Д.В. Малащенко

(ініціали і прізвище)

Керівник роботи

підпис

І.С. Тюндер

(ініціали і прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить:

сторінок - 75 , рисунків - 25 , таблиць - 21 , джерел - 22 ,
додатків - 2 , мова - українська.

Об'єкт розробки – Блок комбінований

Мета роботи - розробити конструкцію і технологію виготовлення виробу на основі схеми електричної принципової відповідно до вимог технічного завдання.

У дипломному проекті розроблена конструкція блока комбінованого і технологія його виготовлення. Проведено конструктивні розрахунки, розрахунки по постійному і перемінному струму, розрахунки теплового режиму і надійності проектного пристрою. При проектуванні друкованої плати і випуску конструкторської документації широко використовувалися можливості САПР .

ЕЛЕКТРОРАДІОЕЛЕМЕНТ, МІКРОСХЕМА, РЕЗИСТОР, ДІОД, КОНДЕНСАТОР, ТРАНЗИСТОР, МІКРОКОНТРОЛЕР, ДРУКОВАНА ПЛАТА, ДРУКОВАННИЙ ПРОВІДНИК, МОНТАЖНИЙ ОТВІР, ПЕРЕХІДНИЙ ОТВІР, КОНТАКТНА ПЛОЩИНА, КОНСТРУКЦІЯ, НАДІЙНІСТЬ, ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ, ТРАСУВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	8
1.1 Аналіз призначення виробу.....	8
1.2 Аналіз електричної схеми і принципу роботи пристрою.....	9
1.3 Аналіз умов експлуатації.....	12
1.4 Аналіз елементної бази.....	14
1.5 Аналіз конструкторсько-технологічного аналога.....	34
1.6 Технічні пропозиції на розробку.....	35
2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ.....	37
2.1 Вибір типу і розмірів друкованої плати	37
2.2 Конструктивно-технологічний розрахунок друкованої плати.....	39
2.3 Розрахунок по постійному струмі.....	44
2.4 Розрахунок по перемінному струмі.....	45
2.5 Розміщення ЕРЕ на ДП.....	48
2.6 Постановка задачі трасування.....	49
2.7 Оцінка теплового режиму.....	51
2.8 Оцінка показників надійності.....	51
3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ.....	53
3.1 Структура технології виготовлення виробу.....	53
3.2 Аналіз технологічності виробу.....	54
4 Охорона праці.....	56
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	60
ДОДАТОК А.....	62
ДОДАТОК Б.....	63

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСУ ТП - автоматизована система управління технологічним процесом;

АЕС - атомна електростанція;;

БВН-129 - блок вентиляторів БВН-129;

БКнт-105 - блок контролю БКнт-105;

БКнт-110 - блок контролю БКнт-110;

БКУ-6 - блок контролю та управління БКУ-6;

БПТ-207 - блок живлення БПТ-207;

БСД-73 - блок з'єднувальний БСД-73;

ГЛОНАСС - глобальна навігаційна супутникова система;

ПН-21 - перетворювач напруги ПН-21;

ПТК - програмно-технічний комплекс;

РЖ-87/3 - розподільник живлення РЖ-87/3;

СЕВ - мережа єдиного часу;

Схр-2 - синхрометр Схр-2/1;

УБЖ-14 - пристрої безперебійного живлення УБЖ-14;

ПЗА-2 - пристрій зарядний автоматичне УЗА-2;

ПРСМ-1 - підсилювач-ретранслятор сигналів магістральний ПРСМ-1;

ПРСМ-2 - підсилювач-ретранслятор сигналів магістральний ПРСМ-2;

ПСХр-2 - пристрій синхронізації ПСХр-2/1

КПМ – компоненти поверхневого монтажу

ВСТУП

Розвиток електронної та обчислювальної техніки сприяє впровадженню в галузі промисловості нових технологій. В даний час для контролю технологічного процесу широко застосовуються досить складні системи автоматизованого управління технологічними процесами (АСУ ТП). ПСХр-2 призначено для застосування в автоматизованих системах управління технологічними процесами (АСУ ТП) атомних електростанцій (АЕС).

У даному дипломному проекті необхідно розробити блок комбінований БК-2635, який входить до складу блока контролю БКнт-110, що застосовується у ПСХр-2.

Питання конструкторського, технологічного та організаційного характеру, пов'язані з проектуванням конструкції і технології РЕА - основні завдання проектування з використанням досягнень сучасного рівня розробок і виробництва. Для вирішення цих питань необхідно виконання розрахунків та їх обґрунтувань - точності, міцності, компонування, надійності, сумісності та ін.

При проектуванні цього виробу повинні враховуватися: призначення та область застосування РЕА; задані електричні характеристики; умови експлуатації, що визначають ступінь впливу зовнішнього середовища; вимоги до конструкції (надійність, ремонтпридатність, маса, габарити, теплові режими).

Рішення поставлених питань і розглядається в цьому проекті. У проектуваному пристрої використовується елементна база зарубіжного виробництва, що значно підвищує надійність всього пристрою.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз призначення виробу

ПСХр-2 призначено для формування сигналів тимчасової синхронізації і передачі значення точного часу за шкалою всесвітнього координованого часу абонентам через мережу Ethernet, а також мережа єдиного часу. ПСХр-2 призначено для застосування в автоматизованих системах управління технологічними процесами (АСУ ТП) атомних електростанцій (АЕС).

ПСХр-2 забезпечує:

- надійне (резервоване і безперебійне) живлення сінхрометра Схр-2 (далі - Схр-2) у складі ПСХр -2;
- розмноження вихідних портів Схр-2 у складі ПСХр-2 для видачі сигналів точного часу по оптоволоконним інтерфейсам;
- контроль та індикацію працездатності Схр-2 і допоміжного обладнання у складі ПСХр-2.

До складу ПСХр - 2 входять наступні основні блоки і пристрої:

- сінхрометр Схр - 2;
- підсилювач- ретранслятор сигналів магістральний УРСМ ;
- крос оптоволоконний;
- блок контролю БКнт - 110 ;
- пристрій безперебійного живлення ПБЖ - 14;
- пристрій автоматичного введення резерву АВР- 2;
- розподільник живлення РЖ -87/3;
- тумба базова;
- блок з'єднувальний БСД- 73;
- блок вентиляторів БВН – 129.

Конструктивно ПСХр-2 виконано у вигляді підлогової шафової конструкції (тумба), що забезпечує кріплення до будівельних конструкцій. Для фізичного захисту від несанкціонованого доступу ПСХр-2 оснащені:

- вбудованими замками замикання дверей з можливістю пломбування;
- вбудованими датчиками відкривання дверей з можливістю контролю їх стану.

БКнт-110 призначений для контролю роботи ПСХр-2: забезпечує збір діагностичної інформації про стан ПБЖ- 14 та стан зовнішніх датчиків, передачу зібраної інформації в Схр-2, управління індикацією на накладці ПСХр-2. Конструктивно блок виконаний у вигляді приладу, встановленого в каркас 3U. Проектований пристрій блок комбінований БК-2635 входить до складу БКнт-110.

Конструктивно БК-2635 представляє собою друковану плату, з розташованими на ній елементами. Орієнтація пристрою відносно тумби - вертикальна, встановлюється в каркас. У конструкції приладу необхідно передбачити спеціальні елементи фіксації і кріплення, необхідні задля установки у каркас. До каркаса блоки передбачається кріпити за допомогою 2 або 4 гвинтів, відповідно для рішення даного питання необхідно передбачити отвори у корпусі БКнт-110.

1.2 Аналіз електричної схеми і принципу роботи пристрою

Розроблюваний пристрій БК-2635 є вбудованим елементом у БКнт-110. У тумбі БКнт-110 встановлюється в каркас.

У відповідь на запит від Схр-2, БКнт-110 протягом 50 ms видає відповідь повідомлення з наступними діагностичними даними:

- діагностичну інформацію про стан ПБЖ-14;
- стан дверей ПСХр-2;
- стан задимлення в ПСХр-2;
- наявність напруги на одному або двох входах АВР-2;
- температура всередині ПСХр-2;
- стан БКнт-110.

Блок БК-2635 складається з наступних складових вузлів:

- вузол формування напруги живлення +5 V;
- вузол МК призначений для видачі керуючих сигналів, обробки даних, тим самим забезпечуючи виконання основних функцій БК-2635;
- вузол мережі Ethernet призначений для обміну даних БК-2635 з верхнім рівнем систем діагностики по мережі Ethernet;
- вузол призначений для організації зв'язку для отримання сигналу з інших блоків УСХр;
- вузол формування видачі сигналів призначених для управління індикаторами і організації опитування датчиків.

На БК-2635 з блоку живлення надходять напруга +27V, яка за допомогою вузла перетворення, побудованого на мікросхемі D3, формує напругу живлення +5V.

Вузол МК, побудований на основі керуючого МК на базі мікроконтролера D7. Основною функцією МК є читання результатів опитування 28 каналів від аналогових блоків, обробка, формування і видача кадрів по лініях мережі Ethernet на верхній рівень систем діагностики. Сигнал 1PPS, який забезпечує видачу TTL-сумісного імпульсу, передній фронт якого збігається з моментом початку чергової секунди внутрішнього часу (призначений для визначення метрологічних характеристик Схр-2).

Для обміну службовою інформацією використовується вузол побудований на мікросхемах D8, D9, D10, D12, D13.

Протокол мережі єдиного часу реалізований у вигляді послідовних посилок тривалістю 1 s. Кожна посилка складається з двох початкових бітів і 31 байта. Тривалість одного біта в посилці - 4 ms. Інформація в посилці представлена в двійковій-десятковому коді. Перші два біти кодової посилки дорівнюють нулю. Решта байти посилки мають таке призначення:

- 1 байт - діагностична інформація сінхрометра;
- 13 лютого байти - нульові;
- 14 байт - маркер "Н" (початок), рівний 7Ch;
- 15 18 байти - нульові;

19 байт - поправка на всесвітній час - відхилення поясного часу в послідовній послідовності від всесвітнього координованого часу UTC (в годинах);

20-22 байти - нульові;

23 байт - день тижня (від 1 до 7, розташований у старшій тетраді байта, перший день тижня - неділя);

24 байт - день місяця (від 1 до 31);

25 байт - місяць (від 1 до 12);

26 байт - рік в сторіччі (від 0 до 99);

27 байт - маркер "С" (середина), рівний FFh;

28 байт - годинник (від 0 до 23, поясний час);

29 байт - хвилини (від 0 до 59);

30 байт - секунди (від 0 до 59);

31 байт - маркер "К" (кінець), рівний 7E.

Останній фронт останнього біта маркера "К" є кордоном між секундами. Схр 1 формує поточний час і дату з урахуванням часового поясу і переходів між зимовим і літнім часом. Для передачі діагностичної інформації Схр-1 повинні використовуватися молодші три біта першого байта для формування результатів діагностики Схр-1 згідно з таблицею 1.2.1.

Таблиця 1.2.1 - Діагностична інформація Схр-1

Значення молодших трьох біт першого байта кодової послідовності	Тип порушення
000b	Відсутні порушення в Схр-1
001b	Відсутня сигнал 1PPS від СН-3833
010b	Період сигналу "1PPS" виходить за межі 0,999950 1,000050 s
011b	Відсутня зв'язок з СН-3833 по інтерфейсу RS-232
100b	Відсутня зв'язок з космічними апаратами (далі - КА) і достовірне рішення щодо визначення часу

Вузол формування видачі сигналів для управління індикаторами УСХр побудований на основі твердотільного реле К1. Організація опитування

датчиків побудована на основі оптопар V7, V8. Майже всі елементи мають планарні виводи та прямокутні корпуси, що дає змогу автоматизувати процес їх посадки, пайки.

Для збільшення перешкодозахищеності плати розв'язуючі конденсатори по високій частоті встановимо із зворотного боку плати, в безпосередній близькості від мікросхем.

Даний аналіз дозволяє зробити висновок, що друкована плата має 4 шари з двостороннім розміщенням елементів.

1.3 Аналіз умов експлуатації

Блок відноситься до наземної стаціонарної апаратури, що працює в опалювальних, капітальних, лабораторних або інших приміщеннях подібного типу.

Умови експлуатації блоку наступні:

- температура навколишнього повітря від 15 до +30 °C (С (верхнє граничне значення до +50°C);
- відносна вологість повітря від 10 до 75 % при температурі 15 +30 °C;
- атмосферний тиск від 86 до 108 kPa.;
- експлуатації стійкості до механічних впливів, зазначеним у таблиці

Прилад стійкий до:

- до впливу на нього змінних (частотою 50 Hz) електричних полів напругою не більше 5 kV / m;
- до впливу перешкод, створюваних безперервними магнітними полями промислової частоти 50 Hz (ступінь жорсткості 4) напругою 30 A / m і короткочасними магнітними полями промислової частоти напругою 300 A / m (ступінь жорсткості 4);
- до впливу мікросекундних імпульсних перешкод великої енергії, ступінь жорсткості 3 (мікросекунді імпульсні перешкоди тривалістю не

більше 50 μs , амплітудою напруги несиметричною імпульсною перешкоди по ланцюгу живлення шафи не більше 2 kV, амплітудою напруги симетричною імпульсною перешкоди по ланцюгах живлення шафи не більше 1 kV);

- до впливу наносекундних імпульсних перешкод, ступінь жорсткості 3 (наносекундних імпульсних перешкод тривалістю не більше 50 ns, амплітудою напруги по ланцюгах живлення шафи не більше 2 kV);

- до впливу випромінених радіочастотних перешкод, ступінь жорсткості 3;

- до електростатичних розрядів, ступінь жорсткості 3;

- до впливу імпульсних магнітних полів (ступінь жорсткості 4) напруженістю (пікове значення) 300 A / m з тривалістю імпульсу 16 μs і тривалістю фронту 6,4 μs ; полярністю імпульсу - позитивної і негативної, зрушенням по фазі щодо напруги живильної мережі - від 0 до 360 °;

- до впливу струмів короткочасних синусоїдальних перешкод в ланцюзі заземлення шафи амплітудою струму 150 A, частотою 50 Hz, тривалістю імпульсів струму від 1 до 3 s, періодом повторення 1 min (ступінь жорсткості 3);

- до впливу струмів мікросекундних імпульсних перешкод в ланцюзі заземлення амплітудою імпульсів струму 100 A, тривалістю імпульсів струму 300 μs , тривалістю фронту імпульсу 4 μs , полярністю імпульсів - позитивної і негативної, зрушенням по фазі щодо напруги живильної мережі від 0 до 360 °, періодом повторення 1 min (ступінь жорсткості 3);

До установки БК-2635 на стаціонарне місце експлуатації, він повинен зберігатися в упаковці підприємства-виробника в опалювальних приміщеннях при температурі повітря від 5 до 40 ° C і відносній вологості повітря не більше 80% при 25 ° C. Вміст у повітрі корозійних агентів не повинне перевищувати значень, встановлених для атмосфери типу 1. У повітрі не повинно міститися парів кислот і лугів. У приміщеннях для зберігання не повинно бути агресивних домішок, що викликають корозію. Не допускається зберігання БК-2635 поруч з джерелом тепла. Розпакування БК-

2635 після зберігання при негативних температурах необхідно проводити в опалюваних приміщеннях, попередньо витримавши його в нормальних умовах експлуатації в упаковці протягом 4 ч.

