

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ****ПрАТ «ПРИВАТНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ЗАПОРІЗЬКИЙ ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ»****Кафедра комп'ютерної інженерії**

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНИЙ

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_

д.т.н., проф. Переверзєв А.В.

**БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА****МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА  
УПРАВЛІННЯ ЖИТЛОВИМ КОМПЛЕКСОМ.  
АПАРАТНА ЧАСТИНА**

Виконав

ст. гр. КІ-128СБ \_\_\_\_\_

М.Р. Безкоровайний

Керівник

професор \_\_\_\_\_

С.О. Сабанов

Запоріжжя

**ПрАТ «ПРИВАТНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ЗАПОРІЗЬКИЙ ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ»**

**Кафедра комп'ютерної інженерії**

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедрою  
д.т.н., професор  
А.В. Переверзєв

р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Студенту гр. КІ-128СБ, спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Безкоровайному Микиті Романовичу

1.Тема: Мікропроцесорна система управління житловим комплексом.  
Апаратна частина

затверджена наказом по інституту 06.1-50 від 15 січня 2022 р.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи: 19 червня 2022 року

3. Перелік питань, що підлягають розробці:

1. Вивчити літературу, присвячену темі розробки.

2. Ознайомитися з особливостями роботи мікропроцесорних систем у житлових будинках.

3. Розглянути найбільш поширені методи використання мікроконтролерів у побудові розумних систем у житлових будинках.

4. Провести огляд технологій які використовуються у створені систем для розумних будинків.

Підібрати набір комплектуючих, а саме плати та датчики.

6. Спроектувати та змодельовати відлагодити апаратну частину мікроконтролерної системи.

7. Реалізувати та відлагодити апаратну частину мікроконтролерної системи.

8. Оформити результати роботи у вигляді звіту.

Дата видачі завдання: 18 січня 2022 р.

Керівник бакалаврської роботи \_\_\_\_\_ С.О. Сабанов

Завдання отримав до виконання \_\_\_\_\_ М.Р. Безкоровайний

## РЕФЕРАТ

Бакалаврська дипломна робота: 122 сторінки, 53 малюнків, 4 таблиці, 2 додатка, 20 першоджерел.

Об'єкт розробки: мікропроцесорні системи керування розумним домом.

Мета роботи: розробити та реалізувати модулі керування окремими підсистемами інтелектуального житлового комплексу.

У бакалаврській роботі наводиться опис типових апаратних рішень, що використовуються в сучасних системах Smart-home та технології їхнього створення з використанням систем збору даних з різноманітних датчиків.

У практичній частині викладено процес моделювання та поетапної реалізації проекту з використанням мікропроцесорних модулів, організації взаємодії контролерів, побудованих на базі Arduino та ESP, а також взаємодії цих модулів з датчиками та інтеграції в загальну структуру комплексу.

ARDUINO, ATMEGA328 MAKER UNO, ESP8266, FRITZING,  
SMART-HOME, ДАТЧИК, МІКРОКОНТРОЛЕР, РОЗУМНИЙ БУДИНОК

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ТА ТЕРМІНІВ .....	7
ВСТУП .....	11
РОЗДІЛ 1. ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗУМНИХ ЖИЛИХ КОМПЛЕКСІВ .....	14
1.1 Основні підсистеми Smart-home-комплексів.....	14
1.1.1 Система управління світлом .....	15
1.1.2 Управління кліматом .....	22
1.1.3 Управління сценарієм освітлення.....	24
1.1.4 Управління музикою .....	26
1.1.5 Реалізація периметра безпеки .....	29
1.2 Комплексні рішення для проектів розумних ЖК.....	31
1.2.1 INSYTE.....	32
1.2.2 PASS24 Online.....	34
1.2.3 SMARTUNITY BMS .....	38
1.3 Централізовані та децентралізовані системи управління .....	41
1.4 Висновки за першим розділом .....	45
РОЗДІЛ 2. АПАРАТНІ КОМПОНЕНТИ КЕРУВАННЯ ПІДСИСТЕМАМИ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ .....	46
2.1 Використання мікроконтролерів .....	46
2.1.1 Вимоги до системи управління розумним будинком.....	47
2.2 Використання мікроконтролерів STM у системах «розумний дім».....	49
2.2.1 Семейство STM32H7 .....	51
2.2.2 Графіка и аудіо .....	52
2.2.3 Інтерфейси підключення .....	55
2.2.4 Організація пам'яті.....	56
2.2.5 Живлення .....	57
2.2.6 Засоби безпеки.....	59
2.3 Використання платформи Arduino .....	61
2.3.1 Загальні відомості про платформу Arduino.....	62
2.3.2 Призначення та основні характеристики.....	65

2.3.3 Базовий мікроконтролер платформи.....	66
2.4 Датчики .....	69
2.4.1 Датчик тиску и вологості повітря (BME280) .....	70
2.4.2 Датчик вимірювання температури (DS18B20).....	73
2.4.3 Датчик газу (MQ-2).....	80
2.4.4 Далекомір (HC-SR04) .....	81
2.4.5 Датчик нахилу та вібрації (SW-520D).....	83
2.4.6 Датчик атмосферного тиску (BMP280) .....	87
2.4.7 Датчик кольору (TCS230) .....	91
2.4.8 Гіроскоп и акселерометр (MPU 6050).....	93
2.4.9 Датчик руху (HC-SR501).....	95
2.4.10 Датчик інтенсивності світла (BH1750) .....	98
2.4.11 Датчик вологості та температури (DHT11).....	100
2.5 Висновки за другим розділом.....	101
<b>РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ СБОРУ ДАНИХ ЩОДО ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ У ПРИМІЩЕННІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ .....</b>	<b>103</b>
3.1 Призначення та функціонування.....	103
3.2 Вибір мікроконтролеру та платформи .....	104
3.3 Технічні данні.....	105
3.4 Принципова електрична схема та компоненти.....	107
3.5 Підключення пристроїв .....	108
3.6 Варіанти живлення Maker-UNO .....	110
3.7 Пам'ять Maker-UNO .....	111
3.8 Моніторинг послідовної шини (Serial Monitor) .....	111
3.9 Середовище проектування та моделювання .....	112
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>117</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>119</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>122</b>

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ТА ТЕРМІНІВ

Слово/словосполучення	Скорочення
A	
Application Programming Interface	API
C	
Central processing unit	CPU
Cyclic Redundancy Check	CRC
D	
Digital Living Network Alliance	DLNA
Digital Theater System	DTS
Digital Versatile Disc	DVD
E	
Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory	EEPROM
F	
Fixed Mobile Convergence	FMC
Filter Mathematical ACcelerator	FMAC
Future Technology Devices International	FTDI
G	
Ground	GND
H	
HyperText Transfer Protocol	HTTP
I	
Integrated Development Environment	IDE
Inter-Integrated Circuit	I2C

Internet of Things	IoT
Information Technology	IT
J	
Joint Photographic Experts Group	JPEG
L	
Liquid Crystal Display	LCD
Liquid Crystal Display - Thin Film Transistor	LCD-TFT
Low Dropout Voltage	LDO
M	
Master In Slave Out	MISO
Master Out Slave In	MOSI
Mobile Industry Processor Interface - Display Serial Interface	MIPI-DSI
Multimedia Commands	MMC
N	
Near Field Communication	NFC
O	
Organic LED	OLED
P	
Physical layer	PHY
Product Data Management	PDM
Pseudo-static random access memory	PSRAM
R	
Random number generator	RNG
Real Time Clock	RTC
Red, green, and blue	RGB
S	



Secure Digital Input Output	SDIO
Secure Digital Memory Card	SD
Secure Digital/ MultiMediaCard interface	SDMMC
Serial Audio Interface	SAI
Serial Clock	SCK
Serial Data	SDA
Serial Peripheral Interface	SPI
Static random access memory	SRAM
Surface Mount Device	SMD
Synchronization line	SCL
Synchronous Dynamic Random Access Memory	SDRAM
U	
Universal Serial Bus	USB
W	
Wireless Fidelity	Wi-Fi
A	
Аналого-цифровий перетворювач	АЦП
Д	
Пульт дистанційного управління	ДУ-пульт
Ж	
Жилий комплекс	ЖК
К	
Кілобайт	Кбайт
П	
Контроллер с программируемой логикой	ПЛК

М	
Мегабайт	Мбайт
Мегагерц	МГц
О	
Оперативний запам'ятовуючий пристрій	ОЗП
С	
Система контролю та управління доступом	СКУД
Співдружність Незалежних Держав	СНД
Ц	
Цифро-аналоговий перетворювач	ЦАП
Ш	
Широтно-імпульсна модуляція	ШІМ

## ВСТУП

У сучасному світі усе частіше виникають випадки, коли люди звертають увагу на діджиталізацію свого місця проживання. В засобах масової інформації можна чути згадки про системи «Розумний дім», «Інтелектуальний будинок» тощо. Ці визначення досі не мають однозначного значення. Але всі системи такого типу дозволяють різною мірою реалізувати автоматичне управління функціонуванням житлового комплексу. Під житловим комплексом мається на увазі сукупність житлових та нежитлових приміщень, набору сервісів та послуг, що забезпечують комфортне проживання людей.

У будинках з'являються розумні пральні машини, кондиціонери та т.п. Все це поліпшує життя, робить буденні справи більш простішими. Але крім цього будинки можуть перетворюватися на справжні екосистеми таких приладів «Розумний будинок» – це зручне налаштування, де приладами та пристроями можна автоматично керувати віддалено з будь-якої точки, де є підключення до інтернету, за допомогою мобільного або іншого мережевого пристрою. Пристрої в розумному домі з'єднані між собою через інтернет, що дозволяє користувачеві дистанційно керувати такими функціями, як безпековий доступ до дому, температура, освітлення, домашній кінотеатр тощо.

Розумний дім створюється за допомогою професійного проектування та програмування компаніями, що займаються розробкою проєктів smart-home. Програми, що вводяться до алгоритмів multi-room розумного дому, розраховані на певні потреби мешканців та ситуації, пов'язані із зміною середовища або безпекою. Особливістю smart-home є керування за допомогою пульта, на котрому людина може натиснути одну-єдину клавішу для створення певної обстановки. При цьому, сама система мульти-рум аналізує навколишню ситуацію та параметри усередині приміщення, та, керуючись

власними висновками, виконує задані користувачем команди із відповідними налаштуваннями.

Система «розумний дім» допомагає більш результативно використовувати комерційні пересування, автоматизувати певні побутові процеси, урізноманітнити дозвілля. Попри те, що smart-home – дорога технологія, яка вимагає планування із самого початку зведення будинку та якісного устаткування, існують альтернативні рішення. Найпростіший за проектом дім можна доповнити певним прогресивним обладнанням, яке розширить функціональні можливості житлової площі та усучаснить пересування.

Наразі існує велика кількість виробників обладнання для реалізації smart-проектів. Найрізноманітніші датчики, розетки, лампочки, модулі систем використовують різні технології, що потребує централізації об'єднання їх в одну систему зі збором даних та відправкою у хмару для доступу через кінцевий пристрій доступу користувача. Єдиного стандарту для поєднання різних пристроїв в одну систему не існує. Тому доведеться або зупинитися на одному виробнику з його екосистемою, або створювати систему інтеграції, яка підтримує відразу кілька протоколів: WiFi, Z-wave, Zigbee, Bluetooth. З одного боку, може здатися, що найпростіше буде купити готовий комплект рішень для розумного будинку. Наприклад, комплект Perenio PEKIT01 включає шлюз, датчик диму, датчик відкриття дверей, датчик руху і датчик протікання. У набір Rubetek RK-3515 входить те саме, крім датчика руху. Але, зважаючи на те, що готові рішення можуть містити багато надлишкових компонентів, на практиці застосовуються досить прості рішення, що побудовані з використанням мікроконтролерних платформ типу Arduino або ESP...

У дипломній роботі наводиться опис концепції розумного дому, приклади комплексних рішень та окремих модулів систем та датчиків. Показано, що створити функціональні блоки smart-home, або ж навіть

повністю реалізувати функціонал, можна власними силами, використовуючи досить поширені та недорогі компоненти.

В практичній частині представлено розробку апаратної частини однієї з підсистеми житлового комплексу, що побудована з використанням мікроконтролерних платформ загального призначення.

# РОЗДІЛ 1

## ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗУМНИХ ЖИЛИХ КОМПЛЕКСІВ

### 1.1 Основні підсистеми Smart-home-комплексів

Робота розумного будинку заснована на принципі виконання команд, причому отримувати їх центральний контролер може як від людини, так і від датчиків. У першому випадку система може приготувати каву, увімкнути кондиціонер або послабити опалення, а центральний процесор, обробивши команду, надсилає її потрібному приладу. Залежно від уподобань, спілкування з центральним контролером здійснюється за допомогою голосових команд, пульта керування або смартфона. У другому випадку присутність людини не потрібна. Комп'ютер або повідомляє прилад команди в певний час відповідно до раніше заданих алгоритмів, або сам приймає рішення за показаннями датчиків залежно від зміни умов. Наприклад, у системах терморегуляції датчики температури та вологості повідомляють системі дані, а та, у свою чергу, виставляє потрібні параметри обігріву, кондиціонування та зволоження. Ще приклад: датчики руху виявляють активність у будинку, коли її не повинно бути — комп'ютер сприймає це як сигнал до ввімкнення сигналізації або надсилання повідомлення охоронній службі.

«Розумний будинок» може охоплювати багато сфер та областей комфорту жителів. До цього належить клімат контроль, а саме температура та вологість повітря, освітлення оселі, підключення різноманітної техніки до загальної системи. Наприклад, включення чайника до приїзду мешканця чи переднагрів води бойлера. Деякі з таких систем буде розглянуто окремо.

### 1.1.1 Система управління світлом

Управління електричним освітленням є, мабуть, найтривіальнішою функцією системи управління «розумний будинок». Дійсно, багато компаній пропонують створення систем управління освітленням і представляють цю функцію чи не найголовнішою в цьому роді.

Можна відразу придбати розумні світлові прилади. Наприклад, лампи Sber E14 або Sber E27. Однак звичайні пристрої теж легко перетворити на інтелектуальні. Досить поєднати їх з розумними розетками та вимикачами. Для цієї мети підійдуть світлодіодні стрічки, інтегровані і локальні світильники.

Перейдемо до компонентів системи контролю світла. Це:

- силовий блок управління світлом, що приймає команди та розподіляє їх;
- контролери;
- панелі керування, пульти;
- розумні вимикачі;
- димери для налаштування рівня освітленості;
- датчики руху, що реагують на присутність та відсутність людини у кімнаті або на прибудинковій ділянці.

Для підключення приладів до електромережі використовуються спеціальні пристрої – контролери. Для фіксації процесів використовуються детектори та датчики. Вони відзначають зміну рівня освітленості і реагують руху жителів будинку, після чого передають сигнали на контролер. Пристрій автоматично обробляє інформацію та активує увімкнення світла.

Для ще більшої зручності можна настроїти голосове керування системою. Наприклад, через віртуальних помічників – Siri, Алісу та Google Assistant.

Інтелектуальне освітлення широко використовується як у великих приватних будинках, так і у міських квартирах, а також у виробничих приміщеннях, офісах та готелях. Переваги технології:

- можливість контролювати увімкнення та вимкнення світла навіть перебуваючи далеко від дому – це зручно, якщо ви переживаєте, що забули вимкнути світло або електроприлади;
- скорочення витрат за комунальні послуги з допомогою зниження споживання електроенергії;
- проста та інтуїтивно зрозуміла система управління освітленням, з якою впорається будь-який член сім'ї.

Автоматизація освітлення має на увазі використання таймерів. Можна виставити в програмі певні часові проміжки, коли світло вмикатиметься і вимикатиметься.

Система розумного освітлення має кілька варіантів керування. Можна користуватися пультами, призначеними окремо для кожного приміщення. Кнопки на пристрої запрограмовані на керування всіма освітлювальними приладами, що є у кімнаті. Контролювати світло за допомогою пульта можна з будь-якого куточка будинку чи квартири.

Другий спосіб – установка спеціальних пристроїв для повної автоматизації контролю. Найпоширеніший варіант – датчики руху, які реагують на появу людини. Світло увімкнеться, як тільки мешканець зайде в кімнату і вимкнеться за кілька хвилин, коли вийде.

Датчики руху мають один мінус. Якщо мешканець захоче увійти в приміщення і захоче бути там без світла, все-таки доведеться підійти до вимикача. Однак цей незначний недолік не применшує зручності конструкції.

Не обов'язково встановлювати час для всіх світильників. Наприклад, ближче до вечора можна автоматично включати основне освітлення, а в пізніший час – бра, торшери та нічники. Вранці функція таймера теж незамінна - світло, що ввімкнеться, допоможе прокинутися без будильника.



Можна встановити спеціальні датчики, які фіксуватимуть зміну рівня освітленості в різних кімнатах. Коли в приміщенні запанує напівтемрява, лампи відразу ввімкнуться. Датчик реагує на насиченість освітлення. Чим темніше в кімнаті, тим яскравіше світиться світло.

Контролер у розумному будинку – мікропроцесор, у який закладено "інтелект" системи. Пристрій оцінює команди, що надходять, і вибирає відповідний алгоритм для здійснення дії.

Контролери можуть бути встановлені прямо у світильники. Дизайнери називають це системою розподіленого інтелекту. Така схема вважається більш гнучкою та зручною в управлінні.

Можна встановити один контролер (рисунок 1.1) для всієї системи. Така схема називається централізованою. Це рішення підходить для будинків та квартир, де не багато кімнат.

Така система світла застосовується не лише всередині будинку, а й зовні. Розумні світильники часто розміщують на ділянках біля світлолюбних рослин, щоб посадки не страждали від відсутності сонячних променів.

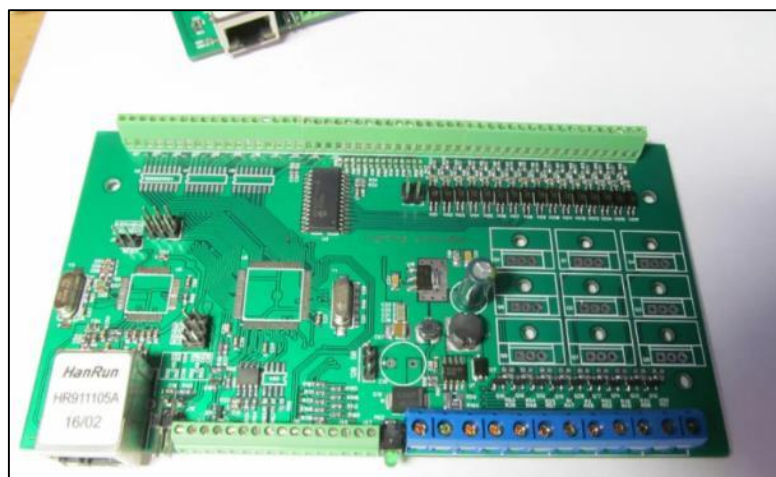


Рис. 1.1 – Приклад централізованого контролера

Розетка з таймером (рисунок 1.2) дуже корисна у побуті [2]. Встановивши навіть найпростіший пристрій, можна більше не переживати, чи

вимкнена праска. Навіть якщо мешканець про нього забув, розумна система зреагує та заблокує електроживлення.

За допомогою розетки з таймером можна настроїти роботу приладів у певний час. Наприклад, запрограмувати включення кавоварки вранці.

Таймери на розетці знадобляться і у свята. Перед новим роком у будинках з'являються гірлянди та інший світловий декор. Перед сном багато хто забуває відключити пристрої, внаслідок чого прилади можуть перегоріти. Розумні розетки допоможуть уникнути такої долі.

І головна перевага системи – можливість порівняти показники витраченої електроенергії для різних приладів. Достатньо включити в розетку спочатку один пристрій та зафіксувати вимірювання. Потім можна зробити аналогічні дії з іншим приладом. В результаті мешканець знатимете, яка побутова техніка "з'їдає" більше енергії і підвищує ваші рахунки за електрику.



Рис. 1.2 – Приклад розумної розетки з таймером

Розумний вимикач (рисунок 1.3) – високотехнічний пристрій, здатний функціонувати в автоматичному режимі. Конструкція пристрою складається з

трьох частин. Перший це приймач. Безшумне імпульсне реле, яке фіксує отримані сигнали та розмикає ланцюг електропроводки. Керування пристроєм здійснюється за допомогою пульта чи смартфона. Мініатюрний приймач можна монтувати прямо у світильники або розподільні щитки.

Передавач, конструкція якого, оснащена компактним електрогенератором. Після відправки команди прилад виробляє електрострум, який трансформується у певний сигнал. Після виконання дії, передавач транслює інформацію на смартфон або контролер;

Розумний вимикач – зручна заміна звичному. Інтелектуальний важіль управління світлом виглядає практично так само, як і звичайний. Він не вимагає підключення до виділеної гілки електропроводки, тому може розташовуватись на будь-якій поверхні.

Популярні бренди, що випускають інтелектуальні вимикачі Sonoff, Xiaomi, Vitrum, Delumo. В асортименті цих виробників можна знайти пристрої, що відповідають оптимальному співвідношенню якості та вартості. Наприклад, величезний попит має бюджетний вимикач від Xiaomi/Aqara.

Для монтажу деяких моделей розумних вимикачів потрібен нульовий провід у підрозетнику. Якщо його немає, краще віддати перевагу виробу, який отримує живлення від ламп.

Є версії голосових вимикачів світла, які не вимагають нульового дроту у підрозетнику та функціонують через WiFi. Якщо зупинитися на цьому варіанті, необхідно переконатися, що інтернет завжди працює безперебійно. Однак існує можлива незручність – включення світла з невеликою затримкою.



Рис. 1.3 – Приклад розумного вимикача

Димери (рисунок 1.4) , відповідають за яскравість освітлення в кімнатах. За допомогою таких перемикачів легко досягти як приглушеного, так і яскравого світла. Для створення ефектного підсвічування можна активувати функцію мистецького мерехтіння.

Сучасні димери для системи розумний будинок значно відрізняються від електромеханічних моделей. Якщо звичайні пристрої дозволяли лише регулювати яскравість, нові здатні на більше.

Переваги пристроїв:

- можливість керування за допомогою пульта чи голосових команд;
- робота за таймером;
- різні алгоритми зміни яскравості світіння.

Деякі моделі димерів відповідають не лише за яскравість, а й за передачу кольору. З їх допомогою можна робити потоки світла більш теплими та холодними.



Рис. 1.4 – Приклад димера

Пульти – пристрої для дистанційного керування освітлювальними приладами. За функціоналом вони можуть бути одноканальними та багатоканальними. Перші працюють лише з певним світильником, другі – одночасно з декількома приладами.

Різновиди пультів по конструкції:

- накладний: панель із сенсорним екраном або клавішами, закріплена на стіні;
- переносний (рисунок 1.5): конструкція, яка на вигляд майже нічим не відрізняється від пульта управління побутовою технікою.

На пульті є всі можливі функції обраної системи. Для активації бажаного режиму висвітлення досить просто натиснути на потрібну клавішу. За кілька секунд після цієї дії команда буде виконана.



Рис. 1.5 – Приклад переносного пульта

### 1.1.2 Управління кліматом

Від умов мікроклімату, свіжості та чистоти повітря в приміщенні залежить наше здоров'я та працездатність. Система «розумний будинок» дозволяє керувати опалювально-вентиляційними системами, освітлювальною технікою та електропобутовим обладнанням сучасним будинком та піклується про здоров'я та комфорт його мешканців.

Управління кліматом у системі «розумний будинок» досягається шляхом інтеграції трьох кліматичних систем – опалення, вентиляції та кондиціонування, коли ці інженерні системи функціонують як єдине ціле, забезпечуючи комфортні режими клімат-контролю у приміщеннях. Його реалізація закладається ще на етапі проектування кліматичних систем, коли задаються алгоритми роботи, що дозволяють підтримувати потрібні параметри повітря в приміщеннях (температуру, вологість та хімічний склад) із мінімальними витратами енергоресурсів. Клімат-контроль є неодмінним атрибутом сучасного розумного будинку.

Роботу системи забезпечують припливна вентиляція, кондиціонери, зволожувачі та осушувачі повітря, іонізатори, електричне або водяне опалення, тепла підлога (електричні та водяні), приводи відкривання вікон. Для керування застосовують датчики, що фіксують поточний стан мікроклімату в будинку, а також засоби керування – перемикачі та панелі. Система «розумний дім» дозволяє дистанційно керувати кліматом через Інтернет, стільниковий телефон, з комп'ютера диспетчера.

Кліматичні системи проектуються з можливістю аналізу температури та вологості за допомогою спеціальних датчиків у тих приміщеннях, де необхідно підтримувати задані кліматичні параметри. Система управління «розумний будинок», використовуючи закладені в ній алгоритми клімат-контролю, подає сигнали управління на сервоприводи приладів та контурів опалення або повітряні клапани вентиляційної системи із системою охолодження.

Гнучке настроювання системи термоконтролю сприяє не тільки підвищенню комфорту будинку, але й економії енерговитрат. Відстежуючи температуру всередині та поза приміщенням, «розумний будинок» автоматично створює сприятливі умови для його мешканців. При правильно налаштованому управлінні пристрою ведуть себе по-різному при відкритих і закритих вікнах, у присутності чи відсутності у приміщенні людей, у різні періоди доби та дні тижня тощо.

Система дозволяє керувати такими параметрами, як температура, вологість, приплив свіжого повітря індивідуально для кожного приміщення, включати/вимикати систему фільтрації повітря, створити для кожного члена сім'ї індивідуальну систему клімату, та дає економію коштів, вирішення проблеми енергозбереження. Зокрема, система може бути налаштована так, щоб подача тепла у неробочий час та у вихідні дні знижувалася або відключалася зовсім.

Реалізація режимів клімат-контролю дає змогу забезпечити оптимальні режими енергоспоживання кліматичних систем. Системи опалення та кондиціонування в «розумному будинку» не працюють «назустріч один одному» (система опалення не охолоджує повітря, яке нагріває система опалення).

Управління кліматичними параметрами в приміщеннях здійснюється за допомогою спеціалізованих кліматичних контролерів та термостатів, а також за допомогою багатофункціональних систем управління кліматом «розумного» будинку.

Цілодобовий контроль над системою «розумний дім» виключає виникнення та розвиток аварійних ситуацій. Вихід із ладу одного з вузлів системи не вплине на загальну безпеку. У разі виходу з ладу головного контролера системи «Розумний дім», кожна інженерна система, як і раніше, зберігає функції автономного управління.

### 1.1.3 Управління сценарієм освітлення

Вже давно ні для кого не дивні освітлювальні системи з включенням за плесканням, бо минули ті часи, коли подібне технічне диво можна було спостерігати лише у голлівудських фільмах. Мало того, можливі й інші сценарії роботи освітлення в розумному будинку, наприклад, включення світла зі спрацьовування датчика руху або в залежності від ступеня природного освітлення. Про всілякі сценарії роботи розумного освітлення і йтиметься у цьому розділі. Якщо увімкнути світло, там де потрібно, можна при необхідності, то вимкнути його можна часом легко забути.

У такому випадку сценарій вимкнення світла натисканням однієї кнопки, розташованої на стіні в передпокої, виявляється дуже корисним.



Розвиток цього рішення – віддалене керування за допомогою смартфона або просто з мобільного телефону.

Сценарії управління освітленням за датчиком руху можуть бути найрізноманітнішими. Наприклад увімкнення або вимкнення світла, коли мешканець заходить або виходить із кімнати, якщо він сів за робочий стіл, включиться настільний світильник. Коли настала ніч, датчик руху переключається на групу нічного підсвічування, а основне світло вночі не включиться, залишиться тільки слабе нічне підсвічування, наприклад світлодіодне.

