

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Програмування вбудованих систем

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ
ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
172 „ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА”
УСІХ ФОРМ НАВЧАННЯ



Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри БРАС
Протокол № 12 від 29.05.2020

ЧЕРНІГІВ ЧНТУ 2020

Методичні вказівки до виконання курсової роботи

Програмування вбудованих систем. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту для студентів спеціальності 172 „Телекомунікації та радіотехніка” усіх форм навчання. – Чернігів: ЧНТУ, 2020 . – 19 с.

Укладач: ХОМЕНКО МАКСИМ АНАТОЛІЙОВИЧ, кандидат технічних наук,
доцент
ВЕЛІГОРСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ, кандидат технічних
наук, доцент

Відповідальний за випуск – ІВАНЕЦЬ СЕРГІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ, кандидат
технічних наук, доцент, директор інституту електронних та
інформаційних технологій

Рецензент – к.ф.-м.н., доцент НІКИТЕНКО ЄВГЕНІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, доцент
кафедри інформаційних та комп’ютерних систем
Чернігівського національного технологічного університету

Зміст

Перелік скорочень.....	4
Вступ.....	5
1 Порядок виконання курсового проєкту	6
2 Склад курсового проєкту	10
2.1 Початкові частини курсового проєкту	10
2.2 Аналітичний огляд джерел	11
2.3 Опис схем електричних структурної та принципової.....	11
2.4 Архітектура вбудованого програмного забезпечення	12
2.5 Конфігурація апаратних та програмних засобів МК	12
2.6 Опис схеми програми	12
2.7 Експериментальна частина та відлагодження	13
2.8 Завершальні частини курсового проєкту	13
3 Критерії оцінок за курсовий проєкт.....	14
Додатки	16
Додаток А – Приклад виконання титульного аркушу.....	16
Додаток Б – Типові варіанти завдань до курсового проєкту.....	17
Перелік посилань.....	19
Інформаційні ресурси	19

Перелік скорочень

IDE	–	Integrated development environment.
LCD	–	Liquid crystal display.
LED	–	Light emission diode.
MS	–	Microsoft.
MVP	–	Minimum Viable Product.
SVN	–	Subversion.
UART	–	Universal asynchronous receiver/transmitter.
АЦП	–	аналогово-цифровий перетворювач.
ВС	–	вбудовані системи..
ДСТУ	–	державний стандарт України.
КП	–	курсний проект.
МК	–	мікроконтролер.
ОСРЧ	–	операційна система реального часу.
ПЗ	–	програмне забезпечення.
ПК	–	персональний комп'ютер.
РА	–	радіоелектронні апарати.
РЕА	–	радіоелектронна апаратура.
САПР	–	система автоматизованого проектування.
СКЗ	–	середньоквадратичне значення.

Вступ

Навчальна дисципліна «Програмування вбудованих систем» входить до нормативних професійно-орієнтованих дисциплін навчального плану підготовки магістрів зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», й є однією з дисциплін мікропроцесорного напрямку, спрямованих на формування низки компетенцій з розробки програмного забезпечення апаратно-програмних пристроїв та систем телекомунікацій та радіотехніки.

Предметом курсу є принципи побудови програмного забезпечення вбудованих систем різноманітного призначення. Дисципліна «Програмування вбудованих систем» є однією з базових дисциплін для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», знання, отримані під час її вивчення є базою для вивчення низки вибіркових дисциплін та написання випускної роботи магістра.

Одним з видів підсумкового контролю вивчення зазначеної дисципліни є курсовий проєкт, метою якого є розробка та відлагодження складного вбудованого програмного забезпечення телекомунікаційних або радіотехнічних пристроїв та систем, виконаного на базі певної програмної архітектури, а також вибір та обґрунтування відповідного апаратного забезпечення.

Для успішного опанування матеріалу дисципліни «Програмування вбудованих систем» необхідні знання бакалаврських дисциплін, що формують компетенції з розробки програмного забезпечення на мові C, зокрема, таких як «Комп'ютерно-програмні засоби в інженерії», «Структури даних», «Мікропроцесорні системи в РЕА», тощо. Всі перелічені вище дисципліни або їх аналоги з інших освітніх програм є базовими для вивчення освітнього компоненту – курсовий проєкт з дисципліни «Програмування вбудованих систем». Знання, отримані в лекційній частині курсу дозволять студенту знати основні типи та можливості високопродуктивних мікроконтролерів, вміти розробляти програмне забезпечення вбудованих систем на базі певних розповсюджених програмних архітектур, таких як суперцикл, суперцикл з перериваннями, автомат з прапорцями, диспетчер задач та операційна система реального часу (ОСРЧ).

