

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
Кафедра систем управління літальних апаратів (№ 301)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК 2

 Д. М. Крицький
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 31 » серпня 2021 р.

СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

EMBEDDED CONTROLLERS DESIGN **(ПРОЕКТУВАННЯ ВБУДОВАНИХ КОНТРОЛЕРІВ)**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 10 Природничі науки, 11 Математика та статистика, 12 Інформаційні технології, 15 Автоматизація та приладобудування, 16 Хімічна та біоінженерія, 17 Електроніка та телекомунікації, 19 Архітектура та будівництво, 27 Транспорт.

Спеціальність: 101 Екологія, 103 Науки про Землю, 113 Прикладна математика, 121 Інженерія програмного забезпечення, 122 Комп'ютерні науки, 123 Комп'ютерна інженерія, 124 Системний аналіз, 125 Кібербезпека, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, 163 Біомедична інженерія, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 173 Авіоніка, 193 Геодезія та землеустрій, 272 Авіаційний транспорт. 153 Мікро- та наносистемна техніка. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Освітня програма: (усі освітні програми за відповідними спеціальностями)

Обчислювальний інтелект, Математичне та комп'ютерне моделювання, Інженерія програмного забезпечення, Інтелектуальні системи та технології, Інформаційні технології проектування, Комп'ютеризація обробки інформації та управління, Комп'ютерні технології в біології та медицині, Комп'ютерні мережі та системи, Програмовані мобільні системи та інтернет речей, Системне програмування, Системний аналіз і управління, Безпека інформаційних та комунікаційних систем, Кібербезпека індустріальних систем, Інформаційні системи та технології підтримки віртуальних середовищ, Розподілені інформаційні системи, Штучний інтелект та інформаційні системи, Безпілотні літальні комплекси, Комп'ютерно-інтегроване управління в енергетиці, Інженерія мобільних додатків, Комп'ютерні системи технічного зору, Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів, Інтелектуальні транспортні системи.

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2021 року

Харків – 2021 р.

Розробник: Джугаков В.Г., доцент кафедри систем управління літальних апаратів

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри _____

Кафедра систем управління літальних апаратів (№ 301)

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 27 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри 301 к.т.н., доцент


(підпис)

К. Ю. Дергачов
(прізвище та ініціали)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

студентка 352а групи


(підпис)

Рибкоць А.М.
(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



Джулгаков Віталій Георгійович,
доцент кафедри систем управління літальних
апаратів (301)
З 1994 року викладає в університеті наступні
дисципліни:

- Мікроконтролери в системах управління;
- Проектування та програмування контролерів систем управління;
- Microcontrollers;
- Embedded Controllers Design

Напрями наукових досліджень: проектування цифрових систем управління динамічними об'єктами, проектування програмного забезпечення мікроконтролерних систем.
E-mail: v.dzhulgakov@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна – 2

Обсяг дисципліни: 3 кредити ЄКТС/ 90 годин, у тому числі аудиторних – 48 год., самостійної роботи здобувачів – 42 год.

Форма здобуття освіти – денна

Дисципліна вибіркова

Види навчальної діяльності – практичні заняття

Види контролю – модульний контроль, залік

Мова викладання – англійська

Пререквізити – Мікроконтролери в системах управління; Проектування та програмування контролерів систем управління; Microcontrollers.

Кореквізити – відсутні

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: засвоєння інженерних методик проектування структури та схематичної реалізації вбудованих мікропроцесорних модулів і сучасних технологій розробки і тестування програмного забезпечення контролерів.

Завдання: отримання навичок аналізу технічного завдання на розробку вбудованих мікропроцесорних модулів, обґрунтований вибір засобів схематичної реалізації і узгодження інтерфейсів; засвоєння принципів розробки і тестування багатомодульного програмного забезпечення вбудованих

контролерів для збирання та обробки даних і формування сигналів управління у реальному часі.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності:

- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- здатність проведення досліджень на відповідному рівні;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Фахові компетентності:

- здатність проектувати та сертифікувати системи авіоніки та інформаційні системи літальних апаратів і наземних технологічних комплексів;
- здатність використовувати передові технології при дослідженні і проектуванні систем керування літальних апаратів, розробці апаратних та програмно-алгоритмічних засобів підвищення точності, надійності, живучості, ресурсів функціонування систем керування динамічними об'єктами;
- здатність приймати ефективні рішення.

