

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій

Кафедра «Електронні системи»

Кваліфікаційна робота / проект

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему

Використання віддаленої
методики вводу-виводу на базі сучасних
мікроконтролерів в умовах промисловості

Виконав: студент II курсу, групи ЕЛ-18-1мд
напряму підготовки (спеціальності)

171 Електроніка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Івченко К.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Шмалій С.Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент

Шершов С.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя – 2020 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій

Кафедра «Електронні системи»

Кваліфікаційна робота / проект

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему

Використання віддаленої
методики вводу-виводу на базі сучасних
мікроконтролерів в умовах промисловості

Виконав: студент II курсу, групи ЕЛ-18-1мд
напряму підготовки (спеціальності)

171 Електроніка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Івченко К.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Шмалій С.Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент

Шершов С.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя – 2020 року

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доц. к.т.н. Шмидт С.А.	<i>Шмидт</i>	<i>Шмидт</i>
2	доц. к.т.н. Шмидт С.А.	<i>Шмидт</i>	<i>Шмидт</i>
3	доц. к.т.н. Шмидт С.А.	<i>Шмидт</i>	<i>Шмидт</i>
4	доц. к.т.н. Шмидт С.А.	<i>Шмидт</i>	<i>Шмидт</i>
5	доц. к.т.н. Шмидт С.А.	<i>Шмидт</i>	<i>Шмидт</i>

7. Дата видачі завдання 2.10.19

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Літературний огляд	16.10.19	
2.	Розробка розділу 1	30.10	
3.	Розробка розділу 2	13.11	
4.	Розробка розділу 3	27.11	
5.	Розробка розділу 4	11.12	
6.	Розробка розділу 5	25.12	
7.	Розробка графічної частини	08.01.2020	

Студент *Шмидт* Шмидт С.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) *Шмидт* Шмидт С.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку промисловості одними з найбільш розповсюджених пристроїв для автоматизації технологічних процесів є програмовані логічні контролери. На сучасному ринку присутня велика кількість виробників промислових контролерів, які пропонують широку номенклатуру контролерів, що відрізняються за своїми функціональними можливостями, що ускладнює вибір контролера для побудови системи автоматизації.

Відповідно до параметрів, засобів програмування, особливостей об'єднання модулів та зовнішнього вигляду контролери для систем автоматизації можна розділити на такі групи: програмовані реле, модульні ПЛК, людино-машинний інтерфейс+програмований логічний контролер (ЛМІ+ПЛК). Програмовані реле – це найпростіші та найдешевші програмовані пристрої, що були створені для автоматизації простих систем, які не потребують великої кількості входів/виходів. Вони володіють повним діапазоном технічних ресурсів, необхідних для використання в індустріальній автоматизації, машинобудуванні чи виробництві на нижньому рівні автоматизації.

1. ПРОМИСЛОВІ КОНТРОЛЕРИ

Підвищення надійності, швидкодії і функціональної насиченості, а також зменшення габаритів сучасної обчислювальної техніки і споживаної нею електроенергії призвело до широкого її використання для управління складними технологічними об'єктами з великою кількістю датчиків фізичних величин і керованих агрегатів.

Але системи управління, в разі побудови їх на базі персональних комп'ютерів, як найбільш універсальних засобів обчислювальної техніки, мають ряд суттєвих недоліків.

По-перше, виникає необхідність оснащення комп'ютерів спеціальними додатковими пристроями, що дозволяють підключати до них технологічне обладнання і відповідним чином перетворювати сигнали, як надходять на комп'ютер, так і виробляються комп'ютером для управління технологічними об'єктами.

По-друге, в більшості випадків одного разу налаштований комп'ютер на управління конкретним технологічним об'єктом тривалий час не вимагає втручання оператора, а тому немає необхідності мати такі компоненти, як дисплей і клавіатуру, приводи і самі диски.

По-третє, принцип управління з єдиного центру (від одного комп'ютера) має на увазі наявність загального алгоритму управління, що негативно може позначитися в процесі модернізації окремих складових технологічного обладнання при безперервному технологічному процесі.

Для усунення вищевказаних недоліків застосування комп'ютерів в системах управління технологічним обладнанням було розроблено спеціальний пристрій-мікроконтролер. Перший мікроконтролер був розроблений в 1976 р і представляв собою велику інтегральну схему (БІС), виконану на одному кристалі. Мікроконтролер включав як основні елементи системної плати комп'ютера, так і пристроїв її сполучення з технологічним

обладнанням: мікропроцесор, тактовий генератор, постійне і оперативне пристрої, що запам'ятовують, порти введення / виводу інформації, таймери, аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі, канали ШПМ сигналів і т.д.

Мікроконтролери знайшли широке застосування для інтелектуального управління різними об'єктами на транспорті, в машинобудуванні, енергетиці та інших галузях промисловості.

Для управління технологічним обладнанням мікроконтролери встановлюються на плати з роз'ємами для підключення технологічних об'єктів і локальної обчислювальної мережі. У деяких випадках для збільшення функціональних можливостей мікроконтролеру надаються додаткові інтегральні схеми електронної пам'яті, які також містяться на цій же платі. У цьому випадку таку плату називають промисловим контролером (ПК).

Сучасні промислові контролери при малих габаритах плат (близько 60x90) мають від 10 до 24 каналів аналого-цифрових перетворювачів, 7-10 таймерів, від 1 до 32 пристроїв формування сигналів з ШПМ, мережевий CAN-контролер для підключення промислового контролера до локальної обчислювальної мережі, до двох послідовних каналів передачі інформації, від 23 до 110 ліній введення / виведення цифрової інформації. Час виконання однієї команди в мікроконтролері коливається від 80 до 500 нс при тактовій частоті 20 МГц.

1.1 Класифікація промислових контролерів

Залежно від розташування входів / виходів програмованого ПК щодо корпусу центрального процесора можна виділити чотири конфігурації:

- ВІО - Built - In Input Output : блок живлення → центральний процесор → оперативний пристрій → польова шина. Дана конфігурація контролерів не передбачає додаткових плат введення / виводу. Зв'язок з робочою станцією оператора може здійснюватися через один / кілька

комунікаційних портів.

- LIO - Local Input Output : блок живлення → центральний процесор → модулі введення / виведення → польова шина. Цей тип контролерів передбачає наявність " крейда " - кошики для установки знімних плат введення / виведення . Це дозволяє збільшувати гнучкість конфігурації і розширити функціональні можливості.

- RIO - Remote Input Output : блок живлення → центральний процесор → модулі введення / виведення → розширена системна шина. Даний тип контролерів дозволяє підключення додаткових модулів введення / виведення до основного процесорного модуля.

- DIO - Distributed Input Output : блок живлення → центральний процесор → модулі введення / виведення → польова шина → локальна обчислювальна сеть. Відмінність цієї конфігурації від RIO полягає в тому , що розподіл функцій між контролерами здійснюється через локальну обчислювальну мережу.

Завдяки модульній конструкції SIMATIC S7-1500 може використовуватися в цілях автоматизації різних процесів циклічного типу в ряді промислових секторів. Рентабельність рішень досягається за рахунок модульності конструкцій, природного охолодження і підтримки систем локального і розподіленого вводу-виводу.

Програмований контролер SIMATIC S7-1500 - це ефективне рішення в наведених нижче системах автоматизації:

- Устаткування спеціального призначення;
- Текстильні та пакувальні машини;
- Машинобудівні комплекси;
- Інсталяційні системи і виробництво інструментів;
- Автомобільна сфера;
- Об'єкти водопостачання та водовідведення;
- Підприємства харчової промисловості й виробництва напоїв.

Перший етап поставок включає три типи центральних процесорів з

різними рівнями продуктивності. Також сюди входять модулі різного призначення. Апаратне оснащення модуля гнучко адаптується до різних вимогам вирішуваних завдань. При необхідності контролер доповнюється тим чи іншим набором модулів. Устаткування відзначено високою стійкістю до електромагнітних і механічних впливів.

Система нових модульних контролерів SIMATIC S7-1500 включає:

- Центральний процесор: на першому етапі в обладнанні може застосовуватися один з трьох центральних процесорів, що мають вбудований інтерфейс PROFINET, PROFINET і PROFIBUS;
- Сигнальні модулі вводу / виводу дискретних / аналогових сигналів;
- Технологічні модулі, які можуть використовуватися, наприклад, для швидкісного рахунку, виявлення конкретної заданої позиції або достовірного вимірювання;
- Комунікаційні модулі і процесори для отримання комунікаційних інтерфейсів додаткового порядку.

1.2 Модулі вводу-виводу

У складі SIMATIC S7-1500, а також станцій ET 200MP може застосовуватися нижченаведений складу периферійних модулів:

- 16-ти і 32-х каналні модулі введення дискретних сигналів = 24 В або ~ 230 В при високому / низькому рівні активного вхідного сигналу;
- 8-ми, 16-ти або 32х-каналні модулі виведення дискретних сигналів = 24 В або ~ 230 В з номінальною величиною струмів навантаження на канал 0.5 А, 2 А або 5 А;
- 8-ми каналні модулі вводу аналогових сигналів, які використовуються для достовірного вимірювання сигналів сили струму, опору, напруги, а також для отримання температурних даних за допомогою термометрів опору або сучасних термопар;
- 4-х або 8-ми каналні модулі виведення аналогових сигналів сили

струму / напруги, в тому числі швидкісні модулі з часом перетворення, рівним 125 мкс на 8 каналів;

- Ряд технологічних модулів, що використовуються для виконання швидкісного рахунку і завдань позиціонування;
- Комунікаційні модулі, що виконують обмін даними через з'єднання типу point-to-point;
- У стадії підготовки знаходяться F модулі, які будуть оптимізовані для побудови систем протиаварійного захисту і забезпечення високого рівня безпеки.

1.3 Комунікаційні можливості

Мініатюрний контролер S7-1500 має кілька комунікаційних інтерфейсів:

- PROFINET IO IRT, вмонтований в кожен центральний процесор необхідний для обміну даними в масштабі реального часу;
- Модулі для підключення контролера до мереж типу PROFIBUS і Industrial Ethernet;
- Модулі для обміну даними через з'єднання типу точка-точка.

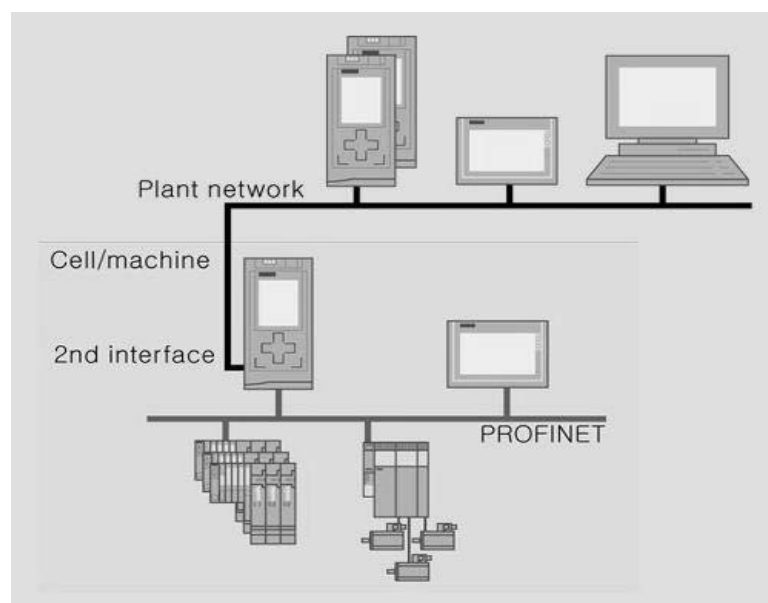


Рисунок 1.1 - Комунікаційні можливості S7-1500

1.4 ФУНКЦІЇ SIMATIC S7-1500

Основні показники щодо обслуговування клієнтів на етапах програмування, виконання пуско-налагоджувальних робіт та обслуговування S7-1500.

- Швидке виконання команд, залежне від типу CPU, нові мовні розширення і типи даних.
- Значно менші часи реакції за рахунок оптимізованого генерування програмних кодів.
- Вбудовані технологічні функції
- Зручний інструментарій виконання діагностики і пуско-налагоджувальних робіт в системах з використанням приводів.
- Автоматичне формування аварійних повідомлень для системи проектування і людино-машинного інтерфейсу: простий пошук несправностей, швидке виконання пуско-налагоджувальних робіт.
- Синхронізація процесів збору даних в розподіленій системі, їх передачі, а також виконання програми в рамках одного циклу мережі PROFIBUS або PROFINET з постійним часом циклу шини:
- Збір вхідних сигналів, їх обробка та видача керуючих впливів відбувається через однакові інтервали часу (постійний час циклу шини). Одночасно формуються консистентні розділи відображення процесу.
- Прецизійна повторюваність і передбачувані часи реакції, що забезпечуються синхронізацією процесів обробки сигналів з постійним часом циклу шини в системі розподіленого вводу-виводу.
- У розподілених структурах автоматизації програмований контролер SIMATIC S7-1500 здатний виконувати високошвидкісну обробку інформації і отримувати максимальну точність і відтворюваність сигналів. Це дозволяє збільшувати обсяги продукції,

що випускається зі збереженням її незмінної якості.

- Вичерпний набір компонентів для вирішення завдань управління переміщенням, побудови вимірювальних систем, швидкісного керування і т.д.

Захист інформації:

- Парольний захист ноу-хау від несанкціонованого зчитування та модифікації програмних блоків (в поєднанні зі STEP 7).

- Захист від копіювання:

- Захист від несанкціонованого копіювання програмних блоків.

Програмні блоки можуть бути прив'язані до серійного номеру карти пам'яті SIMATIC memory card і виконуватися в програмі контролера тільки при наявності цієї карти пам'яті в CPU.

Концепція 4-рівневої ідентифікації користувачів:

Для різних груп користувачів можуть бути надані різні права доступу до системи автоматизації. Новий 4-й рівень захисту дозволяє обмежувати доступ до даних контролерів з боку приладів людино-машинного інтерфейсу. Захист від маніпуляцій з даними дозволять виключити спроби несанкціонованого завантаження в контролер нових проектних даних або нових версій програмно-апаратних засобів.

1.5 Комплектність промислового контролера

Апаратно програмований логічний контролер (ПЛК) є обчислювальною машиною. Тому архітектура його процесорного ядра практично не відрізняється від архітектури комп'ютера. Відмінності укладені в складі периферійного обладнання, відсутні відеокарта, засоби ручного введення і дискова підсистема. Замість них ПЛК має блоки входів і виходів.

Комплект, що забезпечує нормальну роботу ПК, включає наступні апаратні засоби.

До апаратних засобів відносяться:

- покупна плата ПК з встановленими на ній МК типу 80C167, інтегральними схемами додаткових ОЗУ і ПЗУ, програматором для запису кодів в ПЗУ, джерелом живлення і прийомними частинами роз'ємів для підключення до ПК технологічних об'єктів;
- персональний комп'ютер під управлінням операційної системи MS DOS 3.00 і вище;
- кабель RS232 для підключення ПК до персонального комп'ютера і відповідні частини роз'ємів для з'єднання ПК з технологічними об'єктами;
- блок живлення для ПК.

Конструктивно контролери поділяють на моноблочні, модульні і розподілені. Моноблочні, або одноплатні, ПЛК мають фіксований набір входів-виходів. У модульних контролерах модулі входів-виходів встановлюються в різному складі і кількості в залежності від необхідної конфігурації. Так досягається мінімальна апаратна надмірність. У розподілених системах модулі або навіть окремі входи-виходи, які утворюють єдину систему управління, можуть бути рознесені на значні відстані. Характерним для сучасних контролерів є використання багатопроцесорних рішень. В цьому випадку модулі введення-виведення мають власні мікропроцесори, які виконують необхідну попередню обробку даних. Модуль центрального процесора має виділену швидкісну магістраль даних для роботи з пам'яттю і окрему магістраль (мережа) для спілкування з модулями вводу-виводу.

Системне програмне забезпечення (ВПЗ) безпосередньо контролює апаратні засоби ПЛК. СПО відповідає за тестування і індикацію роботи пам'яті, джерела живлення, модулів вводу-виводу і інтерфейсів, таймерів і годин реального часу. Система виконання коду прикладної програми є складовою частиною СПО. Система виконання включає драйвери модулів введення-виведення, завантажувач коду програм користувача, інтерпретатор команд і оцінний монітор. Код

СПО розташований в ПЗУ і може бути змінений тільки виробником ПЛК. Код прикладної програми розміщується в незалежній пам'яті, найчастіше це електрично перепрограмовані мікросхеми. Зміна коду прикладної програми виконується користувачем ПЛК за допомогою системи програмування і може бути виконано багато разів.

До програмних засобів відносяться повноекранний відладчик, що забезпечує режим інтерактивного доступу до всіх ресурсів ПК і зручний інтерфейс для налагодження керуючих програм.

