МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”
Факультет електроніки
Кафедра електронної інженерії

"На правах рукопису"

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

УДК _____

_____ В.І. Тимофєєв

“___”__ _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 176 мікро- та наносистемна техніка

на тему Пристрій цифрової GSM-сигналізації

Виконав: студент II курсу, групи ДМ-31мп

Неділько Артем Олександрович
(прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник доц. каф. ЕІ, к.т.н Казміренко В. А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент доц. каф. МЕ, к.т.н., доц. Діденко Ю. В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент 
(підпис)

Київ - 2024 року

Форма № Н-9.01

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”

Факультет електроніки
Кафедра електронної інженерії
Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою Електронні міеро- і наносистеми та технології.
Спеціальність 176 мікро- та наносистемна техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ В.І. Тимофєєв
“___”_____ 20___ р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

_____
_____
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема дисертації Пристрій цифрової GSM-сигналізації
Науковий керівник Казміренко Віктор Анатолійович доц. каф. ЕІ, к.т.н,
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від “08” листопада 2024 року № 5027-с
2. Строк подання студентом дисертації _____
3. Об’єкт дослідження системи цифрових GSM сигналізацій
4. Предмет дослідження : Методи та алгоритми роботи модулів цифрових сигналізацій.
5. Перелік питань, які потрібно розробити 1.Пошук та ознайомлення з літературними джерелами. 2. Вибір компонентної бази системи цифрової сигналізації. 3. Розробка програмного алгоритму. 4. Створення та налагодження діючого макету цифрової сигналізації. 5.Оформлення дипломної роботи.
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу
_____
_____
7. Орієнтовний перелік публікацій
_____
_____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Пошук та ознайомлення з літературними джерелами за темою практики	01.09.2024 – 14.10.2024	
	Вибір компонентної бази системи цифрової сигналізації	15.10.2024 – 22.10.2024	
	Розробка програмного алгоритму	23.10.2024 – 12.11.2024	
	Створення та налагодження діючого макету цифрової сигналізації	13.11.2024 – 20.11.2024	
	Оформлення дипломної роботи	20.11.2024 – 02.12.2024	

Студент (підпис) Неділько А.О. (прізвище та ініціали)

Науковий керівник роботи (підпис) Казміренко В.А. (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ЦИФРОВА СИГНАЛІЗАЦІЯ, ОХОРОННА СИСТЕМА, СЕНСОР, ОХОРОНА, БЕЗПЕКА, RFID, GSM

Об’єктом досліджень є існуючі на ринку системи цифрових сигналізацій, відповідні апаратні блоки та модулі, а також програмні рішення. Предмет дослідження - методи розрахунку системи цифрової сигналізації, фізичні процеси що забезпечують функціонування даної системи.

Метою роботи є дослідження, вивчення та визначення оптимальних технологій та алгоритмів, фізичних явищ та процесів для реалізації та застосування їх у сучасній системі цифрової сигналізації.

Перший розділ є літературним оглядом, який включає в себе історію розвитку та огляд сучасних систем цифрових сигналізацій, структуру та основні блоки з яких вони складаються.

У другому розділі розглянуто створення блок-схеми та алгоритму роботи програмного забезпечення сигналізації, описано кожен елемент блок-схеми, пояснена його роль у функціонуванні приладу; обрано конкретні моделі комплектуючих відповідно до поставлених умов.

Третій розділ присвячений програмній складовій та налагодженню діючого макету системи цифрової сигналізації. В цьому розділі було розроблено алгоритм функціонування цифрової GSM – сигналізації, реалізовано та налагоджено програмний код. Також у даному розділі описано процес макетування, розроблено електричну принципову схему, друковану плату виробу та проведено розрахунки номіналів компонентів.

В четвертому розділі наведено розробку стартап – проекту щодо створення на основі побудованого макету системи цифрової GSM сигналізації. Наведено попередній аналіз перспектив комерціалізації проекту з оцінкою ризиків та напрямків просування продукту.

ABSTRACT

DIGITAL ALARM, SECURITY SYSTEM, SENSOR, PROTECTION, SAFETY, RFID, GSM

The object of the research is existing market systems for digital alarms, corresponding hardware units and modules, as well as software solutions. The subject of the research is the methods for calculating the digital alarm system, and the physical processes that ensure the functioning of this system.

The purpose of the work is to research, study, and identify optimal technologies and algorithms, physical phenomena and processes for their implementation and application in modern digital alarm systems.

The first section is a literature review, which includes the history of development and an overview of current digital alarm systems, their structure, and the main blocks that make them up.

The second section discusses the creation of a block diagram and the algorithm for the operation of the developed alarm software, as well as a description of each element of the block diagram, explaining its role in the operation of the device; specific component models were chosen according to the given conditions.

The third section is devoted to the software component and the setup of the working prototype of the digital alarm system. In this section, an algorithm for the operation of the digital GSM alarm was developed, implemented, and the software code was debugged. Also, the section describes prototyping process, schematic development, printed circuit board of the device, and the calculations of component values.

The fourth section presents the development of a startup project for creating a digital GSM alarm system based on the constructed prototype. A preliminary analysis of the project's commercialization prospects is provided, including risk assessment and product promotion strategies.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ЗСП – зовнішні сигнальні пристрої

ІС – інтегральна схема

ІЧ – інфрачервоний

МК – мікроконтроллер

ОС – охоронна сигналізація

ПЗ – програмне забезпечення

ПДК – пульт дистанційного керування

ПЦС – пульт централізованого спостереження

ПКП – приймально-контрольний прилад

СО – охоронні сповіщувачі

САПР – система автоматизованого проектування

EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (електрично очищувана програмована постійна пам'ять)

FSM – Final State Machine (автомат кінцевих станів)

GSM – Groupe Special Mobile (група спеціального мобільного зв’язку)

RFID – Radio Frequency Identification (радіочастотна ідентифікація)

SRAM - статична оперативна пам'ять з довільним доступом

URL – Uniform Resource Locator (єдинообразний визначник розташування ресурсу)

ВСТУП

Системи захисту та моніторингу охоронюваної території користувались та продовжують використовуватись практично в усіх галузях господарства: у промисловості та в побуті. Механізми та прилади, що забезпечують вищезазначені функції перебувають у стані постійної розробки. Також безперервно створюються та патентуються нові ідеї для покращення їх охоронних властивостей. Окремим типом захисту доцільно виділити сигналізацію, основною метою якої є сповіщення та інформування оточуючих про зафіксовані порушення на об’єкті що охороняється. [1]

Перші автоматизовані системи сигналізування були механіко-акустичними та не набули високого розповсюдження. Проте, завдяки стрімкому розвитку електроніки, з’явилась можливість створення сигналізації на основі напівпровідникових компонентів, що значно розширило функціонал та сферу їх застосування. [2]

Сучасна сигналізація може попередити не тільки про вторгнення в приміщення зловмисника, а й про пожежу, затоплення, зникнення живлення електромережі та багато іншого. [3] Великими перевагами встановлення сигналізації є моніторинг приміщення в режимі реального часу, бездротове керування, простота монтажу без необхідності псувати інтер’єр та робота від джерела резервного живлення, що дозволить системі продовжити працювати деякий час при перебоях у мережі електропостачання. [4]

Сучасні сигналізації в більшості випадків є модульними та складаються з основного елемента – так званого хаба і датчиків, що підключаються до нього. На сьогоднішній день сигналізації не лише мають широкий спектр детектування загроз з подальшим сповіщенням про них, але й забезпечують постійний неперервний зв’язок з власником, що досягається за рахунок різних технологій передавачі даних, та існування альтернативних каналів їх передачі.

1 СИСТЕМИ ЦИФРОВИХ СИГНАЛІЗАЦІЙ

1.1 Історія розвитку цифрових сигналізацій

Потреба у безпеці є однією з базових потреб людства. Саме тому протягом усієї історії людство створювало та продовжує винаходити пристрої та методи для забезпечення власного виживання. Одним з важливих елементів у забезпеченні безпеки є завчасне попередження про ймовірні загрози. Відповідні сповіщення можуть відбуватися за допомогою візуального, аудіального чи іншого типу сигналу. Вирази “бити на сполох”, “бити в дзвони (набат)” прийшли до нас з минулих віків, та формально позначали дію що призводила до сповіщення населення про загрозу що насувається. Також багатьом відома легенда про те як гуси врятували Рим.

Зрозуміло, що при використанні для охорони територій людей та(або) навчених тварин існують певні складнощі: необхідність відповідного забезпечення необхідних умов та ведення почергових змін, втомлюваність та зменшення пильності при довгому чергуванні, тощо. Саме в цьому проявлялась актуальність створення автоматизованої системи сповіщення тобто сигналізації.

Перша електронна система охоронної сигналізації була запатентована у 1853 році вченим Расселом Поупом, який потім продав цей патент Едвіну Холмсу. [5] Принцип роботи сигналізації полягав у тому, що при відчиненні дверей або вікна відбувалось замикання електричного контакту що призводив до спрацювання електромеханічного дзвінка. Демонстраційний стенд такої сигналізації зображено на рис. 1.1. Через кілька років Едвін розробив оновлену систему сигналізації яку вмонтовували у сейфи. В якості чутливого датчика використовувались дві тонкі металеві планки з’єднані між собою через певний опір або через тонкий шар паперу. Металеві планки в свою чергу підключались до електричного кола через гальванометр. При порушенні покриття(опору), або при перерізанні провідників що ведуть до сенсору усі зміни реєструвались на

гальванометрі. [6] Рекламна кампанія Холмса в Нью-Йорку виявилась успішною та дозволила йому відкрити власний офіс.

Рисунок 1.1 – Демонстраційний стенд сигналізації Расела Поупа [7]

Цікавим фактом є те, що дана система сигналізації була винайдена раніше ніж перший телефон (1876) та електричний ліхтар(1879). Після винайдення телефонного апарату Едвін Холмс разом з Алексом Беллом використали засоби центрального офісу охоронних сигналізацій зокрема мережу що об’єднувала цей офіс з клієнтами для забезпечення телефонного зв’язку. [8] Це розширювало можливості тогочасних систем сигналізацій, дозволяючи тримати оперативний зв’язок з клієнтами та фактично ввівши першу централізовану систему охоронної сигналізації.

У 1905 році компанію Холмса придбала американська компанія AT&T (American Telephone and Telegraph Company) та впроваджує послугу виклику поліції та пожежної служб за сигналом від системи охоронної сигналізації, увійшовши тим самим в галузь систем безпеки. [9]

Наступний важливий етап у розвитку систем цифрових сигналізацій відбувся у 1940-х роках після закінчення Другої світової війни, коли розроблені для детекції просування ворога технології були використані в цивільних цілях. Зокрема, вчений Самуель Баньо використав свої знання у побудові радарних систем для розробки перших датчиків руху. Свій винахід він назвав ультразвуковою сигналізацією. [10] Сенсор складається з випромінювача ультразвукових хвиль та приймача. Принцип роботи ґрунтується на ефекті Допплера коли об’єкт що потрапляє в зону поширення електромагнітних (у нашому випадку ультразвукових) хвиль змінює параметри хвилі, що реєструється приймачем та призводить до спрацювання системи. Впродовж 1940-1960 років також з’явилось багато інших розробок, серед яких магнітоконтактні датчики (геркони), піроелектричні датчики, цифрові оптичні матриці, тощо. Усі ці сенсори та пристрої на їх основі стали широко використовуватись у системах цифрових сигналізацій ближче до 70-х років минулого сторіччя та продовжують використовуватись досі.

Варто також зазначити що сам концепт системи цифрової сигналізації став більш масштабним та складним. Тому, для забезпечення певного алгоритму функціонування відповідної системи використовували логічні елементи, зокрема транзистори, що були комерційно доступним вже у 1950-х роках. [11]

1.2 Класифікація охоронних сигналізацій

Підсумовуючи інформацію, надану в попередньому розділі, варто надати визначення термінам “Охоронна сигналізація”, “Об’єкт що охороняється” та “Технічні засоби охоронної сигналізації”.

Охоронною сигналізацією (ОС) називають комплекс технічних засобів що дозволяють здійснювати отримання, обробку, передачі і представлення в

установленому вигляді споживачам інформації про проникнення на об’єкти, що охороняються.

Об’єктом, що охороняється називають приміщення або комплекс приміщень, що розосереджені в межах одного або декількох будівель, а також територія, що має позначені кордони (периметр) і обладнана технічними засобами ОС.

Технічні засоби ОС – це різноманітні пристрої та блоки, основним призначенням яких є виявлення спроби проникнення в охоронюваний периметр, через охоронювані рубежі на яких вони встановлюються, передачі і відображення (реєстрації) сповіщень у випадку тривоги. Комплекс технічних засобів загалом складається з наступних засобів:

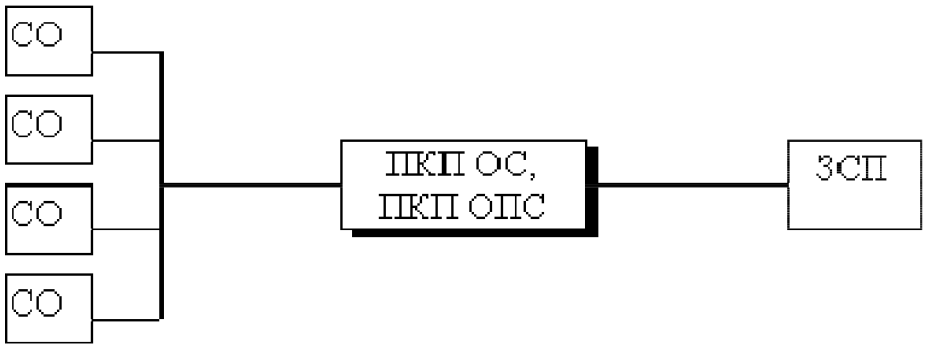
- технічні засоби виявлення (охоронні сповіщувачі);
- засоби контролю (приймально-контрольні пристрої, системи передачі сповіщень і системи централізованого спостереження);
- допоміжне обладнання (акустичні та оптичні оповіщувачі, джерела живлення, системи відеоспостереження, тощо).