Очікувані результати навчання:

- відшукувати необхідні дані в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах, аналізувати науково-технічну літературу у вітчизняних та закордонних джерелах для визначення стану та пошуку сучасних та перспективних розробок у професійній діяльності;
- вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері авіоніки та широкого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів;
- розробляти алгоритми керування динамічними об'єктами;
- розробляти і використовувати мікропроцесорні системи та програмні засоби моделювання для розв'язування складних задач в технічних системах.

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Етапи, засоби і технології проектування вбудованих контролерів та їх програмного забезпечення

Тема 1. Характеристика етапів і технічного завдання на проектування вбудованих контролерів

- форма занять – практичні заняття;
- обсяг аудиторного навантаження – 4 години;
- тема практичних занять – Етапи проектування вбудованих контролерів;
- обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти) – відсутні;

– стисла анотація: Технологія розробки мікропроцесорних контролерів. Магістрально-модульна організація. Етапи проектування контролера. Структура та склад ТЗ на проектування вбудованих контролерів. Варіанти апаратної архітектури. Критерії вибору контролера. Інтерфейси процесорного блока. Принципи побудови багатоканальних систем збирання даних і управління.

– обсяг самостійної роботи здобувачів – 3 години;

– опрацювання матеріалу практичних занять; формування питань до викладача; сучасні моделі промислових та бортових контролерів для централізованих та розподілених систем управління бортовим і технологічним обладнанням; програмовані логічні матриці; оформлення звіту з практичного заняття.

Тема 2. Технології автоматизованого проектування ПЗ контролерів

– форма занять – практичні заняття;

– обсяг аудиторного навантаження – 4 години;

– тема практичних занять – Технології автоматизованого проектування ПЗ контролерів;

– обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти) – персональні комп'ютери або ноутбуки; універсальна навчальна мікроконтролерна система УНМС-2;

– стисла анотація: Задачі, що вирішуються ПЗ верхнього та нижнього рівнів ІУК. Послідовність та взаємозв'язок етапів та засобів проектування ПЗ контролерів. Класифікація САПР функціонального ПЗ. Особливості тестування функціонального ПЗ. Апаратно-програмні засоби тестування мікроконтролерних систем. Компоненти інтегрованих середовищ розробки ПЗ. Системи візуальної розробки інтерфейсу користувача. Системи візуальної розробки алгоритмів для прикладних програм (SoftLogic- та SoftPLC-системи). Автоматизоване проектування ПЗ верхнього рівня (SCADA-системи). Інженерні мови програмування.

– обсяг самостійної роботи здобувачів – 3 години;

– опрацювання матеріалу практичних занять; формування питань до викладача; Ознайомлення із стандартом IEC 61131-3 на інженерні мови програмування. Огляд сучасних промислових SCADA-систем і SoftLogic-систем; оформлення звіту з практичного заняття.

Тема 3. Програмування алгоритмів кінцевих автоматів у реальному часі

– форма занять – практичні заняття;

– обсяг аудиторного навантаження – 8 годин;

– тема практичних занять – Програмування алгоритмів кінцевих автоматів у реальному часі;

– обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти) – персональні комп'ютери або ноутбуки; універсальна навчальна мікроконтролерна система УНМС-2;

– стисла анотація: Задачі управління, що потребують реалізації у вигляді кінцевих автоматів. Класифікація дискретних кінцевих автоматів, їх формалізований опис і розрахунок параметрів. Алгоритмічна реалізація кінцевих автоматів у реальному часі.

– обсяг самостійної роботи здобувачів – 6 години;

– опрацювання матеріалу практичних занять; формування питань до викладача; двосторонні протоколи обміну даними як алгоритми дискретних автоматів. Програмна реалізація кінцевих автоматів у реальному часі; оформлення звіту з практичного заняття.

Тема 4. Базові алгоритми обробки даних у вбудованих контролерах

- форма занять – практичні заняття;
- обсяг аудиторного навантаження – 8 години;
- тема практичних занять – Базові алгоритми обробки даних у вбудованих контролерах;
- обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти) – персональні комп'ютери або ноутбуки; універсальна навчальна мікроконтролерна система УНМС-2;
- стисла анотація: Алгоритми попередньої обробки даних (фільтрація, діагностування); Типові алгоритми корегування та управління. Алгоритм релейного управління із гістерезисом. Алгоритми промислового ПІД-управління.
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 6 годин;
- опрацювання матеріалу практичних занять; інженерні методи обчислення нелінійних функцій. сфера застосування та обмеження алгоритму ПІД-управління. різновиди алгоритмів ПІД-управління; оформлення звіту з практичного заняття.

