

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки,  
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра інформаційних технологій електронних засобів

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему Модуль високоточного компаратора гир 500 кг 2го класу точності

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи РТ-518сп

Спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
«Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»

Устінов І.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Малий О.Ю.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Мороз Г. В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Інститут інформатики та радіоелектроніки, Факультет  
радіоелектроніки та телекомунікацій  
 Кафедра Інформаційних технологій електронних засобів  
 Ступінь вищої освіти бакалавр  
 Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
 (код і найменування)  
 Освітня програма (спеціалізація) Інтелектуальні технології мікросистемної  
радіоелектронної техніки  
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ІТЕЗ

Дуришук Є.Б.  
 « 27 » 05 2021 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

Устінов Іван Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Модуль високоточного компаратора гир 500кг 2го  
класу точності

керівник проєкту (роботи) Малий Олександр Юрійович, к.т.н.  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» квітня 2021 року №163


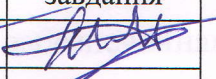

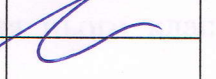
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 7 червня 2021 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) вимоги до гир 500 кг 2го класу  
точності

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно  
 розробити) Огляд області розробки, постановка задач кваліфікаційної  
роботи, розробка структури модулю, вибір елементів, розробка конструкції  
модулю, розробка програмного забезпечення

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
18 рисунків, 2 таблиць, 13 слайдів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1 - 3	Малий О.Ю., доцент		
Нормоконтроль	Поспеева І.Є., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання «26» квітня 2021 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд еталонів та компараторів маси	26.04.21	
2	Постановка технічного завдання	28.04.21	
3	Розробка структурної схеми та вибір елементів	29.04.21	
4	Розробка конструкції	03.05.21	
5	Написання тексту програмного забезпечення	29.05.21	
6	Оформлення ПЗ та захист дипломного проекту	01.06.21	

Студент(ка)

  
(підпис)

Устінюв І.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

  
(підпис)

Малий О.Ю..

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 41 с., 18 рис., 14 джерел, 13 слайдів.

Об'єкт розробки: система контролю еталонів.

Предмет розробки: електронний модуль з програмним забезпеченням для контролю відповідності еталону маси встановленому для нього класу точності.

Мета роботи: вибір компонентів, розробка структури, конструкції та програми керуючого мікроконтролера, а також програми на ПК модуля контролю відповідності гир масою 500 кг 2му класу точності.

Для здійснення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- ознайомитись з типами та класами точності гир;
- ознайомитись з системами перевірки класів точності еталонів маси (компаратори маси);
- провести розробку структури модуля керування компаратором маси для гир масою 500кг класу М1-2;
- обрати електронні компоненти та елементи модуля;
- розробити конструкцію плати керування модуля;
- розробити програму керуючого мікроконтролеру модуля компаратора.

КЛАС ТОЧНОСТІ, ЕТАЛОН, ВАГИ, СТРУКТУРНА СХЕМА, АЦП, ПРОТОКОЛ, АЛГОРИТМ, ПРОГРАМА, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА-ПРИНЦИПОВА, КОНСТРУКЦІЯ

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Огляд області розробки та постановка задач .....	7
1.1 Використання еталонів маси.....	7
1.2 Компаратори для перевірки гир .....	11
1.3. Постановка задач.....	13
2 Розробка структури та конструкції модулю.....	17
2.1 Розробка структурної схеми .....	17
2.2 Вибір елементів та створення комутаційної схеми.....	18
2.3 Розробка конструкції модулю.....	29
3 Розробка програмного забезпечення.....	33
Висновки .....	39
Перелік посилань.....	40
Додаток А – Текст програми мікропроцесорного модуля.....	42
Додаток Б – Презентація.....	44

## ВСТУП

У житті людини велику роль відіграють вимірювання. Вони необхідні для науки і техніки, є засобом обліку матеріальних ресурсів, торгівлі, вдосконалення технологій. Найважливішим компонентом систем вимірювання маси є гирі.

У відповідності до системи єдності вимірювання гирі включені до складу схеми вимірювання маси. При цьому гирі можуть бути використані для вимірювань на вагах, для калібрування та перевірки ваг або менш точних гир. Це визначено в стандарті OILMR 111-1-2009.

В процесі експлуатації гирі можуть дещо змінити свої властивості по точності. Тому час від часу проводиться калібрування або перевірка гир. Цю роботу виконують спеціальні організації, які мають ліцензію.

Калібрування гир проводять на компараторах маси, що мають можливість за допомогою гир більш високого класу вказати чи входить маса гирі в межі допустимої похибки.

В кваліфікаційній роботі проводиться розробка модуля керування компаратором маси для гир 500 кг для визначення їх відповідності 2му класу точності.

# 1 ОГЛЯД ОБЛАСТІ РОЗРОБКИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

## 1.1 Використання еталонів маси

Для визначення маси предметів на підприємствах, в лабораторіях, а також в торгових закладах використовуються різне вагове обладнання. Для проведення таких вимірювань, а також калібрування і повірки ваг використовуються гирі. Основні вимоги до технічних характеристик вимірювальних гир і методам їх перевірки наведені у відповідному стандарті.

Гирі використовують:

- лабораторії: промислові, наукові, фармацевтичні;
- торговельні підприємства для зважування товару і контролю ваги;
- контролюючі організації, в тому числі державні, для перевірки вагового обладнання;
- виробничі підприємства загального і спеціального призначення для зважування готової продукції та контролю її якості.

Сучасні гирі підрозділяються на різні види за такими ознаками:

- по точності;
- по формі;
- за матеріалом;
- по призначенню.

При цьому маса гирі певного класу не повинна відрізнятися від маси еталона більше, ніж записано для неї в стандарті.

Кожен з цих класів має свою точність і інші характеристики. Застосування гир залежить від цих параметрів, а саме:

- клас E1 призначений для перевірки гир класу E2 і нижчих класів;
- клас E2 призначений для перевірки гир класу F1 і зважування на вагах вищої точності 1 класу;
- клас F1 призначений для перевірки гир класу F2 і зважування на вагах 1 і 2 класів;

- клас F2 призначений для перевірки гир класу M1 і використання з вагами високої точності 2 класу;

- клас M1 призначений для перевірки гир класу M2 і застосування з вагами 3 класу;

- клас M2 призначений для перевірки гир класу M3 і зважування на вагах 3 класу;

- клас M3 призначений для використання з вагами середньої точності 3 класу;

- класи M1-2 і M2-3.

До цих класів M1-2 і M2-3 відносяться гирі низького класу масою від 50 до 5000 кг, призначені для використання з вагами середньої точності. При виборі класу точності гирі для перевірки ваг необхідно враховувати, що похибка гирі не повинна бути більше  $1/3$  похибки ваг.

У гирях типу E1 і E2, маса яких лежить в межах від 1 мг до 50 кг, не повинно бути порожнистими порожнини і вони повинні складатися з одного матеріалу. Гирі типу E2 з масою більшою 50 кг мають порожнину для підгонки. Ця порожнина повинна закриватися. Для цього використовуються пробки з різьбленням, зроблені з такого ж матеріалу, що і сама гиря.

У гир типу F від 1 г до 50 кг обсяг порожнини для підгонки повинен бути менше чверті обсягу самої гирі. Для закриття цієї порожнини використовується пробка з того ж матеріалу. Гирі такого типу з масою більше 50 кг можуть бути зібрані з частин, виготовлених з різного матеріалу. Підгінним порожнину в таких гирях не повинна бути більше однієї двадцятої обсягу всієї гирі.

У гирях класів M (1 - 10 г) не повинно бути порожнин, а у важчих гир (100 г-50 кг) повинна бути порожнину для підгонки. При цьому в неї не повинні потрапляти бруд і сміття, але вона повинна відкриватися для додаткового калібрування. Для гир такого типу, що мають прямокутну форму, підгінним порожнину може бути розташована в пустотілої ручці. Отвір має закриватися виконаної з латуні втулкою з різьбленням. Гирі масою

50 кг і більше можуть мати кілька підгінних порожнин. Обсяг цих порожнин повинен бути менше однієї десятої обсягу гирі.

Різні класи точності гир характеризуються відповідними похибками. При цьому різниця між номінальною масою гирі і її умовної масою не повинна перевищувати заданої похибки. Допустимі похибки для гирі певної маси і даного класу наводяться в спеціальній таблиці.

Форма гир може бути різна. У стандарті зазначено, що гирі масою менше 1 г виконуються у вигляді плоских багатокутників або фігур з дроту. Гирі в 5-50 кг мають форму циліндра, а гирі класу М - паралелепіпеда. Гирі великої маси можуть мати додаткові елементи кріплення. У стандарті наведені розміри для гир в формі циліндра і паралелепіпеда. Але дозволено застосовувати й інші форми гир. Головне, щоб вони мали просту форму і не мали гострих кутів і западин, де може накопичуватися бруд.

Для гир класу Е маркування повинно бути нанесена на кришці футляра. В крайньому випадку, така гиря може бути маркована по її поверхні, але це маркування не повинна погіршити якість поверхні гирі або її стабільність. Для відмінності гирі Е2 від Е1 на периферії її верхній поверхні може бути нанесена точка. На гирях типу F з масою більшою 1 г повинна бути вказана величина цієї маси. При цьому для класу F2 повинен бути зазначений клас літерою «F», а для класу F1 вказівки класу бути не повинно.

