

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

**Факультет комп'ютерних наук і технологій**  
(повне найменування інституту, факультету)

**Кафедра комп'ютерних систем та мереж**  
(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

бакалавра  
(ступінь вищої освіти)

на тему РОЗРОБКА СИСТЕМИ БЕЗДРОТОВОГО ОПОВІЩЕННЯ ПРО  
ВИЯВЛЕННЯ РУХУ

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи КНТ-521сп

Спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
«Комп'ютерна інженерія»

МАРЧУК О.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник ГРУШКО С.С.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент МАЛИЙ О.Ю.

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

Інститут, факультет інформатики та радіоелектроніки, комп'ютерних наук і технологій  
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»  
Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) бакалаврський  
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія  
(код і найменування)  
Освітня програма (спеціалізація) Комп'ютерна інженерія  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри Кудерметов Р.К.

“ 14 ” квітня 2025 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

МАРЧУКА Олександра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка системи бездротового оповіщення про виявлення руху

керівник проекту (роботи) ГРУШКО Світлана Сергіївна, к. т. н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “08” квітня 2025 року № 151

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 01 червня 2025 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) забезпечення мобільності системи, живлення від батареї або акумулятора

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз технічного завдання, огляд подібних систем, виявлення недоліків;

2) Вибір апаратної частини;

2) Розробка структури та алгоритму роботи системи;

3) Реалізація та дослідження системи.

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

Слайди презентації

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	ГРУШКО С.С., к. т. н., доцент		
Нормоконтроль	ЩЕРБАК Н.В., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання 02.03.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз існуючих систем, виявлення недоліків та переваг,	01.03.2025 р	
2	Вибір апаратного забезпечення	15.03.2025 р..	
3	Розробка структури системи	20.03.2025 р.	
4	Розробка алгоритму роботи системи	25.03.2025 р.	
5	Реалізація системи	01.04.2025 р.	
6	Дослідження роботи системи	10.04.2025 р.	
7	Оформлення отриманих результатів у ПЗ	15.04.2025 р.	
8	Оформлення графічного матеріалу	01.05.2025 р.	
9	Оформлення допоміжного матеріалу	20.05.2025 р	

Студент О.О. МАРЧУК  
( підпис ) (ініціали та прізвище)

Керівник проекту (роботи) С.С. ГРУШКО  
( підпис ) (ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи бакалавра:  
92 с., 3 табл., 8 рис., 1 додаток, 24 джерела.

### ДАТЧИК РУХУ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ПЕРЕДАВАЧ, ПРИЙМАЧ, СИСТЕМА СПОВІЩЕННЯ

Об'єкт розробки – бездротова система сповіщення.

Мета роботи – розробка автономної бездротової системи сповіщення з датчиком руху, що забезпечує максимальну мобільність та енергоефективність.

У дипломній роботі досліджено та проаналізовано сучасні системи зв'язку, охоронної сигналізації та сповіщення. Розглянуто різні типи датчиків руху та принципи їх функціонування, визначено оптимальні рішення для автономних систем.

Проведено детальний порівняльний аналіз мікроконтролерів з метою вибору оптимального рішення для забезпечення надійної та енергоефективної роботи системи. На основі аналізу обрано мікроконтролер ATmega8-16PU, який найкраще відповідає вимогам до енергоспоживання та функціональності.

Проаналізовано технічні характеристики різних типів радіомодулів та датчиків руху. В результаті порівняльного аналізу для практичної реалізації обрано радіомодуль HC-12 та датчик руху HC-SR501, що забезпечують оптимальний баланс між функціональністю, енергоспоживанням та вартістю.

Розроблено повнофункціональну бездротову мобільну систему сповіщення, що складається з автономних модулів передавача і приймача з батарейним живленням. Розроблено схемотехнічні рішення та програмне забезпечення, що дозволили адаптувати стандартні компоненти для роботи при зниженій напрузі живлення та усунути електромагнітні перешкоди між модулями системи.

## ABSTRACT

Explanatory note to the bachelor's degree qualification thesis: 91 p., 3 tables, 8 fig., 1 appendix, 24 sources.

### MOTION SENSOR, MICROCONTROLLER, TRANSMITTER, RECEIVER, NOTIFICATION SYSTEM

Object of development – wireless notification system.

Objective of the work – development of an autonomous wireless notification system with motion sensor that ensures maximum mobility and energy efficiency.

In the thesis, modern communication systems, security alarm systems, and notification systems have been studied and analyzed. Various types of motion sensors and principles of their operation have been examined, optimal solutions for autonomous systems have been determined.

A detailed comparative analysis of microcontrollers has been conducted to select the optimal solution for ensuring reliable and energy-efficient system operation. Based on the analysis, the ATmega8-16PU microcontroller was selected, which best meets the requirements for power consumption and functionality.

Technical characteristics of different types of radio modules and motion sensors have been analyzed. As a result of comparative analysis, the HC-12 radio module and HC-SR501 motion sensor were selected for practical implementation, providing optimal balance between functionality, power consumption, and cost.

A fully functional wireless mobile notification system has been developed, consisting of autonomous transmitter and receiver modules with battery power supply. Circuit solutions and software have been developed that allowed adaptation of standard components for operation at reduced supply voltage and elimination of electromagnetic interference between system modules.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз технічного завдання.....	9
1.1 Системи зв'язку в сучасному підприємстві: типологія, функціональність та застосування.....	9
1.2 Системи охоронної сигналізації .....	12
1.3 Системи GSM.....	14
1.4 Радіоканальні системи оповіщення .....	18
1.5 Класифікація датчиків руху.....	20
Висновки до розділу 1 .....	29
2 Вибір апаратного забезпечення .....	31
2.1 Вибір мікроконтролера.....	31
2.1.1 Microchip ATmega8 .....	31
2.1.2 Мікроконтролери ATmega168/328 .....	35
2.1.3 Мікроконтролери PIC16F від Microchip .....	37
2.1.4 Мікроконтролери STM8 від STMicroelectronics .....	41
2.1.5 Порівняльний аналіз аналогів ATmega8.....	46
2.2 Мікроконтролер ATmega8.....	51
2.2.1 ATmega8 - характеристики, можливості, налаштування.....	51
2.2.2 Конфігураційні біти мікроконтролерів AVR .....	52
2.2.3 Khazama AVR Programmer .....	58
2.3 Вибір датчика руху.....	61
2.3.1 Огляд технологій детектування руху .....	61
2.3.2 Порівняльний аналіз датчиків руху.....	63

	7
2.3.3 Принцип роботи пасивних інфрачервоних датчиків.....	64
2.3.4 Технічні характеристики датчика HC-SR501.....	66
2.3.5 Особливості налаштування та експлуатації HC-SR501.....	68
Висновки до розділу 2.....	70
3 Реалізація системи.....	71
3.1 Модуль передавача.....	71
3.2 Модуль приймача.....	74
3.3 Апаратна реалізація та налаштування.....	75
Висновки до розділу 3.....	77
Висновки.....	79
Перелік джерел посилання.....	81
Додаток А_Коди програм.....	84

## ВСТУП

Надійна система сигналізації є ключовим інструментом для спеціалістів із безпеки, які забезпечують захист об'єктів. Вона значно підвищує ефективність виявлення загроз та допомагає чітко локалізувати їх джерело. Коли стандартних засобів сигналізації недостатньо для швидкого реагування, особливо цінними стають інтелектуальні рішення, що забезпечують точну ідентифікацію джерела тривоги та всебічний моніторинг системи безпеки.

Технологія радіосигналізації, або бездротової системи оповіщення, набула широкого поширення як у приватних помешканнях, так і на промислових об'єктах. Ці системи функціонують на основі передачі сигналів тривоги від датчиків до центрального блоку керування через радіоканал.

Бездротові охоронні комплекси ефективно запобігають несанкціонованому доступу до захищених приміщень, миттєво інформуючи власника про порушення. Крім основних функцій безпеки, такі системи можуть здійснювати моніторинг параметрів середовища, попереджаючи про коливання температури, витік води або небезпечні концентрації газу.

Ключовою перевагою бездротових систем є відсутність необхідності в прокладанні кабелів, що значно спрощує процес інсталяції та знижує втручання в інтер'єр. Додаткові переваги включають простоту монтажу, гнучкість конфігурації з можливістю подальшого розширення та доступну вартість.

У сучасному світі, де мобільність стала невід'ємною частиною життя, бездротові системи безпеки забезпечують можливість віддаленого контролю об'єктів незалежно від місцезнаходження користувача. Тому сучасні пристрої оповіщення мають відповідати вимогам автономності — працювати виключно від акумуляторів чи батарей, що вимагає оптимізації енергоспоживання до мінімально можливих показників.

## 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 1.1 Системи зв'язку в сучасному підприємстві: типологія, функціональність та застосування

В умовах функціонування великих корпорацій, промислових комплексів та географічно розподілених структур ефективна взаємодія між підрозділами та окремими співробітниками стає критичним фактором успіху. Саме інтегровані системи зв'язку виступають тим інфраструктурним елементом, який забезпечує оперативність передачі інформації, мінімізацію комунікаційних затримок та підвищення загальної продуктивності організації [1]. Інвестиції у розвиток комунікаційних технологій дозволяють компаніям досягати суттєвого скорочення часу на обмін важливими даними між співробітниками різних ланок управління та виробництва.

Система зв'язку представляє собою комплексне технологічне рішення, що об'єднує апаратні компоненти, програмне забезпечення та мережеву інфраструктуру, призначену для забезпечення надійної, безперебійної та захищеної комунікації між працівниками та структурними підрозділами в межах організаційної структури [2]. Такі системи функціонують як єдиний організм, забезпечуючи злагоджену роботу всіх елементів підприємства.

Сучасний ринок пропонує широкий спектр комунікаційних рішень, які можна класифікувати за технологічними принципами, функціональним призначенням та архітектурою [3]. Розглянемо основні різновиди систем зв'язку, що застосовуються у корпоративному середовищі:

Системи телефонного зв'язку залишаються фундаментальним інструментом голосової комунікації в діловому середовищі, незважаючи на стрімкий розвиток альтернативних технологій. Центральним елементом телефонної мережі виступає автоматична телефонна станція (АТС), яка забезпечує комутацію викликів та керує обслуговуванням абонентів. Сучасні АТС містять розширену базу даних про користувачів системи, їх привілеї та комунікаційні патерни.

Абонентське обладнання може бути представлене традиційними настільними телефонними апаратами, IP-телефонами або програмними клієнтами для комп'ютерів і мобільних пристроїв. Залежно від технологічної платформи, комунікаційні канали можуть бути реалізовані за допомогою фізичних провідних з'єднань або бездротових технологій [4]. Характер передачі сигналу також варіюється від аналогового формату до цифрового, з тенденцією до повного переходу на IP-телефонію з покращеною якістю звуку та розширеними функціональними можливостями.

Для організації мобільної комунікації на великих територіях або в умовах обмеженого доступу до стаціонарної інфраструктури широко застосовуються системи радіозв'язку. Архітектура таких систем включає централізовану базову станцію (або мережу станцій) та комплект індивідуальних або групових абонентських пристроїв.

Технічні параметри базової станції, зокрема радіус дії та потужність передавача, обираються з урахуванням специфіки об'єкта, характеру перешкод та територіального розподілу користувачів. Радіозв'язок демонструє особливу ефективність на розгалужених промислових об'єктах, будівельних майданчиках, у логістичних комплексах та інших середовищах, де необхідна безперервна координація дій персоналу при виконанні складних технологічних операцій або в умовах, що вимагають підвищеної уваги до безпеки [5].

Системи оперативного диспетчерського зв'язку. Ці спеціалізовані комунікаційні платформи орієнтовані на забезпечення миттєвої голосової взаємодії між координаційним центром та виконавцями на місцях. Центральним елементом виступають один або декілька диспетчерських пультів, оснащених засобами моніторингу стану абонентів, формування групових викликів та оперативного реагування на нештатні ситуації.

Функціональність таких систем часто включає режими пріоритетного зв'язку "керівник-підлеглий", можливості запису та архівування переговорів, а також інтеграцію з іншими інформаційними системами підприємства. Більшість сучасних диспетчерських комплексів передбачають можливість взаємодії із

зовнішніми комунікаційними мережами загального користування, що розширює їх функціональність за межі внутрішньої інфраструктури.

На підприємствах з підвищеним рівнем техногенної небезпеки або в установах з масовим перебуванням людей критичну роль відіграють системи оповіщення. Їх основне призначення – швидке інформування персоналу та відвідувачів про виникнення надзвичайних ситуацій та необхідність евакуації [6].

Комплекси оповіщення можуть функціонувати як у повністю автоматичному режимі, автономно реагуючи на сигнали від датчиків задимлення, пожежі, витоку газу або інших небезпечних факторів, так і під контролем оператора, який активує трансляцію заздалегідь підготовлених повідомлень або передає інструкції в режимі реального часу. Сучасні системи оповіщення часто інтегруються з комплексами відеоспостереження та контролю доступу, формуючи єдиний периметр безпеки об'єкта.

Корпоративне радіомовлення забезпечує трансляцію аудіоконтенту як інформаційно-службового, так і культурно-розважального характеру у приміщеннях підприємства. Сучасні радіотрансляційні комплекси оснащені функціями програмування розкладу передач, зонування аудиторії та диференційованого контенту для різних категорій слухачів.

Такі системи часто використовуються для створення комфортного акустичного фону в громадських зонах, поширення актуальної корпоративної інформації та підтримки корпоративної культури. У надзвичайних ситуаціях радіотрансляційна мережа може виконувати функції резервного каналу оповіщення.

Для ефективного проведення нарад, семінарів, презентацій та навчальних заходів використовуються спеціалізовані конференц-системи, що поєднують аудіовізуальні технології з платформами для спільної роботи з документами [7]. Сучасні рішення цього класу передбачають облаштування кожного робочого місця учасника індивідуальним мультимедійним терміналом, що дозволяє не лише брати участь у дискусіях, але й працювати з документами, вносити правки, голосувати та контролювати параметри аудіосистеми.

Високотехнологічні конференц-системи оснащуються засобами відеоконференцзв'язку, що забезпечує можливість віддаленої участі, а також інструментами синхронного перекладу для багатомовних заходів. Інтеграція з корпоративними системами електронного документообігу дозволяє миттєво протоколювати результати обговорень та розподіляти завдання між учасниками .

Особливу категорію становлять спеціалізовані комунікаційні системи, призначені для обслуговування виробничих процесів та технологічних операцій. Їх основне завдання – забезпечення надійної передачі даних між елементами автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП), промислового обладнання та серверів обробки виробничої інформації .

Такі мережі характеризуються підвищеними вимогами до стабільності функціонування, захищеності від промислових завад та мінімального часу відгуку. В архітектурі технологічних мереж часто передбачається резервування критичних каналів зв'язку та автономні джерела живлення для забезпечення безперервності роботи навіть в умовах аварійних ситуацій в енергосистемі підприємства.

Комплексне впровадження описаних систем зв'язку, з урахуванням їх інтеграції та взаємного резервування, дозволяє створити єдиний комунікаційний простір підприємства, що підвищує ефективність бізнес-процесів та створює передумови для подальшого розвитку корпоративних інформаційних систем.

## **1.2 Системи охоронної сигналізації**

Для забезпечення надійного та результативного захисту різноманітних об'єктів застосовуються системи охоронної сигналізації. Функціонування таких систем включає декілька етапів: спочатку спеціальні датчики збирають інформацію, потім активуються пристрої зі звуковою та світловою індикацією, далі чутливі елементи системи аналізують отримані дані, після чого відбувається

передача тривожного повідомлення до охоронної компанії. Завершальною фазою стає швидке реагування мобільного підрозділу та його прибуття на об'єкт.

Для житлових будинків охоронні системи значно підвищують рівень безпеки та захищають майно від зловмисників. Такі комплекси включають сенсори, що розташовуються у стратегічних точках об'єкта, керуючий пристрій для налаштування та моніторингу стану сигналізації, а також центральний блок, який опрацьовує всі вхідні сигнали.

Захист квартири за допомогою сигналізації є ефективним методом протидії злочинцям. Існують два основні типи систем для квартир. Перший – автономні пристрої, які при виявленні загрози вмикають тривожний сигнал та відправляють повідомлення власнику. Другий – системи з пультовою охороною, де сигнал тривоги надходить безпосередньо до охоронної служби.

Заміські ділянки значно вразливіші для протиправних дій порівняно з міськими квартирами. У звичайній квартирі зловмисники найчастіше проникають через вхідні двері, тоді як на дачі можливі проникнення через вікна, дах, гаражні ворота чи прилеглі споруди. Сигналізація для заміського будинку забезпечує своєчасне інформування про несанкціонований доступ на охоронювану територію. Монтаж такої системи потребує професійного підходу та високої кваліфікації спеціалістів, оскільки від якості встановлення залежить надійність роботи та термін експлуатації всієї системи.

Для захисту автомобіля доцільно встановити сигналізацію в гаражі. Принцип її роботи нескладний: по периметру приміщення розміщуються датчики, налаштовані відповідно до оптимальних параметрів безпеки для конкретного об'єкта. При спробі несанкціонованого доступу датчики передають сигнал на центральний блок, який інформує власника гаража за допомогою SMS-повідомлення або телефонного дзвінка.

Бездротова сигналізація складається з автономних датчиків із внутрішнім живленням. Перевага таких систем – незалежність від електромережі, проте вони потребують надійного механізму сповіщення про розрядження батарей. Функціонуючи на побутових радіочастотах, бездротові системи іноді можуть

піддаватися радіоперешкодам, що спричиняє хибні спрацювання. Втім, подібні помилкові сигнали можуть виникати і в провідних системах [8].

Охоронно-тривожна сигналізація складається з контрольної панелі, що транслює сигнали до центру моніторингу, та тривожної кнопки з фіксатором для відправлення сигналів небезпеки. Ця система дозволяє непомітно передати інформацію про нестандартну ситуацію на центральний пульт спостереження. Тривожна кнопка може бути стаціонарною (встановленою на стіні, підлозі чи під столом) або переносною у вигляді брелока, який зручно носити в кишені.

До складу охоронної сигналізації входять такі компоненти: датчики руху та розбиття скла (як провідні, так і бездротові); датчики відкриття вікон і дверей (що встановлюються на рами та стулки і спрацьовують при їх розмиканні); GSM-прилади контролю (які забезпечують надійний зв'язок між об'єктом та пультом охорони); пульти керування (розміщені біля вхідних дверей для постановки та зняття об'єкта з охорони).

В основі роботи охоронних систем лежать датчики, розташовані в усіх потенційних місцях проникнення, зазвичай на вікнах і дверях. Ці датчики з'єднуються з центральним приладом сигналізації, який при порушенні цілісності контрольованих зон (зламуванні дверей, розбитті вікна) активує тривожний сигнал для інформування охорони про загрозу об'єкту. Існує широкий спектр датчиків різного типу: інфрачервоні, радіохвильові детектори руху, вібраційні, ємнісні, магнітні (герконові) датчики для дверей і вікон, променеві, акустичні датчики розбиття скла, датчики удару тощо.

### **1.3 Системи GSM**

За останні роки бездротові системи сигналізації набули значної популярності завдяки тому, що їхня вартість стала майже однаковою з провідними системами. Переваги бездротових рішень є беззаперечними. Насамперед, це

відсутність необхідності прокладання кабелів та пов'язаних із цим проблем. Відпадає потреба свердлити отвори, протягувати дроти, зникає ризик пошкодження кабелю в майбутньому, а також немає пилу, бруду та інших незручностей. Бездротові датчики можна легко переміщувати з одного приміщення до іншого або змінювати їхнє розташування в межах одного простору, що особливо зручно при оновленні інтер'єру. Така сигналізація є ідеальним рішенням для орендованих приміщень, оскільки при переїзді її легко демонтувати та встановити на новому місці, що забезпечує високу мобільність системи.

Сучасні системи сигналізації для різних об'єктів (будинків, дач, квартир, гаражів) є надійним методом захисту рухомого та нерухомого майна від злочинців. Хоча бездротові сигналізації функціонують на побутових радіочастотах і можуть інколи зазнавати впливу радіоперешкод, що спричиняє хибні спрацювання, слід зазначити, що подібні проблеми характерні й для провідних систем [9].

Особливістю бездротової охоронної сигналізації є використання датчиків із внутрішніми батареями. Автономне джерело живлення забезпечує енергонезалежність, проте вимагає надійної системи сповіщення про зниження заряду акумулятора.

У сучасному світі стрімко зростає популярність бездротових GSM-сигналізацій, розроблених для захисту як комерційних об'єктів, так і житлових приміщень. Такі системи дозволяють здійснювати віддалений моніторинг та контроль об'єкта через GSM-канал мобільного зв'язку, а також використовують додаткові послуги стандарту GSM (передача даних через GPRS, CSD, надсилання SMS-повідомлень). Основне призначення бездротової GSM-сигналізації – передача інформації власнику у вигляді текстових повідомлень або телефонних дзвінків.

Для розуміння принципу роботи автономної сигналізації важливо з'ясувати, що представляє собою GSM-модуль у таких системах. Це передавач, який використовує мережі мобільного зв'язку для обміну даними. Типовий модуль складається з радіоблоку (приймача, підсилювача та зовнішнього радіочастотного інтерфейсу), процесора, пам'яті та різноманітних інтерфейсів для інтеграції з кінцевими пристроями. GSM-модулі в системах сигналізації приймають

інформацію через мобільні канали та надсилають текстові повідомлення. Вони конфігуруються таким чином, щоб у разі виявлення проникнення, пожежі або витоку газу відправляти власнику сповіщення з відповідним тривожним текстом.

Конструкція GSM-сигналізації достатньо проста [10]. Вона обов'язково включає контрольну панель із вбудованим GSM-модулем та датчики руху. До системи також можна додатково підключити дротові або бездротові датчики диму та газу. Механізм функціонування такої охоронної системи полягає в безпосередній передачі сигналу тривоги на телефон власника у формі SMS. Систему можна налаштувати так, щоб повідомлення про небезпечні ситуації надсилалися одночасно декільком особам із заздалегідь створеного списку контактів.

