

Маліновський Андрій Іванович

**Розробка контролера автоматизованої системи управління
розумним будинком на базі процесора Allwinner**

**Development of the controller of the automated control system of a
smart house based on the Allwinner processor**

Керівник: к.т.н., доц., Медвідь В.Р.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини роботи становить 12 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 67 друкованих сторінок формату А4 (210×297).

Робота складається з шести розділів, в яких нараховується 29 рисунків та 14 таблиць з даними.

В роботі використано 19 літературних джерел.

У роботі розроблено контролер автоматизованої систему для управління розумним будинком на базі процесора Allwinner. Обрано основні компоненти, що забезпечують функціонування цього пристрою.

Створено структурну та електричну принципову схеми приладу, та розроблено друковану плату.

Проведено вимірювання продуктивності процесора контролера, і ці дані порівняно з характеристиками інших пристроїв. Це дозволило отримати об'єктивну оцінку можливостей контролера.

Створено систему автоматизованого управління освітленням у приміщенні, щоб продемонструвати функціонал контролера.

Ключові слова: КОНТРОЛЕР, ПРОЦЕСОР, СИСТЕМА НА КРИСТАЛІ, ОДНОПЛАТНИЙ КОМП'ЮТЕР, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, РОЗУМНИЙ БУДИНОК

ЗМІСТ

<i>ВСТУП</i>	5
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
<i>1.1. Загальні відомості про контролери автоматизованих систем управління розумним будинком</i>	7
<i>1.1.1. Роль та функції контролера в сучасних системах</i>	7
<i>1.1.2. Різновиди контролерів</i>	8
<i>1.1.3. Комунікаційні інтерфейси, що використовуються в сучасних системах керування</i>	10
<i>1.2. Мікропроцесор як основний елемент контролера</i>	13
<i>1.2.1. Мікропроцесори та їх використання</i>	13
<i>1.2.2. Структура системи на кристалі</i>	15
<i>1.2.3. Одноплатні комп'ютери і особливості їх використання</i>	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
<i>2.1. Аналіз технічного завдання</i>	18
<i>2.2. Розробка структурної схеми пристрою</i>	20
<i>2.3. Опис і обґрунтування вибору основних елементів приладу</i>	21
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	30
<i>3.1. Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз</i> ...	30
<i>3.2. Проектування друкованої плати</i>	33
<i>3.2.1 Вибір матеріалів та параметрів друкованої плати</i>	33
<i>3.2.2 Компонування та трасування друкованої плати</i>	34
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	39
<i>4.1. Концепція інструменту порівняльного аналізу</i>	39
<i>4.2. Дослідження продуктивності контролера</i>	40
<i>4.3. Аналіз аналогічних досліджень</i>	46
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	48
<i>5.1. Проектування автоматизованої система керування освітленням в розумному будинку на базі розробленого контролера</i>	48
<i>5.2. Розробка програмного забезпечення для системи</i>	50
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	54
<i>6.1. Значення охорони праці для забезпечення безпеки праці при роботі з автоматизованими системами</i>	54

<i>6.2. Основні вимоги до електробезпеки під час роботи з автоматизованими системами розумного будинку</i>	<i>55</i>
<i>6.3. Перелік дій при виникненні небезпечних ситуацій під час роботи з автоматизованими системами</i>	<i>58</i>
<i>6.4. Перелік дій при виникненні небезпечних ситуацій на приладобудівному підприємстві під час дії воєнного стану.....</i>	<i>60</i>
<i>ВИСНОВКИ</i>	<i>64</i>
<i>БІБЛІОГРАФІЯ.....</i>	<i>65</i>

ВСТУП

Автоматизовані системи керування розумним будинком на базі мікропроцесорів набувають популярності, забезпечуючи покращення ефективності та контролю в різноманітних сферах. Збільшення точності та надійності управління процесами, а також оптимізація ресурсів є ключовими завданнями систем автоматизації.

Контролери на базі мікропроцесорів є важливою складовою у забезпеченні стабільності та ефективності автоматизованих систем. Їхня здатність адаптуватися до змін обставин і взаємодіяти з складовими компонентами системи дозволяє забезпечити оптимальну продуктивність.

Системи без контролера мають певні недоліки, які значно обмежують їхню ефективність та функціональність. Ось кілька основних недоліків таких систем:

– **мала гнучкість та адаптивність:** відсутність контролера призводить до обмежень у здатності системи адаптуватися до нових умов чи вимог, контролери надають можливість динамічного управління системою, що важливо для оптимізації роботи та підтримки різноманітних завдань;

– **обмежена можливість оптимізації ресурсів:** контролери дозволяють ефективно розподіляти та оптимізувати ресурси системи, у випадку відсутності контролера може виникнути неефективне використання обладнання, енергії та інших ресурсів;

– **обмежена здатність до обробки даних:** контролери, завдяки своїм обчислювальним можливостям, дозволяють системі ефективно опрацьовувати дані, якщо цього елемента немає обробка даних може бути менш ефективною і повільною;

Розробка автоматизованих систем з контролером на основі мікропроцесора може вирішити ці проблеми, забезпечуючи надійність та стабільність їх роботи у змінних умовах. Важливо відзначити, що успішна

робота автоматизованої системи також залежить від того, наскільки потужним є контролер та його здатність підтримувати сучасні протоколи зв'язку.

Потужний контролер дозволяє обробляти значні обсяги даних та виконувати складні завдання, підтримуючи при цьому швидкі та ефективні засоби комунікації. Це не лише забезпечує оптимальну функціональність системи, але й підвищує адаптивність.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Загальні відомості про контролери автоматизованих систем управління розумним будинком

Контролери є важливою частиною сучасних автоматизованих системах керування розумними будинками, забезпечуючи ефективне управління та моніторинг різноманітних процесів. Вони використовуються при вирішенні широкого спектру завдань, таких як контроль освітлення, опалення, управління системами вентиляції тощо.

1.1.1. Роль та функції контролера в сучасних системах

Сьогодні контролери стали важливою частиною сучасних систем управління і беруть участь у забезпеченні ефективного та раціонального керування складними технічними процесами. Їхні функції та можливості виявляються ключовими для оптимізації енергетичних, транспортних, виробничих та інших систем, пристосованих до вимог сучасного світу.

Перелік ключових функцій, що забезпечують контролери:

- **управління процесами:** відповідають за виконання програм, які визначають логіку керування конкретним процесом чи системою;
- **моніторинг і збір даних:** здійснюють постійний моніторинг різних параметрів і збір даних для подальшого аналізу і покращення роботи системи;
- **забезпечення комунікації:** взаємодіють з іншими системами через різні інтерфейси;
- **інтеграція з сенсорами та виконавчими пристроями:** взаємодіють з багатьма сенсорами для збору інформації з навколишнього середовища та виконавчими пристроями;

- **реалізація алгоритмів управління:** використовують програми для визначення оптимальних стратегій управління системою, регулювання параметрів та уникнення небажаних наслідків;
- **забезпечення безпеки:** можуть включати функції моніторингу та захисту, які реагують на небезпеку чи пошкодження, та запобігають аваріям;
- **керування енергоспоживанням:** у деяких випадках відповідають за ефективне використання енергії, включаючи автоматичне вимикання або регулювання режимів споживання;
- **сприяння збору та обробці даних для прийняття рішень:** виконують важливу функцію у великих системах обробки інформації, допомагаючи виділяти з них корисну інформацію.

Загалом, важко переоцінити вплив керуючого пристрою на функціонування автоматизованої системи та на її стабільну роботу.

1.1.2. Різновиди контролерів

В залежності від визначених завдань використовується відповідний тип контролера. На вибір типу впливають багато факторів і залежно від пріоритетів вибирають один перерахованих типів. Також, можливе використання двох і більше керуючих пристроїв в одній системі, щоб компенсувати певні недоліки.

Програмовані логічні контролери (PLC): відзначаються своєю високою надійністю та стабільністю у складних умовах. Ці контролери, зазвичай, використовуються для автоматизації виробничих процесів, виконують логічні операції та управляють роботою різноманітних вузлів системи. Однією з багатьох переваг PLC є їхня простота програмування, що дозволяє швидко адаптувати їх до змін в технологічних процесах, проте їхні можливості у обробці обширних мережових зв'язків та складних алгоритмів можуть бути обмеженими.

Переваги:

- Висока надійність та стійкість до впливу навколишнього середовища.
- Простота програмування та зручність управління.

Недоліки:

- Можливості у сфері обробки даних обмежені у порівнянні з іншими видами контролерів.
- Висока вартість.

Вбудовані контролери: вбудовані контролери є інтегрованими компонентами пристроїв чи обладнання. Завдяки їхній компактності та спрощеній архітектурі, вони відзначаються ефективністю в конкретних умовах використання, таких як побутова техніка чи вбудовані системи безпеки. Проте, їхні ресурси обмежені у порівнянні з більш потужними промисловими контролерами.

Переваги:

- Компактність та вбудована функціональність.
- Ефективність для конкретного застосування.

Недоліки:

- Обмежена гнучкість, оскільки не можуть легко адаптуватися для виконання інших завдань.

Промислові комп'ютери: високопродуктивні системи, здатні до аналізу великих обсягів інформації та виконання складних обчислень. Вони знаходять застосування в високотехнологічних технічних середовищах, де необхідна велика потужність та можливості роботи з різноманітними програмами. Хоча промислові комп'ютери можуть забезпечити високий рівень гнучкості та масштабованості, їхня вартість та складність обслуговування можуть створити проблему для менших систем, де основний акцент робиться на ефективності та простоті управління.

Переваги:

- Здатність до використання різноманітних програм та алгоритмів.
- Висока продуктивність та можливості аналізу великих обсягів даних.

Недоліки:

- Вища вартість та більше енергоспоживання порівняно з менш потужними контролерами.
- Налаштування та обслуговування складніше порівняно з іншими.

PLC-подібні контролери вищого рівня: вони є розвиненими версіями стандартних PLC, спрямованими на роботу в складних технічних системах. Забезпечуючи високий рівень продуктивності та гнучкість, вони здатні використовувати різноманітні програми, включаючи складні алгоритми управління та обробки даних. Однак, вони можуть вимагати складного процесу програмування та налаштування, що робить їх менш доступними для не великих систем.

Переваги:

- Велика продуктивність та гнучкість.
- Здатність до високорівневого програмування та великої кількості входів-виходів.

Недоліки:

- Вища вартість та складніше програмування порівняно зі звичайними PLC.

1.1.3. Комунікаційні інтерфейси, що використовуються в сучасних системах керування

Інтерфейси зв'язку виконують важливу функцію в забезпеченні ефективної передачі даними між різними компонентами сучасних систем

керування. Важливо, щоб контролери підтримували різні інтерфейси зв'язку з огляду на їхню широку розповсюдженість, ефективність та сумісність. Даний пристрій може керувати безпосередньо обмеженою кількістю виходів і входів, використовуючи додаткові модулі (див. Рис. 1.1), можна збільшити кількість входів і виходів, не замінюючи сам контролер.



Рисунок 1.1 – Модуль дискретного введення/виведення «Акон» [1]

WAD-DIO24-ECO-12DI-12R

Для керування цими виробом потрібно, щоб контролер і модуль підтримували один і той самий інтерфейс зв'язку, тому так важливо, щоб він мав можливість обмінюватися даними на різних інтерфейсах. Ось деякі з найбільш поширених інтерфейсів, що використовуються при проектуванні систем керування розумним будинком:

RS-485: інтерфейс передачі даних між пристроями за допомогою двожильного кабелю. RS-485 підтримує передачу даних на велику відстань (до 1200 метрів) та може працювати в умовах шуму завдяки диференційній передачі сигналу. Використовується в промислових системах для забезпечення надійної передачі інформації.

USB: широко використовується для підключення різноманітних пристроїв, включаючи клавіатури, комп'ютерні миші, принтери та інші. USB підтримує високу швидкість обміну даних і може жити деякі пристрої через порт.

Ethernet: Використовується для мережевого з'єднання та обміну даними в локальних мережах. Ethernet може забезпечити високу швидкість передачі інформації та стійкість до перешкод.

CAN (Controller Area Network): застосовується в автомобільній галузі та інших вбудованих системах для передачі даних між вузлами системи. CAN характеризується високою надійністю і масштабованістю.

Wireless Communication (бездротовий зв'язок): включає в себе різні технології, такі як LoRa, Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, які дозволяють реалізувати бездротову передачу інформації між пристроями. Сьогодні безпроводні технології демонструють швидкий і значний розвиток, вносячи революційні зміни у способи комунікації та зв'язку. Додатково, розвиток Інтернету речей (IoT) суттєво залежить від бездротових технологій. Вони дозволяють підключати велику кількість різноманітних пристроїв, починаючи від розумних термостатів і камер до промислових сенсорів, що використовуються в системах.

Через велику кількість інтерфейсів, є необхідність в пристроях, що конвертують один інтерфейс в інший для забезпечення сумісності між системами і пристроями з різними технічними стандартами. Вони використовуються для перетворення аналогових сигналів у цифрові або навпаки, а також для адаптації різних фізичних інтерфейсів.

Перетворювачі інтерфейсів є надзвичайно корисними у сучасних системах, де пристрої можуть використовувати різні протоколи та інтерфейси. Вони дозволяють розширити можливості системи, додавати нові пристрої та підтримувати велику кількість різноманітних інтерфейсів.

Перетворювачі бувають різних типів, наприклад, у вигляді готових виробів (див. Рис. 1.2), або у вигляді спеціалізованих мікросхем. В залежності від поставлених задач потрібно вибрати той чи інший варіант.

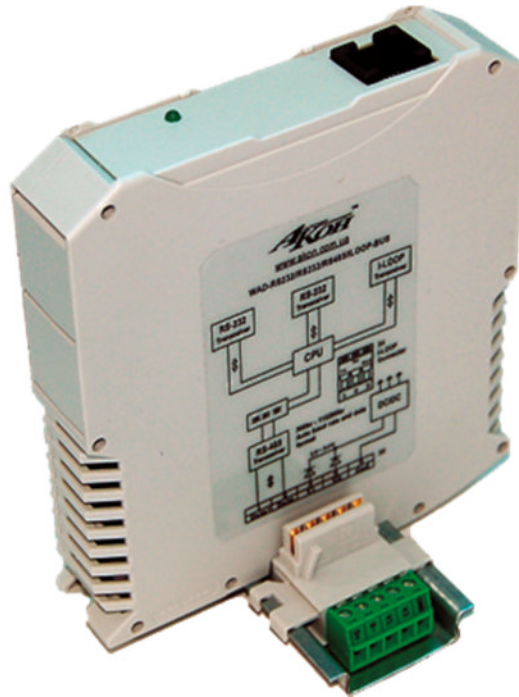


Рисунок 1.2 – Перетворювач інтерфейсів «Акон» WAD-USB-RS485-BUS

Однак важливо враховувати, що використання перетворювачів може призвести до деякої втрати якості сигналу та збільшення затримок в обміні даними, тому їхнє використання вимагає ретельного аналізу технічних характеристик і врахування конкретних вимог системи.

1.2. Мікропроцесор як основний елемент контролера

1.2.1. Мікропроцесори та їх використання

Мікропроцесор - інтегральна схема, яка виконує завдання, характерні для центрального процесора (ЦП) або спеціалізованого процесора. Сучасне використання терміну "мікропроцесор" майже ідентичне поняттю "процесор", оскільки функціональність, яка раніше вимагала величезної

площі та кількості електронних компонентів, тепер інтегрована в одну маленьку інтегральну схему, що містить сотні мільйонів транзисторів. Зокрема, важливим прикладом є концепція SoC (система на кристалі), яка об'єднує різноманітні компоненти системи на одному інтегральному чипі. Мікропроцесори витіснили інші форми центральних процесорів, зокрема в сфері побутових пристроїв. Проте, слід зауважити, що це спостереження не є абсолютним, оскільки центральні процесори деяких суперкомп'ютерів і досі є складними системами, які використовують великі та надвеликі інтегральні схеми.

