Міністерство освіти та науки України
Львівський національний університет імені Івана Франка

Кафедра
радіоелектронних
та комп'ютерних
систем

Курсова робота
на тему
"Особливості програмування мікроконтролерів,
мікроком’ютерів та програмованих систем на чіпі"

Підготував студент
Групи ФеІм-14
Корсак О.Т.

Науковий керівник:
Проф. Монастирський Л.С.

Львів 2023

Зміст

Вступ_____**3**

Розділ 1. “Вбудовані системи. Види,приклади,загальні принципи” _____**4**

Розділ 2. “Середовища програмування. Особливості,відмінності та специфіка застосування” _____**16**

Висновки_____**20**

Використані джерела _____**21**

Вступ

В сучасному швидкозмінному технологічному світі вбудовані системи відіграють ключову роль у різних сферах нашого повсякденного життя. З моменту написання оригінальної курсової роботи технології вбудованих систем продовжують активно розвиватися та еволюціонувати. Тому у цій курсовій роботі ми детальніше розглянемо нові тенденції та досягнення в цій галузі. Також ми розглянемо особливості програмування вбудованих систем та їхні характеристики,зокрема галузі,де їх краще використовувати.

Однією з основних тенденцій є зростання продуктивності та функціональних можливостей вбудованих систем. Нові мікроконтролери, мікрокомп'ютери та програмовані системи на чіпі стають все потужнішими і дозволяють реалізовувати складніші та більш інтелектуальні проекти. Наприклад, на ринку з'явилися нові мікроконтролери з вбудованими модулями штучного інтелекту та машинного навчання, що відкриває широкі можливості для розробки інноваційних пристроїв.

Також варто зазначити зростання зацікавленості у сфері Інтернету речей (IoT). Вбудовані системи стають невід'ємною складовою підключеного світу, де різні пристрої можуть взаємодіяти між собою та обмінюватися даними через мережу. Це відкриває нові горизонти для застосування вбудованих систем у сферах як побутової автоматизації, так і великого промислового масштабу.

З огляду на оновлені тенденції та нові досягнення в галузі вбудованих систем, ця робота має на меті дослідити актуальні аспекти та принципи проектування вбудованих систем, розглянути нові технології та інструменти розробки, а також дослідити їх застосування в різних галузях.

Розділ 1. “**Вбудовані системи. Види,приклади,загальні принципи**”

Мікроконтролери, мікрокомп'ютери та програмовані системи на чіпі є різними типами вбудованих систем, які мають свої особливості та застосування. Ось розбіжності між ними:

1. Мікроконтролери: Мікроконтролери є компактними обчислювальними пристроями, що поєднують в собі процесор, пам'ять (ROM та RAM), периферійні пристрої вводу/виводу (GPIO), а також інші функціональні блоки, такі як таймери, АЦП та ШІМ-контролери. Вони спеціалізовані на виконанні певних завдань у вбудованих системах, таких як керування промисловими процесами, автоматизація, робототехніка та багато інших додатків. Мікроконтролери зазвичай мають обмежені ресурси, але їх низька вартість та низьке енергоспоживання роблять їх популярними в різних галузях.
2. Мікрокомп'ютери: Мікрокомп'ютери - це повноцінні обчислювальні пристрої, подібні до персональних комп'ютерів, але в більш компактному форм-факторі. Вони мають більш потужні процесори, значно більшу кількість оперативної пам'яті та постійного сховища даних.

Мікрокомп'ютери часто мають операційні системи, такі як Linux, що дають можливість виконувати різноманітні завдання, включаючи веб-сервери, мультимедійні пристрої, системи контролю тощо. Вони популярні в галузі розробки прототипів, IoT-проектів, систем домашньої автоматизації та інших додатків, де потрібна більша обчислювальна потужність та функціональні можливості.