1.6 МОДУЛЬ ВВОДУ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ AI 8XU/I/RTD/TC

ST

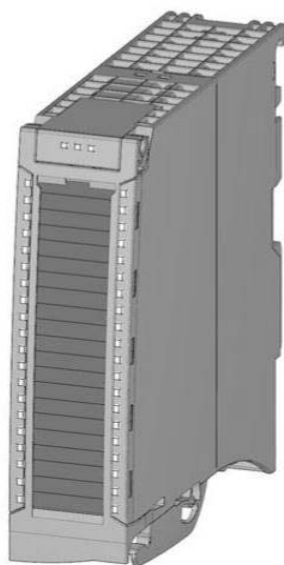


Рисунок 1.2 — Загальний вигляд модуля

Модуль має наступні технічні характеристики: ●

- 8 аналогових входів;-кожен канал може бути налаштований на вимірювання напруги;
- кожен канал може бути налаштований на вимірювання напруги;
- канали 0, 2, 4 і 6 можуть бути налаштовані на вимірювання опорів;
- канали 0, 2, 4 і 6 можуть бути налаштовані на вимірювання за допомогою резистивних термометрів (RTD);

- кожен канал може бути налаштований на вимірювання за допомогою термопари (ТС);
- дозвіл даних -до 16 біт, включаючи біт знака; - можливість конфігурації системи діагностик (По кожному каналу);
- для каналу можуть бути задані апаратні переривання по виходу за допустимий діапазон (по дві верхніх і нижніх межі допустимих діапазонів).

Підключення:

4-провідна схема для вимірювання струму

Схема, показана на наступному рисунку, демонструє призначення контактів для вимірювання струму по 4-провідній схемі.

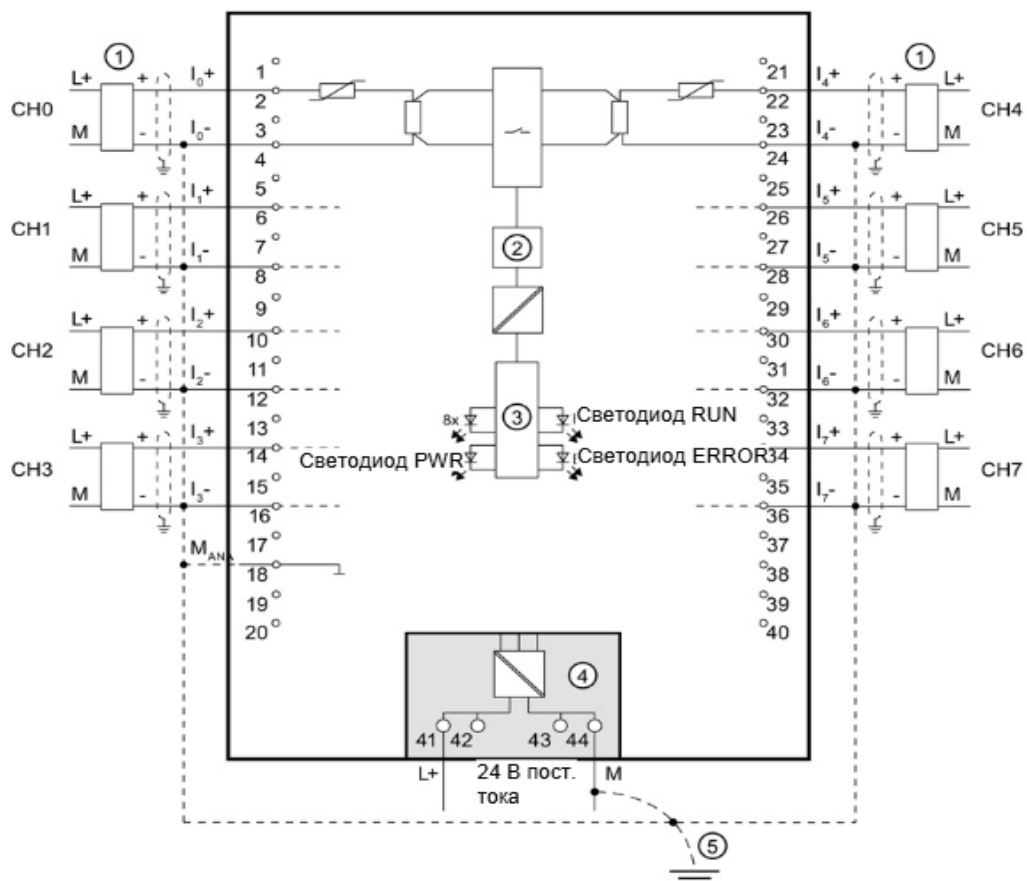


Рисунок 1.3 - Блок-схема підключень і призначення контактів для вимірювання струму

- 1 - Підключення датчика
- 2 - Аналого-цифровий перетворювач (АЦП)
- 3 - Елементи шинного інтерфейсу на задній панелі

4 - Напруга живлення від джерела живлення

5 - Еквіпотенціальний кабель заземлення

За замовчуванням, модуль налаштований на вимірювання напруг в діапазоні вимірювань ± 10 В. Якщо потрібно інший тип або діапазон вимірювань, зміна параметрів модуля можна виконати за допомогою програми STEP 7. Рекомендується відключити канал, якщо він не буде використовуватися в роботі. Це дозволить скоротити час циклу модуля.

Типи та діапазони вимірювань

У наступній таблиці представлені реалізовані в модулі типи і діапазони вимірювань.

Таблиця 1.1 - Типи і діапазони вимірювань

Типи вимірювання	Діапазон вимірювань
Напруга	± 50 мВ ± 80 мВ ± 250 мВ ± 500 мВ ± 1 В $\pm 2,5$ В від 1 до 5 В ± 5 В ± 10 В
Струм 2WMT (2-провідна схема)	Від 4 до 20 мА
Струм 4WMT	Від 0 до 20 мА Від 4 до 20 мА
Резистор	PTC
Резистор	150 Ом 300 Ом 600 Ом 6000 Ом
Терморезистор RTD	PT100 стандартне/ кліматичне

	виконання PT200 стандартне/ кліматичне виконання T500 стандартне/ кліматичне виконання PT1000 стандартне/ кліматичне виконання
Термопара	Тип В Тип Е Тип J

Особливості роботи з резисторами РТС

Резистори РТС використовуються в системах моніторингу температури і теплового захисту різних пристроїв і обмоток трансформаторів.

- У конфігурації каналу повинні бути обрані параметри «Резистор (2-дротове підключення)» і «РТС».

- Підключіть резистор РТС по 2-провідній схемі. • Експлуатація резисторів РТС типу А (термістори РТС) повинна проводитися відповідно до стандарту DIN / VDE 0660, частина 302.

- Якщо активована діагностика по незаповнених, при падінні опору до рівня нижче 18 Ом виробляється повідомлення «Вихід за нижню межу», яке вказує на коротке замикання. На наступному рисунку показано розподіл пам'яті для даних модуля AI 8xU / I / RTD / TC ST при підключенні резисторів РТС.

На рисунку 1.4 показано приклад зміни температури і відповідні точки перемикавання.

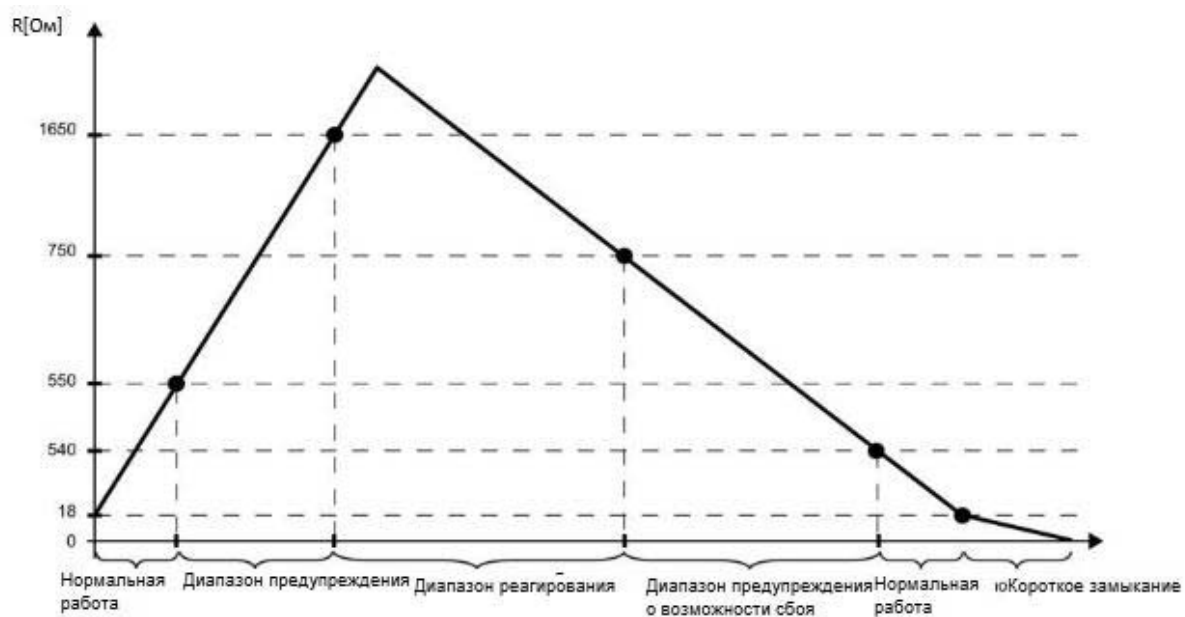


Рисунок 1.4 - Точки перемикания

Постановка завдання: у зв'язку з необхідністю у промисловості необхідно провести розробку та дослідження модулів. Ці модулі мають бути універсальні та дешеві, тому що більшість підприємств має розгалужену структуру, і тому у них є висока потреба у контролюванні технологічними процесами на великих відстаннях.

Випуском мікроконтролерів і промислових контролерів займаються такі відомі фірми, як MOTOROLA, MICROCHIP, MITSUBISHI, HITACHI, SIEMENS, PHILIPS та ін.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ КОНТРОЛЕРІВ

2.1 Рядові проблеми і несправності промислових контролерів (ПЛК)

Промисловий контролер або ПЛК (програмований логічний контролер) є «мозком» практично будь-якої системи автоматизації (АСУТП), що впроваджується на більшості виробничих підприємствах. Так як промислові контролери працюють в цехових умовах (схильні до впливу пилу, вологи і вібрацій) в режимі 24 на 7 і обслуговують їх звичайні інженери і техніки, то ПЛК за замовчуванням повинні володіти високими показниками надійності і повинні бути не складними в процесі пусконаладки й експлуатації. І хоча розробники промислових контролерів прагнуть зробити свої дітища такими, але залишається ряд проблем з якими стикається експлуатаційний персонал в процесі роботи з ПЛК. Проблеми з каналами вводу / виводу. Як правило, якщо щось не так відбувається з промисловим контролером, то перше на що думають, це неправильність алгоритму програми або несправність процесорного модуля. Насправді основна частка проблем з ПЛК доводиться на канали модулів введення / виводу. Відвалився датчик, обірвався провід йде з виходу ПЛК на проміжне реле. Згорів вхід модуля введення (добре якщо вхід був з індивідуальної гальванорозв'язку і вигорів він всього лише один, а не всі разом). Такі несправності можна діагностувати як за допомогою програмних засобів діагностики ПЛК, так і візуально по загорянню відповідних індикаторів на лицьовій панелі промислового контролера або ж банально шляхом прозвонки сигнальних ланцюгів.

Проблеми з виникненням наведень

Іншою проблемою для промислового контролера може стати вплив електромагнітних або радіоперешкод. Джерелами таких можуть бути наведення від силового електрообладнання, використання поблизу портативних радіопередавачів або навіть електричні розряди при ударах блискавки. У разі збоїв від електромагнітних завад необхідно перевірити, чи

належним чином екрановано і заземлено обладнання, а також лінії передачі даних промислових мереж.

Проблеми з пам'яттю промислового контролера

Стрибки напруги харчування, фізичний вплив, а також ті ж самі електромагнітні перешкоди можуть впливати на роботу пам'яті ПЛК, і навіть призводити до її пошкодження. Необхідно завжди зберігати актуальну резервну копію користувальницької програми промислового контролера на програматорі.

2.2 Різниця між мікроконтролерами AVR, ARM, 8051 і PIC

У даний час мікроконтролери настільки дешеві і доступні, що їх зазвичай використовують замість простих логічних схем на основі дискретних компонентів, що дозволяє досягти гнучкості проектування і скоротити площу, яку займає на друкованій платі. Деякі машини і роботи сьогодні покладаються на величезну кількість мікроконтролерів, кожен з яких вирішує певне завдання.

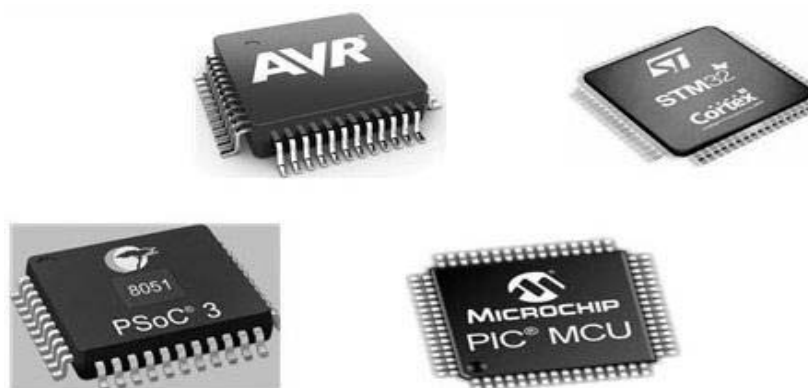


Рисунок 2.1 — Мікроконтролери

Сьогодні на ринку представлена велика кількість мікроконтролерів. Що вони з себе представляють? І в чому їх відмінність один від одного? У цій статті ми розглянемо різницю між основними родинками мікроконтролерів: AVR, ARM, 8051 і PIC.

Мікроконтролери 8051

Мікроконтролер 8051 - це 8-бітове сімейство мікроконтролерів, розроблене Intel в 1981 році. Це одне з популярних сімейств мікроконтролерів, які використовуються у всьому світі. Крім того, цей мікроконтролер спочатку називався «системою на кристалі», оскільки він має 128 байт оперативної пам'яті, 4 Кбайт ПЗУ, 2 таймера, 1 послідовний порт і 4 порту на одному кристалі. Процесор може обробляти до 8 біт даних одночасно. Якщо дані більше 8 біт, то вони повинні бути розбиті на частини, щоб процесор міг легко їх обробляти. Більшість мікроконтролерів серії 8051 різних виробників містять 4 Кбайт ПЗУ, хоча обсяг ПЗУ може бути розширений до 64 Кбайт.



Рисунок 2.2 - Мікроконтролер 8051

Мікроконтролери 8051 використовуються у величезній кількості пристроїв, головним чином тому, що їх легко інтегрувати у проект. Нижче перераховані основні напрямки їх застосування.

По-перше, це контроль електроенергії: ефективні системи вимірювання полегшують контроль використання енергії в будинках і виробничих приміщеннях. Ці вимірювальні системи оптимальні для можливості інтеграції мікроконтролерів.

Сенсорні екрани. Велика кількість постачальників мікроконтролерів включає сенсорні функції в свої пристрої. Прикладами сенсорних екранів на мікроконтролерах є портативна електроніка, така як стільникові телефони,

медіаплеєри та ігрові пристрої.

Автомобілі: мікроконтролери 8051 знаходять широке застосування в автомобільних рішеннях. Вони широко використовуються в гібридних транспортних засобах для обробки даних з двигунів і управління ними. Крім того, такі функції, як круїз-контроль і анти-гальмівна система, більш ефективні з використанням мікроконтролерів.

Медичні пристрої: переносні медичні пристрої, такі як вимірювачі артеріального тиску та монітори глюкози, використовують мікроконтролери для відображення даних, що забезпечує більш високу надійність при наданні медичних результатів.

Мікроконтролери PIC

Контролер периферійного інтерфейсу (PIC) - це серія мікроконтролерів, розроблена компанією Microchip. Мікроконтролер PIC швидше і простіше реалізує програми, якщо порівнювати з іншими мікроконтролерами, такими як 8051. Простота програмування і простота взаємодії з іншими периферійними пристроями робить PIC більш успішним мікроконтролером.



Рисунок 2.3 - Мікроконтролери PIC

PIC - це мікроконтролер, який також складається з центрального процесора, ОЗУ, ПЗУ, таймерів, лічильників, АЦП (аналого-цифрових перетворювачів), ЦАП (цифроаналогових перетворювачів). Мікроконтролер PIC також підтримує протоколи, такі як CAN, SPI, UART для взаємодії з

додатковими периферійними пристроями. PIC в основному використовує модифіковану гарвардську архітектуру, а також підтримує RISC (скорочений набір команд). Завдяки цьому PIC швидше, ніж контролери на основі ядра 8051, які засновані на фоннеймановській архітектурі.

Мікроконтролери AVR

Перші мікроконтролери AVR були розроблені в 1996 році компанією Atmel (тепер частина Microchip). Проект AVR був розроблений Альф-Егіл Богеном і Вегара Волланом, тому AVR аббревіатура отримала дві перші букви від імен розробників: Alf-Egil Bogen Vegard Wollan RISC, після ця аббревіатура стала розшифровуватися більш офіційно як Advanced Virtual RISC. AT90S8515 був першим мікро контролером в лінійці AVR, хоча першим мікро контролером, який потрапив на комерційний ринок, був AT90S1200 (в 1997 році).

Мікроконтролери AVR доступні в трьох основних підсімейства:

- TinyAVR: менше пам'яті, невеликий розмір, підходить тільки для більш простих додатків.
- MegaAVR: це популярні мікроконтролери, в основному мають відносно велику кількість пам'яті (до 256 КБ), більшу кількість вбудованих периферійних пристроїв і підходять для досить складних додатків.
- XmegaAVR: використовуються в комерційних додатках для вирішення складних завдань, яким потрібна велика пам'ять програм і висока швидкість.