При отриманні необхідно переконатися в цілості тари. При наявності ушкоджень необхідно скласти акт в установленому порядку і звернутися з рекламацією до транспортної організації.

1.4 Аналіз елементної бази

У розроблювальному блоці використовується елементна база в основному закордонного виробництва, таких відомих фірм як BP Components, Jauch, Yageo, Philips, Atmel і ін. Елементи цих фірм відрізняються гарними параметрами, якістю і недорогою вартістю.

У БК-2635 використовуються наступні елементи: 63 конденсатора; 38 резисторів; 62 дроселів; 13 мікросхем; 1 діод; 8 вилок; 3 стабілітронів; 1 реле; 1 генератор; 5 запобіжників; 4 оптопари; 1 індикатор; 5 обмежувачів. Ширша інформація стосовно кожного елемента - нижче.

Конденсатори

Задіяні конденсатори керамічні у корпусах 1206 COG, X7R, B45197.

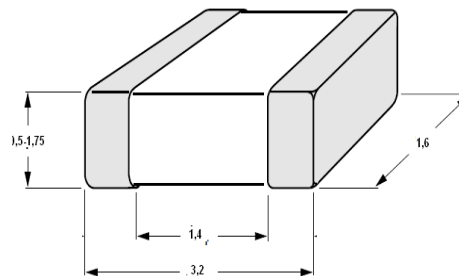


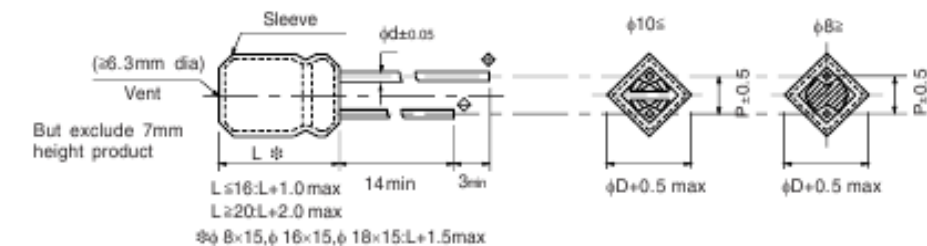
Рисунок.1.4.1 Габарити корпусів конденсаторів 1206 X7R, C0G

Таблиця 1.4.1 - Технічні характеристики конденсаторів

Конденсатор	Границі номіналь них ємностей, мкФ	Допускаєм е відхилення , %	Номінальн а напруга, В	Температу ра навколишн ьої середн и, °С	Мінімальне напрацюван ня при температурі +85 °С, ч
VJ1206 X7R-50 В-0,47 пФ±10 %	1	-10..+10	25	-50..+110	6000
VJ1206 X7R-25 В-10 мкФ±10 %	0,1	-10..+10	25	-55..+105	5000
VJ1206 C0G-50 В-220 пФ±10 %	0,022	-5..+5	25	-60..+120	4000
VJ1206 X7R-50 В-0,1 пФ±10 %	1	-10..+10	25	-50..+110	6000
VJ1206 X7R- 100 В-0,1 пФ±10 %	15	-20..+20	25	-50..+110	6000
1210 X7R-25В- 10 мкФ±10%	0,22	-5..+5	100	-55..+125	4000

Конденсатор FC A-63В-470мкф Panasonic

■ Dimensions in mm (not to scale)



	L=7			L ≥ 11							
Body Dia. φD	4	5	6.3	4	5	6.3	8	10	12.5	16	18
Body Length L									15 to 25	30 to 35	
Lead Dia. φd	0.45	0.45	0.45	0.45	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8
Lead space P	1.5	2	2.5	1.5	2.0	2.5	3.5	5.0	5.0	5.0	7.5

Рисунок.1.4.2- Габарити корпусів конденсаторів FC A-63В-470мкф
Panasonic

Резистори

Параметри резисторів представлені в таблиці 1.4.2. Їх габаритні розміри, на рисунку 1.4.3.

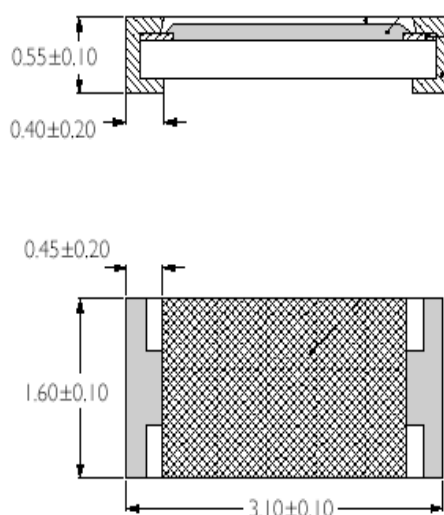
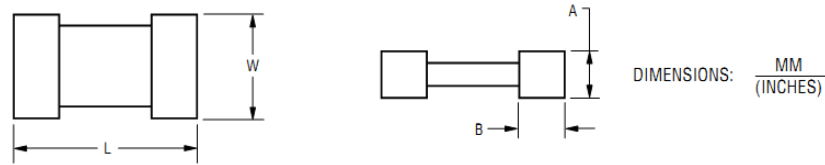


Рисунок 1.4.3 - Габарити корпусу RC1206 J , F

Таблиця 1.4.2 - Технічні характеристики резисторів

Резистор	Границі номінального опору, Ом	Номінальна потужність, Вт	Діапазон робочих температур, °C	Інтенсивність відмов, 1/ч	Допустиме відхилення, %
RC1206 J R F 330K	330	0,25	Від -20 до 140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	Від -5 до 5
RC1206 J R F 100 R	120	0,25	Від -20 до 140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	Від -5 до 5
RC1206 J R F 2K7	$2,7 \cdot 10^3$	0,25	Від -20 до 140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	Від -5 до 5
RC1206 J R F 1K2	$1,2 \cdot 10^3$	0,25	Від -20 до 140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	Від -5 до 5
RC1206 J R F 1K0	$1 \cdot 10^3$	0,25	Від -20 до 140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	Від -5 до 5
RC1206 J R F 2K2	$2,2 \cdot 10^3$	0,25	Від -20 до 140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	Від -5 до 5
RC1206 J R F 10K	$10 \cdot 10^3$	0,25	Від -20 до 140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	Від -5 до 5
RC1206 J R F 3K3	$3,3 \cdot 10^3$	0,25	Від -20 до 140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	Від -5 до 5
RC1206 J R F 30K	$30 \cdot 10^3$	0,25	Від -20 до 140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	Від -5 до 5
RC1206 J R F 10 R	10	0,25	Від -20 до 140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	Від -5 до 5
RC1206 J R F 510R	510	0,25	Від -20 до 140	$0,1 \cdot 10^{-7}$	Від -5 до 5

Варистор CG0603MLC-05E



Dimension	CG0402 Series	CG0603 Series
L	$\frac{1.00 \pm 0.15}{(0.04 \pm 0.006)}$	$\frac{1.60 \pm 0.20}{(0.064 \pm 0.008)}$
W	$\frac{0.50 \pm 0.10}{(0.02 \pm 0.004)}$	$\frac{0.80 \pm 0.20}{(0.032 \pm 0.008)}$
A	$\frac{0.36 \pm 0.05}{(0.014 \pm 0.002)}$	$\frac{0.45 \pm 0.10}{(0.018 \pm 0.004)}$
B	$\frac{0.25 \pm 0.15}{(0.10 \pm 0.006)}$	$\frac{0.30 \pm 0.20}{(0.012 \pm 0.008)}$

Рисунок 1.4.4 - Габарити Варистор CG0603MLC-05E

Parameter	Symbol	CG0603MLC-										Unit
		3.3LE	05E	05LE	12E	12LE	24LE	3.3LEA	05LEA	12LEA	24LEA	
Typical Continuous Operating Voltage	V _{DC}	3.3	5	5	12	12	24	3.3	5	12	24	V
Typical Clamping Voltage (Note 1)	V _C	25	20	25	30	25						V
Maximum Capacitance @ 1 VRMS 1 MHz	C _O	0.5										pF
Maximum Leakage Current @ Max. VDC	I _L	5	50	5	50	5						nA
Typical Trigger Voltage (Note 2)	V _T	250	150	250	150	250						V
Maximum Response Time	R _T	1										ns
ESD Protection: Per IEC 61000-4-2 Level 4 Min. Contact Discharge Min. Air Discharge Min. Air Discharge		±8 ±15 (Note 3) ±25										kV kV kV
Operating Temperature	T _{OPR}	-40 to +85						-40 to +125				°C
Storage Temperature	T _{STG}	-55 to +150										°C

Мікросхеми

У схемі пристрою використовуються 13 мікросхем. Описи мікросхем приведені в таблицях нижче. Їх габаритні розміри на рисунках відповідно.

Мікросхеми D1, D2 в схемі типу TMV0505S. Основні електричні та експлуатаційні характеристики наведені в таблиці 1.4.8, а корпуса на рисунку 1.4.10

Таблиця 1.4.3 – Основні характеристики перетворювача TMV0505S

Назва	TMV0505S
Напруга живлення, В	5
Вхідний струм зміщення, мА	20
Робоча температура, °C	-40..+85
Напруга, ВТ	1
Маса, г.	2
Площа, мм ²	138,5

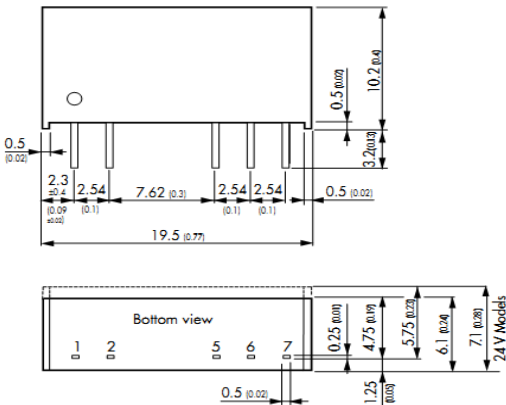


Рисунок.1.4.5 корпус TMV0505S

Мікросхема D3 PKV 3211 PI Ericsson

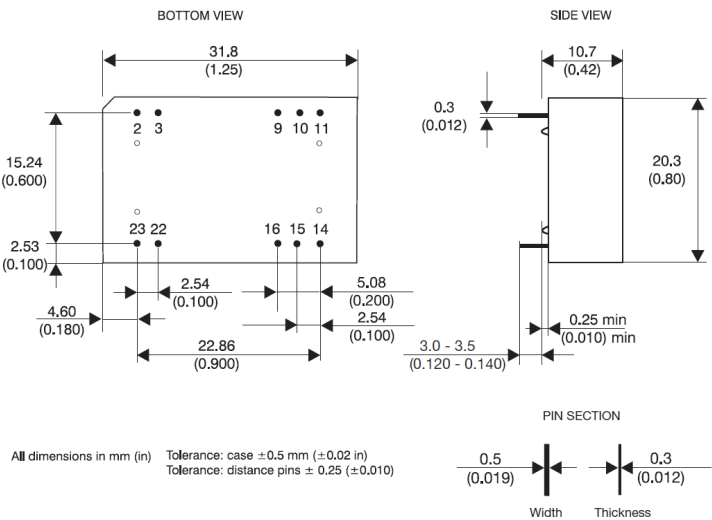


Рисунок 1.4.6 - Габарити PKV 3211 PI Ericsson

$T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_I = 9\ldots 36\text{ V}$ unless otherwise specified.

Characteristics		Conditions		Output 1			Unit
				min	typ	max	
V _O	Output voltage tolerance band	I _O =0.1 ...1.0 × I _{Omax} and long term drift		4.90		5.10	V
	Line regulation	I _O =I _{Omax}			10	25	mV
	Load regulation	I _O =0.1 ...1.0 × I _{Omax} , V _I = 26 V			10	50	mV
t _{tr}	Load transient recovery time	I _O = 0.1 ...1.0 × I _{Omax} , V _I = 26 V load step = 0.5 × I _{Omax}			300		μs
V _{tr}	Load transient voltage				+100		mV
					-100		mV
T _{coeff}	Temperature coefficient	Measured after stabilization				±0.02	%/°C
t _r	Ramp-up time	I _O = 0.1 ...1.0 × I _{Omax} , V _I = 26 V	0.1 ...0.9 × V _O		0.5		ms
t _s	Start-up time		From V _I connection to V _O = 0.9 × V _{O_{li}}		800	1300	ms
I _O	Output current					0.5	A
P _{Omax}	Max output power				2.5		W
I _{lim}	Current limiting threshold ¹⁾	T _C < T _{Cmax}			0.5	1.62	A
I _{sc}	Short circuit current	V _I = 26 V			0.25		A
V _{Oac}	Output ripple & noise	I _O =I _{Omax} , T _A = 25 °C	DC20 MHz		60		mV _{p-p}
SVR	Supply voltage rejection (ac)	f = 100/120 Hz sine wave, 1 V _{p-p} , (SVR = 20 log (1 V _{p-p} /V _{O p-p}))			60		dB

Мікросхема D4, TL431 D ON Semiconductor

Таблиця 1.4.4 – Основні характеристики TL431 D ON Semiconductor

Виробник	Semiconductor
Назва	TL431 D
Температура, $^\circ\text{C}$	-40..+85
Напруга, В	2,58
Споживаємий струм, мА	1
Маса, г.	2
Площа, cm^2	7,228

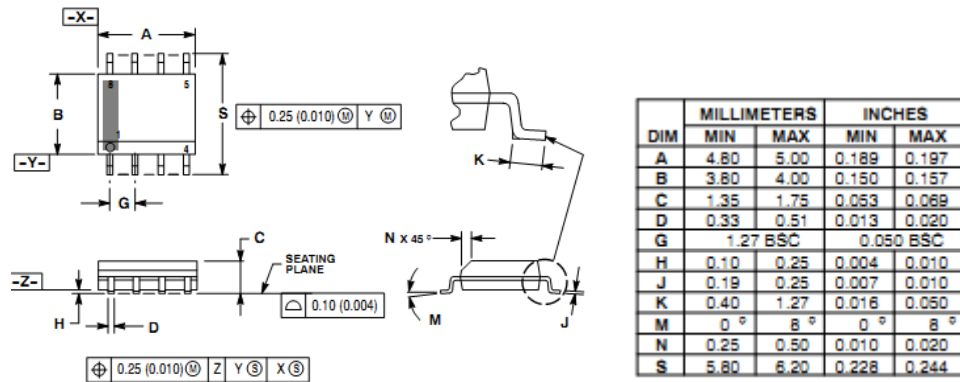
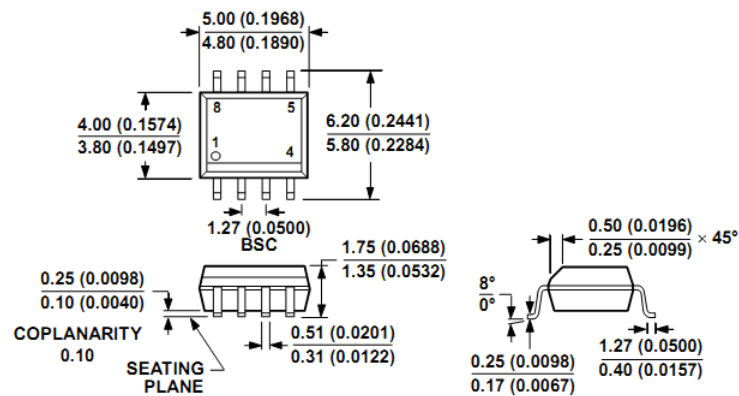


Рисунок 1.4.7 - Габарити TL431 D ON Semiconductor
Мікросхема D6 ADM708AR

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

(T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

V _{CC}	-0.3 V to +6 V
All Other Inputs	-0.3 V to V _{CC} + 0.3 V
Input Current	
V _{CC}	20 mA
GND	20 mA
Digital Output Current	20 mA
Power Dissipation, N-8 DIP	727 mW
θ _{JA} Thermal Impedance	135°C/W
Power Dissipation, SO-8 SOIC	470 mW
θ _{JA} Thermal Impedance	110°C/W
Operating Temperature Range	
Industrial (A Version)	-40°C to +85°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	300°C
Vapor Phase (60 sec)	215°C
Infrared (15 sec)	220°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
ESD Rating	>5 kV



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012-AA
CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS
(IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR
REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN.