3. Програмовані системи на чіпі: Програмовані системи на чіпі (SoC) є ще більш інтегрованими пристроями, де на одному мікросхемі поєднані не тільки процесор та пам'ять, але і різноманітні периферійні пристрої, такі як контролери мережі, графічні процесори, радіо-модулі та інші. SoC зазвичай мають складнішу архітектуру та більшу обчислювальну потужність, що дозволяє виконувати високопродуктивні завдання. Вони зустрічаються в смартфонах, планшетах, телевізорах, автомобільних системах і багатьох інших пристроях.

Отже, хоча мікроконтролери, мікрокомп'ютери та програмовані системи на чіпі є всіма вбудованими системами, вони відрізняються за потужністю, функціональністю та застосуванням. Вибір певного типу залежить від конкретних вимог та завдань проекту.

Вибір між мікроконтролерами, мікрокомп'ютерами та програмованими системами на чіпі залежить від декількох факторів, які варто враховувати:

1. Обсяг обчислювальної потужності: Якщо проект вимагає виконання простих завдань керування, контролю або збору даних, то мікроконтролер може бути достатньою і економічно вигідною опцією. Для складніших завдань, які потребують обробки великих обсягів даних, графічного відображення, мультимедіа чи інтенсивних обчислень, мікрокомп'ютер або програмована система на чіпі можуть бути більш підходящими варіантами.

2. Функціональні можливості: Різні типи вбудованих систем мають різні набори периферійних пристроїв і можливостей. Якщо ваш проект потребує підтримки певних інтерфейсів (наприклад, Ethernet, USB, Bluetooth), використання спеціалізованих сенсорів або графічного дисплея, важливо вибрати пристрій, який має відповідні можливості. Мікрокомп'ютери та програмовані системи на чіпі зазвичай надають більшу гнучкість у виборі і підтримці різноманітних периферійних пристроїв.

3. Вартість та енергоефективність: Мікроконтролери зазвичай є більш економічними та енергоефективними, оскільки вони мають меншу складову базу та споживають менше енергії. Для проектів з обмеженими бюджетними ресурсами або вимогами до енергозбереження, мікроконтролер може бути оптимальним рішенням. З іншого боку, мікрокомп'ютери та програмовані системи на чіпі можуть бути дорожчими та споживати більше енергії, але вони надають більшу потужність та гнучкість в розробці та використанні.

4. Розмір та масштаб проекту: Розмір і фізичні обмеження проекту можуть впливати на вибір вбудованої системи. Мікроконтролери зазвичай мають компактний форм-фактор і можуть бути використані в обмеженому просторі. Мікрокомп'ютери та програмовані системи на чіпі можуть бути більшими, і їх використання може вимагати більшого простору.

Загалом, вибір між мікроконтролерами, мікрокомп'ютерами та програмованими системами на чіпі залежить від вимог та характеристик конкретного проекту, включаючи потужність, функціональність, вартість, енергоефективність та розмір.

Для подальшого дослідження я зупинився на Arduino Uno з мікроконтролерів,Raspberry Pi 4 з мікрокомп’ютерів та PSoC 5LP **з** програмованих систем на чіпі.

