

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Класичний фаховий коледж

(повна назва інституту/факультету)

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

(підпис)

(Ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 171 Електроніка

(код та назва)

освітньо-професійної програми Електронні інформаційні системи

(освітньо-професійної / освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: Розробка автоматизованої системи обробки даних на базі мікроконтролера

Здобувача групи ЕІс3-91к

(шифр групи)

Шевченка Миколи Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

Микола ШЕВЧЕНКО

(Ім'я та ПРИЗВИЩЕ здобувача)

Керівник викладач, к.ф.-м.н., доцент, Іван Бурик

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант¹⁾

(посада, науковий ступінь, вчене звання ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Обґрунтуванням актуальності теми є те, що мікроконтролери є компактними, потужними та високоефективними пристроями, які здатні виконувати різноманітні завдання обробки даних в реальному часі.

Мета роботи полягає у аналізі роботи автоматизованої системи по збору даних на основі мікроконтролера Atmega16.

Відповідно до мети вирішуються такі задачі: здійснюється аналіз алгоритмів роботи схем автоматизованої обробки даних, опис блок-схем та алгоритмів функціонування автоматизованої системи при підвищеному рівні радіації, аналіз точності отримання, обробки та передачі інформації.

При виконанні роботи використовувалися методи: систематизація, синтезу, узагальнення, закріплення теоретичних знань, математичний аналіз, аналіз літературних джерел.

У цій роботі було проведено дослідження і розроблено систему, яка може збирати дані з різних датчиків або зовнішніх джерел, обробляти їх і виконувати необхідні дії згідно з певними алгоритмами або параметрами. Мікроконтролер Atmega16 був використаний як основна платформа для реалізації цієї системи.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи: функціонування автоматизованих систем обробки даних на мікроконтролері.

Предмет досліджень: використання мікроконтролерів у автоматизованих системах збору та обробки даних.

Робота викладена на 33 сторінках, у тому числі включає 21 рисунка, список цитованої літератури із 19 джерел.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, ЗБІР ДАНИХ, МІКРОКОНТРОЛЕР АТМЕГА, ПРОТОКОЛ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА16	5
1.1 Вибір мікроконтролера.....	5
1.2. Архітектура AVR мікроконтролера Atmega16.....	6
1.3 Технологія однорівневої конвеєризації	9
1.4 Програмна модель AVR мікроконтролера Atmega16	10
1.5 Арифметико-логічний пристрій (АЛП).....	11
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ЕКСПЕРИМЕНТУ	13
2.1 Опис алгоритму функціонування системи контролю радіоактивних переміщення речовин	13
2.2 Алгоритм функціонування автоматизованої системи обробки даних з радіаційними інцидентами	17
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ НА ОСНОВІ МК AVR АТМЕГА16	20
3.1 Гнучка система збору та обробки даних на основі мікроконтролера АТМЕГА16.....	20
3.2 Автоматизована система маломасштабного ротаційного пристрою збору волокон на основі мікроконтролера	24
3.3 Автоматизована система обробки даних переміщення радіоактивних речовин IoRSS.....	26
ВИСНОВКИ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	31
ДОДАТОК А. СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ РОБОТИ	33

ВСТУП

У системі автоматичної обробки даних мікроконтролер (МК) виконує функцію зв'язку між апаратним і програмним забезпеченням. МК виконує програми як звичайний комп'ютер, хоча він також є дискретним компонентом, який може взаємодіяти з іншими компонентами схеми. [1,2]

Сучасні системи обробки даних базуються на методах високоточного інтелектуального збору даних (DAQ), які є процесом вимірювання електричних або фізичних явищ за допомогою комп'ютера. Повна система збору даних включає:

- датчики;
- апаратне забезпечення збору даних;
- Комп'ютер з програмованим програмним забезпеченням.

Датчики перетворюють фізичні явища в електричні сигнали. Потім цей сигнал перетворюється в цифрове значення апаратним забезпеченням DAQ, керованим програмним забезпеченням, розробленим з використанням різних мов програмування загального призначення (C, LabVIEW, Visual Basic, MATLAB). [3]

На додаток до апаратного контролю таке програмне забезпечення для збору даних часто включає алгоритми для аналізу даних, візуалізації даних і зберігання даних. Сучасні DAQ-пристрої містять АЦП, цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП), цифрові входи/виходи, лічильники, комп'ютерні шини, схеми цифрової маршрутизації та генерації тактових сигналів, схеми автоматичного калібрування зміщення та посилення тощо.

Цей великий МС-пристрій для збору та обробки даних достатньо потужний для застосувань, де важлива функціональність, а не вартість, наприклад, дослідження та промислове виробництво. [1-4]

Метою переддипломної практики є збір і аналіз даних про, алгоритм функціонування автоматизованої системи керування технологічним процесом досліджень швидкодіючих запобіжників на базі мікроконтролера Atmega16.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMEGA16

1.1 Вибір мікроконтролера

МК Atmega16 серії AVR компанії Atmel обрано для реалізації системи автоматичного керування процесом дослідження швидкодіючого запалу. Основні переваги AVR: низька вартість, доступність, надійність, простота програмування, висока швидкість. Враховуючи всі вимоги, було вирішено використовувати AVR Atmega16 з такими характеристиками:

- низьке енергоспоживання і висока продуктивність;
- роздільна здатність 8 біт;
- покращена архітектура RISC;
- 131 команда;
- більшість команд виконується за один цикл;
- 32 8-розрядних регістри загального призначення;
- повністю статична робота;
- максимальна частота – 16 МГц;
- команда апаратного множення;
- енергонезалежна пам'ять для програм;
- електронне зберігання даних;
- 16 КБ програмної пам'яті;
- більше 10 000 циклів перезапису програмної пам'яті;
- можливість використання завантажувального сектора;
- можливість програмування в готовому обладнанні;
- 512 байт енергонезалежної пам'яті;
- 1 Кб оперативної пам'яті;
- 2 8-ми бітних таймера;
- 16-ти бітний таймер;
- таймер реального часу;

- 4-х канальний ШІМ;
- 8-ми канальний 10-ти розрядний АЦП;
- апаратний 2-wire інтерфейс;
- апаратний послідовний інтерфейс;
- апаратний SPI інтерфейс;
- наглядний таймер;
- аналоговий компаратор;
- 32 лінії введення/виведення;
- робоча напруга – від 2,7 В до 5,5 В.

Конфігурація виводів Atmega16 зображена на рис.1.1. [5-9]

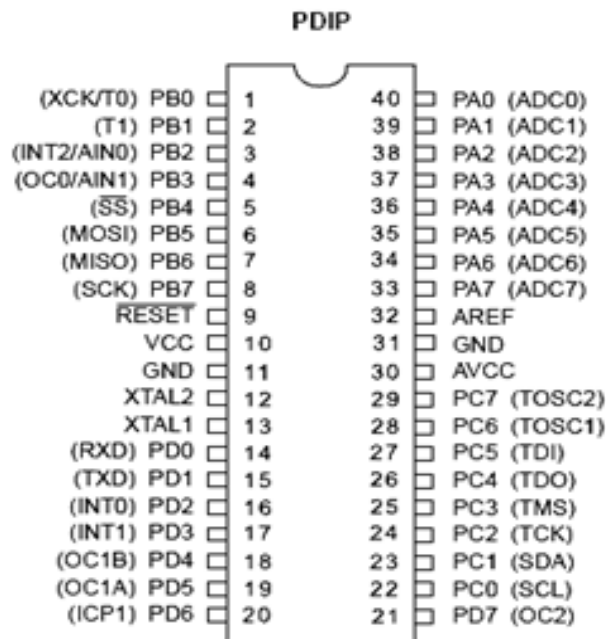


Рис.1.1. Конфігурація виводів Atmega16 [5]

1.2 Архітектура AVR мікроконтролера Atmega16

Узагальнена структура мікроконтролера приведена на рисунку 1.2. [6]

Ядро AVR поєднує повний набір інструкцій з 32-ма робочими регістрами загального призначення. Усі 32 регістри безпосередньо під'єднані до арифметично – логічного пристрою (АЛП), що дозволяє мати доступ до двох незалежних регістрів

під час виконання однієї інструкції за один такт.

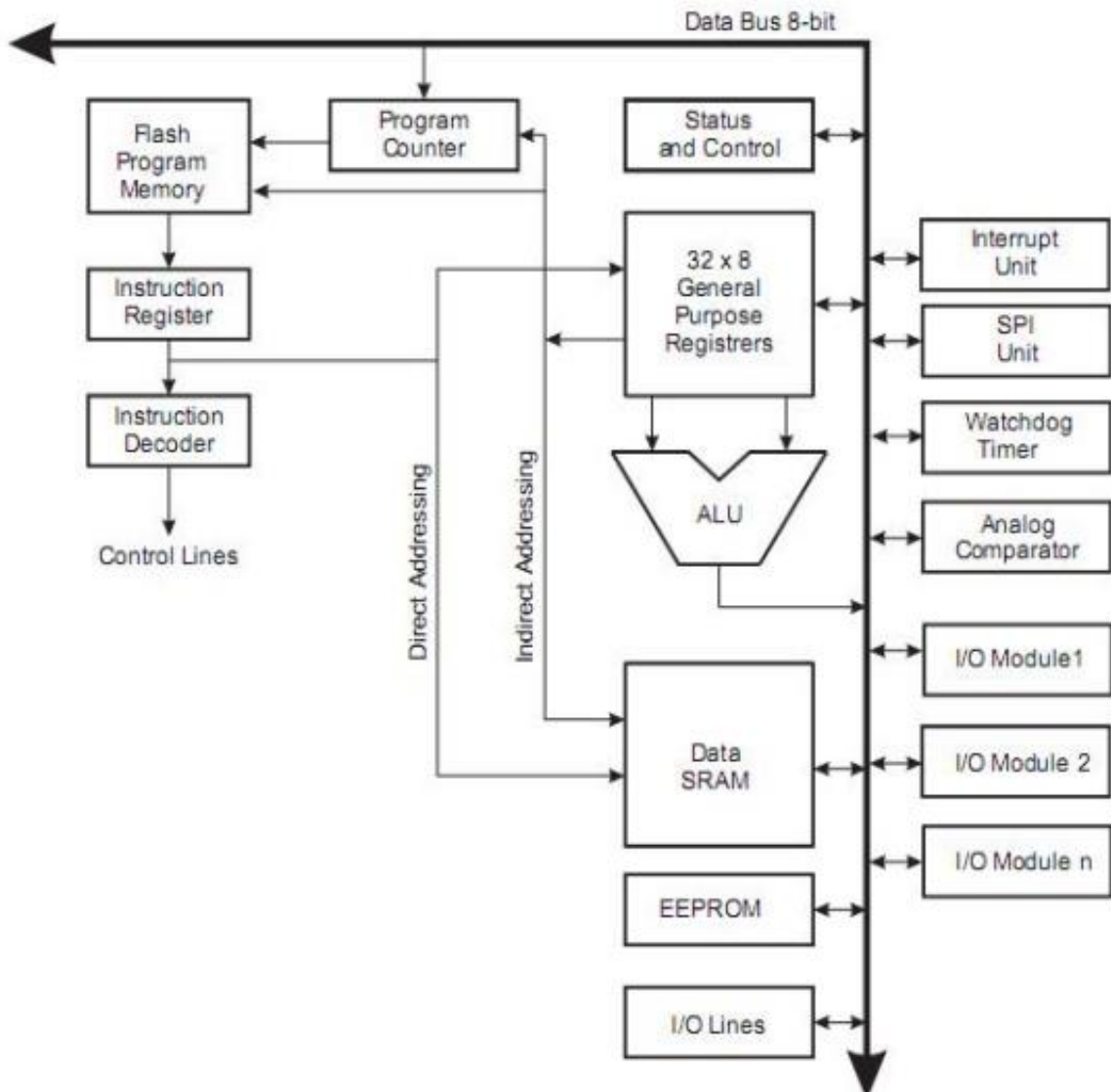


Рис. 1.2. Загальна структура Atmega16 [6]

