

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут фізико-технічних і комп'ютерних наук

(назва інституту/факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(назва кафедри)

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

IoT технології для кіберфізичних систем

(вказати назву навчальної дисципліни (іноземною, якщо дисципліна викладається іноземною мовою))

обов'язкова

(обов'язкова чи вибіркова)

Освітньо-наукова програма – *Комп'ютерна інженерія*

технологій інтернету речей і кіберфізичних систем

Спеціальність *123 – Комп'ютерна інженерія*

(шифр і назва спеціальності)

Галузь знань *12 – Інформаційні технології*

(шифр і назва галузі знань)

Рівень вищої освіти – *другий (магістерський)*

(вказати: перший (бакалаврський)/другий (магістерський)/третій (освітньо-науковий))

Навчально-науковий інститут фізико-технічних і комп'ютерних наук

(назва факультету / інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

Мова навчання – *українська*

(мова, на якій читається дисципліна)

Розробники: Воробець Георгій Іванович, доцент, завідувач кафедри КСМ, канд. ф.-м. наук

(вказати авторів (викладач (ів)), їхні посади, наукові ступені, вчені звання)

Профайл викладача (-ів) <https://csn.chnu.edu.ua>,
<https://csn.chnu.edu.ua/employees/vorobets-georgij-ivanovych/>

Контактний тел. + (38) 0372 50 94 32 (кафедра КСМ) – Воробець Г. І.

E-mail: g.vorobets@chnu.edu.ua

Сторінка курсу в Moodle <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=262>

Консультації *on-line/of-line: понеділок з 16.10 до 17.30*

1. Анотація дисципліни

Курс “IoT технології для кіберфізичних систем”, або інші назви - “IoT technologies for cyber physical systems”, “Технології Інтернету речей для кіберфізичних систем” – пропонується студентам магістратури спеціальності 123 – комп’ютерна інженерія для ознайомлення з сучасними підходами, методами і технологіями, які використовуються для створення інтелектуальних технічних екосистем на основі застосування потужних обчислювальних засобів у синергії з високотехнологічними фізичними об’єктами, пристроями, системами. Застосування кіберкомпоненти в широкому розумінні цього слова для обробки інформації та управління процесами і об’єктами дозволяє реалізувати складні екосистеми та забезпечити їх взаємодію з навколишнім світом при певній невизначеності фазової траєкторії їх функціоналу.

Даний курс розроблено в рамках Міжнародного Європейського проекту ALIoT “Розробка навчальних програм для магістрів і докторів філософії і тренінгів для промисловців” (2018-2020 рр.) за програмою ERASMUS+ KA2.

2. Мета навчальної дисципліни: формування необхідного рівня теоретичної і практичної підготовки студентів для глибокого розуміння особливостей кіберфізичних систем та технологій Інтернету речей як спеціалізованих комп’ютерних систем та мереж; здобуття нових теоретичних знань та практичних навичок самостійної наукової діяльності та розробки нових ідей у галузі IoT та CPS; оволодіння методами проектування, аналізу та синтезу інтелектуальних комп’ютерних систем.

3. Пререквізити. Для коректного розуміння і засвоєння матеріалу даного курсу слухачі повинні попередньо пройти курси: комп’ютерна логіка, комп’ютерна електроніка, комп’ютерна схемотехніка, програмування, методи цифрової обробки сигналів. Доцільно також мати певні уявлення з архітектури комп’ютерів, комп’ютерної графіки. Результати навчання за цим курсом потрібні при виконанні магістерської роботи.

4. Результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

Знати: основні принципи організації та функціонування екосистем IoT та CPS, моделі взаємодії фізичного і кібер простору в CPS, особливості обміну інформаційними потоками даних між шарами моделі CPS, методологію застосування системного підходу до аналізу і синтезу структур IoT та CPS, сучасне апаратне і програмне забезпечення для реалізації технологій IoT та CPS.

Вміти: аналізувати і синтезувати архітектуру та технічні рішення типових об’єктів і систем IoT та CPS, проводити експертну оцінку системи для пошуку оптимальних рішень її архітектури та забезпечення функціоналу, вибирати апаратне та програмне забезпечення для аналізу і синтезу об’єктів і систем IoT та CPS.