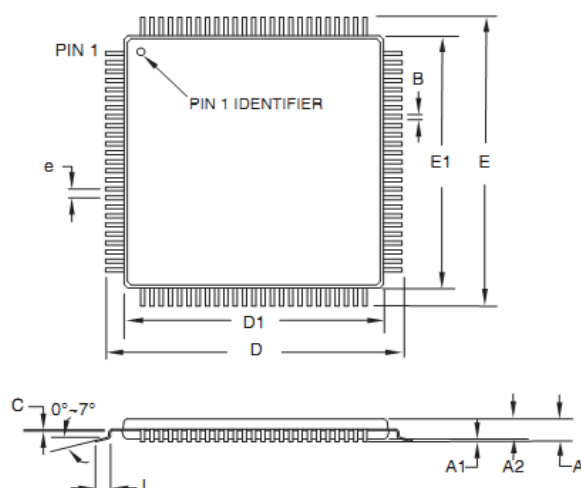
Figure 25. 8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N]

Narrow Body
(R-8)

Dimensions shown in millimeters and (inches)

Рисунок 1.4.8 - Габарити D6 ADM708AR

Мікросхема D7 АТmega640-16AU Atmel, температура -40...+85



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	—	—	1.20	
A1	0.05	—	0.15	
A2	0.95	1.00	1.05	
D	15.75	16.00	16.25	
D1	13.90	14.00	14.10	Note 2
E	15.75	16.00	16.25	
E1	13.90	14.00	14.10	Note 2
B	0.17	—	0.27	
C	0.09	—	0.20	
L	0.45	—	0.75	
e	0.50 TYP			

Рисунок 1.4.9 - Габарити АТmega640-16AU

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
V_{POT}	Power-on Reset Threshold Voltage (rising)			1.4	2.3	V
	Power-on Reset Threshold Voltage (falling) ⁽¹⁾			1.3	2.3	V
V_{RST}	RESET Pin Threshold Voltage		$0.2 V_{CC}$		$0.85 V_{CC}$	V
t_{RST}	Pulse width on RESET Pin		1.5			μs
V_{BOT}	Brown-out Reset Threshold Voltage ⁽²⁾	BODLEVEL = 1	2.4	2.6	2.9	V
		BODLEVEL = 0	3.7	4.0	4.5	
t_{BOD}	Minimum low voltage period for Brown-out Detection	BODLEVEL = 1		2		μs
		BODLEVEL = 0		2		
V_{HYST}	Brown-out Detector hysteresis			100		mV

Notes: 1. The Power-on Reset will not work unless the supply voltage has been below V_{POT} (falling)

Мікросхема D8, D9, D12 ADuM1400BRW Analog Devices

Таблиця 1.4.5 – Основні характеристики мікросхем ADuM1400BRW

Назва	ADuM1400BRW
Напруга живлення, В	5
Вхідний струм зміщення, мА	10
Робоча температура, °C	-40..+85
Маса, г.	2
Площа, мм ²	111,3

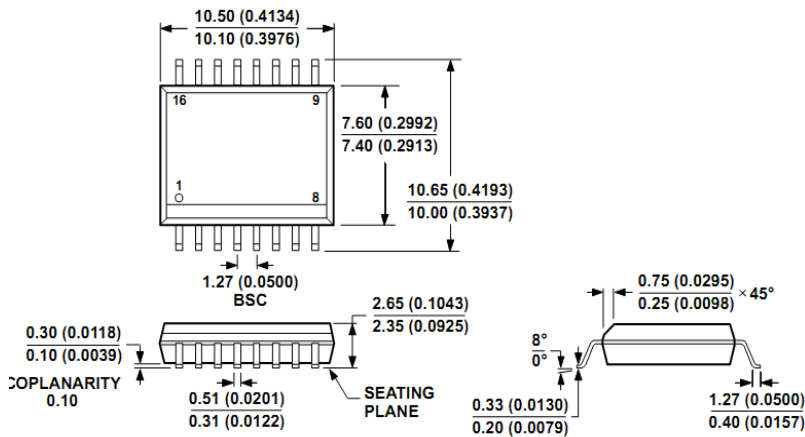


Рисунок 1.4.10 - Габарити ADuM1400BRW Analog Devices

Мікросхема D10 ADM2587EBRWZ Analog Devices

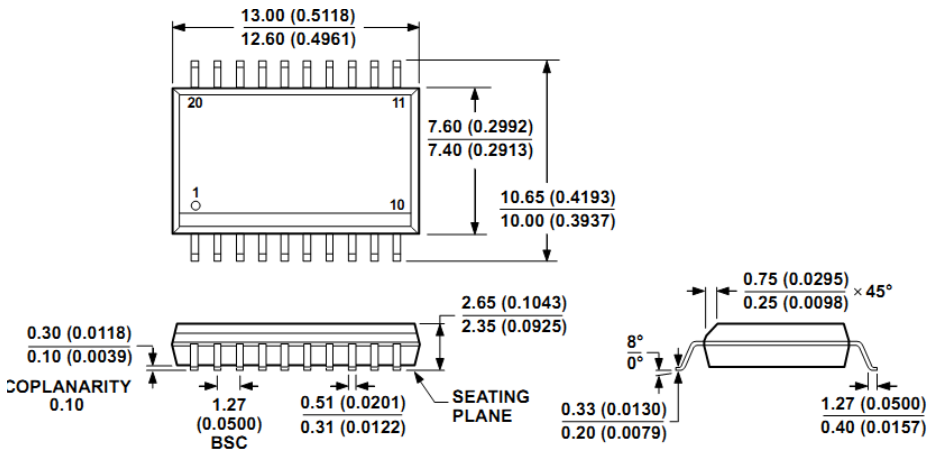


Рисунок 1.4.11 - Габарити ADM2587EBRWZ Analog Devices

Таблиця 1.4.6 – Основні характеристики мікросхем ADM2587EBRWZ
Analog Devices

Назва	ADM2587EBRWZ
Напруга живлення, В	3,6
Вхідний струм зміщення, мА	90
Робоча температура, °C	-40..+85
Маса, г.	2
Площа, мм ²	138,45

Мікросхема MAX211EEAI Maxim -40...+85,°C

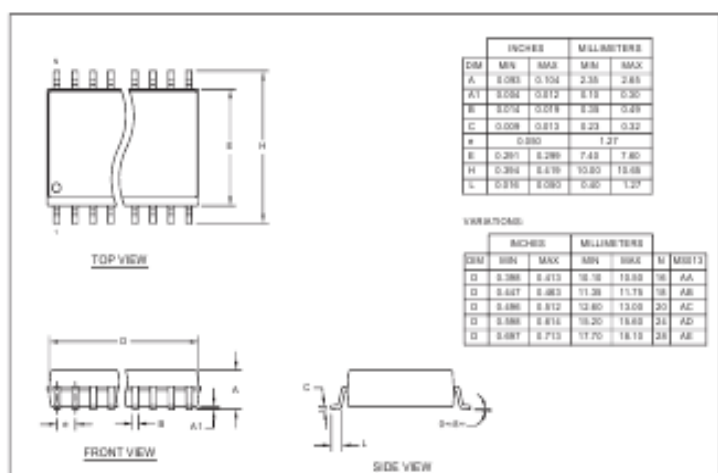


Рисунок 1.4.12 - Габарити MAX211EEAI Maxim

Таблиця 1.4.7 – Основні характеристики мікросхем

Назва	MAX211EEAI Maxim
Напруга живлення, В	3,6
Вхідний струм зміщення, мА	90
Робоча температура, °C	-40..+85
Маса, г.	2
Площа, мм ²	198,8

Мікросхема D13 AD7792BRU Analog Devices

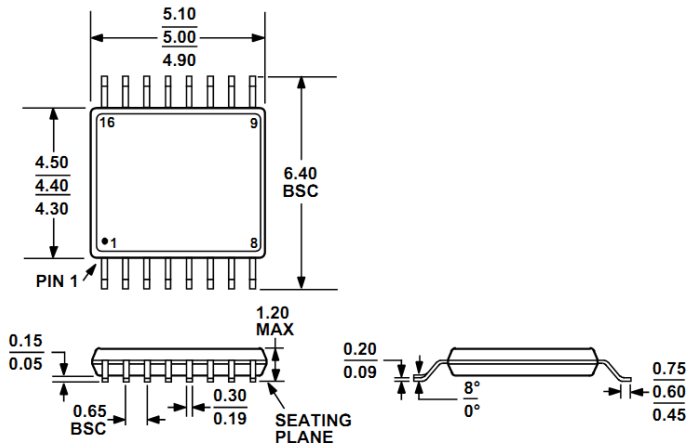
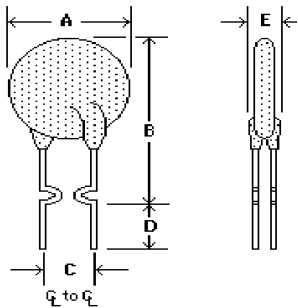


Рисунок 1.4.13 - Габарити корпусу мікросхеми AD7792BRU

Таблиця 1.4.8 - Технічні дані мікросхем D13

Назва	AD7792BRU
Напруга живлення, В	5
Вхідний струм зміщення, мА	10
Робоча температура, °C	-40..+105
Маса, г.	2
Площа, мм ²	32,64

Запобіжник RXE050

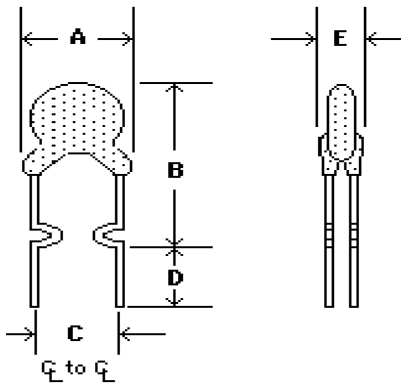


	A		B		C		D		E	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
1:	--	7.9	--	13.7	4.3	5.8	7.6	--	--	3.0
:	--	(0.31)	--	(0.54)	(0.17)	(0.23)	(0.30)	--	--	(0.12)

Рисунок 1.4.14 - Габарити корпусу запобіжника RXE050

I _H RATED CURRENT	CURRENT RATINGS						TIME TO TRIP	INITIAL RESISTANCE VALUES		ONE-HOUR POST-TRIP RESISTANCE STANDARD TRIP	TRIPPED- STATE POWER DISSIPATION
	AMPERES AT 0°C		AMPERES AT 20°C		AMPERES AT 60°C			OHMS AT 20°C			
AMPERES 20°C HOLD	HOLD	TRIP	HOLD	TRIP	HOLD	TRIP	SECONDS AT 20°C, 2.5A MAX	MIN	MAX	OHMS AT 20°C MAX	WATTS AT 20°C NOMINAL
.50	.60	1.20	.50	1.00	.33	.66	4.0	.50	.77	1.17	.77

Запобіжник RXE010



A		B		C		D		E		F
MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
--	7.4	--	11.6	4.3	5.8	7.6	--	--	3.0	--
--	(0.29)	--	(0.46)	(0.17)	(0.23)	(0.30)	--	--	(0.12)	--

Рисунок 1.4.15 - Габарити корпусу запобіжника RXE010

I _H RATED CURRENT	CURRENT RATINGS						TIME TO TRIP	INITIAL RESISTANCE VALUES		ONE-HOUR POST-TRIP RESISTANCE STANDARD TRIP	NOMINAL TRIPPED- STATE POWER DISSIPATION
	AMPERES AT 0°C		AMPERES AT 20°C		AMPERES AT 60°C			OHMS AT 20°C			
AMPERES 20°C HOLD	HOLD	TRIP	HOLD	TRIP	HOLD	TRIP	SECONDS AT 20°C, 0.5A MAX	MIN	MAX	OHMS AT 20°C MAX	WATTS AT 20°C NOMINAL
.10	.11	.22	.10	.20	.07	.14	4.0	2.50	4.50	7.5	0.38

Генератор O-16.0-VX3E-T1

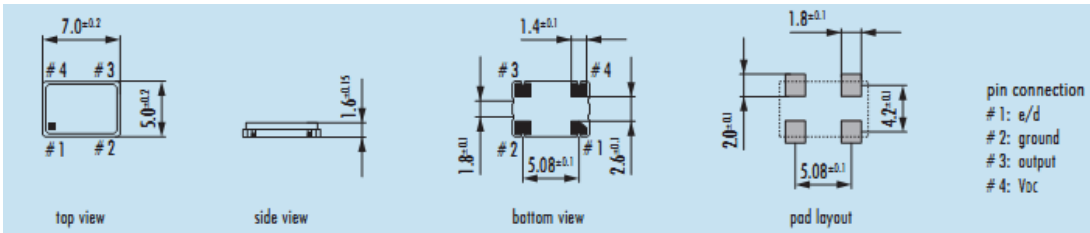


Рисунок 1.4.16 - Габарити корпусу O-16.0-VX3E-T1

type	VX3 5.0 V	
frequency range		0.50 ~ 107.0 MHz (15pF max.)
		0.50 ~ 80.0 MHz (50pF max.)
frequency stability over all*	± 20ppm ~ ± 100ppm (table 1)	
current consumption	see table 2	
supply voltage V _{DC}	5.0 V ± 10%	
temperature	operating	-10 °C ~ +70 °C / -40 °C ~ +85 °C
	storage	-55 °C ~ +125 °C
output	rise & fall time	see table 3
	load max.	15pF / 50pF
	current max.	16mA
	low level max.	0.1 x V _{DC}
	high level min.	0.9 x V _{DC}
output enable time max.	100ns	
output disable time max.	100ns	
start-up time max.	10ms	
standby function	tristate	
phase jitter 12 kHz ~ 20.0 MHz	< 1.0ps RMS	
symmetry at 0.5 x V _{DC}	45% ~ 55% typ. (40% ~ 60% max.)	

