

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний економічний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

ДАНИЛО Андрій Михайлович

**Пристрій контролю температури "розумного"
будинку / Device for the temperature controlling
of a "smart" home**

спеціальність: 6.050102 - Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма - Комп'ютерні системи та мережі

Випускна кваліфікаційна робота

Виконав: студент групи КСМ-42/1
Андрій Михайлович ДАНИЛО

Науковий керівник
к.т.н., доцент Масляк Б.О.

ТЕРНОПІЛЬ 2019

РЕЗЮМЕ

Дипломний проект містить 61 сторінок пояснюючої записки, 17 рисунків, 8 таблиць, 1 додаток. Обсяг графічного матеріалу 2 аркуші формату А3.

Метою дипломної роботи є апаратна реалізація пристрою контролю температури в рамках концепції розумний будинок.

Методи досліджень – методи побудови моделей та електричних схем цифрових пристроїв.

В дипломній роботі, на основі аналізу принципів побудови пристроїв в рамках концепції розумний будинок, стандартів підготовки бакалаврів з комп'ютерної інженерії, програм курсу комп'ютерна схемотехніка, комп'ютерні системи, наукової та навчальної літератури поставлена задача та реалізовано пристрій контролю температури.

Аналіз методів побудови апаратно-програмних систем збору та обробки інформації показав трудомісткість, але разом з тим перспективність їх апаратної реалізації. Здійснено обґрунтування вибору напрямку дослідження та розроблено структури апаратного модуля вимірювання температури із застосуванням як цифрових так і аналогових давачів та його основних компонентів. В середовищі NI Multisim здійснена схеми апаратна реалізація та верифікація електричних схем пристрою контролю температури.

Ключові слова: МІКРОСХЕМА, СТРУКТУРНА СХЕМА, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА, КОМБІНАЦІЙНА ЛОГІКА, WI-FI, КОНТРОЛЕР.

SUMMARY

The diploma project contains 61 pages of explanatory note, 17 figures, 8 tables, 1 appendix. Volume of graphic material 2 sheets of A3 format.

The purpose of the thesis is the hardware implementation of the temperature control device within the concept of a smart home.

Research methods - methods of building models and electrical circuits of digital devices.

In the thesis, based on the analysis of the principles of construction of devices within the concept of smart home, standards for bachelors in computer engineering, computer circuit courses, computer systems, scientific and educational literature, the task is set and implemented temperature control device.

Analysis of methods for building hardware and software systems for collecting and processing information showed the complexity, but at the same time the prospects for their hardware implementation. The substantiation of the choice of the research direction is substantiated and the structures of the hardware module of temperature measurement with the use of both digital and analog sensors and its main components are developed. In the NI Multisim environment the schemes of hardware implementation and verification of electrical circuits of the temperature control device are carried out.

Keywords: CHIP, STRUCTURAL DIAGRAM, ELECTRICAL DIAGRAM, COMBINATION LOGIC, WI-FI, CONTROLLER.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Комп'ютеризація побутової сфери в рамках концепції розумний будинок.....	11
1.1 Технології автоматизації побутової сфери	11
1.2 Методи побудови апаратно-програмних пристроїв розумного будинку	15
1.3 Обґрунтування вибору компонентної бази та постановка задачі....	18
2 Проектування пристрою контролю температури в рамках концепції розумний будинок	20
2.1 Засоби вимірювання та контролю температури	20
2.2 Структура пристрою контролю температури	23
2.3 Обґрунтування та вибір мікроконтролера	26
3 Апаратна реалізація та верифікація пристрою контролю температури ..	30
3.1 Розробка схеми вимірювання температури.....	30
3.2 Налаштування Arduino IDE для роботи р WeMos D1R1	36
3.3 Програмні скетчі обробки результатів вимірювання	39
4 Техніко-економічний розділ	42
4.1 Розрахунок витрат на розробку апаратного модуля	42
4.2 Визначення експлуатаційних витрат	48
4.3 Розрахунок зведених економічних показників	49
Висновки	51
Список використаних джерел	52
Додаток А Довідка про використання	55

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив		Данило А.М.			Пристрій контролю температури в рамках концепції розумний будинок	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Перевірив		Масляк Б.О.						
Консульт.		Паздрій І.Р.				ТНЕУ, ФКІТ, КСМ-42/1		
Н. Контр.		Гураль І.В.						
Затв.		Березький О.						

ВСТУП

Враховуючи те, що в даний час людство інтенсивно рухається в бік зростання комфорту та безпеки середовища проживання, застосування різних пристроїв на основі мікроконтролерів є актуальним. Сучасна квартира, крім «арсеналу» побутової техніки та аудіо-відео комплексу містить ще й системи кондиціонування, опалення, освітлення і охорони. Власний будинок може бути укомплектований системами механізації гаражних воріт, поливу і освітлення садової ділянки і мати багато інших систем автоматизації. Для управління цим електронним механізмом розробляють спеціалізовані комп'ютерні контролю і управління. Дана концепція отримала назву «розумний будинок».

Пристрій контролю температури в рамках концепції "розумного будинку" дозволить автоматизувати функції управління системою опалення (батареї), теплої підлоги, а також використовуватись як частина систем кондиціонування та захисту від пожеж.

Системи розумного будинку є досить відомою концепцією, яка просувається під різними акцентами виробниками даного устаткування. При цьому відсутня струнка система понять, недостатньо чіткі формулювання і, відповідно, відсутнє однакове розуміння проблеми. Внаслідок цього на ринку є багато автономних рішень, які оголошують себе системами розумного будинку, які розробляється фактично з нуля під кожен проект і тому вкрай дорогі. Крім того, при використанні обладнання різних фірм систему розумного будинку важко масштабувати.

Враховуючи вищесказане, система розумного будинку не повинна проектуватися як автономна система. При її розробці слід передбачити можливість інтеграції з системами більш високого рівня. Це можуть бути багатофункціональні інтегровані рішення в межах однієї квартири (будинку), так і більш масштабні проекти, наприклад, системи управління

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

багатоквартирним будинком, мікрорайоном, містом. Можливості телекомунікаційного інтерфейсу повинні давати можливість взаємодії з системами відомств і підприємств для надання екстреної допомоги, зв'язку з системами обліку ресурсів, системами пошуку контенту чи продукції. Таким чином, слід відразу закладати можливості по взаємодії із зовнішнім світом, що дозволить забезпечити додаткову якість сервісів користувачеві.

Проектування системи розумного будинку має вестися виходячи з моделі її складових компонентів та вузлів. В даний час в систему розумного будинку входять наступні компоненти та вузли:

- давачі - пристрої, що надають інформацію про стан об'єктів фізичного світу;
- виконавчі пристрої - пристрої, що забезпечують вплив на стан об'єктів реального світу згідно керуючим командам;
- мережа збору даних і передачі команд - сукупність систем, що забезпечують отримання даних від давачів і видачу команд на виконавчі пристрої, може ґрунтуватися як на провідних, так і бездротових технологіях;
- шлюз до зовнішніх систем - підсистема, що забезпечує стик з зовнішніми системами;
- система зберігання даних - підсистема архівації даних будь-якого виду;
- система забезпечення взаємодії з користувачем через різні клієнтські програми;
- програмно-апаратний комплекс, що забезпечує доступ користувачеві до всіх або частини функцій;
- Інтелектуальне ядро - програмна система, що забезпечує «інтелект» системи розумного будинку. Може бути різного рівня, починаючи від простої системи правил по типу «що, якщо», і закінчуючи досить складними системами, що базуються на експертних системах і нейронних мережах.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однією з важливих проблем є забезпечення підключення датчиків і виконавчих пристроїв з ядром системи. При цьому система зв'язку повинна відповідати наступним вимогам - вимагати мінімальної кількості будівельно-монтажних робіт; створюватися на основі недорогих елементів; забезпечувати надійну ідентифікацію активних пристроїв; забезпечувати високу якість передачі даних; мати достатню пропускну здатність.

Для цього використовують, як правило три можливі варіанти організації подібної мережі – бездротова, дротова (як правило типу вита пара), з використанням електромережі.

Тема даного дипломного проекту полягає у виготовленні пристрою контролю температури відповідно з концепцією розумного будинку, який дозволяє реалізувати функцію контролю температури для різних його систем – опалення, вентиляції та захисту від перегріву (пожежна безпека) та забезпечити можливість його інтеграції в більш складні системи.

В першому розділі розглядаються питання особливостей будови, сфер застосування та принципів побудови пристроїв та систем в рамках концепції "розумний будинок". Його результатом є постановка задачі по розробці пристрою контролю температури. В другому розділі здійснюється проектування пристрою та обґрунтування вибору апаратного та програмного забезпечення. В третьому розділі здійснюється апаратно-програмна реалізація пристрою

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЯ ПОБУТОВОЇ СФЕРИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦІЇ РОЗУМНИЙ БУДИНОК

1.1 Технології автоматизації побутової сфери

Інтенсивний розвиток інформаційних технологій, мініатюризація електронних компонентів та широке впровадження інтернету створили передумови для реалізації концепції, яка отримала назву – розумний будинок [1, 2].

В кінці травня 2018 року аналітична компанія Strategy Analytics опублікувала результати дослідження 2018 Global Smart Home Market Forecast, присвяченого ринку пристроїв та систем розумного будинку. Світові витрати на відповідне обладнання, системи і сервіси в 2017 році досягли \$84 млрд, збільшившись на 16% в порівнянні з витратами 2016 року, коли продажі вимірювалися \$ 72 млрд. До кінця 2017 роки кількість домогосподарств, які використовують системи розумного будинку, в світовому масштабі склали 164 млн. проти 136 млн. роком раніше [3].

У дослідженні повідомляється [3], що поширенню розумного будинку в Північній Америці сприяють нові рішення від великих технологічних компаній - Amazon, Google, ADT і Samsung. На європейському ринку домінують компанії Centrica Connected Homes (система Hive), Deutsche Telekom (Magenta Home), eQ-3 і Enco (Toon). В Азіатсько-Тихоокеанському регіоні ринок систем розумного будинку розвивається завдяки зусиллям компаній Xiaomi, LG U +, iTSCOM і Panasonic.

За прогнозами експертів, в період з 2018 по 2023 роки обсяг глобального ринку пристроїв, систем і послуг в області розумного будинку буде рости приблизно на 10% щорічно і досягне \$ 155 млрд до кінця цього відрізка часу, а кількість домогосподарств, що користуються такими технологіями, підвищиться до 293 млн. Найбільшим ринком збуту рішень

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для розумного будинку аналітики називають Північну Америку, на яку припадає 41% витрат.