Arduino Uno

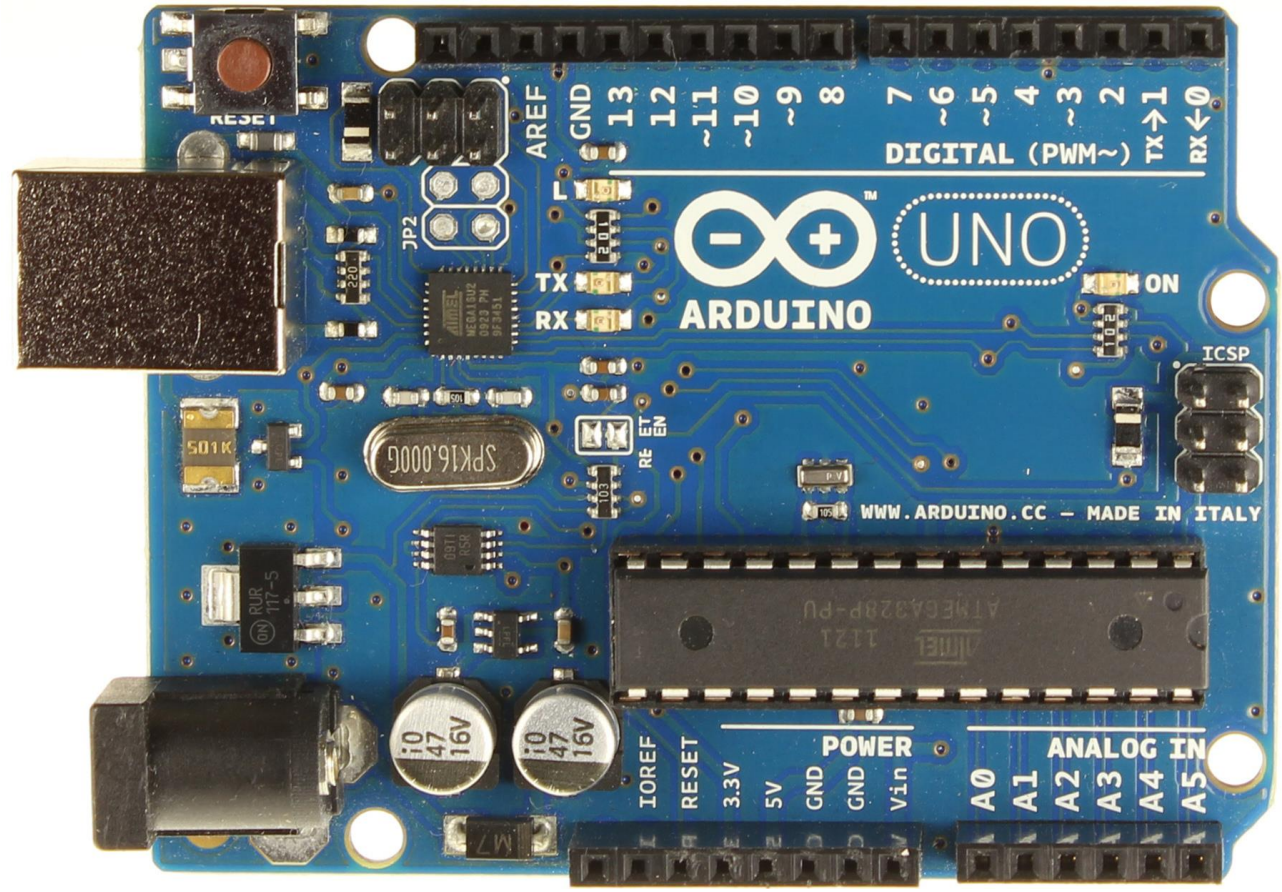

Рисунок 1: Вигляд Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 є однією з найпопулярніших та широко використовуваних плат Arduino для розробки проектів. Вона базується на мікроконтролері ATmega328P від Microchip (раніше відомого як Atmel), і пропонує простий у використанні та доступний спосіб створення різноманітних електронних пристроїв.

- Мікроконтролер: Використовує мікроконтролер ATmega328P з тактовою частотою 16 МГц, що надає достатньо обчислювальних можливостей для багатьох проектів.
- Введення-виведення (I/O): Має 14 цифрових вхідно-вихідних портів, серед яких 6 можуть використовуватись як широкофункціональні PWM виходи, і 6 аналогових вхідних портів.
- Пам'ять: Має 32 Кб флеш-пам'яті для зберігання програмного коду, 2 Кб ОЗУ для зберігання змінних та 1 Кб EEPROM для зберігання даних.
- Інтерфейси: Включає USB-порт для підключення до комп'ютера та програмування, а також має вбудований UART (серійний порт), I2C та SPI для зв'язку з іншими пристроями.
- Середовище розробки: Використовує Arduino IDE - безкоштовне середовище програмування, яке надає простий інтерфейс для написання програм, завантаження їх на плату та керування проектами.
- Розширення: Має 14 контактів для підключення додаткових модулів та сенсорів за допомогою штиревих з'єднань

Плати сімейства Arduino вважаються популярними не в останню чергу завдяки своїй простості та доступності. Їх використовують як початківці у сфері створення проектів на мікроконтролерах,так і бувалі програмісти для виконання завдань різної важкості.