Мікропроцесори використовуються в багатьох системах, тому існує класифікація, за допомогою якої можна їх структурувати.

Їх класифікують за такими параметрами:

За застосуванням:

- **загального призначення:** використовуються в різних приладах, таких як ноутбуки, смартфони, комп'ютери.
- **спеціалізовані:** призначені для конкретних завдань, таких як графіка, вбудовані системи, сигнальна обробка.

За архітектурою:

- **RISC:** використовує скорочений набір простих інструкцій для виконання швидших операцій.
- **CISC:** має розширений набір інструкцій, що дозволяє виконувати складні операції за один цикл.

За кількістю ядер:

- **одноядерні:** містять лише одне обчислювальне ядро.
- **багатоядерні:** мають два або більше ядер, що працюють паралельно.

В якості основного обчислювального пристрою в контролерах автоматизованих систем, найпоширеніші і найперспективніші на

сьогоднішній день, є багатоядерні мікропроцесори загального призначення, побудовані на RISC архітектурі, здебільшого на ядрах ARM Cortex.

1.2.2. Структура системи на кристалі

Для розробки контролерів автоматизованих систем керування здебільшого використовують мікропроцесори, що інтегровані в систему на кристалі (SoC) (рис. 1.3).

Використання SoC дозволяє зменшити габарити і збільшити функціональні можливості системи, адже об'єднує необхідні блоки в одне ціле, тим самим збільшуючи можливості комунікації між окремими блоками та зменшуючи вартість кінцевого виробу.

Основні компоненти SoC:

- **центральний процесор (CPU):** виконує обчислення та керує виконанням програм, блок «Quad-core Cortex A53» на рис.1.3.
- **контролери інтерфейсів пам'яті:** забезпечують взаємодію із оперативною та постійною типами пам'яті, блок «External Memory» на рис.1.3.
- **контролери інтерфейсів зв'язку:** організовують взаємодію з різними пристроями та зовнішніми інтерфейсами, блок «Connectivity» на рис 1.3.
- **графічний процесор (GPU):** виконує обробку графічних даних та відповідає за відтворення графіки, блок «GPU» на рис 1.3.

До складу системи можуть, також, входити додаткові блоки, які розширюють функціональні можливості пристрою, такі як блок обробки аудіо сигналу («Audio» на рис. 1.3), блок, що здійснює кодування і декодування відео файлів («Video Engine» на рис. 1.3), блок, що обробляє відео для передачі через стандартні інтерфейси зв'язку («Display Out» на рис. 1.3) та блок контролю безпеки системи, що запобігає неавторизованому

доступу до даних і виконує роботу із збереженням конфіденційності даних («Security System» на рис. 1.3).

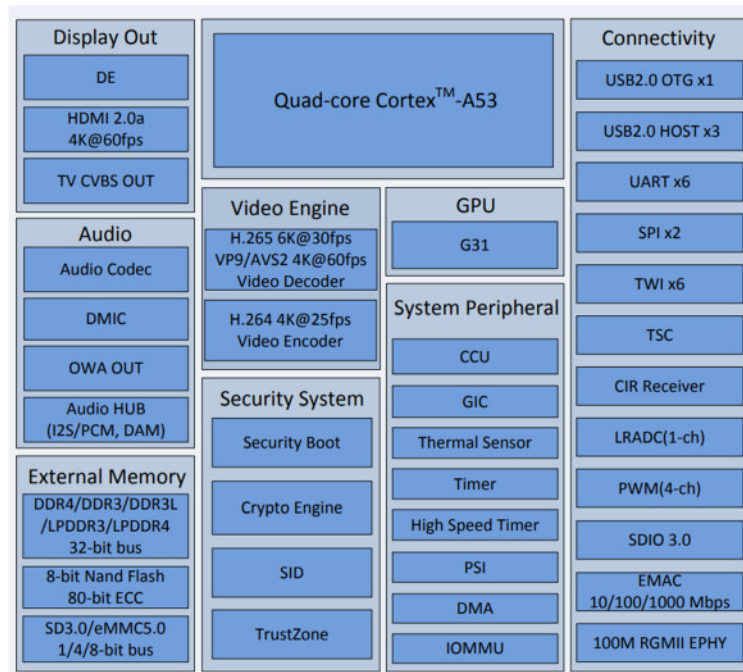


Рисунок 1.3 – Блок-схема мікропроцесорної системи Allwinner H616 [10]

SoC - це напрямок, який стрімко розвивається і є перспективним в майбутньому, адже з кожним роком додаються нові технології, впровадження яких при використанні SoC систем стає простішим.

1.2.3. Одноплатні комп'ютери і особливості їх використання

Одноплатні комп'ютери (Single-board computers, SBC) - це комп'ютери, які мають всі основні компоненти, включаючи процесор, пам'ять, порти вводу/виводу (I/O), інтерфейси для підключення до інших пристроїв, всі на одній платі. Це зручне рішення для вбудованих систем і проєктів, оскільки його легко використовувати, і воно не вимагає великої кількості додаткових компонентів.

SBC визначають нові напрями в індустрії автоматизації і мають великі перспективи завдяки своєму компактному розміру та високій продуктивності. Їхній невеликий розмір та висока ефективність роблять SBC ідеальними для вбудованих систем, що використовуються в промисловості,

медицині, побутовій автоматизації та робототехніці. Роль SBC полягає в наданні компактних, потужних та ефективних рішень для моніторингу, контролю та управління різними процесами. Їх використання зростає в сучасних "розумних" пристроях та системах. Сприяючи швидкій реалізації проєктів, завдяки легкості використання та гнучкій конфігурації, SBC є важливим компонентом у вдосконаленні автоматизованих систем та їхньому впровадженні в різні сфери життя.

Основні характеристики SBC:

Процесор: зазвичай SBC мають вбудований процесор, який може бути ARM, x86 або іншого типу, в залежності від моделі та виробника.

Пам'ять: вони оснащені оперативною пам'яттю (RAM) і можуть також мати вбудовану флеш-пам'ять для зберігання операційної системи та даних.

I/O і інтерфейси: SBC зазвичай мають різноманітні входи/виходи, такі як USB, Ethernet, HDMI, GPIO, SPI, I2C і багато інших.

Розмір та форм-фактор: SBC можуть бути різних розмірів (див. Рис 1.4), але це завжди одна плата, що робить їх компактними та зручними для вбудованих систем.

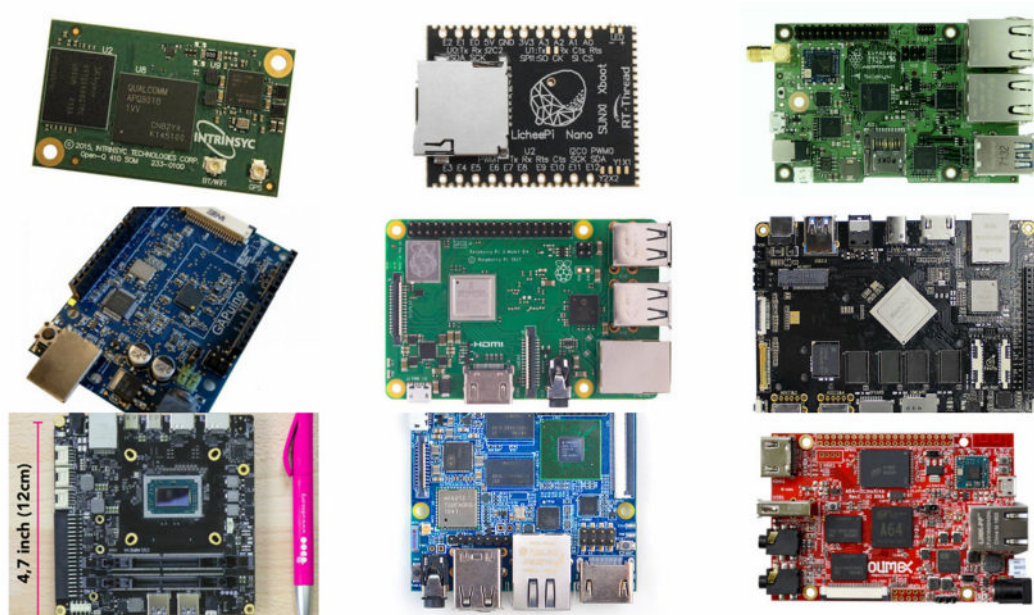


Рисунок 1.4 – Декілька моделей SBC

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз технічного завдання

Проектований контролер автоматизованої системи призначений для забезпечення ефективного управління автоматизованими системами керування розумних будинків, тому він повинен виконувати певні функції:

- **введення та обробка сигналів:** збір та обробка вхідних сигналів від датчиків або інших джерел;
- **відправлення сигналів керування:** генерації сигналів керування, які впливають на дії в системі, такі як управління рухом, регулювання температури, освітлення тощо;
- **керування часом і розподілення завдань:** відлік та керування часовими параметрами в системі, а також розподіл завдань для оптимального використання ресурсів;
- **моніторинг та діагностика:** постійне відстеження стану обладнання та процесів, виявлення несправностей;
- **інтеграція з іншими підсистемами:** обмін інформацією з іншими частинами автоматизованої системи, координація їх роботи та обмін інформацією для досягнення загальних цілей;
- **індикація та звітність:** забезпечення візуальної та звукової індикації стану системи, а також надання звітності про роботу та події;
- **автоматизована реакція на зміни:** адаптація системи до змін у зовнішньому середовищі, або внутрішніх умовах, забезпечення гнучкості та реакції на нові обставини.

Виріб є контролером, що регулює та керує процесами, які відбуваються в системі. Технічні характеристики пристрою вказані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики контролера

Процесор	Allwinner H616
Обсяг оперативної пам'яті (ОЗП)	1 Гб
Сумісність з операційними системами	Android 10, Linux дистрибутиви
Інтерфейси	RS485, CAN, LoRa, USB, HDMI, Wifi, Bluetooth
Діапазон вхідної напруги	9 - 60 В.
Споживана потужність	6 Вт.
Підтримка PoE	є
Маса	200 г.
Габаритні розміри в мм. (В x Ш x Д)	20x100x100
Діапазон робочих температур	Від -10 до +50°C

Для відображення стану і подій, які відбуваються у системі, можна використати як інтернет (віддалений моніторинг), так і підключити додатково сенсорний дисплей.

Комунікація між іншими пристроями відбувається за допомогою інтерфейсів, їхня робота і реалізація протоколу здійснюється, за допомогою програмного забезпечення, що комунікує з контролером. Реалізація інтерфейсів здійснюється за допомогою перетворювачів, що забезпечують сумісність між мікропроцесором і стандартними інтефейсами.

Пристрій призначений для застосування у помірних теплових середовищах та місцях, де вологість повітря не перевищує стандартних значень.

Живлення відбувається за допомогою зовнішнього блоку живлення або через виту пару, використовуючи PoE, діапазон вхідної напруги від 9 до 60 В, перетворення напруги відбувається за допомогою внутрішнього імпульсного понижаючого DC-DC перетворювача.

2.2. Розробка структурної схеми пристрою

Структурна схема контролера зображена на рисунку 2.1. Основним елементом є одноплатний комп'ютер (SBC), основою якого є процесор Allwinner, саме він виконує основні функції і забезпечує виконання завдань.

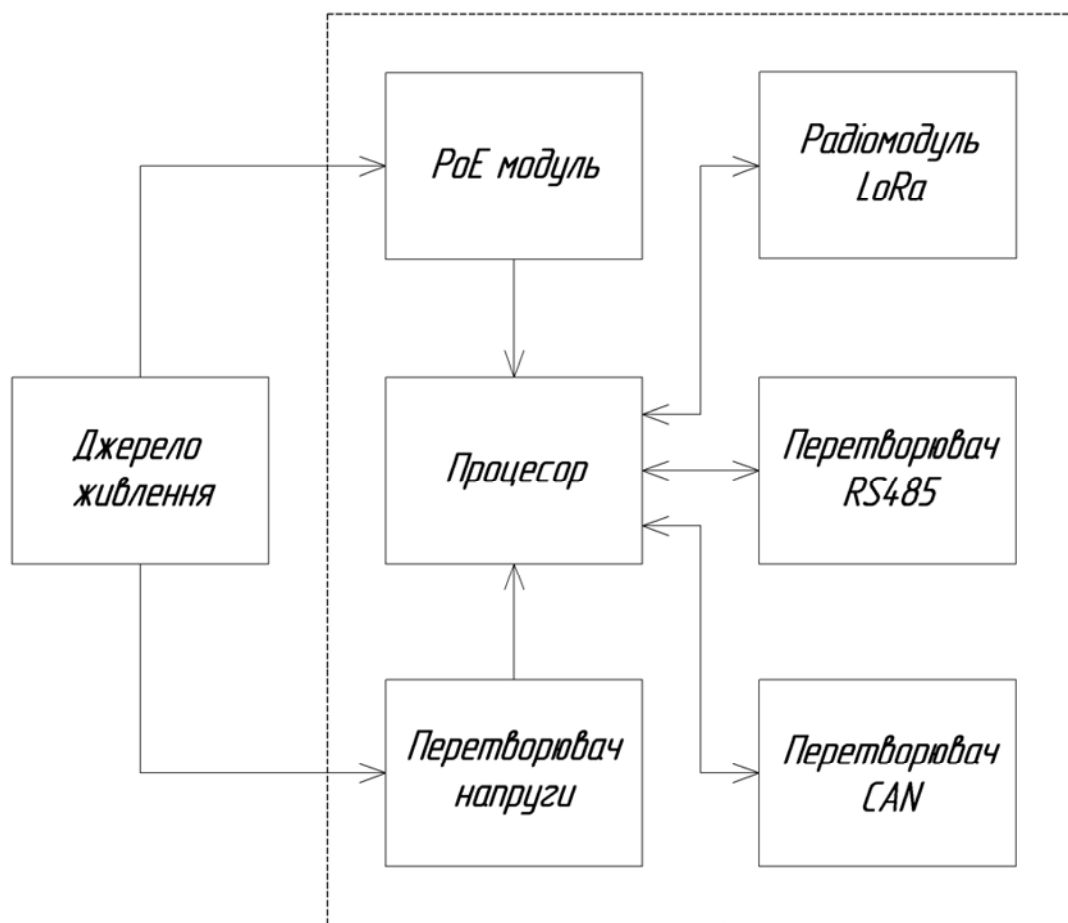


Рисунок 2.1 – Структурна схема пристрою

Всередині пристрою розміщений перетворювач напруги, який може понижувати вхідну напругу, що потрібна для живлення процесора і мікросхем. Як альтернативний спосіб забезпечення живлення, можна

використовувати PoE, адже контролер також підтримує його за допомогою вбудованого модуля.

Пристрій оснащено трьома модулями, які перетворюють інтерфейси, підтримувані процесором, на поширені стандартизовані інтерфейси, що дозволяють обмінюватися даними з іншим обладнанням. Вибрано три найпопулярніших інтерфейси зв'язку, які використовуються у автоматизованих системах керування розумним будинком. Це провідні RS485 і CAN, а також модуль радіозв'язку LoRa, який розширює можливості контролера при роботі з безпроводними пристроями на великих відстаннях.

2.3. Опис і обґрунтування вибору основних елементів приладу

Вибір ключових елементів для контролера розумного будинку, зроблено, керуючись наступними критеріями:

- **відповідність технічному завданню:** елементи повинні забезпечувати характеристики, що вказані в технічному завданні;
- **наявність на ринку:** доступність деталей на ринку та відсутність дефіциту компонентів;
- **сумісність інтерфейсів та інтеграція:** сумісність елементів із використовуваними протоколами зв'язку та забезпечення легкості інтеграції вже існуючих систем управління та моніторингу в розумному будинку;
- **масштабованість та надійність:** можливість розширення системи та проведення оцінки надійності елементів для тривалого використання;
- **легкість програмування та технічна підтримка:** легкість програмування та можливості налаштування елементів для забезпечення зручності управління та підтримки функціоналу розумного будинку;

- **випробування у різних схемах, що має позитивні рецензії та хорошу репутацію:** тести у різноманітних сценаріях з отриманням позитивних відгуків та визнаною репутацією серед користувачів та експертів;
- **баланс вартості та якості:** забезпечити високу якість елементів за оптимальну ціну, здійснюючи раціональний баланс між ефективністю та економічністю системи.