Разом ці засоби утворюють систему охоронної сигналізації. Класифікувати ОС можна за наступними критеріями:

- за принципом дії ОС поділяють на провідні та бездротові. У бездротових системах зв’язок між приймально-контрольним приладом (ПКП) та сенсорами відбувається за допомогою радіохвиль;
- за типом захисту виділяють ОС для охорони приміщень, території та системи відеоспостереження;
- за функціоналом автономні, централізовані та гібридні системи;
- за призначенням - існують побутові, комерційні та промислові системи.

Розглянемо більш детально класифікацію ОС за функціоналом. Автономні системи сигналізацій використовуються у випадках коли підключення до пульту централізованого спостереження (ПЦС) не є доцільним або можливим з певних

причин. Основною метою таких ОС є звукова та світлова сигналізація у разі несанкціонованого проникнення на об’єкт що охороняється для залучення уваги служби охорони та інших відповідальних за безпеку об’єкту осіб. Структурну схему найпростішої автономної сигналізації зображено на рис. 1.2.



СО – охоронні сповіщувачі; ПКП – приймально-контрольний прилад; ЗСП – зовнішні сигнальні пристрої.

Рисунок 1.2 – Структурна схема найпростішох автономнох ОС [12]

Централізовані ОС підключаються до пультів централізованого спостереження (ПЦС).

1.3 Класифікація засобів виявлення та контролю ОС

До пристроїв, що забезпечують виявлення та контроль у системах ОС належать сповіщувачі що підключені до шлейфу сигналізації (ШС) та дозволяють детектувати проникнення або спробу проникнення на об’єкт що охороняється. Відповідні засоби за принципом дій поділяються на наступні:

- електроконтактні і омічні (обривні);
- магнітоконтактні (герконові);
- ударноконтактні;
- п’єзоелектричні (вібраційні);
- ємністі або індуктивні (параметричні);

- радіохвильові (НВЧ-сповіщувачі);
- ультразвукові;
- оптично-електронні (інфрачервоні) активні і пасивні;
- комбіновані (поєднують декілька різних принципів дії, наприклад, пасивний інфрачервоний і НВЧ).

Варто зазначити, що різні типи пристроїв що забезпечують виявлення та контроль у системах сигналізацій (далі просто сенсори, або датчики) в залежності від принципу їх функціонування можуть використовуватись для охорони різних типів територій та приміщень. Розглянемо термін “рубіж охорони”. Рубежем охорони називають межу чи зону, що визначає територію яку потрібно охороняти. Для захисту об’єкта можна використовувати один або декілька рубежів. [12]

Для прикладу розглянемо приватний будинок що має три рубежі охорони: перший рубіж – внутрішній периметр приміщень; другий рубіж - конкретні приміщення в яких с предмети що охороняються, а також коридори та проходи; третій рубіж – окремі предмети всередині приміщень. Перший рубіж являє собою контроль вікон та дверей, вентиляційних шахт, підлоги та стелі тощо. Тут доцільно встановити наприклад електроконтактні або магнітноконтактні сенсори. На другому рубежі де контролюється пересування по коридорах та приміщеннях комбінований сенсор, а на третьому рубежі в залежності від об’єкту що охороняється.

1.4 Сучасні системи охоронних сигналізацій

Розглянемо популярні бренди що продаються в Україні та проведемо аналіз (класифікуємо) найбільш доступні моделі даних брендів. За статистикою переглядів популярного на території України інтернет-магазину [13] до п’ятірки виробників систем ОС входять наступні бренди: Ajax, Covi Security, Bosch, Atis та

Trinix. Зрозуміло, що за призначенням усі розглянуті системи ОС є побутовими. Також усі ці системи мають лише один охоронюваний рубіж та мінімально необхідну кількість сенсорів, що пояснюється їх фінансовою доступністю.

Найбільш доступним на даний момент рішенням від Ajax є StarterKit, в який входить приймально-контрольний прилад, датчик руху, магнітоконтактний датчик та пульт дистанційного керування (ПДК) у вигляді брелока. За принципом дії ця система є безпровідною, за функціоналом – гібридна, за типом захисту – для охорони приміщень. Є можливість розширення тобто підключення до ПКП додаткових сенсорів що докупаються окремо. Система працює через мережі Global System for Mobile Communications (GSM) та Internet, дозволяючи контролювати стан та налаштування системи через смартфон. Має вбудований акумулятор. Для з'єднання з ПДК використовується бездротова технологія Jeweller в діапазоні 866-922 МГц. Є можливість підключення камер та оновлення програмного забезпечення (ПЗ). [14]

Бестселлером від Covi Security є комплект під однойменною назвою Covi Security HS-100. Комплект поставки схожий з комплектом StarterKit від Ajax: ПКП, датчик руху, магнітоконтактний сенсор та ПДК. Також тут є мережевий блок живлення та кабель USB A – micro USB B. За принципом дії ця система є безпровідною, за функціоналом – автономна, за типом захисту – для охорони приміщень. Система має інтегровану сирену гучністю 110 дБ та підтримує систему розумного дому Tuya Smart. Частота на якій система керується за допомогою ПДК складає 433 МГц. Протокол керування Ademco control ID. Є можливість розширення кількості датчиків що підключаються до системи. Має інтегрований літієвий акумулятор та можливість керування через додаток для смартфону за допомогою WiFi. [15]

Розглянемо також бюджетну модель від виробника Atis. Цей комплект має назву Atis Kit 200T. Його комплект можна назвати ідентичним до двох попередніх. Принцип дії системи - безпровідний, функціонал – автономна ОС, за типом захисту – призначена для охорони приміщень. Як і у моделі Covi Security HS-100, тут є сирена та пульт керування зі схожими параметрами: 433 МГц з

протоколом зв’язку Ademco control ID. Також має інтегроване джерело резервного живлення. [16]

Для порівняння розглянутих вище охоронних систем зведемо їх основні параметри в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні параметри сучасних охоронних систем

Параметр	Ajax StarterKit	Covi Security HS-100	Atis Kit 200T
Тип захисту	Гібридна	Автономна	Автономна
Тип зв'язку	868+Eth+GSM	433+WiFi	433+WiFi
Зв’язок з сенсорами	Бездротовий	Бездротовий	Бездротовий
Наявність сирени	Так	Так	Так
Резервне живлення	Наявне	Наявне	Наявне
Макс. кільк. датчиків	50	24	24

Узагальнюючи описану вище інформацію, можна зробити деякі висновки. На ринку охоронних систем великим попитом користуються цифрові сигналізації низького цінового рівня (в табл.1 це Covi Security HS-100 та Atis Kit 200T). В них не передбачена можливість підключення до пультів централізованого спостереження, а керування системою відбувається за допомогою пульта дистанційного керування або додатку в смартфоні. Ця система не потребує постійних фінансових вкладень, проте має ряд суттєвих недоліків. Як було зазначено раніше, бюджетні системи сигналізацій зазвичай мають два основних канали зв’язку з власником відповідної системи, за допомогою яких вони можуть сповістити про проникнення або спробу проникнення до охоронюваної території. Пульт охоронної системи, що працює на частоті 433 МГц, не може забезпечити великий радіус дії, особливо в міських умовах де спостерігається велика кількість перешкод (забудов) а також завантаженість цього діапазону частот є дуже значною. Іншим каналом зв’язку є джерело WiFi, що в реаліях сучасного життя на мою думку не може слугувати надійним каналом зв’язку. Існує безліч ситуацій що можуть призвести до неможливості користування даним каналом зв’язку,

наприклад: відключення світла, технічні роботи у інтернет-провайдера, поганий RSSI(Received Signal Strength Indicator, рівень потужності сигналу), проблеми з WiFi – точкою доступу, тощо.

Модель StarterKit від Ajax хоч і позиціонується найдешевшим рішенням у лінійці даного виробника але належить вже до іншого цінового сегменту, що коштує приблизно в десять разів ніж кожна з розглянутих раніше моделей сигналізацій. Серед переваг системи – гібридність, наявність декількох каналів зв'язку (Ethernet, GSM, пульт 868МГц). Проте на мою думку недоліком даної охоронної системи є інше. Компанія Ajax вирішила піти шляхом розробки універсального ПКП в якому забезпечено можливість підтримки усіх наявних сенсорів що виробляє ця компанія, а зменшення вартості комплекту пов'язане зі зменшенням кількості сенсорів що йдуть разом з ПКП. Тобто, при купівлі такої охоронної системи потенційний користувач переплачуватиме за ті можливості системи, якими може ніколи не користуватись.

Отже, на ринку систем охоронних сигналізацій існує певний незайнятий пласт між бюджетними але ненадійними в плані сповіщення власника системами та дорожчими на порядок системами функціонал яких може ніколи не бути задіяним. Це свідчить про доцільність розробки власної системи охоронної сигналізації що буде поєднувати в собі переваги обох систем, будучи при цьому конкурентоздатною на ринку.

2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЦИФРОВОЇ СИГНАЛЗІАЦІЇ

2.1 Визначення структури цифрової сигналізації

При розробці системи цифрової охоронної сигналізації варто враховувати декілька факторів, яким повинна відповідати ОС. Зокрема, можна виділити наступні фактори: надійність, ефективність, конкурентоспроможність та автономність. Відповідно до цих критеріїв можливо скласти перелік технічних вимог до розроблюваної системи цифрової сигналізації. Розглянемо більш детально кожен з цих пунктів для кращого розуміння постановки задач:

- надійність – система має працювати на постійній основі протягом тривалого періоду часу без збоїв;
- ефективність – система повинна забезпечувати оперативне реагування на спробу проникнення в охоронювану територію, використовувати електроенергію ефективно (особливо у режимі живлення від резервного джерела живлення);
- конкурентоспроможність – розроблена система ОС має відповідати сучасним стандартам ринку цифрових сигналізацій, в тому числі собівартості для забезпечення доцільності її розробки;
- автономність – цифрова сигналізація повинна функціонувати незалежно від зовнішніх чинників (мережеве живлення, сигнал 2/3/4G) протягом встановленого періоду часу.

Встановимо перелік технічних вимог що висуваються до системи цифрової охоронної сигналізації що розробляється:

- підключення не менше двох датчиків;
- наявність пристрою для акустичного оповіщення;
- віддалене оповіщення власника ОС про спрацювання за допомогою GSM;
- час автономної роботи не менше 2 діб;

- керування ОС за допомогою пристрою(ключа) керування;
- індикація стану роботи.

Проведемо короткий аналіз технічних вимог. Не висуваються вимоги щодо класу пиле- та вологозахисту, тобто система ОС скоріш за все призначена для використання всередині приміщень. Тип з'єднання між блоками цифрової сигналізації(тип підключення сенсорів) також не регламентовано. Тепер є можливість класифікувати нашу систему сигналізації. За принципом дії ця система є провідною, за функціоналом – гібридна, за типом захисту – для охорони приміщень. Кількість рубежів охорони – 1. Реалізація провідного підключення між сенсорами та блоком керування дозволяє зменшити вартість системи та підвищує надійність системи охорони бо в такому разі інформація від сенсорів не піддається можливим електромагнітним завадам.

Схему сигналізації на даному етапі доцільно подати за допомогою блок-схеми, що дозволяє розглядати прилад, що розробляється, як структуру підключених певним чином блоків відповідно до його логіки роботи; блок-схема дозволяє уявити майбутню схемотехнічну реалізацію, зображена на рис. 2.1.

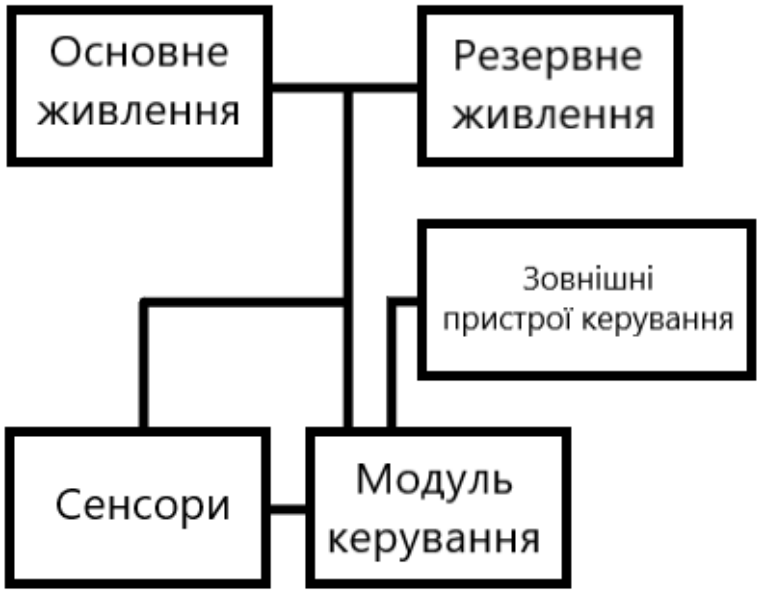


Рисунок 2.1 – Блок-схема системи цифрової охоронної сигналізації

Далі наведено опис особливостей кожного з зображених вище блоків.