Raspberry Pi 4

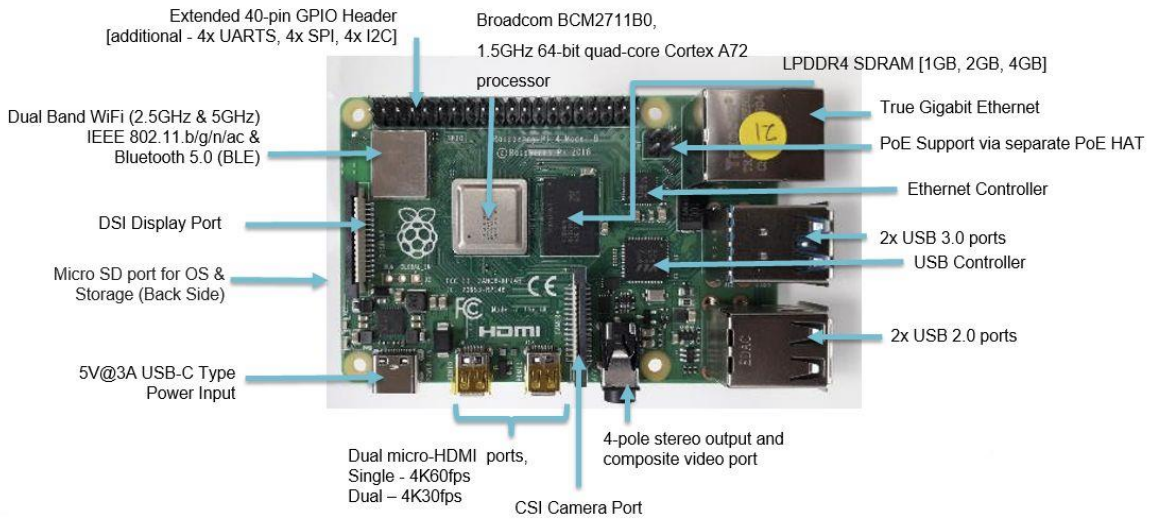

Рисунок 2: Вигляд плати Raspberry Pi 4

Raspberry Pi 4 є потужним одноплатним комп'ютером, який здатний виконувати широкий спектр завдань і став дуже популярним у спільноті ентузіастів, розробників та громадськості. Основні характеристики Raspberry Pi 4 включають наступне:

- Процесор: Raspberry Pi 4 має 64-бітний чотирьохядерний процесор ARM Cortex-A72 з тактовою частотою 1,5 ГГц, що надає значну обчислювальну потужність порівняно з попередніми моделями Raspberry Pi.
- Пам'ять: Є варіанти з 2, 4 або 8 ГБ оперативної пам'яті LPDDR4, що дозволяє запускати вимогливі програми та багатозадачні завдання.
- Введення-виведення (I/O): Raspberry Pi 4 має чотири USB 2.0 порти та два USB 3.0 порти для підключення зовнішніх пристроїв, HDMI-вихід для підключення монітора або телевізора, Ethernet-порт, Wi-Fi та Bluetooth для бездротового зв'язку, а також роз'єм GPIO для підключення різноманітних сенсорів та периферійних пристроїв.

