

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ваги
малогабаритних посилок**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-4
напряму Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Опанащук Валерій Миколайович

(прізвище та ініціали)

Керівник д.е.н., к.т.н., проф.кафедри
ІВТ Пількевич І.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____.

(прізвище та ініціали)

Житомир 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

«4» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент Опанашук Валерій Миколайович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ваги
малогабаритних посилок

Затверджена Наказом по університету від «4» квітня 2025 р. № 131/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «11» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи включення/виключення системи, вивід виміряних
значень ваги на дисплей, підсвічування платформи, розрахунок точності та
надійності системи вимірювання ваги

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)
технічне завдання, опис існуючих систем вимірювання ваги малогабаритних
посилок, розробка структурної та принципової схеми, розробка алгоритму
та програми, розробка друкованої плати

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

Структурна схема, принципова схема, алгоритм, друкована плата

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-7	Пількевич І.А.		

7. Дата видачі завдання 4 квітня 2025 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір теми та складання змісту	4.04.2025-30.04.2025	
2	Опис та аналіз існуючих системами вимірювання ваги	2.05.2025-11.05.2025	
3	Опис технічного завдання	14.05.2025-20.05.2025	
4	Обґрунтування складових системи	22.05.2025-24.05.2025	
5	Розробка структурної та принципової схем системи	25.05.2025-02.06.2025	
6	Розрахунок надійності та точності системи	03.06.2025-04.06.2025	
7	Розробка алгоритму та програмування мікроконтролеру	05.06.2025-07.06.2025	
8	Оформлення пояснювальної записки та доповіді	09.06.2024-10.06.2025	

Студент _____ Опанащук В.М.
 (підпис) (прізвище та ініціали)
 Керівник роботи _____ Пількевич І.А.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему «Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок» має обсяг 63 сторінок і містить 17 рисунків, 4 таблиці, 5 формул і 23 використані джерела.

У роботі обґрунтовано необхідність розробки системи для точного вимірювання та контролю ваги невеликих посилок. Визначено функціональні можливості системи та обґрунтовано вибір її основних компонентів. Розроблено структурну й принципову електричну схеми, а також друковану плату. Описано алгоритм функціонування системи та реалізовано програмне забезпечення для обраного мікроконтролера.

Проведено аналіз точності та надійності роботи системи вимірювання і контролю ваги.

Ключові слова: вага, вимірювання ваги, мікроконтролер, тензодатчик.

ANNOTATION

Bachelor's qualification work on the topic "Computerized system for measuring and controlling the weight of small parcels" has a volume of 63 pages and contains 17 figures, 4 tables, 5 formulas and 24 sources used.

The work substantiates the need to develop a system for accurate measurement and control of the weight of small parcels. The functional capabilities of the system are determined and the choice of its main components is justified. A structural and principle electrical circuit, as well as a printed circuit board, are developed. The algorithm for the system's operation is described and software for the selected microcontroller is implemented.

An analysis of the accuracy and reliability of the weight measurement and control system is carried out.

Keywords: weight, weight measurement, microcontroller, strain gauge.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	8
1.1. Призначення та область застосування.....	8
1.2. Умови експлуатації	9
1.3. Технічні параметри системи.....	9
1.4. Вимоги до конструктивного оформлення.....	11
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	12
2.1. Основні поняття вимірювання освітленості	12
2.2. Існуючі системи вимірювання освітленості	14
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	20
3.1. Обґрунтування складових системи.....	20
3.2. Обґрунтування мікроконтролера.....	21
3.3. Обґрунтування датчика ваги.....	21
3.4. Обґрунтування джерела живлення.....	23
3.5. Обґрунтування дисплея.....	25
3.6.Обґрунтування кнопки.....	26
3.7.Обґрунтування декоративного підсвічування	27
3.8. Структурна схема.....	28
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	30
4.1. Вибір мікроконтролеру.....	30
4.2. Вибір тензодатчика.....	32
4.3. Вибір дисплея.....	34
4.4.Вибір світлодіодної стрічки.....	36
4.5.Вибір кнопок	37
4.6. Вибір джерела живлення.....	39
4.7. Принципова схема.....	40
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	42
5.1. Алгоритм програми	42
5.2. Розробка програми.....	44
6. КОНСТРУКТОРЬСКА ЧАСТИНА.....	46
6.1.Розробка друкованої плати.....	46
6.2. Розрахунок надійності системи.....	48
6.3. Розрахунок похибки вимірювання ваги.....	53
7.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
7.1. Охорона праці.....	57
7.2. Умови охорони праці при роботі з вагами.....	58
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62

					МММТ 480.008.009- ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Опанашук В.М.			Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок			Літ.	Арк.	Аркшів	
Перевірив		Пількевич І.А.							5	63	
Рецензент								ДУ «Житомирська політехніка», МТ-4			
Н. контр.											
Затверд.		Подчашинський Ю.О.									
Пояснювальна записка											

ВСТУП

Актуальність розробки. У сучасному світі, де електронна комерція та логістика стрімко розвиваються, особливого значення набуває автоматизація процесів обробки посилок. Однією з ключових операцій у цьому процесі є точне вимірювання ваги відправлень, що безпосередньо впливає на вартість доставки, правильність сортування, контроль навантаження транспорту та загальну ефективність роботи логістичних центрів.

Особливо актуальним є створення компактних, надійних та точних систем вимірювання для малогабаритних посилок, оскільки саме вони складають значну частину вантажообігу поштових та кур'єрських служб. Традиційні методи зважування часто є ручними, малоефективними або недостатньо точними при великому обсязі обробки.

Розробка комп'ютеризованої системи з використанням тензометричних датчиків, мікроконтролерів та відповідного програмного забезпечення дозволяє автоматизувати процес зважування, зменшити кількість помилок, підвищити точність та швидкість вимірювання. Така система може бути інтегрована у складські комплекси, поштові відділення або пункти прийому посилок.

Таким чином, тема роботи є актуальною, оскільки відповідає сучасним тенденціям у сфері автоматизації логістичних процесів і спрямована на вирішення практичних завдань у галузі зважування та контролю вантажів.

В Україні для зважування малогабаритних посилок застосовуються різноманітні моделі ваг, як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

Попри наявність широкого асортименту готових рішень, не всі з них дозволяють гнучко адаптувати систему під конкретні вимоги підприємства, інтегрувати додаткові функції або оптимізувати витрати. Саме тому розробка власної комп'ютеризованої системи контролю ваги з можливістю налаштування є актуальною та економічно доцільною альтернативою.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розробка комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок є актуальною, оскільки впровадження такої системи дозволяє суттєво підвищити точність зважування, автоматизувати процес обробки вантажів, зменшити вплив людського фактора та покращити загальну ефективність логістичних і поштових операцій. Надійна система зважування сприяє правильному розрахунку вартості доставки, забезпечує відповідність нормативним вимогам, оптимізує сортування та транспортування вантажів. У результаті зростає якість обслуговування, знижується ймовірність помилок та підвищується задоволеність клієнтів.

Мета роботи є розробка комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок, яка забезпечує високу точність зважування, автоматизацію процесу контролю, а також можливість інтеграції з іншими логістичними або обліковими системами.

Для розробки комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок необхідно виконати наступні **задачі**:

1. Проаналізувати існуючі системи вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок.
2. Розробити структурну схему комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ваги.
3. Обрати оптимальні апаратні компоненти системи (тензодатчик, мікроконтролер, інтерфейси тощо).
4. Розробити принципову електричну схему системи.
5. Спроектувати друковану плату для реалізації системи.
6. Створити алгоритм роботи та реалізувати програмне забезпечення для мікроконтролера.
7. Провести розрахунок точності та оцінку надійності розробленої системи.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Призначення та область застосування

Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок призначена для автоматизованого зважування невеликих вантажів з високою точністю та подальшої обробки отриманих даних. Система забезпечує контроль ваги посилок у процесах приймання, обліку, сортування та відправлення, що особливо важливо для поштових, кур'єрських та логістичних служб. Її застосування дозволяє підвищити продуктивність, зменшити ймовірність помилок, оптимізувати витрати та забезпечити відповідність масових параметрів нормативним і технічним вимогам.

Областю застосування комп'ютеризованої системи вимірювання ваги є логістичні центри, поштові та кур'єрські служби, склади, пункти прийому та відправлення товарів, де необхідне точне та швидке зважування малогабаритних посилок. Система також може бути використана у виробничих лініях для контролю маси продукції, у торговельних підприємствах для обліку товарів, а також в автоматизованих системах сортування та пакування.

Потрібно розробити структурну схему системи, обґрунтувати вибір її основних компонентів, створити принципову електричну схему, сформулювати алгоритм роботи та реалізувати програмне забезпечення для мікроконтролера.

Початок розробки – 4 квітня 2025 р.

Кінець розробки – 10 червня 2025 р.

1.2 Умови експлуатації

- Діапазон вимірювання ваги: від 1 г до 30 кг;
- Температура навколишнього середовища: від -20 °С до +45 °С;
- Відносна вологість: до 85 % при температурі 25 °С;

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Атмосферний тиск: від 600 до 800 мм рт. ст.;
- Наявність хімічно активних речовин: відсутня;
- Допустимі механічні впливи (вібрації, удари, тряска): не допускаються;
- Характер роботи: періодична (разова дія у момент зважування);
- Система ремонтпридатна, відновлювана;
- Напруга живлення системи: 5 В (постійного струму);
- Умови розміщення: експлуатація допускається як у приміщеннях з опаленням, так і без нього; платформа ваг повинна бути встановлена на рівну, стабільну поверхню; перед початком роботи на новому місці необхідно провести калібрування системи.

1.3 Технічні параметри системи

Інтенсивність та склад інформації, яка подається на вхід системи та знімається з її виходу:

Система має кілька функціональних входів та виходів. Один із входів використовується для прийому сигналу від кнопки увімкнення/вимкнення живлення пристрою. Основним джерелом вхідної інформації є тензометричний датчик ваги, сигнал з якого надходить до мікроконтролера через перетворювач аналогового сигналу в цифровий. Також до входів системи подається електроживлення від зовнішнього джерела з напругою 5 В.

На виході система формує цифрове значення маси посилки, яке виводиться на рідкокристалічний дисплей. Додатково передбачено світлодіодну індикацію стану пристрою або результату вимірювання. За необхідності, дані зважування можуть також передаватися через інтерфейс для подальшої обробки або збереження (наприклад, через UART або USB).

Центральною керуючою ланкою є мікроконтролер, який обробляє сигнали з датчика ваги та кнопки керування, виконує обчислення середнього

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значення маси, застосовує фільтрацію шумів, здійснює керування індикацією та забезпечує точність вимірювання.

Режим роботи системи: автоматичний, а саме після ввімкнення пристрою та стабілізації сигналів система виконує зважування без необхідності ручного втручання користувача, окрім ініціалізації.

Технічні характеристики системи та її складових частин:

- Точність вимірювання: відносна похибка не перевищує 8,0 %; абсолютна похибка становить не більше 30,0 г.

- Максимальна вага вимірювання: до 30 кг.

- Надійність системи: середній час напрацювання на відмову не менше 14 000 годин.

- Вимірювальний елемент: тензометричний датчик з вбудованим аналого-цифровим перетворювачем на базі мікросхеми HX711.

Інтерфейс та додаткові функції:

- вбудований LCD-дисплей для виведення результатів зважування в режимі реального часу;

- інтегрована світлодіодна стрічка для декоративного підсвічування платформи ваг під час роботи;

- кнопка керування (увімкнення/вимкнення);

- можливість калібрування системи вручну при зміні місця експлуатації.

Система спроектована на основі стандартних, уніфікованих компонентів. До її складу входять мікроконтролер, тензометричний датчик, блок живлення, дисплей і світлодіодна стрічка, які є загальнодоступними та широко використовуваними модулями. Такий підхід забезпечує можливість легкої заміни окремих елементів на сумісні аналоги без необхідності внесення змін у конструкцію або схему всієї системи.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Вимоги до конструктивного оформлення

Конструктивно система повинна бути розміщена в пластиковому корпусі, модифікованому під встановлення дисплея, світлодіодної стрічки та блока живлення. Корпус повинен забезпечувати зручний доступ до елементів керування та мати вентиляційні отвори для запобігання перегріву.

Габаритні розміри всієї установки: $250 \times 250 \times 30$ мм; розміри друкованої плати: 46×70 мм.

Тензодатчик з'єднується із системою через мікросхему аналого-цифрового перетворювача HX711 за допомогою чотирьох проводів (VCC, GND, DT, SCK).