Окрім зазначених характеристик Atmega16 має також:

- підтримку налагоджування на самому чіпі;
- три гнучких таймери/лічильники з режимами порівняння;
- зовнішні і внутрішні переривання;
- шість енергозберігаючих режимів, які обираються програмно. Режим Idle зупиняє роботу процесора, але не забороняє роботу USART, 2 – wire інтерфейсу, АЦП, таймерів/лічильників, SPI порту, системи переривань. [10] В Power-down режимі вміст регістрів зберігається і заморожується осцилятор, що блокує усі інші

функції чіпа до появи наступного зовнішнього переривання або апаратного перезапуску. У режимі сну асинхронний таймер продовжує працювати, дозволяючи користувачеві підтримувати базовий час, поки інші пристрої сплять. Режим зменшення шуму АЦП вимикає ЦП і всі модулі вводу/виводу, крім асинхронного таймера та АЦП, щоб зменшити вплив шуму перемикачів на аналого-цифрове перетворення. У режимі очікування генератор працює, а всі інші пристрої сплять. Розширений режим очікування забезпечує безперервну роботу як генератора, так і асинхронного таймера. Ці режими дозволяють поєднувати високу продуктивність з низьким енергоспоживанням. Atmega16 підтримується різними програмними засобами та системами засобів розробки, такими як: компілятори C, асемблери макросів, програми налагодження та моделювання, емулятори тощо. Щоб максимізувати продуктивність і паралельність, AVR використовує гарвардську архітектуру з окремою пам'яттю та шинами для програм і даних. Інструкції в пам'яті програми виконуються у вигляді конвеєра. Під час виконання інструкції з пам'яті інструкцій вибирається інша інструкція. Використовуючи цей підхід, ви можете виконувати довільні інструкції годинника. [11] Потужний AVR ALU підключається безпосередньо до всіх 32 високошвидкісних регістрів загального призначення. За один такт ALU виконує операції між регістрами в цьому регістровому файлі. Операції ALU діляться на три основні категорії: арифметичної, логічної й операції над бітами.

Під час виконання програми підтримуються умовні, безумовні переходи, виклик інструкцій, а також безпосереднє звернення до всього адресного простору. Більшість AVR інструкцій мають формат 16 бітного слова.

Під час переривань або виклику підпрограм адреса повернення програмного лічильника зберігається у стеці. Стек ефективно розміщується в загальних даних SRAM, саме тому розмір стеку обмежений лише загальним розміром SRAM. Всі користувацькі програми повинні ініціалізувати вказівник стеку в програмі скидання (перед тим як підпрограма або переривання виконане). Вказівник стеку можна читати/перезаписувати в просторі вводу/виводу. Отримати доступ до даних SRAM можна легко отримати через 5 різних адресних режимів, які

підтримуються AVR архітектурою.

Гнучкий модуль переривання має власні регістри контролю в просторі вводу/виводу з додатковим бітом глобального дозволу переривання в регістрі статусу. Всі переривання мають окремий вектор в таблиці векторів переривань. Переривання мають пріоритети в відповідності з розташуванням їхнього вектора переривань. Чим нижче адреса вектора переривань, тим вищий пріоритет.

Простір пам'яті вводу/виводу містить 64 адреси для процесорних периферійних функцій. [12]

1.3 Технологія однорівневої конвеєризації

У мікроконтролерах AVR використовується однорівнева конвеєрна технологія, яка значно скорочує цикл вибірки - виконання команд. Порядок виконання команд в конвеєрі та обробка АЛП показані на рисунках 1.3 та 1.4 відповідно.

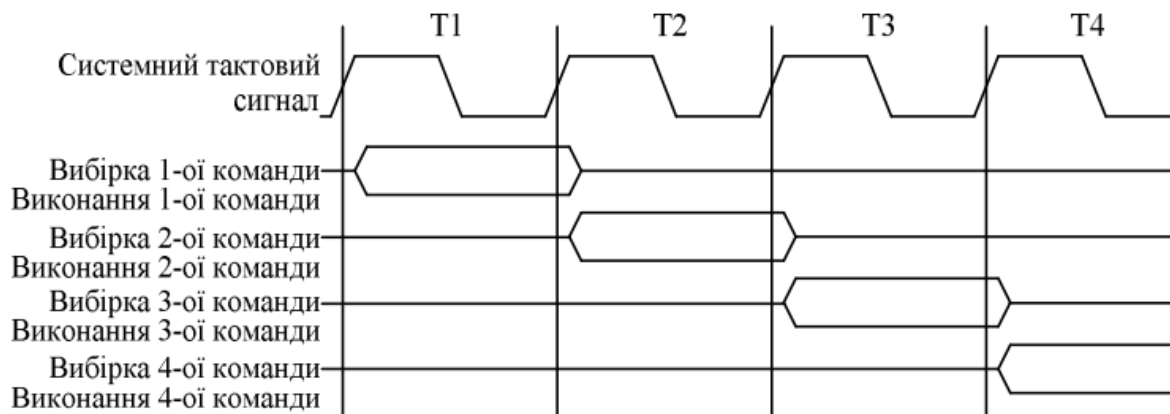


Рис.1.3. Послідовність виконання команд в конвеєрі [13]

Під час першого машинного циклу T1 (рис. 1.3) команда вибирається з пам'яті програми та декодується.

У другому циклі T2 ця команда виконується, а друга команда отримує доступ і декодується паралельно, тощо. Завдяки прямому підключенню АЛП до регістрового файлу він виконує одну команду (читає вміст двох регістрів, виконує операцію і записує результат у регістр – збирач) за один цикл, як показано на рис. 1.4.

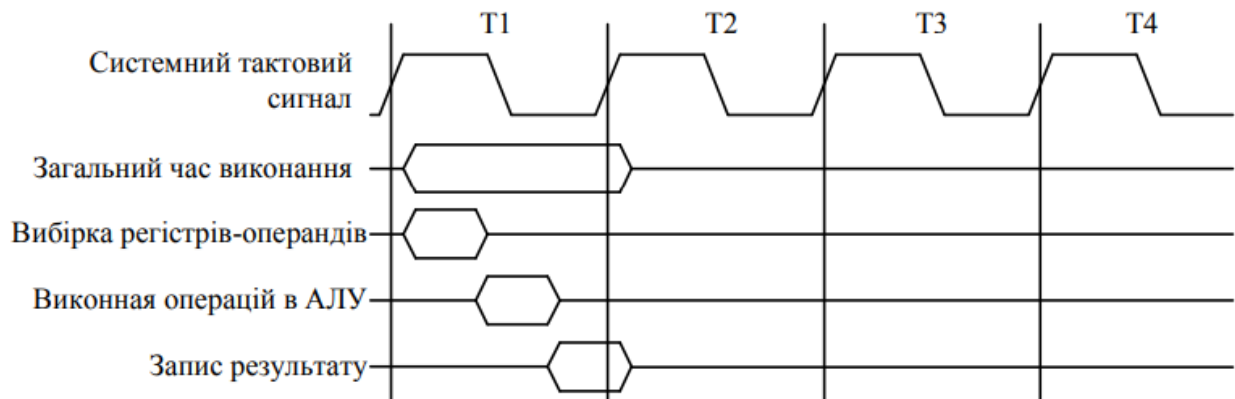


Рис.1.4. Функціонування АЛП [13]

У результаті фактичний час виконання кожної команди відповідає одному машинному циклу. За допомогою цього рішення можна досягти продуктивності до 1 MIPS на МГц. Здатність ALP оперувати вмістом 32 регістрів загального призначення також значно покращує продуктивність AVR мікроконтролерів. Ці регістри можуть виконувати функції як регістрів загального призначення, так і регістрів RAM. Це значно скорочує час, втрачений на передачу інформації.

1.4 Програмна модель AVR мікроконтролера Atmega16

Програмна модель зображена на рис. 1.5. Це набір ресурсів є доступних програмі, що використовуються наступним чином:

- зберігати операційну програму та програму завантаження мікроконтролера (флеш-пам'ять програм, програми та завантажувальні сектори);
- збереження динамічних змінних (внутрішня та зовнішня SRAM);
- для зберігання енергозалежних змінних (пам'ять даних EEPROM);
- регістри введення/виведення, що використовуються для управління вбудованими ресурсами мікроконтролера;
- реєстрація файлів, які використовуються для обробки інформації в АЛП.

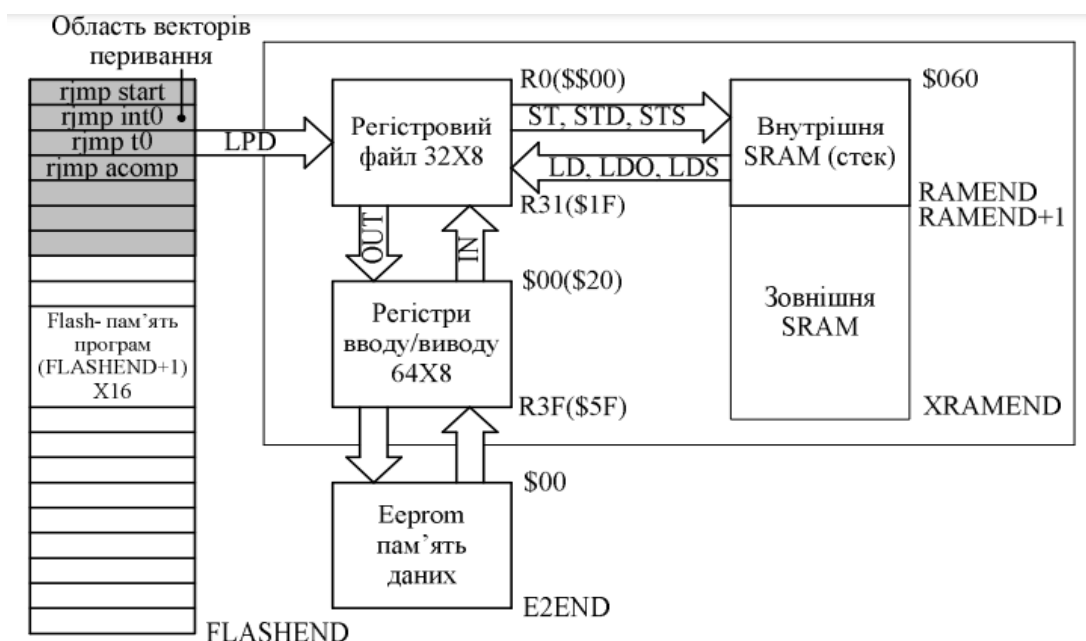


Рис.1.5. Програмна модель AVR-мікроконтролерів [8]

1.5 Арифметико-логічний пристрій (АЛП)

До складу мікроконтролера ATmega16 входить 8-бітовий арифметико-логічний пристрій (АЛП) вказаний на рис. 1.6, який безпосередньо пов'язаний з 32 регістрами, що входять до складу регістрового файлу. Він виконувати може три типи операцій: арифметичні, логічні та бітові. Операції здатні виконуються між елементами регістрового файлу, або цими регістрами та константами.

