

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

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ваги
фасованих продовольчих товарів**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-3
напря Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Косенко Костянтин Миколайович
(прізвище та ініціали)

Керівник д.е.н., к.т.н., проф.кафедри
М та ІВТ Єфіменко Н.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Житомир 2024

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.

«18» квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент Косенко Костянтин Миколайович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ваги фасованих продовольчих товарів

Затверджена Наказом по університету від «18» квітня 2024 р. № 140/с

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

3. Вихідні дані до роботи живлення системи, вивід виіміряних значень ваги на дисплей, декоративне підсвічування платформи, розрахунок точності та надійності вимірювання ваги

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) технічне завдання, опис існуючих систем вимірювання ваги фасованих товарів, 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

7. Дата видачі завдання 18 квітня 2024 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір теми та складання змісту	18.04.2024-29.04.2024	
2	Опис та аналіз існуючих системами вимірювання ваги	1.05.2024-10.05.2024	
3	Опис технічного завдання	13.05.2024-18.05.2024	
4	Обґрунтування складових системи	21.05.2024-26.05.2024	
5	Розробка структурної та принципової схем системи	23.05.2024-03.06.2024	
6	Розрахунок надійності та точності системи	04.06.2024-05.06.2024	
7	Розробка алгоритму та програмування мікроконтролеру	06.06.2024-07.06.2027	
8	Оформлення пояснювальної записки та доповіді	08.06.2024-11.06.2024	

Студент _____ Косенко К.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Єфіменко Н.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ваги фасованих продовольчих товарів» складається з 66 сторінок, містить 17 рисунки, 4 таблиці, 5 формул та 24 джерел.

У кваліфікаційній роботі бакалавра обґрунтовано актуальність створення системи вимірювання та контролю ваги фасованих товарів. Прописані функції системи. Обґрунтовано складові системи. Побудовано структурну та принципову схеми системи. Розроблено друковану плату. Побудовано алгоритм роботи системи та запрограмовано обраний мікроконтролер.

Прораховано точність і надійність системи вимірювання та контролю ваги фасованих товарів.

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

ANNOTATION

The bachelor's thesis on the topic "Computerized System for Measuring and Controlling the Weight of Packaged Food Products" consists of 66 pages, contains 17 figures, 4 tables, 5 formulas, and 24 sources.

In the bachelor's thesis, the relevance of creating a system for measuring and controlling the weight of packaged products is substantiated. The functions of the system are described. The components of the system are justified. The structural and schematic diagrams of the system are constructed. A printed circuit board is developed. The algorithm of the system's operation is built, and the selected microcontroller is programmed.

The accuracy and reliability of the system for measuring and controlling the weight of packaged products are calculated.

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

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.....	10
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	11
2.1. Основні поняття вимірювання освітленості	11
2.2. Існуючі системи вимірювання освітленості	13
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	20
3.1. Обґрунтування складових системи.....	20
3.2. Обґрунтування мікроконтролера.....	20
3.3. Обґрунтування датчика ваги.....	22
3.4. Обґрунтування джерела живлення.....	24
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.....	31
4.1. Вибір мікроконтролеру.....	31
4.2. Вибір тензодатчика.....	32
4.3. Вибір дисплея.....	36
4.4.Вибір світлодіодної стрічки.....	37
4.5.Вибір кнопок	38
4.6. Вибір джерела живлення.....	40
4.7. Принципова схема.....	41
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	43
5.1. Алгоритм програми	43
5.2. Розробка програми.....	45
6. КОНСТРУКТОРЬСКА ЧАСТИНА.....	48
6.1.Розробка друкованої плати.....	48
6.2. Розрахунок надійності системи.....	50
6.3. Розрахунок похибки вимірювання ваги.....	55
7.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	59
7.1. Охорона праці.....	59
7.2. Умови охорони праці при роботі з вагами.....	61
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64

					МММТ 480.006.008- ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив		Косенко К.М.			Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ваги фасованих продовольчих товарів	Літ.	Арк.	Аркшів
		Ефіменко Н.А.					5	65
Рецензент						ДУ «Житомирська ппптехніка» МТ-3		
Н. контр.								
Затверд.		Подчашинськи						

ВСТУП

Актуальність розробки. Вимірювання ваги продовольчих товарів виконується кожен день в торгівлі та промисловості.

Вимірювання та контролю ваги дозволяє досягти таких аспектів:

1. Контроль якості: Точне вимірювання ваги гарантує, що фасовані товари відповідають зазначеній на етикетці вазі, запобігаючи обмануванню споживачів та забезпечуючи дотримання нормативних вимог.

2. Оптимізація процесів: Шляхом моніторингу та контролю ваги продукції під час фасування виробники можуть оптимізувати свої процеси, зменшити відходи та підвищити ефективність.

3. Економія коштів: Точний контроль ваги допомагає мінімізувати перевищення або недостачу ваги у фасованих товарах, що призводить до економії сировини та зменшення втрат продукції.

4. Безпека харчових продуктів та відповідність нормам: У харчовій промисловості контроль ваги є необхідним для дотримання стандартів безпеки харчових продуктів, вимог до маркування та нормативних вказівок регулюючих органів.

5. Задоволеність споживачів: Постійна точність ваги фасованих товарів формує довіру споживачів до бренду, що призводить до задоволеності клієнтів та їх лояльності.

6. Управління запасами: Точна інформація про вагу є важливою для належного управління запасами, контролю запасів та оптимізації ланцюгів постачання, особливо у галузях, де мають справу з сипкими матеріалами або продукцією високої вартості.

7. Юридичні та торговельні вимоги: Багато галузей, таких як харчова, фармацевтична та дорогоцінних металів, мають суворі юридичні вимоги та стандарти точності ваги для забезпечення чесної торговельної практики та захисту прав споживачів.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

В Україні для промислових і торговельних цілей використовуються різноманітні марки ваг вітчизняного та зарубіжного виробництва. Ось деякі з популярних брендів: Зевс, Vagar, ваги торгові ВТД-ЛД, Domotec, Масса-К, ВТЕ-Центровес, Днепровес, Прок.

Дані бренди вагів мають ряд таких недоліків: висока вартість, відсутність сертифікованих сервісних центрів обслуговування, відсутність підтримки та оновлення програмного забезпечення, скудний дизайн.

Розробка комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ваги продовольчих товарів є актуальною, тому що надійна система вимірювання та контролю ваги може значно покращити якість продукції, операційну ефективність, відповідність нормативним вимогам та загальну задоволеність клієнтів.

Мета роботи є розробка комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ваги фасованих продовольчих товарів.

Для розробки комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ваги фасованих продовольчих товарів необхідно виконати наступні **задачі**:

1. Проаналізувати існуючі систем вимірювання та контролю ваги;
2. Розробити структурну схему системи вимірювання та контролю ваги;
3. Обрати складові елементи системи;
4. Розробити принципову схему системи вимірювання та контролю ваги;
5. Розробити друковану плату системи;
6. Розробити алгоритм роботи системи та запрограмувати мікроконтролер;
7. Прорахувати точність та надійність системи вимірювання та контролю ваги.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Призначення та область застосування

Комп'ютеризована система повинна а автоматичному або в автоматизованому режимі забезпечити вимірювання та контролю ваги фасованих продовольчих товарів.

Областю застосування комп'ютеризованої системи вимірювання ваги є харчова та легка промисловість, торгівля, метрологія.

Необхідно побудувати структурну схему, зробити вибір складових елементів системи, побудувати принципову схему, розробити алгоритм та запрограмувати мікроконтролер.

Початок розробки – квітень 2024 р.

Кінець розробки – червень 2024 р.

1.2 Умови експлуатації

- Діапазон вимірювання ваги: від 1 г до 10 кг;
- Температура навколишнього середовища: від -20°C до 45°C;
- Відносна вологість до 85% при температурі 25°C;
- Атмосферний тиск 600-800 мм рт. ст.;
- Хімічно активні компоненти відсутні.
- Вібрація, тряска, удари: відсутні.
- Характер роботи: разової дії.
- Системна ремонтпридатна, відновлювальна;
- Живлення системи: 5 В;

– Експлуатація системи здійснюється в опалювальному та неопалювальному приміщенні, платформа вагів ставиться на рівну поверхню, перед початком роботи на новому місці проводиться калібрування вагів.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Док.
						8
Зм.	Док.	№ док.м.	Підпис	Дат		

1.3 Технічні параметри системи

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

Система має кілька входів та виходів. Один з входів призначений для сигналу від кнопки ввімкнення/вимкнення пристрою. Інший вхід слугує для надходження сигналів від датчиків ваги. Окрім цього, в систему надходить живлення від блоку живлення.

На виході система видає виміряні та оброблені дані з трьох датчиків ваги. Усереднене значення виводиться на дисплей. Крім того, з виходу система посилає сигнал на світлодіодну стрічку для декоративного підсвічування платформи ваг.

Центральним елементом є мікроконтролер, який обробляє вхідні сигнали від кнопки та датчиків і на основі цих даних формує результат вимірювання ваги, який виводиться на дисплей. Режими роботи системи: автоматичний.

Технічні характеристики системи та її складових частин:

- Тоність: похибка відносна 2,0%, абсолютна похибка вимірювання 10,0 грам;
- Максимальна вага вимірювання до 10 кг;
- Надійність системи повина бути від 14 000 годин напрацювання на відмову;
- Вимірювальний елемент: тензодатчик з вбудованим АЦП на базі мікросхеми НХ711;
- Інтерфейс та додаткові функції: вбудований дисплей для виведення вимірюваних значень ваги фасованих товарів; вбудована світлодіодна стрічка для декоративного підсвічування платформи.

Система побудована з використанням уніфікованих компонентів. Зокрема, мікропроцесор, тензодатчики, блок живлення, дисплей та світлодіодна стрічка є стандартними елементами, що дозволяє за необхідності замінити їх на інші моделі з подібними характеристиками без необхідності модифікації всієї системи.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

1.4 Вимоги до конструктивного оформлення

- Конструктивно сиситема повина знаходитися в пластиковому корпусі з певними доробками під дисплей, світлодіодну стрічку та блок живлення;
- Габарити установки: 250x250x30 мм (розмір плати 46x70 мм мм);
- Тензодатчик підключається черех мікросхему АЦП НХ711 через 4 виводи;
- Дисплей підключається послідовно через інтерфейс I2C.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1. Основні поняття вимірювання ваги

Вага – це сила, що діє на тіло з боку гравітаційного поля. Вона виникає внаслідок взаємного тяжіння між тілами, що мають масу.