Основне джерело живлення – блок живлення що підключається до побутової мережі живлення, забезпечує необхідні параметри живлення для функціонування системи ОС та відновлення ресурсу(заряджання) резервного джерела живлення.

Резервне джерело живлення – інтегрований в систему ОС блок акумуляторних батарей що забезпечує функціонування сигналізації у ситуації коли живлення не надходить від блоку основного живлення.

Зовнішні пристрої керування – пристрої що дозволяють здійснювати керування системою ОС та забезпечують індикацію стану роботи. Це можуть бути смартфони, пристрої вводу інформації, цифрові ключі, тощо.

Сенсори – пристрої, що слугують для детектування загроз. Більш детально розглянуто у розділі 2.2.

Модуль керування – головний блок що забезпечує функціонування системи ОС. Більш детально розглянуто у розділі 2.3.

2.2 Вибір охоронних сповіщувачів

Охоронні сповіщувачі, тобто датчики(сенсори) є необхідним елементом будь-якої системи охоронної сигналізації. Основною задачею що покладається на охоронні сповіщувачі є реагування на стани системи що не вкладаються у рамки заданих значень. Основні принципи за якими може відбуватись детекція було розглянуто у розділі 1.3, тому перейдемо до вибору сенсорів.

Відповідно до технічного завдання, описаного у розділі 2.1, наша система має забезпечувати можливість підключення не менш ніж двох сенсорів. Також розроблювана система ОС має ефективно визначати спроби проникнення до охоронюваного периметру. Звідси можна зробити висновок про доцільність використання двох різних типів сенсорів. Також варто зазначити що за

принципом дії сенсори поділяються на активні та пасивні. Характерною ознакою активних сенсорів є те, що при їх функціонуванні відбувається(або для їх функціонування необхідне) випромінення електромагнітні коливання певного діапазону. Тобто, частина енергії що споживається сенсором(потрібна для функціонування системи з сенсором) витрачається на перетворення у електромагнітну що збільшує споживання системи ОС. Крім того, випромінюваний сигнал може бути виявлено. Наприклад, інфрачервоне (ІЧ) випромінювання можна побачити за допомогою більшості цифрових камер, в тому числі камери смартфона. Передбачається, що наша система ОС буде встановлюватись в житлових та офісних приміщеннях (за типом захисту – для охорони приміщень), тому при виборі ОС надамо перевагу пасивним сенсорам. [17]

Одним з найбільш поширених у системах ОС сенсорів є магнітоконтактний датчик (геркон). Він слугує для детекції відкривання дверей, вікон, тощо. Пристрій складається з двох частин: магніт, що кріпиться до внутрішньої частини дверей чи вікон, та геркон, який в замкненому положенні дверей (вікон) знаходиться безпосередньо біля магніта (рис. 2.2,а). При цьому, на геркон діє зовнішнє локальне поле, створене магнітом, через що контакти геркона є нормально замкненими. Принцип функціонування сенсора на основі геркона зображено на рис. 2.2,б. На контакті модуля керування (в колі з підключеним герконом), відведеного для зчитування стану, при цьому встановлено рівень логічного нуля. Проте, коли відбувається відкриття дверей (вікон) магніт віддаляється від геркона, тим самим спричиняючи розмикання електричного кола. При розмиканні геркона змінюється рівень сигналу з логічного нуля на логічну одиницю, що слугує для ОС сигналом про тривогу.

Геркон під’єднано до системи сигналізації за допомогою провідника, довжина якого може сягти декількох метрів, що може призвести до наведення в колі електромагнітних коливань. Для придушення небажаного ефекту на етапі створення електричної принципової схеми необхідно розробити коло для фільтрації наведених шумів.

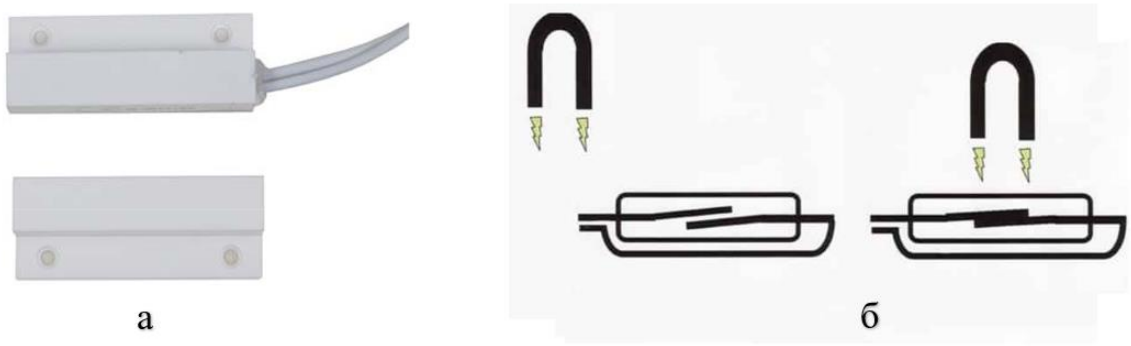


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд (а) та принцип роботи (б) магнітоконтактного датчику [18]

Серед додаткових переваг герконів є простота, надійність та доступність (в т.ч. економічна) цих пристроїв. Більше того, через особливості функціонування геркона, який фактично реалізує комутацію електричного кола, можливо одночасно підключити декілька таких пристроїв паралельно до одного каналу ОС та задіяти їх для здійснення контролю різних ділянок приміщення. Тоді при спрацюванні хоча б одного з них відбувається спрацювання охоронної сигналізації. Серед готових до монтування магнітоконтактних датчиків є багато варіантів, розглянемо моделі ZJ-109 та FM-102, характеристики яких наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика герконів

Модель	ZJ-109	FM-102
Тип контактів	Нормально замкнені	Нормально замкнені
Відстань при розмиканні контактів, мм	>25	>25
Відстань замикання контактів, мм	<10	<10
Максимальна напруга комутації, В	60	100
Габарити, мм	34x14x8	33.6x13.5x7.5
Максимальний струм комутації, А	0.03	0.5

Серед цих моделей явним фаворитом є FM-102 що дозволяє забезпечити більший струм в колі, маючи при цьому менші габарити. Слід також зазначити, що існують моделі герконів з нормально розімкненими контактами або трьохвивідні геркони що є універсальними так як можуть функціонувати і як нормально замкнені, і як нормально розімкнені.

Іншим популярним та ефективним датчиком є піроелектричний сенсор. Він призначений для виявлення фізичних рухів на певній території шляхом аналізу теплового випромінювання яке відбивається від об’єктів (активні піроелектричні сенсори) або випромінюється самими об’єктами (пасивні сенсори). Враховуючи наведену вище інформацію, розглядатимемо пасивні піроелектричні сенсори. Піроелектричний датчик складається з декількох чутливих елементів (зазвичай двох). Розглянемо принцип роботи піроелектричного датчика (рис. 2.3).

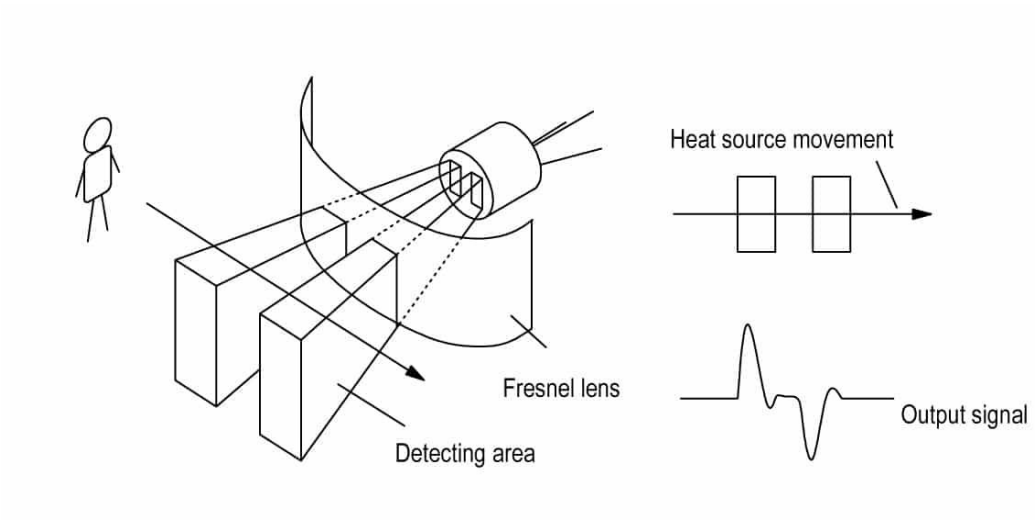


Рисунок 2.3 – Принцип дії піроелектричного сенсора [19]

При зміні положення об’єкта ІЧ-випромінювання відносно піроелектричного сенсора відбувається зміна інтенсивності падаючого на чутливі елементи інфрачервоного світла, що призводить до зміни опору ІЧ-сенсора. Для перетворення сигналів цього датчику в логічний рівень використовують спеціалізовані мікросхеми. Враховуючи, що ціна готового модуля є приблизно рівною ціні сенсора, доцільно обрати готовий модуль. Розглянемо дві популярні моделі, модулі AM-312 та HC-SR501. Основні характеристики наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика піроелектричних сенсорів

Модель	AM-312	HC-SR501
Напруга живлення, В	2,7-12	4.5 - 20
Номінальний струм, мА	50	50
Час спрацювання, с	2	2
Діапазон чутливості, м	3-5	<7
Кут огляду, °	100	110
Температурний діапазон, °С	-20…+60	-15...+70
Розміри, мм	10x8	32x24

[20, 21]

Модуль на базі AM-312 має менші габарити та буде функціонувати при напрузі 3,3В, натомість у HC-SR501 більший діапазон чутливості та кут огляду лінзи Френеля, а також можливість регулювання чутливості і часу затримки. Я обрав для свого проекту AM-312.

Варто також не забувати про необхідність інтеграції до нашої ОС пристрою сповіщення (сирени), що повинна генерувати сигнал тривоги у звуковому діапазоні (бажано 1-10кГц) та з достатнім рівнем звукового тиску (близько 110 дБ). У якості резонатора тобто елемента що здійснюватиме відповідне збурення акустичних хвиль часто застосовується п’єзоелектричний елемент(п’єзодинамік). П’єзодинамік виготовлюється шляхом нанесення на металеву пластину шару п’єзоелектрика та створення контакту з ним шляхом напилення металу(рис. 2.4). Принцип функціонування п’єзоелектрика базується на зворотньому п’єзоефекті та полягає в деформації п’єзоелектрика під дією електричного поля. Для додаткового посилення ефекту генерації хвиль можуть використовуватись ряд конструктивних рішень, зокрема обладнання дифузором чи діафрагмою, або додаткові заглиблення в корпусі що підсилюють резонанс.

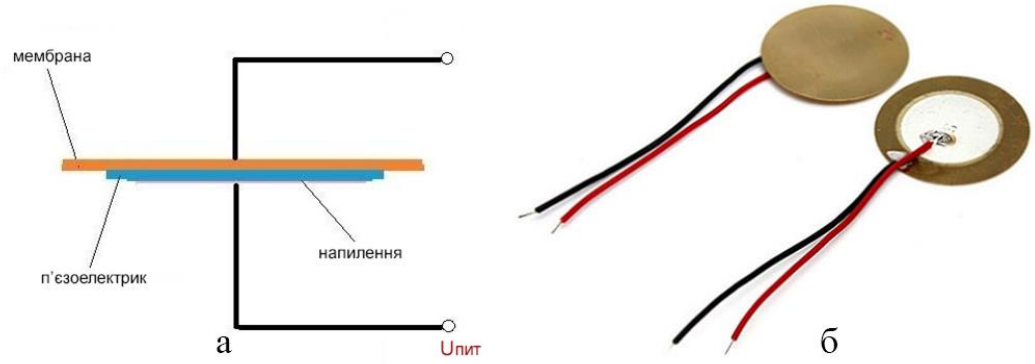


Рисунок 2.4 – Структура (а) та зовнішній вигляд (б) п’єзодинаміка. [22]

Відповідно, для забезпечення генерації п’єзодинаміком звукових хвиль використовуються схемотехнічні блоки (генератори) що забезпечують необхідні параметри частоти, амплітуди та форми сигналу. На ринку існує ряд готових рішень звукових модулів. Також можливо згенерувати відповідний сигнал за допомогою мікроконтролеру, підсиливши його за допомогою транзистора. Для керування сиреною можна наприклад використовувати модуль, зображений на рис. 2.5. Це готова інтегральна схема що працює в діапазоні напруг 3 - 4,5 В та потребує мінімальну кількість елементів для функціонування.

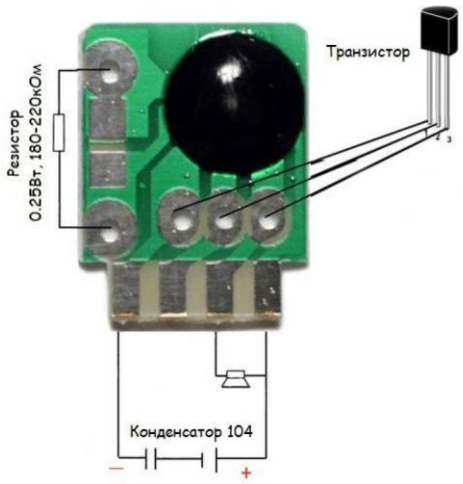


Рисунок 2.5 – Модуль звуковий [23]

Залишилось визначитись з моделлю п’єзоелектричного випромінювача. Вартою уваги моделлю є HND-2312. Параметри наведено у табл. 2.3. [25] Вона має вивідні дроти для монтування та пластиковий корпус що посилює резонанс.