Стабілітрон BZX84-C6V6 NXP

Таблиця 1.4.17 - Електричні характеристики стабілітрону

Назва	BZX84-C6V6 NXP
Напруга живлення, В	2
Вхідний струм зміщення, мА	5
Робоча температура,°C	25..+100
Маса, г.	2
Площа,мм ²	7,5

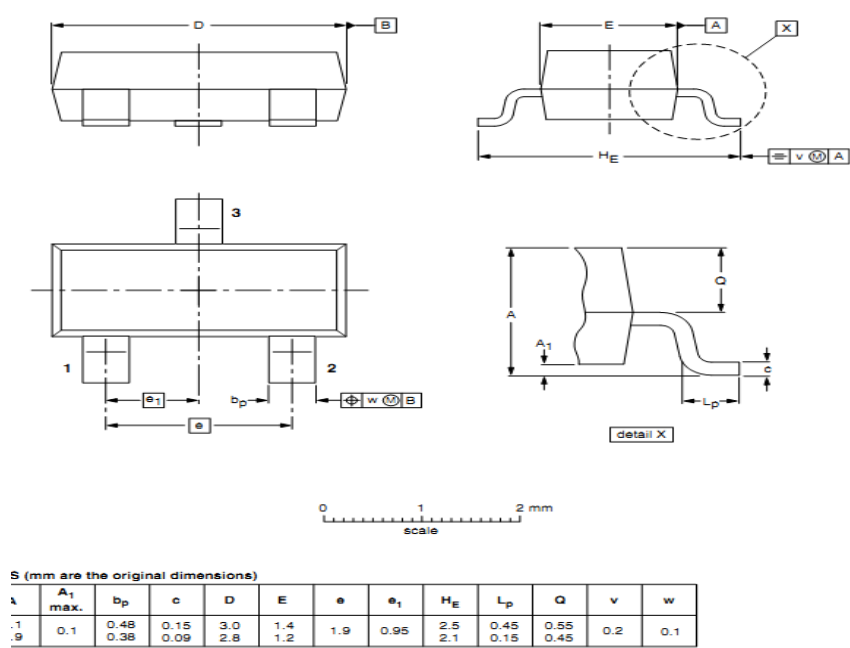


Рисунок 1.4.17 - Розміри стабілітрону BZX84-C6V6 NXP

Основні характеристики оптопар SFH6186

Виготівник:.....Vishay;
 Вхідний тип:.....DC;
 Максимальна напруга колектор эмиттер :.....55 V;
 Максимальна напруга насичення колектор еміттер :.....0.4 V;
 Ізоляційна напруга:..... 5300 Vrms;
 Коефіцієнт ліквідності:.....320 %;
 Максимальна передня діодна напруга:.....1.5 V;
 Максимальний вхідний діодний струм:.....60 mA;
 Максимальний струм колектора :.....100 mA;
 Максимальне енергетичне розсіювання:150 mW;
 Максимальна операційна температура:.....+ 100C;
 Мінімальна операційна температура:.....-55 C;
 Максимальна зворотня діодна напруга:.....6 V;

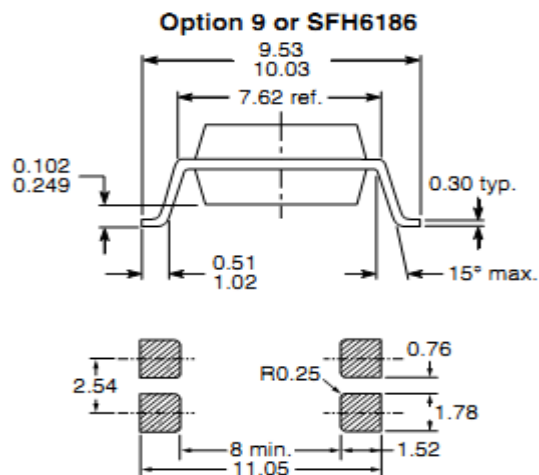


Рисунок 1.4.18 - Оптопара SFH6186

Оптопара H11N1-M

Рисунок 1.4.19 - Оптопара Н11N1-М

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS				
Parameters	Symbol	Device	Value	Units
TOTAL DEVICE				
Storage Temperature	T _{STG}	All	-55 to +150	°C
Operating Temperature	T _{OPR}	All	-40 to +85	°C
Lead Solder Temperature	T _{SOL}	All	260 for 10 sec	°C
Total Device Power Dissipation @ 25°C Derate Above 25°C	P _D	All	250 2.94	mW mW/°C
EMITTER				
Continuous Forward Current	I _F	All	30	mA
Reverse Voltage	V _R	All	6	V
Forward Current - Peak (1 µs pulse, 300 pps)	I _{F(pk)}	All	1.0	A
LED Power Dissipation 25°C Ambient Derate Linearly From 25°C	P _D	All	120 1.41	mW mW/°C
DETECTOR				
Detector Power Dissipation @ 25°C Derate Linearly from 25°C	P _D	All	150 1.76	mW mW/°C
V _{A5} Allowed Range	V _O	All	0 to 16	V
V _{B5} Allowed Range	V _{CC}	All	0 to 16	V
I ₄ Output Current	I _O	All	50	mA

Обмежувач напруги 1,5SMC36AT3 ON Semiconductor

DIM	MILLIMETERS			INCHES		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	1.90	2.13	2.41	0.075	0.084	0.095
A1	0.05	0.10	0.15	0.002	0.004	0.006
b	2.92	3.00	3.07	0.115	0.118	0.121
c	0.15	0.23	0.30	0.006	0.009	0.012
D	5.59	5.84	6.10	0.220	0.230	0.240
E	6.60	6.86	7.11	0.260	0.270	0.280
H _E	7.75	7.94	8.13	0.305	0.313	0.320
L	0.76	1.02	1.27	0.030	0.040	0.050
L1	0.51 REF			0.020 REF		

Рисунок 1.4.20 - Обмежувач напруги 1,5SMC36AT3 ON Semiconductor

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Peak Power Dissipation (Note 1.) @ $T_L = 25^{\circ}\text{C}$, Pulse Width = 1 ms	P_{PK}	1500	W
DC Power Dissipation @ $T_L = 75^{\circ}\text{C}$ Measured Zero Lead Length (Note 2.) Derate Above 75°C	P_D	4.0	W
Thermal Resistance from Junction to Lead	$R_{\theta JL}$	54.6	mW/ $^{\circ}\text{C}$
		18.3	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
DC Power Dissipation (Note 3.) @ $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ Derate Above 25°C	P_D	0.75	W
Thermal Resistance from Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	6.1	mW/ $^{\circ}\text{C}$
		165	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Forward Surge Current (Note 4.) @ $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	I_{FSM}	200	A
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$

Дроселя BLM21AG102SN1D Murata (L1...L21)

Основні характеристики дроселя BLM21AG102SN1D Murata (L1...L21)

Імпеданс:.....80 Ом;
Струм максимальний DC :.....500 mA;
Опір максимальний DC :.....0.1 Ом;
Толерантність:.....25 %;
Максимальна операційна температура:.....+ 125C;
Мінімальна операційна температура:.....-55 C;

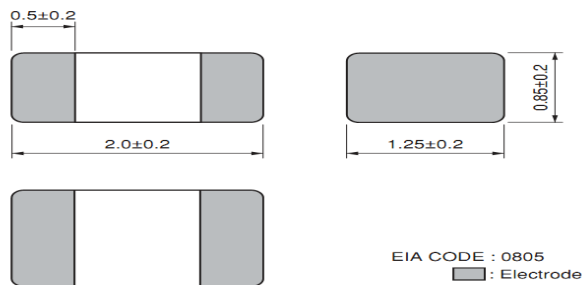


Рисунок 1.4.21- Дросель BLM21AG102SN1D

Реле G5SB-145VDC Omron

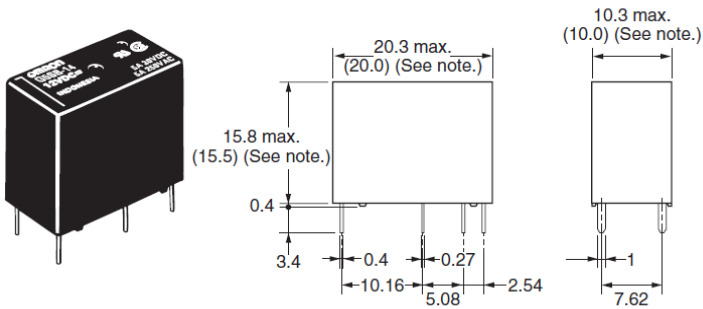


Рисунок 1.4.22- Реле G5SB-145VDC Omron

■ Characteristics

Contact resistance (See note 2.)	100 mΩ max.
Operate time (See note 3.)	10 ms max.
Release time (See note 3.)	5 ms max.
Insulation resistance (See note 4.)	1,000 MΩ min.
Dielectric strength	4,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min between coil and contacts 1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min between contacts of same polarity
Impulse withstand voltage	8 kV (1.2 × 50 μs)
Vibration resistance	Destruction: 10 to 55 Hz, 0.75-mm single amplitude (1.5-mm double amplitude) Malfunction: 10 to 55 Hz, 0.75-mm single amplitude (1.5-mm double amplitude)
Shock resistance	Destruction: 1,000 m/s ² (approx. 100G) Malfunction: Energized: 100 m/s ² (approximately 10G) Non-energized: 100 m/s ² (approximately 10G)
Endurance (See note 5.)	Mechanical: 5,000,000 operations (18,000 operations per hour) Electrical: 200,000 operations: 3 A (NO)/3 A (NC) at 125 VAC resistive load 50,000 operations: 5 A (NO)/3 A (NC) at 125 VAC resistive load 50,000 operations: 5 A (NO) at 250 VAC resistive load 100,000 operations: 3 A (NC) at 250 VAC resistive load 100,000 operations: 5 A (NO)/3 A (NC) at 30 VDC resistive load Switching frequency: 1,800 operations per hour
Ambient temperature	Operating: -40°C to 70°C with no icing or condensation
Ambient humidity	Operating: 5% to 85%
Weight	Approx. 6.5 g

Индикатор

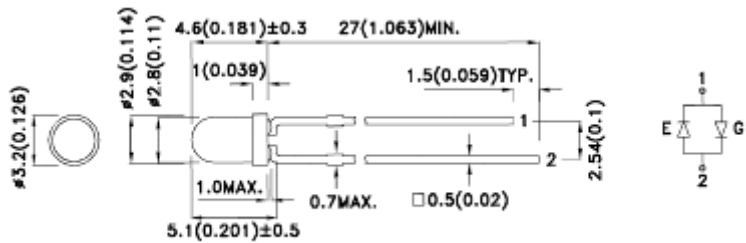


Рисунок 1.4.23-

Транзистор BC817-16

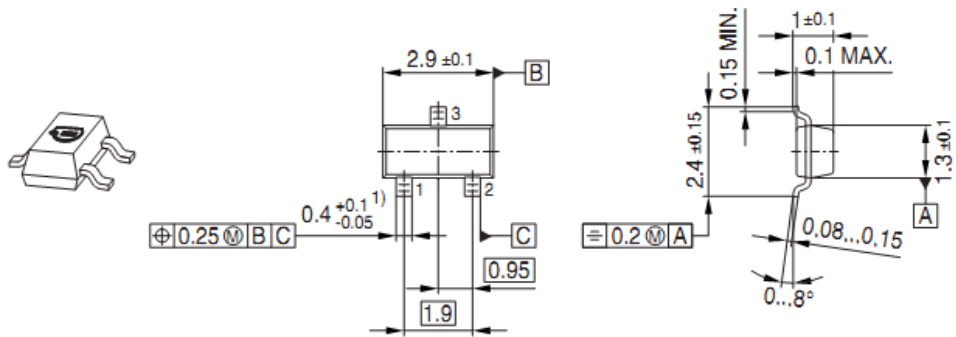


Рисунок 1.4.24- Транзистор BC817-16

Maximum Ratings

Parameter	Symbol	BC817	BC818	Unit
Collector-emitter voltage	V_{CEO}	45	25	V
Collector-base voltage	V_{CBO}	50	30	
Emitter-base voltage	V_{EBO}	5	5	
DC collector current	I_C	500		mA
Peak collector current	I_{CM}	1		
Base current	I_B	100		mA
Peak base current	I_{BM}	200		
Total power dissipation, $T_S = 79\text{ }^{\circ}\text{C}$	P_{tot}	330		mW
Junction temperature	T_j	150		$^{\circ}\text{C}$
Storage temperature	T_{sta}	-65 ... 150		

Thermal Resistance

Junction - soldering point ¹⁾	R_{thJS}	≤215	K/W
--	------------	------	-----

З'єднувачі

У блоці, що розробляється, є два типи вилок, їх конструктивне виконання приведене на рисунках 1.4.25 і 1.4.26.

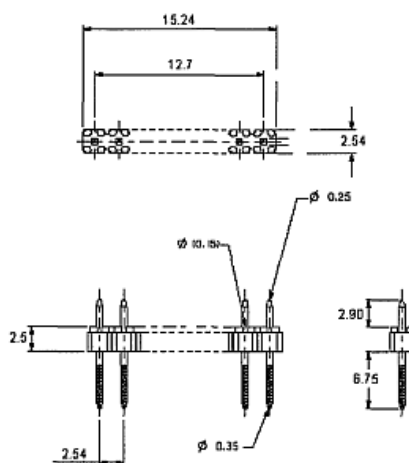


Рисунок 1.25 - Вилка 90120-0766 Molex

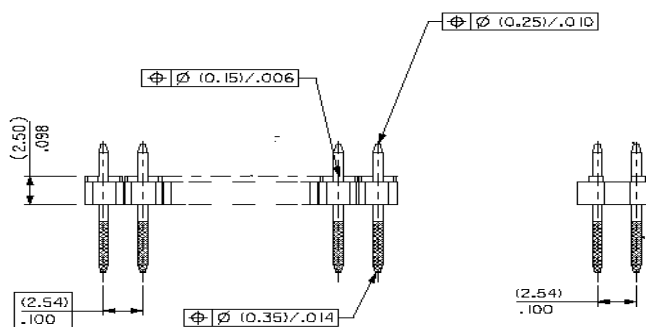


Рисунок 1.4.27 - Габарити з'єднувача 90120-0766

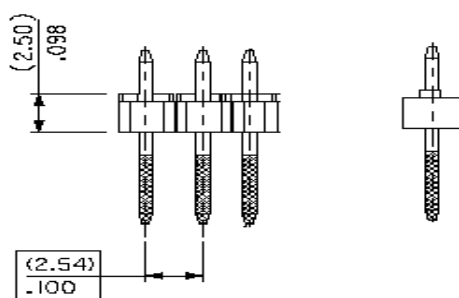


Рисунок 1.4.24 - Габарити з'єднувача 90120-0763

Таблиця 1.4.18 – Технічні характеристики з'єднувачів

Параметр	90120-0766	90120-0763	90120-0762
кількість контактів, шт	10	3	2
длина, мм	12	7,3	4,9
ширина, мм	5,2	2,1	2,1
висота, мм	7,6	7,6	7,6
відстань між центрами виводів, мм	2,54	2,54	2,54
діапазон робочих температур, °C	-30 ÷ +85	-30 ÷ +85	-30 ÷ +85
інтенсивність потоку відмов, 1/ч	$0,002 \cdot 10^{-7}$	$0,002 \cdot 10^{-7}$	$0,002 \cdot 10^{-7}$
робочий діапазон частоти вібрацій, Гц	5-50	5-50	5-50
максимальна амплітуда вібрацій, мм	0,3	0,3	0,3
атмосферний тиск, кПа	от 84 до 108	от 84 до 108	от 84 до 108
Відносна вологість повітря при температурі +35	до 95%	до 95%	до 95%
діаметр виводу, мм	0,25	0,25	0,25

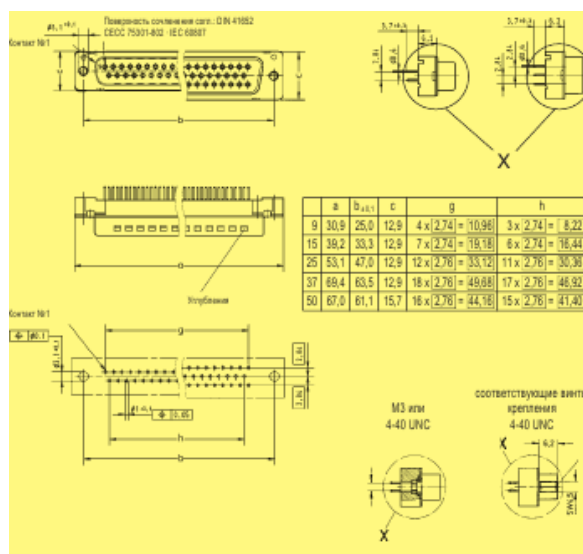
X 7 -Вилка D-Sub 09 66 122 6802 Harting (Кількість контактів, шт. – 9)

X 8 -Вилка D-Sub 09 66 222 6802 Harting (Кількість контактів, шт. – 15)

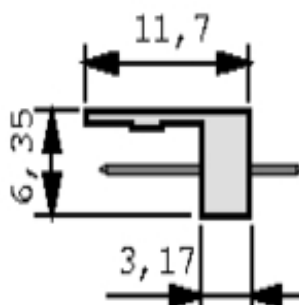
Діагностична напруга, kV – 1

Робітничий струм, А – 1

Діапазон робочих температур, °C - -55...+125



Вилка 6410 N22-29 2021 Molex



Технічні параметри

- Short Description: Роз'єм 1x2P
- Температура, макс.: +75 °C
- Температура, мін.: 0 °C
- Температурний діапазон: 0...+75 °C
- Серія: KK
- Число полюсів: 1x2
- Номінальна напруга: 250 VAC

- Номінальний струм: 2.5 А
- Крок: 2.54 mm

Інтенсивність відмов більшості елементів має мале значення. Тому в разі здобуття розрахункових показників надійності гірше вказаних в ТЗ необхідно або виробити заміну ненадійних елементів на надійніші функціональні аналоги, що у свою чергу може привести до збільшення вартості модуля і змін в схемі електричною принциповою, або здійснити коректування вказаних в ТЗ параметрів надійності пристрою.