Останній варіант – поєднання сценарію за датчиком та сценарієм за часом. Однозначно зручно зробити налаштування сценарію з урахуванням індивідуальних потреб та звичок.

Сценарій керування освітленням в залежності від часу доби підійде для спальні, кухні або ванної кімнати. Зручність тут полягає в тому, що за допомогою всього одного вимикача в різні часи доби включатимуться різні групи системи освітлення.

Наприклад, після натискання кнопки вимикача вночі в спальні або на кухні включиться лише підсвічування. Якщо вечірній час, то буде включено основне світло. Якщо на подвір'ї ранок, – увімкнеться настільна лампа. Знову ж таки можна здійснити індивідуальне налаштування.

Таке рішення корисне для очей, оскільки якщо вночі у пітьмі відразу включити яскраве світло, очам буде не комфортно, а якщо включиться лише підсвічування, очі сприймуть це спокійніше, з меншою напругою.

Плавне регулювання яскравості – це сценарій, який може стати своєрідною варіацією поєднання управління освітленням за часом та включення зі спрацьовування датчика руху. Наприклад, при включенні світла в нічний час яскравість ламп буде протягом 5 хвилин поступово посилюватися, але спочатку світло буде тьмяним. Вранці, в години

пробудження, наприклад у ванній кімнаті та спальні, також дуже комфортним буде плавне включення ламп.

Таке рішення дозволить використовувати лише одну групу освітлення замість кількох, оскільки одні й самі джерела світла будуть давати світло різної інтенсивності.

Тривалість плавного наростання яскравості можна відрегулювати індивідуально. До того ж, недолік природного освітлення можна плавно компенсувати протягом усього дня: починаючи з тьмяного світла вранці, лампи плавно перейдуть на повну яскравість до вечора.

До речі, для ламп такий плавний режим включення не тільки безпечний, але й корисний, тому що термін служби ламп значно продовжиться без різких кидків пускового струму в момент їх включення.

Сценарій управління освітленням за датчиком залежно від умов освітленості. У вітальні або кухні для виконання даного сценарію дуже зручно мати дві групи освітлення. Наприклад у сутінки датчик освітленості включить обидві групи світильників, а якщо час денний, та й до того ж день сам по собі видався сонячним, то світло не ввімкнеться зовсім. У похмурий день буде автоматично включена лише одна група світильників.

Для кухні корисне освітлення робочого простору в денний час, і включення загального світла в сутінки (у цьому відмінність від управління за часом, наприклад, взимку за вікном темніє раніше, а влітку – пізніше).

#### 1.1.4 Управління музикою

Музика – одна з найважливіших складових настрою. З появою інтернет-бібліотек відпала потреба перекидати музику з гаджета на гаджет, але не зникло питання керування нею. Розумний дім об'єднує всі медіа-пристрої в єдину мережу з доступом із приміщення, де перебуває мешканець в даний

момент. Управління звуком у «розумному будинку» може бути реалізовано: по зонах, де звук регулюється у кожній кімнаті окремо; за принципом стеження, де система включає аудіосистеми в тих приміщеннях, де знаходиться мешканець, і відключає їх до інших [4].

Екосистема розумного будинку – це набір пристроїв, які взаємодіють між собою в одному програмному просторі. До набору можуть входити, наприклад, «розумні» вимикачі, пилососи, замки, пожежні сигналізації, камери, системи вентиляції.

Управління звуком та відео для смарт-телевізорів здійснюється з комплектного пульта, універсального пульта, будь-якого планшета чи телефону. Для роботи з конкретною інтернет-бібліотекою встановлюється відповідний додаток. Всю необхідну техніку, можна вмикати та вимикати натисканням однієї кнопки. Система також охоплює домашні кінотеатри – керування ними виконує окремий модуль. У розумному будинку система мультимедіа виконує величезний набір корисних функцій. Вона не тільки забезпечує можливість зручного керування аудіо та відеоконтентом, а й дозволяє сповістити господаря про позаштатну ситуацію. Однією з ключових переваг є сповіщення про екстрену ситуацію. У разі спроби злому або, наприклад, аварійного протікання труб на кухні включаються колонки аудіосистеми мультимедіа і сповіщають всіх, хто перебуває в будинку. Це дозволяє швидко зреагувати та вчасно вжити заходів у будь-якій екстреній ситуації.

Ще однією перевагою є управління мультимедіа безпосередньо зі смартфона. Увімкнути музичний супровід можна з медіасервера або зі свого мобільного пристрою. Мешканцю не потрібно вставати з дивана або відриватися від робіт за робочим столом. По сигналу зі смартфона музика спрямовується системою в потрібну музичну зону, підключену до колонок аудіосистеми.

Функція «Слідкуюча музика» дозволить мешканцю не відриватися від прослуховування улюбленої композиції лише тому, що потрібно піти до іншої кімнати. Система створює ефект проходження музики за мешканцем, отримуючи дані з датчиків руху. Колонки відключаються позаду і вмикаються попереду мешканця.

За допомогою системи мультрум можна в режимі онлайн надіслати голосове повідомлення у будь-яку кімнату, де встановлені колонки. Потрібно вимовити повідомлення у свій телефон, і воно пролунає у вибраному приміщенні будинку. За допомогою системи можна покликати членів сім'ї або гостей до столу, попросити принести потрібний предмет з іншої кімнати і т.д.

Медіаточка яка розташована поруч із колонками в стельовому просторі, дозволяє економити на дорогих аудіокабелях, отримуючи якісний звук класу D потужністю 100 Вт у кімнатах. В інших системах мультрум вартість лише дротів може перевищувати вартість повної системи мультрум MiMiсmарт.

Мешканець може створювати свої улюблені плейлисти з локальної бібліотеки на 2 Тб, включати улюблені інтернет-радіостанції, відтворювати музику з iOS пристроїв через AirPlay, використовувати DLNA на Android, виводити звук з телевізора на потужні стельові колонки. Це справді повноцінна система аудіо-мультрум, з якою сім'я можете насолоджуватися музикою у будь-якому місці будинку, створювати настрій для гостей та отримувати задоволення від життя у будинку.

За допомогою системи мультрум у кожному приміщенні будинку відтворюється музика на вибір. Наприклад, у дитячій можна включити музичну казку, водночас у вітальні гратиме джаз, а в робочому кабінеті – класика.

Мультрум в розумному будинку дозволяє централізовано керувати контентом з будь-якої кімнати. Мешканець може дивитися відео або слухати музику там, де йому цього хочеться, незалежно від місця встановлення мультимедіа обладнання, що відтворює.

Система повідомить мешканцю про вхідний дзвінок на телефон або домофон, спрацьовування датчиків протікання і т. д. При цьому гучність телевізора або музики, що грає в даний момент, зменшиться автоматично.

Система мультирум дозволяє виводити звукові повідомлення як у всі приміщення в будинку, так і окремі кімнати. Наприклад, можна таким чином, не виходячи з кухні, сказати малюкам у дитячій, що настав час лягати спати.

### 1.1.5 Реалізація периметра безпеки

"Розумний будинок" – це єдина система управління та контролю комфортом та безпекою будинку та його мешканців. Вона контролює не тільки цілісність інженерних систем, а й збереже будинок від візиту непроханих гостей. Системи безпеки включають охоронно-пожежну сигналізацію, відеоспостереження всередині будинку, відеонагляд за ділянкою, відеодомофон, охорону периметра [5].

Інженерна безпека. Система "розумний дім" забезпечує:

- захист від протікання;
- захист від короткого замикання в електромережі;
- захист від спалахів (датчик задимлення);
- автономне енергопостачання (дизель-генератор);
- автоматичну систему пожежогасіння;
- аварійну сигналізацію виклику сервісних служб.

Таким чином, системи безпеки призначені забезпечити безпеку будинку, захистити від будь-яких надзвичайних ситуацій. Сюди входять: захист від вторгнення за допомогою камер відеоспостереження, автоматизації дверей, воріт, рольставнів, охоронної сигналізації, запобігання аварійним ситуаціям. Залишені увімкненими праска, щипці або духовка будуть вчасно вимкнені, а в разі будь-якого загоряння або задимлення спрацює пожежна сигналізація. Про

протікання води чи газу система відразу повідомить господаря та відповідні служби.

Система "розумний дім" забезпечує:

- контроль цілісності периметра (двері та вікна);
- імітацію присутності господарів;
- автоматизований контроль доступу до приміщення;
- відеоспостереження за прилеглою територією;
- автоматичне висвітлення території під час проникнення;
- керування захисними жалюзі;
- можливість виклику позавідомчої охорони;
- отримання картинки з будь-якої камери відеоспостереження через Інтернет;
- запобігання ситуаціям, що загрожують здоров'ю людини: захист від пожежі, витоків газу тощо;
- необхідний комфорт та безпека для забезпечення оптимального догляду за дитиною, відеоняні та ін.

Поточний стан зон контролюються дротовими та бездротовими датчиками (датчики вікон, дверей, руху, задимленості). Залежно від типу сигналу вони викликають відповідну реакцію системи, що управляє. Якщо датчик фіксує загрозу виникнення пожежі, буде включена протипожежна система, припинено доступ свіжого повітря, що сприяє розгоранню полум'я, перекрито газ, відключено електрику, сигналізація сповістить присутніх у приміщеннях про пожежу, відправити на мобільний телефон господарю SMS-повідомлення. Одночасно включається функція димовидалення, а до служби безпеки надходить інформація про пожежу. У разі несанкціонованого вторгнення система передає сигнал на пульт охорони, включає звукову та світлову сигналізацію, інформує господаря за допомогою телефонного дзвінка.

Протікання води здатне створити проблеми як самим господарям квартири, так і їхнім сусідам знизу. Для запобігання наслідкам виходу з ладу елементів водопостачання створено системи контролю протікання. Датчики витоку води встановлюються у місцях з'єднання побутової техніки або сантехніки з водопровідними трубами, а між ручними вентилями та фільтрами водоочищення ставляться магнітні клапани. У разі пошкодження гнучкої підведення та попадання вологи на підлогу датчики фіксують її наявність та подають сигнал до клапанів, які перебивають подачу води, запобігаючи затопленню приміщення.

Захист від проникнення на територію сторонніх осіб включає комплекс систем і пристроїв. Насамперед, це контроль цілісності периметра приміщення. При спробі увійти через двері або пробратися через вікно контур переривається, спрацьовують системи оповіщення. Сигнал надходить на мобільний телефон власника житла, відбувається й оповіщення служб безпеки.

Для власників квартир та котеджів системи безпеки дають можливість відеоспостереження всередині будинку та за ділянкою, охоронно-пожежну сигналізацію та охорону периметра, відеодомофон; контроль аварійних ситуацій (захист від протікання води, витоку газу та ін); аварійне електропостачання. і т.д.

Добре організована система безпеки розумного будинку – спосіб запобігти нехай і нечастим, але особливо неприємним життєвим ситуаціям або перенести їх з найменшою матеріальною шкодою. Матеріальні витрати при придбанні «розумного будинку» окупляться найближчим часом.

## 1.2 Комплексні рішення для проєктів розумних ЖК

Людина постійно прагне зробити своє життя легшим і тому винаходить і постійно вдосконалює прилади, які зможуть якісь функції виконувати замість

нього. Але є й випадки, коли апаратам доступні функції, які не під силу людині. Найкращі системи «розумний будинок» можуть керувати житлом швидше, точніше та ефективніше, ніж людина.

Готові системи «Розумний дім» створені з урахуванням необхідності керування освітлювальною та вентиляційною системами, кліматконтролем, захистом від протікання водопровідних труб, виникнення пожежі, системою безпеки. Доступ до системи інтелектуального будинку захищений замками.

Керувати готовими автоматизованими системами всього будинку легко. Для цього знадобиться один із сучасних пристроїв: планшет, ноутбук, смартфон і доступ в Інтернет. Також керування здійснюється з touch-панелі.

Переваги готових рішень розумного будинка:

- гарний дизайн;
- легкість встановлення;
- простота використання.

У світі існує багато готових рішень таких систем. Деякі охоплюють якусь частину функціоналу, наприклад тільки системи безпеки чи світла, а деякі мають повний комплекс рішень та послуг. Деякі з них будуть розглянуті далі.

### 1.2.1 INSYTE

INSYTE Electronics – виробник обладнання для створення розумних будинків та автоматизації будівель з 2001 року [16].

Система управління кліматом (рисунок 1.6) в розумному будинку INSYTE – це автоматизований комплекс управління всіма видами опалення, кондиціонування, вентиляції, зволоження, осушення в приміщенні, який об'єднує всі пристрої в єдину систему, що підтримує найкомфортніший режим існування. Найзручніший і найпоширеніший спосіб управління всім комплексом обладнання здійснюється з планшетів та смартфонів. Користувач,



виставляючи необхідну температуру в приміщенні, не замислюється над тим, як вона досягається. Якщо потрібно охолодити повітря, включаються кондиціонери, якщо нагріти – опалення. Це можуть бути радіатори, тепла підлога, конвектори або теплові насоси. При цьому вони ніколи не працюватимуть одночасно. Система автоматично створить потрібний рівень вологості, чистоти повітря, температури, заощаджуючи при цьому енергію.



Рис. 1.6 – Схема управління кліматом

Система управління світлом у розумному будинку INSYTE – це автоматизований комплекс управління усіма видами освітлення у приміщенні, а також на прибудинковій території. Кожною групою освітлення, кожним джерелом світла, лампочкою або світлодіодною стрічкою можна керувати як зі звичних вимикачів, так і дистанційно з планшетів, смартфонів, комп'ютерів

та ПЧ-пультів. Групи освітлення, включаючись за командою у певній послідовності, згідно зі сценаріями, створюють різні неповторні атмосфери в будинку, наприклад, Режим Гості, Кінотеатр, Сон. Автоматика допомагає економити електроенергію та зберігати ресурс джерел світла. Система управління освітленням поєднуючись з іншими системами розумного будинку INSYTE дає вищий рівень комфорту перебування в будинку.

Система безпеки та доступу в розумному будинку INSYTE – це автоматизований комплекс управління усіма видами охоронних, пожежних сигналізацій, систем захисту від протікання води, витоків газу, систем доступу, відеоспостереження, екстреного віддаленого оповіщення та в приміщенні, а також на прибудинковій території.

Система захищає від вибуху побутового газу, від протікання води у всіх точках розбору, від проникнення в приміщення та за охоронний периметр, від виникнення пожежі. Система контролює доступ лише дозволеним персонам, а також записує всі переміщення на території, а у разі позаштатної ситуації автоматично викликає охорону та сповіщає на мобільний телефон.

Система безпеки та доступу, поєднуючись з іншими системами розумного будинку INSYTE, дає найвищий ступінь комфорту перебування в будинку.

### 1.2.2 PASS24 Online

Проект «PASS24 Online» належить ІТ-компанії «ОНВІ Сервіс» [1]. В основі процесів – нейронні мережі для розпізнавання номерів та осіб відвідувачів у поєднанні з безконтактними ІоТ-технологіями на базі хмарних рішень. І звичайно, найголовніше – єдине цифрове середовище, що об'єднує власників, відвідувачів, орендарів та їхніх співробітників у мобільному додатку.

Мобільний та WEB-додаток має такі функції:

- мобільне бюро перепусток;
- хмарна система контролю та управління доступом;
- інтелектуальна система бронювання;
- безконтактна система реєстрації гостей;
- система розпізнавання номерів та осіб відвідувачів.

Система розпізнавання номерів працює наступним чином. Камера за 2 секунди визначить номер автомобіля та його права на в'їзд, відкриє шлагбаум чи ворота, внесе дані про проїзд до журналу обліку відвідувачів. Номери автомобілів постійних відвідувачів вносяться до "білого списку". Їх доступ відкритий постійно. Для гостей пропуску оформляються у мобільному додатку за кілька кліків без дзвінків на охорону. Така система має певні переваги, а саме точність розпізнавання автомобільних номерів становить 99.9%, якщо номер відсутній або пошкоджений, у мобільному додатку є кнопка, що відкриває шлагбаум. Розпізнавання автономерів працює з номерами РФ, СНД та Євросоюзу. Усі в'їзди та виїзди на територію фіксуються в системі та доступні у вигляді звітів.

Мобільне бюро перепусток працює наступним чином. Об'єкт підключається до системи. Співробітники, орендарі, власники завантажують мобільний додаток. Кожен користувач у системі має власну роль та можливості. Користувач створює запрошення та надсилає гостю у вигляді посилання з перепусткою, яку можна додати Apple Wallet або Google Pay. Охоронець бачить всі заявки на перепустки і точно знає хто і коли має відвідати об'єкт. Історія всіх заявок на пропуски та журнал обліку відвідувачів доступний у WEB-версії програми. Там можна отримати звіти про кількість гостей на території, тривалість перебування гостя на території, кількість візитів / відвідувань конкретним гостем об'єкта, кількість активних перепусток, всі перепустки замовлені кожним мешканцем та фільтрування

перепусток по днях, часу.

Перепуски поділяються на наступні типи:

- разові – дозволяють один раз заїхати та виїхати;
- тимчасові, які не обмежують кількість відвідувань та закриваються після закінчення терміну дії;
- запрошення дозволяють гостю самостійно заповнити перепустку;
- масове завантаження перепусток із Excel в одне натискання.

Також проект може надати функції з відеоспостереження. Він включає в себе архів відеозаписів, доступ до камер у смартфоні, фото та відеофіксація відвідувачів та автоматичний підрахунок відвідувачів.

Камери оснащені детекторами руху. Рух у кадрі, автоматично увімкне запис відео. Режим нічного бачення дозволить робити відеофіксацію у темряві. Також камери легко інтегруються із системами обліку та контролю доступу.

Мобільний додаток допоможе як мешканцям так і охоронцям.

Функції для мешканців:

- створення заявок на перепустки (рисунок 1.7);
- оформлення звернень до ЖК;
- стрічка новин, опитування;
- історія всіх оформлених заявок;
- кнопка для керування шлагбаумом;
- каталог товарів та послуг.

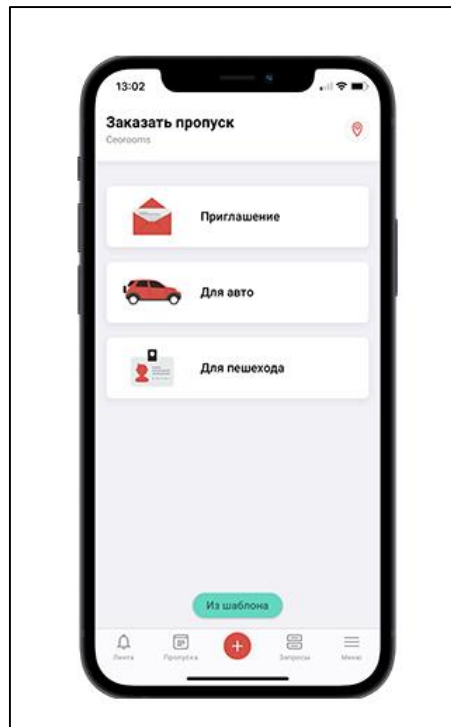


Рис. 1.7 – Приклад замовлення перепустки у мобільному додатку

Функції для охорони:

- перегляд камер відеоспостереження;
- доступ до архіву відеозаписів;
- ручне керування шлагбаумами;
- узгодження перепусток (рисунок 1.8);
- електронний журнал обліку відвідувачів.

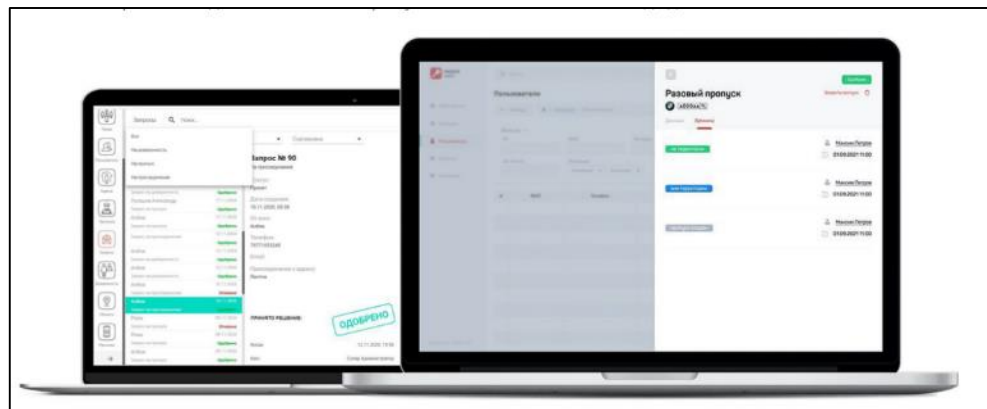


Рис. 1.8 – Приклад web-версії додатку

### Функції для ЖК:

- додавання та видалення користувачів;
- тимчасове блокування боржників у додатку;
- управління заявками та контроль виконання;
- доступ до обліку та аналітики;
- розміщення товарів та послуг у додатку;
- масове та вибіркоче групове розсилання;
- реєстр транспорту мешканців та гостей;
- чат із жителями;
- розміщення товарів та послуг на вітрині маркетплейс;
- проведення опитувань та голосувань.

Встановлення комплексу потребує деякі попередні кроки. Потрібно зробити аудит та проектування об'єкту. На нього виїжджають спеціалісти, проводять обстеження наявного обладнання та аналіз процесів контролю доступу. Узгоджують характеристики та можливості майбутньої системи із замовником. Підготовлюють кошторис проекту, проектну та робочу документацію. Після цього проводиться встановлення систем контролю доступу (СКУД), відеоспостереження, шлагбаумів, турнікетів, зчитувачів, воріт, автоматики, домофонів. В подальшому все це обладнання потрібно підтримувати. Сервісне обслуговування включає в себе регулярний технічний огляд обладнання для профілактики та діагностування несправностей у системі.

### 1.2.3 SMARTUNITY BMS

SMARTUNITY BMS – програмна платформа для вирішення задач автоматизації та диспетчеризації будівель та споруд. SMARTUNITY BMS створювалася як програмна платформа для вирішення задач автоматизації та

диспетчеризації будівель та споруд [7]. Відсутність необхідності низькорівневого програмування, створення систем автоматизації шляхом гнучкого конфігурування платформи, глибока інтеграція із середовищем виконання прикладних програм на ПЛК, програмна підтримка більшості протоколів зв'язку, наявність середовища розробки веб-інтерфейсу для візуалізації даних стали ключовими перевагами платформи SMARTUNITY BMS.

Надалі SMARTUNITY BMS розширилася до системи управління житловими комплексами, що забезпечує цифровізацію та автоматизацію цього процесу.

Результатом подальшого розвитку SMARTUNITY BMS стала платформа для керування містом SMARTUNITY CMS. Переваги SMARTUNITY BMS:

- відсутність необхідності низькорівневого програмування;
- створення систем автоматизації шляхом гнучкого конфігурування платформи;
- глибока інтеграція із середовищем виконання прикладних програм на ПЛК;
- програмна підтримка більшості протоколів зв'язку;
- наявність середовища розробки web-інтерфейсу для візуалізації даних.

SMARTUNITY BMS дозволяє вирішувати завдання з автоматизації процесів. Прикладами таких процесів є єдине оперативно-диспетчерське управління житловим комплексом, централізований моніторинг та управління інженерною інфраструктурою всередині будівель та споруд та на території житлового комплексу, взаємодія керуючої компанії з жителями комплексу, контроль за виконанням робіт за заявками мешканців, моніторинг та управління системами безпеки, збір даних з вузлів обліку споживання

ресурсів, контроль оплати послуг ЖКГ, управління системами розумного будинку та інше.

Мобільний додаток мешканця комплексу має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і включає всю необхідну інформацію, що стосується обслуговування житла та стану систем будинку. У додаток інтегровані:

- програма для оплати послуг житлово-комунального господарства (ЖКГ), можливе відстеження нарахувань, що пройшли транзакцій, а також показань лічильників;
- стрічка новин, в якій відображені майбутні події, які організовує місто або керуюча компанія;
- чат з керуючою компанією (КК), де мешканець може залишати заявки на усунення будь-яких проблем, дізнатися про причину їх виникнення (наприклад, відсутність води або світла);
- сервіс для участі у голосуваннях щодо прийняття рішень, пов'язаних з обслуговуванням будинку;
- система контролю та управління розумним будинком: автоматичне управління освітленням, опаленням, водопостачанням у кожній кімнаті квартири мешканця;
- можливість відчинення дверей домофону та підключення до камер відеоспостереження, встановлених зовні та всередині будівлі.

У розумних будинках та розумних житлових комплексах здійснюється робота системи контролю стану будівель, управління обладнанням споруд, а також аналізу якості життя мешканців багатоквартирних будинків.

Організація проекту розумного будинку здійснюється на базі спеціальної програмної платформи, яка відповідає за ефективне функціонування системи управління будівлею (BMS – Building Management System).



### 1.3 Централізовані та децентралізовані системи управління

Основними елементами кожної системи є: датчики, різні виконавчі механізми, деякі керуючі елементи та деякі пристрої узгодження спільної роботи різних механізмів [6].

У децентралізованих системах всі пристрої містять інтелектуальні компоненти, які обмінюються інформацією по загальному каналу – шині ЕІВ. Передається інформація збирається в телеграми і через шину передається від джерела до приймача або групи приймачів. Повідомлення одержують усі абоненти, але реагують на нього лише ті, кому воно адресоване. Як показано на рисунку 1.9:

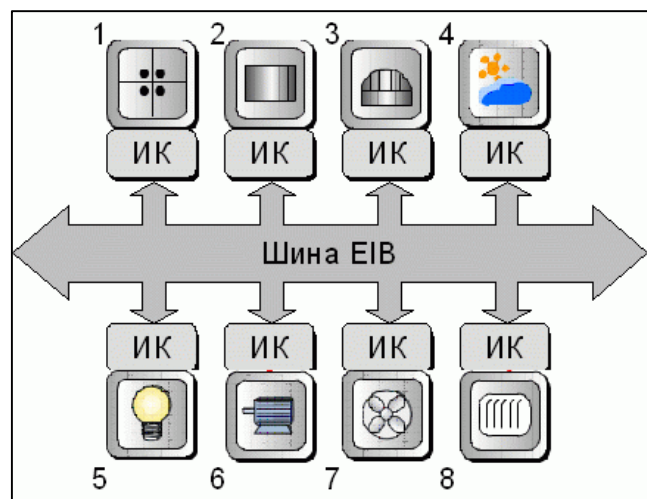


Рис. 1.9 – Принцип роботи ЕІВ [6]

На малюнку цифрами та скороченнями позначено:

- 1 – пристрої моніторингу та контролю;
- 2-4 – різні датчики;
- 5-8 – виконавчі пристрої;
- ІК – інтелектуальний компонент.



Рис. 1.10 – Принцип роботи централізованої системи [6]

У наведених системах перетворення даних та управління здійснюється одним пристроєм – мікроконтролерами в децентралізованих та програмованими логічними контролерами в централізованих. На рисунку 1.10 можна побачити такі компоненти:

- 1 – пристрої контролю;
- 2-4 – різні датчики;
- 5-8 – виконавчі пристрої.

У запропонованому рішенні функції перетворення та управління рознесені на систему збору інформації, систему управління виконавчими пристроями та контролер. Система збору інформації відповідає за збирання, перетворення та видачу інформації про стан датчиків контролеру. Контролер відповідає за реалізацію алгоритму керування. Система управління виконавчими пристроями керує різними механізмами (рисунок 1.11).

