МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему "Розробка системи контролю доступу"

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1712-С
спеціальності 171 «Електроніка»
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Електроніка
(код і назва освітньої програми)

Безпалько Денис Олегович
(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н., доц. Кісельов Є.М
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент зам. гол. НВКФ "Екотех" Черняков С.Є
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 171 «Електроніка»
(код і назва)
Освітня програма Електроніка
(код і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Критська Т.В.
"____" _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

студенту Безпалашному Денису Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) "Розробка системи контролю рухів"

керівник роботи Киселов Є.М., доцент, канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «____» _____ 202__ року №_____

2 Строк подання студентом роботи 12.06.2025

3 Вихідні дані до роботи Радіус дії — 3 м.; робочий кут 60°; напруга живлення +5 В, +9 В; розміри друкованої плати — не більш 120×75 мм

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналіз систем контролю рухів; 2. Розробка схеми системи контролю рухів; 3. Дослідження системи контролю рухів; 4 Розробка друкованої плати системи контролю рухів; 5. Техніко - економічне обґрунтування розробки

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

1 Структура системи контролю рухів 2 Схема електрична принципова системи (кр.) 3 Блок схема алгоритму керування 4 Результати моделювання системи 5 Технологія друкованої плати системи 6 Технологія складання плат друкованих плати 7 Результати тривимірного моделювання друкованих плати 8 Основні економічні показники розробки

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Кисельов Є.М., доцент	10.02.25	27.02.25
2	Кисельов Є.М., доцент	27.02.25	28.03.25
3	Кисельов Є.М., доцент	28.03.25	25.04.25
4	Кисельов Є.М., доцент	25.04.25	14.05.25
5	Кисельов Є.М., доцент	14.05.25	30.05.25

7 Дата видачі завдання 10.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз системи контролю рухів	27.02.2025	Вик.
2	Розробка схеми системи контролю рухів	28.03.2025	Вик.
3	Моделювання системи контролю рухів	25.04.2025	Вик.
4	Розробка друкованої плати системи контролю рухів	14.05.2025	Вик.
5	Техніко-економічне обґрунтування розробки	30.05.2025	Вик.
6	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2025	Вик.
7	Оформлення графічної частини	12.06.2025	Вик.

Студент _____ (підпис) Безпалько Д.О (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ (підпис) Кисельов Є.М (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ (підпис) Тупчиєв К.О (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 73 стор., 28 рис., 17 табл., 30 інформаційних джерела і 2 додатки на 3 стор.

ПІРОЕЛЕКТРИЧНИЙ СЕНСОР, МІКРОКОНТРОЛЕР, МОДЕЛЮВАННЯ, ДРУКОВАНА ПЛАТА, ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМА, МІКРОСХЕМА, ПРОГРАМНИЙ КОД

Мета роботи – розробка схеми перетворення сигналів системи контролю рухів.

Основними завданнями є розробка схеми електричної принципової системи контролю рухів; дослідження розробленої схеми; розробка друкованої плати системи контролю рухів; технічно-економічне обгрунтування системи контролю рухів.

Методи рішення завдань: синтез і параметрична оптимізація схеми електричної принципової; моделювання системи контролю рухів; синтез програмного коду мікроконтролера.

Розроблено друковану плату системи контролю рухів з розмірами 100х65 мм.

Результати роботи рекомендується використати для створення макетного зразка розробленої системи.

Роботу виконано на кафедрі ЄІСПЗ ІННІ ім. Ю.М Потебні ЗНУ з 10.02.2025 по 17.06.2025.

ЗМІСТ

ВСТУП 6

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ РУХІВ 8

1.1 Особливості методів контролю рухів 8

1.2 Фізичні основи функціонування піроелектричних сенсорів 11

1.3 Класифікація піроелектричних сенсорів рухів 14

1.4 Особливості побудови піроелектричних сенсорів рухів 14

1.5 Способи обробки сигналів сенсорів рухів 16

2 РОЗРОБКА СХЕМИ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ 22

2.1 Розробка структурної схеми сенсора системи контролю рухів 22

2.2 Розробка електричної принципової схеми сенсора 24

2.3 Розробка програмного коду керування мікроконтролером системи контролю рухів 39

3 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ 41

3.1 Моделювання генератора системи контролю рухів 41

3.2 Моделювання блоку керування лічильниками системи контролю рухів 42

3.3 Моделювання блоку запобігання хибних спрацювань сенсору 44

3.4 Моделювання блоку формування вихідних імпульсів 46

3.5 Налагодження программного коду керування мікроконтролером 48

4 РОЗРОБКА ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ СЕНСОРА РУХІВ 49

4.1 Обгрунтування обрання інструменталів розробки 49

4.2 Розробка топології друкованої плати 53

4.3. Технологія виготовлення друкованої плати 56

4.4 Організація техніки безпеки і протипожежної безпеки 5.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ 61

5.1 Розрахунок заробітної плати працівників 61
5.2 Розрахунок матеріальних витрат 63
5.3 Розрахунок собівартості дослідного зразка 64
5.4 Розрахунок планованої собівартості одиниці продукції 66
5.5 Розрахунок планованої собівартості одиниці продукції 67
5.6 Розрахунок критичного обсягу виробництва 67
5.7 Розрахунок річного економічного ефекту 68
ВИСНОВКИ 70
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 71
ДОДАТОК А 74
ДОДАТОК Б 76

ВСТУП

Захворювання серця, або серцево-судинні захворювання, є однією з найпоширеніших причин смерті у світі. До них належать ішемічна хвороба серця, інфаркт міокарда, інсульт, серцева недостатність, аритмії та інші [1].

Електрокардіограма – один із найбільш ефективних методів, які застосовуються сьогодні для діагностики та лікування хвороб серця. За допомогою спеціального обладнання вдається визначити частоту серцевих скорочень, а також їх періодичність [2].

Якщо пацієнт рухається під час процедури, це може спричинити артефакти руху на ЕКГ. Артефакт являє собою перешкоди від руху інших м'язів під час читання ЕКГ, внаслідок чого ЕКГ виглядає неправильно. Зазвичай викликається рухом, важким диханням або розмовою під час читання. Всі м'язи виробляють електричну активність, коли вони скорочуються і будь-який рух м'язів під час показання ЕКГ буде видно на графіку, навіть якщо воно не походить від серця.

Сучасні електрокардіографи відрізняються також за кількістю каналів. Чим більше каналів, тим більша деталізація інформації про роботу серця.

Дванадцятиканальний ЕКГ може виявити патології, які можуть бути пропущені на трьох чи шести каналах.

Триканальні найчастіше використовуються для швидкого стану серця. Можуть використовуватись у польових умовах, оскільки мають легку вагу. Також пристрої оснащені термопринтером, що дозволяє роздрукувати кардіограму. Дані вимірювання можна переносити інші персональні носії. Сучасні моделі мають функцію дефібриляції, що дозволяє знизити ризик загострення серцевих захворювань.

Шестиканальні прилади можуть бути корисними для більш детального вивчення, наприклад, при підозрі на серцеві аритмії. Результати ЕКГ можна роздрукувати, а дані досліджень зберігаються у приладі, оскільки має великий обсяг пам'яті.

Дванадцятиканальні мають обсяг пам'яті значно більше, ніж в інших. Дані досліджень можна надсилати електронною поштою. Застосовуються широкого спектра досліджень, включаючи діагностику інфаркту міокарда, аритмій, патології провідності серця та інших серцевих захворювань.

Кожен із цих типів ЕКГ має свої особливості та застосування залежно від потреб діагностики та медичного обстеження. Проте сучасні кардіографи не мають системи контролю рухів.

Т. ч., розробка системи системи контролю рухів є актуальним науково-технічним завданням.

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ РУХІВ

1.1 Особливості методів контролю рухів

Сенсори руху [3] популярні, коли йдеться про безпеку та енергоефективність. Їх можна використовувати для сигналізації про злом або камери безпеки, активуючи ці пристрої, коли вони виявляють рух поблизу. Приклади різних типів сенсорів руху зображено на рис.1.1.



Рисунок 1.1 - Сенсори руху

Вони можуть бути енергозберігаючими, відключаючи світло у будівлі, коли вони більше не виявляють руху, що регулярно використовується в офісних будинках [4]. Існує три типи сенсорів руху, які часто використовуються: пасивні інфрачервоні , мікрохвильові та подвійні/гібридні.

На відміну від ультразвукових та мікрохвильових сенсорів руху, пасивні інфрачервоні сенсори не випромінюють жодної енергії.

Замість цього вони виявляють рух за допомогою піроелектричного сенсора, який вловлює зміни в інфрачервоному випромінюванні, що природно випускається живими істотами і об'єктами, температура яких вище абсолютного нуля.

Пасивні інфрачервоні сенсори особливо ефективні для виявлення руху людей, оскільки живі тіла випромінюють багато інфрачервоного випромінювання. Коли людина чи об'єкт переміщається в зоні дії пасивного інфрачервоного сенсора, інтенсивність інфрачервоного випромінювання у цій галузі змінюється, у результаті сенсор активує сигнал тривоги чи іншу реакцію [5].

Пасивні інфрачервоні сенсори зазвичай використовуються для виявлення зловмисників та підтримки автоматизованих систем освітлення.

Сенсори можуть використовуватися у будь - яких приміщеннях, але особливо корисні в приміщеннях тимчасового перебування — у підсобках, на сходах, коридорах, під'їздах та ін., а також на прибудинкових просторах. Крім того, сенсори часто використовуються в комплексних системах відеоспостереження й гарантування безпеки. Внаслідок заміни звичних, але не завжди зручних вимикачів, і нескладного встановлення сенсорів користувач отримує чималу економію електроенергії та свободу пересування за завжди освітленими в його присутності приміщенням і прибудинковими територіями.

Принцип дії інфрачервоного сенсора ґрунтується на аналізі теплового (інфрачервоного) випромінювання. Пасивний інфрачервоний сенсор при цьому не випускає ніякого випромінювання, а тільки аналізує теплові промені, що приходять.

Усередині сенсора розташовуються зазвичай два чутливі елементи, що вимірюють потік інфрачервоного випромінювання. Перед кожним із чутливих елементів сенсора встановлена лінза Френеля, що фокусує на ньому інфрачервоні промені, що падають на сенсор.

Найпростіший сенсор сконструйований так, що зовнішній простір «розділений» між двома лінзами та чутливими елементами, кожна з лінз проектує теплове випромінювання зі своєї зони огляду на свій чутливий елемент [6]. У звичайних умовах інтенсивність надходить на обидві частини сенсора випромінювання приблизно однакова. Коли в полі зору з'являється випромінюючий інфрачервоні промені об'єкт (наприклад, людина), випромінювання спочатку потрапляє в поле зору лише однієї частини сенсора, при цьому показання двох чутливих елементів починають відрізнятися, і це сигнал руху.

У реальних умовах сенсор із двома лінзами був би надто ненадійний, тому в багатьох моделях сенсорів встановлюють не одну пару лінз, а кілька десятків. Лінзи сенсорів легко помітні на корпусі - це характерна комірчаста структура з напівпрозорим віконцем, за яким розташовуються чутливі елементи.

Для економії місця та матеріалів сенсор конструюють так, що всі лінзи фокусують вхідне випромінювання лише на двох чутливих елементах. Таким чином, навколишній простір поділяється на зони огляду між парами лінз, кожна з яких здатна фіксувати рух у своїй зоні огляду.

В основному як чутливий елемент використовуються піроелектричні чутливі елементи. Менш поширені термопарні сенсори, мікроболометри та напівпровідникові детектори інфрачервоного випромінювання з арсенід галію-індія (InGaAs) та телурид ртуті-кадмію (MCT).

Як генератор ультразвуку у сенсорі [7] зазвичай використовується кварцовий або керамічний п'єзоелектричний випромінювач або спеціальна мембрана, що вібрує під дією електростатичного поля.

Томографічні (радіохвильові) та мікрохвильові сенсори діють так само, як ультразвукові, але аналізують відображення не акустичних, а радіохвиль.

Оскільки радіохвилі здатні проходити через неметалеві перешкоди, наприклад, через стіни та дерев'яні меблі, радіохвильові сенсори придатні для контроля простору за такими перешкодами. Радіохвильові сенсори досить

дорогі, і тому їх зазвичай застосовують для спостереження за великими комерційними площами, наприклад, за складськими помещеніями.

Принцип дії фотоелектричного сенсора ґрунтується на виявленні переривання пучка світлових променів, при затіненні якого він спрацьовує. Зазвичай цей сенсор складається з двох частин, одна з яких випромінює світло, а інша приймає. У приймальній частині знаходиться фотоприймач, у якому під впливом падаючого світла виникає електричний струм. Коли світловий пучок перекривається тілом, на приймач перестає падати світло, і сенсор спрацьовує.

Відомий приклад використання такого сенсора — у турнікетах метрополітену, які захлопуються перед пасажирами під час перетину світлового пучка без оплати проїзду. У фотоелектричних сенсорах часто використовують невидиме інфрачервоне випромінювання.

1.2 Фізичні основи функціонування піроелектричних сенсорів

Термін «піроелектричний» означає пасивний інфрачервоний сенсор, який є типом сенсора, який функціонує шляхом виявлення інфрачервоного випромінювання (рис. 1.2). Як випливає із назви, сенсори пасивні за своєю природою, тобто самі не випромінюють жодної енергії.

Натомість вони призначені для виявлення інфрачервоного випромінювання, що випускається об'єктами, що рухаються в їх полі зору, включаючи об'єкти і людей. У цьому його відмінність від активних інфрачервоних сенсорів. Виходячи з того, як він виявляє рух, ми знаємо, що сенсор більш чутливий до людей, які йдуть поперек датчика (бічний рух), але менш чутливий до людей, які йдуть до нього або від нього (осьовий рух). Ця характеристика є життєво важливою при встановленні та налаштуванні датчиків присутності для отримання найкращих результатів.

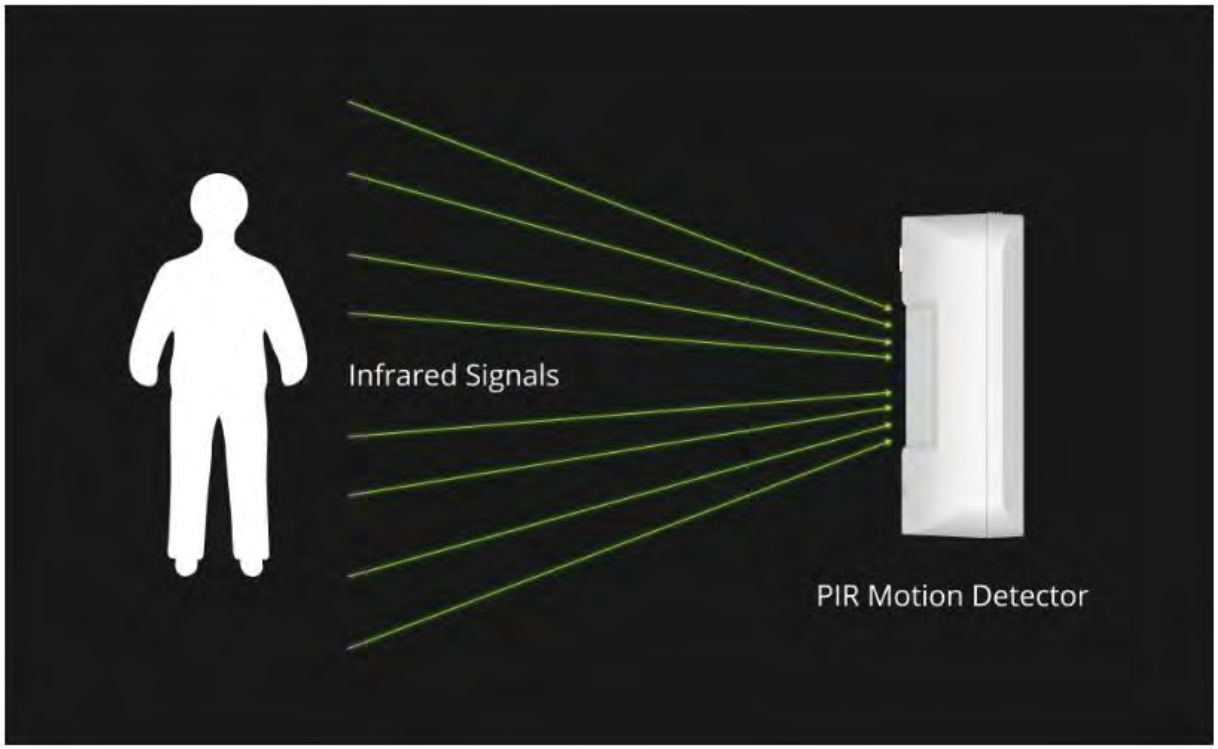


Рисунок 1.2 – Принцип роботи піроелектричного сенсора

Пасивний інфрачервоний сенсор переважно використовується виявлення присутності людини. Він здатний виявляти об'єкти, що випромінюють інфрачервоне випромінювання, такі як люди, транспортні засоби тощо. Коли об'єкт потрапляє в зону дії сенсора інфрачервоного-сенсора, він уловлює зміни в інфрачервоному випромінюванні, що випромінюється. Слід зазначити, що піроелектричний сенсор не визначає прямої форми, розміру або кольору об'єкта. Швидше він засновує всі свої розрахунки тільки на змінах інфрачервоного випромінювання. Тому необхідно правильне розміщення та налаштування, щоб уникнути помилкових спрацьовувань та пропущених виявлень. Сенсори мають широкий спектр застосування завдяки своїй здатності виявляти інфрачервоні сигнали, що випромінюються людським тілом. Вони призначені для спрацьовування лише від присутності людини і зводять до мінімуму хибні спрацьовування з боку крихітних тварин. Таким чином, сенсори дуже точно розпізнають рух людини.

Основа конструкції - це піропріемніка, необхідний для сканування інфрачервоного випромінювання, а також мультілінза (складається з великої кількості маленьких лінз, схожий на мереживний циліндр з матового скла). У кожному елементі мультілінзи відбувається фокусування інфрачервоного світла на приймальний елемент. В результаті виходить група різноспрямованих променів. Чим більше мікролінз - тим вище точність елемента, тим ширше його охоплення. Сучасний сенсор руху оснащують здвоєними або навіть зчетвереними піроелементом. Вони забезпечують точність пристрою, не обробляючи легкі перешкоди, викликані змінами фонової температури. Счетверенний піроелемент настільки точний, що виробники повністю виключають ризик помилкових спрацьовувань.

Сенсори мають низьке енергоспоживання, оскільки зазвичай працюють при низьких робочих струмах, зазвичай, в діапазоні мкА. Більшості з них потрібне лише просте джерело живлення, що робить їх універсальними. Для економії енергії сенсори використовуються в автоматичних системах освітлення, наприклад, на парковках, відкритих майданчиках та в коридорах, для виявлення присутності людини та відповідного регулювання освітлення. Необхідні для розумних будинків, оскільки вони можуть виявляти присутність людини та використовувати цю інформацію для запуску різних автоматичних операцій, таких як увімкнення світла, регулювання термостатів або увімкнення побутової техніки.