АЛП має можливість проводити операції над числами представленими у трьох форматах: бітовому, байтовому та двобайтовому (операції додавання та віднімання). Більшість операцій виконуються за один такт генератора. Особливістю АЛП є присутність вбудованого апаратного помножувача байтових чисел. В результаті виконання кожної операції в АЛП модифікується вміст регістру статусу SREG. Регістр SREG відноситься до групи регістрів введення/виведення та доступний для читання та запису інформації. На рис.1.6. приведено бітову упаковку регістру SREG.

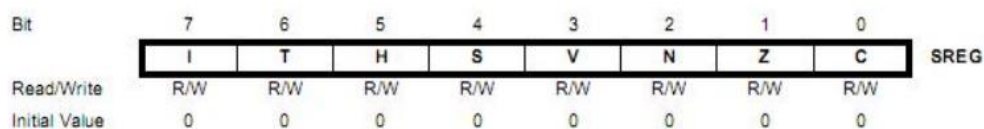


Рис.1.6. Бітова упаковка регістру SREG [9]

Особливістю реєстру статусу є те, що він автоматично не зберігається в стеку при виконанні звичайних підпрограм та підпрограм переривань. Якщо в таких підпрограмах використовуються операції з АЛП, то вміст реєстру статусу необхідно зберігати з використанням програмних засобів.

Ознаки результату операції використовуються для виконання подальших арифметико-логічних операцій або команд умовних переходів. Після включення живлення, а також після скидання мікроконтролера, в залежності від налаштування фюзесів, до лічильника програм автоматично завантажується початкова адреса Application сектору (0x000) або Boot сектору (розміщення та об'єм можуть модифікуватися за допомогою фюзесів). За цією адресою розташовується команда переходу до фрагменту ініціалізації (Application сектор), або програми завантаження (Boot сектор).

При виникненні переривання в лічильник команд завантажується адреса відповідного вектора переривання. Область векторів переривань може розташовуватися, в залежності від налаштувань мікроконтролера, як в Application, так і в Boot секторах. Якщо в програмі використовуються переривання, за адресами векторів повинні розміщатися команди переходу до відповідних підпрограм обробки переривань. На рис. 1.7 наведена принципова схема всієї системи обробки даних .[11-18]

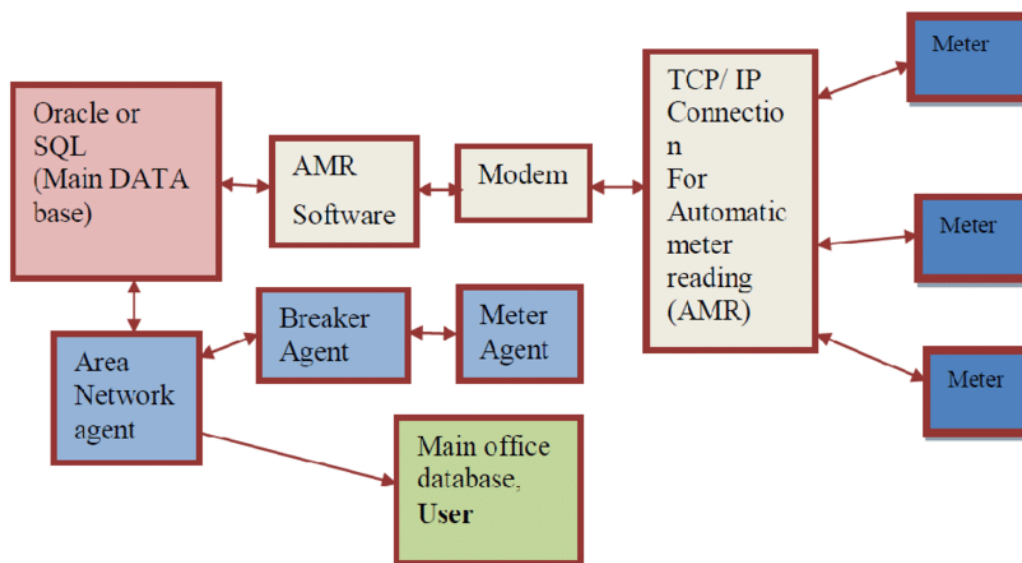


Рис. 1.7. Принципова схема всієї системи обробки даних [19]

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

2.1 Опис алгоритму функціонування системи контролю радіоактивних переміщення речовин

Центр моніторингу та управління включає систему серверних служб, інструменти управління, програмне забезпечення для моніторингу та попередження, процеси обробки та виявлення радіації та попередження процедури. Їх компоненти та функції такі [15-19]:

- мережа та хмарні сервери відповідають за обмін даними з пристроями виявлення радіації;

- шлюз або прямий зв'язок із пристроями виявлення радіації через мережеву інфраструктуру мобільного зв'язку 3G/LTE. Мережа та хмарні сервери також відповідають за надсилання керування команди від користувачів до пристроїв.

- сервер бази даних відповідає за зберігання даних, отриманих від пристроїв виявлення радіації через мережу;

Сервер баз даних також є місцем для організації та зберігання системних і користувальницьких баз даних відповідно

розроблена ієрархія управління.

Сервер додатків є центром підсистеми моніторингу та управління. Сервер додатків надає інструменти системного адміністрування та керування, моніторинг даних, моделі обробки даних, моделі попереджень, та реагування на радіаційні випадки. Сервер додатків створює середовище, яке дозволяє користувачам взаємодіяти з системою та надає послуги та дані для програм користувача.

Настільний додаток, мобільний додаток і веб-додаток забезпечують моніторинг середовища в реальному часі, систему керування, і налаштувати режими роботи пристрою для перегляду історії параметрів виявлення та пошуку пристрою розташування на цифровій інтерактивній карті. Прикладне програмне забезпечення користувача також надає інтерфейси, які дозволяють користувачам взаємодіяти та

керувати системою, наприклад створювати та надсилати команди керування, створювати команди до налаштування режимів роботи пристрою, налаштувати процеси виявлення випромінювання та служби попередження.

Спеціальним обладнанням у запропонованій системі IoRSS є стаціонарні та мобільні пристрої виявлення випромінювання, шлюз і серверна система обслуговування. Об'єкти, задіяні в плані реагування на радіаційні інциденти можна керувати та налаштувати за допомогою функціонального програмного забезпечення з діаграмою потоку активності, описаною на блок-схемі керування та конфігурації об'єктів у IoRSS (рис.2.1) [14-18].

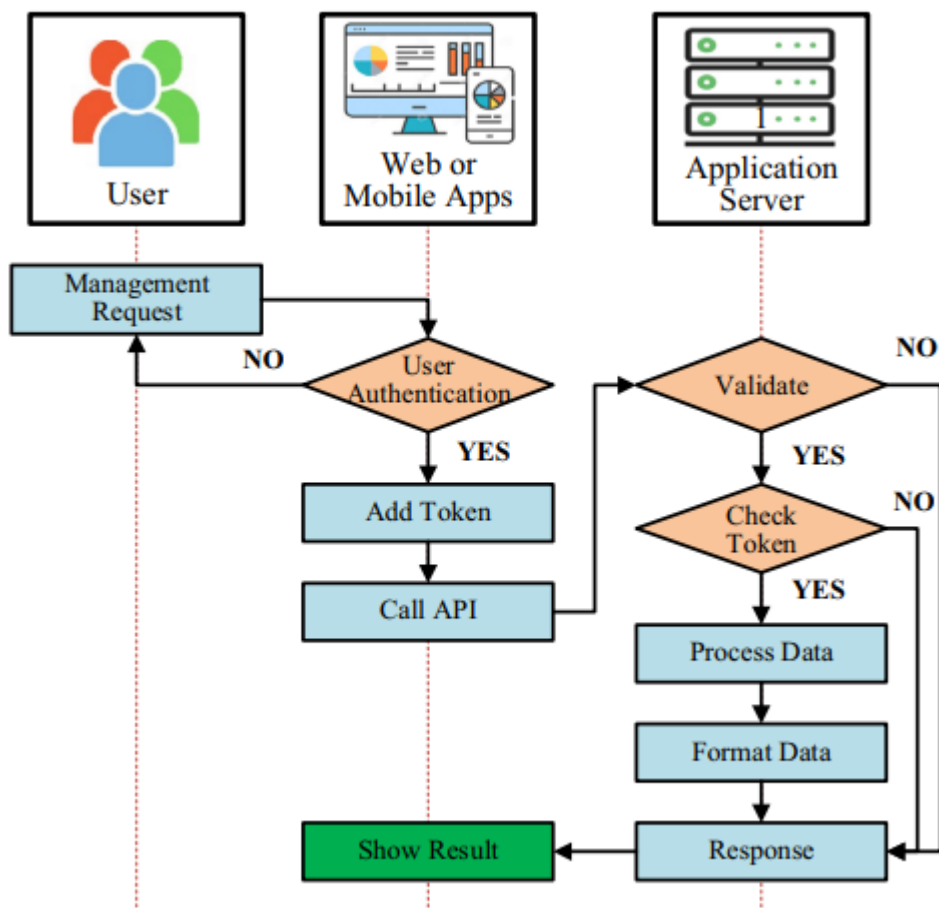


Рис. 2.1. Блок-схема керування та конфігурації об'єктів у IoRSS [19]

Алгоритм виявлення та моніторингу радіації (рис.2.2). У цьому алгоритмі фіксований пристрій (рис.2.3) відіграє роль у безперервному виявленні та вимірюванні параметрів випромінювання та надсиланні їх на сервер через шлюз за

допомогою технології радіозв'язку IoRSS або передачі безпосередньо на сервер мережі через мережеву інфраструктуру мобільного зв'язку 3G/LTE. Після отримання даних, мережевий сервер зберігає дані на сервері бази даних. У той же час дані також надсилаються в додаток серверу для обробки, аналізу та надання послуг моніторингу в режимі реального часу для прикладного програмного забезпечення.