Згідно до вимог магістерської освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка», дисципліна «Програмування вбудованих систем» є базовою для вивчення таких вибіркових дисциплін, як «Архітектура сучасних процесорів», «Системне програмне забезпечення вбудованих систем». Набуті знання та вміння також використовуються під час написання кваліфікаційної роботи магістра.

В методичних вказівках міститься інформація щодо змісту та правил оформлення кожної частини курсового проєкту, порядку подання виконаного проєкту на кафедру та його захисту. Крім того, наведено критерії оцінювання.

Дотримання рекомендацій, наведених в методичних вказівках дозволить суттєво полегшити виконання курсового проєкту, уникнути багатьох помилок і в підсумку – підвищити якість отриманих знань та умінь.

1 Порядок виконання курсового проєкту

Робота над курсовим проєктом (КП) розпочинається з першого тижня семестру. Перше завдання, яке потрібно виконати студенту – обрати тематику курсового проєкту. Тематика загалом визначає призначення програмного забезпечення, яке розробляється в курсовому проєкті, основні вимоги до апаратного забезпечення, зокрема – підтримку тих чи інших інтерфейсів зв'язку, вимірювання певних фізичних величин, інформаційні моделі для відображення інформації, тощо. В більшості випадків тематика проєкту обумовлює використання заздалегідь визначеного типу елементної бази – того чи іншого типу мікроконтролера, сигнального процесора, сенсорів, елементів індикації (в основному такі випадки пов'язані з технічними завданнями, сформованими у співпраці з реальними замовниками – підприємствами або організаціями), хоча в певних випадках вибір елементної бази не залежить від тематики і обирається студентом після затвердження технічного завдання. Як правило, до тематики курсового проєкту з дисципліни «Програмування вбудованих систем» відносять:

- радіопередавальні та радіоприймальні пристрої;
- підсилювальні пристрої;
- радіоелектронні пристрої керування;
- пристрої відображення інформації;
- пристрої обробки сигналу з датчиків;
- пристрої обмеження доступу до приміщень та сигналізації;
- пристрої біомедичної електроніки.

Тематика курсового проєкту може бути обрана студентом самостійно, або ж зі списку, запропонованого викладачем (наведено в додатку Б). У випадку, якщо студент самостійно обирає тематику, то *до кінця другого тижню семестру* він повинен узгодити його з викладачем. В якості тематики можуть бути обрані реальні задачі, подані на кафедру з підприємств або установ, з якими укладені договори про співпрацю, або ж сформовані кафедрою для власних потреб. В такому випадку, як правило, крім виконання пояснювальної записки необхідно також продемонструвати працездатність розробленого програмного забезпечення на наявних на кафедрі відлагоджувальних мікропроцесорних засобах, макетних платах або реальних виробач. Складність завдання для таких курсових проєктів може бути обговорена окремо.

На протязі третього тижня (у випадку самостійного вибору тематики студентом) чи другого тижня (коли студент обирає тематику, запропоновану викладачем) узгоджується технічне завдання, яке містить основні параметри, яким повинно задовольняти програмне забезпечення, що розробляється в курсовому проєкті. До технічного завдання, як правило, вносять, архітектуру програми, яку потрібно застосувати для вирішення задачі, параметри апаратної частини (такі як точність вимірювань, інтерфейси підключення, режими відображення інформації, тощо), рекомендоване до використання обладнання. У випадку, якщо в курсовий проєкт входить також виготовлення

експериментального зразку, в технічному завданні робиться відповідна відмітка – «Обов'язкова демонстрація експериментального зразку». Після узгодження технічного завдання студент роздруковує його та подає на підпис викладачу. Підписи викладача і студента на листі технічного завдання з проставленими датами є ознакою затвердження завдання. Завдання повинно бути затверджене не пізніше третього тижня від початку семестру.