Щоб оптимізувати використання енергії, використовуються для автоматизації будівель для моніторингу зайнятості приміщень та відповідної модифікації систем HVAC (опалення, вентиляція та кондиціювання повітря). використовуються в автоматичних дверних системах для виявлення людей, що наближаються, і запуску механізму відкриття і закриття. Крім того, існують датчики рівня на основі мікропроцесорів, які використовують технології, що дозволяють їм споживати дуже мало енергії. Ці датчики можуть вимірювати рівень рідини в баках, резервуарах, транспортних засобах та інших пристроях.

1.3 Класифікація піроелектричних сенсорів рухів

Принципи дії сенсорів класифікуютья за:

- способом підключення (спосіб передачі сигналу): дротовий, бездротовий;
- способом встановлення: настінний, стельовий [8];
- місцем використання: усередині приміщень, на відкритому повітрі;
- технологією продукту: звичайний сенсор, інтелектуальний сенсор (з автоматичним регулюванням кількості імпульсів), подвійний сенсор;
- дальністю виявлення, ширококутний (просторовий..

1.4 Особливості побудови піроелектричних сенсорів рухів

Піроелектричний ефект обумовлений як самими фізичними властивостями піроелектрика, так і конструкцією сенсору, в якій чергуються кілька шарів піроелектрика, спеціальної кераміки створеної на основі селеніду свинцю, з протилежними знакозмінними електричними властивостями [9].

При фоновому висвітленні заряди врівноважують один одного, а в моменти виникнення та зникнення інфрачервоного випромінювання на виході піросенсора з'являється змінна напруга. Іншими словами, піроелектрична пластина сенсора з двома металевими обкладками здатна поглинати електромагнітні хвилі інфрачервоного діапазону (рис 1.3). Внаслідок такого поглинання між обкладками піроелектрика виникає різниця потенціалів.

Вихідний опір сенсора дуже високий, тому при практичному використанні на виході піросенсора встановлюють транзисторний і повторювач. Спрощена схема , в якій застосований піроелектричний сенсор зображено на рис 1.4.



Рисунок 1.3 - Структура піроелектричного сенсору

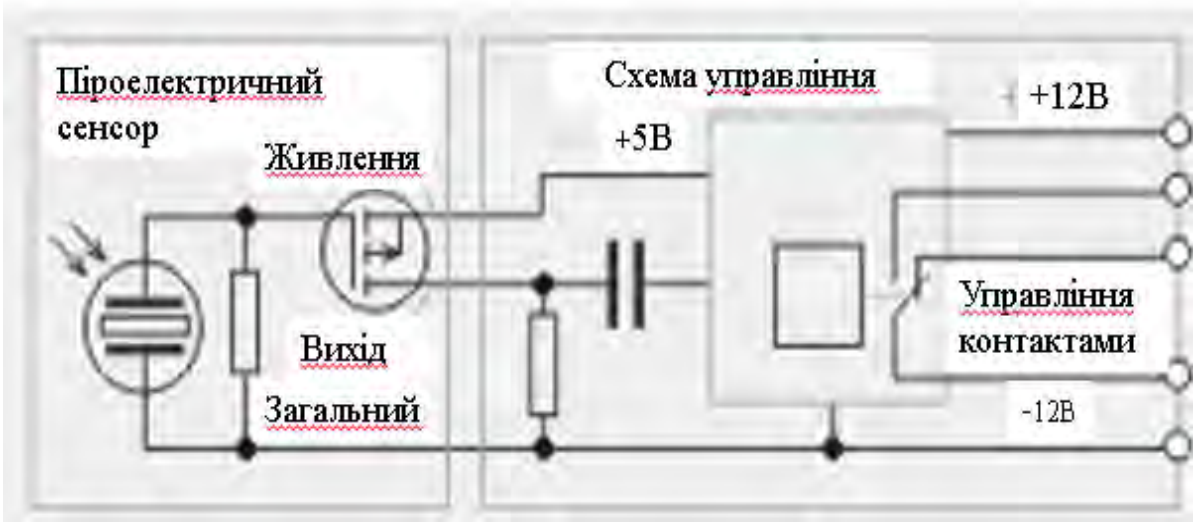


Рисунок 1.4 – Схема обробки сигналів піроелектричного сенсору

.Чутливим елементом піроелектричного сенсора є пластина з піроелектрика з двома металевими обкладками. На одну з обкладок нанесений шар речовини, здатної поглинати електромагнітне випромінювання

інфрачервоного діапазону (тепло). Тепло передається піроелектричній пластині і між її обкладками з'являється різниця потенціалів. Ця різниця потенціалів прикладається до переходу затвор-витік польового транзистора, що викликає зміну опору каналу. Вихідний сигнал піросенсора знімається з конденсатора, підключеного до зовнішнього резистора навантаження, встановленому в ланцюгу витоку транзистора.

1.5. Способи обробки сигналів сенсорів рухів

Для підсилення струму (напруги) піроелектрика і узгодження вихідного опору сенсорів з вхідним опором подальших ланцюгів вимірювальних схем, використовуються різні способи обробки вихідних сигналів. піроелектричного сенсору руху можна розділити на пасивні, де не передбачена первинна обробка електричного сигналу і активні, в яких схеми первинної обробки розташовані разом з пасивним приймачем .

Пасивні піроелектричні сенсори [10] руху бувають одноелементні, з однорідною поляризацією всього шару піроелектрика і багатоелементні. У останньому випадку піроелектричні конденсатори сполучають послідовно або паралельно, так що напрям струму або полярність напруги, викликаних поляризацією піроелектрика, протилежні по знаку . У такий спосіб досягається зниження впливу паразитного п’єзоелектричного ефекту, але при тому відбувається зниження знаходжувальної здатності піроелектричного сенсору руху.

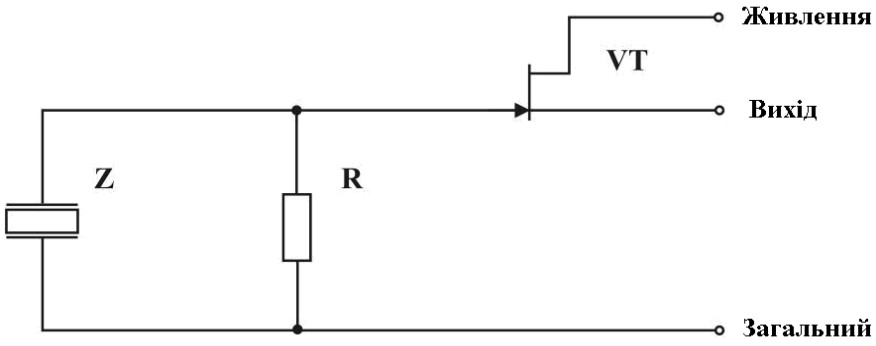
Тому, сенсори можуть передбачати змішане послідовно – паралельне з'єднання пасивних приймачів. Крім того, послідовне з'єднання парної кількості приймачів з додатковим середнім виводом забезпечує вихід з двополярним сигналом, що дозволяє використовувати для подальшої обробки схеми диференційних підсилювачів, що пригнічують синфазні перешкоди. Для підсилення сигналів і узгодження високого вихідного опору пасивного

сенсору з подальшими функціональними вузлами вимірювальних пристроїв, до складу сенсорів включають додаткові схеми попередньої обробки. У одноелементних найчастіше застосовуються однокаскадні (рис. 1.5, а) і двокаскадні підсилювачі (рис. 1.5, б) на польових транзисторах, що володіють хорошим узгодженням по високим значенням вхідного і вихідного опорів. Такий же підхід використовується в багатоелементних, у яких з'єднання претворювальних елементів не передбачає забезпечення диференційного виходу (рис. 1.6 а, б).

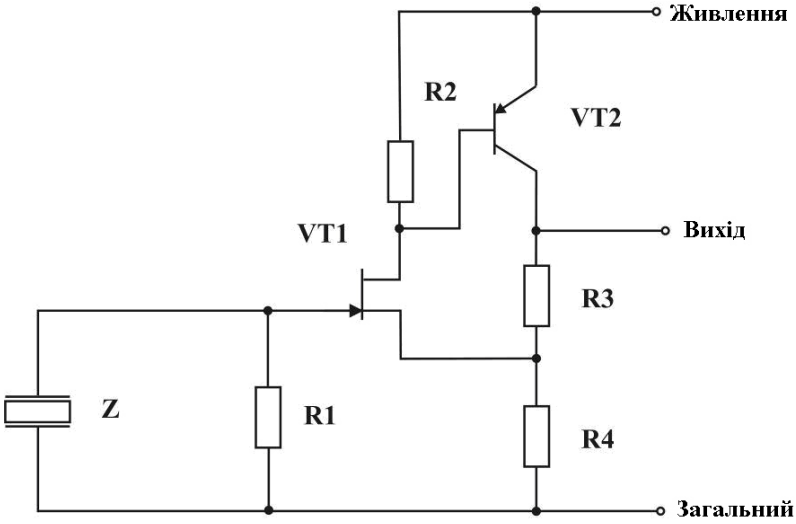
З метою зниження рівня шумів між електродами сенсора і загальним виводом (корпусом) включають, як представлено на рис. 1.4, блокувальні конденсатори малої ємкості, які не роблять вплив на корисний сигнал, але шунтують наведені перешкоди.

На рис. 1.5 в представлені багатоелементні піроелектричного сенсору руху з двополярним виходом, в яких для обробки сигналу використовуються два симетричні каскади на польових транзисторах. В цьому випадку актуальною стає проблема підбору ідентичних параметрів кожного плеча схеми. Розузгодження підсилювача призводить до появи спотворень у вихідному сигналі сенсора. Оскільки неможливо усунути технологічний розкид характеристик транзисторів, вирівнювання режимів роботи підсилювальної схеми здійснюється підбором опорів резисторів R1 і R2 (рис. 1.6.в).

На рис. 1.5 в представлені багатоелементні піроелектричного сенсору руху з двополярним виходом, в яких для обробки сигналу використовуються два симетричні каскади на польових транзисторах. В цьому випадку актуальною стає проблема підбору ідентичних параметрів кожного плеча схеми. Розузгодження підсилювача призводить до появи спотворень у вихідному сигналі сенсора. Оскільки неможливо усунути технологічний розкид характеристик транзисторів, вирівнювання режимів роботи підсилювальної схеми здійснюється підбором опорів резисторів R1 і R2 (рис. 1.6.в).



а)

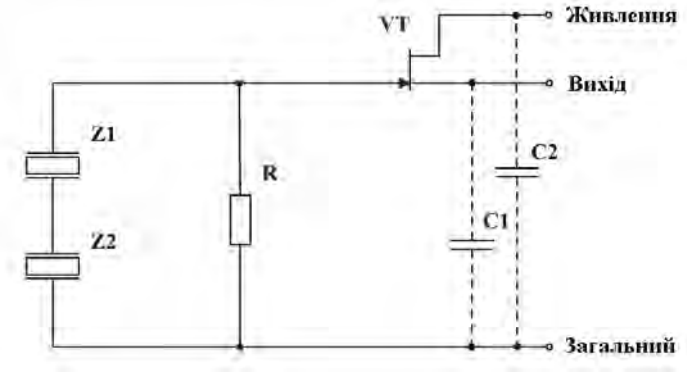


б)

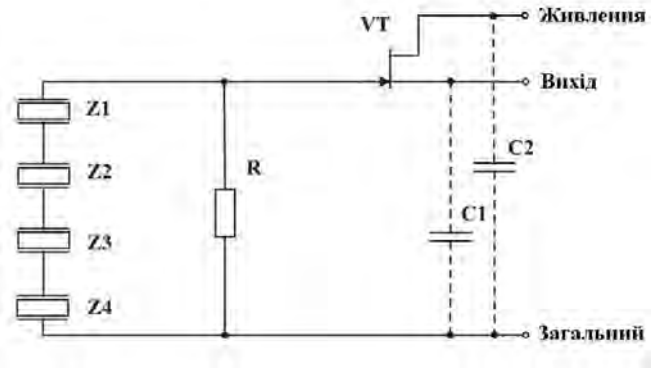
а – схема обробки з польовим транзистором; б – схема обробки з польовим і біполярним транзисторами

Рисунок 1.5 - Схеми обробки сигналів в одноелементних сенсорах

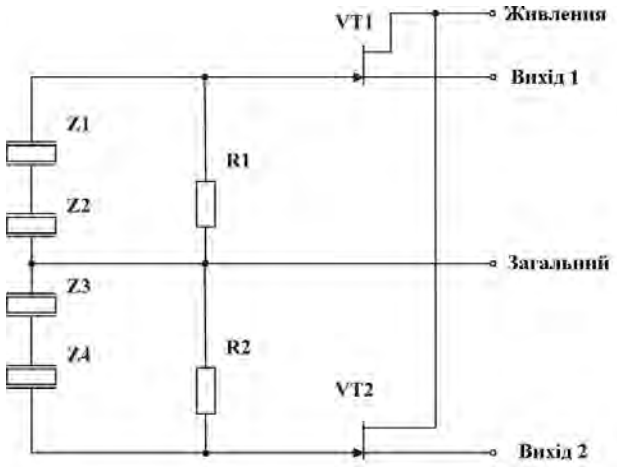
Показано, що регулювання режиму роботи каскаду, що погоджує, може проводиться за допомогою підключення ланцюга зворотного зв'язку до сигнального електроду піроелектричного перетворювача, представленого на рис. 1.5.а. Зміна величини постійного струму, що протікає через резистор R, викликає зміну опору переходу «затвор – канал» польового транзистора VT, отже, вхідний опір каскаду також змінюється.



а)



б)



в)

а – двоелементний з польовим транзистором; б – чотирьохелементний з польовим транзистором; в – чотирьохелементний піроелектичний сенсор руху з двома польовими транзисторами

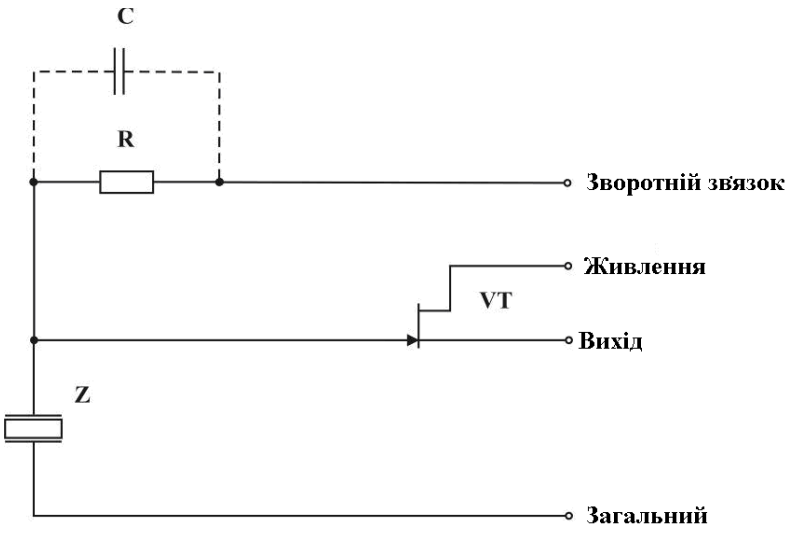
Рисунок 1.6 - Схеми обробки сигналів в багатоелементних сенсорах

. Використання RC - ланцюжка передбачає неможливість проходження сигналу перетворювача з сенсора по ланцюгу зворотного зв'язку. Простішою і функціональною виявляється схема реалізації каскаду, що погоджує, на основі операційного підсилювача з ланцюжком зворотного зв'язку, що дозволяє регулювати коефіцієнт підсилення.

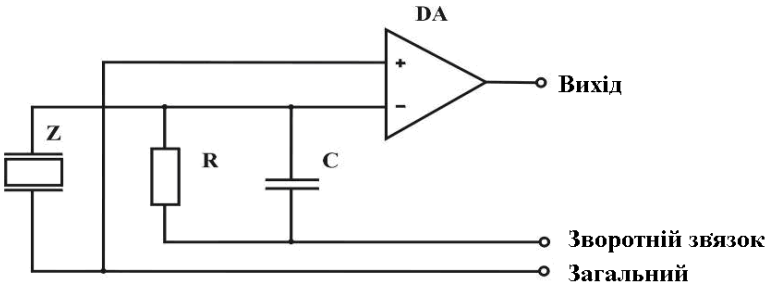
Як показано на рис 1.6, використання операційного підсилювача призводить до значного збільшення чутливості сенсора, яка обмежується умовами теплоізоляції і конструктивними параметрами піроелектричного перетворювача.

Всі розглянуті схемні вирішення попередньої обробки в сучасних піроелектриних сенсорах реалізуються шляхом інтеграції окремих функціональних елементів в мікроелектронні конструкції сенсорів. Тому переважним представляється схема обробки, яка мала б наступні характеристики:

- високим вхідним опором, з можливістю зміни в процесі функціонування для кращого узгодження вихідного опору сенсора з вхідним опором схеми обробки і забезпечення високого рівня чутливості по напрузі;
- високим коефіцієнтом посилення для отримання високого рівня вихідного сигналу;
- автоматичним регулюванням підсилення схеми обробки для зниження рівня спотворень вихідного сигналу;
- малою кількістю елементів схеми попередньої обробки з метою її інтеграції до структури;
- можливістю сполучення по рівню сигналів з цифровими вимірювальними системами;
- включення в схему елементів, що забезпечують за допомогою системи зворотного зв'язку, налаштування характеристик.



