

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки,
загальної та прикладної фізики

Кваліфікаційна робота магістра

**РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІЙ РОЗУМНОГО БУДИНКУ З
ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ МОДУЛІВ ARDUINO**

Виконала
студентка групи ЕП.мн – 81



К. О. Ришкова

Науковий керівник,
к. ф.-м. н., ст.викл.



К. В. Тищенко

Завідувач кафедри ЕЗПФ
д-р фіз.-мат. наук, професор



І. Ю. Проценко

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження роботи були механізми реалізації функцій розумного будинку з використанням мікроконтролерних модулів ARDUINO.

Мета роботи полягала в огляді можливостей платформи Arduino для розробки агентів розумного будинку, а також розробка схеми та програмного забезпечення функціонального елемента керування процесами в ньому.

Під час виконання роботи було розглянуто концепцію розумного будинку, яка являє собою автоматизоване керування процесами та інтелектуальну мережу пристроїв, які на умовах рівних прав взаємодіють між собою, з людиною та навколишнім середовищем.

Актуальність роботи заключається в тому, що концепція розумного будинку, на сьогодні, є не лише автоматизованим керуванням процесами, а інтелектуальною мережею пристроїв, які на умовах рівних прав та паритетів взаємодіють між собою, з людиною та навколишнім середовищем. Така система будується на ідеї, що у кожного її учасника є віртуальний «агент», котрий представляє його інтереси у віртуальному середовищі.

Робота викладена на 34 сторінках, у тому числі містить 15 рисунків, список цитованої літератури із 16 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ARDUINO, МІКРОКОНТРОЛЕРНІ СИСТЕМИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ПРОГРАМНА ТА АПАРАТНА СКЛАДОВА СУЧАСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗУМНОГО БУДИНКУ	6
1.1. Архітектура сучасних систем типу «Розумний будинок».....	6
1.2. Протоколи зв'язку між рівняннями пристроїв домашньої автоматизації..	9
1.3. Управління споживачами в системі розумного будинку.....	11
1.4. Архітектура та призначення мікроконтролерних систем.....	14
1.5. Апаратні засоби для реалізацій функцій розумного будинку.....	17
РОЗДІЛ 2. ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ У ВИМІРЮВАННІ	21
2.1. Системи регулювання датчиків.....	21
2.2 Класифікація датчиків.....	21
2.3 Підключення пасивних датчиків.....	23
2.4 Діапазон вимірюваних і вихідних значень.....	24
2.5 Розробка схеми та програмного забезпечення для керування силовим навантаженням	25
2.6 Розробка системи контролю вологості ґрунту.....	29
ВИСНОВКИ	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	33

ВСТУП

Розумне управління процесами при спільному використанні ресурсів мінімізує втрати електроенергії під час передачі та споживання електроенергії. Щоб отримати максимальну ефективність слід використовувати інтелектуальну мережу, котра займається із однієї сторони розподілом необхідних для виконання задач, з однієї сторони, а з іншої наданням ресурсів для спільного використання. З постійним зростанням популярності та функціональності мобільних пристроїв розширюється також і попит на передові мобільні додатки, що дозволяють керувати пристроями та процесами без фізичного контакту з ними. Такий підхід реалізується використанням веб-служб, які забезпечують послуги віддаленого доступу [1].

Концепція розумного будинку, на сьогодні, це не лише автоматизоване керування процесами, це інтелектуальна мережа пристроїв, які на умовах рівних прав та паритетів взаємодіють між собою, з людиною та навколишнім середовищем. Така система будується на ідеї, що у кожного її учасника є віртуальний «агент», котрий представляє його інтереси у віртуальному середовищі. Кожен фізичний електронний «агент», задіяний у системі розумного будинку повинен вміти спілкуватись із собі подібними системами та керувати певним набором процесів, а також сприймати інформацію із навколишнього середовища [1 – 3].

Апаратно-програмна платформа Arduino може бути використана для побудови електронних агентів розумного будинку, оскільки вона забезпечує підключення великої кількості сенсорів навколишнього середовища та може керувати підключенням навантаження за допомогою силових модулів розширення.

Метою роботи є огляд можливостей платформи Arduino для розробки агентів розумного будинку, а також розробка схеми та програмного забезпечення функціонального елемента керування процесами в ньому.

РОЗДІЛ 1

ПРОГРАМНА ТА АПАРАТНА СКЛАДОВА СУЧАСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗУМНОГО БУДИНКУ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)

1.1 Архітектура сучасних систем типу «Розумний будинок»

Загальний дизайн розумного будинку (Smart Home) застосовується для забезпечення комфорту, енергоефективності та кращої безпеки. Насьогодні створено ряд систем розумного будинку різного ступеня інтелектуальності на базі різних апаратних компонентів та із використанням різних підходів до проектування та загальної архітектури. Переважна більшість дрібних систем, створених на базі мікроконтролерної платформи Arduino із об'єднанням пристроїв у мережу WLAN, здатні контролювати освітлення, температуру в приміщенні, сигналізацію та іншу побутову техніку [1, 2].

Розумна домашня мережа забезпечує ряд нових можливості. У роботі [3] запропоновано нову систему управління енергією розумного будинку, засновану на сенсорних мережах ZigBee (рис. 1.1), щоб зробити домашні мережі більш розумними та автоматичними. Роль обраної схеми в управлінні споживанням енергії є вирішальним фактором у вирішенні проблем, що зростають в будинку. Ініціатива Smart Energy відповідає цим потребам, забезпечуючи прийнятний та стійкий досвід, пов'язуючи нові та корисні цифрові технології з потребами споживачів. Надаючи можливість споживачам майже в реальному часі отримувати інформацію про їх використання енергією через масив продуктів і послуг, метою є допомога споживачам використовувати більш ефективно енергію, а також мінімізувати їх особистий вплив на навколишнє середовище. Запропонована система та відповідне обладнання і програмне забезпечення реалізовує нові розумні схеми на основі запропонованої системи. В рамках роботи застосовується стандартна технологія IEEE 802.15.4 у всіх елементах розумного будинку для комунікації між собою [3 – 5].

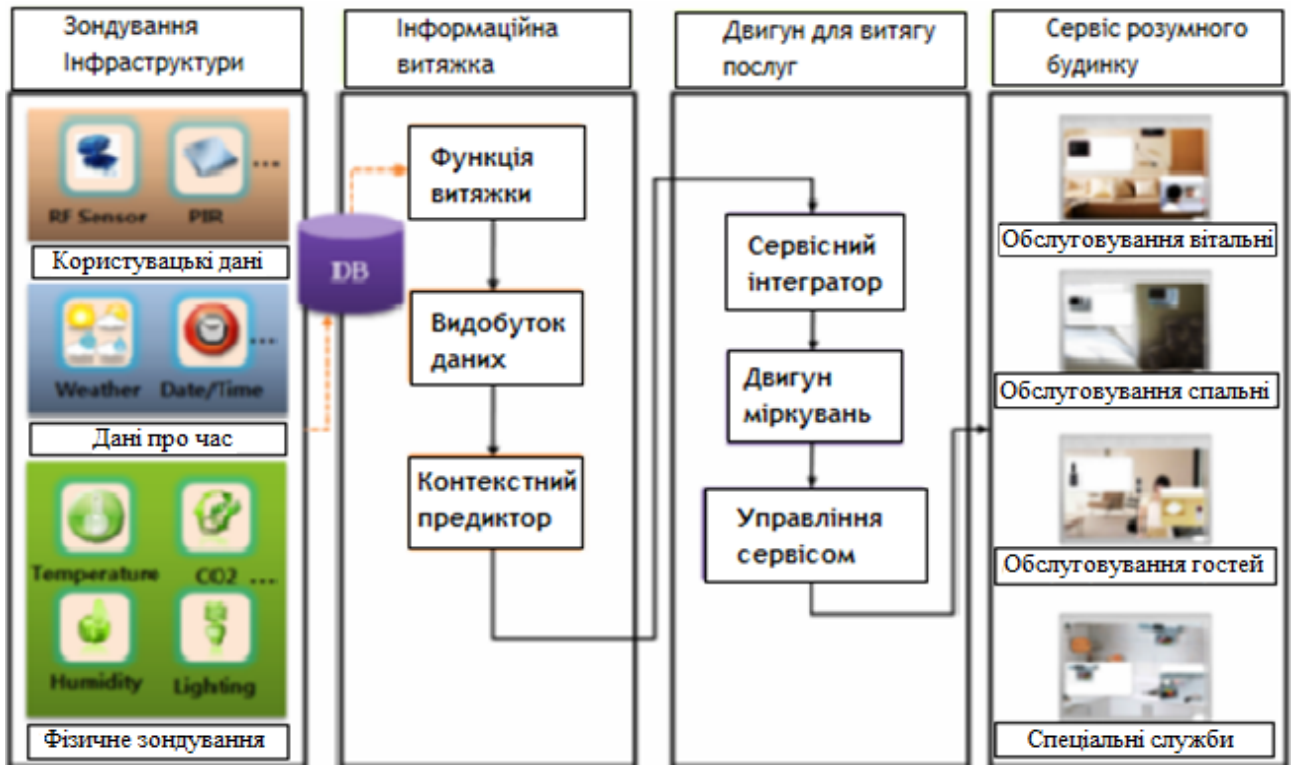


Рис. 1.1 – Система управління енергією розумного будинку на сенсорних мережах ZigBee. Адаптовано із роботи [3]

