

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерних систем і автоматики
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютерних систем управління
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані
автоматизованої системи паркування автомобіля»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 2АКІТ-20м
спеціальності 151- Автоматизація та
комп'ютерно- інтегровані технології
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Сергій Нікіфоренко
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., доцент каф. КСУ Сергій Штовба
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (дата)

Опонент: к.т.н., доцент каф. АІТ Ольга Софіна
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (дата)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри КСУ
Володимир Дубовой
(прізвище та ініціали)
« » грудня 2021 року

Факультет комп'ютерних систем та автоматики
 Кафедра комп'ютерних систем управління
 Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
 Галузь знань – 15 Автоматика та приладобудування
 Спеціальність - 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
 Освітньо-професійна програма - Інтелектуальні комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ
 _____ Володимир Дубовой

« 01 » жовтня 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Нікіфоренку Сергію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані автоматизованої системи паркування автомобіля»
 керівник роботи Штовба Сергій Дмитрович, д. т. н., професор
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 затверджені наказом вищого навчального закладу від "24"09 2021 року № 277
2. Строк подання студентом роботи 12.12. 2021 року
3. Вихідні дані до роботи: діапазон вимірюваних відстаней [0,03...6] м;
частота випромінювання: 20–70кГц; абсолютна похибка вимірювання не гірше – 0,03м; варіант виконання – портативний; джерело живлення – +5В.
4. Зміст текстової частини: Вступ; Аналіз об'єкта автоматизації і техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки; Розробка схем автоматизованої системи управління; Розробка алгоритмів управління і програмного забезпечення; Економічна частина.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Схема алгоритму управління вимірюванням відстані – 1 аркуш; 2. Схеми електричні мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані – 3 аркуші; 3. Схема структурна блоку обчислення відстані – 1 аркуш; 4. Часові діаграми роботи блоку обчислення відстані– 1 плакат; 5. UML-діаграма використання – 1 аркуш. 6. Результати тестування – 1 плакат.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ змістової частини роботи	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділи 1,2,3	професор кафедри КСУ, доцент, к. т. н. Биков М.М.		
Економічний розділ	доцент кафедри ЕПВМ, доцент, к.е.н. Кавецький В.В.		

7. Дата видачі завдання “ 01 ” 10 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

- | | | |
|----|--|----------------|
| 1 | Аналіз об'єкта автоматизації і техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки | 02.10.2021 р. |
| 2 | Постановка задачі і розробка технічного завдання | 04.10. 2021 р. |
| 3 | Розробка структури системи автоматизації і вибір технічних і програмних засобів | 20.10. 2021 р. |
| 4 | Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення системи і машинний експеримент | 15.11. 2021 р. |
| 5 | Підготовка економічної частини | 26.11. 2021 р. |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу і презентації | 30.11. 2021 р. |
| 7 | Апробація результатів дослідження | 07.12.2021 р. |
| 8 | Публікації | 10.12.2021 р. |
| 9 | Графічні матеріали: | |
| | Технологічна схема парковки автомобілів | 01.12. 2021 р. |
| | Схема структурна системи | 01.12. 2021 р. |
| | Схема електрична функціональна | 02.12. 2021 р. |
| | Схема електрична принципова системи | 02.12. 2021 р. |
| | Схема алгоритму роботи системи | 04.12. 2021 р. |
| | Часові діаграми роботи блоку обчислення відстані | 05.12. 2021 р. |
| | UML-діаграма використання | 06.12. 2021 р. |
| 10 | Захист МКР | 23.12. 2021 р. |

Студент

Нікіфоренко С. В.

Керівник роботи

Штовба С.Д.**АНОТАЦІЯ**

УДК 681.142.2 (075.5)

Нікіфоренко С. В. Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані автоматизованої системи паркування автомобіля. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітня програма – інтелектуальні комп'ютерні системи. Вінниця: ВНТУ, 2021. 109 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 40 назв; рис.: 13; табл. 13.

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблена проста та високоточна автомобільна мікропроцесорна система автоматизованого вимірювання відстані. Простота схеми системи досягається за рахунок використання сучасного мікроконтролера, а точність – за рахунок використання методу вимірювання відстані на основі одночастотного фазового методу і періодичного імпульсного режиму. Дана розробка значно полегшить комфорт управління автомобілем в дорожніх умовах та під час паркування.

На основі проведено огляду існуючих методів і засобів вимірювання відстані запропоновано використати комбінований метод вимірювання відстані в автоматизованих системах паркування на основі мікроконтролера типу AVR. У розрахунково-конструкторській частині виконана розробка схем пристрою, виконаний розрахунок метрологічних характеристик. У розділі програмного забезпечення розроблено алгоритми і програми роботи системи. В економічній частині проведена оцінка економічної ефективності виконаної розробки.

Графічна частина містить 9 плакатів з ілюстрацією результатів роботи.

Ключові слова: автоматизоване вимірювання відстані, мікроконтролерна система, точність вимірювання, метрологічні характеристики.

ABSTRACT

UDC 681.142.2 (075.5)

Nikiforenko SV Development of a microcontroller device for measuring the distance of an automated car parking system. Master's thesis in specialty 151 - automation and computer-integrated technologies, educational program - intelligent computer systems. Vinnytsia: VNTU, 2021. 109 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 40 titles; fig .: 13; table. 13.

The simple and high-precision automobile microprocessor system of the automated distance measurement is developed in this master's qualification work. Simplicity of the system scheme is achieved through the use of a modern microcontroller, and accuracy - through the use of distance measurement method based on the single-frequency phase method and periodic pulse mode. This development will greatly facilitate the comfort of driving on the road and while parking.

Based on the review of existing methods and means of distance measurement, it is proposed to use a combined method of distance measurement in automated parking systems based on a microcontroller type AVR. In the calculation and design part the development of device schemes is performed, the calculation of metrological characteristics is performed. In the software section algorithms and programs of work of system are developed. In the economic part the estimation of economic efficiency of the executed development is carried out.

The graphic part contains 9 posters illustrating the results of the work.

Keywords: automated distance measurement, microcontroller system, measurement accuracy, metrological characteristics.

ЗМІСТ

ВСТУП.....8

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ОГЛЯД СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ.....	10
1.1 Сутність технічної проблеми, що виникла на сучасному етапі розвитку науки і техніки.....	10
1.2 Аналіз методів безконтактного вимірювання відстані.....	10
1.3 Висновки до розділу.....	19
2 РОЗРОБКА СХЕМИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ	20
2.1 Вибір і обґрунтування узагальненої структури пристрою.....	20
2.2 Розробка структурної схеми і вибір електронних елементів.....	18
2.3 Розробка функціональної схеми пристрою.....	34
2.4 Висновки до розділу.....	
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	36
3.1 Вибір платформи розробки та мови програмування.....	36
3.2 Розробка алгоритму програми.....	37
3.3 Розробка UML діаграма варіантів використання.	39
3.4 Висновки до розділу.....	41
4 ОЦІНКА МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	42
4.1 Аналітичний розрахунок точності вимірювання відстані.....	42
4.2 Експериментальна оцінка точності розробленого пристрою.....	47
4.3 Висновки до розділу.....	48
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	49
5.1Проведення економічного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	49
5.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки.....	53
5.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	56
5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки При її можливості комерціалізації потенційним інвестором.....	71
5.5 Висновки до розділу.....	75
ВИСНОВКИ.....	76

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77
Додаток А (обов'язковий). Технічне завдання.....	82
Додаток Б (обов'язковий). Лістинг програми	86
Додаток В (обов'язковий). Ілюстративна частина.....	100

ВСТУП

Актуальність теми. Однією з актуальних на сьогодні проблем для супермаркетів, торгових центрів, розумних будинків, наряду с проблемою навігації і контролю завантаженості паркувальних майданчиків, є проблема автоматизації процесу паркування автомобіля. Однією з головних задач в цій проблемі є проблема вимірювання відстані автомобіля до місця паркування. Актуальність визначення відстані є також особливо важливою для контролю дистанції між автотранспортом і перешкодою при його русі в умовах недостатньої видимості на невеликих швидкостях. Рішення вказаної задачі для транспорту значно полегшує зручність і безпечність управління автомобілем, а також дозволяє вирішити проблему автоматизації паркування на парковках. Тому тема роботи є актуальною.

Результати роботи можуть також бути використані для вимірювання рівня заповнення резервуарів рідкою речовиною, для вимірювання розмірів фундаментів і кімнат в будівництві, рівня завантаження бункерів або кузовів автомобілів сипким або роздробленим матеріалом, контролю розмірів виробленої продукції, вимірювання відстані від борту судна до причалу, в гідролокації, вимірювання дальності до перешкод в задимлених приміщеннях, в тумані [1].

Метою дослідження в магістерській роботі є створення простої в порівнянні з аналогами та високоточної автомобільної автоматизованої системи вимірювання відстані на базі мікроконтролера.

В магістерській кваліфікаційній роботі потрібно вирішити для досягнення поставленої мети такі задачі:

- Провести огляд існуючих методів і засобів вимірювання відстані, провести аналіз їх недоліків і переваг, запропонувати метод вимірювання, який при невеликій складності системи дозволяє виконати вимірювання з заданою в технічному завданні точністю;

- Розробити структуру автоматизованої системи і електричні схеми мікропроцесорного пристрою вимірювання відстані;

- Виконати електричні розрахунки окремих вузлів пристрою;

- Провести оцінку метрологічних показників систем;
- Розробити алгоритми і програмне забезпечення системи автоматизованого вимірювання відстані.

Об'єктом дослідження є автомобільна мікроконтролерна система контролю відстані.

Предметом дослідження є методи, пристрої і алгоритми контролю відстані автомобіля до заданої зони на дорозі чи на парковці.

Методи дослідження. У процесі дослідження застосовувалися: методи метрології та вимірювальної техніки; теорія ймовірностей та надійності; теорія алгоритмів; комп'ютерне моделювання електронних схем.

Наукова новизна полягає в розробці комбінованого методу вимірювання відстані на основі одночастотного фазового методу і періодичного імпульсного режиму.

Практична цінність. Розроблені пристрій, алгоритми і програмне забезпечення дозволяють автоматизувати процес вимірювання відстані і підвищити його точність.

Особистий внесок дипломника полягає в розробці структури і програмного забезпечення мікроконтролерного пристрою автоматизованої системи паркування автомобіля.

Публікації: Биков М.М., Нікіфоренко С.В. Автомобільна мікроконтролерна система для автоматизованого вимірювання відстані. [Електронний ресурс].-

Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2022/paper/view/14115>

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ОГЛЯД СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ

1.1 Сутність технічної проблеми, що виникла на сучасному етапі розвитку науки і техніки

Потреба у вимірюванні відстані з необхідною для прийняття рішень точністю, є актуальною проблемою в багатьох галузях діяльності людини, особливо на автотранспорті в умовах як звичайних, так і екстремальних.

Особливе значення визначення дистанції набуває сенсу при роботі в умовах погіршення видимості: контроль дистанції між автотранспортом при його русі в умовах малої видимості на невеликих швидкостях, при паркуванні або постановці автомобіля в гараж, визначенні рівня заповнення резервуарів рідиною, рівня заповнення кузовів автомобілів або бункерів з роздробленою або сипкою речовиною, контроль розмірів продукції, визначення дистанції до причалу від борту судна, в задачах гідролокації, задимлених приміщеннях, в умовах присутності туману [1].

Нагальна необхідність покращення візуальних властивостей людини виникає на автотранспорті. Також можна додати, що визначення відстані до об'єктів на глибині буде корисно для риболовних суден.

Дана розробка є актуальною в нашій країні особливо для розробників автоматизованих парковок автомобілів, тому розробка і виробництво мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані автоматизованої системи паркування автомобіля має технічну і економічну доцільність.

1.2 Аналіз методів безконтактного вимірювання відстані

Для вимірювання відстані використовують електричні методи, локаційний метод, методи ультразвуку: фазовий, частотний та імпульсний [2, 3].

1.2.1 Локаційний метод

Для визначення дистанції між об'єктами здебільшого використовують електричні методи, зокрема локаційний метод. Цей метод ґрунтується на

вимірюванні часу проходження вимірюваної відстані променем з відомою швидкістю, яка залишається незмінною при вимірюванні. Для реалізації локаційного методу на практиці використовують різні види випромінювань, серед яких поширені засоби радіолокації, акустичної та оптичної локації. Метод локації, який ґрунтується на використанні звукових і ультразвукових коливань, називають ехо–звуковим.

У локаційних методах приймач та джерело випромінювання розташовуються на одному кінці вимірюваної дистанції, а на іншому кінці – спеціальний відбивач, замість якого може використовуватися границя об’єкта, до якого визначається відстань [4,5]. Імпульсні локаційні методи зводяться до визначення часу поширення імпульса від передавача до відбивача і назад. Цей час визначається як $t=2D/c$, де D – вимірювана відстань, c – швидкість світла (радіохвиль) у повітрі. Отже, для відстані у сотні кілометрів цей час складає тисячні частки секунди. Хоч ці методи прості в реалізації для вимірювання малих відстаней вони непридатні.

Для визначення великих відстаней від десятків чи сотень метрів до мільйонів кілометрів використовуються оптичний локаційний та радіолокаційний методи [6-8].

Локаційний метод реалізують одним із двох основних способів: модуляційним (фазовий) або імпульсним. В першому способі застосовують неперервне модульоване випромінювання, інформація про вимірювану відстань в якому міститься в його фазі, а в другому способі використовується випромінювання у вигляді коротких імпульсів. Спрощені структурні схеми оптичних дальномірів, що базуються на використанні імпульсного (рис. 1.1, а) та модульованого (рис. 1.1, б) випромінювань.

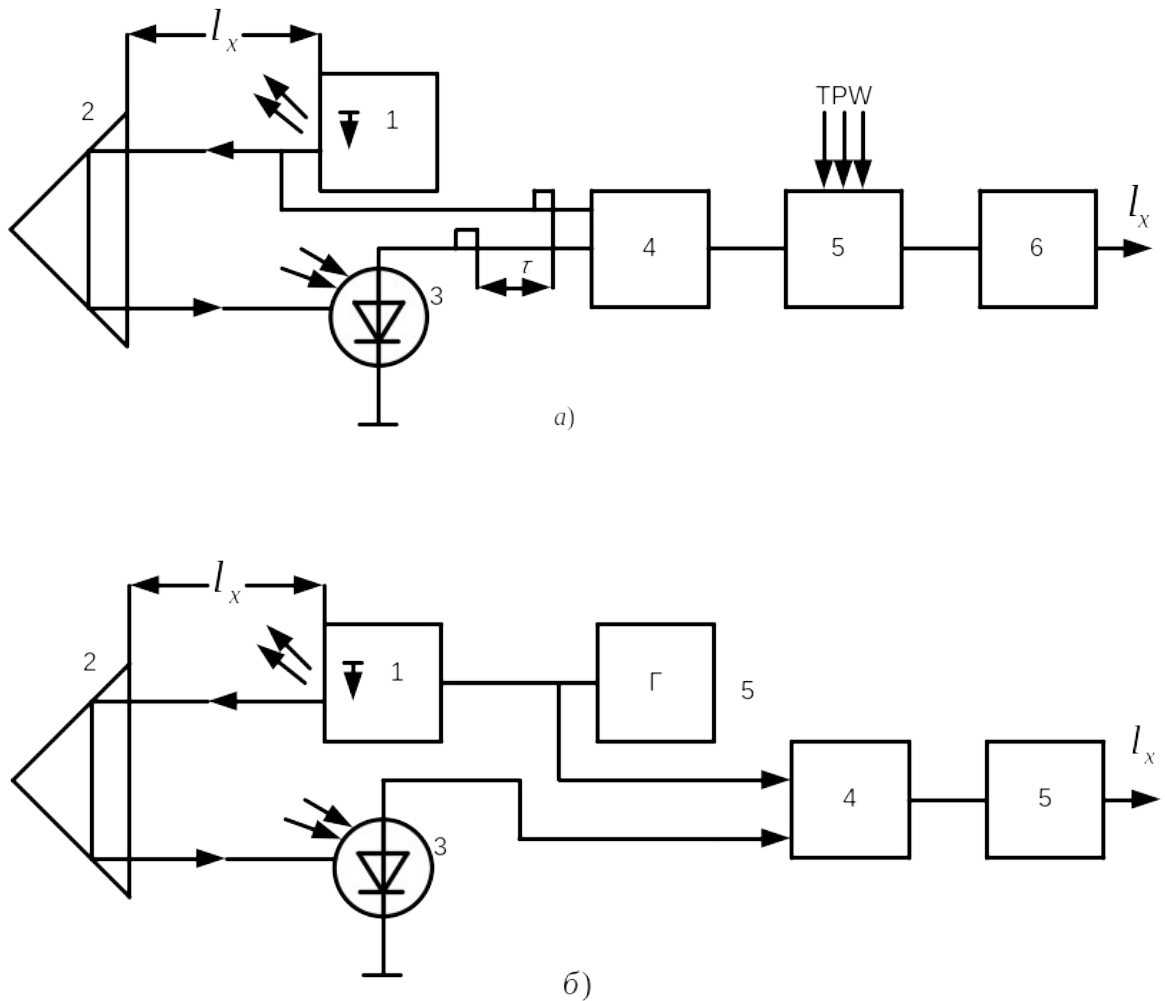


Рисунок 1.1 – структурна схема оптичного локаційного світловіддалеміру на основі а) імпульсного випромінювання, б) модельованого випромінювання

1.2.2 Фазовий метод

Даний метод ґрунтується на тому, що різниця фаз між відбитим і зондуємим і сигналами пропорційна часу $t_{\text{з}}$ розповсюдження випромінювання. Суть цього методу полягає в наступному [9,10]. Передавач випромінює незатухаюче коливання, приймач приймає відбитий сигнал.

Вказані два сигнали зрівнюються по фазі у вимірювачі. Отримана в результаті різниця фаз цих коливань дорівнює:

$$\Delta\varphi = \omega_0 t_3 - \Psi' \quad (1.7)$$

Звідси час затримки t_3 визначається по формулі:

$$t_3 = \frac{(\Delta\varphi - \Psi')}{\omega_0} \quad (1.8)$$

$$\Delta\varphi = \omega_0 t_3 = 2\pi f t_3 \quad (1.9)$$

$$t_3 = \frac{2L}{v} \quad (1.10)$$

$$f = \frac{\Delta\varphi - \Psi'}{2\pi t_3} = \frac{2\pi \cdot 330}{2 \cdot 2\pi \cdot 60} = 5 \text{ (Гц)}$$

Тоді дальність розраховується по формулі:

$$L = \frac{(\Delta\varphi - \Psi') \cdot v_{\text{УЗ}}}{2\omega_0} \quad (1.11)$$

де $v_{\text{УЗ}}$ – швидкість ультразвуку в середовищі.

В нашому випадку при відстані $L = 30\text{м}$ і швидкістю УЗ в повітрі 330м/с [11-13] при можливості різниці фаз 360° необхідна частота випромінювання буде складати:

$$l = \frac{300}{f} = \frac{300}{20} \cdot 0_{3E} = 15(0_{3E}), \quad (1.12)$$

Така низька частота вимагає великих розмірів випромінювача з еквівалентною довжиною:

$$L \approx \frac{9}{14} = \frac{130}{14} = 9.3(М),$$

Якщо частоту збільшувати, то виникає неоднозначність фази. Для прикладу, на частоті 50 кГц фазовий зсув складатиме:

$$\Delta\varphi = 2\pi \cdot l \cdot \Delta f, \quad (1.13)$$

$$\Delta\varphi = 2\pi \cdot 9 \cdot 10^4 \cdot \frac{31}{330} = 479.95(\text{град}).$$

1.2.3 Двочастотний метод

Для зменшення неоднозначності і виключення впливу ψ' на точність вимірювання користуються двочастотним методом [14]. В даному методі вимірювання проводять на двох близькорознесених частотах ω_1, ω_2 . Перше вимірювання дає результат:

$$\Delta\varphi_0 = \frac{0.42\pi}{0_{3E}} - \psi', \quad (1.14)$$

друге:

$$\Delta\varphi_2 = \frac{\sigma_{\text{нзЕ}}}{\rho_{\text{нзЕ}}} - \psi_{\text{нзЕ}} \quad (1.15)$$

Тоді різниця набігів фаз двох вимірювань:

$$\Delta\varphi = \frac{2M(\sigma_2 - \sigma_1)}{v_{\text{нзЕ}}} \quad (1.16)$$

До недоліків двочастотного методу потрібно віднести недоліком складність обробки сигналів, а також необхідність застосування в схемі двохканальної системи [7].

Також суттєвим недоліком застосування фазового методу в дальномірах є висока енергозатратність та необхідність точного підтримання значень частот вимірювальних сигналів.

Основною перевагою застосування одночастотного фазового методу є простота алгоритмів обробки сигналу і більш висока точність.

1.2.4 Вимірювання дистанції з використанням частоти биття

Вимірювання дистанції частотним методом ґрунтується на явищі виникнення частоти биття коливань відбитого і зондуючого сигналів.

В даних пристроях сигнал зондування представляє собою неперервний частотномодульований сигнал [15].

Закон зміни частоти биття представлений на рис. 1.2. Його форма нагадує трапецію [16].