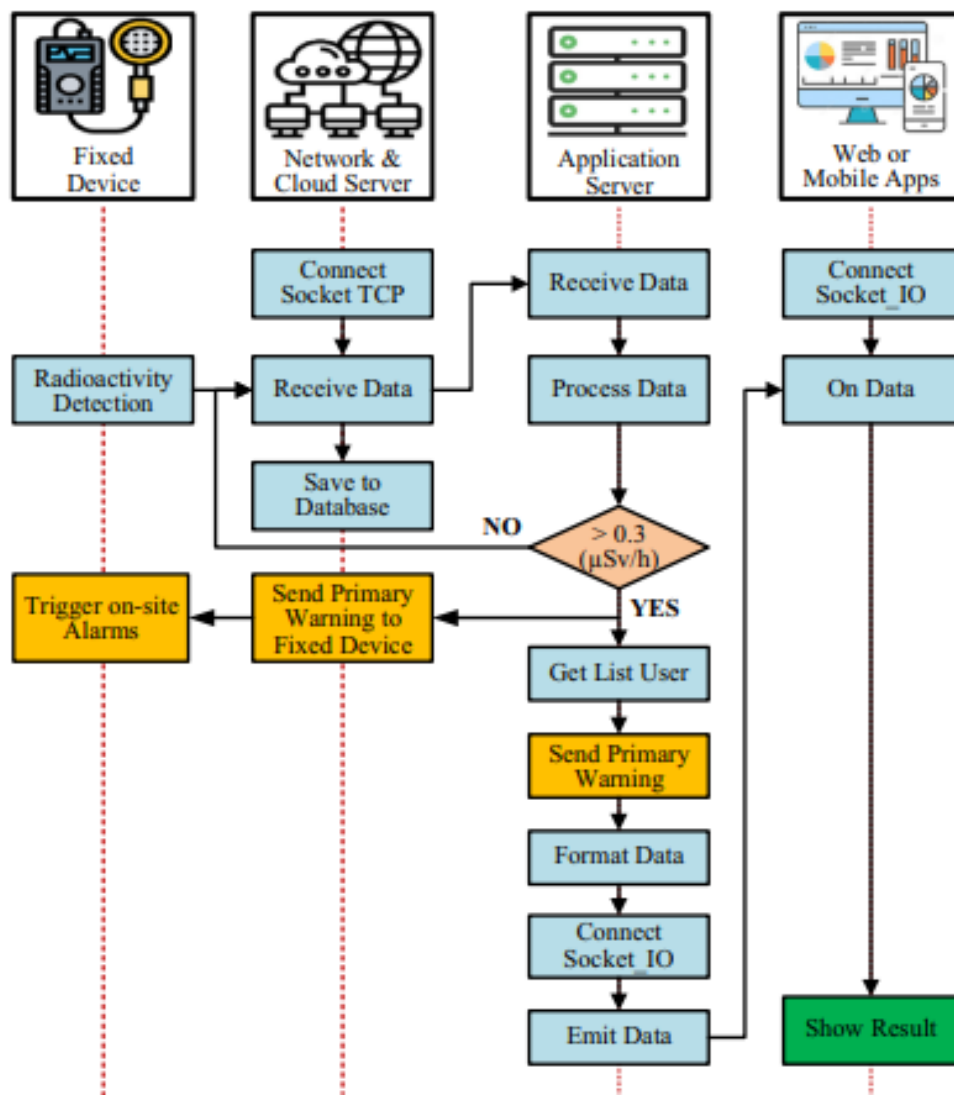


Рис.2.2. Блок-схема виявлення радіації та активації первинного попередження на закріпленому пристрої [19]

Блок бездротового зв'язку та позиціонування включає трансивер LORA та приймач GPS. Цей блок забезпечує бездротовий канал зв'язку від фіксованого

пристрою до шлюзу та локалізує положення пристрою.

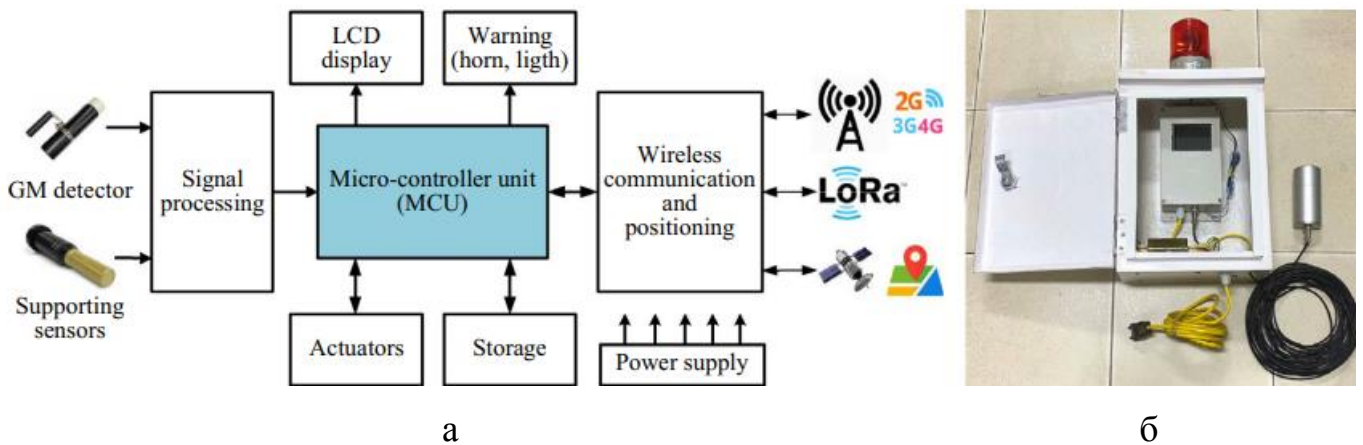


Рис. 2.3. Фіксований пристрій: а блок-схеми архітектури та б зображення його прототипу [18]

Блок обробки сигналу – це система детектора радіоактивності, оснащена системою трубок GM (Geiger – Muller), яка може працювати у високотемпературних середовищах, наприклад навколо плавильних печей переробні потужності металу. Блок детектора радіоактивності налаштований на безперервний режим роботи з детектуванням діапазону гамма-променів близько 5 м і поріг виявлення 0,1 мкЗв/год. Блок також включає підтримку датчиків, що складаються з датчика температури, акселерометра та датчика вібрації. Вони призначені для виявлення і передачі температури навколишнього середовища тощо. Це дані використовується для налаштування режиму роботи пристрою. [18, 19]

Коли основне попередження отримано від системи, користувачі використовуватимуть мобільний пристрій для повторної перевірки. Виміряні параметри з мобільних пристроїв продовжуватимуть надсилатися на сервер мережі та оброблятися сервером додатків. На основі підтвердженої дози потужності опромінення порівняно з попередньо сконфігурованим рівнем порогів, система активує процедуру реагування на інцидент, що відповідає рівню небезпеки виявленого джерела випромінювання. Алгоритм підтвердження джерела випромінювання та активації радіаційного падіння, процес відповіді мобільного пристрою показаний на блок-схемі на рис. 2.4. [17]

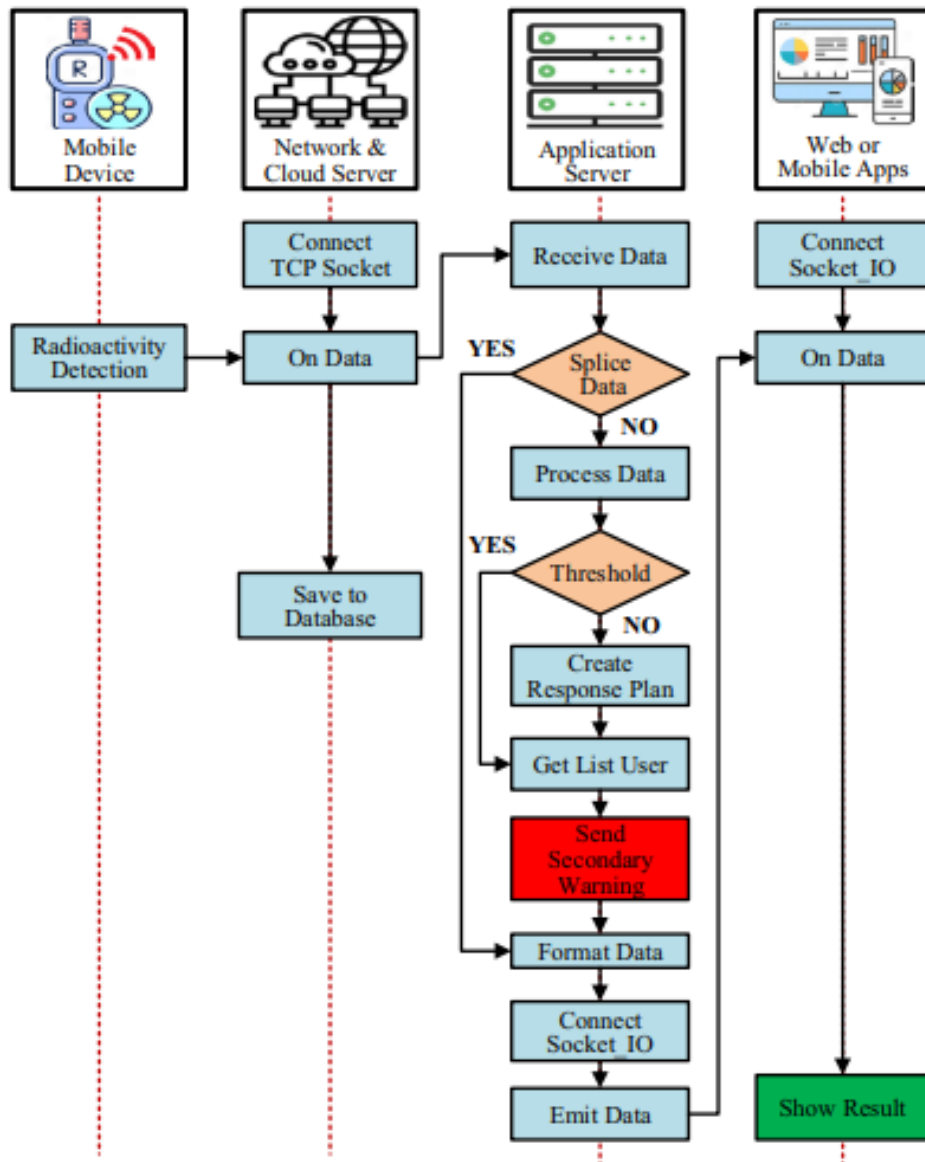


Рис. 2.4. Блок-схема підтвердження радіації та активації вторинного попередження на мобільному пристрої [17]

2.2 Алгоритм функціонування автоматизованої системи обробки даних з радіаційними інцидентами

Під час процедури ліквідації радіаційної події відповідальна особа сповіщає та надає вказівки відповідним підрозділам для швидкого врегулювання інциденту. Система IoRSS надає інтерфейс, який дозволяє адміністратору створювати зміст повідомлень і надсилати їх до сервер додатків. Система автоматично надішле цю інформацію відповідним підрозділам і особам за допомогою SMS та електронною

