

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Інженерно-технічний факультет

Кафедра електронних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

На тему: «Прецизійна система керування кроковим двигуном»

Виконав: студент _____ 2 _____ курсу.


Матьовка Станіслав Станіславович

(Прізвище, ім'я, по батькові)


(Підпис)

Керівник Кандидат фіз.-мат наук Папн О.В

(Вчене звання, ПІБ, посада)


(Підпис)

Голова ЕК:

Ремета Є.Ю доктор фіз.-мат наук, зав. відділу ІЕФ НАНУ

(Вчене звання, ПІБ, посада)


(Підпис)

Заяць Т.М.-канд. Фіз.-мат наук, доц. Кафедри ЕС

(Вчене звання, ПІБ, посада)


(Підпис)

Юркін І.М.-канд. Фіз.-мат наук, доц. Кафедри ЕС

(Вчене звання, ПІБ, посада)


(Підпис)

Засвідчую що у цьому
дипломному проекті
нема запозичених з праць
інших авторів без
відповідних посилань

Студент _____


(підпис)

Ужгород 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра електронних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Зав.Кафедрою, доц. ЗТМ (Заяць Т.М)
« ____ » _____ 2024 року.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

На кваліфікаційну роботу магістра

На тему:

ПРЕЦИЗІЙНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ

Студента групи ЕС: Станіслава Матьовки

Керівник: к.ф.-м.н Олександр Папі

УЖГОРОД - 2024

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ			
Розробив		Матьовка С.С			Прецизійна система керування кроковим двигуном	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Папі О.В				II	1	51
Н.Контроль		Папі О.В			УжНУ ІТФ II курс маг. Гр. ЕС			
Затвердив		Заяць Т.М						

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Факультет: Інженерно-технічний
систем

Кафедра: Електронних

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц. ЗТМ (Зяць Т. М.)

“ ___ ” _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну магістерську роботу
студенту Матьовці Станіславу Станіславовичу

1. Тема роботи: Прецизійна система керування кроковим двигуном
Затверджена на засіданні кафедри (протокол № 3 від 10.10 2023 р.)
2. Термін закінчення роботи: 10 грудня 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи.
4. Метою даної роботи є вивчення прецизійної системи керування кроковим двигуном з USB інтерфейсом, недоліки та переваги самих крокових двигунів. можливість застосування в науковій, дослідницькій сферах.

Основні вимоги до пристрою:

1. напруга живлення 5 В;
 1. потужність електродвигуна, не більше 10 Вт;
 2. Робочий діапазон обертів, обр/хв 60-1500;
 3. Номінальний струм споживання, не більше А 2;
 4. Робоча температура, °С -35 ÷ +65.
 5. Живлення та курування за допомогою USB C
 6. Стійкість до агресивного середовища
 7. Надійність.
 8. Ремонтпридатність
4. Зміст роботи (перелік питань, що підлягають розробці).

Анотація роботи.

Пояснювальна записка:

Вступ.

1. Огляд та аналіз інтерфейсу керування
2. Огляд і аналіз доступності та властивостей крокових двигунів

3. Управління кроковим двигуном за допомогою ПК.
4. Компоненти основного монтажу.
5. Розробка електричної принципова схеми прецизійної системи керування кроковим двигуном з USB інтерфейсом;
6. Огляд структурної схеми пристрою
7. Розрахунок мінімальної площі плати, розмірів майданчиків провідників, параметрів друкованих провідників, Трасування провідників та компоновка елементів, Розрахунок надійності
8. заходи з охорони праці і техніки безпеки.
9. Висновки.
10. Перелік посилань.
11. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 - 11.1. Структурна (функціональна) електрична схема
 - 11.2. Електрична принципова схема.
 - 11.3 Креслення друкованої плати.
 - 11.4 Складальне креслення.
 - 11.5 Перелік елементів.
 - 11.6 Специфікація.

5. Консультанти розділів роботи:

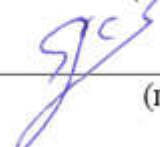
Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормо контроль	Пап О.В.		

Дата видачі завдання 10.10 2023 року.

Керівник кваліфікаційної роботи магістра

 (Пап О.В.)
(підпис)

Завдання прийняв на виконання

 (Матьовка С.С.)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів виконання КБР	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 20.12.2023 року	
2.	Огляд та аналіз аналогів.	до 20.02.2024 року	
3.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 20.03.2024 року	
4.	Синтез структурної та принципової схем, їх розрахунок.	до 20.04.2024 року	
5.	Виготовлення конструкторської документації.	до 20.10.2024 року	
6.	Оформлення кваліфікаційної бакалаврської роботи.	до 10.12.2024 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	Згідно з графіком захисту	

Студент


(підпис)

(Матьовка С.С.)

Керівник роботи


(підпис)

(Пап О.В.)

ЗМІСТ

ВСТУП

1. Інтерфейс підключення пристрою до ПК по USB та конвертуванням в RS-232.....	5
1.1 Інтерфейс USB (USB 2.0)	5
1.2 Інтерфейс RS-232 (UART)	5
2. Гібридний двофазний кроковий двигун, будова, переваги та недоліки.....	7
2.1 Будова крокового двигуна.....	7
2.2 Принцип роботи крокового двигуна.....	8
2.3 Переваги та недоліки крокового двигуна.....	9
3. Управління кроковим двигуном за допомогою ПК.....	10
4. Компоненти основного монтажу.....	12
4.1 Однокорпусний мікродрайвер двигуна DRV8834.....	12
4.2 Опис для мікросхеми FT232RLN USB.....	13
4.3 Опис для мікроконтролера ATmega328P-AU.....	15
4.4. Опис для полярного танталового конденсатора.	16
4.5. Опис для керамічного конденсатора.....	17
4.6. Опис для полімерного конденсатора.....	18
4.7. Опис для діодної збірки.....	19
4.8 Опис SMD Фільтра.....	20
4.9. Опис для резистора SMD.....	20
4.10. Опис для світлодіода двоколірний.....	21
4.11. Опис для кварцевого резонатора.....	22
4.12 Вибір матеріалу.....	23
4.13. Обґрунтування вибору припою.....	23
5. Розробка електричної принципова схеми прецизійної системи керування кроковим двигуном з USB інтерфейсом.....	24
5.1 Огляд структурної схеми пристрою.....	25

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						2
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок мінімальної площі плати	26
5.3 Розрахунок розмірів майданичків провідників.....	27
5.4 Розрахунок параметрів друкованих провідників.....	28
5.5 Трасування провідників та компоновка елементів.....	30
5.6 Розрахунок надійності.....	32
6. Розрахунок собівартості та доцільності пристрою.	34
6.1 Розрахунок собівартості та ціни приладу.....	34
6.2 Розрахунок економічного ефекту від впровадження системи.....	41
7. Заходи по техніки безпеки та захисту навколишнього середовища	44
7.1. Охорона праці. Характеристика небезпечних і шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації.....	44
7.2. Основні заходи безпеки та вилучення передбачуваних шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації.....	45
7.3. Основні заходи по охороні праці (ОП) при роботах з хімічними речовинами і матеріалами:.....	46
7.4 Дії в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру.....	47
Висновки	50
Список використаних джерел	51

Додатки:

Додаток А. Принципова схема.

Додаток Б. Список радіодеталей.

Додаток В. Складальна схема.

Додаток Г. Друкована плата.

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						3
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

ВСТУП

Одним з важливих завдань сучасної науки є створення комп'ютеризованої системи управління. На сьогодні вона використовується в різних сферах діяльності людини.

Числове програмне управління – це комп'ютеризована система керування, яка забезпечує якісне управління механізмами.

Саме ЧПУ відповідає за переміщення робочих органів пристрою, швидкість їх руху та позиціонування, за послідовність циклу роботи, а також за різні допоміжні функції.

Крокові двигуни – це електромеханічні пристрої, які перетворюють сигнали зовнішнього управління в кутовий рух ротора електродвигуна з повною його фіксацією в певному місці знаходження без використання пристроїв, що працюють за принципом зворотного зв'язку. Сучасні крокові двигуни (електродвигуни) по суті своїй є звичайними синхронними електричними двигунами без стартової обмотки, що найчастіше розташовується на роторі движка. Це обумовлюється асинхронним, частотним запуском крокового двигуна.

Метою даної роботи є вивчення прецизійної системи керування кроковим двигуном з USB інтерфейсом, недоліки та переваги самих крокових двигунів. можливість застосування в науковій, дослідницькій сферах.

Для експерименту був використаний кроковий двигун лабораторного хроматографічного пристрою для вимірювання ступеню заломлення світлового потоку через досліджуваний взірець.. У цього двигуна виявилось чотири виводи відповідно і робоча напруга 5В.

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						4
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

1. Інтерфейс підключення пристрою до ПК по USB та конвертуванням в RS-232.

З'єднання плати контролера крокового двигуна з комп'ютером відбувається за допомогою USB послідовної шини що уніфікує даний пристрій і дозволяє легке і швидке підключення без зайвих перехідників та плат. Далі ця шина конвертується в RS 232.

1.1 Інтерфейс USB (USB 2.0)

Цей інтерфейс був створений для того щоб підключити периферії до персонального комп'ютера. Інформаційні сигнали і напруга живлення 5В передаються по чотирипровідному кабелю. Для сигналу використовується диференціальний спосіб передачі двом проводам D+ і D-. Рівні сигналів передавачів у статичному режимі повинні бути нижчими за 0.3 В (низький рівень) або вище 2.8 В (високий рівень). Приймачі повинні витримувати вхідну напругу в межах -0.5...+3.8 В. Передавачі повинні мати можливість переходу у високоімпедансний стан для забезпечення двонаправленої напівдуплексної передачі даних по одній парі проводів. Передача по двох проводах не обмежується лише диференціальними сигналами. Крім диференціального приймача, кожен пристрій має лінійні приймачі сигналів D+ і D-, а передавачі цих ліній управляються індивідуально. Це дозволяє розрізнити безліч станів лінії, які використовуються організації апаратного інтерфейсу. Стани Diff0 і Diff1 визначаються по різниці потенціалів на лініях D+ і D- більше 200 мВ за умови, що на одній з них потенціал вищий за поріг спрацьовування VSE. Стан, при якому на обох входах D+ та D- присутній низький рівень називається лінійним нулем (SE0 - single-ended zero).

1.2 Інтерфейс RS-232 (UART)

В цьому інтерфейсі дані проводяться по RxD (прийом даних) та TxD (передача даних). Інтерфейс UART широко застосовується як стандартний послідовний інтерфейс передачі даних між різними пристроями, тому що він має у собі нескладні алгоритми та можливість двосторонньої передачі даних. Наприклад,

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						5
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

мікроконтролери сімейства AVR, ARM, PIC та багато інших мають в собі вбудовану апаратну реалізацію інтерфейсу UART, через цей протокол можуть бути підключенні деякі з пристроїв. [2] Відомо, що цей інтерфейс, визначений стандартом Асоціації електронної промисловості (EIA), він передбачає наявність обладнання двох видів: термінального DTE и зв'язного DCE. Слід розуміти, що є суттєва різниця між цими видами обладнання. Термінальне обладнання, наприклад мікрокомп'ютер може надсилати і приймати дані по послідовному інтерфейсу. Зв'язне обладнання це пристрої, які можуть задовольнити передачу даних від термінального обладнання. Видимим прикладом зв'язного обладнання є модем. Він є сполучною ланкою у послідовному ланцюжку між комп'ютером і телефонною лінією. Різниця між термінальними і зв'язними пристроями сумнівна, тому виникають деякі труднощі в розумінні того, до якого типу обладнання відноситься той чи інший пристрій. [1]

ПРОТЯЖЕННЯ

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						6
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2. ГІБРИДНИЙ ДВОФАЗНИЙ КРОКОВИЙ ДВИГУН, БУДОВА, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ.

Кроковий двигун — електричний двигун, в якому імпульсне живлення електричним струмом призводить до того, що його ротор не обертається неперервно, а виконує щоразу обертальний рух на заданий кут. Завдяки цьому, кут повороту ротора залежить від числа поданих імпульсів струму, а кутова швидкість ротора точно рівна частоті імпульсів помноженій на кут повороту ротора за один цикл роботи двигуна.

Кут повороту двигуна під впливом одного імпульсу може мати різні значення, залежні від конструкції двигуна, — як правило це значення в діапазоні від декількох градусів до декілька десятків градусів. Крокові двигуни, залежно від призначення пристосовані до виконання від частки обороту в секунду до декількох тисяч оборотів в секунду. [2]

2.1 Будова крокового двигуна.

Для правильної побудови крокового двигуна необхідно зрозуміти будову самого крокового двигуна. Конструктивно крокові електродвигуни складаються із статора, на якому розташовані обмотки збудження, і ротора, виконаного з магніто-м'якого (феромагнітного) матеріалу або з магніто-твердого (магнітного) матеріалу. Крокові двигуни з магнітним ротором дозволяють отримувати більший крутний момент і забезпечують фіксацію ротора при знеструмлених обмотках. (Рис. 2.1)

Гібридні двигуни поєднують у собі найкращі риси двигунів зі змінним магнітним опором і двигунів з постійними магнітами.

Статор гібридного двигуна також має зубці, забезпечуючи велику кількість еквівалентних полюсів, на відміну від основних полюсів, на яких розташовані обмотки. Зазвичай використовуються 4 основні полюси для 3,6 градусних двигунів і 8 основних полюсів для 1,8-0,9 градусних двигунів. Зубці ротора забезпечують менший опір магнітного ланцюга у певних положеннях ротора, що покращує статичний і динамічний момент. Це забезпечується відповідним

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						7
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

розташуванням зубців, коли частина зубців ротора знаходиться строго навпроти зубців статора, а частина між ними.

Ротор гібридного двигуна має зубці, розташовані в осьовому напрямку. Ротор розділений на дві частини, між якими розташований циліндричний постійний магніт. Таким чином, зубці верхньої половинки ротора є північними полюсами, а зубці нижньої половинки — південними. Крім того, верхня і нижня половинки ротора повернуті один відносно одного на половину кута кроку зубців. Число пар полюсів ротора дорівнює кількості зубців на одній з його половинок. Зубчасті полюсні наконечники ротора, як і статор, набрані з окремих пластин для зменшення втрат на вихрові струми. [2]

2.2 Принцип роботи крокового двигуна.

Цикл роботи електродвигуна можна розбити на 4 кроки.