Наступний етап виконання курсового проєкту – **аналітичний огляд джерел**. Під час цього етапу студент аналізує технічне завдання, та виконує огляд та вибір (у випадках, якщо вони не визначені технічним завданням) апаратних складових проєкту (мікроконтролера або сигнального процесора, інших мікросхем, зокрема, сенсорів, інтерфейсів, елементів індикації, тощо), здійснює пошук необхідних програмних бібліотек (за їх наявності). Під час аналітичного огляду джерел студент повинен зрозуміти, на якій елементній базі може бути побудований пристрій (8- або 32-бітні контролери, сигнальні процесори), враховуючи його складність, вимоги щодо швидкодії, апаратну підтримку інтерфейсів, кількість портів загального призначення, тощо, основні переваги та недоліки знайдених рішень. Студент повинен проаналізувати різноманітні рішення з точки зору забезпечення закладених в технічному завданні показників.

По завершенню аналітичного огляду студент визначає структуру пристрою, що буде розроблятися та виконує **схему електричну структурну**, або ж **схему електричну функційну**. На цій схемі повинні бути розміщені всі основні блоки (або вказані функції), з яких складається пристрій, та показані зв'язки між ними з напрямком руху сигналів, їх видом (аналогові/цифрові), та кількістю.

По завершенню формування структурної схеми необхідно приступати до вибору елементної бази та розробки **схеми електричної принципової**. Слід відзначити, що як правило, в даному курсовому проєкті розробка схеми електричної принципової не є основною задачею, і її складність як правило не є високою, однак, до неї обов'язково входять мікроконтролер або сигнальний процесор, для якого розробляється програмне забезпечення, необхідні для його роботи елементи (такі як тактові генератори, розв'язуючі конденсатори по живленню, елементи конфігурації, завантаження та відлагодження програмного забезпечення), а також необхідні датчики та елементи індикації. Рекомендується для розробки схеми електричної принципової використовувати навички, здобуті під час курсових проєктів з дисциплін «Сучасні САПР РЕА» та «Схемотехніка РЕА» бакалаврської програми, або ж дисципліни з інших освітніх програм, що формують подібні компетенції.

Наступним і основним етапом йде **розробка програмного забезпечення**, яка поділяється на побудову схеми програми, написання коду та його відлагодження. При розробці програмного забезпечення рекомендується використовувати підхід *Agile*, коли вся задача розбивається на окремі короткі під-задачі (спринти), на виході кожного з яких функціонал програмного продукту поступово ускладнюється. Наприклад, спочатку планується загальна структура програмного продукту, потім розробляється реалізація підключення

датчику, після чого – взаємодія з користувачем за допомогою клавіатури, за якою слідуватиме відображення даних на індикаторі та впровадження певного інтерфейсу зв'язку з іншим пристроєм. Таким чином, досягається рівень MVP (від англ. *Minimum Viable Product* – мінімально життєздатний продукт), коли всі задачі технічного завдання виконані. Варто відзначити, що сам по собі етап розробки програмного забезпечення складається з кількох етапів, таких як конфігурація апаратних та програмних модулів контролера (у випадку використання мікроконтролерів STM32 для цього рекомендується використовувати програмне забезпечення CubeMX), розробка схеми програми, підключення бібліотек, розробка необхідних функцій, а у випадку використання ОСРЧ – задач, потоків та інших складових ОСРЧ. Варто відзначити, що для роботи над програмною частиною проєкту рекомендується використовувати системи контролю версій (SVN або Git), що значно спрощує розробку та подальшу корекцію розробленого програмного забезпечення.

Як було зазначено вище, одночасно з написанням коду відбувається його **відлагодження**, для чого студент може використовувати відлагоджувальні засоби, які наявні на кафедрі, в підприємствах або організаціях, для яких виконується даний проєкт, можливості віддаленої роботи в лабораторії «Мікропроцесорних та вбудованих систем» кафедри, або ж інше реальне радіоелектронне обладнання.

Фінальним етапом виконання курсового проєкту є підготовка документації – **оформлення пояснювальної записки та подача курсового проєкту на перевірку**. Повністю оформлена, підшита й підписана пояснювальна записка повинна бути подана керівнику проєкту не пізніше ніж за тиждень до початку залікового тижня, а код та пояснювальна записка – завантажені у відповідні завдання на сторінці курсового проєкту на порталі дистанційного навчання ЧНТУ [10]. Оформлення курсового проєкту повинно відповідати вимогам стандарту ДСТУ 3008-95. «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».