- Графічний процесор: Raspberry Pi 4 має вбудований графічний процесор VideoCore VI, що підтримує відеовідтворення у високому роздільності (4K) і графічні можливості.
- Операційна система: Raspberry Pi 4 підтримує різноманітні операційні системи, включаючи Raspbian (рекомендована офіційна операційна система), Ubuntu, Kali Linux та інші. Це дає користувачам широкі можливості для використання різних програм та розробки проектів.
- Розширення: Raspberry Pi 4 має роз'єм для карт пам'яті MicroSD, яка використовується для завантаження операційної системи та збереження даних. Також доступні роз'єми для підключення камери, дисплея та інших модулів розширення, що розширюють можливості пристрою.

Raspberry Pi 4 є потужним і гнучким рішенням для багатьох застосувань, включаючи домашні проекти, розробку програмного забезпечення, сервери, медіацентри, системи контролю та моніторингу, розробку Інтернету речей (IoT) та багато іншого. Його комбінація низької вартості, розширюваності та сильних обчислювальних можливостей зробила Raspberry Pi 4 популярним вибором серед розробників та ентузіастів з усього світу.

PSoC 5LP

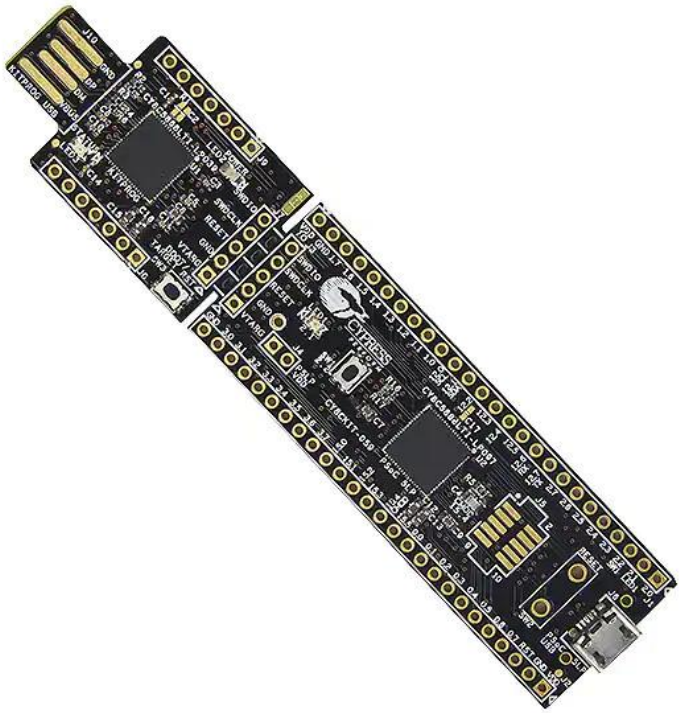

Рисунок 3: Вигляд PSoC 5LP

PSoC 5LP (Programmable System-on-Chip) є серією мікроконтролерів, розроблених компанією Cypress Semiconductor (закупованою компанією Infineon Technologies AG у 2020 році). Ці мікроконтролери відрізняються своєю гнучкістю та можливостями програмування, що дозволяють розробникам легко налаштовувати та налагоджувати функціональні блоки для виконання різних завдань.

Основні характеристики PSoC 5LP:

- Архітектура: PSoC 5LP базується на 32-бітному ARM Cortex-M3 ядрі, яке надає високу продуктивність та ефективність виконання операцій.

- Функціональність: PSoC 5LP має широкий набір функціональних блоків, включаючи цифрові і аналогові блоки, таймери, засоби комунікації (UART, I2C, SPI), програмовані логічні блоки (PLD), DMA-контролери та інші, які можуть бути налаштовані та з'єднані для виконання конкретних завдань.
- Інтеграція: PSoC 5LP поєднує в собі функціональні блоки цифрових, аналогових та програмованих логічних компонентів на одному чипі. Це дозволяє розробникам максимально використовувати наявні можливості, знижуючи вартість та складність системи.
- Програмування: PSoC 5LP може бути програмований за допомогою різних середовищ розробки, таких як PSoC Creator, Arduino IDE та інші. Це надає розробникам гнучкість у виборі середовища та мови програмування для реалізації їхніх ідей.
- Низьке споживання енергії: PSoC 5LP має вбудовану функцію керування енергією,що дозволяє знизити споживання енергії в різних режимах роботи, що робить його ідеальним вибором для застосувань, де важлива енергоефективність.