Дисплей підключається до мікроконтролера за допомогою послідовного інтерфейсу I²C, що забезпечує економне використання виводів та простоту взаємодії з програмною частиною.

Світлодіодна стрічка монтується по периметру платформи ваг для декоративного підсвічування й підключається через відповідний транзисторний ключ або контролер до мікроконтролера.

Усі компоненти повинні бути надійно закріплені в корпусі, щоб уникнути механічних пошкоджень під час експлуатації.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1. Основні поняття вимірювання ваги

Вага – це фізична величина, що характеризує силу, з якою тіло внаслідок земного тяжіння діє на опору або підвіс. У побуті термін "вага" часто використовується як синонім маси, хоча з точки зору фізики це різні поняття: маса – це кількість речовини в тілі, а вага – сила тяжіння, що діє на це тіло.

Вага вимірюється за допомогою спеціальних пристроїв вагів. Принцип роботи ваг залежить від їх типу, але загальна суть полягає у вимірюванні деформації або тиску, який створює об'єкт під дією сили тяжіння.

Для точного вимірювання ваги часто використовуються тензометричні датчики, які перетворюють механічну деформацію в електричний сигнал. Цей сигнал обробляється мікроконтролером або іншим пристроєм, що дає змогу отримати числове значення ваги на дисплеї.

Існує багато типів ваг, які класифікуються за призначенням, точністю та конструкцією. Основні типи включають:

- Побутові ваги використовуються вдома для зважування продуктів, людей, домашніх тварин.
- Лабораторні ваги високоточні ваги для вимірювання дуже малих мас у наукових дослідженнях.
- Торгові ваги призначені для зважування товарів у магазинах і на ринках, часто мають функцію підрахунку вартості.
- Промислові ваги використовуються на виробництві та складах для зважування великих або важких вантажів.
- Поштова або логістична вага призначена для зважування посилок, як-от у кур'єрських службах.
- Цифрові (електронні) ваги оснащені сенсорами, дисплеями та мікроконтролерами для точного й швидкого визначення ваги.

Кожен тип ваг має свої особливості залежно від умов експлуатації,

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

точності вимірювання, габаритів, джерела живлення та додаткових функцій, як-от автоматичне калібрування, підсвічування, передача даних тощо.

Існує кілька основних типів датчиків, які використовуються в сучасних системах для точного вимірювання ваги. Вибір датчика залежить від області застосування, точності, діапазону вимірювання та конструктивних особливостей вагової системи. Нижче наведено найпоширеніші типи датчиків:

1. Тензометричні датчики. Найбільш поширений тип датчиків, що працює за принципом вимірювання деформації тіла під дією навантаження. На датчику розміщено тензорезистори, які змінюють свій опір при розтягуванні або стисканні.

Переваги: висока точність, доступна вартість, надійність.

Застосування: побутові, торгові, лабораторні, промислові ваги.

Популярні мікросхеми: НХ711 (підсилювач і АЦП для тензодатчиків).

2. П'єзоелектричні датчики: Працюють на основі п'єзоелектричного ефекту – під дією навантаження кристал (наприклад, кварц) генерує електричний заряд, пропорційний прикладеній силі.

Переваги: швидка реакція, стійкість до високих температур.

Недоліки: чутливість до динамічних навантажень, менша точність у статичних вимірюваннях.

Застосування: динамічні системи, наприклад, вимірювання навантаження в русі.

3. Гідравлічні датчики: Використовують зміни тиску рідини в системі при навантаженні на вагову платформу.

Переваги: висока надійність, можливість роботи в агресивних середовищах.

Недоліки: порівняно низька точність.

Застосування: промисловість, важкі умови експлуатації.

3. Пневматичні датчики: Принцип роботи ґрунтується на зміні тиску повітря у герметичній камері під дією сили.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги: безпечність у вибухонебезпечних середовищах, надійність.

Недоліки: великі розміри, складність обслуговування.

Застосування: спеціалізоване обладнання, хімічна промисловість.

5. Ємнісні датчики: Зміна відстані між конденсаторними пластинами призводить до зміни ємності, що використовується для визначення прикладеного навантаження.

Переваги: висока чутливість.

Недоліки: висока чутливість до зовнішніх електромагнітних завад.

Застосування: лабораторні та прецизійні ваги.

Точність вимірювання ваги в комп'ютеризованих системах визначається здатністю системи відтворювати стабільні та коректні результати, що залежить від якості використаних компонентів, правильності калібрування та умов експлуатації.

Для підвищення точності та надійності результатів рекомендується періодично проводити калібрування з використанням еталонних гир або зразкових вантажів.

Системи зазвичай підтримують інтеграцію з комп'ютерними та промисловими контролерами через сучасні інтерфейси передачі даних, що можуть бути реалізовані залежно від потреб користувача.

Точне вимірювання ваги є важливим у різних сферах, таких як логістика, поштові служби, торгівля та контроль якості товарів.[1]

2.2.Існуючі системи вимірювання ваги

Ваги торгові до 30 кг електронні ВІС 30ВП1-Т/Б представлені на рис.2.1.

Ваги торгові до 30 кг електронні ВІС 30ВП1-Т(Б) – активно використовуються в магазинах торгових точках, у них передбачено наявність двох дисплеїв (для покупця та продавця). Дисплей розташовується у корпусі ваг.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електронні торгові ваги дуже практичні у торгівлі, вони універсальні, компактного розміру, прості в експлуатації та обслуговуванні. Ваги торгові виконують як функцію зважування, але й мають функцію видачі вартості товару (при внесенні ціни). Ваги торговельні електронні значно прискорюють процес обслуговування покупців у торгових точках.



Рис.2.1. Зовнішній вигляд вагів торгові до 30 кг електронні ВІС 30ВП1-Т/Б

Характеристики торгових ваг ВІС 30ВП1-Т/Б:

- Найбільша межа зважування 30 кг;
- Найменший поріг навантаження 200 г;
- Дискретність (крок поділу) 10 грам;
- дисплей LCD/LED;
- Платформа нержавіюча сталь;
- Розмір майданчика 310 x 225 мм;
- Без стійки;
- Індикатор з двох боків на корпусі;
- Опори регульовані за висотою;
- Живлення мережа 220В;
- Живлення автономно від акумулятора (входить до комплекту);
- Електронне управління;
- Робоча температура від -10 до +45 °С;
- Тарування;

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Виведення нуля при включенні;
- Індикатор з розрахунком ціни та вартості товару;
- Чохол пилозахисний на корпус;
- Економний режим;
- Сумування маси;
- Функція пам'яті;
- Можливість калібрування;
- Не внесено до Держ.Реєстру України;
- Оцінка відповідності за запитом.[2]

Фасувальні ваги до 30 кг 30ВП1-В представліні на рис.2.2. Фасувальні ваги ВП1-В (настільні) "Преміум" – це універсальне рішення для точного дозування, контролю маси та підрахунку однотипної продукції. Вони незамінні при порційному зважуванні інгредієнтів, фасуванні сировини, перевірці ваги перед пакуванням та обліку дрібних деталей на виробництві, складах, у фармацевтичній галузі та точках продажу. Завдяки збільшеній площі платформи та високій чутливості, ваги однаково добре підходять як для простого зважування, так і для операцій з підрахунку. Модель оснащена функцією автоматичного підрахунку за масою однієї одиниці, що особливо зручно при фасуванні або комплектуванні штучного товару. Якісні комплектуючі преміум-класу та надійна збірка гарантують стабільну та довготривалу роботу навіть при інтенсивному використанні.



Рис. 2.6 Зовнішній вигляд фасувальних вагів до 30 кг 30ВП1-В

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Технічні характеристики:

- Ступінь захисту – IP54;
- Робоча температура – від -10°C до +45°C;
- Матеріал платформи – нержавіюча сталь;
- Тип живлення – мережа 220 В / акумулятор;
- Екран – яскравий рідкокристалічний, висота символів 25 мм;
- Відображення ваги у відсотках;
- Підсумовування результатів кількох зважувань;
- Перевірка ваги і сортування;
- Режим підрахунку (за масою однієї одиниці);
- Енергозбереження;
- Інтерфейс RS-232 для підключення до ПК, принтера та інших пристроїв.[3]

Ваги торговельні Днепровес ВТД-ЛД1 СВ до 30 кг на рис.2.3. Електронні настільні торговельні ваги для магазинів, ринків, поштових відділень та логістичних пунктів.



Рис.2.3. Ваги торговельні Днепровес ВТД-ЛД1 СВ до 30 кг

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Технічні характеристики:

- Максимальна межа зважування: 30 кг; мінімальна 100 г; дискретність 5 г
- Платформа: розмір 335 × 230 мм, виготовлена з нержавіючої сталі
- Дисплей: одно- або двосторонній LED, з яскравим підсвічуванням
- Живлення: від мережі 220 В + вбудований акумулятор до ~50 год автономної роботи
- Інтерфейси: без RS-232; функції: пам'ять цін (M1–M4), сумування до 99 покупок, автоматичний енергозберіжний режим, тарування, автом. встановлення нуля
- Матеріали: корпус і платформа з нержавіючої сталі; вага приблизно 2,4 кг
- Умови експлуатації: температура від –10 °С до +45 °С; гарантія 12 місяців.[4]

Ваги торговельні CAS AP-30EX до 30 кг зі стійкою на рис.2.4.



Рис.2.4. Ваги торговельні CAS AP-30EX

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Торгова вага CAS AP-EX зручна для невеликих магазинів, магазинів формату "у будинку", торгових точок на ринках та ярмарках, а також кафе, ресторанів та інших закладів громадського харчування. Дана модель відрізняється від AP-M покращеними характеристиками та розширеним функціоналом.

Великий двосторонній дисплей дозволяє використовувати ваги для фасування товару. Перевагою даної моделі є платформа з нержавіючої сталі та встановленим інтерфейсом RS-232.

Терези в модифікації AP-EX LT випускаються з розширеною платформою 440x275x50 мм. Крім розмірів платформи моделі відрізняються розташуванням стійок - у класичній конфігурації стійка розташована збоку, а модель AP-EX LT стійка розташована позаду за платформою.

Основні характеристики:

- Максимальна межа зважування: 30 кг; дискретність: 5 г або 10 г залежно від режиму;
- Платформа: нержавіюча сталь, розмір приблизно 340 × 215 мм;
- Тип дисплею: двосторонній флуоресцентний (VFD) – показує значення ваги, ціни та вартості; цифри – 5 (маса), 6 (ціна), 6–7 (сума);
- Клавіатура: 28 програмованих клавіш ціни; пам'ять на 200 PLU (програмовані товари);
- Інтерфейси: вбудований RS-232C, опційно Bluetooth, можливість підключення до касових і POS-систем.[5]

Розробка власної комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок є доцільною, оскільки дозволяє створити гнучке, адаптивне та економічно вигідне рішення, повністю орієнтоване на специфічні вимоги користувача. Власна система забезпечує повний контроль над функціональністю, точністю, інтерфейсами зв'язку та можливістю модернізації в майбутньому. Це особливо важливо для інтеграції з локальними обліковими чи логістичними програмами, зниження витрат на обслуговування та підвищення ефективності роботи.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3.РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

3.1. Обґрунтування складових системи

Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок повинна виконувати такі функції:

- Забезпечувати автономну роботу за рахунок незалежного джерела живлення;
- Здійснювати точне вимірювання та контроль ваги вантажів;
- Виводити отримані значення маси на дисплей для зручності користувача;
- Обробляти сигнали, що надходять від тензодатчиків, і на їх основі формувати результат вимірювання;
- Забезпечувати декоративне підсвічування платформи під час роботи системи.

Згідно з функціональним призначенням комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок, до її складу повинні входити такі основні компоненти:

1. Мікроконтролер, який відповідає за керування всією системою: приймає сигнали з тензодатчиків і кнопки живлення, обробляє дані з кількох тензодатчиків, розраховує усереднене значення ваги, виводить результати на дисплей та активує світлодіодну стрічку для підсвічування;
2. Тензодатчики, які здійснюють безпосереднє вимірювання маси посилки;
3. Кнопка живлення, що забезпечує вмикання та вимикання системи;
4. Дисплей, призначений для виведення оброблених даних про вагу;
5. Світлодіодна стрічка, яка виконує декоративну функцію підсвічування платформи під час роботи пристрою;
6. Блок живлення, який забезпечує стабільне електроживлення всієї системи.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Обґрунтування мікроконтролера

Мікроконтролер (МК) – це компактна інтегральна мікросхема, яка містить у собі центральний процесор (CPU), пам'ять (оперативну та постійну), а також вбудовані периферійні модулі (таймери, інтерфейси зв'язку, АЦП тощо). Він призначений для автоматичного керування електронними пристроями та вбудованими системами у режимі реального часу.