Ці критерії сприяють створенню повноцінної та ефективної системи управління розумним будинком.

Проаналізувавши вище наведені критерії, вибрано основні компоненти контролера:

В якості процесора контролера, вибрано Allwinner H616 [10] (див. Рис. 2.2), що є системою на кристалі, обчислювальну потужність якої забезпечують чотири ядра на основі архітектури ARM Cortex-A53. Це дозволяє забезпечити хороший баланс між обчислювальною потужністю та енергоефективністю. Контролер також чудово справляється з мультимедійними можливостями, адже має досить потужний графічний процесор і підтримку сучасних відеокодеків. Технічні характеристики Allwinner H616 (див. Таблиця 2.2).



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд Allwinner H616

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики Allwinner H616

Архітектура CPU	Quad-core ARM Cortex-A53
GPU	ARM Mali-G31 MP2
Порти і з'єднання	HDMI, Ethernet, Wi-Fi, USB, Bluetooth, UART, I2C, SPI, SDIO

Тип ОЗП	DDR4 / DDR3 / DDR3L / LPDDR4 / LPDDR3
Максимальний обсяг ОЗП	4 GB
Підтримка ОС	Android, Linux

В цьому приладі для реалізації усього функціоналу обраного процесора (системи на кристалі), зменшення складності та збільшення доступності виробу, використано SBC Orange Pi Zero 2 [11], що базується на цьому процесорі. Обравши це рішення, вдалося суттєво зменшити час розробки приладу, його вартість та збільшити універсальність.

Orange Pi Zero 2 (див. Рис. 2.3) є одноплатним комп'ютером (SBC) на базі процесора Allwinner H616 з чотирма ядрами Cortex-A53. Він має 1 ГБ ОЗП DDR3 та 16 МБ флеш-пам'яті SPI. Плата має ряд функцій, які роблять її універсальною та доступною платформою для широкого спектру застосувань. Технічні характеристики Allwinner H616 (див. Таблиця 2.3).

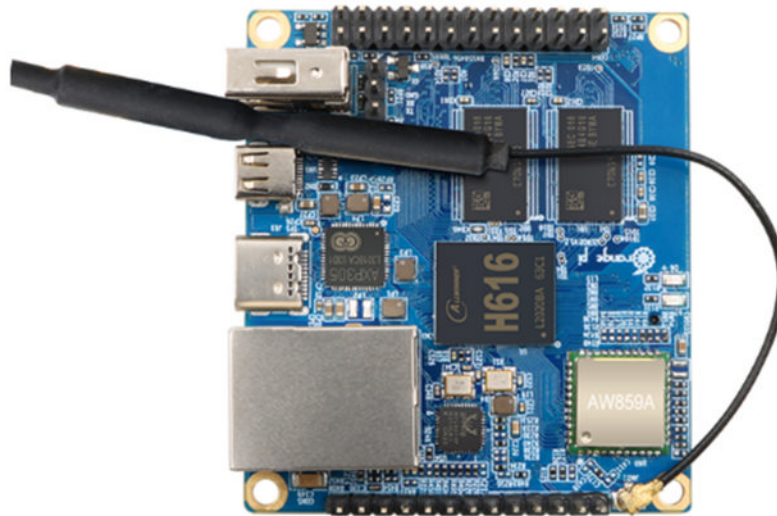


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд Orange Pi Zero 2

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики Orange Pi Zero 2

Процесор	Allwinner H616
ОЗУ	1 ГБ DDR3
Мережеве підключення	Ethernet 1000 Мбіт/с, WiFi 4.2, Bluetooth 5.0

Напруга живлення	5 В
Розміри	53 мм x 60 мм
Вага	30 г

Для забезпечення функції PoE в цьому виробі використано RT9400-5.0 [12] (див. Рис. 2.4), що дозволяє отримати живлення від ліній витої пари. Використання такого типу модулів дозволяє впроваджувати нові функції в пристрій та спростити його конструкцію, такого типу виробу широко використовуються в інших приладах. Технічні характеристики RT9400-5.0 (див. Таблиця 2.4).

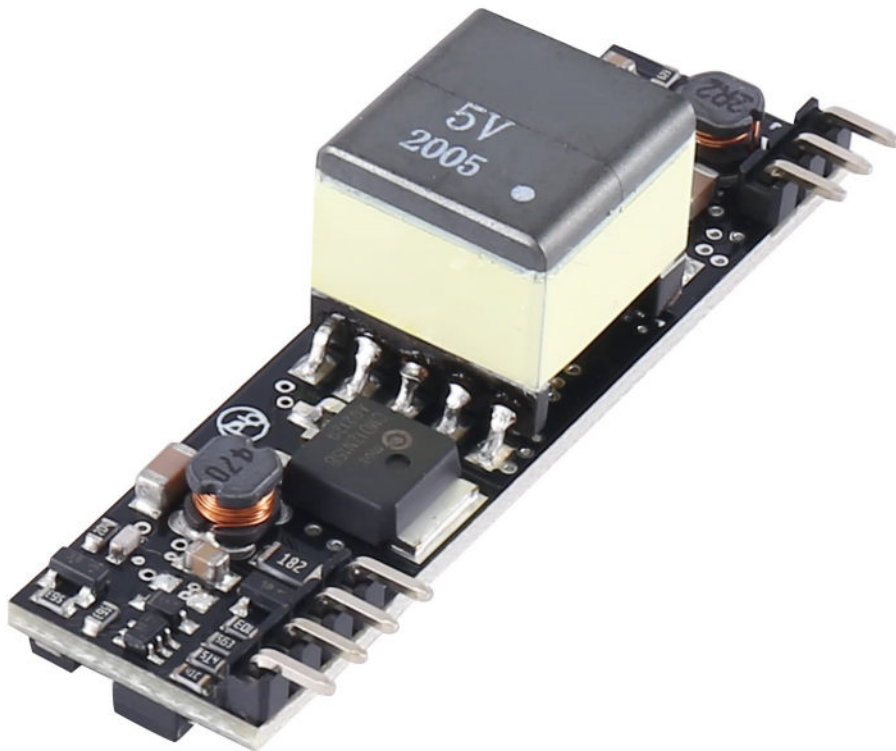


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд RT9400-5.0

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики RT9400-5.0

Діапазон вхідних напруг	36 – 57 В
Мінімальний вихідний струм	200 мА
Максимальна вихідна потужність	13 Вт
Діапазон робочої температури	Від -20 до 70 °С

Радіомодуль цього виробу, базується на модулі E22-400M30S [13] (див. Рис. 2.5), володіє відмінними характеристика за помірну ціну, при цьому дальність передачі даних є дуже великою, адже основним елементом є перевірена мікросхема SX1268, що використовує модуляцію типу LoRa для ефективної передачі даних. Здебільшого використовуються готові модулі для виконання такого типу завдань, адже їх легко інтегрувати у виробу, бо в ньому вже є всі необхідні елементи, що утворюють радіотракт. Технічні характеристики E22-400M30S (див. Таблиця 2.5).



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд E22-400M30S

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики E22-400M30S

Діапазон напруги живлення	2.5 - 5.5 В
Діапазон частот	410-493 кГц
Максимальна відстань зв'язку	12 км
Максимальна потужність передавача	30 dBm
Інтерфейс	SPI

Діапазон робочої температури	Від -40 до 85 °C
------------------------------	------------------

В даному пристрої використовується понижувач напруги для забезпечення живленням всіх компонентів, головним елементом понижувача напруги є мікросхема TPS54360 [14] (див. Рис. 2.6). Спеціалізована мікросхема, що здатна забезпечити необхідний рівень вихідного струму та має широкий діапазон вхідних напруг. Технічні характеристики TPS54360 (див. Таблиця 2.6).

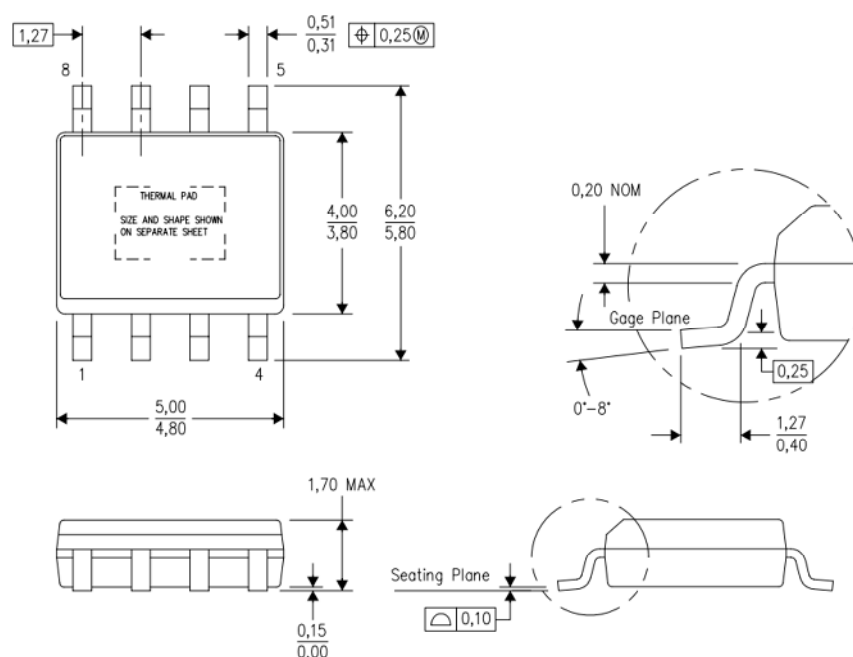


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри TPS54360

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики TPS54360

Діапазон вхідних напруг	4.5 - 60 В
Максимальний безперервний струм	3.5 А
Діапазон робочої температури	Від -40 до 150 °C
Корпус	8-Pin HSOIC

Основні елементи CAN модуля - мікросхема перетворювача інтерфейсів зв'язку MCP2515 [15] (див. Рис. 2.7) і мікросхеми конвертора інтерфейсів SN65HVD231 [16] (див. Рис. 2.8). Популярне поєднання

мікросхем, що використовується в багатьох пристроях, де потрібно реалізувати підтримку CAN. Технічні характеристики MCP2515 (див. Таблиця 2.7). Технічні характеристики SN65HVD231 (див. Таблиця 2.8).



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд MCP2515

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики MCP2515

Діапазон напруг живлення	2.7 – 5.5 В
Максимальна швидкість передачі даних	1 Мбіт/с
Діапазон робочої температури	Від -40 до 125 °С
Корпус	SOIC-18

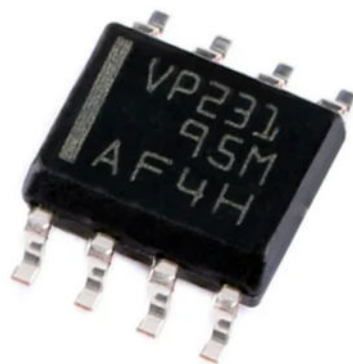


Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд SN65HVD231

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики SN65HVD231

Діапазон напруг живлення	3.0 – 3.6 В
Максимальна швидкість передачі даних	1 Мбіт/с

Діапазон робочої температури	Від -40 до 85 °С
Корпус	SOIC 8

Модуль RS485 складається з мікросхеми конвертора інтерфейсів SN65HVD11 [18] (див. Рис. 2.10) і мікросхеми логічних інверторів 74НС04 [17] (див. Рис. 2.9). Розповсюджені комбінації мікросхем, які використовуються у багатьох виробках, що дозволяє не застосовувати додаткові виводи для визначення напрямку передачі, адже це відбувається автоматично. Технічні характеристики SN65HVD11 (див. Таблиця 2.10). Технічні характеристики 74НС04 (див. Таблиця 2.9).

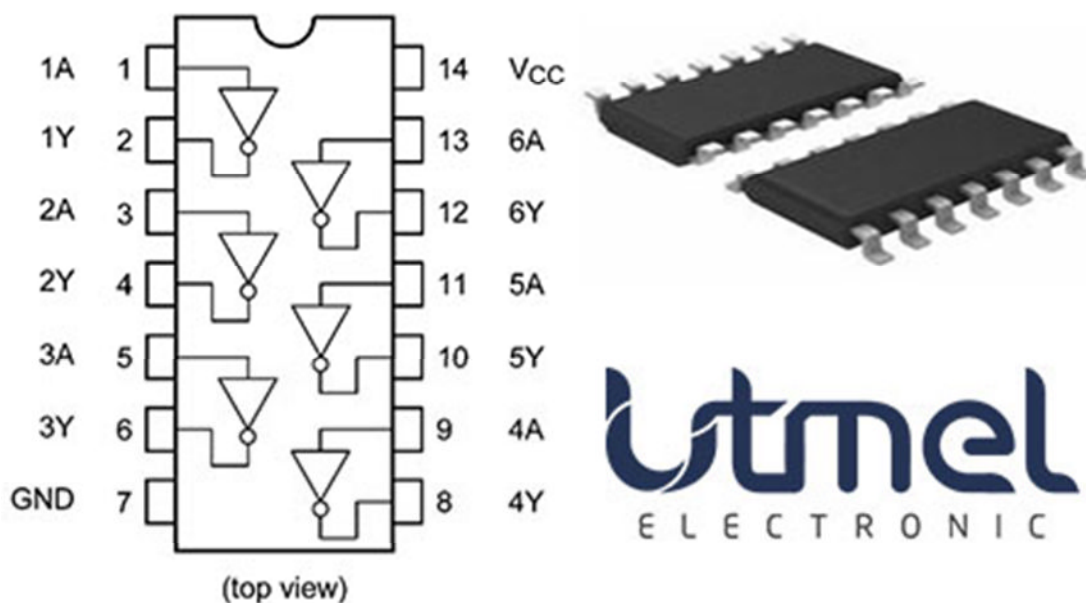


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд і внутрішня структура 74НС04

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики 74НС04

Діапазон напруг живлення	2.0 – 6.0 В
Кількість логічних інверторів	6
Діапазон робочої температури	Від -40 до 125 °С

Корпус	SO-14
--------	-------



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд SN65HVD11

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики SN65HVD11

Діапазон напруг живлення	3.0 – 3.6 В
Максимальна швидкість передачі даних	10 Мбіт/с
Діапазон робочої температури	Від -40 до 85 °С
Корпус	SOIC 8

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Схема електрична принципова потрібна для відображення всіх компонентів схеми, що містить прилад, та на ній відображено усі зв'язки між елементами пристрою. У цій схемі (див. Рис. 3.1) відображено усе, з чого складається електрична частина виробу.

Пристрій працює при широкому діапазоні напруги живлення. Це забезпечується схемою понижуючого перетворювача напруги основним елементом якого є спеціалізована мікросхема імпульсного понижувача напруги D1 (TPS54360).

Запобіжник F1 захищає від перевищення струму, що надходить до перетворювача. Діод Шоттки VD1 захищає від помилкової зміни полярності напруги живлення.

Конденсатори C1, C2, C3 зменшують пульсації напруги на вході перетворювача напруги, а C10, C11, C12 зменшують її на виході, щоб забезпечити стабільну напругу живлення для елементів схеми.

Лінійний стабілізатор D3 використовується, для забезпечення напруги 3.3 В, що необхідна для роботи деяких елементів схеми.

Функціонування PoE в контролері забезпечує дискретний модуль D2 (RT9400), він виконує основну роботу із забезпечення живлення через PoE. Роз'єм X2 призначений лише для підключення джерела живлення, для передачі даних слід використовувати роз'єм, що розташований в D5. Ethernet трансформатор T1 реалізує гальванічну розв'язку мікросхеми прийому-передачі від мережі ethernet, а також виконує функцію синфазного фільтра, який пропускає корисний протифазний сигнал та фільтрує синфазні завади.