У роботі [2] використовуються бездротові сенсорні мережі (WSN) та комунікаційні лінії електропередач (PLC) для впровадження інтелектуальної мережі управління будинком. Мета підходу полягає у зменшенні впливу бездротових перешкод на мережу управління та непотрібне споживання енергії розумного будинку. Ізольована WSN з одним координатором, який інтегрований у приймач програмованого логічного контролера, встановлений у кожній кімнаті. Координатор несе відповідальність за передачу параметрів навколишнього середовища, отриманих WSN, до станції управління через PLC [6]. Повідомлення управління для побутових приладів передаються безпосередньо за допомогою PLC, а не WSN. Відповідно до експериментальних результатів, вплив бездротових перешкод на запропоновану мережу управління розумним будинком істотно пом'якшується (рисунок 1.2) [4].

Центральний контролер – мозок системи (плата Arduino) отримує команди для виконання. Він має підключення до Інтернету через Ethernet плату

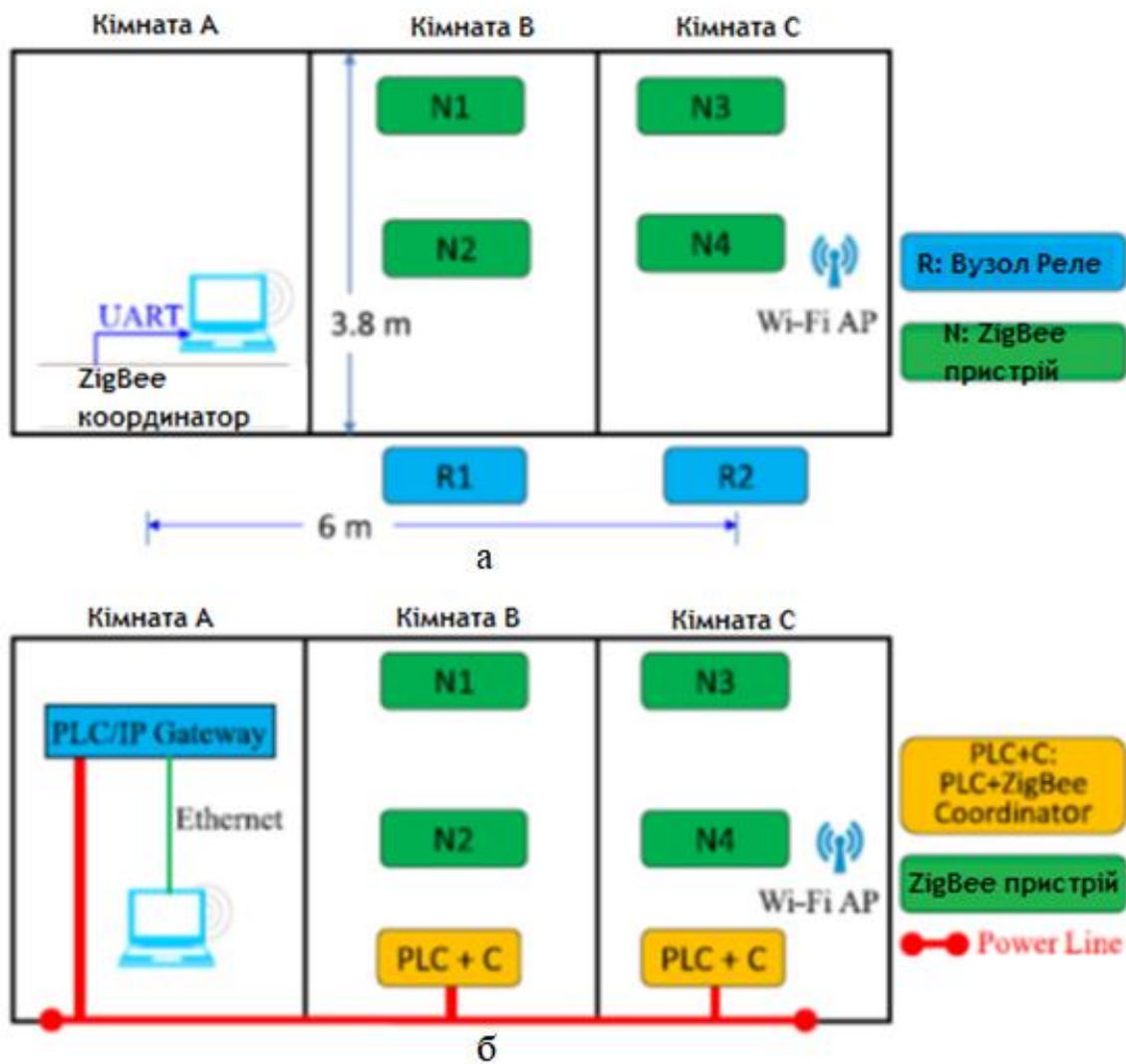


Рис. 1.2 – Архітектура інтелектуальної мережі управління будинком на основі WSN з релейними вузлами (а), та WSN плюс PLC (б). Адаптовано із роботи [4]



Рис. 1.3 – Функціональна схема системи взаємодії розумного будинку з користувачем. Адаптовано із роботи [5]

розширення, встановлену на Arduino. З боку користувача мобільний пристрій забезпечує комунікаційний інтерфейс із системою в цілому через програмний додток. Мобільний пристрій може бути підключений до центрального контролера (наприклад, через USB-кабель) або спілкуватися з ним бездротово. У межах домашнього бездротового підключення можна досягти комунікації за допомогою екрану Ethernet на центральному контролері. Таким чином можна отримати доступ до контролера локально чи віддалено через Інтернет, як це схематично показано на рисунку 1.3.

1.2 Протоколи зв'язку між рівняннями пристроїв домашньої автоматизації

Центром управління мережею є система домашнього шлюзу, яка зсередини

координує всі побутові прилади, контролює їх робочий стан та перевіряє їх поточний стан, а ззовні з'єднується з Інтернетом, отримує вказівки віддалених користувачів та передає пов'язану інформацію до мережевих ресурсів.

Внутрішня комунікація між мережами забезпечує передавання інформації одна одній (цілісна інформаційна система) [7], тому люди в будь-якій кімнаті (або за її межами) можуть керувати пристроями іншої кімнати. Робота потоку запитів побутового приладу відображається так: прилад отримує інформацію від домашнього шлюзу із модулем ZigBee і визначає стан побутового приладу, а потім відповідний стан передається на домашній шлюз посередництвом цього ж модуля. Якщо всі прилади працюють належним чином, домашній шлюз зберігає стан приладів. Якщо ні, то домашній шлюз повідомляє постачальника про помилку.

Домашній шлюз може забезпечувати зовнішній зв'язок, з'єднуючи Інтернет та домашню мережу. Він передає інформацію про всі пристрої в домашній мережі на сервер порталу посередництвом протоколу TCP/IP. Також він може контролювати пристрої з комунікацією пакетів даних [8]. Таким чином, це дозволяє користувачам контролювати домашні мережі через Інтернет та навіть мобільний телефон, оскільки сервер порталу може мати мобільний інтерфейс [8].

Контроль потоку роботи побутового приладу відбувається за наступним алгоритмом: домашній шлюз отримує зовнішні пакети, розпаковує їх та отримує адресу призначення. Наступним кроком є вибір маршрутизації (пристрій призначення), а потім передача даних. Прилад отримує дані та тестує їх. Якщо дані є помилками, пристрій повертає невдале повідомлення до домашнього шлюзу. При необхідності прилад здійснює відповідну операцію та повертає інформацію про операцію до домашнього шлюзу с.