GSM-сигналізації класифікуються як автономні, оскільки вони не пов'язані з моніторинговими службами і не передбачають послуг з обслуговування обладнання та реагування служб безпеки. Отримавши тривожний сигнал, власник самостійно вирішує, які дії вжити, і єдине, що можна зробити – викликати поліцію або рятувальні служби, сподіваючись на їхнє своєчасне прибуття.

Домашня GSM-сигналізація також функціонує шляхом надсилання сигналу тривоги у вигляді SMS власнику та всім контактам зі списку. Для захисту будинку частіше обирають розширені комплекти, які окрім датчиків руху включають датчики розмикання, розбиття скла, протипожежні датчики та газоаналізатори. Проте датчики розбиття скла не завжди необхідні в комплекті, оскільки при проникненні в квартиру зловмисники рідко розбивають скло. Склопакети зазвичай видавлюють, а датчик реагує саме на звук розбитого скла. Такі датчики більш доцільні для приміщень з вітринами, які можуть бути розбиті при спробі крадіжки.

GSM-сигналізація не включає послуг моніторингу сигналів тривоги на пульті охорони. Виклик допомоги поліції або пожежних можливий лише власними силами, при цьому неможливо вплинути на час прибуття служб безпеки.

Вибір GSM-сигналізації часто зумовлений її порівняно низькою вартістю та простотою монтажу. Незалежно від місця використання – будинок, дача, гараж чи складське приміщення – необхідно встановити контрольну панель із вбудованим

GSM-модулем та датчики руху. Датчики можуть бути як дротовими, так і бездротовими. Окрім відсутності підтримки охоронної служби, GSM-сигналізація має й інші вразливі місця. Це один із найпростіших, але не найнадійніших способів захисту майна.

Основні недоліки:

- можливість створення злочинцями спеціальних перешкод для приймальної частини GSM-модуля;
- залежність від заряду батарей, ресурс яких обмежений (в середньому батареї працюють близько 2 місяців, після чого потребують заміни), причому навіть частково розряджена батарея може порушити коректну роботу системи;
- вразливість SIM-карти – хоча це не найочевидніше слабе місце, але при цілеспрямованих діях зловмисники можуть дублювати SIM-карту модуля зв'язку або мобільного телефону власника для проникнення в систему.

Пультові охоронні системи забезпечують можливість оперативного реагування на спрацювання датчиків. Такі системи можна налаштувати на різноманітні дії та, залежно від ситуації, здійснювати оповіщення відповідальних осіб. Вони передбачають наявність численних датчиків і детекторів, підключених до автономних джерел живлення, що дозволяє здійснювати цілодобовий віддалений контроль об'єкта.

Встановлення охоронної сигналізації вимагає професійного підходу та висококваліфікованого інженерного і технічного персоналу, оскільки якість монтажу визначає надійність і стабільність роботи охоронної системи в майбутньому, а також тривалість її безаварійної експлуатації. Перед початком монтажу необхідно провести огляд та оцінку захищеності приміщення, визначити оптимальне розташування сигнальних ліній, охоронних датчиків, контрольних панелей, сирен та інших компонентів запланованої системи сигналізації. Встановлення охоронної системи здійснюється згідно з попередньо складеним розрахунком і планом.

## 1.4 Радіоканальні системи оповіщення

Встановлення традиційних дротових систем сповіщення нерідко супроводжується значними труднощами, пов'язаними з необхідністю прокладання численних кабелів, складнощами при розширенні мережі та підключенні додаткових компонентів. Ці виклики стимулювали інтенсивний розвиток альтернативних рішень — бездротових систем сповіщення, що функціонують через радіоканал. Завдяки впровадженню прогресивних технологій, сучасні системи голосового сповіщення, що працюють через радіоканал, часто демонструють навіть вищу надійність порівняно з традиційними дротовими аналогами [11].

Впровадження бездротових технологій суттєво трансформує процес інсталяції обладнання, мінімізуючи втручання в інтер'єр приміщень та істотно скорочуючи час, необхідний для модернізації системи. Особливо цінними такі переваги стають при оснащенні об'єктів культурної спадщини, історичних пам'яток та будівель, що мають архітектурну цінність.

Інтеграція бездротових систем голосового сповіщення з автоматизованими комплексами пожежної сигналізації відкрила нові можливості для створення багатофункціональних систем сповіщення третього, четвертого та п'ятого типів. Крім того, з'явилась можливість конструювати системи першого та другого типів шляхом поєднання з радіоканальними звуковими сповіщувачами.

Одним із найскладніших викликів для традиційних дротових систем залишається забезпечення їх безперебійного функціонування протягом всього періоду, необхідного для повної евакуації людей із охопленої вогнем споруди. Для вирішення цієї проблеми зазвичай використовується прокладання кабелів у спеціальних каналах та проводів у коробах, виготовлених із вогнетривких матеріалів. Проте таке рішення не завжди технічно можливе, а головне — навіть у цьому випадку неможливо гарантувати цілісність ліній передачі в умовах екстремально високих температур, що, відповідно, не забезпечує абсолютної надійності дротового оповіщення. Натомість бездротові системи принципово

позбавлені ризиків, пов'язаних із замиканням чи пошкодженням проводів під час пожежі, адже в них відсутній фізичний дротовий зв'язок між компонентами.

Конструктивно бездротові системи сповіщення базуються на взаємодії радіоканальних та акустичних модульних елементів. До складу кожного такого елемента входять: радіоканальні приймально-передавальні пристрої з інтегрованими радіорозширювачами; програмовані підсилювачі з можливістю регулювання потужності вихідного сигналу; а також цифрові модулі пам'яті, в яких зберігаються заздалегідь записані голосові повідомлення різного призначення. Для програмування та запису таких повідомлень застосовується спеціалізоване програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати комплексне управління радіомодулями системи через комп'ютер [12].

Електроживлення модулів здійснюється від автономних джерел енергії. Для забезпечення високої надійності функціонування системи сповіщення, якість зв'язку між розширювачами та модулями регулярно контролюється відповідно до заданого графіка. Інтервали між такими перевітками можна гнучко налаштувати, відповідно до конкретних вимог об'єкта.

Архітектура системи бездротового сповіщення ґрунтується на топології побудови радіоканальної пожежної сигналізації, в основі якої лежить взаємодія радіорозширювачів та радіоканальних пожежних сповіщувачів, організованих у локальні функціональні групи. Ці групи є аналогом адресних зон моніторингу, що використовуються у класичних дротових системах пожежної сигналізації, і дозволяють з високою точністю ідентифікувати конкретне приміщення, в якому виникло загоряння. Усі локальні групи, у свою чергу, об'єднуються у глобальні розділи, що забезпечують системну інформацію для координації процесів оповіщення та управління евакуаційними заходами. Кожному глобальному розділу присвоюється унікальний ідентифікаційний номер, який у випадку виявлення осередку небезпеки в межах даного розділу визначає подальший алгоритм дій системи сповіщення та керування евакуацією.

Бездротові радіоканальні системи також можна доповнювати різноманітними сенсорами та датчиками для розширення їхніх можливостей.

Наприклад, інтеграція з датчиками задимлення, температури або газу дозволяє вчасно реагувати на різноманітні загрози безпеці. Сучасні системи можуть бути оснащені резервними джерелами живлення, що забезпечує їхню автономну роботу навіть у випадку аварійного відключення електроенергії.

Окрім того, передові моделі бездротових систем сповіщення підтримують можливість віддаленого моніторингу та керування через спеціалізовані мобільні додатки або веб-інтерфейси [13]. Це дозволяє відповідальним особам контролювати стан системи та реагувати на надзвичайні ситуації навіть за відсутності на об'єкті.

Важливою перевагою радіоканальних систем є їхня масштабованість — можливість легко розширювати мережу, додаючи нові компоненти без складних налаштувань або прокладання додаткових ліній зв'язку. Це робить системи особливо привабливими для об'єктів, що розвиваються, або таких, що мають складну архітектуру.

Таким чином, бездротові радіоканальні системи сповіщення забезпечують ефективно впровадження не лише систем оповіщення вищих типів (третього-п'ятого), але й базових (першого-другого). Головною їхньою перевагою залишається висока надійність роботи в автоматичному режимі, що гарантує оперативне інформування про виникнення нештатних ситуацій та сприяє своєчасній евакуації людей із небезпечних зон у стислі терміни.

### **1.5 Класифікація датчиків руху**

За принципом дії можна виділити [14]:

- інфрачервоні (PIR) датчики руху;
- мікрохвильові (радіохвильові) датчики руху;
- ультразвукові датчики руху;
- комбіновані датчики руху (дуальні, поєднання технологій);

– відеоаналітичні (оптичні) системи виявлення руху.

Інфрачервоні датчики руху, також відомі як PIR (Passive InfraRed) датчики, працюють на основі виявлення змін інфрачервоного випромінювання в зоні спостереження. Принцип їхньої дії ґрунтується на фізичному явищі випромінювання тепла живими істотами. Тіло людини, маючи температуру близько  $36,6^{\circ}\text{C}$ , постійно випромінює теплову енергію в інфрачервоному діапазоні. PIR-датчик оснащений спеціальним чутливим елементом – піроелектричним сенсором, здатним фіксувати ці теплові коливання.

Конструктивно датчик складається з піроелектричного сенсора, лінзи Френеля та електронної схеми обробки сигналів. Лінза Френеля являє собою спеціальну оптичну систему, що розділяє простір на сегменти і фокусує інфрачервоне випромінювання на сенсор. Коли людина перетинає зону виявлення, вона послідовно з'являється в різних сегментах лінзи, що створює характерну послідовність сигналів, яку електронна схема розпізнає як рух.

Інфрачервоні датчики надзвичайно поширені завдяки їхній економічності, надійності та простоті встановлення [15]. Вони ефективно працюють у закритих приміщеннях, не споживають багато енергії та мають тривалий термін експлуатації. Однак вони мають певні обмеження: можуть реагувати на різкі зміни температури (наприклад, потоки теплого повітря від опалювальних приладів), мають зниження чутливості при високих температурах навколишнього середовища та обмежену здатність виявляти рух, спрямований безпосередньо до або від датчика.

Мікрохвильові датчики руху функціонують за принципом ефекту Доплера, випромінюючи електромагнітні хвилі в мікрохвильовому діапазоні (зазвичай 5.8 ГГц або 10.525 ГГц) та аналізуючи їх відбиття від навколишніх об'єктів. Коли в зоні дії датчика відсутній рух, відбиті хвилі мають постійну частоту. Натомість, коли об'єкт рухається в зоні спостереження, частота відбитих хвиль змінюється пропорційно до швидкості руху об'єкта – це явище називається ефектом Доплера. Електронна схема датчика постійно порівнює частоту випромінених та відбитих хвиль. При виявленні значущих змін частоти система інтерпретує це як наявність

руху та ініціює відповідний сигнал. Радіохвильові датчики мають значну перевагу перед інфрачервоними, оскільки мікрохвилі легко проникають крізь неметалеві перешкоди – гіпсокартонні стіни, дерев'яні двері, пластикові конструкції [16].

Ключовими перевагами мікрохвильових датчиків є висока чутливість до найменших рухів, здатність виявляти об'єкти за неметалевими перешкодами, незалежність від температури навколишнього середовища та широка зона покриття. Проте вони мають вищу вартість порівняно з PIR-датчиками, можуть давати хибні спрацьовування через рух об'єктів за межами цільової зони (наприклад, за стінами) та споживають більше електроенергії.

Ультразвукові датчики руху функціонують на основі принципу ехолокації, використовуючи звукові хвилі з частотою понад 20 кГц, що знаходяться за межами слухового діапазону людини. Датчик складається з передавача, що випромінює ультразвукові імпульси, та приймача, що фіксує відбиті хвилі. У стані спокою, коли в приміщенні відсутній рух, датчик отримує відбиті хвилі з постійною частотою та амплітудою, визначеними статичними об'єктами інтер'єру.

Коли в зоні дії датчика з'являється рухомий об'єкт, параметри відбитих хвиль змінюються – відбувається зсув частоти (ефект Доплера) та модуляція амплітуди. Мікропроцесорна схема датчика аналізує ці зміни та, при перевищенні встановлених порогових значень, генерує сигнал виявлення руху.

Ультразвукові датчики мають низку унікальних переваг: вони здатні виявляти найменші рухи (навіть дихання людини), не залежать від температури та освітлення, забезпечують повне покриття простору без "сліпих зон". Особливо ефективні ці датчики в приміщеннях зі складною геометрією, оскільки ультразвукові хвилі відбиваються від поверхонь і огинають перешкоди. Серед недоліків ультразвукових датчиків можна відзначити чутливість до акустичних перешкод (шум вентиляторів, звуки вітру, вібрації), можливий вплив на домашніх тварин із чутливим слухом та відносно високе енергоспоживання порівняно з PIR-датчиками [17].

Комбіновані датчики руху являють собою інтегровані пристрої, що поєднують у собі дві або більше технології виявлення руху, найчастіше

інфрачервону та мікрохвильову. Така конвергенція технологій спрямована на компенсацію недоліків окремих типів датчиків та підвищення загальної надійності системи. Принцип роботи комбінованого датчика базується на логічній схемі "І", яка передбачає, що сигнал тривоги генерується лише при одночасному спрацюванні обох детекторів.

Наприклад, у типовому PIR/мікрохвильовому комбінованому датчику інфрачервоний елемент відповідає за виявлення теплового випромінювання від рухомого об'єкта, тоді як мікрохвильовий модуль фіксує доплерівський зсув при русі об'єкта. Електронна схема аналізує сигнали від обох детекторів, і лише при їх узгодженості формує сигнал виявлення.

Така конструкція суттєво знижує ймовірність хибних спрацювань. Наприклад, тепловий потік від системи опалення може активувати PIR-сенсор, але не вплине на мікрохвильовий, тому тривога не буде сформована. Аналогічно, рух об'єкта за стіною може зареєструвати мікрохвильовий детектор, але інфрачервоний сенсор залишиться неактивним.

Комбіновані датчики особливо рекомендовані для об'єктів з підвищеними вимогами до безпеки, середовищ зі складними умовами експлуатації та приміщень, де критично важливо уникнути хибних тривог. Однак вони мають вищу вартість порівняно з однотохнологічними рішеннями, більші габарити та вище енергоспоживання.

Відеоаналітичні системи виявлення руху представляють найсучасніший підхід до вирішення завдань безпеки та автоматизації. На відміну від традиційних датчиків, що реагують на фізичні зміни в навколишньому середовищі, ці системи аналізують візуальну інформацію, отриману з відеокамер, за допомогою спеціалізованих алгоритмів комп'ютерного зору [18].

Принцип дії відеоаналітичної системи полягає в постійному порівнянні послідовних кадрів відеопотоку. Алгоритм аналізує зміни в пікселях зображення між кадрами, застосовуючи різноманітні методи фільтрації та обробки для виявлення значущих рухів. Сучасні системи здатні розрізняти типи об'єктів (людина, автомобіль, тварина), напрямок руху, розмір об'єкта та інші параметри.

Найбільш передові рішення використовують технології штучного інтелекту та машинного навчання, зокрема згорткові нейронні мережі (CNN), для класифікації об'єктів та розпізнавання складних паттернів поведінки. Це дозволяє не лише виявляти рух, але й аналізувати контекст ситуації, відрізняючи, наприклад, звичайну активність від підозрілої поведінки.

Відеоаналітичні системи надають безпрецедентні можливості: виявлення руху в конкретних зонах інтересу, слідкування за переміщенням об'єктів між камерами, підрахунок відвідувачів, виявлення залишених предметів, розпізнавання облич та номерних знаків. Вони забезпечують візуальне підтвердження тривоги, що дозволяє оператору миттєво оцінити ситуацію.

Обмеженнями відеоаналітичних систем є висока вартість обладнання та обслуговування, вимоги до обчислювальних ресурсів для обробки відеопотоку в реальному часі, залежність від умов освітлення та потенційні проблеми з конфіденційністю. Незважаючи на це, вони все частіше стають стандартом у професійних системах безпеки завдяки винятковій інформативності та гнучкості.

За способом підключення датчики руху можна поділити на:

- провідні датчики руху;
- бездротові датчики руху;
- Wi-Fi датчики;
- Bluetooth датчики;
- Z-Wave датчики;
- Zigbee датчики;
- GSM/GPRS датчики [19].

Провідні датчики руху є класичним рішенням у системах безпеки та автоматизації, що використовується протягом багатьох десятиліть. Їхня робота базується на фізичному кабельному з'єднанні з центральним контролером або іншими компонентами системи. Для встановлення таких датчиків необхідно прокладати спеціальні сигнальні кабелі, що забезпечують як електроживлення пристроїв, так і передачу даних про зафіксовані події.

Типова схема підключення провідного датчика руху передбачає наявність кількох провідників: для живлення (зазвичай 12В або 24В постійного струму), для передачі сигналу тривоги (часто реалізується через нормально замкнуті або нормально розімкнуті контакти реле) та, за необхідності, для додаткових функцій, таких як захист від несанкціонованого втручання (тампер).

Однією з ключових переваг провідних датчиків є їхня надійність та стабільність роботи. Кабельне з'єднання не підвладне радіоперешкодам, забезпечує миттєву передачу сигналів та не потребує періодичної заміни елементів живлення. Крім того, провідні датчики зазвичай мають нижчу вартість порівняно з бездротовими аналогами та нижчу ймовірність електромагнітних перешкод.

Однак провідні системи мають і суттєві недоліки. Їхнє встановлення потребує значних монтажних робіт, включаючи прокладання кабелів, свердління отворів та можливе пошкодження інтер'єру. Модифікація або розширення провідної системи після встановлення є складним завданням, що часто вимагає додаткових будівельних робіт. Крім того, провідні з'єднання можуть бути вразливими до фізичного пошкодження, обриву або умисного перерізання злоумисниками.

Незважаючи на зростаючу популярність бездротових рішень, провідні датчики руху залишаються затребуваними в об'єктах, де надійність та безпека мають першочергове значення, як-от банки, державні установи, об'єкти критичної інфраструктури та великі промислові підприємства.

Бездротові датчики руху набули широкого поширення завдяки зручності встановлення, гнучкості використання та постійному вдосконаленню технологій безпроводної передачі даних. На відміну від провідних аналогів, ці пристрої не потребують прокладання кабелів, що істотно спрощує процес монтажу та мінімізує вторгнення в інтер'єр приміщень. Бездротові датчики живляться від автономних джерел енергії – батарейок або акумуляторів, а для комунікації з центральним блоком системи використовують різноманітні радіопротоколи [20].

Сучасний ринок пропонує широкий спектр бездротових датчиків руху, що відрізняються за протоколами зв'язку, дальністю дії, енергоспоживанням та

функціональними можливостями. Розглянемо основні різновиди таких пристроїв за типом використовуваного протоколу передачі даних:

Датчики руху з підтримкою технології Wi-Fi використовують стандартний протокол безпроводного зв'язку IEEE 802.11, що дозволяє їм безпосередньо підключатися до існуючих домашніх або офісних Wi-Fi мереж без необхідності в додаткових хабах чи мостах. Ця особливість робить їх привабливими для користувачів, які лише починають формувати свою систему розумного дому або безпеки.

Wi-Fi датчики функціонують на частотах 2,4 ГГц або 5 ГГц та забезпечують високу швидкість передачі даних, що дозволяє реалізувати такі функції, як потокова передача відео від інтегрованих камер або аудіозапис із мікрофонів [21]. Вони можуть безпосередньо комунікувати з хмарними сервісами, що забезпечує можливість віддаленого моніторингу та управління через мобільні додатки або веб-інтерфейси.

Однак Wi-Fi датчики мають і певні обмеження. Вони характеризуються відносно високим енергоспоживанням, що скорочує термін служби батарей до кількох місяців. Крім того, при значній кількості пристроїв у мережі може виникати навантаження на Wi-Fi роутер та проблеми з пропускнуою здатністю. Радіус дії обмежується покриттям Wi-Fi мережі, що може створювати "мертві зони" у великих будинках або на ділянках зі складною геометрією.

Датчики руху на основі технології Bluetooth, особливо її енергоефективної версії Bluetooth Low Energy (BLE), представляють компактне та економічне рішення для ближньої зони виявлення. Ці пристрої працюють на частоті 2,4 ГГц та оптимізовані для мінімального споживання енергії, що дозволяє їм функціонувати від однієї батареї протягом 1-2 років.

Bluetooth-датчики вирізняються простотою налаштування та комфортною інтеграцією зі смартфонами та планшетами, що часто використовуються як центральні контролери. Вони ідеально підходять для невеликих приміщень або конкретних зон у великих об'єктах, де не потрібне покриття значних територій.

Основним обмеженням технології є невеликий радіус дії – зазвичай до 10 метрів у приміщенні, хоча сучасні реалізації BLE 5.0 можуть досягати до 100 метрів на відкритому просторі. Ще одним недоліком є потреба в пристрої-посереднику (смартфоні, планшеті або спеціальному хабі) для віддаленого моніторингу та інтеграції з іншими системами розумного дому.

Технологія Z-Wave [22] була спеціально розроблена для потреб домашньої автоматизації та систем безпеки, що відображається у характеристиках датчиків руху на її основі. Працюючи на низьких частотах (в Європі – 868,42 МГц, у США – 908,42 МГц), Z-Wave пристрої мають низьке енергоспоживання та високу проникну здатність сигналу крізь стіни та інші перешкоди.

Ключовою особливістю Z-Wave є побудова мережевої топології типу "mesh" (комірчаста мережа), де кожен пристрій може виступати ретранслятором для інших. Це дозволяє системі автоматично знаходити оптимальні маршрути передачі даних та забезпечує надійне покриття навіть у великих будинках з товстими стінами. Типовий радіус дії між двома пристроями становить 30-100 метрів на відкритому просторі.

Z-Wave датчики руху інтегруються з централізованою системою через спеціальний контролер (хаб) та пропонують високий рівень сумісності з обладнанням від різних виробників завдяки суворій сертифікації та стандартизації протоколу. Вони забезпечують низьку затримку спрацьовування, що критично важливо для систем безпеки.