Тема 5. Особливості побудови і опису багатозадачних диспетчерів реального часу

- форма занять – практичні заняття;
- обсяг аудиторного навантаження – 8 години;
- тема практичних занять – Особливості побудови і опису багатозадачних диспетчерів реального часу;
- обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти) – персональні комп'ютери або ноутбуки; універсальна навчальна мікроконтролерна система УНМС-2;
- стисла анотація: Вимоги до програмного забезпечення керуючих обчислювачів. Особливості побудови та програмування систем реального часу. Поняття багатозадачності, процеси і потоки. Формальна характеристика системи задач, що виконуються на одному процесорі. Функції операційних систем в програмному середовищі реального часу. Види розкладів виконання задач. Статичний розклад без переривань. Динамічний розклад із перериваннями (багатозадачність із витисканням). Квантовано-паралельний розклад (багатозадачність без витискання). Особливості розрахунку розкладів та побудова діаграми завантаження обчислювача.
- обсяг самостійної роботи здобувачів – 6 годин;
- опрацювання матеріалу практичних занять; характеристики та програмні механізми операційних систем реального часу; особливості алгоритмічної та програмної реалізації різних видів розкладів виконання задач; оформлення звіту з практичного заняття.

Модульний контроль (2 години) – написання модульної контрольної роботи

Модуль 2.

Змістовний модуль 2. Проектування міжконтролерних інтерфейсів вбудованих контролерів та модульних контролерів авіоінки

Тема 6. Інтерфейси бортових і промислових датчиків

- форма занять – практичні заняття;
- обсяг аудиторного навантаження – 6 годин;
- тема практичних занять – Інтерфейси бортових і промислових датчиків;

– обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти) – персональні комп'ютери або ноутбуки; універсальна навчальна мікроконтролерна система УНМС-2;

– стисла анотація: Система параметрів та характеристик промислових датчиків. Типові стандартизовані аналогові інтерфейси бортових і промислових датчиків. Функції первинної обробки сигналів та вибір їх параметрів. Аналіз вхідних параметрів алгоритмів. Обчислення невимірюваних параметрів алгоритмів керування..

– обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 години;

– опрацювання матеріалу практичних занять; Сучасні цифрові інтерфейси датчиків і виконавчих пристроїв (I2C, One-Wire, HART). Перевірка працездатності та достовірності датчиків. Цифрова фільтрація вхідних сигналів контролерів; оформлення звіту з практичного заняття.

Тема 7. Міжконтролерні інтерфейси систем управління

– форма занять – практичні заняття;

– обсяг аудиторного навантаження – 5 годин;

– тема практичних занять – Міжконтролерні інтерфейси систем управління;

– обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти) – персональні комп'ютери або ноутбуки; універсальна навчальна мікроконтролерна система УНМС-2;

– стисла анотація: Класифікація апаратних інтерфейсів контролерів систем управління. Централізована та розподілена шинні архітектури. Параметри шини. Особливості організації та різновиди послідовних інтерфейсів. Параметри інтерфейсу RS-232. Базовий послідовний інтерфейс RS-485 (стандарт на електричні параметри).

– обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 години;

– опрацювання матеріалу практичних занять; Шинні інтерфейси на основі RS-485 (CAN, Modbus, Profibus). Використання інтерфейсу USB при роботі із мікроконтролерами. Інтерфейс внутрішньосистемного програмування ISP. Інтерфейс внутрішньосистемного тестування JTAG; оформлення звіту з практичного заняття.

Тема 8. Мультиплексні канали інформаційного обміну (МКІО)

– форма занять – практичні заняття;

– обсяг аудиторного навантаження – 5 годин;

– тема практичних занять – Мультиплексні канали інформаційного обміну (МКІО);

– обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти) – персональні комп'ютери або ноутбуки; універсальна навчальна мікроконтролерна система УНМС-2;

– стисла анотація: Вимоги до бортових мультиплексних каналів інформаційного обміну (МКІО). Загальна структура МКІО. Організація обміну інформацією. Стандарти MIL-STD-1553B та ARINC 429(629). Апаратна реалізація. Характеристики пакетів.

– обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 години;

– опрацювання матеріалу практичних занять; система ідентифікації параметрів в стандартах ARINC 429(629) та PTM-1495-75; оформлення звіту з практичного заняття.

Модульний контроль (2 години) – написання модульної контрольної роботи

5. Індивідуальні завдання

Відсутні у навчальному плані

6. Методи навчання

Проведення аудиторних практичних занять, індивідуальні консультації (за необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники)..

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю у вигляді оцінювання звітів з практичного заняття, виконання модульної контрольної роботи; фінальний контроль – залік.

8. 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 звіту з практичних занять	0...10	5	0...50
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист звіту з практичних занять	0...10	3	0...30
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль у вигляді заліку проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до заліку. Під час складання семестрового заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для заліку складається з двох запитань. Перше запитання – теоретичне, максимальна кількість балів становить 50. Друге запитання – задача для розв'язання, максимальна кількість балів – 50.

Приклади білетів для заліку

Білет 1

1. Теоретичне запитання. Особливості програмних систем реального часу. Функції ОС РВ.

2. Задача для розв'язання. Сформувавти алгоритм для реалізації періоду дискретності ввиконання задачі управління на основі 16-розрядного таймера МК. Тривалість періоду $T_0 = 0,4$ с. Період імпульсів ГТІ МК: $T_{ГТІ} = 1,0$ мкс.

Білет 2

1. Теоретичне запитання. Характеристика послідовних інтерфейсів. Стандарти RS-232 і RS-485.

2. Задача для розв'язання. Розрахувати час передачі пакету даних через послідовний порт UART. Склад пакету: три числа формату «байт із знаком», одно число формату «3-хбайтове з плаваючою точкою», п'ять чисел формату «2 байти зі знаком». Швидкість передачі 19200 біт/с. Біт контролю парності не формується.

8.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- принципи побудови та аналізу технічного завдання, систему вимог до інформаційно-управляючих комплексів;
- принципи побудови каналів передачі даних, організацію фізичного, каналного та програмного інтерфейсу між блоками інформаційно-управляючого комплексу;
- стандарти на сучасні інтерфейси для побудови контролера;
- принципи побудови локальних обчислювальних мереж, типи протоколів передачі даних, типові схемотехнічні рішення для організації каналів зв'язку;
- сучасну елементну базу та параметри стандартизованих блоків для побудови промислових контролерів;
- етапи і засоби розробки і налагодження ПЗ контролера;
- способи програмної реалізації інформаційних зв'язків між функціональними елементами ПЗ управляючих обчислювальних систем;
- принципи модульно-ієрархічної побудови комплексів програм;
- підходи до управління обчислювальним процесом та розподілом обчислювальних ресурсів;
- сучасні методи і засоби автоматизації проектування ПЗ.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- формувати структуру контролера, що відповідає умовам технічного завдання;
- визначати оптимальний розподіл інтерфейсних ресурсів контролера;
- формувати чи вибирати протоколи передачі даних каналами зв'язку;
- формувати протоколи управління елементами промислового контролера у реальному часі;
- розробляти обчислювальні алгоритми на основі формального опису задачі;
- працювати з інтегрованими пакетами для розробки і налагодження програм на основі технології візуального проектування ПЗ;
- формувати вимоги до програм управління обчислювальним процесом та розробляти елементи програм-диспетчерів реального часу;
- визначати потрібні обчислювальні ресурси для реалізації ПЗ.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

1. Оцінка в межах 90...100 балів виставляється студенту:

1.1 який твердо знає: принципи побудови та аналізу технічного завдання, систему вимог до контролера; принципи побудови каналів передачі даних, організацію фізичного, каналного та програмного інтерфейсу між блоками інформаційно-управляючого комплексу; стандарти на сучасні інтерфейси для побудови контролера; принципи побудови локальних обчислювальних мереж, типи протоколів передачі даних, типові схемотехнічні рішення для організації каналів зв'язку; сучасну елементну базу та параметри стандартизованих блоків для побудови ІУК СУ; етапи і засоби розробки і налагодження ПЗ контролера СУ; способи програмної реалізації інформаційних зв'язків між функціональними елементами ПЗ управляючих обчислювальних систем; принципи модульно-ієрархічної побудови комплексів програм; підходи до управління обчислювальним процесом та розподілом обчислювальних ресурсів; сучасні методи і засоби автоматизації проектування ПЗ.