Захист курсового проєкту як правило відбувається на заліковому тижні у день встановлений комісією кафедри. В окремих випадках, курсовий проєкт може захищатися перед екзаменом. До дня захисту керівник та члени комісії ознайомлюються з пояснювальною запискою, встановлюють її рівень, обґрунтованість та доцільність запропонованих студентом рішень, працездатність програмного продукту, тощо. Працездатність розробленого пристрою (в першу чергу його програмної частини) має бути продемонстрована під час захисту курсового проєкту з використанням розробленого макету або налагоджувального стенду з елементами, що імітують роботу решти схеми. В окремих випадках як доказ працездатності розробленого програмного забезпечення, можуть бути продемонстровані відеозаписи (зокрема, якщо програмне забезпечення розроблялося на замовлення підприємств або організацій). Як правило, під час захисту студент задаються питання на розуміння виконаної роботи та її подальшого розвитку, масштабування, тощо, для того, щоб оцінити повноту знань студента з дисципліни, самостійність виконання роботи. За результатами захисту в залікову книжку та відомість

виставляється підсумкова оцінка. Критерії оцінки за курсовий проєкт наведені в розділі 3 даних методичних вказівок.

Пам'ятайте, що однією з основних вимог виконання курсового проєкту є самостійність виконання і відсутність плагіату (всі курсові проєкти завантажуються в систему дистанційного навчання університету та проходять перевірку на плагіат). У випадку, якщо студент обрав тематику самостійно, або ж отримав її від викладача, і подав до захисту проєкт, який має програмний продукт, що повністю (або в більшій мірі) співпадає з вже відомими (виконаними раніше іншими студентами, розміщеними в мережі Інтернет, інших джерелах), то такий проєкт до захисту не приймається, студенту виставляється оцінка «незадовільно», і викладачем видається нове завдання.

2 Склад курсового проекту

Курсовий проект складається з пояснювальної записки та програмного коду, виконаного в спеціалізованій IDE (наприклад, Atollic True Studio, System Workbench, або STM32CubeIDE).

Структура типової пояснювальної записки до КП наведена нижче:

Титульний аркуш встановленого зразку

Технічне завдання

Список скорочень (за наявності скорочень)

Вступ

1 Аналітичний огляд джерел

2 Опис схем електричних структурної та принципової

3 Архітектура вбудованого програмного забезпечення

4 Конфігурація апаратних та програмних засобів МК

5 Опис схеми програми

6 Експериментальна частина та відлагодження

Висновки

Перелік джерел

Додатки

Додаток А – Схема електрична структурна

Додаток Б – Схема електрична принципова

Додаток В – Схема програми

Додаток Г – Код програми

2.1 Початкові частини курсового проекту

Детальна інформація щодо змісту зазначених частин наведена нижче.

Титульний аркуш встановленого зразку. Наведений в додатку А методичних вказівок, містить назву приладу, що розробляється, прізвище та групу студента, що виконав курсовий проект, та його підпис. Курсовий проект без підпису студента не може бути прийнятий для перевірки!

Технічне завдання. Містить всі основні параметри радіоелектронного пристрою, що розробляється. Приклад технічного завдання на курсовий проект:

Розробити радіоелектронний пристрій	.....	вимірювач вібрації
з наступними характеристиками:		
Параметр, що вимірюється	.....	прискорення
.....		
Діапазон частот	.....	20 Гц – 20 кГц
Виведення інформації	.....	7-сегментний LED інд.
Архітектура вбудованого ПЗ	.....	ОСРЧ FreeRTOS
Режими відображення	.....	Максимальне, мінімальне
.....		прискорення (та вісь),
.....		повний вектор прискор.

У випадку, якщо в курсовий проєкт входить також виготовлення експериментального зразку, в технічному завданні робиться відповідна відмітка – «Обов'язкова демонстрація експериментального зразку». На листі технічного завдання обов'язково повинні бути вказані дата видачі завдання, підписи студента і викладача.

Список скорочень містить скорочення, які використовуються по тексту курсового проєкту, та їх розшифрування. Всі скорочення повинні розміщуватись за абеткою, спочатку – скорочення латиницею, потім – кирилицею. У випадку відсутності скорочень по тексту даний розділ не використовується.

Вступ. У вступі розкриваються мета й цілі розробки, вказується призначення пристрою, який розробляється в проєкті, його особливості. Обсяг розділу – 1-2 сторінки.

2.2 Аналітичний огляд джерел

Основні задачі, що вирішуються в розділі «Аналітичний огляд джерел», наступні:

- аналіз технічного завдання;
- розгляд апаратних компонентів, що будуть задіяні у реалізації курсового проєкту, їх параметрів, інтерфейсів та схеми підключення;
- необхідне математичне обґрунтування, наприклад, пов'язане з частотою сигналу, що вимірюється та частотою дискретизації АЦП мікроконтролера, або формули для розрахунку середньоквадратичного значення сигналу по окремих вибірках, тощо.