Для зв'язку системи збору інформації, системи управління виконавчими пристроями та контролера використовується паралельний двійковий код. Це дозволяє використовувати контролери компактних серій, з невеликою кількістю вбудованих базовий модуль дискретних входів/виходів.

Таке рішення передбачає використання в межах житлового комплексу що належить одному власнику (квартира, котедж). Кількість датчиків/виконавчих пристроїв у таких системах зазвичай не перевищує 200 штук. При дискретизації даних про стан різних пристроїв достатньо близько 50-60 відліків (дискретність близько 2%). Таким чином у такій ситуації використовується 14-ти розрядний код. Кожен розряд коду подається окремий дискретний вхід контролера. Аналогічно видається на виходи.

Таким чином, принципи управління системою не залежать від того, які системи збору інформації та системи управління виконавчими пристроями використовуються в системі.

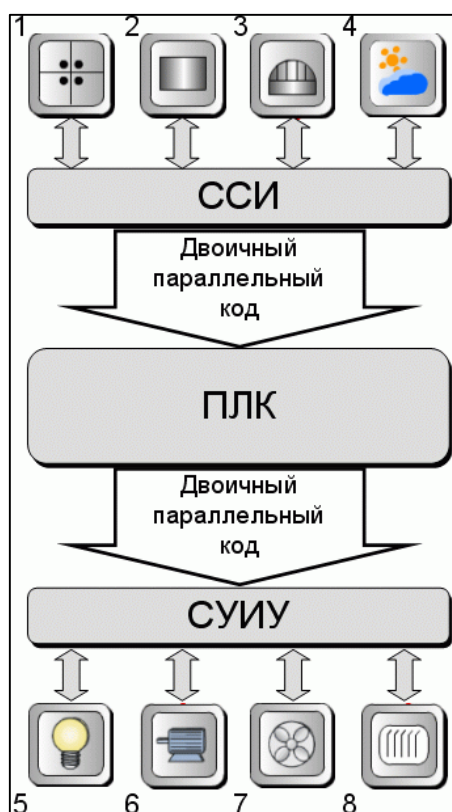


Рис. 1.11 – Принцип роботи системи [6]

Центральне місце у системі займає програмований логічний контролер. Розглянуто основні характеристики контролерів компактних серій провідних

світових виробників (Siemens – Simatic S7–200, Telemecanique Twido, Omron – SYSMAC CPM, Mitsubishi Electric – Melsec FX) (таблиця В.1 додатків). За співвідношенням розмір пам'яті/ціна/швидкість найкращим виявився ПЛК Melsec FX1N. Він і був використаний у роботі. На рисунку 1.14 представлено структуру проекту програми.

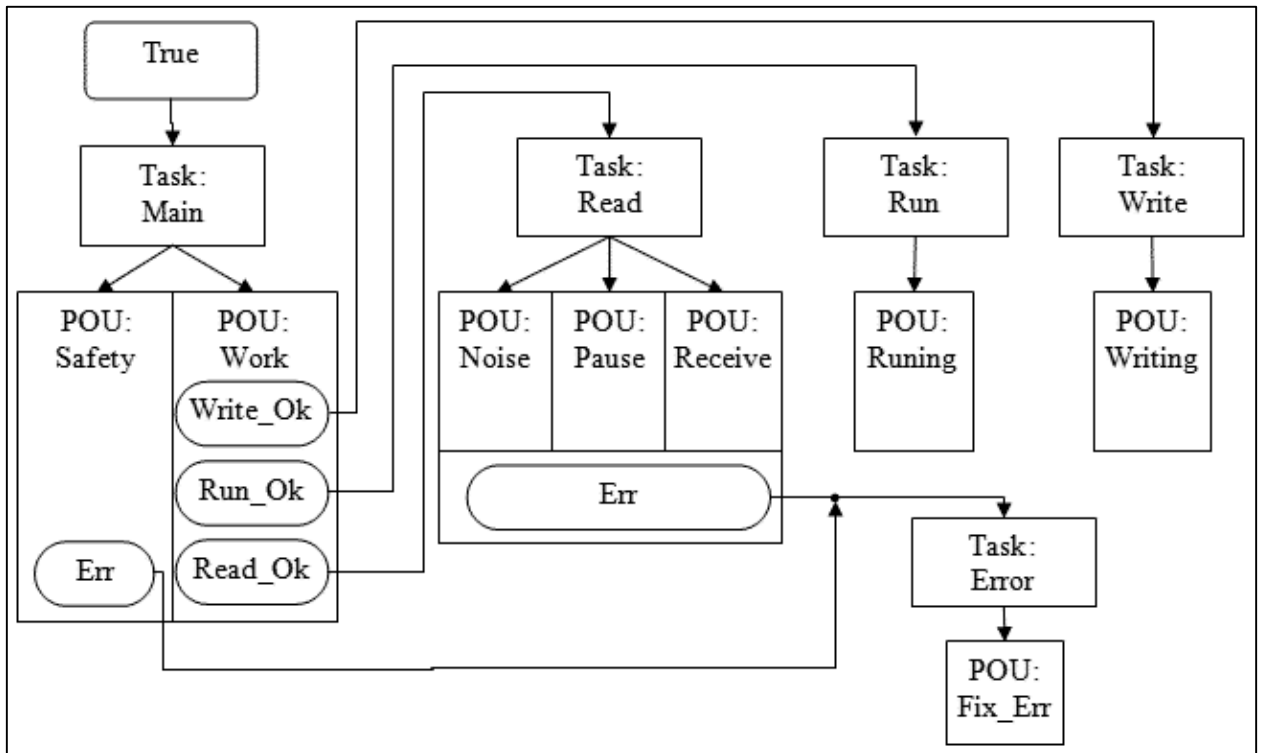


Рис. 1.14 – структура проекту Melsec FX1N від Mitsubishi Electric

З урахуванням можливостей контролера та принципів побудови програми у пакеті GX IEC Developer використовується алгоритм програмної реалізації управління системою. На рисунку Е.1 представлена блок-схема програмної реалізації управління роботою системи.

На рисунку Е.2 додатків представлена блок схема алгоритму отримання, і занесення даних від системи збору інформації (режим Read).

Програма постійно відстежує стан систем безпеки, яких при нормальній роботи деякі дискретні входи контролерів подаються одиниці. Основна програма може працювати в трьох режимах: отримання та занесення на згадку

про контролера інформації від системи збору інформації, формування керуючих сигналів, видача інформації системі управління виконавчими пристроями. Програма роботи в режимі Run перевіряє умови необхідності включення будь-яких механізмів. Режим Write – послідовне видавання даних системі управління виконавчими пристроями.

Для створення програми компанія Mitsubishi Electric пропонує пакет, що повністю відповідає стандарту IEC 61131-3.

#### 1.4 Висновки за першим розділом

Як можна побачити, «розумний будинок» це дуже сильна допомога в побуті та житті людини. Він полегшує буденні справи та робить перебування у ньому більш комфортним.

Різні частини системи «розумний будинок» забирають на себе частину буденності людини. Завдяки датчикам світла мешканець не думає про виключення або включення освітлення. Він сильно економить, за рахунок раціонального використання. Системи безпеки повідомлять нас про несакціоноване проникнення у оселю чи якусь поломку. Клімат контроль завжди буде підтримувати оптимальну температуру у будинку, що актуально як влітку так і взимку.

Мешканець може включати музику за допомогою голосу. Вона буде грати лише там де знаходиться людина, що дає змогу не заважати іншим.

Всі ці системи можна встановити окремо, але часто можна зустріти готові рішення, котрі вже охоплюють кожен з компонентів. Такі системи пропонують комплексні рішення як у обладнанні так і в управлінні. Великим плюсом буде те, що пристрої вже готові до використання і потребують лише монтажу, проте як мінус можна виділити високу ціну.

## РОЗДІЛ 2

### АПАРАТНІ КОМПОНЕНТИ КЕРУВАННЯ ПІДСИСТЕМАМИ ЖИТЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

#### 2.1 Використання мікроконтролерів

В силу того, що нинішні мікроконтролери мають досить високі обчислювальні потужності, що дозволяють лише на одній маленькій мікросхемі реалізувати повнофункціональний пристрій невеликого розміру, притому з низьким енергоспоживанням, – вартість безпосередньо готових пристроїв стає все нижчою.

Тому мікроконтролери можна зустріти всюди в електронних блоках абсолютно різних пристроїв: на материнських платах комп'ютерів, в контролерах DVD-приводів, жорстких і твердотільних накопичувачів, в калькуляторах, на платах управління пральних машин, мікрохвильових печей, телефонів, пилососів, посудомийних машин, всередині домашніх роботів, програмованих реле і ПЛК, у модулях управління верстатами і т.д.

Так чи інакше, практично жоден сучасний електронний пристрій не може обійтися сьогодні без хоча б одного мікроконтролера в собі.

Незважаючи на те, що 8-розрядні мікропроцесори давно пішли в минуле, вони й досі дуже широко застосовуються. Є безліч застосувань, де висока продуктивність зовсім не потрібна, проте критичним фактором є низька вартість кінцевого продукту. Існують, зрозуміло, і потужніші мікроконтролери, здатні обробляти реальному часі великі потоки даних (відео і аудіо, наприклад).

### 2.1.1 Вимоги до системи управління розумним будинком

На рисунку Е.3 додатків представлена типова блок-схема системи керування розумним будинком. Топологія «зірка» є найчастіше використовуваною, у ній центральний керуючий пристрій взаємодіє з усіма доступними периферійними блоками та приймає рішення.

У ролі центрального керуючого пристрою у схемі виступає мікроконтролер. У його функції входить обробка всієї інформації від вузлів, отримання інструкцій від користувача та управління підсистемами, моніторинг живлення та вимкнення приладів при виявленні збоїв у подачі електроенергії, інформування користувача при виявленні несправностей або несанкціонованого доступу. Крім цього, управління та контроль приладів можна здійснювати за розкладом, наприклад, виконувати автоматичне вимкнення телевізора у певний час. Для синхронізації часу в системі потрібна підтримка годинника реального часу (RTC).

Для контролю та налаштування системи розумного будинку користувач використовує дисплеї, клавіатуру, сенсорні панелі. Керуючий мікроконтролер, як правило, повинен мати відносно великий обсяг оперативної пам'яті для роботи та підтримувати різні послідовні та паралельні інтерфейси для підключення. Сучасні графічні інтерфейси вимагають все більш якісної графіки та все більше апаратних та програмних ресурсів. З'являються окремі контролери дисплеїв, які дозволяють безпосередньо управляти панелями без втручання центрального процесора, що спрощує розробку.

Аудіосистема розумного будинку забезпечує простий та швидкий варіант зв'язку з пристроями. Голосове управління дозволяє оперативно змінювати будь-які налаштування системи та умови у приміщенні: температуру, освітлення, музику тощо. Для цього до мікроконтролера підключають різні аналогові та цифрові мікрофони, динаміки, аудіопідсилувачі, АЦП та аудіокодеки. Все це збільшує вимоги до

мікроконтролера, що використовується – він повинен не тільки володіти необхідними інтерфейсами, але також здійснювати відповідну обробку аудіосигналу.

Центральний мікроконтролер та всі периферійні вузли періодично обмінюються даними один з одним. У разі виникнення подій необхідно забезпечити своєчасну передачу відповідних даних якомусь пристрої або користувачеві. Існують кілька варіантів організації інтерфейсів зв'язку, вибір яких залежить від вартості та топології системи та включає в себе Bluetooth, Wi-Fi, NFC та інше. Кожен з цих інтерфейсів має свої плюси і мінуси, розробники системи повинні враховувати всі системні вимоги. Технологія NFC використовується для зв'язку на близькій відстані і швидко набирає обертів у вбудованих програмах для обміну інформацією, його можна використовувати біля головних дверей, щоб замкнути або відімкнути двері за допомогою смартфона з підтримкою NFC. Bluetooth широко використовується для підключення датчиків, розкиданих на відстані десятків метрів і забезпечує мегабітну швидкість передачі даних. Крім цього, Bluetooth може бути частиною інтерфейсу користувача та оперативно передавати запитані дані на мобільний пристрій власнику будинку.

Найбільш популярною технологією є USB. Підтримка USB може бути вбудована у мікроконтролер або забезпечуватись окремим USB-контролером. В даний час USB став повсюдним джерелом живлення багатьох портативних пристроїв.

Для живлення пристроїв системи розумного будинку нерідко застосовують акумулятори, що накладає певні вимоги на потужність споживання пристроїв, у тому числі керуючого мікроконтролера, тому мікроконтролери, що мають режими малого споживання та малопотужну периферію, у цьому випадку мають пріоритет. Також часто використовуються DC/DC-перетворювачі та стабілізатори живлення, які можуть бути вбудовані в мікроконтролер або керуватися ним.



Зовнішня енергонезалежна пам'ять служить для збереження налаштувань користувача, збільшення обсягу пам'яті мікроконтролера та іншого. Для роботи з ними потрібна підтримка інтерфейсів пам'яті найчастіше на основі послідовного SPI: Quad-SPI, Octo-SPI.

## 2.2 Використання мікроконтролерів STM у системах «розумний дім»

Мікроконтролер STM32 – популярна і дуже затребувана платформа, що дозволяє створювати професійні рішення для автоматизації в різних областях. На відміну від доступного Arduino, STM32 вимагає більш глибокого занурення в деталі, вона складніша для початківців, для неї менше підручників.

Основні переваги:

- низька вартість;
- зручність використання;
- великий вибір середовищ розробки;
- чіпи взаємозамінні – якщо не вистачає ресурсів одного мікроконтролера, його можна замінити більш потужною, не змінюючи самої схеми і плати;
- висока продуктивність;
- зручне налагодження мікроконтролера.

Недоліки:

- високий поріг входження;
- на даний момент не так багато літератури з STM32;
- більшість створених бібліотек застаріли, простіше створювати свої власні.

Сімейство мікроконтролерів, заснованих на 32-бітних ядрах ARM Cortex-M7F, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0+ або Cortex-M0 зі скороченим

набором інструкцій. STMicroelectronics (ST) має ліцензію на IP-процесори ARM від ARM Holdings. Дизайн ядра ARM має безліч опцій, що налаштовуються, і ST вибирає індивідуальну конфігурацію для кожного мікроконтролера, при цьому додаючи свої власні периферійні пристрої до ядра мікроконтролера перед перетворенням дизайну в напівпровідникову пластину.

Сімейство мікроконтролерів STM32 складається з 16 серій мікроконтролерів: F0, F1, F2, F3, F4, F7, L0, L1, L4, L4+, L5, G0, G4, H7, WB, WL. Кожна з серій базується на одному з ядер ARM: Cortex-M33, Cortex-M7F, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0+, Cortex-M0.

Виробник ділить усі серії мікроконтролерів STM32 на 4 платформи (групи), що представлені в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1

## Платформи STM32

Платформа мікроконтролерів	Назви серій, що входять до групи
Високопродуктивні	F2, F4, F7, H7
Широкого застосування	F0, G0, F1, F3, G4
Наднизького споживання	L0, L1, L4, L4+, L5
Бездротові	WB, WL

Наразі є системи «розумний будинок», котрі побудовані на базі мікроконтролерів STM32, проте через свої недоліки та складність ці системи менш популярні, ніж ті які створені на базі Arduino.

### 2.2.1 Семейство STM32H7

Сімейство мікроконтролерів STM32H7 [9] з ядром Cortex-M7 та додатковим опціональним ядром Cortex-M4 відрізняється підтримкою чисел з плаваючою комою подвійної точності та тактовою частотою до 550 МГц та великим обсягом вбудованої пам'яті. До 192 КБ SRAM, 64 КБ CCM, 4 КБ NVRAM, 80 байт NVRAM. Можливість гнучкого налаштування режимів живлення та вбудовані імпульсні перетворювачі напруги дозволяють досягти малого споживання. У деяких лінійках є функція розшифровки даних «на льоту» під час читання їх із зовнішньої пам'яті, що забезпечує захист коду та даних користувача. Багата периферія для роботи з графікою та аудіоданими дозволяє використовувати мікроконтролери STM32H7 у різних мультимедійних програмах.

Сімейство включає три лінійки мікроконтролерів:

- двоядерні мікроконтролери з ядрами Cortex-M7 та Cortex-M4 працюють на частотах до 480 МГц та 240 МГц, відповідно;
- одноядерні мікроконтролери з ядром Cortex-M7 забезпечують або відмінну продуктивність на частоті до 550 МГц, або оптимальне поєднання продуктивності та малого споживання з частотою 280 МГц та струмом споживання 34 мкА в режимі очікування;
- лінійка Value line – бюджетні мікроконтролери STM32H7 із вбудованою Flash-пам'яттю 128 кбайт.

Мікроконтролери STM32H7 виробництва STMicroelectronics мають широку модульність, за рахунок якої полегшується розробка системи розумного будинку. Розглянемо функціональні блоки розумного будинку та можливості мікроконтролерів STM32H7 для їх реалізації.

### 2.2.2 Графика и аудіо

Вбудований контролер LTDC дозволяє мікроконтролерам STM32H7 безпосередньо управляти дисплеями з високою роздільною здатністю (LCD-TFT або OLED) без участі процесорного ядра. Крім того, LTDC може автономно звертатися до внутрішньої або зовнішньої пам'яті для отримання пікселів. Контролер легко налаштовується та взаємодіє зі стандартними паралельними інтерфейсами RGB. Підтримка LTDC реалізована у всіх мікроконтролерах STM32H7.

Зі збільшенням вимог до роздільної здатності та частотою оновлення потрібна більша кількість контактів мікроконтролера (до 28 контактів у разі відображення 16,7 мільйонів кольорів), що у свою чергу збільшує загальну складність та вартість друкованої плати, а також ускладнює узгодження часу та даних. Компанія STMicroelectronics представляє мікроконтролери STM32H747/757 із вбудованим інтерфейсом MIPI-DSI. MIPI-DSI (Display Serial Interface – Mobile Industry Processor Interface) – це швидкісний послідовний інтерфейс для дисплеїв, що став популярним завдяки широкому застосуванню в мобільних телефонах та планшетах. Мікроконтролери STM32H7 з DSI Host забезпечують швидкість до 1 Гбіт/с та використовують малу кількість контактів для підключення – всього 4 або 6. Завдяки малому споживанню DSI є оптимальним способом підключення до дисплеїв для пристроїв, які мають суворі обмеження за розміром та споживаною потужністю, наприклад, для портативних пристроїв DSI легко інтегрувати у вже реалізовані проекти, використовуючи контролер LTDC.

Апаратний кодек JPEG, інтегрований у мікроконтролери STM32H7, призначений для кодування та декодування зображень JPEG. Усі таблиці JPEG, необхідні для кодування та декодування, повністю програмуються. Оскільки кодек JPEG повністю реалізований апаратно, він передає один піксель даних за цикл без навантаження на процесор. Кодек вбудований у

мікроконтролери STM32H742, STM32H743/53, STM32H745/55, STM32H747/57, STM32H7A3/B3, а також є у бюджетних лінійках STM32H750 та STM32H7B0.

Блок управління пам'яттю з графічною орієнтацією Chrom-GRC у мікроконтролерах STM32H7A3/7B3 та STM32H7B0 дозволяє оптимізувати використання пам'яті, відповідно до форми дисплея (наприклад, круглої). Chrom-GRC зменшує обсяг пам'яті, необхідної для буфера кадру, за рахунок того, що в пам'яті зберігаються тільки видимі пікселі непрямокутних дисплеїв. Він повністю налаштовується відповідно до форми дисплея і працює з будь-якою пам'яттю. Завдяки тому, що буфер кадру може зберігатися у внутрішній ОЗУ, що усуває необхідність зовнішньої ОЗУ, Chrom-GRC забезпечує високоінтегроване рішення для графічних додатків. Наявність такої периферії у мікроконтролері підвищує продуктивність, знижує енергоспоживання та вартість усієї системи.

У всіх мікроконтролерах сімейства STM32H7 є контролер Chrom-Art (DMA2D) – спеціальний апаратний прискорювач графічних обчислень у мікроконтролері. Він служить для швидкого копіювання даних із підтримкою перетворення формату пікселів та для операцій змішування, а також надає спеціальні режими керування шрифтами зі згладжуванням. Усі операції повністю автоматизовані та виконуються незалежно від процесора.

Лінійки мікроконтролерів STM32H7A3/B3 та STM32H7B0 підтримують весь функціонал сімейства для роботи з графікою: контролер LCD-TFT, Chrom-Art для прискорення створення графічного контенту та зниження навантаження на основний процесор, Chrom-GRC для оптимізації використання ОЗУ, апаратний кодек та декодування JPEG. Ці мікроконтролери працюють на частоті до 280 МГц та мають збільшену оперативну пам'ять близько 1,4 Мбайт. Обсяг Flash-пам'яті становить до 2 Мбайт у STM32H7A3/B3 та 128 кбайт у бюджетній серії STM32H7B0.

Крім апаратної підтримки графічних модулів та інтерфейсів, у мікроконтролерах STM32H7 компанія STMicroelectronics пропонує безкоштовний програмний інструмент для реалізації графічного інтерфейсу (GUI) TouchGFX [11], що постачається у вигляді пакета X-CUBE-TOUCHGFX. TouchGFX надає все необхідне для повної реалізації GUI за допомогою STM32 і включає:

- TouchGFX Designer – простий у використанні конструктор GUI, що дозволяє створювати зовнішній вигляд програми;
- TouchGFX Generator – плагін CubeMX для конфігурування та генерування проекту, в якому користувач може налаштовувати та генерувати код для своєї апаратної частини STM32H7;
- TouchGFX Engine – фреймворк C++ для запуску проектів користувача з оптимізованою графічною бібліотекою;
- для підключення аудіопристроїв всі мікроконтролери сімейства STM32H7 мають стандартні інтерфейси SPI, I<sup>2</sup>C, а також аудіоінтерфейси I2S, SAI, SPDIF-RX та 12-бітові ЦАП;
- SAI (Serial Audio Interface) – це послідовний інтерфейс, що конфігурується, який можна запрограмувати для роботи в одному з чотирьох режимів;
- для підтримки стандартних інтерфейсів I<sup>2</sup>S (стандарт Phillips), PCM, TDM та інших;
- як передавача за протоколом SPDIF у стандарті IEC 60958 (цифровий інтерфейс Sony/Phillips);
- у режимі інтерфейсу PDM для підключення до 8 цифрових мікрофонів;
- для підтримки протоколу AC'97 (Audio Codec 97 від Intel).

Крім SAI, всі мікроконтролери STM32H7 мають інтерфейс SPDIF-RX для прийому цифрового аудіопотоку, відповідно до стандартів IEC-60958 та

IEC-61937. Ці стандарти підтримують стереозвук з високою частотою дискретизації та стислий багатоканальний об'ємний звук, наприклад Dolby або DTS.

У лінійках мікроконтролерів STM32H723/733, STM32H725/735 і STM32H730 для роботи з аудіоданими вбудовані два апаратні прискорювачі - CORDIC і FMAC. Співпроцесор CORDIC (COordinate Rotation DIgital Computer) забезпечує апаратне прискорення певних математичних функцій, таких як тригонометричні, логарифмічні, вилучення квадратного кореня, що використовуються для обробки сигналів та багатьох інших додатків. Блок FMAC (Filter Mathematical ACcelerator) дозволяє реалізувати цифрові фільтри, використовуючи модуль помножувача/накопичувача та кільцеві буфери. CORDIC та FMAC у порівнянні з програмною реалізацією прискорюють обчислення та звільняють процесор для виконання інших завдань.

### 2.2.3 Інтерфейси підключення

Сімейство STM32H7 не має вбудованих бездротових модулів (Wi-Fi, NFC, Bluetooth), проте ці мікроконтролери мають безліч інтерфейсів для підключення зовнішніх мікросхем. Крім цього, STMicroelectronics пропонує широкий набір плат розширення, що підтримують NFC, BLE, Sub-1 GHz: STM32 ODE Connect HW – STMicroelectronics. Ці плати зручно використовувати разом із оціночними платами NUCLEO. Дані плати, спільно з програмною підтримкою CubeMX, ідеально підходять для швидкого прототипування та розробки:

- NUCLEO-H723ZG;
- NUCLEO-H743ZI;
- NUCLEO-H745ZI-Q;
- NUCLEO-H753ZI;

- NUCLEO-H755ZI-Q;
- NUCLEO-H7A3ZI-Q.

Всі мікроконтролери STM32H7 мають до 2 інтерфейсів USB2.0 і можуть бути використані як периферійні пристрої за протоколом USB Full Speed (12 Мбіт/с). Крім цього, STM32H7 також підтримує функціональність USB OTG та обмін даними у стандарті USB High Speed на швидкості до 480 Мбіт/с.

Для підтримки Ethernet STM32H7 мають контролер MAC (IEEE-802.3-2002) для зв'язку через стандартні інтерфейси MII або RMII. Мікроконтролеру потрібна зовнішня мікросхема фізичного рівня (PHY) для підключення до шини. Підтримуються напівдуплексний або дуплексний режими та швидкості передачі 10 та 100 Мбіт/с. MAC вбудований у всі мікроконтролери STM32H7, крім лінійок STM32H7A3/B3 та STM32H7B0.

#### 2.2.4 Організація пам'яті

Мікроконтролери підтримують послідовні інтерфейси Quad-SPI та Octo-SPI для обміну даними із зовнішньою пам'яттю по 4- або 8-бітній шині даних відповідно. Крім цього, на шину можна підключити кілька мікросхем. Інтерфейси повністю налаштовуються, що дозволяє легко підключати будь-які пристрої, що запам'ятовують. Обидва інтерфейси мають функцію відображення пам'яті (Memory Mapping), яка дозволяє мікроконтролеру звертатися до зовнішньої пам'яті як звичайної внутрішньої пам'яті для операцій читання і запису. Така функція дає можливість легко та швидко збільшити пам'ять у існуючій системі, коли потрібно більше Flash-пам'яті або ОЗУ. Octo-SPI має функцію OTFDEC для захисту даних.

Вбудований контролер FMC (Flexible Memory Controller) використовується для підключення зовнішньої пам'яті NOR-Flash, NAND-Flash, SRAM, PSRAM та SDRAM. FMC можна налаштувати на роботу з



чотирма незалежними областями для підтримки різних зовнішніх пристроїв, що вибираються сигналами Chip Select, кожна область при цьому матиме свою конфігурацію. Перевагою FMC є можливість не тільки збільшення пам'яті, але й підключення LCD-контролерів, які підтримують інтерфейси Intel 8080 та Motorola 6800. Крім цього, FMC підтримує коригуючі коди ECC (Error Code Correction) в операціях читання та запису даних для виявлення та виправлення помилок.

Вбудований контролер SDMMC надає мікроконтролеру інтерфейс для підключення до карт SD, MMC (eMMC) або пристрої SDIO. Інтерфейс сумісний із стандартами SD 4.1, SDIO 4.0, MMC 5.0. Контролер SDMMC підтримує ширину даних у 1-бітному режимі (за замовчуванням), а також у 4-бітному та 8-бітному режимах для підвищення пропускної спроможності даних. Інтерфейс SDMMC працює з внутрішнім DMA для зниження навантаження процесора під час читання або запису даних. Тактовий генератор SDMMC може генерувати сигнали з частотою до 400 кГц для фази ініціалізації та до 204 МГц для карток, що підтримують високошвидкісний режим. Для зниження споживання тактування SDMMC можна вимкнути, коли шини команд та даних неактивні.

