

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту
з дисципліни «Проектування систем реального часу »
для студентів спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
усіх форм навчання

Луцьк, 2022

УДК 004.41(072)
М 54

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування систем реального часу» для студентів спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія усіх форм навчання [Електронний ресурс] / уклад. В.В. Шамаєв. – Луцьк : ДонНТУ, 2022. – 36 с.

Методичні вказівки містять основні положення щодо вимог, виконання, структури та оформлення курсового проекту з дисципліни «Проектування СРЧ» студентами бакалавріату ДонНТУ, що навчаються за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія усіх форм навчання. Наведено зразки виконання окремих етапів проекту видів текстового матеріалу, таблиць, формул та ілюстрацій.

Методичні вказівки розроблено за участю О.Г. Шевченко. Автори щиро вдячні їй за співпрацю та надані матеріали.

Призначено для бакалаврів спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

Укладач: В.В. Шамаєв ,доц., к.т.н., доц. каф. КІ .

Рецензент: Н.О. Маслова, доц., к.т.н., доц. каф. ІПЗ .

Відповідальний за випуск: С.О. Ковальов, проф., к.т.н., зав. каф. КІ .

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ
Протокол № 10 від 31.05.2022 р.

Розглянуто на засіданні кафедри комп'ютерної інженерії
Протокол № 10 від 27.04.2022 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 МЕТА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	8
2 ЕТАПИ ТА ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ.....	8
3 ПОЯСНЕННЯ ДО ВХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБКИ	10
3.1 Назва та номери стовпчиків таблиць В1, В3,В5 Додатку В	11
3.2 Назва та номери стовпчиків таблиць В2, В4, В6 Додатку В	12
4 СТРУКТУРА ТА ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ.....	14
5 ПОРЯДОК ЗАХИСТУ І ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	16
6 ПОРЯДОК ПОДАННЯ ПРОЕКТУ ДО ЗАХИСТУ	17
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	18
Додаток А Технічне завдання	19
Додаток Б Приклади роботи імітаційній СРЧ	22
Додаток В Вхідні параметри	25

ВСТУП

Курсовий проект з дисципліни «Проектування систем реального часу» виконується з метою закріплення, поглиблення і узагальнення знань, одержаних студентами за час навчання, їх застосування до комплексного вирішення конкретного фахового завдання, набуття практичних навичок та вмінь.

Актуальність виконання роботи, в першу чергу, пов'язана з наявністю великої кількості автоматизованих систем, та стрімким розвитком робототехніки.

В автоматизованих системах і промислових роботах існують ланки задач, для яких реакція на зміни вхідних даних має бути миттєвою. Як правило, вони пов'язані з контролем і управлінням процесами, що є невід'ємною частиною сучасного життя. Керування автоматизованими лініями, роботами, космічними станціями, рухом комбайну, контроль за станом навколишнього середовища, процесами хімічного реактору та багато чого іншого. Наприклад, програма бортового комп'ютера кожен доль секунди слідує за змінами показників датчиків і приймає рішення про відповідну реакцію, будь то регулювання вприску пального, або автоматичне блокування колеса. Такі системи називаються системами реального часу (СРЧ).

Система реального часу - це система, що повинна реагувати на події у зовнішньому по відношенню до системи середовищі або впливати на середовище в межах необхідних часових обмежень. Оксфордський словник англійської мови говорить про СРЧ, як про систему, для якої важливий час одержання результату. Інакше кажучи, обробка інформації системою повинна вироблятися за певний кінцевий період часу, щоб підтримувати постійну і своєчасну взаємодію із середовищем^[1]. Звісно, що масштаб часу контролюючої системи та контролюваного нею середовища повинен збігатися^[2].

Під **реальним часом** розуміється кількісна характеристика, яка може бути виміряна реальними фізичними показниками (год., хв., сек., тощо), на відміну від **логічного часу**, який визначає лише якісну характеристику, відображену відносним порядком проходження подій. Кажуть, що система працює в **режимі реального часу**, якщо для опису роботи цієї системи потрібні кількісні часові характеристики^[2].

Процеси (задачі) систем реального часу можуть мати такі характеристики та пов'язані з ними обмеження^[3]:

- **дедлайн** (англ. *deadline*) - критичний термін обслуговування, граничний термін завершення якої-небудь роботи;

- латентність (англ. *latency*) - час відгуку (час затримки) системи на зовнішні події;
- джиттер (англ. *jitter*) - розкид значень часу відгуку. Можна розрізнити джиттер запуску (англ. *release jitter*) - період часу від готовності до виконання до початку виконання завдання та джиттер виведення (англ. *output jitter*) - затримка по закінченні виконання завдання. Джиттер може виникати під впливом інших, одночасно виконуваних завдань.

У моделях систем реального часу можуть фігурувати й інші параметри, наприклад, період та кількість ітерацій (для періодичних процесів), навантаження (англ. *load*) - кількість команд процесора в гіршому випадку^[3].

Залежно від допустимих порушень часових обмежень системи реального часу можна поділити на *системи жорсткого реального часу*, для яких порушення рівнозначні відмови системи, і *системи м'якого реального часу*, порушення характеристик яких призводять лише до зниження якості роботи системи^[1].

Слід зауважити, що визначення жорсткого реального часу нічого не говорить про абсолютне значення часу відгуку: це можуть бути як мілісекунди, так і тижні^[4]. Вимоги до систем м'якого реального часу можна задати лише в ймовірнісних термінах, наприклад, як відсоток відгуків, виданих у встановлені часові рамки. При проектуванні попередні розрахунки легше виконати для системи жорсткого реального часу, ніж отримати, наприклад, частку виконуваних в строк завдань в системі м'якого реального часу, тому розробники таких систем часто користуються інструментами та методиками для проектування систем жорсткого реального часу^[5].

Події реального часу можуть відноситися до однієї з трьох категорій^[1]:

- *Асинхронні події* — повністю непередбачувані події. Наприклад, виклик абонента телефонної станції.
- *Синхронні події* — передбачувані події, які трапляються з певною регулярністю. Наприклад, вивід аудіо та відео.
- *Ізохронні події* — регулярні події (різновид асинхронних), які трапляються протягом інтервалу часу. Наприклад, в мультимедійному додатку дані аудіопотоку повинні надійти за час надходження відповідної частини потоку відео.

Системи реального часу зазвичай використовують спеціалізоване устаткування (наприклад, таймери) і програмне забезпечення (наприклад, Операційні системи реального часу). Це викликано проблемами прив'язки внутрісистемних подій до моментів часу, захвату та реалізації системних ресурсів, паралелізації процесів тощо. Апаратне забезпечення повинно відповідати жорстким вимогам до часових характеристик та гнучкості системи. Операційні системи реального часу виникли для зменшення витрат при розробці систем та для забезпечення повного життєвого циклу програмного забезпечення (створена, компіляції, компоновки, виконання, супровід). Вони також дуже відрізняються від ОС загального призначення як за розмірами так і за структурою.

Операційна система реального часу (ОСРЧ) - система в якій успішність роботи будь-якої програми залежить не тільки від її логічної правильності, але і від часу, за який вона отримала цей результат. Якщо система не може задовольнити часовим обмеженням, повинен бути зафіксований збій в її роботі.