Пристрої впровадження обладнання та системи домашньої автоматизації Arduino Uno та плата розширення Ethernet можуть бути використані для реалізації мікро веб-сервера [8] для домашнього шлюзу (рисунок 1.4), котрий має можливість підключення до Інтернету.

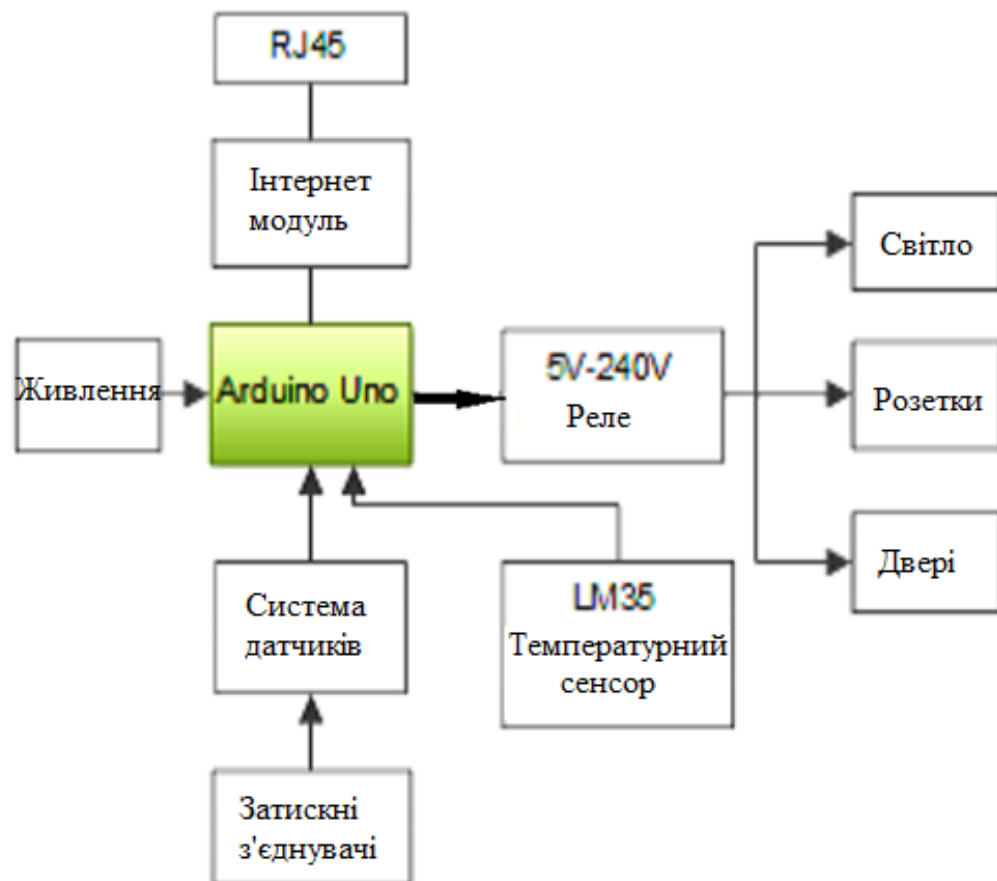


Рис. 1.4 Архітектура міні веб-сервера на базі Arduino. Адаптовано із роботи [8]

Arduino Uno – це мікроконтролерна платформа з відкритим кодом, який використовує ATMEGA 328, процесор Atmel AVR, який може програмуватися на мові C++ через USB-порт. Arduino Uno має на платі 6 аналогових та 14 цифрових входів для операцій введення та виводу, підтримує апаратні протоколи SPI та I²C, які можна використовувати для взаємодії з іншими пристроями.

Модуль Ethernet виконує функцію моста для підключення домашнього шлюзу до локального проксі. Звичайний вимикач світла був інтегрований з Arduino за допомогою реле для демонстрації можливості комутації, для моніторингу температури використовується датчик температури LM35, а для моніторингу потужності використовувався неінвазивний датчик струму із максимальною межею вимірювання 30А. Представлена апаратна архітектура гнучка і дозволяє безперешкодно інтегрувати інші побутові прилади та пристрої з мінімальними змінами [6].

1.3 Управління споживачами в системі розумного будинку

Управління споживання енергією є частиною програми інтелектуальної мережі. Клієнт може контролювати споживання електроенергії відповідно до навантаження лінії електропередач, розумні будинки з інтелектуальною сіткою, що працюють з приладами обліку та керування часом, допомагають споживачам контролювати, керувати та контролювати енергоспоживання, допомагаючи оптимізувати продуктивність та зменшувати енергію втрати від основних приладів, опалення, охолодження та освітлення. За допомогою інтелектуальної системи управління енергією будинку споживачі можуть керувати споживанням енергії та витратами протягом дня, не порушуючи їх «спосіб життя». Мережева архітектура системи інтелектуального енергоспоживання проілюстрована на рисунку 1.5.

У запропонованій в роботі [8] конструкції представлена архітектура системи для дистанційного керування та моніторингу середовища розумного будинку. Схематично архітектура даної системи показана на рисунку 1.6. Вона складається з додатку, розробленого за допомогою платформи Android та мікро-веб-сервера на базі Arduino Ethernet. Мікроконтролер Arduino – це основний контролер, який розміщує мікро-веб-сервер і виконує необхідні дії, які необхідно виконати. Датчики та реле безпосередньо об'єднані з основним контролером. Навколишнє середовище розумного дому можна контролювати та керувати ним з віддаленого місця за допомогою програми розумного будинку, яка спілкуватиметься з мікро-веб-сервером через Інтернет. Будь-яке з'єднання з Інтернетом через Wi-Fi або 3G / 4G мережу можна використовувати на пристрої користувача. Особливістю такої конструкції є управління системами енергоменеджменту, такими як освітлення, розетки та системи ОВК (опалення, вентиляція та кондиціонування); система безпеки та спостереження, такі як виявлення пожежі та виявлення вторгнень із сиреною та електронними повідомленнями; автоматичний контроль розумного дому, наприклад, підтримка певної температури в приміщенні; голосова активація для перемикання функцій

та має автентифікацію користувача для доступу до системи розумного дому [8].

Існує велика кількість платформ для розробки програм для смартфонів, на базі операційних систем (ОС) Windows Mobile, iOS та Android. У роботі [9] запропоновано системний додаток для платформи Android, оскільки більшість телефонів і планшетів підтримують саме цю ОС. Для розробки та впровадження програми розумного дому було використано мову програмування Java за допомогою набору програм для розробки програмного забезпечення Android (SDK). SDK (Software Development Kit) включає в себе повний набір інструментів розробки, таких як налагоджувач, бібліотеки, емулятор телефону, що містить документацію, зразок коду та навчальні посібники.

У роботі [10] для розробки мобільного додатку розумного будинку використовувався Eclipse, який є офіційно підтримуваним інтегрованим середовищем розробки (IDE), спільно з плагіном Android Development Tools (ADT). Розроблений додаток забезпечує такі функції [11]:

- Віддалене підключення (через Інтернет) до мікро-веб-сервера розумного будинку (вимагає реального сервера);
- Автентифікація користувача;
- Управління та моніторинг пристроїв;
- Планування завдань та налаштування автоматичного керування середовищем розумного будинку;
- Параметр зміни пароля;
- Підтримує голосову активацію для перемикання функцій.