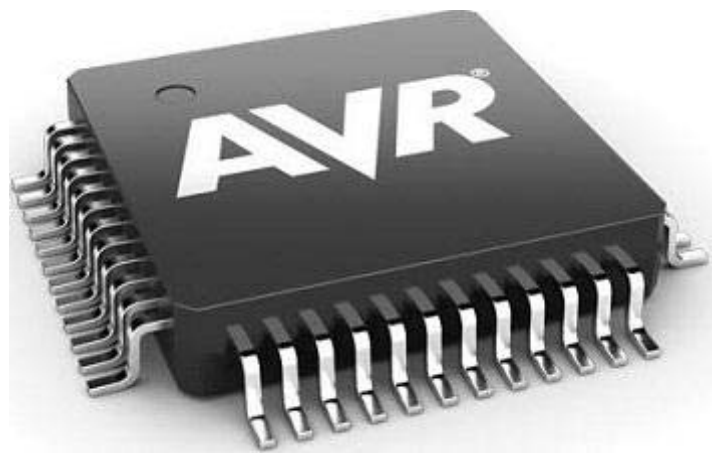


Рисунок 2.4 — Мікроконтролери AVR

Особливості AVR

Гарвардська архітектура

- Виконуваний код – лише flash пам'ять

- Дані, які змінюються - лише оперативна пам'ять (SRAM)
- Переваги – паралельний доступ до пам'яті і даних – висока

швидкодія

- Недоліки - неефективне перепрограмування і збереження

результатів роботи програми

Напруги живлення

- 1.8 – 5.5 В

Максимальна тактова частота

- 1.8 В - 4 МГц
- 2.7 В – 10 МГц
- 4.5 В – 20 МГц

Розрядність

- Даних -8
- Адреса 16 розрядів

Відносно низьке енергоспоживання

- Активний режим ~200 мкА при частоті 1 МГц
- Режим енергозбереження < 1мкА

Компоненти

- Тактові генератори
- Процесор
- Пам'ять
- Flash, EEPROM, SRAM
- Окремі простори адрес
- GPIO
- Порти D,V,C
- Таймери
- 8-розрядні
- 16-розрядний
- вартівий
- Послідовні шини

- SPI
- USART
- I2C (TWI)
- 10 розрядів
- 8-6 каналів
- АЦП
- Контроль живлення



Рисунок 2.5 — Компоненти AVR

Мікроконтролери ARM

Мікроконтролери з ядром ARM також є одним з сімейств процесорів на базі архітектури RISC, розробленим компанією Advanced RISC Machines (ARM).

Мікроконтролери ARM засновані на 32-бітних і 64-бітних багатоядерних процесорах RISC. Процесори RISC призначені для виконання меншої кількості інструкцій, щоб вони могли працювати з більшою швидкістю, виконуючи додаткові мільйони інструкцій в секунду (MIPS). Усуваючи непотрібні інструкції і оптимізуючи обробку інформації, RISC-процесори забезпечують більшу продуктивність у порівнянні з більшістю

розглянутих вище мікроконтролерів.

Процесори ARM широко використовуються в споживчих електронних пристроях, таких як смартфони, планшети, комп'ютери програвачі та інші мобільні пристрої. Через скороченого набору команд їм потрібно менше транзисторів, що дозволяє зменшити розмір матриці інтегральної схеми. Процесори ARM з меншими розмірами зменшують складність проектування і скорочують енергоспоживання, що робить їх придатними для більш мініатюрних пристроїв.



Рисунок 2.6 — Мікроконтролер ARM

Таблиця 2.1 - Основна різниця між мікроконтролерами AVR, ARM, 8051 і PIC

	8051	PIC	AVR	ARM
Розрядність	8 біт	8/16/32 біт	01.08.32 біт	32/64 біт
Інтерфейс	UART, USART, SPI, I2C	PIC, UART, USART, LIN, CAN, Ethernet, SPI, I2S	UART, USART, SPI, I2C, іноді CAN, USB, Ethernet	UART, USART, LIN, I2C, SPI, CAN, USB, Ethernet, I2S, DSP, SAI, IrDA
Пам'ять	ROM, SRAM, FLASH	SRAM, FLASH	Flash, SRAM, EEPROM	Flash, SDRAM, EEPROM
Шинна архітектура	CLSC	Частково RISC	RISC	RISC
Сімейства	Варіації 8051	PIC16, PIC17, PIC18, PIC24, PIC32	Tiny, Atmega, Xmega, спец. AVR	ARMv4,5,6,7 ..
Енергоспоживання	Середнє	Низьке	Низьке	Низьке
Виробники	NXP, Atmel, Silicon Labs, Dallas, Cyprus, Infineon	Microchip	Atmel (Microchip)	Apple, Nvidia, Qualcomm, Samsung Electronics, TI
Ціна	Низька	Середня	Середня	Низька

Популярні мікроконтролери	AT89C51, P89v51	PIC18XXX8, PIC16f88X, PIC32MXX	Atmega8, 16, 32	LPC2148, ARM Cortex-M0, ARM Cortex-M3, ARM Cortex-M7
---------------------------	-----------------	--------------------------------	-----------------	------------------------------------------------------

На сьогоднішній день найпопулярніші фірми, що випускають контролери це “ОВЕН” та “Siemens”.

MB110-2A. Модуль вводу аналогових сигналів компанії “ОВЕН”



Рисунок 2.7 - Модуль вводу аналогових сигналів

Пристрій призначений для вимірювання аналогових сигналів вбудованими аналоговими входами, перетворення виміряних величин у значення фізичної величини та подальшого передавання цього значення мережею RS-485.

Пристрої можуть бути використані для побудови автоматизованих систем збирання даних у різних галузях промисловості, сільського та комунального господарства, на транспорті.

MB110 працює у мережі RS-485 за протоколами OVEN, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Пристрій має наступні типи гальванічно ізольованих кіл:

- кола живлення пристрою;
- кола інтерфейсу RS-485;
- кола виходу вбудованого джерела постійної напруги 24 В;
- кола вимірювальних входів.

До MB110 надається безкоштовний OPC-драйвер та бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підмиканні пристрою до SCADA-система та контролерів інших виробників.

Пристрій відповідає вимогам за стійкістю до впливу завад за ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Основні особливості модуля вводу аналогових сигналів OVEN MB110-2A

- 2 універсальних канали аналогового вводу
- Типи вхідних сигналів: термоперетворювачі опору, термопари, уніфіковані сигнали напруги та струму (потребують використання зовнішнього резистора 50 Ом), опір до 5 кОм
 - Частота вимірювань: до 0,3 с на канал
 - Термопари: L, J, N, K, S, R, B, T, A-1, A-2, A-3
 - Термоперетворювачі опору: 50M, Cu50, 50П, Pt50, Ni100, 100M, Cu100, 100П, Pt100, Ni500, 500M, Cu500, 500П, Pt500, Ni1000, 1000M, Cu1000, 1000П, Pt1000
 - Уніфіковані сигнали: 4-20 мА, 0-20 мА, 0-5 мА, +/-50мВ, 0-1 В
 - Напруга живлення: ~220 В та =24 В (універсальне джерело живлення)
 - Вбудоване джерело живлення датчиків: =24 В, 50 мА для модифікації MB110-2A

Ціна — 2298 грн.

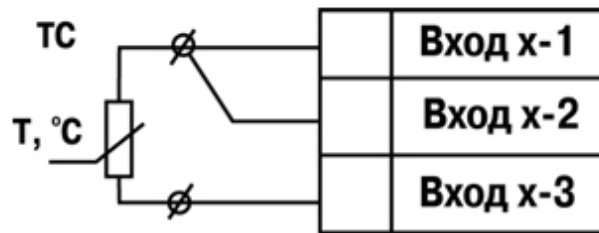


Схема підмикання термометра опору

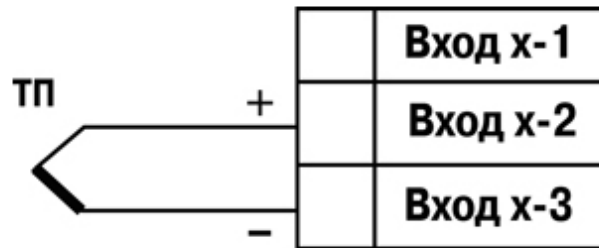


Схема підмикання термоелектричного перетворювача

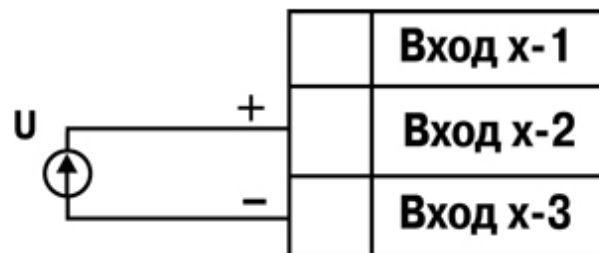


Схема підмикання активного датчика з виходом у вигляді напруги $-50.0 \dots 50.0$ мВ або $0 \dots 1.0$ В

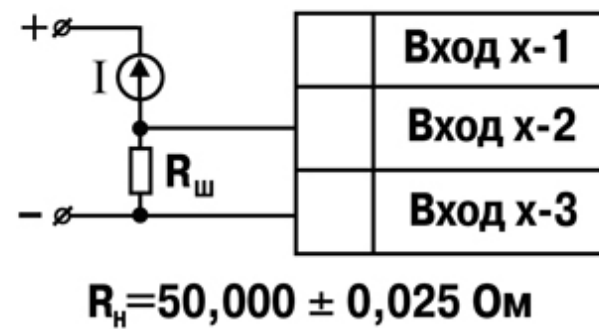


Схема підмикання активного датчика із струмовим виходом $0 \dots 5.0$, $0 \dots 20.0$ або $4 \dots 20.0$ мА

Рисунок 2.8 — Схеми підключення модуля

МК110-8ДН.4Р. Модуль вводу-виводу дискретних сигналів

Призначення модуля вводу-виводу дискретних сигналів



Рисунок 2.9 - Модуль вводу-виводу дискретних сигналів

Пристрій призначений для керування вбудованими дискретними ВЕ за сигналами із мережі, які використовуються для підмикання виконавчих механізмів з дискретним керуванням, та збирання даних з дискретних входів модуля з передаванням їх у мережу RS-485.

Вбудовані ВЕ можуть працювати у режимі ШІМ, дискретні входи можуть працювати у режимі імпульсів частотою до 1 кГц.

МК110 працює у мережі RS-485 за протоколами OVEH, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

МК110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із працюючою на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор.

До МК110 надається безкоштовний OPC-драйвер та бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підмиканні пристрою до SCADA-систем та контролерів інших виробників.

Конфігурування мк110 здійснюється на ПК через адаптер інтерфейсу

RS-485/RS-232 або RS-485/USB (наприклад ОВЕН АС3-М або АС4) за допомогою програми «Конфігуратор М110», яка входить до комплекту.

Пристрій відповідає вимогам за стійкістю до впливу завад за ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Основні особливості модуля вводу-виводу дискретних сигналів МК110-8ДН.4Р

- 8 каналів дискретного вводу, групова ізоляція
- Типи вхідних сигналів: сигнали =24 В, транзисторні ключі р-n-p, n-p-n типу
- Частота вимірювань: до 1 кГц, мінімальна тривалість імпульсу 0.5 мс
- Лічильник імпульсів для кожного каналу. =4 канали дискретного виводу
- Типи вихідних елементів: Р – е/м реле 4 А ~250 В або =24 В;
=Можливість видавання ШІМ-сигналу з будь-якого виходу
- Напруга живлення*: ~220 В та =24 В (універсальне джерело живлення)

* Також випускаються модифікації із живленням ~220 В або =24 В

Ціна — 2738 грн.

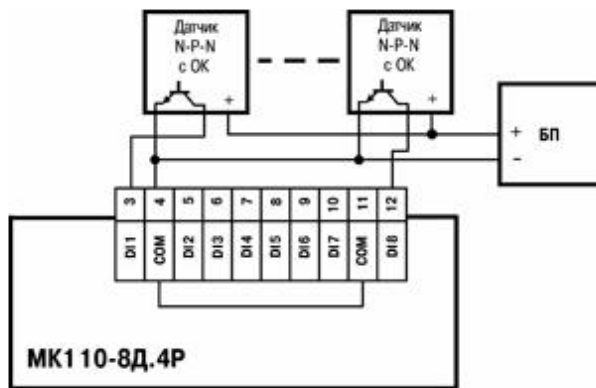


Схема підмикання до МК110-8Д.4Р трьохдротових дискретних датчиків, які мають вихідний транзистор n-p-n- типу з відкритим колектором

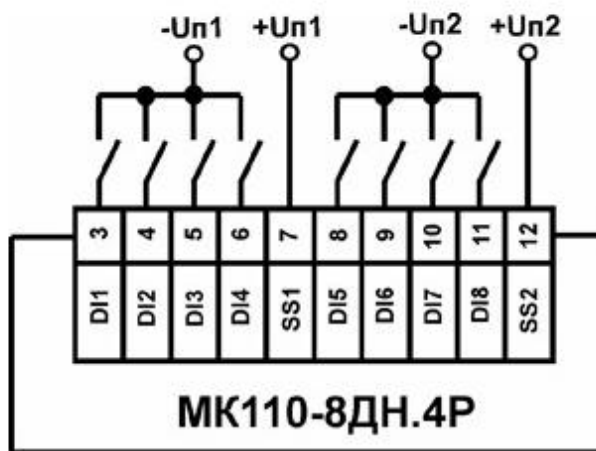


Схема підмикання до МК110-8ДН.4Р дискретних датчиків з виходом типу «сухий контакт»

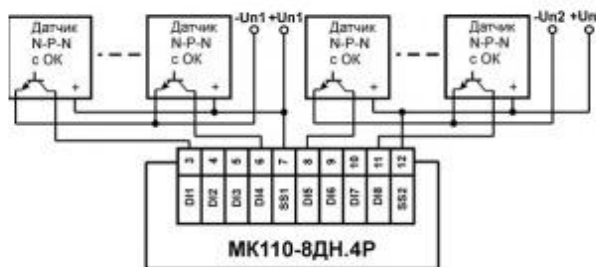


Схема підмикання до МК110-8ДН.4Р дискретних датчиків з транзисторним виходом n-p-n-типу з відкритим колектором

Рисунок 2.10 — Схеми підключення

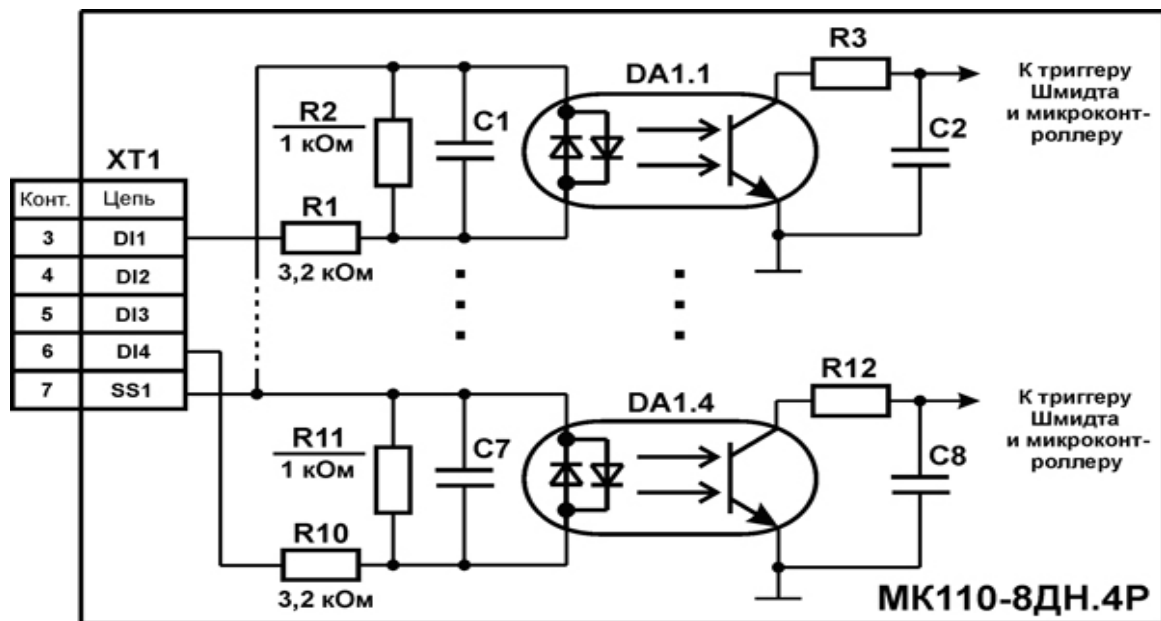


Рисунок 2.11 - Електрична принципова схема групи дискретних входів

Модулі вводу-виводу дискретних сигналів Siemens

Модулі входів / виходів або сигнальні модулі (SM) використовуються для обробки входних сигналів від датчиків і видачі керуючих сигналів на виконавчі механізми. SM модулі випускаються в корпусах з пластику, на передній частині яких розташовуються світлодіоди, що відображають роботу входів / виходів і стан самого модуля. Кожен SM має захисну дверцята - засувку, яка закриває клеми і запобігають випадковий дотик до них. На внутрішній стороні засувки знаходиться схема з'єднання модуля з зовнішніми слабкострумівими ланцюгами.

Сигнальні модулі (модулі розширення) дозволяють адаптувати контролер до вимог розв'язуваної задачі. Вони дозволяють збільшувати кількість входів і виходів, з якими працює центральний процесор.

