


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Інженерії програмного забезпечення» (№ 603)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

А.Г. Чухрай
(ініціали та прізвище)

« 30 » 08 2024 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Системи реального часу

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 Інформаційні технології
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 121 Інженерія програмного забезпечення
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Інженерія програмного забезпечення
(найменування освітньої програми)


Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2024 року

Харків – 2024 р.

Розробник: Ігор ТУРКІН, д.т.н., проф.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри інженерії програмного забезпечення (№ 603)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2024 р.

Завідувач кафедри д-р техн.наук., проф.
(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Ігор ТУРКІН
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

Представник студентського самоврядування



(підпис)

Діана ДИКУН
(ініціали та прізвище)

Загальна інформація про викладача



ПІБ: Туркін Ігор Борисович

Посада: завідувач кафедри

Науковий ступінь: д.т.н.

Вчене звання: професор.

Перелік дисциплін, які викладає:

- Основи програмної інженерії
- Екосистеми програмного забезпечення
- Системи реального часу
- НДР магістра.

Напрями наукових досліджень: інженерія програмного забезпечення, екосистеми програмного забезпечення та цифрові платформи, програмне забезпечення бортових мікроконтролерів супутників та БПЛА.

1. Опис навчальної дисципліни

Форми навчання - інституційна (очна (денна, вечірня), заочна, дистанційна, мережева).

Семестр, в якому викладається дисципліна – 1 семестр.

Дисципліна – обов'язкова.

Загальна кількість годин за навчальним планом – 150 годин (5 кредитів ЄКТС), у тому числі аудиторних – 48 годин, самостійної роботи здобувачів – 72 годин:

Види занять – лекції, практичні роботи, самостійна робота здобувача.

Види контролю – поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

Мова викладання – українська.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: надбання та зміцнення знань і навичок в галузі проектування, розробки та використання ПЗ спеціалізованих автоматизованих систем реального часу, таких як: системи автоматизованого управління технологічними процесами, вбудовані системи, а також познайомити студентів з особливостями розробки ПЗ для них з урахуванням підвищених вимог до надійності, ефективності, прогнозованості.

Завдання

Навчити студентів розуміти принципи ПЗ систем реального часу, надати представлення про притаманні цим системам принципи побудови ПЗ, навчити вирішувати ці проблеми в програмних проектах систем реального часу.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких компетентностей:

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК03. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

Фахові (спеціальні) компетентності:

СК01. Здатність аналізувати предметні області, формувати, класифікувати вимоги до програмного забезпечення.

СК03. Здатність проектувати архітектуру програмного забезпечення, моделювати процеси функціонування окремих підсистем і модулів.

СК05. Здатність розробляти, аналізувати та застосовувати специфікації, стандарти, правила і рекомендації в сфері інженерії програмного забезпечення.

СК09. Здатність забезпечувати якість програмного забезпечення.

Програмні результати навчання:

- PH01. Знати і застосовувати сучасні професійні стандарти і інші нормативно-правові документи з інженерії програмного забезпечення
- PH02. Оцінювати і вибирати ефективні методи і моделі розроблення, впровадження, супроводу програмного забезпечення та управління відповідними процесами на всіх етапах життєвого циклу.
- PH03. Будувати і досліджувати моделі інформаційних процесів у прикладній області.
- PH04. Виявляти інформаційні потреби і класифікувати дані для проектування програмного забезпечення.
- PH05. Розробляти, аналізувати, обґрунтовувати та систематизувати вимоги до програмного забезпечення.
- PH06. Розробляти і оцінювати стратегії проектування програмних засобів; обґрунтовувати, аналізувати і оцінювати варіанти проектних рішень з точки зору якості кінцевого програмного продукту, ресурсних обмежень та інших факторів.
- PH07. Аналізувати, оцінювати і застосовувати на системному рівні сучасні програмні та апаратні платформи для розв'язання складних задач інженерії програмного забезпечення.
- PH08. Розробляти і модифікувати архітектуру програмного забезпечення для реалізації вимог замовника.
- PH10. Модифікувати існуючі та розробляти нові алгоритмічні рішення детального проектування програмного забезпечення.
- PH14. Прогнозувати розвиток програмних систем та інформаційних технологій.
- PH17. Збирати, аналізувати, оцінювати необхідну для розв'язання наукових і прикладних задач інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела.
- PH18. Розробляти математичне і програмне забезпечення для наукових досліджень в галузі інженерії програмного забезпечення.
- PH20. Планувати і виконувати наукові дослідження в сфері інженерії програмного забезпечення, обирати методики та інструменти, аналізувати результати, обґрунтовувати висновки.
- PH21. Вміти застосовувати на практиці теоретичні положення та стандарти з інженерії систем та програмних засобів
- PH22. Формулювати, обґрунтовувати і застосовувати на практиці комплексні рішення щодо існуючих систем, їх компонентів, процесів життєвого циклу та бізнес-моделей з урахуванням внутрішньої політики сталого розвитку програмних продуктів та процесів в організації.

Пререквізити – відсутні.

Кореквізити – PRISMA - вторинні наукові дослідження (КП).