Крок 1: верхній електромагніт включений, відбувається притягання найближчого зуба ротора шестеренної форми. Зуби вирівнюються по електромагніту, вони будуть трохи зміщені відносно електромагніта.

Крок 2: верхній електромагніт відключений, а правий електромагніт знаходиться під напругою, потягнувши найближчі зуби прокрутивши ротор вправо. У результаті відбудеться повертання на $3,6^\circ$ для цього прикладу.

Крок 3: нижній електромагніт знаходиться під напругою, спричинивши наступне повертання ротора на $3,6^\circ$.

Крок 4: лівий електромагніт включений, що знову поверне ротор на $3,6^\circ$. Коли верхній знову увімкнеться, ротор у кінцевому підсумку за 4 кроки повернеться на один зуб, а оскільки у ротора є 25 зубів, то повний оберт займе 100 кроків для даного прикладу. [5]

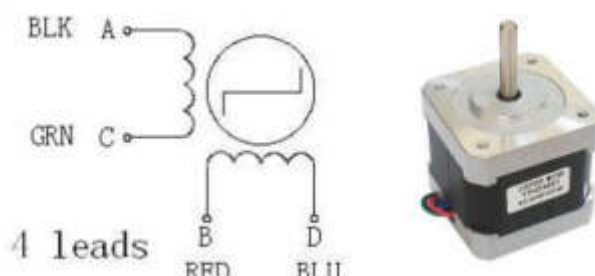


Рис.2.1. Будова та зовнішній вигляд крокового дви-

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						8
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2.3 Переваги та недоліки крокового двигуна.

Переваги:

1. Кут повороту двигуна пропорційний кількості вхідних імпульсів.
2. Двигун працює з повним моментом у стані спокою (якщо обмотки підключені до живлення).
3. Прецизійне позиціонування і повторюваність кроку — хороші крокові двигуни мають точність близько 3 — 5% кроку і ці помилки не накопичуються від кроку до кроку.
4. Можливість швидкого розгону, гальмування і зміни напрямку руху.
5. Безвідмовність — у зв'язку з відсутністю щіток. Довговічність двигуна залежить тільки від довговічності підшипників.
6. Залежність оборотів двигуна від дискретних імпульсів дозволяє керувати двигуном без зворотного зв'язку, завдяки чому кроковий двигун простіший і дешевший в керуванні.
7. Можливість досягнення дуже низьких швидкостей обертання з навантаженням закріпленим безпосередньо на осі двигуна.
8. Широкий діапазон швидкостей обертання отримуваний завдяки тому, що швидкість пропорційна частоті вхідних імпульсів.

Недоліки:

1. Механічний резонанс з'являється при неправильному керуванні.
2. Складнощі при роботі з дуже високими швидкостями.
3. Можлива втрата контролю положення у зв'язку з роботою без зворотного зв'язку.
4. Споживання електроенергії не зменшується навіть без навантаження.
5. Невисока питома потужність.
6. Відносно складна схема управління. [2]

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						9
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

3. УПРАВЛІННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ ЗА ДОПОМОГОЮ ПК

Послідовний порт USB (Рис.3.1), (Табл.2.1) є чудовим та сучасним інтерфейсом, що дозволяє підключати до персонального комп'ютера безліч найрізноманітніших пристроїв. Однак він може бути легко пошкоджений, тому при його використанні для під'єднання саморобних зовнішніх пристроїв потрібно дотримуватись правил безпеки. Зокрема використовувати компоненти захисту порту. Цей порт має одну лінію введення/виводу. Лінії передачі даних - двонаправлені і саме їх ми і будемо використовувати. У табл.1 описано призначення контактів роз'єму порту USB.

Розпіновка USB 2.0 type A



1	Vbus
2	D-
3	D+
4	GND

Рис 3.1 Компонування роз'єму USB

Таблиця 3.1 Компонування роз'єму USB

Для перетворення USB в RS232 задіяна мікросхема FT232RQ це однокристалний чіп USB до послідовного UART інтерфейсу з опціональним вихідним генератором годинника та новою функцією безпеки FTDIChip-ID™¹. Цей чіп підтримує швидкості передачі даних від 300bit до 3 Mbit, асинхронні та синхронні режими бітового бенгу, а також різні варіанти інтерфейсу для керування зовнішньою логікою або мікроконтролером.

В якості мікроконтроллера використаємо мікросхему ATmega 328P з інтерфейсом керування RS232.

Цей мікроконтролер є однокристалним, базується на 8-бітному ядрі RISC-процесора. Він є високопродуктивним, енергоефективним контролером від Microchip.

АТmega328P має 32 КБ ISP Flash-пам'яті з можливістю читання під час запису, 1024В EEPROM, 2 КБ SRAM, 23 загальнопризначені лінії вводу/виводу, 32 загальнопризначені робочі регістри. [2]

Для керування двигуном необхідний драйвер DRV834 який забезпечує необхідний струм для обраного крокового двигуна та має необхідні захисти. Додатковою перевагою є конфігурація мікрокроку до 1/32 кроку, що означає, що регулюючи струм кроку можна досягти більшої гнучкості позиціонування крокового двигуна, утримуючи його положення завдяки струму. Використання мікрокроку обмежується неідеальними механічними характеристиками крокового двигуна.

Логічний вхід драйверу підтримує діапазон напруг 2.5-5.5 вольт, що дозволяє обирати мікроконтролери із підтримкою розповсюджених логічних рівнів 3.3 та 5 вольт напруги. Для базової конфігурації керування кроковим двигуном (із мікрокроком 1/4) достатнє використання тільки двох виходів МК для задання кількості кроків та напрямку обертання.

Схема підключення драйверу до мікроконтролера та крокового двигуна (Рисунок 3.2)

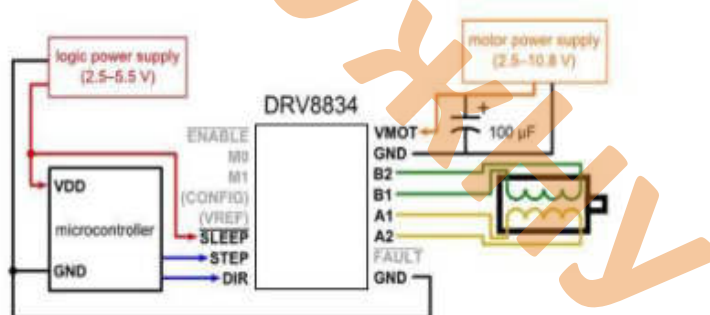


Рис. 3.2 Схема підключення DRV8834

Кроковий двигун NEMA 17 17HS4401 та його основні характеристики:

- Кут повороту на 1 крок: 1.8°;
- Опір обмотки: 1.5 Ом;
- Момент утримання: 4 кг / см;
- Номінальний струм: 1.7 А;
- Індуктивність обмотки: 2.8 мГн. [5]

4. Компоненти основного монтажу

При виготовленні пристрою використовується поверхневий монтаж, або SMD, тобто технологія встановлення компонентів на поверхню плати. Раніше використовувався наскрізний метод, але мав ряд недоліків, а поверхневий суттєво зменшує розміри плати, до більш компактних. Також SMD елементи мають невеликі розміри, що дає змогу більш краще компоувати пристрій. Але при цьому використовуються допоміжні елементи, які кріпляться на ДП за допомогою ніжок, при цьому вони встановленні наскрізним монтажем.

4.1 Однокорпусний мікродрайвер двигуна DRV8834

Вибраний драйвер забезпечує гнучке рішення задач для мехатронних програм. Пристрій має два Н-мостових драйвера і призначений для керування біполярним кроковим двигуном або двома двигунами постійного струму.

Блок вихідного драйвера кожного Н-мосту складається з N-канальних силових MOSFET, налаштованих як Н-міст для керування обмотками двигуна. Кожен Н-міст містить схему для регулювання або обмеження струму обмотки (Рис 4.2).

З належним дизайном друкованої плати кожен Н-міст DRV8834 може безперервно працювати до 1,5А RMS (або постійного струму) при 25°C з живленням V_M 5В. Пристрій може витримувати пікові струми до 2,2 А на міст. Потужність струму дещо знижується при нижчому V_M напруги.

Внутрішні функції відключення з контактом виходу несправності передбачені для захисту від перевантаження по струму, захисту від короткого замикання, блокування від зниження напруги та перегріву. Також передбачений режим сну з низьким енергоспоживанням.

DRV8834 упакований у 24-контактний корпус VQFN (Рис 4.1) з PowerPAD™ (екологічно чистий: RoHS і без Sb/Br). [5]

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						12
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

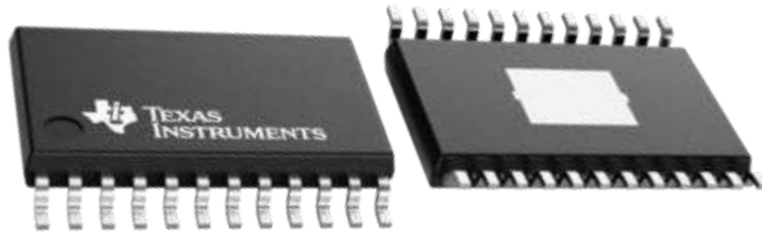


Рис. 4.1 Зовнішній вигляд корпусу

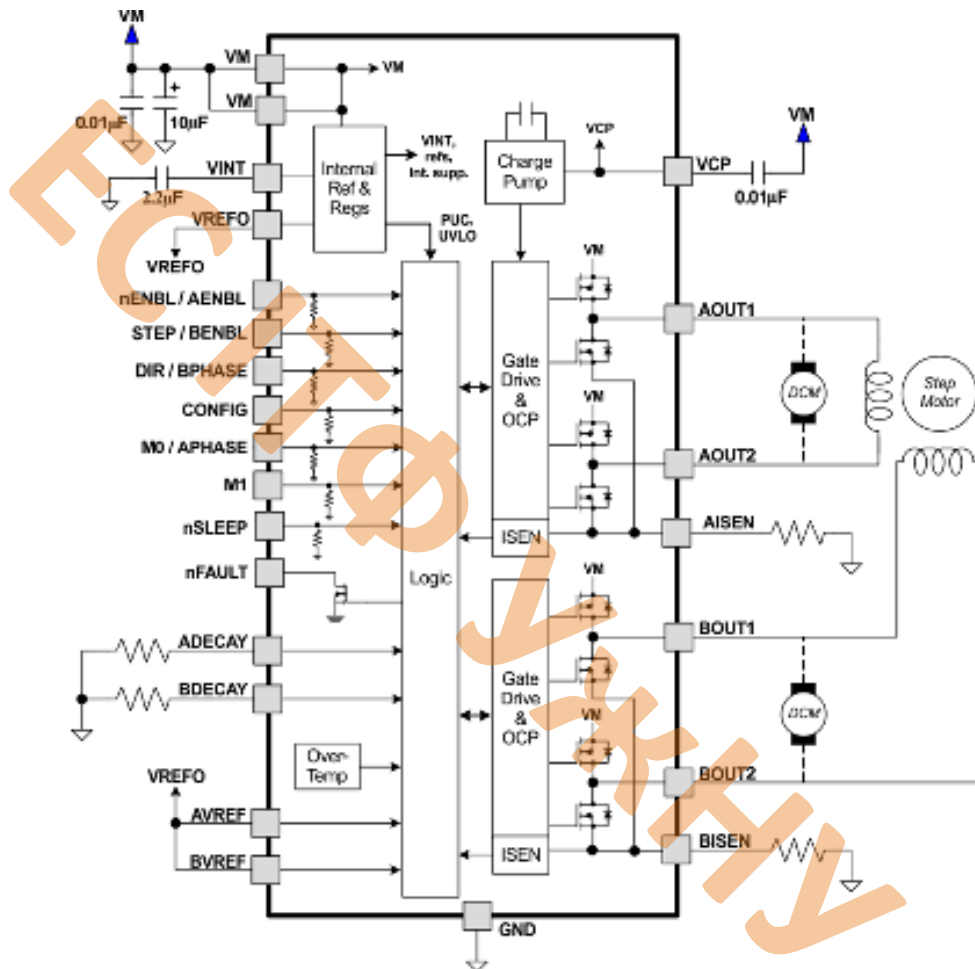


Рис. 4.2. Внутрішня топологія

4.2 Опис для мікросхеми FT232RNQ USB

Це повношвидкісна мікросхема USB для послідовного UART, що включає генератор і EEPROM з 32-контактним корпусом QFN (Рис.4.3). Конструкції

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата

КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ

Арк

13

USB до послідовного порту з використанням FT232RNQ були додатково спрощені завдяки повній інтеграції зовнішнього EEPROM, схеми годинника та USB-резисторів у пристрій. FT232RNQ додає дві нові функції порівняно зі своїми попередниками, що фактично робить його чіпом 3-в-1 для деяких сфер застосування (Рис.4.4.). Внутрішньо згенерований тактовий сигнал (6 МГц, 12 МГц, 24 МГц і 48 МГц) можна вивести з пристрою та використовувати для управління мікроконтролером або зовнішньою логікою. Унікальний номер (FTDIDChip-ID™) записується в пристрій під час виробництва та зчитується через USB, таким чином формуючи основу захисного ключа, який можна використовувати для захисту прикладного програмного забезпечення клієнта від пошкодження. Перетворювачі RS485, модернізація застарілих периферійних пристроїв до USB, промислове керування USB, інтерфейс MP3-плеєра USB, інтерфейс ПК-USB телеприставки. Тобто виходячи з цього ми маємо:

- Однокристальний інтерфейс USB для асинхронної послідовної передачі даних, нові налаштовані контакти введення/виведення CBUS (рис 4.4)
- Повністю підтримуване апаратне забезпечення або програмне забезпечення X-On / X-Off встановлення зв'язку, новий USB FTDIDChip-ID™
- Передача та прийом сигналів світлодіодного приводу, буфери прийому та передачі FIFO для високої пропускної здатності даних.
- 256-байтний буфер прийому та 128-байтний буфер передачі з використанням технології згладжування буфера.
- Регульований тайм-аут буфера отримання, підтримка призупинення/відновлення USB.
- Пристрій поставляється з попередньо запрограмованим унікальним серійним номером USB, низьке споживання пропускної здатності USB.
- Підтримка конфігурацій USB із живленням від шини, автономним живленням і високої потужності.
- Інтегрований перетворювач рівня 3,3 В для входів/виходів USB, резисторів USB і схеми скидання живлення.