Таблиця 2.3 – Параметри п’єзодинаміка HND-2312

Модель	HND-2312
Напруга живлення, В	3 – 24
Номінальний струм, мА	10
Гучність, дБ	95
Частота резонансу, кГц	3,9
Розміри, мм	2,3x1,15

2.3 Вибір пристроїв модуля керування

Модуль керування є головним блоком усіх сучасних систем ОС. Серед основних задач що покладаються на модуль керування є зокрема перевірка системи, опитування сенсорів, обробка команд, тощо. Також поширеною практикою серед виробників сучасних ОС є реалізація зовнішніх пристроїв керування разом з модулем керування на одному блоці. Доцільність цього кроку обґрунтована не лише з точки зору схемотехнічної реалізації, коли необхідні компоненти та модулі розташовані на одній друкованій платі, але й з практичної та економічної.

Основою модуля керування сучасної ОС є цифровий електронно-обчислювальний пристрій, на який покладено багато задач пов’язаних з функціонуванням системи ОС. До таких задач можна віднести наступні: перевірка системи, опитування сенсорів, обробка команд, тощо. Для виконання таких завдань доцільно використовувати мікроконтролери, що містять у своєму складі

усі необхідні для функціонування блоки, зокрема внутрішні rc-генератори та flash-пам’ять.

На сьогоднішній день існує велика кількість виробників мікроконтролерів, серед яких компанії Texas Instruments, ST Microelectronics, NXP Semiconductors, Microchip Technology, Atmel та інші. Модуль керування системи ОС я вирішив реалізувати на основі мікроконтролера від ST Microelectronics. У цього виробника є широкий асортимент серій та моделей мікроконтролерів, власне середовище розробки та велику кількість документації та ресурсів. У якості цільового контролера я вирішив обрати STM32F103C8T6 у корпусі LQFP48. Цей мікроконтролер побудовано на базі ядра ARM Cortex-M3. Він має 64 КБ flash-пам’яті, 20 КБ SRAM, підтримує широкий спектр інтерфейсів, таких як I2C, SPI, UART, а також має вбудований 12-бітний аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Заявлений виробником діапазон робочих температур становить від -40 до +85 °C. [24]

Серед зовнішніх пристроїв керування обов’язково має бути модуль з підтримкою GSM, що дозволить сповіщати власника ОС про спрацювання системи, а також забезпечувати можливість керування параметрами системи. Серед відомих та таких що гарно зарекомендували себе моделей слід виділити SIM800L від компанії SIMCom, що має ряд переваг відносно своїх конкурентів, зокрема малі габарити, реалізований стек TCP/IP, та підтримку голосових дзвінків. Основні параметри даного модуля наведено у табл. 2.4. [26]

Таблиця 2.4 – Основні параметри SIM800L

Параметр	Значення
Підтримувані діапазони частот, МГц	850, 900, 1800, 1900
Напруга живлення, В	3.4-4.4
Номінальний струм, мА	20-40
Імпульсний струм, А	до 2
Розміри, мм	24x25x3

Крім того, система цифрової сигналізації повинна мати пристрій що забезпечує роботу з цифровими ключами для поставлення(зняття) охоронної системи на охорону. Керування за допомогою цифрового ключа можливо реалізувати провідним або бездротовим методом. У випадку бездротового керування доцільно розглянути стандарт Radio Frequency Identification (RFID), що наразі активно використовується в багатьох галузях та сферах, зокрема в громадському транспорті, готельних закладах, домофонних системах, тощо.

Більшість RFID систем працюють або в діапазоні 125-134 КГц (LF), або на частоті 13.56МГц (HF), причому HF – системи мають ряд технічних переваг над RFID LF – діапазону, зокрема менші габаритні розміри, кращі параметри передачі даних та більш просунуті технології захисту. Система RFID складається зі зчитувача та ключа(мітки). Мітка складається з інтегральної схеми(IC) в якій зокрема знаходиться унікальний ключ та котушки індуктивності що підключена до IC. Зчитувач має в своєму складі котушку індуктивності, за допомогою якої генерує електромагнітне поле. При потраплянні в поле дії зчитувача RFID мітки, електромагнітне поле наводиться на котушку зчитувача, забезпечуючи живленням чіп IC та його функціонування, тобто початок процесу передачі інформації через електромагнітне поле. Відповідно, мітки є пасивними а блок RFID-активним. [27]

Одним з актуальних на даний момент мікросхем що забезпечує можливість роботи з RFID HF мітками є MFRC522, основні характеристики якого наведено у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Основні параметри MFRC552

Параметр	Значення
Підтримувані діапазони частот, МГц	13.56
Напруга живлення, В	2.5-3.6
Номінальний струм в активному(сплячому) режимі, мА	100(13)
Робочий діапазон між антеною і міткою, см	2-5

Даний модуль підтримує велику кількість популярних RFID-міток, зокрема MIFARE Classic, MIFARE Ultralight, NTAG та інші. Даний чіп працює з мікроконтролером за протоколом SPI та потребує для функціонування певну обв'язку (рис. 2.5), причому в документації додатково висуваються вимоги до розробки котушки індуктивності Lant.

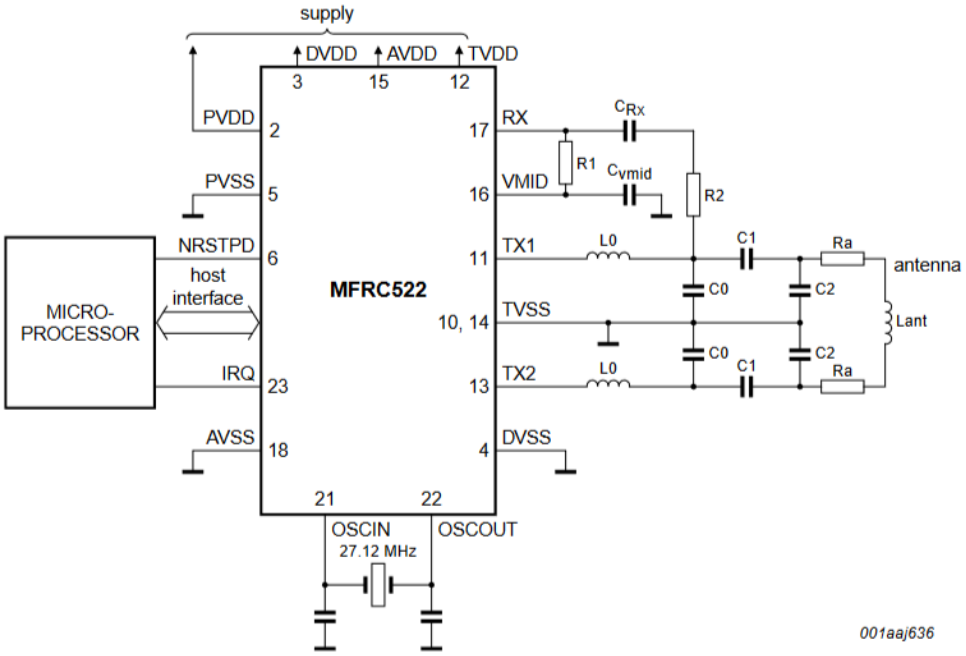


Рисунок 2.5 – Типова схема функціонування MFRC522 [28]

Як було зазначено раніше, для функціонування технології RFID необхідна генерація електромагнітного поля модулем MFRC522. У разі безперервної генерації модуль споживає значний струм, що негативно впливає на загальне споживання ОС. З іншого боку, якщо вимкнути генерацію то в момент піднесення ключа нічого не відбудеться. Для вирішення даної проблеми було прийнято рішення інтеграції у систему додаткового модуля сенсорної кнопки на контролері TTP233 (основні характеристики наведені у табл. 2.6). [29] Ідея полягає в тому щоб вивести вивід кнопки на МК та розташувати її поруч з модулем RFID. В стані спокою генерації не відбувається, MFRC522 в режимі сну. В момент часу коли цифрова мітка піднесена до блоку з антеною, відбувається спрацювання

кнопки і мікроконтролер надсилає команду на MFRC522 для ініціалізації процесу вичитування мітки та через деякий час знову його вимикає.

Таблиця 2.6 – Основні параметри TTP223

Напруга живлення, В	2 – 5.5
Струм у нормальному(економному) режимі, мкА	3.5(1.5)
Час відгуку в нормальному(економному) режимі, мс	60(220)
Режими роботи	Загалом 4 (з фіксацією та без, вивід активний високий та низький)

2.4 Вибір пристроїв живлення

Для вибору пристроїв живлення необхідно попередньо знати діапазон напруг функціонування системи ОС, тобто її модуля керування. Ми бачимо, що у “Bluepill” є власний лінійний стабілізатор, MIC5205. Судячи з документації [30] на дану мікросхему, вона витримує вхідну напругу до 16 В. Далі, розглянемо модуль SIM800L. Для його стабільної роботи нам необхідно забезпечити діапазон напруг від 3,4 В до 4,4 В (див. табл. 2.3). Для модуля MFRC522 (табл. 2.4) оптимальним значенням напруг будуть 2,5 – 3,6 В. Для кнопки TTP223 діапазон напруг наступний: 2 – 5,5 В. Охоронні сенсори функціонуватимуть за напруги в ідапазоні від 3 В до 5 В. Відповідно, для більшості пристроїв необхідно забезпечити такі напруги живлення: 3,3 В, 3,7 В та 5 В. У якості джерела постійного живлення оберемо імпульсний зарядний пристрій що забезпечує вихідну напругу 5 В постійного струму та забезпечує максимальний струм значенням в 2 А. Це може бути стандартний блок живленняя, призначений для заряджання смартфону з вихідним роз'ємом USB-A. Також у цифровій

сигналізації передбачено роз'єм живлення USB-C, тому відповідно потрібен кабель Type-A – Type-C.

У якості джерела резервного живлення доцільно використати акумуляторну батарею типу Li-Ion, з номінальною ємністю не менше 20000 мА*г. Враховуючи, що робочий діапазон напруг для таких акумуляторних батарей становить 3-4,25 В, доцільно використовувати підвищуючий перетворювач. Крім того, Li-Ion акумулятори вимагають спеціалізовані мікросхеми заряджання на кшталт TP4056, та модуль захисту від перерозряджання на зразок XB7608A. [31, 32] Все це є у готовій платі безперебійного живлення, зображеній на рис. 2.6. Як можна побачити, за допомогою резистора R7 можливо обрати значення вихідної напруги, що генерується інтегрованим підвищуючим перетворювачем U4.

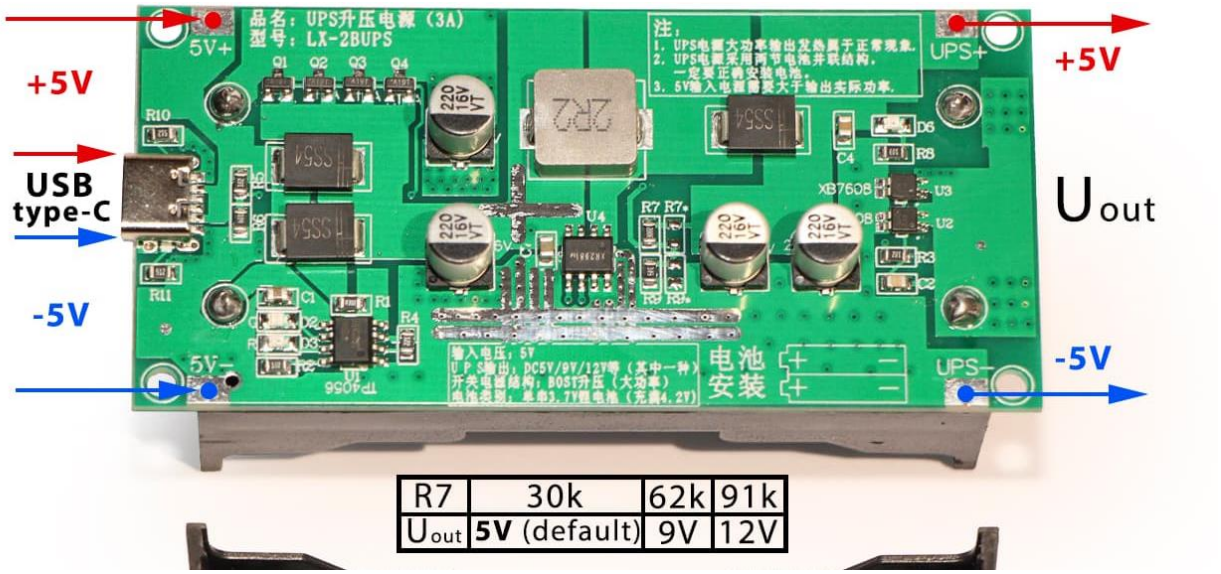


Рисунок 2.6 – Модуль безперебійного живлення

Цей модуль має захист від підключення неправильною полярністю та від короткого замикання на виході.

Для коректного функціонування модуля SIM800L оптимальною напругою буде 3,7 В. Тому доцільно використати ще понижуючий модуль на кшталт DC-DC MINI-36 (рис. 2.7), що забезпечить вимогливий до параметрів напруги та струму в імпульсі модуль від SIMCom. [33]

Рисунок 2.7 – Понижуючий перетворювач MINI-360

Цей модуль має скромні габарити 17*11*3,8 мм, проте дозволяє забезпечити живлення в діапазоні від 1 В до 17 В при значеннях струму до 2 А. Вхідна напруга при цьому повинна бути вищою за вихідну та може варіюватися від 4,75 В до 23 В. Варто також зазначити, що модуль є імпульсним, тому паралельно виходу варто під’єднати електролітичний конденсатор ємністю порядку декількох тисяч мікрофарад.