Набути компетентностей:

ЗК - загальних

- ЗК1. Здатність до адаптації та дій в новій ситуації.
- ЗК2. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- ЗК3. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.
- ЗК7. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК8. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

СК – фахових (спеціальних)

- СК1. Здатність до визначення технічних характеристик, конструктивних особливостей, застосування і експлуатації програмних, програмно-технічних засобів, комп'ютерних систем та мереж різного призначення.
- СК2. Здатність розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення, компоненти комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем з використанням сучасних методів і мов програмування, а також засобів і систем автоматизації проектування.
- СК4. Здатність будувати та досліджувати моделі комп'ютерних систем та мереж.
- СК5. Здатність будувати архітектуру та створювати системне і прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.
- СК6. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.
- СК7. Здатність досліджувати, розробляти та обирати технології створення великих і надвеликих систем.
- СК8. Здатність забезпечувати якість продуктів і сервісів інформаційних технологій на протязі їх життєвого циклу.
- СК10. Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп'ютерних систем, мереж та їхніх компонентів.
- СК11. Здатність обирати ефективні методи розв'язування складних задач комп'ютерної інженерії, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення.
- СК12. Здатність вирішувати завдання комп'ютерної інженерії з використанням апаратно-програмної обробки даних, засобів штучного інтелекту, хмарних технологій, Інтернету речей та комп'ютеризованих інформаційно-вимірвальних систем і комплексів.

ПРН - програмних результатів навчання

- РН1. Застосовувати загальні підходи пізнання, методи математики, природничих та інженерних наук до розв'язання складних задач комп'ютерної інженерії.
- РН2. Знаходити необхідні дані, аналізувати та оцінювати їх.
- РН3. Будувати та досліджувати моделі комп'ютерних систем і мереж, оцінювати їх адекватність, визначати межі застосовності.
- РН4. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерної інженерії, необхідні для професійної діяльності, оригінального мислення та проведення досліджень, критичного осмислення проблем інформаційних технологій та на межі галузей знань.
- РН7. Вирішувати задачі аналізу та синтезу комп'ютерних систем та мереж.
- РН8. Застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення складних задач комп'ютерної інженерії та дотичних проблем.
- РН9. Розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем.
- РН10. Здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії, аналізувати та оцінювати цю інформацію.
- РН11. Приймати ефективні рішення з питань розроблення, впровадження та експлуатації комп'ютерних систем і мереж, аналізувати альтернативи, оцінювати ризики та імовірні наслідки рішень.
- РН12. Вільно спілкуватись усно і письмово українською мовою та однією з іноземних мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською) при обговоренні професійних питань, досліджень та інновацій в галузі інформаційних технологій.
- РН14. Розробляти високоефективні комп'ютерні системи з використанням сучасних апаратних засобів, зокрема, мікроконтролерів, мікрокомп'ютерів, програмованих логічних інтегральних схем, багатоядерних процесорів.

5. Опис навчальної дисципліни

5.1. Загальна інформація

Назва навчальної дисципліни <i>IoT технології для кіберфізичних систем</i>												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	1(5)	2(10)	4	120	2	15	-	-	30	75	-	Іспит

5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 1. CPS та IoT як основа Industry 4.0.					
Тема 1. Основні принципи організації та функціонування екосистем IoT та CPS	14	2	-	4	-	8
Тема 2. Системний підхід до аналізу та синтезу структур IoT та CPS	16	2	-	4	-	10
Тема 3. Обробка даних в CPS	15	2	-	4	-	9
Тема 4. Математичне та інформаційне забезпечення технологій IoT та CPS	17	2		4		11
Разом за змістовим модулем 1	62	8	--	16	-	38
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 2. IoT технології в проблемах синтезу та аналізу CPS.					
Тема 5. Сучасна елементна та технологічна база для CPS та IoT	16	2	-	4	-	10
Тема 6. Інтерфейси відкритих систем та мережевих протоколів IoT	14	2	-	4	-	8
Тема 7. Спеціалізовані програмні пакети для моделювання та синтезу IoT та CPS	13	2	-	2	-	9
Тема 8. IoT та масштабованість CPS	15	1		4		10
Разом за змістовим модулем 2	58	7	--	14	-	37
Усього годин	120	15	-	30	-	75