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						14
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- Повністю інтегрована фільтрація джерела живлення AVCC - не потрібні окремий контакт AVCC і зовнішній фільтр RC.
- Режим масової передачі USB, повношвидкісний USB 2.0, розширена робоча температура від -40 до 85°C. [6]



Рис. 4.3 . Зовнішній вигляд перетворювача

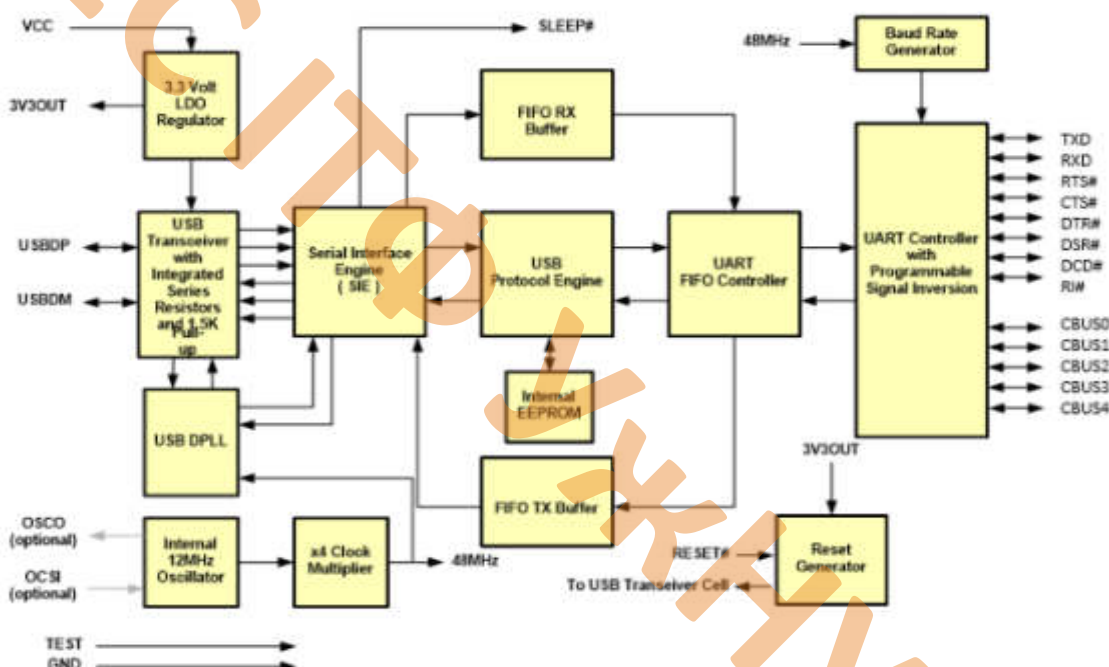


Рис. 4.4 . топологія перетворювача

4.3 Опис для мікроконтролера ATmega328P-AU

Це високопродуктивний мікроконтролер рiсoPower 8bit AVR на основі RISC поєднує в собі 32 КБ флеш-пам'яті ISP з можливостями читання під час запису, 1024 Б EEPROM, 2 КБ SRAM, 23 лінії вводу/виводу загального призначення, 32 робочі регістри загального призначення, три гнучкі таймери/лічильники з ре-

жими порівняння, внутрішні та зовнішні переривання, послідовний програмований USART, байт-орієнтований 2-провідний послідовний інтерфейс, послідовний порт SPI, 6-канальний 10-розрядний аналого-цифровий перетворювач (8 каналів у пакетах TQFP та QFN/MLF), програмований сторожовий таймер із внутрішнім генератором і п'ять режимів енергозбереження, які можна вибрати програмно. Прилад працює в межах 1,8-5,5 вольт. [7] (Рис.4.5.)

- Сімейство 8-розрядних мікроконтролерів AVR® з високою продуктивністю та низьким енергоспоживанням
- Розширена архітектура RISC
- Сегменти енергонезалежної пам'яті високої витривалості
- Підтримка бібліотеки Atmel® QTouch®
- Периферійні особливості
- Спеціальні функції мікроконтролера

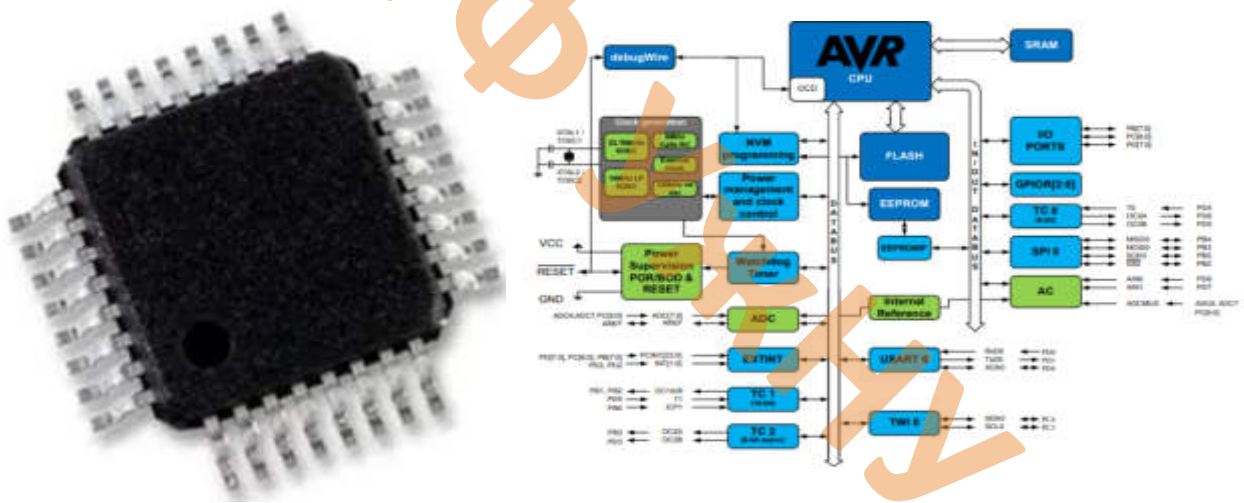


Рис. 4.5. Зовнішній вигляд та топологія АТmega328P-AU

4.4. Опис для полярного танталового конденсатора.

Танталовий конденсатор (Рис. 4.3) (Табл. 4.2) - це підтип електролітичного конденсатора, який виготовляється з металевого танталу, що виконує роль анода, покритого ізолюючим оксидним шаром.

Він відрізняється від інших електролітичних конденсаторів високою ємністю при однаковому об'ємі та меншою вагою. Танталові конденсатори дорожчі за алюмінієві електролітичні конденсатори. В таблиці 4.1 наведено короткі відомості про використаний в схемі конденсатор.

Мітка	маркування	формат	Ємність	Напруга	Виробник
C1, C4, C14	TAJR106M006RNJ	0805 (2012 Metric)	10uF	6,3V	KYOCERA AVX

Таблиця. 4.1.Короткий опис конденсатора

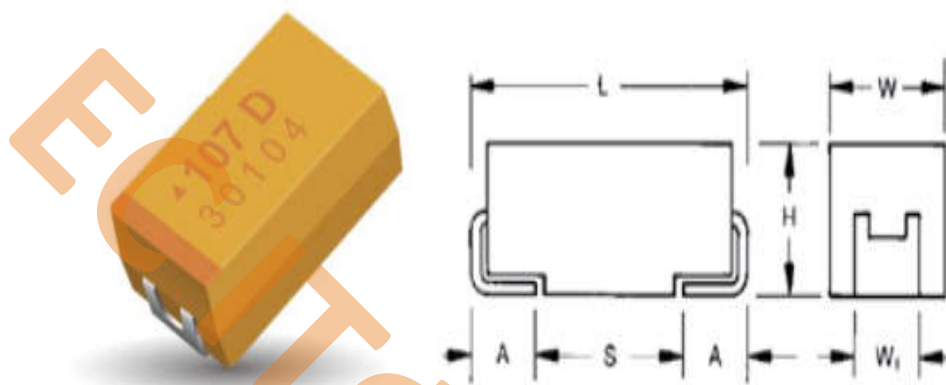


Рис. 4.3.Танталовий конденсатор

Code	EIA Code	EIA Metric	L± 0.20 (0.008)	W+0.20 (0.008) -0.10 (0.004)	H Max.	W1±0.20 (0.008)	A+0.30(0.012) -0.20 (0.008)	S Min.
R	0805	2012-12	2.05 (0.081)	1.30 (0.051)	1.20 (0.047)	1.0 ± 0.10 (0.039±0.004)	0.50 (0.020)	0,85 (0,033)

Таблиця. 4.2.Розміри танталового конденсатора

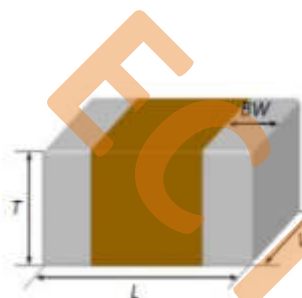
4.5. Опис для керамічного конденсатора

Керамічний конденсатор (Рис.4.7) — конденсатор, у якому як діелектрик використано керамічний матеріал. Керамічні конденсатори є природним елементом практично будь-якої електронної схеми. Вони мають здатність працювати з сигналами мінливої полярності, хороші частотні характеристики, малі втрати, незначні струми витoku, невеликі габаритні розміри (таблиця й низьку вартість. Там же, де ці вимоги перетинаються, вони практично незамінні. Але проблеми, пов'язані з технологією їх виробництва, відводили цьому типу конденсаторів

нішу пристроїв малої ємності. В таблиці 4.3 наведено короткі відомості про використай в схемі конденсаторів.

Мітка	маркування	формат	Ємність	Напруга	Виробник
C2, C3, C6, C8, C9, C10, C13	CGA3E2X7R1E104K080AA	0603 (1608M)	0,1uF	25V	TDK
C5, C12	CL10B103KB8NCNC	0603 (1608M)	0.01uF	50V	SAMSUNG
C11	GRM188R71A225KE15D	0603 (1608M)	0.001uF	10V	MURATA

Таблиця 4.3 Параметри використовуваних керамічних конденсаторів



L	W	T	BW
1.60±0.10	0.8±0.10	0.80±0.10	0.30±0.20

Рис.4.7. Керамічний конденсатор

Таблиця .4.4. розміри конденсатору

4.6. Опис для полімерного конденсатора

Полімерний конденсатор (Рис.4.8) - це тип електролітичного конденсатора, який використовує струмопровідний органічний полімер як електроліт. Вони відрізняються високим терміном служби (до 50000 годин), низьким опором, стабільною температурою.

Важливо зазначити, що полімерні конденсатори зазвичай дорожчі за алюмінієві електролітичні конденсатори, але вони пропонують кращі характеристики, такі як більша ємність за однаковий об'єм, менша вага та більша надійність. В таблиці 4.5 наведено короткі відомості про використай в схемі конденсатору.

Мітка	маркування	формат	Ємність	Напруга	Виробник
C7	6SVP47M	SMD Radial	47uF	20	Panasonic

Таблиця 4.5 Характеристики полімерного конденсатора

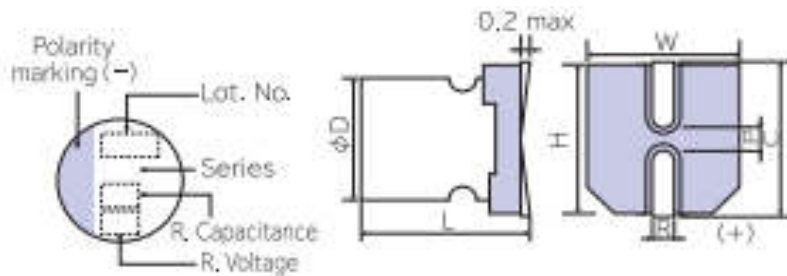


Рис.4.8. Полімерний конденсатор

4.7. Опис для діодної збірки.

Цей масив (Рис. 4.9) розмірами (табл. 4.7) призначений для поглинання електростатичного розряду (ESD) та інших перехідних перенапруг.

Він може захистити чутливі цифрові або аналогові вхідні схеми на лініях даних, сигналів або керування з рівнями напруги до 5VDC. Має монолітну кремнієву конструкцію, двонаправлену затискаючу схему та швидкий час відгуку. Характеристики наведено в таблиці 4.6.

Мітка	маркування	формат	Струм	Напруга	Виробник
D1	SP0503BANTG	SOT143-4	3A	5.5В	LITTELFUSE

Таблиця 4.6 Характеристики полімерного конденсатора

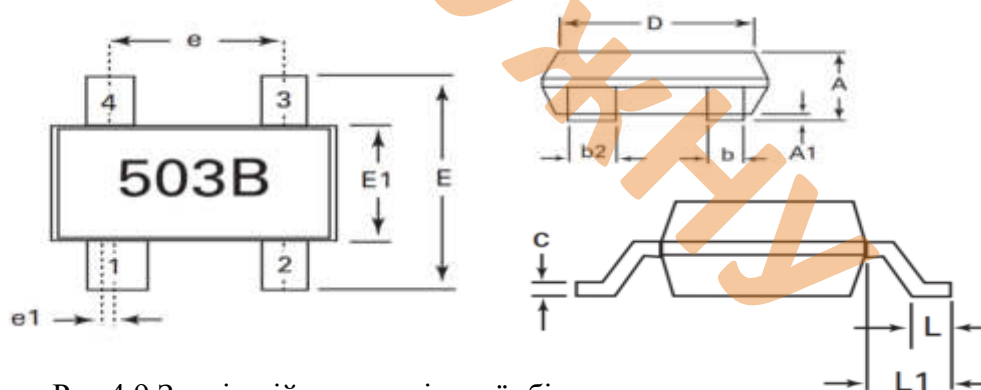


Рис 4.9 Зовнішній вигляд діодної збірки

	A	A1	b	b2	c	D	E	E1	e	e1	L	L1
Min	0.08	0.05	0.30	0.76	0.08	2.80	2.10	1.20	1.92	0.20	0.4	0.550
Max	1.22	0.15	0.50	0.89	0.20	3.04	2.64	1.40	BSC	BSC	0.6	REF

Таблиця 4.7 Розміри діодної збірки

4.8 Опис SMD Фільтра

SMD-фільтр (Surface Mount Device) (Рис.4.10) - це тип фільтра, який монтується на поверхню плати. Він використовується для подавлення високочастотних перешкод в електричних ланцюгах. (Табл. 4.8)

Мітка	маркування	формат	Струм	опір	Виробник
D1	BLM21PG221SN1D	0805	2A	100Гц 220 Ом	MURATA

Таблиця 4.8 Параметри фільтру

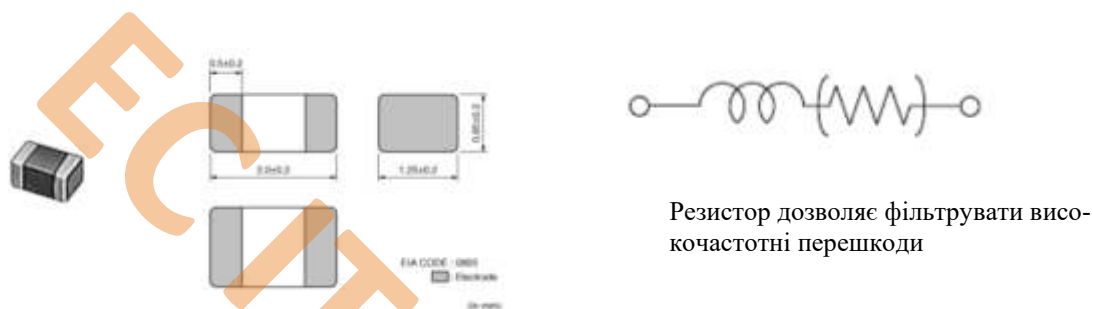


Рис.4.10. SMD фільтр на феритовому сердечнику

4.9. Опис для резистора SMD

Резистор - це пасивний елемент електричної схеми, який має визначене постійне значення електричного опору. Він використовується для лінійного перетворення сили струму в напругу і напруги в силу струму, обмеження струму, поглинання електричної енергії та інших видів перерозподілу електричної енергії.[8]. В таблиці 4.8 наведено параметри використовуваних мною резисторів.