Обсяг розділу повинен складати 5-10 сторінок.

2.3 Опис схем електричних структурної та принципової

Даний розділ містить схему електричну структурну/функційну (або ж посилання на відповідний додаток), та її повний опис, включаючи призначення кожного структурного/функційного блоку, їх взаємодію між собою, напрям передачі та типи сигналів (аналогові чи цифрові), які передаються між блоками, їх кількість. Також даний розділ містить посилання на схему електричну принципову в додатку, та наводиться її повний опис. Він повинен включати призначення **кожного** елемента (з посиланням на позиційне позначення), особливості його схеми включення, наприклад: «*Тактування мікроконтролеру DD1 відбувається за допомогою зовнішніх елементів – кварцового резонатору ZQ1 частотою 16 МГц та двох керамічних конденсаторів C1 та C2 ємністю 30 нФ*».

В розділі повинно бути вказано, чи типовим є дане включення, чи є модифікацією автора курсового проєкту, наприклад, «*Конденсатори C2, C3 розміщені у відповідності до типової схеми включення мікросхеми акселерометру DD2 [посилання на фірмову документацію] й встановлюють частоту зрізу вбудованого фільтру низьких частот*».

Обсяг розділу, як правило, складає 2-4 сторінки.

2.4 Архітектура вбудованого програмного забезпечення

Даний розділ курсового проєкту містить аналіз архітектури вбудованого програмного забезпечення мікроконтролеру або сигнального процесору, яке буде застосовуватися, його переваги та недоліки, а також особливості використання в даному курсовому проєкті.

Обсяг розділу, як правило, складає 2-3 сторінки.

2.5 Конфігурація апаратних та програмних засобів МК

В даному розділі наводяться параметри та опис задіяних в мікроконтролері апаратних та програмних компонентів (виводів введення-виведення, інтерфейсів, Middleware, тощо). У випадку, якщо в курсовому проєкті використовується мікроконтролер виробництва STM, в розділі наводяться основні графічні копії екрану програмного забезпечення CubeMX, де виконується початкове налаштування апаратних та програмних компонентів мікроконтролерів STM. Рекомендується виконувати також короткий текстовий опис задіяних складових, наприклад: *«На рис. 2 показано вікно налаштування інтерфейсу USART1 мікроконтролеру, який використовується для з'єднання з модулем бездротового інтерфейсу Bluetooth. Для інтерфейсу USART1 встановлено швидкість передачі 115200 біт/с, довжина послідовності – 8 біт, з відсутністю контролю парності та одним стоп-бітом»*.

Орієнтовний обсяг розділу складає 3-5 сторінок.

2.6 Опис схеми програми

Даний розділ, як правило, є найбільшим за розміром, так як в ньому розглядається розроблене автором курсового проєкту програмне забезпечення. В першу чергу, варто описати загальну структуру ПЗ, наприклад, у випадку, якщо використовується ОСРЧ FreeRTOS – вказати кількість та призначення задач, черг, семафорів, м'ютексів, тощо, взаємодію між ними у розробленому ПЗ. Рекомендується під час опису програми робити посилання на схему програми та вказувати на особливості реалізації окремих її складових, наприклад: *«схема задачі вимірювання струму показана на рис. 5, вона складається з циклу for з кількістю ітерацій 6, яка відповідає кількості каналів виміру струму. Під час кожної ітерації за допомогою встановлення у високий рівень виводів МК PA0...PA5 активується кожен з датчиків струму, після чого сигнал з датчика переводиться з аналогового у цифровий вигляд вбудованим АЦП мікроконтролеру – канали 2...7, та після завершення вимірювання, за допомогою відповідної черги передається до задачі передачі вимірних значень по UART до ПК»*. За необхідністю, даний розділ може поділятися на підрозділи, в якості яких виступають окремі функції, задачі програмного забезпечення, тощо.

Орієнтовний обсяг розділу залежить від конкретної реалізації, та складає від 5 до 15 сторінок.

2.7 Експериментальна частина та відлагодження

Даний розділ містить результати експериментальної перевірки розробленого програмного забезпечення та його відлагодження, і може містити фотографії практичної реалізації (включаючи, різні режими роботи та індикації), графічні копії терміналу UART, у випадку його використання в проєкті, тощо.

Орієнтовний обсяг розділу складає 2-5 сторінок.