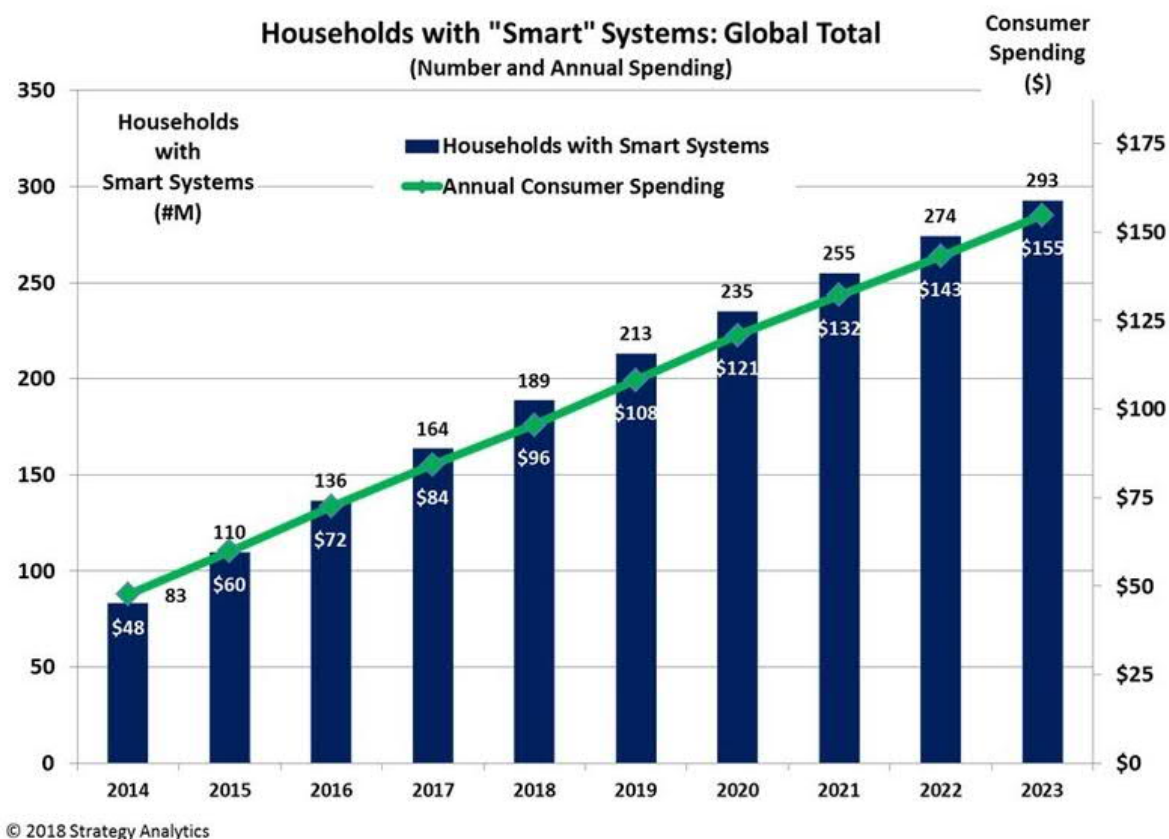


Рисунок 1.1 – Динаміка та перспективи поширення систем та пристроїв розумного будинку в світовому масштабі

Стосовно сегментації ринку, то на першому місці ринку пристроїв для «розумного будинку» знаходяться системи відеорозваг, включаючи смарт-телевізори, цифрові мультимедійні приставки та інші відеопристрої з можливістю підключення до інтернету. Друга за значимістю категорія - це системи домашнього спостереження і забезпечення безпеки, до складу якої входять підключені до мережі замки, камери спостереження, дверні дзвінки, давачи температури та вологості.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На третьому місці за часткою в грошах є впровадження смарт-колонки, подібні Amazon Echo і Google Home. Аналітики називають цей сегмент найбільш швидкозростаючою категорією даного ринку. За прогнозом, з 2017 по 2022 роки світова виручка від продажу «розумних» динаміків з вбудованими голосовими помічниками буде збільшуватися в середньому на 32% і до кінця періоду досягне \$ 17,4 млрд. Для порівняння, в 2017 році даний показник дорівнював \$ 4,4 млрд.

У п'ятірку найбільш купованих пристроїв для «розумного будинку» аналітики включили інтелектуальні системи освітлення, подібні до тих, що випускають Philips, General Electric (GE), IKEA, а також смарт-термостати, на виробництві яких спеціалізуються компанії Nest і Ecobee. У 2017 році продажі цих видів продукції принесли \$ 1,12 млрд і \$ 1,77 млрд відповідно.

В загальному випадку до найбільш поширених завдань розумного будинку слід віднести наступні пристрої та системи контролю та управління:

- опаленням та вентиляцією;
- освітленням;
- доступу до джерел електричної енергії;
- протіканням води;
- газовою системою;
- відеоспостереженням;
- охоронною та пожежною безпекою;
- роботою аудіо- та відеообладнання;
- моніторинг і управління життєзабезпечуючими системами за допомогою мобільних додатків та інших телекомунікацій;
- системи телемедицини, що забезпечують дистанційний моніторинг стану здоров'я користувача і забезпечення деяких медичних маніпуляцій.
- поливом рослин, годуванням тварин.

Реалізація даних задач дозволить зробити житло більш комфортним, безпечним і економічним, зокрема:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ

Арк.

15

- запобігти аварійним ситуаціям. Відповідні датчики допомагають відключати електроенергію, перекривати газ чи воду при виявленні витоків, загоряння і задимлення. У випадку аварійної ситуації система сама повідомить господаря житла і спеціальні служби про виникнення поломки і ризик небезпеки.
- забезпечення безпеки. Сучасні сигналізаційні системи повідомляють про спробу несанкціонованого входу в будинок. За допомогою систем відеоспостереження власник зможе стежити за тим, що відбувається на відстані та керувати системами віддаленого відкривання/закриття дверей.
- створення комфортної атмосфери, економія природних та інших ресурсів. Автоматизоване управління освітленням, автоматичне регулювання мікроклімату в оселі також зробить перебування в житлі більш комфортним та забезпечить оптимальне використання ресурсів.

До переваг розумного будинку можна віднести:

- економію коштів;
- безпеку;
- простоту управління і можливість віддаленого контролю;
- комфорт.

Таким чином, з вищезгаданого матеріалу видно, що концепція розумного будинку - досить велика і складна тема. Вже сьогодні розроблено та реалізується багато пристроїв, що є складовими систем розумного будинку. Але в більшості своїй вони вирішують якісь окремі завдання, створюючи певний рівень комфорту в тих або іншій ситуації. Багато компонентів розумного будинку можна створити за допомогою Arduino і сумісних з цією технологією платформ.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Методи побудови апаратно-програмних пристроїв розумного будинку

В загальному випадку структура системи розумного будинку містить три компоненти – рисунок 1.2.



Рисунок 1.2 – Узагальнена структура системи контролю та управління розумного будинку

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Як видно рисунку 1.2 в систему розумного будинку входять наступні основні елементи:

- давачі, які приймають і аналізують ситуацію;
- центральний мікроконтролер, який обробляє отримані дані, приймає рішення і за потреби формує та посилає сигнал управління на об'єкт або в телекомунікаційну мережу;
- пристрої, що виконують отримане завдання.

Всі компоненти з'єднуються між собою за допомогою дротового або бездротового зв'язку. Організація зв'язку за допомогою проводів є дещо застарілою, але вона менше схильна до неполадок і перебоїв. Існують виробники, які реалізують системи на основі кабельного зв'язку. Бездротовий зв'язок може бути менш стабільним. Він може бути реалізований на основі Wi-Fi, Bluetooth чи інших стандартів. Для коректної безперебійної роботи пропонуються рішення на основі дротових і бездротових приладів одночасно.

Давачі, які використовуються для побудови систем розумного будинку, можна умовно розділити на дві групи - які відстежують рух і реагують на параметри середовища. Давачі, які відстежують рух, використовуються в охоронних цілях і реалізації пристроїв інтелектуальної підсвічування. Сенсори, що реагують на параметри навколишнього середовища, працюють спільно з інженерними системами. До них відносяться:

- Зовнішній температурний давач забезпечує отримання даних про температуру повітря ззовні.
- Внутрішній температурний давач інформує про температуру в приміщенні. Допомагає визначати і підтримувати оптимальний режим.
- Давач витoku газу допомагає захиститися від витoku. При аварійній ситуації сигналізує господаря, а при наявності запірного крану перекриває надходження палива.
- Протипожежний сенсор реагує на рівень диму, високу температуру.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Сенсор протікання є базою для розробки систем безпеки від протікань води.
- Давач вогкості - показує, що в будинку є проблема з опалювальною системою, відкриті вікна.
- Давач дощу - використовується для поливу ділянки. Працює спільно з метеостанцією і вирішує, чи потрібен автополив.

Сенсори є обов'язковою складовою розумного будинку. Без них робота систем розумного будинку неможлива. Обробка даних від давачів здійснюється, як правило з використанням мікроконтролера. Він відповідає за роботу всіх пристроїв. Являє собою інтерфейс, який відображає всі потрібні дані про стан модулів системи. За допомогою контрольного інтерфейсу можна самостійно запрограмувати різні сценарії дії - наприклад, реагувати на голосову інструкцію або інформацію з давача, включатися і вимикатися за розкладом.

Телекомунікаційний інтерфейс повинен забезпечити передачу інформації і взаємодію всіх елементів в концепції розумному будинку.

1.3 Обґрунтування вибору компонентної бази та постановка задачі

Розмаїття і складність сучасних інженерних систем житлових будинків призвели до того, що його жителям досить складно правильно управляти всіма необхідними функціями цих систем. Для забезпечення максимального рівня комфорту, безпеки, а також економії ресурсів в даний час все ширше застосовуються системи розумний будинок. Під цим терміном розуміють цілий комплекс систем управління, який здатний контролювати і управляти роботою освітлення, водопостачання, опалення, вентиляції, охоронними та іншими системами. В цьому випадку злагоджена робота всіх

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

внутрішньообудинкових систем забезпечується їх зв'язком за певними інтерфейсами.

Виходячи з того, що під контролем розуміють процес перевірки відповідності параметрів об'єкту контролю встановленим вимогам, реалізація таких систем передбачає наявність трьох складових:

- отримання інформації фактичні значення контрольованих показників;
- визначення вторинної інформації — відхилень від заданих параметрів;
- підготовка інформації для застосування керуючих впливів на контрольований об'єкт.