Ключові характеристики, які враховуються при виборі мікроконтролера:

1. Кількість входів/виходів (GPIO): має бути достатньою для підключення всіх зовнішніх пристроїв (датчиків, кнопок, дисплеїв тощо).
2. Обсяг пам'яті (Flash, SRAM): залежить від складності програми та обсягу оброблюваних даних.
3. Частота роботи процесора: визначає швидкість системи.
4. Наявність вбудованих інтерфейсів (I²C, SPI, UART): необхідні для з'єднання з іншими модулями, такими як дисплеї або датчики.
5. Підтримка АЦП (аналогово-цифрового перетворення): важливо для роботи з аналоговими сигналами, зокрема від тензодатчиків.
6. Енергоспоживання: особливо важливо для автономних систем.
7. Простота програмування та доступність інструментів розробки.
8. Надійність та наявність технічної підтримки.

Для реалізації комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок обрано мікроконтролер ATmega16, оскільки він повністю відповідає зазначеним критеріям: має достатню кількість входів/виходів, підтримує інтерфейси I²C та SPI, забезпечує потрібну швидкість, легко програмується, енергоефективний та надійний для роботи в складених вбудованих рішеннях.

3.3. Обґрунтування датчика ваги

Датчик ваги – це вимірювальний елемент, призначений для перетворення механічного зусилля (ваги або сили натискання) в електричний сигнал, який можна обробити електронними засобами. Найпоширенішим

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

типом є тензометричний датчик (тензодатчик), який змінює свій електричний опір при деформації під впливом навантаження.

Типові тензодатчики зображено на рис.3.1.



Рис. 3.1. Типові тензодатчики

Датчики ваги зазвичай працюють на основі тензорезисторів – спеціальних резистивних елементів, опір яких змінюється під впливом механічної деформації. Коли на датчик діє навантаження, його пружна частина деформується, що призводить до зміни опору тензорезисторів. Ця зміна перетворюється на електричний сигнал

Основні типи датчиків ваги:

- Стрижневі;
- Циліндричні;
- Консольні;
- S-подібні;
- Кільцеві;
- Плоскі.

Для виготовлення датчиків використовують алюмінієві, сталеві або нікельові сплави, що забезпечують міцність та еластичність конструкції.

Зазвичай вихідний сигнал такого датчика має дуже низьку амплітуду (в межах мілівольт) і потребує підсилення, а також аналогово-цифрового перетворення, перш ніж він буде оброблений мікроконтролером або іншим електронним пристроєм.

Для забезпечення точності зважування датчики вимагають точного калібрування з використанням еталонних гир або відомих зразків маси.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчики ваги широко застосовуються в промисловості, логістиці, медичних пристроях, системах автоматичного контролю, торгівлі та інших сферах.[8]

З огляду на сумісність із мікроконтролером, підтримку відповідної мови програмування та необхідний діапазон вимірювання ваги фасованих продовольчих товарів до 30 кг, для реалізації системи було обрано тензодатчик з вбудованим модулем АЦП НХ711, розрахований на навантаження до 10 кг (з можливістю використання кількох датчиків для досягнення потрібного діапазону).

3.4. Обґрунтування джерела живлення

Для функціонування будь-якої комп'ютеризованої системи обов'язково потрібне джерело живлення.

Джерело живлення – це пристрій, який подає електричну енергію для забезпечення роботи електронних компонентів. Його основні завдання:

1. Перетворення вхідної електроенергії на відповідний рівень напруги, який підходить для живлення конкретних елементів системи (наприклад, з 220 В змінної напруги до 5 В постійної).
2. Очищення вихідної напруги від пульсацій і шумів шляхом фільтрації.
3. Підтримка стабільного рівня напруги на виході, що гарантує коректну роботу підключених пристроїв.

Існує кілька типів джерел живлення:

- Лінійні – базуються на трансформаторах і стабілізаторах напруги; прикладом є класичні адаптери змінного струму.
- Імпульсні – компактні й енергоефективні, використовують високочастотні імпульси для стабілізації напруги.
- Батареї та акумулятори – автономні джерела живлення, що широко використовуються у портативних пристроях.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Джерела безперебійного живлення (ДБЖ) – забезпечують резервну подачу енергії у разі зникнення основної напруги, що важливо для критичних систем.

Ключовими параметрами джерела живлення є вхідна та вихідна напруга, струм, потужність, ККД, рівень надійності, габарити та вартість. Від правильного підбору джерела живлення залежить стабільна та безпечна робота електронної системи.

Подача живлення може здійснюватися напряму або через понижувальний чи стабілізуючий перетворювач, що залежить від конструктивних особливостей пристрою. У якості джерел живлення можуть використовуватись стаціонарна електромережа, змінні батарейки або акумуляторні елементи.

Для даної системи доцільно застосувати живлення від акумуляторів, зібраних на основі звичайних батарейок. На рис. 3.4 наведено приклади типових елементів живлення одноразового типу, які можуть використовуватися у подібних пристроях. [9]



Рис. 3.4. Типові елементи живлення одноразового типу

З огляду на сумісність із мікроконтролером, вимоги до живлення всіх компонентів системи, а також з урахуванням поточної ситуації з електропостачанням у країні, для забезпечення автономності роботи було обрано акумулятор, зібраний на основі батарейок.

3.5.Обґрунтування дисплею

Для відображення виміряної та обробленої інформації з тензодатчика в комп'ютеризованій системі необхідно використати індикатор, який дозволяє користувачу бачити результати зважування в зручній формі.

В електроніці існує багато типів дисплеїв, однак найпоширенішими є рідкокристалічні (LCD) та світлодіодні (LED) дисплеї.

LCD-дисплеї є особливо популярними завдяки своїй компактності, низькому енергоспоживанню та добрій читабельності. Вони бувають сегментного або матричного типу, і дозволяють ефективно відображати числову або текстову інформацію. LED-дисплеї, своєю чергою, вирізняються яскравістю і високим контрастом, що робить їх зручними для роботи в умовах поганого освітлення.

Існують також вакуумні люмінесцентні дисплеї (VFD), які мають високу яскравість, але сьогодні використовуються рідко через більші габарити та вищу енергозатратність порівняно з LCD.

Ще менш актуальними в сучасних системах є електронно-променеві трубки (ЕПТ), які застосовувалися в телевізорах та старій вимірювальній апаратурі, але зараз повністю витіснені сучасними рішеннями.

Для спеціалізованих застосувань використовуються також електронний папір або друковані дисплеї, які майже не споживають енергії в режимі очікування, однак через повільне оновлення інформації рідко використовуються у вагах.

З огляду на специфіку розроблюваної системи зокрема, необхідність відображення числового значення ваги, компактність конструкції, енергоефективність, сумісність з мікроконтролером та простоту у підключенні найбільш доцільним є застосування рідкокристалічного дисплея з інтерфейсом I2C. Такий дисплей легко інтегрується в систему, дозволяє зменшити кількість з'єднань, має достатню роздільну здатність для виводу маси посилки та забезпечує надійну роботу навіть за умов автономного живлення.[10]

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючі сумісність з мікроконтролером, специфіки даних для відображення, наявність інтерфейсу I2C, кількість виводів для підключення, дизайн, пропонується обрати дисплей LCD.

3.6. Обґрунтування кнопки

Для вмикання та вимикання живлення системи вимірювання ваги необхідно використати кнопку. Кнопки є важливими компонентами електронних пристроїв, які забезпечують взаємодію користувача із системою. Вони дозволяють подавати команди, управляти режимами роботи та налаштуваннями, тим самим контролюючи функціонування пристрою. Існує великий вибір кнопок із різними формами, розмірами та принципами роботи, що дає змогу підібрати найбільш підходящий варіант з урахуванням зручності використання, надійності та ергономіки. Завдяки кнопкам забезпечується інтуїтивна та зрозуміла взаємодія людини з електронними системами у різних сферах від побутової техніки до промислового обладнання.

Існують різні типи кнопок, які широко застосовуються в електроніці: тактові кнопки, що замикають контакти при натисканні; тумблери — перемикачі, які фіксуються у певному положенні; кодові перемикачі для встановлення двійкових кодів; ротаційні енкодери, які генерують сигнали при обертанні; сенсорні кнопки, що реагують на дотик; педальні перемикачі, що активуються ногою, а також джойстики з можливістю керування у кількох напрямках. Вибір конкретного типу кнопки залежить від призначення пристрою, вимог до зручності, надійності та розмірів.[11]

Пропонується обрати невелику просту кнопку з фіксованим положенням.

3.7. Обґрунтування декоративного підсвічування

Для підсвічування платформи системи вимірювання ваги рекомендується використати світлодіодну стрічку.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це гнучкий пристрій, що складається з великої кількості світлодіодів, які рівномірно розташовані на гнучкій друкованій платі з мідними доріжками. Вони захищені силіконовим або епоксидним покриттям, що робить стрічку стійкою до механічних впливів і вологи. Світлодіодні стрічки можуть бути одно-, дво- або багатоколірними, з можливістю зміни кольору в деяких моделях.

Для роботи таких стрічок зазвичай потрібна напруга 12 або 24 В постійного струму, яку забезпечують спеціальні джерела живлення імпульсні або лінійні. Світлодіодні стрічки відзначаються високою яскравістю, що може досягати понад 1000 люменів на метр, а також різноманітністю кольорних температур: від теплої до холодної білого світла. Гнучкість конструкції дозволяє легко згинати стрічку під різними кутами, що забезпечує широкий спектр можливих форм та застосувань.

Світлодіодні стрічки широко використовуються для декоративного освітлення в інтер'єрах і екстер'єрах, підсвічування меблів, ніш та дзеркал, а також у автомобілях, човнах, рекламі та архітектурній підсвітці будівель. Завдяки цим властивостям світлодіодна стрічка є ідеальним вибором для декоративного підсвічування платформи системи зважування.

Типова світлодіодна стрічка зображена на рис.3.5



Рис.3.5.Світлодіодна стрічка

Світлодіодні стрічки енергоефективні, довговічні та безпечні. Їх популярність зростає завдяки великій різноманітності форм, кольорів і можливості створювати динамічні освітлювальні ефекти.[12]

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для системи вимірювання ваги необхідно підібрати світлодіодну стрічку, враховуючи її сумісність з мікроконтролером, розмір периметра платформи для визначення потрібної довжини стрічки, а також кількість контактів для підключення та напругу живлення. В результаті вибору буде використано білу нейтральну світлодіодну стрічку з живленням 5 В, довжиною 1 метр, типу SMD 2835 з щільністю 60 світлодіодів на метр.

3.8. Структурна схема

Враховуючи основні складові та функції системи вимірювання ваги, створимо її структурну схему, яка наведена на рис. 3.6.



Рис. 3.6 Структурна схема системи вимірювання та контролю ваги

Структурна схема – це графічне зображення, яке ілюструє головні функціональні блоки системи та зв’язки між ними. Вона слугує для наочного відображення загальної організації та взаємодії компонентів системи.

До складу системи входять такі елементи: два тензодатчики, які підключені до мікроконтролера і призначені для вимірювання ваги малогабаритних посилок до 30 кг.

Мікроконтролер приймає сигнали від датчиків, усереднює отримані значення та передає оброблені дані на дисплей для відображення.

Кнопка виконує функцію увімкнення та вимкнення живлення плати.

Акумулятор забезпечує систему необхідною напругою живлення і також підключений до мікроконтролера.

Всі складові з'єднані з мікроконтролером, який керує вхідними сигналами та обробкою інформації.

За допомогою дисплея, підключеного до мікроконтролера, користувач отримує візуальне відображення результатів вимірювань, що надходять від тензодатчиків.

Світлодіодна стрічка під'єднується та керується мікроконтролером. За допомогою світлодіодної стрічки відбувається декоративне підсвідчування платформи вагів.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1 Вибір мікроконтролера

У якості мікроконтролера запропоновано обрати мікроконтролер Atmega16. Atmega16 представлений на рис.4.1. Atmega16 постачається в різних корпусах, але найпоширенішим є компактний корпус PDIP (Plastic Dual Inline Package) з 40 виводами. Розташування виводів представлено на рис.4.2.



