

**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-професійна програма – Комп'ютерна інженерія**

**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))

***НН 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](mailto: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 “ІоТ технології для кіберфізичних систем”, або інші назви - “ІоТ 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 ІоТ 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

**4.1. Знати:** основні принципи організації та функціонування екосистем ІоТ 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 ІоТ та CPS, сучасне апаратне і програмне забезпечення для реалізації технологій ІоТ та CPS.

**4.2. Вміти:** аналізувати і синтезувати архітектуру та технічні рішення типових об’єктів і систем ІоТ 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 ІоТ та CPS.

### 4.3. 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-вимірювальних 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>OK7 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)	5	150	2	15	-	-	30	105	-	Іспит
Заочна	1(5)	2(10)	5	150	2	4	-	-	8	138	-	Іспит

**Примітка.** Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 0,43 ((15+30)/105);  
для заочної форми навчання – 0,09 ((4+8)/138).

## 5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	Денна форма						Заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>Теми лекційних занять</b>	<b>Змістовий модуль 1. CPS та IoT як основа Industry 4.0.</b>												
Тема 1. Основні принципи організації та функціонування екосистем IoT та CPS	18	2	-	4	-	12	18	0,5	-	1	-	16,5	
Тема 2. Системний підхід до аналізу та синтезу структур IoT та CPS	20	2	-	4	-	14	20	0,5	-	1	-	18,5	
Тема 3. Обробка даних в CPS	17	2	-	4	-	11	17	0,5	-	1	-	15,5	
Тема 4. Математичне та інформаційне забезпечення технологій IoT та CPS	20	2	-	4	-	14	20	0,5	-	1	-	18,5	
Разом за змістовим модулем 1	75	8	--	16	-	51	75	2	-	4	-	69	
<b>Теми лекційних занять</b>	<b>Змістовий модуль 2. IoT технології в проблемах синтезу та аналізу CPS.</b>												
Тема 5. Сучасна елементна та технологічна база для CPS та IoT	18	2	-	4	-	12	18	0,5	-	1	-	16,5	

Тема 6. Інтерфейси відкритих систем та мережевих протоколів IoT	20	2	-	4	-	14	20	0,5	-	1	-	18.5
Тема 7. Спеціалізовані програмні пакети для моделювання та синтезу IoT та CPS	17	2	-	2	-	13	17	0,5	-	1	-	15.5
Тема 8. IoT та масштабованість CPS	20	1		4		15	20	0,5		1		18.5
Разом за змістовим модулем 2	75	7	--	14	-	54	75	2	-	4	-	69
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>105</b>	<b>150</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>138</b>

### 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 (Лабораторна робота № 1)	4
4	Створення локальної мережі WiFi на основі модуля ESP32 (Лабораторна робота № 2)	4
5	Застосування стеку протоколів TCP/IP для передачі даних через Wi-Fi у вбудованих системах LWIP. Технологія сокетів (Лабораторна робота № 3)	4
6	Застосування ESP32 для роботи з сенсорами у проектах КФС/IoT. Розширювач GPIO PCF8574 для сенсорних мереж (Лабораторна робота № 4)	4
7	Методологія реалізації комплексних проектів КФС/IoT (Лабораторна робота № 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	6
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	6
3	Методи дослідження та вибору цільової функції для задачі синтезу CPhS.	6
4	Обґрунтування методів комунікації та передачі даних для технологій IoT	6
5	Оцінка необхідних обчислювальних ресурсів та їх розподіл між компонентами системи CPhS.	6
6	Обґрунтування необхідності і доцільності застосування паралельних, хмарних, туманних обчислювальних технологій та ресурсів.	6
7	Визначення доцільності та можливостей застосування принципів самоорганізації у процесі реалізації CPhS та IoT систем.	6
8	Особливості визначення та вивчення базових вимог до математичних моделей та функціональних алгоритмів CPhS та IoT відповідно до їх сфери застосування.	6
9	Методи оцінювання інформаційного потоку даних і команд у системі CPhS – IoT.	6
10	Визначення доцільності та можливостей етапів моделювання обробки інформації на різних рівнях багаторівневих моделей CPhS та IoT.	6
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	6
12	Аналіз розвитку мікроконтролерів з ядром ARM і 32- або 64-бітною архітектурою. Модулі та платформи на їх основі.	6
13	Огляд програмованих логічних середовищ CPLD, FPGA.	6
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.	5
17	Загальний огляд спеціалізованих пакетів програмного забезпечення для моделювання та синтезу IoT та КФС.	6
18	Пакети програмного забезпечення проектування апаратних засобів від розробників програмованих середовищ компаній Altera, Xilinx та інших.	6
	Разом	105

## 6. 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.

### 6.1. 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
<b>A</b>	Відмінний рівень компетентностей у межах обов'язкового матеріалу, з можливими незначними недоліками	відмінно	<b>90 – 100</b>	<b>відмінно</b>
<b>B</b>	Достатньо високий рівень компетентностей у межах обов'язкового матеріалу без суттєвих (грубих) помилок	дуже добре	<b>80-89</b>	<b>добре</b>
<b>C</b>	В цілому добрий рівень компетентностей із незначною кількістю помилок	добре	<b>70-79</b>	
<b>D</b>	Посередній рівень компетентностей із значною кількістю недоліків, достатній для подальшого навчання або професійної діяльності	задовільно	<b>60-69</b>	<b>задовільно</b>
<b>E</b>	Мінімально можливий допустимий рівень компетентностей	достатньо	<b>50-59</b>	
<b>FX</b>	Незадовільний рівень компетентностей, з можливістю повторного перескладання за умови належного самостійного доопрацювання	(незадовільно) з можливістю повторного складання	<b>35-49</b>	
<b>F</b>	Дуже поганий рівень компетентностей, що вимагає повторного вивчення дисципліни	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом	<b>1-34</b>	

### 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

### 6.2. 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.**

### 6.3. 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.



## 7. Рекомендована література

### 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](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](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.

### Допоміжна

7. 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>
8. 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.
9. 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/content/Suda\\_asu\\_0010E\\_15651.pdf](https://repository.asu.edu/attachments/content/Suda_asu_0010E_15651.pdf). [Accessed: 20- Jul- 2019].

## 8. 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. <https://www.eclipse.org/downloads/packages/eclipse-ide-cc-developers/oxygen1a>