Інтерфейс RS485 [19] реалізований за допомогою мікросхеми-конвертора D7 (SN65HVD11), котра перетворює сигнал, що надсилається

процесором, в сигнали інтерфейсу RS485, щоб забезпечити сумісність. Важливу роль виконує мікросхема логічних інверторів D4 (74HC04), що реалізує автоматичне керування напрямком передачі даних. Використовуючи її, можна не виділяти ще один вивід для контролю за напрямком потоку і спростити алгоритм відправки даних в програмі контролера. Процесор використовує UART5 для обміну даними по цьому інтерфейсу. Відправляючи дані на лінію TX, процесор отримує відповідь від стороннього пристрою по лінії RX.

Зв'язок через CAN формується із застосуванням спеціалізованої мікросхеми D6 (MCP2515), що перетворює сигнали SPI сигнал CAN. Використовуючи цю мікросхему реалізовано підтримку CAN, адже цей інтерфейс не вбудований в процесор. Конвертацію рівнів сигналу виконує D9 (SN65HVD231), саме вона дає змогу під'єднуватися до приладів, що використовують CAN, адже як і RS485 рівні сигнали цього інтерфейсу відрізняються від стандартних.

Передбачено можливість увімкнення термінуючого резистора в інтерфейсах RS485 та CAN, адже в цих стандартах зв'язку вимагають його наявність, якщо пристрій знаходиться на одному з кінців шини. Додавання цього резистора відбувається через замикання штирьових контактів H1 для RS485 і H2 для CAN.

Наявність в процесора підтримки SPI дає можливість під'єднати ще пристрої до цієї шини. D8 LoRa модуль використовує SPI для комунікації з процесором. Здебільшого, сучасні радіомодулі є вже готовими до використання і під'єднання, бо основні елементи, які реалізують весь функціонал, зібрані на одній платі, що легко інтегруються у вироби. Цим модулям лише необхідно забезпечити надійне і стабільне живлення, а також вихід для зовнішньої антени, або використовувати роз'єми, що вже вбудовані в них. Але в такому випадку зменшується зручність використання та список сценаріїв використання.

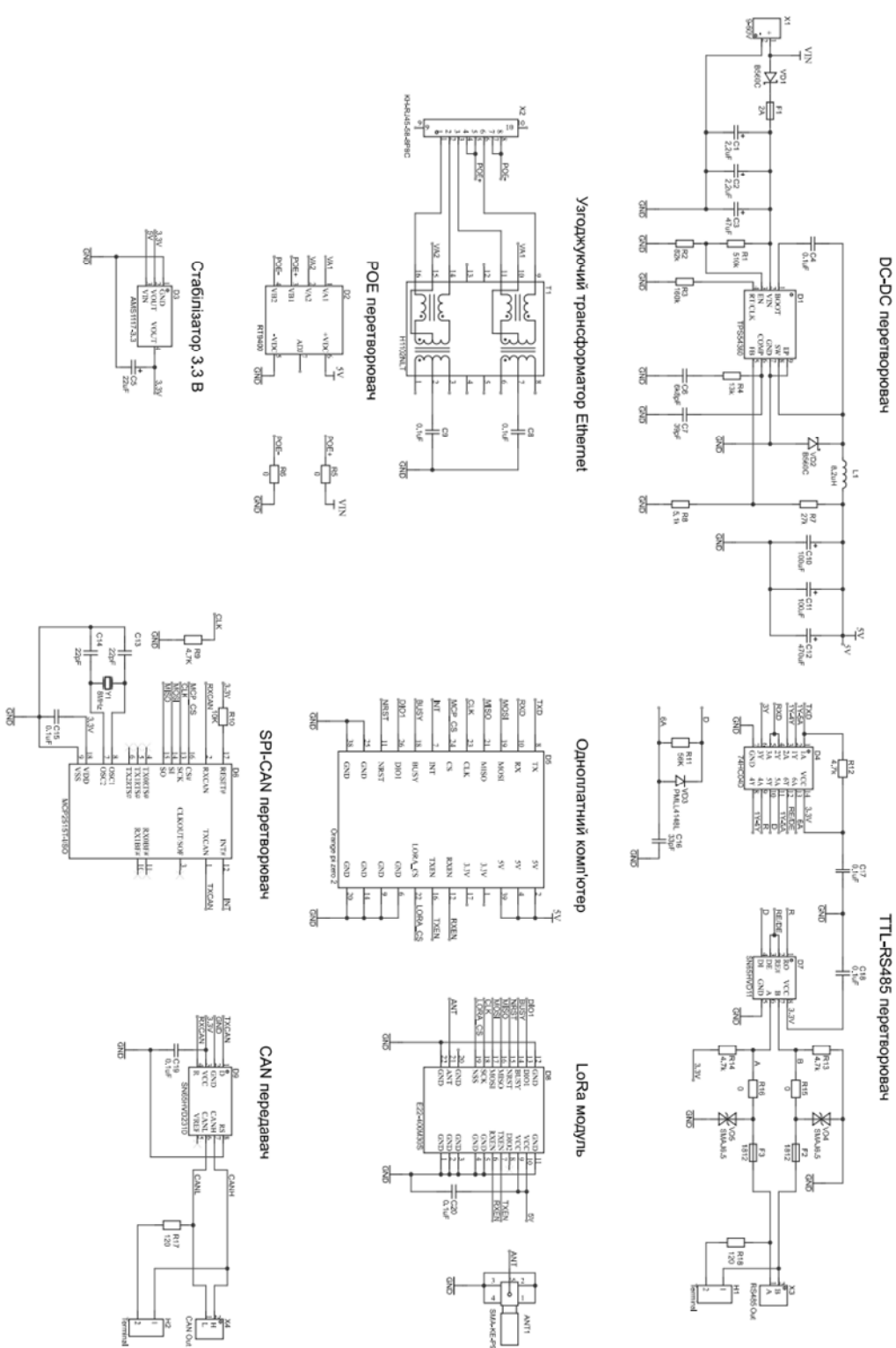


Рисунок 3.1 – Електрична принципова схема пристрою

Процесор і пам'ять, розташовані в D5 (Orange Pi Zero 2). Також на ній розташовані додаткові інтерфейси зв'язку, такі як HDMI, USB та Wifi. Вони

використовуються для комунікації з іншими приладами системи управління розумним будинком.

3.2. Проектування друкованої плати

Проектування друкованої плати, є одним з основних етапів розробки пристрою, адже на ній розташовуються всі елементи, що виконують основні функції, саме тому проектуванню цієї частини приладу, потрібно приділити більше уваги.

3.2.1 Вибір матеріалів та параметрів друкованої плати

Для створення друкованої плати цього приладу використовується матеріал у вигляді двостороннього фольгового склотекстоліту FR-4, що відповідає ГОСТ 26246.5-89 і ТУ И03.0107. 008-94.

Основними перевагами матеріалу є:

- хороша адгезія фольги до діелектричної підкладки навіть при високих температурах;
- великий поверхневий і об'ємний електричний опір;
- стабільність геометричних розмірів;

Для монтажу елементів, що мають штирьові виводи (роз'єми, електrolітичні конденсатори) та для можливого з'єднання з компонентами, які розташовані не на друкованій платі, використовується припій ПОС-61. Технічні характеристики цього припою зображені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики ПОС-61

Температура початку плавлення	183 °С
Температура плавлення	190 °С
Густина	8.5 г/куб см.
Питомий опір	0.139 мкОм/м.

Для монтажу SMD елементів друкованого вузла використовується паяльна паста фірми MECHANIC серії XG-50, яка має оптимальні показниками, що забезпечує хорошу якість пайки та відповідає всім вимогам, щоб використовувати її у цьому пристрої. Технічні характеристики пасту припою наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики XG-50

Температура плавлення	183 °C
Частка олова в припої	63 %
Розмір частинок	25-45 мкм.
Флюс	IPX3

Друкована плата складається з двох шарів, що сприяє зменшенню розмірів друкованого вузла і збільшенню товщини струмопровідних доріжок. Вироблено плату за допомогою комбінованого методу, що сприяє зменшенню трудомісткості виробництва.

Для створення друкованого вузла використовується монтаж більшості компонентів методом SMT, що призвело до зменшення габаритних розмірів пристрою та підвищення автоматизації виробництва. Усі елементи виготовлені у стандартних корпусах, що сприяє застосуванню автоматизованих методів встановлення на плату.

3.2.2 Компонування та трасування друкованої плати

Розміщення компонентів на друкованій платі є важливою частиною проектування виробу, бо воно безпосередньо впливає на продуктивність (якщо від елемента не буде ефективно відводитися тепло, він зменшить свою продуктивність внаслідок тротлінгу), розміри та комфорт під час експлуатації виробу.

Під час компонування та трасування друкованої плати було враховано наступні аспекти:

- **розміщення елементів:** розміщення повинно бути здійснене з урахуванням їх функціонального призначення і взаємодії з іншими виробами.
- **тепловідведення:** під час проектування необхідно передбачити місце для тепловідведення для елементів, що потребують цього та враховувати це при розміщенні елементів на платі.
- **електромагнітна сумісність:** при компонованні елементів необхідно враховувати електромагнітну сумісність, адже електромагнітний вплив може впливати на роботу деяких елементів.
- **ширина провідників:** потрібно визначити оптимальну ширину провідників в залежності від передбаченого струмового навантаження та враховувати відповідність стандартам струмової густини для уникнення перегріву та збереження електричної надійності.
- **мінімізація довжини провідників:** для зменшення втрат сигналу та електромагнітних перешкод важливо мінімізувати довжину провідників на друкованій платі.
- **мінімізація кількості шарів і розмірів друкованої плати:** кількість шарів повинна бути мінімізована, щоб зменшити вартість та складність виготовлення. Також потрібно мінімізувати розміри друкованої плати для економії матеріалів та виготовлення компактних пристроїв.

Після врахування перелічених аспектів, розроблено двошарову друковану плату (див. Рис. 3.2 та 3.3), що має компактні розміри (ширина - 100 мм і 100 мм довжина).

На платі також нанесено шовкографію, що вказує на позначення елемента згідно з електричною принциповою схемою. Ці позначення дозволяють легко проаналізувати плату та знайти компонент, що вийшов з ладу.

Розташування роз'ємів на крайній частині плати спрощує процес з'єднання із контролером, не потребуючи додаткових зусиль чи труднощів.

Такий підхід сприяє забезпеченню легкості та ефективності у використанні сторонніх приладів, що під'єднуються до контролера системи. В результаті це збільшує зручність в експлуатації та обслуговуванні пристрою.

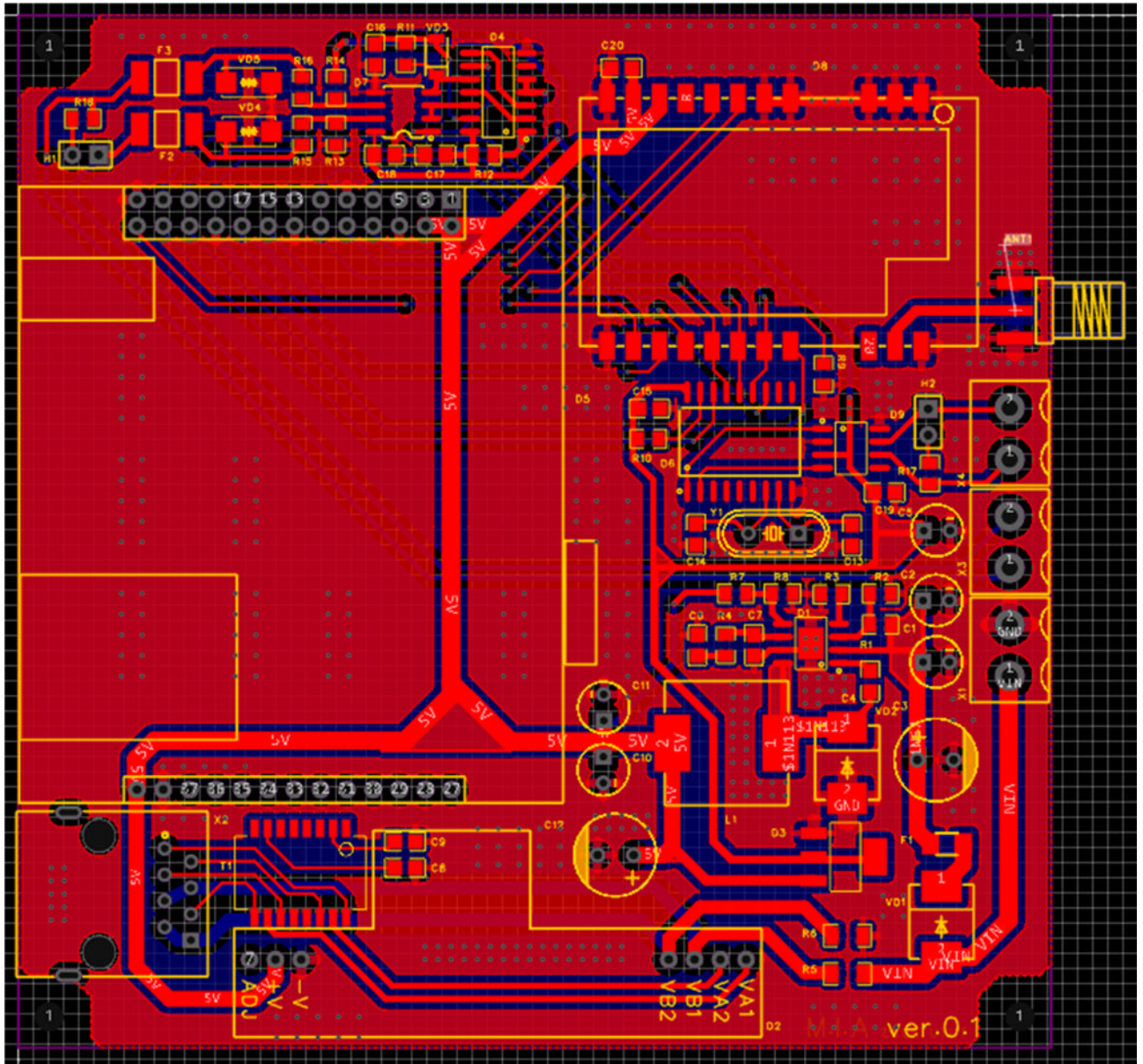


Рисунок 3.2 – Шар Top Layer друкованої плати

Розробку друкованої плати проведено з використанням безкоштовного аналога Altium Designer – EasyEDA, функціоналу цієї програми вистачає для вирішення не складних задач, а також в ній є можливість експорту проєктів в Altium Designer, якщо це необхідно.