Рис. 4.1 Зовнішній вигляд Atmega16

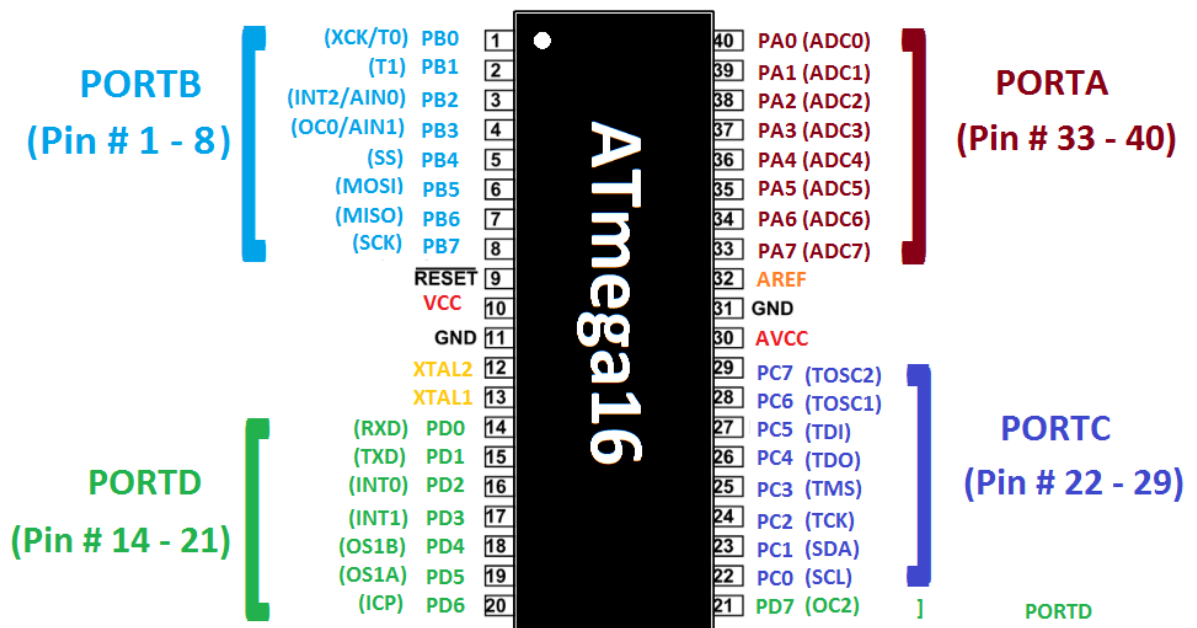


Рис. 4.2.Призначення виводів Atmega16

Мікроконтролер Atmega16 – це 8-бітний пристрій, розроблений компанією Atmel (яка згодом стала частиною Microchip Technology). Він входить до добре відомої серії AVR і здобув широку популярність завдяки

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

своїм функціональним можливостям, надійності та відносно невисокій вартості, що робить його придатним для багатьох практичних застосувань.

Технічні характеристики Atmega16:

- Ядро: 8-розрядне AVR RISC;
- Тактова частота: до 16 МГц;
- Оперативна пам'ять (SRAM): 1 КБ;
- Постійна пам'ять (Flash): 16 КБ з можливістю багаторазового перезапису;
- EEPROM: 512 байт для зберігання даних;
- Кількість портів введення/виведення: 32 лінії (по 8 на портах А, В, С, D);
- АЦП (ADC): 10-розрядний, 8-канальний аналого-цифровий перетворювач;
- Таймери: 1×16-розрядний таймер/лічильник, 2×8-розрядні таймери/лічильники;
- Інтерфейси зв'язку: USART (послідовний інтерфейс), SPI (Serial Peripheral Interface), I²C (TWI — Two Wire Interface);
- Переривання: підтримка внутрішніх та зовнішніх переривань (до 21 джерела);
- Живлення: 4.5 В – 5.5 В;
- Споживання енергії: підтримка енергозберігаючих режимів (Idle, Power-down);
- Корпуси: DIP, TQFP, MLF.

Популярність Atmega16 зумовлена хорошою продуктивністю, широким набором функцій і простотою інтеграції. Крім того, Atmega16 сумісний з численними середовищами розробки, такими як Arduino IDE, Atmel Studio тощо, що значно спрощує процес програмування та тестування.

Він підтримується багатьма середовищами розробки, такими як Arduino IDE, Atmel Studio та іншими.[12]

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Вибір тензодатчика

Для вимірювання та контролю ваги запропонована використати тензодатчик до 30 кг з модулем АЦП (рис.4.3).

Цей датчик належить до серії CP Y1 і є однопунктовим тензодатчиком (single-point load cell), виготовленим з анодованого алюмінію. Він має захист IP65, сертифікації CE та RoHS, а також відповідність класу точності OIML C2. Пристрій підходить для використання у вагових системах: торгових, платформових, кухонних тощо. Максимальний розмір платформи – до 250 × 350 мм.



Рис.4.3. Тензодатчика SAUTER CP 30-2Y1

Основні характеристики:

- Номінальне навантаження: 30 кг;
- Чутливість: 2 мВ/В (Full Scale Output), з загальною похибкою не більше 0,03 % ;
- Матеріал корпусу: анодований алюміній;
- Захист: IP65 (пустота та волога не зашкодять);
- Довжина кабелю: 0,45 м, підключення – 4-провідне;
- Розміри: 130 × 22 × 30 мм; вага ≈ 100 г;
- Напруга живлення: 5 В (підходить для мікроконтролерів з ADC-модулями);
- 4-провідне підключення і стандартна напруга живлення, легко інтегрується з типовими АЦП (наприклад, HX711), що спрощує апаратну частину;
- Напрямок навантаження: лише стиснення. [13]

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

НХ711 АЦП модуль для вагів представлений на рис.4.4.

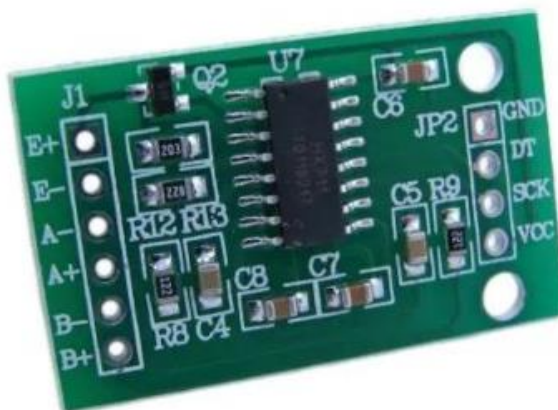


Рис.4.4. НХ711 АЦП модуль для вагів

Типове підключення виводів до мікроконтролеру представлено на рис.4.5.

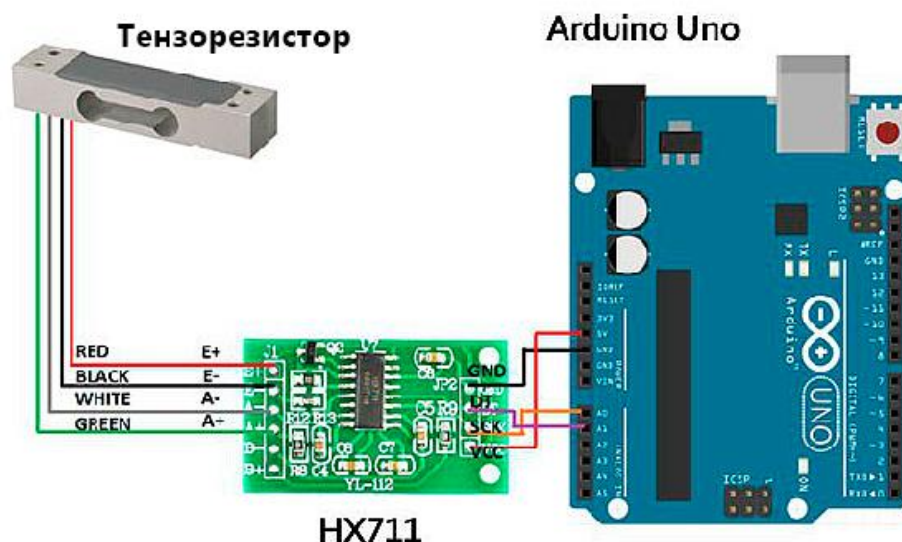


Рис.4.5. Підключення тензодатчика до мікроконтролеру через модуль НХ711

Модуль НХ711 – це спеціалізований 24-бітний АЦП з вбудованим підсилювачем, розроблений для зчитування сигналів з тензорезисторних (містових) датчиків, як-от вагові тензодатчики. Завдяки високій точності та простоті використання, модуль часто використовується в електронних вагах, системах контролю навантаження, мікроконтролерних проєктах (зокрема з Arduino, STM32, ESP тощо).

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Тензодатчик, що працює за принципом мостової схеми (переважно чотири тензорезистори), формує дуже слабкий аналоговий сигнал (в мілівольтах). НХ711 підсилює цей сигнал і перетворює його в цифрову форму, яку зчитує мікроконтролер. Передача даних здійснюється через два піни – DT (Data) і SCK (Serial Clock), що забезпечує просте підключення.

Технічні характеристики:

- Розрядність АЦП: 24 біти;
- Вхідний тип: Диференційний;
- Вхідна напруга: до ± 40 мВ;
- Підсилення: 32, 64 або 128 (залежно від входу);
- Напруга живлення: 2.6 В – 5.5 В (типово 5 В);
- Живлення датчика: 5 В (через модуль);
- Інтерфейс передавання даних: Двопровідний: DT (Data), SCK (Clock);
- Частота вибірки: 10 або 80 Гц (перемикається в коді);
- Робоча температура: від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- Форм-фактор: компактний, з виходами під штифти Dupont.

Типова схема підключення:

E+ / E– – живлення тензодатчика;

A+ / A– – сигнал від тензодатчика;

VCC – живлення (зазвичай 5 В);

GND – загальна земля;

DT – лінія даних (до мікроконтролера);

SCK – лінія тактова (до мікроконтролера).[14]

4.3. Вибір дисплея

Дисплей LED 1602 – це алфавітно-цифровий рідкокристалічний дисплей, який здатен відображати 2 рядки по 16 символів.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Широко використовується в проектах з Arduino, STM32, ESP та іншими мікроконтролерами для відображення текстової інформації: чисел, повідомлень, станів. Зовнішній вигляд дисплею представлений на рисунку 4.6.



Рис. 4.6. Зовнішній вигляд дисплею LCD 1602

Підключення дисплею LCD 1602 до мікроконтролеру по інтерфейсу I2C рис.4.7.

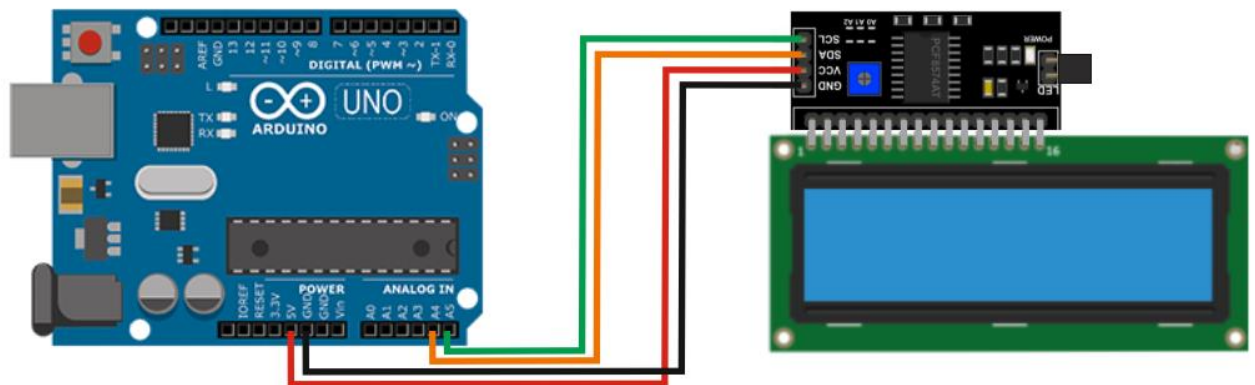


Рис.4.7. Підключення дисплею LCD 1602 по I2C до мікроконтролеру

Технічні характеристики:

- Тип дисплея: Рідкокристалічний (LCD), символічний;
- Кількість символів: 16 символів × 2 рядки;
- Контролер: HD44780 або сумісний;
- Напруга живлення: 5 В;
- Напруга керування контрастом: ~0–5 В (регулюється потенціометром);

- Тип інтерфейсу: Паралельний (4-біт або 8-біт);
- Струм споживання: ~1–2 мА (без підсвічування), ~15–25 мА (з LED-підсвічуванням);
- Підсвічування: Так (LED, зазвичай біле, жовте або синє);
- Розмір дисплея (зазвичай): 80 × 36 мм;
- Видима область: ~64 × 16 мм;
- Колір символів: Зазвичай темні символи на зеленому/синьому фоні;
- Робоча температура: від -20°C до +70°C.