Тому, під засобами контролю розуміють комплекс технічних приладів для вимірювання та обробки вхідної інформації. Результатом контролю є судження про стан параметрів об'єкту контролю.

У комплекс повинні входити пристрої і сервер, відповідно необхідно розробити наступне:

- апаратну складову, яка міститиме давачі, засоби вимірювання та інтерфейсу для забезпечення роботи у складі систем "розумного будинку",
- програмну складову, основне завдання якої – обробка повідомлень здавачів та поширення повідомлень з використанням Wi-Fi.

Виходячи з поставлених завдань, в другому розділі при проектуванні апаратного забезпечення слід виконати наступні роботи:

- проаналізувати ринок давачів та обґрунтувати його вибір,
- обґрунтувати вибір та реалізацію інтерфейсу (багатоканальність),
- метод аналого-цифрового перетворення сигналу давача та пристрій його реалізації у разі аналогового перетворення температури
- мікроконтролерну платформу та модуль реалізації бездротового інтерфейсу Wi-Fi.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реалізація програмної складової пристрою контролю температури передбачатиме розробку алгоритму контролю температури та формування повідомлень, обґрунтування та вибір програмного середовища для розробки програми-скетчу та програмну реалізацію алгоритму контролю.

Таким чином, в результаті аналізу відомих рішень в рамках концепції "розумного будинку" можемо констатувати певну розмитість підходів різних розробників та виробників до проблеми нарощування функціональності (масштабованості) систем управління. В зв'язку з цим, проєктований пристрій розглядатимемо, як складову більш функціональнішої системи. Це робить актуальним включення в структуру пристрою інтерфейсів. Іншим чинником, який вимагає апаратної реалізації інтерфейсу (лінії зв'язку) є просторове розміщення датчиків та пристроїв аналого-цифрового перетворення. Враховуючи, що багато фірм-розробників апаратного забезпечення пропонують різний набір периферійних пристроїв та інтерфейсів в схемі мікроконтролера або мікроконтролерної платформи, тому особливо актуальним завданням буде їх вибір. При цьому слід також враховувати наявність програмних середовищ для налаштування мікроконтролерів та програмування програм-скетчів.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦІЇ РОЗУМНИЙ БУДИНОК

2.1 Засоби вимірювання та контролю температури

Як було показано в розділі 1.2 пристрій контролю температури "розумного будинку" можна представити у вигляді двох підсистем – підсистема вимірювання температури та підсистема обробки та формування керуючих повідомлень. При цьому структурну схему вимірювальної підсистеми, з врахуванням просторового розміщення датчиків температури, можна представити наступним чином – рисунок 2.1.

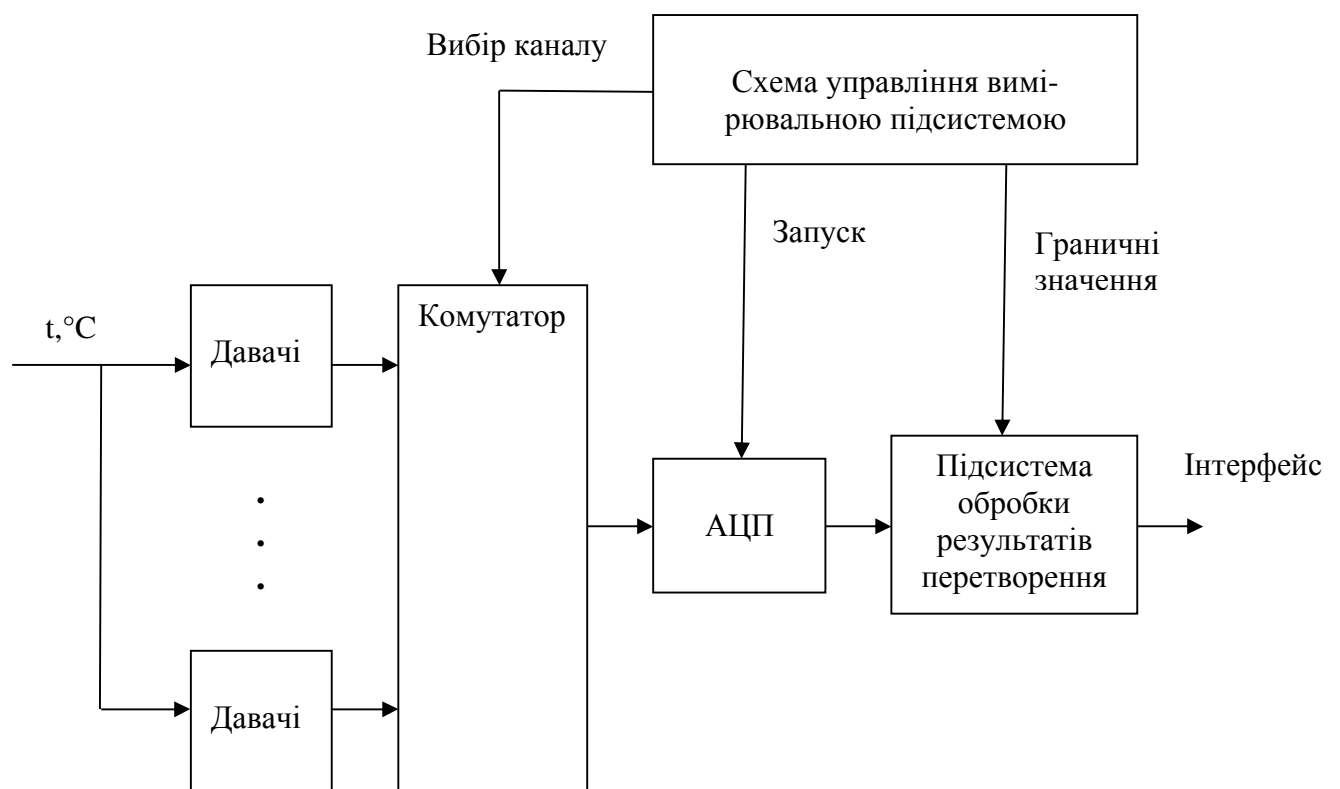


Рисунок 2.1 – Структурна схема вимірювальної підсистеми пристрою контролю температури

Як видно зі схеми основними компонентами підсистеми є датчик та аналого-цифровий перетворювач. Чутливий елемент схеми, або датчик є первинним перетворювачем температури в електричний сигнал, що видає сигнал, кількісно пов'язаний з вимірюваною величиною. Інформація про вимірюваний параметр перетворюється аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) в цифровий код, доступний для обробки цифровими засобами. Однак в даній схемі є певна особливість – АЦП можна розмістити як показано на рисунку 1.2, так і конструктивно сумістити його безпосередньо з датчиком. Тому структурна схема вимірювальної підсистеми може змінюватися. Організаційними компонентами в даній схемі виступають комутатор та схема управління. Їхніми функціями є організація циклічного опитування значень вимірюваної температури. В загальному випадку вимірювальна підсистема може бути простою або програмованою. У простих підсистемах проводиться тільки вимір величини, а обробку здійснює схема побудована за жорстким алгоритмом (наприклад, функцію контролю можна реалізувати з використанням цифрових компараторів) або людина. У програмованій вимірювальній підсистемі в структуру вводиться мікропроцесор (мікроконтролер), який виконує функції обробки і інтерпретації отриманих даних з метою формування керуючого сигналу для подальшого управління температурними процесами.

Як було розглянуто, уточнення структури вимірювальної підсистеми (простої чи програмованої) слід здійснювати з врахуванням конструкції та методу перетворення датчиків. Тому наступним кроком буде аналіз сучасного ринку датчиків.

Вибір датчика та його особливості перетворення інформації впливає на структурну схему пристрою контролю температури. Тому слід розглянути особливості побудови аналогових та цифрових датчиків температури. Традиційними аналоговими датчиками температури є термістори, термоопори та термоелектричні перетворювачі (термопари). Термістором називають напівпровідниковий резистор, активний електричний опір якого залежить від

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температури. Для термістора характерні великий температурний коефіцієнт опору (більший як у металів), простота використання, здатність працювати в різних кліматичних умовах при значних механічних навантаженнях. Недоліком є нелінійність характеристики перетворення та її нестабільність у часі. Промисловістю випускаються термістори типів TMP36 та LM35.

Термометром опору називають прилад побудований на основі металевого чутливого елемента (мідь, платина, нікель, вольфрам), електричний опір якого залежить від температури. Діапазон вимірюваних температур лежить у межах -40°C до 200°C . Залежність опору чутливого елемента від його температури у виражається лінійною залежністю:

$$R_T = R_0 + \alpha \Delta T \quad (2.1)$$

де R_T — електричний опір при температурі T [Ом];

R_0 — електричний опір при початковій температурі T_0 [Ом];

α — температурний коефіцієнт електричного опору [K^{-1}];

ΔT — зміна температури, що становить $T - T_0$ [К].

Промисловістю випускаються термоопори ТСМ (мідні) і ТСП (платинові) типів. До недоліків даних давачів слід віднести низьку швидкодію - від десятків секунд до хвилин.

Термопарою називають термоелектричний перетворювач у вигляді двох ізольованих провідників із різнорідних матеріалів, з'єднаних на одному кінці (гарячий спай). Принцип дії термопари полягає у виникненні термоелектричного ефекту (електричної напруги) у випадку коли температура гарячого спаю відрізняється від температури нез'єднаних кінців. Діапазон вимірюваних температур лежить у межах від -40°C до 1600°C в залежності від типу.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Типовим сучасним екземпляром цифрових датчиків температури є прибор фірми Dallas Semiconductor DS18B20. DS18B20 - це цифровий перетворювач температури, з можливістю перетворення 9 - 12 розширених і функціональних сигналів контролю температури. Параметри контролю можуть бути задані користувачем і збережено в енергонезалежній пам'яті. DS18B20 обмінюється даними з мікроконтролером по однопроводній лінії зв'язку, використовуючи протокол інтерфейсу 1-Wire рисунок 2.2 [12].