Серед недоліків слід відзначити необхідність придбання спеціального Z-Wave хаба, відносно невисоку швидкість передачі даних (до 100 кбіт/с) та вищу порівняно з деякими іншими бездротовими технологіями вартість обладнання.

Zigbee є ще одним поширеним протоколом для бездротових датчиків руху, що працює на частоті 2,4 ГГц та, подібно до Z-Wave, реалізує мережеву топологію mesh [23]. Ця технологія розроблена міжнародним альянсом компаній та спрямована на створення економічних, енергоефективних та надійних бездротових мереж для автоматизації та моніторингу.

Датчики руху Zigbee вирізняються надзвичайно низьким енергоспоживанням, що забезпечує тривалий термін служби батарей – до кількох років залежно від інтенсивності використання. Вони підтримують створення масштабних мереж із тисячами пристроїв, що особливо актуально для великих об'єктів комерційного призначення.

Zigbee забезпечує вищу порівняно з Z-Wave швидкість передачі даних (до 250 кбіт/с) та підтримує різноманітні мережеві топології – від простої "зірки" до складної mesh-мережі з автоматичним маршрутизуванням. Радіус дії між двома пристроями становить 10-100 метрів залежно від умов навколишнього середовища та потужності передавача.

Як і у випадку з Z-Wave, для використання Zigbee датчиків потрібен спеціальний хаб, хоча деякі системи розумного дому, як-от Amazon Echo Plus або Samsung SmartThings, мають вбудовану підтримку цього протоколу. Певним недоліком може бути потенційна інтерференція з Wi-Fi мережами, оскільки обидві технології працюють у діапазоні 2,4 ГГц.

Датчики руху з підтримкою стільникового зв'язку GSM/GPRS представляють окрему категорію пристроїв, орієнтованих на автономну роботу без залежності від локальної інфраструктури. Такі пристрої мають вбудований модуль стільникового зв'язку та SIM-карту, що дозволяє їм безпосередньо передавати сигнали тривоги через мережі мобільних операторів.

Основною перевагою GSM/GPRS датчиків є їхня здатність функціонувати в місцях без доступу до інтернету або локальних мереж – віддалених будинках, дачах, гаражах, складських приміщеннях [24]. Вони не потребують додаткових хабів чи контролерів та можуть надсилати сповіщення безпосередньо на телефон користувача у вигляді SMS, голосових дзвінків або через спеціальні мобільні додатки.

Радіус дії GSM/GPRS датчиків обмежується лише покриттям мережі мобільного оператора, що робить їх ідеальними для захисту віддалених об'єктів. Багато моделей обладнані резервними джерелами живлення, що забезпечує їхню роботу навіть при відключенні основного електропостачання.

Серед недоліків слід відзначити вище енергоспоживання порівняно з іншими бездротовими технологіями, що часто потребує підключення до мережі або використання потужних акумуляторів. Крім того, користувач повинен підтримувати активною SIM-карту та оплачувати послуги мобільного зв'язку. Важливо також враховувати можливі "мертві зони" покриття мобільного оператора, особливо в підвальних або екранованих приміщеннях.

Деякі сучасні GSM/GPRS датчики є насправді багатofункціональними пристроями, що поєднують функції датчика руху, сигналізації, відеоспостереження та навіть голосового зв'язку, що робить їх універсальним рішенням для автономних систем безпеки.

## **Висновки до розділу 1**

У даному розділі було проведено комплексний аналіз технічного завдання, присвяченого сучасним системам безпеки та оповіщення, з фокусом на бездротові технології. Детальне дослідження систем зв'язку в сучасних підприємствах показало їхню ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування організацій різного масштабу – від невеликих офісів до великих промислових комплексів.

Аналіз систем охоронної сигналізації виявив різноманіття технічних рішень, призначених для захисту різних типів об'єктів. Зокрема, значна увага приділялася особливостям застосування автономних та пультових систем, що мають свої переваги та недоліки залежно від специфіки об'єкта охорони. Порівняльний аналіз продемонстрував, що для житлових приміщень оптимальними часто є автономні системи з SMS-оповіщенням власника, тоді як для комерційних об'єктів більш доцільними виявляються пультові системи з можливістю оперативного реагування служб безпеки.

Розгляд GSM-систем дозволив виявити їхні ключові переваги – мобільність, автономність та легкість монтажу, що робить їх привабливим рішенням для широкого кола користувачів. Водночас були визначені й обмеження таких систем, зокрема вразливість до радіоперешкод, залежність від стану батарей та потенційні ризики, пов'язані з використанням SIM-карт.

Аналіз радіоканальних систем оповіщення продемонстрував їхню перевагу над традиційними дротовими аналогами, особливо в контексті надійності при надзвичайних ситуаціях, таких як пожежі. Архітектура цих систем, що ґрунтується на взаємодії радіоканальних та акустичних модульних елементів, забезпечує високу надійність функціонування та можливість швидкого розгортання без значних втручань в інтер'єр об'єкта.

Особливу увагу було приділено класифікації датчиків руху за різними критеріями – принципом дії та способом підключення. Деталізований аналіз кожного типу датчиків, включаючи інфрачервоні, мікрохвильові, ультразвукові, комбіновані та відеоаналітичні системи, розкрив їхні технічні характеристики, переваги та обмеження. Це дозволяє обґрунтовано підходити до вибору конкретного рішення залежно від умов експлуатації та вимог до безпеки об'єкта.

Також було розглянуто різні протоколи передачі даних, що використовуються в бездротових датчиках руху – Wi-Fi, Bluetooth, Z-Wave, Zigbee та GSM/GPRS. Аналіз показав, що кожна з цих технологій має свою нішу застосування: Wi-Fi підходить для інтеграції з існуючими домашніми мережами, Bluetooth є енергоефективним рішенням для ближньої зони виявлення, Z-Wave та Zigbee оптимальні для створення масштабованих mesh-мереж, а GSM/GPRS забезпечує автономність роботи у віддалених локаціях.

Проведений аналіз вказує на стрімкий розвиток бездротових технологій у сфері безпеки та спостереження, що поступово витісняють традиційні дротові рішення завдяки гнучкості, масштабованості та простоті встановлення. Водночас, обґрунтований вибір конкретного технічного рішення повинен враховувати специфіку об'єкта, вимоги до надійності системи та економічні фактори.

Таким чином, комплексний аналіз технічного завдання закладає необхідну теоретичну базу для подальшого розроблення практичних рішень у сфері бездротових систем безпеки та оповіщення, що відповідатимуть сучасним технологічним стандартам та задовольнятимуть різноманітні потреби користувачів.

## **2 ВИБІР АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

### **2.1 Вибір мікроконтролера**

#### **2.1.1 Microchip ATmega8**

Мікроконтролер ATmega8 є одним із найбільш поширених та широко використовуваних 8-бітних мікроконтролерів сімейства AVR, розроблених компанією Atmel, яка зараз входить до складу корпорації Microchip Technology Inc. Даний мікроконтролер здобув значну популярність серед розробників електронних пристроїв різного призначення завдяки оптимальному співвідношенню функціональних можливостей, продуктивності, енергоспоживання та вартості. ATmega8 широко застосовується у багатьох сферах, включаючи промислову автоматизацію, побутову електроніку, системи безпеки, медичне обладнання, автомобільну електроніку та багато інших галузей.

Важливою перевагою цього мікроконтролера є наявність великої кількості документації, прикладів та готових бібліотек, що значно спрощує процес розробки та скорочує час виведення кінцевого продукту на ринок. Незважаючи на те, що ATmega8 є відносно старою моделлю, він продовжує залишатися популярним вибором для багатьох проектів завдяки своїй стабільності, перевіреним часом надійності та великій спільноті розробників, які обмінюються досвідом та рішеннями.

Однак у сучасних умовах існує потреба у використанні альтернативних мікроконтролерів, які мають подібні або кращі характеристики, але можуть

запропонувати додаткові переваги у вигляді покращеної продуктивності, розширеної периферії, зниженого енергоспоживання або меншої вартості. У цьому розділі ми детально розглянемо АТmega8 та найбільш поширені мікроконтролери, які можуть виступати його повноцінними аналогами у різноманітних додатках.

Мікроконтролер АТmega8 представляє собою високопродуктивний 8-бітний мікроконтролер сімейства AVR, який побудований на основі модифікованої гарвардської архітектури з розділеними шинами для програмного коду та даних. Ця архітектурна особливість дозволяє одночасно звертатися до різних типів пам'яті, що значно підвищує загальну продуктивність системи. Мікроконтролер АТmega8 розроблений з використанням технології енергонезалежної пам'яті з високою щільністю компонування, що дозволило об'єднати на одному кристалі 8 кілобайт програмованої флеш-пам'яті з можливістю внутрішньосхемного програмування, 1 кілобайт статичної оперативної пам'яті SRAM та 512 байт енергонезалежної електрично перезаписуваної пам'яті EEPROM.

Мікроконтролер АТmega8 функціонує при тактовій частоті до 16 МГц при нормальній напрузі живлення. Для стандартної версії АТmega8 діапазон робочих напруг становить від 4,5 до 5,5 вольт, що відповідає типовим TTL-логічним рівням. Для застосувань з низьким енергоспоживанням розроблена спеціальна версія АТmega8L, яка працює при напрузі живлення від 2,7 до 5,5 вольт, що дозволяє використовувати цей мікроконтролер у портативних пристроях з батарейним живленням. Ця особливість робить АТmega8L привабливим рішенням для систем з обмеженими енергетичними ресурсами, де низьке споживання енергії є критичним параметром.

До основних характеристик мікроконтролера АТmega8 відносяться:

- система введення-виведення;
- обчислювальне ядро;
- система таймерів;
- система переривань;
- комунікаційні інтерфейси;
- аналого-цифровий перетворювач;

- сторожовий таймер;
- режими зниженого енергоспоживання.

ATmega8 оснащений 23 програмованими лініями введення-виведення, які розподілені між трьома портами (B, C та D). Кожна з цих ліній може бути індивідуально налаштована як вхід або вихід, а також може мати додаткові альтернативні функції, пов'язані з вбудованою периферією. Це забезпечує високу гнучкість при проектуванні систем та дозволяє ефективно взаємодіяти з зовнішніми пристроями.

В основі мікроконтролера лежить високопродуктивне RISC-ядро, яке підтримує 130 потужних інструкцій, більшість з яких виконується за один машинний цикл. Центральний процесор містить 32 8-розрядних регістри загального призначення, які безпосередньо підключені до арифметико-логічного пристрою (АЛП), що дозволяє виконувати операції між двома регістрами за один такт. Така архітектура значно підвищує обчислювальну ефективність і забезпечує продуктивність до 1 мільйона інструкцій на секунду (MIPS) на кожен мегагерц тактової частоти.

Мікроконтролер обладнаний розвиненою системою таймерів/лічильників, яка включає два 8-бітних таймери/лічильники (Timer0 та Timer2) з незалежними подільниками частоти та режимами порівняння, а також один 16-бітний таймер/лічильник (Timer1) з режимами захоплення та порівняння, що дозволяє реалізувати широкий спектр часових функцій та генерацію сигналів з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ).

ATmega8 підтримує розвинену систему переривань, яка включає як внутрішні переривання від вбудованих периферійних модулів (таймери, АЦП, USART та інші), так і зовнішні переривання, що генеруються при зміні стану на спеціальних входах INT0 та INT1. Система переривань дозволяє мікроконтролеру миттєво реагувати на зовнішні та внутрішні події, не витрачаючи ресурси на постійне опитування стану.

USART (Universal Synchronous and Asynchronous Receiver Transmitter) - повнодуплексний послідовний інтерфейс, який підтримує як синхронний, так і

асинхронний режим передачі даних, що робить його універсальним рішенням для організації зв'язку з іншими пристроями;

SPI (Serial Peripheral Interface) - високошвидкісний синхронний послідовний інтерфейс для підключення зовнішніх пристроїв, таких як датчики, дисплеї, картки пам'яті та інші мікроконтролери;

I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit), який у мікроконтролерах AVR називається TWI (Two-Wire Interface) - двопровідний послідовний інтерфейс, що широко використовується для зв'язку з різноманітними інтегральними схемами та модулями.

Вбудований 6-канальний 10-бітний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) дозволяє мікроконтролеру взаємодіяти з аналоговими датчиками та сигналами. АЦП має програмований коефіцієнт підсилення та може працювати у різних режимах, включаючи режим одиночного перетворення та режим постійного перетворення. Роздільна здатність 10 біт забезпечує можливість розрізняти 1024 рівні вхідного аналогового сигналу.

Програмований сторожовий таймер з окремим вбудованим генератором забезпечує надійний механізм захисту від зависань програми. У випадку некоректної роботи програмного забезпечення, коли не відбувається скидання сторожового таймера, мікроконтролер автоматично перезапускається, що забезпечує відновлення нормального функціонування системи.

АТmega8 підтримує різні режими зниженого енергоспоживання: Idle, Power-down, та ADC Noise Reduction. У цих режимах відключаються різні компоненти мікроконтролера для мінімізації споживання енергії при збереженні необхідної функціональності.

Особлива увага в архітектурі АТmega8 приділена оптимізації за критерієм співвідношення продуктивності до енергоспоживання. Завдяки використанню RISC-архітектури з ефективним набором команд, більшість інструкцій виконується за один машинний цикл, що дозволяє досягати продуктивності до 1 MIPS на 1 МГц тактової частоти. Така висока обчислювальна ефективність дозволяє знизити тактову частоту для виконання заданого обсягу обчислень, а отже, зменшити

енергоспоживання, що є критично важливим фактором для багатьох вбудованих систем, особливо з автономним живленням.

### **2.1.2 Мікроконтролери ATmega168/328**

Мікроконтролери ATmega168 та ATmega328 є безпосередніми наступниками ATmega8 у лінійці AVR від компанії Atmel (Microchip). Ці моделі були розроблені як еволюційне продовження серії з метою розширення функціональних можливостей та збільшення продуктивності, при збереженні сумісності з попередніми моделями. Дані мікроконтролери зберігають основні принципи архітектури ATmega8, але пропонують значні покращення в кількох ключових аспектах, що робить їх привабливими альтернативами для нових розробок та модернізації існуючих проектів.

Мікроконтролер ATmega168 представляє собою проміжну модель між ATmega8 та ATmega328 і оснащений 16 кілобайтами флеш-пам'яті для програм, що вдвічі більше, ніж у ATmega8. Крім того, він має 1 кілобайт енергонезалежної пам'яті EEPROM (вдвічі більше порівняно з ATmega8) та 1 кілобайт статичної оперативної пам'яті SRAM. Такий обсяг пам'яті дозволяє реалізовувати значно складніші програми з більшою кількістю функцій та можливістю зберігання більшого обсягу даних.

Мікроконтролер ATmega328 є ще більш продуктивною моделлю з суттєво розширеними ресурсами. Він обладнаний 32 кілобайтами флеш-пам'яті, що в чотири рази більше, ніж у базової моделі ATmega8. Обсяг енергонезалежної пам'яті EEPROM становить 1 кілобайт, а статична оперативна пам'ять SRAM збільшена до 2 кілобайт. Такий значний приріст у обсязі пам'яті дозволяє реалізовувати складні алгоритми обробки даних, включаючи системи з операційними системами реального часу, більш складними користувацькими інтерфейсами та розширеними комунікаційними протоколами.

Обидві моделі мікроконтролерів, ATmega168 та ATmega328, мають ряд суттєвих покращень порівняно з ATmega8.

Нові моделі підтримують додаткові інструкції, які дозволяють ефективніше виконувати певні обчислювальні операції. Зокрема, додані нові команди для

роботи з множенням, що особливо корисно для реалізації алгоритмів цифрової обробки сигналів. Також включені інструкції для більш ефективної роботи з бітовими полями та покращення управління виконанням програми.

Мікроконтролери ATmega168 та ATmega328 спроектовані для роботи на вищих тактових частотах – до 20 МГц при відповідній напрузі живлення, порівняно з 16 МГц у ATmega8. Це забезпечує пропорційне підвищення обчислювальної потужності і дозволяє виконувати більш складні обчислення за той самий час. Крім того, оптимізована внутрішня архітектура забезпечує більш ефективне виконання деяких операцій навіть при однаковій тактовій частоті.

Незважаючи на збільшення функціональності та продуктивності, нові моделі відрізняються покращеною енергоефективністю. Вони споживають менше струму при тій самій тактовій частоті порівняно з ATmega8 і мають розширені можливості управління енергоспоживанням. Це дозволяє створювати більш енергоефективні пристрої з тривалішим часом автономної роботи.

АЦП у нових моделях має збільшену кількість каналів (8 замість 6 у ATmega8) і покращену точність вимірювання. Крім того, додані нові режими роботи і розширені можливості налаштування, що робить АЦП більш гнучким інструментом для роботи з аналоговими сигналами. Також реалізована функція автоматичного запуску перетворення від різних джерел, що спрощує реалізацію систем збору даних.

Мікроконтролери ATmega168 та ATmega328 оснащені більш розвиненою системою таймерів з розширеними можливостями. Зокрема, доданий третій 16-бітний таймер/лічильник, що дозволяє реалізовувати більш складні часові функції без додаткового навантаження на центральний процесор. Таймери також мають розширені режими роботи з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ), що дозволяє створювати більш точні та гнучкі системи управління.

Окрім стандартних режимів зниженого енергоспоживання, успадкованих від ATmega8 (Idle, Power-down та ADC Noise Reduction), нові моделі мають додаткові режими, які дозволяють більш гнучко балансувати між

енергоспоживанням та функціональністю. Це особливо важливо для систем з автономним живленням, де кожний мікроват має значення.

Хоча базовий набір послідовних інтерфейсів (USART, SPI, I<sup>2</sup>C/TWI) залишився незмінним, їхня функціональність була розширена. Зокрема, покращена підтримка багатопроцесорного режиму USART, додані нові режими роботи SPI, підвищена стійкість до помилок та спрощена програмна реалізація протоколів.

Нові моделі мають покращену систему скидання, розширені можливості сторожового таймера та додаткові механізми для підвищення стійкості до електромагнітних завад, що особливо важливо для промислових застосувань.

Однією з найбільш значних переваг мікроконтролерів ATmega168 та ATmega328 є повна сумісність за розташуванням та призначенням виводів з мікроконтролером ATmega8. Це означає, що вони можуть бути безпосередньо встановлені у існуючі схеми без необхідності перепроєктування друкованих плат або зміни схемотехнічних рішень. Така сумісність є надзвичайно цінною для виробників електронного обладнання, оскільки дозволяє модернізувати існуючі вироби з мінімальними витратами та ризиками.

Програмна сумісність також знаходиться на високому рівні. Більшість програм, написаних для ATmega8, будуть працювати на нових моделях без змін або з мінімальними модифікаціями. Це спрощує процес міграції та дозволяє зберегти інвестиції в розробку програмного забезпечення. У той же час, розробники отримують можливість використовувати додаткові функції та ресурси нових моделей для розширення функціональності своїх продуктів.

### **2.1.3 Мікроконтролери PIC16F від Microchip**

Мікроконтролери серії PIC16F виробництва компанії Microchip Technology представляють собою поширену альтернативу мікроконтролерам AVR, зокрема ATmega8, і широко використовуються в різноманітних електронних системах по всьому світу. Ці мікроконтролери базуються на іншій архітектурній концепції, ніж AVR, але пропонують схожий функціонал і технічні характеристики, що робить їх привабливими альтернативами при виборі платформи для нових розробок.

Історично серія PIC (Peripheral Interface Controller) була розроблена компанією General Instrument як контролер периферійних пристроїв для більших систем, але з часом еволюціонувала у повноцінні самодостатні мікроконтролери, які зараз виробляються компанією Microchip Technology. Серія PIC16F відноситься до сімейства 8-бітних мікроконтролерів середнього рівня, які добре підходять для різноманітних застосувань — від простих побутових пристроїв до складних промислових систем.

З широкого асортименту мікроконтролерів PIC16F, моделі PIC16F877A та PIC16F887 найбільш часто розглядаються як аналоги ATmega8 через схожі технічні характеристики та функціональні можливості. Розглянемо детально особливості цих мікроконтролерів.

В основі мікроконтролерів PIC16F лежить 8-бітний процесор, який оснащений гарвардською архітектурою з розділеними шинами для команд і даних. На відміну від AVR, архітектура PIC використовує RISC-подібний набір команд, але з меншою ортогональністю. Центральний процесор PIC16F працює з 35 базовими інструкціями (для порівняння, AVR використовує близько 130 інструкцій). Така мінімізація набору команд спрощує структуру процесора, але може зробити програмування дещо менш інтуїтивним. Більшість інструкцій виконуються за 4 такти генератора, що відповідає одному машинному циклу.

Мікроконтролери PIC16F877A та PIC16F887 оснащені флеш-пам'яттю програм об'ємом від 8 до 14 кілобайт, що порівняно з 8 кілобайтами у ATmega8. Енергонезалежна електрично перезаписувана пам'ять EEPROM у цих моделях має об'єм до 256 байт, що менше, ніж 512 байт у ATmega8. Оперативна пам'ять (RAM) досягає об'єму до 368 байт, що також дещо менше, ніж 1 кілобайт SRAM у ATmega8. Однак, архітектура пам'яті PIC дозволяє більш ефективно використовувати наявні ресурси через організацію у вигляді банків та сторінок.

Мікроконтролери PIC16F оснащені значною кількістю ліній введення-виведення — до 35 програмованих виводів, які розподілені між різними портами (позначаються латинськими літерами A, B, C, D, E). Кожна лінія може бути налаштована як вхід або вихід програмним шляхом, а також може мати

альтернативні функції, пов'язані з периферійними пристроями. Важливою особливістю ліній введення-виведення PIC є їхня підвищена стійкість до статичної електрики та перевантажень, що робить їх більш надійними у промислових умовах порівняно з AVR.

Мікроконтролери серії PIC16F мають вбудований 10-бітний аналого-цифровий перетворювач з 8-14 каналами (залежно від моделі), що перевищує можливості 6-канального АЦП у ATmega8. АЦП підтримує різні режими роботи, включаючи послідовне сканування каналів та програмовані джерела опорної напруги. Висока роздільна здатність та точність перетворення роблять ці мікроконтролери привабливими для застосувань, пов'язаних з обробкою аналогових сигналів.