Постреквізити –Науково-дослідницька робота магістра (КП).

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Теорія та практика розробки програмного забезпечення систем реального часу.

Тема 1. Вступ. Визначення

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.

Постановка теми. Система реального часу. Ефективність. Корисний ефект. Залежність корисного ефекту від часу вирішення задачі. Класифікація задач реального часу: фонові, другорядні завдання, періодичні, інтерактивні завдання взаємодії з користувачем-оператором, імпульсні завдання автоматичного управління..

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 2. Класифікація систем реального часу.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.

Постановка теми. Вбудовані системи, автоматизовані системи управління технологічним процесом, SCADA-системи (Supervisory Control And Data Acquisition, ПЛК (програмовані логічні контролери). Вимоги до систем з підвищеними вимогами до надійності: постійна готовність; надійність; функціональна безпека (safety); інформаційна безпека (security).

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 3. Патерни систем реального часу.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.

Практична робота: «Оформлення технічної документації в текстовому процесорі Word».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. Модель автономних виконавців, модель покадрової обробки, захищений канал, гомогенний Шаблон надлишковості, Шаблон троїруваної надмірності, Шаблон гетерогенної надмірності, Монітор, Sanity Check, Watchdog, Шаблон безпечного виконання, Шаблон 5-ти рівневої архітектури, Віртуальна машина.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 4. Час в комп'ютері.

Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.

Практична робота: «Засоби вимірювання часу в Windows».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. UTC (Universal Time Coordinated - Універсальний Координований Час), Атомний час TAI - (International Atomic Time), Астрономічні часи: UT0, UT1, UT2. Абсолютний час, Відносний час, Календарний час, Місцевий час, розділений час. Карта годинних поясів. Джерела сигналів часу в комп'ютері. Фактори, що вносять похибку в вимір інтервалів часу.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення практичної роботи та підготовка до її здачі

Тема 5. Служба часу в ОС реального часу QNX.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.

Постановка теми. Часова база (timing base) в ОС QNX. Джерела періодичних апаратних переривань в комп'ютері. Класифікація таймерів: періодичні (інтервальні), одноразові, разові, затримки (очікування), повідомлення, відносні, абсолютні, затримки в режимі зайнятого очікування. Інтервальні таймери повідомлення, jitter - "тремтіння". Таймери затримки в стандарті POSIX. Накопичений дрейф таймера при завданні періоду за допомогою таймера затримки. Вимірювання часових інтервалів. Похибки годинника і таймерів.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 6. Теорія планування завдань реального часу.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.

Постановка теми. Rate-Monotonic - «алгоритм монотонних коефіцієнтів», EDF - earliest deadline first, «спочатку - найближчий термін завершення». Достатня і необхідна умова планування періодичних завдань в RMA (Rate Monotonic Analysis).

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 7. Проблеми ОС реального часу.

Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 6 годин.

Практична робота: «Потоки та процеси в Windows».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. Інверсія пріоритетів, голодування (starvation), взаємоблокування, або тупік (deadlock). 4 умови для виникнення тупиків. Виявлення та усунення взаємоблокувань. Запобігання тупиків.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 4 години.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Оформлення практичної роботи та підготовка до її здачі

Тема 8. Кооперація процесів.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.

Постановка теми. Тема 8. Кооперація процесів і основні аспекти її реалізації. Призначення. Логічна організація механізму обміну інформацією (класифікація). Програмні алгоритми для організації взаємодії процесів.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 5 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Модульний контроль 1

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: за необхідністю*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – 5 години.*

Підготовка до модульного контролю.

Змістовний модуль 2. Операційні системи реального часу

Тема 9. Стандарти ОС реального часу.

Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.

Практична робота: «Функції та об'єкти Windows API для синхронізації потоків».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. IEEE POSIX (Portable Operating System Interface for computing environments or portable OS for UNIX) specifications. Завдання та

архітектури ОС. Класифікація архітектур ОС. Системи пакетної обробки. Системи поділу часу. Багатозадачні ОС, багатокористувальницькі ОС.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 10. Архітектури ОС.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 10 години.

Практична робота: «Функції та об'єкти Windows API для міжпроцесного обміну інформацією».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.

Постановка теми. ОС з монолітної архітектурою. ОС з архітектурою мікроядра. Архітектура на основі об'єктів-мікроядер. Розширення реального часу для операційних систем загального призначення. Вплив архітектури операційної системи на її характеристики. Вибір ОС - технічні та економічні критерії.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 7 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 11. Засоби розпаралелювання задач в ОС.

Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 10 годин.

Практична робота: «Проектування систем реального часу з використанням шаблонів».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. Process, thread. Концепція процесів і потоків. Роль процесів, потоків і волокон в мультипрограмуванні. Управління процесами і потоками/ Створення процесів і потоків. Моделі процесів і потоків..

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 7 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 12. Алгоритми планування потоків.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 2 години.

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.

Постановка теми. FIFO-диспетчеризація QNX. Карусельна диспетчеризація QNX. Адаптивна диспетчеризація QNX. Диспетчеризація в Windows.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 13. Механізми інформаційної взаємодії в ОС QNX.

Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 12 годин.

Практична робота: «Проектування систем реального часу з використанням шаблонів».

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): персональний комп'ютер або ноутбук.

Постановка теми. Проксі - неблокуючі повідомлення, блокуючі повідомлення в QNX. Повідомлення в Windows.

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Тема 14. Обмін даними між процесами в Windows.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження: 4 години.

Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.

Постановка теми. Clipboard, COM (Component Object Model), Data Copy - повідомлення WM_COPYDATA, DDE - (Dynamic Data Exchange), File Mapping, Mailslots, Pipes: канали анонімні і іменовані, RPC (remote procedure call) - механізм віддаленого виклику процедур, Windows Sockets - сокети..

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів: 6 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача.

Модульний контроль 2

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*

- *Обсяг аудиторного навантаження: за необхідністю*

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): немає.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – 5 години.*

Підготовка до модульного контролю.

4. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

5. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні.

6. Методи контролю

Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

7. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних (практичних) робіт	4...10	2	8...20
Модульний контроль	5...25	1	5...25
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних (практичних) робіт	4...10	3	12...30
Модульний контроль	5...25	1	5...25
Усього за семестр			30...100

Прийнята шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка для екзамену, курсового проекту (роботи), практики
90-100	відмінно
75-89	добре
60-74	задовільно
01-59	незадовільно з можливістю повторного складання

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 50 балів, які замінюють результати п'яти модульних контролів.

Білет для іспиту складається з п'ятих теоретичних питань (кожне питання 10 балів).

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Мати уявлення про особливості систем реального часу с урахуванням специфічних вимог до них; основні підходи до створення операційних систем реального часу та їх базові структури; особливості вирішення задач реального часу в операційній системі QNX

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, здати тестування та позааудиторну самостійну роботу. Розуміти основні особливості систем реального часу з урахуванням специфічних вимог до них; основні підходи до створення операційних систем реального часу та їх базові структури; особливості вирішення задач реального часу в операційній системі QNX. Вміти проектувати системи реального часу для вирішення прикладних задач управління технологічними процесами; експлуатувати системи реального часу, виконувати їх адміністрування та адаптацію до вирішуваних задач.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти застосовувати їх.

8. Політика навчального курсу

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що стосуються академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

9. Методичне забезпечення та інформаційні ресурси

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення практичних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

1. Дистанційний курс дисципліни розроблено у системі дистанційного навчання Mentor, яку впроваджено в Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», доступ до курсу за посиланням: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=221>

2. OPC-специфікація - <http://www.opcfoundation.org/>

3. Операційна система QNX: <http://www.swd.ru/>

10. Рекомендована література

Базова

1. Операційні системи: навч. посіб. / В. Г. Зайцев, І. П. Дробязко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 240 с.
2. Авраменко В. С., Авраменко А. С. Основи операційних систем. Навчальний посібник. – Черкаси: ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2018. – 524 с.: ISBN 966-552-157-8
3. Методи та алгоритми обробки даних у задачах реального часу. Лабораторний практикум, Туркін І.Б., Лучшев П.А., Василенко Т.В. Харків: Нац. аерокосмічний ун-т, 2007 р., 110 с.

Допоміжна

1. Morgan Kaufmann. Design Methods for Reactive Systems: Yourdon, StateMate, and the UML ISBN:1558607552, 2003
2. Douglass, Bruce. (2003). Real-Time Design Patterns: Robust Scalable Architecture for Real-Time Systems.
3. Перевірка і твердження програм реального часу / Під. Ред. Уи.Дж.Квирка. – Київ : Наук. думка, 1990. – 216 с.

11. Інформаційні ресурси

1. Kopetz, H. Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications / Hermann Kopetz. – 2nd ed. – Springer, 2011. – 378 p. – Режим доступу: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-11992-7>, вільний.
2. Real-Time Systems Journal / Springer. – Режим доступу: <https://www.springer.com/journal/11241>, за підпискою.
3. The Real-Time Linux Wiki // Real-Time Linux. – Режим доступу: <https://rt.wiki.kernel.org>, вільний.
4. Real-Time Embedded Systems Specialization [Електронний ресурс] / University of Colorado Boulder, Coursera. – Режим доступу: <https://www.coursera.org/specializations/real-time-embedded-systems>, вільний.
5. Embedded Systems - Shape the World [Електронний ресурс] / University of Texas, edX. – Режим доступу: <https://www.edx.org/course/embedded-systems-shape-the-world>, вільний.
6. Georgia Tech. Real-Time Systems [Електронний ресурс]: лекції на каналі YouTube. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/c/GeorgiaTech>, вільний.
7. FreeRTOS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.freertos.org>, вільний.
8. Xenomai Project [Електронний ресурс]: система реального часу для Linux. – Режим доступу: <https://xenomai.org>, вільний.
9. ROS (Robot Operating System) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ros.org>, вільний.
10. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.knmu.kharkov.ua/attachments/3659_3008-2015.PDF
11. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. ДСТУ 3008:2015 // [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.knmu.kharkov.ua/attachments/3659_3008-2015.PDF