

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютерна система дистанційного контролю стану сну та активності немовляти з використанням IoT-технологій*

Виконав: студент 4 курсу, групи СІ-42

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Стецюк Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Паламар А.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тихо Є.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Гром'як Р.С.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«24» квітня 2026 р

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Стецюку Юрію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система дистанційного контролю стану сну та активності немовляти з використанням IoT-технологій

Керівник роботи Паламар Андрій Михайлович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «24» квітня 2026 року № 4/9-188

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Аналіз технічного завдання

2. Проектна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорона праці

Висновки

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

1. Структурна схема системи

2. Схема електрична принципова

3. Блок-схема алгоритму роботи

4. Результати моделювання системи

АНОТАЦІЯ

Стецюк Ю.В. Комп'ютерна система дистанційного контролю стану сну та активності немовляти з використанням IoT-технологій : робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2026.

Ключові слова: IoT-технології, комп'ютерна система, дистанційний моніторинг, стан сну, активність немовляти, мікроконтролер, сенсорні модулі.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці комп'ютерної системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти з використанням IoT-технологій. Актуальність теми зумовлена зростанням потреби у безперервному моніторингу фізіологічного стану дітей раннього віку та підвищенні рівня безпеки й інформованості батьків.

У першому розділі виконано аналіз технічного завдання, визначено мету та основні функції системи, а також сформульовано вимоги до апаратного та програмного забезпечення. Проведено огляд і порівняльний аналіз існуючих аналогів, на основі якого визначено переваги та недоліки сучасних рішень.

У другому розділі розроблено структурну схему комп'ютерної системи, обґрунтовано вибір елементної бази та апаратного забезпечення, включаючи мікроконтролер і сенсорні модулі. Запропоновано архітектуру системи з використанням бездротових технологій передавання даних.

У третьому розділі розроблено алгоритм функціонування системи та реалізовано програмне забезпечення для збору, оброблення і передавання даних на віддалений сервер або користувацький інтерфейс. Завершальним етапом роботи стало тестування системи та аналіз отриманих результатів, що підтвердили працездатність і доцільність запропонованого рішення.

ANNOTATION

Stetsiuk Y.V. Computer System for Remote Monitoring of Infant Sleep and Activity Using IoT Technologies. Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2026.

Keywords: IoT technologies, computerized system, remote monitoring, sleep state, infant activity, microcontroller, sensor modules.

The qualification work is devoted to the development of a computer system for remote monitoring of infant sleep and activity using IoT technologies. The relevance of the topic is driven by the growing demand for continuous monitoring of infants' conditions and improving parental awareness and safety.

The first section analyzes the technical assignment, defines the purpose and main functions of the system, and formulates requirements for hardware and software components. A review and comparative analysis of existing analogs is conducted, identifying their advantages and limitations.

The second section presents the development of the system's structural design and justifies the selection of hardware components, including the microcontroller and sensor modules. The overall system architecture based on wireless data transmission technologies is proposed.

The third section focuses on the development of the system operation algorithm and the implementation of software for data acquisition, processing, and transmission to a remote server or user interface. The final stage includes system testing and analysis of the obtained results, which confirm the functionality and effectiveness of the proposed solution.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Огляд та аналіз сфер застосування системи контролю стану сну та активності немовляти.....	10
1.2 Аналіз вимог до комп'ютерної системи контролю стану сну та активності немовляти	11
1.3 Огляд існуючих засобів для контролю стану сну та активності немовляти....	12
1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання.....	16
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	19
2.1 Структура системи контролю стану сну та активності немовляти.....	19
2.2 Розробка апаратного забезпечення системи контролю стану сну та активності немовляти.....	21
2.2.1 Модуль DevKit з ESP-32.....	21
2.2.2 Модуль мікрофона MAX9814.....	24
2.2.3 ESP32-CAM.....	26
2.2.4 Резистивний давач тиску FSR406.....	28
2.2.5 Давач температури і вологості SHT31	31
2.3 Розробка електричної схеми пристрою	34
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	37
3.1 Алгоритм роботи системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти.....	37
3.2 Розробка програмного забезпечення.....	40
3.3 Реалізація взаємодії з платформою Blynk	49
3.4 Тестування системи	52
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	55

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Стецюк Ю.В.</i>			<i>Комп'ютерна система дистанційного контролю стану сну та активності немовляти з використанням IoT-технологій</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Паламар А.М.</i>				5	80	
<i>Рецензент</i>		<i>Гром'як Р.С.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

4.1	Долікарська допомога при задусі, утопленні	55
4.2	Заходи щодо боротьби з шкідливою дією ультразвуку на організм людини	58
	ВИСНОВКИ.....	61
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62
	Додаток А Технічне завдання	
	Додаток Б Перелік елементів	
	Додаток В Лістинг програми	

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ADC – Analog-to-Digital Converter

AGC – Automatic Gain Control

ESP – Espressif Systems Processor

FSR – Force Sensitive Resistor

I2C – Inter-Integrated Circuit

IoT – Internet of Things

PWM – Pulse Width Modulation

RMS – Root Mean Square

UART – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter

АПК – апаратно-програмний комплекс

ІЧ – інфрачервоне випромінювання

КСМ – комп'ютерна система моніторингу

МК – мікроконтролер

СДН – система дистанційного нагляду

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Сучасний розвиток інформаційних та телекомунікаційних технологій, зокрема концепції Інтернету речей (IoT), створює нові можливості для підвищення якості життя та безпеки людини. Однією з важливих сфер застосування IoT-технологій є охорона здоров'я та догляд за дітьми раннього віку. Стан сну та рівень активності немовляти є ключовими показниками його фізіологічного розвитку та самопочуття, а своєчасне виявлення відхилень може запобігти виникненню небезпечних ситуацій.

У реальних умовах батьки не завжди мають змогу здійснювати безперервний контроль за станом дитини, особливо під час нічного сну або за відсутності в приміщенні. Існуючі комерційні рішення часто є дорогими, мають обмежений функціонал або не забезпечують достатньої гнучкості налаштування та інтеграції з іншими цифровими сервісами. Це зумовлює актуальність задачі розробки комп'ютерної системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти на основі IoT-технологій, яка б поєднувала доступність, надійність та можливість віддаленого моніторингу в реальному часі.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення комп'ютерної системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти з використанням IoT-технологій, що забезпечує збір, оброблення та передавання даних про стан дитини з можливістю віддаленого доступу користувача до результатів моніторингу.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі основні завдання:

- проаналізувати предметну область та сформулювати технічне завдання на розроблення комп'ютерної системи;
- визначити функціональні вимоги до системи дистанційного контролю;
- виконати огляд і аналіз існуючих аналогів та засобів моніторингу стану немовлят;

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розробити структурну та електричну принципову схеми комп'ютерної системи;
- обґрунтувати вибір апаратної платформи, сенсорних модулів і засобів бездротового зв'язку;
- розробити алгоритм функціонування системи;
- реалізувати програмне забезпечення для збору, оброблення та передавання даних;
- виконати тестування розробленої системи та проаналізувати отримані результати.

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд та аналіз сфер застосування системи контролю стану сну та активності немовляти

Комп'ютеризовані системи дистанційного моніторингу стану людини з використанням IoT-технологій набувають дедалі ширшого застосування у різних галузях, зокрема в охороні здоров'я, побуті та соціальній сфері. Розвиток мікроконтролерних платформ, сенсорних технологій і бездротових засобів зв'язку створює передумови для впровадження компактних, енергоефективних та доступних рішень, здатних забезпечувати безперервний контроль важливих параметрів у реальному часі.

Однією з основних сфер застосування таких систем є домашній догляд за немовлятами. У цьому контексті комп'ютерні системи дистанційного контролю стану сну та активності дитини дозволяють зменшити навантаження на батьків, підвищити рівень безпеки та своєчасно виявляти нетипову поведінку або порушення режиму сну. Застосування бездротових технологій забезпечує можливість отримання інформації незалежно від місця знаходження користувача, що є актуальним у нічний час або під час тимчасової відсутності дорослих у приміщенні.

Перспективною сферою використання таких систем є заклади охорони здоров'я, зокрема педіатричні відділення, перинатальні центри та приватні медичні установи. У цих умовах комп'ютерні системи моніторингу можуть застосовуватися як допоміжний інструмент для спостереження за станом немовлят без необхідності постійного фізичного контролю медичного персоналу. Це сприяє оптимізації робочого часу персоналу та підвищенню якості нагляду.

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Стецюк Ю.В.</i>			<i>Аналіз технічного завдання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Паламар А.М.</i>					<i>10</i>	<i>9</i>
<i>Рецензент</i>		<i>Гром'як Р.С.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						

Крім того, системи дистанційного контролю можуть бути інтегровані у концепцію «розумного дому», де вони взаємодіють з іншими елементами автоматизації, такими як освітлення, системи опалення або сигналізації. Така інтеграція дозволяє створювати комплексні сценарії реагування на зміну стану дитини, що підвищує загальний рівень комфорту та безпеки.

Аналіз сфер застосування показує, що розробка комп'ютерної системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти є доцільною та актуальною. Поєднання IoT-технологій, сенсорних модулів і програмних засобів забезпечує універсальність, масштабованість і можливість адаптації системи до різних умов експлуатації, що робить її перспективною для подальшого розвитку та практичного впровадження.

1.2 Аналіз вимог до комп'ютерної системи контролю стану сну та активності немовляти

Розроблення комп'ютерної системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти потребує чіткого формулювання та комплексного аналізу вимог, які визначають її функціональні можливості, надійність і безпечність експлуатації. Врахування цих вимог є ключовим етапом аналізу технічного завдання, оскільки вони безпосередньо впливають на архітектуру системи, вибір апаратних і програмних засобів, а також на якість кінцевого результату.

Насамперед до системи висуваються функціональні вимоги, що передбачають забезпечення безперервного або періодичного збору даних про стан немовляти. Система повинна фіксувати показники, які характеризують сон та активність дитини, виконувати їх попередню обробку та передавати результати моніторингу користувачеві у зручному для сприйняття вигляді. При цьому важливою вимогою є мінімізація затримок передавання даних, що дозволяє здійснювати майже реальний контроль за станом дитини.

Окрему увагу слід приділити нефункціональним вимогам, серед яких ключовими є надійність, стабільність роботи та безпека системи. Система повинна

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

забезпечувати коректну роботу в умовах тривалої експлуатації, бути стійкою до збоїв зв'язку та обмежень мережевих ресурсів. З огляду на специфіку об'єкта контролю, важливою є вимога безпечності апаратного забезпечення, що виключає будь-який негативний вплив на немовля під час використання системи.

Вимоги до структури системи передбачають використання модульного підходу, який забезпечує чіткий поділ на апаратну та програмну складові. Такий підхід спрощує реалізацію, тестування та подальшу модернізацію системи. Архітектура повинна відповідати принципам IoT, передбачати наявність мікроконтролерного вузла, сенсорних модулів, засобів бездротового зв'язку та програмного інтерфейсу користувача.

Суттєвими є також вимоги до енергоефективності, оскільки система орієнтована на тривалу автономну роботу. Апаратні компоненти повинні споживати мінімальну кількість енергії, а програмне забезпечення — оптимально використовувати ресурси мікроконтролера. Це дозволяє збільшити час роботи системи без підзарядки або заміни джерел живлення.

Не менш важливими є вимоги до масштабованості та перспектив розвитку системи. Вона повинна підтримувати можливість підключення додаткових сенсорів, розширення функціоналу програмного забезпечення та інтеграції з іншими сервісами або платформами Інтернету речей. Такий підхід забезпечує адаптацію системи до зростаючих потреб користувачів та створює передумови для її подальшого вдосконалення.

Отже, проведений аналіз вимог до комп'ютерної системи дозволяє сформулювати чітке уявлення про її функціональні та експлуатаційні характеристики, що є необхідною основою для подальших етапів проєктування та реалізації системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти.

1.3 Огляд існуючих засобів для контролю стану сну та активності немовляти

На сучасному ринку представлено широкий спектр засобів для контролю стану сну та активності немовлят, від традиційних відеонянь до складніших IoT-

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рішень з аналізом біометрії дитини. Популярними є класичні відеоняні, які забезпечують відео- та аудіоспостереження за дитиною в режимі реального часу [1]. Прикладом такого підходу є відеоняня Babymoov, яка дозволяє бачити та чути немовля з іншої кімнати (рис. 1.1). Такий пристрій простий в налаштуванні й використанні, але він не забезпечує прямого вимірювання фізіологічних параметрів; його функціонал обмежується передаванням відео й звуку без глибокого аналізу стану сну чи активності.



Рисунок 1.1 – Відеоняня Babymoov

Серед розширених рішень наявні пристрої з підключенням до мережі та мобільними додатками, наприклад Owlet Baby Monitor [2], який інтегрується з мобільним телефоном та пропонує додаткові функції, такі як сповіщення про рух чи звук (рис. 1.2). Попри це, користувачі часто стикаються з технічними обмеженнями: складність налаштування через Wi-Fi, зависання підключення, потреба постійного інтернет-з'єднання або вимоги щодо частотної сумісності мережі, що не завжди вказується в специфікаціях та проявляється лише під час експлуатації.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Owlet Baby Monitor

Інший сегмент – це рішення, що виходять за межі звичайних відеонянь, наприклад Owlet Smart Sock (рис. 1.3). Такі пристрої реалізують моніторинг фізіологічних показників (частоти серцевих скорочень, насичення киснем) завдяки портативним сенсорам, що одягаються на дитину [3]. Подібні рішення можуть давати глибшу інформацію про стан немовляти, але вони мають недоліки, серед яких потенційний дискомфорт для дитини, високі витрати, залежність від точності сенсорів і сенсомоторних алгоритмів, а також обмеження щодо віку чи розміру дитини.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Owlet Smart Sock

Спеціалізовані медичні монітори, такі як пристрої для новонароджених в умовах лікарні, забезпечують високоточний контроль фізіологічних параметрів та підтримують підключення до центральних моніторингових систем [4], але вони значно дорожчі, складні в експлуатації і не призначені для масштабного домашнього використання (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Медичний монітор для новонароджених BM800B

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристрої контролю без IoT-компонентів можуть бути надійнішими із точки зору стабільності передачі даних (наприклад, через використання аналогових або захищених RF-каналів), але вони не надають модерних функцій віддаленого доступу чи аналітики. Аналіз відгуків користувачів також показує поширені скарги на ненадійність деяких серійних моделей, часті збої сигналу, низьку якість зображення чи звуку, а також технічні проблеми, які приводять до непрацездатності пристрою.

Незважаючи на широкий спектр доступних засобів контролю сну та активності немовляти, більшість існуючих рішень мають суттєві недоліки: обмежена функціональність щодо автоматичного аналізу даних, залежність від стабільного зв'язку та інтернету, відсутність гнучких алгоритмів оцінювання стану дитини, потенційні проблеми з конфіденційністю та безпекою даних. Це створює підґрунтя для розробки комп'ютерної системи, яка поєднає функціональність IoT-моніторингу з надійними алгоритмами обробки даних, адаптивним інтерфейсом доступу та високою якістю зв'язку для віддаленого контролю.