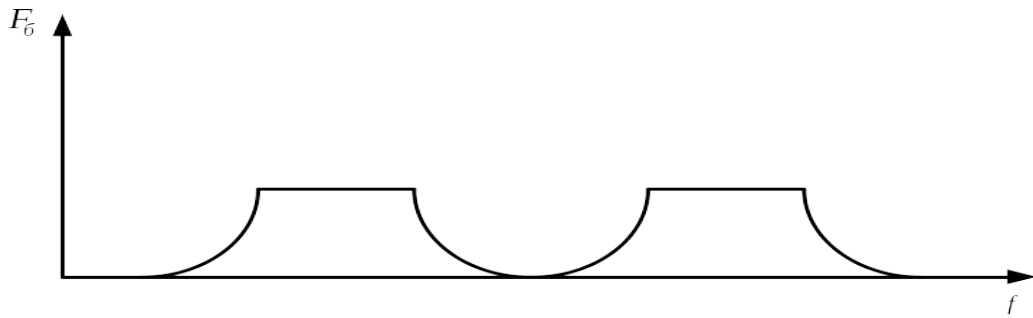
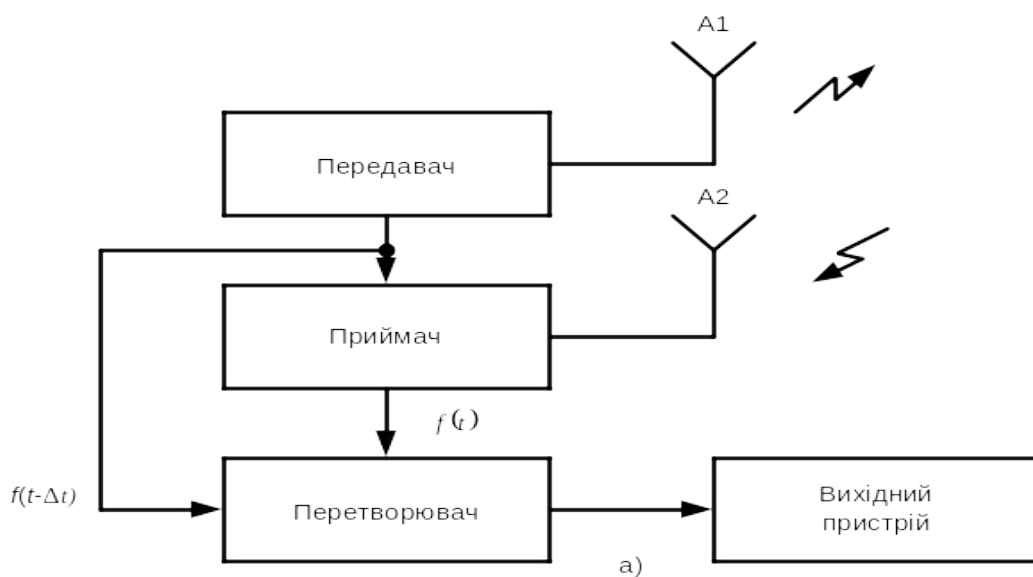


Рисунок 1.2 – Закон зміни частоти биття

Найпростіша структурна схема автомобільної мікропроцесорної системи контролю відстані до перешкоди з застосуванням цього методу зображена на рисунку 1.3.

Одним з недоліків є те, що даним методом вимірювати дистанцію до об'єкта можна тільки в дискретних точках. Збільшенні дискрету відліку частоти биття приводить до зменшення інструментальної похибки вимірювання, проте це тягне за собою збільшення флуктуаційної помилки, оскільки в такому випадку смуга пропускання приймача збільшується. Іншою причиною виникнення інструментальної помилки є змінність частоти биття.



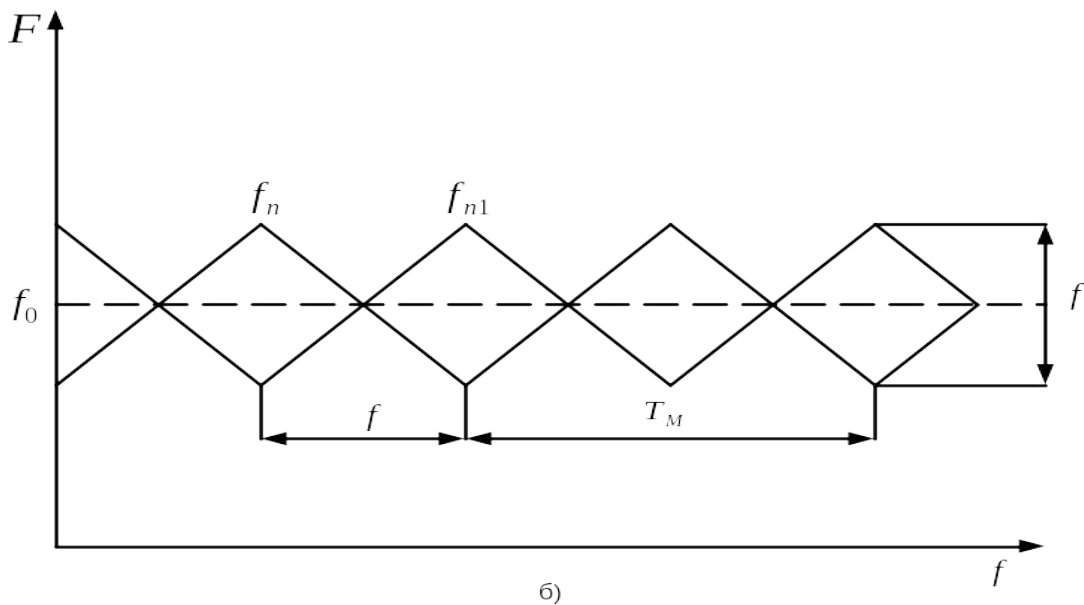


Рисунок 1.3 – Структурна схема контролю відстані до перешкоди при а) застосуванні частотного методу та б) принцип частотного методу

В якості основних недоліків даного методу можна вказати велике споживання енергії та використання двох п'єзоелементів.

1.2.5 Імпульсний неперервний режим

В силу імпульсного режиму роботи менш енергозатратними є імпульсні методи. В них вимірювання відстані до об'єкта зводиться до вимірювання часового інтервалу між моментом часу, який відповідає моменту випромінювання імпульсу п'єзоелементом, і моментом часу, в який приймається імпульс, відбитий від перешкоди. Імпульсним методом визначення дистанції можна здійснювати в одному з двох режимів - періодичному або неперервному [4].

Структурна схема, яка відображає цей режим, зображена на рис. 1.4.

Частотний дискримінатор в представленій схемі використовує два селекторних імпульси. З виходу синхронізатора імпульси запуску подаються на схему управління затримкою одночасно з запуском модулятора передавача. На виході схеми затримки формується два селекторних імпульси, затримка яких, визначається керованою напругою, яка пропорційна сигналу

помилки. Сигнальний імпульс від приймача і селекторні імпульси з виходу схеми затримки подаються на дискримінаторю. У випадку зміщення відносно середини сигналу дискримінатора лінії розділу раннього і пізнього селекторних імпульсів, на його виході виникає напруга сигналу помилки, полярність і величина якої визначається часовою розбіжністю. Після підсилення і перетворення схемою керування ця напруга впливає на схему затримки так, щоб звести розбіжність до нуля. Відповідно цьому час затримки селекторних імпульсів підтримується автоматично рівнем t_g . Відстань l , що відповідає цьому часу, може бути перетворена в певний звуковий тон.

Основним недоліком цього методу є те, що використовується два п'єзоперетворювачі. Це зумовлено тим, що їх виготовлення є дорогавартісним оскільки для цього використовують дорогі п'єзоелементи. Цьому можна запобігти шляхом використання одного п'єзоперетворювача [1,16]. До інших недоліків даного можна віднести складність оброблення сигналів.



Рисунок 1.4 – Структурна схема системи при застосуванні імпульсного безперервного режиму

1.2.6 Імпульсний періодичний режим

Структурна схема, яка відображає цей режим зображена на рис. 1.5.

Під час випромінювання високочастотних коливань п'єзоелемент виконує функцію випромінювача ультразвуку, а в перервах між імпульсами приймає відбитий сигнал. Прийнятий п'єзодавачем відбитий від перешкоди сигнал надходить на вхід посилювача високої частоти. На другий вхід посилювача подається імпульс від генератора імпульсів. Цей імпульс замикає на період випромінювання посилювач високої частоти. Імпульс замикання утворюється шляхом випрямлення сигналу детектором 1. Сигнал з підсилювача подається на детектор 2, в якому він випрямляється і формує огинаючу високочастотного сигналу [12]. Тригер перетворює інформацію про відстань l , яка буде залежати від пройденого часу між імпульсами. Запуск імпульса тригера починається в момент t_1 початку випромінювання зондуючого сигналу і скидається в момент t_2 його повернення. Тривалість між моментами t_2 та t_1 виначає час розповсюдження вперед і назад. Тоді Δt_z визначається за формулою:

$$\Delta t_z = \frac{2l}{v_z} = \frac{2 \cdot 36}{330} = 0.218(\text{с}),$$

Зсув фази при поверненні відбитого сигналу:

$$\Delta \varphi_z = 2\pi f_z \Delta t_z = 2\pi \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 0.218 = 565.2 (\text{рад}).$$

Перевагою даного методу є використання тільки одного п'єзоелемента. Ще однією перевагою є невисоке енергоспоживання.

Недоліком імпульсного періодичного методу є відносно висока складність оброблення сигналу.

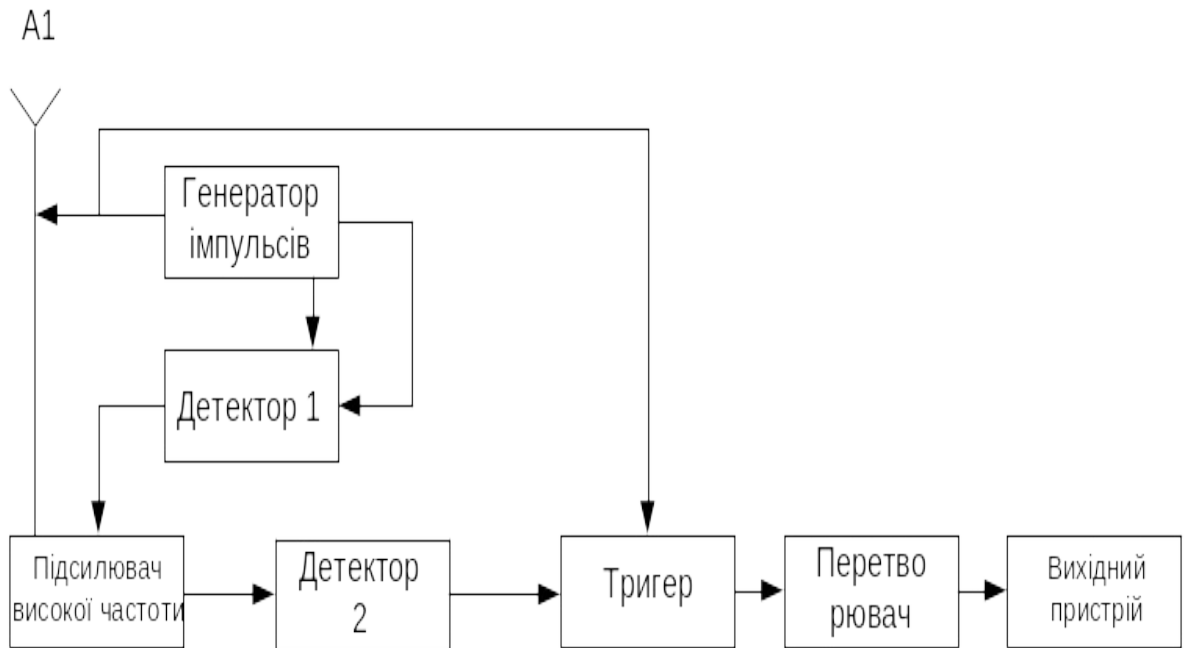


Рисунок 1.5 – Структурна схема при застосуванні імпульсного періодичного режиму

1.3 Висновки до розділу

З досліджень авторів багатьох робіт випливає [17-27], що методи вимірювання відстаней на основі визначення часу поширення акустичних хвиль є найпоширенішими. При цьому визначено, що максимальну точність вимірювання має фазовий метод, але він має великі розміри випромінювача.

Детектування перешкод частотним методом ґрунтується на способі вимірювання частоти биття коливачів відбитого сигналу і зондуючого. Головним недоліком даного методу є використання двох п'єзодавачів та велике споживання енергії. До недоліків частотних методів належать: високі вимоги до розв'язки передавального та приймального тракту, необхідність забезпечення підвищеної лінійності змін випромінюваної частоти та значне ускладнення апаратури при застосуванні до багатьох об'єктів. Перевага

частотних методів: забезпечують вимірювання дуже малих відстаней з високою точністю при малій піковій потужності випромінювача.

Більш економічним є імпульсний метод. Визначення дистанції за допомогою імпульсного методу проводять в одному з двох режимів: періодичному і неперервному [19].

Основним недоліком імпульсного неперервного режиму є те, що потрібно застосовувати два п'єзодавачі.

Перевагою періодичного імпульсного режиму є можливість застосування в даному випадку тільки одного п'єзоперетворювача. Інша перевага – цей метод є менш енергозатратним, ніж інші. Недоліком методу є відносно велика складність обробки сигналу [21].

З проведеного аналізу приймаємо рішення, що найбільш ефективним методом обробки буде поєднання одночастотного фазового методу і періодичного імпульсного режиму.

Перевагами запропонованого комбінованого методу є невеликі енергозатрати, можливість застосування тільки одного п'єзоелемента та меншої кількості радіодеталей, і, відповідно, менша вартість. Цьому методу також притаманні висока завадостійкість і дозвольна здатність по дистанції. Дозвольна здатність методу збільшується, при зменшенні тривалості імпульса, що дозволяє просто залагодити проблему перекриття відбитого і прямого сигналів як наслідок їх рознесення у часі.

2 РОЗРОБКА СХЕМИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНИ

2.1 Вибір і обґрунтування узагальненої структури пристрою

Зробивши висновок у розділі 1.3, що найбільш оптимальним методом обробки може бути комбінування періодичного імпульсного режиму і одночастотного фазового методу. На рис. 2.1. представлена структурна схема пристрою, що відповідає даному комбінованому режиму.

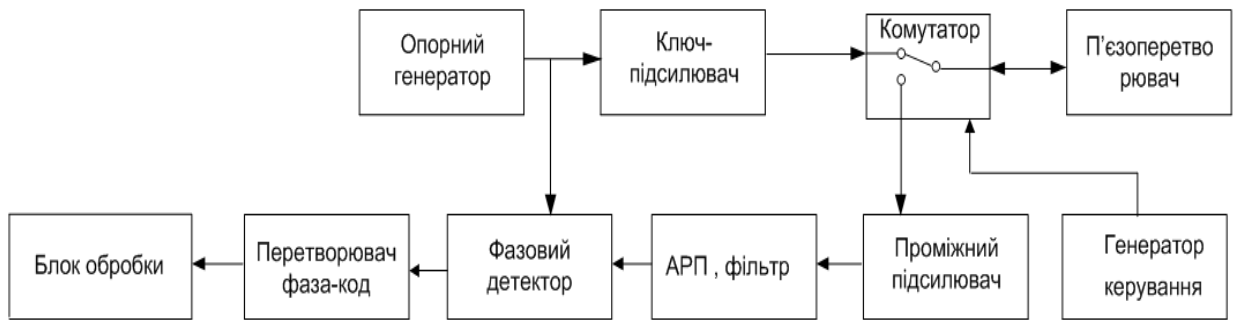


Рисунок 2.1 – Структурна схема при використанні комбінованого методу

2.2 Розробка структурної схеми і вибір електронних елементів

2.2.1 Визначення потужності випромінювачів

Потужність на вході п'єзокерамічного випромінювача в режимі передачі:

$$P_{\text{пер}} = 150 \text{ (мВт)}$$

Враховуючи, що опір випромінювача $R_{\text{випр}} = 0,2 \text{ (Ом)}$, напруга коливань

з частотою $f_0 = 50 \text{ (кГц)}$ буде:

$$U_{\text{пер}} = \sqrt{P_{\text{пер}} \cdot R_{\text{випр}}} = \sqrt{150 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2} \approx 1 \text{ (В)}$$

Звідси мінімальна $E_{\text{ск}}$ має бути: $E_{\text{ск}} = U_{\text{пер}}$, тоді при узгоджені ВКС:

$$P_1 = \frac{U^2}{2R_{\text{випр}}} = \frac{1^2}{2 \cdot 0,2} = 150 \text{ (мВт)}$$

Обернена величина відстані, на якій амплітуда звукової хвилі з частотою $f_0 = 50(\text{кГц})$ зменшується в e раз, для повітря складає $\alpha = 10^{-3}(\text{дБ/см})$.

$$\text{Коефіцієнт } \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{10^{-3}(\text{дБ/см})} = 10(\text{м}).$$

У випадку максимальної відстані до перешкод $l_{\text{max}} = 30(\text{м})$, відстань, яку пройде сигнал (прямий та відбитий) складає $l_{\text{max}} = 60(\text{м})$. При цьому затухання у повітрі буде $\beta = 10 \cdot \alpha = 10 \cdot 10^{-3} = 0.01$ раз [22 -27].

В режимі прийому при проходженні ультразвуком максимальної відстані потужність на виході випромінювача дорівнює:

$$P_{\text{прим}} = P_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{випр}} \cdot \frac{1}{\beta} \quad (2.1)$$

де $P_{\text{пер}}$ – потужність в режимі передачі, (мВт);

$\eta_{\text{випр}}$ – ККД випромінювача, $\eta_{\text{випр}} = 0.13$.

$$P_{\text{прим}} = 150 \cdot 10^{-3} \cdot 0.13 \cdot \frac{1}{0.01} = 1.95(\text{мВт}).$$

При проходженні ультразвуком максимальної відстані напруга на виході резонатора в режимі прийому дорівнює:

$$U_{\text{прим}} = \sqrt{4 \cdot 10^{-6} \cdot 80} = 0.030(\text{В}).$$

У випадку мінімальної відстані до предмета ($l_{\text{min}} = 0.03\text{м}$), потужність на виході випромінювача в режимі прийому складає:

$$P_{\text{приймач}} = P_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{прийм}} \cdot \frac{1}{3} = 150 \cdot 10^{-3} \cdot 0,13^2 \cdot \frac{1}{3} = 2,58 \text{ (мВт)},$$

В режимі прийому при проходженні ультразвуком мінімальної відстані напруга на виході випромінювача повинна дорівнювати:

$$U_{\text{приймач}} = \sqrt{P_{\text{приймач}} \cdot R_{\text{випл}}} = \sqrt{2,58 \cdot 10^{-3} \cdot 81} = 1,56 \text{ (В)},$$

2.2.2 Вибір і попередні розрахунки опорного генератора

Генератор опорного сигналу повинен виробляти на виході коливання частотою 40 кГц високою стабільністю. В якості генератора використовуємо сигнали генерування з виходу PE0 мікроконтролера [28-33].

2.2.3 Вибір і розрахунок комутатора

Функцією комутатора є перемикання схеми пристрою в режим передачі, або прийому. Його можна побудувати на біполярних або польових транзисторах, комутатор на цифрових інтегральних схемах [30]. Ми обрали в якості комутатора інтегральну схему MAX14763 з огляду на малий опір відкритого каналу та мале споживання енергії, дешевий та має такі параметри :

$U_{\text{ж}}=3-5,5$ (В) – напруга живлення;

$I_{\text{вхід}}= 1$ (мкА) – вхідний струм логіки ;

$U_{\text{вхід}}=0,8$ (В) – вхідна напруга логічного нуля;

$U_{\text{вхід}}=2,0$ (В) – вихідна напруга логічної одиниці;

$t_{\text{он}}= 152$ (мкс) – час вмикання;

$t_{\text{оф}}=300$ (мкс) – час вимикання;

$I_{\text{А}}=250$ (мА) – струм , що проходить через ключ.

При режимі передачі через навантаження будуть протікати великі струми, тому вибираємо електронний ключ, який буде працювати тільки в

режимі передачі. Можливими варіантами ключа є біполярні або польові транзистори. Струм навантаження ключа:

$$I_1 = \frac{U_{1a}}{R_1} = \frac{5}{82} = 62 \text{ (мА)}.$$

Оскільки вхідний струм потрібно мати мінімальним, то вибираємо в якості ключа біполярний транзистор КТ315Г. Цей транзистор є економічним з точки зору енергоспоживання і має потрібні для схеми параметри:

$U_{кбо}=35\text{(В)}$ – максимальна зворотня напруга колектор-база;

$U_{кео}=35\text{ (В)}$ – максимальна зворотня напруга емітер-база;

$I_к=100\text{ (мА)}$ – максимальний довготривалий струм колектору;

$P_к=0.15\text{ (Вт)}$ – максимальна потужність розсіювання колектору;

$h_{21}=100\text{-}350$ – коефіцієнт передачі;

$f_{гр}=250\text{ (МГц)}$ – гранична частота.

2.2.4 Розрахунок підсилювача сигналу передавача

Завданням каскаду проміжного посилення сигналу в передавачі є підсилення напруги на вході п'єзовипромінювача до 5 В. Проміжний підсилювач можна реалізувати як на транзисторі, так і на операційному підсилювачі (ОП). Обираємо інтегральну мікросхему підсилення сигналу на ОП типу LMV824 [31,32].

Розрахуємо необхідний коефіцієнт підсилення за формулою:

$$K_{нп} = \frac{U_{внх}}{U_{вх}} = \frac{5}{4} = 1.25$$

2.2.5 Розробка активного фільтра

Фільтрування сигналів завад з частотними складовими в околі частоти випромінювання 40 кГц дозволяє підвищити перешкодостійкість розроблюваного пристрою. Для отримання потрібної АЧХ можна використати активні фільтри Чебишева або Батерворта.