Інтерфейс Quad-SPI та контролери FMC та SDMMC є у всіх лінійках STM32H7. Інтерфейс Octo-SPI доступний у мікроконтролерах STM32H723/733, STM32H725/735, STM32H7A3/7B3, а також у бюджетних серіях STM32H730 та STM32H7B0.

### 2.2.5 Живлення

Всередині STM32H7 живлення можна підвести незалежно до різних областей: ядра, аналогової частини, резервних регістрів і так далі. Крім цього, мікроконтролери підтримують цілу низку різних режимів живлення, що дає

велику гнучкість при оптимізації споживання та можливість його регулювання, залежно від активності периферійних блоків. Для відстеження напруги живлення є кілька функцій: монітори вмикання/вимкнення живлення, перевищення порогових значень, програмування порогових значень, монітор живлення аналогової частини, монітори батарейного живлення і температури чіпа. Всі ці функції дозволяють своєчасно виявити зміни в живленні та перевести мікроконтролер у безпечний режим, щоб запобігти аварійній ситуації та втраті даних.

Для живлення ядра, крім зовнішнього живлення, можна використовувати вбудовані понижувальний перетворювач SMPS (Switched-Mode Power Supply) або LDO-стабілізатор.

LDO-стабілізатор доступний у всіх мікроконтролерах STM32H7 і може працювати у трьох режимах: основному, малоспоживаючому та режимі очікування. В основному режимі LDO живить ядро, пам'ять та цифрову периферію мікроконтролера. У режимі малого споживання LDO подає живлення регістрам та внутрішньої пам'яті, ядро не працює. У режимі очікування LDO вимкнено, ядро не працює, вміст регістрів і пам'яті втрачається.

Знижувальний перетворювач SMPS доступний у мікроконтролерах STM32H725/735, STM32H745/755, STM32H747/757, STM32H7A3/B0 та в бюджетних лінійках STM32H730 та STM32H7B0. Він може використовуватись для внутрішнього або зовнішнього живлення. У першому випадку він використовується для безпосереднього живлення ядра і периферії всередині мікроконтролера через SMPS, а в другому – генерує напругу живлення для мікроконтролера на виведенні виходу SMPS, яке можна використовувати для живлення інших зовнішніх ланцюгів. Знижуючий перетворювач SMPS може працювати в режимі малого споживання, аналогічно LDO.

Для збереження резервних даних (RTC, резервних регістрів та резервної ОЗУ), коли основне живлення вимкнено, вивід Vbat можна підключити до додаткової напруги від батареї або іншого джерела живлення.

STM32H7 підтримує різні режими, що мало споживають, коли процесору не потрібно виконувати код (під час очікування зовнішньої події). При розробці програми з використанням режиму малого споживання необхідно враховувати час запуску та доступні засоби виходу з них. Одним із джерел пробудження мікроконтролера може бути 16-бітний таймер LPTIM, який здатний працювати в режимі малого споживання і може застосовуватися як лічильник імпульсів, коли є тактування LSI або LSE.

Крім цього, у STM32H7 є UART з малим споживанням – LPUART. Для зв'язку UART зі швидкістю до 9600 біт/с досить тактової частоти LSE 32,768 кГц. Вищі швидкості передачі можна досягти, коли LPUART тактується іншими джерелами, відмінними від LSE. Навіть коли мікроконтролер перебуває в режимі малого енергоспоживання, LPUART може чекати на вхідний кадр UART, маючи при цьому надзвичайно мале споживання. LPUART підтримує напівдуплексний зв'язок та модемні сигнали (CTS/RTS).

Невелика периферія LPUART і LPTIM доступна у всіх мікроконтролерах сімейства STM32H7.

#### 2.2.6 Засоби безпеки

У всіх мікроконтролерах STM32H7 вбудовані апаратний блок обчислення контрольної суми (CRC) та апаратний генератор випадкових чисел (RNG). Блок обчислення CRC (Cyclic Redundancy Check) використовується для генерації коду CRC для 8-, 16- та 32-бітних даних, який можна використовувати для перевірки цілісності передачі даних або їх зберігання. Обчислення CRC також можна використовувати для розрахунку підпису

програми мікроконтролера під час виконання, щоб порівнювати з початковим підписом, створеним під час компонування та збереженою в певному осередку пам'яті.

Генератор випадкових чисел RNG (Random Number Generator) використовується в прошивці для отримання непередбачуваного результату або зменшення ймовірності вгадування певних значень. Робота генератора заснована на аналоговій схемі, яка генерує шум, який використовується генератором для отримання випадкового 32-бітного числа. Генератор здатний видавати чотири 32-бітні випадкові числа з частотою 216 системних тактів. Що нижче частота генератора, то краще розкид випадкової величини.

Для захисту каналів зв'язку використовують криптографічні методи, такі як автентифікація, конфіденційність та шифрування, які потребують значних ресурсів процесора. Мікроконтролери STM32H7 мають вбудований апаратний криптографічний процесор CRYP для підтримки алгоритмів шифрування Data Encryption Standard (DES), Triple-DES та Advanced Encryption Standard (AES). Він також призначений для хеш-обчислень. За допомогою CRYP можна обчислювати дайджест повідомлення унікальне значення фіксованої довжини, обчислене з вхідного. Хеш-дайджести та хеш-код автентифікації повідомлень (HMAC) широко використовуються при обміні даними для гарантії цілісності та автентифікації передачі. Криптографічний процесор доступний у лінійках STM32H753, STM32H755, STM32H757, STM32H733, STM32H735, STM32H7B3, а також у бюджетних лінійках STM32H730, STM32H750 та STM3.

У всіх STM32H7 також є кілька опцій для захисту коду та даних Flash-пам'яті, резервної SRAM та резервних регістрів (RTC). Захист RDP (Readout Protection) дозволяє налаштувати захист від читання всієї пам'яті, включаючи резервні SRAM та RTC-реєстри. Цю функцію можна використовувати у двох режимах: з можливістю стирання всієї пам'яті або із заборною стирання. У разі заборони стирання виключається будь-яка зміна вмісту пам'яті. Захист

PcROP (Proprietary code Read Out Protection) дозволяє визначати області у Flash-пам'яті, призначені для виконання лише тих вказівок, що прописані в програмі мікроконтролера власником. Це захищає процесор від виконання шкідливого коду. Крім цього, можна використовувати WRP (Write protection) – захист секторів Flash-пам'яті від запису та стирання.

У мікроконтролерах STM32H733, STM32H735, STM32H7B3, STM32H730 та STM32H7B0 вбудована функція OTFDEC (On-the-fly decryption). Метою OTFDEC є захист коду користувача та даних, які зберігаються у зовнішній SPI-пам'яті. Якщо образ прошивки зберігається у незашифрованому вигляді, його легко прочитати, випаявши Flash-пристрій та перепаявши його на іншій платі або відстежуючи трафік на шині SPI. Тому в даному випадку прошивка має бути зашифрована, а потім дешифрована на льоту під час читання та виконання. При цьому затримка, викликана розшифровкою, має бути мінімізована. OTFDEC у мікроконтролерах STM32H7 спеціально призначений для шифрування/дешифрування коду з малою затримкою.

У таблицях Д.1-Д.3 додатків наведено функції, що підтримуються кожною лінійкою.

Сімейство мікроконтролерів STM32H7 пропонує багату периферію та широку функціональність. У поєднанні з високою продуктивністю ці мікроконтролери є чудовим вибором для реалізації управління в системах «розумний дім».

### 2.3 Використання платформи Arduino

Ардуіно (Arduino) – спеціальний інструмент, що дозволяє проектувати електронні пристрої, що мають тіснішу взаємодію з фізичним середовищем у порівнянні з ПК, що фактично не виходять за межі віртуальної реальності.

В основі платформи лежить відкритий код, а сам пристрій побудований на друкованій платі з «вшитим» програмним забезпеченням.

Іншими словами, Ардуїно – невеликий пристрій, що забезпечує управління різними датчиками, системами освітлення, прийняття та передачі даних.

Плата Arduino [12] складається з мікроконтролера Atmel AVR, а також елементів обв'язки для програмування та інтеграції з іншими пристроями. Її особливість – здатність виконувати прості завдання. Залежно від моделі, пристрій Ардуїно може комплектуватися мікроконтролерами різних типів.

### 2.3.1 Загальні відомості про платформу Arduino

Arduino – торгова марка апаратно-програмних засобів для побудови та прототипування простих систем, моделей та експериментів у галузі електроніки, автоматички, автоматизації процесів та робототехніки.

Програмна частина складається з безкоштовної програмної оболонки (IDE) для написання програм, їх компіляції та програмування апаратури. Апаратна частина є набором змонтованих друкованих плат, що продаються як офіційним виробником, так і сторонніми виробниками. Повністю відкрита архітектура системи дозволяє вільно копіювати або доповнювати лінійку продукції Arduino (рисунок 2.2).

Використовується як для створення автономних об'єктів, так і підключення до програмного забезпечення через дротові та бездротові інтерфейси. Підходить для початківців з мінімальним вхідним порогом знань у галузі розробки електроніки та програмування.

Програмування ведеться повністю через власну безкоштовну програмну оболонку Arduino IDE (розповсюджується за умовами GPLv2). У цій оболонці є текстовий редактор, менеджер проєктів, препроцесор, компілятор та

інструменти для завантаження програми в мікроконтролер. Оболонка написана на Java на основі проекту Processing, працює під Windows, Mac OS X та Linux. Використовується комплект бібліотек Arduino (за ліцензією LGPL).

Мова програмування Arduino називається Arduino C і є мовою C++ з фреймворком Wiring, він має деякі відмінності в частині написання коду, який компілюється і збирається за допомогою `avr-gcc`, з особливостями, що полегшують написання працюючої програми – є набір бібліотек, що включає у собі функції та об'єкти. При компіляції IDE створює тимчасовий файл з розширенням `*.cpp`.

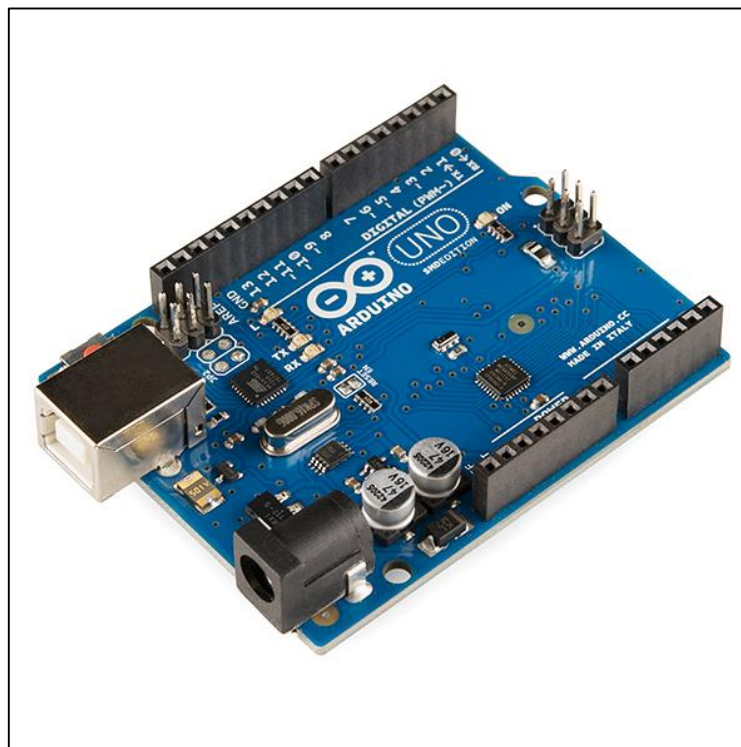


Рис. 2.2 – Приклад Arduino Uno

Програми, написані програмістом Arduino, називаються начерки або скетчі (транслітерація від англ. `sketch`) і зберігаються у файлах із розширенням `*.ino`. Ці файли перед компіляцією обробляються препроцесор Ардуїно. Також існує можливість створювати та підключати до проекту стандартні файли C++.

Програміст повинен написати дві обов'язкові для Arduino функції `setup()` та `loop()`. Перша викликається одноразово при старті, друга виконується у нескінченному циклі.

У текст своєї програми (скетчу) програміст не повинен вставляти заголовні файли використовуваних стандартних бібліотек. Ці заголовні файли додасть препроцесор Arduino відповідно до конфігурації проекту. Однак користувацькі бібліотеки потрібно вказувати.

Менеджер проекту Arduino IDE має нестандартний механізм додавання бібліотек. Бібліотеки у вигляді вихідних текстів на стандартному C++ додаються до спеціальної папки в робочому каталозі IDE. Назва бібліотеки додається до списку бібліотек у меню IDE. Програміст зазначає необхідні бібліотеки, і вони вносяться до списку компіляції.

Arduino IDE не пропонує жодних налаштувань компілятора та мінімізує інші налаштування, що спрощує початок роботи для новачків та зменшує ризик виникнення проблем; але є директиви препроцесора, такі як `#define`, `#include` та багато інших.

Під торговою маркою Arduino випускається кілька плат з мікроконтролером (англ. boards) і плати розширення (так звані шилди – транслітерація з англ. shields). Більшість плат із мікроконтролером забезпечено мінімально необхідним набором обв'язки для нормальної роботи мікроконтролера (стабілізатор живлення, кварцовий резонатор, ланцюжки скидання тощо).

У концепцію Arduino не входить корпусний або монтажний конструктив. Розробник вибирає спосіб встановлення та механічного захисту плат самостійно або за допомогою сторонніх компаній. Сторонніми виробниками також випускаються набори робототехнічної електромеханіки, орієнтованої працювати разом із платами Arduino. Незалежними виробниками також випускається велика гама всіляких датчиків та виконавчих пристроїв, які в тій чи іншій мірі сумісні з Arduino.



### 2.3.2 Призначення та основні характеристики

Місця використання можна перераховувати довго, тому що можливості її нічим не обмежені. За допомогою цього пристрою можна спроектувати безліч різних систем, які допомагатимуть людині в побутових умовах, а також у промисловому виробництві, медицині та інших сферах нашого життя.

Ось деякі популярні області використання цього пристрою:

- система «розумний будинок»;
- різноманітні датчики;
- робототехніка;
- автоматичні вентилятори;
- світлофори;
- охороні системи;
- міні метеостанції;
- мультитестери;
- квадрокоптери.

Мікроконтролери для Arduino відрізняються наявністю заздалегідь прошитого в них завантажувача (англ. bootloader). За допомогою цього завантажувача користувач завантажує свою програму мікроконтролер без використання традиційних окремих апаратних програматорів. Завантажувач з'єднується з комп'ютером через інтерфейс USB (якщо він є на платі) або окремим перехідником UART-USB. Підтримка завантажувача вбудована Arduino IDE і виконується в один клік миші.

На випадок затирання завантажувача або покупки мікроконтролера без завантажувача, розробники надають можливість прошити завантажувач у мікроконтролер самостійно. Для цього в Arduino IDE вбудована підтримка кількох популярних дешевих програматорів, а більшість плат Arduino має штирьовий роз'єм для внутрішньосхемного програмування (ICSP для AVR,

JTAG або SWD для ARM). Перейти до розділу «#Завантаження програми в мікроконтролер».

Arduino IDE має можливість створення своїх програмно-апаратних платформ. Цією можливістю користуються сторонні компанії, які додають Arduino IDE свої набори плат і компіляторів-завантажувачів до них.

У класичній лінійці пристроїв Arduino в основному застосовуються мікроконтролери Atmel AVR. Наступні МК можна зустріти на вказаних розповсюджених платах:

- ATmega2560 (16 МГц, 256 Kb Flash, 8 Kb RAM, 54 порти, з них до 15 з ШІМ та 16 АЦП). Плати Mega.
- ATmega32U4 (16 МГц, 32 Kb Flash, 2,5 Kb RAM, 20 портів, з них до 7 з ШІМ та 12 АЦП). Плати Leonardo, Micro, Yun.
- ATmega328 (16 МГц, 32 Kb Flash, 2 Kb RAM, 14 портів, з них до 6 з ШІМ та 8 АЦП). Плати UnoR3, Mini, NanoR2, Pro, Pro mini, різні варіанти плат uno та nano, такі як Wifi Uno та nano + nrf42101.
- ATtiny85 (20 МГц, 8 Kb Flash, 512 b RAM, 6 портів, з них 4 ШІМ та 4 аналогових). Плати Digispark також часто застосовуються поза платами.
- (16 МГц, 16 Kb Flash, 1 Kb RAM, порти та розпинування аналогічно ATmega328) Плати Uno R1, Uno R2, Pro mini, NanoR1.

У деяких платах склад доступних портів та частота тактування можуть відрізнятися.

### 2.3.3 Базовий мікроконтролер платформи

Розглянемо характеристики на прикладі Arduino Uno. На Arduino Pro може бути подане живлення через USB-роз'єм, від акумулятора або зовнішнього джерела живлення. Для підключення акумулятора служить гніздо

JST. Для підключення зовнішнього джерела живлення на плату необхідно припаяти відповідний роз'єм живлення.

Таблиця 2.4

## Характеристики Arduino Uno

Мікроконтролер	АТmega168 або АТmega328
Робоча напруга	3.3В або 5В
Напруга живлення	3.35 - 12В (для моделей 3.3В) або 5 - 12В (для моделей 5В)
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися як ШІМ-виходи)
Аналогові входи	6
Максимальний струм одного виводу	40 мА
Flash-пам'ять	16 КБ (АТмеаg168) або 32 КБ (АТmega328) з яких 2 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	1 КБ (АТmega168) або 2 КБ (АТmega328)
EEPROM	512 байт (АТmega168) або 1 КБ (АТmega328)
Тактова частота	8 МГц (для моделей 3.3В) або 16 МГц (для моделей 5В)

Нижче наведено виводи живлення, розташовані на платі:

- VIN. Напруга, що надходить на Ардуїно від акумулятора або зовнішнього джерела живлення (відповідно до позиції перемикача). Через цей вивід можна як подавати зовнішнє живлення, так і споживати струм, якщо пристрій запитано від акумулятора або зовнішнього джерела живлення.
- VCC. Стабілізована напруга живлення на платі. Його джерелом може бути акумулятор, або стабілізатор напруги зовнішнього джерела живлення, або USB-Serial перетворювач.

– GND. Виводи землі.

Об'єм флеш-пам'яті програм мікроконтролера ATmega168 становить 16 КБ (з яких 2 КБ використовуються завантажувачем). Мікроконтролер також має 1 КБ пам'яті SRAM та 512 байт EEPROM (з якої можна зчитувати або записувати інформацію за допомогою бібліотеки EEPROM). Мікроконтролер ATmega328 має 32 КБ флеш-пам'яті, 2 КБ SRAM та 1 КБ EEPROM.

З використанням функцій `pinMode()`, `digitalWrite()` і `digitalRead()` кожен із 14 цифрових виводів Pro може працювати як вхід або вихід. Рівень напруги на виводах обмежений 3.3В. Максимальний струм, який може давати або споживати один вивід, становить 40 мА. Всі виводи пов'язані з внутрішніми резисторами (за замовчуванням відключеними) номіналом 20-50 кОм. Крім того, деякі виводи Ардуїно можуть виконувати додаткові функції:

Послідовний інтерфейс: виводи 0 (RX) та 1 (TX). Використовуються для отримання (RX) та передачі (TX) даних за послідовним інтерфейсом. Ці виводи з'єднані з лініями TX-0 та RX-1 шестиконтактного гнізда.

Зовнішні переривання: виводи 2 і 3. Дані виводи можуть бути джерелами переривань, що виникають за різних умов: за низького рівня сигналу, по фронту, за спадом або за зміни сигналу цих виходів. Для отримання додаткової інформації див. функцію `attachInterrupt()`.

ШІМ: виводи 3, 5, 6, 9, 10 та 11. За допомогою функції `analogWrite()` можуть виводити 8-бітові аналогові значення у вигляді ШІМ-сигналу.

Інтерфейс SPI: виводи 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ці виводи дозволяють здійснювати зв'язок за інтерфейсом SPI. У пристрої реалізована апаратна підтримка SPI, проте на даний момент мова Ардуїно поки що її не підтримує.

Світлодіод: 13. Вбудований світлодіод, приєднаний до цифрового виводу 13. При надсиланні значення HIGH світлодіод вмикається, при відправленні LOW – вимикається.

Arduino Pro має 6 аналогових входів, кожен з яких може представити аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значення). За замовчуванням вимірювання напруги здійснюється відносно діапазону від 0 до VCC. Тим не менш, верхню межу цього діапазону можна змінити, використовуючи вивід AREF та застосувавши кілька низькорівневих процедур. Крім цього, деякі аналогові входи мають додаткові функції:

I2C: вивід 4 (SDA) та вивід 5 (SCL). З використанням бібліотеки Wire дозволяють здійснювати зв'язок за інтерфейсом I2C.

Крім перерахованих, на платі є ще один вивід – AREF, це опорна напруга аналогових входів. Може використовуватися функцією `analogReference()`.

Reset. Формування низького рівня (LOW) на цьому виводу призведе до перезавантаження мікроконтролера. Зазвичай цей вивід служить функціонування кнопки скидання на платах розширення.

## 2.4 Датчики

Датчики [14] – це різноманітні системи або контролери, що дозволяють зчитувати, надсилати та обробляти інформацію. Хоча останні іноді відносять до другого класу модулів, але через тісний зв'язок з пристроями введення-виведення їх краще зарахувати саме до датчиків, тим паче, часто вони виконують відразу дві функції. Всі ці пристрої спрямовані на розширення апаратного функціоналу системи, наприклад, щоб дати Ардуїно можливість зчитувати відстань до об'єкта або вологість повітря, що просто необхідно для багатьох систем.

Розглянемо пристрої введення чи отримання інформації. Це різні сканери, які дозволяють отримати дані про навколишнє середовище, чи це рівень освітленості або вологості повітря. З їх допомогою можна ввести різні змінні, залежно від яких система визначатиме свої подальші дії. Є базою для

більшості систем, і без них неможливо продати будь-який смарт-девайс. Найпростішим прикладом буде той самий датчик відстані, хоча і їх існує кілька видів.

Пристрої обробки інформації найчастіше вже вбудовані в попередній тип, через що вважаються комбінованими, але нерідко такі модулі встановлюються окремо. Мають невеликий об'єм пам'яті або продаються без нього, і здатні виконувати лише прості проміжні операції. Подібним модулем можна вважати навіть МК Ардуїно різних версій, але не варто їх плутати з пристроями, що розширюють обчислювальні можливості головного контролера, адже вони виконують операції.

Пристрої виведення інформації у більшості асоціюються з найпростішим РК-екраном, хоча це далеко не єдиний різновид даних девайсів. Необхідні для того, щоб виводити результати обчислень для отримання фідбека від системи та перевірки різного функціоналу. Бувають звуковими, візуальними та тактильними, відповідаючи кожному з органів чуття людини. Також можуть комбінуватися з першими двома видами, стаючи гібридним доповненням мікроконтролера.

#### 2.4.1 Датчик тиску и вологості повітря (BME280)

Модуль BME280 (рисунок 2.3) призначений для вимірювання атмосферного тиску, температури та вологості. Це черговий датчик тиску Bosch Sensortec для вимірювання атмосферного тиску і температури. У порівнянні з першими датчиками серії (BMP085 та BMP180) він має кращі характеристики та менші розміри. На відміну від датчика BMP280 – наявність гігрометра, що дозволяє вимірювати відносну вологість повітря та створити на його основі маленьку метеостанцію.

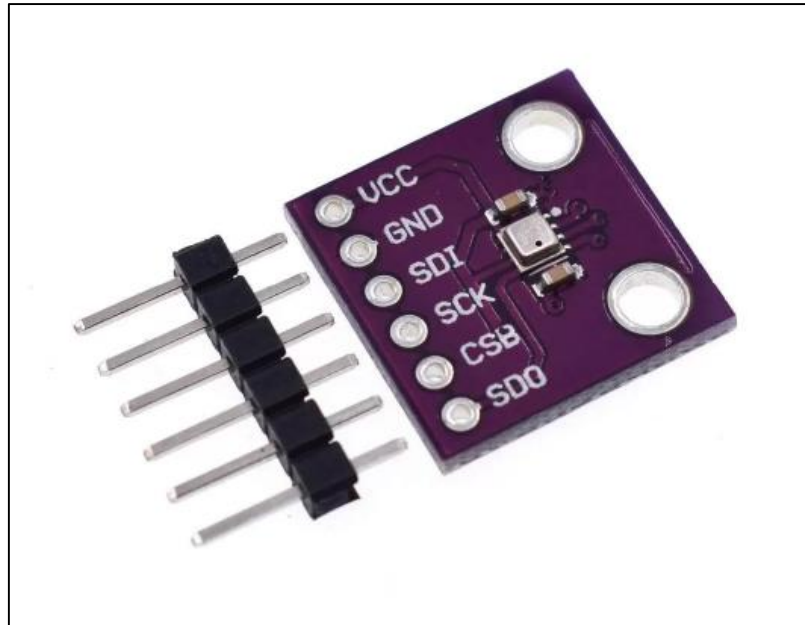


Рис. 2.3 – Модуль BME280

Технічні характеристики:

- інтерфейс: SPI, I2C;
- напруга живлення: 3.3В;
- діапазон вимірювань тиску: 300-1100hPa;
- діапазон вимірювань температури: -40 - +85°C;
- діапазон вимірювань вологості: 0 - 100%;
- енергоспоживання: режим вимірювань – 2.74 нА; в режим сну: – 0.1 нА;
- точність вимірювань: тиск – 0.01 hPa (< 10 см). Температура - 0.01°C  
Вологість – 3%.

Датчик підтримує два інтерфейси – I2C (таблиця. 2.5) і SPI (таблиця. 2.6), тому підключати модуль можна двома способами. Для підключення по інтерфейсу I2C використовуємо два виводи Arduino.

Таблиця 2.5

## Підключення протоколу I2C

BME280	Arduino UNO	Arduino Mega
GND	GND	GND
VCC	+3.3	+3.3
SDA	A4	20
SCL	A5	21

Для підключення протоколу SPI використовується 4 виводи Arduino.

Таблиця 2.6

## Підключення протоколу SPI

BME280	Arduino UNO	Arduino Mega
GND	GND	GND
VCC	+3.3	+3.3
SCK	D13	D52
CSB	D10	D49
SDI	D11	D51
SDO	D12	D50

Схеми підключення до плати Arduino за протоколами I2C та SPI показані на рисунках 2.4 і 2.5.