2.8 Завершальні частини курсового проєкту

Висновки. Наводяться висновки по виконаній роботі, вказується, чи були досягнуті цілі проєктування. Оцінюється ефективність запропонованого рішення, робляться висновки щодо можливого подальшого вдосконалення вбудованого програмного забезпечення пристрою.

Орієнтовний обсяг розділу – 1 сторінка.

Перелік джерел. Наводяться усі першоджерела (включаючи Інтернет-ресурси), які використовувались під час роботи над курсовим проєктом. Послідовність розміщення – за послідовністю використання в тексті пояснювальної записки або за алфавітом (спочатку латиниця, потім кирилиця). Рекомендується оформлювати посилання за текстом на джерела з переліку у вигляді вставки «перехресного посилання» (у випадку використання MS Word у якості текстового процесору для оформлення пояснювальної записки), що дозволить автоматизувати роботу з посиланнями у випадку їх зміни та додавання чи видалення.

Додатки. Обов'язкові додатки до курсового проєкту включають:

- схему електричну структурну або функційну (може розміщуватися також по ходу пояснювальної записки);
- схему електричну принципову;
- схему програми та окремих її складових (функцій, задач);
- код розробленого програмного забезпечення.

3 Критерії оцінок за курсовий проєкт

До основних критеріїв оцінювання курсового проєкту з дисципліни "Програмування вбудованих систем" відносяться:

Вимоги до розробленого **програмного забезпечення** (від 0 до 60 балів):

- обґрунтованість вибору основних вузлів та схемних рішень елементів пристрою (від 0 до 10 балів);
- обґрунтованість вибору основних алгоритмів та структур даних програми (від 0 до 15 балів);
- обґрунтованість аналізу результатів проєктування та технічного завдання (від 0 до 15 балів);
- працездатність коду (при програмуванні відлагоджувального стенду розроблена система або пристрій працюють відповідно до технічного завдання) - (від 0 до 20 балів).

Вимоги до оформлення **пояснювальної записки** (від 0 до 20 балів):

- акуратність та правильність оформлення пояснювальної записки (від 0 до 20 балів);

Вимоги до **захисту** курсового проєкту (від 0 до 20 балів):

- відповіді на запитання комісії (при захисті курсового проєкту студент вільно орієнтується в матеріалі, який відноситься до теми курсового проєкту, пакеті розробки та своїй записці, відповідає на запитання) - від 0 до 20 балів.

Оцінка відмінно (від 90 до 100 балів) виставляється, якщо проєкт виконаний в повному обсязі згідно технічного завдання. Мають місце:

- 1) обґрунтований вибір основних вузлів та схемних рішень елементів пристрою;
- 2) обґрунтований вибір основних алгоритмів та структур даних програми;
- 3) дано обґрунтований аналіз результатів проєктування та технічного завдання;
- 4) пояснювальна записка оформлена згідно з вимогами стандартів та акуратно;
- 5) при захисті курсового проєкту студент вільно орієнтується в матеріалі, який відноситься до теми курсового проєкту, пакеті розробки та своїй записці, відповідає на запитання.
- 6) при програмуванні відлагоджувального стенду розроблена система пристрій працює згідно технічного завдання.

Можлива присутність деяких недоліків у вигляді описок та дрібних помилок при відповідях на запитання.

Оцінка добре (від 75 до 89 балів) – виставляється, якщо курсовий проєкт виконаний в повному обсязі згідно технічного завдання. Мають місце:

- 1) обґрунтований вибір основних вузлів та схемних рішень елементів пристрою;

- 2) обґрунтований вибір не усіх основних алгоритмів та структур даних програми;
- 3) дано частковий аналіз результатів проектування та технічного завдання;
- 4) пояснювальна записка оформлена згідно з вимогами стандартів та в основному акуратно;
- 5) при захисті курсового проекту студент в основному орієнтується в матеріалі, який відноситься до теми курсового проекту, пакеті розробки та своїй записці, відповідає на більшу частину запитань;
- б) при програмуванні відлагоджувального стенду система працює згідно приведеного алгоритму, але з незначним погіршенням параметрів у порівнянні з завданням.

Можлива присутність недоліків у вигляді описок, помилок при розрахунках, які не впливають на працездатність системи та помилок при відповідях на запитання.