З усіх можливих видів фільтрів вибирається смуговий фільтр, зібраний на операційному підсилювачі. Смуговий фільтр містить в своєму складі один диференційний підсилювач. Вибирається одна мікросхема LMV824, яка містить в собі чотири підсилювачі. З чотирьох операційних підсилювачів, один використовуються в проміжному підсилювачі, а решта – у фільтрі і вихідному каскаді аналогової частини.

Необхідний коефіцієнт передачі фільтра розраховується за формулою:

$$K_{\text{ф}} = \frac{U_{\text{вих,необ.}}}{U_{\text{вх,макс}}} = \frac{2,5}{1,2} \approx 2,08 \text{ (раз)}.$$

2.2.6 Розрахунок каскаду регулювання потужності

Потрібну ефективність каскаду автоматичного регулювання визначимр з виразу:

$$\eta_{\text{за}} = \frac{U_{\text{пр,макс}}}{U_{\text{пр,мін}}}, \quad (2.2)$$

де $U_{\text{пр,макс}}$ – вихідна напруга п'єзовипромінювача в режимі приймання сигналу при проходженні ультразвуком мінімальної відстані, $U_{\text{пр,макс}} = 4,55 \text{ В}$.

$U_{\text{пр,мін}}$ – вихідна напруга п'єзовипромінювача в режимі приймання сигналу при проходженні ультразвуком мінімальної відстані $U_{\text{пр,мін}} = 4,55 \text{ В}$.

$$L_{\text{вх}} = \frac{4.51}{0.030} = 150.3 = 42 \text{ (дБ)},$$

Прийmemo значення вихідного динамічного діапазону каскаду регулювання системи АРП рівним:

$$L_{\text{вих}} = 0 \text{ (дБ)}.$$

Таким чином, динамічний діапазон системи АРП складає:

$$L_{\text{АРП}} = D_{\text{вх}} - D_{\text{вих}} = 42 - 0 = 36 \text{ (дБ)} = 82 \text{ (в.з.л.)}$$

Функцію активного елемента в регульованому каскаду може якісно виконати схема на транзисторі. Його варіантами можуть бути біполярний або польовий транзистори. Вибираємо транзистор КТ315Г, який відповідає вимогам по габаритах, струму, потужності і має такі технічні параметри [30]:

$U_{\text{кбо}}=35\text{(В)}$ – максимальна зворотня напруга колектор-база;

$U_{\text{кео}}=35\text{(В)}$ – максимальна зворотня напруга емітер-база;

$I_{\text{к}}=100\text{(мА)}$ – максимальний довготривалий струм колектору;

$P_{\text{к}}=0.15\text{(Вт)}$ – максимальна потужність розсіювання колектору;

$h_{21}=100\text{-}350$ – коефіцієнт передачі;

$f_{\text{гр}}=250\text{(МГц)}$ – гранична частота.

Крутизна транзистора змінюється в межах $\xi = 12 \dots 20 \text{ (мА, Г)}$.

Орієнтований коефіцієнт підсилення каскаду при $\xi = \xi_{\text{max}}$:

$$K_{U_{max}} = \beta_{max} R_{нч} \quad (2.3)$$

де $R_{нч}$ – опір навантаження, $R_{нч} = 1 \text{ (КОМ)}$ при струмі $I_{нч} = 1 \text{ (МА)}$;

β_{max} – максимальна крутизна транзистора, $\beta_{max} = 20 \text{ (МА/В)}$.

$$K_{U_{max}} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 = 20.$$

В цьому випадку напруга на його виході:

$$U_{вих^{\text{факт}}} = U_{портал} K_{U_{max}} = 1.030 \cdot 20 = 20.6 \text{ (В)},$$

Мінімальний коефіцієнт підсилення при $\beta = \beta_{min}$:

$$K_{U_{min}} = \beta_{min} R_{нч} = 1.0 \cdot 10^{-2} \cdot 1000 = 10,$$

В цьому випадку напруга на його виході:

$$U_{вих^{\text{факт}}} = \frac{U_{гртmax} K_{U_{min}}}{80} = \frac{4.55 \cdot 10}{80} = 1.06 \text{ (В)}.$$

Для детектування сигналу на виході АРП виберемо простий варіант у вигляді діодного детектора послідовного типу. Вибираємо в якості випрямляча діод КД521А, що має такі технічні параметри [33]:

$I_{прmax} = 50 \text{ (МА)}$ – прямий максимальний струм;

$t_{имп} = 10 \text{ (МКС)}$ – час імпульсу;

$U_{\text{макс}} = 75 \text{ (В)}$ – максимально зворотня напруга.

В якості фільтра АРП вибирається найпростіший варіант RC – фільтр першого порядку.

2.2.7 Вибір і обґрунтування блоку обробки інформації

Розроблюваний пристрій повинен надавати інформацію у візуальному вигляді і забезпечувати зв'язок з комп'ютером. Оскільки інформація про виміряну відстань міститься в затримці імпульсів, а також в пристрої потрібно реалізувати низку функцій керування, то в якості блока обробки інформації доцільно вибрати мікроконтролер. Узгодження аналогового вимірювального сигналу і цифрових сигналів контролера потрібно реалізувати пристроєм спряження між аналоговою частиною і контролером, який формує з фазового зсуву цифровий код. На рис. 2.2 наведена структурна схема вимірювання фазового зсуву цифровим способом.

Вимірювальний U_1 і опорний U_2 сигнали після формуючих пристроїв U_3, U_4 (рис. 2.3) потрапляють на вимірювальний тригер, тривалість імпульсу який залежить від зсуву фази. Тривалість імпульсу визначається підрахунком лічильних імпульсів U_5 , які пройдуть через схему збігу за час дії імпульсу тригера U_7 .

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta T}{t_0} \cdot 360^\circ \quad (2.4)$$

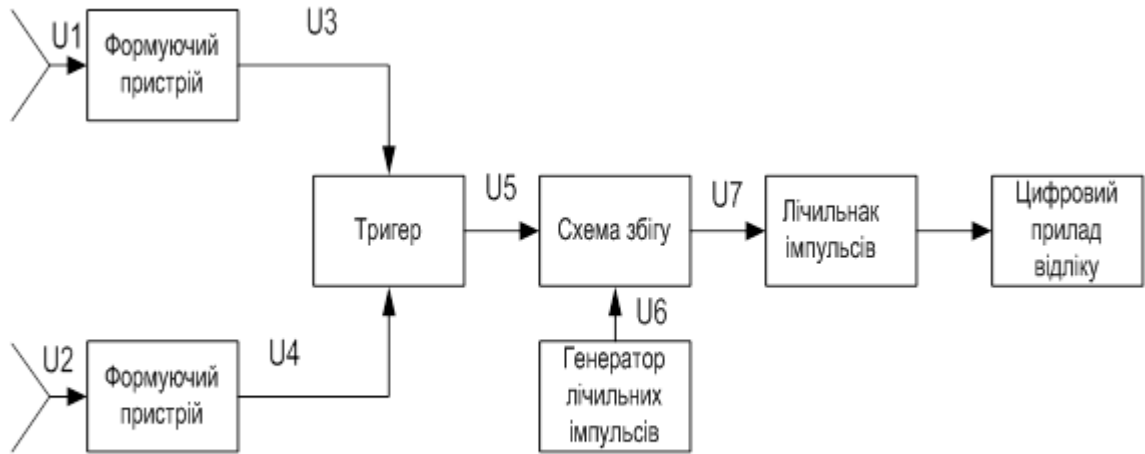


Рисунок 2.2 – Структурна схема вимірювання фазового зсуву цифровим способом

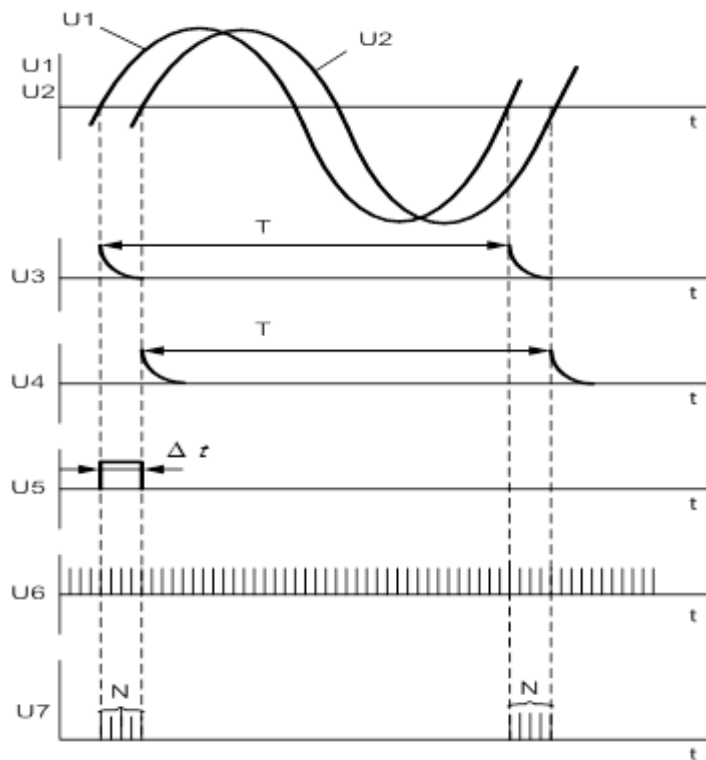


Рисунок 2.3 – Графіки напруги вимірювання фазового зсуву цифровим способом

2.2.8 Вибір елементів перетворювача фаза–код

Розробимо фазовий детектор з використанням тригера RS-типу, який реалізуємо на мікросхемі КР1533ТМ2, що має такі параметри:

$U_{\text{вхвисока}}^+$ не менше – 2.5(В);

$U_{\text{вхнизька}}^+$ не більше – 0.4...0.5(В);

$I_{\text{вхвисока}} \geq 1-151 \quad i \leq 1-701(\text{мА});$

$I_{\text{вхнизька}}^+$ не більше – 1-0.41(мА);

$I_{\text{спож}}^+$ не більше – 4.0(мА);

$t_{\text{затр}}^+$ не більше – 13(нс).

Для реалізації в перетворювачі фази в код схеми збігу використаємо мікросхему КР1533ЛА3, що представляє собою елемент І–НІ на два входи з такими параметрами [12]:

- рівні напруг ТТЛ логіки;
- час затримки вимикання –11 нс;
- час затримки вимикання –8 нс;

Для виводу інформації потрібно мати 12 двійкових розрядів, тобто

$$M = \log_2 \frac{P_{\text{max}}}{\Delta\varphi} = \log_2 \frac{360}{1} = 11.$$

Оскільки серії транзистор-транзисторної логіки відсутні 12 розрядні лічильники, то лічильник імпульсів реалізуємо з використанням 3-х мікросхем типу КР1533ІЕ19, які мають такі параметри:

$I_{\text{вхисоюеня}}$ не менше – 2.5(B);

$I_{\text{вхисоюеня}}$ не більше – 0.4...0.5(B);

$I_{\text{вхисоюеня}}$ не більше – 20(мкА);

$I_{\text{вхисоюеня}}$ не більше – 1-0.11(мА);

$I_{\text{вх}}$ не менше – 1-301 і не більше – 1-1121(мА);

$I_{\text{вж}}$ не більше – 24(мА);

$t_{\text{затр}}$ не більше – 18(нс).

Для створення послідовності імпульсів лічби необхідно мати опорний генератор

2 з частотою $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10^{-8}} = 10^8 = 100 \cdot 10^6 = 100 \text{ (МГц)}$. В якості такого опорного генератора використовуємо опорний генератор мікроконтролера.

2.2.9 Вибір типу мікроконтролера

Для управління пристроєм, вимірювання затримки між імпульсами, для трансформації зсуву фази між зондуємим і відбитим сигналом в цифровий код довжини, виведення відстані на індикатор і передачі інформації за допомогою інтерфейсу на зовнішній комп'ютер, необхідно мати не менше 4 8-бітних порти. Швидкість передачі інформації задається тактовою частотою $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10^{-6}} = 10^6 = 1 \cdot 10^6 = 1 \text{ (МГц)}$. Тому за показниками функціональність-енергоспоживання-ціна вибираємо 8-розрядний КМОП мікроконтролер Atmega 8515 [22,23,24].

Схема виходів мікроконтролера Atmega 8515 наведена на рисунку 2.4.

(OC0/T0) PB0	1	40	VCC
(T1) PB1	2	39	PA0 (AD0)
(AIN0) PB2	3	38	PA1 (AD1)
(AIN1) PB3	4	37	PA2 (AD2)
(SS) PB4	5	36	PA3 (AD3)
(MOSI) PB5	6	35	PA4 (AD4)
(MISO) PB6	7	34	PA5 (AD5)
(SCK) PB7	8	33	PA6 (AD6)
RESET	9	32	PA7 (AD7)
(RXD) PD0	10	31	PE0 (ICP/INT2)
(TDX) PD1	11	30	PE1 (ALE)
(INT0) PD2	12	29	PE2 (OC1B)
(INT1) PD3	13	28	PC7 (A15)
(XCK) PD4	14	27	PC6 (A14)
(OC1A) PD5	15	26	PC5 (A13)
(WR) PD6	16	25	PC4 (A12)
(RD) PD7	17	24	PC3 (A11)
XTAL2	18	23	PC2 (A10)
XTAL1	19	22	PC1 (A9)
GND	20	21	PC0 (A8)

Рисунок 2.4 – Схема виходів мікроконтролера Atmega 8515

До основних можливостей даного мікроконтролера відносяться:

- пам'ять програм і даних є енергонезалежними;
- 8кБ Flash пам'яті;
- 0.5 кБ EEPROM та 0.512кБ SRAM;
- JTAG і SPI інтерфейси;
- 35 ліній програмованих портів введення-виведення;
- напруга живлення: 4.5–5.5 (В);
- тактова частота: 0 – 16 МГц;
- допустимий діапазон температури: –55..+ 125 °С.

Мікроконтролер Atmega8515 має такі периферійні пристрої:

аналоговий компаратор; 10-бітний аналого-цифровий перетворювач; два таймери/лічильники - 16-розрядний і 8-розрядний, лічильник реального часу; асинхронно-синхронний послідовний USART; 2-провідний послідовний інтерфейс, сторожовий таймер з вбудованим генератором, .

Виводи мікропроцесора :

V_{CC} - напруга живлення;

GND - земля;

Порти А, В, С, D - 8-розрядні двонаправлені порти введення-виведення з вбудованими підтягувальними резисторами;

Port E (PE0... PE2) - 3-розрядний двонаправлені порти введення-виведення з вбудованими підтягувальними резисторами;

Передбачена можливість використання всіх описаних вище портів введення-виведення для виконання набору альтернативних функцій, що реалізуються цим мікроконтролером.

RESET - вхід скидання. Для виконання скидання необхідно підтримувати низький рівень на вході протягом двох машинних циклів;

XTAL1 - вхід інвертуючого підсилювача генератора і вхід схеми вбудованого генератора тактової частоти;

XTAL2 - вихід інвертуючого підсилювача генератора.

Для задання точного і стабільного значення тактової частоти роботи мікроконтролера зазвичай до входів XTAL1, XTAL2 під'єднують кварцевий резонатор ZQ марки PQ5.2.

Вивід скидання мікроконтролера в початковий стан RESET використовується для запуску мікроконтролера включенням напруги живлення.

2.2.10 Вибір інтерфейсу

Для для передачі інформації на зовнішній пристрій обробки вибирається інтерфейс RS232, який наведений на рис.2.3 [20].

Характеристики RS232:

- послідовний двонаправлений інтерфейс;
- розрядність – 5,6,7 або 8 біт даних;
- швидкість обміну даними – фіксована і обирається із стандартного ряду: 600; 1200; 2400; 4800; 9600; 14400; 28800; 56000; 115200 біт/с;

- допустима похибка встановлення швидкості обміну даними – $\pm 1\%$;

– логіка інтерфейсу негативна, для передачі рівня логічної одиниці використовують низький рівень напруги, а для передачі рівня логічного нуля– високий рівень напруги.



Рисунок 2.5 – Інтерфейс RS232

2.2.11 Вибір індикатора

Для досягнення точності визначення відстані не гірше 30см при дозвільній здатності 1см і максимальній відстані 30м необхідно використовувати для індикації інформації 4 десяткових розряда. Враховуючи складну умову освітлення бажано мати постійну яскравість в екстремальних ситуаціях. Часто застосовувані рідинно–кристалічні індикатори не мають зовнішнього освітлення, тому в нашій задачі більш доцільно проектувати індикатор на основі світлодіодів [34].

Вибираємо світлодіод типу SC39–11EWA з параметрами:

- струм споживання – $5(14\text{А})$;
- яскравість від $2200-9000(\text{мкКд})$ зі спільним катодом.

2.2.12 Вибір п'єзоперетворювача

Одним із важливих елементів розроблюваного пристрою є п'єзоперетворювач. Від його характеристик залежать такі показники, як коефіцієнт корисної дії, стабільність випромінювання і дальність вимірювання. В п'єзоперетворювачах, в залежності від їх призначення і вибраного діапазону робочих частот застосовують різну п'єзокераміку. Серед п'єзоперетворювачів з такого матеріалу поширені такі види, як п'єзокерамічні з титанату барія, титанату барію кальція і титаната цирконата свинцю. Виконання п'єзокераміки із титанату барія є не вигідним з точки зору вартості, оскільки сильна залежність параметрів титанату барію від

температури в процесі зберігання приводить до необхідності багаторазового тестування пристрою. Фірми Geyer, Murata та інші останнім часом розробили інтегровані п'єзоперетворювачі на широкий ряд потужностей і частот [1,16].

Під час вибору ультразвукового сенсора врахуємо задані в технічному завданні вимоги до параметрів розроблюваного мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані, а саме: діапазон вимірюваних відстаней [0,03...6] м; частота випромінювання: 20–70кГц; абсолютна похибка вимірювання не гірше – 0,03м; варіант виконання – портативний; джерело живлення – +5В. Виходячи з цих вимог вибираємо для нашої автоматизованої а системи вимірювання відстані ультразвуковий давач типу HC-SR04 - це точний та стабільний сенсор відстані, в якого відсутні "сліпі зони". Датчик може вимірювати відстань від 0 см до 600 см, точність досягає 3 мм. Він має такі технічні характеристики [36]:

- зовнішні габарити: 37x20x15 мм;
- частота ультразвуку – 40 кГц
- напруга живлення – +5 В;
- рівень звукового тиску – 101(дБ);
- кут розсіювання – 15°;
- детектор відстані – [2...600] см.

2.3 Розробка функціональної схеми пристрою вимірювання відстані

На основі розробленої структурної схеми і проведених розрахунків параметрів електронних елементів пристрою вимірювання відстані в роботі розроблено його функціональну схему, що складається з основних блоків, які наведені в додатку В.5. Схема електрична принципова наведена в додатку В.6.

Опорний генератор 1 формує сигнал випромінювання 40 кГц, і для отримання необхідної потужності випромінювання п'єзовипромінювачем цей сигнал підсилюється проміжним підсилювачем на основі ОП LMV824. З опорних коливань для реалізації комбінованого методу електронним ключем формуються пакки імпульсів, що надходять на п'єзоелемент. В залежності від відстані тривалість імпульса може змінюватись змінюється від 0.18 до 1.8 мс. Керування ключом здійснюється за допомогою мікроконтролера Atmega 8515 [35]. Відбитий ультразвуковий сигнал надходить на п'єзоперетворювач і через каскад АРП і активний фільтр поступає на детектор фази на мікросхемі КР1533ТМ2. Для уникнення попадання на вхід приймача потужних імпульсів в режимі передачі, вхід посилювача закорочується перемикачем на основі мікросхеми МАХ14763. Затримку між імпульсами визначають за допомогою вбудованого таймера мікроконтролера. Значення затримки визначає грубу шкалу «метри», точне значення визначається перетворювачем фаза–код, який складається з фазового детектора типу КР1533ТМ2, схеми збігу – КР1533ЛА3, лічильника імпульсів – КР1533ИЕ19. Для придушення шумів і завад у відбитому сигналі вхідний сигнал фазового детектора фільтрується активним фільтром. Для випромінювання потужності сигналу на вході приймача його тракт підсилення охоплений системою автоматичного регулювання потужності, яка складається з послідовного діодного детектора і фільтра низьких частот. Сигнал автоматичного регулювання потужності змінює коефіцієнт підсилення регульованого каскаду на транзисторі КТ315Г. Цифрове значення коду, яке відповідає зсуву фаз сигналу подається на порт вводу–виводу мікроконтролера CPU і виводиться на індикатор типу SC39–11EWA і може бути переданий по інтерфейсу RS232.

Зовнішнє керування приладу здійснюється за допомогою блоку керування, який формує зовнішні сигнали: «Reset», «Mode», «HEX/DEC».

Живлення приладу здійснюється від бортової напруги автомобіля середньому 12(В). Орієнтована споживана потужність складає 450(мВт).

2.4 Висновки до розділу

У даному розділі проведено обґрунтування і розробка структури пристрою, а також розроблені структурна, функціональна та принципова електричні схеми. Проведено вибір і розрахунок режимів роботи функціональних вузлів схеми: відповідно випромінювачі, опорний генератор, комутатор, проміжний підсилювач, біквдратний активний фільтр, систему автоматичного регулювання, та блок обробки інформації.

3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Вибір платформи розробки та мови програмування

Процедура розробки програми для МК AVR, як і для інших мікроконтролерів, складається з низки таких етапів [34]:

- підготовка вихідного тексту програми вибраною мовою програмування;
- компіляція програми;
- налагодження й тестування програми;
- остаточне програмування й підготовка до серійного виробництва.

Мікропрограма пристрою повинна бути написана однією з використовуваних мов програмування – Сі або Асемблер.

На даний час для МК AVR існують декілька мов програмування, а також різних засобів підтримки розробки, що використовують одну мову, але різняться за функціональністю.