Мітка	маркування	формат	опір	На- пруга	Потужність	Виробник
R1,R2	ERJ-3EKF2700V	0603	270 Ohm	75V	0,1W	Panasonic
R6			1K			
R9,R11			0.1 Ohm			
R8,R12,R13			47 K			

Таблиця 4.8 Параметри Резистору

4.10. Опис для світлодіода двоколірного (U1)

SSL-LX3059IGW - це двоколірний червоний/зелений світлодіод з спільним анодом, круглої форми (Рис.4.11) Кут огляду становить 60°. Використовується для світлової індикації роботи обладнання. Світлодіод має робочу напругу 2 вольти. (Табл. 4.9) Підключення світлодіода безпосередньо до процесора може призвести до надмірного струму, що може пошкодити світлодіод. В якості обмежувача використовується резистор який підключається в ланцюг, забезпечуючи безпечне електричне живлення світлодіода. Розрахунок резистора проводиться за допомогою прорного забезпечення “LED Calculator”

Мітка	маркування	формат	Потужність	напруга	Виробник
U1	SSL-LX3059IGW	THT	25...30мА	2...2,2V	LUMEX

Таблиця. 4.9 Характеристики двоколірного світлодіода

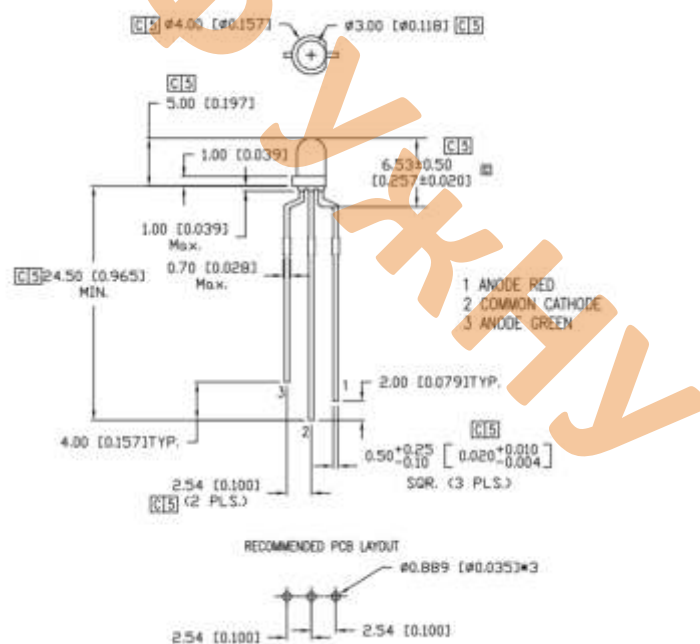


Рис. 4.11. Зовнішній вигляд та розміри світлодіода з спільним анодом

4.11. Опис для кварцевого резонатора (Y1)

CSTNE16M0V530000R0 - п'єзоелектричний резонатор, основною складовою частиною якого є кристалічний елемент з кварцу. Замість кварца часто використовують і інші п'єзоелектрики, наприклад, кераміку (Керамічний резонатор). Даний резонатор є більш компактним та має кращий ступінь фільтрування. (Табл. 4.10), (Рис. 4.12)

Кварцовий резонатор працює на основі явища п'єзоелектричності, за яким кристали кварцу можуть генерувати електричний струм під дією механічного тиску. У кварцовому резонаторі кристал кварцу розміщений між двома електродами, які створюють електричне поле.

Коли на кристал діє механічний тиск, він починає коливатися, і ці коливання викликають зміну електричного поля в кварці. Ця зміна електричного поля створює електричний струм, який може бути використаний для створення стійкої електричної частоти.

Мітка	Маркування	формат	Ємність	Частота	Опір
Y1	CSTNE16M0V530000R0	SMT трикотактний	32 пФ	16 МГц	40 Ом

Таблиця. 4.10 Характеристики кварцевого резонатора

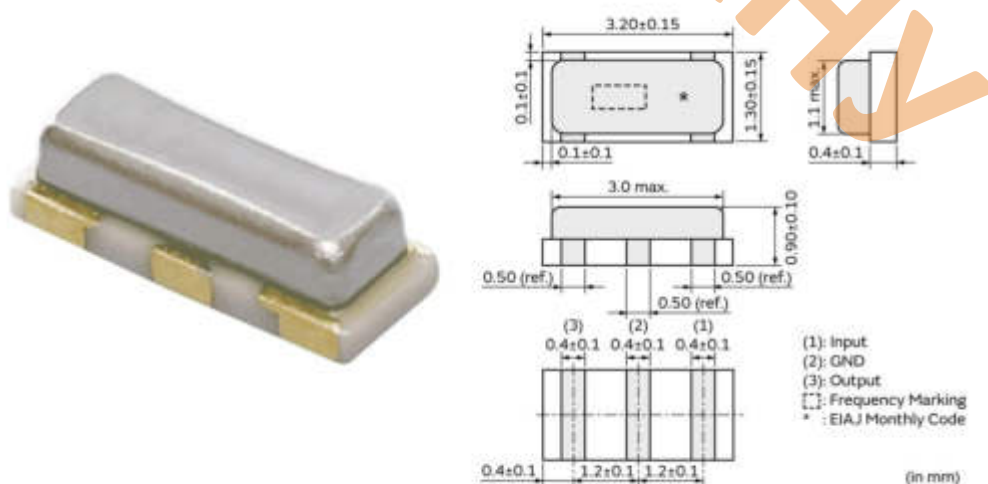


Рис. 4.12. Кварцевий резонатор з фільтруючими конденсаторами

4.12 Вибір матеріалу.

В якості матеріалу з якого буде виготовлятися ДП був вибір між фольгованим склотекстолітом та фольгованим гетинаксом. Останній хоч і є в 1,5-2 рази дешевшим, але через це і має гірші властивості. ФГ може відшаровуватись при механічній обробці, що робить майже неможливим заміну елементів в разі поломки. Також за електроізоляційними вимогами ФС є набагато кращим майже у всіх аспектах, наприклад питомий опір ФГ становить 10^8 , в той час як у ФС 10^{10} і т. д. Через це, в якості матеріалу плати обрано ФС FR-4-1oz/1oz-1.5. Товщина фольги була обрана стандартна 139 мкм або ж 4 oz, оскільки всі виробництва здатні розробити такий варіант. Меншу товщину брати непотрібно, оскільки протікаючі струми на платі в піках достатньо високі, а пристрій повинен бути максимально компактний та надійний.

4.13. Обґрунтування вибору припою.

На ринку найбільш популярними є припої серії ПОС60, але вони містять у своєму складі свинець, який є небезпечний для здоров'я людини навіть у малих кількостях. Тому прийнято рішення обрати безсвинцевий припій Sn99,3-Cu0,7 відповідність директиви RoHS. Даний припій характеризується низькою ціною, гарною стійкістю до корозій та низькою температурою плавлення.

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						23
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

5. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРЕЦИЗІЙНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ З USB ІНТЕРФЕЙСОМ

Основним кроком проектування є розробка схеми електричної принципової схеми графічним редактором DipTrace. Принципові електричні схеми призначені для повного відображення взаємозв'язків, пристроїв з урахуванням принципів їх дії і послідовності роботи (Схема 5.1). На електричних схемах вказують лише ті елементи, які пояснюють електричні процеси. На схемі деталі розміщують так, як це зручно для їх зображення та легшого розуміння принципу роботи пристрою.

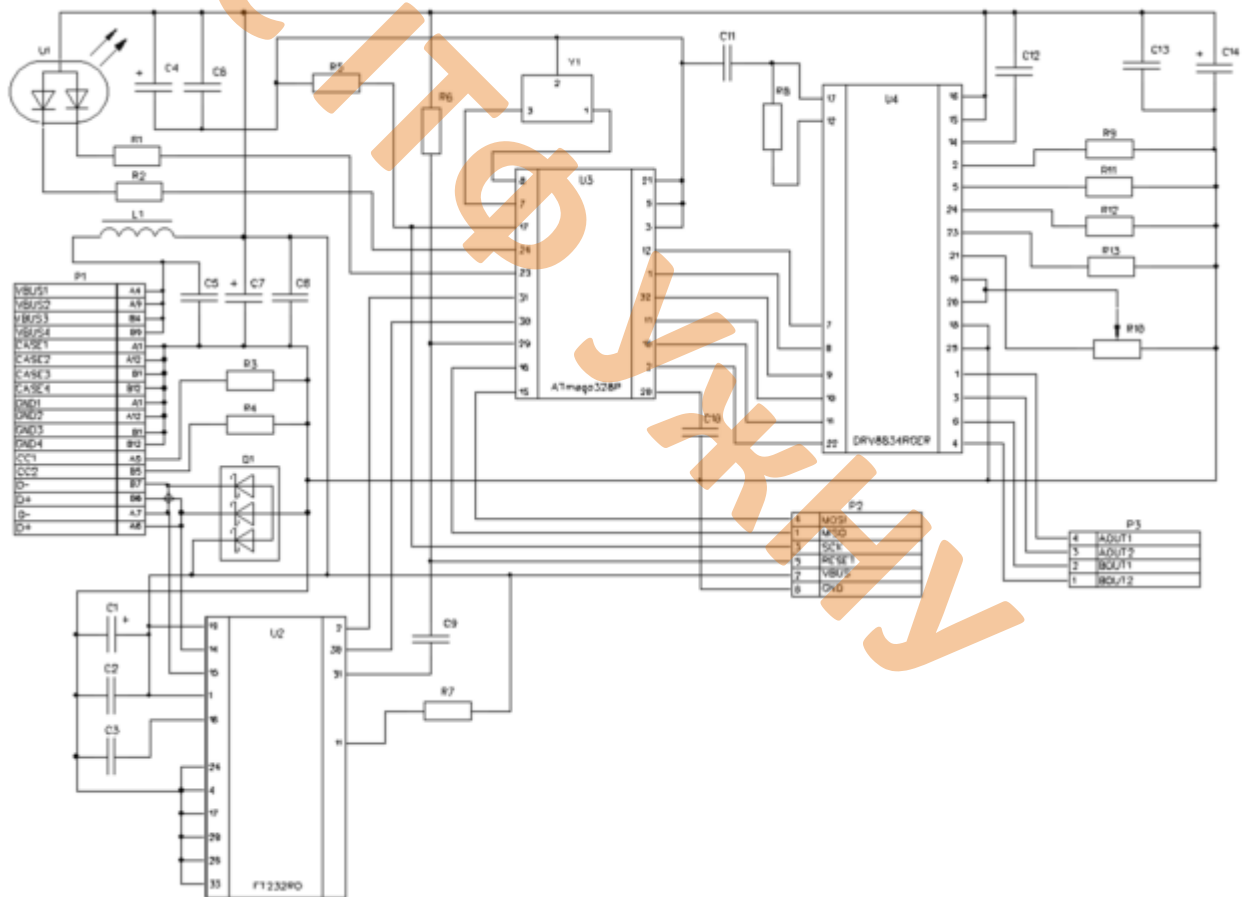


Схема 5.1. електрична принципова схема прецизійної системи керування кроковим двигуном з USB інтерфейсом

5.1 Огляд структурної схеми пристрою

Оскільки прилад не переносний і призначений і споживання його невелике то його живлення достатньо отримувати від USB 3.0 який буде живити усю електроніку на платі. Цей пристрій з'єднується за допомогою цього ж USB пристрою для отримання команд щодо позиціювання валу крокового двигуна в чітко заданій позиціях, швидкість переміщення валу і так далі. Процесор також здатний записувати останні команди для відновлення у випадку втрати сигналу. Процесор отримавши дані про позицію двигуна, швидкість, та інші параметри керує драйвером крокового двигуна який за допомогою внутрішніх схем формує сигнал до двигуна. (Схема.5.2.)

Пристрій складається з таких основних вузлів та каскадів:

1. Перетворювач UART- USB – необхідний для обміну даними пристрою та ПК.
2. Центральний процесор – необхідний для опрацювання команд ПЗ
3. Драйвер – Необхідний для керування крокового двигуна.



Схема.2. Структурна схема пристрою.

Основою пристрою є мікроконтроллер Atmega328p, він забезпечує керування драйвером. Зв'язок та керування мікропроцесором виконується за допомогою USB 3.0.

Особливістю представленого контроллера є відсутність будь-яких органів керування та дисплеїв, для вводу - виводу інформації, на корпусі. Весь процес управління виконується у програмі, встановленій на смартфон або комп'ютері.

5.2 Розрахунок мінімальної площі друкованої плати.