а)



б)

а – з польовим транзистором; б – з операційним підсилювачем

Рисунок 1.7 - Одноелементний сенсор з ланцюжком зворотного зв'язку

Таким чином метою кваліфікаційної роботи є розробка схеми перетворення сигналів системи контролю рухів. Для реалізації зазначеної мети необхідно вирішити наступні завдання :

- розробка схеми електричної принципової системи контролю рухів;
- дослідження розробленої схеми;
- розробка друкованої плати системи контролю рухів;
- технічно-економічне обгрунтування системи контролю рухів;

2 РОЗРОБКА СХЕМИ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ

2.1 Розробка структурної схеми системи контролю рухів

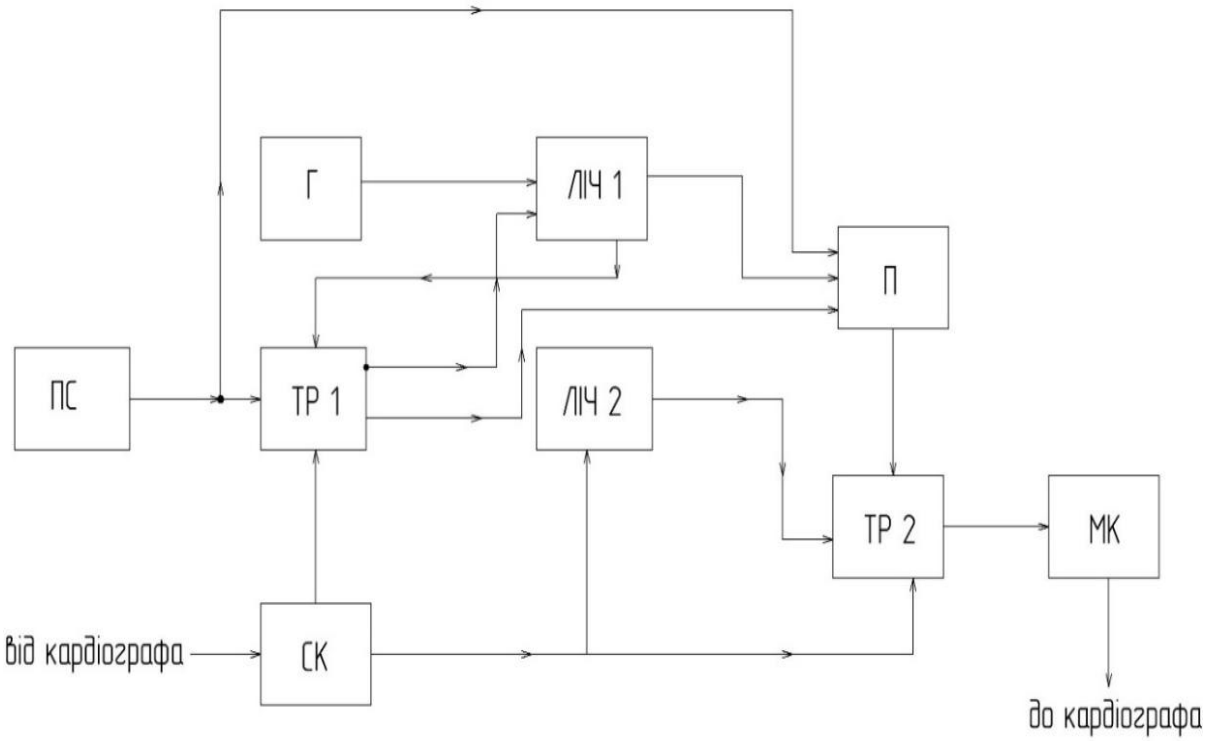
Для реалізації системи контролю рухів пацієнта під час кардіологічних досліджень у якості первинного джерела інформації було обрано піроелектричні сенсори інфрачервоного випромінювання. Такі перетворювачі характеризуються разом з тим можливістю до хибних спрацювань , як показано в [11], піроелектричні чутливі елементи мають в середньому рух хибних спрацювань. Тому їх використання в системах контролю рухів пацієнтів потребує прийняття рішень щодо мінімізації хибних спрацювань. З цією метою було запропоновано систему обробки сигналів піроелектричного сенсору, структура якої наведена на рис 2.1.

Якщо пацієнт знаходиться у зоні контролю піроелектричного сенсора (ПС) більш ніж 3 секунди, то сигнал на виході може бути відсутній або ж хибно з'явитися і знов скидатись. Крім того спрацювання сенсору також може відбутися після подання живлення на систему діагностики.

Таким чином структурна схема містить систему скидання (СК) яка керує сигналом від кардіографа. В результаті формується сигнали [12] що переводять Тригер 2 (ТР2) Лічильник 2 (ЛІЧ2) і Тригер 1 (ТР1), а через нього і Лічильник 1 (ЛІЧ) у нульовий стан при спрацюванні ПС на виході ТР1 встановлюється рівень що дозволяє ЛІЧ1 розпочинати підрахунок імпульсів які надходять від Генератора (Г).

Після надходження певної кількості імпульсів на відповідному рівні ЛІЧ1 з'являється високий рівень що надходять на помножувач (П) на який одночасно надходить сигнал з ПС ТР1. У разі коли сенсор не спрацює і сигнали на всіх входах П будуть різні, то він не буде змінювати стан ТР2. Разом з тим ЛІЧ 1 буде продовжувати підрахунок імпульсів і через деякий час на його

виході з'явиться високий рівень який буде викликати перемикання ТР 1 у початковий стан.



ПС – піроелектричний сенсор; Г – Генератор; ТР 1 – Тригер 1; ТР 2 – Тригер 2; СК – Скидання; ЛІЧ 1 – Лічильник 1; ЛІЧ 2 – Лічильник 2; П – Помножувач; МК – Мікроконтролер

Рисунок 2.1 – Структурна схема сенсору системи контролю рухів

При подвійному спрацюванні сенсору на виході ЛІЧ2 з'являється високий рівень який викликає перемикання ТР2. Вихід ТР2 з'єднано з мікроконтролером (МК) що здійснює фіксацію спрацювання сенсора і через послідовний порт надає часові мітки до кардіографу з метою виявлення артефактів на електрокардіограмі (ЕКГ).

2.2 Розробка схеми електричної принципової системи контролю рухів

На основі структурної схеми сенсора контролю рухів (рис 2.1), було розроблено схему електричну принципову системи контролю рухів, яка наведена на рис. 2.2, а перелік елементів до якої міститься у Додатку А.

При вимкненні живлення або під час надходження сингала Reset від кардіографа на роз'єм XS1 ланцюг C1 R1 формує імпульс низького рівня. В результаті цього на виході логічного елементу DD1.1 з'являється імпульс високого рівня, що встановлює лічильник DD4 входом R у нульовий стан, а тригер на елементах DD1.2, DD1.3 – у стан коли на якому прямому виході з'явиться низький рівень. Рівень логічної одиниці з інверсного виходу цього тригеру забороняє функціонуванню лічильника DD3.

До роз'єму XS2 під'єднується піроелектричний сенсор SRP PLUS. Сенсор руху SRP PLUS [13] використовується визначення присутності людини у приміщенні. Дальність знаходження об'єкта в межах 18 метрів. Кут зони знаходження об'єкта 105˚.Сенсор забезпечений спеціальними оптичними лінзами, в яких присутні різні кути огляду та 52 зони виявлення. Сама лінза має ширококутне дифракційне дзеркало для нижньої зони і захищена від видимого світла фільтром. Робота сенсора ґрунтується на аналізі зміни інфрачервоного спектру за наявності руху. Аналіз спектрів проводитися на апаратному рівні, що покращує точність знаходження об'єкта, а також відкидає помилкові спрацьовування.

Налаштування чутливості здійснюється зміною регулятора потенціометра в залежності від навколишнього середовища та необхідних умов використання.

До функцій сенсора можна зарахувати функцію пам'яті тривожного стану. Сенсор руху слід встановлювати, враховуючи напрямки руху, оскільки він краще виявляє рух упоперек його променів ніж вздовж.

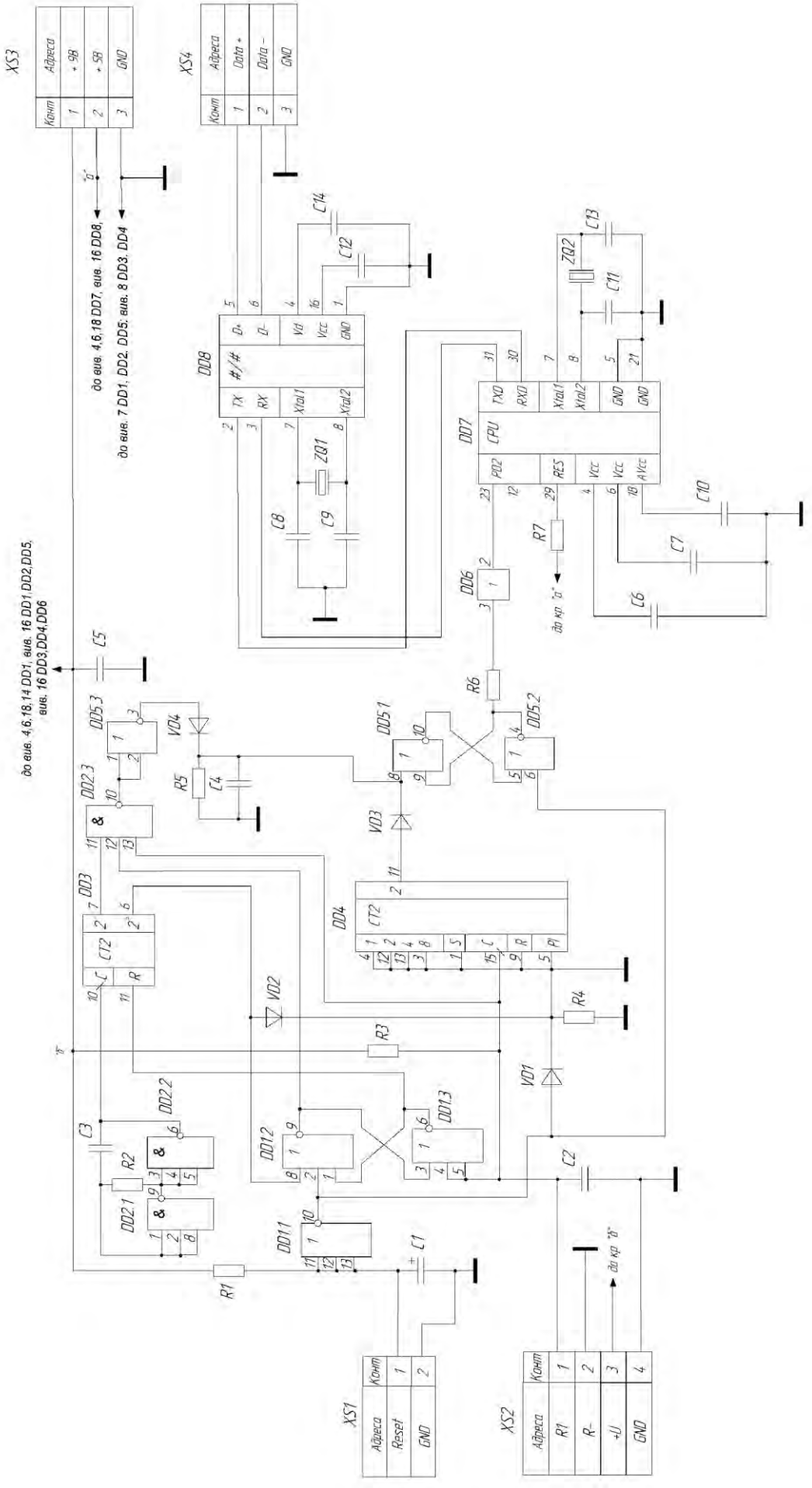


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова системи контролю рухів

Сенсор має функцію температурної компенсації, але, як показує практика, сенсори найкраще працюють у постійному температурному середовищі. Конструкція сенсору забезпечує його надійний захист від пошкодження завдяки функції таймера.

У якості DD1 було використано мікросхему К561ЛЕ10. Мікросхема К561ЛЕ10 містить два синхронні двійкові лічильники-дільники (без дешифраторів). Кожен лічильник базується на чотирьох D-тригерах. Лінії (тактова та дозволу тактів) взаємозамінні, але відрізняються протилежними активними рівнями, тому можна організувати рахунок по кожному фронту такту: по позитивному та негативному.

У якості DD6 було використано мікросхему К561ПУ4. Містить шість перетворювачів рівнів – буферних підсилювачів. Канал К561ПУ4 забезпечує імпульси вихідних струмів для двох ТТЛ-навантажень.

У звичайному режимі на вхід лічильника К561ЛЕ10 слід подавати напругу високого рівня, тому хід рахунку виявиться синхронним з кожним позитивним тактовим фронтом. Лічильник працює при напрузі високого рівня на вході скидання R. Нульові рівні на виходах Q вийдуть, якщо на вході асинхронного скидання R буде напруга низького рівня. З таблиці видно (другий рядок), що напруга низького рівня на тактовому вході К561ЛЕ10 може бути роздільною, тоді тактовим стане вхід електричного сенсору і рахунковим стане негативний перепад імпульсу на вході електричного сенсору. Синхронні лічильники К561ЛЕ10 можна каскадувати, але двокаскадна схема стане асинхронною.

У розробленій схемі лічильник DD3 реалізовано на мікросхемі К561ИЕ16 (рис. 2.3), що містить чотирнадцяти розрядний асинхронний лічильник(лічильник пульсації), на виходах якого з’являється 16384 двійкові відліки.

Сигнали керування лічильником наведено у таблиці 2.3. Мікросхема має вхідний каскад який формує тактові імпульси.

Схема вхідної системи лічильника (формувач і перший тригер з майстер – схемою наведено на рис. 2.3 – структура лічильника К561ИЕ16). Вихідний канал 2^0 отримує сигнал від буферного інвертора. Лічильник скидає вихідні сигнали у нульовий стан при напрузі високого рівня на вході R. Вміст лічильника збільшується відповідно кожної від'ємної зміни тактового імпульсу, при цьому максимально тактова частота може досягати рівня 3 МГц, а тривалість імпульсу скидання не повинна перевищувати 550 нс.

Таблиця 2.3 – Керування лічильником К561ИЕ16

Вхід управління	Сигнал	Режим
Бінарний/Децімальний	1(В)	Двійковий рахунок
(B/D)	0(Н)	Десятичний рахунок
Більше/менше	1	Рахунок на збільшення
(U/D)	0	Рахунок на зменшення
Розширення зображення(SE)	1	Прийом від паралельних входів
Вхід переносу(заборона тактових імпульсів) ($C_{вх}$)	0	Прийом відсутній
	1	Після тактового перепаду не рахує
	0	Рахує

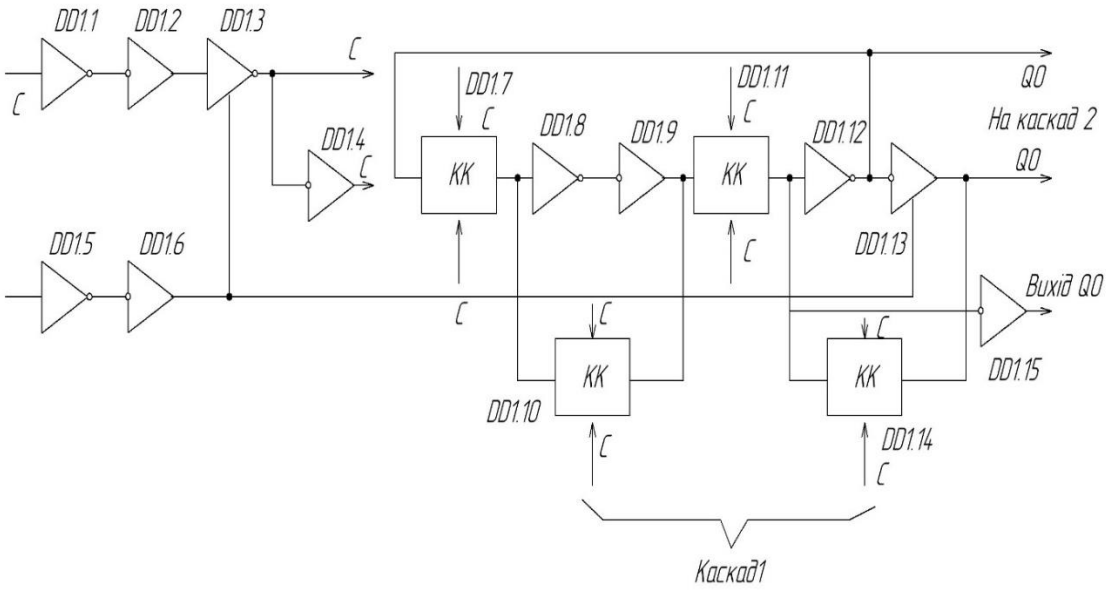


Рисунок 2.3 – Структура лічильника К561ИЕ16

У якості лічильника DD4 застосовано мікросхему К561ИЕ11, що є двійковим чотирирозрядним реверсивним лічильником, параметри станів якого наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Параметри стану лічильника К561ИЕ11

Вхід					Режим
C	$C_{вх}$	U/D	SE	R	
x	B	x	H	H	Не рахує
1	H	B	H	H	Код більше
1	H	H	H	H	Код менше
x	x	x	B	H	Передчасна установка
x	x	x	x	B	Скидання

Частіш за все цей пристрій використовується для підрахунку збільшення даних, а також створення багатокаскадних лічильників, чи синхронних дільників частоти. Лічильник містить чотири виходи 0-8, входи попереднього запису – встановлення 1-8, а також вхід дозволу цієї операції S, входи та виходи перенесення керується активною напругою низького рівня. Тактовий перепад C , що запускає лічильник є додатнім, а вхід скидання даних R – є асинхронний. Лічильник скидається у нульовий стан, якщо на вхід R надходить напруга високого рівня. Мікросхема підраховує імпульси якщо на вхід переносу PI, а також на вході R і S надані низькі рівні. Код на виходах буде збільшуватись при кожному позитивному перепаді на тактовому вході.

В результаті на входах 4,5 елементу DD1.3 і вході C лічильника DD4 буде діяти низький рівень напруги, оскільки виходи R1 і R- піроелектричного сенсору буде замкнено. При цьому тригер на елементах DD5.1, DD5.2, також буде знаходитись у стані за яким на вхід PD2 мікроконтролера DD6 буде надходити сигнал низького рівня.

При рухах пацієнта відбувається спрацювання піроелектричного сенсору [14], завдяки чому його вихідний ланцюг роз’єднується. Це призводить до того що на входах 4,5 елементу DD1.3 тригера встановлюється високий рівень, що перемикає тригер у протилежний стан. Таким чином на вході R лічильника DD3 встановлюється низький рівень для реалізації другого тригера на елементах DD5.1, DD5.2 було обрано мікросхему К561ЛЕ5(Рис. 2.4) .

Мікросхеми К561ЛЕ5 являють собою чотири логічні елементи 2АБО-НЕ. Призначені для роботи у вузлах та блоках радіоелектронної апаратури загального призначення.

Випускаються у чотирнадцяти вивідному пластмасовому корпусі з вертикальним розташуванням висновків для монтажу в отвори друкованої плати [15].