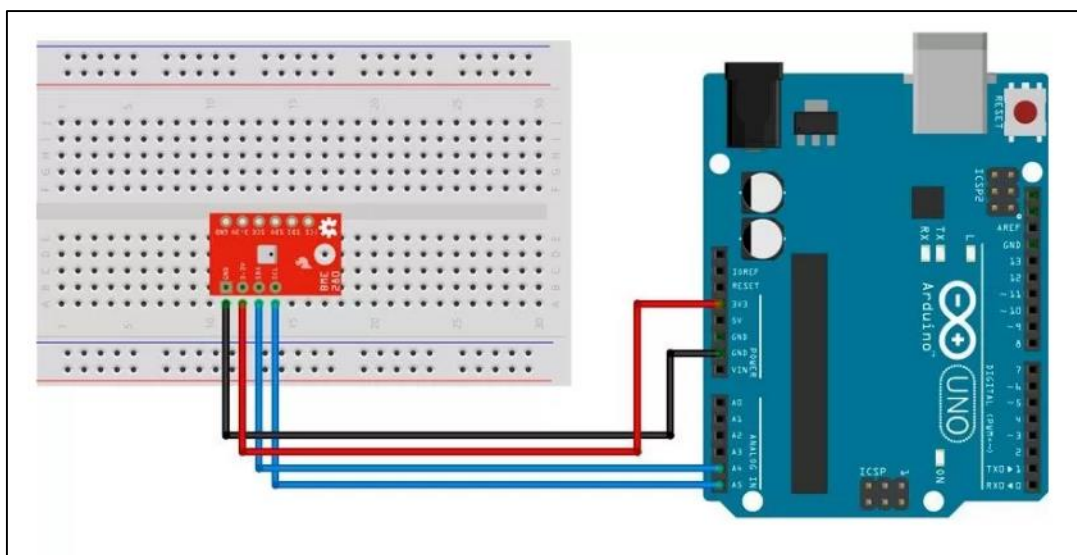


Рис. 2.4. – Схема з'єднань для підключення датчика BME280 протоколу I2C

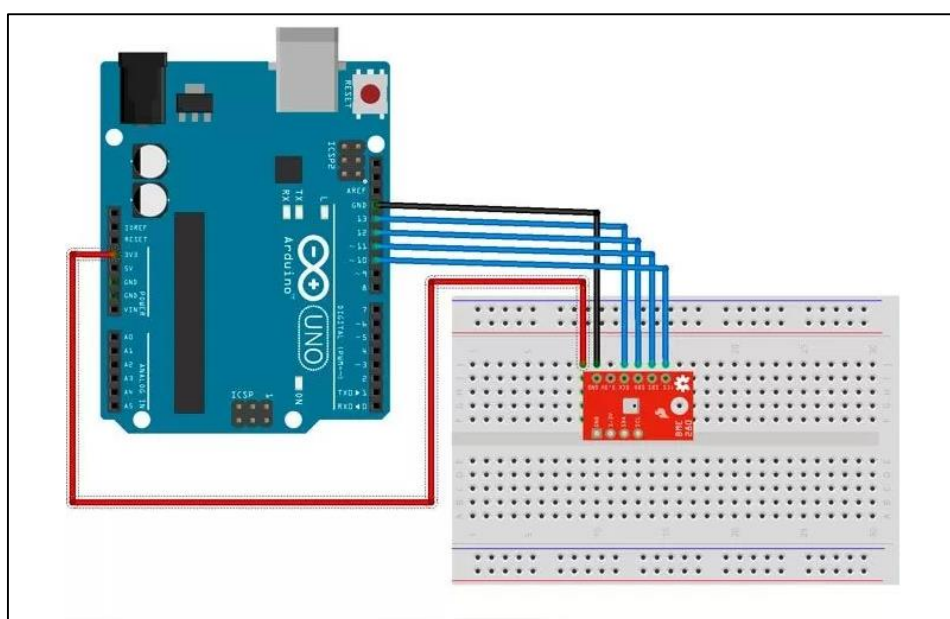


Рис. 2.5. – Схема з'єднань для підключення датчика BME280 протоколу SPI

#### 2.4.2 Датчик вимірювання температури (DS18B20)

DS18B20 – це повноцінний цифровий термометр, здатний вимірювати температуру в діапазоні від  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$  програмованою точністю 9-12 біт.

При виготовленні на виробництві, кожному датчику присвоюється власна унікальна 64-бітна адреса, а обмін інформацією з провідним пристроєм (мікроконтролером або платою Arduino) здійснюється по шині 1-wire. Такий підхід дозволяє підключати до однієї лінії цілу групу датчиків, аж до 264 .

Технічно датчики DS18B20 випускаються в 3-х корпусах: TO-92, SO, uSOP. Зовнішній вигляд та розпикування корпусів показано на рисунку 2.6.

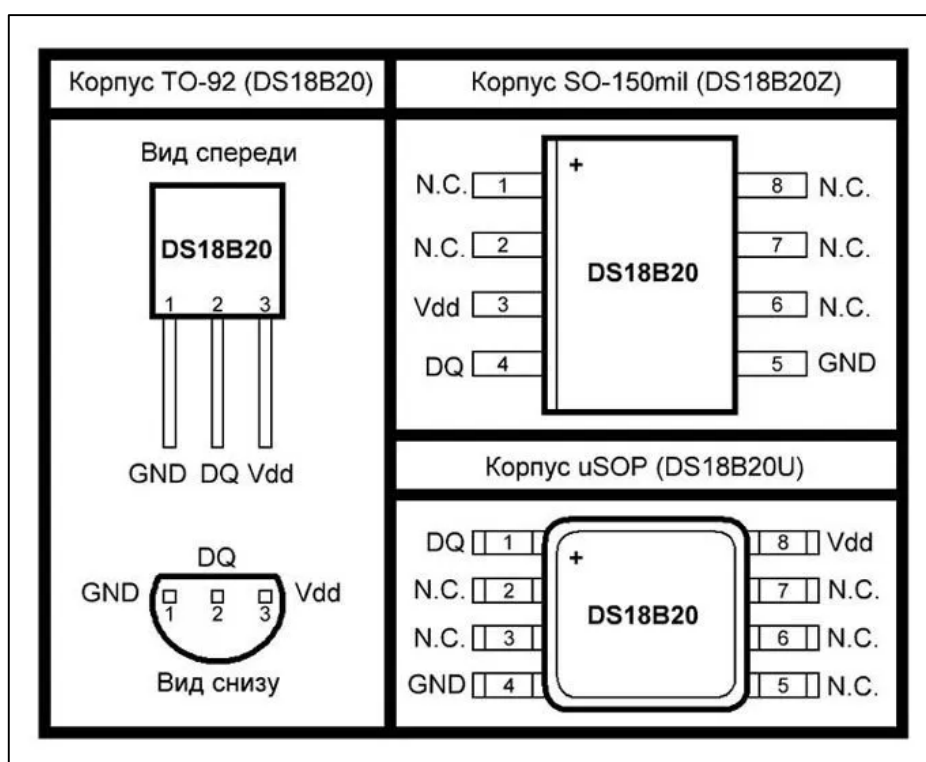


Рис. 2.6 – види корпусів та розпикування DS18B20

Щоб зрозуміти принципи спілкування з датчиком, необхідно ознайомитися з його внутрішньою складовою. Ця на вигляд маленька мікросхема містить у собі низку електронних блоків і модулів. На рисунку 2.7 показано структурну схему датчика DS18B20.

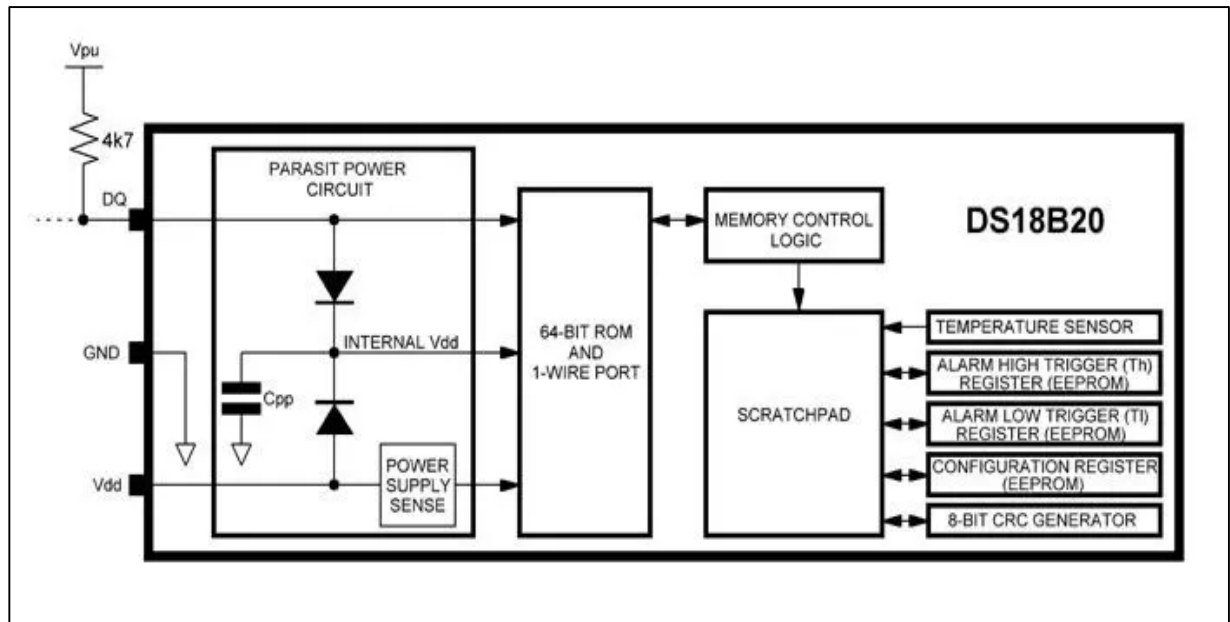


Рис. 2.7 – структурна схема DS18B20

Перше, на що хотілося б звернути увагу – це спосіб живлення мікросхеми. Їх лише два: режим прямого живлення (напруга подається на виводи Vdd та GND) та режим паразитного живлення (живлення датчика відбувається від лінії даних). Докладніше ці режими будуть розглянуті у розділі.

Зі структурної схеми видно, що за пряме живлення відповідає блок (POWER SUPPLY SENSE), а режим паразитного живлення забезпечує блок (PARASIT POWER CIRCUIT) у складі якого основну роль грає конденсатор CPP, як буфер.

Далі слідує модуль “64-BIT ROM AND 1-WIRE PORT”. У ньому міститься інформація про унікальну адресу кожного пристрою. Як було сказано вище, цей код записується заводом-виробником у внутрішню енергонезалежну пам'ять датчика (EEPROM) і ніколи не повторюється. Тут же розміщена і підсистема взаємодії із 1-Wire інтерфейсом.

Блок "MEMORY CONTROL LOGIC" здійснює взаємозв'язок між командами інтерфейсу 1-Wire та внутрішньою пам'яттю датчика

SCRATCHPAD. Ця пам'ять, у свою чергу, взаємодіє з декількома спеціалізованими регістрами DS18B20, а саме:

- TEMPERATURE SENSOR. Дозволяє зчитувати перетворене значення температури.
- ALARM HIGH TRIGGER та ALARM LOW TRIGGER. Ці регістри дозволяють виставити верхній та нижній поріг спрацьовування сигналів тривоги при виході температури за вказані межі.
- CONFIGURATON REGISTER. Цей регістр призначений для налаштування роздільної здатності температурного датчика. Регістр може бути налаштований на виконання перетворення температури з точністю 9 біт, 10 біт, 11 біт або 12 біт, що відповідає точності вимірювання 0.5 про 3, 0.25 про 3, 0.125 про 3 і 0.0625 про 3.
- 8-BIT CRC GENERATOR. Цей регістр призначений для створення контрольної суми з метою підвищення захисту даних.

Технічні характеристики:

- напруга живлення: 3V-5.5V;
- протокол обміну даними: 1-Wire;
- спосіб підключення: прямий/по одній лінії з паразитним живленням;
- роздільна здатність перетворення температури: 9 біт – 12 біт;
- діапазон вимірювання температури: від -55 до +125 про ;
- період вимірювання температури за максимальної точності 12 біт: 750 мС;
- тип індексації на лінії 1-Wire: унікальна 64-бітова адреса;
- існує можливість програмування діапазону тривожного сигналу.

Як згадувалося вище, температурний датчик DS18B20 може бути підключений до плати Arduino двома способами (прямим та з паразитним живленням). Крім того, один вхід Arduino можна повісити як один, так і цілу групу датчиків. Для початку розглянемо найпростіший варіант. На рисунку 2.8

нижче показана схема прямого підключення одиночного датчика Arduino Nano.

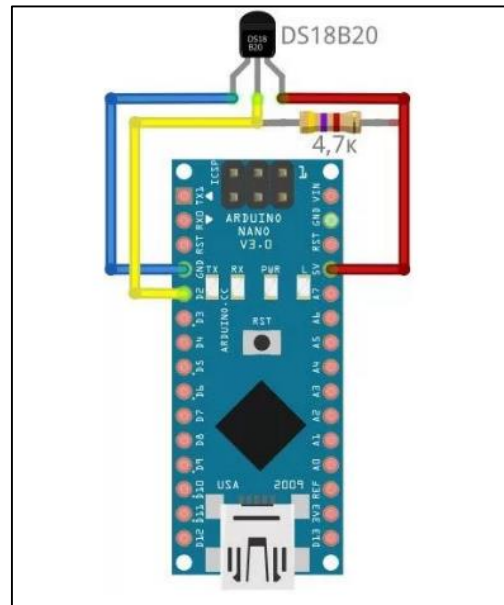


Рис. 2.8 – схема прямого підключення одиночного датчика

Запитуємо DS18B20 від плати Arduino, подаючи 5V на вивід Vdd датчика. Аналогічно з'єднуємо між собою виводи GND. Середній вивід термодатчика підключимо, наприклад, до виводу D2 Arduino Nano. Підключати виведення даних (DQ) можна на будь-який вхід Arduino, попередньо прописавши його номер у скетчі. Єдиний і найважливіший момент, на який слід звернути увагу, – це наявність резистора номіналом 4,7k між плюсом живлення та лінією даних термодатчика. Цей резистор служить для підтяжки лінії даних до логічної одиниці та її відсутність викличе збій у роботі алгоритму обміну інформацією. Значення 4,7k не дуже критично і в деяких межах можна змінювати, головне не захоплюватися.

З прямим підключенням одного датчика все зрозуміло, тепер розглянемо пряме підключення групи датчиків одного виводу Arduino. На рисунку 2.9 показаний приклад підключення 5-ти датчиків DS18B20. Ця кількість може

бути будь-якою та обмежується лише рамками часом на опитування кожного з них (750мС).

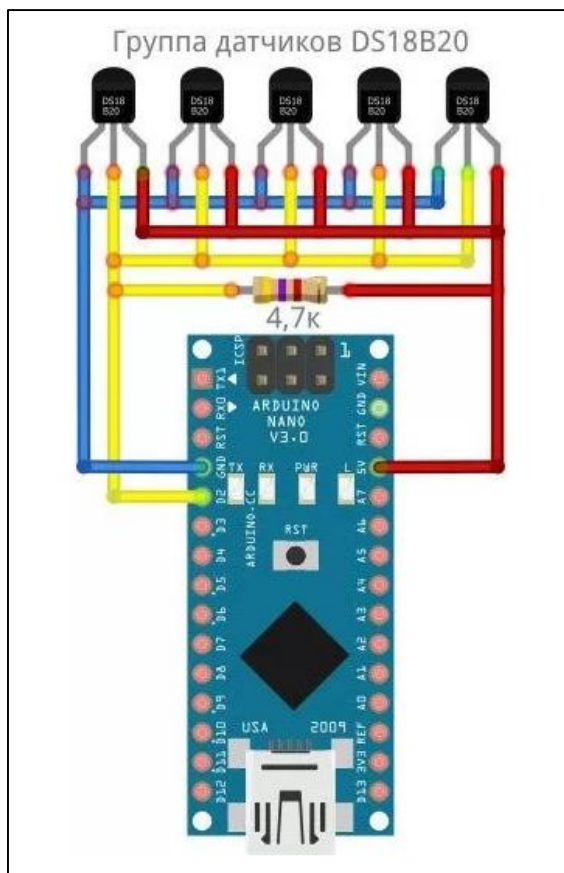


Рис. 2.9 – підключення групи датчиків DS18B20

Як видно з наведеного вище малюнка, абсолютно всі датчики на шині підключені паралельно і на всю групу йде один підтягуючий резистор. Хоч зміни у схемі логічні та мінімальні, але робота з декількома термодатчиками трохи складніша у плані складання програми. У цьому випадку необхідно звертатися до кожного окремо, використовуючи унікальні адреси. Питання програмування кожного з режимів буде розглянуто пізніше.

Режим паразитного живлення відрізняється від прямого тим, що датчики отримують енергію безпосередньо з лінії даних без використання прямих 5V. При цьому виводи Vdd та GND кожного термодатчика з'єднуються між собою. Найбільш наочно цей процес відбито рисунку 2.10.

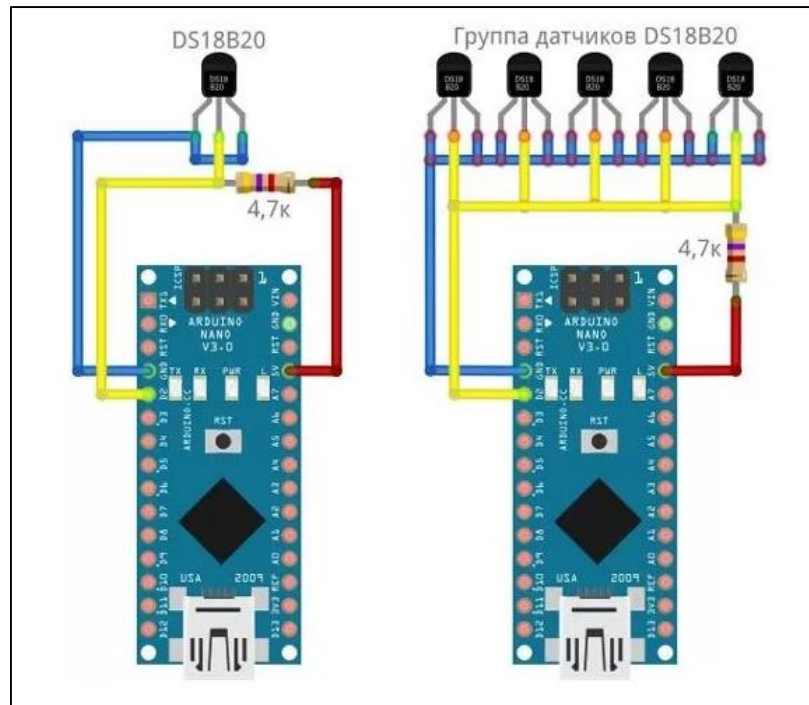


Рис. 2.10 – Підключення одиночного датчика та групи датчиків у режимі паразитного живлення від лінії даних

Як і в попередніх схемах, тут присутній резистор 4,7к, який у цьому випадку грає подвійну роль, а саме: підтяжка лінії даних до логічної «1» та живлення самого датчика. Можливість такого включення забезпечує вбудована в DS18B20 спеціальна схема та буферний конденсатор СРР. Іноді це дозволяє заощадити 1 провід у загальному шлейфі підключення групи термодатчиків, що у деяких проектах відіграє істотну роль.

Після розгляду схем увімкнення, саме час перейти до програмування і тут можна піти трьома шляхами:

- використовувати готові, перевірені бібліотеки для роботи з DS18B20;
- спілкуватися із датчиком безпосередньо через перелік встановлених команд;
- написати свою низькорівневу бібліотеку, включаючи функції передачі бітів даних за тайм-слотами, наведеними в технічній документації.

### 2.4.3 Датчик газу (MQ-2)

Датчик газу MQ-2 (рисунок 2.11) дозволяє виявити у повітрі частки диму та вуглеводневі гази (пропан, метан, н-бутан). Датчик можна використовувати для проектів, пов'язаних з виявленням витоків промислового газу та задимлення. Під час роботи датчика сенсор MQ-2 буде нагріватися, так як в нього вбудований нагрівальний елемент, який необхідний для хімічної реакції. На виході отримуємо аналоговий сигнал, який пропорційний вмісту газів, яких він чутливий (пропан, метан, н-бутан, частки диму). Діапазон вимірювань:

- пропан: 0,2-5 проміле;
- бутан: 0,3-5 проміле;
- метан: 5-20 проміле;
- водень: 0,3-5 проміле;
- пари спиртів: 0,1-2 проміле.

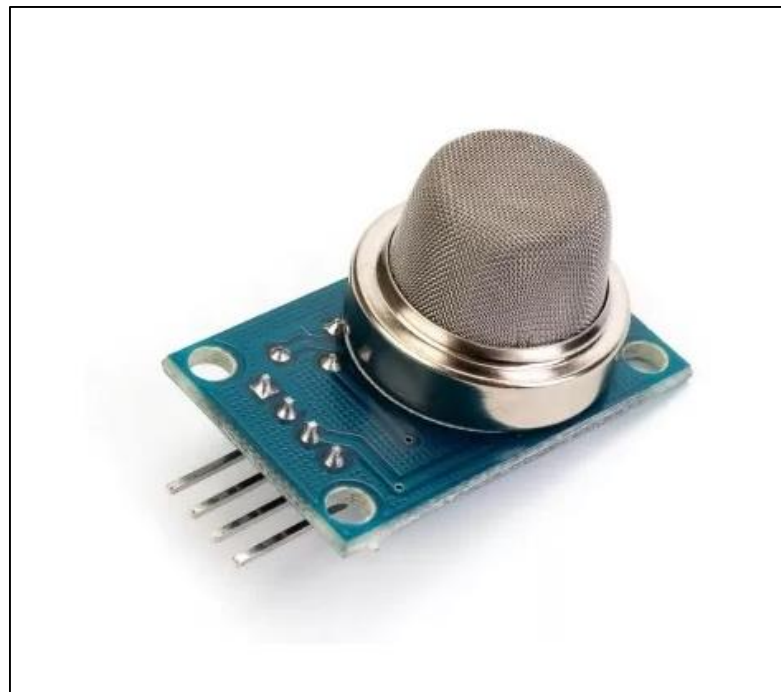


Рис. 2.11 – Датчик газу MQ-2



Технічні характеристики:

- напруга живлення: 5 В;
- споживаний струм: 160 мА.

#### 2.4.4 Далекомір (HC-SR04)

Ультразвуковий далекомір модуль HC-SR04 (рисунок 2.12) для Arduino це поміщені на одну плату приймач і передавач ультразвукового сигналу. Принцип дії HC-SR04 ґрунтується на добре відомому явищі ехолокації. Випромінювач формує акустичний сигнал, який відбившись від перешкоди, повертається до датчика та реєструється приймачем. Знаючи швидкість поширення ультразвуку в повітрі та час запізнення між випромінюваним та прийнятим сигналом, легко розрахувати відстань до акустичної перешкоди. На відміну від інфрачервоних далекомірів на ультразвуковий датчик HC-SR04 не впливають джерела світла або колір перешкоди. Можуть виникнути труднощі щодо відстані до пухнастих чи тонких об'єктів. Окрім приймача та передавача на платі знаходиться необхідна обв'язка.

- VCC - живлення +5 В;
- Trig (T) - виведення вхідного сигналу;
- Echo (R) - виведення вихідного сигналу;
- GND – земля.



Рисунок 2.12 – Далекомір HC-SR04

Послідовність дій щодо вимірювання відстані наступна:

- подаємо імпульс тривалістю 10 мкс на виведення Trig;
- на платі модуля вхідний імпульс перетворюється на 8 імпульсів частотою 40 кГц і надсилається через випромінювач T;
- дійшовши до перешкоди, надіслані імпульси відображаються і приймаються приймачем R, в результаті отримуємо вихідний сигнал на виведенні Echo.

Технічні характеристики:

- вимірюваний діапазон - від 2 до 500 см;
- точність - 0,3 см;
- ефективний робочий кут -  $<15^\circ$ ;
- кут вимірів: 30 градусів;
- напруга живлення - 5 Ст;
- сила струму спокою:  $<2$  мА;
- робоча сила струму: 15 мА;  $< 15^\circ$ ;
- ширина імпульсу тригера: 10 мікросекунд;
- розміри: 45 мм x 20 мм x 15 мм.

Типовими областями застосування ультразвукових далекомірів є паркувальні датчики, контролери рівня, пристрої моніторингу місцевості. Дуже часто використовують ці модулі в аматорській робототехніці. Розглянемо підключення модуля HC SR-04 до Ардуїно.

#### 2.4.5 Датчик нахилу та вібрації (SW-520D)

Кількість Arduino-проектів зростає з кожним днем. Любителі цієї платформи щодня вирішують різні завдання, застосовуючи різноманітні модулі, датчики та шилди.

Поглянувши на рисунок 2.13, можна помітити датчик SW-520D [13], розпаяний на платі з електронним обв'язуванням, основні елементи якого розглянуті нижче.



Рис. 2.13 – Зовнішній вигляд модуля SW-520D

Підстроювальний резистор, включений у парі з операційним підсилювачем LM393, дозволяє регулювати чутливість датчика до механічних дій. Індикатор живлення у вигляді SMD-світлодіода спалахує при подачі на модуль 5В. Індикатор спрацювання має аналогічне виконання та допомагає візуально відстежити момент спрацювання датчика. Модуль має три виводи, два з яких призначені для подачі живлення, а третій є сигнальним. На рисунку 2.14 наведено електричну схему модуля SW-520D.

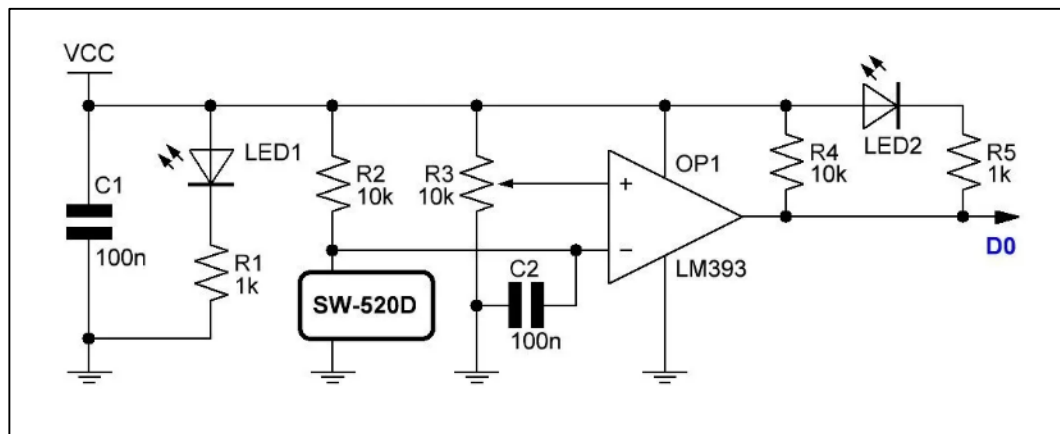


Рис. 2.14 – Електрична схема модуля SW-520D

Як видно з наведеного вище малюнка, мікросхема LM393 працює в режимі компаратора, порівнюючи два сигнали (опорний і корисний) на своїх входах. Опорний сигнал масштабується підстроювальним резистором R3, тим самим змінюючи чутливість модуля до показань датчика вібрації. Залежно від результату порівняння на виході мікросхеми, буде високий або низький логічний рівень. Світлодіод LED1 є індикатором живлення. Світлодіод LED2 загориться у разі присутності логічного нуля на виході D0, вказуючи на спрацювання датчика SW-520D.

Щоб ефективно використовувати датчик вібрації та нахилу, слід розуміти фізику процесів, що у ньому відбуваються. На перший погляд недосвідченому користувачеві може здатися, що поведінка датчика трохи

нелогічна. Однак, ознайомившись із внутрішнім пристроєм SW-520D, як правило, все стає на свої місця. Звертаю увагу, що сьогодні йдеться не про модуль в цілому, а саме про сам датчик, що має циліндричну форму з двома мідними виводами.

Конструктивно датчик SW-520D є порожнистим циліндром в якому вільно переміщуються дві металеві кульки, замикаючи і розмикаючи чутливі електроди. Щоб зрозуміти, у який саме момент відбувається замикання, слід ознайомитися з рисунком 2.15, на якому є вся необхідна інформація.