Дисплей 1602 підтримує набір стандартних символів ASCII, а також деякі спеціальні символи, такі як стрілки, прямокутники та інші графічні елементи.

Дисплей 1602 є доступним та простим у використанні, що робить його популярним вибором для багатьох проєктів та застосувань, де потрібно відображати невеликі обсяги текстової інформації.[15]

4.4.Вибір світлодіодної стрічки

Для декоративного підсвічування платформи пропонується використати світлодіодну стрічку білого кольору 1 м SMD 2835 60д/м IP20 рис.4.8.



Рис.4.8.Світлодіодна стрічка SMD 2835

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця світлодіодна стрічка живиться від постійної напруги 5 В і містить 60 світлодіодів на кожному метрі, забезпечуючи яскравість близько 500 люменів при низькому споживанні енергії лише 8 Вт на метр. Вона є оптимальним варіантом для аварійного або резервного освітлення у випадках відсутності основного джерела світла. Завдяки сумісності з PowerBank її можна легко підключити для автономного освітлення у будь-який момент. Стрічка випромінює нейтральне біле світло.

Технічні характеристики:

- Потужність (Вт/м): 8;
- Напруга (В): 5;
- Кількість світлодіодів на метр (шт): 60;
- Кратність різання (см): 0.8 (1 діод);
- Світловий потік (Лм): 500;
- Максимальна колірна температура (К): 4000-4500;
- Колір світіння: нейтральний білий;
- Тип світлодіоду: SMD 2835;
- Індекс кольору (RA): 80;
- Ступінь захисту (IP): 20;
- Кут випромінювання світла (°): 120;
- Термін служби (година): 25 000;
- Довжина (мм): 5000;
- Розміри (мм): 5000×8×2;
- Гарантія (рік)*: 1. [16]

4.5.Вибір кнопки

Для живлення системи вимірювання освітленості пропонується . Вона дозволить вмикати та вимикати систему. Для керування живленням (ввімкнення та вимкнення) пропонується використати кнопку. Обрано кнопку з фіксованим положенням моделі PB22E07

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця кнопка буде використовуватися для вмикання та вимикання системи вимірювання ваги рис.4.9.

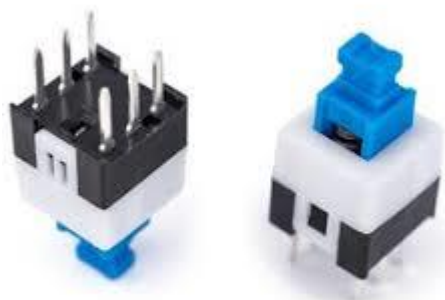


Рис. 4.9. Кнопка з фіксованим положенням PB22E07

Кнопка з фіксацією положення, встановлена на платі, призначена для тривалого утримання стану й відрізняється від стандартних кнопок моментальної дії, які спрацьовують лише під час натискання. Такий тип кнопки зазвичай застосовується для увімкнення або вимкнення функцій, що повинні залишатися активними або неактивними протягом тривалого часу, а також для встановлення постійних режимів роботи пристрою.

Характеристики кнопки:

- Серія/Типорозмір PB22;
- Тип перемикача: кнопка;
- Кількість положень: 2;
- Кількість стабільних положень: 2;
- Кількість полюсів 2;
- Контактні групи: DPDT;
- Алгоритм роботи: ON-ON;
- Максимальний струм: 50 мА;
- Макс. напруга: 30 В;
- Загальна висота кнопки: 12.3 мм;
- Орієнтація штовхача: вертикальна;
- Підсвічування: ні;

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Спосіб ел. монтажу: пайка в отвори;
- Матеріал корпусу: пластик;
- Робоча температура: $-25^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$. [17]

4.6. Вибір джерела живлення

Для вибору блока живлення необхідно враховувати живлення всіх складових елементів системи. Для визначення напруги живлення системи потрібно звести в таблицю намінали живлення всіх складових елементів системи табл.4.1. З табл.4.1. робимо можна зробити висновок, що живлення системи становитиме 5В.

Таблиця 4.1. Споживання напруги

Елемент	Напруга
Мікроконтролер Atmega16	4.5-5.5 В
Тензодатчик до 30 кг	3.3 - 10 В
Модуль АЦП НХ711	5 В
Дисплей LCD 1602	5 В
Світлодіодна стрічка SMD 2835	5 В
Кнопка PB22E07	5-30 В

Враховуючі табл.4.1 всі елементи мають живлення 5В, тому потрібен акумулятор такої напруги живлення. Було обрано для живлення системи акумулятор квадратної форми АА 2300мАч 4.8V Ni-Mh рис.4.10.



Рис.4.6. Зовнішній вигляд акумулятора АА 2300мАч 4.8V Ni-Mh

Технічні характеристики:

- Тип хімії: Ni-MH;
- Ємність: 2000 mAh;
- Напруга: 4.8 В;
- Тип силового роз'єму: JST;
- Вага: 0.119 кг;
- Розміри: довжина - 58 мм, ширина - 29 мм.[18]

4.7. Принципова схема

Згідно обраних складових, функціонального призначення, розробленої структурної схеми, побудуємо принципову схему системи вимірювання та контролю ваги рис.4.11.

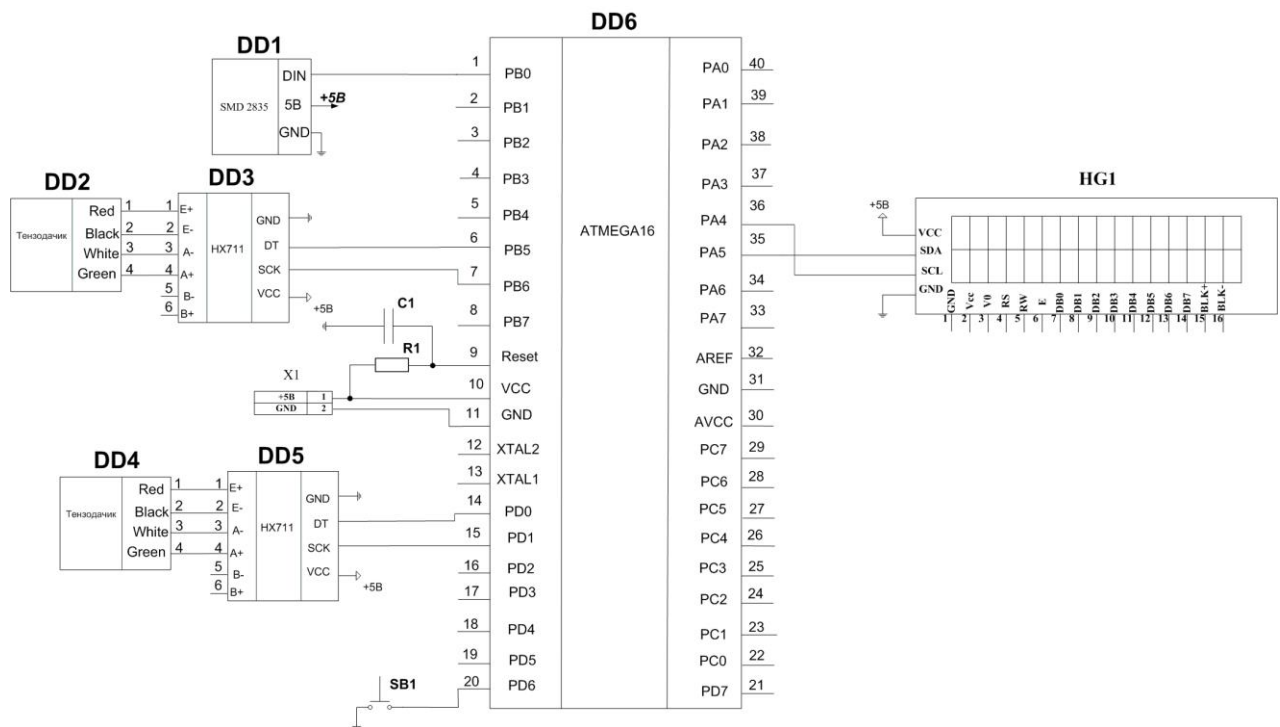


Рис. 4.11. Принципова схема системи

Складові системи на схемі наступні:

1. DD1– світлодіодна стрічка SMD2835;
2. DD2, DD4 – тензодатчик до 30 кг SAUTER CP 30-2Y1;
3. DD3, DD5 – модуль АЦП HX711;

4. DD6 – мікроконтролер Atmega16;
5. HG1 – дисплей LCD 1602;
6. XS1 – роз’єм для акумулятора;
7. R1 – 10 кОм;
8. C1 – 220 мкФ;
9. SB1 – кнопка PB22E07.

Система складається з кількох основних компонентів, кожен з яких виконує свою функцію для забезпечення точного вимірювання ваги та відображення результатів. Модуль світлодіодної стрічка SMD2835 (DD1) використовується для підсвічування платформи вагового пристрою, що забезпечує комфортне використання навіть у недостатньо освітлених умовах. Для вимірювання ваги застосовуються два тензодатчики (DD2, DD4), які здатні вимірювати навантаження до 30 кг.

Сигнали з тензодатчиків надходять на два модулі аналогово-цифрового перетворення HX711 (DD3, DD5), які підсилюють та перетворюють аналогові сигнали у цифрові дані, зручні для обробки мікроконтролером. Центральним керуючим елементом є мікроконтролер Atmega16 (DD6), який приймає цифрові сигнали від модулів АЦП, обробляє їх, виконує необхідні обчислення та усереднює отримані значення ваги.

Результати обробки виводяться на рідкокристалічний дисплей LCD 1602 (HG1), що забезпечує наочне відображення вагових показників користувачу. Живлення системи подається через роз’єм для акумулятора XS1, що забезпечує автономність роботи пристрою. Для подачі живлення використовується кнопка SB1 (PB22E07), яка вмикає та вимикає систему.

У схемі також присутні допоміжні компоненти: резистор R1 зі значенням 10 кОм, який може використовуватися для формування необхідних електричних параметрів, та конденсатор C1 на 220 мкФ для стабілізації живлення та фільтрації шумів. Взаємодія всіх цих елементів дозволяє системі точно вимірювати вагу малогабаритних посилок, відображати дані і працювати стабільно та ефективно.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1 Алгоритм програми

Алгоритм роботи системи зображений на рисунку 5.1.