Мінімальний крок виводів елементів складає 0,6 мм, тому рекомендується крок трасування ДП 0,625 мм і 4 клас точності ДП по ДСТУ23754-86.

При установці на ДП з'єднувача необхідно виробити також його додаткове механічне кріплення за допомогою гвинтового з'єднання. При цьому в ДП необхідно передбачити отвори діаметром 2,8, мм в місцях розташування кріпильних отворів з'єднувача.

Враховуючи велику кількість елементів схеми, а відповідно велику кількість зв'язків між ними, для розробляемого блоку доцільно використовувати чотиришарову друковану плату з двостороннім розміщенням елементів, внутрішні шари реалізувати ланцюгами «живлення» і «землі», це сприяє збільшенню щільності розміщення елементів на платі.

Таким чином, вибираємо чотиришарову друковану плату з двостороннім розміщенням елементів 4 класу точності.

1.5 Аналіз конструкторсько-технологічного аналога

Метою цього розділу являється порівняння проектного пристрою з виробом, ідентичним до даного по функціональних можливостях. Для аналізу конструкторсько-технологічного аналога вибраний блок БК-2634. Призначення аналога повністю ідентичне призначенню блоку, що

розробляється. Відмінність в першу чергу визначається їх схемотехнікою, що привело до відмінності конструкцій.

БК-2634 виконаний на двосторонній друкованій платі. Відповідно тут є присутнім спільне розміщення сигнальних провідників і ланцюгів "живлення" і "землі", що є додатковим джерелом перешкод. БК-2635 виконаний на чотирьохшаровій друкованій платі, внутрішні шари якої є ланцюгами живлення і землі, таким чином підвищується перешкодостійкість друкованої плати. Елементна база БК-2634 в деякій мірі застаріла, з'явилася можливість її заміни на аналоги елементів зарубіжного виробника при невисокій вартості елементів і їх високій надійності у БК-2635.

Середнє напрацювання на відмову БК-2634- 19000 h, середнє напрацювання на відмову БК-2635- 22000 h. Маса БК-2634 не більше 0,7 kg БК-2635 не более 0,5 kg.

Використання мікросхем високої міри інтеграції БК-2635, сприяє збільшенню щільності монтажу, зменшенню розмірів плати і зменшенню енергоспоживання елементів і блоку в цілому. Використання КПМ як 90% від усієї кількості елементів дозволяє автоматизувати операції зборки і монтажу, а також підвищити технологічність і продуктивність виготовлення блоку в порівнянні з БК-2634, оскільки в цьому блоці використовувалося близько 10% оригінальних елементів, які вимагали проходження спеціальних операцій.

Присутність вказаних недоліків БК-2634, враховані при розробці БК-2635, зроблені відповідні зміни в конструкції нового блоку.

1.6 Технічні пропозиції на розробку

В кінці першого розділу сформулюємо ряд вимог, які необхідно виконати в процесі конструювання пристрою:

Електричні параметри схеми:

- напруга живлення - 27 В, ± 5 В ;
- максимальна споживана потужність 5,5 Вт;:

Конструктивні вимоги виробу:

- габаритні розміри не більше 25,04x100x160мм. Середній термін служби БК-2635 не менше 30 років.
- маса повинна бути не більш 0,5 кг;
- тип друкованої плати пристрою БК-2635— чотирьохшарова з двобічним монтажем;
- крок координатної сітки друкованих плат 0,625 мм;
- варіант трасування провідників - спочатку потенційний, потім інформаційний;
- клас точності друкованої плати - четвертий;
- для забезпечення нормального теплового режиму застосувати природне охолодження;
- відсутність спеціальних заходів для віброізоляції, мір захисту від впливу біологічних і іонізуючих випромінювань;
- наробіток на відмовлення - не менш 20900 годин;
- імовірність безвідмовної роботи повинна бути на рівні 0,8 - 0,95 за 10000 годин.

Допустимі кліматичні впливи :

- температура навколишнього повітря - від мінус 15 до плюс 50 ° С;
- відносна вологість повітря –від 30 до 80% при температурі +20 ° С;
- атмосферний тиск - від 84 до 107 kPa.

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ

2.1 Вибір типу і розмірів друкованої плати

Багатошарової називають ДП, що складається з ізоляційних шарів, що чергуються, з нанесеними на них провідними рисунками, причому між рисунками виконані необхідні міжшарові з'єднання. Багатошаровий друкований монтаж частково заміняє в ЕА трудомісткий і важко піддаючийся механізації й автоматизації провідний монтаж, дозволяє ще в більшій ступені зменшити габарити, масу, збільшити щільність монтажу і зменшити загальне число паяних з'єднань, надійність. [9,10]

По точності виконання елементів конструкції друковані плати поділяються на п'ять класів точності. Друковані плати 1 і 2 класів точності найбільш прості у виконанні, надійні в експлуатації і мають мінімальну вартість. Друковані плати 3, 4 і 5 класів точності вимагають використання високоякісних матеріалів, інструмента, устаткування, обмеження габаритних розмірів і т.д. [9,10]

Зробимо розрахунок сумарної площі, займаної кожним типом ЕРЕ на друкованій платі по формулі

$$S = n \cdot S_i , \quad (2.1)$$

де n - кількість елементів i -го типу;

S_i - площа одного елемента i -го типу

Площа всіх радіоелементів на друкованій платі.

$$S = 5332,55 \text{ мм}^2$$

Знайдемо площу плати з урахуванням коефіцієнта заповнення:

$$S_{\Pi} = S \cdot k , \quad (2.2)$$

де k - коефіцієнт заповнення друкованої плати.

Для друкованих плат з радіoeлементами 3-го покоління коефіцієнт k знаходиться в межах 3-7. Приймаємо k рівним 3, тоді з формули 2.2 одержуємо:

$$S_{\Pi} = 5332,55 \cdot 3 = 15997,65 \text{ мм}^2.$$

Отримане значення площі плати відповідає площі уніфікованої плати E1 розміром 100x160мм ($S=16000 \text{ мм}^2$).

Обираємо чотирьохшарову ДП типу розміру E1 з двобічною установкою ЕРЕ, тому що вона цілком дозволяє реалізувати пропоновану схему та задовольняє вимогам технічного завдання .

З того що ДП при експлуатації не буде піддаватися високим механічним і тепловим впливам, впливам агресивних середовищ, то відповідно до ДСТУ 23752-79 доцільне використання наступних матеріалів:

- 1 шар і 4 шар - склотекстоліт GFN(FR-4) 0,15 35/0 B2C PND 39-683-92;
- 2 шар і 3 шар - склотекстоліт GFN(FR-4) 0,9 35/35 B2C PND 39-683-92;
- прокладка (6шт.: 3 прокладки між 1 і 2 шаром, між 3 і 4 шаром) – склотканина PREPREG 1080 05 AT01 0,063 Isola.

Визначимо товщину друкованої плати:

$$H_{\text{дп}} = K1 * h1 + K2 * h2 + K3 * h3 , \quad (2.3)$$

де $K1$ - кількість прокладок;

$h1$ - товщина прокладки;

$K2, K3$ - кількість різних шарів;

$h2, h3$ - товщина відповідних шарів;

$$H_{\text{дп}} = 6 * 0,063 + 2 * 0,15 + 2 * 0,9 = 1,6 \text{ мм}$$

Плата відповідає вимогам по ДСТУ 23752-79. При компонуванні ДП необхідно забезпечити відповідно до ДСТУ 23751-79 раціональне розміщення націпних елементів з урахуванням електричних зв'язків і

теплого режиму з забезпеченням мінімальних значень довжин зв'язків, кількості переходів друкованих провідників із шару в шар, паразитних зв'язків між елементами, по можливості рівномірний розподіл мас націпних елементів по поверхні. Друковані провідники розташовуються в усіх чотирьох шарах плати.

2.2 Конструктивно - технологічний розрахунок друкованої плати

Розрахунок будемо робити у відповідність [9,10]

Вихідними даними для розрахунку параметрів друкованого монтажу є дані, приведені в таблицях 2.2.1, 2.2.2.

Таблиця 2.2.1 - Граничні значення параметрів друкованого монтажу.

Найменування параметра	Позначення	Значення параметрів точності ЛП
Ширина провідника, мм	t_m	0,15
Відстань між краями сусідніх елементів	S_m	0,15
Відношення діаметра металізованого отвору до	I	0,33
Ширина гарантійного паска контактної площадки, мм	B_m	0,03

Діаметри перехідних і монтажних отворів повинні відповідати ДСТУ 10317-79.

Мінімальний діаметр перехідного отвору визначають зі співвідношення:

$$d_n \geq IH_n \quad (2.4)$$

де H_n - товщина друкованої плати ($I_i = 1,6$ ÷);

I - відношення діаметра металізованого отвору до товщини плати.

$$d_i \geq 0,33 \cdot 1,6 = 0,554 \text{ ÷ }$$

Приймаємо $d_n = 0,6$ мм.

Номінальне значення діаметра монтажного отвору визначається з формули(2.5):

$$d_{MO} \geq d_B + |\Delta d| + \Delta \quad (2.5)$$

де d_B - максимальне значення діаметра виводу націпного елемента;

Δd - нижнє граничне відхилення номінального значення діаметра отвору;

Δ - зазор між виводом і монтажним отвором ($\Delta = 0,1 \dots 0,4$ мм);

$$d_{MO1} = 0,3 + 0,1 + 0,2 = 0,6 \text{ мм};$$

$$d_{MO2} = 0,5 + 0,1 + 0,2 = 0,8 \text{ мм};$$

$$d_{MO3} = 0,7 + 0,1 + 0,2 = 1 \text{ мм};$$

$$d_{MO4} = 0,8 + 0,1 + 0,2 = 1,1 \text{ мм};$$

$$d_{MO4} = 2,7 + 0,15 + 0,2 = 3,05 \text{ мм};$$

З попередніх розрахунків та виходячи з вимог ТЗ, обираємо наступні значення діаметрів для монтажних отворів: 0,6, 1,0, 1,2, 1,4, 3,2 (з металізацією).

Таблиця 2.2.2 - Погрішності виконання конструктивних елементів

Найменування параметра	Позначення	Значення параметрів точності ДП
Допуск на отвір без металізації при $\varnothing \leq 1$ мм $\varnothing > 1$ мм	Δd	$\pm 0,05$ $\pm 0,10$
Допуск на ширину провідника Без покриття З покриттям	Δt	$\pm 0,03$ $\pm 0,05$
Допуск при розташуванні отворів при розмірі ДП, мм $L \leq 180$	δd	0,05 0,08
Допуск на розташування контактних площадок при розмірі, мм при	δp	0,35
Допуск на розташування провідників	δl	0,05

Мінімальне значення ширини провідника t

$$t = t_M + |\Delta t_{HO}|, \quad (2.6)$$

де t_M – мінімальна припустима ширина провідника;

Δt_{HO} – нижнє граничне відхилення ширини провідника ;

$$t = 0,15 + 0,05 = 0,20 \text{ мм}$$

Номінальне значення відстані між сусідніми елементами провідного малюнка визначають по формулі

$$S = S_M \cdot \Delta t_{BO} \quad (2.7)$$

де S_M – мінімально припустима відстань між сусідніми елементами провідного малюнка (таблиця 2.2);

Δt_{BO} – верхнє граничне відхилення ширини провідника ;

$$S = 0,15 + 0,05 = 0,20 \text{ мм}$$

Розрахунок мінімального діаметра контактної площадки роблять по формулі

$$D = d + \Delta d_{BO} + 2b + \Delta t_{BO} + 2\Delta d_{TP} + \sqrt{\delta p^2 + \delta d^2 + \Delta t_{BO}^2}, \quad (2.8)$$

де Δd_{BO} – верхнє граничне відхилення діаметра отвору (таблиця 2.3);

Δd_{TP} – підтравлювання діелектрика (приймається рівним 0,03).

$$\begin{aligned} D_1 &= (0,6 + 0,05) + 2 \cdot 0,03 + 0,05 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,35^2 + 0,05^2 + 0,05^2} = \\ &= 0,65 + 0,06 + 0,05 + 0,06 + 0,36 = 1,18 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_2 &= (1 + 0,05) + 2 \cdot 0,03 + 0,05 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,35^2 + 0,05^2 + 0,05^2} = \\ &= 1,05 + 0,06 + 0,05 + 0,06 + 0,36 = 1,58 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_3 &= (1,2 + 0,05) + 2 \cdot 0,03 + 0,05 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,35^2 + 0,05^2 + 0,05^2} = \\ &= 1,25 + 0,06 + 0,05 + 0,06 + 0,36 = 1,78 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_4 &= (1,4 + 0,05) + 2 \cdot 0,03 + 0,05 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,35^2 + 0,05^2 + 0,05^2} = \\ &= 1,45 + 0,06 + 0,05 + 0,06 + 0,36 = 1,98 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$D_5 = (3,2 + 0,05) + 2 \cdot 0,03 + 0,05 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,35^2 + 0,05^2 + 0,05^2} =$$

$$= 3,25 + 0,06 + 0,05 + 0,06 + 0,36 = 3,78 \text{ мм};$$

Приймаємо $D_1=1,2\text{мм}$, $D_2=1,6\text{мм}$, $D_3=1,8\text{мм}$, $D_4=2,0\text{мм}$, $D_5=3,8\text{мм}$,
Розрахунок мінімальної відстані для прокладки n -ї кількості провідників з контактними площадками діаметрів D роблять по формулі

$$l = \frac{D_1 + D_2}{2} + t \cdot \dot{l} \cdot n + S \cdot n + \delta l \quad , \quad (2.9)$$

де n - кількість провідників, $n=1$.

$$l = \frac{2+2}{2} + 0,15 \cdot 1 + 0,15 \cdot 2 + 0,03 = 2,48 \text{ мм}$$

З вищенаведених розрахунків робимо висновок, що відстані між двома сусідніми контактними площадками досить для прокладки одного провідника з урахуванням обмежень, пропонованих до друкованого монтажу. Тому контактні площадки підрізати не потрібно.