В якості основних відмінностей ОСРЧ від операційних систем загального призначення можна виділити наступні:

- - код, що виконується, невеликий за обсягом. Мікроядро системи разом із потрібним модулем повинні не перевищувати об'єму оперативної пам'яті, щоб забезпечити максимальну швидкість дій та виключити посторінкову адресацію;
- - здатність виконувати важливі задачі у реальному часі на слабких мікропроцесорах (в порівнянні з сучасними обчислювальними потужностями), наприклад ОС Erox, Symbian на мобільних телефонах;
- - така система має бути передбачувана, тобто максимальний час виконання дії відомий заздалегідь;
- - система має бути багатопоточною, забезпечувати синхронізацію потоків та швидку обробку зовнішніх переривань і мати поняття пріоритету потоку.

З розвитком технологій системи реального часу знайшли застосування в різних областях. Особливо широко СРЧ застосовуються в промисловості, включаючи системи управління технологічними процесами, системи промислової автоматики, SCADA-системи, випробувальне та вимірювальне обладнання, робототехніку. Застосування в медицині включають в себе томографію, обладнання для радіотерапії,

при ліжковий моніторинг. СРЧ вбудовані в периферійні пристрою комп'ютерів, телекомунікаційне обладнання та побутову техніку, таку як лазерні принтери, сканери, цифрові камери, кабельні модеми, маршрутизатори, системи для відео конференцій та інтернет - телефонії, мобільні телефони, мікрохвильові печі, музичні центри, кондиціонери, системи безпеки. На транспорті СРЧ застосовуються в бортових комп'ютерах, системах регулювання вуличного руху, управлінні повітряного руху, аерокосмічній техніці, системи бронювання квитків, тощо. СРВ знаходять застосування і в військовій техніці: системах наведення ракет, протиракетних системах, системах супутникового стеження^[6].

На закінчення вступу наведемо неповний перелік популярних ОСРЧ: QNX Neutrino, RTOS, RTEMS, ChorusOS, RTX для Windows NT, INtime, TinyOS, OSEK / VDX, Contiki, pSOS, INTEGRITY, LynxOS, Microware OS-9, GRACE-OS, C EXECUTIVE, CMX-RTX, CMX-TINY +, Inferno.

1. МЕТА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект присвячено розробці імітаційної моделі системи реального часу з заданими характеристиками.

Мета курсового проекту полягає в реалізації та дослідженні алгоритмів планування і диспетчеризації задач реального часу

Результат курсового проекту - програмне забезпечення (ПЗ) імітаційної моделі СРЧ, що виконує наступні функції :

- управління задачами реального часу;
- надання можливості керування проведенням експерименту;
- надання можливості зміни параметрів експерименту;
- надання можливості відстежувати результати експерименту;
- надання можливості впливати на проходження експерименту.

2. ЕТАПИ ТА ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ

Курсовий проект присвячено єдиній темі, що полягає в розробці та експлуатації програмного забезпечення менеджера задач реального часу. Індивідуальність завдань на виконання визначається множиною вхідних параметрів, що характеризують особливості системи розробки. Умовно всі вхідні параметри розділені на три групи – «а», «б», «в», в кожній групі по 22 варіанта завдань. Вхідні параметри на розробку знаходяться у двох таблицях, що є унікальними для кожної умовної групи завдань. Групи завдань ніяк не пов'язуються з іменами академічних груп студентів. Вибір групи завдання і варіанту в ній визначається викладачем при видачі технічного завдання.

Виконання курсового проекту починається з отримання технічного завдання, в якому обумовлені: мета ; результат; вимоги до вибору середовища та мови програмування; вимоги до оформлення супровідної документації (пояснювальної записки); графік виконання; вхідні параметри.

Технічне завдання є обов'язковим документом для виконання курсового проекту. Шаблон технічного завдання на розробку представлено в Додатку А.

Етапи роботи над проектом:

1. Дослідження особливостей математичної моделі гіпотетичного об'єкту управління.
2. Визначення параметру дискретизації часу достатнього для контролювання поведінки об'єкту управління.
3. Аналіз множини вхідних параметрів на розробку.
4. Визначення функцій програмного забезпечення (ПЗ), що розробляється з урахуванням вимог то розробки.
5. Розробка алгоритмів складових ПЗ.
6. Визначення мови програмування та середовища розробки.
7. Створення програмного продукту.
8. Автономна відладка окремих функцій ПЗ.
9. Комплексна відладка всього ПЗ.
10. Створення множини тестових завдань.
11. Перевірка працездатності ПЗ на всій множині вхідних параметрів.
12. Оформлення звіту.
13. Захист курсового проекту.

Вимоги до виконання:

1. Програмне забезпечення імітаційної моделі може бути реалізовано для функціонування в будь-якій ОС за вибором розробника.
2. Мова програмування – будь-яка мова класу С (С, С++, С#), або інша , інструментальне середовище – згідно обраної мови.
3. Програмне забезпечення розробляється як графічний додаток.
4. Результати моделювання повинні бути представлені в графічній формі.
5. Відображення результатів відбуваються в реальному масштабі часу, згідно з заданим часом проведення експерименту
6. Інтерфейс з користувачем повинен бути дружнім та зручним у використанні.
7. Всі зовнішні події, що відбуваються на протязі всього експерименту повинні бути зафіксовані в інтерфейсі за часом їх появи.
8. Задачі реального часу представлені, як програмні моделі, що відображають у вигляді графічного образу стан свого функціонування .
9. Задачі реального часу моделюють інформаційну взаємодію з віртуальним об'єктом керування, шляхом обчислювання заданої функції .

10. Отримані значення функції відображаються на вісі функції екранного інтерфейсу імітаційного середовища на фоні еталонних значень цієї функції.
11. Кожна задача реального часу функціонує у власному потоці.
12. При запуску ПЗ створюється інформаційне вікно, яке містить відомості про автора та розширене технічне завдання.
13. Перехід до екрану моделювання можливий тільки з інформаційного вікна.
14. Екран експерименту повинен містити:
 - засоби для проведення експерименту;
 - засоби для керування експериментом;
 - область для відображення результатів експерименту;
 - область з параметрами задач реального часу;
 - область з відображенням системного часу;
 - область з відображенням календарного часу
15. Процес моделювання починається тільки по команді користувача.
16. Колірна палітра вхідного/вихідного інтерфейсу повинна бути витримана в спокійних тонах.
17. Робота ПЗ повинна бути передбачувана.
18. Керуючі компоненти вихідного інтерфейсу повинні бути інформативні, повідомлення про можливі помилки – лаконічними.

Варіанти завдань (№ п/п) з індивідуальними характеристиками імітаційної СРЧ, що розробляється, представлені в таблицях 1-6 Додатку В.

Приклади роботи імітаційній СРЧ наведені в Додатку Б.

3. ПОЯСНЕННЯ ДО ВХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБКИ

Всі вхідні параметри, що характеризують особливості імітаційної СРЧ зведені в дві таблиці для кожної умовної групи завдань (Додаток В). Таблиці з номерами 1,3,5, дозволяють визначитись з кількістю та типом задач реального часу, що функціонують в системі, а також зі способами завдання деяких параметрів цих задач. Таблиці з номерами 2,4,6 – містять уточнюючу інформацію до попередніх

параметрів та крім цього обумовлюють реакцію СРЧ на особливі ситуації, для того щоб поведінка системи була завжди передбачувана. Роз'яснення до кожного з параметрів наводиться нижче.