Вимірювання ваги широко застосовується в торгівлі, промисловості, транспорті, наукових дослідженнях для зважування вантажів, продуктів, матеріалів тощо.

Для точного вимірювання ваги використовуються різноманітні типи ваг та датчиків ваги, такі як пружинні, важільні, гідравлічні, електронні з тензодатчиками.

Вага вимірюється шляхом перетворення сили тяжіння, що діє на об'єкт, у пропорційний електричний сигнал. Це досягається за допомогою давачів ваги, таких як тензодатчики або loadcell.

Існують різні типи ваг для різних цілей, наприклад, платформні ваги, підлогові ваги, настільні ваги, лабораторні ваги високої точності, автомобільні ваги тощо.

Існують кілька основних видів датчиків ваги, які використовуються для вимірювання ваги об'єктів:

1. Тензометричні датчики (loadcell): Найпоширеніший тип датчиків ваги. Працюють на принципі тензометрії – вимірювання деформації за допомогою тензорезисторів. Доступні різні конструкції: стрижневі, циліндричні, S-подібні.

2. П'єзоелектричні датчики: Використовують п'єзоелектричний ефект для генерації електричного заряду пропорційного до прикладеного навантаження. Високошвидкісні, але менш точні, ніж тензодатчики

3. Гідравлічні датчики: Використовують гідравлічний тиск рідини для вимірювання ваги. Часто застосовуються в автомобільних вагах

4. Пневматичні датчики: Працюють на основі зміни тиску газу пропорційно до ваги. Використовуються рідше через нижчу точність.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Дрк.
						11
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		

5. Магнітопружні датчики: Працюють на основі зміни магнітних властивостей феромагнітного матеріалу під навантаженням. Безконтактні, стійкі до вібрацій

6. Оптичні датчики: Використовують зміну оптичних властивостей (відбиття, заломлення світла) під навантаженням. Застосовуються для високоточних вимірювань. Вибір типу датчика залежить від вимог до діапазону зважування, точності, умов експлуатації та вартості системи зважування.

а) Пружинні ваги: Використовують пружинний механізм для вимірювання сили, що діє на об'єкт.

б) Гідравлічні ваги: Використовують рідину під тиском для передачі сили на давач тиску.

в) Електронні ваги: Використовують тензодатчики/loadcell для перетворення сили тяжіння в електричний сигнал.

4. Тензодатчики: Це пасивні давачі, які змінюють свій опір під впливом механічної деформації, спричиненої вагою об'єкта. Сигнал з них потім підсилюється та оброблюється.

Точність ваг визначається здатністю відтворювати результати вимірювань та залежить від якості компонентів, калібрування та умов експлуатації.

Сучасні ваги можуть мати різні інтерфейси передачі даних, такі як RS-232, USB, Ethernet, Bluetooth для підключення до комп'ютерів, ПЛК та SCADA систем.

Періодичне калібрування ваг за допомогою відомих еталонних гир забезпечує точність результатів зважування.

Належне вимірювання ваги є критично важливим для багатьох галузей, таких як роздрібна торгівля, харчова промисловість, фармацевтика та логістика.[1]

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

2.2. Існуючі системи вимірювання ваги

Ваги Днепровес торгові ВТД-30 РС, до 30 кг представлені на рис.2.1.

Ваги Днепровес ВТД-30 РС – це електронні ваги для зважування круп, рідин, овочів та інших продуктів. Максимальна вага - до 30 кг. Ваги передають інформацію про зважування до персонального комп'ютера або касового апарату через RS-232. Оснащені сенсорною вологозахищеною клавіатурою, екраном для продавця, стійкою зі світлодіодним екраном для покупця, вбудованим акумулятором.



Рис.2.1. Зовнішній вигляд ваг Днепровес торгові ВТД-30 РС

Переваги торговельних ваг Днепровес ВТД-30 РС:

– Платформа з нержавіючої сталі легко витирається та дезінфікується, що особливо зручно для зважування харчових продуктів.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		13

– Широка платформа 220x310 мм і вологозахищена клавіатура запобігають потраплянню рідини та бруду всередину ваг.

– Акумулятора ваг вистачає на до 50 годин автономної роботи, - для виїзної торгівлі чи при відключеннях електроенергії.

– Стійка з LED дисплеєм дає змогу покупцю контролювати вартість своєї покупки.

– Ваги сумісні з програмою обліку Торгсофт.

Якщо на комп'ютері нема роз'єму RS-232, потрібен перехідник USB — RS-232 та драйвер до нього.

Використовуються торговельні ваги Днепровес торгіві ВТД-30 РС:

В роздрібній та оптовій торгівлі, логістиці: у магазинах, торгових центрах, закладах громадського харчування, супермаркетах, на ринках, фасувальних лініях.

Характеристики торгових ваг Днепровес ВТД-30 РС

– Тип ваг: торговельні, настільні, електронні

– Межа зважування: 30 кг

– Дискретність: 10 г

– Живлення: мережа 220В + вбудований акумулятор з автономною роботою до 50 годин

– Автоматичний економний режим: так

– Розворот стійки: 360 градусів

– Регульовані ніжки: так

– Гарантія: 12 місяців

– Вага: 4320 г

– Розмір платформи: 22x31 см

– Розміри в упакованні: 140x420x380 мм

– Вага в упакованні: 4720 г

– Вбудовані опції

– Визначення вартості по масі.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Док.
						14
Зм.	Док.	№ док.	Підпис	Дат		

- Автоматичне встановлення нуля.
- Функція тарування.
- Функція здачі та підсумовування вартості.
- Захист від перевантаження.
- Індикатор низького заряду акумулятора й автоматичне вимкнення.
- Інтеграція з програмами обліку.[2]

Товарні ваги ЗЕВС ВПЕ (L400x500) з індикатором МВ6 (пластик)
представлені на рис.2.2.

Опис:

- функція обнулення;
- тарування;
- Підсумовування маси вантажу;
- Функція перемикавання кг / фунт.



Рис. 2.6 Зовнішній вигляд товарних ваг ЗЕВС ВПЕ

Технічні характеристики:

- Дискретність: 0,01 / 0,02 / 0,05 / 0,05 / 0,05 кг;
- Довжина платформи: 500мм;
- Мінімальна вага зважування: 0,2 / 0,4 / 1 / 1 / 1 кг;
- Максимальна вага зважування: 30 / 60 / 100 / 150 / 200 кг;

					<i>МММТ 480.006.008 - ПЗ</i>	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- Ступінь захисту: IP54;
 - Температурний діапазон: від -10°C до +40°C;
 - Тип: Товарні;
 - Ширина платформи: 400мм;
 - Живлення: вбудована акумуляторна батарея 6В/4Ач.[3]
- Фасувальні ваги Vagar VW LED 30 кг на рис.2.3.



Рис.2.3. Фасувальні ваги Vagar VW LED 30 кг

Технічні характеристики:

- Межа зважування: 30 кг;
- Дискретність: 5/10 грамів;
- Розмір платформи: 256 x 210 мм;
- Діапазон робочих температур: 0...+40 °C;
- Мембранна клавіатура
- Яскравий світлодіодний індикатор;
- Висота символів: 20 мм;
- Вимкнення дисплея автоматично після 15 сек простою;
- Автоматичне встановлення нуля;

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		16

- Вибір маси тари;
- Режим збереження енергії;
- Індикація заряду батареї;
- Робота від адаптера: 5,8 В, 0,6 А;
- Робота від акумулятора;
- Невелика вага та габарити;
- Регулювання ніжок;
- Вибір одиниць виміру (грами, кг, фунти);
- Внесені в гостреєстр СІТ України No У3655-15;
- Оцінка відповідності;
- Гарантія: 12 місяців.[4]

Ваги торговельні ПРОК ВТ-40 до 40 кг на рис.2.4.

Ваги торговельні електронні ПРОК ВТ-40 (40 кг) - багатофункціональні, прості в управлінні та за доступною ціною настільні електронні ваги. Призначені для зважування та визначення маси товару. Максимальна вантажопідйомність становить 40 кг, а мінімальний – 50 г, похибка при зважуванні – 2 г.



Рис.2.4. Ваги торговельні ПРОК ВТ-40

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дат		17

Клавіатура надійно захищена спеціальним чохлом від несприятливих природних факторів та фізичних ушкоджень. Результати легко зчитуються з 2-х стороннього LCD дисплея з підсвічуванням. Великий функціональний набір дозволяє покращити якість робочого процесу оператора: пам'ять на 7 осередків (кнопка М), підсумовування, тарування, автообнулення та багато іншого. Ваги торговельні електронні настільні експлуатуються від мережі 220 Вт або вбудованого акумулятора (автономність 100 годин).

Основні характеристики:

- Максимальна межа зважування: 40 кг;
- Мінімальна межа зважування: 50 г;
- Ціна поділу: 5 г;
- Бренд – ПРОК;
- Гарантія – 12 місяців;
- Діапазон робочих температур: від -10 до 40°C;
- Дисплей – двосторонній;
- Корпус – Пластик;
- Матеріал ваги платформи – полірована нержавіюча сталь;
- Пам'ять 7 осередків 'М';
- Живлення 220В/акумулятор;
- Тривалість роботи при автономному харчуванні до 100 годин;
- Розмір платформи: 250х350 мм;
- Стійка – Ні;
- Країна виробник – Україна;
- Тип індикатора – рідкокристалічний.[5]

Електронні торгові ваги на 50 кг Domotec MS-228 рис.2.5 призначені для зважувань товарів, продуктів, предметів у домашніх умовах, магазинах чи ринках. Ваги мають металеву платформу для зважування та екрани з двох сторін для зручності використання. При використанні в торгівлі покупець і продавець зможуть бачити вагу та вартість на табло ваг.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Док.
Зм.	Док.	№ докum.	Підпис	Дат		18



Рис.2.5. Електронні торгові ваги на 50 кг Domotec

Характеристика:

- Тип ваги: електронні;
- Максимальна вага: 50 кг;
- Мінімальна вага: 1 кг;
- Точність виміру: 50 гр;
- Розмір платформи: 250х350 мм;
- Виробник: Domotec. [6]

Існуючі системи вимірювання ваги мають ряд недоліків:

- неточність вимірювання, так як більшість побутових вагів мають певну похибку вимірювання, що може становити до 0,5 кг або більше;
- обмежена функціональність;
- складні в налаштуванні та необхідність потрібна калібрування;
- відсутність фірм в офіційному обслуговуванні;
- деякі ваги можуть бути громіздкими та незручними для транспортування, що обмежує їх використання в подорожах або на робочих місцях;
- електронні ваги більшість потребують підключення до джерела живлення, що може бути проблематичним у даної ситуації в країні;
- висока ринкова ціна.