На прямокутних гирях класу M1, M2, M3 (5 - 5000 кг) повинна бути маркування із зазначенням номіналу. На гирях цих класів повинен бути вигравірувані індекси класу гирі. Гирі класів M1-2 і M2-3 повинні мати гравіювання класу і номіналу маси.

В процесі експлуатації гир вони повинні піддаватися метрологічного контролю. Цей контроль, як правило, здійснюється спеціальними уповноваженими або акредитованими органами. Метрологічний контроль включає калібрування та повірку гир. Після їх виконання видаються спеціальні свідоцтва. При проведенні калібрування і повірки гирі оцінюється так звана умовна маса гирі. Його значення не має виходити за межі

допустимих похибок. Вимірювання маси випробуваної гирі проводиться за допомогою ваг і еталонної гирі. При цьому повинні бути відомі метрологічні характеристики ваг, а еталон повинен мати більш високий клас точності, ніж випробувана гиря.

Перед вимірами необхідно перевірити стабільність навколишнього середовища. При цьому її показники повинні бути тим краще, чим вище клас перевіряється гирі.

Наприклад, для гирі M1 достатня стабільність температури в  $\pm 3$  ° C на годину, а для гирі E1 ця стабільність повинна бути не гірше  $\pm 0,3$  ° C в годину. Оцінка маси гирі проводиться за допомогою методу звірення. При цьому виробляється кілька циклів послідовних вимірювань мас гирі і еталона. Кількість цих циклів також залежить від класу точності гирі. По закінченню вимірів проводиться статистична обробка результатів, обчислюється математичне сподівання різниці між масами двох цих гир і визначається шукана маса гирі. При наявності різниці щільності матеріалу гир вводиться поправка на вплив сили, що виштовхує повітря. Після цього обчислюють ще ряд невизначеностей, пов'язаних з чутливістю терезів, впливом магнетизму, розташуванням гирі на платформі ваг. Остаточо оцінюється знаходження маси гирі в допустимих межах з урахуванням сумарної невизначеності і визначається приналежність досліджуваної гирі до даного класу.

У разі, якщо маса гирі виходить за допустимі межі, для неї здійснюють підгонку. Ця підгонка може включати додаткову шліфування поверхні гирі або добавку в порожнину свинцевого дробу.

При проведенні калібрування гир спочатку оцінюються щільність матеріалу гирі, її магнітні властивості і шорсткість поверхні. Потім в заданих межах зовнішнього середовища на компараторе маси з використанням еталону проводиться багаторазове циклічне вимір маси гирі. При цьому клас еталонної гирі повинен бути вище класу зразка.

Результати вимірювань обробляються статистично. Оцінюють математичне очікування величини маси гирі. З урахуванням впливу інших факторів визначають невизначеність вимірювань. Отримані результати порівнюють з паспортними значенням маси гирі. Якщо різниця отриманого та паспортного значень маси з урахуванням невизначеності не більш допустимої похибки, то така гиря повинна пройти тестування і на неї випикується відповідний сертифікат. Калібрування гирі призначена для визначення можливості використання цієї гирі для подальшого використання. На відміну від повірки, калібрування - необов'язкова операція. Вона може бути виконана метрологічною службою самого підприємства.

## **1.2 Компаратори для перевірки гир**

Компаратори маси призначені для визначення маси з високою точністю методом звірення. Компаратори маси застосовуються для механізації тваринницьких ферм гир, для визначення маси деталей, що вимагають високої точності виготовлення, маси дорогих матеріалів.

Компаратори маси використовуються в лабораторіях державних метрологічних служб, а також в лабораторіях метрологічних служб юридичних осіб.

Крім того, компаратори маси застосовуються в промисловості для вагового контролю високої точності, як, наприклад, при виготовленні деталей авіаційних двигунів внутрішнього згоряння або при виготовленні гир високої точності.

Електронний компаратор складається з механізму підйому і опускання поверяємої і еталонної гирі, ваговимірювального пристрою та електронного терміналу. Механізм підйому і опускання гирі забезпечує багаторазовий плавний підйом і опускання гирі на ваговимірювальний пристрій, одночасно захищаючи останній від випадкових ударів в момент установки поверяємої гирі або робочого еталона.



Flagma.ua

Рисунок 1.1 – Конструкція компаратора маси для гир більше 50кг

Ваговимірювальне пристрій виконаний на базі тензодатчиків високої роздільної здатності і працює з електронним терміналом, на якому відображаються результати вимірювань. Програма терміналу передбачає можливість вибору схеми вимірювання: пряме або компарірованное, програмування кількості зважувань від одного до десяти, а також, вимірює і вираховує середнє значення похибки, середньоквадратичне відхилення та

інші статистичні дані, необхідні для оформлення протоколу вимірювань, включаючи температуру навколишнього середовища, час, дату тощо.

Протокол вимірювань може друкуватися через термопринтер, або виводитися на комп'ютер, при цьому, спеціальна комп'ютерна програма дозволяє оформити протокол вимірювань згідно з вимогами ДСТУ. Компаратор виконаний у пересувному виконанні і його власна маса становить 140 кг, що дозволяє легко транспортувати його до Замовника і використовувати не тільки в умовах лабораторії.

### **1.3. Постановка задач**

Оскільки метою роботи є розробка керуючого модуля компаратором маси для гир 500кг 2 класу точності було розглянуто параметри такої гирі.

Гиря чавунна еталонна масою 500 кг, являє собою циліндр з двома ребордами. У корпус гирі залита труба, виступи якої призначені для захоплення гаками крана або тельфера. Труба служить в якості порожнини для підгонки гир по масі, шляхом приміщення в неї тарувального матеріалу. Один торець труби заварений заглушкою, а інший закритий кришкою на гвинтах і штифтах з кольорового металу, для нанесення на них повірного тавра. Призначені для перевірки ваг статичного зважування звичайного і середнього класу точності (автомобільні ваги).



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд еталонної гирі 500кг

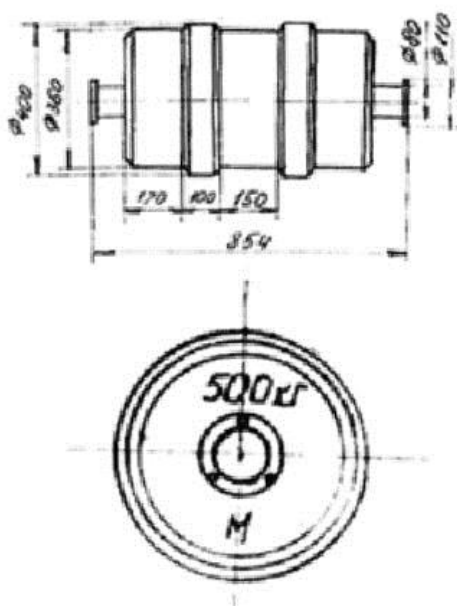


Рисунок 1.3 – Габаритні розміри гирі 500кг

Характеристики:

- номінальне значення маси, кг – 500;
- клас точності по OIMLR 111-1-2009 M1-2;
- межа допустимих відхилень при первинній (періодичної) повірці, г – 50;
- габаритні розміри, мм – 870x410;

- діапазон робочих температур, °С – від мінус 30 до плюс 50;
- середній термін служби, років – не менше 10.

Для забезпечення відповідності гирі 500 кг другому класу точності її маса не повинна відрізнятись від 500кг більше ніж на 50г, що відповідає 10000 дискретам. Оскільки статистичні вимірювання дають похибку згідно нормального закону розподілу з вірогідністю 0,97 в межах 3 середньоквадратичних відхилення точність компаратора маси повинна складати щонайменше 20г, а датчики повинні забезпечувати запас максимальної межі зважування не менше 20% відповідно маємо забезпечити що найменше 30000 дискретів АЦП. Виходячи з запасу на відхилення при вимірюваннях, що викликані впливом зовнішніх впливаючих факторів кількість дискретів треба збільшити у 10 разів – тобто забезпечити 300 тис. дискретів. Найближча розрядність АЦП для такої кількості дискретів 20, яка забезпечує 1048576 дискретів. Отже нам потрібно обирати АЦП з розрядністю не менше 20.