3.1 Назва та номери стовпчиків таблиць В1, В3, В5 Додатку В

Задачі – типи та кількість задач РЧ у складі СРЧ. У подальшому ідентифікація окремих задач визначається за їх номером, який відповідає порядковому номеру задачі при їх переліку зліва направо:

- 1 **Тм** – задачі за часом;
- 2 **Пр** – задачі за проблемним перериванням.

Початок інтервалу активності – засіб завдання параметрів меж інтервалів активності.

(Кінець інтервалу активності) задач СРЧ. Визначається для кожної задачі за її номером або, якщо вказано символ « + » - для всіх вказаних задач:

- 3 (7) **Тп** – чисельне завдання значення межі.
- 4 (8) **Кл** – за подією від клавіатури .
- 5 (9) **Пр** – за програмною подією, тобто з середовища іншої задачі проблемної обробки:

< задача, яка ініціює подію > → < задача для якої задається подія >.

- 6 (10) **М** – за подією від клавіш «миші» :

«**пр**» – права кнопка маніпулятора; «**лв**» – ліва.

Призупинка задачі – засіб завдання зовнішньої події призупинки роботи проблемної задачі (аналогічно завданню меж інтервалів активності):

- 11 **Кл** – за подією від клавіатури;
- 12 **Пр** – за програмною подією;
- 13 **М** – за подією від клавіш «миші».

Відновлення задачі – засіб завдання зовнішньої події відновлення раніше призупиненої задачі:

- 14 **Кл** – за подією від клавіатури;
- 15 **Пр** – за програмною подією;
- 16 **М** – за подією від клавіш «миші».

3.2 Назва та номери стовпчиків таблиць В2, В4, В6 Додатку В

Зміна параметрів – наявність у складі інтерфейсу користувача можливості змінювати будь які чисельні параметри у ході проведення експерименту;

17 – символ « + » - зміна можлива; «—» - не можлива.

Примітка: до початку проведення експерименту можливість зміни будь-якого чисельного параметру вхідного інтерфейсу підтримується всіма варіантами завдань.

Параметри виклику – засоби організації виклику задач обробки проблемних переривань, та організації періодизації виклику задач за часом:

18 **Типи переривань** засіб обробки проблемних переривань:

негайне – негайна обробка переривання;

приведене – приведена обробка сигналів переривання;

1 –задачі за перериванням не переривають одна одну, але переривають задачі за часом;

2 –задачі за перериванням можуть переривати будь-які задачі відповідно до пріоритетів;

3 –задачі за перериванням можуть переривати тільки задачі за перериванням відповідно до пріоритетів;

19 **Розрахунок виклику** – засіб визначення базової позначки відліку періоду виклику:

Тфакт – періодизація відносно моменту фактичного виклику задачі на виконання;

Тплан – періодизація відносно моменту планового виклику задачі на виконання.

Параметри контролю – визначення реакції на особливі ситуації:

20 **Затримка виклику** – реакція на перевищення часу чекання виклику задачі відносно моменту настання ініціюючої події:

1 –зняти з моделювання задачу з самим низьким пріоритетом серед усіх задач, що перевищили на даний момент час максимального чекання виклику;

2 –пропуск поточного виклику даної задачі;

- 3 –зняти з моделювання дану задачу;
- 4 –зняти з моделювання задачу, якщо кількість перевищень чекання на неперервній послідовності тактів більш N-разів, в протилежному випадку – пропуск поточного виклику;
- 5 –видача запиту в інтерфейс користувача «продовжити виконання на даному такті» або «зняти задачу»;
- 6 –видача запиту в інтерфейс користувача: «продовжити виконання на даному такті» або «пропуск даного такту виклику»;
- 7 –зняти з моделювання задачу, якщо підсумковий час чекання на неперервній послідовності тактів більш часу періоду виклику даної задачі;
- 8 –видача запиту в інтерфейс користувача: «пропуск виклику на даному такті» або «зняти задачу»;
- 9 –зняти з моделювання задачу, якщо підсумковий час чекання на неперервній послідовності тактів у 2 рази перевищує час сеансу роботи задачі на попередньому такті.

Примітка. Видача запиту в інтерфейс користувача не зупиняє процес моделювання. Задачі, для яких призначено запит, до прийняття рішення, переводяться в стан «призупинено».

- 21 **Перевищ. сеансу** – реакція на перевищення тривалості часу сеансу роботи задачі визначеного максимального значення – $T_{\text{вик.макс.}}$.

Примітка: поточний сеанс виконання задачі завжди переривається та виконуються дії відповідно до заданих параметрів:

- 1 Збільшити $T_{\text{вик.макс.}}$ на N, де $N = (N_{\text{в}} \text{ варіанта} \% 5) + 1$.
- 2 Зняти з моделювання у випадку, якщо підсумкова кількість перевищень дорівнює N, де $N = (N_{\text{в}} \text{ варіанта} \% 5) + 1$.
- 3 Пропуск наступного виклику.
- 4 Заборонити виклик обробки ініціюючої події до виникнення зовнішньої дозволяючої події.
- 5 Зняти задачу з моделювання
- 6 Пропуск N викликів обробки ініціюючих подій, де $N = (N_{\text{в}} \text{ варіанту} \% 5) + 1$.

Інформаційний обмін – параметри неперервної функції об'єкту та засоби її відображення через інформаційні канали в середовище цифрового мікропроцесора СРЧ:

22 Функція об'єкту – математична модель об'єкту (функція від неперервного параметру часу).

23 Задача відображення – номер прикладної задачі, при виклику якої в середовищі СРЧ відображається (обчислюється) значення, еквівалентне поточному значенню функції об'єкта.

24 Вид відображення – вид відображення значення функції об'єкта в середовищі СРЧ з виконанням визначених перетворень:

аналоговий – представлення поточного значення функції в аналоговому виді, тобто на всьому діапазоні змінення значень функції;

дискретний – представлення поточного значення функції в дискретному виді, тобто приведеними к двом рівням значень відносно середини поточних значень функції.

Моделювання – параметри імітаційного моделювання роботи задач проблемної обробки та модельного середовища в цілому:

25 Модель сеансу – номер задачі, для якої необхідно виконати моделювання зміни тривалості часу сеансу;

26 Тривалість – тривалість проведення експерименту (сек);

27 Кількість періодів – кількість періодів зміни заданої функції на інтервалі моделювання.

4. Структура і вимоги до курсового проекту

Результати виконання курсового проекту оформляються у вигляді пояснювальної записки. Курсовий проект представляється у друкованому виді та на зовнішньому носії разом з файлами програмного проекту і повинен містити 25 - 40 сторінок тексту (без додатків) і включати наступні обов'язкові елементи:

- титульний лист;

- технічне завдання, підписане викладачем та розробником;
- реферат;
- зміст;
- вступ;
- основна частина, що містить:
 - опис структури програмного забезпечення (ПЗ) згідно визначених функцій;
 - опис вхідних параметрів імітаційної моделі ;
 - розрахунок основного часового параметру для проектування заданої СРЧ;
 - опис структур даних;
 - розробку алгоритмів компонентів ПЗ;
 - опис програмної реалізації алгоритмів;
 - опис методики роботи та вимоги до апаратно - програмного середовища функціонування;
 - дослідження результатів виконання ПЗ на ПЕОМ.
- висновок;
- список використаних літературних джерел;
- додатки (лістинги програмних модулів, результати експериментів).