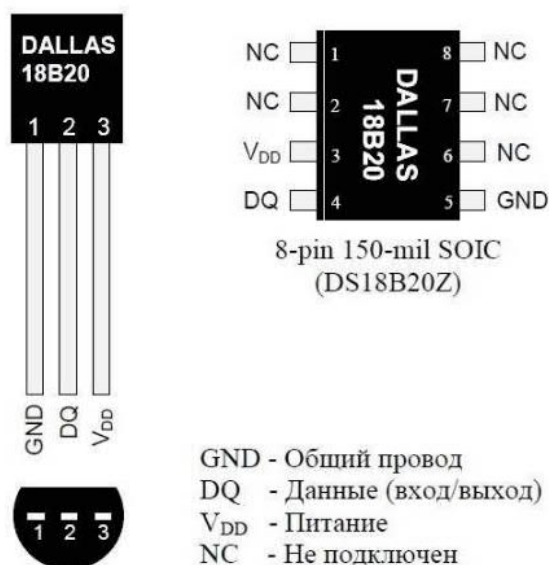


Рисунок 2.2 – Цифровий датчик температури DS18B20

Живлення датчик може отримувати безпосередньо від лінії даних, без використання зовнішнього джерела. У цьому режимі живлення датчик відбувається від енергії, запасеної на паразитній ємності. Діапазон вимірювання температури становить від -55 до +125 °C. Для діапазону від -10 до +85 °C похибка не перевищує 0,5 °C.

У кожній мікросхемі DS18B20 є унікальний серійний код, що дозволяє підключити до однієї лінії зв'язку багато датчиків. Тобто через один порт мікроконтроллера можна обмінюватися даними з декількома датчиками.

Основна функція DS18B20 - перетворення температури давача в цифровий код. Роздільна здатність перетворення задається 9, 10, 11 або 12 бітами, що відповідає чутливості - 0,5 (1/2)°C, 0,25 (1/4)°C, 0,125 (1/8)°C і 0,0625 (1/16)°C. При включенні джерела живлення, стан конфігурації встановлюється на роздільну здатність 12 біт.

Після включення живлення DS18B20 знаходиться в режимі низького споживання енергії. Щоб ініціювати зміну температури система управління (мікроконтроллер), повинна виконати команду "перетворення температури" [44h]. Після завершення перетворення, результат вимірювання температури буде перебувати в 2 байтах, і давач буде переведено в стан спокою.

Основним недоліком даного пристрою є те, що швидкість передачі даних по однопровідній лінії (1-Wire) є невисокою та недостатньо надійною. Іншим недоліком є складність розробки програмного забезпечення.

Враховуючи, що особливістю роботи давачів є необхідність вимірювання температур в двох діапазонах 0-35°C (режим контролю температури експлуатації приміщень), 15-40°C (необхідність режиму вентиляції) та > 60°C (режим пожежної безпеки) в ролі давача температури вибираємо мідний термометр опору типу ТСМ (низька вартість, лінійна характеристика перетворення) та цифровий давач DS18B20. Особливістю є те, що межі діапазонів контролю можна змінювати за вимогою замовника.

2.2 Структура пристрою контролю температури

Враховуючи результати отримані в розділах 2.1 та 2.2 розглянемо особливості структурної схеми пристрою контролю температури. Оскільки в якості давача температури запропоновані мідні термометри опору, то в структурній схемі повинні бути передбачені схема підключення термометра опору. Просторове розміщення давачів вимагає включення в структурну

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

схему лінії зв'язку та аналогового комутатора (аналоговий мультиплексор). Функції управління, обробки та інтерфейсу (модуль Wi-Fi) суміщені в мікроконтролерній платформі WeMos D1R2. З врахуванням вищесказаного структурна схема набере виду – рисунок 2.4.

Схема підключення аналогового датчика, як правило, складається з декількох компонентів за допомогою яких здійснюється перетворення температури в електричний сигнал. Але сигнал, одержуваний від сенсора, як правило, невеликий. Для отримання сигналу, придатного для посилення, сенсор найчастіше включається в мостову схему - місток Уїтстона – рисунок 2.5.

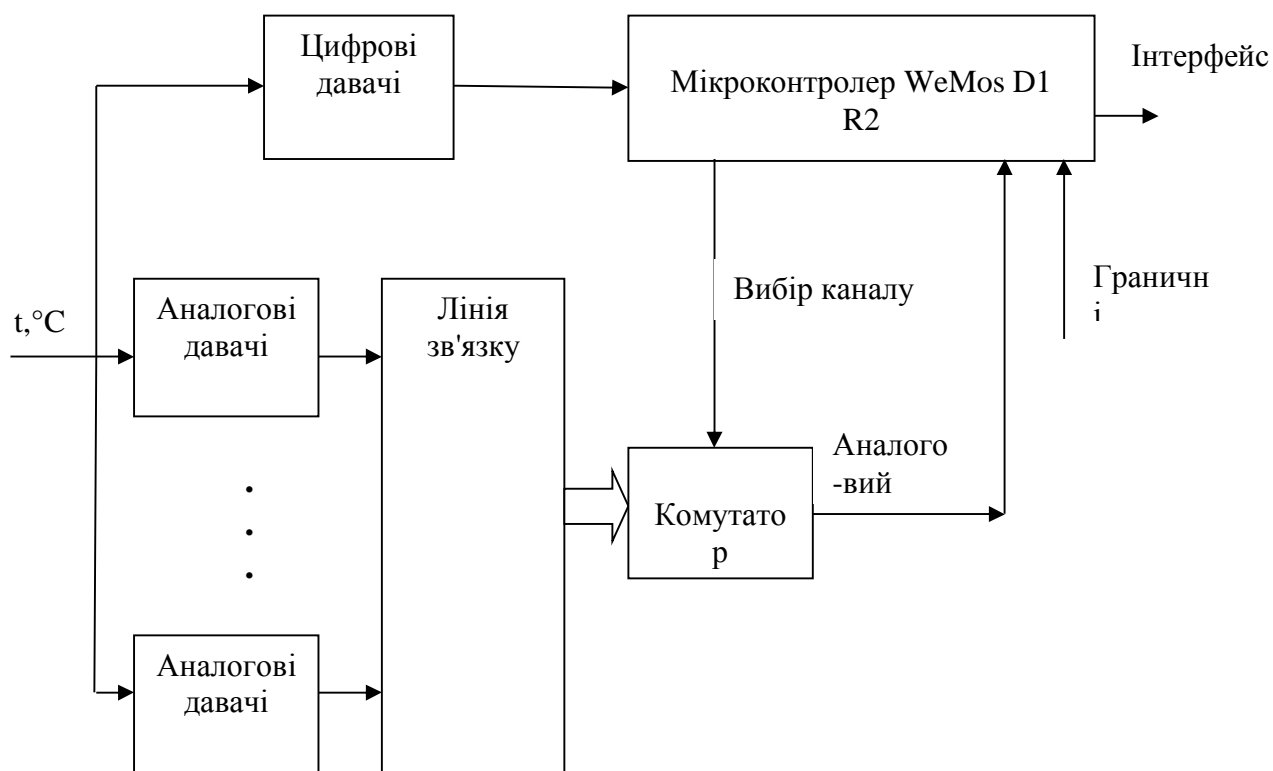


Рисунок 2.4 – Структурна схема пристрою контролю температури

Призначення мостової схеми - точне вимірювання напруги на опорі датчика. До діагоналі моста AD підключається джерело постійного струму (опорна напруга).

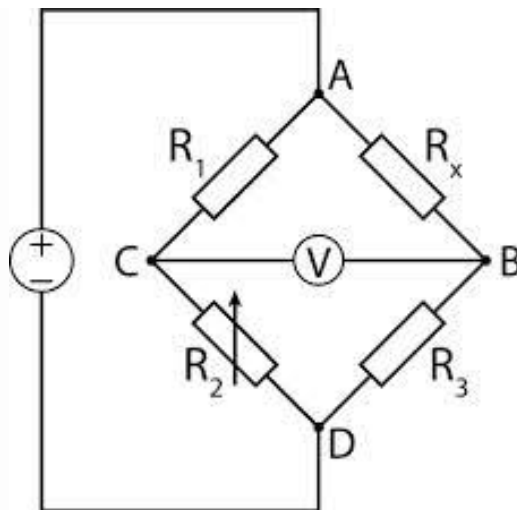


Рисунок 2.5 - Міст Уїтстона

В іншу діагональ підключений вимірювальний прилад (АЦП). Калібрування термоопору R_x здійснюється підлаштування резистора R_2 . Опір резисторів R_1 і R_3 підбирається дуже точно, їх розкид повинен бути мінімальний. Тільки в цьому випадку навіть невеликий розбаланс моста викликає досить помітну зміну напруги в діагоналі BC . Саме ця властивість мосту використовується для підключення чутливих елементів (сенсорів) різних аналогових давач. Для використання сигналу, отриманого з давача, потрібно його подальша передача і перетворення і обробка схемою контролера.

Для підключення давачів типу ТСМ використовується двопровідна лінія, якщо відстань від давача до приладу не перевищує 200м. Якщо ця відстань більше, то використовується трьохпровідна лінія зв'язку, в якій третій дріт використовується для компенсації опору підвідних дротів. Подібні способи підключення докладно показані в технічних описах приладів, які комплектуються давачами ТСМ. Враховуючи, що довжина лінії зв'язку при просторовому розміщенні давачів температури в межах будинку (квартири) не перевищує 200м, вибираємо двох провідну лінію зв'язку схеми моста Уїтстона до комутатора каналів.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Аналоговий комутатор (мультиплексор) здійснює підключення сигналу вибраного каналу до АЦП (аналоговий вхід) контролера. При цьому номер каналу задається контролером виводами контролера в режимі виводу – рисунок 2.6. Основні параметри аналогового мультиплексора (комутатора):

- комутувана напруга $U_{ком}$ – максимальне значення напруги, що подається на аналогові входи комутатора;
- керуюча напруга (струм) $U_{упр}$ ($I_{упр}$) – значення сигналу на керуючому вході комутатора, що забезпечує зміну стану ключа;
- комутований струм $I_{ком}$ - значення струму в аналоговому колі;
- опір у відкритому стані (прямий опір) $R_{отк}$ відкритого;
- опір у закритому стані $R_{зкр}$ - опір замкнутого ключа. Опір закритого ключа є одним з джерел похибки перетворювачів;
- час включення/виключення - інтервал часу між фронтом керуючого сигналу і моментом включення/виключення аналогового сигналу.