В кваліфікаційній роботі пропонується розробити електронний модуль керування компаратором маси з наступними характеристиками:

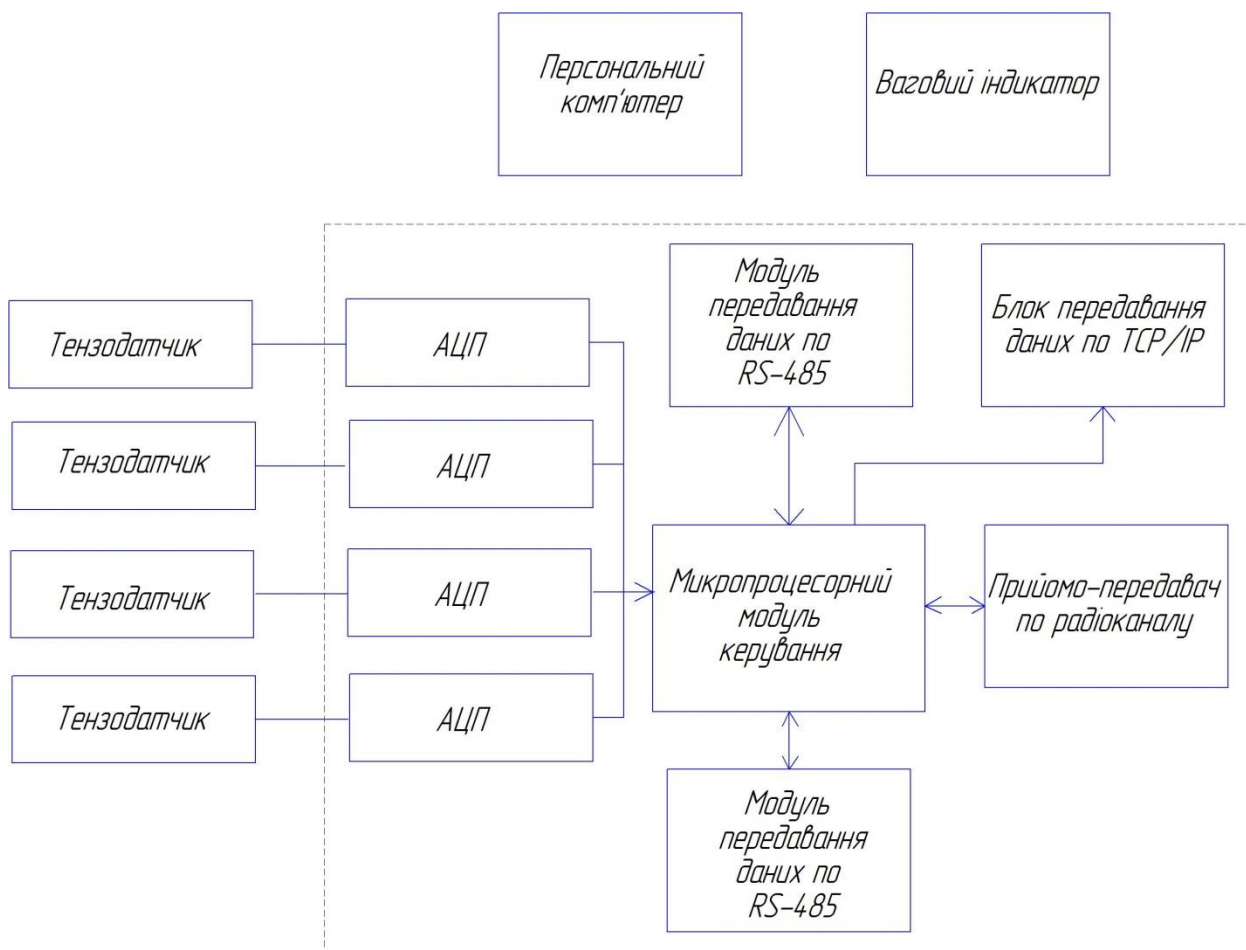
- реалізація 4х каналів для згладжування нерівномірності розташування гирі на платформі;
- наявність АЦП з розрядністю не нижче 20;
- можливість індикації отриманих значень на індикаторі компаратора або персональному комп'ютері;
- індикація символу стабілізації показань, фільтрація вібрацій (4 рівня);
- наявність управління часом компарування (діапазон стабільності, затримка появи символу стабільності);
- можливість калібрування зовнішнім вантажем з фіксованим номінальним значенням маси і можливість введення дійсного значення маси калібрувальної гирі;
- зміна одиниць вимірювання маси;

- забезпечення декількох типів зв'язку з індикатором або персональним комп'ютером (інтерфейс RS-232, RS-485, Ethernet та радіоканал);
- реалізувати стандартизований протокол передачі даних для можливості підключення готових вагових чотирьох канальних індикаторів.

## 2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ТА КОНСТРУКЦІЇ МОДУЛЮ

### 2.1 Розробка структурної схеми

На першому етапі проектування керуючого модулю було розроблено структурну схему (рис.2.1).



Головним елементом модуля є мікропроцесорний модуль на які приходять оцифровані сигнали від аналогово-цифрових перетворювачів до яких приєднано тензOMETричні датчики. Опитування датчиків проводиться 100 разів для забезпечення статистичного аналізу, розрахунку математичного очікування та середньоквадратичного відхилення. Це надає можливість провести багатократні вимірювання з метою зменшення випадкової похибки.

Після проведення циклу опитувань датчиків отримані результати чотирьох датчиків переводяться у вигляд який може сприймати ваговий термінал та передається по зручному каналу зв'язку.

Наявні 4 види зв'язку для кожного з яких виконано додаткова частина модулю:

- передавання даних по дротовому протоколу RS232 який підтримує більшість вагових терміналів;
- передавання даних по дротовому протоколу RS485, який часто використовується на виробничих підприємствах;
- передавання даних через локальну мережу (Ethernet), що зручно коли біля компаратора наявна розведена локальна мережа підприємства;
- передавання даних по радіоканалу без використання дротового з'єднання на відстань до 1км в залежності від перешкод між компаратором та комп'ютером або ваговим терміналом.

## 2.2 Вибір елементів та створення комутаційної схеми

Після розробки структурної схеми в кваліфікаційній роботі було обрано елементи модуля керування.

У якості мікропроцесорного модуля було обрано Arduino Nano (рис.2.1).

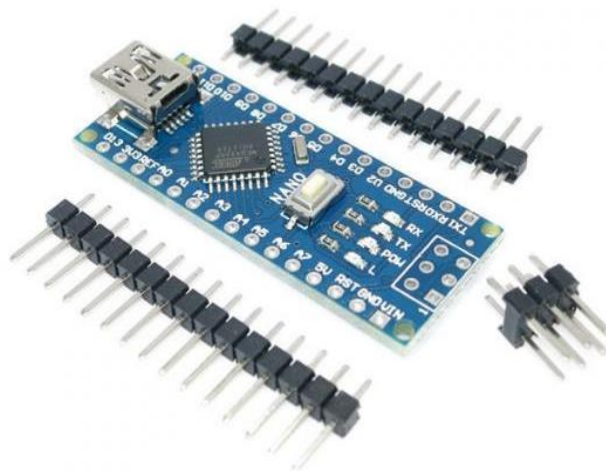


Рисунок 2.1 – Модуль Arduino Nano

Arduino Nano - це повнофункціональний мініатюрний пристрій на базі мікроконтролера ATmega328 (Arduino Nano 3.0) або ATmega168 (Arduino Nano 2.x), адаптоване для використання з макетної платі. За функціональністю пристрій схожий на Arduino Duemilanove, і відрізняється від нього розмірами, відсутністю роз'єму живлення, а також іншим типом (Mini-B) USB-кабелю. Arduino Nano розроблено і випускається фірмою Gravitech.

Характеристики:

- мікроконтролер – Atmel ATmega168 або ATmega328;
- робоча напруга (логічний рівень) –5В;
- напруга живлення (рекомендована) – 7-12В;
- напруга живлення (гранична) –6-20В;
- цифрові входи / виходи –14 (з яких 6 можуть використовуватися як ШІМ-виходи);
- аналогові входи – 8;
- максимальний струм одного виводу – 40 мА;
- flash-пам'ять – 16 КБ (ATmega168) або 32 КБ (ATmega328) з яких 2 КБ використовуються загрузчиком;
- SRAM – 1 КБ (ATmega168) або 2 КБ (ATmega328);
- EEPROM – 512 байт (ATmega168) або 1 КБ (ATmega328);
- тактова частота 16 МГц;
- розміри плати 1.85 см x 4.3 см.

Arduino Nano може бути запитан через кабель Mini-B USB, від зовнішнього джерела живлення з нестабілізованою напругою 6-20В (через вивод 30) або зі стабілізованою напругою 5В (через висновок 27). Пристрій автоматично вибирає джерело живлення з найбільшим напругою.

Напруга на мікросхему FTDI FT232RL подається тільки в разі харчування Arduino Nano через USB. Тому при харчуванні пристрою від інших зовнішніх джерел (НЕ USB), вихід 3.3В (формований мікросхемою

FTDI) буде неактивний, в результаті чого світлодіоди RX і TX можуть мерехтіти при наявності високого рівня сигналу на висновках 0 і 1.

З використанням функцій `pinMode ()`, `digitalWrite ()` і `digitalRead ()` кожен з 14 цифрових висновків Arduino Nano може працювати в якості входу або виходу. Робоча напруга висновків - 5В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один висновок, становить 40 мА. Всі висновки пов'язані з внутрішніми підтягуються резисторами (за замовчуванням відключеними) номіналом 20-50 кОм. Крім основних, деякі висновки Ардуіно можуть виконувати додаткові функції:

Послідовний інтерфейс: висновки 0 (RX) і 1 (TX). Використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних по послідовному інтерфейсу. Ці висновки з'єднані з відповідними висновками мікросхеми-перетворювача USB-UART від FTDI.

Зовнішні переривання: висновки 2 і 3. Дані висновки можуть бути налаштовані в якості джерел переривань, що виникають при різних умовах: при низькому рівні сигналу, по фронту, по спаду або при зміні сигналу. Для отримання додаткової інформації див. Функцію `attachInterrupt ()`.