Сигнальні модулі встановлюються праворуч від центрального процесора і можуть підключатися тільки до CPU 1212C, CPU1214C і CPU 1215C.

До складу сигнальних модулів входять 8 і 16-канальні модулі введення і виведення дискретних сигналів, 16 і 32-канальні модулі введення-виведення дискретних сигналів, 4 і 8-канальні модулі введення і 2 і 4-канальні модулі

виведення аналогових сигналів, а також модуль введення-виведення аналогових сигналів з 4 входами і 2 виходами.



Рисунок 2.12 - Контролер S7-300 з трьома модулями введення 6ES7321-1BH50-0AA0

Модулі дискретних ввідів серії SM321 (наприклад, 6ES7321-1BH02-0AA0, 6ES7321-1BH50-0AA0) призначені для прийому вхідних бінарних сигналів, як правило, від датчиків і їх подальшої обробки.

Модулі дискретних входів / виходів SM323 і SM327 (наприклад, 6ES7323-1BL00-0AA0) об'єднують в собі можливості цифрових вхідних і вихідних модулів.

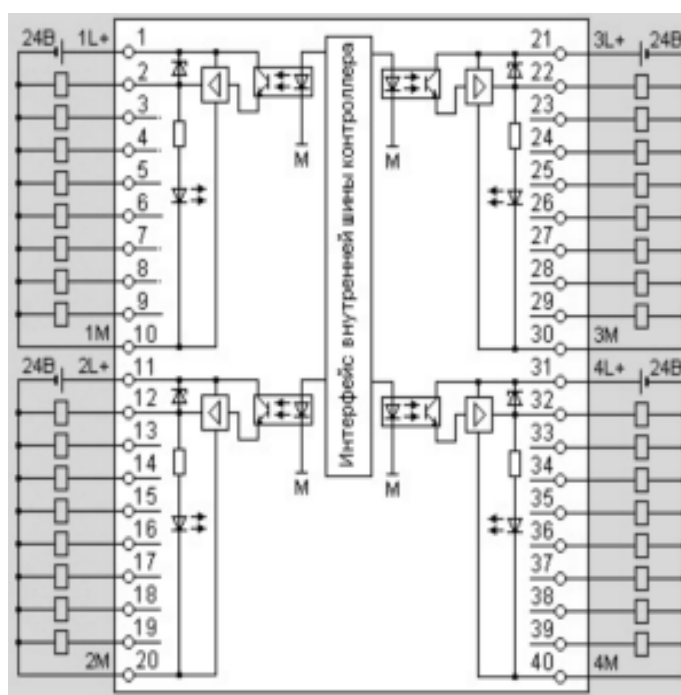


Рисунок 2.13 - Модуль дискретних входів / виходів 16DI / 16DO

6ES7323-1BL00-0AA0

Модулі випускаються в пластикових корпусах. На фронтальній панелі є:

- зелені світлодіоди - один на кожен вхід або вихід; відображають, відповідно, стан входу або виходу;
- червоний світлодіод - відображає різні помилки модуля, кліпаючи з різною частотою;
- роз'єм в який встановлюється з'єднувач;
- відділення в кришці в яке можна встановити етикетку з переліком зовнішніх ланцюгів.

Під час аналізу ринку з'ясувалося, що модулі мають деякі проблеми, а саме:

1) Висока вартість модулів та їх компонентів. Відсутність принципових схем модуля, важкодоступність компонентів. Тобто у разі ремонту можуть виникнути складності.

2) Під час відладки ПО траплялися обриви зв'язку по USB та по Ethernet.

3) Після завантаження програми по Ethernet в ПЛК втрачається зв'язок, і після він стає доступним тільки через USB.

4) Після завантаження програми ПЛК працює, але припиняється опитування периферійних модулів по RS485 ModbusRTU.

5) Відсутність гальванорозділення, що призводить, при великій напрузі, до виходу із роботи модуля.

Шляхи покращення:

1) Поліпшити протокол обміну для виключення обриву зв'язку.

2) У разі втрати зв'язку з модулем, його можна перевести в режим конфігурації за допомогою перемички.

3) У разі неправильного підключення, модуль не виходить із ладу і сигналізує мигання індикатора помилку.

4) Зробити гальванічно розв'язане живлення і гальванічне розділення на кожен канал

Нижче приведено алгоритм роботи розроблюваного модуля.

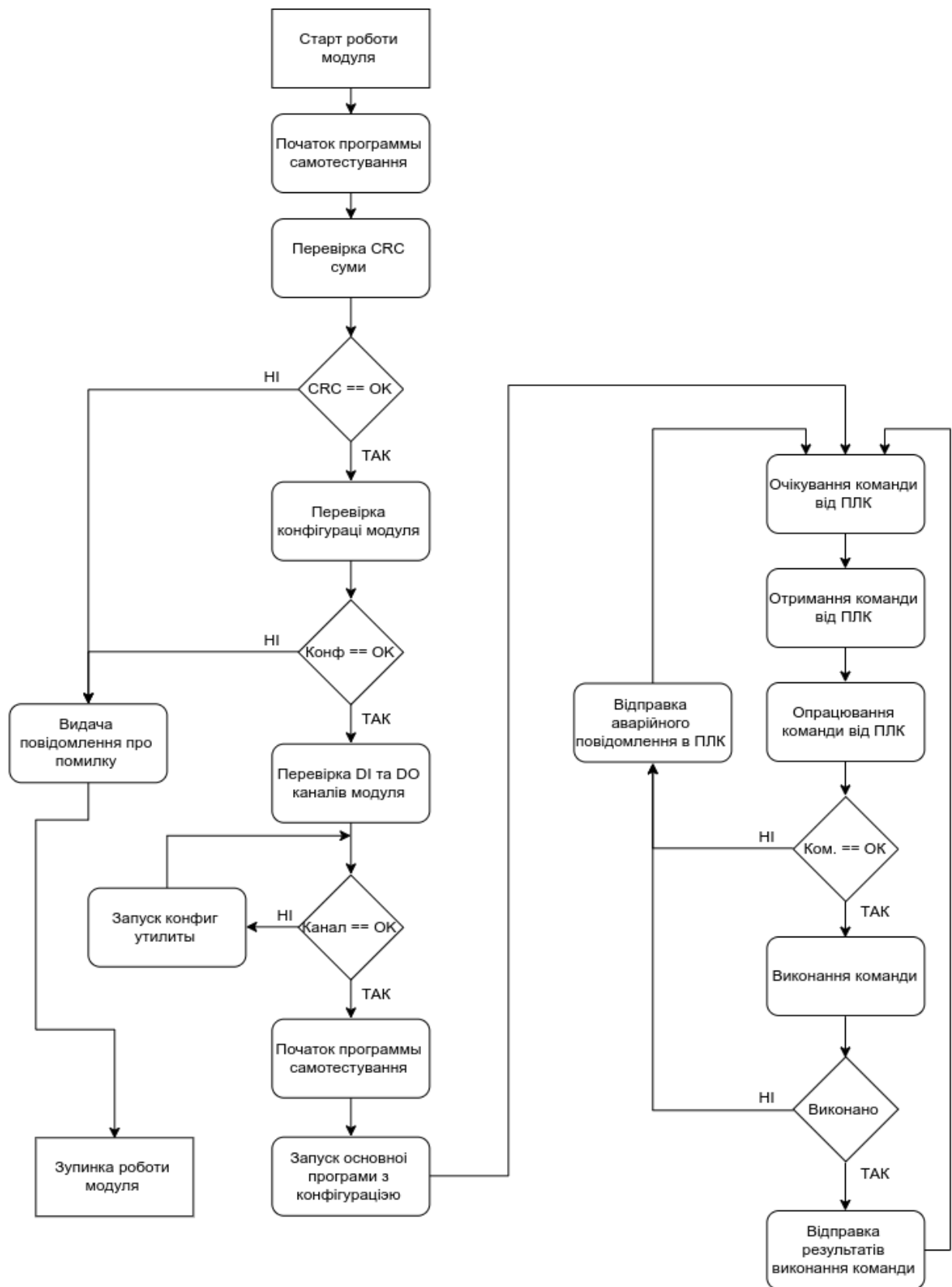


Рисунок 2.14 — Алгоритм роботи модуля

3. Розрахункова частина та моделювання

Для нормального функціонування схеми модуля потрібен надійне

джерело живлення. Джерело живлення має відповідати таким критеріям: широкий діапазон вхідних напруг, стабільність вихідної напруги, маленькі пульсації на виході та гальванічне розділення входу від виходу. Для цього нам потрібно розрахувати джерело живлення, а також підібрати необхідний елемент гальванічного розділення. Після цього виконати моделювання даної схеми та переконатися у правильності розрахунків.

Джерело живлення буде зібране на мікросхемі MC34063

MC34063 - універсальна мікросхема для найпростіших імпульсних перетворювачів. На ній без застосування зовнішніх перемикаючих транзисторів можна будувати понижуючі, що підвищують і інвертують перетворювачі. А це основні типи перетворювачів, які не мають гальванічної розв'язки.

Основні технічні характеристики MC34063

- Широкий діапазон значень вхідних напруг: від 3 В до 40 В;
- Високий вихідний імпульсний струм: до 1,5 А;
- Регульовану вихідну напругу;
- Частота перетворювача до 100 кГц;
- Точність внутрішнього джерела опорного напруги: 2%;
- Обмеження струму короткого замикання;
- Низьке споживання в сплячому режимі.

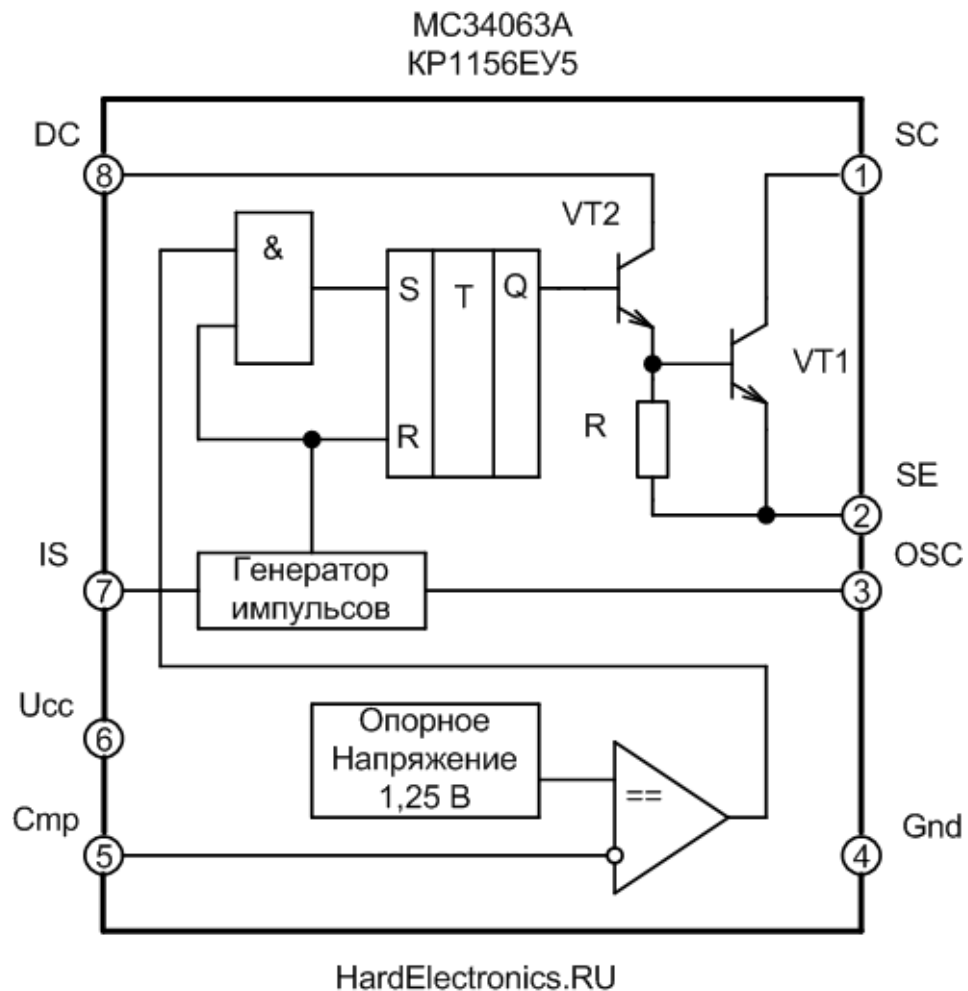


Рисунок 3.1 - Структурна схема мікросхеми MC34063

Зрозуміти як працює мікросхема найпростіше по структурній схемі.

- Джерело опорного напруги 1,25 В;
- Компаратор, що порівнює опорна напруга і вхідний сигнал з входу 5;
- Генератор імпульсів скидає RS-тригер;
- Елемент І об'єднує сигнали з компаратора і генератора;
- RS-тригер усуває високочастотні перемикання вихідних транзисторів;
- Транзистор драйвера VT2, в схемі емітерного повторювача, для посилення струму;
- Вихідний транзистор VT1, забезпечує струм до 1,5 А.

Генератор імпульсів постійно скидає RS-тригер, якщо напруга на вході

мікросхеми 5 - низька, то компаратор видає сигнал на вхід S сигнал встановлює тригер і відповідно включає транзистори VT2 і VT1. Чим швидше прийде сигнал на вхід S тим більше часу транзистор буде знаходитися у відкритому стані і тим більше енергії буде передано зі входу на вихід мікросхеми. А якщо напруга на вході 5 підняти вище 1,25 В, то тригер взагалі не буде встановлюватися. І енергія не буде передаватися на вихід мікросхеми.

Розрахунок ведеться за типовою методикою "AN920 / D" від ON Semiconductor. Схема електрична принципова перетворювача зображена на рисунку 3.2.

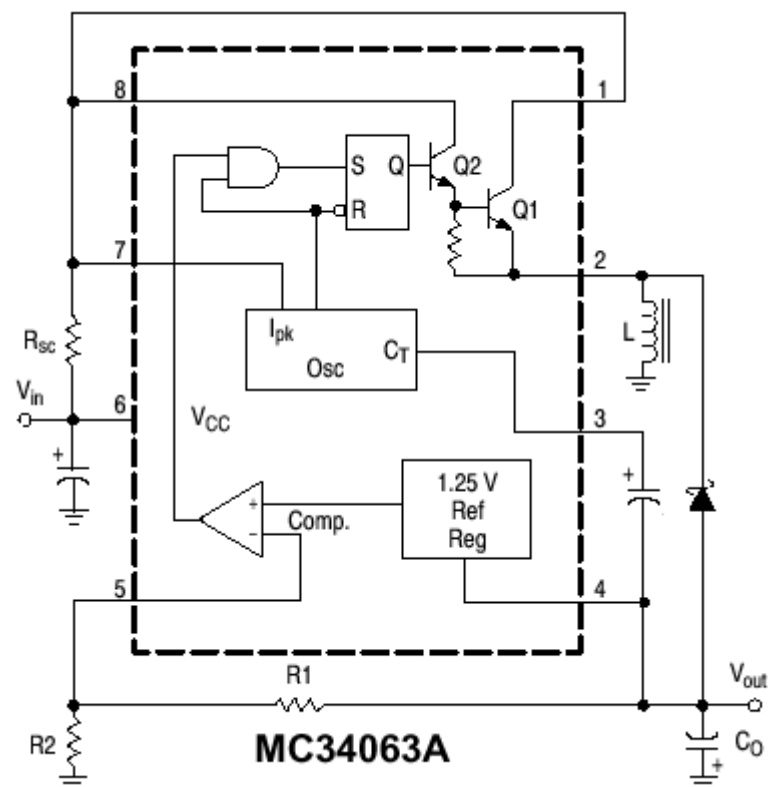


Рисунок 3.3 - Схема електрична принципова понижуючого драйверу.

Виводи мікросхеми:

- Вивід 1 - SWC (switch collector) - колектор вихідного транзистора
- Вивід 2 - SWE (switch emitter) - емітер вихідного транзистора
- Вивід 3 - TC (timing capacitor) - вхід для підключення времязадающего конденсатора

- Вивід 4 - GND - земля (з'єднується із загальним проводом понижуючого DC-DC)
- Вивід 5 - CII (FB) (comparator inverting input) - інвертується вхід компаратора
- Вивід 6 - VCC - харчування
- Вивід 7 - I_{pk} - вхід схеми обмеження максимального струму
- Вивід 8 - DRC (driver collector) - колектор драйвера вихідного транзистора (як драйвер вихідного транзистора також використовується біполярний транзистор, з'єднаний за схемою Дарлінгтона, що стоїть всередині мікросхеми).

Елементи:

- L3 - дросель. Краще використовувати дросель відкритого типу (в повному обсязі закритий ферритом) - серія DO5022T від Coilkraft або RLB від Vourns, так як такий дросель входить в насичення при більшому струмі, ніж поширені дроселі закритого типу CDRH Sumida. Краще використовувати дроселі більшою індуктивності, ніж отримане розрахункове значення.

- C11 - времязадаючий конденсатор, він визначає частоту перетворення. Максимальна частота перетворення для мікросхем 34063 складає близько 100 кГц.

- R24, R21 - дільник напруги для схеми компаратора. На неінвертуючий вхід компаратора подається напруга 1,25В від внутрішнього регулятора, а на інвертується вхід - з дільника напруги. Коли напруга з дільника стає рівним напрузі від внутрішнього регулятора - компаратор перемикає вихідний транзистор.