Мікроконтролери PIC16F підтримують широкий спектр послідовних інтерфейсів, включаючи:

- USART (Universal Synchronous and Asynchronous Receiver Transmitter) для організації послідовного зв'язку з персональними комп'ютерами та іншими пристроями;
- SPI (Serial Peripheral Interface) для високошвидкісного обміну даними з периферійними пристроями;
- I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit) для підключення інтелектуальних датчиків, дисплеїв та інших мікросхем.

Додатково деякі моделі підтримують інтерфейс CCP (Capture/Compare/PWM), що дозволяє реалізовувати різноманітні функції для роботи з сигналами та управління.

Ці мікросхеми мають розвинену систему таймерів/лічильників, включаючи 8-бітні та 16-бітні таймери з програмованими передподільниками частоти. Вони підтримують різноманітні режими роботи, включаючи режим захоплення вхідних подій, режим порівняння та генерацію сигналів з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ). Ці функції дозволяють реалізовувати точне вимірювання часових інтервалів, генерацію сигналів складної форми та управління двигунами без додаткових зовнішніх компонентів.

Мікроконтролери PIC16F підтримують розвинену систему векторизованих переривань, яка дозволяє процесору швидко реагувати на зовнішні та внутрішні події. Переривання можуть генеруватися від різних джерел, включаючи зміну стану на входах, завершення роботи таймерів, готовність даних у комунікаційних інтерфейсах та завершення перетворення АЦП. Гнучка система пріоритетів переривань дозволяє ефективно обробляти події різної важливості.

Мікроконтролери PIC16F оснащені рядом спеціалізованих модулів, які розширюють їхні функціональні можливості:

- сторожовий таймер (Watchdog Timer) для підвищення надійності системи;
- генератор тактових імпульсів з програмованою частотою та фазовим автопідстроюванням частоти (PLL);
- детектор зниження напруги живлення (Brown-out Reset);
- програмований генератор опорної напруги;
- компаратори напруги;
- модуль генерації звуку.

Мікроконтролери моделі PIC16F мають розвинену систему управління енергоспоживанням з різними режимами зниження споживання (Sleep режим, Idle режим). У режимі сну струм споживання може знижуватися до декількох мікроампер, що робить ці мікроконтролери привабливими для застосувань з батарейним живленням.

Мікроконтролери PIC16F мають суттєві відмінності від ATmega8 у архітектурі, що впливає на процес розробки програмного забезпечення. Вони використовують інший набір інструкцій та потребують специфічних інструментів для розробки та програмування. Компанія Microchip пропонує власні середовища розробки (MPLAB X IDE) та компілятори (XC8), які оптимізовані для роботи з мікроконтролерами PIC. Ці інструменти мають дещо інший підхід до розробки порівняно з інструментами для AVR, але пропонують схожий рівень функціональності та зручності.

Важливою перевагою PIC16F є їхня широка доступність на ринку та стабільність постачання, що робить їх привабливими для промислових застосувань. Крім того, компанія Microchip забезпечує тривалу підтримку своїх продуктів, гарантуючи їхню доступність протягом багатьох років, що важливо для довгострокових проектів.

Незважаючи на відмінності в архітектурі, мікроконтролери PIC16F можуть успішно виконувати ті ж функції, що й ATmega8, з порівнянною продуктивністю та енергоефективністю. Вибір між цими платформами часто базується на попередньому досвіді розробника, наявній інфраструктурі розробки, вартості та специфічних вимогах конкретного проекту.

#### **2.1.4 Мікроконтролери STM8 від STMicroelectronics**

Мікроконтролери серії STM8 розроблені компанією STMicroelectronics і представляють собою сучасне сімейство 8-бітних мікроконтролерів, які можуть розглядатися як ефективна альтернатива ATmega8 з розширеними можливостями. Ці мікроконтролери були введені на ринок дещо пізніше, ніж AVR та PIC, і тому змогли врахувати багато побажань розробників та усунути обмеження, які були характерні для більш ранніх архітектур.

Компанія STMicroelectronics, яка є одним з провідних виробників напівпровідників у світі, розробила сімейство STM8 як частину своєї стратегії з надання комплексних рішень для вбудованих систем. Це сімейство доповнює більш потужні 32-бітні мікроконтролери STM32, які базуються на архітектурі ARM Cortex-M, і забезпечує плавний перехід від 8-бітних до 32-бітних рішень в рамках єдиної екосистеми.

Мікроконтролери STM8 виробляються у кількох підсімействах, кожне з яких оптимізоване для певного класу застосувань:

- STM8S - стандартне сімейство загального призначення, яке найбільш близьке за характеристиками до ATmega8;
- STM8L - сімейство з ультранизьким енергоспоживанням для портативних пристроїв;

- STM8T - сімейство з розширеними можливостями для сенсорного управління;
- STM8AF - сімейство для автомобільних застосувань з розширеним температурним діапазоном та підвищеною надійністю.

Серед цих підсімейств, STM8S найбільш часто розглядається як альтернатива ATmega8 для нових розробок. Розглянемо детально характеристики та особливості мікроконтролерів STM8S.

В основі мікроконтролерів STM8 лежить високопродуктивне 8-бітне ядро ST7, яке було суттєво оптимізоване та розширене. Ядро STM8 використовує покращену гарвардську архітектуру з трьома стадіями конвеєра, що забезпечує ефективне виконання більшості інструкцій за один машинний цикл. Набір команд включає понад 80 інструкцій, які є сумішшю CISC та RISC підходів, що забезпечує як компактність коду, так і високу продуктивність. Центральний процесор підтримує 16 режимів адресації та має розширений 16-бітний індексний регістр X, 16-бітний індексний регістр Y та 24-бітний покажчик стека SP, що дозволяє ефективно адресувати великий обсяг пам'яті.

Мікроконтролери STM8S оснащені флеш-пам'яттю програм об'ємом від 4 до 128 кілобайт, що значно перевершує можливості ATmega8 з його 8 кілобайтами. Енергонезалежна електрично перезаписувана пам'ять EEPROM у цих мікроконтролерах має об'єм до 2 кілобайт, що вчетверо більше, ніж у ATmega8. Статична оперативна пам'ять SRAM досягає об'єму до 6 кілобайт, що також суттєво перевищує можливості ATmega8. Така значна перевага у обсязі пам'яті дозволяє реалізовувати більш складні алгоритми та зберігати більші обсяги даних без необхідності використання зовнішніх пристроїв пам'яті.

Мікроконтролери STM8 мають гнучку систему тактування з кількома джерелами тактового сигналу:

- внутрішній високочастотний генератор (HSI) з частотою 16 МГц;
- зовнішній високочастотний кварцовий або керамічний резонатор (HSE) з частотою до 24 МГц;

- внутрішній низькочастотний генератор (LSI) з частотою 128 кГц для роботи сторожового таймера;
- зовнішній низькочастотний кварцовий резонатор (LSE) з частотою 32,768 кГц для годинника реального часу.

Додатково мікроконтролери мають систему фазового автопідстроювання частоти (PLL), яка дозволяє підвищити робочу частоту процесора до 24 МГц, що перевищує максимальну частоту ATmega8 (16 МГц). Така гнучкість у виборі джерела тактування дозволяє оптимально балансувати між продуктивністю та енергоспоживанням залежно від вимог конкретного застосування.

Мікроконтролери STM8S мають до 38 ліній введення-виведення загального призначення, розподілених між різними портами. Кожна лінія може бути налаштована як вхід або вихід програмним шляхом, а також має змогу працювати у різних режимах: з відкритим стоком, з підтягуючим резистором, з високим навантажувальним струмом. Важливою особливістю є можливість індивідуального налаштування швидкості переключення для кожного виводу, що дозволяє оптимізувати електромагнітну сумісність та енергоспоживання. Всі лінії введення-виведення мають захист від статичної електрики та підвищену стійкість до електромагнітних завад, що особливо важливо для промислових застосувань.

Мікроконтролери STM8S оснащені розвиненою аналоговою підсистемою, яка включає:

- 10-бітний аналого-цифровий перетворювач з часом перетворення до 3,5 мкс та кількістю каналів до 16 (залежно від моделі);
- внутрішній датчик температури;
- два аналогових компаратори з програмованою опорною напругою;
- внутрішній прецизійний (1%) генератор опорної напруги.

Ця функціональність перевершує можливості ATmega8, який має 6-канальний 10-бітний АЦП, але не має компараторів або внутрішнього датчика температури.

Мікроконтролери STM8S мають широкий набір цифрових периферійних модулів:

- до чотирьох 16-бітних таймерів з розширеними можливостями, включаючи режими захоплення/порівняння, генерацію ШІМ з мертвим часом, що корисно для управління силовими перетворювачами;
- 8-бітний базовий таймер з прескалером та 8-бітний таймер для систем реального часу;
- годинник реального часу (RTC) з автономним живленням та календарем;
- сторожовий таймер з незалежним тактовим генератором;
- систему детектування провалів напруги живлення з програмованим порогом.

Мікроконтролери STM8S підтримують розвинений набір комунікаційних інтерфейсів:

- UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) - до двох модулів з підтримкою апаратного управління потоком, SmartCard, IrDA та LIN;
- SPI (Serial Peripheral Interface) - з підтримкою режимів ведучого та веденого пристрою та програмованою швидкістю передачі до 8 Мбіт/с;
- ІС (Inter-Integrated Circuit) - з підтримкою швидкостей до 400 кбіт/с та апаратною адресацією, що спрощує побудову багатопроцесорних систем;
- CAN (Controller Area Network) - в деяких моделях, для застосувань в автомобільній та промисловій автоматизації.

Мікроконтролери STM8S мають ефективну систему управління енергоспоживанням з кількома режимами зниженого споживання:

- режим очікування (Wait) - зупиняється центральний процесор, але периферійні пристрої продовжують працювати;
- режим пониженого споживання (Active-halt) - центральний процесор зупинений, деякі периферійні пристрої відключені, але критичні функції, такі як сторожовий таймер та переривання, продовжують функціонувати;

- режим глибокого сну (Halt) - більшість внутрішніх вузлів відключені, мікроконтролер може бути виведений з цього стану тільки зовнішнім перериванням, скиданням або спрацьовуванням сторожового таймера.

У режимі глибокого сну споживання струму може знижуватися до 0,3 мкА, що робить ці мікроконтролери привабливими для застосувань з батарейним живленням та тривалим часом автономної роботи.

Компанія STMicroelectronics пропонує широкий набір інструментів розробки для мікроконтролерів STM8, включаючи безкоштовне інтегроване середовище розробки STM8CubeMX з візуальним конфігуратором периферії, безкоштовний компілятор мови C від Cosmic Software, а також платні інструменти від інших виробників, таких як IAR Systems та Raisonance. Крім того, доступні відкриті інструменти, такі як компілятор SDCC (Small Device C Compiler) та середовище розробки OpenSTM8, що робить розробку для STM8 доступною для широкого кола розробників.

Мікроконтролери STM8S доступні у різних корпусних виконаннях - від компактних TSSOP20 та LQFP32 до більш функціональних LQFP64 та LQFP80, що дозволяє обрати оптимальний варіант для конкретного застосування. Доступність у корпусах, сумісних з ATmega8 за розташуванням виводів, спрощує міграцію з однієї платформи на іншу.

Мікроконтролери STM8S мають ряд переваг порівняно з ATmega8, які роблять їх привабливою альтернативою для нових розробок:

- значно більший обсяг пам'яті програм та даних;
- вища продуктивність завдяки оптимізованій архітектурі та підтримці вищих тактових частот;
- більш розвинена периферія, включаючи додаткові таймери, аналогові компаратори та розширені комунікаційні інтерфейси;
- кращі характеристики енергоспоживання та більш гнучка система управління енергоспоживанням;
- широкий вибір корпусних виконань та функціональних варіантів;

– конкурентна ціна, яка в деяких випадках нижча, ніж у аналогічних за функціональністю мікроконтролерів AVR.

Однак, слід враховувати, що перехід з ATmega8 на STM8S вимагає не тільки змін у апаратній частині, але і повного переписування програмного забезпечення, оскільки ці мікроконтролери використовують різні архітектури та набори команд. Це може бути значним бар'єром для існуючих проєктів, але для нових розробок мікроконтролери STM8S пропонують привабливе співвідношення ціни та функціональності, що робить їх сильним конкурентом у сегменті 8-бітних мікроконтролерів.

Мікроконтролери STM8 використовують власну архітектуру, яка відрізняється від AVR, але забезпечують подібну продуктивність та функціональність, часто з кращим співвідношенням ціна/продуктивність.

### **2.1.5 Порівняльний аналіз аналогів ATmega8**

При виборі мікроконтролера для заміни ATmega8 у існуючих або нових проєктах інженер стикається з необхідністю всебічного аналізу багатьох технічних та економічних параметрів. Ринок мікроконтролерів є надзвичайно динамічним, і технології постійно розвиваються, пропонуючи нові можливості та покращені характеристики. Проведемо детальний порівняльний аналіз розглянутих вище мікроконтролерів за ключовими параметрами, які визначають їхню придатність як альтернатив ATmega8.

Сумісність за розташуванням та призначенням виводів є одним із найважливіших факторів при модернізації існуючих пристроїв. Мікроконтролери ATmega168 та ATmega328 були спеціально спроектовані як прямі наступники ATmega8, і тому мають ідентичне розташування та функціональне призначення виводів. Це означає, що заміна ATmega8 на будь-який з цих мікроконтролерів може бути виконана шляхом простої фізичної заміни мікросхеми без необхідності перепроєктування друкованої плати або зміни схемотехнічних рішень. Таке рішення мінімізує витрати та ризики, пов'язані з модернізацією, і тому є привабливим для виробників, які мають велику кількість пристроїв на базі ATmega8.

Мікроконтролери інших сімейств, такі як PIC16F та STM8, мають відмінне розташування виводів, і їх використання як заміни ATmega8 вимагає повного перепроектування пристрою на рівні апаратної частини. Це означає необхідність створення нової друкованої плати, зміни схемотехнічних рішень та переналаштування виробничих процесів. Такий підхід виправданий лише при повному оновленні пристрою або при розробці нових виробів, коли перевагами нових мікроконтролерів можна скористатися повною мірою.

Програмна сумісність є не менш важливим фактором, оскільки розробка програмного забезпечення для мікроконтролерів часто є найбільш трудомісткою та дорогою частиною проекту. Перехід з ATmega8 на інші мікроконтролери сімейства AVR (ATmega168, ATmega328) зазвичай вимагає мінімальних змін у кодї програми. Більшість програм, написаних для ATmega8, можуть працювати на цих мікроконтролерах без змін або з незначними модифікаціями, які в основному пов'язані з використанням додаткових можливостей. Адресація регістрів, система переривань, модель пам'яті та інструкції залишаються сумісними, що дозволяє зберегти інвестиції, вкладені в розробку програмного забезпечення.

При переході на мікроконтролери інших сімейств, таких як PIC16F або STM8, програмне забезпечення доводиться розробляти практично з нуля. Ці мікроконтролери мають суттєво відмінні архітектури, набори команд, моделі пам'яті та системи переривань. Крім того, для кожного сімейства зазвичай використовуються специфічні інструменти розробки (компілятори, середовища розробки, програматори), які також потребують освоєння. Такий перехід вимагає значних інвестицій у перенавчання розробників та створення нової кодової бази, але може бути виправданим, якщо нові мікроконтролери пропонують суттєві переваги у функціональності або вартості для конкретного застосування.

Продуктивність є важливим параметром, особливо для застосувань, які потребують обробки сигналів у реальному часі або інтенсивних обчислень. Всі розглянуті мікроконтролери (ATmega168, ATmega328, PIC16F, STM8) перевершують ATmega8 за обчислювальною потужністю, хоча і в різній мірі. Мікроконтролери сімейства AVR (ATmega168, ATmega328) пропонують

підвищення продуктивності в основному за рахунок вищої тактової частоти (до 20 МГц порівняно з 16 МГц у АТmega8) та оптимізацій в архітектурі, які покращують виконання певних операцій. Однак, базова архітектура та принцип 1 MIPS на МГц залишаються незмінними.

Мікроконтролери сімейства STM8 потенційно пропонують найбільший приріст у продуктивності серед розглянутих 8-бітних рішень. Їхнє ядро з трьома стадіями конвеєра та оптимізований набір інструкцій забезпечують вищу ефективність виконання програмного коду. Крім того, вони підтримують вищі тактові частоти (до 24 МГц) і мають потужнішу систему пам'яті. При цьому, мікроконтролери PIC16F можуть мати нижчу питому продуктивність через меншу ефективність архітектури (більша кількість тактів на інструкцію), але це компенсується вищою максимальною тактовою частотою.

Енергоефективність є критично важливою для багатьох сучасних застосувань, особливо для пристроїв з батарейним живленням. Всі розглянуті альтернативи АТmega8 пропонують покращення в цій області. Мікроконтролери АТmega168 та АТmega328 мають оптимізоване енергоспоживання при тій самій тактовій частоті та розширені режими зниженого споживання. Проте, найбільш значних успіхів у енергоефективності досягли більш нові архітектури, такі як STM8, особливо підсімейство STM8L, яке спеціально оптимізоване для застосувань з ультранизьким енергоспоживанням. Мікроконтролери цього сімейства можуть працювати при більш низьких напругах живлення (до 1,8 В) та мають більш ефективні режими зниженого споживання, дозволяючи досягти струму споживання на рівні сотень наноампер у режимі сну з збереженням вмісту оперативної пам'яті.

Периферійне оснащення є важливим фактором, який часто визначає можливість реалізації певних функцій без використання додаткових зовнішніх компонентів. Всі розглянуті альтернативи АТmega8 пропонують розширені периферійні можливості. Мікроконтролери АТmega168 та АТmega328 додають більше каналів АЦП (8 замість 6), додаткові таймери та режими ШІМ, а також покращені комунікаційні інтерфейси. Мікроконтролери PIC16F мають більшу

кількість ліній введення-виведення (до 35), більше каналів АЦП (до 14) та специфічні периферійні модулі, такі як апаратні модулі для обробки сигналів та управління електродвигунами. Мікроконтролери STM8 пропонують найбільш багате периферійне оснащення, включаючи розширену систему таймерів з підтримкою складних режимів ШІМ, годинник реального часу з автономним живленням, аналогові компаратори, додаткові комунікаційні інтерфейси (включаючи CAN у деяких моделях) та інші спеціалізовані модулі.

Можливості розширення пам'яті також різняться між розглянутими мікроконтролерами. ATmega8 має фіксований об'єм пам'яті (8 КБ флеш, 1 КБ SRAM, 512 байт EEPROM) без можливості розширення. Мікроконтролери ATmega168 та ATmega328 пропонують більші обсяги вбудованої пам'яті (до 32 КБ флеш, 2 КБ SRAM, 1 КБ EEPROM), але також не мають можливості зовнішнього розширення. Деякі моделі мікроконтролерів PIC16F та більшість моделей STM8 підтримують підключення зовнішньої пам'яті через інтерфейси SPI або паралельний інтерфейс, що дозволяє значно розширити доступний обсяг пам'яті для даних та програм. Це особливо важливо для застосувань, які працюють з великими обсягами даних або вимагають реалізації складних алгоритмів.

Доступність та вартість є важливими практичними факторами при виборі мікроконтролера. Мікроконтролери ATmega8, незважаючи на свій вік, продовжують залишатися доступними на ринку, але вони часто мають вищу вартість порівняно з більш сучасними альтернативами через поступове скорочення виробництва. Мікроконтролери ATmega168 та ATmega328 зазвичай мають порівнянну або дещо вищу вартість, але пропонують більше функціональних можливостей, що робить їх більш привабливими з точки зору співвідношення ціна/функціональність.

Мікроконтролери сімейств PIC16F та STM8 часто пропонують найкраще співвідношення ціна/функціональність на ринку. Зокрема, мікроконтролери STM8S у багатьох випадках мають нижчу вартість, ніж еквівалентні за функціональністю мікроконтролери AVR, але при цьому пропонують більше периферійних модулів та більший обсяг пам'яті. Компанія STMicroelectronics

проводить агресивну цінову політику для збільшення своєї частки на ринку 8-бітних мікроконтролерів, що робить їхні продукти особливо привабливими для масових застосувань, де вартість є критичним фактором.

Перспективи підтримки та розвитку є також важливим фактором для довгострокових проєктів. Мікроконтролери ATmega8 поступово виходять з активного використання, і їхня підтримка з боку виробника скорочується. Мікроконтролери ATmega168 та ATmega328 мають стабільнішу позицію, особливо завдяки їхньому використанню в популярній платформі Arduino, яка забезпечує широку екосистему підтримки та розвитку

Мікроконтролери STM8 є відносно новими на ринку, але вони активно розвиваються компанією STMicroelectronics, яка інвестує значні ресурси в розширення цього сімейства та покращення інструментів розробки. Крім того, вони є частиною більш широкої екосистеми, яка включає 32-бітні мікроконтролери STM32, що дозволяє плавно мігрувати між різними платформами залежно від потреб проєкту. Це робить STM8 привабливими для нових розробок, особливо для тих, які мають потенціал для майбутнього розширення функціональності.

Для забезпечення наочності порівняння технічних характеристик розглянутих мікроконтролерів, представимо їх у вигляді порівняльної таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Порівняння характеристик аналогів ATmega8

Характеристика	ATmega8	ATmega168	ATmega328	PIC16F877A	STM8S105
Флеш-пам'ять	8 КБ	16 КБ	32 КБ	14 КБ	16 КБ
SRAM	1 КБ	1 КБ	2 КБ	368 байт	1 КБ
EEPROM	512 байт	512 байт	1 КБ	256 байт	1 КБ
I/O лінії	23	23	23	33	30
АЦП канали	6	8	8	8	10
Макс. частота	16 МГц	20 МГц	20 МГц	20 МГц	16 МГц
Інтерфейси	USART,	USART,	USART,	USART,	UART,
	SPI, I <sup>2</sup> C	SPI, I <sup>2</sup> C	SPI, I <sup>2</sup> C	SPI, I <sup>2</sup> C	SPI, I <sup>2</sup> C

Вибір конкретного аналога АТmega8 залежить від вимог проекту. Якщо потрібна пряма сумісність з існуючими розробками, то оптимальним вибором будуть АТmega168 або АТmega328. Для нових проектів варто розглянути мікроконтролери PIC або STM8, які можуть запропонувати кращу продуктивність або нижчу вартість.