ШІМ: висновки 3, 5, 6, 9, 10 і 11. За допомогою функції `analogWrite ()` можуть виводити 8-бітові аналогові значення в вигляді ШІМ-сигналу.

Інтерфейс SPI: висновки 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Дані висновки дозволяють здійснювати зв'язок по інтерфейсу SPI. У пристрої реалізована апаратна підтримка SPI, проте на даний момент мова Ардуіно поки її не підтримує.

Світлодіод: висновок 13. Вбудований світлодіод, приєднаний до цифрового висновку 13. При відправці значення HIGH світлодіод включається, при відправці LOW - вимикається.

В Arduino Ethernet є 8 аналогових входів, кожен з яких може уявити аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значення). За замовчуванням, вимір напруги здійснюється щодо діапазону від 0 до 5 В. Проте, верхню межу цього діапазону можна змінити, використовуючи

висновок AREF і функцію `analogReference()`. Крім цього, деякі з висновків мають додаткові функції:

I2C: висновки 4 (SDA) і 5 (SCL). З використанням бібліотеки `Wire` (документація на веб-сайті `Wiring`) дані висновки можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу I2C (TWI).

Крім перерахованих на платі існує ще кілька висновків:

AREF. Опорна напруга для аналогових входів. Може бути задіяний функцією `analogReference()`.

Reset. Формування низького рівня (LOW) на цьому висновку призведе до перезавантаження мікроконтролера. Зазвичай цей висновок служить для функціонування кнопки скидання на платах розширення

У якості АЦП було обрано готовий модуль з АЦП 24 біта, що може зв'язуватися з мікроконтролером за допомогою послідовної шини двома проводами DT та SCK.

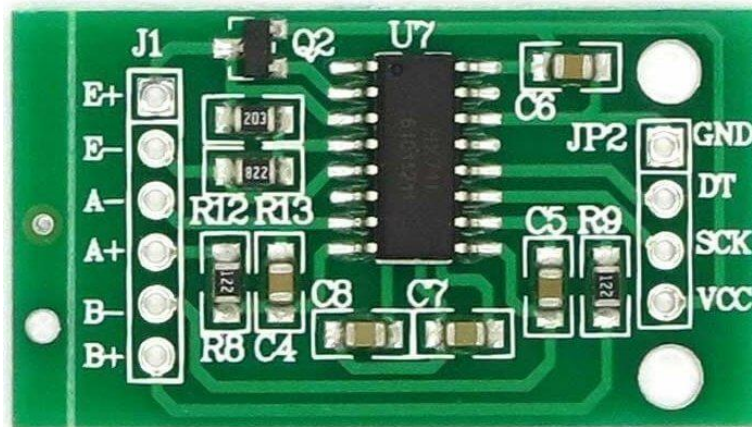


Рисунок 2.3 – Модуль АЦП HX711

24-біт АЦП HX711 для тензодатчиків, ваг, Arduino може використовуватися в нескладних проектах на мікроконтролерах, де потрібно точно знімати показання з тензодатчиків. Практичне застосування: створення побутових ваг, вимір сили на сервоприводах в 3D принтерах.

АЦП НХ711 поставляється в розібраному вигляді: штирові роз'єми 2,54 мм не припаяні до плати. Якщо є потреба в штирьових роз'ємах, їх потрібно з'єднати з платою за допомогою пайки. Якщо такої потреби немає, можна монтувати лінії зв'язку прямо до клем. Потім потрібно підключити АЦП НХ711 до тензодатчиків (бруківка схема), до Arduino контролера (іншому керуючому мікропроцесорній пристрою) і подати харчування.

АЦП НХ711 має два роз'єми для підключення до тензодатчиків, для підключення до контролера і для подачі живлення:

- роз'єм, позначений на платі J1, використовується для підключення тензодатчиків. Позначення контактів: E +, E- (харчування тензодатчиків); A-, A + (канал А); B-, B + (канал В);

- роз'єм, позначений на платі JP2, використовується для підключення до контролера і для подачі живлення. Позначення контактів: VCC (напруга живлення), GND (загальний контакт), DT (дані), SCK (частота) - інтерфейс ІС (І2С).

Канал А може бути запрограмований на коефіцієнт посилення 64 або 128 (в залежності від партії), канал В має фіксований коефіцієнт посилення 32.

АЦП НХ711 може харчуватися як від Arduino контролера (іншого мікропроцесорного керуючого пристрою), так і від зовнішнього джерела живлення. Напруга живлення 2,6 - 5,5 вольт постійного струму.

Для організації протоколу зв'язку RS232 було використано мікросхему MAX232.

MAX232 2/2-канальний приймально-передавач стандарту EIA / TIA-232-E (він же RS-232).

Характеристики:

- 2 канали передачі TTL / RS232;
- 2 канали прийому RS232 / TTL;
- рівні сумісні з TTL / КМОП;
- вхідні рівні RS232: до  $\pm 30\text{В}$ ;

- живлення однополярне: + 5В;
- експлуатаційна температура: 0 .. + 70°C;
- безсвинцева технологія (Pb free).

MAX232 - інтегральна схема, яка перетворює сигнали послідовного порту RS-232 в сигнали, придатні для використання в цифрових схемах на базі ТТЛ або КМОП технологій. MAX232 працює приймач і перетворює сигнали RX, TX, CTS і RTS.

Мікросхема MAX232 забезпечує рівень вихідної напруги, що використовується в RS-232 (приблизно  $\pm 7.5\text{В}$ ), перетворюючи вхідна напруга +5 В за допомогою схеми на перемикаються зовнішніх конденсаторах. Це спрощує реалізацію RS-232 в пристроях, що працюють при напрузі живлення +5 В, так як не потрібно ускладнювати джерело живлення лише для того, щоб використовувати RS-232.

Вхідна напруга від RS-232, яке може досягати  $\pm 30\text{В}$ , знижується до стандартних 5 В, використовуваних в транзисторних-транзисторної логіки. Входи мають середній поріг 1.3 В і середній гистерезис 0.5 В.

Коли мікросхема MAX232 отримує на вхід логічний "0" від ТТЛ, вона перетворює його в напругу від +5 до +15 В, а коли отримує логічну "1" - перетворює її в напругу від -5 до -15В, і за тим же принципом виконує зворотні перетворення від RS-232 до ТТЛ. Така "інверсія" рівнів зумовило стандартом RS-232.

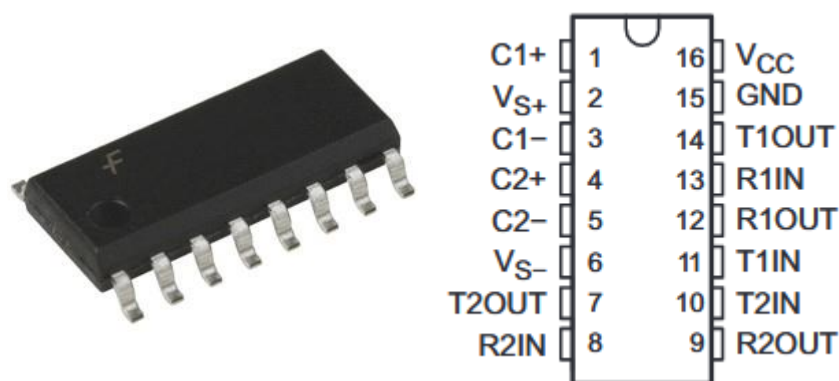


Рисунок 2.4 – Мікросхема MAX232

Для забезпечення протоколу зв'язку RS485 було обрано готовий модуль на базі мікросхеми MAX485.

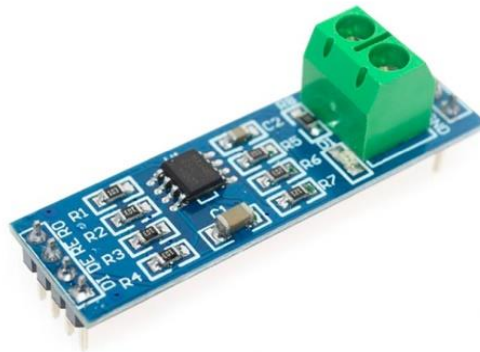


Рисунок 2.5 – Модуль перетворення для протоколу RS485

RS485 - це протокол асинхронного послідовного зв'язку, який не вимагає тактового сигналу, по суті це предок протоколи RS232. Максимальна відстань для передачі даних становить 1200 метрів, звичайно її можна збільшити за допомогою спеціальних підсилювачів. Але при великих відстанях швидкість передачі буде близько 60 кб / с. Як лінії використовується кручена пара (два дроти скручені один з одним).

Так само, до однієї лінії можна підключити до 32 пристроїв.

Технічні характеристики модуля:

- робоча напруга: 5 В;
- струм: <10 мА;
- струм споживання в режимі очікування: <5 мА;
- частота передачі даних: <2,5 Мбіт / с;
- габарити: 44x14x20 мм

Модуль зібраний на невелику плату, розміри якого всього 44 мм x 20 мм, основна мікросхема це MAX485, яка перетворює сигнал TTL (необхідний для Arduino) в стандарт RS485 і назад. Так само, крім мікросхеми MAX485 на модулі встановлена мінімальна електрична обв'язка.