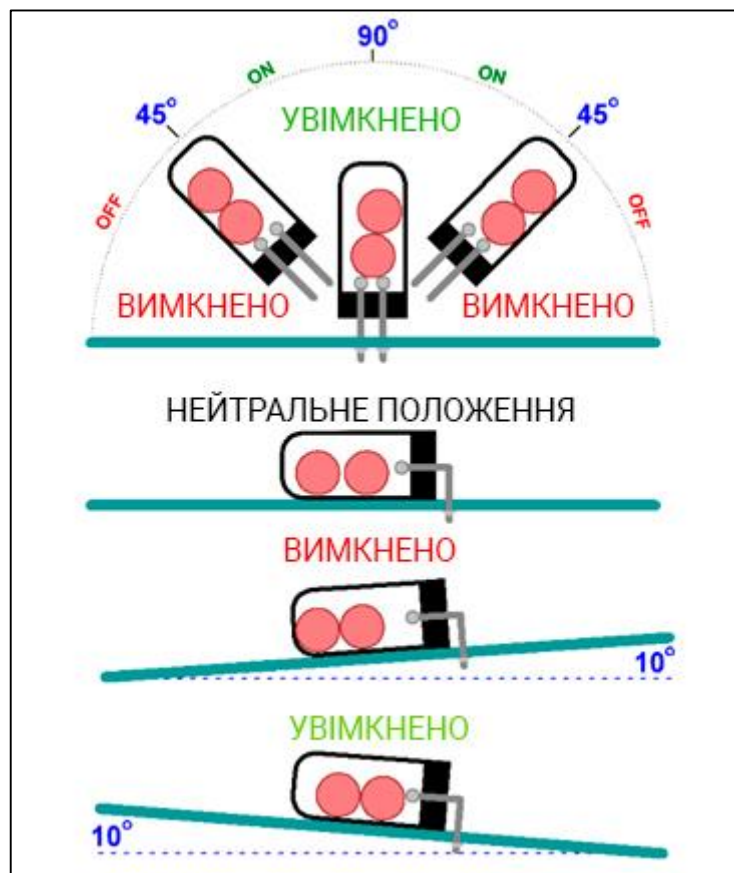


Рис. 2.15 – схема спрацьовування датчика нахилу та вібрації SW-520D

Технічні характеристики:

- вертикальний кут спрацьовування 45°;
- горизонтальний кут спрацьовування 10°;
- максимальний струм електродів 300 мА;

- робоча напруга 3.3-5 В;
- вихідний струм компаратора більше 15 мА;
- тип виходу цифровий;
- опір розімкнених контактів більше 10 Мом;
- опір замкнутих контактів менше 30 Ом;
- розмір плати: 32x14мм;
- розмір модуля з датчиком: 45x14мм.

Для підключення модуля SW-520D до Arduino знадобиться всього три дроти, два з яких забезпечать живлення, а по третьому передаватиметься сигнал на мікроконтролер. На рисунку 2.16 наведено відповідну схему.

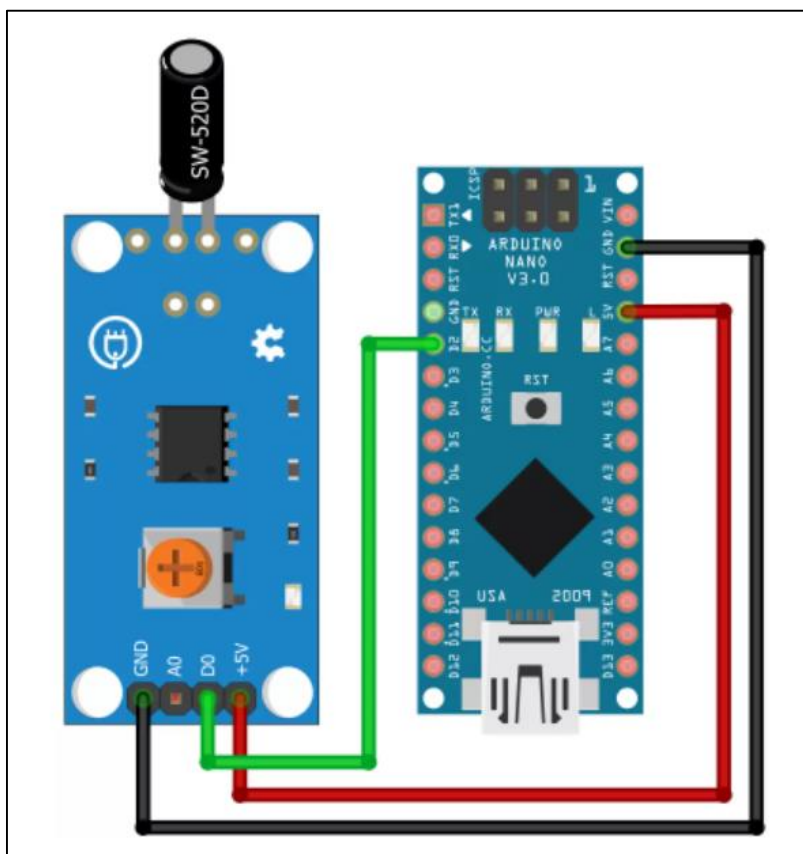


Рис. 2.16 – Схема підключення модуля SW-520D до Arduino

Детектувати зміну стану датчика можна простим читанням логічного рівня на вході D2, але у складних програмах мікроконтролер може бути

зайнятий іншими завданнями і як наслідок пропустити короткочасне спрацювання. Тому доцільно використати зовнішні переривання. У платі Arduino Nano та її подібних для цього є виводи D2 та D3. Нижче представлений простий приклад програмного коду, що виводить повідомлення термінал при спрацюванні датчика.

#### 2.4.6 Датчик атмосферного тиску (BMP280)

Модуль є високоточним цифровим вимірювачем атмосферного тиску на базі мікрочіпа BMP280 [17] від фірми BOSCH. Після виготовлення кожен датчик проходить індивідуальне калібрування у заводських умовах. Його малі розміри, низьке енергоспоживання та висока вимірювальна здатність дозволили завоювати популярність серед багатьох розробників Arduino-проектів. Модуль BMP280 був розроблений фірмою як технологічніша модель свого попередника BMP180. Дана модифікація, на відміну від свого молодшого брата, надає користувачеві 2 послідовні інтерфейси обміну даними (SPI та I2C), а також 3 режими роботи:

- NORMAL – в даному режимі модуль прокидається з певною періодичністю, виконує необхідні вимірювання та знову засинає. Частота вимірювань задається програмним шляхом, а результат зчитується за необхідності.
- SLEEP – режим максимально зниженого споживання енергії.
- FORCED – цей режим дозволяє будити модуль подачею зовнішнього сигналу керування. Після виконання вимірювань модуль автоматично переходить в режим зниженого енергоспоживання.

Крім можливості вимірювати показання атмосферного тиску, розробник наділив BMP280 можливістю визначати температуру навколишнього середовища. Усі обчислення можуть бути відфільтровані програмним

фільтром, що настроюється. На рисунку 2.17 показаний зовнішній вигляд модуля та його електрична схема.

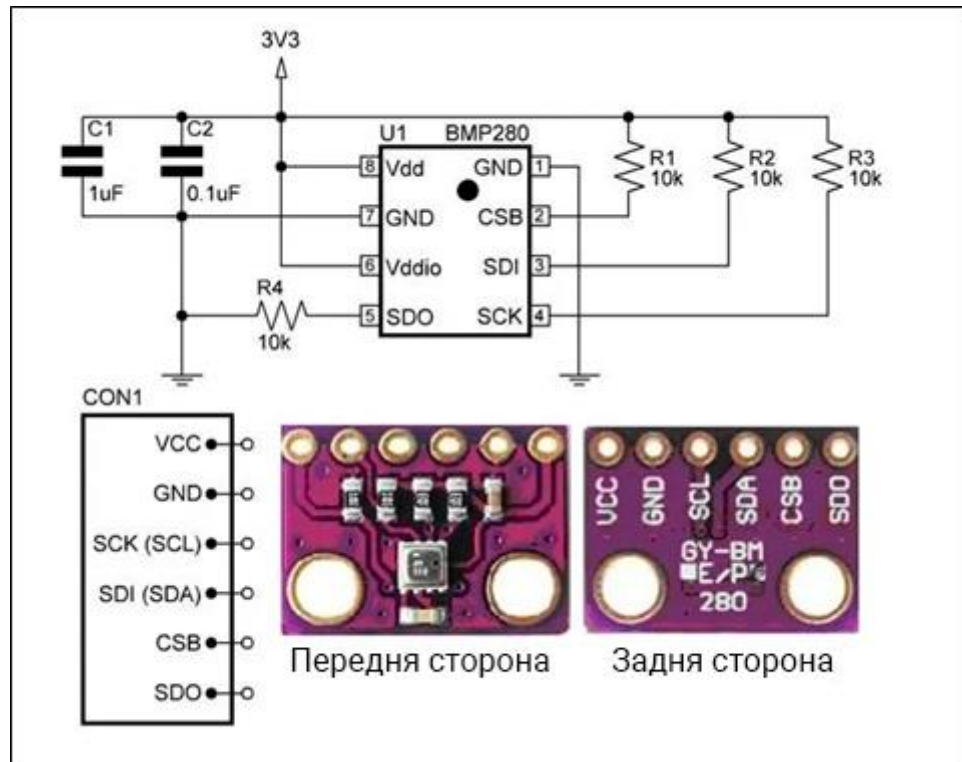


Рис. 2.17 – Зовнішній вигляд та схема модуля BMP280

Як видно з наведеної вище схеми на модулі передбачені конденсатори для фільтрації по живленню і підтягують резистори інтерфейсів введення/виводу.

Технічні характеристики:

- напруга живлення 1.71-3.6 В;
- інтерфейс обміну даними I2C чи SPI;
- струм споживання у робочому режимі 2.7  $\mu$ A при частоті опитування 1 Гц;
- діапазон вимірювання атмосферного тиску 300-1100 hPa ( $\pm 0.12$ hPa), що еквівалентно діапазону від -500 до 9000 м над рівнем моря;
- діапазон вимірювання температури:  $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ );



- максимальна частота роботи інтерфейсу I2C: 3.4 МГц;
- максимальна частота роботи інтерфейсу SPI: 10 МГц;
- розмір модуля: 21 x 18 мм.

Як згадувалося вище, модуль BMP280 може бути підключений до плати Arduino за допомогою двох інтерфейсів I2C або SPI. Який вибрати - кожен вирішує сам виходячи з можливостей використовуваного мікроконтролера та специфіки проекту. На рисунку 2.18 показаний варіант підключення датчика до плати Arduino Nano I2C.

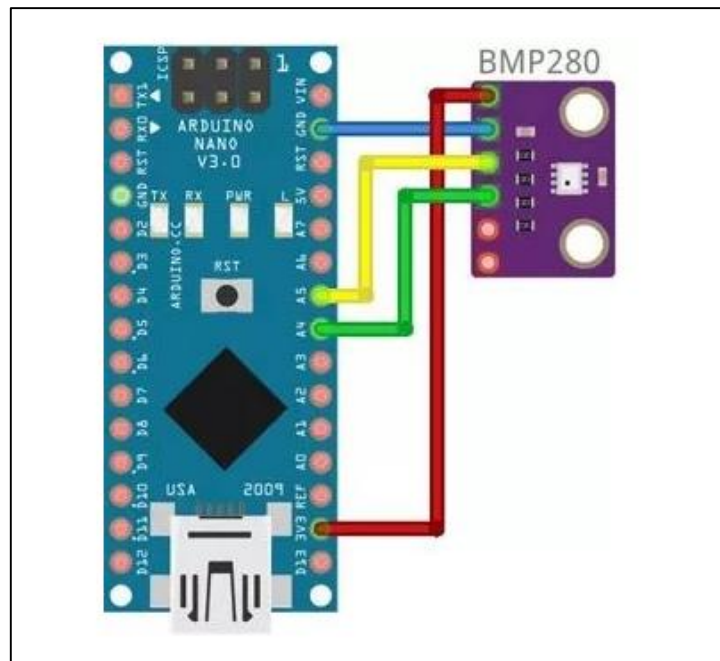


Рис. 2.18 – Підключення BMP280 за I2C-інтерфейсом

Як відомо, апаратний інтерфейс I2C у Arduino UNO, Nano, Mini і т.п. розташований на пінах A4 (SDA) та A5 (SCL). Отже, в такому режимі обміну даними знадобиться всього 4 дроти, два з яких використовуються для живлення модуля, а два інших – безпосередньо як інформаційна шина. Для роботи з SPI потрібно трохи більше дротів – цілих 6 штук і підключати їх необхідно згідно зі схемою на рисунку 2.19.

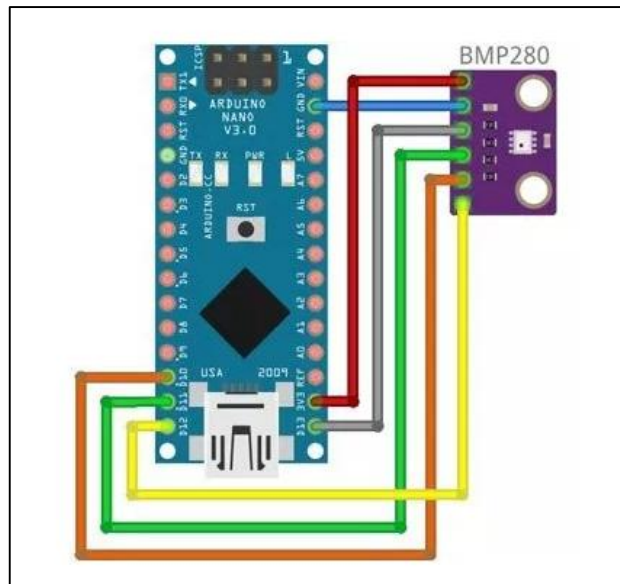


Рис. 2.19 – Підключення BMP280 за SPI-інтерфейсом

Наведена вище схема підключення складена згідно розташування апаратного інтерфейсу SPI на платах Arduino UNO, Nano, Mini і т.п. Винятком є виведення CSB модуля BMP280. У цій схемі він підключений до 10 піну Arduino, але може бути з'єднаний з будь-яким цифровим виводом, зазначеним при складанні програми.

Як правило, для BMP280 в Інтернеті можна знайти з десятків бібліотек, які полегшують роботу з ним. Бібліотека `Adafruit_BMP280.h` дозволяє максимально скоротити час на освоєння даного модуля, не урізаючи його функціонал. Методи бібліотеки дають можливість користувачеві вибрати спосіб підключення, а також налаштувати періодичність та точність вимірів залежно від режимів роботи.

Отже, щоб почати роботу з BMP280 необхідно встановити вищезгадану бібліотеку, підключити сам заголовний файл `Adafruit_BMP280.h`, а також ще два файли `Wire.h` і `SPI.h`, для доступу до необхідних інтерфейсів.

### 2.4.7 Датчик кольору (TCS230)

Модуль датчика TCS230 (рисунок 2.20) призначений визначення кольору предмета.



Рис. 2.20 – Модуль датчика TCS230

Мікросхема TCS230 [18] перетворює інтенсивність колірної спектра сигнал різної частоти (рисунок 2.21). Інтенсивність колірної спектра обернено пропорційна частоті вихідного сигналу.

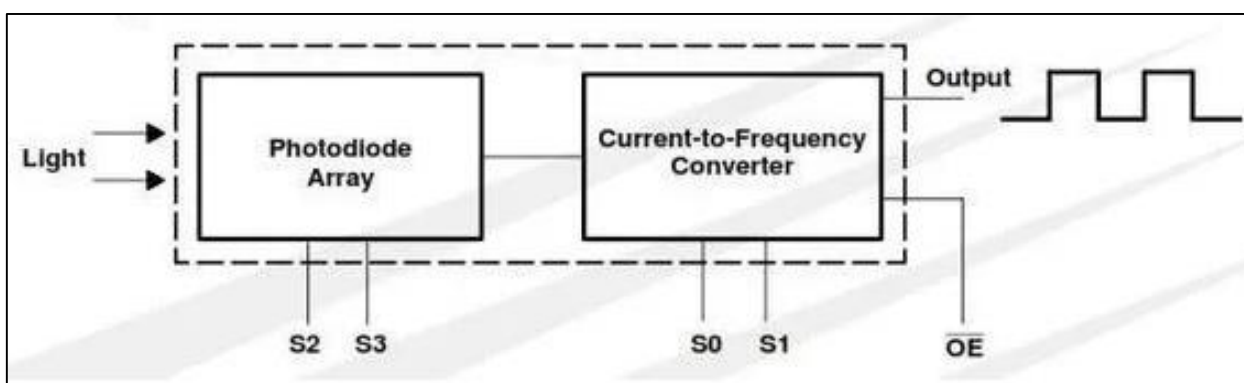


Рис. 2.21 – Перетворення інтенсивності колірної спектра у сигнал

Мікросхема TCS230 для визначення кольору вимірює три спектри: червоний, синій, зелений. Мікросхема складається з 64 (4\*16) фотодіодів, що визначають вибір фільтра: синій, зелений, червоний або фільтра.

Об'єкт, що вимірюється, необхідно встановлювати паралельно до об'єкта вимірювання на відстані не більше 10 мм. На корпусі датчика розташовано чотири світлодіоди, які використовуються для підсвічування місця вимірювання.

Технічні характеристики:

- живлення 2,7-5,5 В;
- масштабування вихідної частоти (2%, 20%, 100%);
- можливість вибору колірної фільтра;
- похибка вихідної частоти: трохи більше 0,2%.

Розглянемо підключення датчика TCS230 до плати Arduino. Для масштабування частоти імпульсів на виході OUT на контактах S0, S1 необхідно встановити сигнали згідно з таблицею 2.6.

Таблиця 2.6

Підключення датчика TCS230

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING ( $f_0$ )
L	L	Power down
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

Вибір фільтру здійснюється (зелений, червоний, синій, без фільтра) встановленням сигналів на контактах S2, S3 за таблицею (таблиця 2.7):

Таблиця 2.6

## Встановлення сигналів на контактах S2, S3

S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Red
L	H	Blue
H	L	Clear (no filter)
H	H	Green

Схема підключення датчика до плати Arduino наведена на рисунку 2.22.

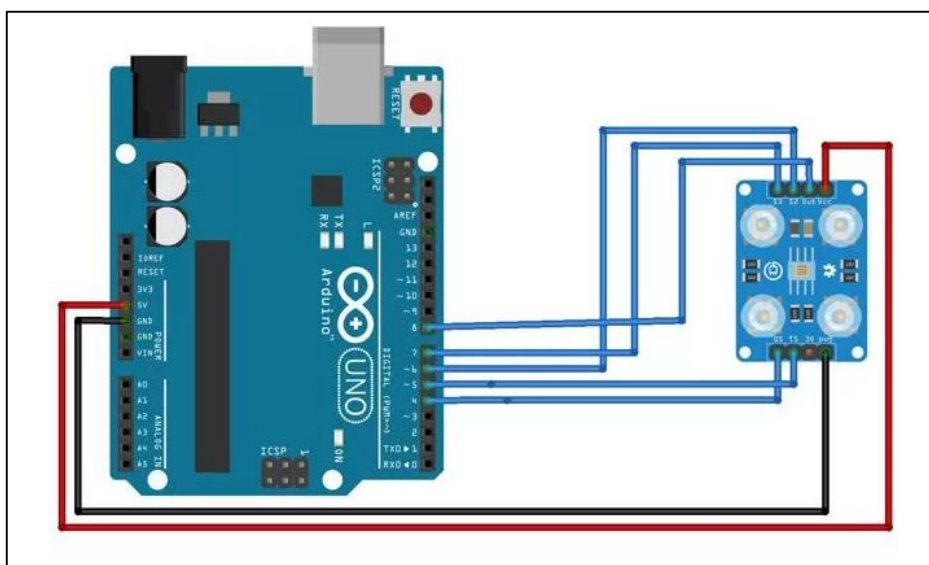


Рисунок 2.22 – Схема підключення датчика TCS230 до Arduino

## 2.4.8 Гіроскоп и акселерометр (MPU 6050)

GY-521 (рисунок 2.23) – модуль з гіроскопом, акселерометром та термометром на базі мікросхеми MPU-6050 використовується в аматорській робототехніці для визначення положення у просторі.

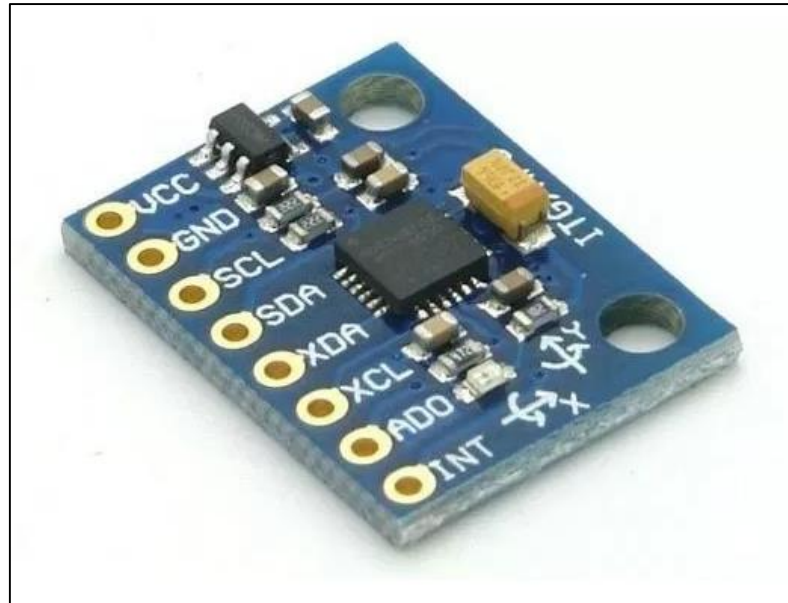


Рисунок 2.23 – Модуль GY521

Модуль GY-521 [19] побудований на базі мікросхеми MPU6050. На платі модуля також розташована необхідна обв'язка MPU6050, включаючи резистори, що підтягують, інтерфейсу I2C. Гіроскоп використовується для вимірювання лінійних прискорень, а акселерометр – кутових швидкостей. Спільне використання акселерометра та гіроскопа дозволяє визначити рух тіла у тривимірному просторі.

Технічні характеристики:

- живлення: 3,5 - 6 В;
- струм споживання: 500 мкА;
- акселерометр діапазон вимірювань:  $\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16g$ ;
- гіроскоп, діапазон вимірювань:  $\pm 250 \ 500 \ 1000 \ 2000 \text{ }^\circ/s$ ;
- інтерфейс: I2C.

Підключення до плати Arduino за інтерфейсом I2C. Схема підключення показано на рисунку 2.24.

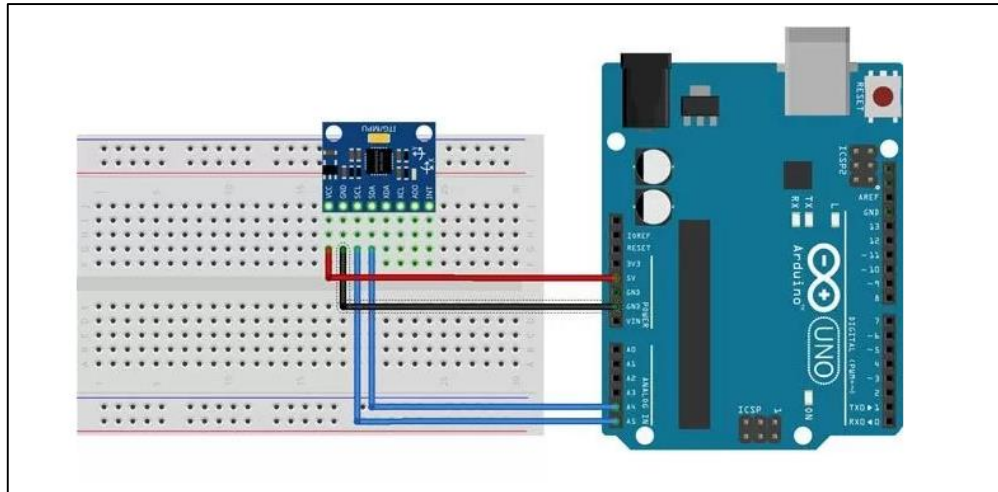


Рис. 2.24 – Схема підключення Модулю GY521 до Arduino

#### 2.4.9 Датчик руху (HC-SR501)

Модуль датчика руху (або присутності) HCSR501 на основі піроелектричного ефекту складається з PIR-датчика 500BP (рисунок 2.25) з додатковою електричною розв'язкою на мікросхемі BISS0001 та лінзи Френеля, яка використовується для збільшення радіусу огляду та посилення інфрачервоного сигналу (рисунок 2.26). Модуль використовується для виявлення руху об'єктів, що випромінюють інфрачервоне випромінювання. Чутливий елемент модуля – PIR-датчик 500BP. Принцип його роботи заснований на піроелектриці. Це виникнення електричного поля в кристалах при зміні їх температури.

Управління роботою датчика здійснює мікросхема BISS0001. На платі розташовано два потенціометри, за допомогою першого налаштовується дистанція виявлення об'єктів (від 3 до 7 м), за допомогою другого – затримка після першого спрацьовування датчика (5 – 300 сек). Модуль має два режими – L та H. Режим роботи встановлюється за допомогою перемички. Режим L – режим одиничного спрацьовування, при виявленні об'єкта, що рухається, на виході OUT встановлюється високий рівень сигналу на час затримки, встановлений другим потенціометром. На цей час датчик не реагує на об'єкти,



що рухаються. Цей режим можна використовувати в системах охорони для сигналізації тривоги на сирену. У режимі Н датчик спрацьовує щоразу при виявленні руху. Цей режим можна використовувати для увімкнення освітлення. При включенні модуля відбувається його калібрування, тривалість калібрування приблизно одна хвилина, після чого модуль готовий до роботи. Встановлювати датчик бажано далеко від відкритих джерел світла.

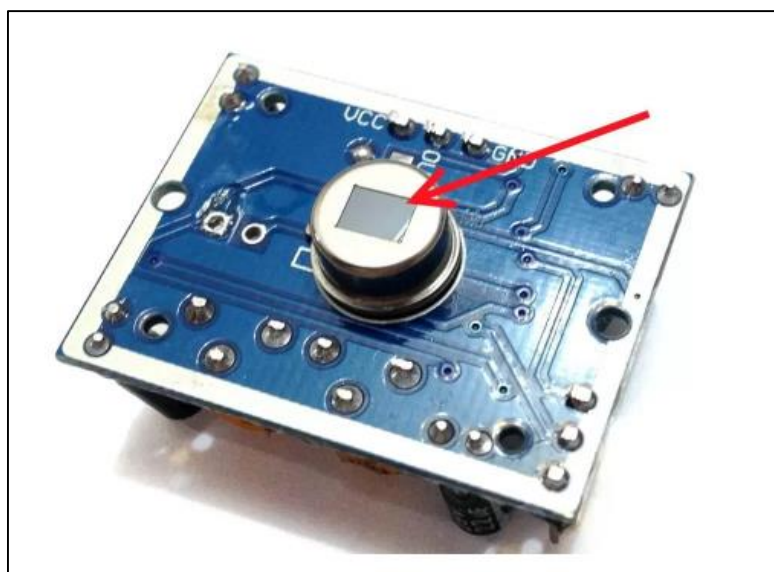


Рис. 2.25 – PIR-датчик 500BP



Рис. 2.26 – Лінза Френеля

Технічні характеристики:



- напруга живлення: 4.5-20 В;
- струм споживання: 50 мА;
- напруга на виході OUT: HIGH - 3,3 В, LOW - 0 В;
- інтервал виявлення: 3-7 м;
- тривалість затримки після спрацювання: 5 - 300 с;
- кут спостереження до 120°;
- час блокування до наступного вимірювання: 2.5сек;
- режими роботи: L - одиночне спрацювання, Н - спрацювання при кожній події;
- робоча температура від -20 до +80 °С;
- габарити 32x24x18 мм.