поштою. На рис.2.5 показано блок-схему створення та обміну інформацією для підтримки усунення радіаційних несправностей

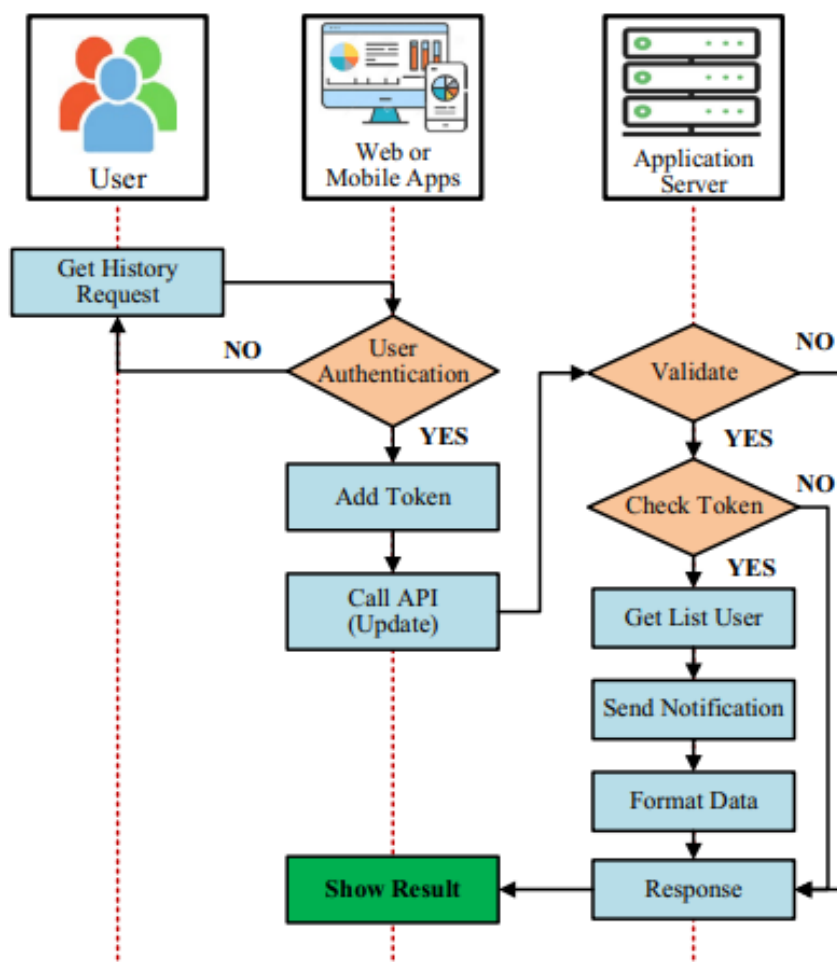


Рис. 2.5. Блок-схема створення та обміну інформацією для підтримки усунення радіаційних несправностей [19]

Система IoRSS також надає команди для дистанційного керування пристроями виявлення випромінювання та запити параметрів випромінювання через інтерфейс прикладного програмного забезпечення. Цей механізм дозволяє користувачеві дізнатися про статус пристрою, конфігурувати режим роботи для пристроїв і збирати інформацію про робоче середовище пристрою, не наближаючись до нього, припускаючи, що навколишнє середовище є радіоактивно забрудненим. [11-19]

У процедурах контролю та оновлення інформації про усунення несправностей, адміністратор також може використовувати інтерфейс системи для визначення

контролю та усунення несправностей, відновлення джерела випромінювання, очищення навколишнього середовища та вирішення проблеми згідно з алгоритмом, наведеним на рис. 2.6. [12, 19]

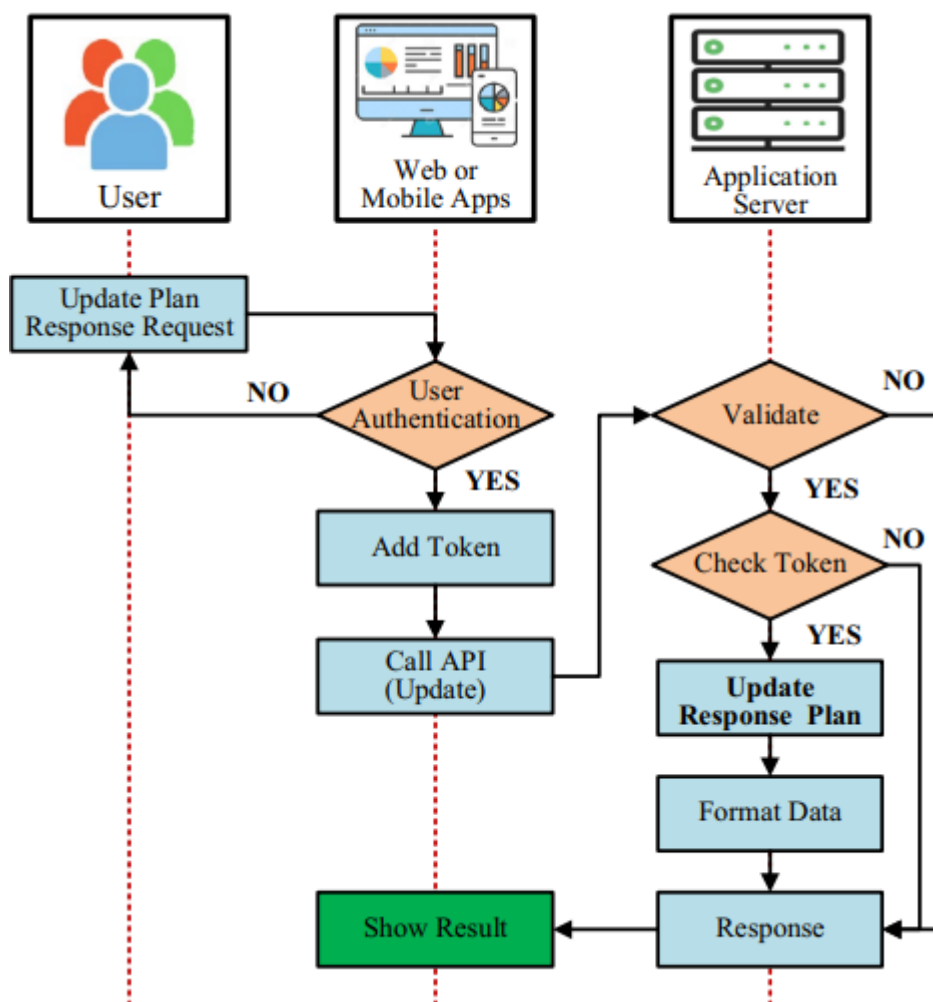


Рис. 2.6. Блок-схема процесів контролю та оновлення радіаційних інцидентів [19]

Система виявлення та моніторингу радіації в режимі реального часу включає програмне забезпечення для моніторингу та надання місцезнаходження та стан пристроїв виявлення радіації періодично, постійно або за запитом. Це програмне забезпечення також забезпечує операційні функції, адміністрування системи, децентралізацію, статистику, звітність і попередження про особливі ситуації. [18, 19]

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ НА ОСНОВІ МК AVR ATMEGA16

3.1 Гнучка система збору та обробки даних на основі мікроконтролера ATMEGA16

Ключовим компонентом такої системи є конфігурований пристрій на основі мікроконтролера з інтегрованим USB-трансивером і 12-розрядним аналого-цифровим перетворювачем (АЦП). Simple DAQ містить попередньо завантажену програму (програмне забезпечення), яка дозволяє легко отримувати та генерувати аналогові, цифрові сигнали та передавати дані між пристроєм і програмою, що працює на МК через USB. На відміну від багатьох популярних рішень [1-6], де периферійні пристрої мікроконтролера є фіксованими, у такій системі автоматизованої обробки даних периферійний пристрій є гнучким і може бути легко налаштований відповідно до індивідуальних потреб без перепрограмування мікроконтролера. При використанні розробленої утиліти більшість контактів пристрою можна налаштувати як аналоговий вхід, цифровий вхід/вихід, вихід ШІМ або одну з ліній послідовного периферійного інтерфейсу (SPI). Таким чином пристрій можна легко адаптувати до потреб кінцевої програми збору даних. Крім того, для представленої системи розроблені драйвери LabVIEW. Приклад використання чіпа SimpleDAQ на макетній платі наведено на рис.3.1. [4-6]

Для базової роботи мікросхеми SimpleDAQ на макетній платі необхідні лише кілька додаткових зовнішніх компонентів, наприклад, генератор із конденсаторами, роз'єм USB і джерело живлення 3,3 В. Використовуючи стабілізатори напруги від 5 В до 3,3 В, живлення можна отримати безпосередньо від шини USB, як показано на рис.3.1. [4]

При використанні розроблених драйверів можна легко розробити алгоритми збору даних і обробки сигналів, а також графічний інтерфейс користувача (GUI), використовуючи добре відоме, перевірене промисловістю блочно-орієнтоване

середовище програмування LabVIEW, яке зазвичай використовується для збору даних, керування приладами та промислової автоматизації на різноманітних платформах (Microsoft Windows, Linux і Mac). При використанні розроблених приводів можна легко розробити алгоритми збору та аналізу даних, а також графічний інтерфейс користувача (GUI) за допомогою LabVIEW. [5-7].

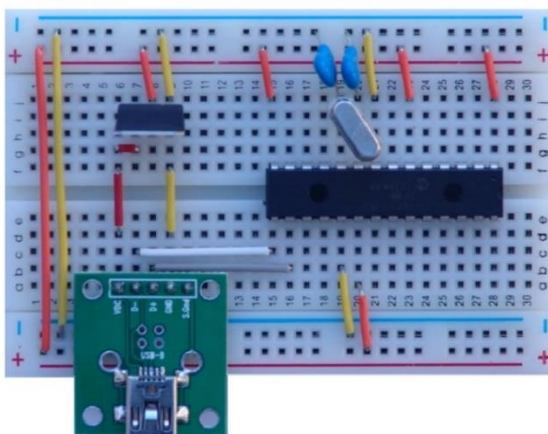


Рис.3.1. Використання чіпа SimpleDAQ на макетній платі [4]

На базі чіпу SimpleDAQ було доопрацьовано модуль SimpleDAQ [7-12]. Цей модуль містить усі компоненти (генератор, роз'єм USB тощо), необхідні для базової роботи чіпу SimpleDAQ. Він живиться від USB, тому будь-яке зовнішнє живлення не потрібне. Модуль містить чіп SimpleDAQ (позначений U3 на рис. 3.2) у корпусі SMD, генератор (Y1), роз'єм mini USB (J1), регулятор напруги (U1) для живлення від USB, кнопку скидання (R, S1), кнопка загального призначення (B, S2), два 12-контактних роз'єми розширення (J3 і J4) для звичайної плати додатків, роз'єм налагоджувача (J2) та інші менш необхідні компоненти. Модуль можна підключити безпосередньо до макетної плати або використовувати в поєднанні з платою додатків, розробленою на замовлення. [7-12].