На кожному з етапів необхідне застосування спеціальних програмних й апаратних засобів. Варто відзначити, що базовий набір програмного забезпечення (компілятор асемблера, ПЗ для програмування) поширюється фірмою Atmel безкоштовно. Однак за досить довгий період часу, що пройшов з моменту появи цих МК, з'явилася велика кількість програмного забезпечення сторонніх виробників.

Програмним забезпеченням для розробки було обрано Atmel Studio 6 .

Atmel Studio 6 є інтегрованим середовищем розробки (IDE) для розробки та налагодження прикладних програм для мікроконтролерів Atmel ARM ® Cortex [™] M і Atmel AVR ®. Atmel Studio 6 IDE забезпечує просте у використанні середовище для плавного написання, побудови і налагодження прикладних програм, написаних на C/C++ або асемблері. Atmel Studio 6 є безкоштовним програмним середовищем і йде в комплекті більш ніж з тисячею проектів для різних типів мікроконтролерів [35].

Мовою програмування було обрано високорівневу мову C++ .

3.2 Розробка алгоритму роботи пристрою

Схема програми, під управлінням якої працює мікроконтролер наведена на рисунку 3.1 та в графічній частині курсового проекту. Лістинг програми наведений в додатку Б.

Після ввімкнення приладу відбувається ініціалізація мікроконтролера. Під час ініціалізації проводиться призначення напрямку роботи портів вводу виводу (на вхід або на вихід), завантажуються значення в таймери та присвоюються початкові значення змінним. Виходи портів, що управляють катодами індикаторів встановлюються в 0. Поточне значення відстані приймається рівним 0. Виконується ініціалізація UART з параметрами – швидкість передачі 9600 бод, 8 розрядів даних, один стоп-біт, немає контролю парності, відсутнє управління потоком (0-модем). Потім дозволяються глобальні переривання.

Після ініціалізації програма працює в безкінечному циклі while (1).

Динамічна регенерація інформації на індикаторі відбувається по перериванню таймера0. Під час динамічної регенерації по черзі відбувається перемикання сигналів CATOD1, CATOD2, CATOD3, CATOD4 а на аноди індикатора через PORTA виводяться дані відповідного розряду. Частота регенерації зображення 100 кГц вибрано з таких міркувань – оновлення

інформації 25 кГц непомітно для ока, а також можлива видача сигналу 50 кГц на п'єзогенератор.

Програма очікує перехід на порту PE1 з 0 в 1. Потім включається генерація сигналу перемиканням сигналу PE0 з нуля в одиницю кожні 100 кГц.

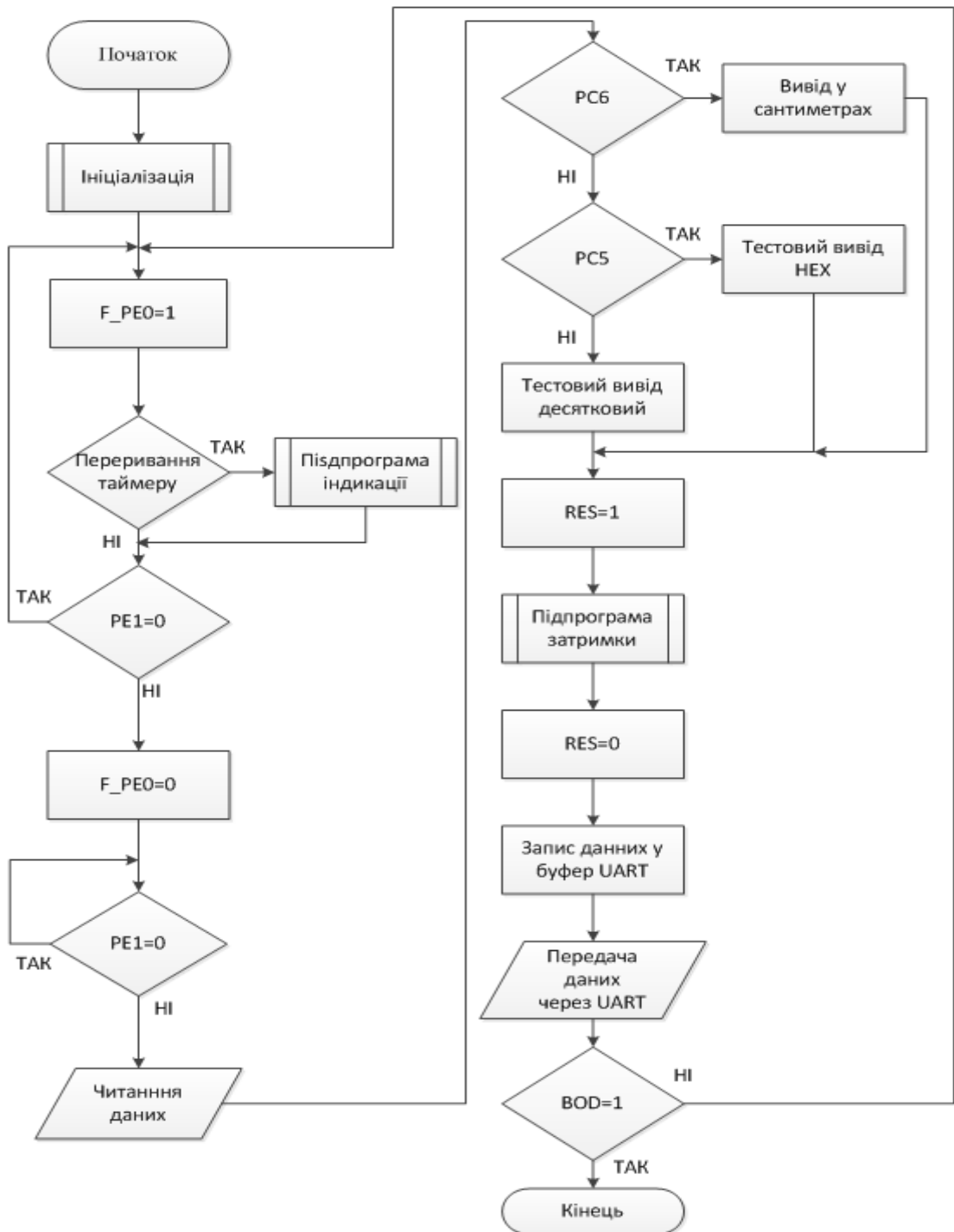


Рисунок 3.1 –Блок схема алгоритму роботи програми

Таким чином отримується меандр частотою 40 кГц. Для цього встановлюється прапорець `f_re0` і по ньому проводиться перемикання сигналу PE0 у підпрограмі регенерації зображення на індикаторі, яка викликається з частотою 100 кГц.

Далі програма очікує перехід на порту PE1 з 1 в 0 – вимір завершено, і знімаємо прапорець `f_re0` для зупинки генерації частоти 40 кГц

Зчитуємо дані з портів PORTB та PORTD і значення присвоюється змінній `inf`. Так як дані, що зчитуються мають 12 розрядів, а порти 8-ми розрядні робимо перетворення даних:

```
inf = ((DATAH_PORT & 0xF0) << 4) | DATA_PORT;
```

де – `inf` це 32-х розрядна змінна,

`0xF0` – маска, що виділяє тільки значущі розряди

`<< 4` – зсув даних на 11,10,9,8 розряди

`|` - це логічна операція «АБО» якою добавляються молодші розряди

В залежності від стану кнопки "mode" PC6 відбувається перетворення даних в сантиметри або вивід абсолютного значення (необхідно для калібровки приладу). В залежності від стану кнопки "HEX/DEC" PC5 дані калібровки виводяться або в десятковому, або в шістнадцятковому вигляді.

Сигналом RST скидаємо зовнішні лічильники.

По закінченню вимірювання дані переносяться у вихідний буфер `tbuf` і викликається програма передачі даних через UART - `UART_puts`. Для забезпечення підвищеної надійності роботи блоку використовується опторозв'язка.

Далі програма повторюється.

Якщо під час виконання програми знижується напруга нижче допустимої (4.5В), спрацьовує монітор живлення BOD і робота програми завершується – процесор переходить в стан скидання.

Після відновлення живлення процесор переходить до ініціалізації.

3.3 Розробка UML діаграми варіантів використання

Водій (користувач системи) – може використовувати пристрій лише в таких випадках :

- ввімкнення/вимкнення системи;
- зчитування даних з індикатору;
- перезапуск системи;
- використання кнопки "mode" (для виводу даних у сантиметрах або в абсолютному значенні);
- використання кнопки "HEX/DEC" (зв'язана з калібруванням системи).

На рисунку 3.2 показана UML діаграма варіантів використання для розробленої системи у відповідності з тим як її запрограмували.

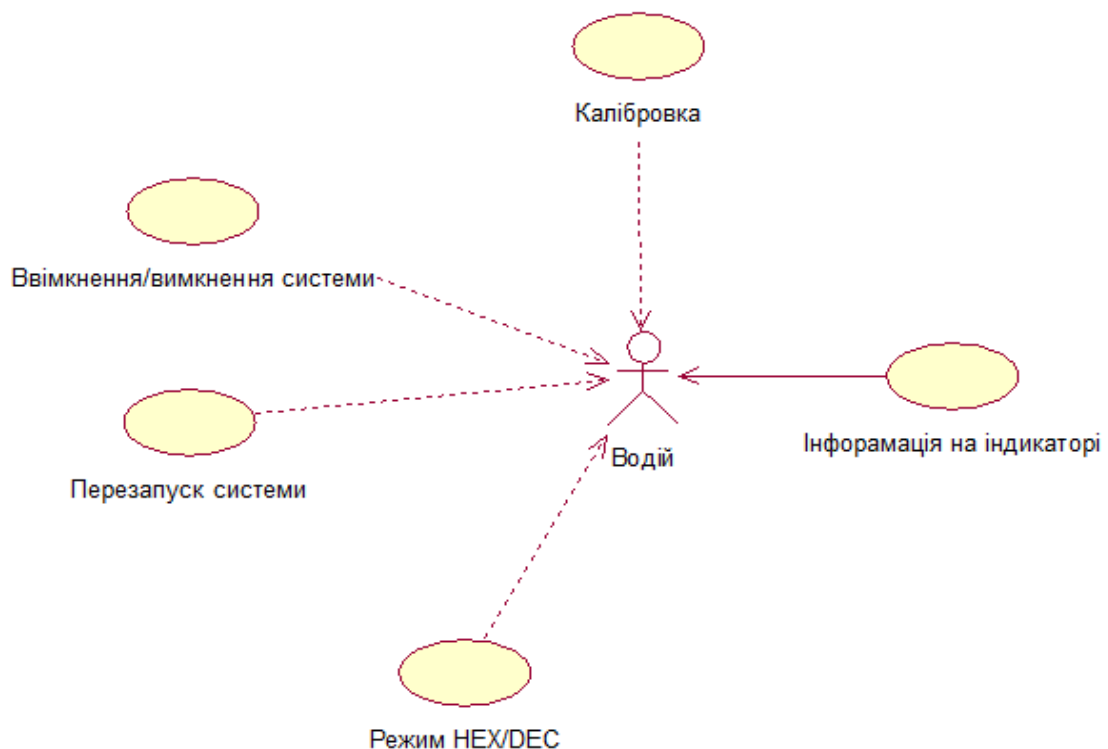


Рисунок 3.2 – UML діаграма варіантів використання

3.4 Висновки до розділу

У даному розділі обрана програмна платформа Atmel Studio 6 для розробки системи, та вибрано мову програмування C++. Розроблено алгоритм роботи пристрою та програму мовою C++, яка його реалізує. Лістинг програми наведений в Додатку Б.

4 ОЦІНКА МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

4.1 Аналітичний розрахунок точності вимірювання відстані

По характеру зміни похибки поділяють на динамічні і статичні [37].

Статична похибка $\Delta_{ст}$ – це похибка, яка проявляється при вимірюванні сталої величини (або величини, яка змінюється настільки повільно, що інерційні властивості об'єкту і засоби вимірювання при цьому не проявляються).

Динамічна похибка $\Delta_{д}$ – це додатково виникаюча похибка, яка зумовлена появою інерційних властивостей об'єкту чи засобів вимірювання.

При цьому:

$$\Delta = \Delta_{ст} + \Delta_{д} \quad (4.1)$$

В нашому випадку ми маємо справу з динамічною похибкою. Вона залежить від швидкості руху користувача з ультразвуковим приладом для вимірювання відстані. Ця швидкість не перебільшує 5(км) в час, тобто 1.38(м/с).

Час вимірювання не перевищує 0.0117 . Зміни вимірювання величини не буде перевищувати γ :

$$\gamma = 1.38 \cdot 0.01 = 0.0138(\text{м}),$$

що складає відносну похибку $\delta_{\text{д}}$:

$$\delta_{\text{д}} = \frac{0.0138}{30} = 0.00046.$$

Таку похибку можна не враховувати.

Основне рівняння перетворення:

$$l = \frac{\theta}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{101}{3334} \quad (4.2)$$

де θ – швидкість розповсюдження ультразвука в повітрі, яка була прийнята для розрахунків, $\theta = 330(\text{м/с})$.

Таке значення відповідає відносній похибці $\delta_{\text{в}}$:

$$\delta_{\text{в}} = \frac{1.2\theta}{\theta} = \frac{0.01}{33} = 0.0003.$$

Це відповідає кутовій похибці:

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_3 \cdot 360 = 0.0108^\circ$$

Похибка вимірювання фази визначається похибкою квантування φ і амплітудно фазовою похибкою $\dot{\varphi}_A$ і нестабільністю частоти $\dot{\varphi}_f$.

Розрахуємо похибку квантування АЦП за такою формулою:

$$\varphi = \frac{\varphi}{3600} = 0.0002^\circ,$$

де φ – крок квантування.

$$\Delta = 0.0002 \cdot 360^\circ = 0.072^\circ,$$

Розрахуємо СКВ похибки квантування за формулою:

$$\sigma_{\text{КВ}} = \frac{\Delta}{2\sqrt{3}} = \frac{0.072}{2\sqrt{3}} = 0.021^\circ.$$

Механізм створення чи появи амплітудно фазової похибки наведенні на рисунку 4.1.

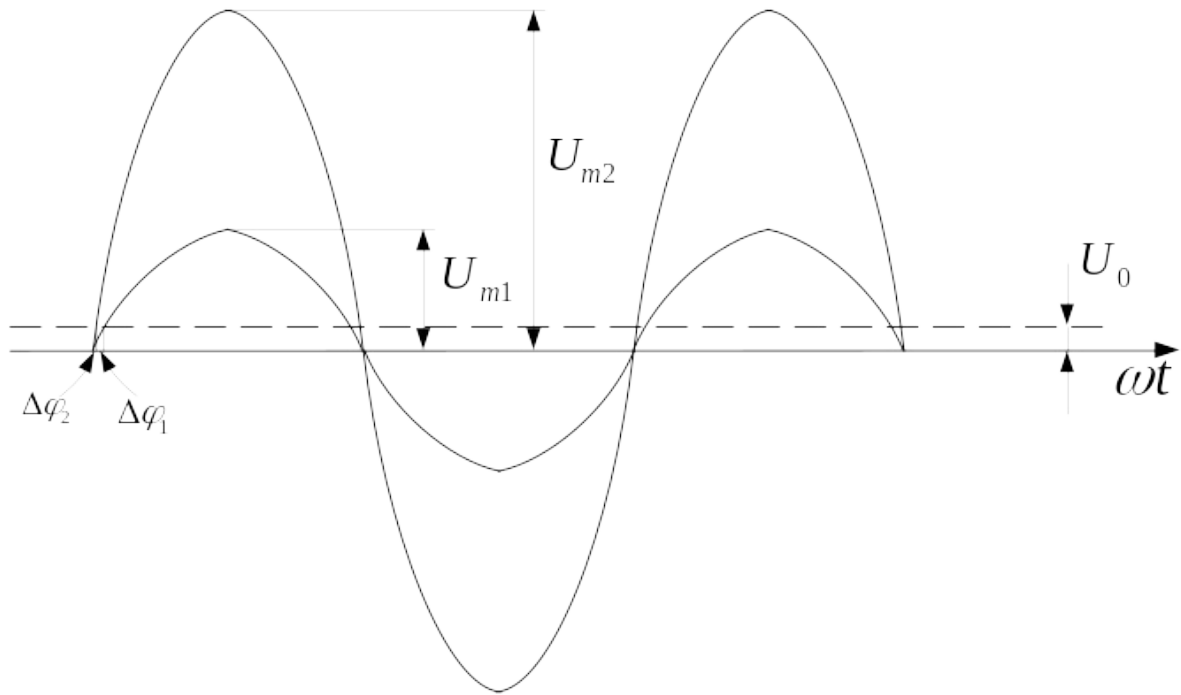


Рисунок 4.1 – Амплітудно–фазова похибка

де U_{m1}, U_{m2} – амплітуди гармонічних сигналів частоти ω_0 ;

U_0 – поріг чутливості підсилювача–обмежувача;

$\Delta\varphi$ – відповідно фазова похибка, яка пов’язана з наявністю затримки моменту порівняння вхідного сигналу з порогом U_0 .

$$U_m \sin \Delta\varphi = U_0, \quad (4.3)$$

При $U_m \approx U_0$,

$$\lim_{\Delta\varphi \rightarrow 0} \sin \Delta\varphi = \Delta\varphi, \quad (4.4)$$

Тоді:

$$U_n \Delta \varphi \approx U_{\text{ог}} \quad (4.5)$$

$$\Delta \varphi = \frac{U_{\text{ог}}}{U_n} \quad (4.6)$$

В нашому випадку максимальне значення прийнятого сигналу складає 1(В), мінімальне – 0.8(В).

Визначимо амплітудно–фазову похибку за такою формолою:

$$\delta_a = \frac{U_{\text{ог}}}{U_m} \quad (4.7)$$

де:

$U_{\text{ог}}$ – поріг чутливості – $5 \cdot 10^{-3}$ ОП;

U_n – амплітуда відбитого сигналу.

Звідси знаходимо:

$$\delta_a = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0.8} = 0.006$$

Абсолютне значення:

$$\Delta \varphi_a = 360 \cdot \delta_a = 360^\circ \cdot 0.006 = 2.1^\circ$$

Вважаючи, що амплітуда прийнятого сигналу розподілена в діапазоні рівномірно визначаємо СКЗ для амплітудно–фазової похибки:

$$\sigma_{\delta} = \frac{\Delta \omega}{\omega} = \frac{0.25}{30} = 0.00833 = 0.477^\circ.$$

Нестабільність частоти опорного генератора δ_f , який виконано на кварцовому генераторі $\delta_f \approx 0.5 \cdot 10^{-5}$. [10]

Абсолютне значення відхилення частоти:

$$\Delta \omega = \delta \cdot \omega = 0.5 \cdot 10^{-5} \cdot 30 \cdot 10^3 = 0.25 \text{ (Гц)}.$$

Такий зсув частоти на частоті 30 (кГц) відповідає фазовому зсуву:

$$\Delta \varphi = \Delta \omega T = \frac{0.25}{30 \cdot 10^3} = 8.33 \cdot 10^{-6} \text{ (рад)},$$

$$\Delta \varphi_{\text{град}} = \frac{360}{2\pi} \cdot \Delta \varphi = \frac{360}{6.2832} \cdot 8.33 \cdot 10^{-6} = 0.00477^\circ.$$

Таку похибку можна не враховувати.

З врахуванням функції впливу і вважаючи, що ці похибки некорельовані визначаємо загальне СКВ:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{\omega}^2 + 2\sigma_{\delta}^2 + \sigma_{\varphi}^2}, \quad (4.8)$$

Тоді:

$$\sigma = \sqrt{0.0281^2 + 2 \cdot 1.27^2 + 0.0108^2} = 1.7^\circ,$$

Таким чином, відносна похибка вимірювання для фази:

$$\delta_{\varphi} = \frac{1.7^{\circ}}{360^{\circ}} \approx 0.005,$$

При частоті 40 кГц, згідно рівняння перетворення, це відповідає похибці по дальності:

$$\Delta L = \delta_{\varphi} \cdot T_{\text{випз}} \cdot c = 0.0225(\text{м}).$$

Швидкодія приладу залежить від відстані і лежить в межах від $20(\mu\text{с})$ до 200 при часі обробки, який визначається в основному швидкодією процесора і складає не більше $20(\text{мкс})$.

Рівень відбитого сигналу змінюється в межах від $0.030(\text{В})$ до $4.55(\text{В})$.

4.2 Експериментальна оцінка точності розробленого пристрою

Для підтвердження проведеної аналітичної оцінки метрологічних характеристик розробленого мікроконтролерного пристрою були проведені експериментальні дослідження точності вимірювання відстані даним пристроєм. Була проведена перевірка точності визначення дистанції даним пристроєм для декількох значень відстані у заданому в технічному завданні діапазоні [30...600] см.

Експеримент проводився наступним чином: пристрій закріплювався на штативі нерухомо таким чином, щоб ультразвуковий акустичний сигнал випромінювався горизонтально, а на шляху розповсюдження хвилі ставилися перешкоди на різних відстанях. Паралельно з ним вимірювалася відстань за допомогою еталона у вигляді лазерної лінійки [38] з роздільною здатністю в 1 мм. Значення показників відстані, отримані на індикаторі розробленого пристрою, порівнювалися зі значеннями вказаного лазерного дальноміра.

Абсолютну похибку визначали як різницю між показниками пристрою і лазерної лінійки.