1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

Завдання щодо розроблення комп'ютерної системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти може бути реалізоване різними технічними та програмними підходами. Аналіз можливих рішень дозволяє оцінити доцільність застосування певних технологій, визначити їх переваги й обмеження, а також обґрунтувати вибір оптимальної архітектури системи з урахуванням вимог технічного завдання.

Одним із можливих рішень є використання класичних відеонянь із функцією передавання відео та аудіосигналу через локальний або глобальний канал зв'язку. Такий підхід є відносно простим у реалізації та не потребує складної обробки даних. Проте він не забезпечує автоматизованого аналізу стану сну та активності немовляти, а ефективність контролю залежить від постійної уваги користувача.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, відеоспостереження потребує значних мережевих ресурсів і не завжди є енергоефективним.

Іншим можливим варіантом є застосування носимих пристроїв, що безпосередньо контактують з тілом немовляти та здійснюють вимірювання фізіологічних параметрів, таких як частота серцевих скорочень або рухова активність. Такі системи здатні надавати детальні дані, однак мають низку суттєвих недоліків. Серед них — потенційний дискомфорт для дитини, обмеження за віком та розмірами, а також підвищені вимоги до безпеки та точності сенсорів. Крім того, носимі пристрої зазвичай є дорогими та складними у використанні в побутових умовах.

Перспективним підходом є побудова комп'ютерної системи на основі мікроконтролерної платформи з використанням зовнішніх сенсорних модулів та бездротових IoT-технологій. У такому рішенні збір даних про активність і стан сну немовляти здійснюється за допомогою датчиків руху, положення або інших непрямих показників без прямого контакту з тілом дитини. Отримані дані обробляються локально або передаються на віддалений сервер для подальшого аналізу та відображення користувачеві. Даний підхід дозволяє досягти балансу між інформативністю, безпечністю та вартістю системи.

Ще одним варіантом є використання готових комерційних IoT-платформ, які надають інструменти для збору, зберігання та візуалізації даних. Такі платформи спрощують розроблення програмної частини системи та скорочують час реалізації проєкту. Водночас вони обмежують гнучкість налаштування алгоритмів, можуть мати платні тарифи та створюють залежність від сторонніх сервісів і стабільності інтернет-з'єднання.

З урахуванням вимог технічного завдання найбільш доцільним є рішення, що поєднує використання мікроконтролерної IoT-платформи, сенсорних модулів для визначення активності немовляти та програмного забезпечення для віддаленого доступу до результатів моніторингу. Такий підхід забезпечує модульність, масштабованість і можливість подальшої модернізації системи, а також дозволяє адаптувати її функціонал до конкретних потреб користувача.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, розроблення власної комп'ютерної системи дистанційного контролю з використанням IoT-технологій є оптимальним варіантом для досягнення поставленої мети. Це рішення поєднує достатню функціональність, безпечність для немовляти, відносно низьку вартість і гнучкість, що є важливими чинниками для практичного застосування та подальшого розвитку системи.

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>18</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Структура системи контролю стану сну та активності немовляти

Структура проєктованої комп'ютерної системи моніторингу стану сну та активності немовляти побудована за модульним принципом із виділенням центрального обчислювального вузла, підсистеми сенсорного збору даних, відеомодуля та хмарної IoT-інфраструктури. Архітектура системи орієнтована на забезпечення безперервного контролю параметрів середовища та фізіологічних індикаторів дитини з можливістю оперативного інформування батьків і дистанційного перегляду відео.

Центральним елементом системи є мікроконтролер на базі ESP32, який виконує функції збору, первинної обробки і передачі даних. До його входів підключаються сенсорні модулі: датчик температури та вологості повітря, мікрофонний сенсор для визначення плачу або різких звукових сигналів, а також п'єзодавач, розташований під матрацом, для реєстрації мікроколивань, пов'язаних із диханням та рухами дитини. Усі аналогові сигнали оцифровуються за допомогою вбудованого АЦП ESP32, а цифрові сенсори підключаються через інтерфейси I²C або GPIO.

Мікроконтролер виконує алгоритмічний аналіз отриманих даних: фільтрацію шумів, перевірку порогових значень, визначення тривожних станів (відсутність дихальних коливань, перевищення температури повітря, підвищений рівень шуму тощо). У разі виявлення відхилень формується сигнал тривоги, який передається через Wi-Fi до хмарної IoT-платформи Blynk. Платформа використовується для візуалізації показників у мобільному застосунку, збереження історії вимірювань і надсилання push-сповіщень користувачам.

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Стецюк Ю.В.</i>			<i>Проектна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Паламар А.М.</i>					<i>19</i>	<i>18</i>
<i>Рецензент</i>		<i>Гром'як Р.С.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						

Окремим функціональним модулем є відеопідсистема на базі ESP32-CAM. Вона працює як автономний вузол із власним Wi-Fi-з'єднанням і виконує потокову передачу відео через вбудований web-сервер. У нормальному режимі камера перебуває у стані очікування. Її активація може відбуватись автоматично – за сигналом від основного мікроконтролера при виникненні тривожної події, або вручну – через мобільний застосунок (кнопка запуску відеоспостереження). Передача відео реалізується у вигляді локального IP-стріму в межах домашньої мережі, що мінімізує затримки та зменшує навантаження на хмарну інфраструктуру.

На рисунку 2.1 представлено структурну схему, яка ілюструє взаємозв'язки між основними функціональними блоками системи та напрямки потоків сигналів і даних.

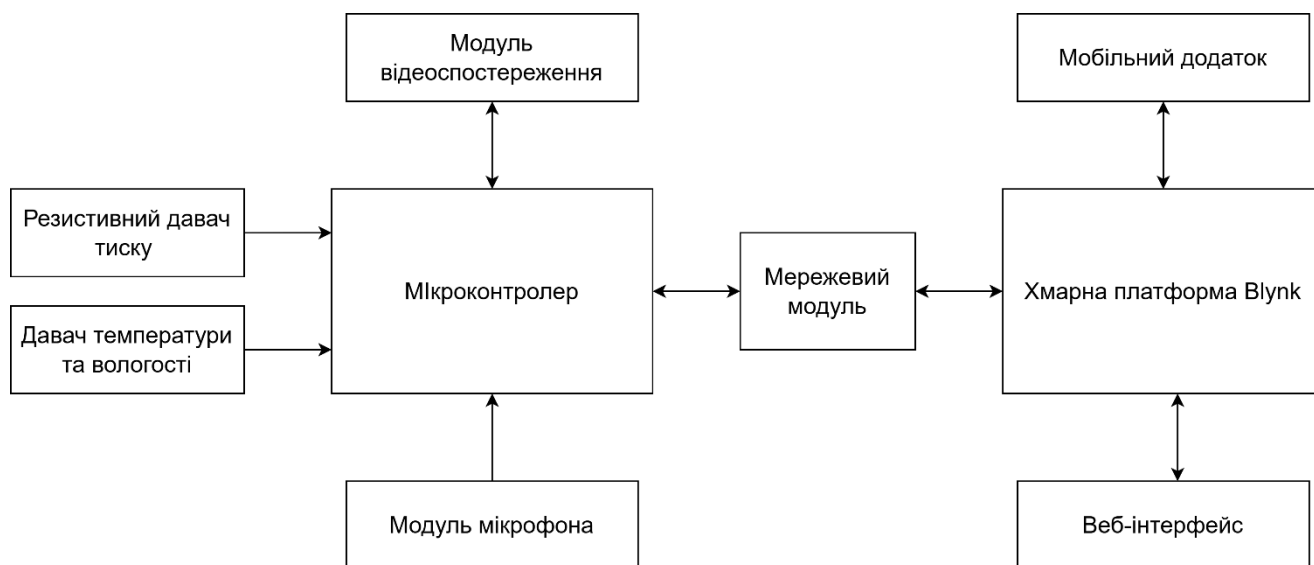


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи контролю стану сну та активності немовляти

Запропонована структура забезпечує функціональну завершеність системи, мінімізує надлишкові з'єднання та дозволяє розділити канали передавання телеметрії й відео. Такий підхід підвищує надійність роботи, зменшує затримки при відеоспостереженні та забезпечує масштабованість системи при можливому розширенні її функціональних можливостей.

2.2 Розробка апаратного забезпечення системи контролю стану сну та активності немовляти

2.2.1 Модуль DevKit з ESP-32

Wi-Fi модуль DevKit – це універсальна плата-розробника на основі мікроконтролера ESP32, яка поєднує високопродуктивну обчислювальну платформу з інтегрованими модулями бездротового зв'язку, широким набором периферійних інтерфейсів та можливістю прямого програмування через USB. Цей модуль широко використовується для реалізації IoT-систем, де потрібна одночасна робота з сенсорами і передача даних у хмару або локальну мережу — саме це відповідає задачам розроблення комп'ютерної системи моніторингу стану сну немовляти (рис. 2.2).

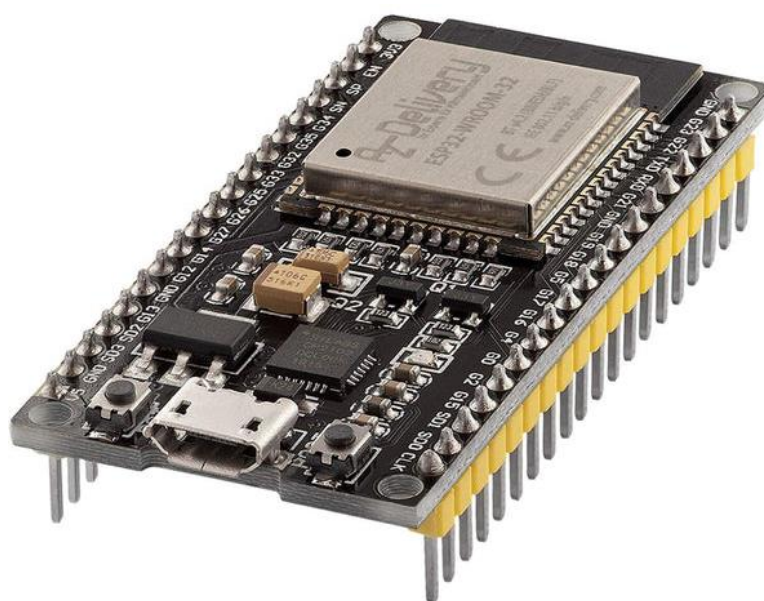


Рисунок 2.2 – Модуль DevKit з ESP-32

Плата на основі чіпа ESP-WROOM-32, який містить двоядерний 32-бітний процесор серії Xtensa®, що забезпечує достатній обчислювальний ресурс для одночасної обробки даних зі сенсорів, комунікації по Wi-Fi, а також передачі телеметрії та сигналів тривоги. ESP32 підтримує одночасну роботу у режимах Wi-Fi і Bluetooth, що розширює можливості мережевої взаємодії.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Конструктивно плата DevKit має роз'єм USB-UART для живлення і програмування, стабілізатор напруги та достатню кількість доступних GPIO-виводів для підключення зовнішніх пристроїв: цифрових і аналогових давачів, інтерфейсів, а також підтримує підключення периферії типу SD-карт чи сенсорних панелей (рис. 2.3). ESP32 має вбудовану пам'ять та кварцовий генератор для тактування, а також РСВ-антену для бездротового зв'язку.

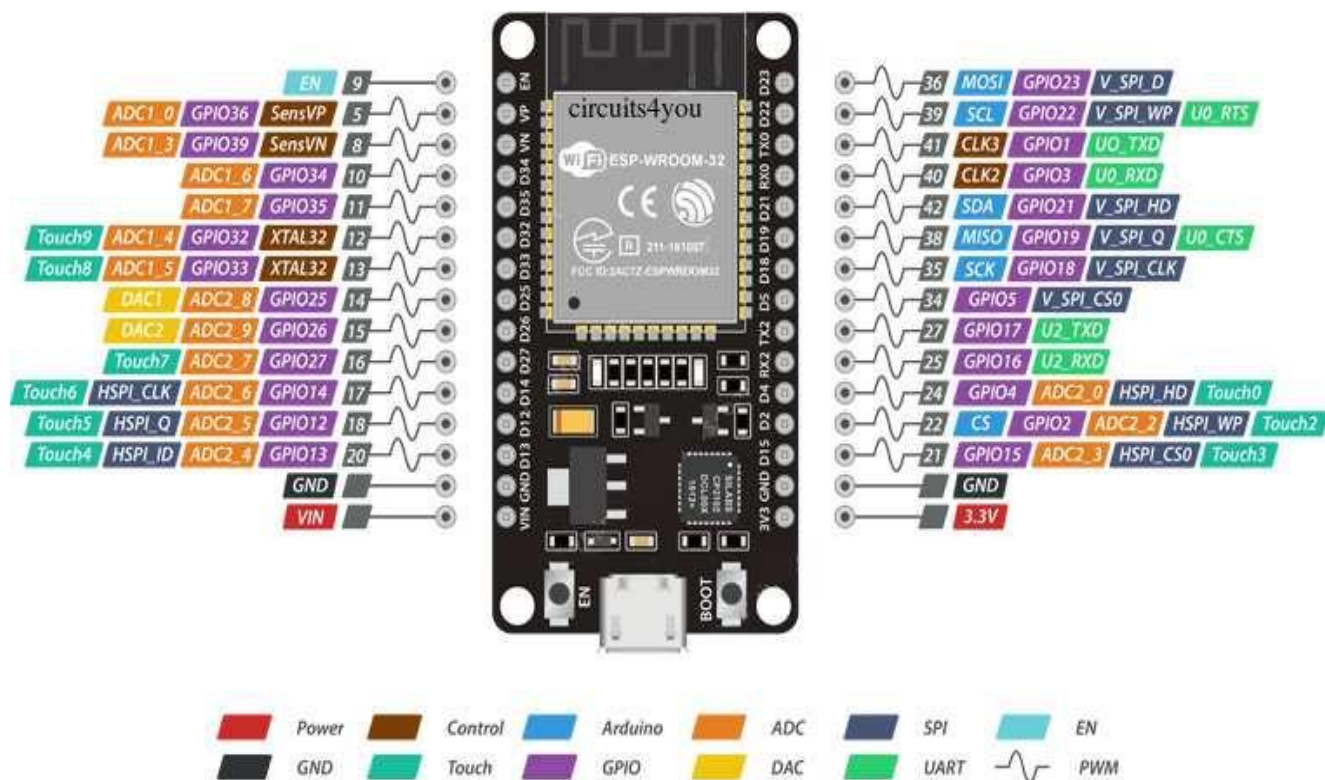


Рисунок 2.3 – Призначення виводів плати DevKit

Принцип роботи плати полягає в тому, що після програмування прошивка запускається під управлінням операційної логіки, яка у випадку IoT-системи відповідає за зчитування даних із сенсорів, обробку цих даних у програмному коді, встановлення мережевого з'єднання та передачу результатів на IoT-платформу. Вбудовані GPIO дозволяють контролювати периферійні пристрої, а інтерфейси ADC і UART використовуються для роботи з аналоговими давачами чи послідовними лініями вимірювальних модулів. Основні параметри модуля DevKit з ESP-32 приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики модуля DevKit з ESP-32

Параметр	Значення
Мікроконтролер	ESP32 Dual-core Xtensa® LX6
Тактова частота	до 240 МГц
Пам'ять Flash	~4 МБ (вбудована)
SRAM	~520 КБ
Wi-Fi	802.11 b/g/n (2.4 ГГц)
Bluetooth	v4.2 BR/EDR і BLE
Інтерфейси	UART, SPI, I ² C, I ² S, PWM, ADC, DAC
Кількість GPIO	~30 (у DevKit V1)
Живлення	USB-UART (5 В), внутрішній 3,3 В
Енергоспоживання (deep sleep)	до ~20 μ А

Для проєкту моніторингу стану сну немовляти DevKit є обґрунтованим вибором з кількох причин. Висока продуктивність – двоядерний процесор та достатній обсяг пам'яті забезпечують одночасну обробку численних сенсорних даних і мережевих операцій без затримок. Наявність Wi-Fi дозволяє реалізувати передачу даних на IoT-платформу у реальному часі, а Bluetooth може бути використаний для локальної діагностики чи конфігурації. Підтримка численних GPIO, I²C, SPI, ADC і PWM дає можливість підключати різні давачі вимірювання звуку, вологості/температури, п'єзодавачі тощо. Плата підтримує низькі енергетичні режими, що дозволяє зменшити споживання в штатних циклах і покращити стабільність системи при автономному живленні. Підтримка Arduino IDE, MicroPython і ESP-IDF спрощує програмну реалізацію та налагодження системи.