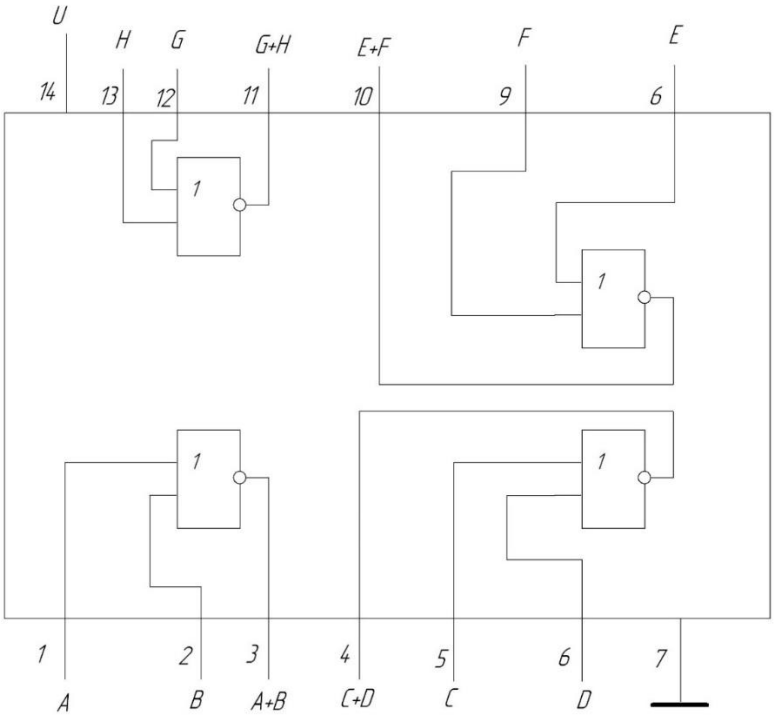


Рисунок 2.4 – Структурна схема К561ЛЕ5

Після встановлення на вході R лічильника DD3 логічного нуля він починає підрахунок імпульсів, що надходять з генератора, який виконано на елементах DD2.1, DD2.2. Коли на вхід лічильника подається восьмий імпульс, то на його виході 2^3 з'являється високий рівень. Якщо при цьому на вході 13 елемента DD2.3 також буде діяти рівень логічної одиниці, тобто вихід сенсора залишається розімкненим, то елемент DD1.3 переходить у нульовий стан. Це призводить до перемикання тригера на елементах DD5.1, DD5.2 і надходженню сигналу на вхід DD2 мікроконтролера DD6.

У якості DD2 було обрано мікросхема К561ЛА9, що містить три три-входових елемента І-НІ (рис. 2.5). Цей компонент виробляється у чотирнадцятививідному пластмасовому корпусі з вертикальним розташуванням виводів для монтажу у отвори друкованої плати. Мікросхема містить 64 інтегральних елементи і призначена для роботи в вузлах і блоках радіоелектронної апаратури загального призначення.

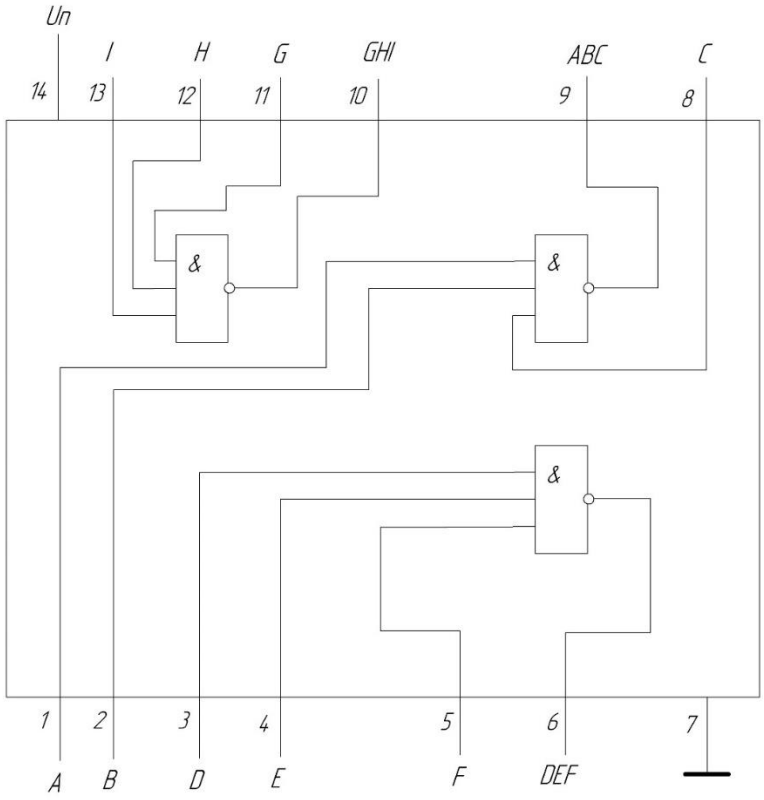


Рисунок 2.5 – Структурна схема мікросхеми К561ЛА9

Якщо вихід сенсора незамекнений, то елемент DD2.3 не перемкнеться. В результаті цього лічильник DD3 продовжує підрахунок імпульсів і через 64 такти на його виході 2^6 з’явиться високий рівень, який перемикає тригера на елементах DD1.2, DD1.3 у початковий стан.

Якщо сенсор буде двічі спрацьовувати, то на виході 2 лічильника DD4 з’являється високий рівень. Це також призводить до перемикання тригера на елементах DD5.1, DD5.2 і надходження логічної одиниці на вхід PD2 мікроконтролера DD 6.

Якщо сенсор формує лише один імпульс, то на 64 такті лічильник DD4 складається імпульсом, який надходить через діод VD2. Систему контролю рухів можливо перемкнути у початковий стан шляхом подання імпульсу від кардіографа через роз’єм XS1. Мікроконтролер DD6 представляє собою мікросхему ATMega328P (рис. 2.6). Восьми розрядний мікроконтролер Atmel

AVR на базі RISC поєднує в собі 32 КБ флеш-пам'яті ISP з можливостями читання під час запису, 1 КБ EEPROM , 2 КБ SRAM , 23 лінії вводу-виводу загального призначення, 32 робочих регістру загального призначення , три гнучких тай перериваннями, послідовним програмованим USART, байтовим двопровідним послідовним інтерфейсом, послідовним портом SPI, 6-канальним 10-бітним аналого-цифровим перетворювачем (8 каналів у пакетах TQFP і QFN/MLF), програмований сторожовий таймер з внутрішнім таймером. Пристрій працює в діапазоні 18-55 В. Пропускна здатність пристрою наближається до 1 MIPS на МГц [16].

Збільшена кількість комунікаційних інтерфейсів, 10 каналів з широтно-імпульсною модуляцією, контроль тактової частоти та, найголовніше, підтримка сенсорного інтерфейсу QTouch значно розширюють сферу застосування мікроконтролера ATmega328PB. Це можуть бути промислові системи контролю та керування, драйвери світлодіодних світильників, прилади обліку, засоби домашньої автоматизації. Додаткова інформація доступна у технічному описі.

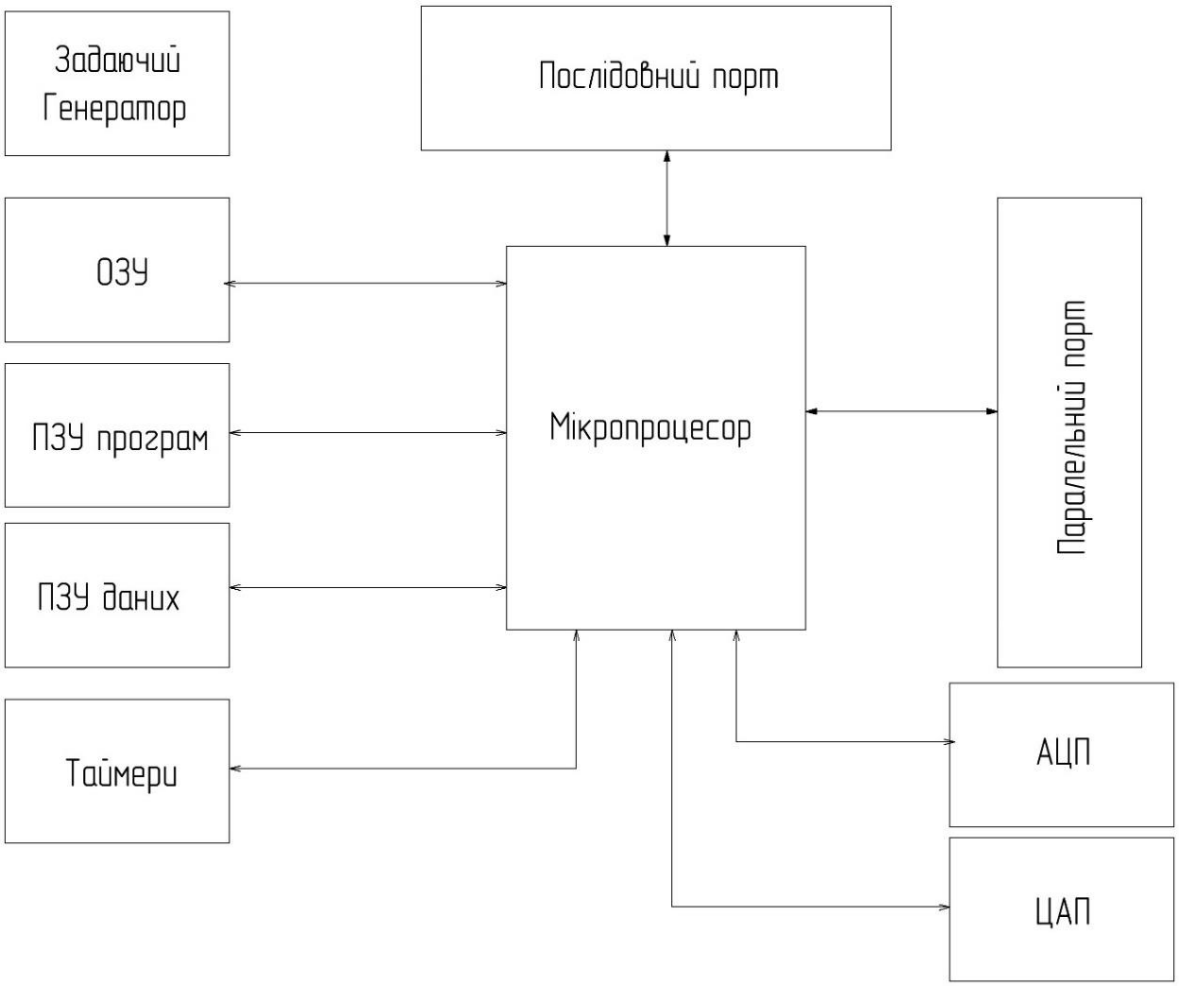
Мікроконтролер ATMega328PB підтримується основними програмними, апаратними та системними налагоджувальними інструментами, включаючи Atmel Studio 6 та Atmel Power Debugger. Крім того, безліч прикладів, програмних бібліотек та допоміжних інструментів доступні користувачам в Atmel Gallery [17].

Для використання у звичайних сферах між першими двома варіантами різниця невелика, тому можлива взаємозамінність.

Енергоспоживання ATmega328P істотно нижче, ніж Atmega328. Це описано в параметричних таблицях. При розробці першого варіанта застосовувався точніший технічний процес. Як правило, вартість цих чіпів – вища. У мікроконтролерів категорії AVR з низьким енергоспоживанням, згідно з класифікацією виробника, є відмітка PicoPower. Виходить, що для батарей ATmega328P - вигідніше. Вони повинні бути використані

контролюючі режими зменшення споживання енергії. Параметри мікроконтролера вказані у табл. 2.5.

У цих варіантів — різні сигнатури чіпів. Тому при використанні програм для їх читання (за аналогією з утилітою avrdude) можна побачити повідомлення про помилку atmega328p при неправильній вказівці типу мікроконтролера.



АЦП - аналого-цифровий перетворювач; ЦАП - цифро-аналоговий перетворювач; ОЗУ – оперативна пам’ять: ПЗУ - постійний запам'ятовуючий пристрій

Рисунок 2.6 – Структурна схема мікроконтролера ATMega328

Таблиця 2.5 – Параметри мікроконтролера ATMega328P

Параметр	Значення
Тип процесора	8 бітний AVR
Флеш-пам’ять	32 КБ
SRAM	2 КБ
EEPROM	1 КБ
Кількість контактів	28 або 32 контакти
Максимальна робоча частота	20 МГц
Зовнішні переривання	2
Інтерфейс USB	-

Тільки Atmega328P може бути обладнаний корпусом TQFP32, але не TQFP328. Це залежить від більшої товщини кристала, через яку він просто не влазить у цей корпус.

У Atmega328 відсутній фьюз, що блокує детектор низького рівня живлення. У другому варіанті даний фьюз присутній, за рахунок чого додатково знижується споживання енергії та відбувається відключення BOD. Наявність такого фьюза можлива лише у версій групи picoPower. Їх позначення закінчується символами 48PA, 88PA, 168 PA, 328 P. Те саме стосується ф'юзів BODS, BODSE.

Система команд, які відносяться до інструкцій переходу, також нехай незначна, але відрізняється. При компіляції чіпа програми в обох випадках працездатні.

Літери PU означають вигляд кристального корпусу. Це -DIP28 із пластику. У нього легко вміщується ATmega328, от і доповнюється таким суфіксом. Також варіанти корпусів позначаються буквеним поєднанням AU, MU. Для реалізації функцій послідовного інтерфейсу застосовано мікросхему

DD7 CH340G (рис. 2.7). Мікросхема призначена для перетворення інтерфейсу USB на UART. Дозволяє створити на комп'ютері додатковий UART порт [18].

Мікросхема CH340G:

- підтримує повну швидкість специфікації USB 2.0;

- вимагає мінімум зовнішніх компонентів. Тільки кварцовий резонатор та 4 конденсатори;

- створює віртуальний послідовний порт, який емулює всі функції реального порту COM;

- дозволяє використовувати всі існуючі програми для COM портів без зміни та доопрацювань;

- апаратна частина підтримує послідовний дуплексний інтерфейс з внутрішнім буфером FIFO;

- підтримує повний контроль сигналів керування передачею даних RTS, DTR, DCD, RI, DSR та CTS;

- з використанням зовнішніх перетворювачів рівнів підтримує інтерфейси RS23, RS422, RS485;

- може працювати з сигналами рівнів 5 та 3,3;Конструктивно мікросхема виконана у корпусі SO-16.

Мікросхема CH340G містить внутрішні підтягуючі резистори для шини USB та ланцюги придушення відбитого сигналу. Тому висновки UD+ та UD- повинні бути підключені безпосередньо до відповідних сигналів USB (висновків роз'єму USB).

Мікросхема має вбудовану логіку скидання включення живлення. Для нормальної роботи мікросхеми необхідно сформувати виведення XI сигнал частотою 12 МГц. Зазвичай, це забезпечується підключенням кварцового резонатора частотою 12 МГц між висновками XI і XO. Також необхідно підключити навантажувальні конденсатори між цими висновками та землею. Формування тактового сигналу за такої схеми включення забезпечує внутрішній генератор. Можна використати зовнішню тактову частоту. У

такому випадку тактовий сигнал необхідно подати на висновок XI, а висновок XO залишити непідключеним.

Мікросхема підтримує дві напруги живлення: 5 В та 3, 3 В. При живленні 5 необхідно підключити блокувальний конденсатор ємністю 4,7-20 нФ між землею і виведенням V3. У режимі живлення 3,3 Висновок V3 повинен бути з'єднаний з висновком Vcc. Виводи мікроконтролера вказані у табл. 2.6.

Конвертер CH340G підтримує всі сигнали керування передачі даних стандартного інтерфейсу RS233: CTS, DSR, RI, DCD, DTR, RTS. Програмне забезпечення також підтримує всі ці сигнали. За допомогою виводу R232 можна увімкнути інверсію сигналу RXD. Інверсія включається високим рівнем входу R232. Стан сигналу запам'ятовується під час увімкнення живлення. Вхід R232 має внутрішній резистор, тому якщо в режимі інверсії RXD немає необхідності, можна залишити висновок R232 непідключеним. Мікросхему зображено на рис. 2.7. Опис виводів мікросхеми вказано в табл. 2.6.

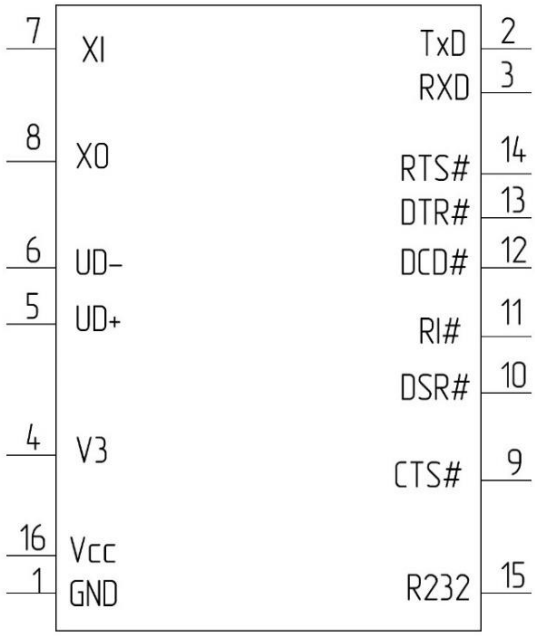


Рисунок 2.7 – Структура мікросхеми CH340G

Мікросхема CH340G містить внутрішні підтягуючі резистори для шини USB та ланцюги придушення відбитого сигналу. Тому висновки UD+ та UD- повинні бути підключені безпосередньо до відповідних сигналів USB (висновків роз'єму USB).

Мікросхема має вбудовану логіку скидання включення живлення. Для нормальної роботи мікросхеми необхідно сформувати виведення XI сигнал частотою 12 МГц.

Зазвичай, це забезпечується підключенням кварцового резонатора частотою 12 МГц між виводами XI і XO. Також необхідно підключити навантажувальні конденсатори між цими висновками та землею. Формування тактового сигналу за такої схеми включення забезпечує внутрішній генератор.

Можна використати зовнішню тактову частоту. У такому випадку тактовий сигнал необхідно подати на висновок XI, а висновок XO залишити непідключеним. Мікросхема підтримує дві напруги живлення: 5 В та 3, 3 В.

При живленні 5 необхідно підключити блокувальний конденсатор ємністю 4,7-20 нФ між землею і виведенням V3.

У режимі живлення 3,3 Висновок V3 повинен бути з'єднаний з висновком Vcc.

Конвертер CH340G підтримує всі сигнали керування передачі даних стандартного інтерфейсу RS233: CTS, DSR, RI, DCD, DTR, RTS. Програмне забезпечення також підтримує всі ці сигнали. За допомогою виводу R232 можна увімкнути інверсію сигналу RXD.

Розроблена система контролю рухів живиться від джерел +9В, +5В через роз’єм XS3. Вихід адаптера послідовного інтерфейсу DD7 підключено до роз’єму XS4. Частота тактового генератора на елементах DD2.1, DD2.2 становить 1 Гц. Таким чином, мінімальна тривалість розімкненого стану виходу сенсора, що являє рухи знаходиться у межах 8 мс. Разом з тим час, за який можуть надходити 2 імпульси від сенсора, дорівнює приблизно 64 мс. Крім того наведені значення часових параметрів схеми можливо змінювати шляхом зміни тактової частоти генератора.