У роботах [4-7, 12] представлено гнучкий пристрій збору даних на основі мікроконтролера. Такі апаратні та програмні рішення дозволяють легко реалізувати нестандартні алгоритми збору даних і обробки сигналів, використовуючи периферійні пристрої вводу/виводу мікроконтролерів і середовище розробки LabVIEW.

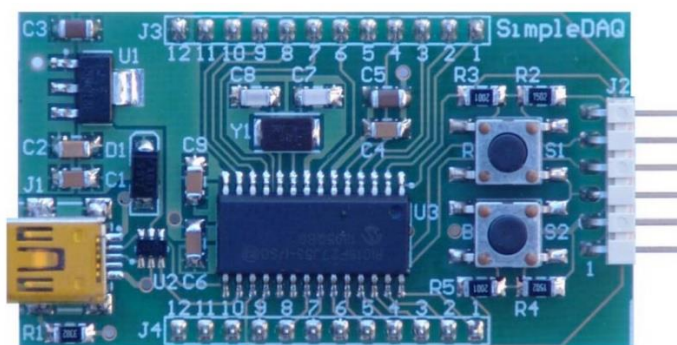


Рис. 3.2. Модуль SimpleDAQ [7]

Цей підхід усуває виснажливе та трудомістке низькорівневе програмування мікроконтролерів і дає змогу розробникам зосередити свою енергію на розробці користувацьких аналогових інтерфейсів (якщо необхідно) та розробці алгоритмів аналізу даних. Представлене рішення також дуже підходить для інших технічних галузей (таких як хімія чи машинобудування), де більшість техніків не володіють вбудованим програмуванням, але зазвичай добре знають середовище програмування LabVIEW. На відміну від багатьох пов'язаних рішень, у яких DAQ на основі мікроконтролера розроблено для конкретного додатка, це рішення можна конфігурувати та використовувати для різних налаштованих програм. [8-10]

У порівнянні з комерційно доступними DAQ-пристроями рішення автори [4-12] має ряд переваг і недоліків. Комерційні продукти включають аналоговий інтерфейс із настроюваним діапазоном аналогових входів. На відміну від цього, представлене рішення [7] не має аналогового переднього кінця, і, отже, вхідний діапазон для контактів введення/виведення обмежений рівнем напруги мікроконтролера (від 0 В до 3,3 В). Якщо користувачі повинні використовувати різні діапазони вхідної напруги, вони повинні розробити власну плату застосування з відповідними перемикачами рівня напруги. Однак можливість використання спеціально розробленого аналогового інтерфейсу, який є специфічним для використовуваних датчиків, насправді може бути перевагою в деяких програмах. Програми DAQ відрізняються залежно від необхідної периферії вводу-виводу. Наприклад, деякі програми вимагають більше аналогових входів, а інші – більше цифрових входів/виходів. З цієї точки зору SimpleDAQ є більш гнучким, оскільки

периферійний пристрій вводу-виводу можна змінювати, тоді як периферійний пристрій вводу-виводу доступних DAQ є фіксованим (наприклад, DAQ містить 8 AI, 2 AO, 8 DI 8 DO). [7-10] Що стосується частоти дискретизації АЦП, SimpleDAQ є одним із найкращих, але він має обмежений вбудований буфер. SimpleDAQ підтримує лише односторонні аналогові входи, тоді як деякі DAQ підтримують і диференціальні. SimpleDAQ не містить аналогового виходу, оскільки використовуваний мікроконтролер не включає цифро-аналоговий перетворювач (DAC). Однак аналогові виходи можуть бути реалізовані за допомогою зовнішнього чіпу ЦАП SPI на платі спеціального застосування. SimpleDAQ також включає деякі периферійні пристрої, які не можна знайти на широко використовуваних пристроях, наприклад шину SPI та ШІМ. Зокрема, шина SPI є необхідною, так як до пристрою SimpleDAQ можна легко підключити різноманітні мікросхеми SPI (рис. 3.3). [12-17]

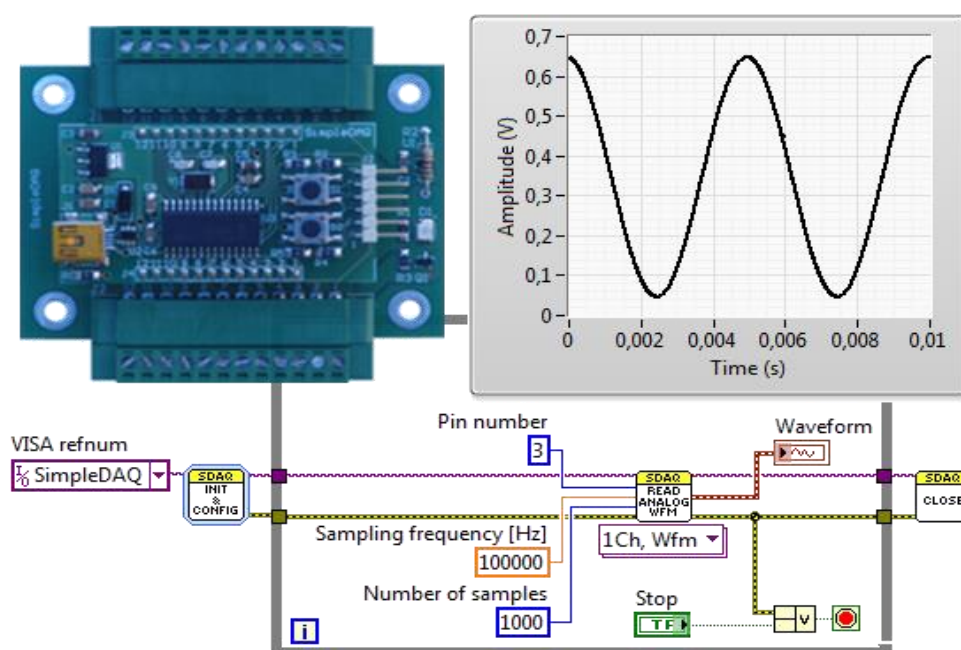


Рисунок 3.3. Принцип дії автоматизованої системи збору і обробки даних на базі МК Atmega16 [17]

Представлені рішення в [6-12] мають багато потенційних застосувань. Така автоматизована система обробки даних відносно потужна, недорога і гнучка.

Представлений DAQ також можна використовувати як платформу для розробки індивідуальних інтелектуальних датчиків. При використанні представлених рішень [4-12] прототипи застосування датчиків можуть бути розроблені без програмування МК. Збір даних, аналіз даних і алгоритми прийняття рішень можуть бути розроблені на ПК. Після перевірки розроблених алгоритмів і отримання задовільних результатів їх можна буде передати групі розробників програмного забезпечення, яка пише оптимізовані коди для цього мікроконтролера.

На сьогоднішній день це рішення було успішно протестовано в операційній системі Windows. Однак більшість операційних систем (Windows, Linux, Android тощо) спочатку підтримують клас USB HID. [12]

3.2 Автоматизована система маломасштабного ротаційного пристрою збору волокон на основі мікроконтролера

На рис. 3.4 наведено мінімалістичну систему автоматизованої обробки даних для намотування волокна на МК (Arduino Uno) та базові компоненти схеми, включаючи резистори, діоди та потенціометри. [13]

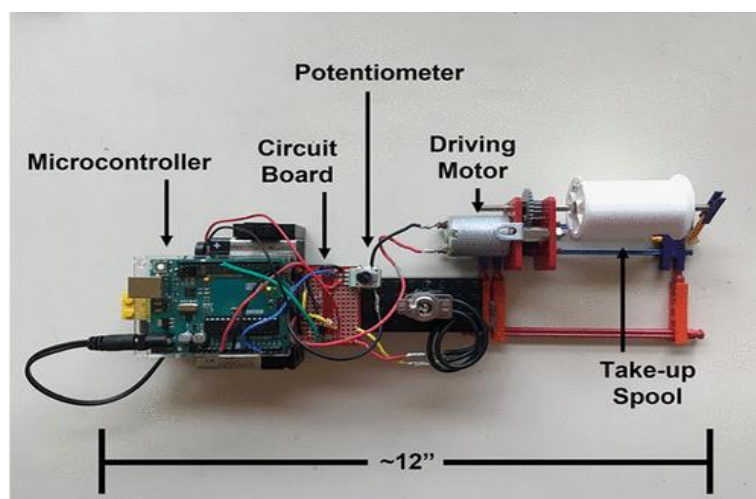


Рис. 3.4. Принцип дії автоматизованої системи збору даних при намотування волокна у лабораторних умовах з використанням МК [13]

Крім того, для налаштування мікроконтролера було потрібно мінімальне кодування. Ця конструкція є недорогим і простим рішенням для базового намотування волокна, яке легко доступне для дослідницьких і освітніх цілей.

В ході дослідження принципу дії автоматизованої системи обробки даних по намотуванню волокна було в роботі [13] було встановлено та побудовано графік зв'язку між накопиченням маси волокна в реальному часі ниткою з поліефірної суміші та частотою обертання блешні під час намотування (рис.3.5). Побудова такої залежності можлива лише при узгодженні апаратної та програмної частини моделі системи і доводить ефективність застосування систем автоматичного збору, обробки та зберігання даних на промисловому виробництві. [13-18]

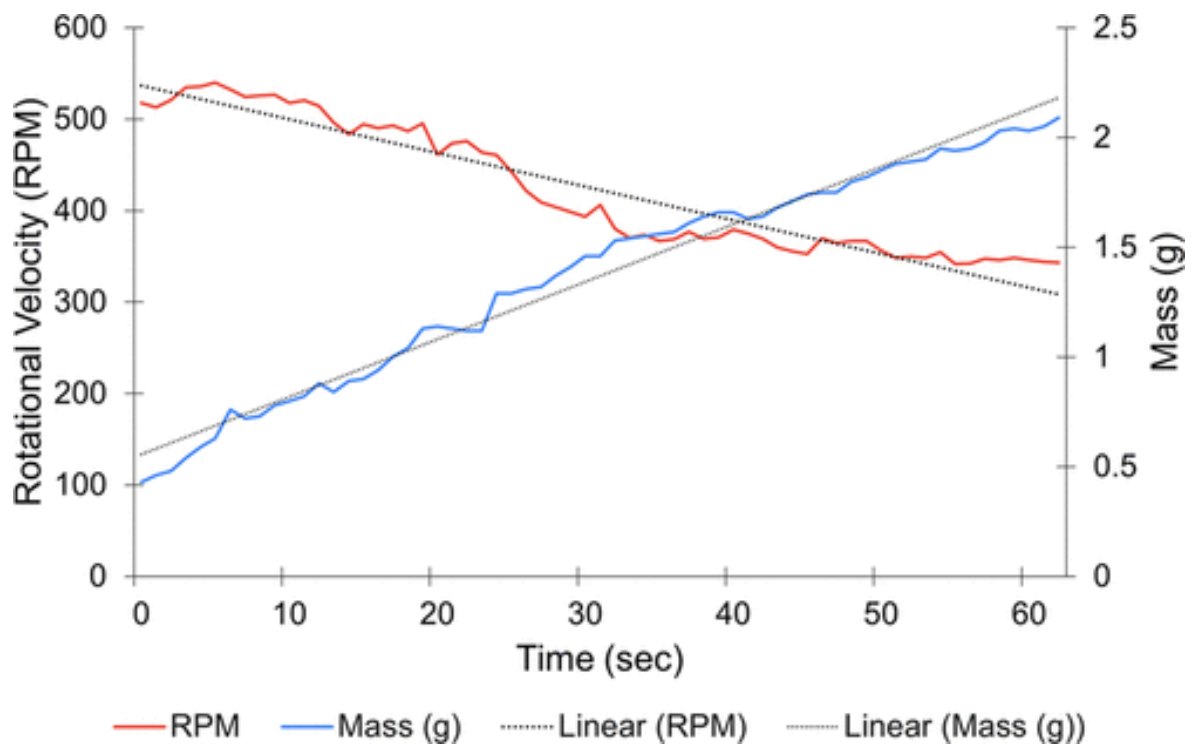


Рис.3.5. Зв'язок між накопиченням маси волокна в реальному часі ниткою з поліефірної суміші та частотою обертання блешні під час намотування. Пунктирні лінії представляють модельні графіки лінійного зменшення швидкості обертання та додавання маси до котушки. Динамічні вимірювання маси та швидкості представлені суцільними лініями [17]