Така комбінація апаратних ресурсів і гнучкості програмної платформи робить DevKit V1 ідеальною основою для розроблення IoT-системи з вимірюванням сенсорних параметрів, аналізом подій та передаванням даних на хмарні сервіси, що відповідає функціональним вимогам даного проєкту.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частот, які типовий людський слух здатен сприймати, включно з голосовими сигналами дитини. В таблиці 2.2 наведені характеристики мікрофона МАХ9814.

Таблиця 2.2 – Характеристики мікрофона МАХ9814

Параметр	Значення
Напруга живлення	2,7 ... 5,5 В
Споживаний струм	~3 мА
Частотний діапазон	20 Гц ... 20 кГц
Коефіцієнт підсилення	40 дБ / 50 дБ / 60 дБ (вибір)
Вихідний сигнал	~2 В _{pp} при зміщенні 1,25 В
Шумова щільність	~30 нВ/√Гц
Гармонійні спотворення (THD)	~0,04 %
Температурний діапазон	-40 °С ... +85 °С

Однією ключових переваг цього модуля є програмований коефіцієнт підсилення. Залежно від підключення входу GAIN можна вибрати максимальні значення підсилення 40 дБ, 50 дБ або 60 дБ, що дозволяє налаштувати чутливість у відповідності до умов експлуатації: тихіше середовище чи сильні перешкоди. Крім того, вхід AR дозволяє налаштувати співвідношення атаки/спаду AGC, що впливає на те, як швидко підсилення змінюється у відповідь на динаміку звуку.

Принцип роботи електретного мікрофона полягає в перетворенні звукових коливань в електричний сигнал. Цей сигнал надходить на підсилювальний каскад МАХ9814 із вбудованою схемою AGC, який підтримує вихідну амплітуду в заданому діапазоні, зменшуючи ефект перевантаження при гучних звуках і підсилюючи тихі. Вихідний сигнал має зміщення приблизно 1,25 В, що дозволяє підключати його до аналогового входу мікроконтролера без додаткових каскадів зміщення.

Модуль МАХ9814 обраний для реалізації цієї системи тому що він забезпечує високу чутливість та широкий частотний діапазон для виявлення плачу чи інших звукових реакцій дитини. AGC дозволяє адаптуватися до різної гучності

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

звуків без необхідності ручного підстроювання, що знижує ризик пропуску важливої звукової події. Використання такого модуля знижує навантаження на програмну обробку звуку, оскільки підсилення вже адаптоване апаратно, а не виконується складними алгоритмами.

Приведені характеристики показують, що модуль поєднує широкий частотний діапазон, адаптивне підсилення та низький рівень шуму, що робить його зручним для реалізації звукового моніторингу в IoT-системах, де важливо виявляти сигнали плачу дитини в різних акустичних умовах.

2.2.3 ESP32-CAM

ESP32-CAM – це компактний Wi-Fi/Bluetooth-сумісний модуль на базі мікроконтролера ESP32 з інтегрованою камерою, що поєднує в собі функції обчислювального ядра, бездротової комунікації та відеозахоплення (рис. 2.5).

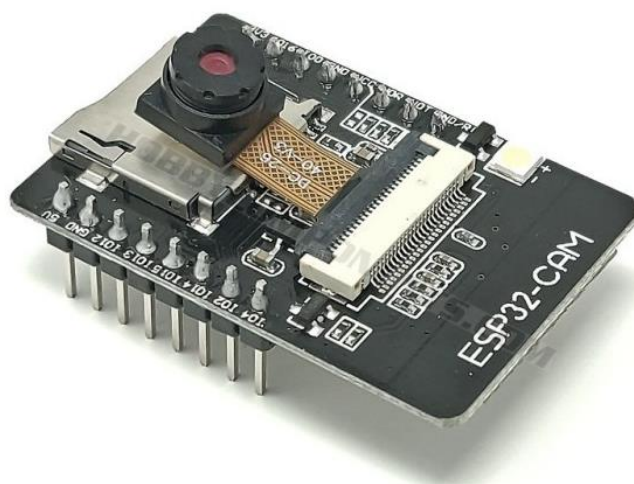


Рисунок 2.5 – ESP32-CAM

Він широко застосовується в IoT-проектах, де необхідно отримувати зображення або відео в реальному часі, наприклад для відеоспостереження, розпізнавання об'єктів, передавання відеоданих на сервер або на мобільний пристрій. Завдяки інтеграції камери із мікроконтролером, модуль дозволяє зменшити кількість зовнішніх компонентів і максимально просто підключатися до

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

існуючих IoT-систем, що робить його доцільним вибором для проєкту моніторингу стану сну та активності немовляти.

Конструктивно модуль містить камеру з сенсором 2 Мп (OV2640), антену для Wi-Fi/Bluetooth, роз'єм для карт пам'яті microSD, а також контакти GPIO для підключення додаткових пристроїв. Сенсор камери призначений для формування кадрів, підтримує різні формати та дозволяє обирати компресію, що дає змогу оптимізувати якість зображення в залежності від ширини каналу зв'язку. Вбудований мікроконтролер ESP32 забезпечує одночасну роботу відео-стріму та бездротового зв'язку для передачі даних у мережу або на пристрої користувача. Технічні параметри модуля ESP32-CAM наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні параметри модуля ESP32-CAM

Параметр	Значення
Мікроконтролер	ESP32 (двоядерний, 240 МГц)
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Bluetooth	v4.2 (BLE)
Сенсор камери	OV2640
Роздільна здатність камери	до 1600×1200 (UXGA)
Підтримка microSD	Так
ІЧ-підсвітка	Залежить від модифікації
Інтерфейси	GPIO, UART, SPI, I ² C, PWM
Живлення	5 В (через 5 В USB/плати)
Формати відео/зображень	JPEG, BMP
Протоколи	HTTP, RTSP (з прошивкою)

Принцип роботи модуля полягає у ініціалізації та налаштуванні відеосенсора камери через API, яке реалізується в прошивці. Після налаштування зображення формуються у вигляді кадрів, які можуть передаватися по Wi-Fi на визначену IP-адресу або зберігатися на microSD-карті. Модуль може працювати як автономний відеосервер із web-інтерфейсом, що дозволяє переглядати стрім у браузері або

через мобільний застосунок без потреби в окремому комп'ютері. ESP32-CAM також підтримує роботу в режимах низького споживання енергії, що важливо для продовження автономної роботи в умовах, коли живлення може бути обмежене.

Для реалізації комп'ютерної системи моніторингу немовляти модуль ESP32-CAM має кілька суттєвих переваг. По-перше, він забезпечує передачу відео в реальному часі без необхідності використання окремої відеокамери та окремого контролера, що значно спрощує апаратну частину системи. По-друге, інтегрований Wi-Fi дозволяє передавати відеодані як у локальну мережу, так і на віддалений сервер чи IP-адресу користувача. По-третє, модуль можна налаштувати на автоматичну активацію камери у відповідь на зовнішні тригери (наприклад, сигнал тривоги від ESP32 про плач або підвищену активність), а також реалізувати ручне увімкнення через мобільний застосунок (кнопка веб-запиту на web-сервер ESP32-CAM). Завдяки цим можливостям ESP32-CAM гармонійно вписується в архітектуру IoT-рішення, де дані з сенсорів і відео-інформація доповнюють одна одну, підвищуючи інформативність системи.

Одним із практичних обмежень ESP32-CAM є якість зображення в умовах низької освітленості. За замовчуванням модуль не має інфрачервоної підсвітки, тому при використанні в темних приміщеннях необхідно додавати зовнішнє ІЧ-освітлення або обирати модифікації з ІЧ-підсвіткою. Проте для денного спостереження та у приміщеннях із достатнім рівнем світла стандартна комплектація забезпечує прийнятну якість зображення. При проектуванні системи слід передбачити розташування камери таким чином, щоб забезпечити оптимальний кут огляду та зони покриття дитячого ліжечка.

2.2.4 Резистивний давач тиску FSR406

FSR-сенсор FSR406 – це тонкоплівковий твердотільний тензорезистивний давач тиску (Force-Sensing Resistor), який змінює свій електричний опір залежно від прикладеної сили або тиску на поверхню. Це велика гнучка плівка-сенсор із вивідними контактами, призначена для розміщення під матрацом дитячого ліжечка для фіксації розподілу тиску по всій зоні ліжечка (рис. 2.6).

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.6 – Резистивний давач тиску FSR406

Основа такої технології полягає в тому, що тонка п'єзорезистивна плівка змінює свій опір при механічному навантаженні, а зміни цього опору перетворюються на зміну напруги, яку може зчитувати мікроконтролер. Будова такого FSR-сенсора дуже проста: це багат шаровий тонкоплівковий елемент, де два провідних шари розділені чутливою п'єзорезистивною серединою. При відсутності тиску опір між обкладинками дуже високий, при появі тиску частинки чутливої плівки стискаються й створюють шлях із нижчим опором. Ця зміна опору безпосередньо вимірюється як зміна вихідної напруги при включенні сенсора в коло через подільник напруги, що дозволяє оцінити відносну величину тиску у реальному часі. Технологія FSR є п'єзорезистивною, тобто базується на зміні електричної провідності матеріалу при деформації.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такий сенсор разом із входами мікроконтролера забезпечує високоефективну інтеграцію в IoT-системи без потреби в складних механічних пристроях. Гнучкість і товщина плівки (як правило, менше 1 мм) дозволяють розміщувати її безпосередньо під матрацом або в іншому місці, де може виникати тиск, не впливаючи на комфорт і безпеку дитини. Гнучка конструкція також забезпечує можливість покривати велику площу, що дозволяє визначати не просто факт наявності тиску, а розподіл тиску по всій зоні матраца, що є важливою умовою для оцінювання стану дихання та рухів немовляти під час сну.

Принцип роботи полягає в тому, що при механічному впливі (наприклад, при зміні положення тіла дитини, її дихальних мікро-рухах або зміні навантаження на матрац) цей FSR-сенсор змінює свій опір. Ці зміни вимірюються мікроконтролером (через аналоговий вхід), і на основі зміни величини сигналу можна визначати як факт тиску, так і його відносний рівень. Завдяки великій площі сенсора зміни можуть фіксуватися по всій зоні лежання, що дозволяє більш точно визначати, коли дитина змінює положення або коли її дихальні цикли мають відхилення. Параметри давача тиску FSR406 наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Параметри давача тиску FSR406

Параметр	Значення
Тип сенсора	Гнучкий п'єзорезистивний (FSR)
Тип тиску	Резистивний
Діапазон тиску	<300 кг для всієї площі
Робоча напруга	3 ... 5 В
Вихідний сигнал	Аналогова зміна напруги
Час відгуку	<1 мс
Робоча температура	-20 °C ... +70 °C
Життєвий цикл	>1 000 000 циклів
Розміри	до ~70×90 см
Водонепроникність	IP65

З технічної точки зору FSR-сенсори мають швидку реакцію (меншу за 1 мс), широкий діапазон робочих температур, і можуть витримувати високі навантаження до кількох сотень кілограмів на площу, що дозволяє їх застосовувати під матрацом. Життєвий цикл таких сенсорів перевищує мільйон циклів роботи, що гарантує надійність у тривалому використанні.

Вибір саме такого гнучкого давача у комп'ютерній системі дистанційного контролю сну та активності немовляти був здійснений через такі ключові аргументи. По-перше, він дає неінвазивний спосіб реєстрації механічних коливань без фізичного контакту з тілом дитини, на відміну від контактних давачів, що могли б викликати неприємні відчуття. По-друге, велика площа давача дозволяє рівномірно покривати всю зону матраца, що підвищує достовірність вимірювань змін тиску під час рухів або дихання. По-третє, інтеграція такого сенсора з ESP32 забезпечує просту обробку даних без потреби в складних механічних чи оптичних системах, та дозволяє визначати відносні зміни тиску, які достатні для алгоритмів класифікації стану сну чи активності.

Підсумовуючи, адаптивний FSR-сенсор великої площі є технічно обґрунтованим вибором для реалізації частини системи контролю сну та активності немовляти: він дозволяє неперервно та безконтактно відслідковувати зміни тиску під дитиною, що корелює з рухами та дихальними циклами, при цьому легко інтегрується з мікроконтролером і дає змогу отримувати дані для алгоритмічної обробки в IoT-середовищі.

2.2.5 Давач температури і вологості SHT31

SHT31 – це високоточний цифровий давач температури і відносної вологості повітря, що широко застосовується в IoT-системах для моніторингу мікрокліматичних умов. Він є сучасним рішенням, яке поєднує вбудовані сенсори, аналогово-цифрові перетворювачі та цифровий інтерфейс I²C в одному компактному корпусі. Така інтеграція дозволяє безпосередньо підключати SHT31 до мікроконтролера, отримуючи цифрові значення температури й вологості без додаткової обробки на стороні апаратури (рис. 2.7).

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.7 – Давач температури і вологості SHT31

Будова давача включає сенсорні елементи для температури й вологості, розміщені на одному кристалі, а також компоненти обробки сигналу, що гарантують високу повторюваність і стабільність вимірювань. Конструктивно SHT31 має герметичний корпус із перфорованою зовнішньою оболонкою, що забезпечує вільний доступ повітря до сенсорів при одночасному захисті від пилу та механічних пошкоджень. Усередині модуль містить чутливі елементи, виготовлені на основі технології CMOSens®, що дає змогу отримувати точні цифрові значення температури та вологості в широкому діапазоні робочих умов.

Принцип роботи SHT31 базується на вимірюванні зміни електричних характеристик сенсорів залежно від температури та вологості навколишнього середовища. Сенсор вологості реагує на зміну відносної вологості повітря, змінюючи свій параметр, який після аналого-цифрового перетворення оцінюється мікропроцесором давача. Температурний сенсор визначає рівень теплового впливу безпосередньо на кристалі, що дозволяє отримати швидко й точну оцінку температури. Вбудована логіка давача виконує калібрування вимірювань, лінійизацію та температурну компенсацію, що забезпечує незалежність вихідних значень від факторів довкілля та стабільність результатів у часі.