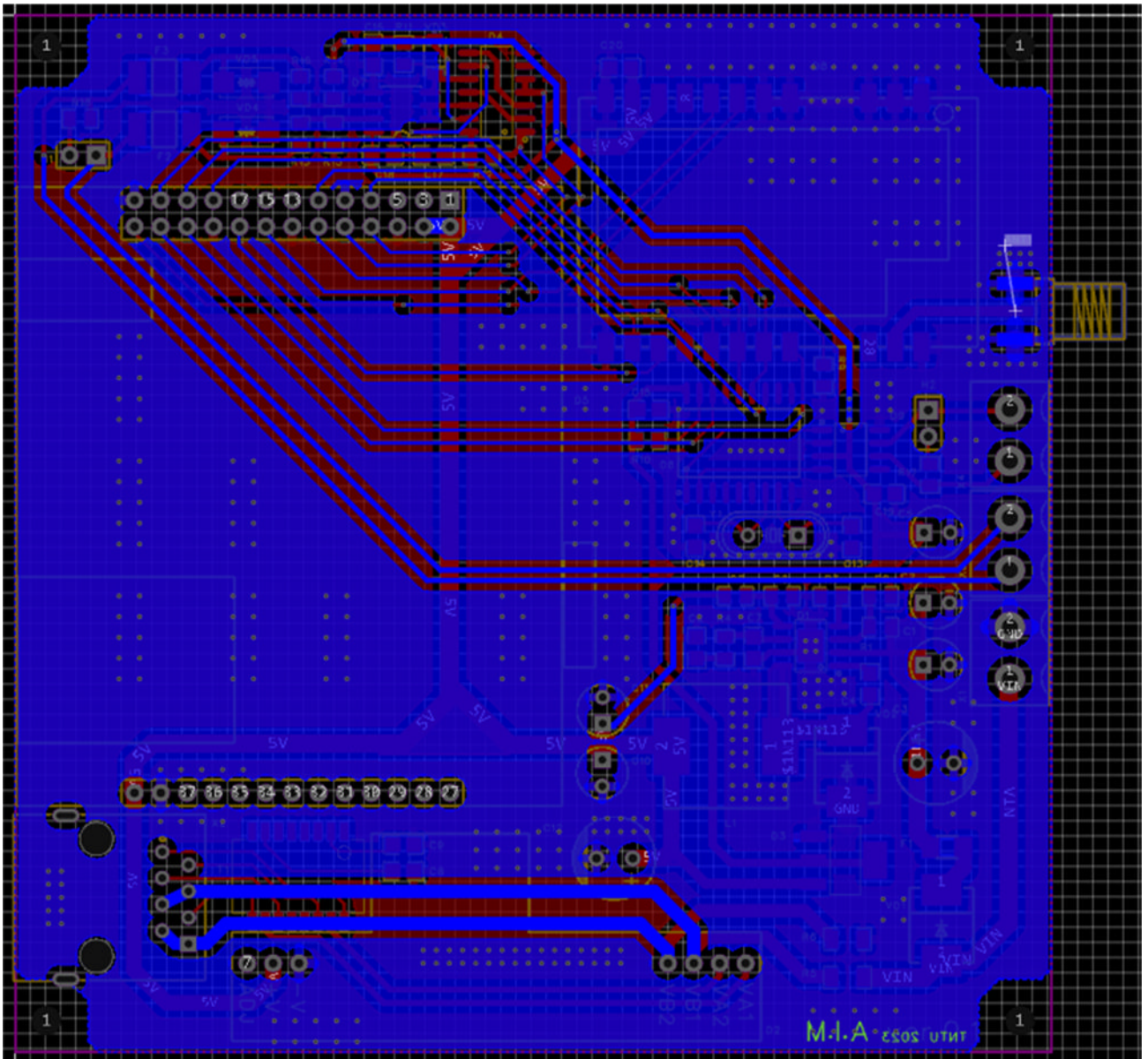


Рисунок 3.3 – Шар Bottom Layer друкованої плати

EasyEDA [9] працює як хмарний сервіс, що дає змогу використовувати його з будь-якого пристрою, що має доступ до Інтернету. Також вагомим плюсом програми є наявність великої бібліотеки компонентів, що значно спрощує проектування виробу.

За допомогою функціоналу цієї програми є також можливим розробляти і 3D зображення проєктованих виробів (див. Рис. 3.4).

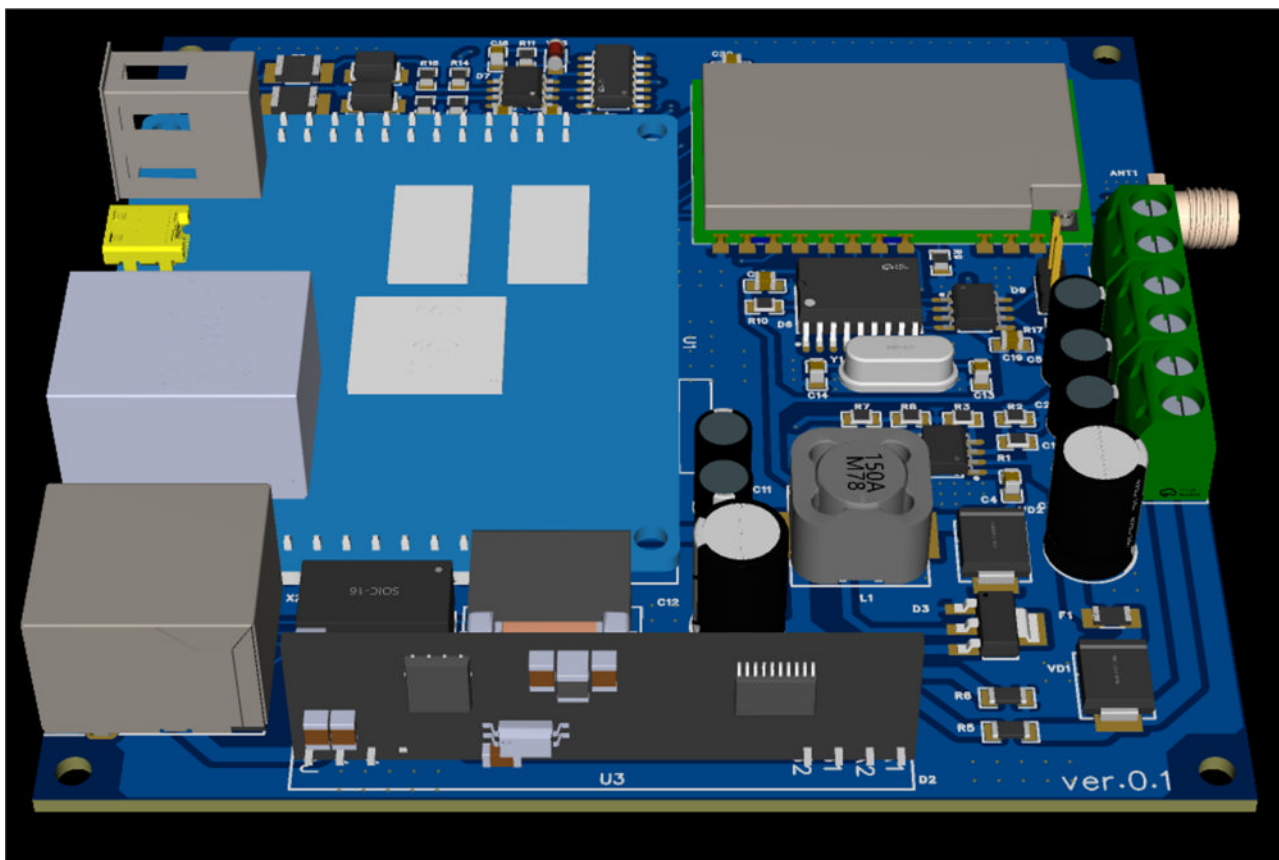


Рисунок 3.4 – 3D вигляд друкованого вузла

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1. Концепція інструменту порівняльного аналізу

Інструменти порівняльного аналізу - це засоби або сервіси, які дозволяють виконувати об'єктивний порівняльний аналіз між різними об'єктами, такими як програми, пристрої, апаратні засоби або системи. Ці інструменти є важливими у прийнятті узгоджених рішень при виборі або оцінці різних альтернатив.

Основні характеристики інструментів порівняльного аналізу включають:

вимірювання характеристик: інструменти дозволяють вимірювати та оцінювати різні характеристики об'єктів, такі як продуктивність, швидкість, вартість, споживання енергії тощо;

стандартизація процесу: вони можуть використовувати стандартизовані тести чи метрики для об'єктивного вимірювання та порівняння;

графічне відображення результатів: інструменти надають зручний спосіб візуалізації результатів порівняльного аналізу, що полегшує їх інтерпретацію;

масштабованість: деякі інструменти можуть виконувати порівняльний аналіз на різних масштабах, включаючи окремі компоненти, підсистеми або цілі системи;

системні властивості: деякі інструменти дозволяють враховувати системні властивості, такі як надійність, ефективність пам'яті, стійкість до витоків та інші;

тестування в реальних умовах: деякі інструменти можуть ставити об'єкти порівняння в реальні умови роботи для досягнення більш точних результатів.

Інструменти порівняльного аналізу забезпечують об'єктивність та науковий підхід при виборі оптимальних рішень в різних галузях, включаючи ІТ, технології, економіку та науку.

4.2. Дослідження продуктивності контролера

Для вимірювання продуктивності існує багато інструментів, одним із них є UnixBench. UnixBench – це безкоштовний і відкритий інструмент для оцінки продуктивності Unix-подібних систем. Він був розроблений в 1984 році журналом BYTE і з тих пір був оновлений і переглянутий багатьма людьми.

UnixBench включає в себе різноманітні тести, які вимірюють різні аспекти продуктивності системи, включаючи:

- процесорну продуктивність,
- швидкість обміну даними,
- продуктивність файлової системи,
- продуктивність мережі,
- продуктивність компілятора.

UnixBench можна запускати як в однопоточному, так і в багатопоточному режимі. Це дозволяє оцінити продуктивність системи як при виконанні одного завдання, так і при виконанні декількох завдань одночасно.

UnixBench виконує ряд тестів для оцінки продуктивності [7]:

Dhrystone – використовується для вимірювання та порівняння продуктивності;

Whetstone – застосовується для вимірювання швидкості та ефективності операцій з числами із плаваючою комою;

Execl Throughput – використовується для вимірювання кількості викликів execl, які можна виконати за секунду.

File Copy – використовується для вимірювання швидкості, з якою дані можуть передаватися з одного файлу в інший;

Pipe Throughput – кількість разів (за секунду), коли процес може записати 512 байт в канал (pipe) і прочитати їх назад;

Pipe-based Context Switching – використовується для вимірювання кількості разів, коли два процеси можуть обмінюватися зростаючим цілим числом через канал (pipe);

Process Creation – застосовується для вимірювання швидкості з якою система може створювати та завершувати нові процеси;

Shell Scripts – вимірює кількість разів за хвилину, за якими процес може запустити та завершити набір з восьми одночасних копій shell-скриптів, де shell-скрипт застосовує ряд перетворень до файлу даних;

System Call Overhead – застосовується для оцінки вартості входу в ядро операційної системи та виходу з нього.

UnixBench є досить потужним інструментом, який використовується для оцінки продуктивності комп'ютерів та їх мікропроцесорів, що працюють Unix-подібними системами.

На контролер для тестування встановлено операційну систему Armbian [3] 23.05.1 Jammy з Linux 4.9.318-legacy-sun50iw9, процесор контролера забезпечено ефективним охолодженням та сам контролер забезпечений стабільним живленням.

Встановлення та налаштування програмного забезпечення виконується за допомогою таких команд:

sudo apt-get update – оновлення інформаційної бази даних пакета програмного забезпечення;

sudo apt-get upgrade – встановлення інформаційної бази даних пакета програмного забезпечення;


```

Benchmark Run: Mon Dec 11 2023 21:12:22 - 21:40:20
4 CPUs in system; running 1 parallel copy of tests

Dhrystone 2 using register variables      8397119.1 lps  (10.0 s, 7 samples)
Double-Precision Whetstone                2070.9 MWIPS (10.0 s, 7 samples)
Exec1 Throughput                          704.9 lps    (30.0 s, 2 samples)
File Copy 1024 bufsize 2000 maxblocks    126625.2 KBps  (30.0 s, 2 samples)
File Copy 256 bufsize 500 maxblocks      37476.7 KBps  (30.0 s, 2 samples)
File Copy 4096 bufsize 8000 maxblocks    354109.8 KBps (30.0 s, 2 samples)
Pipe Throughput                          266801.1 lps  (10.0 s, 7 samples)
Pipe-based Context Switching             47398.6 lps   (10.0 s, 7 samples)
Process Creation                         1974.5 lps   (30.0 s, 2 samples)
Shell Scripts (1 concurrent)             2326.7 lpm    (60.0 s, 2 samples)
Shell Scripts (8 concurrent)              669.0 lpm    (60.1 s, 2 samples)
System Call Overhead                     403590.6 lps  (10.0 s, 7 samples)

System Benchmarks Index Values
-----
Dhrystone 2 using register variables      116700.0      8397119.1      719.5
Double-Precision Whetstone                55.0          2070.9          376.5
Exec1 Throughput                          43.0           704.9          163.9
File Copy 1024 bufsize 2000 maxblocks    3960.0        126625.2       319.8
File Copy 256 bufsize 500 maxblocks      1655.0         37476.7        226.4
File Copy 4096 bufsize 8000 maxblocks    5800.0        354109.8       610.5
Pipe Throughput                          12440.0        266801.1       214.5
Pipe-based Context Switching             4000.0         47398.6        118.5
Process Creation                         126.0          1974.5          156.7
Shell Scripts (1 concurrent)              42.4           2326.7          548.8
Shell Scripts (8 concurrent)               6.0            669.0         1115.0
System Call Overhead                     15000.0        403590.6       269.1
-----
System Benchmarks Index Score                               323.0

-----
Benchmark Run: Mon Dec 11 2023 21:40:20 - 22:08:23
4 CPUs in system; running 4 parallel copies of tests

Dhrystone 2 using register variables      33528426.9 lps  (10.0 s, 7 samples)
Double-Precision Whetstone                8274.1 MWIPS (10.0 s, 7 samples)
Exec1 Throughput                          2093.7 lps    (29.9 s, 2 samples)
File Copy 1024 bufsize 2000 maxblocks    491606.8 KBps  (30.0 s, 2 samples)
File Copy 256 bufsize 500 maxblocks      147871.5 KBps  (30.0 s, 2 samples)
File Copy 4096 bufsize 8000 maxblocks    971903.3 KBps (30.0 s, 2 samples)
Pipe Throughput                          1060083.3 lps  (10.0 s, 7 samples)
Pipe-based Context Switching             168408.2 lps   (10.0 s, 7 samples)
Process Creation                         4337.4 lps   (30.0 s, 2 samples)
Shell Scripts (1 concurrent)             4964.0 lpm    (60.0 s, 2 samples)
Shell Scripts (8 concurrent)              682.3 lpm    (60.2 s, 2 samples)
System Call Overhead                     1596909.3 lps  (10.0 s, 7 samples)

System Benchmarks Index Values
-----
Dhrystone 2 using register variables      116700.0     33528426.9     2873.0
Double-Precision Whetstone                55.0          8274.1         1504.4
Exec1 Throughput                          43.0           2093.7          486.9
File Copy 1024 bufsize 2000 maxblocks    3960.0        491606.8       1241.4
File Copy 256 bufsize 500 maxblocks      1655.0        147871.5        893.5
File Copy 4096 bufsize 8000 maxblocks    5800.0        971903.3       1675.7
Pipe Throughput                          12440.0       1060083.3       852.2
Pipe-based Context Switching             4000.0        168408.2        421.0
Process Creation                         126.0          4337.4          344.2
Shell Scripts (1 concurrent)              42.4           4964.0         1170.8
Shell Scripts (8 concurrent)               6.0            682.3          1137.2
System Call Overhead                     15000.0       1596909.3       1064.6
-----
System Benchmarks Index Score                               968.9

```

Рисунок 4.2 – Процес визначення продуктивності, за допомогою UnixBench

Задля забезпечення точних результатів UnixBench запускався кілька разів (див. Таблиця 4.1 і Таблиця 4.2), адже результати можуть змінюватися в залежності від умов середовища і стану системи.

Таблиця 4.1 – Результати тестування одноядерної продуктивності

Параметр	Тест №1	Тест №2	Тест №3
Dhrystone	720,00	719	719
Whetstone	377,00	376	377
execl Throughput	164,00	164	170
File Copy 1024	320,00	321	333
File Copy 256	226,00	226	236
File Copy 4096	611,00	610	630
Pipe Throughput	215,00	215	221
Pipe-based Context Switching	119,00	118	117
Process Creation	157,00	156	160
Shell Scripts 1	549,00	547	560
Shell Scripts 8	1115,00	1114	1141
System Call Overhead	269,00	270	280

Таблиця 4.2 – Результати тестування багатоядерної продуктивності

Параметр	Тест №1	Тест №2	Тест №3
Dhrystone	2873,00	2872	2873
Whetstone	1504,00	1504	1504
execl Throughput	487,00	486	497
File Copy 1024	1241,00	1241	1271
File Copy 256	894,00	895	929
File Copy 4096	1676,00	1687	1701
Pipe Throughput	852,00	853	877
Pipe-based Context Switching	421,00	421	426
Process Creation	344,00	344	350
Shell Scripts 1	1171,00	1168	1194
Shell Scripts 8	1137,00	1134	1160
System Call Overhead	1065,00	1076	1117

Отримані результати дослідження відображені діаграмами одноядерного (див. Рис. 4.3) та багатоядерного (див. Рис. 4.4) тестування.