- C2, C5, C8 і C17, C18 - відповідно, вихідний і вхідний фільтри.

Ємність вихідного фільтра визначає величину пульсацій вихідної напруги. Якщо в процесі розрахунків виходить, що для заданої величини пульсацій потрібно дуже велика ємність, можна розрахунок зробити для великих пульсацій, а потім використовувати додатковий LC-фільтр. Вхідну ємність зазвичай беруть 100 ... 470 мкФ (рекомендація ПІ не менше 470 мкФ),

вихідну - також беруть 100 ... 470 мкФ (взято 220 мкФ).

- R11-12-13 (Rsc) - токочувствительний резистор. Він потрібен для схеми обмеження струму. Максимальний струм вихідного транзистора для MC34063 = 1.5A, для AP34063 = 1.6A. Якщо піковий перемикається ток буде перевищувати ці значення, то мікросхема може згоріти. Якщо точно відомо, що піковий струм навіть близько не підходить до максимальних значень, то цей резистор можна не ставити. Розрахунок ведеться саме на піковий струм (внутрішнього транзистора). При використанні зовнішнього транзистора піковий струм протікає через нього, через внутрішній транзистор протікає менший (управитель) струм.

- VT4 - зовнішній біполярний транзистор, ставиться в схему, коли розрахунковий піковий струм перевищує 1.5A (при великому вихідному струмі). Інакше перегрів мікросхеми може привести до виходу її з ладу.

- VD2 - діод Шоттки або ультрашвидкий діод на напругу (пряме і зворотне) не менше 2U вих

Розрахунки

1) Обираємо номінальну вхідну і вихідну напруги: V , V_{out} і максимальний вихідний струм I_{out} . У нашій схемі $V = 20V, V_{out} = 5V, I_{out} = 500mA$.

2) Обираємо мінімальну вхідну напругу $V (min)$ і мінімальну робочу частоту f_{min} при обраних V і I_{out} .

У нашій схемі $V_{inmin} = 20V$, обираємо $f_{min} = 50кГц$.

3) Розраховуємо значення $(t_{on} + t_{off})_{max}$ за формулою $(t_{on} + t_{off})_{max} = \frac{1}{f_{min}}$, $t_{on}(max)$ - максимальний час, коли вихідний транзистор відкритий, $t_{off}(max)$ - максимальний час, коли вихідний транзистор закритий.

$$(t_{on} + t_{off})_{max} = \frac{1}{f_{min}} = \frac{1}{50} кГц = 20мкс$$

Розраховуємо відношення $\frac{t_{on}}{t_{off}}$ по формулі $\frac{t_{on}}{t_{off}} = \frac{(V_{out} + V_F)}{(V (min) - V_{sat} - V_{out})}$

де V_F - падіння напруги на діоді (forward -пряме падіння напруги), V_{sat}

- падіння напруги на вихідному транзисторі, коли він знаходиться в повністю відкритому стані (saturation - напруга насичення) при заданому струмі. V_{sat} визначається за графіками або таблицями, наведеними в документації. З формули видно, що чим більше V , V_{out} і чим більше вони відрізняються один від одного - тим менший вплив на кінцевий результат надають V_F і V_{sat} .

$$\frac{t_{on}}{t_{off}} = \frac{(V_{out} + V_F)}{(V (min) - V_{sat} - V_{out})} = \frac{(5 + 0.8)}{(20 - 0.8 - 5)} = \frac{5.8}{14.2} = 0.408$$

4) Знаючи $\frac{t_{on}}{t_{off}}$ і $(t_{on} + t_{off})_{max}$ вирішуємо систему рівнянь і знаходять

$$t_{on}(max).$$

$$t_{off} = \frac{(t_{on} + t_{off})_{max}}{((\frac{t_{on}}{t_{off}})_{max} + 1)} = \frac{20}{(0.408 + 1)} = 14.2 \text{ мкс}$$

$$(t_{on})_{max} = 20 - t_{off} = 20 - 14.2 = 5.8 \text{ мкс}$$

5) Знаходимо часовстановлюючу ємність $C_{11}(Ct)$

$$C_{11} = 4.5 \cdot 10 - 5 \cdot t_{on}(max)$$

$C_{11} = 4.5 \cdot 10 - 5 \cdot t_{on}(max) = 4.5 \cdot 10 - 5 \cdot 5.8 = 261 \text{ пФ}$ (цу min значення), беремо 680pF. Чем менша ємність, тим більше частота. Ємність 680пФ відповідають частуванню 14КГц

6) Знаходимо піковий струм через вихідний транзистор: $I_{PK(switch)}$.

Якщо він отримав більше максимального току, то вихідного транзистору

(1,5... 1,6 А), це перетворювач із такими параметрами неможливий. Потрібно перерахувати схему на менший вихідній струм I_{out} , або використовувати схему з зовнішнім транзистором.

$$I_{PK(switch)} = 2 \cdot I_{out} = 2 \cdot 0.5 = 1A$$

7) Розраховуємо R_{sc} за формулою : $R_{sc} = Rsc = \frac{0,3}{I_{PK(switch)}}$

$$R_{sc} = Rsc = \frac{0,3}{I_{PK(switch)}} = \frac{0,3}{1} = 0,3$$

8) Розраховуємо мінімальну ємність на вхідному фільтрі:

$$C_{17} = \frac{I_{PK(switch)} \cdot (t_{on} + t_{off})_{max}}{8 \cdot V_{ripple}(p-p)} = \frac{1 \cdot 14.2}{8 \cdot 50} = 50 \text{ мкФ}$$

9) Розраховуємо мінімальну індуктивність дроселя:

$$L_{1(min)} = \frac{t_{on(max)} \cdot (V_{(min)} - V_{sat} - V_{out})}{I_{PK(switch)}}$$
$$L_{1(min)} = \frac{t_{on(max)} \cdot (V_{(min)} - V_{sat} - V_{out})}{I_{PK(switch)}} = \frac{5,8 \cdot (20 - 0,8 \cdot 5)}{1} = 82,3 \text{ мкГн}$$

Це мінімальна індуктивність. Для мікросхем MC34063 слід вибирати із великим значенням індуктивності, чим отримане значення. **Вибираємо** $L = 150 \text{ мкГн}$ **фірми CoilKraft DO5022**

$$10) V_{out} = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R_{24}}{R_{21}}\right)$$

Струм дільника може бути 1000 мкА, що впливає на продуктивність системи. Вибиремо мінімальний опір дільника струму R_{21} :

$$R_{21} = \frac{1.25}{100 \cdot 10^{-5}} = 1.2 \text{ кОм}$$

Для знаходження опору R_{24} використаємо дану формулу:

$$R_{24} = R_{21} \left(\frac{V_{out}}{1.25} - 1 \right) = 1.2 \cdot 10^2 \left(\frac{5}{1.25} - 1 \right) = 3.6 \text{ кОм}$$

Ці резистори повинні бути не менше 30 Ом. Для $V_{out} = 5V$ беремо $R_{24} = 3.6 \text{ Ом}$, $R_{21} = 1.2 \text{ Ом}$.

По даним розрахункам, проведемо моделювання схеми у програмному середовищі Multisim.

Multisim - це програмне забезпечення промислового стандарту, що підтримує SPICE. Воно застосовується для моделювання та програмування схем для аналогової, цифрової і силової електроніки в освітній та дослідницькій галузях.

Побудуємо схему, що вказана на малюнку 3.4.

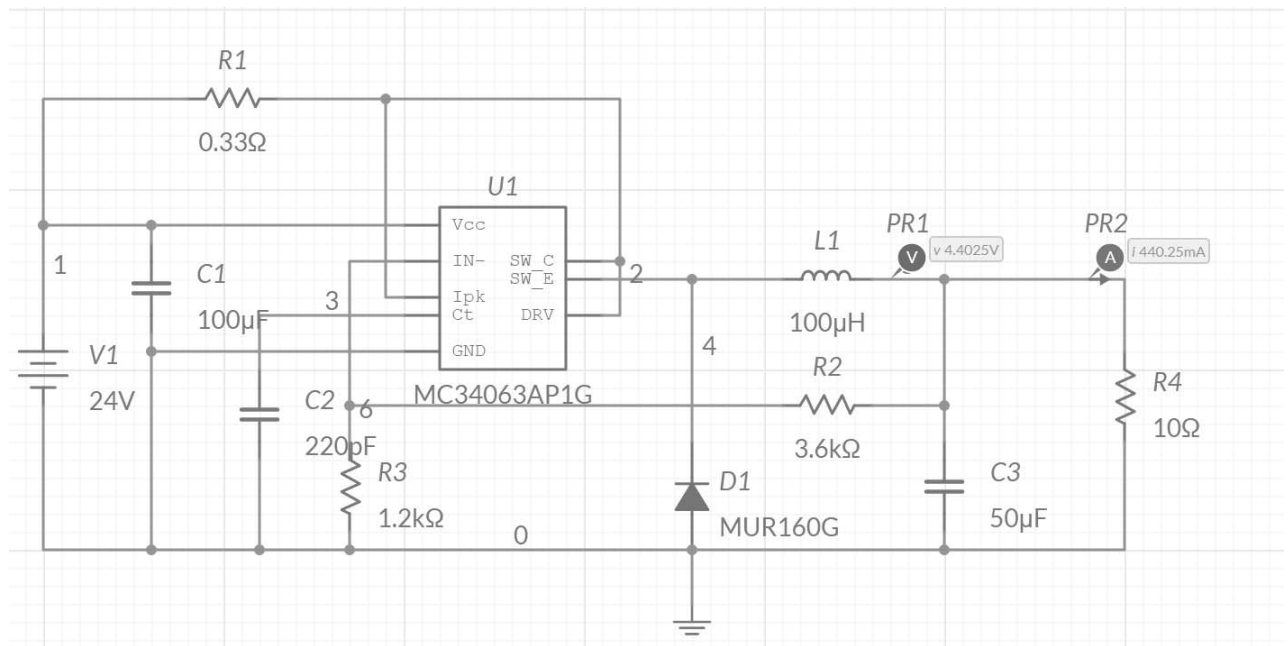


Рисунок 3.4 — Схема ППН.

За допомогою програми побудуємо графік роботи перетворювача.

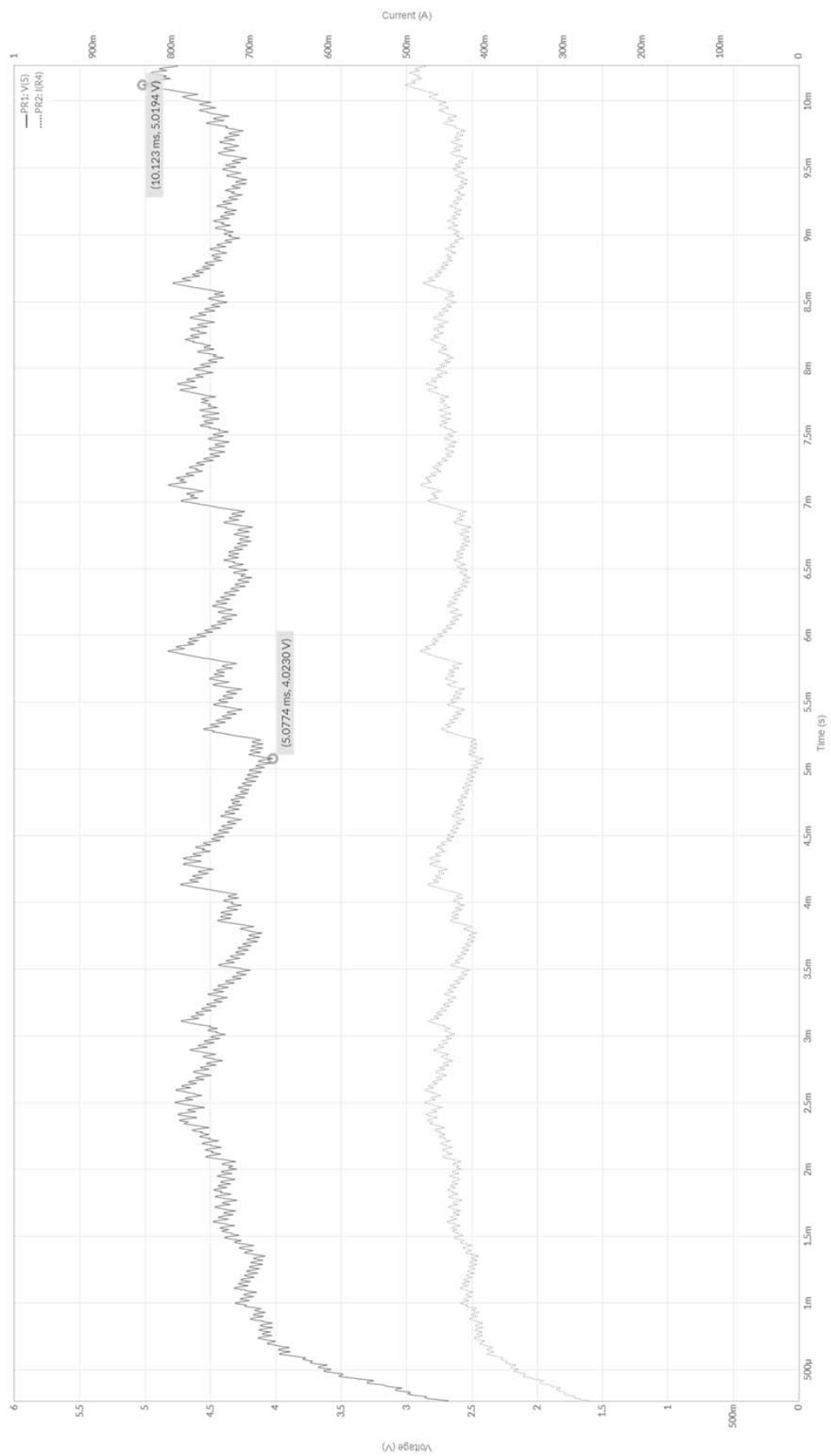


Рисунок 3.5 — Моделювання на розрахункових комплектуючих

На графіку можна побачити, що вихідна напруга немає стабілізації,

пульсації досягають 1В. Дану схемі з такими компонентами не можна використовувати.

Проведемо моделювання з підбором компонентів для більш стабільної роботи схеми. Схема з підібраними компонентами показана на рисунку 3.6 та графік моделювання на рисунку 3.7.