Цифровий інтерфейс I²C робить інтеграцію SHT31 технічно простою: мікроконтролер направляє запит на зчитування значень, після чого давач повертає готові цифрові показники температури та вологості. Таке підключення мінімізує потребу у зовнішніх компонентах і потенційних помилках, пов'язаних із

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аналоговими перетвореннями. Крім того, підтримка стандартних швидкостей I²C (100 кГц або 400 кГц) дозволяє ефективно обробляти дані без зайвих затримок у системі. Характеристики давача SHT31 наведені таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристики давача SHT31

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання температури	-40 °C ... +125 °C
Точність температури	±0,3 °C
Діапазон вимірювання вологості	0 % ... 100 % RH
Точність вологості	±2 % RH
Інтерфейс	I ² C
Живлення	2,4 В ... 5,5 В
Робочий струм	~2 мА (активний режим)
Час відгуку	≤ 8 с
Розміри	~15 × 20 мм

Вибір саме SHT31 для реалізації комп'ютерної системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти обґрунтований низкою технічних і практичних переваг. По-перше, цей давач забезпечує високу точність вимірювань (похибка ±0.3 °C для температури та ±2 % для вологості), що важливо для визначення комфорту мікроклімату в зоні знаходження дитини. По-друге, цифровий інтерфейс виключає потребу у складних аналогових схемах та дозволяє легко підключати давач до ESP32. По-третє, SHT31 є енергоефективним рішенням, що важливо у випадках, коли система може працювати тривалий час на стабільному живленні або в автономному режимі. Крім того, завдяки вбудованому калібруванню та температурній компенсації, давач дає стабільні дані протягом тривалого використання без частого технічного обслуговування.

Ще одним важливим аргументом на користь вибору SHT31 є широка підтримка програмних бібліотек у середовищах розробки, що значно пришвидшує етап програмної реалізації системи. Готові бібліотеки підтримують автоматичне

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зчитування даних, перетворення їх у зручні одиниці і обробку винятків у разі помилок передачі, що підвищує надійність роботи в реальних умовах експлуатації.

SHT31 виділяється серед подібних давачів тим, що поєднує у собі високу точність, цифровий інтерфейс та стабільність вимірювань, що є критично для систем моніторингу мікроклімату. Це дозволяє забезпечити якісний контроль температури і вологості повітря в зоні немовляти й, у поєднанні з іншими сенсорами системи, своєчасно виявляти можливі умови дискомфорту (надмірна вологість, перегрів), які можуть впливати на стан сну чи активність дитини. З технічної точки зору, SHT31 забезпечує оптимальний баланс між точністю, простотою підключення та стабільністю роботи, що робить його обґрунтованим вибором для впровадження в цю комп'ютерну систему.

2.3 Розробка електричної схеми пристрою

Електрична принципова схема розробленого пристрою (рис. 2.8) відображає структурне та функціональне об'єднання основних апаратних компонентів системи: мікроконтролерного модуля ESP32 DevKit, модуля відеоспостереження ESP32-CAM, електретного мікрофонного підсилювача MAX9814, резистивного сенсора тиску FSR406, цифрового давача температури і вологості SHT31, інфрачервоного модуля підсвічування для нічної зйомки та вузла живлення. Схема забезпечує комплексний контроль акустичних, відео-, механічних та мікрокліматичних параметрів у зоні розташування немовляти.

У центрі схеми знаходиться модуль ESP32 DevKit (U3), який виконує функції головного контролера: зчитування аналогових і цифрових сигналів, їх первинну обробку, формування тривожних повідомлень та передачу даних через бездротовий інтерфейс Wi-Fi. Живлення на плату подається напругою 5 В від модуля живлення для макетної плати, після чого внутрішній стабілізатор формує 3,3 В для живлення логіки мікроконтролера. Лінія +3.3V використовується також для живлення периферійних сенсорів.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

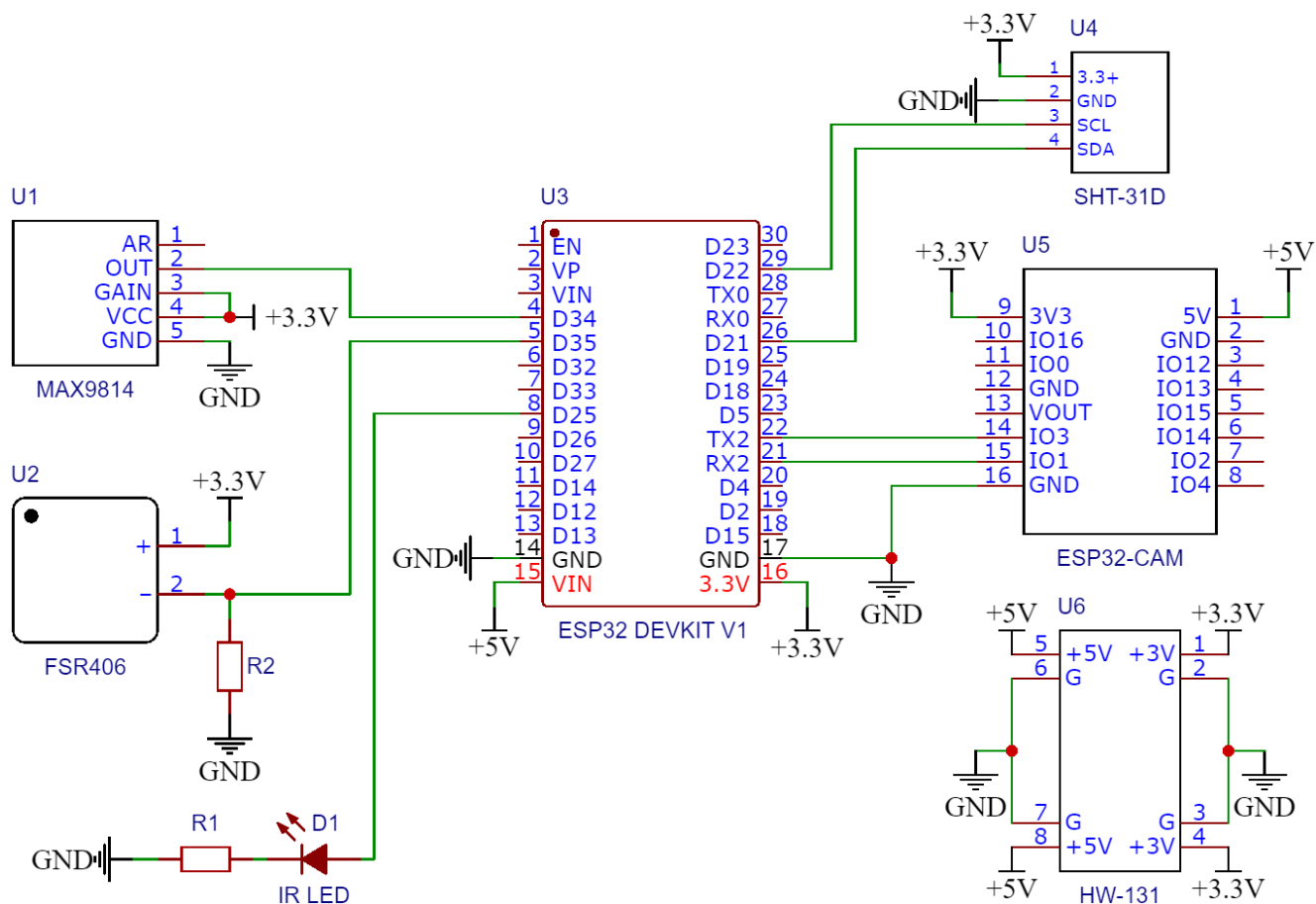


Рисунок 2.8 – Електрична схема пристрою для контролю стану сну та активності немовляти

Мікрофонний модуль MAX9814 (U1) підключений до аналогового входу мікроконтролера для реєстрації звукової активності (плач, рухи). Аналоговий вихід OUT з'єднаний з входом D34 мікроконтролера ESP32. Вибір саме ADC1 обумовлений тим, що канали ADC2 використовуються підсистемою Wi-Fi і можуть створювати конфлікти при одночасній роботі.

Резистивний давач тиску FSR406 (U2) реалізований у схемі як елемент подільника напруги. Один його вивід підключений до 3,3 В, другий — до вузла вимірювання. Між вузлом вимірювання та землею встановлено опорний резистор номіналом 10 кОм. Напруга з точки з'єднання FSR та резистора подається на аналоговий вхід D35. При збільшенні механічного навантаження на сенсор його опір зменшується, що призводить до зміни рівня напруги на вході АЦП. Така схема дозволяє реєструвати дихальні рухи або зміну положення тіла немовляти.

Давач температури та вологості SHT31 підключений за інтерфейсом I²C. Лінія SDA з'єднана з D21, а SCL — з D22 модуля ESP32, що відповідає типовій конфігурації I²C для цієї плати. Така конфігурація забезпечує стабільний обмін даними з цифровим сенсором та дозволяє періодично отримувати значення температури й вологості для аналізу мікроклімату в зоні сну.

Відеоспостереження реалізується окремим модулем ESP32-CAM (U5), який містить мікроконтролер ESP32 з камерою OV2640. Живлення на ESP32-CAM подається напругою 5 В від модуля живлення, оскільки плата має власний стабілізатор 3,3 В. Загальна шина GND об'єднується з основною схемою для забезпечення спільного потенціалу. Обмін даними між двома мікроконтролерами здійснюється через UART: GPIO1 (TX0) та GPIO3 (RX0) ESP32-CAM підключаються відповідно до RX2 та TX2 основного ESP32, що дозволяє організувати послідовну передачу службових даних або сигналів синхронізації.

Для забезпечення роботи камери в умовах відсутності освітлення до схеми включено інфрачервоний LED-модуль (850 нм). Це дозволяє програмно вмикати підсвічування лише у темний час доби, зменшуючи енергоспоживання та тепловиділення.

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Алгоритм роботи системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти

Алгоритм роботи комп'ютерної системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти побудований за принципом багатоканального моніторингу з розділенням задач за частотою виконання та функціональним призначенням. Основу функціонування становить циклічна обробка даних, у межах якої реалізовано паралельне опитування сенсорів, аналіз отриманих сигналів, формування подій та передавання інформації на віддалену IoT-платформу (рис. 3.1). Такий підхід дозволяє забезпечити як оперативне реагування на критичні зміни стану, так і стабільний контроль повільно змінюваних параметрів навколишнього середовища.

Після ініціалізації системи виконується налаштування апаратних інтерфейсів, запуск бездротового з'єднання та встановлення зв'язку з хмарною платформою. Далі активується механізм планування задач за таймером, який забезпечує виконання окремих функціональних процедур із різною періодичністю. Це дозволяє оптимально розподілити обчислювальні ресурси мікроконтролера та уникнути перевантаження системи.

До першої групи задач відноситься високочастотна обробка сигналів від сенсорів, що контролюють фізичну активність та акустичні прояви. Сигнал з давача тиску, розташованого під матрацом, зчитується з частотою порядку десятків герц. Для зменшення впливу шумів застосовується цифрова фільтрація, зокрема метод ковзного середнього. Після фільтрації виконується аналіз зміни амплітуди сигналу, що дозволяє виявити ритмічні коливання, характерні для дихання немовляти. У разі фіксації таких коливань оновлюється часовий маркер останньої активності.

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Стецюк Ю.В.</i>			<i>Практична частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Паламар А.М.</i>					<i>37</i>	<i>18</i>
<i>Рецензент</i>		<i>Гром'як Р.С.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осужівська Г.М.</i>						

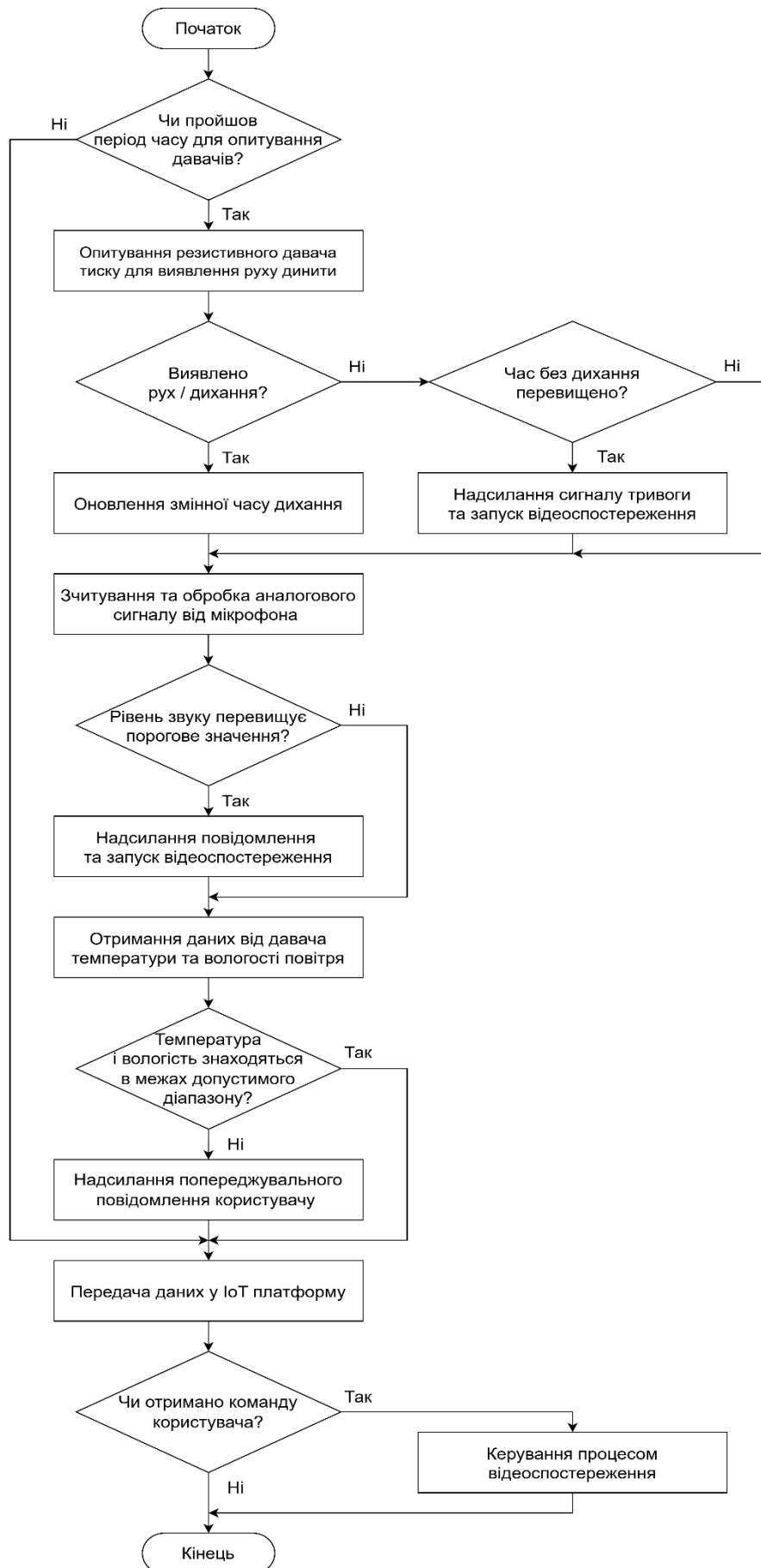


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму основного циклу програми для системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти

Якщо впродовж заданого інтервалу часу зміни сигналу не спостерігаються, формується подія, що відповідає можливому припиненню дихання, та ініціюється тривожне сповіщення.