5.3. Тематика лабораторного практикуму

№	Назва теми (завдання)	Кількість годин
1	Особливості структурної та функціональної синергії IoT та CPS (Практична робота)	4
2	Багатоконтурна взаємодія кібернетичного та фізичного простору в моделі КФС/IoT. Оцінка обчислювальних ресурсів (Семинар)	4
3	Модуль ESP32 в проектах КФС/IoT. Середовище розробки програмного забезпечення IoT Development Framework (ЛР № 1)	4
4	Створення локальної мережі WiFi на основі модуля ESP32 (ЛР № 2)	4
5	Застосування стеку протоколів TCP/IP для передачі даних через Wi-Fi у вбудованих системах LWIP. Технологія сокетів (ЛР № 3)	4
6	Застосування ESP32 для роботи з сенсорами у проектах КФС/IoT. Розширювач GPIO PCF8574 для сенсорних мереж (ЛР № 4)	4
7	Методологія реалізації комплексних проектів КФС/IoT (ЛР № 5)	6
	Разом	30

Примітка. Методичні рекомендації та завдання до лабораторних робіт доступні на інтернет-ресурсах: <https://github.com/playelek/pinout-doit-32devkitv1>, <https://github.com/me-no-dev/ESPAsyncWebServer>

Апаратне і програмне забезпечення для виконання лабораторних робіт: базовий модуль, середовище розробки програмного забезпечення (SDE) Espressif IoT Development (Esp-IDF) або Arduino IDE.

5.4. Зміст завдань для самостійної роботи

№	Назва теми	Кількість годин
1	Застосування системного підходу для вирішення синергетичної задачі технологій Інтернету речей та кіберфізичних систем	4
2	Застосування інших моделей і технологій (системи масового обслуговування (СМО), мережі Петрі (МП), тощо) для опису задачі аналізу і синтезу CPhS системи для відповідної області застосування	4
3	Методи дослідження та вибору цільової функції для задачі синтезу CPhS.	4
4	Обґрунтування методів комунікації та передачі даних для технологій IoT	4
5	Оцінка необхідних обчислювальних ресурсів та їх розподіл між компонентами системи CPhS.	4
6	Обґрунтування необхідності і доцільності застосування паралельних, хмарних, туманних обчислювальних технологій та ресурсів.	4
7	Визначення доцільності та можливостей застосування принципів самоорганізації у процесі реалізації CPhS та IoT систем.	4
8	Особливості визначення та вивчення базових вимог до математичних моделей та функціональних алгоритмів CPhS та IoT відповідно до їх сфери застосування.	4

9	Методи оцінювання інформаційного потоку даних і команд у системі CPhS – IoT.	4
10	Визначення доцільності та можливостей етапів моделювання обробки інформації на різних рівнях багаторівневих моделей CPhS та IoT.	4
11	Огляд сучасних мікропроцесорних компонентів та технічних рішень модулів, пристроїв та систем для вирішення завдань синтезу CPhS та IoT на різних рівнях моделі та відповідно до їх областей застосування: компанії Semiconductor Technology (ST), AD, Atmel та ін	4
12	Аналіз розвитку мікроконтролерів з ядром ARM і 32- або 64-бітною архітектурою. Модулі та платформи на їх основі.	4
13	Огляд програмованих логічних середовищ CPLD, FPGA.	4
14	Інтерфейси IR, Bluetooth для локальних мереж.	5
15	Сенсорні мережі, протоколи фізичного рівня.	5
16	Інтерфейси відкритих систем та протоколів зв'язку та передавання даних за технологіями IoT & CPhS.	4
17	Загальний огляд спеціалізованих пакетів програмного забезпечення для моделювання та синтезу IoT та КФС.	4
18	Пакети програмного забезпечення проектування апаратних засобів від розробників програмованих середовищ компаній Altera, Xilinx та інших.	5
	Разом	75

6. Методи навчання

Для викладання матеріалів з навчальної дисципліни «IoT технології для кіберфізичних систем» використовуються наступні методи навчання.

6.1. Словесні методи навчання. Навчальна лекція

За допомогою даного методу забезпечується усне викладення матеріалу великими ємністю й складністю логічних побудов, доказів і узагальнень. В ході лекції використовуються прийоми усного викладення інформації, підтримання уваги протягом тривалого часу, активізації мислення студентів, прийоми забезпечення логічного запам'ятовування, переконання, аргументації, доказів, класифікації, систематизації і узагальнення. В залежності від специфіки лекційного матеріалу іноді використовується лекція-діалог.

6.2. Індуктивний метод навчання

Даний метод навчання використовується в рамках лекційних занять, коли матеріал носить, здебільшого, фактичний характер. В рамках лабораторних занять метод застосовується при виконанні технічних задач, коли студенти використовують раніше здобуті теоретичні знання при роботі з конкретними пристроями (комп'ютерами) та програмними продуктами.