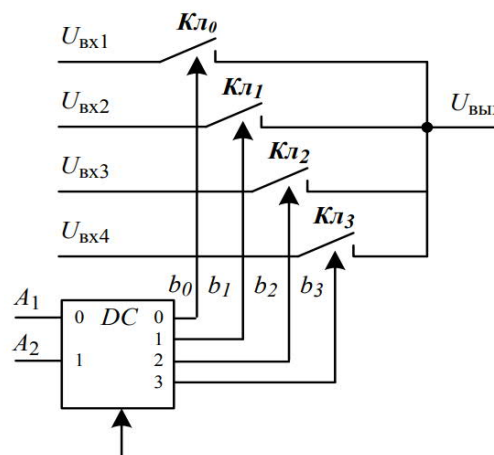


Рисунок 2.6 - Структура аналогового комутатора

Таким чином, в даному розділі розроблено структурну схему, що передбачає підключення як аналогових, так і цифрових датчиків температури до комп'ютерної платформи WeMos D1R1.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Обґрунтування та вибір мікроконтролера

Існує два принципово різних підходи до проектування цифрових пристроїв: використання принципу схемної логіки або використання принципу програмованої логіки. Як видно з вищесказаного в розділі 2.1 та рисунку 2.1 важливим компонентом пристрою контролю температури є АЦП, схема управління та інтерфейс зв'язку з системою верхнього рівню (забезпечення масштабованості системи "розумний будинок"). Пропонується вирішити дане питання на основі застосування мікроконтролера. Однокристальні мікроконтролери (ОМК) дозволяють істотно розширити інтелектуальні можливості різного роду пристроїв і систем. Вони являють собою, по суті, спеціалізовані однокристальних мікро-ЕОМ, які містять вбудовані периферійні вузли і пристрої для зв'язку із зовнішнім середовищем. Набір цих пристроїв визначає їх функціональні можливості і області застосування.

Виходячи із постановки задачі (розділ 1.3) та матеріалів розділу 2.1 на структуру пристрою контролю температури покладаються наступні функції:

- управління аналоговим комутатором;
- аналого-цифрового перетворення;
- обробки сигналу;
- можливість передачі даних по інтерфейсу Wi-Fi на систему більш високого рівню.

Серед виробників мікроконтролерів виділяються фірми Cypress, Dallas Semiconductor, Philips, Infineon (Siemens), Fujitsu, Mitsubishi Electronics, Temic, National Semiconductor, Oki Semiconductor. На особливу увагу заслуговують мікроконтролери фірм Atmel, STMicroelectronics [14].

На сьогоднішній день одними з найпопулярніших є мікроконтролери AVR фірми Atmel (родина Atmega). Вони мають розвинену систему команд, що налічує до 133 інструкцій, продуктивність, що наближається до 1 MIPS /

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МГц, Flash ПЗУ програм з можливістю внутрішнього перепрограмування. AVR-архітектура оптимізована під мову високого рівня Сі. Крім того, всі кристали сімейства сумісні "від низу до верху". Важливу роль відіграла доступність програмного забезпечення і засобів підтримки розробки. Фірма Atmel приділяє цьому питанню велику увагу і випускає безкоштовне середовище розробки скетчів Atmel Studio, що працює під Windows.

Разом з тим китайською фірмою Espressif випускається мікроконтролер ESP8266, що реалізує інтерфейс Wi-Fi. Окрім Wi-Fi, мікроконтролер відрізняється можливістю виконувати програми з зовнішньої флеш-пам'яті з інтерфейсом SPI.

В загальному випадку схема управління пристроєм контролю температури могла б складатися з послідовно включених мікроконтролера AVR та модуля Wi-Fi ESP8266. Однак на сьогодні існує багато вже готових контролерних плат (платформ) з розміщеними на них мікроконтроллерами і засобами завантаження програм. Такі плати призначені як для оцінки роботи з мікроконтролером (називаються оціночними платами), так і для роботи в рамках закінчених пристроїв. Серед них виділяється бюджетна платформа суміщеного з лінійкою Arduino контролера WeMos D1 на основі модуля Wi-Fi ESP8266 – рисунок 2.3.

Технічні характеристики WeMos D1 R2 на ESP8266:

- 11 цифрових входів/виходів. Всі виводи підтримують interrupt / pwm / I2C / one-wire (за винятком D0);
- 1 аналоговий вхід (максимальна вхідна напруга 3,3 В);
- мікро USB роз'єм;
- роз'єм живлення (9-24 В);
- підтримка Arduino IDE;
- мікроконтролер;
- частота мікроконтролера 80MHz / 160МГц;
- Flash пам'ять 4 Мб;

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- програмування через Serial або OTA (бездротова завантаження програмного коду по Wi-Fi);
- наявність WI-FI модуля.



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд мікроконтролерної платформи WeMos D1

На платі є роз'єм під зовнішню WiFi антену - завдяки цьому можна розширити площу покриття мережею. Програмування плати здійснюється за допомогою стандартного середовища розробки Arduino IDE. Контролер включає в себе процесор, периферію, оперативну пам'ять і пристрої вводу/виводу. Найбільш часто мікроконтролери застосовуються в комп'ютерній техніці, побутових приладах і інших електронних пристроях. WeMos відрізняється низькою вартістю і простотою підключення та програмування.

Встановлення драйверів для WeMos D1 R2 здійснюємо наступним чином. Підключаємо контролер до USB порту комп'ютера micro USB кабелем. Скачуємо архіви з драйверами ch341ser_win.zip, а драйвери WeMos під Windows 10 wemos-driver-win10.zip.

Призначення виводів приведено в таблиці 2.1.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Призначення виводів мікроконтролерної платформи WeMos D

Pin	Function	ESP-8266 Pin
TX	TXD	TXD
RX	RXD	RXD
A0	Analog input, max 3.3V input	A0
D0	IO	GPIO16
D1	IO,SCL	GPO5
D2	IO,SDA	GPIO4
D3	IO,pull-up	GPIO0
D4	IO,pull-up,BUILTIN_LED	GPIO2
D5	IO,SCK	GPIO14
D6	IO,MISO	GPIO12
D7	IO,MOSI	GPIO13
D8	IO,pull-down,SS	GPIO15
G	Ground	GND
5V	5V	-
3V3	3.3V	3.3V
RST	Reset	RST

Після установки драйверів перевіряємо стан в диспетчері пристроїв операційної системи.

Таким чином, в даному розділі розглянуто питання вибору мікроконтролера та комп'ютерної платформи для реалізації системи контролю температури в рамках концепції розумний будинок. Це послужить основою для її апаратно-програмної реалізації.

3 АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ..

3.1 Розробка схеми вимірювання температури

Апаратну реалізацію системи контролю температури розпочнемо із розробки її вимірювальної частини. Як було показано в розділі 2, в ролі датчиків температури пропонується використати як аналогові термометри опору, так і цифровий датчик.

Згідно опису мікроконтролера WeMos D1 R1 та структурної схеми пристрою контролю температури приведеної на рисунку 2.5, для підключення декількох датчиків до одного аналогового входу мікроконтролера, потрібно крім вимірювальної схеми розробити схему комутатора аналогових сигналів. Як аналоговий комутатор пропонується мікросхема фірми Analog Devices ADG663BRU – рисунок 3.1.

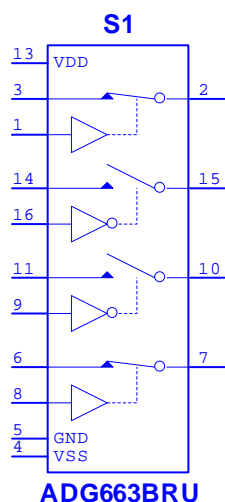


Рисунок 3.1 - Аналоговий комутатор

Мікросхеми ADG661, ADG662 і ADG663 є монолітними КМОП-пристроями, що складаються з чотирьох незалежних перемикачів. Ці

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перемикачі мають низький, добре регульований опір і широкий діапазон аналогових сигналів, що робить їх ідеальними для точного перемикання. Вони виготовляються за допомогою вдосконаленого CMOS (LC2 MOS) процесу Analog Devices, який пропонує переваги низьких струмів витоку, наднизького розсіювання потужності та низьких ємностей для швидких перемикачів. Внутрішній опір перемикача рівний по всьому діапазону аналогового входу, що забезпечує відмінну лінійність і низьке спотворення при перемиканні. ADG661, ADG662 і ADG663 містять чотири незалежних SPST-перемикача. ADG661 і ADG662 відрізняються лише тим, що цифрова логіка керування інвертується. Перемикачі ADG661 увімкнені з низьким рівнем логіки на відповідному входному керуванні, тоді як для ADG662 необхідне високе логічне значення. ADG663 має два перемикача з цифровою логікою управління, аналогічною ADG661, тоді як логіка інвертується на двох інших перемикачах.

В ролі аналогового датчика температури використаємо мідний термоелемент ТМ166. Даний датчик призначений для вимірювання температури спокійних неагресивних струмонепровідних рідин і газів. Чутливий елемент термометра - мідний дріт діаметром 50 мкм, намотаний у вигляді плоскої таблетки. Спосіб кріплення у виробі - штуцер з різьбленням. Має п'ять параметричних модифікацій уніфікованої конструкції – таблиця 3.1.

Вимірювальний електронний блок - від простих схем на транзисторах і операційних підсилювачах і до найскладніших цифрових і мікропроцесорних

Таблиця 3.1 – Параметри датчика температури ТМ 166

	ТМ 166	ТМ 166-01	ТМ 166-02	ТМ 166-03	ТМ 166-04
Діапазон вимірювання, °С	-196 ÷ +200				
Опір, при 0°С, Ом	23 ±0,3	30 ±0,3	53 ±0,3	60 ±0,9	100 ±0,9
Температурний коефіцієнт опору, 1/град	0,00428				

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

систем - вимагає для своєї роботи одного або декількох стабільних джерел постійного струму (опорна напруга). Такі стабілізовані джерела живлення універсальні і можуть бути виготовлені у вигляді інтегральних мікросхем стабілізаторів напруги. Регулюючим елементом таких стабілізаторів є біполярний або польовий транзистор. Якщо цей транзистор працює в активному режимі, то стабілізатор називають лінійним (безперервним), а якщо регулюючий транзистор працює в ключовому режимі - імпульсним.