Таблиця 2.6 – Виводи мікросхеми CH340G

Вивід	Позначення	Направлення	Опис
1	GND	Живлення	Загальний провід (земля). Повинен бути з'єднаний із загальним дротом шини USB
2	TXD	Вихід	TXD сигнал UART
3	RXD	Вхід	RXD сигнал UART
4	V3	Живлення	При напрузі живлення 5 В до нього необхідно підключити щодо землі блокувальний конденсатор ємністю 4,7 - 20 нФ.
5	UD+	Аналог	D+ сигнал USB
6	UD-	Аналог	D- сигнал USB
7	XI	Вхід	Вхід генератора кварцового. До нього підключається кварцовий резонатор та конденсатор.
8	XO	Вихід	Вихід кварцового генератора. До нього підключається кварцовий резонатор та конденсатор.
9	CTS#	Вхід	CTS сигнал UART.
10	DSR#	Вхід	DSR сигнал UART.
11	RI#	Вхід	RI сигнал UART

2.3 Розробка програмного коду керування мікроконтролером системи контролю рухів

Для керування мікроконтролером системи обробки сигналів ємнісного сенсору тиску на мові С++ [19] було розроблено програмний код, що наведено у Додатку Б, а блок-схема якого показана на рис. 2.8.

Спочатку програми визначається до якого зовнішнього контакту мікроконтролера під’єднується тригер на елементах DD5.1, DD5.2:

#define MOTION_PIN 4.

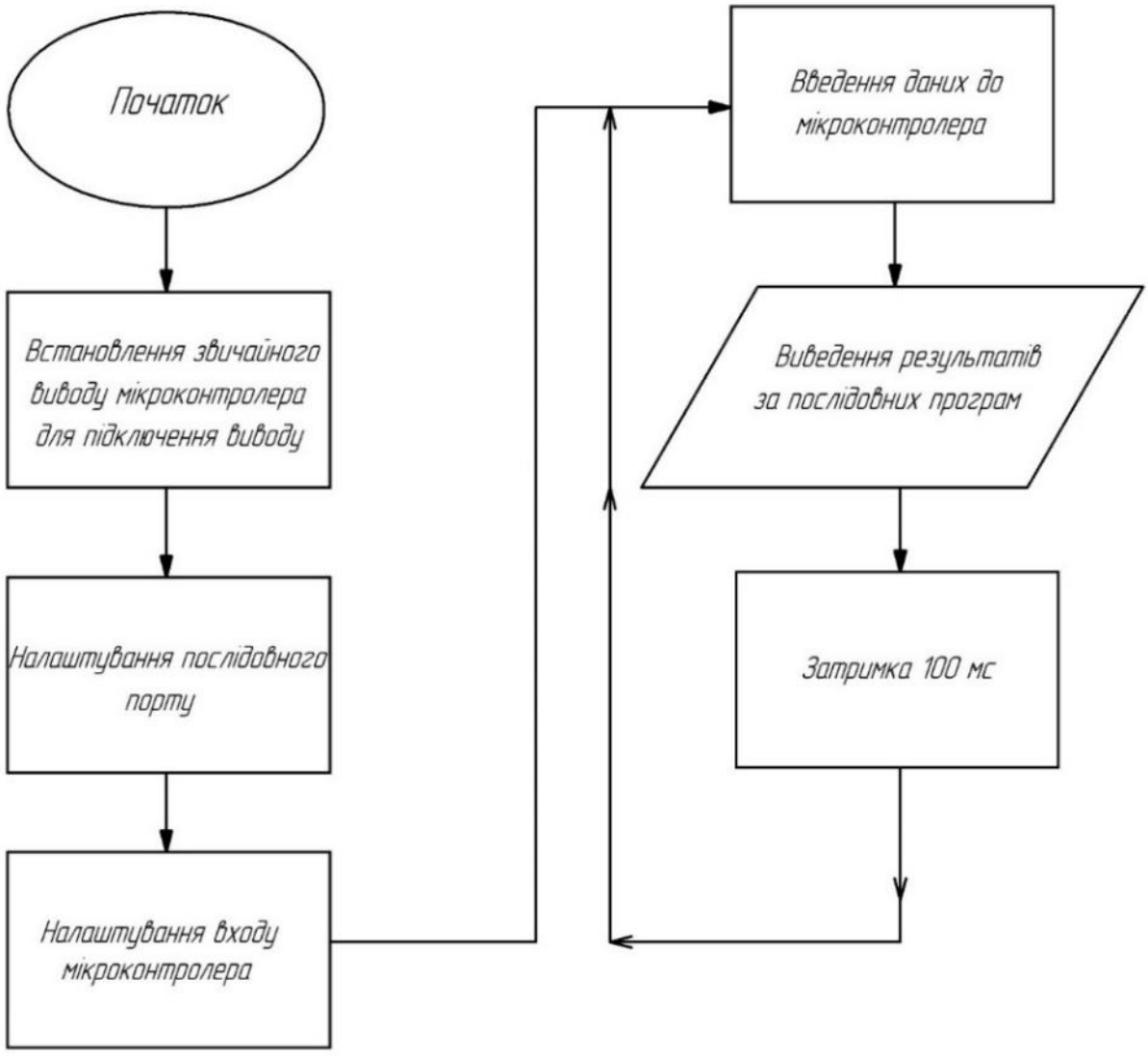


Рисунок 2.8 – Блок-схема алгоритму керування мікроконтролером

На наступному етапі виконується налаштування швидкості передавання даних за послідовним портом:

Serial.begin(9600.)

Продовження виконання налаштувань відбувається процедурою налаштування виводу мікроконтролера у якості порту входу даних:

pinMode(MOTION_PIN, INPUT).

На наступному кроці ініціюється нескінченний цикл. Вміст циклу передбачає введення даних з Тригеру 2 до мікроконтролера за наступною процедурою:

int motionState = digitalRead(MOTION_PIN).

Далі отримані дані виводяться з мікроконтролера через адаптер послідовного порту DD6 до кардіографу:

Serial.println(motionState).

Після цього ініціюється затримка на 100 мс:

delay(100).

Таким чином, розроблений програмний код мікроконтролера системи контролю рухів дозволяє здійснювати опитування апаратної частини і надавати набуті дані для подальшої обробки у цифровому кардіографі.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ

3.1 Моделювання генератора системи контролю рухів

Дослідження генератора системи контролю рухів було проведено у середовищі Multisim [20]. Завдання для моделювання наведено на рис. 3.1.

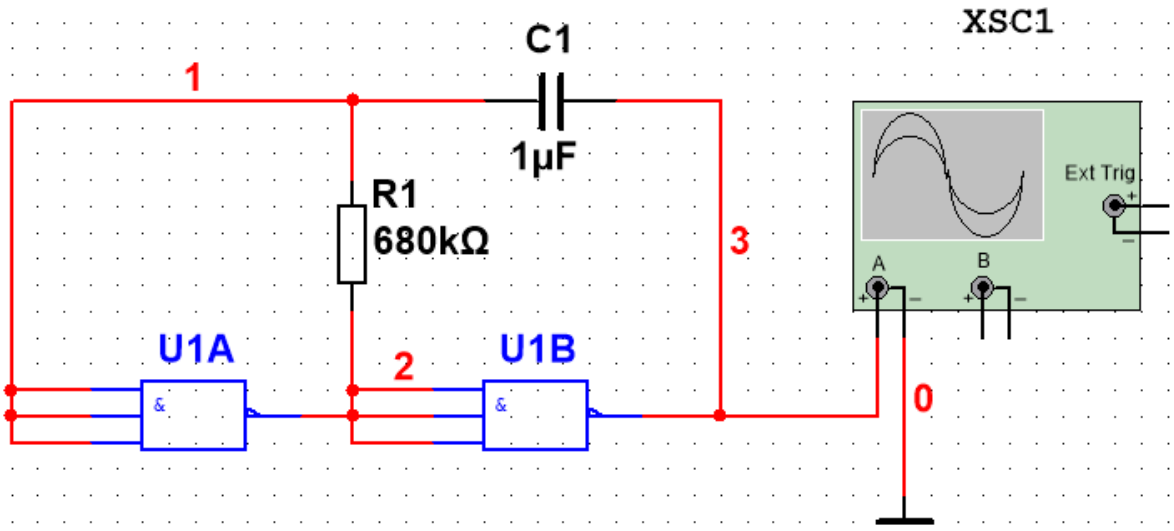


Рисунок 3.1 – Завдання для моделювання генератора системи контролю рухів

У завданні для моделювання у якості аналога було використано модель мікросхеми CD4023 (U1A,U1B). Вихідний сигнал генератора спостерігався за допомогою віртуального осцилографа XSC1.

Результати моделювання у вигляді епюрів вихідного сигналу генератора наведено на рис. 3.2.

Аналіз рис. 3.2 показує, що на виході генератора діє сигнал прямокутної форми амплітуда якого дорівнює 10В, а частота – 8,8 Гц.

Таким чином, проведене моделювання підтвердило працездатність схеми розробленого генератора.

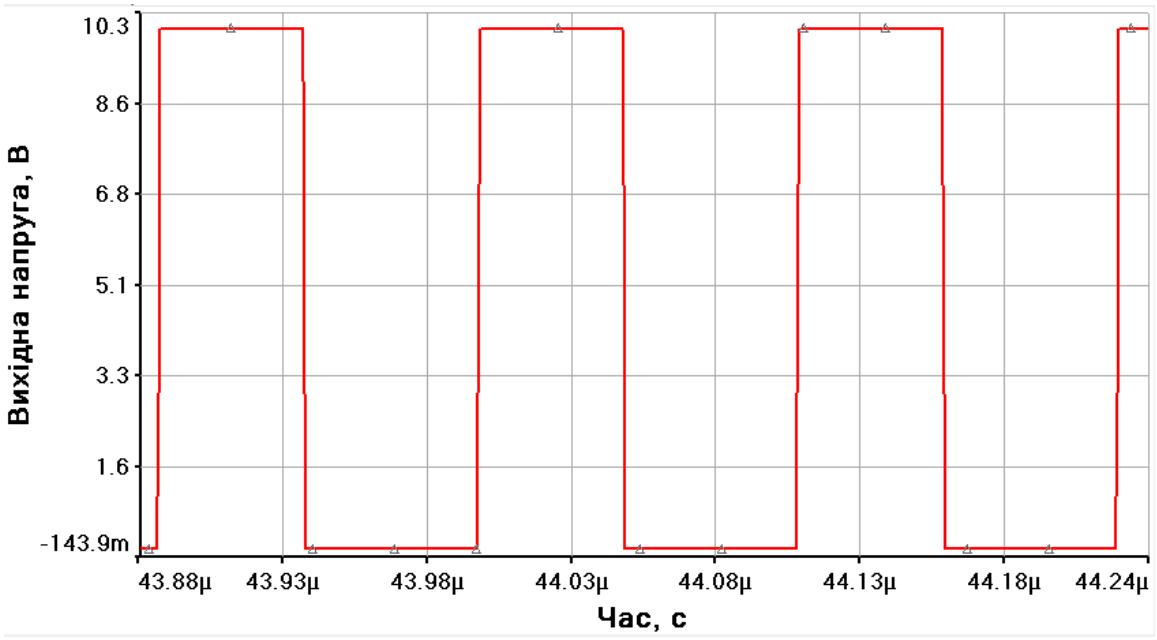


Рисунок 3.2 – Епюри сигналу на виході генератора системи контролю рухів

3.2 Моделювання блоку керування лічильниками системи контролю рухів

Дослідження блоку керування лічильниками системи контролю рухів було виконано у середовищі Multisim, а завдання для моделювання наведено на рис. 3.3.

Завдання для моделювання як аналог мікросхеми К561ЛЕ10 було використано програмну модель CD4025 (U1A, U1B, U1C). Вихідний сигнал з інвертуючого виходу тригера подається на канал А віртуального осцилографа XSC1, а з прямого виходу – на канал В. Для моделювання вихідного сигналу піроелектричного сенсора використано генератор прямокутних імпульсів сенсору. Генератор C_Res імітує сигнал скидання системи, що надходить від кардіографа або генерується при включенні системи. Також до входу елемента U1C (вузол 4) під’єднано генератор Out_C, який моделює вихідний сигнал

лічильника DD3 (рис. 2.2). Отримані таким чином результати показані на рис. 3.4.

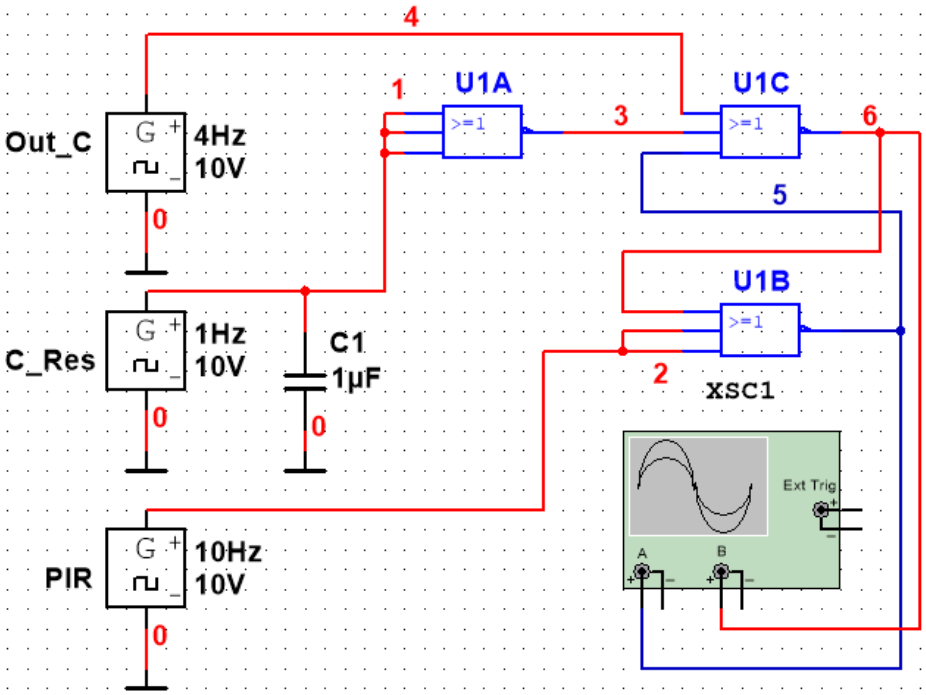


Рисунок 3.3 – Завдання для моделювання блоку керування лічильником системи контролю рухів

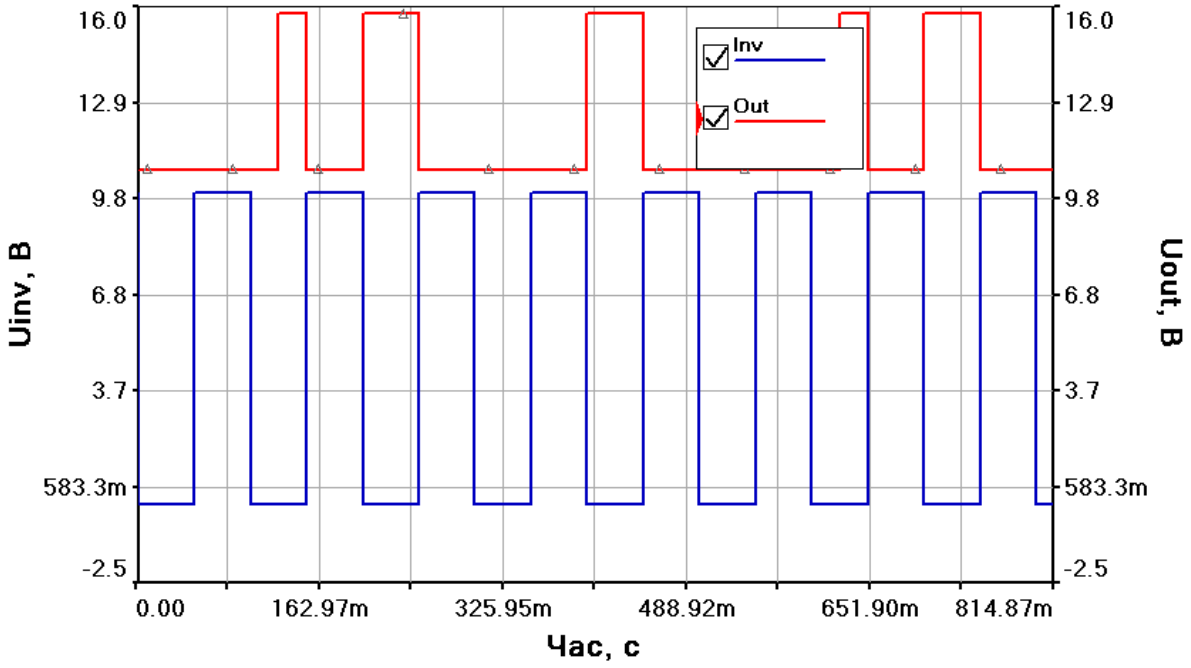


Рисунок 3.4 – Епюри вихідних сигналів блоку керування лічильниками системи контролю рухів

Як слід з рис. 3.4 на виході блоку керування лічильником діють прямокутні сигнали з амплітудою 10В. При цьому сигнал на інвертуючому виході є інверсним сигналом піроелектричного сенсора і має частоту 10 Гц. Цей сигнал далі надходить на вхід скидання лічильника DD3, який рахує імпульси, що надходять від генератора.

На прямому виході блоку керування лічильниками сигнал з'являється через кожні два такти вихідних сигналів піроелектричного сенсора. Це пояснюється тим, що від генератора Out_C (виходу лічильника DD3) надходять сигнали з частотою в двічі менше за частоту вихідного сигналу піроелектричного сенсора . Це призводить до того, що елемент U1C буде спрацьовувати при одночасному надходженні сигналів на всі три його входи. Далі цей сигнал подається на вхід помножувача системи контролю рухів.

Таким чином, проведені дослідження підтвердили працездатність розробленої схеми блоку керування лічильниками системи контролю рухів.

3.3 Моделювання блоку запобігання хибних спрацювань сенсору

Дослідження блоку запобігання хибних спрацювань сенсору системи контролю рухів було виконано у середовищі Multisim, а завдання для моделювання наведено на рис. 3.5.

Завдання для моделювання як аналог мікросхеми К561ИЕ16 було використано програмну модель CD4020 (U1).

Генератор V1 моделює тактовий генератор, що будо досліджено у п.п 3.1. Генератор V2 моделює вихідні сигнали, що надходять з піроелектричного сенсору. Ці сигнали, а також вихідний сигнал блоку відображується за допомогою осцилографу XSC1.

Результати моделювання наведені на рис 3.6.