Пропонується розробити систему вимірювання ваги з автономним джерелом живлення, компактну, мобільну, просту в користуванні та за доступною ринковою вартістю.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ док.м.	Підпис	Дат		19

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1. Обґрунтування складових системи

Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ваги фасованих продовольчих товарів повинна функціонувати наступним чином:

- До системи повинно подаватися живлення під час роботи;
- Вимірювати та контролювати вагу товарів;
- Відображувати вимірюванні дані ваги на дисплей;
- Система повинна оброблювати вхідні сигнали з тензодатчиків та відображувати оброблений результат на дисплей;
- В системі повинно здійснюватись декоративне підсвічування платформи;
- Живлення системи вимірювання ваги повинно бути від батарейок.

Відповідно описаним функціям потрібні такі складові комп'ютеризованої системи вимірювання освітленості:

1. Мікроконтролер здійснює управління системи: приймає вхідні сигнали з тензодатчика та кнопки, знімає виміряні значення з декількох тензодатчиків, обраховує середнє значення з трьох датчиків та відображує значення ваги на дисплей, подає сигнал на світіння світлодіодної стрічки;
2. Датчик ваги (тензодатчики) для вимірювання значень ваги;
3. Кнопка для подачі/відключення живлення до системи;
4. Дисплей відображує виміряні та оброблені значення ваги;
5. Світлодіодна стрічка для декоративного підсвічування платформи;
6. Блок живлення для живлення системи.

3.2. Обґрунтування мікроконтролера

Мікроконтролер (МК) – це спеціалізований мікропроцесор, який призначений для керування електронними пристроями та системами. Це невелика, енергоефективна інтегральна схема, яка містить процесор, пам'ять

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат.		

(ОЗП та ПЗП) і периферійні пристрої на одному кристалі.

Основні характеристики та особливості мікроконтролерів:

1. Центральний процесор (CPU): Серце мікроконтролера - це ядро центрального процесора, яке виконує команди та операції.

2. Пам'ять: Мікроконтролери містять невелику кількість вбудованої пам'яті, зазвичай кілька кілобайт оперативної пам'яті (ОЗП) та кілька десятків кілобайт постійної пам'яті (ПЗП/Flash) для зберігання програм.

3. Периферійні пристрої: Мікроконтролери оснащені різноманітними вбудованими периферійними пристроями, такими як таймери, лічильники, аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі (АЦП/ЦАП), послідовні інтерфейси (UART, SPI, I2C) тощо.

4. Вхідні/вихідні порти: Мікроконтролери мають цифрові та аналогові входи/виходи (GPIO), які дозволяють зчитувати та керувати зовнішніми пристроями та датчиками.

5. Низьке енергоспоживання: Мікроконтролери розроблені для роботи з низьким енергоспоживанням, що робить їх ідеальними для портативних та автономних пристроїв.

6. Програмованість: Більшість сучасних мікроконтролерів можна запрограмувати, використовуючи мови програмування низького рівня (Асемблер, C) або високого рівня (C++, Python, Rust).

Мікроконтролери широко використовуються в різноманітних додатках, таких як побутова електроніка, автомобільна електроніка, промислова автоматизація, медичне обладнання, системи контролю та моніторингу, Інтернет речей (IoT) та багато інших. Вони забезпечують високу продуктивність, гнучкість та доступність для розробки вбудованих систем.[7]

Враховуючі кількість виводів згідно вхідних та вихідних елементів, швидкодію мікроконтролера, надійність, сумісність з тензодатчиками та дисплеєм, світлоюдною стрічкою, мовою програмування вирішено обираєти Atmega16.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

3.3. Обґрунтування датчика ваги

Датчик ваги, також відомий як вагова вимірювальна комірка або тензодатчик (loadcell), – це пристрій, який використовується для перетворення сили або ваги на електричний сигнал.

Типові види тензодатчиків зображено на рис.3.1.



Рис. 3.1. Типові тензодатчики

Датчики ваги зазвичай використовують тензорезистори – опори, які змінюють свій опір під дією механічної деформації. При прикладенні ваги до датчика його пружний елемент деформується, що призводить до зміни опору тензорезисторів. Ця зміна опору перетворюється в електричний сигнал.

Типи датчиків ваги:

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

Найчастіше датчики ваги виготовляються з алюмінієвих, сталевих або нікелевих сплавів для забезпечення достатньої міцності та пружності.

Вихідний сигнал датчика ваги зазвичай є міліВольтним аналоговим сигналом, який потребує підсилення та аналого-цифрового перетворення для подальшої обробки мікроконтролером або комп'ютером.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		22

Датчики ваги вимагають ретельного калібрування для забезпечення точності вимірювань. Це зазвичай включає застосування відомих тестових ваг.

Датчики ваги широко використовуються в різноманітних галузях, включаючи промислове зважування, транспортні ваги, медичне обладнання, системи контролю якості та багато інших.

1. Вибір датчика ваги залежить від вимог до діапазону зважування, необхідної точності, умов експлуатації та вартості системи зважування. Правильне використання та калібрування забезпечує високу надійність та точність вимірювань ваги. .[8]

Враховуючі сумісність з мікроконтролером, мовою програмування, межі вимірювання продовольчих фасованих товарів до 10 кг, обираємо тензодатчик з модулем АЦП НХ711 до 10 кг.

3.4. Обґрунтування джерела живлення

Для забезпечення роботи будь-якої комп'ютеризованої системи необхідне джерело живлення.

Джерело живлення – це пристрій або компонент, який забезпечує електричну енергію для роботи електронних пристроїв та систем. Основними функціями джерела живлення є:

1. Перетворення вхідної напруги на необхідний рівень напруги, придатний для електронних компонентів. Наприклад, перетворення змінної напруги 220В з електромережі на постійну напругу низького рівня, як 5В, 12В тощо.
2. Фільтрація перетвореної напруги для усунення пульсацій та шумів.
3. Стабілізація вихідної напруги на постійному рівні для забезпечення стабільної роботи навантаження.

Існують різні типи джерел живлення:

1. Лінійні джерела живлення: використовують трансформатори,

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

випрямлячі, фільтри та регулятори напруги. Найпростіший приклад - блок живлення для ПК.

2. Імпульсні джерела живлення: перетворюють вхідну напругу за допомогою високочастотних імпульсів, фільтрують та регулюють вихідну напругу. Більш ефективні та компактні.

3. Батарейні та акумуляторні джерела: хімічні джерела струму здатні забезпечити мобільні пристрої живленням.

4. Резервні джерела безперебійного живлення (ДБЖ): комбінують основне та резервне (акумуляторне) джерело для безперервного забезпечення критично важливих навантажень.

Основні характеристики джерел живлення - вхідна та вихідна напруга, струм, потужність, ефективність, надійність, компактність та вартість. Правильний вибір джерела живлення є критичним для стабільної та безпечної роботи електронних пристроїв.

Живлення може надходити безпосередньо до системи або через перетворювач, залежно від конструкції. Джерелами живлення можуть виступати електромережа, одноразові батарейки або акумулятори. Пропонується застосувати акумулятор на базі батарейок. На наданому рис.3.4. зображені типові приклади одноразових батарейок, які можуть використовуватись для живлення таких систем. [9]



Рис. 3.4. Типовий вид батарейок

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Враховуючі сумісність з мікроконтролером, живлення всіх складових елементів, ситуацію в країні з електроенергією, було обрано акумулятор, якій складається з батарейок.

3.5.Обґрунтування дисплею

Для відображення інформації виміряних та оброблених даних з тензодатчика потрібно засіб для виведення інформації.

В електроніці використовуються різноманітні засоби для відображення інформації, серед яких:

1. Рідкокристалічні дисплеї (LCD):

- Найпоширеніший тип дисплеїв в електроніці;
- Різновиди: сегментні, матричні, TFT LCD.

Переваги: низьке енергоспоживання, компактність, добра читабельність.

2. Світлодіодні дисплеї (LED):

- Використовують світлодіоди для відображення інформації;
- Типи: сегментні, матричні, OLED;
- Переваги: високий контраст, яскравість, низьке енергоспоживання.

3. Вакуумні люмінесцентні дисплеї (VFD):

- Використовують газорозрядні лампи для відображення інформації;
- Яскраві та енергоефективні;
- Широко використовувалися в старих пристроях.

4. Електронно-променеві трубки (ЕПТ):

- Застарілий тип дисплеїв для відображення растрових зображень;
- Мали високу роздільну здатність, але великі розміри та високе енергоспоживання.

5. Друковані дисплеї:

- Електронний папір, термографічні принтери;
- Переваги: енергонезалежність, хороша читабельність.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат.		

6. Індикаторні лампи та світлодіоди: Прості засоби для відображення стану або статусу пристрою.

Під час вибору засобу відображення інформації для електронного пристрою необхідно враховувати низку важливих факторів. Серед них - сфера застосування пристрою, необхідна роздільна здатність та яскравість дисплея, його енергоспоживання, габаритні розміри та, безумовно, вартість. На сьогоднішній день найбільш поширеними типами дисплеїв у сфері електроніки є рідкокристалічні (LCD) та світлодіодні (LED) завдяки їхнім численним перевагам, таким як компактність, висока якість зображення, низьке енергоспоживання, а також доступності великого різноманіття форм-факторів, що дозволяє підібрати оптимальний варіант для конкретного застосування.[10]

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

3.6. Обґрунтування кнопки

Для вмикання та вимикання живлення системи вимірювання ваги потрібно застосувати кнопку.

Кнопки є ключовими елементами в конструкції електронних пристроїв, виступаючи в ролі інтерфейсу взаємодії між користувачем та системою. Вони дозволяють вводити команди, запити та налаштування, забезпечуючи контроль над функціональністю пристрою. Широкий вибір типів кнопок, з різними формами, розмірами та принципами дії, надає можливість обрати оптимальний варіант для конкретного застосування, враховуючи вимоги до зручності використання, надійності та ергономіки. Завдяки кнопкам досягається зрозуміла та інтуїтивна взаємодія людини з електронними системами в багатьох галузях: від побутової техніки до промислового обладнання.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Ось кілька популярних типів кнопок, які часто використовуються в електроніці:

1. Тактові кнопки (Push Buttons) – це прості кнопки, які замикають контакти при натисканні. Вони бувають різних видів – плоскі, круглі, квадратні та інших форм.