3. СТВОРЕННЯ ДІЮЧОГО МАКЕТА

3.1 Розробка принципової схеми модуля керування

Як раніше було зазначено, при розробці друкованої схеми цифрової ОС, доцільно об’єднати схемотехніку обох блоків: модуля керування та блоку пристроїв керування системою. Також слід врахувати той момент, що в деяких випадках окремі сенсори чи ІС в роздріб вартують майже так само як і готові блоки на їх основі. Дані блоки містять в своєму складі необхідні для функціонування пристроїв елементи(кола живлення, генератори, кнопки, котушки індуктивності тощо). Тому при створенні діючого макету пристрою було вирішено використати готові модулі для наступних компонентів:

STM32F103 – модуль на сонові “bluepill”;

AM312 – модуль з елементами керування порогом спрацювання;

MFRC522 – модуль на готовій друкованій платі з smd-котушкою Lant;

SIM800L – модуль зі слотом SIM-картки та “обв’язкою” живлення;

TTP233 – готовий модуль;

п’єзодинамік – модуль сирени на його основі.

Відповідно, на друкованій платі ОС необхідно передбачити наступні роз’єми: живлення, підключення сирени, розширення, кнопки RFID. У якості індикаторів стану функціонування сигналізації передбачено три світлодіоди.

Розробка електричної принципової схеми та друкованої електричної плати проводилось в програмному забезпеченні EasyEDA. Розроблена електрична принципова схема та друкована плата розробленої ОС знаходяться у додатках.

Через підключення геркона до основного блоку провідним методом, необхідно також врахувати та реалізувати ланку фільтрації від електромагнітних завад, які наводяться на провіднику. Для цього, до входу геркона під’єднано RC-фільтр нижніх частот, реалізований за допомогою компонентів C5 та R11.

Розрахуємо смугу пропускання даного фільтра. За допомогою ПЗ virtuoso змоделювали АЧХ такого фільтру, зображеного на рис. 3.3. Частота зрізу становить приблизно 16 кГц, що дозволяє нівелювати вплив наведених дротом електромагнітних хвиль.

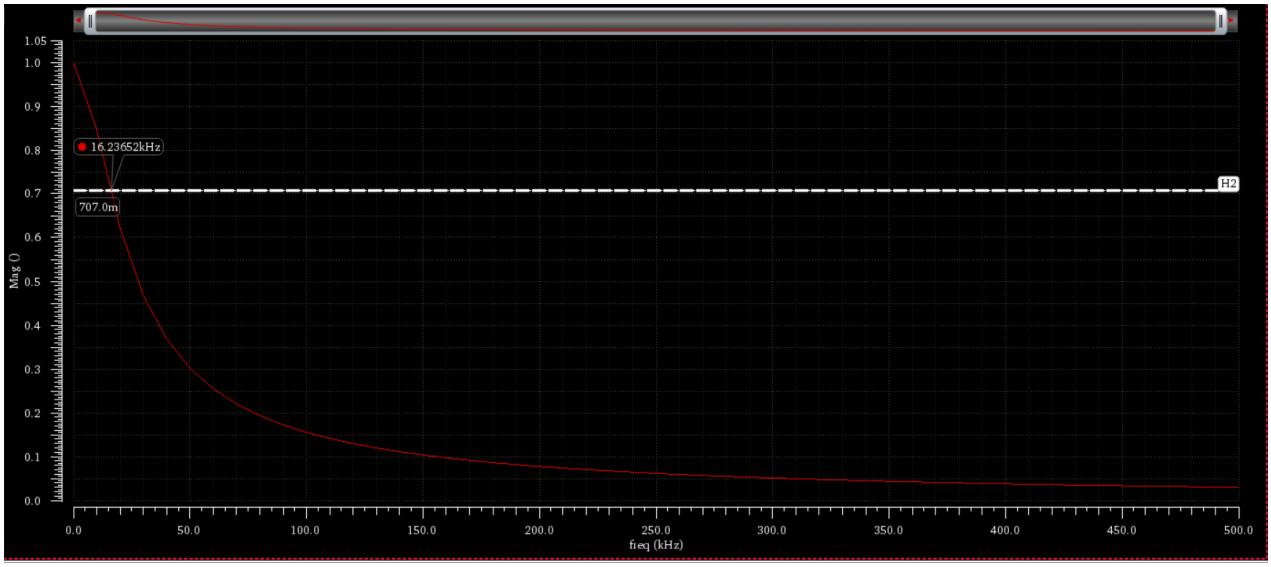


Рисунок 3.3 – Амплітудно-частотна характеристика ФНЧ

Для того, щоб логічний рівень сигналу залишався сталим, після фільтра встановлено підтягуючий резистор R10, що при розімкненому герконі подає на вхід рівень логічної одиниці, а при замкненому заземлюється. Струм, що протікає при цьому за законом Ома становить:

$$I_{R_0} = \frac{U_{R_0}}{R_{10}} = \frac{3{,}3}{1000000} = 3{,}3\ (мкА) \qquad (3.1)$$

Розрахований за допомогою (3.1) струм вкладається в діапазон допустимих значень FM-102 (табл. 2.1).

Діодна збірка BAV199 виконує роль захисту від статичної напруги та струмів витоку блоку живлення. Загалом, ланка захисту зображена на рис. 3.4.

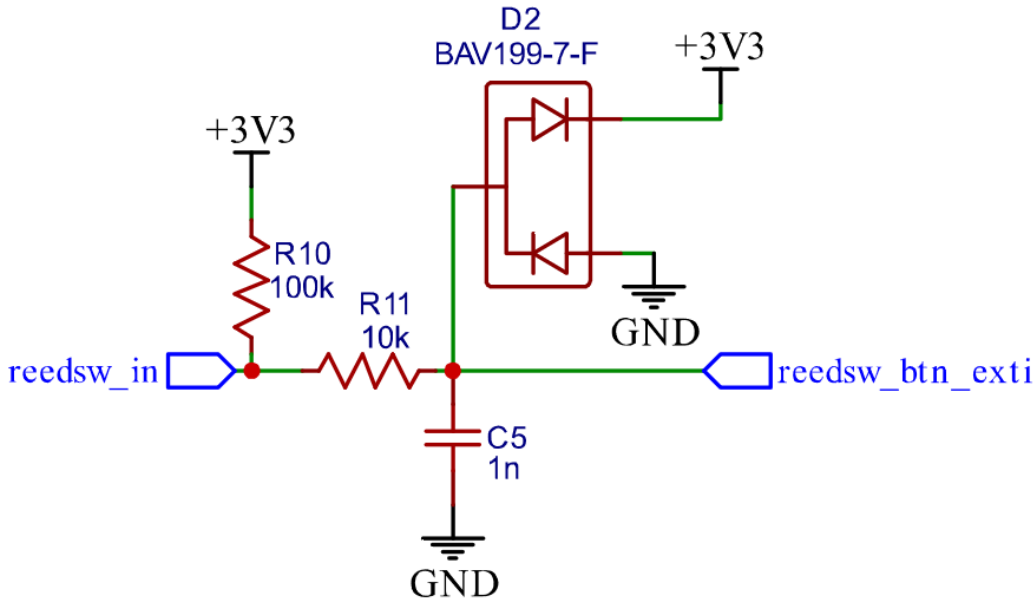


Рисунок 3.4 – Ланка захисту входу магнітоконтактного сенсора

Варто також передбачити можливість підключення до охоронної системи певного корисного навантаження. Даний підхід не буде зайвим та забезпечить можливість керування додатковими пристроями при спрацюванні охоронної системи. Звісно, включення додаткових електронних компонентів спричинить здорожчання системи, проте зараз мова йде про розробку друкованої плати на якій ця компонентна база може бути розпаяною, а може й ні. Це потенційно відкриває нові можливості для виведення на ринок декількох варіацій системи сигналізації з різним функціоналом та різною вартістю, що однозначно є позитивним кроком.

Для комутації додаткового навантаження доцільно задіяти схему з електромагнітним реле що забезпечить можливість підключення додаткової апаратури (мотори, додаткове освітлення, тощо) для розширення можливостей системи ОС. Для керування електромагнітним реле використовується n-канальний польовий транзистор, затвор якого підтягнутий до низького логічного рівня. Для захисту транзистора від явища самоіндукції що утворюється на котушці індуктивності, в паралель до реле додається захисний діод. Ланка зображена на рис. 3.5.

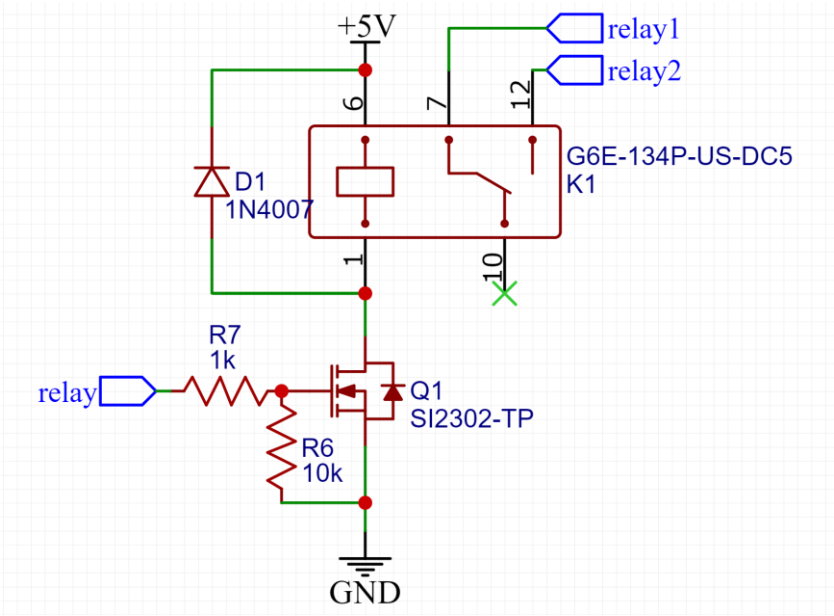


Рисунок 3.5 – Ланка керування реле

3.2 Написання програмної складової

Мікроконтролери STM32 підтримуються багатьма середовищами програмування за рахунок бібліотек Hardware Abstraction Layer (HAL) та Low Level (LL), розроблених компанією ST Microelectronics. Для кожної серії мікроконтролерів перелік доступних функцій може змінюватись, зокрема для обраного нами мікроконтролера STM32F103C8T6 є документ [34] що надає детальний опис для відповідної периферії контролера. Серед популярних середовищ можна виділити Keil uVision, Attolic Studio, STM32 CubeIDE. Для генерації коду з попередньо зконфігурованою периферією мікроконтролера часто використовують програмне забезпечення CubeMX від ST Microelectronics.

У якості середовища розробки для свого проекту я обрав CubeIDE. Це середовище має ряд суттєвих переваг, серед яких інтегрований конфігуратор CubeMX, можливість автоматичного завантаження та оновлення необхідних

бібліотек та програмних компонентів, та підтримка додаткових розширень (рис. 3.1).

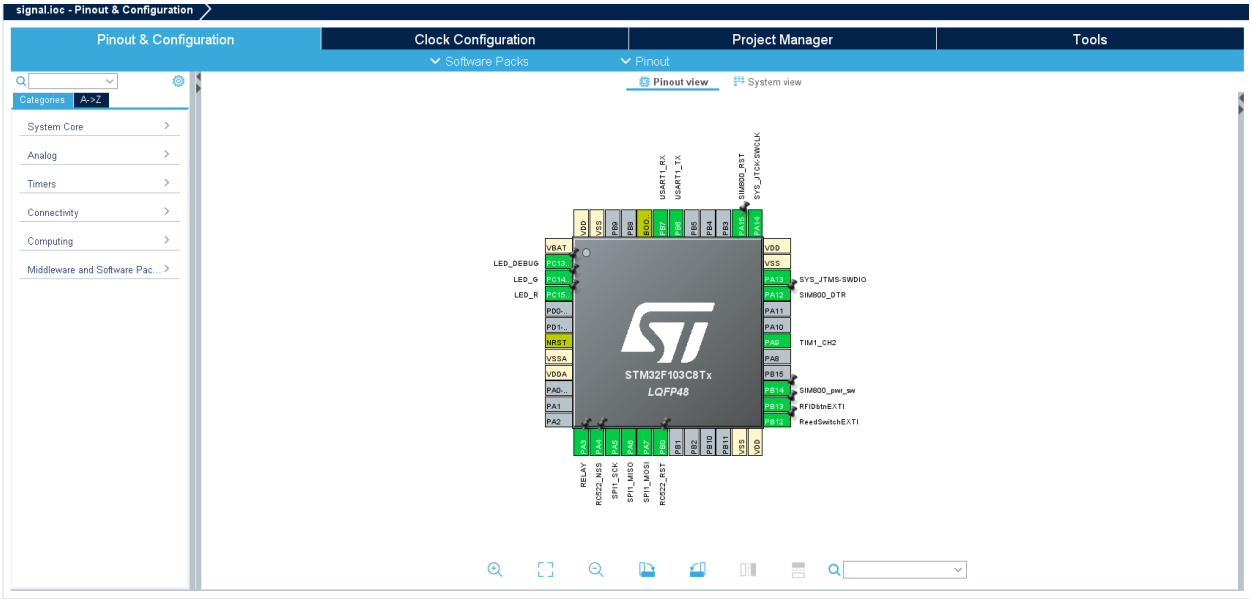


Рисунок 3.1 – Конфігурування МК в середовищі CubeIDE

Алгоритм функціонування системи цифрової ОС буде побудованим у вигляді суперциклу з перериваннями. Також під час функціонування знятої з охорони (простоювання) системи а також під час функціонування доцільно переводити систему в більш енергоефективний режим, вихід з якого відбуватиметься по перериванню що надходить з датчику або кнопки (RFID). Для цього у мікроконтролері передбачено спеціальні піни що можуть бути зконфігуровані у режим “External Interrupt Mode”, тобто очікування зовнішнього переривання. Можна налаштувати спрацювання на зміну рівня сигналу, або на фронт сигналу: спадаючий чи зростаючий. Коли МК знаходиться в режимі сну, частина його периферії відключається. У разі надходження на відповідний пін сигналу що задовольняє налаштування системи(по фронту, або зміні рівня), відбувається вихід МК з режиму сну та повернення до нормального функціонування. Варто також врахувати особливості переведення МК в режим зменшеного споживання енергії, описані в [35].