Визначення загальної мінімальної площі плати визначається розрахунком площі всіх елементів поверхневого монтажу, а також допоміжних плат і перехідних колодок, також в розрахунки беруться малогабаритні та середньогабаритні елементи. Для більшої зручності записуємо дані в таблицю (Табл. 5.1.)

Тип EPE	Позначення на Е	Встановлю- вана площа
TAJR106M006RNJ	C1, C4, C15	15.36
CGA3E2X7R1E104K080AA	C2, C5, C6, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14	13.6
6SVP47M	C7	28.09
SP0503BAHTG	D1	8.0
BLM21PG221SN1D	L1	2.5
USB4110-GF-A	P1	78.7
FTS-103-01-L-D	P2	14.45
53047-0410	P3	4
ERJ3EKF1001V	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R11, R12, R13	16.32
PVG3A103C01R00	R10	12.24
SSL-LX3059IGW-CA	U1	16
FT232RQ	U2	25
ATmega328P-AU	U3	49
DRV8834RGER	U4	16
CSTNE16M0VH3C000R0	Y1	4.1

Таблиця 5.1. Площа радіодеталей.

Далі береться сума площин всіх елементів які відносяться до малогабаритних та перемножуються з коефіцієнтом 1.5 (відносяться до цієї групи елементи

корпуси в яких мають маркування 0603,0604), середніх габаритів, після цього підставивши в формулу подані значення отримуємо мініальну площину плати.

В даній схемі до малогабаритних ЕРЕ відносяться: С1, С2, D1, L1, P2, P3, R1, R10, Y1.

Їх площа становить:

$$S_{\text{мг}} = 15.36 + 13.6 + 8 + 2.5 + 16.32 + 12.24 + 4.1 = 72.12 \text{ мм}^2$$

До середньобагаритних ЕРЕ відносяться: P1, U1, U2, U3, U4, С7.

$$S_{\text{сг}} = 78,7 + 25 + 16 + 12,24 + 49 + 28,09 = 209,03 \text{ мм}^2$$

Тепер підставляємо здобуті значення у формулу:

$$S = (3 \times 209,03) + (1,5 \times 72,12) = 735,27$$

$$S = 735,27 \text{ мм}^2$$

Вибираємо для ДП розмір згідно ГОСТ 10317-79 Плати друковані.

Основні розміри 39,9×48,7мм.

Коефіцієнт заповнення по площі рівний:

$$K_s = \frac{S_{\text{уст}}}{S_{\text{дп}}} = \frac{735.27}{1943.13} = 0.3$$

Формула 5.1. Коефіцієнт заповнення:

5.3 Розрахунок розмірів майданчиків провідників

Розміщення ЕРЕ на платі регламентується умовно координатною сіткою із взаємоперпендикулярних систем паралельних ліній, розташованих на однаковій відстані одна від одної. Кроком координатної сітки вибираємо 0.5 мм. Навісні елементи мають вводи прямокутного або круглого перерізу. Діаметр монтажного отвору вибирають із умов: якщо діаметер виводу $d_B > 1_{\text{мм}}$ тоді $d_o = d_B + (0.3 - 0.4)$; і якщо d_B

За формулою $D_k = D_v + 0.3$ де D_k — розміри контактних майданчиків а D_v — розміри виводів. розрахуємо розміри контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу: [9]

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						27
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$D_k = 0.88 + 0.3$$

$$D_k = 0.28 + 0.3$$

$$D_k = 0.50 + 0.3$$

Отримані значення наведено в таблиці (Таблиця 5.2)

Назва елемента	D_v	D_k
SSL-LX3059IGW-CA	0,88	1,18
FTS-103-01-L-D	0,71	1.1
53047-0410	0,50	0.8

Таблиця 5.2. Розміри для елементів поверхневого монтажу

5.4 Розрахунок параметрів друкованих провідників

Перед початком розрахунку, необхідно визначити максимальну напругу і струм, які протікають по схемі, також ці дані знадобляться безпосередньо у розрахунках. Проаналізувавши схему електричну принципову, маємо що для сигнальних провідників $I_{\max} = 0,5$ А, а для силових $I_{\max} = 0.9$ А. Напруга в силових становить 5 В, в сигнальних не перебільшує 3 В. Під час обчислень також необхідно знати питомий опір та довжину провідників, товщину фольги і допустиму щільність. Враховуючи, що щільність струму у друкованих провідників має бути не більше 25 А/мм² а товщина токопровідного шару 0,13мм. Якщо не дотримуватись розрахунків то можливий перегрів та пошкодження токопровідних доріжок, в наслідок цього пристрій швидше вийде з ладу.

1. Далі розраховується ширина поперечного перерізу друкованого провідника за формулою (Формула 5.2.) [12]

$$t_{M,Д} = \left(\frac{I}{j * d} \right) \text{мм}^2$$

Формула 5.2. ширина попереднього перерізу

Де $t_{м,д}$ - ширина поперечного перерізу друкарського провідника, мм.

I - Струм А

J – щільність струму А/мм²

d – товщина провідної фольги

Дані для зручності записуємо до таблиці 5.3.

$$t_{м,д} = \left(\frac{0,8}{25 * 0,14} \right) = 0,25\text{мм}$$

Формула 5.3. Ширина друкованого силового провідника

$$t_{м,д} = \left(\frac{0,05}{25 * 0,14} \right) = 0,014\text{мм}$$

Формула 5.4. Ширина друкованого сигнального провідника

Тип доріжки	Розрахункова ширина	Фактична ширина
Силова	0,25	0,27
Сигнальна	0,014	0,2

Таблиця 5.3. Ширина друкованого провідника

З таблиці 5.3 випливає що розрахункова ширина доріжки значно менше і не перебільшує значення що фактично присутня на ДП.

5.5 Трасування провідників та компоновка елементів.

Проведемо трасування та розміщення елементів в редакторі DIP TRACE, створимо доріжки та полігони. Земля (GND) з обох сторін плати виконана полігонами. Під час розміщення елементної бази зверталась увага на те, щоб SMD та ТНТ елементи знаходились на одній стороні плати, таким чином плата матиме можливість компактніше вмонтовуватися в прилад

Однакові елементи в більшості випадків були розміщені поряд один з одним, для зручності пошуку необхідного елемента та аналізу схеми в разі виявлення несправностей у майбутньому.

Роз'єми встановлювались по краям плати, поскільки так найбільш зручно під'єднувати до них необхідні компоненти. На платі присутній світлодіод, який демонструє зібрану інформацію, його розташовано в нижню сторну плати, відповідно до схеми, для більш гарного та простого зчитування інформації. Також передбачено можливість перенесення його на гукшому шлейфі для зручної індикації.

На платі присутня сигнальна диференційована пара. Для її коректної роботи необхідна однакова довжина позитивного та негативного провідників. Враховуючи те що по диференційній парі не протікають великі струми, ширина доріжок та діаметер перехідних отвоів вужчі за звичайну товщину задля зменшення як вартості так і компактності пристрою..

Враховуючи характеристики робочої темпеатури присутніх на схемі мікросхем (TDP) передбачено нанесення полігонів в якості радіатора для збільшення надійності пристрою.

Результати трасування у верхньому шарі наведено на (Рис.5.2), у нижньому шарі (Рис.5.1). а 3D вид иди верхнього та нижнього шарів плати зображені на (Рис.5.3)

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						30
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

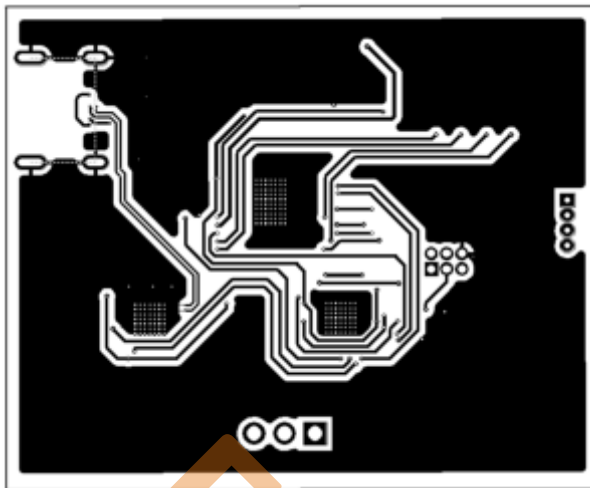


Рис. 5.1. Нижній шар ДП.

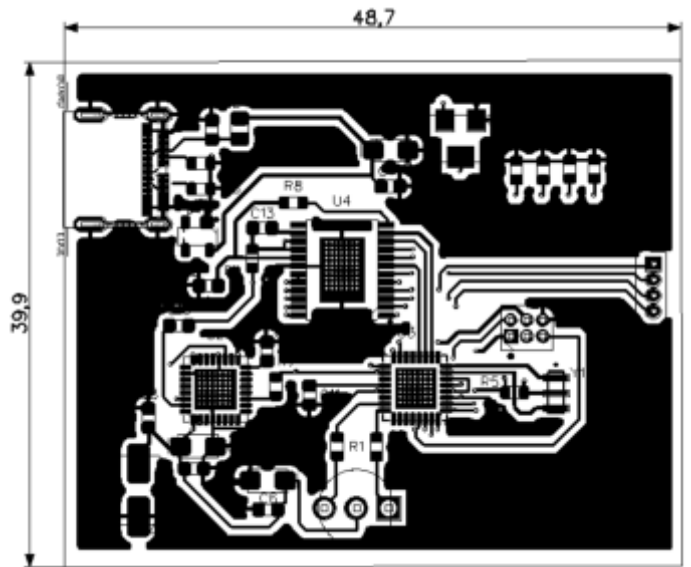


Рис. 5.2. Верхній шар ДП.

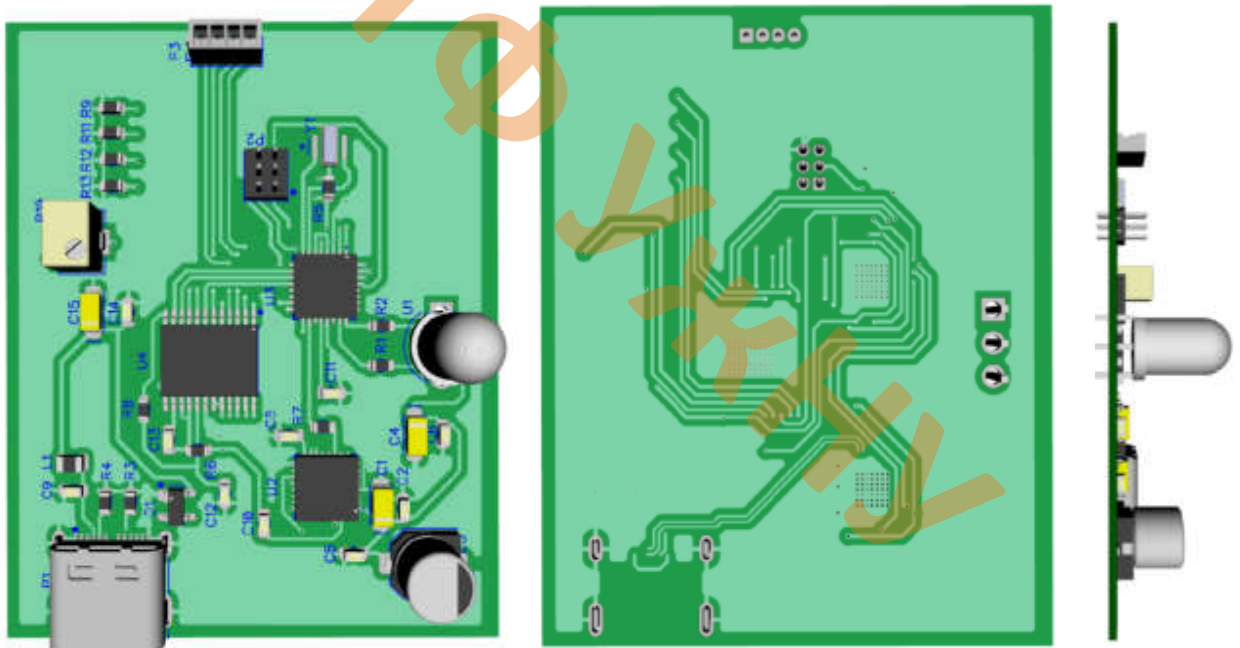


Рис. 5.3. 3D Вигляд ДП.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата

КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ

Арк

31

5.6. Розрахунок надійності

Зазвичай якісною властивістю приладів є надійність, фізичними методами важко відслідити, можливо тільки теоретично розрахувати.

Надійністю виражається спроможність пристрою працювати безвідмовно на протязі довгого часу, без зміни параметрів, які впливають на працездатність пристрою, якщо ж якийсь з параметрів виходить за рамки, це може призвести до порушення працездатності пристрою. Надійність характеризується великою кількістю показників, які діляться на чотири групи: -параметри довговічності; -параметри безвідмовності; -параметри збереження; -параметри ремонтпридатності. Довговічність – властивість виробу зберігати працездатність до настання періоду фізичного спрацювання при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту. Безвідмовність – властивість безперервно зберігати працездатність на протязі певного часу чи певного напрацювання. Збереження – властивість безперервно зберігати працездатний стан впродовж і після зберігання і транспортування. Ремонтпридатність – властивість, яка міститься в пристосуванні до попередження і виникнення відмов, пошкоджень та усунення їх наслідків шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування. При проведенні наближеної оцінки надійності апаратури рекомендується використовувати усереднені значення експлуатаційної інтенсивності відмови основних груп виробів (λ_e), приведені у спеціальному розділі довідника [14]. Ці значення розраховані для чотирнадцяти груп апаратури по ГОСТ В 20.39.304-76 або ГОСТ В 20.39.304-98 при температурі оточуючого середовища в апаратурі у відповідності із даними довідника.

У таблиці (Табл. 5.4) наведені усереднені значення експлуатаційної інтенсивності відмови груп виробів які входять у схему даного пристрою пораховані для температури 30° С.