Перемикання модуля на прийом і передачу здійснюється за допомогою висновків DE і RE. Якщо їх замкнути між собою і підключити до будь-якого

цифрового висновку arduino, то подавши на нього «1» модуль буде працювати тільки на передачу, а подавши «0», тільки на прийом.

Для організації комутації по локальній мережі було обрано модуль ENC28J60.

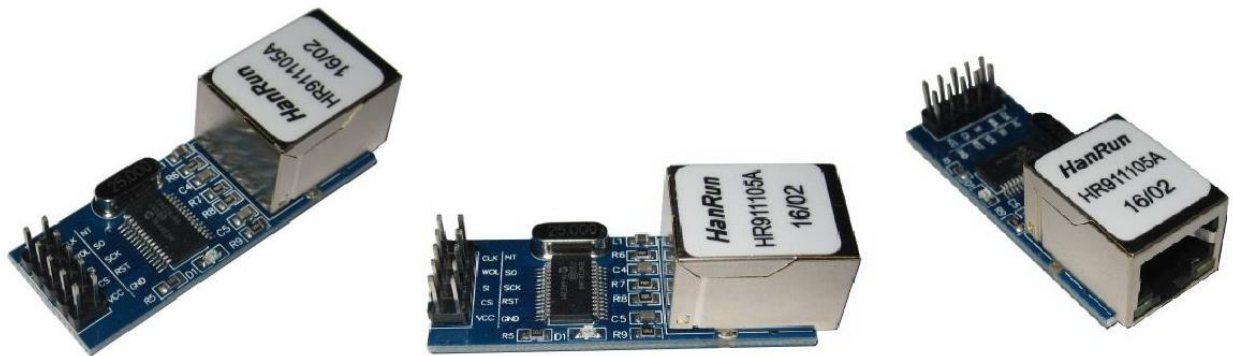


Рисунок 2.6 – Комутаційний модуль ENC28J60

Основні характеристики модуля ENC28J60.

- сумісність з Ethernet мережами 10/100/1000 Base-T. Швидкість передачі даних 10 Мбіт / сек, реалізація TCP / IP стека;
- інтерфейс зв'язку з мікро контролером - SPI, частота до 20 мГц;
- напруга живлення 3,1 - 3,6 В. Типове 3,3 В.

Інтерфейсні входи модуля дозволяють безпосереднє підключення до сигналів з 5 вольтовими рівнями. Максимально-допустима напруга на входах інтерфейсу SPI - 6 В. О пів на статей про підключення ENC28J60 до Ардуіно написано, що необхідно підключати вхідні сигнали через погоджують резисторні подільники. Це не так. Сумнівається можуть подивитися документацію на мікросхему ENC28J60.

Струм споживання від джерела живлення 3,3 В:

- в момент передачі може досягати 180 мА;
- в активному стані, але без передачі 120 мА;
- в режимі очікування (сигнал CS в неактивному рівні) не більше 2 мА.

У модулі забезпечується гальванічна розв'язка від лінії зв'язку.

Для організації зв'язку за допомогою радіоканалу було обрано модуль NRF24L01.



Рисунок 2.7 – Прийомо-передавач NRF24L01

Модулі nRF24L01 працюють в напівдуплексному режимі. Це як розмова по радіо: кожен з кореспондентів в один момент часу або говорить, або слухає. Тобто, кожен з двох вузлів працює в режимі і приймача і передавача: передавач, відправивши повідомлення чекає на підтвердження прийому повідомлення з боку приймача.

Характеристики модуля:

- напруга живлення: 3В -3.6В;
- струм при потужності 0dBm: 45 мА;
- струм при передачі 2 Мбіт: 115 мА;
- максимальна вихідна потужність: + 20dBm;
- частота: 2.4 ГГц;
- коефіцієнт підсилення антени (макс.): 2dBi;
- швидкість передачі: 2МВ (відкритий простір): 520 м;
- швидкість передачі: 1МВ (відкритий простір): 750 м;
- швидкість передачі: 250Kb (відкритий простір): 1000 м;
- розміри: 46мм x 17мм x 12мм (довжина антени 115 мм);

Інтерфейс: SPI.В NRF24L01 + PA + LNA встановлений роз'єм SMA із зовнішньою антеною. Реальну різницю з NRF24L01 заключається в тому, що NRF24L01 + PA + LNA оснащений спеціальним чіпом RFAxisRFX2401C (в

корпусі QFN), який об'єднує схеми комутації PA і LNA (передачі і прийому). Ця мікросхема разом з антеною збільшує дальність роботи модуля і дозволяє досягти відстані передачі до 1 км.

Для підключення NRF24L01 і NRF24L01 + PA + LNAк Arduino використовується інтерфейс SPI. Призначення кожного контакту представлено на малюнку 1.6на прикладі NRF24L01. Терморегулятори для обох модулів збігається.

Виводи CSN і CE можуть бути підключені до будь-якого цифрового виводу на Arduino, в даному випадку вони підключені до цифрових висновків 9 і 10. Решта контактів використовуються для зв'язку SPI. На Arduino контакти 13 (SCK), 12 (MISO) і 11 (MOSI).

Для забезпечення стабілізованого живлення модулю при підключенні к Arduino використовується адаптер (рис.2.8).



Рисунок 2.8 – Адаптер модулів NRF24L01

Оскільки для повноцінної роботи компаратору маси необхідно використання персонального комп'ютера або вагового терміналу було обрано ваговий термінал ВІС ВП-01 для якого потім проаналізовано протоколи передавання даних з метою написання програмного забезпечення мікроконтролеру.



Рисунок 2.9 – Ваговий термінал ВІС ВП-01

Даний ваговий термінал має можливість працювати з оцифрованими сигналами датчиків (до 8 штук) по протоколам Zenic та HDM.

ВП-01М призначений для роботи в складі ваг автомобільних і вагонних, встановлених на аналогові тензOMETричні датчики (далі ТД), з видачею результатів зважування на цифрову індикацію.

Напряга живлення терміналу:

- від мережі: ~ 220В ( $\pm 10\%$ ) 50Гц ( $\pm 1$ Гц);
- від вбудованого акумулятора 6В / 4Ач;

Робочий температурний діапазон: від +5 до + 40 ° С.

Габаритні розміри: 235 \* 235 \* 155 мм.

Маса терміналу: 3,0 кг.

Наступним етапом було створення схеми (рис.2.10).

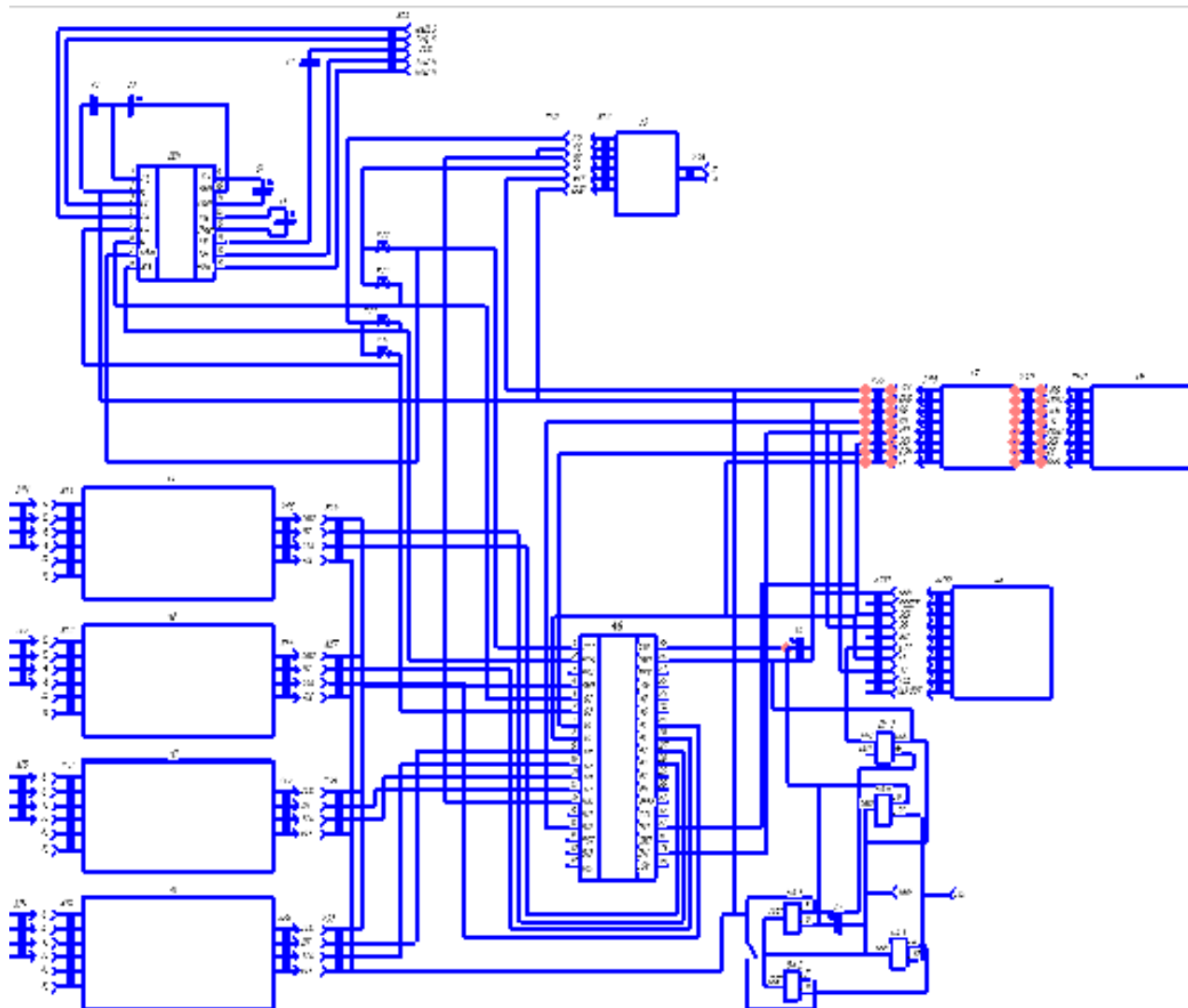


Рисунок 2.10 – Схема модулю керування компаратором маси

### 2.3 Розробка конструкції модулю

Після вибору елементів та розробки схеми в кваліфікаційній роботі було розроблено конструкцію модулю керування. Розроблена друкована плата була розроблена в програмі Sprint Layout.