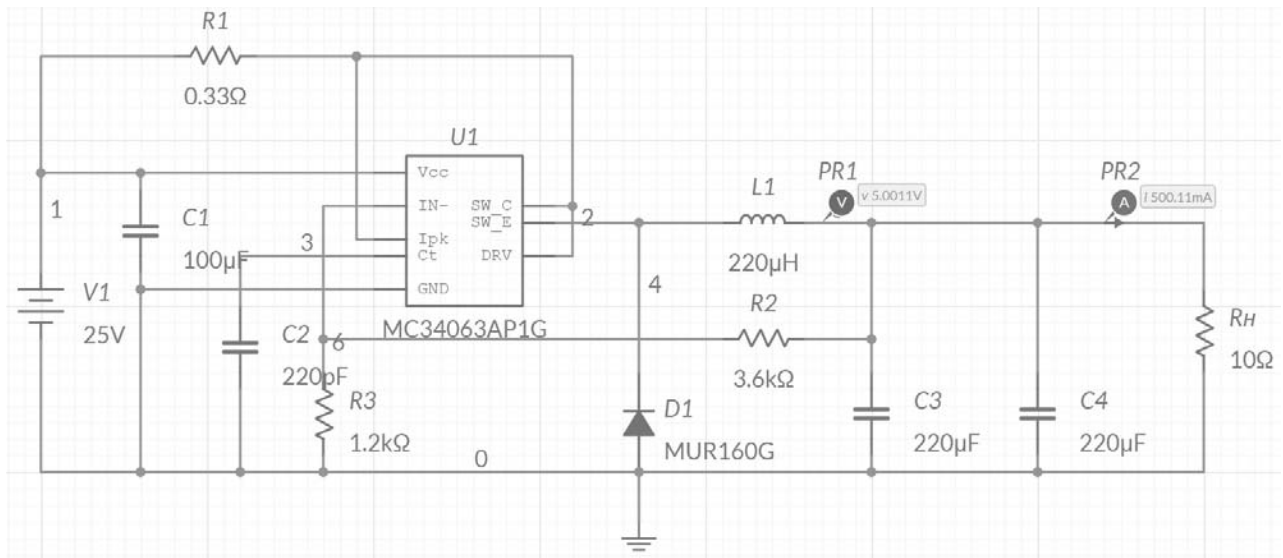


Рисунок 3.7 - Схема з підібраними компонентами

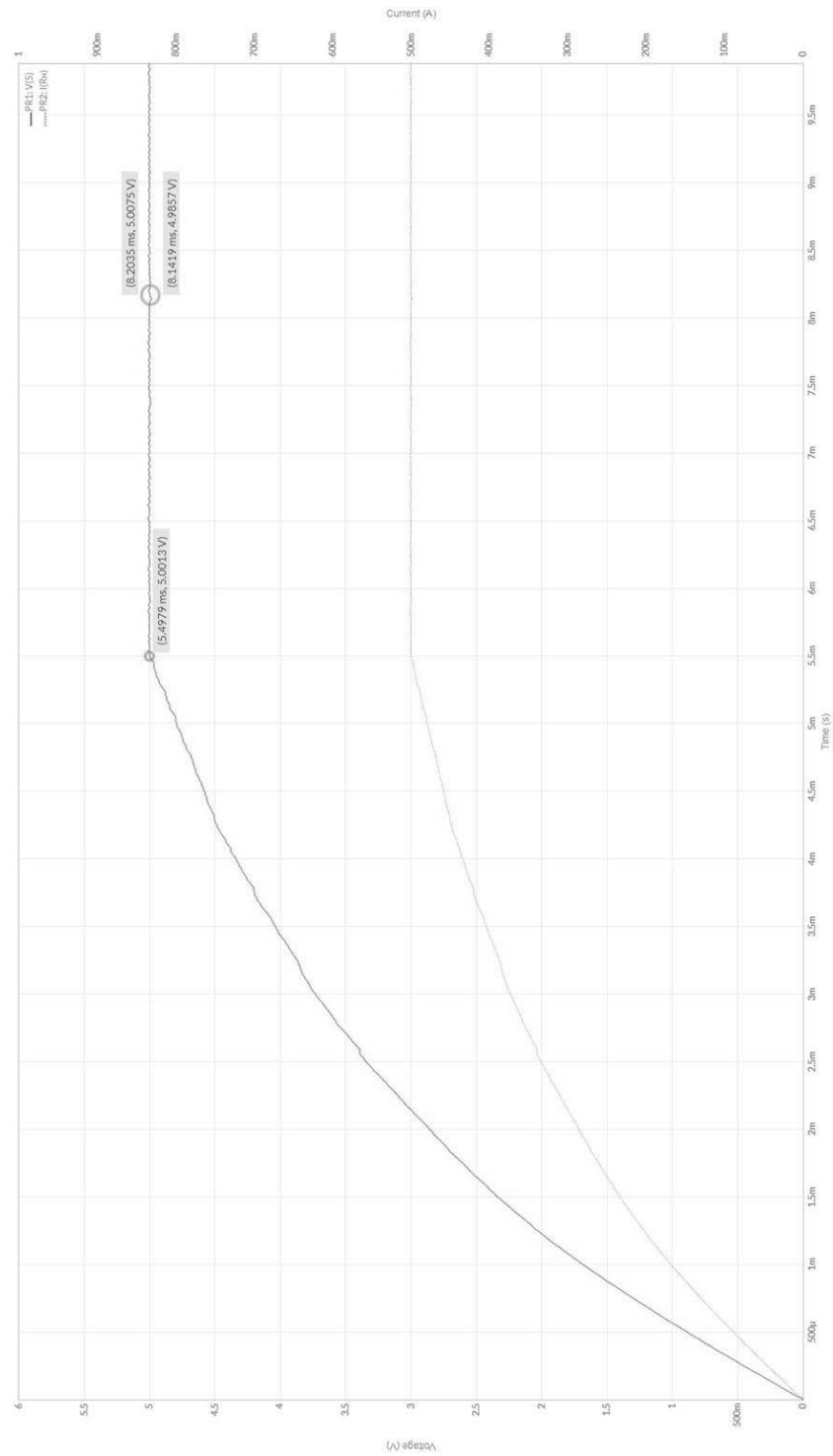


Рисунок 3.7 -Графік моделювання при $R_n = 100\text{мта}$ $I = 500\text{мА}$

З графіку моделювання видно, що перетворювач виходить на режим роботи за 5 мс, має стабільність по струму та напрузі. Пульсації не перевищують 14 мВ. Перетворювач навантажений на 100% від номіналу.

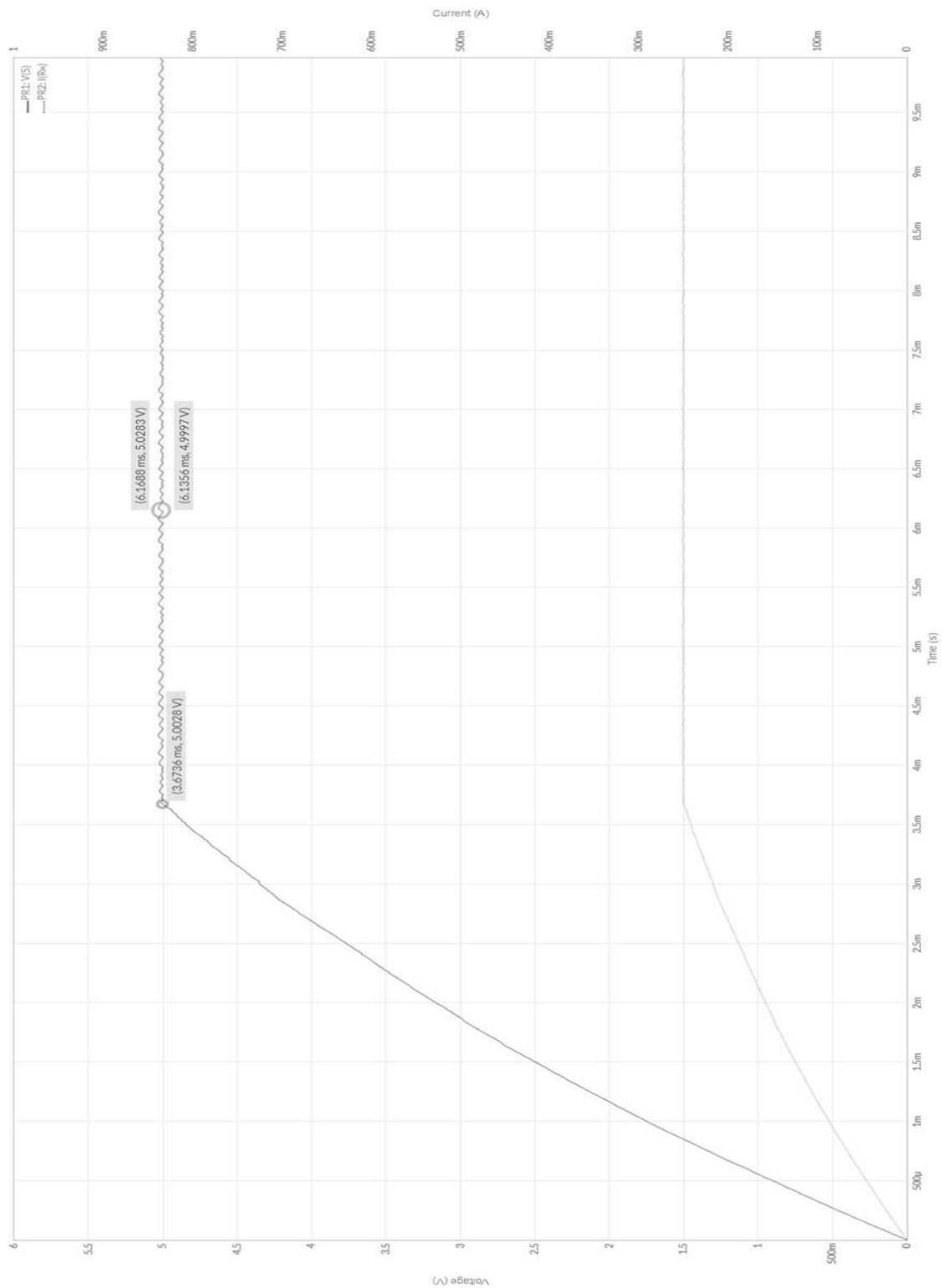


Рисунок 3.8 - Графік моделювання при $R_n = 200\text{мг}$ та $I = 250\text{мА}$

З графіку моделювання видно, що перетворювач виходить на режим роботи за 3.5 мс, має стабільність по струму та напрузі. Пульсації не перевищують 30 мВ. Перетворювач навантажений на 50% від номіналу.

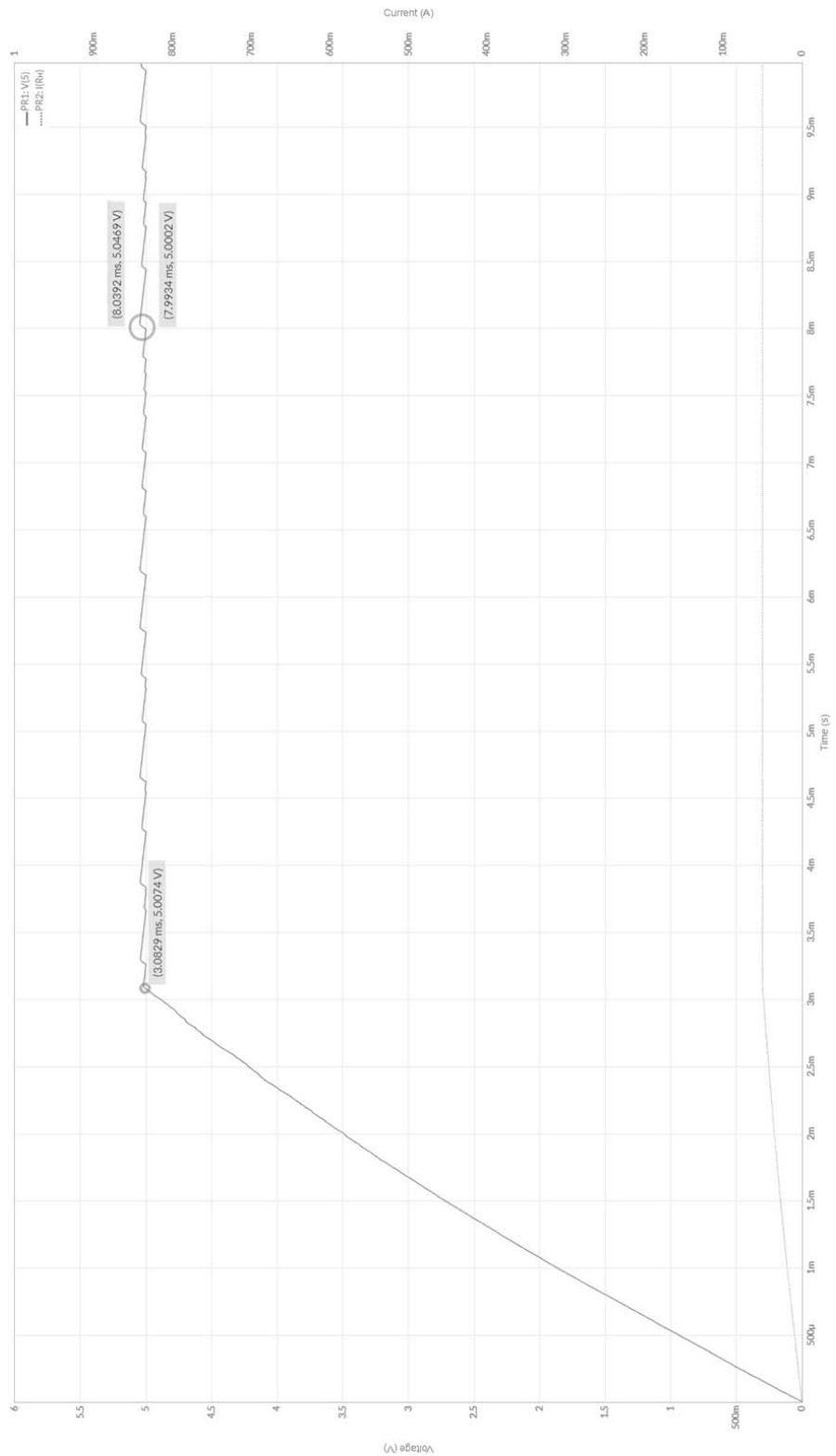


Рисунок 3.8 - Графік моделювання при $R_n = 1000\text{мта}$ $I = 50\text{мА}$

З графіку моделювання видно, що перетворювач виходить на режим роботи за 3 мс, має стабільність по струму та напрузі. Пульсації не перевищують 46 мВ. Перетворювач навантажений на 10% від номіналу.

Отримавши результати моделювання, можна зробити висновок, що перетворювач відповідає технічним умовам.

Так як у схема містить високочутливі компоненти (мікроконтролер, перетворювач інтерфейсу) до електростатичної напруги, необхідно гальванічно розділити живлення мікроконтролера та перетворювача інтерфейсу від основного джерела живлення. Для цього обираємо мікросхему B0505T-1W та B0503T-1W.

Однополярний DC / DC перетворювач живлення B0505T-1W виробництва Mornsun з вихідною потужністю 1 ват, в SMD корпусі, габаритні розміри: 12.7x7.5x6.25 мм. Конвертер з фіксованим входною напругою постійного струму 5 В. Діапазон входних напруг від 4.5 до 5.5 В. З вихідною напругою постійного струму 5 В і гальванічною розв'язкою Від входу 1000 В. Даний конвертер живлення не має стабілізації вихідної напруги, забезпечений короткочасної захистом від короткого замикання.

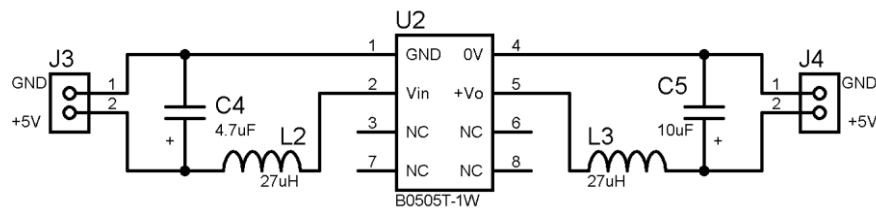


Рисунок 3.9 — Схема гальванічного розділення

Фільтри L2 і L3 (до 37мкГн) використовуються для зменшення пульсацій і перешкод від DC-DC перетворювача.

Конденсатори C4 і C5 беремо з datasheet "MNSN-S-A0000328682-1.pdf".

Маючи всі дані, побудуємо схему перетворювача напруги з гальванічним розділенням (вхідна напруга $24\text{В} \pm 10\%$, вихідна $5\text{В} \pm 50\text{мВ}$, $3.3\text{В} \pm 50\text{мВ}$).

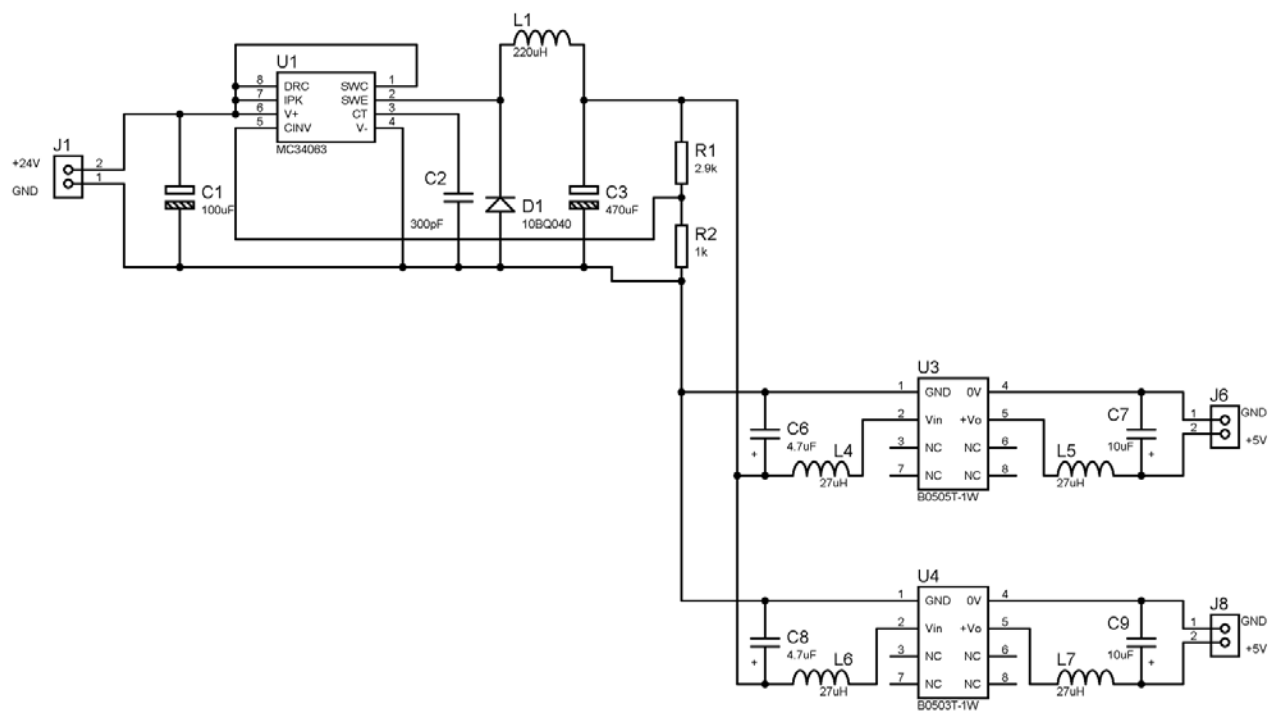
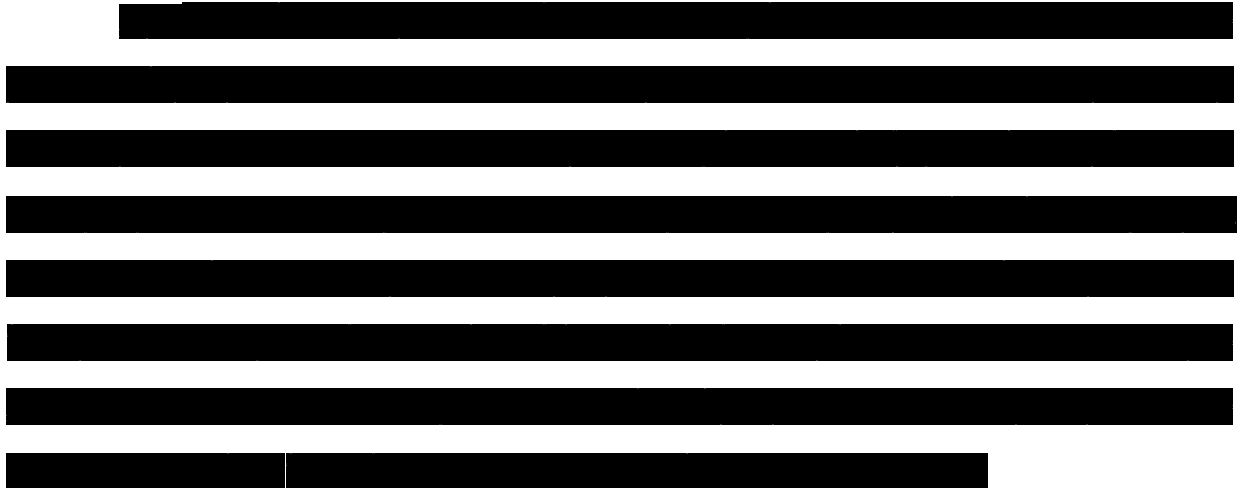


Рисунок 3.10 - Схема перетворювача напруги з гальванічним розділенням

4. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Методика розводки друкованої плати



Джерела шуму і перешкод:

Шум і перешкоди є основним елементами, що обмежують якісні характеристики схем. Перешкоди можуть як випромінюватися джерелами, так і наводитися на елементи схеми. Аналогова схема часто розташовується на друкованій платі разом з швидкодіючими цифровими компонентами, включаючи цифрові сигнал-процесори (DSP).