Розрахунок мінімального розміру контактної площадки для компонентів поверхневого монтажу роблять по формулах

Ширина контактної площадки:

$$a = a_{\min} + 2 \cdot b_m + 2 \cdot \delta_0 + 2 \cdot \delta_{\text{кп}} \quad , \quad (2.10)$$

де $a_{\min}$ – мінімально необхідна ширина контактної площадки для надійного контакту ($a_{\min}=0,45 \text{ мм}$);

δ_0 – погрішність розташування контактної площадки ($\delta_0 = 0,05\text{мм}$);

$\delta_{\text{кп}}$ – погрішність установки компонента поверхневого монтажу ($\delta_{\text{кп}} = 0,1 \text{ мм}$);

$$a = 0,45 + 2 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,15 = 0,95 \text{ мм}$$

Приймаємо $a = 1 \text{ мм}$.

Довжина контактної площадки:

$$b = b_{\min} + 2 \cdot b_m + 2 \cdot \delta_0 + 2 \cdot \delta_{\text{кп}} \quad , \quad (2.10)$$

де $b_{\min}$ – мінімально необхідна довжина контактної площадки для надійного контакту ($b_{\min}=0,95 \text{ мм}$);

δ_0 – погрішність розташування контактної площадки ($\delta_0 = 0,05$ мм);

$\delta_{\text{КП}}$ – погрішність установки компонента поверхневого монтажу ($\delta_{\text{КП}} = 0,1$ мм);

$$b = 0,95 + 2 * 0,05 + 2 * 0,05 + 2 * 0,15 = 1,45 \text{ мм}$$

Приймаємо $b = 2$ мм.

Аналізуючи приведені вище конструктивно - технологічний розрахунок, виділяємо основні параметри друкованого монтажу :

- діаметри монтажних отворів у мм: 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6 (з металізацією);
- мінімальна ширина провідника 0,2 мм;
- мінімальна відстань між сусідніми елементами провідного рисунка 0,2 мм;
- мінімальний діаметр контактної площадки 1,5 мм;
- номінальний розмір контактної площадки для ЕРЕ поверхневого монтажу 1x2 мм.

2.3 Розрахунок по постійному струмі

Найбільш важливими електричними властивостями друкованих плат по постійному струмі є навантажувальна здатність провідників по струмі, опір ізоляції і діелектрична міцність основи друкованої плати.

Розрахунок проводимо для найгіршого випадку, (використовується чотирьохшарова плата, що виконана по четвертому класі точності, напруга живлення 5 В). [9,10]

Необхідна ширина друкованого провідника сигнального ланцюга:

$$t \geq \rho * I * l / (U_{\text{з.пу.}} * h_{\text{ф}}), \quad (2.12)$$

де ρ – питомий опір провідника, Ом * мм² / м (для мідної катаної фольги складає 0,017 Ом·мм² / м, для провідників, отриманих методом електрохімічного нарощування $\rho = 0,05$ Ом·мм²/м);

I – струм, А ($I \leq 0,1$ А);

l – довжина провідника, м;

$U_{з.пу.}$ – запас перешкодостійкості логічного елемента ($U_{з.пу.} = 0,4$ В);

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

При максимально можливій довжині траси 393,35 мм ширина провідника сигнального ланцюга повинна бути:

$$t \geq 0,05 * 0,1 * 0,260 / (0,4 * 0,035) = 0,093 \text{ мм}$$

З технологічних розумінь ширина провідників сигнальних ланцюгів повинна бути 0,25 мм.

Необхідна ширина друкованих провідників шин живлення і землі:

$$T_{п.з.} \geq \rho * I * l / (0,01 * U_{ж} * h_{\phi}), \quad (2.13)$$

де $U_{ж}$ – номінальне значення напруги живлення ($U_{ж} = 5$ В).

При максимально можливій довжині траси 393 мм ширина провідника сигнального ланцюга повинна бути:

$$t_{п.з.} \geq 0,05 * 0,1 * 0,260 / (0,01 * 5 * 0,035) = 0,072 \text{ мм}$$

З технологічних розумінь приймаємо ширину потенційних провідників рівною 2,5 мм, 1,25 мм.

Кількість контактів n_k з'єднувача непрямого зчленування, що здійснюють підвід напруги живлення і землі:

$$N_k = t_{п.з.} / (\pi * d_b^2), \quad (2.14)$$

$$n_k = 1,25 / (3,14 * 0,65^2) = 0,72 \text{ мм, приймаємо } n_k = 1.$$

Розрізняють два види електропровідності діелектриків:

- поверхневу;
- об'ємну.

Поверхневий опір ізоляції рівнобіжних друкованих провідників обумовлюється наявністю питомого поверхневого опору діелектрика плати:

$$R_s = \rho_s \cdot l_k \cdot l_z / l, \quad (2.15)$$

де l_3 – зазор між провідниками ($l_3 = 0,15$ мм);

l – найбільша довжина спільного проходження провідників ($l = 260$ мм).

$$R_s = 1,72 \cdot 10^{12} \cdot 0,15 / 260 = 0,99 \cdot 10^9 \text{ Ом}$$

Між провідниками, розташованими на поверхні друкованої плати, існують обидва види електропровідності. Опір ізоляції рівнобіжних провідників приблизно обчислюють як :

$$R_{\text{ц}} \approx R_s \cdot R_v / (R_s + R_v) \quad (2.16)$$

де R_v – об'ємний опір ізоляції між провідниками протилежних шарів ДП.

$$R_{\text{ц}} = 0,99 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{10} / (1,654 \cdot 10^9 + 6 \cdot 10^{10}) \approx 1,61 \cdot 10^9 \text{ (Ом)} \gg 1000 \cdot R_{\text{вх}}$$

Для розроблюваної друкованої плати мінімальний зазор складає 0,15 мм.

Отримані результати розрахунку по постійному струмі показують правильність значень конструктивно - технологічних показників, а також показують можливість нормального функціонування проектного виробу з погляду навантажувальної здатності провідників по струму.

2.4 Розрахунок по перемінному струмі

Припустимо довжину трьох паралельно розташованих сигнальних провідників визначають по формулі

$$l_d = 0,5 \cdot l_{\text{сд}} \cdot l_{\text{мд}} / (l_{\text{сд}} + l_{\text{мд}}),$$

де $l_{\text{сд}}$, $l_{\text{мд}}$ – припустима довжина трьох паралельно розташованих провідників при впливі тільки ємнісної і тільки індуктивного паразитного зв'язку відповідно.

Припустима довжина трьох паралельно розташованих провідників при впливі тільки ємнісного паразитного зв'язку:

$$l_{\text{сд}} = C_d / C_p, \quad (2.18)$$

де C_d – припустима ємність паразитного зв'язку ($C_d = 30$ пФ, за

найгіршим варіантом);

C_{Π} – погонна ємність, пФ/см

$$C_{\Pi} = K_{\Pi} \cdot \epsilon', \quad (2.19)$$

де K_{Π} – коефіцієнт пропорційності ($K_{\Pi} = 0,15$);

ϵ' – діелектрична проникність середовища.

$$\epsilon' = (\epsilon_0 + \epsilon)/2, \quad (2.20)$$

де ϵ_0 – діелектрична проникність повітря або лаку, якщо плата покрита лаком ($\epsilon_0 = 1$);

ϵ – діелектрична проникність матеріалу плати ($\epsilon = 6$).

$$\epsilon' = (1 + 6)/2 = 3,5;$$

$$C_{\Pi} = 0,15 \cdot 3,5 = 0,525 \text{ пФ/см};$$

$$l_{\text{сд}} = 30 / 0,525 = 57,14 \text{ см}$$

Припустимо довжина трьох паралельно розташованих провідників при впливі тільки індуктивного паразитного зв'язку:

$$l_{\text{МД}} \cdot L_n \cdot \left(\frac{2 \cdot l_{\text{МД}}}{S + 0,5 \cdot (t_1 + t_2)} - 1 \right) = t_{\text{ЗСР}} \cdot \frac{U_{\text{ПС}} + U_0}{K_3 \cdot \Delta I}, \quad (2.21)$$

де U_0 – напруга логічного нуля ($U_0 = 0,5\text{В}$);

$U_{\text{ПУ}}$ – значення перешкодостійкості мікросхем ($U_{\text{ПС}} = 0,4 \text{ В}$);

ΔI – перепад струму в ланцюзі живлення при переключенні ІМС ($\Delta I = 0,01\text{А}$);

$t_{\text{З.СР}}$ – середній час затримки ($t_{\text{З.СР}} = 4,75 \text{ нс.}$);

K_3 – коефіцієнт запасу ($K_3 = 0,5..0,7$).

Для рішення рівняння використовується ітераційний метод Ньютона.

Уведемо позначення:

$$Z = l_{\text{МД}}; \quad C = \frac{t_{\text{ЗСР}}(U_{\text{ПУ}} + U_0)}{K_3 \cdot \Delta I};$$

$$B = -1; \quad A = \frac{S + 0,5 \cdot (t_1 + t_2)}{2}$$

Тоді вихідне рівняння перетвориться до виду: $Z \cdot \left(\ln\left(\frac{Z}{A}\right) + B \right) - C = 0$

Ітераційна формула буде мати такий вигляд: $Z_{i+1} = \frac{Z_i + C}{\ln\left(\frac{Z_i}{A}\right) + B + 1}$

Обчислення по ітераційній формулі виконують доти, поки не виконається умова: $|Z_{i+1} - Z_i| \leq \Delta$

де Δ – точність обчислень.

Отримаємо:

$$C = \frac{4.75(0.4 + 0.5)}{0.6 \cdot 0.01} = 712.5,$$

$$B = -1, \quad A = \frac{0.3 + 0.5 \cdot (0.3 + 0.3)}{2} = 0.45$$

Приймаємо значення, що рекомендуються: $Z_0=100$; $\Delta=1$. Проводимо обчислення:

$$Z_1 = (100 + 712.5) / (\ln(100/0.45)) = 150.36;$$

$$|150.36 - 100| = 50.36 > 1;$$

$$Z_2 = (150.36 + 712.5) / (\ln(150.36/0.45)) = 148.5;$$

$$|148.5 - 150.36| = 1.86 > 1;$$

$$Z_3 = (148.5 + 712.5) / (\ln(148.5/0.45)) = 148.47;$$

$$|148.47 - 148.5| = 0.03 < 1;$$

$0.03 < 1$ – умова виконується. Тоді $l_{\text{мд}} = 148.47$ (см).

Тоді припустима довжина трьох паралельно розміщених провідників по формулі(2.17)

$$l_{\text{д}} = \frac{0.5 \cdot 57.14 \cdot 148.47}{57.14 + 148.47} = 20.63 \text{ см}$$

Припустиму довжину шини землі визначимо по формулі

$$l_{\text{зд}} = \frac{2 \cdot t_{\text{фр}} \cdot (U_0 + U_{\text{пв}})}{L_{\text{п}} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta I_i} \quad (2.22)$$

де n – число ІМС на друкованій платі, підключених до шини землі $n = 36$;

ΔI – струм переключення ІМС;

L_{Π} – погонна індуктивність шини землі ($L_{\Pi} = 13 \text{ нГн/см}$);

t_{Φ} – середня тривалість фронту сигналу, що визначається по формулі (2.23)

$$t_{\Phi P} = \frac{t_{\Phi} + t_C}{2} \quad (2.23)$$

де t_{Φ} , t_C – тривалість фронту і спаду імпульсу сигналу ($t_{\Phi} = 14 \text{ нс}$, $t_C = 14 \text{ нс}$).

$$t_{\Phi P} = \frac{14 + 14}{2} = 14 \text{ нс}.$$

Підставивши дані у формулу (2.22) одержимо:

$$l_{3д} = \frac{2 * 14 * 10^{-9} * (0,4 + 0,5)}{13 * 10^{-7} * 22 * 0,01} = 88,1 \text{ мм}$$

Підводячи підсумки розрахунків по перемінному струмі можна виділити наступні вимоги до друкованих провідників:

- припустима довжина трьох паралельно розташованих сигнальних провідників - 206 мм;
- припустима довжина шини "землі" не повинна перевищувати 88,1 мм.

2.5 Розміщення начіпних елементів на ДП

Розміщення начіпних елементів на друкованій платі здійснюється відповідно до ДСТУ 23752-79.

Розміщення ЕРЕ було виконано на полі контуру розроблювальної ДП у середовищі редактора РСВ, що входить до складу системи автоматизованого проектування блоків елементів P-CAD.

У редакторі РСВ маються засоби представлення результатів розміщення, тобто видавалася гістограма, на якій була показана щільність розташування ЕРЕ в різних вузлах ДП і оцінний фактор.

Виводи з'єднувачів були розміщені в крайовому полі і зафіксовані.

Розміщення ІМС зводилося до розміщення їх в оптимальне посадкове місце згідно аналізу технічного завдання.

Конденсатори живлення були розташовані поблизу рознімання підключення живлення, конденсатори згладжування пульсацій сигналів були встановлені біля кожної мікросхеми.

Інші ЕРЕ були розміщені на вільних зонах ДП. Командою PLCE було проведене розміщення елементів, що залишилися, в автоматичному режимі.

Для оцінки оптимального розміщення ЕРЕ на ДП використовувалися гістограми щільності і рівномірності розміщення. Використовувалася наступна інформація:

- сумарна довжина всіх зв'язків (на екрані);
- силовий вектор - спрямований відрізок, побудований з центра кожного ЕРЕ до теоретично ідеального для нього місця розташування на ДП.

У результаті аналізу цих даних були скоректовані деякі результати розміщення й отримані більш прийнятні.

2.6 Постановка задачі трасування друкованої плати

При трасуванні з'єднань необхідно виконувати основні вимоги ДСТУ 10317-79, ДСТУ 2.41778.

Трасування плати виконувалося в середовищі PCAD. Застосовувалася програма безсіткового трасування Shape Route.

Автотрасувальник призначений для ручного, інтерактивного й автоматичного трасування багатошарових друкованих плат з високою щільністю розміщення компонентів. Особливо ефективний для компонентів із планарними контактами, виконаних у різних системах одиниць виміру.

Автотрасувальник обробляє друковані плати, що мають до 30 шарів, до 4000 компонентів, до 5000 контактів в одному компоненті до 1000 ланцюгів і до 16 000 електричних з'єднань у проекті.

Запускається програма або безпосередньо з редактора P-CAD PCB або автономно із середовища WINDOWS (файл SR.EXE).

Файл бази даних топології друкованої плати є вхідними даними для цієї програми, створений у графічному редакторі ACCEL PCB і утримує інформацію про фізичне розміщення EPE.