## **2.2 Мікроконтролер АТmega8**

### **2.2.1 АТmega8 - характеристики, можливості, налаштування**

АТmega8 вирізняється серед інших мікроконтролерів оптимальним поєднанням технічних можливостей, мініатюрних розмірів та доступної вартості. Завдяки цим перевагам він набув надзвичайної популярності як серед професійних розробників електронних пристроїв, так і в середовищі радіоаматорів та ентузіастів. Універсальність та багатофункціональність АТmega8 дозволяє використовувати його для створення широкого спектру пристроїв – від простих таймерів, регуляторів яскравості освітлення та автоматизованих систем управління до складніших пристроїв, таких як генератори спеціалізованих сигналів, відеопроцесори та декодери сигналів дистанційного керування формату RC5.

Однією з ключових переваг мікроконтролера АТmega8 є наявність двох повноцінних 8-бітних портів введення-виведення, що значно розширює його функціональні можливості порівняно з молодшими моделями сімейства AVR, зокрема з АТtiny2313. Вбудований 10-бітний аналого-цифровий перетворювач з шістьма вхідними каналами відкриває можливості для вимірювання різноманітних фізичних параметрів – напруги, струму, ємності, що дозволяє на базі цього мікроконтролера розробляти функціональні вимірювальні прилади, включаючи повноцінні цифрові мультиметри.

Таблиця 2.2 - Основні технічні характеристики мікроконтролера ATmega8

Параметр	Значення
Флеш-пам'ять для програм	8 Кбайт
Оперативна пам'ять (SRAM)	1 Кбайт
Енергонезалежна пам'ять (EEPROM)	512 байт
Кількість каналів АЦП	6
Максимальна робоча напруга	5,5 Вольт
Рекомендована робоча напруга	4,5-5,0 Вольт
Максимальна тактова частота	16 МГц
Кількість програмованих ліній вводу/виводу	23

Для забезпечення комунікації з іншими електронними пристроями мікроконтролер ATmega8 оснащений інтерфейсом UART, який забезпечує асинхронний прийом та передачу даних з TTL-рівнями сигналів. Також реалізована підтримка протоколу TWI (Two-Wire Interface), що є аналогом стандартного інтерфейсу I<sup>2</sup>C і дозволяє підключати до мікроконтролера різноманітні зовнішні пристрої:

- модулі енергонезалежної пам'яті серії 24Cxx для зберігання значних об'ємів даних;
- рідкокристалічні алфавітно-цифрові та графічні дисплеї для візуалізації інформації;
- цифрові потенціометри для регулювання гучності, яскравості та інших параметрів;
- датчики температури, вологості, тиску та інші сенсорні пристрої;
- годинники реального часу для реалізації функцій календаря та таймера;
- модулі розширення для збільшення кількості ліній введення-виведення.

### 2.2.2 Конфігураційні біти мікроконтролерів AVR

Налаштування Fuse-бітів і Lock-бітів (конфігураційних бітів та бітів захисту) у мікроконтролерах сімейства Atmel AVR часто викликає труднощі,

особливо у початківців, і може стати джерелом помилок під час програмування та налаштування пристроїв. Некоректне встановлення навіть одного біта може призвести до неправильного функціонування програми або, у гіршому випадку, до повної неможливості подальшого програмування мікроконтролера через стандартний послідовний інтерфейс.

Важливо розуміти специфіку логіки роботи з Fuse-бітами у мікроконтролерах AVR, яка є інверсною до звичної. У цих мікроконтролерах:

- Fuse-біт зі значенням "1" вважається незапрограмованим (неактивним, скинутим);
- Fuse-біт зі значенням "0" вважається запрограмованим (активним, встановленим).

Така логіка часто спричиняє плутанину, оскільки ми звикли вважати, що встановлення параметра передбачає присвоєння йому значення "1". У випадку з Fuse-бітами мікроконтролерів AVR ситуація протилежна – для активації будь-якої функції відповідний біт потрібно встановити в значення "0".

Конфігураційні біти розміщуються в окремій області незалежної пам'яті мікроконтролера. Наприклад, мікроконтролер ATmega328P має чотири конфігураційних байти, які необхідно запрограмувати для забезпечення коректної роботи. Один з цих байтів містить біти захисту (Lock-біти), а інші три (старший, молодший та розширений) містять власне конфігураційні біти. Ці біти визначають основні параметри функціонування мікроконтролера: джерело тактового сигналу, розмір області завантажувача, режими роботи апаратного скидання, сторожового таймера та багато інших.

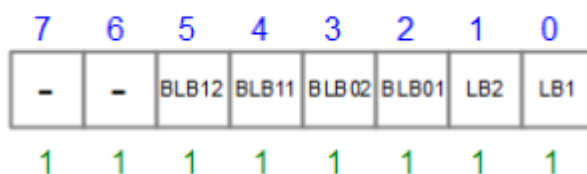


Рисунок 2.1 - Конфігураційні біти мікроконтролерів AVR

Кількість бітів захисту (Lock-бітів) у різних моделях мікроконтролерів AVR може відрізнятися, проте два молодших біти (LB1 і LB2) присутні в усіх моделях. Ці біти відповідають за контроль доступу до вбудованої Flash-пам'яті програм. Якщо розробник прагне захистити свою програму від несанкціонованого копіювання, він може заблокувати зчитування вмісту пам'яті мікроконтролера шляхом програмування відповідних бітів захисту. Якщо такий захист не потрібен, ці біти зазвичай залишають у початковому стані.

Додаткові біти захисту (BLB01, BLB02, BLB11, BLB12) використовуються для більш гнучкого керування доступом до різних секцій Flash-пам'яті. Вони дозволяють налаштувати режими читання та запису як для основної області програми, так і для секції завантажувача (bootloader). Такий механізм дає можливість захистити завантажувач від випадкового перезапису під час оновлення основної програми або, навпаки, захистити основну програму від модифікації через процедуру завантаження.

Біти захисту програмуються досить рідко, і їх використання зазвичай зумовлене специфічними вимогами конкретного проекту. Важливо зазначити, що у випадку проблем із запрограмованими бітами захисту, їх можна скинути (встановити в значення "1") під час виконання команди повного стирання кристала (Chip Erase), що відновить можливість повного доступу до пам'яті мікроконтролера.

На відміну від бітів захисту, конфігураційні Fuse-біти використовуються практично в кожному проекті для налаштування основних режимів роботи мікроконтролера. Розташування та призначення конкретних Fuse-бітів у байтах конфігурації може відрізнятися залежно від моделі мікроконтролера. Для прикладу, мікроконтролер ATmega328P має три байти конфігурації, кожен з яких відповідає за певну групу параметрів (рис. 2.2). Конфігураційні Fuse-біти використовуються практично в кожному проекті для налаштування основних режимів роботи мікроконтролера.

Особливу увагу варто звернути на групу бітів CKSEL0-CKSEL3, які розташовані в молодшому байті конфігурації. Ці чотири біти використовуються

для вибору джерела тактових сигналів мікроконтролера. За замовчуванням (відповідно до заводських налаштувань) мікроконтролер налаштований на роботу від внутрішнього RC-генератора з частотою 8 МГц. Це найбільш безпечний варіант налаштування, оскільки він гарантує функціонування мікроконтролера без необхідності підключення зовнішніх компонентів і дозволяє здійснювати програмування через стандартні інтерфейси навіть при відсутності зовнішнього тактового сигналу.

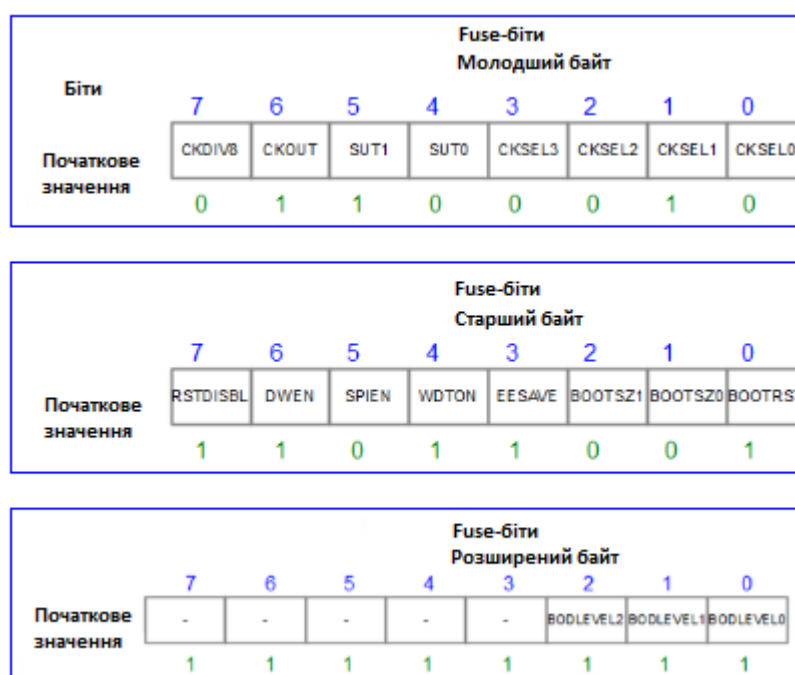


Рисунок 2.2 – Склад конфігураційних байтів

Мікроконтролери сімейства AVR відрізняються гнучкістю щодо вибору джерела тактової частоти, що дозволяє оптимізувати їх роботу для різних застосувань. Вони можуть працювати від таких джерел тактового сигналу:

- калібрований внутрішній RC-генератор (за замовчуванням налаштований на частоту 8 МГц);
- зовнішній RC-генератор, який забезпечує нижчу точність, але дозволяє реалізувати економічне рішення;
- зовнішній керамічний або кварцовий резонатор для забезпечення більш високої стабільності частоти;

- зовнішній низькочастотний кварцовий резонатор (зазвичай 32,768 кГц) для застосувань з низьким енергоспоживанням;
- зовнішнє джерело тактового сигналу для синхронізації з іншими пристроями системи.

Для кожного з перелічених режимів тактування існує окремий діапазон значень Fuse-бітів CKSEL0-CKSEL3. Ці біти тісно взаємодіють з бітами SUT0 і SUT1, які визначають час виходу мікроконтролера на робочий режим після подачі живлення або виходу з режиму зниженого енергоспоживання. Затримка запуску особливо важлива при використанні зовнішніх керамічних резонаторів або кварців, оскільки вони потребують певного часу для стабілізації генерації. Точні значення часових затримок для різних комбінацій бітів CKSEL і SUT детально описані в технічній документації конкретного мікроконтролера.

Додатковий конфігураційний біт SKOUT дозволяє виводити внутрішній тактовий сигнал на один із зовнішніх виводів мікроконтролера. Наприклад, для ATmega328P такий сигнал може виводитися на контакт PORTB0. Це корисно, коли необхідно синхронізувати роботу кількох мікроконтролерів або забезпечити тактування зовнішніх пристроїв. Варто зазначити, що при активації цієї функції вивід PB0 вже не може використовуватися для інших цілей у користувацькій програмі.

Ще одним важливим бітом у молодшому байті конфігурації є CKDIV8. За заводськими налаштуваннями цей біт запрограмований (має значення "0"), що активує подільник частоти з коефіцієнтом 8 для внутрішнього RC-генератора. Таким чином, хоча генератор працює на частоті 8 МГц, системна тактова частота мікроконтролера становить 1 МГц. Якщо потрібно отримати повну тактову частоту 8 МГц, необхідно скинути (встановити в "1") біт CKDIV8. Така заводська конфігурація обрана для зменшення енергоспоживання за замовчуванням.

Окрім бітів, що керують тактовою частотою, мікроконтролери AVR мають низку інших важливих конфігураційних бітів.

BOOTRST - цей біт за замовчуванням не запрограмований (має значення "1"). Якщо запрограмувати його (встановити в "0"), мікроконтролер після подачі

живлення або скидання почне виконання програми не з початкової адреси основної пам'яті програм, а з сектора завантажувача (bootloader). Це особливо корисно при реалізації функцій самопрограмування або оновлення прошивки через стандартні інтерфейси зв'язку без використання спеціалізованих програматорів.

BOOTSZ0 і BOOTSZ1 - ці біти визначають розмір області Flash-пам'яті, відведеної для завантажувача. Залежно від складності коду завантажувача можна виділити оптимальний об'єм пам'яті, залишивши більше простору для основної програми. Комбінація цих бітів дозволяє обрати один із чотирьох варіантів розміру сектора завантажувача.

EESAVE - якщо цей біт запрограмувати (встановити в "0"), вміст енергонезалежної пам'яті EEPROM зберігається недоторканим під час виконання команди повного стирання кристала (Chip Erase). Це надзвичайно корисна функція у випадках, коли в EEPROM зберігаються важливі калібрувальні дані, налаштування користувача або інша цінна інформація, яку потрібно зберегти при оновленні програмного забезпечення.

WDTON - програмування цього біта (встановлення в "0") активує сторожовий таймер відразу після подачі живлення на мікроконтролер, причому в такому режимі вимкнути сторожовий таймер програмно неможливо. Це забезпечує додатковий рівень захисту від зависань програми, оскільки в кодї програми обов'язково потрібно регулярно скидати сторожовий таймер, інакше відбудеться автоматичне перезавантаження мікроконтролера. Якщо біт WDTON не запрограмований, то вмикання та вимикання сторожового таймера здійснюється програмно.

SPIEN - цей біт призначений для керування можливістю програмування мікроконтролера через послідовний інтерфейс SPI. За замовчуванням біт запрограмований (має значення "0"), що дозволяє здійснювати внутрішньосхемне програмування. Важливо зазначити, що змінити стан цього біта можна лише за допомогою паралельного програматора, а не через сам послідовний інтерфейс. Це створює певний захист від випадкової деактивації інтерфейсу програмування.

RSTDSBL - програмування цього біта (встановлення в "0") вимикає функцію апаратного скидання, перетворюючи відповідний вивід мікроконтролера на звичайну лінію введення/виведення. Хоча це може бути корисно у мікроконтролерах з обмеженою кількістю виводів, таке налаштування не рекомендується використовувати без крайньої необхідності. Помилкове програмування біта RSTDSBL може позбавити можливості програмувати мікроконтролер через SPI-інтерфейс, оскільки наявність сигналу скидання є обов'язковою умовою для входження в режим програмування.

DWEN - цей біт використовується для активації спеціального налагоджувального інтерфейсу DebugWire, який дозволяє здійснювати налагодження програм безпосередньо на кристалі. Як і у випадку з бітами SPIEN та RSTDSBL, змінити стан біта DWEN за допомогою послідовного інтерфейсу програмування неможливо. Для цього потрібен паралельний програматор з підтримкою високовольтного режиму програмування або підключення через інтерфейс DebugWire.

У деяких мікроконтролерах AVR (хоча не в ATmega328P) також присутній біт SKOPT у старшому байті конфігурації, який керує режимом роботи підсилювача тактового генератора. Цей біт впливає на амплітуду коливань при використанні зовнішніх кварцових або керамічних резонаторів і може бути корисним для оптимізації роботи генератора у різних умовах.

### **2.2.3 Khazama AVR Programmer**

Khazama AVR Programmer представляє собою компактну утиліту, розроблену спеціально для оперативного програмування мікроконтролерів сімейства Atmel AVR.

Інтерфейс Khazama AVR Programmer відзначається лаконічністю та інтуїтивною зрозумілістю. Ця програма виступає графічною надбудовою над консольною утилітою Avrdude і є особливо корисною для інженерів-початківців.

На сьогоднішній день Khazama AVR Programmer забезпечує підтримку приблизно вісімдесяти різних моделей мікроконтролерів AVR з родин ATmega, ATxmega, ATtiny та AT90.

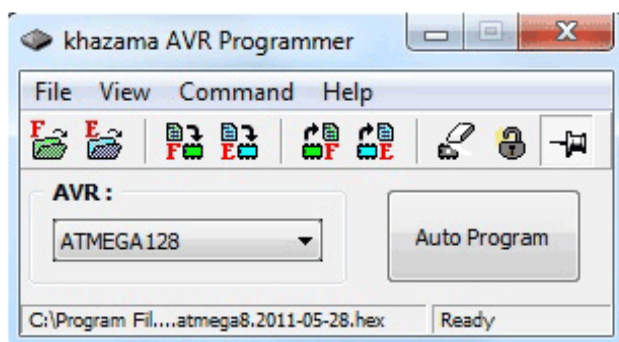


Рисунок 2.3 - Khazama AVR Programmer

Незважаючи на обмежений функціонал, програматор демонструє високу продуктивність та надійність роботи.

Функціональні можливості програми включають:

- завантаження hex-файлів прошивок для EEPROM і FLASH пам'яті у буфер;
- запис hex-файлів у EEPROM і FLASH пам'ять мікроконтролера;
- перегляд вмісту EEPROM і FLASH пам'яті мікросхеми;
- стирання пам'яті контролера;
- налаштування конфігурації FUSE і LOCK бітів;
- верифікацію вмісту EEPROM і FLASH пам'яті.

Усі операції доступні як через меню, так і через панель інструментів, іконки якої візуально запозичені з інтерфейсу програми PonyProg.

До додаткових переваг Khazama AVR Programmer варто віднести: спливаючі підказки та клавіатурні скорочення, опцію розміщення вікна програми поверх інших додатків, вбудований переглядач EEPROM і FLASH hex-файлів (без можливості редагування), візуалізацію та розшифрування значень конфігураційних бітів мікроконтролерів. Особливо зручною є кнопка «AutoProgram», яка запускає послідовність операцій, визначених у діалозі «Program Options» (типово налаштована на очищення чіпа та запис у FLASH пам'ять).

Програма сумісна з апаратним програматором USBasp і підтримує технологію програмування по TPI. Частота синхронізації для програмування через інтерфейс ISP регулюється в діапазоні від 500 Гц до 1,5 МГц.

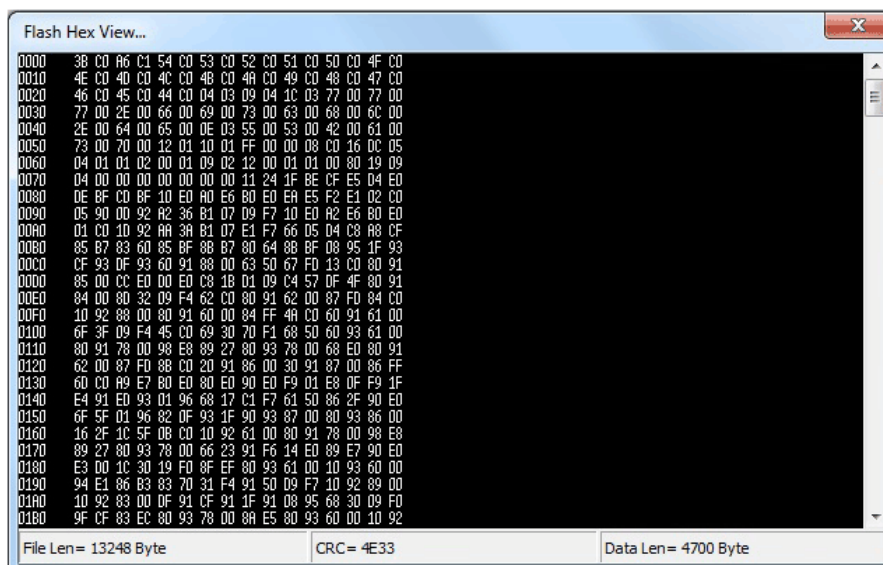


Рисунок 2.4 - Вікно Khazama AVR Flash Hex View

Особливу увагу розробники приділили безпеці під час налаштування Fuse бітів. Замість використання шістнадцяткових значень, користувач може вибирати потрібні параметри зі спадних списків, що значно знижує ризик помилкового блокування мікроконтролера. Альтернативний спосіб - встановлення прапорців у нижній частині вікна, при цьому система не дозволяє активувати несумісні конфігурації, що є додатковим захистом.

У вікні конфігурації Fuse бітів доступні такі функції:

- запис фьюзів у пам'ять контролера;
- збереження поточної конфігурації в буфер;
- завантаження збереженої конфігурації з буфера;
- відновлення заводських налаштувань FUSE бітів.

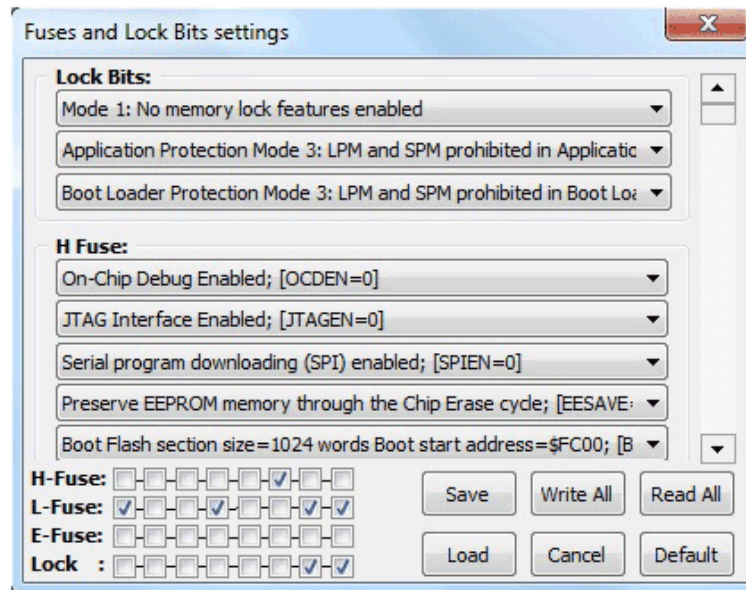


Рисунок 2.5 - Діалогове вікно налаштування Fuses та Lock Bits для програмування мікроконтролерів AVR

Khazama AVR Programmer працює з файлами дамів пам'яті у форматі \*.hex. Варто зазначити, що програма доступна виключно англійською мовою без можливості локалізації. Утиліта сумісна з 32- і 64-розрядними версіями операційних систем Microsoft Windows - XP, Vista, 7, 8.