3.3 Автоматизована система обробки даних переміщення радіактивних речовин IoRSS

Найчастіше системи радіаційного контролю, оснащені напівпровідниковими детекторами, пропорційними лічильниками, трубкою Гейгера-Мюллера (GM) або сцинтиляторними детекторами, такими як NaI(Tl) і CsI(Tl), розробленими спеціально для виявлення гамма-випромінювання або нейтронів. Використання одного детектора нейтронів/гамма-випромінювання є цікавим рішенням для виявлення та ідентифікації гамма-випромінювачів і спеціальних ядерних матеріалів (СЯМ). У [14] автори представляють комплексну характеристику сцинтиляційного детектора CLLB середнього розміру (2"×2"), щоб забезпечити необхідну інформацію для оцінки її застосування в програмах щодо національної безпеки та радіаційного моніторингу.

Однак важливо відзначити, що вимірювання нейтронів і гамма-випромінювання доповнюють один одного, зокрема для виявлення спеціальних ядерних матеріалів (SNM), особливо в маскованому або екранованому вигляді, гамма-променів. Архітектура та компоненти системи радіаційних датчиків на основі IoRSS-системи наведені на рис. 3.6.

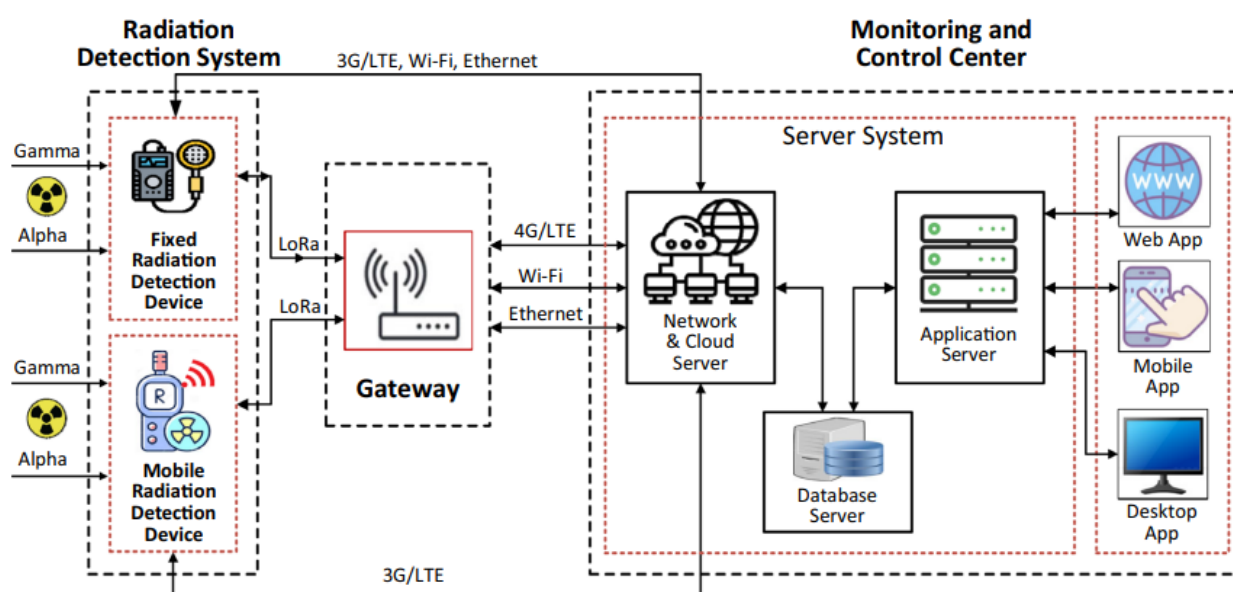


Рис. 3.6. Архітектура та компоненти системи радіаційних датчиків на основі IoRSS-системи [16]

Нейтрони повинні бути виявлені одночасно, щоб підвищити чутливість на фоні природного фону. Тому пошук унікального пристрою для виявлення обох типів частинок є чудовим рішенням. На рис. 3.7 наведено практичне використання ІoRSS-системи на виробництві металевої сировини. [17]

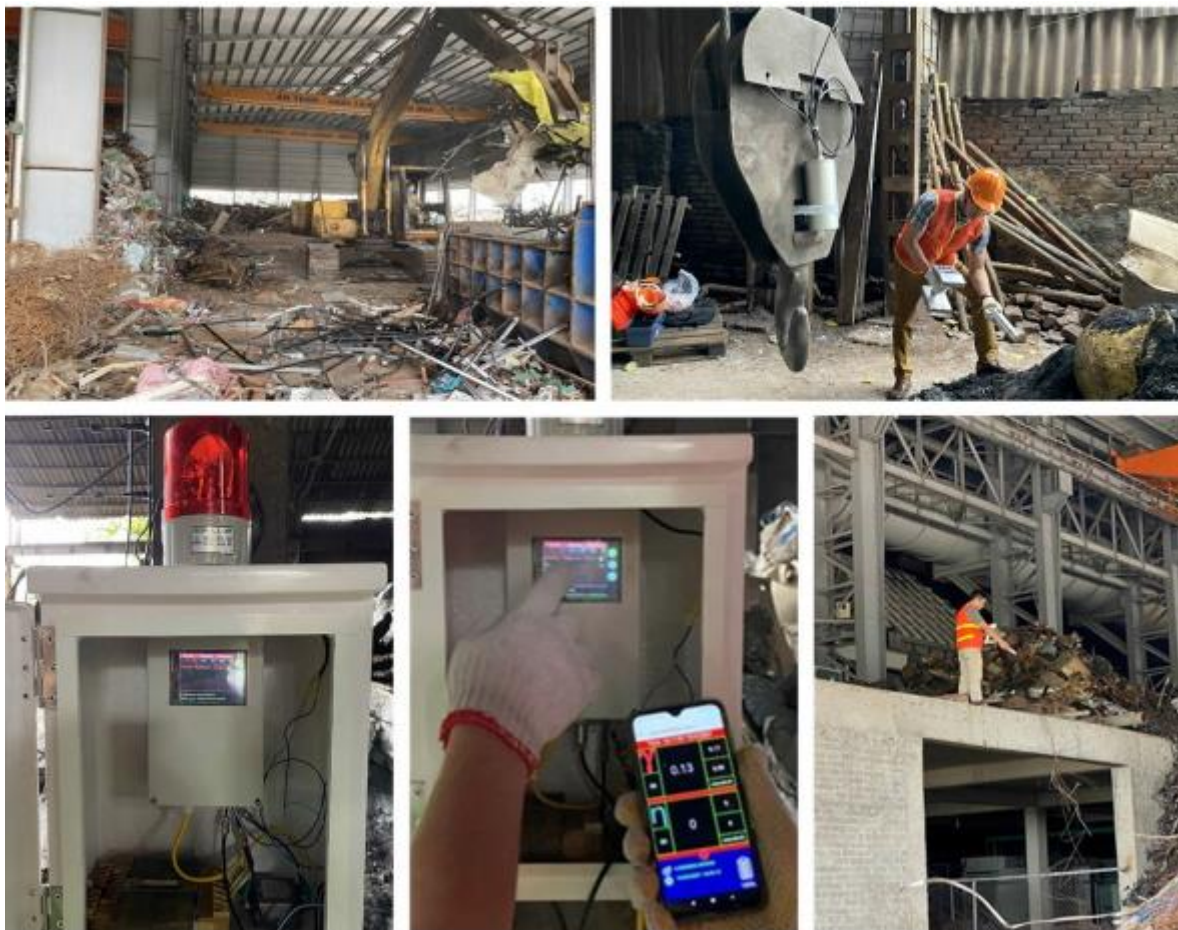
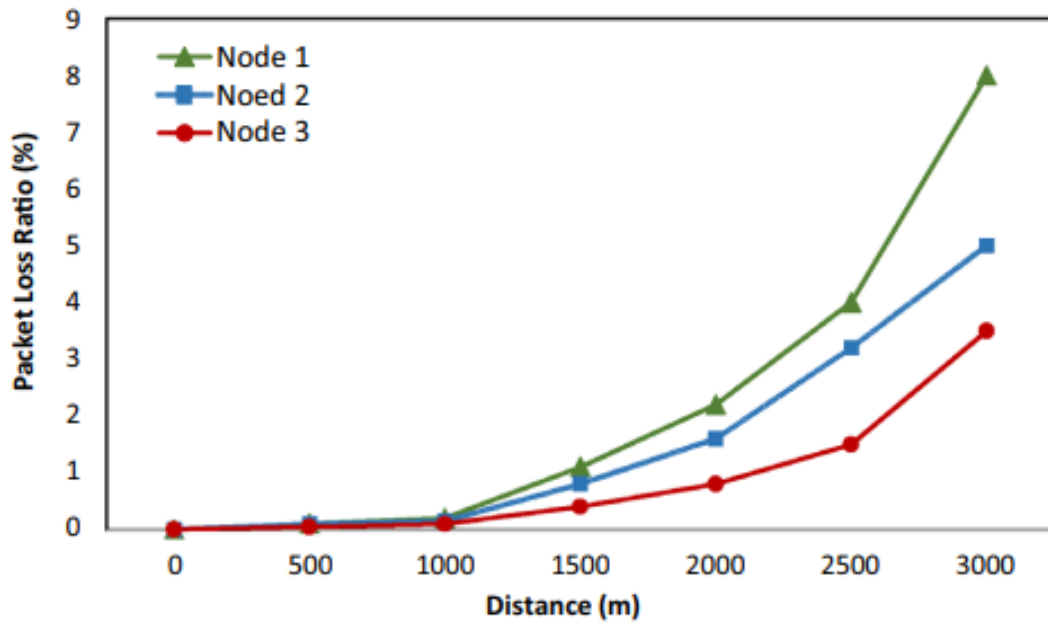