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						32
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Позиційне познач.	Найменування	Кількість	λe, 10-6
Мікросхеми інтегральні			
U2	FT232RQ	1	0,8
U3	ATmega328P	1	0,8
U4	DRV8834RGER	1	1.1
Індикатори світлодіодні			
U1	SSL-LX3059IGW	1	0,4
Резистори змінні, метало-оксидні			
R10	PVG3A103C01R00	1	0,2
Резистори постійні.			
R1 – R9, R11-R13	ERJ3EKF1001V	12	1,08
Конденсатори керамічні			
C2,C5,C6,C8- C14	CGA3E2X7R1E104K080AA	10	0,8
Конденсатори танталові			
C1,C4,C14	TAJR106M006RNJ	3	1,5
Діодні збірки			
Конденсатор електролітичний			
C7	6SVP47M	1	0,05
Кварцевий резонатор			
Y1	CSTNE16M0V530000R0	1	0,2
Фільтр			
Li	BLM21PG221SN1D	1	0,3
Всього, Σλ, 10 ⁻⁶ 1/Год.			6,75
Напрацювання на відмову, год			148148,1

Таблиця 5.4. усереднені значення експлуатаційної інтенсивності відмови

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						33
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

6. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ТА ДОЦІЛЬНОСТІ ПРИСТРОЮ.

6.1 Розрахунок собівартості та ціни приладу

Розрахунок собівартості виготовлення спроектованого приладу

Собівартість продукції - це витрати на її виробництво і реалізацію, що включають в себе вартість витрачених сировини і матеріалів, заробітну плату працівників, витрати по утриманню і експлуатації устаткування та інші поточні витрати.

Провівши розрахунок собівартості виготовлення спроектованого приладу у вигляді калькуляції. Для цього методу можна використати метод побільшеного розрахунку собівартості - методом питомої ваги, що забезпечує допустиму (5%) похибку прогнозування собівартості.

Цей метод полягає у пропорційному віднесенні непрямих витрат до суми витрат на основну заробітну плату виробничих робітників, та витрат на утримання та експлуатацію устаткування. Для зручності результати наведено в таблиці 6.1

№п/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Основні матеріали	27,61
2	Покупні комплектуючі вироби і напівфабрикати	1742,48
3	Основна заробітна плата виробничих робітників	12,60
4	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	1,26
5	Відрахування на соціальне страхування	13,86
6	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	12,47
7	Цехові витрати	13,16
8	Загальнозаводські витрати	21,06
9	Інші виробничі витрати	5,53
Разом: виробнича собівартість $C_{\text{вир}}$		1850,03
10	Позавиробничі витрати	18,55
Разом: повна собівартість $C_{\text{повн}}$		936,38

Таблиця 6.1 - Калькуляція собівартості спроектованого приладу

Для розрахунку кількості і вартості матеріалів, що витрачаються на виготовлення спроектованого приладу використовуємо наступний метод а розрахунок кількості і вартості матеріалів наводимо в табл. 6.2.

Для визначення кількості витраченого безсвинцевого припою, з врахуванням затрати на паяння та травлення 1 ніжка = $3 \cdot 10^{-6}$ кг, можемо розрахувати необхідну масу для нашого виробу. Якщо кількість ніжок – 196.

То:

$$\text{Кількість(припою)} = 196 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ кг} = 0,00058 \text{ кг}$$

Ціна необхідного припою визначається:

$$X = 3375 \cdot 0,00058 / 1 = 1,53 \text{ грн}$$

де 3375 – ціна за 1 кілограм Sn99,3-Cu0,7 1.0 мм з флюсом

Для визначення кількості витраченого лаку, з врахуванням затрати на площу $1 \text{ см}^2 = 0,008 \text{ кг}$, розрахуємо масу лаку необхідну для нашого виробу. Площа друкованої плати рівна $4,8 \text{ см} \cdot 4 \text{ см} = 19,2 \text{ см}^2$. Тоді:

$$\text{Кількість(лаку)} = 19,2 \cdot 0,008 \text{ кг} = 0,15 \text{ кг}$$

Ціна необхідного лаку визначається:

$$X = 135 \cdot 0,15 / 1 = 20,25 \text{ грн}$$

де 135 – ціна за 1 кілограм лаку Н 134

Емаль ЄП-572 використовується для нанесення написів на плату. Для нашого випадку достатньо 25г. Ціна за кг емалі ЄП-572 89грн.

$$X = 89 \cdot 0,025 / 1 = 2,23 \text{ грн}$$

№ п/п	Найменування матеріалу	Профіль, сорт, марка, розмір, ГОСТ, ДСТУ, ТУ	Одиниця вимірювання	К-сть	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Припій	Sn99,3-Cu0,7	кг	0,00058	3375,00	1,53
2	Лак НЦ-134	ТУ6-101291-77	кг	0,15	135	20,25
3	Емаль ЄП-572	ГОСТ9980-75	кг	0,025	89,00	2,23
Разом:						24,0
Зворотні відходи (1-5% від вартості матеріалів)						1,20
Транспортно-заготівельні витрати (7-10% від загальної вартості матеріалів)						2,40
Разом:						27,61

Таблиця 6.2 - Кількість і вартість матеріалів

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						35
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахунок кількості і вартості покупних комплектуючих виробів і напів-фабрикатів, що витрачаються на виготовлення спроектованого приладу а також розрахунок кількості і вартості покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів представлений у вигляді табл.6.3.

№ п/п	Найменування покупних комплектуючих виробів і напів-фабрикатів	Марка, розмір, ГОСТ, ДСТУ, ТУ, DIN, ISO	Одиниця вимірювання	К-сть	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	Плата друкована	0,48*0,40	шт.	10	107	107
2	FT232RQ	FT232RQ-REEL	шт	1	673	673
3	ATmega328P	ATMEGA328P-AU-ND	шт	1	279	279
4	DRV8834RGER	296-30545-1-ND	шт	1	94,32	94,32
5	USB-C	2073-USB4110-GF-A-1-ND	шт.	1	51.82	51.82
6	SP0503BAHTG	F2715CT-ND	шт	1	53	53
7	Світлодіод	SSL-LX3059IGW-CA	Шт.	1	30,50	30,50
8	Дросель	BLM21PG221SN1D	шт	1	1,50	1,50
9	Конденсатор 10uF 6V	0805	уп	1	29,00	29,00
10	Конденсатор 0,1uF	0805	уп	1	48	48
11	Конденсатор 0,01uF	0805	уп	1	48	48
12	Конденсатор 2,2uF	0805	уп	1	48	48
13	роз'єм 4pin	53047-0410-4	шт	1	6,60	6,60
14	роз'єм 6pin	538-53047-0410	шт	1	22	22
15	Резистор 270Ом	0805	уп	1	15	15
16	Резистор 5,1кОм	0805	уп	1	15	15
17	Резистор 10кОм	0805	уп	1	15	15
18	Резистор 1кОм	0805	уп	1	15	15
19	Резистор 4,7кОм	0805	уп	1	15	15
20	Резистор 0,1Ом	0805	уп	1	15	15
21	Резистор змінний 10кОм	3364W-1-102E	шт	1	20,75	20,75
22	16 MHz Ceramic Resonator	CSTNE16M0VH3C000R0	шт	1	19	19
Разом:						1628,49
Транспортно-заготівельні витрати (7-10% від загальної вартості виробів і напів-фабрикатів)						113,99
Разом:						1742,48

Таблиця 6.3 - Кількість і вартість покупних комплектуючих виробів

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						36
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

До основної заробітної плати виробничих робітників, що включається до собівартості, входить оплата робітникам відрядникам і погодингникам, що безпосередньо зайняті виготовленням спроектованого приладу.

Основну заробітну плату визначають шляхом множення трудомісткості виготовлення спроектованого приладу на годинну тарифну ставку відповідно розряду робіт.

Трудомісткість виготовлення спроектованого приладу на стадіях ескізного і технічного проектів визначають на підставі отриманих трудомісткостей виготовлення аналога та його складових частин.

Розрахунок основної заробітної плати по складанню, монтажу, регулюванню і випробуванню спроектованого приладу представлений у вигляді табл. 6.4.

Погодинна оплата праці яка діє з 01.04.2024 - становить 42,6 (гривень на годину). З врахуванням коефіцієнта підвищення окладу розрахуємо для кожного розряду:[15]

3 розряд = $42,6 * 1,18 = 50,26$ грн/год;

4 розряд = $42,6 * 1,27 = 54,102$ грн/год;

5 розряд = $42,6 * 1,36 = 57,93$ грн/год.

Трудомісткість операції – встановлення і пайка залежить від кількості елементів і їх складності. Тому з врахування затрати часу на одну пайку 0,0005 год і встановлення 0,0002 год визначимо час для пайки і встановлення всіх елементів:

Трудомісткість (пайка) = $124 * 0,0005 = 0,098$; Трудомісткість (встановлення) = $37 * 0,0002 = 0,0074$; Загальна трудомісткість = $0,098 + 0,0074 = 0,10$.

№ п/п	Зміст операції	Фах	Розряд роботи	Годинна тарифна ставка, грн.	Трудомісткість робіт, нормо-год.	Сума зарплати за тарифом, грн.
1	Встановлення і пайка	17474	4	54,102 грн.	0,10	5,41
2	Контроль	60188	5	42,6 грн.	0,05	2,13
3	Лакування і збирання	18352	3	50,26 грн.	0,1	5,026
Разом:						12,60

Таблиця 6.4. Розрахунок основної заробітної плати по складанню, монтажу, регулюванню і випробуванню спроектованого приладу

До додаткової заробітної плати відносять оплату відпусток, лікарняних, виплати за вислугу років, вихідну допомогу.

Величина додаткової заробітної плати визначається процентом від суми основної заробітної плати виробничих робітників (10%) і складає:

$$ЗП(\text{додаткова})=12,60*10/100\approx 1,26 \text{ грн.}$$

Розрахунок Величина відрахувань на соціальне страхування визначається процентом від суми основної і додаткової заробітної плати виробничих робітників, а саме $12,60+1,26\approx 13,86$ грн.

Розрахунок відрахувань ЄСВ відповідно до Закону на 17.11.2021 р., єдина ставка нарахувань становить 22%. визначається процентом від суми основної і додаткової заробітної плати виробничих робітників.

Процентна ставка 22% і складає $13,86*22/100=3,04$ грн.

Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію устаткування ,до них відносять витрати на повне відновлення основних виробничих фондів та капітальний ремонт у вигляді амортизаційних відрахувань від вартості виробничого та підйомно-транспортного устаткування, цехового транспорту та інструментів із складу основних виробничих фондів на реконструкцію, модернізацію та капітальний ремонт фондів.

Величина витрат на утримання та експлуатацію устаткування визначається процентом від суми основної заробітної плати виробничих робітників. В таблиці 6.5 приведені середні значення відсотків витрат на утримання та експлуатацію устаткування для різних груп приладів.

Групи приладів	Середнє значення процента, %
1. Оптико-механічні	100
2. Оптико-фізичні	90
3. Оптико-електронні	85
4. Радіотехнічні	80
5. Точної механіки	95

Таблиця 6.5 - Середні значення відсотків витрат на утримання та експлуатацію устаткування

Розроблюваний прилад відноситься до радіотехнічних тому витрати на утримання та експлуатацію устаткування будуть складати 80% від суми основної заробітної плати виробничих робітників 13,86, а саме 12,47 грн.

Розрахункова Величина цехових витрат визначається по цехам відсотком від суми основної заробітної плати і витрат на утримання та експлуатацію устаткування. В таблиці 6.6 приведені середні значення відсотків цехових витрат для різних груп приладів

Групи приладів	Середнє значення процента, %
1. Оптико-механічні	80
2. Оптико-фізичні	70
3. Оптико-електронні	50
4. Радіотехнічні	50
5. Точної механіки	75

Таблиця 6.6 - Середні значення відсотків цехових витрат

Розроблюваний прилад відноситься до радіотехнічних тому цехові витрати будуть складати 50% від $13,86+12,47=26,33$ грн, а саме 13,16 грн.

Розрахункова величина загальнозаводських витрат визначається процентом від суми основної заробітної плати і витрат на утримання та експлуатацію устаткування. В таблиці 6.7 приведені середні значення відсотків загальнозаводських витрат для різних груп приладів.

Групи приладів	Середнє значення процента, %
1. Оптико-механічні	90
2. Оптико-фізичні	80
3. Оптико-електронні	80
4. Радіотехнічні	80
5. Точної механіки	85

Таблиця 6.7 - Середні значення відсотків загальнозаводських витрат

Розроблюваний прилад відноситься до радіотехнічних приладів тому цехові витрати будуть складати 80% від $13,86+12,47=26,33$ грн, а саме 21,06 грн.

Розрахункова величина інших виробничих витрат визначається процентом від суми всіх попередніх статей (0,2 - 0,4%). Треба знайти 0,2% від

1844,5 грн. І це буде складати 5,53 грн.

Розрахунок ціни спроектованого приладу можна визначити за формулою 6.1:

$$Ц = C_{повн} + П,$$

Формула 6.1 Розрахунок ціни спроектованого приладу

де $C_{повн}$ - повна собівартість виготовлення спроектованого приладу, а $П$ - запланований прибуток.

Прибутковість підприємства характеризується таким показником як рентабельність. Величину рентабельності можна визначити за формулою 6.2:

$$P = П / C_{повн},$$

Формула 6.2 Розрахунок величини рентабельності

Якщо прийняти величину рентабельності 30%, (формула 6.3) тоді :

$$П = P * C_{повн} = 0,3 * C_{повн},$$

Формула 6.3 відсоток рентабельності

Тоді ціну спроектованого приладу можна визначити за формулою 6.4:

$$Ц = C_{повн} + 0,3 * C_{повн} = 1,3 * C_{повн},$$

Формула 6.4 відсоток рентабельності

Якщо підприємство є платником податку на додану вартість (ставка ПДВ 20%), то вихідна ціна на спроектований прилад буде слідуючою (формула 6.5) :

$$Ц_{вих} = 1,2 * Ц,$$

Формула 6.5 Ціна спроектованого пристрою з ПДВ

Розрахунок:

Згідно формули (6.4) ціна спроектованого приладу буде:

$$Ц = 1,3 * C_{повн} = 1,3 * 1850,05 = 2405 \text{ грн}$$

Із врахуванням ПДВ згідно формули (6.5) вихідна ціна:

$$Ц_{вих} = 1,2 * Ц = 1,2 * 2405 = 2886 \text{ грн}$$

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						40
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

6.2 Розрахунок економічного ефекту від впровадження системи

Визначення економічного ефекту базується на співставленні приведених річних витрат по аналогу і спроектованому приладу (системи).

$$\varepsilon = (W_1 - W_2) * N$$

Формула 6.6 Визначення економічного ефекту

де ε - економічний ефект, грн./рік;

W_1, W_2 - приведені річні витрати по аналогу і спроектованому приладу (системи), грн./рік;

N - річний об'єм виробництва спроектованого приладу (системи), штук.