## 2.3 Вибір датчика руху

### 2.3.1 Огляд технологій детектування руху

У сучасних системах безпеки та автоматизації використовується широкий спектр датчиків руху, що базуються на різних фізичних принципах. Кожна технологія має власні переваги та обмеження, які визначають її застосування у конкретних умовах.

Пасивні інфрачервоні (PIR) датчики є найпоширенішими пристроями для виявлення руху. Вони реагують на зміни інфрачервоного випромінювання, яке генерується будь-яким теплим об'єктом, включаючи людське тіло. PIR-сенсори

мають високу енергоефективність, невисоку вартість і достатню надійність для більшості побутових та комерційних застосувань. Вони ефективно працюють у приміщеннях з контрольованою температурою та не потребують випромінювання власних сигналів.

Мікрохвильові датчики функціонують на основі ефекту Доплера, випромінюючи мікрохвильові сигнали та аналізуючи їх відбиття від рухомих об'єктів. Ця технологія дозволяє виявляти рух за перешкодами, такими як тонкі стіни або двері, що робить її ефективною для охорони великих приміщень. Однак мікрохвильові датчики споживають більше енергії порівняно з PIR-сенсорами та можуть створювати хибні спрацьовування через рух об'єктів за межами цільової зони.

Ультразвукові датчики працюють аналогічно до мікрохвильових, але використовують звукові хвилі надвисокої частоти. Вони випромінюють ультразвукові хвилі та аналізують їх відбиття від об'єктів. Ця технологія особливо ефективна для виявлення невеликих рухів, але має обмежений радіус дії та чутлива до змін температури і вологості повітря.

Комбіновані або дуальні датчики поєднують дві або більше технологій, найчастіше PIR та мікрохвильову, для зменшення кількості хибних спрацьовувань. Такі пристрої генерують сигнал тривоги лише коли обидва сенсори виявляють рух, що значно підвищує надійність системи.

Оптичні датчики руху використовують камери та алгоритми обробки зображень для виявлення змін у полі зору. Ця технологія дозволяє не лише фіксувати сам факт руху, але й аналізувати його характер, відрізнити людей від тварин або інших об'єктів. Проте такі системи мають високу вартість, споживають значну кількість енергії та потребують потужних обчислювальних ресурсів для аналізу відеопотоку.

Вібраційні датчики реагують на механічні коливання поверхонь, викликані кроками або іншими рухами. Вони ефективні для контролю периметра, але можуть давати хибні спрацьовування через природні вібрації (вітер, транспорт).

Для нашої бездротової системи сповіщення ключовими критеріями вибору технології детектування стали мінімальне енергоспоживання, автономність роботи, надійність та доступна вартість. Враховуючи ці вимоги, було проведено детальний аналіз доступних на ринку датчиків руху з метою визначення оптимального рішення для розроблюваної системи.

### **2.3.2 Порівняльний аналіз датчиків руху**

Для вибору оптимального датчика руху до нашої бездротової системи сповіщення було проведено ретельний порівняльний аналіз найпоширеніших моделей, представлених на ринку. Основними критеріями оцінки стали: енергоспоживання, діапазон робочих напруг, кут та дальність виявлення, стійкість до хибних спрацювань, компактність і вартість.

Перш за все, розглянуто датчик HC-SR501, що належить до класу пасивних інфрачервоних (PIR) сенсорів. Цей модуль має надзвичайно низьке енергоспоживання в режимі очікування – близько 65-80 мкА, робочу напругу 4,5-20В, кут виявлення 110-120 градусів та дальність до 7 метрів. Важливою особливістю HC-SR501 є наявність двох регуляторів для налаштування чутливості та часу затримки, що дозволяє адаптувати його роботу під конкретні умови. Вартість цього датчика є однією з найнижчих на ринку.

Наступним об'єктом порівняльного аналізу став датчик руху AM312 (також відомий як HC-SR312). Цей сенсор має менші габарити порівняно з HC-SR501, що є перевагою для компактних пристроїв. Його енергоспоживання становить близько 50-60 мкА в режимі очікування, діапазон робочих напруг 2,7-12В, що розширює можливості живлення від різних джерел. Проте AM312 має дещо менший кут виявлення (близько 100 градусів) та відсутність регуляторів для налаштування, що обмежує гнучкість застосування.

Також було розглянуто мікрохвильовий датчик RCWL-0516, який відрізняється здатністю виявляти рух за перешкодами. Цей сенсор працює на частоті 5,8 ГГц, має дальність виявлення до 9 метрів та робочу напругу 4-28В. Проте його енергоспоживання (близько 2,5-3 мА) є суттєво вищим порівняно з PIR-датчиками, що критично для автономної системи.

У процесі аналізу оцінювався також комбінований датчик Paradox DG85, який поєднує PIR та мікрохвильову технологію. Основною перевагою цього датчика є надзвичайно висока стійкість до хибних спрацювань, що досягається завдяки подвійній верифікації руху. Однак, його високе енергоспоживання (близько 30 мА) та значна вартість роблять використання недоцільним у нашому проекті.

Додатково розглядався ультразвуковий датчик HC-SR04, але його активний принцип роботи з постійним випромінюванням ультразвукових хвиль вимагає значного енергоспоживання (близько 15 мА), що унеможливорює тривалу автономну роботу.

Для тестування було обрано три найбільш перспективні моделі: HC-SR501, AM312 та RCWL-0516. Експериментальні дослідження проводились у різних умовах освітлення та температури, з різними швидкостями руху об'єкта та на різних відстанях. За результатами лабораторних випробувань HC-SR501 продемонстрував найкраще співвідношення чутливості виявлення та енергоефективності.

Важливим чинником вибору став також широкий температурний діапазон роботи HC-SR501 (від  $-15^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ ), що дозволяє використовувати систему як у приміщеннях, так і на відкритому повітрі. Відносна простота модифікації схеми живлення для роботи від акумулятора нижчої напруги стала додатковою перевагою цієї моделі.

Підсумовуючи результати порівняльного аналізу, датчик HC-SR501 визначено як оптимальний для розроблюваної бездротової системи сповіщення завдяки найкращому балансу технічних характеристик, енергоефективності та вартості.

### **2.3.3 Принцип роботи пасивних інфрачервоних датчиків**

Обраний для нашої системи пасивний інфрачервоний датчик HC-SR501 працює за принципом, що заслуговує детального розгляду для розуміння його функціональних можливостей та обмежень.

Пасивні інфрачервоні (PIR) датчики базуються на фундаментальній властивості всіх об'єктів із температурою вище абсолютного нуля випромінювати

інфрачервону енергію. Людське тіло з типовою температурою близько  $36,6^{\circ}\text{C}$  є потужним джерелом інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі приблизно 9,4 мкм. Саме на виявлення змін у такому випромінюванні налаштовані PIR-датчики.

В основі датчика HC-SR501 лежить піроелектричний сенсор, що являє собою спеціальний кристал, який генерує електричний заряд при зміні його температури. Цей кристал розміщений під герметичним металевим корпусом з вікном, прозорим для інфрачервоного випромінювання. Ключова особливість конструкції полягає в тому, що піроелектричний елемент розділений на дві частини, з'єднані таким чином, щоб генерувати протилежні сигнали. Ця диференціальна схема є причиною того, що датчик реагує саме на зміни інфрачервоного поля, а не на його постійний рівень.

Над піроелектричним сенсором розташована спеціальна лінза Френеля, яка формує багатосегментну діаграму направленості. Лінза розділяє поле зору датчика на ряд конусоподібних зон чутливості. Коли тепле тіло (людина або тварина) перетинає ці зони, воно послідовно проектує своє інфрачервоне випромінювання на різні сегменти піроелектричного сенсора. Це створює характерну послідовність електричних імпульсів, яка і розпізнається як рух.

Вихідний сигнал від піроелектричного елемента надзвичайно слабкий, тому він подається на спеціалізований підсилювач, який не тільки збільшує амплітуду сигналу, але й виконує його фільтрацію для усунення високочастотних шумів. Після підсилення сигнал надходить на компаратор, який порівнює його з пороговим значенням, встановленим регулятором чутливості. Якщо сигнал перевищує поріг, формується сигнал виявлення руху.

Особливістю датчика HC-SR501 є наявність спеціалізованої мікросхеми BISS0001, яка виконує всі функції обробки сигналів. Ця мікросхема забезпечує також керування режимами роботи датчика та формування вихідного сигналу відповідно до параметрів, встановлених резисторами та конденсаторами на платі.

Важливо розуміти, що датчик HC-SR501 має автоматичне калібрування, яке триває приблизно 30-60 секунд після подачі живлення. Протягом цього часу датчик

аналізує фонові рівні інфрачервоного випромінювання та налаштовує внутрішні пороги спрацювання. Ця особливість дозволяє PIR-датчику адаптуватися до різних умов навколишнього середовища, але вимагає періоду стабілізації перед початком надійної роботи.

Енергоефективність PIR-датчиків забезпечується їх пасивною природою – вони не випромінюють енергію, а лише сприймають природне інфрачервоне випромінювання об'єктів. Датчик HC-SR501 має також схему управління живленням, яка мінімізує енергоспоживання в режимі очікування до рівня близько 70 мкА, що робить його ідеальним для застосування в батарейних пристроях.

Розуміння принципу роботи PIR-датчика дозволило нам враховувати його особливості при проектуванні системи, зокрема, необхідність захисту від електромагнітних завад, які можуть впливати на чутливий підсилювач піроелектричного сенсора, а також забезпечення стабільного живлення для коректної роботи аналогових компонентів датчика.

### **2.3.4 Технічні характеристики датчика HC-SR501**

Детальний аналіз технічних характеристик обраного для нашої системи датчика HC-SR501 дозволяє краще зрозуміти його можливості та обмеження. Цей PIR-модуль має ряд особливостей, які роблять його оптимальним для використання в автономних бездротових системах сповіщення.

Розглянемо спочатку електричні параметри датчика. Згідно з офіційною документацією, HC-SR501 розрахований на роботу в діапазоні напруг живлення від 4,5 до 20 вольт. Це відносно широкий діапазон, що дозволяє гнучко підбирати джерело живлення. В режимі очікування струм споживання становить надзвичайно малу величину – приблизно 65-80 мікроампер. Під час виявлення руху та активації вихідного сигналу струм споживання зростає до 1-1,5 міліампер. Завдяки такій енергоефективності датчик ідеально підходить для автономних пристроїв з батарейним живленням.

Вихідний сигнал датчика формується на цифровому виході у вигляді напруги 3,3 вольт при виявленні руху. Цей сигнал може напряму подаватися на

цифровий вхід мікроконтролера без необхідності додаткового узгодження рівнів для більшості сучасних платформ.

Значний інтерес представляють геометричні параметри зони виявлення. HC-SR501 має кут огляду близько 110-120 градусів по горизонталі, що забезпечується конструкцією лінзи Френеля. Дальність виявлення людини становить до 7 метрів при оптимальних умовах і правильному налаштуванні чутливості. Варто зауважити, що ефективна дальність суттєво залежить від температури навколишнього середовища, розміру об'єкта та швидкості його руху. Найкраще датчик реагує на рух перпендикулярно до осі сенсора, тобто коли об'єкт перетинає зони чутливості.

Фізичні розміри модуля HC-SR501 становлять приблизно 32×24×18 мм, не враховуючи виступаючі елементи регулювання. Це досить компактні габарити, які дозволяють вбудовувати датчик у невеликі корпуси та мобільні пристрої. Вага модуля не перевищує 10 грамів, що також сприяє його використанню в портативних системах.

Особливою перевагою HC-SR501 є наявність двох регуляторів, що дозволяють налаштовувати основні параметри роботи безпосередньо на платі датчика. Перший регулятор відповідає за час затримки – період, протягом якого вихідний сигнал залишається активним після виявлення руху. Цей час можна встановлювати в діапазоні від 3 секунд до 5 хвилин, що надає гнучкість при інтеграції датчика в різні системи. Другий регулятор налаштовує чутливість, що дозволяє адаптувати датчик до конкретних умов застосування та мінімізувати хибні спрацьовування.

На платі датчика також розташована перемичка, що дозволяє обрати один із двох режимів роботи: одиночне спрацьовування (L) або повторюване спрацьовування (H). У режимі L датчик генерує один імпульс при виявленні руху, а потім повертається в режим очікування після завершення періоду затримки. У режимі H датчик продовжує генерувати імпульси, поки в зоні виявлення відбувається рух.

HC-SR501 здатний працювати в широкому температурному діапазоні від -15°C до +70°C, що дозволяє використовувати його як у приміщеннях, так і в зовнішніх умовах за відсутності прямого впливу атмосферних опадів. Датчик має відносно високу стійкість до змін рівня освітлення, проте різкі зміни температури (наприклад, потік гарячого повітря від обігрівача) можуть викликати хибні спрацьовування.

Центральним елементом електронної схеми HC-SR501 є спеціалізована мікросхема BISS0001, яка містить всі необхідні компоненти для обробки сигналу від піроелектричного сенсора. Ця мікросхема включає підсилювачі, компаратори, генератори часових інтервалів та вихідні драйвери, що забезпечують стабільну роботу датчика в різних умовах.

Таким чином, технічні характеристики датчика HC-SR501 повністю відповідають вимогам нашого проекту щодо енергоефективності, надійності виявлення та можливості адаптації до різних умов експлуатації.

### **2.3.5 Особливості налаштування та експлуатації HC-SR501**

Практичне застосування датчика руху HC-SR501 у розроблюваній системі сповіщення вимагає ретельного налаштування його параметрів для досягнення оптимальної роботи в конкретних умовах експлуатації. Процес налаштування та особливості використання цього датчика мають певні нюанси, які необхідно враховувати для забезпечення надійної роботи системи.

Перше, на що слід звернути увагу при підготовці датчика до експлуатації – це період ініціалізації. Після подачі живлення HC-SR501 потребує близько 30-60 секунд для автоматичного калібрування та стабілізації роботи. Під час цього періоду датчик може спорадично генерувати хибні сигнали. Ця особливість була врахована в програмному забезпеченні мікроконтролера, який ігнорує сигнали від датчика протягом перших 60 секунд після запуску системи.

Налаштування чутливості є одним із ключових аспектів роботи з HC-SR501. Регулятор чутливості, розташований на платі датчика, дозволяє встановити поріг спрацьовування відповідно до умов конкретного приміщення. В ході експериментальних досліджень було виявлено, що оптимальну чутливість

найкраще встановлювати поступово, починаючи з мінімального значення і збільшуючи його до досягнення стабільного виявлення руху людини на потрібній відстані. Надмірна чутливість призводить до хибних спрацьовувань від незначних теплових коливань у приміщенні.

Другий важливий параметр налаштування – час затримки виходу. Цей регулятор визначає, як довго вихідний сигнал залишатиметься активним після виявлення руху. Для нашої системи оптимальним виявилось встановлення мінімального часу затримки (близько 3 секунд), оскільки обробка сигналу і формування повідомлення відбуваються на рівні мікроконтролера, що дозволяє більш гнучко керувати реакцією системи на виявлений рух.

Режим роботи датчика обирається за допомогою перемички на платі. Для системи сповіщення виявилось доцільним використання режиму повторюваного спрацьовування (положення Н), що дозволяє системі реагувати на безперервний рух у зоні моніторингу без необхідності очікування завершення періоду затримки.

При розміщенні датчика необхідно враховувати особливості його чутливості до різних типів руху. HC-SR501 найкраще реагує на рух, спрямований перпендикулярно до осі датчика, тобто коли об'єкт перетинає зони чутливості лінзи Френеля. Рух безпосередньо до або від датчика виявляється гірше. Тому датчик рекомендується розміщувати таким чином, щоб очікуваний шлях руху людини перетинав зону чутливості під кутом близьким до 90 градусів.

Важливим аспектом експлуатації HC-SR501 є зменшення впливу джерел теплових перешкод. В ході тестування було виявлено, що датчик може давати хибні спрацьовування при розміщенні поблизу пристроїв, що генерують тепло: обігрівачів, радіаторів опалення, потужних ламп розжарювання, кондиціонерів. Також слід уникати розміщення датчика під прямими сонячними променями або навпроти вікон, де можливі різкі зміни теплового фону.

Особливу увагу було приділено вивченню впливу руху повітря на стабільність роботи датчика. Експериментально встановлено, що потоки повітря від вентиляторів, кондиціонерів або через відкриті вікна можуть викликати хибні спрацьовування, особливо якщо вони призводять до швидких змін температури в

зоні спостереження датчика. Тому при виборі місця встановлення слід уникати таких впливів або відповідно зменшувати чутливість датчика.

Під час тривалої експлуатації HC-SR501 спостерігалася його здатність до адаптації до постійних теплових джерел у полі зору. Датчик поступово "звикає" до об'єктів, що не рухаються, навіть якщо вони мають температуру, відмінну від фонові. Однак слід враховувати, що при значних і швидких змінах загальної температури приміщення може знадобитися певний час для повторного калібрування датчика.

Пиловий режим експлуатації також впливає на ефективність роботи PIR-датчика. Накопичення пилу на лінзі Френеля поступово знижує чутливість пристрою. В рамках розробки системи було передбачено періодичне технічне обслуговування, що включає очищення лінзи м'якою сухою тканиною або пензлем. Важливо уникати використання розчинників або вологих матеріалів для очищення, оскільки вони можуть пошкодити пластикову лінзу або викликати коротке замикання на платі датчика.

Проведені дослідження показали, що HC-SR501 зберігає працездатність при зниженні напруги живлення до 3,5-4 вольт, що важливо для батарейних пристроїв, де напруга поступово знижується в процесі розряду. Однак при напрузі нижче 3,5 вольт спостерігалася значне зниження чутливості та стабільності роботи датчика, що було враховано при проектуванні схеми живлення системи.

## **Висновки до розділу 2**

У результаті аналізу та вибору апаратного забезпечення для бездротової системи сповіщення із датчиком руху було обґрунтовано використання мікроконтролера ATmega8 як основи системи. Цей мікроконтролер забезпечує оптимальне поєднання функціональності, продуктивності та енергоефективності для реалізації поставлених завдань.

Порівняльний аналіз альтернатив (ATmega168/328, PIC16F, STM8) показав, що ATmega8 має достатні ресурси для забезпечення надійного функціонування системи, при цьому зберігаючи прийнятне співвідношення ціна/функціональність. Розглянуто особливості налаштування конфігураційних бітів мікроконтролера, що критично важливо для забезпечення коректної роботи системи.

Важливим етапом став вибір датчика руху. Аналіз різних технологій детектування руху дозволив визначити пасивні інфрачервоні (PIR) датчики як найбільш відповідні для автономних систем завдяки їх винятково низькому енергоспоживанню. Порівняльне тестування моделей HC-SR501, AM312 та RCWL-0516 підтвердило оптимальність вибору HC-SR501 з точки зору балансу чутливості, енергоефективності та можливостей налаштування.

Детальне дослідження принципу роботи та технічних характеристик обраного датчика HC-SR501 дозволило визначити шляхи його інтеграції в систему та розробити рекомендації щодо оптимального налаштування для різних умов експлуатації.

Таким чином, вибране апаратне забезпечення повністю відповідає вимогам проекту та створює надійну основу для розробки енергоефективної бездротової системи сповіщення з датчиком руху.

## **3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ**

### **3.1 Модуль передавача**

Розроблена бездротова система сповіщення складається з двох основних модулів — передавача та приймача, що взаємодіють через радіоканал. Ключовою вимогою до системи є максимальна мобільність та автономність роботи, що зумовлює використання виключно акумуляторного або батарейного живлення. Відповідно, мінімізація енергоспоживання стала критичним фактором при проектуванні.

Основою передавального модуля є мікроконтролер ATmega, радіомодуль HC-12 та інфрачервоний датчик руху HC-SR501. Принцип роботи передавача заснований на виявленні руху в зоні моніторингу та передачі сигналу тривоги на приймач.

Під час розробки передавача виникло кілька інженерних проблем, які потребували нестандартних рішень. По-перше, датчик руху HC-SR501 згідно специфікації потребує живлення 4,5-20В, проте для роботи від Li-Ion акумулятора (3,7В) необхідно було адаптувати схему живлення. Типове рішення з використанням підвищуючого DC/DC перетворювача на базі LM2577 виявилось неефективним через високе власне споживання конвертера (12мА) порівняно з мікроспоживанням датчика (70мкА).