2. Тумблери (Toggle Switches) – перемикачі, що залишаються у фіксованому положенні після переміщення. Використовуються для включення/виключення пристроїв.

3. Кодові перемикачі (DIP Switches) – ряд невеликих тумблерів в одному корпусі, що дозволяє задавати двійкові коди.

4. Ротаційні енкодери – обертові перемикачі, що генерують кодовані сигнали при обертанні валу. Використовуються для регулювання параметрів.

5. Сенсорні кнопки – не мають рухомих частин, реагують на дотик для ввімкнення/вимкнення.

6. Педальні перемикачі – кнопки, що активуються за допомогою ноги, зазвичай у музичних інструментах.

7. Джойстики – пристрої керування з осями для керування в декількох напрямках та кнопками.

Вибір кнопки залежить від конкретного застосування в електронному пристрої і вимог до зручності, надійності та габаритів.[11]

3.7.Обґрунтування декоративного підсвічування

Для підсвічування платформи системи вимірювання ваги пропонується використати світло діоди, а саме світлодну стрічку.

Світлодіодна стрічка (LED стрічка) – це гнучкий світлодіодний світлодіодний пристрій, який складається з великої кількості світлодіодів, рівномірно розташованих на гнучкій друкованій платі.

1. Конструкція:

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат.		

– Світлодіоди змонтовані на гнучкій друкованій платі з мідними доріжками;

– Захищені гнучким силіконовим або епоксидним компаундом;

– Існують одно-, дво- та багатоколірні варіанти (RGB, RGBW тощо).

2. Живлення:

– Типова робоча напруга 12В або 24В постійного струму;

– Використовують імпульсні або лінійні джерела живлення.

3. Яскравість та колірна температура:

– Високий рівень яскравості (до 1000+ лм/м);

– Різна колірна температура (тепла, нейтральна, холодна біла);

– Можливість зміни кольору в RGB варіантах.

4. Гнучкість і форма:

– Можуть вигинатися під різними кутами;

– Доступні у вигляді стрічок, кілець, модулів тощо.

5. Застосування:

– Декоративне освітлення інтер'єрів та екстер'єрів;

– Підсвічування меблів, ніш, дзеркал;

– Освітлення в автомобілях, човнах;

– Рекламне освітлення вітрин, вивісок;

– Архітектурна підсвітка будівель.

Типова світлодіодна стрічка зображена на рис.3.



Рис.3.5.Світлодіодна стрічка

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

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

Для системи вимірювання ваги потрібно обрати світлодіодну стрічку враховуючи сумісність з мікроконтролером, врахувати периметр платформи для довжини світлодіодної стрічки, врахувати кількість виводів під'єднання, напругу живлення. Отже, оберемо світлодіодну стрічку 5В, білу нейтральну, довжина 1м, марка SMD 2835 60д/м.

3.8. Структурна схема

Врахувавши складові системи вимірювання ваги та функції, побудуємо структурну схему рис.3.6.

Структурна схема – це графічне зображення, яке показує основні функціональні блоки системи та зв'язки між ними. Вона використовується для візуального представлення загальної організації та взаємодії компонентів системи.

Складові системи наступні:

1) Тензодатчики 2 шт підключаються до мікроконтролера. Тензодатчик вимірює продовольчих товарів та передає дані на мікроконтролер. Мікроконтролер в свою чергу усереднює значення та передає дані на відображення до дисплея.

2) Кнопка в свою чергу виконує функцію подачі живлення на плату.

3) Акумулятор, який підключено до мікроконтролера забезпечує систему напругою живлення.

4) Всі елементи під'єднані до мікроконтролеру та він керує вхідними сигналами.

5) Дисплей, що під'єднаний до мікроконтролеру, за допомогою нього виводяться дані, що були оброблені з мікроконтролеру з тензодатчика.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		



Рис. 3.6 Структурна схема системи вимірювання та контролю ваги

6) Світлодіодна стрічка, в свою чергу, під'єднана до мікроконтролера. За допомогою відбувається декоративне підсвідчування платформи вагів.

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1 Вибір мікроконтролера

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



Рис. 4.1 Зовнішній вигляд Atmega16

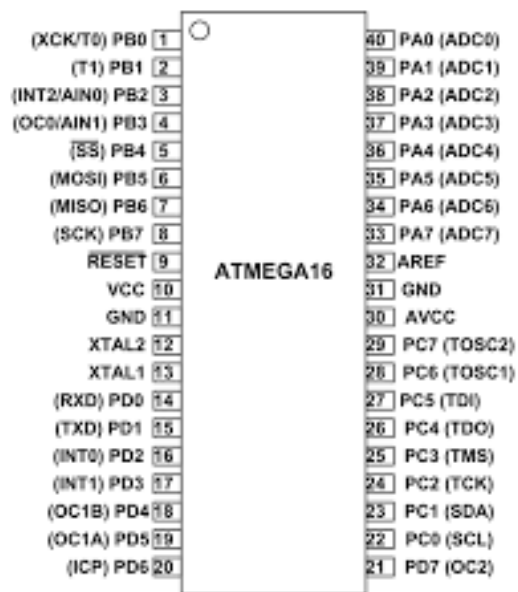


Рис. 4.2.Розташування пінів Atmega16

Atmega16 є 8-бітним мікроконтролером від компанії Atmel (нині частина Microchip Technology). Він належить до популярної серії AVR і широко використовується в різноманітних додатках завдяки своїм потужним можливостям і доступній ціні.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		31

Ось кілька ключових характеристик Atmega16:

1. Архітектура: RISC, 8-бітна.
2. Тактова частота: До 16 МГц.
3. Пам'ять програм (Flash): 16 КБ.
4. Оперативна пам'ять (SRAM): 1 КБ.
5. Енергонезалежна пам'ять (EEPROM): 512 байт.
6. Порти вводу/виводу: 32 програмовані лінії вводу/виводу.
7. Периферійні пристрої: UART, SPI, TWI (I2C), таймери/лічильники, АЦП, аналоговий компаратор та інші.
8. Робоча напруга: 4,5-5,5 В.
9. Низьке енергоспоживання з режимами зниженого енергоспоживання.

Atmega16 знайшов широке застосування у вбудованих системах, автоматизації, робототехніці, домашній автоматизації та інших областях завдяки своїй продуктивності, багатофункціональності та зручності у використанні. Він підтримується багатьма середовищами розробки, такими як Arduino IDE, Atmel Studio та іншими.[13]

4.2 Вибір тензодатчика

Для вимірювання та контролю ваги запропонована використати тензодатчик до 10 кг з модулем АЦП (рис.4.3).



Рис.4.3.Зовнішній вигляд тензодатчика

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Тензодатчик – тензорезистивний датчик для створення ваг, датчиків тиску або кінцевих датчиків. Датчик виконаний з алюмінію у формі бруска з 4 отворами в одній площині та отвором у центрі. Має 4 висновки від тонкоплівкових тензорезисторів, з'єднаних за мостовою схемою. Для перетворення величини опорів з виходу тензодатчика в дані для мікроконтролера, застосовується аналого-цифровий перетворювач НХ711. При встановленні датчика в робоче положення необхідно жорстко закріпити одну сторону, а на іншу помістити вимірюваний вантаж.

Основні характеристики:

- Номінальне навантаження: 10 кг;
- Робоча напруга: 3.3-10 В;
- Гранично допустиме навантаження: 120%;
- Руйнівне навантаження: 150%;
- Номінальна вихідна напруга: 1.0 ± 0.1 мВ/В;
- Чутливість: ± 0.1 мВ/В;
- Нелінійність: 0.05% F.S.;
- Гістерезис: 0.05% F.S.;
- Повторюваність: 0.05% F.S.;
- Повзуча помилка: 0.05% F.S./3 хв;
- Вихідний опір: $1000 \pm 5\%$ Ом;
- Вплив температури на нульовий баланс: 0.05% F/10С;
- Вплив температури на вихідний сигнал: 0,05% F/10 °С;
- Температура температури: -20..+60°С;
- Матеріал: алюмінієвий сплав;
- Розмір: 80*12.7*12.7 мм;
- Вага: 30 г.

Підключення:

- Червоний: +живлення (E+);
- Чорний: - живлення (E-);

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- Зелений: +вихід (A+);
- Білий: - вихід (A-). [14]

NX711 АЦП модуль для вагів представлений на рис.4.4.

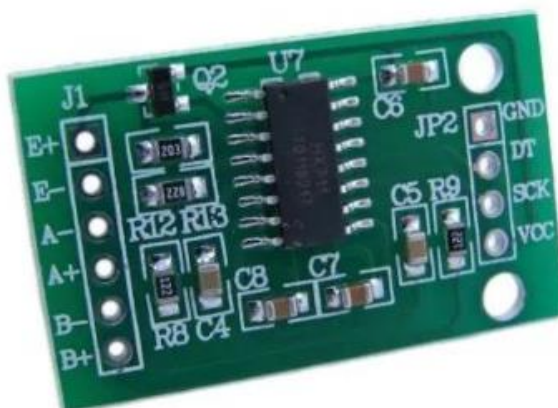


Рис.4.4. NX711 АЦП модуль для вагів

Типове підключення виводів до мікроконтролеру (Arduino Uno) представлено на рис.4.5.