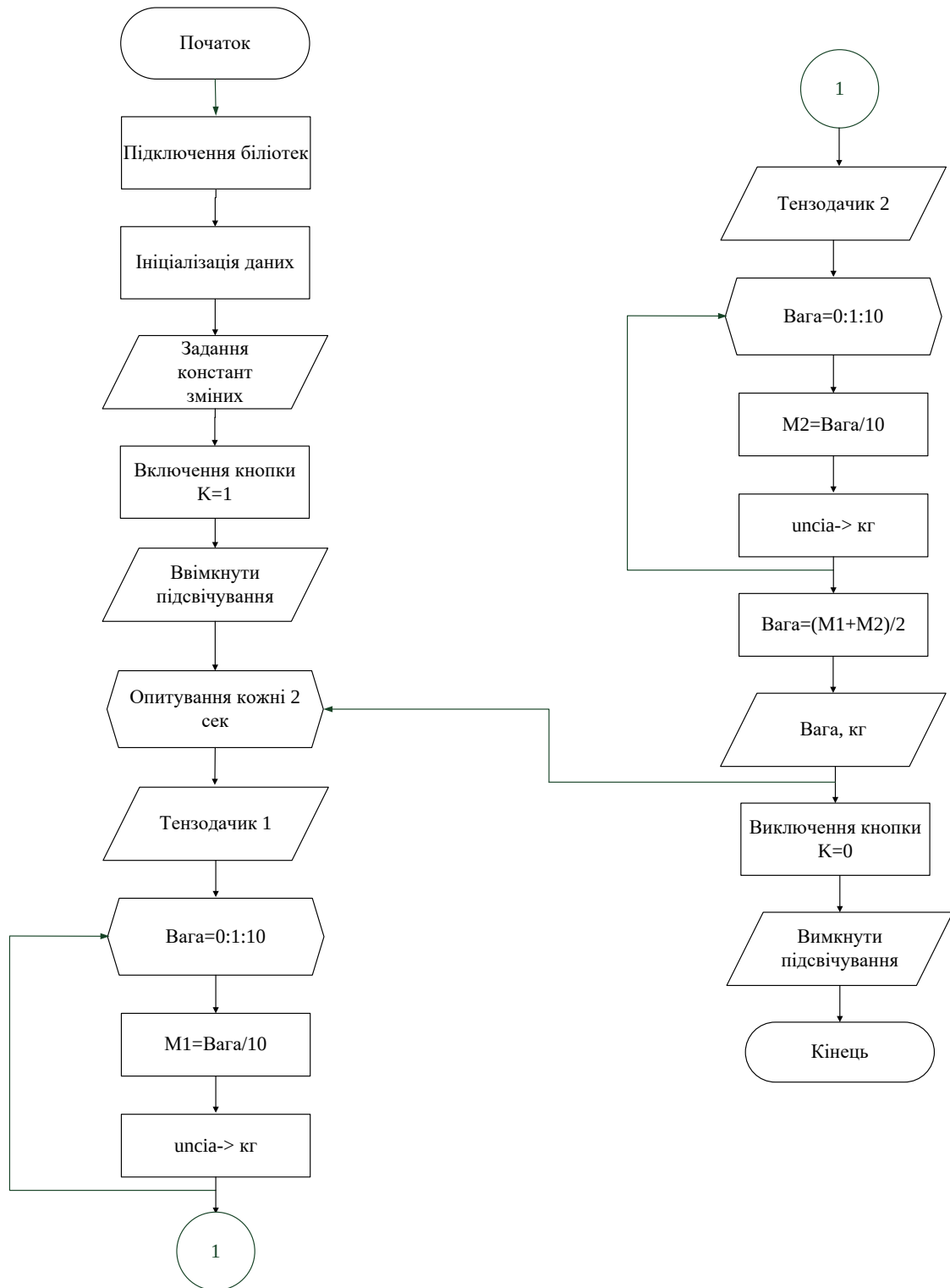


Рис. 5.1 Блок-схема алгоритму роботи програми

Розширений опис алгоритму представлений нижче:

Спочатку запускається програма або скрипт, який виконує заданий алгоритм. Далі відбувається підключення необхідних бібліотек, що забезпечують роботу з тензодатчиками, світлодіодною стрічкою, кнопкою вводу та дисплеєм. Наступним кроком є ініціалізація системи, де налаштовуються вхідні та вихідні порти, визначаються підключені тензодатчики і дисплей.

Після цього встановлюються константи і змінні, які будуть використовуватись у програмі: пін-коди для підключень, проміжні змінні для зберігання значень ваги, стан кнопки, параметри світлодіодної стрічки, калібрувальні коефіцієнти та час затримки для опитування датчиків.

Для увімкнення системи достатньо одного натискання кнопки, після чого подається живлення, а світлодіодна стрічка загоряється, сигналізуючи про активацію.

Основна робота відбувається в циклі з опитуванням тензодатчиків кожні 2 секунди. Отримані вимірювання проходять обробку: фільтруються шуми, обчислюються середні значення, проводиться аналіз порівнянь з попередніми результатами або інші необхідні операції.

Для першого тензодатчика здійснюється зчитування даних, після чого виконується цикл з 10 послідовних вимірювань з кроком у 1 значення. Потім отримані значення усереднюються у вагових одиницях унції і конвертуються у кілограми.

Ці самі кроки повторюються для другого тензодатчика. Після цього результати двох датчиків також усереднюються для підвищення точності.

Та відповідно, усереднене значення ваги виводиться на дисплей для відображення користувачу.

Далі програма переходить у безперервний цикл, в якому опитування відбувається кожні 2 секунди. Завершення роботи системи відбувається після другого натискання кнопки або ще одного натиску, внаслідок чого світлодіодна стрічка вимикається, і система припиняє свою роботу.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.Розробка програми

Для програмування мікроконтролера ATmega16 існує кілька популярних середовищ розробки та мов програмування. Серед них — Atmel Studio (нині Microchip Studio), яке є офіційним IDE від виробника, підтримує програмування на C і асемблері, має вбудований симулятор і підтримує різні програматори. Також можна використовувати Arduino IDE, хоча ATmega16 не є стандартним для Arduino, але цю платформу можна налаштувати для роботи з ним. Arduino IDE дозволяє програмувати на мові, схожій на C++, має простий інтерфейс, хоч і з певними обмеженнями у доступі до низькорівневих функцій.

Ще одним варіантом є AVR-GCC – набір компіляторів для AVR, який можна поєднувати з будь-яким текстовим редактором (наприклад, VS Code або Sublime Text). Програма компілюється і записується у мікроконтролер через командний рядок або інші інструменти. Існують також комерційні рішення, такі як CodeVisionAVR, що пропонує зручний інтерфейс і генератор коду для налаштування периферії, а також професійне IDE IAR Embedded Workbench із підтримкою C та C++ і потужними засобами оптимізації та налагодження.[19]

Для нашого проєкту вибираємо Arduino IDE, оскільки вже є досвід роботи з цим середовищем, а також воно має велику документацію та активну спільноту користувачів, що полегшує розв’язання можливих проблем.

Приведемо частину коду нижче. Повний код програми представлений в Додатку А.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <HX711.h>
#include <Arduino.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
HX711 scale; // DT, CLK
#define DT1 6 // Вказуємо номер виводу, до якого підключено виведення DT
датчика 1 HX711
#define SCK1 7 // Вказуємо номер виводу, до якого підключено висновок SCK
датчика 1
#define DT2 14 // Вказуємо номер виводу, до якого підключено виведення DT
датчика 2 HX711
#define SCK2 15 // Вказуємо номер виводу, до якого підключено висновок
SCK датчика 2
```

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

const int buttonPin = 20;      // Пін для кнопки
// Змінні стану
int srtichka = LOW;           // Поточний стан світлодіодної стрічки
int buttonState;              // Поточний стан кнопки
int lastButtonState = LOW;     // Попередній стан кнопки
// Змінні для усунення брязкоту контактів
unsigned long lastDebounceTime = 0; // Останній час зміни стану
unsigned long debounceDelay = 50;   // Затримка антибрязкоту
(мілісекунди)

void setup() {
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  pinMode(srtichka, OUTPUT); // налаштування на вихід виводу 0
  Serial.begin(9600);
  scale.begin(DT1, SCK1); //ініціалізуємо роботу з платою HX711 для
першого датчика
  scale.begin(DT2, SCK2); //ініціалізуємо з платою HX711 другого датчика
  scale.set_scale(); // калібруємо отримані значення
  lcd.setCursor(0,0);
}
void loop() {
  // Зчитуємо стан кнопки
  int reading = digitalRead(buttonPin);
  }
  // Перевіряємо, чи пройшло достатньо часу після останнього натискання
  if ((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay) {
    // Якщо стан кнопки змінився:
    if (reading != buttonState) {
      buttonState = reading;
      // Змінюємо стан світлодіода тільки якщо нове значення кнопки HIGH
      if (buttonState == HIGH) {
        srtichka = !srtichka;
      }
    }
  }
  digitalWrite(srtichka,HIGH); // засвітлення світлодіодну стрічку
  // Зберігаємо значення кнопки для наступної ітерації:
  lastButtonState = reading;
}
  delay(1000); //переривання в 1 секунду
  lcd.setCursor(0,0); // виставляємо положення напису на дисплеї
  lcd.print("Вага:"); // друкуємо напис вага на дисплеї
  //вимірювання ваги датчика 1
  for(int i=0; i<10; i++)units1 += scale.get_units(), 10; //опитуємо 10
разів датчика 1
  units1 / 10; //Усредняем показания, розділивши суму значень на 10
датчика 1
  ounces1 = units1 * 0.035274; //переводимо з унцій в грами датчика 1
  //вимірювання ваги датчика 2
  lcd.print("Вага:"); // друкуємо напис вага на дисплеї
  for(int i=0; i<10; i++)units2 += scale.get_units(), 10; //опитуємо 10
разів датчика 2
  units2 / 10; //Усредняем показания, розділивши суму значень на 10
датчика 2
  ounces2 = units2 * 0.035274; //переводимо з унцій в грами датчика 2
  //усереднюємо значення з двох датчиків
  ounces=(ounces1+ounces2)/2;
  lcd.print(ounces); // виводимо значення ваги
  lcd.print("gram"); // підписуємо грами
  delay(2000); //переривання в 2 секунду (опитування датчиків кожні 2
сек)
}

```

					МММТ 480.008.009 - ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАТИНА

6.1 Розробка друкованої плати

Друкована плата – це пласка пластина, виготовлена з діелектричного матеріалу (наприклад, склотекстоліту або гетинаксу), на якій сформовані електропровідні доріжки, контактні площадки та інші елементи схеми. Ці елементи утворюють електричні з'єднання між компонентами, які монтуються на плату.

Основні характеристики друкованих плат включають матеріал основи, яким найчастіше слугує склотекстоліт, гетинакс або інші композитні матеріали. За кількістю шарів плати бувають одношаровими, двошаровими або багатошаровими. Виготовлення плат здійснюється двома основними методами: субтрактивним, що передбачає видалення зайвої міді, та адитивним, коли провідниковий рисунок наноситься безпосередньо. Компоненти на платах монтують двома способами: наскрізним монтажем (ТНТ – Through-Hole Technology) або поверхневим монтажем (SMT – Surface Mount Technology). Друковані плати широко застосовуються в електроніці від простих побутових пристроїв до складних промислових систем і комп'ютерної техніки.[21]

Враховуючі складові системи: тензодатчик 2 шт з модулями АЦП НХ711, мікроконтролер, світлодіодна стрічка, кнопка, дисплей, була спроектована друкована плата розміром 46x70 мм. Друкована плата системи вимірювання ваги спроектована в системі EasyEDA.

EasyEDA – це безкоштовний онлайн інструмент для проектування електронних схем та друкованих плат (PCB - Printed Circuit Board). Він надає зручний веб-інтерфейс для створення, редагування та спільної роботи над електронними проектами. Ось деякі ключові особливості EasyEDA:

1. Схемотехніка: Дає змогу створювати електричні схеми, використовуючи велику бібліотеку готових компонентів або додавати власні символи.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Проектування друкованих плат (PCB): Містить інструменти для розробки плат, включно з автотрасуванням, перевіркою відповідності правилам проектування (DRC) та 3D-переглядом.

3. Бібліотека компонентів: Включає тисячі готових компонентів з можливістю додавання користувацьких елементів.

4. Спільна робота: Підтримує колективну роботу, дозволяючи кільком користувачам одночасно працювати над одним проектом.

5. Інтеграція з виробництвом: Забезпечує прямий зв'язок із виробниками друкованих плат для замовлення їх виготовлення.

6. Симуляція: Має вбудований SPICE-симулятор для аналізу аналогових схем.

7. Імпорт і експорт: Підтримує різні формати файлів, зокрема Eagle, Altium Designer, KiCad та інші.

8. Хмарне зберігання: Всі проекти зберігаються онлайн, що дає змогу працювати з будь-якого пристрою та захищає від втрати даних.