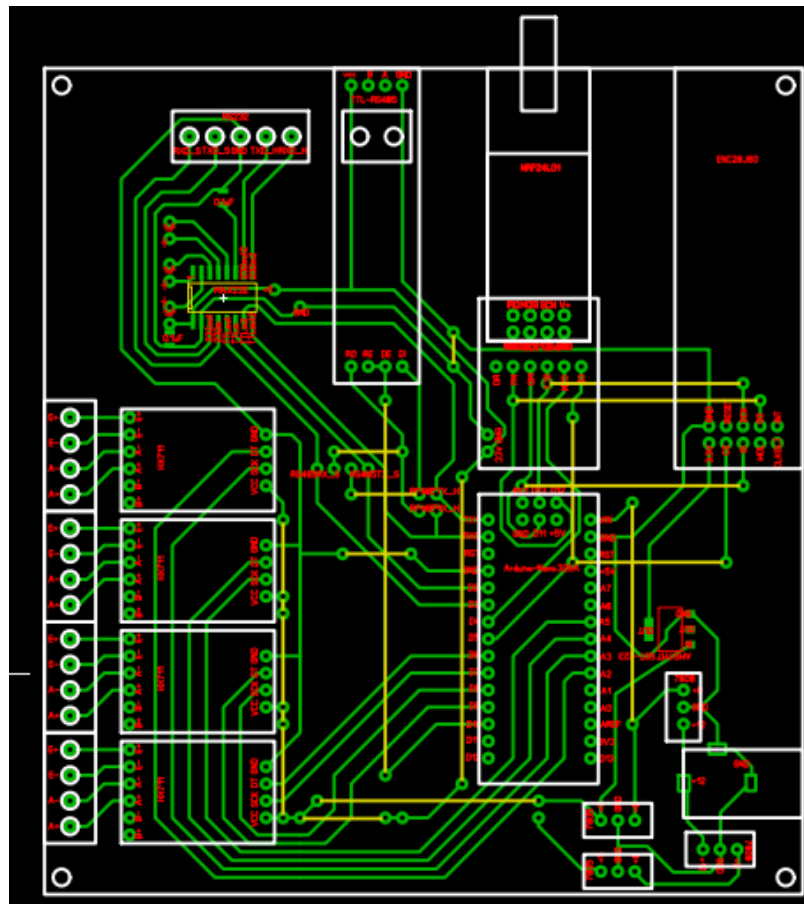


Рисунок 2.11 – Друкована плата розроблена в програмі Sprint Layout

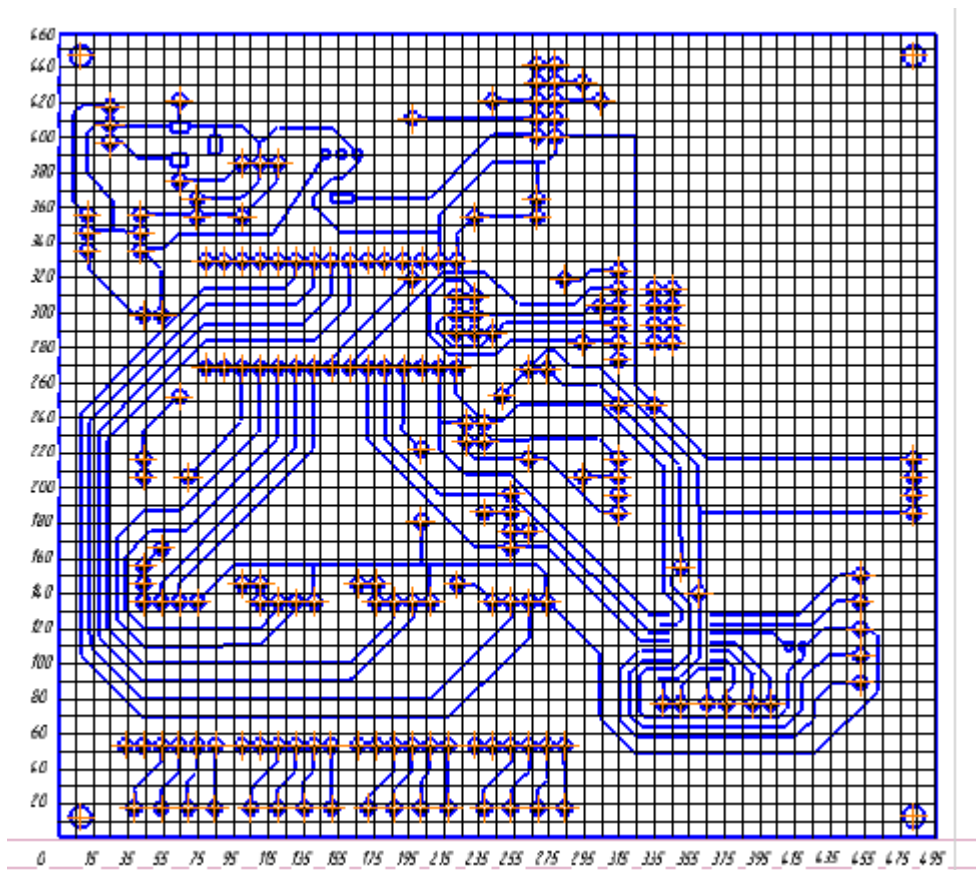


Рисунок 2.12 – Перший варіант розробленої друкованої плати

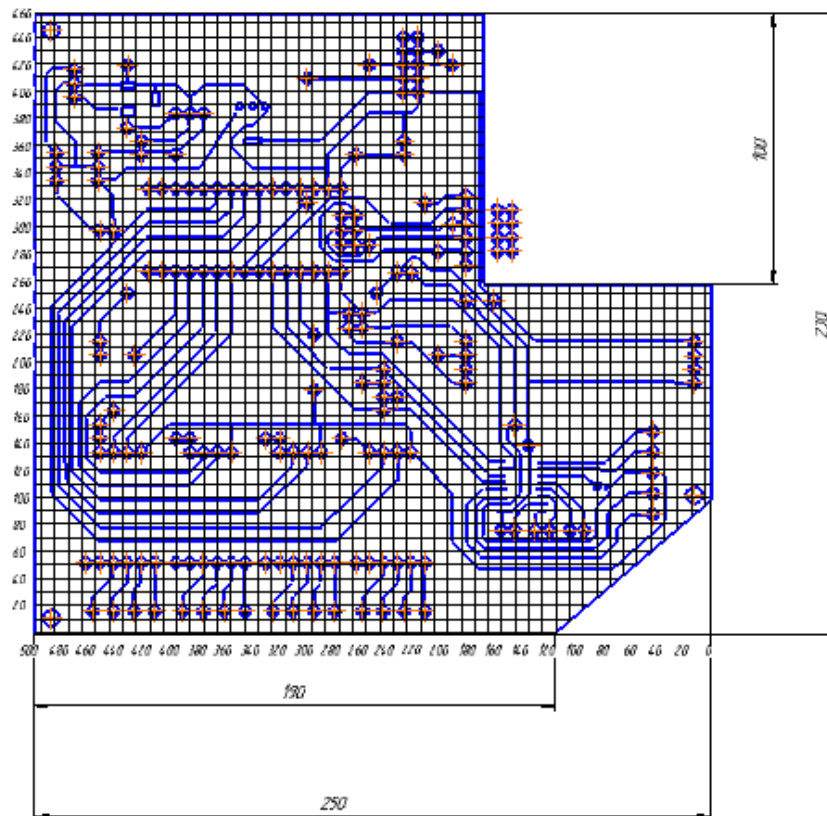


Рисунок 2.13 – Кінцевий варіант розробленої друкованої плати

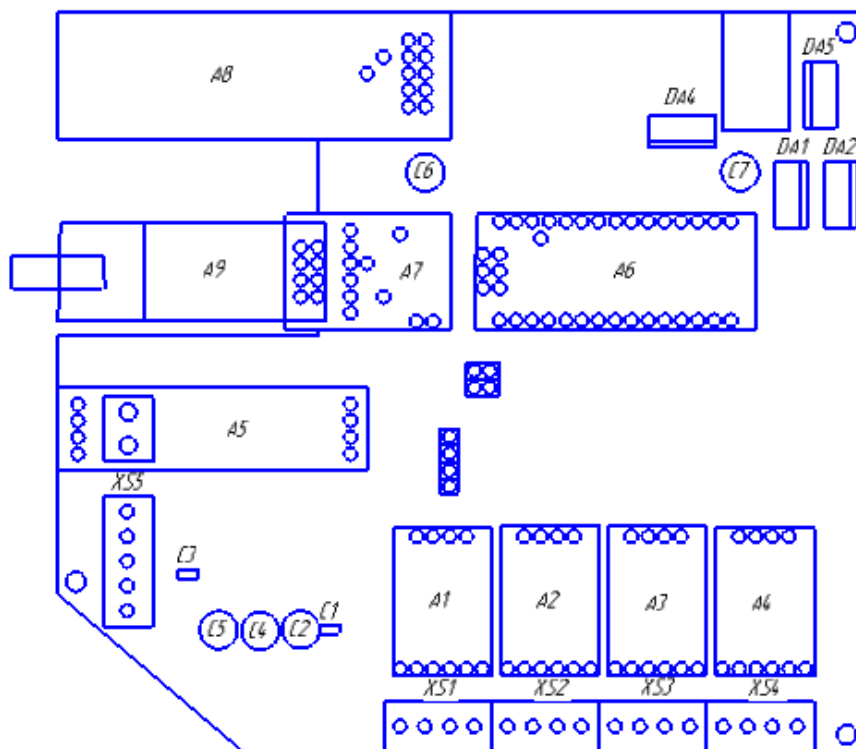


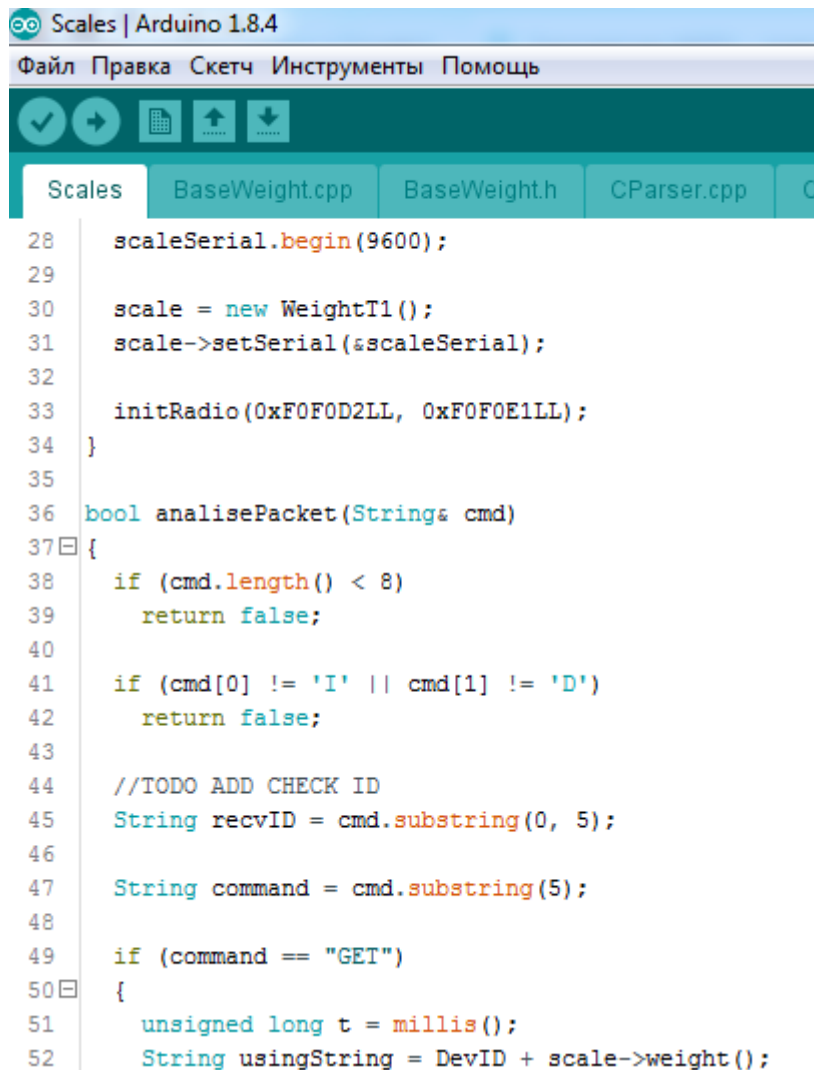
Рисунок 2.14 – Розроблена плата з розташованими на ній елементами

На платі зроблено зріз кута оскільки в цій області немає провідників, а також проріз прямокутної форми для того щоб забезпечити підключення прийомо-передавача та адаптера живлення через роземи.

### 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Останнім етапом розробки модуля керування компаратором маси було написання програмного забезпечення для мікроконтролера.

Програма була написана на мові С у безкоштовній середі розробки Arduino IDE.



```

28   scaleSerial.begin(9600);
29
30   scale = new WeightT1();
31   scale->setSerial(&scaleSerial);
32
33   initRadio(0xF0F0D2LL, 0xF0F0E1LL);
34 }
35
36 bool analysePacket(String& cmd)
37 {
38   if (cmd.length() < 8)
39     return false;
40
41   if (cmd[0] != 'I' || cmd[1] != 'D')
42     return false;
43
44   //TODO ADD CHECK ID
45   String recvID = cmd.substring(0, 5);
46
47   String command = cmd.substring(5);
48
49   if (command == "GET")
50   {
51     unsigned long t = millis();
52     String usingString = DevID + scale->weight();

```

Рисунок 3.1 – Написання та від лагодження програми у середовищі Arduino IDE

Для роботи з підключеними до модуля керування компаратором маси елементами та компонентами були використані бібліотеки:

- <HX711.h> для АЦП HX711;
- <SPI.h>, <UIPEthernet.h> для ENC28J60;

- <SPI.h>, <RF24.h>, <nRF24L01.h> для NRF24L01;
- мікросхема MAX232 та модуль TTL-RS485 не потребують додаткових бібліотек для роботи.

Передавання даних за допомогою протоколів RS232 та RS485 не представляє інтересу оскільки для цього використовуються вбудовані в середу розробки команди `Serial.print()` для пересилання `Serial.read()` для приймання даних.