Загальні вимоги для текстової частини курсового проекту:

- чіткість і логічна послідовність викладення матеріалу;
- переконливість аргументації;
- стислість і точність формулювань, що виключають можливість суб'єктивного й неоднозначного тлумачення;
- конкретність викладу результатів виконання проведеної роботи;
- доказовість і обґрунтованість рекомендацій і пропозицій;
- єдність термінів у межах роботи і їхня відповідність встановленим стандартам.

Структурні частини текстового документа починають із нового аркуша, їх не нумерують. Заголовки структурних одиниць записуються по центру й прописними буквами; підрозділи з нового рядка й тільки перша буква прописна.

Сторінки нумеруються арабськими цифрами. Нумерація сторінок наскрізна по всьому текстовому документу й проставляється в правому верхньому або нижньому куті сторінки. Титульний аркуш, реферат (додаток Д), лист технічного завдання (додаток Е) не нумеруються, але входять у загальне число сторінок.

Не допускається переписування загальних положень, а так само визначень із підручників, навчальних статей, посібників і інших джерел. При необхідності використання в текстовому документі матеріалів з літературних джерел, необхідно робити на них посилання по тексту.

При написанні пояснювальної записки використовується шрифт Times New Roman, розмір 14, накреслення Звичайний, міжрядковий інтервал – 1,5. В цілому оформлення пояснювальної записки виконується відповідно державним стандартам з оформлення науково-технічної документації ДСТУ, докладно сформульованих у документі «Вимоги до оформлення випускних кваліфікаційних робіт студентів».

По закінченню курсового проектування студент надає до захисту пояснювальну записку. Пояснювальна записка оформлюється відповідно державним стандартам ЄСКД та ЄСПД. Пояснювальну записку та креслення студент представляє на попередній розгляд не пізніше, ніж за тиждень до дати захисту для визначення ступеня підготованості роботи та її відповідності вимогам.

Після попереднього розгляду студент усуває наявні недоліки, пов'язані з проведенням аналізом, роботою програмного продукту, оформленням або змістом пояснювальної записки.

5. ПОРЯДОК ЗАХИСТУ І ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект виконується 12 тижнів. Пояснювальна записка до курсового проекту надається на перевірку викладачу не пізніше, ніж за тиждень до дати захисту для визначення ступеня підготованості роботи та її відповідності вимогам.

Захист курсового проекту (роботи) проводиться відкрито або в режимі online, перед комісією у складі двох-трьох викладачів кафедри, в тому числі – за участю керівника (консультанта) курсового проекту (роботи). За результатами захисту курсового проекту (роботи) виставляється диференційована оцінка.

Захист курсового проекту включає:

- а) доповідь, що висвітлює всі етапи проектування курсового проекту;
- б) презентацію, що містить основні ілюстрації, необхідні для розкриття змісту роботи;
- в) відповіді на запитання комісії.

Контроль виконання курсового проекту включає поточний контроль за виконанням завдань та розрахунків за п'ятьма розділами та захист перед комісією. Оцінка виконання та захисту курсової роботи проводиться за 100-бальною шкалою.

Приклад розподілу балів за виконання курсової роботи

Пояснювальна записка	Захист роботи	Сума
до 40	до 60	100

6. ПОРЯДОК ПОДАННЯ ПРОЕКТУ ДО ЗАХИСТУ

До захисту курсового проекту отримують допуск студенти, що:

- довели працездатність розробленої імітаційної СРЧ у відповідності до технічного завдання;
- довели достовірність отриманих результатів;
- готові продемонструвати свою спроможність виконати модифікацію програмного коду, в якості зміни вхідних параметрів, за вимогою представників приймальної комісії;
- готові захищати свої рішення.
- оформили належним чином текстову та графічну частину пояснювальної записки.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jack Ganssle and Michael Barr. Embedded systems dictionary. - CMP Books, 2003. - 293 p.
2. Dimosthenis Kyriazis, Theodora Varvarigou, Kleopatra Konstanteli. Achieving Real-Time in Distributed Computing. - IGI Global, 2011. - 452 p.
3. Комп'ютерні системи реального часу. – навч. посіб. для спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»/ В. Г. Зайцев, Є. І. Цибасєв - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 162 с.
4. Аналіз операційних систем реального часу.
<https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/PIU/article/view/6980>
5. Rajib Mall. Real-Time Systems: Theory and Practice. - IGI Global, 2006. – 242 p.
<https://acadndtechy.files.wordpress.com/2015/01/real-time-systems-rajib-mall-pearson-education-india-2007.pdf>
6. Комп'ютерні системи реального часу.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29604/1/Kompyuterni_systemy_realnoho_chasu.pdf
7. RTOS: Операційна система реального часу. <https://www.hwlibre.com/uk/rtos/>
8. Операційні системи реального часу, їх особливості. <http://um.co.ua/6/6-6/6-64372.html>
9. Програмування систем реального часу.
<https://ua.kursoviks.com.ua/kompyuterni/programuvannya-sistem-realnogo-chasu>
10. Різниця між розподілом часу та операційною системою реального часу.
<https://uk.gadget-info.com/difference-between-time-sharing>
11. Особливості використання операційних систем реального часу.
<https://openarchive.nure.ua/handle/document/13854>
12. Основні вимоги до систем реального часу.
<https://studfile.net/preview/5471446/page:2/>
13. The MathWorks MATLAB 7.12 2011
<https://www.mathworks.com/programs>

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
з курсового проекту на тему:
"Системи реального часу"

Студента групи _____
Група _____ Прізвище І. П. _____

Варіант № _____

Мета проекту.

Розробка програмної імітаційної моделі системи реального часу (СРЧ).

У складі програмного забезпечення проектуються та розробляються :

- модулі супервізору реального часу;
- модулі інтерфейсу користувача СРЧ;
- модулі прикладного програмного забезпечення.

Розроблена модель СРЧ повинна забезпечити дослідження необхідних параметрів у відповідності до вимог технічного завдання.

Інструментальне середовище програмування:

Мова програмування та відповідне інструментальне середовище визначається розробником.

Зміст пояснювальної записки.

Технічне завдання

Реферат

Зміст

Вступ

1. Розробка структури програмного забезпечення та структур даних
2. Розрахунок основного часового параметру СРЧ
3. Розробка алгоритмів системного програмного забезпечення

4. Розробка імітаційної моделі процесів в об'єкті, як середовища комплексної перевірки ПЗ у відповідності з технічним завданням

6. Опис програмних модулів

7. Аналіз результатів імітаційних досліджень розробленої СРЧ

Висновки

Список джерел, що використовувались.

Додатки

Пояснювальна записка виконується у форматі А4. Результати функціонування програмного забезпечення, результати дослідження наводяться у вигляді скріншотів. Матеріал пояснювальної записки та графічної частини виконуються у відповідності до рекомендованих правил.

Зміст графічної частини проекту.

- 1 Системне ПЗ реального часу. Схема алгоритму. (П2)
- 2 ПЗ імітаційної СРЧ. Схема структурна. (П1)
- 3 Результати модельних досліджень ПЗ

Плановий термін виконання курсового проекту дванадцять тижнів.

Графік виконання курсового проекту.