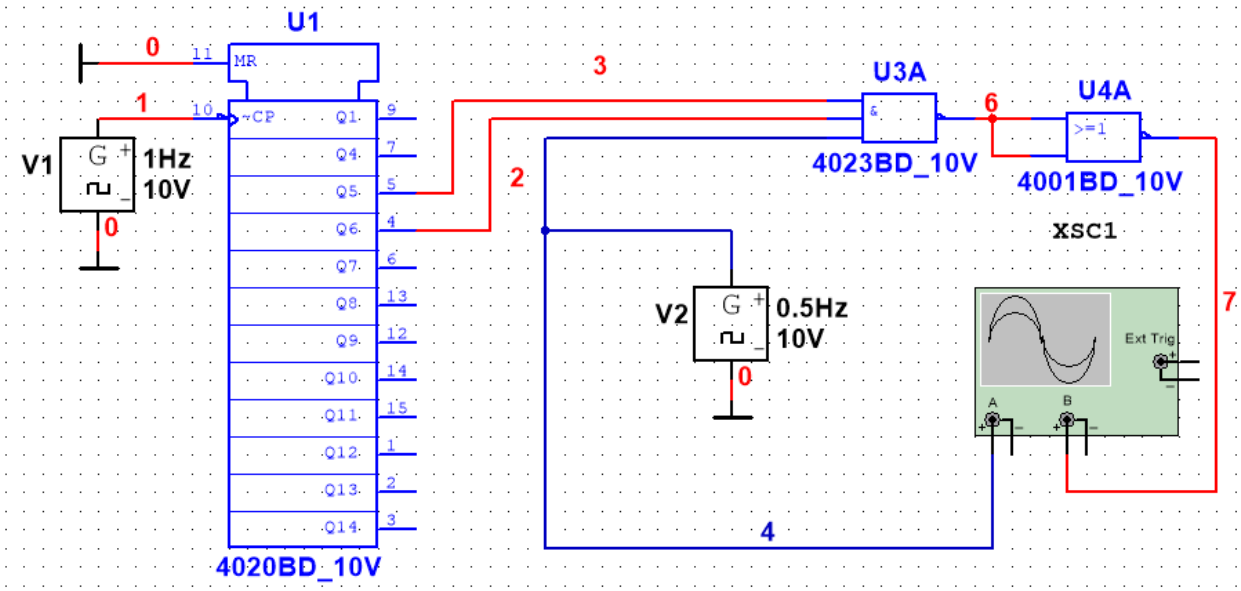


Рисунок 3.5 – Завдання для моделювання блоку запобігання хибних спрацювань сенсору

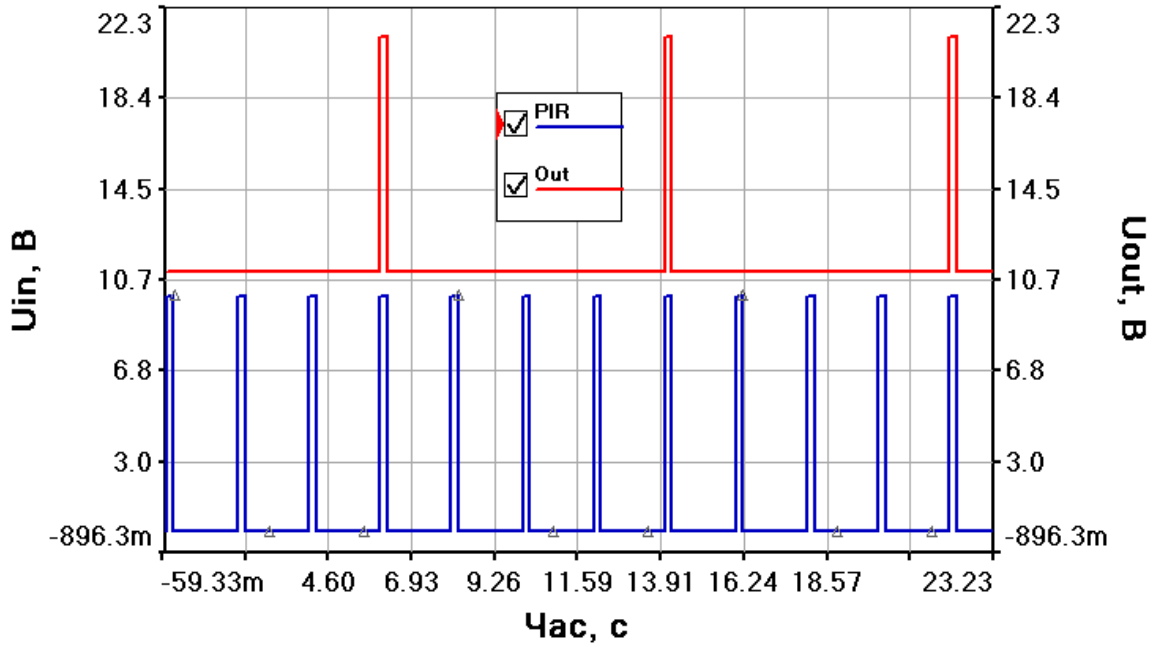


Рисунок 3.6 – Епюри вихідних сигналів блоку запобігання хибних спрацювань сенсору

Аналіз рис 3.6 показує, що блок реагує на кожні послідовні чотири спрацювання. Після надходження на елемент ІНІ (U3A) кожного четвертого

імпульсу при тому що вузол 4 (вихід сенсору) буде також високий рівень, то на виході блоку буде нульовий стан.

Якщо ж на виході сенсору буде низький рівень лічильник буде продовжувати підрахунок імпульсів і на його виході (вузол 2) з'явиться через три такти логічна одиниця. Це призводить до перемикання виходу блоку також у стан логічної одиниці.

Таким чином, отримані результати схеми блоку, який було досліджено, запобігає появі вихідного сигналу в результаті багаторазових хибних спрацювань.

3.4 Моделювання блоку формування вихідних імпульсів

Дослідження блоку формування вихідних імпульсів розробки системи контролю рухів виконувалась у середовищі Multisim. Завдання для моделювання наведено на рис 3.7.

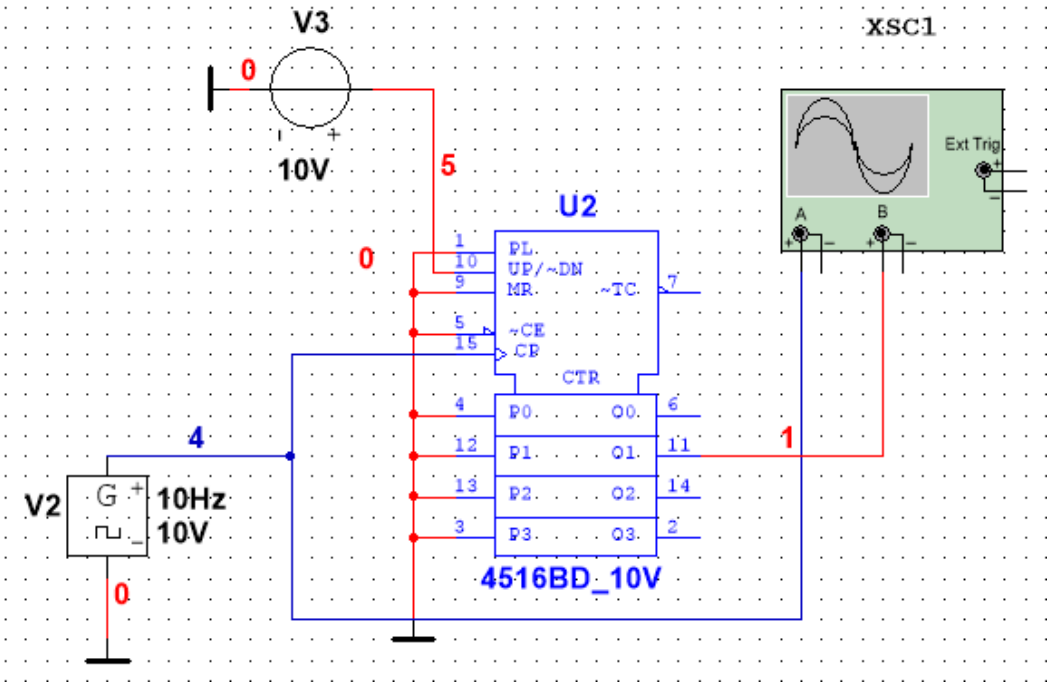


Рисунок 3.7 - Завдання для моделювання блоку формування вихідних сигналів

У якості аналога мікросхеми К561ИЕ11 було застосовано програмну модель 4516BD_10V. Генератор прямокутних імпульсів V2 моделює вихідний сигнал піроелектричного сенсора.

Джерело постійної напруги V3 призначено для забезпечення прямого режиму підрахунку імпульсу лічильника. Вхідні і вихідні сигнали блоку відображається за допомогою віртуального осцилографу XSC1.

Результати моделювання наведені на рис. 3.8.

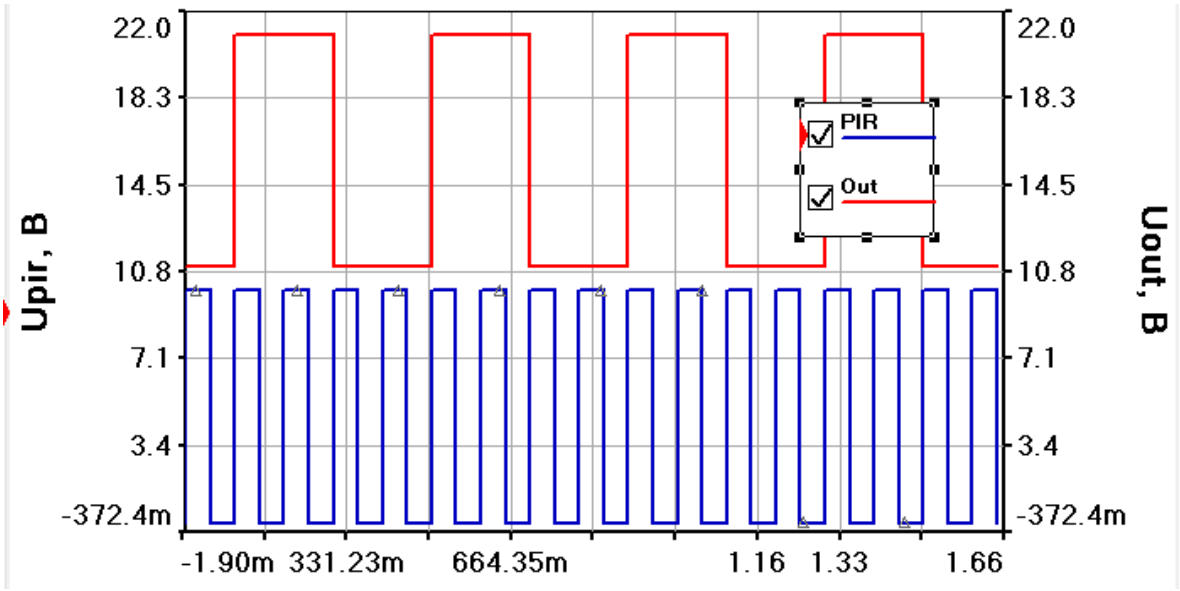


Рисунок 3.8 - Епюри вихідних сигналів блоку формування вихідних імпульсів

Аналіз наведених даних показує, що при подвійному спрацюванні піроелектричного сенсору на його виході з’являється високий рівень напруги, що перемикає вихідний тригер, забезпечує високий рівень сигналу на вході МК DD7 рис. 2.2.

Таким чином, виконані дослідження підтверджують працездатність блоку формування вихідних імпульсів системи контролю рухів.

3.5 Налагодження програмного коду керування мікроконтролером

Налагодження програмного коду керування мікроконтролером розробки системи контролю рухів було здійснено у програмному середовищі Arduino IDE [21]. Програмний код на мові C++ у середовищі розробки системи контролю рухів наведено на рис. 3.9.



Рисунок 3.9 – Результати налагодження програмного коду керування мікроконтролером

З рис. 3.9 слід, що програмний код має розмір 1978 Б і займає 6% пам’яті МК. При цьому глобальні змінні застосовують 188 Б або 9% динамічної пам’яті.

Таким чином проведене налагодження підтверджує працездатність розробленого коду і надає можливість використання вільних ресурсів МК для реалізації додаткових функцій.

4 РОЗРОБКА ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ

4.1 Обґрунтування обрання інструментарію розробки

Для розробки друкованої плати розробки системи контролю рухів необхідно використати прикладну програму для проектування конструкції електронних пристроїв. У теперішній час існує велика кількість програм для моделювання друкованих плат. Вони можуть бути як базового, так і промислового рівня.

Sprint-Layout [22], простий, але водночас дуже ефективний програмний пакет для проектування та ручного розведення друкованих плат малої та середньої складності. Основною перевагою Sprint-Layout є інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що включає лише необхідні інструменти для підготовки друкованих плат розміром 300 на 300 мм. Програма дозволяє працювати з двома шарами (провідників та маркування) для кожної сторони плати. Додаткові можливості – шар паяльної маски, металізація, SMD-маска. Вбудований трасувальник тільки допомагає розводити провідники і не є автоматичним. У бібліотеці, що поповнюється, містяться найбільш поширені електронні компоненти. У Sprint-Layout реалізована можливість експортувати результати роботи до популярних форматів Excellon та Gerber, а також створити файл HPGL для обробки друкованої плати на програмно-керованому фрезерному верстаті. Пакет широко застосовується для виготовлення плат LOOT способом.

ExpressPCB [23], проста у вивченні та зручна в роботі система ручного проектування друкованих плат. Основними перевагами ExpressPCB є легкість освоєння, швидкість створення власної бази радіодеталей та мікросхем, коректність роботи програми. ExpressPCB поєднує в собі найкращі якості Sprint Layout. Редактор ExpressPCB призначений для ручного створення двосторонніх друкованих плат, що містять деталі як з планарними, так і зі штиревими виводами. Реалізовано можливості імпорту списку ланцюгів,

намальованих у ExpressSCH, а також підсвічування нез'єднаних контактних майданчиків. Більшість електронних компонентів пронумеровано цифровим кодом, що спрощує надалі їх пошук та закупівлю.

Опція Snap to grid дозволяє з високою точністю розмістити деталі на платі. Після закінчення робіт програма повідомляє приблизну ціну виготовлення плати, а функція «Order boards via the Internet» допомагає зробити замовлення. В обох програмах є бібліотеки стандартних компонентів. Слід зазначити відсутність трасувальника, підтримки кириличних символів, функції перевірки всіх зв'язків для оптимального розташування деталей, попереднього перегляду перед друком. Для прасово-побутового способу виробництва друкованих плат ExpressPCB чудово працює в поєднанні з програмою схемотехнічного моделювання SwitcherCAD. Підтримує розширення PCB програми P-CAD.

FreePCB [24], програмний пакет з відкритим вихідним кодом, що спеціалізується на професійній розробці та редагуванні друкованих плат. Цей редактор дуже простий у вивченні і водночас здатний витримати високі вимоги, які пред'являються фахівцями якість розробки друкованих плат.
Програма дозволяє отримувати результати у розширеному форматі Gerber (файли топології) та у форматі Excellon (файли для свердління). Цих даних цілком достатньо для того, щоб замовити виготовлення плати. Крім цього, програмний пакет підтримує до 16 шарів, дозволяє працювати як з дюймовими, так і метричними одиницями вимірювання. Розмір друкованої плати може сягати 1524x1524 мм. Редактор використовує бібліотеки корпусів від компаній IPC, PCB Matrix та Design International.

Існує можливість імпорту-експорту списку ланцюгів у PADS-PCB. В останні версії програми додано перевірку дотримання проектних норм та функцію автоматичного збереження результатів. Цей редактор використовує лише ручне розведення плат, але може працювати в тандемі зі стороннім

автотрасувальником FreeRouting. З інших недоліків середовища слід відзначити відсутність у програмі опції друку.

Altium Designer [25], система автоматизованого проектування від розробників P-CAD, що надає найширші можливості створення електронних пристроїв. Програма більшою мірою розрахована на фахівців.

Склад програмного пакету Altium Designer включає весь необхідний набір інструментів для створення, редагування та правки робіт на основі електричних та програмованих інтегральних схем. Редактор схем дозволяє працювати з проектами будь-якого розміру та складності утворюючи їх у найпростіші підблоки. Цифро-аналогове моделювання враховує багато реальних параметрів і надає у розпорядження конструктора безліч різних аналізів, включаючи аналізи перехідних процесів, частотний, шумів, передавальних функцій, Фур'є, шляхом Monte-Carlo, зі зміною значень температури. На схемотехнічному рівні перевіряються та усуваються різні імпеданси та перехресні відображення. Редактор друкованих плат програми містить унікальні засоби автоматичного (програми Statistical Placer, Cluster Placer) та інтерактивного розміщення компонентів. Топологічний трасувальник Situs використовує алгоритм, що повністю настроюється, для вирішення завдань розведення друкованих плат з великою щільністю установки елементів. Він може працювати за неортогональними напрямками і з самостійним вибором шарів. Програми, що постійно оновлюються, зберігають понад 90 тисяч компонентів. Багато хто з них мають моделі посадкових місць, IBIS та SPICE-моделі, а також 3D-моделі. Кожну з них можна створити в програмі самостійно з мінімальними витратами часу, шляхом послідовного введення відомостей про компонент.

Проаналізувавши усі засоби розробки було обрано програму DipTrace [26] через її простоту, доступність та зручність використання. Простий та зручний DipTrace не потребує часу на освоєння та відмінно підходить для невеликих радіоаматорських виробів. Програма складається з наступних модулів: Schematic (для створення багатолистових багаторівневих схем із

вбудованим найпростішим симулятором), PCB Layout (для розробки плат за допомогою ручного або автоматичного трасування та систем оптимізації розташування компонентів та розмірів плат), Pattern Editor та Component Editor (для редагування корпусів). DipTrace містить мінімально можливу кількість керуючих елементів, під час роботи об'єкти, що редагуються, підсвічуються, що дозволяє наочно оцінювати ситуацію. Зміна одного елемента схеми чи плати відбивається усім залежать від нього об'єктах.

Автотрасувальник непогано справляється зі складними багатошаровими платами, що мають різні типи радіодеталей, а підтримка файлів Specctra DSN/SES дає можливість підключити сторонній розвідник. Програма проводить численні перевірки проекту (нових елементів у бібліотеці, допустимості та цілісності з'єднань, зазорів, розмірностей) на різних етапах роботи, що дозволяє виявити та виправити помилки «на льоту». Створення SPICE netlist дозволяє промоделювати проект на будь-якому зовнішньому симуляторі, функції експорту/імпорту уможливлюють продовження роботи в інших додатках (P-CAD, PADS, OrCAD, Eagle), а також використовувати нетлісти Accel, Mentor, Allegro, Tango та Protel. DipTrace експортує плати в необхідні для виробництва формати DXF, Gerber RS-274X (з підтримкою шрифтів TrueType і растрових монохромних зображень), Excellon N/C Drill.

Стандартні бібліотеки програми включають більше 100 000 елементів від найбільш відомих виробників, а зручні засоби розробки дозволяють за кілька хвилин самостійно виготовити радіодеталі будь-якого розміру і складності. Завдяки набору тривимірних моделей корпусів можлива побудова 3D-зображення, що обертається в просторі зовнішнього вигляду кінцевого виробу.

При виборі програми розробки друкованих плат враховується складність проекту, бюджет і особисті налаштування.

4.2 Розробка топології друкованої плати

Розробку топології друкованої плати проводять після компоновки, в процесі якої робиться оптимальне розташування елементів на друкованій платі. Топологія елементів системи контролю рухів на друкованій платі зображена на рис. 4.1.