6.3. Репродуктивний метод навчання

Даний метод навчання використовується в рамках лекційних і лабораторних занять, а також під час самостійної роботи студентів. Метод передбачає роботу студентів за визначеним алгоритмом. Згідно з методом для виконання завдань студентам надаються методичні вказівки, правила і навчальні приклади.

6.4. Проблемно-пошукові методи навчання

Проблемно-пошукові методи застосовуються в ході проблемного навчання, а саме в процесі виконання лабораторних робіт та індивідуальних науково-дослідних завдань. Слід зауважити, що під проблемною ситуацією треба вважати невідповідність між тим, що вивчається і вже вивченим. При використанні проблемно-пошукових методів навчання викладач використовує такі прийоми: створює проблемну ситуацію (ставить питання, пропонує задачу, експериментальне завдання), організує колективне обговорення можливих підходів до рішення проблемної ситуації, стимулює висування гіпотез, тощо. Студенти роблять припущення про шляхи вирішення проблемної ситуації, узагальнюють раніше набуті знання, виявляють причини явищ, пояснюють їхнє походження, вибирають найбільш раціональний варіант вирішення проблемної ситуації. Викладач обов'язково керує цим процесом на всіх етапах, а також за допомогою запитань-підказок. Також даний метод використовується при опрацюванні матеріалів в системі дистанційної освіти «Moodle».

6.5. Наочний метод навчання

Наочний метод достатньо важливий для студентів, оскільки забезпечує візуальне подання навчального матеріалу, зокрема, з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. При викладанні дисципліни наочний метод навчання поєднується зі словесними методами для представлення інформації у вигляді таблиць, рисунків, схем та діаграм.

7. Система контролю та оцінювання

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання є

- контрольні роботи;
- усне опитування;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- завдання на лабораторному обладнанні.

Формами поточного контролю рівня знань є усна та письмова відповідь студента при захисті виконаних лабораторних робіт, кількість отриманих балів при захисті практикумів, а також письмова відповідь при написанні модульних контрольних робіт.

7.1. Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання є досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання навчальної дисципліни.

Шкала та критерії оцінювання: національна та ЄКТС (Європейська кредитна трансферно-накопичувальна система, ECTS)

Оцінка за шкалою ЄКТС	Критерії	Пояснення	Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
A	Відмінний рівень компетентностей у межах обов'язкового матеріалу, з можливими незначними недоліками	відмінно	90 – 100	відмінно
B	Достатньо високий рівень компетентностей у межах обов'язкового матеріалу без суттєвих (грубих) помилок	дуже добре	80-89	добре
C	В цілому добрий рівень компетентностей із незначною кількістю помилок	добре	70-79	
D	Посередній рівень компетентностей із значною кількістю недоліків, достатній для подальшого навчання або професійної діяльності	задовільно	60-69	задовільно
E	Мінімально можливий допустимий рівень компетентностей	достатньо	50-59	
FX	Незадовільний рівень компетентностей, з можливістю повторного перескладання за умови належного самостійного доопрацювання	(незадовільно) з можливістю повторного складання	35-49	
F	Дуже поганий рівень компетентностей, що вимагає повторного вивчення дисципліни	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом	1-34	

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)										Підсумковий контроль (іспит)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2						
T1	T2	T3	T4	M1	T5	T6	T7	T8	M2		
5	5	5	5	10	5	5	5	5	10	40	100

T1, T2 ... T8 – теми змістових модулів; M1, M2 – модульні контрольні роботи

7.2. Перелік тем і розподіл максимально можливої кількості балів, які отримують студенти за виконання всіх видів навчальної діяльності

Змістовий модуль 1. CPS та IoT як основа Industry 4.0.

- T1. Основні принципи організації та функціонування екосистем IoT та CPS (практикум – 5 балів).
 T2. Системний підхід до аналізу та синтезу структур IoT та CPS (семінар – 5 балів).
 T3. Обробка даних в CPS (виконання лабораторної роботи №1 – 5 балів).
 T4. Математичне та інформаційне забезпечення технологій IoT та CPS (виконання лабораторної роботи №2 – 5 балів).
 M1. Модульна контрольна робота №1 – 10 балів.

Змістовий модуль 2. IoT технології в проблемах синтезу та аналізу CPS.