При цьому студент використовуючи знання з дисципліни, повно та правильно відповідає на всі питання, які були поставлені перед ним. У всіх відповідях студент, не допустив суттєвих неточностей, вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни.

1.2 Який проявляє вміння логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати типову

задачу та практичне завдання, а також відповідати на всі додаткові питання.

1.3 Зменшення кількості балів в межах 90...100 можливе при неточних формулюваннях у відповідях на додаткові запитання.

2. Оцінка в межах 83...89 балів виставляється студенту:

2.1 Який має достатньо глибокі знання з теоретичної частини дисципліни (п. 1.1), правильно розв'язав практичне завдання, але його відповіді не є чіткими.

2.2 Зменшення кількості балів можливе при неточності у формулюваннях та неповних відповідях на теоретичні або практичні запитання.

3. Оцінка в межах 75...82 бали виставляється студенту:

3.1 Який має тверді знання з теоретичної частини дисципліни (п. 1.1), розв'язав задачу правильно, але нераціональним способом, виконав практичне завдання, але його відповіді на деякі запитання не є повними.

3.2 Зменшення кількості балів в межах 75...82 бали можливе за неточні відповіді на теоретичні додаткові запитання.

4. Оцінка в межах 68...74 бали виставляється студенту:

4.1 Який володіє теоретичним матеріалом (з п. 1.1) не в повному обсязі, допустив помилки у вирішенні задачі або практичного завдання, його відповіді на запитання не є повними.

4.2 Зменшення кількості балів в межах 68...74 бали можливе за неточні та неповні відповіді на додаткові запитання.

5. Оцінка в межах 60...67 виставляється студенту:

5.1 Який невпевнено володіє теоретичним матеріалом (з п. 1.1), вирішив задачу або практичне завдання з грубими помилками, не відповів на деякі додаткові запитання.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

9. 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.

10. Методичне забезпечення

Все методичне забезпечення в електронному вигляді розміщене на сервері каф. 301. Автор всіх розробок – доцент каф. 301 Джулгаков В.Г. Шлях для ознайомлення і скачування: R:\materials\Микропроцессорные регуляторы\ПП МП СУ

або <https://drive.google.com/drive/folders/1okK3Mu9vgKR9wzfn94LumJfVMMAD9cls>

Розміщення НКМД дисципліни у системі дистанційного навчання Ментор:
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2999>

1. Інтегроване середовище **Visual MCStudio**. Інструкція користувача. 2012 р.

2. Універсальна учбова мікроконтролерна система УУМС-2. Технічний опис. 2010 р.
3. Системне програмне забезпечення УУМС-2. Бібліотека службових підпрограм. Інструкція користувача. 2010 р.
4. Проективання цифрових контролерів. / В.Г. Джулгаков, К.І.Руденко. – Навч. посібник. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін-т», 2008 – 100 с.
5. Проектирование и программирование микропроцессорных систем управления: учеб. пособие по курсовому проектированию / В.Г. Джулгаков. – Харьков : Нац. аерокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиаци. ин-т», 2016. – 92 с.

11. Рекомендована література

Базова

1. Parab, J., Shinde, S.A., Shelake, V.G., Kamat, R.K., Naik, G.M. Practical Aspects of Embedded System Design using Microcontrollers. Springer Springer Netherlands, 2008. – 150 p.
2. Parab, J., Shelake, V.G., Kamat, R.K., Naik, G.M. Exploring C for Microcontrollers. A Hands on Approach. – Springer, 2007. – 157 p.
3. Susnea, I., Mitescu, M. Microcontrollers in Practice. – Springer, 2005. 251 p.
4. Trevennor, A. Experimenting with AVR Microcontrollers. – Apress, 2014. – 197 p.

Допоміжна

1. Military avionics systems / Ian Moir and Allan G. Seabridge. - John Wiley & Sons, Ltd., 2006. – 538 p.
2. Civil avionics systems / Ian Moir and Allan G. Seabridge. - Professional Engineering Publishing, UK, 2003. - 443 p.
3. Integrated Modular Avionics Development Guidance and Certification Considerations // **RTO-EN-SCI-176/** – **René L.C. Eveleens** – National Aerospace Laboratory NLR, 2016.

12. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри 301: k301.khai.edu.
2. Офіційний сайт провідного виробника мікроконтролерів: www.atmel.com