Високочастотні логічні сигнали створюють значні радіочастотні перешкоди (RFI). Кількість джерел випромінювання шуму величезне: ключові джерела живлення цифрових систем, мобільні телефони, радіо і телебачення, джерела живлення ламп денного світла, персональні комп'ютери, грозові розряди і т.д. Навіть якщо аналогова схема працює в звуковому частотному діапазоні, радіочастотні перешкоди можуть створювати помітний шум у вихідному сигналі.

Категорії друкованих плат:

Вибір конструкції друкованої плати є важливим фактором, що визначає механічні характеристики при використанні пристрою в цілому. Для виготовлення друкованих плат використовуються матеріали різного рівня

якості.

Шаруваті матеріали позначаються індексами FR (flame resistant, опірність до займання) і G. Матеріал з індексом FR-1 має найбільшу горючість, а FR-5 - найменшою. Матеріали з індексами G10 і G11 мають особливі характеристики.

При виборі матеріалу друкованої плати звертайте особливу увагу на його гігроскопічність, оскільки цей параметр может надати сильний негативний ефект на бажані характеристики плати - поверхневий опір, виток, високовольтні ізоляційні властивості (пробої і іскріння) і механічна міцність. Також звертайте увагу на робочу температуру. Ділянки з високою температурою можуть зустрічатися в несподіваних місцях, наприклад, поруч з великим цифровим інтегральними схемами, перемикання яких відбуваються на високій частоті. Якщо такі ділянки розташовані безпосередньо під аналоговими компонентами, підвищення температури може позначитися на зміні характеристик аналогової схеми.

Після того, як матеріал друкованої плати обраний, необхідно визначити товщину фольги друкованої плати. Цей параметр в першу чергу вибирається виходячи з максимальної величини струму, що протікає. По можливості, намагайтеся уникати застосування дуже тонкої фольги.

Кількість шарів друкованої плати:

Залежно від цілому схеми і якісних вимог розробник повинен визначити кількість шарів друкованої плати.

Одношарові друковані плати:

Дуже прості електронні схеми виконуються на односторонніх платах з використанням дешевих фольгованих матеріалів (FR-1 або FR-2) і часто мають багато перемичок, нагадуючи двосторонні плати. Такий спосіб створення друкованих плат рекомендується тільки для низькочастотних схем. З причин, які будуть описані нижче, односторонні друковані плати в великій мірі сприйнятливі до наведенням. Хорошу односторонню друковану плату досить складно розробити через багатьох причин. Проте хороші плати такого

типу зустрічаються, але при їх розробці потрібно дуже багато обмірковувати заздалегідь.

Двошарові друковані плати:

На наступному рівні стоять двосторонні друковані плати, які в більшості випадків використовують в якості матеріалу підкладки FR-4, хоча іноді зустрічається і FR-2. Застосування FR-4 більш переважно, оскільки в друкованих платах з цього матеріалу отвори виходять більш кращої якості. Схеми на двосторонніх друкованих платах розлучаються набагато легше, тому що в двох шарах простіше здійснити розводку пересічних трас. Однак для аналогових схем перетин трас виконувати не рекомендується. Де можливо, нижній шар (bottom) необхідно відводити під полігон землі, а решта сигнали розводити в верхньому шарі (top).

Двосторонні друковані плати, незважаючи на всі свої переваги, не є кращими, особливо для малосигнальних або високошвидкісних схем. У загальному випадку, товщина друкованої плати, тобто відстань між шарами металізації, дорівнює 1,5 мм, що занадто багато для повної реалізації деяких переваг двошарової друкованої плати, наведених вище. Розподілена ємність, наприклад, занадто мала через такого великого інтервалу.

Багатошарові друковані плати:

Для відповідальних схемотехнічних розробок потрібні багатошарові друковані плати (МПП). Деякі причини їх застосування очевидні:

- зручна, як і для шини загального проводу, розводка шин живлення; якщо в якості шин живлення використовуються полігони на окремому шарі, то досить просто за допомогою перехідних отворів здійснити підведення живлення до кожного елемента схеми;

- сигнальні шари звільняються від шин живлення, що полегшує розведення сигнальних провідників; між полігонами землі і живлення з'являється розподілена ємність, яка зменшує високочастотний шум.

Крім цих причин застосування багатошарових друкованих плат існують інші, менш очевидні: краще придушення електромагнітних (ЕМІ) і

радіочастотних (RFI) перешкод завдяки ефекту відображення (image plane effect), відомому ще за часів Марконі. Коли провідник розміщується близько до плоскої провідної поверхні, велика частина зворотних високочастотних струмів буде протікати по площині безпосередньо під провідником. Напрямок цих струмів буде протилежний напрямку струмів в провіднику. Таким чином, відображення провідника в площині створює лінію передачі сигналу. Оскільки струми в провіднику і в площині рівні за величиною і протилежні за напрямком, створюється деяке зменшення випромінюваних перешкод. Будь-яке порушення цілісності буде приводити до зменшення придушення перешкод. Зниження загальної вартості при дрібносерійному виробництві. Незважаючи на те, що виготовлення багат шарових друкованих плат обходиться дорожче, їх можливе випромінювання менше, ніж у одно- і двошарових плат.

Отже, в деяких випадках застосування лише багат шарових плат дозволить виконати вимоги по випромінюванню, поставлені при розробці, і не проводити додаткових випробувань і тестувань.

Для друкованих плат з більш, ніж чотирма шарами, існує загальне правило розташовувати високошвидкісні сигнальні провідники між полігонами землі і харчування, а низькочастотних відводити зовнішні шари.

Заземлення

Основне правило: розподіл землі.

Розподіл землі на аналогову і цифрову частини - один з найпростіших і найбільш ефективних методів придушення шуму. Один або більше шарів багат шарової друкованої плати зазвичай відводиться під шар земляних полігонів.

Якщо розробник не дуже досвідчений або неуважний, то земля аналогової частини буде безпосередньо з'єднана з цими полігонами, тобто аналоговий поворотний ток буде використовувати таку ж ланцюг, що і цифровий поворотний струм. Авторазводчікі працюють приблизно так само і об'єднують всі землі разом.

Якщо переробці піддається раніше розроблена друкована плата з єдиним земляним полігоном, що об'єднує аналогову і цифрову землі, то необхідно спочатку фізично розділити землі на платі (після цієї операції робота плати стає практично неможливою). Після цього прозводитьь все підключення до аналогового земляному полігону компонентів аналогової схеми (формується аналогова земля) і до цифрового земляному полігону компонентів цифрової схеми (формується цифрова земля). І лише після цього в джерелі прозводиться об'єднання цифрової та аналогової землі.

Основні моменти при проектуванні та розводці аналогових схем.

Друкована плата:

- використовуйте друковані плати тільки з якісного матеріалу (наприклад, FR-4);
- схеми, виконані на багат шарових друкованих платах, на 20 дБ менше восприимчивее до зовнішніх перешкод, ніж схеми, виконані на дво шарових платах;
- використовуйте розділені, неперекриваючієся полігони для різних земель і годувань;
- розташовуйте полігони землі і харчування на внутрішніх шарах друкованої плати.

Компоненти:

- усвідомлюйте частотні обмеження, що вносяться пасивними компонентами і провідниками плати;
- намагайтеся уникати вертикального розміщення пасивних компонентів в високошвидкісних схемах;
- для високочастотних схем використовуйте компоненти, призначені для поверхневого монтажу;
- провідники повинні бути чим коротше, тим краще;
- якщо потрібна велика довжина провідника, то зменшуйте його ширину;

- невикористовувані висновки активних компонентів повинні бути правильно підключені.

Розведення:

- розміщуйте аналогову схему поблизу роз'єму живлення;
- ніколи не розводьте провідники, передають логічні сигнали, через аналогову область плати, і навпаки;
- провідники, які підходять до інвертується входу ОП, робіть короткими;
- упевніться, що провідники інвертуючого і неінвертуючого входів ОУ не володіємо паралельно один одному на великій відстані;
- намагайтеся уникати застосування зайвих перехідних отворів, тому що їх власна індуктивність може привести до виникнення додаткових проблем;
- не розводьте провідники під прямими кутами і згладжуйте вершини кутів, якщо це можливо.

Розв'язка:

- використовуйте правильні типи конденсаторів для придушення перешкод в ланцюгах харчування;
- для придушення низькочастотних перешкод і шумів використовуйте танталові конденсатори у вхідного роз'єму живлення;
- для придушення високочастотних перешкод і шумів використовуйте керамічні конденсатори біля вхідного роз'єму живлення;
- використовуйте керамічні конденсатори у кожного виведення харчування мікросхеми; якщо необхідно, використовуйте кілька конденсаторів для різних частотних діапазонів;
- якщо в схемі відбувається збудження, то необхідно використовувати конденсатори з меншим значенням ємності, а не великим;
- у важких випадках в ланцюгах харчування використовуйте послідовно включені резистори малого опору або індуктивності;

- розв'язують конденсатори аналогового харчування повинні підключатися тільки до аналогової землі, а не до цифрової.

4.2 Створення друкованої плати методом лазерного праски (лут)

Метод ЛУТ полягає в перенесенні тонера на текстоліт за допомогою його нагрівання. Для виготовлення друкованих плат цим способом нам знадобиться лазерний принтер (я користуюся Canon LBP6000), фотопапір для струйника, я користуюся такою: або на крайняк - сторінки глянцевих журналів.

Спочатку нам потрібно намалювати схему. Найкраще для новачків підійде Sprint Layout. Далі друкуємо схему на папері, використовуючи лазерний принтер (при цьому в налаштуваннях принтера бажано відключити економію тонера і дозволити виставити максимум, щоб щільність нанесення тонера була максимальною) на. Після цього нам потрібно вирізати текстоліт за розміром плати, гарненько його зачистити дрібним наждачним папером із ступенем зернистості близько 1600 і знежирити спиртом.

Приготування розчину: У 100 мл аптечного 3% перекису водню (гідроперит) розчиняється 45 г лимонної кислоти і 5 г кухонної солі.

Чим більше в розчині буде перекису водню, тим швидше піде процес затравлення, але занадто велику кількість добавляти не потрібно так як розчин не зберігається, тобто повторно не використовується, а значить і гідроперит буде втрачено.

Останнім кроком потрібно видалити тонер з доріжок. Для цього можна використати розчинник - спирт або ацетон. Беремо серветку і протираємо поверхню плати, або зчищають наждачним папером.

4.5 Охорона праці при паяльних роботах

[REDACTED]

1.08-96

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

- [REDACTED]

- [REDACTED]

- [REDACTED]

- [REDACTED]

- [REDACTED]
 - [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
 - [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
 - [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

4.5 Заземлення і занулення

[REDACTED]

[REDACTED] - [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] - [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

4.6 Розрахунок заземлення

Відповідно до ПУЕ 2014 (Глава 1.7), опір заземлення пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.

Вихідні дані:

- кліматична зона - 3;
- питомий опір ґрунту, глина, Ψ - 100 Ом м;
- нормований опір заземлювального пристрою, R_3 - 4 Ом;
- довжина вертикального електрода, L_B - 3,0 м;
- діаметр вертикального електрода, D_B - 25 мм;
- горизонтальний електрод - смугова сталь 40×4 мм;
- відстань між вертикальними електродами, L - 3,0 м;
- розташування вершини вертикального електрода - нижче рівня землі 0,5 - 0,8 м;
- розташування вертикальних електродів — по контуру.

Вертикальні електроди з'єднуються за допомогою горизонтальної сталевий штаби. З'єднання вертикальних і горизонтальних електродів виконується зварюванням.

З урахуванням підвищувальних коефіцієнтів, для третьої кліматичної зони, розрахунковий питомий опір ґрунту:

- для горизонтальних електродів:

$$\Psi_{\text{гор}} = 2 \cdot \Psi = 2 \cdot 100 = 2000\text{м} \quad (4.1)$$

- для вертикальних електродів:

$$\Psi_{\text{ВЕР}} = 1,4 \cdot \Psi = 1,4 \cdot 100 = 140 \text{ Ом} \quad (4.2)$$

Опір розтікання струму одного вертикального електрода:

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{\Psi_{\text{ВЕР}}}{2 \cdot \pi \cdot L_B} \cdot \left[\frac{2 \cdot L_B}{D_B} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + L_B}{4 \cdot t - L_B} \right] = \\ &= \frac{140}{2 \cdot \pi \cdot 3} \cdot \left[\frac{2 \cdot 3}{0,025} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,2 - 3}{4 \cdot 2,2 + 3} \right] = 30,98 \text{ Ом} \end{aligned} \quad (4.3)$$

де t - рівень розташування центру вертикального електрода.

Приблизне число вертикальних електродів з урахуванням прийнятого коефіцієнту використання $K_B = 1,4$

$$N = R_B / K_B / R_3 = 30,98 / 1,4 / 4 = 5,53 \quad (4.4)$$

Для подальших розрахунків приймаємо кількість вертикальних електродів $N_{\text{пр}} = 12$. Коефіцієнт використання горизонтального з'єднувального електрода, при розташуванні вертикальних електродів по контуру, $K_G = 2$. Опір розтікання струму горизонтального електрода (металевої смуги), яка приваєрена до верхніх кінців вертикальних електродів:

$$R_G = \frac{\Psi_{\text{ГОР}}}{2 \cdot \pi \cdot L_G \cdot K_G} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_G}{b \cdot T} = \frac{140}{2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot 2} \cdot \ln \frac{2 \cdot 3}{0,04 \cdot 0,72} = 19,82 \text{ Ом} \quad (4.5)$$

де b - ширина горизонтального електрода; T - рівень розташування центру горизонтального електрода.

Проводимо уточнення опору розтікання струму вертикальних електродів, з урахуванням опору горизонтального електрода:

$$R_{BY} = \frac{R_{\Gamma} \cdot R_3}{R_{\Gamma} + R_3} = \frac{19,82 \cdot 4}{19,82 + 4} = 3,320 \text{ м} \quad (4.6)$$

Проводимо уточнення кількості вертикальних електродів, при уточненому коефіцієнті використання $K_{B\Gamma} = 0,66$

$$n = R_B / K_B / R_{BY} = 30,98 / 0,59 / 3,32 = 15,81 \quad (4.7)$$

Остаточню, як заземлювальний пристрій приймаємо конструкцію, що складається з 12 вертикальних електродів довжиною 3,0 метра, діаметром 25 мм, розташованих по контуру, на відстані 3 м один від одного, з'єднаних металеву смугою 40×4 мм, загальною довжиною 36,0 м.

4.7 Рекомендації з монтажу заземлення

1. Опір заземлення згідно з вимогами ПУЕ 2014 (Глава 1.7), в будь-який час року має бути не більше 30 Ом.

2. По закінченню монтажу зробити вимір дійсного опору розтікання струму заземлювального пристрою. При необхідності збільшити кількість вертикальних і довжину горизонтальної електродів.

3. Роботи по установці елементів заземлювального пристрою виконати відповідно до креслення.

4. Вертикальний електрод - сталевий прут $l = 3,0$ м, $d = 25$ мм, кількість - 12 шт.

5. Горизонтальний електрод - сталева смуга 40×4 мм, $l = 36$ м.

6. Перед забиванням в землю один кінець вертикального електрода зрізати під клин (кут 60 градусів).

7. Відстань між вертикальними електродами - 3 м.

8. Глибина залягання горизонтального заземлювача - 0,7 м нижче рівня землі.

9. Всі з'єднання елементів заземлювального пристрою виконати зварюванням внахлест.

10. Всі місця зварювальних з'єднань покрити бітумною мастикою в два шари.

4.8 Розробка власної друкованої плати.

Proteus ares.

4.