9. Навчальні матеріали: Пропонує велику кількість туторіалів і документації для полегшення процесу навчання.[21]

На рисунку 6.1 зображена друкована плата системи вимірювання ваги малогабаритних почилкок, що була розроблена в середовищі EasyEDA.[22]

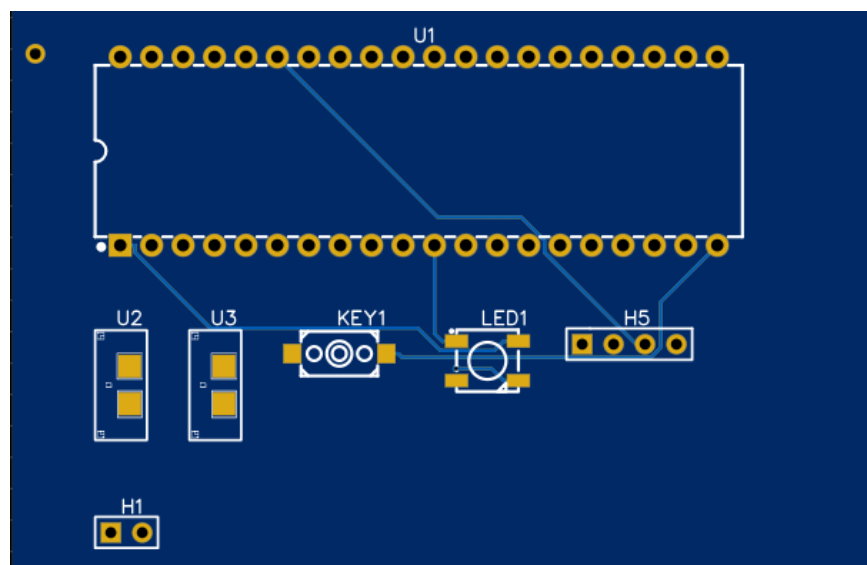


Рис. 6.1 Вигляд нижньої частини друкованої плати

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

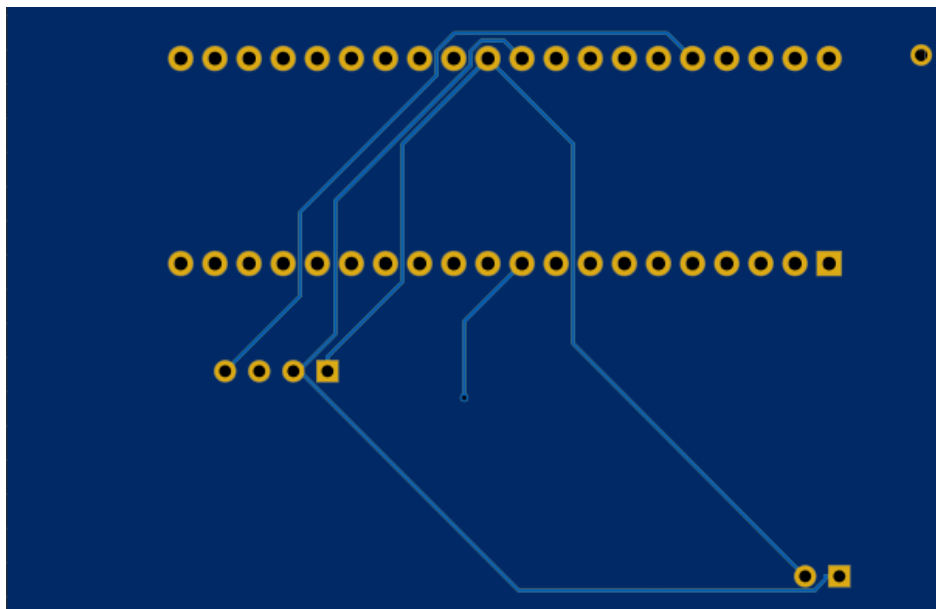


Рис. 6.2. Вигляд верхньої частини друкованої плати

Розміри системи вимірювання ваги:

- 1) Розмір плати отримали 46x70 мм.
- 2) Плата має наچепні елементи: дисплей LCD 1602 має розмір 80 x36 x11мм та тензодатчик має розмір 75x14x15 мм, АЦП НХ711 має розмір 38x21x10, світлодіодну стрічку до 1 м в довжину. Для підключення живлення обрано акумулятора ААА на 4,8В, якій має розмір довжина 58 мм, ширина 29 мм. Платформа для звужування має квадратну форму та периметр десь 25 см.
- 3) Врахувавши, що плата управління з начіпними елементами буде міститися під платформою, то доцільно розмір корпусу взяти 25x25x3см.

6.2.Розрахунок надійності

Надійність системи є ключовою характеристикою будь-якої технічної або організаційної системи. Вона відображає здатність системи виконувати свої функції в заданих умовах протягом визначеного часу.

Безвідмовність означає здатність системи працювати без збоїв протягом певного періоду.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ремонтопридатність характеризує можливість швидкого виявлення та усунення несправностей.

Довговічність полягає у здатності підтримувати працездатність до моменту досягнення граничного стану за умов регулярного технічного обслуговування.

Збереженість визначає стійкість системи до негативного впливу під час транспортування та зберігання.

Відмовостійкість – це можливість системи продовжувати роботу навіть при виході з ладу окремих її компонентів.

Для підвищення надійності системи застосовують різні методи:

- Резервування критично важливих компонентів;
- Використання високонадійних елементів;
- Спрощення системи;
- Розробка ефективної системи технічного обслуговування;
- Впровадження системи моніторингу стану обладнання.

Оцінка надійності проводиться на основі статистичних даних про відмови, математичного моделювання, прискорених випробувань тощо.

Забезпечення надійності системи є комплексним завданням, що вимагає системного підходу на всіх етапах проектування, виробництва та експлуатації. Це дозволяє мінімізувати ризики відмов, збоїв та простоїв, підвищити безпеку та ефективність роботи системи. [23]

Основним показником, що враховується при розрахунках надійності, є інтенсивність відмовлень $\lambda(t)$ – число відмовлень в одиницю часу, віднесене до числа елементів, що залишилися справними до початку даного інтервалу часу.

Розрахунок показників надійності проводився методом λ - характеристик, заснованому на інтенсивностях відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виріб призначений для роботи в умовах помірного клімату:

– діапазон температур від 0 до 45°C, відносна вологість повітря до 85% при 25 °C;

– конструктивно виконано для роботи на приміщенні зовні автомобіля з штучно регульованими кліматичними умовами, вібростійкий.

Склад виробу – комп'ютеризована система вимірювання та контролю малогабаритних посилок до 30 кг.

Критерієм відмовлення (КВ) виробу вважається відмовлення будь-якої його складової частини (вузла), що приводить до порушення працездатності виробу і неможливості використання його по призначенню.

При розрахунку надійності були прийняті наступні допущення:

1. відмовлення КВ і мікросхеми є подіями випадковими і незалежними;
2. відмовлення будь-якого КВ приводить до відмовлення виробу в цілому;
3. інтенсивність відмовлень КВ протягом терміну їхньої служби в тих самих робочих режимах і умовах є постійною;
4. закон розподілу в розрахунках безвідмовної роботи передбачається експоненціальним.

Розрахунок надійності спроектованого виробу проводиться в відповідності з електричною принциповою схемою виробу і з обліком заданих кліматичний категорії і виконання виробу.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (6.1)$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу спроектованого виробу; $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася по формулі

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_i \dots a_n. \quad (6.2)$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_i \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Конкретні формули, по яких визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів, приведені в таблиці 6.1.

Величини значень визначилися по довідковим даним, приведеним у [20] з врахуванням вихідних даних для проектного виробу.

По формулі (6.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 10 таблиці 6.2):

$$\lambda = 69,07 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.3)$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год) [24].

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,9829	0,9661	0,9495	0,93325	0,87097	0,7080	0,5755	0,5012

На графіку,веденому на рис 6.6 приведена залежність надійності $P(t)$.

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (6.4)$$

Підставляючи дані в формулу (6.4) одержимо

$$T = (69,07 \cdot 10^{-6})^{-1} = 14477,47 \text{ годин.}$$

					МММТ 480.008.009 – ПЗ		Арк.
							51
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

Таблиця 6.2 – Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	Atmega16	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
	HX711	2	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	1,638
2	Датчики				a_1	a_2	a_4	a_6	
3	Тензодатчик	2	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	1,638
4	Світлодіодна стрічка SMD2835	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
5	Дисплей LED 1602	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
6	Резистор 10 коМ	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01345
7	Конденсатор 220мкФ	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01345
8	Кнопка	1	0,2	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1		0,7	1	0,294
9	Пайки	90	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,0189
10	Акумулятор 5В	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
	Разом								69,07

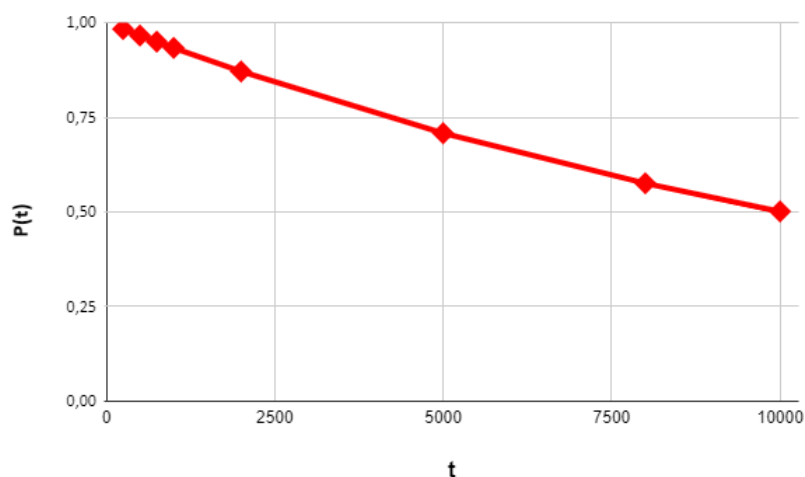


Рис.6.6 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

6.3.Розрахунок похибки вимірювання ваги

Похибка вимірювання – це різниця між виміряним значенням величини та її істинним (реальним) значенням. Вона показує ступінь відхилення результату вимірювання від дійсного значення і є важливим показником точності та достовірності вимірювальної системи.

Типи похибок:

а) Абсолютна похибка – різниця між виміряним та істинним значенням величини.

б) Відносна похибка – відношення абсолютної похибки до істинного значення величини, часто виражається у відсотках.

Джерела похибок можуть бути різними: інструментальні пов'язані з недосконалістю вимірювальних приладів; методичні виникають через недосконалість самого методу вимірювання; суб'єктивні залежать від особливостей спостерігача; випадкові обумовлені непередбачуваними факторами, які змінюються при кожному вимірюванні; систематичні ж мають стабільне значення або змінюються за законом при повторних вимірюваннях.

Способи вираження похибок:

а) Границі допустимої похибки – максимально можливе значення похибки приладу.

б) Клас точності приладу – узагальнена характеристика точності, виражена у вигляді числа.

в) Довірчий інтервал і довірна ймовірність - при статистичній обробці результатів.

Зменшення похибок:

а) Калібрування та перевірка вимірювальних приладів.

б) Вибір більш точних приладів та методів вимірювання.

в) Врахування та усунення джерел систематичних похибок.

г) Збільшення кількості вимірювань для зменшення впливу випадкових похибок.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

д) Правильна статистична обробка результатів.

Правила округлення та запису результатів:

а) Результат вимірювання округлюється до того ж десяткового розряду, що й похибка.

б) Похибка зазвичай округлюється до однієї або двох значущих цифр.

Поширення похибок: При непрямих вимірюваннях (коли шукана величина обчислюється за формулою) похибка результату залежить від похибок прямих вимірювань. Для оцінки цієї залежності використовують методи теорії похибок.

Важливо розуміти, що абсолютно точних вимірювань не існує, тому коректна оцінка похибки є невід'ємною частиною будь-якого вимірювання. Вона дозволяє судити про достовірність отриманих результатів та можливість їх застосування для вирішення конкретних завдань.

Було проведено 10 повторних вимірювань ваги продовальчик фасованих товарів двома тензодатчиками з модулем АЦП НХ711, в діапазоні вимог ваги тензодатчика від 1 грама до 10 000 грам (10кг).

Було отримано таку вибірку в грамах:

$M_v = (27,14; 27,15; 27,15; 27,19; 27,20; 27,18; 27,15; 27,18; 27,19; 27,19)$.