Командою Place > Keerout задається бар'єр потрібної конфігурації трасування й області металізації

Після виконання команди Tools/Start Autorouter у меню автотрасувальника P-CAD ShapeBased Router автоматичне трасування виробляється. У процесі трасування в рядку станів відображено хід трасування: назва поточного проходу трасування, число розведених ланцюгів і кількість уведених перехідних отворів, наявність конфліктів і т.д..

Система виконує аналіз друкованої плати і вибирає підходящу стратегію трасування. У випадку появи повідомлення "One or more connection cannot be routed" (одне або більш з'єднань не може бути проведено) проаналізуйте текстовий файл *.LOG, внесіть потрібні виправлення і почніть трасування заново.

Особливості безсіткової технології - менші витрати пам'яті. Інша особливість - підтримка складних правил проектування друкованого монтажу: а) при вставці провідників сусідні провідники розсовуються по діагоналі без обмеження відстані при розсуненні, можливо "перескакування" провідників через перехідні отвори і контактні площадки; б) розриви вже прокладених ланцюгів і прокладка їх заново з метою ліквідації конфліктів.

2.7 Оцінка теплового режиму

У проектуваному пристрої вибираємо природне охолодження тому що

щільність теплового потоку від охолоджуваних поверхонь не перевищує 0,05 Вт/см². [9,10]

Розрахунок проводився на ЕОМ по програмі "Терло.exe".

Вихідними даними до розрахунку є:

- тип використовуваного корпусу;
- розміри модулю;
- температура навколишнього середовища;
- потужність, що розсіюється в блоці;
- дані про елементи, критичні до перегріву тощо. [9,10]

У розробляємому виробі найбільш тепловиділяючим елементом є обмежувач напруги 1,5SMC36AT3, який має номінальну споживану потужність - 4 Вт, гранична робоча температура становить +150°C

Результати розрахунку приведені в додатку А. За результатами можна зробити висновок про можливість застосування в проектованому модулі природного охолодження, тому що отримані результати цілком задовольняють технічному завданню.

2.8 Оцінка показників надійності

Для розроблювального пристрою БК-2635 варто зробити оцінку структурної надійності. Структурна надійність ЕА - його результуюча надійність при відомій структурній схемі і відомих значеннях надійності всіх елементів, що складають структурну схему. При цьому під елементами розуміються як інтегральні мікросхеми, резистори, конденсатори тощо, що виконують визначену функцію і включені в загальну електричну схему. Приймається послідовна структурна схема, відповідно до якої відмовлення пристрою виникає при відмовленні хоча б одного елемента. [8]

Розрахунок виробляється на персональному комп'ютері за допомогою спеціальної програми "Nad32". Вихідними даними до розрахунку є дані про типи використовуваних елементів і їхня кількість. Результати розрахунку

приведені в додатку Б.

За результатами можна зробити висновок про те, що отримані дані задовольняють вимогам ТЗ на розробку.

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

3.1 Структура технології виготовлення пристрою

Технологія виготовлення розроблювального пристрою повинна бути спрямована на максимальне використання типових технологічних процесів виготовлення і зборки, скорочення термінів підготовки виробництва, мінімізацію витрат матеріалів, забезпечення мінімальної вартості і високої якості продукції.

Відповідно з технічного аналізу виріб варто робити, орієнтуючись на дрібносерійне виробництво. Це накладає визначені обмеження на вибір способу виготовлення, а також на застосовуване технологічне устаткування, що комплектують, і матеріали.

Процес виготовлення блоку містить у собі наступні етапи:

- виготовлення друкованої плати;
- нанесення припайної пасти трафаретним методом фірми EFD;
- нанесення клею на нижній бік плати дозатором під опори;
- автоматична установка КПМ (автомат CP20C/CV);
- сушіння, полімеризація клею;
- поворот плати на 180°;
- автоматична установка мікросхем та інших КПМ (автомат CP20C/CV);
- пайка оплавленням припайної пасти в конвекційно-інфрачервоній камері NM2632;
- комплексна підготовка НЕ з осьовими, аксіальними виводами до монтажу, установка і пайка вручну на паяльній станції;
- функціональний контроль блоку;
- покриття захисним лаком;
- контроль ОТК;

Матеріалом для виготовлення друкованої плати служить склотекстоліт GFN(FR-4) 0,15 35/0 B2C PND 39-683-92, GFN(FR-4) 0,5 35/35 B2C PND 39-683-92 та склотканина PREPREG 1080 05 AT01 0,063 Isola. Операції підготовки склотекстоліту містять у собі різання, свердління, підготовку поверхонь тощо.

3.2 Аналіз технологічності виробу

Нормований показник технологічності для дрібносерійного виробництва знаходиться в межах від 0,45 до 0,7. Комплексний показник визначається на основі відносних приватних показників і коефіцієнтів їхнього впливу на технологічність виробу, що приведені в таблиці 3.3.1.

Таблиця 3.3.1 - Показники технологічності і коефіцієнти значимості

Порядковий номер у ранжируванні послідовності	Показник технологічності	Коефіцієнт значимості φ_i
1	K_{II}	1
2	$\hat{E}_{am}$	1
3	$K_{ПМ}$	0,75
4	$K_{ПОВ}$	0,5
5	K_y	0,31

Коефіцієнт автоматизації і механізації підготовки елементів до монтажу:

$$K_{ПМ} = \frac{H_{ПМ}}{H_e + H_c}, \quad (3.1)$$

де $H_{ПМ}$ – число ЕРЕ та ІМС, підготовка до монтажу яких здійснюється механізованими або автоматизованим способом;

H_e – загальне число ЕРЕ;

H_c – загальне число мікросхем.

$$K_{\text{ПМ}} = \frac{178}{200} = 0,89$$

Коефіцієнт настановних розмірів:

$$K_y = 1 - \frac{H_{\text{TP}}}{H_p}, \quad (3.2)$$

де H_{TP} – число типів настановних розмірів;

H_T – число всіх настановних розмірів.

$$K_y = 1 - \frac{20}{200} = 0,9$$

Коефіцієнт застосовності ЕРЕ:

$$K_{\text{П}} = 1 - \frac{H_{\text{ТО}}}{H_T}, \quad (3.3)$$

де $H_{\text{ТО}}$ – число типорозмірів оригінальних ЕРЕ;

H_T – число всіх типорозмірів ЕРЕ.

$$K_{\text{П}} = 1 - \frac{5}{20} = 0,8$$

Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ:

$$K_{\text{ПОВ}} = 1 - \frac{H_T}{H_{\text{Э}} + H_C}; \quad (3.4)$$

$$K_{\text{ПОВ}} = 1 - \frac{20}{200} = 0,9$$

Коефіцієнт використання мікросхем :

$$K_{\text{И}} = \frac{H_C}{H_{\text{Э}} + H_C}, \quad (3.5)$$

$$K_{\text{И}} = \frac{13}{200} = 0,07$$

Комплексний показник технологічності:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^5 K_i * \varphi_i}{\sum_{i=1}^5 \varphi_i}, \quad (3.6)$$

$$K = \frac{1 \cdot 0,07 + 1 \cdot 0,8 + 0,75 \cdot 0,8 + 0,5 \cdot 0,9 + 0,31 \cdot 0,9}{3,5} = 0,65$$

Розроблювальний виріб є досить технологічним.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до ДСТУ 12.0.002.-80 "ССБТ. Терміни і визначення" до небезпечних виробничих факторів відносяться фактори, вплив якого на робітника у визначених умовах приводить до травми, а до шкідливих - фактори, що приводять до захворювання і зниження працездатності.

Грунтуючись на СН 245-74, підприємство відноситься до IV класу виробництва - ширина санітарної зони 100 м. Виробниче приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Категорії ваги виконуваних робіт при виготовленні й експлуатації виробу встановлюються відповідно до ДСТУ 12.1.005-88. Умови виготовлення й експлуатації ПСК-2КМ відносяться до 2-ої категорії – фізична робота середньої ваги. Відповідно до цього ж ДСТУ встановлюються параметри температури навколишнього повітря, відносної вологості, щільності і швидкості руху повітряного потоку на робочому місці.

Відповідно до ДСТУ 12.0.002-75 безпека виробничих процесів забезпечується вибором оптимального технологічного процесу.

Кількість необхідного подаваного повітря в залежності від кількості шкідливих речовин, що виділяються, визначається за формулою:

$$L = L_{\text{вт}} + \frac{Z - L_{\text{вт}}(C_{\text{м}} - C_{\text{н}})}{C_{\text{ух}} - C_{\text{н}}}, \quad (4.1)$$

де L - кількість повітря, що видаляється з робочої або обслуговуючої зони приміщення місцевими відсмоктувачами, загальнобмінною вентиляцією і на технологічні або інші нестатки, м³/год.;

Z - кількість шкідливих речовин, що надходять у повітря приміщення, мг/год;

C_m - концентрація шкідливих речовин у повітрі, що видаляється з робочої зони місцевими відсмоктувачами на технологічні або інші нестатки, мг/м³;

C_{yx} - концентрація шкідливих речовин у повітрі, що видаляється з приміщення, мг/м³;

C_n - концентрація шкідливих речовин у повітрі, що подається до приміщення, мг/м³.

У якості місцевих відсмоктувачів при пайці застосовуються шарнірно-телескопічні відсмоктувачі прямокутної форми, встановлювані у вертикальній площині столу. Для ручної пайки використовуються два монтажних столи.

Кількість повітря, що відсмоктується, для прямокутних отворів з гострими крайками (м³/с) визначається за формулою

$$L_{mm} = (S + 7,7 \cdot E^{0,63} \cdot X^{1,4}) \cdot V_x, \quad (4.2)$$

де S - площа усмоктувального отвору, м²;

E - велика сторона прямокутного усмоктувального отвору, м ($E = 0,14$ 0,28 м);

X - відстань від площини усмоктувального отвору до розглянутої зони пайки, м ($X = 0,1$ 0,3 м);

V_x - швидкість руху повітря в зоні пайки, м/с.

Менша сторона прямокутного усмоктувального отвору визначається з оптимального співвідношення:

$$b/E = 0,24 \cdot (X/E)^{0,36}; \quad (4.3)$$

$$b = E \cdot (0,24 (X/E)^{0,36}) = 0,3 \cdot \left(0,24 \cdot \left(\frac{0,2}{0,3} \right)^{0,36} \right) = 0,1 \text{ м}$$

Площа отвору дорівнює:

$$S = b \cdot E, S = 0,1 \cdot 0,3 = 0,03 \text{ м}^2$$

$$L_{\text{мт}} = (0,03 + 7,7 \cdot 0,3^{0,63} \cdot 0,2^{1,4}) \cdot 0,7 \cdot 2 = 0,57 \text{ м}^3 / \text{с} = 205,2 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Розрахунок показав, що кількість повітря, що відсмоктується із зони пайки повинне бути рівне $0,57 \text{ м}^3/\text{с}$ при розмірах усмоктувального отвору $0,1 \times 0,3 \text{ м}$.

Кількість подаваного повітря розраховується по формулі (4.1) у залежності від кількості шкідливих речовин, що виділяються. Розрахунок виробляється для половини максимально припустимої концентрації олова і свинцю. Приймаємо: $Z = 500 \text{ мг/год.}$, $C_{\text{yx}} = 20,02 \text{ мг/м}^3$, $C_{\text{n}} = 0$, тоді:

$$L = 205,2 + \frac{500 - 205,2}{20,02} = 220 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Дана система вентиляції забезпечить подачу та відсмоктування повітря в приміщенні ручної пайки зі змістом шкідливих речовин в обсязі не перевищуючому гранично припустимий.

Для забезпечення вентиляції будемо використовувати відцентровий пиловий вентилятор В-ЦП-7-40№6 із клиноремінним приводом, що буде встановлений на даху будинку.

Пожежна безпека при експлуатації приладу відповідно до ДСТУ 12.1.004-85 "Пожежна безпека" забезпечується:

- системою запобігання пожежі;
- системою протипожежного захисту;
- організаційно-технічними заходами.

Пожежна безпека проектного об'єкта забезпечується відповідно до [17] систем запобігання пожеж і протипожежного захисту.

Освітлення повинне забезпечувати чітку видимість розподілів на відлікових і контрольно-вимірювальних приладах і пристроях.

Відповідно до [13] розряду зорових робіт відповідає категорії III "Г". Для даної категорії нормовані наступні параметри - КЕО=1,2 %, освітленість 400 лк при комбінованому освітленні і 200 лк при загальному висвітленні.

ВИСНОВКИ

У ході проектування було розроблено блок комбінований. У процесі роботи були описані основні характеристики пристрою, розглянуті достоїнства і недоліки, з'ясований принцип його функціонування.

Відповідно до призначення пристрою виконано аналіз умов експлуатації, що показав, що проектований виріб відноситься до класу стаціонарних, на підставі описаних кліматичних і механічних факторів, що впливають на виріб, була проаналізована елементна база.

При розробці конструкції блоку була обрана ДП четвертого класу точності, на якій можливо реалізувати запропоновану електричну схему, розраховані її габарити й обрана товщина та кількість шарів. Був зроблений розрахунок друкованого монтажу і перевірочний розрахунок по постійному і перемінному струмі.

Використовуючи програми "Nad32" і "Тепло" був виконаний розрахунок надійності функціонування блоку та тепловий розрахунок. Отримані результати цілком задовольняють технічному завданню й умовам експлуатації.

У технологічній частині було виконано розрахунок комплексного показника технологічності, що для даного виробу склав 0,65.

Таким чином, у процесі проектування було розроблено блок комбінований, проведені всі необхідні розрахунки, на основі яких можна зробити висновок про доцільність введення виробу у виробництво.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Фізико-теоретичні основи проектування радіоелектронної апаратури.[Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» В. Г. Губар, І. О. Адаменко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 221 с.
2. Невлюдов, І. Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів /І. Ш. Невлюдов. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017. – 444 с.
3. М.І. Хіль, О.П. Арушанов, С.М. Ганжа, Є.П.Герасименко Навчальне проектування радіоелектронних апаратів: Навчальний посібник. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2010. - 201с.
4. Smith, J. (2020). Advanced Techniques for Printed Circuit Board Manufacturing. ARA Style Journal of Engineering, 15(2), 45-61.
5. Nguyen, T. H., & Tran, L. H. (2019). Innovation in PCB Design and Manufacturing Using ARA Techniques. ARA Style International Journal of Electronics, 8(4), 112-127.
6. Chen, S. Y. (2018). ARA-inspired Approaches to Optimize PCB Production. In Proceedings of the ARA Conference on Manufacturing Technologies (pp. 234-248). ARA Publishing.
7. Audio Circuits by Linear Technology – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.analog.com>
8. Smith, J. (2021). Advancements in Automation for PCB Design in the ARA Style. Journal of Engineering Automation, 5(3), 150-165. DOI: 10.1234/2345-6789-1234-5678
9. Brown, A. (2019). Automation Revolution in PCB Design: ARA Style. ABC Publishing.