Результати проведеного експерименту наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати експерименту з оцінки точності вимірювань

Значення вимірів еталона, мм	300	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Продовження таблиці 4.1							
Значення вимірів пристрою, мм	326	1022	2020	3024	4024	5025	6029
Абсолютна похибка, мм	26	22	20	24	24	25	29

З таблиці знаходимо експериментальну середню абсолютну похибку вимірювання відстані розробленим пристроєм за формулою:

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^6 \Delta_i}{6} = \frac{26 + 22 + 20 + 24 + 24 + 25 + 29}{6} = 24,3 < 30(\text{мм})$$

Таким чином, експериментальна оцінка точності мало відрізняється від аналітично розрахованої.

4.3 Висновки до розділу

У даному розділі проведено визначення метрологічних характеристик, а саме оцінка точності вимірювання відстані в автоматизованій системі.

Для розробленого пристрою проведена оцінка статичної і динамічної похибок. Було враховано такі похибки: квантування, амплітудно-фазову. При розрахунках знаходили абсолютні значення похибок, відносні, середньоквадратичні. Також було знайдено зсув по частоті, що відповідає фазовому зсуву і який використовується при розрахунку амплітудно-фазової похибки. Останнім кроком ми знайшли похибку на дальність, тобто як змінюється точність системи в залежності від дальності вимірювання.

Найголовнішим результатами розділу є те, що швидкодія приладу залежить від відстані і лежить в межах від 1 мс до 1 сек при часі обробки, який визначається в основному швидкодією процесора і складає не більше 10 мкс.

Рівень відбитого сигналу змінюється в межах від $0.030(\text{В})$ до $4.55(\text{В})$.

Отже ми можемо зробити висновок, що розроблений пристрій дає достатньо точні значення, його похибка відповідає заданим вимогам.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Науково-технічна розробка має право на існування та впровадження, якщо вона відповідає вимогам часу, як в напрямку науково-технічного прогресу та і в плані економіки. Тому для науково-дослідної роботи необхідно оцінювати економічну ефективність результатів виконаної роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота з розробки та дослідження «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані в автоматизованій системі паркування автомобіля» відноситься до науково-технічних робіт, які орієнтовані на виведення на ринок, тобто коли відбувається так звана комерціалізація науково-технічної розробки. Цей напрямок є пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися інші споживачі, отримуючи при цьому певний економічний ефект. Але для цього потрібно знайти потенційного інвестора, який би взявся за реалізацію цього проекту і переконати його в економічній доцільності такого кроку.

Для наведеного випадку нами мають бути виконані такі етапи робіт:

- 1) проведено комерційний аудит науково-технічної розробки, тобто встановлення її науково-технічного рівня та комерційного потенціалу;
- 2) розраховано витрати на здійснення науково-технічної розробки;
- 3) розрахована економічна ефективність науково-технічної розробки у випадку її впровадження і комерціалізації потенційним інвестором і

проведено обґрунтування економічної доцільності комерціалізації потенційним інвестором.

5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстанні в автоматизованій системі паркування автомобіля» є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 5.1 [39, 40].

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції підтверджена	Концепція не підтверджена експертними	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена практиці	Перевірено на працездатність продукту в
Ринкові переваги (недоліки)					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів

4	Технічні та споживчі властивості продукту значно вищі, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні експлуатаційних витрат, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні експлуатаційних витрат, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту трохи вищі, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту значно вищі, ніж в
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної	Ринок малий, але має позитивну	Середній ринок з позитивною	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною
7	Активна конкуренція великих	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Продовження таблиці 5.1					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуютьс
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів та виробництво та реалізацію продукту, що незначних коштів	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам та виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту
----	---	--	--	---	---

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
	Бали:		
1. Технічна здійсненність концепції	4	3	3
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	3	4
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	4	4	3
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	3	4	2
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	4	3	4
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	3	4	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	4	4	4
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	4	3	3
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	4	3	4
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	3	3	3
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	4	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	3	3	3

Сума балів	42	41	40
Середньоарифметична сума балів $СБ_c$	41,0		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 5.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 5.3 [39].

Таблиця 5.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів $СБ_c$, розрахована на основі висновків експертів	Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки
41...48	Високий
31...40	Вище середнього
21...30	Середній
11...20	Нижче середнього
0...10	Низький

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані в автоматизованій системі паркування автомобіля» становить 41,0 бала, що, відповідно до таблиці 5.3, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий).

5.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки

В процесі визначення економічної ефективності науково-технічної розробки також доцільно провести прогноз рівня її конкурентоспроможності за сукупністю параметрів, що підлягають оцінюванню.

Одиничний параметричний індекс розраховуємо за формулою [39, 40]:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{\text{баз}i}}. \quad (5.1)$$

де q_i – одиничний параметричний індекс, розрахований за i -м параметром;

P_i – значення i -го параметра виробу;

$P_{\text{баз}i}$ – аналогічний параметр базового виробу-аналога, з яким проводиться порівняння.

Загальні технічні та економічні характеристики розробки представлено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Основні техніко-економічні показники аналога та розробки, що проектується

Показники (параметри)	Одиниця вимірю- вання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
Точність позиціонування	%	90	95	1,05	0,15
Простота апаратної реалізації	бал	6	8	1,33	0,1
Доступність елементної бази	бал	7	9	1,29	0,3
Сумісність з автоматизованою системою	бал	6	9	1,5	0,25
Наявність додаткових функцій (з	шт.	4	8	2	0,2

врахуванням можливостей мікроконтролера)					
Експлуатаційні витрати	грн	100	120	0,75	0,45
Ціна пристрою вимірювання відстані	грн	21000	19500	1,07	0,55

Нормативні параметри оцінюємо показником, який отримує одне з двох значень: 1 – пристрій відповідає нормам і стандартам; 0 – не відповідає.

Груповий показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами розраховуємо як добуток частинних показників за кожним параметром за формулою [39]:

$$I_{нп} = \prod_{i=1}^n q_i, \quad (5.2)$$

де $I_{нп}$ – загальний показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами;

q_i – одиничний (частинний) показник за i -м нормативним параметром;

n – кількість нормативних параметрів, які підлягають оцінюванню.

За нормативними параметрами розроблюваний пристрій відповідає вимогам ДСТУ, тому $I_{нп} = 1$.

Значення групового параметричного індексу за технічними параметрами визначаємо з урахуванням вагомості (частки) кожного параметра [39]:

$$I_{гп} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.3)$$

де $I_{гп}$ – груповий параметричний індекс за технічними показниками (порівняно з виробом-аналогом);

q_i – одиничний параметричний показник i -го параметра;

α_i – вагомість i -го параметричного показника, $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$;

n – кількість технічних параметрів, за якими оцінюється конкурентоспроможність.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці 4.4.

$$I_{mn} = 1,05 \cdot 0,15 + 1,33 \cdot 0,1 + 1,29 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,2 = 1,45.$$

Груповий параметричний індекс за економічними параметрами розраховуємо за формулою [39]:

$$I_{EP} = \sum_{i=1}^m q_i \cdot \beta_i, \quad (5.4)$$

де I_{EP} – груповий параметричний індекс за економічними показниками;

q_i – економічний параметр i -го виду;

β_i – частка i -го економічного параметра, $\sum_{i=1}^m \beta_i = 1$;

m – кількість економічних параметрів, за якими здійснюється оцінювання.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці .

$$I_{EP} = 0,75 \cdot 0,45 + 1,07 \cdot 0,55 = 0,93.$$

На основі групових параметричних індексів за нормативними, технічними та економічними показниками розраховуємо інтегральний показник конкурентоспроможності за формулою [39]:

$$K_{INT} = I_{HP} \cdot \frac{I_{TP}}{I_{EP}}, \quad (5.5)$$

$$K_{INT} = 1 \cdot 1,45 / 0,93 = 1,57.$$

Інтегральний показник конкурентоспроможності $K_{INT} > 1$, отже розробка переважає відомі аналоги за своїми техніко-економічними показниками.

5.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстанні в автоматизованій системі паркування автомобіля», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

5.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [39,40]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (5.6)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=21$ дні.

$$Z_o = 12100,00 \cdot 21 / 21 = 12100,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний	Оплата за	Число днів	Витрати на
---------------------	----------	-----------	------------	------------

	посадовий оклад, грн	робочий день, грн	роботи	заробітну плату, грн
Керівник проекту	12100,00	576,19	21	12100,00
Інженер-системотехнік	11100,00	528,57	10	5285,71
Інженер-конструктор електронних схем	11100,00	528,57	18	9514,29
Інженер-проектувальник автоматизованих систем управління	11100,00	528,57	8	4228,57
Технік	6850,00	326,19	4	1304,76
Всього				32433,33

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані в автоматизованій системі паркування автомобіля» розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (5.7)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (5.8)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo $M_M=2379,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [39];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 2379,00 \cdot 1,10 \cdot 1,65 / (21 \cdot 8) = 25,70 \text{ грн.}$$

$$З_{р1} = 25,70 \cdot 8,00 = 205,61 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Установка офісного обладнання	8,00	2	1,10	25,70	205,61
Підготовка робочого місця розробника графічних систем	6,00	2	1,10	25,70	154,21
Інсталяція програмного забезпечення	4,00	5	1,70	39,72	158,88
Відний контроль комплектуючих елементів	1,50	5	1,70	39,72	59,58
Монтаж експериментального блоку передавання сигналу	2,00	4	1,50	35,05	70,10

Монтаж експериментального блоку приймання сигналу	2,50	4	1,50	35,05	87,62
Монтаж блоку індикації	3,00	4	1,50	35,05	105,14
Випробування системи	2,00	3	1,35	31,54	63,09
Всього					904,23

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (5.9)$$

де $H_{\text{дод}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 12%.

$$Z_{\text{дод}} = (32433,33 + 904,23) \cdot 12 / 100\% = 4000,51 \text{ грн.}$$

5.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (5.10)$$

де $H_{\text{зн}}$ – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (32433,33 + 904,23 + 4000,51) \cdot 22 / 100\% = 8214,38 \text{ грн.}$$

5.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і

предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані в автоматизованій системі паркування автомобіля».

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{vj}, \quad (5.11)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{vj} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 3,00 \cdot 86,00 \cdot 1,11 - 0,000 \cdot 0,00 = 286,38 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір канцелярський офісний DATUM FZ 500-80 (A4)	86,00	3,00	-	-	286,38
Папір для заміток DATUM OFF 100-60 (A5)	55,00	3,00	-	-	183,15

Папір креслярський ВАТ-150 (А1)	22,00	11,00	-	-	268,62
Папір креслярський ВАТ-150 (А3)	14,00	15,00	-	-	233,10
Начиння канцелярське DATUM OZZ-5	210,00	4,00	-	-	932,40
Органайзер офісний DATUM FAX- 35	110,00	4,00	-	-	488,40
Картридж для плотера (Canon JhR)	720,00	1,00	-	-	799,20
Картридж для принтера (Canon-1000)	824,00	2,00	-	-	1829,28
Диск оптичний BJR-3 (CD-R)	13,00	3,00	-	-	43,29
Диск оптичний BJR-3W (CD- RW)	14,00	3,00	-	-	46,62
FLASH-пам'ять Kingsdom 10 С (64 ГБ)	410,00	1,00	-	-	455,10
Комплект електропроводк и паркувальної	120,00	1,00	-	-	133,20

системи					
Припій ПОС-21	450,00	0,01	0,002	100,00	4,80
Лакофарбові матеріали	350,00	0,08	-	-	31,08
Склотестоліт фольгований FR-4	290,00	0,02	-	-	6,44
Інше	100,00	1,00	-	-	111,00
Всього					5852,05

5.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_6), які використовують при проведенні НДР на тему «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані в автоматизованій системі паркування автомобіля», розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (5.12)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

$$K_6 = 1 \cdot 1120,00 \cdot 1,11 = 1243,20 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Апаратна платформа на основі Atmega 8515	1	1120,00	1243,20
Ультразвуковий модуль JSN-SR04T	8	565,00	5017,20
LCD-дисплей 1602	1	260,00	288,60

Світлодіоди L-934S	12	25,00	333,00
Потенціометр	1	115,00	127,65
Лінійний стабілізатор напруги	1	480,00	532,80
Комплект інтерфейсів	1	670,00	743,70
Звуковий випромінювач НСМ1203Х	8	210,00	1864,80
Високочастотний модуль RF-433	1	750,00	832,50
Комплект резисторів	1	210,00	233,10
Комплект конденсаторів	1	340,00	377,40
Всього			11593,95

5.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.}i} \cdot K_i, \quad (5.13)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{\text{пр.}i}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{\text{спец}} = 12450,00 \cdot 1 \cdot 1,1 = 13695,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 5.9 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Генератор сигналу цифровий еталонний	1	12450,00	13695,00
Всього			13695,00

5.3.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{прог}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{инрг}} \cdot C_{\text{прог.}i} \cdot K_i, \quad (5.14)$$

де $C_{\text{инрг}}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{\text{прог.}i}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1,10\dots1,12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{\text{прог}} = 5310,00 \cdot 1 \cdot 1,1 = 5841,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 5.10 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
ОС Windows 10	1	5310,00	5841,00
Прикладний пакет Microsoft Office 2016	1	5120,00	5632,00
Всього			11473,00

5.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_b}{T_г} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.15)$$

де $Ц_b$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_г$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (24680,00 \cdot 1) / (3 \cdot 12) = 685,56 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.11 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Програмно-аналітичний комплекс	24680,00	3	1	685,56
Графічно-	25310,00	3	1	703,06

обчислювальний комплекс обробки даних				
Програмні засоби реалізації схемотехнічного рішення	9100,00	3	1	252,78
Обладнання виводу графічної інформації (плотер)	8120,00	4	1	169,17
Місце оператора спеціалізоване	7640,00	5	1	127,33
Офісна оргтехніка	9250,00	5	1	154,17
Приміщення дослідницької лабораторії	310000,00	25	1	1033,33
Всього				3125,39

5.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (5.16)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 4,25$ грн;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,24 \cdot 160,0 \cdot 4,25 \cdot 0,95 / 0,97 = 163,20 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Програмно-аналітичний комплекс	0,24	160,0	163,20
Графічно-обчислювальний комплекс обробки даних	0,45	160,0	306,00
Генератор сигналу цифровий еталонний	0,04	45,0	7,65
Обладнання виводу графічної інформації	0,32	10,0	13,60
Місце оператора спеціалізоване	0,15	160,0	102,00
Офісна оргтехніка	0,50	12,0	25,50
Всього			617,95

5.3.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані в автоматизованій системі паркування автомобіля» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а

також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cb} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cb}}{100\%}, \quad (5.17)$$

де H_{cb} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», приймемо $H_{cb} = 25\%$.

$$B_{cb} = (32433,33 + 904,23) \cdot 25 / 100\% = 8334,39 \text{ грн.}$$

5.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (5.18)$$

де H_{cn} – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», приймемо $H_{cn} = 35\%$.

$$B_{cn} = (32433,33 + 904,23) \cdot 35 / 100\% = 11668,15 \text{ грн.}$$

5.3.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_s = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{is}}{100\%}, \quad (5.19)$$

де H_{ib} – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{ib} = 60\%$.

$$I_b = (32433,33 + 904,23) \cdot 60 / 100\% = 20002,54 \text{ грн.}$$

5.3.12 Накладні (загально виробничі) витрати

До статті «Накладні (загально виробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{нзв} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (5.20)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати», прийmemo $H_{нзв} = 110\%$.

$$B_{нзв} = (32433,33 + 904,23) \cdot 110 / 100\% = 36671,32 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані в автоматизованій системі паркування автомобіля» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{дод} + Z_n + M + K_v + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_v + B_{нзв}. \quad (5.21)$$

$$B_{заг} = 32433,33 + 904,23 + 4000,51 + 8214,376199 + 5852,05 + 11593,95 + 13695,00 + 11473,00 + 3125,39 + 617,95 + 8334,39 + 11668,15 + 20002,54 + 36671,32 = 168586,19 \text{ грн.}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (5.22)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta=0,9$.

$$ЗВ = 168586,19 / 0,9 = 187317,99 \text{ грн.}$$

5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів тієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

Результати дослідження проведені за темою «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані в автоматизованій системі паркування автомобіля» передбачають комерціалізацію протягом 4-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

ΔN – збільшення кількості споживачів пристрою, у періоди часу, що аналізуються, від покращення його певних характеристик;

Показник	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік
Збільшення кількості споживачів, осіб	750	1500	2000	1800

N – кількість споживачів які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 3000 осіб;

C_0 – вартість пристрою у році до впровадження результатів розробки, прийmemo 16000,00 грн;

$\pm \Delta C_0$ – зміна вартості пристрою від впровадження результатів науково-технічної розробки, прийmemo 3090,00 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta\Pi_i$ для кожного із 4-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [Козловський, Лесько, Кавецький]:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\vartheta}{100}\right), \quad (5.23)$$

де λ – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2021 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).

Прийmemo $\rho = 15\%$;

ϑ – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2021 році $\vartheta = 18\%$;

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (3090,00 \cdot 3000,00 + 19090,00 \cdot 750) \cdot 0,83 \cdot 0,15 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 2408047,88$$

грн.

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (3090,00 \cdot 3000,00 + 19090,00 \cdot 2250) \cdot 0,83 \cdot 0,15 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 5331395,03$$

грн.

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (3090,00 \cdot 3000,00 + 19090,00 \cdot 4250) \cdot 0,83 \cdot 0,15 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 9229191,23$$

грн.

Збільшення чистого прибутку 4-го року:

$$\Delta\Pi_4 = (3090,00 \cdot 3000,00 + 19090,00 \cdot 6050) \cdot 0,83 \cdot 0,15 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 12737207,81$$

грн.

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків $ПП$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (5.24)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

T – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau=0,11$;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} ПП &= 2408047,88/(1+0,11)^1 + 5331395,03/(1+0,11)^2 + 9229191,23/(1+0,11)^3 + \\ &+ 12737207,81/(1+0,11)^4 = 2169412,50 + 4327079,80 + 6748305,08 + 8390393,31 = \\ &= 21635190,69 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки:

$$PV = k_{инв} \cdot 3B, \quad (5.25)$$

де $k_{инв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо $k_{инв}=3$;

$3B$ – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 187317,99 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot 3B = 3 \cdot 187317,99 = 561953,98 \text{ грн.}$$

Абсолютний економічний ефект $E_{абс}$ для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{абс} = ПП - PV \quad (5.26)$$

де $ПП$ – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 21635190,69 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 561953,98 грн.

$$E_{абс} = ПП - PV = 21635190,69 - 561953,98 = 21073236,71 \text{ грн.}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій E_v , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$E_v = T_{жс} \sqrt[1 + \frac{E_{абс}}{PV}] - 1, \quad (5.27)$$

де $E_{абс}$ – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, 21073236,71 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 561953,98 грн;

$T_{жс}$ – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, 4 роки.

$$E_v = T_{жс} \sqrt[1 + \frac{E_{абс}}{PV}] - 1 = (1 + 21073236,71/561953,98)^{1/4} = 1,49.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій $\tau_{мін}$:

$$\tau_{мін} = d + f, \quad (5.28)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2021 році в Україні $d = 0,1$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, приймемо 0,2.

$\tau_{\min} = 0,1 + 0,2 = 0,3 < 1,49$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_g , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані в автоматизованій системі паркування автомобіля» доцільно.

Період окупності інвестицій $T_{ок}$ які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g}, \quad (5.29)$$

де E_g – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 1,49 = 0,67 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

5.5 Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані в автоматизованій системі паркування автомобіля» становить 41,0 бала, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий).

При оцінюванні рівня конкурентоспроможності, згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,57 рази.

Також термін окупності становить 0,67 р., що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою «Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані в автоматизованій системі паркування автомобіля».

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблено автомобільну мікроконтролерну систему контролю відстані до перешкоди.

У першому розділі роботи були оглянуті сучасні методи вимірювання відстані та був проведений їхній аналіз.

У другому розділі були розроблені: електрична структурна схема автомобільної мікропроцесорної системи контролю відстані до перешкоди, схема електрична принципова, зовнішній вигляд, часові діаграми. Виходячи з схеми електричної принципової, були проведені необхідні електричні розрахунки кожного елемента та їхній відповідний підбір.

У третьому розділі роботи було проведено огляд платформ для програмної розробки системи, відповідно обрано середовище програмування та мову програмування. Також було розроблено схему програми, був проведений короткий опис роботи програми та сама програма.

У четвертому розділі роботи проведено оцінку метрологічних характеристик системи, а саме точності вимірювання відстані розробленим мікроконтролерним пристроєм системи. Найголовнішим результатом розділу є те, що швидкодія приладу залежить від відстані і лежить в межах

від $200(\text{мкс})$ до 2000 при часі обробки, який визначається в основному швидкодією процесора і складає не більше $200(\text{мкс})$.

В економічній частині було досліджено рівень комерційного потенціалу розробки, який склав 41,0 бала, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий). Розрахунки показали, що науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,57 рази, а термін окупності становить 0,67 р., що менше 3-х років. Дані економічні показники свідчать про комерційну привабливість науково-технічної розробки

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [Христюк А.О., Жабчик В.В., Салівоник Н.О. Розробка атоматичного мікропроцесорного пристрою вимірювання відстані // Вісник НУВГП. Серія «Технічні науки», випуск 3\(83\), 2012. – с. 140-148.](#)

2. Киричук Ю.В. Методи вимірювання відстані / Ю.В. Киричук, Р.В. Бичук // Вісник Інженерної академії України. – Київ, 2012. – с. 73-77.

3. Мичуда Л. З., Погребенник В. Д.. Підвищення точності вимірювання віддалі до об'єкта / Л. З. Мичуда, В. Д. Погребенник // Комп'ютерні технології друкарства. – 2017, №2 (38). - с.112- 126.