В якості джерела опорної напруги пропонується використати мікросхему LT1085СМ. З її допомогою генерується опорна напруга 3,3В, що відповідає діапазону вимірювань аналого-цифрового перетворювача мікроконтролера. Вимірювальна схема моста Уїтстона для датчиків температури приведена на рисунку

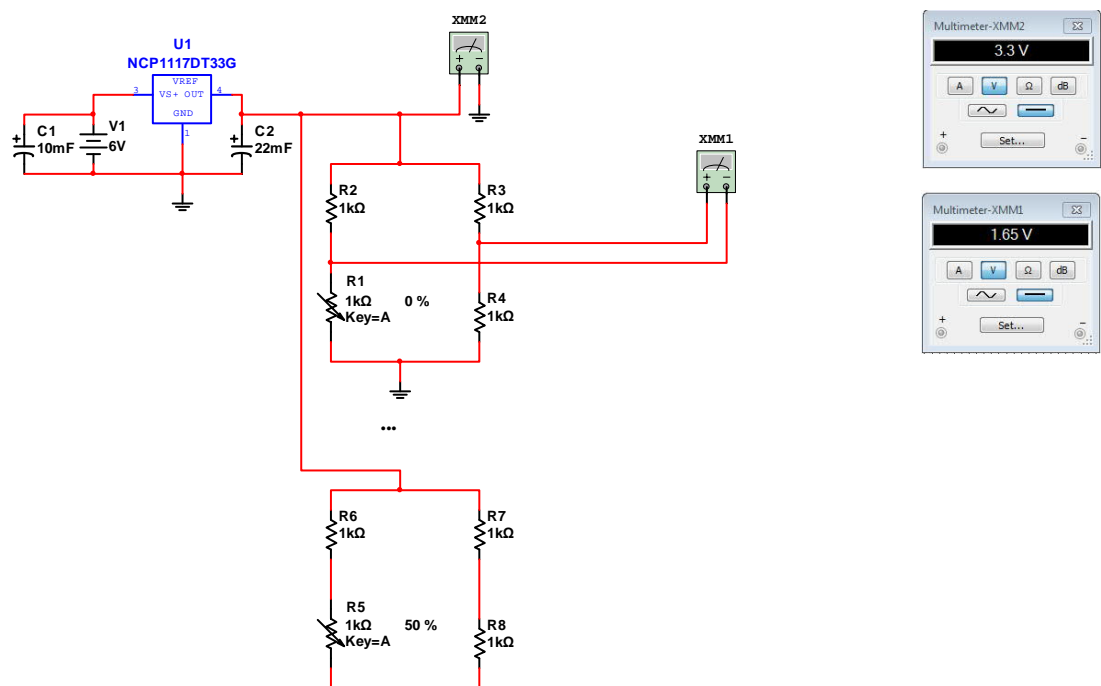


Рисунок 3.2 – Схема Уїтстона для аналогових датчиків температури

Мультиметр ХММ2 фіксує роботу стабілізатора опорної напруги на рівні 3,3В, а мультиметр ХММ відмічає зміни напруги в діагоналі моста Уїтстона.

імпульс скидання, після цього датчик повинен подати імпульс присутності, повідомляє про готовність до виконання операції.

- Запис даних - відбувається передача байта даних в датчик.
- Читання даних - відбувається прийом байта з датчика.

Для роботи з давачем нам знадобиться програмне забезпечення Arduino IDE, та бібліотека OneWire. У випадку якщо використовується кілька датчиків на шині, можна використовувати бібліотеку DallasTemperature. Вона буде працювати поверх OneWire.

Таким чином, в даному розділі розроблено схеми аналогового та цифрового блоків вимірювання температури, що служать основою для розробки програмних скетчів.

3.2 Налаштування Arduino IDE для роботи р WeMos D1R1

Розробка програмного забезпечення здійснюється в середовищі Arduino IDE. Версію програмного середовища Arduino 1.6.7, яка може працювати з контролерами з вбудованими модулями Wi-Fi, можна скачати на сайті <https://www.filehorse.com/>.

Запуск архівованого файлу приводить до установки на персональному комп'ютері середовища програмування Arduino IDE v.1.6.7 – рисунок 2.7. Особливістю процесу установки є те, що попередня версію програмного забезпечення видаляється. Наступним кроком є налаштування Arduino IDE на використання модуля ESP 8266 – рисунок 2.8. У вкладці "Налаштування", в пункті "Дополнительные ссылки для менеджера плат", натиснувши кнопку вибору, у вспливаючому діалоговому вікні вибираємо для використання стабільної версії бібліотеки ESP8266 посилання http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json, а для

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання останньої версії бібліотеки ESP8266 посилання http://arduino.esp8266.com/staging/package_esp8266com_index.json.

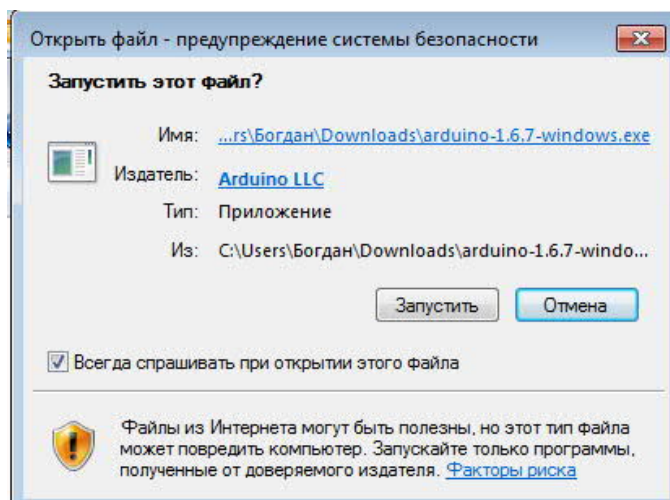


Рисунок 2.7 – Установка программного середовища Arduino IDE v.1.6.7

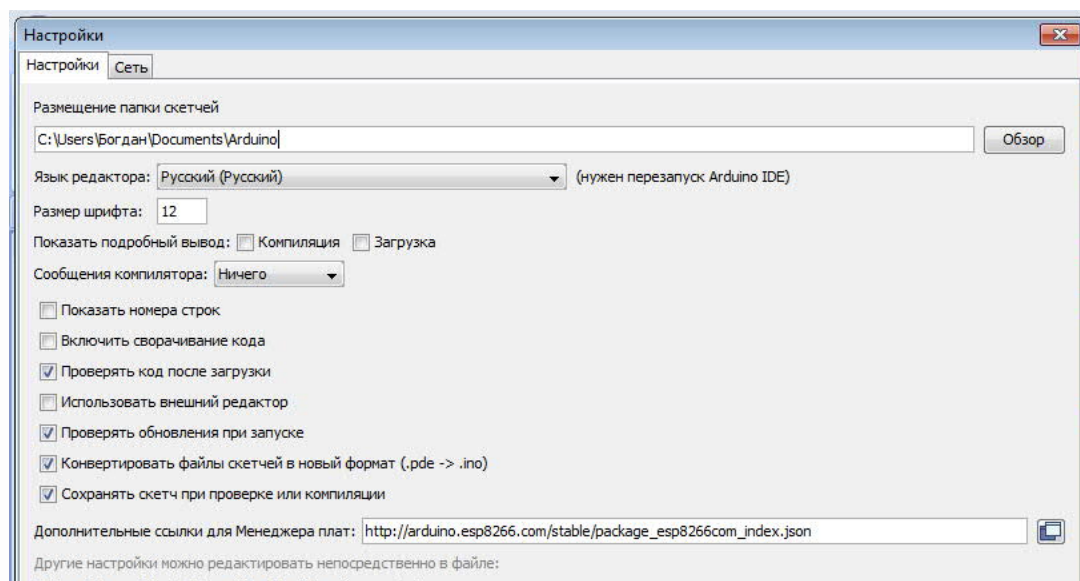


Рисунок 2.8 – Налаштування Arduino IDE для роботи з мікроконтролером WeMos D1 R2 (на базі ESP 8266)

Установка бібліотек і інструментарію ESP8266 (вибір версії) здійснюється відповідно з рисунком 2.9.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ

Арк.

40

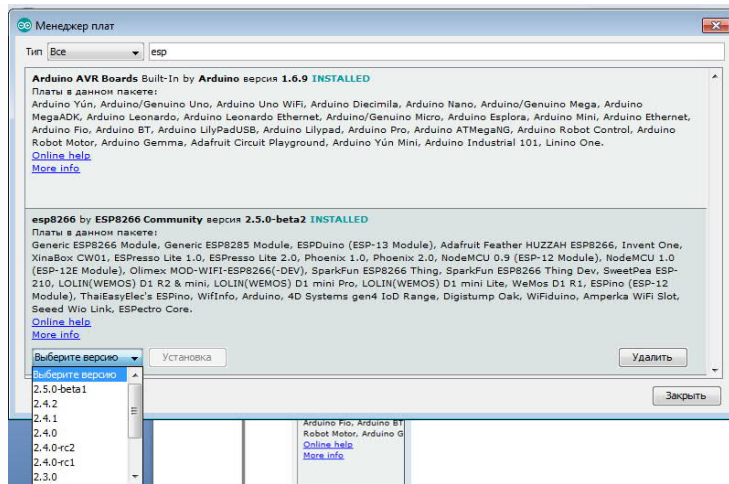


Рисунок 2.9 – Установка бібліотек і інструментарію ESP8266

В результаті проведених налаштувань в пункті меню "Інструменти" з'явиться модуль ESP 8266 – рисунок 2.10. Середовище програмування налашоване на розробку програми – скетчу. Після цього з'єднуємо модуль WeMos D1 R2 (ESP8266) р комп'ютером при допомозі кабелю USB. Завантаження скетчу в мікроконтролер здійснюється через COM – порт – рисунок 2.11.

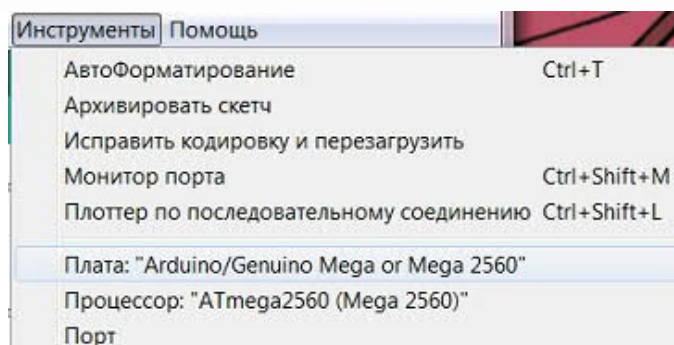


Рисунок 2.11 – Налаштування порту завантаження програми в мікроконтролер

Таким чином, в результаті розробки проектної частини бакалаврської роботи розроблено структурну схему пристрою контролю температури. При

її уточненні та деталізації вибрано мідні термометри опору в якості датчиків температури. Запропоновано схему їх підключення та обґрунтовано вибір мікроконтролера WeMos D1 R2 з вбудованим модулем Wi-Fi. З метою підготовки процесу програмування мікроконтролера здійснено налаштування програмного середовища Arduino IDE на даний мікроконтролер.