Паралельно здійснюється обробка акустичного сигналу з мікрофонного модуля. Аналоговий сигнал оцифровується з підвищеною частотою, після чого накопичується у буфері та використовується для обчислення середньоквадратичного значення. Такий підхід дозволяє отримати узагальнену оцінку інтенсивності звуку. Якщо обчислене значення перевищує встановлений поріг, система інтерпретує це як звукову активність. Додатково виконується перевірка наявності руху, що дає змогу відрізнити плач від інших звукових впливів. У разі підтвердження події генерується відповідне повідомлення та активується відеоспостереження.

Друга група задач реалізує періодичний контроль параметрів мікроклімату, зокрема температури та відносної вологості повітря. Дані з відповідного сенсора зчитуються з меншою частотою, оскільки ці параметри змінюються повільніше. Отримані значення порівнюються з допустимими межами, і у випадку їх перевищення формуються попереджувальні повідомлення. Це дозволяє забезпечити комфортні умови перебування дитини.

Окремим етапом алгоритму є передавання даних на хмарну IoT-платформу. З визначеним інтервалом часу система надсилає актуальні значення контрольованих параметрів, що забезпечує їх відображення у мобільному застосунку користувача. Така організація обміну даними дозволяє зменшити навантаження на мережу та енергоспоживання пристрою.

Алгоритм також передбачає можливість дистанційного керування. Користувач через мобільний застосунок може ініціювати увімкнення або вимкнення відеоспостереження. Відповідні команди обробляються системою та передаються до модуля камери, а також керують допоміжними елементами, зокрема підсвічуванням для роботи в умовах недостатнього освітлення.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розробка програмного забезпечення

Підпрограма `setup()` забезпечує початкове налаштування апаратних ресурсів мікроконтролера та ініціалізацію програмних модулів, необхідних для подальшого функціонування системи (рис. 3.2).

```
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  Serial2.begin(115200, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);  
  pinMode(IR_LED, OUTPUT);  
  digitalWrite(IR_LED, LOW);  
  analogReadResolution(12);  
  Wire.begin(21, 22);  
  sht31.begin(0x44);  
  WiFi.begin(ssid, pass);  
  Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);  
  // ===== TIMER TASKS =====  
  timer.setInterval(20L, readFSR);    // 50 Гц  
  timer.setInterval(10L, readMic);    // 100 Гц  
  timer.setInterval(2000L, readSensors);  
  timer.setInterval(2000L, sendData);  
}
```

Рисунок 3.2 – Лістинг коду підпрограми `setup()`

На початку виконується ініціалізація послідовного інтерфейсу для обміну даними з ПК. Паралельно активується другий апаратний послідовний інтерфейс, призначений для зв'язку з модулем відеокамери. Це дозволяє організувати передачу керуючих команд, зокрема для запуску або зупинки відеопотоку.

Далі здійснюється налаштування цифрового виходу, до якого підключено інфрачервоний світлодіод. Він використовується для забезпечення роботи відеокамери в умовах недостатнього освітлення. Початково цей елемент вимикається, що дозволяє зменшити енергоспоживання та уникнути зайвого навантаження на систему до моменту фактичної потреби в підсвічуванні.

Наступним етапом є конфігурація АЦП мікроконтролера. Встановлення підвищеної розрядності забезпечує більш точне вимірювання сигналів із сенсорів, що особливо важливо для аналізу слабких змін, характерних для дихання

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

немовляти або акустичних сигналів низької інтенсивності. Ініціалізація шини міжмікросхемного обміну даними забезпечує взаємодію з цифровим давачем температури та вологості. Після запуску інтерфейсу виконується підключення сенсора за його адресою, що дозволяє надалі здійснювати регулярне зчитування параметрів мікроклімату.

Важливим етапом є встановлення бездротового з'єднання з мережею Wi-Fi, після чого ініціалізується клієнт хмарної платформи. Це забезпечує можливість передавання даних, отримання команд від користувача та інтеграцію системи в IoT-інфраструктуру.

Завершальним кроком є налаштування таймерного механізму, який реалізує багатозадачний режим роботи системи. Для цього задаються інтервали виконання окремих функціональних процедур. Високочастотні задачі відповідають за обробку сигналів від сенсорів руху та звуку, що потребують швидкої реакції. Низькочастотні задачі виконують зчитування параметрів навколишнього середовища та передавання даних на віддалений сервер. Такий підхід дозволяє ефективно поєднати вимоги до швидкодії та енергоефективності системи, забезпечуючи її стабільну роботу.

Підпрограма `loop()` реалізує основний цикл роботи мікроконтролерної системи та забезпечує безперервне виконання всіх функціональних задач у реальному часі. На відміну від класичних підходів із послідовним опитуванням сенсорів і використанням затримок, у даній системі застосовано подієво-орієнтовану модель керування, що базується на неблокуючому виконанні коду. Такий підхід дозволяє ефективно використовувати обчислювальні ресурси мікроконтролера та забезпечує паралельну обробку декількох потоків даних (рис. 3.3).

```
void loop() {  
  Blynk.run();  
  timer.run();  
}
```

Рисунок 3.3 – Лістинг коду підпрограми `loop()`

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У межах основного циклу виконується виклик функції обробки клієнта хмарної IoT-платформи. Вона забезпечує підтримку постійного мережевого з'єднання, обмін службовими повідомленнями та приймання команд від користувача. Завдяки цьому система може оперативно реагувати на зовнішні запити, зокрема на команди керування відеоспостереженням або зміну режимів роботи. Крім того, ця функція відповідає за коректну передачу даних на віддалений сервер та синхронізацію стану між пристроєм і мобільним застосунком.

Другим важливим елементом є виклик механізму таймерного планування. Він забезпечує виконання попередньо визначених функцій із заданими інтервалами часу без використання блокуючих затримок. Завдяки цьому окремі задачі, такі як високочастотне опитування сенсорів руху та звуку, періодичне зчитування параметрів мікроклімату та передавання даних у хмару, виконуються незалежно одна від одної. Це дозволяє реалізувати багатозадачність у межах одного потоку виконання та гарантує своєчасну обробку важливих сигналів.

У структурі ПЗ системи окреме місце займають підпрограми, що реалізують високочастотне опитування сенсорів, призначених для контролю фізичної та акустичної активності немовляти. Дані процедури виконуються з підвищеною частотою, що забезпечує можливість фіксації швидкоплинних змін сигналів і своєчасного реагування на потенційно небезпечні ситуації.

Підпрограма обробки сигналу від датчика тиску реалізує зчитування аналогового значення з відповідного входу мікроконтролера. Отриманий сигнал передається до функції фільтрації, яка виконує згладжування на основі методу ковзного середнього (рис. 3.4).

```
void readFSR() {
    int raw = analogRead(FSR_PIN);
    fsrFiltered = filterFSR(raw);
    float delta = abs(fsrFiltered - lastFsrFiltered);
    if (delta > FSR_THRESHOLD) {
        lastBreathTime = millis();
    }
    lastFsrFiltered = fsrFiltered;
}
```

Рисунок 3.4 – Лістинг коду функції readFSR()

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Після цього визначається різниця між поточним та попереднім відфільтрованими значеннями сигналу. Такий підхід дозволяє оцінити амплітуду змін, що виникають у результаті рухів тіла або дихальних коливань. Якщо величина цієї різниці перевищує встановлений поріг, система інтерпретує це як наявність активності, зокрема дихання, та оновлює часову мітку останнього зафіксованого руху. У протилежному випадку сигнал вважається стабільним, що може свідчити про відсутність рухів протягом певного часу

Підпрограма обробки акустичного сигналу виконує зчитування значень із мікрофонного модуля з вищою частотою, що обумовлено більш динамічним характером звукових процесів. Отримані значення послідовно записуються у буфер фіксованого розміру з використанням циклічного індексу (рис. 3.5).

```
void readMic() {  
    int raw = analogRead(MIC_PIN);  
    micBuffer[micIndex++] = raw;  
    if (micIndex >= MIC_WINDOW) micIndex = 0;  
    micRMS = calculateRMS();  
}
```

Рисунок 3.5 – Лістинг коду функції readMic()

Такий підхід дозволяє накопичувати вибірку сигналу за короткий проміжок часу без перевитрати пам'яті. Після оновлення буфера виконується обчислення середньоквадратичного значення, яке відображає енергетичний рівень звукового сигналу. Отриманий результат використовується для подальшого визначення наявності звукової активності, зокрема плачу.

У межах програмної реалізації системи передбачено окремі підпрограми для попередньої обробки сигналів, що надходять від сенсорів. Їх використання зумовлене необхідністю підвищення достовірності вимірювань та зменшення впливу шумів, які неминуче виникають при роботі аналогових давачів. Основна увага приділяється обробці сигналу від давача тиску та акустичного сенсора, оскільки саме ці канали використовуються для визначення дихання та звукової активності немовляти.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для обробки сигналу від датчика тиску застосовано цифровий фільтр на основі методу ковзного середнього. Суть підходу полягає у накопиченні певної кількості останніх вимірних значень у буфері фіксованого розміру. Кожне нове значення записується у буфер із циклічним зсувом індексу, що дозволяє реалізувати кільцеву структуру даних без додаткових витрат пам'яті. Після оновлення буфера виконується обчислення середнього значення всіх його елементів, яке застосовується як відфільтрований результат. Такий метод ефективно згладжує випадкові коливання сигналу та дозволяє виділити повільні зміни, характерні для дихальних рухів. Завдяки цьому підвищується точність подальшого аналізу амплітудних змін сигналу (рис. 3.6).

```
float filterFSR(int val) {  
    fsrBuffer[fsrIndex++] = val;  
    if (fsrIndex >= FSR_WINDOW) fsrIndex = 0;  
    float sum = 0;  
    for (int i = 0; i < FSR_WINDOW; i++) sum += fsrBuffer[i];  
    return sum / FSR_WINDOW;  
}
```

Рисунок 3.6 – Лістинг коду функції filterFSR()

Обробка акустичного сигналу реалізована за допомогою обчислення середньоквадратичного значення (RMS), що є поширеним підходом для оцінювання енергетичної складової звукового сигналу (рис. 3.7).

```
float calculateRMS() {  
    long sum = 0;  
    for (int i = 0; i < MIC_WINDOW; i++) {  
        sum += micBuffer[i] * micBuffer[i];  
    }  
    return sqrt((float)sum / MIC_WINDOW);  
}
```

Рисунок 3.7 – Лістинг коду функції calculateRMS()

Для цього використовується буфер, у якому накопичуються дискретні значення сигналу за певний інтервал часу. Кожне значення підноситься до

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

квадрату, після чого виконується підсумовування отриманих результатів. Далі обчислюється середнє значення та витягується квадратний корінь, що дозволяє отримати узагальнену оцінку амплітуди сигналу незалежно від його полярності. Такий підхід забезпечує стабільне визначення рівня звукової активності навіть за наявності шумів та короткочасних імпульсних завад.

У підпрограмі обробки даних реалізовано логіку прийняття рішень на основі попередньо оброблених сигналів із сенсорів. Основне призначення цієї процедури полягає у виявленні критичних або аномальних станів, формуванні відповідних подій та ініціюванні реакції системи у вигляді сповіщень і активації додаткових функцій, зокрема відеоспостереження (рис. 3.8).

```
void readSensors() {
    // Апноє
    if (millis() - lastBreathTime > BREATH_TIMEOUT) {
        Blynk.logEvent("apnea_alert", "No breathing detected!");
        triggerVideo();
    }
    // Плач
    if (micRMS > MIC_THRESHOLD) {
        bool movement = (millis() - lastBreathTime < 2000);
        if (movement) {
            Blynk.logEvent("cry_alert", "Baby crying (active)");
        } else {
            Blynk.logEvent("cry_alert", "Sound detected");
        }
        triggerVideo();
    }
    // Мікроклімат
    temperature = sht31.readTemperature();
    humidity = sht31.readHumidity();
    // Перевірка температури і вологості
    if (temperature < 20 || temperature > 24) {
        Blynk.logEvent("temp_alert", "Temperature out of range!");
    }
    if (humidity < 40 || humidity > 60) {
        Blynk.logEvent("humid_alert", "Humidity out of range!");
    }
}
```

Рисунок 3.8 – Лістинг коду процедури readSensors()

Перший блок умов відповідає за контроль дихальної активності. Для цього використовується часовий інтервал, що визначає максимально допустимий період

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відсутності рухів, пов'язаних із диханням. Якщо різниця між поточним часом та моментом останньої зафіксованої активності перевищує задане порогове значення, система інтерпретує це як потенційно небезпечний стан апное. У такому випадку формується критичне повідомлення та ініціюється запуск відеомоніторингу для додаткового візуального контролю ситуації.

Наступний логічний блок реалізує обробку акустичної інформації з метою виявлення плачу або іншої звукової активності. Аналіз здійснюється на основі попередньо обчисленого середньоквадратичного значення сигналу. Якщо рівень сигналу перевищує встановлений поріг, система формує подію звукової активності. Додатково виконується перевірка наявності нещодавнього руху, що дозволяє розрізняти ситуації активного стану немовляти та ізольованих звукових сигналів без руху. Залежно від результату цієї перевірки формується уточнений тип повідомлення. У будь-якому випадку при виявленні значної акустичної активності також активується відеомодуль для оперативного контролю.

Окремий блок підпрограми відповідає за моніторинг параметрів мікроклімату. Зчитування температури та вологості виконується з цифрового сенсора через інтерфейс обміну даними. Отримані значення порівнюються з допустимими діапазонами, які визначають комфортні та безпечні умови для перебування немовляти. У разі виходу будь-якого з параметрів за встановлені межі система формує відповідне попередження, яке передається користувачу через IoT-платформу.

Реалізований підхід до обробки даних дозволяє об'єднати інформацію з різних сенсорів та виконувати комплексний аналіз стану. Поєднання контролю дихання, акустичної активності та параметрів навколишнього середовища забезпечує підвищення достовірності оцінки ситуації та своєчасне реагування на потенційно небезпечні події.

Підпрограма передавання даних забезпечує інтеграцію мікроконтролерної системи з хмарною IoT-платформою та відповідає за доставку актуальної інформації про стан об'єкта спостереження до користувацького інтерфейсу. Її виклик здійснюється періодично за допомогою таймерного механізму, що

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

дозволяє реалізувати регулярне оновлення даних без перевантаження мережі та обчислювальних ресурсів системи (рис. 3.9).

```
void sendData() {  
    Blynk.virtualWrite(V0, temperature);  
    Blynk.virtualWrite(V1, humidity);  
    Blynk.virtualWrite(V2, fsrFiltered);  
    Blynk.virtualWrite(V3, micRMS);  
}
```

Рисунок 3.9 – Лістинг коду функції sendData()

У межах цієї підпрограми виконується послідовне передавання значень основних контрольованих параметрів. Зокрема, передаються дані температури та відносної вологості повітря, які характеризують мікроклімат у зоні перебування немовляти. Також здійснюється передавання відфільтрованого сигналу з датчика тиску, що використовується для аналізу рухової активності та дихання. Окрім цього, передається узагальнений показник акустичної активності, отриманий у результаті обчислення середньоквадратичного значення сигналу з мікрофона.