Знаходимо середнє значення вибірки:

Знаходимо середнє арифметичне і середньоквадратичне значення

1) середнє арифметичне M_v за (6.5):

$$M_v = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} M_{v_i} \cong 27,172 \quad (6.5)$$

2) похибки повторних вимірювань ΔM_{v_i} та $\Delta M_{v_i}^2$ (4.2):

$$\Delta M_v = |\overline{M_v} - M_{v_i}| \text{ та } \Delta M_{v_i}^2 = (\overline{M_v} - M_{v_i})^2, \quad (6.6)$$

де $i = 1, 2 \dots 10$;

Результати вимірювань та обчислень записуємо в таблицю 6.3

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3

№ з. п.	M _v , грам	ΔM _v , грам	ΔM _v ² грам^2
1	270,14	0,032	0,0010
2	270,15	0,022	0,0005
3	270,15	0,022	0,0005
4	270,19	0,018	0,0003
5	270,2	0,028	0,0008
6	270,18	0,008	0,0001
7	270,15	0,022	0,0005
8	270,18	0,008	0,0001
9	270,19	0,018	0,0003
10	270,19	0,018	0,0003
сер	270,172	0,0196	0,0004

3.Розраховуємо випадкову похибку вимірювання за (6.5). За даними таблиці 6.3 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 10 вимірювань і довірчою ймовірністю 0,95 $t_{0,95}=2,26$; розрахуємо за (6.6) виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\overline{M}_v - M_{vi})^2} \approx 0,007 \text{ грам}$$

Та знаходимо випадкову похибку:

$$\Delta_{B\text{Ev}} = 2,26 * 0,007 = 0,0158 \text{ грам}$$

Похибку приладу за (6.7)

$$\Delta_{\text{пр}} M_v = \frac{1}{3000} t_p k M_{v\text{гр}} \quad 6.7$$

5.Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 4.2 знайдемо при умові $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $M_{v\text{ гр}} = 30000$ а клас точності $k = 1$, отримаємо:

					МММТ 480.008.009 - ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta_{\text{пр } M_V} = \frac{1}{3000} * 2,0 * 30000 * 1 \approx 20,0 \text{ грам}$$

6.похибку заокруглення за (6.8):

$$\Delta M_3 = P \frac{h}{2}. \quad (6.8)$$

Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду виміряної величини — 0,1. Отже:

$$\Delta M_{V_3} = 0,95 * \frac{0,1}{2} \approx 0,05 \text{ грам};$$

6.загальна абсолютна похибка (6.9):

$$\Delta E_V = \sqrt{(\Delta_B M)^2 + (\Delta_{\text{п}} M)^2 + (\Delta_3 M)^2} = \sqrt{0,0158^2 + 20,0^2 + 0,05^2} \approx \quad (6.9)$$

$\approx 20,00 \text{ грам}$

7. Відносну похибку за формулою:

$$\delta L = \frac{\Delta M}{\bar{M}} \times 100\% = \frac{20,00}{270,172} \times 100\% \approx 7,40\%$$

Отже, отримаємо абсолютну похибку вимірювання 20,00 грам, відносну похибку вимірювання відсотках 7,40%.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Охорона праці

Охорона праці – це сукупність взаємопов’язаних заходів, які охоплюють правові, соціальні, економічні, організаційні, технічні, санітарні та медичні аспекти з метою забезпечення безпеки, збереження здоров’я і підтримки працездатності працівників під час виконання ними професійних завдань.

Законодавча база включає Конституцію України, Кодекс законів про працю, Закон України «Про охорону праці», а також міжнародні конвенції і угоди.

Основні принципи державної політики у сфері охорони праці полягають у пріоритеті життя та здоров’я працівників, повній відповідальності роботодавця за створення безпечних умов, соціальному захисті працівників, встановленні єдиних нормативів та застосуванні економічних методів управління охороною праці.

Організація охорони праці на підприємстві передбачає створення відповідної служби, розробку інструкцій, проведення навчань і інструктажів, забезпечення засобами індивідуального та колективного захисту, а також розслідування і облік нещасних випадків і професійних захворювань.

Основні напрямки охорони праці включають виробничу санітарію, техніку безпеки, пожежну безпеку та електробезпеку.

Права працівників передбачають можливість відмови від роботи у разі загрози життю чи здоров’ю, забезпечення засобами захисту, отримання пільг і компенсацій за важкі умови праці, а також проходження медичних оглядів.

Навчання з охорони праці включає проведення різних видів інструктажів, перевірку знань, стажування та допуск до роботи.

Державний нагляд і громадський контроль здійснюють Державна служба з питань праці, професійні спілки та уповноважені працівниками особи.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідальність за порушення норм охорони праці може бути дисциплінарною, адміністративною, матеріальною або кримінальною.

Ефективна система охорони праці є гарантією збереження життя і здоров'я людей, підвищення продуктивності праці та вимагає постійної уваги з боку держави, роботодавців і працівників.

7.2.Умови охорони праці при роботі з вагами

При роботі з ваговим обладнанням особливу увагу необхідно приділяти дотриманню вимог охорони праці, оскільки неправильне використання або несправність ваг може призвести до травмування працівників, пошкодження обладнання або неточних вимірювань. Основні умови охорони праці включають такі аспекти:

1. Правильне розташування та монтаж ваг: Ваги повинні бути встановлені на рівній, міцній, нековзкій основі, яка виключає можливість їх перекидання або зміщення під час зважування. Забороняється встановлювати ваги поблизу джерел вібрації, високих температур або підвищеної вологості, що може вплинути на точність вимірювань та довговічність приладу.

2. Електробезпека: Вагове обладнання, що працює від електричної мережі, має бути надійно заземлене, а всі електричні з'єднання – ізольовані та захищені від механічних пошкоджень. Забороняється використовувати пошкоджені шнури живлення та саморобні розетки. Для уникнення електричних ударів необхідно дотримуватися правил експлуатації електроприладів.

3. Дотримання вантажопідйомності: Максимальна вага, яку можуть витримувати ваги, має бути чітко вказана та не перевищуватися під час роботи. Перевантаження призводить до пошкодження датчиків або платформи, що може спричинити аварії або неточні показники.

4. Безпечна експлуатація: Працівники повинні чітко дотримуватися інструкцій з експлуатації ваг, уникати різких ударів, стрибків на платформу

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або інших дій, які можуть пошкодити прилад. Перед початком роботи слід перевірити відсутність механічних пошкоджень і чистоту робочої поверхні.

5. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): При роботі з важкими вантажами, що зважуються, рекомендується використовувати рукавички, спецвзуття та інші ЗІЗ для запобігання травмам рук і ніг.

6. Організація робочого місця: Навколо ваг має бути достатньо вільного простору для безпечного підходу до них і маніпуляцій з вантажем. Робоча зона повинна бути освітлена, без зайвих перешкод і сторонніх предметів, які можуть спричинити травми або пошкодження обладнання.

7. Регулярне технічне обслуговування і калібрування: Ваги необхідно періодично перевіряти на точність шляхом калібрування з використанням еталонних гир. Планове технічне обслуговування допомагає виявити та усунути несправності до того, як вони спричинять аварійні ситуації.

8. Навчання персоналу: Всі працівники, які працюють з вагами, повинні пройти відповідне навчання і інструктаж з охорони праці, техніки безпеки та правил експлуатації обладнання. Регулярне повторення знань сприяє зменшенню кількості нещасних випадків.

9. Організація аварійних заходів: Необхідно мати план дій у разі аварійної ситуації або несправності вагового обладнання, включаючи негайне відключення пристрою та повідомлення відповідальних осіб.

10. Документування: Всі інструктажі, перевірки, ремонти та калібрування ваг повинні бути належним чином зафіксовані у відповідній документації.

Дотримання цих умов охорони праці підвищує безпеку на робочому місці, запобігає виробничим травмам, забезпечує точність вимірювань та довговічність вагового обладнання. Це створює комфортні та безпечні умови праці, що позитивно впливає на продуктивність і якість виконуваних робіт.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено комп'ютеризовану систему вимірювання та контролю ваги малогабаритних посилок. Ця система є актуальною і використовується в даний час в логістиці по доставці.

Розроблена система зважування на базі мікроконтролера Atmega16, тензодатчиків та модуля HX711 успішно виконує поставлені завдання з точного вимірювання ваги. Впровадження світлодіодної стрічки для індикації стану системи та LCD-дисплея для відображення результатів підвищує зручність експлуатації. Завдяки використанню двох тензодатчиків та алгоритму усереднення показників система забезпечує стабільність і надійність вимірювань.

Програмне забезпечення реалізовано з урахуванням оптимального опитування датчиків, калібрування та обробки даних, що дозволяє отримувати точні вагові показники в режимі реального часу. Забезпечення живлення через акумулятор і керування через кнопку дозволяє системі працювати автономно та зручно.

Загалом, система відповідає вимогам функціональності, надійності та простоти у використанні, що робить її придатною для застосування в різноманітних галузях, де необхідний контроль ваги з високою точністю та швидкодією.

В кваліфікаційної роботи бакалавра було зроблено:

1. Проаналізовано існуючі системи вимірювання та контролю ваги, їх переваги та обмеження, що дозволило визначити основні вимоги до розроблюваної системи.

2. Описано основні функції системи зважування, а також здійснено вибір ключових складових: тензодатчиків, модуля HX711, мікроконтролера Atmega16, світлодіодної стрічки та дисплея LCD1602.

3. На основі визначених функцій і обраних компонентів побудовано структурну схему, яка відображає логіку взаємодії всіх елементів системи.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Докладно описано технічні характеристики та особливості кожного з вибраних складових системи вимірювання ваги, що забезпечують її точність та надійність.

5. З урахуванням структурної схеми та характеристик компонентів розроблено принципову електричну схему системи, яка служить основою для подальшої реалізації.

6. Розроблено алгоритм роботи системи, включно з опитуванням тензодатчиків, обробкою сигналів та виведенням результатів, а також створено відповідну програму для мікроконтролера Atmega16.

7. На основі принципової схеми створено макет друкованої плати, що забезпечує компактність та зручність монтажу електронних компонентів.

8. Проведено розрахунок надійності та точності системи: середній час на відмову становить 14477 годин, абсолютна похибка вимірювання – 20,00 грамів, відносна похибка – 7,4%.

Правильний підбір компонентів, коректна експлуатація та регулярний технічний контроль дозволяють значно знизити ризики помилок і несправностей, а також оптимізувати процеси вимірювання ваги, забезпечуючи стабільну та ефективну роботу системи.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурштинський М.В., Хай М.В., Харчишин Б.М. Давачі / М.В. Бурштинський, М.В. Хай, Харчишин Б.М. – 2-ге вид. доповн. – Львів: ТзОВ „Простір М”, 2014. – 202 с.
2. Ваги торгові до 30 кг електронні ВІС 30ВП1-Т/Б [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ves.com.ua/uk/vagi-torgovv96s-30vp1-t-b>.
3. Фасувальні ваги до 30 кг 30ВП1-В [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://enmarket.com.ua/uk/vesy-nastolnye-vesoizmeritelnye-sistemy-30vp1>.
4. Ваги торговельні Днепровес ВТД-ЛД1 СВ до 30 кг [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kiy-v.ua/ua/vesy-torgovye-dneproves-vtd-ld1-sv-do-30-kg.html>.
5. Ваги торговельні CAS AP-30EX [Електронний ресурс]. – Режим <https://gipercenter.dp.ua/ua/p614509677-vesy-torgovye-cas.html>.
6. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи : підручник. У 2 ч. Ч. 1. Мікропроцесорні системи [Електронний ресурс] / А. О. Новацький. – Електронні текстові дані (1 файл: 16,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 361с.
7. Тензодатчик [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vagi-axis.ua/uk/category/tenzodatchiki>.
8. Основи електроніки : навч. посіб. / А. С. Васюра, Г. Д. Дорощенко, В. П. Кожем'яко, Г. Л. Лисенко. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 197 с.
9. Засоби відображення інформації. Частина 1 : навчальний посібник / Л. В. Крилик, О. О. Селецька, І. В. Сухоцька. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 82 с.
10. Види кнопок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lemanso.com.ua/elektromontazhnoe-oborudovanie/knopki-elektricheskie>.
11. Світлодіодна стрічка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://electrica-shop.com.ua/ua/articles/215.svitlodiodna_strichka_shcho_tse.
12. Мікроконтролер Atmega16 DataSheet [Електронний ресурс]. – Режим

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

- доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/atmega16-16pu_22561.html.
13. DataSheet тензодачика SAUTER CP 30-2Y1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://pragmatic.com.ua/sauter_cp30_2y1.
14. Опис модуля АЦП НХ711 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://myproject.com.ua/hx711-dvokanalnij-datchik-tisku-ua.html>.
15. Дисплей LCD 1602 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/prod169-lcd-1602-simvolnii-displei-16x2-sinii>.
16. Світлодіодна стрічка SMD 2835 60д/м [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://led-story-opt.com/ua/p2022228761-svetodiodnaya-lenta-belaya.html>.
17. Кнопка з фіксованим положенням PB22E07 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://voron.ua/catalog/023380--knopka_pb22e07_s_fiksatsiyey.
18. Акумулятор АА 2300мАч 4.8V Ni-Mh динамік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://akumo.com.ua/p1354558690-akkumulyator-2000-mach.html>.
19. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.
20. Стаття «Методи виготовлення друкованих плат» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studopedia.org/6-116440.html>.
21. EasyEDA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://EasyEDA.com>.
22. Методи розрахунку надійності [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5199824/page:5>.
23. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «бакалавр» // Розробники: Подчашинський Юрій, Чепюк Ларіна, Петросян Руслан, 2021. – 60с.

					МММТ 480.008.009 – ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		