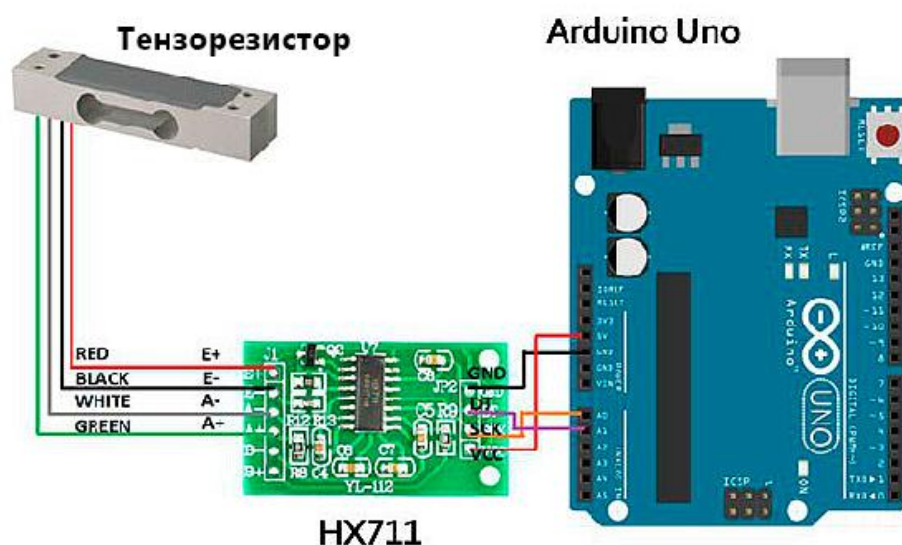


Рис.4.5. Підключення тензодатчика до мікроконтролеру (Arduino Uno) через модуль АЦП

Недорогий і високоякісний модуль, який можна сміливо використовувати в проектах, заснованих на мікроконтролерах, які не є дуже складними.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дат		34

Модуль дозволяє дуже точно зчитувати показання з тензодатчиків. Часто застосовується в створенні звичайних побутових вагів, або використовується для вимірювання сили сервоприводів, які встановлюються в 3D принтери або на радіокеровані моделі (літаки, планери, катерітощо).

Якщо для проекту необхідні штирові роз'єми, з платою їх можна з'єднати за допомогою пайки. Якщо ж така потреба відсутня, то монтувати лінії зв'язку можна прямо до клем. Датчик має два роз'єми, один для підключення до мікроконтролеру та управління самим датчиком, а інший для подачі на датчик живлення. Тензодатчики підключаються до плати розробника через роз'єм J1. Живлення на датчики подається за допомогою роз'єму JP2. Є два види каналів А і В. Каналу А можна задати більший або менший коефіцієнт посилення, а у В каналу він фіксований.

Живити датчик тиску НХ711 можна кількома способами: від самого мікропроцесора, до якого він підключений, або від зовнішнього джерела живлення, наприклад батареї.

Датчик двоканальний і зчитує високоточні свідчення. У підключенні він дуже простий. У використанні з ним також не виникає проблем.

Технічні характеристики:

- Робоча напруга: 5В;
- Частота оновлення: 80Гц;
- Точність перетворення: 24біт (D конвертер);
- Робочий струм: Менше 10мА;
- Диференціальний вхід з напругою: Приблизно 40 мВ;
- Можливість вибору коефіцієнта підсилення: 2, 64 або 128;
- Швидкість виведення даних (частота): 10Гц або 80Гц;
- Робочі температури: Від -20 °С до +85 °С;
- Габаритні розміри (мм): 38x21x10. [15]

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

4.3. Вибір дисплея

Дисплей LED 1602 – це популярний рідкокристалічний дисплей (LCD), який широко використовується в різноманітних електронних пристроях та проєктах. Він має 16 символних стовпців і 2 рядки для відображення тексту або символів.

Зовнішній вигляд дисплею представлений на рисунку 4.6.



Рис. 4.6. Зовнішній вигляд дисплею LCD 1602

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

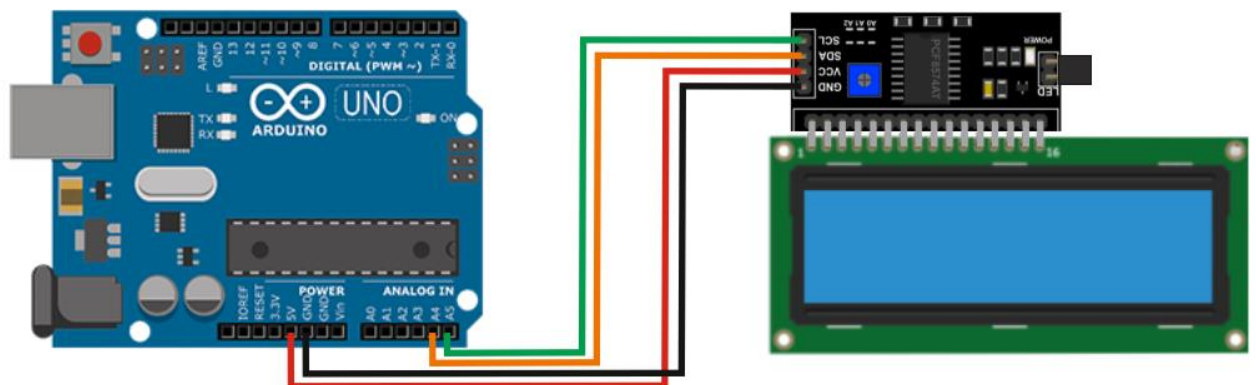


Рис.4.7.Підключення дисплею LCD 1602 по I2C до мікроконтролера

Ось деякі його ключові характеристики:

1. Розмір дисплея: 16 символів на 2 рядки (16x2).
2. Колір дисплея: Зазвичай зелений або синій фон з світлим символним шрифтом, але можливі й інші кольори.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		36

3. Інтерфейс: Паралельний або послідовний (I2C, SPI) інтерфейс для підключення до мікроконтролера або іншої системи.

4. Підсвічування: Має підсвічування, зазвичай світлодіодне, для покращення читабельності.

5. Розміри: Корпус дисплея 1602 має типові розміри близько 80x36x13,5 мм.

6. Напруга живлення: Зазвичай 5В для логіки та 4,2В або 5В для підсвічування.

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.[16]

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 480.006.008 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		37

Ця світлодіодна стрічка працює від постійної напруги 5V і має 60 світлодіодів на метр, забезпечуючи яскравість на рівні 500 Lm при низькому енергоспоживанні 8 Ватт на метр. Вона ідеально підходить для резервного освітлення в умовах, коли основне освітлення відсутнє, і може бути підключена до PowerBank для забезпечення світла в будь-який момент. Світло, яке вона випромінює, має нейтральний білий колір.

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 (K): 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. [17]

4.5.Вибір кнопки

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

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

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

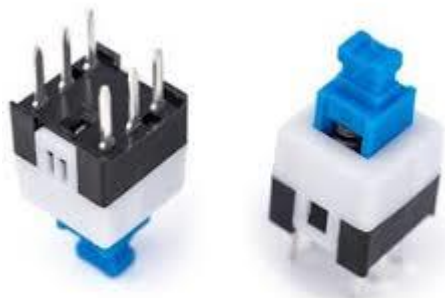


Рис. 4.9. Кнопка з фіксованим положенням PB22E07

Кнопка з фіксованим положенням на платі призначена для довготривалих операцій і відрізняється від звичайних кнопок, які натискаються і відпускаються. Вона часто використовується для запуску постійних дій, таких як ввімкнення чи вимкнення певних функцій або для встановлення статусів, які зберігатимуться протягом тривалого періоду часу.

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 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат		

- Спосіб ел. монтажу: пайка в отвори;
- Матеріал корпусу: пластик;
- Робоча температура: -25 ° С ... +70 ° С.[18]

4.6.Вибір джерела живлення

Для того щоб обрати джерело живлення, потрібно врахувати живлення всіх складових елементів системи. Зведемо напругу живлення всіх складових елементів системи втабличку табл.4.1. З табл.4.1. робимо висновок, що живлення системи становитиме 5В.

Таблиця 4.1. Споживання напруги

Елемент	Напруга
Мікроконтролер Atmega16	4.5-5.5 В
Тензодатчик до 10 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

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		40

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.[19]

4.7. Принципова схема

Принципова схема – це технічний документ, який графічно представляє функціональні зв'язки між різними елементами електричної або електронної системи.

Основні характеристики принципової схеми:

1. Вона складається з умовних графічних позначень, які символізують різні електричні/електронні компоненти (резистори, конденсатори, мікросхеми тощо).

2. Ці умовні позначення з'єднані лініями, які представляють електричні з'єднання між компонентами.

3. Принципова схема не показує фізичне розташування компонентів, а лише функціональні електричні зв'язки між ними.

4. Вона допомагає зрозуміти принцип роботи пристрою і дає змогу аналізувати його функціонування.

5. Принципові схеми широко використовуються інженерами, техніками та розробниками під час проектування, ремонту та обслуговування електричних/електронних пристроїв.

Отже, принципова схема є графічним поданням функціональної електричної конфігурації системи, показуючи компоненти та їхні взаємозв'язки без деталізації фізичного розташування.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

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

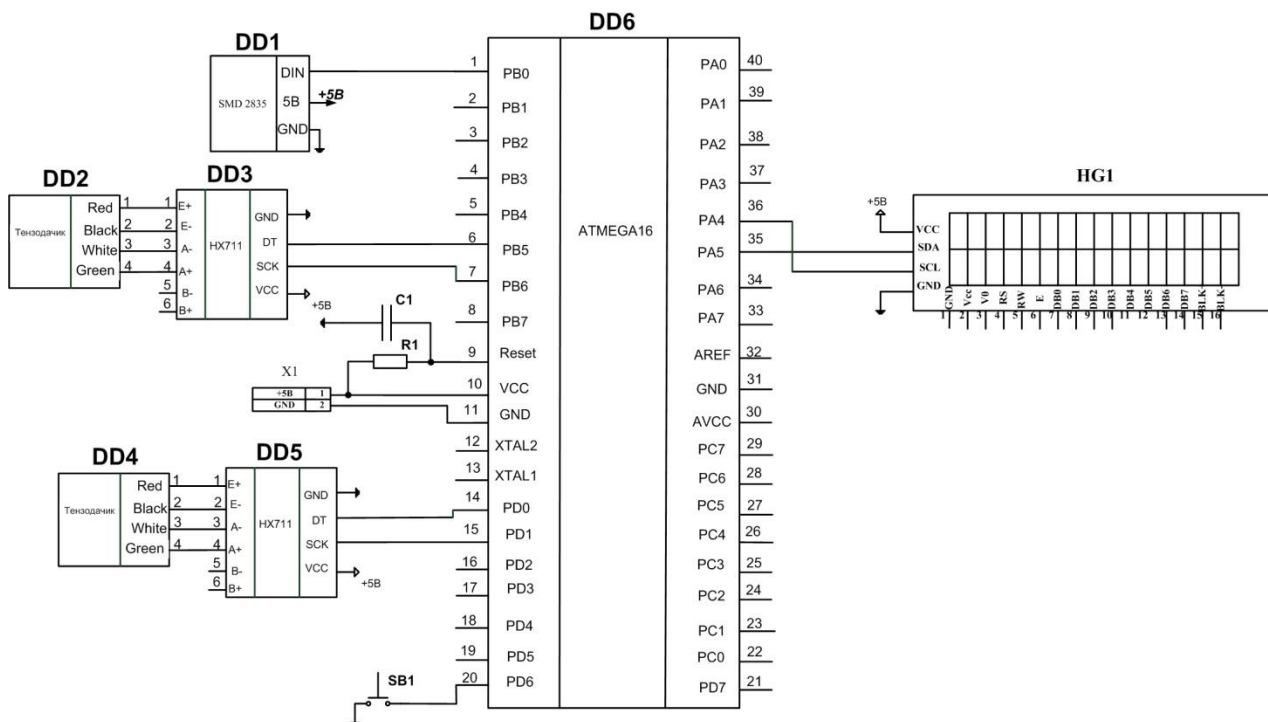


Рис. 4.11. Принципова схема системи

Складові системи на схемі наступні:

1. DD1– світлодіодна стрічка SMD2835;
2. DD2, DD4 – тензодатчик до 10 кг;
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.