Оцінку задовільно (від 60 до 74 балів) – виставляється, якщо проект виконаний не в повному обсязі, але згідно технічного завдання. Мають місце:

- 1) необґрунтований вибір вузлів схеми або відсутність вибору взагалі;
- 2) не обґрунтовано вибір основних алгоритмів та структур даних програми або зроблено вочевидь неоптимальний вибір деяких алгоритмів та структур даних;
- 3) дано частковий аналіз результатів проектування чи зовсім відсутній;
- 4) пояснювальна записка оформлена в основному згідно вимог стандартів але з помилками та неакратно;
- 5) при захисті курсового проекту студент погано орієнтується в матеріалі який відноситься до теми курсового проекту, пакеті розробки та в своїй записці, відповідає на меншу частину запитань;
- б) при програмуванні відлагоджувального стенду система працює з незначними невідповідностями до заданого алгоритму та має місце незначне погіршення параметрів пристрою у порівнянні з завданням або деякі функції реалізовані частково.

Можлива присутність помилок при розрахунках, які впливають на працездатність схеми, студент допускає грубі помилки при відповідях на запитання.

Оцінка незадовільно (до 60 балів) – виставляється, якщо проект виконаний в неповному обсязі згідно технічного завдання, не згідно технічного завдання або зовсім не виконано. Мають місце:

- 1) непрацездатність пристрою при завантаженні у відлагоджувальний стенд, або код взагалі не компілюється без помилок;
- 2) взагалі відсутній опис алгоритмів, що використані у програмі;
- 3) необґрунтований вибір вузлів схеми або відсутність вибору взагалі;
- 4) відсутній аналіз результатів проектування;

при захисті курсового проекту студент не орієнтується в матеріалі, який відноситься до теми курсового проекту, пакеті розробки та в своїй записці, не відповідає на запитання.

Додатки

Додаток А – Приклад виконання титульного аркушу

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський національний технологічний університет

Кафедра біомедичних радіоелектронних апаратів та систем

Курсовий проєкт
з дисципліни „Програмування вбудованих систем”
на тему „Вимірювач вібрації”

Виконав ст. групи МРАп-201:

Іванов І.І.

Перевірив:

к.т.н., доц. Велігорський О.А.

Чернігів, 2020 р.

Додаток Б – Типові варіанти завдань до курсового проєкту

№ Вар.	Параметр, що вимірюється	Тип індикатора	Режими відображення	Архітектура програми	Інші параметри
1	2	3	4	5	6
1	Змінна напруга	7- сегментний LED, 4 розряди	1. СКЗ; 2. Амплітудне значення; 3. Середньо-випрямлене значення	Автомат з прапорцями, або диспетчер задач	Діапазон змінної напруги - 0...10В, частота змінної напруги 10 ... 2000Гц
2	Прискорення	7- сегментний LED, 4 розряди	1. Максимальне прискорення (та вісь); 2. Мінімальне прискорення (та вісь); 3. Повний вектор прискорення.	ОСРЧ (FreeRTOS)	Датчик LIS302DL
3	Змінна напруга	7- сегментний LED, 4 розряди	1. СКЗ; 2. Амплітудне значення; 3. Середньо-випрямлене значення	Автомат з прапорцями, або диспетчер задач	Діапазон змінної напруги - 0...15В, частота змінної напруги 20 ... 3000Гц
4	Температура та вологість	LCD 2 рядки 16 символів у рядку.	1. Поточна температура (1 рядок) та волога (2 рядок); 2. Середня температура та волога за останні 10 хвилин; 3. Максимальна і мінімальна температура та волога за останні 10 хвилин	Автомат з прапорцями, або диспетчер задач	Датчик DHT22
5	Змінний струм	LCD 2 рядки 16 символів у рядку.	1. СКЗ; 2. Амплітудне значення; 3. Середньо-випрямлене значення	ОСРЧ (FreeRTOS)	Діапазон змінного струму - 0...3А, частота змінного струму 100 ... 1000Гц
6	Змінний струм	7- сегментний LED, 4 розряди	1. СКЗ; 2. Амплітудне значення; 3. Середньо-випрямлене значення	Автомат з прапорцями, або диспетчер задач	Діапазон змінного струму - 0...1А, частота змінного струму 10 ... 4000Гц
7	Температура	7- сегментний LED, 4 розряди	1. Поточна температура; 2. Максимальна температура за останню годину; 3. Мінімальна температура за останню годину.	ОСРЧ (FreeRTOS)	Датчик DS1621