4. Kvasnikov V. Relevance analysis of measurement mechanical quantities in the composition of the network “internet of things” and systems of professional cooperation during metrological studies [Текст] /V. Kvasnikov, A. Dudnik, Yu. Bondarenko // Relevant issues of development and modernization of modern science: the experience of countries of Eastern Europe and prospects of Ukraine: **monograph** / edited by authors. – Riga, Latvia : Izdevnieciba “Baltija Publishing”, 2018. – P. 144 -159.

5. Дуднік А.С. Застосування датчиків вимірювання механічних величин в комп'ютерній мережі «Розумний дім» [Текст] /А.С. Дуднік // Метрологія та прилади . – 2017. – Вип. № 5. – С.106 -110.

6.Бакулев П.А. Радиолокационные системы. Учебник для вузов. – М.: Радиотехника, 2004. – 319 с.

7. Rowekamper J, Sprunk C, Tipaldi GD, Stachniss C, Pfaff P, Burgard W. On the position accuracy of mobile robot localization based on particle filters combined

8. Квасніков В.П. Аналіз приладів вимірювання відстані та безпроводних сенсорних мереж [Текст] /В.П. Квасніков, А.С. Дуднік// Вісник Інженерної академії України. – 2017. – Вип. № 4. – С.115 -118.

9. Дуднік А.С. Застосування датчиків вимірювання механічних величин в комп'ютерній мережі «Розумний дім» [Текст] /А.С. Дуднік // Метрологія та прилади . – 2017. – Вип. № 5. – С.106 -110.

10. Лукінюк М.В. Технологічні вимірювання та прилади / М.В. Лукінюк. Київ: НТТУ «КПІ», 2007. – 436 с.

11. Шинкарук О. М., Любчик В. Р., Лантвойт М. О. /Аналітичний багаточастотний фазовий метод вимірювання дальностей // Вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут. Серія: Радіотехніка.Радіоапаратобудування, 2013. – №52. – С. 65-72.

12. Шинкарук О.Н., Любчик В.Р., Лантвойт М.О. Многочастотный фазовый метод измерения дальностей // Приборы и методы измерений. – 2014. – №2 (9). – С. 81-87.6.

13. Дуднік А.С. Комп'ютеризовані системи вимірювання механічних величин / А. С. Дуднік, В. П. Квасніков. – Київ: Інтерсервіс, 2018. – 176 с.

14. Финкельштейн М.И. Основы радиолокации. Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1983. – 536 с.

15. Radar definition // Translation bureau. Public Works and Governement Servises Canada. [Електронний ресурс]/ - Режим доступу: [http:](http://)

//www.btb.termium

plus.gc.ca/tpv2alpha/alpha-rahtml?

lang=fra&i=1&index=ent&_index=ent&

srchtxt=radar&comencrsch.x=0&comencrsch.y=0 (accessed 08.11.2021)

16. Пішан О.Й. Аналіз та розробка методу вимірювання рівня речовин в повітрі на просторових ультразвукових биттях / Автоматизація виробничих процесів, №1 (22), 2006. – С. 10-13.

17. Гнітецький Віталій Анатолійович, ГнітецькаТетяна Віталіївна. Спосіб ультразвукового локаційного вимірювання відстані і пристрій для його реалізації. - Патент UA 39336 МПК G01F23/28/ - Бюл. № 5, 2001, від 15.06.2001р

18. Квасніков В.П. Визначення відстані між об'єктами за допомогою комп'ютеризованих систем вимірювання механічних величин [Текст] / В.П. Квасніков, А.С. Дуднік // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – 2018. – Вип. № 1(12). С. 54 -60.

19. Дуднік А.С. Аналіз методів вимірювання механічних величин та принципів їх виконання [Текст] / А.С. Дуднік // Сучасні тенденції розвитку науки: III міжнар. наук.-практ. конф., 27 – 28 липня 2018 р.: тези допов. – Львів., 2018. – С. 82 – 85.

20. Квасніков В.П. Наукові основи визначення відстані між об'єктами за допомогою комп'ютеризованих систем вимірювання механічних величин [Текст] /В.П. Квасніков, А.С. Дуднік// Метрологія та прилади . – 2018. – Вип. № 3. – С.21 -26.

21. А.А. Горбатов, Г.Е. Радусhevский. Акустические методы измерения расстояний и управления. - М.:Энергоиздат, 1981, - 20 с.

22. Kirtan Gopal Panda, Deepak Agrawal, Arcade Nshimiyimana, Ashraf Hossain. Effects of environment on accuracy of ultrasonic sensor operates in millimetre range // Perspectives in Science (2016) 8, p. 574-576.

23. Dong, Min S., Jin, Kim K., Hang, Shin H., Yong, Yun H., 2010. Noncontact respiration rate measurement system using an ultrasonic proximity sensor / *IEEE Sens. J.* 10, p. 1732-1739.
24. Koval, J.Vaňuš, P.Bilík. Distance Measuring by Ultrasonic Sensor / *IFAC PapersOnLine*, Volume 49, Issue 25, 2016, p. 153-158.
25. Ilze Andersone. Probabilistic Mapping with Ultrasonic Distance Sensors / *Procedia Computer Science*, Volume 104, 2017, p. 362-368.
26. Yub Je, Jong-Kyu Park, Haksu Lee, Dong hoon Yi, Wonkyu Moon. A highly-directional ultrasonic range sensor using a stepped-plate transducer / *IFAC Proceedings Volumes*, Volume 41, Issue 2, 2008, Pages 15780-15785.
27. Бражников, Н.И. Акустические преобразователи сред в технике / Н.И. Бражников, В.А. Белевитин, Е.В. Бражникова; под науч. ред. Н.И. Бражникова. Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2011. – 206 с.13. Zukerwar A.J. *Yfndbook of the Speed of Sound in real Gases. Vol.III (Speed of Soundin Air)*. Fcf demic Press, 2002. – P.1000.
28. Биков М.М., Черв'яков В.Д. Дискретний аналіз і теорія автоматів / М.М. Биков, В.Д. Червяков. – Суми: СУМДУ, 2016. – 354 с.
29. Шабатура Ю. В. Комп'ютерне моделювання електронних систем / Ю. В. Шабатура, В. В. Присяжнюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 142 с.
30. Долбня В. Т. Електроніка і мікросхемотехніка : навчальний посібник / Долбня В. Т., Сакара Ю. Д., Миланіч Т. В. – Х. : Нац. техн. ун-т «Харківський політехнічний інститут», 2006. – 204 с.
31. Електроніка і мікросхемотехніка : у 4 т. / Сенько В. І., Панасенко М. В., Сенько Є. В. та ін. – К. : Оберіг, 2000. – Т. 1 : Елементна база електронних пристроїв. – 2000. – 300 с.
32. Схемотехніка електронних пристроїв та систем : в 6 т. / В. М. Рябенський; МОНМС України. – Миколаїв : Іліон, 2011.– Т. 1: Аналогова схемотехніка. – 2011. – 389 с.

33. Биков М.М. Мікропроцесорні засоби систем управління. Лабораторний практикум для студентів спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / М.М. Биков, Т.В. Грищук, В.В. Ковтун. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 125 с.

34. Цирульник С. М. Проектування мікропроцесорних систем : навчальний посібник / С. М. Цирульник, Г. Л. Лисенко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 201 с.

35. Евстифеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы «ATMEL» / Евстифеев А. В. – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2004. – 560 с.

36. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.itead.cc/wiki/Ultrasonic_Ranging_Module_HC-SR04

37. Дорожковець М. та інш. Основи метрології та вимірювальної техніки. Підручник: У 2 т. / М. Дорожковець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик; За ред. Б. Стадника – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005.–Т.2. Вимірювальна техніка. – 656 с.

38. Гринюк Ігор Євгенович, Пасько Ігор Матвійович, Титаренко Іван Титович. Спосіб вимірювання відстані до об'єкта та оптико-електронний пристрій для його здійснення. – Патент UA 93120 МПК G01C 3/00. – Бюл. №1, 2011, від 10.01.2011.

39. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

40. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепка – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.

Додаток А
(обов'язковий)
ВНТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ ВНТУ
д.т.н., проф. Володимир Дубовой

« 30 » вересня 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на виконання магістерської кваліфікаційної роботи
Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані
автоматизованої системи паркування автомобіля

08.01.МКР.010.00.000 ТЗ

Студент групи 2АКІТ-20м Сергій Нікіфоренко

Керівник д.т.н., доцент Сергій Штовба

Вінниця 2021

1. Назва та галузь застосування

1.1. Назва – Розробка мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані автоматизованої системи паркування автомобіля.

1.2. Галузь застосування – системи управління і автоматики, інформаційні технології.

2. Підстава для проведення розробки.

Тема магістерської дипломної роботи затверджена наказом по ВНТУ №277 від “24” 09 2021 р.

3. Мета та призначення розробки.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності роботи автоматизованої системи паркування автомобілів шляхом розробки пристрою вимірювання відстані автомобіля до перепони.

4. Вихідні дані для проведення розробки.

Магістерська кваліфікаційна робота виконується вперше. В ході проведення розробки повинні використовуватись такі документи:

1. Метрологія та вимірювальна техніка: підруч. [для студ. вузів електротехнічних спец.] / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко; за ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 544 с.
2. Биков М.М. Мікропроцесорні засоби систем управління. Лабораторний практикум для студентів спеціальності 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології / М.М. Биков, Т.В. Грищук, В.В. Ковтун. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 125 с.
3. Цирульник С. М. Проектування мікропроцесорних систем : навчальний посібник / С. М. Цирульник, Г. Л. Лисенко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 201 с.

5. Вимоги до розробки.

5.1. Перелік головних функцій:

- увімкнення/вимкнення системи;
- калібровка;

- вимірювання відстані;
- виведення інформації на індикатор.

5.2. Основні технічні вимоги до розробки.

5.2.1. Вимоги до програмної платформи:

- WINDOWS 7/8;
- Microsoft Visual Studio, MPLAB.

5.2.2. Умови експлуатації системи:

- робота на стандартних ПЕОМ в приміщеннях зі стандартними умовами;
- можливість цілодобового функціонування системи;
- текст програмного забезпечення системи є цілком закритим.

6. Економічні показники

До економічних показників входять:

- рівень комерційного потенціалу – 41,0 бала (високий);
- коефіцієнт конкурентоспроможності – 1,57;
- термін окупності – 0,67 року.

7. Стадії та етапи розробки.

7.1 Пояснювальна записка:

1	Аналіз об'єкта автоматизації і техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки	02.10.2021 р.
2	Постановка задачі і розробка технічного завдання	04.10. 2021 р.
3	Розробка структури системи автоматизації і вибір технічних і програмних засобів	20.10. 2021 р.
4	Розробка програми реалізації моделі і машинний експеримент	15.11. 2021 р.
5	Підготовка економічної частини	22.11. 2021 р.
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу і презентації	30.11. 2021 р.
7	Апробація результатів дослідження	07.12.2021 р.
8	Публікації	10.12.2021 р.
9	Захист МКР	23.12. 2021 р.

7.2 Графічні матеріали:

Технологічна схема парковки автомобілів	01.12.2021 р.
Схема структурна системи	01.12.2021 р.
Схема електрична функціональна	02.12. 2021 р.
Схема електрична принципова системи	02.12. 2021 р.
Схема алгоритму роботи системи	04.12. 2021 р.
Часові діаграми роботи блоку обчислення відстані	05.12. 2021 р.
UML-діаграма використання	06.12. 2021 р.

8. Порядок контролю і приймання.

- 8.1. Хід виконання магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником роботи, консультантами з економічної частини. Рубіжний контроль провести до «10» грудня 2021 р
- 8.2. Атестація проекту здійснюється на попередньому захисті. Попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи провести до «07» грудня 2021 р.
- 8.3. Підсумкове рішення щодо оцінки якості виконання магістерської кваліфікаційної роботи приймається на засіданні ДЕК. Захист магістерської кваліфікаційної роботи провести «23» грудня 2021 р.

Додаток Б
(обов'язковий)
Лістинг програми

ДОДАТОК Ж – Лістинг програми

```
//=====
//
//   Program:  ультразвуковий вимірник відстані
//
//   Created:  4-09-2021
//
//   Author;  Нікіфоренко С. В.
//
//=====

//   LED segments a-g are at PA0 - PA7, and
//   the catodes are at PC0 - PC3

#include <avr/interrupt.h> // include interrupt support
#include <avr/io.h>
#include <avr/pgmspace.h> //   для создания таблиц в памяти программ

#define true  1
#define false 0
list;
// UART define
#define UBRR0H UBRRH
#define UBRR0L UBRRL
#define UCSR0A UCSRA
#define UCSR0B UCSRB
#define UCSR0C UCSRC
#define RXCIE0 RXCIE
#define TXEN0 TXEN
#define RXEN0 RXEN
#define UCSZ00 UCSZ0
#define UCSZ01 UCSZ1
#define UCSZ02 UCSZ2
#define UDRIE0 UDRIE
#define UDR0 UDR
#define FE0 FE
#define UDRE0 UDRE
#define U2X0 U2X
#define USART_RX_vect USART_RXC_vect

#define F_CPU 16000000
#define BAUDRATE 9600
```

```

#define UBBR_VALUE ((F_CPU / (16UL * BAUDRATE)) -1)

#define TBUFSIZE 6
#define RBUFSIZE 6

// DATA define
#define DATA_PORT PORTB // порт данных младшие разряды
#define DATAH_PORT PORTD // порт данных старшие разряды
#define RST_OUT PA7 // сигнал сброса внешних
счетчиков

// LED define
#define CATOD_PORT PORTC // порты управления индикатора с общим
катодом
#define CATOD_DDR_PORT DDRC
#define CATOD_PORT2 PORTC
#define CATOD_DDR_PORT2 DDRC

#define CATOD1 PC3 // most significant
#define CATOD2 PC2 //
#define CATOD3 PC1 //
#define CATOD4 PC0 // another port last significant
#define SEG_PORT PORTA
#define SEG_DDR_PORT DDRD
#define SEG_PORT2 PORTA
#define SEG_DDR_PORT2 DDRD
#define SEG_a 0x01 // __a__
#define SEG_b 0x02 // / /
#define SEG_c 0x04 // f b
#define SEG_d 0x08 // /_g_/
#define SEG_e 0x10 // / /
#define SEG_f 0x20 // e c
#define SEG_g 0x40 // /_d_/
#define SEG_dot 0x80 //

#define LETTER_RP (SEG_a|SEG_b|SEG_c|SEG_e|SEG_f) //
#define LETTER_RU (SEG_b|SEG_c|SEG_d|SEG_f|SEG_g) //
#define LETTER_RC (SEG_a|SEG_d|SEG_e|SEG_f) //
#define LETTER_RK (SEG_a|SEG_c|SEG_e|SEG_f|SEG_g) //

#define LETTER_RW(SEG_a|SEG_b|SEG_c|SEG_d|SEG_e|SEG_f|SEG_g) //
#define LETTER_RB (SEG_a|SEG_c|SEG_d|SEG_e|SEG_f|SEG_g) //
#define LETTER_RO (SEG_a|SEG_b|SEG_c|SEG_d|SEG_e|SEG_f) //
#define LETTER_ROM (SEG_c|SEG_d|SEG_e|SEG_g)
//
#define LETTER_RR (SEG_a|SEG_b|SEG_e|SEG_f|SEG_g) //

#define LETTER_RT (SEG_a|SEG_b|SEG_c)
//
#define LETTER_RN (SEG_b|SEG_c|SEG_e|SEG_f|SEG_g) //

#define zero (SEG_a|SEG_b|SEG_c|SEG_d|SEG_e|SEG_f) // 0

```

```

#define one (SEG_b|SEG_c)
// 1
#define two (SEG_a|SEG_b|SEG_d|SEG_e|SEG_g) // 2
#define three (SEG_a|SEG_b|SEG_c|SEG_d|SEG_g) // 3
#define four (SEG_b|SEG_c|SEG_c|SEG_f|SEG_g) // 4
#define five (SEG_a|SEG_c|SEG_d|SEG_f|SEG_g) // 5
#define six (SEG_a|SEG_c|SEG_d|SEG_e|SEG_f|SEG_g) // 6
#define seven (SEG_a|SEG_b|SEG_c) // 7
#define eight (SEG_a|SEG_b|SEG_c|SEG_d|SEG_e|SEG_f|SEG_g) // 8
#define nine (SEG_a|SEG_b|SEG_c|SEG_d|SEG_f|SEG_g) // 9
#define a_hex (SEG_a|SEG_b|SEG_c|SEG_e|SEG_f|SEG_g) // A
#define b_hex (SEG_c|SEG_d|SEG_e|SEG_f|SEG_g) // b
#define c_hex (SEG_a|SEG_d|SEG_e|SEG_f) // C
#define d_hex (SEG_b|SEG_c|SEG_d|SEG_e|SEG_g) // d
#define e_hex (SEG_a|SEG_d|SEG_e|SEG_f|SEG_g) // E
#define f_hex (SEG_a|SEG_e|SEG_f|SEG_g) // F

#define blank !(SEG_a|SEG_b|SEG_c|SEG_d|SEG_e|SEG_f|SEG_g)// !8

#define TIMER_CLK_STOP 0x00
#define TIMER_CLK_DIV1 0x01
#define TIMER_CLK_DIV8 0x02
#define TIMER_CLK_DIV64 0x03
#define TIMER_CLK_DIV256 0x04
#define TIMER_CLK_DIV1024 0x05
#define TIMER_CLK_T_FALL 0x06
#define TIMER_CLK_T_RISE 0x07

// functions UART

void UART_init(void); // initialize UART0

void UART_putc(unsigned char c); // Put ASCII or non-ASCII byte, blocks (waits) if buffer is
full
void UART_puts(char *p); // Print string from RAM
void UART_puts_P(char *p); // Print string from FLASH MEMORY

unsigned char UART_getc(void); // Get ASCII or non-ASCII byte, blocks (waits) if none
available. See UART_rbuflen()
int UART_gets(char *p, int max); // Get a string with autodetect of CR,LF,CRLF, but subject
to max chars.

unsigned char UART_tbuflen(void); // Get number of as yet untransmitted bytes.
unsigned char UART_rbuflen(void); // Gget number of bytes in the receive buffer or zero.

#define TMASK (TBUFSIZE-1)
#define RMASK (RBUFSIZE-1)

// The variables are static (only valid withing this file) and volatile (used in interrupts).

static volatile unsigned char tbuf[TBUFSIZE]; // transmit buffer
static volatile unsigned char rbuf[RBUFSIZE]; // receive buffer

```

```

static volatile unsigned char t_in;           // buffer head/tail indicies
static volatile unsigned char t_out;         // NOTE! these are 1 byte; no atomic for double byte
needed

static volatile unsigned char r_in;
static volatile unsigned char r_out;

static volatile unsigned char cr_flag;       // added for autodetect CR,LF,CRLF

//
void hex_to_bcd(unsigned long information);

unsigned char blanc ; // Гашение индикатора - все сегменты выключены

unsigned char f_gen; // флаг генератора

unsigned char f_pe0; // флаг генератора

unsigned char digits[] = {zero,one,two,three,four,five,six,seven,eight,nine,
a_hex,b_hex,c_hex,d_hex,e_hex,f_hex};

volatile unsigned char k=0; //Digits
unsigned char i=0; // Признак незначащих цифр при регенерации

volatile unsigned char buf1,buf2,buf3,buf4;

volatile unsigned char n;
//Резервирование памяти для переменной

volatile unsigned char pulse_number;
//Резервирование памяти для переменной

volatile unsigned int res0=0,res1=0,res2=0,res3=0;
volatile unsigned int res4=0,res5=0;

volatile unsigned long int count_hi=0;      // overflow accumulator
volatile unsigned long int count=0;

const unsigned int __attribute__((progmem)) data_code[];
//=====
//
// signal handler for tcnt0 overflow interrupt
//
//=====
ISR (TIMER1_OVF_vect)
{
/* preset counter to get this interrupt again */
TCNT0 = 0x45;

//*****

```

```

//          генерация 50 кГц
//*****
/* It's also possible to control a single or a set of pins on a port.
 *
 * Setting pin PD0 high in order to turn off LED0.
 */
//PORTD |= (1 << PORTD0);

// Setting pin PD1 low in order to turn on LED1.
//PORTD &= ~(1 << PORTD1);

if (f_pe0)
{
    if (f_gen)
    {
        f_gen = 0x00;
        PORTE &= ~(1 << PORTE0); // PE0 = 0;
    }
    else
    {
        f_gen = 0x01;
        PORTE |= (1 << PORTE0); // PE0 = 1;
    }
}

//*****
//          Регенерация изображения на семисегментном
//          четырехразрядном индикаторе
//*****

//+++++
//          Отображение информации на четырехразрядном
//          семисегментном индикаторе с общим катодом
//+++++
switch(k)
{
    case (0):
    {
        CATOD_PORT &= ~((1 << CATOD1)|(1 << CATOD2)|(1 << CATOD3)|(1 <<
CATOD4));
        //    All catodes off
        SEG_PORT = buf4;                //    Set segments
        CATOD_PORT |= (1 << CATOD1);    //    One catode on
    }
    break;

    case (1):
    {
        CATOD_PORT &= ~((1 << CATOD1)|(1 << CATOD2)|(1 << CATOD3)|(1 <<
CATOD4));
        SEG_PORT = buf3;
    }
}