Підключення до Arduino (рисунок 2.27):

- VCC – живлення 5-20 В;
- GND – земля;
- OUT – цифровий вихід (0-3.3В).



Рис. 2.27 – Призначення контактів та налаштування HC-SR501

#### 2.4.10 Датчик інтенсивності світла (BH1750)

Вимірювання освітленості є важливим параметром при створенні програм домашньої автоматики та Інтернету речей. Освітленість вимірюють у люксах (lx). Люкс дорівнює освітленості поверхні площею  $1 \text{ м}^2$  при світловому потоці падаючого на неї випромінювання, що дорівнює 1 лм. Найпоширенішим датчиком виміру освітленості у любителів Arduino є фоторезистор аналоговий датчик, що змінює свій опір залежно від інтенсивності світла, проте точність його невисока і значення видає не в люксах. На відміну від нього, модуль GY302 на базі чіпа BH1750 (рисунок 2.28), є високоточним цифровим датчиком інтенсивності світла, що видає значення якраз в люксах.



Рис. 2.28 – Датчик інтенсивності світла BH1750

Технічні характеристики:

- напруга живлення – 5 В;

- інтерфейс: I2C;
- чіп: BH1750FVI;
- АЦП: 16 біт;
- точність: 1 люкс;
- чутливість: 65 536 градацій;
- калібрування: не потрібно;
- розміри: 19 x 13 x 2 мм;
- вага: 5 г.

Підключення до Arduino (рисунок 2.29):

- VCC - живлення 5 В;
- GND - земля;
- SDA - дані I2C;
- SCL - синхронізація I2C;
- ADDR - Виберіть адресу протоколу I2C.



Рис. 2.29 – Виводи модуля GY-302

#### 2.4.11 Датчик вологості та температури (DHT11)

DHT11 (рисунок 2.30) – це цифровий датчик вологості та температури, що складається з термістора та ємнісного датчика вологості. Також датчик містить у собі АЦП для перетворення аналогових значень вологості та температури. Датчик DHT11 не має високу швидкодію і точність, зате простий, недорогий і відмінно підходять для навчання і контролю вологості в приміщенні.

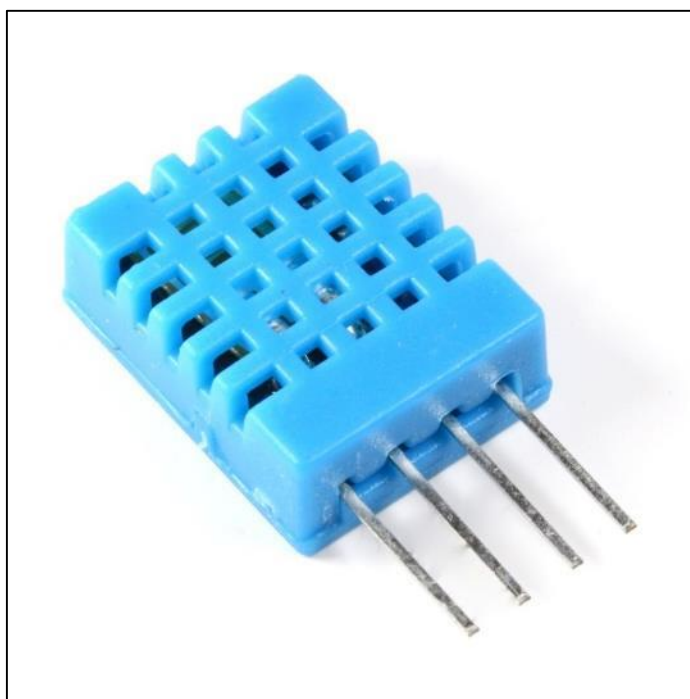


Рис. 2.30 – Датчик DHT11

Технічні характеристики датчика DHT11:

- Живлення: DC 3,5 - 5,5 В;
- струм живлення: у режимі вимірювання 0.3 mA. У режимі очікування 60  $\mu$ A;
- визначення вологості 20-80% з точністю 5%;
- визначення температури 0–50 °C із точністю 2%;

- частота опитування не більше 1 Гц (не більше одного разу на 1 сек.);
- розміри 15,5'12'5,5 мм.

Підключення датчика DHT11:

- 1 – VCC (живлення 3-5 В);
- 2 – DATA (виведення даних);
- 3 – не використовується;
- 4 – GND (земля).

## 2.5 Висновки за другим розділом

Розумні будинки можуть бути побудовані на базі як специфічних рішень, так і на базі мікроконтролерів та мікроконтролерних платформ загального призначення. Зокрема, системи розумних будинків побудованих на мікроконтролерах STM32 досить популярні у світі. Багато професійних систем побудовані саме на цьому обладнанні. Такий вибір виникає через низьку ціну комплектуючих, зручність використання, налагодження та високу продуктивність готового продукту. Ще одним плюсом цього мікроконтролера буде простота заміни головної плати, тобто можна замінити STM32 на модуль з більш кращими характеристика, без зміни схеми підключення. Проте система має і недоліки. Перший – це високий поріг входження, через що початківцям буде складно розібратись. Підкріплює це те, що на даний момент не так багато літератури, яка би допомогла у вивченні, та ще і більшість створених бібліотек все застарілі.

З оглядом на це для початківців краще починати вивчати більш простий аналог – Arduino. Саме ця система дозволяє втілити будь-яку творчу думку у автоматизований процес. Конструктор Arduino добрий тим, що в його системі можна використовувати будь-які елементи розумного будинку від різних виробників. Ця можливість дозволяє платформі не бути обмеженою лише

однією екосистемою розумного будинку, а підбирати будь-які компоненти електроніки для реалізації вирішення власних завдань.

Крім величезного списку пристроїв, що підключаються в систему, гнучкості їй надає середовище програмування C++. Користувач може самостійно запрограмувати реакцію компонентів системи на події, що виникають, або скористатися вже створеною бібліотекою.

Незважаючи на вибір платформи, система Smart Home потребує велику кількість датчиків, що дозволяють отримати дані про навколишнє середовище. З їх допомогою можна ввести різні змінні, залежно від яких система визначатиме свої подальші дії. Найбільш важливими датчиками розумного житлового комплексу можна вважати датчики температури, руху, освітлення та газу.

## РОЗДІЛ 3

### ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ СБОРУ ДАНИХ ЩОДО ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ У ПРИМІЩЕННІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

#### 3.1 Призначення та функціонування

В роботі наведено опис розробки та реалізації однієї з підсистем розумного житлового комплексу. Призначення проекту полягає у зборі інформації щодо вологості та температури повітря та виведення цих даних на дисплей пристрою.

Відмінність запропонованої розробки від стандартних рішень полягає в тому, що дані відправляються на сервер та зберігаються там для можливості побудування зручних графіків змінення параметрів повітря та можливості подивитися дані за будь-який день.

В проекті була використана плата ESP8266 в якості допоміжної. Вона потрібна для приймання HTTP-запитів від API та зв'язку через WiFi. З управляючого сайту надходять запити для збору інформації щодо вологості та температури повітря. На цьому сайті зберігається отримана інформація і на її основі будуються графіки та можна дивитись за різні дати дані. Плата ESP8266 виступає як сполучний елемент між пристроєм та управляючим сайтом. Саме через неї дані відправляються на сервер та використовуються для відображені у особистому кабінеті. Необхідність її полягає у наявності WiFi-модуля чого немає у Maker-UNO. Цей модуль необхідний для підключення пристрою до глобальної мережі. Таким чином ця плата має можливість передавати дані на сервер за допомогою HTTP-POST [15] запиту, що і потрібно для реалізації практичної частини дипломної роботи.

Друга частина системи – це сигналізація. Вона представлена у вигляді світлодіода та датчику відстані HC-SR04. Через керуючий сайт людина

повинна зробити авторизацію. Авторизований користувач означає, що сигналізація вимкнена. Повторне включення буде після натискання спеціальної кнопки. Результатом буде деавторизація користувача та інформування його світлодіодом. Датчик відстані буде інформувати про наближення до нього.

### 3.2 Вибір мікроконтролера та платформи

Для практичної реалізації проекту було обрано платформу Arduino. Серед широкої лінійки мікроконтролерів було прийнято рішення у користь Arduino UNO. Для створення більш бюджетного проекту було обрано Atmega328 Maker UNO (рисунок 3.1).



Рис. 3.1 – Atmega328 Maker UNO

Цей мікроконтролер є повним аналогом Arduino UNO.



Він сумісний з Arduino UNO R3, тому Maker UNO можна запрограмувати через Arduino IDE. Він сумісний з усіма прикладами коду та бібліотеками для Arduino UNO, що не доставить труднощів у розробці.

ESP8266 (рисунок 3.2) – мікроконтролер китайського виробника Espressif з інтерфейсом Wi-Fi.



Рис. 3.2 – ESP8266

Крім Wi-Fi мікроконтролер відрізняється можливістю виконувати програми з зовнішньої флеш-пам'яті з інтерфейсом SPI. Дана плата використовується для програмування, контролю, управління та підключення до програмного забезпечення, що виконується на комп'ютері.

### 3.3 Технічні данні

Maker-UNO має всі функції, які може запропонувати Arduino UNO, 14 контактів цифрового вводу/виводу з 6 контактами ШІМ, 6 аналогових входів, UART, SPI, зовнішні переривання, I2C. Виводи SDA, SCL і IOREF, які є на

UNO R3, також знаходяться на MAKER-UNO [20]. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB.

У плати є всі необхідні компоненти для забезпечення роботи мікроконтролера. Досить підключити USB кабель до комп'ютера і подати напругу. Мікроконтролер встановлений на колодці, що дозволяє легко замінити його в разі виходу з ладу. Технічні характеристики зображені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

## Технічні характеристики Atmega328 Maker UNO

Мікроконтролер	ATmega328P
Робоча напруга	5В
Цифрові контакти вводу/виводу	20
ШІМ піни	6
Аналогові входи	6
UART	1
SPI	1
I2C	1
Зовнішнє переривання	2
Постійний струм для 3,3 В	500mA
Постійний струм для цифрових контактів вводу/виводу	20mA
Flash-пам'ять	32КБ
SRAM	2КБ
EEPROM	1КБ
Тактова частота	16 МГц
USB послідовний чіп	CH340G
IDE програмування	Arduino IDE

Плата ESP8266 містить 80 МГц 32-хразрядний процесор Tensilica Xtensa L106, IEEE 802.11 b / g / n, Wi-Fi. Підтримується WEP і WPA / WPA2 та є 17 портів введення-виведення. Також є SPI, I2S, UART та 10-розрядний АЦП. Більш детальні характеристики наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

## Технічні характеристики ESP8266

Робоча напруга	3,3 В
Енергоспоживання	10 мкА-170 мА
Флеш-пам'ять	16 МБ
Процесор	Tensilica L106 x32
Швидкість процесора	80 МГц
ОЗП	32 КБ
Цифрові контакти вводу/виводу	17
АЦП	1 вивід з роздільною здатністю 1024
Максимальна кількість підключень TCP	5

## 3.4 Принципова електрична схема та компоненти

Проект складається з плати Maker-UNO та ESP8266, двох датчиків HC-SR04 та DHT11, та LCD дисплеєм разом з 12С конвертером LCD-02352. Також було використано 1 світлодіод жовтого кольору та 2 кнопки. На рисунку 3.3 зображена принципова електрична схема. Більш детально її можна розглянути у додатку А.

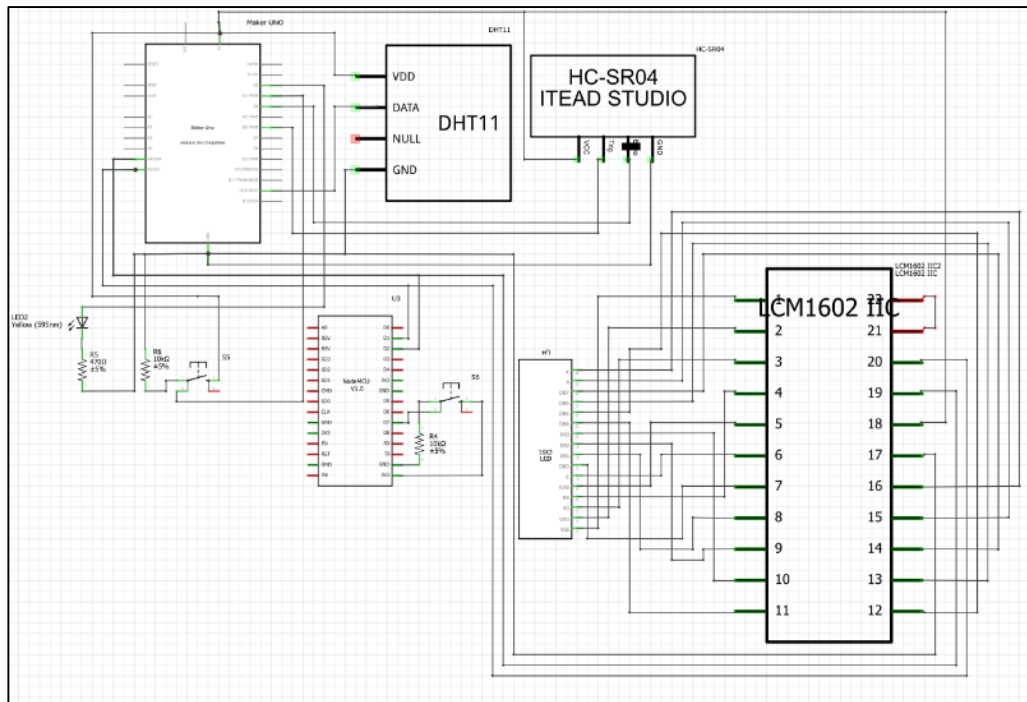


Рис. 3.3 – Принципова електрична схема

Плата ESP8266 має в собі WiFi модуль, який потрібен для зв'язку із зовнішньою системою управління та має можливість приймати HTTP-запити. Все це необхідно для зв'язку з програмною частиною цього проекту.

### 3.5 Підключення пристроїв

Підключення будь-яких пристроїв до плати здійснюється шляхом приєднання до контактів, розташованих на платі контролера: одному з цифрових або аналогових пінов або пінам живлення. Простий світлодіод можна приєднати, використовуючи два контакти: землю (GND) і сигнальний (або контакт живлення), зображено на рисунку 3.4.

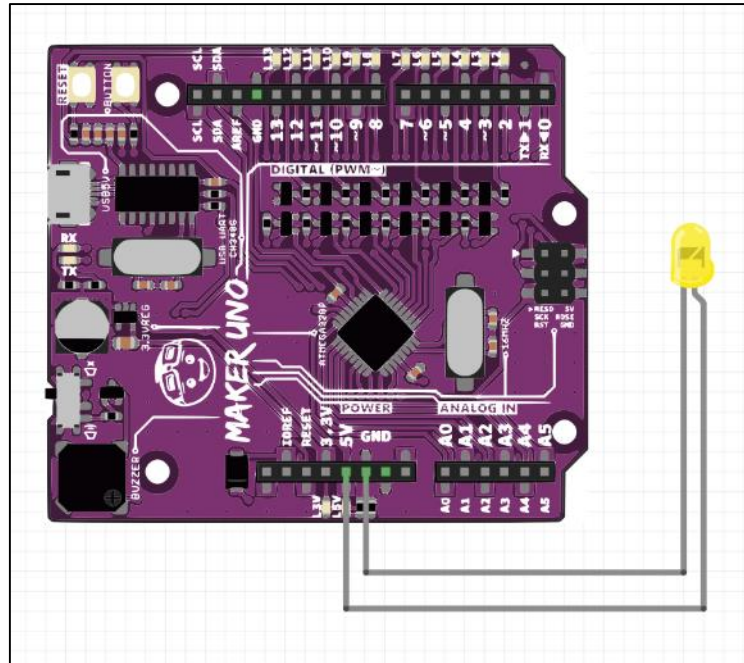


Рисунок 3.4 – Приклад підключення світлодіода до Maker-UNO

При будь-якому варіанті підключення зовнішнього пристрою слід пам'ятати, що використання плати в якості джерела живлення можливо тільки в тому випадку, якщо пристрій не споживає більше дозволеного граничного струму контролера.

В проекті була використана плата Maker-UNO як головна, та плата ESP8266 як другорядна. Вона потрібна для приймання HTTP-запитів від API та зв'язку через WiFi. Плата ESP живиться окремо від USB з напругою 5В. До плати Maker-UNO підключена через шину послідовних даних (SDA) та контакт D1, а також шину тактування (SCL) та контакт D2. До цих же шин підключено і I<sup>2</sup>C конвертер для С екрану. До плати Maker-UNO також підключені датчик температури і вологості повітря DHT11 на 12 контакт, датчик наближення HC-SR04 на 4 і 6 контакт. На 2 контакт підключено світлодіод жовтого кольору. Він буде використовуватись у ролі маячку про сигналізацію. Також до плати Maker-UNO підключена кнопка на 3 контакт. Вона необхідна для переключення режиму сигналізації. Ще одна кнопка підключена до плати ESP8266 до контакту D7. Вона виконує роль

підключення плати до зовнішньої системи управління за допомогою авторизації через WiFi. До 1<sup>2</sup>C конвертера підключено LCD екран у відповідних контактах. Екран потрібен для відображення актуальної інформації щодо вологості та температури у приміщенні.

### 3.6 Варіанти живлення Maker-UNO

Робоча напруга плати Maker-UNO – 5В. На платі встановлений стабілізатор напруги, тому на вхід можна подавати живлення з різних джерел. Крім цього, плату можна живити з USB-пристроїв. Джерело живлення вибирається автоматично.

Живлення від зовнішнього адаптера, рекомендована напруга від 7 до 12 В. Максимальна напруга 20 В, але значення вище 12 В з високою часткою ймовірності швидко виведе плату з ладу. Напруга менше 7 В може призвести до нестабільної роботи, тому що на вхідному каскаді може губитися 1-2 В. Для підключення живлення може використовуватися вбудований роз'єм DC 2.1 мм або безпосередньо вхід VIN для підключення джерела за допомогою дротів.

Живлення від USB-порту комп'ютера. Подача 5В безпосередньо на пін 5V. В цьому випадку обходиться стороною вхідний стабілізатор і навіть найменше перевищення напруги може привести до проблем із виробом.

Піни живлення:

- 5V – на цей пін Arduino подає 5 В, його можна використовувати для живлення зовнішніх пристроїв;
- 3.3V – на цей пін від внутрішнього стабілізатора подається напруга 3.3В;
- GND – вивід землі;
- VIN – пін для подачі зовнішньої напруги;

- IREF – пін для інформування зовнішніх пристроїв про робочу напругу плати.

### 3.7 Пам'ять Maker-UNO

Плата Maker UNO за замовчуванням підтримує три типи пам'яті. Перша – це Flash-пам'ять об'ємом 32 кБ. Це основне сховище для команд. Коли виконується прошивка контролеру скетчем, він записується саме сюди. 2кб з даного пулу пам'яті відводиться на bootloader-програму, яка займається ініціалізацією системи, завантаження через USB і запуску скетчу.

Друга – це оперативна SRAM пам'ять об'ємом 1 кБ. Тут по замовчуванню зберігаються змінні і об'єкти, створювані в ході роботи програми. Пам'ять ця енергозалежна, при виключенні живлення всі дані зітруться.

Третя – це енергонезалежна пам'ять (EEPROM) обсягом 512 байт. Тут можна зберігати дані, що не зітруться при виключенні контролера. Але процедура запису і зчитування EEPROM вимагає використання додаткової бібліотеки, яка доступна в Arduino IDE за замовчуванням. Також необхідно пам'ятати про обмеження циклів перезапису, властивих технології EEPROM.

### 3.8 Моніторинг послідовної шини (Serial Monitor)

При завантаженні скетчу використовується завантажувач (bootloader) – невелика програма, що завантажується в мікроконтролер на платі. Вона дозволяє завантажувати програмний код без використання додаткових апаратних засобів. Робота завантажувача розпізнається по миганню світлодіода на цифровому виводі D13. Монітор послідовного порту (Serial

Monitor) відображає дані, які посилаються в платформу Maker-UNO (плата USB або плата послідовної шини). Для відправки даних необхідно ввести текст і натиснути кнопку Send або Enter. Потім вибирається швидкість передачі зі списку, відповідно значенню Serial.begin в скетчі. На MacOS або Linux платформа Maker-UNO буде перезавантажена (скетч почнеться спочатку) при підключенні моніторингу послідовної шини.

Моніторинг послідовної шини дозволяє посилати і отримувати текстові дані при підключенні до платформи. Світлодіоди RX і TX на платформі будуть блимати під час передачі даних через мікросхему FTDI або USB підключення (але не при використанні послідовної передачі через виводи 0 і 1).

Є можливість обміну інформацією з платформою через програми Processing, Flash, MaxMSP і т.д.

### 3.9 Середовище проектування та моделювання

Fritzing є інструментом розробника з відкритим вихідним кодом для навчання, прототипування і обміном проектами на базі Arduino. Він працює на Windows, MacOS і Linux.

Fritzing дозволяє розробити принципову схему пристрою, і створити її подання до вигляду з'єднання макетів елементів, які виглядають дуже професійно. Він також дає можливість розробити друковану плату для її подальшого виготовлення. На відміну від інших систем проектування, у Fritzing простий інтерфейс, який робить розробку електронних схем інтуїтивно зрозумілою, це можна побачити на рисунку 3.5.



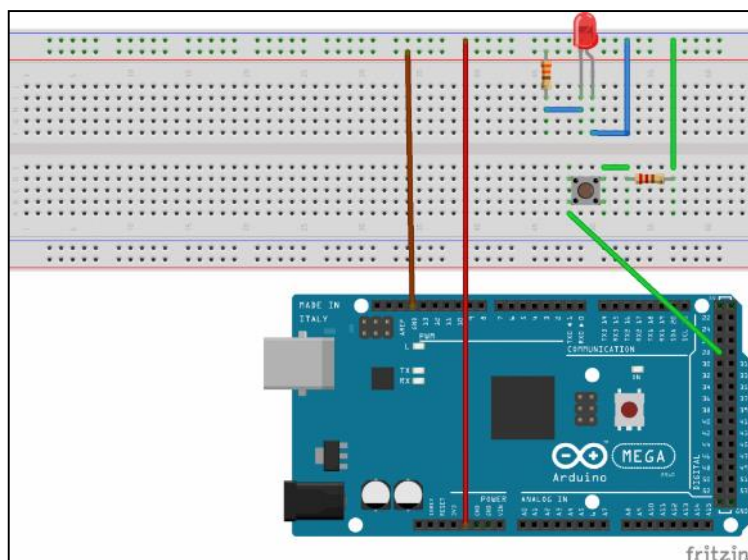


Рис. 3.5 – Приклад підключення у програмі Fritzing

Переключившись на вкладку «Макетна плата» ми побачимо наступний екран, який зображено на рисунку 3.6.

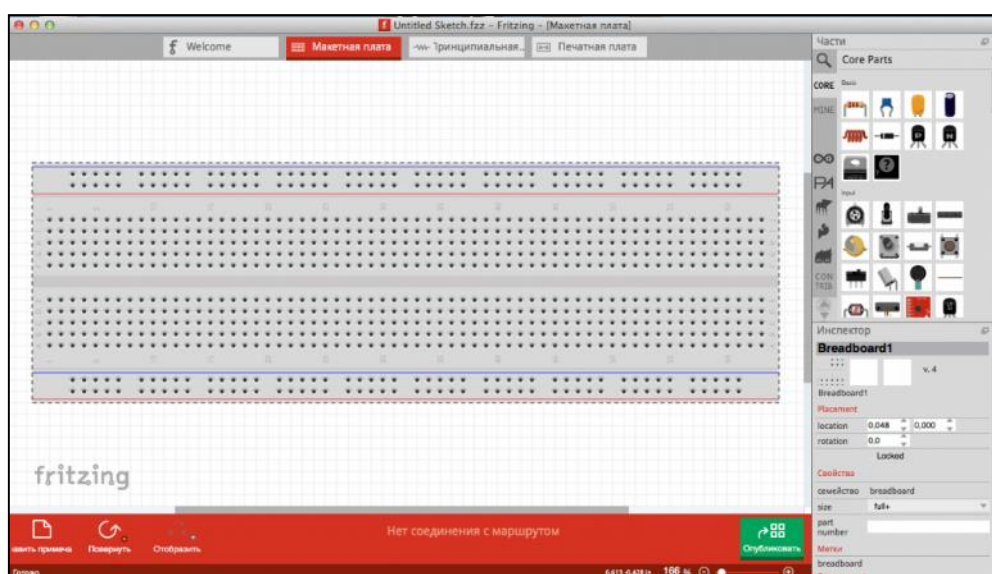


Рис. 3.6 – Макетна плата у програмі Fritzing

У правій частині екрана знаходиться панель інструментів, яка зображена на рисунку 3.7, з усіма елементами і опціями. Якщо компонент налаштовується, то в нижній частині панелі інструментів відображаються налаштовані параметри для цього компонента.

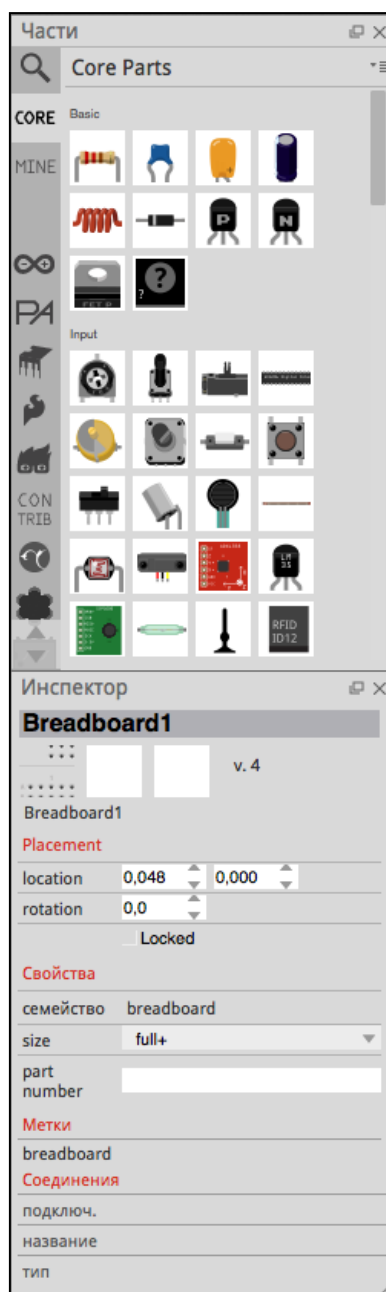


Рис. 3.7 – Панель інструментів програми Fritzing

Програма має ще одну перевагу. Якщо необхідно використовувати якийсь пристрій, котрого немає у переліку, його можна завантажити окремо. У рамках виконання практичної частини виникла проблема у відсутності Maker-Uno та датчику вологості DHT11. Скориставшись глобальною мережею було знайдено потрібні компоненти у форматі fzip. Після цього необхідно

натиснути «Файл», потім «Відкрити» та обрати файл у fzpz форматі. Новий пристрій з'явиться у меню «Mine» (рисунок 3.8).