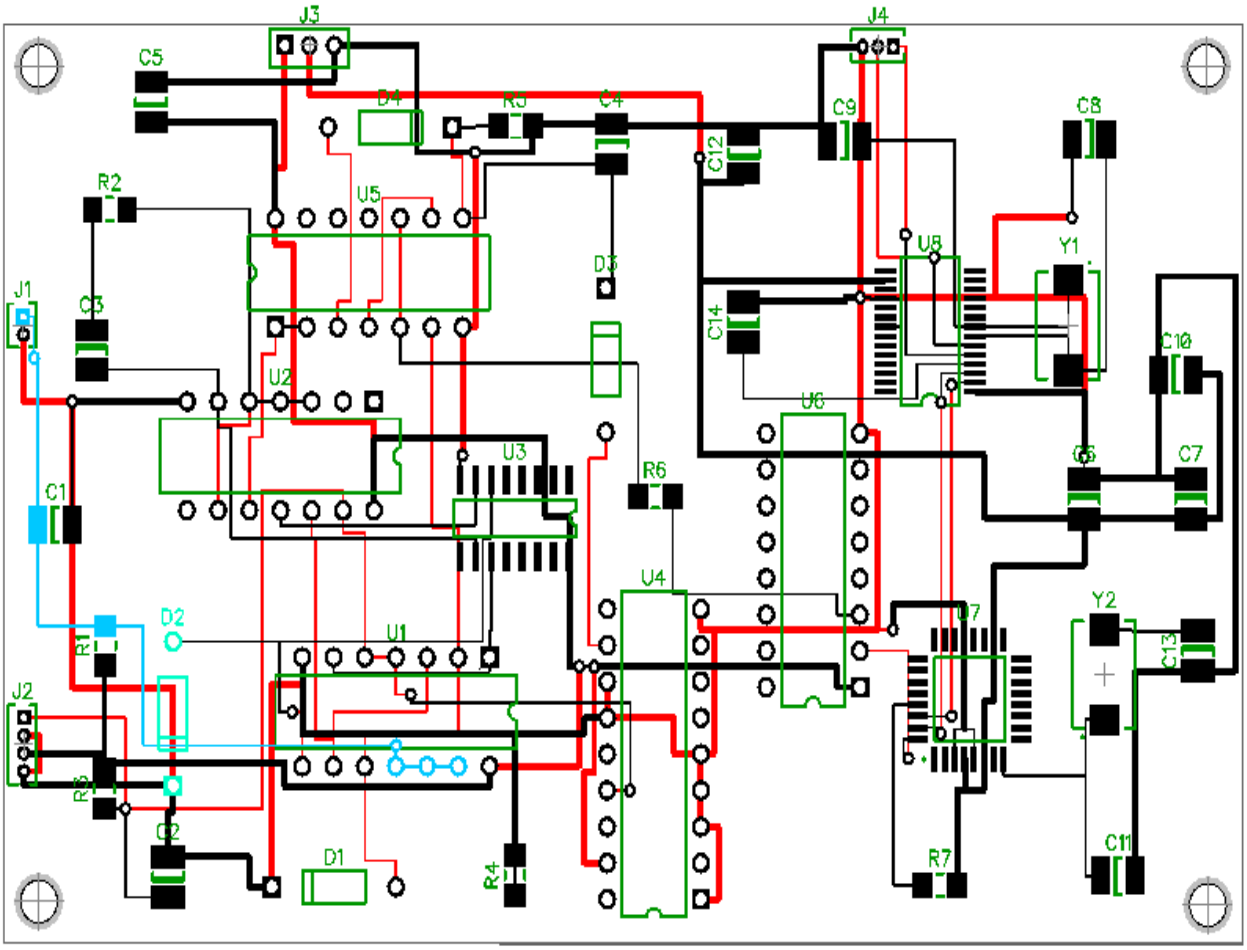


Рисунок 4.1 - Топологія друкованої плати системи контролю рухів

При трасуванні провідників добиваються мінімальних довжин зв′язків , мінімізації паразитних зв′язків між провідниками та елементами.

Розробку креслення друкованої плати починають з вибору координатної сітки. За основний крок координатної сітки приймається 2,5 мм. Для

малогабаритної апаратури і в технічно обґрунтованих випадках допускається застосовувати додаткові кроки 1,25; 0,625 і 0,5 мм (1,27; 2,54мм).

У зв′язку відносно складного трасування і наявністю елементів з відстанню між виводів 2,54мм, обираємо крок координатної сітки 1,27мм. Отвори та елементи провідникового малюнку розташовують на платі відносно початку координат.

Відстань від корпусу елементу до місця згину повинна відповідати державним стандартам і технічним обслуговуванням на даний елемент. Якщо таких вказівок немає то відстань від корпусу елементу до місця згину. На наступному етапі формуються виводи та встановлюються елементи на друкованій платі так, щоб в процесі контролю було видно маркування. Відстань між корпусом елемента та краєм друкованої плати повинна бути не менше 1 мм, а між виводом і краєм плати не менше 2мм. Відстань між корпусами сусідніх елементів, а також між краями сусідніх елементів повинна становити не менше як 0,5 мм. Зазор між корпусами мікросхем не менше 1,5 мм. Відстань від крепіжного отвору до краю плати повинна бути не менше товщини плати.

Друковані провідники слід виконувати однакової ширини на всьому протязі. У вузьких місцях звужують провідники до мінімально допустимих значень на можливо меншій довжині. Взаємне розташування провідників не регламентується.

Розробка топології друкованої плати була виконана в графічному редакторі DipTrace.

Друкована плата має два основних шари, верхній та нижній, що розташовані на одній стороні з елементами схеми. Верхній та нижній шари друкованої плати системи контролю рухів показано на рис. 4.2 та рис. 4.3.

Крім того було проведено тривимірне моделювання розробленої плати, результати якого наведено на рис. 4.4.

В результаті розміри розробленої плати складають 100х65 мм, що показує її компактність та зручність обслуговування

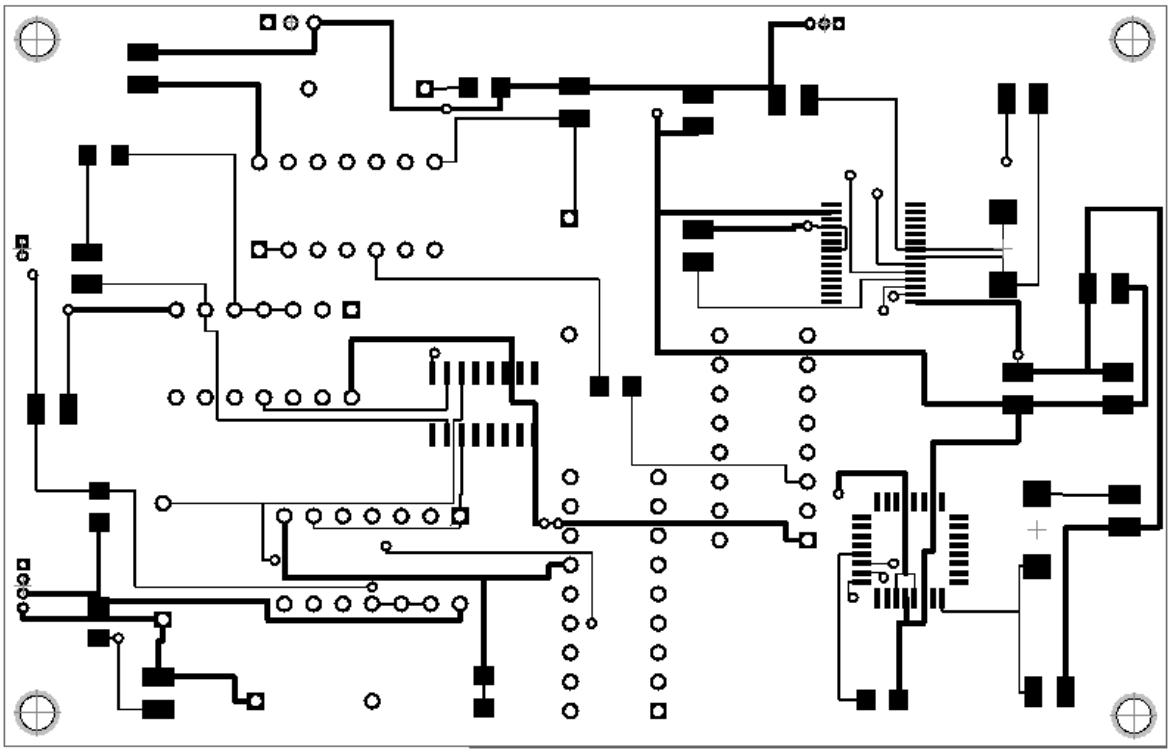


Рисунок 4.2 – Верхній шар друкованої плати системи контролю рухів

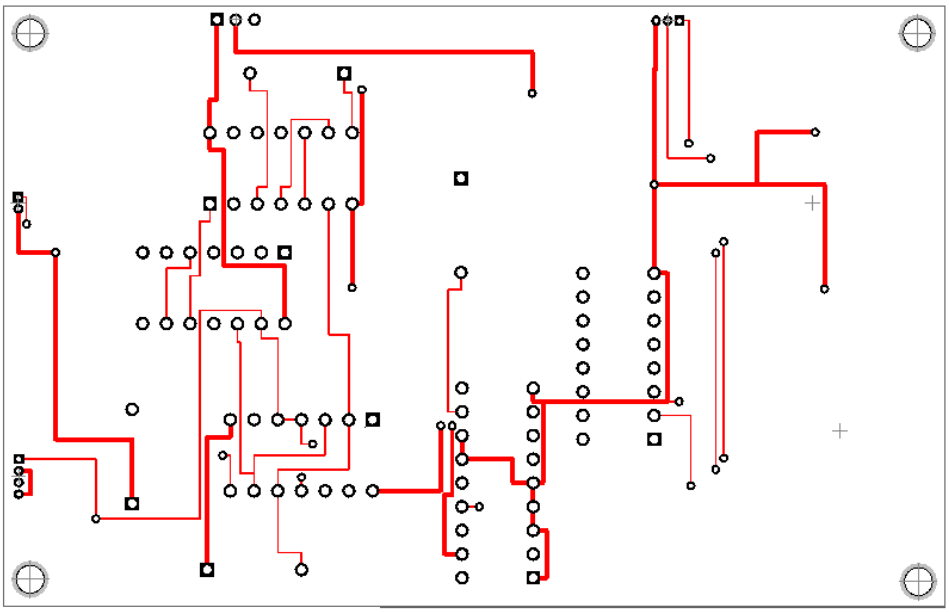


Рисунок 4.3 – Нижній шар друкованої плати системи контролю рухів

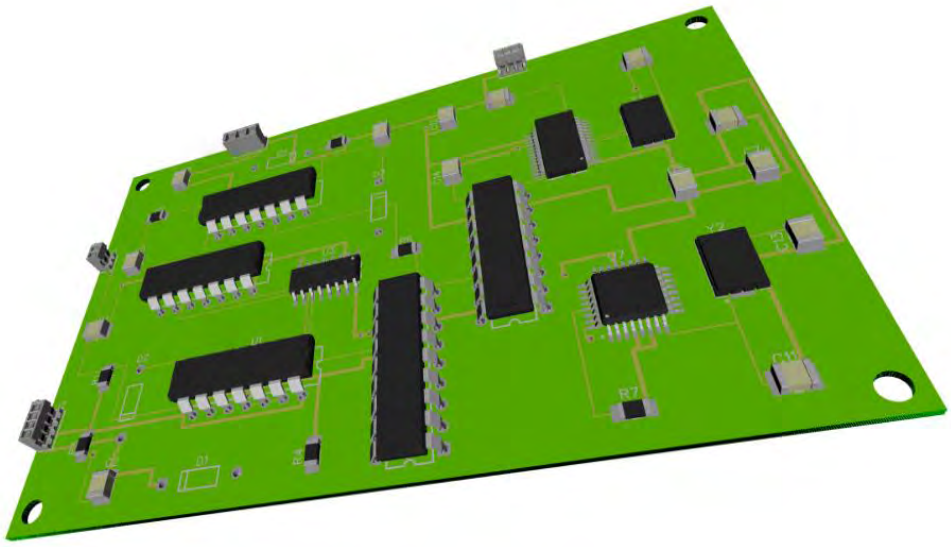


Рисунок 4.4 - Результат тривимірного моделювання друкованої плати системи контролю рухів

4.3. Технологія виготовлення друкованої плати

Для друкованих монтажних плат використовують фольгований склотекстоліт. Процес виготовлення друкованої плати складається із наступних операцій [27] : зачистка фольги від окислення, нанесення рисунка провідників кислотостійкою краскою, травлення заготовки до повного зняття фольги на незахищених краскою місцях і знищення захисної краски.

Заготовки друкованих плат травлять в розчині хлорного заліза. Процес травлення триває 0,5-1,5 год. По закінченні процесі травлення заготовку споліскують, старанно промивають теплою проточною водою і змивають краску. Готову друковану плату слідує для консервації покрити тонким шаром каніфольного лаку (розчині каніфолі в спирту). Оптимальну температуру підбирають експериментально по теплостійкості захисного лаку. Ставити плати в поліетиленовий пакет підходящого розміру. В нього кладуть заготовку і заливають розчином хлорного заліза. При необхідності повисіти температуру

розвину пакет кладуть під струю гарячої води . Для рівномірності травлення пакет покачують за краї. Щоб не пошкодити пакет, на заготовці плати треба закруглити краї. Дуже важно добре облудити печатні провідники. Для цього приймають легклосплавні припої. Сучасні радіоелектронні пристрої виконують на мікросхемах різних типів. Більшість мікросхем не терпить перегрівання, тому при пайці їх виводів використовують припой ПОС-61 з пониженою температурою плавлення (130-180 C^o) зі спирто-каніфольним флюсом. Дуже важно використовувати раціональні прийоми монтажу і демонтажу. Паяльник для монтажу і демонтажу мікросхем повинен мати потужність не більше 40 Вт і понижену напругу живлення (12-36 В). Монтують мікросхеми в наступному порядку. Встановлюють і фіксують її виводами в отворах,. Для того, щоб зменшилась імовірність перегріву мікросхеми, не слідує паяти підряд виводи, розташовані один біля одного. При монтажі і демонтажі мікросхем в металевому корпусі вигідно користуватися невеликим магнітом з прикріпленою до нього ручкою із жесті. З його допомогою легко встановити мікросхему на контактне поле плати і припаяти два – чотири виводи. Перед монтажем мікросхем їх виводи формують, тобто згинають так, щоби забезпечити одночасне приставання до плати всіх виводів. Сформувати виводи можна пінцетом, вузькогубцями.

4.4 Організація техніки безпеки і протипожежної безпеки

Розробка системи контролю рухів у лабораторному приміщені кафедри ЕІСПЗ ІННІ ЗНУ з наступними характеристиками:

- довжина приміщення (a) – 4.5 м;
- ширина приміщення (b) – 3,5 м;
- висота приміщення – 2,9 м;
- площа приміщення – 16 $м^2$;
- об’єм приміщення – 14,2 $м^3$.

Основи безпеки при виконанні електричних монтажів включають використання відповідних засобів індивідуального захисту [28]. Важливо мати ізоляційні рукавички, спеціальне взуття та захисні окуляри. Також не слід нехтувати правилами роботи з інструментами – вони повинні бути справними та призначеними для конкретних завдань. Важливо дотримуватися чистоти та порядку на робочому місці: неприбрані інструменти можуть стати причиною травм.

Під час виконання робіт в електроустановках та поряд з ними слід керуватись також державними і галузевими нормативними актами з охорони праці, стандартами безпеки праці, нормами та інструкціями заводів-виробників обладнання.

Засоби захисту повинні відповідати вимогам державних стандартів, а також НАОП 1.1.10-1.07-82 "Правила застовування івипробування засобів індивідуального захисту".

Перед початком робіт необхідно ознайомитися та притримуватися правил і вказівок вказаних у певних документах:

- ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація;

- ДСТУ IEC 61140:2005 Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання;

- ДСТУ 9258:2023 Настанова з організації виконання будівельних робіт;

- ПУЕ-2025 - правила устрою електроустановок;

- Закон України "про охорону праці" від 21.11.2024. №12209;

Охорона праці [29] і техніка безпеки при монтажі і експлуатації зовнішньогоосвітлення забезпечуються прийняттям проектних рішень і виконанням робіт у суворій відповідності з ПУЕ-2025 і СНіП 12-06-25, вимоги яких визначають умови безпеки праці та заходи щодо попередження травматизму, професійних захворювань, пожеж і вибухів.

При виконанні робіт необхідно дотримуватися :

- виконання робіт згідно з інструкціями;

- використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ);

- безпечного робочого середовища;

- мати нагляд та контроль за роботою;

- вміти реагувати на небезпечні ситуації;

- дотримуватися інструкцій з техніки безпеки;

- наявність індивідуальних засобів захисту.

Монтажні роботи повинні проводитися в світлий час доби. Перед початком робіт з працівниками повинен бути проведений інструктаж на робочому місці з охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки та промислової санітарії.

Захист людей від ураження електричним струмом забезпечується:

- заземленням і занулення металевих частин електроустановки, які не знаходяться під напругою, але можуть опинитися під ним при пошкодженні ізоляції електричних провідників або електроприймачів;

- надійним і швидкодіючим автоматичним відключенням частин обладнання, які випадково опинилися під напругою;

- розміщенням устаткування, що забезпечує його вільне і безпечне обслуговування;

- застосуванням індивідуальних захисних засобів і справного інструменту, що пройшли випробування в установлені терміни.

Пожежна безпека об'єкта забезпечується:

- застосуванням автоматичних вимикачів з високою чутливістю і швидко дією;

- прокладкою живильної лінії з дотриманням вимог ПУЕ-2025;

- прокладкою проводів за негорючими підставами у самозагасаючих трубах, каналах або рукавах.

Несправності в електромережах та обладнанні, які можуть викликати іскріння, коротке замикання або перегрів повинні негайно ліквідовуватися. Пошкоджену електромережу необхідно відключити до приведення її в пожежобезпечний стан.

Працівники лабораторії з розробки системи контролю рухів повинні пройти відповідний. інструктаж і суворо дотримуватися вимог інструкції щодо забезпечення пожежної безпеки.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ

Одним з основних показників, за допомогою якого оцінюється економічна ефективність нової техніки, є величина капітальних вкладень [30].

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.

Розшифровка суми витрат по статтям кошторису:

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

5.1 Розрахунок заробітної плати працівників

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) [30].