Передавання даних реалізовано через механізм віртуальних каналів, які використовуються для зв'язку між мікроконтролером і мобільним застосунком. Кожному параметру відповідає окремий канал, що дозволяє гнучко організувати відображення інформації у вигляді графіків, індикаторів або інших елементів інтерфейсу. Такий підхід забезпечує зручність моніторингу та спрощує подальше масштабування системи у разі додавання нових сенсорів.

У програмному забезпеченні системи передбачено механізм віддаленого керування функціями відеоспостереження, який реалізовано за допомогою взаємодії з IoT-платформою. Основним елементом цього механізму є обробник подій, що викликається при зміні стану елемента керування у мобільному застосунку. Такий підхід дозволяє користувачу безпосередньо впливати на роботу системи в режимі реального часу, зокрема керувати активацією або деактивацією відеопотоку (рис. 3.10).

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

BLYNK_WRITE(V10) {
  int value = param.asInt();
  if (value == 1) {
    triggerVideo();
  } else {
    videoActive = false;
    digitalWrite(IR_LED, LOW);
    sendToCam("STOP");
  }
}

```

Рисунок 3.10 – Лістинг коду обробника подій WRITE()

При надходженні команди від користувача виконується перевірка її значення. У випадку активації формується запит на запуск відеоспостереження. Для цього викликається відповідна підпрограма, яка перевіряє поточний стан відеомодуля та, за необхідності, ініціює його роботу. Такий підхід запобігає повторному виконанню однакових команд і дозволяє уникнути надлишкових дій, що можуть призвести до нестабільності роботи системи.

У разі вимкнення відеоспостереження система виконує комплекс дій, спрямованих на коректне завершення роботи відеомодуля. Зокрема, змінюється внутрішній стан, який відображає активність відеосистеми, вимикається інфрачервоне підсвічування та передається команда на зупинку передавання відеопотоку. Це забезпечує зменшення енергоспоживання та оптимізацію використання ресурсів мережі.

Обмін командами з відеомодулем реалізовано через послідовний інтерфейс зв'язку. Для цього використовується окрема підпрограма, яка передає текстові команди у відповідний канал зв'язку. Такий підхід забезпечує простоту реалізації та дозволяє гнучко розширювати набір керуючих команд у майбутньому (рис. 3.11).

```

void sendToCam(String cmd) {
  Serial2.println(cmd);
}

```

Рисунок 3.11 – Лістинг коду функції sendToCam()

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підпрограма запуску відеоспостереження виконує перевірку поточного стану системи та, у випадку відсутності активного відеопотоку, здійснює його активацію. Додатково вмикається інфрачервоне підсвічування, що забезпечує можливість отримання зображення в умовах недостатнього освітлення. Після цього формується команда для відеомодуля на початок передавання даних (рис. 3.12).

```
void triggerVideo() {  
    if (!videoActive) {  
        videoActive = true;  
        digitalWrite(IR_LED, HIGH);  
        sendToCam("START");  
    }  
}
```

Рисунок 3.12 – Лістинг коду функції triggerVideo()

Реалізований механізм керування дозволяє поєднати автоматичні сценарії реагування системи з можливістю ручного втручання користувача. Це забезпечує підвищення гнучкості функціонування системи та покращує зручність її використання в реальних умовах експлуатації.

3.3 Реалізація взаємодії з платформою Blynk

Для забезпечення дистанційного моніторингу параметрів стану сну та активності немовляти у розробленій системі було використано хмарну IoT-платформу Blynk, яка забезпечує приймання, візуалізацію та передачу даних від мікроконтролерного модуля на мобільний пристрій користувача. Налаштування виконувалося через вебінтерфейс Blynk Console із подальшою конфігурацією мобільного застосунку.

На початковому етапі в середовищі Blynk було створено новий шаблон пристрою (Template), у якому визначено тип апаратної платформи — ESP32, спосіб підключення — Wi-Fi, а також задано унікальний Template ID і Auth Token.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ці параметри були інтегровані до програмного коду мікроконтролера для автентифікації пристрою в хмарному середовищі. У межах шаблону було створено набір віртуальних пінів (Virtual Pins), які використовувалися для обміну даними між пристроєм і сервером.

Для передачі вимірюваних параметрів було налаштовано такі канали:

V0 — температура повітря (°C),

V1 — відносна вологість (%),

V2 — значення з резистивного сенсора тиску FSR406,

V3 — рівень акустичного сигналу з модуля MAX9814,

V10 — керування відеомодулем (кнопка активації стріму).

У вкладці Datastreams для кожного параметра було визначено тип даних (Double або Integer), діапазон допустимих значень, одиниці вимірювання та частоту оновлення. Це дозволило систематизувати телеметрію та забезпечити коректне відображення інформації у мобільному застосунку (рис. 3.13).

The screenshot shows the Blynk Developer Zone interface for a device named 'Baby Monitor System' (ESP32, Wi-Fi, Online). The 'Datastreams' tab is active, displaying a table of configured virtual pins. Below the table, there are sections for 'Virtual Pin Datatypes' and 'Usage in Code'.

ID	Name	Alias	Color	Pin	Data Type	Units	Min	Max	Default Value	Update Interval
1	Temperature	Температура повітря	Blue	V0	Double	°C	-20	60	0	1s
2	Humidity	Відносна вологість	Green	V1	Double	%	0	100	0	1s
3	FSR Value	FSR406 (тиск)	Yellow	V2	Integer	-	0	4095	0	100ms
4	MIC Level	Акустичний сигнал (MAX9814)	Purple	V3	Integer	-	0	4095	0	100ms
5	Video Control	Керування відеомодулем	Red	V10	Integer	-	0	1	0	-

Virtual Pin Datatypes

- Double** — for decimal values
- Integer** — for whole numbers, discrete values, or commands

Usage in Code

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "tm1_0E7hS2kKcgfH"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Baby Monitor System"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "s8X*****g9kL"
```

Рисунок 3.13 – Процес створення набору віртуальних каналів для обміну даними між пристроєм і сервером Blynk

Для візуалізації даних у мобільному інтерфейсі було створено Dashboard, до якого додано віджети типу Gauge для температури та вологості, графічні віджети типу Chart для відображення динаміки дихальних рухів і рівня шуму, а також кнопку Button для дистанційного керування відеопотоком. Віджети були пов'язані з відповідними Virtual Pins, що забезпечило двосторонній зв'язок між системою та користувачем.

З метою реалізації механізму сповіщень у Blynk було налаштовано події (Events). Було створено окремі тригери для таких ситуацій: перевищення допустимого температурного діапазону, відсутність дихальних рухів протягом критичного часу (апное), а також виявлення плачу. Для кожної події визначено текст push-повідомлення та умову активації через функцію Blynk.logEvent(), що викликається у програмному коді мікроконтролера. У результаті при виникненні критичної ситуації користувач отримував миттєве сповіщення на смартфон.

Додатково було активовано логування історичних даних, що дозволило зберігати телеметрію в хмарному середовищі з подальшим аналізом графіків змін температури, вологості та рухової активності. Це надало можливість оцінювати довгострокові тенденції та аналізувати якість сну немовляти.

Для підвищення надійності обміну даними було перевірено стабільність підключення ESP32 до сервера Blynk, реалізовано механізм автоматичного перепідключення у випадку втрати Wi-Fi та протестовано коректність передавання пакетів даних у форматі JSON. Під час тестування перевірялася швидкість оновлення показників, затримка передачі повідомлень та коректність відображення значень у мобільному застосунку.

У результаті виконаного налаштування хмарна платформа Blynk була повністю інтегрована в систему дистанційного контролю. Вона забезпечила централізований збір телеметричних даних, їх візуалізацію, генерацію тривожних сповіщень і можливість віддаленого керування відеоспостереженням. Реалізована конфігурація підтвердила ефективність використання IoT-технологій для побудови інтелектуальних систем моніторингу в реальному часі.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Тестування системи

На першому етапі було виконано моделювання електричної частини системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти у середовищі Circuit Designer. Метою моделювання була перевірка коректності електричних з'єднань, узгодженості рівнів напруги, працездатності вузлів живлення та оцінка логіки взаємодії між мікроконтролерним модулем ESP32 і периферійними сенсорами. У середовищі було створено структурну модель, що включала модуль ESP32 DevKit, сенсор температури та вологості SHT31, резистивний сенсор тиску, мікрофонний модуль MAX9814, модуль ESP32-CAM, а також схему живлення (рис. 3.14).

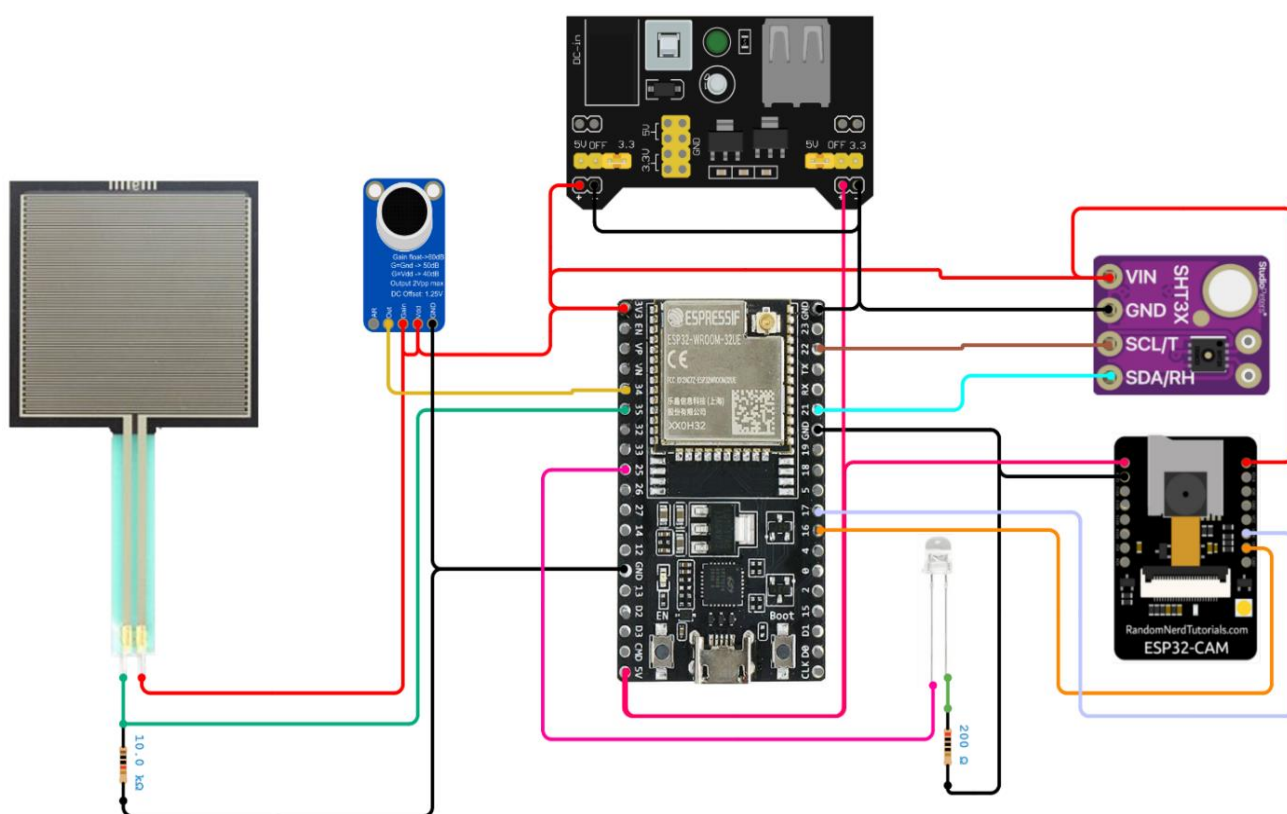


Рисунок 3.14 – Модель системи контролю стану сну та активності немовляти

Під час моделювання особливу увагу приділено перевірці коректності підключення аналогових входів та формуванню опорних напруг. Для FSR-сенсора було змодельовано подільник напруги з номіналом резистора 10 кОм, що дозволило отримати адекватний діапазон зміни напруги на вході ADC при зміні

прикладеного тиску. Аналоговий сигнал з MAX9814 було подано на окремий канал АЦП ESP32 із урахуванням максимально допустимого рівня 3,3 В.

Після завершення електричного моделювання було перевірено логіку роботи системи відповідно до алгоритму: генерація подій при перевищенні температурного порогу, фіксація відсутності рухів (імітація зміни опору FSR), реєстрація підвищеного рівня шуму. Результати симуляції підтвердили коректність обраної структури та відповідність сигналів очікуваним значенням.

На другому етапі було виготовлено фізичний прототип системи на макетній платі. Монтаж здійснювався поетапно: спочатку реалізовано вузол живлення з перевіркою стабільності вихідної напруги. Далі підключено модуль ESP32 та перевірено його з'єднання з мережею та хмарною платформою Blynk. Після цього по черзі інтегровано сенсори, проводячи індивідуальне тестування кожного з них.

Тестування SHT31 передбачало порівняння показів температури та вологості з еталонним побутовим гігрометром. Розбіжність не перевищувала $\pm 0,5$ °C для температури та ± 3 % для вологості, що відповідає паспортним характеристикам давача.

Перевірка FSR406 здійснювалася шляхом прикладання контрольованого навантаження до сенсорної поверхні. Було зафіксовано стабільну зміну напруги на вході АЦП, а також коректне формування сигналу тривоги при відсутності тиску протягом заданого часу.

Мікрофонний модуль MAX9814 тестувався шляхом створення звукових імпульсів різної інтенсивності. Система коректно реєструвала перевищення порогового рівня та ініціювала push-повідомлення.

Окремо було протестовано модуль ESP32-CAM із інфрачервоним підсвічуванням у затемненому приміщенні. Перевірено стабільність відеостріму, якість зображення та час затримки передачі. За результатами випробувань затримка відеосигналу в локальній мережі не перевищувала 1–2 с, що є прийнятним для системи моніторингу.

На завершальному етапі проведено комплексне тестування всієї системи в реальних умовах експлуатації протягом декількох годин безперервної роботи.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Було оцінено стабільність Wi-Fi-з'єднання, коректність передачі даних на платформу Blynk, своєчасність сповіщень та відсутність перегріву елементів. Система продемонструвала стабільну роботу без критичних збоїв, а всі функціональні режими відповідали розробленому алгоритму.

Результати моделювання та експериментального тестування фізичного прототипу підтвердили працездатність запропонованої архітектури, коректність електричних рішень і відповідність системи поставленим технічним вимогам.