3.3 Програмні скетчі обробки результатів вимірювання

Алгоритм отримання інформації про температуру в скетчі складається з наступних етапів:

- Визначення адреси датчика, перевірка його підключення.
- На датчик подається команда з вимогою прочитати температуру і викласти вимірне значення в регістр. Процедура відбувається довше за інших, на неї необхідно приблизно 750 мс.
- Подається команда на читання інформації з регістра і відправка отриманого значення в «монітор порту»,
- Якщо потрібно, то проводиться конвертація в градуси Цельсія / Фаренгейта.

DS18B20 використовує для обміну інформацією з Ардуіно протокол 1-Wire, для якого вже написана відмінна бібліотека. Можна і потрібно використовувати її, щоб не реалізовувати всі функції вручну. Завантажити OneWire можна тут. Для установки бібліотеки скачайте архів, розпакуйте в папку library вашого каталогу Arduino. Підключається бібліотека за допомогою команди `#include <OneWire.h>`. Основні команди бібліотеки OneWire:

- `search (addressArray)` - шукає температурний датчик, при знаходженні в масив `addressArray` записується його код, в іншому випадку - `false`.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- reset_search () - проводиться пошук на давачі.
- reset () - виконання скидання шини перед тим, як зв'язатися з пристроєм.
- select (addressArray) - вибирається пристрій після операції скидання, записується його ROM код.
- write (byte) - проводиться запис байта інформації на пристрій.
- write (byte, 1) - аналогічно write (byte), але в режимі паразитного живлення.
- read () - читання байта інформації з пристрою.
- crc8 (dataArray, length) - обчислення CRC коду. dataArray - обраний масив, length - довжина коду.

Важливо також правильно налаштувати режим живлення в скетчі. Для паразитного живлення в рядку 65 потрібно записати ds.write (0x44, 1). Для зовнішнього живлення в рядку 65 має бути записано ds.write (0x44).

Скетч для роботи з цифровим датчиком виглядає наступним чином (в скетчі використовується бібліотека OneWire).

```
#include <OneWire.h>
/*
 * Опис взаємодії з цифровим датчиком ds18b20
 * Підключення ds18b20 до Ардуіно через пін 8
OneWire ds(8);
/*
// Створюємо об'єкт OneWire для шини 1-Wire, за допомогою якого буде здійснюватися
робота з давачем
void setup(){
  Serial.begin(9600);
}
```

В наступній частині скетчу здійснимо зчитування показів давача DS18B20.

```
void loop()
{
  // Визначаємо температуру від датчика DS18b20
  byte data[2]; // Визначаємо місце для значення температури
  ds.reset(); // Починаємо взаємодію зі скидання всіх попередніх команд і параметрів
```

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

ds.write(0x44); // Даємо датчику DS18B20 команду виміряти температуру. Саме значення
температури ми ще не отримуємо - датчик його покладе у внутрішню пам'ять
delay(1000); // Затримка на час вимірювання.
ds.reset(); // Онулюємо пам'ять
ds.write(0xCC);
ds.write(0xBE); // Просимо передати значення регістру зі значенням температури
// Отримуємо і зчитуємо відповідь
data[0] = ds.read(); // Читаємо молодший байт значення температури
data[1] = ds.read(); // Старший розряд
// Формуємо результат
float temperature = ((data[1] << 8) | data[0]) * 0.0625;
// Виводимо отримане значення температури в монітор
Serial.println(temperature);
}

```

Для визначення температури за допомогою аналогового датчика вихід комутатора підключаємо до аналогового порту А0. У скетчі зчитується значення температури і виводиться в порт. Реалізація даних процедур здійснюється за допомогою функції Serial.println ().

```

void setup() {
Serial.begin(9600); // Ініціалізуємо обмін з комп'ютером на швидкості 9600
}
void loop() {
// Зчитуємо значення з аналогового порту
int sensorValue = analogRead(A0);
// Записуємо це значення в порт
Serial.println(sensorValue);
// Формуємо затримку необхідну для переходу на інший канал
delay(1);
}

```

Для задання номеру аналогового датчика слід використати функцію В скетчі використовуємо вбудовану константу НомерКаналу, що містить номер порту, до якого підключений дешифратор комутатора.