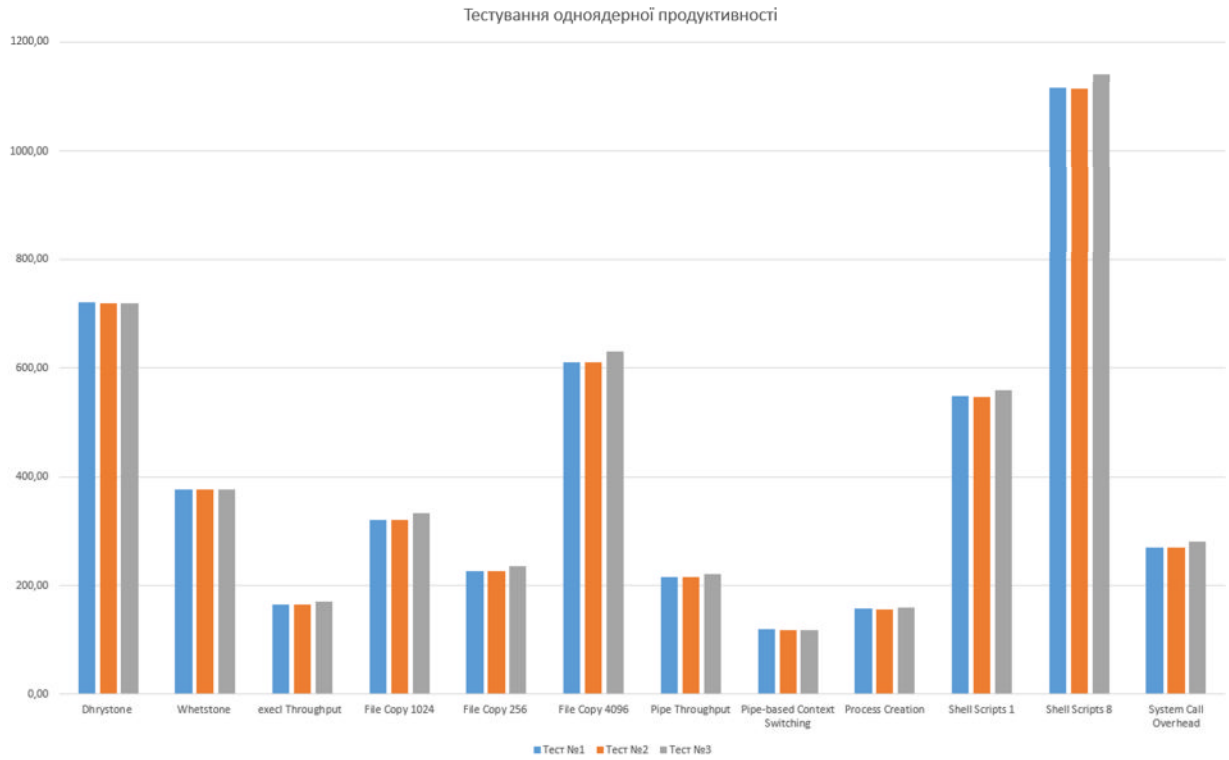


Рисунок 4.3 – Результати дослідження продуктивності одноядерного тесту

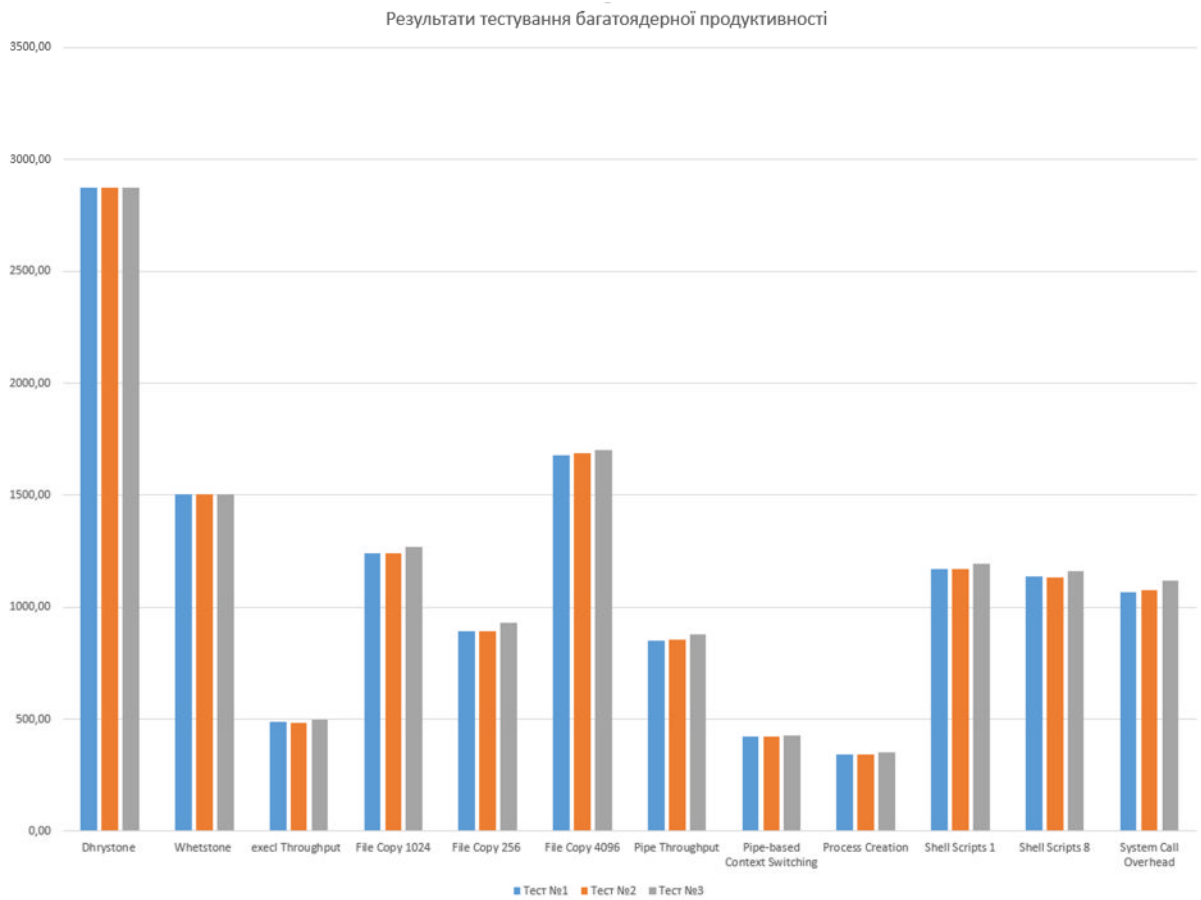


Рисунок 4.4 – Результати дослідження продуктивності багатоядерного тесту

4.3. Аналіз аналогічних досліджень

Основним елементом, будь-якого SBC є його центральний процесор, адже саме від нього залежить більшість характеристик, таких як потужність обчислення, енергоефективність та робота з пам'яттю.

Існує багато видів SBC у форм-факторі Pi Zero, у кожного з них з яких має свої плюси та мінуси. Для коректного порівняння характеристик цих пристроїв необхідно провести тестування, що допоможе порівняти їхні характеристики і визначити переваги та недоліки кожного.

Результати тестування різних SBC з джерела [2] на рис. 4.5 і рис. 4.6. Результати (Orange Pi Zero 2) цього дослідження, в основному, співпадають з показниками, які ми отримали. Певні розбіжності у порівнюваних показниках, можна пояснити різними умовами тестування (характеристики карти пам'яті, стан операційної системи та інші).

Унаслідок аналізу результатів цього дослідження можна зазначити, що Allwinner H616 (Orange Pi Zero 2) є хорошим варіантом для реалізації пристрою управління на її основі, де необхідна велика продуктивність, високий рівень функціональності при доступній ціні. Вагомими перевагами є її доступність (не має дефіциту), а також підтримка різноманітного програмного забезпечення та наявність вже реалізованих проєктів. Необхідно відмітити, що нові моделі Orange Pi Zero 2W та Orange Pi Zero 3, використовують ідентичний процесор Allwinner H618 (відрізняється від H616 підтримкою нових операційних систем і збільшеним обсягом кеш пам'яті процесора). В майбутньому оновлення H616 на H618 не повинно вносити суттєвих змін у проєкт.

Результати тестування одноядерної продуктивності в UnixBench

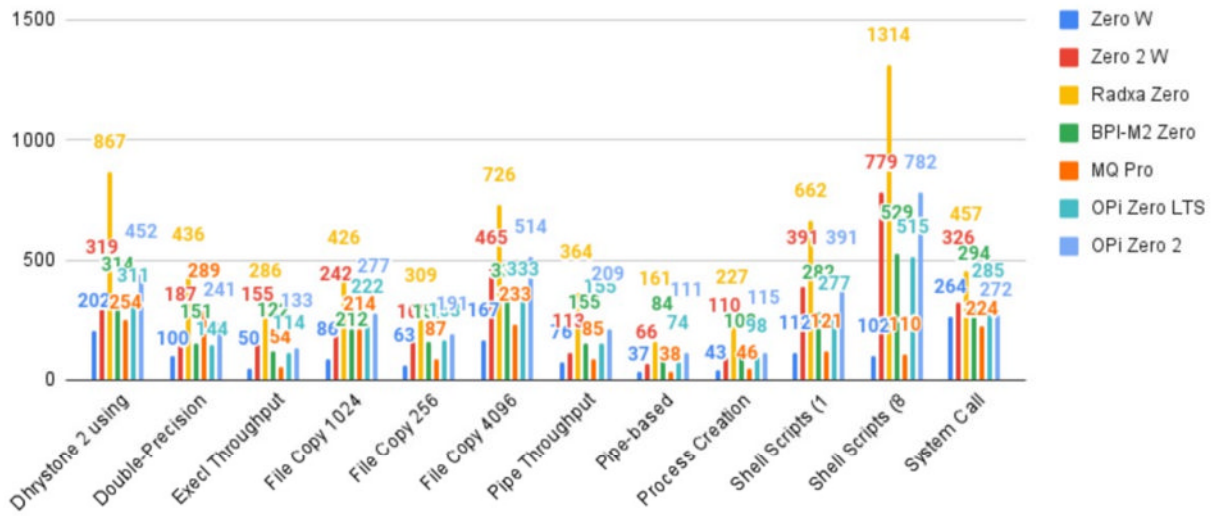


Рисунок 4.5 – Порівняння одноядерної продуктивності різних SBC

Результати тестування багатоядерної продуктивності в UnixBench

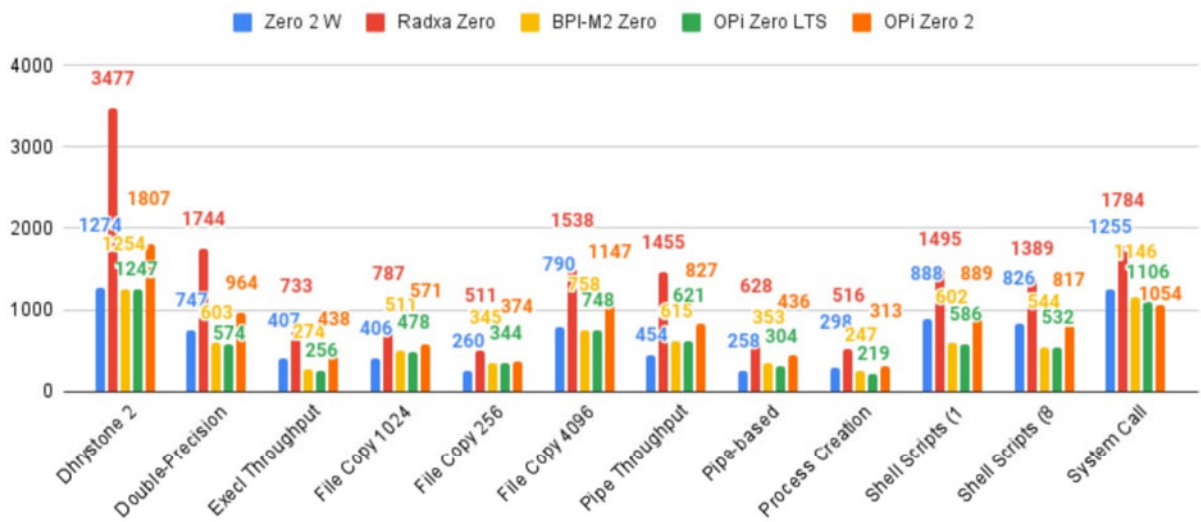


Рисунок 4.6 – Порівняння багатоядерної продуктивності різних SBC

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1. Проектування автоматизованої система керування освітленням в розумному будинку на базі розробленого контролера

На базі розробленого контролера, можна будувати різноманітні системи автоматизації процесів в розумному будинку. Для демонстрації частини можливостей контролера спроектовано систему керування освітленням головним компонентом, якої є проєктований виріб (див. Рис. 5.1). Проєктована система використовує незначну кількість ресурсів і слугує лише прикладом. Контролер може працювати в складніших системах, що використовують весь запас його продуктивності.

Автоматизовані системи керування освітленням в розумному будинку можуть значно полегшити життя власників будинку, пропонуючи інтелектуальний та ефективний спосіб управління освітленням.

Основні переваги таких систем:

- **оптимізація споживання енергії:** системи можуть самостійно керувати освітленням в будинку в залежності від обставин, щоб досягнути максимальної енергоефективності;
- **дистанційне керування:** можливість керування системою віддалено, за допомогою мобільного додатку, дозволяє вам налаштувати освітлення навіть поза будинком;
- **економія часу:** системи можуть автоматично підлаштуватися до умов, які виникають в процесі роботи, користувачу не потрібно постійно налаштувати освітлення вручну;
- **інтеграція з іншими розумними виробами:** можливість інтеграції системи керування освітлення з іншими системами в розумному будинку, такими як опалення, безпека, аудіо- та відеосистеми, для створення єдиної системи керування всім будинком;

- **безпека:** системи можуть автоматично керувати світлом в різних частинах будівлі, якщо ви відсутні, щоб створити враження присутності в будинку і підвищити рівень безпеки.

Контролер системи керує освітленням та зчитує дані з датчиків руху за допомогою модуля вводу-виводу, комунікація між ними здійснюється через RS485. Дані з модуля аналізуються і в залежності від налаштувань програми, керуючий пристрій включає, або виключає освітлення.

Якщо система знаходиться в автоматичному режимі освітлення вмикається, якщо людина знаходиться в приміщенні (є сигнал від датчача) і вимикається, якщо її немає (немає сигналу від датчача).

Ручний режим управління дозволяє самостійно керувати освітлювальними приладами, ігноруючи показники з датчиків.

Контролер інтегровано в платформу TuYa [4], що дозволяє керувати і моніторити стан системи віддалено.