PSoC 5LP є потужним і гнучким рішенням для різних застосувань, включаючи електроніку споживчих товарів, автоматизацію, системи контролю, медичні пристрої, інтелектуальні сенсорні системи та багато іншого. Його гнучкість, інтеграція та зручність програмування роблять його популярним серед розробників та ентузіастів у всьому світі.

Порівняння описаних плат

Зважаючи на описані вище плати - Arduino Uno R3, Raspberry Pi 4 і PSoC 5LP, можна зробити наступні порівняння:

Функціональність:

- Arduino Uno R3: Ця плата має просту архітектуру, обмежені введення-виведення (I/O) та базовий набір функціональних блоків, таких як аналогові та цифрові входи-виходи, PWM (ШІМ) та UART. Вона спроектована для простих проектів, використовується зазвичай для навчання та початкового рівня розробки.

- Raspberry Pi 4: Ця плата має потужний процесор, широкий набір введення-виведення (I/O) та підтримку різноманітних операційних систем. Вона призначена для багатофункціональних проектів, таких як медіацентри, сервери, Інтернет речей (IoT), розробка програмного забезпечення тощо.

- PSoC 5LP: Ця плата має гнучку архітектуру з великим набором програмованих функціональних блоків, таких як цифрові та аналогові блоки, таймери, засоби комунікації тощо. Вона призначена для завдань, які вимагають гнучкості та налаштовування функціональних блоків.

Вартість:

- Arduino Uno R3: Ця плата є досить доступною з точки зору вартості. Вона є популярним вибором серед студентів, початківців та людей, які шукають бюджетний варіант для своїх проектів.

- Raspberry Pi 4: Ця плата трохи дорожча порівняно з Arduino Uno R3, але все ще доступна для більшості розробників та ентузіастів. Її вартість виправдовується більшими можливостями та потужністю.

- PSoC 5LP: Ця плата також має свою вартість, яка може варіюватися залежно від моделі та характеристик. Вона є дещо дорожчою, порівняно з Arduino Uno R3, але це компенсується більшим набором функціональних блоків та гнучкістю.

Застосування:

Arduino Uno R3:

- Домашні проекти: Arduino Uno R3 використовується для створення різноманітних домашніх проектів, таких як автоматизація освітлення, системи безпеки, контрольний пристрій для рослин тощо.
- Робототехніка: Arduino Uno R3 може бути використаний для створення простих роботів та прототипів робототехнічних проектів, що дозволяє експериментувати з рухом, сенсорами та програмуванням.
- Електроніка та навчання: Arduino Uno R3 використовується в освітніх цілях для введення у світ електроніки та програмування, дозволяючи студентам навчитися основам та створити прості проекти.

Raspberry Pi 4:

- Медіацентри: Raspberry Pi 4 може бути використаний для створення медіацентрів, що дозволяє потокове відтворення відео, музики та інших мультимедійних вмісту.

- Сервери: Raspberry Pi 4 може бути використаний як мініатюрний сервер для веб-сайтів, хмарних послуг, файлових серверів тощо.
- Інтернет речей (IoT): Raspberry Pi 4 дозволяє створювати проекти з підключенням до Інтернету, такі як системи контролю в домашньому середовищі, моніторингові системи тощо.

PSoC 5LP:

- Автоматизація: PSoC 5LP може бути використаний для створення систем автоматизації, які контролюють і керують різними пристроями та процесами.
- Медична техніка: PSoC 5LP може бути використаний для розробки медичних пристроїв, таких як вимірювачі пульсу, реабілітаційні пристрої тощо.
- Системи контролю: PSoC 5LP дозволяє створювати системи контролю, що моніторять та реагують на різні параметри, наприклад, температуру, вологість тощо.