№	Зміст	Тижні
1	Видача завдання на проектування. Аналіз постановки задачі та розробка структури ПЗ.	1
2	Розрахунки головних параметрів СРЧ, що проектується.	2
3	Розробка та налагодження головних модулів імітаційного середовища реального часу.	3 – 4
4	Розробка та дослідження у імітаційному середовищі функціонування СРЧ без врахування поточних затримок виклику..	5 – 6
5	Розробка та дослідження у імітаційному середовищі функціонування СРЧ у всій множині функцій керування та контролю виконання обробки.	7- 9
6	Обґрунтування параметрів та результатів модельних експериментів, достатніх для дослідження відповідності параметрів розробленої СРЧ до ТЗ. Захист результатів імітаційних досліджень.	10 - 11
7	Оформлення пояснювальної записки і графічної частини проекту.	12
8	Захист курсового проекту.	13

Параметри системи що проектується:

- кількість задач: _____ щодо часу _____; з переривання _____
- параметри задач:

- 3.1) _____
- 3.2) _____
- 3.3) _____
- 3.4) _____
- 3.5) _____
- 3.6) _____
- 3.7) _____
- 3.8) _____

Дата видачі завдання на проектування _____

Студент _____	Керівник _____
_____	_____
(прізвище)	(прізвище)
(підпис)	(підпис)