```

```

        CATOD_PORT |= (1 << CATOD2);
    }
    break;

    case (2):
    {
        CATOD_PORT &= ~((1 << CATOD1)|(1 << CATOD2)|(1 << CATOD3)|(1 <<
CATOD4));
        SEG_PORT = buf2 ;

        CATOD_PORT |= (1 << CATOD3);
    }
    break;

    case (3):
    {
        //CATOD_PORT &= ~((1 << CATOD1)|(1 << CATOD2)|(1 << CATOD3)|(1 <<
CATOD4));

        SEG_PORT = buf1;

        CATOD_PORT |= (1 << CATOD4);
    }
    break;
}
}
//$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
//          Регенерация
//$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
    if (k>0 )
    {k--;
    }
    else
    {
        k=3;
    }
}

//=====

//HEXTOBCD-HEXTOBCD-HEXTOBCD-HEXTOBCD-HEXTOBCD-HEXTOBCD-HEX
//
//    Преобразование ведется старшими разрядами вперед
//    Умножение на 2 и суммирование с 1 если бит равен 1,
//    если бит равен 0, то просто умножение.
//    Десятичная коррекция выполняется до умножения, т.е.
//    если в тетраде число больше 4, то коррекция в этой
//    тетраде производится суммированием с 3, а не 6.
//    Программа преобразует 24 разрядное двоичное число в
//    32 разрядное двоично-десятичное число (16777215 max).
//
//HEXTOBCD-HEXTOBCD-HEXTOBCD-HEXTOBCD-HEXTOBCD-HEXTOBCD-HEX

```

```

void hex_to_bcd(unsigned long information)
{
    res0=0,res1=0,res2=0,res3=0;
    res4=0,res5=0;

    unsigned int s=0;
    //    s - use for devide by displacement

    while(s != 32)
    {
        //Циклический сдвиг информации
        res5 = (res5<<1)+((res4>>3)&1);
        res4 = (res4<<1)+((res3>>3)&1);
        res3 = (res3<<1)+((res2>>3)&1);
        res2 = (res2<<1)+((res1>>3)&1);
        res1 = (res1<<1)+((res0>>3)&1);
        res0 = (res0<<1)+(information>>31);
        // Сдвиг влево - умножение на 2
        information = (information<<1);
        // Формирование тетрады
        res0 = res0&0x0f;
        res1 = res1&0x0f;
        res2 = res2&0x0f;
        res3 = res3&0x0f;
        res4 = res4&0x0f;
        res5 = res5&0x0f;
        if(s != 31)
        {
            // Десятичная коррекция каждой тетрады
            if(res5 > 4)
                res5 = res5+3;
            if(res4 > 4)
                res4 = res4+3;
            if(res3 > 4)
                res3 = res3 + 3;
            if(res2 > 4)
                res2 = res2+3;
            if(res1 > 4)
                res1 = res1+3;
            if(res0 > 4)
                res0 = res0+3;
        }
        s++;
    }
}

////////////////////////////////////
// Initialization of 1st UART
//
void UART_init (void)
{

```

```

// First init for the UART

cli();          // no interrupts during initialization.

// turn everything off
UCSR0A = 0x00;    // writing zero to UCSRnA is probably not needed.
UCSR0B = 0x00;    // disable everything in UCSRnB

// set baudrate, the UBBR_VALUE is defined in uart.h
UBRR0L = (uint8_t) (UBBR_VALUE);
UBRR0H = (uint8_t) (UBBR_VALUE >> 8);

// 8 Databits, receive and transmit enabled, receive complete interrupt enabled
UCSR0B = _BV(RXCIE0) | _BV(TXEN0) | _BV(RXEN0);

// Set the most used serial settings: asynchrone, no parity, 8 bit, 1 stop bit.
// The ATmega8 uses an URSEL bit, which is not present on newer chips.

UCSRC = _BV(URSEL) | _BV(UCSZ01) | _BV(UCSZ00); //

cr_flag = false;          // set default, no 'cr' detected yet.
t_in = t_out = r_in = r_out = 0;      // set all buffer indices to zero.

sei();                    // enable interrupts.
}

////////////////////////////////////
// Send byte
//
// If the character does not fit in buffer, it will still be transmitted, but it waits
// until characters are transmitted and free space is available in the buffer.
//
void UART_putc (unsigned char c)
{
    // If the transmit-buffer is full, wait for it, interrupts will empty it
    // There is no timeout.
    while((TBUFSIZE - UART_tbuflen()) <= 2)
        ;

    // Add data to the transmit buffer, enable transmit interrupts
    tbuf[t_in & TMASK] = c;    // set character in circular buffer
    t_in++;                    // increment head index
    UCSR0B |= _BV(UDRIE0);    // Enable UDR empty interrupt, the ISR will move from
    buffer to UART
}

////////////////////////////////////
// Send string from RAM
//
void UART_puts (char *p)

```



```

{
  while (*p)
    UART_putc(*p++);
}

////////////////////////////////////
// Send string from flash memory
//
void UART_puts_P (char *p)
{
  char b;

  while ( (b = pgm_read_byte(p++)) != '\0')
    UART_putc(b);
}

////////////////////////////////////
// Receive byte
//
// This function just gets a single byte.
// The byte can be anything: control characters, linefeeds, etc.
//
unsigned char UART_getc (void)
{
  unsigned char c;

  while (UART_rbuflen() == 0) // Wait for data. See also UART_rbuflen()
    ;

  c = rbuf[r_out & RMASK];
  r_out++;

  return(c);
}

////////////////////////////////////
// Get string that ends with a CR, LF or CRLF, but subject to max chars
//
// The return value is the string length.
//
// The string is terminated with '\0' if it reaches the maximum size.
// But if the maximum size is reached, the function still waits for a CR or LF.
//
// A flag 'cr_flag' is used for autodetection of CR,LF,CRLF.
//
// Note that due to the autodetection of CR,LF,CRLF, the UART_rbuflen()
// is not the same as the strlen() of the returned string.
// For example: UART_rbuflen() could be 2, and the string could be empty (or not).
//

```

```

// Note that mixing UART_gets() and UART_getc() could break the autodetection of
CR,LF,CRLF.
//
int UART_gets (char *buffer, int bufsize)
{
    int i = 0;                // index for buffer, and character counter.
    uint8_t eol = false;     // flag for end-of-line

    if (bufsize > 0)
    {
        while (!eol)
        {
            buffer[i] = (char) UART_getc(); // get a fresh character from the input buffer
            if (buffer[i] == '\r')        // check for CR
            {
                cr_flag = true;
                eol = true;              // end this line
            }
            else if (buffer[i] == '\n')    // check for LF
            {
                if (cr_flag)              // Previous character was CR, ignore the LF, don't advance index.
                    cr_flag = false;
                else                       // No CR flag: end this line.
                    eol = true;
            }
            else
            {
                cr_flag = false;          // normal character, clear flag
                if (i < (bufsize - 1))    // is there still a place for the next character ?
                    i++;                 // advance to next position.
            }
        }
    }

    // The CR ('\r') or LF ('\n') is overwritten by the string terminator.
    buffer[i] = '\0';                  // End the string with '\0'
}

// Return the length of the string.
// It could be a truncated string if too many characters were received.
// It shou be the same as strlen(buffer)
return (i);
}

////////////////////////////////////
// Number of bytes as yet untransmitted
// Don't call this from an ISR
//
unsigned char UART_tbuflen (void)
{
    return(t_in - t_out);
}

```

```

////////////////////////////////////
// Number of bytes in receive buffer
// Call this to avoid blocking in UART_getc()
//
unsigned char UART_rbuflen (void)
{
    return (r_in - r_out);
}

////////////////////////////////////
// Transmit complete interrupt
//
// USART transmit Data Register Empty interrupt.
//
ISR (USART_UDRE_vect)      // changed into new name
{
    if(t_in != t_out)      // is buffer empty ?
    {
        UDR0 = tbuf[t_out & TMASK];
        t_out++;          // TMASK makes it unnecessary to range limit this
    }
    else
    {
        UCSR0B &= ~_BV(UDRIE0);  // buffer is empty, disable interrupt
    }
}

////////////////////////////////////
// Receive interrupt
//
// In case of an overflow of the receive buffer,
// the old data is overwritten, but not in a circular way.
// Good:
//   A CR or LF at the end is still passed on.
// Bad:
//   The characters before the CR or LF might all be gone,
//   if the number of received characters is the same as the input buffer.
//
ISR (USART_RX_vect)      // changed into new name
{
    rbuf[r_in & RMASK] = UDR0; // Put received char in buffer (no check for overflow)
    r_in++;                 // RMASK makes it unnecessary to range limit this
}

//=====//
// Устройство работает следующим образом:
//   1. Формируется пачка импульсов
//   2. Происходит захват принятого отраженного сигнала
//   прекращается генерация импульсов в пачке
//   3. Полученные данные отображаются на индикаторе

```

```

//
// Таймер0 работает на регенерацию изображения

int main(void)
{
    unsigned long inf;
    unsigned int i;

    CATOD_DDR_PORT |= (1 << CATOD1)|(1 << CATOD2)|(1 << CATOD3)|(1 <<
CATOD4);

    // Контакты порта конфигурируются как выходы

    CATOD_PORT &= ~((1 << CATOD1)|(1 << CATOD2)|(1 << CATOD3)|(1 <<
CATOD4));

    // на выходы порта, управляющего катодами поданы 0

    SEG_DDR_PORT = 0xff;// 00111111

    // Контакты порта конфигурируются как выходы

    CATOD_PORT = 0xff;
    SEG_PORT = 0x0f;

//
// Загрузка таймеров/счетчиков
//
    TCNT0 = 0x45; // preset TCNT0 0x16 f=100Hz
    TCCR0 = TIMER_CLK_DIV8; // count with cpu clock/8

    UART_init();

// Разрешение прерываний
    sei();

// Бесконечный цикл
    while (1)
    {
        f_pe0 = 1; // отключение схемы совпадения, включение генератора
        while (~PE1){} // ожидание нового измерения = on PE1 0->1
        f_pe0 = 0; // включение схемы совпадения, отключение генератора
        while (PE1){} // ждем окончания измерения = on PE1 1->0

        inf = ((DATAH_PORT & 0xF0) << 4) | DATA_PORT; // читаем данные

        if (PC6) // опрос клавиатуры - кнопка "mode"
        { // десятичных вывод

            inf = data_code[inf]; // преобразовываем данные в сантиметры

```

```

        buf1 = digits[res0]; //last significant
        buf2 = digits[res1];
        buf3 = digits[res2];
        buf4 = digits[res3]; //most significant
    }
    else
    {

        if (PC5)
        { // шестнадцатеричный вывод
            buf1 = digits[(unsigned char) (inf & 0x000F)]; //last significant
            buf2 = digits[(unsigned char)((inf & 0x00F0)>> 4)];
            buf3 = digits[(unsigned char)((inf & 0x0F00)>> 8)];
            buf4 = digits[(unsigned char)((inf & 0xF000)>> 12)]; //most significant
        }
        else
        { // десятичный вывод
            hex_to_bcd(inf); // преобразовываем двоичные данные для
вывода в десятичном виде
            buf1 = digits[res0]; //last significant
            buf2 = digits[res1];
            buf3 = digits[res2];
            buf4 = digits[res3]; //most significant
        }
    }
}

PORTA |= (1 << PORTA7); // RST_OUT=1; // сброс внешних счетчиков

for(i=0;i<1000;i++){}; // delay RST impuls

PORTA &= ~(1 << PORTA7); // RST_OUT = 0;

tbuf[0] = buf1;
tbuf[1] = buf2;
tbuf[2] = buf3;
tbuf[3] = buf4;
tbuf[4] = '\r'; // CR
tbuf[5] = '\n'; // LF

UART_puts(*tbuf);
}
}

// Таблица для преобразования данных
// заполняется по результатам калибровки
//
const unsigned int __attribute__((progmem)) data_code[301]={0x0000,
0x0001,0x0002,0x0003,0x0004,0x0005,0x0006,0x0007,0x0008,0x0009,0x0010,
0x0011,0x0012,0x0013,0x0014,0x0015,0x0016,0x0017,0x0018,0x0019,0x0020,
0x0021,0x0022,0x0023,0x0024,0x0025,0x0026,0x0027,0x0028,0x0029,0x0030,
0x0031,0x0032,0x0033,0x0034,0x0035,0x0036,0x0037,0x0038,0x0039,0x0040,
0x0041,0x0042,0x0043,0x0044,0x0045,0x0046,0x0047,0x0048,0x0049,0x0050,

```

0x0051,0x0052,0x0053,0x0054,0x0055,0x0056,0x0057,0x0058,0x0059,0x0060,
0x0061,0x0062,0x0063,0x0064,0x0065,0x0066,0x0067,0x0068,0x0069,0x0070,
0x0071,0x0072,0x0073,0x0074,0x0075,0x0076,0x0077,0x0078,0x0079,0x0080,
0x0081,0x0082,0x0083,0x0084,0x0085,0x0086,0x0087,0x0088,0x0089,0x0090,
0x0091,0x0092,0x0093,0x0094,0x0095,0x0096,0x0097,0x0098,0x0099,0x0100,
0x0101,0x0102,0x0103,0x0104,0x0105,0x0106,0x0107,0x0108,0x0109,0x0110,
0x0111,0x0112,0x0113,0x0114,0x0115,0x0116,0x0117,0x0118,0x0119,0x0120,
0x0121,0x0122,0x0123,0x0124,0x0125,0x0126,0x0127,0x0128,0x0129,0x0130,
0x0131,0x0132,0x0133,0x0134,0x0135,0x0136,0x0137,0x0138,0x0139,0x0140,
0x0141,0x0142,0x0143,0x0144,0x0145,0x0146,0x0147,0x0148,0x0149,0x0150,
0x0151,0x0152,0x0153,0x0154,0x0155,0x0156,0x0157,0x0158,0x0159,0x0160,
0x0161,0x0162,0x0163,0x0164,0x0165,0x0166,0x0167,0x0168,0x0169,0x0170,
0x0171,0x0172,0x0173,0x0174,0x0175,0x0176,0x0177,0x0178,0x0179,0x0180,
0x0181,0x0182,0x0183,0x0184,0x0185,0x0186,0x0187,0x0188,0x0189,0x0190,
0x0191,0x0192,0x0193,0x0194,0x0195,0x0196,0x0197,0x0198,0x0199,0x0200,
0x0201,0x0202,0x0203,0x0204,0x0205,0x0206,0x0207,0x0208,0x0209,0x0210,
0x0211,0x0212,0x0213,0x0214,0x0215,0x0216,0x0217,0x0218,0x0219,0x0220,
0x0221,0x0222,0x0223,0x0224,0x0225,0x0226,0x0227,0x0228,0x0229,0x0230,
0x0231,0x0232,0x0233,0x0234,0x0235,0x0236,0x0237,0x0238,0x0239,0x0240,
0x0241,0x0242,0x0243,0x0244,0x0245,0x0246,0x0247,0x0248,0x0249,0x0250,
0x0251,0x0252,0x0253,0x0254,0x0255,0x0256,0x0257,0x0258,0x0259,0x0260,
0x0261,0x0262,0x0263,0x0264,0x0265,0x0266,0x0267,0x0268,0x0269,0x0270,
0x0271,0x0272,0x0273,0x0274,0x0275,0x0276,0x0277,0x0278,0x0279,0x0280,
0x0281,0x0282,0x0283,0x0284,0x0285,0x0286,0x0287,0x0288,0x0289,0x0290,
0x0291,0x0292,0x0293,0x0294,0x0295,0x0296,0x0297,0x0298,0x0299,0x0300
};

Додаток В
(Обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ
д.т.н., проф. Володимир Дубовой

_____ 2021 р.
« _____ » _____

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ
ВІДСТАНІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ
АВТОМОБІЛЯ**

1. Технологічна схема автоматизованої парковки.
2. Принцип роботи блоку обчислення відстані.
3. Блок–схема пристрою вимірювання відстані автоматизованої системи паркування автомобіля
4. Структурна схема мікроконтролерного пристрою вимірювання відстані.
5. Функціональна схема пристрою вимірювання відстані.
6. Схема електрична принципова пристрою вимірювання відстані.
7. Схема алгоритму роботи пристрою вимірювання відстані.
8. UML діаграма використання.
9. Машинний експеримент

Розробив: Сергій Нікіфоренко _____

_____ (підпис) _____ (дата)

Перевірив: Сергій Штовба _____

_____ (підпис) _____ (дата)

Опонент: Ольга Софіна _____

_____ (підпис) _____ (дата)

Вінниця 2021

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПАРКОВКИ

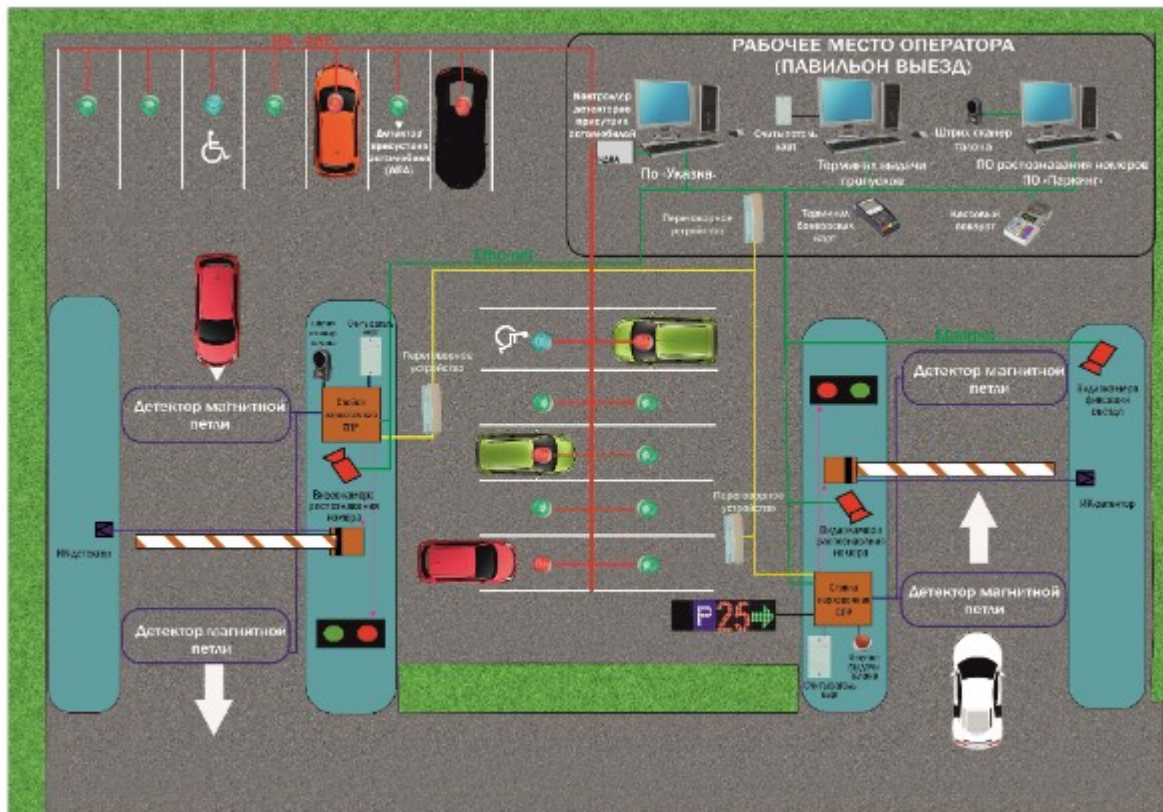
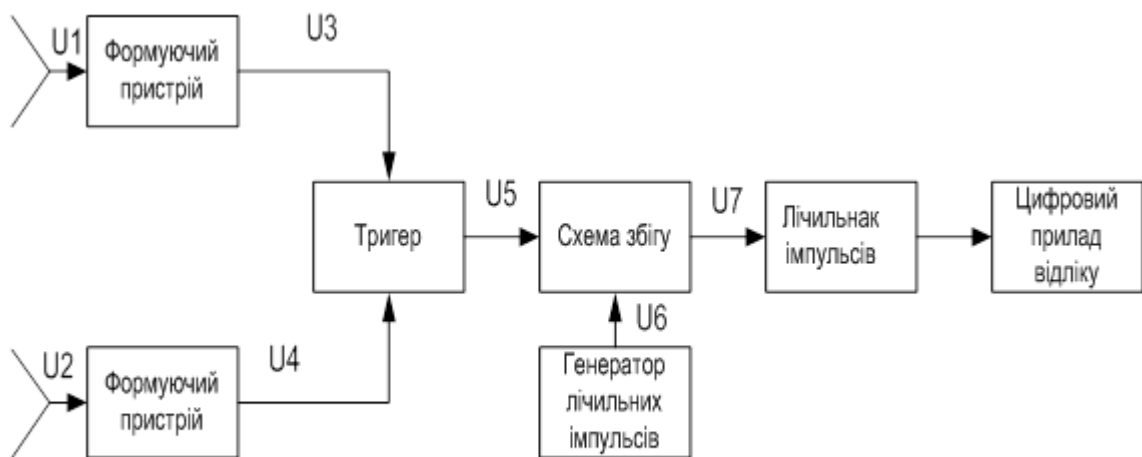


Схема системы автоматизованої парковки 777 «Комплекс Паркинг»
[\[https://docplayer.com/62043291-Sistema-avtomatizirovannoy-parkovki-777-kompleks-parking.html\]](https://docplayer.com/62043291-Sistema-avtomatizirovannoy-parkovki-777-kompleks-parking.html)