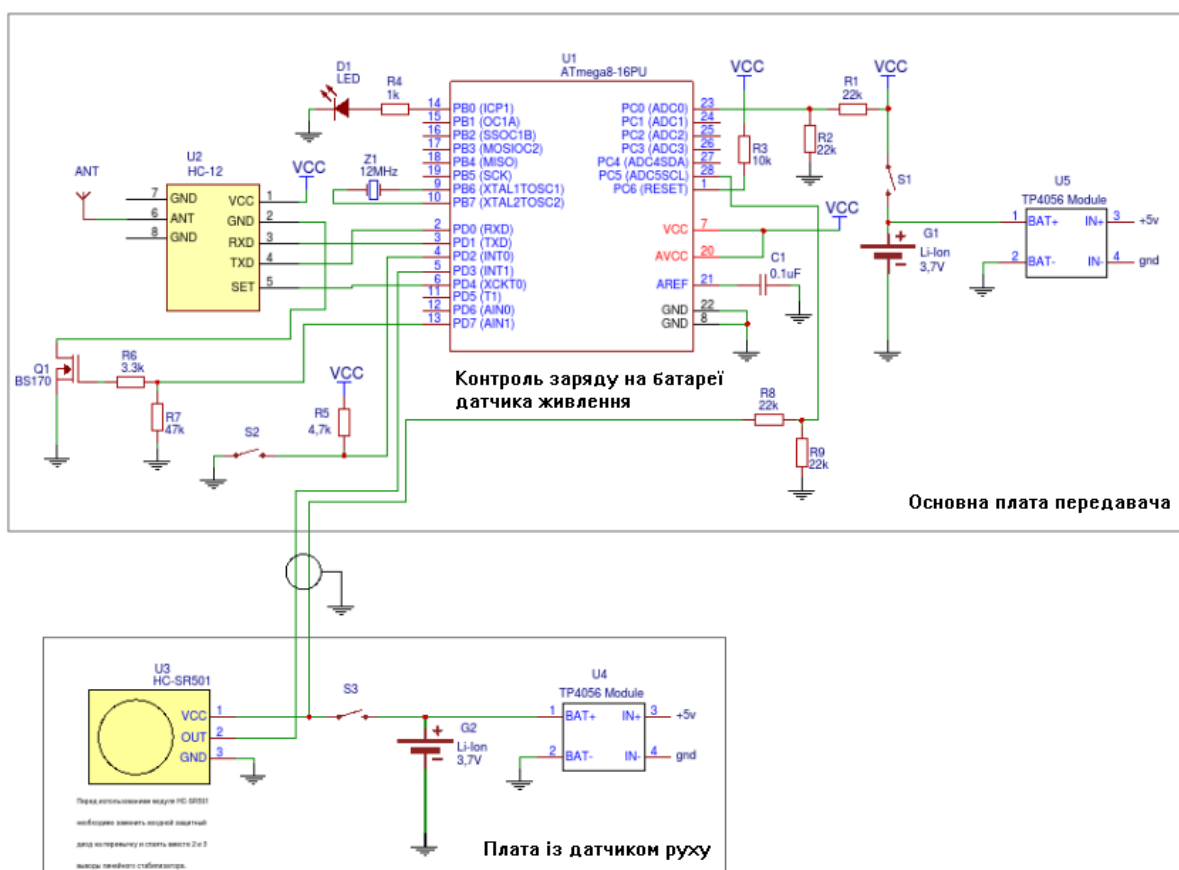


Рисунок 3.1 – Електрична схема передавача

Дослідження схемотехніки датчика виявило, що на його платі вже встановлено лінійний стабілізатор 7133, який можна адаптувати для роботи при

нижчій вхідній напрузі. Модифікація полягала в обході захисного діода на вході живлення та замиканні входу і виходу лінійного стабілізатора (друга і третя ніжки). Ця модифікація дозволила датчику стабільно функціонувати при напрузі 3-6В, що ідеально підходить для роботи від Li-Ion акумулятора.

Друга проблема виникла внаслідок електромагнітних перешкод від радіомодуля HC-12, які спричиняли хибні спрацювання датчика руху. Варто зазначити, що перешкоди створювались навіть коли модуль не передавав дані, а просто був підключений до живлення. Після ряду експериментів було прийнято рішення живити датчик руху від окремого акумулятора. Ця схема виявилась оптимальною, оскільки низьке енергоспоживання датчика (70мкА) забезпечує більше року безперервної роботи від акумулятора ємністю 700мА/год.

Енергоефективність передавача забезпечується кількома технічними рішеннями:

- використання транзистора Q1 для повного відключення радіомодуля HC-12 під час простою;
- застосування енергоощадних режимів роботи мікроконтролера;
- оптимізація циклу передачі даних.

Алгоритм роботи передавача включає періодичне (приблизно кожні 6 секунд) "пробудження" мікроконтролера, активацію радіомодуля та передачу тестового повідомлення для підтримання зв'язку з приймачем. При спрацюванні датчика руху або додаткового контактного датчика S2 (наприклад, геркона на дверях) мікроконтролер негайно вмикає радіомодуль і відправляє сигнал тривоги.

Індикація роботи здійснюється за допомогою світлодіода D1, який загоряється при спрацюванні датчика руху. Загальне енергоспоживання передавача становить близько 3мА в режимі очікування та 20мА під час активної передачі даних.

Лістинг А.1 реалізує енергоефективний алгоритм роботи передавача, який передбачає вимкнення радіомодуля в режимі очікування та його активацію лише при виявленні руху, спрацюванні контактного датчика або для періодичної

перевірки зв'язку. Монітори напруги акумуляторів забезпечують своєчасне сповіщення про необхідність підзарядки як основного модуля, так і датчика руху.

### 3.2 Модуль приймача

Приймальний модуль реалізований на базі мікроконтролера ATmega8 та радіомодуля HC-12. Функціонально він призначений для постійного моніторингу радіоканалу, прийому сигналів від передавача та генерації візуальних і звукових сповіщень.

Алгоритм роботи приймача включає наступні режими:

- нормальний режим роботи – світлодіод D2 періодично блимає, підтверджуючи наявність зв'язку з передавачем;
- режим втрати зв'язку – якщо протягом 6 секунд приймач не отримує тестове повідомлення від передавача, вмикається світлодіод D3 та звукове сповіщення;
- режим тривоги при виявленні руху – вмикається світлодіод D1 та безперервний звуковий сигнал;
- режим тривоги при спрацюванні контактного датчика – вмикається світлодіод D6 та звуковий сигнал;
- режим сповіщення про низький заряд батареї – блимає відповідний світлодіод та кожні 15 секунд лунає звукове сповіщення.

Енергоспоживання приймача становить приблизно 18мА, з яких 17мА припадає на радіомодуль HC-12, що працює в режимі постійного прослуховування радіоканалу. Такі показники забезпечують безперервну роботу пристрою від акумулятора ємністю 1500мА/год протягом більше трьох діб.

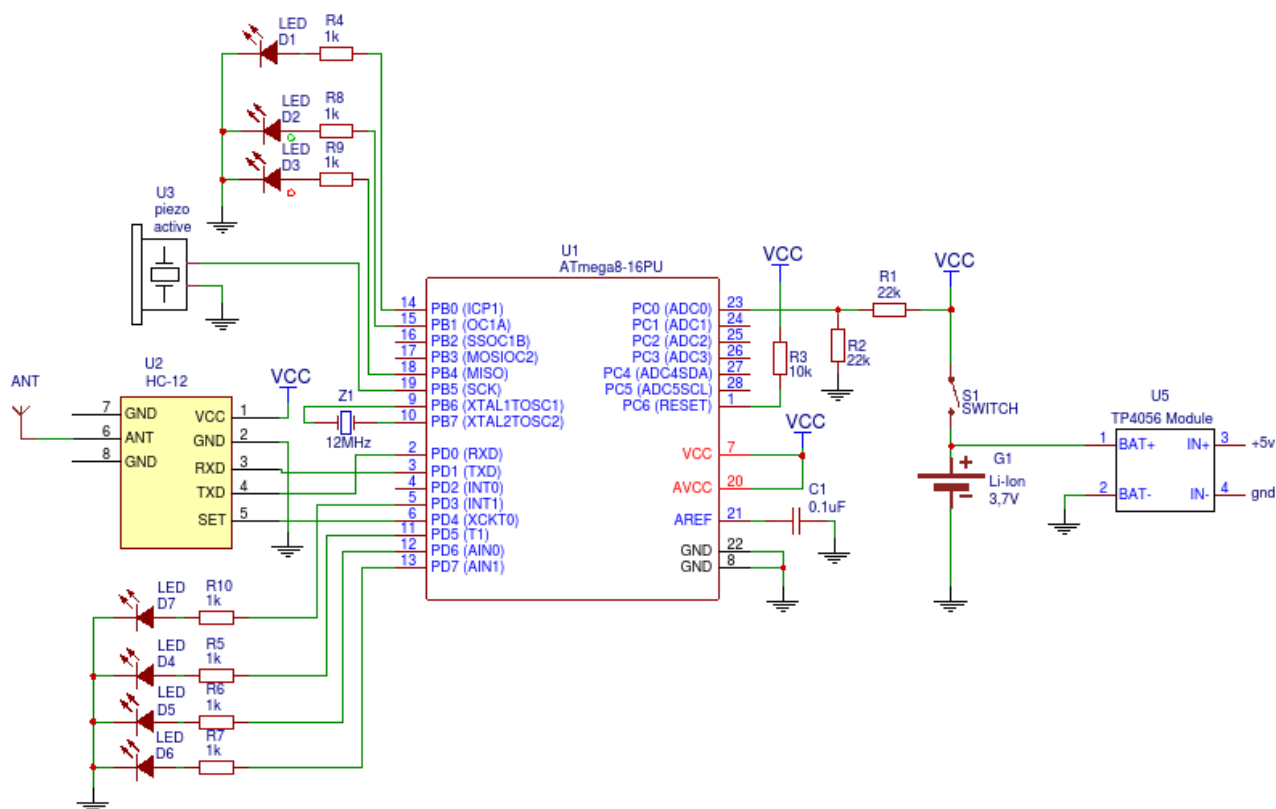


Рисунок 3.2 – Електрична схема приймача на ATmega8

### 3.3 Апаратна реалізація та налаштування

Обидва модулі системи (передавач і приймач) побудовані на мікроконтролерах AVR, які тактуються від зовнішніх кварцових резонаторів частотою 12МГц. Це забезпечує стабільність роботи та точність таймінгів системи.

Для належного функціонування мікроконтролерів було проведено спеціальне налаштування fuse-бітів за допомогою програматора Khazama-AVR Programmer. Зокрема, встановлено біти, що відповідають за роботу із зовнішнім кварцом, захист пам'яті програм, та інші параметри.

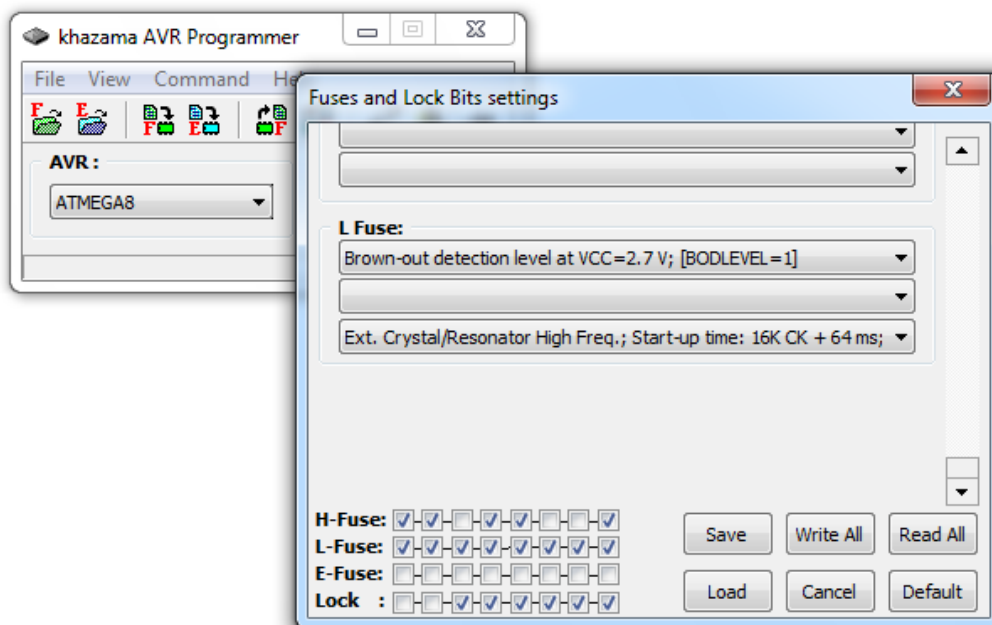


Рисунок 3.3 - Khazama-AVR Programmer. Налаштування фьюз бітів

Перелік елементів подано у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Перелік необхідних елементів

Позначення	Найменування	Кількість
U1	ATmega8-16PU	1
R1,R2,R8,R9	Резистор 22 кОм	4
D1,D4,D5,D6,D2,D3,D7	LED	7
U2	HC-12	1
ANT	ANTENNA	1
S1,S2,S3	SWITCH	3
-	Резистор 10 кОм	1
R4,R5,R6,R7,R8,R9,R10	Резистор 1 кОм	7
G1,G2	Li-Ion	2
U3	HC-SR501	1
R5	4,7 кОм	1
U5,U4	TP4056 Module	2
C1	0,1 $\mu$ F	1
Z1	XTALfast	1
Q1	BS170	1
R6	3,3 кОм	1
R7	47 кОм	1
U3	п'єзоелемент	1

Радіомодулі HC-12 забезпечують надійний зв'язок на відстанях до 100 метрів у приміщенні та до 1000 метрів на відкритому просторі. Використання цих модулів спрощує реалізацію бездротового зв'язку, оскільки вони мають вбудований стек протоколів передачі даних і не потребують додаткової настройки на рівні програмного забезпечення.

Датчик руху HC-SR501 працює за принципом пасивного інфрачервоного сенсора (PIR), який реагує на зміну інфрачервоного випромінювання, що виникає при русі теплокровних об'єктів (людей, тварин) у зоні моніторингу. Радіус дії датчика становить до 7 метрів, а кут огляду — приблизно 120 градусів.

Розроблена система сповіщення відрізняється високою надійністю, автономністю та енергоефективністю, що робить її придатною для різноманітних застосувань у системах безпеки, контролю доступу та моніторингу об'єктів.

### **Висновки до розділу 3**

Розроблена бездротова система сповіщення з датчиком руху успішно вирішує поставлені завдання щодо створення автономного, енергоефективного пристрою для виявлення руху та передачі сигналів тривоги.

Ключовими досягненнями розробки є:

- реалізація повністю автономної системи з живленням від акумуляторів, що забезпечує високу мобільність та гнучкість застосування;
- досягнення наднизького енергоспоживання передавального модуля (3 мА в режимі очікування) завдяки оптимізації схемотехніки та програмного забезпечення;
- вирішення інженерних проблем, пов'язаних з адаптацією стандартних компонентів, зокрема модифікація датчика руху HC-SR501 для роботи при зниженій напрузі живлення;

- ефективно усунення електромагнітних перешкод, що впливали на стабільність роботи системи;
- реалізація різних режимів роботи приймального модуля з інформативною світловою та звуковою індикацією.

Розроблена система демонструє високу надійність, має зручний інтерфейс і може бути використана в широкому спектрі застосувань — від побутових систем охорони до професійних систем контролю доступу та моніторингу об'єктів.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання даної роботи було розроблено ефективну бездротову систему сповіщення із датчиком руху, що відповідає сучасним вимогам до автономності, енергоефективності та надійності.

Проведений аналіз технічного завдання дозволив визначити ключові вимоги до системи та оцінити існуючі технологічні рішення. Огляд різних типів систем зв'язку, охоронної сигналізації, GSM-систем та радіоканальних систем оповіщення створив теоретичну базу для подальшої розробки.

На етапі вибору апаратного забезпечення було обґрунтовано використання мікроконтролера ATmega8 та інфрачервоного датчика руху HC-SR501, які забезпечують оптимальне співвідношення між функціональністю та енергоспоживанням. Порівняльний аналіз різних технологій детектування руху підтвердив доцільність використання PIR-датчиків для автономних систем.

Реалізація системи включала розробку двох основних модулів — передавача та приймача. Для забезпечення максимальної енергоефективності передавача було застосовано ряд інноваційних рішень, зокрема: модифікацію схеми живлення датчика руху для роботи при зниженій напрузі, усунення електромагнітних перешкод через використання окремого джерела живлення та оптимізацію циклу передачі даних. Модуль приймача було реалізовано з різними режимами індикації, що забезпечує зручність експлуатації системи.

Особливу інженерну цінність представляє досягнення надзвичайно низького енергоспоживання передавального модуля (3 мА в режимі очікування), що дозволяє системі тривалий час працювати автономно від батарейного живлення. Використання радіомодулів HC-12 забезпечило стабільний зв'язок на значних відстанях без складного програмного налаштування.

Розроблена система має широкі перспективи практичного застосування — від охорони приватних об'єктів до систем моніторингу спеціального призначення.

Її перевагами є висока автономність, низька вартість, простота налаштування та надійність роботи в різних умовах експлуатації.

Таким чином, поставлені завдання було успішно виконано, а розроблена бездротова система сповіщення із датчиком руху є ефективним рішенням для забезпечення безпеки та моніторингу різноманітних об'єктів.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гнатюк С. О., Сидоренко В. П. Сучасні системи зв'язку в корпоративному середовищі: аналіз та перспективи. Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2022. № 1(74). С. 31–42.
2. Коваленко М. С., Іванчук Д. В. Системи охоронної сигналізації: елементна база та застосування. Технічний сервіс агропромислового комплексу. 2021. Вип. 19. С. 112–124.
3. Дмитрук І. А., Мельниченко О. П. GSM-системи в охоронних комплексах: принципи функціонування та реалізація. Вісник Національного університету "Запорізька політехніка". 2023. № 2. С. 76–85.
4. Радіоканальні системи оповіщення: нормативні вимоги та практичне впровадження. Міністерство цифрової трансформації України. 2021. [Електронний ресурс]. <https://thedigital.gov.ua/storage/uploads/files/page/radiokanalni-systemy.pdf> (дата звернення: 20.04.2025).
5. Петришин Н. І., Захарченко А. М. Класифікація датчиків руху за принципом дії та особливостями застосування. Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. 2020. Т. 12, № 2. С. 45–57.
6. Arduino. ESP-01S Wi-Fi модуль ESP8266. [Електронний ресурс]. <https://arduino.ua/prod2892-esp-01s-wi-fi-modyl-esp8266> (дата звернення: 20.04.2025).
7. Корнієнко Б. Я., Галата Л. П. Інфрачервоні та мікрохвильові датчики руху: порівняльний аналіз. Безпека інформації. 2021. Т. 27, № 3. С. 182–189.
8. Микитюк В. О., Савченко О. Р. Ультразвукові детектори руху в системах безпеки: принципи роботи та застосування. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2022. № 2. С. 67–75.
9. Компанія "Безпека+". Комбіновані датчики руху: каталог та інструкції з монтажу. [Електронний ресурс]. <https://bezpeka-plus.ua/combineddets> (дата звернення: 20.04.2025).

10. Кулик А. С., Забара С. С. Відеоаналітичні системи виявлення руху: основні алгоритми та їх реалізація. Системи обробки інформації. 2021. № 4(167). С. 85–93.
11. Espressif. ESP32. [Електронний ресурс]. <http://www.espressif.com> (дата звернення: 20.04.2025).
12. Марчук Г. В., Поліщук І. О. Бездротові технології Zigbee та Z-Wave в системах виявлення руху: архітектура та особливості. Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. 2022. № 1. С. 103–115.
13. Компанія Everspring. Професійні датчики руху для систем безпеки. [Електронний ресурс]. <https://everspring.com.ua/motion-sensors> (дата звернення: 20.04.2025).
14. Wang L., Liu J. Wireless Sensor Networks and Their Applications in Smart Home Systems. *International Journal of Computer Networks & Communications*. 2020. Vol. 12, No. 4. P. 75–93. doi:10.5121/ijcnc.2020.1206.
15. Johnson R., & Smith K. Motion Detection Sensors: Types, Principles and Applications. *IEEE Sensors Journal*. 2021. Vol. 21, No. 8. P. 10432–10447. doi:10.1109/JSEN.2021.3057294.
16. Roberts C., Davis M. Comparative Analysis of Wireless Communication Protocols for Security Systems. In: 2022 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). IEEE, 2022. P. 1–5.
17. Brown T., Wilson J. PIR Sensor Technology: Recent Developments and Integration in Home Security. *International Journal of Electronics and Electrical Engineering*. 2022. Vol. 14, No. 3. P. 245–258.
18. Harris P., Anderson M. GSM/GPRS Based Security Systems: Architecture and Implementation. *Journal of Telecommunications and Information Technology*. 2021. No. 2. P. 56–68.
19. Zhang Y., Liu H. *Radio Frequency Alarm Systems: Principles and Implementation Guide*. CRC Press, 2020. 192 p.
20. Adafruit. PIR Motion Sensor. [Електронний ресурс]. <https://www.adafruit.com/product/189> (дата звернення: 20.04.2025).

21. Williams K., Thompson N. Design and Implementation of Energy-efficient Wireless Motion Detection Systems. *Sensors*. 2023. Vol. 23, No. 5. P. 2375. doi:10.3390/s23052375.
22. Garcia F., Martinez P. Microwave Motion Sensors: Operating Principles and Applications in Security Systems. In: 2021 International Symposium on Security Technologies. Springer, 2021. P. 123–140.
23. European Security Systems Association. *Wireless Motion Detection Networks: Technical Guideline*. Brussels: ESSA Publications, 2022. 86 p.
24. Li X., Chen W. Ultrasonic Motion Detection: Theory and Implementation in Modern Security Systems. *Journal of Security Engineering*. 2020. Vol. 7, No. 4. P. 342–359.

## ДОДАТОК А

### КОДИ ПРОГРАМ

Основні команди, що використовуються для комунікації:

- 0 - перевірка зв'язку
- 1 - спрацював датчик руху
- 2 - спрацював контактний датчик на PortD.2
- 3 - низький заряд батареї основного модуля
- 4 - низький заряд батареї плати датчика руху

Код написаний мовою BASCOM-AVR - високорівневою мовою програмування, оптимізованою для мікроконтролерів AVR.