Отже найскладнішим елементом для передавання даних через модуль ENC28J60.

Підключення модуля ENC28J60 до Ардуіно.

Для живлення модуля необхідне джерело напруги 3,3 В. Така напруга є на платі Arduino UNO. Тому я вирішив підключити модуль до неї. Для інших плат довелося б додавати стабілізатор напруги 3,3 В.

Таблиця 3.1 – Призначення контактів модуля ENC28J60.

Контакт	Позначення	Напрямок	Призначення
1	CLK	вихід	Вихід тактового сигналу
2	INT	вихід	Сигнал переривання
3	WOL	-	Зарезервовано
4	SO	вихід	Сигнал SO інтерфейсу SPI
5	SI	вхід	Сигнал SI інтерфейсу SPI
6	SCK	вхід	Сигнал SCK інтерфейсу SPI
7	CS	вхід	Сигнал CS інтерфейсу SPI (вибір контролера)
8	RST	вхід	Скидання
9	VCC	-	Живлення модуля 3,3 В 180 мА
10	GND	-	Загальний вивід

У характеристиках на плату Arduino зазначено, що струм споживання на виведенні 3,3 В повинен бути не більше 50 мА. А нам необхідно 180 мА. Але на моїй платі Arduino як стабілізатор 3,3 В використовується мікросхема XC6206P332MR. На платі це корпус SOT-23 з позначенням 662K. Допустимий вихідний струм для цього стабілізатора 200 мА. Тобто модуль можна сміливо жити від Arduino.

Для управління модулем ми будемо використовувати апаратний інтерфейс SPI мікроконтролера.

Таблиця 3.2 – З'єднання виводів плати Arduino і модуля ENC28J60 виглядає так.

Плата Arduino UNO	Модуль ENC28J60	
Вивід	№ виводу	Позначення
12	4	SO
11	5	SI
13	6	SCK
10	7	CS
RES	8	RST
3.3 V	9	VCC
GND	10	GND

Існує кілька Ардуіно-бібліотек для управління модулем ENC28J60. Нами було обрано бібліотеку UIPEthernet.

Переваги даної бібліотеки:

- бібліотека володіє найширшими функціональними можливостями;
- працює надійно.

Інтерфейс програмування (API) бібліотеки повністю сумісний з широко поширеною бібліотекою Ethernet, яка використовується спільно з модулем

W5100. Тобто все сказане в цьому уроці може бути застосовано для модуля W5100 і бібліотеки Ethernet.

До недоліків бібліотеки UIPEthernet можна віднести великий обсяг коду. Але це плата за функціональність.

Існують наступні класи бібліотеки UIPEthernet і відповідні їм функції.