Оптимальним підходом до реалізації логіки функціонування алгоритму при написанні програмної складової буде використання моделі що має назву

“скінчений автомат” (англ. Finite-State Machine, FSM). Це – математична абстракція, суть якої полягає в тому що система в будь-який момент часу може знаходитись лише в одному з декількох можливих станів, а перехід з одного стану системи в інший відбувається за певними правилами. Візуальне представлення логіки функціонування даної моделі зазвичай подається у вигляді графу станів.

Як зазначалося раніше, загальний алгоритм функціонування буде побудований у вигляді суперциклу з перериваннями, що може здаватись несумісним з використанням машини станів, але не варто забувати про те що машина стану може бути недетермінованою. Тобто, не обов’язково має відбуватись перехід з одного стану лише в один конкретний інший стан, система може залишитись в тому ж стані або перейти в один з кількох інших станів в залежності від результату. Розглянемо можливі стани в яких може перебувати сигналізація:

- ініціалізація – система ОС була щойно увімкнена, відбувається перевірка блоків системи;
- очікування – система очікує на команду від користувача, не реагує на спрацювання сенсорів;
- програмування – дозволяється внесення зміни налаштувань функціонування системи;
- охорона – система опитує сенсори, реагуючи на спрацювання;
- тривога – відбувається одночасне повідомлення власника про проникнення(спробу проникнення) та активація сирени.

Перехід між даними станами системи зображено за допомогою структурного графа, рис. 3.3.

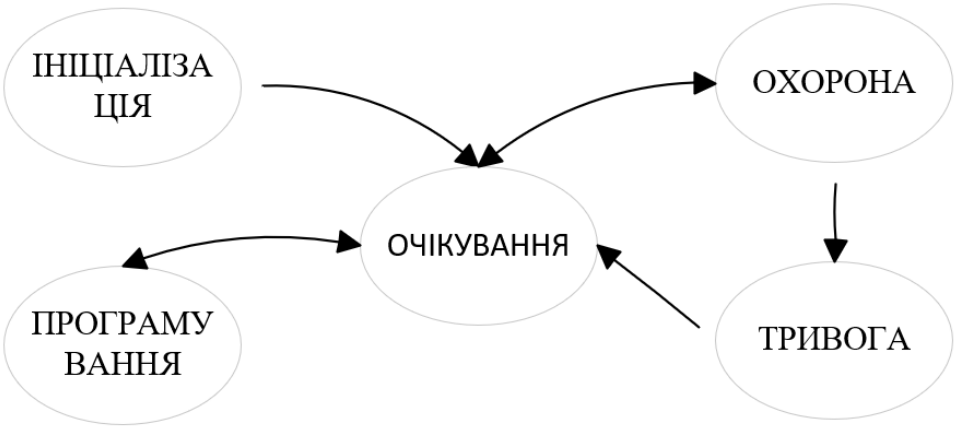


Рисунок 3.3 – Граф станів системи цифрової сигналізації

Режим програмування передбачає можливість додавання нових ключів, телефонних номерів, скидання до заводських налаштувань тощо. Переходи між станами відбуваються за певними подіями, зокрема можна виділити три основних: спрацювання сенсора, піднесення ключа керування охоронною системою та надсилання команди через SMS-повідомлення. Звісно, що система може здійснювати чи не здійснювати перехід з одного стану в інший в залежності не лише від події, а й від стану в якому вона перебуває в конкретний момент часу. Логіка переходів системи наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – логіка переходів між станами системи

Стан/Подія	Спрацювання сенсора	Прикладено ключ	Команда з GSM
Ініціалізація	-> Очікування	-> Програмування	-> Очікування
Очікування	-	->Охорона	->Охорона
Охорона	->Тривога	-> Очікування	-> Очікування
Тривога	-	-> Очікування	-> Очікування
Програмування	-	-	-> Очікування

Окремо варто розглянути алгоритм функціонування системи що знаходиться в стані охорони. Спрощена версія даного алгоритму наведена на рис. 3.2.

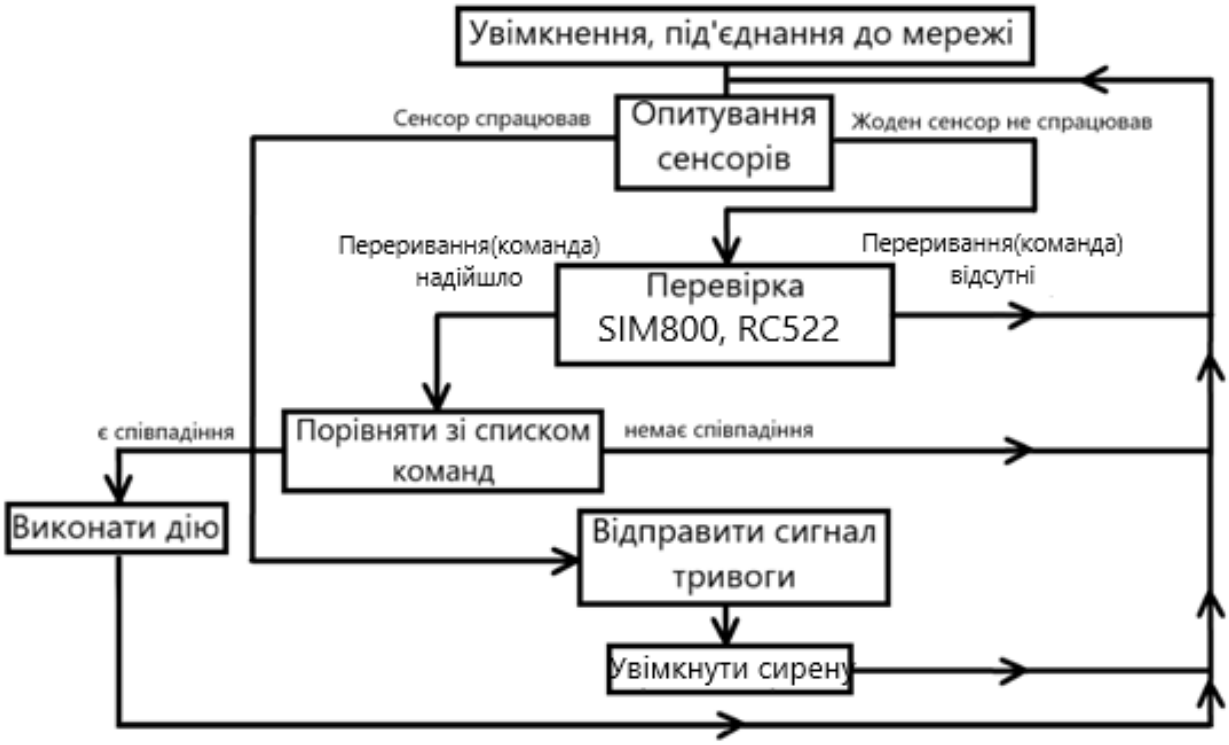


Рисунок 3.2 – Алгоритм роботи системи цифрової сигналізації

4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Аналіз ринку

Продаж виробу буде організований на ринках України, Польщі, Румунії, оскільки товар розробляється відповідно до стандартів цих країн. Попит на виріб очікується приблизно 5 тис. на рік. Виріб буде продаватись оптовим покупцям та в роздрібних фірмових магазинах.

Виділимо основні технічні характеристики сигналізації:

- напруга живлення 5 В
- робочі діапазони частот GSM900, GSM1800
- радіус детектування 3-5 м
- кут детектування 180 °
- кількість одночасно під'єднуваних датчиків 8
- гучність сирени 107 дБ
- швидкість оновлення 15 мс

Візьмемо серійне виробництво 3000 шт/рік. Головними конкурентами на ринку є вироби Китаю та України: ATIS та AJAX відповідно. Відповідно до цінової політики, головним конкурентом є модель від компанії ATIS, Kit 200T. Ось її основні характеристики:

- напруга живлення 5 В
- робоча частота 433 МГц, 2,4 ГГц
- радіус детектування 3-5 м
- кут детектування 170 °
- кількість одночасно під'єднуваних датчиків 24
- гучність сирени 110 дБ
- швидкість оновлення 20 мс

4.2 Обґрунтування системи параметрів виробу і визначення відносних показників якості

Для оцінки рівня якості виробу використовується коефіцієнт технічного рівня, який розраховується для кожного варіанту інженерного рішення:

$$K_{T.P.} = \sum_{i=1}^{n} \varphi_{ij} B_{ij}, \quad (4.1)$$

де φ_{ij} є коефіцієнтом вагомості з індексами і – що відповідає параметру якості, а j - варіанту сукупності параметрів якості що розглядаються; B_{ij} – оцінка параметра і якості варіанта виробу під номером j; n – загальна кількість параметрів виробу.

При наявності кількісної характеристики виробу коефіцієнт технічного рівня можна визначити за формулою:

$$K_{T.P.} = \sum_{i=1}^{n} \varphi_i q_i, \quad (4.2)$$

де q_i -відносний (одиничний) і-й показник якості.

Основні параметри виробу визначають, користуючись даними про перелік функцій які має виконувати виріб, вимоги замовника, та умов експлуатації. Ці дані будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня виробу. Відносні показники якості по будь-якому параметру q_i , якщо вони находяться в лінійній залежності від якості, визначаються за формулами:

$$q_i = \frac{P_{H_i}}{P_{Б_i}}, \quad (4.3)$$

або

$$q_i' = \frac{P_{Б_i}}{P_{H_i}}, \qquad (4.4)$$

де $P_{Б_i}$, P_{H_i} - числові значення і-го параметру відповідно нового і базового виробів.

Формула (4.3) використовується при розрахунку відносних показників якості, коли збільшення величини параметра веде до покращення якості виробу і формула (4.4) — коли зі збільшенням величини параметра якість виробу погіршується. Коли нелінійний зв'язок між параметрами і якістю виробу, слід використовувати наступні формули:

$$q_i = \lg\left(\frac{P_{Б_i}}{P_{H_i}}\right) + 1 \qquad (4.5)$$

$$q_i' = \lg\left(\frac{P_{H_i}}{P_{Б_i}}\right) + 1 \qquad (4.6)$$

Параметри нового і базового виробу приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри виробів

№	Параметр	Умовне позначення	Абс. знач. параметру		Показн.якості
			новий	базовий	qi
1	Напруга живлення	Uжив.	5	5	1
2	Діапазон частот	fd	1	2	0,5
3	Кут детект.	a	180	170	1,06
4	Макс. довж. детект.	l	5	5	1
5	Кількість сенсорів	n	8	24	0,33

Продовження таблиці 4.1

6	Гучність сирени	L	107	110	0,97
7	Шв. Оновлення	t	20	15	1,33

Показники якості: $q_1 = q_4 = 5/5 = 1$, $q_2 = 1/2 = 0,5$, $q_3 = 180/170 = 1,06$, $q_5 = 8/24 = 0,33$, $q_6 = 107/110 = 0,97$, $q_7 = 1200/900 = 1,33$.

4.3 Визначення коефіцієнтів вагомості параметрів

Вагомість кожного параметра в загальній кількості розглянутих при оцінці параметрів визначається методом попарного порівняння. Оцінку проводить експертна комісія, кількість членів якої повинна дорівнювати непарному числу (не менше 7 чол.). Експерти повинні бути фахівцями у даній предметній галузі. Ступінь важливості параметрів оцінюється кожним експертом після проведення детального аналізу, шляхом їх рангування. В даному випадку оцінки дають 7 експертів в галузі РЕС. Результати рангування параметрів заносимо в табл. 4.2.

Перед подальшою обробкою перевіряється сума рангів по кожному стовпцю, яка має дорівнювати $n \cdot (n+i)/2$, де n – кількість параметрів. Можливість використання результатів рангування проводять на підставі розрахунку коефіцієнт конкордації.

Таблиця 4.2 –Результати ранжування параметрів

Найменування параметра	Ранг параметра за оцінкою експерта							Сума рангів	Відхилення	Δ^2_i
	1	2	3	4	5	6	7			
Напруга живлення	7	7	7	7	7	7	7	49	21	441
Діапазон частот	6	3	6	6	5	5	6	37	9	81
Кут детект.	5	5	5	5	6	6	5	37	9	81
Макс. довж. детект.	2	1	2	3	4	3	3	18	-10	100
Кількість сенсорів	3	2	3	1	1	2	1	13	-15	225
Гучність сирени	4	6	4	4	2	4	2	26	-2	4
Шв. Оновлення	1	4	1	2	3	1	4	16	-12	144
ВСЬОГО	28	28	28	28	28	28	28	196	0	1076

Для проведення перевірки суми рангів:

а) визначаємо суму рангів кожного показника (по рядках):

$$R_i = \sum_{l=1}^{N} r_{il}, \qquad (4.7)$$

де r_{il} - ранг і-того параметра визначений 1-м експертом; N – число експертів.