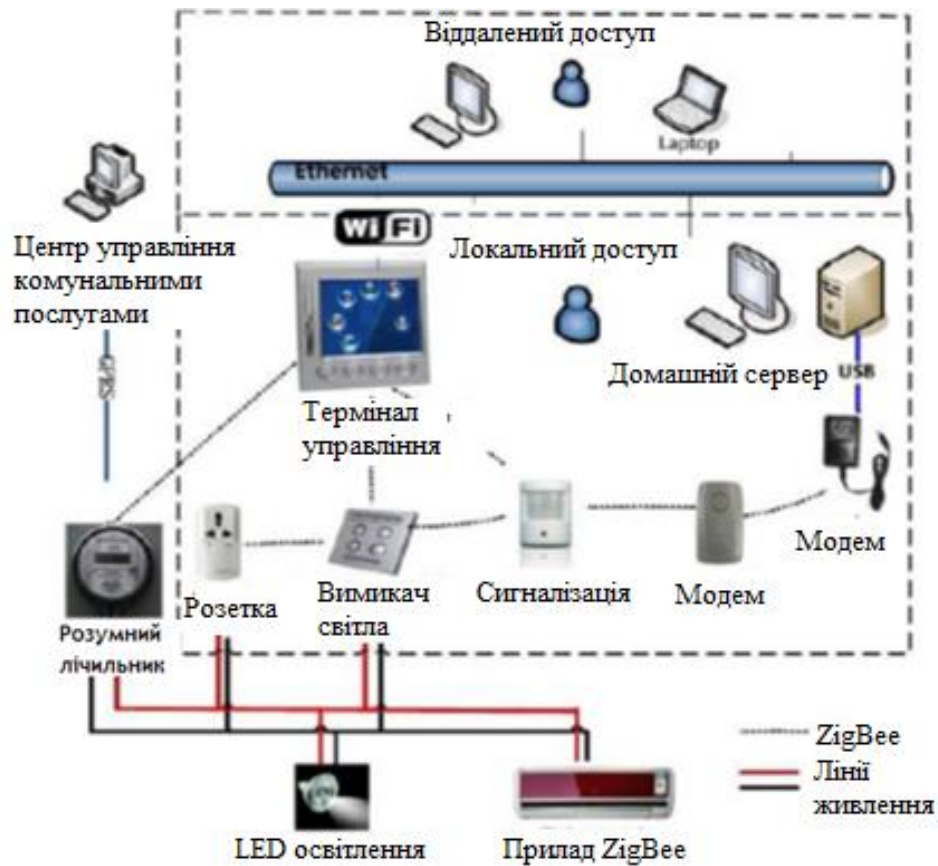


Рис.1.5 – Мережева архітектура системи управління енергією розумного будинку. Адаптовано із роботи [5]



Рис.1.6 – Системна архітектура розумного будинку. Адаптовано із роботи [6]

1.4 Архітектура та призначення мікроконтролерних систем

Широке застосування електроніки для керування процесами сприяло виникненню мікропроцесорних пристроїв вузького призначення, орієнтованих для спеціалізованого застосування. Основною особливістю подібних пристроїв є те, що окрім мікропроцесора, на одному і тому ж кристалі розташовується і система периферійних пристроїв, серед яких порти введення та виведення, модуль оперативної пам'яті, модуль постійного запам'ятовуючого пристрою та інші. Подібна конструкція дозволяє суттєво знизити складність і габарити мікропроцесорної системи керування. Подібні пристрої отримали назву мікроконтролери [2].

У загальному випадку мікроконтролер може бути представлений, як вузько спеціалізований мікроелектронний пристрій розроблений у вигляді окремої мікросхеми, основними функціями якого є завдання логічного контролю та керування периферійними пристроями. Використовуються у керуючих приладах, системах передачі інформації, системах управління технологічними процесами. Узагальнено – це мікропроцесор призначений для автономного функціонування різноманітних приладів і, як правило, відповідають за якусь конкретну задачу [2]. Яскравим прикладом являються мікроконтролери в персональному комп'ютері, які можуть виконувати окремі функції читання або запису інформації, включення або вимкнення периферійних приладів та ін. Контролери, як правило, створюються для рішення якоїсь окремої задачі або групи близьких задач. Вони зазвичай не мають можливостей підключення додаткових вузлів і пристроїв, наприклад, великої пам'яті, засобів вводу/виводу. Їх системна шина часто недоступна користувачеві. Структура контролера проста і оптимізована під максимальну швидкодію. У більшості випадків програми, що виконуються, зберігаються в постійній пам'яті і не змінюються. Конструктивно контролери випускаються в одноплатному варіанті.

Зазвичай мікроконтролери застосовуються в приладах, які не потребують наявності мікропроцесора. Це пов'язано з їх більш високою ціною, оскільки вони

мають більш потужні обчислювальні можливості, необхідність яких просто відпадає у простих за функціоналом електронних приладах. Прикладами слугують кондиціонери, мікрохвильові печі, електронні годинники. Вище названі прилади містять у своєму складі найпростіші мікроконтролери, адже їх структура проста і вони оптимізовані під максимальну швидкодію. Перевагами систем, що використовують мікроконтролери являються [2]:

- низька вартість;
- висока надійність і стабільність за рахунок малої кількості з'єднань і складових;
- малий час розробки і модифікацій за рахунок простої структури;
- автоматизація технологічних процесів в реальному часі і здатність програмування неспеціалістом.

Основними галузями використання мікроконтролерів на сьогодні є побутова і промислова техніка. Вони широко використовуються в медичних приладах, в різноманітних засобах зв'язку, в електронних музичних інструментах. Мікроконтролери можна знайти майже всюди, починаючи з транспортних засобів і закінчуючи інтерактивними іграшками. Спектр застосування мікроконтролерів практично необмежений.

Вбудовані периферійні пристрої містять у собі багатоканальні генератори сигналів, аналого-цифрові перетворювачі, блоки векторних перетворень координат, таймери, лічильники та інші [4]. Прикладами таких пристроїв являються мікроконтролери ADMC330 фірми Analog Devices, TMS320C240 фірми Texas Instruments, 56800 фірми Motorola. При проектуванні мікроконтролерів доводиться дотримувати баланс між розмірами і вартістю з одного боку, і гнучкістю і продуктивністю з іншого. Для різних застосувань оптимальне співвідношення цих і інших параметрів може розрізнятися дуже сильно. Тому існує величезна кількість типів мікроконтролерів, що відрізняються архітектурою процесорного модуля, розміром і типом вбудованої пам'яті, набором периферійних пристроїв, типом корпусу. В той час, як

8-розрядні процесори загального призначення повністю витіснені продуктивнішими моделями, 8-розрядні мікроконтролери продовжують широко використовуватися. Це пояснюється тим, що існує велика кількість застосувань, в яких не потрібна висока продуктивність, але важлива низька вартість. В той же час, є мікроконтролери, з більшими обчислювальними можливостями, наприклад цифрові сигнальні процесори. Обмеження за ціною і енергоспоживанням стримують також зростання тактової частоти контролерів. Хоча виробники прагнуть забезпечити роботу своїх виробів на високих частотах, вони, в той же час, надають замовникам вибір, випускаючи модифікації, розраховані на різні частоти і напругу живлення. У багатьох моделях мікроконтролерів використовується статична пам'ять для ОЗП і внутрішніх регістрів. Це дає контролеру можливість працювати на менших частотах і навіть не втрачати дані при повній зупинці тактового генератора. Часто передбачені різні режими енергозбереження, в яких відключається частина периферійних пристроїв і обчислювальний модуль. Мікроконтролер може мати вбудовану незалежну пам'ять для зберігання програми і даних. У багатьох контролерах взагалі немає шин для підключення зовнішньої пам'яті. Найбільш дешеві типи пам'яті допускають лише одноразовий запис. Такі пристрої підходять для масового виробництва в тих випадках, коли програма контролера не оновлюватиметься. Інші модифікації контролерів мають можливість багатократного перезапису незалежної пам'яті. На відміну від процесорів загального призначення, в мікроконтролерах часто використовується гарвардська архітектура.

Розглянемо принцип роботи мікроконтролера на базі уявної спрощеної схеми загальної структури мікропроцесорного контролера (рисунок 1.7). Дані, призначені для обробки, можуть мати лише цифровий вигляд. Так, представлений мікроконтролер призначений для збору даних про стан певного об'єкта керування (ОК), обробку цих даних та реалізації певних дії на об'єкт.