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

Розрахунок зарплати розробників технічної документації на розробку виробу приведений в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок зарплати розробників технічної документації

№	Найменування етапів розробки	Одиниця	К-ть креслень	Норматив часу на одиницю, нормо - година	Трудомісткість етапу, люд.-година	Число виконавців	Тривалість етапу, днів	Денна ставка виконавців	Зарплата на етап, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Схема електрична принципова	Схема ф.А1	1	16,00	16,00	1	2,00	363,6	727,2
2	Креслення загального вигляду	ф.А1	1	16,00	16,00	1	2,00	363,6	727,2
3	Складальне креслення	ф.А1	1	8,00	8,00	1	1,00	363,6	363,6
4	Креслення деталей	ф.А4	8	2,00	16,00	1	2,00	363,6	727,2
5	Монтажна схема	Схема	1	8,00	8,00	1	1,00	363,6	727,2
6	Специфікація	ф.А4	4	1,00	4,00	1	0,50	363,6	181,8
7	Відомість куп. виробів.	ф.А4	2	1,00	2,00	1	0,25	363,6	90,9
8	Таблиці	ф.А1	10	2,00	20,00	1	2,50	363,6	909
9	Розрахунки	ф.А4	10	6,00	24,00	1	3,00	363,6	1090,8
10	Записка пояснення	ф.А4	45	2,00	90,00	1	11,25	363,6	4090,5
11	Технічні умови	ф.А4	8	1,00	8,00	1	1,00	363,6	363,6
12	Документи інші	ф.А4	12	1,00	12,00	1	1,50	363,6	545,4
	Разом								10544,4

Зарплата виконавців на коректування документації визначається з трудомісткості розробки відповідних документів: коректування складає 15–20% цієї трудомісткості.

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 зарплати на розробку документації див. табл. 5.1.

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

Таблиця 5.2 – Зарплата за виготовлення дослідного зразка

№	Вид робіт	Середній розряд робіт	Трудомісткість нормо - год	Тарифна ставка, грн/год	Зарплата, грн
1	Складальні	5	40	43,18	1727,2
2	Монтажні	6	24	45,5	1092
3	Регулювальні	6	16	50	800
	Разом				3619,2

5.2 Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати на зразок складаються з вартості матеріалів (табл. 5.3) і комплектуючих виробів (табл. 5.4) на проектований виріб. При цьому, виходячи з обліку втрат, вартість комплектуючих матеріалів збільшена на 30%.

Таблиця 5.3 – Вартість матеріалів

№	Найменування	Одиниця виміру	К-ть на виріб	Ціна за одиницю	Сума, грн
1	Ізоляційні матеріали	кг	1,20	216	259,2
2	Провід, кабель	м	100	7	700
3	ПОС-60	кг	1	2700	2700
4	Метиси	кг	1	64	64
	Разом:				3723,2

Накладні витрати беруться у розмірі 120…140% сумарної зарплати розробників з урахуванням виготовлення і випробування дослідного зразка і коректування документації за наслідками випробувань.

Таблиця 5.4 – Витрати на куповані комплектуючи вироби

№	Найменування	Кількість	Ціна одиниці	Сума, грн
1	Діоди КД510А	4	3,8	15,2
2	Кварцові резонатори TQB - 2	2	15	30
3	Конденсатори СС- 1210	14	30	520
4	Мікросхеми К561ЛЕ10	1	7,7	7,7
	К561ЛА9	1	10	10
	К561ИЕ16	1	13,5	13,5
	К561ИЕ11	1	6	6
	К561ЛЕ5	1	39	39
	К561ПУ4	1	8	8
	ATMega328P	1	100	100
5	Резистори CR1206	7	10,7	74,9
6	Роз’єми	4	4	16
7	Сенсор SRP PLUS	1	431	431
			Разом:	1271,3

5.3 Розрахунок собівартості дослідного зразка

Собівартість дослідного зразка системи контролю рухів визначається за формою табл. 5.5..

Таблиця 5.5 – Калькуляція собівартості дослідного зразка

№	Стаття витрат	Витрати на проектований виріб, грн.
1	2	3
1.	Матеріали (табл. 5.3)	3723,2
2	Куповані комплектуючи вироби (табл. 5.4)	1271,3
3	Транспортні витрати (5% п.1+п.2)	249,7
4	Заробітна плата виробничих робочих (табл.5.2)	3619,2
5	Нарахування на зарплату (36,9%)	1339,1
6	Накладні витрати(120% п.4)	4342,8
	Разом собівартість	14545,3

Інші витрати включають невраховані витрати, наприклад, витрати на відрядження, на виготовлення або придбання спеціальної апаратури, необхідної для випробування макетів або зразків та ін.

Кошторис витрат на конструкторську підготовку виробництва складається за формою таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Кошторис витрат на конструкторську підготовку виробництва

№	Стаття витрат	Сума, грн
1	Зарплата розробників по всім етапам розробки (табл. 5.1)	10544,4
2	Зарплата на коректування технічної документації за наслідками випробувань дослідного зразка (20% п.1)	2108,9
3	Разом ФЗП (п.1 +п.2)	12653,3
4	Нарахування на зарплату (36,9% п.3)	4669,1
5	Накладні витрати (120% п. 3)	15183,6
6	Собівартість дослідного зразка (табл. 5.5)	14545,3
7	Інші витрати	1000
	Всього вартість розробки	60704,6

5.4 Розрахунок планованої собівартості одиниці продукції

Розрахунок вартості матеріалів.

Витрати на матеріали визначаються з норм витрати і їх вартості за прейскурантом цін (таблиця 5.3), зменшені на 30%.

Розрахунок витрат на куповані комплектуючі вироби.

Витрати на куповані комплектуючі вироби визначаються на основі відомості купованих комплектуючих виробів і їх вартості (таблиця 5.4), зменшені на 30%.

Розрахунок основної заробітної плати виробничих робітників. Заробітна плата виробничих робітників визначається на підставі трудомісткості виготовлення виробу і відповідних тарифних ставок по видах робіт. При визначенні зарплати на виготовлення серійного виробу трудомісткість по видам робіт зменшується на 100% проти трудомісткості (табл. 5.2) і розряди роботи знижені на один.

Розрахунок приведений в таблиці 5.7.

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	20	41,02	820,4
2	Монтажні	5	12	42,7	512,4
3	Регулювальні	5	8	47,5	380
	Разом				1712,8

Доплати і премії приймаються у розмірі 10–25% тарифної заробітної плати.

5.5 Розрахунок планованої собівартості одиниці продукції

Розрахунок планованої собівартості одиниці продукції проводиться на основі калькуляційних статей, зведених в таблицю 5.8:

Таблиця 5.8 – Калькуляція собівартості і ціни одиниці виробу

№	Стаття витрат	Витрати на виріб, грн.
1	2	3
1	Матеріали	3723,2
2	Куповані комплектуючи вироби	1271,3
3	Транспортні витрати (5% (п.1+п.2)	249,7
4	Основна заробітна плата виробничих робочих (табл. 5.7)	1712,8
5	Додаткова заробітна платня виробничих робочих (20% п.4)	342,4
6	Разом ФЗП (п.4+п.5)	2054,4
7	Нарахування на зарплату (36,9% п.6)	757.9
8	Накладні витрати (140% п.4)	2396,8
9	Разом собівартість (п.1+п.2+п.3+п.6+п.7)	8056,5
10	Прибуток (30% собівартості)	2417
11	Ціна виробника	10473,5

5.6 Розрахунок критичного обсягу виробництва

Критичний обсяг виробництва визначається по наступній формулі:

$$V_{кр} = \frac{П_{ост} \cdot V}{Ц - С_{п}},$$

де $V_{кр}$ – критичний обсяг виробництва, шт.;

V – планований обсяг виробництва, V=20 шт.;

$П_{ос}$ – постійні витрати, $П_{ос}$ =8056,5 грн.;

Ц – ціна виробу, Ц=10473,5грн.;

$С_п$ – середньозмінні витрати, $С_п$ = 2417 грн.

Види витрат і ціна виробу визначаються з калькуляції собівартості (таблиця 5.8). До постійних витрат відносяться загальновиробничі витрати, загальногосподарські витрати і позавиробничі витрати. Останні статті відносяться до середньозмінних витрат.

Тоді критичний обсяг виробництва:

$$V_{кр} = \frac{8056{,}5 \cdot 20}{10473{,}5 - 2417} = \frac{161130}{8056{,}5} = 20 \; шт.$$

Критичний обсяг виробництва виробу складає 20 шт.

5.7 Розрахунок річного економічного ефекту

Річний економічний ефект від впровадження нових виробів розраховується по формулі :

$$Е_р = (П - Е_н \cdot К_у) \cdot А_р,$$

де П – прибуток на одиницю продукції;

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

$А_р$ – річний об'єм випуску продукції. Для серійного виробництва $А_г$ =20 шт/рік;

$К_у$ – питомі капіталовкладення на одиницю річного об'єму продукції

$$К_у = К/А_р = 60704{,}6/20 = 3035{,}2 \text{ грн/шт},$$

де К – капіталовкладення в розробку виробу = витрати на КПВ + вартість основних фондів = 60704,6грн.

Передбачуваний річний економічний ефект :

$$E_р = (2417 – 0,15 \times 3035,27) \times 20 = 39234 \text{ грн.}$$

Ефективність (Е) розробки дорівнює річному прибутку, що ділиться на капіталовкладення:

$$E = 39234/60704,6 = 0,64 \text{ грн/грн.}$$

Термін окупності продукції (Т) рівний зворотній величині ефективності:

$$T = 1/E = 1/0,64 = 1,56 \text{ р.}$$

Таблиця 5.9 – Основні економічні показники

Найменування показника	Одиниці вим.	Величина показника
Вартість капітальних вкладень	грн.	60704
Річний прибуток	грн.	39234
Економічна ефективність	грн./грн.	0,64
Термін окупності	рік	1,56

Економічні розрахунки підтвердили доцільність виготовлення проектованого виробу.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз сучасних сенсорів руху показав раціональність реалізаціїї системи контролю рухів на основі піроелектричних сенсорів.

2. Розроблено схему системи контролю рухів, що запобігає реєстрації хибних спрацювань.

3. Дослідження розробленої системи підтвердили її працездатність.

4. Встановлено, що програмний код керування мікроконтролером системи ставить 1978 Б і займає 6% пам’яті.

5.Розроблено друковану плату системи контролю рухів з розмірами 100х65 мм.

6. Показано, що термін окупності розробленої системи становить 1,56 роки.

7. Результати роботи пройшли апробацію на науково - технічній конференціїї.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1.Хвороби серця та іх причини. URL : https://health-ua.com/article/44240-elektrokardografchn-sindromi-tafenomeni-zvertamosya-dopdruchnika (дата звернення 10.06.2025)

2. Хемптон Д., Хемптон Дж. Основи ЕКГ. Київ : Медицина, 2020. 248 с.

3. Типи сенсорів рух. URL : https://mammothsecurity-com.translate.goog/blog/motion-sensor-types?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=rq#:~:text=Unlike%20ultrasonic%20and%20microwave%20motion,objects%20warmer%20than%20absolute%20zero. (дата звернення: 08.05.2025)

4. Motion sensors work. Types and aplicarions. URL : https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/how-motion-sensors-work#:~:text=There%20are%20three%20types%20of,%2C%20and%20Dual%20Tech%2FHybrid (дата звернення: 08.05.2025)

5. Сенсори руху та освітленості. URL : https://svetotehnika.kh.ua/ua/g29576217-datchiki-dvizheniya-osveschyonnosti (дата звернення: 08.05.2025)

6. Фершал М. В. Аналітичні сенсорні системи : навч. посіб. Ужгород : Говерла, 2022. 220 с.

7. Сенсор руху та його принцип роботи. URL : https://ua.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F (дата звернення: 08.05.2025)

8.What is PIR sensor. URL : https://uk.winsen-sensor.com/pir-sensor/?searchid=4261 (дата звернення: 08.05.2025)

9.Верьовкін Л. Л., Світанько М. В., Кісельов Є. М., Хрипко С. Л. Цифрова схемотехніка : навч. посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 214 с.

10. Значення сенсора руху. URL : https://control.ua/ua/blog/chto-takoe-detektor-dvizhenija-dlja-chego-neobhodim.html (дата звернення: 07.05.2025).

11.Конструкція піроелектричних сенсорів. URL: http://www.kosmodrom.com.ua/prodlist.php?name=pirsensor (дата звернення: 07.05.2025).

12. PIR сенсор руху Arduino HC-SR501. URL : https://wiki.tntu.edu.ua/PIR_%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA_%D1%80%D1%83%D1%85%D1%83_Arduino_HC-SR501 (дата звернення: 08.05.2025)

13. Сенсор руху SRP PLUS URL : https://smartel.ua/product/datchik-dvizheniyacworsrpplus/?srsltid=AfmBOope0_AkRiwTpYg_lzzulobsDIbQ7iMP1W4sM7QZaJwz7vDz5y54 (дата звернення: 08.05.2025)

14. Піроелектричний сигналізтор в охоронній системі. URL : https://cxem.net/guard/3-43.php (дата звернення: 07.05.2025).

15. Цифрова схемотехніка: Підручник у двох томах, том 2. Жуйков В.Я., Бойко В.І., Зорі А.А. та ін. –К.: Аверс, 2002.- 408 с.

16. Мікроконтролер Atmel ATMega328P. URL : https://zoloty.k.cx.ua/articles/shema-atmega-328r.html (дата звернення: 08.05.2025).

17. Мікроконтролер ATMega328PB. URL : https://bascom.at.ua/publ/davajte_poshhupaem_atmega328pb/1-1-0-133 (дата звернення: 08.05.2025)

18. Мікросхема CH340G. URL : https://iarduino.kz/blog/mikroshema-ch340g-preobrazovatel-interfejsa-usb-uart.hml (дата звернення: 08.05.2025)

19. Інфрачервоний сенсор руху ZELO. URL : https://arduinka.biz.ua/infrachervoniy-datchik-ruhu-hc-sr501-p234c74.html (дата звернення: 07.05.2025).

20. NI Multisim : User Manual. URL : https://www.physics.wisc.edu/courses/home/fall2020/321/MultiSim_docs/NI-Multisim_manual.pdf .

21. Uno Плати Ардуіно. URL : https://doc.arduino.ua/ua/hardware/Uno .

22. Sprint - Layout. URL : https://cxem.net/software/sprint_layout.php.

23. ExpressPCB. URL : https://cxem.net/software/expressPCB.php.

24. FreePCB. URL : https://cxem.net/software/freePCB.php.

25. Altium Designer. URL : https://cxem.net/software/freePCB.php.

26. DipTrace. URL : https://cxem.net/software/diptrace.php.

27. Крилик Л. В. Монтаж радіоелектронних приладів. Спеціальна технологія : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ. 2017. 75 с.

28. Кошель В. І., Сав'юк Г. П., Дзундза Б. С. Основи охорони праці : навч. метод. посіб. Івано-Франківськ : НАІР. 2020. 182 с. 31.

29. Абракітов, В. Е. Охорона праці в галузі та цивільний захист : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. 2020. 105 с.

30. Методичні рекомендації до виконання дипломних проектів з напрямку підготовки 171 «Електроніка»/ Укл.: С.Л. Шмалій, О.Г. Алєксєєв – Запоріжжя: 2017. –25с.

ДОДАТОК А

Зона	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
		Діоди		
	VD1-4	КД510А	4	
		Кварцові резонатори		
	ZQ1	TQB-2-12МГц	1	
	ZQ2	TQB-2-16МГц	1	
		Конденсатори		
	C1	СС-1210-10мк х 16В	1	
	C2,6,7	СС-1210-100нФ	3	
	C3	СС-1210-1мкФ	1	
	C4,5,12,14	СС-1210-22нФ	4	
	C8,9	СС-1210-22пФ	2	
	C10,11,13	СС-1210-100нФ	3	
		Мікросхеми		
	DD1	К561ЛЕ10	1	
	DD2	К561ЛА9	1	
	DD3	К561ИЕ16	1	
	DD4	К561ИЕ11	1	
	DD5	К561ЛЕ5	1	
	DD6	К561ПУ4	1	
	DD7	ATMega328P	1	
	DD8	CH340G	1	
		Резистори		
	R1,3	CR1206-100кОм±5%	2	
	R2	CR1206-680кОм±5%	1	

Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ЕІСПЗ ДР.22076.00.00.00.00 ЕЗ			
Виконав		Безштанько Д.О.		12.06	СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РУХІВ перелік елементів	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перев.		Кісельов Е.М.		12.06		У	1	2
Реценз.						ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ гр. 6.1712-с		
Н. контр.		Туришев К.О.						
Затв.		Критська Т.В.						

ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ А

Зона	Позначення	Найменування	Кільк	Примітка
		Резистори		
	R4,5	CR1206-56кОм±5%	2	
	R6	CR1206-20кОм±5%	1	
	R7	CR1206-10кОм±5%	1	
		Роз'єми		
	XS1	51022-0200	1	
	XS2	51022-0400	1	
	XS3	51015-0300	1	
	XS4	51022-0300	1	

Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата	ЕІСПЗ ДР.22076.00.00.00.00. ЕЗ	Арк 2
		Безштанько Д.О.		12.06		
		Кісельов Є.М.		12.06		

ДОДАТОК Б

```
#define MOTION_PIN 4
void setup()
{
Serial.begin(9600);
pinMode(MOTION_PIN, INPUT);
}
void loop()
{
int motionState = digitalRead(MOTION_PIN);
Serial.println(motionState);
delay(100);
}
```

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
А3			ЕІСПЗ ДР 22076.00.00.00.00 Д1	РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ	1	
				Структура системи контролю рухів		
А3			ЕІСПЗ ДР 22076.00.00.00.00 Е3	СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РУХІВ	1	
А3			ЕІСПЗ ДР 22076.00.00.00.00 Д2	Схема електрична принципова РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ		
				Блок схема алгоритму керування мікроконтролером		
А3			ЕІСПЗ ДР 22076.00.00.00.00 Д3	РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ	1	
				Результат моделювання системи контролю рухів		
А3			ЕІСПЗ ДР 22076.00.00.00.00 Д4	РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ	1	
				Топологія друкованої плати системи контролю рухів		
А3			ЕІСПЗ ДР 22076.00.00.00.00 Д5	РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ	1	
				Топології провідних шарів друкованої плати		
А3			ЕІСПЗ ДР 22076.00.00.00.00 Д6	РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ	1	
				Результат тривимірного моделювання друкованої плати		
А3			ЕІСПЗ ДР 22076.00.00.00.00 Д7	РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ	1	
				Основні економічні показники розробки та виготовлення системи контролю рухів		

Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ЕІСПЗ ДР.22076.00.00.00.00		
Виконав		Безштанько Д.О.		12.06	РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХІВ	Стадія: Ч	Аркуш: 1 / Аркушів: 2
Перев.		Кісельов Е.М.		12.06		ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ гр. 6.1712-с	
Реценз.							
Н. контр.		Туришев К.О.					
Затв.		Критська Т.В.					

Формат	Зона	Поз	Позначення	Найменування	Кільк	Примітка
А4			ЕІСПЗ ДР 22076.00.00.00.00 ЕЗ	СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РУХІВ	1	
				Перелік елементів		

Безштанько Д.О.		12.06	ЕІСПЗ ДР.22076.00.00.00.00		Арк
Кісельов Е.М.		12.06			2
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	