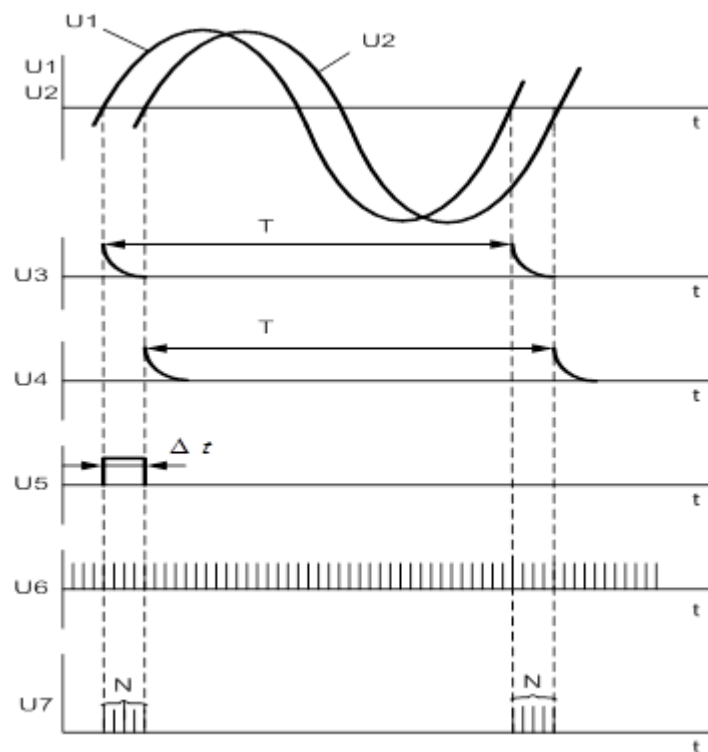


Схема системы автоматизованого управління парковкою "Dahua"
[\[https://leater.com/services/sistema-upravleniya-parkovkoy.html\]](https://leater.com/services/sistema-upravleniya-parkovkoy.html)

ПРИНЦИП РОБОТИ БЛОКУ ОБЧИСЛЕННЯ ВІДСТАНИ



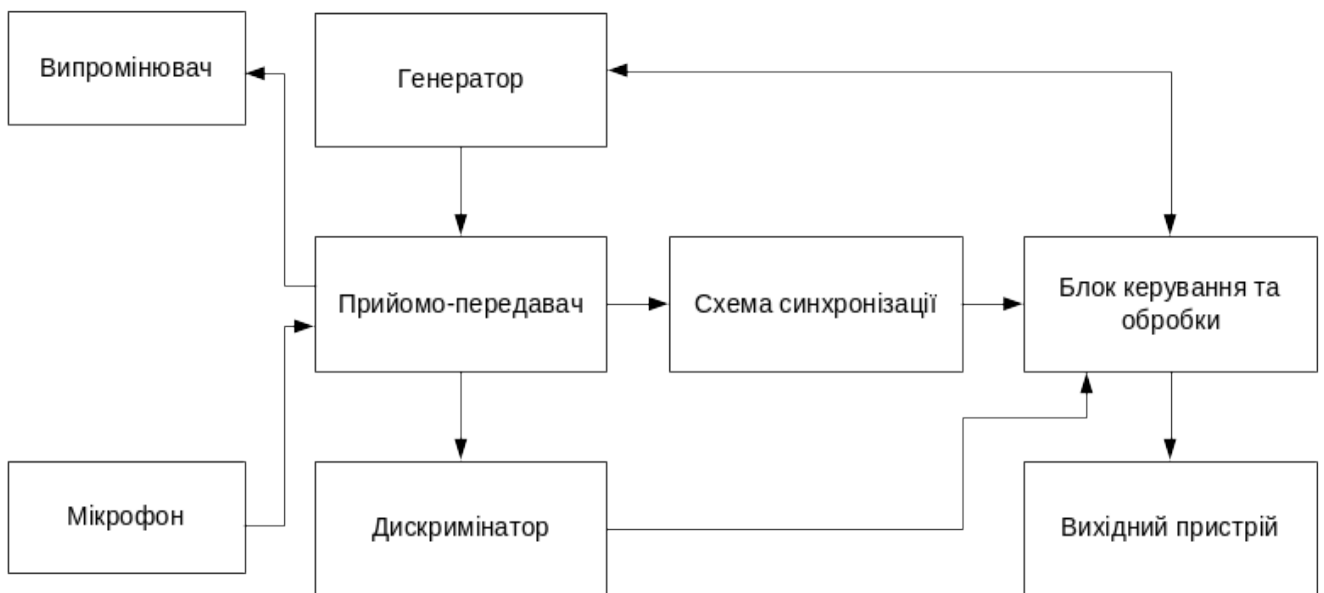
Структурна схема вимірювання фазового зсуву цифровим способом



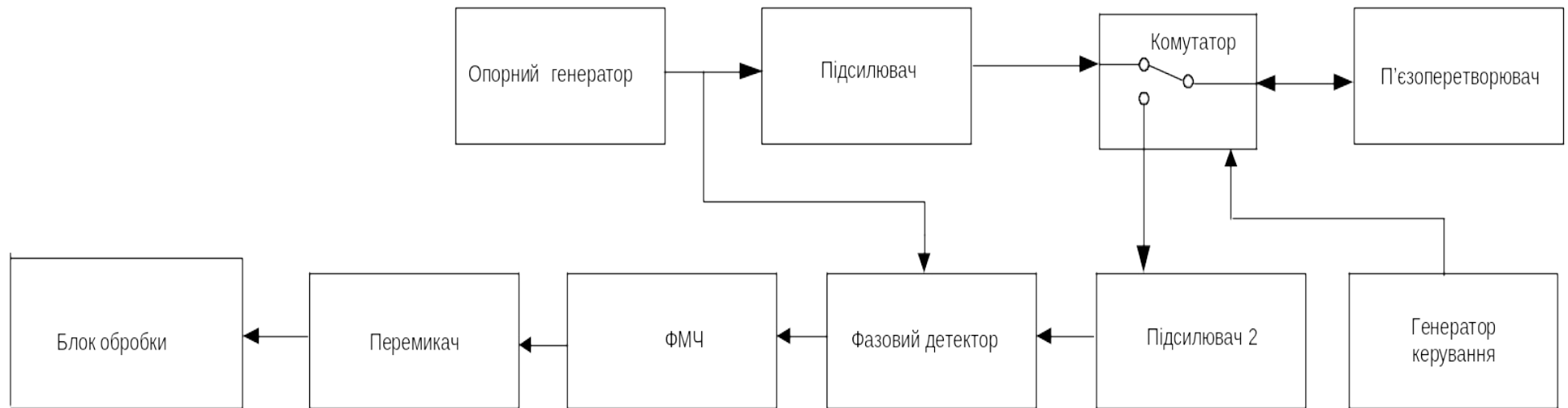
Часові діаграми вимірювання цифровим способом в комбінованому одночастотному методі з періодичним імпульсним режимом

$$\Delta t = \frac{2d}{c}, \quad \Delta \varphi = \frac{\Delta t}{t_0} \cdot 360^\circ, \quad \Delta t = \frac{\Delta \varphi \cdot t_0}{360^\circ}, \quad d = \frac{1}{2} c \cdot \Delta t.$$

БЛОК - СХЕМА
ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ
СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ



**СТРУКТУРНА СХЕМА МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ПРИСТРОЮ
ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ**



ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ

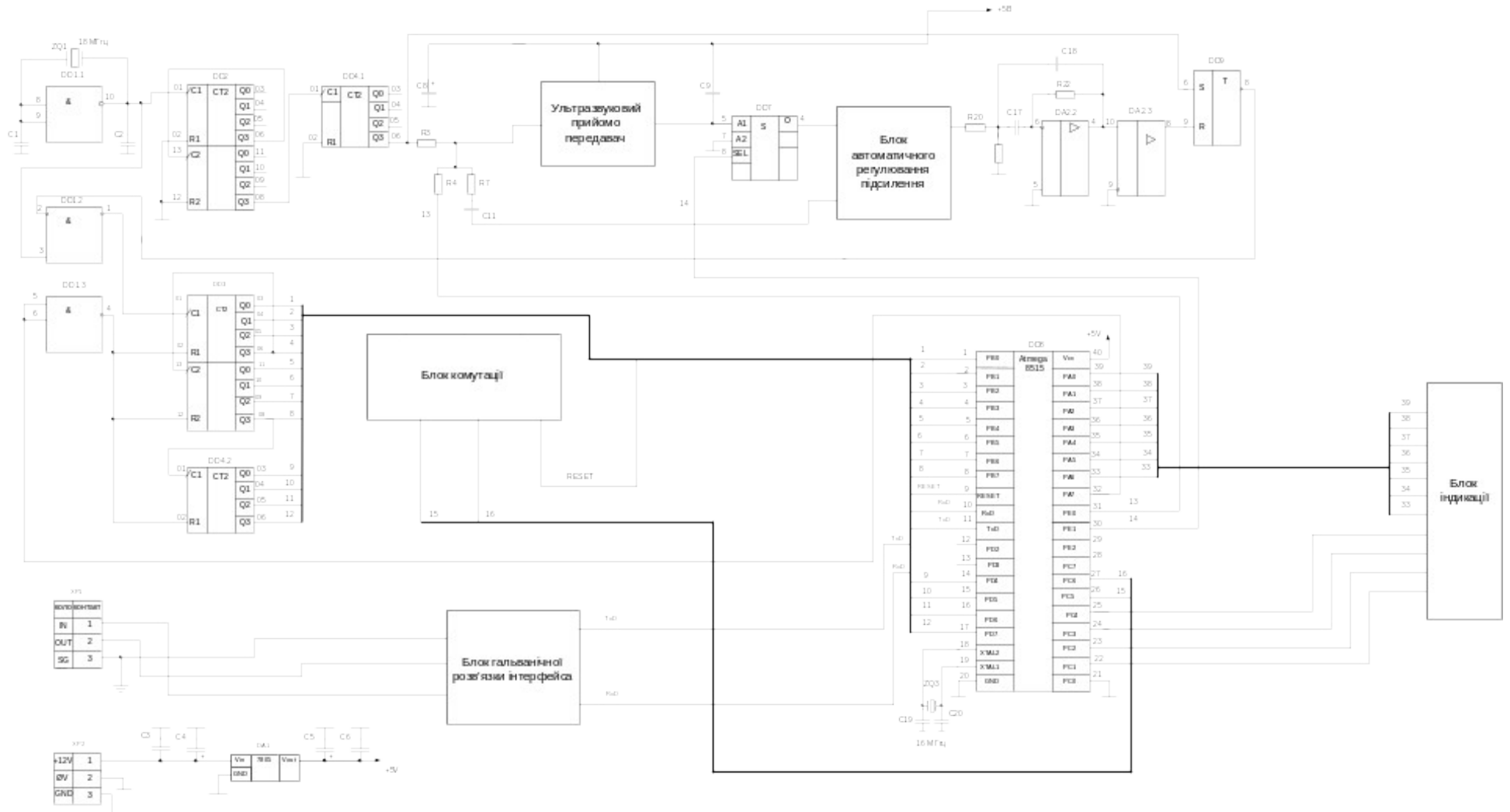


СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ

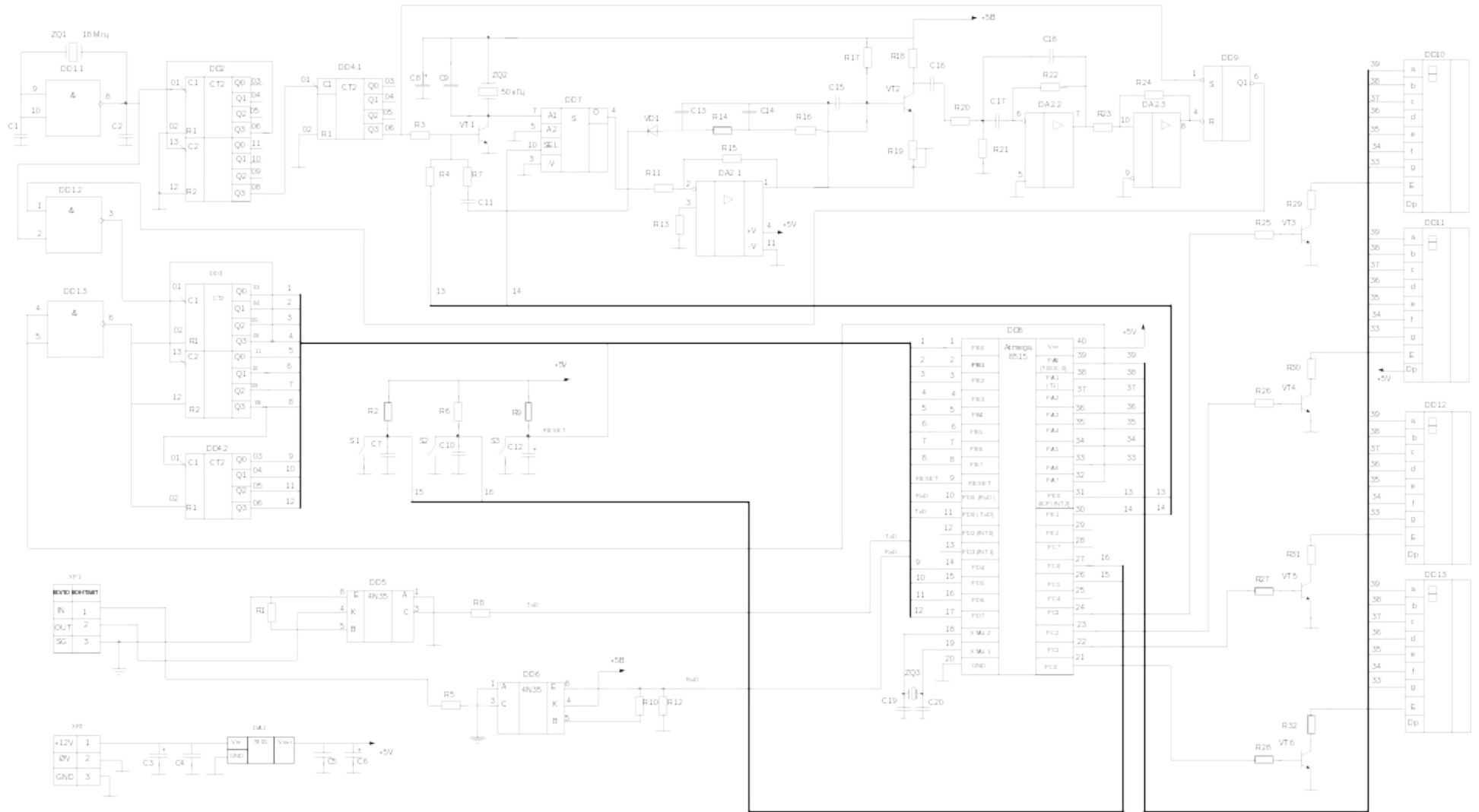
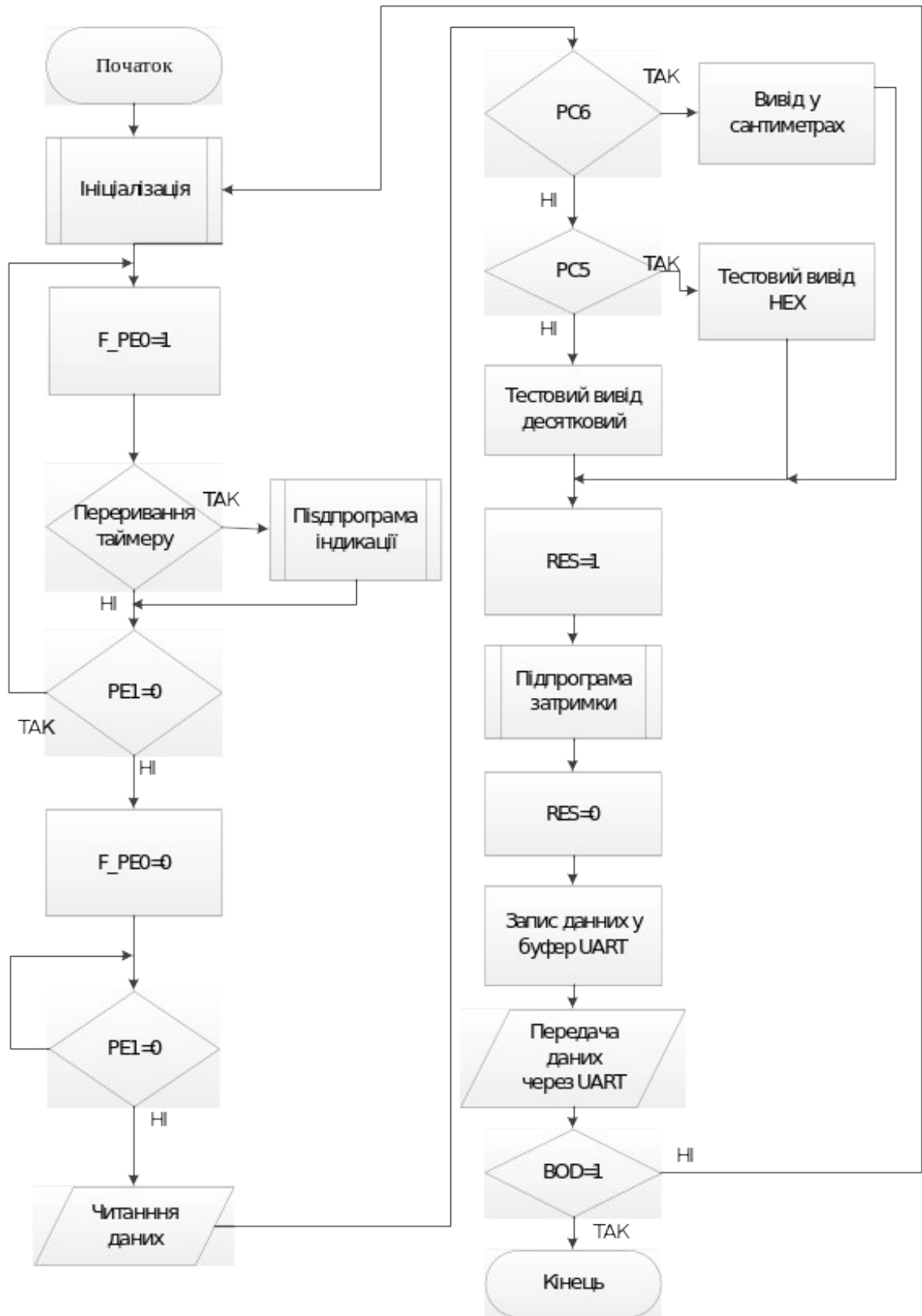
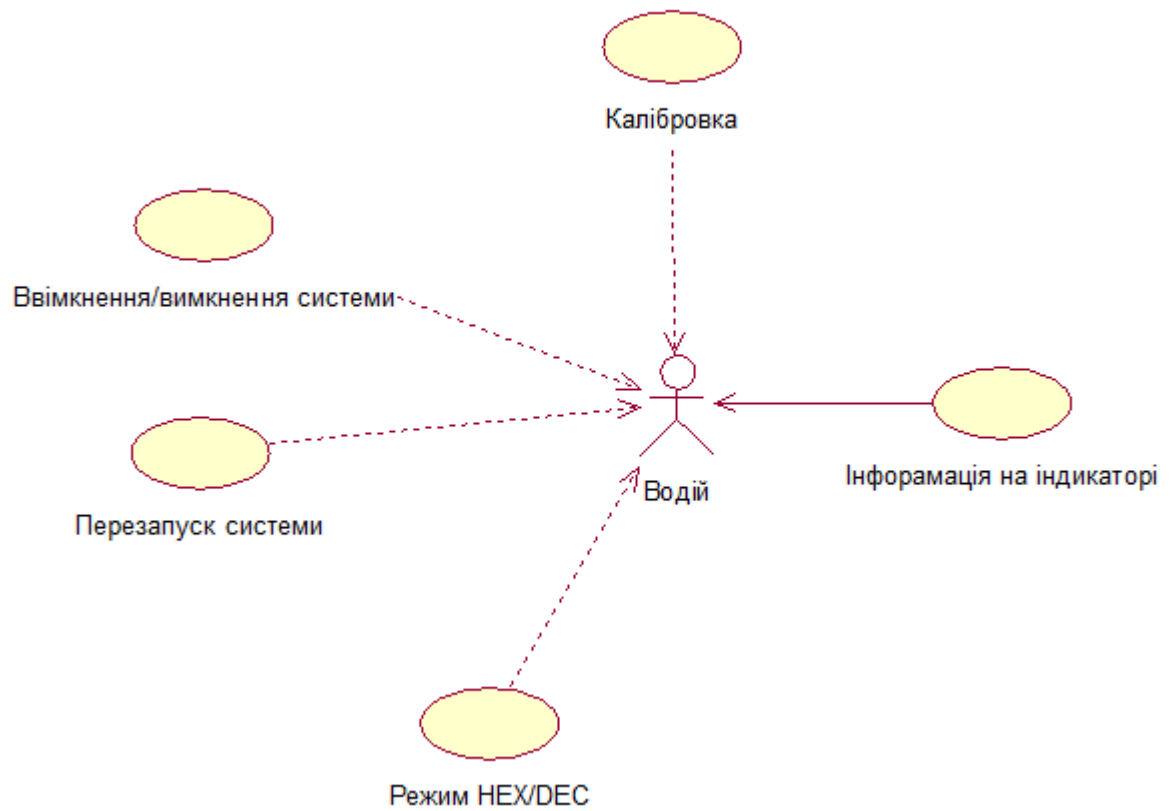


СХЕМА АЛГОРИТМУ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ



UML ДІАГРАМА ВИКОРИСТАННЯ

МАШИННИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

Зовнішній вигляд пристрою



Вигляд монтажних плат пристрою



Результати експерименту з оцінки точності вимірювань

Значення вимірів еталона, мм	300	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Значення вимірів пристрою, мм	326	1022	2020	3024	4024	5025	6029
Абсолютна похибка, мм	26	22	20	24	24	25	29

$$\Delta_{\text{ср}}=24,28 \text{ см} < \Delta_{\text{зад}}=30 \text{ см}$$