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Долікарська допомога при задусі, утопленні

Надання долікарської допомоги при задусі та утопленні є критично важливим для збереження життя постраждалого до прибуття медичних служб. Ці ситуації потребують швидкої реакції та знань основних методів реанімації. Ефективність долікарської допомоги визначається швидкістю та правильністю дій, тому важливо розуміти механізми виникнення задушення та утоплення, а також відповідні алгоритми надання першої допомоги.

Задушення, або асфіксія, виникає через обмеження потоку повітря в дихальні шляхи. Це може статися через обструкцію верхніх дихальних шляхів сторонніми предметами, компресію шиї, алергічні реакції з набряком горла, або патологічні стани, що призводять до зменшення прохідності дихальних шляхів.

Утоплення, в свою чергу, є процесом утоплення у воді або іншій рідині, що призводить до гіпоксії (недостатнього постачання кисню до тканин). Утоплення може бути результатом випадкового потрапляння води в дихальні шляхи, тривалого перебування під водою або впливу інших факторів, які унеможливають дихання у водному середовищі.

При підозрі удушення важливо швидко оцінити стан постраждалого. Перш за все, необхідно перевірити наявність свідомості та здатність дихати. Якщо постраждалий без свідомості, негайно перевірте прохідність дихальних шляхів. Важливо також визначити, чи є обструкція дихальних шляхів, через наявність сторонніх предметів. Ці кроки дозволяють швидко зорієнтуватися у стані постраждалого та обрати правильний алгоритм дій для надання першої допомоги.

Перед початком надання допомоги при задусі на підприємстві, необхідно переконатися у безпеці оточуючих умов. Важливо забезпечити, щоб місце було безпечним для рятувальника і постраждалого.

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Стецюк Ю.В.</i>			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Паламар А.М.</i>					55	6
<i>Консульт.</i>		<i>Сенчишин В.С.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осунівська Г.М.</i>						

Наступним кроком є визначення ступеня обструкції дихальних шляхів. Якщо обструкція часткова, і постраждалий може кашляти, дихати або говорити, заохочуйте його до активного кашлю, оскільки це найефективніший спосіб видалення обструкції. У випадку повної обструкції, коли постраждалий не може говорити, дихати або кашляти, потрібно негайно приступити до активних дій.

Метод Геймліха ефективний для дорослих та дітей старше одного року. Для виконання цього методу станьте позаду постраждалого, обійміть його руками, розташувавши кулаки на животі між пупком і ребровою дугою. Виконуйте різкі поштовхи вгору і всередину, намагаючись виштовхнути обструкцію [31].

У випадку втрати свідомості постраждалого, необхідно обережно покласти його на спину і розпочати серцево-легеневу реанімацію (СЛР). Компресії грудної клітини можуть допомогти видалити обструкцію. Після кожних 30 компресій потрібно обережно відкрити рот постраждалого і перевірити наявність обструкції, повторюючи процедуру до відновлення дихання або прибуття медичних служб.

У випадку утоплення на підприємстві, першочерговим завданням є швидке витягнення постраждалого з води, дотримуючись правил безпеки, щоб уникнути ризику для рятувальника. Після витягнення необхідно оцінити стан постраждалого, перевіривши наявність свідомості, дихання та циркуляції крові.

Залежно від того, наповнились легені потерпілого водою чи ні, розрізняють два види утоплення — мокре і сухе. При справжньому (мокрому) утопленні рідина обов'язково потрапляє в легені (75-95 % усіх утоплень). При рефлекторному звуженні голосової щілини вода не потрапляє в легені і людина гине від механічної асфіксії (5-25 % усіх утоплень). Трапляються утоплення від первинної зупинки серця і дихання внаслідок травми, температурного шоку. Утоплення може настати також при тривалому пірнанні, коли кількість кисню в організмі зменшується до рівня, що не відповідає потребам мозку [31].

У випадку мокрого утоплення, коли потерпілого рятують одразу після занурення під воду, у початковий період після його підняття на поверхню спостерігається загальмований або збуджений стан, шкірні покриви і губи бліді,

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дихання супроводжується кашлем, пульс прискорений, морозить. Верхній відділ живота здутий, нерідко буває блювання. Вказані ознаки можуть швидко зникнути, але інколи слабкість, запаморочення, біль у грудях та кашель зберігаються протягом кількох днів.

Якщо тривалість остаточного занурення потерпілого під воду становила не більше кількох хвилин, після витягнення з води людина непритомна, шкірні покриви синюваті, з рота і з носа витікає пінна рідина рожевого забарвлення, зіниці слабо реагують на світло, щелепи міцно стиснуті, дихання уривчасте або відсутнє, пульс слабкий, неритмічний, стан організму характеризується як атональний.

У тих випадках, коли після остаточного занурення потерпілого під воду минуло 2-3 хвилини, самостійне дихання і серцева діяльність відсутні, зіниці розширені і не реагують на світло, шкірні покриви синюшні. Ці ознаки свідчать про настання клінічної смерті.

При сухому утопленні посиніння шкіри виражене менше, ніж при мокрому, в атональному періоді відсутнє витікання пінистої рідини з рота. Клінічна смерть триває 4-6 хвилин.

Утоплення, що розвинулось внаслідок первинної зупинки серця і серцевої діяльності, характеризується різкою блідістю шкіри, відсутністю рідини в порожнині рота і носа, зупинкою дихання і серця, розширенням зіниць. У таких утоплеників клінічна смерть може тривати 10-12 хвилин.

Якнайшвидше очистити порожнину рота і глотку утопленого від слизу, мулу та піску. Якщо в дихальних шляхах потерпілого є вода, її необхідно швидко видалити, для чого потерпілого перевертають на живіт, перегинають через коліно, щоб голова звисала вниз, і кілька разів натискають на спину. Після цього потерпілого перевертають обличчям догори і починають робити оживлення [31].

Коли постраждалий врятований у початковому періоді утоплення, треба насамперед вжити заходів до усунення емоційного стресу: зняти мокрий одяг, досуха обтерти тіло, заспокоїти. Якщо потерпілий непритомний при досить спонтанному диханні, його кладуть горизонтально, піднімають на 40-50° ноги,

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дають подихати нашатирним спиртом. Одночасно зігрівають потерпілого, проводять масаж грудної клітини, розтирають руки і ноги.

4.2 Заходи щодо боротьби з шкідливою дією ультразвуку на організм людини

Ультразвук — це звукові хвилі високої частоти, що лежать за межами сприйняття людським слухом, але можуть викликати несприятливі фізіологічні ефекти навіть при непомітності для свідомості. У промислових умовах ультразвук застосовується в очищенні, дефектоскопії, зварюванні та інших технологічних процесах. Проте саме у таких середовищах проявляється і його потенційна небезпека: тривала дія ультразвуку може спричиняти головний біль, втому, порушення сну, розлади вестибулярного апарату, серцево судинної, нервової та ендокринної систем. Один із ключових профілактичних підходів — зниження інтенсивності джерела впливу, що називають першою лінією оборони проти ультразвукових ризиків [32].

Вплив високочастотних сигналів важливий параметр який врахований в системі дистанційного контролю стану сну та активності немовляти. Під час дизайну плати і компонентів важливо забезпечити належне екранування, фільтрування та технічні бар'єри, щоб уникнути витоків ультразвукових завад. Це не лише запобігає появі шуму на виході, але й забезпечує безпечну експлуатацію пристрою — як для слуху, так і вібраційно-фізіологічно чутливих користувачів.

Для захисту організму від повітряного ультразвуку й шуму необхідне впровадження технічних бар'єрів. Застосовують звукоізолюючі кожухи, екрани, кабінки зі спеціальних звукопоглинальних матеріалів, обкладених гумою чи мастикою. Крім того, доцільним є розміщення устаткування в окремих звукоізованих приміщеннях або зонування робочого простору. У критичних випадках використовують дистанційне управління — через пульт або сенсорні системи — щоб уникнути контакту людини з джерелом ультразвуку [32].

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контактний шлях передачі ультразвуку (через руки чи тіло) потребує окремих заходів. Найефективнішими вважаються рукавички зі спеціальним покриттям (гумові або двошарові) та інструменти з віброізолюючими ручками. У стандартах ДСН 3.3.6.037-99 передбачено граничні рівні, які не повинні перевищувати $0,1 \text{ Вт/см}^2$ по інтенсивності або $1,6 \times 10^{-2} \text{ м/с}$ у віброшвидкості. Якщо ж неможливо уникнути контакту з джерелом, роботу слід виконувати в режимі повного припинення ультразвукової генерації або з використанням спеціальних інструментів [33].

У випадку неможливості зниження інтенсивності шуму та ультразвуку в джерелі через повітря, найбільш ефективним є звукоізоляція обладнання (використання звукоізоляційних кожухів, захисних екранів, звукоізольованих кабін, розміщення ультразвукового устаткування в окремому звукоізольованому приміщенні).

Для унеможливлення впливу контактного ультразвуку роботи з коливними рідинними середовищами (завантаження, вивантаження) необхідно проводити при вимкненому джерелі ультразвуку або використовувати для цього спеціальні інструменти, що мають ручки з еластичним покриттям, наприклад, гумовим. Як засоби індивідуального захисту використовують протишумові навушники (дія через повітря) та двошарові рукавички із зовнішнім гумовим шаром (контактна дія).

Медичний контроль — ще один ключовий елемент безпеки. Працівники, які працюють з ультразвуковим обладнанням, мають проходити періодичні медичні огляди не рідше одного разу на рік, включно з обстеженням нервової, серцево-судинної, вестибулярної систем — згідно з наказом МОЗ №246 (2007). Своєчасне виявлення відхилень на ранніх стадіях дозволяє своєчасно скоригувати умови праці або перейти на інші обов'язки, що мають менше ультразвукове навантаження.

Застосувати фізіотерапевтичні заходи для відновлення працівників: масаж, УФ опромінення, водні процедури, позитивно впливає на тонус та регенерацію

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нервової системи. У сукупності ці методи — технічні, організаційні, санітарно-господарські та медичні — утворюють ефективну систему боротьби з ультразвуковим навантаженням [32].

Комплексний підхід до захисту від шкідливої дії ультразвуку — це поєднання технічних засобів (звукоізоляція, дистанційне керування), індивідуальних заходів (рукавички, навушники), організаційних обмежень (режим роботи, мінімальні вікові вимоги) та медичного контролю. Регулярне проведення інструментальної перевірки рівнів ультразвуку забезпечує дотримання встановлених меж захисту, а своєчасне обслуговування та оновлення обладнання попереджає виникнення небезпечних перевищень. Головна мета — знизити інтенсивність та тривалість впливу ультразвуку на організм, — що дозволяє безпечно застосовувати ультразвук в технічних і промислових умовах, зберігаючи здоров'я працівників.

Комп'ютерна система дистанційного контролю стану сну та активності немовляти з використанням IoT-технологій розроблялася з урахуванням заходів щодо боротьби з шкідливою дією ультразвуку на організм людини.

					<i>КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						60
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану систему дистанційного контролю стану сну та активності немовляти з використанням IoT-технологій, призначену для автоматизованого моніторингу фізичної активності, параметрів мікроклімату та рухів дитини з можливістю віддаленого спостереження і формування тривожних повідомлень.

У процесі виконання роботи було проаналізовано предметну область та сформульовано вимоги до проєктованої системи. Проведено огляд існуючих засобів моніторингу стану немовлят, а також виконано аналіз можливих варіантів реалізації системи.

Розроблено структурну схему комп'ютеризованої системи, яка включає мікроконтролерний модуль, сенсори контролю дихання та руху, акустичний сенсор, датчик температури і вологості, відеомодуль та засоби бездротового зв'язку. Обґрунтовано вибір основних компонентів системи та описано їх принцип роботи.

Спроектовано електричну принципову схему пристрою та алгоритм функціонування системи. Реалізовано програмне забезпечення для мікроконтролера ESP32, яке забезпечує багатозадачне опитування сенсорів, фільтрацію та аналіз сигналів, виявлення критичних ситуацій, передавання даних на хмарну IoT-платформу Blynk та керування відеомодулем ESP32-CAM.

Виконано моделювання та тестування системи, а також проведено перевірку роботи фізичного прототипу. Результати тестування підтвердили працездатність системи, стабільність передавання даних та коректність формування повідомлень при виникненні небезпечних або нестандартних ситуацій.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Liu X., Takeuchi K., Ogunfunmi T., Mathapathi S. Video-based IoT baby monitor for SIDS prevention. In 2017 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), 2017. P. 1-7.
2. Chung G.C., Teong K.V., Tan S.F., Sundarajoo R.A.L. IoT-based autonomous baby monitoring system using mobile app control. In Proceedings of the 8th International Conference on Computational Science and Technology: ICCST 2021, Labuan, Malaysia, 2022. P. 183-193.
3. Andriani B.D., Lusiana L., Triyani Y. Design of Baby Vital Signs with BPM, SpO₂, Skin Temperature and Respiration Rate Parameters for Real-Time Monitoring (BPM and SpO₂). Medical Electronics Technology, 2025. 1(1). P. 34-48.
4. Krbec B.A., Zhang X., Chityat I., Brady-Mine A., Linton E., Copeland D., Davis J.M. Emerging innovations in neonatal monitoring: a comprehensive review of progress and potential for non-contact technologies. Frontiers in Pediatrics, 2024 (12). P. 1442753.
5. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.
6. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.
7. Буров Є., Митник М. Комп'ютерні мережі. (у 2-х томах). Львів, Магнолія, 2018. 740 с.
8. Palamar M., Yavorska M., Palamar A., Strembitskyi M. Modeling and Research of Satellite Antenna Adjustment Process for Earth Remote Sensing. 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Kharkiv, Ukraine, November 14-18, 2022. P. 317-320.
9. Palamar M., Nakonetchnyi Y., Palamar A., Strembitskyi M., Apostol Y. Modernization of the azimuth drive design for the antenna system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2025. Vol. 117, No 1, P. 54–61.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Strembitskyi M., Yavorska M., Palamar A., Kochan R., Yeromenko V. A comparative study of bug algorithms for robot navigation. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2025), Ternopil, Ukraine, June 11-12, 2025. Vol. 4057 P. 312-321.

11. Yatsyshyn V., Pastukh O., Kukharska V., Palamar A., Kulikov S. Method and tool of detecting software architecture patterns in the process of computer systems development. CEUR Workshop Proceedings, 4th International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ИТТАР 2024), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, October 23-25, 2024. Vol. 3896. P. 12-24.

12. Palamar A., Voloskyi V., Kramar O., Kramar T., Stankevych O., Yatsyshyn V. Information computer system with a virtual tour for cultural heritage preservation of the Zbarazh Castle Museum's exhibition hall. CEUR Workshop Proceedings, The 3rd International Workshop on Social Communication and Information Activity in Digital Humanities (SCIA 2024), Lviv, Ukraine, October 31, 2024. Vol. 3851.

13. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24-25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 120.

14. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 118.

15. Palamar A., Stadnyk M., Palamar M. Adaptive PID regulation method of uninterruptible power supply battery charge current based on artificial neural network. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 107, No 3. P. 5–13.

16. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

молодих учених та студентів (Тернопіль, 24–25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 112.

17. Palamar M., Horyn T., Palamar A., Batuk V. Method of calibration MEMS accelerometer and magnetometer for increasing the accuracy determination angular orientation of satellite antenna reflector. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 108, No 4. P. 79–88.