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1 Алгоритм програми

Алгоритм роботи системи зображений на рисунку 5.1.

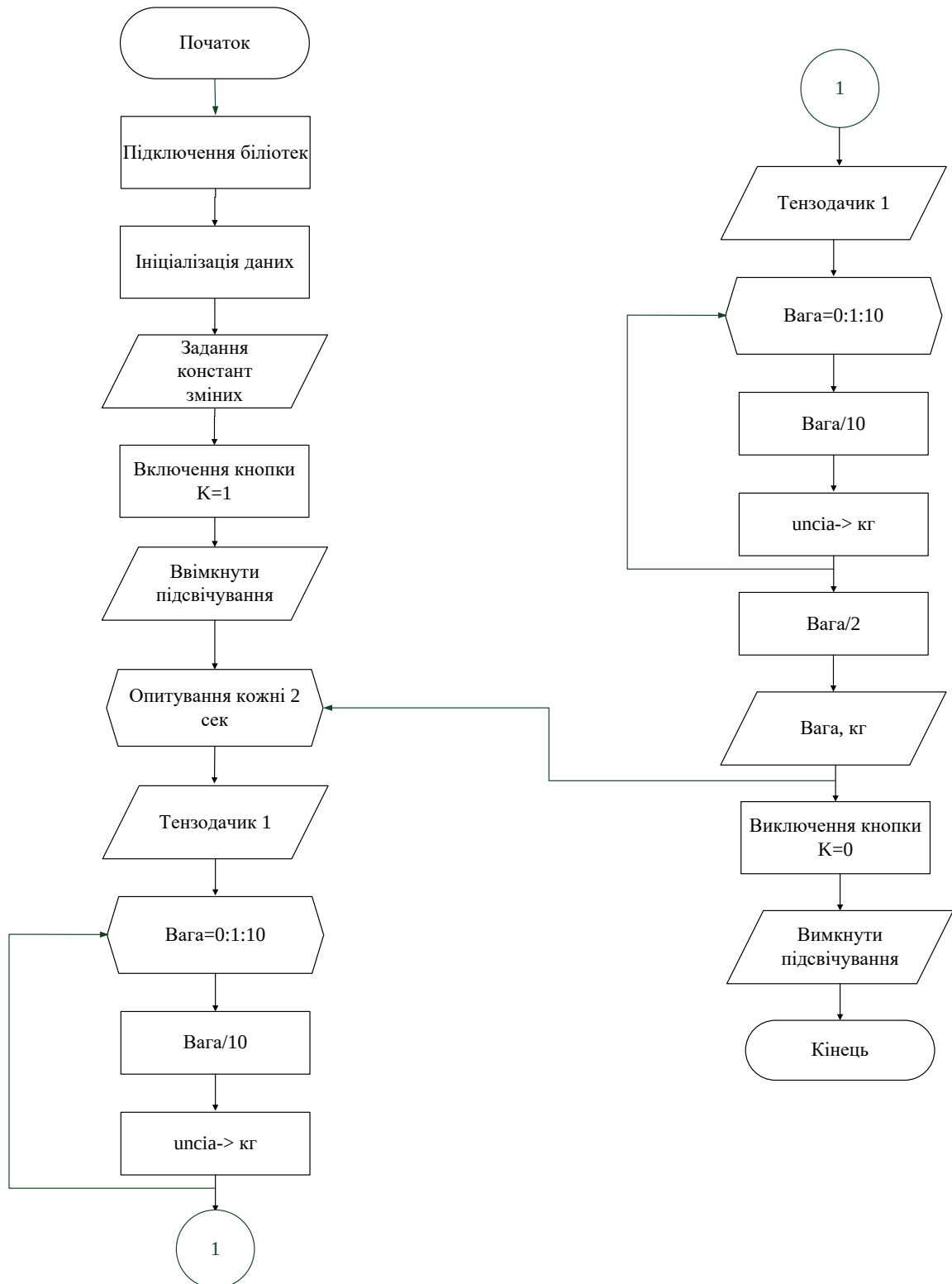


Рис. 5.1 Блок-схема алгоритму роботи програми

Розширений опис алгоритму представлений нижче:

1. Початок: Запускається програма або скрипт для виконання алгоритму.
2. Підключення бібліотек: Імпортуються необхідні бібліотеки для використання в програмі: для зчитування даних з тензодатчиків, світлодіодної стрічки, кнопки виводу та дисплея.
3. Ініціалізація даних: Здійснюється опис вхідних та вихідних портів, виявлення тензодатчика, дисплея.
4. Встановлення констант і змінних: Визначаються константи, які будуть далі використовуватись в програмі: змінна для пінів, проміжні змінні для значень ваги, кінцева змінна ваги, змінна для визначення стану кнопки, змінна для світлодіодної стрічки, константа калібровочного коефіцієнту, константа часу затримки чи опитування.
5. Включення кнопки: Виконується один натиск кнопки. Тобто вмикається система. Після натиснутої кнопки вмикається живлення та відповідно загоряється світлодіодна стрічка.
6. Опитування тензодатчиків кожні 2 секунди: Починається основний цикл роботи: опитування датчиків та визначення значення ваги.
7. Обробка вимірянних даних: Отримані дані про освітленість обробляються або аналізуються. Цей етап може включати фільтрацію шумів, обчислення середніх значень, порівняння з попередніми вимірюваннями або будь-які інші операції залежно від вимог програми.
8. Зчитування даних з першого тензодатчику.
9. Цикл на 10 значень вимірювання з кроком 1 значення.
10. Усереднення 10 значень вимірювання ваги в унціях.
11. Перевід значень з унцій в кг.
12. Пункт 8-11 повторюється для другого тензодатчику.
13. Усереднення значень з двох датчиків.
14. Вивід значення ваги на дисплей.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат.		

Потім програма зациклюється на основний цикл опитування кожні 2 секунди.

15. Кінець: Кнопка 2 натиску чи ще один натиск. Світлодіодна стрічка вимикається та система закінчує свою роботу.

5.2.Розробка програми

Для програмування мікроконтролера ATmega16 можна використовувати декілька різних середовищ розробки та мов програмування. Ось кілька популярних варіантів:

1. Atmel Studio (тепер Microchip Studio). Це інтегроване середовище розробки (IDE) від виробника мікроконтролера.

- Підтримує програмування на C та асемблері.
- Має вбудований симулятор та підтримку багатьох програматорів.

2. Arduino IDE: Хоча ATmega16 не є стандартним для Arduino, можна налаштувати Arduino IDE для роботи з цим мікроконтролером.

- Програмування відбувається на мові, подібній до C++ (Arduino-подібний синтаксис).
- Простий у використанні, але може мати обмеження у доступі до деяких специфічних функцій мікроконтролера.

3. AVR-GCC з редактором за вибором: AVR-GCC - це набір компіляторів для AVR мікроконтролерів.

- Можна використовувати будь-який текстовий редактор (наприклад, Sublime Text, VS Code) для написання коду на C.

- Компіляція та прошивка виконуються через командний рядок або за допомогою додаткових інструментів.

4.CodeVisionAVR: Комерційне IDE з генератором коду та вбудованим компілятором C. Має зручний інтерфейс для налаштування периферії мікроконтролера.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

5. IAR Embedded Workbench:

- Професійне IDE для розробки вбудованих систем.
- Підтримує програмування на C та C++.
- Має потужні інструменти для оптимізації та налагодження.[20]

Обираємо налаштувати Arduino IDE, тому що вже є досвід роботи з Arduino. Також дане середовище має хорошу документацію та велику спільноту користувачів, що може допомогти у разі виникнення питань.

Приведемо код нижче.

```
#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
float calibration_factor = -38.7; // калібрувальний коефіцієнт
float ounces1; //Задаємо змінну для вимірювань з двох датчиків
float units1; //Задаємо змінну для вимірів у грамах датчику 1
float ounces1; //Задаємо змінну для вимірювань в унціях датчику 1

float units2; //Задаємо змінну для вимірів у грамах датчику 2
float ounces2; //Задаємо змінну для вимірювань в унціях датчику 2
int srtichka=2; //змінна для світлодіодної стрічки
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
    scale.tare(); // Обнулюємо вагу на терезах (таруємо)
    scale.set_scale(calibration_factor);
    lcd.init();
    lcd.backlight();
}
```

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

```

    lcd.setCursor(0,0);
}
void loop() {
    // Зчитуємо стан кнопки
    int reading = digitalRead(buttonPin);

    // Перевіряємо, чи змінився стан кнопки
    if (reading != lastButtonState) {
        // Оновлюємо час останньої зміни стану
        lastDebounceTime = millis();
    }

    // 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 показання, 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 показання, 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)
}

```

Програмування МК здійснюється через підключення до плат Arduino (використовується як програматор), сам МК встановлюється на макетну плату та під'єднується до плати Arduino.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

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:

1. Матеріал основи: зазвичай використовується склотекстоліт, гетинакс, або інші композитні матеріали.
2. Кількість шарів: можуть бути одношарові, двошарові та багатошарові.
3. Метод виготовлення: субтрактивний (видалення зайвої міді), аддитивний (нанесення провідникового рисунку) .
4. Тип монтажу компонентів: наскрізний монтаж (ТНТ – Through-Hole Technology) або поверхневий монтаж (SMT – Surface Mount Technology).