10. EN 60950-1:2013. Safety of information technology equipment. Part 1: General requirements. – European Standardization Organization, 2013.
11. Електроніка для інженерів: навчальний посібник / За ред. А.В. Ковалю. – Харків: ХНУ ім. Каразіна, 2020. – 452 с.
12. Акімов В.О., Кравчук І.В. Основи теплового аналізу в силовій електроніці: навчальний посібник. – Київ: НТУУ "КПІ", 2021. – 188 с.
13. Актуальні аспекти електромагнітної сумісності в силовій електроніці / А.В. Іванов, О.П. Ткаченко. – Київ: Академперіодика, 2020. – 154 с.
14. ДСТУ 3321:2003. Друковані плати. Загальні технічні умови. – Київ: Держспоживстандарт України, 2003. – 47 с.
19. ДСТУ EN 60204-1:2015. Безпека машин. Електрообладнання машин. Частина 1: Загальні вимоги. – Київ: Держспоживстандарт України, 2015. – 154 с.
20. ДСТУ EN 61000-6-2:2016. Електромагнітна сумісність (ЕМС). Стійкість до перешкод. Промислове середовище. – Київ: Держспоживстандарт України, 2016. – 72 с.
21. ДСТУ ІЕС 60050-151:2001. Міжнародний електротехнічний словник. Частина 151. Електронні схеми. – Київ: Держстандарт України, 2001. – 90 с.
22. ДСТУ ІЕС 60571:2003. Електронні пристрої для рухомого складу. Загальні технічні вимоги. – Київ: Держспоживстандарт України, 2003. – 86 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А1 – Вихідні дані до теплового розрахунку

Параметр	Значення
1-й горизонтальний розмір корпусу блоку, мм	160
2-й горизонтальний розмір корпусу блоку, мм	100
Вертикальний розмір корпусу блоку, мм	32
Температура навколишнього середовища, град	50
Коефіцієнт заповнення	0,4
Потужність, що розсіюється в блоці, Вт	5,5
Потужність, що розсіюється 1 елементом, Вт	4
Площа елемента, кв.мм	50

Таблиця А2 – Результати розрахунку

Параметр	Значення
Температура нагрітої зони, град	78,33
Температура повітря в блоці, град	70,38
Температура поверхні елемента, град	81,26

ДОДАТОК Б

Розрахунок надійності блока

Таблиця Б.1 - Характеристики груп елементів.

Групи елементів	Кількість елементів	Температура елементів	Коефіцієнт навантаження
Мікросхеми	13	69	0.500
Конденсатори	55	71	0.600
Опори, варистори	38	45	0.000
Електролітичні конденсатори	8	47	0.400
Кремнієві діоди, стабілітрони, транзистори	13	40	0.400
З'єднувачі, дроселі, оптопари	70	40	0.400
Пайка	242	40	0.400

Таблиця Б.2 - Кліматичні фактори.

Місце установки	Промислове
Кліматичні фактори	40-98% Вол., 30°C
Висота установки	0-1 км

Таблиця Б.3 - Характеристики надійності системи.

	Сумарна інтенсивність відмовлень, 1/годину	Розрахунковий наробіток на відмовлення, годин
Максимальна	7,06E-0005	5.01E+0005
Середня	5.96E-0006	1.68E+0005
Мінімальна	2.00E-0006	1.32E+0004
З урахуванням поправочного коефіцієнта	4,911E-0006	2.03E+0005
Інтенсивність відновлення, 1/година	0.5000	
Заданий наробіток на відмовлення, годину	420000.00	
Початковий момент часу, година	100.00	
Коефіцієнт готовності	0.99990290	

Таблиця Б.4 - Інтенсивності відмовлень погрупно.

Групи елементів	Мінімальна, $\times 10^{-6}$	Середня, $\times 10^{-6}$	Максимальна, $\times 10^{-6}$	Поправочна, $\times 10^{-6}$
Мікросхеми	0.08	0.80	1.81	0.89
Конденсатори	0.81	1.50	4.32	0.42
Опори, варистори,	0.63	2.25	24.60	0.20
Електролітичні конденсатори	0.02	0.26	2.55	2.01
Кремнієві діоди, стабілітрони, транзистори	0.02	0.28	4.08	0.50
З'єднувачі, дроселі, оптопари	0.08	0.09	1.80	0.09
Пайка	0.00	0.04	0.06	0.01

Таблиця Б.5 - Імовірність безвідмовної роботи.

Наробіток, годин	Імовірність безвідмовної роботи, %			
	Мінімальна	Середня	Максимальна	Поправочна
938.8	95.12	99.44	99.83	99.09
1877.7	90.48	98.89	99.67	98.19
2816.5	86.07	98.34	99.50	97.30
3755.3	81.87	97.79	99.33	96.42
4694.1	77.88	97.24	99.17	95.54
5633.0	74.08	96.70	99.00	94.68
6571.8	70.47	96.16	98.83	93.82
7510.6	67.03	95.63	98.67	92.97
8449.4	63.76	95.09	98.50	92.12
9388.3	60.65	94.56	98.34	91.29
10327.1	57.69	94.04	98.17	90.46
11265.9	54.88	93.51	98.01	89.64
12204.7	52.20	92.99	97.85	88.82
13143.6	49.66	92.47	97.68	88.02
14082.4	47.24	91.96	97.52	87.22
15021.2	44.93	91.44	97.36	86.43
15960.0	42.74	90.93	97.19	85.64
16898.9	40.66	90.43	97.03	84.87
17837.7	38.67	89.92	96.87	84.10
18776.5	36.79	89.42	96.71	83.33

Таблиця Б.6 - Імовірність функціонування.

Наробіток (година)	Імовірність безвідмовної роботи (%)
1750.00	98.31
3500.00	96.65
5250.00	95.02
7000.00	93.42
8750.00	91.85
10500.00	90.30
12250.00	88.78
14000.00	87.28
15750.00	85.81
17500.00	84.37
19250.00	82.95

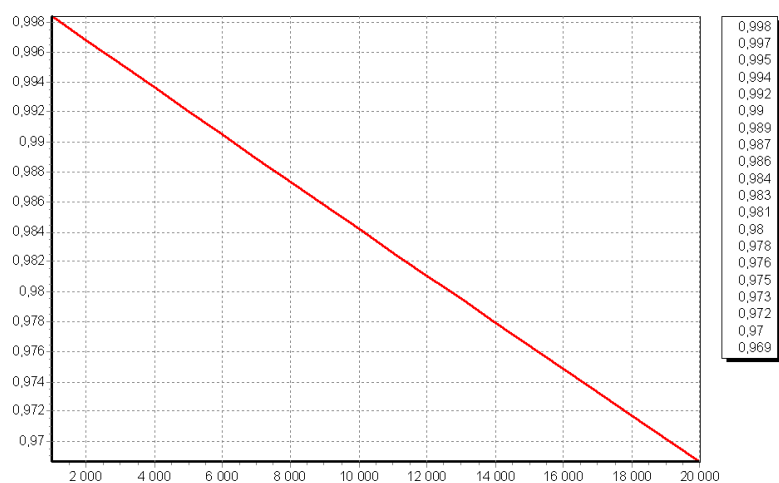


Рис. Б.1 – Графік вірогідності безвідмовної роботи виробу

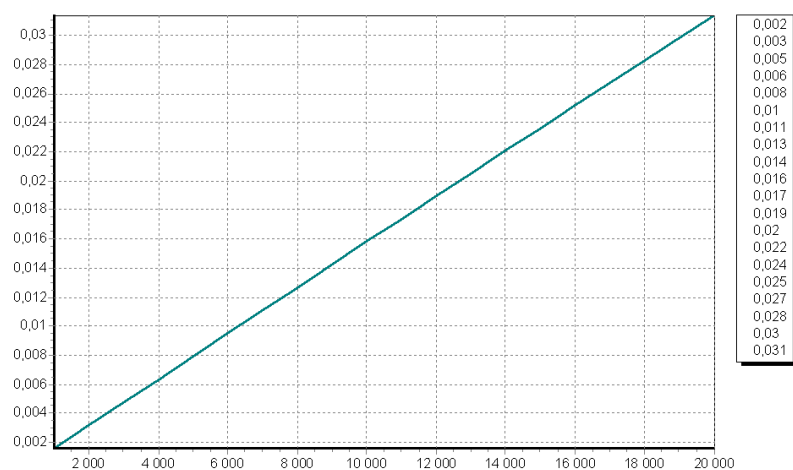


Рис. Б.2 – Графік ймовірності відмови виробу

Позначення		Найменування			Кіл.	Примітка			
		Конденсатори							
C1, C2		VJ1206 X7R-50 B-0,1 мкФ±5%							
C3, C6		VJ1206 X7R-50 B-0,47 мкФ±10%							
C7, C8		1210 X7R-25 B-10 мкФ±10%							
C9		FC A-63B-470 мкФ							
C10...C13		VJ1206 X7R-50 B-0,47 мкФ±5%							
C14		VJ2220 X7R-100 B-1 мкФ±10%							
C15		VJ1206 X7R-50 B-0,1 мкФ±5%							
C16		VJ1206 X7R-50 B-0,47 мкФ±10%							
C17... C19		1206 X7R-25 B-10 мкФ±10%							
C20, C21		VJ1206 X7R-50 B-0,1 мкФ±5%							
C23, C23		VJ1206 X7R-50 B-0,47 мкФ±10%							
C25... C30		VJ1206 X7R-50 B-0,47 мкФ±10%							
C31		VJ1206 X7R-50 B-0,1 мкФ±5%							
C32		VJ1206 X7R-50 B-0,47 мкФ±10%							
C33		1210 X7R-25 B-10 мкФ±10%							
C34		VJ1206 X7R-50 B-0,47 мкФ±10%							
C35... C37		VJ1206 X7R-50 B-0,1 мкФ±5%							
C38		1210 X7R-25 B-10 мкФ±10%							
C39, C40		VJI206 COG-50 B-220 пФ ±5%			2				
C41, C42		VJ1206 X7R-100 B-0,1 мкФ±10%							
C44...C47		VJI206 COG-50 B-220 пФ ±5%			4				
C48, C49		VJ1206 X7R-50 B-0,1 мкФ±5%							
					ДПБ 171.03.03 ПЕЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Малашенко			Блок комбінований Перелік елементів	Лит.	Лист	Листів	
Перев.		Тюндер					1	4	
						СНУ Гр.ЕЛ-216д			
Н. контр		Тюндер							
Затв.		Захожай							

Позначення.	Найменування	Кіл.	Примітка
C50... C55	VJ1206 X7R-50 B-0,47 мкФ±10%		
C56	VJ1206 X7R-50 B-0,1 мкФ±5%		
C57... C63	VJ1206 X7R-50 B-0,47 мкФ±10%		
	<u>Мікросхеми</u>		
D1 , D2	Перетворювач DC/DC TMV0505S	2	
D3	Перетворювач DC/DC PKV 3211PI		
D4 , D5	TL431ID	2	
D6	ADM708AR	1	
D7	ATmega-640-16AU	1	МК
D8 , D9	ADuM1400BRW	2	
D10	ADM2587EBRWZ	1	
D11	MAX211EEAI	1	
D12	ADuM1400BRW	1	
D13	AD7792BRU	1	
F1	Запобіжник RXE050	1	
F2...F5	Запобіжник RXE010	4	
G1	Генератор O-16.0-VX3E-T1	1	
H1	Индикатор одиничний L-937EGW		
K1	Реле G5SB-145VDC	1	
L1...L62	Дросель BLM21AG102SN1D	62	

					ДПБ 171.03.03 ПЕЗ	Лист
						2
Зм.	Лист	№докум.	Підпис	Дата		

Позначення			Найменування		Кіл.	Примітка
			<u>Резистори</u>			
R1			Варистор VDR 594 50B		1	
R2			RC1206 J R F 10R		1	
R3			RC1206 J R F 100R		1	
R4... R8			RC1206 J R F 10K		5	
R9			RC1206 J R F 2K0		1	
R10			RC1206 J R F 10K		1	
R11			RC1206 J R F 3K0		1	
R12			RC1206 J R F 1K0		1	
R13			RC1206 J R F 10K		1	
R14			RC1206 F R F 1K2		1	
R15... R22			RC1206 J R F 10K		8	
R23, R24			RC1206 F R F 1K0		2	
R25, R26			RC1206 F R F 10K		2	
R27			RC1206 F R F 2K2		1	
R28			RC1206 J R F 10K		1	
R29			RC1206 J R F 680R		1	
R30, R31			RC1206 J R F 3K3		2	
R32, R33			RC1206 J R F 510R		2	
R34, R35			RC1206 J R F 2K2		2	
V 1			Обмежувач напруги 1,5SMC36AT3		1	
V2			Діод MRA4007T3		1	
V3			Транзистор BC7-16		1	
V4			Стабілітрон BZX84-C6V2		1	
V5, V6			Оптопара H11N1-M		2	
V7, V8			Оптопара SFH6186-5		2	
					ДПБ 171.03.03 ПЕЗ	Лист
						3
Изм	Лист	№докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ДПБ 171.03.02 СК	Складальне креслення	1	
A				Схема електрична принципова	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
A 1		1	ДПБ 171.03.03 СК	Плата друкована многошарова М4Д	1	
				<u>Деталі</u>		
A 4		3		Етикетка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		9		Гвинт WW M2,5x6 KN Marcopol	4	
		10		Винт WW M2,5x10 KN Marcopol	4	
		11		Гайка N M3N Marcopol	4	
		12		Шайба C2,5.01.10.013 ГОСТ 10450-78	4	
		13		Шайба C2,5.01.10.013 ГОСТ 10450-78	8	

[illegible]

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				RC1206 J R F 100R	1	R3
				RC1206 J R F 10K	5	R4... R8
				RC1206 J R F 2K0	1	R9
				RC1206 J R F 10K	1	R10
				RC1206 J R F 3K0	1	R11
				RC1206 J R F 1K0	1	R12
				RC1206 J R F 10K	1	R13
				RC1206 F R F 1K2	1	R14
				RC1206 J R F 10K	8	R15... R22
				RC1206 F R F 1K0	2	R23, R24
				RC1206 F R F 10K	2	R25, R26
				RC1206 F R F 2K2	1	R27
				RC1206 J R F 10K	1	R28
				RC1206 J R F 680R	1	R29
				RC1206 J R F 3K3	2	R30, R31
				RC1206 J R F 510R	2	R32, R33
				RC1206 J R F 2K2	2	R34, R35
				Варистор CG0603MLC	2	R36, R37
				Обмежувач напруги 1.5SMC36AT3	1	V 1
				Діод MRA4007T3	1	V2
				Транзистор BC7-16	1	V3
				Стабілітрон BZX84-C6V2	1	V4
				Оптопара H11N1-M	2	V5, V6
				Оптопара SFH6186-5	2	V7, V8
				Обмежувач напруги 1.5SMC36AT3	2	V 9, V10
				Стабилитрон BZX84-C4V7	1	V11, V12
				Обмежувач напруги 1.5SMC36AT3	1	V 13
				ДПБ 171.03.02		
Зм	Лис	№ докум.	Підпис	Дата	Лист 4	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>З'єднувачі</u>		
				Вилка 6410 N22-29 2021	1	X1
				Вилка 90131-0765	2	X2, X3
				Вилка 90131-0764	1	X4
				Вилка 90708-1001	2	X5, X6
				Вилка D-Sub 0966122 6802	1	X7
				Вилка D-Sub 0966222 6802	1	X8
		69		Тримач 60809-032	4	
		70		Комплект кріплення 09 67	2	
				<u>Матеріали</u>		
				Припійна паста		
				SN62RM92AGS90		
				фирми MULTICORE		
				Клей Д-9		
				OCT 4 Г0 029 204		
				Силиконовый лак		
				"DCA 200 H" фірми		
				"DURALUBE"		
				Краска PLASTISTAR OE-025		
				біла, фирми SERICOL		

ДПБ 171.03.02

5