18. Palamar M., Pasternak Y., Palamar A., Poikhalo A. Precision tracking of the trajectory LEO satellite by antenna with induction motors in the control system. Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS 2017), Bucharest, Romania, September 21–23, 2017. Vol. 2. P. 1051–1055.

19. Palamar A., Pettai E. Microgrid for the Department of Electrical Drives and Power Electronics. 8th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 11-16, 2010), Pärnu, Estonia, 2010. P. 54-61.

20. Palamar A. Methods and means of increasing the reliability of computerized modular uninterruptible power supply system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 99, No 3. P. 133–141.

21. Palamar A., Palamar M. Fire Safety Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2023. 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023), Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. Vol. 3468. P. 164-172.

22. Паламар М., Пастернак Ю., Паламар А. Дослідження динамічних похибок системи прецизійного керування антеною з асинхронним електроприводом. Вісник ТНТУ, Тернопіль: ТНТУ, 2014. Вип. 76, № 4. С. 164–173.

23. Palamar A., Karpinskyy M. Control of an Uninterruptible Power Supply in a DC Microgrid System. 10th International Symposium Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 10-15, 2011), Pärnu, Estonia, 2011. P. 80-84.

24. Stadnyk M., Palamar A. Project management features in the cybersecurity area. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 106, No 2. P. 54–62.

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. Voloshchuk A., Velychko D., Osukhivska H., Palamar A. Computer system for energy distribution in conditions of electricity shortage using artificial intelligence. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024), Ternopil, Ukraine, June 12-14, 2024. Vol. 3742 P. 66-75.

26. Погребенник В.Д., Клим Г.І., Бордун І.М., Пташник В.В., Паламар А.М. Системи оперативного контролю інтегральних параметрів водного середовища. Т. 2. Елементи комп'ютерних систем оперативного контролю: колективна монографія. Житомир: Видавничий дім «Бук-Друк», 2021. 180 с.

27. Palamar A., Karpinskyu M., Vodovozov V. Design and Implementation of a Digital Control and Monitoring System for an AC/DC UPS. 7th International Conference-Workshop «Compatibility and Power Electronics» (CPE 2011), June 1-3, 2011. P. 173–177.

28. Voloskyi V., Leshchyshyn Y., Romanyshyn N., Palamar A., Tarasenko L. Method and algorithm for efficient cell balancing in the lithium-ion battery control system. CEUR Workshop Proceedings, The 1st International Workshop on Bioinformatics and Applied Information Technologies (BAIT 2024), Zboriv, Ukraine, October 02-04, 2024. Vol. 3842. P. 258-267.

29. Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.

30. Palamar A. Control system simulation by modular uninterruptible power supply unit with adaptive regulation function. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 98, No 2. P. 129–136.

31. Яким Р.С. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. Львів: Бекиб Біг, 2005.

32. Жидецький В.Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів : підручник. Львів : Афіша, 2020. 176 с.

33. ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

					КС КРБ 123.195.00.00 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедру КС

_____ Осухівська Г.М.

“ 2 ” лютого 2026 р.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ СНУ
ТА АКТИВНОСТІ НЕМОВЛЯТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 7 листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н. Паламар А.М.

“ 2 ” лютого 2026 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІ-42

_____ Стецюк Ю.В.

“ 2 ” лютого 2026 р.

Тернопіль 2026

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи бакалавра: «Комп'ютерна система дистанційного контролю стану сну та активності немовляти з використанням IoT-технологій».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.195.00.00.

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Стецюк Юрій Вікторович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є наказ по університету № 4/9-188 від «24» квітня 2026 року.

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 26.01.2026 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 21.06.2026 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Оформлення технічної документації до кваліфікаційної роботи бакалавра здійснюється згідно діючих вимог вітчизняних та міжнародних стандартів. Технічна документація до кваліфікаційної роботи бакалавра включає в себе текст пояснювальної записки та креслення, які максимально інформативно та стисло відображають основні результати розробки комп'ютерної системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти з використанням IoT-технологій. Основними регламентними документами при оформленні та пред'явленні результатів проектування є групи діючих стандартів ДСТУ, ISO, ЄСКД та ЄСПД. Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи бакалавра відбувається шляхом захисту роботи на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Комп'ютерна система призначена для дистанційного моніторингу стану сну та рівня активності немовляти шляхом збору даних із сенсорних модулів, їх оброблення та передавання користувачеві через мережу Інтернет. Система забезпечує інформування батьків або опікунів про поточний стан дитини в режимі реального часу.

2.2 Мета створення системи

Метою створення системи є підвищення рівня безпеки та комфорту догляду за немовлям шляхом автоматизованого контролю його стану з використанням сучасних IoT-технологій, а також зменшення потреби у постійному фізичному нагляді.

2.3 Характеристика об'єкту

Об'єктом контролю є немовля, яке перебуває у стані сну або активності. Контроль здійснюється за непрямыми показниками, що характеризують рухову активність та зміну положення тіла, без прямого втручання у фізіологічні процеси.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Система повинна забезпечувати безперервний або періодичний моніторинг стану немовляти, бути енергоефективною, безпечною для використання, простою в експлуатації та надійною в умовах побутового застосування. Архітектура системи має відповідати принципам IoT та забезпечувати можливість віддаленого доступу до даних.

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Система повинна складатися з апаратної частини на базі мікроконтролера, сенсорних модулів, модуля зв'язку та програмного забезпечення. Функціонування системи має включати збір даних, їх попередню обробку, передавання на сервер або клієнтський застосунок і відображення результатів користувачеві.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Обмін даними між компонентами системи повинен здійснюватися з використанням бездротових технологій зв'язку, зокрема Wi-Fi або інших IoT-орієнтованих протоколів. Передавання даних має бути захищеним і стабільним.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Система повинна підтримувати режим нормальної роботи, режим налаштування та режим тестування. У штатному режимі має забезпечуватися автоматичний збір і передавання даних без втручання користувача.

3.1.4 Перспективи розвитку та модернізації системи

Архітектура системи повинна передбачати можливість підключення додаткових сенсорів, розширення функціоналу програмного забезпечення та інтеграції з іншими IoT-платформами або мобільними застосунками.

3.1.5 Вимоги до надійності системи

Система повинна забезпечувати стабільну роботу протягом тривалого часу, мати захист від збоїв зв'язку та некоректних даних, а також зберігати працездатність при короткочасних перериваннях живлення або мережі.

Показники надійності системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти повинні відповідати вимогам ДСТУ 50136-1. Ймовірність безвідмовної роботи системи повинна складати не менше 99,9 %.

3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Система повинна виконувати збір даних з сенсорів, визначення стану сну або активності, передавання результатів моніторингу користувачеві та, за потреби, формування повідомлень або сповіщень.

3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратне забезпечення має базуватися на сучасному мікроконтролері з підтримкою бездротового зв'язку, сумісному з обраними сенсорними модулями. Усі елементи системи повинні бути енергоефективними, компактними та безпечними для використання поруч із немовлям.

Вимоги до елементної бази розробки:

- режими роботи і умови експлуатації вибраних елементів повинні відповідати вказаним в ТЗ;
- вибрана елементна база має забезпечувати необхідні режими роботи системи;
- елементна база по можливості має бути широковживаною, доступною і дешевою. Необхідно також враховувати можливість заміни вибраних елементів на аналогічні (вітчизняні чи імпортного виробництва).

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

Комплект конструкторської документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 1. структурна схема системи;
 2. схема електрична принципова;
 3. блок-схема алгоритму роботи;
 4. результати моделювання системи.

*Примітка: В комплект конструкторської документації можуть вноситися зміни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання КРБ

№ етапу	Назва етапу виконання КРБ	Термін виконання
1.	Розробка технічного завдання	26.01 – 02.02
2.	Аналіз технічного завдання, вимог до комп'ютерної системи, та можливих рішень поставленого завдання	03.02 – 15.02
3.	Розроблення структури, вибір апаратного забезпечення, проектування комп'ютерної системи	20.04 – 25.04
4.	Реалізація алгоритму, написання програмного забезпечення, моделювання комп'ютерної системи	26.04 – 05.05
5.	Робота над четвертим розділом «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»	07.05 – 25.05
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	26.05 – 07.06
7.	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	08.06 – 14.06
8.	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	15.06 – 21.06
9.	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	27.06.2026

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б
Перелік елементів

Додаток В

Лістинг програми

Лістинг В.1 – Код програми мікроконтролера модуля DevKit з ESP-32 для реалізації системи дистанційного контролю стану сну та активності немовляти.

```
#include "secret.h"
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_SHT31.h>

// ===== SENSORS =====
Adafruit_SHT31 sht31 = Adafruit_SHT31();
#define FSR_PIN 35
#define MIC_PIN 34
#define IR_LED 25
#define RXD2 16
#define TXD2 17
// ===== PARAMETERS =====
#define FSR_THRESHOLD 100
#define BREATH_TIMEOUT 20000
#define MIC_THRESHOLD 300
#define FSR_WINDOW 10
#define MIC_WINDOW 50
// ===== VARIABLES =====
float temperature = 0;
float humidity = 0;
float fsrBuffer[FSR_WINDOW];
int fsrIndex = 0;
float fsrFiltered = 0;
float lastFsrFiltered = 0;
int micBuffer[MIC_WINDOW];
int micIndex = 0;
float micRMS = 0;
unsigned long lastBreathTime = 0;
bool videoActive = false;
// ===== TIMER =====
BlynkTimer timer;

// ===== SETUP =====
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial2.begin(115200, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);
  pinMode(IR_LED, OUTPUT);
  digitalWrite(IR_LED, LOW);
  analogReadResolution(12);
  Wire.begin(21, 22);
  sht31.begin(0x44);
```

```

WiFi.begin(ssid, pass);
Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);
// ===== TIMER TASKS =====
timer.setInterval(20L, readFSR);      // 50 Гц
timer.setInterval(10L, readMic);      // 100 Гц
timer.setInterval(2000L, readSensors);
timer.setInterval(2000L, sendData);
}

// ===== LOOP =====
void loop() {
  Blynk.run();
  timer.run();
}

// ===== FAST TASKS =====
// --- FSR (50 Hz) ---
void readFSR() {
  int raw = analogRead(FSR_PIN);
  fsrFiltered = filterFSR(raw);
  float delta = abs(fsrFiltered - lastFsrFiltered);
  if (delta > FSR_THRESHOLD) {
    lastBreathTime = millis();
  }
  lastFsrFiltered = fsrFiltered;
}

// --- MIC (100 Hz) ---
void readMic() {
  int raw = analogRead(MIC_PIN);
  micBuffer[micIndex++] = raw;
  if (micIndex >= MIC_WINDOW) micIndex = 0;
  micRMS = calculateRMS();
}

// ===== FUNCTIONS =====
// --- FSR FILTER ---
float filterFSR(int val) {
  fsrBuffer[fsrIndex++] = val;
  if (fsrIndex >= FSR_WINDOW) fsrIndex = 0;
  float sum = 0;
  for (int i = 0; i < FSR_WINDOW; i++) sum += fsrBuffer[i];
  return sum / FSR_WINDOW;
}

// --- MIC RMS ---
float calculateRMS() {
  long sum = 0;
  for (int i = 0; i < MIC_WINDOW; i++) {
    sum += micBuffer[i] * micBuffer[i];
  }
  return sqrt((float)sum / MIC_WINDOW);
}

```

```

// ===== SLOW TASKS =====
// --- TEMP/HUM ---
void readSensors() {
  // Апноє
  if (millis() - lastBreathTime > BREATH_TIMEOUT) {
    Blynk.logEvent("apnea_alert", "No breathing detected!");
    triggerVideo();
  }
  // Плач
  if (micRMS > MIC_THRESHOLD) {
    bool movement = (millis() - lastBreathTime < 2000);
    if (movement) {
      Blynk.logEvent("cry_alert", "Baby crying (active)");
    } else {
      Blynk.logEvent("cry_alert", "Sound detected");
    }
    triggerVideo();
  }
  // Мікроклімат
  temperature = sht31.readTemperature();
  humidity = sht31.readHumidity();
  // Перевірка температури і вологості
  if (temperature < 20 || temperature > 24) {
    Blynk.logEvent("temp_alert", "Temperature out of range!");
  }
  if (humidity < 40 || humidity > 60) {
    Blynk.logEvent("humid_alert", "Humidity out of range!");
  }
}

// --- SEND DATA ---
void sendData() {
  Blynk.virtualWrite(V0, temperature);
  Blynk.virtualWrite(V1, humidity);
  Blynk.virtualWrite(V2, fsrFiltered);
  Blynk.virtualWrite(V3, micRMS);
}

// ===== USER CONTROL =====
BLYNK_WRITE(V10) {
  int value = param.asInt();
  if (value == 1) {
    triggerVideo();
  } else {
    videoActive = false;
    digitalWrite(IR_LED, LOW);
    sendToCam("STOP");
  }
}

// ===== VIDEO =====
void sendToCam(String cmd) {
  Serial2.println(cmd);
}

```

```

void triggerVideo() {
  if (!videoActive) {
    videoActive = true;
    digitalWrite(IR_LED, HIGH);
    sendToCam("START");
  }
}

```

Лістинг В.2 – Код програми мікроконтролера модуля ESP32-CAM для дистанційного відеоспостереження.

```

#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>

const char* ssid = "WIFI";
const char* password = "XXXXXXXXXX";
WebServer server(80);
bool streaming = false;
#define RXD2 3
#define TXD2 1

void startCameraServer();

void handle_jpg_stream(void) {
  WiFiClient client = server.client();
  String response = "HTTP/1.1 200 OK\r\n";
  response += "Content-Type: multipart/x-mixed-replace;
boundary=frame\r\n\r\n";
  server.sendContent(response);

  while (streaming) {
    camera_fb_t * fb = esp_camera_fb_get();
    if (!fb) return;

    server.sendContent("--frame\r\n");
    server.sendContent("Content-Type: image/jpeg\r\n\r\n");
    server.sendContent((const char*)fb->buf, fb->len);
    server.sendContent("\r\n");

    esp_camera_fb_return(fb);
    delay(100);
  }
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  camera_config_t config;
  config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
  config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;

```

```

config.pin_d0 = 5;
config.pin_d1 = 18;
config.pin_d2 = 19;
config.pin_d3 = 21;
config.pin_d4 = 36;
config.pin_d5 = 39;
config.pin_d6 = 34;
config.pin_d7 = 35;
config.pin_xclk = 0;
config.pin_pclk = 22;
config.pin_vsync = 25;
config.pin_href = 23;
config.pin_sscb_sda = 26;
config.pin_sscb_scl = 27;
config.pin_pwrn = 32;
config.pin_reset = -1;
config.xclk_freq_hz = 20000000;
config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
config.frame_size = FRAMESIZE_QVGA;
config.jpeg_quality = 12;
config.fb_count = 2;
esp_camera_init(&config);
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) delay(500);
server.on("/stream", HTTP_GET, handle_jpg_stream);
server.begin();
}

void loop() {
server.handleClient();
if (Serial.available()) {
String cmd = Serial.readStringUntil('\n');
cmd.trim();
if (cmd == "START") {
streaming = true;
}

if (cmd == "STOP") {
streaming = false;
}
}
}
}

```