Друковані плати широко використовуються в електроніці для виробництва різноманітних пристроїв: від простих побутових приладів до складних промислових систем та комп'ютерів.[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: Дозволяє створювати електричні схеми з використанням великої бібліотеки компонентів або власних символів.
2. Проектування PCB: Має інструменти для розробки друкованих плат,

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

включаючи автотрасування, DRC (перевірка правил проектування) та 3D-перегляд.

3. Бібліотека компонентів: Містить тисячі готових до використання компонентів з можливістю додавання власних.

4. Спільна робота: Підтримує роботу в команді, дозволяючи декільком користувачам працювати над одним проектом.

5. Інтеграція з виробництвом: Пропонує прямий зв'язок з виробниками РСВ для замовлення виготовлених плат.

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

7. Імпорт/Експорт: Підтримує роботу з різними форматами файлів, включаючи Eagle, Altium Designer, KiCad та інші.

8. Хмарне зберігання: Всі проекти зберігаються онлайн, що забезпечує доступ з будь-якого пристрою та захист від втрати даних.

9. Навчальні ресурси: Надає багато туторіалів та документації для полегшення навчання.[21]

На рисунку 6.1 зображена друкована плата системи освітленості розроблена в середовищі EasyEDA.[22]

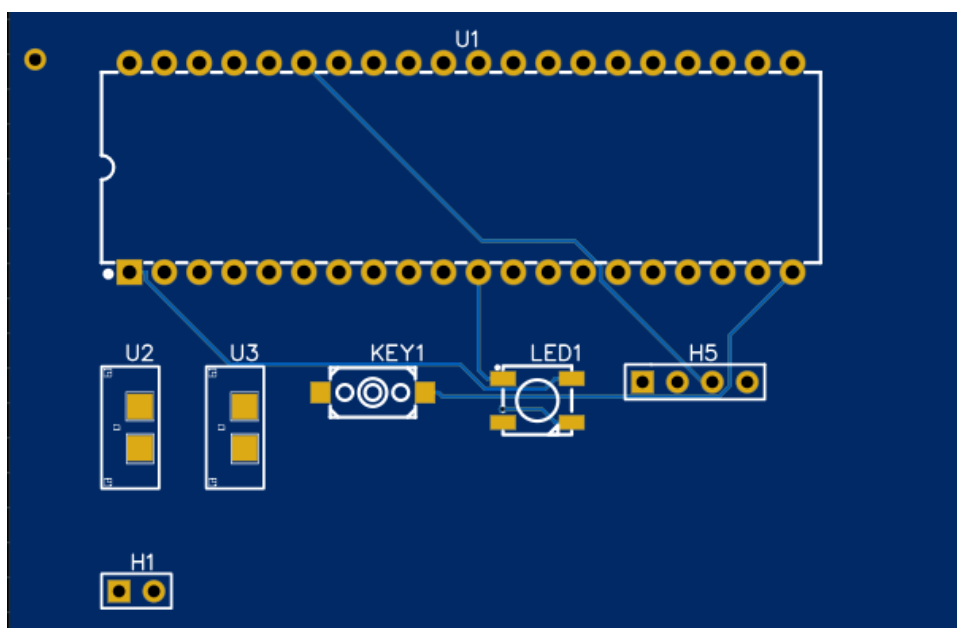


Рис. 6.1 Вигляд нижньої частини друкованої плати

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		49

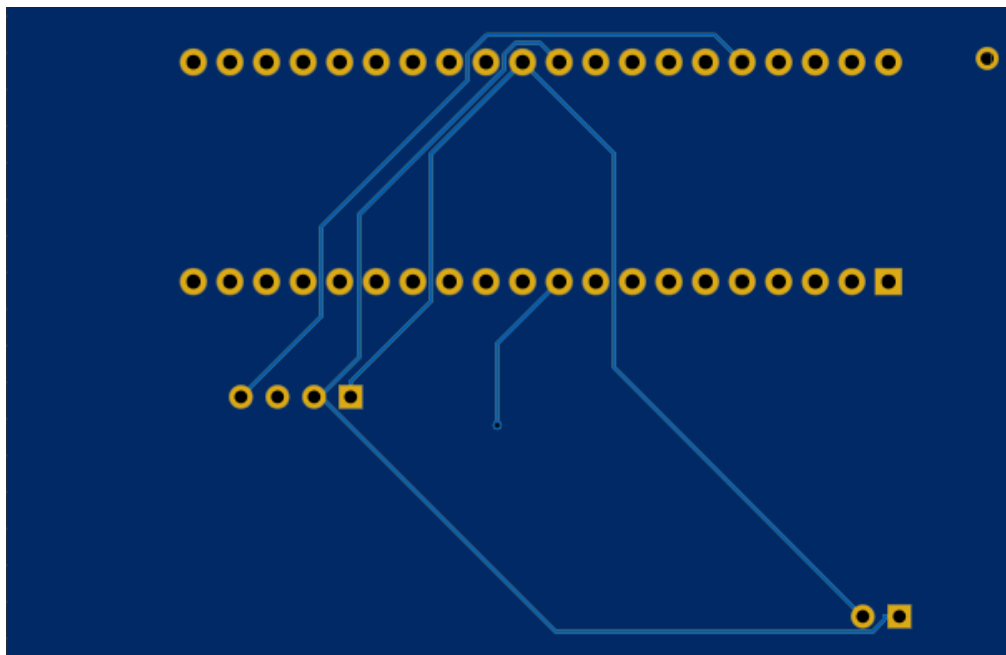


Рис. 6.2. Вигляд верхньої частини друкованої плати

Розміри системи вимірювання ваги:

- 1) Розмір плати отримали 46x70 мм.
- 2) Плата має нацепні 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 – це важлива характеристика будь-якої технічної чи організаційної системи. Вона визначає здатність системи виконувати свої функції при заданих умовах протягом певного проміжку часу.

1. Безвідмовність – здатність системи працювати без збоїв протягом заданого часу.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

2. Ремонтопридатність – можливість швидко виявляти та усувати несправності.

3. Довговічність – властивість зберігати працездатність до граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування.

4. Збереженість – здатність протистояти негативному впливу умов транспортування та зберігання.

5. Відмовостійкість – здатність продовжувати роботу при відмові окремих елементів.

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.

Виріб призначений для роботи в умовах помірного клімату:

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

– 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 фасування продовольчих товарів.

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 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

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

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 480.006.008 - ПЗ		Арк.
							53
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат			

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

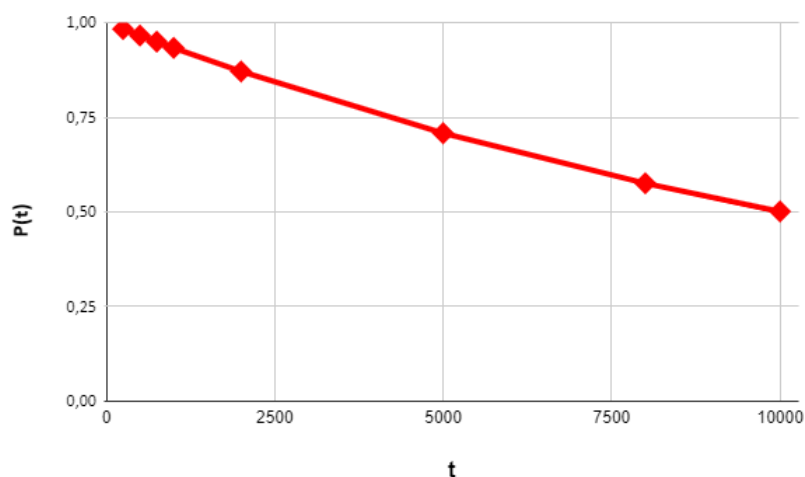


Рис.6.6 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

6.3.Розрахунок похибки вимірювання ваги

Похибка вимірювання – це відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини. Розуміння похибок вимірювання є критично важливим для правильної інтерпретації експериментальних даних та оцінки точності вимірювань. Розглянемо основні аспекти похибок вимірювання:

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:

а) Інструментальні – пов'язані з недосконалістю вимірювальних приладів.

б) Методичні – обумовлені недосконалістю методу вимірювання.

в) Суб'єктивні – залежать від індивідуальних особливостей спостерігача.

г) Випадкові – викликані непередбачуваними факторами, що змінюються від вимірювання до вимірювання.

д) Систематичні – зберігають своє значення або закономірно змінюються 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.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

в) Врахування та усунення джерел систематичних похибок.

г) Збільшення кількості вимірювань для зменшення впливу випадкових похибок.

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:

$$M_v = (275,0; 274,8; 275,5; 275,9; 275,1; 276,1; 274,5; 275,5; 275,1; 275,0).$$

Знаходимо середнє значення вибірки:

Знаходимо середнє арифметичне і середньоквадратичне значення

1) середнє арифметичне M_v за (6.5):

$$M_v = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} M_{v_i} \cong 274,9 \quad (6.5)$$

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 $i = 1, 2 \dots 10$;

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Результати вимірювань та обчислень записуємо в таблицю 6.3

Таблиця 6.3

№ з. п.	M _v , грам	ΔM _v , грам	ΔM _v ² грам^2
1	275,00	0,1	0,01
2	274,00	0,9	0,81
3	275,00	0,1	0,01
4	275,00	0,1	0,01
5	275,00	0,1	0,01
6	276,00	1,1	1,21
7	274,00	0,9	0,81
8	275,00	0,1	0,01
9	275,00	0,1	0,01
10	275,00	0,1	0,01
сер	274,90	0,36	0,29

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:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\overline{M}_v - M_{vi})^2} \approx 0,180 \text{ грам}$$

Та знаходимо випадкову похибку:

$$\Delta_{Bv} = 2,26 * 0,180 = 0,407 \text{ грам}$$

Похибку приладу за (6.7)

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

5.Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 4.2 знайдемо при умові $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $M_{v гр} = 10000$ а клас точності $k = 1$, отримаємо:

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Адк.
						57
Зм.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дат		

$$\Delta_{\text{пр } M_V} = \frac{1}{3000} * 2,0 * 10000 * 1 \approx 6,6 \text{грам}$$

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 — 0,5. Отже:

$$\Delta M_{V_3} = 0,95 * \frac{0,5}{2} \approx 0,2 \text{ грам};$$

6.загальна абсолютна похибка (6.9):

$$\Delta E_V = \sqrt{(\Delta_B M)^2 + (\Delta_{\text{п}} M)^2 + (\Delta_3 M)^2} = \sqrt{0.407^2 + 6.66^2 + 0,2^2} \approx \quad (6.9)$$

$$\approx 6.616 \approx 6.62 \text{ грам}$$

7. Відносну похибку за формулою:

$$\delta L = \frac{\Delta M}{\overline{M}} \times 100\% = \frac{6,62}{274,9} \times 100\% \approx 2,41\%$$

Отже, отримаємо абсолютну похибку вимірювання 6,62 грама, відносну похибку вимірювання відсотках 2,41%.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

7.ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Охорона праці

Охорона праці являє собою комплекс взаємопов'язаних заходів, що охоплюють правову, соціальну, економічну, організаційну, технічну, санітарну та медичну сфери, метою яких є гарантування безпеки, збереження здоров'я та підтримка працездатності робітників під час виконання ними професійних обов'язків.