До складу схеми додають пристрої зв'язку з об'єктом. Такі пристрої є

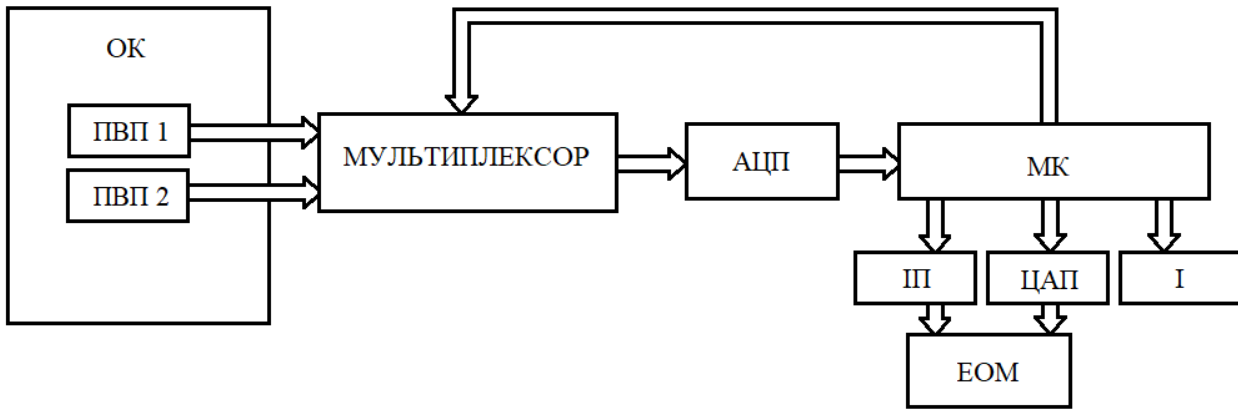


Рис. 1.7. Приклад структури мікроконтролера. Адаптовано з роботи [2]

своєрідним мостом між об'єктом керування та пристроями введення-виведення схеми. Функцією пристроїв зв'язку автоматичне конвертація сигналів від датчиків, що взаємодіють з об'єктом у цифровий вигляд, необхідний для мікросхеми. Дані пристрої є вхідними і містять в своєму складі певні вузли. По-перше, це первинні вимірювальні перетворювачі або датчики (ПВП), які конвертують вимірювані фізичні параметри, що вказують на якість технологічного процесу в об'єкті, в аналогові сигнали. Іншою складовою є керований мікроконтролером мультиплексор, який дозволяє мультиплексувати в часі сигнали двох і більше сенсорів. Після одержання аналогових або частотних сигналів, дані потрапляють в аналого-цифровий перетворювач (АЦП), де відбувається перетворення аналогових сигналів з датчиків в цифровий вид.

1.5 Апаратні засоби для реалізації функцій розумного будинку

Для розробки архітектури системи керування розумним будинком потрібно виконати підбір апаратних засобів, котрі забезпечують деякий функціонал, необхідний для реалізації необхідного функціоналу. Так потрібно підібрати центральний контролер, який би зміг забезпечити збір і обробку отримуваних даних; вимірювальні перетворювачі (датчики), для збору фізичних параметрів а також модулі керування навантаженням (реле, силові транзистори). Розглянемо їх більш детально.

Центральний контролер (Arduino) приймає команди, які використовуються для виконання заданого набору операцій [7]. Можливість підключення до Інтернету забезпечується посередництвом Ethernet модуля, що встановлений на Arduino. З боку користувача надається портативний інтерфейс для системи в цілому за допомогою простого у користуванні додатка. Фізично керуючий термінал може бути провідним мобільним пристроєм центрального блоку управління (наприклад, через кабель USB), або зв'язаний з ним посередництвом бездротової мережі. У домашніх умовах бездротове підключення можна реалізувати за допомогою екрана Ethernet на центральній консолі. Таким чином можна отримати доступ до консолі, локально чи віддалено через Інтернет [9]. У цьому випадку архітектура клієнт / сервер вибирається саме так, оскільки центральна консоль є статичною сутністю, яка відповідає на запити клієнтів (мобільних пристроїв), і надсилає сповіщення. Тому потреба в сервері (на рівні програми будь-який фрагмент коду, який може відповідати на запити клієнта) тісно пов'язана з клієнт-серверною архітектурою. В системах типу розумний будинок цілком доцільним є рішення використовувати просту програму веб-сервера, що працює безпосередньо на платі контролера Arduino (або іншого, якщо використовується інший пристрій у якості центрального контролера), яка спілкується через протокол HTTP з веб-додатком Android.

Як центральний контролер, доцільно використовувати ардуіно-сумісну платформу із вже вбудованим мережевим контролером, оскільки таке рішення не стільки спростить архітектуру кінцевої системи, скільки зробить її дешевшою і більш модульною. Однією із таких платформ є Iboard із вбудованими мережевими контролерами [5].

Iboard – це плата Arduino, що має порт WIZnet Ethernet, роз'єм XBee, інтерфейс модуля nRF24L01+ та простий у програмування внаслідок сумісності із Arduino IDE мікроконтролер ATmega328. Ця плата забезпечує бездротове управління XBee / nRF24L01+, а також Інтернет підключення до ваших проєктів. Дана платформа чудово підійде для всього, від домашньої автоматизації до робототехніки.

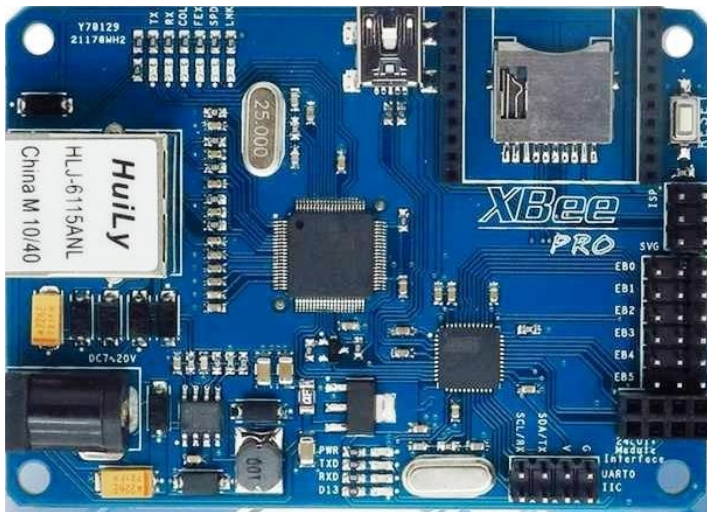


Рис.1.8 – Плата Arduino Iboard. Адаптовано із роботи [5]

Часто використовуваним модулем у системах розумний будинок є XBEE ZigBee – відкритий глобальний стандарт, побудований на IEEE 802.15.4 MAC/PHY. ZigBee визначає мережевий рівень вище шарів 802.15.4 для підтримки розширених можливостей маршрутизаційної сітки. Специфікація ZigBee розроблена консорціумом компаній, що входять до ZigBee Alliance. Модуль забезпечує просту та легку комунікацію між мікроконтролерами та підтримує зв'язок точка-точка-точка-багатоточка в безпроводних мережах, що забезпечує всі базові потреби комунікації.

В системі, описаній у роботі [10] блок блоку вводу / виводу складається з двох частин: датчика руху PIR (Пасивний інфрачервоний червоний) і датчика температури LM35 як входів, а також деяких ламп, розеток, реле і зумерів як виходів.

PIR-датчик використовується для виявлення наявності руху. Показання датчиків використовуються для вимкнення індикаторів, якщо немає активності, і їх включення в іншому випадку. Крім того, цей датчик використовується також у системі безпеки для виявлення підозрілих рухів. Якщо він виявить будь-який підозрілий рух, пролунає сигнал тривоги (зумер).

LM35 функціонує як моніторинг температури. Цей датчик також служить входом для керування живленням деяких розеток. Розетка вмикається за умови, коли температура перевищує певну межу, ця умова активує вентилятор або кондиціонер. Реле підключені до ламп та розетки.

РОЗДІЛ 2

ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ У ВИМІРЮВАННІ

2.1 Системи регулювання датчиків

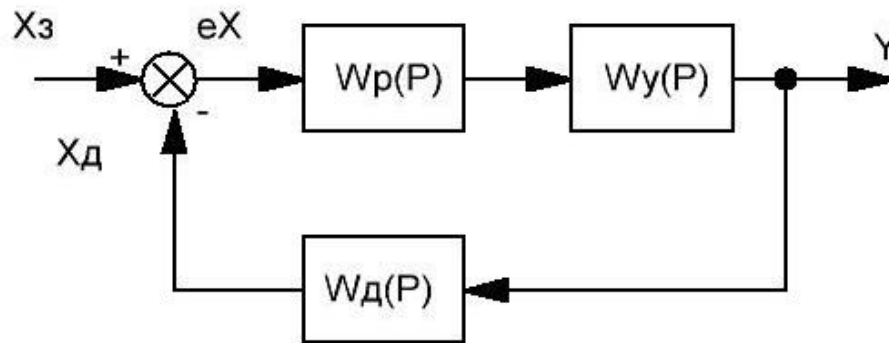
В системі управління технологічною установкою зняття поточних показань деякої величини – температури, вологості, тиску, рівня рідини, напруги, струму та ін. здійснюється за допомогою датчиків – пристроїв і механізмів, призначених для перетворення сигналу зовнішнього впливу в форму, зрозумілу системі управління. Наприклад, датчик вологості генерує електричний сигнал, пропорційний поточному значенню вологості повітря.