Приведені річні витрати можна визначити за формулою 6.7 :

$$W = E + \varepsilon_H * K$$

Формула 6.7 Річні витрати

де E - експлуатаційні витрати, грн./рік капітальні вкладення, що змінюються при виборі технічного рішення, грн./рік; ε_H - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $\varepsilon_H = 0,15$.

Розрахункові річні експлуатаційні витрати включають наступні складові (Формула 6.8):

$$E = C_{ел} + C_{рем} + A$$

Формула 6.8 Річні експлуатаційні витрати

де, $C_{ел}$ - вартість електроенергії, спожитої приладом за рік, грн/рік; $C_{рем}$ - річні витрати на ремонт і обслуговування приладу, включаючи заробітну плату обслуговуючого персоналу з відрахуваннями на соціальне страхування, грн./рік; A - величина річних амортизаційних відрахувань на капітальний ремонт приладу, грн./рік.

Для розрахунку вартості ел. енергії, спожитої приладом за рік використовуємо формулу 6.9.

$$C_{ел} = P * T_P * z_{ел}$$

Формула 6.9 Розрахунок електроенергії

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						41
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

де, P - встановлена електрична потужність струмоприймачів, кВт; T_P - кількість годин роботи даного приладу на протязі року, год.; $z_{ел}$ - тариф за 1 кВт/год ел. енергії.

Розрахункові витрати на ремонт і обслуговування приладу приймаються в розмірі 50% від величини амортизаційних відрахувань (формула 6.10.)

$$C_{рем} = 0,5 * A$$

Формула 6.10 Розрахунок рмонт і обслуговування

Для розрахунку величини річних амортизаційних відрахувань використовуємо формулу 6.11.

$$A = H_a * C_{вих}$$

Формула 6.11 Розрахунок амортизації обладнання

де, H_a - річна норма амортизації (значення норми амортизації встановлюється згідно «Єдиних норм амортизаційних відрахувань на повне відновлення основних фондів народного господарства») яка становить 25%;

$C_{вих}$ - ціна приладу.

Розрахункові капітальні вкладення є одноразовими витратами в сфері виробництва і експлуатації. До них відносять витрати на освоєння виробництва, витрати на транспортування нової техніки і її монтаж, витрати на поповнення оборотних фондів, вартість нових виробничих площ та інші одноразові витрати. (Формула 6.12)

$$K = K_{ОСВ} + B_{ТР} + B_{ОБ} + B_{ПЛ}$$

Формула 6.12 Розрахунок капітальних вклааденнь

де, $K_{ОСВ}$ - витрати на освоєння виробництва; $B_{ТР}$ - витрати на транспортування нової техніки; $B_{ОБ}$ - витрати на поповнення оборотних фондів; $B_{ПЛ}$ - вартість нових виробничих площ.

Розрахунок:

1) В нашому випадку витрати на транспортування нової техніки, вартість нових виробничих площ та витрати на поповнення оборотних фондів

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						42
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

рівні нулю, так як для виготовлення данного виробу нова техніка непотрібна, а виробництво здійснюється на старій виробничій площі тому згідно формули (4.17) розмір капітальних вкладень умовно приймемо 10800 грн:

$$K=10800(\text{грн./рік})$$

2) Згідно формули (6.11) розрахуємо величину амортизаційних відрахувань:

$$A=0,25*2886 = 721,5(\text{грн./рік})$$

3) Згідно формули (6.10) розрахуємо витрати на ремонт і обслуговування приладу:

$$C_{рем}=0,5*721,5=360,75 (\text{грн./рік})$$

4) Згідно формули (6.9) розрахуємо вартість ел. енергії, спожитої приладом за рік:

P - для нашого виробу 0,01 кВт;

T_P - 2000 год;

$z_{ел}$ - тариф за 1 кВт/год Ел. Енергії. = 4,32 грн

$$C_{ел} = 0,01*2000*4,32 = 86,4 (\text{грн./рік})$$

5) Згідно формули розрахуємо річні експлуатаційні витрати:

$$E=86,4+360,75 + 721,5=1168,65(\text{грн./рік})$$

6) Згідно формули розрахуємо приведені річні витрати:

$$W=1168,65+0,15*10800=2788 (\text{грн./рік})$$

7) Згідно формули (6.6) визначимо економічний ефект від впровадження нашого виробу:

Беручи до уваги нову елементну базу і однакову затрату коштів по собівартості аналогу, будемо вважати що річні витрати на аналог перевищували розроблений нами виріб на 10%.

$$W_1=0,1*W_2+W_2=0,1*2788+2788=3066,8 (\text{грн./рік})$$

$$\text{Тоді: } \varepsilon=(W_1-W_2)*N=(3066,8 - 2788)*2000=557600 (\text{грн./рік}),$$

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						43
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

7. ЗАХОДИ ПО ТЕХНІЦІ БЕЗПЕКИ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

7.1. Охорона праці. Характеристика небезпечних і шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації.

Після обробки поверхонь деталей механічними методами (шліфовка, різка і т.д.) часто використовують ефективні хімічні методи очистки поверхні (знежирення, травлення і т.д.) - при цьому використовують небезпечні і отруйні речовини, їх вплив залежить від функціональних властивостей, агрегатного стану, класу шкідливості, часу і характеру впливу, засобів загального та індивідуального захисту.

При знежиренні використовують їдкі луги, горючі розчинники (бензин, ацетон, трихлоретан, толуол, бензол, спирти).

При травленні небезпечними є сірчана, азотна, ортофосфорна кислоти. Виникає загроза ентерального отруєння, хімічних опіків, отруєння в наслідок вдихання парів цих кислот. Процеси гальванічної обробки супроводжуються виділенням з поверхні ванн водню та кисню, що захвачують за собою пари електроліту, окиси металів, солі, органічні сполуки. Останні сильно забруднюють повітря гальванічного цеху.

Все це відповідає нормативному акту з питань охорони праці (НАОП) 1.4.32-2.63-77 (ОСТ4ГО.091.228-77): "Вимоги до ступеню очищення вентиляційних викидів з гальванічних цехів"; НАОП 1.4.32-2.58-78 (ОСТ114ГО.0.91.249-78): "Легкозаймисті, горючі, хімічно-небезпечні та шкідливі речовини. Вимоги безпеки при зберіганні, транспортуванні та використанні". Монтаж електричних схем приладів, радіоапаратури ведеться з застосуванням різних видів пайки. Кожному різновиду пайки характерні певні шкідливі і небезпечні фізичні фактори, що відрізняються як кількістю так і якістю характеристик. При цьому деякі види пайки продукують декілька таких фізичних факторів, що ведуть до погіршення здоров'я працівників, підвищення травматизму, погіршення умов праці, виникнення

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						44
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

пожеж і вибухів. Такими потенційно-шкідливими є: запиленість і загазованість повітря робочої зони; інфрачервоне випромінювання від розплавленого припою; високочастотне електромагнітне випромінювання; ультразвукове випромінювання від паяльника при пайці хвилею; дія електростатичного заряду; неоптимальна освітленість робочих зон; незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні; вплив бризг капель розплавленого припою; ураження електричним струмом. Враховуючи не абияку шкідливість вихідних компонентів, до приміщення, де виконується паяння пред'являють особливі вимоги: НАОП 1.4.32-2.87-81 (ОСТ 25 2191-81); "Паяння свинцево олов'яними припоями. Вимоги безпеки"; НАОП 1.4.32-2.82-84 (ОСТ 25 1159-84): "виробництво друкованих плат. Вимоги безпеки".

7.2. Основні заходи безпеки та вилучення передбачуваних шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації.

Для створення безпечних умов праці необхідно виконання відповідних заходів у відповідності з ГОСТ 12.3.008-75.

Основні вимоги безпеки технологічних процесів включають слідуючі аспекти:

- усунення безпосереднього контакту працюючих з матеріалами, що мають шкідливий вплив;
- заміна небезпечних і шкідливих технологічних процесів і операцій на менш небезпечні, чи зовсім безпечні;
- використання комплексної механізації і автоматизації виробництва, дистанційне управління особливо шкідливими процесами і операціями;
- раціональна організація праці і відпочинку;
- впровадження систем контролю і управління технологічними процесами, що забезпечують захист працівників (аварійне відключення виробничого обладнання);

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						45
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- своєчасне видалення і знешкодження шкідливих відходів виробництва.

Важлива і обов'язкова умова забезпечення безпеки - викладення умов безпеки в технологічній документації. Повнота викладу контролюється методичними вказівками: "РД 50-134-78".

Існує ряд загальних стандартів, якими треба користуватися:

- для приміщень: "Будівельні норми і правила";
- для обладнання - ГОСТ 12.2.003-74: "Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки";
- ГОСТ 12.1.004-76 "Пожежна безпека. Загальні вимоги";
- ГОСТІ 2.1.010-76 "Вибухобезпека. Загальні вимоги".

7.3. Основні заходи по охороні праці (ОП) при роботах з хімічними речовинами і матеріалами:

- автоматизація і механізація технологічних процесів: найбільший рівень безпеки в масовому виробництві - поточні лінії: автоматизовані системи для пайки, травлення, обезжирення;

- герметизація обладнання в спеціальних боксах, шафах, що обладнані ефективною вентиляцією;

- заміна токсичних, отруйних, горючих речовин на менш небезпечні.

Від кислот і лугів захищаються гумовими або поліхлорвініловими фартухами, чоботами. При роботі з токсичними і отруйними речовинами використовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Отруйні і токсичні речовини перевозять в спеціальній тарі на тележках із швидкістю < 5 км/год.

Вдихання хімічних речовин в газоподібному стані приводить до пошкодження верхніх дихальних шляхів і до загально токсичного впливу при всмоктуванні в кров.

При різних операціях можуть поступати в атмосферу промислові речовини, що відносяться до першого класу безпеки. Так трихлоретан при

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						46
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

дії світла перетворюється на фосген, що є дуже небезпечним.

При всіх операціях пайки в повітря можуть попадати пари олова та свинцю, пари соляної кислоти, окис вуглецю, вуглеводень та інше. Особливо шкідливий свинець та його сполуки. При попаданні в організм він акумулюється в кістках, м'язах, печінці. Результатом є свинцеве отруєння.

Пайка з використанням флюсів і їх біологічний вплив залежить від складу:

- каніфоль - подразнюючий вплив;
- спирти - наркотичний ефект;
- етиленгліколь - токсичний вплив. Основні заходи:

1. Водонепроникна підлога з нахилом для стоку в каналізацію.
2. При ручній пайці використовувати паяльники живленням до 42 В.
3. Різні технологічні операції виконувати в різних приміщеннях.
4. Використані серветки спалюють і повторно не використовують,
5. Експлуатація цехів і приміщень тільки при наявності приточно - відточної вентиляції.
6. Не допускати до роботи з припоями осіб до 18 років і вагітних.

Для захисту шкіри рук від речовин, що входять до складу флюсів, використовують захисні мазі і пасти (мазь "Миколай", пасти - ИЕП-1, казеїнова).

Все вищеписане відповідає наступним НАОП:

- НАОП 1.4.32-2.67-84 (ОСТ 11073.062-84);
- НАОП 1.4.32-2.39-85 (ОСТ 11 120005-85);
- НАОП 1.4.32-2.21-80 (ОСТ 11 091.700-80);
- НАОП 1.4.32-2.63-77 (ОСТ4ГО. 091.228-77).

7.4 Дії в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру:

У зв'язку з реалізацією загрози військового вторгнення Росії в Україну актуальним стає безпека людей в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру.

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						47
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Воєнний час характеризується використанням великої кількості звичайної зброї, можливістю застосування зброї масового знищення та впливом, що дорівнює розмірам стихійних лих або й перевищує їх.

При першій можливості необхідно покинути разом із сім'єю небезпечну зону. У разі неможливості виїхати особисто, відправити дітей і родичів похилого віку до родичів, знайомих. Необхідно взяти із собою всі документи, коштовні речі і цінні папери.

Підготовку до можливого перебування у зоні надзвичайної ситуації доцільно починати завчасно. Необхідно підготувати "екстрену валізку" з речами, які можуть знадобитись при знаходженні у зоні НС або при евакуації у безпечні райони.

Важливо зберігати особистий спокій, не реагувати на провокації. Неможна сповіщати про свої майбутні дії (плани) малознайомих людей, а також знайомих з ненадійною репутацією.

Рекомендується вживати наступних заходів

1) завжди мати при собі документ (паспорт), що засвідчує особу, відомості про групу крові свою та близьких родичів, можливі проблеми зі здоров'ям (алергію на медичні препарати тощо);

2) знати місце розташування захисних споруд цивільної оборони поблизу місця проживання, роботи, у місцях частого відвідування (магазини, базар, дорога до роботи, медичні заклади тощо);

3) при виході із приміщень, пересуванні сходами багатоповерхівок або до споруди цивільної оборони (сховища) дотримуватись правила правої руки (як при русі автомобільного транспорту) з метою уникнення тисняви;

4) уникати місць скупчення людей;

5) не вступати у суперечки з незнайомими людьми, уникати можливих провокацій;

6) у разі отримання будь-якої інформації від органів державної влади про можливу небезпеку або заходи щодо підвищення безпеки передати її

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						48
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

іншим людям (за місцем проживання, роботи тощо);

7) при появі озброєних людей, військової техніки, заворушень негайно покинути цей район;

8) посилити увагу і за можливості також залишити цей район у разі появи засобів масової інформації сторони-агресора;

9) про людей, які не орієнтуються на місцевості, розмовляють з акцентом, мають нехарактерну зовнішність, здійснюють протиправні і провокативні дії, здійснюють незрозумілу роботу, тощо, – негайно поінформувати органи правопорядку, місцеву владу, військових;

10) у разі потрапляння у район обстрілу – сховатись у найближчу захисну споруду цивільної оборони, сховище (укриття). У разі відсутності пристосованих сховищ, для укриття використовувати нерівності рельєфу (канави, окопи, заглиблення від вибухів тощо). У разі раптового обстрілу та відсутності поблизу споруд цивільного захисту, сховища і укриття – лягте на землю головою в бік, протилежний вибухам. Голову слід прикрити руками (за наявності для прикриття голови використовувати валізу або інші речі). Не виходьте з укриття до кінця обстрілу;

11) надавати першу допомогу іншим людям у разі їх поранення. Визвати швидку допомогу, представників ДСНС України, органів правопорядку, за необхідності – військових;

12) у разі, якщо ви стали свідком поранення або смерті людей, протиправних до них дій (арешт, викрадення, побиття тощо), слід постаратися з'ясувати та зберегти якнайбільше інформації про них та обставини події для надання допомоги, пошуку, встановлення особи тощо.