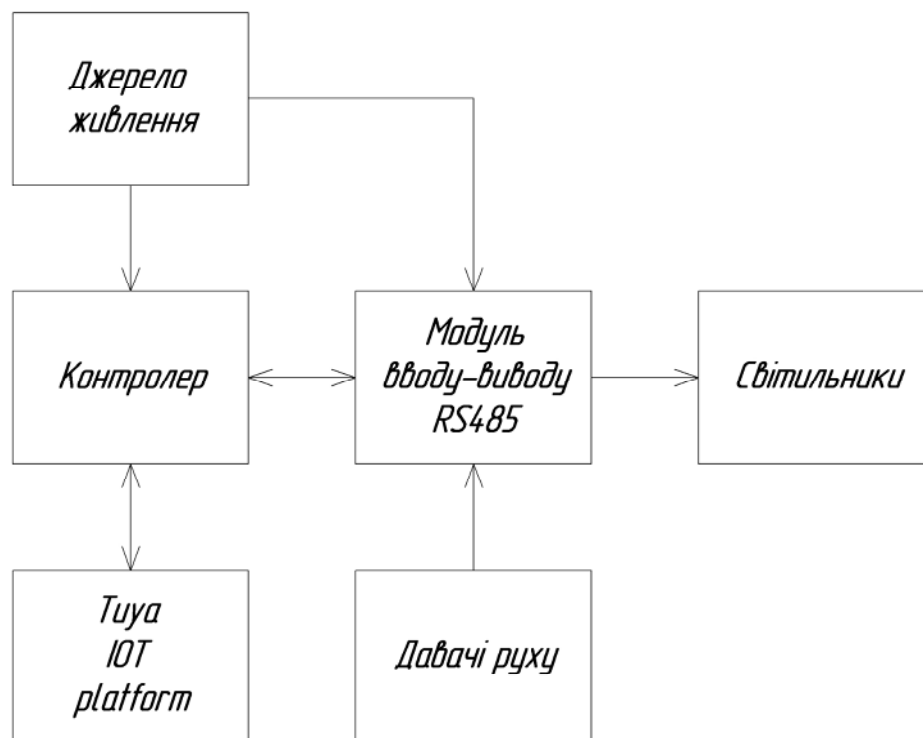
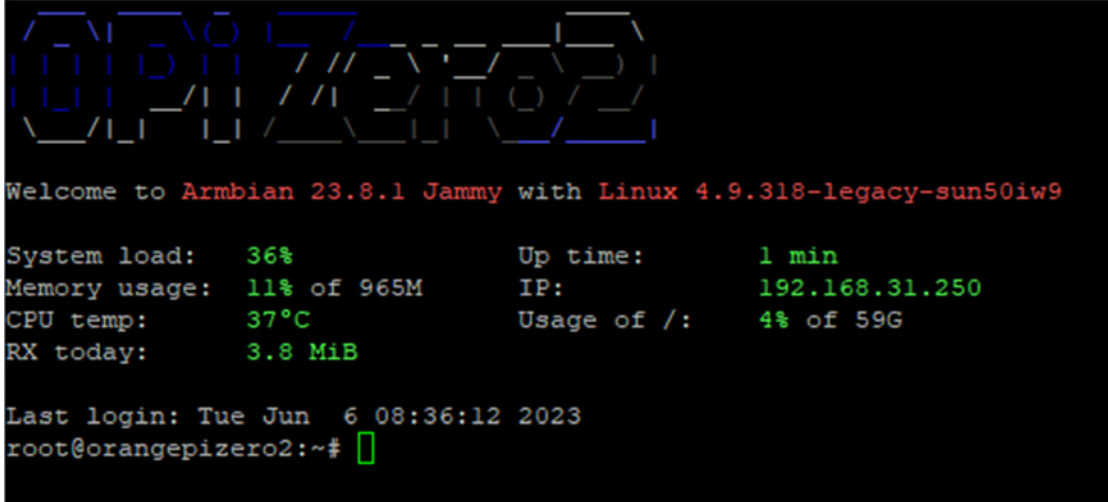


Рисунок 5.1 – Структурна схема системи управління освітленням

5.2. Розробка програмного забезпечення для системи

Для виконання завдань контролер необхідно правильно налаштувати й підготувати його для використання з наявним обладнанням. Повноцінна робота пристрою неможлива без встановленої та налаштованої операційної системи. Враховуючи поставлені цілі та завдання, був вибраний дистрибутив Linux – Armbian, який дозволяє реалізувати алгоритми роботи системи (див. Рис. 5.2).

Armbian [3] - це дистрибутив Linux, спеціально розроблений для SBC на основі архітектури ARM. Він має на меті забезпечити стабільну, безпечну та зручну у використанні платформу для розробників для створення та запуску різних програм на своїх SBC.



```

Welcome to Armbian 23.8.1 Jammy with Linux 4.9.318-legacy-sun50iw9

System load:  36%           Up time:      1 min
Memory usage: 11% of 965M   IP:           192.168.31.250
CPU temp:     37°C         Usage of /:   4% of 59G
RX today:     3.8 MiB

Last login: Tue Jun  6 08:36:12 2023
root@orangepi-zero2:~#

```

Рисунок 5.2 – Повідомлення від ОС Armbian після завантаження системи на Orange PI Zero 2

Програма, яка відповідає за управління системою та реалізує основний функціонал, написана на мові програмування Python (див. Рис. 5.3).

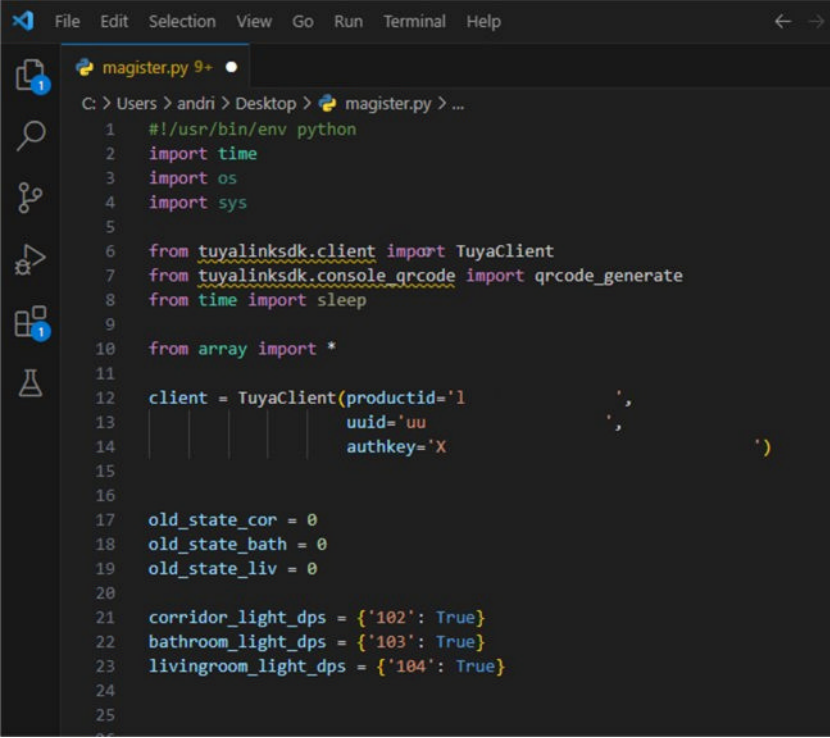
Переваги використання Python:

- **легкість використання:** проста і зрозуміла мова, яку легко освоїти навіть новачкам. Це робить її хорошим вибором для розробників, які не мають досвіду роботи з мовами програмування;

- **портативність:** код Python можна запустити на різних платформах, включаючи SBC. Це означає, що програму можна запустити на більшості SBC, незалежно від його виробника та моделі;

- **стандартна бібліотека:** python має обширну стандартну бібліотеку, що включає в себе різноманітні модулі для вирішення різних завдань. Це робить її хорошим вибором для розробки програм, що вимагають використання різноманітних функцій.

Для написання програми використовувались додаткові програмні компоненти, що потрібні для реалізації певного функціоналу, наприклад для під'єднання до платформи Tuuya, використано спеціальний SDK [6] для Python.



```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
magister.py 9+
C: > Users > andri > Desktop > magister.py > ...
1  #!/usr/bin/env python
2  import time
3  import os
4  import sys
5
6  from tuyalinksdk.client import TuyaClient
7  from tuyalinksdk.console_qrcode import qrcode_generate
8  from time import sleep
9
10 from array import *
11
12 client = TuyaClient(productid='1
13                    ,
14                    uuid='uu
15                    ,
16                    authkey='X
17                    ')
18
19 old_state_cor = 0
20 old_state_bath = 0
21 old_state_liv = 0
22
23 corridor_light_dps = {'102': True}
24 bathroom_light_dps = {'103': True}
25 livingroom_light_dps = {'104': True}
26
```

Рисунок 5.3 – Вікно редактора коду під час розробки програми керування освітленням

Tuuya Smart – це глобальна платформа для розумного будинку, яка дозволяє користувачам керувати та контролювати свої розумні пристрої використовуючи мобільний додаток. Платформа об'єднує широкий спектр

пристроїв, включаючи лампочки, термостати, розетки, датчики, камери та багато іншого.

Для створення програми використано можливості TuYa IoT Platform [5], та створено дизайн графічного інтерфейсу користувача (див. Рис. 5.4). В залежності від завдання та характеристик системи, можна створювати різноманітні елементи інтерфейсу, що може використовувати користувач, для демонстрації можливостей вибрано систему з трьома зонами освітлення, якими керує контролер.

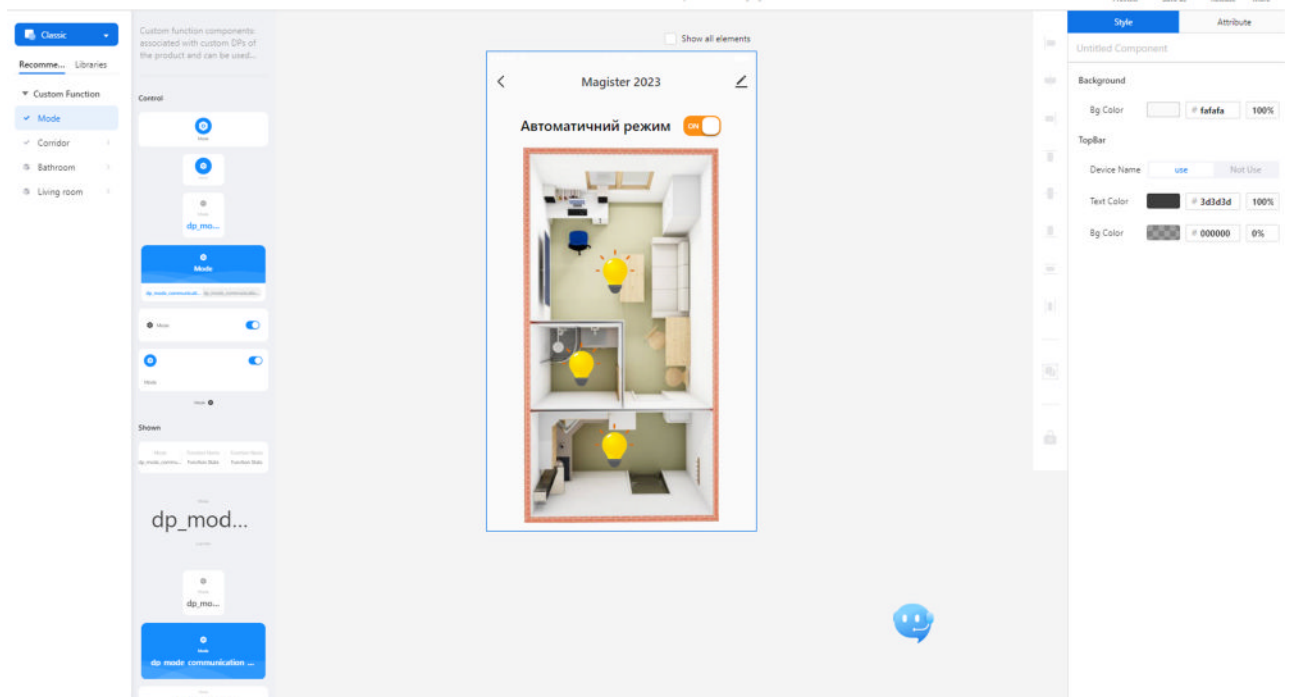


Рисунок 5.4 – Вікно редактора графічного інтерфейсу програми в TuYa IoT Platform

Після відлагодження інтерфейсу та алгоритму роботи програми, необхідно випустити (згенерувати) проект для того, щоб взаємодіяти з ним за допомогою мобільного додатку (див. Рис. 5.5). Для «прив'язання» смартфона до контролера необхідно зчитати QR код, що генерується програмою контролера при старті.



Рисунок 5.5 – Вікно інтерфейсу програми у мобільному додатку

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Значення охорони праці для забезпечення безпеки праці при роботі з автоматизованими системами

Охорона праці в контексті роботи з автоматизованими системами відіграє критичну роль у забезпеченні безпеки та здоров'я працівників. Значення охорони праці в цьому контексті може бути розглянуте з кількох ключових точок зору.

Запобігання травмам та аваріям. Охорона праці спрямована на визначення потенційних ризиків, пов'язаних із використанням автоматизованих систем, та впровадження ефективних заходів для їхнього попередження. Автоматизовані системи можуть включати роботи з високою швидкістю, роботи у високотехнологічних середовищах чи з великими електричними потужностями, тож охорона праці важлива для мінімізації травм та аварій.

Визначення і регулювання ергономіки. Оцінка та належна настройка автоматизованих систем допомагає підтримувати ергономічні стандарти для працівників, уникнення непотрібних фізичних навантажень та запобігання захворюванням, пов'язаним з роботою.

Навчання та підготовка працівників. Охорона праці передбачає надання належного навчання та підготовки працівників, які взаємодіють з автоматизованими системами. Це включає у себе навички безпеки, розуміння ризиків та ефективні методи взаємодії з технологією.

Забезпечення безпеки взаємодії з людьми. Деякі автоматизовані системи можуть включати спільну роботу з людьми. Охорона праці визначає необхідність створення безпечних та ефективних механізмів взаємодії між людьми та автоматизованими системами, включаючи визначення безпечних зон та дотримання стандартів безпеки.

Моніторинг здоров'я працівників. Охорона праці включає в себе системи моніторингу здоров'я працівників, які можуть виявити можливі впливи автоматизованих систем на фізичне і психологічне здоров'я.

Перелік дій при виникненні небезпечних ситуацій. Забезпечення ефективних процедур евакуації та заходів безпеки в екстрених ситуаціях, таких як аварійна зупинка автоматизованих систем або реакція на витік інформації, є важливою частиною охорони праці.

Психосоціальна безпека. Охорона праці також ставить завдання забезпечення психосоціальної безпеки працівників, уникнення стресу та психологічних перевантажень, пов'язаних з використанням та обслуговуванням автоматизованих систем.

Загальною метою охорони праці в контексті автоматизованих систем є створення найбезпечніших і ефективних умов праці для працівників, щоб забезпечити їхнє здоров'я та безпеку в робочому середовищі.

6.2. Основні вимоги до електробезпеки під час роботи з автоматизованими системами розумного будинку

Сучасні системи розумного будинку вимагають дотримання певних правил безпеки під час монтажу та експлуатації системи. Дотримання правил електробезпеки в розумних будинках є важливим аспектом, оскільки вони визначають стандарти та процедури, які забезпечують безпечну експлуатацію та функціонування систем автоматизації та електроприладів. Нижче представлені ключові аспекти важливості дотримання правил електробезпеки в розумних будинках:

– **захист життя та здоров'я:** відповідність електробезпеці гарантує захист від електричних ударів, пожеж та інших небезпек, що можуть виникнути при використанні розумних пристроїв та систем.

– **запобігання матеріальним збиткам:** неналежне використання електричної енергії чи некоректна установка систем розумного будинку може призвести до серйозних матеріальних збитків, включаючи пошкодження електроніки, обладнання та будівельних конструкцій. Збереження функціональності систем: Дотримання стандартів електробезпеки забезпечує довгий та надійний термін служби електричних пристроїв та систем розумного будинку.

– **забезпечення стабільності мережі:** справне виконання електромонтажу та дотримання електробезпеки сприяє стабільному живленню та уникненню перебоїв у роботі систем розумного будинку.

– **зменшення ризику пожеж:** електричні пристрої та системи розумного будинку можуть бути джерелом пожеж, і відповідність електробезпеці допомагає уникнути пожеж та забезпечити безпеку життя та майна.