```

void setup() {
pinMode(НомерКаналу1, OUTPUT); // Встановлюємо тип піну - вихід
void loop()
{
digitalWrite(НомерКаналу1, HIGH); // Виводимо високий рівень сигналу
delay(1000); // робимо затримку для переходу на наступний канал
digitalWrite(НомерКаналу1, LOW); // виводимо низький рівень сигналу
delay(1000); // робимо затримку для переходу на наступний канал
}

```

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Якщо організувати циклічну зміну n-розрядного коду з інкрементом 1, то можна реалізувати послідовне управління дешифратором аналогового комутатора та сформувати масив температури розумного будинку. Дані скетчі після компіляції прошиваються в пам'яті комп'ютерної платформи WeMos D1R1.

Таким чином, в даному розділі розроблено скетчі для визначення температури за допомогою як цифрових, так і аналогових сигналів.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Метою техніко – економічного розділу дипломного проекту є здійснення економічних розрахунків, спрямованих на визначення економічної доцільності апаратного засобу дешифрації за алгоритмом Рабіна. Потрібно визначити доцільність вибраного обладнання, провести розрахунок витрат на розробку даного проектного рішення, визначити прогнозовану ціну апаратного засобу, визначити показники економічної ефективності, зробити відповідні висновки.

4.1 Розрахунок капіталовкладень на розробку апаратного засобу

При загальному підході до розрахунку капіталовкладень, які необхідні на розробку та впровадження апаратного засобу дешифрації, можна записати:

$$K = K_{np} + B_{np} + B_m \quad (4.1)$$

де K – капіталовкладення на створення і впровадження;

K_{np} – витрати на виконання проектних робіт;

B_{np} – кошторисна вартість приладів та обладнання проектованого рішення;

Основними факторами при розрахунку витрат на виконання проектних робіт, що впливають на суму є: затрати часу на виконання проекту, необхідна кількість спеціалістів, їхня заробітна плата.

4.1.1 Розрахунок витрат на оплату праці

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на оплату праці включають заробітну плату (ЗП) всіх категорій працівників, безпосередньо зайнятих на всіх етапах проектування. Розмір ЗП обчислюється на основі трудоемності відповідних робіт та середньої ЗП відповідних категорій працівників.

У розробці проектного рішення задіяні наступні спеціалісти - розробники, а саме: керівник проекту; студент-дипломник; консультант техніко-економічного розділу (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 - Вихідні дані для розрахунку витрат на оплату праці

Посада виконавців	Місячний оклад, грн.
Керівник ДП, викладач	6026
Консультант техніко-економічного розділу, доцент	6026
Студент	1100

Витрати на оплату праці розробників проекту визначаються за формулою (4.1):

$$B_{оп} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M n_{ij} \cdot t_{ij} \cdot C_{ij} \quad (4.1)$$

де n_{ij} – чисельність розробників i – ої спеціальності j – го тарифного розряду, осіб;

t_{ij} – затрачений час на розробку проекту співробітником i – ої спеціальності j – го тарифного розряду, год;

C_{ij} – годинна ставка працівника i – ої спеціальності j – го тарифного розряду, грн.,

Годинну ставку працівника можна розрахувати за формулою:

$$C_{ij} = \frac{C_{ij}^0 (1+h)}{PQ_i} \quad (4.2)$$

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де C_{ij} – основна місячна заробітна плата розробника i – ої спеціальності j – го тарифного розряду, грн.;

h – коефіцієнт, що визначає розмір додаткової заробітної плати (при умові наявності доплат);

$РЧ_i$ – місячний фонд робочого часу працівника i – ої спеціальності j – го тарифного розряду, год. (приймаємо 168 год.).

Коефіцієнт h , який визначає розмір додаткової заробітної плати, для керівника та консультанта техніко-економічного розділу дорівнює 1,47.

Середня годинна ставка керівника та консультанта техніко-економічного розділу бакалаврської роботи дорівнює:

$$C_{ij} = \frac{5470 \cdot (1 + 1,47)}{168} = 80,42 \text{ грн./год.}$$

Середня годинна оплата студента дорівнює:

$$C_{ij} = \frac{1200}{168} = 7,14 \text{ грн./год.}$$

Витрати на оплату праці складають:

$$B_{оп} = 20,5 \cdot 80,42 + 2 \cdot 80,42 + 144 \cdot 7,14 = 2837,45 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку записують до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців	Час розробки, год	Погодинна заробітна плата, грн/год.	Витрати на розробку, грн
Керівник ДП, доцент	16	80,42	1648,61
Консультант техніко-економічного розділу, доцент	2	80,42	160,84
Студент	144	7,14	1028
Разом			2837,45

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

4.1.2 Відрахування на соціальні заходи

Величну відрахувань у спеціальні державні фонди визначають у відсотковому співвідношенні від суми основної та додаткової заробітних плат. Згідно діючого нормативного законодавства єдиний соціальний внесок складає 16,4% від суми заробітної плати:

$$B_{\phi} = 0,164 \cdot B_{\text{оп}}$$

$$B_{\phi} = \frac{16,4}{100} \cdot 2837,45 = 465,34 \text{ грн.}$$

4.1.3 Розрахунок витрат на матеріали та комплектуючі

Загальна сума витрат на матеріальні ресурси (ВМ) визначається за формулою:

$$B_M = \sum_{i=1}^n K_i \cdot C_i, \quad (4.3)$$

де K_i - витрата i -го типу матеріалу, натуральні одиниці вимірювання;

C_i - ціна за одиницю i - го типу матеріалу, грн.;

i - тип матеріального ресурсу;

n - кількість типів матеріальних ресурсів.

Таблиця 4.3 - Зведені розрахунки матеріальних витрат

Найменування матеріальних ресурсів	Од. виміру	Факт. витрачено матеріалів	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн	Транспортні витрати (10% від суми)	Загальна сума, грн
М/сх. середньої складності	шт	18	45	810	81	891
М/сх. логіки	шт.	5	10	50	5	55
Папір (формат А4)	уп	2	80	160	16	176
Р а з о м						1041

4.1.4 Витрати на використання комп'ютерної техніки

Витрати на використання комп'ютерної техніки складаються з витрат на амортизацію комп'ютерної техніки, витрат на користування програмним забезпеченням, витрат на електроенергію, що споживається комп'ютером. За даними обчислювального центру ТНЕУ для комп'ютера типу IBM PC/ATX вартість години роботи дорівнює 5,23 грн. Середній щоденний час роботи на комп'ютері – 2 години. Розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки приведений в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4- Розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки

Назва етапів робіт, при виконанні яких використовується комп'ютер	Час використання комп'ютера, год.	Витрати на використання комп'ютера грн.
Проведення досліджень та оформлення їх результатів	60	313,8
Оформлення техніко-економічного розділу	8	41,84
Оформлення ДП	12	62,76
Разом	80	418,4

Якщо для розробки КС купується і монтується спеціальне обладнання, то необхідно врахувати також витрати на доставку і монтаж. Ці витрати (в залежності від складності монтажу) можуть бути прийняті у розмірі 10-25% від витрат на придбання обладнання.

4.1.5 Накладні витрати

Накладні витрати проектних організацій включають три групи видатків: витрати на управління, загальногосподарські витрати, невиробничі витрати.

Вони розраховуються за встановленими відсотками до витрат на оплату праці.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середньостатистичний відсоток накладних витрат приймемо 150% від заробітної плати:

$$H = 1,5 \cdot 2837,45 = 4256,17 \text{ грн.}$$

4.1.6 Інші витрати

Інші витрати є витратами, які не враховані в попередніх статтях. Вони складають 10% від заробітної плати:

$$I = 2837,45 \cdot 0,1 = 283,75 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку проектного рішення дорівнюють:

$$K_{ПР} = V_{ОП} + V_{\Phi} + V_{М} + V_{ЕЛ} + H + I,$$

$$K_{ПР} = 2837,45 + 465,34 + 510,82 + 418,4 + 4256,17 + 283,75 = 8771,93 \text{ грн.}$$

На підставі отриманих даних за окремими статтями складається кошторис витрат на розробку КС за формою, наведеною в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Кошторис витрат на розробку, відлагодження та дослідну експлуатацію КС

Статті витрат	Сума, грн.
1. Матеріальні витрати, в тому числі: матеріали	1041
електроенергія	418,4
2. Витрати на оплату праці	2837,45
3. Відрахування на соціальні потреби	465,34
4. Накладні витрати	283,75
5. Інші витрати.	4256,17
РАЗОМ по кошторису	9030

4.2 Визначення прогнозованої ціни

Величина можливої (договірної) ціни КС повинна визначатися з урахуванням ефективності, якості і термінів її виконання на рівні, що відповідає економічним інтересам замовника (споживача) і виконавця. Договірна ціна (C_d) для прикладних КС розраховується за формулою:

$$C_d = B_{КС} \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right), \quad (4.4)$$

де $B_{КС}$ – кошторисна вартість КС, грн.;

p - середній рівень рентабельності КС, % (приймається в розмірі 20-30% за погодженням з керівником).

$$C_d = 9030 \cdot 1.3 = 11739 \text{ грн.}$$

4.2.1 Економічне обґрунтування вибору комплексу технічних і програмних засобів

Для впровадження більшості КС необхідно:

- придбання та встановлення засобів комп'ютерної техніки;
- придбання та інсталяція системного програмного забезпечення;
- інсталяція і адаптація спеціалізованого програмного забезпечення

Кожен з перерахованих пунктів допускає безліч різних варіантів, так як існує велика кількість конфігурацій комп'ютерів, обладнання та різноманітних програмних продуктів. Кожен з варіантів передбачає різні за величиною і структурою витрати.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Розрахунок зведених економічних показників

Економічна ефективність – це співвідношення між отриманим прибутком та затраченими коштами. Вона обчислюється за формулою (4.6):

$$E_{\phi} = \Pi_p / K_B \quad (4.6)$$

де Π_p – очікуваний прибуток ;

K_B – кошторисна вартість.

Очікуваний прибуток можна розрахувати із співвідношення:

$$\Pi_p = C_d - K_B.$$

$$\Pi_p = 11739 - 9030 = 2709 \text{ грн.}$$

Після проведених розрахунків отримуємо:

$$E_{\phi} = 2709 / 9030 = 0.3$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень визначається як :

$$T = 1 / E_{\phi} = 1 / 0.3 = 3.3 \text{ роки.} \quad (4.7)$$

Таблиця 4.6 - Зведені економічні показники розробки

Показник	Значення
Собівартість, грн.	9030
Плановий прибуток, грн.	2709
Ціна, грн.	11739
Економічна ефективність	0,3
Термін окупності, рік	3,3

Провівши аналіз розрахованих значень економічних показників робимо висновок, що розробка апаратного засобу дешифрації за алгоритмом Рабіна є економічно доцільною.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту на тему "Надоперативна пам'ять на основі архітектури кластерного розподіленого файлу" отримано наступні результати:

1. сучасні тенденції циркуляції інформаційних потоків показали актуальність застосування симетричних та несиметричних криптосистем;
2. аналіз методів побудови апаратно-програмних систем захисту показав трудомісткість, але разом з тим перспективність апаратної реалізації;
3. здійснено обґрунтування вибору напрямку дослідження та здійснена постановка задачі постановка задачі;
4. деталізовано процеси захисту інформації в криптосистемі Рабіна;
5. розроблено структура апаратного модуля дешифрації та її основних компонентів;
6. здійснена схеми апаратна реалізація та верифікація електричних схем знаходження модуля числа, підкореневого виразу та знаходження кореня;

Техніко-економічне обґрунтування показало економічну доцільність розробки лабораторного стенду дослідження імпульсних блоків живлення.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Игнатъева Е. А. Умный дом – технология будущего / Е. А. Игнатъева, С. А Шпаков // Современные наукоемкие технологии.-2013-№7
2. Концепция системы «Умный Дом» — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.ascentis.ru/smart/smtheory/39-smtheorycon>.
3. Strategy Analytics: Global Smart Home Market to Hit \$155 Billion by 2023 — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL:http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B_%D1%83%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B0_%28%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA%29.
4. Лапина, А. П. Энергоэффективные технологии / Лапина А. П. Инженерный вестник Дона -2015-№ 1-2
5. Мультирум системы распределение звука и видео — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: http://nazarovgallery.ru/smart_home/multiroom.
6. Автоматизированная система управления освещением дома — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: http://nazarovgallery.ru/smart_home/lighting.
7. Новый взгляд на умный дом — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://izvestia.ru/news/556919>.
8. Система «умный дом» — концепция умного дома — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://energorus.com/sistema-umnyj-dom-konceptsiya-umnogodoma>.
9. Система умный Дом: дом XXI века — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: http://nazarov-gallery.ru/smart_home.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Когут М. С. Основи взаємозамінності, стандартизації, сертифікації, акредитації та технічні вимірювання. Підручник / М. С. Когут, Н. М. Лебідь, О. В. Білоус, І. Є. Кравець.- Львів: Світ, 2010. — 528 с.
11. Храмов В. А. Первинні вимірювальні перетворювачі вимірювальних приладів і автоматичних систем: Навч.посібник. — К.: Вища школа, 1998. — 527 с.
12. Датчик температуры DALLAS DS18B20 — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://mypractic.ru/ds18b20-datchik-temperature-s-interfejsom-1-wire-opisanie-na-russkom-yazyke.html>.
13. Датчик температуры ТМ 166 — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.npoit.ru/products/termometry-soprotivlenie-sredovye/datchik-temperature-tm-166>.
14. Микроконтроллері: краткий обзор — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: https://myrobot.ru/stepbystep/mc_meet.php.
15. Контроллер Wi-Fi D1 R2 на базе ESP8266, форм-фактор Arduino R3, память 32Мбит — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: https://robotdyn.ru/catalog/development_boards/wi-fi_kontrollery_i_platy_esp/ana_log_kontrollera_wemos_d1r2_v_form_faktore_dlya_arduino_uno_r3_chip_wifi_esp8266_flash_pamyat_32mb.html
16. Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту з освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напряму підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» фахового спрямування «Комп'ютерні системи та мережі» / О.М.Березький, Л.О.Дубчак, Р.Б.Трембач, Г.М.Мельник, Ю.М.Батько, С.В.Івасьєв / Під ред. О.М.Березького. – Тернопіль: ТНЕУ, 2016. – 65с.
17. Методичні вказівки до написання техніко-економічного розділу для дипломних проектів на здобуття освітньо - кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напряму підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» / І.Р.Паздрій. - Тернопіль: ТНЕУ, 2015. – 36с.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Устройства умножения и деления - Режим доступа: <http://naf-st.ru/arti>. - Заголовок з екрану
19. Бабич М.П., Жуков І.А. Комп'ютерна схемотехніка: Навчальний посібник.- К.:МК-Прес, 2004.-412с
20. Бойко В.І. Схемотехніка електронних систем. Цифрова схемотехніка. Підручник / В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я Жуйков - К.:Вища школа, 2004.- 423с.
21. Прянишников В.А. Электроника: Полный курс лекцій. – СПб.Корона принт; М.: Бином – Пресс, 2006.- 416с.
22. Терехин В.Б., Соловьев Ю.А. Моделирование электронных схем в программе Electronics Workbench. Ч. 1. Создание схем. Ч.2. Элементная база: лабораторный практикум. – Северск: СТИ ТПУ, 2000. – 244 с.
23. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник. 2 - е изд., испр. – Челябинск: Металлургия, Челябинское отд., 1989.- 352 с.
24. Лещенко М.Є. Основи мікроелектроніки / М.Є. Лещенко, В.Є. Овчаренко. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т „Харк. авіац. ін-т”, 2005. – 312с.
25. Комп'ютерна електроніка: Навч. посібник. Частина I/II А.П.Оксанич, С.Е.Притчин, О.В.Вашерук.- Харків: "Компанія СМІТ", 2006.- С200 - 256.
26. Рябенський В.М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д. Цифрова схемотехніка: Навч. Посібник. - Львів: Видавництво «Новий світ 2000», 2009.-736с.
27. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА: Справочник./ Н.Н. Акимов, Е.П. Ващуков, В.А. Прохоренко, Ю.П. Ходоренок. – Мн.:Беларусь, 1994.- 591с.
28. Токхейм Р. Основы цифровой электроники.- М.:Мир, 1989.
29. Хернитер М. Е. MULTISIM. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. – М.: Издательство: ДМК-Пресс. – 2009. – 409с.
30. Марченко А. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде Multisim. Учебное пособие для вузов. / А. Марченко, С. Освальд. – М.: НИЯУ МИФИ, 2009. – 364 с.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

31. Алексенко А. Г. Основы микросхемотехники — М.: Юнимедиастайл, 2009. — 448 с.

32. Никитин В.А. Схемотехника интегральных схем ТТЛ, ТТЛШ и КМОП: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 64 с.

					ДП.КСМ.07111/15.00.00.000ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		