Як правило, датчики використовуються не самі по собі, а входять до складу системи управління, забезпечуючи сигнал зворотного зв'язку. На рисунку 2.1 представлена типова схема системи регулювання. Є сигнал завдання X_z , який порівнюється з сигналом на виході, що отримуються за допомогою датчика, що має передавальну функцію $W_d(p)$. Помилка управління подається на регулятор, який, в свою чергу, формує сигнал управління виконавчим вузлом, що формує вихідний сигнал Y [17].

2.2 Класифікація датчиків

Найчастіше, в літературних джерелах, датчики розділяють на дві групи:

- Пасивні, які не потребують в зовнішньому джерелі електроенергії, і у відповідь на вхідний вплив генерують електричний сигнал. Прикладами таких датчиків є термопари, фотодіоди і п'єзоелектричні чутливі елементи.
- Активні, які вимагають для своєї роботи зовнішній сигнал, званої сигналом збудження. Оскільки, такі датчики змінюють свої характеристики у відповідь на зміну зовнішніх сигналів, їх називають параметричними. Прикладами активних датчиків є терморезистори, опір яких можна обчислити шляхом пропускання через них електричного струму.



- Рисунок 2.1 Типова схема замкнутої системи регулювання. Адаптовано із роботи [8]

Слід зазначити, що в літературі зустрічається і альтернативний варіант класифікації, коли Генераторні датчики визначаються як Активні, а Параметричні як Пасивні. Іншим важливим критерієм для нас є вибір точки відліку даних. Таким чином датчики бувають:

- Абсолютні, що вимірюється значення фізичної величини яких не залежить від умов вимірювання і зовнішнього середовища.
- Відносні, коли вихідний сигнал такого датчика в кожному конкретному випадку трактується по різному [8].

Яскравим прикладом є терморезистор, опір якого безпосередньо залежить тільки від температури вимірюваного об'єкта, і термопара, вихідна напруга якої залежить від різниці температур між гарячим і холодним кінцями.

При розробці радіоелектронного обладнання важливим фактором характеристик датчика також є характер вихідного сигналу.

- Аналогові датчики на виході мають безперервний вихідний сигнал, для зняття якого необхідно використовувати аналого-цифровий перетворювач, після чого необхідно зробити перетворення значення АЦП в формат вимірюваної величини.
- Цифрові датчики, інформація з яких знімається за допомогою різних цифрових інтерфейсів. Як правило, інформація доступна безпосередньо в

форматі вимірюваної величини і не вимагає проведення додаткових перетворень.

- Дискретні датчики, що мають тільки два варіанти сигналу на виході каналу датчика - логічний 0 і логічна 1. Прикладом такого датчика є кінцевий вимикач, який має стану замкнутий і незамкнутого. Дискретний датчик може мати кілька вихідних каналів, кожен з яких знаходиться в одному з двох станів. Наприклад, 12-розрядний абсолютний датчик положення.
- Імпульсні датчики, що формують імпульси вихідного сигналу, амплітуда або тривалість яких залежить від вимірюваної величини. Наприклад, інкрементальний датчик положення формує на виході код Грея. При цьому, чим вище частота обертання валу датчика, тим більша частота сигналу буде на виході, що дозволить з високою точністю визначити частоту обертання валу [10].

2.3 Підключення пасивних датчиків

Так як пасивний датчик без сторонньої допомоги у відповідь на зовнішній вплив самостійно генерує електричний сигнал, то саме цей сигнал потрібно обробляти. Залежно від того, буде наш датчик джерелом струму або джерелом напруги, спосіб підключення буде відрізнятися [9]. Наприклад, термопара є джерелом напруги, її можна розглядати, як класичний приклад пасивного вимірювального перетворювача. Напруга на виході не залежить від величини вихідного струму (в розумних межах звичайно). Наше завдання – виміряти яку вироблено ЕРС. Так як вимірювальний тракт матиме деякий кінцевий опір, схема підключення буде такою, як зображена на рисунку 2.2 а.

Якщо опір аналогово-цифрового перетворювача (R_{adc}) буде багато більше внутрішнього опору r , тоді падіння напруги на ньому буде прагнути до нуля і напруга на вході АЦП буде наближатись до значення ЕРС.

Іншим видом пасивного датчика є струму, тобто вихідною величиною, яку необхідно вимірювати буде зміна струму у колі (рис. 2.2 б).

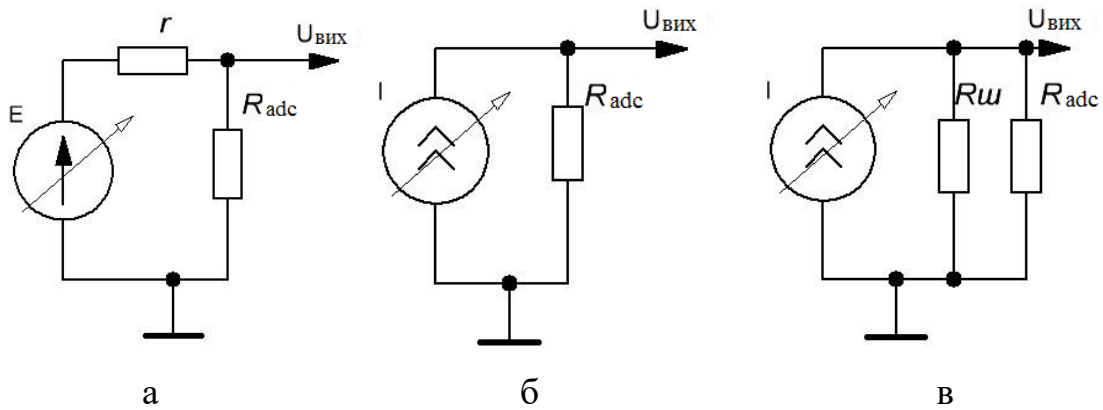


Рисунок 2.2. Підключення джерела напруги (а) та струму (б, в) до АЦП.
Адаптовано із роботи [9]

Однак, опір навантаження джерела струму у такому випадку повинен наближатися до нуля. Для вимірювання вихідної напруги у такому випадку, датчик шунтується високоточним резистором відомого опору, перетворюючи тим самим, джерело струму в джерело напруги (рис 2.2 в).

2.4 Діапазон вимірюваних і вихідних значень

Діапазон вимірюваних значень показує, яку максимальну значення вхідного сигналу датчик може перетворити в вихідний електричний сигнал, не виходячи за межі встановлених похибок. Дані цифри завжди наводяться в специфікації на датчик, одночасно відображаючи можливу точність вимірювань в тому чи іншому діапазоні.

Діапазон вихідних значень датчика – це мінімальне і максимальне значення вихідного сигналу, яке датчик здатний видати при мінімальному і максимальному зовнішньому впливі. Так як ми розглядаємо датчики, що перетворюють вхідний сигнал в електричний, то діапазон вихідних значень датчика буде визначатися у вироблюваній ним напрузі, або струмі, що пропускають через нього. Однією з наших задач при підключенні датчика буде узгодження вихідного діапазону датчика з вхідним діапазоном вимірювального тракту [12].

2.5 Розробка схеми та програмного забезпечення для керування силовим навантаженням

У системах типу розумний будинок часто виникає потреба керування силовим навантаженням. Для реалізації простого увімкнення-вимкнення приладу з успіхом застосовуються релейні модулі, керування якими зводиться до простої зміни цифрового сигналу на виході порту керуючої системи. У випадку коли необхідно плавно змінювати напругу живлення, необхідно застосовувати більш складні рішення, наприклад схеми із використанням семісторів, тиристорів, або ж польових транзисторів. Розробимо схему на базі контролера Arduino (рис. 2.3) і польового транзистора для керування живленням силового приладу. Для цього було використано MOSFET-транзистор (MOSFET – це скорочення від двох англійських словосполучень: Metal-Oxide-Semiconductor (метал-оксид-напівпровідник) і Field-Effect-Transistors (транзистор, керований електричним полем)). Простіше кажучи у нашій схемі MOSFET (VT) – це МОН-транзистор, навантаження (R_H), резистор відомого номіналу ($R_{вим}$) та джерело живлення.