Рис.3.7. Використання ІoRSS-системи на виробництві металевої сировини [17]

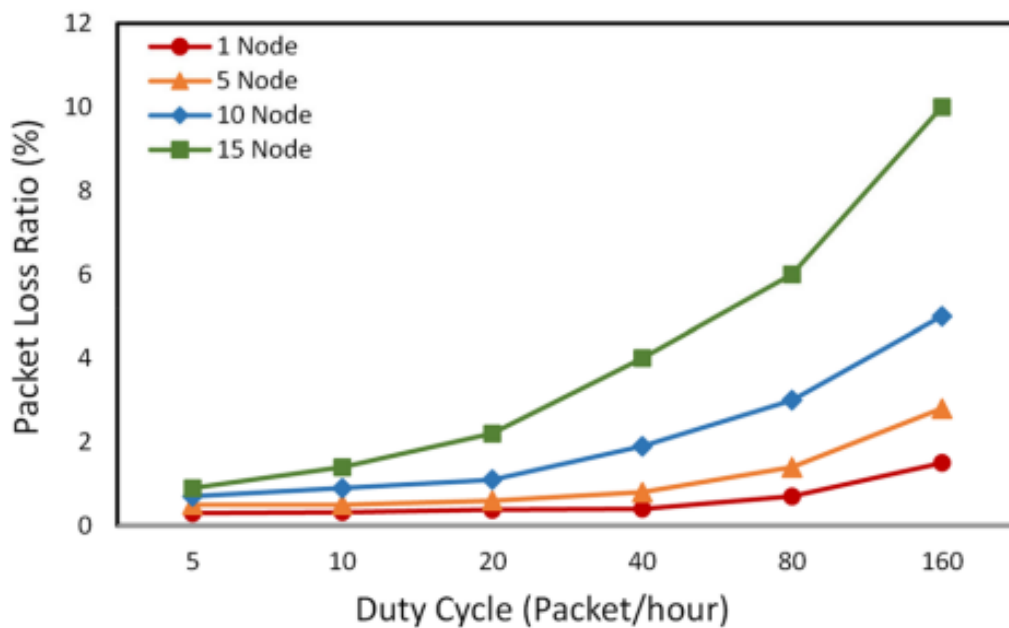
У першому тесті надсилали 200 повідомлень по 100 байт кожні 30 с., як показано на рис. 3.8,а, усі вузли мають однакову форму графіка, що означає зв'язок між відстанню передачі і швидкістю втрати пакетів. Тестові вузли мають хорошу надійність зв'язку на відстані менше 2,5 км. Коефіцієнт втрат пакетів починає різко зростати, якщо відстань перевищує 2,5 км. [19]

Теоретично відстань передачі ІoRSS-системи на виробництві коливається від 2 до 3 км у міських умовах. Хоча існує високий коефіцієнт втрат пакетів, коли відстань перевищує 3 км, його можливо зменшити шляхом використання антени з

вищим коефіцієнтом посилення або розміщення шлюзу на вищій позиції для забезпечення прямої видимості поширення.



а



б

Рис. 3.8. Рівень втрат пакетів при передачі: 200 повідомлень по 100 байт кожні 30 с (а) та 160 пак. /год. (один пакет надсилається в середньому кожні 22,5 с) (б) [19]

Втрата пакетів протягом робочого циклу (рис.3.8, б) показано залежність між рівнем втрати пакетів, робочим циклом і кількістю активних вузлів. У цьому тестовому варіанті розмір кожного пакета фіксованої довжини становить 100 байт. При зростанні кількості вузлів, рівень втрати пакетів також зростає. Це очевидно, оскільки зі збільшенням кількості активних вузлів збільшується кількість пакетів, що надсилаються в систему, що призводить до збільшення ймовірності колізій пакетів та збільшення рівня втрати пакетів. Однак, коли частота надсилання пакетів низька, навіть незважаючи на те, що кількість вузлів збільшується, система все ще працює стабільно та надійно з коефіцієнтом втрати пакетів менше 2%. [13,19]

Коли цикл надсилання пакетів становить до 160 пак. /годину (тобто один пакет надсилається в середньому кожні 22,5 с), коефіцієнт втрати досить великий, до 10% і 6% відповідно для 15 і 10 активних вузлів. [19] Однак комунікаційний протокол IoRSS-системи призначено для роботи з механізмом підтвердження, тому при швидкому робочому циклі, він усе ще гарантує, що пакети належним чином досягають шлюзу/сервера. Слід підкреслити, що це тестовий сценарій із дальністю передачі до 2,5 км. Насправді робочий діапазон пристроїв такий зазвичай у кількох сотнях метрів підприємств із переробки металу. На цій відстані пакет рівня втрат майже дорівнює нулю, як показано на рис. 3,8, а. Якщо пристрої для виявлення випромінювання повинні працювати поза зоною покриття шлюзу, комунікаційний модуль 3G/LTE на цих пристроях буде активовано, щоб забезпечити надійність з'єднання між пристроями та сервером. [1,2]

Зі збільшенням довжини пакета час на виконання модуляції у вузлі та демодуляції у вузлі шлюзу також збільшується. Крім того, збільшення розміру пакета призводить до збільшення часу в ефірі пакет. Таким чином, якщо під час обробки пакету також буде надіслано інший пакет, новий вхідний пакет вважатиметься перешкодою та буде відкинутий. [19]

ВИСНОВКИ

1. Під час виконання кваліфікаційної роботи було зібрано та проаналізовано інформацію про різні типи МК, що використовуються в автоматизованих системах обробки даних, розглянуті існуючі та описано алгоритми збору та обробки даних при дослідженні електричних стендів. В AVR мікроконтролерах використовується технологія однорівневої конвеєризації, унаслідок чого цикл "вибірка-виконання" команди помітно скорочений.

2. Для реалізації автоматизованої системи керування системи контролю радіоактивних переміщення речовин було розглянуто і проаналізовано роботу блок-схем: керування та конфігурації об'єктів у IoRSS; виявлення радіації та активації первинного попередження на закріпленому пристрої у системі IoRSS; підтвердження радіації та активації вторинного попередження на мобільному пристрої; створення та обміну інформацією для підтримки усунення радіаційних несправностей та блок-схему процесів контролю та оновлення радіаційних інцидентів. На МК Atmega16 серії AVR фірми Atmel.

3. Вибір мікроконтролера здійснювався за наступними характеристиками: швидкодія, надійність, перешкодостійкість, наявність необхідних периферійних пристроїв, енергоспоживання, вартість. В AVR мікроконтролерах використовується технологія однорівневої конвеєризації, унаслідок чого цикл "вибірка-виконання" команди помітно скорочений.

4. У процесі розробки було створено алгоритми обробки даних, які забезпечують збір, аналіз і виконання необхідних дій зі зібраними даними. Крім того, були розглянуті користувацька інтерфейсні програми для взаємодії з системою, яка дозволяє налаштовувати параметри обробки даних і отримувати результати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Терещенко Т.О. Мікропроцесорні пристрої: навч. посібник для студентів зі спец-ті «Електроніка» / Терещенко Т.О., Тодоренко В.А., Батрак Л.М. – К.: Кафедра, 2017. – 244 с.
2. Биков, М.М. Мікропроцесорні засоби систем управління: лабораторний практикум/ Биков М.М., Грищук Т.В., Ковтун В.В. – Вінниця : ВНТУ, 2019. –120 с.
3. <https://www.mdpi.com/1424-8220/14/6/9755>. A Flexible Microcontroller-Based Data Acquisition Device, дата доступу: 03.04.23 р.
4. Hjertaker, B.T.; Maad, R.; Schuster, E.; Almas, O.A.; Johansen, G.A. A data acquisition and control system for high-speed gamma-ray tomography. Meas. Sci. Technol. 2008, 19.
5. Hwang, Y.S.; Kim, H.J.; Park, H.; Kang, H.; Kim, W.; Kim, S. Development of Embedded DAQ System for Flux Counting. J. Nucl. Sci. Technol. 2008, 45, (Supplement 5). 582–585.
6. Murovec, B.; Kocijancic, S. A USB-based data acquisition system designed for educational purposes. Int. J. Eng. Educ. 2004, 20, 24–30
7. <https://www.mdpi.com/1424-8220/14/6/9755> A Flexible Microcontroller-Based Data Acquisition Device, дата доступу: 13.02.2023 р
8. Singh, N.M.; Sarma, K.C.; Singh, N.G. Design and Development of Low Cost Multi-Channel USB Data Acquisition System for the Measurement of Physical Parameters. Int. J. Comput. Appl. 2012, 48, 47–51.
9. Datta, J.; Chowdhuri, S.; Bera, J.; Sarkar, G. Remote monitoring of different electrical parameters of multi-machine system using PC. Measurement 2012, 45, 118–125.
10. Yavuz, C.; Yilmaz, S.; Kaya, M. The Design of Computer Controlled Cold and Hot Therapy Device with Thermoelectric Module. J. Med. Imaging Health Inform. 2013, 3, 221–226.
11. Teikari, P.; Najjar, R.P.; Malkki, H.; Knoblauch, K.; Dumortier, D.; Gronfier, C.; Cooper, H.M. An inexpensive Arduino-based LED stimulator system for vision research.

J. Neurosci. Methods 2012, 211, 227–236.

12. Jobbins, M.M.; Raigoza, A.F.; Kandel, S.A. Note: Circuit design for direct current and alternating current electrochemical etching of scanning probe microscopy tips. Rev. Sci. Instrum. 2012, 83.

13. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.1c00720/> - Development of a Microcontroller-Based, Small-Scale Rotational Fiber Collection Device, дата доступу: 19.02.2023 р.

14. Розробка автоматизованої системи моніторингу/ Бондарев А.М.// Матеріали VI-ої Міжнародної конференції “Manufacturing & Mechatronic Systems 2022”: матеріали конференції. – Харків, 21-22 жовтня 2022 р. – С. 15-18.

15. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об’єктів автоматизації. Збірник задач: Навчальний посібник/ Невлюдов І.Ш., Андрусевич А.О., Пономарьова Г.В. – Кривий Ріг: КК НАУ., 2018. – 332 с.

16. <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/avr-microcontrollers-for-high-performance-and-power-efficient-8-bit-processing/> – AVR Microcontrollers for High-Performance and Power-Efficient 8-bit Processing, дата доступу: 24.03.23 р

17. <https://www.electronicshub.org/density-based-traffic-signal-system-using-microcontroller/> – Density Based Traffic Signal System using Microcontroller, дата доступу: 19.04.23 р.

18. Невлюдов І.Ш. Технічні засоби автоматизації: Підручник / Невлюдов І.Ш., Андрусевич А.О. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2019. – 366 с.

19. https://www.researchgate.net/figure/Schematic-Diagram-of-the-whole-data-processing-system_fig10_314212226/ – Schematic Diagram of the whole data processing system, дата доступу: -01.06.23 р.

СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ ДО РОБОТИ