Клас Ethernet ініціює бібліотеку та налаштування для роботи з мережею Ethernet та включає методи:

- begin();
- subnetMask();
- dnsServerIP();
- localIP();
- gatewayIP();
- maintain();
- IPAddress().

Клас Server – застосовується для створення та роботи з серверами. Має наступні методи:

- available();
- print();
- EthernetServer();
- write();
- println().

Клас Client – використовується для створення та роботи з клієнтами.

Методи класу:

- write();
- read();
- EthernetClient();
- print();
- peek();
- println();
- flush();

- connected();
- available();
- stop();
- connect();

Клас EthernetUDP – підтримує UDP протокол. Клас має наступні методи:

- begin();
- beginPacket();
- stop();
- read();
- endPacket();
- remoteIP();
- peek();
- parsePacket();
- remotePort();
- write();
- available();
- flush().

Блок програми перевірки роботи модуля ENC28J60

```
#include <SPI.h>
#include <UIPEthernet.h>
// визначаємо конфігурацію мережі
byte mac[] = {0xAE, 0xB2, 0x26, 0xE4, 0x4A, 0x5C}; // MAC-адрес
byte ip[] = {192, 168, 1, 10}; // IP-адрес
byte myDns[] = {192, 168, 1, 1}; // адрес DNS-сервера
byte gateway[] = {192, 168, 1, 1}; // адрес мережевого шлюза
byte subnet[] = {255, 255, 255, 0}; // маска підмережі
EthernetServer server(2000); // створюємо сервер, порт 2000
EthernetClient client; // створюємо об'єкт клієнт
boolean clientAlreadyConnected= false; // признак, що клієнт вже підключений
void setup() {
  Ethernet.begin(mac, ip, myDns, gateway, subnet); // ініціалізація контролера
  server.begin(); // включаємо очікування входячих з'єднань
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Server address:");
  Serial.println(Ethernet.localIP()); // виводимо IP-адрес контролера
}
```

```
void loop() {  
  client = server.available(); // очікуємо об'єкт клієнт  
  if (client) {  
    // є данні від клієнта  
    if (clientAlreadyConnected == false) {  
      // повідомлення про підключення  
      Serial.println("Client connected");  
      client.println("Server ready"); // відповідь клієнту  
      clientAlreadyConnected= true;  
    }  
    while(client.available() > 0) {  
      char chr = client.read(); // читання символу  
      server.write(chr); // передача клієнту  
      Serial.write(chr);  
    }  
  }  
}
```

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі бакалавра було розроблено модуль керування компаратором маси для перевірки гир 500кг 2го класу точності допустимим відхиленням (до 50г).

Розроблений модуль:

- забезпечує точність вимірювання до 5г завдяки використанню АЦП з розрядністю 24 біта замість мінімальних 20;

- забезпечує вирівнювання похибки показань вимірювань пов'язаних з можливою нерівномірністю розташування гирі в компараторі за рахунок використання 4 АЦП;

- забезпечує можливість передавання даних та отримання команд на персональний комп'ютер за допомогою 4 апаратних видів зв'язку включаючи один бездротовий;

- забезпечує можливість роботи з стандартизованими ваговими термінали (що сприймають протокол Zemic або НВМ)

- забезпечує можливість калібрування з вагового терміналу та ПК;

- має невелику вартість завдяки використанню стандартизованих недорогих компонентів та елементів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Антонов П.А. Весы: типы и применение. – М.: Точмашприбор, 1998. – 254 с.
2. Берестов. П.С. Весоизмерительное оборудование в складской логистике. – М.: Дело, 2004. – 134 с.
3. Кемени Т. Новейшие достижения в весостроении // Измерение, контроль, автоматизация. – 2001. – №5. – С. 28–35.
4. Пипуныров В.Н. История весов и весовой промышленности в сравнительно-историческом освещении. – М: АСТ, 1995. – 265 с.
5. Сенянский М.В. Как выбрать хорошие автомобильные весы // Агрофорум. – 2008. – №150 (спецвыпуск). – С. 10–12.
6. Топорков А.А. Применение весоизмерительного оборудования на железнодорожных станциях. – Орел: Ермак, 2001. – 98 с.
7. Весоизмерительное оборудование: Справочник / Н.А. Лот – В ков, А.И. Полухи. – 2 – е изд., перераб. и доп. – М. – Агропромиздат., 1989. – 240с.: ил
8. Смирнова В.Ф. «ОПТ уч. Пособие для ВУЗ».
9. Смирнова В.Ф. «Электр. обор. Предприятий торговли» 2008г.
10. 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы [Текст] – Введ. 1990–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1978. – 57 с. : ил.
11. ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность защитное заземление, зануление [Текст] – Введ. 1981–09–01. – М.: Система стандартов безопасности труда, 1979. – 58 с. : ил.
12. ГОСТ 12.1.005 – 88 Общие санитарно- гигиенические нормы к воздуху рабочей зоны [Текст] – Введ. 1989–01–01. – М.: Система стандартов безопасности труда, 1988. – 50 с. : ил.
13. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования [Текст] – Введ. 1992–07–01. – М.: Межгосударственный стандарт, 1991. – 72с. ил.

14. ДСТУ 3891-99 Безпека у надзвичайних ситуаціях [Текст] – Введ. 1992–07–01. – К.: Державний Стандарт України, 1999. – 22 с. :

## ДОДАТОК А – ТЕКСТ ПРОГРАМИ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО МОДУЛЯ

```

// -- подключение библиотек для ENC28J60 Ethernet
#include <SPI.h>
#include <UIPEthernet.h>
EthernetServer server(2000); // создаем сервер, порт 2000
EthernetClient client; // объект клиент

// -- подключение библиотек для nRF24L01
#include <SerialFlow.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <RF24_config.h>
#define CE_PIN 5
#define CSN_PIN 4
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

// -- подключение библиотеки EEPROM
#include <avr/eeprom.h>

// -- подключение библиотеки АЦП
#include <HX711.h>
HX711 loadCell;
#define DT A2
#define CLK A3

// -- подключение библиотеки для создания программного юарта порты 2 и 3
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(2, 3);
// -- объявляем переменные
byte mac[] = { };
byte ip[] = { };
byte myDns[] = { };
byte gateway[] = { };
byte subnet[] = { };
byte ConTypeRead, setChannelRead, speedRFRead, mySerialSpeedRead, SerialSpeedRead;

void ReadSettingEEPROM() { // считывание данных с EEPROM

  ConTypeRead = eeprom_read_byte(0);
  for(int i = 1, n = 0; i < 7; i++, n++){
    mac[n] = eeprom_read_byte(i); // MAC-адрес
  }
  for(int i = 7, n = 0; i < 12; i++, n++){
    ip[n] = eeprom_read_byte(i); // IP-адрес
  }
  for(int i = 12, n = 0; i < 17; i++, n++){
    myDns[n] = eeprom_read_byte(i); // адрес DNS-сервера
  }
  for(int i = 17, n = 0; i < 22; i++, n++){
    gateway[n] = eeprom_read_byte(i); // адрес сетевого шлюза
  }
  for(int i = 22, n = 0; i < 27; i++, n++){
    subnet[n] = eeprom_read_byte(i); // маска подсети
  }
  setChannelRead = eeprom_read_byte(27);
  speedRFRead = eeprom_read_byte(28);
  mySerialSpeedRead = eeprom_read_byte(29);
  SerialSpeedRead = eeprom_read_byte(30);
}

```

```

}

void initDevices(){
  mySerial.begin(mySerialSpeedRead); // инициализация периферийный
  Serial.begin(SerialSpeedRead);
  radio.begin();
  server.begin();
  Ethernet.begin(mac, ip, myDns, gateway, subnet); // инициализация контроллера
  radio.setChannel(setChannelRead); // Указываем канал передачи данных (от 0 до 127)
  radio.setDataRate (RF24_1MBPS); // Указываем скорость передачи данных
  radio.setPALevel (RF24_PA_HIGH); // Указываем мощность передатчика
  radio.openWritingPipe (0x1234567890LL); // Открываем трубу с идентификатором
}

void initloadCell(){ // инициализация АЦП
  loadCell.begin(DT, CLK);
  loadCell.set_scale(5895655);
  loadCell.set_offset(50682624);
}

void ReadSettingPC(){ // считывание данных с ПК
  if(Serial.available() > 0 || mySerial.available() > 0){
    if(Serial.available() > 0){
      ConTypeRead = Serial.parseInt();
    }
    if(mySerial.available() > 0){
      ConTypeRead = mySerial.parseInt();
    }
  }
}

void setup() {
  ReadSettingEEPROM(); // инициализация микроконтроллера
  initDevices();
  initloadCell();
}

void loop() {
  ReadSettingPC(); // считываем настройки с ПК
  if(ConTypeRead == 1){ // выбор режима работы
    Serial.write(loadCell.weight);
  }
  else if(ConTypeRead == 2){
    mySerial.write(loadcell.weight);
  }
  else if(ConTypeRead == 3){
    server.write(loadcell.weight);
  }
  else if(ConTypeRead == 4){
    radio.write(&loadcell.weight, sizeof(loadcell.weight));
  }
  else{
    ConTypeRead = 1;
  }
}

```

## **ДОДАТОК Б – ПРЕЗЕНТАЦІЯ**