Додаток Б Приклади роботи імітаційній СРЧ

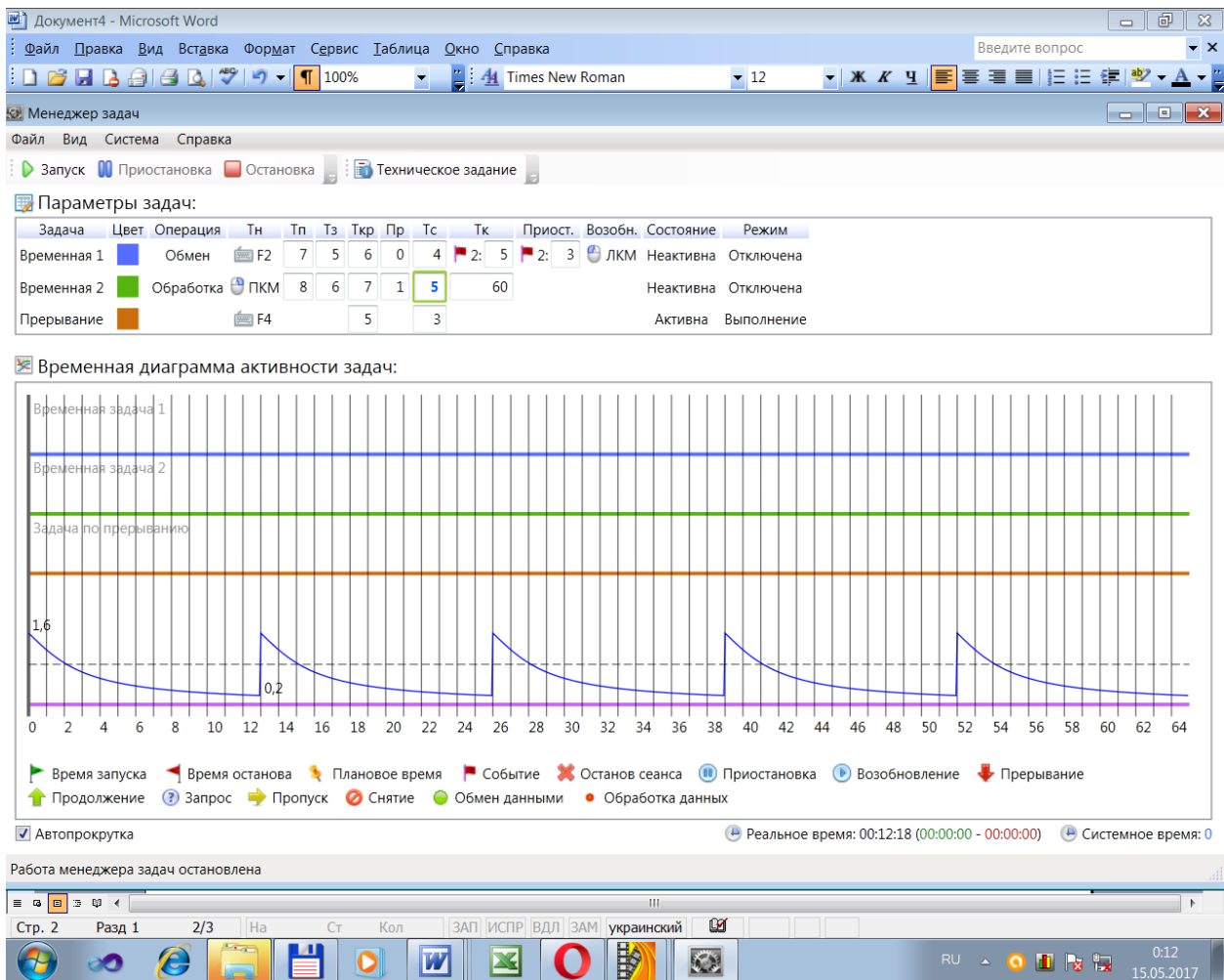


Рисунок Б1 - Экран моделирования до початку експерименту

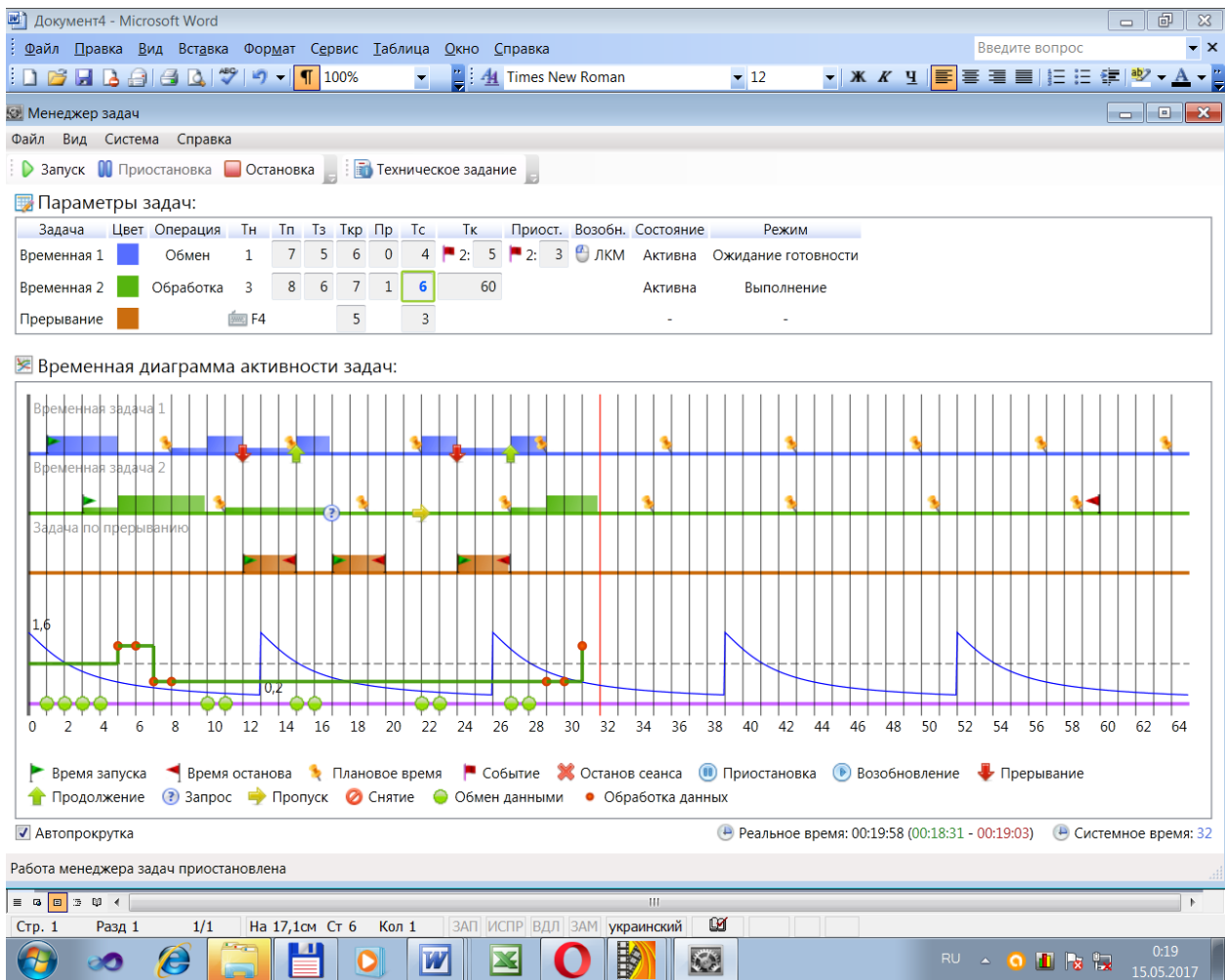


Рисунок Б2 - Результаты моделирования протягом 32 секунд

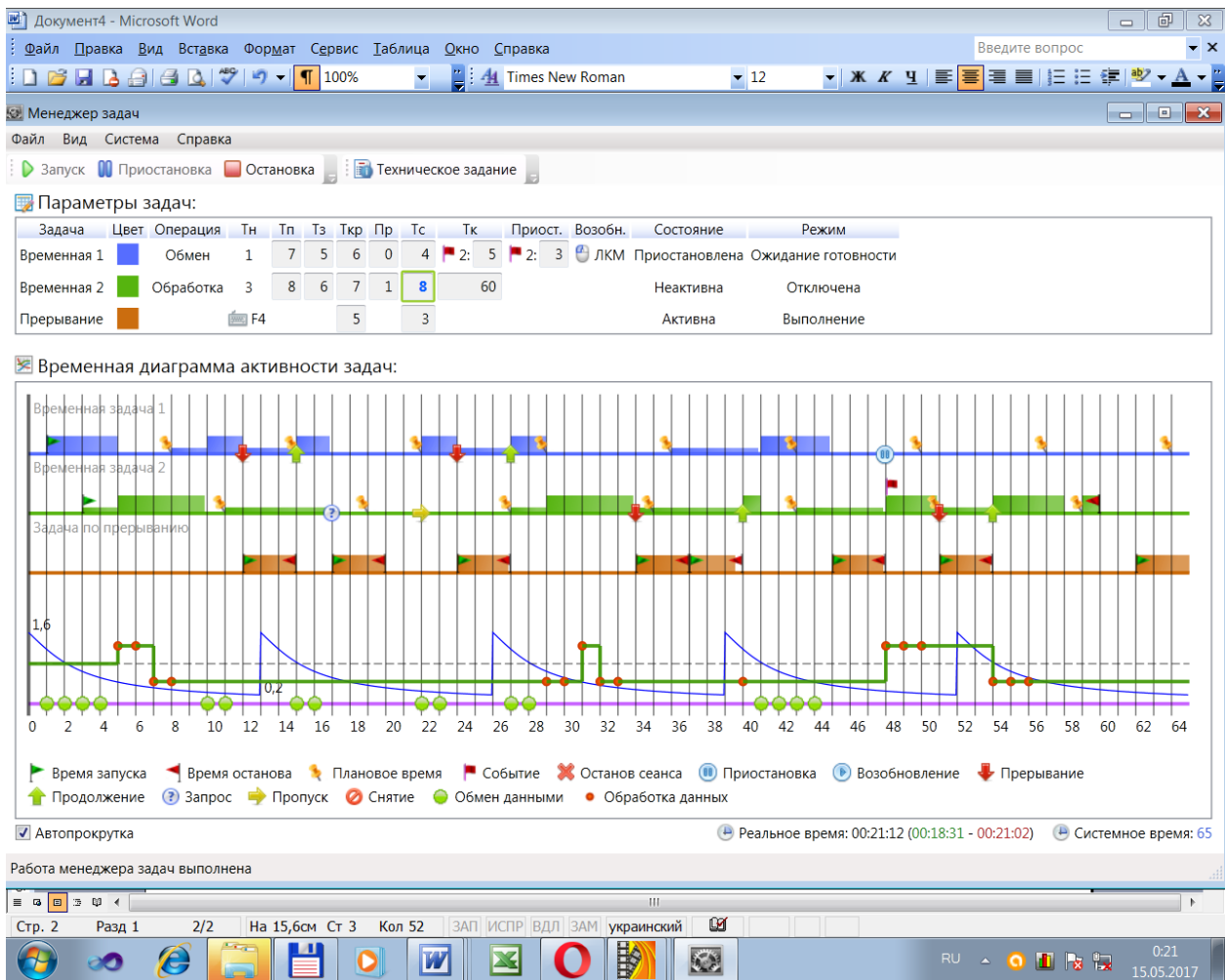


Рисунок Б3 - Результаты моделирования по закінченню експерименту

Додаток В Вхідні параметри

Таблиця В1 (початок) –Засоби визначення параметрів задач та реакцій ПЗ на особливі ситуації

Варіанти завдання по групі « а »																
№ пп	Задачі		Початок інтервалу активності				Кінець інтервалу активності				Призупинка задачі			Відновлення задачі		
	Тм	Пр	Тп	Кл	Пр	М	Тк	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	3	1	1	2	1→ 4	3лв	+					2→ 3		3		
2	2	1	3	1		2пр	1,3	2			2				1→ 2	
3	4	-	+				4	1	4→ 2	3пр	-	-	-	-	-	-
4	2	1	1	3		2пр	3	1	1→ 2			1→ 2				2лв
5	2	2	3,4	2	2→ 1		3,4	1		2лв	-	-	-	-	-	-
6	2	1	1	3	1→ 2		1,3		1→ 2		2					2пр
7	4	-	2,3	1		4пр	1	3	2→ 4	2лв	3			3		
8	1	2	1	2	1→ 3		2,3			1пр	-	-	-	-	-	-
9	2	1		+				+					2лв			2пр
10	5	-	1	2 ÷ 5			2,3,4	1,5			-	-	-	-	-	-
11	3	-	1,2			3лв		+				1→ 3			1→ 3	
12	2	1	+				+				1				2→ 1	
13	2	1	2	1	2→ 3		2	3		1пр	2			2		
14	3	-	+				+				3					3пр
15	2	2	2	3,4		1лв		+				1→ 2				2пр
16	4	-	1,3	2,4			+						4пр			4лв

Варіанти завдання по групі « а »																
№ пп	Задачі		Початок інтервалу активності				Кінець інтервалу активності				Призупинка задачі			Відновлення задачі		
	Тм	Пр	Тп	Кл	Пр	М	Тк	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	3	1	1,2	4	2→3		4	1,2	1→3		2					2лв
18	3	-		1	1→2	3пр	3	1,2			-	-	-	-	-	-
19	3	1	1,4	2	1→3		1,3	2		4пр	2			2		
20	2	2	3,4	1		2пр	3	4	2→1	2лв	1				2→1	
21	4	1	5	1,4		2пр, 3лв	5	1,2,3,4				3→1		1		
22	2	2	3,4	1		2лв			2→1	2пр	1			1		
23																
24																
25																