Розділ 2. **“Середовища програмування. Особливості,відмінності та специфіка застосування”**

Arduino IDE (Integrated Development Environment) є офіційним середовищем програмування для платформи Arduino. Воно є безкоштовним та доступним для завантаження з офіційного веб-сайту Arduino.

Arduino IDE спеціально розроблено для спрощення процесу програмування мікроконтролерів Arduino. Воно пропонує простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що робить його доступним навіть для початківців.

Основні особливості Arduino IDE:

1. Редактор коду: Arduino IDE має вбудований редактор коду, в якому можна писати програми для Arduino. Він підтримує кольорове виділення синтаксису та автодоповнення, що полегшує написання коду.

2. Завантаження коду: Arduino IDE надає можливість збирати та завантажувати програмний код безпосередньо на плату Arduino. Просто підключіть Arduino до комп'ютера за допомогою USB-кабелю, виберіть правильний порт та модель плати, а потім натисніть кнопку "Завантажити".

3. Бібліотеки: Arduino IDE має широкий вибір вбудованих бібліотек, які дозволяють легко взаємодіяти з різними пристроями та модулями. можна швидко підключати й керувати датчиками, актуаторами, дисплеями та багатьма іншими пристроями без необхідності писати код з нуля.

4. Серійний монітор: Arduino IDE має вбудований серійний монітор, що дозволяє відстежувати вивід інформації з плати Arduino. Це корисний інструмент для налагодження та перевірки працездатності програм.

5. Підтримка різних платформ: Arduino IDE підтримує не тільки Arduino Uno, але й інші моделі та платформи Arduino, такі як Arduino Mega, Arduino Nano, Arduino Due та багато інших. Можна вибрати правильну плату з випадаючого меню та налаштувати параметри проекту під цю плату.

PSoC Creator є інтегрованим середовищем розробки (IDE) для мікроконтролерів PSoC (Programmable System-on-Chip) від компанії Cypress Semiconductor. Воно спеціально розроблене для полегшення розробки програмного забезпечення для PSoC та надає розширені можливості для програмування та налаштування функціональних блоків.

Основні особливості PSoC Creator:

1. Візуальне програмування: PSoC Creator пропонує візуальне середовище програмування, що дозволяє розробникам створювати програмне забезпечення для PSoC шляхом перетягування та розміщення функціональних блоків на графічній схемі. Це дозволяє швидко створювати та налаштовувати периферійні пристрої та функціональні блоки без необхідності писати код з нуля.

2. Конфігурування функціональних блоків: PSoC Creator надає можливість налаштування функціональних блоків PSoC з використанням графічного інтерфейсу. Розробники можуть вибирати різні опції та налаштування для периферійних пристроїв, вводу-виводу, таймерів, зв'язку та інших функціональних блоків.

3. Вбудовані компоненти та бібліотеки: PSoC Creator поставляється з великою кількістю вбудованих компонентів та бібліотек, які можна використовувати для

реалізації різних функцій. Це включає в себе компоненти для звукового виведення, комунікації через UART, I2C, SPI, USB, аналогового введення-виведення та багато інших.

4. Відладка та налагодження: PSoC Creator надає інструменти для відладки та налагодження програмного коду. Розробники можуть встановлювати точки зупинки, відстежувати значення змінних, виводити повідомлення та аналізувати роботу програми для виявлення помилок та оптимізації роботи.

5. Інтеграція з іншими інструментами: PSoC Creator підтримує інтеграцію з іншими популярними інструментами розробки, такими як Eclipse та ARM GCC. Це дозволяє розробникам використовувати їх улюблені інструменти та розширювати можливості PSoC Creator.