#### Лістинг А.1 – Код передавача з окремим живленням датчика руху

```

$regfile = "m8def.dat"      'Підключення файлу опису регістрів
ATmega8
$crystal = 12000000        'Встановлення частоти кварцового
резонатора 12 МГц
$baud = 9600               'Налаштування швидкості UART на 9600
бод

'Конфігурація АЦП для моніторингу напруги акумуляторів
Config Adc = single, Prescaler = Auto , Reference = Internal
Dim R As Word              'Змінна для зберігання результату
перетворення АЦП
Dim T As Byte              'Флаг переповнення таймера
Dim M As Byte              'Флаг спрацювання датчика руху
dim n as Byte              'Флаг спрацювання контактного датчика

'Підключення світлодіода індикації
Config Portb.0 = Output
Led Alias Portb.0

'Конфігурація переривання по задньому фронту для контактного
датчика
Config Int0 = Falling
On Int0 Switch

'Конфігурація переривання по передньому фронту для датчика руху
Config Int1 = Rising
On Int1 Pir

```

```

'Вихід для керування живленням радіомодуля
config PORTD.7=OUTPUT
vcc alias portd.7
vcc=1                                'Вмикаємо живлення радіомодуля при
старті

'Конфігурація таймера #1 для періодичної перевірки зв'язку
Config Timer1 = Timer , Prescale = 1024      'Переривання кожні
6 секунд
On Timer1 Tmr
Start Timer1

'Початкова індикація, що пристрій працює
Wait 1
Led = 1
Waitms 500
Led = 0
waitms 100

'Дозвіл переривань
Enable Interrupts
Enable Timer1
Enable Int0
Enable Int1
Start Adc

print "0"                                'Відправка початкового сигналу перевірки
зв'язку

'Основний цикл програми
Do
  'Блок перевірки заряду акумуляторів при спрацюванні таймера
  if t=1 then
    t=0
    r=getadc(0)                            'Перевірка заряду основного акумулятора

    if R<660 then                          'Якщо значення нижче порогового
(приблизно 3,3В)
      print "3"                            'Відправка команди про низький заряд
основного акумулятора
    end if

    r=getadc(5)                            'Перевірка заряду акумулятора датчика
руху
    if R<660 then                          'Якщо значення нижче порогового
(приблизно 3,3В)
      print "4"                            'Відправка команди про низький заряд
акумулятора датчика
    end if
  end if

  'Блок обробки спрацювання контактного датчика
  if n=1 then

```

```

        If Pind.2 = 0 Then      'Якщо контактний датчик замкнутий
            Print "2"          'Відправляємо команду поки датчик
                                замкнутий
            waitms 100
        Else
            n=0                 'Скидаємо флаг спрацювання датчика
        end if
    End If

    'Блок обробки спрацювання датчика руху
    if m=1 then
        If Pind.3 = 1 Then     'Якщо датчик руху активний
            Led = 1            'Вмикаємо світлодіод індикації
            Print "1"          'Відправляємо сигнал тривоги
            waitms 100
        Else
            Led = 0            'Вимикаємо світлодіод
            m=0                 'Скидаємо флаг спрацювання датчика руху
        end if
    End If

    'Режим енергозбереження, якщо немає активних подій
    if t=0 and m=0 and n=0 then
        vcc=0                  'Вимикаємо живлення радіомодуля
        waitms 50              'Затримка для стабілізації
        idle                    'Переводимо мікроконтролер у режим сну
    end if

    waitms 1000                'Затримка циклу опитування
Loop

End

'Обробник переривання від контактного датчика
Switch:
    vcc=1                      'Вмикаємо живлення радіомодуля
    waitms 100                 'Затримка для стабілізації
    n=1                         'Встановлюємо флаг спрацювання
    Print "2"                  'Відправляємо сигнал тривоги
Return

'Обробник переривання від датчика руху
Pir:
    vcc=1                      'Вмикаємо живлення радіомодуля
    waitms 100                 'Затримка для стабілізації
    Led = 1                    'Вмикаємо світлодіод індикації
    Print "1"                  'Відправляємо сигнал тривоги
    m=1                         'Встановлюємо флаг спрацювання датчика
Return

'Обробник переривання від таймера #1
Tmr:
    vcc=1                      'Вмикаємо живлення радіомодуля

```

```

waitms 100           'Затримка для стабілізації
print "0"           'Відправляємо сигнал перевірки зв'язку
t=1                 'Встановлюємо флаг переповнення таймера
Return

```

Код програми для приймального модуля системи сповіщення реалізує логіку обробки сигналів від передавача та генерації відповідної візуальної і звукової індикації.

Коди команд:

- 0-перевірка зв'язку;
- 1-спрацював датчик руху;
- 2-спрацював датчик на PortD.2;
- 3-низький заряд батареї передавача;
- 4-низький заряд батареї датчика руху.

Лістинг А.2 - Код приймача з окремим живленням датчика руху

```

$regfile = "m8def.dat"      'Підключення файлу опису регістрів
ATmega8
$crystal = 12000000        'Встановлення частоти кварцового
резонатора 12 МГц
$baud=9600                 'Налаштування швидкості UART на 9600
бод

'Конфігурація виходів для індикації
config portb.0=OUTPUT      'Індикація спрацьовування датчика руху
pir alias portb.0

config portb.1=OUTPUT      'Індикація наявності зв'язку з
передавачем
green alias portb.1

config portb.4=OUTPUT      'Індикація відсутності зв'язку
red alias portb.4

config portd.5=OUTPUT      'Індикація низького заряду батареї
приймача
bat1 alias portd.5

config portd.6=OUTPUT      'Індикація низького заряду батареї
передавача
bat2 alias portd.6

```

```

config portd.3=OUTPUT      'Індикація низького заряду батареї
датчика руху
bat3 alias portd.3

config portd.7=OUTPUT      'Індикація спрацьовування контактного
датчика
switch alias portd.7

config portb.5=OUTPUT      'Вихід для підключення звукового
сигналізатора
zoom alias portb.5

'Перевірка індикаторів при включенні
wait 1
pir=1
green=0
red=1
bat1=1
bat2=1
bat3=1
switch=1
wait 1
pir=0
green=1
red=0
bat1=0
bat2=0
bat3=0
switch=0
wait 1
green=0

'Оголошення підпрограм
Declare Sub Getline(s As String)
Declare Sub Flushbuf()

'Конфігурація АЦП для моніторингу напруги акумулятора
Config Adc = single, Prescaler = Auto , Reference = Internal

'Оголошення змінних
Dim S As String * 10      'Рядок для прийому команд
Dim N As Byte             'Номер символу по таблиці ASCII
Dim R As Byte             'Флаг зайнятості буфера
dim z as Byte            'Лічильник для періодичного опитування
АЦП
dim x as Byte             'Лічильник для контролю зв'язку
dim c as Byte             'Лічильник для керування індикацією
Dim T As word             'Значення АЦП
dim er as bit             'Флаг помилки зв'язку

dim l as bit              'Флаг спрацювання датчиків
dim m as bit              'Флаг низького заряду

```

```

dim k as Byte           'Лічильник для генерації переривчастого
звукового сигналу
dim b as Byte           'Лічильник для звукової індикації
низького заряду

'Конфігурація таймера для автоматичного скидання індикації
Config Timer1 = Timer , Prescale = 1024   'Переривання кожні 6
секунд
On Timer1 Tmr
stop timer1

Enable Interrupts
enable timer1

'Основний цикл програми
do
R = Ischarwaiting()   'Перевірка наявності повідомлення в
буфері

If R = 1 Then
x=0                   'Скидання лічильника контролю зв'язку
Getline S             'Отримання команди з буфера
Flushbuf

'Обробка отриманих команд
if s="1" then         'Спрацював датчик руху
pir=1
l=1                   'Встановлення флагу для активації
звукового сигналу
end if

if s="2" then         'Спрацював контактний датчик
switch=1
l=1
end if

if s="3" then         'Низький заряд батареї передавача
bat2=1
m=1                   'Встановлення флагу для активації
короткого звукового сигналу
end if

if s="4" then         'Низький заряд батареї датчика руху
bat3=1
m=1
end if

'Запуск таймера для автоматичного скидання індикації
start timer1
end if

'Генерація переривчастого звукового сигналу при спрацюванні
датчиків

```

```

if l=1 then
  zoom=1
  incr k
  if k=10 then
    toggle zoom          'Перемикання стану звукового
сигналізатора
    k=0
  end if
end if

'Генерація короткого звукового сигналу при низькому заряді
батареї
if m=1 then
  incr b
  if b=1 then
    zoom=1
  end if

  if b=2 then
    zoom=0
  end if
end if

'Періодична перевірка напруги батареї приймача
incr z
if z>20 then
  z=0
  gosub readadc
end if

'Контроль наявності зв'язку з передавачем
incr x
if x>200 then           'Якщо зв'язку не було більше 10 секунд
  x=200
  er=1                  'Встановлення флагу помилки зв'язку
end if

if x<200 then
  er=0
end if

'Керування індикацією наявності/відсутності зв'язку
incr c
if c<=3 then
  if er=0 then         'Якщо зв'язок є
    green=1           'Зелений індикатор увімкнено
    red=0
  else                 'Якщо зв'язку немає
    green=0
    red=1             'Червоний індикатор увімкнено
    zoom=1           'Короткий звуковий сигнал
    waitms 20
    zoom=0
  end if
end if

```

```

        end if
    end if

    if c>3 then
        'Вимкнення індикаторів для економії
енергії
        red=0
        green=0

        if c>50 then
            c=0
        end if
    end if

    waitms 50
        'Затримка циклу опитування

loop

end

'Підпрограма читання даних з буфера UART
Sub Getline(s As String)
    S = ""
    N = Inkey()
    If N <> 10 Then
        'Якщо це не кінець рядка
        $timeout = 1000000
        'Встановлення таймауту
        Input S Noecho
        'Отримання даних без відлуння
        If N <> 10 Then S = Chr(n) + S
        'Формування рядка
    End If
End Sub

'Підпрограма очищення буфера UART
Sub Flushbuf()
    Waitms 10
    Do
        N = Inkey()
        'Вилучення всіх символів з буфера
    Loop Until N = 0
End Sub

'Підпрограма читання даних з АЦП для моніторингу батареї
приймача
readadc:
    T=getadc(0)
        'Отримання значення напруги батареї

    if T<660 then
        'Якщо значення нижче порогового
(приблизно 3,3В)
        bat1=1
        'Активация індикатора низького заряду
        m=1
        'Включення звукової індикації
    else
        bat1=0
        m=0
    end if
return

```

```
'Обробник переривання по таймеру - скидання всіх індикаторів  
tmr:  
  pir=0  
  switch=0  
  bat2=0  
  bat3=0  
  l=0  
  k=0  
  m=0  
  zoom=0  
return
```

Національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

# Розробка системи бездротового оповіщення про виявлення руху

Виконав ст. гр. КНТ – 512сп Марчук Олександр Олександрович

Керівник к.т.н., доцент

Грушко Світлана Сергіївна

# Актуальність

Сучасна система сповіщення:

- полегшує виявлення і визначення точного місця загрози
- широко застосовується для охорони приватних житлових і промислових приміщень
- дозволяє стежити за температурою в приміщенні, дізнаватися про витік води або газу

# Цілі і завдання

**Мета роботи** – розробка автономної бездротової системи оповіщення з датчиком руху, що забезпечує максимальну мобільність та енергоефективність.

## **Завдання:**

- Аналіз сучасних систем зв'язку та оповіщення
- Вибір оптимального апаратного забезпечення
- Розробка схемотехнічних рішень
- Програмна реалізація та тестування системи

# Вибір апаратного забезпечення

**Мікроконтролер ATmega8** - оптимальне поєднання функціональності та енергоефективності

**Порівняльний аналіз альтернатив** (ATmega168/328, PIC16F, STM8) підтвердив доцільність вибору ATmega8

**Датчик руху HC-SR501 (PIR)** обрано на основі тестування:

- Найнижче енергоспоживання
- Висока чутливість
- Гнучкі можливості налаштування

**Дослідження технічних характеристик** компонентів дозволило оптимізувати їх інтеграцію в систему

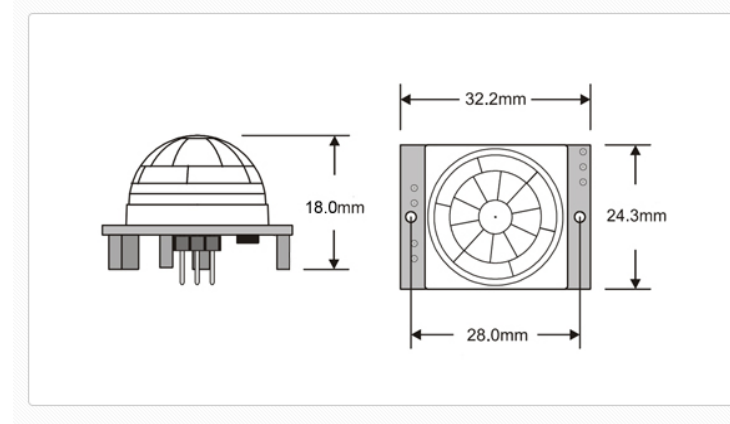
# Мікроконтролер Atmega8

Мікроконтролер Atmega8 поєднує в собі функціональність, компактність і порівняно невисоку ціну.

EEPROM	8 Кб
Аналогові входи(АЦП)	4
Вхідна напруга (гранична)	5,5 Вольт
Вхідна напруга (рекомендована)	4,5-5 Вольт
ОЗП	256 байт
Тактова частота	20 МГц
Flash-пам'ять	8 Кб

# Датчик руху HC-SR501

- робоча напруга - 5В;
- DC Струм робочого стану - 110 мА;
- струм чергового стану - 50 мА ;
- струм на виході - 60 мА;
- кут огляду - 110 ° - 140 ° ;
- потужність - 3/5/7/9 Вт;
- дальність спрацьовування - 3 - 5 м;
- залишкова напруга - 3,3 В;
- тривалість імпульсу при виявленні - 5 - 200 с;
- час блокування до наступного виміру - 2,5 с;
- робоча температура - -20 ° С - + 80 ° С;
- габаритні розміри - 32 × 24 × 18 мм;
- маса - 15 г.



Габаритні і установочні розміри  
модуля HC-SR501

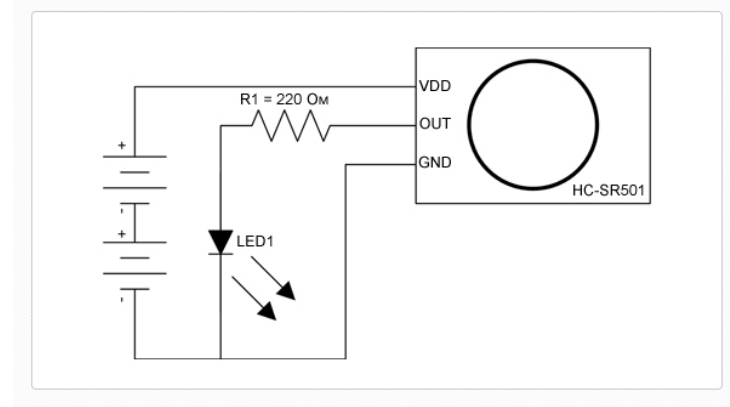
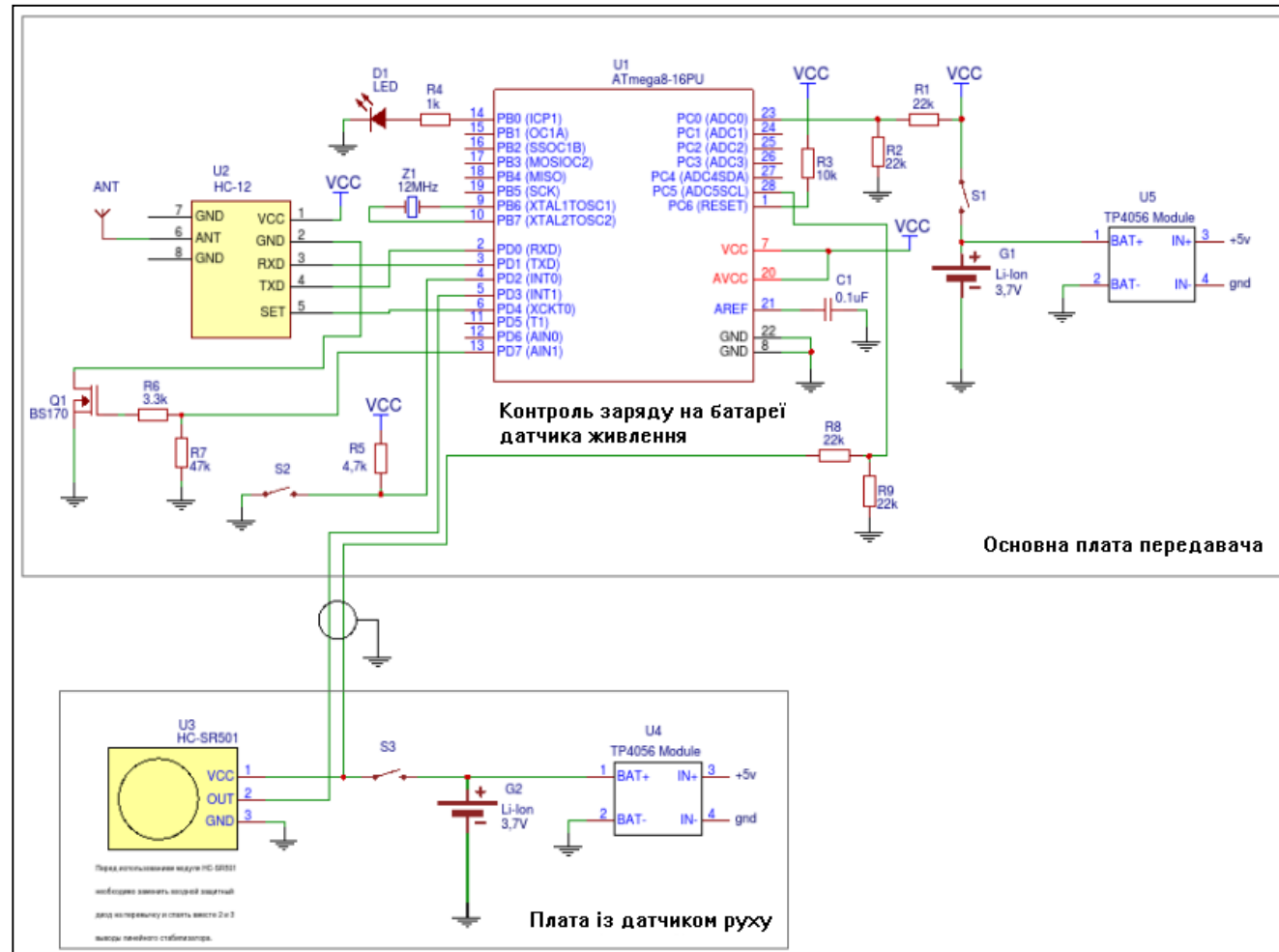
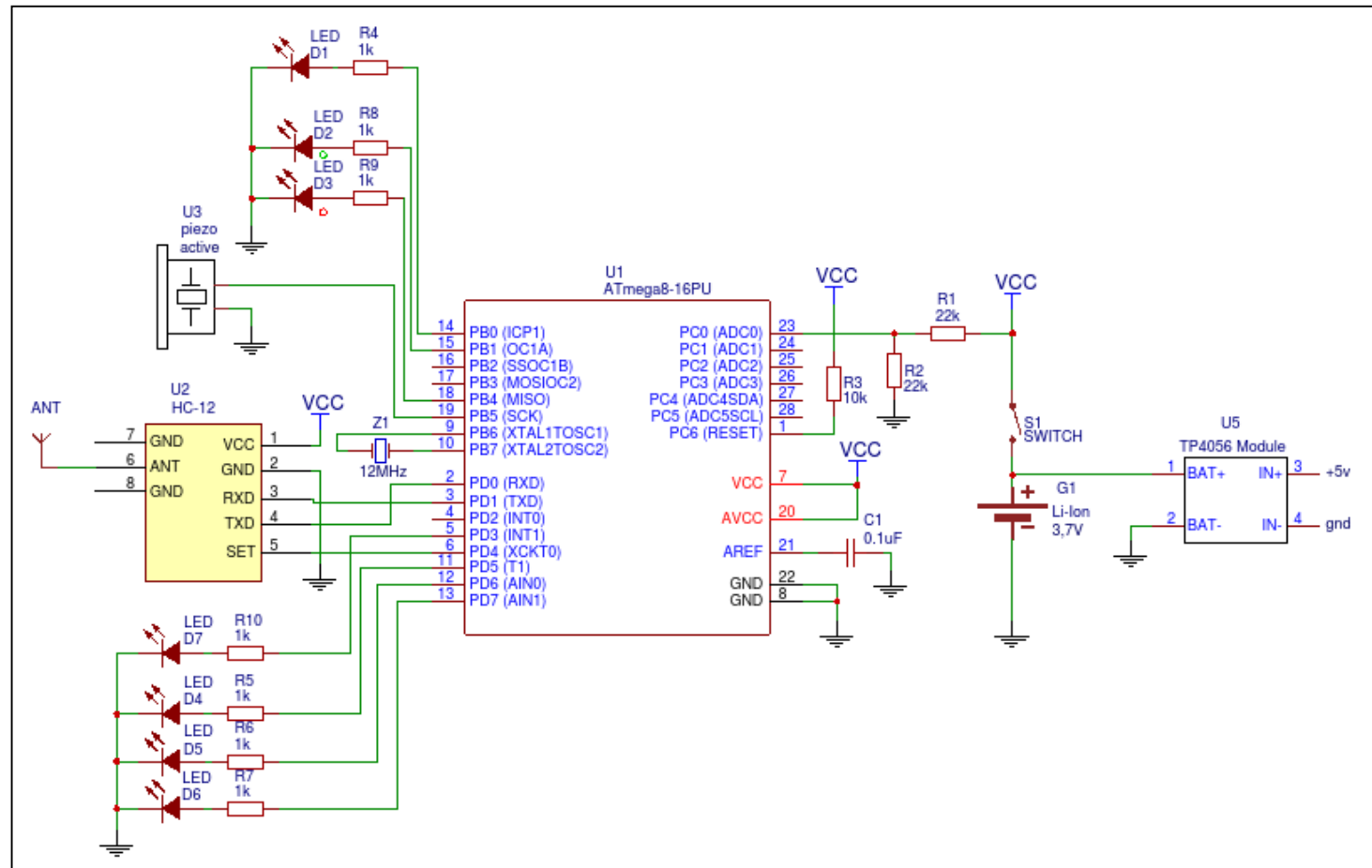


Схема підключення модуля HC-SR501  
для перевірки працездатності

# Електрична схема передавача



# Електрична схема пријмача



# Висновки

- Проведено аналіз систем зв'язку і принципів, на яких вони базуються
- Розглянуто існуючі системи сповіщення
- Розглянуто принципи роботи датчиків руху
- Проведено огляд, аналіз характеристик і вибір відповідного мікроконтролера. Обрано мікроконтролер ATmega8-16PU
- Розглянуто технічні характеристики радіомодулей і датчиків руху, проведений порівнювальний аналіз. Обрано радіомодулі HC-12 і датчик руху HC-SR501
- Розроблено електричні схеми приймача і передавача

Дякую за увагу!