Таблиця В2 (початок) – Параметри контролю та інформаційної взаємодії

Варіанти завдання по групі « а »											
№ пп	Зміна Парам.	Параметри виклику		Парам. контролю		Інформаційний обмін			Моделювання		
		Типи переривань	Розрахунок ви-клику	Затримка виклику	Перевищення часу сеансу	Функція моделі об'єкту управління	Задача відображення.	Вид відображення	Модель сеансу	Тривалість (с)	Кільк. період.
0	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	-	Негайне	Тфакт	3	1	$\exp(t)$	3	анал.	2	54	6
2	-	Приведене	Тплан	9	4	$\sin(t/3)$	2	дискр.	1	65	5
3	+	--	Тфакт	4	3	$\cos(2t)$	1	анал.	3	55	5
4	-	Негайне	Тплан	1	2	$1/2\sin(t)$	2	дискр.	1	75	5
5	+	Приведене	Тфакт	3	5	$\operatorname{tg}(t)$	1	дискр.	2	60	6
6	-	Приведене	Тплан	5	6	$\cos(t/4)$	2	анал.	1	64	8
7	+	--	Тфакт	3	7	$1/5\sin(t)$	4	анал.	3	66	6
8	+	Негайне	Тплан	8	1	$ \sin(t) $	1	анал.	1	72	9
9	+	Негайне	Тфакт	2	2	$\operatorname{ctg}(t)$	2	дискр.	1	80	8
10	+	--	Тплан	1	3	$\cos(t/2)$	3	анал.	5	77	7
11	-	--	Тфакт	3	4	$\operatorname{tg}(t/2)$	2	анал.	3	70	10
12	+	Приведене	Тплан	2	5	$\exp(t)$	1	дискр.	2	80	8
13	-	Приведене	Тфакт	6	6	$\sin(t/4)$	2	анал.	1	85	5
14	-	--	Тплан	3	7	$\cos(t/4)$	3	дискр.	2	60	10
15	-	--	Тплан	6	2	$1/6\sin(t)$	4	дискр.	3	60	10

Варіанти завдання по групі « а »											
№ пп	Зміна Парам.	Параметри виклику		Парам. контролю		Інформаційний обмін			Моделювання		
		Типи переривань	Розрахунок виклику	Затримка виклику	Перевищення часу сеансу	Функція моделі об'єкту управління	Задача відображення.	Вид відображення	Модель сеансу	Тривалість (с)	Кільк. період.
16	+	Негайне	Тфакт	5	3	$\sin(5t-1)$	3	анал.	2	65	5
17	+	--	Тплан	8	4	$\cos(2t+1)$	2	дискр.	3	72	6
18	-	Негайне	Тфакт	2	5	$\cos(t)$	3	анал.	2	84	7
19	+	2	Тплан	4	6	$ \cos(t) $	2	анал.	1	90	9
20	-	Приведене	Тплан	1	7	$ \sin(t) $	4	дискр	3	66	11
21	+	Приведене	Тфакт	6	1	$\operatorname{tg}(t)$	2	анал.	1	90	10
22	+	Приведене	Тфакт	2	1	$\exp(t/2)$	2	анал.	1	90	9
23											
24											
25											

Таблиця В3 (початок) –Засоби визначення параметрів задач та реакцій ПЗ на особливі ситуації

Варіанти завдання параметрів по групі « б »																
№ пп	Задачі		Початок інтервалу активності				Кінця інтервалу активності				Призупинка задачі			Відновлення задачі		
	Тм	Пр	Тн	Кл	Пр	М	Тк	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	5	-	1	2,5	2→4	3пр	1	2÷5			-	-	-	-	-	-
2	2	2	2	1,3,4				+			2					2лв
3	2	2	1,3	4		2пр	1,3,4			2лв		1→2		2		
4	3	2	1,4	2,5	1→3		1,5	4	1→3	2пр	3					3лв
5	4	-	2	4		1лв, 3пр	+				4			4		
6	3	1	3,4	1,2			1,2	3,4					2пр			2лв
7	2	2	1,3	4	1→2			+			2					2пр
8	2	1	3	1		2пр	2	3	2→1			2→1				2лв
9	3	1	4	1	1→2	3пр	1,4	3	1→2				3лв	3		
10	4	-	4	1,3	4→2		2	4,3		1лв	-	-	-	-	-	-
11	4	-	1	2	2→3	4пр	1,4	2,3			3				4→3	
12	1	3	1,4	2,3			1,2	3,4					1пр			1лв
13	4	-	1,4	3		2лв		+				2→4			2→4	
14	3	-	+				+						3лв		2→3	
15	4	-		+			3	1	3→2	4пр	-	-	-	-	-	-
16	3	1	1,4	3	1→2		1,3	4	1→2		3			3		
17	1	2	2	3		1пр	3	2		1лв	-	-	-	-	-	-
18	3	-	1,3	2			1,3	2			-	-	-	-	-	-

Варіанти завдання параметрів по групі « б »																
№ пп	Задачі		Початок інтервалу активності				Кінця інтервалу активності				Призупинка задачі			Відновлення задачі		
	Тм	Пр	Тн	Кл	Пр	М	Тк	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
19	3	1	1	4		2лв, 3пр	1,4	2,3			2	-	-	2	-	-
20	4	-	2	1	2→4	3пр	4	1,2		3лв	1,2			1	4→2	
21	2	2	+				3,4	1		2лв	2				1→2	
22	4	-	4	3	4→1	2лв		+			1		4лв	4		1пр
23																
24																
25																

Таблиця В4 (початок) – Параметри контролю та інформаційної взаємодії

Варіанти завдання по групі « б »											
№ пп	Зміна Парам.	Параметри виклику		Парам. контролю		Інформаційний обмін			Моделювання		
		Типи переривань	Розрахунок виклику	Затримка виклику	Перевищення часу сеансу	Функція моделі об'єкту управління	Задача відображення.	Вид відображення.	Модель сеансу	Тривалість (с)	Кільк. період.
0	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	+	--	Тплан	4	1	$\sin(2t)$	3	анал.	5	75	5
2	+	Негайне	Тфакт	1	2	$\cos(t/5)$	1	дискр.	2	72	6
3	+	3	Тплан	6	3	$\operatorname{tg}(t-2)$	2	анал.	1	80	10
4	-	Приведене	Тфакт	5	4	$\operatorname{ctg}(3t)$	1	анал.	3	88	8
5	+	--	Тплан	3	7	$ \sin(t-1) $	4	дискр.	2	72	12
6	-	Приведене	Тплан	2	6	$\cos(2t)$	3	дискр.	1	80	5
7	+	Приведене	Тфакт	7	2	$\exp(t)$	1	анал.	2	70	10
8	-	Негайне	Тплан	8	3	$\operatorname{ctg}(t/4)$	2	дискр.	1	85	5
9	-	Приведене	Тфакт	3	4	$\operatorname{tg}(t+3)$	1	анал.	3	75	5
10	+	--	Тплан	2	5	$ \cos(t/2) $	2	дискр.	4	88	11
11	-	--	Тфакт	4	6	$\exp(t)$	3	дискр.	2	72	8
12	+	Приведене	Тплан	2	7	$\cos(2t)$	1	дискр.	1	64	6
13	-	--	Тфакт	5	2	$\sin(t+3)$	3	анал.	3	77	7
14	+	--	Тфакт	2	3	$ \sin(t-3) $	2	анал.	3	65	5
15	+	Негайне	Тфакт	1	4	$\operatorname{ctg}(2t)$	3	анал.	2	80	8