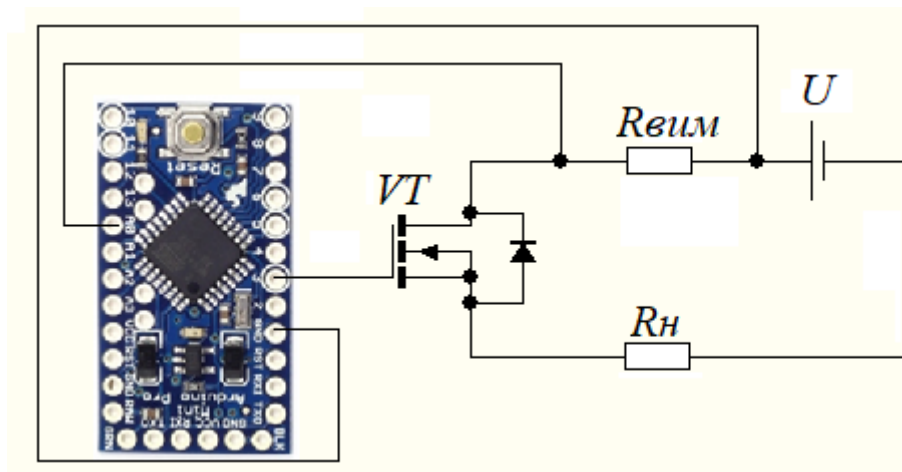


Рисунок 2.3 – Схема керування силовим навантаженням

В даній схемі використовувався транзистор FQPF2N60C. Це n-канальний МОН-транзистор. Його зовнішній вигляд та схематичне зображення показані на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд та схематичне зображення транзистора FQPF2N60C. Адаптовано із роботи [10]

Даний транзистор створюється з використанням запатентованої планарної смуги Fairchild Semiconductor's і технології DMOS. Дана передова технологія МОН-транзистора була спеціально розроблена для зменшення у включеному стані опору і забезпечити високу продуктивність комутації. Ці пристрої призначені для імпульсних джерел живлення в режимі активної корекції коефіцієнта потужності і електронних баластів [10].

Алгоритм роботи розробленої нами схеми наступний: з контролера Arduino, через вивод ШІМ (котрий знаходиться на цифровому порті «digital 3»), подається сигнал на МОН-транзистор, що поступово відкривається, збільшуючи напругу у колі живлення. Знімаючи напругу з резистора, а також знаючи його номінал, ми можемо розрахувати за законом Ома струм у колі, що необхідно для інтелектуального керування зі зворотнім зв'язком а також запобігання перевищення максимально допустимих струмів у колі для запобігання виходу з ладу керуючого транзистора. Тобто, зміна напруги у колі була реалізована за допомогою ШІМ-виводу через польовий транзистор [11 – 13].

Широтно-імпульсна модуляція, або ШІМ, це операція отримання аналогового сигналу довільного значення за допомогою цифрових пристроїв. Пристрої використовуються для отримання прямокутних імпульсів, які постійно перемикається між максимальним і мінімальним значеннями. Даний сигнал моделює напругу між максимальним значенням (5 В) і мінімальним (0 В), змінюючи при цьому тривалість часу включення 5 В щодо включення 0 В.

Тривалість включення максимального значення називається шириною імпульсу. Для отримання різних аналогових величин змінюється ширина імпульсу. При досить швидкій зміні періодів включення-виключення можна подавати постійний сигнал між 0 і 5, що подається на вхід транзистора, тим самим змінюючи напругу у колі [12, 14].

На рисунку 2.5 схематично показано принцип формування аналогового сигналу з використанням ШІМ. Зелені лінії відзначають постійні часові періоди, тривалість періоду обернено пропорційна частоті ШІМ. Тобто якщо його частота становить 500 Гц, то зелені лінії відзначатимуть інтервали тривалістю в 2 мілісекунди кожен. Виклик функції `analogWrite()` з масштабом 0 – 255 означає, що значення `analogWrite(255)` буде відповідати 100% робочого циклу (постійне включення 5 В), а значення `analogWrite(127)` – 50% робочого циклу [11, 12].

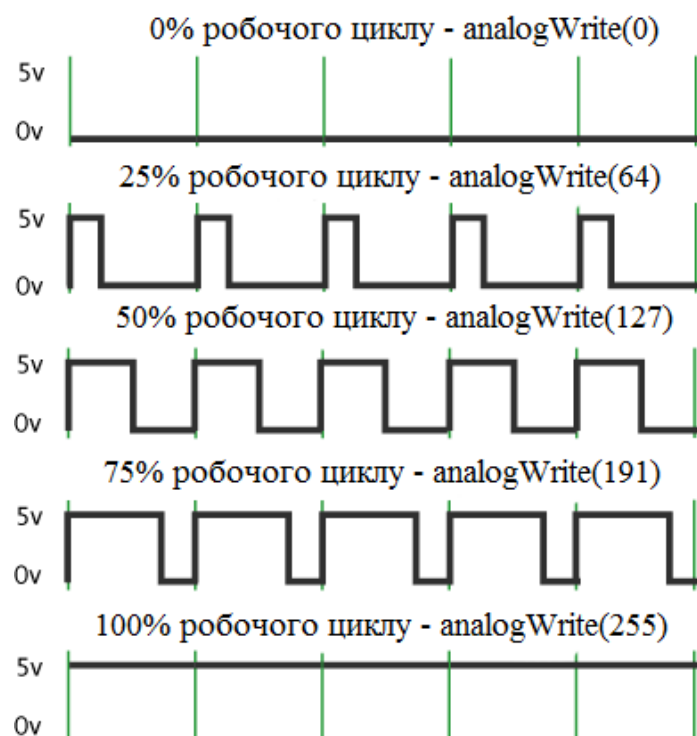


Рисунок 2.5 – Широтно-імпульсна модуляція. Адаптовано із роботи [6]

Розглянемо програмний код, який здійснює плавне повне відкриття транзистора. Тобто спочатку транзистор закритий і напруга в схемі живлення

рівна нулю. Далі транзистор починає відкриватися і до схеми починає поступати напруга, яка вмикає схему і збільшує напругу живлення силового приладу. Це відбувається до повного відкривання транзистора:

```
for (int voltage = 0; voltage <= 255; voltage ++) {
  analogWrite(Pin3, voltage);
  delay(10);
```

Закриття транзистора, і як наслідок, зменшення напруги у колі до 0 В здійснюється за допомогою наступної послідовності команд [11, 15]:

```
voltage = 0;
analogWrite(Pin3, voltage);
```

Таким чином можна миттєво вимкнути напругу живлення, наприклад у випадку аварійної ситуації (наприклад було виміряно перевищення максимально допустимого струму у колі). Коли ж потрібно плавно зменшити напругу то доцільно використати програмне рішення, подібне до застосованого для плавного пуску, тобто в параметричному циклі покроково зменшувати прогальність сигналу на ШІМ виводі:

```
for (int voltage = 255; voltage > 0; voltage--) {
  analogWrite(Pin3, voltage);
  delay(10); }
```

Варто зазначити, що описані вище приклади здійснюють зміну напруги живлення від мінімальної до максимальної і навпаки. Коли ж робочий діапазон знаходиться лише у певній області напруг, то необхідно розрахувати діапазон прогальності керуючого сигналу, який забезпечить необхідні рівні напруги живлення.

Вимірювання струму у колі реалізовано вимірюванням падіння напруги на резисторі ($R_{вим}$) за допомогою аналогово-цифрового перетворювача контролера Arduino та реалізоване наступним кодом [11, 13]:

```
int value = analogRead(analogInput);
float Volt = (value * 5.0) / 1024.0;
```

Після чого за законом Ома розраховується струм у колі:

```
float Amper = Volt / (R);
if (Amper < 0.009) {
Amper = 0.0;}
```

2.6 Розробка системи контролю вологості ґрунту

В системах типу «розумний будинок» застосовується один із підходів взаємодії людини із оточуючими системами: автоматизація процесів керування, за яких мінімізується фактор фізичного контакту з засобами керування та способом інформування про події, які потребують втручання людини в певний процес.

В даній роботі ми розглянемо систему сигналізації необхідності поливу кімнатних рослин. Для цього використаємо підключений до Arduino ємнісний датчик вологості ґрунту (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд датчика вологості ґрунту

Обраний сенсор має аналоговий вихід, дані з якого можна зчитати за допомогою контролера Arduino із розділювальною здатністю 10 біт (1024 значення на вимірюваний діапазон). Для сигналізації про низький рівень вологості нами була використана візуальна система на базі RGB-світлодіода, котра дозволяє досить простим способом інформувати про зміну вимірюваного параметру – зелений колір свічення свідчить про те, що параметри вологості знаходяться у задовільних межах, червоний – про необхідність поливу.