PSoC Creator є потужним інструментом для розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів PSoC. Він дозволяє розробникам швидко та ефективно реалізувати свої ідеї, використовуючи широкий спектр функціональних блоків та зручні інструменти розробки.

Опис середовища програмування для Raspberry Pi 4 було пропущено,оскільки програмування даної плати відбувається у середовищах класичного програмування (Visual Studio чи Eclipse),а також мовою Python.

Програмування Raspberry Pi 4 з використанням мови C++ вимагає встановлення необхідних засобів розробки та налаштування середовища програмування. Ось основні кроки для програмування Raspberry Pi 4 з використанням мови C++:

1. Встановлення операційної системи: Спочатку потрібно встановити операційну систему на Raspberry Pi 4. Рекомендовано використовувати операційну систему Raspbian, яка є офіційною операційною системою для Raspberry Pi.Її можна завантажити прямо з офіційного сайту і після цього встановити на SD-карту плати.

2. Налаштування засобів розробки: Після встановлення операційної системи вам потрібно налаштувати засоби розробки для програмування мовою C++. Це включає в себе встановлення компілятора C++, такого як g++, та необхідних бібліотек для роботи з GPIO та іншими периферійними пристроями Raspberry Pi.

3. Написання програми: Після налаштування засобів розробки можна почати писати програми мовою C++ для Raspberry Pi 4. Для цього можна використовувати будь-яке середовище,якщо виконано пункт 2. Код можна зберегти з розширенням .cpp або .cc.

4. Використання бібліотек: Для взаємодії з периферійними пристроями Raspberry Pi 4, такими як GPIO, SPI, I2C, потрібно використовувати відповідні бібліотеки. Наприклад, для роботи з GPIO можна використовувати бібліотеку WiringPi.

5. Компіляція та виконання програми: Після написання програмного коду потрібно скомпілювати його за допомогою компілятора C++. Для цього використовуйте команду g++ з необхідними параметрами, такими як ім'я вхідного файлу та ім'я вихідного файлу. Після компіляції можна запустити виконуваний файл і перевірити результати.

Висновки:

У ході цієї курсової було розглянуто декілька плат,як представників свого типу вбудованих систем, серед яких Arduino Uno R3, Raspberry Pi 4 і PSoC 5LP. Розглянули їх основні характеристики та можливості. Arduino Uno R3 є популярною платою серед аматорів для домашніх проектів, Raspberry Pi 4 використовується як повноцінний одноплатний комп'ютер для широкого спектру застосувань, а PSoC 5LP має широкі можливості програмування та налаштування функціональних блоків.

Ми також розглянули різні середовища програмування, які можна використовувати для цих плат, такі як Arduino IDE для Arduino Uno R3, PSoC Creator для PSoC 5LP та можливості програмування Raspberry Pi 4 з використанням мови C++.

Крім того, ми обговорили різні використання для цих плат, навели приклади проектів та розглянули, як можна порівняти виконання завдань на цих платах.

Усі ці плати мають свої переваги та застосування в залежності від потреб розробника. Arduino Uno R3 підходить для швидкого розпочатку роботи та простих проектів, Raspberry Pi 4 надає більшу обчислювальну потужність та можливості для розробки повноцінних програм, а PSoC 5LP дозволяє гнучко програмувати та налаштовувати функціональні блоки з використанням графічного інтерфейсу.

В цілому, вибір плати залежить від конкретних потреб та проекту, і кожна з них має свої особливості та переваги. Важливо обирати плату, що найкраще відповідає вимогам та дозволяє зручно реалізувати поставлені завдання.

Використана література:

https://www.raspberrypi.org/blog/

https://www.sparkfun.com/news/tags/raspberry-pi

https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno

https://www.tutorialspoint.com/arduino/index.htm

https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-PSOC_5LP_Product_Overview-ProductBrief-v01_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7d0d8da4017d0f659b2b528b

https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-PSoC_Creator_User_Guide-UserManual-v15_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7ddc01d7017ddd0a1f485c96