Приклад розрахунку:

$$R_7 = 1+4+1+2+3+1+4 = 16.$$

Загальна сума рангів повинна дорівнювати:

$$R_{ij} = \frac{N \cdot n \cdot (n+1)}{2}. \qquad (4.8)$$

$$R_{ij} = \frac{7 \cdot 7 \cdot (7+1)}{2} = 196$$

б) обчислюємо середню суму рангів (T) за формулою:

$$T = \frac{1}{n} \cdot R_{ij} = 28, \quad (4.9)$$

$$T = \frac{1}{7} \cdot 196 = 28.$$

в) визначаємо відхилення суми рангів кожного параметру Ri від середньої суми рангів Т:

$$\Delta_i = R_i - T. \quad (4.10)$$

Приклад розрахунку:

$$\Delta_7 = R_7 - T = 16 - 28 = -12.$$

Сума відхилень за всіма параметрами дорівнює 0, що свідчить про те, що розрахунки проведені вище виконані правильно;

г) обчислюємо квадрат відхилень за кожним параметром Δ_i^2 та загальну суму квадратів відхилень:

$$S = \sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2. \quad (4.11)$$

$$S = 441 + 81 + 81 + 100 + 225 + 4 + 144 = 1076.$$

д) визначаємо коефіцієнт узгодженості (конкордації) за даними табл.2:

$$W = \frac{12 \cdot S}{N^2 \cdot \left(n^3 - n\right)}, \quad (4.12)$$

$$W = \frac{12 \cdot 1076}{7^2 \cdot \left(7^3 - 7\right)} = 0,784.$$

Нормативна величина для радіотехнічних виробів W_H=0,77. Розрахункове значення $W > W_H$, отже визначені дані заслуговують на довір`я. Далі проводимо попарне порівняння всіх параметрів результати занесемо в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Попарне порівняння параметрів

Параметри	Експерти							Підсумк. оцінка	Числ. знач. коеф. переваги
	1	2	3	4	5	6	7		
1 і 2	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
1 і 3	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
1 і 4	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
1 і 5	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
1 і 6	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
1 і 7	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
2 і 3	<	>	<	<	>	>	<	<	0,5
2 і 4	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
2 і 5	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
2 і 6	<	>	<	<	<	<	<	<	0,5
2 і 7	<	>	<	<	<	<	<	<	0,5
3 і 4	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
3 і 5	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
3 і 6	<	>	<	<	<	<	<	<	0,5
3 і 7	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
4 і 5	>	>	>	<	<	<	<	<	0,5
4 і 6	>	>	>	>	<	>	<	>	1,5
4 і 7	<	>	<	<	<	<	>	<	0,5
5 і 6	>	>	>	>	>	>	>	>	1,5
5 і 7	<	>	<	>	>	>	>	>	1,5
6 і 7	<	<	<	<	>	<	>	<	0,5

В даний час найбільш широко використовуються наступні значення коефіцієнтів переваги a_{ij}:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1,5 \; при \; x_i > x_j \\ 1,0 \; при \; x_i = x_j \\ 0,5 \; при \; x_i < x_j \end{cases}$$

де x_i, x_j - параметри, які порівнюються між собою. На основі числових даних з табл. 3 складаємо квадратну матрицю $A = \|a_{ij}\|$ табл.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок вагомості параметрів

і	Параметри і							Перша ітерація		Друга ітерація	
	1	2	3	4	5	6	7	bi	fi	bi`	fi`
1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	4	0,082	26,5	0,084
2	1,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	5	0,102	31	0,098
3	1,5	1,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	6	0,122	36,5	0,116
4	1,5	1,5	1,5	1	0,5	1,5	0,5	8	0,163	50,5	0,160
5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5	10	0,204	68,5	0,217
6	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	1	0,5	7	0,143	43	0,137
7	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1	9	0,184	59	0,187
Всього								49	1,000	315	1,000

Розрахунок вагомості (пріоритетності) кожного параметра φ_i; проводимо за наступними формулами:

$$\varphi_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^{n} b_i}, \qquad b_i = \sum_{i=1}^{n} a_{ij},$$

де b_i - вагомість і-го параметра за результатами оцінок всіх експертів визначається як сума значень коефіцієнтів переваги a_{ij} даних усіма експертами по і-му параметру.

Результати розрахунків занесено в таблиці 4.4. Відносні оцінки вагомості φ_i розраховуємо декілька раз, доки наступне значення буде незначно відхилятися від попереднього (менше 5%). На другій ітерації значення коефіцієнт вагомості $\varphi_i`$ розраховуємо так:

$$\varphi_i` = \frac{b_i`}{\sum_{i=1}^{n} b_i`},$$

де $b_i`$ визначаємо так:

$$b_i` = a_{i1}b_1 + a_{i2}b_2 + K + a_{in}b_n.$$

Відносну оцінку, яку отримали на останній ітерації розрахунків, приймаємо за коефіцієнт вагомості φ_i і-го параметру. За отриманими значеннями $\varphi_i`$ і iq визначаємо коефіцієнт технічного рівня:

$$K= 1*0,0842+0,5*0,098+1,06*0,116+1*0,160+0,33*0,217+$$
$$+0,97*0,137+1,33*0,187=0,869.$$

4.4 Калькуляція собівартості

Розрахунок собівартості виробу, що проектується, передбачає складання калькуляції відповідно до встановленого в галузі переліку статей витрат. Калькуляція собівартості складається згідно з „Типовим положенням з планування, обліку і калькулювання собівартості (робіт, послуг) у промисловості” [35]. В даній роботі будуть враховані статті калькуляції, які найчастіше використовуються на підприємствах приладобудівних галузей виробництва. Ціни взяті за прайс-листом фірми «Радиомаг» на 15. 10. 2024 р.

Витрати на придбання матеріалів обчислюються на підставі норм їх витрачання і цін з урахуванням транспортно-заготівельних витрат.

$$C_M = K_{T.З.} \sum_{i=1}^{n} q_{BMi} Ц_{Mi},$$

де q_{BMi} – норма витрат і-го матеріалу на одиницю продукції, грн.; $Ц_{Mi}$ – ціна одиниці і-го матеріалу, грн.; $K_{T.З.}$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати. Розрахунки зводяться у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Витрати на матеріали

Матеріал	Стандарт або марка	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за од, грн	Сума, грн
Припій	LC60-1.00/F ГОСТ 21931-76	г	2	1,65	3,3
Флюс	ЛТИ-120 ГОСТ 797-64	мл	0,5	1	0,5
Дріт	ССФ 2х0.35 мм. кв.	м	3	6	18
Разом					21,8
Невраховані матеріали 10%					2,18
Всього з урахуванням транспортно-заготівельних витрат($К_{тр}$=1,1)					26,38

Витрати на матеріали C_M дорівнюють 26,38 грн. Покупні комплектуючі виробу, напівфабрикати, роботи і послуги виробничого характеру сторонніх підприємств та організацій занесено до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Розрахунок витрат на покупні вироби та напівфабрикати

Вироби, напівфабрикати	Стандарт або марка	Кількість одиниць	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Конденсатор	C0603-470p-5%	1	0,2	0,2
	C0603-0.1u-5%	1	0,3	0,3
	C0603-1n-5%	1	0,4	0,4

Продовження таблиці 4.6

Діод	1N4007	1	2	2
	BAV199-7-F	1	3	3
Роз’єми	HDR-F-2.54_1X2	3	1	3
	HDR-F-2.54_1X3	1	1	1
	HDR-F-2.54_1X6	1	1	1
	HDR-M-2.54_1X2	3	1	3
	HDR-M-2.54_1X3	1	1	1
	HDR-M-2.54_1X6	1	1	1
Реле	G6E-134P-US-DC5	1	135	135
Світлодіод	LED_R	1	0,5	0,5
	LED_G	1	0,6	0,6
	LED_B	1	0,7	0,7
Транзистор	SI2302-TP	1	3	3
Резистор	100	1	0,2	0,2
	1K	5	0,42	0,42
	10K	2	0,3	0,3
	100K	1	0,47	0,47
	STM32F103C8T6 (board)	1	80	80
	SIM800L	1	250	250
	TC1185-4.0VCT713	1	30	30
	-	-	-	700
Всього				1213

Основна заробітна плата. Витрати за цією статтею розраховуються по коленому виду робіт (операцій) залежно від норми часу (нормативної трудомісткості) та погодинної тарифної ставки робітників:

$$C_{З.О} = \sum_{i=1}^{n} C_{T_i} t_{Ш_i},$$

де $C_{З.О}$ - погодинна тарифна ставка для і-го виду робіт (операцій), грн.; $t_{Ш_i}$ - норма часу для іго виду робіт (операцій), н. годин.

Перелік робіт (операцій) відповідає технологічному процесу виробництва виробу. Норми часу для монтажних робіт визначаються типовими нормами часу на монтажні роботи. Результати зводяться у табл. 4.7.

Розрахуємо додаткову заробітну плату. Витрати за цією статтею визначаються у відсотках до основної заробітної плати:

$$C_{з.д.} = к_{з.д.} C_{з.о.} = 0,4 \cdot 87,42 = 35 грн.$$

де $к_{з.д.}$ – коефіцієнт, який враховує додаткову зарплату.

Таблиця 4.7 – Основна заробітна плата

Найменування робіт	Сер. погодинна тар. ст.	Кількість Однотипних операцій	Норма часу, год	Сума, грн
Підготовка друкованої плати	42,5	1	0,025	1,0625
Підготовка мікросхеми до монтажу	42,5	5	0,025	5,3125
Підготовка радіоелементів до монтажу	42,5	22	0,05	46,75

Продовження таблиці 4.7

Встановлення мікросхем на плату	52,7	3	0,085	13,4385
Встановлення радіоелементів на плату	52,7	19	0,0011	1,10143
Виправлення дефектів паяльних з’єднань	52,7	2	0,01	1,054
Встановлення плати в корпус, збірка корпусу	42,5	1	0,08	3,4
Допоміжні операції	42,5	2	0,08	15,3
Всього			0,456	87,42

Відрахування на соціальне страхування За діючими нормативами відрахування на соціальне страхування (ЄСВ) складає 37% від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$ЄСВ = 0,22 \cdot (87,42 + 35) = 26,94 \; грн.$$

Загальновиробничі витрати Враховуючи, що собівартість виробу визначається на ранніх стадіях його проектування в умовах обмеженої інформації щодо технології виробництва та витрат на його підготовку у загально виробничі витрати включаються, крім власне цих витрат, витрати на освоєння основного виробництва, відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв цільового призначення, утримання та експлуатацію устаткування. При цьому загально виробничі витрати визначаються у відсотках до основної заробітної

плати. При такому комплексному складі загально виробничих витрат їх норматив $n_{з.в.}$ досягає 200 – 300 %

$$C_{з.в.} = n_{з.в.} C_{з.о.} = 2 \cdot 87,42 = 174,84 \; грн.$$

Адміністративні витрати. Ці витрати відносяться на собівартість виробу пропорційно основній заробітній платі і на приладобудівних підприємствах вони становлять $n_{з.в.}$ 100 – 200 %:

$$C_{з.г.} = n_{з.г.} C_{з.о.} = 1,2 \cdot 87,42 = 104,9 \; грн.$$

Комерційні витрати. Витрати за цією статтею визначаються у відсотках до виробничої собівартості - сума за усіма наведеними вище статтями калькуляції, являє повну собівартість продукції.

$$C_{с.в.} = 0,025 \cdot \left(26,38 + 1213 + 87,42 + 35 + 26,94 + 174,84 + 104,9\right) = 41,72 \text{ (грн)}.$$

Результати виконаних розрахунків зводяться до табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Калькуляція собівартості виробу

№ п/п	Статті затрат	Сума	Питома вага, %
1	Матеріали	26,38	2,48
2	Покупні комплект. вироби, напівфабрикати, роботи виробн. хар. сторонніх підприємств	1213	53,12
3	Основна з/п	87,42	8,21
4	Додаткова з/п	35	3,29
5	Відрахув. на соц. страх.	45,3	4,25
6	Загальновиробн. затрати	174,84	16,42
7	Виробн. собівартість	1514,5	97,60
8	Адміністр. затрати	104,9	9,85
9	Комерційні витрати	25,53	2,40
Повна вартість		1644,93	100

Визначення ціни виробу. Серед різних методів ціноутворення на ранніх стадіях проектування досить поширений метод лімітних цін. При цьому визначається верхня і нижня межа ціни.

Визначення нижньої межі ціни. Нижня межа ціни $Ц_{Н.М.}$ захищає інтереси виробника продукції і передбачає, що ціна повинна покрити витрати виробника, пов'язані з виробництвом і реалізацією продукції, і забезпечити рівень рентабельності не нижче тієї що має підприємство при виробництві вже освоєної продукції:

$$Ц_{Н.М.} = Ц_{ОПТ.П.} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{ПДВ}}{100}\right),$$

$$Ц_{ОПТ.П.} = C_{ПОВ} \cdot \left(1 + \frac{P_{Н}}{100}\right),$$

де $Ц_{ОПТ.П.}$ – оптова ціна підприємства, грн.; $C_{ПОВ}$ – повна собівартість виробу, грн.; $P_{Н}$ – нормативний рівень рентабельності, % ($P_{Н}$ = 20%), $\alpha_{ПДВ}$ – податок на додану вартість, % ($\alpha_{ПДВ}$=20%); Тоді маємо:

$$Ц_{ОПТ.П.} = 1644{,}93 \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 1973{,}92 \text{ грн}$$

$$Ц_{Н.М.} = 1973{,}92 \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 2368{,}7 \text{ грн}$$

Визначення верхньої межі ціни. Верхня межа ціни $Ц_{В.М.}$ захищає інтереси споживача і визначається тієї ціною, що споживач готовий заплатити за продукцію з кращою споживчою якістю.