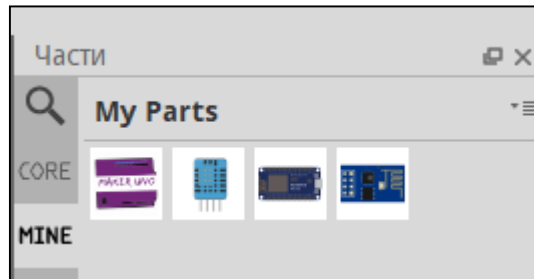


Рис. 3.8 – Розділ «Mine» у програми Fritzing

Результат макетної схеми проекту можна подивитись на рисунку 3.9. Як можна побачити, схема максимально зручна для розуміння і більш наглядно показує яким буде проект в реальній збірці.

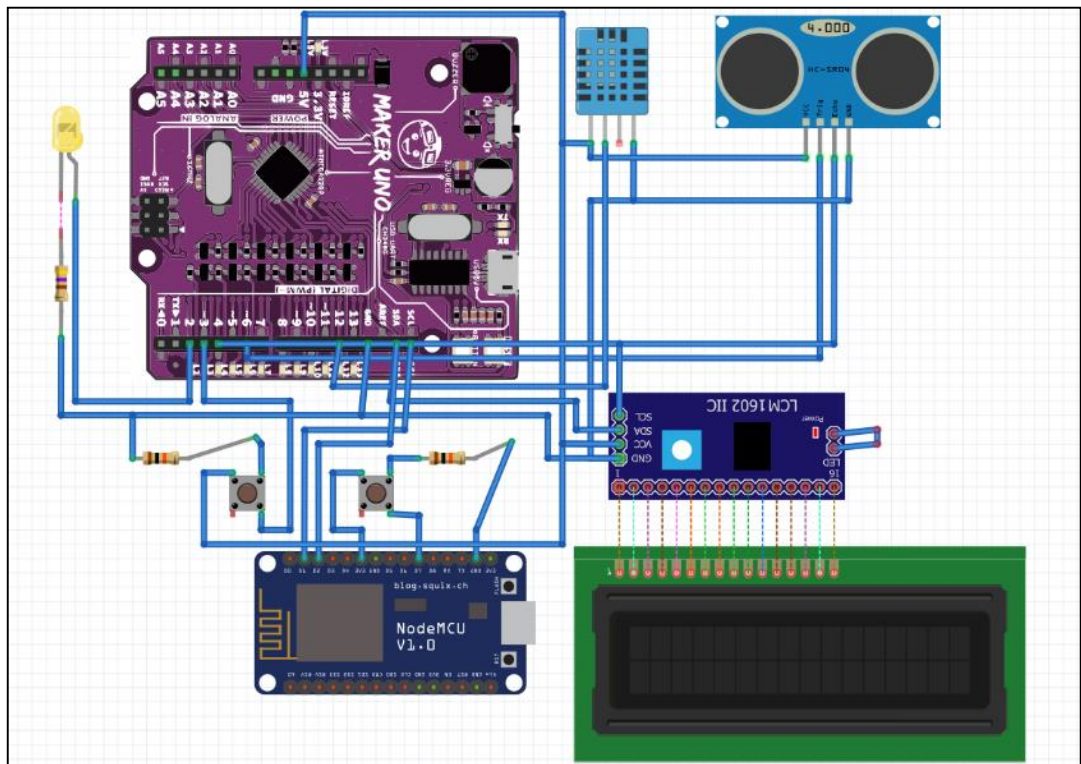


Рис. 3.9 – Макетна схема проекту

Отже, програма Fritzing призначена для розробки електронних пристроїв від прототипу у вигляді макетної плати до кінцевого продукту у вигляді друкованої плати. Прилади створюються з готових елементів, список яких можна подивитися в правому верхньому кутку програми, які включають монтажну плату Arduino, різні аналогові і цифрові мікросхеми, транзистори, світлодіоди, резистори, конденсатори, кнопки, макетні плати, батарейки та навіть мотори. Щоб помістити їх на схему – їх досить вибрати зі списку і перетягнути на робочий простір лівою кнопкою миші. Малювати схему можна як в режимі макетної плати – так і в режимі принципової схеми. Друга схема буде будуватися автоматично. Тобто накидавши схему на макетної платі - вона автоматично побудується і у вигляді принципової схеми.

## ВИСНОВКИ

На даний момент існує багато рішень з питань автоматизації систем для комплексів «Розумний дім», але переважна більшість з них передбачає або використання компонентів у рамках однієї екосистеми якогось виробника, або мають надлишкову функціональність, що веде до здорожчання рішення.

В той же час на базі мікроконтролерних платформ загального призначення типу Arduino та ESP можна створити досить функціональні рішення, які до того ж вирізняються невисокою вартістю.

Огляд предметної області показав, що всі параметри, що підлягають контролю в розумних житлових комплексах, можуть бути зчитані досить розповсюдженими датчиками типу DHT11, DS18B20, VME280, MQ-2 тощо, які можуть забезпечити систему моніторингу необхідними даними. Такі датчики мають стандартні інтерфейси підключення та забезпечені розвиненими засобами програмного управління у вигляді готових бібліотек, що дозволяє здійснювати проектування, моделювання та створення програмного коду в середовищі Arduino IDE.

Відмінність запропонованої розробки від стандартних рішень полягає в тому, що дані відправляються на сервер та зберігаються там для можливості побудування зручних графіків змінення параметрів повітря та можливості подивитися дані за будь-який день. Для цього в роботі реалізована взаємодія пристроїв з використанням декількох плат з поєднанням переваг кожної.

Була використана плата ESP8266 для приймання HTTP-запитів від API та зв'язку через WiFi, тобто ESP8266 виступає як сполучний елемент між пристроєм та управляючим сайтом.

Реалізація проекту була виконана з врахуванням можливості поширення та масштабування, додаючи до цієї системи контроль освітлення, щоб тим самим контролювати штучне освітлення приміщення, чи зробити автоматичну

роботу штор на вікнах. Його можна об'єднати з іншими модулями і створити цілу екосистему оселі.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інтелектуальна система для керування доступом [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://pass24online.ru/](http://www.pass24online.ru/) – 23.05.2022 р.
2. Інтелектуальна система освітлення [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://dg-home.ru/blog/umnyj-svet-sistema-upravleniya-osveshcheniem\\_b565145/](http://www.dg-home.ru/blog/umnyj-svet-sistema-upravleniya-osveshcheniem_b565145/) – 23.05.2022 р.
3. Управління аудіо та відео [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://xn----htbndck8a0e.site/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D0%B0%D1%83%D0%B4%D0%B8%D0%BE-%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE.html](http://www.htbndck8a0e.site/%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D0%B0%D1%83%D0%B4%D0%B8%D0%BE-%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE.html) – 23.05.2022 р.
4. Сценарії роботи освітлення у розумному будинку [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: http://elektrik.info/main/automation/1108-scenarii-raboty-osvescheniya-v-umnom-dome.html](http://www.elektrostyle.ru/Rus/Primenenie/NVA/dom/dom.htm) – 23.05.2022 р.
5. Системи безпеки «розумного дому» [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://www.ereмонт.ru/enc/engineer/clever/security-system-smart-home.html](http://www.ereмонт.ru/enc/engineer/clever/security-system-smart-home.html) – 23.05.2022 р.
6. Інтелектуальна система керування житлового комплексу. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: http://www.elektrostyle.ru/Rus/Primenenie/NVA/dom/dom.htm](http://www.elektrostyle.ru/Rus/Primenenie/NVA/dom/dom.htm) – 23.05.2022 р.
7. Програмна платформа SMARTUNITY BMS [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://radar-mms.com/product/iot-internet-](http://www.radar-mms.com/product/iot-internet-)

- [veshchey/sistema-dispetcherizatsii-i-avtomatizatsii-klassa-bms-smartunity/programmnaia-platforma-smartunity-bms/](https://www.embedded.com/home-automation-system-design-the-basics/) – 23.05.2022 р.
8. Проектування системи домашньої автоматизації [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://www.embedded.com/home-automation-system-design-the-basics/](https://www.embedded.com/home-automation-system-design-the-basics/) – 23.05.2022 р.
  9. Відомості про STM32H7 Series [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32h7-series.html#documentation](https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32h7-series.html#documentation) – 23.05.2022 р.
  10. Відомості про STM32 [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://www.st.com/content/st\\_com/en/ecosystems/stm32-graphic-user-interface.html](https://www.st.com/content/st_com/en/ecosystems/stm32-graphic-user-interface.html) – 23.05.2022 р.
  11. Що таке TouchGFX [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://support.touchgfx.com/4.19/docs/introduction/what-is-touchgfx](https://support.touchgfx.com/4.19/docs/introduction/what-is-touchgfx) – 23.05.2022 р.
  12. Основні відомості про Arduino [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino](https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino) – 23.05.2022 р.
  13. Датчик нахилу та вібрації SW-520D [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-naklona-i-vibratsii-sw-520d/](https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-naklona-i-vibratsii-sw-520d/) – 23.05.2022 р.
  14. Види та приклади Ардуїно модулів [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://arduinoplus.ru/arduino-moduli/](https://arduinoplus.ru/arduino-moduli/) – 23.05.2022 р.
  15. Використання HTTP-запитів використовуючи ESP8266 [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www. URL: https://randomnerdtutorials.com/esp8266-nodemcu-http-get-post-arduino/](https://randomnerdtutorials.com/esp8266-nodemcu-http-get-post-arduino/) – 23.05.2022 р.



16. Основні відомості щодо готового рішення розумного будинку INSYTE [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/sensor-bmp280/](http://www. URL: <u>https://insyte.ru/</u></a> – 23.05.2022 р.</li><li>17. Датчик атмосферного тиску BMP280 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <a href=) – 23.05.2022 р.
18. Датчик кольору TCS230 [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/giroskop-i-akselerometr-gy521-mpu6050/](http://www. URL: <u>https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-tsveta-tcs230/</u></a> – 23.05.2022 р.</li><li>19. Гіроскоп и акселерометр (MPU 6050) [Електронний ресурс] / Режим доступу: <a href=) – 23.05.2022 р.
20. Відомості про плату Maker UNO [Електронний ресурс] / Режим доступу:

ДОДАТКИ

Додаток А. Принципова електрична схема



Додаток Б. Перелік елементів принципової електричної схеми



## Додаток В

Таблиця В.1

Порівняння показників ПЛК різних виробників

Технічна характеристика	Simatic S7-200 CPU 226	Telemecanique Twido TWDLCAA24DRF	SYSMAC CPM2A-40	Melsec FX1N40MRDS
Фізичний розмір блоку	190 мм x 80 мм x 62 мм	95мм x 90мм x 70мм	150мм x 100мм x 55мм	175мм x 90мм x 75мм
Пам'ять				
Програма	8 Кбайт	Близько 10 Кбайт	8 Кбайт	32 Кбайт
Дані користувача	2,5 К слів	3 До слів	2 До слів	8 До слів
Час виконання команд	0,37 мкс/команда	1 мкс/команда	0,64 мкс/команда	0,55 мкс/команда
Локальні входи-виходи				
Кількість дискретних входів/виходів CPU	24 входи/ 16 виходів	14 входів/10 виходів	24входів / 16 виходів	24 входів/ 16 виходів
Кількість модулів розширення	7 модулів	4	3	2
Загальна кількість дискретних входів-виходів	256	152	120	128
Додаткові функціональні можливості				
Аналогові потенціометри	2	1	2	2

Можливість підключення НМІ пристроїв	Так	Так	Так	Так
Годинник реального часу	Вбудовані	опціонально	Вбудовані	Вбудовані
Вартість, Євро	812,66	554,97*		500,00



## Додаток Д

Таблиця Д.1

## Характеристики та функції лінійок STM32H725/35/23/33/30

Найменування	STM32H723/33	STM32H725/35	STM32H730
Ядро, частота	Cortex-M7, 550 МГц		
Обсяг Flash-пам'яті	До 1 Мбайт		128 кбайт
ОЗУ	До 564 кбайт		
Графічний інтерфейс			
LTDC	-		
JPEG	-		
Chrom-Art	+		
MIPI-DSI	-		
Chrom-GRC	-		
Аудіоінтерфейси			
I2S	+		
SAI	+		
SPDIF-RX	+		
12-бітний ЦАП	+		
CORDIC, FMAC	+		
Дротовий зв'язок			
USB2.0	+		
Ethernet (MAC)	+		
Живлення			
LDO-стабілізатор	+		
SMPS-перетворювач	-		+
USB-стабілізатор	+		

Найменування	STM32H723/33	STM32H725/35	STM32H730
DSI-стабілізатор	-		
LPTIM/LPUART	+		
Інтерфейси зовнішньої пам'яті			
Quad-SPI	+		
FMC	+		
SDMMC	+		
Octo-SPI	+		
Захист даних			
CRC	+		
RNG	+		
CRYP/HASH	-	+	
RDP/PcROP/WRP	+		
OTFDEC	+ у STM32H733	+ у STM32H735	+

Таблиця Д.2

## Характеристики та функції лінійок STM32H742/43/53/45/55/47/57/50

Найменування	STM32H7 42	STM32H7 43/53	STM32H7 45/55	STM32H74 7/57	STM32H7 50
Ядро, частота	Cortex-M7, 480 МГц			Cortex-M7, 480 МГц; Cortex-M4, 240 МГц	Cortex- M7, 480 МГц
Обсяг Flash-пам'яті	До 2 Мбайт				128 кбайт
ОЗУ	До 1 Мбайт				До 1 Мбайт

Найменування	STM32H7 42	STM32H7 43/53	STM32H7 45/55	STM32H74 7/57	STM32H7 50	
Графічний інтерфейс						
LTDC	+					
JPEG	-	+				
Chrom-Art	+					
MIPI-DSI					+	
Chrom-GRC	-					
Аудіоінтерфейси						
I <sup>2</sup> S	+					
SAI	+					
SPDIF-RX	+					
12-бітний ЦАП	+					
CORDIC, FMAC	-					
Дротовий зв'язок						
USB2.0	+					
Ethernet (MAC)	+					
Живлення						
LDO- стабілізатор	+					
SMPS- перетворювач	-	+			-	
USB- стабілізатор	+					
DSI- стабілізатор	-				+	-

Найменування	STM32H7 42	STM32H7 43/53	STM32H7 45/55	STM32H74 7/57	STM32H7 50
LPTIM/LPUART	+				
Інтерфейси зовнішньої пам'яті					
Quad-SPI	+				
FMCC	+				
SDMMC	+				
Octo-SPI	-				
Захист даних					
CRC	+				
RNG	+				
CRYP/HASH	-	+ y STM32H753	+ y STM32H755	+ y STM32H757	+
RDP/PcROP/WRP	+				
OTFDEC	-				

Таблиця Д.3

## Характеристики та функції лінійок STM32H7A3/B3/B0

Найменування	STM32H7A3/B3	STM32H7B0
Ядро, частота	Cortex-M7, 280 МГц	
Обсяг Flash-пам'яті	До 2 Мбайт	128 кбайт
ОЗУ	1,4 Мбайт	
Графічний інтерфейс		
LTDC	+	
JPEG	+	
Chrom-Art	+	
MIPI-DSI	+	
Chrom-GRC	+	
Аудіоінтерфейси		
I <sup>2</sup> S	+	
SAI	+	
SPDIF-RX	+	
12-бітний ЦАП	+	
CORDIC, FMAC	-	
Дротовий зв'язок		
USB2.0	+	
Ethernet (MAC)	-	
Живлення		
LDO-стабілізатор	-	
SMPS-перетворювач	+	
USB-стабілізатор	-	
DSI-стабілізатор	-	
LPTIM/LPUART	-	

Найменування	STM32H7A3/B3	STM32H7B0
Інтерфейси зовнішньої пам'яті		
Quad-SPI		+
FMC		+
SDMMC		+
Octo-SPI		+
Захист даних		
CRC		+
RNG		+
CRYP/HASH	+ у STM32H7B3	+
RDP/PcROP/WRP		+
OTFDEC		+

## Додаток Е. Блок-схеми

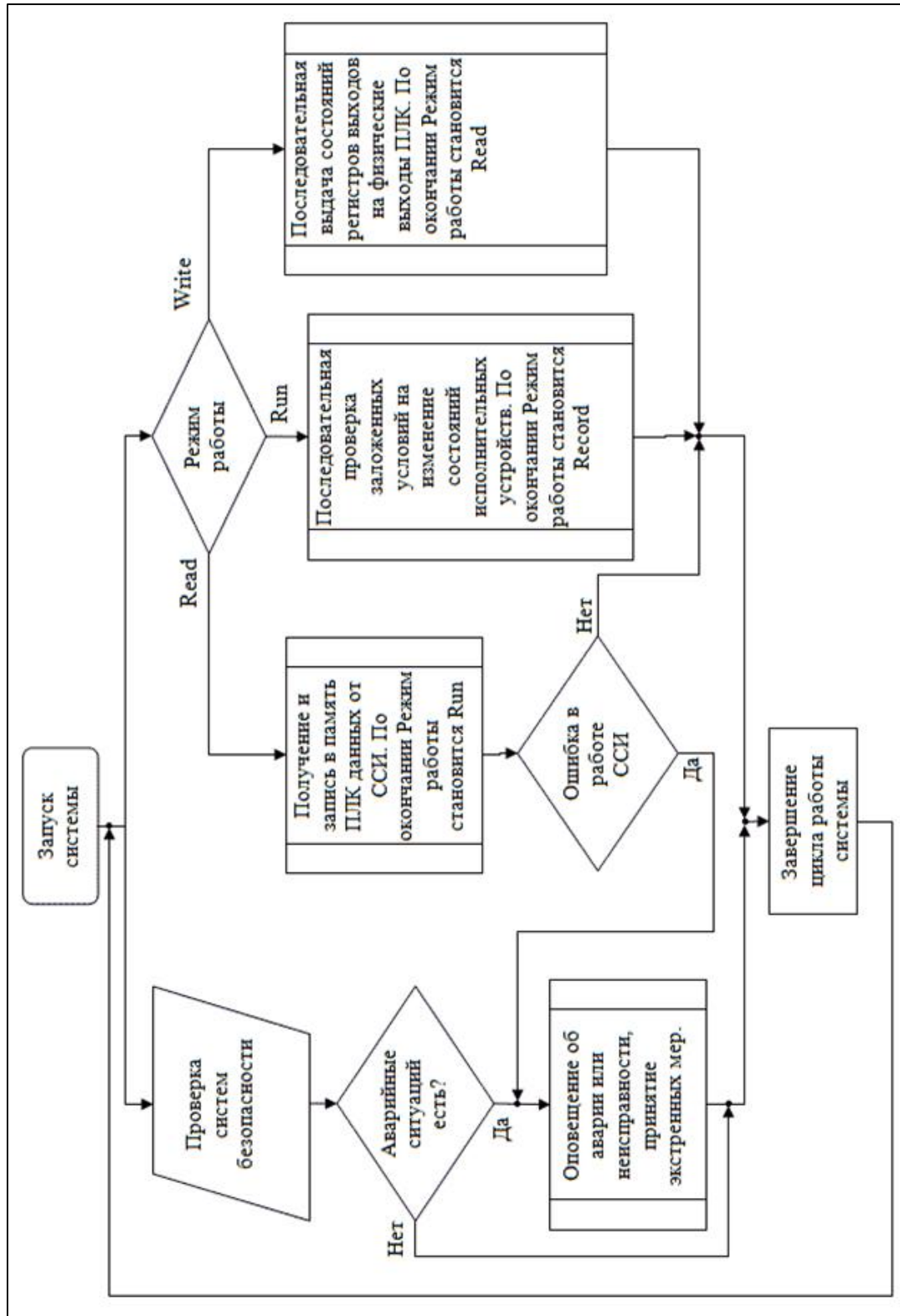


Рис. Е.1 – Блок-схема программної реалізації управління роботою системи [6]

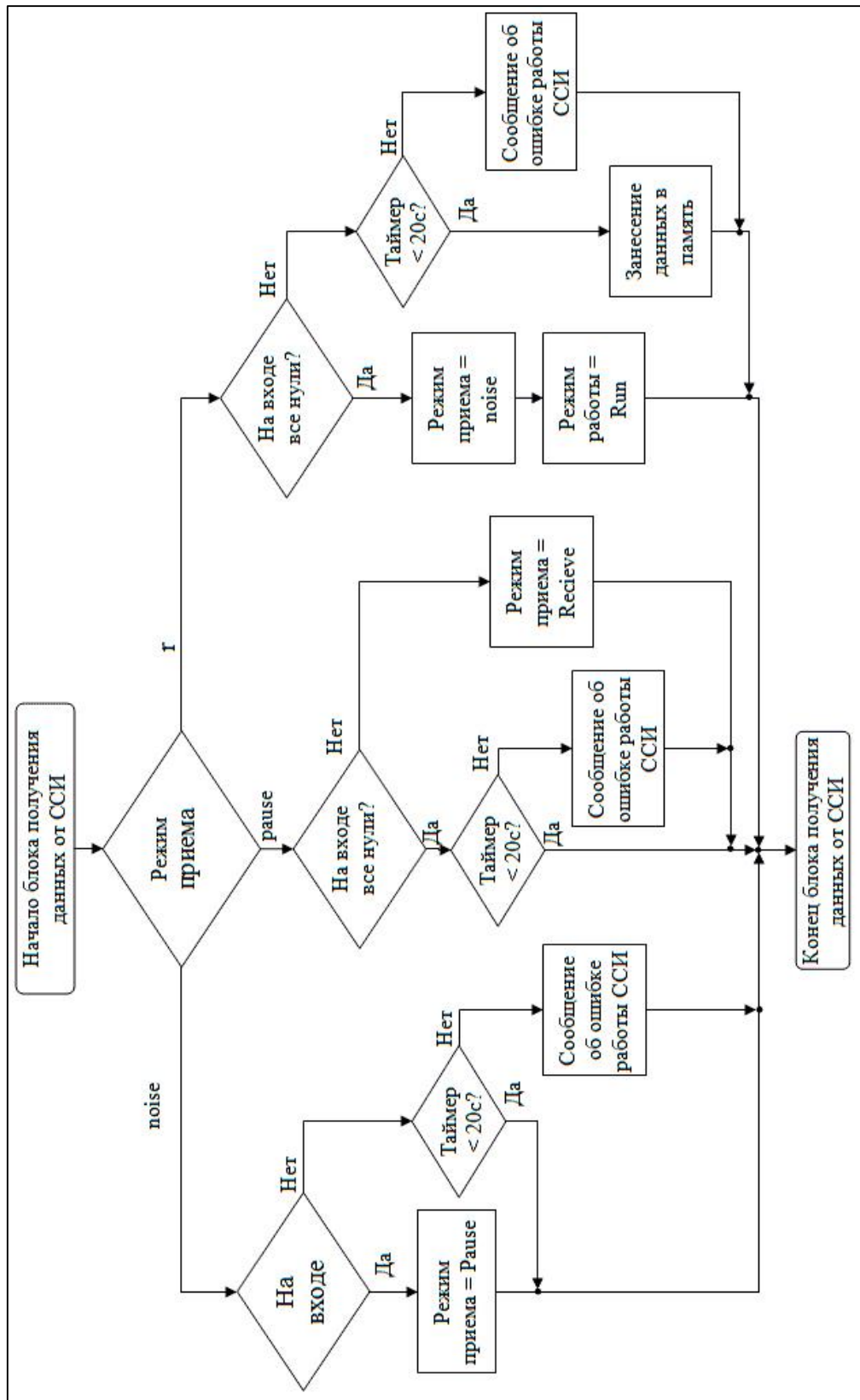


Рис. Е.2 – Блок схема алгоритму отримання та занесення у пам'ять ПЛК, даних від системи збору інформації [6]



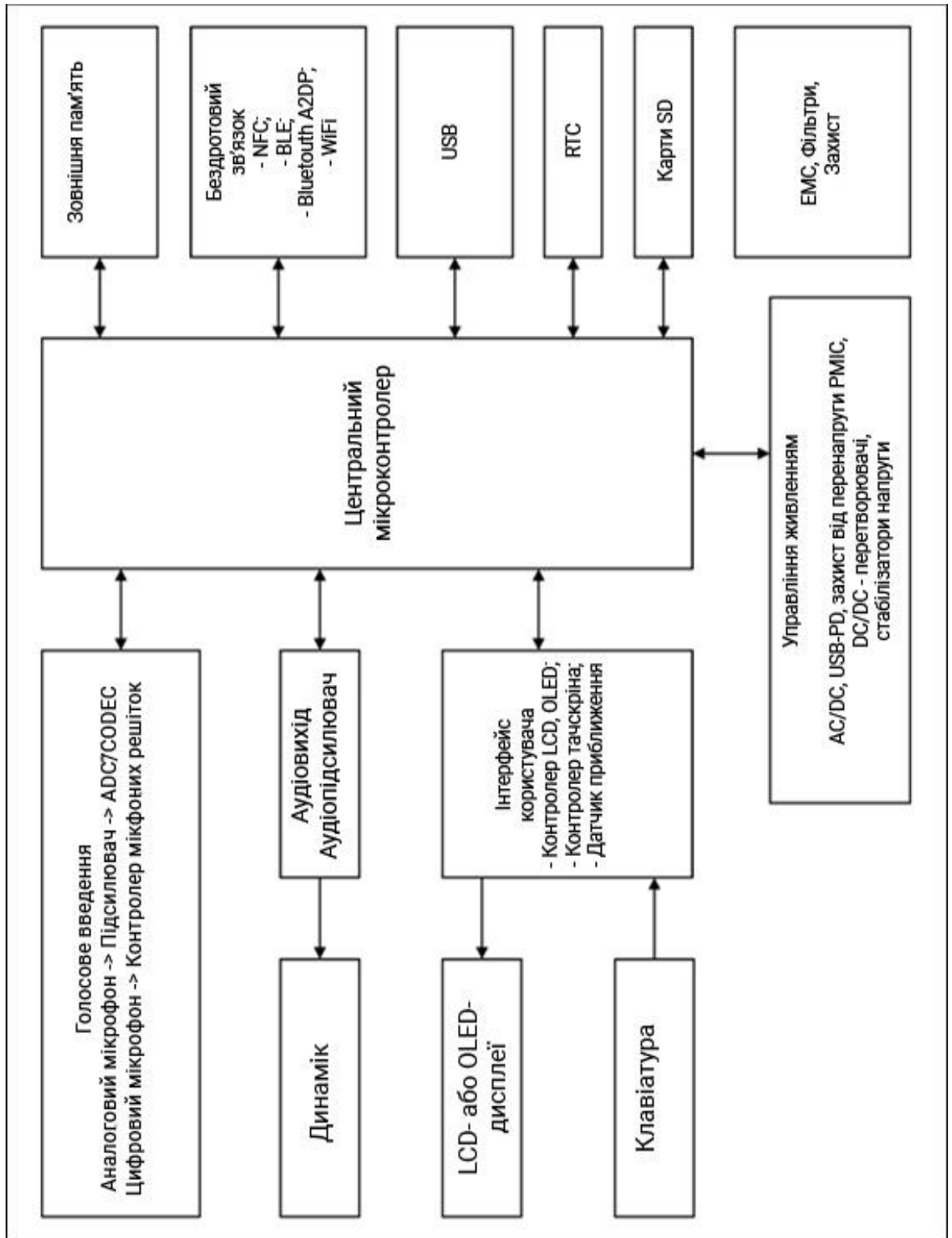


Рис. Е.3 – Блок-схема системи управління розумним будинком