1	2	3	4	5	6
8	Температура та вологість	7- сегментний LED, 4 розряди	1. Поточна температура; 2. Поточна волога; 3. Максимальне відхилення параметру від середнього значення протягом години.	Автомат з прапорцями, або диспетчер задач	Датчик DHT22
9	Температура	7- сегментний LED, 4 розряди	1. Поточна температура; 2. Максимальна температура за останню годину; 3. Мінімальна температура за останню годину.	Автомат з прапорцями, або диспетчер задач	Датчик DS1621
10	Змінний струм	7- сегментний LED, 4 розряди	1. СКЗ; 2. Амплітудне значення; 3. Середньо-випрямлене значення	ОСРЧ (FreeRTOS)	Діапазон змінного струму - 0...10А, частота змінного струму 40 ... 100Гц
11	Температура та вологість	7- сегментний LED, 4 розряди	1. Поточна температура; 2. Поточна вологість; 3. Максимальне відхилення параметру від середнього значення протягом години.	Автомат з прапорцями, або диспетчер задач	Датчик DHT22
12	Температура та волога	7- сегментний LED, 4 розряди	1. Поточна температура; 2. Поточна волога; 3. Максимальне відхилення параметру від середнього значення протягом години.	ОСРЧ (FreeRTOS)	Датчик DHT22
13	Прискорення	LCD 2 рядки 16 символів у рядку.	1. Поточне прискорення по осі X та Y (1 рядок) і Z (2 рядок); 2. Мінімальне прискорення (та вісь) — 1 рядок та максимальне прискорення (та вісь) — 2 рядок; 3. Повний вектор прискорення.	Автомат з прапорцями, або диспетчер задач	Датчик LIS302DL
14	Змінна напруга	LCD 2 рядки 16 символів у рядку.	1. СКЗ; 2. Амплітудне значення; 3. Середньо-випрямлене значення	Автомат з прапорцями, або диспетчер задач	Діапазон змінної напруги - 0...5В, частота змінної напруги 50 ... 5000Гц
15	Прискорення	7- сегментний LED, 4 розряди	1. Максимальне прискорення (та вісь); 2. Мінімальне прискорення (та вісь); 3. Повний вектор прискорення.	ОСРЧ (FreeRTOS)	Датчик LIS302DL

Перелік посилань

Основна література

1. Барретт С. Ф., Пак Д. Дж. Встраиваемые системы. Проектирование приложений на микроконтроллерах семейства 68HC12 / HCS12 с применением языка С. — М.: Издательский дом «ДМК-пресс», 2007. — 640 с.
2. Richard Barry Using The FreeRTOS Real Time Kernel. A Practical Guide, 2009. — 163 p.
3. Jack Ganssle The Art of Designing Embedded Systems. Elsevier Inc., 2008 — 245 p.
4. Peter Marwedel Embedded System Design. Springer, 2006 – 241 p.
5. Mike Mason Pragmatic Version Control using Subversion, 2nd Edition. The Pragmatic Programmers LLC, 2006 — 215 p.

Допоміжна література

6. Керниган Б.В., Ричи. Д.М. Язык С. — М.: Вильямс, 2006. — 304 с.
7. Хэзфилд Р., Лоуренс К. Искусство программирования на С. Фундаментальные алгоритмы, структуры данных и примеры приложений. Энциклопедия программиста: Пер. с англ. — К.: Издательство «ДиаСофт», 2001. — 736 с.
8. Голуб А. Верёвка достаточной длины, чтобы... выстрелить себе в ногу. Правила программирования на Си и Си++. — Москва, 2001. — 241 с.

Інформаційні ресурси

9. <https://eln.stu.cn.ua/course/view.php?id=2366> – посилання на сторінку дисципліни в системі дистанційного навчання Moodle ЧНТУ.
10. <https://eln.stu.cn.ua/course/view.php?id=4138> – посилання на сторінку курсового проєкту в системі дистанційного навчання Moodle ЧНТУ.
11. <http://www.freertos.org> – офіційний веб-сайт FreeRTOS.
12. https://www.freertos.org/Documentation/RTOS_book.html – Free RTOS Book and Reference Manual.
13. <http://robot-develop.org/archives/tag/freertos> – Разработка роботов » FreeRTOS.
14. <https://tortoisesvn.net/> – TortoiseSVN is an Apache™ Subversion (SVN)® client.
15. http://www.st.com/content/st_com/en.html – офіційний web-сайт компанії ST Microelectronics.
16. <http://easyelectronics.ru> – easyelectronics – Электроника для всех.