Розроблена схема (рис. 2.7) ілюструє методику підключення до контролера Arduino світлодіода та датчика вологості, як можна бачити, вихід датчика підключено до аналогового порту A2, а світлодіод катодом підключений до

виходу GND (земля) та ніжками зеленого і червоного кольорів до дискретних портів 9 і 11 відповідно. Обрані виводи можуть бути із легкістю змінені на інші, що підходять функціонально. Наявність на платі контролера 6 аналогових входів дозволяє до кожного із них підключити сенсор, і зробити систему контролю

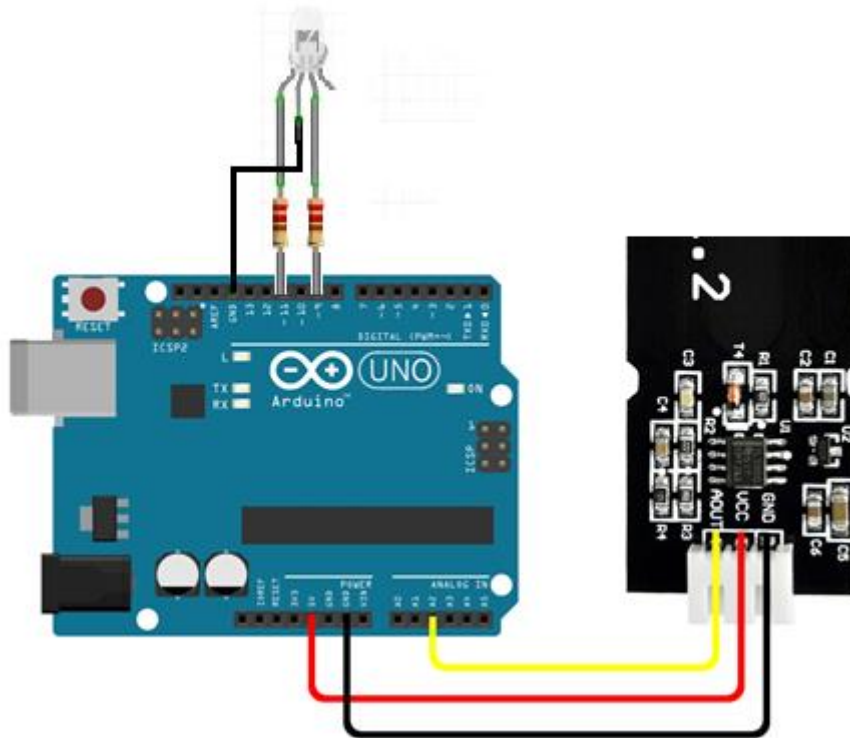


Рисунок 2.7 – Схема системи сигналізації необхідності поливу кімнатних рослин

декількох окремих середовищ. Світлодіод до цифрових виводів підключений через резистори номіналом 220 Ом який служить для обмеження струму, котрий протікає через світлодіод.

Зчитування значення величини вологості здійснюється командою аналогового вводу із подальшим запам'ятовуванням до змінної цілочисельного типу:

```
int humidity = analogRead(A2);
```

Попередньо проградувавши датчик було виміряно значення 880 одиниць для сухого ґрунту та 410 для чистої води. Зробивши декілька вимірювань, було емпіричним шляхом показано, що нормальна вологість ґрунту склала близько 500 – 550 одиниць. За розробленим алгоритмом система сигналізує про

недостатню вологість при досягненні показання датчика в 600 одиниць. Цей функціонал описаний наступним блоком коду:

```
if (humidity > 600) {  
    digitalWrite(9, LOW);  
    digitalWrite(11, HIGH);  
}  
else {  
    digitalWrite(11, LOW);  
    digitalWrite(9, HIGH);  
}
```

Як можна бачити із коду, зелений колір свічення (високий рівень сигналу на порту №9) реалізується, коли ґрунт достатньо вологий, тобто показання датчика менше 600 одиниць. У разі ж низької вологості високий рівень сигналу встановлюється на виводі №11, до якого підключено ніжку світлодіода, що відповідає за червоний колір свічення.

Дана схема може бути розвинута і доповнена як у напрямку збору даних із більшої кількості датчиків, так і доповнена підключеним водяним насосом, що дозволить без особливих змін в програмному коді реалізувати систему автоматичного поливу.

Результати кваліфікаційної роботи були представлені і обговорені на Міжнародній науково-методичній конференції «Фізика, електроніка, електротехніка ФЕЕ-2020» [16].

ВИСНОВКИ

1. Установлено, що концепція розумного будинку являє собою автоматизоване керування процесами, інтелектуальну мережу пристроїв, які на умовах рівних прав взаємодіють між собою, з людиною та навколишнім середовищем.
2. Показано, що середовище розумного будинку можна контролювати та керувати ним віддалено за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення розумного будинку, яке спілкуватиметься з мікро-веб-сервером через Інтернет.
3. Установлено, що мікроконтролер може бути представлений, як вузько-спеціалізований мікроелектронний пристрій, розроблений у вигляді окремої мікросхеми, основними функціями якого є завдання логічного контролю та керування периферійними пристроями.
4. Показано, що в системах розумного будинку датчики використовуються не самі по собі, а входять до складу системи управління, забезпечуючи сигнал зворотного зв'язку до керуючого пристрою.
5. Розроблено схему керування силовими навантаженнями за допомогою контролера Arduino та польового МОН транзистора. Реалізовано схему сигналізації про недостатню вологість ґрунту із застосуванням ємнісного датчика вологості та RGB світлодіода. Розроблено програмне забезпечення в середовищі Arduino IDE для керування роботою розроблених систем розумного будинку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грищук Ю. С. Мікропроцесорні пристрої / Ю. С. Грищук.– Харків : Вид-во НТУ ХПІ, 2007.– 280 с.
2. Микроконтроллеры AVR. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.studmed.info/docs/document3940/content>. Дата доступа: 10.04.2020.
3. H. H. Hadwan, Y. P. Reddy. Smart Home Control by using Raspberry Pi & Arduino UNO // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. – 2016. – V. 5, № 4. – P. 283–288.
4. S. Wadhvani, U. Singh, P. Singh, S. Dwivedi. Smart Home Automation and Security System using Arduino and IOT // International Research Journal of Engineering and Technology. – 2018. – V.5, №2. – P. 1357 – 1359
5. Z. A. Jabbar, R.S. Kawitkar. Implementation of Smart Home Control by Using Low Cost Arduino & Android Design // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. – 2016. – V. 5, № 2. – P. 248–256.
6. S. J. Darby. Smart technology in the home: time for more clarity //Building Research & Information (online journal). – 2017. – DOI: 10.1080/09613218.2017.1301707
7. Atmel AVR 8-bit and 32-bit Microcontrollers. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.atmel.com/products/microcontrollers/avr/> Дата доступа: 1.04.2020 21:55
8. Бессекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления / В.А. Бессекерский, Е.П. Попов — Издание 4-е, переработанное и дополненное Санкт-Петербург, «Профессия», 2007. — 752с.
9. Датчики: Справочное пособие / В.М. Шарапов, Е.С. Полищук, Н.Д. Кошевой, Г.Г. Ишанин, И.Г. Минаев, А.С. Совлуков. – Москва: Техносфера, 2012. – 624 с.
10. <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/FQ/FQP2N60C.pdf> - характеристики MOSFET-транзистора FQPF2N60C [Электронный ресурс]. – 1.04.2020.
11. <http://smart-home.te.ua/shyrotno-impulsna-modulyatsiya-shim-pwm/> - широтно-

- імпульсна модуляція [Електронний ресурс]. – 12.04.2020.
- 12.<http://articles.greenchip.com.ua/1-1-20-1.html> - широтно-імпульсна модуляція [Електронний ресурс]. – 12.04.2020.
- 13.Evans B. W. Arduino блокнот программіста/ B. W. Evans. – Сан-Франциско, Калифорнія : 2007. – 40 с.
- 14.Cornel A. Arduino Development Cookbook/ A. Cornel. – UK : Packt Publishing, 2015. – 246 р.
- 15.<https://sovet-ingenera.com/umniy-dom/что-такое-umnyj-dom.html> - [Електронний ресурс]. – 15.04.2020
- 16.Ришкова К.О, Лобода В.С. Мікроконтролерні модулі як складові Web систем / Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції студентів та молодих вчених «Фізика, електроніка, електротехніка ФЕЕ-2020». – Суми: СумДУ, 2020. – С.85.