- T5. Сучасна елементарна та технологічна база для CPS та IoT (виконання лабораторної роботи №3 – 5 балів).
 T6. Інтерфейси відкритих систем та мережевих протоколів IoT (виконання лабораторної роботи №4 – 5 балів)
 T7. Спеціалізовані програмні пакети для моделювання та синтезу IoT та CPS (виконання лабораторної роботи №5 – 5 балів).
 T8. IoT та масштабованість CPS (виконання лабораторної роботи №5 – 5 балів)
 M2. Модульна контрольна робота №2 – 10 балів).

Підсумковий контроль (іспит) – 40 балів: кожен заліковий білет складається з двох теоретичних питань та одного практичного, за теоретичні питання студент може отримати максимально по 12 балів, за практичне завдання 16 балів. **Сумарна кількість балів – 100.**

7.3. Умови зарахування результатів неформальної освіти

Студент, згідно Положення ЧНУ «Про неформальну освіту» може отримати додаткові бали, або бути звільненим від окремих видів роботи з окремих тем, якщо у нього наявні сертифікати про неформальну освіту з проблем, які вивчаються на дисципліні «IoT технології для кіберфізичних систем».

Також, як виконані види роботи з відповідних тем зараховуються студенту бали за наукові публікації у матеріалах науково-практичних конференцій та фахових чи апробаційних виданнях.

8. Рекомендована література

8.1. Фахова (основна)

1. Internet of Things for Industry and Human Application. In Volumes 1-3. Volume 1. Fundamentals and Technologies / V. S. Kharchenko (ed.) – Ministry of Education and Science of Ukraine, National Aerospace University KhAI, 2019. - 605p.
2. K. Schwab, *The fourth industrial revolution*. Crown Publishing Group, Division of Random House Inc, 2017.
3. E. Lee and S. Seshia, "Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach", *Ptolemy.berkeley.edu*, 2019. [Online]. Available: https://ptolemy.berkeley.edu/books/leeseshia/releases/LeeSeshia_DigitalV1_08.pdf. [Accessed: 05- Jul- 2019].

4. R. D. Sriram, "Toward Internet of Everything: IoT, CPS, and SNSS", *OntologPSMW. Ontologforum.org*, 2019. [Online]. Available: http://ontologforum.org/index.php/ConferenceCall_2015_03_12. [Accessed: 20- Jul- 2019].
5. C. Greer, M. Burns, D. Wollman and E. Griffor, *Cyber-Physical Systems and Internet of Things*. NIST Special Publication 1900-202, 2019, p. 61. Available: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1900-202.pdf>
6. Воробець Г.І., Воробець О.І., Гордіца В.Е., Пшеничний О.О., Хамула І.С., Бучакчійський В.С. Сучасні технології інтернету речей та кіберфізичних систем в комп'ютерній інженерії: навчальний посібник-практикум / За заг. Ред. доц. Г. І. Воробця) – МОН України, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2022 р. – 108 с.

8.2. Допоміжна

1. H. Vorobets and V. Tarasenko, "Self-configuring computer tools in Cyberphysical Systems (Ukrainian)", in *Cyberphysical Systems:: Achievements and Challenges: Proceedings of the Second Science Seminar*, Lviv, 2016, pp. 114-120. Available: <http://195.22.112.37/bitstream/ntb/39386/1/20-114-120.pdf>
2. B. Bagheri, S. Yang, H. Kao and J. Lee, "Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment", *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 3, pp. 1622-1627, 2015. Available: 10.1016/j.ifacol.2015.06.318.
3. N. Suda, "Reconfigurable Architectures and Systems for IoT Applications", Dissertation Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy. Arizona state university, 2016. – 83 p. – N. Suda, *Repository.asu.edu*, 2019. [Online]. Available: https://repository.asu.edu/attachments/164110/content/Suda_asu_0010E_15651.pdf. [Accessed: 20- Jul- 2019].

9. Інформаційні ресурси

1. <https://csn.chnu.edu.ua/about-us/ok-rivni/>
2. <https://csn.chnu.edu.ua/spetsialnist-123-komp-yuterna-inzheneriya-opp-kompyuterna-inzheneriya-magistratura-1-5-r/>
3. <https://csn.chnu.edu.ua/spetsialnist-123-komp-yuterna-inzheneriya-onp-komp-yuterna-inzheneriya-tehnologij-internetu-rechej-ta-kiberfizychnyh-system-magistratura-2-r/>
4. <https://github.com/playelek/pinout-doit-32devkitv1>
5. <https://github.com/me-no-dev/ESPAsyncWebServer>
6. <http://www.eclipse.org/downloads/packages/eclipse-ide-cc-developers/oxygen1a>