Варіанти завдання по групі « 6 »											
№ пп	Зміна Парам.	Параметри виклику		Парам. контролю		Інформаційний обмін			Моделювання		
		Типи переривань	Розрахунок виклику	Затримка виклику	Перевищення часу сеансу	Функція моделі об'єкту управління	Задача відображення.	Вид відображення.	Модель сеансу	Тривалість (с)	Кільк. період.
16	+	1	Тфакт	6	6	$\exp(t)$	1	анал.	1	70	7
17	-	--	Тплан	3	5	$\cos(2t)$	2	дискр.	3	85	5
18	+	Приведене	Тфакт	4	7	$\operatorname{tg}(7t)$	3	анал.	2	72	8
19	-	--	Тплан	5	1	$\exp(t)$	4	анал.	3	88	8
20	+	Негайне	Тфакт	3	2	$ \sin(2t) $	2	дискр.	1	77	7
21	-	--	Тплан	4	3	$\cos(3t)$	1	анал.	3	80	8
22	-	--	Тплан	3	1	$\operatorname{tg}(4t)$	3	анал.	2	80	8
23											
24											
25											

Таблиця В5 (початок) –Засоби визначення параметрів задач та реакцій ПЗ на особливі ситуації

Варіанти завдання параметрів по групі «в»																
№ пп	Задачі		Початок інтервалу активності				Кінець інтервалу активності				Призупинка задачі			відновлення задачі		
	Тм	Пр	Тн	Кл	Пр	М	Тк	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	3	-	1,3		1→2			+			-	-	-	-	-	-
2	3	1	+				1,4	2	1→3		2					2лв
3	3	-	1,3	2				1,3	1→2		3			3		
4	2	2		+			+						2лв			2пр
5	2	1	3	1	1→2		3		2→1	2пр	-	-	-	-	-	-
6	3	1	1,4	3	3→2			+					3лв			3пр
7	4	-	1,3			4лв, 2пр	1,4	2,3				2→3		3		
8	3	1	1,4	2		3пр	1	2,4		3пр	2					3→2
9	4	-	4	1	4→3	2пр	4	3	4→1	2лв	4			4		
10	2	1	3		2→1	2лв	2	1,3			1					1пр
11	1	2	1	2,3			1	2,3			1					1лв
12	1	3	2,3	1,4			3	2,4		1пр	-	-	-	-	-	-
13	2	2	1,4	3		2лв	+					1→2				2пр
14	3	1	+					+			-	-	-	-	-	-
15	2	2	2,4	3	2→1		3,4		1→2	1пр	-	-	-	-	-	-
16	3	1	+				+				-	-	-	-	-	-
17	4	-		+			1	2	2→3	4лк		1→2			1→2	

Варіанти завдання параметрів по групі «В»																
№ пп	Задачі		Початок інтервалу активності				Кінець інтервалу активності				Призупинка задачі			відновлення задачі		
	Тм	Пр	Тн	Кл	Пр	М	Тк	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М	Кл	Пр	М
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
18	4	-		1,3	1→4	2лв	+						1пр	1		
19	1	2	1,2	3			1,3	2			-	-	-	-	-	-
20	3	1	1,4	2		3лв	1,4	2,3			-	-	-	-	-	-
21	2	2		+			1	3,4	1→2		2				1→2	
22	1	2	1	1,3	2			+						2лв		
23																
24																
25																

Таблиця В6 (початок) – Параметри контролю та інформаційної взаємодії

Варіанти завдання по групі « в »											
№ пп	Зміна Парам.	Параметри виклику		Парам. контролю		Інформаційний обмін			Моделювання		
		Типи перери- вань	Розраху- нок ви- клику	Затримка виклику	Переви- щення часу се- ансу	Функція моделі об'єкту уп- равління	Задача ві- добра- ження.	Вид відо- браження	Модель се- ансу	Трива- лість (с)	Кільк. період.
0	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	+	--	Тфакт	1	1	$\cos(t-3)$	2	анал.	3	120	12
2	-	Приведене	Тплан	2	2	$\operatorname{tg}(t-2)$	3	дискр.	1	100	10
3	-	--	Тфакт	3	3	$ \sin(t-1) $	1	анал.	2	120	10
4	+	Приведене	Тфакт	4	4	$\operatorname{ctg}(t/9)$	2	дискр.	1	90	9
5	+	Негайне	Тплан	5	5	$\exp(t+4)$	1	анал.	2	96	4
6	-	Приведене	Тфакт	6	6	$\sin(5t-2)$	3	дискр.	1	100	5
7	+	--	Тплан	2	7	$ \cos(3t) $	2	анал.	4	120	6
8	-	Приведене	Тфакт	3	1	$\exp(t)$	3	дискр.	2	105	7
9	+	--	Тплан	1	2	$\operatorname{tg}(3t)$	4	дискр.	3	112	8
10	-	Приведене	Тфакт	6	3	$\cos(2t-2)$	2	анал.	1	104	8
11	+	Приведене	Тплан	3	4	$\sin(t)$	1	дискр.	1	117	9
12	-	Приведене	Тфакт	4	5	$\sin(2t)$	1	анал.	1	119	7
13	+	3	Тплан	7	6	$ \cos(t) $	1	анал.	2	99	9
14	+	Приведене	Тфакт	5	1	$\sin(2t-2)$	2	анал.	3	90	6
15	-	Приведене	Тплан	3	2	$\cos(t/2)$	1	дискр.	2	70	7

Варіанти завдання по групі « в »											
№ пп	Зміна Парам.	Параметри виклику		Парам. контролю		Інформаційний обмін			Моделювання		
		Типи переривань	Розрахунок виклику	Затримка виклику	Перевищення часу сеансу	Функція моделі об'єкту управління	Задача відображення.	Вид відображення	Модель сеансу	Тривалість (с)	Кільк. період.
0	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
16	+	Негайне	Тфакт	3	3	$\text{tg}(t)$	2	анал.	1	95	5
17	-	--	Тплан	3	4	$\text{tg}(t-5)$	4	дискр	3	77	7
18	+	--	Тфакт	1	5	$\text{ctg}(t)$	3	анал.	4	96	4
19	-	Негайне	Тплан	2	6	$\text{exp}(t)$	1	дискр	1	80	8
20	-	Негайне	Тфакт	2	7	$\text{arctg}(t)$	2	анал.	3	81	9
21	-	Приведене	Тплан	7	1	$ \sin(t) $	1	дискр	2	72	6
22	+	Приведене	Тфакт	3	2	$ \cos(t) $	2	анал.	1	98	7
23											
24											
25											

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки
до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування СРЧ»
для студентів напряму підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія»
та спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
усіх форм навчання

Комп'ютерний набір і верстка:

Шамаєв Віталій Віталійович

Укладачі:

Шевченко Ольга Георгіївна,

Шамаєв Віталій Віталійович

Методичні вказівки розроблено за участю Ольги Георгіївни Шевченко.
Автори щиро вдячні їй за співпрацю та надані матеріали.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

85300, м. Покровськ, пл. Шибанкова, 2.