Загальною метою дотримання правил електробезпеки в розумних будинках є забезпечення безпеки, надійності та ефективності їхнього функціонування, а також захист життя та здоров'я користувачів і людей що обслуговують системи розумного будинку.

– **заземлення та ізоляція:** заземлення електричних пристроїв в розумному будинку є запобіжним заходом, що виводить надлишковий струм в землю, уникнення електричних ударів та створення небезпеки. Забезпечення належної ізоляції, особливо в умовах вологості, допомагає уникнути коротких замикань та підтримує стійкість електричних систем.

– **стандарти електромонтажу:** дотримання стандартів електромонтажу гарантує правильне підключення та розташування електрообладнання, забезпечуючи безпеку в експлуатації. Це включає в себе правильне використання кабелів, розеток та вимикачів згідно з встановленими вимогами.

– **захист від перевантажень та коротких замикань:** автоматичні вимикачі та пристрої захисту від перевантажень є важливими для уникнення надмірного струму та попередження пожеж. Ці пристрої автоматично відключають живлення, якщо вони виявляють надмірні електричні навантаження або короткі замикання, забезпечуючи безпеку системи.

– **безпека роботи з батареями та акумуляторами:** в системах розумного будинку часто використовується пристрої оснащені батареями, тому необхідно забезпечити правильне обслуговування та використання батарей та акумуляторів, що допоможе уникнути перевантажень, нагрівання та потенційних пожеж. Важливо дотримуватися інструкцій щодо їхньої експлуатації та уникати механічних пошкоджень.

– **електрична безпека вологих приміщень:** у вологих зонах розумного будинку, таких як ванна кімната чи кухня, необхідно використовувати електричні пристрої та розетки, які мають відповідний ступінь вологозахисту. Це допомагає уникнути коротких замикань та електричних ударів, пов'язаних із збільшеним ризиком взаємодії з водою.

– **безпека роботи з високовольтною технікою:** працівники, які взаємодіють з високовольтними системами, повинні мати високий рівень кваліфікації та навчання. Застосування заходів безпеки, таких як використання ізольованих інструментів та захисного одягу, є важливим для запобігання нещасних випадків.

– **ізоляція датчиків та сенсорів:** забезпечення ефективної ізоляції датчиків та сенсорів у розумному будинку має важливе значення для попередження електричних випромінювань та збереження їхньої надійної роботи.

– **безпека під час встановлення та обслуговування:** під час встановлення та обслуговування електричних систем необхідно використовувати інструменти та обладнання, які відповідають стандартам

безпеки. Регулярні перевірки та обслуговування мають виконуватися з дотриманням відповідних протоколів та процедур.

– **безпека використання ручних електроінструментів:** використання ручних електроінструментів вимагає дотримання правил безпеки, таких як використання захисного обладнання та правильне заземлення, для запобігання електротравм та нещасних випадків.

– **безпека роботи зі смарт-пристроями:** сучасні смарт-пристрої вимагають більшої уваги під час підключення та конфігурації. Під час встановлення необхідно дотримуватися інструкцій виробників.

6.3. Перелік дій при виникненні небезпечних ситуацій під час роботи з автоматизованими системами

Виникнення небезпечних ситуацій в автоматизованих системах вимагає негайних та добре організованих заходів для забезпечення безпеки. Автоматизовані системи стрімко розвиваються та стають безпечнішими для людини, все ж імовірність виникнення небезпечних ситуацій не виключена. Нижче подано перелік дій, який потрібно зробити при виникненні небезпечних ситуацій.

Аварійна зупинка системи. При виникненні небезпечних ситуацій в автоматизованих системах однією з перших кроків повинно бути негайне введення аварійної зупинки системи. Ця дія призначена для припинення всіх робочих процесів та зменшення можливих наслідків аварії. При введенні аварійної зупинки системи важливо, щоб це відбувалося відразу, без затримок, щоб максимально ефективно запобігти подальшому розгортанню небезпечної ситуації. Під час цієї дії слід враховувати інструкції та навчання персоналу, які стосуються процедур аварійної зупинки, щоб уникнути помилок або затримок.

Вимкнення живлення. В разі виникнення небезпечних ситуацій важливо припинити живлення автоматизованої системи. Відключення живлення є ефективним засобом запобігання небезпекам, особливо якщо причиною проблеми є електричний збій або перешкоди у роботі системи живлення. Персонал повинен бути навчений виконувати цю дію швидко та вірно, дотримуючись встановлених процедур та заходів безпеки. Додатково, слід враховувати можливі наслідки відключення живлення, такі як можливість втрати даних або несправностей у системі.

Відокремлення від мережі зв'язку. При виникненні аварійної ситуації важливо негайно відокремити автоматизовану систему від мережі зв'язку. Це допоможе запобігти небажаній передачі інформації або команд, які можуть погіршити ситуацію. Встановлення ефективної системи відокремлення та ізоляції може включати в себе використання фізичних або програмних бар'єрів, які гарантують безпеку та надійність цих процесів.

Повідомлення про подію. Під час аварійної ситуації важливо вчасно та ефективно повідомити відповідальні служби, регуляторів та персонал про виникнення небезпечної ситуації та прийняті заходи. Забезпечення чіткої комунікації сприяє управлінню ситуацією та допомагає залучити необхідні ресурси для подолання проблеми.

Евакуація персоналу. У випадку небезпечної ситуації важливо вчасно та організовано провести евакуацію персоналу. Працівники повинні бути навчені процедурам евакуації та місцям збору, а також взаємодії з евакуаційними шляхами та засобами захисту. Ефективна евакуація може допомогти уникнути травм та максимально зменшити ризики для життя персоналу.

Виклик служб аварійної допомоги. В разі виникнення небезпечної ситуації слід негайно викликати служби аварійної допомоги, такі як пожежна охорона чи медична допомога. Швидка реакція служб допомоги може бути вирішальною для мінімізації збитків та забезпечення безпеки персоналу та

оточуючого середовища. Ключовим елементом є належна комунікація та співпраця з екстреними службами для ефективного управління ситуацією.

Надання допомоги постраждалим. У випадку аварійної ситуації важливо забезпечити негайну медичну допомогу та психологічну підтримку постраждалим. Це може включати евакуацію для отримання медичної допомоги, а також забезпечення допомоги для подолання психологічних наслідків події.

Після проведення необхідних дій, що спрямовані на локалізацію та усунення небезпечної ситуації необхідно провести ретельний аналіз причин її виникнення, щоб мінімізувати можливість її виникнення в майбутньому.

6.4. Перелік дій при виникненні небезпечних ситуацій на приладобудівному підприємстві під час дії воєнного стану

В надзвичайних ситуаціях, особливо під час війни, приладобудівні підприємства зіштовхуються з численними викликами, які можуть впливати на їхню безпеку, ефективність виробництва та здатність виконувати контракти. Дотримання переліку дій у таких ситуаціях відіграє критичну роль з кількох причин.

Забезпечення безпеки працівників: перш за все, пріоритетом є безпека працівників. Чітко визначений план дій допомагає забезпечити евакуацію, захист від потенційних загроз і забезпечення необхідного обладнання для працівників.

Збереження виробничої інфраструктури: важливо взяти під контроль виробничі потужності, обладнання та інфраструктуру, щоб уникнути їхнього знищення або пошкодження. Це дозволяє підприємству швидко відновити роботу після закінчення конфлікту.

Збереження документації та інформації: надзвичайні ситуації можуть призвести до втрати важливої інформації. Правильний план дій допомагає

забезпечити резервне копіювання та збереження важливих документів, специфікацій, контрактів тощо.

Підтримка клієнтів та партнерів: з урахуванням того, що приладобудівні підприємства співпрацюють з різними клієнтами і партнерами, важливо мати чітку комунікаційну стратегію, яка дозволяє інформувати їх про стан справ та можливі відновні дії.

Збереження ресурсів: правильна організація та діяльність під час кризи допомагає зберегти матеріальні та фінансові ресурси підприємства. Це може включати раціоналізацію виробничих процесів, оптимізацію запасів та інші заходи економії.

Економічна стабільність: дотримання переліку дій допомагає підприємству зберегти економічну стабільність, навіть у військових умовах. Це дозволяє підприємству продовжувати свою діяльність, зберігаючи робочі місця і сприяючи відновленню після кризи.

Соціальна відповідальність: відповідальне ставлення до дій в надзвичайних ситуаціях підвищує репутацію підприємства в очах співробітників, клієнтів, партнерів та громадськості. Це підтверджує, що підприємство діє відповідально і з урахуванням інтересів всіх сторін.

Створення основи для відновлення: правильно підготовлений план дій стає основою для швидкого відновлення підприємства після завершення військових дій. Це включає в себе оцінку збитків, відновлення виробничих процесів та відновлення партнерських відносин.

Враховуючи вищезазначене, дотримання переліку дій в надзвичайних ситуаціях на приладобудівному підприємстві під час війни є критично важливим для забезпечення безпеки, стабільності та подальшого розвитку підприємства. Нижче подано перелік дій, які слід вжити у небезпечних ситуаціях на приладобудівному підприємстві під час воєного стану.

Аварійна зупинка підприємства: у випадку небезпечної ситуації, яка може призвести до аварійної зупинки підприємства, необхідно активувати

механізм припинення роботи усіх виробничих процесів. Виконати перевірку всіх основних систем та обладнання на підприємстві, щоб запобігти можливим аваріям або пошкодженням.

Відключення електроенергії та газопостачання: при виявленні небезпечної ситуації необхідно негайно відключити всі джерела електроенергії на території підприємства. Вимкнути основні ввідні вимикачі та роз'єднати контури електроживлення для запобігання короткому замиканню. Вимкнути та від'єднати газопостачання до усунення причини небезпеки. Переконатися, що всі працівники, які мають відношення до електро- та газового обладнання, виконують необхідні інструкції щодо безпеки. Уникати використання відкритого вогню або інших джерел займання в зоні ризику.

Евакуація та безпека працівників: активувати план евакуації, використовуючи всі доступні шляхи евакуації та сигналізацію. Вести перекличку персоналу на збірних пунктах, щоб переконатися у повноті евакуації. Забезпечити швидкий доступ до засобів індивідуального захисту та медичної допомоги для постраждалих. Запобігти паніці серед працівників, проводячи інструктаж щодо правильної поведінки в небезпечних умовах. Потрібно співпрацювати з місцевими екстреними службами та рятувальниками для координації дій та отримання допомоги.

Захист від пошкоджень обладнання та матеріалів: закрити всі механізми, які можуть бути джерелом небезпеки або бути пошкоджені внаслідок воєнних дій. Перенести важливі та вразливі матеріали в безпечне місце для зберігання. Встановити додаткові захисні екранування або бар'єри для обладнання та матеріалів, що залишаються на місці. Провести інвентаризацію та документування стану обладнання та запасів після небезпечної ситуації. Забезпечити доступ до резервних джерел енергії та комунікаційних засобів для оперативного відновлення роботи підприємства.

Зв'язок та співпраця з владою: встановити надійний зв'язок з військовими або цивільними владами для отримання інструкцій та допомоги. Передати інформацію про небезпечну ситуацію та потреби підприємства в евакуації, ресурсах або захисті. Потрібно організувати зустрічі або консультації з представниками влади для координації дій та обміну інформацією. Підготувати документи та звіти про стан підприємства, які можуть бути потрібні для рішень влади. Слідкувати за оновленнями та директивами влади, щоб адаптувати стратегію відповіді на небезпечну ситуацію.

Оцінка та відновлення роботи підприємства: після припинення небезпеки провести оцінку стану обладнання, будівель та інших ресурсів підприємства. Розробити план відновлення роботи, враховуючи пріоритети, вартість та терміни. Відновити постачання електроенергії, водопостачання та інших комунікаційних служб після перевірки їх безпеки.

ВИСНОВКИ

При виконанні цієї кваліфікаційної роботи було здійснено розробку конструкції контролера автоматизованої системи управління розумним будинком, основним елементом якої є процесор Allwinner.

Під час аналізу потреб автоматизованих систем, визначено необхідні функціональні можливості для ефективного управління розумним будинком. Внаслідок цього, обрано відповідні компоненти для втілення визначених функцій. Створено електричну принципову схему, що включає важливі компоненти та з'єднання для забезпечення функціональності системи контролера. На основі цієї схеми розроблена друкована плата, де елементи розташовані компактно, забезпечуючи зручне використання контролера.

Використано програмне забезпечення для вимірювання продуктивності процесора контролера. Отримані висновки свідчать про високу продуктивність, що робить його придатним для застосування в складних системах, де необхідна продуктивність та гнучкість в програмуванні.

Розроблено прототип системи контролю за освітленням, в основі якої є спроектований контролер. Цю систему було розроблено з метою демонстрації можливостей контролера.

Застосування даного контролера підвищить ефективність та розширить можливості автоматизованих систем керування в розумних будинках.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Сайт компанії Акон: <https://www.akon.com.ua/products.php>
2. Порівняння характеристик одноплатних комп'ютерів: <https://bret.dk/pi-zero-showdown/>
3. Сайт компанії Armbian: <https://www.armbian.com/>
4. Підключення Raspberry Pi до TuYa Cloud використовуючи Link SDK-Tuya: <https://www.hackster.io/sandwichiot/connect-a-raspberry-pi-to-tuya-cloud-using-link-sdk-tuya-9418b4>
5. TuYa SDK для початківців: вступ до TuYa Cloud API: <https://notenoughtech.com/home-automation/tuya-cloud-api/>
6. SDK для роботи з TuYa Cloud: <https://github.com/tuya/tuyaos-link-sdk-python>
7. UnixBench – програма порівняльного аналізу для Unix-подібних систем: <https://ostechnix.com/unixbench-benchmark-suite-unix-like-systems/>
8. Навчальний посібник «ТЕХНОЕКОЛОГІЯ ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА. ЧАСТИНА «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»» / автор-укладач В.С. Стручок–Тернопіль: ФОП Паляниця В. А.: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39424>
9. Програма для створення і редагування електричних принципових схем, та друкованих плат: <https://easyeda.com/>
10. Документація процесора Allwinner H616: <https://linux-sunxi.org/H616>
11. Сайт компанії Orange Pi «Orange Pi Zero2» : <http://www.orangepi.org/html/hardWare/computerAndMicrocontrollers/details/Orange-Pi-Zero-2.html>
12. Документація для модуля RT9400 : https://www.makerfabs.com/desfile/files/RT9400_POE%20PD_SPEC_V4_3.pdf
13. Документація радіомодуля LoRa E22-400M30S : <https://www.ebyte.com/en/product-view-news.html?id=454>

14. Документація мікросхеми TPS54360:
https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps54360.pdf?ts=1702830222697&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252Fde-de%252FTPS54360
15. Документація мікросхеми MCP2515:
<https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP2515-Stand-Alone-CAN-Controller-with-SPI-20001801J.pdf>
16. Документація мікросхеми SN65HVD231:
https://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn65hvd230.pdf?ts=1702831859439&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
17. Документація мікросхеми 74HC04:
<https://pdf.utmel.com/r/datasheets/toshibasemiconductorandstorage-74hc04d-datasheets-6664.pdf>
18. Документація мікросхеми SN65HVD11:
https://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn65hvd11-ht.pdf?ts=1702837079288&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
19. Схема електрична принципова модуля TTL-RS485:
https://oshwlab.com/virendra/rs485-to-ttl-converter-module_v2
20. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник/ І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо.–Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022.–324с.
21. Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.
22. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.».
<http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/40843>.

23. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
24. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>.
25. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39424/>
26. Платформа .NET та мова програмування С# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с. /Рекомендовано до друку Вченою радою Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Протокол № 10 від 20 жовтня 2020 року
27. Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І., Савків В.Б., Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 40 с.
28. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>
29. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.

30. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
31. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
32. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
33. Введення в компютерну графіку та дизайн: Навчальний посібник для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, компютерно-інтегровані технології та робототехніка"/Укладачі: О.В. Тотосько, П.Д. Стухляк, А.Г. Микитишин, В.В. Левицький, Р.З. Золотий - Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023 - 304с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41166>.