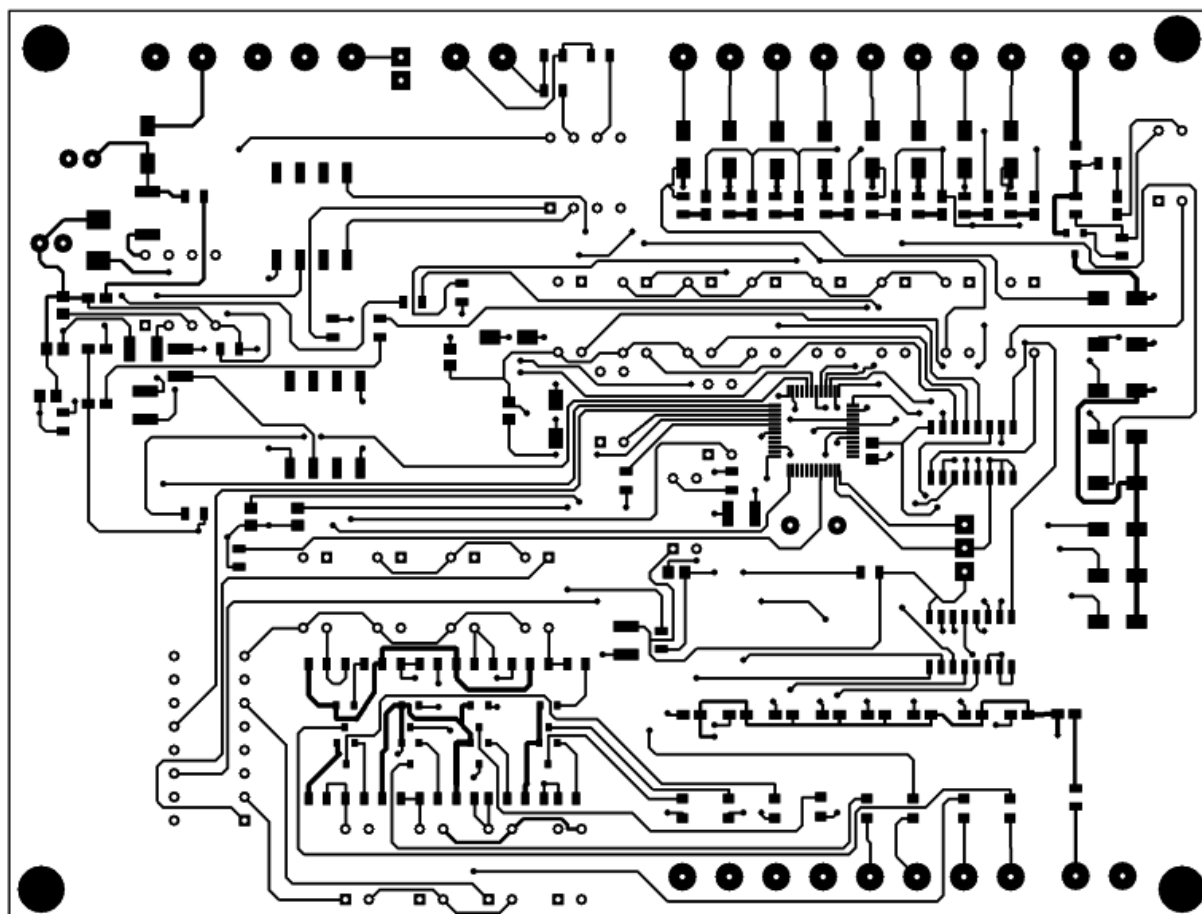


Рисунок 4.1 – Друкована плата. Вид зверху.

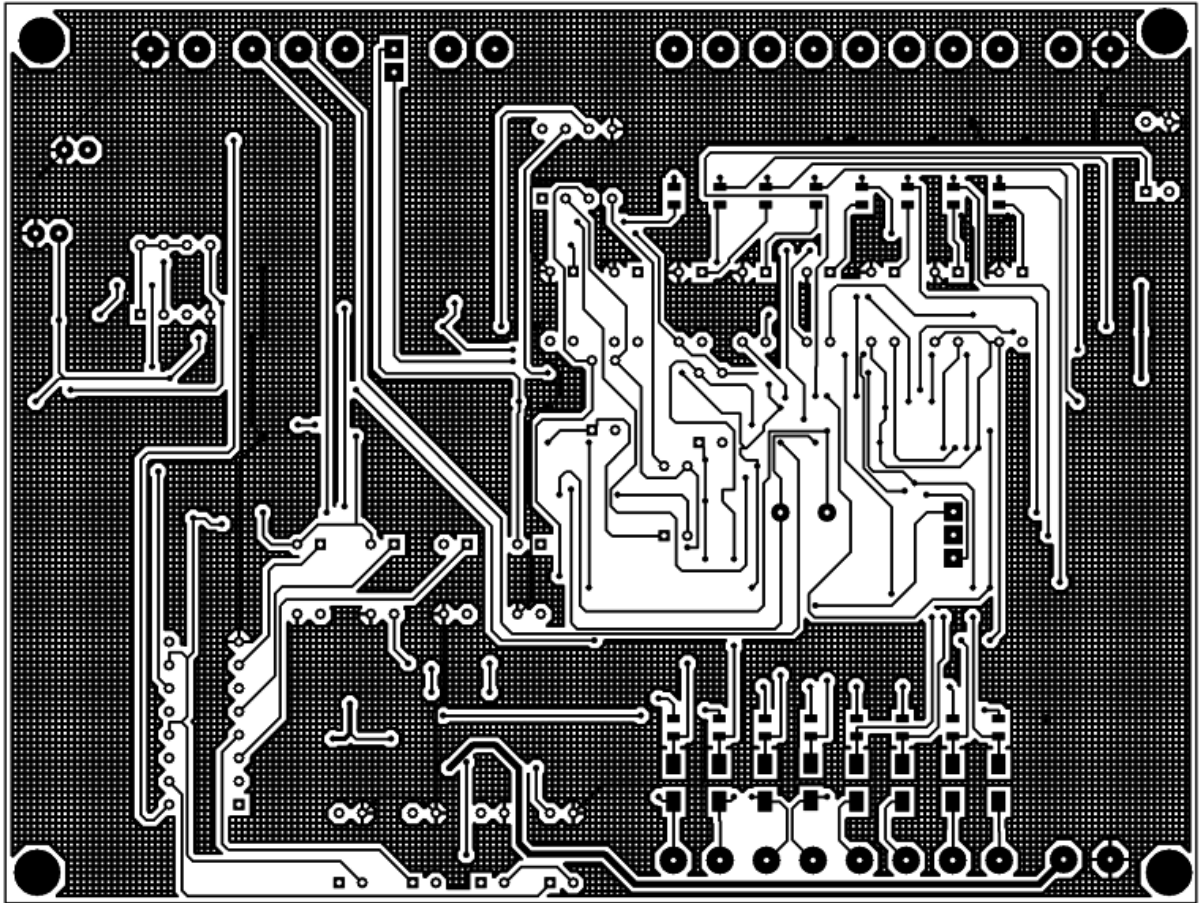


Рисунок 4.1 – Друкована плата. Вид знизу.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Одним з основних показників, за допомогою якого оцінюється економічна ефективність нової техніки, є величина капітальних вкладень [2].

До таких капітальних вкладень відносяться витрати на науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, включаючи випробування і доопрацювання дослідних зразків.

Для визначення вартості конструкторської підготовки виробництва складається кошторис витрат з моменту отримання завдання до виготовлення і заводських випробувань дослідного зразка включно і коректування документації за наслідками цих подій.

5.1 Суми витрат по статтям кошторису

5.1.1 Зарплата розробників по етапам розраховується, виходячи з кількості технічної документації (схем, креслень, текстової документації), що розробляється, з використанням нормативів базового підприємства на розробку різних видів документації. Зарплата виконавців по кожному етапу є сумою добуток тривалості етапів в днях на денну ставку виконавця (по всім виконавцям).

Тривалість етапу визначається як добуток кількості листів розробленої документації на відповідну норму часу в нормо-годинах на розробку, поділене на число прийнятих розробників і середню тривалість робочого дня (8,0 годин) [10].

Денна ставка виконавця визначається відношенням місячного окладу до середнього числа робочих днів в місяці (22 дні).

В таблиці 5.1 приведений розрахунок заробітної плати розробників технічної документації системи управління для зарядного пристрою акумуляторних батарей на базі високочастотного перетворювача.

Таблиця 5.1 – Розрахунок зарплати розробників технічної документації

№	Найменування етапу у розробки	Одиниця	К-ть креслень	Норма часу на одиницю нормогодин	Трудомісткість етапу люд-годин	Число виконавці	Тривалість етапу, дні	Денна ставка	Зарплата за етап, грн.
1	Схема електрична принципова	Схема ф.А 1	1	17,45	17,45	1	3,30	128,50	424,05
2	Схема електрична структурна	ф.А 1	1	15,50	15,50	1	1,9	115,00	218,5

5.1.2 Зарплата на виготовлення і випробування дослідного зразка по всім етапам визначається таким чином: дослідний зразок виготовляється і випробовується в лабораторії; тривалість цих робіт узяті з досвіду базового підприємства, а потім розраховані аналогічно розрахунку заробітної плати на розробку технічної документації див. табл. 5.1.

При визначенні зарплати на виготовлення дослідного зразка трудомісткість по видам робіт збільшена на 100% проти трудомісткості серійного виробу і підвищені розряди роботи на один з урахуванням ручних робіт в дослідному виробництві.

Таблиця 5.2 – Зарплата на виготовлення дослідного зразка

№	Вид робіт	Середній розряд робіт	Трудомісткість	Тарифна ставка, грн/год	Зарплата, грн
1	Складальні	5	20	15,05	301,0
2	Монтажні	6	13	19,6	235,2
3	Регулювальні	6	30	14,7	441
Разом:					803,67

Зарплата виконавців на коректування документації визначається з трудомісткості розробки відповідних документів: коректування складає 15% цій трудомісткості.

5.1.3 Накладні витрати беруться у розмірі 40... 120% сумарної зарплати розробників з урахуванням виготовлення і випробування дослідного зразка і коректування документації за наслідками випробувань.

5.1.4 Матеріальні витрати на зразок складаються з вартості матеріалів (табл. 5.3) і комплектуючих виробів (табл. 5.4) на проєктовану апаратуру.

При цьому, виходячи з обліку втрат, вартість матеріалів та комплектуючих збільшена на 30%.

Таблиця 5.3 – Вартість матеріалів

№	Найменування	Одиниця виміру	К-ть на виріб	Ціна за одиницю	Сума, грн
1	Стеклотекстоліт FR4	м ²	0,027	2005,45	54,15
2	Лак	л	0,015	500,60	7,51
3	ПОС-60	кг	0,035	240,5	8,42
4	Флюс	л	0,014	127,00	1,78
Разом:					70,07

Таблиця 5.4 – Витрати на куповані комплектуючі вироби

№	Найменування	Кількість	Ціна одиниці	Сума, грн
1	Програматор	1	210	1250
2	Конденсатор	13	20,90	271,7
3	Конденсатор	4	27,5	110
4	Мікроконтролер	1	50	50
5	Резистор	41	0,1	4,1
6	Діод	7	0,82	5,8
7	Світлодіод	4	0,63	2,52
8	Транзистор	7	16,5	115,5
9	Дроссель	2	6,12	12,24
10	Мікросхеми	2	170	340
11	Оптопара	2	33,5	67
12	Кнопки	6	10	60
	Разом			2288,86

5.1.5 Собівартість дослідного зразка визначається за формою табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Калькуляція собівартості дослідного зразка

№	Стаття витрат	Витрати на проєктований виріб, грн.
1	Матеріали	70,07
2	Куповані комплектуючі вироби	2288,86
3	Транспортні витрати (5% (п.1+п.2))	117,95
4	Заробітна платня виробничих робочих	803,67
5	Додаткова заробітна плата (10%п.4)	80,36
6	Нарахування на зарплату (37%(п.4+п.5))	327,09
7	ФЗП	
8	Накладні витрати (120% п.4)	964,40
Всього собівартість:		4652,41

5.1.6 В таблиці 5.6 приведено розрахунок кошторису витрат на конструкторську підготовку виробництва.

Таблиця 5.6 Кошторис витрат на конструкторську підготовку виробництва

№	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Зарплата розробників по всім етапам розробки	3870,21
2	Зарплата на коректування технічної документації за наслідками випробувань дослідного зразка (15% п. 1)	580,53
3	Разом:	4450,74
4	Нарахування на зарплату (37% п.3)	1646,77
5	Накладні витрати (120% п.3)	5340,88
6	Собівартість дослідного зразка	4652,41
7	Інші витрати	780

Всього вартість розробки:	16870,82
---------------------------	----------

5.1.7 В таблиці 5.7 приведено розрахунок заробітної плати робочих в разі серійного виготовлення виробу.

Таблиця 5.7 – Зарплата робочих за виготовлення серійного виробу

№	Вид робіт	Середній розряд робіт	Трудомісткість нормо - год	Тарифна ставка, грн/год	Зарплата, грн
1	Складальні	4	7	12,20	85,4
2	Монтажні	5	3	12,78	38,34
3	Регулювальні	5	6	12,50	75
	Разом:				198,74

5.1.8 Розрахунок планованої собівартості одиниці продукції проводиться на основі калькуляційних статей, враховуючи що комплектуючі та матеріали знижені на 30% по відношенню до таблиць 5.3 та 5.4, зведених в таблицю 5.8:

Таблиця 5.8 – Калькуляція собівартості і ціни одиниці виробу

№	Стаття витрат	Витрати на виріб, грн
1	Матеріали	49,05
2	Куповані комплектуючі вироби	1602,20
3	Транспортні витрати (5% п.1+п.2)	82,56
4	Основна заробітна плата виробничих робочих (табл. 5.7)	198,74
5	Додаткова заробітна плата (10% п.4)	19,87

6	Нарахування на зарплату (37%(п.4+п.5))	80,88
7	Загальновиробничі витрати (100% п.4)	198,74
8	Разом собівартість	2232,05
9	Прибуток (30% п.8)	669,62
Ціна ника:		вироб- 2901,67

5.2 Розрахунок терміну окупності розробки

Річний економічний ефект від впровадження нових виробів розраховується по формулі [39]:

$$\mathcal{E}_r = (\Pi - E_H \cdot K_v) \cdot A_r, \quad (5.1)$$

де Π - прибуток на одиницю продукції (з табл. 5.8 $\Pi = 669,62$);

E_H – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($E_H = 0,15$);

K_v – питомі капіталовкладення на одиницю річного об'єму продукції;

A_r – річний об'єм випуску продукції при серійному виробництві.

Визначаємо питомі капіталовкладення на одиницю річного об'єму продукції:

$$K_v = \frac{K}{A_r}, \quad (5.2)$$

де K - капіталовкладення в розробку виробу (з табл. 5.6 $K = 16870,82$).

Враховуючи, що річний об'єм випуску продукції при серійному виробництві складає 80 шт/рік:

$$K_v = \frac{16870,82}{80} = 210,88.$$

Тоді передбачуваний річний економічний ефект:

$$\mathcal{E}_r = (669,62 - 0,15 \cdot 210,88) \cdot 80 = 51038,69 \text{гр}$$

Ефективність розробки визначається згідно:

$$E = \frac{\mathcal{E}_r}{K}, \quad (5.3)$$

$$E = \frac{51038,691}{16870,82} = 3,02.$$

Термін окупності продукції рівний зворотній величині ефективності:

$$T = \frac{1}{E}, \quad (5.4)$$

$$T = \frac{1}{3,02} = 0,33 \text{року}$$

В таблиці 5.9 приводяться загальні економічні показники розробленої системи передачі інформації по оптичним каналам.

Таблиця 5.9 – Економічні показники

№	Показники	Один. виміру	По проєктованому виробу
1	Витрати на КПП	грн.	16870,82
2	Собівартість розробки	грн.	2232,05
3	Ціна підприємства	грн.	669,62
4	Річний обсяг випуску	шт.	80
5	Річний економічний ефект	грн.	51038,69
6	Ефективність розробки		3,02
7	Термін окупності додаткових капітальних вкладень	років	0,33

Економічні розрахунки підтвердили доцільність розробки системи передачі інформації по оптичним каналам для потреб мобільних охоронних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник – К: НУХТ, 2003
2. Евстифеев А.В. - Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL, 5-е изд., стер. — М.: Издательский дом «ДодэкаXXI», 2008. — 560 с.
3. Вікіпедія – Вільна енциклопедія. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 25.02.2016) – Назва з екрана.
4. forled.com.ua. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: <http://forled.com.ua> – Назва з екрана.
5. Сайт Electric-tolk. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу:
6. Мылов Г.В. Печатные платы. Выбор базовых материалов, 2015. — 176с.
7. ProLight PM6B-3LFX Data Sheet - Microchip Technology, Revision B (Version: 1.4).
8. Microchip Technology - Data sheet Atmega8, Rev. 2486AA- 02/2013.
9. Хоровиц Х., Хилл У. Искусство схемотехники: В 2-х т. Пер. с англ.. — Изд. 3-е стереотип. — М.: Мир, 1986.
10. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. Учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 1982. — 496с.
11. Texas Instrument - Data sheet LM317, –REVISED SEPTEMBER 2016.

12. Мылов Г.В. Печатные платы. Выбор базовых материалов, 2015. — 176с.
13. Шуберт Ф.Е. - Светодиоды. - СПб.:Наука и техника, 2008. - 496 с.:ил.
14. Правила улаштування електроустановок, вид. 3-тє, перероб. і доп., 2010 р. - 736 с.