Законодавча база:

- Конституція України;
- Кодекс законів про працю України;
- Закон України "Про охорону праці";
- Міжнародні конвенції та угоди.

Основні принципи державної політики в галузі охорони праці:

- Пріоритет життя і здоров'я працівників;
- Повна відповідальність роботодавця за створення безпечних умов праці;
- Соціальний захист працівників;
- Встановлення єдиних нормативів з охорони праці;
- Використання економічних методів управління охороною праці.

Організація охорони праці на підприємстві:

- Створення служби охорони праці;
- Розробка інструкцій з охорони праці;
- Навчання та інструктаж працівників;
- Забезпечення засобами індивідуального та колективного захисту;
- Розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань та аварій.

Основні напрямки:

- Виробнича санітарія;
- Техніка безпеки;

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Док.
						59
Зм.	Док.	№ док.	Підпис	Дат		

- Пожежна безпека;
- Електробезпека.

Права працівників на охорону праці:

- Відмова від роботи при загрозі життю чи здоров'ю;
- Забезпечення засобами індивідуального захисту;
- Пільги та компенсації за важкі та шкідливі умови праці;
- Медичні огляди.

Навчання з питань охорони праці:

- Проведення інструктажів (вступного, первинного, повторного, позапланового, цільового);

- Навчання та перевірка знань;
- Стажування та допуск до роботи.

Державний нагляд і громадський контроль:

- Державна служба України з питань праці;
- Професійні спілки;
- Уповноважені найманими працівниками особи з питань охорони праці.

Відповідальність за порушення вимог охорони праці:

- Дисциплінарна;
- Адміністративна;
- Матеріальна;
- Кримінальна.

Ефективна система охорони праці є запорукою збереження життя, здоров'я та працездатності людей, а також підвищення продуктивності праці. Вона вимагає постійної уваги з боку держави, роботодавців та самих працівників.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат		

7.2. Умови охорони праці при роботі з вагами

Умови охорони праці при роботі з вагами мають важливе значення для забезпечення безпеки працівників та попередження травматизму. Розглянемо основні аспекти охорони праці при роботі з різними типами ваг:

Загальні вимоги: Усі ваги повинні бути технічно справними та проходити регулярну перевірку. Робоче місце має бути чистим, сухим і достатньо освітленим. Підлога навколо ваг повинна бути рівною, неслизькою та без перешкод.

Ваги для зважування малих вантажів (лабораторні, аналітичні): Розміщення ваг на стійкій поверхні, захищеній від вібрацій. Уникнення протягів та різких перепадів температури у приміщенні. Використання спеціальних інструментів (пінцетів, лопаток) для роботи з важками та зразками. Заборона перевантаження ваг понад допустиму масу.

Ваги для зважування середніх вантажів (настільні, підлогові): Забезпечення вільного доступу до ваг з усіх боків. Навчання працівників правильним прийомам підйому та переміщення вантажів. Використання засобів малої механізації (візки, рохлі) при переміщенні вантажів до ваг. Регулярна перевірка цілісності платформи та опорних конструкцій.

Ваги для зважування великих вантажів (автомобільні, вагонні): Облаштування майданчика для зважування з урахуванням вимог безпеки руху транспорту. Встановлення попереджувальних знаків та інформаційних табло. Забезпечення засобами зв'язку між оператором ваг та водіями транспортних засобів. Регулярний огляд несучих конструкцій та своєчасний ремонт.

Електробезпека: Усі електронні ваги повинні бути заземлені. Кабелі живлення мають бути захищені від механічних пошкоджень. Заборона самостійного ремонту електронних компонентів ваг.

Ергономіка: Робоче місце оператора ваг має бути обладнане з урахуванням антропометричних даних (зручне крісло, оптимальна висота столу). При тривалій роботі сидячи необхідно передбачити перерви для виконання фізичних вправ.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Дрк.
						61
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Засоби індивідуального захисту: Забезпечення працівників спецодягом та спецвзуттям відповідно до умов праці. При роботі з пиловими, токсичними або радіоактивними речовинами - використання респіраторів, захисних окулярів, рукавичок.

Навчання та інструктаж: Проведення вступного, первинного та періодичних інструктажів з охорони праці. Навчання безпечним методам роботи та надання першої допомоги.

Пожежна безпека: Оснащення приміщень з вагами первинними засобами пожежогасіння. Заборона паління та використання відкритого вогню поблизу ваг, особливо при зважуванні легкозаймистих матеріалів.

Медичні огляди: Проходження попередніх та періодичних медичних оглядів працівниками, зайнятими на роботах з вагами (особливо при підйманні важких предметів).

Дотримання цих умов охорони праці дозволяє мінімізувати ризики при роботі з вагами різних типів та забезпечити збереження здоров'я працівників. Важливо пам'ятати, що кожне конкретне робоче місце може мати свої специфічні вимоги, які повинні бути відображені в інструкціях з охорони праці та враховані при організації робочого процесу.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційної роботи бакалавра було розглянуто і розроблено комп'ютеризовану систему вимірювання та контролю ваги фасування продовольчих товарів. Ця система є актуальною і використовується в даний час в торгівлі та промисловості.

Вимірювання та контроль ваги продовольчих товарів здійснюється завдяки двом тензодатчикам. Розроблена комп'ютеризована система для вимірювання ваги продовольчих товарів працює в автоматичному режимі. Виміряні значення ваги виводяться на дисплей. Платформа підсвічується світлодіодною стрічкою. В системі існує кнопка для включення та виключення.

В кваліфікаційної роботи бакалавра було зроблено:

1. Проаналізовані існуючі системи вимірювання та контролю ваги.
2. Описані функції системи та обрані складові.
3. На базі складових системи та функцій побудовано структурну схему.
4. Описані вибрані складові системи вимірювання ваги.
5. На базі структурної схеми та технічних складових системи побудовано принципову схему.
6. Розроблений алгоритм та відповідна програма до обраного мікроконтролеру.
7. На базі принципової схеми накреслена друкована плата.

Прорахована надійність та точність системи. Надійність склала 14477 годин на відмову, абсолютну похибку вимірювання 6,62 грама, відносну похибку вимірювання 2,41%.

Впровадження комп'ютеризованої системи вимірювання ваги може мати низку позитивних економічних та виробничі наслідки для фасування продовольчих товарів.

Правильний підбір ваг, їх коректна експлуатація та регулярний контроль стану дозволяють істотно знизити ризики та оптимізувати процеси, пов'язані з вимірюванням маси.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Док.
						63
Зм.	Док.	№ док.	Підпис	Дат		

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 Днепровес торгові ВТД-30 РС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://store.torgsoft.ua/vesy-dneproves-torgovye-vtd-30-rs>.
3. Товарні ваги ЗЕВС ВПЕ (L400x500) з індикатором [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://super-money-counters.com.ua/ua/tovarnye-vesy-zevs-vpe-l400kh500-c-indikatorom-mv6-plastik>.
4. Фасувальні ваги Vagar VW LED 30 кг [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrvesi.com.ua/ua/p1424155294-fasovochnye-vesy-vagar.html>.
5. Ваги торговельні ПРОК ВТ-40 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ves.com.ua/uk/vagi-torgoveln%D1%96-prok-vt-40-do-40-kg>.
6. Електронні торгові ваги на 50 кг Domotec [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kanctovar.com.ua/p2089222032-elektronnye-torgovye-vesy.html>.
7. 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.
8. Тензодатчик [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vagi-axis.ua/uk/category/tenzodatchiki>.
9. Основи електроніки : навч. посіб. / А. С. Васюра, Г. Д. Дорощенко, В. П. Кожем'яко, Г. Л. Лисенко. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 197 с.
10. Засоби відображення інформації. Частина 1 : навчальний посібник / Л. В. Крилик, О. О. Селецька, І. В. Сухоцька. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 82 с.
11. Види кнопок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lemanso.com.ua/elektromontazhnoe-oborudovanie/knopki-elektricheskie>.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

12. Світлодіодна стрічка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://electrica-shop.com.ua/ua/articles/215.svitlodiodna_strichka_shcho_tse.

13. Мікроконтролер Atmega16 DataSheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/atmega16-16pu_22561.html.

14. DataSheet тензодачик [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://m-teh.com.ua/datchyk-tenzodatchyk-do-10kh>.

15. Модуль АЦП НХ711 для вагів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uamper.com/index.php>.

16. Дисплей LCD 1602 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/prod169-lcd-1602-simvolnii-displei-16x2-sinii>.

17. Світлодіодна стрічка SMD 2835 60д/м [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://led-story-opt.com/ua/p2022228761-svetodiodnaya-lenta-belaya.html>.

18. Кнопка з фіксованим положенням PB22E07 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://voron.ua/catalog/023380--knopka_pb22e07_s_fiksatsiey.

19. Акумулятор АА 2300мАч 4.8V Ni-Mh динамік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://akumo.com.ua/p1354558690-akkumulyator-2000-mach.html>.

20. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.

21. Стаття «Методи виготовлення друкованих плат» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studopedia.org/6-116440.html>.

22. EasyEDA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://EasyEDA.com>.

23. Методи розрахунку надійності [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5199824/page:5>.

24. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «бакалавр» // Розробники: Подчашинський Юрій, Чепюк Ларіна, Петросян Руслан, 2021. – 60с.

					МММТ 480.006.008 - ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		