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						49
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ПО ВИКОНАНІЙ РОБОТІ

У даній магістерській роботі розроблено прецизійну систему керування кроковим двигуном з USB інтерфейсом. Призначену для керування рухомих елементів лабораторного спектрофотометра, для автоматизації пришвидшення та отримання більш чітких результатів.

Пристрій виготовлений із застосуванням широко використовуваних не дорогих елементів. На двосторонній текстолітовій основі з фольгою товщиною 0,14мм. Також на цій платі використано екранування для зменшення впливу зовнішніх електромагнітних наводок від інших високочастотних пристроїв. Витравлюється плата за допомогою технології ЛУТа. Припій використовувався без свинцевий задля екологічності пристрою. Змонтована готова та протестована на працездатність плата, покривалася цапон лаком задля збільшення надійності пристрою, оскільки вона може піддаватися роботі сильних хімічних реагентів.

Розрахунки показали що пристрій має добрі показники по напрацюванню до відмови. Розміри плати 39,9×48,7×6,5мм. Елементна база вибиралась щоб задовільнити основні вимоги до точності пристрою, при цьому можна взяти до уваги, що сама ціна на ці елементи є не високою. Тепловий режим в середині пристрою зберігається рівномірним на протязі всього часу роботи, та не перевищує 1,0В/см², а відповідно не потребує активного чи пасивного охолодження.

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						50
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. [Електронний ресурс]–Режим доступу:
<http://edu.asu.in.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=16#ch11>
2. Книга: Електричні ланцюги II - змінний струм (Kuphaldt) · Tony R. Kuphaldt
3. Теоретичні основи електротехніки. Усталені режими ліній ТЗЗ них електричних кіл із зосередженими та розподіленими параметрами : підручник / Ю. О. Карпов, С. Ш. Кацив, Ю. Г. Ведміцький; за ред. проф. Ю. О. Карпова. – Херсон : ОЛДІПЛЮС, 2014. – 377 с.
4. Двигуни для моделістів. Меттью Скарпино, 2018. - 432с.
5. [Електронний ресурс]–Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/prod527-draiver-shagovogo-dvigatelya-drv8834-ot-pololu>.
6. Матвієнко М.П. Основи електротехніки. Підручник. Вид. 2-ге перероб. і доп. – К,:Видавництво Ліра-К,2018.- 228с
- 7.[Електронний ресурс]–Режим доступу:
https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/atmega328p-au_29080.html
- 8.[Електронний ресурс]–Режим доступу:
https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/ClassII_070726.pdf
9. [Електронний ресурс]–Режим доступу:
<https://radiokey.com.ua/ua/p1035837861-kondensatory-820.html>
10. [Електронний ресурс]–Режим доступу:
<https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/blm21pg221sn1.pdf>
11. [Електронний ресурс]–Режим доступу:
https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/270-ohm-1-0-1w-50v-0603-erj3ekf2700v-panasonic-rezistor-smd_98952.html
12. [Електронний ресурс]–Режим доступу:
<https://www.tme.eu/Document/09f78d123800ead38f5f5dba30413976/SSL-LX3059IGW.pdf>

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						51
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

13. Бутурлакін О.П., Овчаренко В.В., Федак В.В., Конструювання друкованих плат. Методичні вказівки до виконання конструкторських розрахунків курсового проекту «Проектування радіоелектронної апаратури». – Ужгород, УжНУ, 2003.

14. Довідник надійності електровиробів 2004р.-581с

15. [Електронний ресурс]–Режим доступу:

<https://profpressa.com/news/z-pershogo-sichnia-zrosla-minimalna-zarobitna-plata>

ЕСІТФ УЖНУ

					КРМ.ЕС.11287313.001.ПЗ	Арк
						52
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Додаток І

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

Завиць Тарас Михайлович

Студента (-ки) 2 курсу
спеціальності Електроніка
Матюбка С.С
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Матюбка Станіслав Станіславович
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) загот форми навчання, ІТФ 2-го курсу
(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: Трехвізійна система керування кроковим двигуном.

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

17.12.2024

Дата

Підпис

Додаток 2.

ДОВІДКА
про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсної) роботи

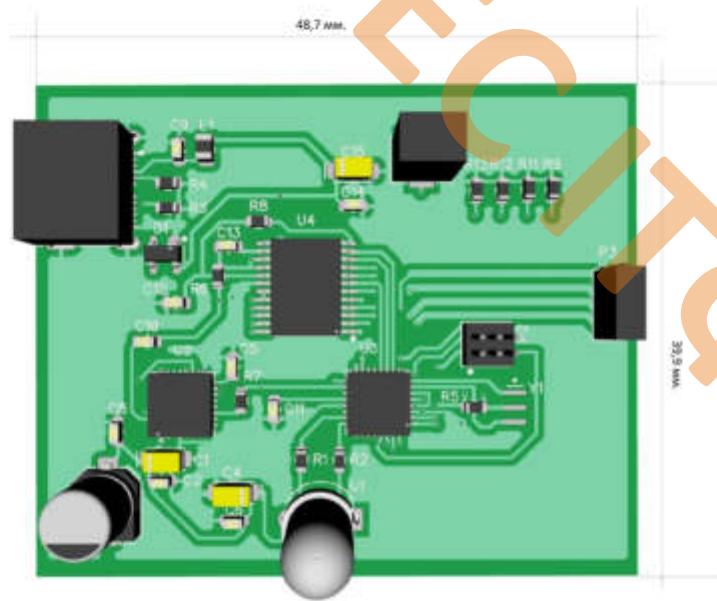
Автор роботи	Матюбка С.С.
Назва роботи	Презумційна система керування кроковим двигуном
Спеціальність	171 Електроніка
Курс	2
Факультет	Інженерно-технічний
Кафедра	Електроніка систем
Керівник роботи	Олександр Палл
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	Так, додано
Ідентифікаційний номер роботи	
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	18.1%

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

_____ (прізвище, ініціали)

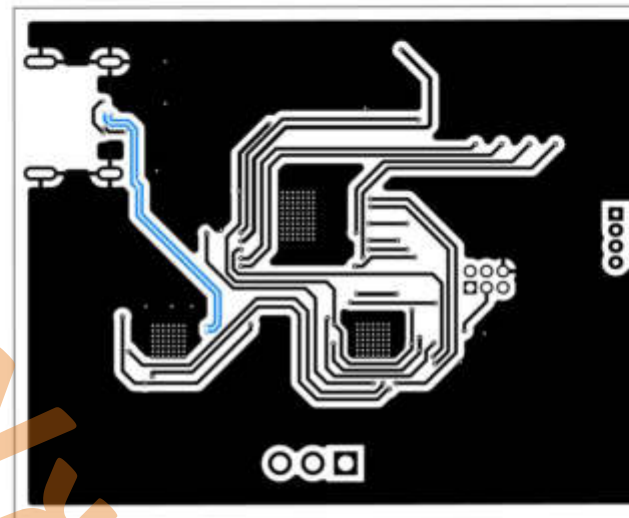
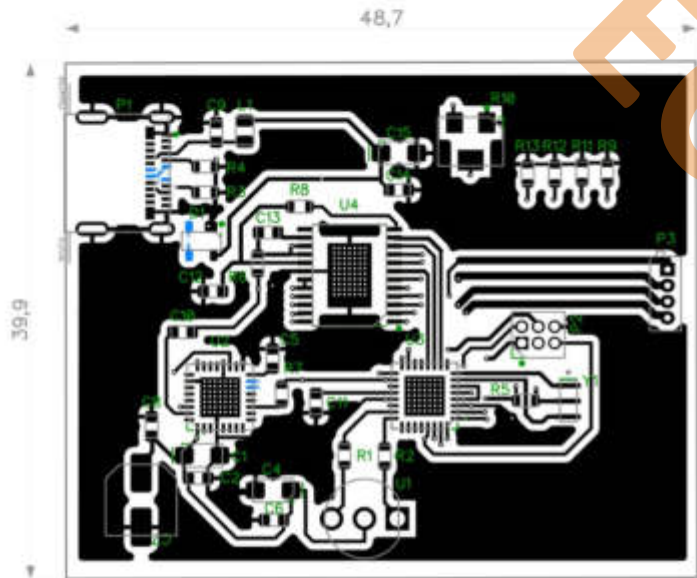
_____ Дата

_____ Підпис



1. Електромагнитна везикулати згідно КТ.ЕС.11287313.01
2. Плата проєктом 5r99.3-Cu0.7
3. Розміри для друку
4. Друковані провідники умовно показані. Плату після збірки покрити прозорим шаром лаку.
5. Позначення елементів маркуванням кольором ЧМ, ЧЗЗНІЙ, 6М, 6ІСНІЙ ТУ 029-02 029-02-859-76.
Шрифти 2,3 згідно НО. 010.007
Місце розміщення маркуванням позначані умовно.

				KPM.EC.11287313.001.CK		
№	Ім'я	ІВ	Статус	Дата	Версія	Місцевість
1	Проект	Міністерство	С.С.			С.С.
2	План	С.С.				
3	План	С.С.				
4	План	С.С.				
5	План	С.С.				
6	План	С.С.				
7	План	С.С.				
8	План	С.С.				
9	План	С.С.				
10	План	С.С.				
11	План	С.С.				
12	План	С.С.				
13	План	С.С.				
14	План	С.С.				
15	План	С.С.				
16	План	С.С.				
17	План	С.С.				
18	План	С.С.				
19	План	С.С.				
20	План	С.С.				
21	План	С.С.				
22	План	С.С.				
23	План	С.С.				
24	План	С.С.				
25	План	С.С.				
26	План	С.С.				
27	План	С.С.				
28	План	С.С.				
29	План	С.С.				
30	План	С.С.				
31	План	С.С.				
32	План	С.С.				
33	План	С.С.				
34	План	С.С.				
35	План	С.С.				
36	План	С.С.				
37	План	С.С.				
38	План	С.С.				
39	План	С.С.				
40	План	С.С.				
41	План	С.С.				
42	План	С.С.				
43	План	С.С.				
44	План	С.С.				
45	План	С.С.				
46	План	С.С.				
47	План	С.С.				
48	План	С.С.				
49	План	С.С.				
50	План	С.С.				
51	План	С.С.				
52	План	С.С.				
53	План	С.С.				
54	План	С.С.				
55	План	С.С.				
56	План	С.С.				
57	План	С.С.				
58	План	С.С.				
59	План	С.С.				
60	План	С.С.				
61	План	С.С.				
62	План	С.С.				
63	План	С.С.				
64	План	С.С.				
65	План	С.С.				
66	План	С.С.				
67	План	С.С.				
68	План	С.С.				
69	План	С.С.				
70	План	С.С.				
71	План	С.С.				
72	План	С.С.				
73	План	С.С.				
74	План	С.С.				
75	План	С.С.				
76	План	С.С.				
77	План	С.С.				
78	План	С.С.				
79	План	С.С.				
80	План	С.С.				
81	План	С.С.				
82	План	С.С.				
83	План	С.С.				
84	План	С.С.				
85	План	С.С.				
86	План	С.С.				
87	План	С.С.				
88	План	С.С.				
89	План	С.С.				
90	План	С.С.				
91	План	С.С.				
92	План	С.С.				
93	План	С.С.				
94	План	С.С.				
95	План	С.С.				
96	План	С.С.				
97	План	С.С.				
98	План	С.С.				
99	План	С.С.				
100	План	С.С.				



1. Плату виконувати комбінованим методом.
2. Конфігурацію провідників втручувати по кресленню.
3. Провідники одні позначені лініями, виконувати варіантно не менше 0,25мм для силових ліній та 0,14для сигнальних.
4. Плату повинно відповісти ГОСТ 23572-79, загальні технічні вимоги згідно ОСТ 870.070.015

Вид	Тип	Кількість
Мікросхема	U4	1
Резистор	R1-R100	100
Конденсатор	C1-C10	10
Інтегральний	IC1-IC10	10
Діод	D1-D10	10
Транзистор	T1-T10	10
Індуктивний	L1-L10	10
Інший	Other	10

КРМ.ЕС.11287313.001.ДП			
№	Місяць	Місяць	Рік
1	1	1	1
Примітка: система керування процесом виготовлення			
№	Вид	Вид	Вид
1	1	1	1
Інші документи:			
№	Вид	Вид	Вид
1	1	1	1

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітки					
Конденсатори								
C1, C4, C15	TAJR106M006RNJ	3						
C2, C5, C6, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14	CGA3E2X7R1E104K080AA	10						
C7	6SVP47M	1						
Діоди								
D1	SP0503BAHTG	1						
Дросельна катушка								
L1	BLM21PG221SN1D	1						
Роз'єми								
P1	USB4110-GF-A	1						
P2	FTS-103-01-L-D	1						
P3	53047-0410	1						
Резистори								
R1-R9, R11-R13	ERJ3EKF1001V	12						
R10	PVG3A103C01R00	1						
Світлодіод								
U1	SSL-LX3059IGW-CA	1						
Мікросхеми								
U2	FT232RQ	1						
U3	ATmega328P-AU	1						
U4	DRV8834RGER							
Кварцевий резонатор								
Y1	CSTNE16M0VH3C000R0							
КП ЕС 11287313.001.ПЕ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пркцизійна система керування кроковим двигуном Перелік елементів	Літера	Аркуш	Аркунів
Розробив		Матіювка С.С.	<i>[підпис]</i>				1	3
Перевірів		Павл О.В.	<i>[підпис]</i>					
Н/Контр.		Павл О.В.	<i>[підпис]</i>					
Затвердив		Заліть Т.М.	<i>[підпис]</i>					
						УжНУ, ІТФ група ЕС-4		

CERTIFICATE

is awarded to

Matovka Stanislav

for being an active participant in

IV International Scientific and Practical Conference

**“PERSPECTIVES OF CONTEMPORARY
SCIENCE: THEORY AND PRACTICE”**

24 Hours of Participation

(0,8 ECTS credits)



LVIV

26-28 May 2024



sci-conf.com.ua