Визначення договірної ціни. Договірну ціну $Ц_{ДОГ}$ встановлюємо за домовленістю між виробником споживачем в інтервалі між нижньою та верхньою лімітними цінами.

$$Ц_{Н.М.} < Ц_{ДОГ} < Ц_{В.М.}$$

В нашому випадку $1973{,}92 < Ц_{ДОГ} < 2368{,}7$. Приймаємо договірну ціну нового виробу 2150 грн.

Визначення мінімального обсягу виробництва продукції. Собівартість річного випуску продукції:

$$C_P = a \cdot C_{ПОВ} \cdot Q + b \cdot C_{ПОВ} \cdot \chi ,$$

де $C_{ПОВ}$ - повна собівартість одиниці продукції, грн; *a,b* - відповідно змінні та умовно - постійні витрати у склад собівартості одиниці продукції (*a=0,87; b=0,13*); χ - розрахункова виробнича потужність підприємства з випуску продукції шт/рік (χ=5000 шт/рік); Q – річний обсяг випуску продукції, шт/рік (Q =3000 шт/рік). Тоді маємо:

$$C_P = 0,87 \cdot 1973,92 \cdot 3000 + 0,13 \cdot 1973,92 \cdot 5000 = 6434979,2 \text{ грн}$$

Вартість річного випуску продукції:

$$Q_P = Ц_{ДОГ} \cdot C_P = 2150 \cdot 3000 = 6450000 \text{ грн}$$

Визначимо при якому обсязі продукції Q_1 виторг від реалізації продукції та її собівартість співпадають (прибуток дорівнює 0), що відповідає беззбитковості виробництва:

$$Q_1 = \frac{b \cdot C_{ПОВ} \cdot \chi}{Ц_{ДОГ} - a \cdot C_{ПОВ}},$$

$$Q_1 = \frac{0,13 \cdot 1973,92 \cdot 5000}{2150 - 0,87 \cdot 1973,92} = 2965 \text{ шт}$$

Визначимо при якому обсязі продукції Q_2 буде досягнуто запланований рівень рентабельності та річний прибуток *П*:

$$Q_2 = \frac{b \cdot C_{ПОВ} \cdot \chi \cdot \left(1 + \frac{P_H}{100}\right)}{Ц_{ДОГ} - a \cdot C_{ПОВ} \cdot \left(1 + \frac{P_H}{100}\right)},$$

$$Q_2 = \frac{0,13 \cdot 1973,92 \cdot 5000 \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right)}{2150 - 0,87 \cdot 1973,92 \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right)} = 17255 \text{ шт}$$

$$П = \left(Ц_{ДОГ} - C_{ПОВ}\right) \cdot Q_2 = \left(2150 - 1973,92\right) \cdot 17255 = 3038260,4$$

ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської дисертації було розроблено та створено діючий макет цифрової GSM сигналізації. При розробці системи такого рівня було пройдено такі етапи, як проведення аналізу ринку, встановлення технічних вимог, вибір компонентної бази, реалізація апаратної та програмної складових, розробка супутньої документації та налагодження дослідного зразка виробу.

Важливою перевагою розробленої охоронної системи є її співвідношення ціни та функціоналу, а саме наявність GSM модуля при відносно невисокій вартості. Про доцільність виробництва також свідчать результати проведеного у розділі 4 аналізу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Vivian Capel, Security Systems and Intruder Alarms. Second edition // Newnes, 1999. – 301 p.
2. Cyril Jose, A. and Malekian, Smart Home Automation Security: A Literature Review. Smart Computing Review, 2015. – pp. 269-285.
3. Jayashri Bangali and Arvind Shaligram, Design and Implementation of Security Systems for Smart Home based on GSM technology, International Journal of Smart Home Vol.7, No.6, 2013. – pp. 201-208.
4. Mehmet Çavaş and Muhammad Baballe Ahmad, A REVIEW ADVANCEMENT OF SECURITY ALARM SYSTEM USING INTERNET OF THINGS (IoT) // International Journal of New Computer Architectures and their Application, 2019 – pp. 38-49.
5. Karen C. S. Donnelly, Domestic security: the Holmes burglar alarm telegraph, Dissertation // University of Pennsylvania, 1992. – 622 p.
6. Holmes E, and Roome H.C U.S. Patent No110,362 (1870) [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://patents.google.com/patent/US110362A/en
7. Модель сигналізації Поупа. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BE%D0%BB%D0%BC%D1%81,_%D0%AD%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%BD#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:03._Signal_box_for_demonstration.jpg (дата звернення: 07.09.2024).
8. Weber Thad L. - Alarm Systems and Theft Prevention. Second edition. // Butterworth Publishers, 1985 – 395 p.
9. Fisher Claude S. - A Social History of the Telephone to 1940. // University of California press, 1992 – 398p.

10. Deepak Tuteja, Dhruv Jain, Hemant Singla, Divya Sharma, Detailed Survey on Motion Sensing // Journal of Basic and Applied Engineering Research, 2014. pp. 27-31.
11. Lojek Bo, History of Semiconductor Engineering. // Springer Science & Business Media, 2007. – 120 p.
12. Дерев'янко О.А., Антошкін О.А., Бондаренко С.М., Христич В.В. Системи пожежної та охоронної сигналізації: Текст лекцій. – Х.:УЦЗУ, 2008. – 144 с.
13. Перелік виробників ОС що користуються попитом в Україні. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://f.ua/ua/best/komplekty-ohrannyh-signalizacij/?srsltid=AfmBOop6QXqdQS69edrq9Haq1J3PhHmMeXeeFkQqBuCFuW2MXJ8o7Fzo (дата звернення: 10.09.2024).
14. Специфікація Ajax StarterKit. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://ajax.systems/products/starterkit/
15. Специфікація Covi Security HS-100. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://www.forter.com.ua/ru/komplekt-besprovodnoy-wi-fi-signalizacii-covi-security-hs-100/ (дата звернення: 10.09.2024).
16. Специфікація ATIS Kit 200. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://securitylab.com.ua/ru/atis-kit-200t/ (дата звернення: 10.09.2024).
17. Mehmet Çavaş and Muhammad Baballe Ahmad, A REVIEW ADVANCEMENT OF SECURITY ALARM SYSTEM USING INTERNET OF THINGS (IoT). // International Journal of New Computer Architectures and their Applications (IJNCAA). pp. 38-49.
18. Даташит на геркон FM-102. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://securitylab.com.ua/content/files/texnicheskaja-specifikacija-tane-fm-102-17106562.pdf (дата звернення: 12.09.2024).
19. Принцип функціонування піроелектричного сенсора. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу :

https://www.researchgate.net/figure/Pyroelectric-sensor-behavior-Pyroelectric-sensor-signals-are-proportional-to-the-change_fig1_221787815 (дата звернення: 12.09.2024).

20. Документація на сенсор AM-312. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://www.image.micros.com.pl/_dane_techniczne_auto/cz%20am312.pdf (дата звернення: 12.09.2024).

21. Документація на сенсор HC-SR501. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://www.mpja.com/download/31227sc.pdf (дата звернення: 12.09.2024).

22. Принцип функціонування п’єзодинамічного сенсора [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://bitkit.com.ua/ru/pezodinamik (дата звернення: 12.09.2024).

23. Модуль звуковий. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://uawest.com/modul-zvukovoj-plata-elektronnaja-policejskaja-sirena-3-4-5-v.html (дата звернення: 20.09.2024).

24. Даташит на мікроконтролер STM32F103C8T6. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf&ved=2ahUKEwiNk560kdaJAxXuh_0HHTReH-IQFnoECBkQAQ&usg=AOvVaw0rd6I_7fuhTLdZOoycvGV5 (дата звернення: 27.09.2024).

25. П’єзодинамік HND-2312. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://vseplus.com/product/sirena-hnd-2312-98037?srsltid=afmboooy3h1o-nli4rcvrfdjekrmou8dsgjwall1fc0ihoyhqsqh8wqgeqw (дата звернення: 29.09.2024).

26. Даташит на модуль SIM800L. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1741386/SIMCOM/SIM800.html (дата звернення: 28.09.2024).

27. Karygiannis T, Eydt B, Barber G, Bunn L, Phillips T. - Guidelines for Securing Radio Frequency Identification (RFID) Systems. // National Institute of Standarts and Technology, 2007 – 154 p.

28. Даташит на мікросхему MFRC522. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MFRC522.pdf (дата звернення: 02.10.2024).

29. Даташит на мікросхему TTP223. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://files.seeedstudio.com/wiki/Grove-Touch_Sensor/res/TTP223.pdf (дата звернення: 02.10.2024).

30. Даташит на мікросхему MIC5205. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20005785A.pdf (дата звернення: 03.10.2024).

31. Даташит на мікросхему TP4056. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf (дата звернення: 03.10.2024).

32. Даташит на мікросхему XB7608A. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://www.lcsc.com/datasheet/lcsc_datasheet_2006240933_XySemi-XB7608A_C669688.pdf (дата звернення: 06.10.2024).

33. Документація на модуль MINI-360. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : https://www.matts-electronics.com/wp-content/uploads/2018/06/MINI-360.pdf (дата звернення: 10.10.2024).

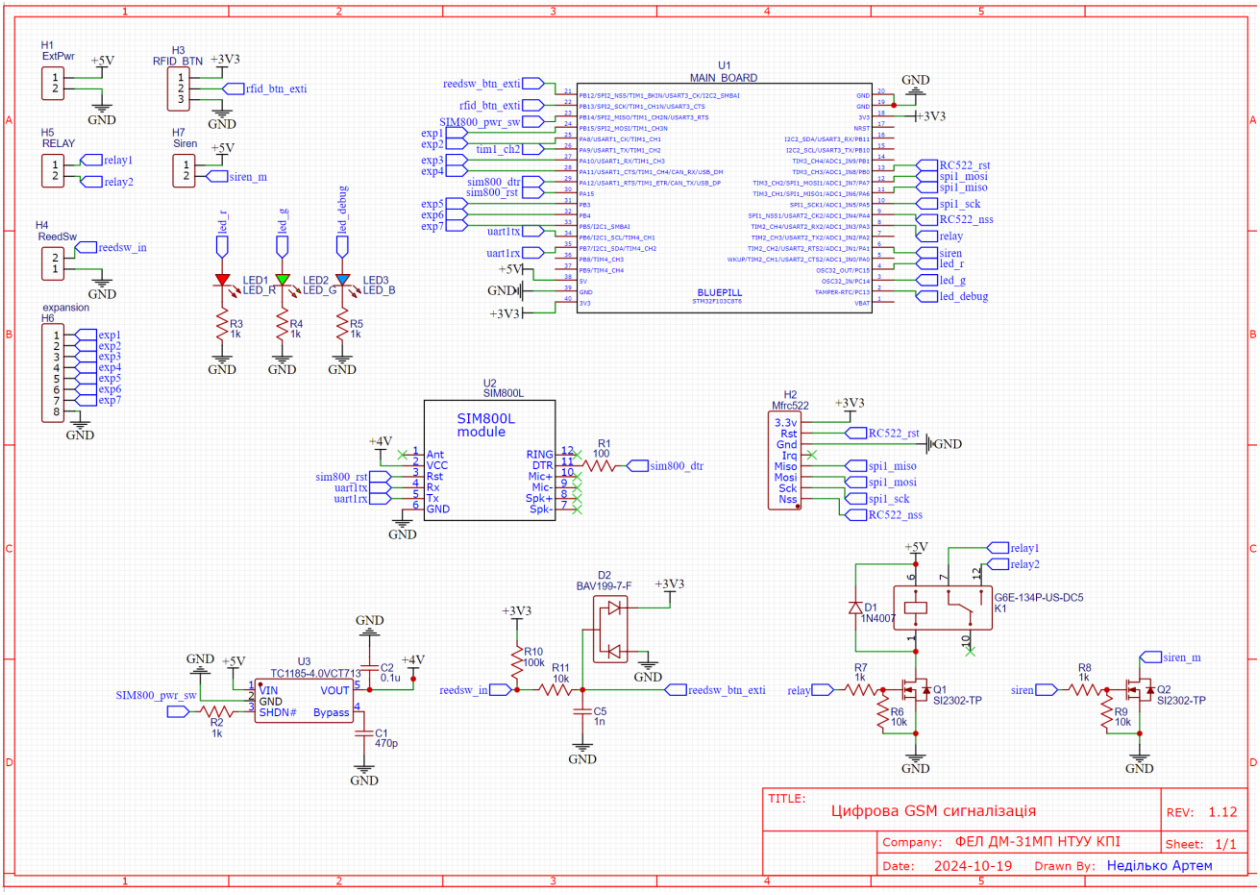
34. Мануал для роботи з бібліотеками HAL та LL мікроконтролерів серії STM32F1. [Електронний ресурс] : Режим доступу до ресурсу : file:///C:/Users/user/Downloads/um1850-description-of-stm32f1-hal-and-lowlayer-drivers-stmicroelectronics.pdf. (дата звернення: 10.10.2024).

35. Carmine Noviello, Mastering STM32 - Second Edition, 2018 – 826 p.

36. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічного розділу дипломних проектів. За редакцією А.Т. Чернявського - К.: НТУУ”КПІ”, 1999. – 66с.

Додаток А

Схема електрична принципова ОС



Додаток Б

Друкована плата ОС